

産 総 研

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

TODAY

4

2007
April

Vol.7 No.4

メッセージ

- 02 **「研究の病理」を考える**
研究ミスコンダクトを研究者自身の手で追放する【前編】

特集

- 14 **GEO Grid**
地球情報イノベーション

パテント・インフォ

- 24 ナノ微粒子を簡単に触媒利用する
イオン注入とエッチングを利用して幅広い応用を可能に
- 25 自己校正機能で角度誤差を出力するロータリエンコーダ
角度誤差の定量的な把握で角度制御の精度を向上

テクノ・インフラ

- 26 真円度校正技術の開発
ものづくり産業の基盤を支える計量標準
- 27 活火山データベース
活火山の詳細な噴火履歴情報の公開

リサーチ・ホットライン

- 28 マグネシウム・チタン薄膜を用いた調光ミラー
鏡状態から無色透明に切り替えできる新しい窓ガラス
- 29 アスベスト代替ガasketを開発
取り扱いやすく広範囲に適用可能
- 30 パルス駆動ジョセフソン電圧標準の開発
交流量子電圧標準の実現に向けて



「研究の病理」を考える

研究ミスコンダクトを研究者自身の手で追放する

【前編】

研究不正（ミスコンダクト）は科学者の社会に対する責任問題である。現在、社会の側から、あるいは科学研究の管理者の立場から、科学研究の監視と不正に対する処分についての検討が盛んである。しかし、科学者が研究の自治を持つならば、研究する科学者自身の手で研究不正の発生の仕組みを解明し、それに基づいて不正を阻止するのが社会に対して責任を果たすことの本道ではないか。そして重要なことは、科学者自身で努力することだけが、研究を制限するのではなく、より可能性の広い研究環境を科学者にもたらしめるということである。ここでは、研究不正が現象するのは研究論文執筆においてであるが、その阻止のためには研究行為のすべてに配慮が必要であるという立場にたってその方法を探る。

独立行政法人 産業技術総合研究所
理事長 吉川 弘之

1. 研究者行動規範

最近いくつかの研究所や大学で「研究者行動規範」が制定され^{[1]~[3]}、更に拡がりつつある。しかし、ともすればこのような規範は、独自の研究を自由に行っている科学者にとって面倒な制限だと受け取られたり、長く研究を続けてきた科学者にとってはいまさら学ぶ事もないと片付けられたりする。若い研究者ですら、問題に遭遇したときに参照するマニュアルに過ぎないと考えることもある。確かに、人類に役立つ知識を科学的に創出しようという高い理想を持って研究の世界に入り、またそれを続けてきた科学者にとって、“規範”は自らの責任において作り出すもので人から教わるものではないと考えることが自然なのかもしれない。

しかし科学者が自分のために創出したという規範は、それがその科学者にとって有効であったとしても、しばしば直観的なものであり、論理的な一貫性や客観性を持たないことが多いのもまた事実である。そしてそれ以上に問題なのは、研究の内容が細分化しながら急速に進展する結果、研究成果を批評、確認する同僚研究者の数が減り、その一方で研究者自身が気づかぬほどの速度で研究を取り巻く社会環境が変化を続け、研究に関心を持つものが増加して、

研究と社会との関係が複雑化するという状況があることである。このような状況では、科学者は閉じたコミュニティの中で護られて研究するものであり続けることはもはやできず、その結果行動規範は個人的なものを超えて社会的なものとならざるを得ない。

いま問題になっている研究ミスコンダクトは、伝統的には科学者コミュニティのなかの出来事だったが、それは次第に社会的な問題として取り上げられるようになって来た。ここで改めて、それに対して社会的に共通の理解を得ておく必要がある。

研究ミスコンダクトとは、研究データの捏造、偽造、盗用や、他人の論文の剽窃や妨害などを言う。これらはなぜ起こるのか。それ以前に、いったいそれらは何なのか。科学者という、特別の使命を帯びた者が研究において犯すミスコンダクト、それを日本語で研究における違法行為とか職権乱用と言っても理解しにくいものがある。それは、科学者に固有の法律があるわけでもなく、また科学者の職権などありはしないと考えられるからである。明らかにそれは、一般社会での一般の法律で罰せられる間違った行為とは異なる。研究ミスコンダクトについての理解は、科学者の研究とは何かを考察することなしにはできないと思われる。

ここでは、科学者による研究とは何かを概観することによって研究ミコンダクトの本質的な面を考察し、それに基づいてその問題にどのように立ち向かうかを明らかにすることを目的とする。まず本論に入る前に、現在の研究者を取り巻く環境と、ミコンダクトについて論じられていることを概観することから始めよう。

ミコンダクトの和訳は保留したいが、ここでは一般的に、正しくない研究ということで研究における不正行為、略して「研究不正」と記すことにする。また、ここでは科学者という表現を、研究するものと同義に使う。したがって理系、文系ともに、職業として研究に従事するものを科学者と呼ぶが、研究するものであることを強調するときは研究者と呼ぶこともある。

2. 研究を取り巻く環境の変化

科学技術の適用が、社会に広まった。これは現代を特徴付ける状況である。科学技術の歴史を概観することは容易なことではないが、確実に言えることは現在の科学とは同じものでないにせよ、その源流が非常に古くさかのぼることである。しかしその長い歴史において、科学技術の社会的位置付けはさまざまな変化を遂げてきたと考えられる。おそらくごく限定された一部の人々の間での関心事であった長い期間のあとに、ルネッサンスにおいて社会的な広がりを見せ、次第に科学者という職業を形成しながら現代の大学における研究と、その成果の社会的使用という

形を完成させてゆく。そしてその形の上に、科学技術研究への出資者が、研究成果を使うものとして、言い換えれば科学技術研究の買い手として登場する。長い時代を通じて、権力と資力を持つ宗教家、地域統治者などが買い手であったと思われるが、次第に明示的な形で軍事的な力を増すために科学技術を使う国家が、そして次に通商上の競争力のために産業が買い手の主役を務めることとなった。しかし現在は、基礎研究が主として公的費用で行われることから考えられるように、国家を代表する政府が主役である。従って、一部産業が買い手ではあるが、真の買い手は政府への出資者としての一般の人々であると考えてよい。それは科学技術が豊かさ、安全、健康、秩序などを作り出すものとして一般の人々が期待するようになったことに対応している¹⁴⁾。しかしながら、一般の人々は科学技術を直接買うことはできない。例えば一人の難病の患者が、何百億円にも及ぶ治療薬の開発費を一人で出すことは不可能である。そこで社会が個人の期待に沿って機能することが必要である。もし現在は困難でも将来においてマーケットが期待されるなら、産業、この場合で言えば民間製薬業が開発に取り掛かることになるだろう。しかしその見込みがなければそれは公的機関の仕事である。

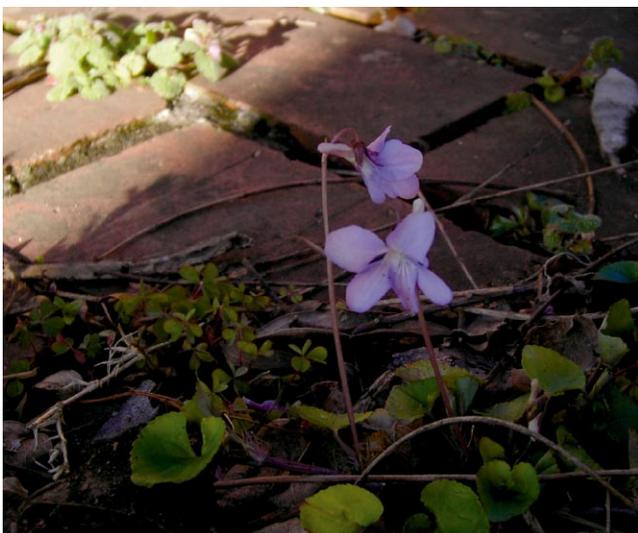
このような考察によって、現代を特徴付ける、科学技術の社会における広範な普及は、最終の購買者の主役が一般の人々となったことによって可能となったと言ってよいだろう。そしてさらに、科学技術研究による知識生産とその



