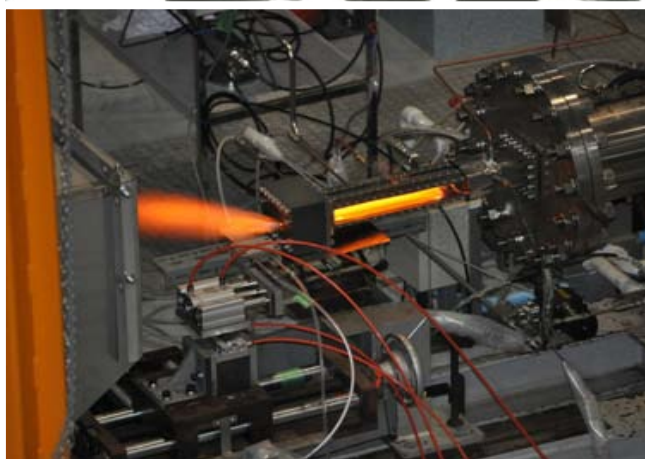
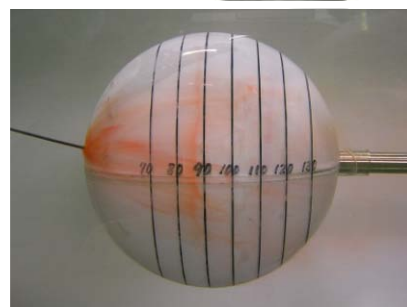
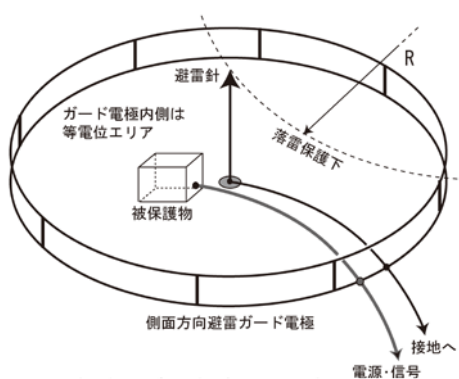


技術報告



2010.9.30

第25回 東京大学 工学部・工学系研究科 技術発表会

Proceedings of 25th Technical Symposium,
Graduate School of Engineering, The University of Tokyo

	技術発表会の開催趣旨 工学部・工学系研究科に働く技術系職員は、専門技術を持って技術業務や技術開発および学生・院生の技術指導等に従事し教育・研究に多大な貢献をしている。 それらの専門技術を科学技術の発展に即した大学づくりや社会に開かれた大学づくりの一助とするとともに、得られた技術成果を公表し活発な技術交流を通じて、技術水準の向上と技術の継承および推進する目的で技術発表会を開催する。
	表紙デザイン 技術報告本文より抜粋 総個数 688 個 Ta 微粒子凝集体 「Ta,Ni 及び Nb 金属微粒子の凝集状態について」 マテリアル工学専攻 中村光弘 避雷針とガード電極による避雷 「接地インピーダンスが得られない場所での被雷対策の工夫」 原子力国際専攻 安本 勝 球体周りの流れと剥離 「システム創成 A の実験・実習等の紹介」 基礎プロジェクト 1 「乱流促進による流体抵抗」の演習概要 システム創成学専攻 土屋好寛, 石井裕司 燃焼器可視化およびガス採取実験写真 「高温高速気流中の化学種濃度測定用プローブの耐久性改善について」 航空宇宙工学専攻 内海正文, 奥抜竹雄 マテリアル工学専攻 杉田洋一 ポスターデザイン 沼田一雅作「チャールズ・ウエスト像」基底部ブロンズ浮彫より 構成 建築学専攻 角田真弓（広報担当）

第25回工学部・工学系研究科技術発表会の開催に寄せて

工学系研究科長 北森武彦

第25回工学部・工学系研究科技術発表会に向けてご挨拶申し上げます。

先端科学技術の研究と伝統の工学教育は、歴史の最先端とこれまでの歴史の積み重ねという、大学が担うべき二つの側面です。すなわち、大学には日々変わる最先端の研究と、時代に左右されない揺るぎない工学教育が共存しています。最先端研究のトピックスが強調され、教育にもオムニバスの研究紹介講義があり、その意義も大いにありますが、より大切なのは世界最先端の研究競争に身を投じたときに必要となる工学の基礎知識と基本技術です。工学系研究科では時代に左右されることのない工学の基礎を徹底的に教授する工学教程の構想を積極的に検討をはじめました。

一方、常に変化するけれども専門性が高い最先端の研究は今も昔も変わりません。しかし、スピードと国際性は劇的に変わりました。世界における工学部・工学系研究科の位置付けも変わってきました。現在、**Times**の世界大学ランキングでは、東大は総合で**22**位ですが、工学では**6**位です。

こうした教育と研究を支える管理運営業務も大学の基盤としてますます重要性を増しています。特に法人化後、安全、環境、情報の管理は大変厳しくなりました。大学においては、いずれも特段に高い技術が必要になります。

こうした、最先端の研究と教育業務、そして技術的に高度な管理業務に参画してその一翼を担っているのが技術部です。技術発表会は、こうした業務で培ってきた成果を学内外に公表する大切な機会です。技術を公表し、外部と交流して、また自分たちの業務を高めていく、これは研究や教育と何ら変わるところはありません。本年度もまた創意と工夫の数々が発表されることと期待します。また、学外、学内他部局、そして技術部以外の研究科から参加される皆様からの忌憚のないご意見は大変貴重です。たくさんのご意見をお寄せくださるようお願い申し上げ、研究科行事への参加御礼とご挨拶に代えさせていただきます。

第25回工学部・工学系研究科技術発表会の開催にあたって

技術部長 近山 隆

工学部・工学系研究科技術発表会は工学部における学部教育と工学系研究科の大学院教育、並びに工学系研究科の研究業務・管理運営業務に関連した技術職員の成果を学内外に向けて報告する発表会です。工学部・工学系研究科という広範な分野にわたる研究教育活動を行う大きな組織の中で、技術職員は研究、技術、管理、運営のさまざまな分野において、実に多様な業務を担っております。この発表会ではこの一年間に遂行してきた業務とその改善努力の一端をご報告いたします。最先端研究を支えるのに不可欠な業務もあれば、次世代の技術者を養成するのに不可欠な教育や運営を円滑に進める業務、伝統ある技術にさらに磨きをかけて研究教育管理運営にフィードバックする業務など、さまざまな業務における努力の成果を発表すると同時に、こうした業務の一層の向上に資すべく行ってきた研修の成果についてもご報告いたします。

本年度は技術部の職務目的に対応する、研究基盤・教育基盤・共通技術の3部門からの発表に加え、技術の領域ごとに作っている専門技術グループからも数件の発表を予定しています。また、ついに千人を超えた留学生が学ぶ工学系の一層の国際化を推進するための語学研修についての発表も予定しています。

私ども技術部のこうした多用な業務と活動をこの技術発表会を通じて是非ご高覧頂き、活発なご議論や忌憚の無いご意見を頂くことによって、目的に向けてさらに前進していく技術部を築いていけるよう、ご指導ご鞭撻を賜りたく存じます。

最後に、この技術発表会を取りまとめた内海実行委員長をはじめとする実行委員各位と関係各位の努力に感謝申し上げ、また、ご多用のところをご参加頂きました皆様に厚く御礼を申し上げます。

工学分野における教育システムと国際化について

保 立 和 夫

前東京大学大学院工学系研究科長・工学部長
電気系工学専攻

持続可能な社会の実現、安全・安心な社会の実現など、21世紀社会から求められている要求の実現のために、工学は重要な役割を担っている。また、これらの実現には、医学と工学、土木工学と電子工学といった、既存の学術領域や産業領域を超えた協働が益々重要となってきた。イノベーションの創出には、オリジナリティに富んだ研究・開発の推進が必須であって、そのために、好奇心と活力に富んだ若者を受け入れ、イノベーションを生み出す力を培って頂ける学部ならびに大学院教育の場を提供し続ける責任が、私どもにはある。

若者の理工系離れという報道を聞く。しかし一方で、最近、「工学部離れという錯覚」という論文が発表された。18歳人口との比率で見ると、工学部を希望する男子の数は10数年という長い周期で上下しているのであって、その平均値は変わっておらず、女子の志願者数はむしろ増えている、との論文である。東京大学工学部に関しても、進学振り分けでの志願者総数は、ここ数年にわたり定員を超え続けている。若者にとって魅力があり、かつ社会の要求にも適った工学の教育と研究を推進し続けたい。

オリジナリティの発現には、じっくりと深く思考することが肝要であるが、その思考のための素材として、豊富な知識が必須である。論語に言うところの「学びて思わざれば則ち罔く、思いて学ばざれば則ち殆し」である。したがって、学部のみならず大学院においても、体系的な学習の場を教育システムとして堅持する必要がある。修士課程はもちろん、博士課程においてもそうである。私たちの工学系研究科では、そのための改革が進められている。

大学院博士課程では、勿論、新たな研究課題に挑戦して、世界的にも卓越した斬新な研究成果をあげてはじめて、博士号が授与される。この過程で専門性を深めることは言うまでもないが、それが博士課程のポイントではない。むしろ、学術的な成果を達成する上で体得した、問題探索・設定・解決のための経験と能力こそが重要である。若くして与えられる「課程博士号」の意味はここにある。修了後、別のテーマにおいても世界最先端の研究成果をあげ、また新技術を社会に根付かせることに貢献できることを期待して渡す「パスポート」が、大学院博士課程が授与する「課程博士号」である。

このような考え方は世界標準であって、実際、素粒子論で博士号を取得し、その後、企業の研究所にて半導体物理学で著名な成果を挙げるといった実例が、世界的に多く見られる。したがって、博士課程でも、専門性の探求と同時に、修了後のさらなる活躍の基盤として、広い視野を培う教育システムが必要である。

数年かけて新たな研究対象に挑戦し、自らの力で斬新な成果を挙げ得た経験者は、オリジナリティに富んだ研究の難しさと楽しさを知り、他者が行なう同様な活動と成果を尊重して、その成果を活用しようとするマインドを持つ。博士号を有するこのような若者が、企業、行政、大学、研究機関等、様々な職種において活動していることが、新たな技術を生みだし、それを社会に浸透させる上で、重要な原動力となる。博士は科学技術創造立国にとって非常に大切な存在である。

博士号取得者に関しても、最近、様々な報道がある。しかし、その状況は分野によって大きく異なっていることを、あまり語っては頂けない。少なくとも、筆者の知る限り、工学分野の博士課程修了者に就職難などはなく、修了後は企業を含む多方面で活躍している。むしろ、我が国の工学分野では、博士課程への進学者が不足しているとの感が強い。上述した課程博士号の意味を社会から十分に理解していただき、活力ある多くの若者に、博士課程において、オリジナリティ発現の経験を積んで頂きたいと願っている。

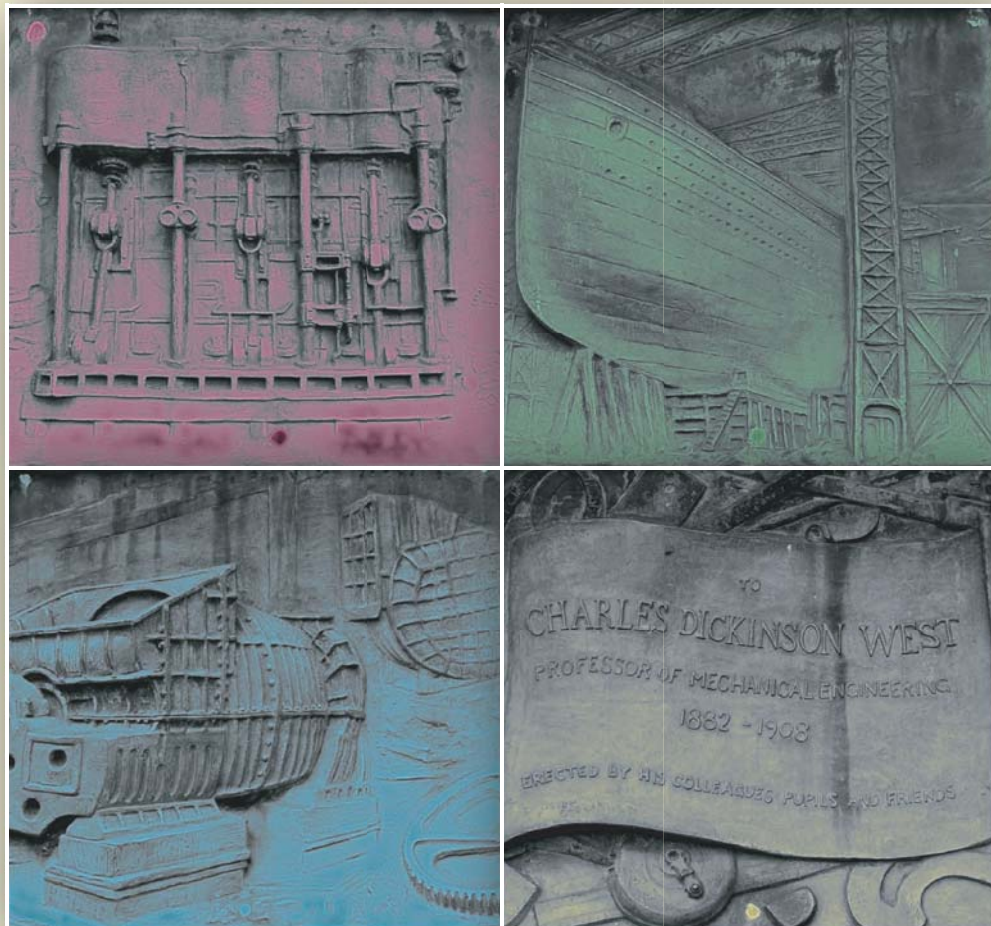
工学の教育・研究内容は、基本的にグローバルである。私どもの教育・研究成果は世界中で役に立つ。工学部・工学系研究科で、全学の1/3に当たる約800名という多くの留学生が学んでいることが、そのひとつの証である。我が国の若者、そして世界の若者にとって魅力ある教育・研究組織として活動し続けるために、研究のみならず、教育ならびに組織運営の全ての面で、一層の国際化を急ぐ必要がある。本工学系研究科では、昨年度、「バイリンガルキャンパス構想」を打ち立てて、国際化をさらに加速することとした。

本講演では、上記のような観点から、工学分野における教育システムと国際化についてお話し申し上げ、意見交換をさせて頂きたいと考えている。

Graduate School of Engineering, the University of Tokyo
25th Technical Symposium

第25回東京大学工学部・工学系研究科

技術発表会



2010年9月30日(木) 10:00～17:30

工学部 2号館 213号講義室, 2号館フォーラム

特別講演, 口頭発表, ポスター発表 (参加費 無料)

特別講演 13:00～14:00 「工学分野における教育システムと国際化について」

保立 和夫 教授

(前工学系研究科長・工学部長, 電気系工学専攻)

懇親会 18:00～20:00 工学部 2号館 工学部展示室 (参加費 2,000円)

主催：東京大学 工学部・工学系研究科 技術発表会実行委員会

〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学 工学系研究科 技術部気付 技術発表会事務局

E-mail : 2010tse@tse.t.u-tokyo.ac.jp

<http://www.ttc.t.u-tokyo.ac.jp/>

第 25 回東京大学工学部・工学系研究科 技術発表会

主催：東京大学工学部・工学系研究科（技術発表会実行委員会）

日時：2010 年 9 月 30 日（木）10:00～17:30

会場：工学部 2 号館 213 号講義室

プログラム

【開会の挨拶】	司会：	実行委員長	内海 正文
10:00～10:20	工学系研究科長挨拶	研究科長	北森 武彦
	技術部長挨拶	技術部長	近山 隆
【セッション1】	司会：	システム創成学専攻	川手 秀樹
10:20～10:35	MALT PIXE System におけるレーザーを用いた		
	ビーム照射位置モニターシステムの開発	原子力国際専攻	中野忠一郎
10:35～10:50	加速器を用いた東京大学周辺（池底質、大気粉塵）の環境分析		
	ーPIXE 分析法による学生実習と技術職員の取り組みー		
	原子力国際専攻	○伊藤 誠二 森田 明	土屋 陽子
10:50～11:05	大気圧 PIXE 用電荷増幅器の開発	システム創成学専攻	細野 米市
休憩（10 分）			
【セッション2】	司会：	機械工学専攻	石川 明克
11:15～11:30	平成 21 年度工学系研究科技術部工作技術講習企画委員会報告		
	マテリアル工学専攻	○杉田 洋一 機械工学専攻 石川 明克	
	航空宇宙工学専攻 岩田 悌次	電気系工学専攻 内田 利之 物理工学専攻	佐藤 秀和
11:30～11:45	X 線装置からの漏洩 X 線の測定	安全衛生管理室	○大久保 徹
		総合研究機構	府川 和弘
休憩・昼食			
【特別講演】	司会：	技術部長	近山 隆
13:00～14:00	「工学分野における教育システムと国際化について」		
		電気系工学専攻	保立 和夫
休憩（10 分）			
【セッション3】	司会：	化学システム工学専攻	大沢 利男
14:10～14:25	低電圧作動が可能な避雷器の開発	原子力国際専攻	安本 勝
14:25～14:40	予冷ターボジェットエンジン風洞模型のアフターバーナ燃焼		
	における冷却技術と可視化技術について	航空宇宙工学専攻	○奥抜 竹雄
			内海 正文
14:40～14:55	Ta,Ni 及び Nb 金属微粒子の凝集状態について	マテリアル工学専攻	中村 光弘
休憩（10 分）			

【セクション4】 司会： システム創成学専攻 森田 明保
15:05～15:20 核種データベース検索プログラムソフトの開発 原子力専攻 石本 光憲

15:20～15:35 GPGPU を用いた PC の高速演算処理について システム創成学専攻 榎本 昌一

15:35～15:50 PC の構成～デスクトップ PC の組立から廃棄まで～
建築学専攻 ○田村 政道 システム創成学専攻 茂木 勝郎 玉田 康二
原子力国際専攻 森田 明 応用化学専攻 坂下 春

休憩 (10 分)

【ポスターセッション・展示】

16:00～17:00

(教育基盤部門)

化学・生命系：ガスクロマトグラフを用いた分析化学実験カリキュラム
応用化学専攻 栄 慎也 浅野 巧久 藤村 一良

化学・生命系：有機化学実験及び演習
化学生命工学専攻 鳥越 裕介 福田 政一
応用化学専攻 坂下 春

化学・生命系：コンピュータ化学演習 その1 「データ解析ツールとしてのコンピュータ」
化学・生命系：コンピュータ化学演習 その2 「シミュレーションツールとしてのコンピュータ」
「実験制御ツールとしてのコンピュータ」
化学システム工学専攻 小名 清一 飯塚 秀夫 加古 陽子

電気系工学科 3 年次の学生実験—指示計器による計測とブリッジ
電気系工学専攻 千葉 新吾 高橋 登
鈴木 真一 高田 康弘

機械工学専攻：課題設定・問題解決型の引張実験
機械工学専攻 石川 明克

(研究基盤部門)

システム創成 A の実験・演習等の紹介 I
システム創成 A の実験・演習等の紹介 II

システム創成学専攻 石井 裕司 榎本 一夫 榎本 昌一
金井 誠 土屋 好寛 宮永 大

航空宇宙工学専攻技術職員の技術と実験装置 (II)

航空宇宙工学専攻 岩田 悌次 関根 政直 奥抜 竹雄
内海 正文 横田 明 松永大一郎
小林 やよい

(共通技術部門)

化学・生命系：共通機器 CHN 元素分析装置について
応用化学専攻 坂下 春
安全衛生管理室 加藤 由美子

(専門・技術グループ等)

計測・制御技術グループ設立について

航空宇宙工学専攻	奥抜 竹雄	
機械工学専攻	濱名 芳晴	石川 明克
システム創成学専攻	鈴木 誠	

LabVIEW 初級プログラミング例

機械工学専攻	石川 明克
--------	-------

PC を工学部 Network に接続するまで

システム創成学専攻	茂木 勝郎	榎本 昌一	玉田 康二
都市工学専攻	中川 博之		
精密機械工学専攻	齋 治男		

A report of the English conversation training for staffs

システム創成学専攻	金井 誠	榎本 昌一
マテリアル工学専攻	小口 かなえ	
航空宇宙工学専攻	関根 政直	
原子力国際専攻	安本 勝	

(個人)

接地インピーダンスが得られない場所での被雷対策方法

原子力国際専攻	安本 勝
---------	------

人間の表情の機械的表現法

システム創成学専攻	吉田 二郎
-----------	-------

難分解性光触媒材料の分析方法の開発

化学システム工学専攻	加古 陽子
------------	-------

不明廃液分析における含有有機物確認と有機酸測定を検討

応用化学専攻	藤村 一良	栄 慎也	浅野 巧久
--------	-------	------	-------

担当加速器 RAPID の維持・保守の特徴

原子力国際専攻	森田 明
---------	------

酸化膜/Ge 界面の制御による Ge 電界効果トランジスタにおける移動度の向上

マテリアル工学専攻	西村 知紀
-----------	-------

ひずみゲージ基礎講習会 参加報告

航空宇宙工学	小林 やよい
--------	--------

C F / P P 複合材のリペアー性の可能性について

システム創成学	大澤 勇	森田 明保	金井 誠
---------	------	-------	------

【表彰式】

17:15～17:30

「研究科長賞」
「技術部長賞」「ポスター賞」

司会： 実行委員長
授与： 研究科長
授与： 技術部長

内海 正文
北森 武彦
近山 隆

【閉会の挨拶】

17:30～17:40

技術部長

近山 隆

【懇親会】

18:00～20:00

工学部展示室：工 2 号館（参加費 2,000 円）

【目 次】

題 目	所属(専攻)	執筆者	頁
【口頭発表】			
1 MALT PIXE Systemにおけるレーザーを用いたビーム照射位置モニターシステムの開発	原子力国際	中野 忠一郎	1
2 加速器を用いた東京大学周辺(池底質, 大気粉塵)の環境分析 —PIXE分析法による学生実習と技術職員の取り組み—	原子力国際	伊藤 誠二 森田 明 土屋 陽子	5
3 大気圧PIXE用電荷増幅器の開発	システム創成学	細野 米市	9
4 平成21年度工学系研究科技術部工作技術講習企画委員会報告	マテリアル工学 機械工学 航空宇宙工学 電気系工学 物理工学	杉田 洋一 石川 明克 岩田 悌次 内田 利之 佐藤 秀和	13
5 X線装置からの漏洩X線の測定	安全衛生管理室 総合研究機構	大久保 徹 府川 和弘	15
6 低電圧作動が可能な避雷器の開発	原子力国際	安本 勝	19
7 予冷ターボジェットエンジン風洞模型の アフターバーナ燃焼における冷却技術と可視化技術について	航空宇宙工学	奥抜 竹雄 内海 正文	23
8 Ta,Ni及びNb金属微粒子の凝集状態について (平成21年度技術職員個別研修OJT研修報告)	マテリアル工学	中村 光弘	27
9 核種データベース検索プログラムソフトの開発	原子力	石本 光憲	31
10 GPGPUを用いたPCの高速演算処理について	システム創成学	榎本 昌一	33
11 PCの構成～デスクトップPCの組立から廃棄まで～	建築学 システム創成学	田村 政道 茂木 勝郎 玉田 康二	37
	原子力国際 応用化学	森田 明 坂下 春	
【ポスター発表】			
(教育基盤部門)			
12 化学・生命系:ガスクロマトグラフを用いた分析化学実験カリキュラム	応用化学	栄 慎也 浅野 巧久 藤村 一良	41
13 化学・生命系:有機化学実験及び演習	化学生命工学 応用化学	鳥越 裕介 福田 政一 坂下 春	45
14 化学・生命系:コンピュータ化学演習 その1 「データ解析ツールとしてのコンピュータ」			49
15 化学・生命系:コンピュータ化学演習 その2 「シミュレーションツールとしてのコンピュータ」「実験制御ツールとしてのコンピュータ」	化学システム工学	小名 清一 飯塚 秀夫 加古 陽子	53
16 電気系工学科:3年次の学生実験—指示計器による計測とブリッジ	電気系工学	千葉 新吾 高橋 登 鈴木 真一 高田 康弘	57
17 機械工学専攻:課題設定・問題解決型の引張実験	機械工学	石川 明克	59

(研究基盤部門)			
18	システム創成Aの実験・演習等の紹介Ⅰ		63
19	システム創成Aの実験・演習等の紹介Ⅱ	システム創成学	榎本 一夫 67
			石井 裕司
			榎本 昌一
			金井 誠
			土屋 好寛
			宮永 大
20	航空宇宙工学専攻:技術職員の技術と実験装置(Ⅱ)	航空宇宙工学	岩田 悌次 71
			関根 政直
			奥抜 竹雄
			内海 正文
			横田 明
			松永 大一郎
			小林 やよい
(共通技術部門)			
21	化学・生命系:共通機器CHN元素分析装置について	応用化学	坂下 春 75
		安全衛生管理室	加藤 由美子
(専門技術グループ等)			
22	計測・制御技術グループ設立について	航空宇宙工学	奥抜 竹雄 77
		機械工学	濱名 芳晴
			石川 明克
		システム創成学	鈴木 誠
23	LabVIEW初級プログラミング例	機械工学	石川 明克 81
24	PCを工学部Network に接続するまで	システム創成学	茂木 勝郎 83
			榎本 昌一
			玉田 康二
		都市工学	中川 博之
		精密機械工学	齋 治男
25	A report of the English conversation training for staffs	システム創成学	金井 誠 87
			榎本 昌一
		マテリアル工学	小口 かなえ
		航空宇宙工学	関根 政直
		原子力国際	安本 勝
(個人)			
26	接地インピーダンスが得られない場所での被雷対策方法	原子力国際	安本 勝 89
27	人間の表情の機械的表現法	システム創成学	吉田 二郎 93
28	難分解性光触媒材料の分析方法の開発	化学システム工学	加古 陽子 97
29	不明廃液分析における含有有機物確認と有機酸測定を検討	応用化学	藤村 一良 99
			栄 慎也
			浅野 巧久
30	担当加速器RAPIDの維持・保守の特徴	原子力国際	森田 明 101
31	酸化膜/Ge界面の制御によるGe電界効果トランジスタにおける移動度の向上	マテリアル工学	西村 知紀 105
32	ひずみゲージ基礎講習会 参加報告	航空宇宙工学	小林 やよい 109
33	CF/PP複合材のリペアー性の可能性について	システム創成学	大澤 勇 111
			森田 明保

【原稿発表】

		金井 誠	
34 明治期工学教育における実地演習、実験室の状況	建築学	角田 真弓	115
35 建築外装材の問題について	建築学	田村 政道	119
36 GPU(Graphic Processing Unit)による数値解析の高速化	マテリアル工学	小口 かなえ	123
37 高温高速火炎ガス採取用プローブの作成技術	マテリアル工学	杉田 洋一	127
	航空宇宙工学	内海 正文	
38 技術発表会25年と創作パソコンづくり ―法人化前後にて―	機械工学	浅川 武	131
		中根 茂	
39 PCサーバ仮想化の試み	航空宇宙工学	横田 明	135
40 高エンタルピー風洞の操作法および水素燃料燃焼実験技術について	航空宇宙工学	内海 正文	137
		奥抜 竹雄	
41 ナノ工学研究センター電子顕微鏡部門	総合研究機構	大塚 滋	141
		伊藤 俊男	
		掛川 保富	
		師山 富雄	
42 安全衛生巡視について	都市工学	中川 博之	145
43 高速物理現象の可視化技術	機械工学	浜名 芳晴	149
44 3D-CAD「Solid Edge」とANSYSの習得について	機械工学	諸山 稔員	153
45 高温高速気流中の化学種濃度測定用プローブの耐久性改善について	航空宇宙工学	内海 正文	155
		奥抜 竹雄	
	マテリアル工学	杉田 洋一	
46 平成21年度 機器・分析技術研究会（琉球大学）参加報告	システム創成学	榎本 昌一	159
47 機器・分析技術研究会、実験・実習技術研究会in琉球への参加報告	システム創成学	土屋 好寛	161
48 平成21年度琉球大学技術研究会参加報告	システム創成学	鈴木 誠	163
49 技術研究会参加報告（「大気圧PIXE分析装置の開発」発表について）	システム創成学	細野 米市	165
50 平成21年度機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会の参加・発表報告	精密機械工学	碓山 みち子	169
51 日本金属学会 2009年秋期（第145回）大会 京都大学吉田キャンパスに参加して	マテリアル工学	中村 光弘	171
52 高圧ガス製造保安責任者資格の取得	化学システム工学	大沢 利男	173
53 ネットワーク研修報告	機械工学	山内 政司	175
54 第1種作業環境測定士（鉱物性粉じん）資格の取得	機械工学	浜名 芳晴	177
55 3D-CAD「Solid Edge ST2」基礎・応用講習会	機械工学	諸山 稔員	181
56 加速器（RAPID）を用いた東京大学周辺の環境分析 ―‘環境・エネルギーシステムコース’の学生実習と技術職員の取り組み―	原子力国際	伊藤 誠二	183
		森田 明	
		土屋（春原）陽子	
		中野 忠一郎	
57 有機溶剤作業主任者および認定電気工事従事者の資格取得	航空宇宙工学	関根 政直	185

1 MALT PIXE System におけるレーザーを用いた ビーム照射位置モニターシステムの開発

原子力国際専攻 中野 忠一郎
nakano@n.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

タンデム加速器研究施設 (MALT: Micro Analysis Laboratory Tandem accelerator) は加速器質量分析 (AMS: Accelerator Mass Spectrometry) や粒子励起 X 線分析 (PIXE: Particle Induced X-ray Emission)、核反応分析 (NRD: Nuclear Reaction Analysis) などの分析手法を用いて精密微量分析を行っている。

非破壊分析でかつ多元素同時分析が可能な PIXE は広範囲な応用分野で利用される元素分析法であることから、MALT では早くから PIXE に注目してきた。MALT PIXE System は、測定対象物を考古遺跡などから出土するガラスや陶磁器、金属などのおもに軽元素の成分分析を主目的として、効率的で高精度な PIXE 分析を可能とするさまざまな改造・改善を積み重ねてきている^{1~3)}。

PIXE 分析を行う上で、測定ポイントに陽子ビーム(3MeV)を正確に照射することは重要である。特に、微細測定点に微細径のビームを照射する測定では、より正確な測定点へのヒットが要求される。そこで、レーザー光を用いて試料面上の照射点を正確に把握するシステムを開発し、PIXE での実験においてその有用性を実証した。本報ではこれらについて報告する。

2. MALT のビームライン

MALT はタンデム加速器を中心としその付帯設備であるビームライン等から構成される。加速器は米国 NEC 社製 (National Electrostatics Corporation) のタンデム型静電加速器で、5MV の最大発生電圧を有してい

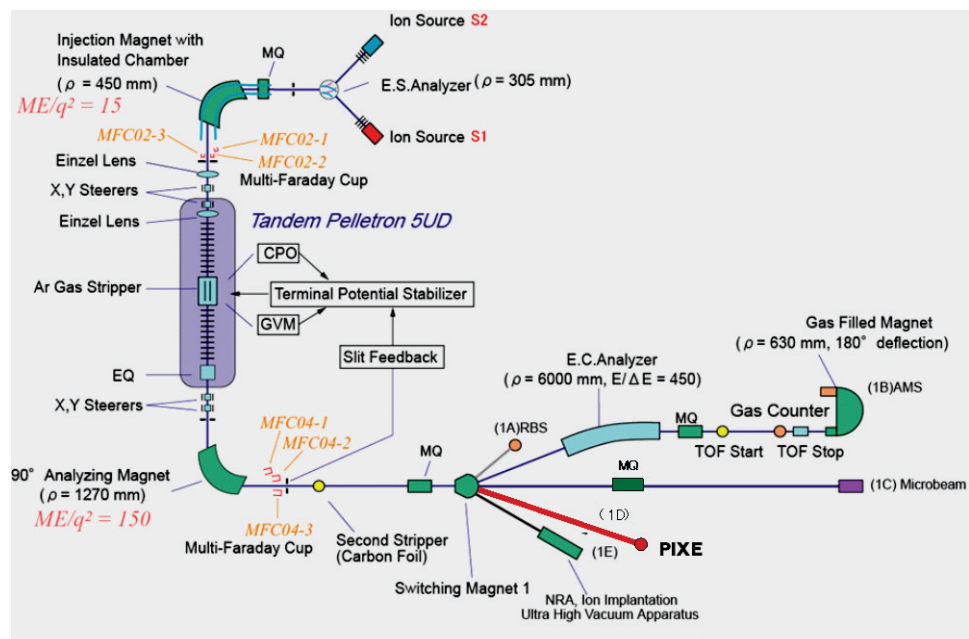


図 1 MALT のビームライン

る。ビームラインを図 1 に示す。PIXE では、イオン源 (S1) で生成された H イオンはタンデム型静電加

速器により加速されるとともに H^+ イオンに荷電変換される。分析電磁石で運動量分析され鉛直方向から水平方向に曲げられる。振分電磁石 1 は、1A コース(RBS)、1B コース(AMS)、1C コース(マイクロビーム)、1D コース(PIXE)、1E コース(NRA, Ion implantation) のポートを持つ。PIXE 実験時は、 H^+ イオンビームは 1D コースへと導かれる。

3. イオンビーム照射位置モニター

3. 1 MALT PIXE System の陽子ビーム照射位置の決め方と問題点

試料は、試料ホルダに取り付けられ、PIXE チェンバー内のステージに設置される。試料ホルダには一度に 20~30 個の試料が装填できる。PIXE チェンバーのステージは水平(X)方向に 100mm、上下方向(Y)に 100mm、それぞれ精度 0.01mm で移動が可能となっている。これら試料のひとつにビームプロファイルモニタとして縦横 10mm×10mm、厚さ 1mm のアルミナ蛍光板(Desmarquest 社、AF995R)も一緒に装填する。アルミナ蛍光板は陽子ビームが照射されると赤褐色に発光する。この発光を PIXE チェンバー斜め上方に設置されたモニターカメラを通して加速器制御室内のモニターテレビ上に映し出し、テレビ画面上にマーカーで十字線の目印を付ける。この目印がビーム照射位置を示しており、試料をその目印を目安に移動させ、ビーム照射位置を決めている。

この方法は、①斜め上方よりの観察なので実際の照射位置とモニター画面とは異なること ②モニター画面(CRT)上のマーカーの精度が荒く、かつ見る角度により若干異なることなど正しい照射位置をつかむことは難しい。特に、照射ポイントが微細になればなるほど照射位置にイオンビームをヒットさせることは至難の業となる。

3. 2 他施設の事例

例えば、筑波大学基盤研究センター応用加速器部門にある 1MV タンデトロンの利用した地球科学試料用 PIXE 分析装置⁴⁾を図 2 に示す。

PIXE を用いて鉱物試料中の包有物(直径~200 μ m)を直接多元素分析するもので、特徴のひとつとしてビーム同軸試料観察システムを備えている。これは、中心に穴(1.2mm ϕ)のあいた反射鏡を入射軸に対して 45° 傾けて設置しており、イオンビームはその穴を通り抜けて試料に照射させる。試料面の映像は反射鏡により上方に設置された CCD カメラおよび長焦点偏向反射顕微鏡でモニターするシステムである。ビーム軸からの視点で正確な照射位置が把握できるシステムであるが、非常に高価である。



図 2 地球科学試料用 PIXE 分析装置

4. レーザーを用いたビーム照射位置モニターシステム

MALT の PIXE コースを図 3 に示す。

ビームコースの各エレメントは、ビーム光学計算に従って、トランシットなどを用いてビーム光学軸上に正確に設置されている。イオンビームは、静電系のステアラーやレンズ、また磁気系の Q レンズや電磁石など各エレメントのパラメータを巧みに調整しビーム光学軸上を通することで、ビーム損失を抑えた搬送が可能となる。もし、レーザー光の光軸を PIXE コースのビーム光学軸に合致させることができれば、試料面上に照射されたレーザー光の位置がビーム照射位置と一致することになる。即ち、試料面上のレーザー光をモニターすることが、イオンビームの照射位置をモニターすることにな

る。現在のモニター設備を変えることなく正確なビーム照射位置を常時モニターすることが可能となる。レーザー光はイオンビームへの干渉が無く、また貴重な試料に損傷を与えないなどの利点もある。

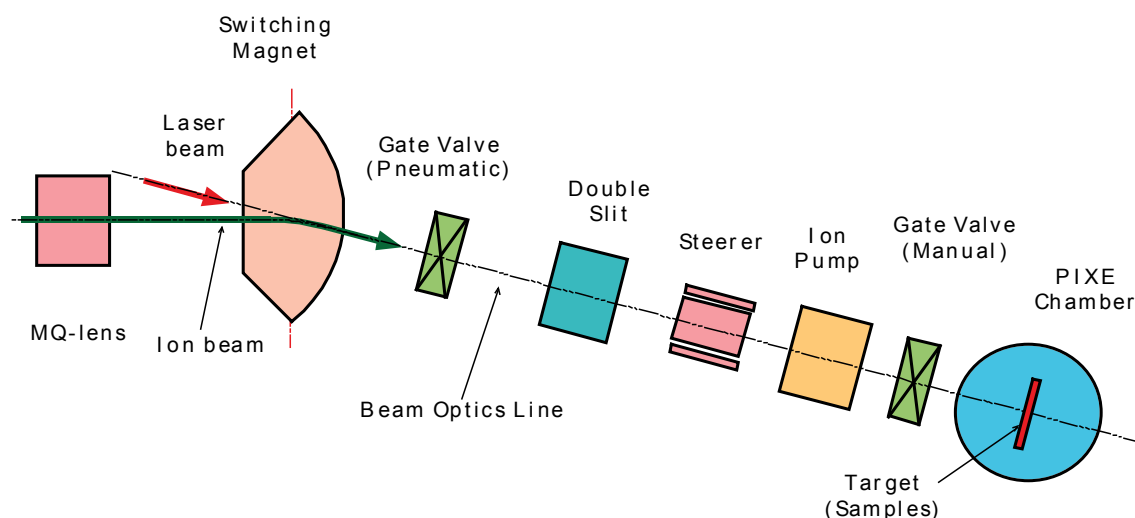


図3 MALT PIXE コース

使用したレーザーはHe-Neガスレーザーで、表1に特性を示す。レーザースポット径は100m先で約8mmφの性能を有する。今回のPIXEコースでの使用では0.5mmφ程度と想定される。

PIXEコースの真空度は通常 10^{-9} Torrのオーダーである。このコースへのレーザー光の導入は超高真空ビューイングポートを用いた。コバルガラスを封着したものをICFフランジに溶接したもので、 10^{-8} Pa以下の超高真空領域まで使用できる。コバルガラスは波長 $0.4\mu\text{m}$ の可視光から波長 $2.5\mu\text{m}$ 近傍まで高い波長透過率を有し、今回使用したHe-Neガスレーザーの波長632.8nmでは90%近い透過率となっている。

PIXEチェンバーの測定点に照射されたレーザー光のスポットを図4に示す。すぐ上に取り付けられた金尺から1mmφ以下と読み取れる。レーザー光は導電性テープ上に照射されており、テープの表面状態から少し乱反射し、若干大きく観察されている。なお、用いたイオンビーム用コリメータは2mmφである。

図5にサンプルホルダーに取り付けられた試料を示す。試料は遺跡より出土したガラスビーズで、外形は3mmφ程度、内側に1mmφ程度の穴のあいた小さなものである。試料の大きさの目安として金尺を添えてある。弥生時代の遺跡からはこのような遺物が多く出土される。このような考古

表1 He-Ne ガスレーザの主要諸元

主要諸元	
管出力	1mmW
発信波長	632.8nm
使用温度	-20℃～50℃
寿命	10,000 時間以上
電源	AC100V 50/60Hz
レーザースポット径	≒8mmφ/100m
	≒4mmφ/50m



図4 レーザー光のスポット



図5 測定試料

遺物の PIXE 測定では、試料を観察しながら試料の測定点を決める。試料はサンプルホルダーにセットされた後、PIXE チェンバー内の X-Y ステージ上に取り付けられる。この X-Y ステージを動かすことで、試料の任意の測定点を選択できるようになっている。

レーザーを用いたビーム照射位置モニターシステムの効果の確認と実際にレーザー光を照射しながら試料の測定点を求めている様子を図 6 に示す。なお、図 5 に示した試料を用いている。

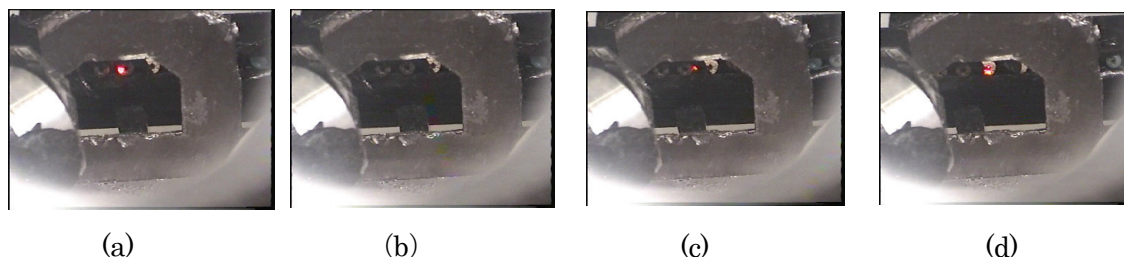


図 6 レーザーを用いたビーム照射位置モニターシステムで試料の測定点を求めている様子

図 6(a)は、図 5 の左から 2 番目の試料の斜め左下部分にレーザー光があたっている様子を示している。この図から、小さな考古遺物試料にも関わらずイオンビームが照射される測定点の明確な把握が可能となっている。図 6(b)は X-Y ステージをすこし移動させ、かつレーザー光をオフにした場合の様子を示す。レーザー光がないのでイオンビームの照射点を把握することは困難である。この状態でレーザー光をオンにした状態を図 6(c)に示す。測定点はちょうど試料右側端となっていることが把握できる。図 6(d)は、X-Y ステージを更に移動させ、隣の試料のガラスビーズにレーザー光があたっている様子を示す。レーザー光が試料内部で拡散して大きく観測される。レーザー光が半透過するような測定試料ではこのような現象が生じることがある。

今回用いたレーザー装置は測定点でのレーザー光のスポットが 0.5mm ϕ 程度となる。これがこのモニターシステムの限界となる。これ以上の微細点の測定を求める場合は、微小なレーザー光スポットが得られるレーザー装置に変更するか何らかの工夫をする必要がある。

5. おわりに

PIXE 分析を行う上で、狙った測定点に陽子ビーム(3MeV)を正確に照射することは非常に重要である。特に微細測定点の測定では、微細径ビームを正確に測定点にヒットさせることが要求される。そこで、レーザーを用いたビーム照射位置モニターシステムを開発した。このシステムは、正確なイオンビーム照射位置の把握が可能なこと、貴重な測定試料に損傷を与えないこと、そして既存システムの大きな変更を要さない安価な費用で実現可能などの特徴を有している。

現在、MALT PIXE System を利用した研究者たちの考古遺物分析や H22 年度基礎プロジェクト 1 「基礎加速器分析実験(課題 D:PIXE 分析)」において、その有用性を発揮している。

なお、本報告は平成 20 年度工学部・工学系研究科個別研修(OJT)として実施した。

参考文献

1. 中野忠一郎:第 7 回東京大学原子力研究総合センター技術発表会技術報告、pp5-8(1998)
2. 中野忠一郎:第 7 回東京大学原子力研究総合センター技術発表会技術報告、pp9-12(1998)
3. K.Kobayashi, Y.Koizumi, C.Nakano, S.Hatori, Y.Sunohara :Nucl. Instu. And Meth. B150(199)144-149
4. http://www.tac.tsukuba.ac.jp/~ksasa/UTTAC/UTTAC_poster.pdf

2 加速器を用いた東京大学周辺（池底質，大気粉塵）の環境分析 －PIXE 分析法による学生実習と技術職員の取り組み－

原子力国際専攻 伊藤誠二

ito@n.t.u-tokyo.ac.jp

原子力国際専攻 森田明

原子力国際専攻 土屋（春原）陽子

1. はじめに

東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 加速器管理部にある設備，1.7MV タンデム型加速器（Rutherford Backscattering Spectroscopic Analyzer Particle Induced X-ray Emission and Ion Implantation Device; RAPID）は，共同利用実験装置として3つのビームライン（RBS, PIXE, Ion implantation）を持ち、各々研究及び教育に貢献している¹⁾。

PIXE（Particle Induced X-Ray Emission；粒子線励起X線）分析ラインでは，大きく分けて環境分析と文化財分析の利用に供している。2007年度より工学部システム創成学科の環境・エネルギーシステムコース（E&E）3年生を対象とした環境分析の実験実習（必修科目：基礎プロジェクト1）を開始した。E&Eのコース理念は「21世紀に私達が直面している最も大きな問題のひとつ」である‘環境・エネルギー問題’を「先進的な科学技術の手法を駆使してこれらの課題を解決し，同じく政策策定・技術経営ができる人材を育成すること」を目的とする。教育として提唱するのは「社会にて分野横断・文理融合のリーダーシップを発揮できる技術者の育成」である。基礎プロジェクト1の目的は「環境とエネルギーに関する実験演習を少人数単位で行うことにより，実際にものに触れ，直感力を養うとともに，思考分析能力を身につけること」にある。本課題の一つである「基礎加速器分析実験」では加速器を用いた環境試料の微量多元素分析手法の習得のため，2007年度は三四郎池，2008年度は上野不忍池の底質の分析を行い，2009年度は大気浮遊粒子状物質（Suspended Particulate Matter；SPM）の測定を行った。本実習では，担当教員と各々の技術職員が持つ専門技術を活かした役割分担を行い実施した。これらの実習を通して学生たちが広い視野で環境問題を考えていく契機のひとつになることを期待している。

2. 実習の概要

「基礎加速器分析実験」の実習は2日で1ユニットであり，6人のスタッフが全部で5ユニットを行う。毎週1回，夏学期（4月～7月上旬）に行っている。第1週目にガイダンスとサンプル採取および測定試料作製を行い，第2週目に試料のサンプルホルダーへの装着，サンプルチャンバー内の真空引き，標準試料（Ni, Ag）を用いてのキャリブレーション及びサンプルデータの測定を行い，得られたデータからエネルギーテーブルなどを参照して元素を同定する。元素同定を行うにあたり放射線計測の基本的な事項及びサンプピークやエスケープピークなど特に間違いやすい点については資料²⁾を配布して説明を行った。

3. 測定装置

本実習では1.7MV タンデム型加速器（RAPID：4117-HC型 HVEE社製）のPIXE分析装置を用いた。加速器はイオン源で生成させた水素イオンを負イオンビームとして加速

し中央電極で荷電変換後、PIXE 分析用チャンバー内に取り付けた試料に照射する。チャンバー内には4軸（X,Y,Z,T）ゴニオメーターが内蔵されている。検出器はSi(Li)半導体検出器（型式：79XX-660）である。加速エネルギーは3 MeV、吸収板はマイラーを使用した。また、池底質試料のバックング材にはアラルダイトを用いた。

4. 試料採取と測定

試料採取場所には講義時間内に採取が可能であることや身近な問題としてとらえやすい事などを考慮して大学内または大学近辺で行うことが学習上効果的であり、大学構内（本郷キャンパス）にある三四郎池（育徳園心字池）、近辺の上野不忍池の底質及びタンデム加速器研究棟屋上（浅野キャンパス）で大気浮遊粒子状物質（SPM）の採取を行い測定した。

4-1. 池底質

図1に三四郎池（位置：北緯35度42分43秒，東経139度45分43秒）底質を測定したスペクトラムの一例を示す。三四郎池底質からはSi, K, Ca, Fe, Ti, Cr, Mn, Cu, Znなどの元素が観測された。汚染物質といわれているAs, Se, Cd, Hgなどは本計測条件下では観測されていないが、人為起源とされるCr, Znが観測されている。また上野不忍池（北緯35度42分44秒，東経139度46分15秒）底質においても、ほぼ同様のスペクトルが観測された。図2に上野不忍池底質のスペクトラムを示す。

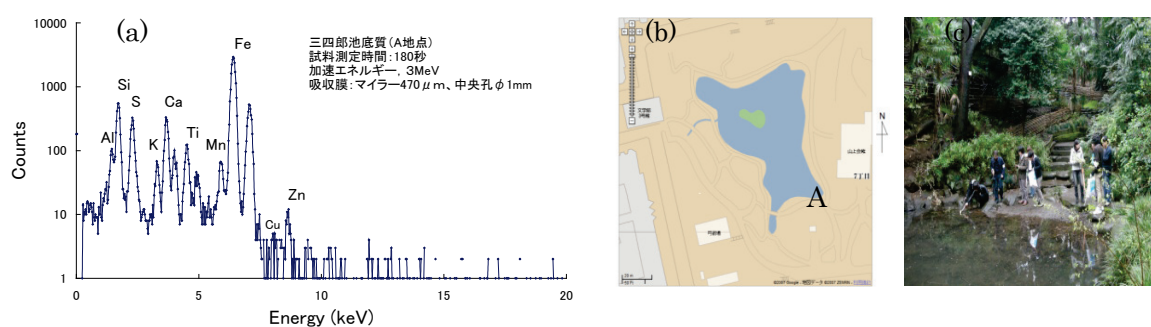


図1. 三四郎池での試料採取とエネルギースペクトラム

(a). 三四郎池（A地点）エネルギースペクトラム (b). 採取場所（A地点） (c). 試料採取風景

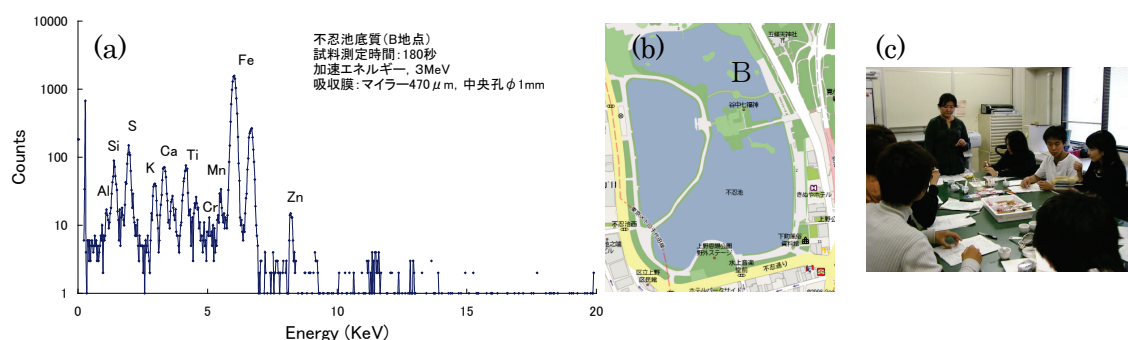


図2. 上野不忍池での試料採取とエネルギースペクトラム

(a). 上野不忍池（B地点）エネルギースペクトラム (b). 採取場所(B地点) (c). 試料作製の様子

4-2. 大気浮遊粒子状物質(SPM)

2009 年度からは、大気浮遊粒子状物質(SPM)の測定を開始した。大気浮遊粒子収塵器は手作りである。図3に大気浮遊粒子収塵器の構造図(a)及びその写真(b)を示す。大気浮遊粒子収塵器は、集塵部（フィルター： $0.4\mu\text{m}$, Nuclepore Membrane）、流量計（ $5\text{l}/\text{min}$ ）、エアポンプ（型式：CM-50-24）、バッテリー（24V）で構成されている。サンプル採取はポンプを起動しフィルターに蓄積させる。実習では4台でサンプル採取を行なった。

サンプル採取の場所は、初回は大学構内タンデム加速器研究棟屋上で東向き（太平洋側）

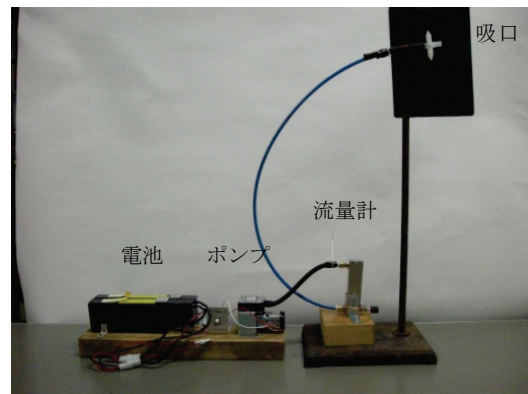
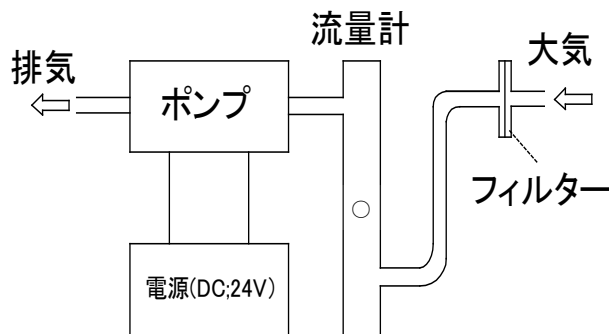


図3. 大気浮遊粒子集塵機

(a) 構造図

(b) 大気浮遊粒子集塵器の外観

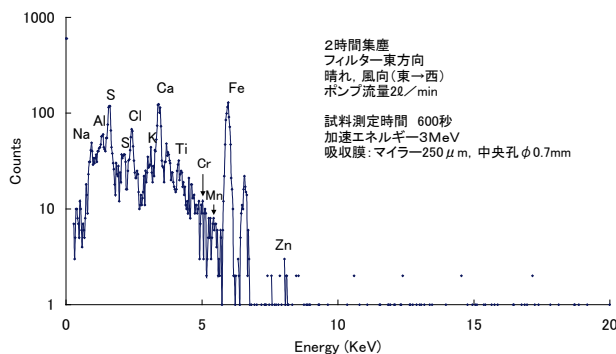


図4. 大気浮遊粒子状物質の採取と測定結果の一例

(a) 大気浮遊粒子の測定スペクトラム



(b) 大気浮遊粒子を集塵する学生達

と西向きの2方向にグループ分けして集塵した。図4に本実習で測定した大気浮遊粒子状物質のスペクトラムの一例(a)と実習の様子(b)を示す（2009年5月14日集塵）。測定からはNa, Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Znなどが観測された。NaとClは東京湾からの海塩粒子と思われる。しかし、海塩粒子の観測されない日もあり、波浪、風向風速等の気象条件によって異なることが推測される。タンデム加速器研究棟屋上に飛来

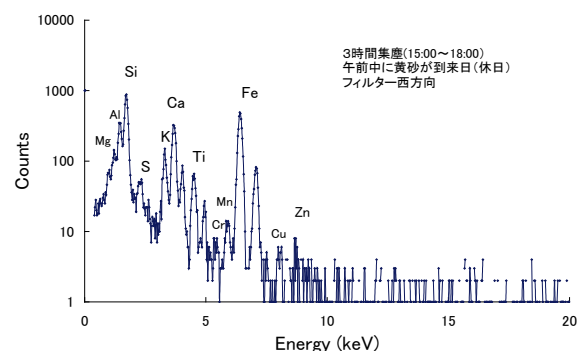


図5. 黄砂飛来時に測定したスペクトラム

すると考えられる SPM は、大きく分けて Al, Si, Ti などの地殻起源粒子や東京湾方面から飛来する海塩粒子，陸上から飛来する土壌粒子，自動車からの排出ガス，工場からの排出粒子，また春になると中国大陸から日本に飛来する黄砂粒子などがある（参考として図 5 に大陸から黄砂が東京に飛来した日に測定したスペクトラムを示す．2010 年 3 月 21 日集塵）．浮遊粒子状物質の発生源の特定には季節，時間，気象条件などによりスペクトラムが異なってくるので難しく，今後データベースの調査と併せた長期的な観測が必要となる．

5. まとめ

三四郎池の底質からは，Al, Si, K, S, K, Ca, Ti, Cr, Mn, Fe, Cu, Zn などが観測され，上野不忍池底質からもほぼ同様の元素が観測された．大気浮遊粒子状物質の測定では，Na, Al, Si, S, K, Ca, Fe, Ti, Cr, Mn, Zn など観測することができた．三四郎池及び上野不忍池底質と大気粉塵の測定スペクトラムからほぼ同様の元素が観測された．また，人為起源として知られている Cr, Zn なども観測された．これからの課題としては，可搬型大気浮遊粒子集塵器を用いて大学周辺の他の場所でも継続的に集塵・測定を行い周辺の環境動態及び発生源を明らかにしていく必要がある．

原子力国際専攻 加速器管理部には 5 MV と 1.7 MV の大型装置である加速器がある．本実習を開始するにあたり担当教員と技術職員が各々の専門技術を活用できるよう，講義，試料の製作，放射線計測技術，加速器の運転，データ処理等を専門毎に担当を決め，本演習を実施することができた．本演習を通じ技術職員の専門性が発揮できたことは今後の新たな総合プロジェクトを行う手がかりとなった．

学生の反応はサンプル採取フィールドワーク及び mg, μ g オーダーの微量な試料を測る為に大きな加速器を用いて測定と元素分析を行うことに新鮮な興味を持ち PIXE 法による環境分析を実感することができたという感想が多く寄せられた．この演習を通じて，大学における先端装置・技術に触れさせることの意義は高い．E&E コースの教育理念にある‘環境・エネルギー問題’を「先進的な科学技術の手法を駆使してこれらの課題を解決」できる人材の育成という理念に貢献の契機となった．

6. 謝辞

本実習はこの他に中野忠一郎技術専門員と宮入陽介大気海洋研究所研究員がスタッフとして行った．実習の担当教員である松崎浩之准教授及び広島大学の西山文隆氏に貴重な助言をいただいた．その他お世話になった方々にお礼を申し上げる，なお，大気浮遊粒子採取器の製作は 2009 年度に承認された技術部 OJT 予算で行ったものである．

参考文献

- 1) S. Ito, H. Matsuzaki, A. Morita, Y. Sunohara, Tsuchiya, C. Nakano, Y. Miyairi, "Status Report on RAPID, 1.7 MV Tandem Accelerator System, the University of Tokyo". The 1st International Particle Accelerator Conference, to be published in JACoW:(2010).
- 2) ‘PIXE 分析にありがちな Pitfalls (落とし穴)’改訂版—信頼できるデータを得るために—, 西山文隆, 一, 第 26 回 PIX シンポジウム特別寄稿(‘X 線分析の進歩’ 第 41 集 解説に掲載, 2010, p61-74)．

3 大気圧 PIXE 用電荷増幅器の開発

システム創成学専攻(B)

細野 米市

hosono@sophie.q.t.u-tokyo.ac.jp

1.はじめに

大気圧 PIXE 分析法は、加速した陽子ビームを未知の試料に照射し、その時発生する特性 X 線のエネルギー分析から、その物質を構成する元素を知る方法である。したがって、特性 X 線の測定が重要なポイントになる。

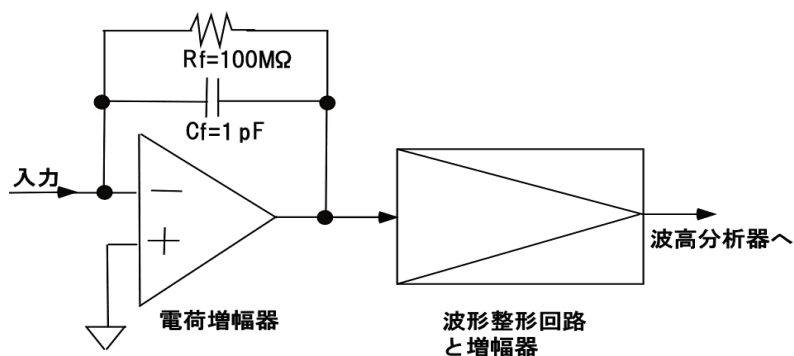
一般に特性 X 線の測定は、液体窒素で冷却した Si 半導体検出器が用いられる。この方法は、検出部を液体窒素で冷却することで高分解能特性を得ている反面、値段が数百万円もするというもので、持ち運んで気軽に使用したりすることは出来ない。

そこで筆者は、極めて安価で気軽に使うことが可能な特性 X 線検出器として、アバランシェフォトダイオード (APD と略) を用いる方法を提案してきた。しかし、APD は、端子間容量が 100pF 程度あり、その後に接続する電荷増幅器の S/N 比に悪影響を及ぼすという問題があった。そのため端子間容量の大きな APD を接続しても S/N 比の悪化しない電荷増幅器の試作を試みた。

2. 電荷増幅器とは何か。

電荷増幅器は、放射線計測や核物理や宇宙線計測等に多用される増幅器であり、一般的な増幅器の考えかたと異なる。放射線検出器等で発生した電荷を電圧信号に変換する増幅器である。電荷増幅器 (等価回路) を用いた測定系の概要を第 1 図に示す。電荷増幅器では、S/N 比を等価雑音電荷 (以下 ENC と略す) で表し、単位をクーロン (以下 C と表記) で表している。例えば、放射線や荷電粒子によってその検出器に $10^{-17}[C]$ の電荷が発生したと仮定すると、電荷増幅器の S/N 比が ENC で $10^{-16}[C]$ と表記されていれば、これは測定不可能ということがすぐに分かる。

電荷増幅器の特徴は、極わずかな電荷でも測れるという特徴がある。今、入力に $10^{-16}[C]$ の電荷 (625 個の電子の持つ電荷量) Q が入った場合を考えてみる。この時、電荷増幅器出力 V は $V=Q/C_f$ で表され、 $C_f=1pF$ とすれば、 $V=10^{-16}/10^{-12}=10^{-4}[V]$ となる。わずか 625 個の電子の電荷量が 0.1mV の電圧に変換されることになる。なお、フィードバックコンデンサー C_f は、通常 1pF から 2pF 程度が用いられる。



第 1 図 電荷増幅器を用いた測定系の概要

同回路に於いて R_f （フィードバック抵抗）の理想的な値は無限大であるが、それはフィードバック抵抗が無い状態であり、現実的でない。もし、 $R_f = \infty$ になると、電荷増幅器の出力はプラスかマイナスに振り切れてしまい電荷増幅器として使うことが出来ない。したがって、可能な限り大きな抵抗を着けるのであるが、回路のオフセットや安定性を考慮して、多くの電荷増幅器は、 $R_f = 100\text{M}\Omega$ 程度が用いられている。

3. S/N 比と改善方法

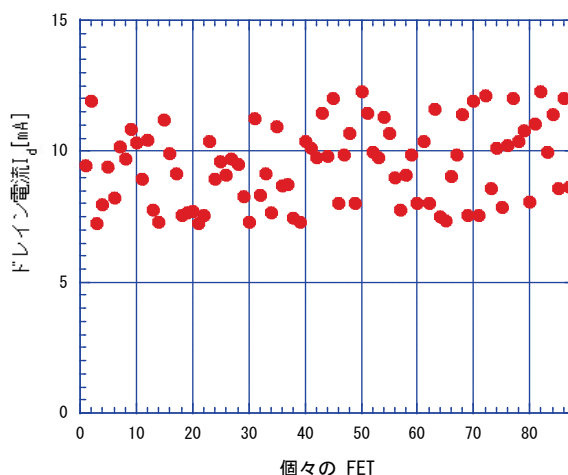
第 1 図の測定系の S/N 比は電荷増幅器でできる。その S/N 比は、APD の熱雑音、ショットノイズ等で決まる。熱雑音は、APD の端子間容量を C 、温度を T 、APD の直列抵抗を R_s 、FET の相互コンダクタンスを $g_m \{ \partial I_d / \partial V_{GS} \}$ とすると、

$$\text{S/N 比} \propto C \sqrt{T(R_s + 1/g_m)} \cdots (1)$$

に比例する。ここに I_d は、FET のドレイン電流、 V_{GS} は FET のグリッド・ソース間電圧である。ショット雑音は、同図の電荷増幅器の後ろにある波形整形回路の時定数 (τ) に比例する。

上記(1)式から、 C と R_s および T が一定と仮定すると、 g_m 値を大きくすることが、最も簡単な S/N 比改善となることがわかる。なお、ペルチェ素子で APD を冷却すると、 T と R_s が変化し S/N 比が改善されるが、ここでは、常温での使用を前提に g_m 値を大きくすることで S/N 比の改善を試みている。

電荷増幅器の入力部分に使用されるジャンクション FET（以下単に FET と略）の g_m 値は、数十 mS（ミリシムス）が一般的である。当然のことであるが FET のソース接地入力容量 (C_{is}) も問題となる。 g_m 値が大きくとも C_{is} が大きくては意味がない。そのため、 g_m と C_{is} の比が重要となり、 g_m/C_{is} が大きい素子を選択する必要がある。筆者の場合は、日本で入手できる FET を規格表でチェックし、これはと思う素子の特性測定を行った。その結果、2SK505 と 2SK291 が電荷増幅器に適している事がわかった。 g_m 値は前者が標準で 26mS ($C_{is}=4.8\text{pF}$)、後者が 45mS ($C_{is}=8.5\text{pF}$) であった。



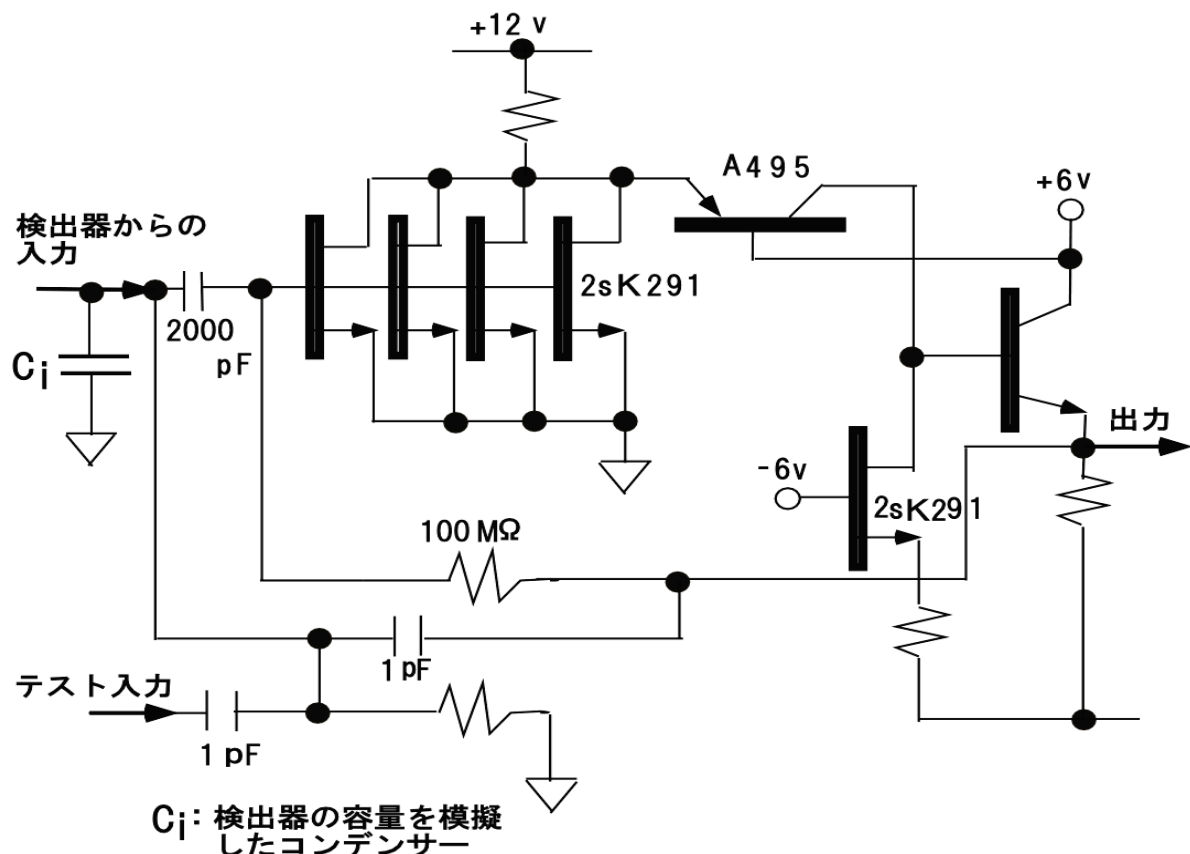
第 2 図 FET 2SK291 の特性のバラツキ

gm 値の大きな FET といっても一個は数十 mS であるから、これを増やすには、並列に何個も使用することになる。しかし FET を並列に増やしていくと、①Cis も浮遊容量も増加する。②個々の FET の静特性 ($V_{gs}-I_d$ 特性) が異なっている。③実際のレイアウトや回路の作り易さ。等から単純に増やせば良いということにならない。

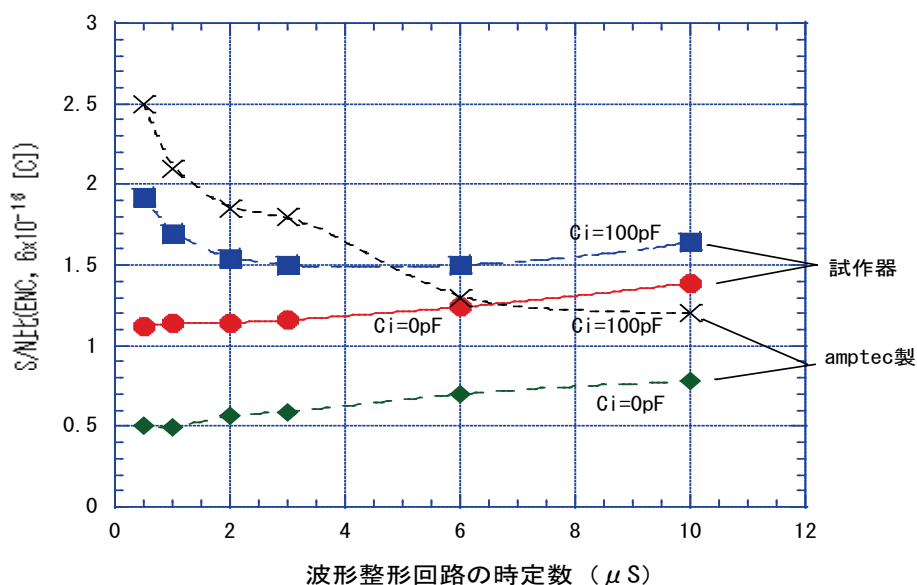
入手した 2SK291 の一本一本の特性を測定した結果を第 2 図に示す。これは、 V_{GS} を 0.35[V]にした時のドレイン電流 I_d を測ったものである。約 90 個を調べたが、完全に一致するものはひとつも無かった。この結果から分かるように、同じ FET だからといって無差別に選んで並列に使用すると、回路のバランスが崩れることになり、好ましくない。そこで特性の近いものを選んで使う必要がある。

4. 試作した電荷増幅器特性

第 2 図で示した約 90 本の 2SK291 の特性チェックを基に、その中から特性の揃った 4 本の FET を選びだし、それを並列に用いた。この時の gm 値は約 140mS であった。試作した電荷増幅器を第 3 図に示し、電荷増幅器の入力部分に 200pF 以下のコンデンサーを付けた時の S/N 比測定結果を第 4 図に示す。



第 3 図 試作した電荷増幅器



第 4 図 等価雑音電荷 (ENC) の測定結果

S/N 比の測定は、マーキュリーパルサーの出力を電荷増幅器のテスト入力に入れ、波形整形回路の時定数を変化させながら、その出力を多チャンネル波高分析器に入力し測定した。なお、ENC の計算は、RMS を用いるケースもあるが、筆者は FWHM を用いている。

試作した電荷増幅器は、 $C_i=0\text{pF}$ の時 ENC が $1.12 \times 10^{-16}[\text{C}]$ 、 $C_i=100\text{pF}$ の場合（波形整形回路の時定数を τ とすると、 $\tau=6\mu\text{s}$ の時）は、 $1.5 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であった。市販品で特性の良い電荷増幅器（AMPTEC 社製、初段 FET を冷却している）では、 $C_i=0\text{pF}$ のとき 0.49×10^{-16} で 100pF を付けた場合（ $\tau=10\mu\text{s}$ 時）は、 $1.2 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であった。試作器は、冷却している AMPTEC 社製とほぼ同様な結果といえる。また、試作した電荷増幅器に 500pF をつけた時の ENC は、 $3.8 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であった。一般の電荷増幅器では、 500pF を付けた場合は回路が発振し使用出来ないケースが多い。

本回路の応答性（立ち上がり時間）は約 8ns であった。

5. まとめ

FET 特性の同一の物を選んで APD 用の電荷増幅器を試作し、その特性測定を行った。入力部にコンデンサーを付けない場合の ENC は、 $1.12 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であり、 100pF 接続時は、 $1.5 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であった。また、入力部に 500pF を付けた時の等価雑音電荷は、 $3.8 \times 10^{-16}[\text{C}]$ であった。これらの結果から試作した電荷増幅器は、大気圧 PIXE 分析用 APD に使用可能であると言える。

今後の課題は、①大気圧 PIXE 実験に於いて、電荷増幅器に APD を取り付けて実験を行うこと、②さらに ENC を改善するために、ペルチェ素子を用いて電荷増幅器の初段の FET や APD を冷却することである。

4 平成 21 年度工学系研究科技術部 工作技術講習企画委員会報告

技術部工作講習企画委員会

杉田洋一 石川明克 岩田悌次 内田利之 佐藤秀和

sugita@material.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

大学の工学部・工学系研究科に居ながら全く工作機械を見たことも触れたことも無いという学生や教職員等が居る。実験装置の設計や装置の改良を考えた時に工作加工が不可能なものを依頼してくるときがある。そんな時少しでも工作機械に触れ加工の経験があれば解決する場合もある。

しかし単純に『講習会をします』と呼びかけるわけにはいかない。そこにはしっかりとした方針と企画が必要である。

ここでは学生・院生・教職員を対象とした工作機械操作と技術に関する研究科共通の講習会と資格制度の創設、および高度化する教育研究を支えるより安全で高度なもの造り技術基盤を研究科内に構築することを目的とした企画委員会の立ち上げから実施までを報告する。

2. 組織の概要

これまで工作講習に関しては各方面から工学系研究科として独自の講習会を開催出来ないだろうかなどのはあった。

全学的な研修としては今までもあったが、職員を対象としたもので学生は受ける事ができなかった。工学系には 7 箇所に専攻が運営する工作室（試作室・工房）があるが、そんな状況の中で利用できる環境があるにもかかわらず、所有する専攻の職員や学生すらこれまでに実際に自分で機械等を使用し装置の改良や試験片の作成をしてきてはいない。全くないわけではないが、やはり少ない。

そんな中、『もの造りは工学の基本であり、工作技術はもの造りの基本』とした工学系研究科技術部長の後押しもあり、ここに工学系に所属する学生や職員に対し工作講習を受けられる場を作ろうと言う事で企画委員会が立ち上げられた。

