

装置開発室 *Equipment Development Center*

# *Annual Report 2008*





2008年度は米国のサブプライム問題に端を発した世界大不況が起これ、現在も収拾のめどが立たない状況で進行中です。これにより多くの派遣社員が職のみならず、人によっては住む家までも失っているという状況で、国家の大損失です。私はたまたま装置開発室の室長という立場にあることから、この問題を人の熟練と言う観点から自然と考えてしまいます。派遣制度は本来、専門性の高い技術なり知識なりを持っている人が自分を必要としている会社に、必要としている時に働けるような制度であるべきところが、専門性の低い誰でもできるような職種にまで広がってしまったところに、脆弱な社会を構築してしまう原因があったのではないかと思います。しかし“専門性の低いだれでもできるような職種”という表現そのものに落とし穴があるような気がします。そもそもどのような職種にも、“だれでもできるような職種”というものは無く、金、効率のみに目が向いてしまい、人間性の重要な本質を見失ってしまった結果ではないかと思います。どのような職種でも一生懸命研鑽をつめば、誰もがまねのできないような素晴らしいレベルに達成し、周辺との連携性も深まり組織全体の効率に関わってくる訳です。結局は広い意味での“技術の軽視”という盲点に気づかなかつた結果ではないかと考えます。

幸い本装置開発室はこのような世界的大不況にもそれほど左右されず、2008年度も所内の工作依頼件数は全部で341件と昨年度と比べて92件の伸びで、また所外の装置開発依頼も10件とますますその重要度は増していると感じられます。しかし、上に述べましたように、世の中全体が技術軽視の風潮を反省しなくてはならない状況を見ますと、優秀な技術者のそろっている装置開発室は、全国大学共同利用機関の技術集団として一層の技術レベルの向上に励み、所外の高度な装置開発のニーズに答え、科学技術立国を支える技術の重要性を多くの人に理解してもらおう着実な努力を、積み上げなくてはならないと思います。

今年には電子機器・ガラス機器開発技術班長の吉田久史氏が日本化学会化学技術有功賞を受賞されました。おめでとうございます。

室長

宇理須恒雄

## 目次

構成スタッフ	1
イベント in 2008	2
施設利用	7
施設利用報告	12
岡崎ものづくり推進協議会	16
LSI 開発	19
受賞・発表	20
技術研究会報告	21
技術報告	32
2008 年 工作依頼リスト	50
2008 年 製作品	54
トピックス	60
出張報告	64
設備関連	67



(後列左から) 水谷伸雄、内山功一、浦野宏子、吉田久史、矢野隆行  
 (中列左から) 近藤聖彦、宮下治美  
 (前列左から) 宇理須恒雄、豊田朋範、永田正明、高松宣輝、青山正樹

---

 装置開発室長（併任）
 

---

	宇理須恒雄	URISU, Tsuneo	生体分子情報部門 教授
--	-------	---------------	-------------

 技術職員
 

---

 機械グループ
 

---

水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
------	-----------------	----

青山正樹	AOYAMA, Masaki	係長
------	----------------	----

矢野隆行	YANO, Takayuki	
------	----------------	--

近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	
------	-----------------	--

 電子回路グループ
 

---

吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	技術班長
------	------------------	------

内山功一	UCHIYAMA, Kouichi	
------	-------------------	--

豊田朋範	TOYODA, Tomonori	
------	------------------	--

 ガラス加工グループ
 

---

永田正明	NAGATA, Masaaki	係長
------	-----------------	----

 技術支援員
 

---

宮下治美	MIYASHITA, Harumi	
------	-------------------	--

高松宣輝	TAKAMATSU, Yoshiteru	
------	----------------------	--

 事務支援員
 

---

浦野宏子	URANO, Hiroko	
------	---------------	--

---

1月

23日  
～24日 中学生職場体験  
岡崎市立甲山中学校の2年生男子1名  
電子回路製作の業務を体験

2月

14日  
～15日 第1回ものづくりフェア2008 出展（場所：岡崎市竜美丘会館）  
岡崎商工会議所との連携企画

（記事16ページ参照）

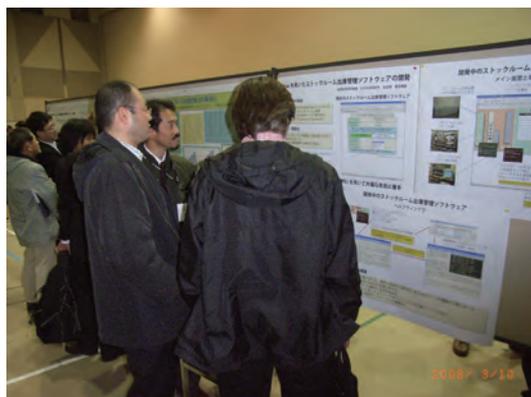


3月

14日  
～15日 平成19年度核融合科学研究所技術研究会

口頭発表2件、ポスター発表1件  
「電子ビーム溶接法によるアルミ製薄肉テーパ円筒の製作」近藤聖彦他  
「dsPICマイコンを用いたビーム電流補正装置の開発」吉田久史他  
「Ajaxを用いたストックルーム出庫管理アプリケーションの開発  
- 視認性・利便性向上を目指して -」豊田朋範他

（記事21ページ参照）



4月

27日 日本化学会化学技術有功賞受賞



(記事 20 ページ参照)



祝賀会 4月23日

28日 気体 NMR 分光装置 熱解析モデルの検討 (神戸大学・国立天文台・分子科学研究所)



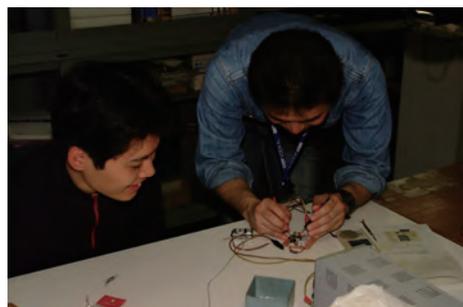
国立天文台の「共同開発研究」制度を使用して、3機関による共同プロジェクトが始まる。

5月

14日  
～15日 機械工作安全講習会



21日  
～22日 電子回路工作講習会  
2日に分けて講習



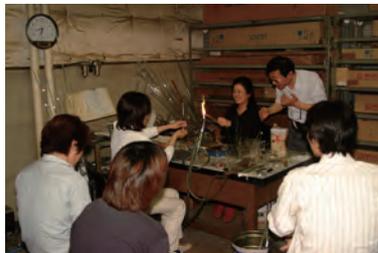
6月

12日 中学生職場体験  
岡崎市立甲山中学校の2年生男子5名  
装置設計の業務を体験

(記事 62 ページ参照)



12日 ガラス工作講習会



23日 平成19年度装置開発室 運営委員会

7月

4日 東京大学先端科学技術研究センター 技術打ち合わせ



9日  
～11日 九州大学 平成20年度奨励研究採択課題に関する技術打ち合わせ並びに口頭発表 (豊田)  
(記事 66 ページ参照)

24日  
～25日 第3回自然科学研究機構技術研究会

口頭発表 「分子研装置開発室における先端加工技術開発の取り組み」 青山正樹  
「電子機器・ガラス機器開発技術班業務紹介」 内山功一

8月

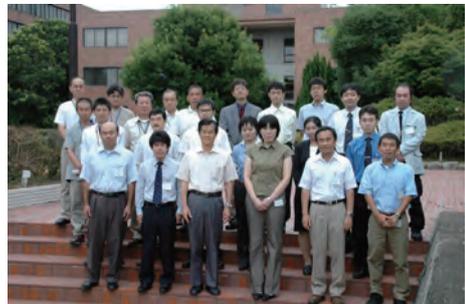
20日  
～23日

真空夏季大学（青山、矢野）（記事 65 ページ参照）

9月

2日  
～4日

東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（岡崎三機関）



5日

中学生職場体験  
岡崎市立六ツ美中学校 2年生 男子 3名



（記事 63 ページ参照）



11日  
～12日

第6回放電加工技術セミナー（日産自動車総合研究所・慶應義塾大学）（矢野）  
（記事 64 ページ参照）

## 10月

15日  
～17日

高輝度反射集光鏡の製作（国立天文台との共同開発研究）（青山）  
（記事 12 ページ参照）

## 11月

11日

中学生職場体験  
岡崎市立甲山中学校の2年生男子3名  
電子回路製作の業務を体験



（記事 63 ページ参照）



27日  
～28日

電気加工学会（青山、矢野、近藤）

## 12月

5日

産業総合技術研究所技術研究所 技術打ち合わせ（水谷、矢野）



平成 17 年に内容を大きく変えて再スタートした「施設利用」も今年で 4 年目を迎え、各方面での認知度が上がってきたおかげか昨年よりも若干ではあるが申請件数が増えている。今年の特徴としては、比較的長期的で、開発的要素を多く含んだ内容が増えたことと、文部科学省という省庁の壁を越えた依頼があったことである。

神戸大学の富宅教授より依頼のあった気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発は、昨年から続いている長期的な開発的要素を含んだ課題である。そのため、できる限りよりよい実験装置開発のため装置開発室だけでなく、経験豊かな元装置開発室の堀米氏（現：極端紫外光研究施設）にも開発に加わっていただき、ご協力頂いた。

また、京都大学の馬場准教授から申請された光輝度反射集光鏡は、平成 16 年に導入した Y 軸付き CNC 旋盤による加工と手仕上げを組み合わせて製作した。さらに、より高精度な形状を求めて、金属鏡製作の経験豊富な国立天文台に協力を仰いで反射集光鏡を製作した。

今後、「施設利用」において、国立天文台—分子科学研究所と協力して機器開発する機会が増えるものと思われる

課題申請の一覧を以下の表にまとめた。

#### 施設利用課題一覧

申込者名	所 属	研究課題（備考）
秋田素子	広島大学大学院 理学研究科	水熱合成用オートクレーブの製作
富宅喜代一	神戸大学大学院 理学研究科	気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発
田中啓文	大阪大学大学院 理学研究科	カーボンナノチューブ付操作プローブ顕微鏡短針の作製
河本充司	北海道大学大学院 理学研究院	USB2.0 を用いた高速データロガーの製作
高橋一志	東京大学 物性研究所	新しい機能性を持つ分子性導体の作製
橋本和仁	東京大学 先端科学技術研究センター	酸化チタン光誘起超親水化反応の機構の解明 そのための装置作製
鈴木和司	名古屋大学 全学技術センター	衛星搭載又は気球搭載用 Ge:Ga 圧縮型赤外線検出器の開発
馬場正昭	京都大学大学院 理学研究科	光輝度反射集光鏡の製作
田原 譲	名古屋大学 エコトピア科学研究所	4 回反射型 X 線望遠鏡の開発
銘苺春隆	産業技術総合研究所	紫外線立体投影露光における照射光学系およびアライメントステージの開発

## 施設利用

文部科学省からの訪問調査で装置開発室の施設利用に関する活動が高く評価されました。その調査の際に提出した回答書を、施設利用関連の資料として以下に掲載します。

### 訪問調査の面談における質問事項：装置開発室としての回答

装置開発室に対し、外部の研究者、特に分子研に在籍したり、何らかの形で分子研に関わり装置開発のことを良く知っている研究者から、市販品として購入できない装置の製作について協力を求められる事が増えてきたことから、平成17年度より、装置開発室固有の技術が必要でかつ技術者の技術力向上にも有効と思われるものについて、共同利用機関の活動の一環として引き受け、装置の設計や製作に協力を行っています。材料費などの実費を相手側負担の条件です。平成17年度から20年度までの全実績を下記の表にまとめます。なお、分子研所内の装置開発依頼は規模の小さいのも含めて年間250件程度です。

平成17年度施設利用一覧

申込年月日	課題番号	研究課題	申込者名	所属	職名	利用期間	前期後期
8.5	1	低次元系機能性材料開拓のための固体NMRプローブ技術開発	北川 宏	九州大学大学院	教授	17.8/15～17.9/30	前期
6.6	1	レーザー電場により配向した極低温孤立分子の電子運動量分光装置の開発	高橋正彦	東北大多元物質科学研	助教授	17.10/1～18.3/31	後期
9.1	2	複合機能性を有する分子性伝導体の単結晶作製のための定電流電源の製作	藤原秀紀	大阪府立大学	助手	17.10/11～17.10/14	後期
9.20	3	神経軸索の軸索ガイダンス分子に対する応答性の解析	野田昌晴	基礎生物学研究所	教授	17.9/26～18.3/31	後期
9.12	4	高等植物における表皮細胞の形態形成	星野 敦	基礎生物学研究所	助手	17.9/12～18.3/31	後期
11.1	5	超高真空中で試料交換可能な極低温用保持機構の開発	日野照純	千葉大 工学部	助教授	17.12/1～18.3/31	後期
11.15	6	衝突アライメント配向分子ビーム発生用超小型メカニカル速度選択デスクの開発	笠井俊夫	大阪大学大学院	教授	17.12/15～18.3/31	後期
11.15	7	飛行時間型メカニカル速度選択装置の特殊駆動電子回路の開発	岡田美智雄	大阪大学大学院	助手	17.12/15～18.3/31	後期
11.15	8	新規な交流変調型単色吸光度測定装置に用いる電子回路の開発	蔡 徳七	大阪大学大学院	助手	17.12/15～18.3/31	後期
12.5	9	鍾体作成用水熱合成容器の製作	秋田素子	広島大理学研究所	助手	17.12/7～17.12/12	後期

平成18年度施設利用一覧

申込年月日	課題番号	研究課題	申込者名	所属	職名	利用期間	前期後期
11.29	1	レーザー電場により配向した極低温孤立分子の電子運動量分光装置の開発	高橋正彦	東北大多元物質科学研	助教授	18.4/1～18.9/30	前期
5.25	1	レーザー電場により配向した極低温孤立分子の電子運動量分光装置の開発	高橋正彦	東北大多元物質科学研	助教授	18.10/1～19.3/31	後期
6.1	2	非磁性高圧セルの開発	細越裕子	大阪府立大学	助教授	18.10/1～19.3/31	後期
7.3	3	位相差電子顕微鏡の位相板開発における微細加工法の検討	大河原 浩	生理学研究所	技術職員	18.10/1～19.3/31	後期
8.1	4	超高真空中で試料交換可能な極低温用保持機構の開発	日野照純	愛媛大学大学院	教授	18.10/1～19.3/31	後期
9.1	5	X線反射鏡用レプリカマンドレルの研磨加工	田原 謙	名大エコトピア科学研	教授	18.10/1～19.3/31	後期

平成19年度施設利用一覧

申込年月日	課題番号	研究課題	申込者名	所属	職名	利用期間	前期後期
3.26	1	配向分子の電子運動量分光装置のための多次元同時計測電子回路の開発	高橋正彦	東北大学多元物質科学研究所	准教授	19.4/16～19.9/30	前期
8.31	2	ミリ波サブミリ波領域でのビーム伝送系に用いる高精度積円金属鏡の開発	小川英夫	大阪府立大学大学院	教授	19.9/16～19.9/30	前期
9.21	1	ミリ波サブミリ波領域でのビーム伝送系に用いる高精度積円金属鏡の開発	小川英夫	大阪府立大学大学院	教授	19.10/16～20.3/31	後期
10.2	2	電子顕微鏡用位相板および位相板ホルダーの微細加工検討	大河原 浩	生理学研究所	技術職員	19.10/16～20.3/31	後期
11.5	3	ミリ波サブミリ波観測装置に細径高精度ハーフウェーブガイドの製作技術の確立	岡田則夫	国立天文台	主任研究技師	19.12/1～20.3/31	後期
11.22	4	ドリフトチューブ用電源の整備	長門研吉	高知工業高等専門学校	准教授	19.12/26～20.3/31	後期
12.17	5	水熱合成用オートクレーブの製作	秋田素子	広島大学大学院理学研究科	助教	20.1/16～20.3/31	後期
1.7	6	気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発	富宅喜代一	神戸大学理学研究科	教授	20.1/16～20.3/31	後期

平成20年度施設利用一覧

申込年月日	課題番号	研究課題	申込者名	所属	職名	利用期間	前期後期
4.2	1	カーボンナノチューブ付操作プローブ顕微鏡短針の作製	田中啓文	大阪大学大学院 理学研究科	助教	20.5/1～20.9/30	前期
5.2	2	USB2.0を用いた高速データロガーの製作	河本充司	北海道大学大学院 理学研究院	准教授	20.6/16～20.9/30	前期
5.26	3	新しい機能性を持つ分子性導体の作製	高橋一志	東京大学 物性研究所	助教	20.6/16～20.7/15	前期
6.13	4	酸化チタン光誘起超酸化反応の機構の解明そのための装置作製	橋本和仁	東京大学 先端科学技術研究センター	教授	20.7/1～20.9/30	前期
8.15	5	衛星搭載又は気球搭載用Ge:Ga圧縮型赤外線検出器の開発	鈴木和司	名古屋大学 全学技術センター	技術専門職員	20.9/1～20.9/30	前期
8.15	1	衛星搭載又は気球搭載用Ge:Ga圧縮型赤外線検出器の開発	鈴木和司	名古屋大学 全学技術センター	技術専門職員	20.10/1～21.3/31	後期
8.31	2	光輝度反射集光鏡の製作	馬場正昭	京都大学大学院 理学研究科	准教授	20.10/1～21.3/31	後期
9.29	3	4回反射型X線望遠鏡の開発	田原 謙	名古屋大学 エコトピア科学研究所	教授	20.10/16～21.3/31	後期

多くのものが製作実費は数万円から数十万円。例外は、気体核磁気共鳴分光用核磁気共鳴セルの開発（平成19年度後期6）、で350万円。

以下、代表的な具体例について、概要の説明資料を添付します。

### 1) 低次元系機能性材料開拓のための個体NMRプローブ技術開発

（平成17年前期1）

固体NMR法により物質の物性メカニズムを研究するためのプローブ製作を、九州大学からの依頼により、設計、部品製作、組立調整を一貫して行った。

1号機は、超伝導マグネット及びHeガスフロー型クライオスタットを用い1.5K～500Kの広い温度範囲に対応出来る。1号機により得られた結果をもとに、高温実験に重点をおいた2号機、及び、試料部の拡大と電磁コイルの配置に特徴を持たせた3号機の製作へと発展した。



左：2号機、下：3号機



2) 衝突アライメント配向分子ビーム発生用超小型メカニカル速度選択ディスクの開発 (平成 17 年後期 6)

酸素分子など電気双極子モーメントを持たない分子を配向選択する場合、衝突アライメント法を用いるが、その時必要となる小型・高精度の速度選択装置用ディスクを開発した。

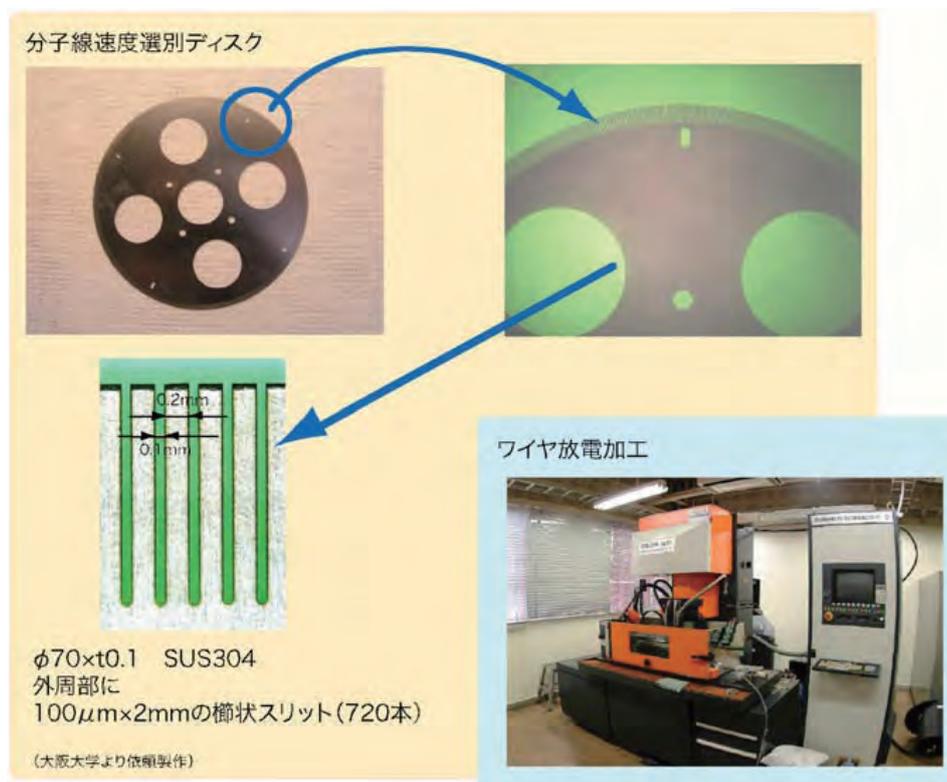
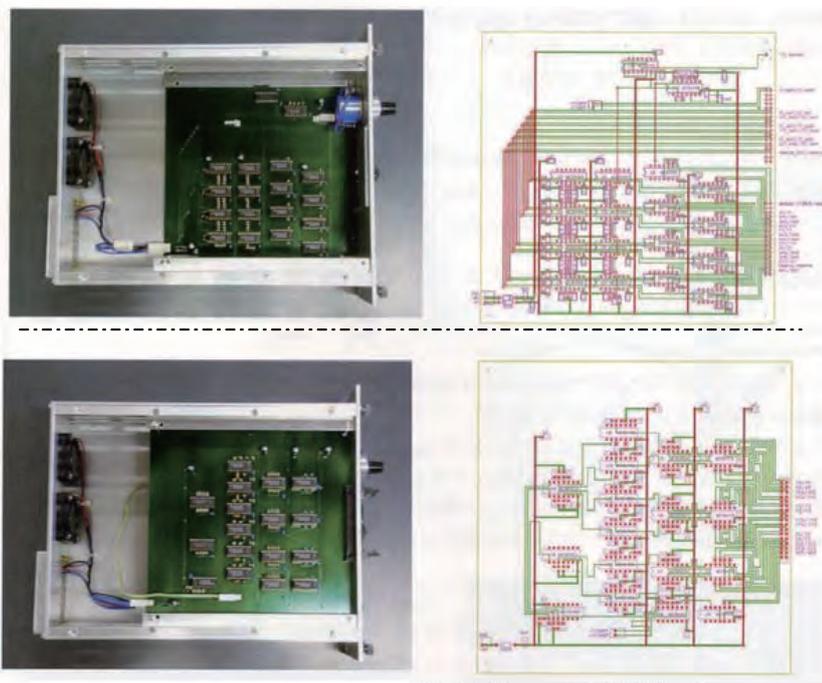


表 1.ディスクに関するテクニカルデータ

必要ディスク数	2
ディスク直径	72mm
1ディスク当たりのスリット本数	720本
スリット長さ	2mm
スリット幅	0.1mm
スリット間隔	0.2mm
ディスク厚さ	0.1mm
材質	ステンレス

### 3) 配向分子の電子運動量分光装置のための多次元同時計測電子回路の開発 (平成 19 年前期)

高速電子衝撃イオン化で生成する非弾性散乱電子と電離電子の中で散乱角が 45 度でエネルギーが相等しい二電子および解離イオンを同時計測することで電子運動量分布を得るための装置開発に協力した。今回、二電子を検出する MCP と 3 本のダイレイラインからなる位置検出器および、解離イオンを検出する 7 個の追い返し電場型イオン検出器の信号を同時計測するための回路を設計し製作した。(上段：ゲート出力回路基板、下段：ゲート判定回路基板)



### 4) 気体核磁気共鳴分光用核磁気共鳴セルの開発 (平成 19 年後期 6)

高い工作精度を必要とする、共鳴装置単管内に挿入する核磁気共鳴セルの設計、製作で協力。外部のチャンバーは神戸大学が真空機器メーカーに発注。



装置はまだ完成しておらず、現在進行中である。

## 高輝度反射集光鏡の製作

京都大学理学研究科化学専攻准教授 馬場正昭  
分子科学研究所装置開発室 青山正樹  
水谷伸雄  
鈴木光一

近年、ドップラーフリー超高分解能レーザー分子分光の研究を進めてきたが、検出感度に問題があって長年の懸案となっていた。それは、レーザー光を吸収した分子が放出するけい光を捕集する効率の悪さであったのだが、今回球面鏡と回転楕円面鏡を組み合わせた反射集光鏡を設計し、分子科学研究所装置開発室の施設利用で製作を依頼した。

