

ISSN 0916-2674
CODEN : TDGHFG

筑波大学

技術報告

No. 25

UNIVERSITY OF TSUKUBA TECHNICAL REPORT

2005

Web 版

第4回筑波大学技術職員技術発表会報告集

<http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2004/>



筑波大学「技術報告」No. 25（2005）の発刊に寄せて

1981年1月に創刊された筑波大学技術報告は今回で25回目の発刊を迎え、さらに、筑波大学技術職員による技術発表会が4回目を迎えることになり、ますます発展しているのは大変喜ばしく、まず、関係各位の継続的な努力に対しまして敬意を表します。

本冊子は第4回筑波大学技術職員技術発表会での報告論文と筑波大学研究事業部監修による投稿論文とから構成されています。これらは、本学の技術職員が多忙な日常業務のなかで創意、工夫をこらした教育、研究支援の結晶を報告するものです。

近年における学術研究の発達が目覚しく、その教育、研究支援に携わる技術職員の職務も高度化してより一層のキャリアアップが要求されています。また、昨年4月に国立大学が法人化され、大学の評価も研究論文などの研究成果中心から教育や社会貢献などを含めた総合的な評価に移ろうとしており、各大学はこれまで以上に競争力を強化する必要があります。その中で技術職員に対する期待は益々大きくなっており、日頃の研鑽を積み技術の向上をはかることが求められています。また、今後はさらに、ひとつの職域にとどまらず、学内、学外からの様々な要求に応えられる必要に迫られると予想されます。この「技術報告」はそのために必要な情報の一端が含まれており、多くの人々が有効に利用されることを願っています。

また、本学の技術職員のさらなる向上のため、各方面からの一層のご指導をいただきたいと考えていますが、本報告がその一つの契機となれば幸いです。

終わりに、本報告書の刊行にあたり多忙な中で献身的に多大な作業を担当された実行委員と編集委員の各位に改めて感謝する次第です。

2005年3月
筑波大学副学長 油田信一
(研究、産学官連携、社会貢献、国際連携担当)

目 次

筑波大学「技術報告」No. 25 (2005) の発刊に寄せて 油田信一 副学長 (研究、産学官連携、社会貢献、国際連携担当)	i
--	---

技術発表会報告集

羽根車式攪乱装置の製作 中島孝、寺田秀雅 システム情報工学等支援室 (装置開発班)	1
サンプル容器ホルダー付放射線照射用恒温槽の製作 小林浩三、沼尻久 人間総合科学等支援室 (医学支援室)	6
ヘリウム液化機低温バルブの修理について 近藤裕、宮内幹雄、敦賀将太 研究基盤総合センター 低温部門	9
音楽による中枢機能の調節 秋山佳代、須藤伝悦 人間総合科学等支援室 (医学支援室)	13
筑波大学理療科教員養成施設 理療臨床部報告 恒松隆太郎 理療科教員養成施設	17
「夏休み自由研究お助け隊2004」ワークショップについて 齋藤静夫 数理物質科学等支援室 (物性・分子工学専攻)	21
ビームスリットのリモートコントロール ～ X P o r t、W e b I / O の応用例 ～ 大和良広 研究基盤総合センター 応用加速器部門	24
Web 登録システム「卒業研究テーマ申請受付」 澤村博道 システム情報工学等支援室 (情報アプリケーション班)	30
機械工作を楽しもう (研究基盤総合センター工作部門の工作実習紹介) 内田豊春 研究基盤総合センター 工作部門	34
フローサイトメトリーによる不安定ヘモグロビン (Hb Köln) の スクリーニング検査法 佐藤晶子、櫻井秀子 人間総合科学等支援室 (医学支援室)	38
Maestro2 ネットワークインターフェースの作製 小野雅晃 システム情報工学等支援室 (装置開発班)	42
GAMMA10 セントラル部におけるマイクロ波干渉計の多チャンネル化 嶋頼子 プラズマ研究センター	50

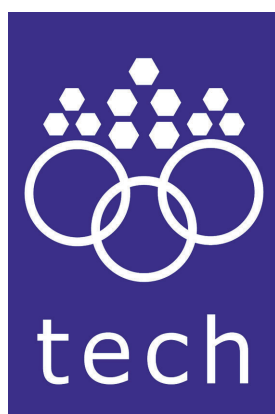
LDAP を使った認証システムの構築	
川上彰 システム情報工学等支援室 (情報システム管理班)	54
コンテンツ管理システム Pukiwiki の導入と活用事例	
雨谷恵 システム情報工学等支援室 (情報システム管理班)	59
筑波大学無機系廃液処理施設における鉄粉法によるセレン系廃液の 試験的処理	
柏木保人 組織・人事部 環境安全管理室	64
美術領域における技術的スキルアップのためのアルミ鋳造 2	
林剛人丸 人間総合科学等支援室 (体芸支援室)	69

技 術 報 告

実験室の法規制 (2)	
平田久子 数理物質科学等支援室 (物理学専攻)	73
筑波大学菅平高原実験センターにおける過去 3 5 年間の気象観測からみた 菅平の気象の傾向	
清水悟 菅平高原実験センター	76
小径 ICF フランジへの部品溶接手法	
石川健司 研究基盤総合センター 工作部門	83
ガンマ 10 における高出力ジャイロトロンを導入による高電位形成	
遠藤洋一 プラズマ研究センター	86

第4回筑波大学技術職員 技術発表会報告集

開催日：2005年3月16日
会場：筑波大学総合研究棟B公開講義室



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/2004/>

羽根車式攪乱装置の製作

中島孝¹、寺田秀雅²

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

概要

平面噴流のノズル出口部に、ノズル断面長手方向に位相の分布を持つような時間的周期的な微小擾乱を与え、噴流の広がりや混合を制御することを目的とした実験に攪乱装置を使用する。

従来、擾乱の付加装置として吸い込み吹き出しによる擾乱装置を用いたが、より製品化の容易な機構として羽根車方式を採用した攪乱装置を製作した。

軸受と歯車列が組み込まれ、もう一方には軸受が組み込まれている。平面噴流流路実験装置ノズル出口の大きさ30mm×300mmに対し、攪乱発生部の流路は30mm×290mmである。攪乱装置を設置したとき測定部付近の噴流に影響を与えないよう、攪乱発生部の流路面はもちろん外側にも出っ張りが無く、また流路壁面との隙間も出ないようにしている。

1. はじめに

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依頼を受け、各種実験装置の設計製作、機器の操作・保守管理、実験計測システムの開発、論理回路・計算機システム開発などを行っている。また学生実験用の装置製作・保守管理や実験補助等の教育支援も行い、研究教育両面において技術的サポートを行っている。本報告では、筑波大学システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻の榊原研究室から依頼を受けて製作した羽根車式攪乱装置（以下、攪乱装置という）について、その概要と製作過程での創意工夫、苦心した点を紹介する。

榊原研究室では、平面噴流及び2次元せん断層に攪乱を与えることで渦構造を制御する研究を行っている。近年は、平面噴流初期せん断層にスパン方向・時間方向に周期的な攪乱を与え、その乱流場の速度成分をステレオPIV（Particle Image Velocimetry；3CPIV）法により計測し、噴流の3次元渦構造を可視化している。なお、平面噴流とは噴流の代表的な一形態であり、2つの2次元のせん断層を持つ流れのことである。この研究の中で使用する攪乱装置として、従来は注射筒を用いた吸い込み吹き出し方式を採用していたが、今回これより構造が簡単で大きさも縮小できる羽根車式の攪乱装置を設計・製作した。基本設計は依頼者が行い、筆者らが駆動部分の構造や部品の加工方法を考慮して変更を加え製作した。なお、本装置は実験において攪乱装置としての有効性が確認されている。

2. 攪乱装置の構造

攪乱装置は、大別して攪乱発生部と駆動部から成る。図1に攪乱装置の全体を、図2に攪乱発生部を拡大して示す。攪乱装置は平面噴流流路実験装置に設置され、攪乱発生部は測定部の水中に置かれる。攪乱発生部は羽根車、ハウジング、支持板から構成され、それぞれ1対ずつある。一方の支持板内には



図1. 攪乱装置全体

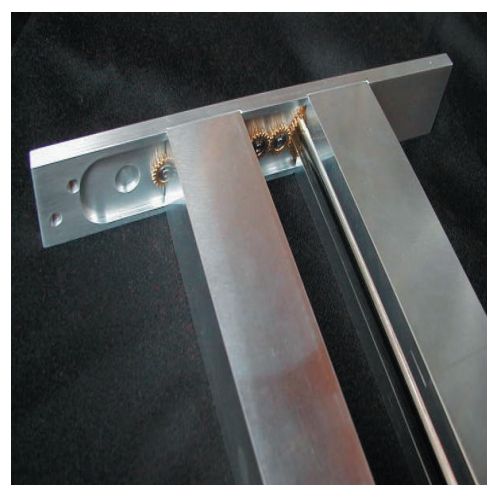


図2. 攪乱発生部

¹ E-mail: nakajima@sie.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-5195

² E-mail: terada@sie.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-5195

平面噴流流路実験装置は、上部タンク、下部タンク、助走部、ノズル部、測定部から構成されている。水を作動流体とした流れをつくり、さらに整流してノズルで縮流加速し、平面噴流として測定部に流出させるものである。攪乱装置は測定部内のノズル出口の両側に設置される。図3は、平面噴流流路実験装置（上）と攪乱装置を設置した測定部（下）の様子である。図4は攪乱装置の設置イメージを示したものである。羽根車はハウジング内に収められ、羽根のみが流路内に出てノズル出口付近の流体に作用する。

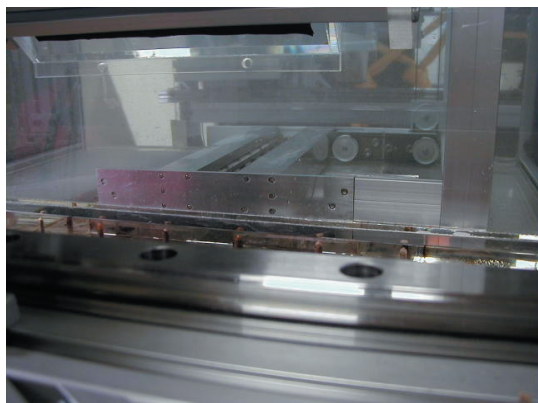
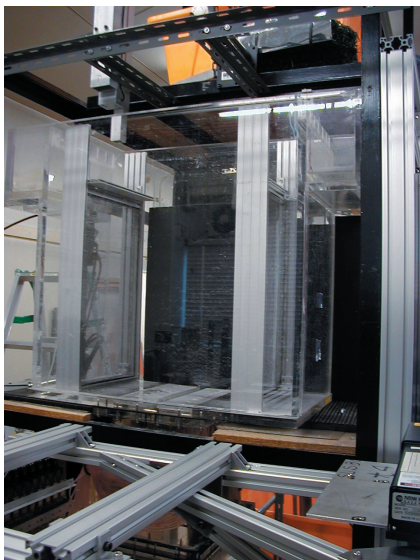


図3. 平面噴流流路実験装置

羽根車は軸と羽根で構成され、2つの支持板内の軸受で支持される。羽根車の羽根形状は、図5 A, Bに示す2種類である。また羽根枚数および取付け位置は図6に示すように2枚（形状A）と4枚（形状B）があり、4枚のものには軸円周上4等分の90°位置に配置したもの、内2枚を45°ずらして配置したものがある。この3種類の羽根車は、羽根の枚数および取付け位置のパラメータを変えて実験が行えるよう、交換が容易な構造となっている。

羽根車の駆動および制御の仕組みは、以下のようにになっている。羽根車軸に取付けた歯車と支持板内の歯車列を噛み合わせ、さらにハウジング外部の歯車、タイミングプーリに連結し、タイミングベルト

を介して水の外に設置したモーターに接続される。これによりモーターの動力が羽根車に伝達される。

3. 部品の加工と創意工夫

3.1 ハウジングの加工

ハウジングは、アルミニウム製で外形寸法が30mm×30mm×292mmの細長い形状をしており、羽根車を挿入する穴が偏った位置にあって一部が側面で開口している。筆者らはハウジングを製作するにあたり、この形状を一体型で製作することが可能かどうか検討した。加工上問題となった点は

- ・深穴(φ16×292mm)の加工
- ・端面の歯車逃げ溝と支持板取付けネジ加工

の2点であり、使用する機械や工具を考慮して加工方法を検討した。その結果、一体型で製作するには無理があると判断し、3分割で製作することにした。

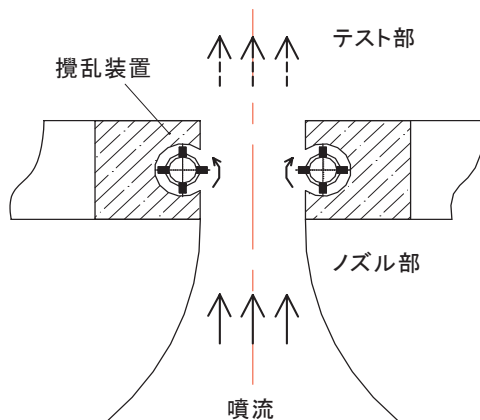


図4. 攪乱装置の設置イメージ

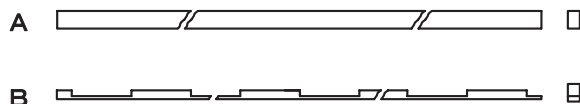


図5. 羽根の形状

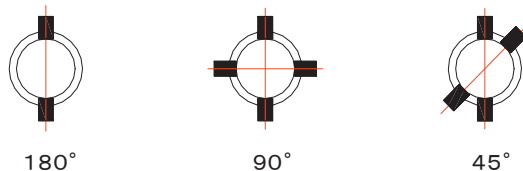


図6. 羽根の取付け位置

加工工程は以下のとおりである。図7にハウジング加工のながれを示す。

1) 旋盤加工

- ・φ60（外接円径）の円筒を3種類計6本製作、外径ならびに接合部の寸法精度を確保
- ・φ16の穴はバイト加工

- 2) フライス盤1次加工
 - ・ $\phi 16$ の開口面に5 mm、他3面は1 mmの仕上げしるを残して角型に加工
 - 6本ともに各面の寸法精度を確保
 - ・ 4本の端面に歯車逃げ溝およびネジを加工
 - ・ 3本1組として連結、各接合部をアルミ製のピン（別に製作）で固定、 $\phi 16$ 開口面に1 mmの仕上げしるを残して切削
- 3) フライス盤仕上げ加工
 - ・ $\phi 16$ 開口面を除く3面を仕上げ、最後に開口部分を仕上げ加工

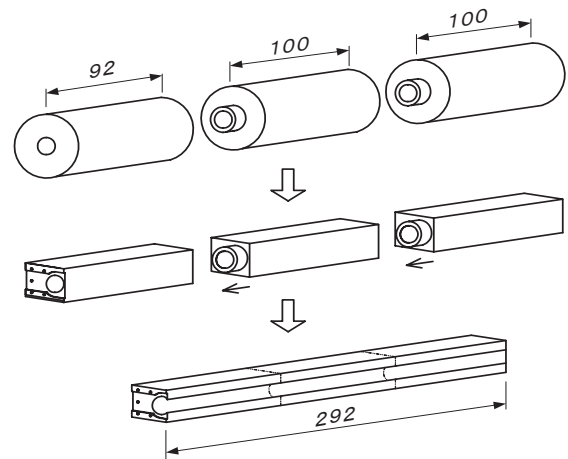


図7. ハウジング加工のながれ

3.2 羽根車の加工

羽根車軸の寸法は直径10 mm×全長298 mm、両端の支持部は直径8 mmである。図6に示した羽根取付け位置の違うものを3種類製作した。材質はSUS304で、2本1組計6本製作した。

羽根は厚さ2 mm、高さ3 mm、全長290 mmで図5に示したように細長い形状をしている。特に羽根Bは一部が高さ1 mmと極端に細くなっており非常に弱い。このため切削による加工は難しく、多くの加工時間が必要であり効率も悪い。羽根の必要枚数は形状Aが4枚、形状Bが16枚で合計20枚である。加工の精度と効率を考慮して加工方法はレーザービーム加工を採用した。学内に加工設備が無いため外注加工とした。羽根車および羽根の加工工程は以下のとおりである。



図8. 羽根

- 1) 羽根車軸の加工
 - ・ 旋盤によりSUS304の軸を6本製作、両端の支持部を加工
 - ・ 羽根取付け溝の加工、および歯車固定キーの位置決めと加工時の固定を兼ねた治具を製作
 - ・ フライス盤により軸円周上に幅2 mm、深さ1 mm、長さ290 mmの溝を加工
 - ・ 歯車固定用のキー穴を溝位置に合わせて加工
- 2) 羽根の加工
 - ・ 加工方法を検討（切削加工不適と判断）
 - ・ レーザービーム加工により製作
 - ・ 加工時の熱ひずみ（反り、曲がり）の修正

図8はレーザービーム加工により製作した羽根である。なお、製作した羽根車軸と羽根の接合にはエポキシ系の接着剤を使用した。

3.3 支持板と歯車の加工

羽根車の支持およびハウジングの固定は2枚の支持板（R、L）で行う。支持板は攪乱発生部を最大限広く確保するため板厚をできるだけ薄くすることが必要である。板厚は歯車列を収める支持板（R）が6 mm、支持板（L）が4 mmである。支持板（R）には大小7枚の歯車を配置するスペースとして深さ2.2 mmの溝を加工した。

羽根車の運転回転数は最大で1 Hz程度かつ水中で使用されるため、既製のフッ素樹脂リング（ $t = 2$ 、 $\phi 12 - \phi 8$ 、）を軸受に採用した。これを2枚の支持板に2つつつ挿入した。

歯車は大歯車3枚、小歯車4枚の計7枚を支持板（R）内に配置した。大歯車は各羽根車軸に1枚ずつ、小歯車は両羽根車間に2枚、さらに羽根車の外側に2枚を配置し、これにハウジング外の大歯車を噛み合わせる。小歯車は流路面面に出っ張らないよう、かつ回転できるように支持板（R）に固定する。羽根車は実験条件により交換する必要があるため、大歯車は羽根車軸に対し着脱可能な取付け方法を採用した。なお歯車は市販の平歯車（教育歯車工業製、S50B 40A-0208、S50B 20B+0303）を使用した。

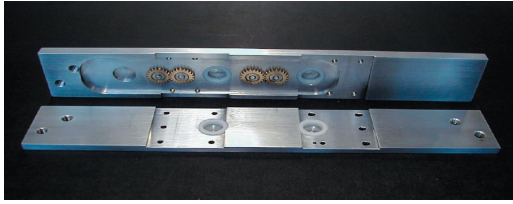
小歯車には回転かつ固定が可能な軸を考案し製作した。歯車および軸の加工内容は以下のとおりである。図9に製作した羽根車、ハウジング、支持板（R、L）、図10には支持板と歯車列の配置を示す。

- 1) 支持板の加工
 - ・ 小歯車の固定方法を検討
 - ・ 軸受穴と歯車取付け位置の精度を確保
- 2) 歯車の加工
 - ・ 大歯車のキー加工
 - ・ 小歯車ボス切除（厚さ2 mm）、軸穴を加工
- 3) 小歯車用軸の製作
 - ・ 歯車支持、固定用軸の製作（SUS304）
 - ・ テフロン樹脂リングを製作、歯車と軸の間に挿入
 - ・ 歯車軸、テフロン樹脂リング、歯車の組込みと取付け

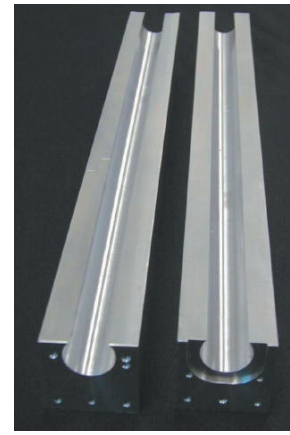
図11は小歯車と固定軸および支持板（R）との固定方法を、図12は歯車の加工前後の状態を示す。



羽根車



支持板 (R, L)



ハウジング

図9. 羽根車、ハウジング、支持板

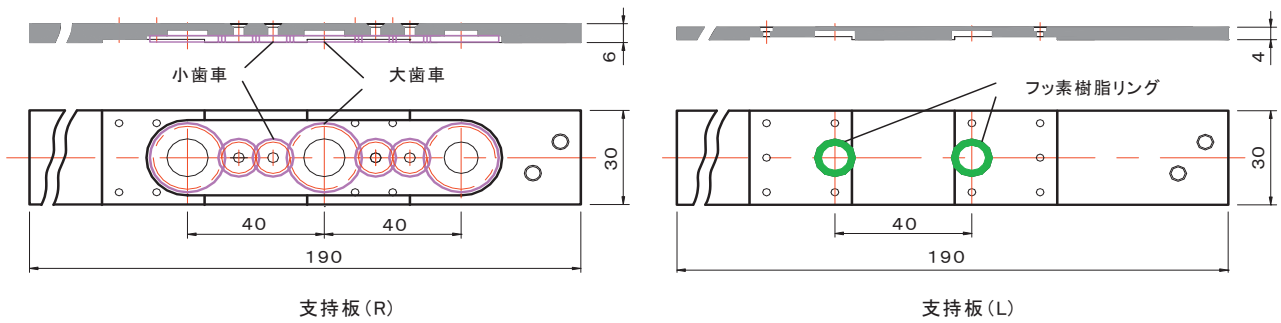


図10. 支持板と歯車の配置

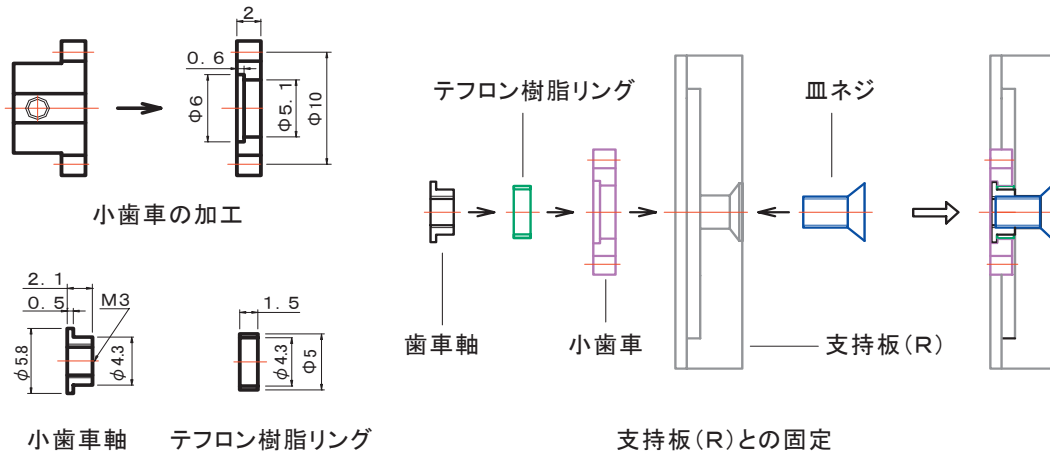


図11. 小歯車と固定軸および支持板 (R) との固定方法

4. まとめ

製作した攪乱装置は、卒業研究の実験に使用され攪乱装置としての有用性が確認されたとの報告を受けた。今回の装置製作で工夫、苦心した点を以下に述べる。

4.1 部品加工における工夫

部品の形状・寸法および材質を考慮して加工工程を検討、以下の工夫をして製作を行った。



図12. 歯車の加工

- 1) ハウジングの加工
 - [検討] 約300mmの深穴加工と両端面のネジおよび溝の加工
 - [工夫] 通常使用する工作機械および工具を考慮
3分割で前加工 → 接合して一体化
→ 仕上げ加工 という方法を選択
- 2) 羽根車軸の溝加工
 - [検討] a. 溝の加工位置およびキーの位置決め
b. 材質SUS304、幅2mm、深さ1mm、加工長290mm、の溝加工における切削油の給油方法
 - [工夫] a. 溝の位置決め・固定用治具の製作
b. 切削油の自動給油装置がなく刷毛付けでの作業 → 工具の磨耗・破損を抑える給油方法を検討 → 切削油としてタッピングスプレーを使用
- 3) 歯車の固定の方法
 - [検討] a. 支持板(R)と小歯車の固定
b. 羽根車軸と大歯車の着脱方法
 - [工夫] a. 狭小スペース内での歯車の回転と固定が可能な軸を考案
b. 羽根車軸と大歯車にキーを加工、回転方向の固定と着脱を可能にした

このように、依頼を受けてから完成までかなりの時間を要する場合も多く、それに応えるためより一層の技術向上が必要であると感じている。自ら製作した研究用の装置・機器が研究に寄与できた時、初めてその責任を果たすことができる。そしてその苦勞が大きければ大きい程技術の向上があり、また達成感を得ることが出来る。

謝辞

本報告にあたり、システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻・榊原潤助教授には報告書作成指導を頂き、装置の設計者である同研究室理工学研究科2年大宮平氏、同1年山田智子氏には資料の提供など協力を頂いたことに感謝いたします。

参考文献

- [1] 山田智子、羽根車式攪乱装置による平面噴流の制御、平成15年度筑波大学 工学システム学類卒業論文(2003)

図13は羽根車軸加工の様子である。



図13. 羽根車軸の加工

4.2 装置製作について

筆者らは装置製作の依頼を受けた場合、設計製図、部品の加工、組み立て、動作テストまで一連の作業を行い、依頼者が要求する性能を確保できたか確認している。実際の使用において正常に動作しなければ製作完了とはならず、必要な性能が発揮出来てこそ装置の完成と言える。研究実験装置の製作では試作的なものが多く、研究者が必要とする装置の機能が明確でない場合もある。

今回の攪乱装置も依頼を受けた段階では製作方針がはっきりしておらず、設計者とともに装置の構造や機能の検討を重ね、また筆者らが利用する工作室の状況および製作費用と完成までの期間を考慮し、設計の見直しと加工工程の検討を行った。攪乱装置は卒業研究に使用する目的で製作されたが、依頼から完成までの期間が短くかなり厳しい状況であった。

サンプル容器ホルダー付放射線照射用恒温槽の製作

小林浩三、沼尻久

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

概要

筑波大学臨床医学系脳外科学教室からの依頼によって開発した、放射線照射装置で使用するサンプル容器ホルダーのついた恒温槽について報告する。

ホルダーは複数のサンプル容器に同条件下で、均一な放射線の照射が可能で、大きさは照射台上で使用出来るサイズとなる様に考案した。

1. 背景

これまでサンプル容器のホルダーは、必要とする容器の数を固定できても均一な放射線の照射が出来ない。一方、均一な放射線を複数のサンプルに照射することが可能であっても必要とする容器の数を固定できない。といった問題があった。しかも、放射線の照射時に一定温度に保つ適当な恒温槽が無かった。そこで報告者らはこれらの問題を解決し、複数のサンプルに放射線照射を行い、照射後のサンプルの比較が容易で、容器の着脱が簡単な装置の開発を試み、これまでにないものを完成したので報告する。

2. 設計

2.1 条件

設計は、以下の条件下で行なった。ポンプによる強制給水（37℃）・重力による自然排水で水位調節が可能である。放射線照射装置の照射部で使用が可能である。容器ホルダーは容器中のサンプルに均一

な放射線の照射が可能である。流水中、一定の位置で照射範囲に16本以上を放射状に固定が可能である。材料として主にアクリル材を使用する。

2.2 仕様

恒温槽は、恒温効果を失わない範囲で、給水量の調節と高さの違う排水口を数カ所設けたことにより要求された水位の調節を可能にした。また、給水路はそれぞれの容器の近くに給水口を設けて、一本一本に給水される構造とした。恒温槽の大きさは線量の関係と取り扱いを考慮し高さは90mmとし、幅は300mm、奥行きは250mmとした。蓋は蒸気が装置に与える影響を極力避け、線量の減衰を極力抑えるため厚さ1mmのアクリル板を使用した。

サンプルを入れる容器は遠心機用の一般的な1.5cc容器で、スクリーキャップマイクロチューブ（バイオマシナリー製カタログ No.2230-00）とキャップ（バイオマシナリー製カタログ No.2001-00 図1）を使用する。形状は上部が円柱状、下部は底に向かって円錐状である。サンプルが少量の場合、中

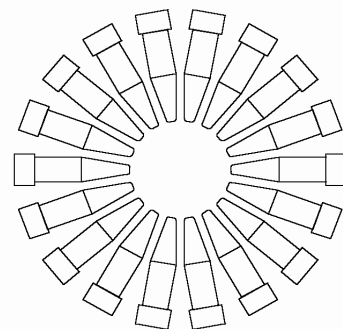


図2 サンプル容器配置図

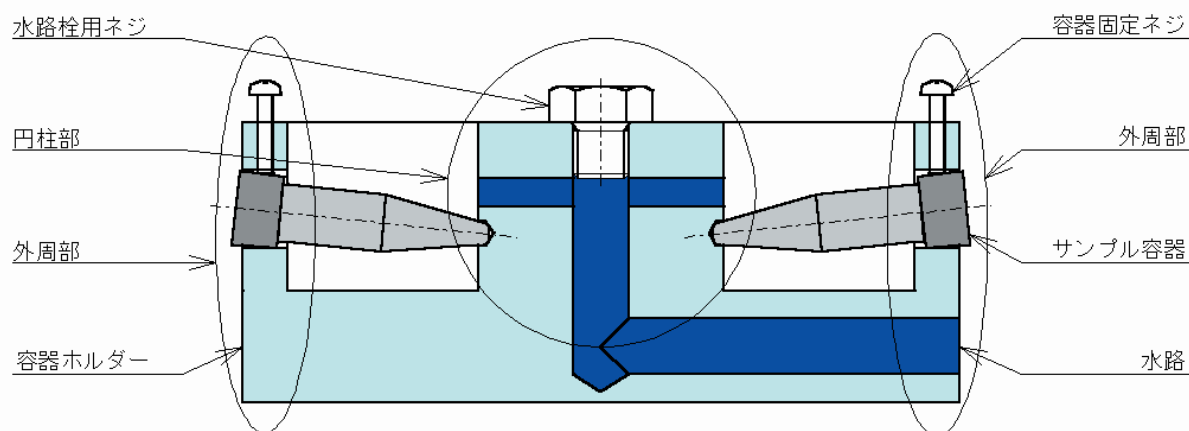


図1 容器ホルダーの断面図を示す。青色が水路で、水色がアクリル製ホルダーである。この図よりサンプル容器が6度で傾き、温水が容器に直接注がれる位置に水路があることがわかる。

中央部の角度のついた部分が最下部になるように、容器を横にした状態から蓋の方をやや上向きに傾けると、サンプルは容器の中で中央付近に集まる。この角度で、固定に使用する部分を容器の上端から 10mm の肉厚の厚い部分、下端から 2.5mm の肉厚の部分とすることで、容器中のサンプル全体に照射することが可能となる。容器の固定方法を工夫することで、スムーズなチャッキングは容器の着脱時間の短縮に繋がった。また、容器の形状は、同条件の恒温効果を得るため給水ポイントから短く等しい間隔にした。図 2 に示す様に容器の下部を中心に向ける向きで、放射状に固定すると効率よく固定できた。容器数は容器同士の干渉がなく、固定部の強度を考慮して 18 本とした。

2.3 設計図の作成

容器ホルダーの断面は図 1 の通りである。容器は水平状態から蓋の方が底より高くなる様に、6 度の角度で傾けた姿勢で固定出来るように設計した。容器ホルダーの中心にある円柱に、ドリルでわずかにつ

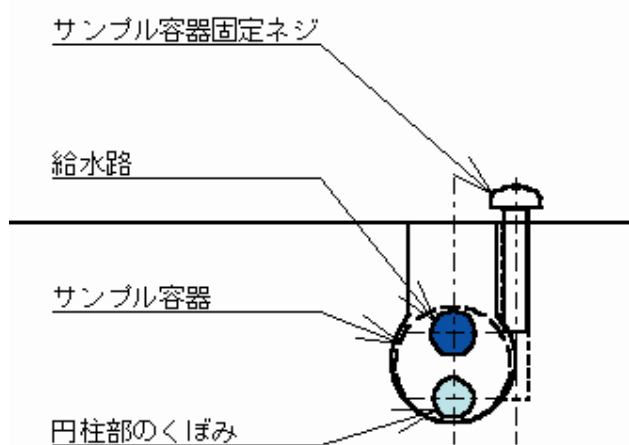


図 3 円柱部のくぼみは外周部の穴より低い位置とした



図 4 バネを利用して容器の着脱を容易にした蓋押え部品

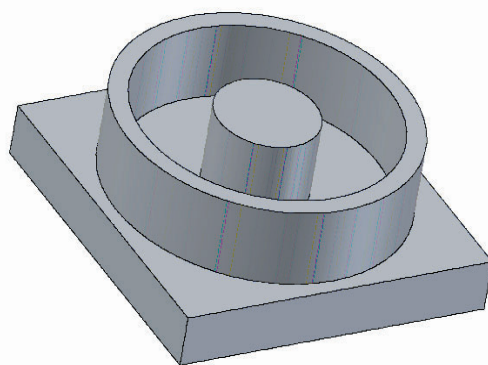


図 5 サンプルホルダー外観図

けたくぼみは容器の底部が収まる深さにした。外周部に開けた穴は、容器を固定した時に容器にむりな力がかからない大きさの $\phi 14$ とした。この時、外周部に開ける穴は円柱部のくぼみより、4mm 高い位置にすることで容器の角度は 6 度となる。

外周部に開けた穴の上部は、容器の内径 ($\phi 8.2\text{mm}$) より大きくするため、10mm 幅の溝とした。容器は溝近くの固定ネジにより蓋の部分で押さえることができ、容器内全てに、放射線の照射が可能となった (図 3)。サンプル量が少ない場合には、図 4 に示した様に蓋部分を押さえる部品にバネを利用することにより容器の取付・取り外し作業がスムーズに行える。

容器ホルダーの給水路は、図 1 に示す様にホルダーの下部に中心まで達する穴を開けた。この穴は円柱の中心部に開けた穴と繋がっている。円柱の容器の底が収まるくぼみのすぐ上に開けた穴は、円柱の中心まで達するようにし、容器の数だけ準備した。この穴から容器の 1 本 1 本に給水することで、全ての容器を一定温度に保つことが出来た。

給水は恒温槽の低い位置の外側に取り付けたジョイントから入り、内側のジョイントを通して容器ホルダーへ繋がれたチューブにより給水される。排水は水位を低くした時は、低い位置の排水口からチューブを介して、水位を高くした時は、低い位置・高い位置に両方の排水口から排水される。

サンプルホルダーの最終的な外観は、図 5 の様に上半分が円柱状、下半分が四角柱の形状である。一般的に、機械工作で丸い形状を切削する時は旋盤を使用する。当初の設計では完成品は円柱であったが、加工方法を熟慮した結果、立フライス盤にロータリーテーブルを使用する加工法を採用した。加工中や完成後に追加工時に位置の割り出しがスムーズであり、加工時間の短縮にも繋がった。

3. 加工

3.1 材料の切り出し

材料の亚克力板は 20mm 厚と 30mm 厚の板を使用した。下部の四角形の板は 20mm 厚で切り出し、円テーブルの T 溝を使用して固定できる穴を開けた。この時、加工時に切削工具とロータリーテーブルへ

材料を固定するボルトが干渉しないよう考慮した。上部の 30mm 厚の板は円形に切り出した。2 枚の板は気泡が残らないように接着した。



図6 エアブローによる溝加工

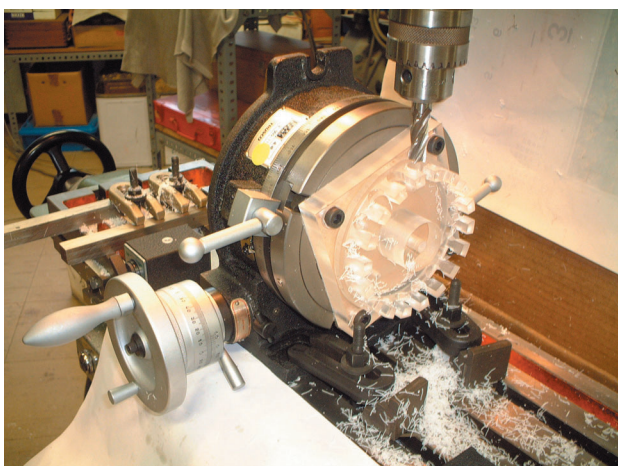


図7 外周部の穴と円柱部のサンプル容器の底が入るくぼみと、水路となる穴を加工しているところを示す。



図8 完成したサンプルホルダー中心部は、それぞれの容器への給水口となる穴が円柱部に開いているのが見える。

3.2 立フライス盤での加工

ロータリーテーブルは、立フライス盤に主軸と中心が一致する様に位置を割り出し、取り付けた。接着が完了した材料はロータリーテーブルと中心がほぼ一致する様に固定する。立フライス盤でアクリル材料への溝加工は、切粉の処理を怠ると切削工具によって巻き込まれた材料との間に摩擦熱が発生し、仕上げ面精度の悪化に繋がるほか、材料の一部が溶け出して規程の寸法が得られない場合がある。対策としてこれまでの経験からエアブローを使用する方法が有効である。圧縮空気は切粉を吹き飛ばすとともに、冷却効果も期待できる。この加工では溝と同時に外周部・下部の四角形の加工も行う。

外周部の肉厚は 8mm で、図 3 の形状に加工する。アクリル材料は見た目は美しいが、割れやすい材質なので、仕上げよりも小さい工具で複数回に分けて切削していった。仕上げしろが残ったところで、外周部の穴の上部は幅 10mm の溝に仕上げた。

これまでは、ロータリーテーブル面が水平の状態加工を進めてきた。外周部の穴と円柱部のくぼみ・穴加工は垂直に立てて加工する(図7)。各部品はそれぞれ必要に応じて接着・ネジ止めた。

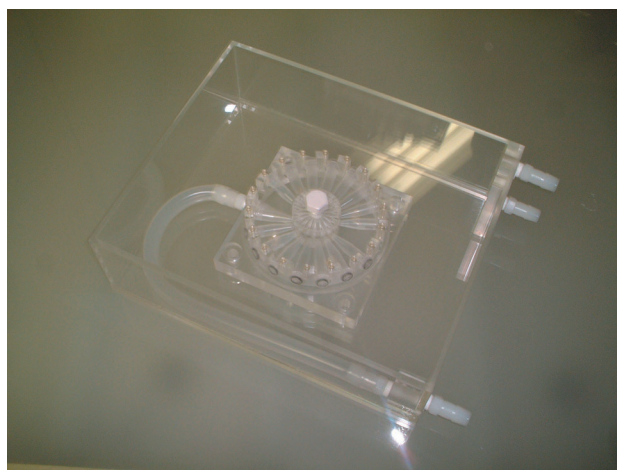


図9 完成した恒温槽の左下のジョイントはポンプからのチューブを繋ぐ。内側のジョイントから容器ホルダーにチューブが繋がっているのが見える。右上のジョイントは排水用である。

謝辞

本装置を開発する機会を与えていただいた筑波大学臨床医学系脳外科坪井康次先生、盛武敬先生に感謝いたします。

ヘリウム液化機低温バルブの修理について

近藤裕、宮内幹雄、敦賀将太
筑波大学研究基盤総合センター 低温部門
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

ヘリウム液化機の液送ラインとサククションラインに使用されている低温バルブの劣化による漏れが発生し4000Lヘリウム貯槽（以下、貯槽）の液化ヘリウム蒸発量が増加するトラブルが発生した。今回、パッキンの材質を変更して修理し漏れを止め貯槽の蒸発量を減少させた。

1. はじめに

低温部門では学内に液化ヘリウムを安定供給するためヘリウム液化機の運転を行っている。ヘリウム液化機で液化されたヘリウムは三重管トランスファーチューブを通り貯槽に送られ貯蔵される。さらに小分け用ヘリウム容器に充填して学内の実験室に供給を行っている。図1にヘリウム液化機のフロー図を示す。ヘリウム液化機には液送バルブ（CV150）、サククションバルブ（CV170）があり、貯槽とつながる三重管トランスファーチューブに流れ

るヘリウムの流量調整を行っている。図2に三重管トランスファーチューブの構造図を、図3に断面図を示す。一番内管が液送ラインで液化機のCV150から液化ヘリウムを貯槽へ送るためのラインである。その外周が貯槽からの戻りガスが液化機側に引かれエジェクターのサククションへ送られるサククションラインでCV170とつながるラインである。そして一番外管が真空断熱層となり、三重管トランスファーチューブを構成している。

ヘリウム液化機のバルブに漏れがあると液化機側の圧力が三重管トランスファーチューブを通り貯槽側へ抜け、貯槽内の液化ヘリウムを蒸発させる原因となる。

今回の修理はCV150、CV170のバルブに漏れが発生したことによる貯槽の蒸発量増加の対策として、パッキンの材質をそれまでの四ふっ化エチレン樹脂（以下、テフロン）から機械的強度に優れ、極低温における寸法安定と耐衝撃性が特長の三ふっ化塩化エチレン樹脂^[1]（以下、三ふっ化樹脂）に変更しパッキンを作製して修理を行い問題なく使用できるか検証することにした。

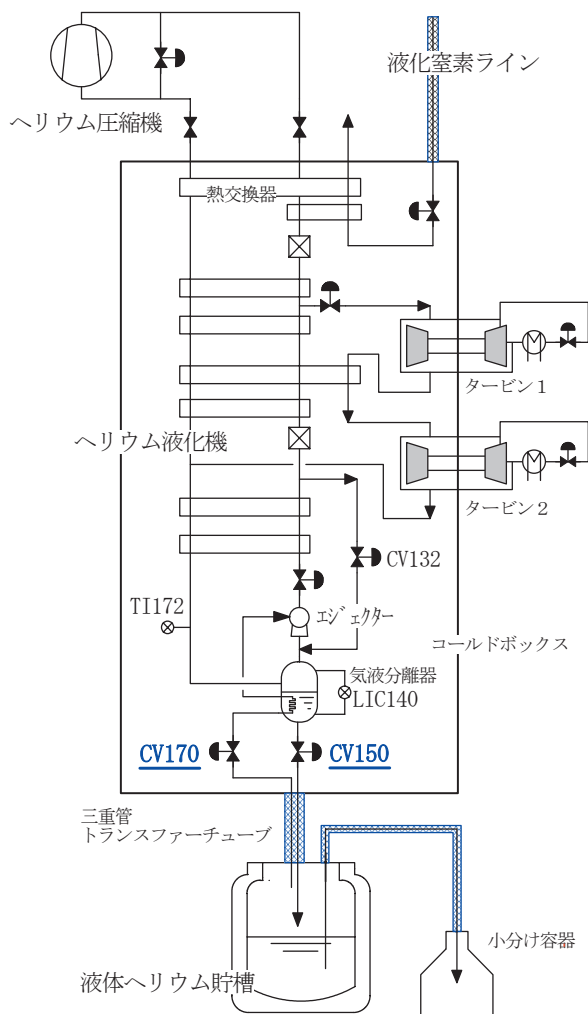


図1. ヘリウム液化機フロー図

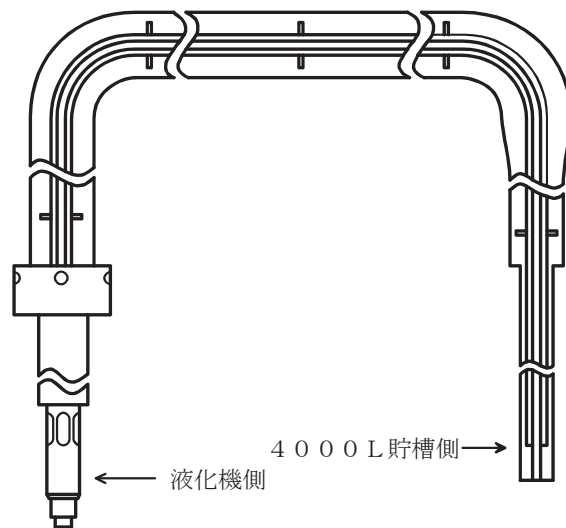


図2. 三重管トランスファーチューブ構造図

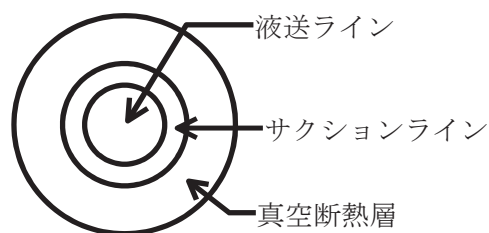


図3. 三重管トランスファーチューブ断面図

2. 貯槽の蒸発量の状況

液化ヘリウムは真空断熱された貯槽に貯蔵されており、貯槽内は電磁弁によって0.035MPaの圧力を保つようコントロールしている。我々は貯槽内での自然蒸発による圧力上昇分をガスバッグへ回収するラインに流量計を設置して、液化運転停止後から一晩あたりの流量計データを収集し回収量のモニターを行っている。このデータを基に液化ヘリウムが多量に蒸発していないか調べることで貯槽等に異常がないか確認している。

図4にトラブル前の蒸発量データを示す。休日明けを除く一晩当たりの蒸発量は約20m³前後であり、通常の蒸発量である。図5にトラブル後の蒸発量を示す。一晩あたりの蒸発量は約30m³前後となり増加していることがわかる。

3年前にも同様のトラブルが発生して、それまでと同じ材質のテフロンパッキンを用いてバルブの修理を行ったが、再び蒸発量が増加した。

漏れの原因と考えられるバルブは、長い棒状の先端にパッキンが取り付けられており、じゃばら部分を空圧で伸縮させ上下動で開閉する構造である。そのためパッキンが押しつけられ薄くなり、僅かな隙間ができて気密が保たれなくなると考えられる。

そして液化機側の圧力が貯槽側へ抜けていると考える根拠として、トラブル前と比較して液化運転前内圧力が通常より0.02~0.03MPa低い値を示していることから、液化機のバルブが原因と判断した。