(1) 工作技術講習会企画委員会の設置

工学系研究科技術部調整室ならびに技術部長からの要請により工作系技術職員を中心に設置された。

(2) 企画委員会の構成及び運営

企画委員会は、委員長 1 名、委員 4 名で構成され、2009 年度内の工作講習の実施に向け企画立案とテキスト作り及び講習会講師の選出をした。

3. 委員会の開催

2009 年 7 月から実施の 3 月までに合計 13 回の企画委員会を開催した。

- | | |
|---------------------|------------------|
| (1) 2009 年 7 月 2 日 | 第 1 回工作技術講習企画委員会 |
| (2) 2009 年 7 月 10 日 | 第 2 回工作技術講習企画委員会 |
| (3) 2009 年 7 月 31 日 | 第 3 回工作技術講習企画委員会 |

- | | |
|------------------|-----------------|
| (4) 2009年9月1日 | 第4回工作技術講習企画委員会 |
| (5) 2009年9月16日 | 第5回工作技術講習企画委員会 |
| (6) 2009年10月14日 | 第6回工作技術講習企画委員会 |
| (7) 2009年11月5日 | 第7回工作技術講習企画委員会 |
| (8) 2009年11月19日 | 第8回工作技術講習企画委員会 |
| (9) 2009年11月30日 | 第9回工作技術講習企画委員会 |
| (10) 2009年12月15日 | 第10回工作技術講習企画委員会 |
| (11) 2010年1月20日 | 第11回工作技術講習企画委員会 |
| (12) 2010年2月3日 | 第12回工作技術講習企画委員会 |
| (13) 2010年2月19日 | 第13回工作技術講習企画委員会 |

4. 活動報告

(1) 8月5日～8日にかけて北陸3大学（金沢工業大学・北陸職業能力開発大学校・長岡技術科学大学）を訪問

(2) 日立危険体感参加（8月24・25日）

(3) 企画委員による実習リハーサル（2010年1月26日13時～）

(4) 講師全員出席の実習リハーサル（2010年2月16日10時～）

(5) 企画委員会による座学リハーサル（2010年3月1日13：30～）

5. 工作技術講習会の実施

2009年3月10日には工学系研究科安全管理室の協力を得て工作に限らず安全に関する講義、11・12日に実習のスケジュールで3日間を使い工作技術講習会を開催することができた。受講者は、学部3年生から教授まで27名の応募があった。

6. まとめ

初めての試みだったと言う事もあり呼びかけ方法に問題点があったのは反省点であるが。これまでに各方面から工学系での講習会の開催について話があり、また我々もその必要性を感じていたが、実現できなかった。しかし、今回実施までに至ったのは、技術部長のバックアップと技術部調整室や安全管理室等の協力、そして工作系技術職員全員の協力があったからである。

また材料費や工具及び消耗品で合計1,173,230円（旅費除く）を技術部から支出していただいた。

今後定常的にこの工作技術講習会が開催される事が重要であり願うものです。

最後に当時技術部長の北森先生（現工学系研究科長）、安全管理室の中尾先生、技術部調整室の細野氏・諸山氏・高橋氏、そして技術職員で講師を引き受けてくれた市毛氏・生出氏・川端氏・斎氏・渋谷氏・中根氏・永山氏・南雲氏・茂木氏、実習リハーサルに参加していただいた田村氏・加藤氏に対しこの場を借りて心より感謝し御礼申し上げます。

5 X線装置からの漏洩X線の測定

安全衛生管理室 大久保 徹
t-ohkubo@t-adm.t.u-tokyo.ac.jp
総合研究機構 府川 和弘

1. はじめに

工学系では現在66台のX線装置と11台の電子顕微鏡が稼働している、安全衛生管理室では年2回定期検査を行い装置の管理を行っている。定期検査ではGMサーベイメータにより漏洩X線の検査を実施しており、GMサーベイメータでの測定が漏洩X線検出に適正であるかを調べることを目的とした。また各種のサーベイメータと個人線量計でも測定を行い比較した。

2. X線測定

X線装置は、総合研究機構の東芝ADG-501（定格40kV, 40mA）を使用し、ターゲットにはMoとCuの管球を使用した。Amptek社製のX-123（Cd-Te検出器5×5×1mm）によりスペクトルの測定を行った。漏洩X線の測定で使用したサーベイメータと個人線量計を写真1に示す。検査で使用している①広口GMサーベイメータTGS-133アロカ社、②広口GM

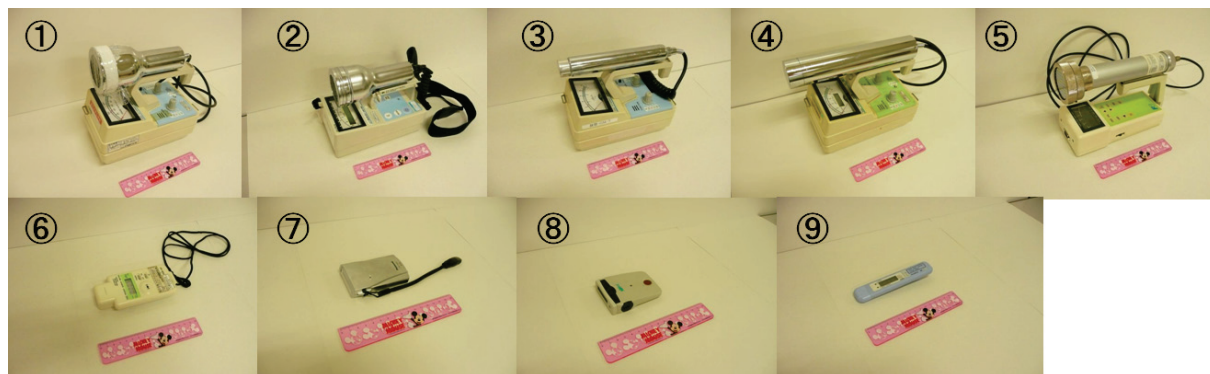


写真1. 測定に使用したサーベイメータと個人線量計

TGS-146 アロカ社、③GM TGS-121 アロカ社、④NaIシンチレーションサーベイメータTCS-161 アロカ社、⑤NaIシンチNHC410B1 富士電機、⑥CsIシンチPDR-101 アロカ社、⑦電子式個人線量計Si半導体式ZP-145P Panasonic社、⑧Siダイオード式DOSE³ 千代田テクノル、⑨Si半導体式マイドーズブルックEPD-101 アロカ社の9台の比較を行った。

X-123検出器での測定では管球から放出されるX線ビームのスペクトルを直接測定したが、X線ビームが強力なため0.3mmφのコリメータとソーラスリットと0.15mmのスリットを付けることにより弱め測定を可能とした（写真2）。

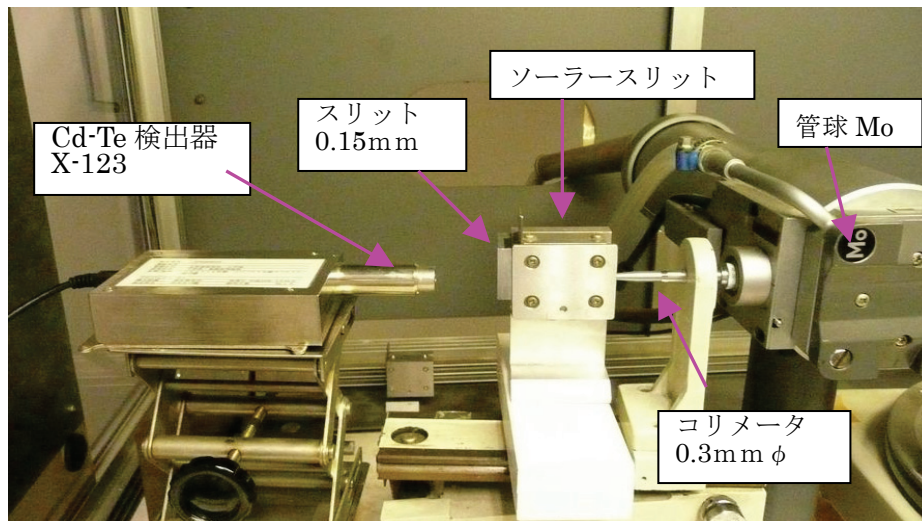


写真 2. 直接線の測定

漏洩 X 線の測定は X 線装置の裏側にある高圧電源配線用の穴を使用した。古い X 線装置では裏側には人が立ち入らないことを前提としておりこのような穴が装置の後ろには確認されているので注意が必要である。現在の X 線装置では装置全体を覆う設計となっているので安全である。X-123 により漏洩 X 線スペクトルを測定し、同じ位置にサーベイメータと個人線量計を置き測定した。図 1, 図 3 に Mo ターゲットと Cu ターゲットで管球からの直接の X 線を測定したスペクトルを示す。

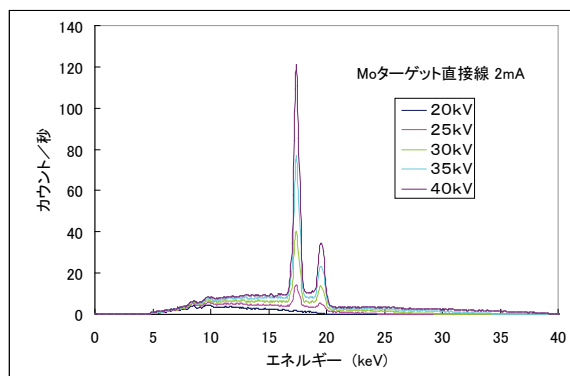


図 1. Mo 直接線スペクトル

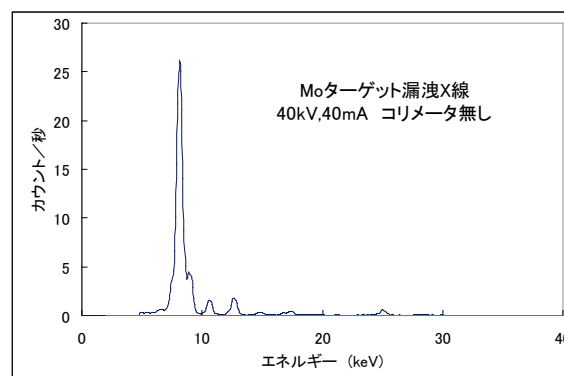


図 2. Mo 漏洩 X 線スペクトル

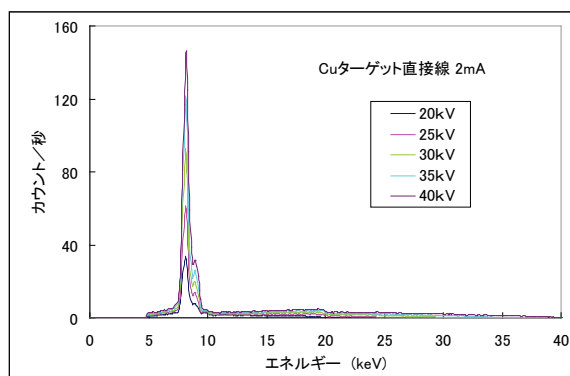


図 3. Cu 直接線スペクトル

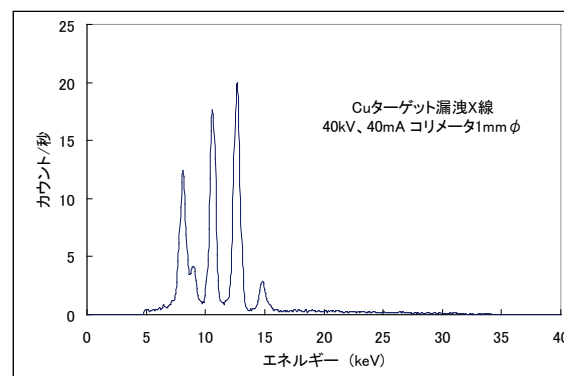


図 4. Cu 漏洩 X 線スペクトル

電流を2 mAと一定にして、電圧を20、25、30、35、40 kVと増加させた。MoではK α の17.4keV、K β の19.6 kVの特性X線ピーク、CuではK α の8.0keV、K β の8.9 kVの特性X線のピークが確認できる、このピークは電圧の増加とともに増えている。ピーク以外ではカウントは少ないが40keVから5KeVまで連続的にX線が確認される。図2、図4に漏洩X線のスペクトルを示す。MoターゲットではMoの特性X線のピークは図では確認できないほど小さくなり、Cuの特性X線ピークとPbのL α (10.55keV)、L β (12.6keV)、の特性X線ピークが現れている。CuターゲットではCuの特性X線以外にPbのL α 、L β のほかにL γ (14.8keV)ピークが現れている。今回の漏洩X線測定で測定されるX線は、装置の内壁に張られているダイレクトビーム防護用Pb板に当たり散乱したものが主である。この為Pb特性X線が観測される。Mo管球においてCuの特性線が観測されるのは、管球内部にCuを多く用いている為であると考えられる。

3. 標準線源による測定

^{241}Am と ^{137}Cs の標準線源によりサーベイメータと個人線量計の較正を行った。

^{241}Am は59.6keV、 ^{137}Cs は662keVのガンマ線を主に放出しているので、このエネルギーでの感度を知ることができる。線源より20 cmの位置で測定を行い、その位置での実効線量率は ^{241}Am が0.33 $\mu\text{Sv/h}$ 、 ^{137}Cs が3.2 $\mu\text{Sv/h}$ である。測定結果を表1に示す。GMサーベイメータでは放射線を何個捉えたかの計数率で表し、他のサーベイメータ等では人体が受ける放射線の単位としてシーベルト(Sv)で表す。GMサーベイメータはどちらのエネルギーでも感度があることがわかる。富士電機のNaIシンチNHC410B1は環境安全本部より借用したもので、低エネルギー用のサーベイメータであり ^{137}Cs の662keVでは感度が落ちている。このサーベイメータ以外では59.5keV、662keVのエネルギーの γ 線の測定に適していることを確認した。

サーベイメータ 個人線量計	B. G.	核種	
		^{241}Am 59.5keV 0.33 $\mu\text{Sv/h}$	^{137}Cs 662keV 3.2 $\mu\text{Sv/h}$
広口GM TGS-133	50cpm	2.1 kcpm	3.0 kcpm
広口GM TGS-146	50cpm	2.3 kcpm	3.1 kcpm
GM TGS-121	1.2cps	12 cps	14 cps
NaIシンチ NHC410B1	0.004 $\mu\text{Sv/h}$	0.63 $\mu\text{Sv/h}$	0.22 $\mu\text{Sv/h}$
NaIシンチ TCS-161	0.05 $\mu\text{Sv/h}$	0.35 $\mu\text{Sv/h}$	2.72 $\mu\text{Sv/h}$
CsIシンチ PDR-101	0.065 $\mu\text{Sv/h}$	0.5 $\mu\text{Sv/h}$	3.39 $\mu\text{Sv/h}$
個人線量計 ZP-145P	0 $\mu\text{Sv/h}$	0.5 $\mu\text{Sv/h}$	5.0 $\mu\text{Sv/h}$
個人線量計 DOSE ³	0.1 $\mu\text{Sv/h}$	0.5 $\mu\text{Sv/h}$	3.2 $\mu\text{Sv/h}$
個人線量計 EPD-101	0.1 $\mu\text{Sv/h}$	0.5 $\mu\text{Sv/h}$	3.6 $\mu\text{Sv/h}$

表1. 標準線源による確認

4. 結果

サーベイメータと個人線量計での漏洩 X 線測定結果を表 2 に示す、漏洩 X 線はコリメータを変えることで、低線量と高線量での測定を行った、表の下段の X123 検出器で測定したスペクトルの全カウント率により線量の違いを知ることができる。漏洩 X 線のスペクトル測定より、Mo では 8 keV の X 線、Cu では 8 – 15 keV の X 線が主なエネルギー帯の測定となる。シンチレーションサーベイでは結晶保護のカバーがあり、またノイズ対策として低エネルギーの信号はカットされているため、15 keV 以下では使用できないことを確認した。低エネルギー用 NaI シンチ NHC410B1 では感度があることを確認した。GM サーベイメータでは TGS-123 でも感度はあるが、広口 GM サーベイメータではより高い感度があることが判った。個人線量計は、Mo で 2 時間、Cu で 3 時間の測定をおこなったが、デジタル表示で最小表示線量が $1\mu\text{Sv}$ で測定値は 1, $2\mu\text{Sv}$ 位であり、感度が低いことが判ったが、積算線量計であるので長時間の測定では有効になる。このため、測定時間が限られていた今回の実験での低線量での測定は省いた。

今回実験により現在漏洩 X 線検査に使用している広口 GM サーベイメータは低いエネルギーでの漏洩 X 線の有無の測定に適していることを確認した。

サーベイメータ 個人線量計	B. G.	漏 洩 X 線				単位
		Cuターゲット 40kV, 40mA		Moターゲット 40kV, 40mA		
		コリメータ 0. 3mmφ	コリメータ 1mmφ	コリメータ 1mmφ	コリメータ 無し	
広口GM TGS-133	50cpm	4. 5	82	5. 6	74	kcpm
広口GM TGS-146	50cpm	5. 2	99. 5	4. 6	75	kcpm
GM TGS-121	1. 2	2. 8	98	3. 5	120	cps
NaI シンチ NHC410B1	0. 004	0. 061	1. 07	0. 045	0. 27	μ Sv/h
NaI シンチ TCS-161	0. 05	0. 05	0. 05	0. 05	0. 05	μ Sv/h
CsI シンチ PDR-101	0. 065	0. 065	0. 07	0. 067	0. 065	μ Sv/h
個人線量計 ZP-145P	0. 0	測定なし	0. 2	測定なし	1. 0	μ Sv/h
個人線量計 DOSE ³	0. 1	測定なし	0. 6	測定なし	.0. 9	μ Sv/h
個人線量計 EPD-101	0. 1	測定なし	0. 7	測定なし	0. 4	μ Sv/h
X-123(全カウント率)	12	686	27091	1268	14783	cpm

表 2. 漏洩 X 線測定結果

個人線量計はアイソトープ総合センターの小池助教の御好意によりお借りして使用させていただきました。

6 低電圧作動が可能な避雷器の開発

原子力国際専攻 安本 勝
yasumoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

落雷被害を受けないため、接地電位は等しくすることが望ましい。接地間で使用する避雷器は、接地間の電位差をできるだけ小さくするため、避雷器動作電圧をできるだけ小さくすることが必要である。しかし、ただ小さくするだけでは、地絡等事故時の接地間の持続的な過大電圧により避雷器が作動してしまい破損することがある。その持続的な過大電圧の最大が使用電源電圧になるため、接地間に使用する避雷器の作動電圧は、使用電源電圧よりも小さくできない。電子回路は低電圧下の傾向があり、侵入する異常電圧はできるだけ小さくする必要があり、接地間電位は小さくすることが必要である。もし避雷器が持続的な異常電圧から保護できるならば、避雷器の作動電圧を低く設定することが可能になる。この保護する基本回路は既に明らかにしているが、各使用素子は理想的に機能しない。従って、最適な条件を見出すために実験を行い、現れた問題点を解消していくことが必須である。

本報告は、まだ途中経過であるが、今迄の測定結果をまとめた内容について報告する。

2. 接地間への異常電圧の侵入

2. 1 単発雷サージ

接地間にサージ電圧が発生させる原因としては、①外部電位を導入し易い接地システム、②電源・信号と対になる接地系統の低インピーダンス化をはかる構成で無い、及び③ファラデーゲージの破れ、等がある。

(1) 外部電位を導入し易い接地システム 鉄筋・鉄骨建物に直撃雷を受けた時に建物電位は大きく上昇する。この時、建物内の変電室に個別接地を採用している場合、個別接地極間に電位差が生じ接地間にサージ電圧が発生させる。

(2) 接地系統の低インピーダンス化をはかる構成で無い さらにコモンモードノイズインピーダンスを高めることにより、電源・信号系統への誘導雷によるサージ電圧の侵入は抑制できるが、現実には接地系統の施工は不適切な例が多い。電源・信号系統の対になる接地系統の低インピーダンス化はシールド化を高めることを意味している。

(3) ファラデーゲージの破れ 雷の侵入に対し、理想的な接地構成はファラデーゲージ構成にすることである。実際には随所にファラデーゲージの破れがある状態が一般的なようである。建物への水道やガス管等の引込導体、電源・信号系統の引込は、鉄筋・鉄骨建物の建物代表接地極になる外表面で近似的にファラデーゲージを構成するように接地系統を電氣的に接続しなければならない。実際には随所に破れがあり、外部の雷サージを内部に導入してしまうことで接地間にサージ電圧が現れる原因になっている。

2. 2 持続性異常電圧

発生原因は色々であるが頻度が高く持続性電圧が大きい異常電圧は、地絡時に発生する電圧である。

(1) 地絡時に発生する異常電圧 個別接地の場合、地絡すると接地間に最大で地絡電源電圧が現れる。この地絡による電流は大きく、例えば、D種接地とB種接地に避雷器を

設けた場合、作動電圧が電源電圧を下回るとこの地絡電流が持続して避雷器に流れることになる。

(2) 変圧器の高圧と低圧との混触時異常電圧 高圧系統は非接地であることが多く、この時、高圧側混触時の電流による低圧側電圧上昇が 150V 以下になるように B 種接地抵抗が決められている。混触時に流れる電流は、電気設備技術基準・解釈 第 19 条第 3 項に規定され、非接地方法で最大 10A が見込まれる。

(3) 電気機器の複数接地極間電位差 電気機器には複数接地極を設けているものがあり、この接地極間に電位差があるものがある。両者は絶縁確保ができず接続されてしまう場合が多くある。その時、接地回路の抵抗が小さい場合が一般的であり、大きな電流が流れる。実際に、接地系統に 1A 以上の大きな電流が流れている例が見られる。

3. 低電圧作動避雷器の原理

低電圧作動避雷器は、避雷器に使用される一般的な避雷素子（以下、SPD）と持続性電圧からの SPD 保護回路から構成される。SPD は、速い立ち上がりの雷サージの侵入に対して動作し、侵入電圧を抑制する。SPD の雷サージ処理エネルギー量は大きいが発現現象であり頻度は少なく 1 秒以下で終わる現象である。一方、持続性異常電圧はサージ電圧より小さくとも持続することによる放電の総エネルギーは大きく、SPD を破損させてしまう。低電圧作動化には SPD にその持続性異常電圧からの保護回路が必要である。

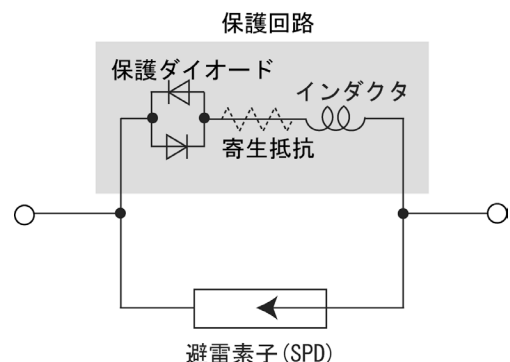


Fig.1 接地用低電圧作動避雷器の保護回路

持続電流保護回路は SPD が作動するまでのサージ電圧に耐えられ、持続性電圧処理電圧は SPD 作動電圧より低くし、連続的なエネルギー処理量に十分耐えられるものにする必要がある。これを実現する基本の保護回路は Fig.1 になる。インダクタンスと正逆並列接続したダイオード（以下、ダイオード）で構成される。ダイオードに流れることになる地絡電流は、B 種接地許容抵抗を満足する電流制限抵抗を各変圧器に設けることで抑制できる。保護回路ダイオードは、この抵抗で決まる電流以上の容量にする必要がある。

雷サージ対策には、保護回路ダイオードは SPD の動作電圧より小さくする。また保護回路の応答は SPD よりも遅くし、SPD の応答で決まるようにする必要がある。この応答速度は、ダイオードの順方向電圧—電流特性から順方向抵抗変化から時定数の変化を伴うが、SPD よりも十分遅いものにする。

一方、持続性異常電圧対策には、避雷器の電圧降下は、保護回路の電圧降下は SPD 作動電圧よりも小さく、保護回路の電圧降下で決まるようにする必要がある。

サージ電圧に対して、保護回路のダイオードに流れる電流は、インダクタンスで SPD が動作するよりも応答速度を十分遅くすることで、保護できる。しかし、SPD 作動中でもインダクタンス電圧降下を得るため、インダクタンスに流れる電流は増加する。インダクタンスに使用する磁性材は、この期間、磁気飽和させないことが必要である。

4. 低電圧作動避雷器実現のための予備実験・考察

4. 1 低電圧避雷器の特性測定

4. 1. 1 測定系

S P Dは使用ダイオードを複数直列接続することで定電圧型S P Dを模擬した。

(1) サージ電圧印加特性

サージ電圧印加特性は Fig. 2(a)で行った。SW1 を ON にして $20\mu\text{F}$ コンデンサーを約 200V まで充電してから SW1 を OFF にし、SW2 を ON にして雷サージを模擬した。スイッチを ON にしたときの特性はスイッチの種類により異なる。スイッチは ①普通型、②サイリスタ、および③水銀リレーの三つの方法で特性測定を試みた。①普通型ではチャタリングのため正確な測定ができない。

②サイリスタはかなり改善され測定には使用できるが、まだ ON 時の初期振動が観測された。③水銀リレーの場合はシャープな特性が得られ、測定に最適であった。

(2) 交流電圧印加特性 交流電圧印加特性は Fig. 3(a)で行った。単相三線式の場合の地絡を想定し、地絡電圧は 100V、B 種接地線に入れる電流制限抵抗は 20Ω とした。100V 電源は、建物電源系統と分離するため、絶縁変圧器を介して導入した。

4. 1. 2 サージ電圧印加特性

Fig. 2(a)は、使用測定系で保護回路ダイオードは 2 組、定電圧型避雷器模擬ダイオードは(b)が 10 組、(c)が 8 組の測定結果である。S P Dに加わる電圧のパルス幅が、動作電圧を小さくすることで、 $400\mu\text{s}$ から $500\mu\text{s}$ に変わった。このパルス幅は保護回路のインダクタンスが飽和し保護回路の電圧降下が小さくなるため生じるもので S P D動作時間幅である。このときには保護回路に流れる電流は最大で十分保護ダイオード電流容量以下でなければならない。S P D動作時間幅後の負電圧域はインダクタンス電流が減少していることを示している。S P D動作時間幅の拡大、即ちインダクタンスが飽和しない時間を長くするには保護動作中のインダクタンスの電流を小さくすればよく、そのために S P Dと保護ダイオード間の電位差はできるだけ小さくすることが必要になる。また磁性材飽和電流を大きくすることも必要である。S P D電圧が作動期間を現す電圧パルスの立下り後、負から正に変わって直ぐに小さな正負のパルスが発生し乱れる。これはインダクタに流れる

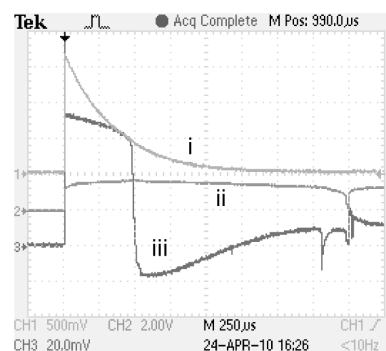
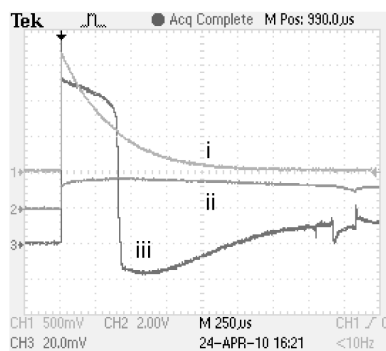
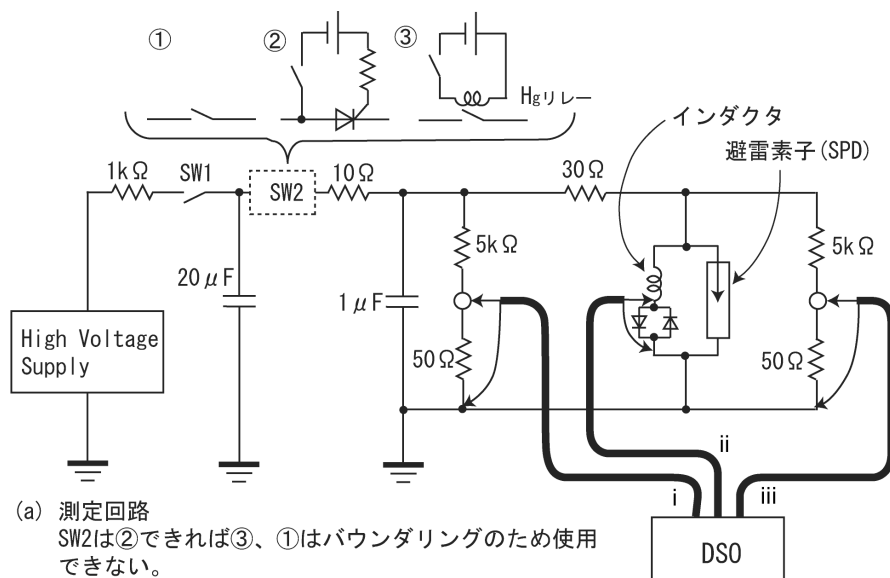


Fig. 2 サージ電圧印加特性の測定

電流が保護ダイオードのスイッチングで切り変わるときに生じるノイズである。

インダクタンス磁性材の飽和後、保護ダイオードに流れる電流は、回路の寄生抵抗だけでは不十分な場合、抵抗を付加することでダイオードに流れる電流を抑制できるが、持続性電流による電圧降下はSPD動作電圧以下にしなければならない。そのため挿入できる抵抗は 1Ω 以下の抵抗値になる。

4. 1. 3 持続性異常（交流）電圧印加特性

避雷器に流れる最大の持続性異常電圧になる地絡事故時

の電流を想定して特性測定を行った。地絡時の電流は地絡相電圧とB種接地抵抗で決まり、測定では100Vと 20Ω とした。測定系はFig. 3(a)を使用した。保護ダイオードは2組を直列に接続し、SPDは8組のダイオードを直列に接続して模擬した。

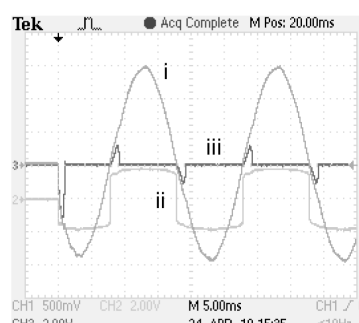
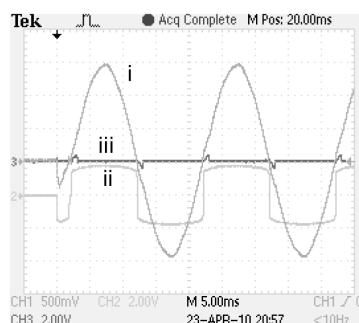
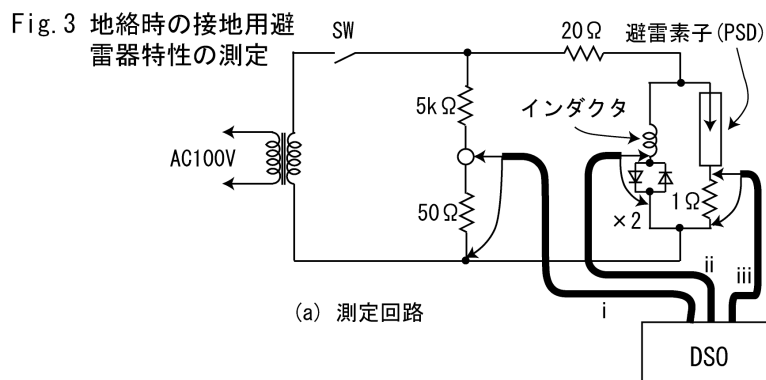
測定結果はFig. 3(b)(c)の結果が得られた。電流が0レベルと正負交差するときに大きな磁場変化があり、その時発生するパルス状誘起電圧によるSPDに電流が流れている。これはインダクタンスを小さくすることで小さくなり、測定結果では3mHから1.3mHにすることで(c)から(b)のようになった。さらにインダクタンスを小さくすることで全く流れないものにできる。別の方法として、SPDに定電圧型で無く開始動作電圧が高いGDTを用いることで解決する方法、また静電容量の増加を問題にしなければコンデンサーを並列に接続する方法もある。

5. 終わりに

ファラデーゲージの破れを前提とした、接地極間に異常電圧が発生し易い個別接地を導入している受電設備を持つ鉄筋・鉄骨構造物建物は多い。接地用低電圧作動避雷器は、そのような場合に個別に対応しなければなら無いことが多くある。また、変電室を持たない家庭用等電源設備に、今注目を集めているスマートグリッドを導入する場合、信頼性確保に電源ラインの接地ラインの電位を接地極電位と同じにするため必要である。さらに低い電圧処理を行う電気回路系を使用している場合、過電圧によるトラブル発生を抑制するため、避雷器の低電圧作動化は必須である。接地用低電圧作動避雷器の活用個所は多くあると考えている。続編については機会を改め報告する予定である。なお、本報告は2009年工学系研究科技術部個別研修の成果であることを記して関係する方々に感謝する。

【参考文献】

- (1) 安本勝:「大学電気設備への落雷対策の提案」, 2009 年度東大工学系研究科技術発表会 技術報告, 93-96(2009).



7 予冷ターボジェットエンジン風洞模型の アフターバーナ燃焼における冷却技術と可視化技術について

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄
tokunuki@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp
航空宇宙工学専攻 内海 正文

1. はじめに

航空宇宙研究開発機構（JAXA）では、次世代の極超音速旅客機用エンジンや2段式スペースプレーンの第1段機体用エンジンとして、予冷ターボジェットエンジンの開発が進められている。予冷ターボジェットエンジンは、コアエンジンの前方に予冷器を置くことで流入空気を冷却し、極超音速域でも十分な推力を得るよう設計されている。このエンジン開発に向けて、各要素の性能取得試験が行われている。

東京大学工学系研究科航空宇宙工学専攻津江研究室では、JAXAと共同でこれまで予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナ要素燃焼試験を行ってきた。予冷ターボエンジンのアフターバーナにおいては、水素を燃料とした過濃燃焼をするよう設計されている。このアフターバーナの燃料効率向上のため、東京大学柏キャンパス内の新領域創成科学研究科に設置されている高エンタルピー風洞を利用して、約1/10 サイズのスケールモデルを用いて燃焼実験を行い、これまで燃料噴射形態と燃焼効率の関係を調べてきた。

本稿では、燃焼振動や保炎、着火などのメカニズムをより詳細に調べるため、燃焼器内を直接撮影（可視化）することを目的に、観測窓をもった燃焼器を新たに設計・製作したのでその実験結果を述べる。また、燃焼器や観測窓の石英ガラスの保護のため、水冷方式を利用して、燃焼による熱からの防御を試みたのでその結果や課題を述べる。

2. 実験装置

実験は東京大学柏キャンパスの新領域創成科学研究科に設置されている極超音速高エンタルピー風洞を利用して行った。その概観図を図1に示す。この風洞は1つの加熱器で極超音速ラインと燃焼風洞ラインが設けられていて、2モードを切り替えて運転できるのが特徴であり、今回は燃焼風洞ラインを使用して超音速ノズルを取り付けることにより、超音速熱風洞として使用した。

今回の実験に使用したアフターバーナ燃焼器は48mm×32mmの矩形断面流路で長さ440mmである。この燃焼器は、今回新たに観測窓や水冷のための水路を設計・製作した。図2は実験装置の概略図である。加熱器出口

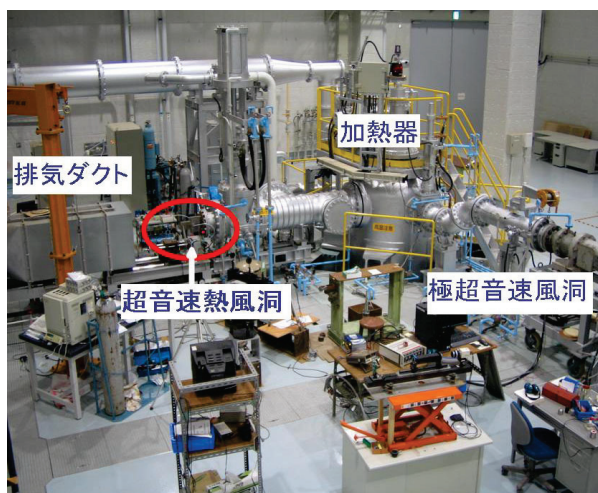


図1 極超音速高エンタルピー風洞

にアフターバーナを模擬した実験用の燃焼器を取り付け、加熱器よりコアエンジン排気を模擬した高温空気を供給し、燃焼器内に燃料である水素ガスを噴射して燃焼させた。燃焼器下流には、7mm×48mmの矩形断面スロートを持つノズルを取り付け、燃焼器内を設計圧の0.3MPaに調整した。

燃焼器は、壁面を水冷することで燃焼による熱損傷を防ぐことを目指した。上面ならびに両側面に可視化のための窓を備えている。本実験においては、燃焼器内の観察は上面からのみ行った。上面窓には可視化のために石英ガラスを用い、両側面窓はC/C複合材の蓋でふさいだ。風洞通風中は、安全を考慮して全員が風洞制御室に退避することとなっているため、実験中に必要なバルブ操作・計測等は全て遠隔操作で行えるようにした。実験後の残水素のページも遠隔操作で行った。

図3に冷却水及び燃料の水素ガスの配管の様子を示す。風洞の流れは左から右である。燃焼器の上流側に燃料の水素ガスを噴射する。ノズルは内側に耐熱セメントを塗布している。この技術も難しいが、詳細については本稿では割愛する。冷却水は、入口を燃焼器の下側2箇所にて設け、出口を対角の位置の上部に設けた。これは燃焼器の水路に空気泡を残さないために工夫した。燃焼器の観察用窓が3面にあるため、冷却水の水路確保に苦心した。

図4に燃焼器に設けた観察窓を示す。流れの方向は、右から左で図3とは逆である。この窓は幅38mm、長さ316mm、厚さ10mmの石英ガラスを差込み、窓枠にて多数のネジで固定している。その際、緩衝効果やシール効果を期待して耐熱ガスケットを間に入れている。この観察窓を利用することにより、燃焼器内のほとんどの部分に関して燃焼状況を観察し、調べることが可能となった。

3. 結果

3. 1 着火

図5及び図6は着火時の自発光をハイスピードカメラ（PHANTOM V710）により直接撮影したものである。フレームレートは20000fpsである。図5は希薄燃焼の着火の様子である。インジェクタ側壁

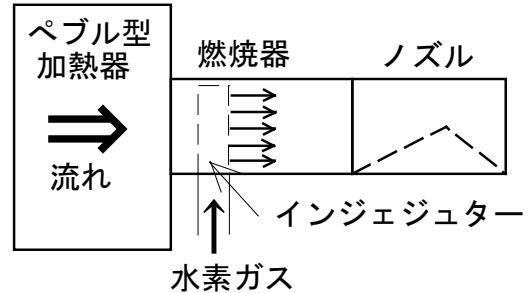


図2 実験装置の概略図

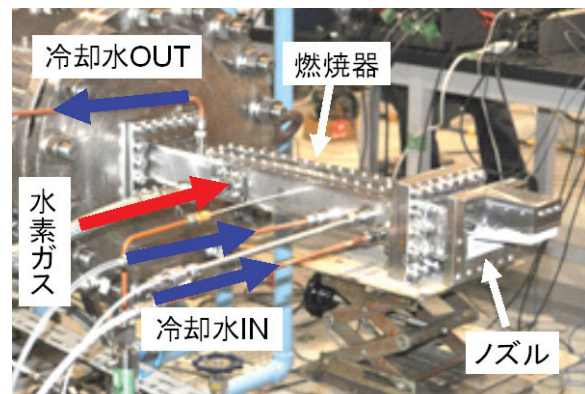


図3 冷却水と水素ガスの配管

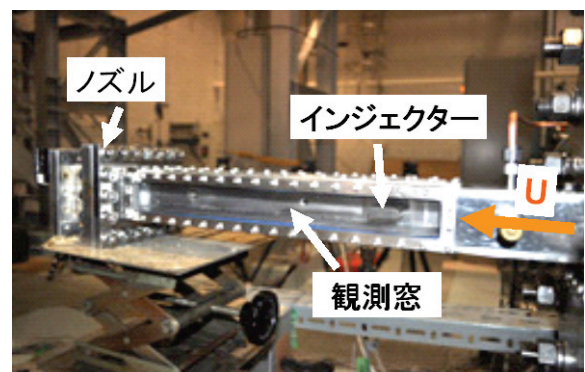


図4 燃焼器の観察窓

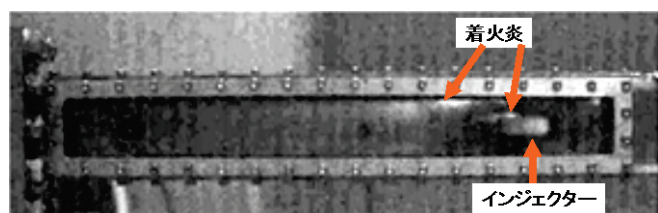


図5 着火（希薄燃焼）の様子

面及び下流端付近で着火が起きているのが確認できる。これらの位置においては、インジェクタ周りに発生した境界層や、インジェクタ下流端に発生した渦によって空気の流速が比較的遅くなり、水素と空気が適当に混合されており、また、十分に高温であることから、着火に適している条件であると考えられる。

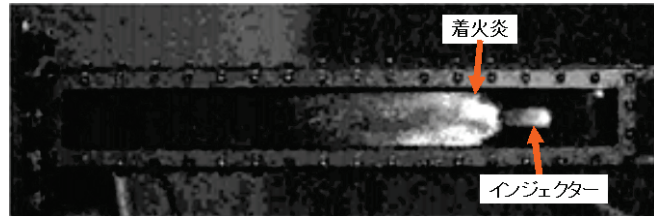


図6 着火（過濃燃焼）の様子

図6は過濃燃焼の着火の様子である。希薄燃焼の着火の場合とほぼ同じ箇所で着火していることがわかる。

3. 2 保炎

図7及び図8は保炎の様子をカラーCCDカメラ（SONY DXC-107）で直接撮影したもので、フレームレートは30fpsである。

図7は、希薄燃焼の場合の保炎の様子である。火炎はインジェクタの両下端から下流に向けて伸びており、燃焼器半ばで燃焼が完結していることが確認できる。

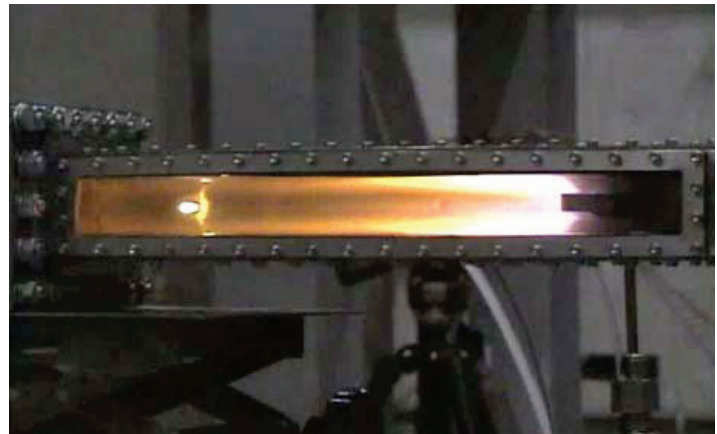


図7 希薄燃焼の保炎の様子

図8は、過濃燃焼の場合の保炎の様子である。希薄燃焼の場合と比較すると、火炎が燃焼器全体に広がっており、燃焼器内で燃焼が完結していないことが確認できる。反応物の体積が希薄燃焼の場合よりもずっと大きいためであると考えられる。過濃燃焼の場合は、希薄燃焼の場合に比べて燃焼効率が悪くなる傾向が、これまでの実験で示されていたが、これはこの考察を裏付けるものである。この結果により、過濃燃焼をするアフターバーナは、より大きな燃焼器体積が必要とされることが示唆された。



図8 過濃燃焼の保炎の様子

図8からはまた、火炎がインジェクタ上流まで回りこんでいることがわかる。この現象は希薄燃焼では見られなかったものである。噴射された水素が大きな渦を誘起し、インジェクタ全体を包んでいることが理由であると推察される。

3. 3 観察窓ガラスの損傷

図9に観察窓の損傷の様子を示す。この損傷の多くは実験終了後に発生したものである。実験中は、水冷効果によりほとんど石英ガラスの損傷は認められなかった。実験終了後に

燃焼と高温気流がストップしても冷却水が流れていたため、急激に冷却されたことにより燃焼器のひずみにより観察窓が損傷したと考えられる。また、ガラスの窓枠の押さえ具合も関係していると推測される。

4. まとめ

予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナの燃焼実験において、可視化燃焼器を設計・製作して火炎の自発光を観察した。その結果以下の知見が得られた。

1. 過濃燃焼においては、燃焼が燃焼器内で完結していない。
2. 過濃燃焼の場合、火炎がインジェクタ上流まで回りこんでいる。これは、噴射された水素により大きな渦が誘起されているためと考えられる。
3. 希薄燃焼では、燃焼器内で燃焼が完結しており、火炎はインジェクタ下流にのみ存在する。
4. 希薄、過濃両条件とも、境界層内やインジェクタ下流の渦内で着火している。
5. 新設の燃焼器において、水冷効果が有効であることが確認された。しかし今後の課題として石英ガラス損傷回避を考慮する必要がある。

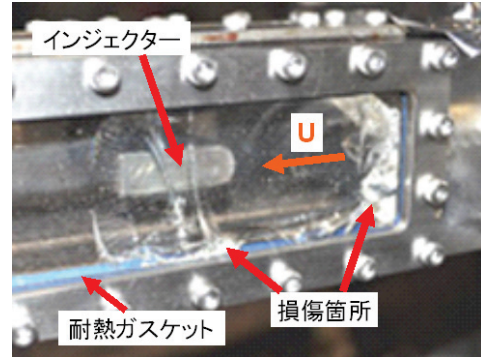


図9 観察窓の損傷の様子

謝辞

本報告を行うにあたり、多大なるご指導・ご助言を頂きました航空宇宙工学専攻、津江光洋教授、今村宰助教に深謝致します。また、実験では（H22年度現在）博士課程2年西田俊介君、修士課程2年種子田尚君、そして修士課程1年喜多翔ノ介君にお世話になりました。感謝致します。

なお、この報告の一部は平成21年度工学部・工学系研究科技術職員個別研修（OJT）によって得られたことを申し添えます。

参考文献

- 1) Nishida, S., Taneda, H., Taguchi, H., Kojima, T., Hongoh, M., Imamura, O., Ianus, G., Utsumi, M., Okunuki, T., Araki, M., Tsue, M., "Combustion Characteristics of Pre-Cooled Turbo Jet Afterburner" (AJCPP 2010)
- 2) 西田俊介, 田口秀之, 小島孝之, 本郷素行, 今村宰, 種子田尚, Ianus George, 喜多祥之介, 内海正文, 奥抜竹雄, 荒木幹也, 津江光洋『予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナ可視化燃焼試験』（平成21年度宇宙輸送シンポジウム, 2010年）
- 3) 西田俊介, 種子田尚, 今村宰, 田口秀之, 内海正文, 奥抜竹雄, 荒木幹也, 志賀誠一, 河野通方, 津江光洋『予冷ターボジェットエンジンのアフターバーナにおける燃料噴射孔配置と燃焼特性に関する実験的研究』（第46回燃焼シンポジウム, E131, 2008年）

8 Ta, Ni 及び Nb 金属微粒子の凝集状態について

(平成 21 年度技術職員個別研修 OJT 研修報告)

マテリアル工学専攻・中村光弘
nakamura@material.t.u-tokyo.ac.jp

1 はじめに パソコン、携帯電話等に使用されているコンデンサーは電子機器の軽量小型化に伴い高機能化、微細化が要求されている。誘電体がチタン酸バリウムである積層セラミックコンデンサーの内部電極素材には Ni 微粒子が使用されている。より大きな静電容量が得られるタンタルコンデンサーは Ta 微粉末の表面を酸化し、それを誘電体としたものである。Ni 微粒子は塩化ニッケルの水素還元で製造されているが、Ta や Nb も同様な方法で製造可能である。Ta の粒子径は 30~50nm 程度であり Ni 微粉末 (100~150nm) より 1/2~1/5 程度小さい。また、Ta は資源が限られており、高価なため代替品として Nb の検討もされている。これらの微粉末は、凝集体を形成しており、ペースト化されたり、金型へ充填されるため、分散、加工性が問題である。微粉末の凝集状態の把握、凝集機構の解明、等が望まれている。そこで Ta、Ni 及び Nb 微粒子凝集体をフラクタル (d-値、フラクタル距離) を用いて表すことを試み、それらフラクタルの結果と平均粒径、標準偏差等との相関関係を検討した。

2 解析方法 図-1 のように金属微粒子凝集体をランダムなパターンに見立て適当な座標を原点 0 とする座標系を考える。すると、凝集体上の微粒子がどこにあるかは位置ベクトル r' で表せる。すべての微粒子には微粒子の有無: $\rho(r')$ を割り当てる事ができる。 $\rho(r')=1$ 微粒子あり $\rho(r')=0$ 微粒子無し。凝集体上の一つの微粒子を選びその位置ベクトルを r' とするとそこでの密度は $\rho(r')=1$ である。そこから r だけ離れた凝集体上の微粒子は位置ベクトル $(r'+r)$ で表せる。凝集体の微粒子がお互いにどのような関係で分布しているかは、(1) 式の積に情報が含まれ、2 点間の相関関係を表す量である。

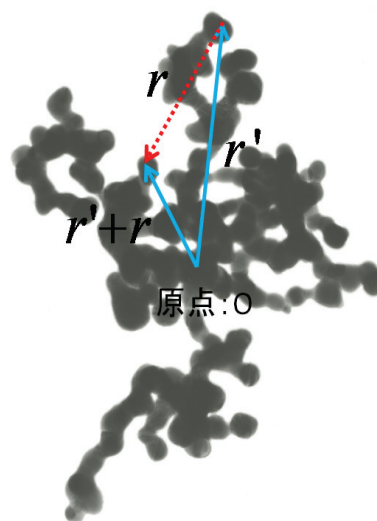


図-1 凝集体を位置ベクトルで表す

$$\rho(r'+r)\rho(r') \quad (1)$$

(1) 式に平均操作を加えるために、微粒子の総数を N とすると微粒子間の相関関係は (2) 式のように表わされ、ベクトル r の関数となる。

$$C(r) = \frac{1}{N} \sum_{r'} \rho(r'+r)\rho(r') \quad (2)$$

$C(r)$ は相関関数とよばれる⁽¹⁾。金属微粒子凝集体を r の関数として整理することにより

相関関数： $C(r)$ が $C(r) \propto r^d$ のようなべき形をとるならば金属微粒子凝集体の微粒子の分布はフラクタルである^{(2), (3), (4)}。

金属微粒子凝集体全体に亘って、1個1個の間の距離が、与えられた距離： r よりもいくつの組み合わせ（微粒子中心点間）が短い距離にあるかを数え、 r が変化するとき、個数 $C(r)$ を凝集体の総個数の二乗で割って(3)式により整理することを試みた。

$$d = \frac{\log\left(\frac{C(r)}{\text{総個数の二乗}}\right)}{\log r} \quad (3)$$

3. 実験結果

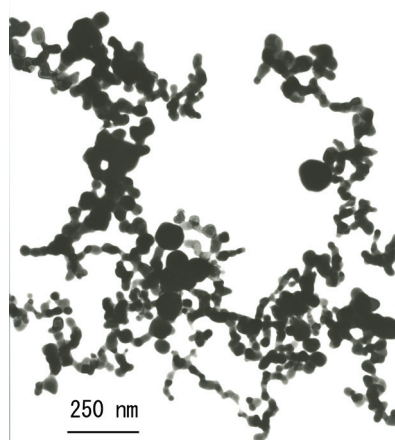


図-2 総個数 688 個 Ta 微粒子凝集体

図-2 は総個数 688 個の Ta 微粒子凝集体である。図-3 の中に矢印で示したように Ta 微粒子凝集体は微粒子 1 個 1 個が面で結合し、数個から十数個程度のクラスターを作りそれらが集まって大きさが $1 \mu\text{m}$ から $2 \mu\text{m}$ 程度の凝集体を形成している。

微粒子の表面は図-4 のように数 nm 程度のアモルファス層で覆われている。

アモルファス層は TEM+EDS 分析結果では Ta と O が検出された。図-5 は図-2 の総個数 688

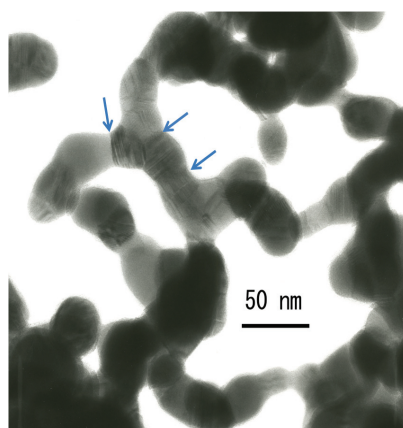


図-3 Ta 微粒子凝集体拡大図
Ta 微粒子は面（矢印↑）で凝集しクラスターを形成

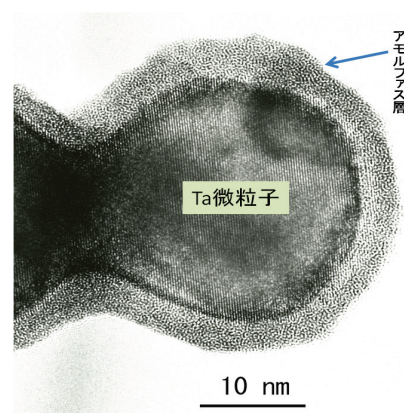


図-4 Ta 微粒子表面は数 nm のアモルファス層で覆われている

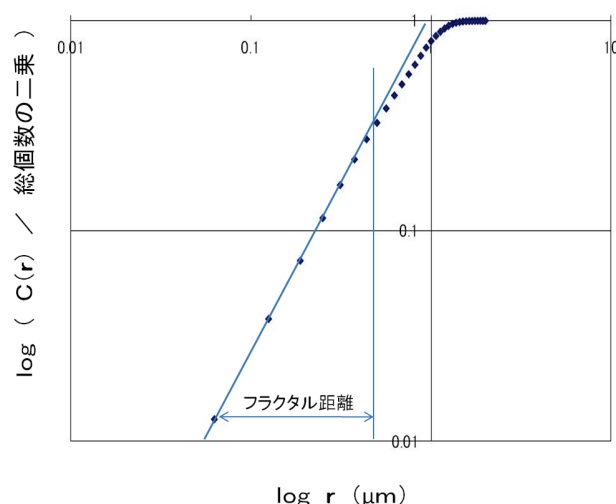


図-5 Ta 微粒子 2 点間距離と距離ごとの Ta 微粒子の個数との関係

総個数 688 個
d 値 1.57
フラクタル距離
 $0.5 \mu\text{m}$
平均粒径
41.81 nm
標準偏差
18.64 nm
Ta 微粒子間
最大距離
 $1.923 \mu\text{m}$

個 Ta 微粒子凝集体を(3)式に従って整理したものである。d ー値は図中の直線の傾き、フラクタル距離は d ー値の傾き一定の直線で表される領域の大きさであり、凝集体の端から端までの距離の最大値が最大距離である。

表-1 Ta微粒子凝集体の凝集状態について

項目	Ta-1	Ta-2	Ta-3	Ta-4	Ta-5	Ta-6	Ta-7	Ta-8	Ta-9	Ta-10
総個数	171	219	350	350	444	449	497	548	645	688
dー値	1.485	1.517	1.525	1.6	1.571	1.651	1.587	1.405	1.494	1.572
平均粒径 (nm)	46.13	48.36	53.80	46.35	49.52	53.35	42.64	51.84	49.39	41.81
標準偏差 (nm)	11.26	14.12	16.51	14.30	13.28	20.6	14.23	16.22	14.63	18.64
最大距離 (μm)	0.8858	1.127	1.646	1.587	1.890	1.662	1.390	2.577	2.620	1.923
フラクタル 距離(μm)	0.31	0.29	0.5	0.267	0.4	0.4	0.5	0.5	0.7	0.5
分散剤	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール	メタノール
試料支持膜	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン	コロジオン

表-1 は上記に従って整理した Ta 微粒子凝集体を表にしたものである。同じように Ni 微粒子凝集体及び Nb 微粒子凝集体についても整理した。d ー値及びフラクタル距離に対する相関を表-2、表-3、表-4 に示す^{(5), (6)}。d ー値は表-2 より、いずれの金属微粒子も総個数、平均粒径、標準偏差、最大距離、フラクタル距離との相関関係はないのがわかる。フラクタル距離は総個数と Ni, Ta, Nb のすべてで正の相関関係が認められた。最大距離では Ni, Ta で正の相関関係が認められた。d ー値、平均粒径、標準偏差とは相関関係は認められなかった。以上より d ー値は 1 塊 1 塊の凝集体ごとの独立な値であると思われる。また密に凝集していれば大きな値となり、疎に凝集していれば小さな値を示す。フラクタル距離は総個数、最大距離と正の相関関係があることから、凝集体の大きさを表す指標として使用でき

表-2 d値及びフラクタル距離に対する相関係数

dー値に対する相関係数				フラクタル距離に対する相関係数			
	Ni	Ta	Nb		Ni	Ta	Nb
総個数	-0.210	0.033	-0.328	総個数	0.953	0.783	0.797
平均粒径	-0.262	-0.186	-0.182	dー値	-0.33	-0.26	-0.04
標準偏差	-0.282	0.386	-0.283	平均粒径	-0.10	0.093	0.053
最大距離	-0.255	-0.326	-0.547	標準偏差	0.253	0.262	0.269
フラクタル 距離	-0.336	-0.262	-0.044	最大距離	0.925	0.745	0.570

るのではないかと考えられる。最大距離は凝集体の 2 点間距離の最大であり凝集体によってはチェーン状に広がるものもある。またそのようなものは微粒子の分布はすぐにフラクタルからはずれる。フラクタル距離の方がより凝集体の大きさの状態を表していると考えられる。また、d-値は凝集の程度を反映している。

4. まとめ Ni, Ta, Nb 微粒子をメノウ中でメタノールを用いてよく解砕し、それを超音波洗浄器でよく分散させてコロジオンで作成した TEM 用試料支持膜に載せて TEM 観察を行った。微粒子の凝集の仕方は Ni と Ta 及び Nb とでは異なり、Ni は 1 個 1 個が点接触で繋がって十数個程度の比較的直線状又はジグザグ状の塊を作りそれらが集まって大きな Ni 微粒子凝集体を形成する。Ta、Nb は図-3 のように 1 個 1 個が面で繋がって数個から十数個程度のクラスターを作りそれらが集まって大きな Ta 及び Nb の凝集体を形成する。得られた画像を (3) 式により整理した結果、Ni、Ta、Nb の微粒子の分布状態はフラクタルであることが確認できた。フラクタルであるところの直線の傾き (d-値) は凝集の程度を表し凝集体ごとに独立な値である。直線が成り立つ範囲 (フラクタル距離) は凝集体の大きさの指標になると考えられる。

今後、3 次元電子線 TEM トモグラフィー法により 3 次元 DATA を収集し、まったく同じ場所の 2 次元 DATA との比較検討を行いたい。

5. 謝辞 ご指導していただきました新領域創成科学研究科教授月橋文孝先生、JFE テクノリサーチ株式会社・大塚研一客員研究員に感謝致します。試料をご提供くださいました新領域創成科学研究科・月橋研究室・米花康典研究員に感謝致します。

6. 文献 (1) フラクタルの物理 (I) 基礎編 松下 貢著 裳華房 (2) フラクタル 高安秀樹著 朝倉書店 (3) フラクタル (非線形科学入門) 本田勝也著 朝倉書店 (4) フラクタル・カオス・パワー則 マンフレッド・シュレーダー著、竹迫一雄訳 森北出版 (5) 4Steps エクセル統計 柳井久江著 オーエムエス出版 (6) 初等統計学 PG ホーエル著 浅井 晃、村上正康共訳

表-3 d-値、フラクタル距離に対する相関

	d-値	フラクタル距離
Ni	相関は無	総個数、最大距離に正の相関が有り
Ta	相関は無	総個数、最大距離に正の相関が有り
Nb	相関は無	総個数に正の相関が有り

表-4 相関分析表

微粒子	項目	データ数	相関係数	T値	P値	T(0.975)
Ni フラクタル距離に対する	総個数	10	0.953	8.923	1.923E-5	2.306
	最大距離	10	0.925	6.885	1.26E-4	2.306
Ta フラクタル距離に対する	総個数	10	0.783	3.566	0.00732	2.306
	最大距離	10	0.745	3.160	0.01339	2.306
Nb フラクタル距離に対する	総個数	12	0.797	4.166	0.00193	2.228
	最大距離	12	0.570	2.194	0.05296	2.228

9 核種データベース検索プログラムソフトの開発

原子力専攻 石本光憲

ishimoto@nuclear.jp

1. はじめに

放射化分析で γ 線スペクトルの核種を同定する際、他の分析手法と同様に、書籍のデータハンドブックを見ながら、どの γ 線エネルギーがどの核種に該当するのか調べる必要がある。その際、ピークとして複数見えている γ 線エネルギーに対して、数百ページあるデータの中から目的の核種を探すのは非常に手間がかかり、大変である。そこで、電子辞書のように簡単に検索できるツールがあれば、そのような作業に対する負担を軽減できると思い、検索プログラムを開発した。

2. 開発環境

検索プログラムの開発にあたって、下記のソフトを使用した。

- ・ Microsoft Visual Basic 2008 (以下「VB2008」)
- ・ Microsoft Access 2007

VB2008 により .NET Framework 3.5 対応の検索プログラムを開発し、プログラムが読み込むデータベースを Access2007 で構築した。

3. 検索プログラムの機能

3.1 周期表による核種検索機能

核種同定の際に、ある程度核種の見当がついている場合は、周期表（図 1）上の元素をクリックすると、その元素の核種がリストアップされる（図 2）。さらに核種をクリックすると、その核種が放出する γ 線エネルギーの一覧（図 3）が表示される。また、メニューバーの検索から元素記号や原子番号を入力しても検索できる。

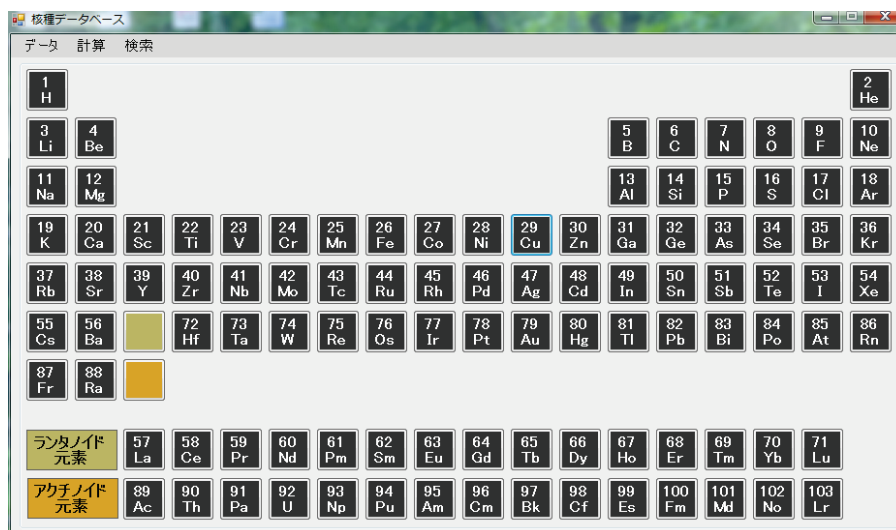


図 1

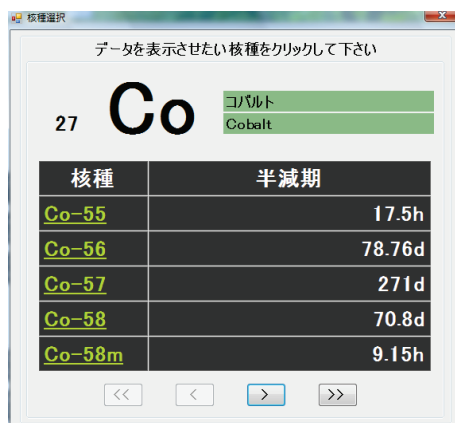


図 2



図 3

3.2 γ 線エネルギー一覧からの核種検索機能

γ 線エネルギーから核種を同定する場合、メニューバーの[データ]-[γ 線エネルギー一覧]をクリックし、目的の γ 線エネルギーを選択し[データ表示]をクリックすると(図 4)、該当する核種のデータが表示される。その核種が放出する γ 線エネルギーの一覧が表示されるため(図 5)、その他の γ 線のピークを探す負担を軽減できる。



図 4



図 5

3.3 放射能簡易計算機能

放射化分析では生成時及び減衰時の放射能を計算することがしばしばあるので、最小限のパラメータを入力するだけで簡単に計算できる機能を付加し、機能性を高めた。

4. おわりに

放射化分析の γ 線スペクトルの核種同定の負担を軽減する検索プログラムを開発した。検索機能の他に、生成時及び減衰時の放射能を簡易的に計算できる機能を付加し、機能性のあるプログラムにした。

10 GPGPUを用いたPCの高速演算処理について

システム創成学専攻 榎本昌一

eno@nakl.t.u-tokyo.ac.jp

1 はじめに

パーソナルコンピュータ用CPUの高速化は日進月歩で進んでいるが、CPU独自の能力では限界がある。そこで、地球シミュレータなどの高速計算機システムでは複数PCのネットワーク経由による分散処理というPCクラスタリングによる高速化を実現しており、申請者も平成14年度の工学部OJTにおいて「PCクラスタ（並列処理システム）の構築とアプリケーション開発に関しての研修」でその技術を習得した。現在、PCクラスタリングとはちょっと違った手法による高速演算手法が提案され、実際に使用され始めた。それはGPGPU（General Purpose Graphics Processing Unit）と言われるもので、PCのグラフィックボードのプロセッサ（GPU）に演算を行わせ、高速な演算処理を実現するものである。

本発表では、GPGPUプログラミングに必要なGPUとはどういうものか、またGPUによる高速演算を実現するための開発環境、実際のプログラミングについて説明する。

2 GPUとは

GPU（Graphics Processing Unit）はPCやワークステーション等の画像処理を担当する主要な部品のひとつであり、CPUに負担を掛けずに3Dの描画を行うルーチンがサポートされており、これにより高速な描画を行うことができる。図1のグラフィックボードはNVIDIA社製の「GeForce 9500 GT」と呼ばれるGPUと、高速にアクセスが可能なVRAM（video RAM）を搭載している。ファンの下には図2のGPUが実装されている。廉価なPCの場合、マザーボードにGPUを直接載せている場合が多い。その場合、VRAMをメインメモリから振り分けることがあり、メモリアクセスの時間がかかり、描画速度が落ちることとなる。また、グラフィックボードはかなりの電力を必要とする。このボードでは最大消費電力は59Wであるが、このGPUの上位機種である「GeForce GTX 285」を搭載したものでは200Wを超えるため、バススロットからの電力供給では追いつかず、直接電源部から供給することになる。



図1 グラフィックボード



図2 GPU

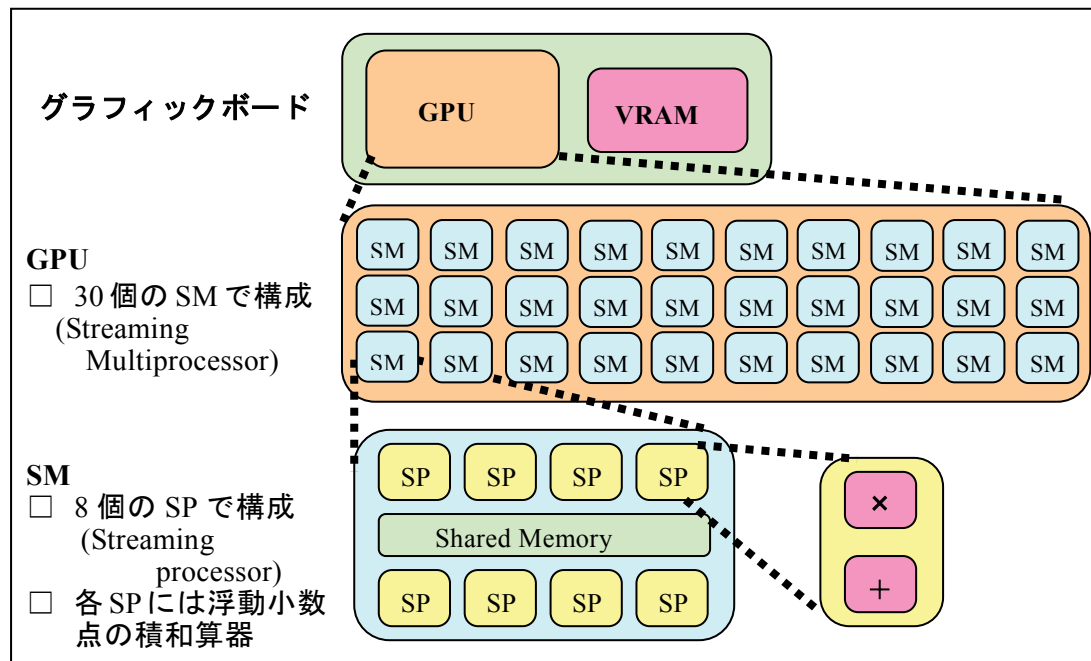


図3 NVIDIA社のグラフィックボードのアーキテクチャ

図3にNVIDIA社製GPUを使用したグラフィックボードのアーキテクチャを示す。グラフィックボード自体にはGPUとVRAMが搭載されており、GPUは30個のStreaming Multiprocessor (SM) で構成されており、さらにSMは8個のStreaming Processor (SP) と16KBのShared Memoryで構成されている。つまり、一つのGPUには $30 \times 8 = 240$ 個のプロセッサが集積されている。グラフィックボードはこれらのリソースを駆使し、3D-CGオブジェクトの移動・回転時の座標変換を行う為の行列演算（アフィン座標変換）、3D-CGオブジェクトを生成するポリゴンメッシュ、3D-CGオブジェクトの面に色や模様を貼り付けるテクスチャマッピング、3D-CGオブジェクトに陰影付けを行うシェーダ機能を高速で実現している。

3 GPGPU開発環境

240個のプロセッサを持つGPUをグラフィックだけではなく数値演算にも使えないか、つまり、グラフィックス専用のプログラムだけではなく、データ処理等の一般的なプログラムを動作できないかと考える研究者が現れ、2006年12月、NVIDIA社のチーフサイエンティストであるDavid Kirk博士により開発環境CUDA (Compute Unified Device Architecture) が発表された。CUDAはNVIDIA社のGeForceに特化した開発環境である。現在では同じグラフィックボードメーカーのAMD社から「ATI Stream」という開発環境も出ており、こちらは同社のGPUであるRadeonに特化している。今回は、その熟成度、世界での利用度を考慮し、CUDAを使用してみた。また、CUDAは基本的にC/C++言語であり、その上にGPGPUを実現する為のCUDAランタイムAPI、ユーティリティ関数、GPUを実際に動かすカーネル関数が統合されている。先頃Fortranコンパイラも提供された。これは、計算流体力学（気候および海洋モデリングなど）、有限要素分析、分子力学、量子化学などの高速計算の必要な分野ではFortranが使われている現状からである。

3-1 CUDAのインストール

CUDAはLinux版、Windows版、MACOS版が有り、NVIDIA公式サイト (http://www.nvidia.co.jp/object/cuda_get_jp.html) からダウンロードが出来る。OS環境に合わせたファイルをダウンロードし、インストールすればよい。

3-2 CUDAプログラム

CUDAのプログラムはPCのCPUに関係した部分とGPUを搭載したグラフィックボードの部分に分かれて動作する。CPU側を「ホスト」、GPU側を「デバイス」と呼び、デバイス上で動作するプログラムをカーネルプログラムという。図4にCUDAプログラムの基本的な流れを示す。

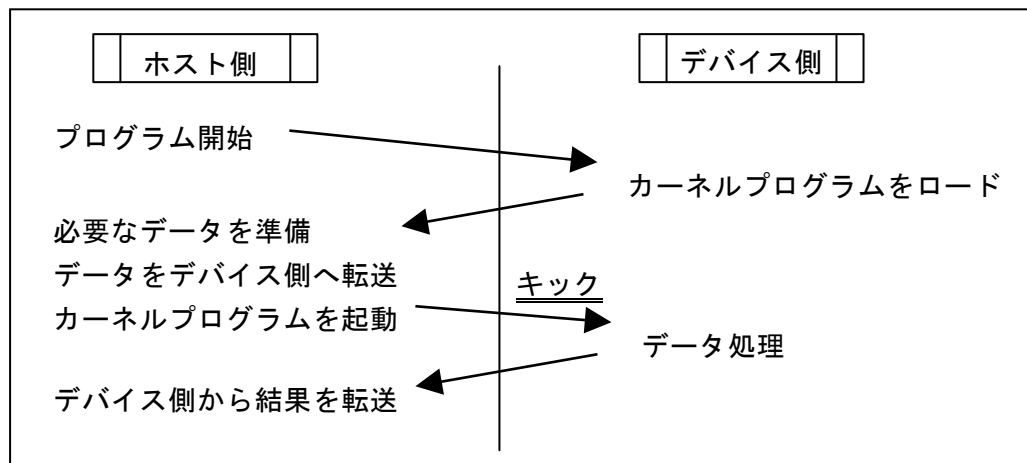


図4 CUDAプログラムの動作

- ① 通常のプログラムのようにホスト側でプログラムを起動し、カーネルプログラムをデバイス側にロードする
 - ② ホスト側で必要なデータを作成し、デバイス側のメモリに転送する
 - ③ ホスト側からカーネルプログラムを起動させる（「キックする」という）
 - ④ カーネルプログラムでの処理が終わったら、結果をホスト側へ転送する
- これが一連の流れである。

4 CUDAによる高速演算

沢山のプロセッサを使って並列データ処理が行えるCUDAだが、演算の高速化を行うにはGPUのハードウェアを理解し、数学的プログラミング手法をスキルとして身につける必要がある。

