



第7回筑波大学技術職員

# 技術発表会 講演予稿集



2008年3月10日

筑波大学

[www.tech.tsukuba.ac.jp](http://www.tech.tsukuba.ac.jp)



筑波大学

第7回

筑波大学技術職員

技術発表会

平成20年3月10日 [月]

9:50—17:15 受付開始 9:00

筑波大学第三エリア地区 総合研究棟 B

口頭発表：公開講義室

ポスターセッション：講義室

●特別講演

林 陽生 教授 (生命環境科学研究科持続環境学専攻)

「地球温暖化の影響—楽観論と悲観論」

\*発表終了後、第三エリア A 棟食堂にて懇親会を行います。



<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2007/>

【お問い合わせ】 E-mail: [2007@tech.tsukuba.ac.jp](mailto:2007@tech.tsukuba.ac.jp)

Tel: 029-853-5195 技術発表会実行委員代表: 中島 孝

## ご挨拶

第7回筑波大学技術職員  
技術発表会実行委員代表

**中島 孝**  
(システム情報工学等支援室)

平成13年度からスタートした筑波大学技術職員技術発表会は、これまで多数の発表者ならびに聴講者の参加をいただき今年で第7回目を迎えることとなります。また運営母体である実行委員会の実行委員も技術職員所属の学内全組織から参加しており、技術職員の全学的なイベントとして定着してきています。

法人化後、大学を取り巻く環境は大きく変化しており、技術職員においても技術の多様化、高度化への対応が求められています。さらに、今後毎年のように高度な専門技術を有する先輩方を数多く送り出さなければならない状況もあり、いかにこれらの技術を継承していくかも大きな課題であります。技術発表会は、研究教育現場の業務で培われた技術の報告・討論をすること、また学内外の技術職員との交流の機会として、今後のスキルアップの一翼を担うことができると思います。

今回は、筑波大学技術発表会の特徴であります多岐に亘る領域から口頭発表9件、ポスター発表4件の申込みがありました。これから3月の発表会当日まで学内はもとより学外からも多くの参加者を迎えられるように準備を進めます。また、平成15年度に技術報告と合本された報告書は通算28巻となり、発表会当日までに発行する予定です。年度末の多忙な時期とは思いますが、参加される皆様にはこの技術発表会が技術交流ならびに情報交換の場として大いに寄与できるものと期待しています。

第7回筑波大学技術職員技術発表会を開催するにあたり、実行委員長をお引き受けいただいた水林博副学長、特別講演をいただきます生命環境科学研究科の林陽生教授、発表者の方々、実行委員の方々、システム情報工学等支援室の方々および関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

## 会場への交通路

### つくばエクスプレスをご利用の場合

「秋葉原駅」から、つくばエクスプレス「快速」で約45分、「つくば駅」下車、関東鉄道バス「筑波大学循環」 「右回り」で約8分、「左回り」で約17分、「第一エリア前」下車。

### 東京駅から高速バスご利用の場合

「東京駅八重洲南口」から「つくばセンター」行き常磐高速バスで約1時間、「つくばセンター」から関東鉄道バス「筑波大学循環」 「右回り」で約8分、「左回り」で約17分、「第一エリア前」下車。ただし、終点が「筑波大学」行きの場合は「大学会館」下車。

### JR常磐線をご利用の場合

#### ひたち野うしく駅から

東口から「つくばセンター」行きバス、「つくばセンター」から「筑波大学循環」 「右回り」で約8分。「第一エリア前」下車。  
東口からタクシーで25-30分。

#### 荒川沖駅から

西口から「つくばセンター」行きバス、「つくばセンター」から「筑波大学循環」 「右回り」で約8分。「第一エリア前」下車。  
東口からタクシーで25-30分。

#### 土浦駅から

西口から「筑波大学中央」行きバスで30-40分、「第一エリア前」下車。  
西口からタクシーで20-25分。

尚、路線バスをご利用の場合は、土浦駅が便利です。



### 自動車をご利用の場合

#### 常磐自動車道から

桜土浦 I.C. を降り、「つくば方面」へ左折→大角豆交差点右折→県道 55 号線（東大通り）を北に直進→妻木交差点左折→県道 244 号線（北大通り）を西に直進→つくば・看護専門学校前交差点右折→ゆりのき通りを北に直進→「筑波大学松見口」から「第三エリア工学系 F 棟」に向う。この間、約 11km です。

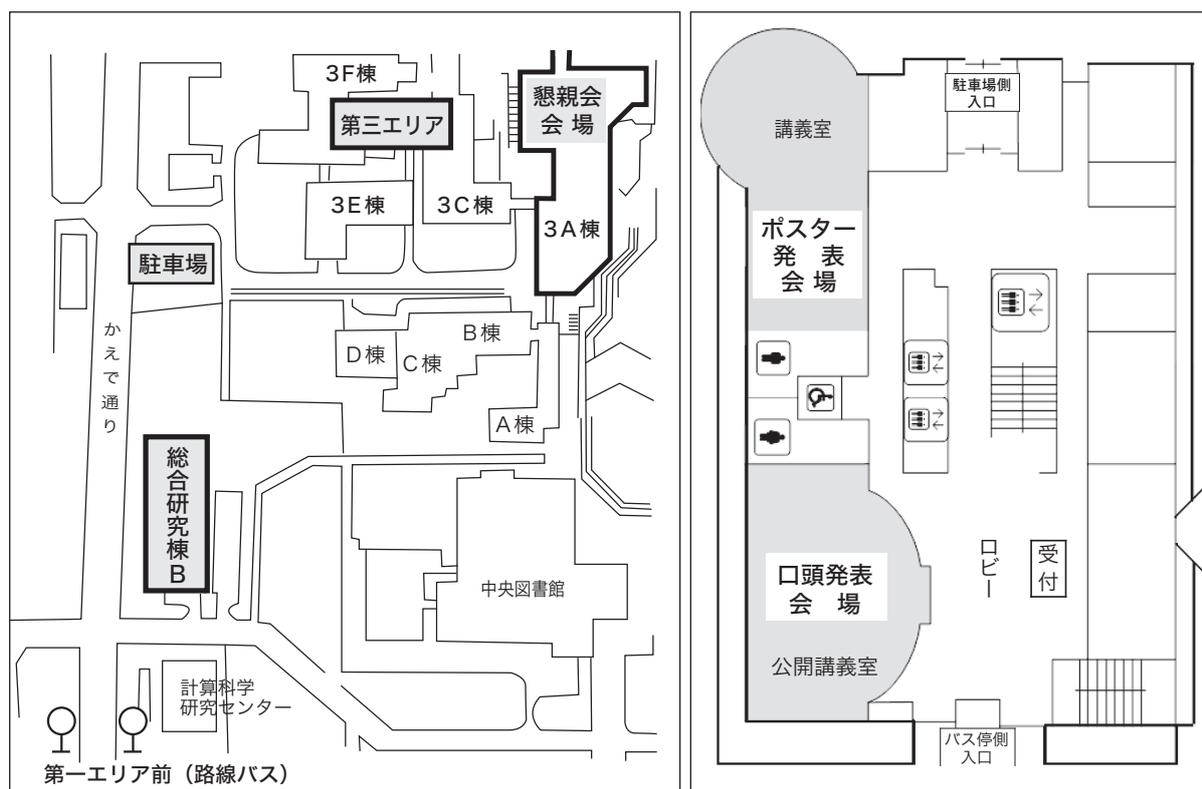
#### 国道 6 号線から

荒川沖から県道 55 号線（東大通り）北上→大角豆交差点を通過（直進）→妻木交差点左折→県道 244 号線（北大通り）を西に直進→つくば・看護専門学校前交差点右折→ゆりのき通りを北に直進→「筑波大学松見口」から「第三エリア工学系 F 棟」に向かう。この間、約 12km です。

#### 駐車場について

第三エリア工学系 F 棟前のゲート手前の外来者用駐車場（右側）をお使い下さい。  
次頁案内図参照。

## 会場へのご案内



■ 総合研究棟 B、駐車場、懇親会会場

■ 総合研究棟 B 1階

技術発表会公式ウェブサイト [www.tech.tsukuba.ac.jp/2007/](http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2007/) にはカラー版の予稿集 PDF ファイルがあります。ご利用下さい。

