

Knade

分子科学研究所 技術課活動報告

No.3

「技官、教官、事務官は研究を支える三本足の鼎である。」



鼎（かなえ）

中国古銅器のうち食物を煮る三足の器。先史時代の土器を祖型とする。殷周時代には、祭器として尊ばれ、権威の象徴でもあって、奇怪な動物文や銘文をつけたものが多い。戦国時代には、貴族の日用の器となり、華美な装飾が施されたが、漢時代には無文となり、六朝時代には衰えた。隋唐以後は、本来の用途から離れ、香炉の形として面影をとどめるだけとなった。

（小学館「大日本百科事典、ジャポニカ」）

目 次

巻頭言

装置開発の原点 電子構造研究系主幹 吉原 經太郎 1

特別企画

平松浩三庶務課長補佐を訪ねて 編集担当 加藤 清則 2

「施設の技官に望む」特集 -Part II -

..... 電子計算機センター助教授 青柳 陸 4

施設の技官に望む 化学試料室助教授 山下 敬郎 5

施設の技官に望む 装置開発室助教授 渡邊 三千雄 6

2003年に想う 極端紫外光実験施設助教授 鮎田 雅夫 7

シリーズ特集「S+」

SOR光の光化学反応と半導体加工への応用 反応動力学部門教授 宇理須 恒雄 9

シリコン表面の研究 -その技術的側面- 極端紫外光実験施設助手 田中 慎一郎 14

技術活動報告

液体ヘリウム自動充填システムでの シリアルデータ通信 極低温技術係長 吉田 久史 17

極端紫外光実験施設 極端紫外光実験技術係 蓮本 正美 20

元素分析 化学試料室技術係 野村 幸代 21

技術講座「知らなきゃ損する技術の常識」

機械工作を10倍楽しくする方法 装置開発室技術係長 堀米 利夫 24

最新技術情報

固体のNMR 機器センター助手 桑原 大介 32

Macの最新ソフト 機器センター 林口 健子 35

最新の超短パルスレーザー 機器センター技術主任 山中 孝弥 38

“声” 「本音を言わせて、聞かせて」 編集担当 永田 正明 50

卷頭言

装置開発の原点

電子構造研究系主幹 吉原 經太郎

一時期ヨーロッパへ行く毎に必ず訪れた研究所がある。The Royal Institution of the Great Britain（王立研究所）である。名前から想像するよりはずっと小じんまりした研究所で、1973年にはじめて訪れたときには教授職はポーター卿（1980年—1983年 分子研評議員）のみであった。下町のピカデリーサーカスから歩いて近い所で、ギリシャ風の柱で装飾された立派な建物である。この研究所はそのユニークな役割で世界的によく知られている。その1つは優れた研究を行うことであり。2つ目は科学の進歩や原理を社会に知らせることである。後者は特に有名で、その活動の中心は2つのレクチャーである。

ほとんど毎週金曜日にはFriday Evening Discourseが世界の有名科学者を講師に招へいして行われる。数名の研究所の専門家が約1ヶ月前から講義の準備を行うので、実験、図やオーディオ・ビジュアルを含めたディスプレーは極めてよくできいて素人にも大変分かり易い。この講義は60分目にチンと鳴る鈴の音でぴったり終了する約束になっている。いささかおかしな習慣であるが、1秒の狂いもないのがよい講義となされている。講義を聞きに来る人は後援会の会員で紳士・淑女共略正装に身を固めている。レクチャーホールの外壁には1904年デュワー教授がデュワーびんを用いて講義・実験をしている油絵が掛かっている。聴衆の紳士は皆「イカムネ」の正装で、当時の皇太子や貴族の面々が描かれている。もう1つのレクチャーは有名なクリスマスレクチャーで小中学生を対象に行われ、最近ではテレビ放映されている。このレクチャーは日本でも夏に引っ越し放送が行われ、NHKで放送されているのでご覧になった

方も多いであろう。ロンドンに行かれる方はこの研究所に立ち寄ることをお薦めしたい。地下のファラデーの実験室もそのままの状態で保存されている。

前置きが長くなってしまった。小稿で触れたいのは、レクチャーが行われる円形レクチャーシアターの外側の廊下に沿った小博物館のことである。ここには王立研究所で歴代の教授や研究者によって開発された、あるいはゆかりの深い各種の実験装置が展示されている。ファラデーの電磁石、ヤングのヤング率測定器、デービーのデービー坑内燈、チソダルの光散乱実験装置、デューワーびん、キャベンディッシュの水電解電量計、プラッグ父子のX線結晶構造解析装置、ポーターのフラッシュフォトリシス装置等々それぞれ時代を画した実験装置の数々である。これらの装置は何れも手作りである。ごつごつとしているが当時の技術者・研究者の工夫が込められている。云うまでもなく製造会社のマークなどはどこを探しても見当たらない。ここで装置を見ていると、科学研究と装置開発の原点に立ち帰らされてしまう。全く新しい研究を行うためには全く新しい装置を開発せざるを得ない。新しい装置の完成を待って、はじめて新原理が実証できる。やはりこの密接な関係をより深めて行くことが大切であろう。「新しい原理に基づいた新しい装置を製作する」という装置開発室の1つの理想に近づくように研究者技術者共に一層の努力を行いたいものである。この意味でIMSマシンのプロジェクトへ大きな期待を持っている。

特別企画

平松浩三庶務課課長補佐を訪ねて

編集担当 加藤清則

8月の暑い日の午後です。編集子は管理局3階のオフィスに平松浩三庶務課課長補佐を訪ねました。平松氏はそれまで叩いていたパワーブックのキーボードから、手をやさめインタビューに応じて頂きました。窓の外には今年完成した大型計算機センターのスーパーコンピューター棟が視界を遮っていました。氏は分子科学研究所の創設に係わり、来年（1995年3月）には岡崎国立共同研究機構管理局を退職されることになっています。

——個人的なことを伺いますが、お生まれはどちらでしょうか？

生まれたのは豊橋市内です。実家は菓子屋をやっておりました。その後、豊橋の空襲で家が焼けたため、父の在所の、豊川市平尾に引っ越しました。国民学校5年生のときでした。

——当時の思い出などありましたら話していただけませんか？

豊橋市に住んでいた頃で印象深かったことは三河地方を襲った大地震のことです。たしか、私が国民学校4年生のときだったと思います。昭和19年（1944年）12月7日、はっきりとした理由は覚えていませんが、その日は昼前に学校から帰されました。家で家族と一緒に昼食をとっていたときに、かなり激しい地震がありました。皆のあわてぶりはすごいもので、あとで聞いた話ですが、隣の家の人は障子が開かないで蹴破って外にでたそうです。地震が終わって家に戻ってから、障子を必死で反対方向に（閉める方向に）開けようとしていた、ことに気が付いたそうです。地震で倒れた家では、畳だけで囲って寒さを凌いでいました。翌年、1月の中頃の夜中にも大きな地震がきたことを覚えています。

*記録によると「1944年の地震の名称は〔東南海大地震〕、M8、都市・工場・発電所が被害を受けた」とあります。昭和16年に尋常小学校から国民学校に改称されました。現在の小学校に相当します。

——豊川に移られてからはいかがでしょう？

豊川の平尾に移り住んでからは、つらい思いでばかりです。平尾の子供達からは”町人間（まちにんげん）”と呼ばれていじめられました。遠足にいったときなど、村の子供達は白米の弁当を持ってきていたのですが、疎開した子供は芋葉、芋茎などと一緒に炊き込んでいるものですから、混ぜ物の臭いがして”臭い、臭い”といつていじめられま

した。あるときなど、農業用水に使う溜池に放り込まれ水門のところまで流され危うく吸い込まれそうになりました。必死にもがいてしがみついて助かりました。死ぬところでした。今でも水の流れを見るとぞっとします。

*”よそものいじめ”は今も盛んに行われています。強きに従い弱きをくじくのは日本の伝統技になってしまったような気がします。

——話は変わりますが、国家公務員になられたきっかけは？

中学を卒業してすぐ蒲郡の繊維問屋へ丁雅奉公に出ました。朝7時から夜11時まで働きました。昼は力仕事で、夕方から事務をとっていました。とてもきつかったです。そこで勤いた金で学校へいき、昭和33年（1958年）5月1日に国家公務員になりました。はじめて勤務したのは愛知学芸大学、つまり現在岡崎国立共同研究機構になっているこの場所です。その施設課に配属されました。

——岡崎の機構とは深いつながりがあるようですね

当時を愛知学芸大学の岡崎分校と名古屋分校（現、名古屋大学医療短大のある場所）との統合移転が計画されていて、私はずっと係わってきました。施設係長という立場の人はおらず若手がすべて計画しました。そして、昭和44年に現愛知教育大学のある刈谷へ施設係員として赴任しました。明けて昭和45年4月1日、愛知教育大学として統合開校しました。新設当時の大学は建物しかなく殺風景なので校舎の周りにカイズカイブキを植え、グラウンドには杉の木を植えました。今では立派な並木になっており、それらを見るたびに当時を思い出します。昭和47年に経理部へ配置換えになり、共済の仕事や俸給計算などをやっておりました。昭和50年に分子科学研究所へ転勤しました。転勤とはいっても古巣へ戻った訳です。

*平松さんは愛知教育大学の統合に深く関わられ、さらに再び、ここ岡崎で分子科学研究所の創設に尽力されました。

——創立当時というのは私にはイメージが摑めないので、当時の状況はどのようだったんでしょうか？

5年間使用せず放置してあった学芸大学跡地に戻って一番さきに行ったことは、周辺の住民に好い印象を持つてもらうことでした。そのため連日、大学跡地から民家の庭に伸びた樹木の枝を刈り払うことをしました。毎日午前中は鋸や梯子をもって枝払いにと歩き回りました。現在ロッ

ジがあるC地区やグラウンドのあるE地区まで出かけました。旧学芸大学の図書館が事務所になっており、分子研側の職員としては、井口教授（現機構長）や、技術課には木村啓作さん（現姫路工業大学教授）がおられました。昭和52年に実験棟が完成するとその2階に事務所を間借りしていました。54年に管理局の建物が完成して移転するまでそこで事務を行いました。当時、この跡地に雉や狸が多くすんでいました。

今の図書館の裏にタイル張りの池がありますが、そこに鯉の稚魚、一万匹余りをいれ、六供町にある付属小学校から睡蓮の葉を運んで浮かべ、風情を楽しんでおりましたら、稚魚はすべて五位鷺に食われてしまいました。それ以後魚は放していません。

*余談ですが私も今年、研究所周辺で2回狸を見かけました。野性動物がこの周辺に生息しているのをみて感激しました。

昭和56年に技術課が管理局から独立し、分子研技術課になりました。平松さんの話は続きます。浜名湖へ3人で釣りに行って蝶がたった一匹しか釣れなかった話、野球機構リーグの話など。以後の話の中では技術課員の名前もちらほら出てくるようになりました。機構現代史に関する話は、申し訳ありませんが紙面の都合で割愛させて頂きます。平松課長補佐の住所は、宝飯郡小坂井町大字伊奈字前山です。名鉄本線伊奈駅の近くにお住まいです。平松さんは定年になるのがもったいないほど元気でいらっしゃいます。これからも、何処かで元気に働いておられる平松さんにお会いすることができるかもしれません。

「施設の技官に望む」特集－Part II－

電子計算機センターはどこへ

電子計算機センター 青 柳 瞳

電子計算機センターは、分子研の1研究支援施設でありながら管理棟と地続きで、研究所とは渡り廊下はありません。センター設立の準備段階では、現在の情報図書館のように岡崎機構全体の施設として機能すべきだとの意見もあったと聞きます。その一方で、スーパーコンピュータの運用に代表されるように、センターは分子科学計算分野の研究支援のためにその業務の9割以上を当ててきました。岡崎機構全体に関わる業務はおろか、研究所内の実験研究系に対する支援業務でさえも十分に行ってきたとは言えません。このような意味で、我々の電子計算機センターは大学の大型計算機センターや計算機室と比較してその設立目的は大きく異なります。16年前の概算要求資料に、当センターの大型計算機システムの要求理由の一つとして「波動関数計算装置として」という記述があることからも、その特殊性がうかがえます。

ここ数年間、いわゆる計算機のダウンサイズによって高性能のワークステーション(WS)を研究室で購入できるようになり、計算処理の大部分をWSで行っている研究グループが増えてきました。一昨年の更新でスーパコンのオペレーティングシステムは大型機特有のものから、標準的なUNIXに替わり、同時に端末もWS、マッキントッシュといった市販品が導入されました。機構そして分子研ネットワークの管理と運用に対するセンターの関わり方についても、真剣に議論され始めています。センターも時代

の流れには逆らえず、この状況が続ければ、大規模な分子科学計算に特化した計算機システムの導入に専念してきたセンターの存在意義が縮小されてゆく可能性があり、センターの将来に向けて、危機感を否定できません。

「計算機センターの位置づけ」というと大げさに聞こえますが、今まさにセンターは、これから10~20年後の位置づけを左右する過渡期であり、これから数年間の方針決定は16年前の設立当初と同じくらい重要である、と感じるのは私がまだ赴任2年目で肩に力が入りすぎているせいでしょうか。もし過渡期であるならば、センターの将来を決める大きな要因は、理論家、特に理論計算屋の研究指向にあると思われます。10年前にセンターのスーパコンでようやく可能であったような計算を、手元のWSで行うことができるという、「当り前のこと」に過度の喜びを感じ、WSでできる仕事を数多く行う計算屋はどんな時代になっても確かに必要でしょう。しかし、自分の研究推進のためにセンターの計算能力の飛躍的な増強を望み、センターの計算資源の占有をも厭わない、そんな研究指向を持った理論家にセンターの将来を期待したいと思います。

おことわり

本分中に見られるセンターの方針に関する記述は、当然のことながらセンターの意志決定機関である所長、センター長、運営委員会によって議論されるべきことであり、ここではセンターの一職員として「本音のコーナー」的な発想で意見を述べさせて戴いたことをご了解下さい。

施設の技官に望む

化学試料室助教授 山下敬郎

昨年、分子研の点検、評価の関係でインタビューを受けたドイツのWolf教授は、試料提供および結晶構造解析のサービスの必要性を強調されていた。研究者の側からするとこうしたサービスがあれば非常にありがたい。しかし、試料提供のサービスを行うのは、日本の現状ではなかなか難しいと思われる。私自身有機合成を中心とした研究をしているが、合成の仕事はきつい、汚い、危険という3Kにまさにあたるもので、サービス業務として行うにはかなりしんどい。薬品を単に混ぜ合わせるだけなら楽であるが、実験の後には洗い物の山。料理をした後を想像して頂ければよい。料理の楽しみはレシピに従って誰がやってもできるものを作ることではなく、自分流の味を出すところにあると思う。合成の方も同じで人がやっていない新しい物質を作ったり、新しい反応を見つけたりすることは非常に楽しい。毒物の危険、いやな匂い、洗い物の山もさして苦にならなくなる。しかし、人がやってないこと、文献ないことをするのはサービスではなく研究である。合成のサービスの難しさはここにあると思う。若い人にサービス業務として合成の仕事を行わせるのはかわいそうである。一通りの合成技術は大学の卒業研究で身につく程度のものがあるので、合成のプロというのもそれ程価値のあるものには

見えない。一方、結晶構造解析の方はといふとコンピューターソフトの進歩でルーチンワークになってきている。といつても全くの素人が構造解析を行うにはかなりのバリヤーがあり、適当な指導者がいないとなかなか難しい。機械のメンテナンスのことを考えると、構造解析の方はサービス業務として充分に成りたちそうである。

さて、化学試料室には現在2名の技官がおり、1名は合成研究を、もう1名が元素分析、質量分析のサービス業務を行っている。化学試料室には薬品や廃棄物の管理という重要な任務があり、現在の人員でこれまで以上のサービスを提供するのは難しいと思う。合成の方では前に述べた理由もあって研究者が合成実験を行うのを援助する程度しかできないだろう。ただし、液クロなどの各種クロマトによる分析はお手伝いできる。元素分析、質量分析は毎年依頼数が増加しており大変であるが、研究者の要望に答えるべくなんとか迅速に処理していって欲しい。その他のサービス業務として前にあげた構造解析、NMRの依頼測定が考えられるが、それぞれに担当する人員が必要となる。こうしたサービスを充実して大学にある分析センターの役割を果たすことが化学試料室の将来構想の1つとして考えられよう。

施設の技官に望む

装置開発室 渡辺三千雄

技官の皆さんには、分子化学研究用装置作りに対し、巾広い技術を持っておられるように思います。たとえば、テクニカルサービスの皆さんのが、設計のみならず製作技術も持つておられるような点です。私が今までに経験して来た職場では、設計と製作は分業されていました。設計と製作の双方を経験することにより、それぞれの技術に磨きがかかり、良い事だと思います。

IMSマシンについても、かなり研究分野へ首を突っ込み、装置を試作されているのに感心しました。

今後は、さらに技術の巾と高さを向上させて、より高い

技術者集団に成長していきたいと考えております。

そのためには、研究者のニーズを把握し、それらをうまく統合し、技術向上を図ることが大事かと思います。

一人で全ての技術をカバーすることは、不可能です。それぞれの人が特徴を持った技術を獲得し、装置開発室全体で、より高いレベルの技術対応ができるようになってからと考えております。

技官の方々が、それより成長されるためのバックアップをしていきたいと思っております。

2003年に想う

UVSOR施設 鎌田雅夫

分子研UVSORの20周年を祝う会に出席して、UVSORのすばらしい発展に対して、心より喜びを感じると共に、それに多大の貢献をされた関係者、とりわけ技官諸氏の功績を讃えたく存じます。

私が観測系の助教授として奉職しておりました10年前は、建設期が終了し、ビームラインもほぼ満杯になり、SR光利用の研究成果が所内外から問われ出した頃でありました。時あたかも、全国の大学研究所の見直し、点検評価の嵐が吹いていたころがありました。分子研も例外ではなく、お役所むけの書類に研究所あげて取り組んでいたのを覚えております。多くの大学が単なる体裁作りに終わってしまったのに対して、分子研はこれを積極的に活かして、研究所挙げてUVSORの利用に真剣に取り組まれたことが、今日のUVSORの発展の基になったと思われます。なかでも、所長はじめ諸先生がたが、UVSORを物心両面から支援され、概算要求や所内処置でもって、施設の人員増に多大のご尽力をされ、光源系および観測系のスタッフの数を技官の方々を含めて、10年前の数倍に増やすことによって、新しい流れを導かれたことが今日の分子研UVSORの成功の要因であることは、申すまでも有りません。

UVSORは、今まで、年約42週をユーザー利用、4週をマシンスタディー、保守点検を夏冬2週ずつと春秋1週ずつの計6週、のフル稼働でやってきました。部品の点数を考えるとよく重故障もなく、安定な光を供給できたものと胸をなでおろす思いであり。光源系の教官ならびに技官諸氏の、加速器の計算機制御、ウイグラーーやアンジュレータなどの挿入光源の運転、建物やユーティリティーの確保などに対するご努力に心より感謝いたしております。また10年前は、観測システムとしては、所内専用のビームラインが9本、施設利用のビームラインが10本でさらに1本が建設中であり、当時で年間のべ600名にものぼる共同利用の人々が入れ替わりやってこられ、それを観測系の助教授2、助手3、技官4で対応するわけですから、その世話だけでも大変でした。それに加えて、すでに優れた実績を挙げていたビームラインの飽くなき改善、老朽化しつつあるビームラインの再建、魅力ある新ビームラインの建設、さらに新リングの設計（現在建設中で、完成は200X年と聞いています）などが達成できたのは、UVSOR施設の技官の方々の奮闘の賜であり、また分子研の技術部の方々のご支援、ご尽力のおかげであります。

思い返せば、10年前は、混沌ありました。技官の方々に關係することに限って言いますと、UVSORの建設期に

6名の方々が着任されて以後、それまでの10年間に人員の増加や移動はありませんでした。したがって、着実に毎年1才ずつ歳をとっていき、最年少の方で30才、最年長の方で53才、他に30才台が2名、40才以上が2名で、平均年令41才になっていました。体力的にも最盛期を越し、従来の様なしゃにむなやり方では通じなくなつて来つつありました。いずれも一人前以上の方々ばかりでしたが、技術革新や研究手法の進歩、ユーザー層の多様化など、日進月歩の変化に対応し、自らの技術力を高めていくには、他にやることが多すぎて、充分ではありませんでした。助手や助教授は昇進がなく、他に転出および新たに着任しましたので、学問・技術の面で新しい風をその都度吹き込んでいましたが、技官の方々に対する技術指導の方針は一貫せず、技官の方のほうが年齢が上になって、変な遠慮ができつつあることが、それに輪をかけておりました。一方、当時の技術課も業務上はバラバラで、技官の方々の勤務状況を把握し、指導・協力し、後継者を養えているとは言いがたい状況と思えました。したがって、良きいえば技官の方々の自覚にしたがって思い通りに仕事ができる状況でしたが、裏を返せば、放ったらかしの無責任体制でもありました。たとえば、朝の運転当番の定刻である8:20分に遅れたり、ある日突然に休みを取ったりと、勤務時間ひとつを取ってみても、いいかげんになりかけていたと思います。また、依頼された仕事が放置されたり、約束の納期になつても完成しなかつたり、片づけ仕事などの面倒な仕事がなおざりにされつつあるようにも見られました。さらに、仕事の上の話題が互いに交わされ、教え合うことや、自分のやったことをきちんと報告することも少なくなっているように思われました。

私は以前の職場で、どうしようもない技官（休みがちで、朝から茶店にエスケープ）。4時には仕事を止めて、一杯やる。頼んだ仕事の納期は守らないし、大抵は図面どおりになつてない。それで文句をいうと、以後仕事を受け付けてくれない。そのくせ、上手にゴマをすると、即座にやつてくれる。などなど）の例を知っていました。当時の分子研の技官は較べものにならないくらい素晴らしい方々ばかりでしたので、そのようなことにはなりようがないと信じていた反面、ひょっとしてそのような悪しき公務員本質が混入しない保証はないし、あと10年経つとどうなるかと不安が脳裏をよぎることがありました。そんなことから、当時は助手・技官の交流と一体化、ビームラインや業務の担当制、業務依頼方法の一本化、休日の届出制などの改革路

線でやっていました。現在の分子研UVSORの発展を見るならば、当時の考えは全くの気謙に過ぎなかった訳で、くだらないことを考えるくらいなら、もっと早い時期から技官の方々の情熱と能力、自己研さんと相互鞭撻を信じるべきであったかもしれませんが、……。

ここ10年間のUVSORの発展は目を見張るものがありました。建設期を除いて、以後に製作した分光器は必ずしも UVSORのアイデアの分光器が期待どおりの性能を發揮できず、世界の分光器の開発競争に遅れを取っていました。それを払拭するきっかけになったのは、BESSY（ベルリン電子蓄積リング）のSenf達によって、UVSORのアイデアが高く評価され、きっちり作れば性能が出せるはずであるというので、1994年にBL8B1に、いまだに高性能を發揮しているUVSORブランドの定偏角分光器、を作り、その性能がほぼ計算どおりであることが分かったことです。その後、1994年から1995年にかけてBL5Aに定偏角と直入射マウントの結合タイプのSGM-TRAINというという新型の分光計が完成し、予想どおりの高性能を発揮し、さらに199X年にはBL3A2の初代定偏角分光器も改良が施されて、定偏角分光器に関しては他の追随を許さない実績を得ることができました。199X年にはBL4に長尺ライン用の分光器が設置され、すばらしい性能を発揮しました。また、既存のビームラインの再建が進行し、多くのビームラインの性能が格段に更新しました。これらは技官のS氏とN氏という機械設計のプロが、観測系の助手・助教授と一致協力して頑張ってくださったおかげです。また、M氏、Y氏が整備されてきた2結晶分光器についても、UVSORの駆動機構の信頼性が高く評価され、設計に携わったS氏は1992年に中国から技術指導のようへいを受けて、ほぼ1ヶ月の滞在をされました。台湾からも1994年に同様の評価を受け、技術交流が盛んに行われるようになりました。インドや韓国などの放射光施設とも光利用が始まった1995年当たりから一層盛んに技術交流や人物交流が行われ、アジアにおけるUVSORの貢献度が高く評価される様になったのも、ひとえに技官諸氏によるUVSORの放射光技術レベルの向上のおかげであります。

さらに、計算機の発達と共に、分光器の駆動システムが従来のコントローラー方式からマイコン制御方式に移行することによって、より精密な駆動や複雑な測定モードがいつも簡単に行えるようになりました。また、測定後すぐに結果の図が出来でき、データの解析や最終図の製作も容易になり、操作性がこの10年で見違える様に向上しました。これらは、H氏やM氏によるところが大であります。ユーザーの支援業務においても、ビームライン担当制が定着し、ビームラインの性能が常に維持され、質の高いデータが容易に得られる様になると共に、ユーザーとビームライン担当者の間で、多くの新しい測定技術の向上が計られ、多チャンネル検出、高速時間分解計測、圧力、磁場、低温の極限条件下でのSR計測、レーザーとSRの同時計測などの多くの成果を上げることができ、多くの優れた業績がUVSOR利用から生まれました。ユーザーから、UVSORは物品が良く整備され、工具や消耗品もきちんと整理されていて、大変使いやすく、実験データに信頼性がおけるとの評判を得るに到ったのは、M氏やK氏によって、マニュアルやガイドブックが完備され、また各技官の方々がそれぞれの担当物品に充分目を行き届かせていただいたおかげであります。そのおかげで、ユーザーにかなりの部分まで自力で実験していただくことが可能になり、技官諸氏の方々が技術の研さんに打ち込む時間的余裕ができました。

私がUVSORを去ってから、早やX年の歳月が過ぎ去ってしまいました。この間技官のK氏は2年前に無事退職されましたが、その後の設備や建物の保守点検がどうなるかと心配でしたが、Y氏が引き継いでおられるので、いささかくたびれてきたUVSOR施設の設備もまだあと10年やそこいらは大丈夫でしょう。また、M氏、H氏、N氏を中心に、新リング計画が200X年を目指して進行中でありますので、分子研UVSORの10年後が大いに期待されます。最後に来春退職されるご予定のS氏には、第二の人生の門出をお祝い申し上げますと共に、長年分子研UVSORの発展にご尽力されたことに対して心より感謝の意を表したいと思います。

シリーズ特集「Si」

前号から続いていますこの特集、読んで頂けたでしょうか。今回はSOR光を利用して研究をされている、反応動力学部門の宇理須恒雄教授とUVSORの田中慎一郎助手です。お二人にたいへんお忙しいところ、執筆をお願いいたしました。ガラス技術を特集するつもりがなぜかシリコンになってしまったこの特集ですが、今回もこのコーナーから何かを得て頂ければ最高です。

SOR光の光化学反応と半導体加工への応用

反応動力学部門 宇理須 恒 雄

はじめに

放射光による化学反応を半導体プロセスに応用しようとする試みは約9年前にスタートした。エッチング、CVD、など初期に確認された反応以外にエピタキシャル成長、固相エピ、表面清浄化、などの多様な反応が原理確認の段階ではあるが、試みられている。また、研究者の数も徐々にではあるが着実に増加しつつある。10年ひと昔というが、スタート時と現在ではたしかに、研究の質、量ともに変わっているように、感ずる。現在のところまだ実用にはいたっていないが、いくつかの反応は、小形SOR装置の普及により実用化すると考えられる段階にきている。その可能性の高いものの一つがエピタキシャル結晶成長である。SOR光反応は新しい分野だけにほとんどの装置について専用のものを開発せねばならず、装置開発としても面白い分野ではないかと考える。本報告では、本分野のスタート時を振り返った後、SOR励起エピタキシャル成長について現状と将来展望を報告する。

I スタート時：分野形成期（1985～1989年頃）

放射光の産業応用が活発になりだした時期であり、またレーザ励起プロセスの研究が活発になっていた時期でもあったため、それとの類推から、放射光の新しい産業応用の芽として、光励起プロセスの試みがスタートした。実用を考える必要は全くなく、まず、どんなことができるかを明らかにすることが目標であったといえる。この分野の発展にとって非常に幸運であったといえるのは、比較的最初から、いくつかの面白い現象が見いだされたことである。