4-1 プロセッサ群とメモリモデル

CUDAでは240個のプロセッサをマルチスレッドとして使用でき、最大スレッド数は $65535 \times 65535 \times 512$ 個となっている。このように大量のスレッドを管理する為、グリッドとブロックという概念を導入している（図5）。スレッドはブロックでまとめられており、1ブロックで最大512スレッドを管理できる。ブロック内のスレッドは、1次元（512個）、2次元（ 16×16 個）、3次元（ $8 \times 8 \times 8$ 個）で表現することが出来る。

CUDAのメモリモデルを図6に示す。ホスト側とデバイス側とのデータの転送やデータ

の処理中のメモリの使い方が高速演算を行う為の重要な鍵になる。今回詳細な説明は省くが、計算処理用途に応じての使い分け、線形代数的な感覚で使用することになる。

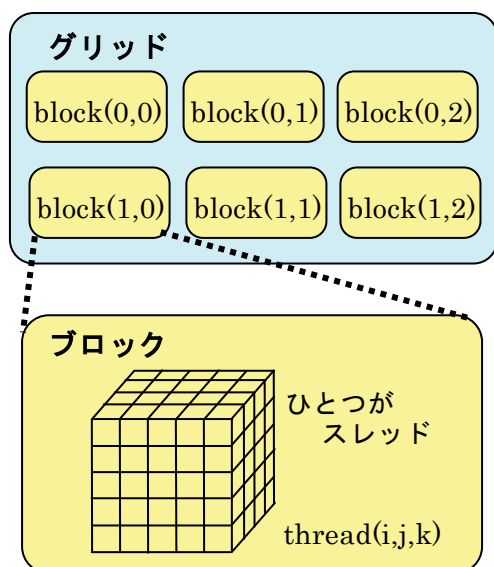


図5 グリッドとブロック

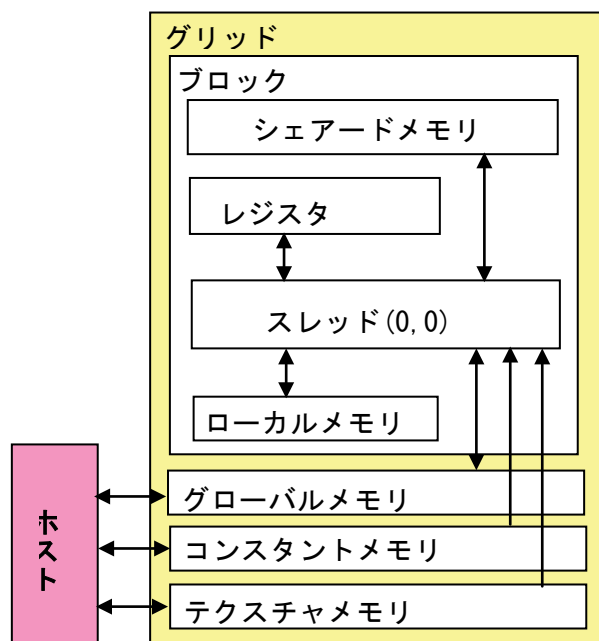


図6 メモリモデル

4-2 プログラミングと実行

CUDAを使って512×512の行列積演算プログラムを作成した。①CPUのみの演算、②GPUのグローバルメモリを使った演算、③GPUのシェアードメモリを使った演算についてそれらの演算時間を出力した(表1)。計算結果③のように、CPUを使った演算に比べ、GPUを使った演算はかなり的高速化が期待できるが、②のように、GPUのメモリの使用方法により、高速化が期待できないこともあることがわかった。

表1 計算時間

計算方法	計算時間 (msec)
① CPUのみの演算	266.8
② GPUのグローバルメモリを使った演算	212.0
③ GPUのシェアードメモリを使った演算	18.0

5 おわりに

GPGPUを実現する開発環境CUDAを使ってみた。プログラミングにはかなりのスキルが必要ではあることがわかった。今後は、大容量データの点群処理等の解析に使えればと考えている。

なお、この発表は2009年度工学系研究科技術部個別研修により行ったものである。

参考文献

はじめてのCUDAプログラミング 青木尊之・額田彰 工学社 ISBN978-4-7775-1477-9

11 PCの構成

～デスクトップPCの組立から廃棄まで～

建築学専攻 田村政道
システム創成学専攻 茂木勝郎
システム創成学専攻 玉田康二
応用化学専攻 坂下 春
原子力国際専攻 森田 明
tamura@arch.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

PCの組立・自作といった情報は、IBM/AT互換機がDOS/Vマシンと呼ばれていた頃ならいざ知らず、WindowsあるいはMacというようにOSで呼ばれるようになってから久しい現在ではあまり意味を持たないのかもしれない。

PCの値段が劇的に安くなり、逆に処理速度などの性能は高速になっている。そういう意味では自作でPCの値段を低く抑えるという目的も薄れつつあり、そこにメリットを見いだせないのが現状である。ある意味、もはや自作は一部マニアのものと言えるであろう。

しかし、その一方で自由なパーツでPCを構成でき、必要な目的に特化したPCを得るためには自作が有効な方法だと思う。また最近ではメーカー製PC、あるいはショップブランドPCでも与えられた選択肢の中からパーツ選択できるBTO方式が導入されている。そういった場面でも組立・自作で得たPCを構成する部品の知識が生かされるであろう。また、PCは比較的故障しなくなったが、それでも予期せぬトラブルに見舞われることがある。PCの構成を理解していれば、そういった場面で故障箇所の特定、修理やその後の対処が容易になることがある。

そこで今更感はあるが、PCのパーツの接続方法や役割を大まかに理解し、ちょっとした故障やハードディスクドライブ（以下、HDD）やメモリの交換や増設などといった簡単な作業を行う。あるいは行う気になってもらう一助になればと思い情報・ネットワーク技術グループの有志で実技を含む講演発表を行うこととした。

2. パーツ構成とそれぞれの役割

(1) マザーボード

PCを構成する部品それぞれを接続する基本部品がマザーボードであり、情報を取り出し、交通整理を行い、より速く処理するための役割を担っているPCの要である。

(2) CPU

CPUはパソコン上で扱われるデータの処理速度に大きく関わってくるパーツであり、その動作クロックで大まかな性能がわかる。しかし、キャッシュやコアの複数化による分散処理など、また発熱性などの違いもあり、周波数だけで判断できない要素も多い。CPUはINTELとAMDの2社がメジャーであり、ピン数などの接続形状が違うのでマザーボードは専用のモノを選択する必要がある。

(3) メモリ

PCで何か作業を行うためにソフトウェアを起動すると、その処理に必要なデータが発生し、それらデータはメモリ上に置かれることになる。従って、メモリ容量が多い方がより快適に作業が出来る



写真1 PCの構成

ことになる。実装しているメモリ容量が一杯になるとHDDに仮想メモリが置かれ、HDDの一部をメモリとして代用されることになり書込み・読み込み速度が遅くなる。

(4)HDD

メモリは一時的な記憶媒体であり、電源を落とすとその内容が失われるが、HDDは継続的な記憶媒体であり、情報を上書きあるいはフォーマットされる、または故障しない限りその情報を保持することができる。転送速度や接続形状の違いでIDEやSATAがあり、最近のPCではSATAが一般的である。また、記憶媒体にディスクを使わず半導体を用いたSSD (Solid State Drive)なども一般化されつつある。

(5)その他、周辺機器

光学ドライブ:Blue-Ray、DVDR、CD-R等々、OSインストールには必要

筐体:マザーボードや各パーツを収納するケースであり、安定動作には電源も重要

周辺機器:モニタ、キーボード、マウス、ペンタブレット等々、出入力機器のこと

3. 組立

組立は筐体にマザーボードを組み付けることから始める。マザーボードの規格にそった取付け用のネジ穴が用意されている。また、マザーボードの接続コネクタ類は規格に合ったものしか接続できないよう工夫されているので、接続に関して必要以上に神経質になることはない。

(1) 最小構成でのBIOS(Basic Input/Output System、バイオス)の起動確認

筐体にマザーボードを組み付け、そこにCPU&ファン+メモリ(必要であればビデオカード)を装着した最小構成でBIOS画面を起動し、基本パーツの異常を確認する。その際、BIOSでパーツ個々の情報を確認するとともに基本的な設定を行う。もちろんデフォルトのままでも問題ないが、BIOS確認は、故障特定の有効な手段のひとつであるので、表示される項目の意味するところを理解したいものである。

(2) 残りのパーツの組付けとOSのインストール

BIOSが無事起動することを確認した後、その他の部品を組付けてPCを完成させる。次はOSのインストールであるが、ここで注意したのはこの段階で不用意にLANに接続しないことである。OSのインストール、初期設定の段階でLAN接続してしまうと非常に危険である。Windows Update中にウイルスに感染した事例もあるので、十分にウイルス対策を施しながら作業を進めることが肝要である。

(3) ソフトのインストール

OSのインストール、Windows Updateを終え、次はウイルス対策として工学系でライセンス契約しているウイルスバスターをインストール・設定を行い、安全を確認した後に必要なアプリケーションをインストールする。

4. 故障について

新しいPCの場合はあまり心配ないと思われるが、何年かすると不具合が生じてPCが起動しないなどの故障で困ることがある。その際、どの段階でPCが正常に動作しないのかという情報が重要になってくる。

(1) ビープ音

まず、PCの電源を入れると「ピッ!」という短い音がする。これはマザーボードがBIOSを起動して自己診断テストを実行し、パーツが正常に接続されていることを知らせるビープ音のひとつである。接続等に異常があった場合は、その内容によってビープ音のパターンが変化し、異常箇所の特定に役立つ。ビープ音のパターンとエラー内容はBIOSの製造元によって異なる。

(2) 異音

PCにはHDD、光学ドライブ、冷却用のファンなどの回転体は何種類か使われている。これら回転体からの異音であればその元を確認して対処する。特にHDDから「カコンカコン」「カツツカツツ」などの音がしたらいつ壊れてもおかしくない。もちろん、異音が出てなくてもある日突然HDDがクラッシュすることもある。重要なデータは随時バックアップする習慣を身につけたいものである。

(3) 異臭

電源が熱でダメになることがある。その際、コイルが焦げて異臭が漂うことがある。

(4) 見てわかること、触ってわかること

マザーボード不良の原因のひとつにコンデンサの液漏れがある。マザーボードを注視すると液漏れしている、または液漏れ直前の上部がパンパンに膨らんだコンデンサを見かけることがある。

ビデオカードを使用している場合、最近のものは冷却ファンが着いているものがほとんどあり、そのファンが比較的壊れやすく、固着する場合があるので空気を吹き付ける、あるいは手で回してみるなどして、回転が一樣でない場合は更新する必要がある。

(5) 真っ黒い画面

モニタの電源が入ってないなどの初歩的なミスもあるが、BIOS画面でも一切反応しないとなるとビデオカードやマザーボードの不良を疑う必要がある。

(6) 真っ青な画面

たまにお目にかかるあまりありがたくない現象である。なんらかの原因でOSの一部のファイルが壊れた可能性が高い。画面に表示される指示通り作業しても回復しないことがある。その際は、HDDを健全なPCに接続して必要最低限のデータを避難させてOSをインストールし直すのが賢明なことが多い。

5. PCの廃棄

役目を終えたPCは、大型廃棄物品の回収のときに排出することになる。排出する際の一番の問題は情報の漏洩である。HDDをフォーマットすらせず、筐体に取り付けた状態で廃棄している例をしばしば見かけることがある。重要な情報を残してないとしてもあまり感心しない。少なくとも私たち技術系の職員が廃棄に係わっているなら、HDDを取り外すことやフォーマットするなどして廃棄したいものである。HDDの廃棄に関しては、2008年度の技術報告に「ハードディスクの廃棄方法について」と題して電気工学専攻の高橋登氏が投稿しているので参考にされたい。

また、前述したCPU、メモリ、ビデオカード、光学ドライブなどの部品は、邪魔にならない程度にストックして置けば、咄嗟の故障などに対応できる場合もある。

6. おわりに

本発表は特に目新しい情報を紹介しているわけではなく、PCのことを知っておられる方にとっては「なにを今更・・・」と思われる内容であろう。しかし、これまでPCが故障したときに自らPCの中を確認することをしなかった人が、ちょっと触ってみようという気になってもらえたらという思いで投稿・実演を思いついたものである。

これを機に情報・ネットワーク技術グループとしてPCの不具合や更新などに関する知見を集め公開することで技術部メンバーのPCに関するスキル向上に繋がれば幸いである。具体には次の段階の話になるが、これら事例を技術部HPの情報・ネットワーク技術グループの箇所に情報として蓄積し、皆さまのお役に立てるよになれば幸いと考えている。

最後に、本発表を承認していただき、助言・協力をしていただいた情報・ネットワーク技術グループのメンバーに感謝致します。

12 化学・生命系:ガスクロマトグラフを用いた 分析化学実験カリキュラム

応用化学専攻 栄 慎也
shinchan@appchem.t.u-tokyo.ac.jp
応用化学専攻 浅野巧久
応用化学専攻 藤村一良

1.はじめに

クロマトグラフを用いた分析法は昔から様々な研究開発されている。現在では、ガスクロマトグラフ (GC)、イオンクロマトグラフ (IC)、高速液体クロマトグラフ (HPLC) をはじめマイクロリットルの試料で分析可能なキャピラリー電気泳動 (CZE) に至るまで様々な分離技術が開発され、また、質量分析装置 (MS) などの各種の分析装置を検出器として組み合わせることにより多様な分析対象物に対してポピュラーな分析手法となっている。このクロマトグラフの分離の仕組みや検出原理を卒業研究前に教育する必要がある。本学工学系の化学生命系学科では 3 年時の必修実験として分析化学実験を行っている。この中で、分離分析として 2 つのテーマを取り上げている。一つは溶媒の分配則に基づくマスキングと溶媒抽出を組み合わせた実験で、もう 1 つが、GC を用いたクロマトグラムの実験である。本報告では旧来の GC の実験の運営法の軌跡を紹介すると共に現在のカリキュラム開発について報告する。

2.カリキュラムの変遷

GC に関する最初の論文は、1952 年分配ガスクロマトグラフィーに関する報告でそれを基に、1954 年アメリカで試作機 1 号 が製作された。そして翌年にはアメリカで熱伝導度検出器 (TCD) をつけた GC の市販機が販売開始となった。日本では、1956 年九州大学工学部工業化学科がアメリカ製市販機を購入したことが最初の記載となっている。その同年に島津製作所が試作機 1 号機を作製し、翌年には島津製作所製 TCD-GC の市販機を発売している。現存する資料によれば、東京大学工学部では 1957 年 TCD-GC を柳本製作所と共同開発し (図 1 参照)、翌年その装置を購入し見学会を開催している^{1,2)}。見学会の内容は図 1 の装置を 17 名 1 組で 20 分程度分析している様子を見学するものであった。その後 1960 年から分析化学実験の 1 テーマとして導入されたが装置が 1 台しかなく、約 200 名の受講学生の中の 20% 程度の学生の選択実験として行われていた。カリキュラムの内容は、3 名から 5 名 1 組 で 1

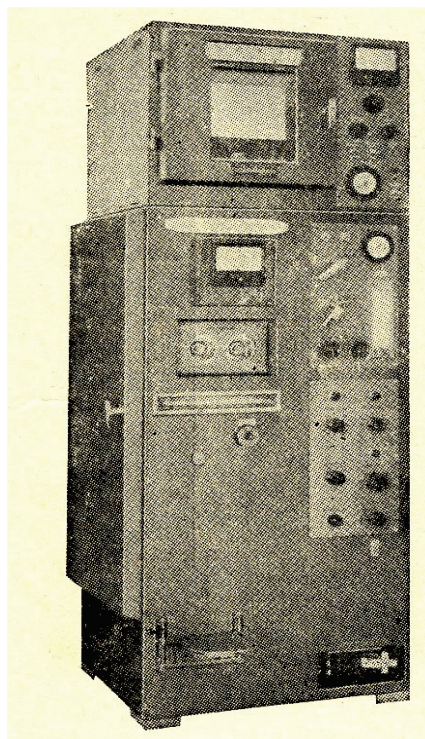


図 1 柳本 GCG2

日（13時から17時）で実施していた。実験内容は 0.GC の保守点検、1. 都市ガスの分析、2. ベンゼンとトルエンの分離定量であった。特に初期の GC 部品は、他の工業製品を転用して用いていたため、熱や有機溶媒にすぐに侵食されるなどの問題があり、基本的な保守点検に重みが置かれていた。都市ガスとベンゼンとトルエンの分離定量は共に相対保持比と相対モル感度法を用いて行われていた。1960 年代後半に入って GC がポピュラーな分析装置となるに従い、市販品の高品質低価格化が進み、分析化学実験にも GC の台数を増やし全員必修のクロマトグラフィーの実験として定着していった。1970 年代中ごろから GC による定性と定量、試薬を用いた官能基定性と滴定による主成分の定量の実験を 6 日間かけて実施していた。この実験では 3 種類の有機溶媒を混合した未知試料を学生に渡し、2 つの極性の異なるカラムで分離しその保持比を計算し文献値と比較することにより定性を行い、内標準法により定量を行っていた。GC は定性 1 日、定量 1 日の計 2 日間で実施していた。なお、この時代は GC のチャートはすべてペンレコーダ記録であり、ピーク面積等は半値幅法等により手計算で算出していた。このカリキュラムは GC の保持比だけでは精度に問題があり、官能基分析などと組み合わせることにより定性精度を向上させる一方、定量においては湿式分析結果と比較する検討するなどの長所があった。しかしその後、1988 年からその当時からポピュラーな装置となったパソコンを学生実験の 1 テーマとするため、分析化学実験全体のカリキュラムの変更を行い GC に関する実験日数が 1 日となった。このため、極性の異なる 2 つのカラムを用いた保持比計算からの定性と相対モル感度表を用いた定量の実験に変更した。また装置系もチャートの記録にはインテグレータを使用し、計算の時間短縮を行っていた。しかし、保持比からだけでは定性、相対モル感度表を用いた定量だけでは分析精度に問題があるとの指摘もあった。また、インテグレータ導入によるクロマトグラムの自動計算によりピーク面積比の手計算などが省略され、これが後にクロマトグラム全体の段理論の理解不足の原因ともなった。1990 年代に入りキャピラリーカラムを用いたガスクロマトグラフ質量分析装置（GC-MS）が一般的な装置として普及してきたこともあり、2000 年から共通の GC-MS を利用し（図 3）、旧来の実験と組み合わせて TCD-GC（図 2）による保持比による定性と GC-MS による定性、内標準法による定量と相対モル感度表を用いた定量を行いその精度比較を含んだカリキュラムに改定した。GC-MS のマスチャートの解析は、標準チャートとの比較で行っている。これ



図 2 島津 GC-8A



図 3 日本電子 GC-MS Sun

らにより分析精度は向上したが、クロマトグラムの理論段の理解に関して十分とはいえない学生が見られるとの意見があり、理論段を学べるテーマを新たに導入した。2006年から、同一成分を分析するに際してガス流速を変え、理論段の高さと流速の関係をプロットさせて最適流速を決める実験を取り入れ理論段に対する認識の向上を図った。

3. 現在のカリキュラム

要旨 カラム内の分離を理解するために流速と理論段(N)の関係を調べ、最適な実験条件を調べる。その条件下で、トルエンを含む5種類の有機溶剤を混合した未知試料を、極性の異なる2種類の固定液相を充填したカラムを装てんした熱伝導度検出器付きガスクロマトグラフ(TCG-GC)を用いて分離検出し、相対保持比表による定性分析および相対モル感度表による半定量を行う。また、内部標準法によりトルエンを定量する。次に、GC-MSを用いて同試料を分析し、質量スペクトルから定性を行う。あわせて分離の理論と検出原理について学ぶ。

(操作1：最適流速の決定)

- 1) TCD-GCのシリコンオイルDC-200のキャリアーガス流出部に流量計をセットする。
- 2) 2 ml ホールピペットを2本用いて、トルエン、ベンゼンを1:1の割合で混合した試料を作製する。
- 3) GCのキャリアーガス流量調整バルブで流量を4 ml/min に調整する。
- 4) これに2) で作製した試料を指定されたマイクロシリンジに1 μ l 正確に採取した後、4 μ l の空気を入れ、GCに注入してクロマトグラムを記録する。
- 5) これを 8, 12, 16, 20 ml/min でも行う。
- 6) 得られたクロマトグラムの3つのピークのうち最後のピークの各理論段数を求める。
- 7) 次式から H を求め、流速との関係をグラフ化する。

$$H=1/N$$

- 8) 最適な流速を決め、その値にキャリアーガス流量を設定する。

(操作2：定性分析)

極性の異なる2種類の固定液相を用いてトルエンを含む5種類の有機溶剤を混合した未知試料を測定し、保持比表と比較する。次にGC-MSで同試料を測定し、各成分の質量スペクトルを得て、保持比表と質量スペクトルから得た結果を基に総合的に同定する。

- 1) 未知試料1 μ l を5 μ l マイクロシリンジにて採取し、4 μ l 程度の空気を採取した後、GCに注入してクロマトグラムを記録する。
- 2) ベンゼン1 μ l を同様にして5 μ l マイクロシリンジにて採取し、4 μ l 程度の空気を採取した後、GCに注入してクロマトグラムを記録する。
- 3) 以上の操作1) 2) を2種類の固定液相で行う。
- 4) 操作3) で得られたクロマトグラムを基にして各成分の保持比を求め、保持比表と比較して定性を行う。

- 5) 別室のGC-MSに未知試料1 μ lを5 μ lマイクロシリンジにて採取して注入してクロマトグラムを記録する。得られたクロマトグラムの各成分の質量スペクトルをプリントする。なお、GC-MSの測定については、「GC-MS測定マニュアル」を参照する。
- 6) 5)で得られた各成分の質量スペクトルを解析し、スペクトル集と比較検討する。
- 7) 4)と6)の結果から未知試料中の各成分を総合的に定性する。

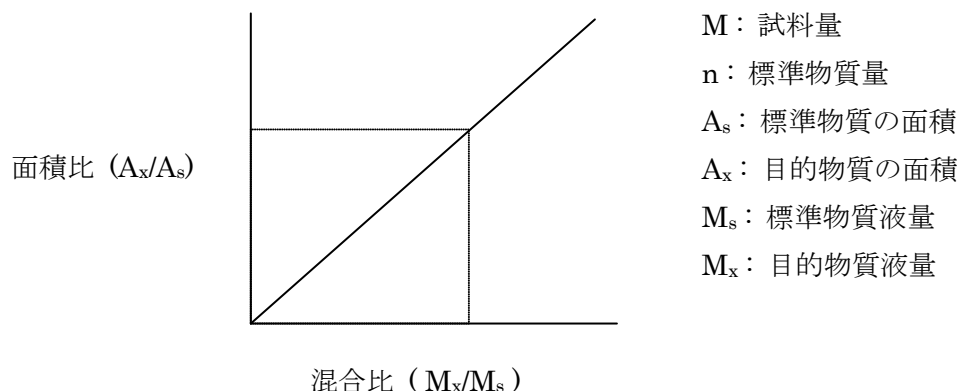
(操作3：定量分析)

ベンゼンを内部標準物質として検量線を作成し、試料中のトルエンを定量する。

定量する際は分離の良いカラムを用いる。

- 8) 1ml, 2mlホールピペットを用いてベンゼンとトルエンの混合試料を作成する。混合比は(1:2, 1:1, 2:1)とする。これらを操作2と同様にして分離のよい方のカラムを用いてクロマトグラムを得る。
- 9) 未知試料 5 mlとベンゼン 1 mlを正確に混合し、操作2と同様にして分離のよい方のカラムを用いてクロマトグラムを得る。
- 10) ピーク面積比 (A_x/A_s) を算出し、操作8)から作成した検量線によりその混合比を知る。この値とベンゼン添加量からトルエン含量を求める。そして、次式により試料中の目的成分の含有率を求める。

$$X(\%) = \frac{(M_x / M_s) \times n}{M} \times 100$$



- 11) 相対モル感度表から5種類すべての未知試料の定量を行う。

謝辞 本報告を作成するに当たり、創成期から現在までの工学系分析化学教室教職員各位及び分析化学実験室員に感謝いたします。

参考文献

- 1) 工業分析化学実験(下) 平野 四蔵 p.677 共立出版
- 2) 分析化学実験及び演習 東京大学工学部化学・生命系 分析化学実験室編集

13 化学・生命系：有機化学実験及び演習

化学生命工学専攻 鳥越 裕介
torigoe@chembio.t.u-tokyo.ac.jp
福田 政一
応用化学専攻 坂下 春

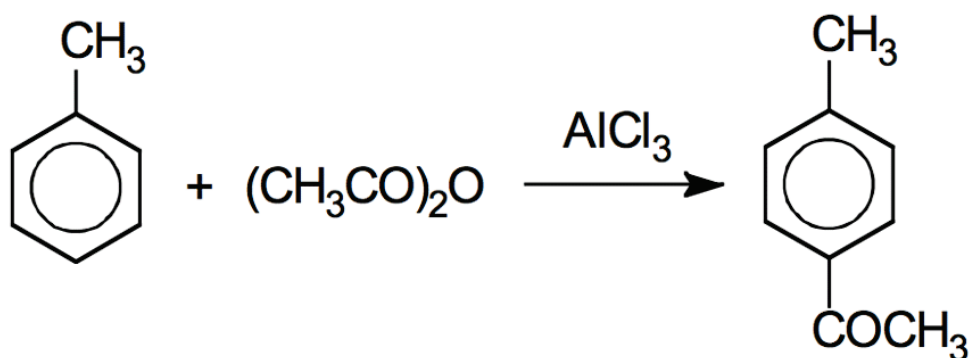
はじめに

本発表は、化学・生命系3学科において卒業研究に入る前の学部学生が履修する「有機化学実験及び演習」に関する内容を紹介するものである。このカリキュラムの目標は、各自が有機化合物の取り扱いに関する体験を積み重ねることによって、使用する装置、器具および操作についての基本的事項を身をもって習得することに置かれている。そのため、使用するテキストや実験中の諸注意などは、有機化学実験の基本操作に最も重点をおいたものになっている。一方、有機化学反応は一般に反応の種類や化合物の種類が多様であるので、各自が実際に行うテーマとしては、典型的な数種の反応を取り上げている。なお、理解を深めるために、各テーマ毎に設問を設けてある。

今回の発表では6つあるテーマのうちのひとつ「[実験 No.1] p-メチルアセトフェノンの合成 (Friedel-Crafts 反応)」について紹介する。

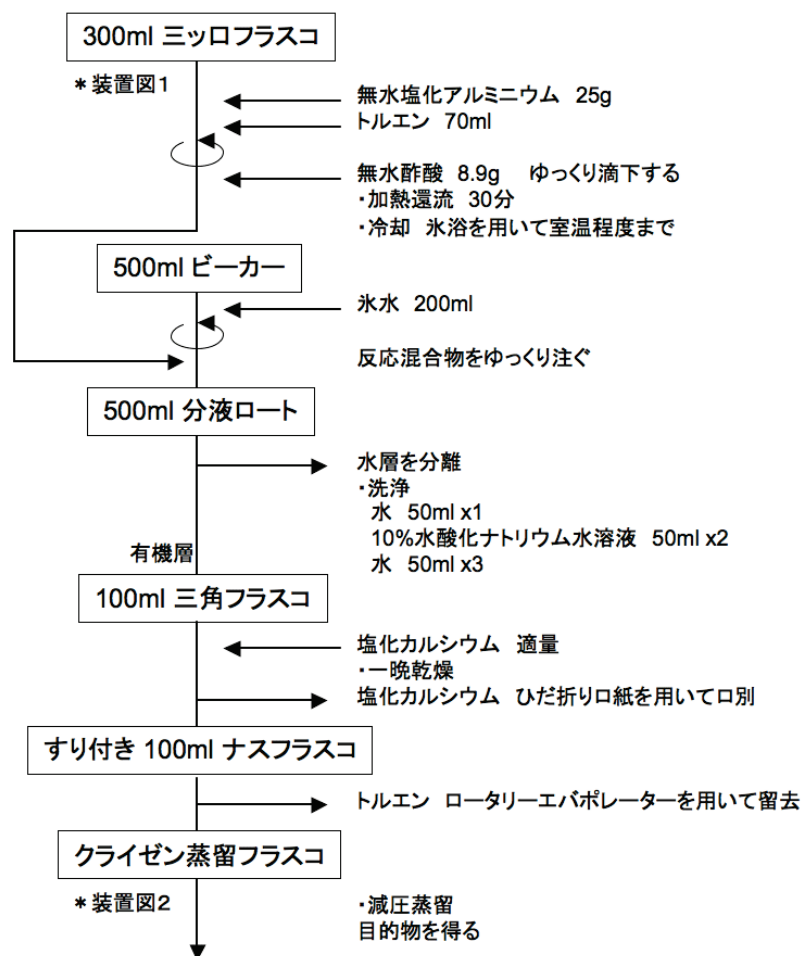
本論

○反応式・物性値



	トルエン	無水酢酸	無水塩化アルミニウム	p-メチルアセトフェノン
使用量	70ml	8.9g 0.087mol	25g 0.187mol	11.7g(理論収量) 0.087mol
分子量 [g/mol]	92.14	102.09	133.34	134.18
沸点 [°C]	111	140		224(文献値)
密度 [g/cm ³]	0.867	1.085		

○実験操作・注意事項



注意事項

* 十分に乾燥した装置類, 試薬を用いる

* 無水塩化アルミニウムの秤量は竹サジを使用し, 出来る限り手早く行う

* 酸性とアルカリ性の水層は混ぜてはならない



図1 反応装置

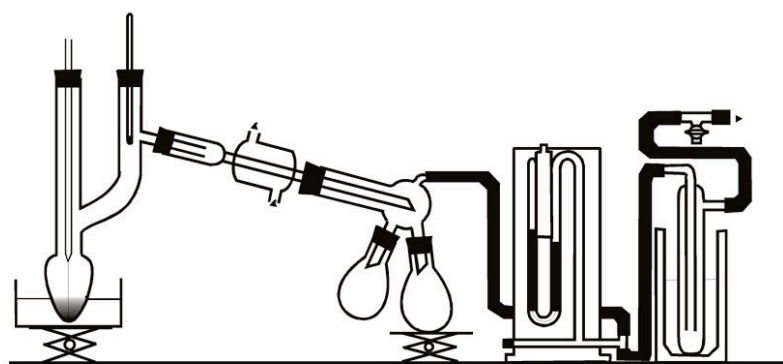
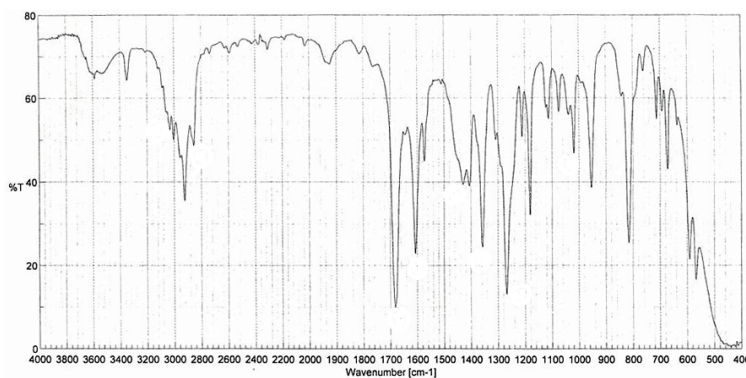


図2 減圧蒸留装置

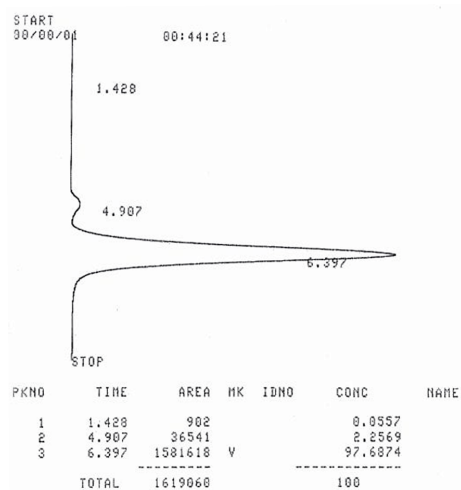
○実験結果

例として、沸点 93.5°C (7mmHg), 収量 10.3g (0.077mol, 収率 88%) の無色透明な液体を得る。各種の分析結果の例を以下に挙げるが、ピークの帰属や考察は学生へのレポートの解答そのものとなるためここでは省略している。

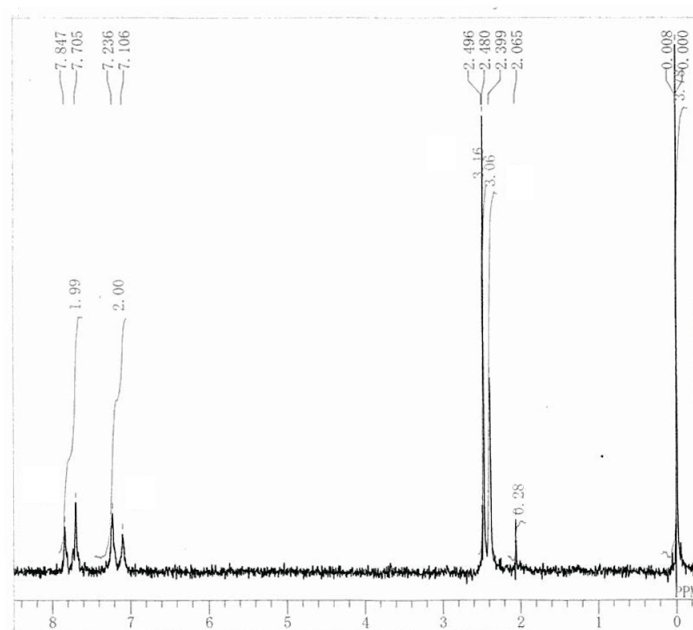
・ IR



・ GC



・ NMR



○設問

1) Friedel-Crafts反応の機構について述べよ。

2) Friedel-Crafts反応で系内から水を除いておくことが必要なわけを述べよ。

など

あとがき

非常に簡略化しているが，以上のようにして合成→精製→分析→考察を行うのが基本的な進行である。ただ，先にも述べたように本カリキュラムの目的は基本的事項の習得にある。ひとつひとつのステップが計画通りにはなかなか進行しないことを体験し，その体験を次の計画にフィードバックしていくことこそが，最も重要であると考えている。以下に実験中の主な指導内容を列挙するが，高度に専門的な内容ばかりでないことがご理解いただけると思う。学生達の初期体験として本カリキュラムが有意義なものになることを願うばかりである。

- ・ 実験装置は器具を用いてしっかりと固定する
- ・ 冷却水を流すゴム管はぬけないように奥まで挿す
- ・ 100℃と200℃の温度計は区別して使い分ける
- ・ 試薬の秤量や装置に移す際，こぼさないように注意，工夫する
- ・ 危険な試薬に素手で触らない
- ・ 攪拌は液面に渦ができる状態を保つ
- ・ ゆっくり入れるべき試薬を一気に入れてはならない
- ・ 加熱の際，温度調節を最大にしたまま放置してはならない
- ・ 氷浴には氷だけでなく水を十分に入れる
- ・ 分液ロートはコックを掌で押さえながらしっかりと振る
- ・ 蒸留では初留をとりすぎない



実験中の様子

14 化学・生命系：コンピュータ化学演習 その1

「データ解析ツールとしてのコンピュータ」

化学システム工学専攻 小名 清一

ona@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

化学システム工学専攻 加古 陽子

化学システム工学専攻 飯塚 秀夫

1. はじめに

教育基盤部門では、昨年から部門発表の特集として学生実験の発表を行っている。今年の発表は、化学・生命系3専攻(学科)(応用化学科・化学システム工学科・化学生命工学科)の学生実験では、今後何年かに渡り各実験内容について詳しく説明することになり、いくつかの実験を今年報告することになった。私は夏学期に担当しているコンピュータ化学演習について報告する。

2. 日程・演習項目

化学・生命系3学科は応用化学科(応化)、化学システム工学科(化シス)、化学生命工学科(化生)であり、平成22年度の3年生の人数は応化52名・化シス43名・化生54名である。彼ら総勢149名が夏学期は分析化学実験、有機化学実験、コンピュータ化学演習を受講する。コンピュータ化学演習は13日で組まれている。前半は「データ解析ツールとしてのコンピュータ」として「データ解析」3日、「プログラミング」2日、後半は「シミュレーション・ツールとしてのコンピュータ」シミュレーション(輸送方程式の数値計算)3日、シミュレーション(量子化学計算)3日、または「実験制御ツールとしてのコンピュータ」計測・制御6日となっている。

あとは、1日は予備日、もう1日は環境安全研究センターの見学となっている。この工程を3回行う。ここでは前半の「データ解析ツールとしてのコンピュータ」について書かせてもらう。

3. データ解析

OSはWindowでいまだにOffice2003を利用しています。ここでは、コンピュータの使い方・WordとExcelの使い方・基本統計量・検定・多変量解析を学習します。

表1に演習で行っている課題を整理した

表1 課題内容

	課題	概要
データ解析 1:Windows 基礎・データ の整理	基本課題1	ワープロによる文書作成
	基本課題2	エクセルによる表・グラフの作成
	基本課題3	物理化学データの整理・グラフ化-1, 絶対参照, 関数
	基本課題4	物理化学データの整理・グラフ化-2, 累乗
	基本課題5	感想文

データ解析 2: 仮説検定と回帰分析の基礎	基本課題1	仮説検定－1: 母平均の検定(t分布)
	基本課題2	仮説検定－2: 母平均の推定(t分布)
	基本課題3	回帰分析－1: GDP とエネルギー消費量の関係
	基本課題4	回帰分析－2: 3変数と物理成績の関係, 変数の取捨選択
	応用課題1	仮説検定: 母平均の差の検定(t分布), 分析ツール
	応用課題2	仮説検定: 等分散性の検定(F分布), 母平均の差の検定(t分布)
	応用課題3	回帰分析: 原料と製品寸法の関係, 変数の取捨選択
データ解析 3: 総合演習	基本課題1	ビリアル状態方程式
	基本課題2	アレニウスプロット
	基本課題3	ポリティロープ過程の検証
	応用課題1	直線近似、多項式近似、指数近似の比較
	応用課題2	回帰分析: log S を予測する回帰式の作成

題目だけではわかりにくいので例題を載せてみる。

例：表計算ソフトによる物理化学データの計算・整理

位置 b に止まっている状態から加速度 a で等加速度運動している物体の速度 v と位置 y は、時間 t の変数として以下のように表される。

$$v = at \cdots (1)$$

$$y = (1/2)at^2 + b \cdots (2)$$

t を0.1刻みとして、 v と y をエクセルで1秒後まで計算し、その間の平均速度と平均位置を計算した例を右図に示す。

以下、Excel を効率的に使うためのポイントを説明する。

○定数の入力・・・よく使う値の格納

定数 a , b は計算で何回も使用するため、特定のセルに値を入力して、参照できるようにする。例では、定数 a の値を B1 に、定数 b の値を D1 に格納している。

○ t の入力・・・セルの参照

初期値の0以降は、前のセルの値に0.1を足した値を入力していくことになる。

このような場合は、A5に「=A4+0.1」と入力し、A6以降はA5セルをコピーして貼り付ければよい。

○ v の計算・・・相対参照と絶対参照

(1) 式の内容を、セルを参照しながら入力する。

数式内でセルを参照する方式には、絶対参照と相対参照の2種類がある。初期値や定数など、数式が入力されている位置に関わらず同じセルを参照したい場合は「絶対参照」を用いると便利である。詳しくは、Excel のヘルプ機能等を利用して調べる。

この場合は、定数 a を参照する場合は絶対参照にしたいので、B4に「=B\$1*A4」と入力し、B5以降はB4セルをコピーして貼り付ければよい。

表2 計算例

	A	B	C	D
1	a	4	b	10
2				
3	t	v	y	
4	0	0	10	
5	0.1	0.4	10.02	
6	0.2	0.8	10.08	
7	0.3	1.2	10.18	
8	0.4	1.6	10.32	
9	0.5	2	10.5	
10	0.6	2.4	10.72	
11	0.7	2.8	10.98	
12	0.8	3.2	11.28	
13	0.9	3.6	11.62	
14	1	4	12	
15				
16	平均	2	10.7	

「B\$1」は、縦方向のみ固定することを示している。B5以降のセルでは、時間の参照先は1つずつ下にずれていくが、定数 a の参照先は、入力するセルの位置に関わらず一定である必要があるためである。横方向にも固定したい場合は、「\$B\$1」とすればよい。

ここで例えば、B4に「=B1*A4」と入力して B5以降にコピーすると、不具合が生じる。具体的にどのような不具合が生じるか確認し、相対参照と絶対参照の違いを理解すること。

○y の計算・・・v の計算と同様

(2) 式の内容を、セルを参照しながら入力する。

C4に「=(1/2)*B\$1*A4^2+D\$1」と入力し、C5以降はC4セルをコピーして貼り付ければよい。

○平均の計算・・・関数の利用

まず v の平均を計算する。

平均の計算は、AVERAGE 関数を用いると便利である。

[挿入]>[関数]として、目的とする関数を検索する(右上図：ここでは「平均」などで検索する)。後は目的のグラフを描けばよい。

仮説検定、回帰分析については省略します。

このように問題はなるべく化学・生命系で使うことのあるデータを用意して、Excel の使い方の学習を行っている。

4. プログラミング

近年は独自の処理をこなうためにプログラムを開発する必要がある。本演習は Window OS 上でマイクロソフトの **Visual Studio2005**を用いる。**Visual Studio2005** にある C/C++ あるいは **FORTRAN** をもちいてプログラミングを行う。

プログラミングは動く(走る)ことが重要なポイントでプログラム内容は個性が現れる。

例題：1から100までの自然数の和を求める

C の場合、開いているソリューションを閉じた後、新たにソリューションとプロジェクトを作成し、以下のプログラムを入力する。

```
#include <stdio.h>

void main()
{
    int i;
    int total = 0;

    for( i=1 ; i<=100 ; i=i+1 )
    {
        total = total + i;
    }
    printf( "1 から 100 までの合計は%d です\n", total );
}
```

FORTRAN の場合、開いているソリューションを閉じ、新たなソリューションとプロジェクトを作成したのち、下のプログラムを入力する。

```
program Sample2
integer i, total

total = 0
do 10 i = 1, 100
    total = total + i
10 continue
write(6, *) '1 から 100 までの合計は', total, 'です'
stop
end
```

もちろんこれ以外にも正解があります。

プログラミングは例題を多くして、不慣れな学生にも各自プログラミングが行いやすくしている。課題は工学的なものを用いて、担当者は独創的、個性的なプログラミングを期待している。

課題：モンテカルロ法を用いて円周率を求めるプログラムを作成せよ。小数点以下3桁まで正しく求めるためには繰り返し回数をおよそ何回にすればよいか考察し、実際の計算結果と比較せよ。

5. 終わりに

化学・生命系の3年夏学期に行われる学生実験の1つ、コンピュータ化学演習の前半部分の「データ解析ツールとしてのコンピュータ」について報告をした。学生がどのくらいコンピュータに親しんでいるかわからない状態なので、この演習では入門から教えています。ただ、研究室に配属された時に役に立つ物にしたいと思って演習のテーマを選んでいきます。

後半の「シミュレーション・ツールとしてのコンピュータ」、シミュレーション（輸送方程式の数値計算）、シミュレーション（量子化学計算）、「実験制御ツールとしてのコンピュータ」はページの都合で分けることになりましたので宜しくお願いいたします。

15 化学・生命系：コンピュータ化学演習 その2

「シミュレーションツールとしてのコンピュータ」「実験制御ツールとしてのコンピュータ」

化学システム工学専攻 小名 清一

ona@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

化学システム工学専攻 加古 陽子

化学システム工学専攻 飯塚 秀夫

1. はじめに

すみません2つになってしまいました。先にコンピュータ化学演習の前半の「データ解析ツールとしてのコンピュータ」について報告をした。今回は後半の部分で「シミュレーションツールとしてのコンピュータ」としてシミュレーション（輸送方程式の数値計算）、シミュレーション（量子化学計算）、「実験制御ツールとしてのコンピュータ」として計測・制御の報告を行う。

2. シミュレーションツールとしてのコンピュータ

2-1 輸送方程式の数値計算

本演習では、流れと拡散による1次元の物質輸送を記述する輸送方程式を対象に、有限差分法による偏微分方程式の数値解法を学ぶ。数値解析法は基本的に非線形偏微分方程式に適用可能であるが、あえて解析解のある線形偏微分方程式に適用する。

課題：長い流路の中をゆっくりと一定速度 u [m/s] で流れる水にインクを滴下することにより、時刻 $t=0$ [s] において $x=0$ の位置に C_0 [kg/m³] の濃度のインクが 1 [m] の幅に存在した時の濃度分布曲線を表せ。

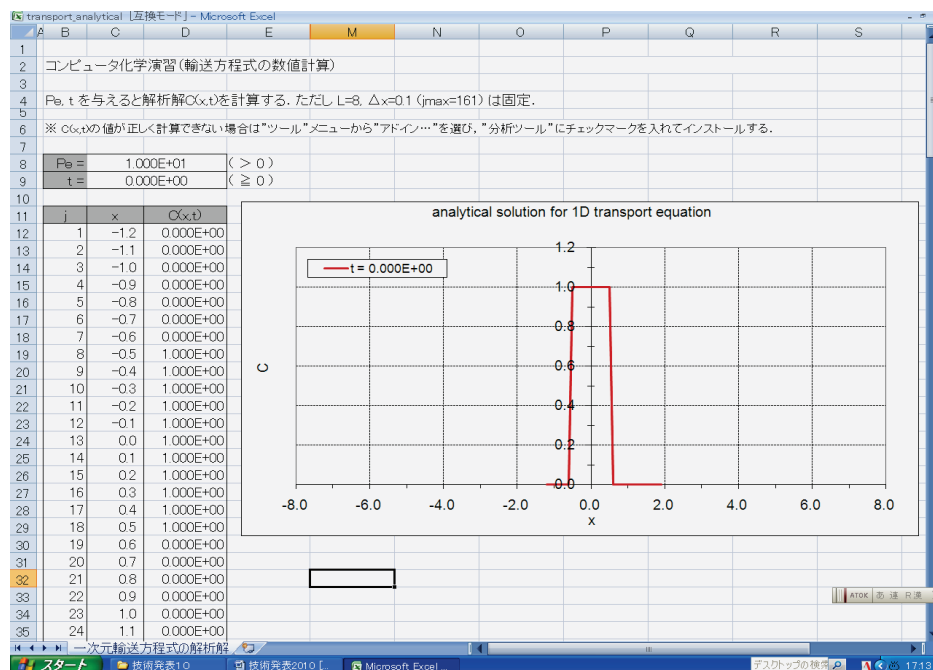


図 1 $t=0$ の計算結果

回答例を図1に示す。プログラミングの内容はお見せできないが、ここで t の時間を入力

することによりグラフが変化するプログラミングを作成した。もちろん、Pe の値を変えることによってもグラフの形は変化する。

有限要素法についての説明は複雑なので省略する。

2-2 量子化学計算

本演習では、汎用理論化学計算プログラムの**Gaussian**を用い、比経験的な量子化学計算法である**ab initio** 分子軌道法と密度汎用関数法によって、分子構造の決定法、電子状態の解析法、化学反応計算の方法、分子動力学計算の方法を学ぶ。具体的には、分子モデリング、分子軌道の描画、振動解析、繊維状態計算、ゼロ点振動エネルギー計算、分子動力学シミュレーションなどを実践的に学ぶ。

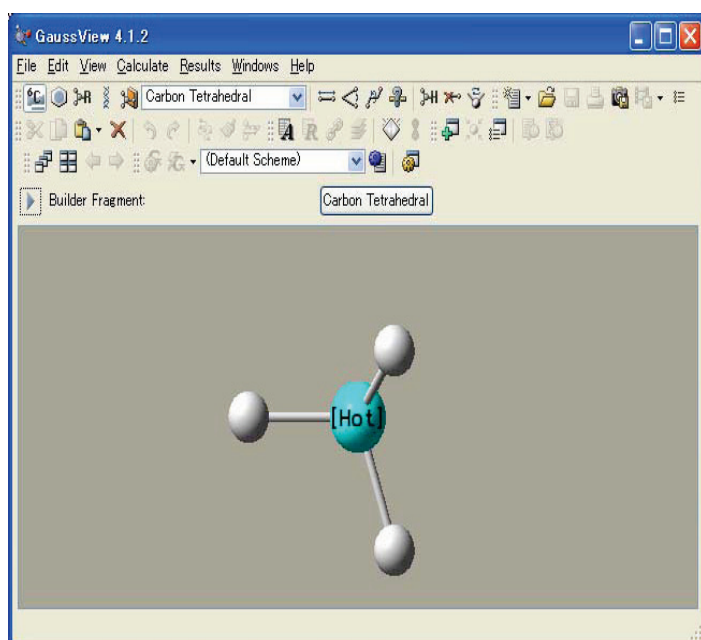


図 2-1 コントロールパネル

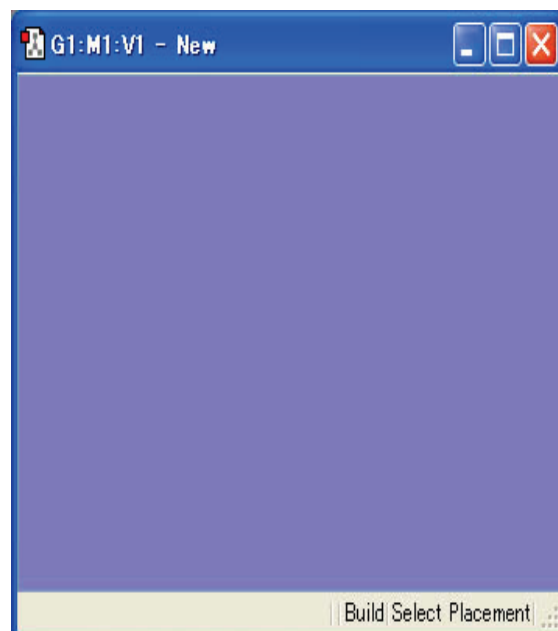


図 2-2 ビューパネル

計算ソフトは**Gaussian03**を用いる。使用方法は、デスクトップ上にあるアイコンをダブルクリックすることで**Gauss View**が起動し、2種類の画面が現れる。(図2)

コントロールパネルには様々なメニューやツールが用意されており、ビューパネルには構築中の分子が表示される。ビューパネルはコントロールパネルの File → New → Create Molecule Groupにより増やすこともできる。

使用方法例

1) 分子モデリング

コントロールパネルの中央、Carbon Tetrahedralと表示されているアイコンを左クリックするとElement Fragmentsウィンドウが現れる(図3)。

このウィンドウで元素名とElement Fragmentsウィンドウフラグメントを指定できる。

起動時は図2のようにメタンが選択されている。

この状態でビューパネルをクリックするとメタン分子ができる (図4 a)。

ビューウィンドウの分子はマウス操作により動かすことができる。

メタン分子からホルムアルデヒドを作るには、以下のように操作する。

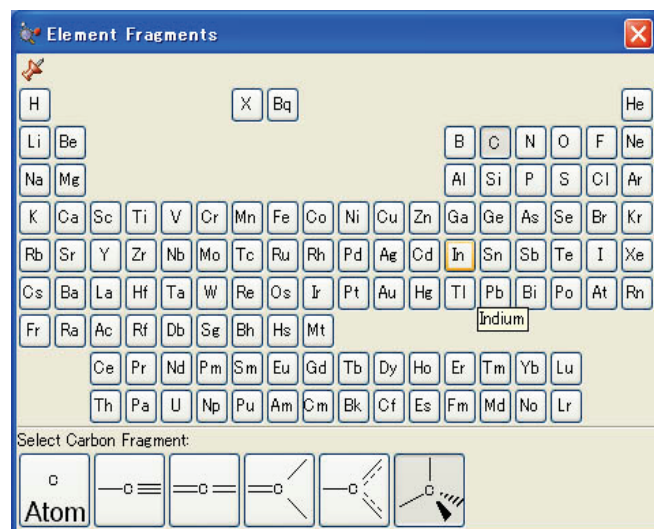


図 3 Fragment ウィンドウ

- (1) Element Fragmentsで酸素(O)を選び、2重結合のフラグメントを左クリックする。
 - (2) ビューウィンドウのメタン分子の水素を左クリックし酸素に置き換える (図4 b)。
 - (3) コントロールパネルの  を選び、水素をクリックして消す (図4 c)。
 - (4) Rebond  とClean  をクリックし形を整える (図4d)。
- なお、操作を誤った時はEdit → UndoやCtrl+Zにより取り消すことができる。

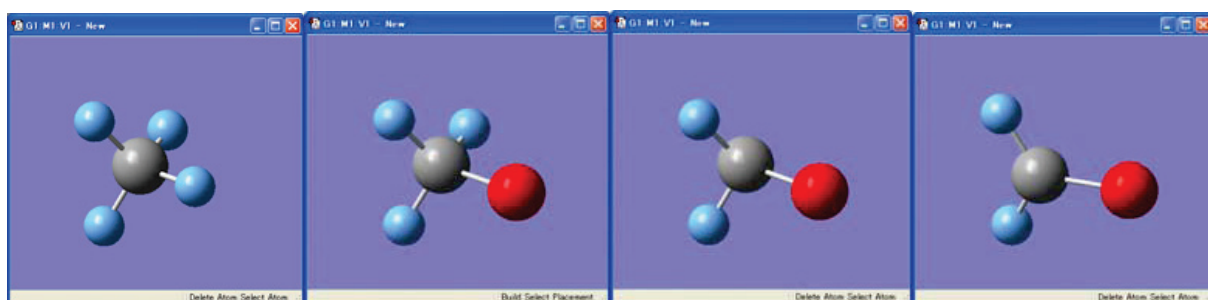


図 4-a

b

c

d

Element Fragments以外にも有用なフラグメントが揃っており、環 、置換基 、生体分子 、[] などがある。これらのリストから適切なフラグメントを選ぶことで、分子設計に要する時間を大幅に短縮できる。またこの結果をGauss Viewを用いて解析することができる。

ここでは初歩の使用方法についてだけ記述した。

Gaussianではその他に、構造最適化計算、安定構造・遷移状態の構造、分子軌道の描画、Mulliken電荷、調和振動数などが測定、計算できる。

課題：水分子の分子軌道と基準振動の解析せよ

基底関数に6-31G(d, p)を用いよ

などがある。

発表当日ソフトをお持ちしますので実際に使用できるようにしたいと思います。

3. 実験制御ツールとしてのコンピュータ

3-1 計測・制御

本演習は実際にコンピュータを用いて、測定システムのハードウェアを組み、ソフトウェアを自作し、温度計測・ヒーターの自動制御を行う。これらの実験を通して、コンピュータを使った計測システムの構築・実験の自動化について経験をつみ、インターフェイスの基礎知識を身につける。プログラミング言語は**Lab VIEW**を使用する。実験は

- 1) コンピュータのインターフェイス (USB) を通して、外部測定からの (熱電対) からのデータの取り込み方を学ぶ。
- 2) 測定された測定値をもとにデータ処理を行う。
- 3) 外部機器のPID制御によるコントロールを行い、自動制御技術を習得する。

本実験で用いる機器はUSB-6900 (National Instruments社製) ソフトは**Lab VIEW** Ver. 8.0である。

PID制御操作の様子を図5に示した。

Lab VIEWのプログラムソフトを用いて、銅ブロックを所定の温度に制御するプログラムを制作している様子を写している。学生の作ったプログラムが、どのくらいの短時間に制御を行えるかを争うコンテストが最終日に行われている。

Lab VIEWの説明は**Lab VIEW**の研究グループに任せたい。

化学・生命系の3学科の学生においてこの「計測・制御」の演習を選択希望した学生は149名中15名ほどであった。

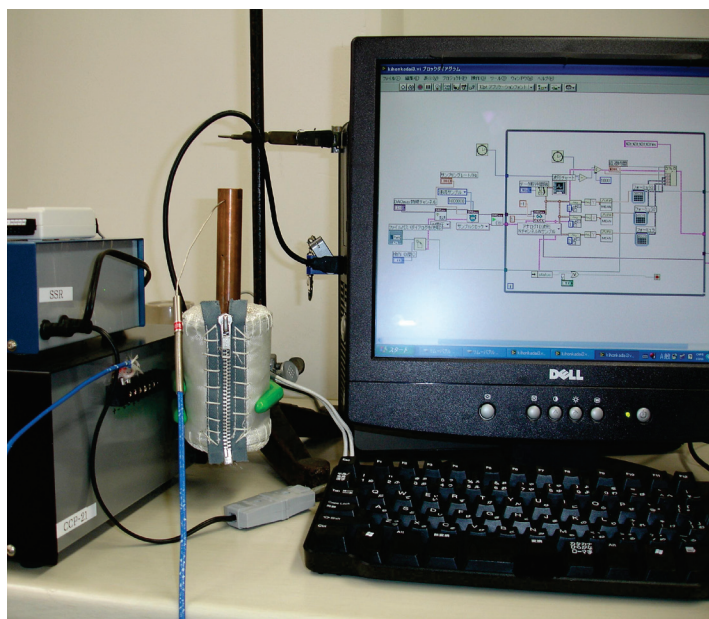


図5 PID制御の様子

4. 終わりに

教育基盤部門の部門発表として学生実験を取り上げて、化学・生命系学生実験の3年夏学期に行われている、コンピュータ化学演習について報告をした。化学・生命系にコンピュータ化学演習が開始してから約20年、コンピュータの更新時に大きなテーマの検討、変更が行われてきた。現在のテーマは今年3年目に入り、やっと軌道に乗ったところです。時代の変化とともにコンピュータがいたるところで使用されています。コンピュータ慣れた学生、全然出来ない学生と学生によって大きな差がありますが、色々な学生が楽しめる演習にしたいと思いテーマを考えています。最後に飯塚秀夫さんには大変お世話になっていることをこの場を借りて報告いたします。

16 電気系工学科:3年次の学生実験 ー指示計器による計測とブリッジー

電気系工学専攻・千葉 新吾

高橋 登

鈴木 真一

高田 康弘

chiba@aida.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

電気系に限らず、3年次に進学した理工学系の学生にとって、教養科目の講義中心から、実験・研究中心の4年次以降の大学生活環境のスムーズな移行を行う上で、学生実験の役割は非常に重要である。

本発表では、本大学工学部電気系3年次学生が受ける学生実験の課題で、電圧計等の指示計器とブリッジを用いた計測を紹介する。

2. 指示計器の負荷効果

電圧計等の指示計器による計測では、下記の図 1 のように計器の内部抵抗に起因する負荷効果を考慮する必要がある。計測すべき回路に指示計器を接続すると、指示計器は指針を振らすため電流を被計測回路から得るため、元の回路の状態とは異なる状態の値を計測していることになる。計測対象や方法によっては、この負荷効果によって無視できない誤差が生じることがあり、適当な手段で計測値に補正を加えなければならない。

本実験では、電圧計・電流計の内部抵抗を実測し、負荷効果を体験して、その典型的な影響を確認する。

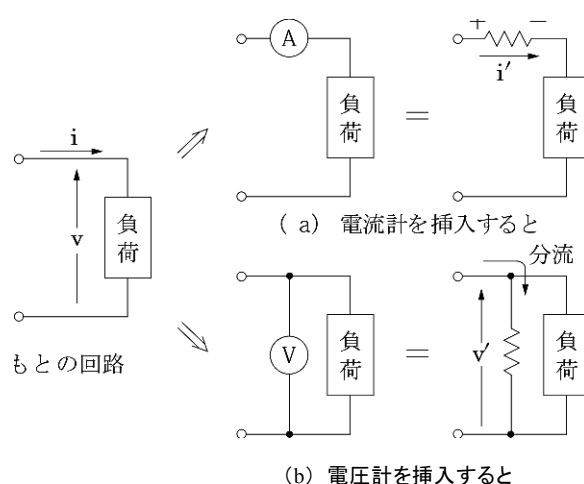


図1 電流計や電圧計を、計測対象の回路に挿入するときの影響(負荷効果)を考える。

3. テスタ

携帯用の多目的計器としてテスタ(簡易回路試験器)がある。これは指示計器に分流器、倍率器、切替えスイッチなどの種々の回路を付加したもので、多レンジの直流電圧計・電流計、交流電圧系、抵抗計として使用できる。なお、抵抗計測用に乾電池を内蔵し、交流電圧計測用に整流ダイオードを用いている。テスタは便利なものであるが、簡易なものであって精度は低く、最大目盛の 3～5%程度のことが多い。

本実験では、テスタによる計測結果を専用の電圧計で校正することを体験する。

4. ブリッジによる精密計測

ブリッジは、零位法の典型的な計測法である。精密な計測方法として重要であるばかりでなく、実用的な回路としても広く利用されている。例えば、微弱な温度の変化を検知する温度センサ回路をブリッジに組むことにより、その出力電圧が、装置の電源電圧や同相の誘導雑音の影響を受けにくいようにすることができる。また半導体のアナログ IC チップの中でも、類似の目的のためにブリッジが利用されている。

本実験では、直流ブリッジにより未知抵抗の抵抗値を高精度で計測する方法を学ぶ。また交流ブリッジにより、コンデンサのキャパシタンスおよびコイルのインダクタンスをさまざまな周波数に対して計測する方法を学ぶ。そして、それぞれの値や Q 値の周波数に対する変化を観測し、その周波数特性から寄生成分を加味した等価回路を推定する。

5. 謝辞

本発表にあたり、御協力頂いた電気系工学専攻助教の岸 真人先生はじめ、電気系3年次学生実験関係各位に感謝いたします。

17 Tensile experiment based on PBL (Exhibition by Educational Basis Division and English School Group)

機械工学専攻 石川明克
ishi@kobo.mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. Introduction

Quoted from homepage of the mechanical engineering department, “Mechanical engineering is a study that designs a something. But if we do not know the basic knowledge, we can not understand how to begin. For the second year students in winter semester, the lectures are almost about learning basic knowledge in classrooms in Komaba-campus. But for the first experimental study of mechanical engineering lecture⁽¹⁾, the students frequently go to Hongo-campus, and by experiments, they experience things that have learned at classroom, and next, they design something using a computer to practice. In this practice, we hope that students can get a feel for mechanical engineering”. In one of the above experiments, the author is responsible for training the original tensile experiment⁽²⁾. This experiment is based on “PBL : Problem Based Learning”. The tensile test is performed according to JIS rule at almost any other colleges, authors have tried a new way of experiment. The followings are report of our findings.

2. Purport of PBL

2.1 Agenda-setting

We do not instruct the tensile testing by “JIS : Japanese Industrial Standard”. Instead of complying with JIS rules, students are given problems. We prepare two themes that result in change and material difference of specimen. Specifically, we give topics of study that compare between thin or short specimen and standard specimen, and consider the difference between viscous and brittle material.

2.2 Problems solving

The results are predicted using check sheets and experiments that students carried out. For predicting experimental results, students are required to have only one basic knowledge for the materials as equation (1).

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

Where σ and ε are stress and strain of loaded specimen, and E is young's modulus. By definition of stress and strain, before experiment, we can estimate the experimental results when the specimen changes. Of course, it is a given that are provided with a tensile strength of material, and the geometries of specimen.

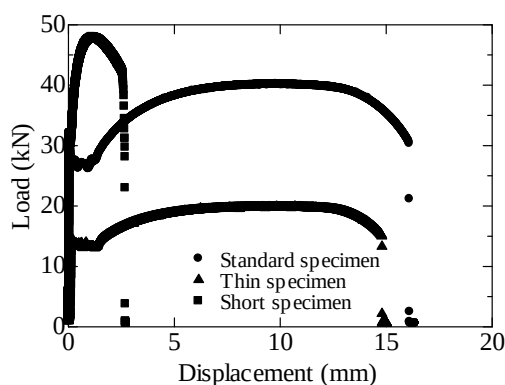


Fig.1 Load-displacement relation for shape changing

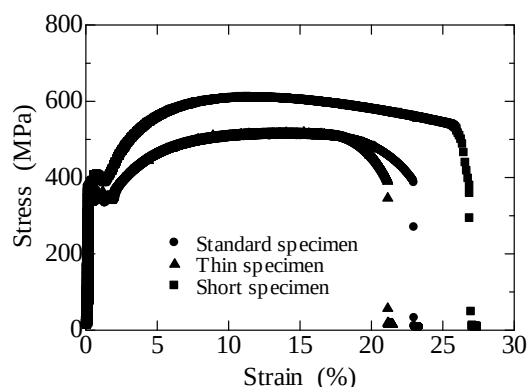


Fig.2 Stress-strain relation for shape changing

3. Experimental results

3.1 Change of shape

Standard specimen has geometries while diameter is 10mm and gage length is 70mm. The material is S25C steel. For consideration, we use additionally a thin (one half of the original cross-sectional area) specimen and an extremely short specimen (10mm gage length) against a standard one. Fig.1 and Fig.2 show that load-displacement relation and stress-strain relation, respectively. Results of thin specimen are reasonable, because maximum load is reduced by half, and tensile strength is almost equal. But, the results of short specimen are unexpected, so that although cross-sectional area is the same, the maximum load and tensile strength are larger than standard one. Students' predictions are proved not to be accurate, but, they are felt with a strong impression of this experiment.

3.2 Difference of material

Mechanical property does not change within same material. Therefore, tensile strength does not change when shape of specimen is changed. But if the material of the specimen is changed to FC250 cast iron from S25C steel, tensile strength decreases by less than half. We prepared FC250 specimen that doubles the cross-sectional area. We expect that students can understand why we have been using stress for engineering. In consequent data analysis, Fig.3 and Fig.4 are shown in which relation is more important. As the loads are compared in Fig3, result of FC250 specimen is larger than S25C. Oppositely, as stress is compared in Fig.4, FC250 specimen is lower than S25C. We expect that students understand the above concept from these results.

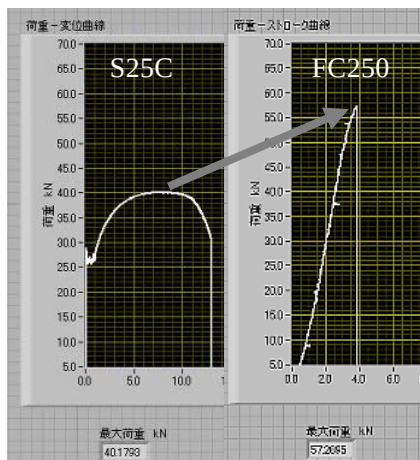


Fig.3 Comparison of Load
for two kind of materials

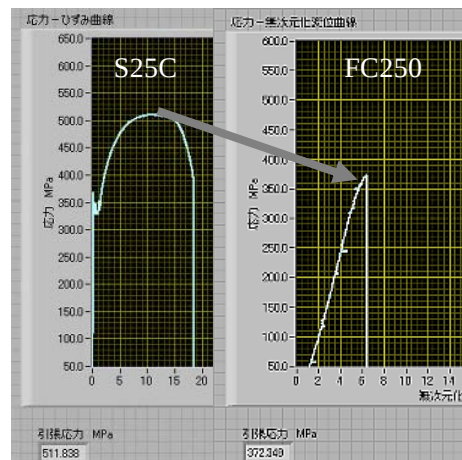


Fig.4 Comparison of Stress
for two kind of materials

4. Conclusion

In this report, the author has been instructed to tensile experiments based on PBL for students according to the requirement of the mechanical engineering department, the author has reported the basic approach of that practice.