### 日時

平成 20 年 3 月 10 日 (月) 9:50 ~ 17:15

### 会場

筑波大学第三エリア地区 総合研究棟 B

口頭発表：公開講義室

ポスターセッション：講義室

休息所：総合研究棟 B、1 階ロビー他

### 受付

総合研究棟 B、1 階ロビーにて 9:00 以降随時、参加登録の受付を行います。  
懇親会にご参加の方は、受付にて会費 3,000 円をお支払い下さい。

### 懇親会

発表終了後、第三エリア A 棟食堂にて懇親会を行います。

※発表当日、実行委員は黄色いリボンを付けていますので、ご不明な点はお尋ね下さい。

# プログラム

開会式 9:50 ~

開会の辞 実行委員代表 中島 孝

実行委員長挨拶 筑波大学副学長 水林 博

午前のセッション 10:00 ~ 11:50

**口頭発表 I** 座長： 鶴見 明 数理物質科学等支援室 (数学専攻)

10:00-10:20 Web サイトでの教員情報公開・管理システム . . . . . 2  
北原 匡 システム情報工学等支援室 (情報アプリケーション班)

10:20-10:40 RRDtool を用いた加速器のガス圧力・温度 Web モニター . . . . . 3  
大和 良広 研究基盤総合センター (応用加速器部門)

10:40-11:00 FPGA による PCI バス・インターフェース回路の実装 . . . . . 4  
小野 雅晃 システム情報工学等支援室 (装置開発班)

11:00-11:10 [休憩]

**口頭発表 II** 座長： 西田 憲正 研究基盤総合センター (分析部門)

11:10-11:30 SiO<sub>2</sub> 担持 Rh 触媒の調製過程における TEM 観察 . . . . . 5  
伊藤 伸一 数理物質科学等支援室 (物性・分子工学専攻)

11:30-11:50 溶融法による酸化物ガラスの特性 . . . . . 6  
間宮 精一 数理物質科学等支援室 (物性・分子工学専攻)

【 昼休み 11:50~13:00 】

午後のセッション 13:00 ~ 17:10

---

**13:00-14:00 特別講演** 司会： 中島 孝 システム情報工学等支援室 (装置開発班)

「地球温暖化の影響－楽観論と悲観論」 . . . . . 1

林 陽生 教授 筑波大学生命環境科学研究科 持続環境学専攻

---

14:00-14:10 [休憩]

## 14:10-15:10 ポスターセッション

座長：鈴木 秀則 システム情報工学等支援室（情報システム管理班）

- P - 1 安定したヘリウム回収率維持に向けて . . . . . 7  
○宮内 幹雄、近藤 裕、敦賀 将太 研究基盤総合センター（低温部門）  
池田 博 数理物質科学研究科（物性・分子工学専攻）
- P - 2 網赤血球検出のための蛍光試薬の比較検討 . . . . . 8  
○佐藤 晶子、櫻井 秀子 人間総合科学等支援室（医学支援室）
- P - 3 光ビート法による高周波の発生 . . . . . 9  
松山 英治 数理物質科学等支援室（物性・分子工学専攻）
- P - 4 海藻物質水中採取システム . . . . . 10  
○土屋 泰孝、佐藤 壽彦、品川 秀夫  
生命環境科学等支援室（下田臨海実験センター）

**口頭発表Ⅲ** 座長：保谷 博 数理物質科学等支援室（電子・物理工学専攻）

- 15:10-15:30 可視化実験用一面せん断実験装置の製作 . . . . . 11  
飯高 稔 システム情報工学等支援室（装置開発班）
- 15:30-15:50 農業用トラクタヒッチ点位置制御による牽引車両の追従性向上の検討  
～試作機の製作と効果について～ . . . . . 12  
○本間 毅 生命環境科学等支援室（農林技術センター）  
瀧川 具弘 生命環境科学研究科（生物圏資源科学専攻）

座長：大野 良樹 人間総合科学等支援室（医学支援室）

- 15:50-16:10 ABO 血液型遺伝子多型の PCR-SSCP 法による解析とその応用 . . . . . 13  
中村 貴子 人間総合科学等支援室（医学支援室）
- 16:10-16:30 デジタルカメラによる赤外線撮影 . . . . . 14  
鷺野谷 秀夫 人間総合科学等支援室（体芸支援室）
- 16:30-16:40 [休憩]

---

## 16:40-17:10 退職者記念講演

司会：平田 久子

数理物質科学等支援室（物理学専攻）

「工作部門での 30 年間を振り返る」

内田 豊春 研究基盤総合センター（工作部門）

---

**閉会式** 17:10～

閉会の辞 実行委員代表 中島 孝

**懇親会** 17:45～19:45 【3A棟食堂】

## 地球温暖化の影響－楽観論と悲観論

林 陽生（生命環境科学研究科持続環境学専攻）

最近、地球温暖化が身近な現象として感じられるようになってきた。IPCC（気候変動に関する政府間パネル）第4次評価報告書（2007）によると、過去100年間で地上の平均気温が0.74℃上昇した。昇温スピードは、特に最近30年間で増している。気温上昇を駆動しているのが大気中の温室効果ガス濃度の増加である。今後も続くであろう、人間活動に由来する温室効果ガス濃度の増加によって、今世紀末までにさらに1.1～6.4℃上昇することが予測されている。

気温のみならず、降水量や日射量も変動する。しかしこの2要素は、現在の科学的水準では気温ほど予測精度が高くない。日本付近のおよその傾向としては、気温上昇とともに降水量の増加と日射量の減少が現れると考えられている。こうした気象要素の変化がどのような影響をもたらすだろうか。影響評価の役割がこれまで以上に重要になっている。日本では、これまで各省庁が縦割り行政の元で個別に実施している影響評価について、さまざまな分野を透視した対応技術と緩和対策を考える必要性が迫られている。

地球温暖化の問題は、世代を超えた問題ともいわれる。温暖化の研究は、例えば50年先に起こるであろう、現時点で実証できない現象を取り扱う点で、他の研究とは異質の特徴がある。例えば、一般に科学者は、真実を見間違っただけとはいけないと考え、不確実な現象に対しては不信感を抱く。こうして、もし地球温暖化を扱う研究者が有病誤診（病気なのに病気でないと誤診すること）を嫌うとするなら、取り返しのつかない結末に及ぶことになるだろう。この点が、地球温暖化問題の特徴である。

最近、バイオ燃料の将来性が話題になっている。この議論は、地球温暖化の問題が、エネルギー問題や食糧問題とも密接に関係する現実を浮き彫りにした。言い換えれば、従来は分野を異にする問題とされがちな現象について、トレードオフの関係を通して理解しなければならぬ時代、難しい時代、になったことを示している。

略歴：神奈川県出身、横浜国立大学教育学部卒業、理学博士（筑波大学）、四国農業試験場生産環境部室長、独立行政法人農業環境技術研究所地球環境部長、を経て現職。この間、ニュージーランド国立研究所研究員、JICA派遣研究員、UNFCCC派遣調査員など。

専門分野：気候学・気象学、温暖化影響評価、熱収支・水収支

最近の研究テーマ：地球温暖化の農業影響評価、地球温暖化とヒートアイランドを分離できるか？

趣味：合奏（コントラバス）、テニス、焚火

# Web サイトでの教員情報公開・管理システム

北原 匡

筑波大学システム情報工学等支援室（情報アプリケーション班）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

教員の情報公開は、教職員・学生、受験生、国内外の教育・研究者への情報サービス、社会還元の一環として重要な Web コンテンツであると認識されている。システム情報工学研究科社会システム・マネジメント専攻 Web サイトでも、従来一覧表として教員情報を公開してきた。しかしながら、それらは、ページ構成を含めたコンテンツとしての質、維持・管理面に問題があり、十分に整備されているとはいえなかった。そこでこれらの改善策として、Web 上で教員情報の入力・編集・発信するためのシステム(Perl による CGI: Common Gateway Interface) を作成した。発表では、本システムの作成経緯とコンセプト、機能等について詳しく紹介する。

図 1 に Web で本システムにアクセスした場合の教員情報表示画面、図 2 に当該教員が Web 上でデータ修正するための操作画面を示す。(図は表示例であり、実在の教員ではない)

■ 実際のシステムは、<http://www.sk.tsukuba.ac.jp/SSM/faculty/> でアクセス可能

The screenshot shows a web page for Taro Tsukuba. At the top, it identifies the department as 'システム情報工学研究科 社会システム・マネジメント専攻:SSM'. A navigation bar includes '社会経済システム | 経営工学 | 都市計画 | 転出・退職等 | 全教員'. The main content area features a profile for '筑波 太郎 (TSUKUBA Taro)'. It includes a small profile picture, contact information (office, lab, email, phone, website), and a list of affiliations and positions. A '専門分野' (Specialty) section lists 'データマイニング工学' with sub-points like '複雑ニューラル・ネットワークの理論' and 'マインニングモデルの感度解析と最適化'. The '学位' (Degree) section lists '昭和51年 東京大学 工学博士'. The '学歴・職歴' (Education and Career) section lists various roles from 1976 to 2016. The '担当授業科目' (Courses) section lists '社会工学' and '社会システム工学'. The '所属学会' (Associations) section lists '電子情報通信学会' and others. The '代表的著書・論文' (Representative Publications) section lists several papers. The '主な受賞' (Awards) section lists '2000年度 データ解析コンペティション社会人の部最優秀賞' and '2001年度 日本オペレーションズリサーチ学会事研研究賞'. The '研究概要' (Research Overview) section describes data mining research. The '研究指導の方針' (Research Supervision Policy) section describes the approach to teaching and supervision. The footer includes 'PROFILER 3.1' and 'プロフィール修正'.