従来の分子線を用いたレーザー分光法では、二枚のレンズを組み合わせた望遠鏡によって分子からの発光を検出器に集めていた（図1）。しかし、これでは3次元に等方的に広がる光の5%ほどしか捕集できない。今回製作した高輝度反射集光鏡を用いると90%以上を捕集することができ、検出感度が約20倍向上することになる（図2）。

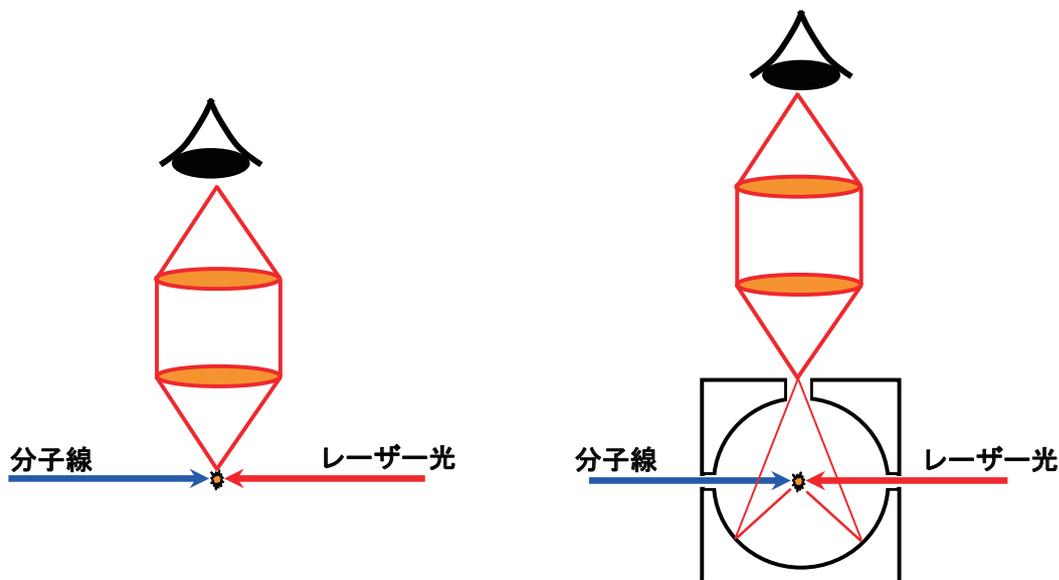


図1. 望遠鏡光検出

図2. 高輝度反射集光鏡

実際には、数値制御万能加工機を用いてアルミニウムの円柱材料を球面、および回転楕円面に掘削し、その後手磨きで鏡面に仕上げた（担当 青山正樹技官）。検査の結果、鏡面は $\pm 50 \mu\text{m}$ の精度で磨き上げられ（図3）、反射率は95%以上であることがわかった。



図3. 鏡面検査の結果

このようにして製作した反射鏡を用いて、実際にピレン分子の超高分解能スペクトルを測定した。図4は、ハーレー彗星の尾から観測されたピレン分子の紫外領域の発光帯である。幅の広いピークは、実はさらに数千本の回転スペクトル線から成っているのだが、気体分子のドップラー効果による線幅の広がりや観測システムの分解能の制約から、幅の広いピークとしてしか観測できない。これを、分子線を用いたドップラーフリー分光法と極めて分解能の高いレーザーシステムを用いて超高分解能スペクトルを測定したのが図5(a)である。しかしながら、分解能が上がると感度が低下し、スペクトルのS/N比は良くない。そこで、今回製作した高輝度反射集光鏡を用いて測定した結果、予想通り20倍程度の感度の向上が見られ、非常に質の高いスペクトルを測定することができた（図5(b)）。これによって、ピレン分子の構造を高い精度で決めることができるばかりでなく、星間空間や彗星の中で分子がどれくらいの温度でどれくらいのエネルギーで運動しているのかを正確に推定することができる。

今後、さらに多くの分光法に適用して、多くの分子の解明に活用できると期待されるので、次は超精密非球面加工機によって鏡面を仕上げることを計画している。最後にこの施設利用に協力して頂いた装置開発室の皆様にお礼申し上げる。

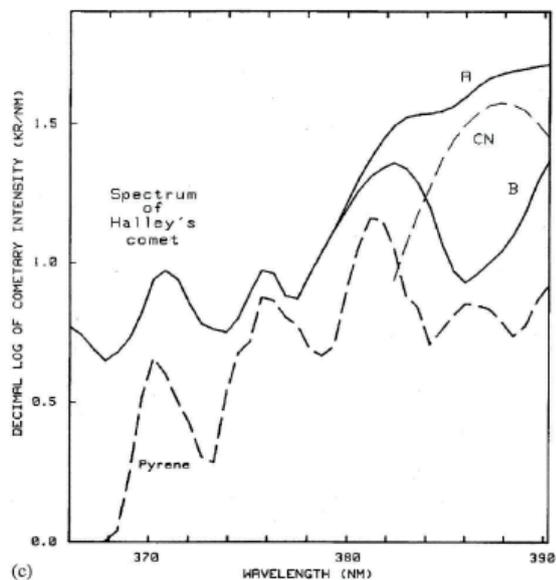
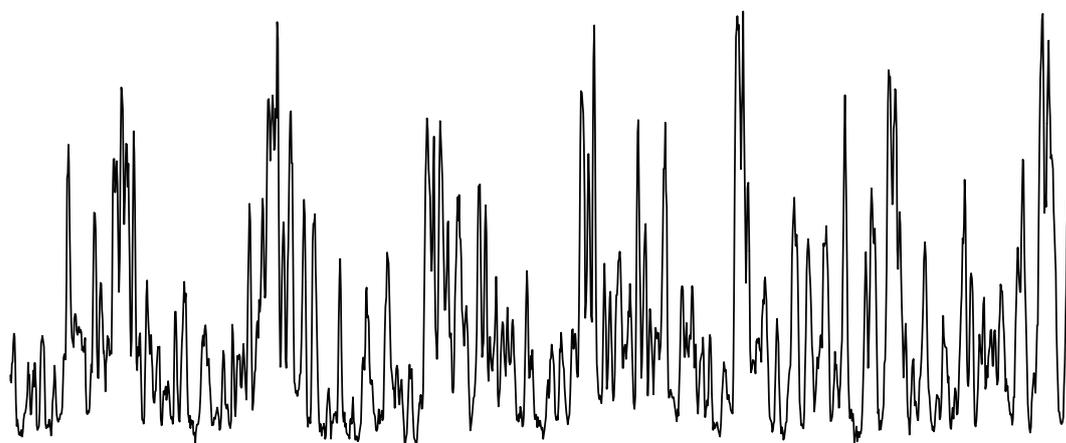


図4. ハーレー彗星の尾の発光帯

370 nm付近のピークはピレン分子の発光だと考えられる。点線は実験室で観測されたピレンの発光ス

(b) 高輝度反射集光鏡検出



(a) 従来の望遠鏡検出

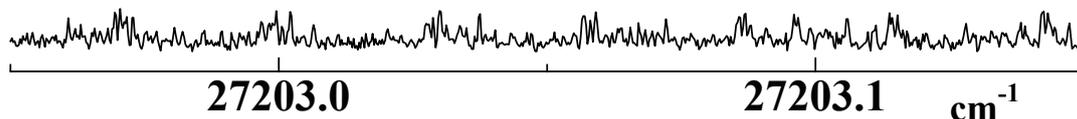


図5. ピレン分子の超高分解能スペクトル

## 気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発

本件は、神戸大学理学研究科化学専攻の冨宅教授より提案のあったもので、平成 19 年度 JST・先端計測分析技術・機器開発事業の採択課題であり、平成 19 年度後期の施設利用として採択されたものである。本装置は、従来、溶液と固体試料にしか利用されていなかった NMR 分光法を気相イオンに適用し、質量選別した上で核磁気共鳴の情報が得られるため、極めて高感度の NMR 装置になると期待されている。これにより、感度  $10^5/\text{cm}^3$  で、分子量 2000 程度までの「気体分子」中のプロトンの NMR によって区別し、分子構造を決定できる。

本件では上記装置の要となる NMR セルの設計と製作を進めている。設計の段階で出てきた問題点は、12T のマグネット中で行われる実験のため、実験スペースであるおよそ  $\phi 155\text{mm} \times 2000\text{mm}$  の空間に質量分析機能と気体 NMR 装置の機能をもつセルを真空単管に納めて組み込む必要がある。製作の段階に至っては、磁気共鳴加速の際用いられる電極に透過率 95% の銅メッシュをシワなく取り付けるといふことがある。その他にも多々問題点があり、テストを繰り返しながらの製作が現在も続いている。

さて、この共同開発プロジェクトには、真空機器の開発経験の豊富な極端紫外光施設の職員である堀米氏の協力も得ている。神戸大学の研究者と何度も打ち合わせを重ね、試行錯誤を繰り返しながらの作業となっている。平成 20 年度後期に装置は完成し、現在神戸大学で本格的な実験に向け調整中である。

(矢野隆行 記)



写真 気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セル

ものづくり岡崎フェア 2008

鈴木光一

岡崎市商工会議所の「岡崎ものづくり推進協議会」が岡崎地域の事業所がもつ優秀な技術や新製品を広く紹介し、広域的な産業連携ならびに企業間ネットワークを通じて、新たなビジネスチャンスや新規成長分野への展開、さらにはイノベーション創出を図る展示会が平成20年2月14日から15日の2日間に渡って開催された。この展示会へ装置開発室が協力出展したので紹介する。

分子研は商工会議所とも地域貢献の一環として多くの協力を行っているため、展示会へのブースの出展要請があった。主催が「岡崎ものづくり協議会」であることから技術課を前面に押し出すこととなり、特に装置開発室は「岡崎ものづくり推進協議会」との間で、会員の事業所との連携や協力、交流会などの企画を実施していたので、この要請に応えることとした。この展示会は産学連携も視野に入れて企画されているので、県内の国公立大学法人および私立大学を含め11校が研究シーズの紹介出展を行っていた。「装置開発室」だけでの出展は少々規模が小さいと考え、基生研、生理研の技術課の協力を得て、出展ブースの名前は「大学共同利用機関法人、自然科学研究機構、岡崎3機関」とし、主導は分子研装置開発室が行うこととして参加した。

展示内容は「自然科学研究機構、岡崎3機関における研究支援技術と事例の紹介」というサブタイトルを設け自然科学研究機構の紹介、3機関の技術課の紹介、各研究所の技術課から事例パネルを1枚ずつの計5枚のパネル展示とサンプル展示およびパンフレットを用意した。これらのパネル作成から準備まで分子研広報室の原田美幸さんには大変お世話になったのでここで御礼申し上げる。写真は、装置開発室から地元の企業と協力して製作した事例紹介パネルと当日の会場の様子である。この展示会は岡崎商工会議所としても第1回目であることから、ものづくり愛知県を代表するのは岡崎市だ、といった勢いが商工会議所の担当者にも感じられた。

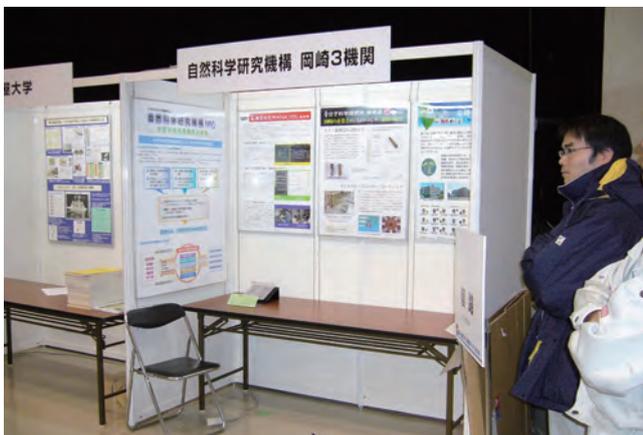
[参考]

<http://www.okazakicci.or.jp/fair2008/>

岡崎の企業と協力して装置開発室が開発を行った事例について紹介している。



ビッグサイトや幕張メッセと比べればかなり小さな会場だが、意外に来場者も多かったのが混雑したという印象である。



小さな出展ブースであったが、それなりに出来ている。通常は展示会に行ってみ聞きする側で内容に興味があれば素通りする。これは当たり前のことだが、逆の立場でブースの説明員として立つと、来客がないと寂しい。商談するわけではないが、客引きを始めてしまう。

## 岡崎商工会議所（岡崎ものづくり推進協議会）との意見交換会

岡崎商工会議所が設立した「岡崎ものづくり推進協議会」が主催している連携事業の一環として、会員である市内企業と3度目の交流会が平成20年2月27日に分子研で開催された。参加企業は表1に示すように6社と岡崎ものづくり推進協議会であり、参加者は11名であった。先端レーザー開発研究部門の平等研究室、生態分子情報研究部門の宇理須研究室、装置開発室の見学後、研究棟301号室にて、装置開発室の最近技術（ブルーレイディスク研磨とアルミ製薄肉円筒の溶接について）の紹介、各社の事業内容紹介ならびに意見交換をおこなった。意見交換時（図1）、研磨にすることであれば、岡崎市内の東海光学株式会社に質問すると良いなどの情報を得た。また、この交流をきっかけに、参加企業の中野製作所株式会社には放電加工の依頼や相談をおこなっている。さらに近隣に所在することから会社に出向いて、図面では説明が困難な設計意図を直接説明でき、イメージ通りの部品を製作することが可能となっている。このように、市内企業と装置開発室の交流を促進している。

表1 参加企業リスト

順不同

	事業所名	事業内容
1	(株)新東	各種溶接機、溶接用品、安定溶接用各種ガス、産業ロボット、機械工具などの販売
2	(株)高木化学研究所	金属加工及びプレス金属表面処理部品、合成繊維・樹脂部品
3	中野製作所(株)	自動車の治工具、試作部品等の製造業
4	リコーエレメックス(株)	ガスメータ、水道メータ、超精密加工部品製造・販売
5	(株)一心工業会	電気亜鉛メッキ
6	(株)イナック	金属精密加工、試作品製作など
7	岡崎ものづくり推進協議会	



図1 意見交換の様子

## VDEC を利用した LSI 設計・製作

電子機器開発技術係では従来からハードウェア記述言語による CPLD や FPGA 開発など、デジタル回路のカスタム IC 製作に取り組んできた。本年度から新たに、東京大学大規模集積システム設計教育センター (VDEC) を利用したアナログ LSI 設計の技術を導入する取り組みを始めた。LSI 開発の最初の応用として、バイオセンサーの設計を進めている。脳機能の解析や難病の病理解明のための生体の電気信号であるイオンチャンネル信号を多点同時計測するために、基本となる微小電流 - 電圧変換増幅回路をマルチチャンネル化する IC の設計・製作を進めている。

VDEC の利用にはアカウントを得たワークステーションが必要で、今回は中部大学電子情報工学科の石井清教授のご協力により研究室にある Unix マシンを使用させて頂いた。現在までに、アナログ LSI 設計に必要なシミュレーション・ソフト (HSPICE) とレイアウト設計ツール (Virtuoso) のインストール手法やプログラムの操作方法等を学習した。また、石井研究室の学生の協力を得て、基本となる電流 - 電圧変換回路の最適化をシミュレータにより行っている。今後は、シミュレータのネット・リストに基づき、CMOS 増幅回路のレイアウト設計を進めてゆく予定である。



中部大学での設計の様子



中部大学石井研究室の学生諸氏



HSPICE でのシミュレーション画面

## 受賞

吉田久史氏に日本化学会化学技術有功賞

このたび技術課電子機器・ガラス機器開発技術班長の吉田久史氏が日本化学会化学技術有功賞を受賞された。受賞タイトルは「分子科学研究のための先進的計測・制御機器の開発」である。同氏は、1980年に分子科学研究所装置開発室に着任し、以来永年にわたり分子科学の先進的研究に不可欠な実験装置の開発に従事されてきた。代表的な製作装置には「ナノ秒時間分解蛍光寿命測定装置」や「マルチチャンネル吸光度測定装置」などの分光測定装置をはじめ、「パルス分子線発生装置」、「TOF型質量分析器のための超高速高圧パルス発生回路」、「有機電解合成用多チャンネル定電流電源」、「物理特性測定装置を使用した熱電能測定プログラム」などが挙げられる。また、分子科学の研究分野で培った測定技術は、東京大学および国立天文台との共同開発で製作したわが国初めてのサブミリ波電波望遠鏡の観測装置にも活かされ、化学研究の分野を超えた広い領域で業績を残されている。いかに、受賞理由となった代表的な業績を紹介する。

### 1. 電子線コンプトン散乱の反応顕微鏡のための多次元同時計測回路

空間的配向を特定した分子を標的として高速電子衝撃イオン化の動力学的完全実験を行う装置のための多次元同時計測回路を開発した。この計測装置により、イオン化で生成する非弾性散乱電子、電離電子、解離イオンの3種の荷電粒子のベクトル（エネルギーおよび角度）相関の測定が可能となり、標的分子の空間的配向をもパラメータとする電子・分子衝突立体ダイナミクス研究の開拓と共に、分子軌道の形を運動量空間において3次元観測する原理の実証に大きく貢献した。本装置の開発は、東北大学との十数年にわたる共同利用研究の実績の積み重ねによるものである。また、この時に始まった東北大学技術職員との技術交流は、全国の技術職員を対象とした技術課の受け入れ研修として制度化され現在も実施されている。

### 2. 液体ヘリウム自動供給システム

極低温センター（現機器センター）技術職員との技術協力により、液体ヘリウム貯槽から移送用の小口容器への汲み出し作業を自動化するシステムの開発を行った。同氏は、システム全体の計測・制御回路およびソフトウェアの製作に携わった。とくに、液体ヘリウム重点時の蒸発ガスの圧力特製から充填完了を確実に検知するためのプログラムの開発により、不慣れた研究者でも簡便な操作で確実に作業することを可能とした。本装置は順調に稼働し実績を挙げ、全国の大学や附属研究所の寒剤供給施設で同様のシステムを導入する際の原型となっている。

（宇理須恒雄 記、分子研レターズ 58 より抜粋）



## 研究会発表

研究会、会議名	タイトル	発表者
平成 19 年度 核融合科学研究所技術研究会 2008 年 3 月 10 日～ 11 日	電子ビーム溶接法によるアルミ製薄肉テーパ円筒の製作 (口頭発表)	○近藤聖彦 鈴井光一
	dsPIC マイコンを用いたビーム電流補正装置の開発 (口頭発表)	○吉田久史
	Ajax を用いたストックルーム在庫管理アプリケーションの開発 (ポスター発表)	○豊田朋範

## 電子ビーム溶接法によるアルミ製薄肉テーパ円筒の製作

○近藤聖彦、鈴木光一

分子科学研究所 装置開発室

## 1 はじめに

衛星を用いて高温な天体から放射される X 線を集光させ撮像することにより、銀河の生成と進化過程を解明する研究に図 1 に示す X 線望遠鏡<sup>[1]</sup>が用いられている。X 線は可視光のおよそ 1/1000 の波長であるため、X 線望遠鏡には、高い反射率が得られる極端な斜入射型反射光学系<sup>[2]</sup>が用いられる。この光学系は、勾配を有する円筒（以後テーパ円筒と記述する）形状のアルミ製反射ミラーを同心円上に設置させ組み立てられている。このミラーは、4 分割して製作し、同じサイズのを組み合わせることでテーパ円筒が構成されている。その組み立ては、図 2 に示すハウジング<sup>[3]</sup>内のアライメントプレートに固定されておこなわれている。

この望遠鏡は 4 分割であること、アライメントプレートが光路の障壁になることが集光効率を低下させているという指摘がある。そこで、ミラーを分割せず一体型のミラーを製作することにより、アライメントプレートの枚数を最小にし、集光効率の向上と望遠鏡全体の軽量化が計画された。そのミラーの製作方法として、扇形状のアルミ板を巻き、その突合せ部を電子ビーム溶接（以後 EBW と記述する）することでテーパ円筒形状のミラーシェルを製作し、その表面に反射率の高い金膜などを施すことが考案された。このシェル厚さは X 線望遠鏡を軽量にするため 0.2 mm を目標としている。しかし、非常に薄いアルミ板( $t=0.2\text{mm}$  程度)の EBW は困難で詳細な溶接データが見当たらない。さらに、アルミ製テーパ円筒の EBW となると、その技術は確立されていない。そこで、EBW 装置を使用して  $t0.2\text{mm}$  のアルミ製ミラーシェルの製作が可能であるかを検証するため、その 1/2.5 モデルのテーパ円筒を製作したので報告する。

## 2 EBW 装置

EBW 装置は、多数の電子を加速し、限られた場所に照射することで局所的な加熱や溶解をすることができる装置である。このことから、EBW 法の特徴として(1)焦点領域を絞ることができ、熱影響が少なく、歪を小さくできる。(2)溶接の再現性が高い。(3)溶け落ちが少なく、溶接条件が広範囲である。などがあげられる。このため、熱伝導率が大きく、他の金属と比較し融点が高いなどの特徴を有するアルミの溶接に適している。

図 3 に使用した日本電気株式会社製の EBW 装置を示す。この装置は電子銃室のアップーコラム、電子ビーム制御室のローアーコラム、溶接室のワークチャンバーで構成されている。このワークチャンバー内には



図 1. X 線望遠鏡



図 2. ハウジング内のアライメントプレートと反射ミラー



図 3. 電子ビーム溶接装置

XY ステージが設置され、2つのフットスイッチにより X 方向にのみ左右に電動する。主な仕様は、ビーム加速電圧 60kV～150kV、最大ビーム電流 10mA、ステージ最大移動距離 200mm 程度である。

### 3 薄板アルミの溶接条件

図 4 に示すように 2 枚の t0.2 mm のアルミ板（以後薄板アルミと記述する）の突合せ溶接をおこない、EBW の溶接条件を検討した。この手順を以下に記す。

図 5 に示すように銅製プレート(130×100×t15)上で 2 枚の薄板アルミ (50×50) の端面を突合せ、銅製とステンレス製のバー (W24×L119 ×t9) を重ねて設置して 2 枚の薄板アルミを固定し、10 本の M4 ねじを用いて薄板アルミに均一な圧縮力を負荷する。次にワークチャンバー内の XY ステージにこの溶接治具を設置し、溶接条件を変え EBW をおこなう。そして、ビードが安定する条件を検討する。

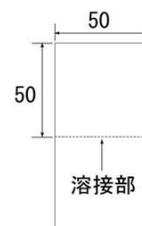


図 4. 突合せの模式図

この結果、ビーム加速電圧 70kV、ビーム電流 1mA、溶接速度 1000mm/min の条件において薄板アルミ溶接が可能であることがわかった。また、突合せ部を密着させること、その段差を小さくすることが重要であることがわかった。この条件で溶接したときの安定したビードの様子を図 6 に示す。また、ビーム電流ならびに溶接速度が不適切な溶接条件において EBW をおこなった例として図 7 に断続穴が生じたビードの様子を示す。



図 5. 突合せ溶接治具

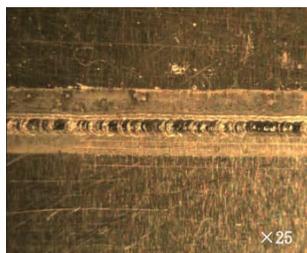


図 6. 安定したビードの様子

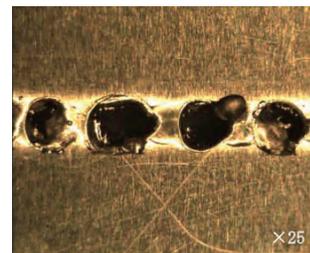


図 7. 断続穴が生じたビードの様子

### 4 テーパー円筒溶接方法

X 線望遠鏡に使用するテーパー円筒のミラーシェルの形状は望遠鏡の構造から数種類あるが、特性評価実験として用いるミラーの形状は図 8 に示すように大内径  $\phi 153.952\text{mm}$ 、小内径  $\phi 150.000\text{mm}$ 、長さ 75.0mm である。このテーパー円筒のミラーシェルを展開すると扇形状になり、その長さが 485mm 程度となる。薄板アルミで、このサイズの溶接前素材は加工を含め取り扱いが困難となる。そこで、1/2.5 サイズ（大内径  $\phi 61.581\text{mm}$ 、小内径  $\phi 60.000\text{mm}$ 、長さ 30.0mm）のテーパー円筒モデルを溶接実験に用いることとした。