References

- (1) <http://www2.mech.t.u-tokyo.ac.jp/kikaiA/overview/experiments.html>
- (2) A. Ishikawa and J. Sugimoto, Proc. of Experiment & Practice Technical Seminar in 2007, p41

17 機械工学専攻：課題設定・問題解決型の引張実験 (教育基盤部門、英語講座グループ発表日本語版)

機械工学専攻 石川明克
ishi@kobo.mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

機械系 HP⁽¹⁾ を引用すると「機械工学は何かを設計する学問である。しかし、基礎的な知識を知らないと、何から設計作業を始めて良いかわからない。2年生冬学期は、講義のほとんどが駒場キャンパスでの基礎知識を学ぶ座学である。しかし、機械工学総合演習第一では 週 1 回本郷キャンパスに来てもらい、まず実験において座学で学んだ現象を体験し、次にデザイン演習においてコンピュータを使って何かを設計してもらう。体を使って、機械工学の全体像を感じてもらいたい」との趣旨が掲載されている。筆者が指導する引張実験⁽²⁾は、上述の実験の中の一つであり、上述の趣旨に沿って PBL (Problem Based Learning) を基礎とした。ほとんどの大学が JIS による引張試験を実施しているが、筆者らは、形式に囚われない新しい実験方法を試行している。以下にその手段を簡単に報告する。

2. PBL の目的

2.1 課題設定

日本工業規格 (JIS) による引張試験は指導しないことにする。JIS 規格の代わりに、学生には問題が与えられる。試験片の形状変化と材料の相違の二テーマを用意した。詳しくは、細い、あるいは、短い試験片と標準試験片との間の比較、そして、粘性と脆性材料との間の相違を考察する課題を与えた。

2.2 問題解決

問題解決は、チェックシートを使用した予測と学生が実施する実験により得られる。実験結果を予測するために、学生は式 (1) のような、材料力学のただ一つの基本知識を必要とするだけである。

$$\sigma = E\varepsilon \quad (1)$$

ここで、 σ と ε は負荷された試験片の応力とひずみであり、 E はヤング率である。応力とひずみの定義により、実験の前に、試験片が変化したときの実験結果を評価することができる。もちろん、引張強度、試験片形状は与えられている。

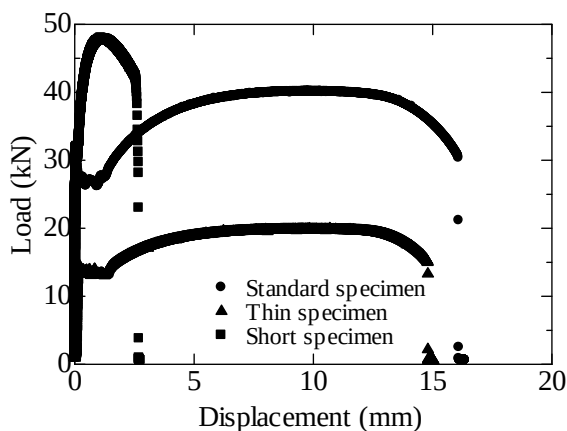


Fig.1 Load-displacement relation
for shape changing

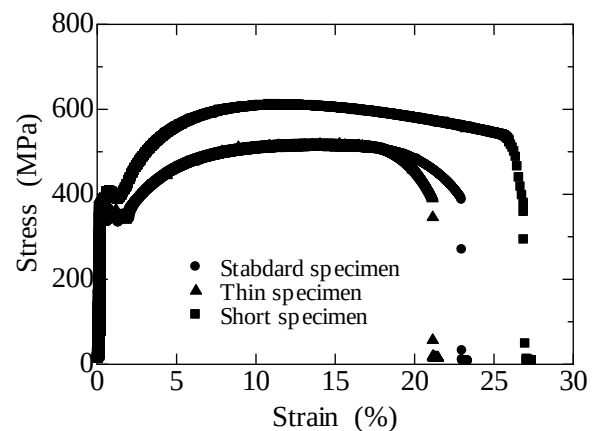


Fig.2 Stress-strain relation
for shape changing

3. 実験結果

3.1 形状の変化

標準試験片は直径 10mm、ゲージ長さ 70mm の形状で、材料は S25C 鋼である。考察のため、標準試験片に対して細い（半分の断面積）試験片と極めて短い（ゲージ長さ 10mm）試験片を追加して使用する。図 1 と図 2 はそれぞれ荷重－変位関係と応力－ひずみ関係を示す。最大荷重が半分に減少し、引張強度がほぼ同じのため、細い試験片の結果は合理的である。しかし、極端に短い試験片の結果は、断面積が同じであるのに最大荷重と引張強度が標準試験片より大きいので、予想外である。学生の予測は当たらないため、この実験の印象が残ることになる。

3.2 材料の相違

機械的性質は、同じ材料であれば変化しない。それゆえ、引張強度は試験片形状が変化した場合でも変化しない。しかし、もしも試験片の材料が S25C 鋼から FC250 鋳鉄に変わったとすれば、引張強度は半分以下に低下する。そこで、断面積が 2 倍の FC250 試験片を用意した。設計のために何故、応力を使用しなければならないかを学生が理解できることを期待している。データ解析の結果として、図 3 と図 4 はどちらの関係が重要であることを示している。図 3 の荷重の比較において、FC250 試験片の結果は S25C 試験片の結果より大きい。反対に、図 4 の応力の比較では、FC250 試験片は S25C 試験片より小さい。学生諸君にこの結果により、上述の趣旨を理解することを期待している。

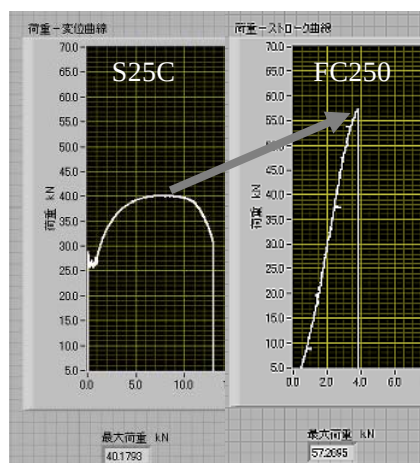


Fig.3 Comparison of Load
for two kind of materials

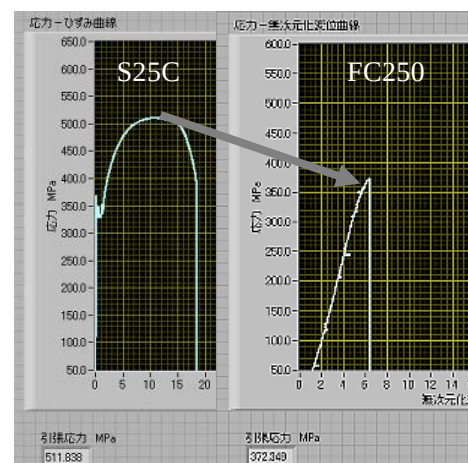


Fig.4 Comparison of Stress
for two kind of materials

4. おわりに

本報告では、機械工学科の趣旨に従い学生のための PBL を基礎として、著者が指導している引張実験演習について、いくつかの内容を報告した。

文献

- (1) <http://www2.mech.t.u-tokyo.ac.jp/kikaiA/overview/experiments.html>
- (2) 石川明克、杉本十太郎, 平成 19 年度実験・実習技術研究会報告集、p41

18 システム創成Aの実験・演習等の紹介 I

システム創成学専攻 石井裕司
榎本一夫
榎本昌一
金井 誠
土屋好寛
宮永 大

システム創成学専攻では学部学生の授業として行われている実験や演習等を技術職員が担当しています。本報告はそれらについて各担当者がどう関わっているのかの報告です。

基礎プロジェクト1「乱流促進による流体抵抗」の演習概要

システム創成学専攻 土屋好寛
tsuchiya@triton.naoe.t.u-tokyo.ac.jp
システム創成学専攻 石井裕司
ishii@yuiko.naoe.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

この演習は学部3年生の夏学期E & E（エネルギー&環境）コースの必修科目である。目的は「数学及び物理演習により、工学に必要な基礎的な知識を再確認すると共に、一般的な応用物理実験と環境とエネルギーに関する実験演習を少人数単位で行うことにより、実際にものに触れ、直感力を養うとともに、思考分析能力を身につけることを目的とする。またレポート作成技術を習得することも重要なテーマとする。」とされ、毎週木曜日の3, 4, 5限に行われる。今回の演習概要は、5課題の中の一つである、流体力学に関する「乱流促進による流体抵抗低減」について報告する。

2. 回流水槽の概要

用いる実験施設は、旧環境海洋工学専攻の横型回流水槽である。回流水槽は各種の定性的・定量的な流体実験を簡便に行うことができ、長時間計測が容易にできる。また、流れを上・側面・下面から時間の制約を受けることなく観察できる特徴がある。

欠点は、測定部流れの定在波、水面勾配等あるが、近年においてかなりの改善がなされて定量的実験の精度も向上している。回流水槽を理解する上で、Fig. 1に縦型回流水槽の実物写真を示す。これを横に倒したものが今回使用する横型回流水槽である。

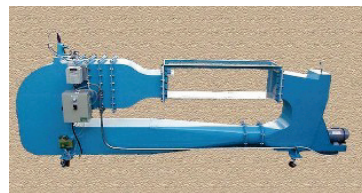


Fig. 1 縦型回流水槽

回流水槽の仕様は、観測部の長さ2000mm、高さ700mm、水面高さ500mm、水槽巾（開口）500mmである。流速分布の検証は設置時にレーザ流速計を用い深さ、巾方向を計測して

いる。また、最大流速は機構上ほぼ 1m/s である。

3. 日程

演習期間は4月中旬から7月上旬までとなる。5班に別れ1班約10名が1課題を2週に渡って習得する。課題Eの私達は、さらにA, B各5名に分けて課題に取り組ませている。

4. 流体抵抗低減実験

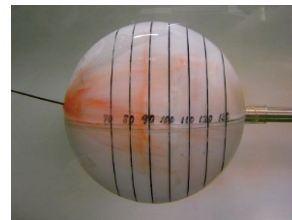
球体が一様流から受ける抵抗力を計測する。抵抗力の計測には LMC-2507-20N の小型 2 分力計を使用している。

第1週目は流れの可視化実験を行い球体周りの流れを観察すると共に剥離位地を確認する。

第2週目は球体に何も付加しない状態での抵抗を計測しその値をベースとし、グループ毎で相談し、与えられた付加物の中から自由に選択し、球体に付加した場合の抵抗低減値を計測、評価するというものである。実験のレギュレーションは、球体の形を変えてはいけない。このことだけである。付加物を付けての抵抗計測は2回までのトライが許され、抵抗値の最も低い値がそのグループの成績となる。

4-a. 可視化実験

Fig.2 に回流水槽観測部の写真を Fig.3 に供試球体と上流側から赤インクを流し球体周りの流れと剥離を観察している写真を示す。88度付近で赤い縦線が見られ、周方向に連なっていることが分かる。



この場所が剥離位置である。

Fig.2 回流水槽観測部 Fig.3 球体周りの流れと剥離

4-b. 抵抗計測実験

Fig.4~Fig.7 に付加物を示す。グループ毎にみんなで話し合い、どの付加物を用い、どの位置に取付け抵抗低減を達成しようとするのか相談し決める。取り付けには両面テープを使用する。



Fig.4 棒系



Fig.5 ゴム系



Fig.6 ひも系



Fig.7 紙系

5. グループ毎の作業風景

A, B 両グループの話し合いと付加物を選定し付けている作業風景を Fig. 8a と Fig. 8b に示す。また、A グループの付加物を付けた抵抗計測実験と剥離位置移動の可視化の様子を



Fig.8a A グループの作業風景



Fig.8b B グループの作業風景

Fig. 9a, b, c に示す。



Fig. 9a 可視化全体風景

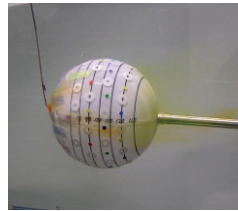


Fig. 9b 可視化

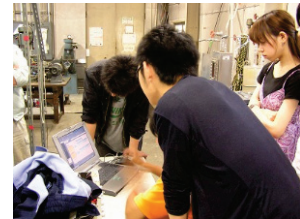


Fig. 9c 抵抗パソコン解析

なお、Fig. 10 は抵抗値を時系列で示したAD変換結果である。また、Fig. 11 はグループ毎の抵抗低減率の結果を示した最終のExcel表である。

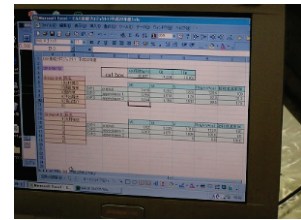
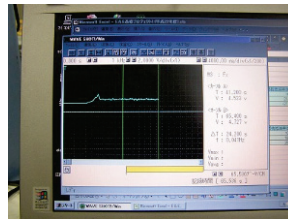


Fig. 10 抵抗のAD変換データ Fig. 11 エクセル表

6. おわりに

平成12年より実施されている演習で、教えられた流体力学を実験によって自ら考え確認させる。自分達の考えが抵抗低減の数値となって現れる点が特徴であり、答えは一つではない。過去10年間の内で、最高42%の抵抗低減を達成している。

実現型プロジェクト演習「模型ヘリコプタは空を飛ぶか」の紹介

金井 誠

mkanai@giso.t.u-tokyo.ac.jp

システム創成学科知能社会システムでは物作りの基本概念を体験するため表記プロジェクトを実施している。担当教職員は影山和郎教授、鵜沢潔特任准教授、大沢勇助教、金井誠専門員とTA2名である。(以下演習テキストより抜粋)

1、本プロジェクトのねらい

- (1) 模型ヘリコプタの製作を通して、もの作りの楽しさと意味を体験する。
- (2) 模型ヘリコプタの設計を通して、流体力学（飛行の原理）と材料力学の基礎を体験的に学習する。
- (3) 既に成功している例を参考にしてより高い目標（ペイロード15g）を達成することにより、技術の進歩の意味を理解する。
- (4) 問題点を整理して理解し、実践を通じてそれらを解決する。

2、実施方法の概要

対象はゴム動力で飛行する模型のヘリコプタ（主構造はバルサ）である。まず、市販の模型ヘリコプタを作り、チューニングしながら飛行特性を理解する。その後、実際にヘリコプタを設計している技術者に、ヘリコプタの飛行原理やその特徴について説明してもらう。次に、市販品の設計図面をベースに、滞空時間最長を設計目標として、ローターブレード

面積を4倍以上にした模型ヘリコプタの設計・製作を2から3人が1チームとなって行う。ローターの推力と抵抗の計算、トルクの推定、構造強度計算などを行う。具体的には、垂直飛行テストベンチ、材料試験機等を利用してローターの揚力やトルク、ゴム動力と必要な強度などを実際に確かめながら、軽量・高強度で高性能の模型ヘリコプタを実現する。滞空時間のコンテストを実施し、最も滞空時間が長かった作品を表彰する。設計コンセプトや製作上の工夫をグループごとに発表し、最優秀設計コンセプトを表彰する。

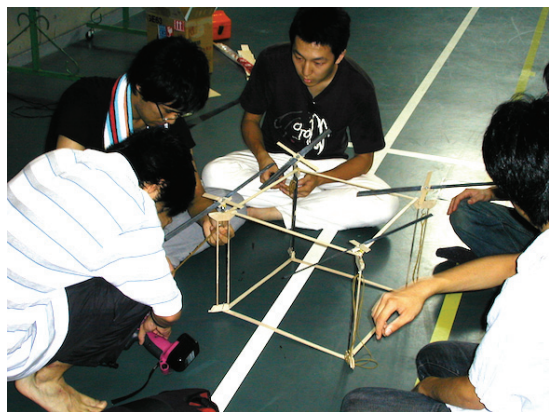


写真1、製作風景



写真2、最長飛行者の表彰式

19 システム創成Aの実験・演習等の紹介 II

基礎プロジェクト2「ものづくり演習」

システム創成学専攻 榎本一夫

kazu@naoe.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

このプロジェクトは要素技術を総合してある目標を達成するシステムを設計し、作り上げる過程を体験的に学習する。またチームを組んで作業を行うことにより、共同作業の管理、責任感、表現力などプロジェクトの管理に関わる様々な側面についても学習する。1チーム4～5人でそれぞれのチームで課題を達成するシステムを作り、チーム対抗の競技をおこなう。

2. 具体的課題は「海底物体回収システム」。

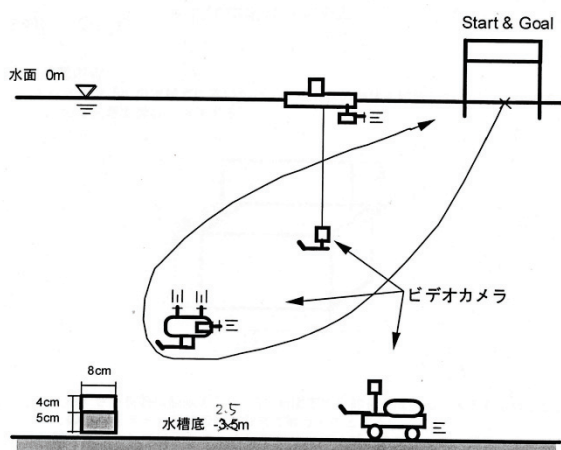
3. 課題の概要

水深 2.5mの水槽底に置いたバスケット状の物体を回収してくるシステムを与えられた材料で設計・製作し、その性能をチーム対抗で競うもの。

制限条件

＊与えられる材料：アクリルパイプ(D:60mm,L:200mm,t:2mm)、アクリル板(A5 t:1mm 1枚)、プラスチックシート(A4 t:0.2mm 2枚)、駆動源としてモーター4個、ウエイト 200g:2個

上記の材料、制限条件で回収システムを設計、製作を行う。



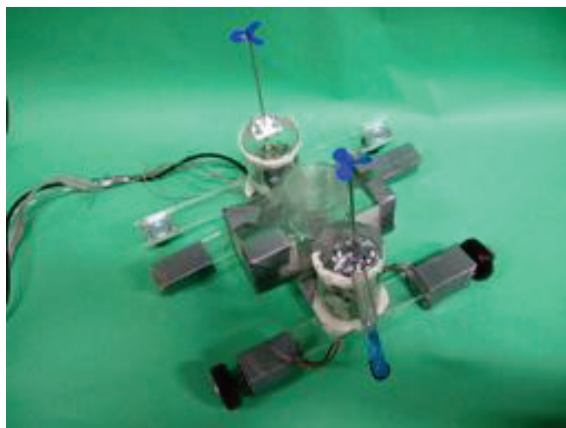
4. 日程

演習期間は4月中旬～7月上旬。最初に課題説明をし、班分けを行い、各班ごとの検討を行う。実際の検討に向けて最初に工学的基礎知識（構造物の強度設計、浮体の復原性、設計の流れ、潜水艇の運動、プロジェクト管理）：安全教育、工作機械の使い方（ボール盤、バンドソー、等）

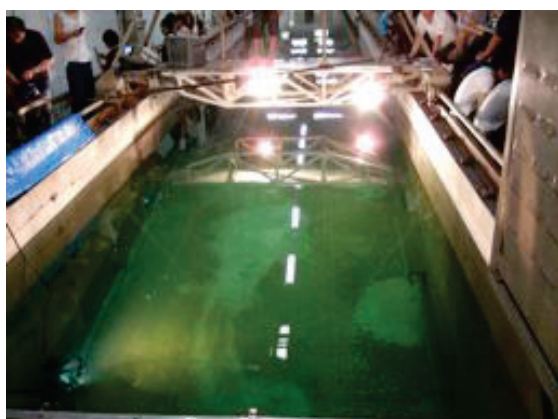
の講義を行い、4 回ほどの授業時間で検討したシステムを作り、水槽での実験を行う。この時点で、システムの問題点を確認し、更なる改良に取り組む。7 月上旬の講義の時間で、最終コンペを行う。



水面走行型



海底走行型



コンペを行う抵抗水槽



スタート



水面を快調に進んでいく



水槽の底の小さな起伏も乗り越えて

プログラミング基礎 D(金 3, 4, 5)

榎本昌一

eno@nakl.t.u-tokyo.ac.jp

学期：冬学期

指導教員：白山 晋（人工物研究センター）、稗方和夫（新領域創成科学研究科）

TA： 関谷貴之（情報基盤センター）、榎本昌一（工学系研究科）、M1 学生数名

演習内容：

この演習は Java によるプログラミングの基礎を学ばせ、その応用として Java サーブレットによる Web アプリケーションを作成させるというものである。前半は Java プログラミングの基礎を、後半は Web アプリケーション開発に分けて行っている。2 年前まではこの後半の Web アプリケーション開発は動機付けプロジェクトとして行われていたが、統合された。筆者は動機付けプロジェクトとして始まった時からこの演習に携わっており、2001 年度第 16 回技術発表会において「動機付けプロ塾と演習 WWW アプリケーション入門」と題し口頭発表を行っている。

どのような演習でも準備は必要である。本演習の場合、テキストの作成とその整合性のチェックが演習準備となる。昨年度のテキスト内容は次の通りである。TA はテキストの内容のチェックと実際に開発環境のセットアップや各章毎の課題を解いていく。昨年度のテキストの内容を示す。

第 1 章	HTML	HTML 入門、スタイルシート、携帯向け HP、課題
第 2 章	Servlet	サーブレットとは、サーブレットの特徴、プログラム例、課題
第 3 章	XML と RSS	XML とは、Java での XML、RSS とは、RSS リーダ、課題
第 4 章	Web サービス	Javascript、Google API、課題
付録	開発環境	開発環境のセットアップ

演習は全部で 7 回行い、初めの 3 回をテキストに沿った授業、そのあとの 3 回は 4, 5 人のチームを作り、各チームで Web アプリケーションを立案、設計、実装するという最終課題に取り組んで貰う。その際私達指導側は、立案されたアプリケーションの実装についての助言や指導を行う。最終日にその最終課題の発表をチーム毎に行う。プレゼンテーションでは単にプログラミング能力だけではなく、チームでの協調協力体制、作業分担等、プロジェクトへの取り組み方についても評価する。なお、評価は指導側だけではなく、学生達も票を投じる。

この演習を受講した学生からは、プログラミングに対して興味と自信を持つ様になった、チームで何かを作り上げるすばらしさを感じた等の感想が出されることが多い。今後の研究につながることを期待してやまない。

クルーレス・ソーラーボート・プロジェクト

宮永 大

miyanaga@fluidlab.sys.t.u-tokyo.ac.jp



基礎工学から応用への関連付けを実体験する「ものづくり教育」の一環として、クルーレス・ソーラーボート・プロジェクトを行っています。

活動は大学院のプロジェクト科目として複数の研究室の支援のもとに学生主導で行われ、参加した学生には単位が与えられます。充実した CAD や工作機械などの設備を用い、実際の物の設計・製作、技術とチームワークを

競うレースを通して、ものづくりの楽しさ、レースの厳しさを体験します。



クルーレス・ソーラーボートは、ソーラーパネルでエネルギーを自給し、GPS 受信機と電子コンパス、マイクロコンピュータを搭載して自動制御によって外部からの指令無しに定められたコースを走る、完全自立型のボートで、毎年夏に琵琶湖で開かれている大会に優勝することがプロジェクトの目標です。

昨年度は 2 艇出場して、それぞれ優勝、準優勝を果たしました。

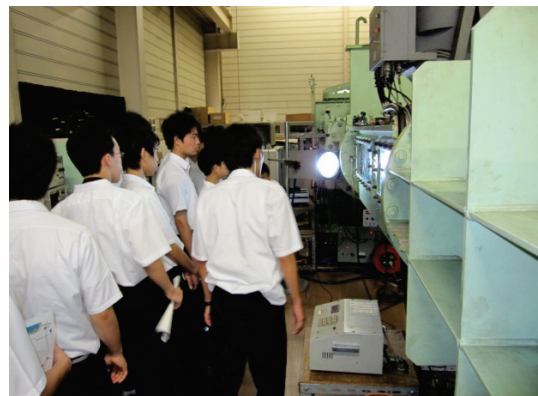
五月祭、研究室公開

毎年、150 人前後の見学者が有ります。今年は、諸般の事情により中止しています。



高校生、大学生の実験室見学

毎年、何校かの高校や大学から見学者が訪れています。



20 航空宇宙工学専攻：技術職員の技術と実験装置(Ⅱ)

航空宇宙工学専攻 岩田 悌次

teiwa@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

内海 正文, 奥抜 竹雄, 横田 明

松永 大一郎, 小林 やよい, 関根 政直

1. はじめに

航空宇宙工学科は、3 年冬学期より航空宇宙システムコースと航空宇宙推進学コースから成っている。航空宇宙工学専攻の大学院課程のカリキュラムはコース分けが無く、航空機、宇宙機、推進機を題材として、選択性で流体力学、高速空気力学、構造学、材料力学、制御学、飛行力学、推進工学等各分野の専門知識を基に開発研究に関する実験計測法や数値解析法を学んでいる。当専攻の技術職員数は 5 研究室 6 名と工作室 1 名の計 7 名である。

今回は昨年の発表に引き続いて、航空宇宙工学における技術および装置(Ⅱ)として、推進コース系研究室の実験装置や技術職員の技術と工作室の装置や技術職員の技術を述べる。

2. 航空宇宙推進学コース 津江研究室 (内海 正文技術専門員, 奥抜 竹雄技術専門員)

津江研究室は燃焼に関する研究を行っている。主な研究テーマは「微小重力場における燃焼」「超音速燃焼」「液体加圧型急速圧縮機による自発点火」「電磁波照射下での燃焼」「航空機排ガスのオゾン層に及ぼす影響」「数値計算における燃焼解析」等である。また、主な設備としては微小重力実験用落下塔、本郷風洞(超音速燃焼風洞及び超音速風洞)、柏キャンパス極超音速高エンタルピー風洞(共同利用設備)、液体加圧急速圧縮機、気体急速圧縮機、真空チャンバー(共同利用設備)等を有し、技術職員は主に設備や実験装置の設計、開発、試験、管理・運用業務と学生及び大学院生への教育・研究に関わる実験における技術指導を行っている。本稿では数多くの設備の中から極超音速高エンタルピー風洞の設備とそれに関わる技術職員の業務及び技術について述べる。

極超音速高エンタルピー風洞は東京大学柏キャンパス新領域基盤科学実験棟内に設置され、極超音速風洞と超音速高エンタルピー風洞を共有する稀有な設備である。また、この風洞は共同利用施設として学外の大学や研究機関に広く利用されている。我々の研究室は超音速高エンタルピー風洞を利用し実験を行う他、JAXA との共同研究も行っている。

内海技術専門員は本郷キャンパスでの業務を主としていて、柏キャンパスでは研究室が行う超音速燃焼実験の準備(模型製作や模型の設置等)、風洞運転、そして風洞試験の技術業務を行っている。それから、柏風洞ワーキンググループ業務(ワーキンググループの会議出席や風洞維持・管理のための作業等)にも適宜対応している。

奥抜技術専門員は柏キャンパスの風洞関連業務を主に行っている。柏風洞(極超音速風洞・超音速高エンタルピー風洞)の維持・管理および修理やメンテナンス等を行うほか、柏風洞

ワーキンググループ事務局の一員として、風洞の運営を行うとともに柏風洞の共同利用の促進を図るため、他の大学や研究機関の利用募集及び年間利用計画の作成や風洞運転等に対応している。上記業務とともに、風洞実験に関する技術業務及び技術指導や教育・研究に関する技術業務や技術指導も行っている。

風洞設備の極超音速風洞はマッハ数 7・8・9 ノズルを有しており、気流直径はマッハ数にかかわらず約 200mm である。また、極超音速風洞としては、レイノルズ数が比較的低いという世界でも類を見ない特徴が有る。超音速高エンタルピー風洞は気流温度が約 1300K であり、マッハ数 2(利用者のノズル持込)程度の通風が可能である。この 2 つの風洞の共通緒言は、貯気槽は 4.3Mpa で容量は 4m³、最大流量は 1kg/s、最大通風時間は 200 秒である。加熱器の蓄熱体は直径 1cm 程のアルミナペブルであり、都市ガスでバーナー加熱し蓄熱する。加熱器内の温度分布を適正に保つには特殊な技術と経験が必要である。図 1 は柏キャンパスの極超音速高エンタルピー風洞の写真であり、図 2 は高エンタルピー風洞における燃焼実験の様子である。

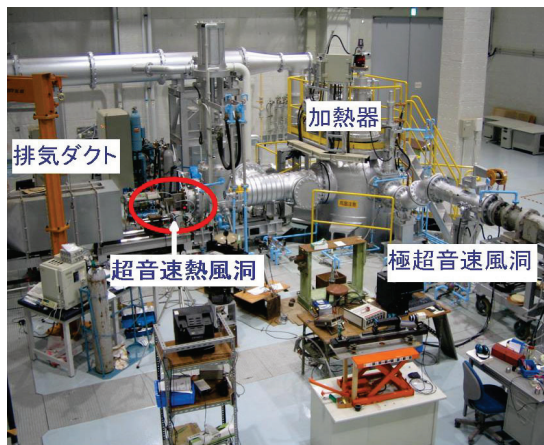


図 1 柏極超音速高エンタルピー風洞

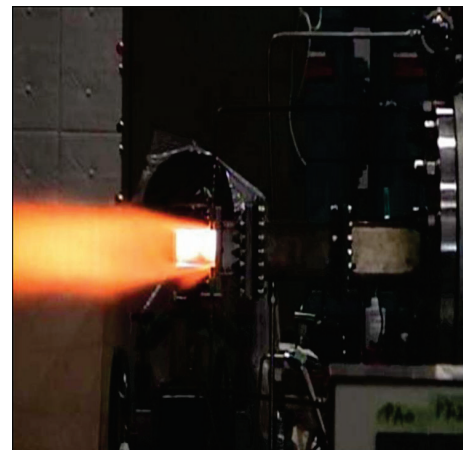


図 2 燃焼試験

3. 航空宇宙推進学コース 藤本研究室 (関根 政直技術専門職員)

当研究室では航空宇宙材料の変形および破壊の機構の解明を目的とした実験検証、理論解析、数値解析を行っている。対象となる材料は金属、セラミックス、ガラス、アクリル、複合材など多岐にわたり、使用する実験装置は引張・3点曲げ試験機、高温負荷装置(専攻共同利用)、衝撃試験装置、熱処理装置、走査型電子顕微鏡などである。小職は各試験装置の整備・改良を主な業務とし、さらに実際の操作・試験を通して、研究室所属の学生への技術指導、安全指導を行う。本稿では、当研究室の数々の試験機を代表して、高温負荷装置を紹介する。

当研究室に所在する高温負荷装置は、高温真空チャンバー、MTS 社製材料試験装置、並びに制御用 PC などの周辺機器で構成され(図 3)、室温から最高 2000℃に及ぶ高温・真空環境下での材料試験が可能である。試験対象となる材料は C/C 複合材料、セラミックスであり、特に C/C 複合材料は繊維・母材が共に炭素でできた複合材料であり、軽量、高強度、高比剛性で、耐熱性に極めて優れた材料であり、航空宇宙用先進材料として有望視されている。当

研究室には、温度、繊維強化方向などを変化させた C/C 複合材料、および耐酸化性を強化した珪素含浸 C/C 複合材料の変形・破壊の負荷実験、それらの破断面スライスの精密測定による破断モードの違いの観察、温度による各繊維および母材界面強度の検証を行なった実績がある。なお小職は各種消耗品の交換、不具合の解消、学生への操作指導などを行っている。

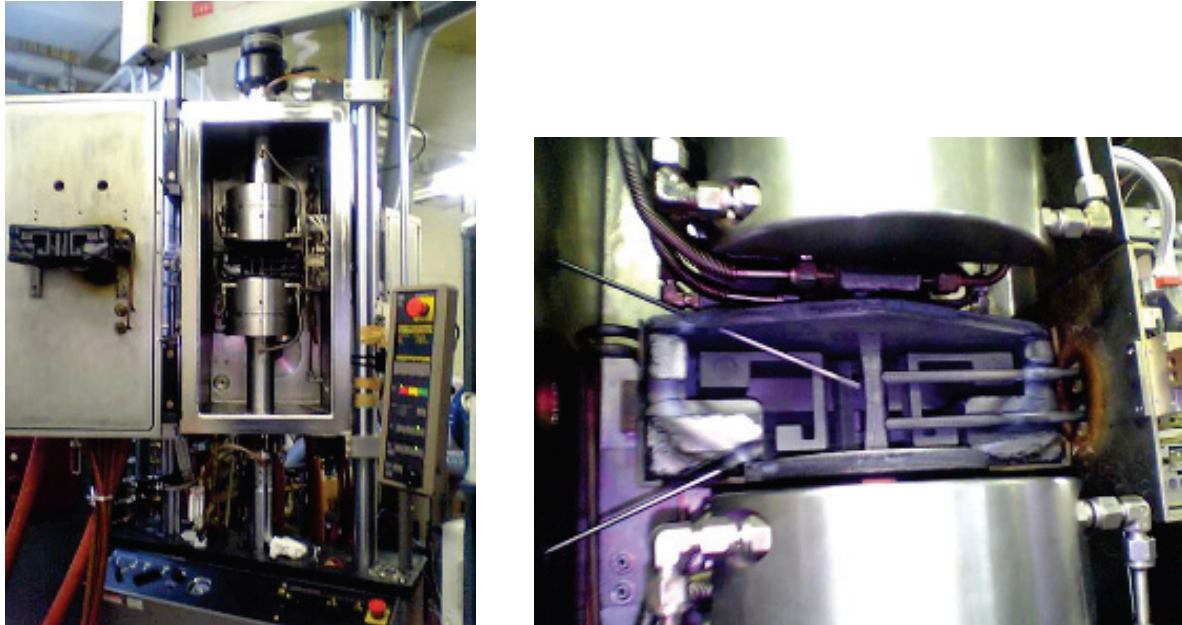


図 3 高温負荷装置(左: 概観, 右: 試験片取付部)

4. 航空宇宙工学専攻 共通工作室 (岩田 倅次技術専門職員)

航空宇宙工作室は専攻に所属する各研究室の実験研究及び教育面で装置等の製作を行い支援していく事を目的に設置されている。

基本的には依頼された実験装置の製作、学生の装置に対するアドバイスを行っており毎年 1 回、専攻の学生・院生・職員を対象に「工作室ガイダンス」を実施し、工作室の利用に対しての説明や稼動機器の説明会を実施している。航空工作室では作業用途によって 4 つの部屋に分類している。

航空宇宙工学専攻・工作室各部屋の概要



図 4 第 1 工作室(工作機械室)



図 5 第 2 工作室(ボール盤・定盤室)



図 6 第 3 工作室(材料倉庫・切断機械)



図 7 工作準備室(ネジ・工具保管室)

工作室関連設備名称・用途・使用機器

第 1 工作室 主要工作加工室

第 2 工作室 ケガキ・穴あけ等軽作業加工室

第 3 工作室 材料倉庫、切断機械室

工作準備室 工作職員控え室

工作技術講習会への参加

平成 21 年度から開始された工作技術講習会では工学系研究科の学生・院生・教職員を対象に工作機械を利用する技術の習得を目的に開催された講習会で工学系研究科各専攻の工作・試作室の技術職員が共同参加して安全面や技術指導を行なうものである。講習内容としては工作機械全般の概要説明と危険性回避の座学が 1 日目、2 日目と 3 日目は実際の機械を使つての実技講習と課題のミニジャッキ製作過程を実施する。今年度はすでに 6 月に第 1 回目を開催し、続く第 2 回目を 9 月上旬に開催する予定で準備を進めている。

5. まとめ

この 2 年間に亘って航空宇宙工学専攻の技術職員の所属する研究室・工作室の設備や技術職員の業務及び技術について述べてきた。これまでお互いの業務内容や技術についてよく分からずに関わってきたが、これを機会に技術職員間での互いの理解が深まり、より良い交流とそれぞれの技術のスキルアップに繋がることを期待する。

参考文献

- [1] 岩田悌次, 内海正文, 奥抜竹雄, 横田 明, 松永大一郎, 小林やよい, 関根政直; “研究基盤部門: 航空宇宙工学専攻技術職員の技術と実験装置 (I)”, 第 24 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会 技術報告, pp. 57-60, 2009
- [2] 奥抜竹雄, 内海正文, 横田明, 山口和夫, 岩田悌次; “航空宇宙工学専攻における工作室利用案内および利用ガイダンスについて”, 第 22 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会 技術報告, pp. 59-68, 2007

21 化学・生命系：共通機器 CHN 元素分析装置について

応用化学専攻 坂下 春

sakasita@appchem.t.u-tokyo.ac.jp

安全衛生管理室 加藤由美子

1. はじめに

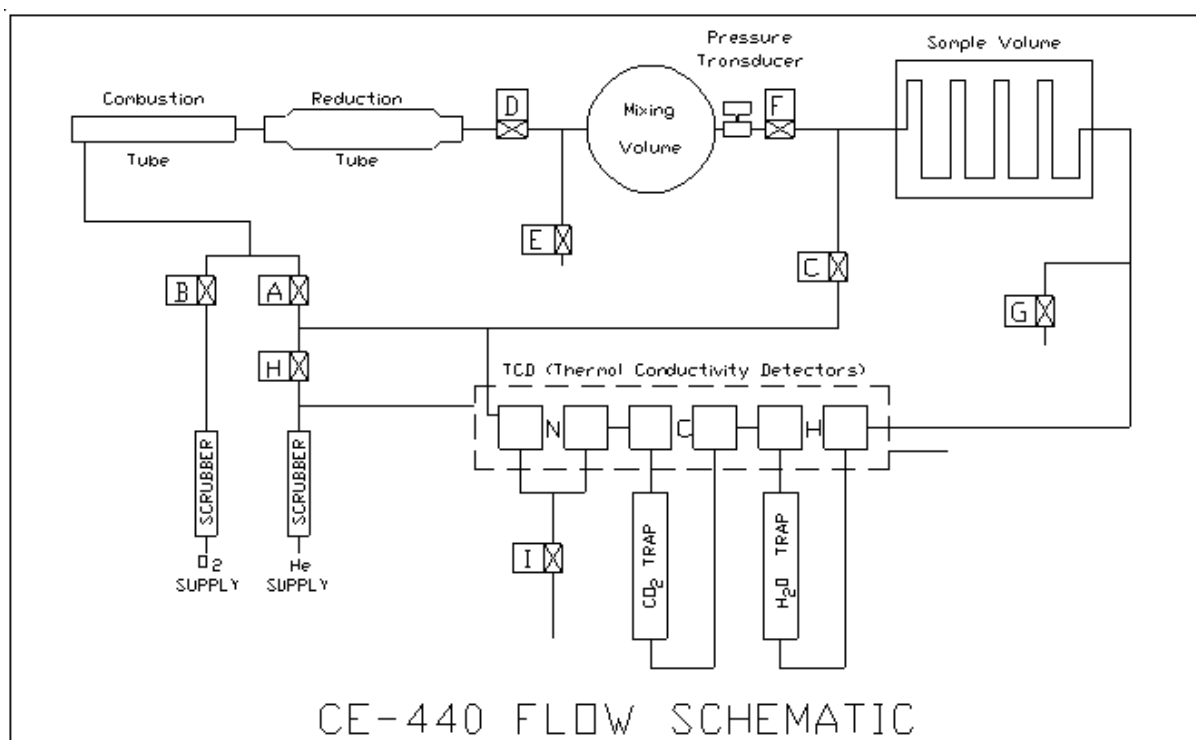
化学・生命系 3 専攻(応用化学・化学生命工学・化学システム工学)に登録されている CHN 元素分析装置は昨年、工学部安全衛生管理室との共用を念頭に新しい装置 EAI 社製 CE-440 型に更新された。これまで、CHN 元素分析装置は約 25 年にわたって管理、運用、測定、技術指導等を行ってきたが、柳本製作所製 MT-2 型から始まり、パーキンエルマー社製 2400 II を経て現装置で 3 台目となる。今回は基本原理の他、装置の紹介と特徴を解説し、化学・生命系以外の研究においても有効に利用していただくことを念頭に測定の具体例などを挙げポスター発表する

2. CHN 元素分析装置の原理

CHN 元素分析は主に有機化合物に含まれる元素(炭素、水素、窒素)の組成比を測定するための手法として比較的古くから用いられてきた分析法である。

測定原理は有機物を燃焼させることで有機物中に含まれる炭素(C)、水素(H)、窒素(N)を酸化物である二酸化炭素(CO₂)、水(H₂O)と窒素(N₂)のそれぞれガスとして検出するものである。秤量された試料は静的な純酸素雰囲気中で燃焼される。試料量は1-3mg程度を秤量するが、炭素含有量の低いものは最大で500mg(手動モード)まで燃焼させることができる。

試料を入れる容器はスズカプセルを使用することにより、スズの酸化による発熱反応で試料を 1800℃以上で燃焼させることができる。スズカプセルに入れられた試料は自動で横型燃焼管（Combustion Tube）へ導入され、純酸素雰囲気中で完全燃焼される。燃焼ガスは管内に充填



されているタングステン酸銀／酸化マグネシウム／酸化銀等の試薬各層を通ることにより、ハロゲン、イオウ、リン等が取り除かれ CO_2 、 H_2O 、 N_2 及び窒素酸化物となる。さらに還元管 (Reduction Tube) を通過することで、窒素酸化物は N_2 に還元され、余分な酸素が取り除かれる。その後、燃焼ガスは Mixing Volume へ送られ恒温恒圧 (80°C 、2 気圧) 下で均一化された後、一定時間経過後に Sample Volume を通過させて常圧に戻す。そして 3 組 6 対の熱伝導度検出器 (TCD Detector) に送られ、最初に H_2O が過塩素酸マグネシウム TRAP で除去され、その差が水素量として検出される。次に CO_2 が苛性ソーダを担体に含浸させた TRAP で除去されて、その差が炭素量として検出される。最後に残った N_2 がヘリウムリファレンスとの差で窒素量として検出される。

3. 歴代元素分析装置の特徴と分析対象、応用について

共通施設に登録された初代の CHN 元素分析計は国産柳本製の MT-2 型であった。この装置は柳本製の自動 CHN 分析装置の 2 代目に当たる製品で、初代の装置は 1965 年に時を同じくして発表されたパーキンエルマー社の装置と同時期に作動熱伝導度方式の自動測定装置として世界に先駆けて開発されたもので、定量ポンプを駆使した大変信頼性の高い分析装置であり、約 10 年にわたってほぼ無故障で稼働した。ちなみに現装置 (EAI 社製 CE-440 型) は上記のパーキンエルマー社が開発した原理を採用したもので、定量ポンプではなく圧力スイッチで圧を 2 気圧程度にコントロールして燃焼させる方式で、検出方法は柳本の装置とほぼ同じである。2 代目に導入されたパーキンエルマー社製 2400 II 型は前記の 2 台とはやや異なり、開発当初のパーキンエルマー方式とは異なる原理のものであった。燃焼管は縦型で、スズに包んだ試料を上部のサンプラーから燃焼管に落とすというもので、CHN 元素の他に硫黄 (S) も SO_2 として検出できるものであった。検出ガスの分離は作動熱伝導方式とは違い、フロントアルクロマトというカラムでの分離が特徴であった。

この元素分析装置は特に化学系における有機物の構造解析における基本的情報を得ることができる他、あらゆる物質に含まれる CHN の含有量を調べるには有効な測定法である。例として土壌や岩石中の有機物や炭素繊維をはじめとする材料類に含まれる CHN 元素分析や無機物等に付着した有機物や炭素、ダイヤモンドやフラーレン等々、測定できる範囲は広い。工学系のあらゆる分野での活用が考えられる。



写真： 現行機種: EAI 社製 CE-440 型

4. おわりに

以前、CHN 元素分析は専任の技術職員が熟練した専門技術をもって、大学の教育研究を支えてきた。すぐれた装置と同時に信頼できる測定結果を得るための技術のノウハウが伝承されてきたが、現在東京大学の中で専任の技術職員は理学部などを除きほとんどが外部委託などに頼っている。化学・生命系共通機器の本装置は基本的にはユーザが測定することになっているが、測定のための技術指導は随時行っており、精度の高い結果が得られている。利用希望がある場合はメールにて連絡をいただければと思います。

22 計測・制御技術グループ設立について

航空宇宙工学専攻	奥抜 竹雄
tokunuki@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp	
機械工学専攻	濱名 芳晴
機械工学専攻	石川 明克
システム創成学専攻	鈴木 誠

1. はじめに

東京大学工学系研究科技術部では、昨年（平成 21 年）度当初から各部門に対して専門技術グループの設立に向けての打診を行ってきた。この背景のもと、研究基盤部門を中心に議論を積み上げて、平成 21 年 10 月に計測・制御技術グループが誕生した。

計測・制御技術グループは、日本ナショナルインスツルメンツ社の LabVIEW を利用した計測・制御技術の向上を目指すことを重要課題として、技術部の構成員や学生等への普及や教育も視野に入れている。このグループは、技術部の各部門を横断する形でメンバーが構成されているのがひとつの特徴であるといえる。

本稿では、計測・制御技術グループの設立における概要やメンバー構成、これまでの開催事業及び年間計画等について述べる。

2. 計測・制御技術グループ設立の概要及び趣旨

平成 20 年 4 月から東京大学では、日本 NI 社の LabVIEW をサイトライセンスとして採用した。工学系研究科においては、工学教育推進機構の援助により、さらに安価にライセンスが利用できるようになった。

LabVIEW の特長は、グラフィカルプログラミングであり、信号発生、データ集録等の計測制御関係のプログラムが比較的簡単に作成することができるため、その部分の負荷を軽減して教育・研究開発本来の目的に集中して取り組むことが可能になることにある。

工学系研究科技術部では、以上のように教育・研究技術開発に対する費用対効果・効率性が見込まれることから LabVIEW 利用拡大を目指すとともに、技術部各部門会議における専門技術グループに関する検討から、LabVIEW や周辺装置等のニーズが多いことを考慮し、平成 21 年 10 月に、予算的な措置を含めて、計測・制御技術グループを設立した。

工学系研究科技術部には研究基盤部門、教育基盤部門、共通技術部門の三部門があり、技術職員は各自の業務内容を考慮した部門選択により、各部門に所属していて形式上業務部門となっている。これとは別に本技術グループは、部門の枠を超えた専門的な技術に関する情報交換、並びに研修・研鑽等を実施することにより、教育・研究のための技術開発に貢献することを趣旨としている。

3. 構成及び運営

計測・制御技術グループは、趣旨に賛同した工学系研究科技術部所属技術職員で構成し、運営は、メンバー全員が参加するグループ会議で事業方針を決定し、所属技術職員の互選

により選出された役員会が事業方針に基づく行事を企画する。役員は代表 1 名、副代表 1 名、幹事 2 名で構成する。表 1 に現役員を示す。

表 1. 役員名簿

職 名	氏 名	就任年月	所 属
代 表	奥 拔 竹 雄	平成 21 年 10 月	航空宇宙
副代表	浜 名 芳 晴	平成 21 年 10 月	機 械
幹 事	石 川 明 克	平成 21 年 10 月	機 械
幹 事	鈴 木 誠	平成 21 年 10 月	システム学創成

表 2 に計測・制御技術グループのメンバーを示す。

表 2. 計測・制御技術グループメンバー

番号	氏 名	所属専攻	職 名	所属部門
1	浅 川 武	機械工学専攻	技術専門員	教育基盤
2	碓 山 みち子	精密機械工学専攻	技術職員	教育基盤
3	石 川 明 克	機械工学専攻	技術専門員	教育基盤
4	榎 本 一 夫	システム創成学専攻	技術専門員	研究基盤
5	榎 本 昌 一	システム創成学専攻	技術専門職員	研究基盤
6	奥 拔 竹 雄	航空宇宙工学専攻	技術専門員	研究基盤
7	加 古 陽 子	化学システム工学専攻	技術職員	研究基盤
8	金 井 誠	システム創成学専攻	技術専門員	研究基盤
9	鈴 木 誠	システム創成学専攻	技術専門職員	研究基盤
10	関 根 政 直	航空宇宙工学専攻	技術専門職員	研究基盤
11	浜 名 芳 晴	機械工学専攻	技術専門職員	研究基盤
12	松 永 大 一 郎	航空宇宙工学専攻	技術専門職員	研究基盤
13	茂 木 勝 郎	システム創成学専攻	技術専門職員	研究基盤
14	森 田 明	原子力国際専攻	技術専門員	共通技術
15	安 本 勝	原子力国際専攻	技術職員	研究基盤
16	齋 治 男	精密機械工学専攻	技術専門職員	研究基盤
17	中 野 忠 一 郎	原子力国際専攻	技術専門員	共通技術
18	山 川 博 司	精密機械工学専攻	技術専門職員	研究基盤

4. これまでの活動状況

平成 21 年 9 月からの活動状況及び各活動日程を以下に述べる。

昨年度の活動は毎月 1 回の定例行事を開催した実績を持つ。

- 1) 2009 年 9 月 7 日 世話人会議（参加者 6 名）
- 2) 2009 年 10 月 7 日 第 1 回グループ会議（参加者 10 名）
- 3) 2009 年 11 月 4 日 学内セミナー「はじめての LabVIEW 体験セミナー」
（参加者：13 名）
- 4) 2009 年 12 月 2 日 NI 社アカデミックソリューションセミナー
（会場：NI 本社、参加者 11 名）

- 5) 2010 年 1 月 25 日 第 1 回役員会
- 6) 2010 年 1 月 27 日 第 1 回技術研究会、懇親会（参加者 9 名）
- 7) 2010 年 2 月 5 日～ 技術部 LabVIEW インストール（インストール数：25 申請）
LabVIEW 使用環境調査：12 月 14 日～1 月 15 日
利用受付：1 月 22 日
- 8) 2010 年 2 月 15 日 第 2 回役員会
- 9) 2010 年 3 月 2 日 第 2 回グループ会議（出席者 10 名）
- 10) 2010 年 3 月 2 日～ OJT 申請推薦と支援、LabVIEW 関連使用機器調査
- 11) 2010 年 3 月 15 日 個別研修申請相談会
- 12) 2010 年 3 月末 技術部年報原稿提出
- 13) 2010 年 4 月 12 日 第 1 回研修会 柏キャンパス（参加者 8 名）
- 14) 2010 年 5 月 26 日 第 3 回グループ会議（参加者 8 名）及び第 2 回研究会（同 9 名）、懇親会（同 6 名）
- 15) 2010 年 7 月末 システム構築トレーニング開催予定
- 16) 2010 年 8 月初旬 LabVIEW 実践集中トレーニング*（学内）開催予定

次に上記行事の主なものについての様子を示す。



はじめての LabVIEW 体験セミナーの様子



第 1 回技術研究会の様子



はじめての LabVIEW 体験セミナーの様子



第 1 回技術研究会の様子



第 1 回研修会（柏キャンパス）の様子

5. 年間計画及び予算

本グループの年間計画予定及び予算案を4半期に分けて示す。

第1四半期

- ① 技術研修 No.1 (柏キャンパス)
内容：LabVIEW システム構築経験者のソリューションを学習する。
参加人数：9名、費用：交通費負担 (¥10,000 以下)
- ② トレーニング費用他の申請、交通費 年間 **¥50,000**
- ③ 技術研修 No.2 (機械系) 内容：同上、費用：無
- ④ 第3回グループ全体会議、第2回技術研究会 (5/26)
- ⑤ NI 社アカデミックソリューションセミナー参加 費用：交通費×参加人数

第2四半期

- ① システム構築トレーニング
内容：技術部共通備品として、USB マルチファンクションデータ集録デバイスを一式用意して、基本計測機能を試せる環境を整える。これにより、全員にトレーニング実施を行う。
費用：日本 NI USB6211 一式 **¥100,000**
- ② 学内講習会「LabVIEW 実践集中コース1」(3日間) 主催
費用：**¥200,000**
- ③ 技術発表会への積極的参加 (例えば、LabVIEW 関連ポスターセッションコーナー設置)

第3四半期

- ① システム構築トレーニング 内容：同上、費用：無
- ② 技術研修 No.3 内容：OJT への支援、費用：無

第4四半期

- ① 第3回技術研究会 内容：各自が構築したシステムの成果発表と質疑応答を行う。費用：無
- ② 技術研修 No.4 内容：同上、費用：無
- ③ 第4回グループ全体会議
内容：本年度の総括と来年度の方針計画等を検討する。費用：無

6. まとめ

本稿では、昨年9月以降からの計測・制御技術グループの設立の概要、グループメンバー、活動内容、及び年間計画、予算案等について述べてきた。この報告が、今後技術部において専門技術グループの設立の参考になれば幸いである。

今年度グループメンバーも2名追加されて総勢18名となった。また、予算についてもほぼ申請に近いものになり、技術部のご協力に感謝の意を表したい。

本年度以降、本グループの技術の向上及び教育・研究に関して多くの貢献ができるよう希望する。

23 LabVIEW 初級プログラミング例

機械工学専攻 石川明克
ishi@kobo.mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

昨年度から工学系研究科技術部では、計測・制御技術グループを通して LabVIEW のサイトライセンスを取得した。これにより、工学系研究科の本郷地区に所属する技術職員は、誰でもライセンスを利用できる環境となっている⁽¹⁾。そこで、本報告では昨年度の報告⁽²⁾に続いて、さらに LabVIEW の利用に興味を持ってもらうため、LabVIEW 初級プログラミング例について、昨年度と同様に報告者が講習で得た知識⁽³⁾と共に報告する。

2. 複数のループを使用したデザインパターン

2.1 単一ループのステートマシン

昨年度の報告のように、ステートマシンを使用する利点は多い。ユーザインターフェースとして機能する VI (LabVIEW プログラムを VI と呼ぶ) など、複数のシンプルなタスクに分割できる VI の場合に、このデザインパターンを使用する。初級者の場合では、最初は単一のループでのステートマシンを利用したデザインパターンを設計することになり、テンプレートも用意されている。

2.2 並列処理

LabVIEW では、複数のタスクを同時に実行する並列処理も、自動的に複数プロセッシングコアに分散してくれる。2009 バージョンでは for ループの並列化も暗に可能になり、コアの数だけ並列ワークを作れば、並列実行の性能を最大限に引き出すことができる。

並列タスクのプログラムを作成する際に困難を伴うのは、データの依存関係を作らずに、複数ループ間でデータの受け渡しを行うことである。これらの困難さを解消するためには、各種の変数と通信テクニックを使用する。

2.3 複数ループアーキテクチャ

複数ループアーキテクチャとしては、並列ループ、マスター／スレーブ、生産者／消費者のデザインパターンがある。アプリケーションによっては、複数のタスクの応答や実行を同時に行うことが必要となる。このような並列処理を高める 1 つの方法は、各タスクに別々のループを割り当てる並列ループデザインパターンである。この場合は、ループ間のデータの受け渡しにワイヤを使用すると、ループが並列に実行できなくなる。そのため、ローカル変数やノーティファイア等の通信テクニックを使用する。また、複数の並列ループで構成され、1 つのループがマスターとして機能し、残りのループはスレーブとして機能するのがマスター／スレーブデザインパターンである。それぞれのループは異なる速度でタスクを実行できる。さらに、マスター／スレーブデザインパターンを基にして、データ共有を強化するのが生産者／消費者デザインパターンである。このパターンの並列ループは、データを生産するカテゴリと、生産されたデータを消費するカテゴリに分離される。これは、順序どおりに処理する必要のある複数データセットを集録する場合にだけ使用し、ループ間のデータ通信は、データキューによりデータのバッファリングも行う。

3. 交差点プログラムの例

3.1 プログラムの概要

本プログラム例は、並列ループの例を示すため、講習会で取得した交差点信号デモプログラムをマスターとして、LED の点滅により自動車の走行状態を示すように筆者が追加作成したマスター／スレーブデザインパターンである。このプログラムでは、通信テクニックとして、ノーティファイアを使用して複数ループ間の同期をとり、ローカル変数でデー

タの受け渡しを行う。ノーティファイアでは、データと共に、データが使用可能であるというノーティフィケーションを送信する。マスターループからスレーブループへのデータの受け渡しにノーティファイアを使用することで、競合状態に関するすべての問題が解消される。また、ノーティファイアを使用すると、マスターおよびスレーブループがデータの利用可能時にタイミング調整されるため、同期して動作する利点がある。なお、実行タイミング（イベントとも呼ぶ）として赤・青・黄信号の経過時間を使用している。

3.2 ブロックダイアグラムとフロントパネル

図1に全赤信号時のフロントパネルを、図2～4にブロックダイアグラムの一部を示す。図2は講習会で取得したデモプログラムにノーティファイアを使用したマスターループであり、図3と図4は西方からの車、東方からの車をそれぞれLEDで表すスレーブループである。この他に北方と南方からの車を表示するループがあり、マスターループでの信号の経過時間をイベントとして4つのステートマシンが同期して起動される。したがって、4つのスレーブループではデータ変更をマスターに聞きに行くポーリングの必要がない。

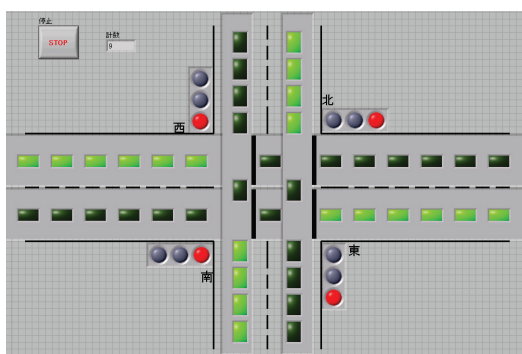


図1 赤信号時のフロントパネル

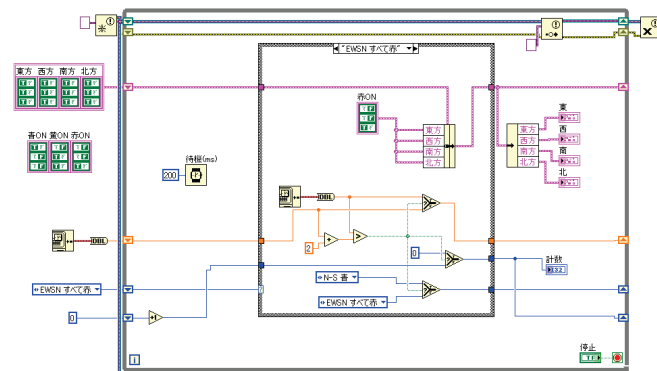


図2 マスターループ

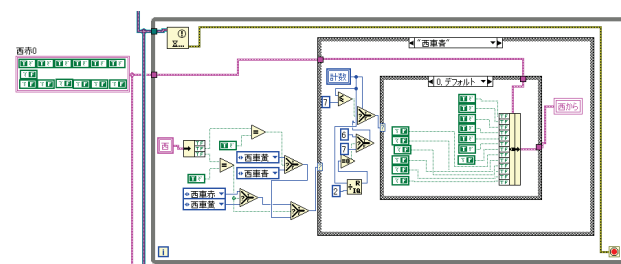


図3 西方車のスレーブループ

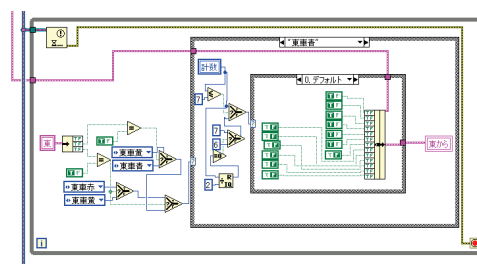


図4 東方車のスレーブループ

4. おわりに

本報告は、LabVIEW による並列処理アプリケーション、ループ間のデータ通信テクニックについて、講習で得た知識とプログラム例を紹介した。

なお、本報告は 2009 年度工学系研究科技術部個別研修第 09-04F 号の経費を受けて、受講したものの一部である。

参考文献

- 1) 奥抜竹雄、浜名芳晴、石川明克、鈴木誠、第 25 回技術発表会、2010
- 2) 石川明克、第 24 回技術発表会技術報告、p25、2009
- 3) LabVIEW 初級 II コーステキスト、日本ナショナルインスツルメント (株)、2009

24 PC を工学系 Network に接続するまで

システム創成学専攻 榎本昌一
システム創成学専攻 玉田康二
精密機械工学専攻 齋 治男
都市工学専攻 中川博之
システム創成学専攻 茂木勝郎
eno@nakl.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

現在、社会での重要なインフラの1つとして、情報通信網（Network）がある。大学の構成員（教職員、学生）になれば、当然のように業務・研究で Network に接続して PC を使うことになる。我々の所属する工学系研究科では、PC を Network に接続するにあたっての諸手続きと制限事項がある。ここでは初心にかえって、工学系研究科に新規採用された教職員が行なうべき、申請手順や守るべきことを示す。

2. 事前情報

工学系に於いて、ネットワーク管理は情報システム室で行っている。よって、登録申請は情報システム室の HP から行う（工学系ポータルサイトの「ネットワーク」タグから）。また、このサイトには、

- 工学部ネットワークの利用ルール（英語版有）
- 東京大学コンピュータ利用ガイドライン（英語、中国語、韓国語版有）
- システム設置責任者の責任とルール
- 不正アクセス等への対応マニュアル

があり、ネットワーク接続前に必ず読み、ネットワークセキュリティに対しての工学系の取り組みを理解しなくてはならない。また、その他ネットワークに関わる情報もあるので頻繁にアクセスすることをお薦めする。

さて、新規採用者には、事務手続き時に必要な個人情報が、配布される。工学系の情報ポータルサイトに接続するためのユーザー名（UID：個人番号）とパスワードである。PC の接続の前に新規採用者は、個人番号とパスワードを確認してほしい。

- AID：管理申請者 ID（「A」＝「administrator」をさす）

この ID は、登録は、教職員以外の人登録申請するのに必要である（学生、研究生が対象です）。

- LID：管理単位 ID（「L」＝「Lab」をさす）

新規採用者は、管理単位としてどこに所属しているのか確認が必要である。職員であれば、所属の課、または所属の研究室となる。確認は、先輩または、Network 管理者に聞くことが良い。新規に課や研究室を立ち上げる時は、LID の新規取得申請が必要である。ここは、省略して先に進む。

3. PC の登録申請

新規 PC であるから、接続済み PC から行う、つまり、配属先での接続済み PC から申請することになる。また、登録する PC の情報（機種、OS、設置場所等）も必要となるので事前に調べておく。

（1）接続申請の必要事項

PC の接続において、まず接続目的を確認する必要がある。サーバ機には、固定 IP-address、クライアント(端末)機には、動的 IP-address (DHCP) が望ましい。固定 IP-address での接続には、運用目的をよく考慮し、必要であると判断してから、申請することになる。目的としては、以下があり、申請項目も増える。

- サーバ

Web サーバ、メールサーバ、プリンタサーバ、NAS サーバ等がある。クライアント（接続先）から見て、サーバの IP-address が動的に変わってしまう DHCP は不向きである。また、情報を学外へ公開する場合は、IP-address 取得後、パケットフィルタリング解除の申請が必要になる。デフォルトでは学外からの通信は一切行えない。この申請では相手側 IP-address、解除するポート番号とプロトコルの情報も確認が必要となる。

- NAT ルータ

プライベート Network を設置するために必要なルータである。NAT ルータを使用する場合、外向きには NAT ルータの IP-address ひとつでプライベート Network 内の情報機器 (PC) 全ての通信を行うので、どの機器が何時、外部の誰かと通信していたかという接続情報（ログ）を記録しなくてはならない。工学系では 1 ヶ月前までのログを保管することが義務づけられている。

（2）DHCP 接続申請

DHCP は、Dynamic Host Configuration Protocol といい、動的な IP-address の利用をいう。必要時に DHCP サーバから、IP-address が配布される。つまり、IP-address を占有しないことになる（未使用時は、解放。IP-address も有限な情報資源である）。DHCP 接続の場合、工学系のどの建物（号館）ネットワークにもつなげられるというメリットがある。上述の固定 IP-address では登録した建物のみの接続になる。申請情報は以下である。

- 申請者 ID(個人番号)
- 申請者氏名
- 職名
- E-mail
- LID
- 新規廃止の別
- 主な使用場所（主な使用場所）
- ハードウェア（使用 PC のメーカー名、機種名）
- OS（Windows や Linux とそのバージョン）
- ホストの Mac-address
- 主な使用建物

ホストの Mac-address は、Network デバイスの物理アドレスを指し、次の方法で調べることが出来る。

- Network デバイスの「プロパティ」を調べる
- コマンドプロンプトで「ipconfig /all」と入力して調べる

上記の申請 WEB ページを発信すると、まず、申請受領のメールが配信され、後日、登録完了の連絡（メール）が来る。ここで始めて新規 PC が接続可能になる。登録手続きのワークフローを図 1 に、登録画面を図 2 に示す。

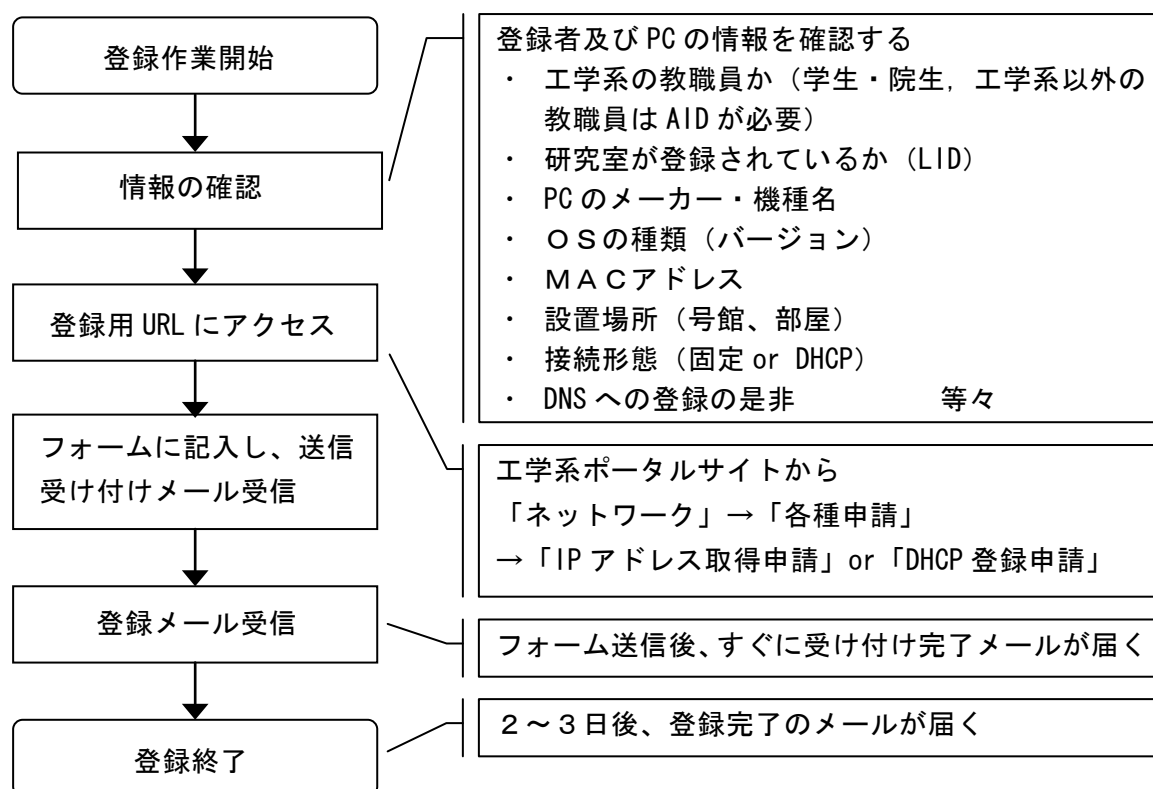


図 1. 接続申請の流れ

また、新規 PC は、OS を最善の状態と、最新のウイルス対策ソフトがインストールされていることが必須である。インストールされていなければ、東京大学情報基盤センターから、ライセンス契約でのウイルス対策ソフトが配布されている(接続後、速やかにインストールすることでも良い)。

(3) 削除申請

接続機器の接続が終了した(故障などで廃棄になった)時、必ず、関わる申請済み項目の削除申請を行なうこと。特に春先、学生の卒業、教職員の移動・退職などがある場合、削除申請を忘れないようにする。別のマシンへの IP の付け替えは行わないようにすること。

DHCP利用申請(工学系ネットワーク)		
工学系ネットワークの利用者で、あらたにDHCPの利用を申請する場合は、このページから取得申請する必要があります。 また、DHCP利用の廃止もこのページから申告する必要があります。 (廃止の申告がないと無用の負担金を当該専攻が負担しなければならない場合があります) 10月に廃止申請を受け付けると、同じMACアドレスの登録申請は1ヶ月程度かかりますので、利用するMACアドレスを誤って廃止申請しないように注意してください。 申請受付は、平日の9:00-17:00です。通常は(土、日、祝日を除いて)2日程度で処理が完了します。 繁忙期(3月、4月、10月、11月、12月)は5日程度で処理が完了します。 工学3号館 研究室引越し対応のため、6月末日まで5日程度かかります。 Windows VistaでDHCPが機能しないことがあります → ここを参照		
申請者のID (必須)	●●●●	AID または8桁の職員番号
申請者の氏名 (必須)	榎本 昌一	
職名 (必須)	技術専門職員	学生や院生はM1, D2など記入
Email (必須)	eno@nakl.t.u-tokyo.ac.jp	学生や院生はAID登録時のアドレスに限る
項目	申告内容	備考
LID (必須)	LF0106	LID一覧
新規廃止の別	新規	NAT装置、無線LANのアクセスポイント、プリンタ、TV会議システムなどの場合は、DHCPではなくIPアドレス取得申請をしてください。
主な使用場所 (新規は必須)	工3-303	〈例〉工1-234 DHCP登録すると工学部のどの号館でも使用できます
ハードウェア (新規は必須)	ThinkPad X301	メーカー名、製品名、型番 〈例〉Dell Latitude E5500
OS (新規は必須)	Windows Pro SP3	DHCPを利用するホストのOS名 〈例〉WindowsXP
ホストのMACアドレス (必須)	00:0d:61:bd:99:4f	〈例〉00:0d:61:bd:99:4f 半角数字と半角英小文字 区切り文字は:
サブネット (主な使用建物)	3号館	工学系LANは号館ごとにサブネットを構成していますので、建物に対応した最適なDHCPサーバに登録します
自分用の控えとしてこの記入内容を自分にもメールで送る場合は次をチェックする ☐ 最後に記入内容をご確認ください。よろしいですか。 OK reset HOME		

図 2. 接続申請フォーム

(4) その他の申請

研究室の引越しなどでは、事前(引越当日の10日以前)に情報システム室へ必要な申請をしておくと、引越し後すぐに接続が可能になる。情報システム室に必ず相談すること。

4. 謝辞

この発表は、情報・Network 技術グループとしての発表です。発表者の名は5名ですが、原稿作成にあたって、意見、提案等をしていただきましたグループ構成員の皆様へ謝意を表します。

25 A report of the English conversation training for staffs

Organized members of the English conversation training(alphabetical order)
Kanae Oguchi(Materials Engineering), Masakazu Enomoto(system innovation)
Makoto Kanai(system innovation), Masamichi Sekine(aerospace)
Masaru Yasumoto (nuclear)
mkanai@giso.t.u-tokyo.ac.jp

1. Introduction

The Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MECSST) has promoted the internationalization of universities. The MECSST made a framework with the plan for "300,000 international students" and has launched the "Global 30" project for establishing core universities for internationalization. In 2009, thirteen universities were selected the project. These core universities will play a major role in dramatically boosting the number of international students educated in Japan as well as Japanese students studying abroad. Under the Global 30 program, the University of Tokyo has been making an effort to promote internationalization. As a result, the School of Engineering has about 800 international students now. But foreign students have a huge barrier of Japanese language and at the same time, many of the staff in the university have difficulties to speak English as well. To solve these problems, we have to create a suitable environmental field for foreign students especially encouraging easy communication with English. Due to this reason, we planned and started a English conversation training class for staff at the technical division in School of Engineering. This report is a summary of the training class which was carried out for Oct 4, 2009 to Mar 26, 2010.

2. The purpose of the training

The aim of the training is to be able to

- 1) speak English without being shy with foreigners and foreign students.
- 2) make presentations in English and giving an answer and a comment.
- 3) make a instruction and a comment related to ones' own job to the foreign students.

3. Detail of the classes

Course: lunch time course: each Fridays, 1200 to 13:00
evening course : each Fridays, 18:00 to 19:00

Period: From Oct 4, 2009 to Mar 26, 2010.

Number of the lessons: 16th

Study contents: daily conversation, grammar, role play conversation and presentations.

Instructors :

Mr. Bryan Nguyen (master course from USA) , Ms. Toon Cheng (master course from Singapore)



Participant: lunch time course: 4 people, evening course : 6 people

4. Conclusion

The class was planned for the first time in technical division of School of Engineering and was conducted successfully. Before starting the training, we offered a plan of the English conversation class to the headquarters of the technical division, where it was approved on the 3rd meeting of technical division on Oct 22, 2009.

We started the two courses class, which were during lunch time and evening. The instructors were foreign students.

The attendance rate of the participants were high. We carried out a brief questionnaire from them. The result of the questionnaire, most participants were satisfied with the class. From that, we confirmed that the class was fruitful. In addition, we have boosted an exchange with foreign students.

5. A result of the questionnaire

We carried out the questionnaire to investigate the satisfaction of the participants. We got the answers from all of them. Quoted below are the characteristic voices from the participants.

Q1, How about the class?

Ans, It was very fun. Instructors were very friendly and nice.

Q2, How about the time (one hour) of lesson?

Ans, It was fit for me.

Q3, How about contents of the lesson?

Ans, I enjoyed learning English conversation. I would like instructors to speak more slowly.

Q4, How about the number of class per week and day?

Ans, Friday is the best. If you can, the class should hold in working hours.

Q5, How about the number of participants?

Ans, It is reasonable.

Q6, Do you have any recommendation for the class?

I want to learn how to speak a presentation. It is good to gather with foreigner. This lesson was nice, please continue to the next.

6. Acknowledgements

Special thanks for Professor Kumiko Morimura, Global Ware Project CIEE School of Engineering, who advised us how to manage the class and introduced English instructors to us. This report is one of the results of the training. Thank you to both instructors, Mr. Bryan and Ms. Toon, our report was completed.



Photo. 1 Lunch time class



Photo. 2 Evening class

26 接地インピーダンスが得られない場所での被雷対策方法

原子力国際専攻 安本 勝
yasumoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

落雷対策の一番は、落雷を受けないようにすることである。そのために重要な建物や被雷頻度確率が高くなる高層建物には避雷針が設けられる場合が一般的である。接地極は専用の独立接地極が推奨されるが、場所の問題等で実質的に独立の接地極を確保することが困難な場合がある。特にビルが乱立する市街地では困難であるが、鉄骨構造の場合には基礎接地抵抗が小さい場合、構造体への接続が可能であるため、避雷針避雷導線は一般的に鉄骨構造体に接続されている。この場合は、建物の鉄骨基礎構造体が接地極になる。地質によっては十分小さな抵抗が得られず、山岳地の岩盤地帯では低抵抗値は得難い。また落雷からの保護範囲面積が大きくなると、被保護物接地系統の等電位性が得にくくなり、等価的に接地抵抗が得られない場合と同様の状態になると考えることができる。

一般的に落雷時の接地極電位の上昇は、落雷電流値が基本的に制御できないため、①接地インピーダンスを下げて電圧降下を小さくし接地電位を小さくすること、また②被保護場所への雷電流侵入を防止し等電位を確保することが原則になる。①の対策で十分小さな接地インピーダンスが得られないとそれだけ②の対策が必要になる。例えば山岳部の岩盤地帯では岩盤の比抵抗大きいので、接地インピーダンスを下げるのが難しい。山小屋への落雷対策は②を重視しなければならない。

接地インピーダンスが得られない場合、接地系統への考慮はより必要であり、本報告はその対策に適用できる考案した手法も含めた内容である。

2. 異常電圧侵入防止方法

低い接地インピーダンスが得られない場所では、落雷電流は大きく接地個所の電位はその分上昇する。また電流は大きいので、僅かな抵抗であっても大きな電圧降下が生じ、接地系統に大きな電位勾配が生じる。そのため、接地系統の構成には雷電流侵入を抑制し等電位性を確保する構成方法が必要になる。対策としては、①避雷針等避雷保護下に置き、できるだけ直接的な被雷を避ける。②ファラデーケージの破れを生じないようにし、もし破れた場合でも最小限に留める対策をする。③被保護の電気使用場所では電位一定を確保する。④電位勾配が生じる電気使用場所間の電力・信号を授受するケーブルでは絶縁機能、または電位吸収機能を設けた電源供給路・信号伝搬路とすることが必要である。

3. 電気使用場所の等電位確保（ファラデーケージの確保）

雷電流が保護範囲へ侵入しないようにし、ファラデーケージ構成にすることが原則である。建物境界は近似的に導電体で閉じた構造にしてファラデーケージを構成させる。破れを作る個所は、電導体の給水管やガス管、低・高圧ケーブル導入個所、および弱電信号系統導入個所である。境界で確実な電氣的接続を確保することが必要である。

（1）雷電流を被保護部に流さない 接地インピーダンスが得られない場所では雷電流は広い範囲に拡散して流れる。従って、接地システムの構成は、電気使用場所の等電位性を確保するため、電気使用場所に電流が入り込まないようにする必要がある。

（2）雷電流が流れてしまう場合 建物鉄骨構造体への避雷針導線が接続され被雷電流

は建物を介して大地に流すようにしている場合、等電位ボンディングの強化等により、構造体の電氣的接続をできるだけ良くして等電位性を高めることが重要である。雷電流は、建物周囲に流して建物内の等電位性を確保できるように、制御することも必要である。

(3) 避雷保護内外の雷対策 避雷保護下にある部分については注意すべきは避雷保護外から侵入してくる雷サージ対策になる。境界の内側になるところで等電位を確保する環状等の接地構成が必要になる。避雷保護外にある接地系統や給水管等導体構造物は誘雷効果を高めることになるので、避雷や被雷時の対策が必要になる。例えば、給水管はファラデーケージの破れにならないように電氣的接続を確保する。別の方法として、絶縁管を介する、また構造物は露出させず、できるだけ深く埋設することなどの対策が必要になる。

(4) 個別接地から統合接地へ 個別接地は Fig. 1 に示すようにファラデーケージの破れが随所にあり、破れを前提にした落雷対策上好ましくない接地システムである。被雷接地極電位上昇による各個別接地極電位上昇をそのまま建物内部に異常電位を導入することになる。破れが生じにくく雷の侵入に強い接地システムとして構造体基礎を共通接地極とした統合接地を採用することが必要である。ただし、現状では統合接地システムの施工方法でも、例えば高圧ケーブル引込箇所等では破れを生じている場合が一般的にあり、破れを生じない施工方法が必要である。

4. 外部観測機器の避雷防止方法

Fig. 2 に示すように避雷針とガード電極との半径 R （保護レベル I の場合 20m）の回転球体法の保護下に入るようにする。ガード電極は接地を確保した導電性の柵等の構造物で代えることができる。被保護物の電位はガード電極を基準電位とし、伝送路ケーブルを引き込むことになる建物とは後述 7 章の対策をすることで雷サージの侵入を抑制することができる。

被保護下でないケーブル部分での被雷も予想される。ケーブル剥き出しだと放電点が固定されるため、ケーブルの接地被覆部分の厚みが十分でないと破れる可能性は大きく、内部電気系統部分に雷が侵入する。このことを防止するため、深く埋設す

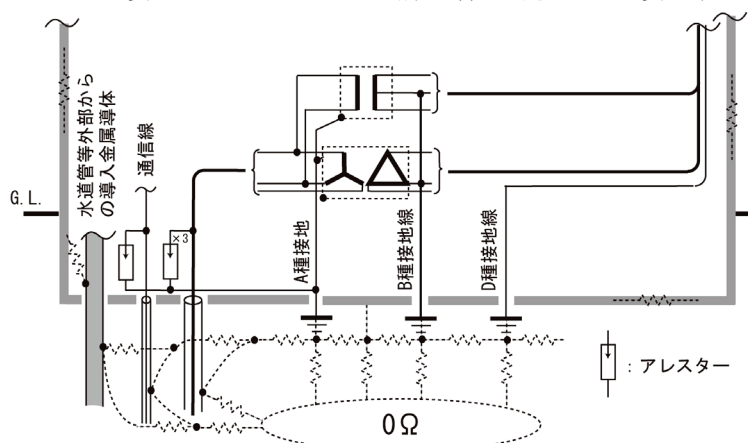


Fig. 1 個別接地システムの構成と電氣的接続
ファラデーケージの破れが随所にある。

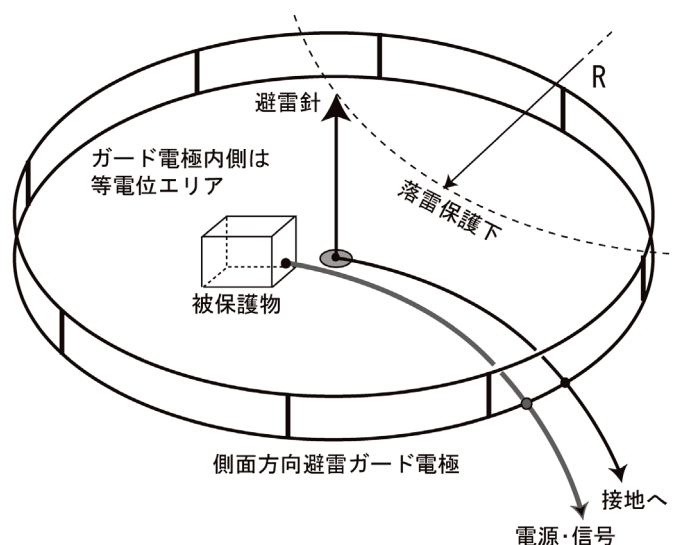


Fig. 2 避雷針とガード電極による避雷
●被保護物は半径 R の回転球体法保護下に置く。
●ガード電極形状は被保護物に合わせて決める。
●落雷被保護物の電源・信号ケーブルにも被雷対策を行う。

るか、覆いを設けることで保護することが必要になる。

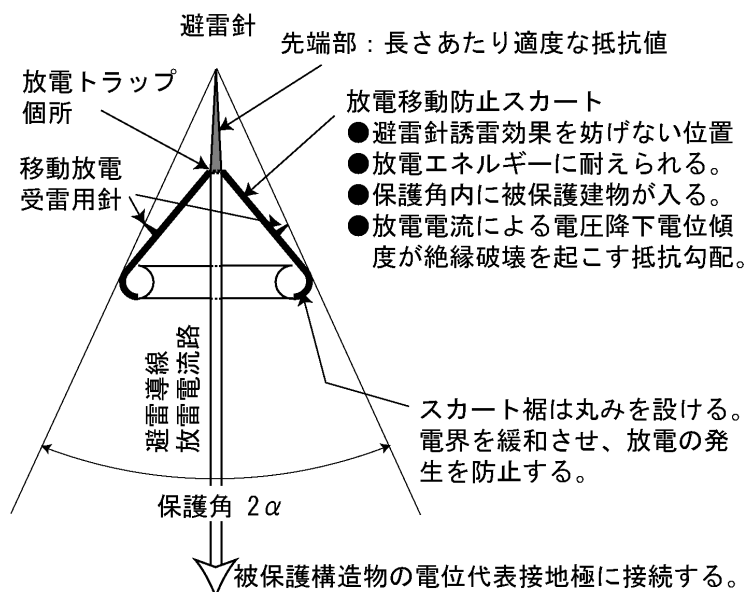
5. 放電トラップ機構付き避雷針

避雷導線インピーダンスが十分小さくないため、避雷針電位が上昇するような場合、雷放電が被保護下に逃がさない工夫が必要になる。その方法として Fig. 3 の避雷針と笠部分に一定抵抗を設けることで沿面放電を起こす電位勾配を作り出すことでトラップ点に放電を移動させトラップすることで放電が被雷保護下に逃げないようにする。例えば、十分低い接地インピーダンスが得られない場所、また避雷針及び避雷導線に一定抵抗を許容しながら軽量化をはかる場合、避雷針部分で大きな電位上昇を前提にすることになる。この時生じる高電界でも放電が避雷針から逃げ難くする。

6. 低特性インピーダンス被雷導線

避雷針が被雷した際の被雷電流は避雷導線を使用するようにした場合、高層ビル等避雷導線路が長くなると反射等避雷導線路の特性インピーダンスは無視

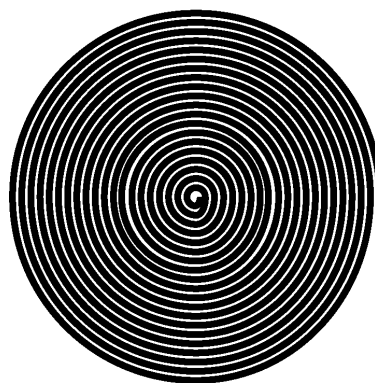
できなくなる。一本の避雷導線ではこの特性インピーダンスは大きい。避雷導線入力部電位は、避雷電流と避雷導線特性インピーダンスと積になるため、大きな値になる。これを小さくする方法は、Fig. 4 に示す十分な耐圧があり低特性インピーダンスの多数本の同軸ケーブルを並列接続することで可能になる。例えば特性インピーダンス $50\ \Omega$ の同軸ケーブルを 500 本並列接続すると特性インピーダンスは $0.1\ \Omega$ になる。避雷針からの導線が各同軸ケーブルの芯線に接続し、建物上部導体構造物が被覆線に接続することになる。一方、下部では芯線は整合抵抗を通して建物基礎導体と接続し、また被覆線も建物基礎導体に接続することになる。避雷針への被雷電流は同軸ケーブル芯線を通して建物基礎接地極に流れ、また建物上部誘導電荷は同軸被覆線を通して建物基礎接地極に流れる。このため建物に流れる誘導雷電流も小さくできる。



(a) 放電点移動防止避雷針断面図

放電点がスカートに移動した場合、トラップ箇所への放電路が形成される。

避雷針電位が上昇し高電界が生じるが、放電が避雷針内から逃げないようにして避雷導線に被雷電流をすようにする。被保護部への放電はスカートに隠れるようにすることで、防止する。



(b) 放電点移動防止スカートの径方向に抵抗勾配を設ける方法

適切な抵抗勾配が螺旋状にして確保することで実現しやすくなる。放電路移動電界生成用抵抗に適用できる。

Fig. 3 高インピーダンス接地用放電移動防止避雷針

7. 雷サージ侵入防止とサージ電圧を抑制可能にする伝送路ケーブル

建物からケーブルを引いた外部の観測機器が被雷した場合、一般的にケーブル接地システムの電流容量は小さく抵抗値は十分小さくはない。そのため避雷すると接地系統避雷箇所には大きな電圧が生じ、接地系統と電気系統間の絶縁を破り雷電流が内部の電気系統に侵入することになる。これを防止する方法は、①電力・信号授受を十分耐圧のある絶縁を介して行うか、②ケーブル上で電位差を吸収する方法になる。ここでは後者の方法を説明している。

Fig. 5 に示すようにケーブルと並列に大電流を流す接地線を被覆するように接続しケーブルの電圧降下を十分小さくする。抵抗依存域周波数には並列接地線はできるだけ抵抗を小さく、インダクタンス依存域周波数には並列接地線は被覆させることでインダクタンスを小さくすることが必要である。インダクタンス依存域周波数の電圧降下は、高透磁率トロイダルコアの同相化で吸収することになる。

8. 終わりに

落雷被害は、個々の対策手法が総合的に適切にされず、そのため生じた弱点箇所がもとで受ける場合が多いように見受けられる。本報告の手法がそのような対策に生かしていただければ幸いである。なお、本報告は技術部 FJT により KEK 技術研究会で発表した技術報告に新たな知見を加えてまとめたものである。

【参考文献】

安本勝:「低い接地インピーダンスが得にくい場所での避雷方法」,H21 年度 KEK 技術研究会技術報告集,回路・計測・制御技術研究会,3-006(2010.3).

