

2008 年度研究プロジェクト「高度計測技術の発展と埋没」  
 Research Project: Retrieve of Submerged High Technologies for Measurements

実施期間： 2007～2008 年度（第 2 年次）

Term of the Project: 2007-2008 fiscal years (2<sup>nd</sup> year)

研究代表者：本河 光博 国際高等研究所フェロー・特別委員／東北大学名誉教授／  
 科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー

Group Leader: Dr. Mitsuhiro MOTOKAWA, IIAS Fellow; Project Representative on the IIAS  
 Planning Board; Professor Emeritus, Tohoku University;  
 Program Officer, Japan Science and Technology Agency

研究目的：

科学技術基本法の下に、総合科学技術会議の答申を受けて、科学技術研究に対する予算は年々増え、10 年前に比べかなり潤沢になったと思われる。これらの多くは競争的研究資金として、産官学の研究者に分配され、この分野の研究が非常に活発になったことは明らかである。しかし、文化の一つとして位置付けられる物理や数学などの基礎研究は別として、技術開発研究に対するアウトプットは多くの成果が必ずしも我が国の産業を育成し発展させるものとはなっていない。これらは研究が不成功に終わったというよりも、多くの研究結果が生まれているにもかかわらず、それらが活かされず死蔵されているケースも稀ではないと考えられる。その理由として、ニーズ不在、コスト高、販売戦略など挙げられるが、これらは経済問題や政治問題と絡んでいる場合も少なくない。これら技術開発研究の優れているにもかかわらず埋没している部分を掘り起こし、それらが最初の意図とは異なったニーズと出会うチャンスを与えたり、あるいはそれらをヒントに新しい考えで新しい計測機器開発に応用できるチャンスを作ったりすることである。それによって埋もれていた高度な技術を蘇生させて活用する事が可能になると考えられる。

一方、我が国の技術として既に長年培われてきたものが、採算に合わないという理由で放棄されるものも沢山ある。例えば、北海道砂川町には夕張炭鉱の跡地の深い穴を利用し自由落下による微小重力場を作る施設があったが、経産省の方針として閉鎖された。ここは世界でもユニークな施設として、多くの研究者に宇宙に代わる微小重力場を与え基礎研究に役立ってきた。しかし具体的な産業に直接寄与することが無いという理由で閉鎖されたのである。別の例としては、日立製作所は長年超高圧顕微鏡の開発と建設を行ってきたが、それに使われる超高耐圧のケーブルの生産を止めてしまった。そのため 100 万ボルトを超える超高圧顕微鏡建設に支障が出るといわれている。これらの例に共通していることは、単に採算が合わないということであり、これらの技術を育んできた歴史的遺産としての価値は完全に無視されている。このように長年かかって培われてきた技術の中には放棄されたにもかかわらずまだまだ実用価値の高いものも多数あると考えられる。このように長年成果を挙げてきたにもかかわらず廃棄の運命にある事例をもっと掘り起こし、廃棄された背景や今後の利用価値などを探る。

これらの埋もれた技術開発研究は、単に技術的見地からだけでなく、経済的、政治的見地から社会科学の一環として見直す事が必要である。

Objectives：

The budgets for science and technology in Japan have been increasing for more than 10 years following the suggestion of the Council for Science and Technology Policy (CSTP). Most parts of these budgets have been financed through the competition among researches in industries, national

institutes and the universities. As a result the researches in these fields have been clearly activated much more than before. Aside from physics or mathematics that are considered to be a sort of “Culture”, however, most of the results of these researches are not necessarily useful for development of the industries in our country. This is considered to be due to the fact that many important results are put in a dead storage while the projects are not successful. The reasons might be sought in low demand, high cost, poor commercial strategy. In some cases, economical and political problems are also involved. The purpose of present project is to retrieve the submerged excellent technologies, to give opportunities to encounter some other applications that were not intended initially, and to apply their new ideas to various measuring systems. This may make them possible to revive.

On the other hand, there have been many technologies, developed for a long time in our country, that were abandoned only because they are unprofitable. The historical values that cultivated fundamental technique are completely neglected. There must be many potential technologies that are still useful even now and in the future. Another purpose of present project is to find these abandoned technologies and to look for new opportunities to use them.

It is important to regard these problems as one of the fields of sociology not only from technical point of view but also from economical and political.