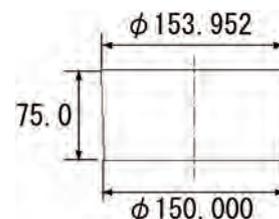


図 8. ミラーシェルの形状

テーパー円筒の EBW は、図 9 に示すワイヤー放電加工した扇形状の薄板アルミ（以後扇板と記述する）を図 10 に示すテーパー形状の治具（H100×W60×L72）に沿うように巻きつけ、その両端を突合せ、溶接部近傍を 2 枚の円弧プレートで固定しておこなう。ただし、カットした扇板を治具に巻きつけ円弧プレートで固定するだけでは、弾性により扇板の突合せ部が治具に沿わないため、この突合せ部に隙間が生じる。そこで、前準備としてテーパー形状治具に沿うように扇板を巻きつけ、その突合せ部に円弧プレートの曲率面を直接押し当て、これらを固定した状態で熱成形（360 度 1 時間）をおこなう。この成形後、塑性変形により突合せ部が円弧形状を保持するため、その隙間を極小にできる。図 11 に EBW 法により製作した 1/2.5 モデルのテーパー円筒を示す。これより、EBW 法によるミラーシェルの製作は可能であることがわかった。

平成 19 年度 核融合科学研究所技術研究会  
2008 年 3 月 10 日～ 11 日



図 9. 扇形状のアルミ板

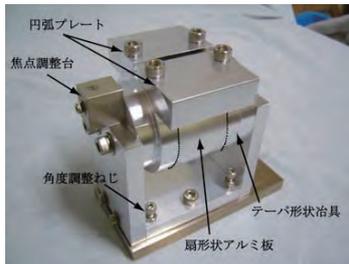


図 10. テーパ円筒溶接治具

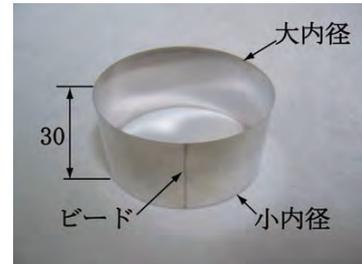


図 11. 製作したテーパ円筒

### 5 製作したテーパ円筒の評価

万能投影機 (Nikon 製 V-24B) を使用し、製作したテーパ円筒の内径を測定した。この測定は大内径と小内径につき各 4 箇所にておこなった。測定結果は表 1 に示すように、大内径の誤差  $29 \mu\text{m}$ 、小内径の誤差  $15 \mu\text{m}$  であった。この誤差は 4 箇所の平均値と設計値の差を算出した。また、Z 分解能  $1\text{nm}$  のレーザプローブ式非接触三次元測定装置 (三鷹光器製: NH3-SP) を使用しテーパ円筒稜線の直進度を測定した結果を図 12 に示す。テーパ円筒両端は熱成形時の形状が反映され、半径で最大  $20 \mu\text{m}$  程度外側に拡大されているが、ミラーとして使用される中間部分では、テーパ円筒稜線の直進度は  $10 \mu\text{m}$  程度であった。

表 1. 内径測定結果

測定位置	大内径	小内径
1	60.854	60.364
2	62.145	60.569
3	62.393	59.767
4	61.049	59.359
平均値	61.610	60.015
設計値	61.581	60.000
誤差	+29 $\mu\text{m}$	+15 $\mu\text{m}$

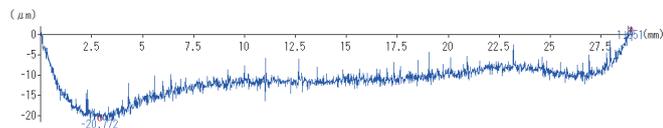


図 12. 製作したテーパ円筒の直進度

### 6 まとめ

EBW 法により  $t0.2 \text{ mm}$  のアルミ板の突合せ溶接条件を検討し、加速電圧  $70\text{kV}$ 、ビーム電流  $1\text{mA}$ 、溶接速度  $1000\text{mm/min}$  の溶接条件において溶接できることがわかった。また、突合せの隙間と段差を極小にすることが重要であることがわかった。そして、この条件を用いて EBW をおこない 1/2.5 モデルのテーパ円筒を製作することにより、EBW 法によるミラーシェルの製作が可能であることがわかった。

### 7 今後の予定

本報告は EBW 法による 1/2.5 モデルの製作検証であったが、原寸モデルの製作をおこなう。また、図 13 に示すように勾配の異なる 2 種類のテーパ円筒を立てに継いだ 2 段テーパ円筒の製作を EBW 法により試みる。

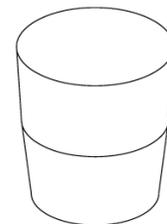


図 13. 2 段テーパ円筒の模式図

### 参考文献

- [1] U 研 X 線グループホームページ ([http://www.u.phys.nagoya-u.ac.jp/facilities/xrt\\_mk\\_evj.html](http://www.u.phys.nagoya-u.ac.jp/facilities/xrt_mk_evj.html))
- [2] 近藤聖彦, et al., “X 線望遠鏡ミラーのレプリカマンドレルの開発”, 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, 平成 16 年 2 月, 1-004

## dsPIC マイコンを用いたビーム電流補正装置の開発

吉田久史

自然科学研究機構 分子科学研究所 技術課

## 概要

シンクロトロン放射光を使った赤外・テラヘルツ分光測定において、反射・吸収スペクトルの絶対値強度を求めるために用いるビーム電流補正装置の開発を行った。装置は AD コンバータ（以下 ADC）によりスペクトル強度とシンクロトロン放射光の電子ビーム強度のサンプリングを行い、マイコンで演算処理した結果を逐次 DA コンバータ（以下 DAC）で出力するものである。マイコンには機器組み込み用のワンチップマイコンである Microchip Technology 社の PIC マイコンの最上位機種である dsPIC マイコン（以下 dsPIC）を使用し、赤外・テラヘルツ分光で必要とされるサンプリング速度（10KHz）を目標に、その処理速度の実証と高速化のための検討を行った。

## 1 はじめに

分子科学研究所の放射光施設 UVSOR-II では、世界最高強度を誇る赤外・テラヘルツビームラインが設置されている。これにより、これまで測定が難しかった微小試料の分光が可能となる。赤外・テラヘルツ分光測定では、反射・吸収スペクトルの絶対値を求めることが重要である。通常、絶対値がわかっている参照試料からの強度 ( $I_0$ ) と測定試料からの強度 ( $I$ ) との比 ( $I/I_0$ ) を測定することで測定対象試料の絶対値を決定する。しかしながら、放射光実験では  $I_0$  と  $I$  は同時には測定できないために絶対値の決定は難しいのが現状であった。一般に、シンクロトロン放射光は電子蓄積リングを周回する電子ビームの強度、つまりビーム電流に比例する。従って、 $I_0$  や  $I$  を電子ビーム電流値で逐次補正することができれば、放射光実験では難しかった赤外・テラヘルツ分光スペクトルの絶対値を決定することが可能になる。

## 2 ハードウェアの構成と回路設計

ビーム電流補正装置の構成を図 1 に示す。反射・吸収スペクトルおよび電子ビームの電流値はバッファアンプを通して 16 ビットの ADC でデジタル値に変換される。赤外・テラヘルツ分光では最大 10kHz 程度のサンプリング速度で測定が行われるので、ADC には変換速度が十分に高速な 1 MSPS の AD7671 (Analog Devices) <sup>[1]</sup> を使用した。

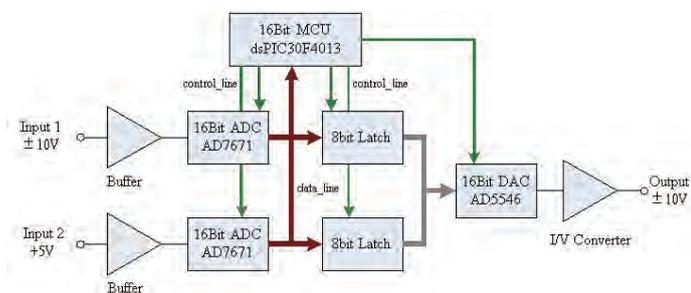


図 1. ビーム電流補正装置のブロック図

また、演算結果をアナログ電圧として出力するための DAC には、セットリング時間 500nS の AD5546 (Analog Devices) <sup>[2]</sup> を使用した。制御用マイコンは 16 ビット長のデータを扱うこと、割り算を高速に実行することなどを考慮し、16 ビットの RISC 型マイコンである dsPIC30F4013 (Microchip) <sup>[3]</sup> を使用することにした。dsPIC30F ファミリー<sup>[4]</sup>は、ADC や UART など PIC マイコンが持つ豊富な周辺回路に加え、最高 120MHz のクロック動作で 30MIPS (マシンサイクル : 33.3nS) の処理能力、乗算や除算の命令、DSP 演算機能などの特徴を有する。

平成 19 年度 核融合科学研究所技術研究会  
2008 年 3 月 10 日～ 11 日

しかしながら、ワンチップマイコンであるがために拡張性に乏しく I/O ポート数などの制限を受ける場合がある。dsPIC30F4013 の場合ワード長の I/O ポートが無いので、ポート B の下位 8 ビットを使用して ADC や DAC とデータのやり取りを行うことにした。そのために、ADC のデータの読み込みは BYTE 線を制御して上位・下位バイトを 2 回に分けて読み込むことになる。また、DAC への書き込みは 8 ビットラッチに上位・下位バイトのデータを書き込んだ後、ワード・データを DAC に転送する手順となる。製作したビーム電流補正装置の回路基板を図 2 に示す。dsPIC は 40 ピンの DIP と 44 ピンの TQFP のタイプが提供されているが、試作・開発時に取り扱い易い DIP タイプのものを使用した。一方、ADC は 48 ピンの QFP で DAC は 22 ピンの SOP で供給されていることから、アナログ回路系は全て表面実装部品 (SMD) を使用し同一レイヤーにまとめて配置した。その際、アナログ系とデジタル系のグラウンドの分離することでデジタル回路のノイズがアナログ回路に回り込まないように配慮した。

### 3 ソフトウェア開発環境と演算処理プログラム

dsPIC のプログラム開発には Microchip 社から無償で提供される統合開発環境 MPLAB IDE と C コンパイラ MPLAB C30 を使用した<sup>[5]</sup>。dsPIC のプログラム書き込み器には、同社の USB 接続のプログラマ PICKit 2 を購入した。dsPIC のプログラム開発環境を図 3 および図 4 に示す。

dsPIC のインストラクションには除算命令 (div) があって、16 ビット/16 ビットまたは 32 ビット/16 ビットの演算を 18 マシンサイクルで実行する。また、MPLAB C30 の標準 C ライブラリの中には integer 型 (16 ビット) と long 型 (32 ビット) のオペランドによる整数除算の商と余りを求める関数<sup>[6]</sup>が用意されている。今回のプログラムでは演算速度が問題となるので、この整数除算の関数 div\_t と ldiv\_t を用いてプログラムを製作することにした。

二つの ADC 値の比を求める際、小数点以下の計算は除算の余りを 10 倍したものを再び除数で割ることになる。このとき変数が integer 型だとオーバーフローを起こすので、小数点以下を計算する際には ldiv\_t 関数を用いる必要があった。この計算を繰り返し実行して、小数点以下 4 桁までの商を求めた。こうして得た二つの ADC 値の比は、最終的に電圧値として DAC で出力することになる。そのためには、割り算の商を 1 ビット当たりの電圧値で除算してバイナリ・コードに変換する必要がある。このためにも ldiv\_t 関数を用いて演算を行い、最終的にプログラム全体では div\_T 関



図 2.ビーム電流補正装置の回路基板

(a) 部品面

(b) はんだ面

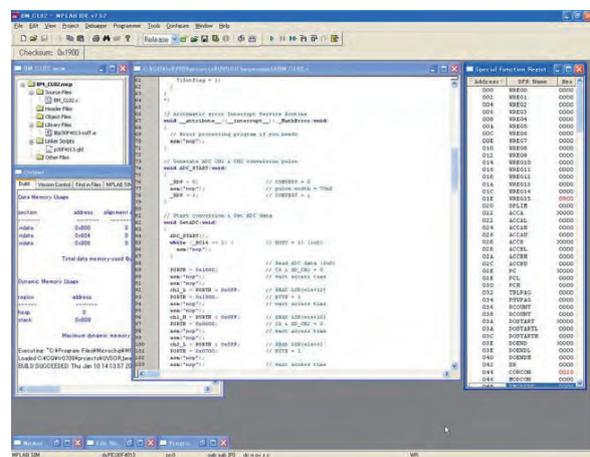


図 3.MPLAB IDE の操作画面



図 4.PICKit2 Programmer

数を 1 回、ldiv\_t 関数を 5 回実行することになった。

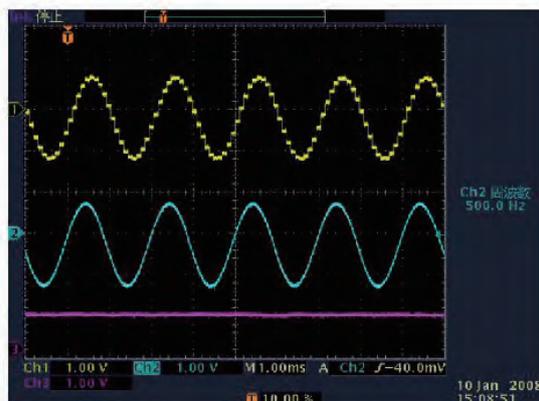
#### 4 動作テストとサンプリング速度の高速化への検討

ビーム電流補正装置の外観を図 5 に示す。ファンクションジェネレータと DC 電源を用いて、本装置の入力 1 に sin 波を入力 2 に DC 電圧を加えて動作テストを行った。その時の入出力波形を図 6 に示す。図 6(a)は 500Hz の sin 波の入力時、図 6(b)は 1KHz の入力時の入出力波形であり、上段から (1) 出力波形 (2) 入力 1 の波形 (3) 入力 2 の波形である。AD 変換から DA 変換に至る一連の処理に要する時間を測定すると AD 変換： $1\mu\text{S}$ 、AD 変換データの読み込み： $1\mu\text{S}$ 、演算処理： $99\mu\text{S}$ 、DA 値の書き込み： $0.5\mu\text{S}$ 、DA 変換出力： $0.5\mu\text{S}$ 、総計が  $102\mu\text{S}$  となって、サンプリング速度は約 9.8KSPS であった。

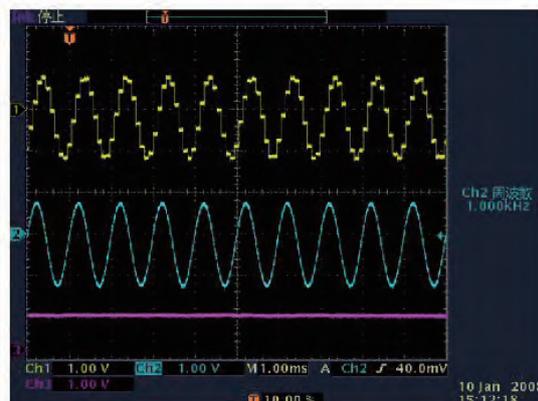


図 5.ビーム電流補正装置の外観

動作テストの結果から、本装置を赤外・テラヘルツ分光の測定に応用するにはさらに全体の処理速度を向上する必要がある。そこで、現状のハードウェアでどこまでサンプリング速度を向上できるかを検討した。

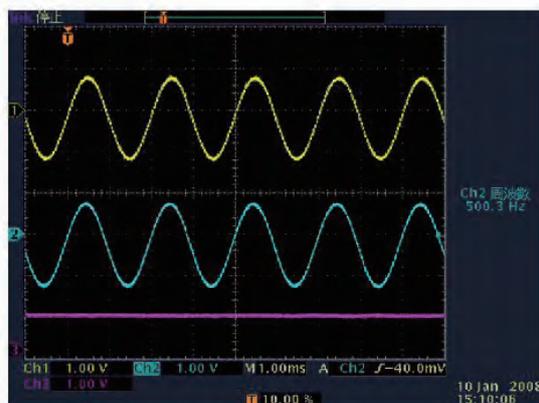


(a) Input :sinwave 500Hz

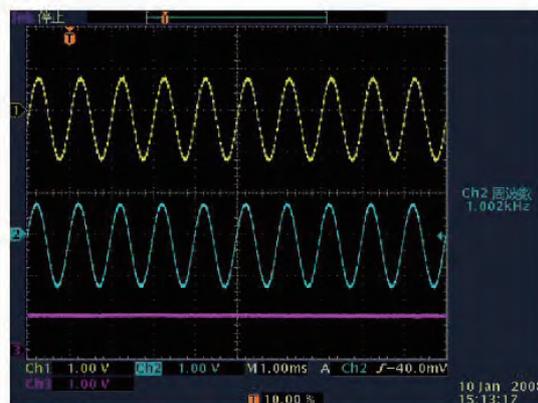


(b)Input :sinwave 1KHz

図 6.ビーム電流補正装置のテスト結果



(a) Input :sinwave 500Hz



(b)Input :sinwave 1KHz

図 7.演算処理速度を向上したプログラムでのテスト結果

処理時間の内訳から、演算処理を速くすることが全体の速度向上に最も効果的であることがあらためて確認できる。そして、演算処理ルーチン中で高速化が期待できるのは、32 ビットの除算関数を 16 ビットの除算関数で置き換えることである。これを実現するには小数点以下を求める計算の際の被除数を 16 ビットに納め、そのためには除数のビット長を 12 ビットにまで減少させる必要がある。こうして入力信号の分解能を犠牲にすることで、プログラム全体で実行する整数除算の関数は `div_t` 関数が 5 回、`ldiv_t` 関数が 1 回となった。演算処理速度を向上させたプログラムでのテスト結果を図 7 に示す。演算処理に要する時間は  $31 \mu\text{S}$  と約  $1/3$  となり、サンプリング速度は約 29.4KSPS が得られた。

## 5 まとめ

16 ビットの dsPIC マイコンを使用して、シンクロトロン放射光の赤外・テラヘルツ分光測定に用いるためのビーム電流補正装置の製作をおこなった。入力信号を 16 ビットの分解能で取り込んで演算処理を実行したとき、サンプリング速度は 9.8KSPS が得られた。そして、処理速度向上のために分解能を 12 ビットにまで低下すれば、29.4KSPS のサンプリング速度を得ることができた。ここで、C コンパイラの出力したマシン・コード (HEX ファイル) を MPLAB IDE で読み込み、そのアセンブラ・リストから `div_t` 関数のコーディング内容を調査した。この関数は除算のパラメータをレジスタに受け渡し、そして `div` 命令を使用して割り算を実行するだけの単純なプログラムであった。このことから、演算処理プログラムの改良によるこれ以上の高速化はあまり期待できないと思われる。今後の課題として、分解能を落とさずに高速化を行うためには演算処理能力の高い CPU を選定する必要がある。16 ビットの CPU だけでなく、32 ビットの CPU や演算処理のためのコプロセッサを有するマイコンを含めてハードウェアの構成を検討して行きたいと考える。

## 参考文献

- [1] AD7671 Data Sheet, Analog Devices Inc.
- [2] AD5546 Data Sheet, Analog Devices Inc.
- [3] dsPIC30F3013/4013 Data Sheet, Microchip Technology Inc.
- [4] dsPIC30F ファミリー リファレンスマニュアル, Microchip Technology Inc.
- [5] 山口晶大, “PIC で体験するマイコンの世界”, トランジスタ技術 2007 年 8 月号, 特集
- [6] 16 ビット言語ツールライブラリ, Microchip Technology Inc.

## Ajax を用いたストックルーム出庫管理アプリケーションの開発

— 視認性・利便性向上を目指して —

豊田朋範

自然科学研究機構 分子科学研究所

## 概要

分子科学研究所装置開発室で出庫管理を行うソフトウェア(以下「出庫管理ソフトウェア」)は、パーソナルコンピュータの OS の変遷に伴って大規模な改良を行い、Windows に移行する際に著者を含む装置開発室職員が在庫品の情報をデータベース化して、ストックルームの端末(PC)から Web ブラウザを介して出庫手続きを行う形式<sup>[1]</sup>を採用し、現在使用されている。

現在の形式は Web ページの各種情報入力によく見られる、HTML(Hypertext Markup Language)の form 関連タグであるテキストボックスやラジオボタン、チェックボックスで形成したものである(図 1)。これはこれで十分使用に耐えうるものではあるが、1 つ 1 つ順を追って出庫部品を選択していく従来の形式を踏襲するもので、Windows の GUI(Graphical User Interface)を生かしていない。また、複数種類の出庫には一連の出庫手続きを繰り返す必要がある。

一方、Web アプリケーション製作技術はブロードバンド環境の普及もあいまって、近年飛躍的な進展を見せている。中でも Google 社の Google Maps はマウスホイールの回転で視認ポイントを拡大・縮小させ、マウスのドラッグで視認ポイントを移動させるなど、自由度は非常に高い。このアプリケーションを実現させている技術の根幹にある JavaScript で GUI を生かした、分かりやすく使いやすい出庫管理ソフトウェアを構成できないかと考え、開発に着手した。

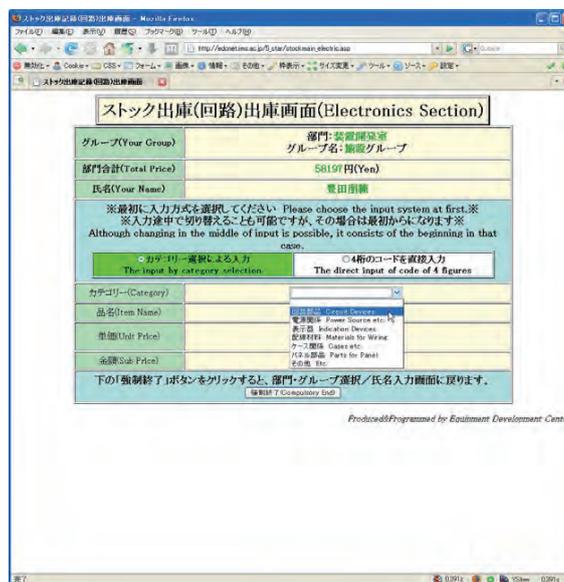


図 1. 現在の出庫管理ソフトウェア

## 1 なぜ Ajax を使用するか

1.1 JavaScript の歴史と Ajax への進化<sup>[2]</sup>

JavaScript は 1995 年に LiveScript という名称で登場した、Web 技術ではかなり長い歴史を持つスクリプト言語である。当時 Web ブラウザで大きなシェアを獲得していた Netscape Navigator(以下 Netscape)があれば他の動作環境が不要なこと、HTML しかなかった Web ページのインターフェースを大きく向上させることが出来ると注目されたが、近年まで「冬の時代」を過ごして来た。

その 1 つの要因は、JavaScript の実装が Web ブラウザ毎に異なっていたことである。「閲覧者の環境に依存しない」ことを基本理念とする Web ページにおいて、Web ブラウザ毎の動作の相違は閲覧者(クライアント)

平成 19 年度 核融合科学研究所技術研究会  
2008 年 3 月 10 日～ 11 日

にとっても Web ページ製作者にとっても大きな障害となる。

もう 1 つの要因は、JavaScript に関連したセキュリティが問題になったことである。JavaScript の登場から普及までによく見られた「Web ブラウザのステータスバー表示をリンクに応じて変化させる」ことが、リンクを偽って閲覧者を悪質な Web ページに誘導する、無限に別ウィンドウを開かせて Web ブラウザどころか OS を強制終了するしかなくなる事態に追い込む「ブラウザ・クラッシャー」などへと悪用されることとなり、JavaScript を使用することが閲覧者の警戒を呼ぶようになった。

JavaScript が一般の Web ページでの使用を警戒・敬遠されている間に仕様の標準化(1997 年)が進められ、クライアントとサーバ間で必要に応じて通信を行い、JavaScript で動的に Web ページを加工・成形する Ajax(Asynchronous JavaScript + XML)技術へと進化した。

特に 2004 年から 2005 年にかけて Google 社が GoogleMaps や Gmail などの自社サービスに Ajax を積極的に採用したことで、JavaScript は再び脚光を浴びることとなった。懸案だった Web ブラウザ間の動作の相違も、前述の標準化に準拠した Web ブラウザへの実装と、ブラウザ間の相違を解消する各種ライブラリの登場で大幅に改善された。