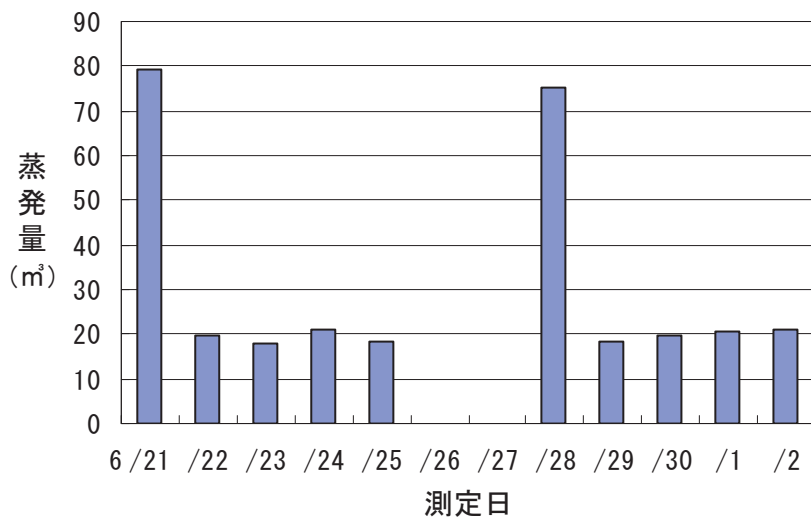


図4. トラブル前貯槽蒸発量

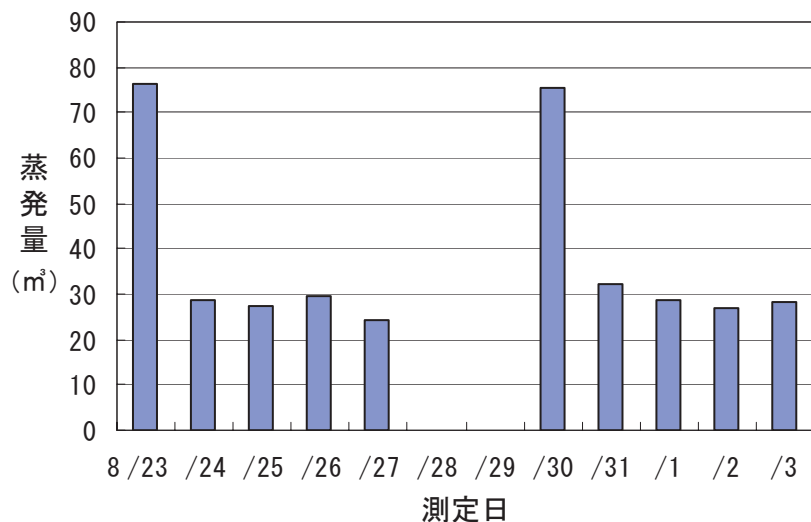


図5. トラブル後貯槽蒸発量

3. 交換パッキンの作製

図6に新しく作製したパッキンの図面を示す。正規の寸法を把握していないため以前に修理を行った際に取り外したパッキンから厚さを0.5mm増した寸法とした。

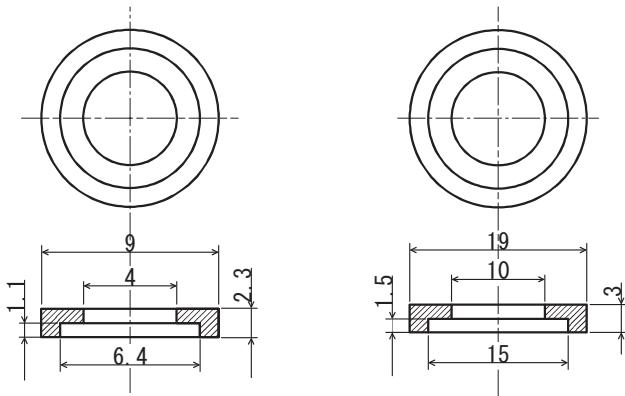


図6. パッキン図面 CV150(左)と CV170(右)

図7に作製したパッキンを示す。作製の切削過程での歪みがないことをマイクロメータで測定、確認して取り付けることとした。

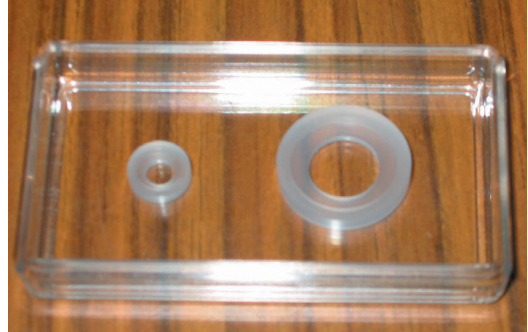


図7. 作製した三ふつ化樹脂パッキン

4. パッキンの交換作業

液化機は冷えた状態でバルブを外すと内部配管に空気を吸い込み霜等が付着してしまい液化運転に支障をきたすため加温運転をして常温まで温めなければならない。バルブを取り外す前の準備として一日以上の時間を要する。ヘリウム液化機と貯槽とが三重管トランスファーチューブでつながっていると液化機のバルブを引き上げたときに貯槽の圧力が逆流してしまうため、三重管を抜かなくてはならないが、そのままでは低温のガスが吹き出し危険なため貯槽内の圧力を零にしなければならない。これは蒸発量を測定しているラインから徐々に内圧を抜いて行った。そして液化機内の圧力を零にしてバルブの引き上げ作業を行った。

図8に液化機外観図を示す。作業スペース確保のためコの字形をした液体窒素断熱配管を取り外す。液化機側と貯槽側とを平行にしながら三重管トランスファーチューブを引き上げ液化機と貯槽との縁を切る。トップフランジ上にあるCV150、CV1

70のバルブを引き上げる際、パッキン当たり面保護のためバルブを全開にし、取り付け袋ナットを緩め少し引き抜き、木ブロックに仮置きする。その後バルブを全閉にする。液化機の電源を切りコントロール用電気配線及び駆動用計装空気配管を取り外す。これで完全にバルブ単体となり液化機から引き上げることができる。図9に引き上げたCV150、CV170の全体図を、図10及び図11にパッキン取り付け部を示す。バルブ先端のパッキン押さえとパッキンを取り外して、新たに作製した三ふつ化樹脂パッキンを取り付けた。

復帰作業は、空気の混入を防止するため液化機バルブ挿入配管内をヘリウムガスで十分にブロー後、引き上げ作業の逆手順で行った。取り付け後バルブの動作テストを行い、液化機三重管トランスファーチューブ挿入口から漏れがないことを確認し、三重管トランスファーチューブを挿入して作業を終了した。



図8. 液化機外観図

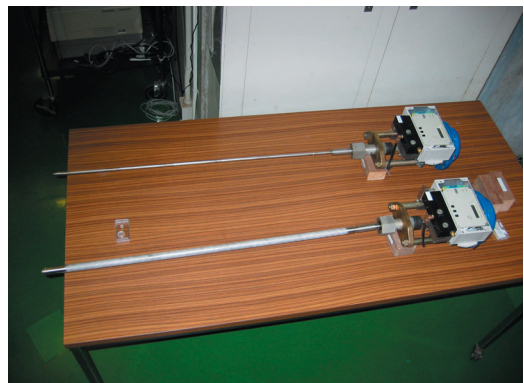


図9. バルブ全体図CV150(上)と CV170(下)

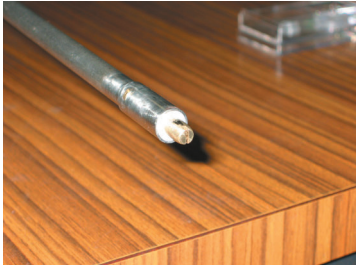


図10. CV150パッキン取り付け部



図11. CV170パッキン取り付け部

5. 結果

ヘリウム液化機運転停止後から一晩当たりの貯槽の蒸発量を測定した結果、図12に示すように約20 m³前後に戻すことができた。表1にパッキン交換前蒸発量平均値と交換後蒸発量平均値の比較を示す。

この結果から、パッキン交換後は一日当たり液換算で約15 L、年間でみると約5500 Lの蒸発損失を減らすことになる。今後の課題としてはテフロンパッキンで3年間程度の使用期間を三ふっ化樹脂パッキンでどれくらい延ばせるかである。

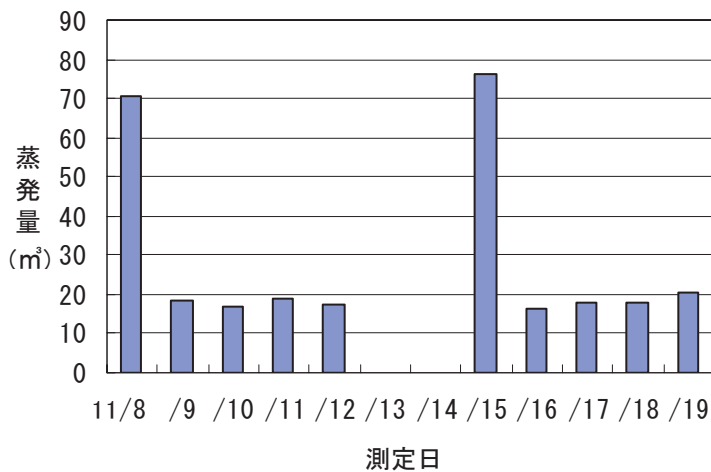


図12. パッキン交換後貯槽蒸発量

表1. パッキン交換前後の蒸発量の比較

パッキン交換後蒸発量平均値	17.9 m ³
パッキン交換前蒸発量平均値	29.0 m ³

謝辞

本報告にあたり、ご指導ならびにご助言をいただいた研究基盤総合センター低温部門 吉崎亮造教授、池田博講師、古谷野有講師に感謝いたします。

参考文献

- [1] 日本弗素樹脂工業会 主なふっ素樹脂の種類と特性
<http://www.jfia.gr.jp/fusso/tokusei.htm>

音楽による中枢機能の調節

秋山佳代¹、須藤伝悦²

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

概要

私共は先に、カルシウムがカルモジュリン (CaM) という蛋白質を介して中枢のドーパミン (DA, 神経伝達物質) の合成を調節するメカニズムを解明してきた^[1-3]。DAはアルコールに対する感受性、血圧調節、情動機能等の生理現象を調節するだけではなく、痴呆症やパーキンソン症などの難病の発症とも深い関わりを持っている。このDAの合成系が日常のスポーツによって調節されていることを昨年報告したが、音楽の効果についても研究してきた。今回、音楽もこれらの生理現象の調節や疾病の治療・予防に有効であることを神経科学的に確認した。

1. はじめに

音楽が種々の身体的・精神的疾患の症状を緩和する効果を持つ事は経験的に知られており、様々な患者の血圧を降下させる事も報告されているが^[4]、そのメカニズムは明らかにされていない。私共は、食事によって摂取したカルシウムが、CaM依存系を介して脳内のDAの合成を賦活化し、増加したDAが行動や感情を調節する事や、血圧を降下させる事を明らかにしてきた^[1, 5, 6]。本研究では、このカルシウム依存性のDA合成メカニズムを基に、自然発症高血圧ラット (SHR) の血圧に対する音楽の効果を解析し、中枢機能に及ぼす音楽の効果を考察する。

2. 方法

13週齢の雄性 SHR に約 100 曲の種々の音楽を聴かせて、行動量や血圧の変化をモニターしながら実験に使用する音楽を選曲した。その結果、モーツァルトのディベルティメント第 7 番のアダージョ (作品番号 K.205) を平均音量 65dB (最大 75dB) で聞かせた時に有意な変化が得られたので、この曲を以下の実験で使用した。ケージにスピーカーを取り付け、テープに録音された音楽を目的に応じて、15-120 分間繰り返し聞かせた。この間、餌及び飲料水は自由に摂取させた。音楽を聴かせない対照群の SHR は、同じ時間普通のケージで飼育した。平均的な室内のノイズは、35dB である。

2.1 血中カルシウム濃度の分析

15-120 分間音楽を聴かせた SHR と対照群の SHR の頸動脈から血液を採取し、血清分離後、*o*-cresolphthalein complexone 法によりカルシウムレベルを測定した。

2.2 脳内 DA レベルの分析

2 時間音楽を聴かせたテスト群と対照群の SHR をペントバルビタールで麻酔し、心臓を介して 2.5% グルタルアルデヒド溶液 (pH 7.5) で灌流固定した。固定後、脳を取り出し、クリオスタットにより厚さ 20 μm の切片を作製した。脳切片を DA の抗体を用いて蛍光免疫組織化学染色し、各脳領域に分布する DA の濃度を Brain Mapping Analyzer^[7] によって定量的に比較した。

2.3 血圧測定

SHR に音楽を 2 時間聴かせ、非観血式血圧計を用いて収縮期圧の変化を測定した。さらに、この血圧の変化がカルシウム依存性の DA 合成系を介しているかを明らかにするため、以下の薬物の脳室内投与によって、経路の各段階を選択的に阻害しながら音楽の効果を確認した。使用した薬物：W-7 (CaM 拮抗剤, 30 $\mu\text{g}/\text{rat}$)、EDTA (カルシウムキレート剤, 1 nmol/rat)、 α -methyltyrosine (DA 合成酵素阻害剤, 1 mg/rat)、SCH 23390 (DA D₁受容体拮抗薬, 30 $\mu\text{g}/\text{rat}$) 及びeticlopride (DA D₂受容体拮抗薬, 100 $\mu\text{g}/\text{rat}$)。

3. 結果

3.1 血中カルシウム濃度

音楽を暴露すると、SHR の血清カルシウムレベルは上昇し、音楽を暴露している間高いレベルを維持していた。15-120 分間の音楽の暴露で血清カルシウムレベルは、対照群と比べて 5-6% ($P < 0.05$) 増加していた (図 1)。

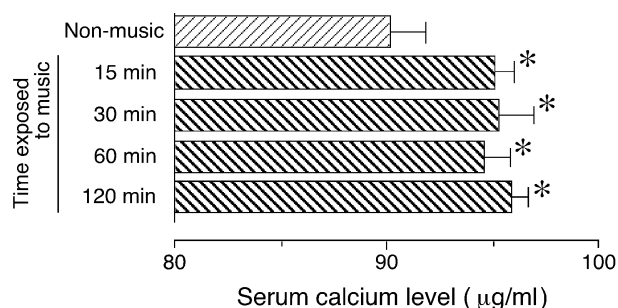


図 1. 血清カルシウムレベルに対する音楽の効果

15-120分間の音楽の暴露による血清カルシウム濃度の変化を平均値±標準誤差 (各群 8-10匹) で示した。

* $P < 0.05$ (Non-music 群と比較、Dunnett's *t*-test) (Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

¹ E-mail: akiyamak@md.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-3330

² E-mail: dsutoo@md.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-3113

3.2 脳内 DA レベル

対照群の SHR において、線条体外側部の DA レベルが最も高く、この領域の免疫組織化学的 DA の蛍光強度値は、 0.451 ± 0.021 (平均値 \pm 標準誤差) である。2 時間の音楽の暴露によって、線条体外側部の DA レベルが 18% ($P < 0.01$) 増加したが、他の領域では有意な変化がみられなかった (図 2 及び表 1)。

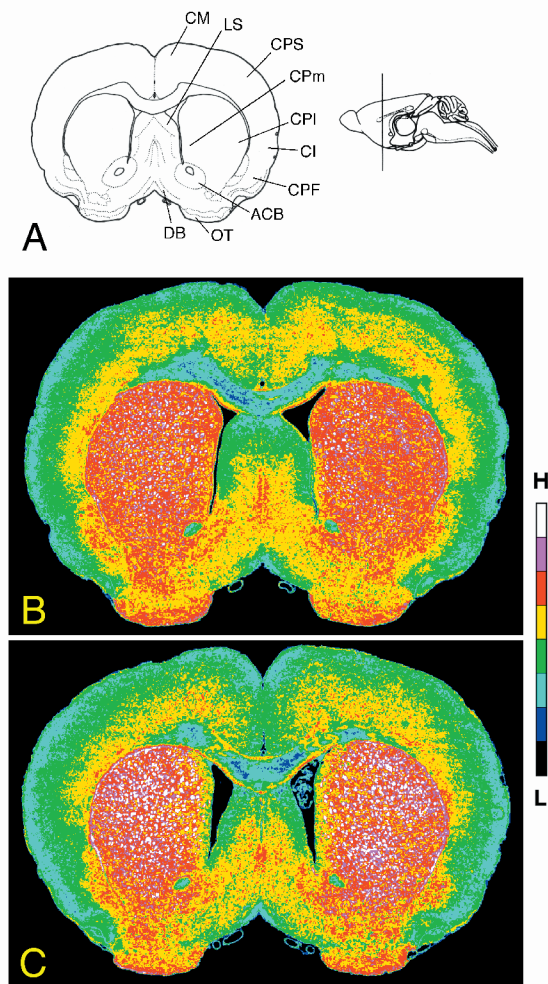


図 2. 脳内 DA 分布に対する音楽の効果

A: SHR の耳孔線より約 8.4 mm 吻側で切断すると、線条体 (図中 CPm と CPI) が大きく露出している。この領域における DA 分布に対する音楽の効果解析した。

B: 音楽を暴露しない対照群の SHR の DA 分布を免疫組織化学的に染色し、Brain Mapping Analyzer によって分析した。線条体に高濃度の DA が分布している。

C: 2 時間音楽を暴露した SHR の DA 分布を示した。線条体の DA レベルがさらに増加している。

(Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

表 1. 脳内 DA レベルに対する音楽の効果

Brain region	Fluorescence intensity (measured value \times 10)	
	Nonmusic	Music
Motor cortex	0.76 ± 0.09	0.79 ± 0.12
Primary somatosensory cortex	0.69 ± 0.12	0.74 ± 0.08
Insular cortex	0.64 ± 0.13	0.74 ± 0.12
Piriform cortex	0.64 ± 0.14	0.62 ± 0.11
Neostriatum (lateral)	4.51 ± 0.21	$5.31 \pm 0.16^*$
Neostriatum (medial)	4.17 ± 0.18	4.50 ± 0.19
Nucleus accumbens	3.77 ± 0.14	3.92 ± 0.18
Olfactory tubercle	3.38 ± 0.25	3.48 ± 0.15
Lateral septal nucleus	0.66 ± 0.10	0.67 ± 0.11
Diagonal band	0.69 ± 0.10	0.70 ± 0.09

図 2 に示した画像の各領域から無作為的にデータを採取し、各領域における DA の免疫組織化学的強度値に対する音楽の効果分析した。線条体外側部 (Neostriatum (lateral)) の DA だけが有意に増加している。

* $P < 0.01$ (Non-music 群と比較、Student's *t*-test) (Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

3.3 血圧

SHR の収縮期血圧は、音楽の暴露によって徐々に低下し、音楽終了後も引き続き低いレベルを維持していた。音楽開始後 30-120 分及び終了後 0-120 分の SHR の収縮期血圧は、対照群と比べて 13-24 mmHg ($P < 0.05-0.001$) 低下している (図 3)。この血圧を降下させる音楽の効果は、W-7、EDTA、 α -methyltyrosine 或いは eticlopride の投与により有意に抑制されたが、SCH 23390 の投与は変化を与えなかった (図 4)。

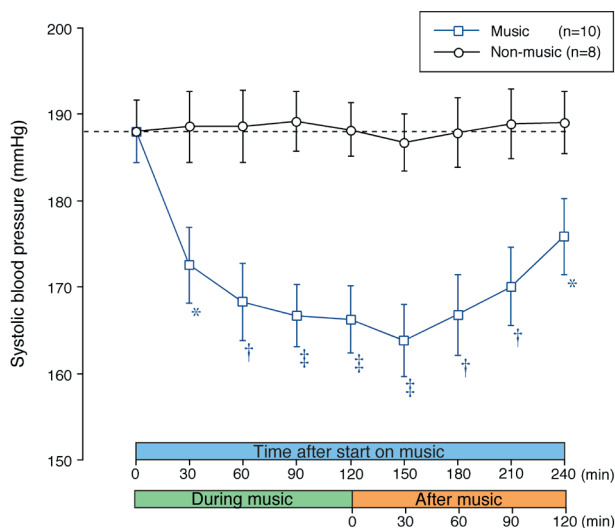


図 3. 血圧に対する音楽の効果

音楽の暴露によって、演奏開始 30 分後から有意に収縮期血圧が低下しはじめ、演奏終了後も 2 時間にわたって効果が持続した。

* $P < 0.05$, † $P < 0.01$, ‡ $P < 0.001$ (Non-music 群と比較、Student's *t*-test)

(Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

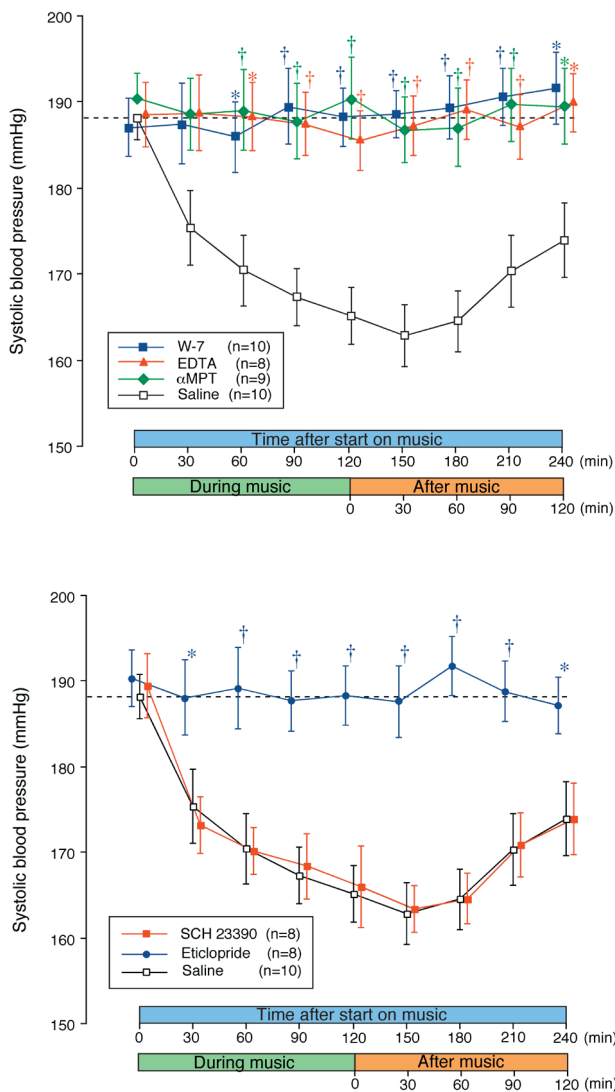


図4. 音楽によって変化した血圧に対する種々の薬物の効果

上：音楽による血圧の降下反応は、W-7 (CaMの特異的な拮抗剤)、EDTA (カルシウムキレート剤)及びαMPT (DA合成酵素阻害剤)によって、カルシウム/CaM依存性のDA合成系の各段階を選択的に阻止することにより消失する。

* $P < 0.05$, † $P < 0.01$ (Saline群と比較、Dunnett's *t*-test)

下：音楽による血圧の降下反応は、SCH23390 (DAのD₁受容体拮抗薬)の投与では変化しないが、eticlopride (DAのD₂受容体拮抗薬)の前投与で消失する。

* $P < 0.05$, † $P < 0.01$ (Saline群と比較、Dunnett's *t*-test)

(Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

4. 考察

私共は、カルシウムがCaMを介して中枢DAの合成系を調節するメカニズムを解明してきた^[1-3]。さらに、この基礎的研究を基に、様々な疾病の発症機序解明に応用して研究してきた。特に、中枢のDAが減少するために発症する疾病を予防・治療するために日常生活を通じてDAの合成を亢進させる方法を検討してきた^[6]。昨年は、日常のスポーツが有効であることを報告したが、本年は、音楽の効果について報告する。

本研究において、音楽の暴露により、SHRの血清カルシウムレベルが有意に増加し、線条体外側部のDAレベルも18%有意に増加した。さらに、収縮期圧は、音楽の暴露によって13-24 mmHg降下し、音楽終了後も引き続き低いレベルを維持していた。この血圧を降下させる音楽の効果は、W-7、EDTA及びα-methyltyrosineの投与によってカルシウム/CaM依存性のDA合成系の各段階を選択的に阻止したり、DA D₂受容体拮抗薬であるeticloprideを投与することで有意に抑制されたが、DA D₁受容体拮抗薬であるSCH 23390の投与は変化を与えなかった。

これらの結果から音楽は血中カルシウムレベルを増加し、その一部が脳内に移行してCaM依存性のDA合成を亢進し、増加したDAがD₂受容体を介して末梢の交感神経を抑制し、血圧を降下させる事が示唆される。このように、音楽はDAの神経伝達系を介して脳機能に影響すると示唆される。パーキンソン病、DLB型痴呆症、てんかん症、ADHD (注意欠陥多動性障害) 症などは、中枢DAの異常な低下が発症に関わりを持っていると考えられるため、これらの疾病の症状を改善する上で、日常の音楽鑑賞が有効であると推察される。この仮説は、これらの疾病において音楽療法が良好な結果をもたらすとする報告^[8-10]からも支持される。

5. まとめ

日常の音楽やスポーツは、食事によって摂取するカルシウムと同様に脳内カルシウム/CaM依存性のDA合成を亢進し、様々な中枢機能を調節する。その一つとして、レベルの高くなったDAはD₂受容体を刺激して末梢の交感神経を抑制し、血圧を降下させる。こうした結果から、DAの機能不全が関与する様々な神経変性疾患の症状を和らげる上で、日常生活を通じた音楽やスポーツが極めて重要であると考えられる^[11] (図5)。

謝辞

本研究は、財団法人ヤマハ音楽振興会の援助を受けました。

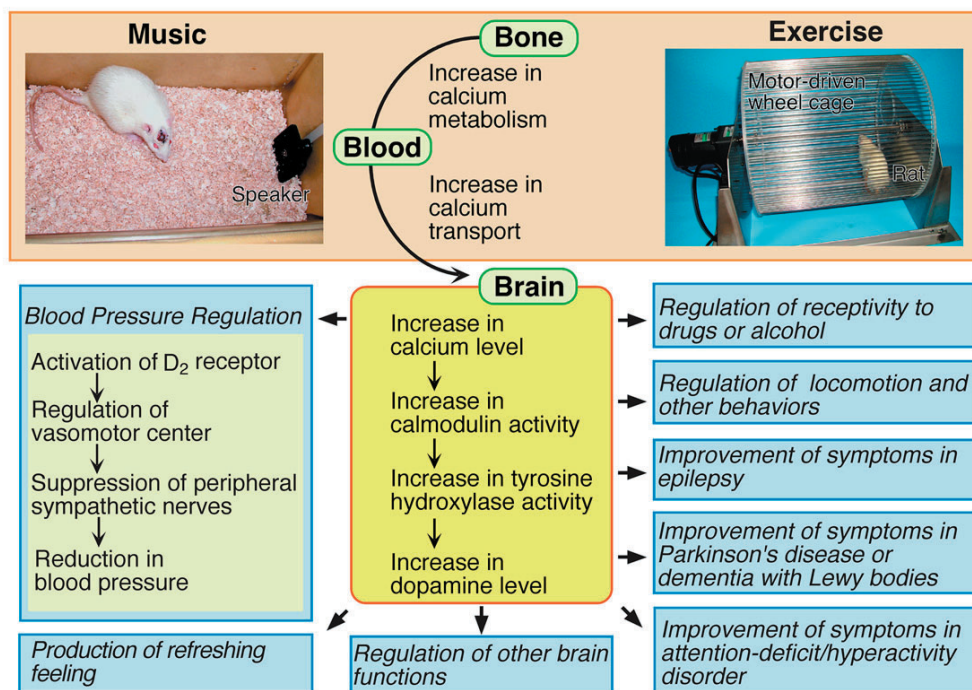


図5. 中枢機能に対する日常の音楽やスポーツの効果

音楽鑑賞やスポーツは、カルシウム代謝ホルモンを賦活化し、血液中のカルシウム濃度を高める。これが全身を循環することにより脳へのカルシウム供給も増加し、引き続き CaM 依存性のプロテインキナーゼを介してチロシン水酸化酵素を燐酸化することにより、DA の合成を高める。レベルの高くなった DA は、血圧を降下させたり、薬物に対する感受性を変える等、様々な中枢機能を調節する。このメカニズムは、中枢 DA の異常な低下が発症に深く関わりを持っていると考えられるパーキンソン病、DLB 型痴呆症、てんかん症、ADHD 症などの症状を和らげる上で有効であると期待される。

(Brain Research 1016, 255-262 (2004) より引用)

参考文献

- [1] D. Sutoo, K. Akiyama, K. Imura, Effect of calmodulin antagonists on calcium and ethanol-induced sleeping time in mice, *Pharmacol. Biochem. Behav.* 23 (1985) 627-631.
- [2] D. Sutoo, K. Akiyama, M. Geffard, Central dopamine-synthesis regulation by the calcium-calmodulin-dependent system, *Brain Res. Bull.* 22 (1989) 565-569.
- [3] D. Sutoo, K. Akiyama, K. Yabe, Comparison analysis of distributions of tyrosine hydroxylase, calmodulin and calcium/calmodulin-dependent protein kinase II in a triple stained slice of rat brain, *Brain Res.* 933 (2002) 1-11.
- [4] G. R. Watkins, Music therapy: proposed physiological mechanisms and clinical implications, *Clin. Nurse Spec.* 11 (1997) 43-50.
- [5] D. Sutoo, K. Akiyama, Regulation of blood pressure with calcium-dependent dopamine synthesizing system in the brain and its related phenomena, *Brain Res. Rev.* 25 (1997) 1-26.
- [6] D. Sutoo, K. Akiyama, Regulation of brain function by exercise, *Neurobiol. Dis.* 13 (2003) 1-14.
- [7] D. Sutoo, K. Akiyama, K. Yabe, Quantitative mapping analyzer for determining the distribution of neurochemicals in the human brain, *J. Neurosci. Methods* 85 (1998) 161-173.
- [8] H. Abikoff, M. E. Courtney, P. J. Szeibel, H. S. Koplewicz, The effects of auditory stimulation on the arithmetic performance of children with ADHD and nondisabled children, *J. Learn. Disabil.* 29 (1996) 238-246.
- [9] R. Kneafsey, The therapeutic use of music in a care of the elderly setting: a literature review, *J. Clin. Nurs.* 6 (1997) 341-346.
- [10] J. R. Hughes, The Mozart effect, *Epilepsy Behav.* 2 (2001) 396-417.
- [11] D. Sutoo, K. Akiyama, Music improves dopaminergic neurotransmission: demonstration based on the effect of music on blood pressure regulation, *Brain Res.* 1016 (2004) 255-262.

筑波大学理療科教員養成施設理療臨床部報告

恒松隆太郎¹

筑波大学理療科教員養成施設

〒112-0012 東京都文京区大塚 3-29-1

概要

筑波大学東京キャンパスにある理療科教員養成施設の鍼灸臨床室である、理療臨床部の平成16年現在の活動状況と今後の展望を報告する。

1. はじめに

日本で唯一、盲学校理療科教員の養成機関である、筑波大学理療科教員養成施設のルーツは東京盲啞学校に始まり、百余年にわたって全国の盲学校の理療（鍼、灸、按摩・マッサージ・指圧）を担当する教員を送り出してきた。

この施設で学生が取得できる理療科教員免許は、近年その数を増やしている鍼灸専門学校の教員としても有効であり、毎年20名余の卒業生に対して、求人数が常に2倍近くある施設でもある。

理療科教員養成施設のこれらの教育活動、研究活動を支える部門として理療臨床部（鍼灸臨床室）が設置されている。

ここは一般患者を対象とした鍼灸の施術所であり、また施設学生の臨床教育、臨床専攻生の臨床・研究活動の場として機能している。他にも鍼灸免許取得後の卒後教育の場として約15名の理療研修生を受け入れている。これらを、施設長を含む教員4名・技術職員1名・非常勤講師6名で運営している

これは、その規模において比較にならないが、医学専門学群における附属病院のような役割を担っている。

2. 理療臨床部における技術職員の役割

鍼灸の施術所として活動する理療臨床部担当の技術職員は、鍼、灸、按摩・マッサージ・指圧師の資格を持つ。

職務内容は鍼灸の専門技術者として外来臨床に従事するほか、臨床室の維持管理に関する職務全般に関わることが要求される。臨床室の責任者は専任教員がこれにあたるが、この担当者は曜日によって異なるため、これらの間を調整し、補佐する役割もある。

また、毎週金曜夜に全スタッフが参加しておこなわれる勉強会（論文抄読会、症例検討会、特別講演会など）や、平日の外来終了後、新人対象に行われるフレッシュマンセミナーの企画、運営にあたる。

3. 技術職員以外の理療臨床部の構成員

3.1 専任教員・非常勤講師

教員は週1～2日、臨床部で外来臨床をおこなっている。これはまた理療科教員養成施設学生を対象とした総合臨床実習の担当教員としての側面も持つ。授業の時間は午後の3・4限であるが、患者確保の問題からも、終日・通年で臨床活動をおこなっている。

3.2 養成施設学生

盲学校理療科の教員を目指す養成施設学生は既に理療（鍼、灸、按摩・マッサージ・指圧）の免許取得者である。

彼らは2年次に総合臨床実習（通年）として午後の3・4限に担当教員のもと臨床活動をおこなう。実習内容は彼らが既に理療免許取得者であるため、最終的には単独で初診患者を施術できるレベルになることである。

彼らの多くは理療科教員養成施設卒業後、盲学校の教諭となる。若干名は厚生労働省管轄の視力障害センターの教官・専修学校の教員となり、また若干名が本施設の臨床専攻生として進学する。

3.3 臨床専攻生

卒業後も臨床専攻生として養成施設に残った者は各々の研究テーマに基づき研究活動をおこなう。

また彼らは指導教員（養成施設専任教員）のもとで臨床部の外来班に所属し週2回の外来臨床をおこない、問診や検査技術、触診技術、そして施術に必要な様々な鍼の技術を身につける。

臨床専攻生は修了後、各々学校の教員や研究機関に就職することになる。さらに、教員として本施設で教鞭をとる者もいる。

3.4 理療研修生

理療研修生は鍼灸学校で資格を取得した後の卒後教育として、平成1年度に発足した制度である。

彼らも臨床専攻生同様、指導教員のもとで鍼灸臨床に必要な刺鍼技術はもとより、問診法や徒手検査の技術、また、アシスト業務を通じて治療室運用の実務までを学ぶ。

¹ E-mail: rtune@sakura.cc.tsukuba.ac.jp; Tel: 03-3942-6890

また、毎週金曜日の夜に行われる勉強会では、症例検討会や、文献抄読会などのプログラムにより、単に技術習得に留まらず、より科学的な視点を持った鍼灸師を養成している。

3.5 臨床専攻生・理療研修生の臨床教育システム

初見患者は受付が終わるとカルテが作成され、臨床専攻生、理療研修生が担当する場合は、その日の新患担当教員が担当者を決定する。

担当の決まった専攻生・研修生は、患者を問診もしくは理学検査をおこなった時点で、その経過を担当教員に報告する。担当教員はこの時点で問題点をチェックし、施術方針を決定する。担当者はこの方針に沿って施術をおこない、当日の外来終了時のミーティングで報告し、外来班全体で検討する。

また、臨床専攻生・理療研修生1年目の者には同じグループ内の2年目以降の者が、臨床をおこなうにあたっての実際の刺鍼手技からカルテの記入方法までを指導する。

この他の臨床教育プログラムとして、外来終了後に、教員が交代でそれぞれ、年度初めに計画されたテーマに沿って臨床技術の指導をおこなうフレッシュマンセミナーがある。新人はこれらのプログラムを通じて鍼灸臨床に関わるシステム・方法を身につけてゆくことになる。

4 理療臨床部の外来実績

4.1 患者数

理療臨床部外来には、年平均約7000～7500人、一日平均30～40人の患者が訪れている。このうち初診患者は300～350人である。平成15年のべ患者数は6499人（新患313人）。開設日数は223日であった（表.1）。

表.1 年別患者数の推移

	患者数(人)	新患数(人)
H7	7411	335
H8	7323	334
H9	6477	281
H10	7184	365
H11	8576	425
H12	6750	275
H13	7031	304
H14	7050	309
H15	6499	313

平成15年の総患者数は539人、男女比はほぼ5：5であった。

患者数は開設日数や、その年のスタッフの人数、熟練度によって変化してくる。

患者の年齢分布は50～60歳代をピークにした山形を描いている（図.1）。

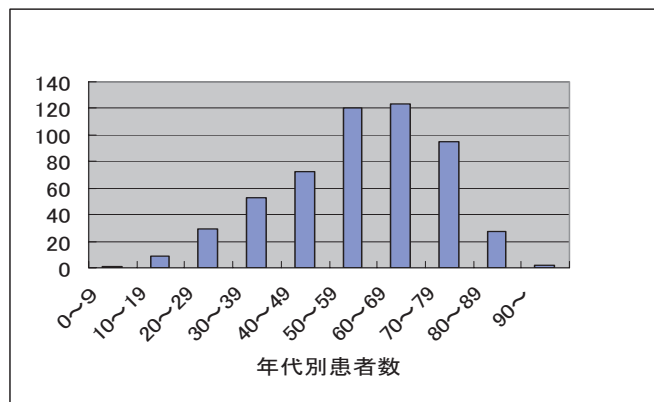


図.1 年代別患者数 (H15)

4.2 主訴

鍼灸施術を受けに来療する患者の主訴の一覧を見ると、80%近くが運動器疾患である。これは理療臨床部が、鍼灸のなかでも特に運動器疾患の痛みに即効的に効果があるといわれる鍼治療を、主におこなっていることに関係していると思われる（表.2.3）。

表.2 外来患者の主訴一覧 (H15)

運動器	436
循環器	6
消化器	9
泌尿生殖器	16
呼吸器	6
中枢神経	8
末梢神経	21
アレルギー・膠原病	5
婦人科疾患	2
精神神経疾患	3
眼科疾患	1
耳鼻咽喉科疾患	14
皮膚科疾患	3
その他	10
(人)	

表.3 運動器疾患部位の内訳 (H15)

頸肩背部	138
上肢	19
肩関節	30
肘関節	14
手関節	7
腰部	148
下肢	53
股関節	9
膝関節	35
足関節	4
その他	4
(人)	

これらの主訴について医療機関への受診の有無を調べた(表.4)。これを見ると来療者の多くは理療臨床部を訪れる前に、医療機関を受診していることがわかる。また、医療機関を受診がない来療者には、以前同じような症状で医療機関を受診していた者も含まれる。

表.4 来療者の医療機関への受診 (H15)

医療機関の受診があり、診断名がある	221
医療機関の受診はあるが、診断名がない	131
医療機関の受診がない	171
	(人)

4.3 来療動機

初診患者の来療動機の多くは紹介、それも理療臨床部を訪れた他患者からの紹介であった。

この理由は理療臨床部が現在、積極的に宣伝活動を行っておらず、必然的に情報伝達が患者の口コミを中心としたものに限られてくることからだと考えられる。

また、他の鍼灸院や医療機関からの紹介の占める人数の少なさは、公式に連携する医療機関がないことも原因といえる。現在医療機関との連携は、スタッフの個人的な外部とのコネクションに限られてくる。これに関しては、筑波大学の東京キャンパスという、本学と離れた立地条件も差し引いて考える必要がある(表.5)。

表.5 来療動機 (H15)

紹介ありA(鍼灸院・盲学校等からの紹介)	11
紹介ありB(医師もしくは医療機関よりの紹介)	39
紹介ありC(患者からの紹介)	132
紹介ありD(その他の紹介)	45
紹介なし(看板・Web Page 等を見て)	71
	(人)

4.4 施術方法

理療科教員養成施設では、過去数十年間、低周波鍼通電療法をその施術方法の中心に据えてきた。これは、刺入した鍼に電極をつなぎ、1~10mAの電流を周波数1~100Hzで流す方法である。この方法は通電時の筋や神経の反応で、目標とする部位に鍼が届いているか否かが判りやすく、また、刺激量の調節も行いやすいという利点があり、問題の部位を特定しやすい運動器疾患に対する施術に適している。

理療臨床部において来療患者の80%近くが運動器疾患の患者であるためか、主訴に対する施術法の第1選択は90%以上がこの低周波鍼通電療法であった(表.6)。

しかし、補助的手段としては、鍼を刺入して留置する普通鍼や、赤外線・ホットパックといった物理療法の比率が高くなっている。

按摩、マッサージ、指圧といった手技療法の比率が高くない理由は、理療臨床部では慰安的な施術は

行わず、あくまでの患者の愁訴の改善を目的としているためである(表.7)。

表.6 主な施術手段 (H15)

低周波鍼通電療法	465
普通鍼	44
灸療法	1
手技療法	0
その他の物理療法	2
	(人)

表.7 補助的施術手段 (H15)

低周波鍼通電療法	127
普通鍼	55
灸療法	3
手技療法	8
その他の物理療法	14
	(人)

4.5 転帰

来療患者のうち15名は鍼灸施術が不適応、もしくは、医療機関での管理が適当と判断されて、転医した。

施術による効果がある程度認められていたが、患者の判断で施術を中止した患者は54名いた。施術の効果が認められず、患者の判断で施術を中止した患者は33名いた。理由不明で患者の判断で施術を中止した患者は69名であった。

施術により主訴が改善し施術終了となった患者は134名いた。

また、224名は施術を継続している。

施術回数は、継続中の患者をのぞき、効果があつた場合もなかった場合も、概ね5回前後で終了もしくは中断になることが多かった。

この傾向は平成15年度だけではなく、過去数年間継続しており、鍼灸施術においては、効果の有無を問わず、5回という施術回数が一つの区切りとなることが伺える(表.8)。

表.8 来療患者の転帰 (H15)

	人数	平均施術回数
転医	15	7.53
効果あり中断	54	6.24
効果なし中断	33	5.58
理由不明中断	69	4.74
終了	134	5.44
継続	224	19.96

5. 問題点

理療臨床部を来療する患者数は現在、一日 30～40 人で安定している。このことは施設学生の臨床実習や、臨床専攻生、理療研修生のための症例数確保に貢献している。

しかしこれには筑波大学というブランドと、本施設臨床部の施術料金が市価の半額以下であることの集客力が、大きな効果をあげていると思われる。事実、この料金でも人件費を考えなければ利潤があがっている。教育効果を考えると充分と思われる。

しかし、筑波大学が独立行政法人化された現在、より経済性を求められることは眼に見えている。今後さらに収益性を高めるための方策をたてる必要がある。

また、理療科教員養成施設は現在筑波大学のセンターという位置付けがされている。元来教員養成機関である本施設が、学類でもなく専門職大学院でもない状況になった経緯はきわめて複雑であると聞いているが、センターとしての有りようを否定することはできないのではないだろうか。

それならば、筑波大学内部に対する貢献度が決して高いといえない現状は改善される余地があると思われる。

6. 今後の展望

臨床部の収益性を高めるためには、二つの方法が考えられる。

一つは経費を減らして支出を抑える方法である。しかしこれはそもそも多くもない予算を考えると（予算の半分が減代である）効率のよい方法とは言えない。

もう一つの方法は来療者を増やし、または単価を上げて収入を増やす方法である。臨床部の本来の目的を考えるとこちらの方が現実的である。具体的な方策を考えたい。

まずは来療者を増やす方法であるが、これは現状、宣伝に殆ど努力を払っていないため、比較的簡単に効果があがるであろう。費用対効果をシミュレートしてみるべきであろう。

また、単価を上げる方法であるが、現状から市価までは大きな開きがあるため、値上げの余地はあると思われるが、これによって起こる患者数減少とのバランスを考えるべきだろう。具体的には、来療患者にアンケートをおこない、どの程度の値上げなら許容できるかを把握する必要がある。

もう一つの臨床部の課題である、学内への成果の還元であるが、これは臨床活動の学内への拡大が必要であろう。

現在東京キャンパスには職員だけで 600 名以上が在職している。学生を含めば数千人の規模になる。

これら学生・教職員と本学を含めた筑波大学関係者に対して利用料金の優遇や、各組織への周知によって施術活動を拡大することが出来れば、臨床部の患者数増加にもつながり、また学内における健康増進に貢献できるであろう。

「夏休み自由研究お助け隊2004」ワークショップについて

齋藤静夫

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

概要

平成16年度、我々は、初めて予算化された「筑波大学社会貢献プロジェクト支援経費」を使用して、つくば市内の中学生（約6000名）を対象に中学生が考えた夏休み自由研究について、本学の技術職員がこれまで蓄積した技術や経験を用いることにより自由研究がより有意義なものに磨き上げる事を目的として「夏休み自由研究お助け隊2004」ワークショップを実施したので報告する。

1. はじめに

平成16年4月1日、岩崎洋一筑波大学学長は法人発足に当たっての挨拶の中で教育、研究の充実と共に社会貢献の必要性を強調した。また我々はその前年、熊本大学工学部の技術部が中心になって開いた「中学生を対象とした夏休み自由研究に関する技術相談会」の報告^[1]に、大いに関心があった。そしてこの2つの事柄が引き金となり取り組みは動き始めた。

2. 取り組みの経過と実績

4月下旬、初めての打ち合わせ会を開いた。この段階ではまだ今年（平成16年）開くかどうかは未定でした。5月下旬、第1回準備委員会を開きテーマや開催日程等の検討に入った。6月、準備委員会から名称を「夏休み自由研究お助け隊2004」実行委員会に切り替えて本年度開催を決定した。開催日を7月31日、8月1日の2日間として、会場や実験施設の設備、器具等の使用許可を大学から取り、同時に「筑波大学社会貢献プロジェクト支援経費」の申請書を提出した。

熊本大学の技術相談会の報告を参考につくば市教育委員会の後援名義等使用の申請や、つくば市教育研究会理科教育研究部への協力要請を行なった。7月上旬パンフレット（8000枚）、ポスター（100枚）が出来上がり、市内の全中学校にはパンフレット6000枚を実行委員会メンバーが分担して配布した。その他、市役所や公民館にも配布した。

パンフレット配布から申込み締切りまで短期間であったが応募件数は39件に達し、参加者をテーマごとに最大5・6名程度にグループ分けし、担当技術職員の指導のもとに、テーマに応じ学内の実験・工作装置を利用した製作、実験、測定等を行い、又は調査方法の助言等を行って自由研究の実施を助けた。



写真1. ワークショップ風景

3. 参加状況概要

以下に参加状況概要を表1～4で示す。

表1. 参加者数

参加件数	参加者数	同伴保護者	参加者総数
39件	42人	25人	67人

表2. 参加者所属中学校（17校）

高崎中学校	7人	荃崎中学校	1人
筑波東中学校	7	下妻東部中学校	1
並木中学校	4	筑波西中学校	1
吾妻学校	3	豊里中学校	1
高山中学校	3	谷田部中学校	1
手代木中学校	3	土浦第一中学校	1
大穂中学校	2	竹来中学校	1
竹園東中学校	2	我孫子中学校	1
谷田部東中学校	2	小学生	1

表 3. 参加者年次

1年生	2年生	3年生	合計
22人	12人	6人	40人(学年不明1)

表 4. 参加テーマ (主なもの)

実行委員会 が提供 した テ ー マ	・ペーパークロマトグラフィーによる色素の分離	4件
	・マイクロスコープを利用していろいろなものを観察する。 ・風力発電の研究 ・いろいろな電池を作ってみよう ・CD分光器で光のスペクトルを調べる。	各3
	・液体のpHを調べる。 ・甘みと酸味の研究 ・愛玩動物の飼育法 ・太陽電池の発電量を調べる。 ・日本語プログラム言語「ひまわり」でプログラミング	各2
参加者 独 自 テ ー マ	・ちく音機のしくみ ・硬水と軟水の性質の違い ・ファイバーの光通信について ・アマガエルは何を感じてなのか。 ・酸性雨調べ ・なんにもない所からなんでビッグバンが起こるのか。 ・プラモデルとモーターの関係	各1

4. アンケートの結果

各テーマの終了時に6項目についてのアンケート調査を実施した。その結果について下記に示す。

- 適切な開催時期についてお伺いします。
 - 夏休みに入って1週目くらい9名
 - 夏休みに入って2週目くらい(今回)30名
 - 夏休みに入って3週目くらい0名
 - その他ご自由にご記入下さい1名・夏休みに入る前。
- 開催日についてお伺いします。
 - 平日が良い3名
 - 休日が良い(今回)26名
 - いつでも良い11名
- 対応職員のアドバイスはあなたの自由研究などに役立つ内容でしたか。
 - 大いに役立った34名
 - 少しは役立った4名
 - ほとんど役立たなかった0名
 - その他ご自由にご記入下さい2名
 - 自由研究はやりませんが楽しかったです。
 - 自由研究はやるつもりはなかったが、今回参加してやろうかなと思った。
- 対応職員の技術的説明は判りやすかったですか。
 - 判りやすかった33名
 - 難しかった5名
 - ご自由にご記入下さい2名・少し難しかった

・パソコンをけっこう知っているのので、私にとっては判りやすかったです。

- 今回の応募を決めたのは誰ですか(複数回答あり)