社会的使用とが、一般の人々の期待に沿って推進されるための条件が整ったと言える。勿論これは必要条件に過ぎず、現実には企業間の競争や国家間の緊張などによって、その解決の推進が優先させられることがないとはいえない。しかし現実的にも一般の人々が、希望を実現し、また不安を解消するために科学技術に期待することが普通のこととなり^[4]、しかも国家に預ける税金の上にその期待を乗せることが一般的となったのであるから^[5]、一般の人々の期待に沿った研究と適用の実現が、科学技術研究の中心におかれる課題になったといえるであろう。

一般の人々の期待と言っても、目の利益がすぐ自分たちに返ってくることを期待しているのではないことをここで強調しておかなければならない。一般の人々は科学が歴史的に果たしてきた意義について理解していて、そのような直接的な期待を持つことはしない。例えば生物学の先端研究に対しては、生命とは何かを考えたり、自らが地球上で生命を与えられて自然の生態系の中で生きていることの意味を考えたりするために必要な知識を生み出すことを期待している。そしてそのような新しい意味を与えてくれる基礎科学の知識によって、現実の価値としての新しい医療や薬の開発がいずれは可能になるものであることも理解している。しかし現実の医療や薬への期待は、直接科学者に向けてのものでなく、科学者が作り出した知識の一つを選択して製品を開発する産業とその製品の購買者の役割に向けられているのであり、どちらかといえば一般の人々自身の側への期待である。

科学者に対しては、一般の人々がそのような価値を生み



出すために必要な根拠を、蓋然性として持つ知識を生み出すことを求めており、その意味では厳しい期待があるのは勿論である。そしてそれが個々の研究成果でなく、研究を牽引しているその研究者固有の思想に向けられる期待である点が、科学者と社会との関係の特徴付けている。この思想は研究不正とも関係があるもので、後節で詳しく検討することになる。ここでは、基礎研究に従事する科学者が現実的な価値を作る人でないことを一般の人々は充分知っており、従って科学者への期待が高まったからと言ってそれが基礎研究を軽視し応用研究を重視する風潮だと考えることは見当違いであることを指摘しておこう。

このような状況は、現実の研究費の配分の仕組みの変化を見ても明らかである。国立大学の研究者について言えば、長い間研究費は基準校費と科学研究費補助金(科研費)が主要なものであった。前者は大学に支給された一定額の資金をほとんど均等に配分するというものであり、後者は交代で選ばれた研究者が、申請者から出された研究課題のなかから選考し選出するものである。これらはいずれも閉じた研究者の世界の中で行われ、一般社会と触れる部分を持たない。従って、具体的な研究行為は勿論のこと、その研究を支えているその研究者固有の思想に、社会の側から批評を加える可能性はまったく無いのであった。しかし最近になり、公募型の公的研究費配分機関も複数となり、各機関も多様な制度を準備し、しかも選考や評価に研究者以外のものも加わるようになった。このことは研究費の配分が社会に開かれたことを意味し、しかも制度が複数化したことは配分法の間である種の競争が起こり進化の可能性が生まれてきたと言える。その中で、研究者は自らの名前を社会に明示しながら競争的に研究費を獲得するべく努力するようになったのであり、これは研究者が研究のすべてに責任を負うことの現実的な表明である。そしてこの表明を条件として研究費の付託が、研究思想を明示した研究者と、配分機関との合意、従って配分機関の背後にいる出資者としての一般の人々との合意のもとに行われるのである。

このことは、現場で研究する研究者が直接人々の期待に向き合う状況が到来したことを意味する。それは研究者が、研究室に閉じこもって社会から隔絶された状況で研究を続けることを許されないだけでなく、国家目標や企業の利益の名の下で研究するから、あるいは大学の方針に従うから

といて、自らの研究の意義あるいは結果について責任をとることを回避することも許されなくなってきたということである。研究不正を考えると、このことは重要である。すなわち、科学の研究者は、自らの研究の課題設定や実施を含むすべてについて、研究不正があればそれは所属機関や配分機関などの特定の相手だけに責任を持つだけでなく、社会全体に対して責任をとらなければならないということである。しかもそれは研究不正によって、科学研究というものに対する社会の信頼感が揺らぐというような情緒的な責任だけではなく、出資者である社会との関係において客観的に厳然と存在している責任である。

わが国で研究不正について急に議論が高まってきたことは、ここで述べた研究者が個人として社会に対して責任を持つようになったことと関係がある。過去においても研究不正の例がなかったわけではなかったが、それらは大学や研究機関の中、あるいはその研究者の属する学会の中で問題となり、処置もそこで行われ、一般社会の話題になることは多くなかった。私の知る限り処置は決して甘いものではなく、多くの場合研究不正を犯した研究者は研究者としての生命を剥奪され、他の職業につかざるを得なかった。しかしそれが一般社会の話題になることはなかった。その理由は、研究が科学者コミュニティのなかで閉じて行われていたからである。

しかし社会から研究者への期待が顕在的となり、また制度もそれにつれて変化することによって研究不正が必然的に一般の人の関心と呼ぶようになる。米国では1980年代から、わが国では10年遅れて1990年代から話題になり始める。その状況についての優れた著書を山崎^[6]が著しているが、その中で、研究費や昇進などの、急速に変化する研究システムに研究不正を引き起こす原因が内在していることが指摘されている。研究システムは研究の社会における形を与えるものであり、その時代の研究の特徴を定めていることからいって、研究システムを通して研究不正を考えることは正しく、また不正防止を考えるためにも不可欠のことであろう。山崎の指摘をはじめとして、わが国でもこの問題が取り上げられるようになり、大学、研究機関のみならず、総合科学技術会議、関係府省、研究費配分機関などでも不正防止のための制度が検討され始めたのは歓迎すべきことである。

しかしここにもう一つの視点が必要だと思われる。それは、研究するものすなわち科学者の視点である。研究不正を発見する制度を設定したり、発見した場合に処罰する方法を決めたり、その発生を抑制する管理方法を考案したり、また発生原因を研究システムの中に見出してシステムを改善することなどは、確かに必要で有効なことであるが、それはどちらかといえば研究管理者の視点である。その検討がすでに始められているとして、ここでは研究者の視点での検討を試みることにする。研究者の立場で不正をしないことを社会に約束する決意表明は研究者の行動規範であるが、ここでの研究者の視点とは、自ら行っている研究とは何かを客観的に考察することを通じて自ら研究不正をしない研究者になる、という視点であり、行動規範を作る視点とは違う。

3. 外的要因による不正 — 研究強制

研究者の視点で考えようとするとき、科学研究は、それが基礎的なものであっても応用的なものであっても、真実あるいは真によきものを求めて行われる以上、本質的に不正などという要素は含まれていないものだというのが私たちの基本的な考え方である。真実以外のものを求める基礎研究はないし、悪しきものを作ろうとする応用研究はない。あったとしたらそれは研究でない。私たちはそれらを科学研究の定義から除外しているのである。

しかし、このことが必ずしも成り立たないことは古くから認識されていたことである。しかもそれは、現代において世界的に科学研究の重要性が認識され、量的にも多くの研究が行われるようになるにつれて、予期しなかったような研究不正が生起し、科学者コミュニティにおいて深刻な問題であることが認識されると同時に、社会的にも関心ももたれるようになってきたのであった。科学研究という、その定義から言って本来起き得ないはずの研究不正が現実にかかるのはいったいなぜなのか。しかも科学研究の必要性が社会的に認知されるに従って増大してくるのはなぜなのか。その原因を社会的に成立した研究システムのもとでの誘惑に求めるのが研究システムの観点からの考察である。しかしそのような条件下にあっても多くの研究者が正しく研究を行っているのであり、研究不正はきわめて低い確率で例外的に生起するに過ぎない。したがってこれらの