図 1 教員情報の Web 表示例

The screenshot shows the editing interface for Taro Tsukuba's profile. It has the same header and navigation as the display page. Below the header, there are links for 'このプロフィールへ戻る' and 'ページの末尾へ'. A red notice states: '以下、ご自分の情報を入力してください。右側に「表示」チェックボックスがついていない項目は入力必須項目です。入力後、画面右下の「修正登録」ボタンを押してください。なお、印明時にA4で1~2枚になるよう、コンパクトに情報まとめていただくと幸いです。' Below this is a search icon and the text 'プロフィール編集についての補足情報はこちら'. The form fields include: '氏名' (Name) with '筑波 太郎', 'ローマ字名前, 姓' (Roman Name) with 'TSUKUBA Taro', 'ローマ字氏名' (Roman Name) with 'TSUKUBA Taro', '職名' (Title) with '教授', '所属' (Affiliation) with '大学院 システム情報工学研究科 社会システム・マネジメント専攻', '研究室' (Lab) with '3F1150 (029-853-0000)', '実装室' (Office) with '3E001 (029-853-1234)', 'E-MAIL' with 'taro@sk.tsukuba.ac.jp', 'TRIOS' with 'http://www.trios.tsukuba.ac.jp/Profiles/0000/0000999/profile.html', and 'WEB' with '研究室WEB http://www.ny.domain/homepage.html'. There are '表示' (Show) buttons next to the affiliation and website fields. At the bottom, there are radio buttons for 'どちらかを選択' (Select one), '大学院 システム情報工学研究科 社会システム・マネジメント専攻' (selected), and '大学院 システム情報工学研究科 リスク工学専攻'. A '複数選択可。ここにはない場合は2か所のみ自由記述できます。' (Multiple selection possible. You can freely describe in 2 places if not found here.) is also present. The footer includes 'PROFILER 3.1' and 'プロフィール修正'.

図 2 教員情報の Web 編集画面例

# RRDtool を用いた加速器のガス圧力・温度 Web モニター

大和 良広

筑波大学研究基盤総合センター（応用加速器部門）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

筑波大学研究基盤総合センター応用加速器部門では、タンデム型静電加速器主タンクの電気絶縁ガスとして六フッ化硫黄 (SF<sub>6</sub>) ガスを使用している。このガスの圧力や温度は、加速器の安定動作に深く関わるコロナ電流の流れ方に関与しているため監視が不可欠である。今まで我々は図1の様なアナログメータで圧力や温度を読み取りログブックに記入していたが、図1下側の遠隔監視用メータが故障し新規に購入する必要に迫られた。そこで、せっかく新しくするのであれば高精度な物を、記録は自動で表示も見やすく施設内部のどこからでも見られる方がよいと考え、開発を行った。

使用物品はデジタルの高精度な圧力計、温度計 (RS-232C 入出力付) と使用されなくなった古いパソコンのみである。OS は FreeBSD 6.0 を使用し、Web サーバには lighttpd を使用し、Perl で計器との通信プログラムを書いた。

RRDtool (Round Robin Database tool) は、Tobi Oetiker 氏が開発した、データを効率的・系統的に格納して分析処理し、図2の様なグラフィカルな表示を可能とする GNU General Public License のソフトウェアである。

RRDtool と lighttpd を使用する事によって非力な古いパソコン (Celeron 466 MHz) でも高速に現在の圧力・温度及び 24 時間ログ、週間ログ、月間ログ、年間ログを複数ユーザーに提供できた。

発表では開発時の苦労話や加速器が放電すると圧力計の表示がおかしくなる現象に悩まされている点などを交えて、簡易ロガーのノウハウを紹介する。

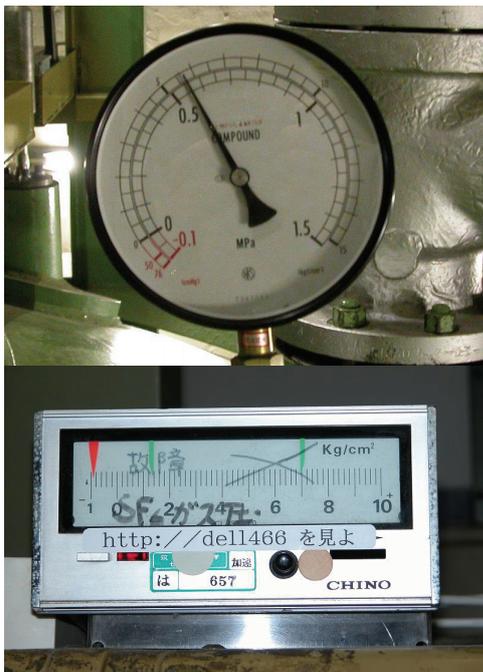


図1 アナログの圧力計

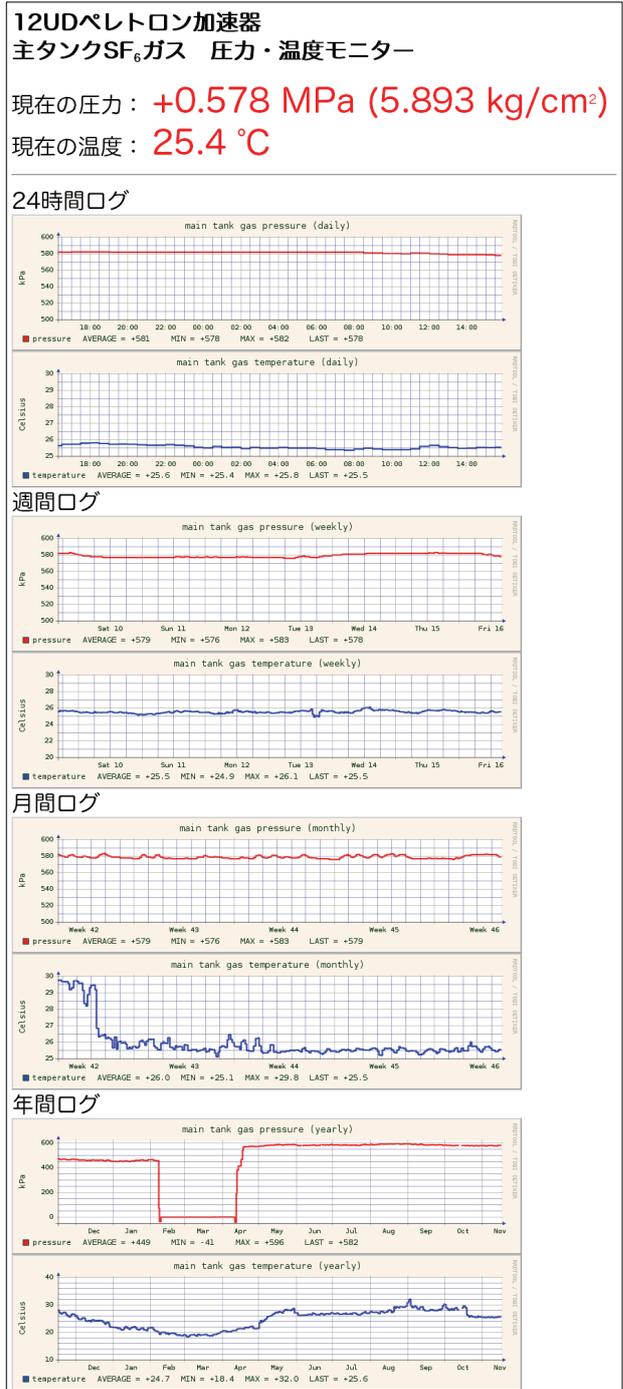


図2 開発したモニターの Web ブラウズ画面例

# FPGA による PCI バス・インターフェース回路の実装

小野 雅晃

筑波大学システム情報工学等支援室（装置開発班）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

PCI(Peripheral Component Interconnect)バスは、パーソナル・コンピュータ(PC)の拡張スロットとして親しまれているバス規格である。2 枚目のグラフィックカードや、イーサネットカード、A/D コンバータカード、キャプチャカード、いろいろな用途の拡張基板用のバスとして使用されている。PCI バスは PCI SIG(Peripheral Component Interconnect Special Interest Group)により 1992 年に PCI 仕様書第 1 版が出版され、スタートを切った。その後、1999 年に第 2 世代として、データ転送速度を向上させた PCI-X バスが発表された。PCI-X バスは主にサーバー機器用の拡張ボード規格として使用された。2002 年には第 3 世代として、高速シリアル通信を採用した PCI-Express が発表された。PCI-Express が主な拡張ボード・インターフェース規格として採用された現在でも、PCI バス・コネクタは、PC に必ず搭載されている。