図1は反応ガスとして SF_6 をもちいて SiO_2 がエッチングされることが見いだされた時の写真である。この場合、反応ガスに酸素を添加すると図2に示されるような特徴的な材料選択性が現れる。同様な材料選択性—“絶縁物で反応速度が大きく、半導体単結晶では小さい”—はチッ化膜の堆積にも見いだされた。図3に示されるように、反応ガス $\text{SiH}_4 + \text{NH}_3$ の NH_3 の成分比を上げてゆくと、膜中のNの比率が急峻に増加する所が存在する、この急峻な変化をするポイ

ントが基板材料により異なることがわかった。これらの材料選択性は、まだ詳細な反応機構の解析はなされてはいないものの、Knoteck-Feiberman機構および、これを共有結

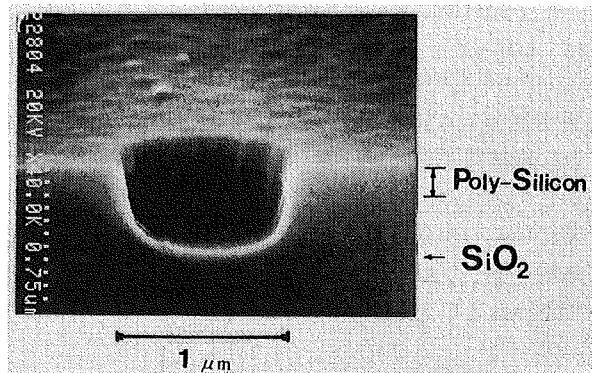


図1 SOR光励起エッチングによりつくったパターン。ポリシリコンをエッチングマスクとして SiO_2 がエッチングされている。反応ガスは $\text{SF}_6 + \text{O}_2$ 。

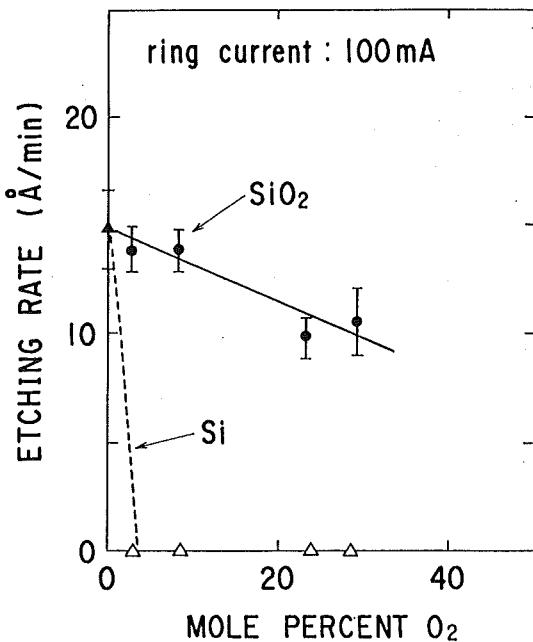


図2 SOR光によりエッチングした時の SiO_2 とSiのエッチング速度 反応ガス $\text{SF}_6 + \text{NH}_3, \text{O}_2$ の O_2 添加量依存性。

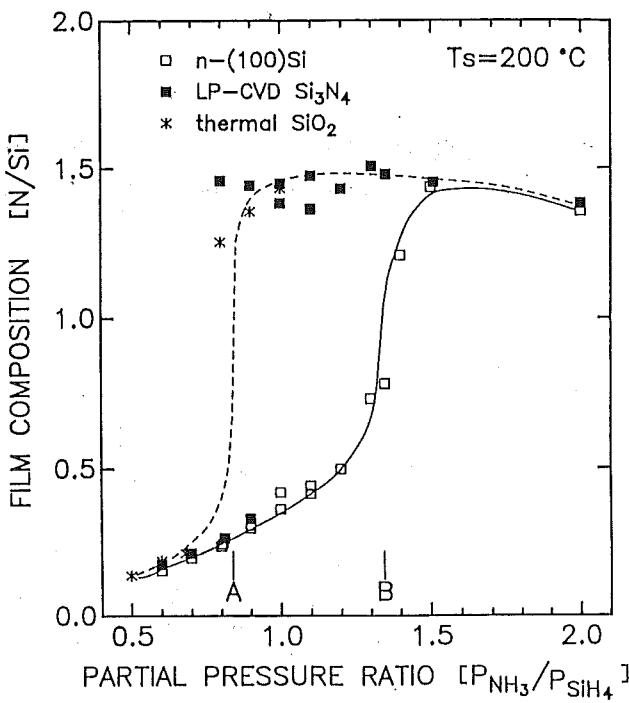


図3 SOR光により Si_xN_y 膜を堆積した場合の膜組成(N/Si)のガス組成依存性。基板材料により急峻な変化点が異なる。

今まで拡張したRamakerのモデルによって定性的に説明され、内殻電子の励起に固有の現象であると考えられている。このように、おや、と思うような現象が研究のスタート時にいくつか見いだされたため、その後の研究を進めるにあたり多くの人の支援を得ることができ幸先の良いスタートであったといえる。

II エピタキシャル成長応用

応用と純粋基礎研究が分離、いいかえれば、応用について、暗中模索ながらも明確に応用を意識し研究テーマの設定がなされはじめたといえる。この結果、エピタキシャル成長、原子層堆積、CVD前の表面修飾、選択エピタキシャル成長、プラズマアシストSRエッチング、などが例であり、現在も熱心に研究が続けられている。一方基礎研究としても、研究内容が高度化しつつあり、イオン、中生種の脱離の検出、その励起波長依存性などの研究が展開されている。急速に新分野が発展しつつあるといえる。

放射光とMBEの組み合わせは実用化の可能性の高いものの一つと考える。MBEの超高真空性、清浄性の要求は、放射光装置と相性が良い。ここではSiのガスソースMBEについて紹介する。

(1) 放射光励起SiガスソースMBEと原子層堆積

光励起ガスソースMBEは図4の一般的特性を示す。

(I) 高温領域 (II) 中温領域 (III) 低温領域とでも呼ぶような3つの領域がある。(I)は温度が十分高く表面での反応が早いため、気相から表面へのガス供給が反応を律速している。IIは表面のSiH結合が反応を抑制するため、表面の水素の脱離が反応律速となっており、急峻な温度依存性が現れる。領域IIIは気相の表面の吸着種が放射光で分

解し堆積するため、堆積速度が温度に依存しなくなる。反応ガスとして Si_2H_6 および SiH_2Cl_2 を用いた場合の実験例を以下に述べる。図5は Si_2H_6 を反応ガスとして用いた場合の堆積速度の基板温度依存性を示す。放射光の無い純粋の熱堆積の場合を点線で示してある。600°C以下の領域では急峻な温度依存性があり、表面の水素の熱脱離が律速となっている。また、そのため、ガス圧依存性が小さくなっている。放射光照射時の堆積はガス圧依存性が顕著となり、放射光照射による堆積速度の増大も顕著である。図5には 1.5×10^{-4} torrと 1.5×10^{-2} torrの場合が示してあるが、いずれも、図4の一般的特性と良く一致する。熱堆積と比べると放射光照射による堆積速度の増大も明瞭である。

SiH_2Cl_2 の場合の堆積速度の基板温度依存性を図6に示

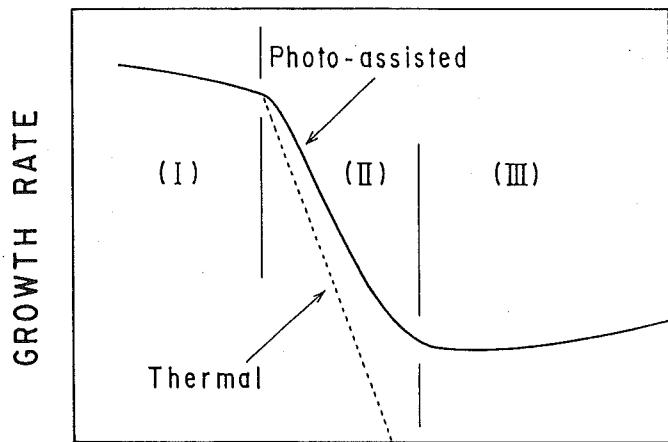


図4 光励起ガスソースMBEの一般的特徴。点線は純粋な熱反応。
I II IIIの領域は本文参照。

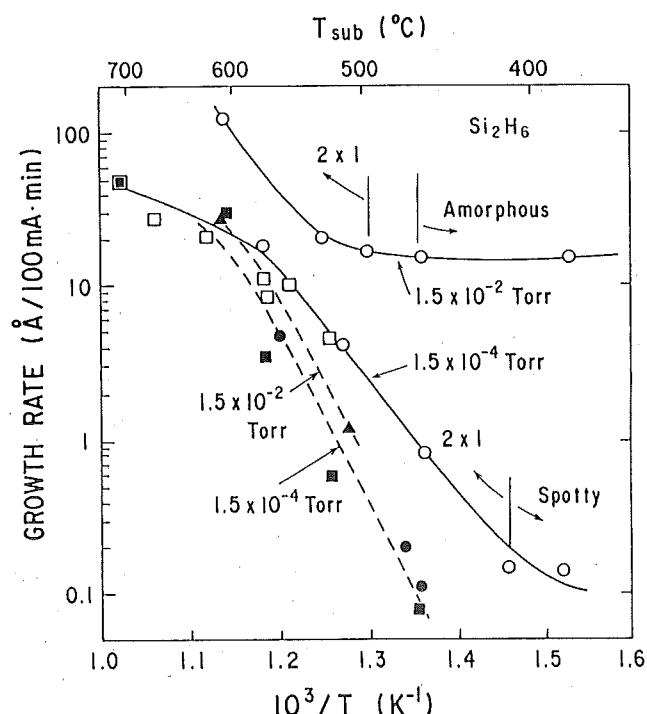


図5 ジルコニアを用いた時のSiの結晶成長の基板温度依存性。
純粋な熱反応と、SOR光励起の場合。

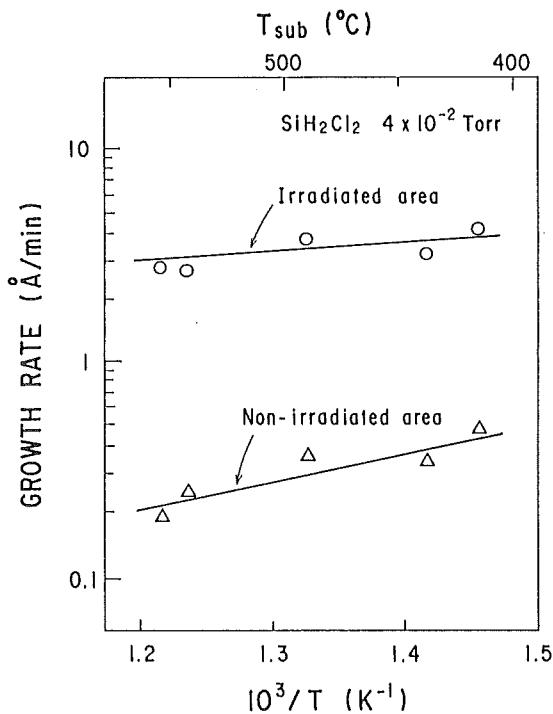


図6 反応ガス SiH_2Cl_2 を用いた時のSOR光励起結晶成長堆積速度の基板温度依存性

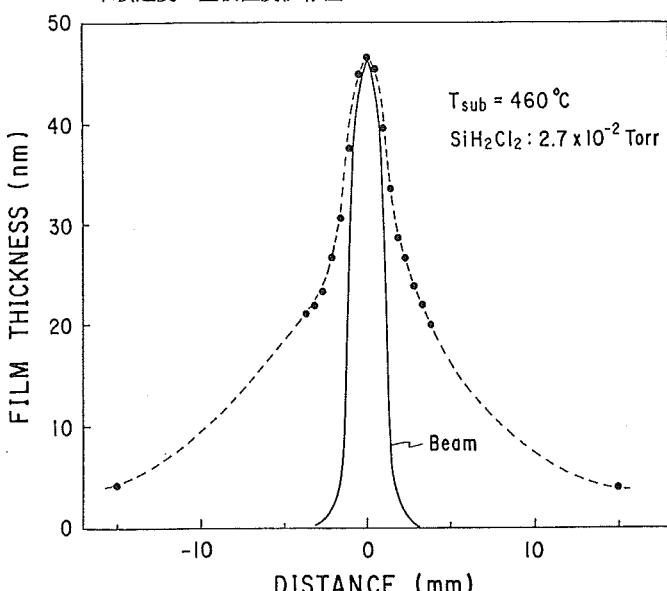


図7 反応ガス SiH_2Cl_2 の場合のSOR光励起MBE。堆積膜の膜厚分布と光強度分布。

す。堆積した膜のプロファイルと放射光ビームの強度分布の比較を図7に示す。膜のプロファイルはビームの強度分布と比較して、幅広く裾をひいており、気相で分子がイオン化あるいは分解し、表面に到達し、結晶成長に寄与しているものと考えられる。 SiH_2Cl_2 の場合、実験の温度範囲(400–550°C)で堆積速度は温度にはほとんど依存しない。即ち、図4の(III)低温領域の特性となっている。これは SiH_2Cl_2 の場合 SiCl 結合が表面を覆っており、この結合エネルギーが大きいため、熱反応では Cl の脱離が起こらないためと考えられる。熱堆積が無視できるほど小さいにいかかわらず、非照射領域に堆積が見られる理由は気相励起の寄与があるからである。

Si_2H_6 と SiH_2Cl_2 との間の特性の比較で面白いのは、結晶性についてである。結晶性の評価はRHEEDを行い、 Si (100)面であるので、 2×1 パターンが観測された場合、層状成長しており、良好な結晶性が得られていると一応判断した。図5のシミュレーションでは、ガス圧 1.5×10^{-4} torrで約400°Cまで、 1.5×10^{-2} torrでは約500°Cまで、良好な結晶が観測された。これらは、いずれも表面をターミネイトしている水素が反応を制御している領域である。表面の水素のコントロールがきかなくなる低温領域でRHEEDパターンはアモルファスあるいはスポットティになる。即ち膜中に水素が取り込まれると結晶性が悪くなるものと考えられる。

それぞれの場合のRHEEDパターンの例を図8に示す。一方、興味深いことに、 SiH_2Cl_2 の場合は気相励起の寄与が大きい低温領域の特性であるにもかかわらず、実験を行った全領域で一応 2×1 パターンが見られる(図9)。層状成長が保たれていることを示す。これは Cl が膜中にとりこまれにくく、かつ、 Cl が表面から脱離する何らかの化学反応プロセス、例えば、 $\text{SiCl}(s) + \text{H} \rightarrow \text{Si}(s) + \text{HCl}(g)$ などの寄与があるものと考えられる。実際、堆積速度の反応ガス圧依存性(図10)は単純に反応ガス圧に比例するのではなく、圧力の1.3乗に依存し、上記のような反応の存在を示す。

SiH 結合や SiCl 結合が表面の反応を抑制していることから、ガスを飽和吸着させる過程と、これに光を照射して、表面の抑制種を脱離させ、再び吸着に対し活性にするという過程をくりかえしてエピタキシャル成長を繰り返すいわ

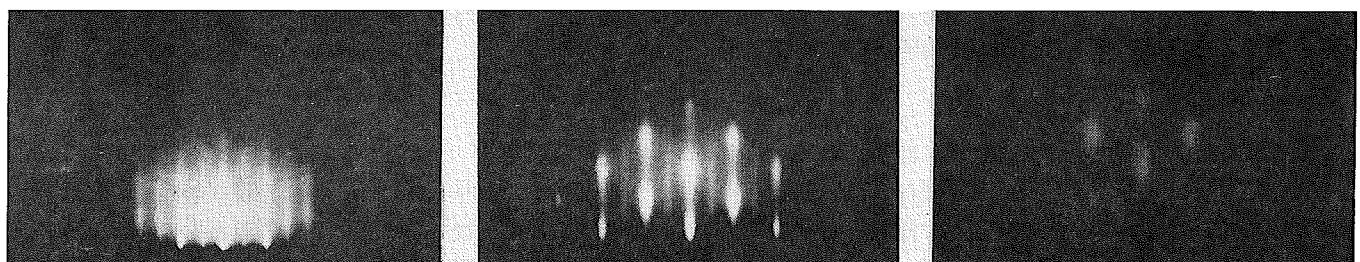


図8 Si_2H_6 のSOR光励起MBE RHEEDパターン。ガス圧 1.5×10^{-4} torr。左から、基板温度520°C、410°C、180°C。

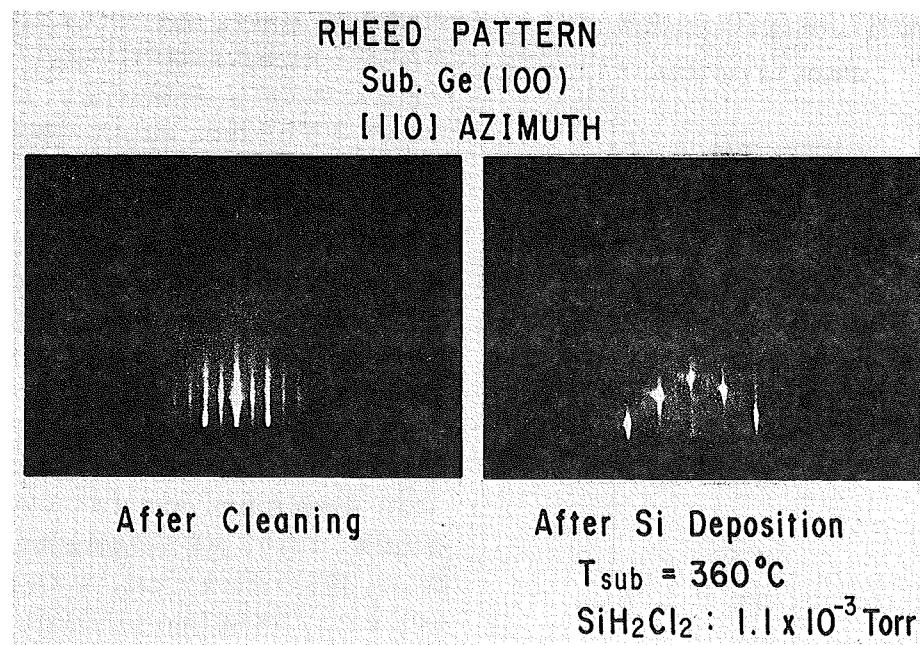


図9 SiH_2Cl_2 の場合のSOR光励起MBE。RHEEDパターン

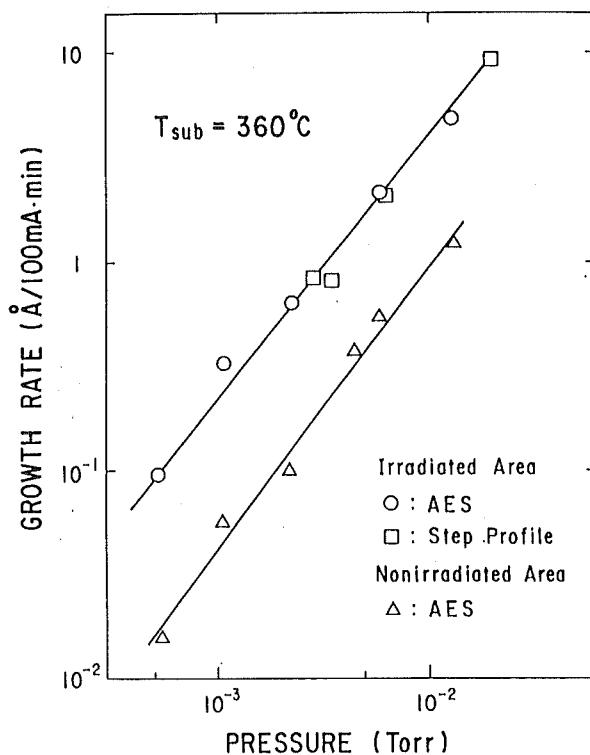


図10 反応ガス SiH_2Cl_2 を用いたSOR光励起MBEの堆積速度のガス圧依存性。

ゆる原子層堆積が考えられる。 SiH_2Cl_2 の場合図11に示すようなほぼモノレーヤでの飽和吸着が観測され、実際5サイクルの吸着-放射光照射の繰り返しで図12に示されるように、Siの堆積が観測された。

IV 将来展望

放射光励起プロセスについては、現在の高度成長はまだ序の口で今後ますます急速に質量ともに発展することが予測される。実用化という観点から著者自身は付加価値の高いエピタキシャル成長とその周辺への応用に一つの可

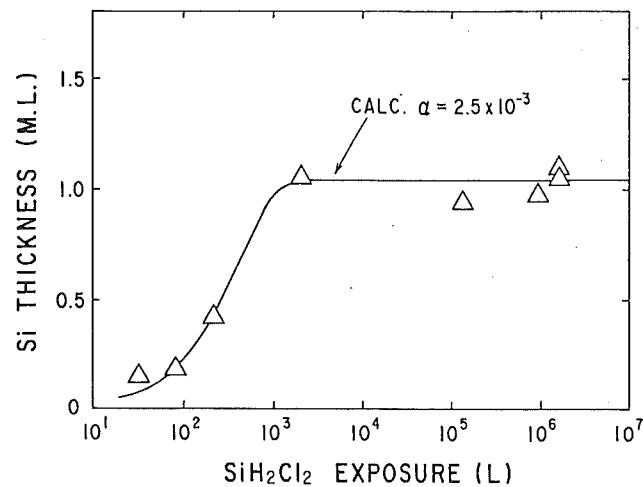


図11 SiH_2Cl_2 の飽和吸着特性。

Auger Electron Analysis

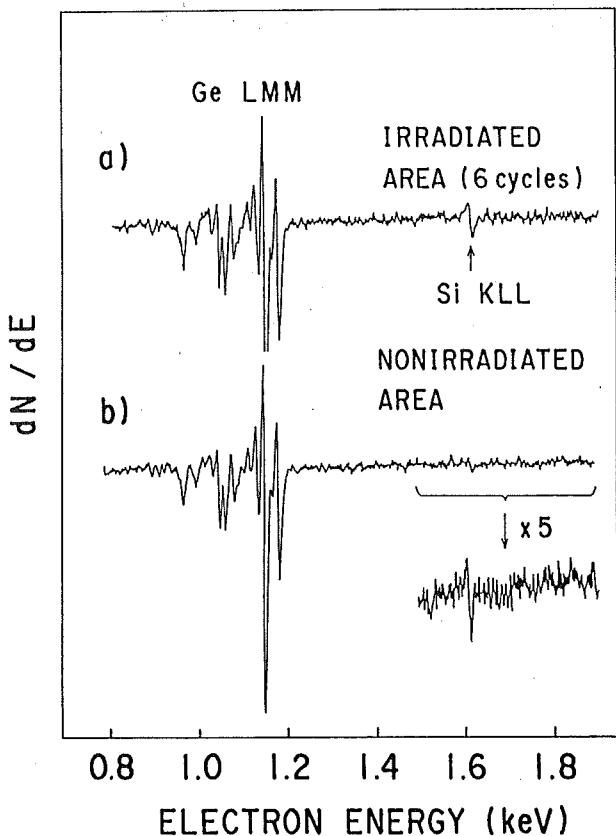


図12 SiH_2Cl_2 による、レイヤー、バイ、レイヤー堆積。6サイクルの堆積量をオージュ電子分光による分析で測定。

能性を期待している。現状でもすでに、ものによっては十分実用になるレベルである。たとえば、BML基板の作成などには十分使えそうである。また、ZnTeの結晶成長は比較的大面積で実現されており、これはすでに素子製作に使える大きさである。また、装置の観点からも、すでに実用的な小形SR装置が開発されている。すなわち、SR-MBEについては、小形SR装置の普及により、現在の通常のMBEレベルに実用化することはほとんど確実であると予測できる。したがって、何に応用するかが最も重要で、色々なアイデアを試みることが現在の課題であろう。また、著者自身は実験を行っていないが、マイクロマシン応用も面白そうな課題である。マイクロマシン自体、放射光の微細加工技術の応用のターゲットであることから、局所的なエッチング、清浄化、膜堆積が可能な光反応プロセスとの組み合わせに新しい展開が期待される。

参考文献

全体的解説として、

T. URISU et al; Appl. Organometal. Chem. 5, 229 (1991)

シリコン表面の研究 ……その技術的側面

UVSOR助手 田中慎一郎

シリコンは電子材料として現代文明を支える「魔法の石」であるが、その役割を果たす上において、電極を繋ぐためには表面に金属を蒸着しなければならない、絶縁体を作るためには表面から酸化させていかなければならない等々、「表面」の問題は避けることができない。そのため、固体表面の中でもシリコン表面は最も多くの研究がなされている系のひとつと言ってもいいだろう。本稿では、まずシリコン表面の構造などについて簡単に解説し、次に実験における具体的、技術的な話を述べる。

シリコンの結晶は、いわゆるダイヤモンド構造と言われる構造からなっている。そして、この結晶をある方向にそつて切ったその切り口が表面というわけだ。の中でも、対称性のよい2つの表面、すなわち(100)面と(111)面が多く研究の対象となっている。表面では原子の再配列が起こっており、固体の内部（これを「バルク」という）とは異なる表面特有の構造をしている。この表面構造は、温度や表面作成方法によっても異なるが、以下では最も安定な構造について述べる。

Si(111)面の構造は、1959年にバルクでの結晶格子の 7×7 倍の周期をもった構造をしているというFarnsworthらの報告以来、いくつかのモデルが提案されてきたが、長らく不明のままであった。東京工業大の高柳らによって、最終的に受け入れられたモデル（DASモデルと呼ばれる）が提案されたのは1985年のことであった。この表面のモデルを図1(a)に示す。ダイマー層、アドアトム層、スタッキングフォールト層の3層からなる複雑な格子である。Si(100)面では、表面シリコン原子2つがお互いに結合し、ダイマー（2量体）を作っている〔図1(b)〕。このため、表面の単位格子としてはバルクの単位格子の 2×1 倍の大きさをもつ。このダイマーは、実際には表面に平行ではなく、やや傾いている。この傾きが右上がりか左上がりかというのは、室温ではランダムに配列しているが、100K程度の低温だと周期的に配列することがわかっている。

表面の電子状態も、バルクのそれとは異なっている。バルクの電子軌道とは対称性やエネルギーが異なった、いわゆる表面準位があり、そしてそのような表面の電子状態は、表面の構造が異なっていたり、表面に別の物質が吸着すると当然大きく変化する。トランジスターなどの電子素子における整流作用や增幅作用を理解するにおいて、このような変化したシリコンの表面の電子状態についての理解は欠

かせない。

図2に、UVSORのBL2B1で観測した、Si(100)表面(2×1)表面のシリコンの2p準位の光電子分光法による観測結果を示す。(a)は清浄表面、(b)はカリウムを、(c)は塩素を一原子層吸着させた表面である。点線は成分に分けたものである。一つの成分はスピン軌道相互作用によって2本の分裂したピークからなっている。Bで示した成分はバルクの成分であり、表面状態を変えた3つのスペクトルにおいて変化していないのに対し、Sで示したものは表面の成分であり、表面の状態に応じて変化している。清浄表面(a)では、傾いたダイマーの上側の原子

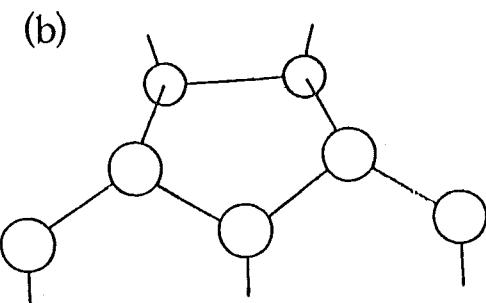
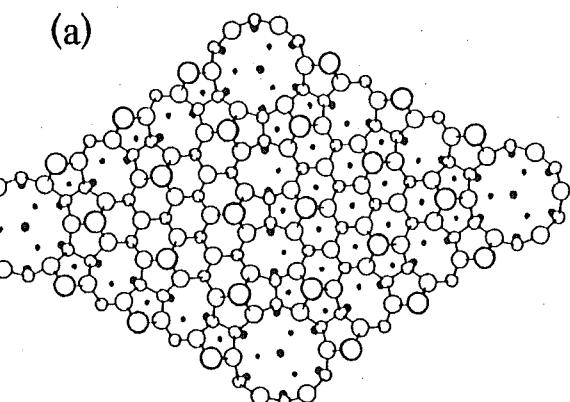