外的条件が引き金になっているにしても、それを原因と同等することで問題が片付いたことにはならないというべきであろう。それではこの例外の研究者がおかれた条件の特殊性に注目すればよいかというところでも問題が全部解決したことにはならない。その理由を本節で明らかにしよう。

研究者がおかれた条件の特殊性に注目するということは、科学研究とは関係のない外部の何かが侵入してきて科学研究に攻撃をかけた結果として研究不正が起こると考えることを意味している。少なくとも攻撃を受けた研究者にとっては、目に見える、可視的な攻撃である。実はこの観点は歴史的には重要なものであり、さまざまな対抗策もとられたのであった。例えば国際科学会議 (ICSU) の、“科学のための政策”はこの点を論じているのである^[7]。現実、そう遠くない過去において、科学者の地位や生命までも脅かしながら科学研究の動機や方向を変えることを強制した国家的・政治的圧力があつたことは科学の歴史に於ける深刻な記憶である。最近でもそれが形を変えて、経済的利益に関係する強制や誘惑として現れる可能性がある。前節に述べたように、科学の“買い手”が国家、産業、一般の人々と変化するにつれて、この攻撃も多様で複雑なものとなってきたのであり、決してなくなったわけではない。科学があらゆる分野に浸透して社会との関係が多様なものとなった結果、それが攻撃であるかどうかを見抜くことの難しさも生じてきたのであり、科学者が常に、また深く考えなければならない状況となった。例えば国家との関係の場合、研究が国家機密に関わることになれば、発表の自由との関係を考えざるを得ない。また産業が買い手である場合には、知的財産権との関係を見捨てることは許されない。これらは原則的な研究の自由だけで現実の問題がすべて片付くものではない状況が出現していることを意味し、科学者自身の洞察の上に、社会的合意が必要である。今、知財権と発表の自由との関係は国際的にも大きな話題であり、ICSUも宣言書を発行した^[8]。

このような外部からの攻撃に対抗する方法を考える場合、科学者コミュニティがその侵入者の攻撃を防御すればよいというのは一つの伝統的な考え方である。コミュニティの周りに壁を張り巡らせて研究者を外界から隔離し、外敵を阻止する。それは正しい研究が行われる環境を保証するための社会的制度を整備することによって行われる。

このような、社会から科学を隔離し保護することによって研究環境を維持するという考え方は、長い歴史の中で続いてきたものである。科学と呼べるかどうかは別として、その元となるものが“愛好家”によって個人的に、あるいは哲学者によって思弁的に進められていた時代を超えて科学的知識が社会に影響を与えるものとして認知されるようになると、科学者の集団すなわち科学者コミュニティは社会に対して緊張関係を持って存在するものとなる。その関係は前節で述べた研究の買い手との関係で、協力的共存、対立、支配、無視などさまざまなものがあつたと思われるが、その中で科学者はその関係による固有の外敵による危険の中で研究を行うことになる。そのような状況の中で作り出されたのが隔離による保護であり、わが国固有の、第二次大戦のあと長い間続いた大学学部の自治などがその良い例である。それは外からの攻撃に対抗するためには有効であつたが明らかに行き過ぎであり、大学を閉鎖的なものにしてしまった。そして、この保護を越えて、強制や誘惑を原因として起こる研究で過誤が起こつたとすれば、それは外部の侵入者の科学研究に対する可視的な攻撃に、研究とは直接関係のない人間的な弱さのゆえに研究者が負けた結果引き起こされたものと考えべきであり、“研究強制”と呼んで以下に述べる研究不正と区別しておこう。

ここで述べた研究システムに内在する誘因や可視的な攻撃に対する研究者の屈服は、研究者が持つべき人間的な強さと、研究を取り巻く外的要因の問題として重要なものである。しかし上に述べたように、それらを解明しただけでは研究不正を説明するには不十分であり、従って不正の抑制のためにその検討は勿論欠いてはならないものではあるが、それは他に譲ることとし、ここで研究者の視点での研究不正の検討に入ることにしよう。

4. 研究過程

等しい外的要因を持つ研究環境におかれながら、研究不正は例外的にしか起きない。そこで前節に述べたように外的条件に屈服する弱い研究者だけが犯すものだと考えて、科学コミュニティによる保護の強化と、弱い研究者を強くすることを試みたとしても、前者が行き過ぎれば科学者の社会からの隔絶を生み出し、後者はあまり現実的でないことを我々は知つたのであつた。

環境の整備は勿論必要であるが、研究の現場にいる必ずしも弱くない我々は、そのような外的条件の整備に頼れば十分というわけにはいかないことを知っている。それは外部からの侵入者による擾乱ではなく、研究行為そのものの中に研究不正の可能性が内在しているからである。その意味で、研究不正は“研究の病理”として考えるべきだと私は考えているのである。言い換えれば、研究とは外敵の有無にかかわらず病に犯される可能性があるとの前提に立ち、制度的手段では制御できない研究不正を、科学者コミュニティとして自律的に、どのようにして阻止するかを考えなければならないということである。ここでは、意図的な不正、例えば犯そうと意識して犯す研究不正は別の問題であると考える。それは社会一般の犯罪と同じであり、“研究犯罪”と呼んだほうがよい。

研究不正を考察するためには、科学者の研究がどのように行われるかを理解しなければならないが、その前に科学者の研究動機について触れておく。科学研究とは、基礎研究の場合は真理の探求を目的にしていると言われる。この表現は曖昧であるが、人類にとって未知のもの、あるいは説明できないものを目の前にしたときに湧き上がる知的好奇心を動機として研究が行われると言ってもよいであろう。そして現代では、この知的好奇心が個人的なものでなく、特定の学問領域固有のものであって、その領域にいる科学研究者、言い換えれば特定の学会に属する会員の間で共有されているのが普通である。この共有された好奇心という状況は現代科学を強く特徴付けていて、このことは研究の病理を考える上で重要なことである。

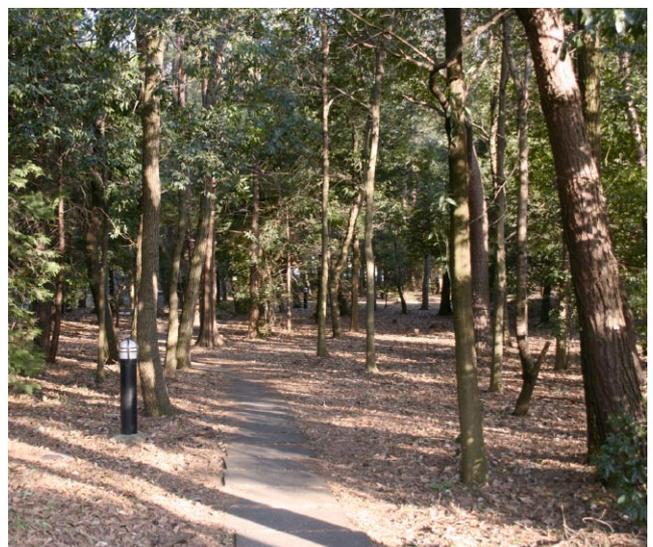
学会で知的好奇心が共有されるようになると、研究者たちはいわば先陣争いをしているような状況におかれることになる。学問の発展の過程ではしばしば共通の難問が発生し、それを説明するための複数の仮説としての学説が並存するような状態が起こる。そしてあるときどの仮説が正しかったかを明らかにする観察事実が現れ、他の仮説は捨て去られ、一つがその学会の合意された学説として生き残る。研究者たちは、生き残れる学説を仮説として提出することに努め、一方で決定的な観測事実を得ようとする。この状況は競争的な状態であり、学会が繁栄して多くの研究者が参加すればするほど熾烈になるのが一般である。