第 4 回筑波大学技術職員技術発表会で発表した Maestro2 ネットワーク・インターフェース(Maestro2NI)と第 6 回筑波大学技術職員技術発表会で発表した Maestro3 ネットワーク・インターフェース (Maestro3NI)は、PCI バスに接続される拡張基板である。2 つのネットワーク・インターフェース(NI)は、ホスト・パーソナル・コンピュータ (ホスト PC) のマザーボード上の 64 ビット幅、3.3 V 電圧の PCI バス・コネクタに挿入されて使用される。PCI バス・インターフェース信号は、NI の PCI カード・エッジコネクタから FPGA(Field Programmable Gate Array)にプリント配線され、FPGA 中に実装された PCI バス・インターフェース回路に接続されている。PCI バス・インターフェース回路は、NI とホスト PC の間で PCI バスを通してデータ転送を行う。データ転送は 2 種類あり、1 つが PCI ターゲット転送、もう 1 つが PCI マスタ転送である。PCI ターゲット転送は、ホスト PC が要求元となるデータ転送である。PCI マスタ転送は、NI が要求元となるデータ転送である。

PCI バス・インターフェース回路の PCI ターゲット転送は単一転送に制限されるが、PCI マスタ転送はバス転送に対応している。PCI バスの動作周波数は 66 MHz、データ幅は 64 ビットである。

PCIバス・インターフェース回路はMaestro3ネットワークの一部として、主にホストPCのメモリとMaestro3ネットワークのデータのやり取りに使用されている。

PCIバス・インターフェース回路のブロック図を図 1 に示す。Maestro3NI の PCI バス、FPGA 部分の写真を図 2 に示す。PCI バス・インターフェース回路はコンフィギュレーション回路、PCI ターゲット回路、PCI マスタ回路と IO バッファ回路で構成されている。

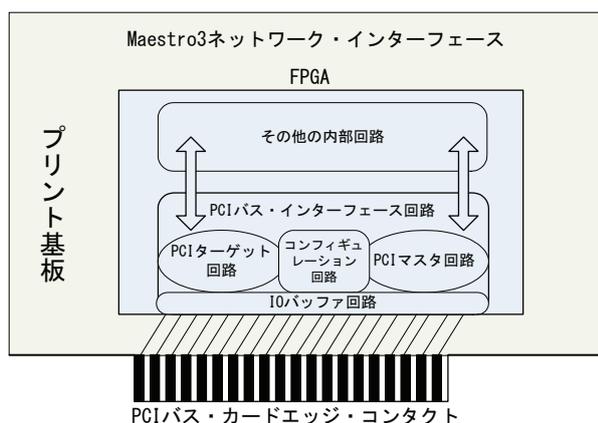


図 1 PCI バス・インターフェース回路のブロック図



図 2 Maestro3NI の PCI バス、FPGA 部分

# SiO<sub>2</sub> 担持 Rh 触媒の調製過程における TEM 観察

伊藤 伸一

筑波大学数理物質科学等支援室（物性・分子工学専攻）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

二酸化ケイ素（シリカ：SiO<sub>2</sub>）などの酸化物担体にロジウム（Rh）などの貴金属微粒子を担持した、担持貴金属触媒（Rh/SiO<sub>2</sub> のように表記する）は含浸法で調製することができる。含浸法とは、担体に貴金属塩類（これ以降、前駆体と呼ぶ）の水溶液を浸み込ませ、乾燥、空気焼成により前駆体を分解し、水素還元処理を行い調製する方法である。この調製過程において、含浸時の前駆体イオンと担体の組み合わせ次第で担持した貴金属微粒子の粒子径が変化することは、以前から知られている<sup>[1]</sup>。しかし、前駆体溶液を含浸し、乾燥後の触媒の状態を調べた報告例は少ない。通常、担持貴金属触媒の透過型電子顕微鏡（Transmission electron microscope: TEM）観察は、直径 3 mm のマイクログリッドに、触媒を還元後に粉碎したものをマウントして行う。このとき、粉碎した試料を分散させるために、水を加え懸濁状態にする。しかし、触媒調製段階の乾燥後には、担持した前駆体が担体に強固には固着しておらず、水を用いた場合、担持した成分が水中に溶出してしまい、乾燥後の試料の本来の状態を観察することはできない。そこで今回は、TEM 試料を調製するときに水ではなく、トルエンを用いた。これらの結果も含めて本発表会では、触媒調製の各段階で TEM 観察を行った結果について報告する。

触媒は Rh/SiO<sub>2</sub> で、含浸法により調製した。用いた SiO<sub>2</sub> 担体は参照触媒（JRC-SIO-7、BET 比表面積：80 m<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>）で、Rh(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 水溶液（硝酸酸性）を含浸（incipient wetness）し、383 K で一晩乾燥、773 K で空気焼成 3 時間の後、水素還元処理を行った。

触媒調製時の、乾燥後、空気焼成後、水素還元後の各段階で TEM を用いて観察した。マイクログリッドへのマウントは、粉碎した触媒を水またはトルエンを用いて懸濁状態にして行った。

図 1 に、SiO<sub>2</sub> 担体に Rh(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> 水溶液を含浸し乾燥後の Rh/SiO<sub>2</sub> の TEM 像を示した。この結果から、担体上に数 nm の微粒子が存在していることがわかった。そのサイズは低温で水素還元した後の Rh 金属粒子径よりも小さいことがわかった。ただし、この段階では前駆体は分解しておらず、前駆体イオンの凝集体であると考えられる。本発表では、このほかに空気焼成後、水素還元後の観察結果についても報告する。

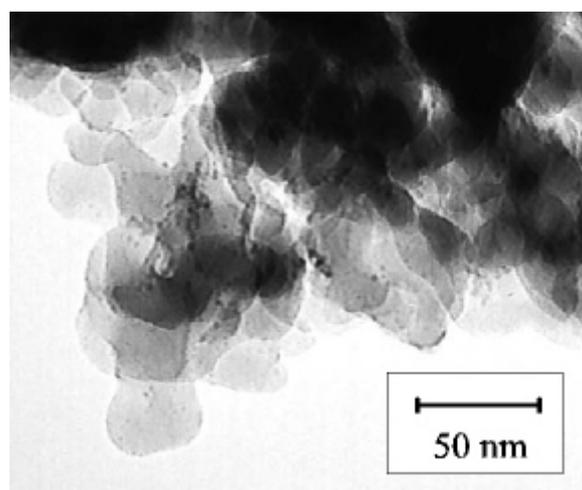


図 1 前駆体（Rh(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>）溶液含浸、乾燥後の Rh/SiO<sub>2</sub> 触媒の TEM 像

[1] J. P. Brunelle, in: B. Delmon, P. Grange, P. Jacobs, G. Poncelet, (Eds.), Preparation of Catalysts 2, Proc. 2<sup>nd</sup> Int. Symp., Louvain-la-Neuve September 4-7, 1978, p215.