## 1.2 JavaScript の利点

クライアント側における動的な Web ページ生成手法は、JavaScript の他に Macromedia 社(現 Adobe 社)が開発した Flash、Microsoft 社が開発した ActiveX などがある。在庫管理ソフトウェアの開発において Flash や ActiveX でなく Ajax すなわち JavaScript を選択したのは、いくつかの理由がある。

第 1 に、簡単且つ安価に開発環境を構成できることである。Flash の開発には Adobe 社の Flash、ActiveX の開発には C++ など別途開発環境を導入する必要があるが、これらは概して高価で PC に相応のスペックを要求する。対して JavaScript の開発環境としては、最低限 Web ブラウザと Windows 付属の「メモ帳」など汎用テキストエディタがあれば良い。

第 2 に、製作したアプリケーションの実行に際して別途ソフトウェアを必要としないことである。開発環境以外で製作した Web アプリケーションを使用するには、Flash player や ActiveX などをクライアント側でインストールする必要がある。対して JavaScript は動作環境が Web ブラウザに実装済みであり、新たにソフトウェアをインストールする必要はない。

## 1.3 在庫管理ソフトウェアの開発環境

前述のとおり、JavaScript を用いた Web アプリケーションの開発・実行には特別なソフトウェアをインストールする必要はない。しかし、開発を容易且つ便利にする環境はあった方が良い。

JavaScript にも有償の IDE(統合開発環境)は多数あるが、Web ブラウザの 1 つであり Netscape の流れを受け継ぐ Mozilla Foundation の Firefox に開発用アドオン(拡張機能)を組み込むことで、無償で開発環境を整備・拡張できる。今回は Firefox 最新版(本稿執筆時点でのバージョンは 2.0.0.11)に表 1 のアドオンを導入した。

テキストエディタも有償無償多数あり機能も様々であるが、今回は筆者がライセンスキーを得ているサイトー企画の「秀丸エディタ」(<http://hide.maruo.co.jp/>)を使用した。「秀丸エディタ」は Windows では定番と言われるソフトウェアで、複数のファイルを 1 つのウィンドウで開けるタブ機能をはじめとする豊富な機能を有し、使用者が使いやすいように見た目をカスタマイズできる。また、動作も軽快で使いやすい。

表 1.導入した Firefox のアドオン一覧

名称	機能	入手先 URL
Firebug	Web ページの HTML や CSS(Cascading Style Sheet)を表示・解析できる。JavaScript ではブレークポイントを設定可能。日本語版あり。	https://addons.mozilla.org/ja/firefox/addon/5165
Web Developer	Web ページの CSS やイメージファイルの一部／全てを有効／無効に出来る。レイアウトの検証に便利。日本語版あり。	http://www.infoaxia.com/tools/webdeveloper/
IE Tab	Firefox のウィンドウで IE のレンダリングエンジンを起動させる。Web ページ毎の設定も可能。	https://addons.mozilla.org/ja/firefox/addon/1419
Opera View	Web ブラウザの 1 つ Opera を開けるようにする。	https://addons.mozilla.org/ja/firefox/addon/1190

## 2 開発状況

### 2.1 メイン画面

出庫手続きを行うメイン画面を図 2 に示す。左側はエレクトロニクスセクションのストックルームを上から見たものをイラスト風に描写したもので、右側は出庫品を表示するカートである。オンラインショップのショッピングカートを見立てている。

図 1 に示した現在稼働中の出庫管理ソフトウェアでは出庫したい品目をリストボックスから順次探していくが、図 2 に示した開発中の出庫管理ソフトウェアでは、出庫したい部品があると思いき場所をクリックしていく。

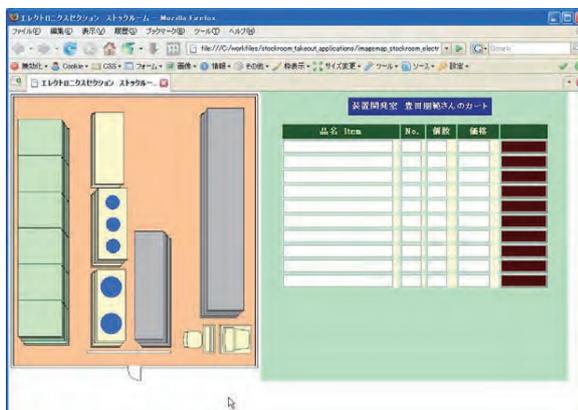


図 2. 開発中の出庫管理ソフトウェア(メイン画面)

出庫品などを見られる場所にマウスカーソルを当てると、図 3 のようにマウスカーソルにチップ表示が付随する。メイン画面左側にはイメージマップを採用しており、左側の緑部分(部品棚)は一見全て同じだが、棚の内容に応じてチップ表示が自動的に変化する(図 4、図 5)。



図 3. メイン画面のチップ表示

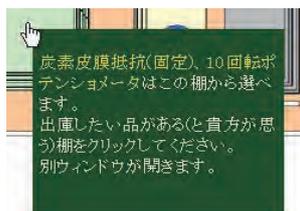


図 4. 切り替わるチップ表示(1)

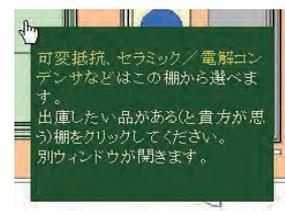


図 5. 切り替わるチップ表示(2)

平成 19 年度 核融合科学研究所技術研究会  
2008 年 3 月 10 日～ 11 日

部品がある棚をクリックすると、部品棚を正面から見た図として別ウィンドウが開く(図 6)。実際の部品棚に見立てて作成した引き出しにマウスマウスカーソルを当てると色が変わり、クリックすると引き出しが開く(図 7)。ある引き出しを開いたまま別の引き出しを開くことも閉じることも可能である。更に部品にマウスマウスカーソルを当てると、その部品の説明と写真がチップ表示される(図 8)。

このような動的な Web ページは HTML だけでは不可能であり、Ajax を用いることで Flash や ActiveX を使わずとも Web ブラウザのみで実現できる。また、これらは Internet Explorer 並びに Opera でも動作を確認している。



図 6. 別ウィンドウで開いた部品棚



図 7. 部品棚の引き出しを開いた様子

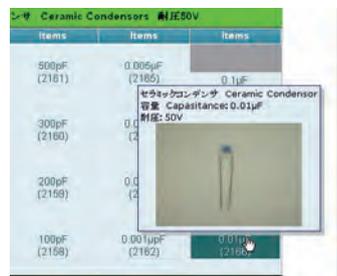


図 8. 部品説明のチップ表示

### 3 まとめと課題

Ajax を用いることで、Flash や ActiveX を使わずに動的な Web ページの構成が可能となった。知識として得ていたが使用する機会がなかった CSS(Cascading Style Sheet)も使用できるようになった。

まだ開発に着手して日が浅く、使用したライブラリの機能を十分使っているとは言えないので、今後解析と動作検証を進めたい。また、たとえば部品をダブルクリックすることで今回は体裁を整えるにとどまったカートに品名や価格を表示させるなどカート部分との連携、カートからの出庫品削除など機能追加、更には現在稼働中のデータベースとの連携を進め、自由度の高い出庫管理ソフトウェアを製作したい。

筆者が Web ページ制作を始めた頃、JavaScript が多用されていたが程なく「冬の時代」を迎えた。Ajax として再会した JavaScript はオブジェクト指向を取り入れた本格的なプログラミング言語であり、多種多様な可能性を秘めていると感じている。

### 参考文献

- [1] 豊田朋範, "ストックルーム出庫管理システムのデータベース化", 大阪大学総合技術研究会報告集
- [2] 水野貴明, 草野太輔, "知られざる JavaScript の世界", 日経ソフトウェア 2006 年 3 月号, P.72-74

## ビーム電流補正装置の高速化

吉田久史

## 1. はじめに

昨年度製作した放射光による赤外・テラヘルツ分光測定に使用するビーム電流補正装置は、16bit 分解能のデータ取り込み時のサンプリング・レートが約 9.8KSPS であり、これは通常 4KHz で測定する遠赤外・テラヘルツ領域で十分使用可能であることが分かった。(技術研究会報告 P24 参照) 今回、10～20KHz で測定する中赤外・近赤外領域の測定に向けて、サンプリング・レートを 5 倍程度向上させたビーム電流補正装置をあらたに設計した。始めに、前回使用した Microchip 製の 16bitRISC プロセッサの処理速度 (30MIPS) を目安として、機器組み込み用として市販されているマイクロプロセッサ (以下 MPU) の中でより処理速度の高いものを選定し回路設計を行った。また製作の過程で、MPU の能力を活かしデータ処理をできる限り高速にするための最適化を行ったのでそれについて報告する。

## 2. SH-2 搭載マイコン・ボード YS7085U の概要

選定した MPU はルネサステクノロジ (Renesas) が開発する 32bitRISC プロセッサの SH7085 である。この MPU ファミリには、SH-1 から SH-4 まで 4 世代に至る豊富な製品がある。その中で SH-1 と SH-2 はリアルタイム制御向けのコントローラとして、SH-3 と SH-4 はモバイル・ネットワーク向けのプロセッサとして開発されている。SH7085 は SH-2 に属する MPU で 32bit × 16 の汎用レジスタ、32×32 の乗算器、512KB のフラッシュ ROM、32KB の RAM を内蔵する CPU コアに加えて、10bit の AD コンバータ、シリアル通信、16bit × 6ch のタイマー、DMA コントローラなどの豊富な周辺機能を備えている。最高 80MHz のクロック

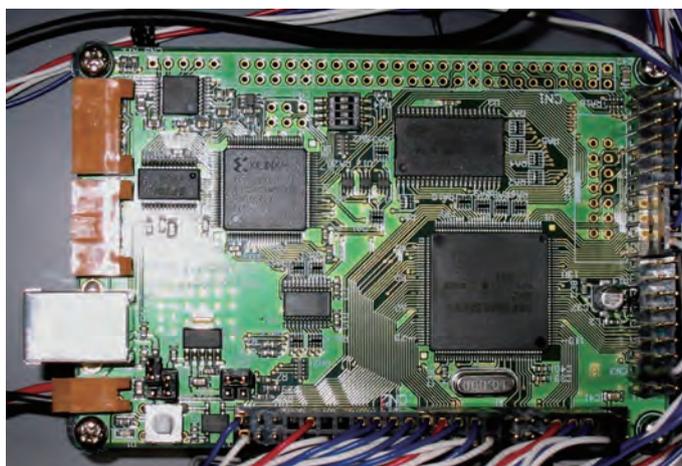


図 1. YS7085U-1 マイコン・ボード

で動作し、その時の処理能力は 104MIPS である。これは前回使用した dsPIC30F4013 (以下 dsPIC) に比較して約 3.5 倍の処理能力であり、データ長が 32bit (2 倍) になったことを加味して約 7 倍の処理速度の向上が期待される。今回はこの SH7085 を搭載したマイコン・ボードである YS7085U-1 (Yellow Soft) を使用した。これは図 1 に示すように、99mm × 66.7mm の基板の上に SH7085、USB インタフェース、512KB の SRAM、RS-232C インタフェースなどを搭載したものである。プログラムの開発は PC 上で行い、製作したプログラムを USB (あるいは RS-232C) 通信で MPU 内のフラッシュ ROM に書き込んで実行させる。プログラム開発には、同社の C 言語の開発セットである YCSH を利用した。このセットには Windows 上の統合開発環境 (Yellow IDE) と実行ファイルをフラッシュ ROM に書き込むためのツール (FWRITE2) が付属する。また、YS7085U-1 は単一 5V 電源で動作し、外部電源または USB のバスパワーで動作させることが可能である。

## 3. データ処理の高速化への検討

始めに、dsPIC 版で製作した C 言語のソース・プログラムを SH-2 用に移植し、マイコンボード単独で処理速度がどの程度向上するかを実測した。その結果、サンプリング・レートは約 37KSPS であり期待したほどの速度の向上は得られなかった。その原因は次の 2 点にあることが分かった。まず一つ目は、SH-2 の場合、I/O ポートの処理速度が MPU の動作クロックの比ほど向上していないこと (dsPIC に比較して遅い)。二つ目は、コンパイラが出力するマシン語コードが処理速度に関して効率の良いものではないことであつた。こ

のテスト結果に基づき、ハードウェアとソフトウェアの両面から処理の高速化を図った。

### 3.1 ハードウェアの最適化

dsPIC 版では、I/O ポートの制限から AD コンバータ(以下 ADC)および DA コンバータ(以下 DAC)のデータ・バス幅は 8bit で構成していた。このために DAC の前段には 8bit のデータ・ラッチを設ける必要があり、結果としてデータ転送の手順 (I/O アクセス数) が増えることになった。dsPIC の場合、演算処理の時間に比較してデータ転送に要する時間は約 2% でほとんど問題にはならなかったが、50KSPS のサンプリング・レートを達成するにはこの部分の最適化も重要となった。SH7085 の場合、ADC および DAC 間のデータ・バス幅を 16bit に拡張することが可能であった。これにより、ADC のデータの読み込みは各チャンネル 1 回のアクセスで済み、また前述のデータ・ラッチが要らなくなり DAC への書き込み手順が大幅に簡素化された。製作した SH-2 版のビーム電流補正装置のブロック図を図 2 に、ADC,DAC 周辺回路のプリント基板を図 3 に、装置全体の外観を図 4 に示す。

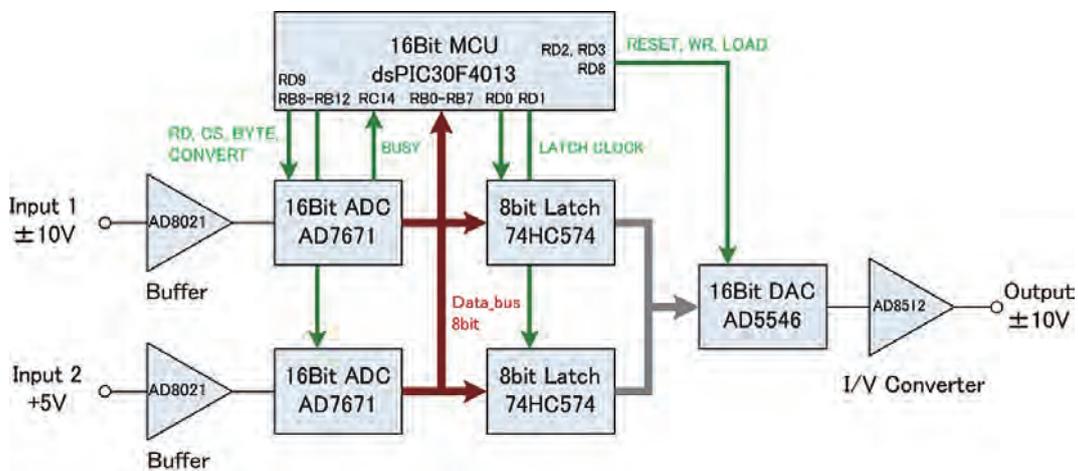


図 2. ビーム電流補正装置のブロック図

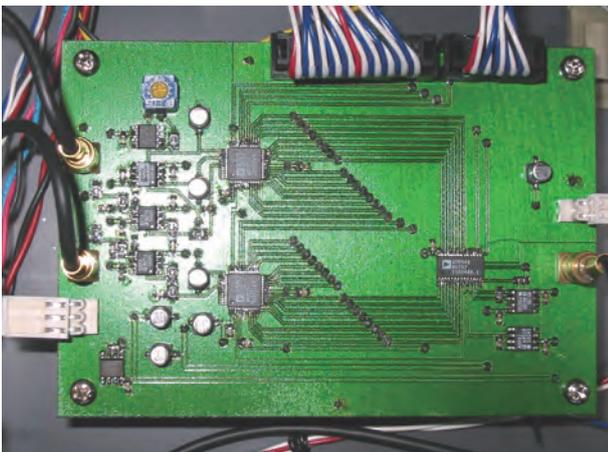


図 3. 16bitADC/DAC 回路基板

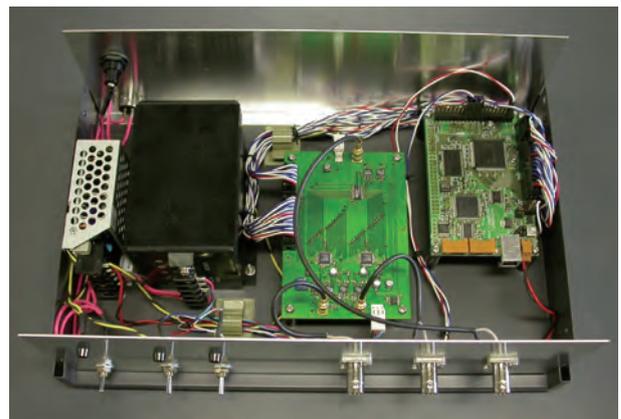


図 4. ビーム電流補正装置の外観

### 3.2 ソフトウェアの最適化

処理速度を測定したプログラムは、C の標準ライブラリにある整数除算の関数 (div および ldiv) を用いて演算処理を行っている。YCSH が出力したアセンブラ・リストでこの関数部分を解析した結果、整数除算の商と余りを求めるために割り算を 2 度実行していた。1 回の除算は、整数のビット数分除算命令 (DIV) を繰り返し実行することで求められ、マシン・サイクルを非常に多く必要とする。そこでこの関数の使用を止め、算術演算子による代入文で整数除算を実行した。そして、余りの計算は乗算と引き算で求めるようにプログ

ラムを修正した。結果的に、除算命令は割り算の商を求める際の1回に減らすことができた。また、ADCやDACとのデータ転送でのI/Oポートのアクセス回数を減らす工夫や、I/Oポートのビット操作の際には論理演算ではなく代入文を使用するなど、演算以外の部分についても処理の速い方法を選んだ。

#### 4. 結果とまとめ

図5はサンプリング実行中のADCおよびDACの制御信号の一部をオシロスコープで観測したものである。また、図6はCH1に1KHzのサイン波をCH2に1Vの直流電圧を入力した時の本装置の応答波形である。図5の波形からサンプリング・レートは約44KSPS（周期:22.7 $\mu$ S）となり、約4.5倍に速度を向上させることができた。サンプリング周期の内訳は、AD変換の開始から変換終了までが約1.4 $\mu$ S、演算処理が約19.3 $\mu$ S、DACへのデータの書き込みから次のAD変換開始までが約2 $\mu$ Sであった。演算処理に要する時間をdsPIC版と比較すると約5倍（99 $\mu$ S / 19.3 $\mu$ S）になる。これはMPUのスペックから試算したよりも低い値ではあるが、MPUとコンパイラの違いによるものである。SHマイコンに対応するCコンパイラには、製造元であるRenesas製のSHCやGNUプロジェクトのGCC（GNUSH）が良く知られている。これらには実行速度を最適化するオプションが備わっているので、今後はこれらを使用して実行速度の違いを比較したいと考えている。

一般的に、MPUの性能は最高動作クロックや1秒間の命令の実行数（MIPS値）で示される。そして、同種のMPUを同じ開発環境で使用する場合、その数値は正しくMPUの性能を表している。今回のように異機種別のMPUを全く別の開発環境で使う上では、単純にMPUの処理能力だけで比較することができない。また、MPUの最高動作クロックはチップ内部のバス動作のことであり、外部メモリや周辺デバイスのバス・クロックとは異なる。従って、外部メモリや周辺デバイスを頻りにアクセスするようなプログラムでは動作クロックの違いほど処理速度に差が出ないことがある。今回の製作を通して、MPUの処理能力を最大限に活用するためには周辺とのインターフェース、プログラムのアルゴリズム、コンパイラの違いなど、ハードウェアからソフトウェアに至る最適な設計が必要であることが分かった。

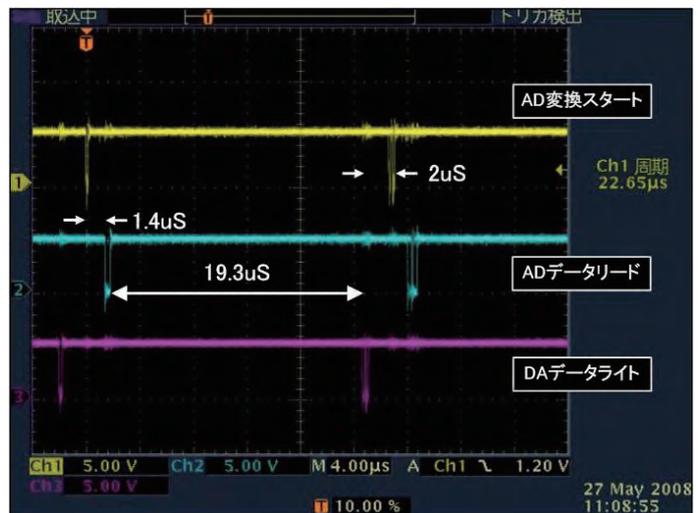


図5. ADC/DAC 制御信号波形

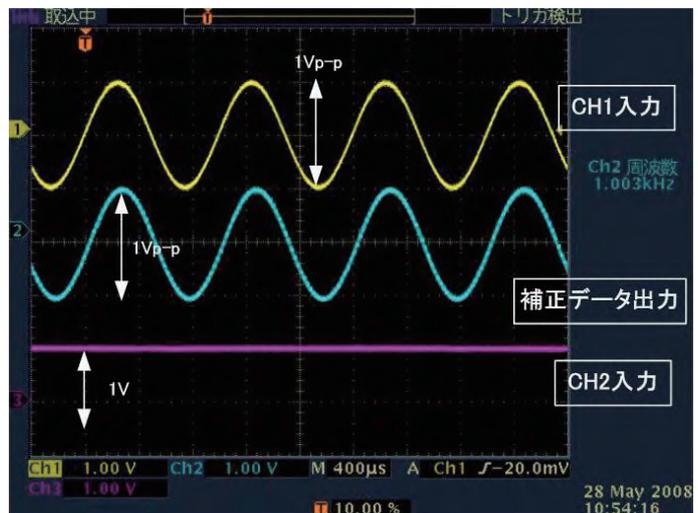


図6. ビーム電流補正装置入出力波形

## 電磁石用 NMR プローブの製作

水谷伸雄

はじめに：

2005 年、2006 年の本レポートにおいて、2 台の固体 NMR プローブの製作について報告した。固体 NMR プローブは、「低次元系機能性材料開拓のための固体 NMR プローブ技術開発」という研究課題で共同研究（施設利用）として九州大学大学院理学研究院 北川宏教授より依頼を受け、山内助手や物質材料研究機構、強磁場研究センターの池田龍一筑波大名誉教授らと共に設計製作を行った。

固体 NMR プローブ (1 号機) の現状：

1 号機とも言うべき固体 NMR プローブは、9.37T の超伝導マグネット内にて He ガスフロー形式のクライオスタットを用いて 1.5 ~ 500K の広い温度範囲かつ 10 ~ 400MHz と云った広い測定周波数領域を対象として製作した。実際に一号機を使用した結果、200MHz 以下の領域では感度も良く作動した。しかし、400MHz の対応範囲ぎりぎりの高い周波数領域では、使用できないことが判明した。これはコンデンサー部分とコイル部分の間で、大きな交流パルス電流のロスが起こることが原因であった。そこで、400MHz での測定を可能とするために、コンデンサーを固定しているシェイパル製台座を設計変更し、コンデンサーの位置をコイルに接近させることにより、感度の良い測定を行うことが可能となった。さらに、内径や巻数の異なるコイルを何種類か製作し、各種サンプル測定に用いている。写真 1 に 1 号機となった固体 NMR プローブを示す。



写真 1 固体 NMR プローブ (1 号機)(ラディエーションシールドを外した状態)

高温固体 NMR プローブ (2 号機) の現状：

2 号機となる高温固体 NMR プローブは 1 号機の経験を生かし、AgI の効果的な測定を主目的に設計製作した。AgI の最高温相は 420 ~ 823 K に観られ、非常に高いイオン伝導性を示すことから超イオン伝導体と呼ばれる。この高温相における Ag<sup>+</sup> イオンの拡散挙動を詳細に調べることが目的であり、1 号機と異なる点は、高温測定専用に設計した事、多量の試料を測定可能にするためにコイル内径と全長を拡大し設置部分を大きくした事等である。これは、107Ag および 109Ag 核は測定感度が低く測定には試料量を多量に用いる必要があるためである。写真 2 に 2 号機となった高温固体 NMR プローブの組上げた状態を示し、写真 3 には水冷ジャケットを外した状態の高温固体 NMR プローブを示す。