このような学問の発展過程で、どの仮説が生き延びたか、

どの観察が決定的だったかについての正式な記録が歴史に残され、それはどの研究者がその分野の発展に対して貢献したかの歴史的な記録であって、それがそのまま研究者の業績の記録になる。その業績は、研究者がさらに研究費を獲得するための条件であり、またよりよい職業的地位を獲得するために必要である。

ところで研究者が日々行っている研究行為は、このような研究費獲得や出世に動機付けられているのではない。これはしばしば誤解されることであるので強調しておきたいが、研究者は研究成果を高く評価してもらいたいし、より研究環境の良い職業的地位も欲しい。しかしそれはあつたとしても研究成果が出たあとで考えることであって、実際に研究を行っているときの関心事ではない。研究を駆動しているのは、自分の研究が完成したときに得られるであろう知的世界へのインパクトについての夢、それは自らが宝物のようにして持っているものであるが、それと目の解くことの難しい課題への知的好奇心なのである。研究動機が研究者自身の夢と、それによって誘発される知的好奇心以外のものであるとしたら、それは自律的であることを条件とする真の科学研究ではない。

夢と知的好奇心を研究動機とする研究者は、自らの夢に向かってそれに至る道を描いている。それは確定的なものではなくその道に沿って行けば必ず夢が実現されるという保証もない。そこには迷路のようなものがあり、研究者はその迷路で考えられる多くの可能性の中から一つを“信念の道”として定めているに過ぎない。我々が厳密な定義なしに使う学説という言葉の意味は、信念の道のひとつの表



現である。そして、目前の難しい問題を解くという狭義の研究が、その道に沿った一步の前進なのである。

科学者が自分の研究とするものは、このような夢、信念の道、そして狭義の研究という要素で構成されると考えられる。必ずしもこの順で時間的に経過するものではないが、夢を持つこと、迷路の存在を認識した上で信念の道を定めること、そして第一歩を踏み出す、すなわち研究を実行し得られた成果を研究発表することは、強い構造を持って相互に関係付けられている。そして各要素過程はいずれも研究者個人の自律的な所作であり、誰も責任を負ってくれるものはない。このことは研究の自由が保証されていることに対応しており、いわば研究は孤独な空間で行われる。このような孤独な空間で、本来起こるはずが無いのに起こるのが研究不正である。

これらの孤独な行為も、それぞれの段階で独特な社会との接点を持つが、にもかかわらず孤独というのはそれらの接点が未成熟で、研究の推進や研究不正の阻止のための有効な仕組みになっているとは言いがたいからである。実は、接点のあり方の中に研究不正を研究者自らが阻止する可能性が隠されている。次節では、そのことを考察する前提として、研究の自由がなぜ成立しているのかを考えることにしよう。

5. 研究の自由と科学者の倫理

研究が孤独な空間で行われることは、研究が何者の干渉も受けずに研究者自身の意志のみによって推進することが原因である。2節で述べたように研究が社会に開かれる状況になってもこのことは変わらない。孤独は研究の本質である自由または自治の現象したものである。従って研究不正は研究の自由との関係で検討しなければならないことが明らかとなる。ここでまず前述の研究過程の要素ごとに、自由とはどのようなものかを概観する。

1) 夢を抱くことの自由

すべての研究者は夢を持っているのであった。それは研究者になってから描かれる場合もあるが、研究者になる動機の場合もあって、さまざまなものがある。自然の、あるいは人間の、真実を知りたいとか、地球の将来を知りたい、日本の将来を知りたいなどの、漠然としているが切実な夢がある。更に、知るだけでなく、サステナブルな地球を実

現したい、生態系を維持したい、貧困を解消したいなどの実現の夢がある。研究者になってからの夢は、その専門領域で未解決の問題を解くことが夢になることが多い。しかもこの場合、研究の進捗によって夢は更に膨らみ、変化してゆくのが一般であり、決して固定しているわけではない。これらは公認の夢と言ってよいが、夢はこのようなものに限らない。むしろ、社会でも専門学会でも公認されていない、創造的な夢もある。そしてこれらの公認、非公認を含む夢を、研究者は“自由に”抱くことが許されているのである。

2) 信念の道を選ぶ自由あるいは学説を立てる自由

成熟した誠実な研究者なら、研究課題を自分のものとしているはずであり、与えられた課題を反省も無く受動的に実施することはない。自分のものとしているということは、自分の夢と研究の実施とを関係付けているということである。しかも研究者であるから、その関係は曖昧なものではなく、論理的である。しかし、研究の実施が夢の実現へと繋がる論理には、一般に多くの仮説が含まれる。勿論この場合、仮説はすでに明らかにされた事実によって仮説としての正当性が説明されると同時に、検証あるいは反証可能な形態を持つものでなければならない。このことは、独創的な研究とは既存の知識と演繹型の論理では導出できない夢の実現を目標としているからである。この仮説を含む関係を、信念の道と呼んだのであったが、そこに含まれる仮説は一意に定まるものではなく、仮説の立て方にはほとんど無限の場合がありうると考えてよい。例えば一つの夢、持続可能な開発に寄与する研究は、分野による多様性があるのは当然であるが、同じ学問領域の中でもさまざまな、ある場合には相互に矛盾する接近法がありえて、それによって立てられる信念の道は多様なものとなる。その一つを選ぶ自由が研究者に与えられている。

3) 研究計画の自由

信念の道には多くの仮説が含まれるが、最後の仮説を立てることにより研究計画をたてる段階に到達する。計画は、目標として定めた研究成果を得るための研究実施についての具体的で現実的な記述で述べられるが、その記述もまた仮説である。研究者はこのような研究成果についての仮説を立てる自由を持つ。

4) 研究実施の自由

実施は計画に従って行われるが、その内容は、研究実施

場所、研究協力者、研究資材購入などの現実的課題における選択の自由がある。しかしこの自由には一般社会の倫理に基づく制限が存在し、その逸脱を禁じる規則が科学者コミュニティのなかに設定されている。

5) 発表の自由

研究成果を発表する自由があり、原則として研究連帯者を除く何者にも制限されない。

科学者がこのような自由を持つことは一般的に認知されたことであるが、社会はなぜ科学者にこのような自由あるいは自治を認めるのであろうか。また科学者が研究の自由を持つとして、その自由はいつ、どのような条件のもとで与えられるのであろうか。大学を卒業すれば与えられるというような外的条件を満たすことで与えられるものではなく、「私は科学者」と宣言すればよいというものでは勿論ない。それが社会と科学者の間の合意によって成立するのだとすれば、自由は、科学者が従っている行動規範を社会が了解することによって認めるものであると考えるのが正しい。その行動規範は、科学者自身、あまりに日常的なことなので意識していないことが多いが、実は科学研究の自由を基礎付ける最も重要なものである。

この点に関して、ICSUで行われた外部評価の報告書に意義深い問題提起がされている^[7]。それは科学者の国際的代表機関としてのICSUの役割を述べたもので、その基本として科学者の使命が述べられている。そこで科学者は二つの視点を持つべきであるとする。それは「政策のための科学 (Science for Policy)」と「科学のための政策 (Policy for Science)」とである。前者は、科学の適用が社会の中に広まるにつれ、多くの政策決定に科学的知識が必要となったことに対応し、科学者が社会に対して積極的に助言することの責任である。

後者の、科学のための政策が3節で触れたように、ここでの議論と直接関係する。科学のための政策とは、「科学研究の遂行を健全 (Integrity) に保つための条件」を満たすための政策である。報告書は、各国政府および政府間協力の政策にこれらが含まれるべきであるとする。そして科学者個人だけでなく、研究機関も学会も、これらについて常に関心を持ち続けることが大切であることを主張する。

この政策の目的は以下のようなものである。それは第一に研究の自由を護ることであり、自由には課題選定の自由、



研究場所の自由、研究者間協力の自由、発表の自由、新しい学説を立てる自由、政治や宗教の圧力からの自由、同業研究者による批評の自由などが含まれる。そして第二に研究の倫理の遵守であり、剽窃、捏造、他者の研究の横領や妨害など、すなわち研究不正を厳しく排除することであるとする。そしてそれぞれについてそれを守る社会的方法を、ICSUは提示しており、特に研究の自由を護る部分で外部からの強制や誘惑を阻止して研究強制を排除するための方策を述べているが、研究不正については具体的な方策を示していない。