図1
(a) Si(111) (7×7) 表面の構造 (DASモデル)
(b) Si(100) (2×1) 表面のダイマー (2量体)

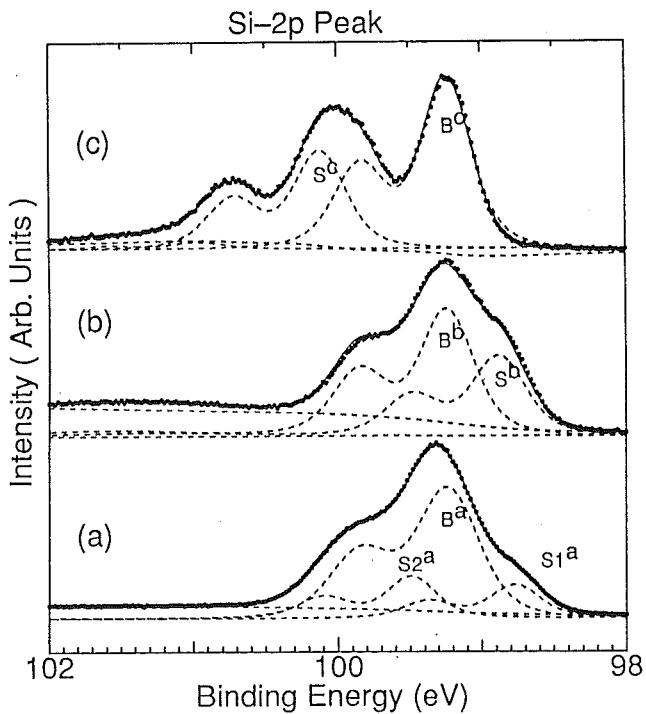


図2 Si(100)表面のSi2p単位の光電子分光スペクトル。(a)清浄表面、(b)K吸着表面、(c)Cl吸着表面。点が実験値、実線がフィッティング、点線が分離した成分である。スピン軌道相互作用によって、1成分は2つのピークからなっている。Bはバルク内の原子による成分であり。Sが表面原子による成分である。結合状態の違いによる化学シフトが観測される。

と下側の原子によって2つの成分が観測されており、カリウム(b)と塩素(c)を吸着させた表面では、吸着物の電気陰性度を反映して、異なった位置に表面のピークが観測されている。

さて、以上のような表面を研究する上での実験的・技術的困難さは色々ある。なにしろ、数原子の厚みの層のことを調べなければならないのだから。まず最初の問題は、「きれいな」表面を作りだすことだろう。その阻害要因は、固体自身が含む不純物であり、そして外からやってくる気体分子である。清浄化してからある程度の時間、表面がきれいなまま保たれるためには 1×10^{-10} Torr程度の超高真空チャンバーが必要になり、表面の清浄化や気体の吸着、蒸着といったいわゆる試料の調整も全てこの真空チャンバー内で行わなければならないのである。超高真空のための技術や測定技術についてはここでは省き、試料の調製についてのみに話を絞ろう。

シリコンの単結晶は非常によい純度のものが手に入る。したがって、清浄化としては大気中からついた炭素や酸素を取り除くことが主となる。酸化膜は比較的脱離しやすいので、最終的には炭素の汚れが最大の問題となる。清浄化は、1:真空チャンバに入る前の化学処理+加熱、2:希ガ

スイオンによるスパッター+加熱、3:高温加熱のみ、などによってなされる。1はシリコン表面を薬品でエッチングして汚れをとり、すぐに薬品の中で酸化膜を作り表面を保護する、という方法である。この酸化膜は、大気中やベーキングの最中は表面を保護するが、超高真空を立ち上げた後の加熱によって簡単に除去が可能である。よい方法であるが、実験中についた汚れには対応出来ない。2は、アルゴンやネオンといった希ガスをチャンバーに満たし、イオン化してから0.5–2 keV程度に加速して表面にぶつけ、表面を削ぎ落とすという方法である。イオンが重い方が効果があることもあり、アルゴンが使われることが多いが、ネオンを用いると、液体窒素のトラップを用いれば残留ガスが少ない環境でスパッターが行えるというメリットもある。この方法によって、表面はイオン衝撃によって「がたがた」になるので、加熱して歪みを取り去らなければならない。この温度は800–1000°Cである。3は1300°C程度に加熱して炭化膜も蒸発させてしまう方法である。この場合、加熱中の真空度が悪いと逆に炭化が進んでしまうので注意が必要である。また、融点近くまで温度を上げるために、少し間違えると試料そのものが溶けてしまう危険もある。

ここで絶対に欠かせないのが、超高真空中で試料表面を加熱するためのシステムである。シリコンの場合、シリコン酸化膜を取り除くためには1000°C程度までの加熱は最小限必要であり、さらに高温まで加熱出来る方が望ましい。また、冷却ができた方がいいし、温度の測定も必要であろう。

加熱の方法として普通使われているのは 1:通電加熱、2:電子衝撃加熱、3:傍熱型ヒーターによる加熱、などである。1は、シリコンのウェッファーの両端に電極をつけ、数Aの電流を流して加熱する方法である。この方法の利点は、試料の回りの構造がシンプルであること、また、発熱体が試料を兼ねているため、最小限の電力で済み、加熱によってサンプル以外の部分が温められることによる脱ガスが少なくてすむことである。ただし欠点として、半導体は温度によって極端に抵抗値が変化するため、細かいコントロールが難しい温度領域があること、両端の電極がシリコンと面で接触していればいいのだが、点で接触しているとシリコンの一部のみ電流が流れ、温度が不均一になること、などである。その点を解決するため、試料の裏に薄くモリブデンやタンタルなどの高融点金属を蒸着する工夫も行われている。2の方法は、試料の裏面にフィラメントを置き、試料との間に500V–数kVの電圧をかけて、電子衝撃によって加熱するという方法である。利点としては、少ない電流で効果的な加熱が可能であること、また、通電加熱のように、特にコントロールが困難な温度領域があるわけではない、といったことがある。しかし反面、試料回りの構造が複雑になり、また試料とフィラメントの距離（離れすぎるとエミッションが取れなくなったり試料以外の部分が熱くなり、近すぎると試料の温度が場所によって

不均一になる)の微妙な調製が必要、といった欠点もある。また、脱ガスもやや多い。3の方法は、セラミックヒーターなどの傍熱型ヒーターに試料を接触させて加熱するもので、サンプルホルダーが単純にできることや、温度が均一に上げれること、コントロールがやり易いという利点があるが、脱ガスが多い、熱接触をよほどうまくやらないと温度があまり高く上げられない、などの欠点がある。一般には通電加熱の方法が多く用いられている。他にも、赤外線ランプの照射による加熱法などがある。

そして、試料を冷却したいという場合がある。液体窒素や液体ヘリウムなどで冷やしたブロックに接触させて冷やすわけだが、よく冷やすために熱接触をよくすると熱が逃げてしまって加熱できず、また加熱時の脱ガスが多すぎる、という結果になるため、微妙なバランスが必要である。サファイア結晶のような、低温だと熱の良導体で、高温だと熱を通しにくい素材を途中にはさむことがしばしば行われている。加熱のため、また電子を用いた実験が多いため、試料は電気的にアースから浮かせることが必要になるが、

サファイアは電気の絶縁体であり、この点でも優れている。

温度は、高温の場合その発熱の色によって測定できるが、一般的には熱電対(クロメル・アルメルなど)で測定する。金属試料の場合だと、試料の端に点溶接してやれば十分だが、シリコンの場合点溶接が不可能であるため、うまく接触させることはなかなか難しい。少量のセラミックのボンドで取り付けるということがよく行われている。さらに試料を回転させたい、真空中で交換可能にしたい、などの要求は尽きない。それに応じて、さまざまな試料ホルダーが工夫されている。

シリコン表面について簡単にまとめ、また実験における技術的なことについて、試料回りに絞ってやや詳しく述べた。試料の処理法は実験の基本であるが、実験者のノウハウに頼るところも多い。色々な工夫で実験の能率、再現性は改善され、研究そのものが大きく前進する場合が少なくない。技術者に期待するところ、大である。

技術活動報告

液体ヘリウム自動充填システムでのシリアルデータ通信

極低温技術係長 吉田久史

1. はじめに

平成5年度のIMSマシーンの課題として、極低温センターから提案された液体ヘリウム自動充填システムが採択された。ここでは、そのシステムでのシリアルデータ通信（RS-232C）とそれによる機器の制御について報告する。

ヘリウム貯槽から小口容器への汲み出しは、汲み出し時の蒸発ヘリウムのガス圧力変化を測定し、それに応じてトランスマッパーのニードルバルブの開度を制御することで自動化している。また、この制御と同時に容器の重量、液体He貯槽の液面計、流量計などのデータも汲み出し時のデータとして測定している。これらのデータの取り込みや機器の制御は、コントロール室にあるパソコン（PC98）で行っているが、旧システムでは各機器とパソコン間のインターフェースが統一されていなかったために、RS-232Cボード、A/D変換ボード、パラレルI/Oボードが必要であった¹⁾。パソコンと各機器間の距離は約15mあるので、配線の減少、耐ノイズ性などを考慮して、今回のシステムではインターフェースをRS-232Cに統一することにした。これに伴い、RS-232Cをサポートしていない機器のインターフェースが必要となつた。特に、超音波モータ駆動のニードルバルブ²⁾の制御には、パソコンからのコマンドを解釈して動作するようなインテリジェントな機能をインターフェースに持たせる必要があつた。

2. シリアルデータ通信システム

液体ヘリウム自動充填システムでのシリアルデータ通信の構成を図1に示す。RS-232Cの通信は、基本的にパソ

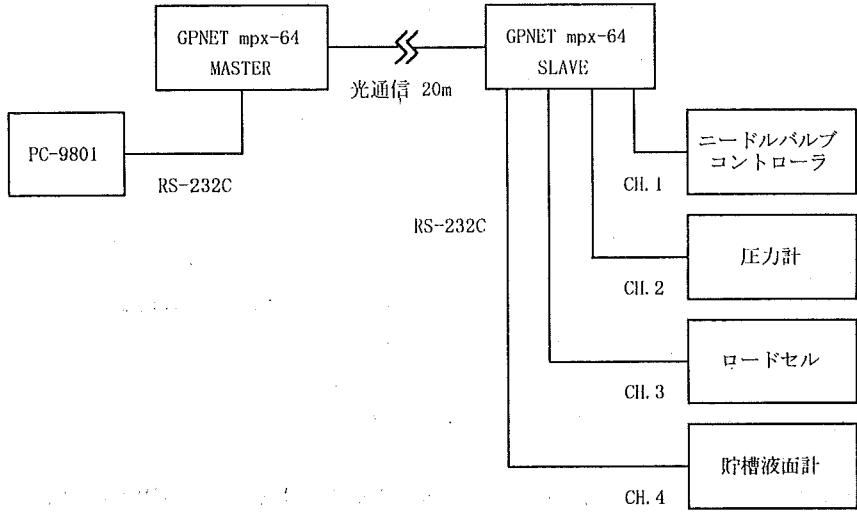


図1 液体ヘリウム自動充填システムにおけるデータ通信システム

コンと計測機器間の1対1で行われる。本システムでは、圧力計、ロードセル、液面計、ニードルバルブの制御のために4チャンネルのシリアルポートが必要となる。PC98でサポートされているシリアルポートは、RS-232Cボードを増設しても3チャンネルまでなので、1つのポートを切り替えて使う分配器（マルチプレクサ）が必要となる。また、RS-232Cの規格では、その最大ケーブル長は15mと決められているので、それ以上の距離を伝送する場合には、信号をRS-422規格などに交換する必要がある。これらの点を考慮して、RS-232CマルチプレクサであるGPNET mpx-64（ネットワークサプライ社）を使用した。

GPNET mpx-64は、マスター（ホスト側）とスレーブ（端末側）で1組の通信回路が構成される。そして、その間の伝送は光通信により最大通信距離1kmが保証されている。1台のマスターには16台までのスレーブが接続可能で、また、1台のスレーブは4チャンネルのシリアルポートを持っているので、最大で64台の端末が接続できることになる。パソコンとマスター間は、RS-232CまたはGP-IBでの接続が可能であるが、本システムではRS-232Cを使って9600bps（GPNETの最大転送速度は48000bps）で通信を行っている。また、スレーブと各機器間の伝送フォーマットと通信速度は、マスター側（パソコン）からのプログラムで設定可能である。

3. 超音波モータ駆動ニードルバルブの制御

超音波モータ駆動のニードルバルブの制御を、RS-232Cで遠隔操作するためのインターフェースを製作した。イン

ターフェースには、RS-232Cにより送られてくるコマンド（キャラクタ・コード）を受信して、超音波モータの回転角や回転方向を制御すること、また、パソコンに対して現在の超音波モータの動作状態やリミッタからの信号をステータスとして送り返すといった機能が必要になる。このコマンドとステータスのやり取りの中心となるのが、モトローラ社のMC14469（Addressable Asynchronous Receiver/Transmitter）³⁾というLSIである。MC14469の基本的な応用回路を図2に示す。この回路はRS-232Cの送信データ線（Tx）と通信データ線（Rx）を共通に使って、複数台の端末と接続した回路例である。

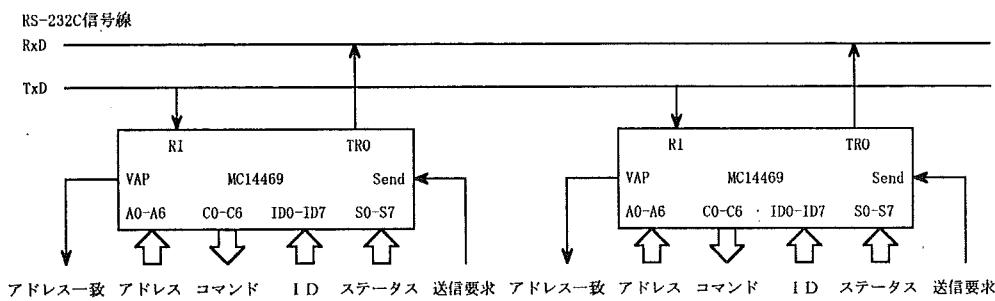


図2 MC14469の応用回路

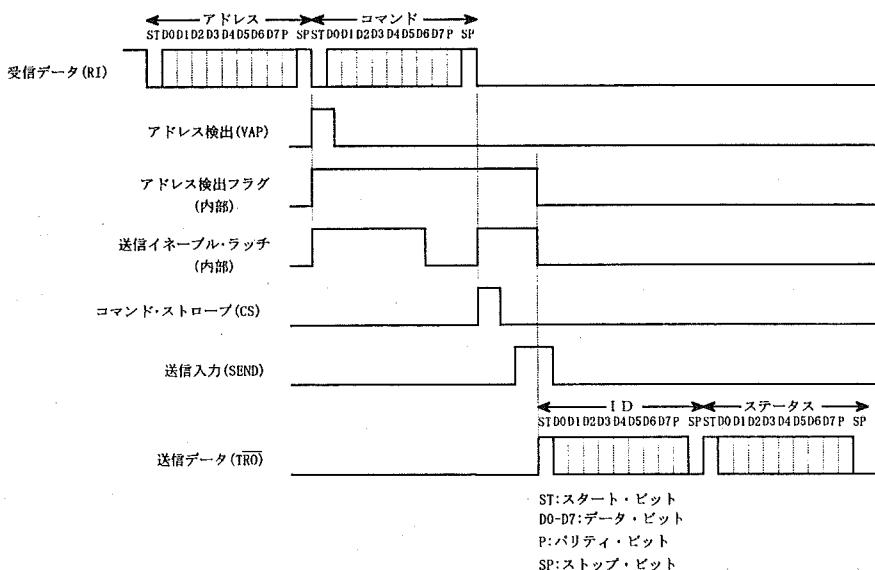


図3 MC14469のデータ伝送フォーマット

MC14469の伝送フォーマットを図3に示す。このICは、パソコンからのアドレスとコマンドの2バイトのシリアルデータを受信して、受け取ったアドレスが自分のアドレス($A_0 \sim A_6$)と一致すればアドレス一致信号(VAP)と受信したコマンド($C_0 \sim C_6$)を端末に出力する。ここで、アドレスおよびコマンドが7ビットなのは、データの最上位ビットをアドレスとコマンドの識別に使っているためで、そのビットが1の場合にはアドレスを、0の場合はコマンドとなる。このように、このICはアドレス認知機能を持つので、1回線で最大128(20)台の端末との接続が可能である。また、コマンドの受信に対する応答として、MC14469から識別コード($ID_0 \sim ID_7$)とステータス($S_0 \sim S_7$)の2バイトのデータがパソコンにシリアル転送される。MC14469の伝送フォーマットは、スタートビット1、データビット8、偶数パリティ、ストップビット1に固定されている。また、通信速度は最大4800bpsである。

MC14469を用いて製作したインターフェースのブロック図を図4に示す。超音波モータに付属しているドライバは、回転のオン/オフ、回転方向の切り替え、回転速度の制御を手動で行うことができる。製作したインターフェースは、このドライバを外部信号でコントロールするための回路とモータの回転角の制御を行うためのロータリーエン

コーダ回路も含んでいる。また、バルブには閉め過ぎを防止するためのトルクリミッタが取り付けられており、この位置をフォトセンサーで検出してモータの初期位置を決めている。MAX232(MAXIM社)は、RS-232Cの信号レベルと5V系とのレベル変換用ICである。MC14469で受信したコマンドは、コマンド・デコーダによって回転のオン/オフや回転方向の切り替えなどの制御信号となる。また、コマンド受信と同時に、モータの状態を示すためのステータスがMC14469から送信される。コマンド・デコーダ部で割り付けたコマンドとステータス信号を以下に示す。

コマンド・コード

- 70H/71H(16進数)：リモート/ローカル制御の切り替え
- 72H : 回転角の設定
- 73H/74H : 回転方向(CW/CCW)の切り替え
- 75H/76H : モータのオン/オフ
- 77H : ステータスの送信

ステータス・コード

- | | |
|-------------|------------------------------|
| • bit0 (S0) | 1 : リモート、0 : ローカル状態 |
| • bit1 (S1) | 1 : 回転、0 : 停止状態 |
| • bit2 (S2) | 1 : 回転方向CW、0 : 回転方向CCW |
| • bit3 (S3) | 1 : リミッター・オン
0 : リミッター・オフ |
| • bit4-7 | 未使用 |

超音波モータの回転角を設定するコマンドに関しては、カウンタの値を設定するためのデータも送信しなければな

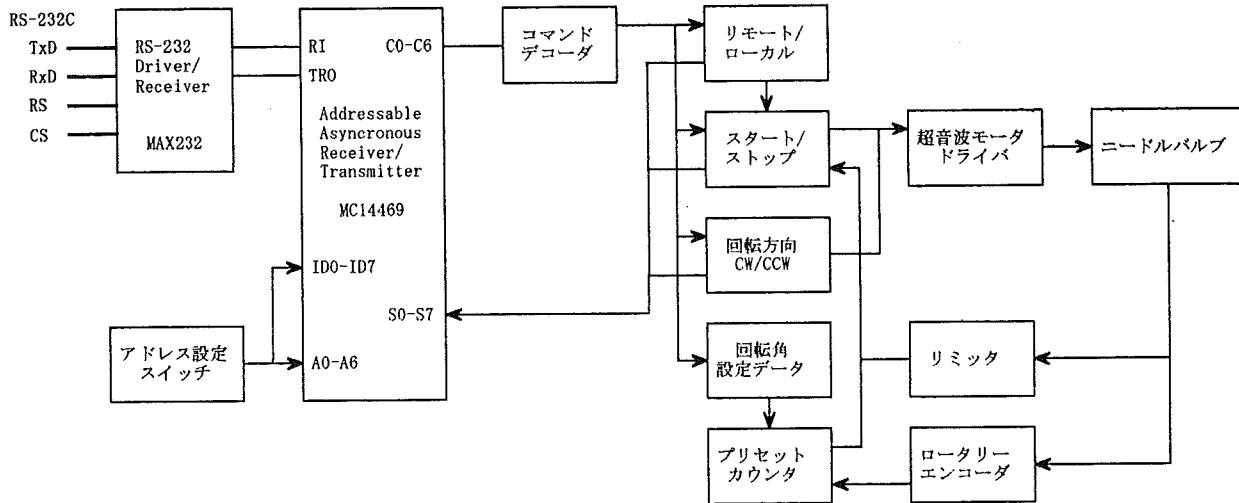


図4 ニードルバルブ・コントローラのブロック図

らない。MC14469は一度にアドレス十コマンドの2バイトのデータしか受信出来ないので、コマンドとデータを2回に分けて送信するように設計した。即ち、回転角の設定コマンドを受信した場合には、次に送られてくるコマンドを回転角の設定データとみなすようにハードウェアを設計した。最後に超音波モータを制御するためのBASICのプログラムの一部をリスト1に示す。

4. おわりに

パソコンによる機器の制御には、パラレルI/Oを利用して装置を直接ドライブすることが多い。しかし、パソコンと機器間が遠距離になる場合には、それに応じた信号の伝送方式を取らなければならない。液体ヘリウム自動充填システムでは、その伝送方式を光通信+RS-232C通信により行った。従来、機器側のインターフェースにデータ通信機能とそれによる制御機能を持たせるには、マイクロコンピュータなどを利用した複雑なハードウェアが必要であったが、コマンドとステータスの通信機能を持った専用LSIを利用することで、ハードウェアがかかなり小規模な構成で済んだ。

【参考文献】

- 1) 加藤清則, 他名古屋大学プラズマ研究所技術研究会報告書(昭和63年), P65
- 2) 鈴井光一, 他平成5年度核融合科学研究所技術研究会報告書, P84
- 3) MOTOROLA CMOS APPLICATION-SPECIFIC STANDARD ICs

```

10600'          10610 *USMOTOR      :PC98のシリアルポートのオープン
10620 OPEN "com:n81xn" AS #1   :GPNETマスターのイニシャライズ
10630 PRINT #1,CHR$(1):INPUT #1,GS :データ終了モードの設定
10640 PRINT #1,"SET 5E18N"       :通信タイムアウトの設定
10650 PRINT #1,"EOF 0011"       :端末の接続チャンネルの設定
10660 PRINT #1,"TIME 2 S"       :
10670 PRINT #1,"LINK /"        :
10680'          (中略)

11230 *RMTON      :超音波モータの回転角設定ループ
11240 GS=CHR$(&H45)+CHR$(&H70) :MC14469のアドレス(A5H)+コマンド(70H)
11250 PRINT #1,"OPEN"         :端末との接続許可
11260 PRINT #1,GS            :MC14469へリモート・コマンドを送信
11270 GS=CHR$(&H45)+CHR$(&H72) :MC14469アドレス+回転角設定コマンド
11280 PRINT #1,"OPEN"         :
11290 PRINT #1,GS            :MC14469へコマンド送信
11300 GS=CHR$(&H45)+CHR$(ITUNIT) :MC14469アドレス+回転角データ
11310 PRINT #1,"OPEN"         :
11320 PRINT #1,GS            :MC14469への回転角データ送信
11330 RETURN
11370'
11450 *CW          :超音波モータの回転司令ループ
11460 GS=CHR$(&H45)+CHR$(&H76) :MC14469アドレス+回転方向設定コマンド
11470 PRINT #1,"OPEN"         :右回転
11480 PRINT #1,GS            :端末へのコマンド送信
11490 GS=CHR$(&H45)+CHR$(&H73) :MC14469アドレス+回転開始コマンド
11500 PRINT #1,"OPEN"         :
11510 PRINT #1,GS            :端末へのコマンド送信
11520 RETURN
11530'

リスト1 ニードルバルブ制御プログラム

```

極端紫外光実験施設(UVSOR)

極端紫外光実験技術係 蓬 本 正 美

1. はじめに

UVSORには現在10本の施設利用のビームラインがありますが、そのうちBL1BとBL7Bの2本のビームラインをステーションマスターとして担当しています。この2本のビームラインは1m瀬谷・波岡型分光器によってSORを分光して得られた光を使って実験を行っています。今回はBL1Bについて報告します。

2. BL1Bの概要

BL1Bの瀬谷・波岡型分光器はG1(2400本/mm) G2(1200本/mm) G3(600本/mm) の異なる刻線のグレーティングを内蔵しており、切り替えて使うことによってG1の時30nm～160nm G2の時50nm～300nm G3の時100nm～600nmの光が利用可能です。分解能はスリット幅が0.1mmのとき0次光の半値幅より判断してG1で約0.1nm G2で約0.2nm G3で約0.4nmあると思われます。ユーザーによって最もよく使われているのはG3で全利用時間の80%程度を占めており、次にG1が使われG2はあまり使われていません。

3. 測定プログラム

測定はNECのPC9801を使いソフトウェアは始めはMS-DOS版のN88Basicで測定プログラムを書いていました。しかしプログラムが大きくなるにしたがってメインルーチンとサブルーチンでは使う変数はすべて共通なため各ルーチン間の独立性がたもてない、サブルーチン間のデータ授受は共通変数を介して行うために異なる変数をサブルーチンに渡す場合は煩雑になる、などの理由でQuickBasicに切り替えることにしました。QuickBasicではN88Basicの欠点を改良したサブルーチンをサポートしており、この新しい形態のサブルーチンをプロシージャと呼びます。プロシージャ間のデータ授受は引数を用いて行うため汎用的なデータ授受が行える。また各プロシージャ内の変数はそれ

ぞれ独立なので同じ名前の変数を使っても混同されない、といった特徴を持っています。ブロック概念の導入により、IF～THEN～ELSE文などをスマートに書くことができ、DO～LOOP、SELECT CASE文などの近代的流れ制御構造を補強して構造的で見やすいプログラムを書くことができます。QuickBasicはGP-IBをサポートしていないのでGP-IBを使えるようにするために、システムハウスサンライズ社製のGP-IBライブラリを使用して測定プログラムを書いています。欠点としてEMSメモリが利用できないために測定プログラムにいろいろな機能を付け加えていくうちに、プログラムが大きくなりすぎてメモリ不足が生じて実行できなくなったり、データ数をたくさんとるために配列変数を大きく取ろうとしたときにメモリ不足で確保できずして実行できなかったなど、メモリ不足のために満足のできるプログラムを作ることが出来ないことがありました。またMS-DOS版のVisualBasicを使えば見栄えがよくて操作性のよいプログラムが作れそうだと期待してプログラムを書くことを試みました。プログラムが小さいときは十分満足していましたが段々とプログラムが大きくなっていくと、QuickBasicのときと同様にメモリ不足に悩まされて、まだ満足できるものを作ることができませんでした。

4. 改良点

前置鏡の調整及び入射スリット、出射スリットの開閉はマイクロメータを手で動かして行っていたが分光器の架台によじ登ったり、狭い場所に入って調整しなければならず、とてもやりづらいものでした。そこで今年の3月にこれらのマイクロメータヘッドをミットヨ製のマイクロメータヘッド、MHM2-15と取り付け相換性のある中央精機社製のモータ駆動によるマイクロメータヘッドのAME-15オートマイクロエンコーダータイプに交換して遠隔操作が行えるようになりました。

元素分析

化学試料技術係 野村幸代

化学試料室では、元素分析、質量分析について依頼分析サービスを行っています。ここでは、元素分析について、どのような分析なのかというご紹介と、私が工夫をしている点について、述べさせて頂きます。

1. 元素分析とは？

元素分析では試料中の炭素（C）、水素（H）、窒素（N）の含有率を知ることができ、この値から試料の同定が出来ます。全く何か分からぬ試料を分析することは少なく、多くの場合は他の機器分析等である程度何か分かっている試料の同定および純度測定を目的として分析します。

この分析は微量分析で元素分析装置を使って分析しますが、マニュアル通りに装置を運転しただけでは良い結果が得られないこともあります。また、装置の維持、メンテナンスにも経験を要するので研究者が自ら分析することはほとんど無く、多くの研究機関では元素分析を専門に行う元素分析室を設け専属のオペレーター（私のこと）に分析を依頼する形をとっています。