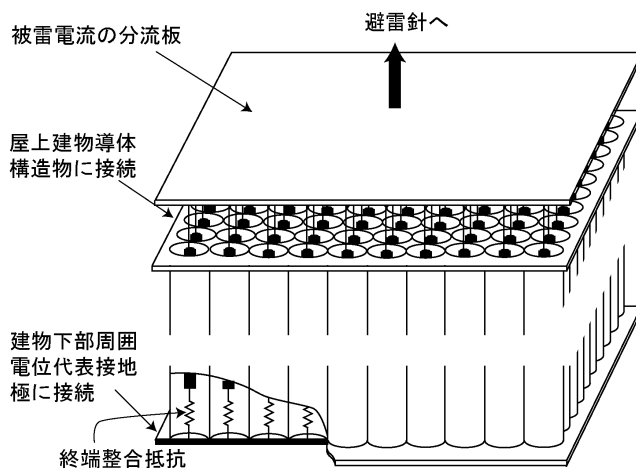
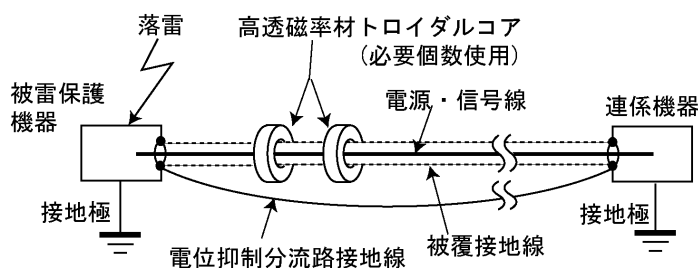
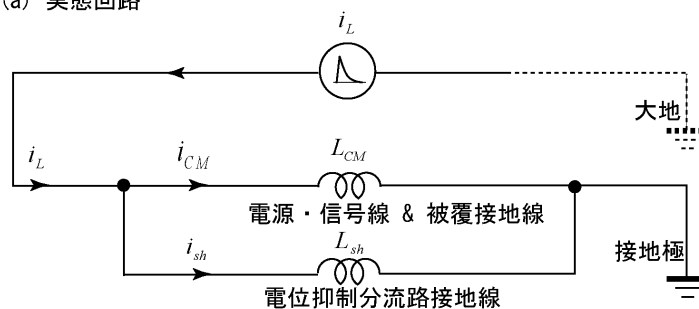


Fig. 4 低特性インピーダンス避雷(引下)導線の構成
小さい特性インピーダンス同軸線を束ねて並列使用しさらに小さな特性インピーダンスを得る。壁面に並べる構成も可能である。



(a) 実態回路



$$\text{分流により抑制された被覆接地線電流} \quad i_{CM} = i_L \frac{L_{sh}}{L_{sh} + L_{CM}}$$

$$\text{電位抑制分流路接地線電圧降下相殺電圧} \quad e_{CM} = L_{CM} \frac{di_{CM}}{dt}$$

(b) インダクタンス依存域周波数成分等価回路

Fig. 5 ケーブル上で電位差を吸収する構成方法

27 人間の表情の機械的表現法

システム創成学専攻 吉田二郎

yoshida@nasl.t.u-tokyo.ac.jp

一、まえがき

感情を顔に出すことは動物にも見られるが、人間は他の動物よりも顔に顕著に現れることは、人間行動学や心理学からも言われている。これは日常の喜怒哀楽を人間は表情で表すことが多いということである。また人間の心を読むのに表情から察する事があるのもここに起因している。従って表情は人間生活を送っていく上で重要な役目を担っていることがわかり、私が興味をかき立てられた一因である。最近では携帯メールの絵文字にも多数の表情の絵が使われて、表現が豊になってきていると思われる。

よってこの表情を機械で作ることを試みたのが今回の発表である。人間の顔を模したものを柔らかい素材で作製、各部を動かして、表情を作ってみた。人間が自分の意志で、顔の動かすことができる部分をあげると、額、眉、目、まぶた、ほほ、上唇、下唇、顎、等があるが、主な表情を作るには全体を動かさなくても可能であることがわかった。今回は2個の駆動装置しか使わないでどこまで人間の表情を表現できるかを試みた。

二、考案・作製した駆動部の機構

本機構はゴムシートで作製された人間の顔に表情を持たせるため、顔の目のあたりと口の周りの裏側に取り付けたゴムチップを通してゴムシートを変形させるため、機構が同じ物を二組使用する（右図）。動力源としてモータ・ギヤーボックスが主ネジを回転させることで、主ネジに組み込まれた移動金具を移動させる。回転方向は任意に変えられるので、移動方向も変えられる。これより金具に取り付けられた腕の変化が生じるので、腕の取り付けネジでゴムチップを変位させる。

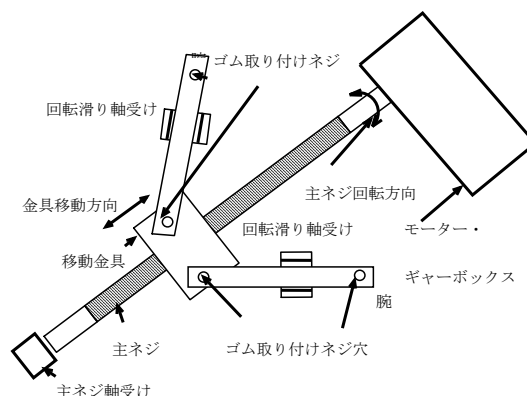


図1. 目或いは口の表情作成機構

三、作製した表情作成装置の詳細な説明

1. 顔（ゴム面）（写真 1a.1b.）

黒いゴムシートを使用し、その中央に鼻に当たる三角錐状のゴム塊を貼り付けた。また目と口に該当する箇所に楕円状またはスリット状の穴を開ける。黒いゴムシートに人の顔というイメージを構成するために、肌色のペンキで楕円形に塗装した。また裏側の両目の両端と下唇に沿ってコントロール用のゴムチップを四個ずつ貼り付ける。これらのチップに駆動部の腕から伸びたビスの先端を入れ、表情を作っていく仕組みである。



写真 1(a) ゴム面の表面

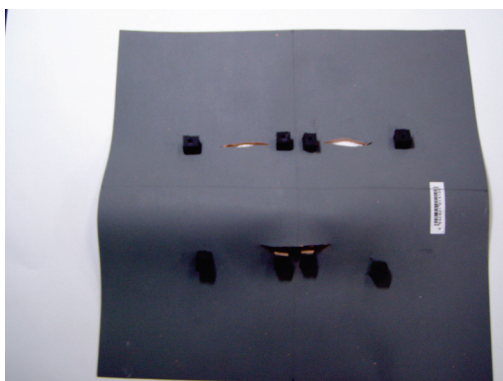


写真 1(b) ゴム面の裏面

2. 目の周りの駆動部 (写真 3 a.)

駆動部の方式を検討した。直線運動をする機構を用いることを考えたので、使用を試みたのがアクチュエーターである。しかし重量や動作振幅に問題があるのと、かなり高価になることが分かり断念した。その後、シリンダーとピストンを用いた空気ポンプ方式で行うことを思い付き、ポンプの模型 (写真 2.) を作製し実験してみたが、考えていた動作が得られなかった為断念した (力不足の為)。その後寝かした長い雄ネジを回転させ、それに移動体として雌ねじ付き金具を組込み、雄ねじの回転により、雌ねじを切った固定金具を移動させる構造を思い付いた。回転の駆動は田宮模型(株)から売り出されているウォームギヤセットを用いた。これを用いた理由は回転力が他のギヤ模型よりは大きいことからである。

以上の考えを元に、装置の固定のため、アクリル製の基盤上に組み立てた。駆動部から長めの雄ネジを取り付け、先端に軸受けを設けて、回転軸を安定させる。その雄ネジに移動体として固定金具に雌ネジを切って組み込む。腕を金具に 2 本取り付けるためにボルト穴が左右対称に開いている (腕固定金具)。

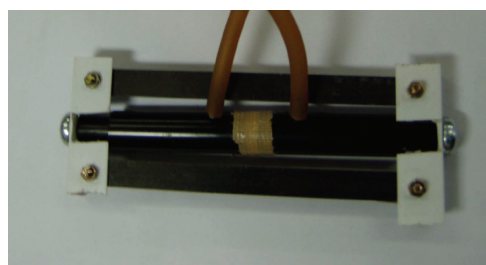


写真 2. 作製した空気ポンプ

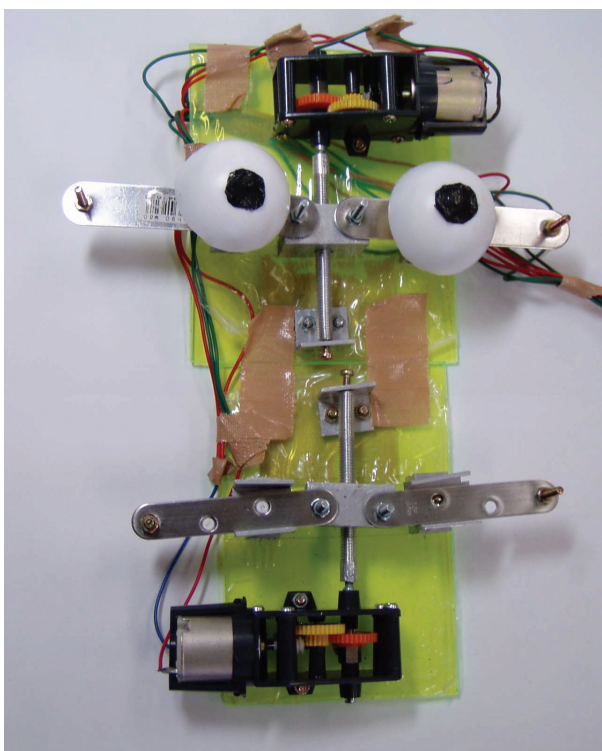


写真 3 (a) 目の周り (上部) (b) 唇の駆動装置 (下部)

2本の腕が左右対称に取り付けられ、軸方向には自由に移動できる軸受けによって支えられている。腕を支持する左右の軸受けは回転自由な筒状や溝状の金具で、その中を腕が軸方向に移動できるようになっている。さらに軸受けを支持するために軸受けと支持台を回転自由なボルトを介してアクリル板に固定した。2本の腕の腕固定金具側にはボルト穴が開いており、ここに長いボルトを通し、ナットで固定する。2本の腕の先端にもボルト穴が開いているので、長いボルトをここにも固定する。このボルトは腕の両端の動きをゴム面の裏に取り付けられたゴムチップの穴に差し込み、腕固定金具の移動によりゴム面を變形させる為のものである。また左右の2個の軸受けの上に太めのネジを取り付け、その先端に卓球の球を半分に切り、黒い小丸を印した物を固定した。これは目の役割を果たす。

3. 下唇の駆動 (写真 3b.)

2. で述べた機構とほぼ同じであるが、目の部分が無いだけ簡略化された機構である。よってゴムシート裏面の取り付けチップは下唇に沿って4カ所設けている。

4. コントローラー (写真 4.)

電源を1個にまとめることでコンパクトなコントローラを目指した。また目の部分と下唇を別々に動かすために、スイッチは3極式のものを3個使用した。1個は目の周りのスイッチ、1個は下唇のスイッチ、そしてあと1個は「目の周り」か「下唇」かを選択する切り替えスイッチである。よって目と下唇を同時には動かさなくしている。また当然スイッチの切り替えによって回転方向が選べるようになっている(3局スイッチを使用)。さらに電池は装置(写真4)の右側部分に単3電池4本が収納されている。



写真4. コントローラー (操作スイッチ)

5. 展示台 (写真5)

製作したゴム面の表情を見やすくするために専用の展示台を製作した。アングル材を適度の長さに切り、組み立てた。展示台が無いと表情を観察する姿勢をのぞき込むような、無理な姿勢をすることとなり、多数の人が一度に見ることが困難な場合が想定されたため。展示台により、表情の詳細な観察が可能となった。



写真5. 展示台

四、動作確認

何回か動作確認をした。モーターの定格は3 vであるが、3 vをつないで実験した結果、ゴム変形による反力が大きく、それほど変形していないのに、力不足のためにモーターが止まってしまった。よって動作時間が少ないことや、動作力を大きく取るために定格の2倍に当たる6 vで使用することにした。装置に組み込むため6 V（電池4本）以上は無理なため、目の周りと口周りを同時に動かすことが困難となり、切り替えスイッチを使用した。例として、作成された顔の特徴ある表情の幾つかを写真6．に掲載した。



(a)無表情



(b)笑い顔



(c)怒り顔



(d)泣き顔



(e)驚き顔

写真6． 作製した装置で作った表情の幾つか

五、結論

駆動部が2個しか無いため、細かな表情が出しにくかった。今後は更に駆動部を増やし、微妙な表情を出せるようにしたい。また素早く表情を変化させることを試みたが、空気ポンプやソレノイド・ジャッキが思ったように使用できなかったのが今後の課題とした。サンプルのゴム面も1個しか作製しなかったのが突飛な表情を出せなかった。サンプルを増やして行きたい。また、ゴム面にペンキを塗って、人の顔を現したが、塗装したペンキにヒビが入り、長持ちしないことが懸念された。今後ペンキの種類を検討する必要がある。更に改良を重ねて行き、耐久性あるものにしたいと考えている。

用途として、人間に近づいている表情を表すロボットや、犯罪捜査に使われるモニター・写真の3D表示、あるいは病院（心療内科）での表情の回復のモデル、人間行動学・心理学としての表情の研究にと、表情の表現道具として使用範囲は広いと考える。

28 難分解性光触媒材料の分析方法の開発

化学システム工学専攻 加古 陽子
kakoyoko@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

序論；私の所属している研究室では、太陽光を用いて水を水素と酸素に分解することを目標とした光触媒材料の開発に取り組んでいる。

新規の材料の開発には、その物質の正確な組成を知ることは必要不可欠であり、またスムーズな開発のためには迅速な分析を求められることは否めない。主として金属の酸窒化物からなる光触媒材料の分析は、その中心となる金属の分析と、含まれるガス成分（酸素・窒素・炭素・硫黄）分析の二段階で行なわれる。しかし、従来の酸化物や窒化物の分解方法では、金属種によっては分解に時間がかかり、迅速な分析には程遠い状態である。

本研究では、ガス分析後に得られる Sn-Ni の合金を用いて、難分解性試料の分析を簡単に行なうことができないか検討を行なった。

ここで得られた結果に関して、琉球大学で開催された機器分析技術研究会でポスター発表を行ない。今後の実験に関して有意義な意見交換を行なうことができたので、報告する。

これまでの試料測定；

研究室内での成分分析の流れを図 1 に、分析方法の一例を表 1 に示す。これまで、試料採取はガス成分時と金属分析時の 2 段階で行ってきた。試料量が不十分なときは、複数回測定することができず、データの信頼性に乏しいことがあった。

表 1. これまで分析した光触媒試料の一例

金属	分解に使用する試薬
Ga-Zn	硫酸
Ge	炭酸ナトリウム溶融
Nb	フッ化水素酸，硫酸，過酸化水素
Ta	硫酸水素カリウム等

Sn-Ni 合金を用いた分析実験；

光触媒材料の分解が困難であること理由として、構成元素そのものによるところが大きいが、酸化物・窒化物になっていることも原因の一つとして考えられる。ガス成分分析後に得られる、Sn-Ni のペレット（図 2）は理論上酸素・窒素のガス成分を除いた合金であり、実験から混酸での分解が可能であ

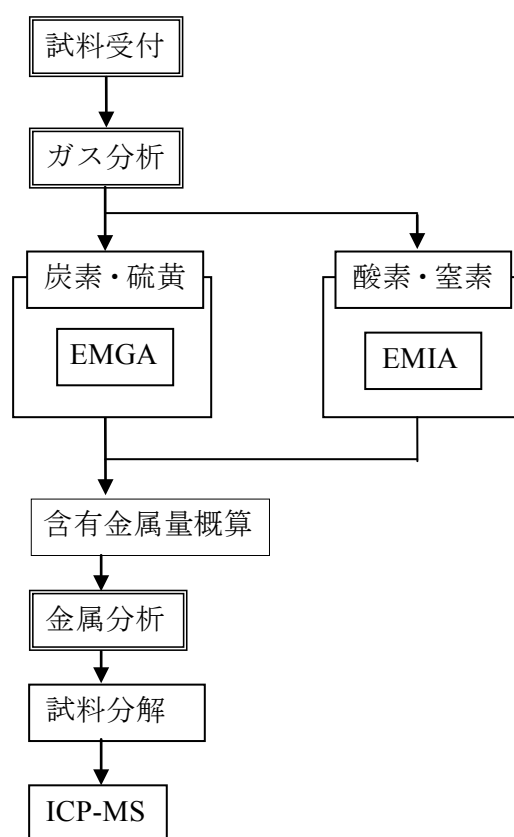


図 1. 研究室における分析以来処理の流れ

ることが確認できた。ペレット作成から測定までの流れを図3に示す。試料採取が1回で済むので、十分な精度が得られることが確認できれば、使用する試料量も少なくすることができると考えられる。



図 2. Sn-Ni ペレット

結果；

TiO₂ を用いて検討を行った。王水で分解後 ICPMS を用いて測定を行った。強度にばらつきがみられ、データとしての信頼性に乏しい結果が得られた。

Ti の回収率は 64% (±9%) であった。

機器・分析技術研究会で受けた指摘事項

- ① ガス分析のための昇温課程において、目的元素の揮散は無いのか
- ② 分解に要する時間はどの程度短縮できたのか
- ③ Sn と Ni からの汚染は無いのか
- ④ 他の元素への応用はどのように考えているのか

まとめと今後の展望；

TiO₂ を用いた実験で低い回収率を得たことと、装置内部に揮散した金属と思われる汚染が確認されたことから、昇温過程における温度制御の必要性が確認できた。必要に応じて融材となる金属の追加も視野に入れて検討を行いたい。分解時間の短縮は今後も引き続き検討を行う予定である。すでに簡単に碎けることは確認済みなので、試料径を小さくすることから検討を進めたい。十分な回収率が得られるような条件が確立でき次第、難分解性の試料への適用も検討していく予定である。

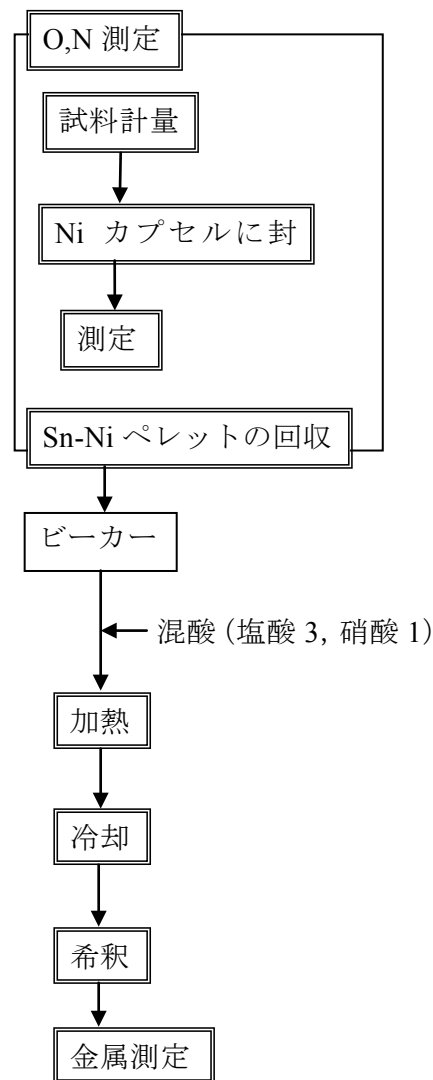


図 3. Sn-Ni ペレットを用いた分析の流れ

29 不明廃液分析における 含有有機物確認と有機酸測定を検討

応用化学専攻

藤村一良、栄 慎也、浅野巧久
fujimura@appchem.t.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】

当大学において廃講座、研究室の閉鎖、研究の跡継ぎがいなくなった等により、内容物不明の試薬、廃液等が排出され、これを安全管理室の依頼により、不明廃棄物の分析とこれを環境安全研究センター（センター）に提出する処理をここ数年間、応用化学専攻分析実験室の報告者等を含む十数人のスタッフで行っている。この内容物不明の廃棄物の分析は、エネルギー分散型蛍光X線装置（EDXRF）、X線回折分析装置(XRD)、原子吸光分析装置(AAS)、プラズマ誘導発光分光分析装置（ICP-AES）、イオン電極、フーリエ変換赤外分光光度計（FT-IR）、フーリエ変換ラマン分光光度計（FT-Raman）、ガスクロマト質量分析装置(GC-MS)、イオンクロマトグラフ装置(IC)、元素分析装置(CHN)、走査熱量計（DSC）等と多種の測定装置を必要とする。当実験室で不明廃棄物を分析する手順は、不明試薬、不明廃液に、放射性物質有無の確認後、固体試料は、EDXRF、XRD を用いてどのようなもので構成されているかを確認後、有機物と予測される場合はさらに、GC-MS、FT-IR および FT-Raman を用いる。液体試料は EDXRF で測定後、パックテスト(共立理化)でシアンの確認後さらに IC、AAS、ICP-AES を用いて分析している。

本学の者はセンター発行の環境安全指針¹⁾に提示している実験廃棄物の分別を行い、センターに廃棄物を提出している。実験廃棄物中の廃液は、センターにおいて、重金属はフェライト法により処理している。このフェライト法の妨害と為るのが重金属と結合するアンモニウムイオン、有機物等であり、これらを含む物は難燃廃液と分類し、これを焼却後残渣中の重金属をフェライト法で処理している。従って廃液に有機物等を含む物は分類が別であるので、この有機物等含有の情報は重要である。この他、不明廃液を IC での測定時、無機陰イオンの他に有機酸が検出される試料があり、この有機酸同定について、IC の他に ODS、イオン排除法を用いた測定を検討した。

【装置・方法】

- ①イオンクロマトグラフィー装置：東ソーイオンクロマトグラフ 2001、2010 カラム：TSKgelSuperIC-AZ，-HS、-Cation-HS、-A/C 溶離液：6.3 mM NaHCO₃- 1.7 mM Na₂CO₃- 28% アセトニトリル、5.7mM NaHCO₃- 4.5 mM Na₂CO₃- 20%アセトニトリル、5mM 酒石酸 - 0.45mM 5-スル ホサルチル酸 - 6mM 18 クラウン-6 エーテル - 5%アセトニトリル、流速：0.6～1.5ml/min、カラム恒温槽温度：40℃、サンプルループ：30 μ l
- ②液体クロマトグラフ装置 ポンプ：東ソーDP8020、電気伝導度検出器：東ソーCM8010、UV 検出器：日立 L4000、カラム：TSKgelIC-Anion-PW、TSKgelIC-ODS100V、Mighlysil-RP-18GP250-4.6(5 μ m)、TSKgelIC-OApak-A、溶離液：0.1%リン酸、カラム恒温槽

温度：30℃、サンプルループ：100 μ l

③可視紫外分光光度計：JASCO U-650④フーリエ変換赤外分光光度計：JASCO FT/IR-6100

⑤元素分析装置：EAI CE-440

【結果及び考察】

不明廃棄物では、特に液体において有機物を含むものなのか推測が難しい試料がある。含有有機物簡便認定法として以下のものが考えられる。

- 1, スパチュラ燃焼法（スパチュラ、白金ルツボの蓋に液状サンプルを滴下し、バーナーの火で加熱、炎の状態により判断する）
- 2, 紫外スペクトル分光法（無機物にも吸収を持つ物がある）
- 3, FT-IR（含有水が測定 of 支障になる）
- 4, ガラス管内燃焼法(炭酸塩を含む物は不可)、(ガラス管内で燃焼し、廃ガス中のCO₂を水酸化カルシウム溶液で吸収白濁を確認する)
- 5, CHN(水、炭酸塩を含む物は不可)、(分析法を簡易的に利用するならば各サンプルを 15 分程度の短時間で分析可能)

これらの方法は一長一短があり、試料により方法を選ぶか複数行えば良いと思われる。

不明溶液中のフッ化物イオン、リン酸イオン等の IC での測定は当初、応用化学専攻学生実験室で用いている間接紫外吸収法²⁾によっていた。この方法は溶離液が中性のためカラムに金属等の残渣が残りにくい良い方法である。現在サプレッサー方式の東ソーIC-2001、2010 を用いている。この装置はオートサンプラー装着の為、試料数が多い現在、特に有効である。カラムは陰イオンには SuperIC-AZ、-HS 陽イオンに SuperIC-A/C を使用した。不明溶液を分析する場合、当初カラムの目詰まりが多く、装置が停止する問題があったが、試料に重金属を含む場合は TOYOPAK IC-SP カラムで前処理することにより解決した。IC で不明溶液中にフッ化物イオン、アンモニウムイオンが確認された場合、イオン電極で再確認している。IC において、特にフッ化物イオン近傍には有機酸等が検出され、フッ化物イオン測定の妨害になるためである。また、試料に有機酸を含むことが多いため TSKgelSuperIC-AZ, -HS、-A/C における有機酸の保持時間を確認した。酢酸、蔞酸など一部の有機酸は定性可能であるが、多くの親水性の有機酸は定性不可であった、この為 ODS カラムを併用する有機酸分析を検討した結果、溶離液に 0.1%リン酸を用いる TSKgelIC-ODS100V の使用は有効であった。

○参考文献

- 1) 環境安全指針（平成 17 年）東京大学安全管理委員会環境安全部会編（東京大学環境安全研究センター）
- 2) 藤村一良, 他 間接紫外吸収検出イオンクロマトグラフィーに用いるフタル酸溶離液の検討. 分析化学, 43, 237-240 (1994).

30 担当加速器 RAPID の維持・保守の特徴

原子力国際専攻 森田 明

morita@n.t.u-tokyo.ac.jp

原子力国際専攻 伊藤誠二

1. はじめに

原子力国際専攻加速器管理部にあるタンデム型加速器 RAPID (Rutherford Backscattering Spectroscopic Analyzer Particle Induced X-ray Emission and Ion Implantation Devices)は、オランダの HVEE (High Voltage Engineering Europe)社から 1994 年に導入された。マシン調整後 1995 年に正式に共同利用を開始してから今年で 15 年が経過している。共同利用はセンター改組により一時的な低下はあったが、以後徐々に増加し、2009 年度は導入以来過去最高の稼働時間を記録した。しかし、設置後 15 年が経過し装置の経年変化による故障の頻度も増加してきている。そこで、共同利用の開始から現在に至るまでの利用状況および、ここ数年における装置の保守・整備状況の特徴について報告する。

2. 装置の稼働状況

図 1 に 1995 年から 2009 年までの各ビームラインを用いて行われた実験の年度別、ビームライン別稼働時間を示す。昨年度は新しく RBS (Rutherford Backscattering Spectrometry) ビームラインでプロトンを用いた核反応分析 (NRA : Nuclear Reaction Analysis) 実験を行った。共同利用開始から昨年度までのトータルでの稼働時間は 11000 時間を超えた。稼働時間をビームライン別にみると、1999 年からイオン注入装置が多く利用されている。図 2 に 2009 年度の研究分野別稼働割合を示す。研究分野別にみると、材料工学が半数以上を占めている。その他には固体化学、計測工学、環境科学の順となっている。以上のように稼働時間は増加したが、これまでの過程で様々なトラブルが生じている。その主なものを以下に示す。

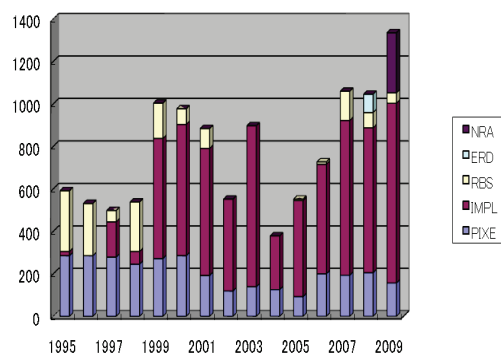


図 1 年度別稼働時



図 2 研究分野別稼働

3. 運転整備状況

図 3 に担当加速器 RAPID の構成を示す。加速器は外国製であるため、部品も高価になる。維持費が少ないため、メンテナンスは基本的に自前で行ない、高価な部品は国産品に置き換える努力を行っている。近年、経年変化による故障のほか、ここ数年における特徴ある主な修理等整備状況について、図 3 にその場所を対応させて報告する。

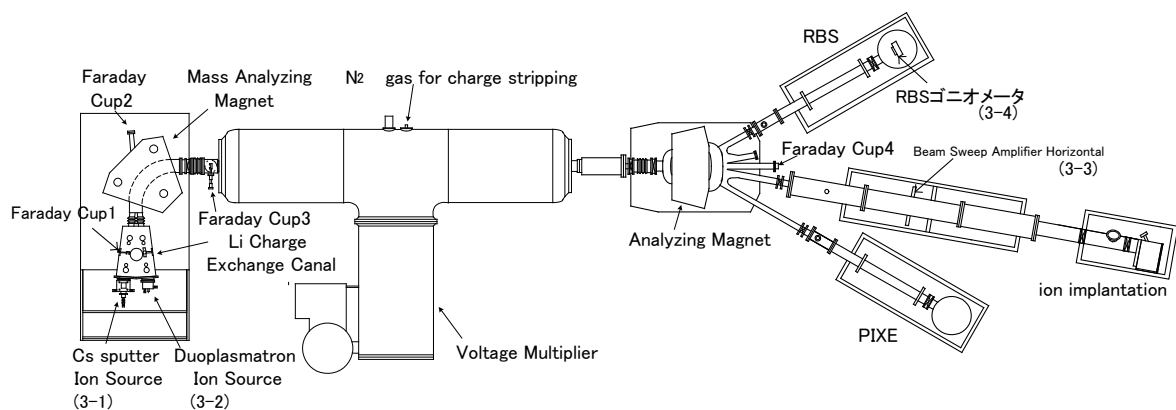


図3 タンデム型加速器 RAPID の構成と故障個所の対応図

3-1. セシウムスパッタ負イオン源

これはいろいろな元素の負イオンをつくることができる。気体試料については固体化合物にして使用する。

1) カソードコーンの損耗

2009年12月にセシウムスパッタ負イオン源を用いてビーム出しを行っていたところ、ビームが出なくなりイオン源内にある Faraday Cup 1 でビーム電流がモニターできなくなった。イオン源を分解したところ、ターゲット部分を保持しているカソードコーンの先端部がスパッタリングで削り取られていた。原因はセシウム正イオンによるスパッタによる損耗と考えられる。そのため、新品のカソードコーンと交換した。

図4にセシウムスパッタ負イオン源の概略図、図5にカソードコーンの断面図と損耗部分を示す。カソードコーンは、図のように内部が階段状になっているため、損耗により外表面が削りとられることでリング状に剥がれて脱落し短絡した。今後の対策としては、費用の兼ね合いも考慮し、カソードコーンの材質をスパッタリング率の低いものにする事で長寿命化を図ることも検討している。

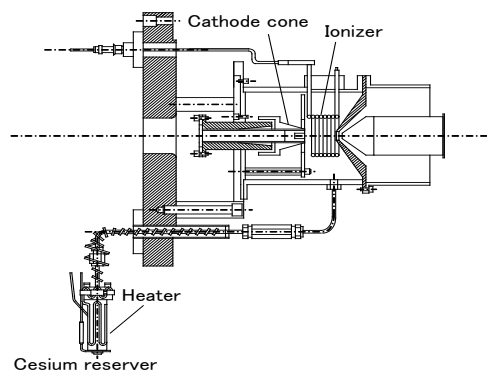


図4 セシウムスパッタ負イオン源

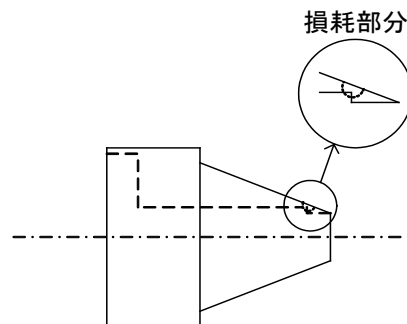


図5 カソードコーン損耗部分

3-2. デュオプラズマトロンイオン源

これは主にヘリウム、水素の気体試料のイオン源として用いている。これらの気体試料についてはイオン収量が得られるイオン源である。

1) プラズマ不点灯について

2007年9月に行ったプラズマ点灯テストのときに点灯してもすぐに消えてしまうという不具合が生じた。デュオプラズマトロンイオン源は、気体試料 (He、H 等) を注入した強磁場内でアノード-カソード間に電圧を印加し、アーク放電させプラズマを作る。なおカソードは

仕事関数を小さくするため酸化バリウムを主成分にコーティングした白金製フィラメントである。正イオンはそのプラズマから引き出す方式のイオン源である。負イオンは、後段で正イオンをリチウム蒸気中に通すことで負イオン化している。

不具合の原因はフィラメントから十分な電子放出が得られないことと予想され、フィラメント表面に適切な酸化バリウムを作ることができないことが考えられる。塗布剤は古く成分の状態が変化してしまったものと推測している。現在、同じものが入手できず、新たな塗布剤の調合も含め検討している。

2) リチウムカナルヒーターの内製化

2008年10月にリチウムのガス出し中にヒーター温度が500度(通常は600度まで上がる。)から上がらなくなった。そのため、カナル内を調べたところ、リチウムの不溶融が確認された。リチウムカナルはデュオプラズマトロンイオン源で生成した正イオンを、負イオンに荷電変換するためのリチウム蒸気中にビームを通すもので、リチウム蒸気を満たす容器に管路を設けたものである。リチウムカナルヒーターは、リチウムを収めた容器内を加熱することで適切な蒸気圧を得るためのものである。ヒーター構造は狭い容器中での加熱など過酷な条件で使用するため、絶縁不良、断線、およびヒーター抵抗変化等になりやすく、カナルヒーターの交換頻度は高い。国内メーカーに依頼し、同等品の製作を依頼している。まだ満足したものは得られていないが問題点の改良を進め満足するものにする予定である。国産品に切り換えることで費用は1/3にすることができる。

3-3. イオン・インプランテーションライン

本ビームラインでは材料の改質実験を行っている。

1) Beam Sweep Control の修理

2010年1月、H⁺イオンビームをイオン注入ラインに通すことができなかった。原因は水平方向を掃引するBeam Sweep Amplifier Horizontalの掃引不能にあった。

Beam Sweep Control は、イオン注入ラインコースに設けられ、水平と垂直方向の掃引を行うことで一様照射を可能にし、また照射量の調整を可能にしている。Beam Sweep Control 系は、制御用コンピュータ、Beam Sweep Control、Beam Sweep Amplifier Horizontal、Beam Sweep Amplifier Vertical、水平偏向板、垂直偏向板により構成されている。

故障個所の探索は、ブロックダイアグラムだけで回路図面が無かったが、水平、垂直ともに同じ制御回路であることから信号系統を入れ替えることで水平部分制御回路に異常があることを確認した。これより先の追求は図面が無いと難しいため、図面の入手を優先した。図面を入手後、回路動作をチェックし、ICの動作が異常であることから、このICを交換する



図6 酸化バリウムを塗布したフィラメント



図7 Beam Sweep Amplifier Horizontal と Beam Sweep Amplifier Vertical

ことで正常に復帰した。このとき、回路図面が無い制御回路は多くあり、異常な IC 等回路部品のチェック方法としてピンポイントの温度測定が可能な放射温度計で温度による判定が可能であることを確認した。

3-4. RBS ビームライン・チャンバー

本ビームラインでは材料の表面分析をおこなっている。ERDA (Elastic Recoil Detection Analysis) およびプロトンビームを用いた NRA (Nuclear Reaction Analysis) も本ビームライン・チャンバーで行っている。

1) ゴニオメーター、リフター部の動作不良

2009年12月にRBSチャンバー内被照射試料位置を上下に動かすゴニオメーターが故障した。ゴニオメーターは、試料を取り付ける試料ホルダーを傾斜するためのものであり、試料ホルダーを X 軸、Y 軸、Z 軸、上下に移動することができる。この上下の移動機構が動かなくなった。

故障の前症状として金属粉片が削りとられることが生じていた。従って、リフターを駆動するための回転軸部分に使用されている金属材料の相性が不適切であることが原因で、金属が削りとられ、軸部に入り込んだものと推測している。

修理はRBSチャンバー内の構造上大掛かりになるため、当面、リフター部の詳細図面を入手した上で検討することとした。

2) RBS ゴニオメーターX 軸 (回転) 用ステッピングモーターの動作不良

2010年4月に行ったNRA実験時に試料位置を制御するための RBS ゴニオメーターX 軸 (回転) 用三相ステッピングモーターの動作不良が発生した。ステッピングモーターに組み込まれているギヤ部の回転をチェックしたところ、スムーズでは無いことが動作不良の原因と判明した。真空中で使用するため、真空中で使用することを前提にしてい無いギヤ部のオイルが揮発し、スムーズに動かなくなったものと考えられる。真空中で使用可能なオイルを使用して分解掃除することにより動作は良好となった。修理は技術力のある大田区の町工場に外注した。

4. おわりに

本加速器は 1994 年に導入され、1995 年に共同利用を開始してから今年で 15 年が経過した。昨年度は過去最高の稼働時間を記録した。しかし、装置の経年変化により故障も増加している。維持費に充当される費用は少ないため修理は基本的に自前で対応している。今後の新たな実験条件への対応のみならず故障その他の装置保守についてもやり繰りできる創意や工夫が必要とされている。

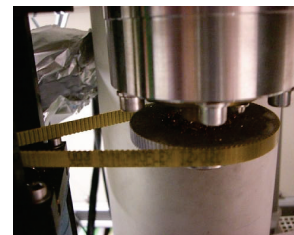


図8 ゴニオメータ・リフター駆動部

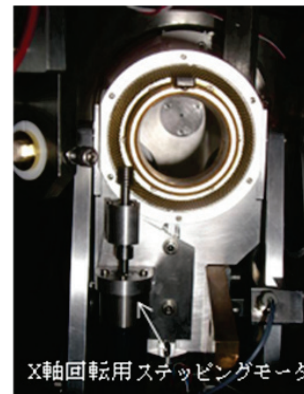


図9 X 軸回転用ステッピングモーター

31 酸化膜/Ge界面の制御による Ge電界効果トランジスタにおける移動度の向上

マテリアル工学専攻 西村 知紀
nishimura@adam.t.u-tokyo.ac.jp

1 はじめに

Si-MOSFET においてスケーリングによる限界が見え始めた昨今において、更なる高性能化に向けて Si より高いキャリア移動度をもつ III-V や Ge 等の半導体材料が注目されている。Ge は Si に比べて電子が 2.5 倍、正孔が 4 倍のドリフト移動度を（バルクにおいて）持つことが知られており、この両キャリアに対する優れた特性から、単一材料での CMOS への応用が期待されている。

では実際の FET の性能をいえば、pMISFET においては Si ユニバーサルを数倍上回る正孔の移動度特性が既に数年前より得られている¹⁾一方で、nMISFET における電子の移動度特性については、長年 Si ユニバーサルを超える特性が得られなかった。その原因が不明確なまま Ge MISFET では本質的に電子移動度の向上が望めないという可能性が疑われる中、この壁は GeO_2/Ge 界面の適用により取り除かれた。 GeO_2 はその水溶性からプロセス上の困難性があり、また熱的な不安定性から容易に GeO の脱離を生じ劣悪なチャネル界面を形成すると考えられてきた為、ゲート絶縁膜及び界面層として敬遠されてきた経緯がある。しかしながら、GeO の脱離を考慮した適切な熱処理を行うことで SiO_2/Si 並みに良好な界面特性、及び移動度特性が得られることが分かってきた。

既に熱力学的もしくは速度論的予想に基づいて GeO 脱離の抑制を高圧酸素雰囲気下酸化（High pressure oxidation (HPO)）と低温酸素雰囲気下アニール（Low temperature annealing (LOA)）により試み、形成した GeO_2/Ge スタックを用いて良好な界面特性を示した²⁾と共に Si ユニバーサルを大きく超えるピーク移動度 $1080 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を報告した³⁾。しかしながら、上述の HPO プロセスを用いずに GeO_2/Ge 界面を形成した場合においても、良好な電子移動度特性も報告されはじめている^{4,5)}。本研究では Ge の酸化における HPO、及び LOA の役割の理解、及びそれに基づいて high-k 絶縁膜を適用した Ge-nMISFET の移動度特性について議論する。

2 実験

Ge 基板は電子について最も小さい conductivity mass が得られる (111) 面基板を用いた。また基板はメタノール、HCl 溶液、 $\text{H}_2\text{O}_2+\text{NH}_3$ 溶液、HF 溶液によって化学洗浄を行った後にデバイスを作成している。HPO は室温での 80atmO_2 の封入により 550°C で 10min の熱処理を、LOA は 0.4atm にて熱処理を行った。また、high-k 絶縁膜は希土類系の酸化物の中でも水へのプロセス耐性が高い Y_2O_3 を選択し、スパッタリング法によって Ge 基板上に成膜した。

3 結果と考察

3.1 GeO_2/Ge 構造に対する LOA と HPO の役割

HPO+LOA 及び、大気圧酸素雰囲気下酸化（Atmospheric pressure oxidation (APO)）+LOA により形成した GeO_2/Ge MIS キャパシタの室温における C-V 特性を Fig. 1 に示す。分光エリプソメトリーにより GeO_2 の膜厚を測定した所、約 20nm であった。HPO 及び APO のみで形成した GeO_2/Ge スタックにおいてはヒステリシスに大きな違いが見られるが、60min の LOA によって界面近傍のトラップ準位密度に関連したヒステリシスが大幅に低減し、HPO との差がほぼなくなることが分かる。またこの LOA において GeO_2 膜厚の増加は見られなかった。

これは熱酸化膜形成時の酸化膜/半導体界面の電気特性が界面形成時の最高温度ではなく、後の低温プロセスの影響を大幅に受けることを意味している。即ち GeO_2/Ge 界面は界面形成後の冷却過程、及び酸素雰囲気の制御が不可欠であることを意味している。界面における化学結合の点から見れば、 SiO_2/Si 界面における H 終端が有効であることに対して、 GeO_2/Ge 界面では LOA プロセスでの O による終端が効果的であると考えられる。 GeO_2/Ge 界面を構成する

0 自身により終端される点から “self-passivation” 効果と名づけている. この self-passivation 効果が Ge で顕著に見られる理由の一つには Ge-O 結合が Si-O 結合に比べ軟らかい⁶⁾ことに起因していると推測される.

一方 HPO の効果についてであるが、既に膜中に形成されるサブギャップ吸収を抑制する効果があることが分かっている⁷⁾. 今回は更に膜密度や H₂O への耐性を調べた. Fig. 2 (a) に X 線反射率測定により決定した GeO₂ 膜密度の GeO₂ 膜形成時の酸素圧力依存性, (b) に HPO 及び APO で形成した GeO₂ 膜のアルコール希釈した H₂O によるエッチングレート, 及び (c) に HPO+LOA 及び APO+LOA で形成した GeO₂ MIS キャパシタの大気曝露時間と C-V 特性上のヒステリシスの関係を示す. GeO₂ 膜密度が酸化膜形成時の酸素分圧によって 5% 程度異なり, より高い分圧で高密度の GeO₂ 膜が形成されている. また, アルコールで希釈した H₂O へのエッチングレートは APO 膜に対して HPO 膜の方が遅く H₂O への耐性が高いことが分かった. 更に大気曝露された GeO₂/Ge スタックの C-V 特性に見られるヒステリシスの増加傾向からは, HPO で形成した GeO₂ 膜の方が GeO₂/Ge 界面近傍の劣化速度を遅くすることが分かる. 故に HPO はバルク中のギャップ内準位の形成を抑制するだけではなく、高密度で H₂O への劣化耐性が高い GeO₂ 膜を形成するといえる.

以上をまとめた LOA 及び HPO の効果を Fig. 3 に示す. HPO と LOA の組み合わせは理想的な GeO₂/Ge スタックを形成する手法の一つであるといえる.

3. 2 希土類系 High-k の MISFET への適用

実デバイスへの応用を考慮すれば, 誘電率の観点からもゲート絶縁膜として GeO₂ ではなく High-k 絶縁膜が要求される. 我々は既に希土類系の酸化物が “Ge friendly” な材料であり, Ge 上のスタックにおいて良好な界面特性を示すことを報告しているが⁷⁻⁸⁾, 今回は FET 作成上 H₂O へのプロセス耐性の高さを考慮して Y₂O₃ を選択した. ここに上述の HPO+LOA を加え GeMISFET の性能向上について検討した, HF-last 洗浄を行った Ge 基板上に Y₂O₃ 膜を堆積し, HPO 及び LOA 後に金属電極を形成してデバイスを作成している. 得られた C-V 特性を Fig. 4(a) に示す. Y₂O₃ 膜厚が 70nm とに厚いにも関わらず, ヒステリシスが非常に小さく良好な特性を示している. 低温コンダクタンス法によって見積もった界面準位密度 (D_{it}) のプロファイルを Fig. 4(b) に示す. D_{it} は低い所で $10^{10}/\text{cm}^2\text{eV}$ 台に達しており, また価電子帯側に比べて伝導帯側の D_{it} が非常に小さいことが予想される. Figure 5 は HPO, LOA 処理を行った Y₂O₃/Ge 界面の TEM 像を示している. 約 3nm のアモルファス界面層が成長しており, また界面層/Ge 界面の平坦性も良好である.

Figure 6 に作成した (111)Ge-nMISFET の断面図を示

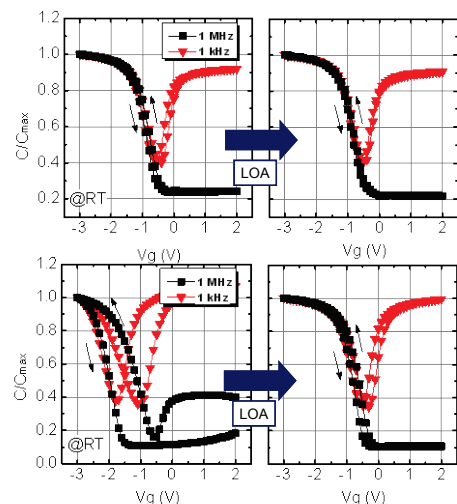


Fig. 1 高压酸化及び大気圧酸化により形成した GeO₂ における LOA 前後の C-V 特性の変化.

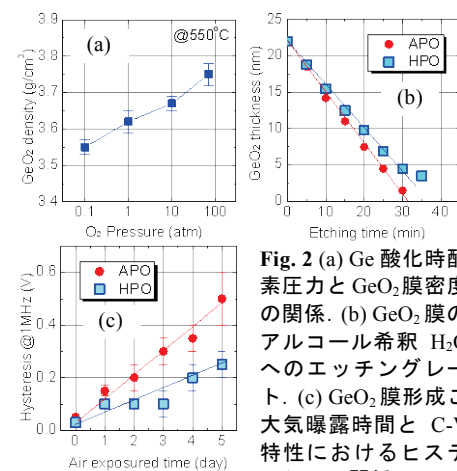


Fig. 2 (a) Ge 酸化時酸素圧力と GeO₂ 膜密度の関係. (b) GeO₂ 膜のアルコール希釈 H₂O へのエッチングレート. (c) GeO₂ 膜形成後大気曝露時間と C-V 特性におけるヒステリシスの関係.

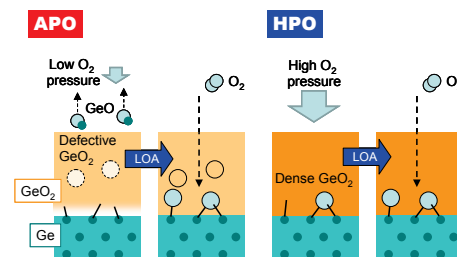


Fig. 3 HPO と APO, 及び LOA 効果の模式図.

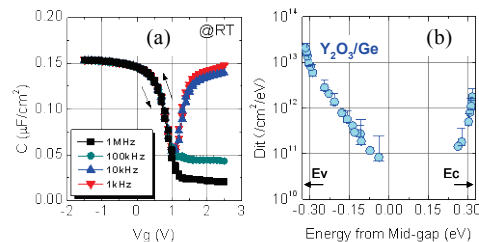


Fig. 4 (a) HPO 及び LOA を行った Y₂O₃/GeMIS キャパシタの C-V 特性. (b) コンダクタンス法により見積もった D_{it} プロファイル.

す。洗浄後の Ge 基板表面は直後のゲート絶縁膜となる Y_2O_3 の成膜以降大気曝露されない構造となっている。反転層キャリア密度 N_s を split-CV 法により見積もり、 $V_d = 5 \text{ mV}$ にて得られた I_s - V_g 特性から実効移動度を決定した (Fig. 7)。得られた移動度特性は Si ユニバーサルカーブを大きく超え、ピーク値で $1480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を得た。これは従来 GeO_2/Ge 構造で得られていた最高値 $1080 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ³⁾ をも大幅に上回った。

Ge-MISFET において GeO_2 膜厚の増加に伴い移動度が向上する傾向があることが経験的に報告されてきたが⁹⁾, Fig. 8 に示す通り, 本研究においては約 3nm といた非常に薄い GeO_2 界面層厚にも関わらず, 圧倒的に高い移動度を達成することに成功した。同様の熱プロセスを加えながらも, GeO_2/Ge に比べ $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 構造は何が改善しているのだろうか? $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 構造においても界面に GeO_2 膜が界面層として形成されており, チャネルは同様な GeO_2/Ge 構造である。しかしながら, 両者の伝導帯側の D_{it} に着目すると明らかに $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 構造において減少がみられる (Fig. 9)。伝導帯側の D_{it} は電荷中性準位が価電子帯に近いことからアクセプタ性の準位であり, nMISFET の動作時において負に帯電してクーロン散乱源となる。よって GeO_2/Ge 構造からの移動度の向上はこの伝導帯側の D_{it} の減少に直接起因していると推測される。また希土類系の元素は GeO_2 と反応し易い事¹⁰⁾, また GeO_2 中を比較的拡散し易い事が知られている⁷⁾。 $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 間に形成された GeO_2 界面層中においても少量の Y の拡散が生じていることはおそらく間違いない。 GeO_2/Ge 界面近傍に拡散した希土類系元素である La が界面準位を形成しないことが予想されているが¹²⁾, 今回の結果を見ると寧ろ希土類系の元素が GeO_2/Ge 界面に拡散することにより界面準位が低減している可能性がある。これら材料に基づいたチャネル界面の制御は, 実デバイスの作成上において HPO といった熱力学的制御の適用がスケリングやプロセスの点からありえない事からもその意味は非常に大きい。今後材料選択に基づいた界面制御の更なる理解の深化が必要であると我々は考えている。しかしながら, 更なる移動度の向上はそもそも望めるのであろうか? 最後に移動度向上の余地が残されているかについての結果を紹介したい。 MISFET における移動度はクーロン散乱やラフネス散乱といった外的な因子と材料固有の本質的な因子であるフォノン散乱等によって決定される。 Si の経験より本質的なフォノン散乱は主に実効垂直電界において中電界 ($0.1 \text{ MV}/\text{cm}$ 程度) の領域において支配的となる。そこで, フォノン散乱が支配的となるであろう領域 ($N_s = 1 \times 10^{12}/\text{cm}^2$) における移動度の温度依存性を GeO_2/Ge MISFET において得られた結果と合わせて Fig. 10 に示す。他の報告例同様に¹¹⁾ GeO_2/Ge MISFET においては温度の低下に伴い移動度が減少する一方で, 今回の $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ MISFET では温度

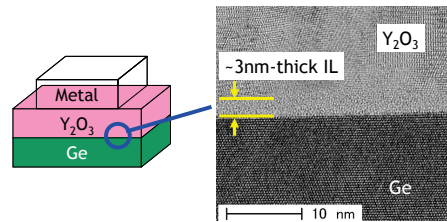


Fig. 5 界面の TEM 像。結晶化した Y_2O_3 と Ge 基板の間に約 3nm のアモルファス GeO_2 層が成長している。

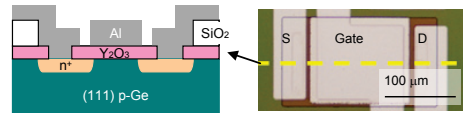


Fig. 6 作成した MOSFET の断面模式図と上面観察図。

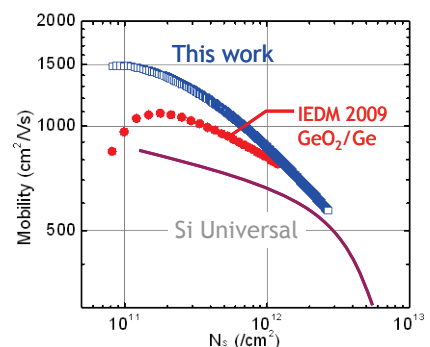


Fig. 7 $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ nMOSFET, 及び過去の GeO_2/Ge nMOSFET における電子移動度と Si ユニバーサルカーブ。

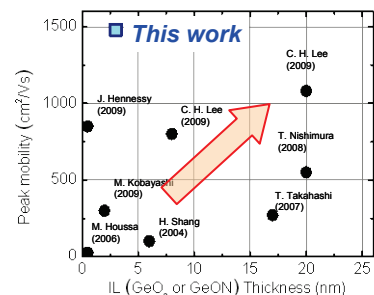


Fig. 8 Ge MOSFET におけるピーク移動度と GeO_2 膜厚の関係。従来より厚膜で高い移動度が達成される傾向がある。

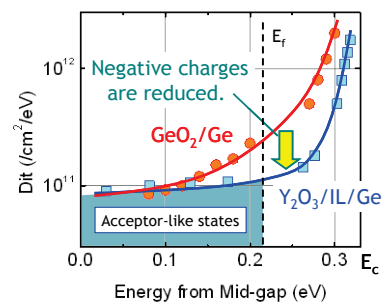


Fig. 9 HPO 及び LOA を行った $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge}$ 界面と GeO_2/Ge 界面の伝導帯側の D_{it} プロファイル。 Y_2O_3 によって大幅に低減している。

に依存せずほぼ一定値となった。本来フォノン散乱が支配的な領域では温度の低下に伴う散乱確率の減少により移動度が増大するはずであるが、ピーク移動度で $1500\text{cm}^2/\text{Vs}$ 程度を示すような今回の素子においてもその傾向を示さなかった。即ちこの $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Ge-nMISFET}$ においても未だに外因的な散乱源が支配的であり、本質的な移動度の限界には達していないことを示している。

4 結 論

本研究において、バルクの GeO_2 膜質が酸化時の酸素圧力により異なり、また GeO_2/Ge 界面は最高熱処理温度ではなく熱処理における温度履歴が重要であることが示された。これは同族元素の Si とは異なる Ge の特徴である。

また、希土類系酸化物 Y_2O_3 をゲート絶縁膜として用い、HPO, LOA を組み合わせることが、GeO 脱離の抑制、及び界面準位の低減のための鍵となり、良好な C-V 特性を得ると共に、MISFET におけるピーク移動度値として約 $1500\text{cm}^2/\text{Vs}$ を達成した。しかし移動度特性は未だ向上の余地が残されており、今後も特性の改善が進むであろう。また今後は材料選択に基づいたチャネル界面設計が重要になると考えられる。

参考文献

- 1) C. O. Chui, H. Kim, D. Chi, B. B. Triplett, P. C. McIntyre, and K. C. Saraswat, *IEDM Tech. Dig.*, pp. 437-440 (2002).
- 2) C. H. Lee, T. Tabata, T. Nishimura, K. Nagashio, K. Kita, and A. Toriumi, *Appl. Phys. Express*, **2**, 071404 (2009).
- 3) C. H. Lee, T. Nishimura, N. Saido, K. Nagashio, K. Kita, and A. Toriumi, *IEDM Tech. Dig.*, (2009).
- 4) K. Morii, T. Iwasaki, R. Nakane, M. Takenaka, and S. Takagi, *IEDM Tech. Dig.*, (2009).
- 5) D. Kuzum, T. Krishnamohan, A. Nainani, Y. Sun, P. A. Pianetta, H. S. P. Wong, and K. C. Saraswat, *IEDM Tech. Dig.*, (2009).
- 6) M. Houssa, G. Pourtois, M. Caymax, M. Meuris, M. M. Heyns, V. V. Afanas'ev, and A. Stesmans, *Appl. Phys. Lett.*, **93**, 161909 (2008).
- 7) T. Tabata, C. H. Lee, K. Kita, and A. Toriumi, *ECS Trans.*, **16**, 479 (2008).
- 8) K. Kita, T. Takahashi, H. Nomura, S. Suzuki, T. Nishimura, and A. Toriumi, *Appl. Surf. Sci.*, **254**, 6100 (2008).
- 9) M. Caymax, G. Eneman, F. Bellenger, C. Merckling, A. Delabie, G. Wang, R. Loo, E. Shimoen, J. Mitard, B. De Jaeger, G. Hellings, K. De Meyer, M. Meuris, M. Heyns, *IEDM Tech. Dig.*, (2009).
- 10) A. Dimoulas, D. Tsoutsou, Y. Panayiotatos, A. Sotiropoulos, G. Mavrou, S. F. Galata, and E. Golias, *Appl. Phys. Lett.*, **96**, 012902 (2010).
- 11) M. Houssa, G. Pourtois, M. Caymax, M. Meuris, and M. M. Heyns, *Appl. Phys. Lett.*, **92**, 242101 (2008).
- 12) D. Kuzum, A. J. Pethe, T. Krishnamohan, Y. Oshima, Y. Sun, J. P. McVittie, P. A. Pianetta, P. C. McIntyre, and K. C. Saraswat, *IEDM Tech. Dig.*, pp.723-726 (2007).

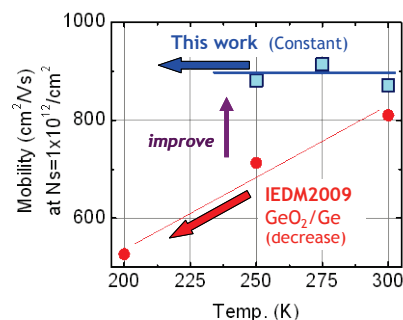


Fig. 10 移動度の温度依存性。未だ温度の低減に伴う移動度の増加はみられず、フォノン散乱が支配的ではないことを示している。

32 ひずみゲージ基礎講習会 参加報告

航空宇宙工学専攻 小林やよい
kobayashi@aastr.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

材料に力が加わると、応力が材料内部に発生する。応力に比例したひずみを測定することにより材料の強度を知ることができる。ひずみ測定に必要なひずみゲージは構造力学実験にとって必要不可欠である。今まで実際に使用してきたが、改めて基礎を学びたく、平成 21 年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)により「ひずみゲージ基礎講習会」に参加することができたので、以下に報告する。

2. 応力とひずみ

まずは応力（ひずみ）計測の必要性について簡単に述べる。私たちの身の回りにある構造物、航空機だけでなく、自動車・船・橋・ダム・建物などの設計の際には強度・安全性を考える必要がある。また、最近では軽量な材料を使用したり、簡易で丈夫な設計が求められていたりする。そして、CPUの高速化、安価な PC により有限要素法などを使ったプログラムによる構造解析に基づいた設計ができるようになった。

だが、最終的には本当に設計通りの性能や強度があるかどうかを確かめてみる必要がある。そこで構造実験を行い、構造物にかかるであろう荷重に対する応力を知ることになるが、応力は直接測ることができないので、弾性範囲内では応力に比例するひずみを測ることが重要になる。

ひずみを測定する方法は様々である。モアレ法、光弾性法等は構造物の全体の分布状態を見ることができるが、試験装置が若干複雑なため最近は見ることが少なくなっている。ひずみゲージによる測定方法は、局部的ではあるが定量的に値をとらえることができるために、現在も多く使用されている。

3. ひずみゲージ

既知の方も多いかと思うが、ひずみゲージについて簡単に説明する。

外部から力を受けると物体は変形し、内部には外力に反発してもとの形を保とうとする力が発生する。この時の単位面積当たりの内力を応力という。その時の、わずかに変形した時の変形した量と元の量の割合がひずみとなる。(図 1)

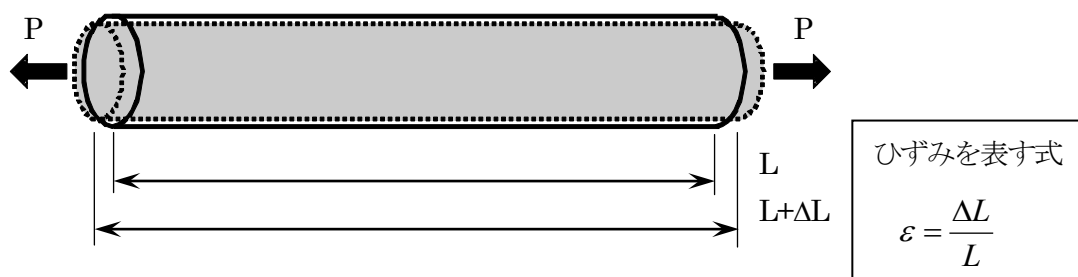


図 1 ひずみ

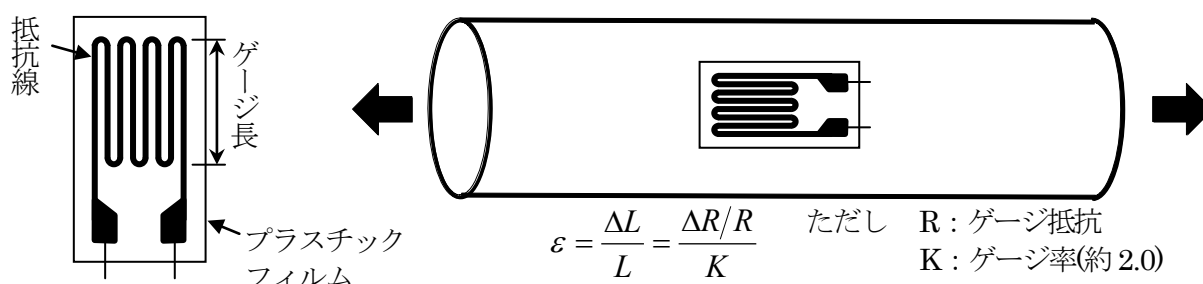


図2 ひずみゲージ

ひずみゲージは薄いフィルムの間に金属抵抗箔がはさんである。金属抵抗箔の変形により、電気抵抗が変化する。変形する材料にひずみゲージを接着して変形させることで金属抵抗箔も変形する。金属抵抗箔が変形し、電気抵抗が変化する性質を利用して材料の変形量をはかり、抵抗の変化率をひずみ量に変えていく。

4. 「ひずみゲージ基礎講習会」概要

筆者が参加した「ひずみゲージ基礎講習会」は、主催、会場ともに(株)共和電業であった。講習プログラムの内容は表のとおりである。

表1 ひずみゲージ基礎講習会 講習内容

1 日目 (平成 21 年 9 月 3 日(木))	2 日目 (9 月 4 日(金))
ひずみ測定目的とひずみゲージの原理	ロゼットゲージによる応力解析法
ひずみゲージの種類と選択	ひずみ測定器の原理、基礎
ひずみゲージの接着実習	動ひずみの測定実習
静ひずみの測定実習	ひずみゲージの変換器への応用と校正法

ひずみゲージは約 60 年の歴史があり、安価で汎用性が高い。また、ひずみゲージを使用して、荷重計、圧力計など計測センサーとしても利用されている。2 日目の「ひずみゲージの変換器への応用と校正法」にて、簡単な説明と実際に試作された荷重計を見せていただいた。今まではひずみゲージを応力センサーとして利用してきたが、計測センサーの設計、試作をしてみたいと考えている。

5. 考察

ひずみゲージは何度となく扱ってきたが、この講習会はとても興味深く、よい経験となった。今までは大まかなイメージだけで扱い、指導してきたが、今回の講習会の参加でひずみゲージの理解に自信がついた。

今回の講習会は非破壊試験技術者資格試験の訓練証明にもなる。資格取得については今後のスキルアップの一つとして考えたい。

謝辞

今回の「ひずみゲージ基礎講習会」参加については平成 21 年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)にて実施することができた。ご協力いただきました方々にこの場を借りてお礼申し上げます。

参考文献：高橋 賞、河合正安 著、「ひずみゲージによるひずみ測定入門」(大成社)

33 CF／PP複合材のリペアー性の可能性について

システム創成学専攻：大澤 勇、森田明保、金井 誠

ohsawa@giso.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

繊維強化複合材料が有用な構造材料であるためには、繊維と樹脂との接着が良好であることも不可欠であるが、その材料の強度、剛性が必要とされるレベルにあることも不可欠である。ポリプロピレン (PP) ¹⁾ のような熱可塑性樹脂は加熱することにより熔融し、それを冷却すると元の硬度の塊に戻る性質を持っている。この PP をマトリックスとした炭素繊維(CF)／PP 複合材が近年、自動車用構造材料の研究対象として注目を浴びており ^{2) 3)}、加熱と冷却過程をうまく利用すればそのリペアー性 (修復性、補修性) を引き出せると考えられている。この性質はエポキシ樹脂 (熱硬化性樹脂) を用いた代表的な複合材料とされる炭素繊維(CF)／エポキシ(EP)では絶対に見出せない特性である。すなわち CF／EP 複合材においてはエポキシの樹脂割れの進行で初期破損が進むが、CF／PP 複合材では破損後に再加熱成形することで、樹脂割れ破損部が融着して強度・剛性を元の状態近くまでに回復できる可能性がある。そこで、本報では CF クロス 8 層と PP シートのホットプレス交互積層法で厚さ 2mm 程の積層板を成形し、三点曲げ法で試験片に各歪レベルの負荷を行った ⁴⁾。その後に損傷試験片を再加熱することで、リペアー性の検討を行なったところ予想を上回る結果を得たので、概要ではあるが要点を中心に記してみた。

2. 使用した基材とホットプレス成形

炭素繊維織物は三菱レイヨン (株) の 3K 平織りクロス ⁵⁾ を 8 層。PP 樹脂シートは (株) カルプ工業の特注品で無水マレイン酸 0.3% 含有 (MFR=30) を用いた。詳しい成形手順は省略するが、ラボ成形としては当研究室の成形手順 ⁶⁾ に沿い、PP フィルムと炭素繊維布を交互に擬似等方積層した。成形温度は 200℃とし、また再成形を繰り返すため樹脂分解が生じないように可能な限り加熱時間は短く抑えた。本成形では糸目の詰まった繊維束を用いた標準品の炭素繊維平織りクロスと粘度の高い PP 樹脂の組み合わせであるために、樹脂の含浸状況は複合材として満足のいく状態ではなく、CF 短繊維と PP による混練物の成型の場合 ⁷⁾ とは全く異質の成形となった。なお、樹脂含浸状況に関しては試験片断面の顕微鏡観察から確認した。

3. 加熱による破損試験片のリペアー

試験片はダイヤモンドカッターを低速で切り出し、板厚 2mm、巾 15mm、全長 80mm とした。三点曲げ時のスパン長は ASTM 規格 ⁸⁾ に準拠して 64mm に設定している。図 1 には曲げ負荷破損後の試験片 (下) と破損後に加熱リペアー成形を施した試験片の外観の違いを示す。写真に示すように加熱再成形を施す事により樹脂割れ部は消えて、外見上は負荷前のフレッシュ材と全く変わらない状態に見事に戻せることを確認できた。これは、再加熱条件の失敗を何回



Fig. 1 破損した曲げ試験片 (下) と熱リペアー後の試験片 (上)

も繰り返した末の結果が図1であり、通常の板成形条件とは全く異なる条件で行わなければならないこともわかった。すなわち、加熱温度は通常成形温度より 30℃ほど低めの PP の融点近くとし、加熱時間は必要最小限に抑えること。そして加圧力は抑え気味で、加圧部は必要な部分のみに限ることであり、残念ながらこのような抽象的な表現しかできない。これを実践するための再加熱用の専用自作金型ジグを図2に示す。これは上述した条件を満たす現時点での最適金型ジグである。

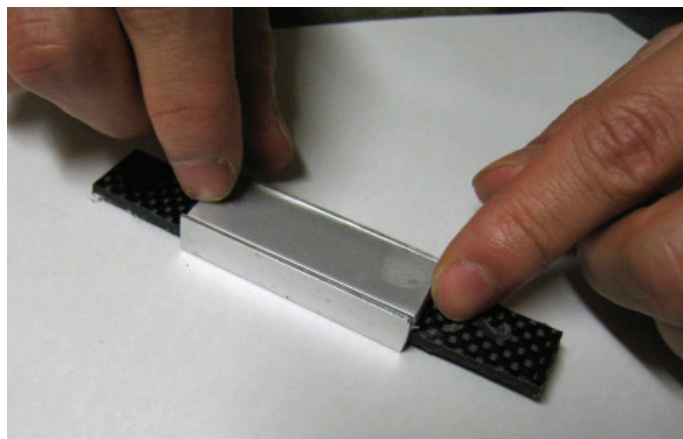


Fig2 再加熱成形用の専用自作金型ジグ

4. CF/PP 試験片の断面観察による破損の様相

図3は三次元計測 X 線 CT 装置（ヤマト科学（株）TDM1000-IS/S）により三点曲げ試験片の負荷点直下近傍部の破損状況を観察した画像を示す。これは最大荷重を越えて積層複合材の典型的破損を強調して表現するために過大に負荷して変形させ、画像にしたものであり左側