ここには、東西の政治的対立の時代に研究の自由の保証が最重点課題だったことを思い出すまでもなく、長い歴史を超えて科学がその中立的地位を保ち続けることができたことの圧縮した表現がある。そして勿論現代においてもまったく正しい主張である。しかし私は、ここでは明示的に示されていないが潜在する、より重要な視点を指摘したい。それは、上述の表現では単に並置されている、自由と倫理との関係である。科学研究における自由と倫理との関係の社会的成立という、特に現代を特徴付けるこの状況が、研究不正を考える上での中心的な概念になるというのが出発点である。ここで「関係の社会的成立」が重要なのは、倫理と自由とは、科学者は倫理を守っていればよく、研究の自由は社会が保証すると言う独立の二つの事項なのではなく、科学者という人間の行動規範、すなわち科学者の守るべき倫理を社会のさまざまな人が理解することを通じて、社会が科学者の自由を公的に認知し護るという、社会的合意があると考えられるからである。すなわちここには、

科学者の自由の社会的認知という状況がある。

6. 研究の病理としての研究不正

前述の検討により、科学者は社会的に認知された行動規範に従うことを前提に、研究の自由が保証されているという関係が明らかになった。そして科学者がその関係を乱したとき、それには自由を超える場合と行動規範を逸脱する場合の二つの場合があるが、何れの場合も正しい研究とは認められない。科学者の自由を超えるとは、科学者に許された社会的行動、すなわち研究発表と助言⁶⁵⁾にとどまらず、たとえば地位を利用して、助言とはいえない“強制助言”を行ったりすることで、ここで考えている研究不正とは区別される。研究不正は、行動規範の逸脱を原因として起こる。そこで行動規範の逸脱という視点で研究不正を考察することになる。行動規範は、研究過程の段階ごとに異なるからそれぞれの段階で検討することが必要となるが、研究発表と研究の夢とを代表として論じれば充分である。そこでこの両者の行動規範の内容を考えながら、研究不正について考察する。

研究発表では、明解な行動規範が存在する。研究発表は、一般にはその研究が適合すると考えられる専門学会で専門性を共有する科学者を聴衆として行われ、それは真の研究の正確な発表であることが要請されるが、それは以下のような条件に従わなければならないことを意味している。

- (1) 論理性：各発表は論理的の矛盾を含んではならない。
- (2) 実証性：発表内容は実証されているか実証(反証)可能性を持たなければならない。



- (3) 一貫性：過去を含め、すべての自らの発表は相互に論理的矛盾を含んではならない。
- (4) 永久責任：一度発表したことは永久に発表者が責任を持たなければならない。
- (5) 所属責任：発表の各部分の根拠が、自らの考察によるか他人によるかを明示しなければならない。

等である。これは発表における行動規範であるが、科学者がこの規範に研究発表において従うということは、必然的に研究実施も同様の拘束を受けることを意味している。科学者は、この条項のどれを欠いても発表が許されないが、もし欠いた場合は、正しい発表ではないとされる。研究不正はこの中に含まれるが、正しい発表でないものが全部研究不正であるとするのは行き過ぎである。そこには、“正直な過誤(honest error)”などと呼ばれるものも含まれていて、事後の措置が本質的に異なるものであるから、“研究過失”という名前を与えて研究不正とは截然とした区別が必要である。両者の間の違いは重要なものであり、研究の本質に関わるものであるが、事後の措置の問題と関連して後述する。何れにせよ行動規範からの逸脱が禁じられるとすれば、科学者の研究発表とはこの条項により排除され許されなくなった発言が存在することになり、科学者が研究発表するときは、一般の人に比べて制限的な発言しかないのである。

ここでこれらの条項が、研究成果の発表だけでなく、より広く彼等が科学者として発言する場合にも適用されるものなのかを検討しておくことが必要である。例えば触媒研究者がいて、可視光のもとで海水を分解して水素を効率的に得る新しい物質を実験室で発見したとする。それについての発表は充分上記の条項にしたがって行うことができるから研究発表の自由の範囲での発表が可能である。この自由により、発表の結果として何が起ころうと社会的には何の責任も負わない。発表によってその知識が公的に共有された知識になったと言っても良い。ところで彼等が、水素社会実現という期待を持っており、この研究成果によってその具体化の確信を深め、赤道直下にこの触媒を使ったプラントを建設することにより石油消費を大幅に削減して水素化社会を実現するシナリオを考案して、その実行を主張したとする。これは研究成果に裏打ちされ強化された提案である。しかし、この実行提案についての発表は条項の範

圈内では行えない。その実現のために必要な、創出せねばならない知識を列挙し、その創出のために必要な研究などを述べて、その実現容易性に言及することが必要となる。これは科学的知識に基づいてはいるが少なくとも現在、解の例を一つも持たず、また実証可能かどうかについて明言することもできない仮説であって条項の範囲内ではないから、研究発表ではなく、夢および信念の道についての主張なのである。

科学者の研究発表は、反論や疑問をさしはさむことなく社会が受け入れる。すなわち条項を守っているという条件のもとで、他の条件なしに、言い換えればなんら特別の責任をその発言に負わせることなしに、受け入れる。しかし条項を一部しか満たさない夢あるいは信念の道について主張する発言については、将来にわたってその発言が正当であったかどうかについての責任を発言者に負わせることになる。この場合、発言の自由は、実現についての責任を持つという条件付のものとなる。これは自由を得るための一つの制限である。

科学者の発言が条項を満たす研究発表として行われるときは全面的に免責されるが、一部しか満たさないときはそれに応じて免責は部分的となる。このように、研究の自由、すなわち研究行動の結果生じたことについての免責は、守るべき条項が多くなればなるほど広い範囲に及ぶ。研究の自由は、社会に対する発言の、定められた基準に基づく制限に比例して与えられるものなのである。

このようにして、科学者の研究の自由とは、科学者になれば与えられるとか、定められた倫理規定を守っていれば与えられると考えただけでは不十分であることがわかる。それは、人間として本来持っている、あるいは社会的には常識的に許されている行動の自由のうちの、多くの部分を積極的に、そして意識的に捨てることの見返りとして与えられるものなのであり、したがって社会一般での自由とは何かを理解したうえでそのうちの何を捨てるのかについて十分な認識を持つことが要請される。科学者が捨てたものと獲得する研究の自由との間の関係についての分析的な考察は未だ充分行われていないけれども、そこに契約が存在することについては多くの指摘がある。例えばLubchencoは、持続可能な社会の実現を人類共通の課題とし、しかもそれは容易に実現できるものでなく、社会のあらゆる

部門がそのことに協力して向かうべき時代が現代であるとすれば、公的支援を受ける科学研究は社会との間に望ましい研究課題についての見えない契約を交わしているはずだとし、それを「新しい社会契約」と呼んだ^[9]。これは基礎研究が公的資金によって行われるというもはや世界の通念となった事実によって、社会的条件に影響されない自らの好奇心のみによって行われるのが真の科学研究であるという伝統的な考え方に対して、警告を発したものである。その警告は、研究を駆動する最も重要なものは好奇心であることを認めたとうえで、研究者の好奇心が個人的あるいは私的なものとどまっていることはもはや許されず、研究を駆動する好奇心は、時代の精神に依拠、あるいは社会的なものでなければならないことを主張している。それはまた、公的資金の出資者である一般の人々の関心事に応える責任が、それを使用する研究者にはあるとするものである。そこには明示的な契約書は存在しないが、確かに社会と科学との間に現代を特徴付ける独特な関係が生じてきたことを示す状況がある。