#### 前年度の研究の概要：

2005 年度の作業グループにおいては電子顕微鏡の問題と超伝導磁石の問題が取り上げられた。

我が国が誇る電子顕微鏡技術が、最近外国で開発された球面収差補正の技術により窮地にたかかっていることが明らかになり、その打開策を議論するための研究会を行った。ここで明らかになったことは、大学教育において幾何光学や電子ビームなど古典的ともいえるかもしれないが基礎的で重要な技術など教えなくなってしまって、新しい技術に対処できる人材が育っていないこと、企業でも大学でも短期の評価が重要視されるために長期的な視野が失われ、時間を要する基礎技術の開発が支持されないためブレークスルーを探索する意欲が損なわれていること、などが挙げられた。もう一つはユーザーフレンドリーともいふべき誰でも容易に使うことが可能なソフトウェアノ開発が我が国で遅れていることも指摘された。

超伝導磁石は MRI、NMR などの計測技術の中核をなす装置であり、その技術は広くは加速器、磁気浮上、電力貯蔵・伝送、断熱消磁などにも欠くことのできないものである。超伝導線材の技術はこれまで、日本が先導的地位を占めてきたが、高磁場用  $\text{Nb}_3\text{Sn}$  の合成方法に関し我が国が安穩と規制の技術だけに頼っている間にイギリスでは大きなブレークスルーがはかられ、我が国の優位性が失われつつある。経済産業省的なやり方で新線材開発を ISTE C や国研にやらせても進展しないだろう。アメリカの戦略は、何年までに何テスラのものを作るといふようなコンペをやらせる。成功者に国は金を払う。日本では、企業はもうかる目標がはっきりしないとやらない。また国は全体で 17 兆円必要なプロジェクトに対しても 4 兆円しか出さない。科学技術コミュニティからもっと声を大きくしてアメリカ流の戦略調達をやるべきであろう。もう一つ明らかになった問題は、国がお金を出して ISTE C や国研にやらせているいわゆる国プロといわれる物は、成果の途中で産業化してはいけないという規則がありそれが足かせとなって、我が国で開発された優れた線材が使えず外国から輸入するというばかげたことが起こっている。

また、2006 年度の作業グループにおいては微弱光検出器(高感度検出器)の問題を取りあげた。可視光領域、X 線領域、THz 領域において、わが国の検出器技術が国際的に見てどのレベルにあるのか、計測器としてビジネスになりえるのか、あるいはなぜなりえないのか、このようなことに関連し議論した。まとめると、フォトマルチプライヤーなどをはじめとして、この分野の日本の技術力は高く、世界をリードしているが、関連する企業が偏っている。我が国は CCD はカメラ業界ではいい技術を持っているにもかかわらず、X 線用 CCD 検出器となると外国製品を買わざるを得ない状況にある。欧米の大学付

置研究所ではデバイスの開発や製品化まで行うところがあるが、我が国の大学や共同利用研は新しいデバイスのアイデアを出すことはできても、開発を完了し製品化するだけの力はない。主な理由として、我が国の大学等にはデバイス開発の専門技術スタッフがいないことである。新デバイスに関する大学発のアイデアを埋没させないためには、専門スタッフを抱えた恒久的組織（機関）の設置が必要である。また新デバイスである超 LSI を試作するところが全くない。東大の VDEC が一応その役割を果たそうとしているが、規模が小さい上に実際のデバイス作成は外国に外注するという事になっている。企業は決して小規模な試作品を作ろうとしないので、やはり国が何らかの方策を考えるべきである。

2007年度からスタートした本研究プロジェクトでは、「酸化物高温超伝導線の高度計測技術への応用」と「質量分析装置の現状と将来」に関し研究会を行い問題点を探った。

前者では、住友電工で新しい線材加工法が開発され、従来の2倍以上の臨界電流をもつ物が開発され、しかも機械的強度や製品としての歩留まり、長尺線材が可能であるなど非常に優れた特性をもつことが報告された。応用の大きな目標は、世界中で競争となっている1GHzのNMR装置である。現在NIMSにおいて「超1GHz NMR システムの開発」を行っている。一方大型超電導磁石の開発において、国プロで開発されている線材を使いたいと思っても終了するまで成果は使えないという制約があり、わざわざアメリカから購入しなければならないというジレンマに陥っている。せっかく国の予算で開発したのに我が国で使えないなんて全くナンセンスである。もう一つ指摘された問題点は、我が国のソフト開発の技術が低いことである。たとえば5年前に購入されたMRIでも、ソフトを改良するだけで非常に優れたイメージが得られることが示された。この分野の技術を持つ人材の育成が急務である。