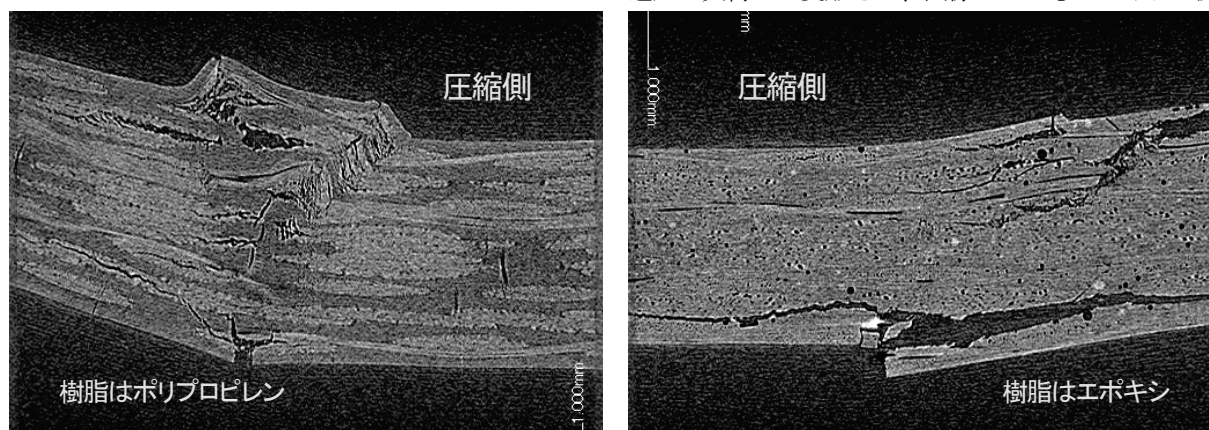


Fig. 3 三点曲げ負荷による負荷点直下部近傍における試験片の典型的な破損状況の比較
CF クロス/PP (左)、 CF クロス/EP (右)

が CF/PP、右側が CF/EP 積層材である。引き張り側の繊維破断、そこから進展する層間はく離、圧縮側の繊維座屈、それに伴う層間はく離や貫層斜めせん断。またポリプロピレンとエポキシ両者の特性差からくる破損状況の違いも明らかである。

図3右に示した熱硬化樹脂を用いた CF/EP の場合、加熱による補修は不可能であるが、左に示した熱可塑樹脂を用いた CF/PP の場合には再加熱により外見上は元通りに戻る。ただし、図3に示す状況まで破損を進めた試験片の、特に繊維破断を起こしている場合では強度・剛性面の回復は難しくなる。そこで、次節には負荷レベルの違いによる再加熱加工後の回復結果を示す。

5. 再加熱リペアー後の三点曲げ挙動における回復挙動

図4-1には CF/PP フレッシュ試験片の3点曲げにおける典型的な応力—歪み線図を示す。歪み1%前後で圧縮側の初期破損で荷重ピークを迎え、直後に荷重低下している箇所が歪み2.2%前後。その後は荷重安定部が3.7%前後まで続き、その後は座屈挙動と連動して荷重が一気に50%程低下するというように応力—歪み線図的には

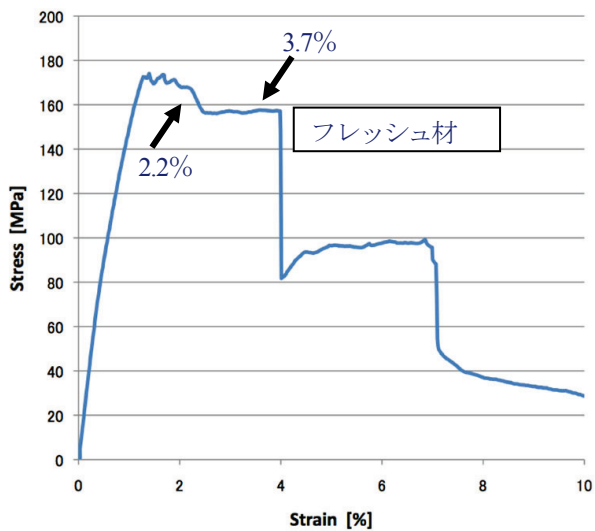


Fig. 4-1 CF/PP フレッシュ材の典型的応力-歪み線図

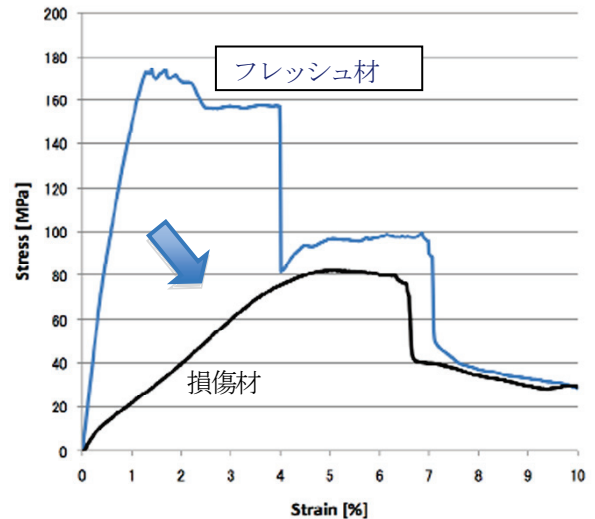


Fig. 4-2 フレッシュ材負荷後の無補修材の
再負荷損傷材の応力-歪み線図との比較

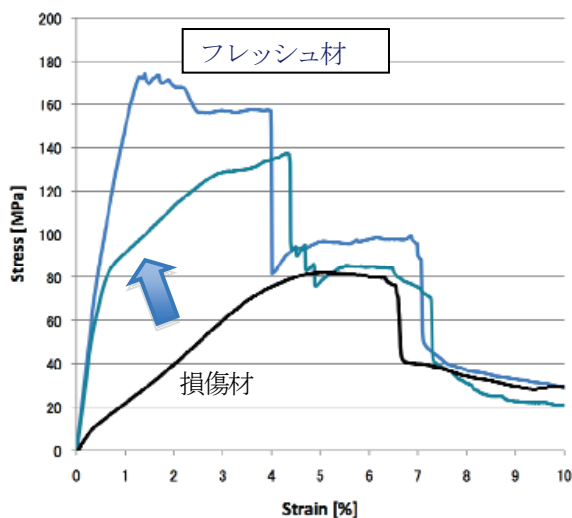


Fig. 4-3 3.7%負荷後試験片を加熱補修し再負荷後の
応力-歪み線図との比較

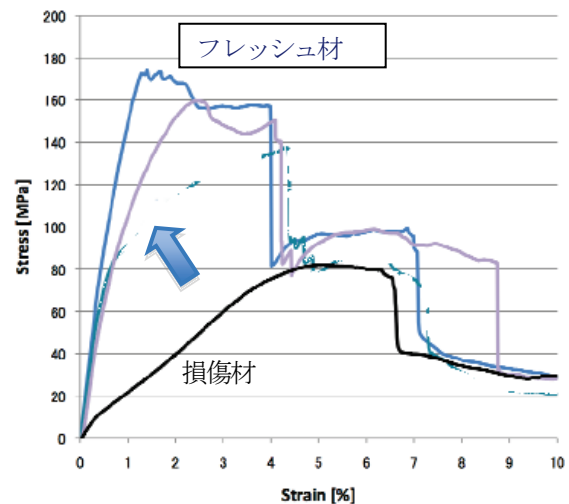


Fig. 4-4 2.2%負荷後試験片を加熱補修し再負荷後の
応力-歪み線図との比較

延性領域の多いのが特徴である。

図 4-2 は破損したフレッシュ材をそのままの状態です再負荷した時の応力—歪み線図であり、当然であるが剛性も強度もフレッシュ材には及ばない。図 4-3 には図 4-1 の歪み 3.7%前後まで変形させて変形を止め、その試験片を再加熱リペア後に再負荷した時の応力—歪み線図を挿入している。加熱リペア材ではフレッシュ材強度 50%程度まで立ち上がりヤング率は同等で、強度は 80%まで回復した事が示された。他方、図 4-4 には図 4-1 の歪み 2.2%前後まで変形させて負荷を止め、同じように再加熱リペア後の負荷時の応力—歪み線図を挿入している。立ち上がりの線図も途中で折れ曲がる事なく滑らかに上昇し、強度的にも 90%まで回復することが示された。図 4-3 と図 4-4 の結果から言える事は、損傷による変形が少ないほどヤング率、強度の高い回復率が期待できるということで、強化繊維の破断等が少ない領域内であれば熱可塑樹脂を用いた CF/PP 複合材では強度・剛性特性が十分に回復可能であることを示すことができた。このことは自動車の外板を想定した場合、致命的な損傷は

別にして道路からの小石の直撃による「えくぼ」程度の大きさの凹み程度では板金の場合と同等に問題なく補修可能な材料であることを示せた。表1にはフレッシュ材、リペアー材の特性値の平均値を示したが、変形歪みの少ないほど回復度は高く、フレッシュ材に近づくことを確認した。

Table 1 各試験片の特性値（3本の平均）

	曲げヤング率 (GPa)	曲げ強度 (MPa)	最大荷重時の 曲げ歪(%)
フレッシュ材	19.6	170	1.83
リペアー材(3.7%)	17.2	137	4.34
リペアー材(2.2%)	16.0	160	2.50

6. パッチ当て法による再加熱リペアー後の三点曲げの回復挙動

ここではパッチ当て法による損傷材の回復挙動を簡単に示す。ここでのパッチとはCFクロス1層（5cm 長）を損傷部に加熱しながら融着し補強を施す方法である。加熱リペアー後の外観は割れや表面の凹凸も無く、フレッシュ材と全く同様に仕上がる。パッチは試験片の上下に1枚ずつ添えたので多少厚さは増えるが（フレッシュ材：2.57mm、パッチ材：2.91mm）その部分のVfも増えるため強度・剛性に関しては安全サイドとなり、図5にはそのことが線図によって表されている。この補修法によれば試験片内に繊維破損が存在していても「繊維補強」しているためにバージン材を超える強度・剛性の向上は確実に期待できると考える。

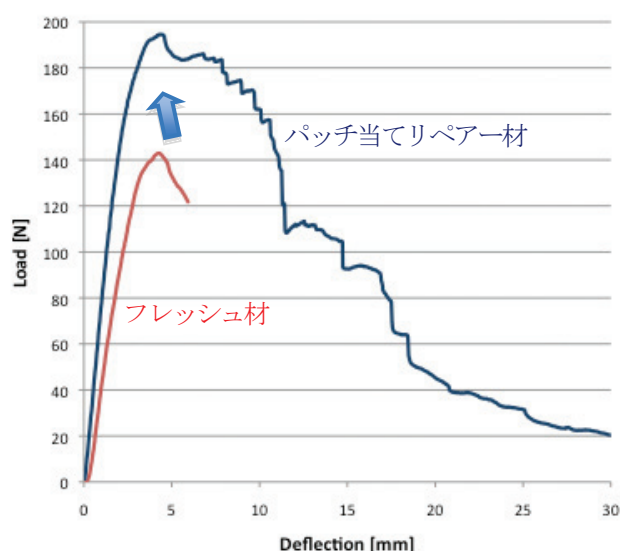


Fig.5 フレッシュ試験片と破損後のパッチ当て試験片の荷重—たわみ線図の比較

7. おわりに

CF/PP 複合材の加熱リペアー性（修復性、補修性）に関して各種検討し、要点を中心にまとめた。その結果CF/PP 板成形と加熱リペアー成形とは成形条件が全く異質であることを確認した。今回は詳細な条件詰めまでは行っていないので、今後は加熱温度、加熱圧力、加熱時間など重要なファクターの定量化を詰めていきたい。更に、曲げ負荷時の歪み量に対する強度・剛性の回復率も相関があるはずであり、熱可塑性樹脂を使うメリットの1つとしてこの未開拓領域を明らかにしていきたい。

参考文献

- 1) “第11回プラスチック成形加工、実践講座シリーズ：材料編”、プラスチック成形加工学会、平成22年7月
- 2) 日本経済新聞 “「炭素繊維車」の材料開発（短時間で加工可能）” 朝刊1面、2010,5月31日
- 3) NIKKEI MONOZUKURI “特集、炭素繊維をいませんか” pp.48-71, April 2008
- 4) 高橋研究室、平成21年度修論、金正将 “CFRTPの補修性に関する基礎的研究” 2010.3月
- 5) 三菱レイヨン（株）CFクロス・ホームページ <http://www.mrc.co.jp/pyrofil/product/index.html>
- 6) “CFRTP 研究・動機付け体験プログラム（成形コース）” 研究室資料
- 7) 大澤勇 “ラボにおける短繊維CF/PP複合材の成形とその3点曲げ特性向上” 第24回東大工学系研究科技術発表会、pp.127-139、2009
- 8) “Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electric Insulation Materials” ASTM-D-790M-86

34 明治期工学教育における実地演習、実験室の状況

建築学専攻 角田 真弓

tsunoda@arch.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

日本初の高等工学教育機関である工部大学校は教育課程を予科学、専門学、実地学の三科¹⁾とし、学内での座学、実験に加え、実地演習に重点を置いていたことが特徴の一つとして挙げられる。この教育方針は工部大学校を引き継ぐ工科大学においても継承される。筆者は昨年度の報告²⁾において、各専攻における列品室及び標本に関する紹介を行ったが、本報告においては明治期の高等工学教育機関である工部大学校、工科大学における各専攻の実地実習、及び学内実験施設に関して分析を行いたい。

2. 工部大学校、工科大学における実地演習

実地演習は工部大学校および工科大学を通して行われていたが、記録は限定されており、実態は不明な点も多い。全体像を把握することは困難であるが、先行調査として、以下の目録が発行されている。

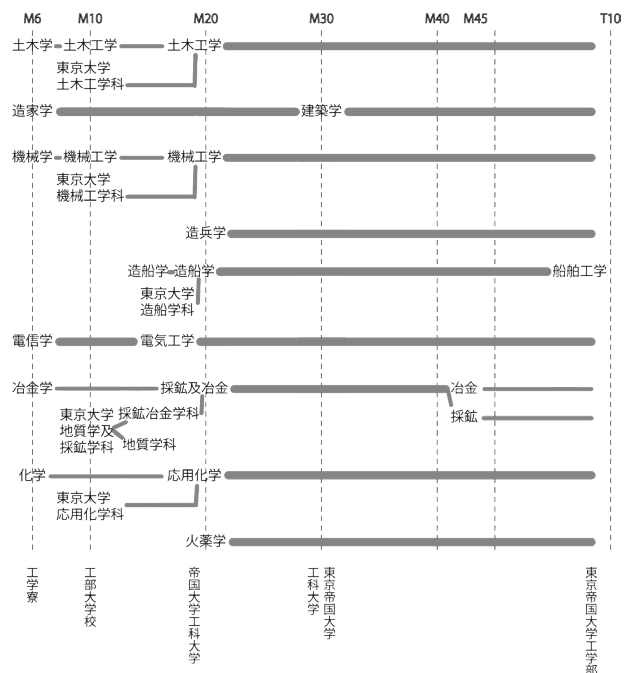


図1 工部大学校・工科大学の学科変遷

『東京大学百年史』部局史三 第九編 工学部を元に作成

1) 「東京大学工学部資源開発工学科所蔵学生実習

報告目録」『九州石炭礦業史資料目録』第十集、西日本文化協会、1984

旧資源開発工学科（現システム創成学）が所蔵する、明治31年以降の実習報告のうち戦前期までの目録を掲載。

「東京大学工学部金属工学科所蔵学生実習報告及卒業論文目録」『九州石炭礦業史資料目録』第十一集、西日本文化協会、1985

旧金属工学科（現マテリアル工学）が所蔵する、明治12年から明治30年までの実習報告と卒業論文の目録を掲載。

2) 『工部大学校・帝国大学工科大学電信学科・電気工学科 明治年間卒業論文及び実習報告リスト』高橋雄造・前島正裕編、東京農工大学高橋研究室発行、1991

旧電気工学科（現電気系工学）が所蔵する、明治12年より明治45年までの卒業論文と実習報告の目録を掲載。

3) 鈴木淳解説「旧造船学科卒業論文・実習報告書目録」『東京大学日本史学研究室紀要』第5号、東京大学大学院人文社会系研究科・文学部日本史学研究室、2001

旧造船学科（現システム創成）が所蔵する明治16年より戦前期までの現存する卒業論文及び実習報告書の目録を掲載。

4) 滝沢正順「明治時代の東京大学工学部の卒業論文について」『技術報告』第24回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会、2002

工学部内での工部大学校、東京大学理学部、工科大学における卒業論文の現存状況を紹介。実習報告の有無も記されている。

上記目録類は現在引き継ぐ各学科において現存する卒業論文、実習報告書の目録であるため、必ずしも全貌を表しているわけではない。しかし、傾向をつかむことは可能であり、少なくとも電信学（電気工学）、造船学、冶金学・採鉱学の各学科では卒業論文とともに実習報告を提出する習慣があったことを裏付ける。そこで、目録が発行されていない各学科の状況も含め現状を纏めると、以下の通りとなる。

表 1 工部大学校・工科大学の卒業論文・実習報告の現存状況
上記 1)、2)、3)、4) および工学部図書室聞き取り調査より作成

旧学科名	卒業論文	実習報告	備考
土木学科	不明	不明	未調査
造家学科 (建築学科)	現存	現存せず	卒業設計は明治12年より現存 卒業設計の仕様書も明治27年よりあり
機械工学科	現存	現存せず	
造兵学科	現存せず	現存せず	
造船学科	現存	現存	上記 3) 参照
電気工学科	現存	現存	上記 2) 参照
採鉱及冶金学科	現存	現存	上記 1) 参照
応用化学学科	明治40年代より 現存	明治40年代より 現存	詳細は未調査
火薬学科			

卒業論文の現存が確認できない学科(土木学科、造兵学科)は再検討が必要であるが、卒業論文の現存状況が良好であるにもかかわらず、実習報告が存在しない学科(機械学科、建築学科)もあることから、実習報告は必ずしも全学科での提出義務はなく、学科ごとに扱いが異なっていたと考えられる。このことから、実地研修が全学科で行われていたとは言い難い。

3. 工部大学校における実地演習と実験室

1) 実地演習

開学当初より実習に重きを置いていた工学寮(工部大学校)であるが、上記のとおり具体的な実地演習の内容は必ずしも明らかではない。『工部省第三回年報』によると、明治 9 年の電信学科の志田林太郎、川口武一郎により教師随行のもと行われた六ヶ月間の実習をはじめとして、翌 10 年より各学科で実地演習が行われることとなったという³⁾。

次に何年時にどの程度の期間、実地演習を行っていたのかを検討するために、明治 10 年 4 月～11 年 7 月と、明治 12 年 4 月～13 年 7 月における各学科の実地演習の実施状況を紹介したい。これによると、5.6 年次での実習が各学科ともに大半を占めているが、参加人数や期間など学科によりかなりのばらつきがあり、実地演習の扱いが学科によって大きく異なっていたことが解る。

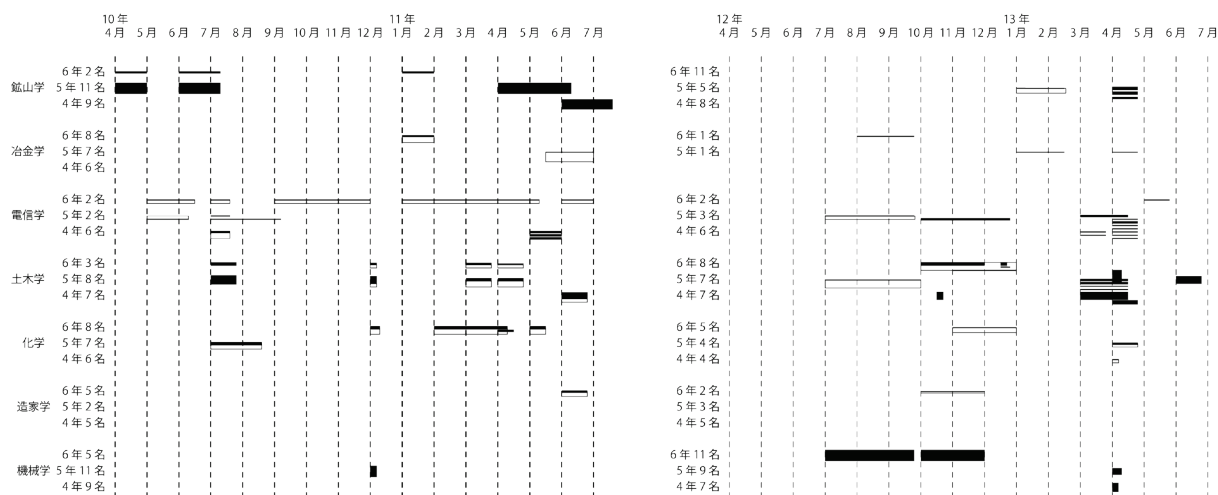


図 2 明治 10 年 4 月～11 年 7 月、明治 12 年 4 月～13 年 7 月における実地研修の実施状況
『工部省第三回年報』『工部省第五回年報書』より作成
塗りつぶしは参加人数、白抜き部分は非参加人数を表す。

2) 学内試験施設

工部大学校内の建物(施設)に関する情報は限定されており、限られた写真や記録から推測を行うに留まる⁴⁾。

特に付属施設である試験施設は、どこに建てられているのか不明な点も多い。しかし、「工部大学校課並諸規則」(明治18年)によると、以下の施設が実験室として挙げられている。

工学試験場

第二節 場内には各種の旋盤その他作形機、鑽鑿機等の諸機械を設置し、軸路と革帯の装置にて依て平置汽関の汽力を移し、以てこれらの機械を運転せしむ。

第三節 場内には又万力檯の設けあり。かつ鑢、鋸、鑿及び各種の螺切器、旋盤具等の如き諸手具の備へあり。以て生徒をして、その意匠せし所の図式に據て模型を作り、もしくは機械の一部を製作して実地を練習せしむ。

第四節 場内には物料の強弱を試験する一式の機械を設置す。強大なる鉄挺試験機の如きは自動標度器を以て物料強弱の度を自記指定するの装置あるものとす。また「ソルストン」氏の転扭試験機及び灰砂油等を試験する器械を備ふ。(以下略)

理学試験場

第一節 理学試験場は室内の区処よくその目的に適ひ、事業用の机及び檯等の如きも能く整備して器械を排置する。檯の如きは、石基上に設置するものあり。玻璃箱を以て外囲を掩へ、以て風塵の侵すを防ぐものあり。而して場内の 檯には都にて水及びガスを供給するの装置あり。また、一大火炉の 檯あり風室あり。また煙筒あり。以て有害なるガスの通路とす。(以下略)

電気工学試験場

第一節 現今別にこの場の設けなし。故に理学試験場を以てその用に充つ。而して電気工学に係る事業は、電気工学科教授の指揮に従ふものとす。

第二節 場内験電器室あり。数機の石 檯を設け、これに「トムソン」氏の試験器等を備へ、その他必要の装置をなせり。また一大室中に各種の電槽数百を備へ、この二室より電線を通し、場内の器械室及び、その他の各室を連接す。

化学試験場

第一節 本場は生徒をして尋常の原素及び簡易の復体を試験し、或はこれを製煉し、或は定量及び定質の分析、応用分析并諸物品製造製煉の方術を研究、練習せしむるの所なり。

第二節 場内数個の長 檯を備へ、棚架抽斗等並し、以て生徒の使用に便す。また別に砂鍋を装したる一基の大火炉数基の埵塙炉及び「マッフェル」火炉を備ふ。

第三節 場内にはガスを引用し、その使用に要する所の燃器及び各種の火炉を備ふ。

第四節 蒸留水は場内に於てこれを製し、常に充分の量を貯ふ。

第五節 場内の 檯には水管及び竜頭を以て水を供給するの装置を設け、また鉛槽を具へ水槽及び洗盤の両用を兼しむ。

第六節 玻璃器、陶磁器その他尋常の器具及び酸類その他の試薬は、常にこれを備へて生徒の使用に供す。

第七節 また場内には一般の定量分析及ひ金銀分析等に用る天秤白金器、瑪瑙及び鋼製の乳鉢等の備あつて、生徒の使用に供す。都て尋常の化学試験に要する所の器具にして、備をさるものなし。

第八節 本場は固より生徒修業の爲めに設くる所ありといへども、本校化学教授は本省の化学顧問を兼摂するを以て、鉱山課に係る分析試験の事業もまた、この場に於てこれを為す。(以下略)

金石試験場

第一節 本場は二区に分ち、一区は金石の見本を備へ、生徒その性質を研究するの用に供す。

第二節 また他の一区に於ては、吹管分析の器械を備へ、生徒をして単一なる化学試験に依て、金石識別の方法を修めしむ。

製造術及び冶金術試験場

この二場は未だ建設せざるを以て、姑く化学試験場内の一部に於て、別に火炉及び「ゲーリューサック」氏発明の銀質分析器、その他金属の分析に必要な器具を備へ、以てその事業に妨げなからしむ。

電気工学試験場、製造術及び冶金試験場は工部大学校が廃校される明治18年においても、建設されていなかった。しかし、それぞれ理学試験場、化学試験場を間借りして実験を行っている様子が窺える。

4. 工科大学における実地演習と実験室

1) 実地演習

時代が下るごとに、学科間での実地演習の扱いの差が大きくなることで、実施状況にも差がみられる。これらは、各学科内での講座の変遷を踏まえ、丁寧に検討する必要がある。

2) 学内実験室

工科大学時代の学内実験室の様子は以下の資料により伺い知ることができる。小川一真により撮影された『東京帝国大学』写真帖は、諸外国に対し当時の日本の教育環境を知らしめるため作成された写真帖であり、明治33年版と明治37年版の2種類が存在するが⁵、特に明治37年版には工科大学内の5ヶ所の実験室が紹介されている。

この写真が撮影された当時の実験室の状況は、『東京帝国大学一覽』によると、以下の通りである⁶。

機械工学実験室 東京帝国大学構内の給水及電灯その他の事業に関し、その需用

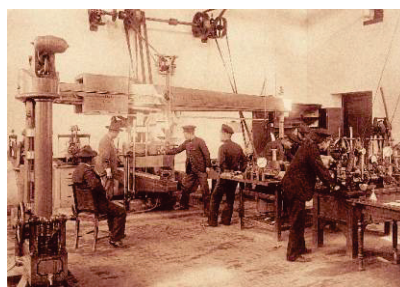


写真 1 工学実験所試験室

に必ず。その原動力としては、各種の蒸気機関を始め、ガス機関、熱気機関等の諸機関を備え、その他発電機、強弱試験機、平削機、成形機、剪断機、鑿削機、鑽孔機、圧穿機、螺旋切機、点轉、動作計及び各種の旋盤より鑪、鑿、鑿等の諸工具を整備し、かつ木型場、鍛冶場を設け学生の意匠図案に基づき模型もしくは機械の一部分を製作しもつてこれを標本とし、或いは実用に供せしむ。また、強弱試験機に抛り諸種の材料に就き試験を行い、その強弱を実験せしむ。

採鉱及冶金学実験室 試金術、撰鉱学、冶金学及鉱物学の諸科に関し各特設の装置あり。試金術に関しては「マッフル」炉二個、風炉二個及附属の天秤その他の諸器具あり。また湿式試金用の機械あり。以て乾湿両式の試金術を施行するを得べし。撰鉱学に関しては、数十台の模型機械のほか「ブレイキ」式小形碎巖機、円篩及跳汰機あり。以て撰鉱学実験の用に供す。

冶金学に関しては、実験用反射炉一個、堅炉二個、樽式及桶式混 湏炉二個あり。以て略々金銀、銅、鉛等諸鉱石の焙焼く、鑄鍊等冶金上の試験を施し、かつ鉄冶金学上に関する学理及実地の研究をなすを得べし。

鉱山学に関しては吹管分析用に器具を備え、学生をして単一なる試験により鉱物識別の方法を学修せしむ。

電気工学実験室 各種の電流計並測定器を備え、学生をして電気磁気に関する測定を為さしむ。また、電気に関する標準器ありて、計器の検定をなす設備あり。なお、電動発電機、ガス機関発電機、蒸気機関発電機、蓄電池、直流発電機、並電動機、交流発電機並電動機、回転変流機、変圧器、特別高圧試験用変圧器、無線電信及電話装置等ありて、学生をして各種発電機、電動機、変圧器その他特別高圧に関する試験をなさしむ。

この他にも、応用化学実験室も存在すると記されている。

これら古写真と、実験室の説明文より、当時のキャンパス配置図を元に場所の比定も可能となる。

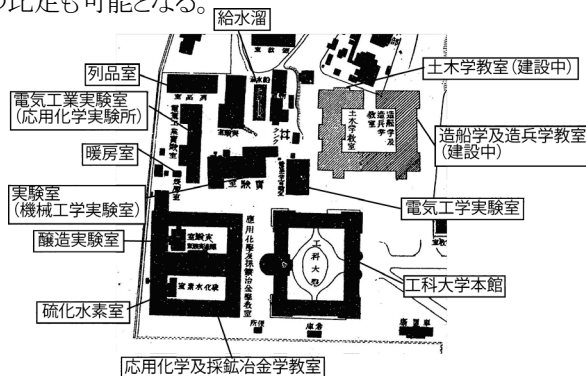


図3 明治37年頃の工科大学キャンパス図
『東京帝国大学一覽』(明治37年)附図に加筆

5. おわりに

今回の報告において、明治期の工部大学校・工科大学における実地演習などの実施状況と実験室などの設備状況を紹介した。工学教育はこれら演習、実験により支えられていることから、今後これら実験施設やその中で使用されていた実験・試験器具などの備品と、卒業論文や実験報告などの成果物の双方からの分析を進めることで、明治期における工学教育の実態をより具体的に描くことが可能となると考える。

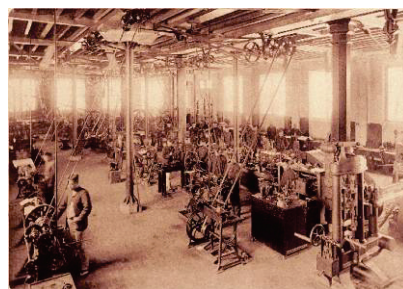


写真2 機械工学実験所



写真3 試金実験室

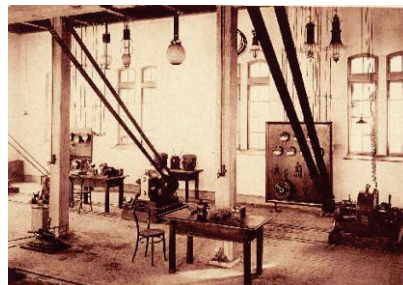


写真4 電気工学実験所

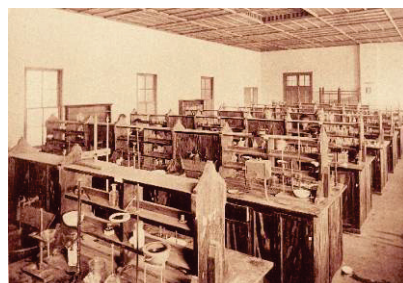


写真5 応用化学実験室

¹『工部省第一回年報』(自明治八年七月至明治九年六月)

²「明治期工学教育における図学教育」『技術報告』第24回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会、2009.09、pp105-108

³『工部省第三回年報』(自明治十年七月至同十一年六月)中

⁴「一、専門学科生をして実地研究の爲め各所に派遣せしむることは明治九年四月電信学生志田林三郎、川口武一郎の二名をして電信寮御雇外国人に随行、信濃、岐阜勢州津の間に六ヶ月間派遣せしむるに訪り。爾来十年四月、鉱山学六年生二名、五年生拾一名をして上州中小坂并其近傍へ派出せしむる。大凡三十日間ならしむる等を嚆矢として尋て今年度内に及び、陸路派出せしむるに至る。又以て学力進歩の景状を想見するに足れり。故に今其概略を歴序狭記して以て一閱に供す。」

⁵「工部大学校建築の建設経緯」『技術報告』第22回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会、2007.09、pp.151-156

⁶明治33年版は同年開催の万国博覧会、37年版は米國セントルイス万国博覧会出品のため大学当局により作成された。東京大学附属図書館のホームページにおいて、電子化コレクションとして、東京大学総合図書館で所蔵する2種類の写真帖の画像を公開している。

⁷『東京帝国大学一覽』明治37年、明治42年

35 建築外装材の問題について

建築学専攻 田村政道

tamura@arch.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

「火事と喧嘩は江戸の華」という言葉が象徴するように日本では江戸の昔から大火が日常的だった。明治以降、西洋文明やその建築様式を取り入れること、また大火や震災、戦災を経験することによって都市の不燃化が推し進められてきた。そんな中、エネルギー効率の要請などからサンドイッチパネルによる熱効率の追求、近年では外断熱工法などが導入されている。しかしその一方、それら新材料・工法の安全性を担保するための適切な試験規格がなく、耐火試験炉を用いて性能を検証するしかなく、その判定基準が「防火上有害な爆裂・剥離・脱落を生じない」「防火上有害な発煙などを生じない」などの曖昧な表現となった。また、試験時間が30分・60分であったことなどもあり、防火・耐火と誤解され混乱が生じた。

平成12年の建築基準法が大改訂を経て、可燃性の断熱材を使用する外断熱工法の施工が増加してきた。これは昭和60年建築指導課長通達、「耐火構造の外側に施す外断熱工法の取扱いについて」で規定された試験法、「外断熱工法に係る防火性能試験方法」で評価される工法とは限らない。外断熱工法に対して耐火試験のみによる判断を下している日本の状況は、躯体部分で耐火性能を確保できる限り、外装側に可燃物があっても構わないと解釈される懸念が生じている。

これら現状の問題を解決すべく、耐火構造の外側に施工される外断熱工法に関し、耐火試験によらずそれらが持つ防耐火性能を正確に判断するための試験方法を確立する動きがあり、筆者はここ最近その活動に参加している。その活動の一環として、東アジアで有機系の材料を断熱材、あるいはサンドイッチパネルとして多用している中国と韓国で開催されたセミナーに参加してきたので本報で紹介する。

2. 火災事例

【米国 ラスベガス モンテカルロホテル】2008年1月25日



写真1 YouTubeより



写真2 延焼状態

火災の原因は屋上で行われていた金属部材の切断や溶接であり、その作業自体が適切な許

可を得てないことが指摘されている。外装材はポリウレタンで表面被覆された発泡プラスチックであり、火災の特徴として上階延焼に加えて、横方向・下方向の延焼も発生している。

【韓国 江南区三成洞 ハジンビル】2008年6月24日



写真4 韓国ハジンビルの被害状況(ソウル市立大学 尹 教授提供)

火災の原因は、投げ捨てられたタバコの火が1階のエアコンの室外機あたりに積もっていた枯葉などの可燃物に着火し、瞬間に最上階まで火炎伝播した。外装材は、アルミのサンドイッチパネルであり、ポリスチレン樹脂を2枚のアルミ板ではさんだサンドイッチ構造。韓国では、ビルの改修工法のひとつとして広く使われている。

【中国 北京 TVCC】2009年2月9日



写真5 news. 163.comより転載

中国中央電子台新社屋の北側に位置するテレビ文化センター(以下、TVCC)は、春節を祝う花火が原因で着火し、瞬く間に外壁を全焼した。外壁を覆っていた材料は XPS(押出ポリスチレン、建材用の発泡スチロールの一種)であり、一般的に燃えやすい材料とされている。

火災の特徴として上階から下階、また横方向に火炎伝播し、XPS で覆われていた部分が全焼したことがあげられる。

3. セミナー

【中国】2009年8月12日～15日

清華大学において、「日中建築防火技術研究交流セミナー」が開催された。日本側は、東京大学、理科大学、建築研究所が参加し、外断熱工法に関する防耐火性能、ecoMAによる防災性能評価、火害を受けたRC構造物の非破壊検査、防火材料および構法、設計火源、耐火性能に関する発表があった。中国側は、外断熱高層建築物の火災事例と外装材試験の紹介、火災研究におけるCFD活用、北京五輪時に用いられた防火システムについての発表があった。

セミナーの後、外断熱に用いられる材料の種類・工法といったことに対し、日中における現状や規制について意見交換した。なお、筆書は「外断熱工法の防耐火性能に関する研究」と題して博士課程の楊欣潔と分担して、コーンカロリメーター試験、SBI試験、ICAL試験、中規模ファサード試験について発表した。セミナー後、TVCC敷地内に入ることは不可能であったが、近くから現地調査を行った。



写真6 TVCC

【韓国】2010年5月17日～20日

ソウル消防災難本部で「有機質系断熱材を用いた建物火災に関するセミナー」が開催された。日本側は、東京大学、東京理科大学、建築研究所、三菱樹脂(ISO委員として)が参加し、建築防火材料の考え方、外断熱工法外壁の防火性能に関する新しい試験技術の検討、既存試験法による外断熱工法外壁の防火性能評価、欧米における可燃性外壁の防火性能評価手法について発表した。韓国側は、ソウル市立大学、火災保険協会、消防災難本部が参加し、サンドイッチパネルの火災の事例分析及びイシュー、韓国の内外装材に関する基準及び試験現況、サンドイッチパネルを使った建築物の実際の火災調査の状況について発表があった。日韓におけるサンドイッチパネルの取扱と現状について意見交換した。その後、災難本部の中枢を見学させていただいた。翌日は、建築技術研究院の火災実験施設において特別講演・施設見学を行った。



写真7 災難本部、建築技術研究院の火災実験施設

4. おわりに

前述のように建築外装材について中国と韓国に赴きセミナーに参加した。中国では材料寄りの切り口、韓国では若干消防寄りの切り口であったが、両セミナーともサンドイッチパネル、特に有機系の材料をサンドイッチした建材を用いた場合の危険性・法規制などについて、それぞれの国の現状や立場、今後の方向性について有益な情報交換が出来たと考える。

今後は得られて知見を元に1. はじめに述べたように、いわゆる耐火建築物に施工される可燃性の建材の危険性を把握し、その上でそれら材料の適正な評価をどう担保するのかという命題に対し、工法や材料個々の特徴を考慮した試験方法や判定基準の策定に繋がる研究の一助になればと考えている。

36 GPU(Graphic Processing Unit)による数値解析の高速化

マテリアル工学専攻 小口かなえ

oguchi@material.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

近年 CPU に代わる計算手段として、グラフィックボードに搭載された GPU を用いた数値解析が注目を集めている。昨年には、長崎大学の GPU クラスタによる計算が、PC 界のノーベル賞といわれるゴードンベル賞を受賞している。GPGPU (GPU を画像処理でなく、数値解析などの用途に用いる際の総称) の最大の魅力は、低予算でハイパフォーマンス PC 並みの演算性能が得られることである。Intel 社製 Core i7 の性能が 4 コアで 100GFLOPS 程度であるのに対し、Nvidia 社製 GPU、GForce285 は 1TFLOPS 以上の性能を持つ。またハイパフォーマンス PC は一般に 100 万円以上と高額であるが、GPU 搭載のグラフィックボードは 3~4 万円程度で購入することができ、一般的な PC に装着することができる。本稿では一般的なデスクトップ PC で GPGPU 開発環境を構築し、有限差分法アルゴリズムによる 2 次元熱伝導解析のプログラムを GPGPU 総合開発環境 CUDA により作成し計算を行った。またハイパフォーマンス PC でも同様の計算を行い、計算速度や計算誤差などを比較した。

2. GPGPU 開発環境の構築

開発環境の構築の主な手順は、PC への GPGPU 対応グラフィックボードの取り付け、及び GPGPU 総合開発環境 CUDA のインストールである。CUDA は、Nvidia 社製の GPU でプログラムを行うためのソフトウェアで C/C++ 拡張である。OS は Windows、Mac、Linux に対応しているが、本稿では WindowsXP 上で開発環境の構築を行った。最初に PC へのグラフィックボードの取り付けを行った。GPGPU 対応のグラフィックボードは PCIExpress バスに装着するため PCIExpress バスを備えた PC であれば取り付けが可能である。ただしハイエンド GPU は 240 個もの SP (ストリーミングプロセッサ、CPU のコアに当たる演算器) を搭載しており、消費電力が大きくなっている。この為 PC 電源は 80PLUS 規格電源などの使用が望ましい。また消費電力の増加に伴う発熱のために多くの商品がファンを備えておりグラフィックボード自体のサイズが大きくなっている。このため PC ケースと干渉することがあるので注意が必要である。グラフィックボードは GPGPU 対応 GPU を搭載する製品を購入する必要がある。Nvidia 社のサイトに対応 GPU のリストが掲載されている。本稿ではグラフィックボード「ZOTAC GeForce GTX 285 - 1GB GDDR3」をデスクトップ PC「Dell Presicion390」に取り付けた。次にソフトウェアのインストールを行った。先に述べたように CUDA は C/C++ 拡張であるので、C 言語の開発環境が必要となる。本稿では VisualStudioC++2008Expressedition を Microsoft のサイトからダウンロードしインストールした。次に CUDA のインストールを行った。Nvidia のサイトから、CUDA ドライバ、CUDA ツールキット、CUDASDK をダウンロードしてこの順番でインストールした(1)。尚全てのソフトウェアが無償で入手可能である。

3. GPU による数値解析

次に GPU による数値解析について簡単に説明する。GPU は画像処理のためのハードウェア

アであり、本来の目的は画像処理を行い、処理の結果をディスプレイに表示することである。このときに GPU が行う画像処理は並列的であることが多く、例えば画面上のどのピクセルにどの色を表示させるかという処理はいくつものピクセルに並列的に行われることが多い。このような並列処理を高速で行うために GPU には 240 個もの SP（ストリーミングプロセッサ、CPU のコアに当たる演算器）が搭載されており並列処理に特化したハードウェアであるといえる。GPGPU ではこれらの SP に並列計算をさせることで高計算性能が実現される。また CPU による並列計算と異なる点は、CPU ではコア数とほぼ同じスレッド数で並列計算を行うのに対し GPU では SP 数よりも多い、何十万というスレッドで並列計算を行うことができるという点である。CUDA では最大 $65535 \times 65535 \times 512$ 個のスレッドを使用することができる。これらの何十万ものスレッドが CUDA でどのように管理されているかを簡単に説明する。CUDA ではスレッドは階層的に管理されているが、最上位の階層が図 1 に示すグリッドである。図 1 に示すようにグリッドには 2 次的にブロックと呼ばれる階層を配置する。グリッド内には最大 65535×65535 のブロックを配置することが可能である。さらにブロックには図 2 に示すようにスレッドを配置する。図 2 ではスレッドを 2 次的に配置しているが、実際には 3 次的な配置が可能で、最大 512 個のスレッドを配置することができる。この例ではグリッド内に 4 個のブロックを配置し、各ブロックに 4 個のスレッドを配置しているので計 16 個のスレッドを配置したことになる。

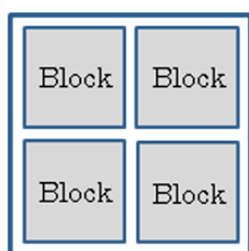


図 1 Grid

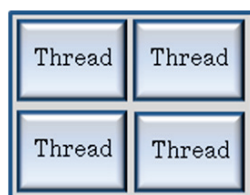


図 2 Block

0,3	1,3		
0,2	1,2		
0,1	1,1		
0,0	1,0		

図 3 二次元配列

次にこれらのスレッドがどのように並列処理を行うかを簡単な例で説明する。図 3 に示すような二次元配列の 16 個全ての要素に対して 1 を代入するという処理を考える。図 4 に CPU による処理と GPU による処理の違いを示した。図 4 上側に示すように CPU は配列の各要素に順番にアクセスし 1 を代入する。これに対し GPU では図 4 下側に示すように 16 個のスレッドが同時に配列の各要素に 1 を代入する。このように CPU が複数回かけて行う処理を、GPU では複数のスレッドが一度に行うため、計算が高速になる。ただし注意が必要なのは GPU の 1 コアが CPU の 1 コアと全く同じ性能を持っているわけではないという点である。動作周波数で考えても、CPU は現在は 3GHz 以上のものが主流であるのに対し、GPU は 1.Hz 程度である。また CPU が備えているキャッシュや、計算に含まれる分岐を予測する機能などを GPU は備えていない。つまり CPU は分岐などを含む複雑な処理に向いているのに対し、GPU は単純で並列的なデータ処理に向いているデバイスであると言える。またすべての数値解析プログラムが GPU で高速化できるわけではないという点で注意が必要である。プログラム中に同時に実行できる命令が存在しなければ、並列処理によって計算を高速化することはできない。GPU で数値解析プログラムの高速化を行う際には、並列処理

できる部分が多く、スレッドを同時に実行させ続けるようなアルゴリズム等の考慮が必要である(2)。

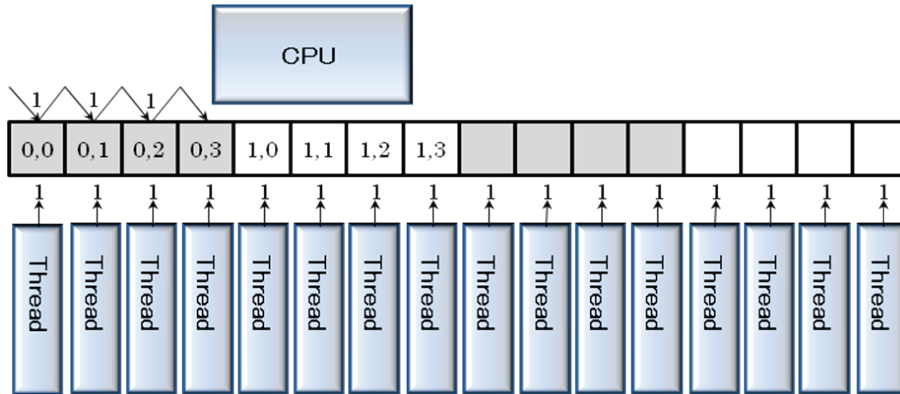


図4 CPU と GPU の処理の違い

4. GPU による 2 次元熱伝導解析及び CPU との計算速度比較

CUDA により 2 次元熱伝導解析のプログラムを作成し GPU で計算を行った。図 5 (a)に示すように、初期条件として幅 30m の正方領域の温度を 0K に設定し、系の中心に 1000K の高温熱源を配置した。(b)が 20s 後、(c)が 100s 後の計算結果で、熱が中心部分から徐々に円状に拡散する様子が再現された。次に同じ計算を CPU で行い比較を行った。CPU は PentiumD3.2GHz を使用した。結果を図 6 に示す。GPU による計算結果と比べて 100s 後の計算誤差は 0.001%以下であった。次に解析領域の大きさを変えて、計算中の使用メモリ量を変化させた場合の計算時間の変化を CPU と GPU で比較した。図 7 において縦軸に計算時間、横軸に使用メモリ量を示す。黒丸が GPU による計算速度を、白丸が CPU による計算速度を表す。図 7 に示すように CPU、GPU 共に使用メモリ量が増えると解析時間は増加するが GPU のほうが CPU に比べ 60%ほどの時間で計算を行えることが分かった。

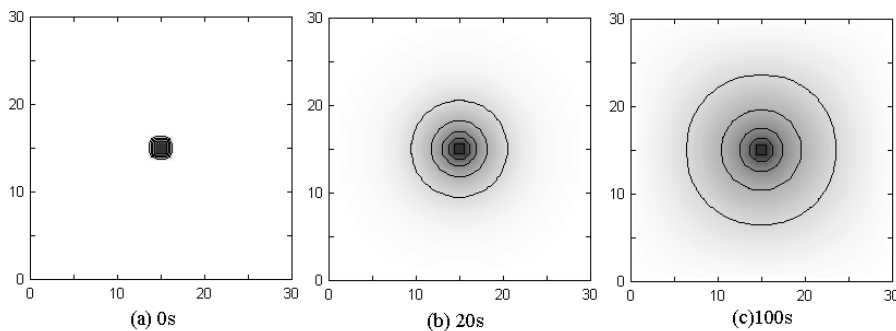


図5 GPU による熱伝導解析

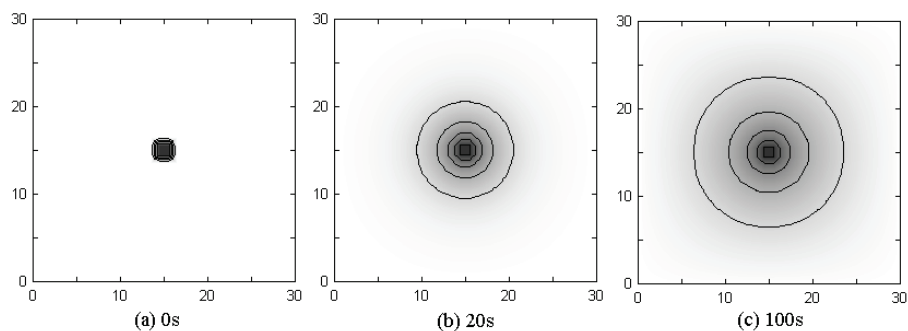


図 6 CPU による熱伝導解析

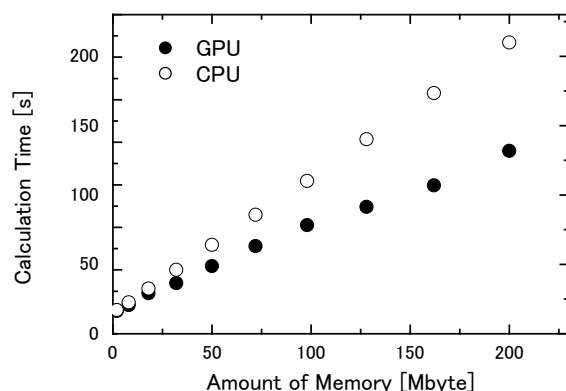


図 7 CPU と GPU での計算時間の比較

5. おわりに

本稿では GPGPU 開発環境の構築を行い、有限差分法アルゴリズムによる熱伝導解析のプログラムを CUDA で作成し計算を行った。GPU による計算は CPU を使用した場合と比べて約 1.6 倍の速度で行うことができた。また CPU を使用した場合と比べた計算誤差は 0.001% 以下であり、概ね無視できる程度であることがわかった。今回使用した CPU はハイパフォーマンス PC 上に搭載されたものではあるが、2 年程前に主流だった製品であり、現在主流の Corei7 などの製品を用いると CPU での計算速度も上がることが予想されるが、デスクトップ PC によりハイパフォーマンス PC 並みの計算速度が得られたという点で今回の結果は意義があるものであると言える。これらの結果から GPU による数値解析は、低予算で環境構築を行うことができ、プログラムの高速化が比較的容易に行えるということがわかった。今後、様々な分野での GPU の活用が期待される。

6. 参考文献

- (1). はじめての CUDA プログラミング 青木尊之 額田彰 著
- (2). これからの並列計算のための GPGPU 連載講座 大島聡史 東京大学情報基盤センター

37 高温高速火炎ガス採取用プローブの作成技術

マテリアル工学専攻 杉田 洋一

sugita@material.t.u-tokyo.ac.jp

航空宇宙工学専攻 内海 正文

1. はじめに

水素ガス過濃燃焼時の燃焼容器内ガス採取を目的とした、プローブ作成の技術について報告を行う。

このプローブは超音速流れ場燃焼器内での温度約 2000℃の火炎ガス採取を目的としており、冷却機能が重要である。そこで著者等が第 24 回技術発表会に報告した[1]プローブを基に、さらに耐熱性改善を目指し改良を加えた。これらの成果は別途報告[2]するので本報告では作成における機械加工技術等について報告する。又、溶接作業は外部業者に委託した。肉厚 0.3mmのパイプの溶接等非常に難易な設計のため、外部業者に溶接依頼したが最初は殆どの業者に無理だと断られた。薄肉パイプの溶接等は特別な業者でないと不可能だと聞き色々な業者に問合せた結果、レーザー溶接加工業者が比較的安価で請け負ってくれる事になった。

2. プローブ概略

プローブ概略図を図 1. に示す。

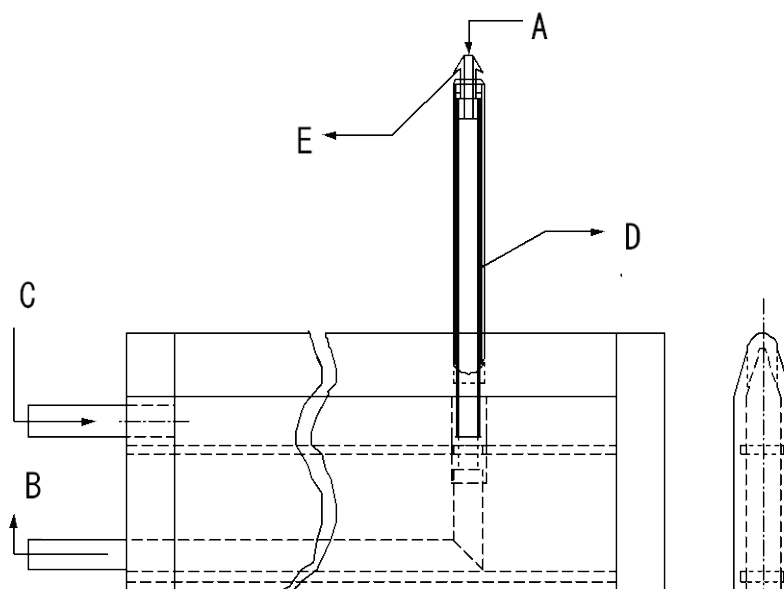


図 1.プローブ概略図

図 1 で A の部分が気体採取部である、採取気体は二重構造の内側の管内部を通り B を経て採取用容器へと接続している。採取口部は内径 $\phi 2\text{mm}$ でプローブ内部 13mm 地点より、外径 $\phi 4.5\text{mm}$ 内径 $\phi 3.9\text{mm}$ の SUS 管に接続し、さらに高さ位置決め用接続管部（捕集口

より 60mm地点) において外径 ϕ 6mm、内径 ϕ 5.4mmに拡大している。吸入気体は急速に経路を拡大することにより密度変化分の冷却を行い、化学反応の促進を停止させる事を目的としている。

冷却水は C の地点より挿入し、吸入気体の冷却を行いつつ、D の二重管外部管と内部管の間を流れ E の傘型構造の裏側を冷却する。これは高温高速気体が直接最初に衝突する、最も高温に曝される捕集口部の冷却を目的としている。そのため設計上も作成上も注意が必要で後に詳細を報告する。E 部を冷却した水はそのまま外部へ放出している。プローブ冷却器支持本体部分は直接高温火炎に曝されるため、冷却水を主流空気および燃焼火炎の流れに沿って故意に下流域に散布させ冷却気内外の両面を同時冷却する構造である。

3. プローブ先端部分の作成技術

プローブ先端図を図 2 に示す。気体採取部を有する先端部の加工は重要な課題を三点有している。一点は捕集口部（捕集部および傘構造部）が鋭角で衝撃波の影響を出来るだけ減らす事。二点目が傘型裏の部分深くえぐり冷却効果が出やすくする事。三点目が捕集口より出来るだけ近くで吸入気体の経路を拡大し、燃焼反応を凍結する事である。傘構造部外側は中心線より 29 度の角度とし先端捕集口部を極力鋭角にした。エッジ部分をシャープにするのは難しい技術を要し、慎重な作業が必要であった。又、傘型構造部裏側は中心線より 54 度の角度構成で、機械加工に必用なバイト刃を作成する必要があり、図 3 に示す特殊形状のバイト刃をグラインダーによる研磨加工により製作した。これにより、裏側をより先端部に近い部分まで切削出来、冷却効果を期待できる。

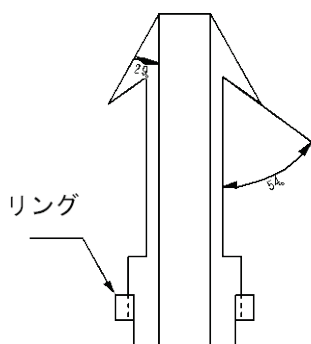


図 2. プローブ先端図



図 3. 傘裏加工用バイト刃

拡大された図面の上では楽に作れそうな構図だが、実物大では小さく、肉厚も薄く先端部がテーパ構造のため旋盤加工では加え代が取れない等、加工手順等に工夫を要した。

プローブ構成部品

構成部品を写真で図 4 に示す。又、支持冷却器の内部形状写真を図 5 に示す。材料は全て SUS 304 に統一し溶接作業をしやすくした。写真では小さくて見づらいが図 4 に示した先端部の上方に特殊形状のリングが写っている。これは、二重管を組み立て溶接する際に内側管と外側管の芯円を得るための治具で、内径 ϕ 3.8mm、外径 ϕ 4.5mmのリングの外側

に半径 0.45mmの半円を 90 度 4 個等分に配置したものであり、ワイヤー放電加工で作成し、内外の管を芯出しして溶接した。吸入気体を採取用容器へと導く管の接続は 2 本の SUS 管を 45 度に切断し、90 度に突合せ溶接している。又、途中に接続用治具の周囲に溝加工を施し両端面からの長さを高精度にした、中板の半円を利用しプローブ高さおよび垂直度を決めている。支持冷却器の構造は図 5 の写真に示すように内部に溝が左右対称の位置に中板用と背板用の溝を付けている。中板は 2 本から成り、端に付けた半円で接続用治具管を挟んでいる。これらの加工はワイヤー放電加工で寸法精度を高く製作した。



図 6.完成したプローブ写真図

4. 組立作業・溶接作業

溶接作業（外注）では先端部、芯出しリング、内側パイプ、接続管、採取用容器へ導くパイプ、中板、外側パイプ、片面の側面板、背板を規定の順序に従い、全て組上げて垂直度などの位置確認を行い、溶接で固定し、最後の開口部にパイプ用穴付き側面板の蓋を溶接する。手順を誤るとプローブが垂直でなく組み上がる等の不具合や外側管が入らない等組み立たなくなる場合もあるため、手順書を書き、又、業者の作業場へ赴いて組立確認しながらの溶接作業であった。これらの作業の結果完成したプローブの写真を図 6.に示す。

5. おわりに

本報告は共著者の内海氏が行った平成 21 年度東京大学工学部・工学系研究科技術職員個別研修 OJT 研修「高温高速気体採取用プローブの耐久性改善技術の習得」の研修協力者の一人として、協力した中で得た知見を基にその製作技術について共著で総めた。高温、高速流体での実験用として、通常加工法とは異なるエッジを鋭角にすることや、支持冷却部では逆にラウンド型に加工する事により、衝撃波の位置を支持冷却器より離れた位置にする事が可能と成る等、特異な点もあり、製作依頼者と良く利用方法を話し合い、必要性、重要性を十分に理解して製作する事でより良い成果が生まれる事を再認識した。

参考文献

1) 「高温高速気体中の化学種採取用プローブの開発」

；内海正文、奥抜竹雄、杉田洋一

第 24 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会 技術報告 pp113-116, 2009

2) 「高温高速気流中の化学種濃度測定用プローブの耐久性改善について」

；内海正文、奥抜竹雄、杉田洋一

第 25 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会 技術報告投稿中, 2010

38 技術発表会 25 年と創作パソコンづくり ー法人化前後にてー

機械工学専攻 中根 茂, 浅川 武

nakane@mech.t.u-tokyo.ac.jp, asa@fml.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

技術発表会は、回を重ねて 25 回となり四半世紀が経ちました。よって、25 年間における本専攻の主に発表延べ人数(件数)を調査するとともにこの間に数年パソコンづくりに関わったため、(国立大学)法人化前後に絞り、発表延べ人数(件数)がどのように推移したかと創作したパソコンづくりの例を報告する。

2. 技術発表会への発表件数

25 年間でどのくらい発表しているかを把握するため調査をおこなった。調査した箇所などは、技術部インターネットホームページ上の技術発表会および冊子”技術報告”であった。発表対象は、主に原稿(OJT を含む)および口頭発表であり、FJT 関係の原稿が技術部インターネットホームページ上では、当初からわからなかったため、データとして含むことが難しかった。

2.1 機械系三学科の発表推移

回を重ねる毎に発表延べ人数(件数)が安定し、10 回過ぎくらいから増加する傾向にあるが、平均すると延べ数名(件)止まりであった。図 1 に回数ごとの発表延べ人数(件数)を示す。グループ発表があるため、発表延べ人数としているのは、発表会 19 回で多数となっているのは、グループ発表が数グループ存在していたためである。なお、総発表延べ人数は、約 150 人に達することが把握できた。

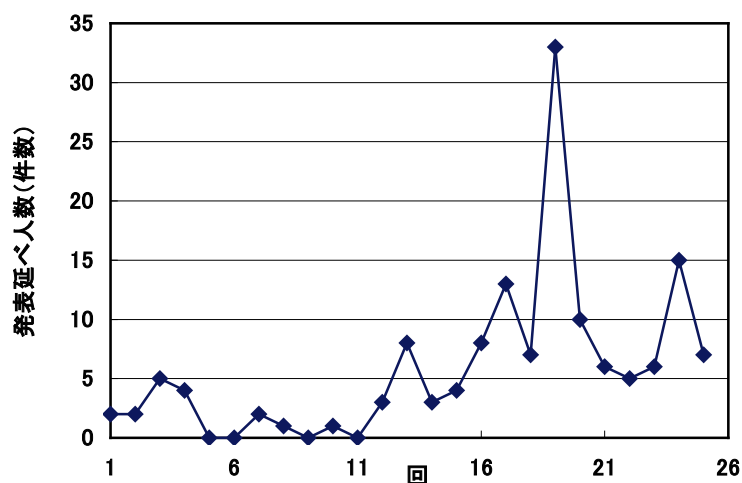


図 1 技術発表会回数ごとの発表延べ人数(件数)

2.2 機械工学専攻の発表推移

技術系職員数は、機械工学専攻(7 名)と産業機械工学専攻(1 名)が統合され機械工学専攻になり 8 名になったが、総人数は十数年間変化なしである。一応、昨年まで整理されたデータベースがあったため技術系職員 7 名にて、独法化前後 10 年間に絞り発表の推移まとめることにした。各回数ごとの発表延べ人数(件数)を図 2 に示す。やはり、前述の 19 回にて発表延べ人数(件数)が頭出しているのは、グループ発表が多かったためであった。このグループには、特に 4 名の人が複数のグループに連名で入っていた。そして、この発表¹⁾を基に学部 2 年生

冬学期の学生実験テーマの一つとして取入れられ実際に貢献している。なお、技術系職員のみ 10 年間では、総発表延べ人数(件数)は、81 件であることがわかった。

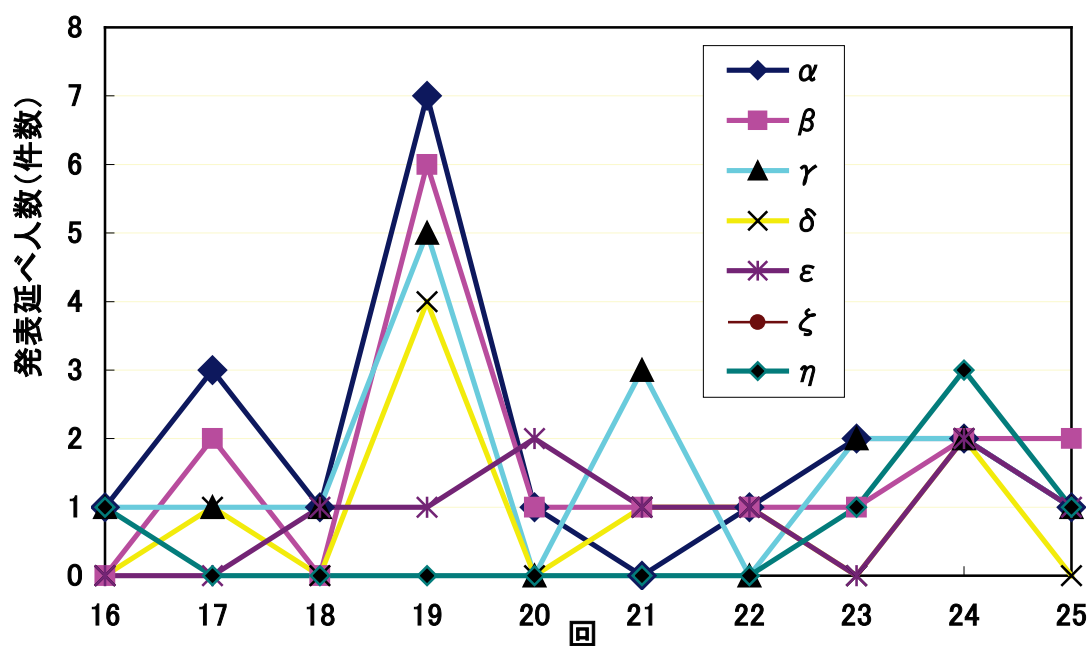


図2 各回ごとの発表延べ人数(件数)の推移

次に各人が、単純平均にてどのくらい発表に協力しているかを示したグラフが、図3である。発表が少ない人でも最低2年に1回、多い人では約2回/年に達する人もいた。

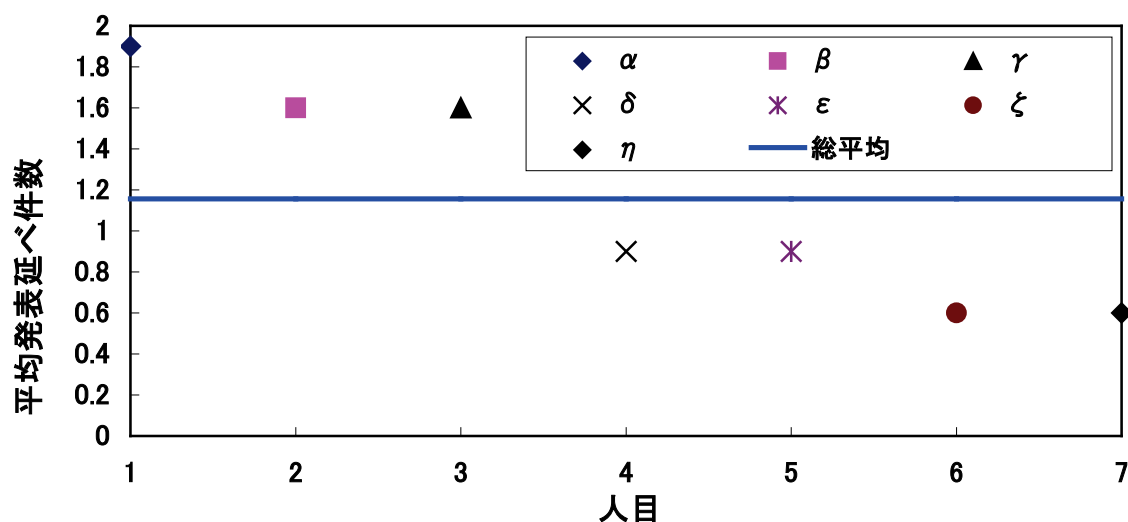


図3 各々の平均発表延べ件数

10 年間にて 8 名を総平均しても、(7 名時)約 1.16 から約 1.03 となり、やや数値が下がりますが、年 1 件/人を超えていることがわかった。

3. 創作パソコンづくり

2008 年 5 月 Windows XP SP3 を Windows Update で配布開始後、2009 年 Windows 7 のソフ

トも順調に運用され始めた。メーカーの DDR2 モジュールなら 2GB が 4K 円程の相場となり、DDR3 が市場では主になりつつある。パソコン愛用者は、楽しく・作りやすく・静か・信頼性・安定性を追求し始めたらしきがないが、目標は高くパーツは如何に安く手に入れるかを必死で創造し模索しなければならない。数年間利用する人を対象にて、主に CPU 熱問題の考慮による BTX(Balanced Technology eXtended)パソコンも創作実行したが、CPU 上のファン付フード状のものの騒音(50db)が気になり、1 年経過しないうちにやもうえず改造にさらされ Dual Core の CPU を採用²⁾して 1 年くらい使用した。その後、市販のものに追いつかなくてはと思い、Core2 Quad の CPU を乗せ換えてみた。CPU 価格は、発売後 3 年経て約 1/3 となり、下限をねらい装着稼動しているためベンチマークテストデータを取ることにした。なお、Windows NT 系の歴史は、2000 年(2000(NT5.0))、2001 年(XP(NT5.1))、2007 年(Vista(NT6.0))、2009 年(Windows 7(NT6.1))、今後は、Win.8 ---と続行していくことでしょう。

3.1 Core 2 Quad CPU 搭載パソコンの組立て
創作パソコン本体(図 4)は、BTX パソコンを改造し、CPU の交換後プラモデルを組立てる要領・感覚で各ソケットに次々にさしていく。交換可能な部品を秋葉原に出向き購入後、格安にて追加組立てを行う。本体(キャスター付)は移動に便利のため有効であった。電源は最大 550W、ファン速度自動制御、負荷 100%時、2400RPM、30db と非常に静かであり、違和感は無かった。



図 4 創作パソコン本体

3.2 中央演算処理装置 (CPU)
CPU は、Intel Core 2 Quad(コア 2 クワッド)、Processor Q9650 LGA775 3GHz(12MB L2Cache 1333MHz FSB)である。

3.3 マザーボード(図 5)、メモリ、その他
マザーボードは、GIGABYTE S-series Ultra Durable 2、64 ビット環境にも標準対応、CPU のクワッド化 OK のためこれを有効利用した。信頼性および安定性が高いため、効果的であった。メモリは、DDR2 メモリ 2GB 高いメモリ帯域幅と安定性に優れており、消費電力が少ないため、システム全体のパフォーマンスも向上させる事ができた。その他では、光学ドライブ：DVD 互換ドライブ、HDD：SATA ビッグドライブ 500G とし、FDD：極力省くことにして、必要に応じて後ほど取り付けることにした。

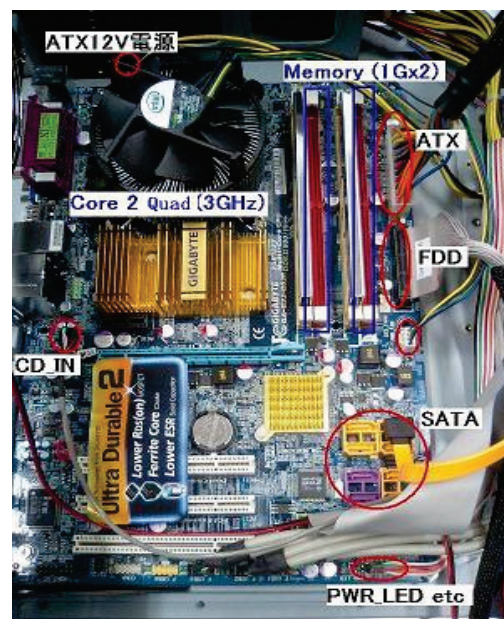


図 5 各種部品搭載マザーボード

3.4 ベンチマークテスト
創作パソコンの組立て後のテストには、いろいろな方法があります。フリーソフトが便利な

ため、金田康正教授が開発した円周率計算プログラム“スーパー π ”³⁾をダウンロードしてベンチマークテストを行った。Dual Core と Core 2 Quad ともメモリを2G 装着後、ベンチマークテストでは、あまり差がなかったが、テスト時間に余裕と工夫をし並列プログラムを稼働させるなど、より総合的に検討することが今後の課題である。

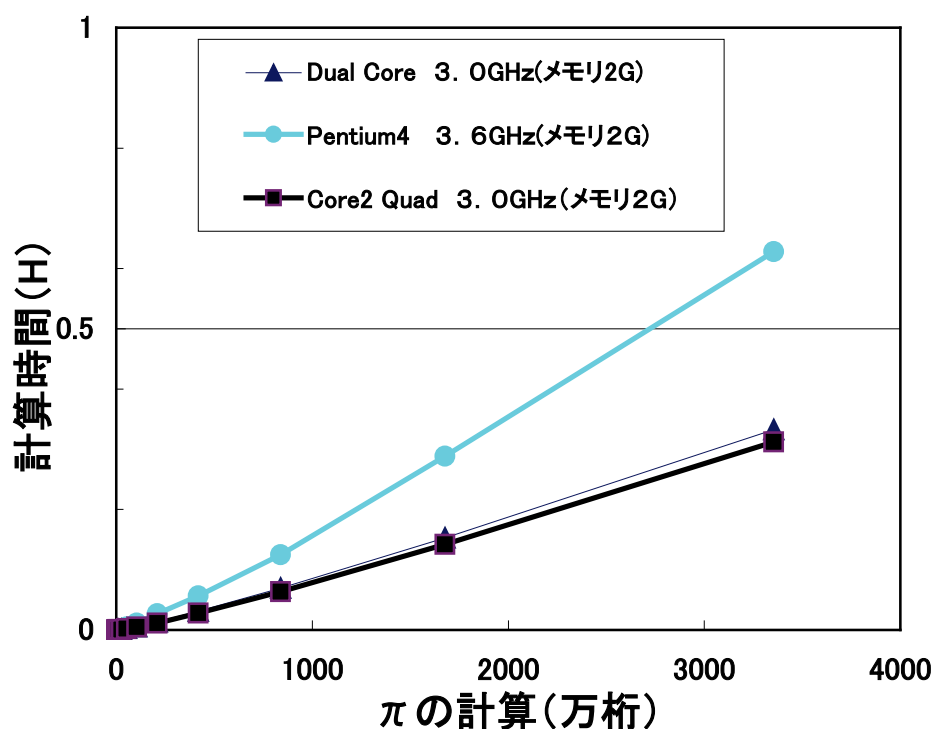


図6 ベンチマークテスト結果

4. おわりに

独法化前後に絞り、発表延べ人数(件数)がどのように推移したかと創作したパソコンづくりの例を報告した。総発表延べ人数は、機械系三学科にて約150人に達することが把握でき、機械工学専攻の技術系職員のみ10年間では、総発表延べ人数(件数)は、81件、発表が少ない人でも最低2年に1回実行していることがわかった。創作パソコンは、CPU:Core 2 Quadを使用して組立てベンチマークテストを行い、 π の計算(3355万桁)にて約18分位であることがわかった。なお、この創作パソコンは、電子回路の応用およびデータ収集への応用などへ使用予定である。

参考文献

- 1) 例えば、濱名芳晴，石川明克：技術報告“第19回工学部・工学系研究科技術発表会”(2004.9)，p61
- 2) 浅川 武：“創作パソコン入門”，機器・分析技術研究会 in 四国・松山 報告，(2008)，p29.
- 3) 例えば、http://www1.coralnet.or.jp/kusuto/PI/super_pi.html