この新しい社会契約は、科学者コミュニティと科学の外の一般社会との間に交わされた契約であるとする立場からさまざまな議論が行われている^{[10]~[15]}。この議論はルソーの思想に影響を受けており、社会科学でルソーの立論の不十分さが指摘されたのに改めてこのような契約の考えが浮上することに異議を唱える者もいる^{[16] [17]}。勿論科学者は契約に従って研究するものではなく、すでに述べたように自らの知的好奇心で自律的に研究するものである。従って契約という言葉が個人が従うべき制限の意味で使うときは確かに誤解を招く可能性はあるが、そのことを自律的に認識するのが科学者であり、ルソーの言うような根源的契約でなく、社会と科学者コミュニティとの間に交わされる現実的で可視的なルールとして考えれば明らかに存在している。一人一人の科学者は、社会とコミュニティとの間に交わされたこの契約を念頭に置きつつ研究するのである。

ここで改めて、条項を一部しか満たさないとする夢を持つ自由について考えてみよう。夢とは何か。すでに述べたような、自然あるいは人間の真実を知りたい、明日の地球を知りたいなどの知識の夢、戦争のない世界をつくりたい、事故のない自動車をつくりたいなどの実現の夢、などがある。これらはすでに社会で共通の夢になっており、そ

の夢を持つことは科学者にとって重要なことではあるが、独創性は無く従って夢を持つこと自体に研究不正に関わる問題はない。

一方独創的な夢を提起する場合については検討が必要である。独創的な夢の一つは現在の社会において明示的に指摘されていない問題を提起した場合である。これはその夢の正当性、すなわちそれを目標として研究を始めてよいものなのかどうかについての保証のないものであり、既存の学会によって受け入れられる可能性の無いものであるから、リスクが大きい。現代科学においてもっとも顕著な独創的な夢は、地球環境劣化を人間の知恵によって阻止できるというものである^[18]。これは未だ実証されたとは言いが、少なくとも現在、人類はその夢に向かって国際的な協力を進め、研究者の多くもその夢を共有している。

もう一つは、学問の領域において、その領域内で未解決であることが共通に認識され、しかもそれを説く方法が知られていない状況において、一つの方法を提案することである。生物学において、生命の仕組みを説明することは長い間の課題であったが、物理学によって生命現象を解明するというテーゼが提案され、これはおそらく完全ではないが、その夢の多くの部分が現実となりつつある。この夢は現代科学における最大の夢であったといってよい。独創性に質があるとすれば、これらの提案すなわち発想は、質的に最高のものである。

夢について語る場合、その表現には研究発表のような条項による制限はないと考えてよいであろう。しかし、それは思いつきであったり、周囲の雰囲気に従うものであったり、あるいは情緒的なものではない。夢がそのようなものであっていけない訳ではないが、ここで考えているのは科学者の夢であって、仮に出発点はそのようなものであっても、科学者の夢として主張される場合は、それに続く信念の道と研究計画とが準備されその関係が整合的であることを科学者自らが確認している。

科学者の夢を支持する信念の道は、仮説の連鎖である。その意味では一つの大きな仮説ともいえるが、連鎖というのは、それを構成する要素的な仮説を一つ一つ実証してゆく過程が一人の研究者の長い研究過程であるからである。

たとえば上の例で言えば、水素社会を夢見て触媒の研究をするのは、その間に信念の道を設定したということであ

る。そして触媒の存在、その反応の特性、安定な反応の工学的実現性、素子の生産性、システムとしての構成可能性、などが良好であるとの仮説が立てられている。研究者はこれらの仮説の正当性を一つ一つ実証する研究論文をシリーズとして書いてゆく。そしてそのシリーズは、信念の道を実証的に辿る道である。したがって、一つの論文は、その道が正当であることを主張するものであり、それが権威ある学会誌に受理され発表されれば、それはその道の一步に過ぎないがその主張が認められたことになる。科学者は、このようにして一步一步信念の道を進みながら、夢に到達することを期しているのである。公表された論文について独創性が語られることが多いが、その背後に夢をもつことおよび信念の道である仮説群を設定するという、二つのより本質的な独創がある。ここで、このような夢に到達する研究は、必ずしも一人の研究者が独占して行うわけではないことを指摘しておこう。特に夢が社会的に共有されるものとなったときには、多くの研究者が競争的に行う研究によって進められるのが普通である。

このように考えると、夢および信念の道における研究不正は、仮説連鎖の論理性の欠落か、仮説のうちのいくつかを実証(反証)不可能な形でしか述べられていない場合ということになる。直ちに理解されるように、この研究不正は前述の、研究計画と実施に支えられる研究発表における研究不正とは別物であることがわかる。研究発表における研究不正は行動規範の条項を軽視、忘却あるいは看過するもので、“逸脱”と呼ぶ。一方欠落あるいは記述の不完全性は手抜き、怠慢あるいは錯覚などから来るもので、これは“不整合”と呼んでおく。

ここで各研究過程における研究不正の発生理由を考察する時点で到達した。研究者の心理を分析するのが目的ではないから、不正の内容の詳細を論じるのではなく、研究者が研究不正を起こす理由あるいは動機は何か、そしてそれによって何を不正に獲得するのかを考察することを通して、それが起こる可能性を考える。研究不正の型は、研究過程の前半、夢から信念の道を経て研究計画作成に至る過程で起こる計画不整合と、研究計画に発して研究実施から研究発表にいたる過程で起こる行動規範逸脱とに大別されるのであった。そこでこの両者に対応する現実の研究過程における研究不正の動機を述べる。

- (1) 新しい学問領域の創出や学説の提起、あるいは社会における科学への期待の充足を急ぎ過ぎたり、独自性や社会の話題をさらうことに執着しすぎたりして、作り上げた夢が持つ実現不可能性や邪悪さを、自らの夢の独自性に酔うあまり夢を過信して、考察を怠る。また仮説を真実と思い込む。一方研究発表においては、自らの信念の道にこだわるあまり、それを一歩進める可能性のある成果を過大評価して、他の論理や観察結果の公平な評価能力を失った結果、論理や観測の正当性の吟味をおろそかにし、結果として行動規範を逸脱する。独自性誇大病。
- (2) 研究競争に勝つ、すなわちできるだけ早く成果を出すことを目的として、自己の思考の効率を過信し、実証不可能な仮説や整合的でない仮説連鎖に眼を向けず、整合的な要素だけで夢から研究計画までの不完全なシナリオを作ってしまう。一方研究発表では、都合の良い論理関係や観測のみを抽出して見掛けの整合性を構成する。競争過敏病。
- (3) 研究者は仮に競争がなくても自らの夢の実現を常に期待している。特に研究費の申請などにおいて、夢の記述とその実現可能性を研究計画の詳述によって示す場合は実現可能性を過度に楽観的に示す過ちを犯しやすい。研究計画は多くの要素からなるが、その多くは仮説である。そのいずれもが実現不可能であるとの証拠が無く、しかも実現過程が具体的な実施行為として計画されていることが申請の必要条件であるが、そのうちのいくつかが条件を満たさないにもかかわらず、申請の姿を整えることに関心が向きすぎて、未検討の仮説の検討を怠る。研究発表においては、わずかな結果を基に拡大解釈によって大きな成果のように見せかけ。この過程で条項を看過する。実現焦燥病。
- 等が挙げられる。実際の研究では、夢に基づく計画作成と、研究計画に基づく実施発表は相互に関係しあっている。研究結果によって夢あるいは信念の道が書き換えられ、その結果研究計画が変わる。そこにも研究不正の生じる可能性がある。

(「産総研 TODAY 5月号」後編に続く)