- 自分25名
- 父母20名
- 友達3名
- 先生0名
- その他ご自由にご記入下さい0名

- 今回のイベントに参加してのご感想、今後のご希望などご自由にご記入ください。

- ・とても面白く勉強になりました
- ・この発明で特許とるぞ!!
- ・とても分かりやすく説明してくれて質問をするとわかりやすくおしえてくれてとてもよかったです。いろいろなこともたくさん分かりました。簡易分光器なども作ってとても楽しかったです。
- ・自由研究のやり方などがよくわかり、今後の役に立つことだった。
- ・とてもよかったです。わからないことがわかって、さらに興味が広がりました。もっといっぱい勉強します。ありがとうございました。
- ・夏休みの自由研究に大いに役立ちやりがいのある自由研究ができそう。
- ・自由研究の内容に困っていたので、参考になりました。今後もこのようなことを行っていただいてほしいです。
- ・実際に自分たちで実験をやりながらの講習でとてもわかりやすかったし、楽しかったです。
- ・楽しかった。少し難しかったけど、分かりやすかった。またやりたい。
- ・とても面白かったです。初めて知ったことなどが、たくさんありました。来年もあつたらまた来たいです。
- ・アリとかが大きく見えてとても楽しかった。
- ・楽しかったです。来年もやった方がよいと思います。もっと、大々的に宣伝をしてみたいは?
- ・自分で調べてもいまいち分からず困っていたところが多かったので、この体験に参加していろいろと質問ができ、細かいところまで相談していただいたのでとても勉強になり、自分たちでは解決できなかったことが、すんなりと決まったのでよかったです。また、話が分かりやすくおもしろくできました。今後もこの様に行って頂ければ幸いです。
- ・とてもためになりました。
- ・研究の参考になりました。
- ・説明が分かりやすくて、楽しかった。
- ・とても楽しかった。
- ・自由研究のテーマはほかにも色々な知らなかった事を知ることができて、面白かった。先生の「本能は全て科学的、物理的に解明できる」というお話が興味深かった。

- ・結果を見て驚くことがたくさんありました。家に帰ったらいろいろためしてみようと思いました。説明もわかりやすかったので良かったです。本当にありがとうございました。
- ・自由研究にやくだてたい
- ・色々なものが用意してあってよかった。
- ・もっと実験をしてほしいと思う。試料はもう少し用意したほうがいいと思う。日本語の資料が欲しかった。
- ・犬が大好きだったからとっても楽しかった。
- ・参考になった。次回も参加したいと思う
- ・生徒も少人数で、先生も親切に教えてくれてよかった。
- ・興味がもてた
- ・テーマがなかなか決まらなかったから役に立った。
- ・今回、このイベントに参加してみているまでやったことのなかったことができたりしてたのしかったです。これからも今回のことを参考にして自由研究をやりたいと思います。
- ・今年、初めて自由研究を行いました。初めてだったけれど、意外と簡単に楽しかったです。
- ・普段あまり関わらず、調べ難いものでも、深く知ることが出来てよかった。
- ・とても役に立ちわかりやすく、レポート作成するにあたり、勉強になりました。ありがとうございました。
- ・とにかく楽しかった！！ものを作ったり、ホームページを作成したりするのが、特にたのしかった。
- ・とても楽しかった。自由研究がよくまとめられそう。ホームページは、けっこうむずかしかった。できたら、家でもつくりたい。

5. 成果と今後の展望

当日（2日間）の参加者数は42人、同伴保護者は25人と計画当初の予想をはるかに越える取り組みとなった。つくば市以外の中学校からの参加もあり参加者の所属中学校は17校に達した。ワークショップに参加した生徒たちは目を輝かせ、担当の技術職員の話聞き、熱心に自分たちのテーマに取り組んでいた。参加者に対して行ったアンケート調査でも概ね好評で来年の開催要望もたくさんあった。9月25、26日の両日、市民ホールつくばねで開かれた第48回児童生徒科学研究作品展（つくば市展）の中に“お助け隊”が関わった作品が6点展示されていました。またその中に市長賞と書かれた金紙が貼ってある作品が1点ありました。今回は準備期間が短く、初めてのことであり多少準備不足の面もあったが、この経験を生かして次回も開催していきたい。来年度は「夏休み自由研究お助け隊2005」実行委員会を早い時期に立ち上げ、テーマの検討や資料の準備に時間をかけて進め、内容の充実を図って行きたい。

6. 夏休み自由研究お助け隊2004実行委員会メンバーとご協力いただいた方々

今回の社会貢献プロジェクトは実行委員会メンバーをはじめとたくさんの方々のご協力をいただきました。ありがとうございました。また大学執行部、数理物質科学等支援室、関係各研究科のご協力にも厚くお礼申し上げます。

実行委員会メンバー

内田豊春^{A)} 寺西正明^{B)} 室井光裕^{C)} 伊藤伸一^{C)}
 中原繁男^{C)} 山内勝晴^{D)} 細谷智子^{D)} 小野雅晃^{D)}
 中山 勝^{D)} 林剛人丸^{B)} 須藤傳悦^{B)} 秋山佳代^{B)}
 小林浩三^{B)} 菅江則子^{B)} 矢部一徳^{B)} 大和良広^{A)}
 富田 雅^{E)} 神谷紀彦^{E)} 飯島英夫^{F)} 高瀬律子^{G)}

当日を含めいろいろご協力いただいた方々

佐藤潤一^{E)} 保谷 博^{C)} 西田憲正^{A)} 飯田郁雄^{C)}
 中島 孝^{D)} 飯高 稔^{D)} 神戸昌幸^{D)} 林 茂則^{C)}
 細田厚司^{C)} 吉原省治^{C)} 浦田顕久^{C)} 矢口敏輝^{C)}
 掛札孝子^{C)} 佐藤寛子^{C)} 高野沢とよみ^{C)}
 坂内京子^{C)} 小泉陽子^{C)} 水野夏海^{F)} 文随和美^{B)}
 近藤 裕^{A)} 平田久子^{C)} 古川理恵^{F)} 鈴木秀則^{D)}
 澤村博道^{D)} 山形朝義^{D)} 小島篤志^{D)} 白井礼子^{D)}
 柏木保人^{I)} 松内一雄^{H)}

- A) 研究基盤総合センター
- B) 人間総合科学等支援室
- C) 数理物質科学等支援室
- D) システム情報工学等支援室
- E) 計算科学研究センター
- F) 生命環境科学等支援室
- G) 学術情報メディアセンター
- H) システム情報工学研究科
- I) 組織・人事部環境安全管理室

夏休み自由研究お助け隊2004の詳細については下記のHPに掲載されています。

筑波大学技術職員 web site
<http://www.tech.tsukuba.ac.jp>

参考文献

- [1] 丸山繁、他。熊本大学工学部技術部中学生を対象とした夏休みの自由研究に関する技術相談会について平成15年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告集ポスターセッション
<http://www-eng.kek.jp/meeting/proceedings/html/gkp.htm>

ビームスリットのリモートコントロール ～ XPort, Web I/O の応用例 ～

大和良広¹

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

概要

筑波大学 研究基盤総合センター応用加速器部門 (旧 加速器センター) のタンデム加速器で加速されたイオンビームの太さを決定するビームスリットを遠隔制御するシステムを構築した。XPort, Web I/O を利用し PC によってコントロールするシステムである。スリットの位置情報をモニターしながら自由に設定条件を変えられるほか、設定条件を選択して全自動で設定できるようにした。XPort や Web I/O による LAN を用いた安価な遠隔制御の一例として報告する。

1. はじめに

タンデム加速器で加速されたイオンビームの太さを決定し、加速器のフィードバック制御にも重要なビーム分析電磁石用スリットが老朽化し精度を要求される実験に不都合なため、新しいスリットを購入し交換する事になった。これまでは分析電磁石室の現場で6枚のスリットを手動で設定していたが、交換を機にリモートコントロール化が望まれ今回のシステム構築を行うこととなった。今まで手動で変えるためにかかっていた時間と労力を軽減し高精度で効率の良い実験遂行が行える様、考慮して設計・製作を行った。

2. ビームスリット

タンデム加速器では加速された後、広がったイオンビームを細くかつ発散を制御したビームとするため図1の様に2カ所(赤丸で囲まれた部分)にスリットを設置している。図2の様な X/Y 矩形開口式の4枚スリット(Object Slit) と図3の様な Y 方向2枚スリット (Image Slit) が使用されている。これまで、加速器購入時に設置された手動式のスリットで実験テーマ毎に設定条件を変えたり、同じ実験中でも場合によっては何度もウォータードア (放射線遮蔽扉) の開閉をして現場で設定条件を変えなければならなかった。1回動かすために15分程度の時間を要し更に計測・制御室からかなり離れているため頻繁な設定変更は負担であった。

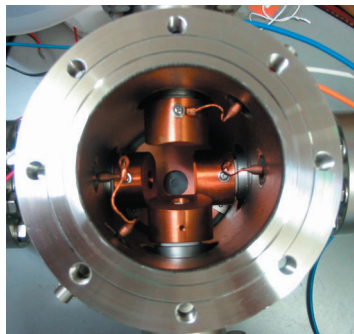


図2. Object Slit の内部写真

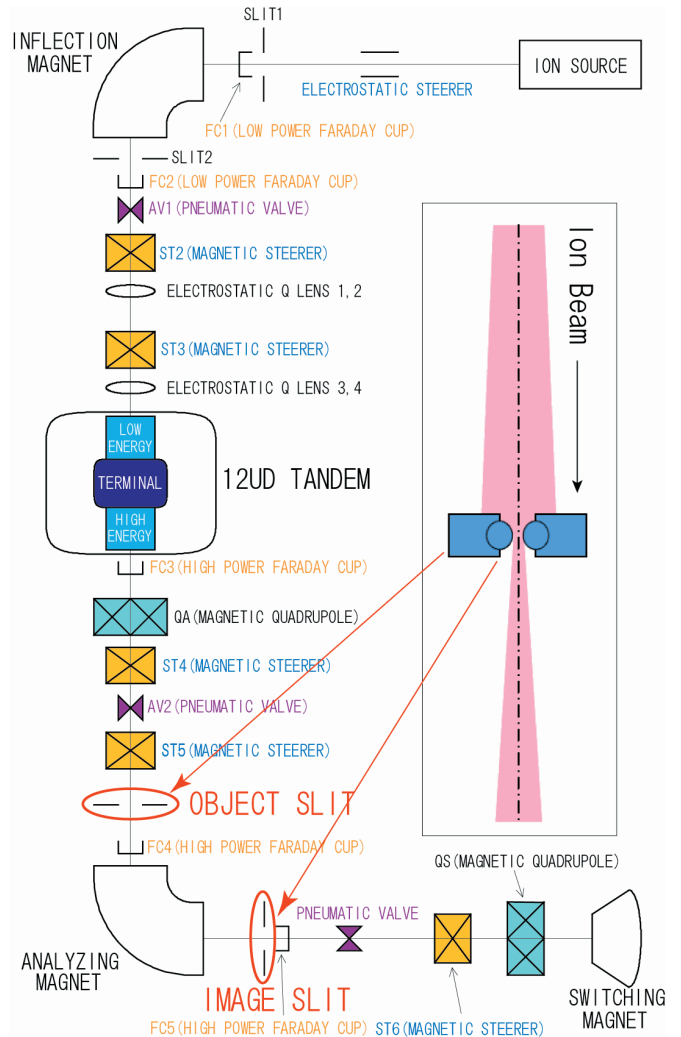


図1. ビームスリットの位置とサイズを絞るイメージ

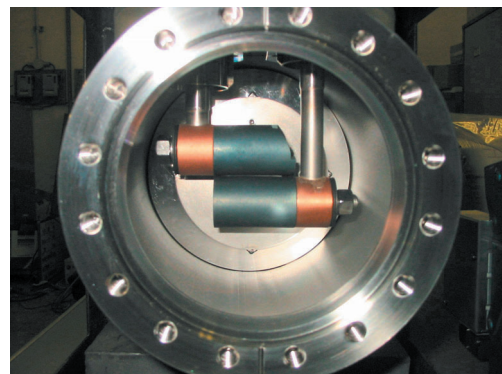


図3. Image Slit の内部写真

¹ E-mail: yamato@tac.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-6215

3. ビームスリット制御系

3.1 ハードウェア

今回のシステムでは、スリットの位置情報をミットヨ社ABSデジマチックインジケータ ID-C112²を用いて高精度（5 μ m程度の精度）に読み取る様に改造した。静電加速器で良く用いられるnec社³ハイパワースリットBDS6（図4）などでは標準で位置情報は駆動モーターに連動するポテンショメータ電圧のデジパネ表示と本体にインチ表示のダイヤルゲージが付いているのみである。これらは多芯ケーブルとAC115Vで遠隔制御する設計なので高精度化、省配線化、自動化のためにダイヤルゲージやモーター取り付け部分などの機械部分の改造も行った。

図5に機器の接続状態を示す。ID-C112のデジマチック出力は専用の4CHマルチプレクサ MUX-10FによりRS-232Cに変換され若松通商社 XPort miniユニット完成品によってイーサネットに変換される。これをPCでスリットの位置情報としてモニターしている。

スリットの位置制御は、「高精度が要求される実験」と「設定時間の高速さが要求される実験」の2つの要求を満たすためオリエンタルモーター社US206-401スピードコントロールモーターを用いた。

ステッピングモーターを用いなかったのは現場の回路系を単純にしたかったのと予算の都合である。モーターはオムロン社リレーターミナルG70D-VS0C16を介してLifetron⁴社Web I/O 16点リレー接点出力ユニットRO-16でイーサネットからPCで正転・逆転・停止制御する。

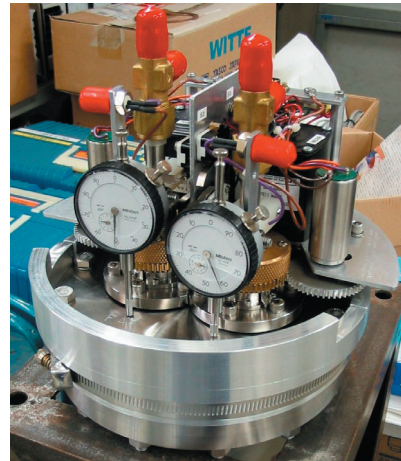


図4. 新品時の Image Slit BDS6 駆動部

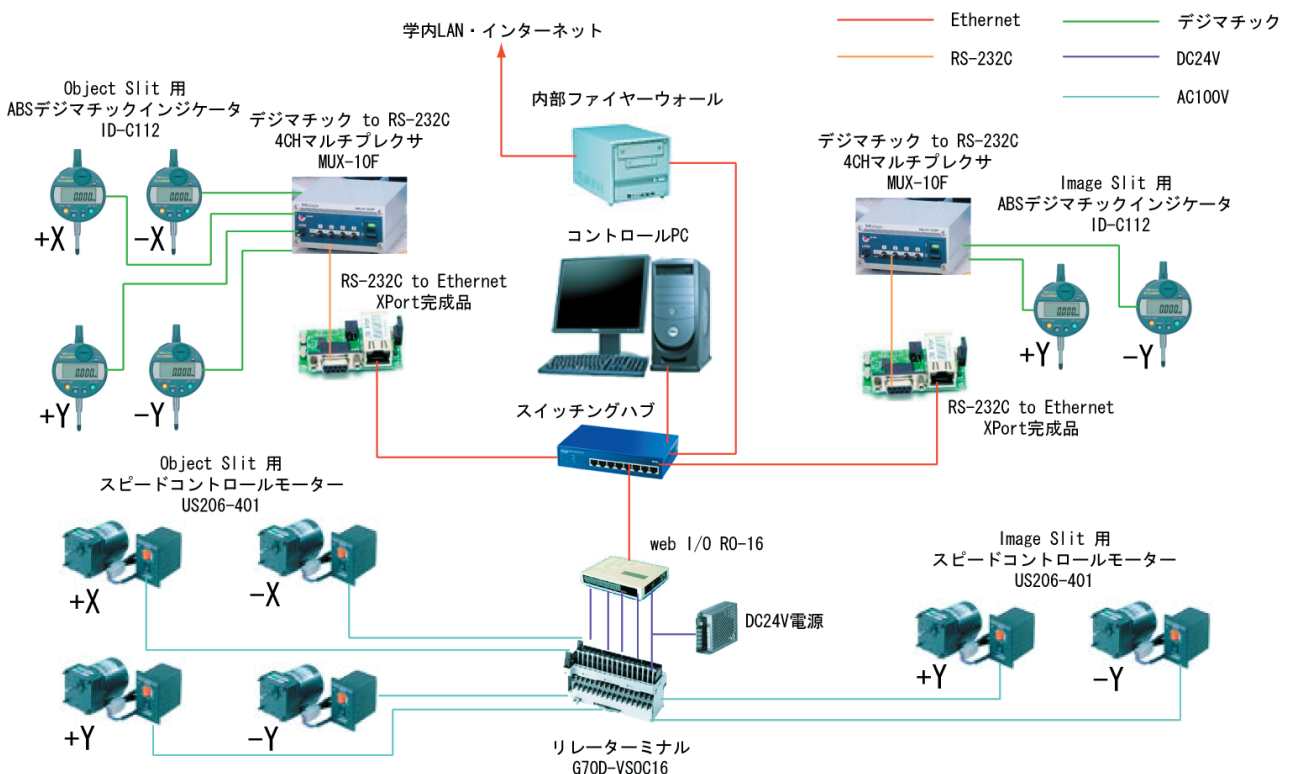


図5. ビームスリット制御系 機器接続図

² <http://www.mitutoyo.co.jp/>

³ <http://www.pelletron.com/>

⁴ <http://www.lifetron.jp/>

3.2 XPort⁵

米 Lantronix 社の製品で RJ-45 コネクタサイズに CPU、イーサチップ、RTOS、TCP/IP とその上位アプリケーション層までを実装した、親指大の大きさの超小型デバイスサーバである。TCP/IP 通信は一般的に多くの CPU リソースを必要とするが、XPort 自身で必要な通信能力を完結している点が優れている。このため安価なシリアルイーサネット変換の装置として様々な機器に組み込まれ応用されている。

RS-232C を通信手段とした計測機器や装置はまだまだ多数存在する。このデータを LAN に載せるための装置としては現状最小であり安価であることから、様々な現場で利用できると思われる。単純にパソコンの COM ポートと接続して使用するソフトウェアであれば Com Port Redirector⁶ を使用する事によって LAN を通して遠隔にある装置をすぐそばに RS-232C ケーブルでつないだ装置のように利用することも可能である。

オリジナルのソフトウェアの作成には、通常のソケット通信によるプログラミングが必要なのでやや敷居が高いが、Visual Basic、Visual C++、Java、Perl など開発言語や Windows、Mac、Linux などのプラットフォームを選ばない点では優れている。C++ で作成する場合はフリーライブラリソフトの JNetLib⁷ などを利用すると良いかもしれない。

ソフトウェア作成中のデバッグの方法は、図 6 の様に 1 台の PC のシリアルポートと LAN ポートの両方を使い TeraTermPro⁸ を 2 つ立ち上げ 1 つはシリアル COM1 ポートで接続、もう 1 つは XPort に設定した IP アドレスにポート 10001 で telnet 接続する。この状態でシリアル→LAN、LAN→シリアルの通信を 1 台の PC で確認できる。また、XPort 側（サーバ側）の代役として TCP/IP ソケット通信テスト用のフリーソフトウェア Pilot TCP⁹、TIDT (TCP/IP Debugger Tool)¹⁰ などが非常に役立った。

今回のシステムでは若松通商¹¹ で販売している XPort01 にシリアルポート、電源、ケースまでセットにした完成品 LANTRONIX Xport mini ユニット（図 7）を使用した。2005 年 1 月現在、初期タイプの XPort01 は販売中止予定になっておりシリアルを高速化した XPort03 に移行する。また、無線 LAN 用の WiPort も発売されている。

今回のシステム作成時に困ったのは、ID-C112 → MUX-10F → XPort の接続でマルチプレクサ MUX-10F の RS-232C 入出力を XPort を通すと通信速度 4800bps にまで落とさないと文字化けしてしまった事である。MUX-10F 単体で PC のシリアル I/F につなげば仕様最大速度の 19200bps でも問題なく通信できるため XPort 側の電圧不足を疑っているが詳しく調査していないので解決に至っていない。また、web コントロールが可能であるが port 80 固定な上パスワードの制限文字数が少ないのが難点である。ファイヤーウォールの内側に置き port 80 も遮断しないとセキュリティー上問題である。

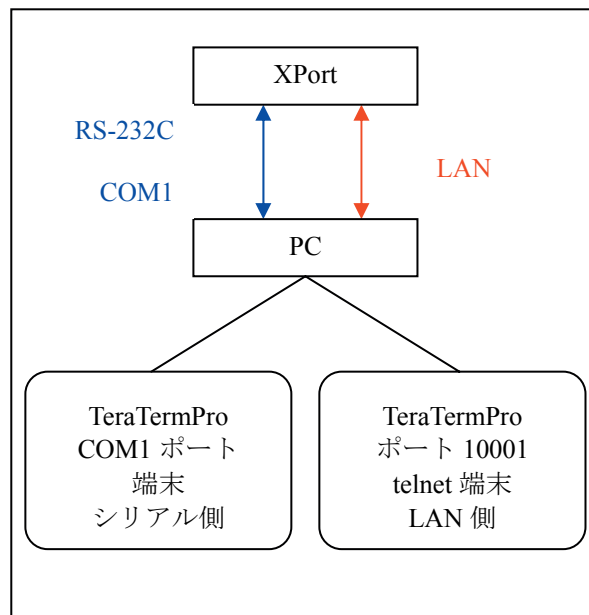


図 6. PC 1 台でシリアルーLAN 通信



図 7. LANTRONIX Xport mini ユニット (A4 印刷でほぼ実物大)

⁵ http://www.lantronix.com/lang/jp/products/ds_xport.shtml

⁶ <http://www.lantronix.com/device-networking/utilities-tools/com-port-redirector.html>

⁷ <http://www.nullsoft.com/free/jnetlib/>

⁸ <http://hp.vector.co.jp/authors/VA002416/>

⁹ <http://rd.vector.co.jp/soft/dl/win95/net/se178300.html>

¹⁰ <http://www.vector.co.jp/soft/win95/net/se296044.html>

¹¹ <http://www.wakamatsu.ne.jp/cgi-bin/shop/shop.cgi?class=4/1&keyword=LANTRONIX>

3.3 Web I/O

(株) ライフトロン社¹²の製品で、USB、イーサネット、無線LANの3種類のインタフェース(I/F)を利用したデジタル I/O、リレー接点出力、アナログ入力、アナログ出力、加減算カウンタなど様々な計測制御モジュールがある。計測制御対象が少数である場合手軽に利用できる。またGUIにこだわらなければ付属のデモソフト(図8)で大抵の操作は可能である。パソコンなしでWeb I/O間の信号伝送が可能なマスターI/O Seriesを使えば完全なプログラムレスも可能である。例えばマスターI/OにRO-16(E2)を使用し、スレーブI/OにDI-16(E2)を使用すると16系統のON/OFFスイッチと状態表示ランプの点灯/消灯といった用途に利用できる。LAN内であれば通信が届く限りどんなに離れていても2つのモジュールとLANケーブルだけで省配線信号伝送遠隔スイッチとして利用できる。

今回のシステムでは、図9のフォトモスリレーを用いた16点リレー接点出力モジュールRO-16を使用した。

今回使用したのは発売されて間もない頃購入したモジュールのためEthernet I/FがXPortであった。そのためXPort Firmwareのバグと思われる厄介なトラブルを経験した。XPortにはEmail Triggerという指定したシリアルトリガーでメール送信する機能があるがトリガー無し(None)に設定しても1,2回/秒で無意味なトリガーマッセージが0.0.0.0:25に向けて送信されてしまった。Lantronix社のXPort設定ソフト「DeviceInstaller 3.6」¹³やwebブラウザでの設定ではトリガー無しが反映されず、「telnet」のE-mail settingsでのみ設定が有効になった。

また、WebI/O付属の「WebIO インストーラ」では、IPアドレスの設定しか出来ないため「DeviceInstaller」でnetmask, gatewayを正確に設定する必要がある。gatewayがデフォルトの0.0.0.0のままで応用加速器部門内部ファイアーウォールの内側のスイッチングハブ(PLANEX COMMUNICATIONS Inc. FX-16N)に接続しているとスイッチングハブがフリーズ(ハングアップ)する事態(図10)が起こった。netmask, gatewayを正確に設定するとこの現象は治まったので安全のためXPortを使用する場合はこれらをきちんと設定しておく方が良い。

2004年5月出荷以降のWeb I/O製品は開発の融通の点からUbicom, Inc. IP2022を使用しているとの事なのでこのトラブルはなさそうである。

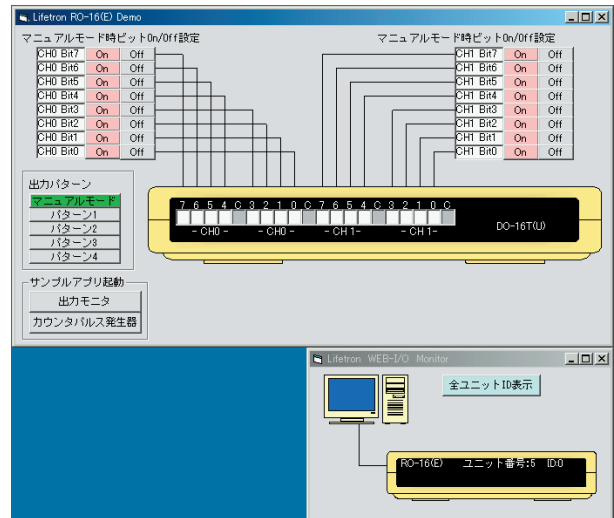


図8. Web I/O デモソフト画面例(RO-16)

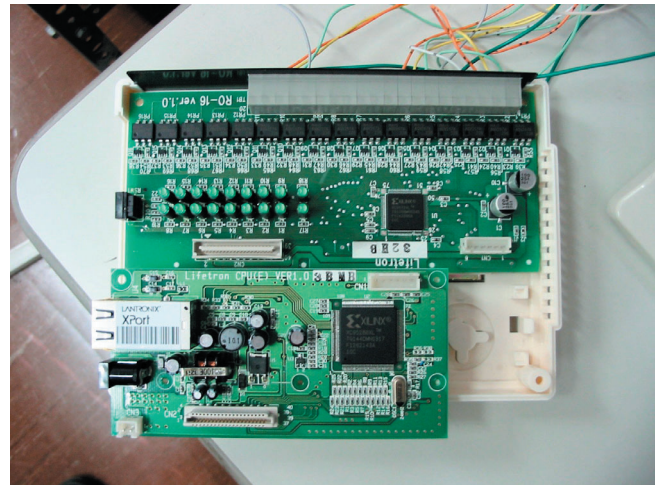


図9. パッケージ開放した RO-16 (旧 Ver.)

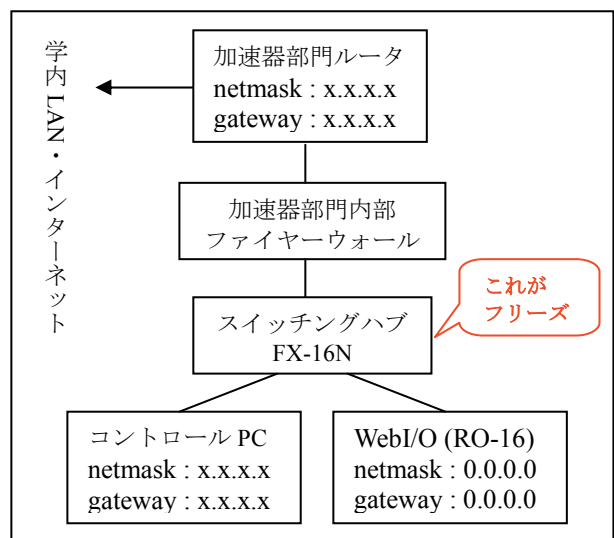


図10. スwitchングハブのフリーズ

¹² <http://www.lifetron.jp/>

¹³ <http://www.lantronix.com/device-networking/utilities-tools/>

4. 制御ソフトウェア

制御ソフトウェアはWindows2000 PCでVisual C++で作成した。実行形の最高速化とサイズのコンパクト化を目指すのが主な選択理由であるが筆者がVisual C++の操作に慣れてしまったため作りやすいという理由もある。

図11にコントロール画面を示す。スリットの位置情報をモニターしながら自由に [IN] [OUT] ボタンでスリットの設定条件を変えられるほか、エディットボックスに目標値を入れて個別に [自動設定] できる。また、あらかじめアサインされたスリット設定条件を「位置設定パネル」にあるラジオボタンで選択すると目標値が該当データに変わり個別に [自動設定] または [全自動設定] できるようにした。「位置設定パネル」のデータアサインを変更したい場合テキスト形式の設定ファイルを作り [設定ロード] により再アサインが可能になっている。

通常はスリットの位置確認を行うだけの事が多いのでソフトウェア立ち上げ時にはモニター画面 (図11左側) のみを表示し、実際にコントロールするWindowは「スリットコントロールパネル」メニューより別のダイアログボックス (図11右側) を開き設定後には閉じる様に設計した。

3.2 で述べた様にシリアル通信速度が 4800bps のため位置情報モニターのリフレッシュ時間が長めである。そのため、全自動設定時やマウスボタンによるスリット IN/OUT 操作時にモーター速度が速いと精度良く位置決めするのが難しかった。これを解決するためにスピードコントロールモーターによって高精度設定が必要なときは回転速度を 1/10 程度まで落として正確に位置決めを行える様に工夫した。

この他ユーザーがスリットの位置関係を忘れた場合に参考とするため「ヘルプ」メニューに写真による「位置説明図表示」機能 (図12) を設けた。



図11. ビームスリットコントロール画面

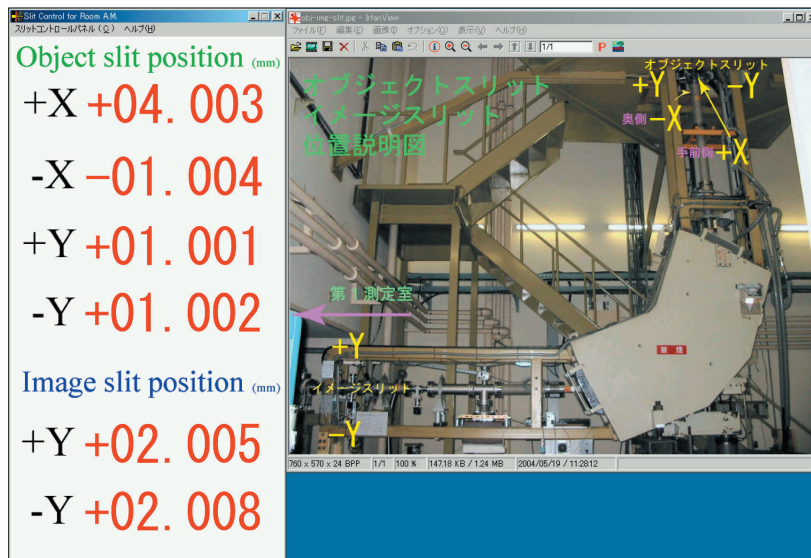


図12. スリット位置説明ヘルプ画面

5. 開発環境の問題

図13は筆者がソフトウェア開発を行っている環境の写真である。LAN環境やAC電源が整っていない上、スリット等の比較的大きくて重いハードウェアを開発環境の周りに多数並べなければならないのでかなり手狭であった。開発環境の整備は重要であるが部屋の自由度が低い上、日常業務に忙殺され、なかなか理想通りにはならない。実際にハードウェアを使用する場所（加速器の直近や分析電磁石室など）でのテスト・デバッグ・修正作業は更に劣悪な環境であり、今後、この辺の問題を考えていく必要がある。

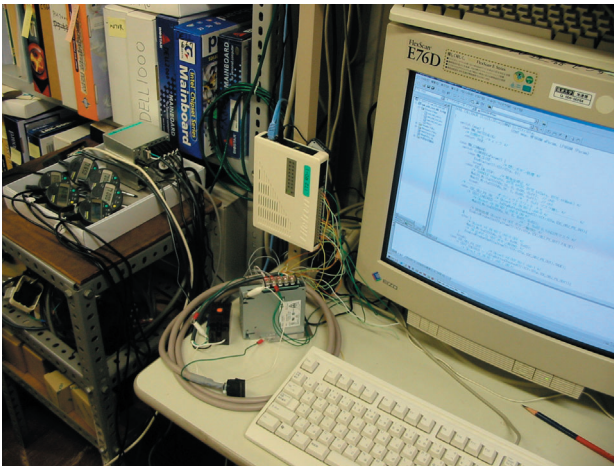


図13. ソフトウェア開発風景

6. まとめ

今までビーム条件を変更するために一々ビームを停止し、2階制御室からかなり離れた1階ビーム分析電磁石室まで行き、ウォータードア（放射線遮蔽扉）を開けて現場でスリット設定条件を手動で変えなければならないが、このため条件を変更して実験を再開するまで15分程度の時間を要し、多数回変更が必要な場合操作者の体力的負担も大であった。

このシステムにより、6枚のスリットを同時に実験条件に合った位置に1分以内に設定でき、時間と労力の軽減、高精度で効率の良い実験遂行に貢献することが期待できる。

最後に機械部分の改造・工作を引き受けてくださった研究基盤総合センター応用加速器部門技術専門職員の石井聡氏に感謝します。

参考文献

- [1] XPort 製品マニュアル：
<http://www.lantronix.com/support/documentation.html#embds>
- [2] 小野泰正, et al, シリアルイーサネット変換器 XPort の試用レポート<前編>, トランジスタ技術 2003年9月号, P1-9
- [3] 小野泰正, et al, シリアルイーサネット変換器 XPort の試用レポート<後編>, トランジスタ技術 2003年10月号, P10-19
- [4] 日新システムズ web site：
<http://www.co-nss.co.jp/download/download-top.html>
- [5] Web I/O 製品マニュアル：
<http://www.lifetron.jp/download.htm>

Web 登録システム「卒業研究テーマ申請受付」

澤村博道¹

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²）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

情報学類業務電子化の一環として、情報学類学務委員会では、平成14年度より卒業研究に関する業務を Web 登録システムで行っている。これらは「卒業研究テーマ申請受付」、「次年度卒研配属」、「卒業研究処理」の3つのシステムから構成される。

本発表では、筆者が作成した「卒業研究テーマ申請受付」システムについて、認証サーバアクセス方式による Web 登録の仕組み、受付ページのデータ登録・検索・更新の方法など、サンプルを示し解説する。また、今年度作り直した php スクリプト+データベース(MySQL)連携処理について、実際にシステムにアクセスし、デモを交えながら紹介する。

1. はじめに

Web 登録システムの第一ステップとして行われる「卒業研究テーマ申請受付」（3年次対象）は、教員から次年度担当予定の卒業研究テーマ申請を受付するシステムである。第二ステップの「次年度卒研配属」（3年次対象）とは、学生が「卒業研究テーマ申請受付」結果から、希望する研究テーマの登録、その志望状況の確認・変更、そして最終的な決定までを行うシステムである。そして、第三ステップの「卒業研究処理」（4年次対象）は、卒業論文データの登録、発表会プログラムの作成、pdfによる卒業論文の公開までを管理するシステムである。

第二・第三ステップの「次年度卒研配属」及び「卒業研究処理」システムは平成14年度に学務委員の先生が作成され運用されていたが、平成16年度から、これらの運用も担当することになった。

2. Web 登録システム

Web 登録システムは、情報学類計算機システムのアカウント(ID)を取得している情報学類生、情報学類教員、関連技術職員・事務職員のみがアクセスできる情報学類計算機システムの認証サーバ www3 を利用して行う。また、ID チェックは www3 へのアクセス時及び各登録システムアクセス時に行なわれ運用されている。なお、www3 は、SSL(Secure Socket Layer)サーバ証明書の認証を受けている。（図1）

SSLサーバ証明書は、webサーバプログラム Apache にモジュールとして組み込まれている SSL を利用することにより、認証局（電子的な身分証明書を発行する機関）からデジタル証明書（デジタル署名解析用の公開鍵が真正であることを証明するデータ）を発行してもらうことで、データの出所を確実にする

ことができ、データの改ざん、なりすましを防ぐことができる。

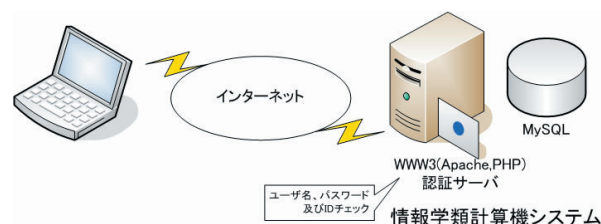


図1 Web 登録システム

2.1 認証サーバ

認証サーバ www3 にアクセスするには、web のブラウザから URL(https://www3.coins.tsukuba.ac.jp/...)を入力し、学類計算機にログインするための ID(ユーザー名)、パスワードを入力する。（図2）

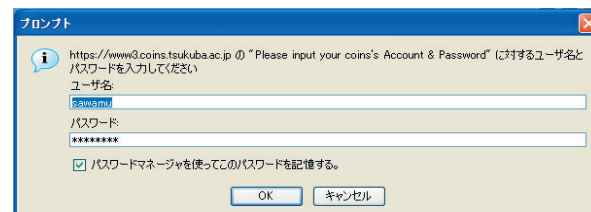


図2 認証プロンプト表示

2.2 受付システム概要

認証サーバ www3 へのアクセスが許可されると、「卒業研究テーマ申請受付ホーム」ページが表示される。受付処理（検索・登録・更新）の際には、ID チェック(idcheck)が行われ、教員のみ受付処理が可能となる。受付処理のデータはデータベースに連携し、読み込み・書き込みが行われる。

ただし、更新処理においては、その教員が本人かどうかの ID チェック(idcheck2)が行なわれ、本人以外にデータの更新・削除はできない。（図3）

この ID チェック処理は、入力された ID（ユーザー名）について名簿ファイル（許可 ID と申請者名の対応表）を参照し、該当する ID の場合に許可フラグを返すものである。

¹ E-mail: sawamu@sie.tsukuba.ac.jp

² http://www.sie.tsukuba.ac.jp/GIJYUTU/

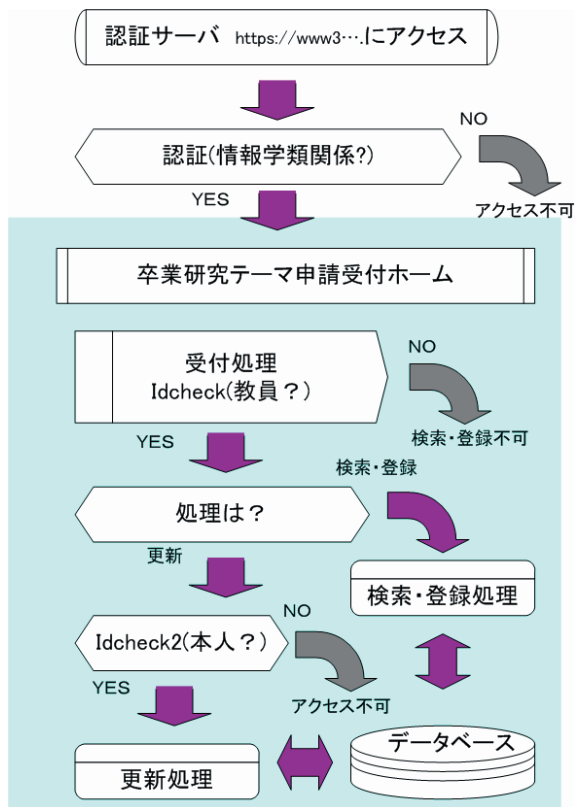


図3 受付システム概要

3. 受付処理

3.1 受付ホーム

テーマ申請受付ホームページから、**平成17年度卒業研究テーマ申請受付**をクリックして進む。(図4)



図4 受付ホーム表示

3.2 新規登録

処理選択表示画面から、**新規登録**を選びクリックする。(図5)

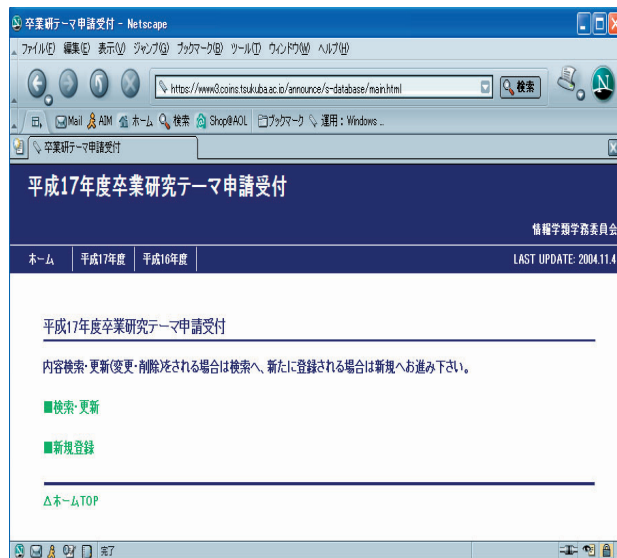


図5 処理選択表示

IDチェックが行われ、許可されたID(教員)に対して、登録フォームが表示される。フォームに従ってデータを入力し、申請者を選び、登録ボタンをクリックする。(図6)

この例では、**分野：ソフトウェア科学**
申請者：澤村博道

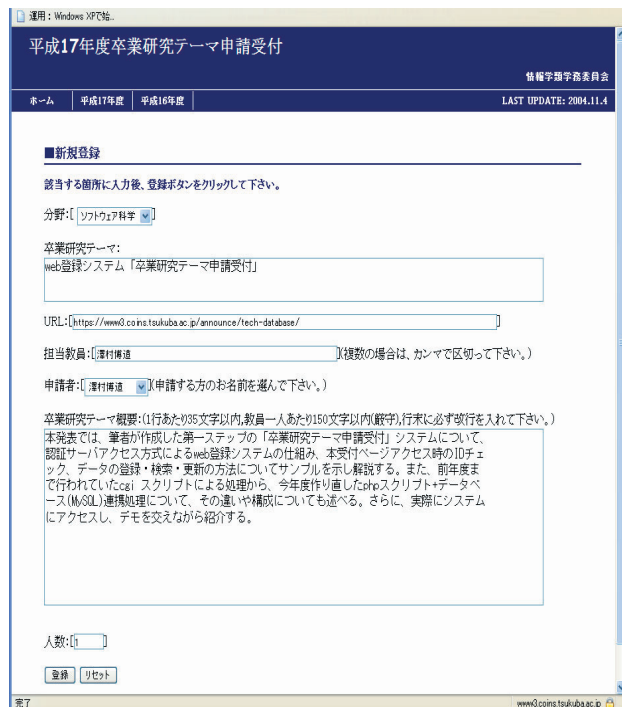


図6 新規登録表示

3.3 検索

登録が完了したら登録確認のため、処理選択表示の画面(図5)に戻り、**■検索・更新**を選びクリックする。検索・更新入力画面が表示されたら検索キーを入力し検索ボタンをクリックする。(図7)

この例では、**担当教員：澤村**と入力。

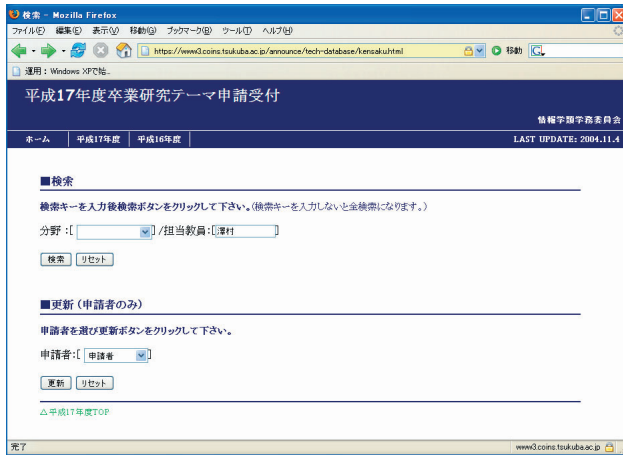


図7 検索・更新入力表示

検索結果が表示される。(図8)

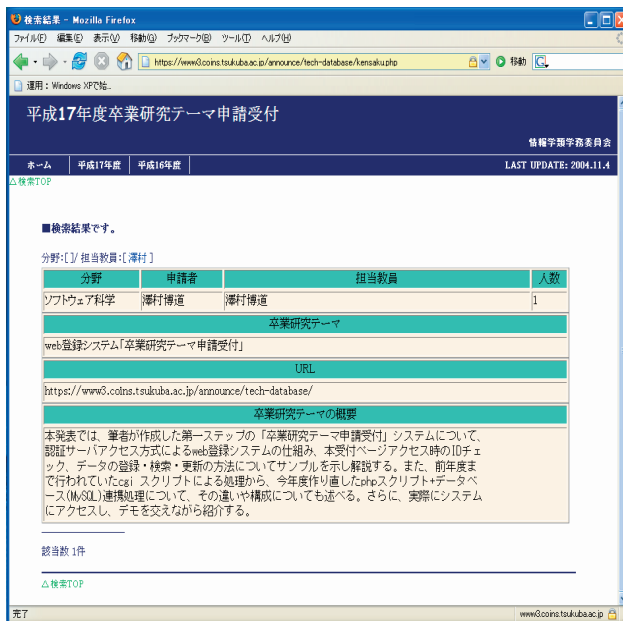


図8 検索結果表示

3.4 更新

検索の結果、登録内容に変更がある場合は、検索・更新入力画面(図7)に戻り、申請者を選び更新ボタンをクリックする。

更新入力画面が表示されたら登録内容の更新を行う。更新を行う場合は更新ボタン、削除を行う場合は削除ボタンを選びクリックする。(図9)

なお、ここでは、申請者本人しか更新ができないようIDチェック(idcheck2)を行っている。

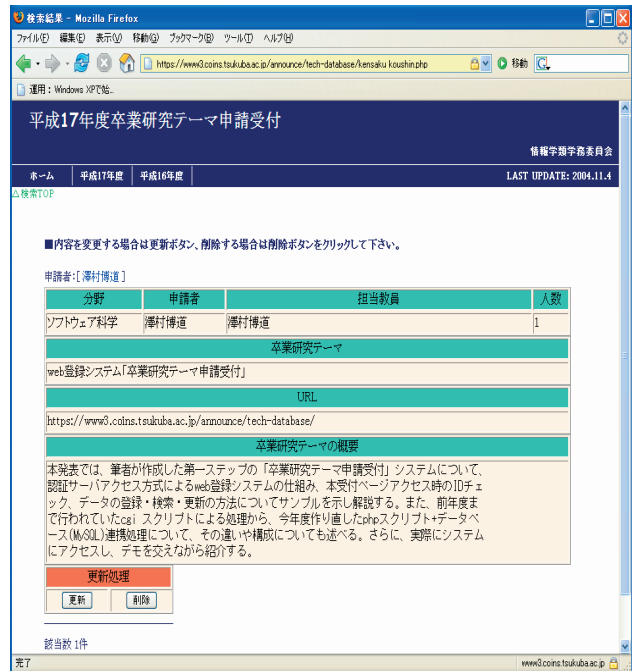


図9 更新入力の表示

4. データベース連携

使用するデータベース(DB)はMySQLであり、DBを操作する言語はPHP(PHP:Hypertext Preprocessor)である。PHPは、サーバ上で動作するHTMLへの埋め込み型スクリプト言語で、このようなMySQLとPHPによるシステム構成はLAMP(Linux + Apache + MySQL + PHP)と呼ばれ、近年、web+DBシステム構築に広く使われている。

以下、本システムでのDB連携の手順を示す。

4.1 DB(テーブル)の作成

DB名 student (既設の情報学類用DB)に新たにカラム名、データ型を指定しテーブル名 sotuken を作成後、テーブルへのアクセス許可を設定する。

4.1.1 定義

www3 上で mysql を起動し、以下のようなカラム名とデータ型を定義し sotuken テーブルを作成する。

```
mysql> create table sotuken(  
-> id int not null auto_increment,  
-> bunya varchar(20) not null,  
-> url varchar(120) not null,  
-> thema blob,  
-> tantou varchar(70) not null,  
-> gaiyo1 blob,  
-> ninzu varchar(10) not null,  
-> sname varchar(20) not null,  
-> number int not null,  
-> primary key(id)  
-> );
```