2. 元素分析装置の原理

化学試料室では、国内で最も広いシェアを持つヤナコというメーカーの元素分析装置（MT-3型）を使って分析を行っています。この装置の原理をご紹介します。

原理は、有機化合物を完全に燃焼分解して含まれている炭素、水素、窒素をそれぞれ H_2O 、 CO_2 、 N_2 ガスにし、それぞれ定量を行うことによって試料のC、H、N含有率を測定するというものです。

2~3 mgの試料を一定量の O_2 を含むHe気流中で燃焼させます。燃焼ガスは CuO 、スルフィックス、 $Ag + CuO$ 、 Cu 、 CuO の各層を通して、過剰の O_2 やS、ハロゲンの除去された H_2O 、 CO_2 および N_2 を含むHeを主とした混合

気体になります。混合気体は、一定温度に静置され、次いで、一定速度で検出器に導入されます。検出器は直列に連結した3対の差動熱伝導度セルからなっていて、それぞれに H_2O 吸収管、 CO_2 吸収管および遅延コイルがつながっています。各対を通る間に、混合気体の組成から第1対では H_2O 、第2対では CO_2 、第3対では N_2 が除去される結果、入口側と出口側では熱伝導度に差が出ます。各成分濃度の対応した不均衡電圧としてシグナルが得られるので、既知試料を用いて得られた結果と比較して各成分の含有率が求められます。（図1参照）

3. 化学試料室での分析状況

平成5年度下半期（平成5年10月～6年3月）に依頼を受けた試料の数は395検体です。半年のうち実際装置を動かした日数は48日で、つまり平均で1週間のうち、約2日は元素分析をしていることになります。分析前には、分析

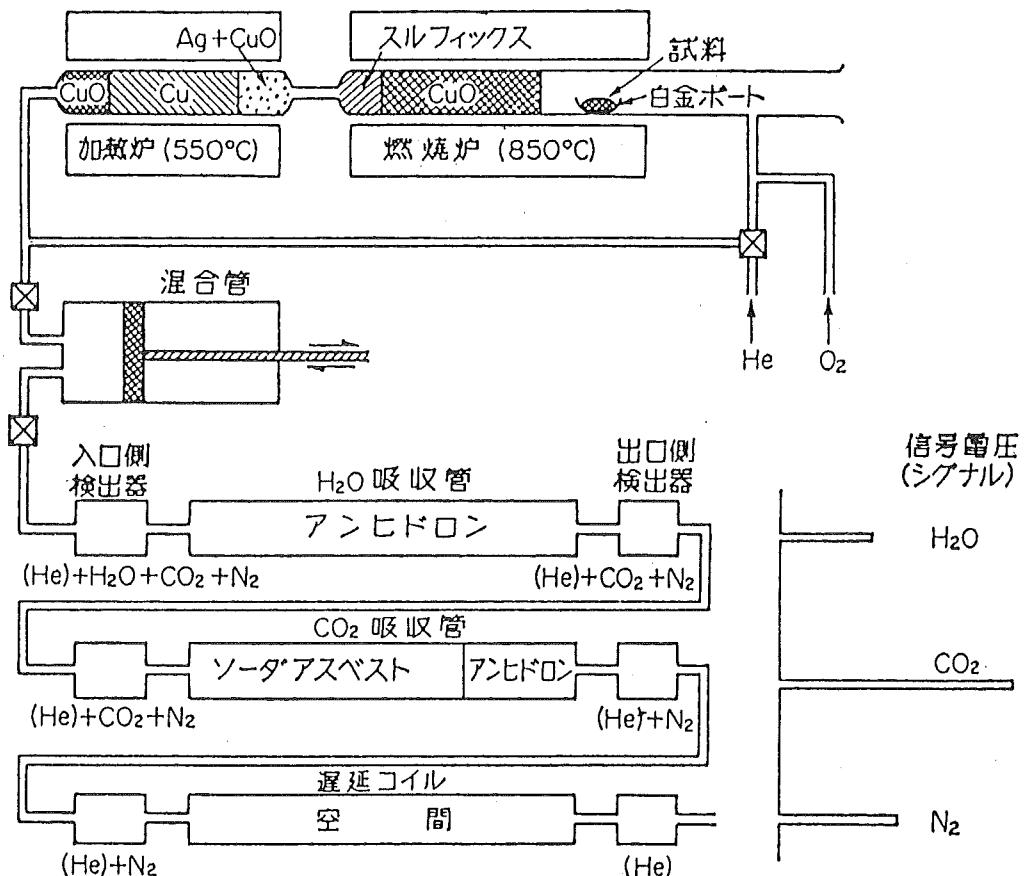


図1 C, H, N同時定量装置

技術講座「知らなきゃ損する技術の常識」

—機械工作を10倍楽しくする—

はじめての機械工作入門(その1)

装置開発技術係長 堀米利夫

はじめに

分子研の実験室にはたくさんの実験装置が並んでいます。それらの装置には精密に機械加工されたもの、金属と金属とを接合してあるもの、金属の板が折曲げてあるものなど様々な部品によって組み立てられています。これら部品の大部分は機械工作によって作られています。逆に自分で機械工作ができれば思いどおりの実験装置が作れることになり、研究者にとって実験の幅が広がります。

機械工作（今後、工作と省略する）自体は決して難しいものではありませんが、全部を取得しようとすると広い範囲になり、たいへんな時間が必要になります。しかし、基本的な工作技術を身につけるだけで、実験装置を自ら製作できるだけでなく、特殊性があるとか、高い技術を必要とする装置においても、より優れた装置を手に入れることができます。ただし、まず最初に自作してみようとする少しの“意思と努力”が必要です。

機械工作全般について述べることは、大変なことであると同時に著者の遠くおよばない所であります。ここでは、研究者が実験用の機器を製作するときの手順に従って、一般的な工作機械（ここでは普通旋盤、立てフライス盤、ボル盤）を使った切削加工の初步を

I) a. 機械工作を始める前に、b. 工作機械

II) 機械加工と工具

III) その他（未定）

の順で述べたいと思います。よって専門的な知識経験をお持ちの方にとっては不満が残り、しかも少し考え方があるような点があるかと思われますが、そのような点についてはご指導下さい。

I. 機械工作を始める前に

1. 何を作るのか？

機械工作を始める前に明確にしておいたほうが良いと思われることが幾つかあります。その最初が、自分がこれから何を作るのかを明確に決めることです。「何となくこんなものがあったらな？」という発想からでたものでも、それがもつ機能・条件というものが必ずあります。これらの項目を整理し、欲しい製品の「最低限の仕様」を明確にします。この仕様が明確でないと設計する時に、本質ではない部分を必要以上に時間をかけて設計したり、過ぎた機能をもった部分を設計してしまい、工作が難しいものになったり、最悪の場合装置ができないことにもなり兼ねません。

2. 設計

仕様が決まったら、それを基に設計を行います。ここでは、設計の方法については詳しくは述べませんが工作という面から見た注意点を少し述べます。

工作がなるべく簡単になるような、形状を選択することが肝要です。同じ加工をするならば、四角形より丸形状を選択した方が加工時間が少ない場合が多いです。また、同一の部品の中に角形状と丸形状が混在するような形状はあるべく避けましょう。これは工作をする際に工作機械を替えて加工しなければならないことになり、手数が多くなったり、段取りに時間がかかるなどの理由によります。複雑な形状になるようなものは分割して2個或いは3個の部品にすることにより簡単な形状に変化することがよくあります。逆に2個の部品を一体化することにより工作が容易になることもあります。このように設計するときには加工の方法を考えながら形状を決めることが大切なことです。ただし、工作経験の浅い研究者に、工作を考えた設計をしなさいというのはかなり無理な注文であると思います。はじめは、経験豊かな人に相談をしてアドバイスを受けることをお奨めいたします。

3. 材料選定

設計時に合わせて考えておくべきことに材料選定があります。工作物の材料を決めるときに、多くは機能から材質が決まりますが加工の難易度の面から考えてみます。そのような判断の目安になるものに被削性指数があります。被削性指数が高いと加工性が良く安定した加工ができ工作がしやすい、反対に被削性指数が低い材料は、加工しにくく、工作がたいへんになります。表1は、硫黄快削鋼(AISI B1112)を100としたときの各種金属材料の被削性指数を表します。加工しやすい材料は、工作的能率を上げ工作を樂にすることになります。材料を選定する参考になると良いです。

4. 製図

設計が済んだらそれを図面にして見ましょう。頭のなかに図面を書いて工作ができる方がいらっしゃるかもしれませんのが必ず紙に図を描くことが大切だと思います。できれば実物大の図面を描くことをお奨めします。正確な図が描かれていると、①寸法記入ミスなどの間違を見つけ易くなる、②完成品のイメージを正確に表現できる。③工作上の問題点を図面上で確認できます。

表1 各種材料の被削性指数

材 料	被削性指数	材 料	被削性指数
マグネシウム合金	500~2000	鉛入りマンツメタル	120
アルミニウム合金 (218-T)	240	アルミニウム合金 (7075)	120
自由切削黄銅	200	鉛入りけい素青銅	120
アルミニウム合金 (2011)	200	鉛入りネーバル黄銅	120
亜 鉛	190	マリアブル鉛鉄 (標準)	120
アルミニウム合金 (5052, 5056, 6061, 6063)	180	ねずみ鉛鉄 (フェライト系)	110
アルミニウム合金 (3003, 3004)	180	ノジュラー鉛鉄	90~110
アルミニウム合金 (112, B-113, 750-T)	180	マリアブル鉛鉄 (バーライ ト系)	80~ 90
硫化銅	180	アルミニウム青銅	60~100
建築用青銅	180	ステンレス鋼 (416)	80
高鉛入り黄銅	180	マンツメタル	80
鉛入り市販青銅	160	ステンレス鋼 (303)	65
鉛入り銅	160	中炭素鋼 (焼純)	65
鍛造黄銅	160	中炭素鋼 (冷間加工)	60~ 67
鉛入りニッケル銀	150	炭素鋼	55~ 70
アルミニウム合金 (2024)	100~200	低合金鋼 (40 × ×)	52~ 73
鉛入りリニン青銅	140	低合金鋼 (13 × ×)	59~ 62
アルミニウム合金 (108, 122, A-356)	140	低合金鋼 (51 × ×)	55~ 67
アルミニウム合金 (2014, 2017, 6051)	140	ステンレス鋼 (405)	60
低鉛黄銅	140	黄色黄銅	60
鉛入りネーバル黄銅	60	赤色黄銅 85 %	60
けい素青銅 (A, B)	60	Cilding (銅 95 %, 亜鉛 5 % 合金)	40
工 具 鋼 (W)	60	市販黄銅, 90 %	40
ネーバル黄銅	60	ベリリウム鋼	40
薬きょう黄銅, 70 %	60	りん化銅	40
低 黄 銅, 80 %	60	脱酸銅	40
工 具 鋼 (L)	50	チタン合金 (A-55, A-70)	38
低合金鋼 (41, 43 × ×)	51~62	低合金鋼 (92 × ×)	36~ 38
ステンレス鋼 (305, 347, 348, 302, 321, 403, 410)	55	工具鋼 (II)	27
工 具 鋼 (S, O)	54	低合金鋼 (61 × ×)	24~ 46
低合金鋼 (86, 87 × ×)	45~61	工具鋼 (T)	34
低炭素鋼 (冷間加工)	45~60	チタン合金 (A-110)	29
インゴット鉄	50	A-286	27
ステンレス鋼 (201, 202, 30 4, 309, 310, 316)	50	チタン合金 (C-120)	26
工 具 鋼 (A)	50	Discaloy	25
鍛 鉄	50	V-57 (高溫合金)	25
低合金鋼	30~70	チタン合金 (C-130)	24
高炭素鋼 (焼純)	43~53	Incoloy 901	20
低合金鋼 (23 × ×)	40~55	チタン合金 (C-140)	20
低炭素鋼, IIR	40~50	Refractory 26	20
ステンレス鋼 (420, 431)	45	S-590 (高溫合金)	15~20
低合金鋼 (48 × ×)	45	Multimet, N-155	15
工 具 鋼 (D)	45	Inconel X	15
鋸, 電解精銅	40~50	チタン合金 (MST)	13
工 具 鋼 (M)	40	Hastelloy B	12
ステンレス鋼 (440 A, B, C)	40	Hastelloy C	10
19-9 DL (高溫合金)	40	S-816 (コバルト入高合金)	9
銅, 99.5 %	40	Udimet 500	9
ニッケル銀	40	Inconel 700	8
ジルコニウム銅	40	Inconel 713 C	6
クロム銅	40	Inconel 713 C	6
りん青銅 (A, B, C, D)	40	HIS 21	6
キュプロ・ニッケル	40	HIS 31, X-40	6

工作図面を書いた経験が少なく、“私は機械工作図面が書けない”と決めつけている人がいると思いますが、まずは、次のようなことに注意してとにかく描いてみることをお奨め致します。

イ. 図形は定規を使って正確に書く。CAD、ドラフターを使うとよりよい。

ロ. 図形の外形線と寸法線（寸法補助線を含む）の区別して描く。線の太さで区別するのが良い。表2は機械製図のJIS規格の線の区分を示す。

ハ. 中心線など基準になる線は必ず描きましょう。

ニ. 図面に記入する長さの単位は、全てミリメートルとし、mmの単位はつけない。角度については“度”で表し（例 90°C）、必要に応じて「分」「秒」を併用する。

ホ. 図形はなるべく外形線（実線）で表せるように工夫をし、隠れ線（破線）は必要以上に使わないようにすると見易い図が書ける。ただし、隠れ線が無いと図形が認識できない場合は別である。図1は隠れ線を省略した例。

ヘ. 形状が丸いときは、寸法値の前に“Φ” “R”を書くとよい（これを補助記号という）（図2）。表3は色々な寸法補助記号を示す。

ト. 一つの品物は一枚の図面上に書く。正面図、側面図、平面図と紙を替えて描くようなことをしない。

チ. 部品名、図面の尺度値、使用する材料、製図日などの記録を図面の隅に入れておくとよいでしょう。

機械製図について知らないといけないことはたくさんあります、JIS規格の“機械製図”についての解説書が出ていますから参考にされるとよいでしょう。

最近はコンピュータの発達により、CADが身近に利用できるようになり図面もかなり容易に書くことができるようになりました。CADを使うときでも、今回述べてきた基本を踏まえて機械図面を描くとわかりやすい図面が描けるようになります。

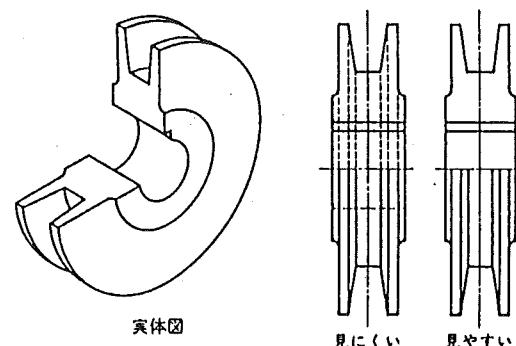


図1 隠れ線を省略した例

表2 機械製図の線の区分と種類

線の種類	用途による名称	線の用途
太い実線	外形線	対象物の見える部分の形状を表すのに用いる。
細い実線	寸法線 寸法補助線 引出線 回転断面線 中心線 水準面線 ⁽¹⁾	寸法を記入するのに用いる。 寸法を記入するために图形から引き出すのに用いる。 記述・記号などを示すために引き出すのに用いる。 图形内にその部分の切り口を 90° 回転して表すのに用いる。 图形の中心線(4.1)を簡略に表すのに用いる。 水面、液面などの位置を表すのに用いる。
細い破線	かくれ線	対象物の見えない部分の形状を表すのに用いる。
細い一点鎖線	中心線 基準線 ピッチ線	图形の中心を表すのに用いる。 中心が移動した中心軌跡を表すのに用いる。 特に位置決定のよりどころであることを明示するのに用いる。 繰返し图形のピッチをとる基準になる線。
太い一点鎖線	基準線 特殊指定線	基準線(4.3)のうち、特に強調したいものに用いる。 特殊な加工を施す部分など特別な要求事項を適用すべき範囲を表すのに用いる。
細い二点鎖線	想像線 ⁽²⁾ 重心線	(1)隣接する部分又は工具、ジグなどを参考に表すのに用いる。 (2)可動部分を、移動中の特定の位置又は移動の限界の位置で表すのに用いる。 断面の重心を連ねた線。
波形の細い実線 ⁽³⁾ 又はジグザク線 ⁽³⁾	破断線	対象物の一部を破った境界、又は一部を取り去った境界を表す線。
細い一点鎖線で、端部及び方向の変わるもの ⁽⁴⁾	切断線	断面図を描く場合、その切断位置を対応する図に表すのに用いる。
細い実線で、規則的に並べたもの	ハッキング	图形の限定された特定の部分を他の部分と区別するのに用いる。 例えば断面図の切り口を示す。

注 (1) 太い破線でもよい。

(2) 切断線であることが明らかな場合には、両端および要所は太くしなくともよい。

(3) 矢印によって投影の方向を示す必要がない場合には、これを省略してもよい。

(4) 細いひてん鎖線でもよい。

II. 工作機械

実際に工作を始めるときに、まず、どのような方法で工作をするか、工程(手順)を決める必要があります。そのためには、それぞれの機械の得手、不得手を理解しておくことが重要です。単純な丸形状を加工するときに旋盤でなく、フライス盤を使って加工していくのはたいへん能率が悪い工作になってしまいます。また、ネジ加工などをするときどんな工作機械が使えるのかを知っておくことが大切です。

1. 一般的な工作機械

A. 旋盤

旋盤は、工作する物(工作物)に回転を与えて、バイト(刃物)に送りと切り込みを与えて、円筒形状の加工を行う工作機械である。

旋盤の種類は、多くありますが単に旋盤と言うと普通旋盤を指す。

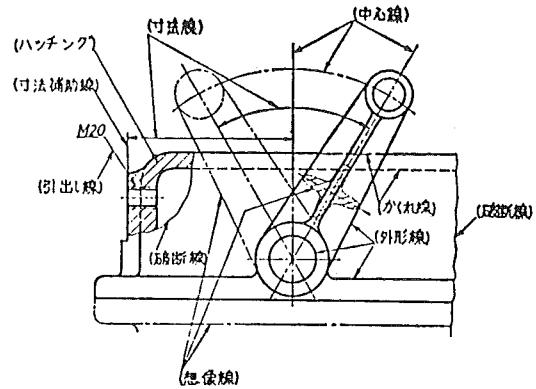


図3に普通旋盤の例、図4に旋盤による加工法を示す。

*付属品

- ・スクロールチャック(図5)…旋盤の主軸に取付けて、これで工作物をつかんで作業する。スクロールチャックは3個のつめが連動して動き、断面が円形の工作物をつかむには便利です。また、生づめが装着できる特徴があります。生づめとは、つめが焼入れがされてなく工作物の大きさや形状に合わせてつめをバイトで加工することができるので精度が高い工作の場合、或いはフランジのような端面加工、正面加工の場合は便利です。
- ・4つづめ単動チャック(図6)…4個のつめをもつチャックでそれぞれのつめが単独に動く。したがって断面が円形や4角形の工作物はもちろん、不規則な形状の工作物でも取付けることができる。
- ・センター(図7)…主軸や心押し台に取付けて使う。止まりセンター、回転センター、傘形回転センターなどがある。

表3 寸法補助記号 (JIS Z 8317)

区分	記号	呼び方	用法
直径	ϕ	まる	直径の寸法の、寸法数値の前に付ける。
半径	R	あーる	半径の寸法の、寸法数値の前に付ける。
球の直径	$S\phi$	えすまる	球の直径の寸法の、寸法数値の前に付ける。
球の半径 ⁽²⁾	SR	えすあーる	球の半径の寸法の、寸法数値の前に付ける。
正方形の一辺	\square	かく	正方形の一辺の寸法の、寸法数値の前に付ける。
板の厚さ ⁽²⁾	t	ていー	板の厚さの寸法数値の前に付ける。
円弧の長さ	$\textcircumflex{}$	えんこ	円弧の長さの寸法の、寸法数値の上に付ける。
45°の面取り ⁽²⁾	C	しー	45°面取りの寸法の、寸法数値の前に付ける。
理論的に正確な寸法	$\boxed{}$	わく	理論的に正確な寸法の、寸法数値を囲む。
参考寸法	()	かっこ	参考寸法の、寸法数値(寸法補助記号を含む)を囲む。

注(2) ISO/R129 (Engineering drawing—Dimensioning) には、規定していない。

図3 普通旋盤の例

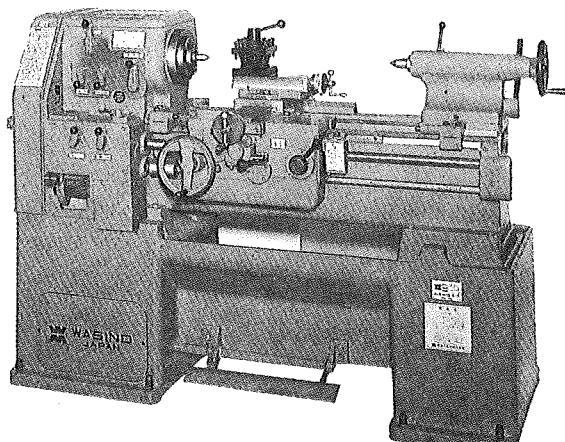


図5 スクロールチャック

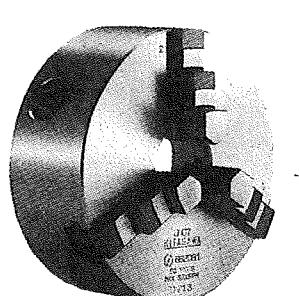
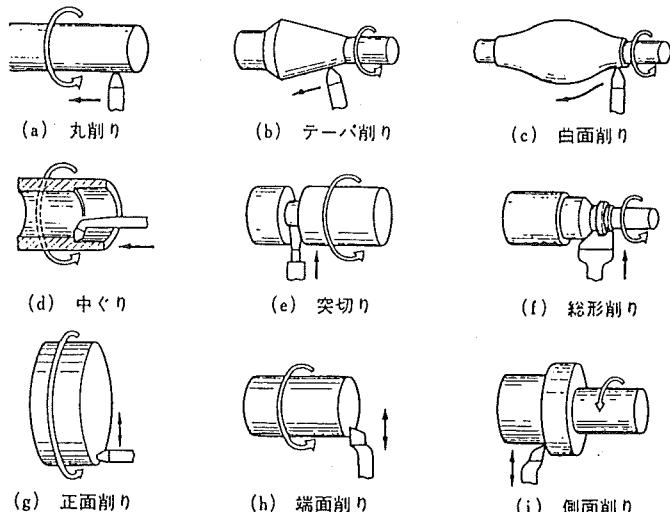


図4 旋盤による加工法



← 主切削運動
→ 送り運動

図6 4つづめ単動チャック

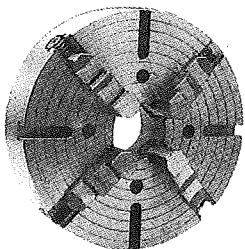


図7 各種センター

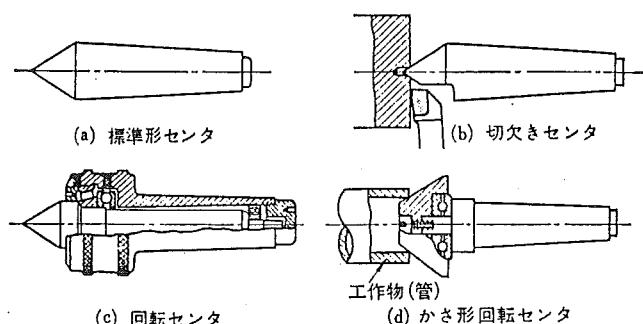
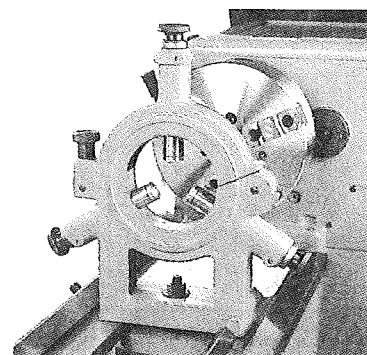
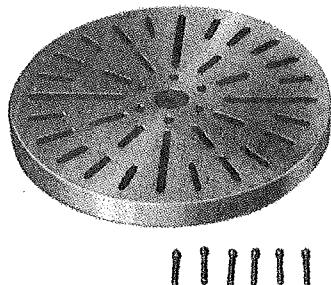


図8 面板



- ドリルチャック…ボール盤に利用されているチャックと同じものです。回転中心にドリル加工するときに、心押し台に取り付けて使う。
- 他の付属品…面板（図8）、振れ止め（図9）などがあります。工作物の形状に特徴があるときにそれぞれ使用します。

B. フライス盤

フライス盤は、複数の刃（フライス）を回転させ、テーブル上に取付けた工作物に送りと切り込みを与えて、平面やみぞを加工する工作機械です。フライス盤には立てフライス盤、横フライス盤、万能フライス盤などの種類がある。図10に立てフライス盤の例、図11にフライス盤による加工法を示す。

*付属品

- フライス取付け用具（図12）…フライスを主軸に取付けるために使用する。フライス盤の近くには必ずあるものです。
- 円テーブル（図13）…フライス盤を使って丸形状、R形状を加工するときなどに使用します。
- 割出し台（図14）…工作物を所定の数に等分割したり、ある角度だけ回転するときなどに使用します。単動形、電動形、万能型などがあります。
- マシンバイス（図15）…工作物をテーブルに固定するとき使用します。