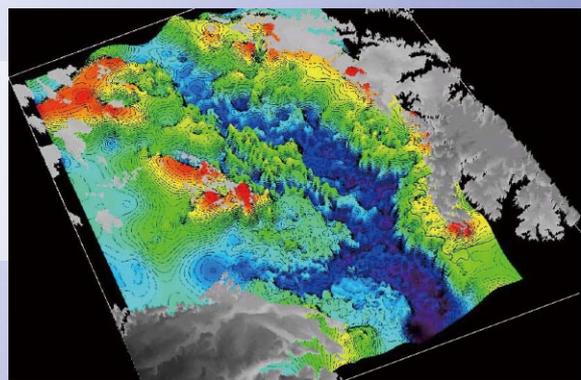
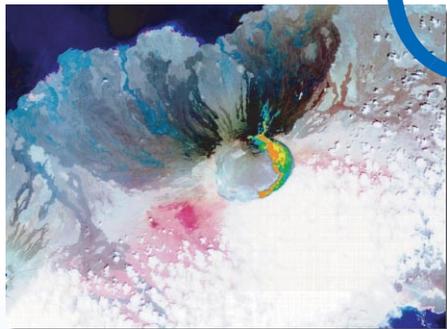
引用文献

- [1] 研究者行動規範—研究の責任ある遂行に向けて—, 産業技術総合研究所, 2006.1.1 制定; 産業技術総合研究所における研究ミスコンダクトへの対応に関する規程, 2005.8.1
- [2] 東京大学, 行動規範, 2006
- [3] 理化学研究所, 行動規範, 2006
- [4] United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 1992, Agenda 21: Chapter 31, 35
- [5] 吉川弘之: 科学者の新しい役割, 岩波書店, 2002
- [6] 山崎茂明: 科学者の不正行為, 丸善, 2002
- [7] R. W. Schmitt: Final Report: ICSU Assessment Panel, Oct. 1996
- [8] H. Kleinkauf: ICSU, 知財権宣言書, 2001
- [9] J. Lubchenco: Entering the Century of the Environment: A New Social Contract for Science, *Science*, Vol.279, 1998, pp.491-497
- [10] M. Gibbons: Science's New Social Contract with Society, *Nature* 402, C81, 1999
- [11] J. Forrester *et al*: Creating "Science's New Social Contract"? European Association for the Science and Technology, York, August, 2002
- [12] E. David *et al*: Toward a Social Contract for Genomics, *Genomics, Society and Policy*, Vol.1, No.3, 2005, pp.8-21
- [13] P. Hoyningen-Huence *et al*: Towards a New Social Contract for Science, *Nature and Resources*, Vol.34, No.4, 1998
- [14] D. M. Bruce: A Social Contract for Biotechnology – Shared Visions for Risky Technologies?, Paper presented at EUR – SAFE: Third Congress of the European Society for Agriculture and Food Ethics, Florence, October, 2001
- [15] G. C. Gallopin *et al*: Science for the 21 Century: from social contract to the scientific core, *International Journal of Social Sciences*, Vol.168, 2000
- [16] D. H. Guston: Retiring the Social Contract for Science, *Issues in Science and Technology*, The University of Texas Dallas, 2006
- [17] R. Frodeman, C. Mitcham: Beyond the Social Contract Myth, The University Texas Dallas, 2006
- [18] G. H. Brundtland: Our Common Future, The World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, 1987

<http://www.geogrid.org/>

GEO Grid

地球情報イノベーション



地球を見つめ深く理解する必要性

地球観測情報統合化の夢

いま社会が直面しているさまざまな地球規模の問題に関しては、私たちの住む地球の情報を共有し、多くの人の共通認識のもとでの解決に向けた判断がなされなければなりません。地球環境の保全、エネルギー・資源の有効利用、自然災害の軽減など、将来に対する確かな予測を必要とする問題の解決においては、高い信頼性と継続性が約束された、地球観測情報利用システムの構築が不可欠です。将来のリスクを最小限にし、安心・安全な社会を築くため、いま世界中の人が共通の基盤となるシステムを求めていると言っても過言ではありません。しかし、現状ではまだ、膨大な量の情報を自由に扱える、統合的なシステムは存在していません。

私たちの扱うべき情報は、大量かつ多種多様であり、複数の管理組織のもとで、複雑に絡み合っている存在していま

す。ユーザが容易に利用できることを意識しながらシステムを構築することは決して簡単なことではありません。しかし私たちは、この「死の谷」を越え、安心して将来のビジョンが描ける持続発展可能な社会の実現を目指して、「地球観測情報統合化の夢」を追い求めたいと思います。そのためのひとつの重要なツールとして、私たちはGEO Gridを提案し推進していきます。

産総研では、GEO Gridの開発を通して、衛星観測データから地上・地下情報までを含む地球観測情報の大規模アーカイブと各種観測データベースやGIS（地理空間情報）データと統合したサービスを安全かつ高速に提供することを技術開発目標として、地質・エネルギー・環境技術・情報技術の分野横断的な融合研究に取り組んでいます。

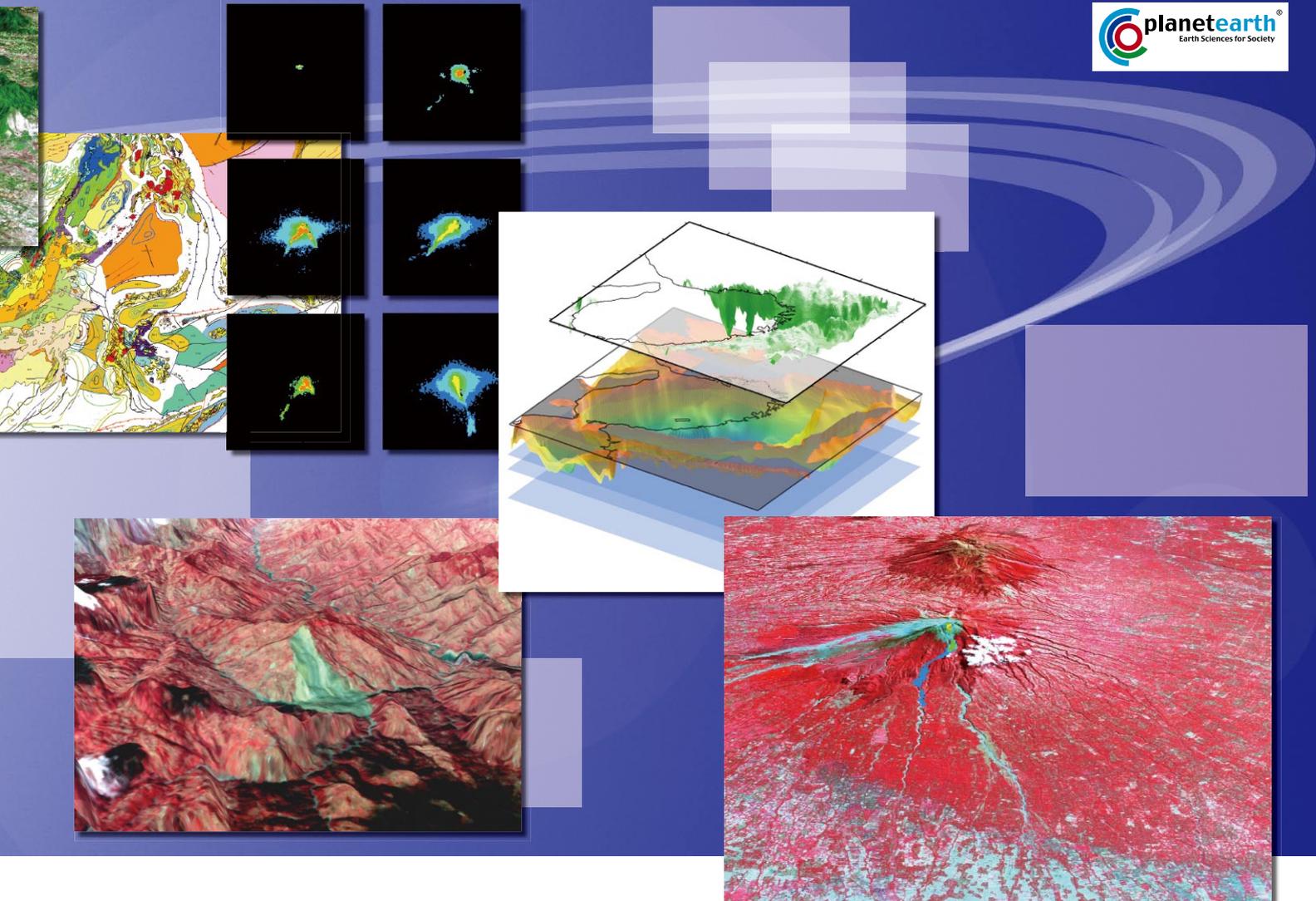
世界が求める全地球観測統合システム

2005年2月にブリュッセルで開催さ

れた第3回地球観測サミットで、全地球観測統合システム（GEOSS：Global Earth Observation System of Systems）の構築へ向けた10年実施計画がまとめられ、日本を含めた世界各国の協力によって進められることとなっています。日本では総合科学技術会議で「地球観測の推進戦略」が2004年末にとりまとめられ、各府省・機関の連携のもとで文部科学省を事務局として進められています。GEO Gridは国内・国際的連携の仕組みとして、関係機関から強く期待され、産総研のイニシアティブが強く求められているところです。