# 熔融法による酸化物ガラスの特性

間宮 精一

筑波大学数理物質科学等支援室（物性・分子工学専攻）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

ガラスの起源は、紀元前 7000 年頃とも言われ、古くより人間生活に係わって来た。例えば、構造材料としての窓ガラス、機能材料としての電球や蛍光灯の管、レンズ、光ファイバーなどがある。

今日、ガラスは、けい砂（結晶質の  $\text{SiO}_2$ ）を主体とし、これに炭酸ソーダ、炭酸カルシウムなどを混合した結晶質の原料を加熱して一度均質な融液とし、これを素早く冷却することにより得られる。このような方法を熔融法と言う。冷却による過冷却液体からガラスへの転移、あるいは加熱によるガラスから過冷却液体への転移は可逆的に起こる。このような転移をガラス転移と呼ぶ（図 1）。無定形（結晶化していない）固体のうちガラス転移現象を示す物のみをガラスと呼び、それを示さないゲルや無定形炭素などと区別している。

更に、このガラス転移現象は生体凍結保護物質（cryoprotectant）として応用されている<sup>[1]</sup>。生体は非常に多量の水分を含んでいることから、低温保存する際には氷の形成、水の結晶化による細胞、組織の破壊が深刻な問題となる。結晶化による組織へのダメージは、水から氷へと変化するときに起こる急激な硬度変化が大きな原因であり、結晶化を回避するためにガラス化を示す物質が検討されている。このようなことを考えると生命現象と深い関係がある。ガラス化現象を更に研究することにより、この分野への多くの貢献ができる。

ここでは、比較的単純な酸化物ガラス（ $\text{SiO}_2$ ,  $\text{GeO}_2$ ,  $\text{B}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ）について述べる。

一般的にガラスができるためには冷却過程で結晶化しなければいい。そのためには過冷却液体の粘度が温度の低下とともに、連続かつ急速に増大する必要がある。しかし、粘度のデータはすべての系について得られているわけではない。そこで化合物を構成する各原子間の結合力、結合距離、角度などの構造面からガラス形成能を表す基準を見出せれば便利である（図 2）。この基準は Stanworth, Zachariasen, Sun らによって検討されている<sup>[2-4]</sup>。この 3 者の基準について述べることにする。

また、様々なガラスを作るのに冷却速度の影響についても考慮しなければならない。従って臨界冷却速度についても述べる。

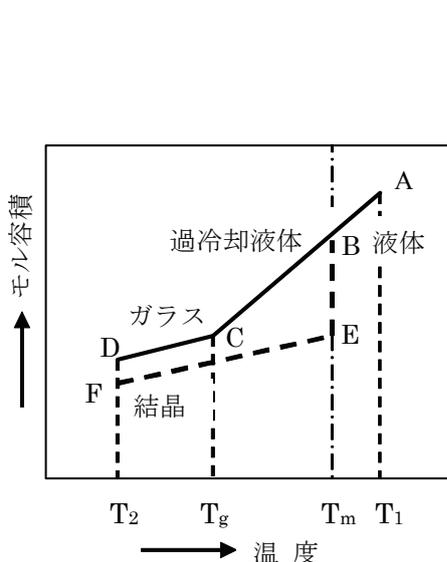


図 1 融液の冷却により結晶化する物質とガラス化する物質のモル容積の温度変化

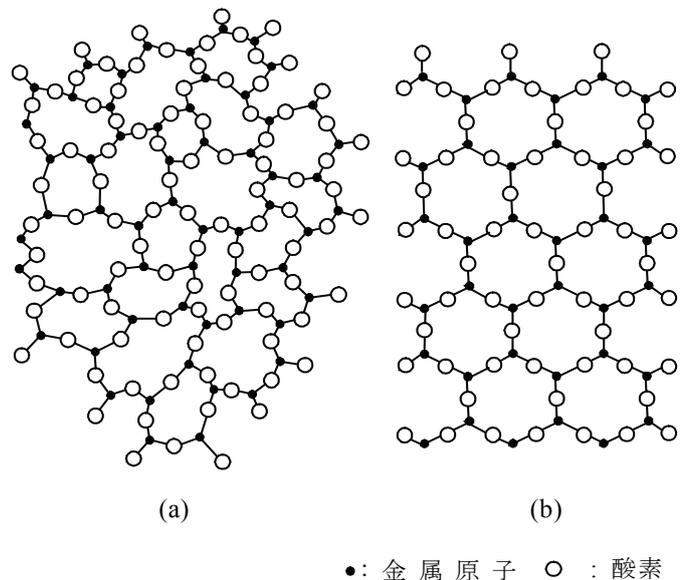


図 2 酸化物  $\text{M}_x\text{O}_y$  のガラス(a)<sup>[3]</sup>と結晶(b)中での原子配列

[1] 池 祐治, 小島 誠治, 光学的手段を用いる GHz 超音波の非接触計測, 日本音響学会誌, 61, (2005) 461-466.  
[2] J. E. Stanworth, J. Soc. Glass Technol., 30, (1946) 54T, 32, (1948) 154T, 366T.  
[3] W. H. Zachariasen, J. Am. Chem. Soc., 54, (1932) 3841.  
[4] K. H. Sun, J. Am. Ceram. Soc., 30, (1947) 277.

# 安定したヘリウム回収率維持に向けて

宮内 幹雄<sup>A</sup>、近藤 裕<sup>A</sup>、敦賀 将太<sup>A</sup>、池田 博<sup>B</sup>

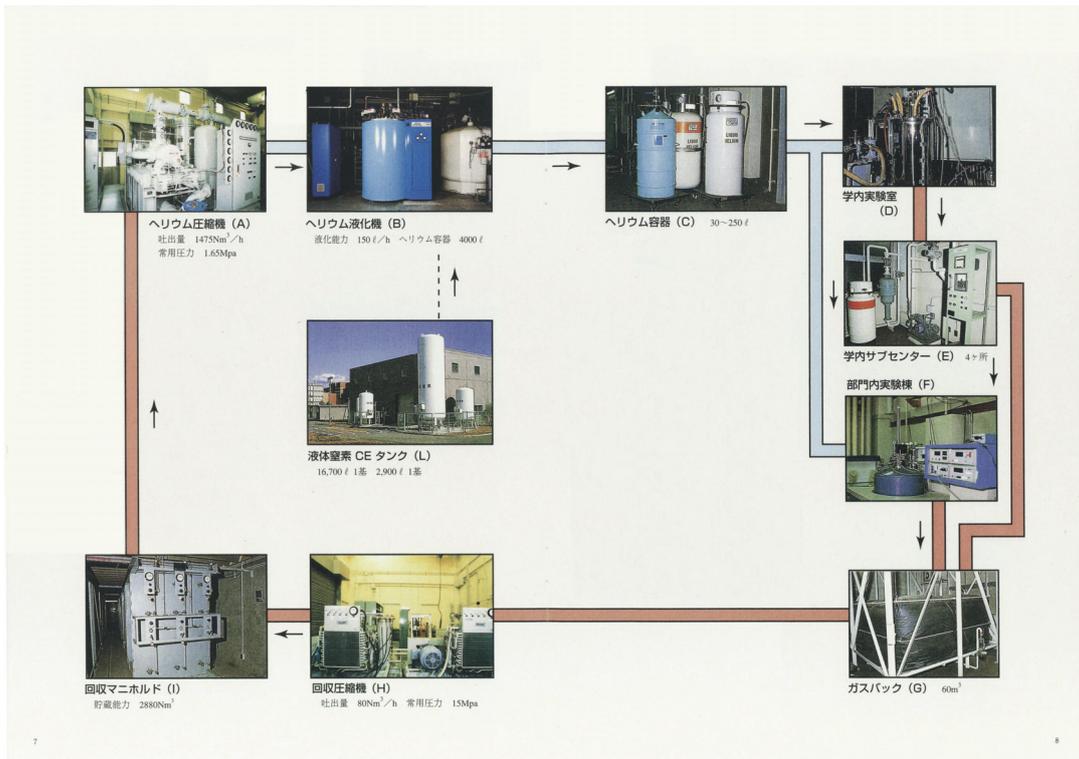
<sup>A</sup> 筑波大学研究基盤総合センター（低温部門）

<sup>B</sup> 筑波大学数理物質科学研究科（物性・分子工学専攻）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

低温部門では学内に液体ヘリウムの供給を行っている。供給は一度使用したヘリウムを回収し再液化して供給を行うリサイクルシステムである。定常的なヘリウム供給には安定した回収率の維持が欠かせない。そこで今回低温部門における回収率維持に向けての取り組みについて報告する。

以下にヘリウムリサイクルシステムの流れ図を示す。



## リサイクルシステム詳細

- (A) 液化のためにヘリウムガスを液化用圧縮機で圧縮
- (B) ヘリウム液化機で大型ヘリウム容器にヘリウムを液化
- (C) 大型ヘリウム容器から小型容器に移し替え実験室に運搬
- (D) 学内の実験装置に液体ヘリウムを汲み込み実験
- (E) 実験に使用し蒸発したヘリウムガスをサブセンターへ回収し  
サブセンターからブローで低温部門に送風
- (F) 低温部門内の実験装置に液体ヘリウムを汲み込み実験  
ヘリウムガスは直接低温部門ガスバックに回収
- (G) 全学から回収するヘリウムガス用の低温部門ガスバック
- (H) 回収されたヘリウムガスを高圧貯蔵するための圧縮機
- (I) 回収ヘリウムガスの高圧貯蔵庫