高温測定専用に設計製作した 2 号機では、循環水を通すことで試料部を 500k まで昇温してもマグネットのボア部分が温度上昇することは無かった。そして、このプローブでの測定結果としてナノメートルサイズのヨウ化銀粒子（ヨウ化銀ナノ粒子）の超イオン伝導相への転移スペクトルの変化として明確に検出することに成功したとの報告を受けている



写真2 高温固体 NMR プローブ (2号機)



写真3 水冷ジャケットを外した状態

電磁石用 NMR プローブ (3号機) の製作：

これらの経緯をもとに3号機的设计製作が行われた。1号機2号機は、超伝導マグネット用に製作したが、3号機は電磁石用のNMRプローブとして製作した。そのため、磁場方向は超伝導マグネットとは90度回転しているためコイルを縦に配置する必要があり、コイルボビンをプローブへ直接固定する方式となっている。写真4に3号機となった電磁石用NMRプローブを示す。

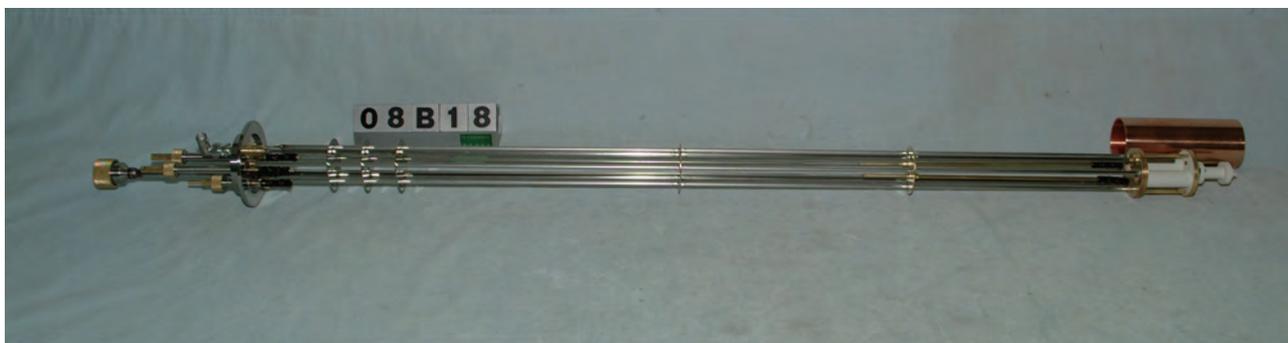


写真4 電磁石用 NMR プローブ (3号機)

1号機での実際の仕様は、測定周波数20~400MHz(測定温度範囲1.5~340k)となっており市販のコンデンサーを用いている。しかし、このコンデンサーは真空中での放電が激しく低温度における測定は困難であった。そこで今回の電磁石用NMRプローブでは、周波数範囲を20~60MHzとした山内さんらの自作したコンデンサーを組み込んだ。組み上げられたコンデンサーシールド及びコイルボビン(写真5)はシンプルな外観に仕上げられているが、個々の部品においては放電対策の工夫がなされた複雑な形状の部品が組み合わされている。また、コイルからの接地用端子をボビン端近くに設置することで、コイルボビンの交換や試料の交換を容易にしている。また、トップフランジ周りでは、同軸ケーブルとセミリジットケーブルの接続を圧着式にするなど、部品交換やメンテナンスを容易にするための工夫も施されている。(写真6)

おわりに：

製作依頼者の山内さんは、平成 20 年 7 月より北海道大学に准教授として着任された。引越しの際に電磁石にトラブルが発生し実験に支障を与えたようだが、金属パラジウム中の水素の NMR スペクトル測定に成功したとの報告を受けている。九州大学から北海道大学へ移られたことが低温測定に有利かどうかは定かではないが、今後の展開に期待したい。



写真 5 シールド及びボビン周辺



写真 6 トップフランジ周辺

## 2000mm パイプの変形測定について

矢野隆行

## 1. はじめに

施設利用に関するページでも書いているが、今年度の業務内容のほとんどは神戸大学の富宅グループと昨年度後期から施設利用として行われている「気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セルの開発」であった。その内容の中には機密事項もあるので、今回は開発の際に問題となったことに関して報告する。

今回開発する装置のうち、メインとなるのは 12T のマグネットとそのマグネットの中に構築される NMR セルである。マグネット中に NMR セルを配置するには、マグネット中心の穴 (直径 155mm) に長さ 2000mm を越える管を配置し、さらに真空の環境を作り出す必要がある。

通常のこのような場合、使用するパイプの種類としては、「引き抜き」か「溶接」のいずれかのパイプを使用するのが通例である。しかし、このようなパイプでは、内径が真円ではないため NMR セルを装置に挿入する際、途中で引っかかって装置が設置できない可能性がある。これが第一の問題点であった。

そのため、今回使用するパイプは引き抜きタイプの肉厚パイプを、BTA と呼ばれる切削方法で加工を行った。BTA とは、Boring and Trepanning Association の略で、形式はいろいろあるが、一般的には、ボーリングヘッドと呼ばれる工具を用いて、高圧で大量の切削油を流し込み、切粉を排出かつ冷却しながら深孔加工をする方式のことである。ここで実際にパイプに BTA 加工を施したパイプ内面の写真を図 1 に示す。

写真を見てわかるようにパイプ内部には、螺旋状の模様が付いていることが確認できる。手で触って確認した範囲では、凹凸にはなっていなかった。パイプ内径の寸法精度に関しても何カ所か測定したが、図面上の許容範囲内であったので、今回はこれ以上追究しなかった。模様は加工時にできたボーリングヘッドの軌跡だと考えられる。



図 1 2000mm パイプ内部

## 2. 変形測定

今回外注業者に単管の製作を依頼したが、パイプに電解研磨をかける指示をした際、業者より、電解研磨はかけられないとの返事があった。その理由としては、全長 2000mm、肉厚 3mm で全長と比べてパイプ肉厚が小さいため、電解研磨をかける時に生じた熱でパイプが曲がるということを挙げてきた。私たちとしても、電解研磨で変形が起きたという経験が無かったため、できあがった単管を別会社で電解研磨する事にし、その前後の形状を測定することで、実際そのような事が起こるのかどうか確認した。

なお、設計段階での精度表記は、パイプ中心軸に対して、最大傾き量が 0.5mm 以内となっている。(図 2)

図 3 に示すように搬送されてきた単管を垂直に立て回転テーブルに固定し、上面のメタル O リング面の平面度と、側面方向の振れについてダイヤルゲージで測定した。

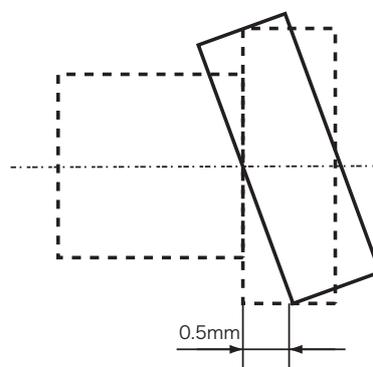


図 2 幾何公差

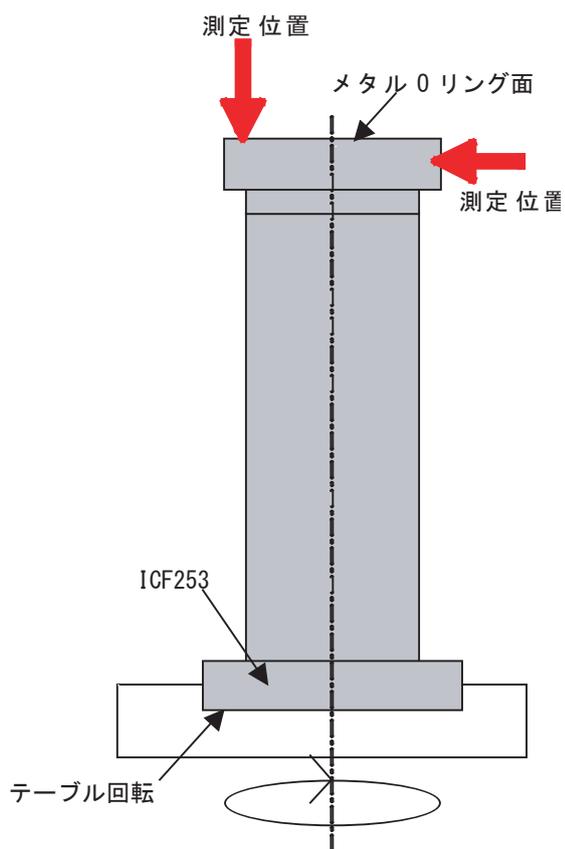


図3 測定方法



図4 測定の様子

### 3. 計測結果

測定結果を図5に示す。なお、メタルOリングフランジ側面方向の振れは、パイプ中心軸とフランジ面が、幾何公差範囲に入っているか否かを確認するために計測したもので、電解研磨前で0.055mm、電解研磨後で0.050mmとなり公差範囲内に入っていたことを報告しておく。

メタルOリング面の平面度については、円周を12分割し、基準面からの凹凸を測定した。いずれの場合もダイヤルゲージの最小目盛は0.01mmでそれ以下は目視で判断した。

### 4. まとめ

電解研磨は、金属に適した電解研磨液中で、研磨しようとする金属をプラスとして直流電気を流すことで、金属表面の凸部が優先的に溶解され、平滑かつ、光沢面が得られる現象を利用した研磨法である。除去量は、処理時間や電流値によって異なるが、約1～5μmといわれている。

メタルOリング面の平面度について、電解研磨前後での凹凸量は電解研磨による除去量を加味して考えると、変位していないと判断した。その他、測定時における人為的誤差、測定誤差を考慮しても、電解研磨による大きな変形はないとした。

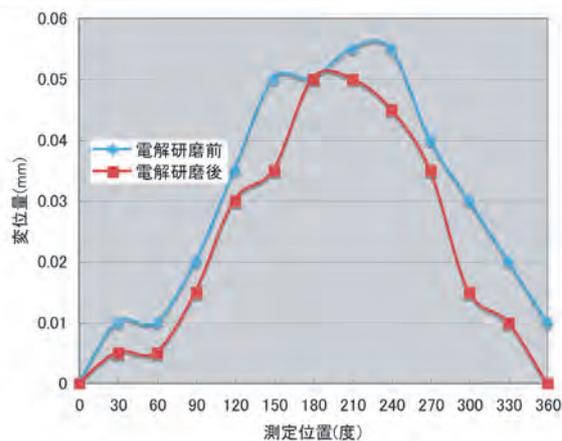


図5 電解研磨前後のメタルOリング面の平面度

## USB 接続 NMR 用高速高分解能データロガーの開発

豊田朋範

はじめに

NMR(Nuclear Magnetic Resonance：核磁気共鳴)の原理は、(1) 強磁場中に置いた測定対象に RF(Radio Frequency) 波パルスを照射する (2) 測定対象の原子核スピンの振動 (歳差運動) を始める (3) 正の電荷を持つ原子核スピンの振動は振動磁場を発生させながら時間と共に減衰する (4) 受信コイルで振動磁場により誘導されて生じる FID(Free Induction Decay：自由誘導減衰) 信号を検出する—というものである (図 1)<sup>[1]</sup>。

FID 信号は短時間の微弱な信号であるため高速高分解能の A/D 変換が必要だが、このような A/D 変換器は形状が外部据え置き型か PC 内蔵型かを問わず高価である。また、PC との接続は近年 USB(Universal Serial Bus) 普及と連動するそれ以外のインターフェースの衰退により、かつてのように回路基板を自作して接続することが困難である。

そこで、A/D 変換器評価ボードと市販キットを中心に、USB 接続により高速高分解能で PC にデータを取り込むためのデータロガーを開発した。

### 1. 装置の構成や動作

#### 1-1. 装置全容

本装置のブロック図を図 2 に示す。

#### 1-2. 各部解説

A/D 変換器は 14bit, 2 チャンネル, 40MSPS の AD9248BCPZ-40<sup>[2]</sup> の評価ボードを用いた (図 3)。A/D 変換器は、A/D Clock を入力することで 14bit×2 チャンネルのデータを平行で出力する。

IC の小型化は、最小ロット数や表面実装主体のパッケージの面で研究装置に使用する試作・少量の回路製作に困難をもたらすことがある。製造元が供給する評価ボードを使用することで回路基板試作に要する時間や労力を削減できるし、A/D 変換器の性能向上に評価ボードの交換という形で即応できる。

蓄積・転送部は A/D 変換器の出力データを蓄積し、後述する USB インターフェースと連携して PC にデータを転送する。

これには 144 マクロセル, 3200 ゲートの CPLD(Complex Programmable Logic Device)XC95144XL-10TQ144<sup>[3]</sup> と USB コントローラ AN2131C(Cypress) を搭載したカメレオン USB<sup>[4]</sup> (図 4) と、128k×36bit

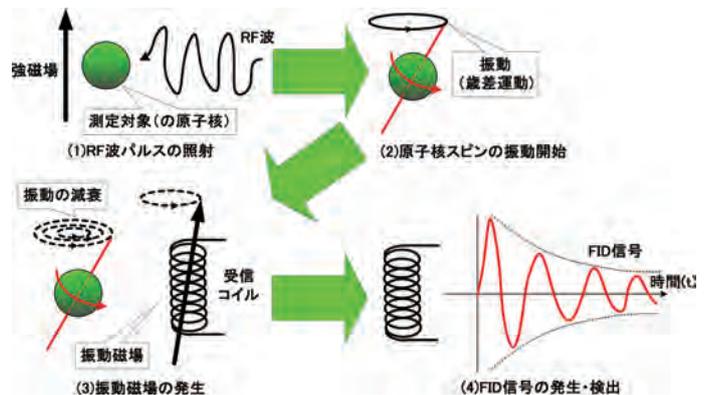


図 1：NMR の原理

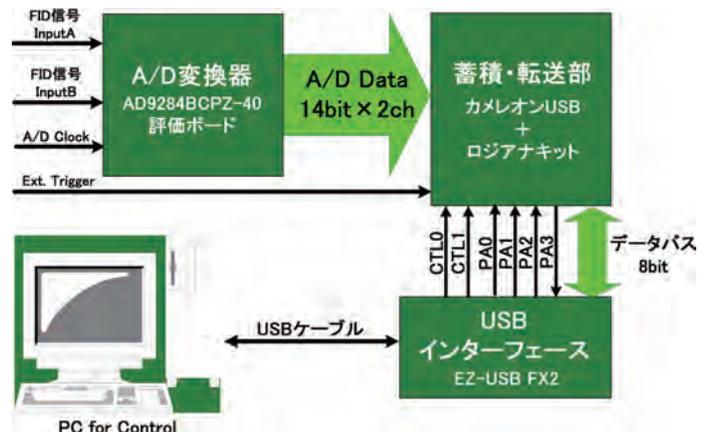


図 2：本装置のブロック図

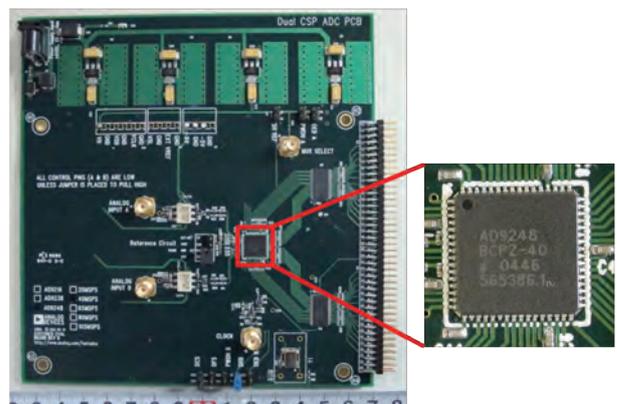


図 3：A/D 変換器 AD9248BCPZ-40 とその評価ボード

パイプライン SRAM CY7C1347B-133AC(Cypress) を搭載したロジアナキット (図 5) を採用した。ロジアナキットは最大 133MHz でデータ書き込みが可能<sup>15)</sup> であるので、最大データ長 32bit,133MSPS の A/D 変換器まで対応できる。

カメレオン USB の上部にあるコネクタにロジアナキットを接続して、SRAM の読み書きを CPLD で制御する。

CPLD は、FID 信号の取り込み開始を指示する外部トリガ信号 Ext. Trigger が有効になると、0 番地から PC で指定した容量までアドレスをインクリメントしながら SRAM に A/D 変換器が出力するデータを書き込む。また、PC からの読み出し指示を受けて 0 番地から指定した容量まで SRAM から 32bit データを読み出し、データを 8bit ずつ 4 回に分割して USB に出力する。

USB インターフェースは USB2.0 ハイスピード対応の 8051 コアを有するマイコン CY7C68013A-56<sup>16)</sup> を採用したキットである EZ-USB FX2<sup>17)</sup>(以下 FX2) を用いた (図 6)。

カメレオン USB にも USB インターフェースが搭載されているが、USB コントローラである AN2131C は USB1.1(最大 12Mbps) 規格であり、高速大容量転送には適さない。AN2131C は WebPack で生成する CPLD の回路構成ファイルである JEDEC ファイルの書き込み以外では未使用とした。

今回は FX2 から本装置を制御できるように FX2 の制御出力とデータ入出力、更に電源と GND をカメレオン USB にはんだ付けした (図 7)。



図 4：カメレオン USB



図 5：ロジアナキット



図 6 (上)：  
EZ-USB FX2(CY7C68013A-56)

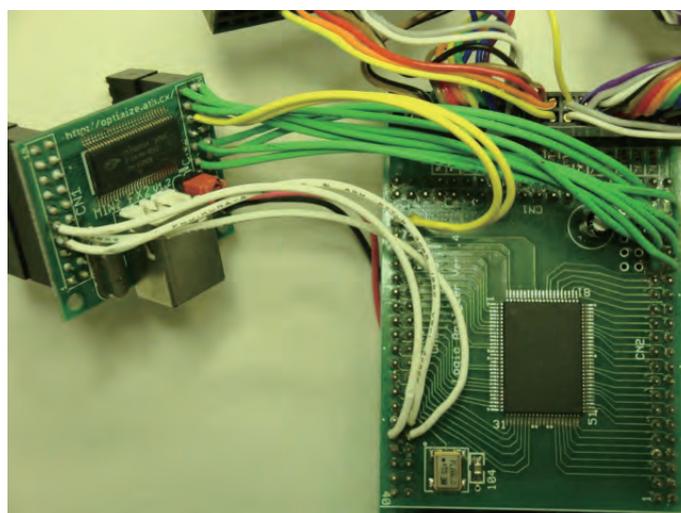


図 7 (右)：  
EZ-USB FX2 とカメレオン USB の接続

## 2.GPIF 機能と CPLD の連携による USB2.0 高速転送

USB2.0 の規格ではハイスピードの転送速度は最大 480Mbps だが、OS やハードウェアの構成によって転送速度に差異が生じる。本装置では CY7C68013A-56 の GPIF 機能と CPLD とソフトウェアの連携によって高速転送を図った。

カメレオン USB では USB コントローラ AN2131C からのデータバス 8bit とリード/ライトストロープ各 1bit、制御出力 2bit、制御入力 1bit で CPLD を制御している。PC からサンプリング点数やデータ取り込みトリガの設定を行うには、

- (1) 必要なデータと書き込むレジスタをそれぞれデータバスと制御出力に設定してライトストロープを L にする
- (2) SRAM を書き込み可にする

(3)CPLD 内部で有効なアドレス長を設定して選択されたトリガが有効になるまで待機するという手順を実行する。一方、SRAM に蓄積したデータを PC に取り込むには、

- (1)SRAM を出力可に設定して SRAM のアドレスを 0 にする
- (2)SRAM の 32bit データを 8bit ずつ CPLD のデータバスに出力する
- (3) リードストロープを L にする
- (4)(2) と (3) を 4 回繰り返す
- (5)SRAM のアドレスをインクリメントする
- (6) 制御入力 が 0 になるまで (2) ~ (5) を繰り返す

という手順を実行する。本装置では、カメレオン USB における一連の制御を FX2 でエミュレート (仮想化) するために GPIF を用いた。

GPIF は USB による高速データ転送を実現するための FX2 独自の仕様である。GPIF のデータ転送モードは 2 種類ある。1 つは 1Word(8bit データバス時は 1byte で 16bit データバスでは 2byte) を転送するシングル転送であり、もう 1 つは連続でデータを転送するバースト転送である。本装置では蓄積・転送部にコマンドを送信する際にシングル転送のライト、蓄積したデータを PC に転送する際にバースト転送のリードを使用した。

GPIF の設計には製造元が無償提供している GUI 設計ツールである GPIF デザイナー (図 8-1) を用いた。GPIF デザイナーでは FX2 のピン数によって使用できる I/O ピンの数が異なる。本装置で使用した FX2 のピン数は 56pin であるので、データバスは 8bit となる。表 1 に示すようにカメレオン USB における信号を FX2 の信号ピンに割り当て、シングル転送のライトとバースト転送のリードの状態遷移を設計した (図 8-2 と図 8-3)。

GPIF デザイナーで作成した状態遷移を、FX2 製造元が無償提供するコンバータで C 言語の配列として書き出し、これを Visual Studio 2005(以下 VS2005) のプロジェクトに加えて使用した。VS2005 のプロジェクトには、同じく FX2 製造元が無償提供するファームウェアを組み込んだ。

これにより簡単な手法で USB を介した高速データ転送を行えた。

本装置では蓄積・転送部の  $128k \times 32bit \div 4Mbit$  のデータを転送するのに約 13.08msec を要する。これは bps 換算で  $4Mbit \times (1/13.08msec) \div 305.8Mbps$  である。

NMR における FID 信号は微弱なため高速高分解能の A/D 変換器と大容量のメモリが必要なこと、また、FID 信号の強度によるが、NMR で必要なスペクトルを得るために数十回から十万回以上の積算を要することから、高速データ転送は非常に有効である。

FX2 の信号ピン名	カメレオン USB 単体での信号
FDO-7	データバス 8bit
CTL0	リードストロープ
CTL1	ライトストロープ
PA1-2	制御出力 2bit
PA3	制御入力 1bit

表 1 : FX2 の入出力信号とカメレオン USB 制御信号の対応

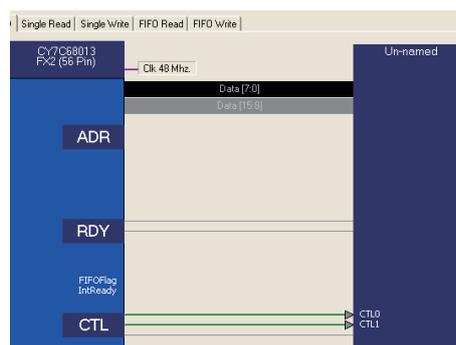


図 8-1 : GPIF デザイナー初期画面

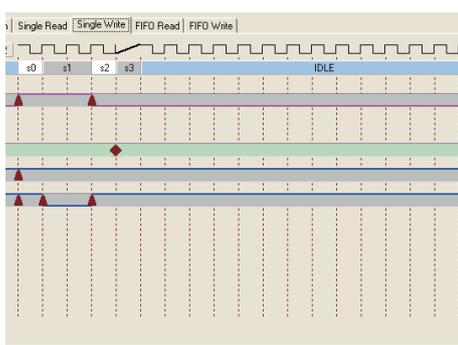


図 8-2 : GPIF デザイナーによるシングル転送ライトの状態遷移設計

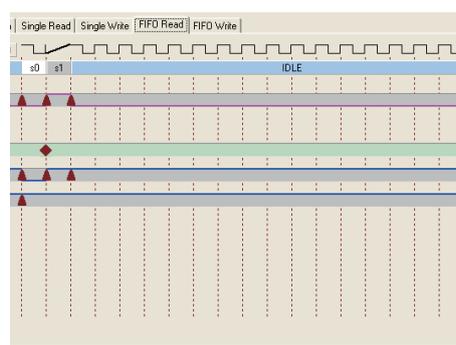


図 8-3 : GPIF デザイナーによるバースト転送リードの状態遷移設計

## 2. 観測結果

A/D 変換器のアナログ入力の InputB を GND に短絡し、InputA に 10kHz のサイン波、ノコギリ波、三角波、方形波を入力して PC に取り込み、Excel で先頭 2000 点から 7000 点を抽出して描画したグラフを図 9-1 ～ 9-4 に示す。