図10 立てフライス盤の例

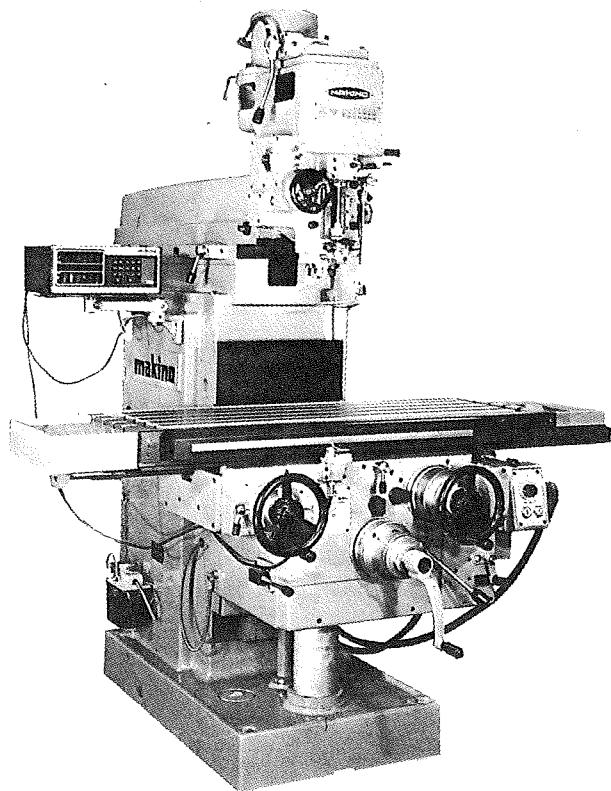


図11 フライス盤による加工法

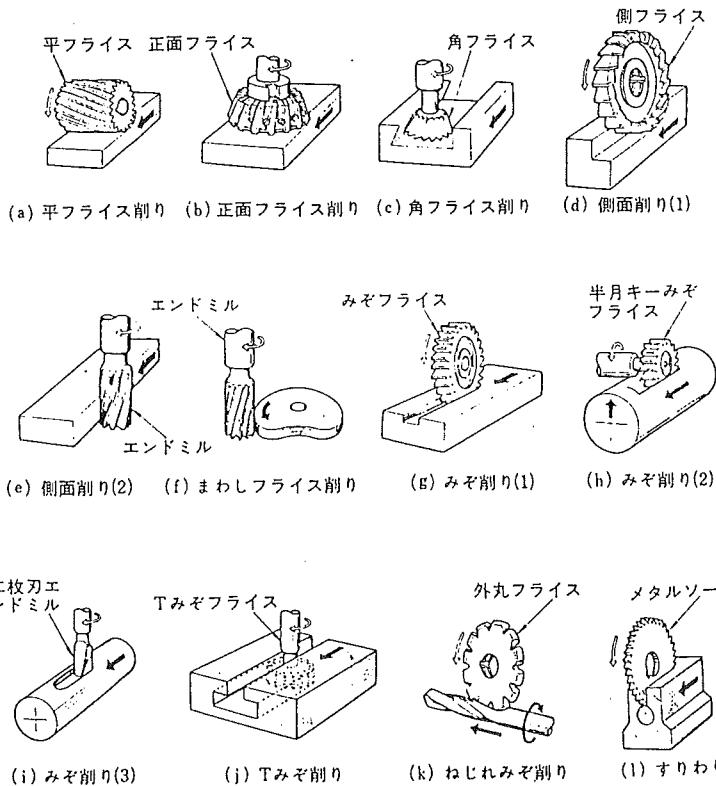


図12 フライス取り付け用具

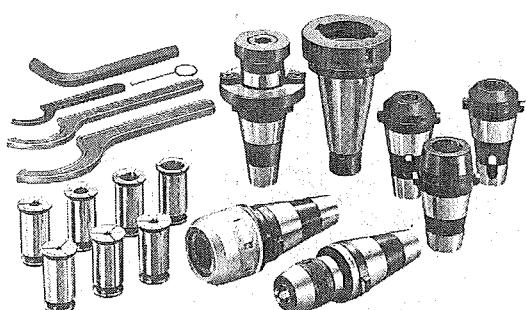


図13 円テーブル

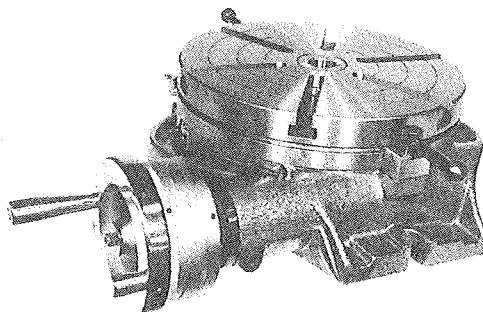


図14 万能割り出し台

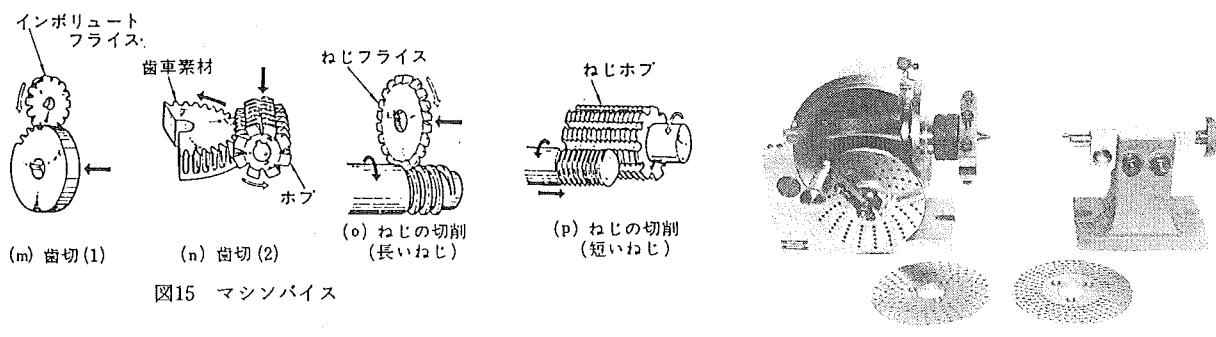
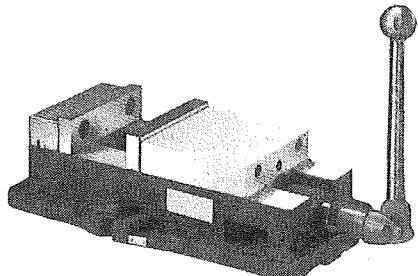


図15 マシンバイス



C. ボール盤

主軸に取付けられたドリルを回転し、軸方向に送りを与える穴を開けるための工作機械である。卓上ボール盤、直立ボール盤、ラジアルボール盤などの種類のボール盤がある。図16にボール盤による加工法、図17に卓上ボール盤の例を示します。

ドリルの取付けは、小径の場合ドリルチャックによって

行われ、径の大きい場合はスリーブやソケットを利用して取付けられます（図18）。

簡単に旋盤、フライス盤、ボール盤についての概要を述べてきました。時間があるときに、機械工作室などを訪れて、それぞれの工作機械の名前と付属工具などの有無を調べておくと実際に工作するときにたいへん役に立ちます。特にそれぞれの工作機械による加工法について理解しておくことは、ある工作をしたいときにどの機械を利用すればよいかがわかりります。

機械工作がうまくできるようになるための秘訣（その1）は“暇があったら工作室に行き、働いている人の邪魔にならないように作業を見学したり、どこにどんなものがあるかを見ておく”ことです。

図16 ボール盤による加工法

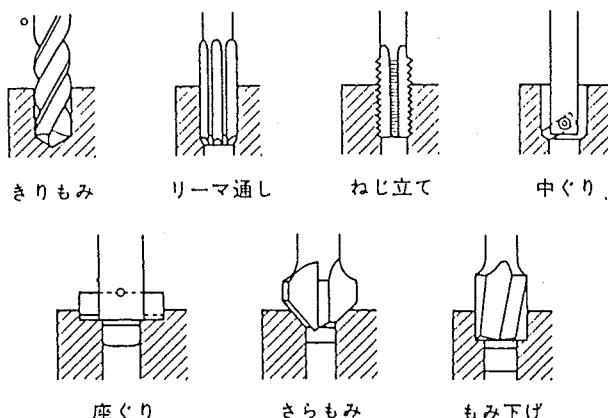
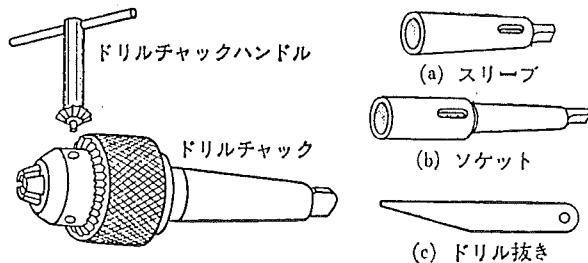


図18 ドリルチャックとスリープ



2. 切削条件

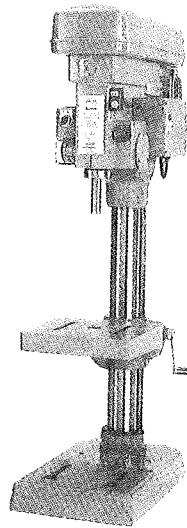
切削加工とは、刃物を使って材料を削って切粉を出すことによって所定の形状を作る加工法です。旋盤は工作物が回転をし、フライス盤やボール盤は、刃物が回転することによって、加工するためのエネルギーを得るが、回転力だけでは加工できません、そのときに回転体に刃物を当てていったり、回転体を工作物に当てていく運動が必要になります。当てていく運動を送り、また、当てる量を切込みといいます（図19参照）。加工物と刃物との相対速度を切削速度といい、 $V = \pi Dn / 1000$ [V: 切削速度 (m/min)、D: 工作物または工具の径 (mm)、n: 回転数 (rpm)] によって求めることができます。また、この式は回転数を決めるときなどにも良く利用されます。

切削加工をするときによく使われる単語が“回転数” “切削速度” “送り (量) ” “切込み (量) ” です。いま、この4つの数値 (切削条件) が加工しようとする材料と刃物に適合した数値であれば、何もしなくても良好な加工ができます。すなわち、切削するときのノウハウは “この数値をいくつにするか” と “如何に適切な切れる刃物を選ぶか” にあります。

* 旋盤の場合の送り量は主軸一回転当たりの刃物台の動く量、フライス盤の場合は、1分間にテーブルが動く量でそれぞれ選択します。

切削条件を決める時の目安は次のようにいわれています。

図17 卓上ボール盤の例



* 旋盤の場合は、表4に示す標準切削速度を目安にして送り量、切込みを決めるとよい。

* フライス盤の場合の目安は1刃当たりの送りが一般的に示されています。1刃当たりからテーブル送り速度を $S (\text{m}/\text{min}) = nsz$ [n: フライス (工具の回転数 (rpm))、s: フライスの1刃当たりの送り量 (mm)、z: フライスの刃数] を求めることができます。表5にフライスの1刃当たりの送りを示す。また、条件を選定するときに表6を参考にするとよい。例えば、荒削りの場合は低速で送りを大きく、切込みを深くします。

* ボール盤の場合は、表7の切削速度と送りの例を示す。一般的に述べてきたことを目安として切削条件を決めていますが、刃物の材質・形状、取付け方法などその時々で色々条件が変わります。また、旋盤の大きさなどによっても変わります。言い替えれば大雑把な目安でしかありません。機械工作は、この色々な条件に如何にうまく対応するかです、これは多くの経験を積むことによって徐々に理解することができるものです。

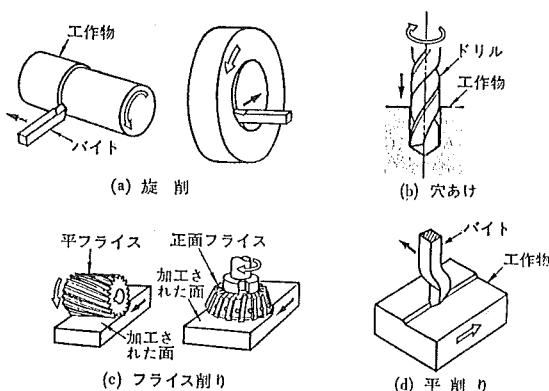
工作がうまくなる秘訣 (その2) は “色々経験を積んで、適切な切削条件を早くつかめるようになる” ことです。

今回はこれまで。

参考文献

- | | |
|--------------------------|-------------|
| 機械工作心得ノート 城谷俊一著 | 日刊工業新聞社 |
| 工作機械 | 東京教育学院工学部出版 |
| 機械実習 1・2 | 実教出版(株) |
| 機械工作 2 | 実教出版(株) |
| 機械製図および機械設計(第3版) 共立出版(株) | |
| J I S ハンドブック 製図 | 日本規格協会 |
| 装置開発室実習テキスト | 名大理学部装置開発室 |

図19 切削加工



- (a) 旋削 工作物を回転させ、切削工具に切込みと送りを与えて切削する。
- (b) 穴あけ 切削工具に回転と送りを与えて切削する。工作物は静止している。
- (c) フライス削り 周辺に多数の切刃をもった切削工具を回転させ、送りは工作物に与える。切込みは工作物に与えるばあいと切削工具に与えるばあいがある。
- (d) 平削り 工作物を直線往復させ、切削工具に切込みと送りを与えて切削する方法と、切削工具に直線往復運動と切込みを与え、工作物に送りだけを与えて切削する方法がある。

表4 旋盤の標準切削速度

(単位 m/min)

工作物材質	工具 材料	切込み (mm) 0.38~2.4	切込み (mm) 2.4~4.7	切込み (mm) 4.7~9.5
		送り (mm/rev) 0.13~0.38	送り (mm/rev) 0.38~0.76	送り (mm/rev) 0.76~1.3
快削鋼	A B	75~105 185~230	55~75 135~185	25~45 105~135
低炭素鋼 低合金鋼	A B	70~90 165~215	45~60 120~165	20~40 90~120
中級炭素鋼	A B	60~85 135~185	40~55 105~135	20~35 75~105
炭素鋼	A B	55~75 120~150	40~55 90~120	20~30 60~90
ニッケル鋼	A B	60~85 130~165	40~55 100~130	20~35 70~100
クロム鋼 ニッケルクロム鋼	A B	45~60 100~130	30~40 75~100	15~20 55~75
モリブデン鋼	A B	50~65 105~145	35~40 85~105	20~25 60~85
ステンレス鋼	A B	30~45 90~115	25~30 75~90	15~20 55~75
タングステン鋼	A B	35~45 75~100	20~35 60~75	12~20 45~60
鉄(軟質)	A B	35~45 105~135	25~35 75~105	20~25 60~75
アルミニウム	A B	70~105 135~215	45~70 90~135	30~45 60~90

注. A : 高速度工具鋼, B : 超硬合金

(日本機械学会編「機械工学便覧改定第5版」による)

表5 フライスの一刃当たりの送り

工作物材質	正面フライス		ねじれ刃 平フライス		みぞおよび 側フライス		エンドミル		矩形フライス		メタルソー	
	H.S.	C										
ブ拉斯チック Al, Mg 合金	0.32 0.55	0.38 0.50	0.25 0.45	0.30 0.40	0.20 0.32	0.23 0.30	0.18 0.28	0.18 0.25	0.10 0.18	0.13 0.15	0.08 0.13	0.10 0.13
黄銅 普通 硬	0.55 0.35 0.23	0.50 0.30 0.25	0.45 0.28 0.20	0.40 0.25 0.18	0.32 0.20 0.15	0.30 0.18 0.15	0.28 0.18 0.13	0.25 0.18 0.13	0.18 0.15 0.08	0.15 0.10 0.08	0.13 0.08 0.08	0.13 0.08 0.08
銅	0.30	0.30	0.25	0.23	0.18	0.18	0.15	0.15	0.10	0.10	0.08	0.08
鉄 H_B 150~180 H_B 180~220 H_B 220~300	0.40 0.32 0.28	0.50 0.40 0.30	0.32 0.25 0.20	0.23 0.18 0.15	0.30 0.25 0.18	0.20 0.18 0.15	0.25 0.20 0.15	0.13 0.10 0.08	0.15 0.13 0.10	0.10 0.08 0.08	0.13 0.10 0.08	0.13 0.10 0.08
可銅 鉄 銅 H.S. 150~180~220 H.S. 180~220~300 H.S. 220~300~400 H.S. 300~400 ステンレス	0.30 0.35 0.30 0.25 0.20	0.40 0.35 0.40 0.35 0.25	0.25 0.28 0.32 0.28 0.20	0.23 0.25 0.20 0.20 0.18	0.20 0.18 0.15 0.15 0.15	0.15 0.18 0.18 0.18 0.13	0.15 0.18 0.18 0.18 0.15	0.10 0.10 0.10 0.10 0.08	0.10 0.08 0.08 0.08 0.08	0.13 0.08 0.08 0.08 0.08	0.08 0.08 0.10 0.10 0.10	0.10 0.10 0.10 0.10 0.10

H.S: 高速度鋼フライス, C: 超硬フライス

(日本機械学会編「機械工学便覧改定第5版」による)

表6 フライスの切削条件を決める目安

	切削速度	1刃あたりの送り	切込み
荒削り	低速	大きく	深く
仕上削り	高速	小さく	浅く
かたい被削材 表面のあらい黒 皮面	低速	大きく	深く
不安定な形状の もの 不安定な取付け のもの	高速	小さく	
動力の小さいフ ライス盤	高速		浅く
刃数を半 分にして 大きく	高 速		
条件のわるい、 老朽フライス盤	じん性のある超硬工 具を低速で		

表7 高速度工具鋼ドリルを用いたときの切削速度と送り

ドリルの直径 mm	鋼 $\sigma_B \leq 50 \text{ kg/mm}^2$		鋼 $\sigma_B = 50 \sim 70 \text{ kg/mm}^2$		鋼 $\sigma_B = 70 \sim 90 \text{ kg/mm}^2$		鋼 $\sigma_B = 90 \sim 110 \text{ kg/mm}^2$	
	V	S	V	S	V	S	V	S
2~5	20~25	0.1	20~25	0.1	15~18	0.05	10~14	0.05
6~11	20~25	0.2	20~25	0.2	15~18	0.1	10~14	0.1
12~18	30~35	0.25	20~25	0.25	15~18	0.2	12~18	0.15
19~25	30~35	0.3	25~30	0.3	18~22	0.3	16~20	0.2
26~50	25~30	0.4	25	0.4	15~20	0.35	14~16	0.3

ドリルの直径 mm	鉄 $\sigma_B = 12 \sim 18 \text{ kg/mm}^2$		鉄 $\sigma_B = 18 \sim 30 \text{ kg/mm}^2$		黄銅、青銅(軟)		青銅(硬)	
	V	S	V	S	V	S	V	S
2~5	25~30	0.1	12~18	0.1	0.05	0.05	0.05	0.05
6~11	30~40	0.2	14~18	0.15	0.15	0.15	0.1	0.1
12~18	25~30	0.35	16~20	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2
19~25	20	0.6	16~20	0.3	0.45	0.45	0.35	0.35
26~50	20	1.0	16~18	0.4	—	—	—	—

(日本機械学会編「機械工学便覧改定第5版」による)

最新技術情報

前号の「高速原子衝撃イオン化法」は如何でしたか。イオン化法の原理をはじめ、代表的な2つの方法を具体例を示して紹介されておりました。高分解されたスペクトルの1つ1つにこの分野における最新技術を垣間みることができると共に、化学試料室の代表的なサービス業務として執筆者である野村技官の重責を改めて感じとることができたと思います。本号はお二人の方に執筆をお願いし、私も含めて合計3件の情報を紹介致します。なお、各本文に先だって執筆者の方の簡単な紹介を記しておきました。

(編集担当: 山中孝弥)

固体のNMR

機器センター助手 桑原大介

<執筆者紹介>

桑原さんは本年1月1日付けで、機器センターの助手として着任されました。ご自身の研究のほかに施設の業務として、NMRや電子顕微鏡の保守に忙しい毎日を送られています。お昼休みには車であちこちの喫茶店を開拓しておられるようで、色々なお話を伺うと、ある種のロマンチスト的印象さえあります。同氏は分子研レターズNo.30に紹介されているように固体NMRがご専門とのことで、その関係の最新情報の提供をお願い致しました。最新情報と共に同氏のロマンを味わってみたいと思います。

序.

普段NMR (Nuclear Magnetic Resonance; 核磁気共鳴) を頻繁に使っている人でも、その基本的な原理を意識して使っている人は少ないのではないでしょうか。それほど現在のNMR測定はルーチン化されています。測定者は試料を用意すればそれでよく、そのプローブへの出し入れから取り出しまでComputerの画面上で行うことができます。

また、学生時代にNMRの原理を学んだものの、それが現実の測定においてはほとんど気に留めなくてもよいことから、忘れてしまっている方も多いことでしょう。そこで、この紙面をお借りして、NMRの基本的な原理と特に固体状態の物質のNMRについて述べてみたいと思います。

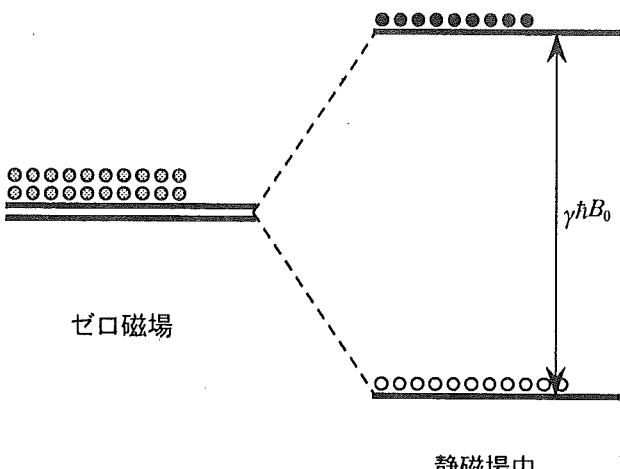


図1. スピン系のエネルギー準位

1. 基本的な原理

NMRはスピン角運動量とそれに対応する磁気モーメントをもつ原子核(スピン系)において観測することができます。電荷を帯びた物体が回転すると磁気モーメントを生じますが、ここではスピン系を電荷を帯びて回転(自転)しているコマのようなものと考えて下さい。スピン系を磁場の中に置きますとエネルギー準位の分裂が起こります。最も簡単なスピン1/2と呼ばれる系の場合を例に取りますと、磁場が存在しないときには、スピン系の集まりの各構成員は皆同じエネルギー準位にあるわけですが、磁場の登場とともにエネルギーの高いものと低いものに別れます(ゼーマン分裂、図1)。ここで二つのエネルギー状態(ゼーマン準位)間のエネルギー差に相当するラジオ波を照射すると、スピン系がラジオ波のエネルギーを吸収して二つの準位間の頻繁な移り変わりが起こります。この吸収がNMR信号と呼ばれるものです。

NMRの初期の頃、NMRスペクトルを得るために磁場を掃引しながら一定周波数のラジオ波の吸収を測定する実験が一般に行われていました。しかし、現在ではその方法はほとんど使われていません。スピン系を表現するのに回転(自転)するコマというモデルを使いましたが、コマの回転軸をかなり地面と平行な方向まで傾けたらどうなるでしょうか。コマは鉛直方向の軸周りに歳差運動を行うでしょう。現在のNMR測定ではラジオ波磁場をごく短時間($\sim \mu\text{s}$)照射して、試料中の全てのスピン系に対応する“コマ”を一挙に倒します。すると各系は自転しながら歳差運動を行いますが(図2)、角速度は個々の系により異なり各々のゼーマ

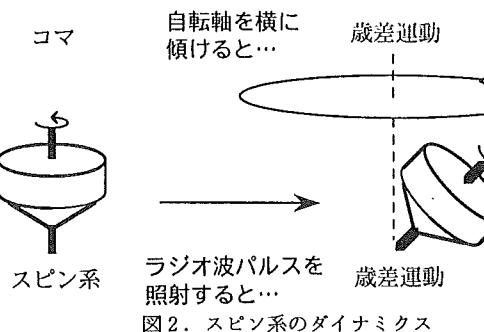


図2. スピン系のダイナミクス

分裂の幅で決まります。続いて測定者は歳差運動がコイルに誘導する起電力を観測します。起電には各スピン系の角速度に対応していろいろな振動成分が混ざっていますが、フーリエ変換を行うことにより周波数軸上に分解表示することができます。以上がフーリエ変換NMR法の原理で現在ではほとんど全てこの方法でNMRは行われています。

2. 液体のNMRと固体のNMR

それでは、液体のNMRと固体のNMRではどこがどう違うのでしょうか。NMR吸収線（ゼーマン準位間の遷移に伴う共鳴吸収線）に幅や微細構造を与える原因となるのは、磁場の不均一性を別としてスピン系の外界との相互作用です。ここで相互作用をする相手としては、隣接するスピン、スピン系をとりまく電子、核位置周りの電場勾配などがあげられます。隣接するスピンとの相互作用は直接的なものが双極子-双極子相互作用、電子を媒介とした間接的な相互作用がJカップリング、スピン系をとりまく電子の磁気シールドにより生ずるのが化学シフト相互作用、電場勾配との相互作用は四重極相互作用と呼ばれます。

これらの様々な相互作用はスピン系の感じる磁場をごく僅か変化させる働きをもたらします。磁場の変化の大きさは本来存在する静磁場が1テスラ(=10000Gauss)程度としてその約10⁻⁴のオーダーです。結果としてそれぞれの系が感じる磁場は微妙に異なり、個々が静磁場の上に受け取る磁場を局所場(local field)と呼んでいます。

local fieldの大きさはスピン系と隣接スピンを結ぶベクトルや系自体の静磁場中での配向に依存して変化します。しかし、液体の場合はブラウン運動を始めとした多様な分子運動により、等方的な化学シフト相互作用とJカップリングを除いて相互作用が消滅してしまいます。すると各系は局所場を感じることがなくなり、結果として非常に鋭い共鳴吸収線が得られるわけです。

これに対して、固体の場合はスpin系の運動が相互作用を消滅せしめるほどのものではないため、粉末試料においてはパウダーパターンと呼ばれる非常に幅の広い特徴のあるスペクトルを与えます(図3)。試料が単結晶の場合でもNMR吸収線には様々な相互作用による線幅の広がりが残ります。読者の皆さんは“それじゃあ、溶媒に溶かして測定すればよいではないか”と思われるかもしれません、固体として意味をもつ物質の性質や構造に関する研究は固体試料

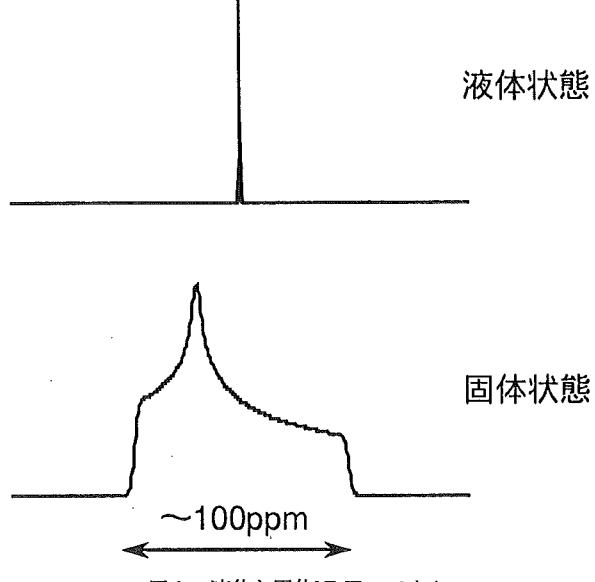


図3. 液体と固体NMRスペクトル

の存在状態を保ったまま行われるのが極めて望ましいのです。それ故に固体のNMRという研究領域が存在するわけです。

3. 固体NMRの革命Magic Angle Spinning

Magic Angle Spinning(MAS)この手法は1960年代前半に登場以来あっと言う間に広まり、今日では、NMRを数ある測定手段の一つと割り切って使っている研究室でも見かけることがあります。試料が静磁場と角度θをなして回転すると試料中の全てのスピン相互作用は $1/2 \cdot (3\cos^2\theta - 1)$ 倍される—MASはこの原理を利用した測定法です。左の式はθが-54.7°の時に0になります。つまり静磁場と54.7°の角度をなす方向の周りに試料を回転させると理論上相互作用は消滅してしまいます。ゆえに試料は固体状態を保ったままで液体と同様の高分解能なNMRスペクトルが、単結晶をつくらずともただ回転させるだけで簡単に手がはいるのです！(図4)

しかし現実にはただ回転させればいいという訳ではありません。重要なのはその回転スピードです。ある相互作用を消してしまおうとするならばその相互作用の大きさ(Hz単位)を上回るスピードで回転させなければなりません。化学シフト相互作用や双極子-双極子相互作用の大きさの典型的な値は数kHzですから、それらを取り除くためには試料を1秒間に数千回転させなければなりません。数千Hzの試料回転なんてことをメカニカルな機構を使って実現するのは不可能のように思われるでしょう。実際そのようなことは行われていません。代わって圧縮ガス(主に空気)が数千回転/秒を実現するために使われています。図5を見て下さい。これは現在の標準的なサンプルスピニングシステムの概略図です。システムにはbearingとturbineの2系統の圧縮ガスが流れ込んでいます。bearingのガスは試料

ステムも実現しています。

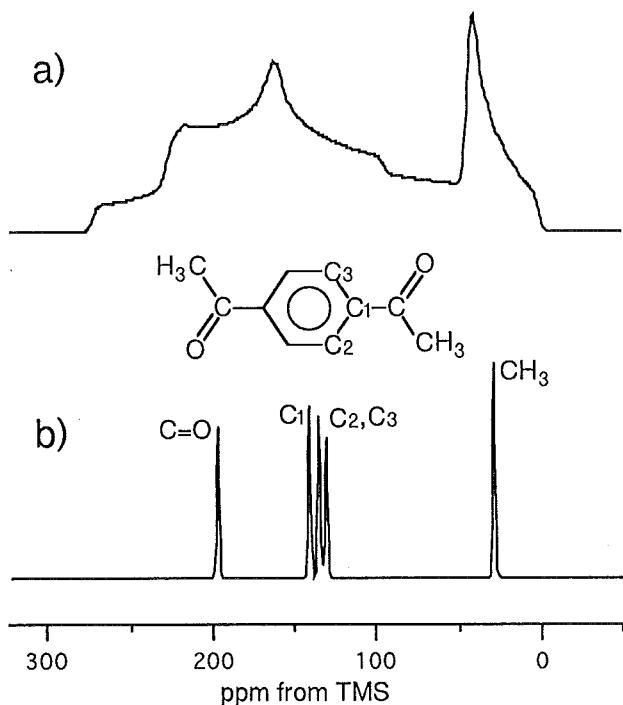


図4. p-ジアセチルベンゼンの ^{13}C NMR
a)静止した固体粉末試料のスペクトル
b)MAS下におけるスペクトル

4. MASと2次元NMR測定法との結合

2次元NMR—この言葉はNMR測定を行わない人でも一度は耳にしたことがあるのではないでしょか。1991年Ernst教授は2次元NMR法の開発にたいしてNobel Priceを受賞しました。2次元(多次元)NMRは主として液体のNMRの分野において飛躍的な発展を遂げ、COSY, NOESYといった有名な測定法は有機構造および物性研究者には常識的なものとなっています。その他にも多種多様な2次元(多次元)NMR測定法が開発され、現在のNMR装置には100を越える測定手法がバンドルされています。しかし、一見複雑に見える2次元(多次元)NMRの手法も一皮むけばみな同じ構造をもっていて同じ原理に基づいています。まず2次元NMR法について説明しましょう。