再度液化され循環システムが成立

# 網赤血球検出のための蛍光試薬の比較検討

佐藤 晶子、櫻井 秀子

筑波大学人間総合科学等支援室（医学支援室）

〒305-8575 茨城県つくば市天王台 1-1-1

血液中の網赤血球測定は、赤血球の産生能を把握する上で有効な指標になることが知られている。ヒト赤血球は末梢血液中で約 120 日間の寿命を持ち、体内では、血球の崩壊と新しい血球の産生が行われ恒常性が維持されている。そのため末梢血液中には産生されてから様々な日数の赤血球が混在していることになる。骨髄から産生された若い赤血球は網赤血球といわれ、全血による分析よりも網赤血球を対象にした測定では、より体内循環の影響が少ない状態で赤血球を調べることが出来る利点がある。とくに、発作性夜間ヘモグロビン尿症（PNH）赤血球のように体内循環中に補体による影響で溶血されやすい異常赤血球の造血病態検索には、網赤血球測定は優れた手法となる。

網赤血球は成熟赤血球と比較し RNA 量が高く、核酸に結合する蛍光色素の中で CD4K530 試薬（Cell Dyn 4000 System, Abbott Laboratories）と Thiazole orange（TO）試薬（Retic-COUNT, BD Biosciences）を網赤血球検出試薬として選択し、両試薬の網赤血球測定の反応条件についてフローサイトメトリー（FCM）による測定を行い検討した。また、活用法として PNH 赤血球の形質を持つ網赤血球の分析を用いて両蛍光試薬の有用性について比較検討した。

PNH 赤血球の形質を持つ網赤血球の検出は、PNH 赤血球では表面抗原 CD59 の発現が欠損および低下していることが知られており、両蛍光色素と抗ヒト CD59PE 標識抗体（clone:p282[H19]）（BD Pharmingen）とによる FCM の 2 カラー分析を行い正常血球と識別をした。測定には、FACSsort（BD Biosciences）を用いて計測（488 nm アルゴンレーザー、FL1 検出器：BP 530/30 nm、FL2 検出器：BP 585/42 nm）し Cell Quest で解析した。

網赤血球の測定条件についての検討では、網赤血球数高値試料（網赤血球数 9.4%、Cell Dyn4000 測定値）を用いて、CD4K530 試薬と TO 試薬の反応について、室温における経時的変化を比較した。

両蛍光試薬は、反応速度に違いが認められ、CD4K530 試薬では、加えてから短時間（15～30 秒）で赤血球との反応が良好であったが、TO 試薬では、15 分間程度の反応時間が必要であった。

赤血球の平均蛍光強度については、PBS に浮遊させた赤血球に比較し、CD4K530 試薬では赤血球の蛍光量の増加が高く、TO 試薬では蛍光量の変化は少なかった。

同一検体を 10 回連続測定して同時再現性について検討をした。CD4K530 試薬の 15 秒間反応では CV=1.2%、30 秒間反応では CV=1.1%、TO 試薬の 15 分間反応では CV=2.4%と良好であった。

PNH 赤血球の形質を持つ（CD59 陰性）網赤血球について、CD4K530 試薬と TO 試薬を用いて抗ヒト CD59PE 標識抗体による 2 カラー分析を行い検出率を比較した。

健常人（n=6）および PNH 疾患を含む網赤血球高値試料（n=6）を用いた両蛍光試薬の CD59 陰性の網赤血球の相関性は  $r=0.9997$  となり、高い正の相関が認められた。

網赤血球高値試料（n=6）による網赤血球の CD59 陰性血球の検出率を用いて両蛍光試薬の有意差について検討をした。両者に関して有意差は認められなかった（Mann-Whitney's U test）。

今回、網赤血球を検出するための CD4K530 試薬と TO 試薬を用いて FCM による比較検討を行った。測定条件についての検討では、再現性に関しては両蛍光試薬ともに良好であったが、血球との反応速度および染色後の赤血球の平均蛍光強度に違いが認められた。また、末梢血の網赤血球における PNH 赤血球の形質を持つ CD59 陰性網赤血球の検出については、両蛍光試薬の相関性は良好であり、検出率に対する有意差も認められなかった。これらのことにより、両蛍光試薬とも幅広く網赤血球分析に有用と推察されたが、測定の際には両蛍光試薬の特性を考慮しながら分析を行うことが必要と思われた。

# 光ビート法による高周波の発生

松山 英治

筑波大学数理物質科学等支援室（物性・分子工学専攻）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

近年、従来の光にない性質、例えば、紙やプラスチックなどを透過し、分子振動に対応する振動数を持ち、生体を含め材料分析上重要な領域の波長を持つ、テラヘルツ (THz) 電磁波 (電波、光) を使用した新しい分光技術が注目されている。特に微小な領域を観察する顕微分光、近接場顕微鏡、走査プローブ顕微鏡 (SPM) などの最新の技術は電波・光境界領域にある光の利用が期待されている。従来からテラヘルツ電磁波の発生には多くの技術的に困難な点があり、この分光領域の光源として取扱いが簡単で高性能な(光の線幅が狭い、振動数が安定、ノイズとの振幅比が良い、振動数を広い範囲で精密に変えられる)光源はなかった。分光に使用される光には高いコヒーレンスと良好な C/N(信号光強度とバックグラウンドノイズ光強度との比)が求められる。そこで、これらの条件を満たす電波・光境界領域の電磁波を発生させるための基礎的な実験を進めている。本報告で取り組んでいる実験は、マイクロ波・ミリ波領域における周波数変換技術を 1.0~2.0 ( $\mu\text{m}$ ) 領域の近赤外レーザー光に適用して行ったものである。2本のレーザー光を混合して(2光波混合法)非線形受光素子に光を導き、受光素子から出てくる信号を交流 (AC) 結合された、高周波 (RF) スペクトラムアナライザにより測定した (図 1)。観測結果は、光の周波数をダウンコンバージョン (目標とする周波数まで下げる) させ、マイクロ波領域の電磁波を発生したものである。観測された信号のスペクトル純度を調べた結果、発生した電磁波のコヒーレンスは良好であった。このことにより、本方式を拡張すれば、新しい光であるテラヘルツ電磁波の発生が可能であることを確認できた。

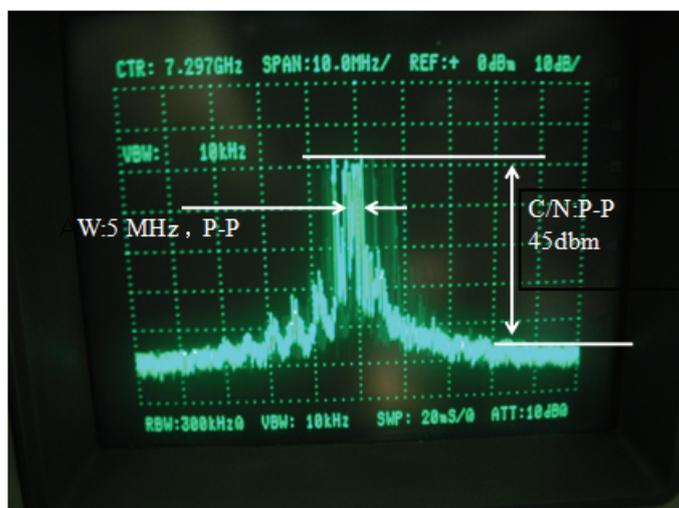


図 1 2光波混合実験より観測されたマイクロ波領域にある RF (SHF) 信号  
センター周波数:7.3 GHz,信号強度,ノイズ比:C/N 45 dBm、線幅 W: 5 MHz,  
観測条件: 観測温度 300 K、スペクトルアナライザ設定: RBW: 300 kHz  
RBW: 分解能帯域幅 (Hz), 0 dBm = 1 mW

2光波混合法: 周波数が異なる2つの電磁波(光)を非線形な特性を持つ受光素子に入射させ、入射した各々の振動数の和と差の成分が出力に生じる、光混合。

# 海藻物質水中採取システム

土屋 泰孝、佐藤 壽彦、品川 秀夫  
筑波大学生命環境科学等支援室（下田臨海実験センター）  
〒415-0025 静岡県下田市 5-10-1

地球温暖化の影響が拡大する現在、海洋における炭素循環を正確に推定することは大変に重要である。沿岸生態系においては大型海藻類の炭素貯留への貢献度が大きであると推測されてきたが、それを実際に現場計測した研究は少ない。2003年8月から2005年5月にかけて、筑波大学大学院生命環境科学研究科の濱健夫研究室によって行われた大型褐藻類カジメからの溶存態有機物 (DOM)の放出量測定実験において技術協力したので、これについて報告する。