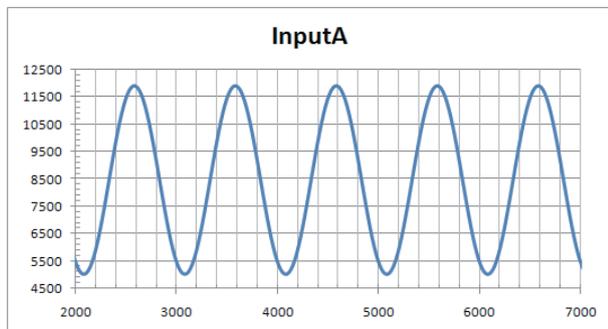


図 9-1：10kHz サイン波の取り込み結果

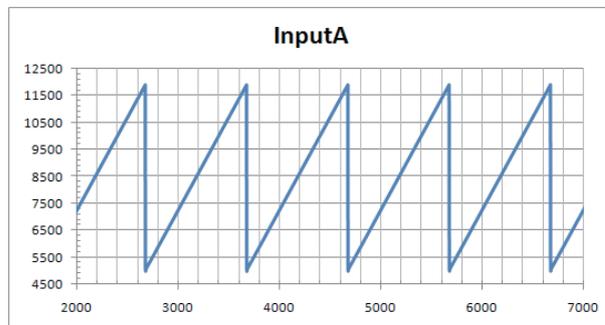


図 9-2：10kHz ノコギリ波の取り込み結果

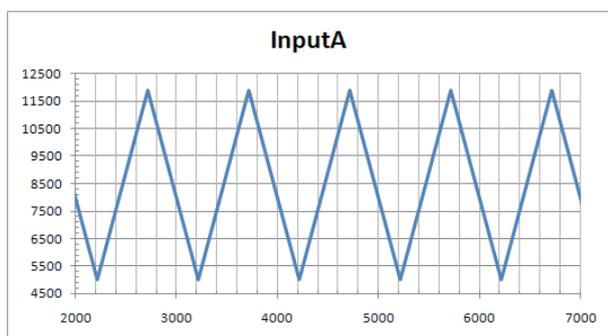


図 9-3：10kHz 三角波の取り込み結果

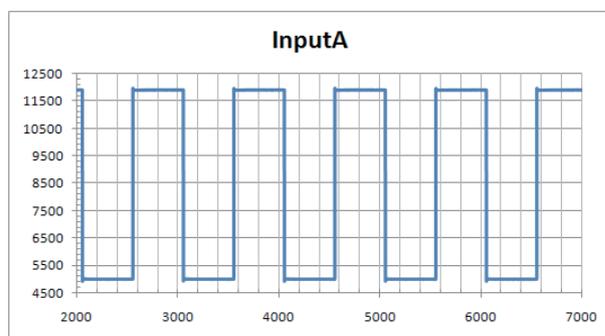


図 9-4：10kHz 方形波の取り込み結果

## 3. まとめと課題

メーカーが供給する A/D 変換器評価ボードと市販のキットを組み合わせ、VHDL や GPIF デザイナーなどソフトウェア的な設計ツールを使用することで、ハードウェアの大幅な改変なしに高速高分解能のデータロガーを製作できた。

A/D 変換器からのデータ出力の配線を長くしたことで、PC に取り込んだデータが不規則にビットシフトする現象に見舞われた。高速データの配線には十分な注意が必要であると感じた。

### 参考文献

- [1] 「MRI の基本パワーテキスト 第 2 版」Ray H.Hashemi,William G.Bradley,Jr.,Christopher J.Lisanti 著 荒木力 監訳 メディカル・サイエンス・インターナショナル p17～47
- [2] AD9248 データシート Analog Devices(<http://www.analog.com/jp/index.html>)
- [3] XC95144XL-10TQ144 データシート Xilinx(<http://japan.xilinx.com/>)
- [4] オプティマイズ カメレオン USB(<http://optimize.ath.cx/cusb/index.html>)
- [5] CY7C1347B データシート Cypress(<http://www.cypress.com/>)
- [6] CY7C68013A-56 データシート Cypress(<http://www.cypress.com/>)
- [7] オプティマイズ EZ-USB FX2([http://optimize.ath.cx/FX2\\_USB/index.html](http://optimize.ath.cx/FX2_USB/index.html))

## 共同開発研究報告

青山正樹

## 1. 概要

分子科学研究所装置開発室では国立天文台共同開発研究において平成 18 年度から 3 年計画で、国立天文台に設置されている超精密非球面加工機により各種加工実験を行っている。この共同開発研究は国立天文台先端技術センターおよび名古屋大学全学技術センター第一装置開発室と共同で実施しており、脆性光学部材および特殊金属の超精密切削加工技術の確立を目的としている。

平成 18 年度は、多結晶硫化亜鉛 (ZnS) の基礎的な加工特性の把握を目的とした加工テストを、平成 19 年度は、多結晶 ZnS のグレーティング製作に向けての微細溝形状加工のテストを行った。平成 20 年度は、詳細な ZnS の加工特性の把握を目的として単結晶 ZnS のテスト加工を実施した。これまでの ZnS のテスト加工において、加工面粗さ 10nmRq 以下の鏡面加工が可能な加工条件を見出した。さらにバイト先端 R が  $0.5 \mu\text{m}$  以下のシャープエッジを持つ、特殊な単結晶ダイヤモンドバイトを用いて、近赤外分光に使用されるイマージョングレーティングの試作加工を行い、バイト形状転写性の良好な加工面粗さ 10nmRq 以下の加工が可能であることを確認した。その成果については 2008 年春季精密工学会で報告を行った。また平成 20 年度は分子研装置開発室から課題申請し、採択されたレーザーチップ用ヒートシンク材（銅タングステン複合材料）の楕円振動切削法による超精密加工について有効性の検討を行った。

## 2. 硫化亜鉛 (ZnS) の超精密溝加工について

ZnS は赤外線に対する優れた透過特性を持つ光学材料であり、赤外線観測機器用回折格子などへの適用が期待されている。しかしながら ZnS は硬く脆い性質を持つため、最適な加工条件でのみ光学素子に適した面粗さ、形状精度に仕上げることが可能である。そこで加工面にクラックの発生しない送り速度および切込量について調査を行い、図 1 に示したグレーティング形状の試作加工を行った。加工は送り速度 12mm/min、切込量  $13 \mu\text{m}$  でフライカット法により行った。図 2 に加工後の SEM 観察写真を示した。エッジの欠けもなく良好な加工が可能であった。現在、さらに高品質な加工を行うために、単結晶 ZnS 材料において詳細な加工特性の調査を行っている。超精密加工では、非常にわずかな切取量により加工を行うため、結晶方向による加工特性の違いが加工面に影響する。結晶方向の影響を確認するため、(100) 面、(110) 面、(111) 面において、正面旋削加工を実施し、各結晶面における加工面性状に及ぼす結晶方向の影響を確認している。図 3 に (110) 面の正面旋削加工面を示した。同じ加工面においても結晶方向においてクラックを生じた加工面とクラック発生のない加工面が確認できる。

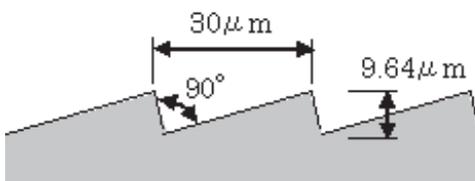


図 1 溝形状図

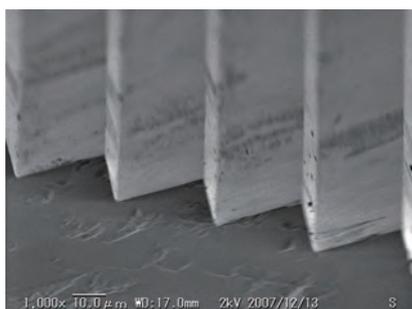


図 2 SEM 観察写真

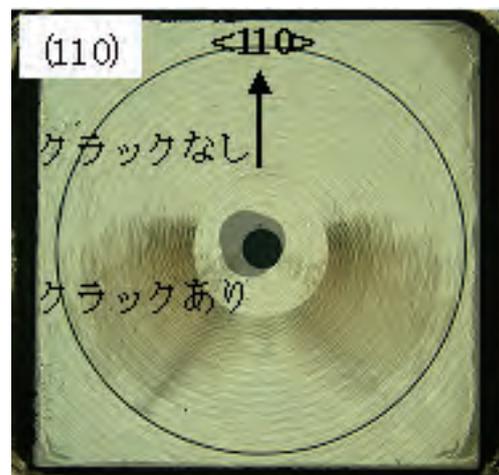


図 3 単結晶 ZnS 正面旋削加工面

### 3. 銅タングステンの超精密加工について

ヒートシンクの寸法精度の改善のために、現在行われている研磨加工による接着平面の加工から、超精密切削加工による平面加工が望まれている。しかしながら、銅タングステン材料の単結晶ダイヤモンドバイトを用いた従来の超精密切削加工では、著しい工具磨耗のため適用することができない。そこで超精密加工における新たな加工方法である楕円振動切削法により加工テストを行った。図4に楕円振動切削法および従来切削法による加工面の写真を示した。楕円振動切削法では鏡面が得られていることが確認できる。また、このときの加工面粗さは15nmRaであった。

今後は、実際のヒートシンクの製作に向けてより詳細な加工条件の検討および工具寿命の確認を行う予定である。

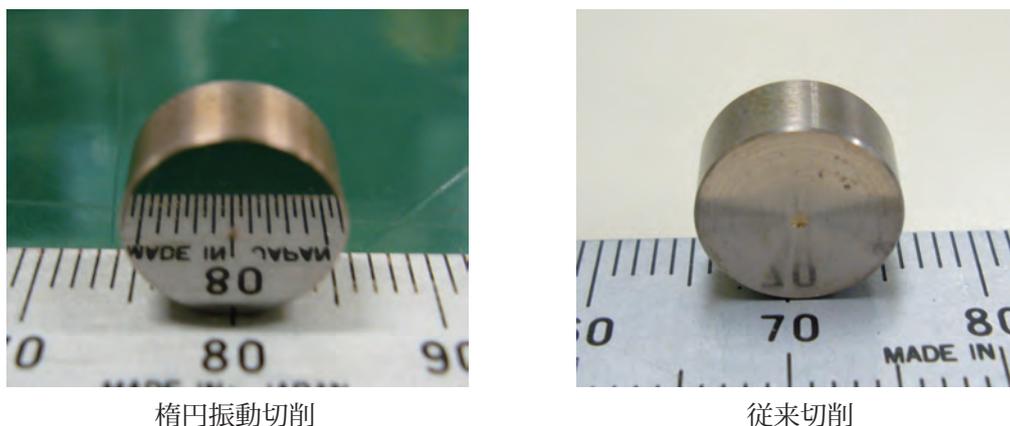


図4 銅タングステンの楕円振動切削と従来切削との加工面の比較

### 4. 技術セミナーについて

分子研装置開発室、名古屋大学全学技術センター第一装置開発室および国立天文台先端技術センターの技術職員で、技術力の向上および双方の技術の交流を目的として、年に数回技術セミナーを行っている。今回は共同開発研究で行っている超精密加工をテーマにセミナーを行った。以下にその内容を記した。

超精密加工セミナー	
日時：2008年2月22日(金) 10:30～15:00	
場所：分子科学研究所 研究棟301号室	
10:30～11:15	19年度共同開発研究実験結果報告 (分子科学研究所 青山正樹)
11:15～12:00	フライカットによるZnSの微細溝加工 (名古屋大学 松下幸司)
(休憩)	
13:30～14:15	イメージスライサーの製作について (国立天文台 三ツ井健司)
14:15～15:00	平成20年度共同開発研究計画について (分子科学研究所 鈴木光一)

### 5. 今後の展開

平成21年度は、ZnS イメージングレーティングおよび銅タングステンヒートシンクの製作に向けての実験を進めていく予定である。また、今後も名古屋大学全学技術センター、国立天文台先端技術センターとの技術協力のもと、各種の先進的な加工技術の向上と深化をはかり、先進的な研究を支援するために必要な高度な加工技術の確立に結び付けていきたいと考えている。

## SPM 用 CNT 探針作製装置の製作

近藤聖彦

SPM (Scanning Probe Microscope, 走査型プローブ顕微鏡) は、先端がサブミクロンの金属探針を試料表面上で水平(X,Y 方向)に移動させ、トンネル電流又は原子間力が一定になるように探針-試料間距離(Z 方向)についてフィードバック制御をおこなう。そのときの垂直 (Z 方向) 移動量から表面形状を得ることができる<sup>[1]</sup>。このような形状観察において、カーボンナノチューブ (CNT) を探針先端に取り付けることで、より微細なナノ構造を観察できるようになることが知られている。これは探針先端がより尖った形状になるだけでなく、CNT の縦長構造 (直径 1 ~ 50nm, 長さ 1  $\mu$ m 以上) が微細な凹凸を観察するのに適しているからである<sup>[2]</sup>。従来、この CNT 探針の作製方法として、様々な手法が提案されている。ただし、煩雑な手順や大規模な装置が必要である手法が多い。一方、簡易かつ量産性のある CNT 探針作製方法が報告<sup>[3]</sup>されている。そこで、この報告を参考にして、CNT 探針作製装置を製作する施設利用依頼があった。

CNT 探針作製は、図 1 に示すように電圧を印加した状態でマイクロメータヘッドを用いて探針を CNT 分散液容器に挿入し、液に接触したと同時にブラシレス DC モータを用いて探針の引上げをおこなう。引上げ時に分散液の粘性および表面張力と電気泳動を利用する<sup>[3]</sup>ことで探針先端に CNT が付着する。

製作した装置は図 2 に示すように、マイクロメータヘッド、ブラシレス DC モータ、CNT 分散液容器、DC 電圧電源で構成される。この装置を使用して製作した CNT 探針の SEM 画像を図 3 に示す。また本装置の主な特徴を下記に示す。

1. コントローラのボリュームを回転させることにより、引上げ速度を変更することができる。
2. 探針ホルダーにピンバイス用ホルダーを利用していることより、探針の取り付けと交換が簡易にできる。
3. 可変 DC 電圧電源を用いることより、簡易に電圧を変更できる。
4. モータ動作時の振動を軽減するため、各所にゴムを使用している。
5. ドライバが付属するモータを選定することより、ドライバなどの回路設計をする必要が無く製作期間を短縮できる。

## 参考文献

[1][http://www.siint.com/products/spm/tec\\_mode/b\\_1\\_stm.html](http://www.siint.com/products/spm/tec_mode/b_1_stm.html),  
エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社ホームページ

[2]<http://www.nims.go.jp/jpn/news/press/pdf/press100.pdf>,  
電気泳動法でカーボンナノチューブ AFM 探針の作製に成功

[3] 有馬則和, 松室昭仁: 2004 年度精密工学会春季大会学術講演会公演論文集

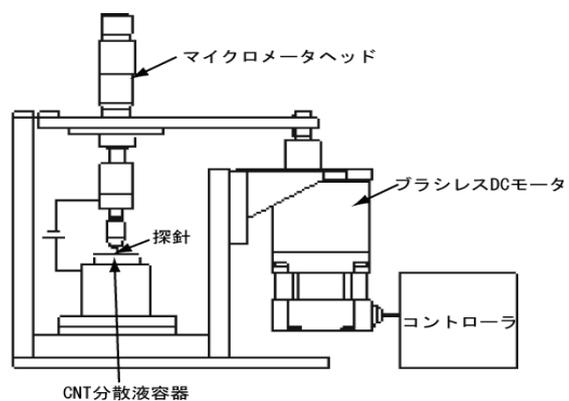


図1 装置概略図



図2 製作したCNT探針作製装置

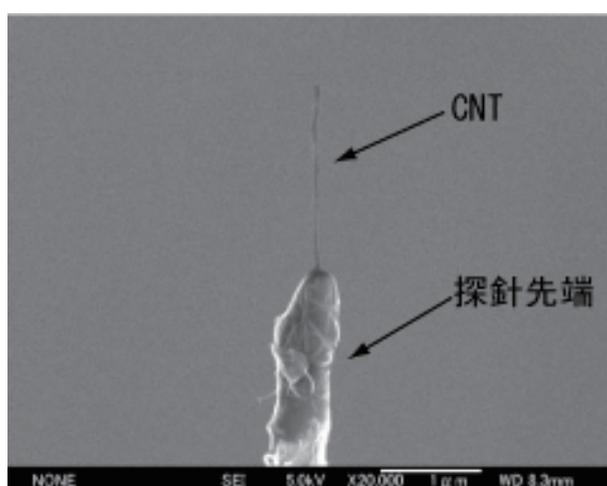


図3 探針先端にCNTが付着した様子

## 精密 CNC フライス装置の製作

近藤聖彦

近年、医療バイオ分野においては、微細流路が要求されている。これは、化学エッチングなどの方法で製作されているが、この方法は溝を深くすることが困難であり、さらに廃液処理などの問題がある。このようなことから、切削によるマイクロ加工が主流になりつつある。これにともない、各メーカーは、さまざまなマイクロツールを販売している。また、所内におけるマイクロ加工の依頼も増加傾向にある。このような背景から、装置開発室においても、マイクロ加工の挑戦を数年前から開始している。しかし、所有している旧型機械では、その挙動などにより加工誤差が生じるため加工精度を数  $\mu\text{m}$  以内にするのは困難である。また、この機械本体はワークサイズに対して大きく、マイクロ加工には不向きである。そこで、マイクロ加工用精密 CNC フライス装置の製作を提案し、装置開発室機械メンバーの連名で平成 19 年度中村所長奨励研究費を申請した。平成 19 年度に配分された予算で製作した精密 CNC フライス装置を図 1 に示す。予算の都合上、スピンドルを固定する主軸台とこれを粗動する Z 軸スライダは、既存のオートコリメータ台を改造した。また、ベッドに汎用フライス盤のテーブルを使用した。この装置を使用し、図 2 に示す放射光用マスク加工をおこなった。これは、 $t\ 0.1$  のアルミ板を  $t0.03$  に切削した面（1 辺 2 mm の正方形）の中央にドリル（ $\phi\ 20\ \mu\text{m}$ 、刃長  $40\ \mu\text{m}$ ）を使用し、 $100\ \mu\text{m}$  間隔で 25 個（縦 5 個  $\times$  横 5 個）の貫通穴加工をおこなった。このマスク裏面を顕微鏡観察し、25 個の穴が全貫通していることを確認した。この加工を旧型機械でおこなった場合、旧型機械は Z 軸方向に対して最小  $5\ \mu\text{m}$  程度の変動が見られたため、このように 25 個の貫通穴を加工することは困難であったと考える。しかし、製作した装置は、最小分解能  $0.1\ \mu\text{m}$  のサブミクロンステージを使用していること、スピンドルとその主軸台の発熱が小さいことなどから Z 軸方向の変動を最小にすることができ、全貫通が可能であったと考えている。

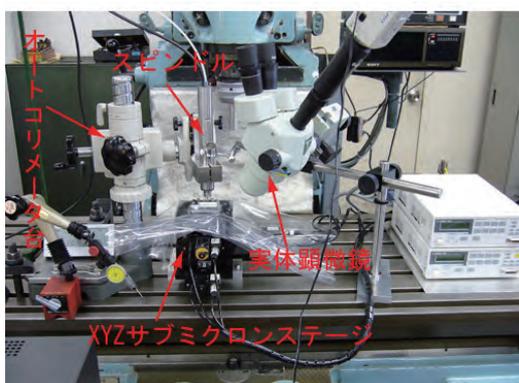


図 1 精密 CNC フライス装置

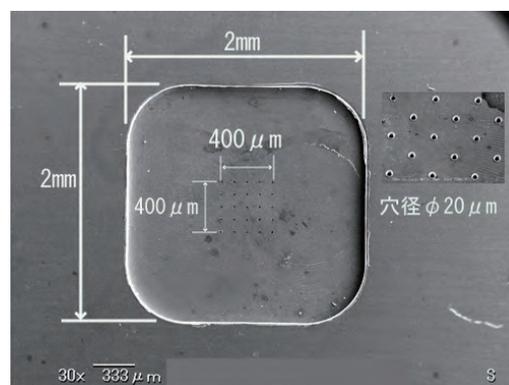


図 2 加工した放射光用マスクの SEM 像

## チタン銅の硬度測定

近藤聖彦

チタン銅は、高圧下での磁化測定用加圧容器の材料に適していること<sup>[1]</sup>から、この材料を使用した加圧容器の製作が報告<sup>[2]</sup>されている。ただし、この加圧容器は、熱間鍛造時に鉄分が混入し磁化測定が困難であること<sup>[3]</sup>がわかっている。そこで、岡崎ものづくり協議会が主催した市内企業との交流会で紹介された株式会社中部冷間の協力を得て、磁性体の混入を僅少にするため、高圧プレスによる新たな塑性加工法でφ20mmのチタン銅ロッドをφ15mmに冷間圧延加工した。この加工後と熱処理後の硬度を測定したので報告する。

図1に冷間圧延加工したロッドとロッド断面の様子を示す。このロッドを図2に示すように5mm間隔に切断し硬度測定用の試料を製作した。そして、③、④、⑧、⑨の試料について硬度測定をおこなった。試料③、⑧については右側面、④、⑨については左側面の硬度を測定している。これらの面を3R、8R、4L、9Lと表記する。それぞれにつき、3箇所の硬度測定をおこなった。また、熱処理による硬度変化を調べるため、電気炉を使用して、試料④、⑨を昇温1時間、温度保持2時間、炉内自然冷却の手順で熱処理後、硬度測定をおこなった。

図3に熱処理前後の平均硬度の結果を示す。3Rと8Rを比較して、冷間圧延加工をおこなった8Rは素材形状の3Rより硬度が大きくなっていることがわかる。また、8Rと熱処理をおこなった9Lを比較して、熱処理後に硬度がさらに大きくなることがわかった。ただし、前報告の加圧容器<sup>[2]</sup>に使用した材料の硬度はHv370程度であり、本硬度はこの8割程度であった。本硬度をさらに大きくするには、冷間圧延加工の工程数を増加することで断面減少率を大きくし、熱処理前の硬度を大きくすることなどが考えられる。

### 参考文献

- [1] 上床美也：高圧下での磁化測定
- [2] 鈴木光一：チタン銅製磁化率測定セル, Annual report 2006, p29-31
- [3] 鈴木光一：岡崎商工会議所（岡崎ものづくり推進協議会）との連携, Annual report 2007, p14

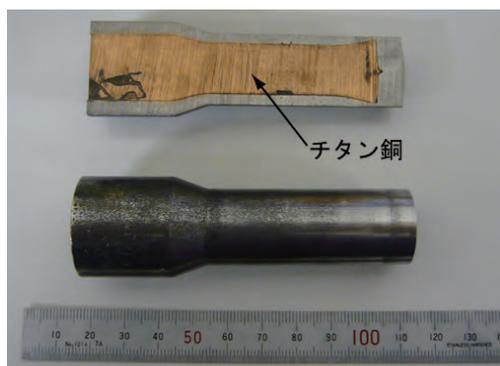


図1 冷間圧延後のロッド外観と断面図

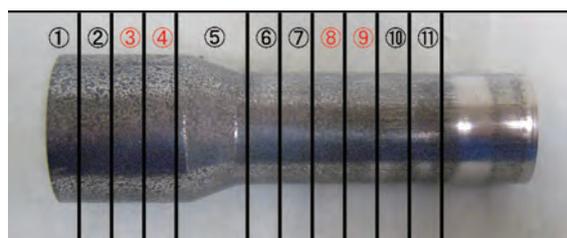


図2 ロッドの切断位置

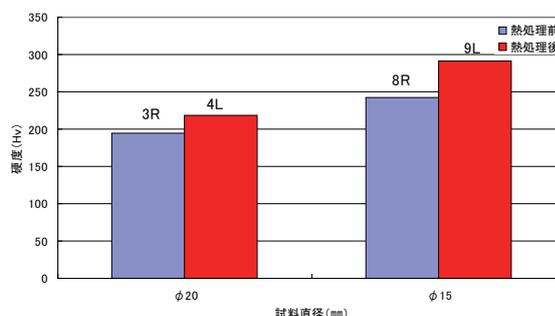


図3 熱処理前後のチタン銅の硬度

## 2008年 工作依頼リスト

装置開発室の業務に所内からの依頼による装置製作がある。機械、電子回路、ガラスの各グループが2008年1月から12月までに受けた工作依頼のリストを以下に掲載する。リストは工作依頼書に記入された品名と管理のための伝票番号のみの記載とした。