39 PC サーバ仮想化の試み

航空宇宙工学専攻 横田 明
aki@space.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

研究室ではサーバを複数台運用しており、台数の増加に伴い、設置場所の確保や電源容量の確保などの運用面のコストが増大しているが、仮想化といわれる単一のサーバをあたかも複数のサーバであるかのように使える技術を導入することで、運用面のコストを低減出来る。そこで、仮想化 OS と呼ばれるハイパーバイザーと、サーバソフトウェア導入の試みについて報告する。

2. ハイパーバイザーの選定

ハイパーバイザーには3つの選択肢がありますが、今回は VMware ESXi4.0 を選択しました。その理由としては、ホスト OS に依存しないベアメタル形式であること。Linux をゲスト OS とすることも考慮し、サポートする OS が多いことも重要な決め手となりました。

3. VMware ESXi 4.0 の入手方法

VMware 株式会社のホームページのダウンロード画面より、氏名とメールアドレスを入力し、VMware ESXi 4.0 をダウンロードします。

ダウンロードしたファイルは、DVD メディアなどにコピーしておくとしインストール時には重宝します。

4. インストール PC のハードウェア構成

今回インストールを実施する PC のハードウェア構成は以下の通りです。

NEC 社製の Express5800/11GD

チップセット : Intel 3000

CPU : Core2Duo 6600

メモリ : 4GB

ハードディスク : 300GB

ネットワーク : INTEL 82573L

5. VMware ESXi 4.0 の設定

VMware ESXi 4.0 を起動させ、F2 キーを押して、設定画面を移行し、パスワードとネットワークの設定を行います。

また、VMware ESXi にはコンソールがありませんので、リモート接続による遠隔操作を

行うための、VMware vSphere Client 4.0 をクライアント側にインストールする必要があります。クライアント側のブラウザのアドレス欄に、VMware ESXi をインストールした PC の IP アドレスを入力して、VMware ESXi 4 welcome と表示された画面から Download vSphere Client を選択し、VMware vSphere Client 4.0 をダウンロードしてインストールします。



図 1

ツールは通常の OS インストール作業とかわりません。

図 2 では、Windows Server 2008R2 をインストールし、起動した画面を表示しています。

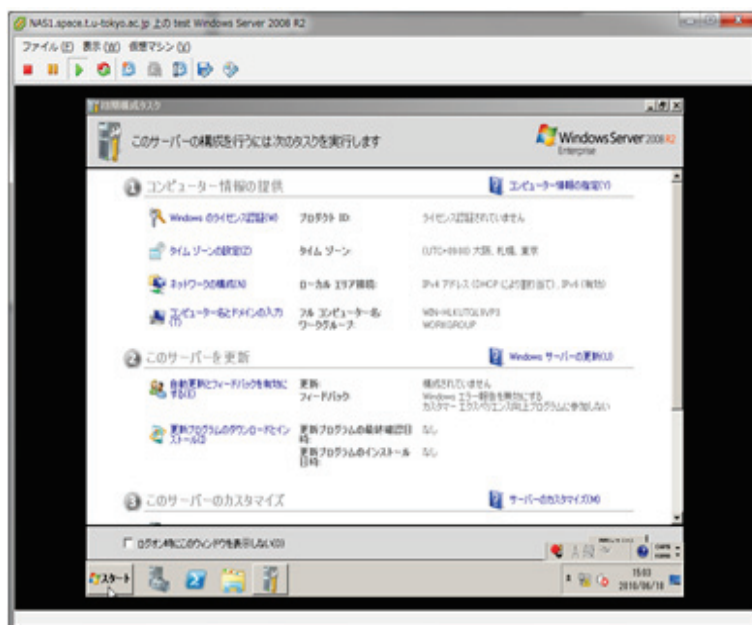


図 2

インストールが完了しましたら、VMware vSphere Client を起動し、接続先の IP アドレス、ユーザー名及びパスワードを入力して、サーバ側に接続します。接続が完了すると図 1 の画面が表示されます。画面の上部タブで、ファイル->新規->仮想マシンと選択し、仮想マシンで使用するメモリやハードディスク容量などのリソース配分し、仮想 OS の領域作成し、仮想 OS をインストールします。仮想 OS のインス

6. おわりに

仮想化 OS である VMware ESXi はサポートするハードウェアが少ないと言われていますが、今回のハードウェア構成では、支障なくインストールを行うことが出来ました。適応するハードウェアであれば、インストールはさほど難しいことではないという感触を得ました。

今後は、仮想 OS のサーバを実運用に向けて、設定等を行う予定である。

40 高エンタルピー風洞の操作法および

水素燃料燃焼実験技術について

航空宇宙工学専攻 内海 正文

tklab@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄

1. はじめに

現在柏キャンパス極超音速高エンタルピー風洞の超音速高エンタルピーラインを利用して頂き各種実験・研究や支援業務を行っている。今回その風洞操作法および水素燃料燃焼実験の技術について報告する。

2. 水素燃料供給技術概要

2-1-1 水素燃料供給系配管について

水素燃料供給系の配管は SUS 304 の BA（研磨シームレス洗浄管）管を用いている。又、管の切断面は内、外のバリを丁寧に取り、管に曲率を与える場合はパイプベンダーを用いて曲げる、この際管の曲げた部分の内外に立て割れ等の傷が無いことを確認する必要がある。管の接続はスウェージロックを用いて接続するが、通常の手締め状態からレンチを用い 1 と 1/4 増し締めするが、使用ガスが水素のため若干 1/6 回転分程強めに増し締めしている。又、スウェージロックで接続する管の直管部分は十分な長さを取るようにする、部分的に曲率を持った所をスウェージロックで接続すると漏洩しやすいので注意が必要である。配管時ガスの漏洩が無い（窒素ガスと洗剤を用いて）念入りのチェックが必要である。水素燃料供給系システムを図 1 に示す。

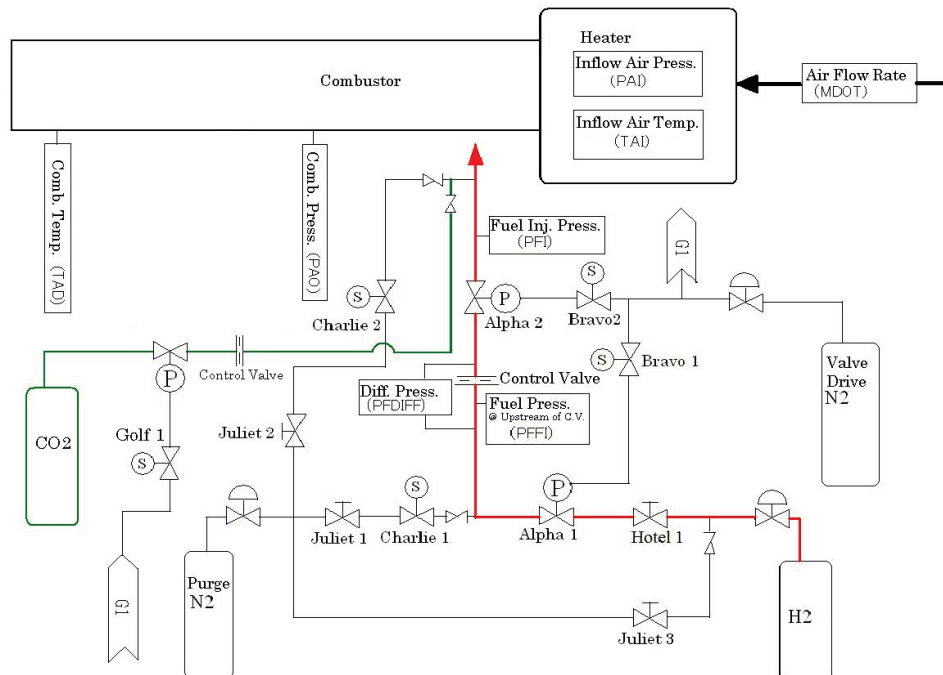


図 1. 水素燃料燃焼実験供給システム図

2-1-2 水素供給系システム

再熱燃焼器は入口、出口ともに幅 48mm 高さ 32mm の矩形型で上流に燃料噴射器が装着されている。排気ノズルは再熱燃焼器下流側に接続され金属壁面に温度モニター用熱電対を装着している。燃料噴射器は水素供給系と窒素供給系が接続される。水素供給系は水素ポンプ、調圧弁、手動開閉弁、ニューマチック遠隔遮断弁、流量調節弁、で構成している。窒素供給系は窒素ポンプ、調圧弁、手動弁、ソレノイド開閉弁、逆止弁で構成され水素供給系に接続している。実験準備時は水素供給系遠隔遮断弁閉の状態を手動開閉弁を開き調圧弁調整し退避する。実験時は空気供給条件が整い終わった時点で遠隔遮断弁を開にして燃料噴射器に水素燃料を供給する。失火や燃料異常時は速やかに燃料供給を停止し空気供給によって十分な時間を設けて未燃ガスを排気する。ここで、窒素は気密試験、パージ、計測系確認、リハーサル等に利用する。又、図中の炭酸ガスポンプは共同実験岐阜大の赤外二色法による非接触温度計測法用である。

3. 風洞操作法および燃焼実験時系列

3-1. 前準備

風洞は 1 階部分にあり扉で隔てた部屋に配電盤室が有る。風洞操作は 2 階制御室において PC 制御で行われる。先ず、1 階配電盤室で 100V, 200V 電源を ON にする。次に 2 階制御室操作盤の鍵スイッチを ON にする。そして制御用パソコン PC1・PC2 を ON にし異常が無いか点検する。

3-2. 制御盤画面について

制御盤の画面は上部に「通風画面」「空気源画面」「加熱部画面」「測定部画面」「排気系画面」「冷却水画面」と分類されている。

3-3. 冷却水、油圧、計装空気の起動

制御盤モニター画面の「冷却水画面 1, 2」において「加熱部冷却水ポンプ」および「補機冷却水ポンプ」「循環ポンプ」を起動する。次に「空気源画面 2」で「油圧ポンプ」を起動し、最後に「排気系画面 1」の「計装用空気ポンプ」を起動する。油圧や冷却水等に異常が無い事を確認する。

3-4. 空気充填作業

貯気槽に空気を貯める操作は「空気源画面 1」で「自動」を選択し、「高圧貯気槽」欄の青色を確認後「運転」スイッチを押す。貯気槽圧が 4.3MPa になると自動的に停止する。又、途中で止めたい場合は「停止」を押す。風洞 1 run は約 0.35MPa 程度の空気を使用する。3MPa を越える時の充填速さは 0.6MPa/1h 程度で有り、毎実験 (1run) 終了時空気詰を行う。

3-5. 加熱器内加熱作業

加熱作業は予め 1 階都市ガスバルブを手動にて開く。操作盤では「加熱器画面 1」を選択し右上の「自動」を押し「燃焼モード」の青ランプを確認後「加熱器燃焼モード」「ON」を押す。約 1 分間「ON」は点滅後ランプが点灯し同時に「加熱器燃焼モード」が青色点灯したら「加熱器燃焼」を「着火」にする、点滅後点灯を確認し右上隅にある「燃焼条件設定画面」を押して設定画面に入る。この画面では希釈空気流量と都市ガス流量を調整する処で空燃比制御値、主ガス流量制御値、燃焼空気流量制御値、希釈空気流量制御値の各制御範囲内でのガスと希釈空気の流量設定を手入力し、設定値判定確認を行って、判定結果に異常が無ければ「設定値書込」を押して、入力する。画面では都市ガス流量 10、希釈空気

流量 100 と表示されている。表示された「数値」の画面にタッチし、数値入力用パネル欄で数値を入力させ「設定値判定」を押し、判定結果が良好であれば、「設定値書込」で自動的にガス流量や空気流量を変更できる。空気流量では 100 の値から 80、60・・・と減らし 0 にしても希釈空気は少量流れている、ガス流量は 10 の値から 20、30、35、40、42、45 と変えていく。この作業は空気とガスを交互に変化させる。数値はあまり大きく変化させない、ガスや空気の圧力変動が大きいと失火する。加熱中は操作盤前面の風洞監視パネル加熱器内温度表示や PC1, 又は PC2 のどちらかで「加熱部画面」より「加熱器内温度分布」等を観察する。加熱器ドームでは「加熱器上部ドーム」「上部」「中部」「下部」「格子」の各部が熱電対で計測され表示されている。加熱器上部温度は 1500℃、格子温度は設計値で 600℃が上限温度であり十分な注意が必要である。特に格子は SUS 製で直径約 1 cm 位のアルミナペブルが格子の上にドーム上部まで敷き詰められているため、壊れた場合風洞設備として致命的である。通常では 500℃ 位を目安に使用している。加熱時間については最初 30 分～40 分程度で加熱器上部温度は 1450℃位に達する。2 回目以降は中部や下部も暖まっているため、20 分～30 分程度の時間で 1450℃程度の温度になる。図 2 に実験準備中（加熱作業中）の写真を示す。



図 2.風洞操作卓で実験準備中（加熱作業）の写真
〔東大、群大、岐阜大、JAXA の共同実験の様子〕

3-6. 水素供給実験準備作業

加熱器温度 1350℃程度で専任の担当者が先ず実験室立ち入り禁止措置（立ち入り禁止札措置、および施錠）を取り、携帯用水素検知器を用いながら水素ボンベのバルブを静かに開ける。配管系や接続部でのガス漏れが無いかの点検確認と併せ 2 人 1 組で作業後は全員制御室へ退避する。

3-7. 加熱停止および風洞起動操作

風洞起動準備作業は、加熱していた都市ガス停止作業を操作盤「加熱器画面 1」で行う。冷却器画面「燃焼器冷却水」を起動させる。冷却塔ファン 1・2 の起動を確認する。PC1 で「通風画面」を選択し通風条件を整える。操作盤「空気画面 2」で「貯気槽側路弁開」「貯気槽締切弁開」を押しランプの点灯を確認する。PC1 で「1RUN トレンド」を選択し実験条件、実験 NO 等を書き込む。操作盤画面の「通風画面 1」を選択し「燃焼風洞」「調圧弁」の選択をし「通風モード」を押す。「よどみ点温度」、「よどみ点圧力」、「通風時間」、「初期弁開度」等確認し「設定値確認」ボタンを押す。此の時全ての通風条件が揃っていれば PC 1 の各部の表示が黄色くなり、「各部準備完了しました」の音声案内が有る。水素ガス供給システムや圧力、温度、可視化等各担当者の測定準備状況を確認後、操作盤モード操作鍵を「通風」モードに入れ、点滅する「風洞起動準備」、「風洞起動」ボタンを順次押しスタートさせる。加熱器内の圧力が徐々に上がり、圧力 300KPa で風洞が起動開始し通風を始める。通風 30 秒後担当者が電磁弁を開き水素を投入する、水素は自発点火する。36 秒で水素供給停止。その後すぐに、電磁弁（図 1 参照）Charlie2 の「開」操作で出口弁から Alpha2 に滞留する水素ガスを窒素で押しだしパージする。通風時間は 100 秒が可能であるが、本実験の場合は 55 秒で終了させている。加熱器内圧力が大気圧に戻ると音声案内があり「シーケンスリセット」を押し、操作鍵「通風モード」を「切」に切替える。

3-8. 水素配管ラインのパージ

通風後、水素供給配管には高圧の水素が残存し危険なので実験終了時に毎回温度改善モードを利用（ブロワーを起動）し、高温下でパージ（燃焼）している。パージの手順は「加熱部画面 1」より右上の「自動」を選択。最下部の位置にある「温度改善モード」青色を確認し「温度分布改善スイッチ」を ON して「改善流量設定」を行う事でブロワーから高温空気を流す。設定改善流量は 400 m³/1h 程度に設定する。よどみ点温度の上昇度を見計らい Charlie1 を操作し Alpha1 より下流域をパージする。よどみ点温度が十分高い時水素はポツとかわいい音で一瞬燃焼する。パージは 3~4 回念入りに行なう。その後、担当者が携帯水素検知器を持って 2 人 1 組で水素の元栓バルブを締に行く。ガス漏れが無いことを確認し退避を解除し、次の実験準備に取り掛かる。全実験終了の際、又は昼食時等の一定時間実験を行わない時は前記の水素元栓閉の後、温度分布改善モードを用いて Juliet3 を開き、全配管系のパージを念入りに行い退避解除が出される。

4. 全実験終了時操作

操作盤により計装用空気、油圧電源、燃焼器冷却水、冷却水ポンプ、循環ポンプ、補機冷却水ポンプの順に OFF にする。次に PC1,PC2 の終了操作、操作盤主電源の鍵を切るにし都市ガス元弁を閉め、配電盤室の 100V,200V のスイッチを切る。

5. おわりに

柏キャンパス極超音速高エンタルピー風洞の運転業務は限られた特定の教職員（5 名）で行ない、安全第一をモットーに行なっている。本稿は高エンタルピー風洞実験で水素燃料燃焼実験と風洞の操作に関し、知りえた技術を実験の時系列で整理した。

謝辞

本報告を行うにあたり、多大なるご指導・ご助言を頂きました、航空宇宙工学専攻 津江光洋教授、今村幸助教に深謝致します。又、実験を共同で行った（H22 年度）博士課程 2 年西田俊介君、修士課程 2 年種子田尚君、修士課程 1 年喜多翔ノ介君に感謝致します。

41 ナノ工学研究センター電子顕微鏡部門

総合研究機構 伊藤俊男

総合研究機構 掛川保富

総合研究機構 師山富雄

総合研究機構 大塚 滋

ohtsuka@sogo.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

東京大学大学院工学系研究科総合研究機構ナノ工学研究センターには、電子顕微鏡およびそれに付随する分析装置を備えた共同利用室がある。加速電圧 1250kV の透過型電子顕微鏡を有する超高圧電子顕微鏡室の建屋と、透過型電子顕微鏡と走査型電子顕微鏡あわせて 8 台を設置する 9 号館地下と 3 階に実験室を有し、電子顕微鏡と付随する分析装置群および試料作製のための様々な装置群を一体的に管理運用している。学内での利用状況と昨年当該設備で行った全学技術職員研修を含め、電子顕微鏡共同利用部門の概要を紹介する。

2. 組織と設備概要

総合研究機構ナノ工学研究センター電子顕微鏡共同利用部門では 6 名が日常的な装置の運用・整備を行っている。技術部所属の技術職員は 4 名であり、その他助手 1 名と研究員 1 名で利用を実質的に担当している。

学内の利用とは別に、大学の設備を活用してイノベーション創出を行っている文部科学省の事業である東京大学「超微細リソグラフィ・ナノ計測拠点」の電子顕微鏡関連部門も担当しており、他大学や企業の研究・開発を支援している。さらに今年度から文部科学省の事業である「低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワーク整備事業」（東京大学・ハブ拠点）の一部も担当することになり、電子顕微鏡設備の拡充が進められている。

2-1. 透過型電子顕微鏡

透過型電子顕微鏡は以下の 6 台を有している。付随する主な分析装置としてはエネルギーロス型分光器（GIF）とエネルギー分散型 X 線分析装置（JED-2300P）がある。

超高圧電子顕微鏡（JEM-ARM1250） 1250kV

透過型電子顕微鏡（JEM-4000FX II）（JEM-4010） 400kV

電界放出形透過型電子顕微鏡（JEM-2010F） 200kV

透過型電子顕微鏡（JEM-2000EX）（JEM-2010HC） 200kV

2-2. 走査型電子顕微鏡

走査型電子顕微鏡は以下の 4 台がある。付随する主な分析装置としてエネルギー分散型 X 線分析装置（JED-2300F）とカソードルミネッセンス測定装置（堀場 MP-32M）がある。

ショットキー電界放出型電子顕微鏡（JSM-7001FA）

ショットキー電界放出型電子顕微鏡（JSM-7000F）

低真空兼用分析電子顕微鏡（JSM-6510LA）

卓上電子顕微鏡 (JCM-5000)

2-3. 試料作製装置等

電子顕微鏡観察研究ではいかに良好な試料を作製するかが重要であり、試料作製装置の性能と装置利用のノウハウが重要となる。多岐に及ぶ試料に対応するため試料作製装置は多く用意してあるが代表的なもののみ記載する。

FIB (JFIB-2100)

IS (イオンスライサー EM-09100 IS)

CP (クロスセクションポリッシャー SM-090010・SM-090020)

PIPS (Model-691)

小型レシプロ切断機 (MC-181M)

低速精密切断機 (アイソメット)

平行研磨装置 (ハンディラップ)

精密コーティング装置 (PECS Model-681)

熱間・冷間包埋装置 (プロントプレス 10・エポバック)

3. 設備の利用形態 (講習・技術相談)

当施設を利用する学内の利用者は、装置を自分で操作することを原則としている。そのため初心者から熟練度に応じて各種講習を随時行っている。講習は電子顕微鏡だけではなく、分析装置や試料作製装置などすべてを対象としている。特に TEM を対象としてこのような講習を行っているところは少なく、研究室で装置を持っているにもかかわらず講習だけを受けに来る学生も多い。また、試料作製はノウハウが大きな要素を占めるうえ作製装置の性能に大きく依存するので、試料作製にのみ当センターを利用するユーザーもいる。

学外の利用者にあっても多くは講習を受けて自分で操作している。ただし、短期間での利用や緊急を要するものは例外的に依頼を受けて観察・分析を行うこともある。

どちらの利用に当たっても技術相談を経て利用を受け付ける。利用者の目的が当設備で達成可能かどうかを判断するとともに、どのような装置と手法を用いてアプローチするのが良いかをユーザーとともに検討する。物理的な原理を理解していても (理解していない者も少なくない) 装置特性や装置性能など技術的要素を理解している者が少なく、初期段階でのアドバイスが欠かせない。また、結果を誤って解釈をする場合が多々あるので随時きめ細かなサポートを心がけている。

4. 利用状況

電子顕微鏡本体は利用目的により使用頻度が異なり、昨年度実績では透過型電子顕微鏡は装置ごとに 6~34 研究室の利用があり、走査型電子顕微鏡は装置ごとに 13~29 研究室の利用があった。年度ごとに使用頻度は増加しており、マシンタイムはほぼ飽和状態に近い。

当設備利用にあたっては利用報告書の提出を前提としている。以下に代表的な研究課題を列記するが、報告書数は昨年においては百件程度である。すべての追跡調査はまだ行っていないが、当施設を利用して学会等に発表した論文は数百件程度になると推測している。

その一例として今年5月、理学系研究科大越研究室が nature chemistry に発表した「Synthesis of a metal oxide with a room-temperature photoreversible phase transition」は夢の次世代光記憶材料として話題となったが、この電子顕微鏡観察は当センターにより行われたものである。

利用者の研究分野は多岐にわたり、複合材料・ハイブリッド材料・超伝導物質・ナノ粒子・有機薄膜・太陽電池・鉱物などほぼすべての工学分野にわたっている。

Fuel Cell/Battery の開発および SOFC の正極の開発

磁性金属錯体の形状制御に関する研究

高温超伝導体の微細組織、構成層と超伝導特性に関する研究

地殻鉱物多結晶合成の開発と鉱物多結晶への希ガスの拡散と固溶限界

自己検知型レゾネータの創製

酸化物半導体ナノワイヤーを用いた光センサーの研究

シード層導入による酸化物透明導電体薄膜の配光制御

ナノ微粒子鉄系酸化物の合成プロセス検討および金属置換効果

5. 平成 21 年度全学技術職員研修報告

昨年 11 月 10 日（火）から 11 月 12 日（木）の 3 日間にわたり「実践電子顕微鏡コース」を当施設で行い、5 名の参加があった。

透過型電子顕微鏡（TEM）と走査型電子顕微鏡（SEM）の両装置を実践的に講習し、知識よりは技術的な経験を習得することを主な目的とした。

当センターでは通常業務として TEM や SEM、試料作製、各種分析装置の講習を随時行っている。使用経験のない学生や教職員でも、熟練度に従って個別に講習を重ねることで利用者自身で操作・分析・解析を行えるようになる。今回は通常行っているこれら講習の基本的な部分を網羅し、TEM や SEM の全体像を理解できるように工夫した。初日の午前中「電子顕微鏡の基本原則」と「研究における電子顕微鏡の役割」についての講義を行い、その後は装置を使つての実践的な講習を行った。

透過型電子顕微鏡研修

・ 1 日目

1) 粉体の TEM 試料作製方法の概要を説明した後、受講者全員に試料作製を指導する。サンプルはシングルレイヤのカーボンナノチューブを使用する。

サンプルをエタノール溶液に入れ超音波洗浄装置で 20 分ほど分散させたのち 20 分ほど沈殿させた溶液上部よりサンプルをピペットで採取し、マイクログリッド上に滴下して TEM 観察試料を作製する。

2) 薄膜 TEM 試料の作製方法の概要を説明した後、受講者全員に試料作製を指導する。サンプルは単結晶シリコンバルク材を使用する。

薄膜試料は試料作製に数日かかるので、主に加工手順の説明を行いイオンミリング装置によるミリングまでの過程を講習する。なお試料作製行程の概要は、アイソメットによりサンプルを切り出してからハンディラップにより手研磨でイオンスライサー用の薄片を作成、イオンスライサーを用いてのミリングとなる。

TEM 観察用サンプル作製には多くの時間がかかるため、此方で最終段階まで行う。

- ・ 2 日目、3 日目

TEM 観察操作の講習を 2 グループに分けて行う。二日間、粉体試料(カーボンナノチューブ)と薄膜試料(単結晶シリコン)の 2 サンプルで講習する。

- 1) カーボンナノチューブ

TEM の照射系、結像系の調整を実際に行って貰う。各自 1 時間ほどの調整作業ののちサンプルにフォーカスを合わせて撮影。続いてフィルム現像を行った。

- 2) 単結晶シリコン

TEM の照射系、結像系の調整を 1 時間ほど掛けて実際に行って貰う。

試料を傾斜させて結晶の晶帯軸を合わせ、電子線回折像と明視野像の撮影。続いて現像を行った。

走査型電子顕微鏡研修

- ・ 1 日目

- 1) バルク試料を中心に SEM の試料作りについて説明し、実際の装置を使って試料作製を行う。
試料包埋装置にて金属試料の包埋をおこない、アルゴンイオンによる断面作製装置 (CP) にて広域 (500 μ m $\times$ 500 μ m) 断面の作製課程を講習した。

- ・ 2 日目、3 日目

SEM 観察操作の講習を 2 グループに分けて行う。

- 1) FE-SEM の操作と EDX・CL 装置による分析

FE-SEM による高分解能画像撮影および付随する分析装置の説明と分析を講習した。

- 2) 低真空 SEM の操作と試料の観察

絶縁体の無コーティング観察の説明を行った。

研修参加者持参試料 (ミイラの歯) の歯紋を観察した。

6. おわりに

当施設では、広範な研究領域に対応した高性能の電子顕微鏡と分析装置を共同利用設備として提供している。汎用性が高いゆえ対象は多くの分野にまたがり、高性能ゆえ各分野における先端領域で利用されることが多い。これらに対応するには既存の専門技術だけでは不可能であり、日々新たとなる研究分野を常に注視して観察・分析技術の向上に努めている。

一方で卒論・修論を行う研究歴の浅い学生に対して初歩から講習を行うことで、電子顕微鏡利用技術の入り口部分も実質的に担当している。社会に対しては年 5~6 回程度高校生の見学などが行われており、科学技術の広報活動に協力している。

初歩から専門分野まで TEM と SEM を融合的に活用できる施設として、研究者のあらゆる要望に適切・迅速に対応することを目指している。対応しなければならない課題は質・量とも年々増加しているが、装置の更新など設備もさらに充実しつつあり、やりがいのある職務としてスタッフ 6 名が協力して対応している。

42 安全衛生巡視について

都市工学専攻 中川 博之
nakagawa@env.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

都市工学専攻 都市環境工学講座は4つの研究室から構成され、約70名の学生(博士課程、修士課程、研究生)が在籍しており教職員・研究員等を含めると100名ほどの大講座となる。当講座の特色として実験室や大学院生室は4研究室共有利用となっており、研究室間の枠を超えた研究及び交流がなされている。

共有利用とすることで分析機器や消耗品等の有効利用が出来る反面、作業環境における安全や衛生の管理を細部まで行う必要がある。本報告では当講座が近年実施している自主点検(以下、安全衛生巡視)について一部実例を挙げ簡単に紹介する。

2. 安全衛生巡視の概要

(1) 目的

当講座に関する実験室及び居室において『安全および衛生上の問題点が無いか』『安全衛生上作業環境を向上させるために改善・改良すべき事項は無いか』の確認をするために行う。

巡視項目は、上述の安全・衛生の観点を中心とし、管理及び運営体制の指摘事項に関しては現行のシステムとの競合や混乱を防ぐため問題提起を行う程度に留める。また、安全衛生環境の体制を確認することよりも、体制が実際に現場にて適切に運用されているかを確認することに主眼をおき行うものとする。

(2) 対象箇所及び巡視者

当講座が使用している本郷キャンパス、工学部14号館および工学部8号館にある実験室・居室(主に大学院生居室)を巡視対象とし、巡視者は当講座に在籍する教授1名(持ち回り)、技術職員2名、技術補佐員1名の計4名で行う。

(3) 日程調整

事前に電子メールにて巡視者4名の都合を調整し日時を確定する。実施頻度は隔月を基本とし、学生への事前周知は行わないものとする。

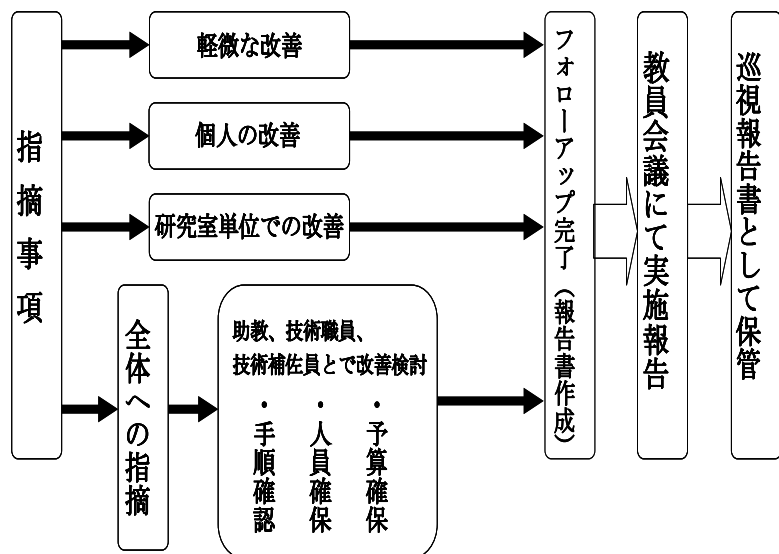
(4) 実施

前回巡視時の指摘事項及び改善状況を確認しながら部屋ごとに巡視。新たに指摘した問題点のメモを取り、必要があればデジタルカメラにて状況を撮影記録。即時改善や改良が可能なものについては、その場で対応する。巡視に要する時間は概ね1時間から1時間半程度。

(5) 改善及び報告

改善方法が明確なものや個人的な改善については即時対応。その他は助教が中心となり対策を検討、順次改善を進めていく。なお個別対応の連絡については口頭もしくは電子メールにて行うものとする。

巡視内容及び改善状況等は月1回行われている教員会議にて報告され、事後「巡視報告書」とし管理保管する。



3. 指摘および改善事例

(1) 耐震

■天井カセット型エアコン

指摘事項：実験室（大部屋）に設置されているエアコンは地震の際、揺れに弱く本体の自重も相当あるため揺れ方によっては落下の可能性も考えられる。本体は天井基礎より4本の棒金具のみで設置されている。

改善状況：横揺れ緩和を目的とし斜材を四隅にそれぞれ追加施工。天井側の固定方法は既存の吊材等に共締めにて対応。（図2参照）

■エアコン直下

指摘事項：上述のエアコンは補強対策済みであるが、本体落下の可能性もあるので地震時は直下に留まらず安全な場所へ退避するよう常日頃から心掛けた方が良いのではないかと。

改善対策：落下想定位置の範囲（床面）に安全標示テープを施工し、テプラシールにて注意書きも併せて掲示。（図3参照）

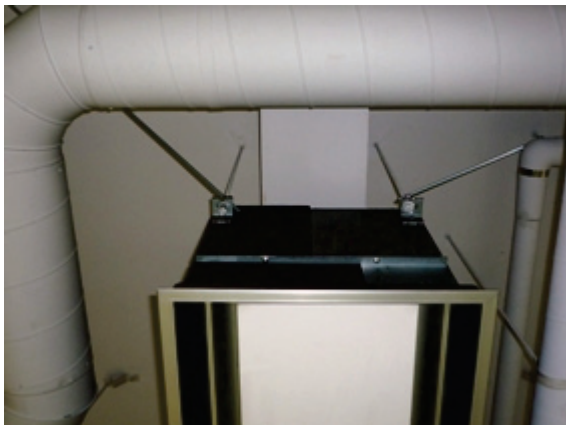


図2 本体への斜材追加

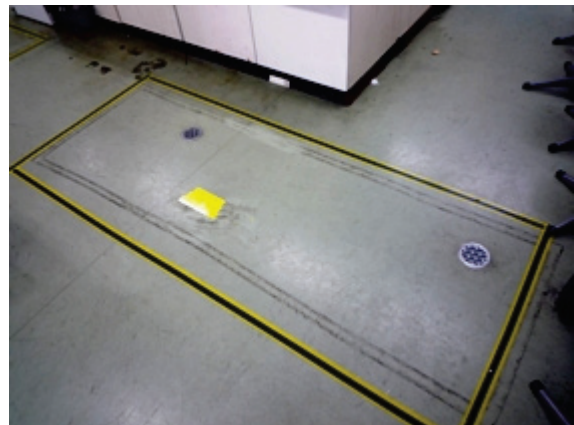


図3 床面安全標示テープ

■移動棚

指摘事項：現在使用している移動棚は構造上2列目扉が無いので、収納している備品類が地震時に飛び出してきた危険ではないだろうか。

改善対策：まず重量のある備品は最下段へ移動し軽量なものは上段へと入れ替え。さらに転落防止用のロープを前面に設置し対応。ロープには張力があるバネを利用し、中央部は左右のロープをフックにて連結しているため備品の出し入れも問題なく行える。



図4 転落防止ロープ

(2) ドラフトチャンバーの使用

指摘事項：ドラフトが稼働され、実験操作中と思われるガラス器具がドラフト内に放置されていた。使用者が明確でなく実験途中なのか、単に片付けを怠っているだけなのか分からない。共有利用部分なので対応の管理をすべきではないか。今回は器具のみであったが試薬等が放置されたままであったら更に問題であろう。

改善対策：全てのドラフトに使用者表示用のマグネットボードと記入マーカーを設置。使用者の氏名及び日時を記入することを原則とした。

設置効果：使用予約の意味合いも兼ねて記入されている場合も多く、共有利用場としては比較的綺麗な状態で使用されている。



図5 ドラフト使用者表示ボード

(3) 冷蔵庫の据付

指摘事項：複数の冷凍冷蔵庫が並んでいるが、据付がバラバラで見た目が悪く、なおかつ部屋壁面との適切な距離（周囲は10cm以上の隙間を確保すること）が保てていないのではないかと。本体の異常過熱や冷却性能低下も起こりうる。

改善対策：左右の間隔調整をし、背面の壁とは十分な距離をとり再設置。本体前面床に安全標示テープを直線的に貼り、ドア開閉を繰り返すことにより本体が後退した場合でも定位置を確認し易くした。



図6 前面床の安全標示テープ

設置効果：改善後一年あまり経過するが状況は良好である。また、標示テープに気付いた学生が「テープを貼っただけですが、冷蔵庫が綺麗に並んでいると気持ち良いですね。」と話していたのが印象的である。

（４）掲示物

■高圧ガスボンベ

指摘事項：部屋ごとに詳細な室内配位置図（分析機器、高圧ガスボンベ、救急セット、薬品庫等）や緊急連絡網が随時更新され適切に掲示されているが、災害時には試薬等の詳細情報もさることながら使用している高圧ガスの種類も素早く確認できるよう工夫できないか。

改善対策：ガスボンベ内容物別に図のような（図 7 参照）表示マークを作成し実験室出入り口付近に掲示。サイズも目に付きやすい大きいものとすることで見易さも向上。

■非常口

指摘事項：実験室内部からの避難経路が明確に表示されていない。いつ誰がその場に居合わせても（留学生や訪問者等においても）緊急時は即刻非難できるようにしておくべきである。

改善対策：実験室及び居室の出入り扉上方に図のような（図 8）掲示を行った。意図が明確に分かるようなデザインとしている。



図 7 ガス種類の掲示



図 8 実験室出入り扉付近

4. まとめ

隔月実施の巡視ではあるが、作業環境は確実に改善・改良されており成果も現れている。定期的に行われている衛生管理者巡視、産業医巡視、安全パトロール等においても一部ではあるが『管理状況良好』との報告を受けている。今後も継続して巡視を実施し、安全管理および衛生管理の更なる向上を目指していきたい。

5. 謝辞

報告を行うにあたりご協力を頂きました工学系施設管理チームおよび安全管理室、当講座教職員の皆様にこの場をお借りして御礼申し上げます。

43 高速物理現象の可視化技術

機械工学専攻 浜名 芳晴

hamana@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp

1. 始めに

大学では、教育研究を通じて真理の追究や人材育成、社会貢献などを行っている。特に研究に目を向けてみると、基礎研究、応用研究、開発研究の3つに大別される^[1]。基礎研究は、仮定や理論を形成するため、もしくは現象や観察可能な事実に関して新知識を得るための研究である。応用研究は、基礎研究で得られた知識を用いて特定の目標を定め実用化の可能性を確かめる研究である。最後に、開発研究は、基礎、応用研究と実際の経験から得た知識の利用であり、新しい材料、装置、製品システム、または既存のものの改良を目的とする研究である。

工学では、これらの研究において物理現象や工学現象を綿密に観察し正確に捉えることは非常に重要である。さらに、大学の本務である教育においても、教科書を主体とした座学が中心であるが、それを補う形で実験・実習や演習が行われており、実験等を通じて自然現象や工学現象の観察を行い、理論的な知識の理解を深め学習に対する目的意識を高めることが行われている。

したがって、現象を直感的かつ正確に捉えることのできる可視化技術が多く用いられてきた^[2]。従来から行われているスチルカメラを用いた可視化においても、非常に多くの情報を取得でき研究や教育において多大な貢献をしてきた。さらに、映像技術が発達し、CCDカメラを用いた可視化技術やPIV、LIFといった速度・濃度・温度などの物理量の計測技術が行われるようになり、工学の研究や教育活動に多大な貢献をした。したがって、これらの可視化技術を習得することは技術職員にとって非常に有意義である。

そこで、これらの可視化技術のうち高速な物理現象を対象として、民生用ハイスピードビデオカメラを用いた高速物理現象の可視化技術を習得するために個別研修を行ったので報告する。さらに、機械系で行われている学生実験・演習・実習へ応用して、高速現象の映像を取得したのであわせて報告する。

2. 民生用ハイスピードビデオカメラ

産業用や研究開発用高速度ビデオカメラは、非常に高価であり容易に入手することが困難であり、今まで高速物理現象の観察が容易に行うことが出来なかった。しかし、技術の進歩と共に民生用ハイスピードカメラが開発され、非常に安価で入手でき、取扱いの簡便なことから学生実験等への導入が行えるようになった。しかし、依然として、民生用と産業用では性能差は非常に大きい。そこで、産業用と民生用の比較を行う(表1)。ハイスピードビデオカメラの最も重要な性能は、動画取得の時間間隔、具体的には一秒間あたりに取得可能な画像フレームレート(fps, frames per second)である。両者を比較してみると、産業用は約100倍フレームレートが高いことがわかる。さらに、取得する画像の解像度(pixel)においても、同等のフレームレートで比較すると産業用のほうが高精細であることがわかる。したがって、民生用ハイスピードビデオカメラを活用する場合は、通常のビデオカメラは30fpsであるので、現象のスケールが0.03秒から0.001秒の現象を観察する場合に利用でき、それ以上高速な現象の場合は産業用を用いる必要がある。さらに、解像度が非常に低いため、速度や濃度などの定量的な計測を行う際には、事前に十分な不確かさ解析^[3]を行

い、計測目的に必要な測定精度を有するか事前に検討を行う必要がある。

また、光学系に関しては、民生用ハイスピードカメラでは専用のレンズが装着されており交換不可能なため、微小領域の観察が行えない。しかし、後述するクローズアップレンズを装着することにより、より微小な領域の観察が行えるようになる。しかし、光学系に関してこのような工夫が必要であるが、レンズ等を装着することによる取得画像の劣化や収差に注意を払う必要がある。

したがって、民生用ハイスピードビデオカメラは、定性的な観察において現象の時間スケール、照明、配置、フィルタなどを適切に選ぶことにより十分活用できると考える。

表1 民生用と産業用・研究開発用ハイスピードビデオカメラの性能比較

性能	民生用(C社製)	産業用・研究開発用(F社製)
最大フレームレート(fps) 解像度(pixel)	1200	140000
	336 x 96	128 x 8
	600	96600
	432 x 192	512 x 256
	300	7500
	512 x 384	1280 x 800
レンズ F値 撮影可能距離	交換不可	Fマウント
	2.7-4.6	レンズに依存
	5-∞cm	レンズに依存

3. 照明技術

ビデオ撮影において、照明技術は非常に重要である。特に、ハイスピードビデオカメラでは、光量が非常に重要である。したがって、レンズの明るさの指標であるF値の小さいものを用いたほうが良い。しかし、民生用ハイスピードビデオカメラはレンズが交換できないためF値を変更することができない。したがって、照度(lx)、光束(lm)の大きい光源を用意する必要がある。以下に、特徴的な光源の比較を行う(表2)。

表2 光源の比較

	白熱電球	コールドライト	LED光源	太陽光
出力(W)	500	100	2	-
発光部	フィラメント	ハロゲンランプ	白色LED	-
照度(lx)	-	500000	27000	100000
光束(lm)	3400	-	60	-

一般的に、光源として主に白熱電球が用いられる。特に、接写では500Wのものが用いられ、非常に強い光を放射状に発生するので観測対象物に十分な明るさを与えることができる。しかし、発光効率が悪いため、熱が発生し観察対象に悪影響を与えてしまう。そこで、熱を発生させないように工夫したのがコールドライトである。コールドライトの光源は、白熱電球で使用されている電球とほぼ同じ構造のハロゲンランプを用いる。ハロゲンランプは、電球中の不活性ガスにハロゲン(ヨウ素、臭素など)を微量混入させることにより、白熱電球と比べると1.5倍の明るさと10倍の寿命を持つ。したがって、ハロゲンランプの温

度は、白熱電球よりも高くなる。そこで、熱の問題を解決するために、光をレンズで収束し光ファイバーを用いて観察対象に照射する。そのため、太陽光よりも高い照度の光を発することが可能である。一方、光ファイバーを用いているため、減衰して照度の低下を招く。しかし、発熱が全くないので観察対象に悪影響を及ぼす可能性は低くなる。また、集光して観測対象に照射するため局所的に非常に明るい光で照明することが可能である。一方、その明るい領域が狭くなってしまうのが欠点であり一長一短である。

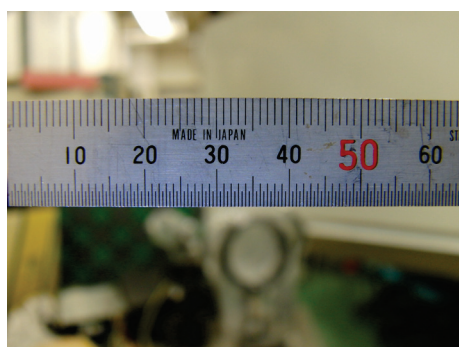
さらに、近年、半導体技術が発達し高輝度のLEDが開発されコンパクトで効率の良い光源が登場した。しかし、コールドライトで用いているハロゲンランプほど明るさはないので、LED光源はコンパクトと低発熱及び、省電力といった用途で使用に適している。

また、太陽光を照明として利用する野外で撮影では、太陽の方向を変えることができないため、レフ版を用いて太陽からの反射光を観測対象に照射して照明する必要がある。

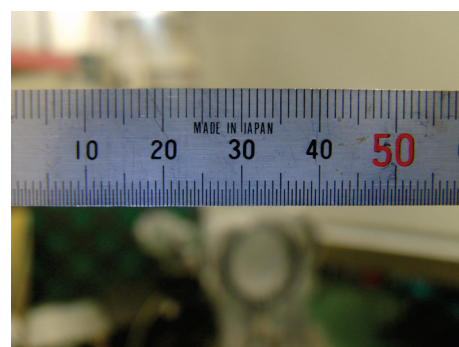
4. クローズアップレンズ

2節で述べたとおり、民生用ハイスピードビデオカメラでは、レンズを自由に交換することができない。そのため、微小な対象物を撮影するには工夫が必要である。

その工夫の一つとして、クローズアップレンズの活用が挙げられる。クローズアップレンズはフィルターのようにレンズの前に装着して使用する。クローズアップレンズの効果を調べるために、ピントの合う最短距離の位置で撮影を行った(図1)。

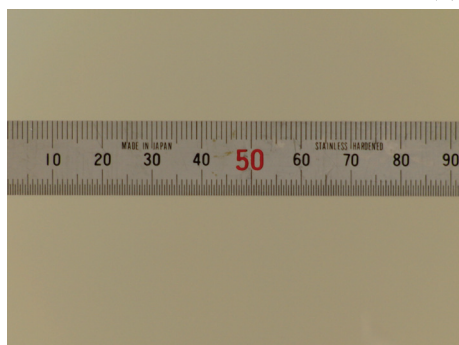


クローズアップレンズなし
距離5cm

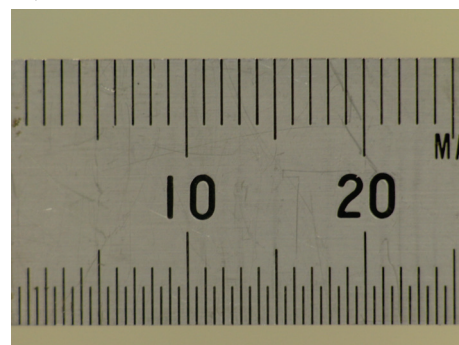


クローズアップレンズあり
距離5cm

(a)テレ側($f=7.3\text{mm}$)



クローズアップレンズなし
距離90cm



クローズアップレンズあり
距離25cm

(b)ワイド側($f=87.6\text{mm}$)

図1 クローズアップレンズによる効果

テレ側では、付属のレンズを用いて、仕様の通り観測対象まで5cmの位置まで撮影可能であった。クローズアップレンズを装着後に同様に撮影した結果、観測対象までの距離は変わらず取得画像は約1.1倍になった。また、ワイド側で同様に撮影した結果、物体までの距離が90cmから25cmと非常に変化し観測対象までの距離が短くなった。さらに、取得画像は約3.5倍となり、今回の実験で取得した画像で最も高倍率で観察が行えることが分かった。したがって、クローズアップレンズを装着するとワイド側において高倍率で観察が行えることが分かった。また、今回の実験では、取得画像の劣化は生じなかった。しかし、観察対象の色彩等の条件により、取得画像の劣化や収差を発生させる可能性がある。したがって、これらのことに注意して特性を理解した上で利用すると非常に有用である。

5. 機械系学生実験への応用

前述したとおり、民生用ハイスピードビデオカメラは制限された性能であるが、その範囲で学生実験等を応用したので紹介する。

機械工学科では、創造性を養うためにスターリングエンジンの設計製作を行っている^[4]。作成したスターリングエンジンは、回転数が1000rpm以上のため肉眼でエンジンの動きを観察することができない。そこで、ハイスピードビデオカメラを用いて600fpsのフレームレートで撮影を行った。取得画像のうちエンジンの動作の一周期を抽出したため画像の時間間隔は0.016秒である(図2)。エンジンの動きの詳細を観察できるため、ものづくりや設計、製作への関心が向上し非常に教育効果を高めることへ貢献できた。



図2 スターリングエンジンの運転(回転数:1800rpm)

6. 終わりに

本報では、可視化技術のうち高速な物理現象を対象として、民生用ハイスピードビデオカメラを用いた高速物理現象の可視化技術に関して個別研修を実施したので概要を報告した。特に、ハイスピードビデオカメラでの撮影では照明技術が非常に重要なので詳細を述べた。さらに、民生用ハイスピードビデオカメラは性能に制限があるが、クローズアップレンズをうまく活用すると、撮影の幅が広がることを示した。また、今回の研修で得られた技術をもとに、学生実習であるスターリングエンジンの製作へ応用し、エンジンが高速で動作している様子を撮影し、学生への教育効果の向上へ貢献することができた。

なお、本報告は工学系研究科技術部個別研修(OJT)の成果の一部であり、関係各位へ謝意を表します。

<参考文献>

- [1] 社団法人日本機械学会、機械工学辞典、1997
- [2] 可視化情報学会20周年記念誌編集委員会、流れの可視化 今・昔、社団法人可視化情報学会、1993
- [3] 社団法人日本機械学会、計測の不確かさ、1987
- [4] 浜名芳晴、スターリングエンジン製作における教育的技術指導、平成21年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球 報告集、2010

44 3D-CAD「Solid Edge」と ANSYS の習得について

機械工学専攻 諸山 稔員
moroyama@mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

現在、機械系 2 学科で行われている演習は 2 年生冬学期の機械工学総合演習第一と 3 年生夏学期の機械工学総合演習第二、3 年生冬学期の創造設計演習があり、その中で 3D-CAD「Solid Edge」を用いた「3D-CAD 演習」等の 3D-CAD の指導や、振動解析等を行う振動設計演習等の担当し指導や計測などを行っている。

3D-CAD では設計・製図の基本を身に付け、その上で 3D-CAD ソフト「Solid Edge」の指導方法を身につけて演習に臨む必要があり、振動設計演習では、3D-CAD でモデリングを行い作成された構造物を加震器で振動させ計測を行うため、3D-CAD の知識と振動に関する知識が必要とされている。3D-CAD「Solid Edge」や CAE「ANSYS」は専門外であったため担当する演習内で学生からの質問に即座に回答できない場面もあったため、知識の向上が必要と考えて OJT を行うことにした。

2. 研修について

研修では製図の基礎知識を身に付けた上で 3D-CAD での作成技術を身に付け、指導が行えるように学習すると同時に、構造力学と振動力学を学び CAE ソフト ANASYS についても学習を進め、各種演習で必要とされる Solid Edge と ANSYS の操作方法の向上を中心とした技術の習得を行うことにした。

2.1. Solid Edge の学習について

Solid Egde に付属されているチュートリアルを初級から上級まで通して行い、Solid Egde で行えるパーツのモデリング、アセンブリ、ドラフトの基本的な操作方法について理解した後、「JIS 機械製図」等に記載されている三角法の図面を元にモデリングを行い、機能の熟知に努めた。モデリングの学習後は「JIS 機械製図」より製図の基礎についても学び、モデリングやアセンブリをドラフトにした際の製図の表記法についても学ぶことが出来た。また Solid Edge が有する解析機能「Femap Express」についても演習で使用するため、Solid Edge を提供しているシーメンス PLM ソフトウェア主催の「CAE 入門塾」(セミナー)に出席して CAE について有限要素法等の基礎知識から学習し、ソフトの応用までを学ぶことが出来た。

○ 「CAE 入門塾」(セミナー)について

主催 シーメンス(株)

開催場所: シーメンス PLM ソフトウェア 日本法人本社(新宿) 2010 年 2 月 12 日

内容について(構造設計と CAE)

- ・ 有限要素法について
- ・ 単一部品の解析(SE Simulation の概要)
- ・ 解析について(アセンブリ部品、板金モデル、理論値を持つモデル)

また FJT でも 3D-CAD「Solid Edge トレーニングコース」基礎コースや応用コースに出席して、Solid Edge の基礎・応用および最新版 ST2 の追加機能を学ぶことで知識を積み重ねることが出来た。

○ Solid Edge トレーニングコース「3 日間コース」の概要について

トレーニング(1・2 日目)

- ・ Solid Edge の概要
- ・ プロファイル作図機能
- ・ 部品作成機能
- ・ ドラフト作成機能
- ・ アセンブリ作成機能
- ・ データ管理ビューア機能

トレーニング(3 日目)

- ・ 板金操作
- ・ 配管操作
- ・ パーツ応用
- ・ アセンブリ応用

○ Solid Edge 応用コースの概要について

トレーニング内容について(下記の 4 項目を選択しての 2 日間コース)

- ・ フィーチャモデリング概念習得
- ・ スケッチによる動きの表現
- ・ 自由曲線
- ・ ドラフトの応用

2.2. ANSYS の学習について

ANSYS についてはセミナーテキストを中心とした基礎知識の習得を行い、基礎的な例題を通して ANSYS の操作について理解を深め、応用的な課題として、構造力学関係の共振周波数、たわみ、応力などの計算手法を習得し、解析までを行った。また ANSYS の操作を行う前に、構造力学と振動力学の知識の習得をテキストを通して行い、その上で ANSYS の操作を行い学習した。その中で前記の「CAE 入門塾」のセミナーに参加でき、有限要素法の基礎について学べたことも大きかった。

3. 得られた知識・成果について

Solid Edge に関しましては、モデリング、アセンブリ、ドラフトに関する一連の作業の習得は一般作業に対しては習得が終了し、演習での学生からの質問に対して概ねその場で処理することができ、処理できた割合を飛躍的に向上させることが出来たが、Solid Edge の応用的知識の未習得部分や昨年から追加された「シンクロナスモード」でのモデリングに関してはこれからの課題である。(機械系の演習では扱わないモデリングのモード)

ANSYS では個人レベルでの使用については扱えるようになっているが個人での使用が限界で学生からの質問に対応できるのは初歩レベルに留まっており、これからも継続的な学習が必要である。

4. 謝辞 本報告は 2008 年度工学部・工学系研究科個別研修(FJT 第 09-050)によるものである。

45 高温高速気流中の化学種濃度測定用

プローブの耐久性改善について

航空宇宙工学専攻 内海 正文

tklab@mail.ecc.u-tokyo.ac.jp

航空宇宙工学専攻 奥抜 竹雄

マテリアル工学専攻 杉田 洋一

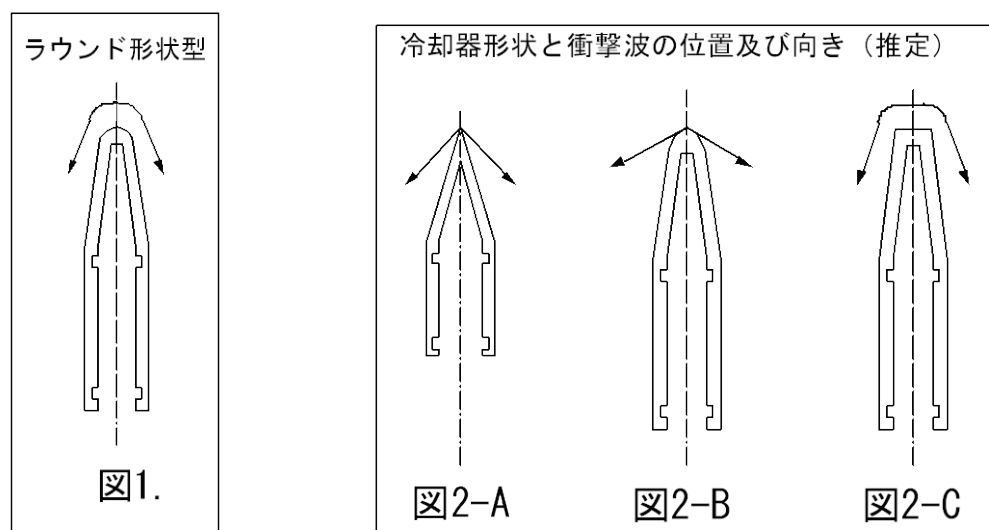
1. はじめに

予冷ターボジェットエンジンは二段式スペースプレーンの一段目のエンジンとして提案されているもののひとつでアフターバーナは燃焼室とタービンを通じた高温排気に燃料を噴射させ燃焼させる。アフターバーナで水素過濃燃焼させるようサイクル設計されている。津江研究室では燃焼要素試験としてインジェクター単体で燃焼器 1/10 モデルを用い各種実験を行っている。燃焼ガスサンプリングは水素過濃燃焼で 2000℃にも達し、金属が溶解してしまうため日本国内でも殆ど測定例を聞かない。そこで著者等は平成 20 年に化学種濃度測定用プローブを設計開発し試作品（以後従来型と呼ぶ）により、アフターバーナ燃焼火炎より約 10 のガス採取に成功した。しかしながらプローブは一部焼損し単発でのガス採取に留まった。プローブの耐久性改善を目標に従来のプローブおよび支持冷却器の構造に高速流体力学の見地を加え改良を試みた。以下本文においてその報告を行う。

2. プローブ支持冷却器先端形状の選択

図 1 に今回採用した冷却器の側面形状（以後ラウンド型と称す）概略図を示す。

図 2-A に従来型支持冷却器の側面概略図を示す。この形状は超音速の 0.3Mpa 程度の高温気流中に挿入するため、強度の観点から出来るだけ衝撃値の緩和を目的として鋭角の形状としていた。図 2-B は改善案の第 1 案を示した、外側形状を 2 段の傾斜角を設け冷却器内



部形状の狭隘部分をなくす事を考慮したが、マッハ数の条件によっては発生する衝撃波が離脱衝撃波ではなく、楔形頂点部分で付着する恐れがある事に気付いた。この現象は図 2-A の従来型も同様で、高温空気が支持冷却器に付着して冷却効果を半減し焼損部分が生じた可能性が考えられる。離脱衝撃波が支持冷却器よりも分離した位置と成る事が予想される図 2-C の台形型と今回採用したラウンド型を候補とした。各図において上部に描いてある矢印と線は予想される衝撃波の位置と方向を示す。製作費用の問題もあるため両方は不可能と判断し、冷却水循環目的でプローブが薄肉型で有る事を考慮し、材料強度的にラウンド形状で衝撃値の緩和が見込まれる本案を採用する事に決定した。

3. プローブ概要

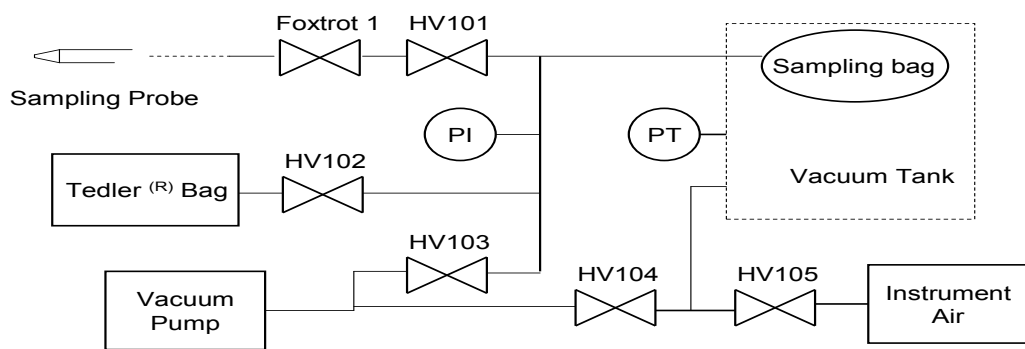
プローブ全景写真は実験前後を比較しやすくするため図 7 に示す。プローブ形状は流れ場を乱す事への影響を考慮し、小型化が望ましい。このため、化学種吸入後のパイプを肉厚 0.3mm とし、適度に冷却水の流れるスペースを確保すると同時に外側管を外径 ϕ 6.0mm 内径 ϕ 5.4mm と従来型の外径 ϕ 7mm より若干小型化した。

4. 実験目的

2008 年度 OJT 研修において開発を試みた高温高速気体中の化学種採取用プローブは化学種を採取する事が出来たが、冷却器の一部焼損のため複数回測定が不可能で有った。このためプローブの耐久性改善を目的として冷却器形状の先端部ラウンド型を提案し、冷却効果の増大を計った。実験は準備時間も含めると一回当たり長時間を要し、今回の実験においては研究室の燃焼室内可視化実験等との同時測定であるため、多くは出来ず 5 回程度の実験に耐えられる事を目的とする。

5. 実験条件等

実験は柏キャンパス基盤実験棟内の極超音速高エンタルピー風洞の燃焼風洞ラインを用い行った。風洞性能諸元は 2007 年第 22 回技術報告を実験手順の詳細は 2009 年第 24 回技術報告を参照頂きたい。ここでは高温高速気体採取システム図を紹介しておく。



Phase	HV101	HV102	HV103	HV104	HV105
Vacuuming	Open	Open	Open	Open	Close
Sampling	Open	Open	Close	Close	Close
Sample Transfer	Close	Open	Close	Close	Open

Sampling System

図 3. 化学種捕集システム図

実験条件：

マッハ数 1.35 与え点圧力 300Kpa 与え点温度 1000K 水素過濃燃焼

実験手法：

圧縮機を用い与え空気貯気槽（タンク）に空気を 4～4.3MPa 蓄える、所要時間は 0.6MPa/h 程度であり、1 回の通風で約 0.4MPa 使用し順次実験の合間に圧縮機を稼働させ空気を補充する。次に風洞加熱器内のアルミナペブルを都市ガスバーナー加熱（1 実験 20 分～30 分で毎回加熱）する事により、アルミナペブルに蓄熱させる。この際加熱器内上部温度を 1450℃程まで加熱させる。風洞の起動操作を経て加熱器内を通過した気流は約 850K の高温空気になり、アフターバーナ燃焼器を介しノズル出口から噴出する。風洞を起動し通風後、気流の安定した 30 秒後にアフターバーナに水素燃料を投入し火炎を自発点火（6 秒間）させる。この間にノズル内に直接サンプリングプローブ（投入時間 4 秒吸入時間 2～3 秒）を挿入し、吸引する事により化学種を真空容器内のサンプリングバッグに捕集する。通風停止後テトラバッグに移送し約 1 分採取する。実験は当量比 0.45 程度の希薄燃焼時 1 回および当量比 2.2 程度の過濃燃焼時におけるプローブ耐久性テストを 4 回程度行う。

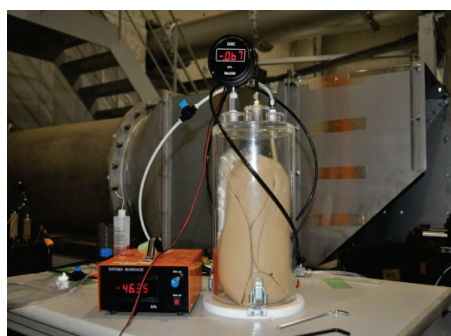


図 4. 真空捕集器写真



図 5. テトラバッグに採取した化学種

図 4. に真空槽、サンプリングバッグの写真を示す。図 5. にはテトラバッグに採取した化学種を示す。図 6. に燃焼器内可視化&サンプリング同時実験写真を示す。

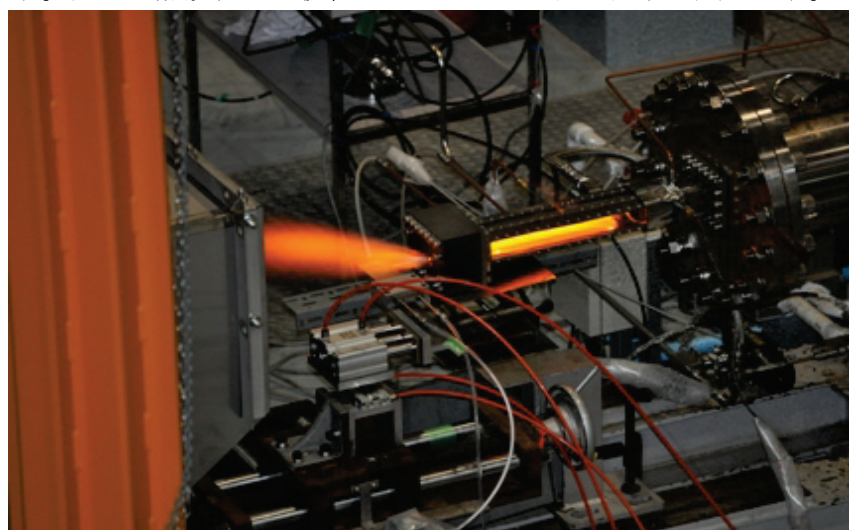


図 6. 燃焼器可視化およびガス採取実験写真

6. 実験結果および考察

実験は燃焼室内実測値温度で約 1400℃、1700℃、1800℃、2000℃、2100℃において行った。2100℃では燃焼室が高温に成りすぎて危険と判断し水素供給を停止し燃焼を中断したため、採取時間が 0.6 秒間程度しか取れず、採取量が少なかった他は、それぞれテトラバッグに 1～2 ㎖程度の化学種を採取する事に成功した。5 回の各実験後にそれぞれプローブを観察したが支持冷却部は全く損傷がなくラウンド形状と内部冷却水路の狭隘部分を改良した効果が確認されプローブの耐久性が大幅に改善された。図 7.に実験前、図 8.に実験 5 回後のプローブ写真を示す。

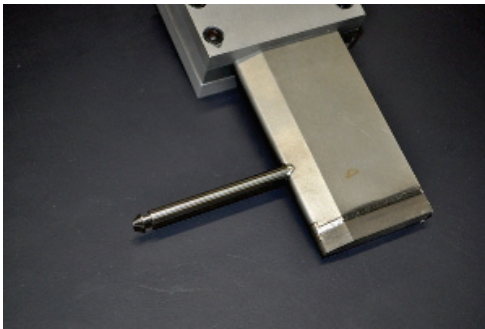


図 7.新品プローブ写真

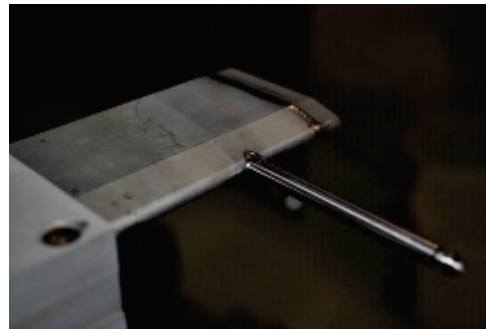


図 8.実験後のプローブ写真

7. まとめ

- 1) 目標であった 5 回のガス採取を行い、プローブ全体に殆ど損傷が無かった。
- 2) 冷却器プローブ支持部材は内部の冷却水経路の隘路を無くすことと先端部をラウンド型にした効果で十分な冷却効果が有り、耐久性を確立出来た。
- 3) 冷却水の飛散方向が従来型に比べ若干悪かった、傘形状と外側管の隙間長が重要である事が認識できた。

謝辞

今回の実験は、2 週間 9 日間の柏極超音速高エンタルピー風洞の借用において津江研究室と共同実験を行っている JAXA の材料耐熱実験、群馬大学の騒音計測、岐阜大学の光学温度計測が行われ、津江研究室のアフターバーナ燃焼室内可視化実験と同時計測とさせて頂きました。貴重な時間を割いて頂きました津江研究室 津江光洋教授を初めとする共同実験関係者各位に深謝致します。

又、実験を行う上でガス採取系システムの構築等におきまして、ご指導・ご協力を頂きました、津江研究室 今村宰助教に深謝致します。

実験を行うにあたり、多大なるご協力を頂きました津江研究室（平成 21 年度時）博士課程 1 年 西田俊介君、修士課程 1 年 種子田尚君、学部 4 年 喜多翔ノ介君に感謝致します。

この報告は平成 21 年度東京大学工学部・工学系研究科 OJT 個別研修（第 09-090）「高温高速流気体採取用プローブの耐久性改善技術の習得」の援助を受けました事を記し、ここに謝意を表します。

46 平成21年度 機器・分析技術研究会(琉球大学) 参加報告

システム創成学専攻 榎本昌一
eno@nakl.t.u-tokyo.ac.jp

1. 初めに

平成21年度の技術部FJTを利用して頂き琉球大学で行われた「平成21年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球」に口頭発表として参加した。今回沖縄県での開催ということもあり、約600名の技術系職員が全国から集まった。

研究会名： 平成21年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球

開催日： 2010年3月4日(木)～5日(金)

開催場所： 琉球大学千原キャンパス内 (図1、2)



図1 琉球大学北入口（花で LOVE）



図2 琉球大学構内（壁にシーサー）

2. 開催趣旨

本技術研究会は機器・分析技術研究会、実験・実習技術研究会の二つの研究会の同時開催である。それぞれの開催趣旨は次の通り(技術研究会HPより)。

「機器・分析技術研究会は、文部科学省所轄の大学共同利用機関法人、国立大学法人および独立行政法人国立高等専門学校機構に所属する技術系職員が技術研究発表、討論を通じて技術の研鑽、向上を図りさらには相互の交流と協力により技術の伝承をもふまえ、わが国の学術振興における技術支援に寄与することを目的としています。」

「実験・実習技術研究会は、全国の国立大学法人、独立行政法人国立高等専門学校機構および大学共同利用機関法人などの多くの技術系職員が、日常業務で携わっている「実験・実習」「ものづくり」「地域貢献」などに関する広範囲な技術的教育・研究支援活動について発表する研究会として企画されました。発表内容も通常の学会などとは異なり、日常業務から生まれた創意工夫、失敗談などを重視し技術系職員の交流および技術の 向上を図ることを目的としております。」

3. 出張日程と研究会スケジュール

本研究会は初日午前に特別講演が組み込まれており、前日に沖縄入りとした。研究会のスケジュールを簡単に記す。



図3 特別講演

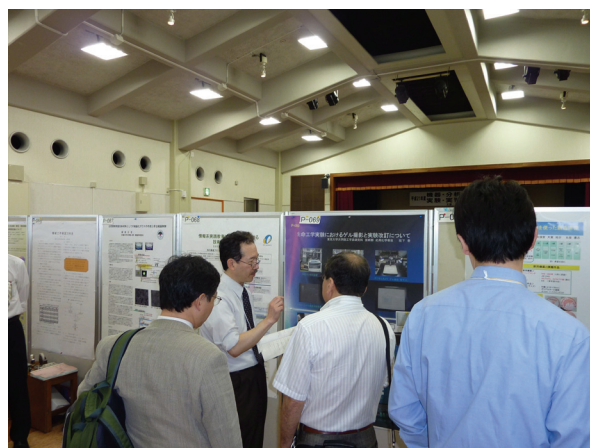


図4 ポスター発表

3/4	10:00	開会式	
	10:20	特別講演	演題:「今 沖縄からテクノイノベーション」 講師:直木 秀夫(琉球大学客員教授) (図3)
	午後	一般発表	
	19:00ー	技術交流会	会場:マリエールオークパイン
3/5	午前、午後	一般発表、ポスター発表	(図4)
	16:30	閉会式	

4. 講演の聴講と発表

主に私の職務に関連する計測技術、IT及びネットワーク技術関連の発表を聴講した。どれも、今後の研究教育活動に参考になるものであった。また、自分自身は「3次元レーザースキャナによる船殻ブロックの精度計測」という表題で口頭発表を行った。発表では3次元レーザースキャナからの出力である点群データについて、何故大きな誤差が出るのか、このスキャナを使ってどのようなことが出来るか等の質問があり、有意義なディスカッション、情報交換が行えた。

5. 技術交流会

今回の交流会は沖縄都市モノレール「ゆいレール」の古島駅近くの会場で行われた。交流会では琉球大学の方々、この9月に機器・分析技術研究会を行う東京工業大学の方々、22年度に総合技術研究会を開催する熊本大学の方々、23年度に機器・分析技術研究会を行う信州大学の方々を初め、多くの方々とコミュニケーションを取ることが出来た。

6. 終わりに

学内だけではなく、学外での発表や情報収集はとても大事なものであり、技術職員による技術職員のための技術研究会への参加は貴重なものである。今後とも参加して行きたいと考えている。

謝辞

今回の技術研究会参加は平成21年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)の補助を受けました。関係各位に謝意を表します。また、大変お世話になった琉球大学の技術研究会実行委員会の皆様にこの場を借り、お礼申し上げます。

47 機器・分析技術研究会、実験・実習技術研究会

in 琉球への参加報告

システム創成学専攻 土屋好寛

tsuchiya@triton.naoe.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

第3回 FJT 公募の採択により国立大学法人琉球大学で開催された「機器・分析技術研究会、実験・実習技術研究会 in 琉球」の研究会に初めて参加し「フォトバイオリアクターの設計開発」と題してポスター発表を行うと共に討論に参加した。同研究会は平成22年3月4日～5日の二日間にわたって開催され、以下に参加概要を報告する。

2. 参加・ポスター発表

今回の研究会は、機器分析と実験実習技術の二つの研究会が沖縄に会した開催で、全国から国立大学法人、高等専門学校、共同利用機関の技術系職員約600名が参加した。発表件数も口頭発表120件、ポスター発表164件の計284件であった。

内容は、各種機器分析と維持管理、実験・実習、ものづくり、地域貢献事業等で Table 1 に分野別発表件数とその発表方法を、また、総発表件数に対する分野別の割合を参考に示す。

表からも分かるように多岐に渡っての発表であった。

Table 1 分野別発表件数とその割合

発表分野	発表件数	口頭	ポスター	全体割合
組織運営	8	0	8	3%
計測	4	0	4	1%
化学	16	7	9	6%
分析	37	16	21	13%
安全衛生	21	9	12	7%
機械	40	20	20	14%
情報	21	9	12	7%
電気	23	13	10	8%
生物	12	4	8	4%
地域貢献	44	12	32	15%
実習	40	18	22	14%
医学	1	0	1	0%
建築	10	5	5	4%
物理	3	3	0	1%
気象・防災	4	4	0	1%
合計	284	120	164	100%

〈ポスター発表内容〉

「バイオリアクターの設計開発」と題して以下の発表した。

二酸化炭素削減問題は全世界の緊急課題である。その削減の一手法として光合成微生物による二酸化炭素固定化技術があり、日本のように地下資源の乏しい国においては微生物の創り出す生成物がそれに変わるものであるなら一石二鳥になる。

今回のシュードコリスティスは成長速度が速く、体内に軽油を蓄え、二酸化炭素の吸収は植物の50倍である。こ

れまでの微生物培養は農学的視点から試験管で行われる場合が多く、大量培養を可能とするリアクターを工学的流体力学的な視点で開発する試みは少なかった。従って、微生物の最適成長環境を持続するリアクターを工学的流体力学的な視点と、建造コスト、ユーティリティ、償却年数等の視点で設計し、シュードコリスティスの培養実験を行いその増殖速度から試験管培養と比較し性能評価を検証した。