作成した sotuken テーブルの属性を図 10 に示す。

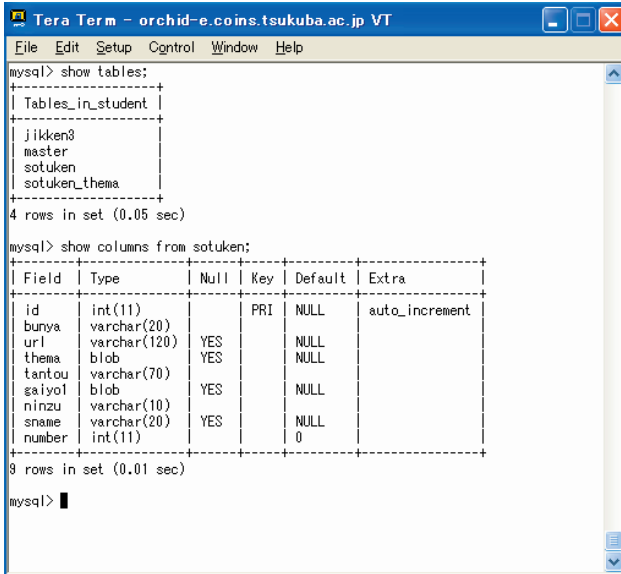


図 10 sotuken テーブルの属性

4.1.2 アクセス許可の設定

作成した sotuken テーブルに対してアクセス許可を設定する。

```
mysql>grant select,insert,delete,update on
-> student.sotuken to sawamu@localhost
-> identified by '****';
```

4.2 DB(テーブル)との接続

作成した DB(student.sotuken)テーブルにデータを受け渡す。以下はデータベースとの接続スクリプト(登録処理)の一部である。

```
<?
// DB に接続
if(!$con=mysql_connect("localhost","sawamu","****")){
}
    echo"接続失敗";
    exit;
}
// DB を選択
if(!mysql_select_db("student",$con)){
    echo"データベース選択失敗";
    exit;
}
// フォームで送られてきたデータで INSERT 文を作成
$sql= "insert into
sotuken(bunya,url,thema,tantou,gaiyo1,
        ninzu,sname,number)
values(¥"$bunya¥",¥"$url¥",
¥"$thema¥",¥"$tantou¥",¥"$gaiyo1¥",¥"$ninzu¥",
¥"$sname¥",¥"$number¥")";
// SQL を実行
if(!$res=mysql_query($sql)){
    echo "SQL 実行時エラー";
```

```
exit;
}
// DB から切断
mysql_close($con);
// メッセージ出力
echo "登録完了";
?>
```

4.3 データのファイル出力

卒業研究申請受付が終了し、最終データが確定したら、DB(student.sotuken)テーブルに格納されているデータを第二ステップ「次年度卒研配属」に引き渡すため、テキスト形式のファイルで出力する。フィールドの区切りはタブとし、出力ファイル名(ここでは 2005-SOTSUKEN-THEME.txt)を指定する。

```
mysql> use student;
mysql> select * from sotuken into outfile
->"2005-SOTSUKEN-THEME.txt" fields terminated
->by "\t";
```

5. 前システムとの違い

昨年度までは CGI/perl スクリプトによるシステムで行っていた。このシステムは、入力したデータを登録するだけで、登録したデータをリアルタイムに更新することができなかった。また、CGI という仕組みは、web サーバからの外部呼出しで独立して動くため、処理速度の高速化、サーバ負荷の低減、データベース化を図るには限界があった。今回の LAMP によるシステム構築で、これらの問題を大幅に解消できたと考える。また、本システムは、以前 PostgreSQL にて構築した情報学類用データベース³を MySQL で構築し直し、その DB にテーブルを追加する形で作成したが、PostgreSQL に比べ高速で扱いやすく、短時間で作ることができた。

6. おわりに

例年、卒業研究テーマは、テーマ名・概要・担当者に多少の変更はあるが、ほぼ同じような内容のテーマが多い。今回、これらのデータをデータベース化したことで、次年度の受付業務が容易にできると思われる。

謝辞

本システム作成にあたり、ご助言頂いた情報学類学務委員の亀山幸義先生、富安洋史先生に深く感謝致します。

参考文献

- [1] 「MySQL 徹底攻略ガイド」技術評論社
- [2] 「標準 MySQL」ソフトバンク
- [3] 「PHP4 徹底攻略改訂版」ソフトバンク
- [4] URL:http://www.php.gr.jp/ 日本 PHP ユーザ会
- [5] URL:http://www.mysql.gr.jp/ 日本 MySQL ユーザ会

3 http://www.tech.tsukuba.ac.jp/report/tsukuba-tech-report-no21.pdf 澤村博道:PostgreSQL によるデータベースの構築

機械工作を楽しもう (研究基盤総合センター工作部門の工作実習紹介)

内田豊春

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門
〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

本報告は、筑波大学研究基盤総合センター工作部門（国立大学法人化による改組以前は筑波大学工作センター）の機械工作室で開催されている全学の教職員と学生を対象にした、機械工作実習を紹介するものである。

紹介する内容は、機械工作実習の目的、課題の説明、実習の進め方、実習に対する今後の課題と展望を述べる。

1. はじめに

筑波大学研究基盤総合センター工作部門は、機械工作室とガラス工作室があり、教育研究用の実験機器・装置とそれらに付随する部品などの製作を主たる業務としている。

これと平行して工作部門では、物づくりの底辺を広げるといふ見地から、工作実習も非常に重要な業務と位置づけて、機械工作室では機械工作実習、ガラス工作室ではガラス工作実習をそれぞれ開催している。

今回は機械工作室で開催されている機械工作実習の内容について報告する。（以下、ことわりがなければ機械工作実習を実習とする）

2. 機械工作実習の目的と沿革

2.1 目的

機械工作室は、工作部門の技術職員が専門的に使用する工作機械の外に、工作部門以外の教職員と学生が利用可能な工作機械を公開工作室に設置している。公開工作室を図1に示す。

公開工作室を利用するためには、初めに公開工作室利用資格を取得するための講習を受ける必要がある。講習は、工作機械を取り扱う上での安全に関する講義と、実習（実技講習）の二つから構成されている。受講資格は、学内の教職員と学生。なお学生については、研究室に所属する学群の4年生以上としている。

実習は受講者のほとんどが初心者なので、実習を通して実際の安全を学び、機械加工の楽しさ、難しさを体験して貰うことを大きな目的としている。

2.2 沿革

工作部門では、1978年（昭和53年）の開所以来、公開工作室利用資格認定をする目的で実習を行ってきた。

開所から十数年間、実習は、公開工作室利用資格認定をするためだけに重点が置かれていたが、その後の社会情勢等の変化に伴い、物づくりと物づくり教育の必要性重要性が改めて認識されるようになり、学内各方面からも物づくり教育への期待が工作部門へ寄せられた。この要求に応えるべく、実習の目的も物づくり教育という積極的な考えに立ち、物作りの楽しさ面白さ難しさを伝える実習へとその重点を移し現在に至っている。



図1 公開工作室

3. 公開工作室の概要と設備

3.1 概要

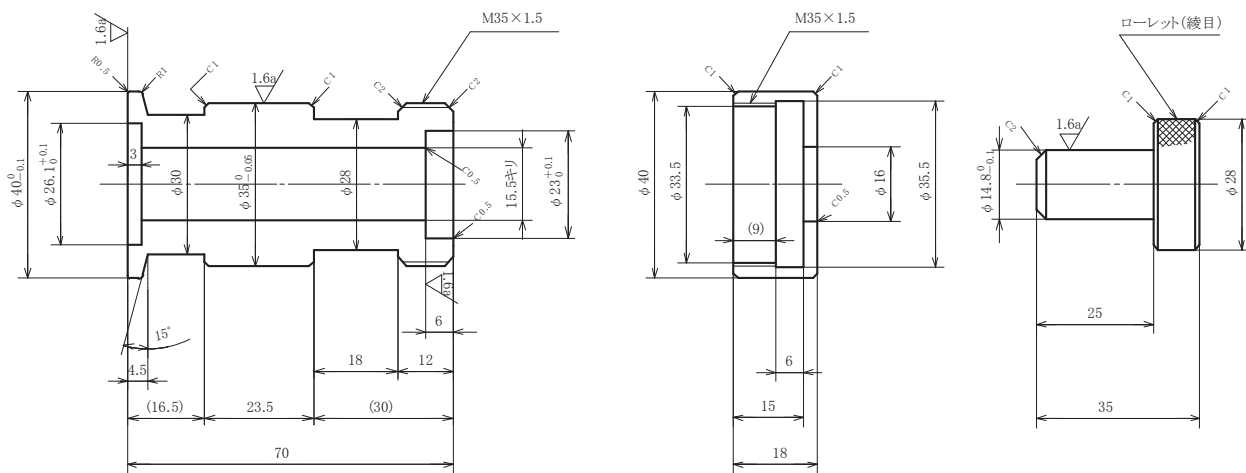
公開工作室は機械工作室の一角にあり、間口約3.8m奥行き約5.6mの狭い空間に工作機械等を設置している。図1の様に、向かって右側に旋盤、左側にフライス盤、ボール盤、奥の壁際に両頭グラインダー、中央に作業台、工具収納キャビネットを配置している。

3.2 設備

設置している主な設備と測定具を次に示す

- ・小型精密旋盤（センター間距離 550mm） 2台
- ・0番立型フライス盤 2台
- ・0番横型フライス盤 1台
- ・両頭グラインダー 2台
- ・ボール盤（最大把持径 13mm） 1台
- ・機械仕上げ定盤（400mm×500mm） 1台
- ・マイクロメータ（0～25） 2
- ・マイクロメータ（25～50） 2
- ・ノギス（150mm） 2

6.3a / (1.6a / (▽))



指定無き角は糸面取り(C0.2)

(1)本体胴部

(2)袋ナット

(3)プラグ

図2 KF25フランジ付き15mmゲージポート

4. 実習課題

実習は、旋盤による真空部品（KF25 フランジ付き15mm ゲージポート）の製作を課題にしている。製作する真空部品を図2に示す。真空部品は、(1)本体胴部、(2)袋ナット、(3)プラグ、図面には描いていないがOリング押さえの4点から構成されている。

4.1 形状の検討

次に、上記の課題形状を決めるに当たり検討した主な事項を上げる。

- ・ 特殊な材種、特殊な形状の切削工具は使用しない。
 - ・ 完成すると実際に使える現実的な物を作る。
 - ・ 素材は切削性の良好な快削黄銅を使用する。
 - ・ 各種の加工方法が経験できること。
- 以上のことを踏まえ図2の形状を決定した。

4.2 旋盤と切削工具

実習課題製作に使用している旋盤（図3）と切削工具（図4）の形状と材種を併せ記す。

旋盤

- ・ テクノワシノ製小型精密旋盤 LR-55A

切削工具

図4左から順に

- ・ 片刃バイト：ハイス完成バイト
- ・ 剣バイト：ハイス完成バイト
- ・ 斜剣バイト：ハイス完成バイト
- ・ 中グリバイト：ハイス付け刃バイト
- ・ 外径ねじ切りバイト：ハイス付け刃バイト
- ・ 内径ねじ切りバイト：ハイス付け刃バイト
- ・ 溝入れバイト：超硬付け刃バイト



図3 小型精密旋盤



図4 切削工具（バイト）

4.3 習得する加工方法

真空部品の製作で習得する加工方法と、加工に対応する切削工具を示す。4.2 で紹介した切削工具以外に、15.5mm モールステーパシャンクドリルとローレット具を製作には使う。

(1) 胴部本体部

- ・旋盤によるドリル穴明け加工 (15.5mm ドリル)
- ・外径加工 (片刃バイト)
- ・外径溝入れ加工 (溝入れバイト)
- ・内径加工 (中グリバイト)
- ・外径仕上げ加工 (片刃バイト)
- ・テーパ加工 (斜剣バイト)
- ・外径ねじ切り加工 (外径ねじ切りバイト)
- ・外径突っ切り加工 (溝入れバイト)

(2) 袋ナット部

この部分は、内径、内径溝が既に所定の寸法で加工され、外径に単目ローレットが施されている半完成品を支給している。

- ・内径ねじ切り加工 (内径ねじ切りバイト)

(3) プラグ部

- ・外径ローレット加工 (綾目ローレット)

5. 実習の流れ

実習は、1名に1台の旋盤を割り当て、原則的に2名1組で行っている。作業時間は1日平均5~6時間、2日間をかけ真空部品を完成させている。

5.1 安全に関して

安全は、実習にとって一番重要である。

実習を始める前には、必ず安全についての注意を促し、その重要性を説明する。

実習中も危険が予想されるような場面では、その都度、危険な状態、危険になる状態を必ず説明する。

そのほか、服装、整理整頓、作業中の態度、保護具・安全具の着用を説明する。

5.2 始業点検等

(1) 最初に旋盤の始業点検を行う。

所定の注油箇所に注油しながら、旋盤各部の名称、動き、働き、操作法を説明。

(2) 旋盤主軸を低速回転で始動させ暖機運転 (アイドリング) を行う。

(3) 暖機運転中に、製作する課題の説明、製作に関する注意点等を伝える。

(4) その後、製作図面 (図2) を渡し製作手順の説明を行い、真空部品の製作に入る。

5.3 真空部品の製作

真空部品の製作は次の手順で行っている。

(1) 本体胴部

直径42mm 黄銅丸棒を加工。

(2) プラグ部の加工

直径28mm 黄銅丸棒を加工

(3) 袋ナットの加工

半完成している直径40mm 黄銅材より加工。

最初は簡単な加工から次第に高度な加工になるように手順を考慮している。

5.4 機械の清掃

加工が完了したら作業台の上を整理、次に使用した旋盤の掃除と周辺の掃除に入る。

機械加工では、掃除も機械加工の一部であり、重要な作業である。実際に掃除の手本を見せ、掃除をしっかりと指導している。

5.5 実習の終了

Oリング押さえ、Oリング (V-15) を支給し、各部品を洗浄組み立てして真空部品が完成する。

最後に講評と意見交換を行い、実習を終了する。

実習の様子を図5に、加工が完了した真空部品を図6に示す。



図5 実習の様子



図6 加工が完了した真空部品

6. 受講者の感想

受講者との意見交換で聞いた実習の感想は、

- ・「初めての機械工作なのに、こんな立派な作品が出来るとは思ってもいなかった。」
- ・「作る面白さが味わえてとても楽しかった。」
- ・「機械工作の難しさがわかった。機械図面の見方もわかり、工作依頼図面を描く上でも役に立つ有意義な実習だった。」

以上のように実習は、おおむね好評である。

7. 今後の課題と展望

7.1 今後の課題

受講者の意見でも述べたように、実習はおおむね好評で機械加工に対する理解を深めていただいていると思っている。

しかしながら、短い実習時間の中で色々な作業を詰め込み、お仕着せの実習課題を一方的に指導する今の実習形態をとらずに、受講者自身が自分の研究実験に必要な装置や部品を実習課題にした実習を、今後検討する必要がある。

これと同じような意見が、公開工作室を利用している多くの受講修了者からも出ている。

意見を集約すると、今の実習形態は初心者コースとして残しておき、今より高度な加工が習得できる上級者・経験者コースの設置を望んでいる。

7.2 展望

受講修了者の意見を踏まえ、今後の実習を考えてみた。

将来的には初心者コースと上級者・経験者コースを設け、実習はこの2本立てで行う。上級者・経験者コースは、旋盤作業、フライス作業、溶接作業等を含んだ総合的な実習とする。

特に上級者・経験者コースでは、実際に使う実験装置をCADで設計する。この場合、3DCADが設計には有効である。設計した部品は機械加工が可能か、加工した部品は組み立てが可能かをCADで検証しながら、装置を完成させる実習形態を是非実現すべきである。

8. その他

受講者のほとんどが初心者である。意見交換でも機械工作は、何となくとっつきにくい、難しい、おっかない等々の先入観と思いこみを持っている人が多い。

これらの不安を取り除くため実習の最初に「安全第一、失敗しても構いません。機械工作を楽しんでしましましょう！」の一句を必ず言い、気持ちをリラックスさせ実習に臨ませている。

実習マニュアル等は今現在作成していないが、「KF25 フランジ付きφ15 ゲージポート製作手順の概略」と題した資料を渡し、課題製作中の補助としている。

謝辞

実習を円滑に進められるのは、ひとえに工作部門の皆様の協力のたまもであります。ここに感謝の意を表します。

フローサイトメトリーによる不安定ヘモグロビン (Hb Köln) のスクリーニング検査法

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

概要

ヘモグロビン (Hemoglobin ; Hb) Köln 症の異常赤血球の測定を、フローサイトメトリー (flow cytometry ; FCM) による緑黄色蛍光検出で試みた。新鮮赤血球、溶血後の赤血球膜分画、アセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の赤血球の3試料を用いて健常人と比較し検討した。

Hb Köln 症の新鮮赤血球では、FCM 測定において健常人では認められない高い蛍光を認め、蛍光顕微鏡による観察では、赤血球封入体の Heinz 小体が特に強い蛍光を発していた。また、Heinz 小体は、溶血後の赤血球膜分画にも検出できた。アセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の FCM による測定では、より高い蛍光の異常赤血球の割合が増加していた。

これらのことにより、Hb Köln 赤血球は、Hb 変性に伴い高い蛍光を有し、特に Heinz 小体を有する赤血球はより高い蛍光の異常赤血球に相当すると示唆された。

この FCM 測定は、Hb Köln 症等による赤血球内の脱ヘムに起因した Hb 変性の状態をとらえる事が可能であると考えられ、赤血球の蛍光量および高蛍光活性の Heinz 小体封入体の検索は、不安定性 Hb 症のスクリーニング検査の1つになり得ると思われた。また、不安定性 Hb 症の病態を知る検査として有用と推察された。

1. はじめに

ヒト赤血球の Hb は、一対の α 鎖と一対の非 α 鎖の4量体からなり、それぞれに酸素結合に重要なヘムとグロビン鎖が結合するヘムポケットの構造を伴っている。各ヘムは、4つのピロール環の中央に1つの鉄原子が結合している構造を持ち、このヘムポケットの構造は酸素結合能だけでなく Hb の立体構造の安定性にも重要な役割を果たしている^[1]。

赤血球に含まれる Hb には、Hb A、Hb A₂、Hb F 等があり、健常成人 Hb の主な Hb A (約 96%) は $\alpha_2\beta_2$ からなる。Hb Köln 症は、この β 鎖 98 番目のアミノ酸がバリンからメチオニンに置換した不安定 Hb 症の一つである。このグロビン鎖のアミノ酸の配列異常により、酸素親和性の増加や Hb の不安定性によるサブユニット解離の促進およびヘム喪失傾向などを生じる特徴がある。そのため赤血球中では Hb の変性が起こり不溶性となり析出、沈殿、集合し Heinz 小体が形成される^[2]。そのため Heinz 小体を

有する赤血球の検索は、不安定性 Hb 症の診断にとって重要な意味を持つ。

一般に異常 Hb は、等電点電気泳動や高速液体クロマトグラフィーの Hb 分画の異常から発見されることが多いが、近年はグリコヘモグロビン分析の時に HbA_{1c} 測定値の異常やパターンの変化から検出されることが少なくない。また、不安定 Hb 測定のスクリーニング検査として、イソプロパノール試験や熱変性試験などが有用とされ^[2]、グロビン鎖のアミノ酸分析や遺伝子解析を行って不安定 Hb 症が確定診断される。

今回の Hb Köln 赤血球は、ヘム喪失に起因して分解産物である fluorescent yellow pigment (FYP) が赤血球に蓄積することが報告されている。FYP は緑色蛍光を示し、ジピロールに一致した波長を示すと言われている^[3]。この Hb Köln の異常な蛍光赤血球を FCM による方法で検出できるかどうか試み、健常人赤血球とこの Hb Köln 赤血球の蛍光量を比較し、FCM による測定法が不安定性 Hb (Hb Köln) 症の病態検索のスクリーニング検査の1つになり得るかどうか検討した。

2. 測定方法

2.1 測定検体 および測定機器

EDTA 採血の健常人および Hb Köln 症 (脾摘出術施行) の末梢血液を用いた。

FCM の測定は FACSsort (Becton Dickinson) を用い、赤血球の蛍光はアルゴンレーザー (488nm) , FL1 検出器 (530±15nm) で測定し、CELLQuest で解析した。

また、蛍光顕微鏡の観察は、BX61 蛍光顕微鏡 (Olympus) で行い U-MNIBA2 フィルター (EX480±10 nm , EM530±20nm) を用いて 400 倍で観察し、CoolSNAP カメラで取り込み Meta View で解析をした。

2.2 新鮮赤血球の FCM による測定

末梢血液 10 μ l に PBS 4ml を加え混和し、1000 rpm、5 分間遠心し、赤血球を PBS に再浮遊した。

FCM の測定は、血小板を内部陰性コントロールとして赤血球の蛍光量を比較した。また未染色赤血球浮遊標本を作製し蛍光顕微鏡による観察を行った。

2.3 溶血後の赤血球膜分画測定

末梢血液に PBS を加え混和し遠心する。この洗浄操作を 3 回する。洗浄血球の 3 倍量の蒸留水を加えて 5 分間激しく混和し、16000rpm、30 分間遠心する。上清は溶血液として利用し、沈査に蒸留水と PBS を加え 1 回ずつ遠心洗浄する。これに PBS を加えて再浮遊させ赤血球膜分画とした。これを FCM による測定と蛍光顕微鏡による観察を行った。

2.4 アセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の赤血球測定

末梢血液 100 μ l にアセチルフェニルヒドラジン溶液 (0.1%アセチルフェニルヒドラジン、0.2%グルコース、0.066M リン酸緩衝液 PH7.6) 2ml を加え、数回吸い上げて空気にさらし、37°C で反応させた。途中 2 時間目で数回吸い上げて空気にさらし、4 時間反応させ^[4]、反応後の検体を FCM による測定と蛍光顕微鏡による観察をした。

3. 測定結果

3.1 新鮮赤血球の FCS による測定

健常人および Hb Köln 症の新鮮赤血球を FCM で測定し、血小板を内部陰性コントロールとして比較し

た。Hb Köln 症の血小板の平均蛍光値は 1.7 で、健常人血小板の平均蛍光値 1.7 と同じ値であったが、Hb Köln 症の赤血球平均蛍光値は 114.9 であり、健常人赤血球の平均蛍光値 2.8 に比べ高値であった。また、Hb Köln 赤血球の蛍光量は、分布範囲が広いパターンであった (図 1)。

蛍光顕微鏡の観察では、Hb Köln 症において特に類円形状の Heinz 小体に一致して強い緑色蛍光を発する赤血球が観察されたが (図 2)、健常人赤血球では蛍光は認められず、蛍光を発する封入体も認められなかった。

3.2 溶血後の赤血球膜分画測定

健常人に比べて Hb Köln 症では、多量の赤血球膜分画の沈殿を認め、健常人分画は赤色を呈しているのに対し白色を呈していた。

健常人の FCM による測定では、前方散乱光 (forward scatter ; FSC) と側方散乱光 (side scatter ; SSC) の解析で、赤血球より小さなサイズの赤血球膜分画が認められたが、その蛍光は認められなかった。Hb Köln 症では、FSC と SSC の解析において健常人赤血球膜分画と同じ様なサイズとそれよりもやや大きいサイズの分布が認められた。健常人赤血球膜分画と同じ様なサイズの解析では、高蛍光は認められなかったが、それよりもやや大きいサイズの範囲 (R1) では、高い蛍光を示した (図 3)。

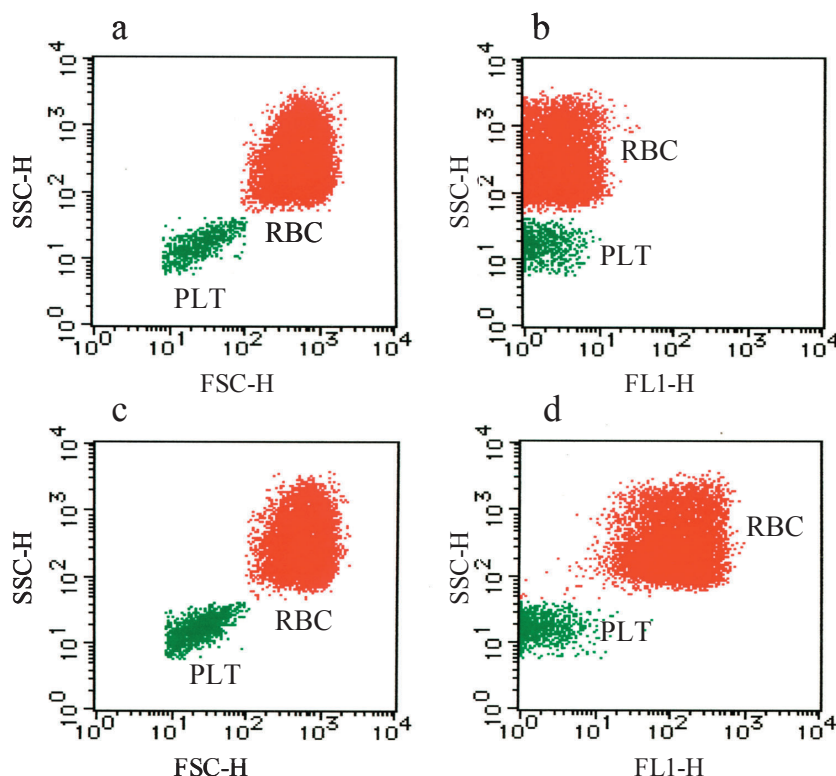


図 1. 健常人および Hb Köln 症の PBS 浮遊未染色血球のフローサイトメトリーによる解析図。

健常人 (a,b), Hb Köln 症 (c,d). 健常人赤血球は、血小板と同様に蛍光は認められないが、Hb Köln 赤血球は FL1 検出 (530 \pm 15nm) で自然蛍光を認めた。

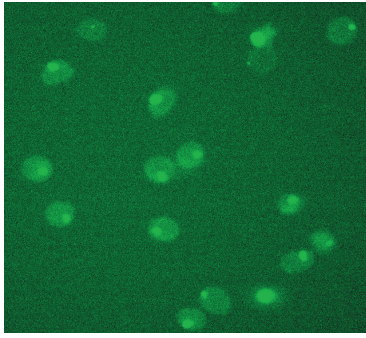


図2. 蛍光顕微鏡による Hb Köln 症の PBS 浮遊未染色赤血球.

赤血球内封入体の Heinz 小体に一致してより高い緑色蛍光が観察された。

また、蛍光顕微鏡の観察では、健常人では蛍光は認められなかったが、Hb Köln 症では赤血球の膜に付着した高い蛍光を発する Heinz 小体が多数観察された。

3.3 アセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の赤血球測定

FCM による新鮮赤血球とアセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の赤血球の蛍光を比較した (図4)。健常人のアセチルフェニルヒドラジン反応による赤血球の平均蛍光量は 1.8 から 28.8 と新鮮赤血球よりもやや高い蛍光を示した。Hb Köln 症では、87.4 から 137.1 へと赤血球の蛍光活性がさらに増加した。

健常人の新鮮赤血球の蛍光範囲を R1、アセチルフェニルヒドラジン反応後の健常人の蛍光範囲を R2、それ以上の蛍光量を R3 として解析を行った (図4)。Hb Köln 症の新鮮赤血球では、R1=1%、R2=48%、R3=51%となり、健常人のアセチルフェニルヒドラジン反応後と同等の蛍光を放つ赤血球およびそれ以上の蛍光量の赤血球が増加していた。アセチルフェニ

ルヒドラジン反応後の Hb Köln 赤血球では、R1=0.1%、R2=31%、R3=69%となり、低い蛍光を放つ赤血球 (R2) の割合は減少し、高い蛍光活性の赤血球 (R3) の割合が多くなった。

蛍光顕微鏡の観察では、反応後の健常人赤血球は標本全体にやや弱い蛍光が認められる程度で、肉眼的観察では新鮮赤血球との蛍光量の差との鑑別は困難であった。一方、反応後の Hb Köln 赤血球では、赤血球全体に弱く蛍光を帯びているのが観察され、Heinz 小体は高蛍光活性を示して観察された。

4. 考察

FCM による測定は、多数の血球を短時間に計測でき、比較的簡単に蛍光値を比較検討できる利点がある。赤血球内の Hb の変性状態をとらえることは、不安定性 Hb 症の病態を知るうえで重要である。

Hb 変性の最終生成体の Heinz 小体は、脾臓でとられられ処理されるために末梢血中にはあまり認められないことが多いが、今回は、脾臓の摘出術を行っている為 Heinz 小体有する赤血球が末梢血液中に数多く流れていた。従来の超生体染色による Heinz 小体の測定は、今回は Heinz 小体を有する赤血球が数多く認められるため鑑別が容易にもかかわらず、Heinz 小体の他に網赤血球、Howell-Jolly 小体、Pappenheimer 小体なども染色されるために識別が困難であった (データ示さず)。

しかし FCM による測定は、比較的簡単に赤血球の測定が可能であり、Hb Köln 赤血球では、健常人では認められない高い蛍光が検出され、赤血球膜分画では Heinz 小体が高い蛍光活性に測定されることが確認された。アセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の FCM による測定では、より高い蛍光の異常赤血球の割合が増加し、また平均蛍光量が高値に推移した。これらにより FCM による測定は、アセチルフェニルヒドラジンによる Hb 変性に伴い、赤血球内の分解産物が蓄積された状態をとらえていると推察することができた。この FCM による緑黄色蛍光を測定することは、不安定性 Hb 症の病態を知

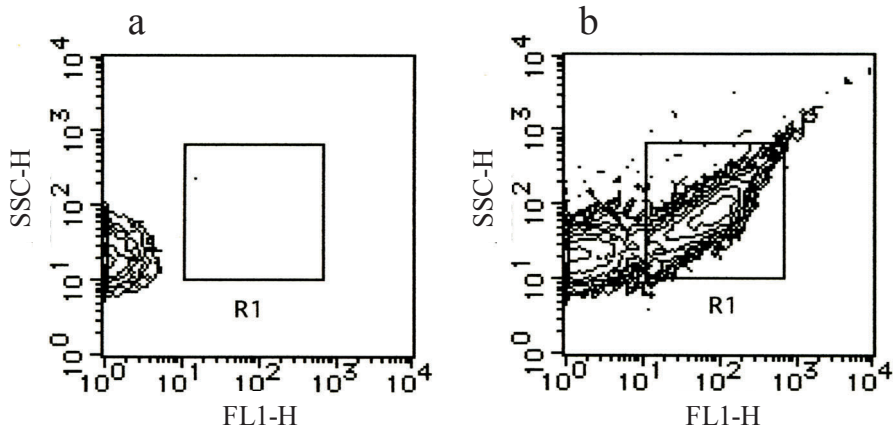


図3. 健常人および Hb Köln 症における溶血後の赤血球膜分画のフローサイトメトリーによる解析図.

健常人 (a), Hb Köln 症 (b). 健常人では R1 ゲートに蛍光は認められないが、Hb Köln 症では R1 ゲートに蛍光を発する Heinz 小体が認められる。

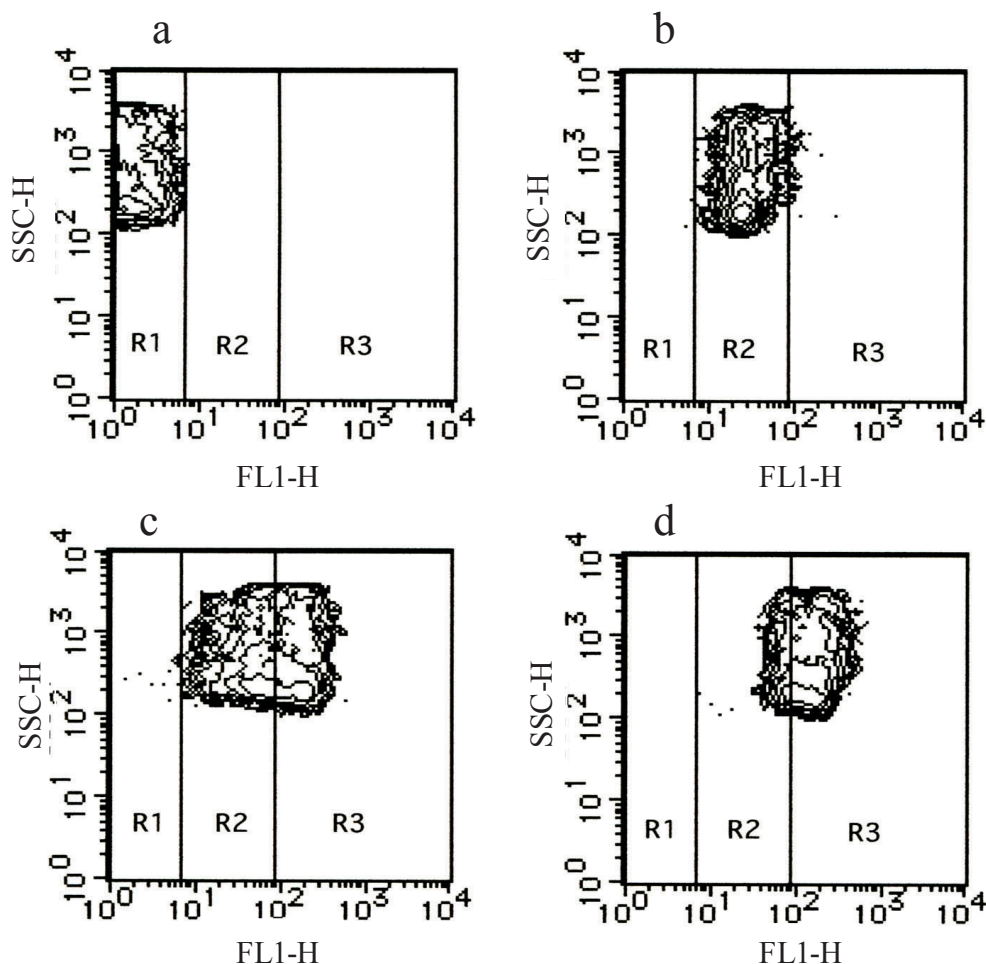


図4. 新鮮赤血球とアセチルフェニルヒドラジンによる Heinz 小体生成試験後の健常人および Hb Köln 赤血球におけるフローサイトメトリー測定による比較.

健常人新鮮赤血球 (a) の蛍光範囲を R1 とし、アセチルフェニルヒドラジン反応後の健常人赤血球 (b) の蛍光範囲を R2 とし、それ以上の蛍光範囲を R3 する.

新鮮な Hb Köln 赤血球 (c) では、R2~R3 の蛍光赤血球が認められ、アセチルフェニルヒドラジン反応後の Hb Köln 赤血球 (d) では、より蛍光活性の高い R3 の赤血球が増加した.

るうえで有用な測定方法の 1 つに成り得ると思われた。

5. 結語

Hb Köln 症の異常赤血球の測定を、FCM による緑黄色蛍光検出で試みた。健常人よりも高い蛍光を有する血球として、Hb Köln 赤血球を検出することができた。また Heinz 小体を有する赤血球は、より高い蛍光の異常赤血球として測定された。

この FCM による測定は、赤血球内の脱ヘムに起因した Hb 変性の病態をとらえる事が可能であると考えられ、赤血球の蛍光量および高蛍光活性の Heinz 小体封入体の検索は、不安定性 Hb 症のスクリーニング検査の 1 つになり得ると思われた。また、特異性に関しては今後他の症例と比較し検討していきたい。

参考文献

- [1] 大庭雄三. A.貧血:先天性溶血性貧血 2) 不安定ヘモグロビン症, 血液病学第2版, 三輪史朗編, 分光堂, 東京 (1995) 704-712.
- [2] 宮地隆興. 不安定血色素, 蛋白質 核酸 酵素. 32 (1987) 629-634.
- [3] Eisinger J, et al. Fluorescent cytoplasm and Heinz bodies of haemoglobin Köln erythrocytes : Evidence for intracellular heme catabolism, Blood. 65 (1985) 886-893.
- [4] 宮地隆興. 異常ヘモグロビン b 細胞学的検査, 臨床検査技術全書 3 血液検査, 三輪史朗編, 医学書院, 東京 (1982) 243-244.

Maestro2 ネットワークインターフェースの開発

小野雅晃¹

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

概要

クラスタ型コンピュータ Maestro2 用のネットワークインターフェース (NI) を開発したので報告する。NI はパーソナルコンピュータ(PC)の 64 ビット幅の PCI スロットに挿して使用するイーサカードのような通信用のカードである。NI の PCI インターフェースの最大スループットは 64 ビットデータバス幅、66MHz 動作であるため 533Mbyte/sec で、PCI としては最大のスループットである。インターフェースは LVDS を使用し、物理的な最大スループットは片方向 3.2Gbps(Giga Bit Per Second)である。

1. はじめに

システム情報工学研究科、コンピュータサイエンス専攻の和田研究室では、クラスタ型のコンピュータに使用するために、高速、高機能のアドイン・カード及びスイッチから構成される通信システムを開発している。

5 年ほど前には、200Mbps の IEEE1394(i-LINK) を使用した第一世代の通信システム Maestro1 を開発した。

今回は、Maestro2 として第 2 世代の通信システムを開発した。使用した通信インターフェースは 3.2Gbps の LVDS である。通信システムは前述したように通信カードとスイッチで構成されるが、今回はそのうちのネットワーク・インターフェース(NI)について発表する。

2. NI の構成

図 1 に NI の写真、図 2 に NI のブロック図を示す。

NI は、300MHz 動作の PowerPC プロセッサを搭載したインテリジェントな PCI カードである。NI には CPLD(Complex Programmable Logic Device) FPGA(Field Programmable Gate Array)、PowerPC プロセッサ、FLASH ROM(Flash Read Only

Memory)、SDRAM(Synchronous Dynamic Random Access Memory)、LVDS(Low Voltage Differential Signalling)インターフェース用 IC が搭載されている。CPLD は主に FPGA のコンフィギュレーションの制御を行う。コンフィギュレーションの方式はスレーブセレクトマップで、コンフィギュレーション・データを FLASH ROM から 8 ビットずつ FPGA に転送できるため、迅速に FPGA をコンフィギュレーションすることが出来る。また、コンフィギュレーション・データが間違っていて、FPGA が立ち上がらない場合には、ウォッチドック機能により、正常なコンフィギュレーション・データを FPGA にロードして、エラーの回復を図ることも出来るように設計されている。(現在この機能はまだ実装されていない) CPLD は Xilinx 社の XC95144XL を使用し

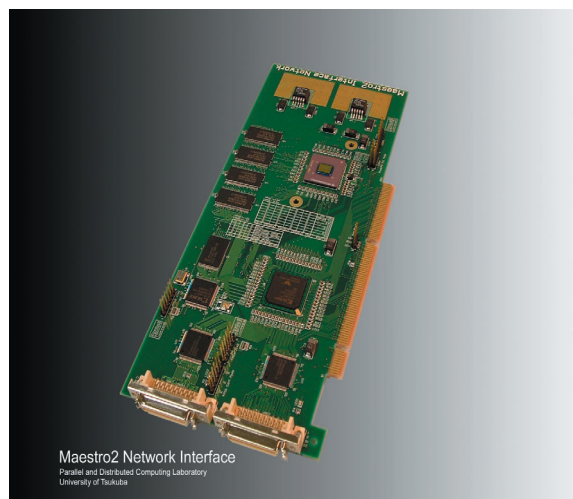


図 1 NI の写真

ている。

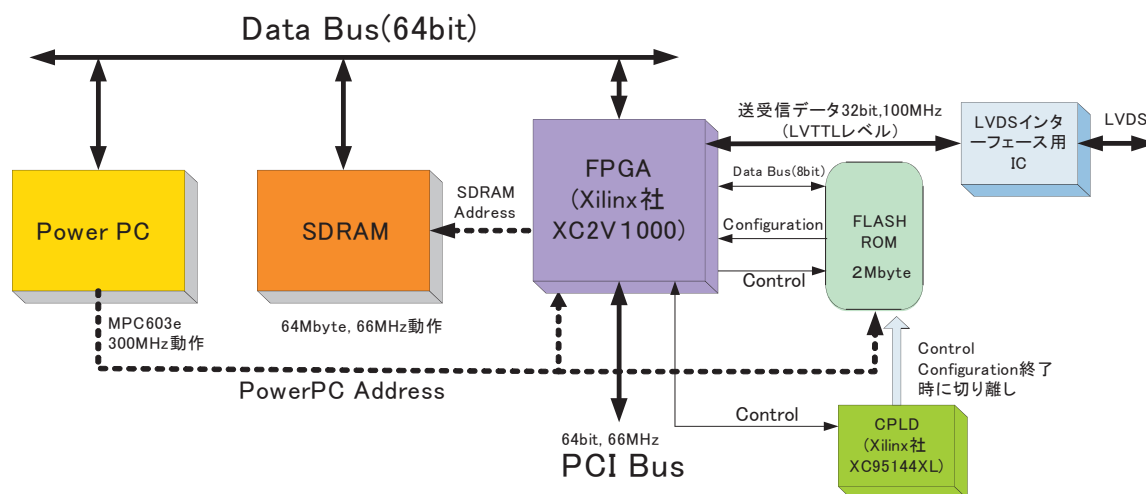


図 2 NI のブロック図

¹ E-mail: ono@sie.tsukuba.ac.jp; Tel: 029-853-5195

FLASH ROMは主に、FPGAのコンフィギュレーション・データを格納する目的で使用される汎用のFLASH ROMである。電源ON時には、CPLDの制御下に入り、FPGAにコンフィギュレーション・データを送る。それが終了すると、CPLDの制御から切り離され、FPGAの制御下に入る。

FPGAは、各デバイスの制御回路、DMAコントローラ、制御用レジスタが実装されているNIの心臓部である。NI上のPowerPCプロセッサやホストPCからのリソースの要求に応じて、データ転送の仲立ちをする。FPGAにはXilinx社のVirtex2シリーズのうちから100万ゲート相当のXC2V1000を使用した。

SDRAMはPowerPCプロセッサとFPGAにバスが直結されている。データバス幅は64ビット、動作周波数66MHzで動作している。

LVDSインターフェース用ICは、ナショナル・セミコンダクタ社のDS90CR481とDS90CR484を使用している。これらのICは、LVTTTL48ビットの入出力をLVDSデータ8ビット+クロック1ビットに変換する。FPGAからのLVTTTL信号は32ビットしかないので、48ビットの内32ビットを使用し、後の16ビットは使用していない。これは主にFPGAのピン数が足りないためである。FPGAからLVDS用ICに出力する周波数は100MHz、バンド幅は32ビットの100MHzなので、3.2Gbpsとなる。LVDSインターフェースで他のPCに挿入されたNIや独自仕様のスイッチと接続される。LVDSインターフェースで接続されるのは、NIや独自仕様のスイッチに限られ、汎用のボードやスイッチなどとは接続できない。

NIはPCIバスでホストPCと接続される。このPCIバスは64ビット幅、動作周波数は64MHzである。NIへのスレーブ・アクセスは連続的にデータ転送(バースト転送)をすることが出来ないで、全て単一転送となる。マスタ・アクセスはバースト転送をすることが出来る。その際の最大転送レートは、533Mbyte/sec(約4.26Gbps)となる。

尚、NIの製作で私が担当した箇所は、CPLD設計とFPGA設計の2/3ほどである。NIの回路設計は山際氏²と共同で担当した。NIのファームウェア、ホストPCのソフトウェアは、山際氏と青木氏³が担当した。

3. CPLDの設計

CPLDは電源ON時に、FPGAのコンフィギュレーションの制御を行う。CPLDはコンフィギュレーション・データをEEPROMに格納しているため、電源ONですぐに動作できる。しかし、FPGAは内部の回路情報をRAMに格納しているため、電源をOFFすると内部の回路情報はクリアされてしまう。そのため、電源ON時には、毎回ROMから内部回路の情報(コンフィギュレーション・データ)を読み込まなければならない。このROMには、FPGAコンフィギュレーション専用のROMを選択するのが普通であるが、本NIでは、あえて汎用FLASH ROMを使用することとした。

それは次のようなメリットがあるからである。

1. PCIバス経由でホストPCから、コンフィギュレーション・データを書き込むことが出来る。

2. ホストPCから書き込んだコンフィギュレーション・データが不正でも、回復させることが可能である。

電源ONのFPGAコンフィギュレーション時には、FPGAはモード選択ピンの設定によって、スレーブセレクトマップモードが選択される。スレーブセレクトマップモードはFPGAの外からクロックと8ビット幅のコンフィギュレーション用のデータをFPGAに入れる方式である。データが8ビット幅と広いので、高速にコンフィギュレーションすることが出来る。

CPLDはFLASH ROMにアドレスを供給して、FPGAのコンフィギュレーション用のデータを出力させる。FPGAとのハンドシェイクを行って、FPGAにデータが入力できたら、FLASH ROMのアドレスを+1して、FLASH ROMに次のデータを出力させる。このように、CPLDはFPGAのコンフィギュレーションを行う。

FPGAコンフィギュレーションが終了すると、CPLDはFLASH ROMの制御信号線を全てハイ・インピーダンス状態にして、FLASH ROMを切り離す。FLASH ROMの制御信号線はFPGAにも接続されているので、それから後はFPGAがFLASH ROMを使用することができる。FPGAはPCIコンフィギュレーション・アクセスに対して、FLASH ROMの領域をメモリ領域にアドレス・マップするので、ホストPCから読み書きすることが出来るようになる。さらに、NIのローカル・プロセッサのPowerPCからも書き込むことが出来るようになる。FPGAコンフィギュレーション専用のROMでコンフィギュレーションする場合には、NIボード上のJTAG端子にコンフィギュレーション用ツールを接続しなければならない。しかし、本NIで採用した方式を使用すれば、ホストPCから直接コンフィギュレーション・データを書き換えることが出来る。また、その他のデータもFLASH ROMに入れておくことが出来る。現在、イーサネットのMACアドレスなどを入れて、利用している。

FPGAに書き込むコンフィギュレーション・データが間違っていると、NIが立ち上がらなくなる。こうなると、遠隔操作でリカバリすることが出来なくなるため、ホストPCが遠い所にある場合はその場所まで行かなければならない。そのような場合のために、FLASH ROMに2つのコンフィギュレーション・データを格納しておく。新しく書き込んだデータが間違っていて、NIが立ち上がらない場合に、古く確実に立ち上がったデータを書き直すことで、NIを確実に立ち上げるようにすることも出来る。現在は、この機能はCPLDに実装していない。

4. FPGAの設計

FPGA内部モジュールの構成を図3に示す。矢印の線は、モジュール間のデータや制御信号のつながりを示す。

FPGAは、MLX32、PCI、PCI Target Controller、PowerPC Interface、Internal Registers、Network Buffer Link Interface(NBL Interface)、SDRAM Controller、DMA Controller、System Arbiter、FLASH ROM Controllerの各モジュールから構成される。

MLX32は、Maestro2独自の通信プロトコルを実装する。OSI階層のトランスポート層でデータの完全性を保障し、バースト・データ転送を続けて行う機能を持っている。このモジュールは山際氏が設計した。