このリストにあるすべての依頼製作品には記録写真があり保管されている。本レポートにすべての物を掲載できないが、抜粋し【写真】と付記された依頼品名について後のページに掲載した。また、17年度より開始した「施設利用」による依頼工作には伝票番号に\*印を付けている。

### 機械グループ (277件)

伝票番号	品名
08A01	上流スペーサ7.5・
08A02	エッチングマスク
08A03	放射光加工用マスク治具
08A04 *	水熱合成用オートクレーブ
08A05	レール切断
08A06	サンプルホルダー追加工
08A07	磁気シールド支え
08A08	X-Y ステージ【写真】
08A09	ステンレスプレート、支柱
08A10	レンズ付フランジ取付加工
08A11	蒸着装置位置決めピンの加工
08A12	FT-IR 分光装置用スリット台
08A13	位置決めピンの逃げ穴の加工
08A14	アングルガイド接続プレート他1点
08A15	磁石ホルダー
08A16	M8 ボルト加工
08A17	SQUID 用光照射プローブ
08A18	試料支持台
08A19	Q-band ゴニオメータ用変換アダプタ
08A20	ICF34+1/4 管溶接
08A21	チャンバー支柱改造
08A22	金属ロッド支持具セット
08A23	SUS Plate
08B01	準備槽用試料押さえ、コールドフィンガー
08B02	試料ホルダ用アダプタ
08B03	加熱ステージ接続用アダプタ
08B04	トランスファーロッド先端部
08B05	低温反射率測定用試料支持具
08B06	ゴニオメータ治具
08B07	ホットプレート台座
08B08	染色バット仕切り板
08B09 *	CNT 探針作製装置
08B10	LD 投光用支持具
08B11	水銀ランプ修理
08B12	ワゴン車用棚板加工
08B13	Si 基板バックグラインディング
08B14	TOF 電極 (Φ 0.05 ~ 0.1)【写真】
08B15 *	気体 NMR 分光装置用磁気共鳴装置の開発 【写真】
08B16	定盤用支柱
08B17	台座の加工 (改造)
08B18	NMR プローブ (3号機)【写真】
08B19	ステージ
08B20	試料支持台
08B21	スペーサー他1点
08B22	テフロン試験管

08B23	回転ミラーホルダー (回転セクタ鏡)
08B24	ポケルスセル土台
08B25	アダプタ
08C01	接続治具
08C02	真空反応システム
08C03	Grating Holder
08C04	XYZ ステージアダプタ、 ファイバーアダプター式
08C05	XRD 試料ホルダー
08C06	テフロン反応試験管
08C07	XYZ ステージアダプタ
08C08	ベースプレート
08C09 *	水熱合成装置【写真】
08C10	試料ホルダ (アダプタ付)
08C11	フランジ加工
08C12	端子台
08C13	冷媒循環コイル
08C14	分光器部品の追加工
08C15	テフロン治具
08C16	ランプハウス用プレート
08C17	レンズアジャストピン
08D01	薄型 XY ステージ (改)
08D02	薄型 XY ステージ 130 型
08D03	ホルダー固定具
08D04	光学部品 etc
08D05	アパーチャー & ホルダー
08D06	コンデンサー加工
08D07	ステンレス可動機構
08D08	液体窒素トラップ加工
08D09 *	コンボミラー【写真】
08D10	干渉計用ミラーホルダー部品
08D11	XYZ ステージ固定台
08D12	NMR 回転機構の軸
08D13	PTFE 容器
08D14	サンプルステージ他9点
08D15	試料充填曹 + 火炎捕集器
08D16	真空部品 (サンプルホルダーパーツ)
08D17	レール加工
08D18	低温 XRD 用 sample holder
08D19	サンプラー (圧力容器)
08D20	高感度光検出システム
08D21	集合写真撮影
08D22	輻射シールド
08D23	継手加工
08D24	PTFE 製培養チャンバー
08D25	結晶ホルダー
08D26	ピンホール支持台

08D27	ロッド他 1 点
08D28	K-cell 用熱輻射シールド
08D29	フォトダイオードの加工、 サンプルステージ作製
08D30	PTFE ディッシュ
08D31	ガス導入ポート
08D32	ベースクランプ
08E01	ロッド製作他 1 点
08E02	検出器の台
08E03	ステージ、アダプタ
08E04	取り付け台
08E05	レモ型コネクタ溶接
08E06	ミラーマウント
08E07	しゃへい筒
08E08	冷却ステージ [写真]
08E09	QI 用アダプタ他 4 点
08E10	メンブレン (DAC 加圧用の金属製風船修理)
08E11	レトリフレクタ用マウント
08E12	高出力マイクロチップレーザ筐体
08E13	サンプルカバー 04
08E14	アルミ部品加工
08E15	PTFE ディッシュ (7mm 角基板用)
08E16	フォトダイオードの加工
08E17	PTFE 製反応セル中筒
08E18	PTFE チャンバー 2
08E19	大 DAC 用メンブレン再生治具
08E20	レーザーアライメント用プレート
08E21	低温 XRD サンプルホルダー
08F01	磁気ボトル改良部品
08F02	光学定盤ねじ修正
08F03	低温反射率測定用試料支持台
08F04	ホルダー押さえ、コールドフィンガー
08F05	顕微クライオスタット一式 [写真]
08F06	LL 用サンプルバンク部品
08F07	二重シールド BNC 付 ミニコンフラットフランジ
08F08	キャピラリー
08F09	AFM 用サンプルステージ他
08F10	試料支持板
08F11	光学部品パーツ
08F12	ミラーマウント
08F13	偏向板絶縁スペーサー式
08F14	集光用レンズホルダー
08F15	光学ステージの改良
08F16	ステージ用 XY 移動ステージ [写真]
08F17	光ファイバーアダプター
08F18	調整ねじ加工
08F19	耐圧金属容器
08F20	ロッド他 2 点
08F21	位置決めステージの改良 [写真]
08F22	SES100 用試料バンク
08G01	フォトダイオード加工
08G02	スクリーン印刷用下枠
08G03	フィルター取付金具
08G04	イオンチャンネルセンサー電極部
08G05	スリット

08G06	サンプルカバー 05
08G07	端子固定板
08G08	架台拡張部品
08G09	キャピラリーカバー
08G10	BL7B 用試料ホルダー
08G11	サンプルホルダー
08G12	鉄芯
08G13	ブリズムマウント
08G14	テフロン製反応容器ろ過用 アタッチメント 3 点一式
08G15	ロッド
08G16	AFM 用微動ステージ
08G17	カンチレバー台座
08G18	電動ステージ用アダプタ
08G19	ホルダー押さえ、BL5U 試料ブロック
08G20	BL6U 用ベアリング押えリング
08G21	PTFE 製反応セル中筒
08G22	アルミボードの加工
08G23	ミラーホルダ、Delay Spacer1
08G24	Al スリット 0.2t
08H01	レーザーウインドウホルダー
08H02	ネジ加工
08H03	バイオセンサー電極
08H04	アダプタ
08H05	SF10 Holder
08H06	真空部品 (マニピュレーター試料受けの一部)
08H07	テフロン反応容器用アタッチメント
08H08	ロッド
08I01	PDMS 放射光エッチングチャンバー [写真]
08I02	SLM ホルダー
08I03	磁石ホルダー
08I04	メッシュベース
08I05	アルミボルト加工
08I06	粗ステージ用スペーサ他
08I07	接続部品
08I08	PI 用アダプタ他 2 点
08I09	回転オープン
08I10	セラミックアパーチャ 02
08I11	BNC コネクタ付ミニコンフランジ
08I12	ポケルスセルホルダ
08I13	光軸調整部品
08I14	プラグ型集光用レンズホルダー追加部品
08I15	フォトダイオードキャップ外し
08I16	AFM ステージ用プレート
08I17 *	酸化チタン光誘起超親水化反応の 機構解明装置
08I18 *	コンボミラー
08I19	位置決めリング
08I20 *	X 望遠鏡用ミラーの切り出し
08I21	光てこ厚フレーム
08I22	水素セル+窓押え
08J01	装置の写真撮影
08J02	イオンチャンネルバイオセンサー
08J03	アダプタ
08J04	AFM 用微動フレクチャーステージ [写真]

2008年 工作依頼リスト

08J05	SQUID 用ロッド
08J06	光軸調整部品
08J07	試料ホルダー (タンタル)
08J08	四方磁石
08J09	液体窒素ポート
08J10	マイクロメータアダプタ他3点
08J11	レンズホルダ他4点 [写真]
08J12	プラグ型モジュール Ver.2
08J13	光軸調整部品
08J14	ミラーマウント
08J15	試料ホルダー
08J16	ICF114 ポート追加溶接
08J17	テフロン試験管
08J18	ミラーホルダー回転導入部品
08J19	エッチングマスクホルダー
08J20	冷却板追加工
08J21	レーザーヘッド
08J22	固体レーザー用接続台
08J23	レデューサーパイプ加工 (フランジ ICF114-VF40)
08J24	ネジ穴加工
08J25	電子検出器
08J26	NMR プロローブガイド
08J27	基板固定具
08J28	支柱切断
08J29	ガス導入管
08J30	ダイフロン製台座
08J31	MCD 用サンプルホルダー、 試料加熱ステージ
08J32	ターボ固定金具
08J33	顕微鏡用試料ホルダー
08J34	フィルター装着用アタッチメント
08J35	SHG ホルダー
08K01	ユニバーサルジョイント加工
08K02	導入管中継パイプ他
08K03	Au メッシュホルダー
08K04	LED アダプター
08K05	ストップフロー装置ネジ修理
08K06	支柱支え板 (TMP 架台)
08K07	Spring-8 用試料ホルダー
08K08	試料移送機構ナット、ホルダー
08K09	磁石用グリッド [写真]
08K10	ポラライザホルダ
08K11	クライオ用アダプタ
08K12	真空反応容器上蓋
08K13	蝶番スタンド
08K14	ベースクランプ外注
08K15	テフロン容器追加工
08K16	試料加熱ホルダー
08K17	培養型上チャンバー Ver.2
08K18	PDMS モールド
08K19	Z 軸ステージ3型
08K20	SOR 光電流検出器修理
08K21	パワートランジスタ放熱用ヒートシンク
08L01 *	紫外線立体投影露光における照射光学系 およびアライメントステージの開発

08L02	プレート
08L03	近接場プローブ取付け治具
08L04	LD 固定ステージ他2点
08L05	アダプタ
08L06	UVSOR フォトカレントモニターの修理
08L07	レトロリフレクターホルダー A
08L08	レトロリフレクターホルダー B
08L09	ICF34 用ビューポートカメラ台
08L10	trancerational stage mount
08L11	バツフル用取付加工、試料ホルダー
08L12	高調波アダプター
08L13	止め具
08L14	結晶ホルダー
08L15	電動ステージ用アダプタ他
08L16	磁石ホルダー用支柱
08L17	圧力セル回転機構
08L18	YAG レーザー台座
08L19	イオン用電極
08L20	メッシュ付円板
08L21	大 DAC クライオ窓部
08L22	AFM 用微動フレクチャーステージ
08L23	920NMR プロローブ改造
08L24	水晶振動子ホルダー
08L25	LD 接続プレート他1点
08L26	偏光子用アダプタ
08L27	PDMS マイクロ流体回路

## 電子回路グループ (26件)

伝票番号	品名
08A01	He ガス純度遠隔モニター
08A02	電源の修理
08B01	フェムト秒レーザー用パルス分周器 [写真]
08C01	± 15KV 高圧パルサー [写真]
08D01	PD 用アンプ回路 [写真]
08D02	高ゲイン PSD 処理回路
08E01 *	USB 版高速データロガー [写真]
08E02 *	結晶生成用定電流電源の修理
08E03	ビーム電流補正装置 [写真]
08G01	ボルテージレベルシフター
08H01	NIM デイレイモジュール
08H02	赤外光検出器 [写真]
08H03	可変電圧電源
08H04	プログラマブル HP フィルタ [写真]
08I01	AFM フィードバック装置改造 [写真]
08I02	4KV 高圧パルサーの改良
08I03	水量インターロック回路
08J01	高ゲイン PSD 処理回路
08J02	PD 用アンプ回路
08J03	TE クーラー制御回路
08J04	パルス電源修理
08J05	2 軸モーターコントローラ
08K01	パルスバルブドライバー
08K02	デジタル微小電流計
08L01	超精密フライス盤 Z ステージ用コントローラ
08L02	ピエゾドライバ電源

## ガラス加工グループ (38件)

伝票番号	品名
08A01	ガラス板
08A02	反応セル
08A03	E S R 支持台研磨
08B01	E S R 支持台研磨
08B02	ミラー切断
08B03	修理
08B04	E S R 支持台研磨
08B05	サンプルガイド
08B06	石英研磨
08C01	サンプルホルダー
08C02	ガラス基盤切断
08C03	サンプルホルダー再加工
08D01	修理
08D02	ESR 用支持台試作
08D03	ガラス技術指導 (粉末)
08D04	技術相談
08E01	平底容器の製作
08E02	サンプル管切断
08E03	サンプルホルダー
08F01	封止用サンプル管
08F02	反応容器修理
08F03	ガイスラー管
08G01	ナスフラスコ修理
08G02	反応型 E S R 管修理
08H01	コンデンサー修理
08I01	フィルター付反応容器
08I02	反応容器改造修理
08I03	石英 節つき試験管
08J01	鉛ガラス 修理
08J02	サンプルホルダー
08J03	変形サンプルホルダー
08J04	ESR 用支持台試作
08K01	ジムロート修理 他
08K02	シリンダー修理
08L01	真空ライン修理
08L02	石英試験管改造
08L03	サンプリング用コック
08L04	段継ぎ

± 15KV Pushpull 高圧パルサー



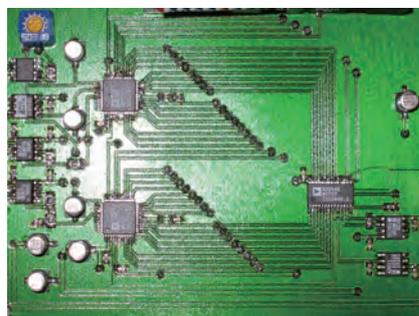
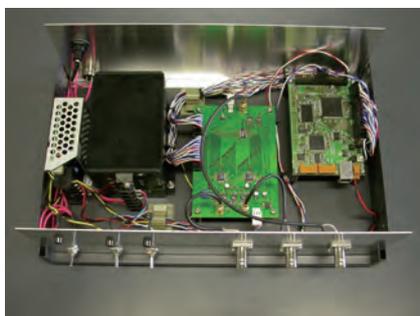
パルス出力 Lo : 0 ~ -15KV, Hi : 0 ~ +15KV  
Height : MAX.15KV, Width : 200nS ~ ∞  
Rise Time : 40nS, Trigger Delay : 200nS

NIM ディレイモジュール



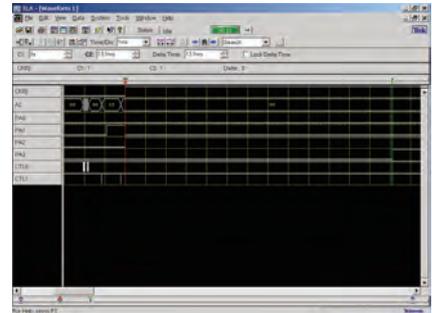
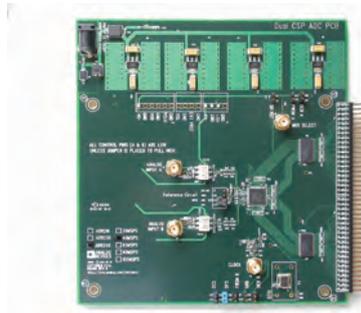
トリガー入力 : TTL, 立ち上がりエッジ  
パルス出力 1,2 Level : TTL, Impedance : 50 Ω  
Width : 3 μ S ~ 470 μ S

ビーム電流補正装置



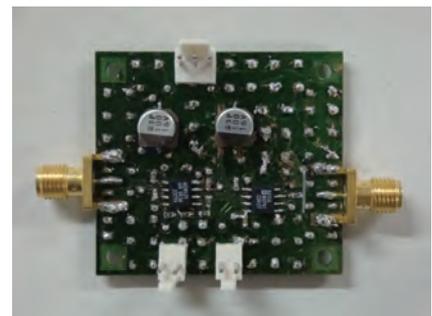
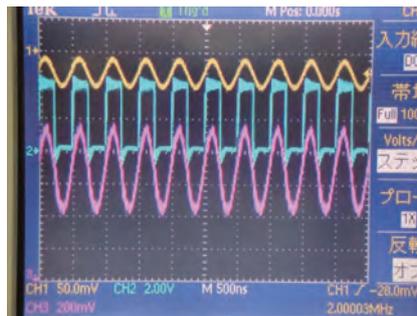
入力チャンネル 1 Level : ± 10V, 分解能 : 16bit  
入力チャンネル 2 Level : 5V, 分解能 : 16bit  
サンプリングレート : 44KSPS  
(詳細記事 24、32 ページ掲載)

USB版高速データロガー



USB2.0 Full Speed による高速転送 (約 305Mbps)  
 A/D ボードは最大 2ch 入力、32bit 分解能、100MHz 出力まで対応可能  
 市販キットの改造によりハードウェアの製作分を削減  
 (詳細記事 40 ページ掲載)

フェムト秒レーザー用パルス分周器



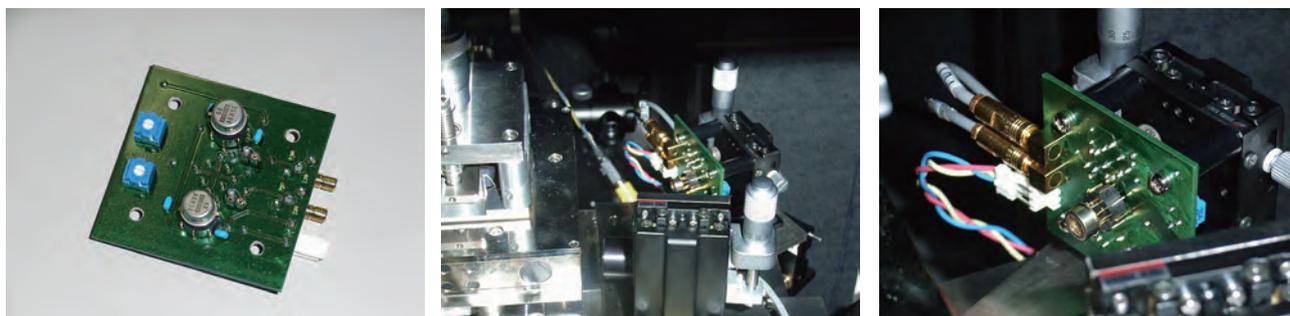
90MHz、15mVpp の微弱な高速信号を検出  
 分周値はサムホイールスイッチで任意に設定可能 (最大 9999 分の 1)  
 分周は FPGA(Field Programmable Gate Array) で製作 (最大動作周波数 200MHz)

赤外光検出器



微弱な赤外光をフォトダイオードで検出・増幅  
 表面実装部品で電源回路も含めて小型ケースに集約

PD用アンプ回路



PDを上下2分割使用するアンプ基板  
低温度ドリフト ( $1 \mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ) OPアンプ OPA111 使用  
ゲイン調節用の抵抗をソケットにより変更可能

AFM フィードバック装置



AFMをPID制御するフィードバック回路  
比例、積分、微分の各制御をON/OFF可能  
高速スキャン用PID制御可能

AFM用微動フレクチャーステージ 他



岡本グループで開発中の AFM 装置に搭載される



ヒンジ用溝幅：0.3mm  
材質：アルミニウム合金



移動量：± 3.0mm  
本体寸法（縦×横×厚さ）  
：150 × 160 × 22mm  
材質：アルミニウム合金 他

電磁石用 NMR プロープ（施設利用）



全長：およそ 1000mm  
（詳細記事 35 ページ掲載）



放射光エッチングチャンバー



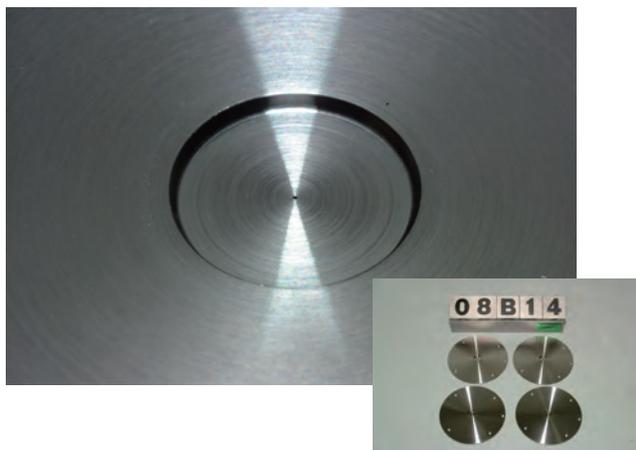
SOR 光を利用して PDMS にエッチング加工する

コンボミラー

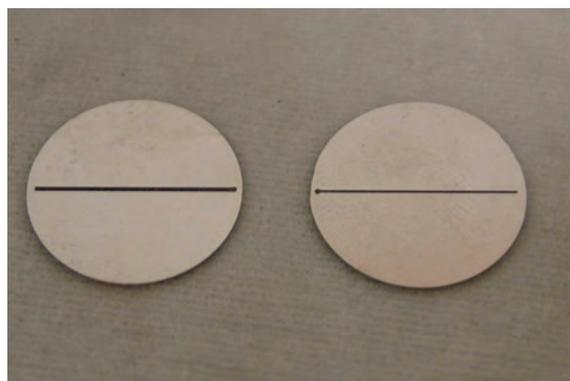


形状精度：± 50 μ m  
材質：アルミニウム合金  
（詳細記事 12 ページ掲載）

微細加工



小径ドリルを使って  $\phi$  100  $\mu$  m の穴加工  
材質：ステンレス



ワイヤ放電加工機を使ってスリット穴を製作  
材質：SUS304  
スリット：幅 0.2 or 0.4  $\times$  長さ 15 mm

顕微クライオスタット



顕微鏡用ステージ

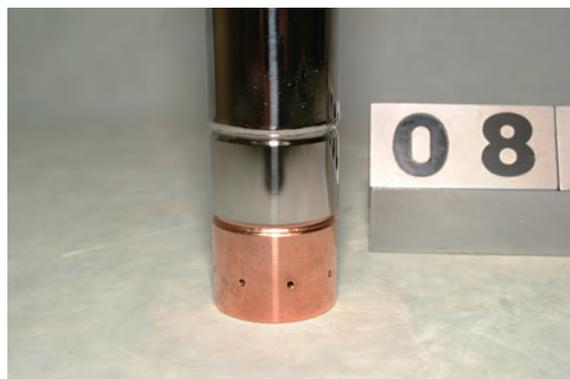


磁石用グリッド



Si 基板と PDMS プレートとの  
張り合わせを 10  $\mu$  m 以内で行う

コールドトラップ



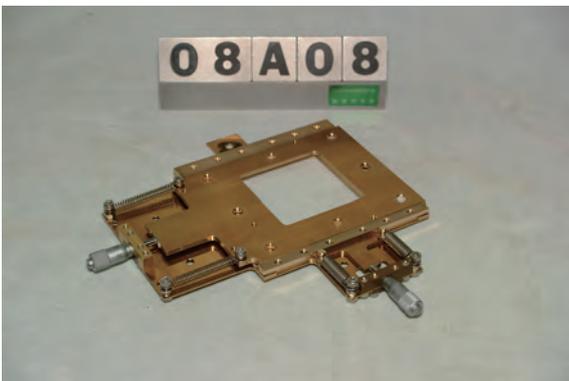
ステンレス製の本体と銅製のサンプルホルダー部分は電子ビーム溶接で接合

レーザーモジュール及びレーザーヘッド集光部



空冷エッジ励起小型モジュール  
(市販空冷ユニット装着)  
本体寸法(縦×横×厚さ):100×100×55mm

薄型XYステージ130型



移動量:±3.0mm  
本体寸法(縦×横×厚さ)  
:130×130×6mm

Qスイッチマイクロレーザーモジュール



本体寸法(直径×長さ):φ22×60mm

水熱合成装置(施設利用)



250℃、10気圧の環境下で使用する  
水熱合成用オートクレーブ

気体核磁気共鳴分光装置用磁気共鳴セル(施設利用)



NMR分光法を気相イオンに適用した  
画期的な装置  
主材料:チタン合金  
(詳細記事15ページ掲載)