実験地は静岡県下田市大浦湾の水深 7-8 m 付近のカジメ稠密林で、全ての海中作業は 2 人 1 組によるスキューバ潜水によって行った。はじめに DOM 測定用のカジメを選び、現場海水を含むように透明ビニール袋をかぶせ、基部において袋の口をロープで結わえて閉じた (図 1A)。ビニール袋の一角には採水用コックを取り付け、コックの開閉操作によって内部の海水を抽出できるようにした (図 1B)。この袋がけ後、6-54 時間の間隔で採水を行った。ダイバーが 100 ml のガラスシリンジを持って潜り、シリンジをシリコンチューブによって袋の採水コックに接続し (図 1C)、一度接続部の混合水を吸引廃棄した後に本採水を行った (図 1D)。1 回の採水量は約 20 ml であった。同じ条件での採水は 3 回ずつ行った。採水サンプルは速やかに実験室に持ち帰り、焼成したガラスファイバーフィルターによって濾過したのちに分析に用いた。本技術による研究の成果は、カジメより溶出する溶存態有機物の定量定性分析の結果として、既に雑誌論文として公表されている<sup>[1]</sup>。

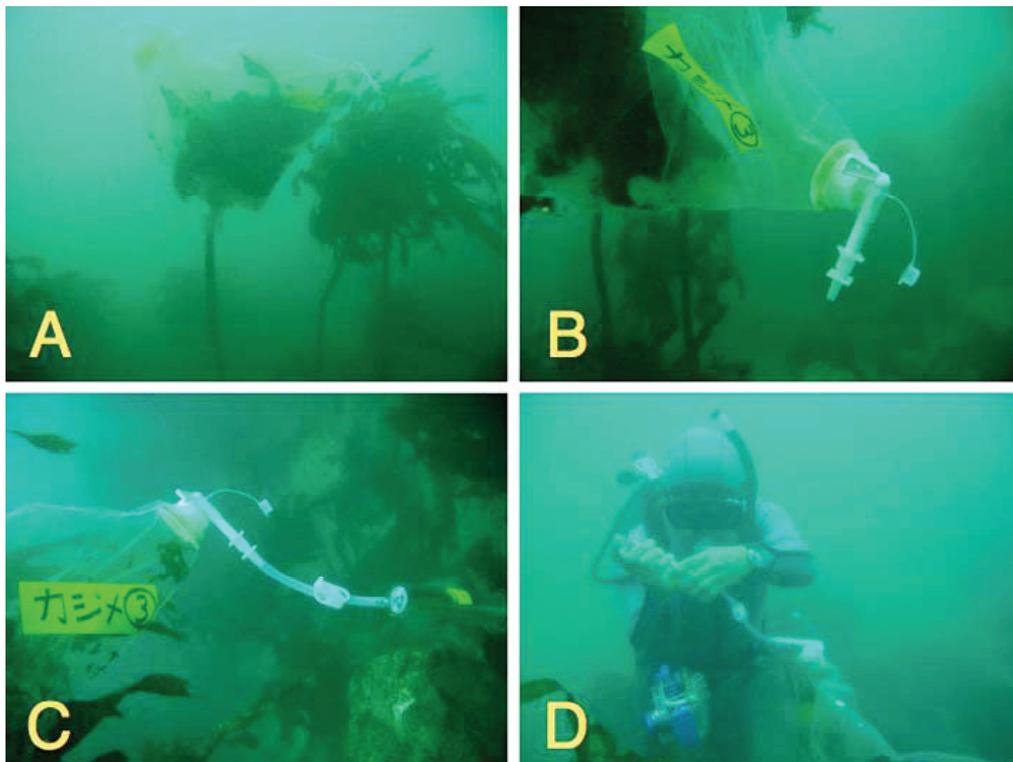


図 1 A: 袋がけしたカジメ (左) と袋がけしていないカジメ (右) ; B: 採水コックの構造 ;  
C: 採水コックにシリンジを接続した状態; D: ダイバーによる採水の様子。

[1] Wada, S., Aoki, M.N., Tsuchiya, Y., Sato, T., Shinagawa, H. & Hama, T., 2007. Quantitative and qualitative analyses of dissolved organic matter released from *Ecklonia cava* Kjellman, in Oura Bay, Shimoda, Izu Peninsula, Japan. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 349: 344-358.

# 可視化実験用一面せん断実験装置の製作

飯高 稔

筑波大学システム情報工学等支援室（装置開発班）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

筑波大学システム情報工学等支援室装置開発班では、システム情報工学研究科の各研究室からの依頼を受け実験装置の設計、製作、管理などを行っている。今回は、システム情報工学研究科構造エネルギー専攻コンクリート研究室の依頼により製作した、「可視化実験用一面せん断実験装置」について報告する。

コンクリート研究室では、フレッシュコンクリート（まだ固まらないコンクリート）を含水粒子集合体と見なして、粒子集合体のマクロな変形と個々の粒子の移動との関係や力学挙動を解明する理論的研究手法を開発している。製作したものはフレッシュコンクリートなど粒状集合体の微視的構造を可視化して検討するための装置である。

せん断試験は、一般的に三軸圧縮試験が多く用いられているが、三軸試験では最大せん断応力作用面が確定しにくく、せん断面上の粒子移動を測定することが難しい。そこで、せん断面の側面の視認が可能な一面せん断実験装置を作成した。この装置を使用することで、コンクリートの粗骨材（おおむね 5 mm 以上の粒子）としてガラス粒子を用いたガラス集合体の一面せん断実験を行った結果、LAT 可視化手法によって粒子の三次元移動挙動を評価することが可能となった。LAT とは Laser-Aided Tomography（レーザー援用トモグラフィ）の略で、粒子体を構成する三次元的な微視構造をレーザーにより可視化する技術のことである。

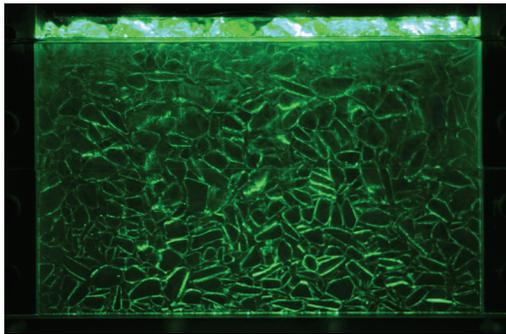


図 1 せん断前のガラス粒子

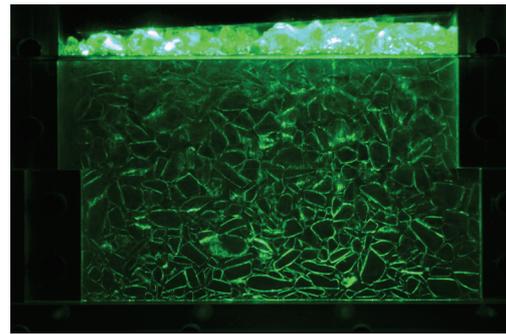


図 2 せん断変位 15 mm 時のガラス粒子

# 農業用トラクタヒッチ点位置制御による牽引車両の追従性向上の検討

## ～試作機の製作と効果について～

本間 毅<sup>A</sup>、瀧川 具弘<sup>B</sup>

<sup>A</sup>筑波大学生命環境科学等支援室（農林技術センター）、<sup>B</sup>筑波大学生命環境科学研究科

<sup>A,B</sup>〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

トラクタで牽引車両を牽引して走行する場合、進路変更時にトラクタ走行軌跡と牽引車両の走行軌跡に内輪差が生じることが一般に知られている。農業機械作業には牽引作業機を使用する作業は多くあり、農林技術センターでも多く行われている。内輪差は作業に影響を与え、時には事故の発生にもつながり安全性の面からも改善が求められている。この内輪差を減少させることすなわち牽引車両の追従性を向上させることにより、作業性、安全性の向上を図ることが可能であると考えられる。本研究では、トラクタ前輪の操舵角度に合わせて、ヒッチ点位置を横方向に移動制御する方式によって牽引車両の追従性の向上を図ることを目的としている。本報告は、農林技術センター金工室において試作機（図1）を製作し、試作機を用いて路上において追従試験を行った際の効果について報告する。

試作機は、油圧モーターとボールネジを使用してヒッチ点を移動する方式で、最大移動長さ 1,300 mm の試作機を製作した。その効果を確認するため、路上において追従試験を行なった。内輪差として、トラクタ後輪車軸中心軌跡と牽引車両車軸中心軌跡の差を計測した。

まず、ステアリング角度を一定にして旋回のみを行ったときの軌跡差を計測した。試作機の非作動時では、ステアリング角度が大きくなるに従い軌跡差は大きくなり、最大は、ステアリング角度 30 度の 64 cm であった。作動時では、軌跡差の最大はステアリング角度 30 度での 5 cm であった。次に、作業時も多く行われる U 字旋回を行った。非作動時での最大軌跡差が 72 cm あったのに対し、作動時の最大軌跡差は 11 cm に減少した。8 の字旋回時にも、U 字旋回とほぼ同様の軌跡差であった。