先ほどスピニ系には様々な相互作用が存在することを述べました。一般にそれらの相互作用は単独で存在することはなく、例えばスピニの1/2の場合は四重極相互作用を除いた全ての相互作用が存在すると考えられます。そして1次元のNMRの測定では、存在する全ての相互作用が寄与するスペクトルが得られます(特別な方法を使わない限り)。これに対してNMR信号を測定している期間を二つに分けて、最初の期間には異方性をもった化学シフト相互作用のみがスピニ系に作用し、後の期間では等方的な化学シフトだけが相互作用として存在するようにできます。こうして得られたNMR信号は $S(t_1, t_2)$ という形で書き表すことができます。これを2次元フーリエ変換すると一方の周波数軸上には各々のスピニ系の化学シフト等方値を示しながら、もう一方の軸に目を移せば各系の化学シフ

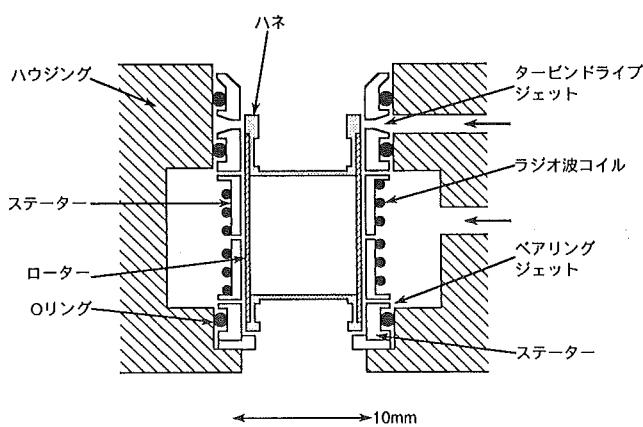


図5. サンプルスピニングシステム

の入ったローターをステーター中に浮かせる働きをし、turbinのガスがローターを回転させます。このシステムを使えば2気圧程度のガスで5000Hz以上の回転を実現することができますが、安定した回転を得るためにローターの外径とステーターの内径に1ミクロンオーダーの精度が要求されます。そして現在では20kHzを越えるスピニングシ

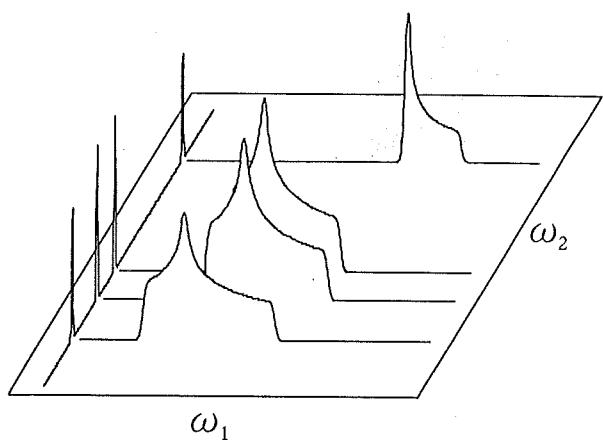


図6. 固体の2次元NMRスペクトル(計算)
 ω_1 , ω_2 軸上にはそれぞれ化学シフト異方性と化学シフト等方平均値に対応するスペクトルが現れている。

ト粉末スペクトルが分離されて現れるという非常にエレガントな結果が得られます（図6）。つまり2次元NMRとは観測期間中に2つの時間軸を用意し、それぞれの時間軸において系に作用する相互作用を任意に選択して、選択された相互作用間の相関を2次元平面上に表現したものと言うことができます（ここまでくれば3次元、4次元、あるいは多次元NMRがどのようなものかおわかりでしょう。本質的に2次元と変わることろはありません）。

5. NMRの将来

NMRもその信号が初めて観測されてから50年近い歳月が経ちました。今では液体のNMR法は完全なルーチンワークとなり、有機構造関係の研究者その他物質の構造や物性を対象としている研究者には充分浸透しています。また、

た、そのような方々や物理学を専攻する方々の中では“NMRはもう終わった”という声が聞かれることもあります。しかし、私はNMRが終わったのではなく、“暖和現象を測定する手段としてのNMR”が終わったのだと思います。暖和現象測定から離れた新しいNMRは、スピノ系のハミルトニアンを意のままに操って自らの必要とする情報を手に入れるという方向に向かっています。そしてその目的のために2つの方法論が用いられています。ひとつはラジオ波磁場をパルスの形で照射してハミルトニアンを操作するという方法で、もう一つは試料を回転させたりといったメカニカルな操作を行ってハミルトニアンを加工する方法です。これらを複合的に駆使したものが最新の固体NMRの手法なのですが、今回はそこまで紹介することができずに終わりました。またの機会に期待したいと思います。

M a c の最新ソフト —機器センターの事務処理から—

機器センター事務補佐員 林 口 僕 子
(e-mail : kyoko@ims.ac.jp)

<執筆者紹介>

林口さんは機器センターの事務補佐員として、8ビットのパーソナルコンピューターの時代から事務処理の電算化を先駆的に推進されてきました。これによって蓄積された情報及び処理のノウハウは、管理局の方々も含めて多くの人に業務の効率化を提供してきたと思います。ネットワークの整備に関連して、全機構規模でパーソナルコンピューターがマッキントッシュに置き換わっている今日において、事務処理に用いるアプリケーションソフトの最新情報及びその具体例を提供して頂くことが時宜にかなう話題であると考え、執筆をお願い致しました。当初、執筆を固辞されましたが、同氏のように、技官、教官、事務官と日常的に接し、言わば鼎の足と足と足の仲人のような人に執筆して頂く事も本活動報告にふさわしい方であると考え、切にお願いし、引き受けて頂きました。

1. はじめに

機器センターにおけるMachintoshのアプリケーションソフトを使った事務処理の現状を述べ、最新ソフトの情報紹介をしたい。電算化している主たる事務処理は研究グループ別に徴収する機器使用料などの計算及び、物品請求簿、施設利用申込書、郵便発送簿、使用簿などである。

2. 過去の経緯

機器使用料は、昭和55年後期よりはじまり、当初は3ヶ月の徴収で、装置16機種で部門は8部門とはいえ、手書きで電卓をたたく作業ではかなりの負担となっていた。そして3ヶ月毎の徴収は半年毎になり、また装置は27機種に増え、部門は19部門に膨れて電卓をたたき手書きでデータを作ることが益々たいへんな作業になった。

昭和59年からパソコン（NEC PC8801）でワープロが始まったが、まもなくその機種は（NEC PC9801 m）に移行し、ワープロで簡単な計算をすることが出来るようになり電算化の開幕となった。その後、NEC PC9801 mからさら

にNEC PC9801 VXに変わった。

昭和62年度にはカード型ソフトDATABOX（REED REX Corp.）を使い計算をする事に踏み切る。当時はまだフロッピーを使い、入れたり出したりであった。しかしハードディスクの導入により、フロッピーを出したり入れたりの煩わしさがなくなり、スピードもあがり事務処理の効率をあげることが出来るようになった。このハードディスク購入により私も“MS-DOSってなんですか”（発行所ビー・エヌ・エヌ 著者 粟野邦夫）ですこし勉強するように心がけた。部門毎のソートをかけなければ部門毎の明細、すなわち①誰が、②どんな装置を、③どれだけの時間、④何回使用し、⑤使用料がいくらかを出してくれる。平成元年にはNEC PC9801 RXが入る。処理速度が一段とアップするがカード型データベースでは個々のデータはいろいろの角度からとれるものの、表計算となると難しくクロス集計は別に考えなければならなかった。

そこでLotus 1-2-3（Lotus Development Corp.）を併用することにした。DATABOXで個々の装置における

る部門毎の使用料を集計して、それをLotus 1-2-3に入力していく。半年毎の集計表は表と表の加算もでき、年間集計はあつと言う間にできることは手書きで電卓をたたきながらの処理に比べスピードアップし且つ正確さはいうまでもない。

3. Machintoshの導入

データ入力から集計表及び部門毎の明細の報告をひとつ流れにのせてスムーズに処理できないものかと考えていたところ、機器センターの機器予約システムのオンライン化計画に伴い、ネットワークに強く取り扱いが比較的簡単ということで、数台のMachintoshの導入が具体化し、平成5年3月ついに私のデスクにもApple Computerがのることとなった。OSの全く違うMACに戸惑いながら、NECで蓄えたデータを殺すことなく、また再入力することなくMacに移行し、一方表現の豊かさに魅せられ、ついのめりこみ時間を忘れてしまうこともある。以下に、最新ソフトの実例（ワープロソフトは除く）をいくつかの画面表示や出力した結果を用いて紹介する。

3-1. スプレッドシート

機器使用料の算出はExcel Ver.4(Microsoft社)を用いることにより、データの入力からクロス集計に至る一連の処理を一気に行なうことが可能となった。データ入力は図1aに示すように、“使用回数”の右側は使用した時間を使用ノートから拾って入力していく。入力と同時に予め設定した()内の計算式に従って、計算処理が自動的に行われる。例えばセルF3の使用料金は(=ROUND((B3*F3), 0))、セルF3の使用時間は(=SUM(H3 : EZ3))、セルG3の使用回数は(=COUNT(H3 : EZ3))などの計算式が設定されている。すべて入力が終わったところでクロス集計の範囲を指定、すなわち項目を含む“機器名”行から“使用料金”的列までをデータベースとして設定して“クロス集計”を実行移していく。順次メッセージに従っていき、図1bに示すクロス集計表ができる。このマスの数字の明細を知りたい時はそのマスをダブルクリックすれば内容が解る図1c。研究グループ毎の明細はそのクロス集計の総計をダブルクリックすれば解る。また、計算処理の結果をグラフにて多種多様に表現することが可能である。

3-2. カード型データベース

ファイルメーカーPro(CLARIS社)を使い、主として物品請求簿、施設利用申込書、使用簿、郵便発送簿の管理を行っている。

物品請求簿はカード型データベースにするか、あるいはスプレッドシートで処理するか迷うところではあるが、機器センターにおいて要求されるその他の事務処理項目を詳細に検討した結果、カード型データベースが最適であると判断した。物品請求伝票の個々の情報、すなわち①いつ、

(a)

A	B	C	D	E	F	G	H
平成5年度下期使用料データ							
機器名	単価	所	姓	名	使用料金	使用時間	使用回数
01ラマン	100.00	22物性施設	比江島	14316	14316	21	9.0
02ラマン	400.00	22物性施設	比江島	41964	10491	16	4.5
04レーベン	1000.00	82施設利用	比江島	49000	49.00	1	49.0
04レーベン	1000.00	81機器センター	山中 邦翌	100800	10080	3	14.0
04レーベン	1000.00	82施設利用	櫻庭正大 八木	25900	25.90	1	25.9
04レーベン	1000.00	82施設利用	福岡女子大 立谷	75300	75.30	2	44.0
04レーベン	1000.00	15電機安藤	東北大 池田	22000	22.00	1	22.0
05EMG-50	1000.00	81機器センター	英南章(子)	7000	7.00	1	7.0
05EMG-50	1000.00	81機器センター	英南章(子)	14000	14.00	1	14.0
06EMG104	1000.00	11基電吉原	CHOI(子)	6000	6.00	1	6.0
06EMG104	1000.00	11基電吉原	Kim(子)	35000	35.00	1	35.0
06EMG104	22.00	11基電吉原	CHOI	99990	4545.00	1	4545.0
06EMG104	1000.00	11基電吉原	内藤(子)	7000	7.00	1	7.0
06EMG104	1000.00	42基岩光正島	河野(子)	21000	21.00	1	21.0
06EMG104	1000.00	42基岩光正島	正島(子)	6000	6.00	1	6.0
06EMG104	22.00	42基岩光正島	正島	260656	11848.00	2	7092.0
07LPX1101	7.50	13電子元件	高柳	27608	3681.00	2	1135.0
07LPX1101	7.50	14電子録本	橋本	17798	2373.00	1	2373.0
07LPX1101	7.50	14電子録本	戸野倅	11100	1480.00	1	1480.0
07LPX1101	7.50	26分集吉田	吉田	22530	3004.00	5	1239.0

(b)

R	S	T	U	V
22粉末X線	24GX-400	25ESR(V)	26ESR(B)	27蒸留
700	0	0	21450	
0	0	0	37821	
11基電吉原		125	0	0
13電子花銷		0	0	0
14電子録本		0	0	0
15電機安藤		0	0	0
21井口G	8175	0	10500	39300
22物性施設	950	0	55500	44970
24分動力山	4750	0	42573	51570
25分集吉田島	12050	0	3900	2550
26分子美吉田	0	0	0	0
26分子美吉田	1280	0	0	0
27分子大内	0	0	4200	0
31相間中野	0	0	0	0
32相間中野	0	0	0	0
36有信路田	0	7451	29550	11100
37有信本	0	63	0	0
362826				

(c)

A	B	C	D	E	F
1 所	居	機器名	姓	名	使用料金
2 3246X-400	250	3246X-400	阿部		126278
6 24GX-400	250	3246X-400	磯辺		17250
7 24GX-400	250	3246X-400	西岡		45940
8 24GX-400	250	3246X-400	シリム		58680
9 24GX-400	250	3246X-400	錦本		38950
10 24GX-400	250	3246X-400	小江		14578
11 24GX-400	250	3246X-400	下村		22875
12 24GX-400	250	3246X-400	安里		27015
13 24GX-400	250	3246X-400	和歌山大 橋矢		7750
14 24GX-400	250	3246X-400	高知大 小柳		3500
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					

図1. Excelによる機器使用料の計算処理

- a. データ入力
- b. クロス集計表
- c. 明細表示

②どこから、③どんなものを、④だれが購入したかなどの情報を迅速にサーチでき、また業者からの伝票の番号を入力しておくことで二重払いの防止に役立っている。機器名は使用簿と同じスタイルの機器リストから機器コードによりリレーションナルデータベースとして引っ張ってきている。

(a)

品目	液晶板	注文者	酒井	年度	06
規格	5MHz	発行年月日	94.7.25		
取扱	支払	伝票No.	89		
支払金額	18540	数量	2		
取扱チェック	OK	支出しコード	2332-U		
		区分	運営費		
		支出分類	部品		
機器コード	SV-01	機器名	真空蒸着装置		
業者名	B-0099	業者名	三弘アルパック(株)		
取得年月	06.07.19	TEL No.	052-982-6071		
管理通知番号	258370	備考			
備品番号	0				

(b)

支出コード別リスト		支払コード	管理通知番号	No.1 支出金額
2331-KB				145,901
法文割引	NO	155224		68,000
インジュム	NO	155146		22,650
海外郵便	NO	0		5,000
FAX	NO	0		337
経込コバルト	NO	155663		49,904
2331-KF				1,207,268
スクロールチャック	NO	258073		91,000
レーザー色差	NO	155147		31,724
プリンター	NO	0		316,828
トナーカートリッジ	NO	258436		10,712
LocalTalkロッキングコネクタキット	NO	258436		7,210
バルスバルブ	NO	258244		216,300

図 2. ファイルメーカーによる物品請求の処理

- a. データ入力レイアウト
- b. 支出コード別の表示

物品請求簿は図 2 a)に示すレイアウトに従ってデータを入力していく、そのデータをもとにレイアウトを変化させることで図 2 b)に示す様なデータ処理が出来る。これによって予算に対しての残高や、年度の決算もスムーズに処理することができる。

(a)

氏名	坂筋	年度	H06K
所属	名古屋大学 工学部	申込No.	5
職名	助手	ID	z41005
提出作業	12	TELNo.	052-781-4420
郵便番号	464-01	内線	4420
TELNo.	052-782-3164	FAXNo.	052-782-3164
e-mail	a41005@nucc.cc.nagoya-u.ac.jp		
研究項目	SOR及びプラズマを用いて合成した供能性薄膜の評価	実施報告	0
使用装置名	Boern, ラマン, S-900, ESCA, LPX10	同伴者氏名	同僚者数 6
	井手 美樹男 佐田 順一 高橋 手作 吉澤 実人 木村 俊二 山田 浩二		M1 D1 M2 M2 M2 M2

(b)

申込 No. ID	氏名	所属	職名	TELNo.	FAXNo.	内線	備考
1 Z-41001	増田 秀樹	名工大	助教授	052-732-2111	052-741-8195	2500	
2 Z-41002	上野 要史	精闢大	教授	052-471-1171		336	052-473-4170
3 Z-41003	中島 清彦	愛教大	助教授	0566-36-3111	0566-36-4337	562	
4 Z-41004	八木 幸雄	桃浜国大	教授	045-335-1451	045-339-3120	2694	
5 Z-41005	坂 翔	名六 工	助手	052-781-4420	052-782-3164	4420	
6 Z-41006	吉田 明	費研技科	教授	052-47-0111	0532-48-3422	527	
7 Z-41007	半井 弘昌	阪大	助手	06-844-1151	06-845-4632	4669	
8 Z-41008	笠谷 和男	山口大	助教授	0836-35-9491			

図 3. 施設利用申込みに関する処理

- a. データ入力レイアウト
- b. 施設利用者の一覧表示

品目	フーリエ変換赤外分光光度計	コード	XSP06
型式	日本電子 JIR-10	種分類	分光機器
規格		種類別	中型装置
		記号	M-1
		番号	3
		取得年月日	94.03.23
数量	51	輸入者	日本電子
購入年度	51	移管年月日	
年度西暦	1976	移管先	
備考		廃棄	92.11.12

a. データ入力レイアウト

品目	型式	記号	番号	取得年月日	価格
レタリングマシン	グラフ MP1000-21	5-9	11	60.02.04	143,000
ファンシショージュキレ	シカド FG-273	L-64	36	05.10.12	75,190
オシロスコープ	シカド FCS-3025	L-7	297	05.10.20	146,260
ポンプ	シカドワックス 160/700M	A-2	355	05.10.06	709,464
ポンプ	シカドワックス E2M18	A-2	356	05.10.06	220,008
作業台	57040041210	9-8	900	62.01.30	89,000
作業台	57040041210	9-8	901	62.01.30	89,000
整理机	850460041.180MM	6-7	598	60.03.20	87,000
PHメーター	堀場 M-BS	C-2	67	59.07.21	238,000
整埋座	900463041200	E-5	188	58.03.17	55,000
オシロスコープ	1904 9361PN	L-7	299	05.01.14	1,781,900

b. 備品の一覧表示

図 4. 物品使用簿に関する処理

施設利用申込書については'93年度まではExcel Ver. 4 (Microsoft社)で処理を行っていたが、計算するという作業が少なく1件毎の詳細なデータを入力するということでファイルメーカーProに変更してみた。物品請求簿と同様に入力したデータ図3aをもとに、一覧表のレイアウト図3bも作っている。

使用簿は図4aに示すように旧使用簿（用度係からのカード）と類似のレイアウトに、移管および廃棄のデータ項目を追加した。必要に応じて図4bのような一覧にも出力ができるレイアウトを入れている。

郵便発送簿図5についても使用簿と同様に使っている。

以上機器センターの事務処理として使用しているソフトと実例について述べた。

まだまだ試行錯誤の段階で理解できないところも多分にあるが、今後勉強していきたいと考えている。

最後に、ここに至るまでに酒井雅弘技官はじめ機器センターの皆様に丁寧なご指導と適切なアドバイスを頂いたことを心から感謝申し上げます。さらに執筆の機会を与えていただきました酒井楠雄かなえ編集長及び編集担当の山中孝弥技官に感謝申し上げます。

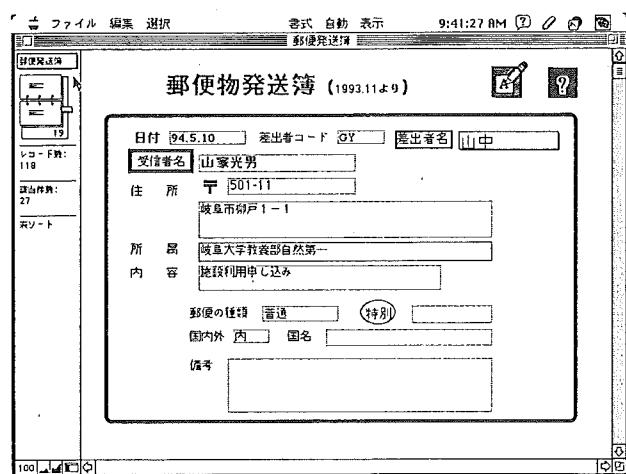


図5. 郵便発送簿のレイアウト

最新の超短パルスレーザー

研究機器技術係技術主任 山 中 孝 弥

1. はじめに

平成4年度の特別設備として、固体超短パルスレーザー及び光增幅器を中心とする光エネルギー変換動力学解析システムが機器センターに導入され、約1年のテスト運用を終えて、一般利用の開始を迎えている。そこで、固体超短パルスレーザー／増幅システムに話題を絞り、テスト運用中に得られた結果を示して、この種のレーザーシステムの最新情報をしたい。

2. システムの構成

本システムの概要を図1に示す。レーザー及び光增幅器合わせて4台の装置から構成されている。出力10W(All line)のアルゴンイオンレーザー (Spectra-Physics 2080)によって励起されたモードロックTi:サファイアレーザー (Spectra-Physics Tsunami 3950/3960)から、発振繰り返しが82MHz、パルス幅は80fs (フェムト秒仕様)及び2ps (ピコ秒)、平均出力1.0W (フェムト秒仕様)及び

1.3W (ピコ秒仕様) のパルスが得られる。発振波長範囲は3組のミラーを交換することによって720nm～1000nmの範囲をカバーしている。得られた光パルス列は、パルス Nd:YAGレーザー (Quanta-Ray GCR-150) の2倍高調波を励起光源とする増幅器 (Spectra-Physics TSA-10P/F) に導かれ、波長範囲は750nm～900nmで、パルスエネルギーが800nmにおいて4mJ以上、パルス幅は200fs (フェムト秒仕様) 以下あるいは3ps (ピコ秒仕様) 以下の光パルスに増幅される。なお、発振繰り返しは10Hzである。

3. モードロックTi:サファイアレーザー

本レーザーは光学素子等の交換によってフェムト秒あるいはピコ秒のパルス発振が可能なことが特徴である。交換する素子の詳細について、その手順を示して紹介し、光学配置の解説とする。なお、M#で示されるのがミラー、Pr#がプリズム、GTIがGires-Tournois interferometer、BRFがBirefringent Filterを示す。

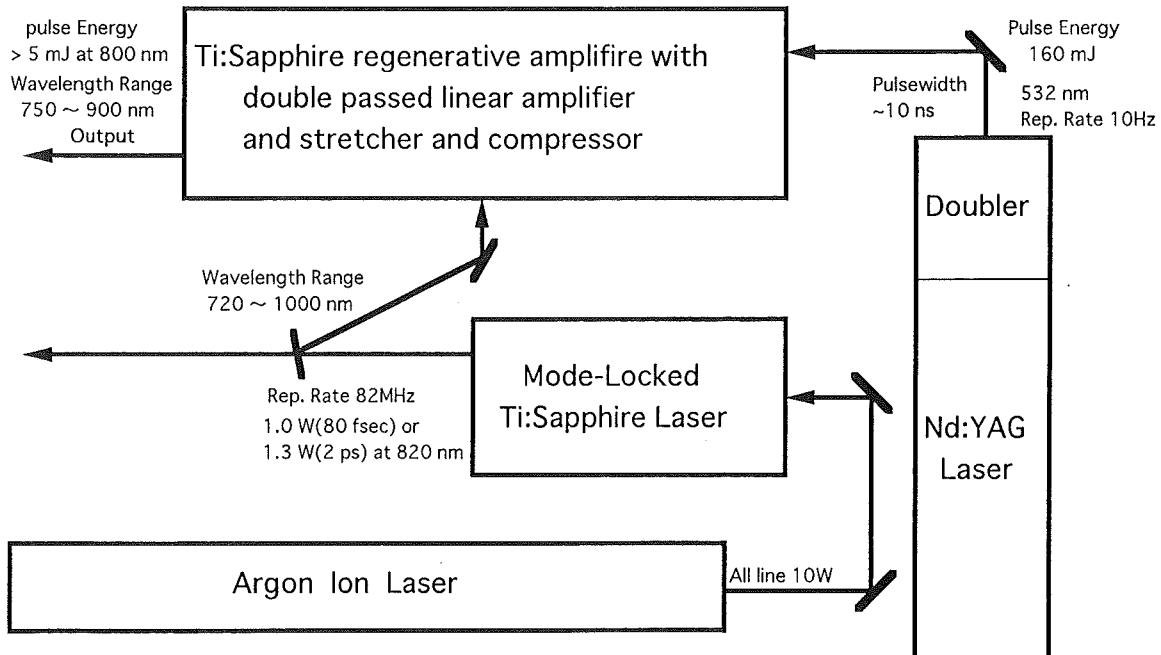


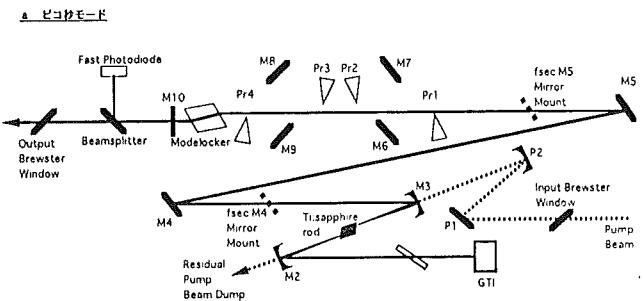
図1. Ti: サファイアレーザー／増幅システムの概略

3. 1 モード変換

3. 1. 1 フェムト秒からピコ秒

<図2aを参照>

1. フェムト秒モードにおいてレーザー発振を最良の状態にする。
2. モードロッカードライバー等をOFFにする。シャッターを閉じる。
3. M1ミラーをGTIに交換する。GTIのヒーター及び高圧の2本のケーブルの接続も行う。
4. モードロッカードライバー等をONにする。シャッターを開ける。
5. M5とM4の間に名刺をいれて、ロッドの蛍光とGTIからの反射をモニターし、GTIの角度を調整してフィットさせる。GTIの角度及び周波数を調整して出力を最大にする。
6. スリットをはずす。
7. BRFを入れる。この場合、ネジが頂点（12時の位置）に来るよう取り付け、調整して出力を最大にする。
8. Pr1とPr4を下げる（キャビティの外にだす）。
9. M4及びM5をピコ秒モードの位置（キャビティ長が長くなる位置）に移動させる。
10. M4を調整して、ロッドの蛍光がM5の中心よりやや上にくるようにする。
11. M5を調整して、ロッドの蛍光がモードロッカーの中心を通過するようにする。
12. M5とアウトプットカプラーとの間に名刺等に穴を開けて作ったアーチャー入れてアウトプットカプラーを調整してその反射を穴へフィットさせる。
13. 出力が最大になるように調整してから、アウトプットカプラーをピコ秒用に交換し出力を最大に調整する。



b フェムト秒

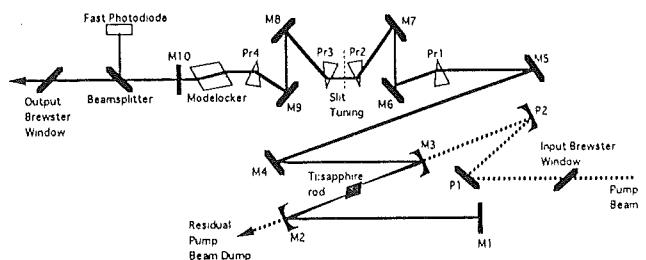


図2. モードロックTi: サファイアレーザーの光学配置

14. フォトダイオードのプリント基板の位置を調整して、モードロッカードライバーにあるLEDレベル表示が最大になるようにする。
15. モードロッガードライバーのフェーズを「3」に設定する。
16. ミラー及びGTIを調整して出力を最大にする。