PCIモジュールは66MHz、64ビット幅のPCIバスのインターフェース回路である。PCIスレーブ・アクセス(ホ

² Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores (INESC-ID), Portugal

³ 筑波大学 システム情報工学研究科

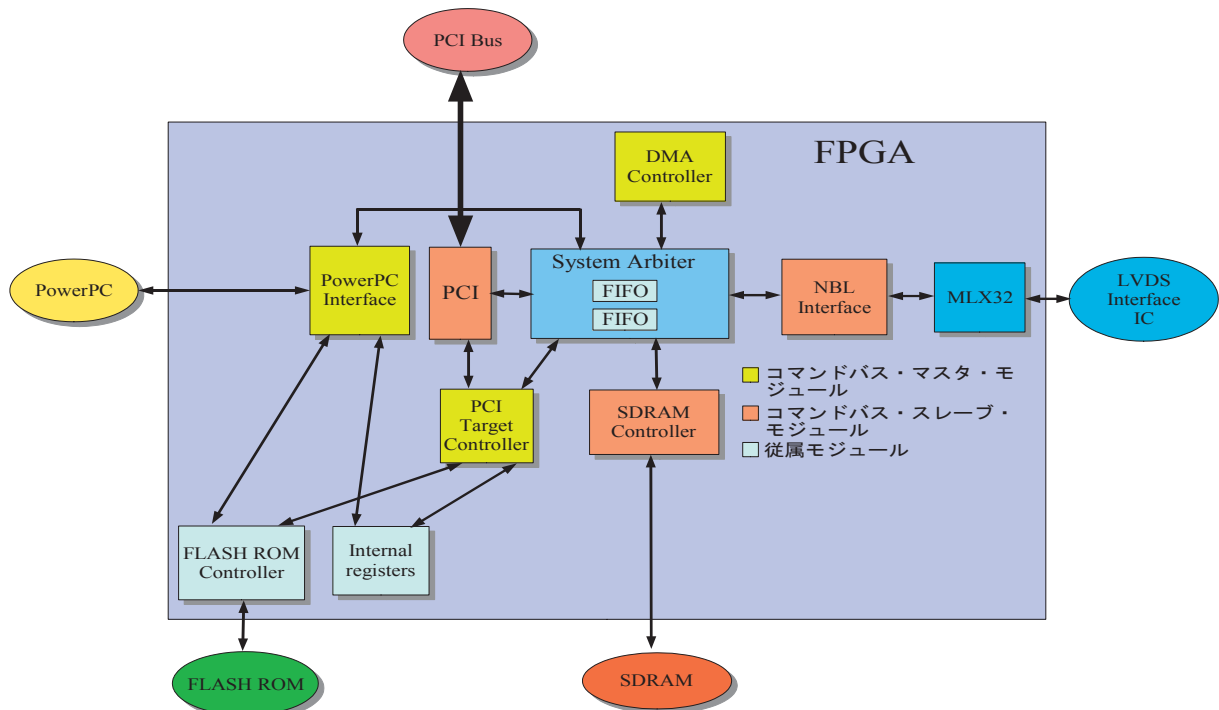


図 3: FPGA の内部モジュール

スト PC から NI へのデータ・アクセス)は、FPGA 回路内でマスタとなる必要があるので、PCI Target Controller に渡され、スレーブ・アクセスを行う。その他、PCI モジュールは NI からホスト PC へのデータ・アクセスを実行する。PowerPC Interface は、PowerPC603e とのバス・インターフェース回路である。バス幅は 64 ビット、バスの動作周波数は 66MHz となっている。Internal Registers は、FPGA の内部の状態などを保持しておく回路である。NBL Interface は、MLX32 とのインターフェース用の回路である。SDRAM Controller は、66MHz 動作の SDRAM を制御する回路である。DMA Controller は、DMA コントローラーが 2 チャンネル実装されていて、各モジュール間の DMA 転送を制御する。詳細はセクション 5 で記述する。

FPGA 回路内には、自分からその他のリソースを要求できるマスタとなれるモジュール(コマンドバス・マスタ・モジュール、以下マスタ・モジュールとする)が 3 つある。それは、PCI Target Controller、PowerPC Controller、DMA

Controller である。マスタ・モジュールの要求で、データ転送を行うのが、コマンドバス・スレーブ・モジュール(以下スレーブ・モジュール)である。DMA Controller は、マスタ・モジュールではあるが、スレーブ・モジュールを 2 つ使用し、それらの中でデータ転送を行わせる特殊なマスタ・モジュールである。スレーブ・モジュールの一方をソース(データを読み出し、出力するモジュール)、もう一方をディスティネーション(データを受け取り、書き込むモジュール)として、データ転送を行う。DMA Controller 自体はデータ・ストリームを送ったり、受けたりはしないで、制御だけを受け持つ。

マスタ・モジュールがどのようにスレーブ・モジュールとデータ転送をするかを説明する。図 4 に FPGA 内部コマンドバスを示す。

1. マスタ・モジュールが、System Arbiter にリソースを要求する。(図 4 の req)

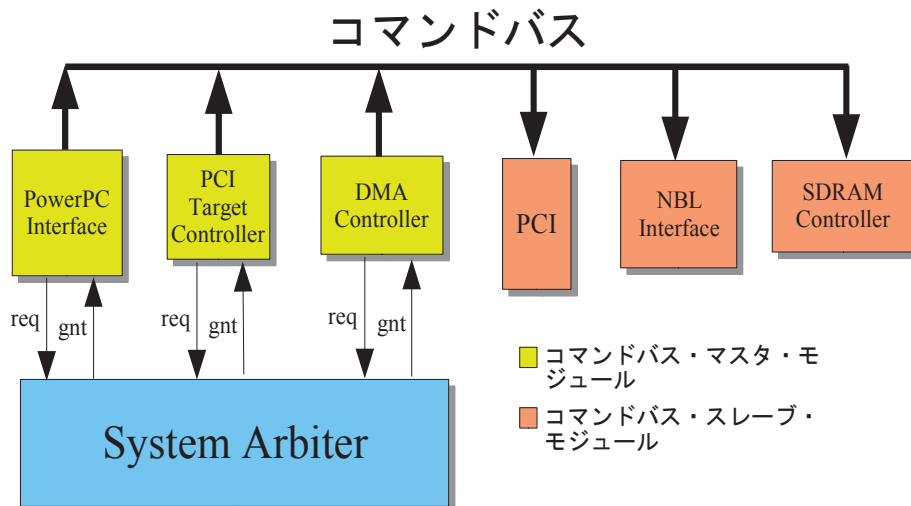


図 4: FPGA 内部のコマンドバス

- リソースが未使用で確保することが出来たら、System Arbiter はマスタ・モジュールに使用を許可する。(図4の gnt)
- System Arbiter は、マスタ・モジュールとスレーブ・モジュール間のデータバスと制御バスを接続する。(セクション4.2で詳述する)
- マスタ・モジュールは、そのリソースのコントローラにコマンドを送りコネクションを確立し、使用を開始する。(図4のコマンドバス)

従属モジュールは、Internal Registers と FLASH ROM Controller の2つで、PowerPC Controller と PCI Target Controller からだけアクセスされる。

4.1 コマンドバス

コマンドバス(図4)はグローバル・コマンドバス、ローカル・コマンドバスとコマンド・イネーブルに分けることが出来る。コマンドバスでコマンドを送るのは、前述したとおり、マスタ・モジュールである。また、コマンドを受けるのはスレーブ・モジュールである。

グローバル・コマンドバスには、各モジュールに共通の項目が設定される。例えば、モジュールのID、ソースまたはディスティネーション、バースト長などである。

ローカル・コマンドバスは、そのスレーブ・モジュールに特有の機能が設定される。例えば、SDRAM Controller ならば、アドレスと、バースト転送の最中にリフレッシュをするかどうかを設定される。

コマンド・イネーブルは、コマンドバスのコマンドが有効かどうかを表す。1の時に有効となる。

Maestro1 では、中央制御回路で全ての制御を行っていたが、この方法は制御線が多くなると、制御手順を頭で考えるのが困難になる。それで、Maestro2 では、各モジュールがコマンドによって、制御される方式にした。こうすることで、各モジュールごとにシミュレーションで動作を確認するのも都合が良い。

4.2 FPGA 内部モジュール間のデータバスと制御バス

FPGA 内部モジュール間のデータバスは64ビット幅のバスを2チャンネル実装してある。現在は、チャンネルごと

にデータを流す方向が決まっている。これは、主にデータ・セクタを節約して、ゲート規模を節約するためである。データバスは System Arbiter に実装しており、データバスの内部には、FIFO やバイト・レーン変換をするための回路が実装してある。バイト・レーン変換機能は、8バイトの境界の途中からDMA転送する場合に、バイト・レーンの入替を行う回路である。(セクション5.8で詳しく述べる)図5にFPGA内のデータの流れを示す。図5でDMA転送はバースト転送可能なCH0、CH1のFIFOを通るデータバスを使用する。

制御バスは、データバスに対応して2チャンネル実装されている。制御バスは次に示す3種類の信号がある。

- レディ
- データ転送終了
- バイト・イネーブル

レディは、”データ出力や入力する準備が出来た”ということを表す信号である。各チャンネルごとにソース・レディとディスティネーション・レディがある。

データ転送終了はコマンドで指定されたバースト長のデータ転送が終了したことを表す。これもレディと同様に各チャンネルごとにソースとディスティネーションの信号がある。

バイト・イネーブルは、どのバイト・レーンが有効化を示す信号である。データバスは64ビット、8バイト幅なので、バイト・イネーブルは8ビット幅である。ソースから出力され、ディスティネーションでデバイスに書き込む時にどのバイト・レーンが有効であるかを示す。

5. FPGA 内部モジュール

FPGA 内部モジュールを順に詳しく説明する。

5.1 MLX32

MLX32 は、セクション4.2で記述したデータバスからデータをケーブルが接続されている先のNIやSBに送り出すためにカプセル化する。データは32バイト単位の1つ又は複数のパケットにまとめられ、ヘッダを付けられて、送り出される。ハードウェアによるエラー訂正機能も実装されていて、受信側でエラーが検出されると、送信側は同じパケットを再送信し、正常に受信できるまで再送する。MLX32はOSI参照モデルで言うところ

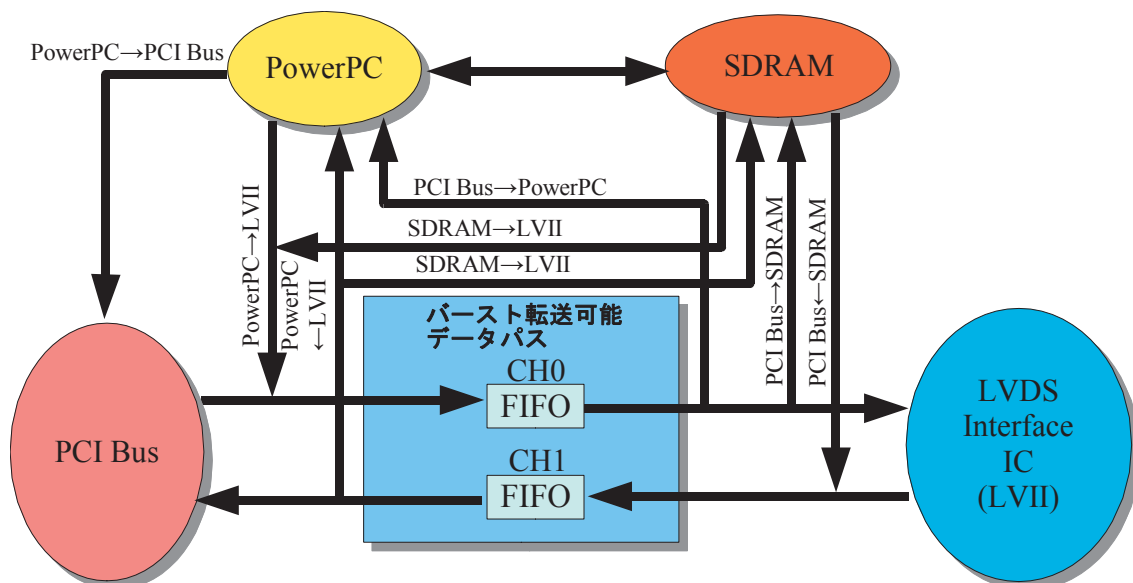


図5: FPGA内のデータバス

タリンク層に相当する。MLX32の入力は64ビット66MHzで、出力は32ビット100MHzであるので、出力側の最大ビットレートは3.2Gbpsである。MLX32は山際氏が作製した。

5.2 PCI

PCIは64ビット、66MHzのPCIバスとのインターフェースを行う。PCIは、マスタ、スレーブ、コンフィギュレーションの各モジュールに分けられる。

マスタは自分から主体的にデータ転送をするモジュールで、PCIの機能で一番使われる主要なモジュールである。ホストPCメモリからの読み出し、書き込み双方向とも独立にデータ転送することが出来て、66MHz、64ビットでバースト転送することが出来る。

PCI仕様2.2では、64ビット幅のPCIデバイスは、32ビットのターゲットにアクセスする場合に、64ビットアクセスとしてデータ転送を始めていても、32ビットアクセスに変更しなければならないという規定がある。しかし、32ビットアクセスへの変更は、回路の複雑化、動作スピードの低下、およびスレーブの低下を招くため、本マスタでは全て64ビット幅でアクセスする。このように、性能向上の観点から、あえてPCI規格を逸脱した実装になっている部分が数ヶ所ある。

スレーブは、ホストPCからのPCIデータ・アクセスを受け取って、NIのリソースへ書き込んだり、リソースからホストPCへ読み出したりする。スレーブは64ビットと32ビットの両方のアクセスに対応する。ペンティアム・プロセッサはデータバスが64ビット幅であるが、基本的には、32ビット・プロセッサであり、キャッシュが禁止されているメモリ領域には、32ビット・アクセスが行われる。よって、32ビット・アクセスに対応しないと、データ転送が出来ない。その代わりといっは何だが、スレーブはバースト転送には対応していない。連続的にデータが来ても1つのデータ転送でPCIスレーブ・アクセスを切断する。ペンティアム・プロセッサでは、キャッシュ禁止メモリ領域への読み書き(NIへの読み書きに相当する)は、単一のPCIスレーブ・アクセスとなる。しかし、サーバーワークスのチップセットでは、連続したアドレスへの読み書きではバースト転送となる場合もあるようだ。

コンフィギュレーションは、主にコンフィギュレーション・アクセスの処理とコンフィギュレーション・レジスタの実装を行っている。

ホストPCの電源ON時には、アドレスマップがホストPCのBIOSによって、各PCIデバイスに設定される。このように、PCIのコンフィギュレーション・アクセスは、初期設定をホストPCから各PCIデバイスに設定する作業である。コンフィギュレーションの中には、コンフィギュレーション・アクセスでアクセスするレジスタ(コンフィギュレーション・レジスタ)を実装してある。コンフィギュレーション・レジスタには、ホストPCからPCIスレーブ・アクセスでアクセスする時に必要なベース・アドレスを設定するレジスタなどがある。

5.3 PCI Target Controller

PCI Target Controller(PCITC)は、PCIのスレーブに直結されていて、PCIスレーブ・アクセスのFPGA内部処理を行う。PCIスレーブ・アクセスがあると、PCITCは起動し、FPGA内部バス経由で使用するデバイス用のコントローラ(NBL Controller、SDRAM Controller)にアクセ

スする場合には、前述したようにマスタ・デバイスとしてFPGAの内部バスを要求する。Internal RegistersとFLASH ROM Controllerへアクセスする場合には、PowerPC Interfaceと共用の専用バスがあるので、PowerPC Interfaceとバスの調停を行うだけで、それらを使用することが出来る。

なお、NBL Controller、SDRAM Controllerにアクセスする場合には、PowerPCのPCIマスタ・アクセスとの競合を避けるために、リソースをロックしなければならない。その機能は、Internal Registersに実装してある。

5.4 PowerPC Interface

PowerPC Interfaceは、PowerPCプロセッサ(MPC603e,300MHz,バス動作周波数66MHz)とのインターフェースを実装する。インターフェースの基本構造はMaestro1と同一なので、大部分を流用した。ただし、使用言語をAHDLからVHDLに変更したので、変換を行った。

PowerPCのメモリ・アクセス手順はアドレス転送とデータ転送に分けられる。PowerPC Interfaceはアドレス転送を処理して、デバイスへのアクセス要求を受け取る。ここから、PowerPCのデータ転送が始まる。もし、要求がLVDSインターフェース用ICかPCIバスへのアクセスの場合には、PowerPC Interfaceは、内部バスを使用するので、System Arbiterにデバイスを要求する。その後、デバイスが使用可能になった時に、許可を受け取る。次に、PowerPC Interfaceは、そのデバイスの管理を受け持つコントローラとデータをやり取りする。データのやり取りが終了したら、PowerPCのデータ転送が終了し、完了を送出して終了する。

PowerPCの要求がInternal RegistersかFLASH ROMへのアクセスの場合は、専用のアービタでPCIスレーブとの調停をおこなった後に、データ転送を行う。この場合のデータ転送は、全て単一転送となる。

5.5 Internal Registers

Internal Registersは、FPGA内部の制御レジスタや状態レジスタ、PCIバス用のコンフィギュレーション・レジスタなどが実装されている。Internal Registersは、PowerPCとPCIスレーブ・アクセスから専用バスで書き込み、読み出しができるが、バースト転送は出来ずに、単一転送のみとなる。

アドレス・オフセットが00h(16進数)から3Fhまでは、PCIバスのコンフィギュレーション領域となっている。デバイスID、ベンダID、ベースアドレス・レジスタなどの、各種レジスタが実装されている。

アドレス・オフセットが40hからFFhまでは、FPGA内部の22個の制御、状態レジスタが実装されている。DMA設定用レジスタもここにある。面白い機能としては、FPGAを初期化する設定ビットもあり、ここを設定すると、もう一度FLASH ROMからコンフィギュレーション・データをFPGAに読み込んで、FPGAが完全に初期化される。

アドレス・オフセットが100hからFFFhまでは、内部Block RAM領域である。FPGA内部のBlock RAMをSRAM(Static Random Access Memory)としてマップしてある。Internal Registersとしてのアクセスなので、単一転送のみであるが、ホストPCからアクセスする時に、SDRAMのようにリソースの競合を防ぐためのリソース・

ロックが必要ないため、結果としてSDRAMよりも高速にアクセスが出来る。

5.6 NBL Controller

NBL Controllerは、MLX32とのインターフェースを行う。NBL Controllerは、入出力共に3エントリのFIFOを持っていて、MLX32と内部データバスのデータのプロトコル変換を行う。特にMLX32からのデータ読み出しの場合は、イネーブルを入れてから、1クロック後にデータが出てくるので、内部バスのプロトコルと合わない。よって、NBL Controllerでイネーブルと同時にデータが出力されるように変換を行う。

NBL Controllerは、MLX32のバッファに読み出すデータがあるかどうか、また、MLX32のバッファにデータが書き込めるかどうかを常時監視している。その結果、データ転送が行えない場合には、イネーブルを落として、FPGA内の伝送相手のデバイスを停止する。

5.7 SDRAM Controller

SDRAM Controllerは、66MHz動作、64ビット幅、64MbyteのSDRAMを制御する。SDRAMとPowerPCのデータバスは共通となっていて、PowerPCとのやり取りでは、PowerPCとSDRAM間で直接データをやり取りし、FPGA内とのデータのやり取りはない。(図2参照)

SDRAMの初期化時には、モードレジスタにバースト長やアクセス方法などを設定する。それにより、バースト長が決定されるが、本SDRAM Controllerではバースト長を1に設定してある。それは、PowerPCの非キャッシュメモリ領域のアクセスの時に、単一転送とすることが出来るからである。バースト転送時の動作は以下で説明する。

SDRAMは、行アドレスと列アドレスの2つのアドレスを入力する。始めに行アドレスを入れておいて、その後、READ又はWRITEコマンドと共に列アドレスを入力する。ここで転送を終了させれば、バースト転送長は1にセットされているため単一転送となる。バースト転送時にはREAD又はWRITEコマンドと列アドレスを連続的に入れることで、バースト転送を実現している。バースト転送は列アドレスが9ビットなので、512個までしか行えない。それ以上は、一度バースト転送を中断して、もう一度、行アドレスを入れなおさなければならぬ。

SDRAMは、ダイナミック・メモリなので、そのままではデータが消えてしまう。データを消さないためには、15.6usecごとにリフレッシュを行って、データの再書き込みを行う必要がある。SDRAMとPCIバス間のバースト・データ転送の際にこの点が問題となった。定期的なリフレッシュを行う必要がSDRAMにはあるが、PCIバスは、どの位の時間でデータ転送が終了するかは、ホストPCの都合による。つまり、バースト転送中にリフレッシュを必要とするタイミングになってしまうかもしれない。そこで、その時には、PCIバスの方を待たせておき、SDRAMの方はいったんデータ転送を打ち切って、リフレッシュを行うこととした。リフレッシュ後に、SDRAM Controllerは残りのアドレスを出力し、続きを行う。この辺が一番苦勞した箇所である。リフレッシュによる中断そして再開が15.6usecごとにあるために、なかなかバグ

を取りきれなかった。バグが出る条件の特定に時間がかかってしまった。

5.8 DMA Controller

DMA ControllerはDMAの制御を受け持っている。DMA Controllerは制御だけを受け持ち、実際のデータはSystem Arbiter内にあるFIFOを経由する。図5に示した”バースト転送可能データバス”がそれである。そのFIFOはバイト・レーン変換機能を持っている。

DMA Controllerは、2つのスレーブ・デバイスにコマンドを送って、相互間でデータ転送を行わせる。最初に、ソース・デバイス、ディスティネーション・デバイス、バースト長などをInternal Registers内のDMA設定レジスタに書き込むことによって、DMA転送は、起動する。

DMA転送のチャンネルは前述してきたように2チャンネルあるので、設定用のレジスタも2チャンネル分用意されている。各チャンネルは、転送方向が決まっている。チャンネル0はPCIから読み出してLVDSへ出力、PCIから読み出してSDRAMへ書き込み、SDRAMから読み出してLVDSへ出力の3種類のDMA転送をサポートする。(図5参照)

チャンネル1はLVDS入力からPCIへ出力、LVDS入力からSDRAMへ書き込み、SDRAMから読み出してPCIへ出力の3種類である。(図5参照)

このように、転送可能デバイスを分けることによって、データ入力用マルチプレクサの回路規模が小さくなるため、FPGAのリソースを節約することが出来る。

DMA転送のバースト長の最大値は、64Mbyte-1である。これは、主にSDRAMの容量が64Mbyteであるためである。設定用のレジスタに書かれたDMA転送は、DMA Controllerで、内部的に最大256バーストの転送単位に分けられて実行される。特に、SDRAMは列アドレスが9ビットで512のアドレスであるため、512の境界では、DMA転送を終了して、再起動しなくてはならないためでもある。

その他に、DMA転送は便利な機能を持っている。それはバイト・レーンの変換機能である。

ペンティアム・プロセッサ、PowerPCプロセッサやNIの内部バスなどは64ビット幅のデータバスを持っている。通常のCPU(Central Processing Unit)は、8ビットCPUからの慣習で8ビット単位のデータの塊(バイト)を1単位として、アドレスを付加している。64ビットのデータバス幅を持つCPUで、バイト単位にアクセスすると

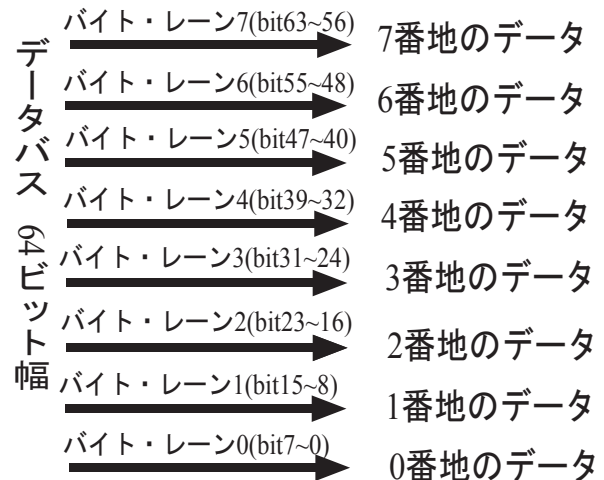
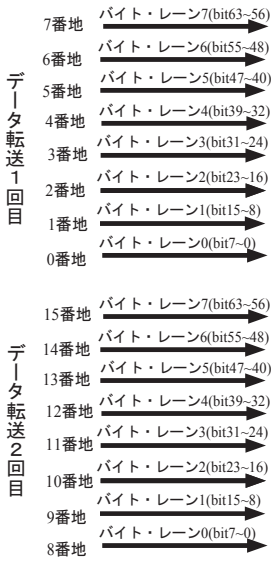
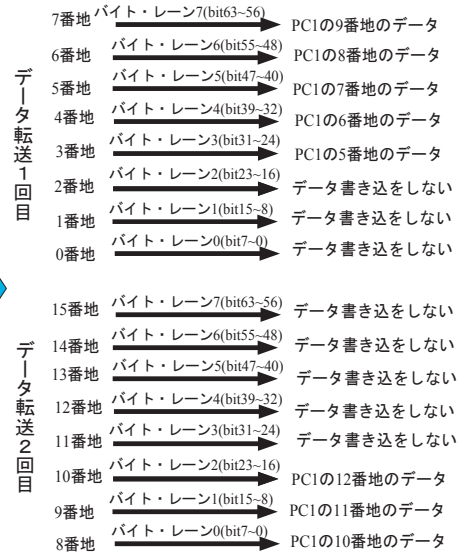


図 6: x86 プロセッサのバイト・レーン

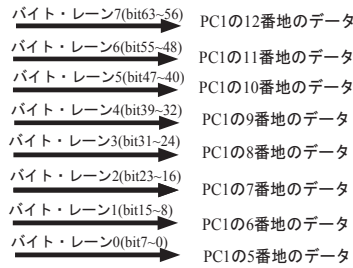
PC1のバイト・レーン配置



PC2のバイト・レーン配置



PC1とPC2間のバイト・レーン配置



バイト・レーン変換機能付きFIFOでバイト・レーンを変換

図 7: バイト・レーン変換機能を使用したデータ転送

64ビット幅のうちの8ビットを使用することになる。例えば0番地から7番地までのバイト・アクセスでは、64ビット幅のうち、違った場所のデータバスを使用することになる。これをバイト・レーンと呼ぶ。バイト・レーンを図6に示す。

以上のことを踏まえて、バイト単位でデータを読んで、それを違った番地に書き込むことを考えてみよう。まず、8バイトの境界から、8バイト単位でアクセスしていれば問題は無い。しかし、そうでないと、単純なデータ転送では問題の生ずる場合がある。例えば5番地のデータをその他のPCに送ろうとした時に、送り先のPCでは3番地にデータを入れたいとしよう。その場合には、5番地のバイト・レーンと3番地のバイト・レーンが異なるため、単純に64ビット幅のデータを転送していたので、正しくデータを転送することが出来ない。

図6で説明すると、5番地はバイト・レーン5だが、3番地はバイト・レーン3になり、データを64ビット幅でそのまま転送すると、自分のPCの5番地からのデータを相手方のPCの3番地からに転送することは無理である。その問題を解決するために、DMA転送時にバイト・レーン変換機能を使用する。バイト・レーン変換機能は

前述したSystem Arbiter内にあるFIFOに実装されている。これをBLTFIFOと呼ぶことにする。

バイト・レーン変換機能を説明するために、自分のPC(PC1とする)の5番地から12番地のデータを他のPC(PC2とする)の3番地から10番地に送るとしよう。まずは、PC1で0番地から15番地までのデータをDMAで読み出す。次にBLTFIFOは0~4番地、13~15番地までのデータは捨てて、5~12番地までのデータをバイト・レーン0から詰めなおし(この転送をPacked転送と呼ぶことにする)、詰めなおしたデータをPC2に送る。PC2のBLTFIFOは、3番地のバイト・レーン(バイト・レーン3)にもう一度、詰めなおして、PC2のメモリにDMAで書き込む。その際に、データは8バイト分だけなので、余計な分(0~2番地、11~15番地)は、書き込まない(この転送をUnpacked転送と呼ぶことにする)。その様子を図7に示す。

BLTFIFOはバイト・レーン変換機能とFIFOから構成されている。バイト・レーン変換機能は図8のDFF0~7、MUX1、TR0~6、MUX2-0~7から構成される。

前述のPacked転送の場合は、まずは必要な5~7番地のデータをMUX1でバイト・レーンを変換して

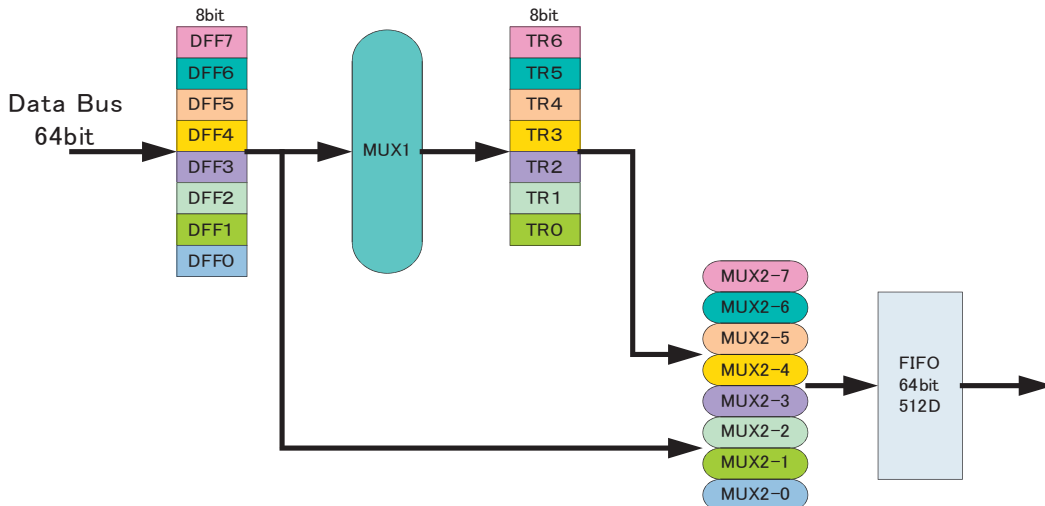


図 8: BLTFIFOの構成

TR0~2にラッチする。次のクロックでDFFから出力されている8~15番地のデータから8~12番地のデータをMUX2-3~7で選択してFIFOに入力する。MUX2-0~2はTR0~2のラッチされたデータ(5~7番地のデータ)を選択してFIFOに入力する。こうして、FIFOには5~12番地の64ビット幅1個に詰め替えられたデータが入力され、他のPCに転送される。

Unpacked転送の場合は、PC1の5~12番地のデータのうち5~9番地のデータだけが(図8のDFF0~4)はMUX2-0~4を通過してFIFOに入力される。PC1の10~12番地のデータ(図8のDFF5~7)はTR0~2にラッチされる。次のクロック(つまりFIFOの次のエントリ)で、TR0~2にラッチされたデータは、MUX2-0~2を通過してFIFOに入力される。入力されなかったデータは不定となる。

6. まとめ

本報告では、クラスタ向けのネットワークインターフェース(NI)の開発について述べた。本NIは、PCメモリ上のデータを0コピーで転送する機能により、高速にデータを他のPCへ伝送できる。NIのピンポン転送時の実効最大スループットは2.4Gbps(Giga Bit Per Second)である。

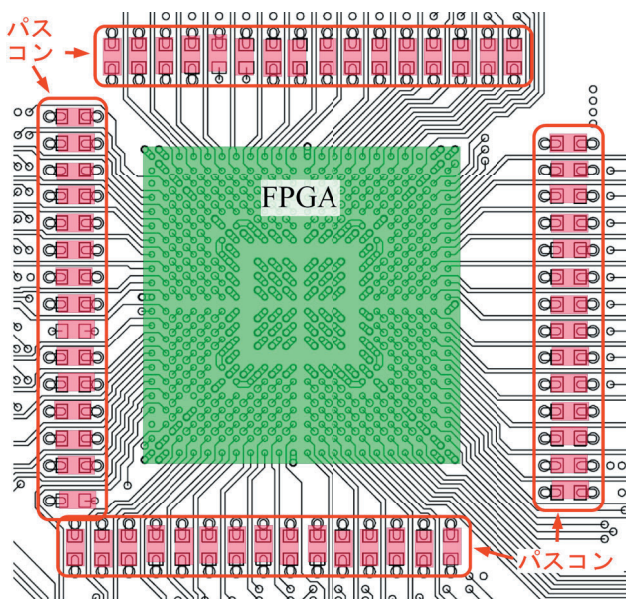


図 9: 部品実装面のプリント配線パターン図面

NI制作上の反省点としては、FPGAの電源用バイパス・コンデンサ(パスコン)の位置が適切でなかったことが挙げられる。パスコンは当初あまり重要だとは考えてなかったため、パターン設計会社の実装位置を決定してもらった。図9に部品実装面のプリント配線パターン図面の一部を示す。図9の緑色の四角形がFPGA、赤色の長方形がパスコンである。パスコンはFPGAの周りに実装されているのがわかる。このパスコンの位置では、FPGAの電源からの距離が長くなり、電源のインピーダンスが低くならないという欠点があることがわかった。その結果として、100MHz動作のLVDSインターフェース用ICへのデータパスにグラント・バウンズによるデータの誤りが生じてしまった。現在は、IOの出力電流値を12mAから4mAに変更したところ、データの誤りはなくなった。本来ならば、パスコンの大きさを小さくして、裏

面のFPGAの直下に実装し、FPGAの電源からの距離をより小さくしなければならない。

7. 謝辞

Maestro2システムの開発補助をさせていただいたシステム情報工学研究科コンピュータ・サイエンス専攻の和田耕一教授に深く感謝いたします。また、共同制作者であるINESC-IDの山際伸一氏とシステム情報工学研究科の青木圭一氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 小野雅晃, Xilinx社製FPGAを搭載したPCIボードのシミュレーション, 平成15年度高エネルギー加速器研究機構技術研究会報告集ポスターセッション(2004)
- [2] Shinichi Yamagiwa, Keiichi Aoki, Masaaki Ono, Tetsuya Sakurai, Koichi Wada, and Luis Miguel Campos. Maestro2: A new challenge for high performance cluster network. In The 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics, volume XI, Computer Science II, pp.382-387, 2002.
- [3] Keiichi Aoki, Shinichi Yamagiwa, Masaaki Ono, Koichi Wada, Luis Miguel Campos. An architecture of high performance cluster network: Maestro2. In 2003 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing(PacRim03), 2003.
- [4] Shinichi Yamagiwa, Kevin Ferreira, Luis Miguel Campos, Keiichi Aoki, Masaaki Ono, Koichi Wada, Munehiro Fukuda, Leonel Sousa. On the Performance of Maestro2 High Performance Network Equipment, Using New Improvement Techniques. In 23rd IEEE International Performance Computing and Communications Conference(IPCCC 2004), 2004.
- [5] Keiichi Aoki, Shinichi Yamagiwa, Kevin Ferreira, Luis Miguel Campos, Masaaki Ono, Koichi Wada, Leonel Sousa. Maestro2: High Speed Network Technology for High Performance Computing. In 2004 IEEE International Conference on Communications (ICC 2004), 2004.

GAMMA10 セントラル部におけるマイクロ波干渉計の多チャンネル化

嶋頼子

筑波大学プラズマ研究センター

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

プラズマ研究センターでは磁場によるプラズマ閉じ込め装置 GAMMA10 によりプラズマ閉じ込めの実験を行っている。磁場により閉じ込められたプラズマの密度分布を計測する為、セントラル部においては可動式のマイクロ波干渉計を用いた密度分布計測が行われている。現在のシステムでは加熱条件を固定した平均 10 ショット程度のデータが必要となる。半径方向に測定ポートを複数設置する干渉計の多チャンネル化を行うと 1 ショットで電子密度分布を求められるようになる。測定精度が上がるとともに、半径方向の局所的な揺動計測にもつながりプラズマ閉じ込めの改善に役立つ情報が得られる。今回は、干渉計の多チャンネル化に向けた設計と設置について報告する。

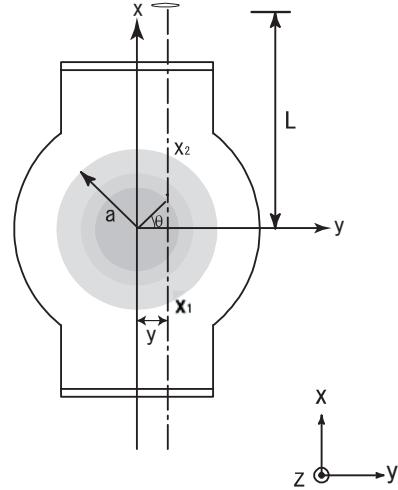


図 2. プラズマの伝搬

1. 電子密度計測

1.1 干渉計

プラズマの電子密度を測定する方法に、マイクロ波をプラズマ内部に透過させてその位相の変化を計測する干渉法がある。マイクロ波を用いることの利点は、プラズマに非接触でプラズマの内部を乱すことなく測定できる点である。プラズマ研究センターでも密度計測には干渉計を使用している。特にアップコンバータを使用したヘテロダイン型干渉計^[1]の導入を進めている。図 1 に干渉計の概念図を示す。プラズマ中を伝搬した透過波とプラズマ中を伝搬しない参照波との位相差から伝搬経路の密度の積分値を算出する。

図 2 は GAMMA10 の真空容器の全体図とセントラル部の断面を示している。プラズマ断面の中心から距離 y だけ離れたところに x 軸に平行にマイクロ波を入射させる。 X_1 から X_2 に電磁波がプラズマ中を伝搬したことによる位相の変化量^[2] $\phi(y)$ は、

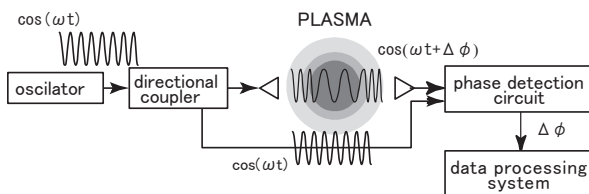


図 1. 干渉計の概念

$$\phi(y) = \int_{x_1}^{x_2} (k_0 - k_p) dx = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{x_1}^{x_2} (1 - N) dx \quad (1)$$

とあらわされる。ただし、 k_0 は真空中の波数、 k_p はプラズマ中の波数である。入射電磁波の電場が外部磁場と平行 (O-mode) に入射した場合の屈折率は

$$N = \left(1 - \frac{\omega_{pe}^2(r)}{\omega^2} \right)^{1/2} = \left(1 - \frac{n_e(r)}{n_c} \right)^{1/2} \quad (2)$$

で与えられる。ただし $\omega_{pe}/2\pi$ は電子プラズマ周波数、 $\omega/2\pi$ は入射波の周波数、 n_e は x の位置での電子密度、 $n_c = m_e \epsilon_0 \omega^2 / e^2$ は屈折率が 0 となるときの密度でカットオフ密度と呼ばれている。ここで ϵ_0 は真空中の誘電率、 m_e は電子の質量、 e は電子の電荷である。プラズマの密度が入射波に対するカットオフ密度よりも十分小さいとき、 $\phi(y)$ は次式のようなになる。

$$\phi(y) \cong \frac{k_0}{2n_c} \int_{x_1}^{x_2} n_e(r) dx \quad (3)$$

$\int_{x_1}^{x_2} n_e(r) dx$ は電子密度を伝搬経路で積分したものと

で線密度という。位相差は線密度に比例する。ヘテロダイン型干渉計では $\cos \phi(y)$, $\sin \phi(y)$ が得られ、この 2 つの値から $\phi(y)$ を求め、線密度を計算することができる。

また、(3)式は

$$\begin{aligned}\phi(y) &= \frac{\pi}{\lambda n_c} \int_{x_1}^{x_2} n_e(r) dx \\ &\cong \frac{2\pi}{\lambda n_c} \int_x^a n_e(r) \frac{1}{\sqrt{(r^2 - y^2)}} r dr \quad r > x \quad (4)\end{aligned}$$

と変形でき、 $n_e(r)$ が軸対称であるとき、アーベル変換により $\phi(y)$ から $n_e(r)$ がもとまる。

$$n_e(r) \cong \frac{-\lambda n_c}{\pi^2} \int_r^a \frac{d\phi}{dy} \frac{1}{\sqrt{(y^2 - r^2)}} dy \quad y > r \quad (5)$$

(5)式からもわかるように、線密度の半径方向の分布から電子密度の分布を求めることができる。

1.2 GAMMA10 における電子密度計測

GAMMA10 は全長 2.7メートルの直線型の実験装置で、線密度 (NL) を計測する為に現在 8 箇所干渉計が設置してある。このうち、セントラル部 ($z=60[\text{cm}]$) に設置してあるものが、ラックアンドピニオン式で真空容器内の上下に設置したホーンが y 方向に可動になっている。プラズマの加熱には、マイクロ波加熱や高周波加熱など様々な加熱が用いられているが分布計測を行う際にはこれらの加熱の条

件を一定に保ちショットごとに手動でホーンを動かして測定を行っている。通常、 $y=-9\text{cm} \sim +15\text{cm}$ の間で 10 ショットを使いホーンを移動させて線密度の分布を計測している。

図 3 に線密度の分布計測結果とそこから計算した電子密度の分布を示す。(a) が実測したデータである。 $y=0, 3, 6, 9, 12, 15, -3, -6, -9$ の 9 点の線密度を計測した。(b) は 10ms ごとに、測定位置に対するプラズマの線密度を描いたものである。真空容器の中心から遠ざかるほど、線密度が低くなっている。(c) はある時刻 (195ms) の線密度の分布である。線密度の分布をとり、データを補間し、8 次の偶関数で近似する。横軸はプラズマの半径である。プラズマの中心が真空容器の中心とずれるが、その量は r_0 で表される。ans1 ~ ans5 は関数の係数で ans1 がプラズマ中心の値を与える。(d) は得られた線密度の分布関数をアーベル変換し密度分布を求めたものである。

電子密度分布を計測することにより、電子線密度では判断の付かないプラズマの太さやプラズマの消滅の原因の究明を行うことができる。しかしながらプラズマを同じ状態で 10 ショット保つことは変化の大きいプラズマの場合難しく、うまく分布計測ができないこともある。これを多チャンネル化することにより、1 ショットで分布計測ができるようになれば、プラズマの密度分布が常時出せると共に、局所的な揺動も解析することができるようになる。

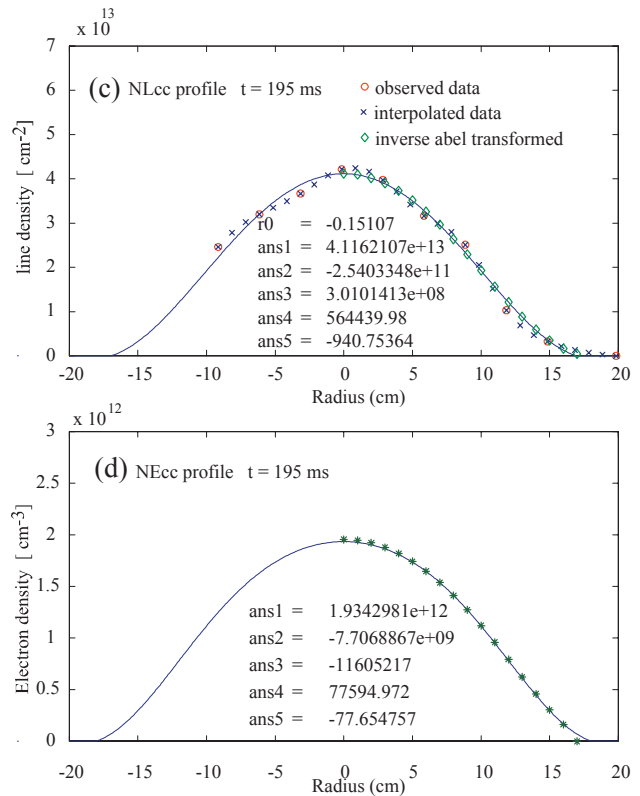
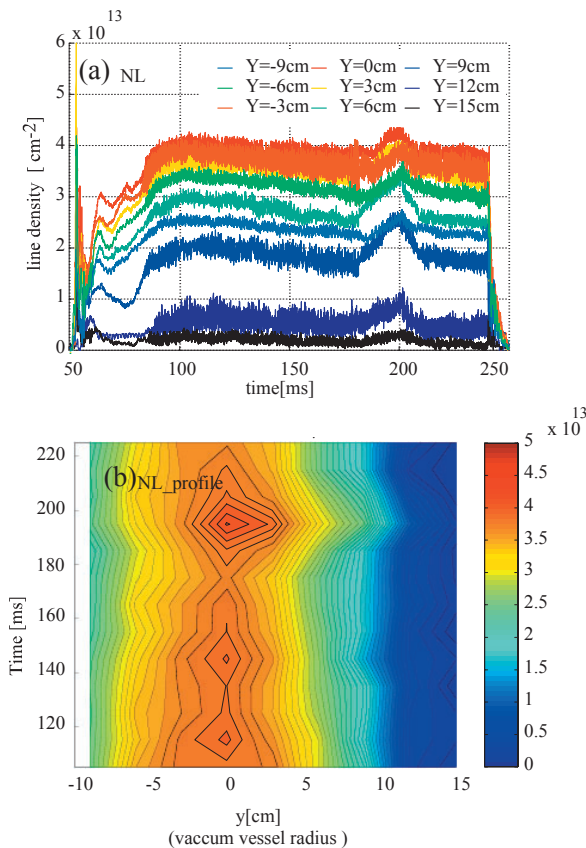


図 3. 線密度の分布計測

2. 多チャンネル干渉計の設計

2.1 システム

今回の多チャンネル干渉計はヘテロダイン方式で設計を行った。予算の都合で今年度3チャンネルを設置し、来年度に6チャンネルに増設する予定となった。チャンネル数を増やす場合には基本的にディテクターとホーンの増設だけですむ。干渉計に使用する発振器は現在半導体を用いた発振器が主流になっている。プラズマ研究センターでも、クライストロン発振器から GUNN ダイオード発振器、IMPATT ダイオード発振器へと変えてきた。干渉計の多チャンネル化の場合には高出力の発振器が必要となる。プラズマ中をマイクロ波が伝搬した際の電力の損失は伝送路での損失を含み他部での計測結果から約 20dBm と考え発振器の出力は 1W とした。出力の高い発振器は IMPATT 発振器であるが、現在使用している IMPATT 発振器が設置場所によってはプラズマ生成の為の高周波加熱の影響を受けることがわかっており、セントラル部でどの程度の影響があるか調べる必要があった。そこで、GAMMA10 実験装置の様々な場所で発振器にのるノイズの測定を行った。その結果セントラル部での実験中の発振器への影響は無視できる程度とわかった。

2.2 設置

ホーンの位置はセントラル部 $z=0\text{cm}$ で、上下にホーンを取り付ける。セントラル部の上・下部には楕円のポートがあり、そこに y 方向に6ポート設置する設計である。現在設置してあるセントラル部の干渉計は $z=60\text{cm}$ であり、二つの干渉計を利用し、より詳細な分布計測も可能になる。また、セントラル部には様々な計測器があるため、専用の架台を用意することにした。全体の設計図を図4に示す。

プラズマは真空容器内に磁場により閉じ込められる。真空容器の内半径は 50cm である。プラズマの中心からホーンまでの距離は 650mm。発振器は本体より 1400mm 程離れたところ、高さ約 250cm に設置する。発振器の出力は伝送損失を考えオーバーサイズ (x -band) の導波管で本体近くまで運ぶ。GAMMA10 本体の近くで方向性結合器によりプラズマを透過する透過波と、プラズマを透過させない参照波とにわけられる。透過波は上部のポートからプラズマに入射する。ホーンは 6cm 間隔で設置することになる。中心軸上にビームを収束させる為にテフロンレンズを設計し送信側のホーンに取り付けることとした。

透過波と参照波との合成された出力は検波器によって得られる。一つの発振器の出力を6つに分割することからパワーの減衰が懸念される為、なるべく伝送経路は短くするために検波器も本体近くに設置した。

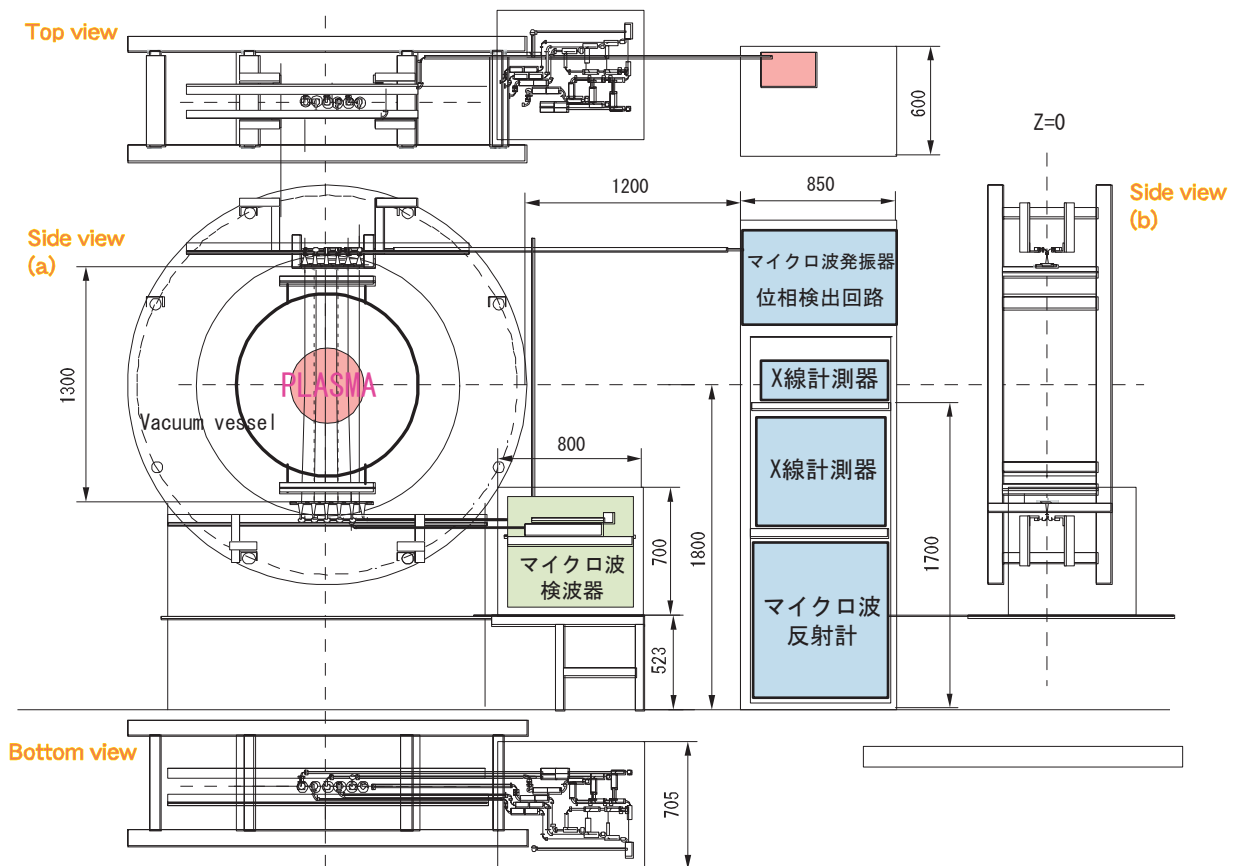


図4. 多チャンネルマイクロ波干渉計全体図

3. 稼働結果

レンズの製作が間に合わなかったため、とりあえず、システムの検証として1チャンネル($y=0$)で干渉計を設置した。測定結果を図5に示す。同時に $z=60\text{cm}$ ($y=0$) に設置してある干渉計でも線密度の計測を行った。図5に得られたデータを示す。(b),(d)が干渉計の出力である。赤線と青線がそれぞれ $\cos\phi(y)$, $\sin\phi(y)$ と対応する。その2出力の偏角求め、線密度を計算する。得られた線密度を(a),(c)に示す。(b),(d)の内側のリサージュは、干渉計の2出力をx軸、y軸にプロットしたものである。リサージュが円形を示していることから、計測が成功したことがわかる。しかし、本来セントラル部中心付近ではz方向には均一なプラズマが作られているはずだが、 $z=0\text{cm}$ に設置した干渉計が約10%小さい値を示している。これは、立体回路の設置の際、ホーンの真空容器の中心 ($y=0$) への合わせが仮固定だったため、ホーンが中心よりわずかにずれていた可能性が考えられる。ただ、本システムが加熱系の影響を受けないことが確認できた。

謝辞

本報告書を作成するに当たり、ご協力ご助言頂いた板倉昭慶先生、吉川正志先生、またマイクロ波グループの藤原君に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 嶋 頼子. ヘテロダイン型干渉計の製作と GAMMA10 への適用, 筑波大学技術報告 (2000) 29-34.
- [2] 間瀬 淳. プラズマの計測法 2. 電磁波によるプラズマ診断, 核融合研究 第52巻第2号 (1984) 129-162.