後者では、最近の動向に関し、大学とメーカーの開発状況、ユーザーの立場からの要望など、が議論された。我が国では質量分析器の研究態勢が非常に貧弱で、個々のハード面では外国と互角であるにもかかわらず、製品としては外国の後追いとなっており、今後国内の連携、人材育成の必要性が述べられた。ユーザーが外国の製品を買いたがる最も大きな要因は装置の使い勝手の良さである。それはソフトウェアによるものであり、我が国ではソフトを作る人はハードウェアの詳細やユーザーの要求を知ることなく単独にソフト開発を行うことに由来する。ここでも上と同様ソフトの問題が浮かび上がった。ハード、ソフトおよびユーザーが一体となった組織を作り、これら三つのことを熟知した人材を育成することが必要である。

#### Achievement:

The first symposium in 2007 fiscal year was held on July 28th to discuss the “Application of high Tc superconductors with high current density to novel measuring systems”. The contents discussed were as follows:

1. New high current density wire developed at Sumitomo Co. This cable is capable to flow over 200 A/mm<sup>2</sup> and it is almost two times higher current density compared to the conventional one. The detailed technology is still secret but it offers many possibilities for applications.

2. Application of high current density high Tc superconductor wires to high magnetic field magnets for scientific researches. The possibility of use of YBCO tape was discussed. This type of wire is now being developed at ISTEK under the governmental project but it cannot be used for real application by low and they have to buy this kind of wire from the USA. This seems to be completely nonsense.

3. Application to 1 GHz NMR at NIMS. NMR of biomaterials is one of the most important subjects and competition is very high in the world. Using high current density wire, 23 Tesla magnet is now designed and being constructed at NIMS as the JST project.

4. Application to MRI. To obtain high resolution, MRI system at high magnetic fields over 5 Tesla is now being developed and the high current density high Tc wire is applicable to this purpose. However, another type of important point was made close-up in the discussion. It is the soft-ware

problem. The improvement of hard-ware is of course important, but soft-ware for the machine is also very important. The speaker showed that even a MRI machine manufactured 5 years ago still works as well as the new machine by using sophisticated soft-ware he developed. But the technology of soft-ware in this field is low compared to the USA. This is also a big problem for the developments of novel measurement systems in Japan.

5. Application to electric power cable. This is one of the main applications of high current density wire and now being tested in the USA, while electric power companies in Japan were not interested in this application first time and hesitated to use it.

6. The second symposium in 2007 fiscal year was held on March 15th to discuss the “The present status and future of mass spectrometer”. The contents discussed were as follows:

Mass spectrometer is one of the most important measurement systems for biology and life science. Regarding the recent trends of this field, the technical developments made in the Osaka University and Shimadzu Co. are introduced and requests from the user side were discussed. It was mentioned that the technological developments of mass spectrometer system are made at very few places in our country and the total system of the products seems to be inferior to the foreign products, although the hard-wares of the parts composing the machines are excellent. The main reason why Japanese users want to buy foreign products is that they are very much user-friendly. It is caused by the quality of soft-ware which is better than that developed in our country, where soft-wares are designed without knowing details of hard-wares and the requests by users. It has been turned out that the problem is originated by the soft-ware technology as well as the above subject. It should be important to make an organization combined by people who develop hard-ware, who design soft-ware and who use, and to educate people who well know these three fields.

キーワード : 高度計測技術、開発技術の埋没、埋没技術調査

Key Word : High technologies for measurement systems, Submerge of developed technology, Investigation of submerged technologies

研究計画・方法 :

このような背景の下に、今後微弱量子線検出器、ESR 分析器、分光計測器、などの問題を取り上げる。微弱量子線検出器の一つである微弱 X 線検出用 CCD の技術は完全にアメリカに押さえられている。それに代わるアモルファスセレンを使った HARP 検出器の開発や、中性子散乱用の好感度検出器など我が国で開発するべき課題はまだ多い。また科学技術振興機構(JST)には過去に行われたプロジェクトの膨大な資料が眠っている。これらからもう一度よみがえらすことが可能なものがないか調査する。

研究会開催予定 :

2 回開催の予定

第 1 回 : 2008 年 7 月 (於国際高等研)

第 2 回 : 2009 年 2 月 (於国際高等研)

参加研究者リスト : 21 名 (◎研究代表者)

氏 名	職 名 等
◎本河 光博	国際高等研究所フェロー・特別委員／東北大学名誉教授／科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー
今道 仙也	㈱島津製作所分析計測営業部セールスプロモーション課
潮田 資勝	独立行政法人物質・材料研究機構フェロー／前北陸先端科学技術大学院大学長
金森 順次郎	国際高等研究所長
北川 善太郎	国際高等研究所副所長