3. 1. 2 ピコ秒からフェムト秒

<図2bを参照>

1. ピコ秒モードにおいてレーザー発振を最良の状態にする。
2. モードロッカードライバー等をOFFにする。シャッターを閉じる。
3. GTIを取り外し、ミラー（M1）に交換する。BRFも取り外す。
4. モードロッカードライバー等をONにする。シャッターを開ける。
5. M5とM4の間に名刺をいれて、ロッドの蛍光とM1からの反射をモニターし、M1を調整してフィットさせ、出力を最大にする。
6. M4及びM5をフェムト秒モードの位置（キャビティ長が短くなる位置）に移動させる。
7. M4を調整して、ロッドの蛍光がM5の中心よりやや上にくるようにする。
8. M5を調整して、ロッドの蛍光がモードロッカーの中心を通過するようにする。
9. M6とアウトプットカプラーとの間に、名刺等に穴をあけて作ったアーチャー入れてアウトプットカプラーを調整してその反射を穴へフィットさせる。
10. 出力が最大になるように調整する。この場合、キャビティ長が短いためモードは汚い。
11. Pr1及びPr4を上げる（キャビティの中に入れる）。
12. M5のミラーを調整してスポットがモードロッカーの中心にくるようにする。
13. 出力ミラー（特にVar.）を調整して発振させ、出力を最大にする。
14. 出力ミラーをフェムト秒用のものに交換する。

15. 出力が最大になるように調整した後、フォトダイオードのプリント基板の位置を調整して、モードロッカードライバーにあるLEDレベル表示が最大になるようになる。

16. モードロッカードライバーのフェーズを「5」にする。

17. スリットを取り付ける。

4. 光増幅器

本増幅器は図3に示すように、入力パルス幅を200ps程度まで広くするパルスストレッチャー、拡幅されたパルスを最大5mJ/pulse程度のエネルギーまで増幅する再生増幅器、さらに最大10数mJのパルスエネルギーまで増幅するダブルパス線形増幅器、増幅されたパルスの幅を200fs以下あるいは3ps以下に圧縮するパルスコンプレッサーにより構成されている。フェムト及びピコ両モードにおいて、いくつかの波長で得られた出力を表1に示す。モードロックTi：サファイアレーザー同様に、主として3組の光学素子において750nm～900nmの波長範囲をカバーしている。広範な波長範囲で本増幅器を用いる場合、光学素子の交換作業が実験における重要な要素になるので、その交換手順をフェムト及びピコ両モードについて述べ、増幅器の紹介とする。

4. 1 増幅器波長領域変換手順

<図6又は図8参照>

1. フェムトあるいはピコの各モードにおける性能表（表1）を参照し、実験に必要とする波長領域が、Tsunami及び増幅器のミラー等光学素子の交換を必要とするどうか確かめる。必要な場合は、各部ミラーを用意しておく。

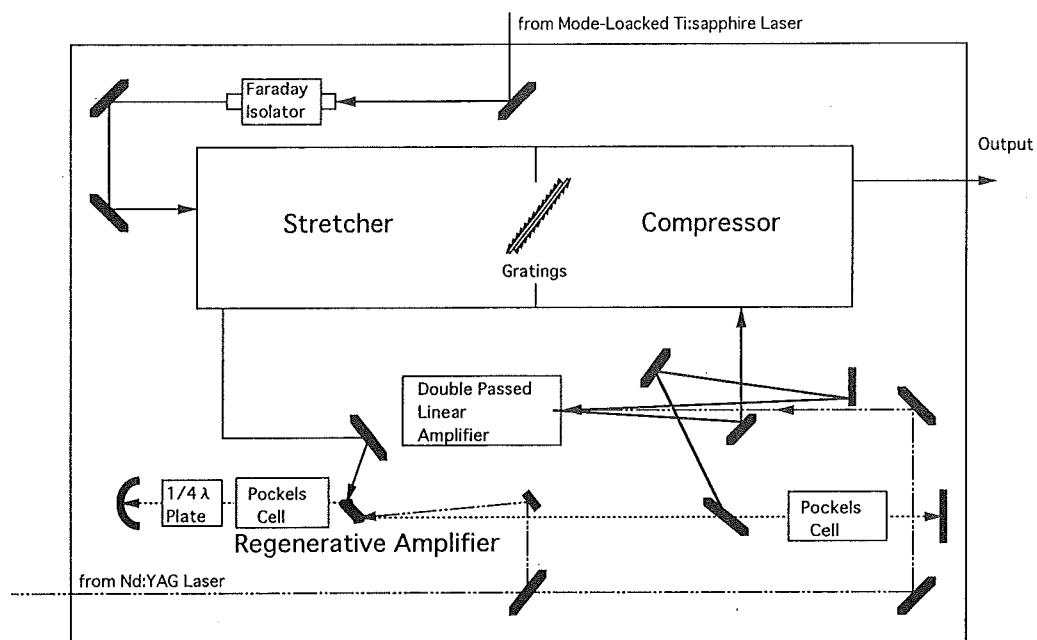


図3. 増幅器の構成図

a. フェムト秒モード							
波長 (nm)	出力 (mJ/pulse)	build up time (ns)	再生増幅器のミラーの中心 波長(nm)	波長板の 種類	コンプレッサーの ミラー	Tsunamiの ミラー	備考
740	0.5	0					
745	2.0	0					
750	4.0	40					
760	6.0	70					
770	7.0	100	790	800 nm 1/4λ Plate 黒色			
780	8.0	100					
790	7.5	100					
800	7.5	100					
810	7.5(4.0)	90					
820	6.5	65					
	5.0	45					
830	4.5	145	830	900 nm			
	6.5	130					
	2.5	15	790	800 nm			
840	3.5	130	830	900 nm			
	6.5	130					
	0.5	790		800 nm			
850	2.5(5.0)	80					
	5.5	130	830				
860	5.0	70					
	3	37					
870	3(7.0)	100		900 nm 1/4λ Plate 白色			
	3.5	100		Apex (2枚) M7 (2枚) 長波長用			
880	1.5 (7.0)	100	870	すべて 長波長用			
890	3.5	100					
900	3	25					

b. ピコ秒モード							
波長 (nm)	出力 (mJ/pulse)	build up time (ns)	再生増幅器のミラーの中心 波長(nm)	波長板の 種類	コンプレッサーの ミラー	Tsunamiの ミラー	備考
740	-						
745	1.0						
750	4.0						
760	4.5						
770	8.5						
780	8.5						
790	9.5						
800	8.5						
810	8.5(15.0)						
820	7.0						
830	5.0						
840	5.0						
850	4.0						
860	5.0						
870	3.5			900 nm 1/4λ Plate 白色			
880	3.0			Apex (2枚) M7 (2枚) 長波長用			
890				すべて 長波長用			
900							

注意事項
1. コンプレッサーの交換ミラーは光学素子の配置図を参照のこと。
2. () 内の数字はコンプレッサー入力前のエネルギーを示す。
3. build up timeとは

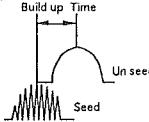


表1. 増幅器から得られた出力

2. Tsunamiの発振波長をウェーブメーター等を参照しながら、必要とする波長方向へ5 nm程度シフトさせる。
3. Tsunamiのミラー等光学素子の交換が必要とする場合は、その交換手順を参照して行う。
4. Tsunamiを最良の発振状態にする。
5. 増幅器（ストレッチャー／コンプレッサーのグレーティング角度、M3及びM4）を調整して増幅出力を最大にする。
6. 再生増幅器のミラー及び波長板の交換を必要とする場合は、その交換手順を参照して交換する。
7. コンプレッサーのミラーの交換を必要とする場合は、その交換手順を参照して交換する。
8. 2. ~ 7. を繰り返して必要とする波長に設定し、出力が最大になるように調整する。

4. 2 再生増幅器のミラー及び波長板の交換手順 <図6又は図8参照>

1. 再生増幅器のフラットミラー側（RM2）からHe-Neレーザー光を入射し、反対側（RM1）のミラーからの反射が元に戻るようにする。
2. 片側ずつミラー交換を行う。各ミラーの反射が元に戻るよう、ミラーホルダーのVとHを調整する。
3. 両方のポッケルスセルのトリガーケーブルをはずして機能を止める。
4. 波長板RP1をはずす。
5. GCRの出力を徐々に上げる。
6. 再生増幅器が“free-running”モードで発振する。

- もし、発振しなければ、RM1を少し調整する。
7. ピンフォトダイオードでRM2から透過してくる光をモニターする。この場合、オシロの設定は入力インピーダンス $1 M\Omega$ 、 $50-100 \mu s/div$ で、波長は図4aのようになる。共振器がブロックされた時に波長が消えることも確認しておく。
8. 信号が強くなるようにRM1を注意深く調整する。
9. さらに信号が強くなるように励起光のアライメントを注意深く行う。
10. 波長板を取り付ける。“free-running”モードでの発振が止まる。7. で確認した方法で発振していれば、波長板を少し回転させてみる。絶対に大きく回転させないこと。
11. RM1側のポッケルスセルのトリガーケーブルを接続する。Qースイッチが掛かってレーザー発振する。
12. RM2から透過する光をピンフォトダイオードで観測する。オシロの設定は入力インピーダンスが 50Ω 、 $50-100 ns/div$ で、トリガーはSM1モジュールの“Sync” triggerからの信号を用いる。観測される波形は図4bのようである。
13. GCR (Nd: YAGレーザー) の高調波発生器を調整して波形を最良にする。最良とはbuild up timeを長く、パルス幅を短く、パルスのピークを高くすることである。
14. RM2側のポッケルスセルのトリガーケーブルを接続する。
15. Qースイッチパルス光が得られるようにポッケルスセル#2の“Delay Set”を調整する。このとき得られる

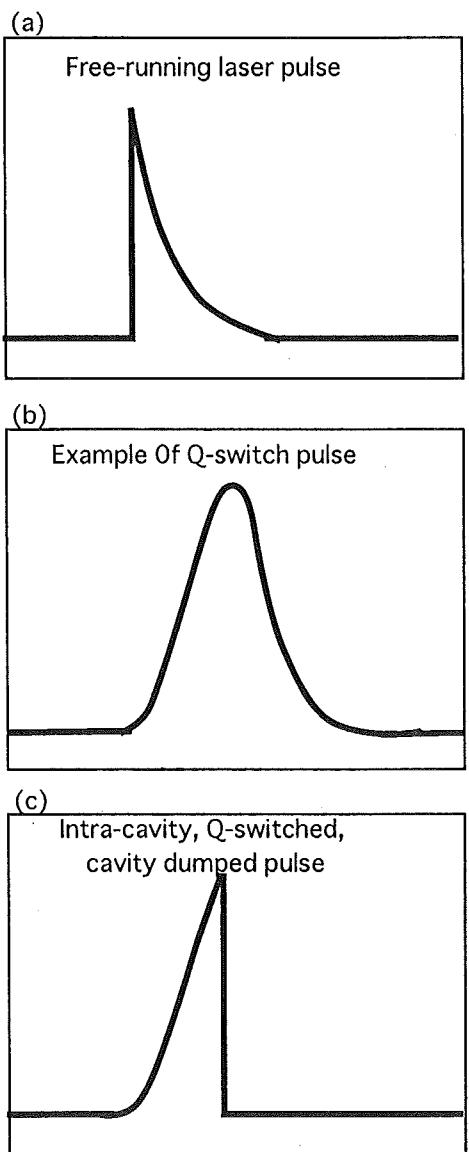


図4. 再生増幅器の調整波形

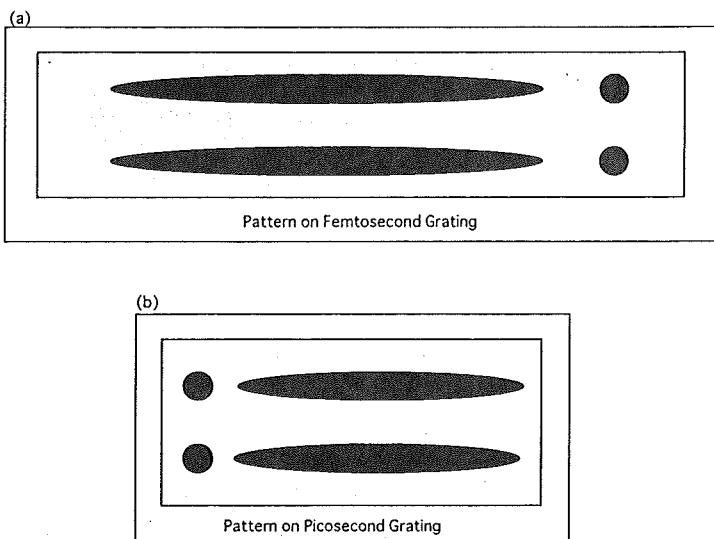


図5. コンプレッサーグレーティングのパターン

波形は図4Cのようになる。

16. 偏光板RP 2の反射によって取り出されるQースイッチパルス光のバーンパターンが最良かつエネルギー(パワーメーターで測定する、'94年6月に得られたエネルギーは13mJ)が最大になるようにRM 1を調整する。必要ならば、M2を注意深く少し調整する。

注意：スペクトラ・フィジックスのマニュアルと若干調整するミラー(RM 1とRM 2)が異なっているが、これは'94年5月に行われた改造のため、当初凹面であったRM 2が平面になり、平面であったRM 1が凹面に変わったためである。

4. 3 線形増幅器とコンプレッサー間ミラーの交換
<M 5, 6, 8, 10, 11(下のみ)の合計6枚>
 1. シード光をミラーb付近でブロックして、グレーティングブロックをローテーションステージから注意深くはずす。
 2. 増幅器をQースイッチ発振させる。
 3. 発振パルス光がアーチャーP 1及びP 2を通っていることを確認する。通っていないければ、M 5とM 6を調整して通す。
 4. M 9を目的波長のものに取り替えて、発振パルス光がアーチャーP 1及びP 2を通っているか、確かめる。通っていないければ、交換したM 9を調整して通す。
 5. M 8, M 9, M 10, M 11の各ミラーについて、4. の操作を行う。
 6. グレーティングブロックをもとに戻して終了。
4. 4 コンプレッサーのミラー交換
<M 7とAPEXの合計4枚(ピコの場合はM 14も)>
 1. TSAビーム(アンプされたパルス光)を最良の状態にする。
 2. 該当ミラーの交換を行う。
 3. M 6からのビームがコンプレッサーグレーティングの右下(ピコの場合は左下)に入り(APEXへ反射される(図5aまたはb参照))。APEXにおいてビームがクリップされていないことを確認しながら、APEXにおいて反射されたビームが、(ピコの場合はM 14を経て)コンプレッサーグレーティングの左下(ピコの場合は右下)にストライプとなって入る。ストライプの位置が不適切な場合は、APEXをトランスレーションステージに固定しているボルトをゆるめ、回転させて適正にする。
 4. グレーティングの左下で反射されたストライプは(ピコの場合はM 14を経て)M 7に入射され、光路が上げられ、反射されて、(ピコの場合はM 14を経て)グレーティングの左上(ピコの場合は右上)にストライプとなって入射される。もし、この高さが不適な場合は

- APEXの傾き（仰角）を調整する。この調整はAPEX背面の2つのボルトをゆるめ、調整穴にある押さえねじを六角レンチで回すことによって行うことができる。
5. グレーティング上のストライプは再びAPEXを経由して、グレーティング右上（ピコの場合は左上）にスポットとなって現れ、M7のすぐ横、M6のすぐ上を通って出射口より、圧縮されたビームが取り出される。
 6. 最終的にグレーティング上のパターンが図5aまたはbのようになり、ビームが出射口でクリップされないようにAPEXの回転及び傾きとM7のミラー位置（回転や傾きではない）を調整する。

5. 増幅器のモード変換

モードロックTi：サファイアレーザーがフェムト秒であるかピコ秒モードであるかによって増幅器の光学系とりわけ、ストレッチャー及びコンプレッサーの光学配置を換える必要がある。再生増幅器において増幅される光パルスの幅は、前述のように200ps程度でなければ、キャビティ内のピークエネルギーが高すぎてキャビティ内の光学素子にダメージを与える。例えば、パルス幅が2 ps程度である場合に、フェムト秒用のストレッチャーでは10倍程度しか拡幅されない。このため、モード変換において次のような作業が必要となる。

5. 1 フェムト秒からピコ秒

<図6 参照>

5. 1. 1 ストレッチャー

1. Tsunamiをピコ秒モードにする。このときはストレッチャーのアライメントのためにモードロックが掛かっていない方がよい。
2. レンズ、グレーティングを取りはずす。
3. もし、フェムト秒モードでの波長が870nmより長波長で、M5, 6, 8, 9, 10, 11（下のみ）が900nm用のミラーに交換されていて、ピコ秒モードで必要な波長が短波長の場合、『線形増幅器とコンプレッサー間ミラーの交換〔M5, 6, 8, 9, 10, 11（下のみ）の合計6枚〕』に従って適切なミラーに交換する。
4. Tsunamiからのフェムト秒ビームが二つのピンホールP1及びP2を通過するように、ミラーc及びdを調整する。
5. 再生増幅器で得られたQ-スイッチパルス光（再生増幅器のミラー及び波長板の交換手順の12. を参照）がピンホールP1及びP2を通過するようにミラーM5及びM6を調整する。
6. グレーティング用回転ステージをピコ秒モードの位置に移動させ、ピコ秒用グレーティングを固定する。グレーティングの位置がやや高い方がコンプレッサー側である。

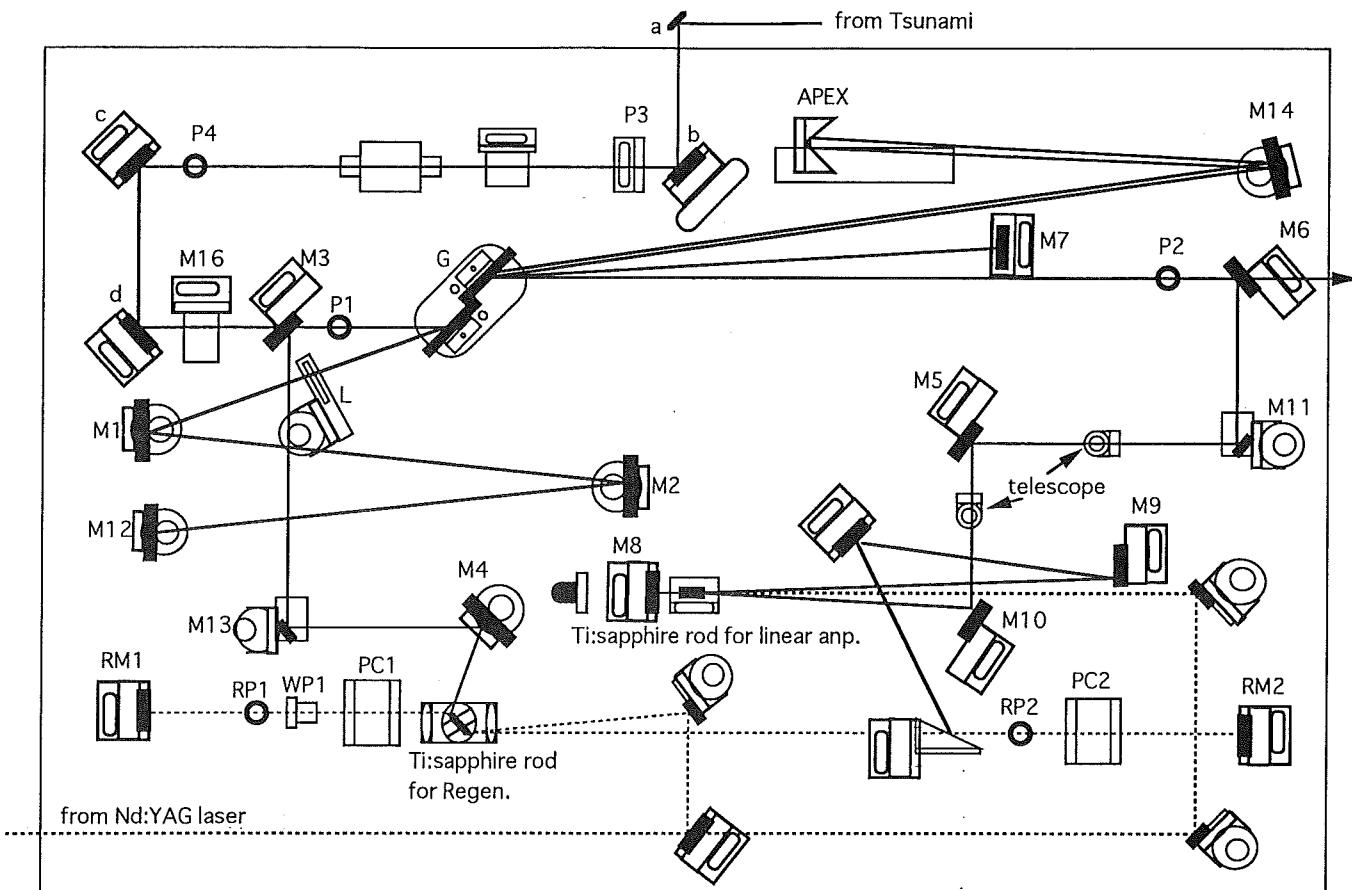


図6. ピコ秒モードにおけるTi:サファイアアンプの光学配置

7. グレーティングから反射するTsunamiビーム（モードロックは掛かっていない）の0次及び1次光がピンホールP1を通過していることを確認する。もし通過していないければ、グレーティングの垂直軸と回転軸を調整する。0次では垂直軸、1次では回転軸（回転ステージの回転ではなくグレーティングが回転機能付きのホルダーに固定してあるので、それをゆるめて回転させる）をあわせる。0及び1次光共にピンホールを通過するように調整を繰り返す。
- 注意：この調整のとき、M2からの反射光が邪魔になるので、M2の前に名刺などをおいて反射しないようにするほうがよい。
8. 回転ステージの目盛りを読んで、グレーティングを180度回転させる。
9. 180度回転させてことによってコンプレッサー側のグレーティングの調整をTsunamiビームを用いて行うことができる。グレーティングで反射されたTsunamiビームがピンホールを通過していないければ、グレーティングの水平軸（必要ならば垂直軸も）を調整して通過させる。さらに、回転ステージを回転させて1次光も確認する。1次光がピンホールを通過していないければ、グレーティングを回転させて（前述のとおり回転ステージの回転ではない）通過させるようにする。
10. 0及び1次光が通過するように調整を繰り返すが、この場合、0次光のピンホールを通過する時の回転ステージの読みは8.で読んだ（7.の調整後の読み）角度に対して、正確に180度オフセットがかかった値であることに注意する。
11. M1、M2及びM12をマークされているピコ秒モードの位置におく。
12. グレーティングを回転させて（回転ステージの回転）、TsunamiビームをM1の中心（高さは3.5インチで、Positive Light社の名刺の高さ）に合わせる。
13. M1からの反射がM2の中心へ入射し、その反射がM12の中心（高さは3.5インチで、Positive Light社の名刺の高さ）に来るよう各ミラーを合わせる。
14. M12からの反射がピンホールP1を通過するようにM12を調整する。必要ならば、M1、M2及びM12の調整を繰り返して、M12からの反射がピンホールを通過するようにする。
15. ピコ秒レンズをマークされた位置にいれる。この位置はグレーティングから25cm、レンズからM1、M2を経てM12に至る距離が150cmである。（レンズのfは150cm）
16. レンズを調整して、戻り光がピンホールP1を通過するようする。さらに、ストレッチャーグレーティング上で、行きと戻りが合うように（大体）レンズの向きを合わせる。
17. レンズを下げてグレーティング上に4つのスポットをだす。

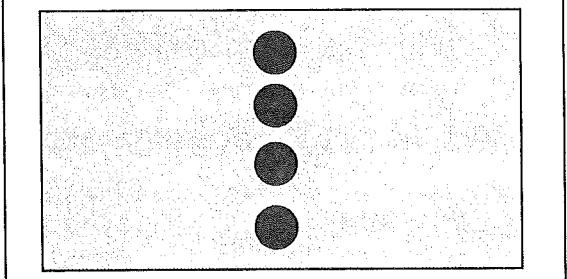
（図7 a参照）

18. M12上に2つのスポットが横並びで現れるので、これをM16のミラー調整で1つにする。
19. ここで、Tsunamiのモードロックをかけ、グレーティング上の4つのスポットが2つのストライプと2つのスポットに変わることを確認する（図7 b参照）。もし、変わらなかつたらTsunamiのモードロックの掛け具合を確認する。
20. ストレッチャされたビームがM3の上端においてクリーンにピックオフされるようにレンズをさらにを微調整する。このとき、ピンホールP4を閉じると調整を行いうやす。
21. M3とM4を調整してビームがピンホールRP1をとり、ミラーRM1で反射され、ロッドを通ってRP2を通過するようにする。
22. 後は日常的な調整と同じ操作を行う。

5. 1. 2 コンプレッサー

1. ストレッチャへ入るTsunamiビームをブロックし、グレーティングを回転ステージからはずす。
2. 再生増幅器をQースイッチパルス発振させる。発振が不十分の場合は『再生増幅器のミラー及び波長板の交換手順』の3.～16.を参照して最良の状態にする。
3. Qースイッチパルス光がピンホールP1及びP2を通過するようにミラーM5及びM6を調整する。
4. 再生増幅器を停止し、1.でブロックしたTsunamiのビームを再び入射し、ピンホールP1及びP2を通過する事も確認しておく。

(a)



(b)

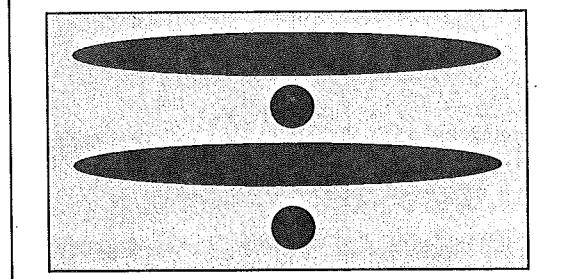


図7. ピコ秒モードにおけるストレッチャーグレーティングのパターン

- グレーティングを回転ステージに取り付ける。ストレッチャーグレーティング上のストライプとスポットを確認し、必要に応じて回転ステージを調整して最良の状態にする。ストレッチされたTsunamiビームが再生増幅器に入射されていることを再確認する。
- TSAビーム（アンプされたパルス光）を最良の状態にする。
- M7、M14及びAPEXをピコ秒モードの位置へ配置する。M7は、ピコ秒とフェムト秒モードではその取り付けを上下反転させ、出力ビームがM7でクリップされないように適切に取り付ける。APEXとグレーティングの間の距離（M14を経る）は、レンズの焦点距離からレンズーグレーティング間距離（25cm）を差し引いた値125cmである。なお、APEXの固定にあたっては、スライドステージに固定するツマミの位置の関係上、ピコ秒とフェムト秒モードではステージに取り付ける位置を変える必要がある。
- M6からのビームがコンプレッサーグレーティングの左下に入りその反射をM14の下側にクリップされないように入れる。もしクリッピングがあればM14を移動させてクリップされないようにする。M14からの反射はAPEXへ入射される。APEXにおいてビームがクリップされていないことを確認しながら、APEXにおいて反射されたビームが、M14を経てコンプレッサーグレーティングの右下にストライプとなって入る。ストライプの位置が不適切な場合はAPEXのトランスレーショステージに固定しているボルトをゆるめ、回転させて適正にする。（図5 b参照）
- グレーティングの右下で反射されたストライプはM14