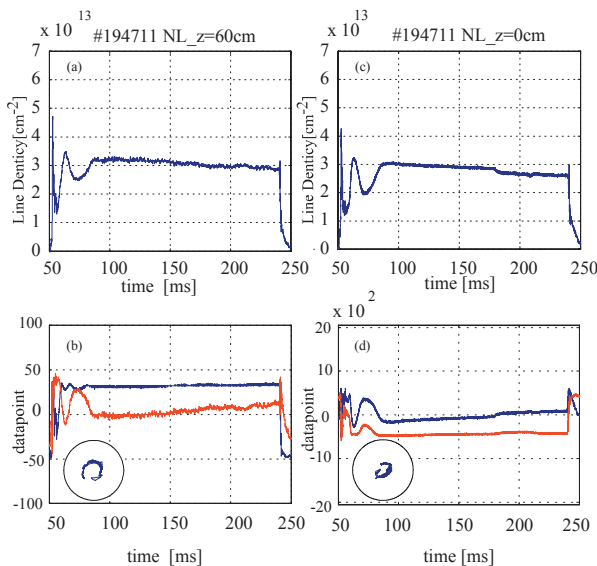


図5. 実測されたデータ

4. まとめ

電子密度分布の計測に向けて干渉計の多チャンネル化を進めている。予算の関係等もみながら6チャンネル全部の設置は来年度となるが、1チャンネルでの計測が問題ないことが確認されたので、レンズの製作を行い来年度は6チャンネルにして稼働させる予定である。

LDAP を使った認証システムの構築

川上彰

筑波大学システム情報工学等支援室（情報システム管理班）

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

平成16年9月に筑波大学学術情報メディアセンター大型・分散システムの更新が行われた。このシステムの一部である経営・政策科学研究科サテライトも更新され、30台の Windows クライアントと Windows サーバ等が導入された。それらを利用するためのユーザ認証システムとして新たに LDAP サーバを導入した。更に、この LDAP サーバの機能を利用して他の様々な認証への応用についてもテストしたので、その結果を報告する。図1に全体のシステム構成を示す。

1. はじめに

LDAP(Lightweight Directory Access Protocol)は、あるキーに関連したデータをディレクトリと呼ばれる情報の集まりから効率よく取り出すための仕組みである。この LDAP 機能を利用することによって、Windows や Macintosh、UNIX 環境のユーザ ID とパスワードを一元化することができる。つまり、どの

環境においても同じユーザ ID とパスワードによって認証が可能であり、またどの環境からパスワードが変更されても、全ての環境で同時にパスワードの変更が行われる。更に WEB ページや無線 LAN アクセスポイントへのアクセス制限としても、この ID とパスワードを利用することができる。

今回は、Linux パソコンに LDAP サーバソフトウェアをインストールし、これを使って分散システムの Windows Sever 2003 と 30 台の Windows クライアントパソコンを管理することにした。今回使用したサーバ（分散システムを除く）のハードウェアのスペックおよび主なソフトウェアとそのバージョンは表1のとおりである。

インターネット・サーバ上では、WEB サーバ、ファイルサーバ、ログインサーバ、FTP サーバ等のサーバ機能に加えて、Radius 認証で使用する SSL 証明書の発行等の機能を提供する。

2. LDAP サーバ

LDAP サーバは、障害時の対策としてマスタ、ス

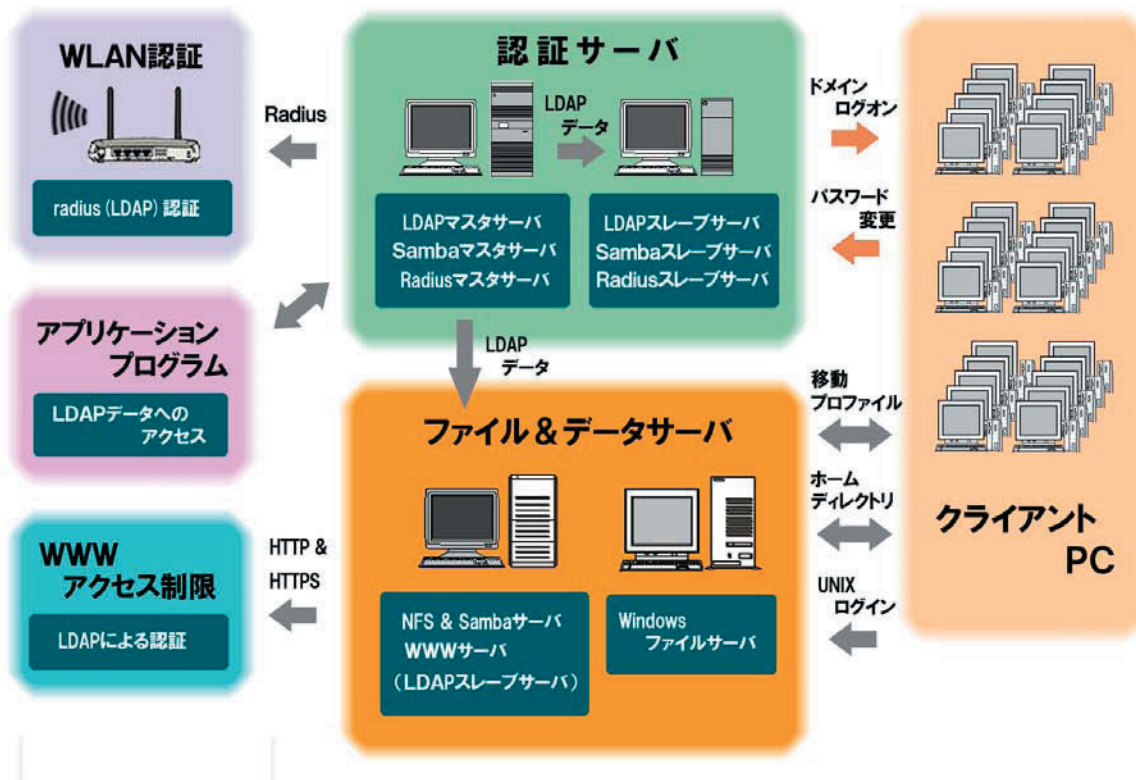


図1. システム構成

レーブ構成をとった。何れのサーバもOSには、Bonzai Linux (Debian Linux と互換OS) を使用し、LDAP サーバソフトウェアとしては OpenLDAP を使った。

LDAP サーバ用のソフトウェアとしては、今回使用した OpenLDAP 以外にも複数あるが、その中に Sun One Directory Server という製品が存在する。当初はこれを使う予定だったが、ハードウェアの要求スペックや LDAP サーバと LDAP クライアントを同じ計算機上で実行できない等の制約のため断念した。ただし、Sun One Directory Server はマルチマスタ複製機能を有しているため、システム障害時の対応は OpenLDAP よりも容易なのではないかと思われる。

OpenLDAP のバックエンドのデータベースとしては BDB(BerkeleyDB)を、マスタサーバとスレーブサーバ間の通信の暗号化には OpenSSL による SSL/TLS 方式を用いた。nscd(Name Service Caching Daemon)を使用することによりアクセスの効率を上げることができるが、障害発生時の原因究明が難しくなることが懸念されたので、システムが安定して稼動した後で導入することにした。

3. インターネット・サーバ

一般ユーザのログインやFTPによる接続、WEBアクセス等を行うため、安全性を考慮して認証用のサーバとは別にサーバを構築した。

3.1 WEB サーバ

WEB サーバ用のソフトウェアとしては、Apache (Version 1.3.26) を使用した。また、利用者のパソコンとサーバ間の情報を暗号化するために SSL モジュールを使用している。SSL の証明書は、このサーバ

上に構築した自己署名型の認証局を使って発行し利用した。また、LDAP の情報を WEB 認証に利用するために、auth_ldap モジュールをインストールして使用した。

3.2 ファイルサーバ

経営政策科学研究科の学生は、授業等で社会工学類教育用計算機を利用する機会が多い。この計算機上の学生のホームディレクトリを経営政策科学研究科のサーバで NFS クライアントとしてマウントして利用できるようにした。

また、マウントした領域をサーバ上の Samba サーバを使って公開することにより、社会工学類教育用計算機の学生のホームディレクトリを経営政策科学研究科の Windows パソコンでマウントして利用できるようにしている。

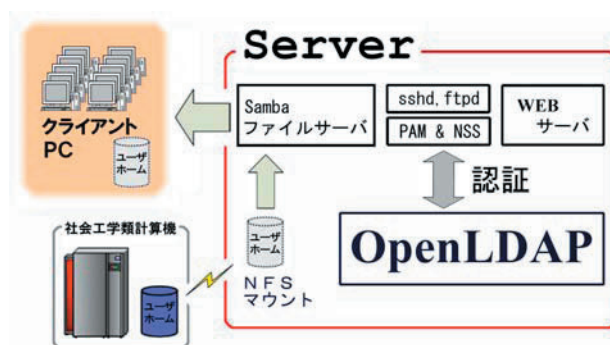


図2. ファイル共有

表1 ハードウェアとソフトウェアのスペック

		LDAP マスタサーバ	LDAP スレーブサーバ	インターネット・サーバ
ハードウェア	CPU	Intel Xeon, 2.8GHz	Intel Pentium III, 866MHz	Intel Pentium III, 500MHz
	メモリサイズ	896MB	256MB	160MB
	ディスク容量	120GB	20GB	5GB
ソフトウェア	OS	Bonzai Linux (Ver. 3.2, kernel 2.4.20)		
	LDAP	OpenLDAP (Ver. 2.2.15)		
	Samba	Samba (3.0.4)		
	SSL	OpenSSL(0.9.7d)		
	Radius	FreeRADIUS (1.0.1)		
	WEB			Apache(1.3.26)
	FTP			WU-FTPD(2.6.2)

3.3 ログインサーバ

Telnet による通信は、ユーザ ID やパスワードを含む情報が、そのままネットワーク上を流れるため漏洩する危険性がある。このため、Telnet による接続を禁止して、SSH による接続のみ可能とした。sshd は inetd から起動することも可能であるが、ドキュメントの説明によるとデーモンとして実行することが推奨されている。これは、sshd の起動時にキーを生成する必要があり、このために時間を必要とし、クライアントは接続の度に待たされることになるためである。

また、/etc/hosts.allow と /etc/hosts.deny の 2 つのファイルによって、アクセスの許可と拒否を細かく設定することができる。このファイルは、TcpWrapper の設定でも使用され、inetd から起動される FTP 等の他のサービスに対するアクセスと共に設定することができる。

3.4 FTP サーバ

FTP サーバ用のソフトウェアとしては、ワシントン大学で開発された WU-FTPD が PAM(Pluggable Authentication Modules)、NSS(Nameservice Switch)への対応環境が整っていたので、これを使用した。また、現時点では通信内容の暗号化は行っていないが、今後検討する必要がある。接続に関しては、TcpWrapper を使用することによって特定のドメイン内からのみ接続を許可している。

3.5 SSL 自己署名型の認証局

SSL 証明書発行は、本来であれば信頼のできる認証機関によって発行してもらう必要があるが、費用や手続きの問題があるので、自己署名型の認証局を構築して利用することにした。

LDAP のマスタサーバとスレーブサーバとのデータ転送時に SSL 暗号化を行っている。これは転送データに含まれるユーザの ID やパスワードが外部に漏れることを防ぐためである。同様に WEB サーバとの通信や無線 LAN 通信における Radius サーバとの通信等に、このサーバを使って発行されたキーや証明書を使用している。

4. LDAP を利用した認証

4.1 Windows ドメイン環境

LDAP サーバ上に Samba (Version 3.0.4) をインストールし、Windows ドメインコントローラとした。LDAP マスタサーバとスレーブサーバ上に、それぞれ Samba をインストールし、同じく Samba マスタサーバと Samba スレーブサーバとした。このように設定することによって、2 台のサーバの一方が障害等で停止しても継続して Windows ドメインコントローラとしての機能を提供することができる。

4.2 Linux ログインと FTP

Linux サーバへの SSH によるログインと FTP によるファイル転送については、PAM と NSS を設定する

ことによって LDAP のユーザ情報を認証に利用することができる。

また、ログイン後にパスワードを変更すると、同時に Windows ログオン用のパスワードも変更することができる。ただし、passwd コマンドを使って変更すると、LDAP 情報内の UNIX ログイン用のパスワードは変更されるが、Samba のパスワードが変わらないため同期が取れなくなる。smbldap_tools に含まれる smbldap-passwd コマンドを使うと UNIX 用のパスワードと samba パスワードを同時に変更することができる。

4.3 無線 LAN アクセス

平成 15 年度社会工学系技官研修で使用した手法をそのまま利用し、同じ環境を構築した。NAT ルータを使って既存のネットワークと無線 LAN 環境を分け、NAT ルータの DHCP サーバ機能を使ってパソコンにプライベートな IP アドレスを与える。また、無線 LAN のアクセスポイントは、IEEE802.1X に対応した製品であり、Radius サーバと交信して認証を行う。Radius サーバ用のソフトウェアとしては FreeRadius を使用した。

昨年度は EAP/TLS による認証を使用し、SSL 証明書を使った認証であったが、今回は加えて EAP/PEAP による認証もできるようにした。これは、LDAP データ内の NTLM ハッシュ値を使って行われている。

また、WEB を利用した SSL 証明書発行システムについても、昨年度作成したものに若干の修正を加えた。違いは、前回はユーザ認証の際に NIS によるユーザ ID とパスワードを使ったが、今回は LDAP データベース内のユーザ ID とパスワードによる WEB ページへのアクセス制限を利用して証明書の発行を行っている。(図 3)



図 3. SSL 証明書発行システム

4.4 WEB アクセス認証への利用

Apache に LDAP 用のモジュールを追加することによって、LDAP 内のユーザ ID とパスワードを WEB ページへのアクセス認証に利用することができる。

各利用者のディレクトリ内にアクセス制限のための設定ファイルを置くことにより、LDAP サーバに登録されたユーザ ID とパスワードによる認証が可能になる。設定ファイルの内容によって、LDAP サーバ上の全登録者、あるいは指定した特定の登録者に対してアクセスを許可し、許可された利用者はその WEB ページへのアクセスの際にユーザ ID とパスワードを入力することによってページを表示することができる。

LDAP サーバの情報を使わずに、このアクセス制限のための設定ファイルにアクセスを許可するユーザ ID とパスワードを直接記入して認証を行うことも

可能ではあるが、LDAP サーバの情報を利用することにより、ユーザ ID やパスワード管理が一元化できる点は大きなメリットである。

4.5 機器貸し出しシステム

学生に対する液晶プロジェクタやノートパソコンの貸し出しや返却を自動化するために、LDAP サーバのユーザ情報を用いた機器の貸し出しシステムを平成 16 年度内の完成を目指して作成中である。

システムの構成は図 4 に示すとおりであり、利用者自身で機器の予約、貸し出し、返却を行うことができる。操作は全て WEB ブラウザで行い、LDAP サーバに登録されているユーザ ID とパスワードによって個人認証を行う。

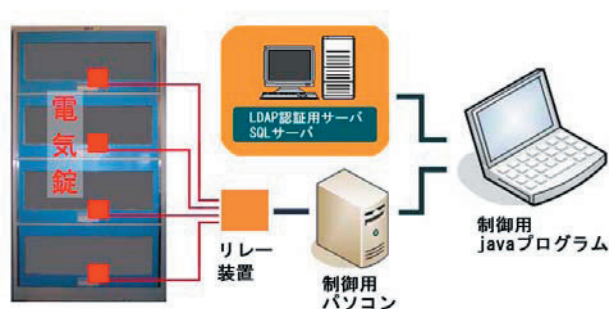


図 4 システム構成

機器の予約、利用状況は図 5 のように表示される。利用者は、このページ上で希望する機器の部分をクリックし、自分のユーザ ID、パスワード、予約または貸し出しの期間等を入力する。貸し出しの場合は、機器を納めてあるキャビネットの扉が開錠状態になるので機器を取り出す。

ただし、完全に無人化するには若干不安な面もあるので、貸し出し用のキャビネットは一般利用者用のパソコンが設置してある部屋に置くことにした。この部屋は入室管理システムが導入されており、入室用のカードを持った利用者（経営政策科学研究科の学生および関係者）のみが入室することができる。また、監視用のカメラも設置されており、部屋の様子は常時録画されている。

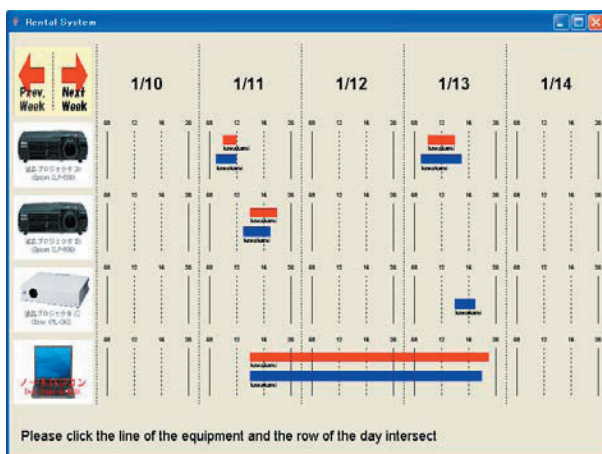


図 5 貸出状況表示

5. 障害時の対処

5.1 LDAP マスタサーバ障害時の対応

試験的に LDAP マスタサーバを停止して状況を確認した。Windows クライアントパソコンからドメインへのログオンは、スレーブサーバによる認証が機能することによって問題なく行うことができた。しかし、パスワードの変更は、スレーブサーバでは処理できないのでエラーが出て行うことはできなかった。UNIX 環境に於いても同じくログインは可能であるが、パスワードの変更はできなかった。WEB アクセス認証や無線 LAN アクセス認証は、問題なく行うことができた。

また、マスタサーバが復帰不能な状態に陥った場合は、次のような対処方法が考えられる。

- (1) 現在 LDAP スレーブサーバとして稼働しているサーバを LDAP マスタサーバに変更して運用を続ける。
- (2) 別なコンピュータを使って LDAP マスタサーバを再構築する。

(1)の方法は、スレーブサーバ上の LDAP 設定ファイル等を変更することによってマスタサーバに変更することができ、比較的短時間で対処することが可能である。ただし、スレーブサーバをマスタサーバとして利用するため、障害に対処するために新規に LDAP スレーブサーバを用意する必要がある。また、LDAP スレーブサーバと同じサーバにインストールされている Samba スレーブサーバも Samba マスタサーバとして設定を変更する必要がある。

(2)の方法の場合は、新規の LDAP マスタサーバを構築後にスレーブサーバの LDAP データベースの内容をマスタサーバにコピーする必要がある。

障害を起こしたマスタサーバの代替となる予備機がある場合は、(2)の方法で対処することが可能であるが、予備機がない場合は(1)の方法を取ることになる。

5.2 LDAP スレーブサーバ障害時の対応

LDAP スレーブサーバを停止して状況を確認した。マスタサーバが動作しているので、認証に関しては全て問題なく動作した。

次に、スレーブサーバが停止中にデータの変更があった場合、スレーブサーバが復帰後にその情報が正常に伝達され、スレーブサーバ側の情報も更新されるか確認した。パスワードの変更、新規ユーザの登録、ユーザの削除について試したが何れの場合も問題なく正常に更新された。

また、LDAP スレーブサーバを再構築した場合は、マスタサーバの LDAP データを手動でコピーした後、スレーブサーバを起動する必要がある。これは、マスタサーバ上での変更内容のみがスレーブサーバへ送信されるためである。

5.3 LDAP データベースのバックアップ

データのバックアップは、UNIX のクーロンジョブで 1 日に 1 回 `slapcat` コマンドを使って行っている。結果は LDIF 形式で、日にちごとに別のファイル名として保存されるようにした。

LDAP データベースの内容が壊れた場合は、バックエンドのデータベースとしてBDBを使用しているので、db_recover コマンドで修復できる場合が多かった。このコマンドで修復に失敗した場合は、LDIF 形式のファイルを使って戻すことができる。

6. 今後の課題

6.1 Windows ドメイン管理

今回は、Samba サーバをドメインコントローラとして使用したが、Windows 環境のみで利用する場合は Windows サーバを使って Active Directory によるドメイン管理を行うのが一般的である。Samba をドメインコントローラとした場合、Windows サーバで提供されている機能の一部で利用できないものがある。

その1つにグループポリシー管理機能がある。これは別のソフトウェアを使って擬似的に同様のことを行うことは可能であるが、煩雑な操作を行う必要があり、また全く同じ機能を代替することはできない。このような Windows 環境固有の管理機能を Samba でどのように管理するか今後の課題である。

6.2 管理ツール

OpenLDAP には、管理用のツールとして必要最低限のものは用意されているが、実際に運用するにあたっては十分とはいえない。ユーザ情報の変更等に、その都度 LDIF 形式のファイルを作って操作するのは非常に効率が悪い。業務として使用するためには、公開されている管理用のツールや自作ツール等を使って環境を整える必要がある。

6.3 障害対策

OpenLDAP は、LDAP データの複製方法としてシングルマスタレプリケーションを使っている。マスタサーバからスレーブサーバへデータの複製を行い、マスタサーバの障害時にはスレーブサーバが機能を代行する。別な方法としてマルチマスタレプリケーションによる複製方法がある。これは、Sun One Directory Server 等で採用されており、OpenLDAP も試験的にではあるが機能を提供している。

管理面で考えると、シングルマスタレプリケーションよりもマルチマスタレプリケーションによる複製方法をサポートしていることが望ましいのではあるが、別な方法として LDAP サーバをクラスタ構成にすることが考えられる。ただし、クラスタ構成にするためには、そのための機器とソフトウェアが必要となる。環境が揃えば、クラスタ構成による LDAP サーバの構成を試してみたい。

6.4 分散管理

LDAP は、referral という機能によって DNS のように各組織ごとに分散した管理体制をとることができる。例えば、経営政策科学研究科のユーザ情報と社会学類のユーザ情報を別々に管理はするが、その情報を利用する上では、1つのまとまった情報として扱うことができる。今後、複数の組織への対応を含めて、LDAP の導入形態について再検討したい。

7. まとめ

LDAP によるユーザ情報の管理は、管理者のみならず利用者にとっても非常に有効な手段となりえるものと思われる。

管理者にとっては、機能別に複数のサーバに分散していたユーザ情報を1つにまとめることによってサーバの集中管理が可能になる。更に、全体を組織ごとに分割し、分散した管理を行うこともできる。

また、利用者にとっては、環境ごとに異なるユーザIDとパスワードを利用することは非常に煩雑である。セキュリティ向上のためパスワードを定期的に変更すること等を考えると更に混乱を来すことになるが、LDAP を利用することによって、これらを統合して1つのユーザIDとパスワードにまとめることができる。

LDAP 環境を導入するにあたっては、いくつかの選択肢がある。今回はソフトウェアとして OpenLDAP を使用したが、他の商用ソフトウェア等も含めて、利用者の使用環境に適したものを導入する必要がある。その際は、障害時の対策やバックアップ方法、他のソフトウェアとの連携等と合わせて検討する必要がある。また、通信内容の暗号化についても必要不可欠な条件である。これらの環境は非常に速いスピードで変化しており、全てを常に最新の状態にすることは難しい。機能別に複数人でチームを作って対応する必要があるように思われる。

謝辞

LDAP 環境を構築するにあたっては、3台のパソコンをサーバとして利用した。これらの機器を提供して下さった経営政策科学研究科の糸井川研究科長ならびに高野技術専門職員に感謝いたします。また通信内容の暗号化等には SSL を使用しているが、これに関しては昨年度の「社会工学系技官研修」の成果が非常に有効であった。この研修にご理解、ご協力頂きました橋本教授には再度感謝いたします。

参考資料

- [1] 稲地稔. OpenLDAP 入門—オープンソースではじめるディレクトリサービス, 技術評論社(2003)
- [2] Gerald Carter. LDAP—設定・管理・プログラミング, オーム社(2003)
- [3] LDAP 研究会. LDAP/OpenLDAP によるユーザ管理/認証ガイド, 秀和システム(2004)
- [4] 武田保真. 徹底解説 Samba LDAP サーバ構築, 技術評論社(2004)
- [5] software Design 編集部. Software Design 2004年7月号, 技術評論社(2004) 17-70.

コンテンツ管理システム PukiWiki の導入と活用事例

雨谷恵

筑波大学システム情報工学等支援室(情報システム管理班)

〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

最近では、ほとんどの業務がネットワークにつながれた PC を利用していると思われる。そのような環境で、すばやくお互いの情報を共有する為には、ネットワーク上で共有ツールを使用するのが便利である。しかし、専門的な知識を持たないユーザーが共有ツールを利用するだけでなく、導入するには高度な知識が必要と思われるかもしれない。確かに適当なソフトの選定、インストールとその後の設定等の手間、また、組織によっては CGI の使用規制、コストの問題等で、なかなか気軽には導入に踏み切れないのではないだろうか？

おそらく多くの組織では、すでに情報共有ツールとして fml¹等のメーリングリスト(以下MLと略)プログラムを利用していると思われるが、毎日大量に送られてくるメールをひとつひとつチェックするのも大変な労力である。しかも、例えば論議の途中からそのMLのメンバーに加わった場合、今なされている論議の経緯を知るためには、過去に配信されたメールを取り寄せ読まなくてはならない。多くのMLプログラムの機能には、記事の取り寄せをすることは可能だが、その中から必要な情報を検索し取り出す事は出来ない。

それらの問題点に対し簡単にすばやく「情報共有」を実現するためのツールとして PukiWiki を実例を交えて紹介する。

1. はじめに

初めて PukiWiki を導入したのは、2004 年 4 月に筑波大学システム情報工学研究科総合研究棟 B が完成した時である。建物の完成とともに一部の研究室/実



図 1 新棟ワーキンググループ TOP画面

験室を移転するため、移転対象となる同研究科コンピュータサイエンス専攻では、早急にネットワークの整備等を検討する為にワーキンググループが発足し

た。このワーキンググループの情報共有の場として PukiWiki を採用し、掲示板的な利用の他、議事録等各資料の保管を行った。

同じようなシステムは、以前にも同大学情報学類計算機運用委員会内、学生管理者グループで、グループ内の情報共有のため Tiki という PukiWiki と同じシステムを利用していた。ただし、Tiki はオブジェクト指向スクリプト言語である Ruby 言語²で書かれており、CGI モードで動かすことを前提としているため、導入には基本的な CGI の設定の知識とともに、Ruby 言語の知識が必要な場合もある。PukiWiki は PHP 言語³で書かれており PHP モジュールを Apache サーバーに組み込むことで Perl/CGI と比較して処理速度の高速化、また、サーバーの負荷を低減することができる。さらに CGI を利用しないため動作するため設置の面でも安易である。現在、これらのシステム WikiEngine を利用したプログラムは多数存在し、Wiki クローンと呼ばれている。

本稿では PukiWiki の導入方法、初期設定、また導入時の注意点を報告する。

2. PukiWiki のアウトライン

PukiWiki の「Wiki」とは自由に拡張可能な、連結されたウェブ「ページ」の集積で、情報を格納し、修正するためのハイパーリンクシステム WikiEngine のことである。この WikiEngine を利用することにより、web ブラウザを利用し編集をすることが可能であり、各ページが誰にでも容易に編集可能なデータベースとしても利用できる。また、一からシステムを構築することなく、既存の web サーバープログラムを利用することで、インストールから動作するまでとても手軽であるのが特徴のひとつである。

PukiWiki のインフラは WWW とサーバー・クライアントアプリケーションに支えられているとも言える。その基盤となる HTTP プロトコルは、クライアント・サーバー間の通信がどのように行われているかを規定しているが、Wiki は、web 上で使用されている HTTP プロトコルの GET(データ要求)処理と POST(データ提出要求)処理を行っている。

PukiWiki に使われている PHP 言語は、スクリプト言語のひとつである。大きな特徴は HTML ファイル内に直接記述することができる点である。また、CGI としても使用できるが、利用の多くは Apache 等の web サーバーに PHP モジュールを組み込まれた環境で使用されている。また、Perl/CGI と比較して処理速度の高速化、サーバー負荷の低減が可能で各種データベースとの連携に優れている。その他 PHP 言語は、XML, PDF, IMAP, LDAP 等各種機能をサポートしており、広範な web アプリケーションを容易かつ

¹ <http://www.fml.org/>

² <http://www.ruby-lang.org/ja/>

³ <http://www.php.net/>

柔軟に作成可能な点が魅力で、最近急速に普及している言語のひとつである。

3. 動作環境の確認

PukiWiki は日本語マルチバイト対応の PHP (PHP 4.1.0 以降) と web サーバーを利用できる環境なら基本的にどの OS 上でも動作する。ただし、PukiWiki の設置は public_html 等、web でアクセスできる場所におく必要がある。web サーバーに php モジュールが組み込まれているかを確認するには、その web サーバーの管理者に問い合わせるか、もしくは自分で以下のサンプルスクリプトを適当なファイル名(例では info.php)で作成し、このファイルをブラウザで表示して確認できる。ブラウザで表示して図 2 のように表示されれば、PukiWiki は設置可能である。

サンプルスクリプト(info.php) の内容

```
<html>
<head>
<title>PHP TEST</title>
</head>
<body>
<?php phpinfo(); ?>
</body>
</html>
```

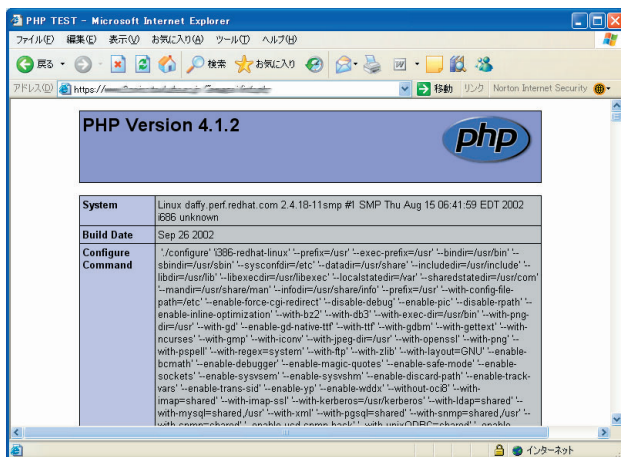


図 2 サンプルスクリプト(info.php) 表示例

このサンプルスクリプトで使用されている phpinfo 関数は、PHP の状態に関する情報を出力する。出力される情報は PHP コンパイルオプションと拡張機能、PHP のバージョン、サーバー情報と環境 (モジュールとしてコンパイルされた場合)、PHP の環境、OS バージョン情報、パス、構成オプションのマスター およびローカルの値、HTTP ヘッダ、PHP License 等である。

4. インストール手順

インストールの為に必要なパッケージはPukiWiki 公式サイト⁴からダウンロードすることができる。2005/01/25 現在のPukiWikiの最新バージョンは 1.4 系(XHTML 1.1) はPukiWiki1.4.4、1.3 系(HTML 4.01 transitional)は PukiWiki1.3.7 である。

⁴ <http://www.pukiwiki.org/>

以降、インストール手順を説明するにあたり、Linux 環境で、PukiWiki ファイル群を設置した場所を /home/amagai/public_html/pukiwiki URL を http://localhost/~amagai/pukiwiki/として進める。

公式サイトから提供されるパッケージは ZIP 形式と tar 形式があるので好みの形式をダウンロードする。tar 形式パッケージ(pukiwiki-1.4.4.tar.gz)の場合、以下のように p オプションをつけると、設定されたアクセス権で展開されるので、すぐに web 上で利用できる。

```
%tar pzxvf pukiwiki-1.4.4.tar.gz
%mv -Rf pukiWiki-1.4.4 ~amagai/public_html/pukiwiki
```

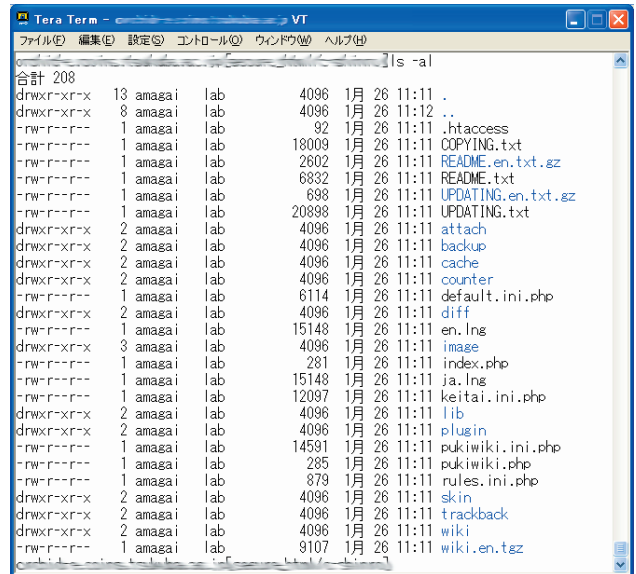


図 3 展開された PukiWiki パッケージ

なお、正しいアクセス権を確認するにはパッケージ内にある README.txt ファイルを参考にされたい。これら展開されたファイル群のアクセス権が正しく設定されていれば、web ブラウザで http://localhost/~amagai/pukiwiki/index.php へアクセスをすると、図 4 のように PukiWiki のフロントページが表示されるはずである。これで基本的な設置は完了である。ただし実際に PukiWiki を運用する際は、

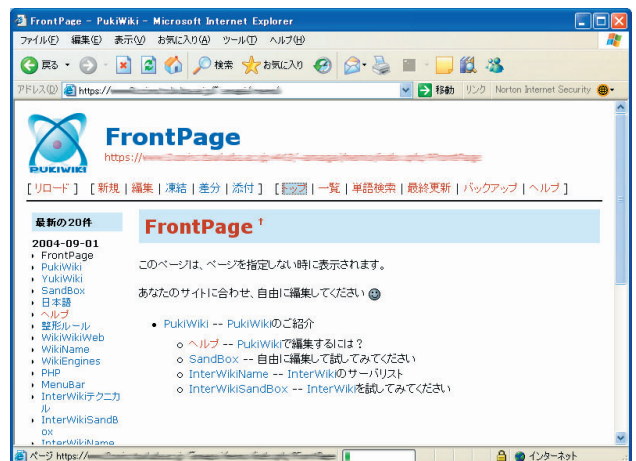


図 4 PukiWiki 初期画面

PukiWiki 設定ファイル pukiwiki.ini.php の設定と後述 7. を参考に、セキュリティ対策を行う必要がある。

5. 初期設定時に注意する点

pukiwiki-1.4.4 からは、配布パッケージを展開した時、各ディレクトリ内にあらかじめ「.htaccess」ファイルが存在している。htaccess ファイルとは、web サーバプログラム Apache の挙動を決定する設定ファイルの一つであるが、使用する web サーバの運用方針によっては設置を許可しない設定にしている場合もある。この場合、.htaccess ファイルがあると "Internal Server Error" を起こすことがある。その場合は pukiwiki/.htaccess、および pukiwiki ディレクトリ以下にあるすべての .htaccess ファイルを削除することでエラーを回避できる。また、"Runtime Error"が表示される場合は、ファイルのアクセス権や、それらを収めているディレクトリのアクセス権が適切でない可能性があるため、README.txt ファイルで確認をする。

6. 基本的な機能の紹介

基本的なメニューは図 5 にあるようにページの上部にメニューが表示される。[新規] ページの作成と [編集] について簡単に説明する。

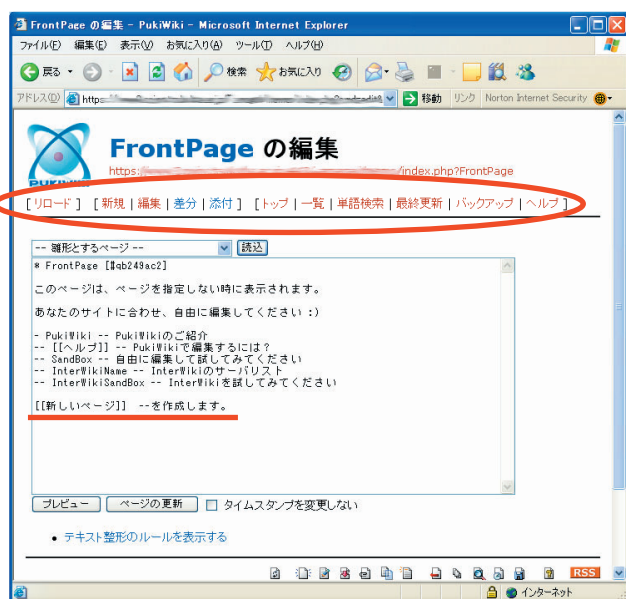


図 5 PukiWiki の編集画面

新規ページを作成する方法として、すでに作成済みのページの [編集] 画面において、図 5 のとおり、既存のページ (図 5 では『FrontPage』) に BracketName ([[]] で囲まれた文字) を入力する方法がある。図 5 では『[[新しいページ]] --を作成します。』と入力されている。この状態で [ページの更新] をすると、図 6 のとおり『FrontPage』に『新しいページ --を作成します。』の後ろに ? というリンクがつく。そこをクリックすると『新しいページ』が作成され、編集画面になる。次に図 7 のとおり「新たに作成されました」と入力し、[ページの更新] すると『新しいページ』に文章が追加され図 8 のとおり更新される。またメニュー [新規] から新規ページを作成できる。なお、PukiWiki に用意された基本メニューはリスト 1 のとおりである。

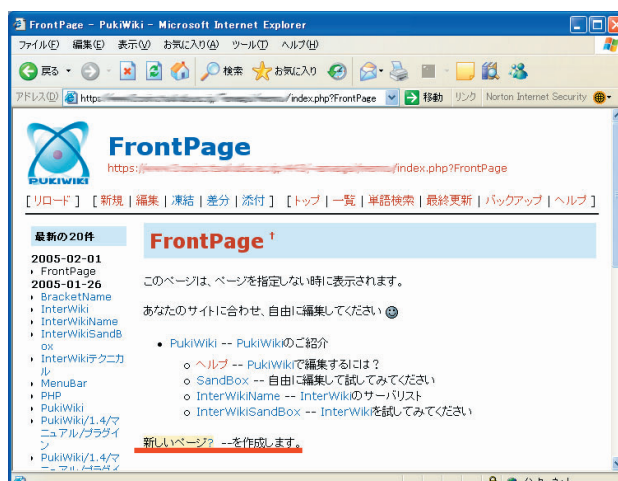


図 6 新しいページへのリンク



図 7 新しいページの編集画面

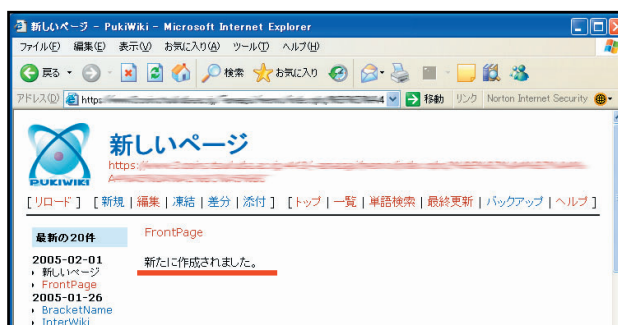


図 8 作成した新しいページ

- [新規] 新しいページを作成する
- [編集] ページを編集する
- [凍結] ページを pukiwiki.ini.php で設定したパスワードで書き込み不可にする
- [凍結解除] ページを pukiwiki.ini.php で設定したパスワードで書き込み許可にする
- [差分] ページの更新の差分
- [添付] ページにファイルを添付するプラグイン
- [一覧] ページの一覧
- [単語検索] 全てのページから単語を検索
- [最終更新] 各ページの最終更新一覧
- [バックアップ] 過去のバックアップ一覧
- [ヘルプ] PukiWiki の使い方等

リスト 1 PukiWiki の基本メニュー

7. アクセス制限とセキュリティ対策

PukiWiki はその性質上、誰でもどこからでもアクセスできるため、無断で消去、改竄される可能性がある。定期的にバックアップを取る機能があり、完全ではないが復旧することもできるが、それだけでは不十分である。よって初期状態のまま PukiWiki

の運用は危険である。そこで、別途セキュリティ対策が必要となる。PukiWiki 自体が提供している機能とともに Apache で提供されている機能も利用する。

7.1 PukiWiki の「凍結機能」

先にも書いたとおり、PukiWiki はアクセスしてきたすべてのユーザーに、ページ編集や新規ページの作成を許可している。そこで、PukiWiki の「凍結」機能を利用し、予め設定したパスワードで、書き込みを制限し、セキュリティを強化する。

PukiWiki の凍結機能は予め MD5 という方式で暗号化したパスワードを設定ファイル `pukiwiki.ini.php` に書き込むことで実現する。このファイル内の `$=adminpass` 以降の (シングルコーテーション) で囲われた間に MD5 で暗号化された値を以下のように記入すればよい。

`pukiwiki.ini.php` のパスワード設定部分

```
// 管理者パスワード
// 以下は md5('pass') の出力結果です
$adminpass = '329435e5e66be809a656af105f42401e';
```

MD5 での暗号化は、Linux 上では、以下のように簡単に計算させる事ができる。

```
% echo -n 'pass' | md5sum
329435e5e66be809a656af105f42401e -
```

この設定により、パスワードを知るユーザのみが変更作業を行うことができ、改竄されにくくなる。

7.2 Apache を利用したアクセス制限

webサーバ Apache⁵ を利用し、`.htaccess` ファイルを活用することにより、より多彩なアクセス制限を行うことが可能になる。例えば、特定のホスト (IP アドレス、ドメイン名等) からのアクセスを制限、ID とパスワードによるアクセス制限 (Basic 認証) 等が実現可能である。例えば、Basic 認証を利用する場合は `pukiwiki/.htaccess` に以下の行を追加する。

```
AuthUserFile /home/amagai/.htpasswd
AuthGroupFile /dev/null
AuthName "Please enter your ID and password"
AuthType Basic
require valid-user
```

1 行目の `AuthUserFile` では認証に使われる ID とパスワードが書かれているファイル `.htpasswd` の場所を指定する。通常この `.htpasswd` ファイルは web でアクセスできない場所 (例 `/home/amagai/.htpasswd`) に設置する。この `.htpasswd` の中身は以下のとおり「ID: 暗号化されたパスワード」の形式で記述されている。パスワードの暗号化をする場合、PHP 言語の `crypt` 関数を使う事で暗号化が可能だが、フリーウェア等で提供されている CGI (perl) や PHP で書かれた専用のプログラムを利用しても暗号化することが出来る。

`/home/amagai/.htpasswd` の例

```
amagai:fjeio29f32Ein
user1:342bieEezjVie
```

この設定により

`http://localhost/~amagai/pukiwiki/index.php` にアクセスした場合、図 10 のような Basic 認証が現れ、`.htpasswd` に登録されたユーザーが任意のパスワードでのみ利用することが可能となる。