北澤 宏一	科学技術振興機構理事長／東京大学名誉教授
合志 陽一	国際高等研究所フェロー／筑波大学監事／東京大学名誉教授
小林 俊一	国際高等研究所フェロー／秋田県立大学学長／東京大学名誉教授
沢田 康次	国際高等研究所フェロー・特別委員／東北工業大学学長／東北大学名誉教授
志水 隆一	国際高等研究所上級研究員／大阪大学名誉教授
新庄 輝也	国際高等研究所上級研究員／京都大学名誉教授
壽榮松宏仁	東京大学名誉教授
高野 幹夫	国際高等研究所フェロー／ 京都大学物質－細胞統合システム拠点特定拠点教授／京都大学名誉教授
外村 彰	株式会社日立製作所フェロー
中井 浩二	国際高等研究所フェロー／高エネルギー物理学研究所名誉教授
吉田 博	大阪大学大学院基礎工学研究科教授
澤田 嗣郎	東京大学名誉教授／科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー
伏見 讓	埼玉大学教授／科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー
高木 誠	福岡女子大学学長／九州大学名誉教授／ 科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー
奥居 徳昌	東京工業大学教授／科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー
若林 健之	帝京大学教授／東京大学名誉教授／ 科学技術振興機構先端計測技術推進部プログラムオフィサー

話題提供者リスト： 13名

氏名	職名等
安藤 敏夫	金沢大学理工研究域数物科学系教授
伊藤 弘昌	東北大学大学院工学研究科電気通信工学専攻先端応用量子光学寄附講座／ 理化学研究所テラヘルツ光源研究チーム教授
尾内 敏彦	キヤノン株式会社技術フロンティア研究本部不可視領域イメージング 第二研究室長
川瀬 晃道	名古屋大学エコトピア科学研究所 融合プロジェクト部門教授
河田 聡	大阪大学大学院工学研究科応用物理学専攻教授
小宮山 進	東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻教授
阪井 清美	(独)情報通信研究機構客員研究員／(財)テレコム先端技術研究支援センター参与
塚田 捷	早稲田大学大学院先進理工学研究科客員教授 東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授
西川 治	金沢工業大学バイオ化学科教授
西澤 誠治	株式会社 先端赤外 代表取締役
萩行 正憲	大阪大学レーザーエネルギー学研究センター教授
寶迫 巖	(独)情報通信研究機構 新世代ネットワーク研究センター 光波量子・ミリ波 ICT グループ 研究マネージャー
森田 清三	大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻教授

その他参加者： 1名

氏名	職名等
葉山 雅	科学技術振興機構先端計測技術推進部

#### 研究会開催実績：

第1回：2008年8月29～30日（於国際高等研）

第2回：2009年2月21日（於国際高等研）

#### 研究実績の概要：

2008年度は、「THz領域計測器の現状と問題」と「走査型プローブ顕微鏡の現状と問題」に関して調査研究を行った。

前者では、THz領域は他の波長領域、即ち赤外より短波長側やマイクロ波より長波長側に比べ、弱い光源と感度の悪い検出器に悩まされ続けて来た分野であり、主として物理の世界で研究が進められてきた。1960年代以降阪大、東北大を中心として多くの新しい科学・技術の進展があり、固体物理、天文、分析化学などの分野に大きな貢献があった。初期の頃は回折格子による分光が主で日立なども分光器を作っていたが、コンピューターの発展とともにフーリエ干渉分光系が主流となり、外国製のものが大勢を占めた。最近ではTHz波の技術はライフサイエンス、環境、情報通信、安全・安心など、時代の要請に答える技術として大きな期待が寄せられている。その一つとしてTime Domain Spectroscopy(TDS)の技術の発展に追うところが大きい。それは従来のTHz発振・受信の概念と全く異なり、フェムト秒レーザーでGaAs電極を放電させそのフーリエ成分で分光するものである。残念ながらそれは日本オリジナルではないが、NICTや東北大などでいち早く取り入れられ、技術的に最先端を歩いている。特に非接触で封筒の中の麻薬などの検査に有効であるとのことで、イメージングの技術などが急速に進歩している。まだ装置として企業化されているものは少なく、我が国の技術の埋没というより、発展途上にあるといった方がいいかもしれない。汎用性をねらう場合やはりソフトの充実が重要である。