を経てM7に入射され、光路が上げられ、反射されて、グレーティングの右上にストライプとなって入射される。もし、この高さが不適切な場合はAPEXの傾き（仰角）を調整する。この調整はAPEX背面の2つのボルトをゆるめ、調整穴にある押さえネジを六角レンチで回すことによって行うことができる。

- グレーティング上のストライプは再びM14及びAPEXを経由して、グレーティング左上にスポットとなって現れ、M7のすぐ横、M6のすぐ上を通って出射口より、圧縮されたビームが取り出される。
- 最終的にグレーティング上のパターンが図5 bのようになり、ビームが出射口でクリップされないようにAPEXの回転及び傾きとM7のミラー位置（回転や傾きではない）を調整する。
- 出力をパワーメーター（最大値にする）あるいは名刺（最も青白く光るようにする）でモニターしながら、APEXをステージ上においてスライドさせ出力パルス幅を狭くする。

5. 2 ピコ秒からフェムト秒 <図8 参照>

5. 2. 1 ストレッチャー

- Tsunamiをフェムト秒モードにする。このときはストレッチャーのアライメントのためにモードロックが掛かっていない方がよい。
- レンズ、グレーティング及びM14をとりはずす。
- もし、ピコ秒モードでの波長が870nmより長波長で、M5, 6, 8, 9, 10, 11（下のみ）が900nm用のミラーに交換されていて、フェムト秒モードで必要な波

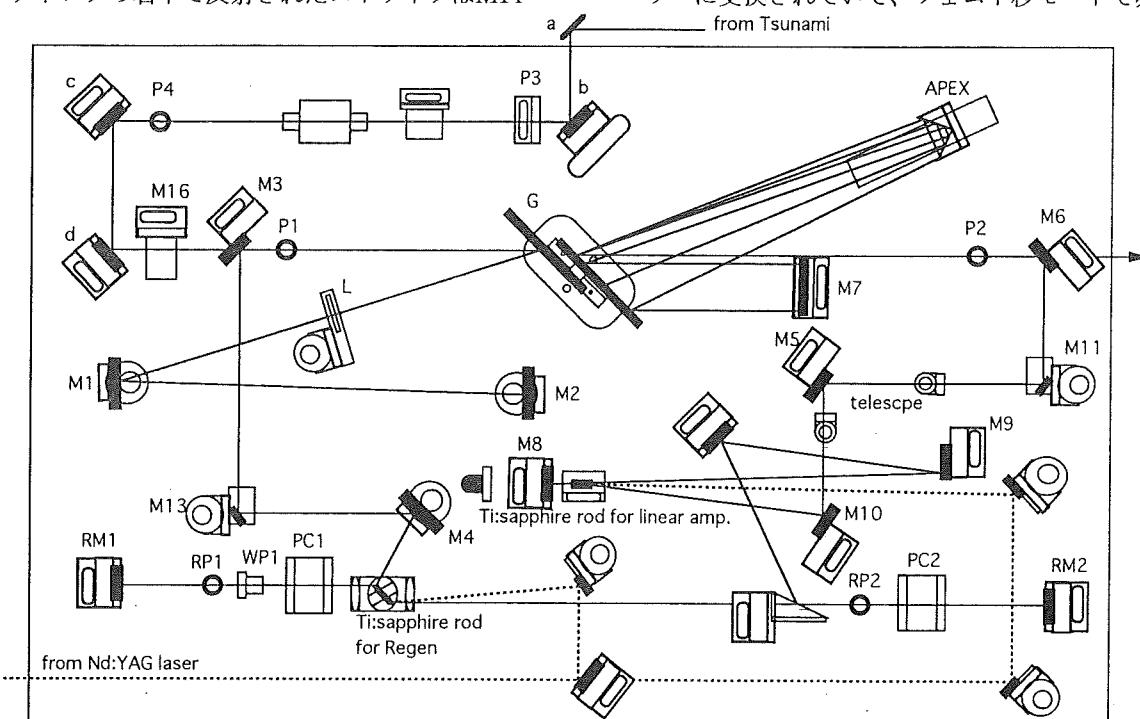


図8. フェムト秒モードにおけるTi:sファイアアンプの光学配置

- 長が短波長の場合、『線形増幅器とコンプレッサー間ミラーの交換〔M5, 6, 8, 9, 10, 11(下のみ)の合計6枚〕』に従って適切なミラーに交換する。
4. Tsunamiからのフェムト秒ビームが二つのピンホールP1及びP2を通過するように、ミラーc及びdを調整する。
 5. 再生増幅器で得られたQースイッチパルス光（再生増幅器のミラー及び波長板の交換手順の12. を参照）がピンホールP1及びP2を通過するようにミラーM5及びM6を調整する。
 6. グレーティング用回転ステージをフェムト秒モードの位置に移動させ、フェムト秒用グレーティングを固定する。グレーティングの位置がやや高い方がコンプレッサー側である。グレーティングペアの適切な位置は、ストレッチャー側でみた場合、用いる角度においていた時に、グレーティングの中心付近（高さ方向の中心ではなく、横方向の中心）にTsunamiのビームが入射される状態で、コンプレッサー側からみた場合、アンプされた光がグレーティング右下に入射される状態である。
 7. グレーティングから反射するTsunamiビーム（モードロックは掛かっていない）の0次及び1次光がピンホールP1を通過していることを確認する。もし通過していないければ、グレーティングの垂直軸と回転軸を調整する。0次では垂直軸、1次では回転軸（回転ステージの回転ではなくグレーティングが回転機能付きのホルダーに固定してあるので、それをゆるめて回転させる）をあわせる。0及び1次光共にピンホールを通過するように調整を繰り返す。
- 注意：この調整のとき、M2からの反射光が邪魔になるので、M2の前に名刺などを置いて反射しないようにするほうがよい。
8. 回転ステージの目盛りを読んで、グレーティングを180度回転させる。
 9. 180度回転させてことによってコンプレッサー側のグレーティングの調整をTsunamiビームを用いて行うことができる。8. と同様に、グレーティングで反射されたTsunamiビームがピンホールを通過していないければ、グレーティングの水平軸（必要ならば垂直軸も）を調整して通過させる。さらに、回転ステージを回転させて1次光も確認する。1次光がピンホールを通過していないければ、グレーティングを回転させて（前述のとおり回転ステージの回転ではない）通過させるようにする。
 10. 0及び1次光が通過するように調整を繰り返すが、この場合、0次光のピンホールを通過する時の回転ステージの読みは8. で読んだ（7. の調整後の読み）角度に対して、正確に180度オフセットがかかった値であることに注意する。
 11. M1、及びM2をマークされている位置におく。
 12. グレーティングを回転させて（回転ステージの回転）、TsunamiビームをM1の中心（高さは3.5インチで、Positive Light社の名刺の高さ）に合わせる。
 13. M1からの反射がM2の中心（高さは3.5インチで、Positive Light社の名刺の高さ）に来るよう合わせる。
 14. M2からの反射がピンホールP1を通過するようにM2を調整する。必要なら、M1及びM2の調整を繰り返して、M2からの反射がピンホールを通過するようになる。
 15. フェムト秒レンズをマークされた位置にいれる。この位置はグレーティングから30cm (30~32cm)、レンズからM1を経てM2に至る距離が75cmである。（レンズのfは75cm）
 16. レンズを調整して、戻り光がピンホールP1を通過するようにする。さらに、ストレッチャーグレーティング上で、行きと戻りが合うように（大体）レンズの向きを合わせる。
 17. レンズを下げてグレーティング上に4つのスポットをだす。
(図9a参照)
 18. M2上に2つのスポットが横並びで現れるので、これをM16のミラー調整で1つにする。
 19. ここで、Tsunamiのモードロックをかけ、グレーティング上の4つのスポットが2つのストライブと2つのスポット（図9b参照）に変わることを確認する。もし、変わらなかつたらTsunamiのモードロックの掛け具合を確認する。
 20. ストレッチャされたビームがM3の上端においてクリーンにピックオフされるようにレンズをさらにを微調整する。このとき、ピンホールP4を閉じると調整を行いやすい。
 21. M3とM4を調整してビームがピンホールRP1をとおり、ミラーRM1で反射され、ロッドを通ってRP2を通過するようにする。
 22. 後は日常的な調整と同じ操作を行う。

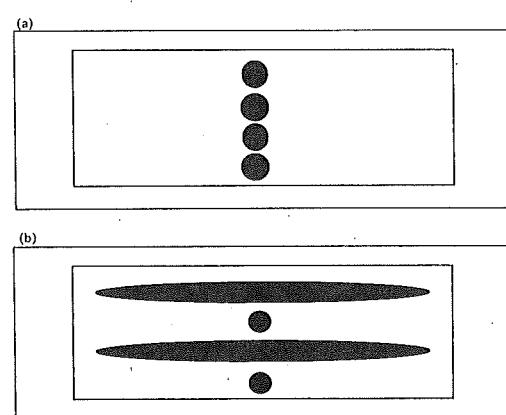


図9. フェムト秒モードにおけるストレッチャー
グレーティングのパターン

5. 2. 2 コンプレッサー

1. ストレッチャーへ入るTsunamiビームをブロックし、グレーティングを回転ステージからはずす。
2. 再生増幅器をQースイッチパルス発振させる。発振が不十分の場合は『再生増幅器のミラー及び波長板の交換手順』の3. ~16. を参照して最良の状態にする。
3. Qースイッチパルス光がピンホールP1及びP2を通過するようにミラーM5及びM6を調整する。
4. 再生増幅器を停止し、(Nd: YAGレーザーの発振を止める) 1. でブロックしたTsunamiのビームを再び入射し、ピンホールP1及びP2を通過する事も確認しておく。
5. グレーティングを回転ステージに取り付ける。ストレッチャーグレーティング上のストライプとスポットを確認し、必要おに応じて回転ステージを調整して最良の状態にする。ストレッチャされたTsunamiビームが再生増幅器に入射されていることを再確認する。
6. TSAビーム(アップされたパルス光)を最良の状態にする。
7. M7及びAPEXをフェムト秒モードの位置へ配置する。M7は、ピコ秒とフェムト秒モードではその取り付けを上下反転させ、出力ビームがM7でクリップされないように適切に取り付ける。APEXとグレーティングの間の距離は、レンズの焦点距離からレンズーグレーティング間距離(30cm)を差し引いた値45cmである。なお、APEXの固定にあたっては、スライドステージに固定するツマミの位置の関係上、ピコ秒とフェムト秒モードではステージに取り付ける位置を変える必要がある。
8. M6からのビームがコンプレッサーグレーティングの右下に入りAPEXへ反射される。APEXにおいてビームがクリップされていないことを確認しながら、APEXにおいて反射されたビームが、M14を経てコンプレッサーグレーティングの左下にストライプとなって入る。ストライプの位置が不適切な場合はAPEXをトランスレーションステージに固定しているボルトをゆるめ、回転させて適正にする。(図5a参照)
9. グレーティングの左下で反射されたストライプはM7に入射され、光路が上げられ、反射されて、グレーティングの左上にストライプとなって入射される。もし、この高さが不適切な場合はAPEXの傾き(仰角)を調整する。この調整はAPEX背面の2つのボルトをゆるめ、調整穴にある押さえネジを六角レンチで回すことによって行うことができる。
10. グレーティング上のストライプは再びAPEXを経由して、グレーティング右上にスポットとなって現れ、M7のすぐ横、M6のすぐ上を通って出射口より、圧縮されたビームが取り出される。
11. 最終的にグレーティング上のパターンが図5aのよう

になり、ビームが出射口でクリップされないようにAPEXの回転及び傾きとM7のミラー位置(回転や傾きではない)を調整する。

12. 出力をパワーメーター(最大値にする)あるいは名刺(最も青白く光るようにする)でモニターしながら、APEXをステージ上においてスライドさせ出力パルス幅を狭くする。

6. 光パルス幅

光パルスの半値幅の測定は、その幅が数10ピコ秒より広い場合は高速の光検出器とオシロスコープによる一般的な方法による測定が可能であるが、本レーザーシステムのように数ピコ秒あるいはフェムト秒となると、光学遅延等を利用した専用の測定器が必要となる。発振繰り返し速度がモードロックTi: サファイアレーザーのように、MHzオーダーである場合は回転プリズムを用いて光学遅延を連続的にスキャンさせる方法を用いた機器(スキャニングオートコリレーターと呼ばれている)がいくつか市販されており、我々もSpectra-Physics409-07を用いている。しかし、本システムの増幅器から得られる光パルスのように、発振繰り返しが10Hz程度である場合、スキャニングオートコリレーターを用いることができない。このため、まずフェムト秒の光パルスを測定できる機器の制作を行った。

6. 1 シングルショットオートコリレーターの制作

発振繰り返し速度の遅いフェムト秒領域の光パルス半値幅を測定する方法は大きく分けて2種類あり、スローキャン型とシングルショット型である。これらの方法には一長一短があり、機器センターのように多くの利用者が様々な実験に利用することを考えて、相補的に使えるように両方式のものを制作した。ここでは、シングルショット型のみ紹介する。

制作にあたって参考とするため、既製品の有無を調べたところ、Positive-Light社において製品化されていることがわかり、さっそくカタログを取り寄せた。カタログと文献を検討して設計を行った。最終的に完成したコリレーターの光学素子等の配置を図10に示す。ビームスプリッターで2つに分けられた光パルスは、同時に高調波結晶に到達する必要がある。つまり、分けられた2つの光パルスが通る光路の長さが同じである必要があるので、MacのCAD(マックドロー)で実寸図面を描き、そこから光学素子等の配置場所のXY座標を読み取った。実際の制作において、装置開発室のデジタル表示が可能なフライス盤を利用して、CADで得られたXY座標の位置に光学素子等を固定するためのねじ切りあるいは穴あけ加工を行った。

入力光は、両凸レンズ(ヘリ厚0.3mm)と両凹レンズ(中心厚0.3mm)の組み合わせで構成されるビームエキスパンダーによってビーム径を約1cmに拡大した後、ビームスプリッターにより2つに分けられる。透過光は、光学遅

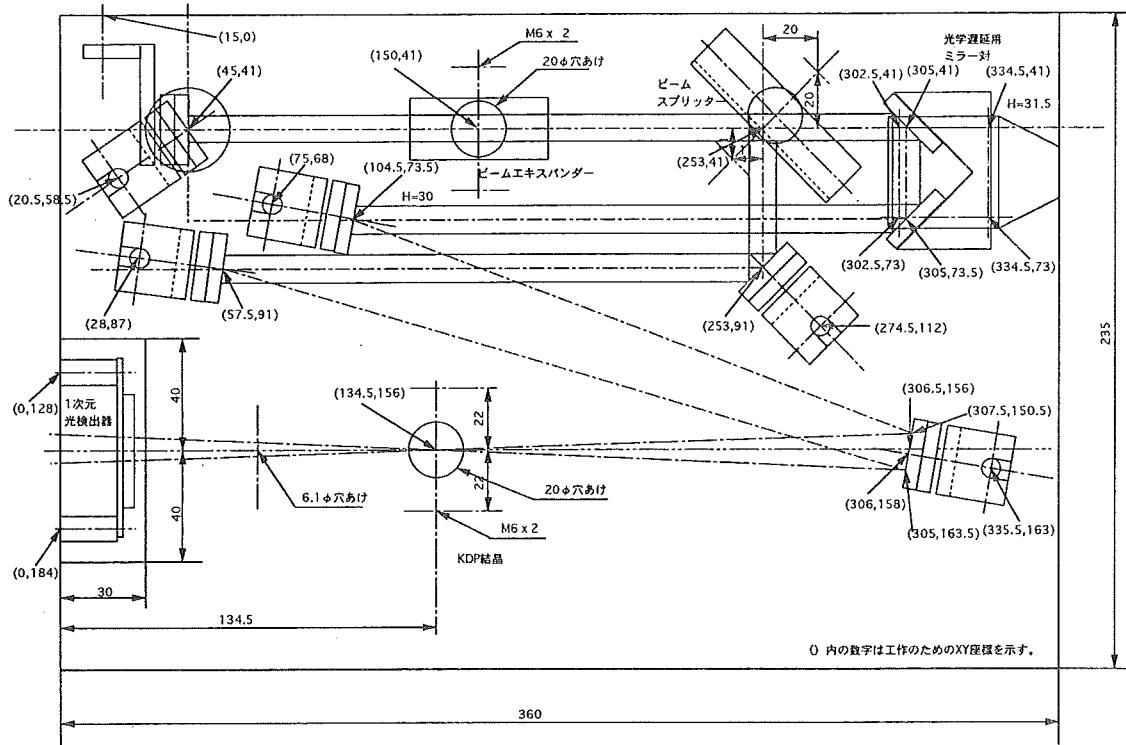


図10. シングルショットオートコリレーターの光学配置

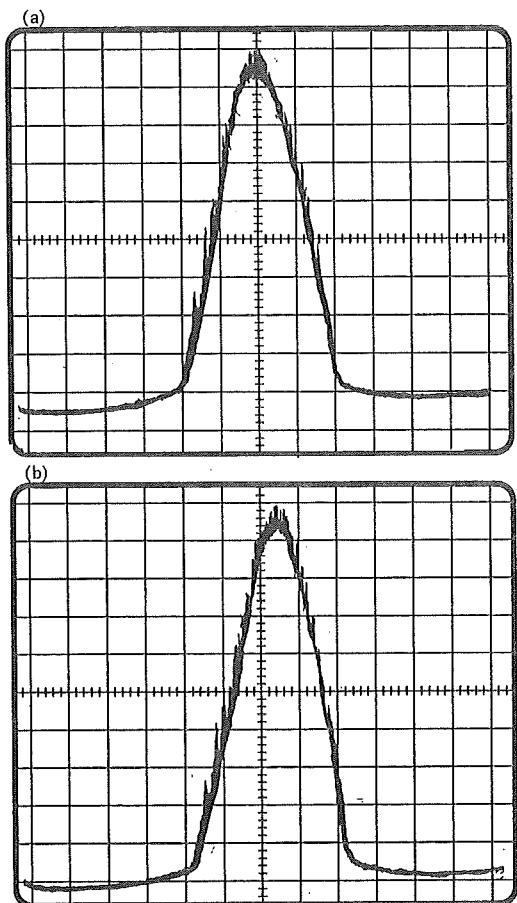


図11. 観測波形
a, bの波形から算出されたパルス幅は
193fsであった。

延を得るために精密移動ステージ上に保持されたミラー対によって折り返される。最終的に透過光と反射光は同時に高調波結晶に入射される。高調波結晶は15mm角、厚さ0.5mmのKDP (Type I) 両面にARコートが施されている。高調波結晶で得られた二倍高調波は1次元のMOSリニアイメージセンサー（浜松ホトニクスS3924-1024Q）で受光され、駆動回路（浜松ホトニクスC4074）において信号処理が行われた後、オシロスコープにより波形が表示される。トリガー信号は、増幅器の励起光源であるパルスNd:YAGレーザーのSync.out信号に遅延回路を付加して使用している。

6. 2 パルス幅の測定

制作したシングルショットオートコリレーターにより、フェムト秒モードにおける増幅器出力光のパルス幅測定を行った。得られた波形を図11に示すと共に、測定手順を用いて原理の概略を述べる。

1. オシロスコープで観測される波形の強度が最大になるように移動ステージのマイクロメーターを調整する。このときのマイクロメーターの読み及び波形の半値幅、ピークの時間軸の位置を控えておく（図11a）。
2. 波形が適度にシフトするようにマイクロメーターを回す。このときのシフト量とマイクロメーターの読みを控えておく（図11b）。
3. マイクロメーターの変化量を光速度で換算すれば、それに比例して変化した波形のシフト量を時間に換算する事ができる。シフト量と波形の半値幅との比に、シ

フト量の換算時間を掛け、最終的にform factorを掛けることによってパルス幅が得られる。

7.あとがき

本システムは、高出力でかつ非常に広い波長領域のフェムト秒あるいはピコ秒の光源であり、ストリークカメラによる観測により時間分解発光分光や非線形分光に利用することができる。また、液相や固相のみならず、気相での超高速過程の研究にも利用でき、機器センターの管理する共

同利用機器として、所内外における分子科学の研究活性に大きく寄与することが期待される。

本システムの整備にあたり、機器センターの富宅喜代一助教授ならびに美齊津文典助手より多くの助言とご配慮を賜りました。ここに深く感謝申し上げます。特に美齊津助手には、メーカー技術者の来所期間、不慮の病で突然の休暇を強いられた筆者にかわり調整作業を務めて頂きました。ここに改めて感謝申し上げます。

最新技術情報編集後記

創刊号から『最新技術情報』をお届けしております。このタイトルからどのような記事を想像されるでしょうか。一口に最新と言っても、分子研で利用できる最新技術と市場における最新技術など、捉え方はたくさんあると思いますが、これまでは分子研で利用できる比較的新しい技術あるいはそれに精通している人の解説などを中心に構成しております。さらに今後は同様な構成を基本とし、あまり最新には拘らない分子研唯一の情報などを含めて続けて行く方針です。このような場合、現在のタイトルが妥当であるかどうかを読者のみなさんと共に考え、必要ならば次号以降から新しいタイトルでお届けしたいと思います。ご意見を編集担当まで頂ければ幸いです。

“声” 「本音を言わせて、聞かせて」

1、これでいいのだ？

サザエさんの漫画に、波平が畠の隙間から、小さな粒を見つけ、何かの種だと思い、庭に蒔き、水をやっていると、サザエさんが「お父さん、それ仁丹よ。」といった。

むかし、家庭菜園でもやろうかと思い、茄子の苗を買ってきて、たっぷりと肥料をやって植えた。ところが、苗は日に日に勢いが衰え、一週間もたたずに枯れてしまった。地元の農家のおばさんに聞いたたら、「そりゃあ肥料やけだんべえ、肥やしのやりすぎだあ。」と笑われてしまった。

UVSORの秘書のA嬢が辞めるとき、記念に観葉植物の鉢植えをおいていった。長い連休明けに出勤してくると、植木はぐつたりして、いまにも枯れそうだった。あわてて水をやると、数時間後には、もの勢いをとりもどした。それならと、こんどは長い連休の前日に、たっぷりと水をやった。連休後出勤したときには、げんなりしていた。

茄子科の野菜は、極度に連作を嫌う。毎年植える場所を替えてやらねばならない。米は水田でつくるから、毎年同じ場所でも実をつける。暑さに強い野菜、寒さに強い野菜、直射日光が好きな野菜、日陰が好きな野菜、湿気を好む野菜、嫌う野菜、そして多肥（おお食い）を必要とする野菜といろいろある。技官だって、いろんな性格、体質、特技、考えを持っていても不思議ではない。しかし、技術課は自然の野っぱらではない。好きかってに花を咲かせ、実をつければ良いというものではない。分子科学のための技術を実らせねばならない。

野菜を作るには、その野菜に適した土壤の、畑を作らなければならない。そして、良い種を選ばなければならない。多くの収穫を得るには、畑は毎日手入れをしなければならない。間引きや剪定、雑草や害虫の駆除、そして施肥や土寄せ等。また、必要ならば、支柱、日除け、風よけなどもしなければならない。連作を嫌うものは、適時植える場所を替えねばならない。成長して、根が込み入ってきたら、株分けを行わなければならない。交配、接ぎ木などによる品種改良も必要である。

これらのこととは、技術課、技官の問題に通ずるものがあるのではないか。

第4技術班長 酒井楠雄

2. この頃思うこと

分子研が出来て20年経ち、多くの人達が去り、より以上の人達が集まり、研究所も随分大所帯になつたものである。創設期を知る人は、吉原さん、花崎さん、斎藤さん（出戻

り）、他に数名になってしまった。かといって、過去に思いを馳せて感傷に浸るつもりでこの文を書いて行く気はない。この間に変化した所を考えて見ようと思う。分子研の教授会は教授、助教授の差は少なく非常に民主的であると聞く、大変結構のことである、しかし、民主的教授会が運営上ベストであるかは疑問であると私は思う（ベターではある）。

例を挙げると、工事の為に櫻の木が切られた事に、某教授が激怒したと聞いたことがある。民主的に賛否を問えば、納得できそうな理由により、某教授には大人げないと言う評価が下るであろう。しかし、ここに棲息して背中に苔の生えそうな人は違う判定をするであろうし、良くぞ怒って呉れましたと感謝し、大教授と褒め称える事になるはずだ。

私なりに、過去のいきさつを考慮して、教授の心の中を推理してみる事にすると。木を切るのは最終的に仕方がないかも知れない、しかし移植の手段を取れば何とかなるかな、この時期で移植は、人手、予算、それも何とかできる筈だ、枯れても良い、必要なのは木を残す努力だ。面目を何とか保たねば、しかし時間が無い、……もう切っちゃったの。ひょっとしたら管理局の連中は申し送り事項に入れ忘れたのかもしれません、誰かが思い出させないと、こんな事は何回も起きるだろうし、歴代の所長に悪いことしたなあ（俺は何もしていないけど、切った櫻は戻らないし）、誰かが言うべきだろうな、花崎さんや斎藤さんに頼めたら楽なんだが、しようがない俺が泥を被るか。……馬鹿野郎一櫻の木を切った奴は出てこい。かくして、愛教大の残した環境を極力残すよう分子研の建設をして欲しい（地元関係者）。注意を払い、気配りしましょう。の約束は、守られてはいないが、首脳部のメンツは何とか保てたかなと言うところで落ちついたと思います。

聞いた所によると、研究棟が、初期完成予定の形状と違うのも、おまけに狭いのも、すべて、今になっては、感傷的、の一言で見向きもされない約束事により発生し、ここ十年の我慢に繋がっている。私はこの事件より見解を改め、民主主義の中での構成員は本当に平等であるべきか？と言う提示をし、意見は尊重しても票決時には差別をするべきである、と言う答えを定着させたい。そもそも、昨日や今日の新米に意見などはあっても、設立理念に基づく投票を期待しては酷であるし、過去のいきさつも知らない人に公正な投票など望む方が間違いである。十年選手のみ、というと人数が足りなくなるから、三年経過ぐらいからにしたらどうかと思う、その間に冷静に前の職場と分子研の違いを認識し、且つ設立理念や、過去の流れを摑む時間に充て

ていただきたい。温故知新と言う言葉は、若者が使うべきではないが、ここでは年齢によらず経験で決める方がよいと思う。同様に若手の排除だけでなく、長く居ることの出来ない人、居座る気のない人に、十年計画等をまかせる事は止めて欲しい、長期計画では理念を伝える相談役になるべきである。以上私の主張であるが、新人とはいえ、所長が静かになってしまふのは考えもので、囚われずに自由に

行動して欲しい。希望としては、管理局にも第二の平松さん（昔は部長や課長に方針の違いで嗜みついていた、この頃おとなしい）の出現と櫻の木を切って誉められ出世した、有名な話の再現を見たいので、今後の活躍を願いつつ、筆を置きたいと思います。

永田正明

告知板

お詫び

「創刊号」より連載しております “「科学講座」レーザーの話（その3）” は原稿が締切までに間に合いませんでしたのでお休みいたします。次号に掲載いたします、楽しみにお待ち下さい。

浅香先生に激励のお便りを送ろう！！



©フジオ・プロ

編集後記

ご多忙の中で原稿を執筆していただいた方々に厚く御礼申し上げます。ちょうど本号の原稿の締切を終え編集にとりかかった頃、所長研究費による所長奨励研究の公募が始まりました。今年から技術系技官も含めて公募されるようになり、施設系の技官らにはたいへん衝撃的でありました。日常業務や技術向上することなどについて、あらためて考えることができたと思います。多くの技官は戸惑いながら応募し、そして幾つか採択され費用の配分があったと言うことです。次号からはその成果や創意工夫などが「かなえ」の紙面を賑わしてくれると思います。

鈴井光一（本号編集担当）

分子科学研究所技術課活動報告「かなえ」編集委員

早坂 啓一

酒井 楠雄（委員長）

加藤 清則

松戸 修

西本 史雄

堀米 利夫

木下 敏夫

永田 正明

山中 孝弥

吉田 久史

鈴井 光一

かなえ No.3

発行年月	平成 6 年12月
印刷年月	平成 6 年12月
発 行	岡崎国立共同研究機構 分子科学研究所・技術課
編 集	か な え 編 集 委 員 会
印 刷	有 限 会 社 研 文 印 刷