## 平成 20 年度 文部科学省科学研究費補助金 奨励研究の課題採択とその進捗

豊田朋範

はじめに

筆者は、平成 20 年度の文部科学省科学研究費補助金奨励研究(以下「奨励研究」)に申請した研究課題が採択された。本稿では奨励研究の研究課題の紹介や進捗状況などを報告する。

## 1. 研究課題と目的

平成 20 年度奨励研究に採択された課題名と研究目的を順に示す。

研究課題名 「USB と FPGA を用いた分子性導体生成用定電流定電圧モジュール」

研究目的

有機 EL(Electro Luminescence) ディスプレイ(使用例: 図 1)に使用されている分子性導体は、物理化学研究における重要テーマの 1 つである。研究で使用する分子性導体の結晶(以下「結晶」)の生成は、溶液に  $\mu\text{A}$  オーダーの定電流を流す定電流方式か、溶液に挿入した電極間に数 V 程度の定電圧を加える定電圧方式のいずれかによって行われる。装置開発室への依頼工作において、定電流方式の電源も定電圧方式の電源もそれぞれ複数台の製作実績がある。

どちらの方式も研究者の予想と試行錯誤に依存する部分が非常に大きく、溶液の濃度、混合する電解質の種類、電極間に通電する電流/電圧値を変えて多数の結晶を同時に生成し、X 線回折や NMR(核磁気共鳴)といった様々な測定方式で目的の特性が得られているかどうか、あるいは生成した未知の結晶がどのような特性を有するか見極めるという手法が採られている。この際、従来の電源はスタンドアロン型であるため、結晶の生成条件を次回の実験にフィードバックさせるには人為的手段が必要となる。また、定電流方式では生成中の結晶に発生する電圧  $V_{cr}$  の変化に、定電圧方式では結晶に流れる電流  $I_{cr}$  の変化に対応した制御を行いたいという要求もある。これらのことを踏まえ、結晶生成中の電氣的条件の記録が行え、さらに  $V_{cr}$  や  $I_{cr}$  をモニタすることでその変化に応じた電源出力の制御が出来る、プログラマブルな分子性導体生成用定電流定電圧電源(以下「CCCV 電源」)を開発することが本研究の目的である。

CCCV 電源により結晶生成の初期段階において大きく変動する  $V_{cr}$  や  $I_{cr}$  に応じた出力制御することで、これまで生成し得なかった構造や特性を有する結晶創成の可能性をもたらす。



図 1: 有機 EL ディスプレイの使用例 (MP3 オーディオプレイヤー)

## 2. 開発の進捗

## 2-1 構想

CCCV 電源のブロック図を図 2 に示す。

CCCV 電源の開発では、 $I_{cr}$  や  $V_{cr}$  をデジタル方式のデータで扱うために D/A コンバータと A/D コンバータを用いることにした。

D/A コンバータと A/D コンバータの制御や PC とのデータ送受信には、大規模なデジタル回路を構成できてハードウェア記述言語により回路構成の試行錯誤が容易なプログラマブル IC の 1 つで、筆者が開発実績を有する FPGA(Field Programmable Gate Array) に集約する方針で開発を進めることにした。

## 2-2 研究者との意見交換と省電力駆動への開発方針見直し

前述した結晶生成初期の  $V_{cr}$  や  $I_{cr}$  の変動やそれらの制御の意義は、いずれも筆者が以前に研究者との意見交換で知ったことである。今回も開発に際して研究者との意見交換や情報収集は重要であると考えた。今回は九州大学と東京大学の研究室を訪問し、意見交換と情報収集を行った。これらについては別項「出張報告」で述べる。

意見交換と情報収集の結果、他大学、とりわけ大規模で歴史の長い大学ほど研究機器に対する省電力化の希望が強いことが分かった。

図2で使用しているFPGAは高速動作が可能である

が、消費電流が330mW程度と大きい。また、電源部の消費電力と比較すると、PCの消費電力はデスクトップ型で100W～200W程度、ノート型でも数十Wと極めて大きく、PCで制御することは省電力化の要求にはそぐわない。

これらのことから、CCCV電源の制御は携帯電話や携帯ゲーム機等で使用されているARMマイコンで行い、CCCV電源の制御データあるいは制御プログラムは別途居室等のPCで作成して転送し、内蔵のARMマイコンで行う方針へと軌道修正した。

ARMマイコンの開発環境や評価キットの動向や使用方法を調査・検証するためにARMフォーラム2008に赴いた。こちらも別項「出張報告」で詳細を報告する。

さらに電源部の見直しを行い、従来の定電流電源で使用していたデバイスを省電力タイプに置換して、かつ簡素化した回路を設計し、試作した(図3)。その結果、従来のもので約975mW(max)の消費電力は約7.1mW(max)と0.7%程度に低減できた。

### まとめや今後の構想

所外の研究者と対面しての意見交換や情報収集を行うことで、結晶研究におけるCCCV電源の重要性の再確認や実用に即した重要な開発要素を得ることが出来た。

一方で制御の中枢をFPGAからマイコンへと軌道修正するなど開発方針が流動したこと、理論設計に重点を置いたことで試作の頻度が低く、本稿執筆時点ではD/AコンバータとA/Dコンバータを用いた回路の設計や、試作した定電流回路基板の特性評価に至らなかったことなど課題は多い。所内外を問わずに研究者との意見交換や情報収集を意識的に行い、開発方針を明瞭にする必要性を痛感した。

今後は試作した定電流回路の特性を評価し、定電圧回路の設計・試作、USB通信や制御機構の具体化を進めていきたい。また、(1)結晶生成には $I_{cr}$ や $V_{cr}$ 以外に温度が重要な要素であること(2)温度を制御することで新たな結晶生成・研究の可能性が開けることが分かったため、将来的には温度制御を開発に含めたい。

### 謝辞

本研究は平成20年度文部科学省科学研究費補助金奨励研究(課題番号20920016)の助成を受けたものである。

本研究を推進するにあたっては、九州大学大学院理学研究院の北川宏教授と東京大学大学院工学研究科の鹿野田一司教授と宮川和也助教にご指導いただき、重要な指針をいただきました。この場を借りて厚く御礼申し上げます。

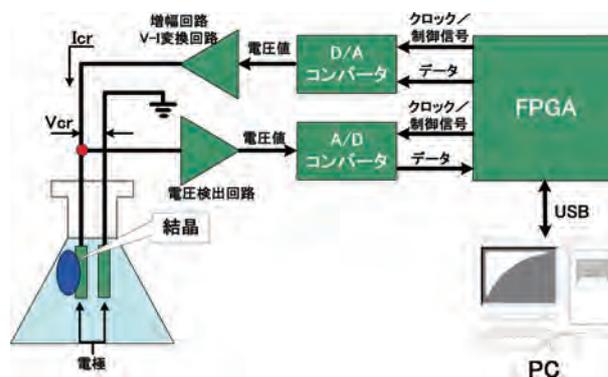


図2：CCCV電源のブロック図

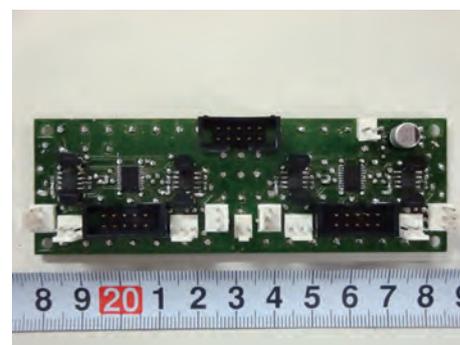


図3：試作した新型8ch定電流電源の回路基板

## 中学生職場体験 1

さる6月12日(木)に装置開発室では中学生による職場体験学習が行われた。今回で装置開発室として職場体験を受け入れたのは4例目で、甲山中学校2年生の男子生徒5名で行った。

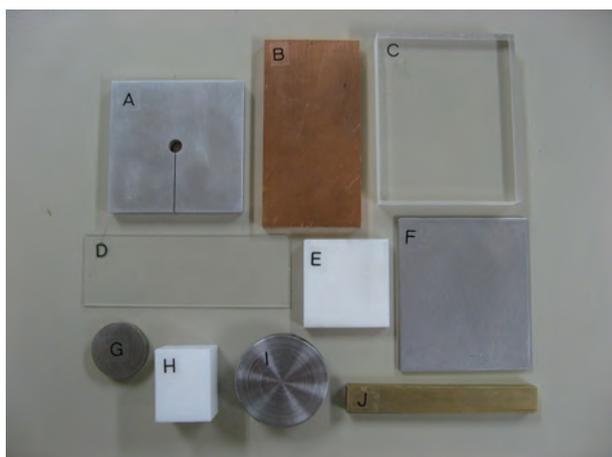
過去3回の経験上、研究者志望の中学生がやってくるのに、装置開発室で”ものづくり”の体験で良いのか、という反省があり、職場体験を行う上で、(1)装置開発室でできること、(2)研究者のようなものの考え方ができそうなもの、(3)なおかつ、中学生でもできそうなことをテーマにコース設定を行った。

1つめは、分子科学研究所でもよく使われる材料(鉄、ステンレス合金、アルミ合金、銅、真鍮、チタン合金、セラミックス、ガラス、フッ素樹脂、アクリル樹脂)を3つの明確な理由をもとに分類してもらう作業を行った。2つめに、これらの材料特性をわかってもらった上で、実験に使用する真空容器の設計に必要な強度計算(電卓使用)と三次元CADによる設計と構造解析ツールを使ったシミュレーションを行った。

特に今回、私は1つめの体験内容を重視して、生徒の「勘」とか「そう決まっているから」という曖昧な決め方ではなく、できるだけ定量的に、実際にやってみることで確かめて比較するということを大事にした。ただし、実験に必要なものは、できるだけまわりにあるものとし、どうしても何らかの道具が必要な実験は貸与した。その際、あらかじめ道具を用意しておくのではなく、借りられる範囲は装置開発棟内に限定し、自分たちでマナーを守った上で職員にお願いして借りてくるよう指示した。実際に始めてみると、じっくり重さと体積を計って密度を計算する生徒もいれば、鱈口クリップと懐中電灯を組み合わせ材料の通電を確かめる生徒もいた。また、ひたすらパソコンで材料に関するキーワードを検索する生徒もいれば、現状では無理な実験方法に固執して、先に進めない生徒もいた。

今回参加した中学生は、職場体験への姿勢も前向きで、質問に対する反応もよく、こちらとしては非常にやりやすい生徒たちだった。諸事情により、装置開発室(機械)での職場体験は今回で最後になると思うが、時間中、生徒から発せられる「楽しい!」とか、「すごい!」とか「おもしろい!」という言葉が非常にうれしい1日となった。

(矢野隆行 記)



職場体験に使用した10種類の材料



構造解析のようす

## 中学生職場体験 2

本年も昨年同様、装置開発室エレクトロニクスセクションにおいて中学生による職場体験を3回実施した。1月24、25日に竜南中学校生徒1名、9月5日に六ツ美中学校生徒3名、11月13日に竜南中学校生徒3名を受け入れた。また、11月に行った職場体験には、広報室職員の前田さんも実習に参加した。

内容としては、まず装置開発室が分子研にとってどのような役割であるかを装置開発棟の見学と共に説明し、その後回路工作を体験してもらうためPICマイコンを用いたバッテリーチェッカーの製作を行った。実習は、ハンダ付けの練習とハンダ付けによる基板実装、そして製作したバッテリーチェッカーの動作確認までを行った。また1月に行った職場体験は2日間の日程であったため、初日に実習で使用するプリント基板の製作をプリント基板加工機にて行った。

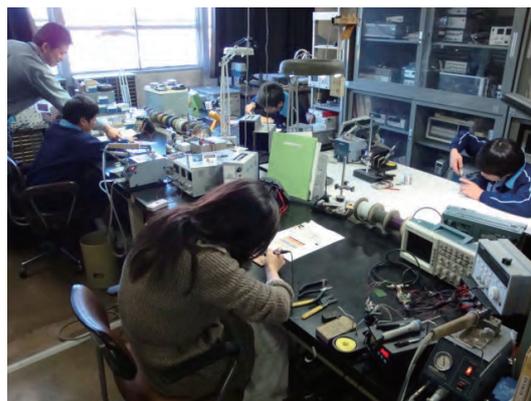
中学校の技術教科によりはんだ付けを経験している生徒もいたが、それでもほとんどの生徒が慣れない手つきで作業を進めていた。実習中の生徒を見ていると、ハンダよりも先にハンダ小手を離してしまいハンダ線がランドに付いたままになったり、最初に部品を全部挿入してしまいリードが剣山のようになってハンダ付けに苦労していたり、ハンダがついたままの部品をハンダごてで押し込みパターンを剥がしたりとそれぞれが苦戦しているようだった。

皆が悪戦苦闘しながら作業を進め、自分たちの手で作り上げたバッテリーチェッカーが動いた時の生徒たちの喜ぶ様が印象的であった。この職場体験を通して、生徒たちにもものづくりの大変さや楽しさを伝えられたならば幸いである。

(内山功一 記)



職場体験の内容説明



回路工作実習



プリント基板加工機による基板製作

## 第6回放電加工技術セミナー

今回で第6回目を迎える放電加工技術セミナーは、2日間にわたり神奈川県にある日産自動車株式会社総合研究所研究実験試作部と慶応義塾大学理工学部の共催で行われた。

特別講演として、パワートレイン開発本部パワートレイン実験部 PT 実験第三グループチーフである米谷氏から、日産自動車の技術を結集したスポーツカー GT-R の開発に関する話を聴くことができた。日産自動車のホームページで価格を見ると、車体価格が目玉が飛び出そうになるほどの高級スポーツカーではあるが、欧州が誇る有名メーカーの高級スポーツカーと比較しても、この車を持つ性能、安定性、安全性などは引けを取る部分はない。購入することはできないが、スポーツカーとしては非常に良い車であると感じた。その後、日産自動車が開発され現在各所で実験走行を重ねている、水素で動く燃料電池車「X-TRAIL FCV」に乗車できる機会を得た。ちょうど1週間ほど前に三菱自動車で電気自動車「iMiEV」に乗車する機会を得たが、どちらも運転する立場から見た場合、現行のガソリン車とほとんど遜色がなかった。2車とも次世代を担う有力な自動車のエネルギー方式であるが、共通して言えるのは、地球環境に負担をかけにくい運用構造であること、走行時の騒音がほとんどないことであるので、エネルギー問題や環境問題が大きな話題になっている現代社会のことを考えると市場投入される日を楽しみにしたい。

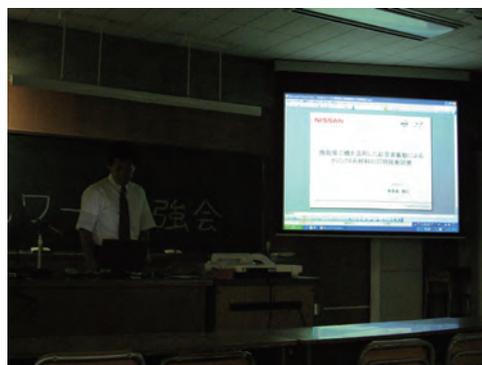
2日目の慶応義塾大学で行われたセミナーには仕事の都合でほとんど参加できなかったが、参加者に後日聞いたところ、かなり活発な議論が行われたようである。

今回のセミナーは、初日の日産自動車での開催時には、東京都立産業技術高等専門学校吉田研究室の8名、および特殊炭素株式会社の2名を含め、計27名の参加があり、盛大に行われた。

来年度は、分子科学研究所を拠点に開催する予定であることを付け加えておく。

(矢野隆行 記)

第6回放電加工技術セミナー	
日時:平成20年9月11日(木)～9月12日(金)	
場所:日産自動車株式会社総合研究所(9月11日) 慶應義塾大学理工学部 矢上キャンパス(9月12日)	
9月11日(木)	
13:10～	特別講演 『GT-Rの紹介』 日産自動車株式会社 パワートレイン開発本部 パワートレイン実験部 PT 実験第三グループチーフ 米谷昭二
14:20～	最近のワイヤ放電加工機の性能と特徴 東京大学生産技術研究所 谷田貝悦男
15:00～	施設見学 日産自動車株式会社総合研究所
9月12日(金)	
10:00～	3段電極によるMoマスク基盤ホルダーの製作 東北大学多元物質科学研究所 加賀谷孝三郎
10:25～	テーパー導波管変換フランジの製作 国立天文台 金子慶子
11:00～	高精度放電加工機を活用した超音波振動による セラミックス材の穴加工 日産自動車総合研究所 野口与四郎
12:00～	施設見学 慶應義塾大学理工学部



活発に行われた発表風景

## 第48回真空夏季大学への参加

平成20年8月20日～8月23日の3泊4日で行われた第48回真空夏季大学に装置開発室の青山氏と共に参加したので報告する。

講習会の会場は、静岡県熱海市の伊豆網代温泉松風苑で、窓から見える景色は非常に良いが、それが楽しめるのは朝のわずかな時間だけであった。期間中のほとんどは、下記に示すスケジュールのとおり、朝から晩までホテルに缶詰になり多くの講義と演習を受講することとなった。

真空夏季大学は、真空工学の基礎となる事項を、受講生が的確に理解することに重点を置いたものである。また今回の講習会は、真空の科学技術において研究開発の実績を有する講師による講義で構成された日本真空協会主催の講習会である。

講師による一方的な講義ではなく、実際に受講生一人一人が問題を解答することにより真空技術の基礎を理解し、現場で応用できる能力を高めることを意図しているという謳い文句どおり、非常に充実したものとなった。特に2日目に行われた「演習2」は講義の最後でグループごとに問題が割り振られ、翌日の「演習3」の時間にグループ代表者が講義中に説明を行うということがあり、各グループともかなり遅くまでその勉強をしていたようである。

講義内で取り扱うテーマも多種多彩で、テキストに書かれている事だけでなく、現在抱えている業務に関する疑問に関しても、丁寧に教えてもらうことができた。

今回の講習は、日本真空学会と日本真空工業会が共同で資格認定を行っている「真空技術者資格認定試験」につながるものとなるため、来年以降、資格取得を目指す予定である。

(矢野隆行 記)

表 真空夏季大学のスケジュール

8月20日(水)		8月21日(木)	
11:00～12:00	受付	8:30～11:30	気体分子と固体表面
12:00～12:30	開校式	11:30～12:30	昼食
12:30～12:45	グループ分け	12:30～15:15	真空計測
12:45～15:30	気体分子運動論入門	15:15～15:45	リークテスト
15:30～16:00	休憩	15:45～16:00	休憩
16:00～18:30	希薄気体の流れ	16:00～18:30	真空部品と可動機構
18:30～19:30	夕食	18:30～19:30	夕食
19:30～21:00	演習1(ドリル)	19:30～21:30	演習2
8月22日(金)		8月23日(土)	
8:30～11:30	真空ポンプと排気系	8:30～10:45	プラズマの基礎
11:30～12:30	昼食	10:45～11:00	休憩
12:30～15:00	真空用材料とガス放出	11:00～12:00	達成度テスト
15:00～15:15	休憩	12:00～12:15	修了式
15:15～17:30	真空システム		
17:30～17:45	休憩		
17:45～19:00	画像で見る真空工学		
19:00～20:00	夕食		
20:00～21:30	演習3		

## 九州大学での意見交換と情報収集

豊田朋範

別項「トピックス」で紹介している平成20年度奨励研究採択課題推進の一環として、2008年7月10～11日に九州大学大学院理学研究院の北川宏教授の研究室を訪問して、分子性導体の生成や研究についての意見交換と情報収集を行った。北川教授は分子性導体を含む有機電荷移動錯体や水素エネルギーの研究で数々の成果を挙げておられる。北川教授が装置開発室に助手として在任経験があることからコンタクトをとったところ快諾され、今回の訪問が実現した。

北川研究室は理学部棟の5階の半分以上を占め、スタッフ10名と学生14名(2009年1月現在)で構成される大所帯である。研究室には多数の実験器具や装置が置かれており、筆者が過去に製作した定電流電源も稼働していた(写真1)。

北川教授から、電源開発に関する重要な指針をいただいた。1つは装置の小型化・省電力の要望である。大学の実験スペース拡張は困難で、建造時からのかなり限られた空間に実験装置を設置する必要がある。また、電源容量が実験装置の増加に追い付かないことも切実な問題である。「分子研は実験スペースや電流容量が潤沢」と言われるが、赴任以来分子研から出たことがない筆者はいつの間にか分子研の実験スペースや電流容量が普通と思っていたため、装置の小型化・省電力化は重要であると強く認識した。

もう1つは温度制御の要望である。結晶の析出には温度が重要な要素として関与していることが、恒温槽で結晶を生成している様子と共に紹介された(写真2)。温度をパラメータとすることは電源開発の構想にはなかったことであり、研究者との意見交換を密に行うことの重要性を痛感した。

理学部棟内の研究室に続いて、伊都地区に移転した工学部の跡地の一角にある金属粒子をプラズマにして金属ナノ粒子を生成する装置(写真3)と極低温センターを見学した後、理学部の講義室において「電気電子技術から見た理学研究」という題目で講演を行った。質疑応答を含めて約1時間に及んだ講演では、日頃エレクトロニクスセクションで研究用電子機器の開発に携わる立場から、身近な電子機器と理学研究の密接な関連性や電子回路の設計事例を中心に講演した。北川研究室のスタッフと学生諸氏の他、理学部技術職員も複数聴講する前での講演はかなり緊張したが、貴重な経験であった。

2日目には北川研究室のゼミに参加させていただき、研究室のエネルギーや躍動感を感じた。電源開発に関する重要な指針や新鮮な刺激を得られた2日間であった。



写真1：定電流電源による結晶生成の様子



写真2：恒温槽を用いた結晶生成の様子



写真3：金属ナノ粒子生成装置



写真4：九州大学本部前にて

## Engis Lapping Machine (EJ-300IN)

近藤聖彦

近年、所内の研磨加工に対する要求は増加傾向にあり、被研磨材も金属、ポリカーボネート樹脂、ガラスなど様々である。従来、これらの研磨を行うのに1台の研磨機<sup>1)</sup>を使用し、荒研磨と仕上げ研磨を行っていた。研磨機1台での研磨加工は、荒研磨時の砥粒の残留による表面粗さの悪化、ラップ定盤交換による再調整作業が必要などの問題がある。このような点から、一般に最低2台の研磨機を使用して研磨加工が行われている。そこで、荒研磨と仕上げ研磨に使い分けて使用できるようにするため、仕上げ研磨専用の研磨機を導入した。また、表1に示すように、従来の研磨機のラップ定盤径と同サイズの定盤が設置できるタイプを選定した。

図1に示す導入した研磨機（エンギス社製,EJ-300IN）の主な特徴を下記に示す。

1. 回転数をデジタル表示できるため、速度再現が簡易になる。
2. スロースタート・ストップ機構があるため、研磨加工開始と終了時の研磨面に発生する急激な負荷が軽減される。
3. ローラアームと呼ばれる修正リングを保持する部品が2個常設されているため、より多くの試料を研磨することが可能である。
4. ケミカル研磨に対応している。

## 参考文献

[1] 近藤聖彦：平面研磨機の製作 ,Annual report 2006,p44-45

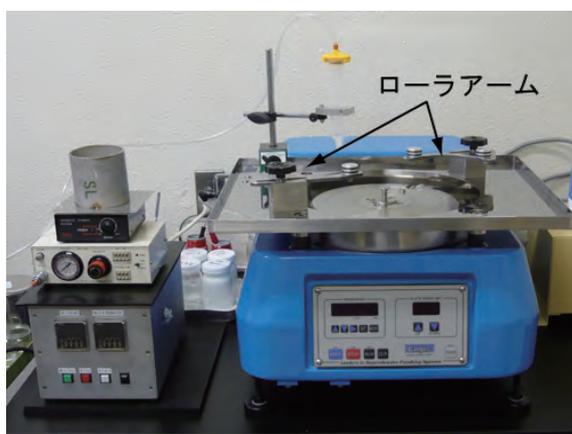


図1 EJ-300INの外観

表1 研磨機の仕様

寸法	530 × 720 × 310 mm
重量	60kg
定盤回転数	0 ~ 110rpm
モータ出力	0.4KW
使用定盤径	φ 300 mm
修正リング径	φ 143 mm
その他	ケミカル対応仕様



---

装置開発室 Annual Report 2008

平成 21 年 4 月発行

編集・発行所 自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室  
444-8585 岡崎市明大寺町西郷中 38

---

ISSN 1880-0440