以上から、本方式での追従性能は確実に向上していることが確認された。



図 1 試作機

# ABO 血液型遺伝子多型の PCR-SSCP 法による解析とその応用

中村 貴子

筑波大学人間総合科学等支援室 (医学支援室)

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

ABO 式血液型は最も身近な遺伝子多型であり、その他の遺伝子多型に比べあらかじめ個人の血液型がわかっている場合が多く、法医鑑定をはじめ事故や犯罪の捜査上有用性が高い。

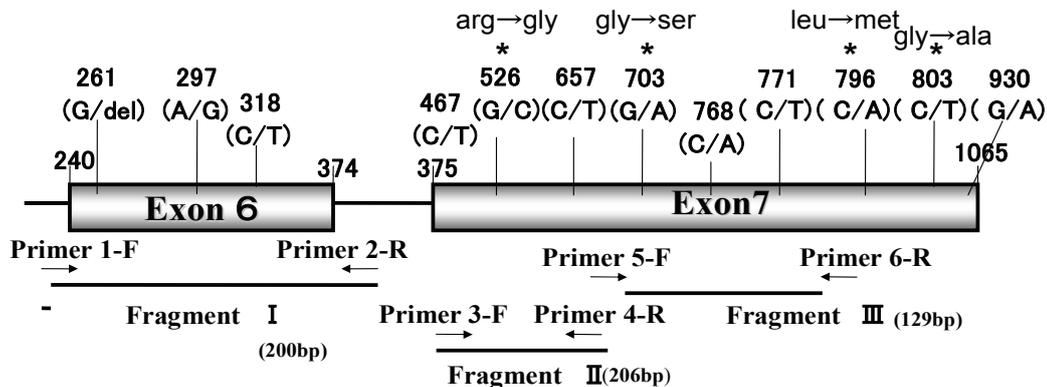
ABO 式血液型を決定する糖転移酵素遺伝子は第 9 染色体長腕上 (9 q 34) にあり、7 つの Exon で構成される。これまでに Exon 6 及び Exon 7 に多数の塩基置換を伴う遺伝子型が報告されており、現在までわかっている遺伝子型の数は 70 を超える。その検出法も RFLP 法、APLP 法、SSCP 法、マルチプレックス塩基伸長反応法など多岐にわたり解析が行われているが、多数の primer や制限酵素を使用することの他、得られた PCR 産物を精製しなければならないなど煩雑な操作があり、すばやく正確な型判定のためには改善すべき点は多い。

我々はそれらの諸問題をふまえ、多数検体を処理する方法として ALF express DNA sequencer (Pharmacia Biotech) を用いた PCR-SSCP 法による解析方法を検討した結果、日本人集団における主な 5 種類の allele の組み合わせのパターン解析による遺伝子型 15 種類を簡便に検出することを可能とし、またその他の変異 allele の解析方法も確立した。

ABO 式血液型は以前より人種、集団間で遺伝子頻度の差が報告されている。我々は、複数の先祖集団からなる日本人集団において ABO 血液型遺伝子型に地域による差異があるのではないかと考え、各県ごとに allele の比較を行った。さらに近隣のアジア集団、および対照として米国白人集団を調べることにより日本人集団と他の人種間の差異について比較検討した。

また、日常の法医司法解剖に応用し、通常の解剖体の血液型をはじめ身元不明死体やバラバラ死体、白骨等から遺伝子型を検出し業務に役立てている他、親子鑑定などにも使用している。

## ABO 式血液型決定遺伝子の PCR 増幅領域と Primer 配列



ABO 遺伝子は第 9 番染色体上にあり、7 つの Exon で構成されている。進化論的に最初に A 遺伝子ができて、変異により B 遺伝子と O 遺伝子が生じたと考えられている。すなわち A 遺伝子に 7 箇所の塩基置換が生じ、そのうち 4 箇所にアミノ酸置換がおきたため B 転移酵素が誕生した。また、A 遺伝子の一箇所 (nt261) に 1 塩基の欠失が生じたものが O 遺伝子である。この 1 塩基欠失はその後のフレームシフトによりストップコドンの早期出現をもたらし、不完全なタンパク質しか合成されないため酵素活性を発揮できないわれわれは、上記の 3 箇所のフラグメントについて塩基解析をおこなった。

# デジタルカメラによる赤外線撮影

鷲野谷 秀夫

筑波大学人間総合科学等支援室（体芸支援室）

〒305-8572 茨城県つくば市天王台 1-1-1

## 概要

赤外線撮影は、考古学資料等多くの科学分野に応用されている。そこで、一眼レフデジタルカメラを使用して赤外線撮影を行った。その撮影法とその撮影装置、そして、得られた画像の評価結果を報告する。

### 1、はじめに

可視光線の波長は、約 400 nm から約 600 nm であり、可視光線よりも長い波長を赤外線と呼んでいる。赤外線写真は、600 nm よりも長い波長で撮影した写真を示す。従来のフィルムカメラでは、コダック社製ハイスピード・インフラレッド・フィルムやコニカ社製赤外線フィルムを使用することにより、撮影することができた。デジタルカメラは、撮影素子に使用されている CCD が赤外線域にも感度を持っているため、従来のフィルム撮影と同様に撮影することができるものとする。赤外線撮影により得られる画像は、肉眼では観察し得ない波長のため、多くの科学分野で有用な知見を得ることができる。更に雲等が赤外線を強力に反射するため風景写真等の芸術分野にも応用されている。そこで、誰にでも簡単に撮影できる撮影装置を開発することを目的として、実験を行った。その結果、興味のある赤外線画像を得ることができたので報告する。

### 2、撮影装置と撮影法

今回は、ニコンデジタルカメラ D70 ボディに通常の広角レンズと紫外線撮影用レンズニコン UV ニッコール 105 mm レンズを用いた。そして特注のケンコー製赤外線透過可視光吸収フィルター R72 と赤外線撮影用の富士フィルターをレンズの前面に使用した。これらの撮影装置を用いて、風景や多くの資料を撮影し、基礎的実験を行った。また、赤外線撮影により得られた画像と、通常の可視光線によるモノクロ画像とをパソコンを用いて、比較検討した。

### 3、撮影結果

赤外線撮影は、紫外線写真同様に、単一波長の撮影のため、カラー画像では示されず単色で示される。デジタルカメラの通常モードで撮影した画像は全体が赤色で示されるが、一般の赤外線写真は、白黒で表示し観察するのが通常であるため、撮影した画像はパソコンを用いてモノクロ画像として表現した。

一般に赤外線撮影による画像は、空気の層の影響を受けにくいいため、遠くの景色がはっきり写るとされている。下の写真は、山の風景を撮影したものであるが、赤外線写真の特徴を示し、遠くの雲もはっきり示されている。また、赤外線は、人間の皮膚を透過しやすい特徴があるため、表在性の血管の撮影が行えると報告されている<sup>[1]</sup>。赤外線撮影では、このような興味ある画像を得ることができるため、多くの分野で応用が期待できるものとする。



図 1 風景を撮影した赤外線画像

[1] 鷲野谷秀夫：特殊写真の臨床応用について，日医学会誌 23 巻 3 号，(1985) 110-128.

本講演内容に関する最終的な報告書は、筑波大学発行の定期刊行誌「技術報告」28号に掲載されます。同じ報告書は、筑波大学技術職員技術発表会の公式ウェブサイト (<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2007/>) からダウンロード出来ます。

本発表会についてのご質問は以下にお問い合わせ下さい。

電子メール：2007@tech.tsukuba.ac.jp

中島孝（電話：029-853-5195）

平成20年1月27日発行

第7回筑波大学技術職員技術発表会実行委員会

実行委員長

水 林 博 筑波大学副学長（研究）

実行委員

[システム情報工学等支援室]

中 島 孝 （実行委員代表）

高野澤 勝 美 （支援室長）

鈴 木 清 （室長補佐）

鈴 木 秀 則

澤 村 博 道

川 上 彰

小 野 雅 晃

山 形 朝 義

[数理物質科学等支援室]

平 田 久 子

鶴 見 明

淀 縄 文 男

伊 藤 伸 一

[生命環境科学等支援室]

横 田 誠 司

有 本 光 江

清 水 雅 浩

[人間総合科学等支援室]

小 林 浩 三 （医学支援室）

菅 江 則 子 （医学支援室）

林 剛人丸 （体芸支援室）

[研究基盤総合センター]

内 田 豊 春 （工作部門）

高 橋 努 （応用加速器部門）

大 和 良 広 （応用加速器部門）

近 藤 裕 （低温部門）

オブザーバ

[生命環境科学等支援室]

今 野 均 （農林技術センター）

本 間 毅 （農林技術センター）

協力： システム情報工学等支援室

発行： 筑波大学 第7回筑波大学技術職員技術発表会実行委員会