結果は、試験管と大差ない増殖速度であることが分かった。また、リアクターの問題点を明らかにし、改善方針を示した内容である。

45 分間の発表の中で、口頭発表時間と同じ 15 分に 1 名の割合で 3 名に説明したが、その時常時 2 名の方が一緒に聞いてくれた。中に微生物の試験管培養を仕事としていた方から、実際にはどのくらいの微生物の量で軽油がどのくらい採取できるのかの質問に恐縮し、また好気性微生物と嫌気性微生物について逆に講義をされた。その方は今は別の仕事をしているとのことであったが、微生物利用の二酸化炭素削減に新たな思いを抱いたようでもあった。

3. 得られた技術・知識等

関連する発表等は乏しく、したがって新たな技術・知識の獲得はなかった。

発表関連の知識としてではないが、地方大学技術系職員の地域貢献活動の発表数の多さが印象に残った。そこで、発表の特徴を知るために部門別に集約し Table 1 の 分野別発表件数とその割合を調べた。

法人化後の大学は、国立大学法人大学評価委員会第 1 期中期計画と中期目標の評価を受ける。達成度に応じて運営費交付金の配分が決まるため、各大学は特色作りに必死である。平成 21 年度が一期目の最後の年で平成 22 年度からは第 2 期目の中期計画が始まる。

こういった「地方大学の生き残り(策)」が、本来の技術に特化した教員と対等な教育・研究業務に付加した形で術系職員の地域貢献の発表数となってきたものと思われる。

また、これらの活動を通して技術職員の存在(力)を外にアピールしている姿を知るよい機会になった。

4. おわりに

謝辞: 本報告は平成 21 年度工学系研究科技術部個別研修(FJT)の助成によるものであり、ここに関係各位に感謝する。

48 平成21年度 琉球大学技術研究会参加報告

システム創成学専攻・鈴木 誠

suzuki@frcer.t.u-tokyo.ac.jp

1.はじめに

平成21年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会が3月4日～3月5日に琉球大学で開催された。この研究会は、全国の国立大学法人、高等専門学校及び大学共同利用機関の技術系職員による発表と討論を通じて、技術の研鑽向上を図る「研修の場」として高く評価されている。発表内容は、各種機器分析や維持管理、また「実験・実習」、「ものづくり」、「地域貢献事業」など広範囲で参加者数は約600名、口頭発表120名、ポスター発表164名であった。この研究会に口頭発表で参加し、業務に関わりのある「実験・実習」を中心に口頭発表、ポスター発表を聴講したので報告する。

2.研究会内容

(1) 口頭発表

「多孔質媒体内で生成される固液共存系における超音波波動伝播実験」の題目で口頭発表した。題目にある超音波や固液共存系の内容を中心に、塩水で飽和された多孔質媒体の凍結過程（固液共存系の生成状態）の様子や超音波のメカニズムなどを説明し、この分野の専門外の人にも容易に理解出来るような発表を心がけた。その中で多孔質媒体の凍結過程（固液共存系の生成状態）の様子について質問をいただいた。私が行っている実験に少しでも興味を持っていたき満足している。その他として圧力の影響、使用している固定剤の粘性の影響、多孔質媒体の孔隙率と伝播特性の関係などたくさんの質問をいただいた。多少想定外の質問もあり、それについて討論でき非常に勉強になった。今回の技術研究会は全国のいろいろな技術機関からの参加があり、私が考えていることと違う局面から見てくれる人が多く自分の視野を広げることが出来た。また、口頭の発表順番が特別講演と技術交流会の間に設定された関係で多数の人に聞いていただけたことは幸運であった。

(2) 聴講（口頭発表）

①「凍結融解腐食環境下 SUS304 孔食に関する水溶液 Cl⁻ イオン濃度および残留応力変化の測定」。釧路工業高等専門学校

この発表は北海道東部沿岸地域の溶接構造物の凍結防止剤や海風による塩害、冬期の昼夜間の寒暖差による凍結融解の繰り返しで生じる凍害の影響により、腐食に強いステンレス鋼の構造物でも腐食してしまう。溶接部の近くで腐食が頻発しており、この腐食要因究明のため水溶液濃度の測定と溶接残留応力の測定を行っていた。実験方法は Cl⁻ を含んだ水溶液に対して凍結融解（14日間）を繰り返し、その塩素濃度を測定している。この実験は私が行っている実験と同じ固液共存系の状態を観察しており、長期間における凍結過程変化について質問することが出来、勉強になった。

②「太陽電池を電源とした積雪量測定装置の開発」旭川工業高等専門学校

この発表は超音波センサーを用いて積雪量を測定する実験である。旭川市では冬、一晩で降雪が 50cm 以上になり、除雪作業が数時間に及ぶ。その除雪作業の有無の判断に積雪量の情報が必要であり、その積雪量について超音波センサーを用いて測定する。また、測定電池の電源はクリーンなエネルギーとして期待されている太陽電池を採用していた。

超音波センサーを使用し反射法で測定しているが、結果として雪質により誤差が大きく変動していた。（新雪では誤差が多く、べた雪は誤差が比較的少ない結果であった。）また、太陽電池を使用して安定した電源を供給している太陽電池独立電源装置もうまく作られていた。私の実験でも弾性波の速度や減衰特性の周波数を測定するのに超音波センサーを使用している（この実験で使用している超音波センサーの精度や使用周波数域は異なる）が積雪量実験に使用する発想は参考になった。

(3) 聴講（ポスター発表）

「水の凝固と自然対流の教育用実験装置の製作」苫小牧工業高等専門学校

この発表は私たちの生活のいたるところで起こる身近な現象である自然対流（例として風呂水の対流、大気、海洋あるいは湖沼内の対流）と水の凝固の様子を可視化する実験装置の製作である。特に自然対流の実験装置は 4.0℃付近での密度逆転を伴う自然対流の様子とそれ以外の温度域での自然対流の両方が観察できる装置であり、液晶画像を使用してこの現象を学生が容易に理解出来るように製作されていた。授業での物理的メカニズムだけではなく、実験結果の動画など、実際の物理現象の映像を学生に視聴させることにより学生の理解が深まることを期待していた。

3.おわりに

全体として、私が関係している実験関係の発表は機器・分析分野の発表より少なく感じたがそのプログラム編成を利用して自分の仕事と関連性の強そうな分野にポイントを絞り聴講した。また、子供たち（小学生、中学生）を楽しませるものづくりや地域貢献事業など普段あまり自分と関わりのない分野の発表を聞くことが出来、とても有意義な時間であった。このような全国の幅広い職員がたくさん集まる研究会に参加し、自分の視野を広げることは今後、自分が仕事を進めていく上で重要になると思われる。大学内だけにいると交流が限られどうしても視野が狭くなるため、今後もこのような研究会には積極的に参加して情報収集をする必要があると感じた。

謝辞

この研究会参加には 2009 年度 FJT を活用させていただきました。ここに深甚なる感謝の意を表します。

参考文献

・平成 21 年度 機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球 報告集

49 技術研究会参加報告

(「大気圧 PIXE 分析装置の開発」発表について)

システム創成学専攻

細野米市

hosono@sophie.q.t.u-tokyo.ac.jp

1. 技術研究会の概要

沖縄の琉球大学で行われた表記技術研究会に参加した。同研究会は、2010 年 3 月 4 日～2010 年 3 月 5 日の日程で行われた。同会には約 600 名近くの参加者があり、分析機器に関する様々な観点からの発表が行われた。筆者は、全体会及び分析機器のセッションに参加した。初日に行われた全体会は、300 名近くの参加で会場が溢れ、第二会場も設けられる盛況ぶりであった。

技術研究会恒例の記念講演は、琉球大学名誉教授の直木秀夫氏が「大学に於ける技術職員の果たす役割」に関して講演を行った。その内容は、技術論・技術者論として、科学技術の発展に即した大学における教育・研究とその中における技術職員の役割等という点で的を得たものであった。

これまでの講演では、「大学における技術職の果たすべき役割」論では、教員の立場からの一方的視点からのものが多かった。それに対して今回の講演は、教員と技術職員の分業・協業の立場から、教育・研究の発展に向かった役割分担の話であり、良い講演であったと思う。しかし、大学の技術者の置かれている法的位置づけやどの様にしたら働きがいや生き甲斐を見い出すことが出来るのかと言う観点が弱かったと思う。

これまで全国大学で組織化が行われてきたが、職務実態や職務遂行形態を無視した結果、モチベーションの低下を招き、働きがいや働き甲斐をなくす例も多々生じた。法人化後の文部省訓令 33 号（平成 10 年）の不適用、学校教育法 92 条改正の影響による「管理一般業務」者扱い、学内の内規等々による「支援者」扱いは、実際の職務実態から大きく乖離している。今こそ職務実態と位置づけを重視し大学の教育・研究の発展を展望することが重要と思われた。

2. 発表

発表は、ポスター164 件、口頭発表 120 件の合計 284 件であった。私の参加した第 5 会場は、24 件の口頭発表があった。そこでの内容は、学部学生の実験・実習の紹介や手法の改良および技術開発等であった。PIXE 分析法に関する発表は、①東大工学系研究科原子力国際専攻内に設置してある加速器を用いた PIXE 分析法による学生実験 ②同じく原子力国際専攻に設置してあるタンデム加速器を用いた PIXE 分析と加速器質量分析の意義が報告された。PIXE 分析に関する発表は、筆者も含めて全て東大関係者の発表であった。

筆者は、これまで行ってきたアスベストを含む材料の元素分析を行うため大気圧 PIXE 分析法の開発について発表した。この方法は、特性 X 線を検出する部分を従来のシリコン半導体検出器（数 100 万円）から 5 万円程度の APD（アバランシェフォトダイオード）に置き換え、測定系の簡略化を測るものであった。この新方式は、エネルギー分解能に問題

があるものの、有効な方法であることを報告した。

会場からの質問等は、①空気中で1 keVの特性X線は測れるのか。②Alのデータはどこですか。③He雰囲気中と言ったがどの様にしたのか。④2.5ミクロンのハーパーフォイルで取り出して真空が保たれるのか。⑤今後分解能を向上させるため、どの様にS/N比の改善を行うのか。等々の質問が出た。

上記質問に関しては、①He雰囲気で行っている。②Alの測定結果を示した。③透明のポリ袋（生協のゴミ袋）を使用している。④2.5ミクロンで十分に真空は保持できる。⑤チャージアンプのS/N比の改善を考えている、と答えた。

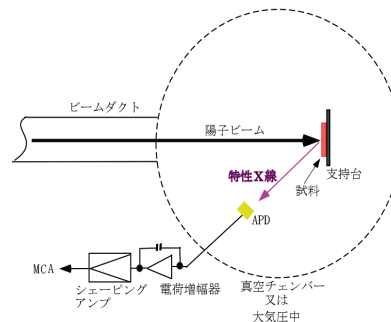
3. まとめ

全体会および分科会は、多数の参加者で熱気に包まれる中で行われた。質疑応答も積極的内容が多く、技術の伝承・技術開発を進める上で貴重な体験ができた。技術部の皆さんも積極的に技術研究会に参加すべきと考える。以下に発表内容（パワーポイント）を紹介する。なお、本発表は、個別研修（FJT）予算を用いて行った。

PIXE実験のイメージ図

大気圧PIXE分析装置の開発

細野 米市 尾亦 孝男
東京大学大学院工学系研究科



PIXE分析法は、NaからUまでの元素の同定が可能である。

真空中 … 通常用いられている。真空引きが必要。
水分含有物質は扱えない。

大気圧中 … 試料交換が簡単、水分含有物質でも良い。
大気圧に取り出す時の出口窓が必要（ハーパーフォイル）、He雰囲気での測定。

両方とも、特性X線の測定にSi半導体検出器が用いられている。この方法は、分解能が極めて良い反面、液体窒素での冷却が必要であり、値段が数百万円する。

そこで、本大気圧PIXE分析装置の開発では、
①水分を含有する物質や社会問題となっているアスベストの検出。
②APDを用いたX線検出器を開発（六万円以下）。
を試みた。

アスベストは？

（悪魔の建材）

主成分：珪酸マグネシウム塩
大きさ：0.03ミクロン x 10ミクロン（髪の毛の1/5000）
束になってようやく顕微鏡で見える。

クリソタイル（白石綿） … $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$

クロシドライト（青石綿） … $Na(Fe,Mg)_3Fe_2Si_8O_{22}(OH,F)_2$

アモサイト（茶石綿） … $(Fe,Mg)_3O_{22}(OH)_2$

その他（アンソフィライト、トレモライト、アクチノライト）は無視。

日本では、建設資材、電気製品、自動車、家庭用品等で3000種を超える利用形態があるが、アスベストの90%が建材で使用。

一般にアスベストの検出方法

電子顕微鏡が有力であるが、数%練り込まれたアスベストの場合、検出が難しい。

PIXE分析法では、

- * 20mmφ程度もOK,
- * ppmオーダーで検出可能
- * 測定時間が数百秒あれば良い。

6

X線検出に使用したAPD

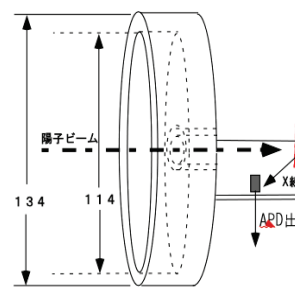
- ・値段: 56,000円
- ・有効検出部面積: 5mm x 5mm
- ・空乏層 : $\approx 10 \mu\text{m}$
- ・逆バイアス電圧: 約 400 V
- ・増幅率 : 50 倍
- ・暗電流 : 数 nA
- ・端子間容量 : 約 80 pF

7

実験は、

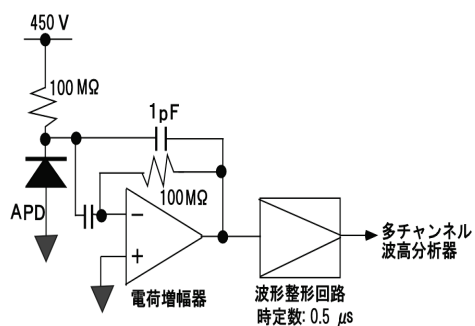
- ・ 加速器: バンデグラフ加速器
- ・ 加速電圧: 2.8 MeV
- ・ 加速粒子: 陽子
- ・ ビーム電流: $< 50 \text{ nA}$
- ・ 実験試料: 塩、アルミニウム、銅、アスベスト 等
- ・ 測定時間: 数百秒
- ・ ビーム径: 約10φ

8

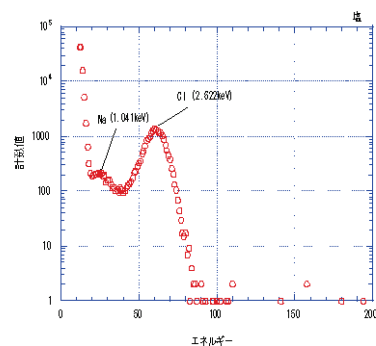


9

標的部分

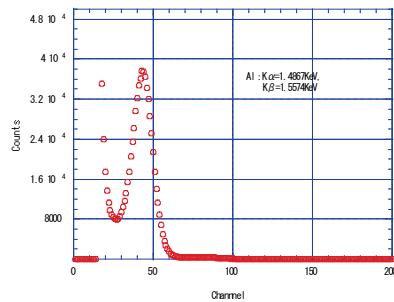


10



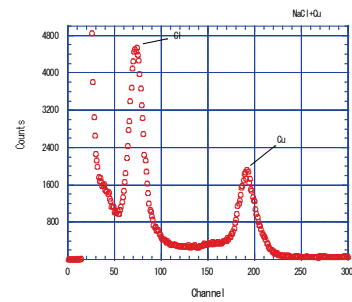
NaClからの測定スペクトラム

11



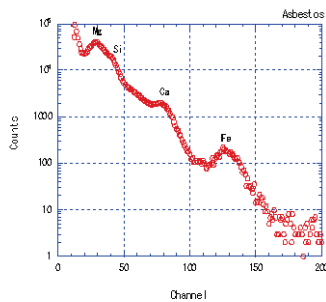
Alからの荷増幅後の測定スペクトラム

12



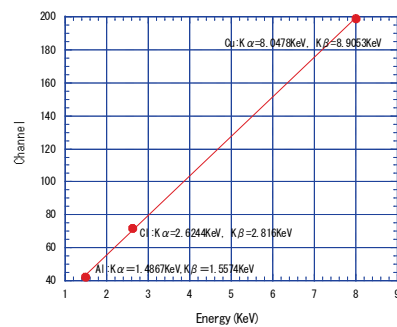
CuとClの測定スペクトラム

13



アスベストの検出

14



入射エネルギーに対する測定スペクトルのピークチャンネル

15

結論

バンデグラーフ加速器で加速した2.8MeV陽子を用いて大気圧PIXE分析法による数種の元素分析を行った。その結果以下の点が明らかになった。

- (1) 特性X線エネルギーに対する出力の直線性は良好。
- (2) 本方式は、分解能に問題があるもののアスベストの検出は可能である。Al, Cl, Cu等の検出にも有効である。
- (3) 5.9KeVに対するエネルギー分解能は、約11%であった。今後改善の必要がある。

今後の課題

エネルギー分解能を改善するため、S/N比の良い電荷増幅器を開発する予定である。

16

50 平成 21 年度機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 の参加・発表報告

精密機械工学専攻・碓山みち子
ikariyama@bmpe.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

2009 年度の FJT 予算を用いて平成 21 年度機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会 in 琉球に出席し、討論に参加するとともに「CAD/CAM 演習の取り組み」を発表した。同研究会は琉球大学において、平成 22 年 3 月 4 日から平成 22 年 3 月 5 日に開催されたものである。下記に概要を紹介する。平成 17 年度から学部 2 年生に対して、精密機械工学専攻で行われている「モノづくりと計測」という演習の一環で「形状創成入門」と題して切削工具運動生成とワイヤー放電形状創成を中心に行っている。内容は、形状創成加工を体験、各加工現象を観察させ、形状創成プログラミングを通してコンピューターによる自動加工の効果を確認する。又、加工物の形状と表面の粗さを計測し、創成加工の評価法を学ぶことを目的としている。この演習は学生が授業で学んだ理論を直接加工をすることで、理論を理解するための動機付けになるように設けられたものです。8 名から 9 名の学生が 6 つの演習テーマごとに 5 時間 x 2 回の時間で行う。この形状創成入門では、2 名の技術専門員と 2 名の T A が担当している。筆者は各人が一人一台のコンピューターを使用して、ワイヤー放電加工の部品を構築する所を担当している。

2. 演習の問題点

2次元CADソフトのCAD/Wを使用しての演習は、今年で5年目を迎えました。操作方法は簡単ですが、短い時間で作品を作るという体験が初めての学生が多い。そのために、担当する側で失敗例などを示してあげることが重要になる。1年目は、学生に色々のモデルを作らせたので、自分のオリジナルのモデルをつくる時間が少なくなった。2年目からは、操作手順の基本的なテキストを作成して学生に配り、練習時間を少なくして、創作時間を多くとるようにした。表面粗さ測定と評価では、初めて加工物をみる学生が多く、放電加工物と切削加工物の表面粗さの違いが理解できない学生が多い。そこで、二つの部材を用意して直接触れさせて、刃物が回転することにより、表面の粗さが、放電加工と違う事を理解させ表面粗さ測定器で計測し、最大高さRz（JIS94ではRy）、算術平均粗さ Ra、十点平均粗さ Rzjis（JIS94ではRz）の数値で比較させた。

3. テキストの改良した所

3-1 CAD による設計

筆者は 20 年間 CAD/CAM/CAE の演習を担当してきた。[1]その演習の経験を取り入れて、CAD 技術の推移、Pro/Engineer ソフトを利用した CAD/CAM について[2]、CAD/W を使用した黄銅板の加工、最近の 3 次元 CAD ソフトである(株)トヨタケーラム会社のケーラムゼンソフト[3]を用いて定型設計支援を行うことを演習の初めに学生に教えることにした。定型設計とは設計段階におけるコストの削減等を考慮して、少ない設計で多くの製品が作られるように設計を支援する手法の一つである。

3-2 CAM ソフトウェア

CAM は、モデル座標系上で工具経路 CL (Cutter Location) データを計算する「メインプロセッサ」と、使用する工作機械の構造や NC 装置などを考慮して CL データを適切な NC データに変換する「ポストプロセッサ」の二つで構成されている。(図 1) 一般的な 3 軸制御加工の工作機械の動きは、テーブルや主軸を直線的に移動させる並進運動のみであるため、計算の対象は工具先端中心の軌跡を表す連続した三次元の座標値となる。

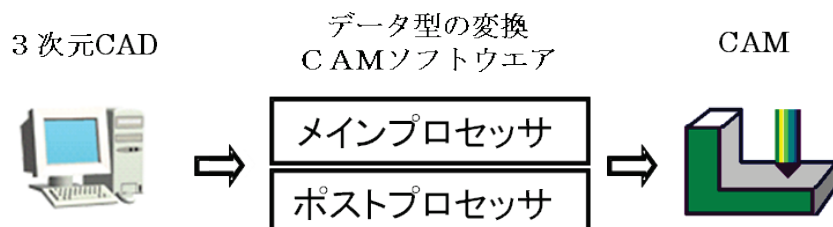


図 1 CAD/CAM の流れ

4. テキスト改良部分の結果

演習を担当するときは、その内容だけを教えるのではなく、幅広い CAD/CAM の知識を教えることで学生がより深く理解できるようになった。レポート課題である 1. 切削加工と放電加工の特徴と相違点を述べよ。2. 表面粗さデータに基づき、粗さを評価せよ。3. 旋盤加工における加工物の外形寸法と内径寸法の計測結果を整理して交差を評価せよ。4. この体験を通じて、CAD/CAM システムの特徴を述べよ。等レポート内容に学生の学習したより深い考察が述べられている。

5. まとめ

今回の研修での質問は 3 次元レーザー加工をしている方で、同じく 3 次元 CAD を指導する上での問題点を話しあいました。高専では、3 次元 CAD/CAM 技術の重要性が増大し、学生全員に U G ソフトを使用した授業が行われている。学習時間も 60 時間をかけて 2.5 軸加工、3 軸加工、多軸（5 軸）加工を行い曲面加工全般を理解させるように指導していた。できた製品に対しては、直接ラピッドプロトタイピング用モデルの作成を行っている。今回の参加・発表は、CAD/CAM 演習全般に関する意見交換と高専などがより充実した内容になっていて、新たな知見を得ることができた。

6. 謝辞

この本報告は、東京大学工学系研究科技術部個別研修 (FJT) の助成を受けた事を記し謝意をあらわす。

7. 参考文献

- [1] 碓山みち子：「CAD/CAM/CAE の学生演習について」技術報告 2000 年。
- [2] 碓山みち子：技術教育・工学教育 5、日本機械学会公開研究会講演論文集 (2004) p17.
- [3] モデリングコース、基本操作コース、アセンブリコース、(株) トヨタケーラム、2006 年発行。

51 日本金属学会 2009 年秋期（第 145 回）大会

京都大学吉田キャンパスに参加して

マテリアル工学専攻・中村光弘
nakamura@material.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに 平成 21 年 9 月 15 日（火）9 時から 17 日（木）17 時まで京都大学吉田キャンパスにて日本金属学会 2009 年秋期（第 145 回）大会が開催された。例年日本金属学会と日本鉄鋼協会（第 158 回）秋季講演大会は同時開催のため、多数の参加者がおり、日本金属学会だけでも 48 のセッション、10 のシンポジウム、ポスターセッション、日本鉄鋼協会との共同セッション等があり学会がダイナミックに行われているという印象を受けた。今回、私自身が今まで OJT に応募して 4 年程度を要して行った内容を材料研究のプロに問うてみたいのと又内容について意見をいただければ嬉しいとの思いから日本金属学会に申し込んだ。また、学会で聴講した内容で興味を持った内容の概略を報告する。

2. 発表 セッション名：超微細粒材料（Ultra-fine Grained Materials）の 3 日目の午前中の発表であった。発表内容は本誌の”Ta, Ni 及び Nb 金属微粒子の凝集状態について（平成 21 年度技術職員個別研修 OJT 研修報告）”とほぼ同じ内容で金属微粒子凝集体の微粒子一個一個の分布はフラクタルであり、そのフラクタル（ d 値及びフラクタル距離）を用いて凝集体の状態を表した。そして、フラクタルと凝集体の総個数、平均粒径、標準偏差、最大距離との相関関係を調べたものである。発表の質疑、討論で立命館大学・R-GIRO の藤原 弘先生から、相関関数の説明がよくわからないとのコメントと、もし Ni 微粒子を点接触での凝集ではなくて Ta や Nb のような面での凝集に変えることができるとするならば、Ni の静電容量の特性はよくなるのかとの質問を受けました。大変残念でしたが両方とも答えることができませんでした。自分でも一番不安に思っていたことをコメント・質問されました。また、発表後、発表するセッションをナノ・萌芽材料のほうがよいのではないかとアドバイスをいただきました。この発表は、東京大学工学部・工学系研究科・技術部の個別研修（FJT）の助成を受けました。

3. 口頭発表（聴講）

液中プラズマ放電による Ni ナノ粒子の作製と粒径評価

北大工・斎藤元貴（院生）ら

液中プラズマ放電によってナノ粒子を作製する装置を製作し、生成粒子を液中で回収している。また、ナノ粒子の大量生産に適している。しかしながら、生成粒子が液中で凝集したり、粒子径分布が大きいという問題が起きている。そこで本研究では電解液（NaOH 濃度 $1.0 \sim 0.001 \text{Kmolm}^{-3}$ ）に分散剤（ 0.001Kmolm^{-3} ）ドデシル硫酸ナトリウムを添加している。

定電圧電解を行いプラズマ発光が安定する電圧で1時間維持している。粒子径はファイバー光学動的光散乱光度計を用いて測定している。分散剤を添加した電解液においてプラズマ発光を維持しナノ粒子を生成することに成功し、平均径を動的光散乱により分析した結果はTEM観察の結果と比較して妥当であり、電解液濃度が低いほど生成粒子径は減少したと報告があった。

Pt クラスターのパーコレーション過程とキャリア移動度

名工大・川口広志（院生）ら

パーコレーション閾値近傍でクラスター同士のナノ接合が多数形成されることに注目し、Ni クラスター堆積膜においてパーコレーション閾値近傍でキャリア移動度の急激な増加を確認している。本研究では異常ホール効果がない非磁性で耐酸化性が高いPtを用いてキャリア移動度の測定を行い、Pt クラスター堆積初期のパーコレーション閾値近傍における電気伝導機構について検討している。プラズマ・ガス凝縮クラスター堆積装置を用い、Ar 流量 200sccm, He 流量 400sccm, スパッタリング電力 100W の条件下でガラス基板上にPt クラスターを堆積させた。その後、各堆積時間で作製した試料のキャリア移動度とキャリア密度を van der Pauw 法により測定した。Pt クラスター堆積膜の重量換算膜厚、 $t_m=4\text{nm}$ 付近に電氣的パーコレーションの閾値の存在を確認している。キャリア移動度と膜厚との依存性は $t_m=18\text{nm} \sim t_m=5\text{nm}$ までは膜厚の減少に伴いキャリア移動度は減少するが $t_m=4\text{nm}$ において増加することが観察されている。Pt クラスター同士の接合においても、パーコレーション閾値近傍で特異な伝導機構の存在が示唆されている。

アモルファス酸化物の構造緩和に伴うナノボイドの形成

阪大産業研 仲村龍介ら

近年、酸化物や金属など多様な材料においてナノポーラス構造体が作製され注目を集めている。酸化物のナノポーラス化を図るアイデアとして、アモルファスの構造緩和に着目し、例えば、アモルファスアルミナは結晶に比べ 20%ほど密度が低いいため、アモルファス構造が結晶化する過程で、この密度差が空隙として出現する可能性がある。本研究ではアモルファスアルミナ薄膜において、ボイドの形成挙動と構造緩和の関係を調べている。抵抗加熱型及び電子ビーム型蒸着装置を用いて、NaCl へき開面にアモルファスアルミナ薄膜 ($a\text{-Al}_2\text{O}_3$) を蒸着した。薄膜を堆積させた NaCl を蒸留水に沈めて薄膜を分離し、TEM 観察用の Pt メッシュですくった後、大気中、 $500 \sim 800^\circ\text{C}$ で 1 hr アニールした。アニール前後の薄膜を TEM で観察をした。また、制限視野電子線回折図形の撮影にはエネルギーフィルターを搭載した TEM を使用した。 $a\text{-Al}_2\text{O}_3$ 薄膜を、 600°C でアニールするとコントラストの濃淡が現れ、 700°C でアニールした後は、 5nm 程度のボイドが明瞭に観察された。電子回折図形より、 700°C でアニールした後にもデバイリングは見られず、ボイドの形成はアモルファスの構造変化と相関があることが示唆された。

52 高圧ガス製造保安責任者資格の取得

化学システム工学専攻 大沢 利男

ohsawa@chemsys.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

高圧ガス保安法では「高圧ガスによる災害を防止するため、高圧ガスの製造、貯蔵、販売、移動その他の取扱及び消費並びに容器の製造及び取扱を規制する・・・」とあり、高圧ガス製造事業所をはじめ、大学など一定規模の貯蔵・消費を行う事業所も規制の対象となる。高圧ガスを取り扱う上で必要な資格として高圧ガス製造保安責任者資格があり、高圧ガス製造所等にて保安技術管理者、保安主任者として、製造施設に関する保安に携わることができる。

本学のように300m³以上を貯蔵する施設を持つ事業所では第2種貯蔵所として届け出が必要であり、またシラン、アルシンなどの特殊高圧ガスを消費する施設は容量を問わず届け出の対象となる。また特殊高圧ガス等、特定高圧ガスの消費に係る保安に関する業務を管理する取扱主任者を置かなければならない。

今回高圧ガス製造保安責任者の資格を取得するために、講習の受講および試験の受験にのぞみ、第2種貯蔵所や特定高圧ガスの貯蔵・消費を行う事業所としての大学における高圧ガスの保安管理を担えるようにすることを目的に講習および試験を受けた。

高圧ガスの製造や販売業務に従事するのに必要な資格として、多くの国家資格があるが、今回、高圧ガス製造保安責任者免状のうち甲種化学責任者の取得を目標にした。この資格を取得すれば、高圧ガスの種類及び製造施設の規模についての制限はなく、保安技術管理者、保安主任者及び保安係員に選任され、全ての製造施設に関する保安に携わることができる。

2. 経過

資格取得のために要した期間や講習料、受験料等を示す。この他にテキスト代、振込手数料、交通費等が必要である。

平成21年 5月7～9日	高圧ガス製造保安責任者講習 (3日間)	20,500 円
平成21年 5月31日	高圧ガス製造保安責任者講習技術検定	
平成21年 5月～11月	テキストを使用して学習	
平成21年11月8日	高圧ガス製造保安責任者(甲種化学)試験の受験	12,500 円
平成22年1月27日	合格者発表	
平成22年2月24日	高圧ガス製造保安責任者(甲種化学)免状交付	3,600 円

5月の高圧ガス製造保安責任者講習では「法令」、「学識」および「保安管理技術」の講義を3日間受講し、その後技術検定に向け、「高圧ガス保安技術」等を用いて学習した。技術検定では「学識」および「保安管理技術」について受検した。「学識」は計算問題やガスの性質など記述式で解

答する。

8月中旬に講習修了証が送られてきた。その後 11 月の高圧ガス製造保安責任者試験に向け、過去問を中心に学習し、11 月の試験では「法令」のみ受験した。

〔得た知識・成果等〕

1月末に合格通知が送られてきた。その後、免状の交付申請を行い、2月8日付けの高圧ガス製造保安責任者(甲種化学)免状が届いた。

表に示すように講習を受講し、その技術検定を受けた後、「法令」のみ試験を受けた方が合格する確率が高い。

高圧ガスの消費を中心とした大学においては、必ずしも必要とされる資格ではないが、300m³以上を貯蔵する施設や特定高圧ガスの貯蔵・消費施設を持つ事業所としての大学における高圧ガスの保安管理の重要性を認識した。

なおこの研修は所属研究室および平成 21 年度工学部・工学系研究科技術部技術職員個別研修(FJT)の補助を受けたことを記し、謝意を表します。

使用テキスト

高圧ガス製造保安責任者甲種化学・機械試験問題集(平成 21 年度版)

高圧ガス保安技術

高圧ガス保安法規集(第 8 次改訂版)

よくわかる計算問題の解き方

〔関連ホームページ〕

高圧ガス保安協会 <http://www.khk.or.jp/index.html>: 高圧ガス製造保安責任者講習および試験の実施

表 国家試験、講習検定の合格者数、合格率等(甲種化学)

		16 年度	17 年度	18 年度	19 年度	20 年度
全科目受験	受験者数	293	336	410	496	434
	合格者数	56	31	74	55	84
	合格率	19.1%	9.2%	18.0%	11.1%	19.4%
科目免除	受験者数	321	289	333	272	624
	合格者数	281	248	298	223	543
	合格率	87.5%	85.8%	89.5%	82.0%	87.0%
講習検定	受検者数	631	640	769	860	1043
	合格者数	261	252	260	240	575
	合格率	41.4%	39.4%	33.8%	27.9%	55.1%

53 ネットワーク研修報告

機械工学専攻 山内 政司
yamauchi@mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

ネットワークの高速・高度化に伴いセキュリティー管理の重要性が高まっている。昨年度、ネットワーク管理のための基礎知識・技術習得のため、自己研修を実施したので報告する。本研修の一部は、平成 21 年度工学系研究科技術部個別研修（FJT）の助成を受けて実施した。

2. 研修内容

昨年度はふたつの研修に参加した。ひとつは東京大学情報基盤センターが実施しているネットワーク研修である。これは毎年技術職員研修として実施されているもので、同センターにおいて三日間集中しておこなわれる。所定の課程を修了した者には修了書が授与される。ふたつ目は、工学系研究科技術部個別研修（FJT）の助成を受けて実施した学外研修である。学外研修は外部の IT スクールにおいて、Windows ネットワークに関する基礎講座を受講した。以下に今回の研修内容を報告する。

3. 東京大学情報基盤センター研修

正式名称は“コンピュータネットワーク研修”である。以下に詳細を報告する。

3.1 目的

コンピュータ及びコンピュータネットワークの安全な利用方法と運用・管理方法を習得することによって、職員の能力・資質等の向上を図るとともに、東京大学のコンピュータ環境の維持向上に資する。

3.2 対象者

技術職員研修であるが、技術職員および事務職員のうちコンピュータネットワーク利用者・管理業務に携わる初心者レベルの者を対象とする。

3.3 研修場所とスケジュール

情報基盤センターで実施され、平成 21 年度は 11 月 24 日より三日間開催された。

3.4 研修内容（座学）

ネットワーク基礎、ネットワークセキュリティー、メール関連、Web 関連、電子認証、サーバ関連、学術情報データベース、情報倫理、不正アクセスと対策等

3.5 研修内容（実習）

情報ケーブル製作、WWW による情報発信・情報交換、情報基盤センターネットワーク機器室見学、研修レポート、研修アンケート等

3.4 感想

講師陣が素晴らしく内容的にも大変充実していた。特にセキュリティー関係の講座は、管理者だけでなくネットワーク利用者にとっても、聴講が必須と思われる内容が多かった。本研修を企画・実施されている関係者の方々に感謝する。

4. 学外研修 (FJT)

受講した講座は、スクールが用意している中では最も初心者向けの基礎コースである。以下に受講した講座の内容を紹介する。

4.1 目的

Windows ネットワークの基礎と Server の役割を理解し、サーバ管理とネットワークを構築するための基礎段階の技術習得を目的とする。

4.2 対象者

これからネットワーク・サーバ管理業務をおこなう初心者を主な対象とする。

4.3 スケジュール

総受講時間は 36 時間である。前半の 6 時間が“Windows Server 概論”という座学で、30 時間は“Windows Network 構築演習”という実機を用いた個別実習である。

4.4 Windows Server 概論

Windows Server とネットワークの概要を、ビデオとテキストを見ながら学習する。要所で講師の指導がある。

4.5 Windows Network 構築演習

Windows2003 Server と Windows XP Professional を載せたパソコンを使用し、管理者側とクライアント側双方の立場で、ネットワーク構築に必要な各種設定や操作を習得する。セクションの最初に講師の直接指導があり、その後テキストを使って個別に学習するという形態である。講座内容は、①ネットワーク概要と様々なインターネットサーバの概要、②OS のインストール、③サーバ管理 (Active Directory、ドメインコントローラ、共有、プリンタ、クライアント、ターミナル等)、④トラブルシューティングとバックアップ、⑤パフォーマンス管理とチューニング等である。これらのメニューを、実機で操作・確認しながら学習する。

4.6 感想

講座の学習内容は、ネットワーク管理やサーバ管理未経験者にとっては馴染みにくい内容である。実機を使った実習は試行錯誤しながら進むことができるので、理解の助けになった。講座では毎回新しい専門用語が出てくる。それらの用語には相互関連と例外規則があるため、定義を把握するにはかなりの努力が必要である。これらの知識を受講中に完全に理解するのは困難であるため、講座のテキストを予習しておくことが望ましい。また市販のネットワーク関連書籍による予備学習も有効である。

5. まとめ・謝辞

昨年度、ネットワーク管理のための基礎知識・技術習得のため自己研修を実施した。ネットワーク関連技術は高度且つ多岐に渡るため、今回の研修で習得した技術はその一部に過ぎないが、研修成果を活かしてネットワークセキュリティーを向上させたいと考えている。本研修の実施にあたり、野坂正隆教授と研究室メンバーの多大な理解と協力をいただいた。ここに改めて御礼を申し上げる。本報告の学外研修については、平成 21 年度工学系研究科技術部個別研修 (FJT) の助成を受けた。本研修をバックアップしていただいた全ての関係各位に深く感謝する。

54 第一種作業環境測定士（鉱物性粉じん）資格の取得

機械工学専攻 浜名芳晴

hamana@thtlab.t.u-tokyo.ac.jp

1. 始めに

大学における安全管理が非常に重要になっている。特に教育研究の現場に直接関与して、技術指導や技術開発、教育、研究を行っている技術職員は非常に重要な存在である。したがって、技術職員が労働安全衛生技術を身につけることは非常に有意義である^[1]。

そこで、筆者は労働安全衛生技術の向上を目的として衛生工学衛生管理者免許の取得^[2]及び第二種作業環境測定士講習の受講^[3]を行ってきた。

さらに、本報では第一種作業環境測定士（鉱物性粉じん）の資格取得の為に、(社)日本作業環境測定協会が主催した実技基礎講習Bコース及び作業環境測定士（鉱物性粉じん）登録講習を受講して、さらなる安全衛生に関する専門技術の向上を行ったのでその過程を報告する。

2. 第一種作業環境測定士

労働安全衛生法では、作業環境測定をすべき10の作業場所のうち「鉱物性粉じん」、「放射性物質」、「特定化学物質」、「金属類」、「有機溶剤」の登録区分である5つの指定作業場所において作業環境測定士が作業環境測定を行わなければならないと定義されている。また、第一種作業環境測定士は、登録区分における作業環境測定がすべて行える^[3]。したがって、第二種作業環境測定士より高度な測定・分析、解析などの技術が必要である。

3. 鉱物性粉じんと石綿

粉じんとは、固体が粉砕、研磨などで空気中に分散したものである。形状や大きさは不均一である。また、固体が蒸発しその後凝集したものをヒュームといい、金属の加熱溶解、溶接などで生じ、粉じんより小さい。さらに、空気中に浮遊している粒子が液状のものをミストといい、液体が蒸発凝縮した場合や噴霧などで生じる。ミスト粒子は発生条件によって大きさは様々である。作業環境測定では、上記で挙げた粒子状物質を総称して粉じんと呼ぶ。

石綿(アスベスト)は、天然に存在する繊維状けい酸塩鉱物のうち、クリソタイル、クロシドライト、アモサイト、アンソフィライト、トレモライト、アクチノライトの6種類の鉱物である。特に我が国ではクリソタイルが多く使用されてきた。また、石綿を定量的に評価できる国家資格は、第一種作業環境測定士（鉱物性粉じん）のみである。

4. 実技基礎講習Bコース

本講習は、実習により作業環境測定においてサンプリング機器、簡易測定機器及び分析機器の取扱いの基礎を学ぶことが目的であり、登録講習よりも少人数で実施するためきめの細かい指導で作業環境測定技術を習得することができる。また、講習会受講の特典として作業環境測定士登録講習における実技試験が免除となる。講習は(社)日本作業環境測定協会の研修センター、期間一日で行われた。受講人数は約20名の少人数である。

講習内容は、鉱物性粉じんの測定における質量濃度変換係数の測定及び石綿計数分析法の2項目である。下記にそれぞれの測定に関して述べる。なお、受講料は25,000円であった。

4.1 鉱物性粉じんの測定における質量濃度変換係数の測定

鉱物性粉じん濃度の測定は作業環境測定基準第2条において、分粒装置を使用するろ過捕集方法による重量分析法及び相対濃度指示方法の二通り示されている。

(1)重量分析法

単位作業場所における粉じんの質量濃度(mg/m^3)を求める方法で作業環境測定基準に定義されている。具体的な方法は、所定の分粒特性をもつ分粒装置を用いて分粒した粒子をろ過材を用い、一定の流量をポンプで吸引して捕集する。ろ過材に捕集された粒子を天秤で秤量し、質量を求めて質量濃度を算出する。また、ここで用いる分粒装置は、所定の流量により $4\mu\text{m}$ の粒子を 50%捕集する能力を有するものと定義されている。

(2)相対濃度指示法

相対濃度とは、粉じんの質量濃度と一対一の関係になる物理量をいい、絶対濃度だけでなく粒径分布、比重、光学的性質などの影響を受ける。相対濃度計は主に、光散乱方式の測定器が用いられている。空気中に浮遊している粒子に光を照射すると光は散乱され、散乱光の強さは、光学系と粒子径が一緒ならば濃度に比例する。したがって、光散乱方式の相対濃度計は散乱光の強度を測定して相対濃度(cpm)を求める。

(3)相対濃度変換係数

相対濃度計では、相対濃度の計測のみである。したがって、作業環境測定に必要な質量濃度算出するために相対濃度質量濃度変換係数(K値)($\text{mg}/\text{m}^3/\text{cpm}$)を求める必要がある。そのためには、上記の重量分析法と相対濃度指示法の測定を同時行う併行測定を行い、計測した質量濃度と相対濃度からK値を求める。併行測定は、当該単位作業場所内で一回行えばよく、得られたK値を用いて各測定点の測定を行うことができる。したがって、併行測定を行う測定点は、当該単位作業場所を代表できる位置が望ましい。

4.2 石綿計数分析法

石綿粉じんの測定は、ろ過捕集にて捕集したサンプルに透明化処理をして、位相差顕微鏡により石綿繊維の計数を行い数密度を算出する方法である。すなわち、メンブランフィルター上に石綿粉じんを捕集して、捕集された石綿繊維の本数と空気吸引流量から繊維本数密度(f/cm^3)を求める。ちなみに管理濃度は、 $0.15(\text{f}/\text{cm}^3)$ 、すなわち 1cm^3 中に長さ $5\mu\text{m}$ 以上の石綿繊維が 0.15 本である。

(1)アスベストサンプルの作成

顕微鏡観察にて計数を行うので、フィルターを透明化する必要がある。そこで、石綿粉じんの計測には、セルローズエステル・メンブランフィルターを用いることになっている。フィルターの屈折率は 1.5 であり、同等の屈折率の不揮発の液に浸すと透明になり、石綿繊維の計数が行ないやすくなる。そこで、アセトントリアセチン法を用いることにより、保存性の高い透明の試料が作製できる。アセトントリアセチン法を以下に説明する。石綿粉じんを捕集したフィルターをスライドガラスにセットし、アセトン蒸気発生器により発生したアセトン蒸気を数秒間当てる。その後、トリアセチンを数滴滴下してカバーガラスを被せて固定する。また、早急に計数する場合は、約 50°C に加熱されたホットプレート上で 10 分程度加熱することで完全に透明にすることができる。

(2)アスベストサンプルの計数

上記で作成した透明化されたサンプルを位相差顕微鏡を用いて石綿粉じんを計数する。ここで用いる位相差顕微鏡は透明な物体の屈折率や厚みの違いを明暗の差に変えて識別できるようにした顕微鏡である。計数の際には、アイピースグレイティクルを用いて、石綿粉じんの太さや長さを確認しながら計数を行う。まずはじめに、低倍率でフィルター上に粉じんが均一に存在することを確認する。その後、所定の倍率にして計数する視野をランダムに選ぶ。1 視野の

計数が終了したらステージを縦横ランダムに移動させ、計数総数が 200 本または 20 視野以上になるまで計数する。石綿粉じん繊維の計数には、次のようなルールで行う。計数対象粒子は、①長さ 5 μm 以上、長さとの幅の比が 3:1 以上で幅が 3 μm 未満の繊維状粒子であり、これらを石綿繊維として計数の対象とする②単繊維がカーブしている場合はカーブに沿って全体の長さを推定して判定する③枝分かれした繊維はわかれた繊維を含めて全体を 1 本と数える④数本の繊維が絡まっている場合は交差しているそれぞれの繊維を 1 本として数える⑤繊維が絡まって正確な本数を読み取れない場合は数えない⑥3 μm 以上の幅を持つ粒子が付着している繊維は数えない⑦計数視野境界に繊維の両端が入っている場合は 1 本として数える⑧計数視野境界に繊維の片方の端しか入っていない場合は 0.5 本として数える。

また、フィルターや捕集方法が計数結果に影響を及ぼすことのないように大気中でも同様に捕集してブランク用試料を作製し計数を行いブランクの値(N_b)を求めておく。

計数結果から次式を用いて石綿繊維数密度 $C_f(f/\text{cm}^3)$ を算出する。ただし、A:粉じんした面積(メンブランフィルターの有効ろ過面積)(mm^2)、N:計数繊維の総数(f)、 N_b :ブランクの値(f)、a:顕微鏡で計数した 1 視野の面積(mm^2)、Q:採気量(l)、n:計数した視野数である。

$$C_f = \frac{A \cdot (N - N_b)}{a \cdot n \cdot Q \times 10^3}$$

5. 作業環境測定士（鉱物性粉じん）登録講習

作業環境測定士は、国家試験等に合格後、指定の登録講習を受講し筆記試験及び実技試験に合格しなければ資格を取得することができない。したがって、作業環境測定士資格は実務を重要視している国家資格であることがわかる。

講習は(社)日本作業環境測定協会の研修センター、期間一日で行われた。受講人数は約 40 名である。講習内容は、Bコースと同様に鉱物性粉じんの測定における質量濃度変換係数の測定及び石綿計数分析法とさらに遊離けい酸含有率の測定及び筆記試験、実技試験である。

そこで、本節では、Bコースの実習で行っていないHSEテストスライド及び鉱物性粉じんにおける遊離けい酸含有率の測定を下記に述べる。また、受講料は 80,000 円であった。

(1)HSEテストスライド

石綿計数分析法では、既述した通り位相差顕微鏡を用いて肉眼で石綿繊維の計数を行う。したがって、測定者が観察できる細さ、すなわち検出限界を評価する必要がある。そのためには、HSEテストスライドを用いる。テストスライドには、7種類の太さの線が 20 本ずつ刻まれており、グループ 0(線の太さ 1.08 μm)～グループ 7(0.25 μm)まで、徐々に細くなっている。測定者は、観測出来た最も細い線のグループの線の太さを計数限界径として記録をしておく。

(2)遊離けい酸含有率の測定

粉じんの管理濃度 $E(\text{mg}/\text{m}^3)$ は、遊離けい酸含有率 $Q(\%)$ とすると次式の通り定義されている。

$$E = \frac{3.0}{1.19Q + 1}$$

したがって、粉じんの作業環境測定において、粉じん中の遊離けい酸含有率を定量する必要がある。

遊離けい酸の分析は、はじめに粉じんをX線回折分析により定性分析を行い、遊離けい酸の有無を調べる。検出されないときは、上式において $Q=0(\%)$ として管理濃度を算出する。次に、石英のみが検出されたときには(a)りん酸法による遊離けい酸分析、また石英とそれ以外の遊離けい酸が検出された場合は(b)X線回折分析法による遊離けい酸分析によって定量分析を行い、遊離けい酸含有率 $Q(\%)$ を算出し管理濃度を決定する。下記にそれぞれの分析法の詳細を述べる。

(a)りん酸法による遊離けい酸分析

石英の熱りん酸に対する溶解度はごくわずかであるのに対し、石英以外の鉱物は通常によく溶ける。この性質を利用して鉱物性粉じん中の石英含有率を測定することができる。しかし、トリジマイトとクリストバライトは熱りん酸に対して溶解するため、X線回折分析により定性分析を行いこれらが含まれていないことを確認した後、りん酸法により遊離けい酸分析を行い遊離けい酸含有率を計測する。さらに金属類や硫化物が検出された試料においては、その影響を取り除くために王水添加りん酸法を行う。

(b)X線回折分析法による遊離けい酸分析

X線は電磁波のうち波長が $100\sim 0.1\text{\AA}$ 程度のものをいい、物質を構成している原子間隔程度のX線を物体に照射すると特徴的な回折現象が生じる。この現象を利用すると物質を構成している原子の種類や結晶構造がわかる。したがって、X線回折分析法はこれらの情報から物質の同定や定量分析を行う分析手法である。下記に定量分析を行う手法を示す。

●基底標準吸収補正法による定量分析

物質中の成分(J)のX線回折線強度(I_J)は、その質量 W_J に比例し、物質の質量吸収係数($\overline{K_m/\rho}$)に反比例する。すなわち、次式のとおりである。

$$I_J = K \frac{W_J}{\left(\overline{K_m/\rho}\right)}$$

しかし、実際に微量試料について質量吸収係数を求めることは非常に困難である。そこで、銅板上に薄い粉末試料層を作り、試料付着前後の銅の回折線強度を測定してその減少率から補正係数を求める手法が基底標準吸収補正法である。したがって、微量試料である粉じんの定量分析にはこの手法を用いる。

最後に、筆記試験と実技試験を実施して登録講習は終了した。筆記試験は、国家試験と同様に5択問題が40問出題され、60%正答で合格である。なお、実技試験に関してBコースを受講していたので詳細はわからなかった。試験に合格をすると後日修了証が送付される。

6. 終わりに

本報では、第一種作業環境測定士(鉱物性粉じん)の資格取得の為に受講した講習会に関して概要を述べた。特に、実習が主体の講習であったため、実務に即した作業環境測定技術の習得が行え、無事修了試験に合格した。尚、本報告は平成 20 年度工学系研究科技術部技術職員個別研修(FJT)の補助によるものであり、関係各位へ謝意を表します。

<参考文献>

[1]浜名、労働安全衛生技術と技術職員のキャリアパス、第23回工学部・工学系研究科技術発表会技術報告、107-110、2008.9.30

[2]浜名、碓山、衛生工学衛生管理者免許の取得と必要性について、第19回工学部・工学系研究科技術発表会技術報告、43-46、2004.9.16

[3]浜名、第二種作業環境測定士資格の取得について、第24回工学部・工学系研究科技術発表会技術報告、153-156、2009.9.29

[4]作業環境測定ガイドブック0 鉱物性粉じん・石綿、(社)日本作業環境測定協会、平成10年6月15日

55 3D-CAD「Solid Edge ST2」基礎・応用講習会

機械工学専攻 諸山 稔員
moroyama@mech.t.u-tokyo.ac.jp

1. はじめに

機械系 2 学科の演習では、2 年冬学期に機械工学総合演習第一、3 年夏学期には機械工学総合演習第二を行っている。その中で 3D-CAD ソフトを用いた「3D-CAD 演習」、「Stirling エンジン設計 (CAD)」等を担当している。

この度、学科で使用している 3D-CAD「Solid Edge V20」に Synchronous モードを新たに搭載し、インターフェイスも一新した新しいバージョンの「Solid Edge ST」が登場し、学科でも導入が予定されている。そのためバージョンが更新されるにあたり必要とされる追加機能や変更点の知識を習得する必要がある、Solid Edge トレーニングコースに参加して基本操作の確認と、より高度な技術の向上を図ることを目的として、応用コースに出席することにした。

トレーニングコースは基礎コース 3 日間と応用コース 2 日間で基礎から応用まで幅広く行う。

2. Solid Edge トレーニングコース「3 日間コース」の概要について

講習会名 : Solid Edge トレーニングコース「3 日間コース」

講習日時 : 平成 22 年 2 月 2 日 ~ 平成 22 年 2 月 4 日

開催団体 : デジタルプロセス株式会社

<http://www.dipro.co.jp/>

講習会参加費 : 42,000 円 (税別)

トレーニング内容について

トレーニング (1・2 日目)

a. Solid Edge の概要

Solid Edge の環境や表示操作方法

b. プロファイル作図機能

スケッチとプロファイル作図 / 幾何関係 / 寸法について

c. 部品作成機能

基本的な部品作成やオプションの説明、フィーチャベース CAD の概念について

d. ドラフト作成機能

3 次元データを利用した投影図作成、寸法記入機能について

e. アセンブリ作成機能

部品組み立て、分解図、切り取りビュー、干渉チェック

f. データ管理・ビューア機能

CAD データ管理方法とビューアの操作方法

トレーニング(3日目)

g. 板金部品作成の概要

基本的な板金部品の作成、塑性形状作成、展開図の作成と図面化

h. パーツ、アセンブリ応用

ダイレクト編集と簡単な曲面作成、アニメーション、

3. Solid Edge 応用コースの概要について

講習会名 : Solid Edge トレーニングコース「応用コース」

講習日時 : 平成 22 年 3 月 1 日、平成 22 年 3 月 8 日

開催団体 : デジタルプロセス株式会社

<http://www.dipro.co.jp/>

講習会参加費 : 63,000 円(税別)

トレーニング内容について(下記の 4 項目を選択しての 2 日間コース)

- ・ フィーチャモデリング概念習得
- ・ スケッチによる動きの表現
- ・ 自由曲線
- ・ ドラフトの応用

4. 得られた知識・成果について

Solid EdgeST の基本コースでは 3D-CAD ソフト「Solid Edge ST」の基本的な操作方法から学び、チュートリアル(例題)だけでは学べない基本操作を学習することが出来た。 パーツ環境、アセンブリ環境、ドラフト環境の基礎から応用の入口までと、シートメタル環境の使用方法及び、配管操作に関する操作方法を学んだ。

応用コースでは各テーマごとに基礎では学ばないより踏み込んだ作成方法や修復方法について学び、最後に課題として与えられた形状のモデリングを作成することにより Solid Edge ST2 を理解することが出来た。

また学科の CAD 演習で使用されているバージョンが Solid EdgeV20 から Solid EdgeST2 に変更になるにあたり、追加機能の使用方法及び変更点に関しても学ぶことができた。このトレーニングコースで得たれた技術と知識は、これからの 3D-CAD の演習において指導力の向上に大変意味のあるものであった。

5. 謝辞 本報告は 2009 度工学部・工学系研究科個別研修(FJT 第 09-13F)によるものである。

56 加速器 (RAPID) を用いた東京大学周辺の環境分析

— ‘環境・エネルギーシステムコース’ の学生実習と技術職員の取り組み —

伊藤誠二 森田明 土屋 (春原) 陽子 中野忠一郎

ito@n.t.u-tokyo.ac.jp

東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻

1. はじめに

東京大学大学院工学系研究科 原子力国際専攻 加速器管理部にある共同利用装置であるタンデム型加速器 (通称 RAPID) には、3 系のビームライン (RBS, Ion implantation, PIXE) がある。PIXE (Particle Induced X-Ray Emission) 分析ラインでは、2007 年度から教育を目的とした加速器実験を開始した。RAPID の PIXE 分析は、大きく分けて水・環境分析と文化財分析の利用に供しているが、新たに工学部システム創成学科の環境・エネルギーシステムコース (E&E) 3 年生を対象とした実験実習 (基礎プロジェクト 1) を開始した。プロジェクトの目的は「環境とエネルギーに関する実験演習を少人数単位で行うことにより、実際にものに触れ、直感力を養うとともに、思考分析能力を身につけること」にある。本課題のひとつである「基礎加速器分析実験」では加速器を用いた環境試料の微量多元素分析手法として、平成 19 年度は三四郎池 (育徳園心字池)、平成 20 年度は上野不忍池の底質 (Pond sediment) の分析を行い、平成 21 年度は大気粉塵の測定を行った。

2. 演習の概要

「基礎加速器分析実験」演習は 2 日で 1 ユニットであり、合計で 5 ユニットを行う。毎週 1 回、夏学期 (4 月～6 月) に行った。第 1 週目にガイダンス (PIXE 分析法) とサンプル採取および測定試料作成を行い、第 2 週目に試料のサンプルホルダーへの装着、サンプルチャンバー真空引き、標準試料として用いた Ni, Ag データによるキャリブレーション及びサンプルデータの測定を行い、得られたデータからエネルギーテーブルなどを参照して元素を同定する。元素同定を行うにあたって基本的な事項及びサムピークやエスケープピークなど特に間違いやすい点については文献を配布して説明を行った。演習全体の進め方を図 1 に示す。試料採取は身近な大学内または大学近辺で行うことが学習上効果的と考えた。

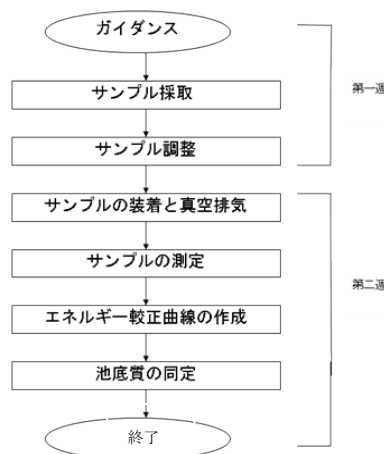


図 1. 演習の進め方

3. 測定装置

本演習で使用した測定装置はタンデム型加速器 (RAPID : 4117-HC 型 HVEE 社) の PIXE 分析装置を用いた。PIXE 分析ラインにあるサンプルチャンバーには 4 軸 (X, Y, Z, T) ゴニオメーターが内蔵されており、X 線検出器は Si (Li) 半導体検出器である。測定はプロトンビームの加速エネルギーを 3 MeV とした。



図 2. 使用した加速器

4. 測定結果（池底質）

図3に上野不忍池（北緯35度42分44秒，東経139度46分15秒）底質の測定結果の一例を示す。観測された元素はK, Ca, Fe, Ti, Cr, Mn, Cu, Znなどである。汚染物質といわれているAs（10.5 keV, $K\alpha$ ）, Se（11.2 keV, $K\alpha$ ）, Cd（23.1 keV, $K\alpha$ ）, Hg（9.9 keV, $L\alpha$ ）などは本計測条件下では観測されていない。また三四郎池底質においても、ほぼ同様のスペクトルが観測された。

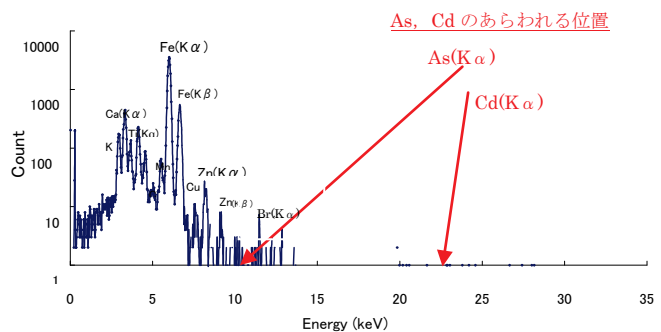


図3. 上野不忍池底質のエネルギースペクトル

5. 大気粉塵の測定

2009年度からは、大気浮遊粒子状物質(SPM: Suspended Particulate Matter)の測定を開始した。大気の粉塵には手作りで製作したものを4台使用した。場所はタンデム加速器研究棟屋上（集塵方向は東向き）で行った。晴天時に測定したSPMのスペクトラムを図4に示す（2009年4月10日集塵）。Al, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Znなどが検出されている。SPMは大きく分けて東京湾方面から来るもの、工場や交通道路の自動車の排出ガス、春には中国大陸から黄砂が日本に飛来してくる。SPM発生源は複数で季節、日時などによって変化したりするので特定までには時間を要する。測定スペクトラムの解析は現在行っているところである。

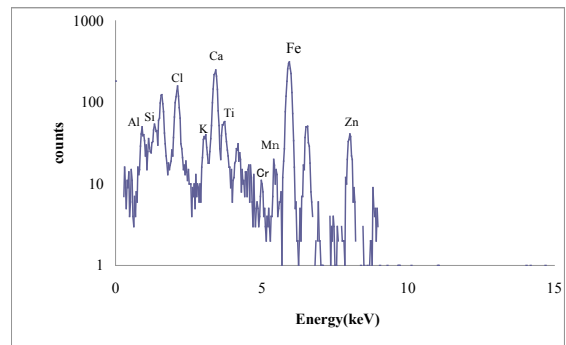


図4. 大気浮遊粒子状物質のスペクトラム

6. 技術職員

大型装置加速器が2台ある原子力国際専攻 加速器管理部には担当教員と研究員及び4人の技術職員で運転、維持管理を行っている。実習を行うにあたり担当教員と技術職員は事前にミーティングを行い各々の専門技術を活用できるよう、講義、試料の製作、放射線計測技術、加速器の運転、データ処理等を専門毎に役割を分担し、スタッフ6名で演習を実施した。

7. おわりに

三四郎池、上野不忍池の底質からは、K, Ca, Fe, Ti, Mn, Cu, Znなどほぼ同様のスペクトルが観測された。大気粉塵の測定ではAl, Si, S, Cl, K, Ca, Ti, Mn, Fe, Znなどが検出された。本演習での学生の反応はサンプル採取フィールドワーク及びmg, μg オーダーの微量な試料を測る為に大きな加速器を用いての試料測定と元素分析に新鮮な興味を持ちPIXE法による環境分析を実感することができたという感想が多く寄せられた。この演習を通じて、大学における先端装置・技術に触れさせることの意義は高い。また、本演習では技術職員がチームワークを組んで実施することができ、演習を通じ技術職員の専門技術が発揮できたことは今後の新たな総合プロジェクトを行う際の手がかかりとなった。

*本原稿は2009年度、技術部FJTで行った発表に基づいて作成したものである。

57 有機溶剤作業主任者および認定電気工事従事者の資格取得

航空宇宙工学専攻 関根 政直

sekine@mat.t.u-tokyo.ac.jp

1. The skill course for the chief worker of organic solvent

1. 1. Introduction

Our laboratory (Fujimoto lab., Dept. of Aeronautics & Astronautics) has handling of the organic solvent, such as acetone. So, we have to guide the students for their safe works. The chief worker of organic solvent is one of the chief workers which are established in The Occupational Safety and Health Act, and is elected from persons who have completed the skill course for the chief worker of organic solvent. Its duties are 1. Establishment of the work process to prevent workers (students in laboratories) from being polluted by organic solvent and inhaling its steam, and command to them, 2. Checking exhaust / ventilation devices every month, 3. Checking condition of the protectors, and watching whether workers use them properly, and 4. Checking that a step to prevent residue and inflow of the organic solvent at the work in tank is taken.

Contents of the course are 1. Knowledge of health disorder by the organic solvent, and the prevention, 2. Knowledge of the work environment improvement method, 3. Knowledge of the protectors, 4. The concerned laws and rules, and 5. Examination for the completion. We had attended it which the labor safety hygiene management association held on January 21-22, 2010 in Sawayaka Chiba Kenmin Plaza.

1. 2. Health disorder by the organic solvent, and the prevention

Quantity of harmful object absorbed by body of the worker is in proportion to quantity of the harmful object contacting with it during the work. Health disorder by the organic solvent has chronic disease appearing after passing for from several months to several years in the case of repeatedly contact of comparatively low density such as neuropathy, blood making disorder, liver function disorder, and renal function disorder, and acute disease appearing in a short term in the case of contact of high density such as dizziness, headache, loss of consciousness. Especially, the acute disease at the place of bad ventilation is as dangerous as life-threatening unless we take a right step immediately, and occurs considerably every year.

Therefore, to prevent the health disorder, we should make quantity of the contact zero, or reduce it as much as possible. When we handle organic solvent at the place of bad ventilation such as inside of tank, we have to take 1. Enough ventilation, 2. Confirmation of having danger or not by the gas density detection alarm, and 3. Wearing of the effective protector for breathing. And, we have to perform enough safety and hygiene education to the workers about 1. Effect to human body of the

organic solvent, specially anesthetic effect and acute toxicity, 2. Instructions in the handling, 3. How to ventilate, 4. How to use the protectors, and 5. Emergency measure, refuge and rescue when the poisoning occurs.

1. 3. How to improve the work environment

Because the organic solvent is generally very volatile, and not diffusible, and specific gravity of the steam is bigger than air (about 2-5 times), it is easy to stay in high density upon the floor at place where ventilation is not enough. Further, because the steam of most organic solvents is flammable, it catches fire and explodes from the ignition source when it mixes with air in the suitable ratio. Therefore, when we handle it, we don't have to beware of only harmfulness for the health, but also danger of fire.

So, 1. Stop using the organic solvent, or switch to lower noxious solvent, 2. Prevention of emission by improvement of the work method, 3. Reduction of the organic solvent consumption, 4. Closing up or enclosing facilities which become the emission source, 5. Isolation of the organic solvent operation by automation or remote control, 6. Prevention of the organic solvent steam diffusion by local exhaust or push-pull ventilation, and 7. Reduction of the organic solvent steam density by the total ventilation, are used widely.

1. 4. The protectors

Because improvement of the work environment is first to prevent health disorder by the organic solvent, we should not depend on the protectors with neglecting it. We should use the protectors when we cannot expect the work environment improvement completely, or we want to further reduce its contacting with the workers. For our choosing and using the protectors properly, 1. Choose a gas mask qualified for the national authorized standard, and the others qualified for Japanese Industrial Standard (JIS), 2. Choose the things fitted to the work / worker, and 3. Guide and train the workers about wear, use and care.

1. 5. The concerned laws and rules

The Occupational Safety and Health Act establishes details of application in the detailed enforcement orders and regulations, and The Ordinance on the Prevention of Organic Solvent Poisoning establishes standard of the step which employers should take in organic solvent works in detail.

54 kinds of substances are established as an organic solvent in the current ordinance, and when the mixture contains an organic solvent over 5% of the weight, we call it an organic solvent etc.

In our university, if we have the work handling an organic solvent more than once a week, we have to undergo the special medical examination every 6 months.

1. 6. Examination for the completion

The test is enforced for 1 hour after finish of the course, and consists of 20 questions which choose one correct answer as from 3 choices. First 6 questions are about the duties of chief worker of organic solvent, and the knowledge of health disorder by the organic solvent, and the prevention. Next 6

questions are about the knowledge of the work environment improvement method. 2 questions are about the knowledge of the protectors. And last 6 questions are about the knowledge of the concerned laws and rules. We have to give more than half correct answers in each the questions, for the pass (*It seems that details of the examination are different by organization which holds the course). In any case, we can pass easily, if we listen to lecture of the instructor.

2. The course to authorize an authorized electric worker

2. 1. Introduction

Our duty is to maintain and improve the facilities about aerospace materials in our laboratory, and these electric wiring works are indispensable. We can work on electric work of voltage 600V or under, among the demand facilities under the greatest electric power 500kW, in the qualification of authorized electric worker.

We can take the qualification by having completed the course which the electric work skill class center holds, without the work experience, and contents of the course are 1. Wiring apparatuses, and materials and tools for the electric work (90 mins), 2. How to execute the electric work (90 mins), 3. How to inspect electric structures for private use (120 mins), and 4. Laws and rules about preservation of the electric structures for private use (60 mins).

This course had been held on March 26, 2010 in the national household appliance hall.

2. 2. Wiring apparatuses, and materials and tools for the electric work

There are many kinds of materials for the electric work, and we have to know them well for the safe and efficient work. The materials which are used for the general electric work are classified into 1. Electric wires, cables, 2. Connection apparatuses, 3. Wireways, ducts, and 4. Wiring apparatuses. And, we have to choose the tools for the electric work appropriately, because they are prepared variously according to the materials or method of the work.

2. 3. How to execute the electric work

The electric works are classified roughly into 1. Wiring works, 2. Setting works of wiring apparatuses, and 3. Grounding works. Electric facilities of electric structures for private use become more and more complicated and large scale in recent years, and consist of various elements such as execution technical skill, method of the work, choice of the materials, or relation with the laws / buildings. Therefore, we need much knowledge and experience about them. However, the accidents such as blackouts related to electric structures for private use are increasing. So, we have to prevent the accidents by improvement of the execution technical skill or enforcement of the basic work.

Quality of the execution much affects safety of the electric facilities, maintenance or running. Generally persons using electricity are poor in electric knowledge, and it's seen many cases that they use them in dangerous state. Therefore, the person who works on electric work always has to consider such a state, and to have wide knowledge of whole of the electric facilities. Furthermore, they don't

only execute the works which follow the technical standard and the laws, but also execute the works for the users being able to use them safely and efficiently.

2. 4. How to inspect electric structures for private use

Electricity is very convenient energy, but on the other hand, has danger to be developed into a disaster immediately when we take the wrong handling. We need to institute the electric structures with considering safety enough, and to manage them appropriately, for using electricity safely. So, we need to inspect whether function and safety of the electric structures are enough, when the works have completed, and to confirm the safety by performing the periodic inspection under the preservation official regulations, after running them.

2. 5. Laws and rules about preservation of the electric structures for private use

The safe system of the Japanese electric preservation is basically secured by Electricity Enterprises Law, the electrician law, the electric work business law and the electric articles safety law.

Electricity Enterprises Law aims at establishment of the voluntary preservation system, such as 1. Prevention of danger and trouble in the work, maintenance or management of electric structures for the electricity enterprises and private use, such as buildings or factories, 2. Regulation of work and use of the electric structures for smooth supply and safe use of electricity, 3. To impose maintenance obligation of technical standard about the electric structures, and 4. To impose election of the electric chief engineer, and making / observance of the preservation official regulations. Furthermore, this aims at the preservation, about the general electric structures for home use too, by periodically investigating whether they conform to the technical standard, and by imposing a notice obligation in case of the violation.

And, because we have to prevent electric shock / short circuit in case of the inappropriate electric works of general electric structures, or small scale electric structures for private use, the electrician law provides qualification and obligation of electric workers, and also, about person who runs the electric work business, the electric work business law regulates the business and prevents the disaster by defects of the electric works.

Furthermore, about electric articles used in general homes, the electric articles safety law prevents danger and trouble by crude electric articles, such as electric shock or fire, by regulating their manufacture / sale.

References

- “有機溶剤作業主任者テキスト” , Japan Industrial Safety & Health Association (JISHA), 2009
“認定電気工事従事者認定講習テキスト” , (財)電気工事技術講習センター, 1991

Acknowledgment

I have attended these courses with the personal training system, Technical Division, School of Engineering, The University of Tokyo (FJT) 2009. I am very grateful to the persons concerned.

平成21年度 個別研修一覧

	氏名	所属	研修課題
LCU	大沢利男	化学システム工学専攻	高圧ガス製造保安責任者(甲種化学)資格の取得
	中村光弘	マテリアル工学専攻	超微細粒材料の最新情報の収集研修
	小林やよい	航空宇宙工学専攻	ひずみゲージ基礎講習会参加
	石川明克	機械工学専攻	LabVIEW初級Ⅱトレーニングコース受講
	山内政司	機械工学専攻	ネットワーク基礎技術の習得
	榎本昌一	システム創成学専攻	機器・分析技術研究会に参加・発表する
	碓山みち子	精密機械工学専攻	平成21年度機器・分析技術研究会 実験・実習技術研究会in琉球で発表する
	鈴木 誠	システム創成学専攻	多孔質媒体内で生成される固液共存系における 超音波波動伝播実験
	細野米市	システム創成学専攻	大気圧PIXE分析法に関する発表
	関根政直	航空宇宙工学専攻	有機溶剤作業主任者および 認定電気工事従事者の資格取得
	土屋好寛	システム創成学専攻	平成21年度 機器・分析技術研究会に参加
	安本 勝	原子力国際専攻	「低い接地インピーダンスが得にくい場所での避雷方法」 の発表と技術情報の収集
	諸山稔員	機械工学専攻	Solid Edge ST 応用コースの受講
	加古陽子	化学システム工学専攻	「光触媒材料の分析法の開発」に関する発表
CO	浜名芳晴	機械工学専攻	第1種作業環境測定士(鉱物性粉じん)資格の取得
	伊藤誠二	原子力国際専攻	タンデム型加速器(RAPID)を用いた東京大学周辺の 環境分析
	安本 勝	原子力国際専攻	接地用避雷器設計技術の習得
	榎本昌一	システム創成学専攻	PCの演算高速化技術に関する研修
	奥抜竹雄	航空宇宙工学専攻	風洞実験用予冷ターボエンジン燃焼器の熱防御を考慮した 製作技術の習得
	細野米市	システム創成学専攻	大気圧PIXE用電荷増幅器の試作と実験
	諸山稔員	機械工学専攻	ANSYSの技術習得とSolid Edgeの上級操作の習得について
	中村光弘	マテリアル工学専攻	Visual Basic によるTa微粒子凝集状態の DATA整理技術の習得
	中野忠一郎	原子力国際専攻	MALT PIXE Sistemにおけるレーザーを用いたビーム照射位置 モニターに関する知識・技術の習得
	藤村一良	応用化学専攻	東大工学部における不明廃液分析のための含有有機物確認法と 高速液体クロマトグラフ法を用いる有機分析の技術の習得
	内海正文	航空宇宙工学専攻	高温高速流気体採取用プローブの耐久性改善技術の習得
	浜名芳晴	機械工学専攻	高速物理現象の可視化技術の習得
	伊藤誠二	原子力国際専攻	身近な環境の大気粉塵測定技術の習得

第 25 回東京大学工学部・工学系研究科技術発表会実行委員

技術部長 近山 隆

【事務部】

総務課長	原 健四郎
財務課長	羽賀 敬
総務課人事・給与 T 係長	遠藤 三津雄

【技術部】

実行委員長	内海 正文	(航空宇宙工学専攻)
副実行委員長	浅川 武	(機械工学専攻)
事務局補佐	榎本 一夫	(システム創成学専攻)
事務局補佐	小名 清一	(化学システム工学専攻)
事務局補佐	中川 博之	(都市工学専攻)

編集責任者	坂下 春	(応用化学専攻)
編集副責任者	齋 治男	(精密工学専攻)
編集委員	尾亦 孝男	(原子力専攻)
編集委員	濱名 芳晴	(機械工学専攻)

広報責任者	小林 やよい	(航空宇宙工学専攻)
広報副責任者	角田 真弓	(建築学専攻)
広報委員	森田 明	(原子力国際専攻)

会場責任者	西村 知紀	(マテリアル工学専攻)
会場副責任者	内田 利之	(電気系工学専攻)
会場委員	大塚 滋	(総合研究機構)
会場委員	野村 明良	(システム創成学専攻)