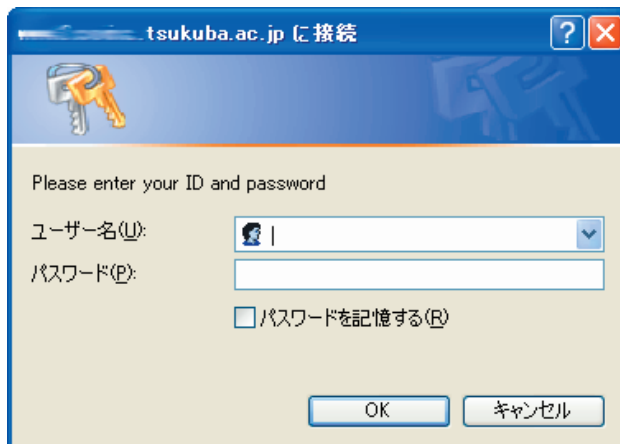


図 10 認証画面

7.3 .htaccess 設定の応用例

7.1 と 7.2 で説明した機能を利用する場合の問題点は、PukiWiki の凍結機能を利用した場合、万が一設定したパスワードが流出した時、共通パスワードのため、誰が使用したかの特定が難しい。また、`.htpasswd` と `.htaccess` を方法の場合は `.htpasswd` を作成する際、DES によるパスワードの暗号化に多少専門知識が必要となる。

同大学情報学類⁶では、NIS のパスワードを、Apache に組み込まれた認証モジュールが読めるように変換するプログラムを開発し、その出力ファイル (`webpass.coins`) を各ユーザが `.htaccess` に利用できるサービスを提供している。このサービスにより別途 web アクセス用のパスワードファイル `.htpasswd` を設定することなく、ユーザはシステムから提供される暗号化された NIS のパスワード情報を安全に設定することが可能となる。情報学類で提供している `.htaccess` のサンプルは以下のとおりであるが、このように記述した `.htaccess` ファイルを用意することで、NIS 情報を利用した認証が可能となる。

COINS の全ユーザにアクセスを許可する

```
AuthType Basic
AuthDBUserFile /etc/webpass.coins
AuthName "Please input your coins's Account
& Password"
Require valid-user
```

⁵ <http://www.apache.org/>

⁶ <http://www.coins.tsukuba.ac.jp>

COINS のユーザ user1,user2 にアクセスを許可する

```
AuthType Basic
AuthDBUserFile /etc/webpass.coins
AuthName "Please input your coins's Account
& Password"
Require user user1 user2
```

COINS のグループ ugrad(情報学類生全員)に属するユーザにアクセスを許可する

```
AuthType Basic
AuthDBGroupFile /etc/webpass.coins
AuthDBUserFile /etc/webpass.coins
AuthName "Please input your coins's Account
& Password"
Require group ugrad
```

ここで指定されている webpass.coins は cron を利用し一定時間ごとに、開発したスクリプトによりログインアカウント、パスワード、グループ等の情報を取得している。

7.4 SSL の導入

アクセス制限を行っても、ネットワーク上で流れているデータは平文のままなので、常に脅威に晒されている。大切なデータを「悪意を持った第三者」から見られても平気なように、データを変換する方法(暗号化)を行うことが必要である。その暗号化されたデータのやり取りで、最も一般的な方式は

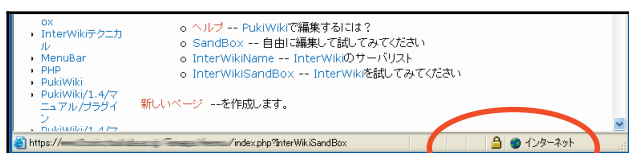


図 11

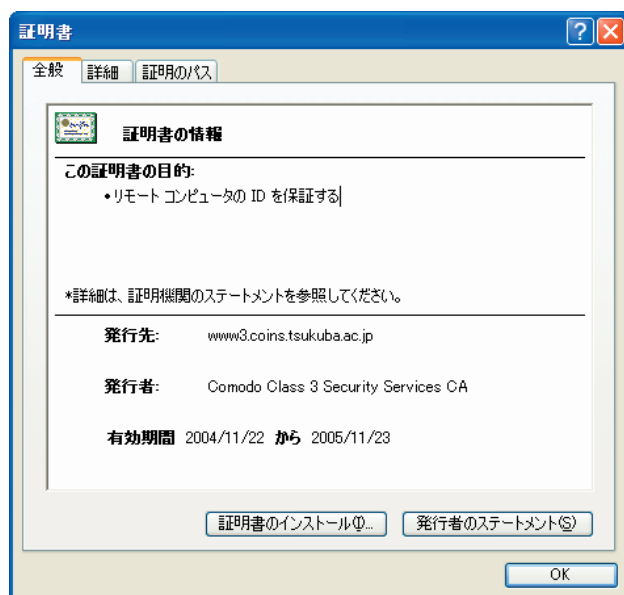


図 12 SSL 証明書

SSL(Secure Socket Layer)通信と呼ばれる通信方式である。この SSL 通信とアクセス制限を併用して利用することにより、よりセキュアな運用が可能となる。

SSL 通信を利用しているかどうかは、ブラウザで確認することができる。SSL で通信している場合、図 11 のとおりブラウザ画面右下のとおり鍵マークが表示される。この鍵マークをクリックすると図 12 のようにその web サーバーが使っている証明書の情報を見ることができ、安全性を確認できる。

まとめ

PukiWiki が最も力を発揮するのはコラボレーション(共同作業)に利用される場合である。例えば、会議時に PC とプロジェクトを用いて、リアルタイムで議事録等の編集したり過去の議事を確認しつつ進行できる。追加資料等ファイルのアップデートも容易である。

PukiWiki の設置は、特別な知識や管理者権限が必要ではなく、手軽で便利な情報共有ツールとして、エンドユーザのコンピュータリテラシの向上とともに、ますます広がっていくと予想される。また、PukiWiki には標準添付のプラグインの他、多数の自作プラグインが公開されているので、利用者それぞれがニーズにあったカスタマイズをすることで、より威力を発揮するのでぜひ一度利用されたい。

ただし、PukiWiki は web サーバーに設置して利用することが前提となっている為、そのような作業に慣れていないユーザにとっては敷居が高いかもしれない。最近、ローカル PC 上で Wiki の機能が使える「ひとり Wiki」⁷ というフリーソフトが提供されているので、web サーバに導入する事に不安を感じるユーザーには、まず「ひとり Wiki」で Wiki の使用感を試されてはいかがだろうか。

参考文献

- [1] 『Wiki Way コラボレーションツール Wiki』サポートページ <http://www.yamdas.org/wikiway/index.html>
- [2] PukiWiki の公式サイト <http://www.PukiWiki.org/>
- [3] PukiWiki 開発サイト <http://PukiWiki.org/dev/>
- [4] PHP 本家(英語) <http://www.php.net/>
- [5] coins のアカウントを用い、個人認証とアクセス制御により、学類関係者向けのページを公開する方法 <http://www.coins.tsukuba.ac.jp/ce/web-auth/>

⁷ 窓の杜の「ひとり Wiki」紹介文

<http://www.forest.impress.co.jp/article/2005/01/06/hitoriwiki.html>

筑波大学無機系廃液処理施設における鉄粉法による セレン系廃液の試験的処理

柏木保人

筑波大学環境安全管理室

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

筑波大学無機系廃液処理施設における鉄粉法廃液処理設備によってセレン系廃液を処理するための基礎的条件を検討した。まず最初に、鉄粉法による六価セレン処理のビーカー試験を行った。その結果、六価セレンが 1ppm 以下の濃度であれば環境基準値 0.01ppm レベルまで処理可能であることが分かった。次に、実際の鉄粉法処理設備においてセレン系廃液を処理するために実験室から無機系廃液処理施設に収集したセレン系廃液の価数別の分別定量を行ったところ、高濃度のセレンを含有する廃液は見当たらなかった。そこで、実際の鉄粉法処理設備の処理工程中のセレン濃度を 1ppm 以下になるように運転条件を設定してセレン系廃液の試験的処理を実施した。また、セレン系廃液を鉄粉法で処理する時の作業環境測定法についての労働安全衛生のための基礎的検討も行った。

1. はじめに

筑波大学無機系廃液処理施設は昭和 50 年 3 月に設置され、現在までに 30 年間にわたり、筑波大学の教育研究活動に伴って発生した無機系廃液を学内において処理してきた。平成 11 年 7 月には老朽化し処理効率が悪かった回分式の凝集沈澱処理法の処理設備から連続フロー方式の鉄粉法による処理設備に更新され、旧処理設備と比較して極めて高性能の処理実績を得ている。この更新した無機系廃液処理施設の紹介を行うとともに、日常の廃液管理技術の立場から検討してきたセレン系廃液処理の試験結果を報告する。

平成 5 年 12 月 27 日に排水基準を定める総理府令の一部改正が公布され、排水中のセレン規制値は 0.1mg/l と定められた。筑波大学は、昭和 51 年の霞ヶ浦常南流域公共下水道の供用開始当初から、有害物質の規制値は環境基準値であり、セレンの規制値も環境基準値 0.01mg/l になっている。このことに対応して水質規制開始とともにセレン系廃液の分別と収集を行っている。セレン系廃液の発生量は、他の重金属系廃液、ヒ素系廃液などに比べると発生量は少ないが、日常の廃液処理におけるセレン系廃液の処理条件を確立することが必要である。しかし、セレン系廃液の常温処理技術はまだ確立されていない。つまり、無機系廃液中に六価セレンが存在するときは、広く利用されている鉄、アルミニウムなどの水酸化物を凝集剤とする凝集沈澱処理法による完全な除去は困難である。このために六価セレンを四価セレンに還元処理することが必須の処理条件となっている。この還元操作について様々な方法を適用した

処理技術が開発されている、生物還元法、電解還元法、光触媒還元法、加熱化学還元法などが報告されている。そこで、本検討では、鉄粉が有している常温化学還元作用に着目して、筑波大学無機系廃液処理施設の鉄粉法処理設備でのセレン系廃液の試験的処理を実施し、鉄粉法によるセレン系廃液処理の検討をおこなった。

2. 無機系廃液処理施設

2.1 鉄粉法廃液処理設備

図 1 に無機系廃液処理施設において現在稼働している鉄粉法による処理フローを示した。連続フロー方式の処理設備であり、毎時 200 リットルの無機系廃液を処理できる。主な受槽は重金属系原廃液用 4 槽、水銀系原廃液用 2 槽、ヒ素系原廃液用 2 槽、シアン系原廃液用 1 槽、フッ素系原廃液用 1 槽からなり、最大 4500 リットルの無機系廃液を貯留できる。処理水槽としては容積 6m³ のタンクが 3 つ設置されている。

2.2 鉄粉法処理原理

鉄粉法処理の特徴^[1,2,3]は、廃液を酸またはアルカリで最適 pH に調整してから鉄粉を加えたときに進行する以下の鉄粉反応によって有害金属、シアン化合物、フッ素等の除去が同時に達成されることである。

- ① 還元反応：鉄粉が酸に溶解する時に生じる還元力を利用する反応、例えば、六価クロムの処理の際には三価クロムに還元する必要がある、 $\text{Fe}^0 + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2$, $\text{Cr}^{6+} + 3\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Cr}^{3+} + 3\text{Fe}^{3+}$ のように酸性にして鉄粉を加えただけで化学還元が達成される。六価セレンの還元にもこの化学還元反応の利用が考えられる^[4]。
- ② 置換反応：イオン化傾向の差を利用して鉄粉表面において鉄よりイオン化傾向の小さい金属、たとえば銅イオン、と鉄を置換する反応。
つまり、 $\text{Fe}^0 + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cu}^0$
- ③ 均一反応：重金属を含有する弱酸性溶液に鉄粉を加えて強力な攪拌または微細な空気泡を吹き込む攪拌によって鉄粉の一部が溶解してしだいに中性に近づく反応。
- ④ 中和反応：重金属濃度が低い場合は、中和反応が進行して重金属水酸化物として沈澱する。
- ⑤ 共沈反応：各種金属の沈澱生成の最適 pH は異なっている、しかし、鉄の溶解によって生じ

た鉄イオンを共沈剤として各種金属を一括して沈澱処理できる。

⑥ 吸着反応： 微酸性の廃液に鉄粉を加えると表面が活性化されて重金属の吸着がおきる。

上記のような鉄粉法処理原理が大学等の教育研究機関から発生する少量多品種の複雑な組成の無機系廃液の処理に有効に機能している¹⁾。

2.3 無機系廃液回収状況

図 2 に過去 20 年間の無機系廃液の回収状況を示した。最近の回収状況は、一般重金属系、水銀系の無機系廃液の回収量が各々毎年 2000 リットルを超える傾向にあり、またフッ素系廃液回収量も増加して来ている。他方、セレン系廃液は過去 5 年間の合計回収量が 917 リットルと少量であり、毎年約 200 リットル前後の発生状況であった。

3. セレン系廃液の処理試験および結果

3.1 試薬、装置及び測定方法

鉄粉は、同和鉄粉工業製特殊還元鉄粉 E-200 を使用した。

廃液中のセレン濃度は、既報^{6,7,8)}の前分離操作によって分離後に黒鉛炉原子吸光定量した。日立製 Z-8200 形偏光ゼーマン原子吸光装置に同社製パイロ化グラファイトチューブを取り付け使用した。試料の注入には同社製 SSC-300 形オートサンプラーを用いて 20 μ l を注入し、標準添加法で測定した。

pH の測定には堀場製 F-7AD 形 pH メーターを使用した。

空気中のセレン濃度は、所定濃度の硫酸酸性過マンガン酸カリウム溶液 10ml を入れた柴田科学製ミゼットインピンジャー及び柴田科学製バリアブルストロークポンプを用いて毎分 0.2 リットルの空気を吸引して液体捕集した後、さらに捕集液中の全セレンをテルル共沈分離し、黒鉛炉原子吸光測定に供してもとめた。

3.2 セレン系廃液中の状態別セレンの定量

無機系廃液処理施設に現在保管中のセレン系廃液の全量について廃液中の状態別セレン分析をおこなっている。まだ全数について分析は完了していないが、得られたセレンの分別定量結果を表 1 に示した。

セレン系廃液として回収したもののセレンの検出されない廃液から水質規制値(0.01mg/l)の数倍の濃度の廃液まで広い濃度範囲を示した。しかし、いままでのところ、高濃度のセレン含有廃液は検出されなかった。

3.3 鉄粉法によるセレン系廃液処理のビーカー試験

無機系廃液処理施設の鉄粉法処理設備で処理するための予備的検討として鉄粉法による六価セレンの除去挙動について検討した。

六価セレン初濃度を 0.1mg/l から 100mg/l の濃度範囲とした合成廃水 100ml を 300ml ビーカーに調整

し、鉄粉を実処理設備での標準的な添加率(毎分 15g)に相当する量を加えてマグネティックスターラーで攪拌し、鉄粉処理を行った。鉄粉処理後の処理液を 0.45 μ m メンブランフィルターで吸引ろ過し、ろ液中の全セレン濃度を定量した。その結果を図 3 に示した。六価セレンが 1mg/l(ppm)以下であれば鉄粉法によって環境基準値(0.01mg/l)レベルまで処理できることがわかった。

3.4 処理試験法および工程分析結果

無機系廃液処理施設の鉄粉法処理設備においてセレン濃度が 1mg/l 以下となるように、二つの貯留槽中の重金属廃液(廃液整理番号 14-C-4、500 リットル、全セレン 0.021mg/l)と重金属系廃液(廃液整理番号 14-D-4、500 リットル、全セレン 0.029 mg/l)、および回収したセレン系廃液(試料番号 B-8、全セレン 4.89mg/l)を原水調整槽で混合してセレン系廃液処理試験に供した。通常の運転条件に設定して、運転開始後 155 分および 265 分経過した時点で処理フロー中の鉄粉反応槽、二次 pH 調整槽、高分子凝集剤槽、ろ過 pH 調整槽(吸着塔入り口)、最終 pH 調整層(吸着後液で処理水槽入り口)の 5 か所でサンプリングを行い、各サンプリング地点でのセレンの状態別の工程分析を行った。

セレン工程分析結果を表 2 に示した。運転経過時間に対しては大きな変動は認められなかった。このことから連続フロー方式による鉄粉法廃液処理が安定して稼働していることがわかった。

連続フローの 5 か所のサンプリング地点のうち、鉄粉反応槽、二次 pH 調整槽、高分子凝集剤槽の 3 地点のサンプルは 5 種 C ろ紙でろ過してから分析を行い、各地点での溶解性セレンの挙動を調べた。これらの溶解性セレンの挙動から鉄粉反応槽においてセレンが沈澱に固定されて除去されていることが確認できた。溶解性セレンの酸化数別濃度は、4 価セレンがほぼ検出限界レベルであって、溶解性セレンの大部分は 6 価セレンであることも確認できた。

活性炭塔、キレート樹脂塔の通液によって六価セレン濃度が更に下がっていたが、除去率は約 50%で(経過時間 265 分)あった。

3.5 セレン系廃液処理における作業環境測定法の検討

4 価セレンつまり亜セレン酸は塩酸酸性溶液に亜鉛粉などの金属粉を作用させると水素化セレン H₂Se まで還元されて気化することは、気化分離法として分析化学的に利用されている。鉄粉も同様に還元力があり、鉄粉法によるセレン系廃液処理の際に、セレン化水素として空気へ移行することが考えられる。

そこで、鉄粉法処理時の空気中のセレンを液体捕集後に原子吸光定量した結果、塩酸濃度が高くなると 0.2mg/m³ のセレン暴露限界⁹⁾を超えることが分かった。

4. 結言

鉄粉法廃液処理設備により実セレン系廃液の処理試験を実施した結果、通常運転の処理条件において水質規制値の約 16 倍程度の低濃度セレンは処理さ

れることが分かった。また目的としていた空気中のセレンの液体捕集/原子吸光定量操作を検討し、作業環境測定のための基礎的知見を得た。更に高濃度のセレン系廃液を処理するためには、設定する酸濃度、酸の種類、鉄粉反応時間の鉄粉法処理への影響、またセレンの空気への移行挙動などをより詳細に検討し、その安全対策について検討して行く必要があると考えられる。

謝辞

本検討の実施についてご指導賜りました前実験環境管理室長・応用生物化学系佐藤誠吾教授に深謝いたします。

なお、

本検討の一部は文部科学省科学研究費補助金[奨励研究(B)16915026]の援助によるものです。

参考文献

- [1] 桂 鉄雄, 鉄粉による排水中の有害物質の一括処理法の問題点と処理効果, PPM, No.9, 24 (1976)
- [2] 田中 昭, 鈴木康生, 木村利宗, 桂 鉄雄: 鉄粉による排水中の重金属等の除去方法の開発, 季刊環境研究, 25, 1 (1979).
- [3] 木村利宗: 鉄粉法による排水中の重金属などの有害物質の処理, PPM, No.9, 47 (1982)
- [4] W.N. Marchant, Method for Removing Soluble Selenium from Acidic Waste Water, Unuted States Patent 3,933,635 (1976)
- [5] 三田村 孝, 奥墨 勇: 鉄粉法, 210-218, “大学等における廃棄物処理とその技術”, 大学等廃棄物処理施設協議会編(1988)
- [6] 柏木保人, 河原拓治, 国府田悦男: 予備酸化後テルル共沈分離/黒鉛炉原子吸光法による高塩濃度廃水中の全セレンの定量, 分析化学, 44, 1033-1039 (1995)
- [7] Y. Kashiwagi, E. Kokufuta, Selective Determination of Selenite and Selenate in Wastewater by Graphite Furnace AAS after Iron(III) Hydroxide Coprecipitation and Reductive Coprecipitation on Palladium Collector Using Hydrazinium Sulfate, Anal. Sci. 16, 1215-1219 (2000)
- [8] 柏木保人, 廃水の品質管理分析のためのセレン状態分析法の開発, 筑波大学技術報告, No.23, 1-4 (2003)
- [9] 日本作業環境測定協会資料 No.50, 2001 ACGIH 化学物質と物理因子のTLVと化学物質のBEIs,

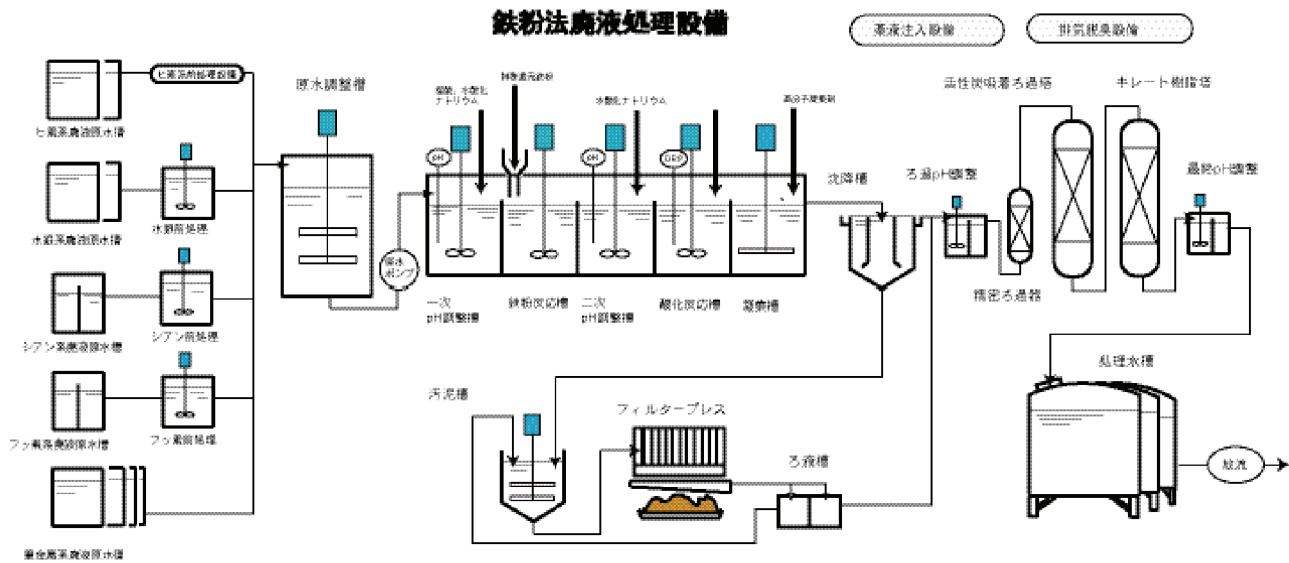


図1 筑波大学無機系廃液処理施設における鉄粉法処理設備の処理フロー

無機系廃液回収量の経年変化

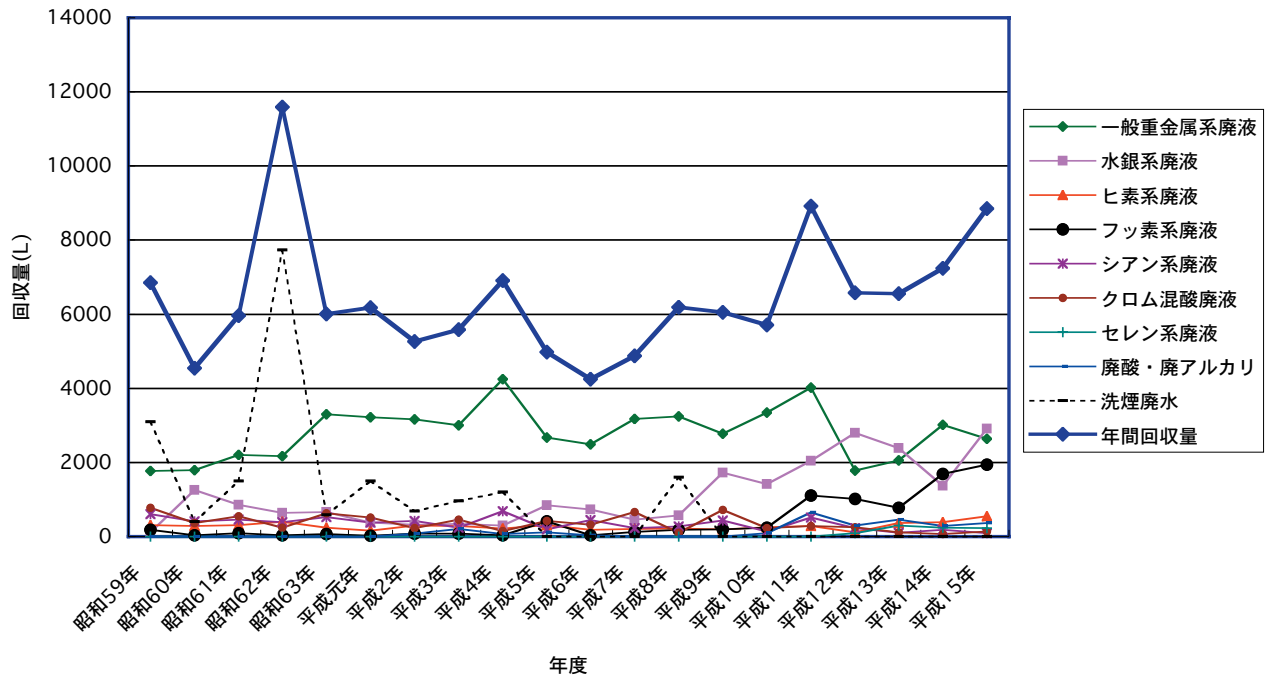
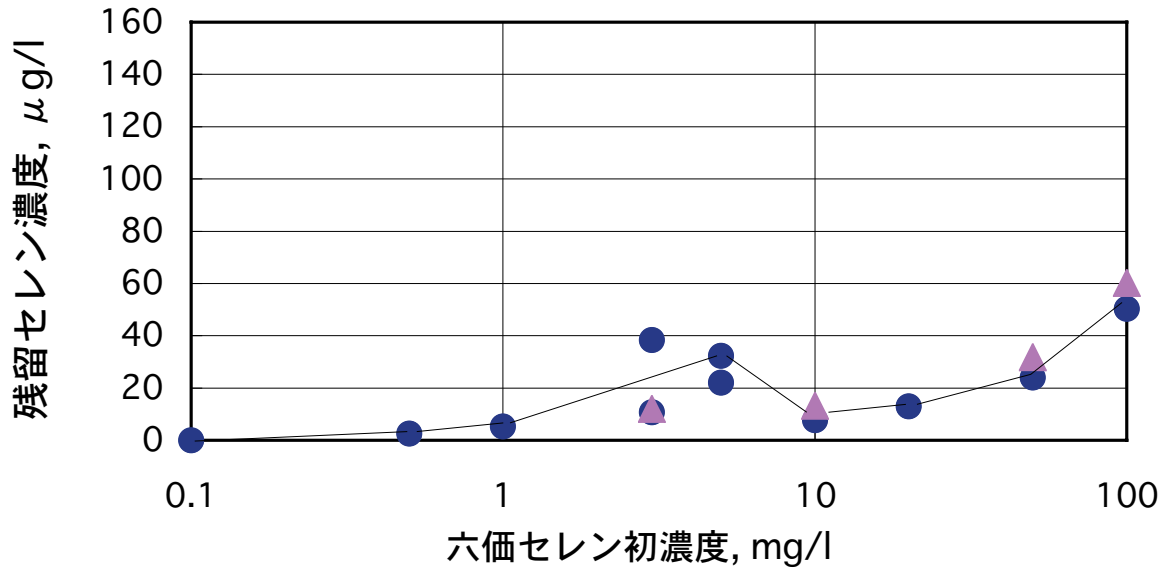


図2 無機系廃液の回収状況

鉄粉法によるセレン除去への六価セレン初濃度の影響



測定方法: ● テール共沈/黒鉛炉原子吸光法; ▲ 過マンガン酸カリウム予備酸化/テール共沈/黒鉛炉原子吸光法

図3 鉄粉法によるセレン系廃液処理における六価セレン初濃度の影響

表1 セレン系廃液中の状態別のセレン分析結果

試料番号	懸濁物質を含む全セレン(mg/l)	溶解性セレン(mg/l)			懸濁性セレン(mg/l)
		全セレン	4価セレン	6価セレン	
A-1	不検出	不検出			
A-2	6.24	5.88	0.19	5.69	0.36
A-3	0.004	不検出			0.004
A-4	不検出	不検出			
A-5	0.013	不検出			0.013
A-6	2.78	0.004			2.77
B-1	0.077	0.072	0.005	0.067	0.005
B-2	0.079	0.061	不検出	0.061	0.018
B-3	0.087	0.077	0.006	0.071	0.01
B-4	0.063	0.044	不検出	0.044	0.019
B-5	0.067	0.044	不検出	0.044	0.023
B-6	0.078	0.067	不検出	0.055	0.005
B-7	0.06	0.055	不検出	0.055	0.005
B-8	4.89	2.04	0.289	1.75	2.85
B-9	0.041	0.035	不検出	0.035	0.006
B-10	0.044	0.035	不検出	0.035	0.009
B-11	0.257	0.236	不検出	0.236	0.021

表2 鉄粉法処理設備におけるセレンの工程分析結果

経過時間(分)	測定項目	原水調整槽	鉄粉反応槽	二次 pH			最終 pH 槽
				調整槽	凝集槽	ろ過 pH 層	
0	pH	0.84					
155	pH		3.38	10.02	9.74	3.49	3.91
265	pH		3.3	10.07	9.74	9.69	3.74
0	全セレン(懸濁物を含む)	0.163					
0	全セレン	0.086					
155	全セレン		0.011	0.009	0.01	0.012	0.0021
265	全セレン		0.011	0.006	0.0059	0.0079	0.0025
0	4価セレン	0.047					
155	4価セレン		0.005	0.001	0.002	0.004	0.0005
265	4価セレン		不検出	0.0007	0.0006	0.0028	不検出
0	6価セレン	0.039					
155	6価セレン		0.006	0.008	0.008	0.008	0.0016
265	6価セレン		0.011	0.0053	0.0053	0.0051	0.0025

(mg/l)

美術領域における技術的スキルアップのためのアルミ 鋳造 2

林剛人丸

筑波大学人間総合科学等支援室（体芸支援室）

〒305-8574 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

芸術学系工房では昨年に引き続いて石膏鋳型によるアルミニウム鋳造のワークショップを開催した。実施に先立って参加する学生とディスカッションを行い、「達成すべき目標」と「試みるアプローチ」を明確にすることで、技術的スキルの向上をはかろうと考えた。

1. はじめに

芸術学系工房で開催したワークショップのうち、平成15年にはフルモールド法によるアルミニウム合金の鋳造について報告した¹。続く平成16年には、学生側からの要望を受け石膏鋳型による鋳造を試みて報告した²。今回は前年に続いて「良好な鋳肌を得ること」を目標として石膏鋳型による鋳造のスタディを報告する。

2. 改善要件

実施にあたり、学生達と前回の結果を受けて改善すべき事項を挙げ、類別しながら対応策を協議した。

2.1 鋳型の強化

前回は原型を石膏に埋没する際に、食料品のスチール製空き缶0号を用いていた。大きさとして手ごろであること、入手しやすくコストを押さえることが可能であることが理由であった。しかし、底を切り抜いて筒型にすると容易に変型してしまい、釜から取り出す時などの移動時に石膏が損傷しかねない。原型に忠実な再現には、鋳型の強度が保てる型枠が必要であると考えられた。

2.2 鋳型の焼成

自然物や硬質プラスチックを原型の素材に用いた場合に欠落の傾向が顕著だったことを受け、焼成時間の不足により原型が完全に消失せず、結果的に欠落不良を招いたと推測した（前回の焼成時間：約270分）。そのため、焼成時間をもっと長くする必要があったと考えられた。

また、発泡スチレンを原型に用いて埋没させた鋳型が焼成途中で暴発した例を受け、計画的に焼成温度を上昇させて鋳型の損傷を抑止することを考えた。

2.3 溶湯

鋳物内には巣が多く見られた。巣の形成要因のうち、溶湯の温度についてはあまり留意されておらず、溶

湯の色について目視で確認できた範囲でもばらつきが認められていた。管理すべきだとの意見が出された。

並行して、前回まで食塩を充てていた脱酸材について検討するべきであると考えた。

3. スタディプラン

3.1 焼成釜

保温性を向上させるために耐火煉瓦を用いた焼成釜を製作して用いることにした。燃料は前回の木炭から変更して薪とした。

陶芸用の焼成釜は1000℃を超える温度が必要なため、のぼり釜や穴釜といった方式が採用されているが、石工型の焼成に必要な温度は800℃からせいぜい900℃であるため、単純な燃焼室と焼成室の構成からなる設計とした。

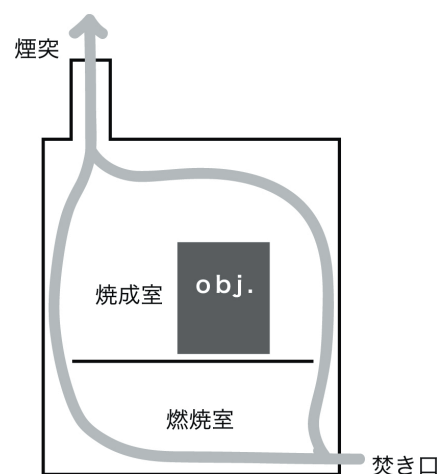


図1. 焼成釜模式図

3.2 鋳型枠

前回は原型を石膏に埋没する際に食料品のスチール製空き缶0号を用いた。大きさとして手ごろであること、入手しやすくコストを押さえることが可能であることが理由であった。しかし、底を切り抜いて筒型にすると容易に変型してしまい、取り出す時に石膏が損傷しかねない。

4.0mm厚の鋼管と、2.6mm厚の鋼板を溶接したものをを用いて、原形にあわせたサイズの型枠を製作した。

¹ <http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2002/abstract/index.html>

² <http://www.tech.tsukuba.ac.jp/2003/report/index.html>

また、焼成後に釜より取り出す際の便宜のために側面に半円状の鋼材を取り付けた。



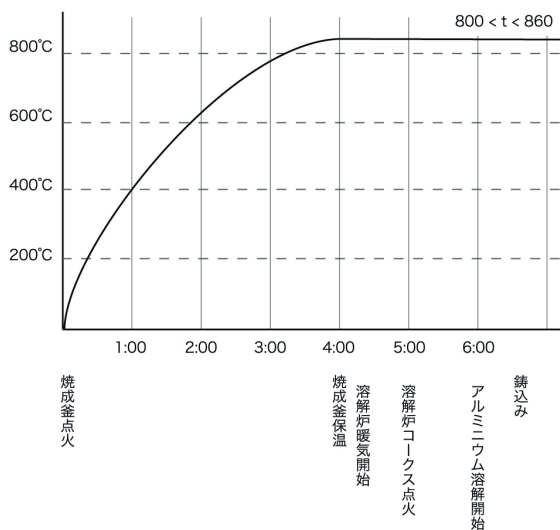
図2. 原型に合わせて鋳型枠を製作する

3.3 タイムスケジュール

到達温度である 800-860°Cに4時間かけて上昇させ、その後約2時間半保温して鋳型を焼成した後、鋳込みを行う。

また、鋳込みの時間に合わせてアルミニウムが溶解されているように逆算して溶解準備のスケジュールを企てた。

表1. 進行予定表



4. 実製作報告

4.1 焼成釜の製作

不要となった陶芸用の釜の部材を譲り受けて製作した。耐火煉瓦は SK30-34 (JIS 規格、荷重軟化点 1300-1400°C) を用い、目地材には耐火モルタル (アルミナ・シャモットモルタル) を使用した。底部にはキャストブルセメント (最高使用温度 1450°C) を使用した。



図3. 耐火モルタルで煉瓦を積む



図4. テスト運行兼のモルタル焼き締め

耐火モルタルは温度により燃結する。

4.2 原型製作

ワックス、自然物、発泡性樹脂を用いて製作した。材質や形状に応じて湯道やガス抜きをつけてゆく。



図5. ワックスを用いた原型製作

工業用ワックスを使用している。



図6. ワックスと自然物を組み合わせた原型



図9. 石膏が冷えないうちに铸込む

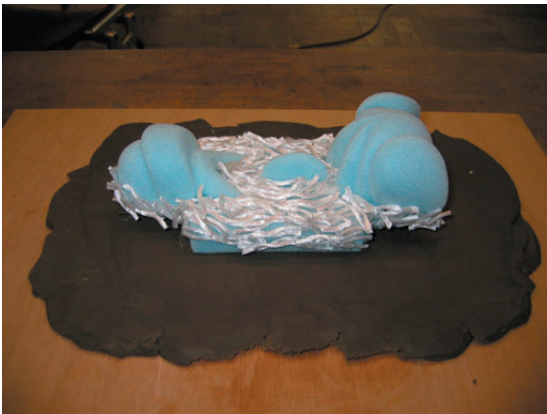


図7. 発泡スチレンとナイロンによる原形



図10. 石膏をかき出して铸物を取り出す

4.3 焼成・铸込み・割り出し

铸型には歯科技工やジュエリー製作に用いる精密加工向きの耐火石膏を使用した。予定したタイムスケジュールに合わせて焼成、铸込みを行った。溶湯の温度は目視により色で判断して調整した。

铸物保護の目的で、铸込み後しばらく外気温で除冷してから水に浸して割り出した。铸型の温度が下がったためか、石膏が崩壊せず工具で石膏を崩して取り出すことになった。



図8. 焼成釜に铸型を並べる

5. まとめ

焼成釜の製作により、焼成中の铸型の損傷などはなく、铸物にも铸型が原因と思われる不良は見当たらなかった。以前より大型の铸型を作成することが可能になったことも成果の一つとして挙げられよう。

一方で、铸物に見られた欠陥や表面不良は、凝固に伴う収縮が原因と思われ、焼成・溶解ともに一層の温度管理が課題として残された。また、アルミニウム合金の湯流れや融点の特性に鑑みて、造形の細かさは構想段階から必然的に導かれるべきであろう。

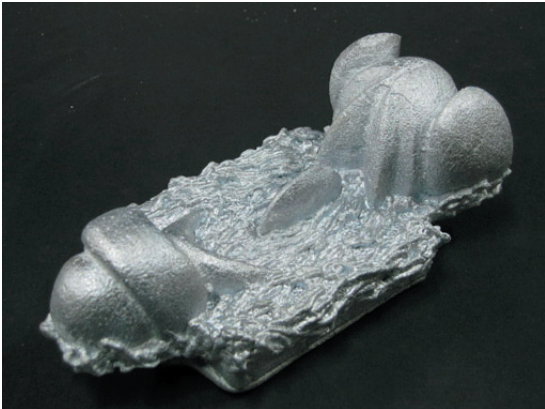
なお、学生からは次回の取り組みとして、砂と発泡スチレンを用いたフルモールド法での再現性向上について提案があった。このように達成すべき目的のための手法について、学生側から主体的な方向が打ち出されたことを、今回に限らない一連のワークショップの最大の成果として位置付けたい。

6. 作例



作例 1

ワックスと自然物を複合的に原形として用いた例。鑄型は湯道のない上面解放型。直方体の部分にはあばたのような欠陥が見られ、熱収縮が推測される。



作例 2

発泡スチレンとナイロンを原形に用いて造形表現した例。鑄型は上面解放型。原形の表面が多孔質なので完成した表面も滑らかではないが、収縮が影響したとは考えにくい仕上がりになっている。



作例 3

ワックスによる原型の例。石膏により指の雌型をつくり、その中にワックスを流して原型を作成した。鑄型は上面開放型。皮膚のしわなど細部の表現が達成できている一方で、側面には収縮が原因と思われる欠陥が見られる。



作例 4

ワックスによる原形の例。湯口とあがりもワックスで製作されている。大きな欠陥はないが、原形に比べて表面が粗いのは溶湯の収縮によるものと推測される。

技術報告

実験室の法規制（2）

平田久子
筑波大学数理物質科学等支援室（物理学専攻）
〒305-8571 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

本報告では前回報告した「実験室の法規制」のその後について述べる。

前回報告と同様に筑波大学プラズマ研究センターの「複合ミラー型プラズマ閉じ込め実験装置 ガンマ10」における実験遂行に係る法規制を取り上げる。各論について適用除外になるものと変更のないものは省き、新規と大学法人化によって変更となったもの、又は補足を必要とするものに限って述べる。項目の並びは供給されるエネルギーの上流から順を追っている。

平成16年度の国立大学法人化を機にプラズマ研究センターは「全国双方向型共同研究施設」となり、今迄の部局内の教職員学生による実験だけではなく、広く安全の徹底、周知が必要となってきた。一般に様々の法令規則にあって事業所での安全教育が義務付けられているが、今迄は年度初頭のセンター安全講習会で全体を網羅できた。新しい体制では、期間を限って実験に参加する他大学等からの研究者たちへの適用について、安全の遂行と周知、その内容と方法を早急に検討しなければならなくなった。この件に関してはプラズマ研究センター防災安全管理委員会副責任者を中心として、係る諸々の法律に照らして体系的にテキストとして纏めた。

各論

1 立型電動発電機設備軸受用タービン油大量使用

危険物第4類第3石油類タービン油7900リットルを立型電動発電機軸受に使用。

消防法第10条及び同別表、危険物の規制に関する政令第3条第4号により、指定数量3.95倍「一般取扱所」とされる。

プラズマ研究センターにおいては当該設備での開口部が小さいので油蒸発量は少ない。この点については日常点

検で監視している。従って予備の補充用油のタンクは設置していない。これとは別に電動発電機の分解点検が数年ごとに行われているが件の予備タンクを持ち合わせていないので、該当する油の入れ換えはタンクローリーにて古い油を回収し、同様に新しい油の充填はタンクローリーからの供給による。ところでこの一連の交換作業については、本来の取扱所の許可を受けた作業に含まれていないので、別途に消防法第16条の5軽微変更として作業許可申請をしなければならない。少なくとも事前に当該消防署に指導を仰ぎ、手続等を確認しておくのが望ましい。

又、平成16年11月に消防署の危険物施設立ち入り検査があった。そこで、今迄は当初のタービン油として第3石油類（指定数量2000リットル）で申請、認可されていたが実際は第4石油類（指定数量3000リットル）であることの指摘を受けた。従い消防法第11条の4第1項、危険物の規制に関する規則第7条の3により指定数量の倍数変更届けを行う予定である。

なお、つくば市における消防法関係は、高圧ガス保安法での部局ごとの手続きを要請されているのとは逆で、当該消防署より大学一括の窓口を求められており、平成15年度までは経理部管財課が対応窓口となっていた。平成16年度の法人化で大学の組織改変に伴い、環境安全管理室が立ち上がったので財務部資産管理課（旧経理部管財課）と連携して取りまとめ調整を行うようになった。

2 真空容器内の酸素欠乏

プラズマ閉じ込め実験装置ガンマ10では核融合を目指して、より良いプラズマを生成するために、真空容器の高真空を維持していることは既に述べた通りである。装置が実験中であれば当然のことながらその雰囲気内にひとが入ることはない。

ところで実験の準備、ときにはトラブルで計測器の交換、調整、又は新たな取り付け等により、ガンマ10真空容器を大気に解放する必要の生ずることがある。その際には、

その後の排気を考慮し、アルゴンガスを真空容器内に単分子層相当分導入して吸着させ、次いで乾燥窒素ガスを大気圧まで充填している。その後の作業として真空フランジを外す。

以上が大気にするまでの一連の作業であるが、多くの場合、真空容器の中にひとが入ることがある。そこで真空を破った真空容器内のガスを、いわゆる空気に置換しなければならない。前のアルゴンガスを導入した意図を考慮し、空気への置換は静かに行う。ガンマ10の場合、凡そ1日かけて空気に置換する。その上で実際には、安全のため容器内の酸素濃度の測定を行い、酸素濃度20%以上になったことを確認してから必ず2人ペアで容器内に入るようにしている。当然その際、容器内と外との連絡係を兼ねて監視者の配置を行っている。因みに労働安全衛生法、酸素欠乏症防止規則による酸素欠乏濃度は18%で、前述の測定器は真空容器内の酸素濃度が18%以下になった際は警報を発するようになっている。

労働安全衛生法第61条第1項による第2種酸素欠乏危険作業主任者技能講習の受講も進めている。

3 電子ビーム用絶縁油貯蔵

地下貯蔵タンクにて危険物第4類第3石油類絶縁油10000リットルを貯蔵。

消防法第10条及び別表、危険物の規制に関する政令第2条第4号にて指定数量10倍、「地下タンク貯蔵所」とされる。これは親装置の都合で前回報告したように現在は休止中である。

近年、地下に埋設されている危険物貯蔵施設からの漏洩事故が多発することから直理設備に対する安全点検を厳しくする目的のため規則改正が行われた。定期点検の周期、漏れの点検方法及び判定基準の見直しを図り、平成16年度より施行されることになった。

危険物の規制に関する規則第62条の5の2、同じく第62条の5の3、危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示第71条、第71条の2により当センターの設備も適用を受けることとなった。斯様な状況のもとで該当設備の将来の使用計画も含め現在、対応を検討中である。廃止手続きも候補の一つにしている。

4 高周波設備

MHz帯、GHz帯の大電力高周波を用いるプラズマ加熱装置がある。

28GHzの電子加熱用とMHz帯のイオン加熱用とである。

電波法第100条第2項により該当設備として扱われる。周囲の状況を鑑みての進められている。

5 放射線被曝モニター

法律的には前回記したように一切の問題は無いが、概要に記したように全国の共同研究者が共に実験を行うので、センターで自主的に装着しているガラスバッジを共同研究者も同様に装着し、モニターするようにしている。

ガラスバッジのエリアモニターばかりでなく、ガンマ10ではX線を用いたプラズマの電子温度測定をしているので、このデータもクロスチェックの役に立っている。

6 クレーン

床上操作クレーンが2基ある。

定格は15トン/3トン1基、10トン/3トン1基である。

昭和50年代、センター実験棟建設時に設置され、人事院規則第7条により大学事務局が管理を行ってきた。平成16年度の法人化により労働安全衛生法の適用を受けるようになり、蓋を開けてみたらクレーン設置届が未提出であることが判明した。遅滞きながらクレーン設置申請を土浦労働基準監督署へ提出し、落成検査を受けた。使用、運転に関しては従来から労働安全衛生法に従い遂行してきているので問題はない。

別棟の天井走行クレーンについては日常に使用しておらず、前回報告に記した立型電動発電機の分解点検の次なる機会に同様の手続きを行うことにしている。

7 洗浄用有機溶剤

アセトンとエタノールの使用及び消費量は前回報告と変わっていない。今回補足する要件として、超音波洗浄時の簡易型ダクトを設置した。また労働安全衛生法第61条第1項による有機溶剤作業主任者技能講習を職員が自主的に受講した。今までも事故を防ぐためにゴーグルの使用、換気の励行等を進めてきたが、更に一層の安全が計られることになった。

8 電気回路操作作業

前回述べたように現行の作業手続きで法律上の問題はないが、大きな安全のために自主的に当該作業にかかる資格、労働安全衛生法第59条第3項、電気取扱（低圧）（高圧）特別教育受講を計画中である。

おわりに

国立大学法人化を前にした2年前より様々な法規制の検討と整理を行ってきたが、実際には時間切れで法人化に突入してしまった。他所の大学でも進捗状況に差異が見られる。しかし遅蒔きながらでも処理を進めなければならぬ程、積み残したものや懸案事項が山積している。労働基準監督署等や他機関の先輩に指導を受けられるうちに処理を進めたいと思っている。

更に、最近の法規の特徴は、本家の法律は理念や概要を示し、具体的な数値等は規則に委ね、改正を行い易くしている。従い、個々の規則が、技術の向上や社会状況を反映して頻繁に改正になるので、対応はこまめにしなければならない。

謝辞

教育職員、技術職員であっても法律や規則を確り把握していなければならないことを指摘して下さった筑波大学名誉教授三好昭一先生に感謝致します。また当該設備の担当で、今回、諸手続きを処理されたプラズマ研究センター助教授市村真先生、物理学専攻助教授斉藤輝雄先生、同じく石井亀男先生、ほか、先生方には改めて当該規則を伺いましたことをここに記し、感謝致します。

参考文献

- 三好昭一編 ミラー型核融合装置 アイピーシー
平田 実験室に入ってくる法規制 平成15年度国立学校等技術専門官研修ポスターセッション予稿集(2003)
平田 実験室の法規制 筑波大学技術報告 No. 24 (2004)