後者に関しては、これも我が国オリジナルではないが、G. BinnigとH. RohrerがSTMを発明し、直後絶縁体にも使えるAFMをG. Binnigが発明して以来、急速な発展を示した。我が国でも多くの研究者がこの分野に参入し、原子一つ一つを動かしたり字を書いたりするmanipulationや光の波長より小さいものが見える近接場光学顕微鏡などオリジナルな技術も高い評価を受けている。製品としてもいくつかの企業でなされているが、まだ技術的に発展途上にあると思われ、決定的なものが世の中に出回っているようではない。これもやはりソフトが問題で、使いやすくそしてハードウェアから来る情報に対し正確な構造を決定するソフトに関してはまだ研究段階である。また企業化に関し我が国におけるベンチャーの難しさも議論された。最後に「SPMは電子顕微鏡と違って歴史的に新しいせいも、オペレーターのついた施設がない。専門家が側について誰でもが使える装置が設備されたセンターのようなものがあるといい」という提言があった。

3年間にわたるこの調査全体から明らかになった各課題共通の問題点は、ハードウェア、ソフトウェア、そしてユーザ間の乖離である。これらは三位一体のものとしてお互いに干渉し合いながら計測器の開発をすべきものであるが、現実はそうになっていない。全体を細部まで見渡せる人材の育成が今後の高度計測機器の発展に重要であろう。

また、計測いうことは一種の文化ではないかということがこの研究を通じてわかった。即ち、我が国独特のメンタリティーが根ざしているような気がする。例えば、量子ホール効果の実験が初めてなされたとき、川路教授は物理現象そのものに興味を持ち量子ホール効果の全容を理解しようとした。しかしドイツのvon Klitzing博士は最初から電気計測に重要な抵抗の標準値を出すことを目的として実験を行い、ノーベル賞をもらった。研究の姿勢も評価も我が国とヨーロッパでは違っていたのである。もう一つ感じたことは、やはり企業の参画が非常に少ないのが残念であった。各研究会ごとに企業からの参加者の可能性を探ったが、お互いに情報が漏れるのを防ぐためか、断られることが多かった。本当は我が国全体の技術力アップを考えたとき、呉越同舟が望ましいと思うがなかなかそうは行かないようである。

### Whole Achievement:

Two symposia were held to discuss the “Present status of THz technologies” and the “Present status of technologies of scanning probe microscope” on August 29th and 30th, 2008 and on February 21st, 2009, respectively.

Spectroscopic technologies in THz region had been relatively inactive compared to science and technologies in other frequency regions due to weak light sources and insensitive detectors and then they had been studied in fields of pure science like physics until 1960's. Since then big efforts have been taken for development of this field and THz technologies contributed to solid state physics, astronomy, analytical chemistry and so on.. In early times, spectroscopy by gratings were mainly used and some Japanese products were available, but due to development of computer, Fourier Interferometer became widely used and foreign equipment were dominant in Japan. Recently, THz technologies are applied to life-science, environmental technologies, and information and communication technologies. As one of the reasons, developments of “Time Domain Spectroscopy” and its imaging technology are important. It is different from traditional spectroscopy method and short time pulsed discharge between a small gap of GaAs, for example, by use of femtosecond laser makes THz wave that is detected by Fourier transform method. Especially it is now known to be useful for detection of drugs in envelopes. This technology is still being developed and more advance of both hard ware and soft ware are important.

In the latter case, it is not the Japanese original technology, but since G. Binnig and H. Rohrer invented STM and G. Binnig invented AFM, scanning probe microscope technologies were developed quickly and now widely used in many fields. In Japan some advanced original researches have been done like atom manipulation or near field optical microscope using cantilever. Some companies manufacture equipments and they are commercially available, but they are not necessarily perfect for users especially from a point of view of soft ware. So high quality research is still depending on personal skill of operating equipment of researches. In the meeting, it was discussed that building a SPM center like a electron microscope center will be useful for general users.

The results obtained through whole subjects investigated for 3 years are as follows:

The common problem pointed out is the separation among developments of hardware and software and sense of users. These three concepts must be cooperative in development of advanced measurement systems, but unfortunately actual status is not so in our country. It seems to be necessary to educate people who can look over whole details of the equipments.

Another point obtained is the understanding of “measurement” as a kind of “culture” caused by mentality of our ethnos. For example, when the quantum hall effect was first observed, Kawaji of Gakushuin University wanted to see whole effect from the physical point of view, but von Klitzing who got the Nobel Prize aimed to establish standard resistance that was important for electrical measurements. The point of view and evaluation were completely different in Japan and in Europe. This is considered to be due to difference of feeling of culture.

Lastly, it was unfortunate that the number of companies joined this project was very few. It was tried to get more companies at each workshop, but they would not join it, may be due to avoid leaks of secret technologies. As a matter of fact, it is desirable for development to organize a cooperative society of technologies in Japan. However, it looks difficult at present.

研究成果報告書 :

2009年 12月出版予定

担当 : 金森所長