- 平田 液体ヘリウムパネルを用いたガンマ10真空排気特性 (I) 筑波大学技術報告 No. 12 (1992)
消防法及び関連省令規則
労働安全衛生法及び関連省令規則
電波法及び関連省令規則
放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律及び関連省令規則

筑波大学菅平高原実験センターにおける 過去35年間の気象観測からみた菅平の気象の傾向

清水悟

筑波大学菅平高原実験センター

〒386-2201 長野県小県郡真田町大字長 1278-294

・ 要旨

筑波大学菅平高原実験センター（北緯 36 度 31 分，東経 138 度 21 分，標高 1320m）において観測した 35 年間の気温、降水量の変化は次の通りであった。

1. 1970 年からの年平均気温は 5.3 度から 7.6 度の間で変動し、直線回帰した場合の変動傾向はわずかな上昇傾向（約 0.3℃/35 年）を示したが統計的には有意ではなかった。また、同じ時期における月最高気温の年平均値には上昇傾向はみられなかったが、月最低気温の年平均値には上昇傾向が確認できた。最高、最低極値については最高極値では上昇、最低極値では下降傾向が認められる。

2. 降水量は年総降水量、夏、冬の降水量とも増加する傾向が有意にみられた。前報（清水・峰村、1998）の傾向との大きな違いは夏の降水量が上昇傾向を示したことであった。冬に雪の状態以降る降水量は前回と同様、増加は有意であった。積算積雪の深さは大きな変化は認められないので、この観測結果は乾燥粉雪から湿った雪の状態が多くなっていることを示唆するものと考えられる。

上記 1、2 の結果をまとめると、菅平地域における気象の傾向は最高極値は上昇傾向、最低極値は下降傾向、最低気温は上昇傾向、冬季の降水量は増加している。また、冬の雪質も乾いた雪から湿った雪に変化してきている。

・ はじめに

「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」がまとめた第 2 次評価報告書（IPCC, 1996）によると、地球の表面付近の気温は 0.3~0.6℃上昇しており、地球の温暖化が世界的な問題になっている。そこで、当実験センターで長年独自に観測を続けてきた結果を用いて、年間気温、年降水量から地球全体の現象が、地域的にはどのようにあらわれているかを知ろうと試みた。

1998 年に報告した「長野県菅平における 1970 年から 1997 年（28 年間）の気温、降水量の経年変化」（清水・峰村 1998）では 1970-1997 における菅平の気温と降水量の長期変動について報告した。本報告はその後 2004 年まで観測されたデータを加えて、改めて全体の傾向に変化があるかを再検討したものである。

・ 方法

菅平高原実験センターでは、1970 年以来 1977 年 3 月まで、総合気象観測装置（太田計器製作所）を用いて、気温、地温、降水量、日射量、風向風速などの気象要素を記録してきた。自記記録紙に記録したこれらの気象要素を、1 時間毎に読み取り、データベースとして保存した。1997 年 4 月より総合気象観測装置（横河ウエザック株式会社）の更新が実現し、湿度、日照、気圧などの観測要素も加わり、デジタル化されたデータを用いた。

気温データは、年間平均気温、四季別平均気温（春期：3 月～5 月、夏期：6 月～8 月、秋期：9 月～11 月、冬期：12 月～翌年 1、2 月）、最高、最低気温の 7 つの要素の平均値を算出し、それぞれ傾向を表した。さらに最高、最低気温については極値の傾向も示した。

年総降水量の測定では、4 月から 11 月の降水量は総合気象観測装置の雨量計を用いて測定し、1 月から 3 月まで及び 12 月の雪については、降雪のあった日の雪を採取し、定体積の雪を溶かして、それを水分量として測定した。これと総合気象観測装置の雨量計により得られた測定値を加算して冬季の降水量とした。

積雪深は観測地に設置した目盛りのついたポールで観測した。

降水量については年総降水量、夏期（4 月から 11 月）の降水量、冬（前年 12 月から当年 3 月）の降水量を算出した。

・ 結果と考察

過去 35 年間の年平均気温の推移を図 1 に示す。図 1 は上から、それぞれ年平均気温（A）、月最高気温の年平均値（B）、月最低気温の年平均値（C）である。図中の傾向線は、各観測値から最小自乗法を用いて直線回帰したものである。観測データを追加した結果、年平均気温は上昇傾向を示しているようにみえたが、前報（1998）で示された場合よりも上昇傾向が小さかった。その結果、上昇傾向は統計的にも有意ではなく、前報（1998）同様年平均気温の顕著な上昇は示されなかった。図 1-B の月最高気温の年平均値の傾向線も統計的に有意を示さなかった。図 1-C の月最低気温の年平均値においては危険率 5%以上で有意であり、最低気温の平均値では上昇していることを示していた。

最高、最低気温について極値を用いた結果について図2に示す。最高極値はわずかながらも上昇傾向にあり、観測期間の後半(1987年以降)には30℃を超える年が4回も記録された。1985年以前に最高極値が30℃を超える年はみられなかったことから、最近の最高極値の上昇は温暖化現象によるものかも知れない。一方、最低極値では明瞭な下降傾向が認められたが、-20℃以下の年は観測期間の前半の方が多数記録されており(1985年以前3回、1986年以降1回)極端な寒さはむしろ減少していた。

図3に季節別の平均気温の推移を示す。A:春の平均気温、B:夏の平均気温、C:秋の平均気温、D:冬の平均気温を表している。前報ではすべての季節において気温の上昇は確認できなかったが、本報では春、秋の平均気温において上昇傾向がみられた。夏、冬については統計的に有意な傾向を示さず、上昇あるいは下降の確認はできなかった。しかし、エルニーニョの発生年には冷夏と暖冬が出現する傾向がみられた。参考として1949年以降のエルニーニョ現象及びラニーニャ現象の発生期間(季節単位)を表1に示した。

図4に降水量の推移を示す。Aは年総降水量、Bは夏期の降水量、Cは冬季の降水量を示す。これらの図から年総降水量、夏の降水量、冬の降水量とも増加する傾向を示した。しかし統計的検定をすると、年総降水量と冬の降水量の増加のみが有意であった。

図4-Dに年度別積算降雪量を示す。1983年度と1995年度の豪雪を除けば、ほぼ同様な積算降雪量であり降雪量に変化はなかった。図4-Cと図4-Dを比較すると、冬期間の降水量は増加したが、降雪量に大きな変化がないことから、単位体積当たりの雪の水分量は増加したことが明らかである。すなわち乾燥粉雪から湿った雪に変わってき

ている。これは冬の気圧配置の変化と深く関係しているものと思われる。典型的な冬型である西高東低の気圧配置から沿岸低気圧が通過するような、春に多くあらわれる気圧配置が冬の期間にも多くなってきたことが原因と思われる。

これらを総合的にみて、冬の平均気温との関連からも暖冬傾向を意味している。

以上の観測結果から、地球全体の環境変化(温暖化、エルニーニョ現象など)の影響がこの菅平のような高地、寒冷地においても少なからずあらわれていることが明らかである。とくに、菅平高原では最低平均気温の上昇傾向と冬期間の降水量の増加が顕著である。

・謝辞

本報告書作成にあたり、ご指導ならびにご助言をいただきました菅平高原実験センター長 徳増征二教授、大学院生命環境科学研究科 鞠子茂助教授に厚く感謝し、お礼申し上げます。

・参考文献

- [1] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) . (1996) *Climate Change 1995*. Cambridge University Press.
- [2] 気象庁(2004) エルニーニョ現象及びラニーニャ現象. 気象庁ホームページ
<http://www.data.kishou.go.jp/climate/elnino/mikata/whatiselnino.html>
- [3] 清水悟・峰村紀一(1998) 長野県菅平における1970年から1997年(28年間)の気温、降水量の経年変化. 筑波大学技術報告, (18):43-47

エルニーニョ現象	ラニーニャ現象
	1949 年夏～1950 年夏
1951 年春～1951／1952 年冬	
1953 年春～1953 年夏	1954 年春～1956／1957 年冬
1957 年春～1958 年春	
1963 年夏～1963／1964 年冬	1964 年春～1964／1965 年冬
1965 年春～1965／1966 年冬	1967 年夏～1968 年春
1968 年秋～1969／1970 年冬	1970 年春～1971／1972 年冬
1972 年春～1973 年春	1973 年春～1974 年春
	1974 年秋～1976 年春
1976 年夏～1976／1977 年冬	
1982 年春～1983 年夏	1984 年秋～1985 年夏
1986 年秋～1987／1988 年冬	1988 年春～1989 年春
1991 年春～1992 年夏	
1993 年春～1993 年夏	
1997 年春～1998 年夏	1998 年秋～1999 年春
	1999 年夏～2000 年春
2002 年春～2002／2003 年冬	

表 1 : 1949 年以降のエルニーニョ現象及びラニーニャ現象の発生期間 (季節単位)

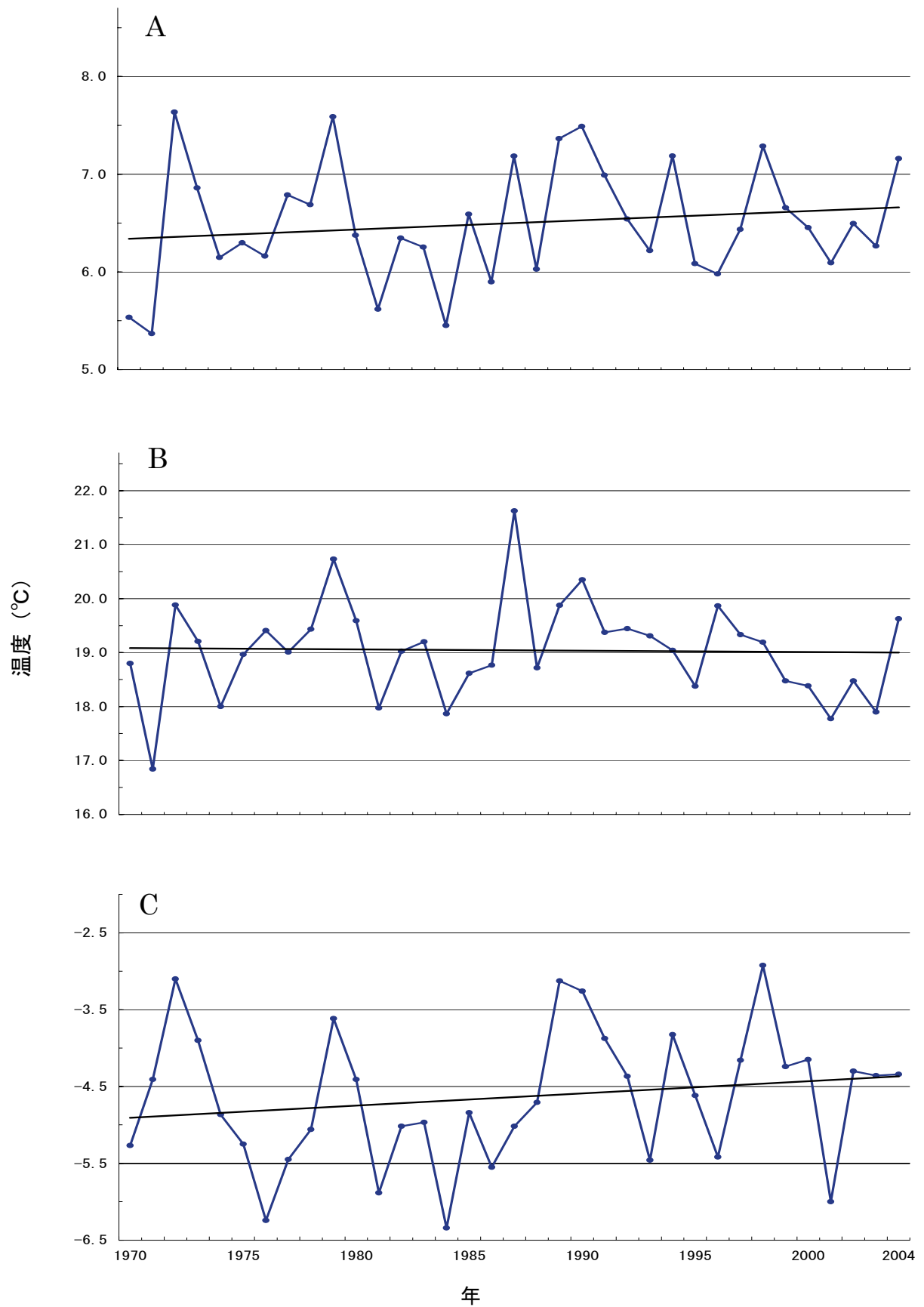


図1：菅平高原実験センターにおける1970年からの年平均気温(A)、月最高気温年平均値(B)、月最低気温年平均値(C)の推移

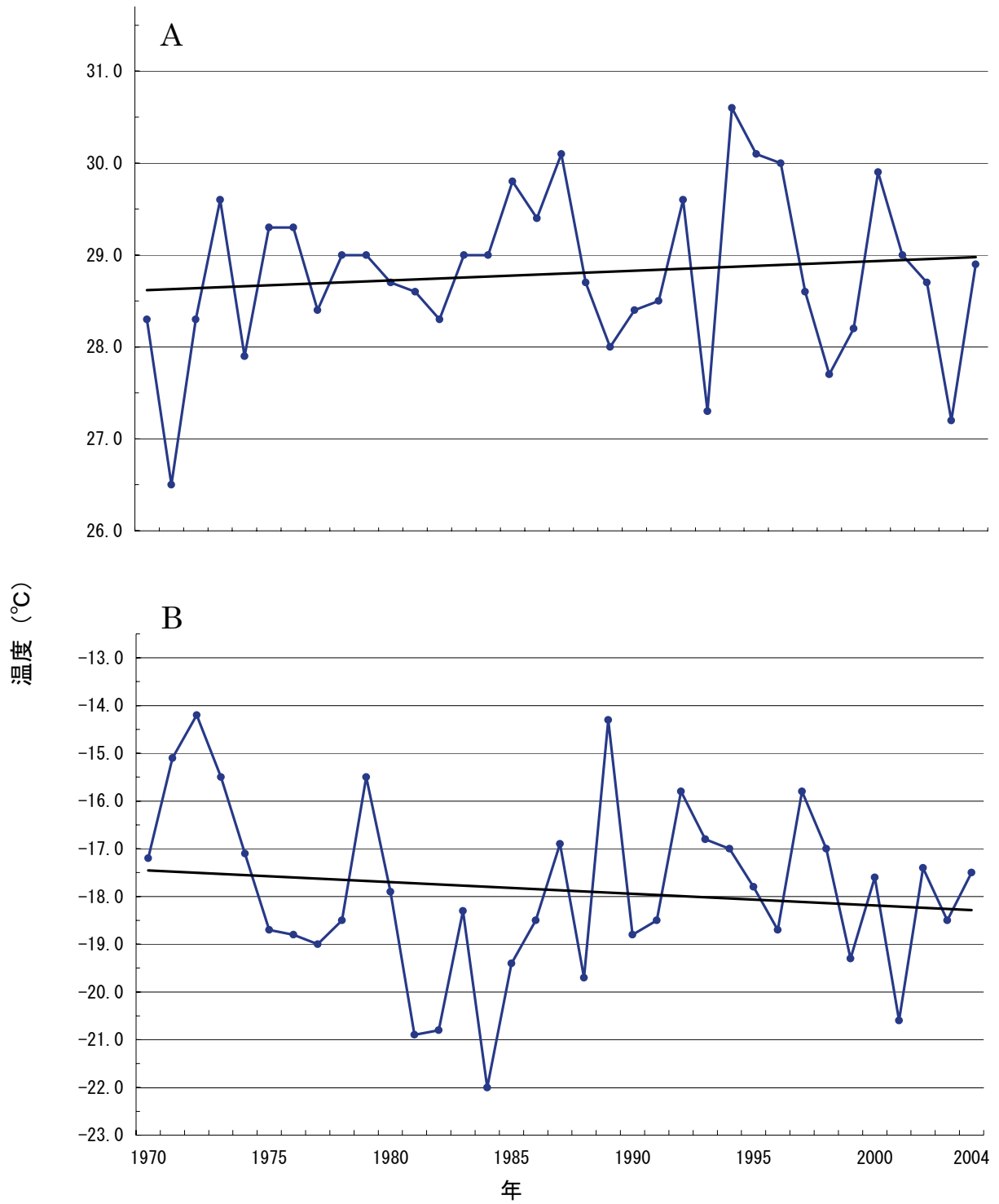


図2：菅平高原実験センターにおける1970年からの年最高気温(A)、年最低気温(B)の推移

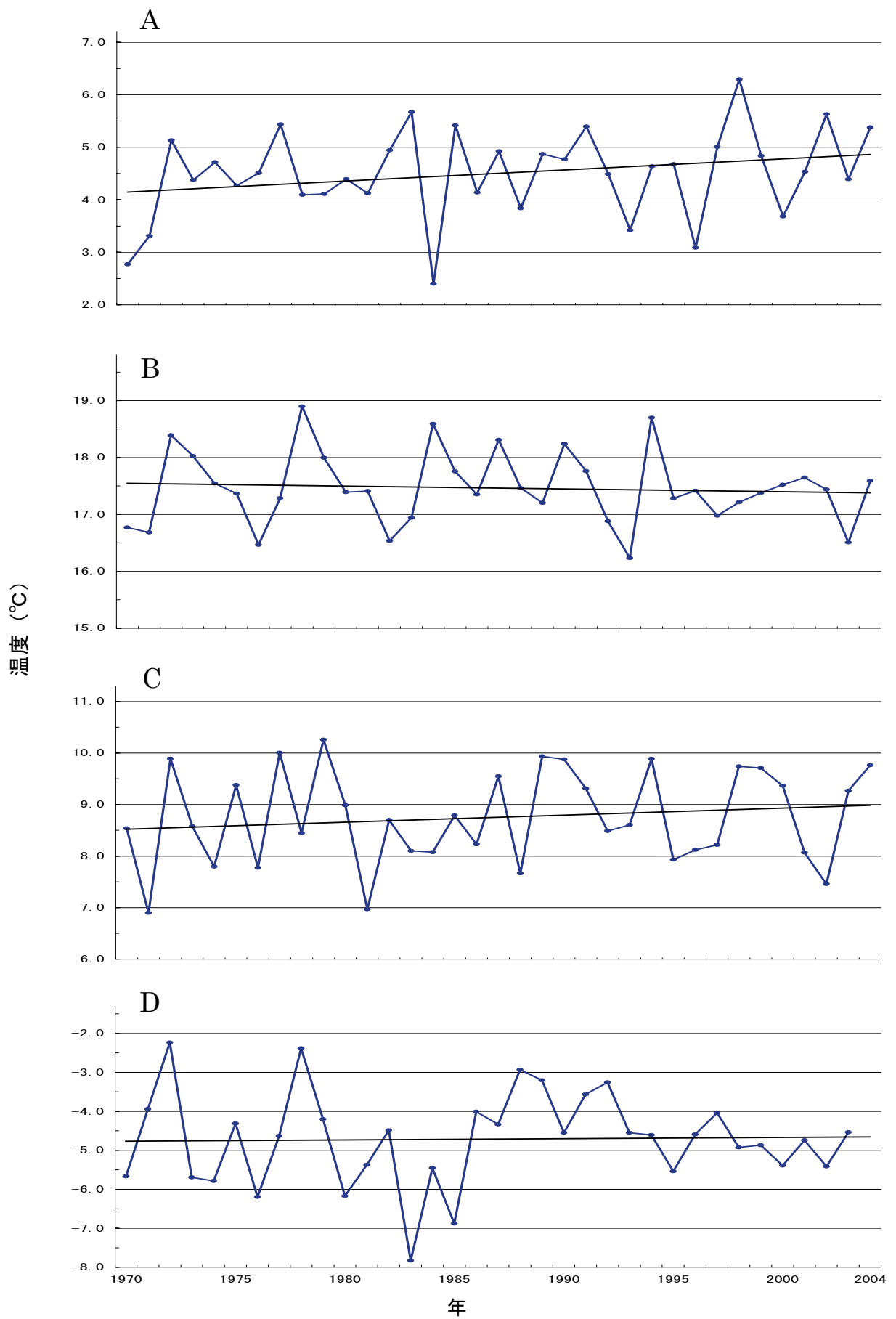


図 3 : 菅平高原実験センターにおける 1970 年からの
春(A)、夏(B)、秋(C)、冬(D)の平均気温の推移

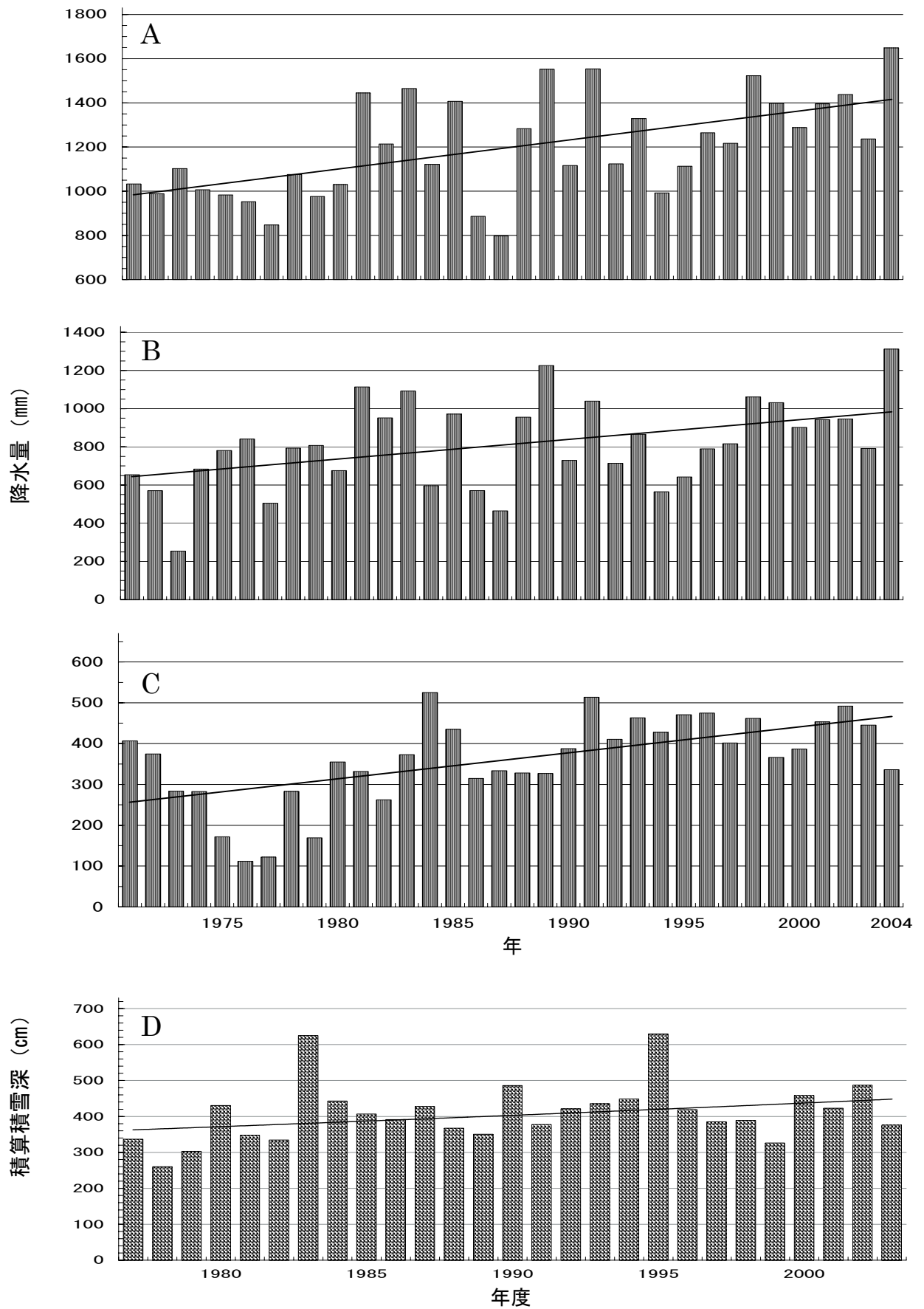


図4：菅平高原実験センターにおける1971年からの年総降水量(A)、夏の降水量(B)、冬の降水量(C)の推移、(D)は1977年からの積算積雪深を示す

小径 ICF フランジへの部品溶接手法

石川健司

筑波大学研究基盤総合センター 工作部門

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

ステンレス製フランジ ICF70 に真空電流導入端子と熱電対を TIG 溶接 (タングステン・イートガス・アーク溶接) する依頼があった。依頼図面を参考に部品配置・設計を変更する事により、溶接しやすい部品に仕上がりに、良い結果が出たのでここに報告する。

1. はじめに

研究基盤総合センター工作部門は、筑波大学の研究者 (教官・学生) に依頼された実験機器・装置の製作を行い研究・教育の支援をしている。依頼図面で加工出来る部品は良いが、依頼者の中には初めて図面を描くという人もいる。2次元 CAD を用いて依頼された図面を検討し、変更したほうが良い時は依頼者と連絡をとりながら作業を進める。

今回の依頼は、ICF70 フランジの中に電流導入端子 2 個と熱電対を溶接する依頼で、機械加工は出来るがその後部品を溶接することは困難な設計なので、真空電流導入端子を溶接しやすい配置に変え、また熱電対の溶接もアダプターを設計・製作することにより、溶接が可能となった。

2. 小径 ICF フランジ

2.1 溶接部品の構成

ステンレス製 ICF70 フランジの真空側中心に 6 mm のメネジを切り、そこに直径 6 mm の棒が立ちナットで締めつける事によりフランジと棒が直角に立つ。フランジの残りの部分に直径 6.35 mm・溶接肉厚 0.3 mm の真空電流導入端子 2 個と直径 19 mm・溶接肉厚 0.9 mm の熱電対を溶接で取付ける。図 1 にその組立断面図を示す。尚この溶接は気密性を要する。

2.2 電流導入端子の取付け部

依頼された電流導入端子の位置を変更した。電流導入端子の溶接へり (weld lip) の厚さが 0.3 mm なので、溶接電流は弱くする必要がある。溶接電流が弱ければ母材と電極のすき間も狭くしないとアークが飛ばない。溶接トーチにはシールドガスのためにカバーが付いており、フランジ底面端の溶接は溶接トーチがフランジのエッジにぶつかり中に入らない。溶接トーチの入る位置で真空側の棒と干渉しない位置を、2次元 CAD で探し決定した。図 2 に電流導入端子の穴の位置を示す。

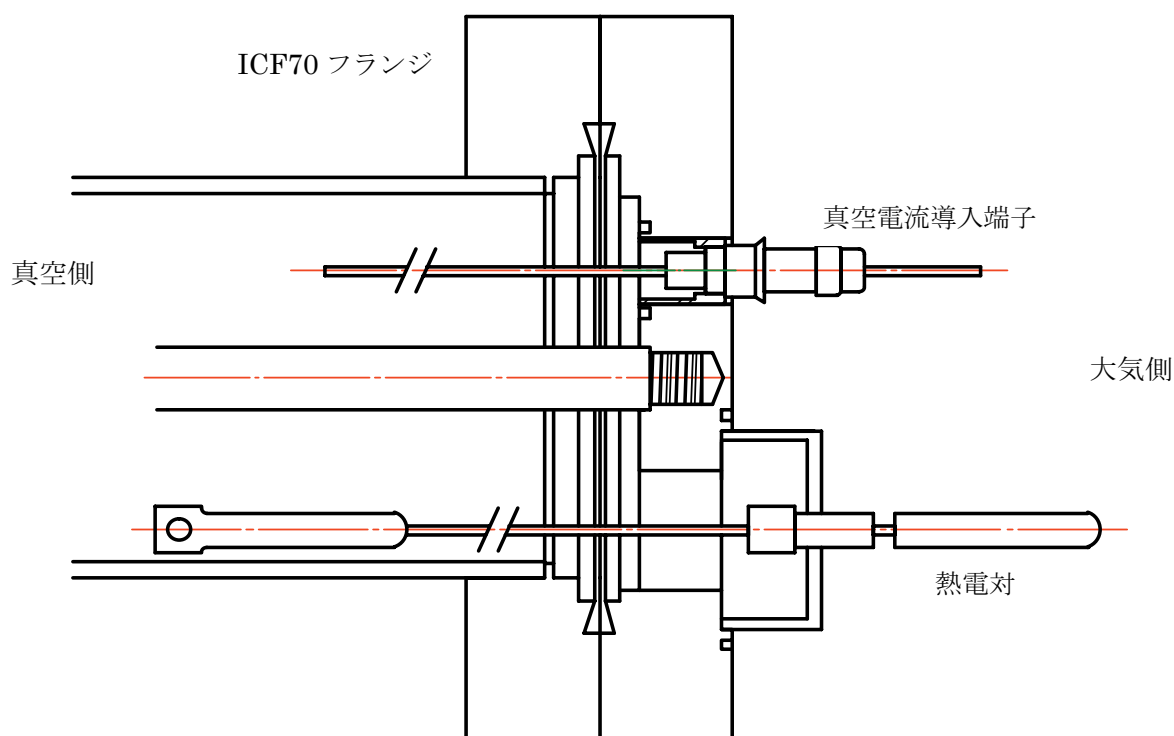


図 1. ICF フランジ組立断面図

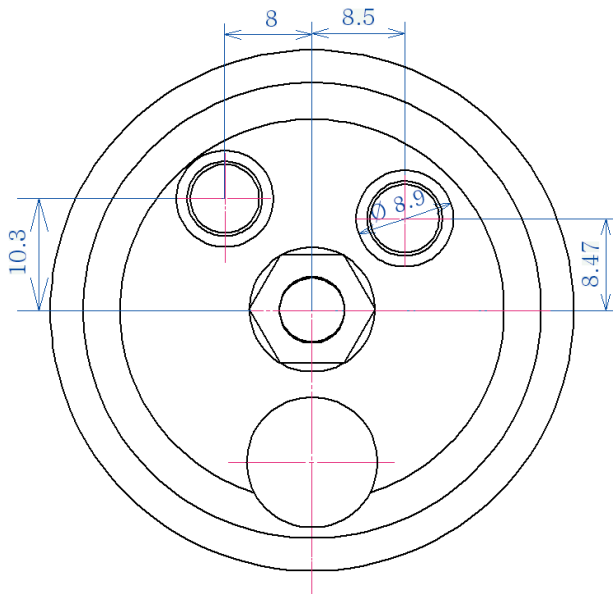


図 2. 電流導入端子の位置

図2の中心線左側は依頼者の指示した位置を表し、右側が変更した位置を示している。

電流導入端子とフランジの溶接は熱容量が違いすぎるので、へり溶接の施工方法を使い、熱容量が等しくなるように電流導入端子を入れる穴の周りは、電流導入端子の肉厚と同じ 0.3 mm の壁を作る。そのためフランジに溝を入れその寸法が 8.9 mm となっている。一番外側の円が ICF70 の銅パッキンを挟むエッジを示している。

実際に溶接する前に、溶接条件出しと肉厚 0.3 mm の部品が TIG 溶接できるか調べるために、電流導入端子とまったく同じ寸法のテストピースを数個つくった。これをフランジに見立てた丸棒に溶接したところ、電流と電極の距離を保てば、きれいに溶接できることが分かった。

2.3 熱電対の取付け部

熱電対は、フランジの空いている部分が少ないため、電流導入端子と同じような取付け方は出来ない。依頼された図面では、外側から溶接するようになっているが、熱電対の溶接へり (weld lip) は端面にある。熱電対の肉厚が 1 mm 以下なので熱容量が少なく、フランジに直接乗せた状態でアークを飛ばせば、熱電対だけが熱せられ、溶けて穴の開く可能性が有る。熱電対とフランジの間にアダプターを入れ、熱電対をアダプターにへり溶接し、アダプターをフランジに溶接することを考え、2 次元 CAD で図面を描き、依頼者に考え方を伝えた。

アダプターの内径は、熱電対の外径プラス 0.05 mm 以内に作り、アダプターの外形は熱電対を溶接した時、アダプターが溶接変形を起こしても入るように、0.4 mm フランジより小さく作り、また溶接した面が直接フランジに当たらないように 0.6 mm 隙間を作った。

フランジの加工は旋盤に面板を取り付けて行い、また TIG 溶接で、すべての部品を溶接した。

アダプターと熱電対が気密性を持たないと、再溶接できない場所なので、溶接後お互いに完全に溶け込んでいるか、ルーペで入念に調べた。図 3 に熱電対取付け部のフランジとアダプターを示す。

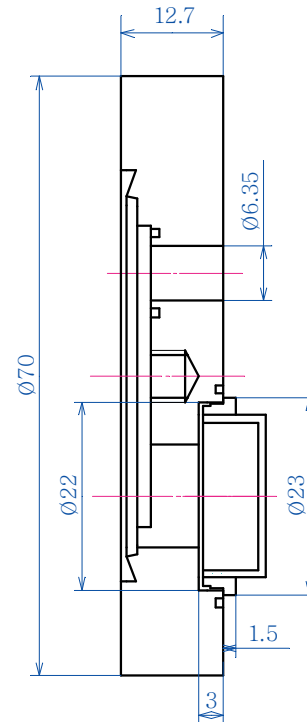


図 3. 熱電対・アダプター概略図

3. 製作結果

電流導入端子 (0.3 mm) の溶接は、今まで作業したことがない薄さであり、くぼんだ場所と目標が小さいので溶接トーチが視認性の邪魔をして、気密を保てるか不安があった。依頼者が、ヘリウムリークディテクタを使いリークチェックした結果は、漏れがなかったので 0.3 mm の溶接も可能なことがわかった。

加工が終わり仮組み立てをした段階で、熱電対がフランジに接触し、短絡しそうなのでヤスリで穴を拡げた。加工の終わったフランジを図 4 に示す。



図 4. 切削加工後のフランジ

以下、ICF70の完成写真を載せる。

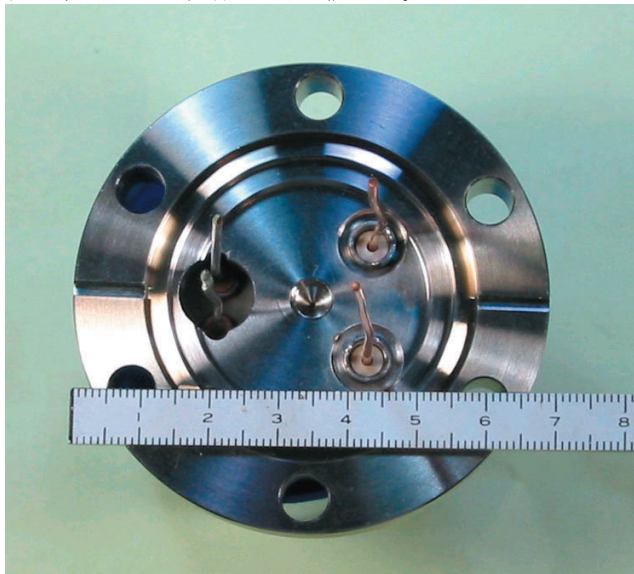


図5. 真空側から見た ICF70



図6. 大気側から見た ICF70

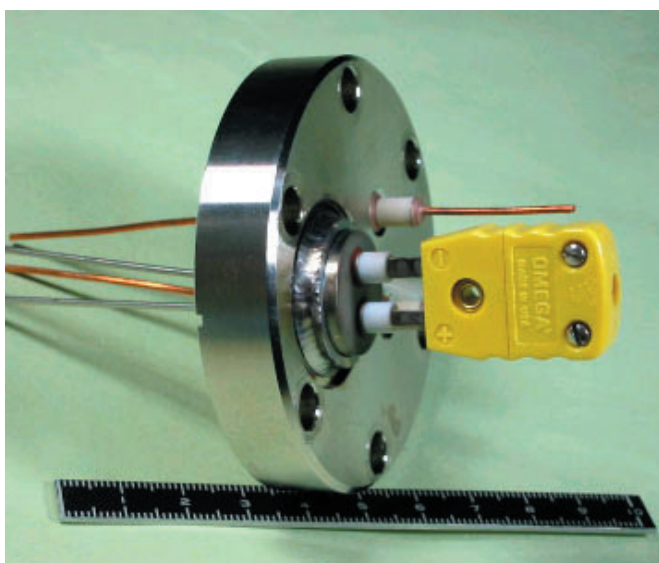


図7. ICF70 全体図

4. おわりに

狭い場所いっぱいに入るので今回の依頼では、2次元 CAD を使い部品の配置を検討した。始めに絶対に変更・移動できない部品の位置を書いて、ほかの部品は実寸で描いた部品を移動させれば、干渉しない位置を探せる。また、拡大も縮小もすぐできるので、込み入った所は拡大し正確な間隔を測れる、全体の配置を見るときは縮小する、と自在に使える。

部品を作るときに自分で工作する場合は、頭の中にアウトラインがあるから必要な寸法のメモだけでも要求する部品は作れる、しかし他人に依頼をするときにはそれなりの伝え方がある。それが製図だと思う。依頼された図面を読み取ろうと思っても、それを書く人が基本的な作図法を習得していなければ、こちらではまったく分からない物になる。ましてや、組立図がなく部品図だけでは皆目見当もつかないし、何に使うかも分からない部品は作れない。学生の場合、生まれて初めて書く図面だからしょうがないと思うが、工学書とか授業で使う本に図面が出ていて目にしていてと思うが、知らない人が多くなってきている。筑波大学には機械科がないから基本的な授業もなく、研究室に入って初めて独学で製図を学ぶのだと思うが、製図は工学で言えば品物の形状・寸法を図面で表し、人に伝えるのだから言語のように必須のものだと思う。

今回の作業で、加工も溶接もかなり気を遣ったが、薄板のへり溶接のレベルが少し上がったような気がする。

ガンマ 10 における高出力ジャイロトロンの導入による高電位形成

遠藤洋一

筑波大学プラズマ研究センター

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

概要

プラズマ研究センターでは、タンデムミラー型実験装置ガンマ 10 (図 1) を用いて、プラズマ閉じ込めの実験をしています。直線円筒型のミラー磁場コイルによる閉じ込めだけでは、装置の両端からプラズマの損失があります。その為、ガンマ 10 では、電子サイクロトロン共鳴加熱 (ECRH) によって、装置両端に電位の壁を形成し、プラズマの損失を抑え、閉じ込めの改善を行っています。電子加熱の装置として、ジャイロトロンという電子管を用いています。今年度、高出力のジャイロトロンを導入する事により、従来に比べ、より高い電位を形成できるようになり、より安定したプラズマを維持できるようになりました。本報告書では、高出力ジャイロトロンの導入と、電位形成への寄与について報告します。

1. ガンマ 10 において電位による閉じ込めについて

ガンマ 10 においてプラズマを閉じ込めるには、タンデムミラー方式を用いています。図 1 に示すように、軸対称化磁場のセントラル部、極小磁場のアンカー部、両端の軸対称ミラー磁場からなるプラグ・バリア部で構成されています。磁場による閉じ込めだけでは、ガンマ 10 両端部のプラズマ損失を抑えきれないため、改善策として、プラズマ閉じ込め電位を形成する必要があります。電子加熱装置ジャイロトロンを用いる事により、図の一番に示す閉じ込め電位を形成します。これにより、セントラル部のプラズマを安定して、閉じ込めます。

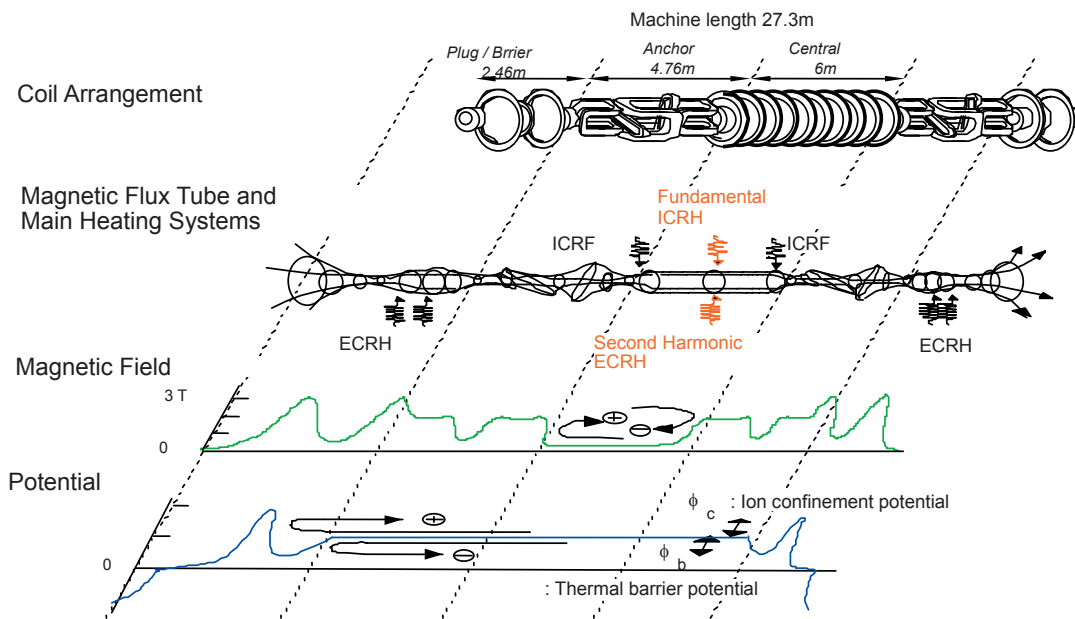


図 1 ガンマ 10 全体図

2. 高出力ジャイロトロンによる電位形成

ガンマ 10 において、閉じ込め電位形成に必要な、電子加熱用のマイクロ波発振管として、周波数 28GHz、最大出力 200 kW、パルス幅 75ms のジャイロトロン(東芝製 E3955)を東西のプラグ部、バリア部、セントラル部、計 5 本、用いています。両端部から逃げようとする、プラズマを閉じ込めるため、電位を形成する事で、軸方向からの損失を抑制します。更に、プラズマをより安定に閉じ込めるため、より高い電位を形成するには、高出力による電子加熱が重要です。従来のジャイロトロンは、発振モードに TE_{02} を用いており、定格出力 200kW でしたが、これを上回るジャイロトロンを、東芝、原研、筑波大で共同開発を行いました。周波数 28GHz、最大出力 500kW、パルス幅 50ms のジャイロトロン(東芝製 E3955SU 図 2)を、ガンマ 10 の西プラグ部に設置しました。このジャイロトロンは、発振モードを TE_{42} モードとし、空洞部を大きくする事、高ビーム電流を使用する事等により出力を大きくしています。これに対応して図 2 に示すように、上部のコレクターも大きくなっています。又、出力は水平取り出し方式です。

3. 電位形成への寄与

このジャイロトロンを用いて、電位形成実験が行われました。昨年度末にこのジャイロトロンが

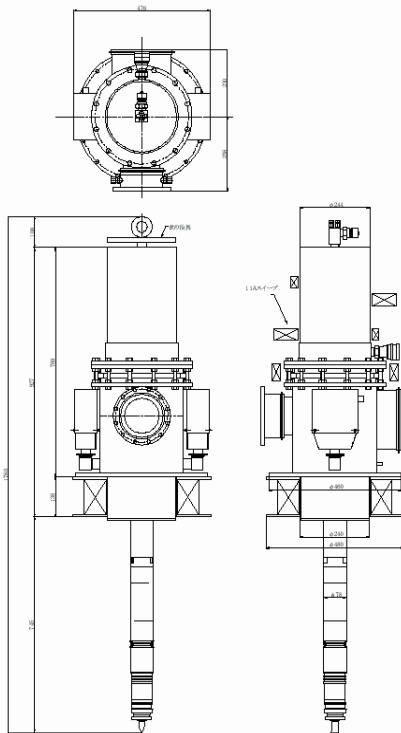


図 2 高出力用ジャイロトロン

導入され、この実験に向けて、本年度当初より詳細な特性試験、調整運転を行いました。その結果、プラズマへの入射電力として最大 400 kW を確認しました。結果、閉じ込め電位であるプラグ ECRH のパワーを変化させた時、プラズマ閉じ込め電位 ϕ_c が、図 3 のようになりました。2002 年には、プラグ ECRH の出力は 180kW で、 $\phi_c=0.8$ kV でした。これを更新すべく 2003 年に、定格出力 200 kW のジャイロトロンで定格出力値を越える 250 kW まで上げて入射され、 $\phi_c=1.2$ kV になりました。更に今年度、新型のジャイロトロンによる出力 400 kW の入射により、 $\phi_c=2.1$ kV が達成されました。今回は、西側のみを設置するため、東西プラグ部のバランスに難がありました。今後、ガンマ 10 の反対側の東側プラグ部に西側と同じ、高出力用ジャイロトロンを設置する事により、東西プラグ部の安定したプラズマ閉じ込めを、目指すものです。

謝辞

本報告書作成にあたり、御指導、御助言いただきました、プラズマ研究センター長 長照二教授、斉藤輝雄助教授、立松芳典講師、平田久子技術専門官、多くの御協力下さいました、沼倉友晴研究機関研究員、プラズマ研究センター学生の方々に深く感謝致します。

参考文献

三好昭一 ミラー型核融合装置

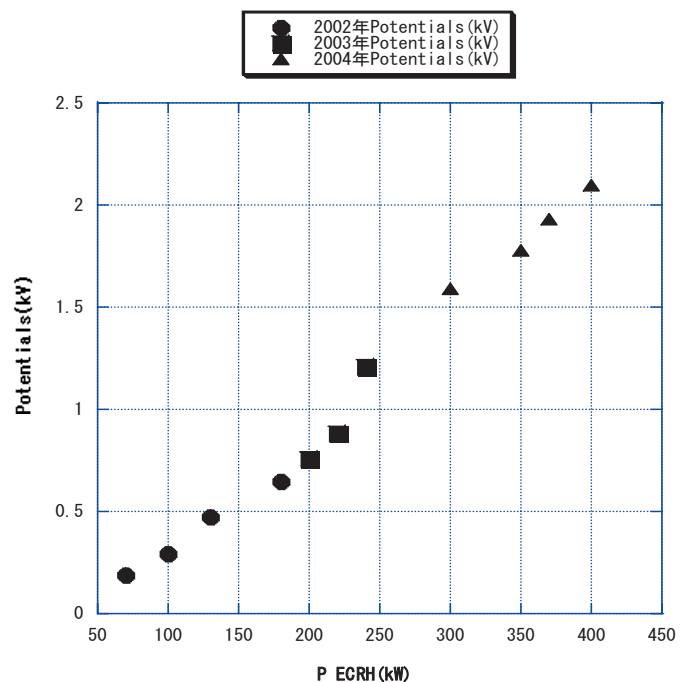


図 3 閉じこめ電位の変化

筑波大学技術報告 No. 25
第4回筑波大学技術職員技術発表会報告集

平成17年3月発行

編集 筑波大学技術報告編集委員会
第4回筑波大学技術職員技術発表会実行委員会

発行 筑波大学研究事業部研究事業課
〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1
電話 029(853)2924
筑波大学システム情報工学等支援室
〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1
電話 029(853)5383

第4回筑波大学技術職員技術発表会実行委員会

実行委員長

油田信一 筑波大学副学長（研究、産学官連携、社会貢献、国際連携担当）

実行委員

[システム情報工学等支援室]

鈴木 秀則（実行委員代表）
中島 孝（実行委員副代表）
高柳 良廣（支援室長）
鈴木 清（室長補佐）
加島 倫
川上 彰
神戸 昌幸
澤村 博道
山形 朝義

[人間総合科学等支援室・医学]

小林 浩三
菅江 則子
森田 倫子

[人間総合科学等支援室・体芸]

林 剛人丸

[数理物質科学等支援室]

伊藤 伸一

[研究基盤総合センター・応用加速器部門]

大和 良広