着々と進む GEO Grid 推進体制

産総研ではGEO Grid推進のため、内部に実施方針を決定する「推進会議」、具体的実施を総括する「運営会議」を立ち上げ、さらに、外部機関との連携を調整する「連携会議」を設置しました。また、その下には利用する研究者



レベルでの課題別分科会を設け、活発な研究交流を行うことにしています。

国際的には、アジアを中心として利用ネットワークを広げることになっています。地質分野で長年支援してきた東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) での連携をベースとして、積極的に活動を進めるため、2007年4月より担当者をバンコク事務局に長期派遣することになりました。

「地理空間情報高度活用社会」の実現に向けて

私たちの提供できるコンテンツとサービス基盤は、国民生活の利便性向上に大きく役立てられるものと考えています。コンテンツとしては、地下地質情報、資源情報など、国土の利用・整備・保全に関わる情報を提供できるのが特徴です。2次元の表層的なデータだけではなく、3次元さらにはそれに時間軸を入れた4次元の情報として、

自然災害の軽減、環境保全、地下空間利用などの判断のために重要な情報基盤を提供するサービスに貢献できるものを目指しています。

期待されるジオテクノロジーの発展

この特集ではGEO Gridの現状の全容を紹介し、システムの概要、衛星情報を活用した資源探査システム、地質情報を中心としたコンテンツ、火山災害軽減を目指した応用例、アジアにおける普及状況などにふれています。まだほんの一部の紹介にとどまっています。これから多くの機関との連携と共に利用が広がっていくものと確信しています。

米国労働省によると、地球の情報技術 (Geotechnology) はナノテクノロジー、バイオテクノロジーと並んで、これから大きく発展し、新たな雇用や産業の創出が期待できる3大分野のひとつと言われています。日本では「科

学技術創造立国」に向けた育成すべき情報技術分野のひとつとして位置づけられ、新たな情報コンテンツ産業分野として大きな期待が寄せられています。

国連により2008年を国際年として宣言された「国際惑星地球年」の活動 (<http://www.gsj.jp/iype/index.html>) が、2007年から2009年までのおおよそ3年の期間で行われます。これは地球と人類の持続可能な未来のために、地球科学の知識と技術により、社会に貢献しようとする活動です。GEO Gridはまさに、この目的に大きく貢献できるシステムとなるでしょう。この期間中にぜひ、明確なマイルストーンを示せるようにしたいと思います。

研究コーディネータ (地質)
佃 栄吉

地球を知るために地球をつなぐ

地球規模の問題解決へのITの貢献

温暖化に代表される地球に関わる社会的問題は、全地球規模での問題解決が考えられなければなりません。このためには、さまざまな形で地球に関する知識の蓄積と科学的手法による正確な理解が必要です。

産総研の地質分野には綿密な調査に基づいて作成された地質図や衛星からのリモートセンシングによる膨大な地球観測データの蓄積があります。また、地球観測網の整備により日々刻々とデータが蓄積されており、インターネットを通じて全世界からアクセスが可能です。しかし、私たちはこうした膨大なデータの洪水に溺れているのではないのでしょうか。しかも一方で必要なきときに必要なものが見つからないというデータの渇水状態でもあるのではないのでしょうか。

GEO Gridでは地球観測に関わる多種多様なデータを研究コミュニティや事業者が安全・安心に利用できるIT環境を提供することで、地球科学に関わるさまざまな社会的問題に対して高度なIT活用による貢献を目指しています。

地球観測のIT環境に求められる要件

さて、このようなIT環境を実現するには、次のような技術的な要件を解決しなければなりません。

大規模データの提供：衛星からのリモートセンシングデータはその運用期間を通じると200テラバイト以上の容量になります(衛星TERRAに搭載されたセンサASTERの場合)。衛星ALOS搭載のPALSARではデータ量はさらに上がり、ASTERの10倍を超えます。

多様なデータの取り扱い：地球観測に関わるデータは多岐にわたります。

衛星からの観測データ以外にも、例えば温度、水蒸気量、雲量といったさまざまな物理量のデータや地形、土地被覆、地質、都市情報といった地図データがあります。これらはそれぞれ異なる時空間分解能で得られ、異なる書式で蓄積されています。

データ提供ポリシーの尊重：データには利用に制限が掛からないフリーなものも存在します。しかし、一般的にその所有者はデータアクセスの許可範囲、データ書式の選択、二次利用の可否、など利用許諾権とその条件を設定・変更する権限をもっています。

大規模シミュレーションとの統合：データはそのままでは価値を生みません。データの形式変更や事前処理などの簡便な計算からデータに基づいた火砕流到達範囲の計算、二酸化炭素収支量の計算、地震探鉱といった大規模シミュレーションや都市地下地質構造のモデル化などが可能な環境でなければなりません。

多様なコミュニティの支援：地球観測には災害監視、資源探査を始め地球科学に関係する多様なコミュニティや多数のプロジェクトがあり、柔軟な構成変更も求められています。同一のグループにおいては共通に利用できるツールやテンプレートになった処理フローなどを共有、相互利用できるようにする必要があります。

なぜグリッド技術が注目されるのか

平成14年に発足した産総研グリッド研究センターではビジネスや科学技術を支える次世代IT環境構築に関わる研究を行ってきました。グリッド技術は組織の壁、距離の壁、データの種類の壁などを乗り越える高度なネットワーク利用技術です。このようなグリッド

技術がもつ基本的な機能は極めて素直に地球観測を支援するIT環境構築に適用できることが判りました。ユーザー(コミュニティ)の要望に応じて地球上に分散された観測データやシミュレーションを実行するコンピュータを適切に組み合わせる事により、ユーザ主導でやりたいことを簡単に実現するIT環境を提供します。

具体的にGEO Gridの設計を見えます(図)。まず、大規模データの提供においてはストレージグリッドを用います。多数の安価なディスク装置を内蔵するPCサーバをネットワークで接続し、仮想的に1台の大規模ストレージとしてデータを格納します。次に多様なデータの取り扱いにはデータグリッドを用います。データを類型に整理することで、統一的な検索や結果の提供が可能となります。この場合でもデータ提供側は基本的に変更する必要はありません。メタデータと呼ばれるデータのスキーマ(書式やアクセス方法)はデータ所有者から提供されますが、利用する側で分散管理します。また、グリッドにおける厳密な認証により利用者を峻別します。実際に誰がアクセスしているか把握できるため、データ提供のポリシーを遵守したきめ細やかな認可を行います。もちろん、シングルサインオン機能によりログイン(認証)を個別に行う必要がありません。シミュレーションとの統合はグリッドが最も得意とするところです。特に大規模シミュレーションでは計算サーバの確保やそのサーバに対してデータを直接転送する機能などを提供します。グリッドにおいては仮想組織(VO: Virtual Organization)という考えがあります。技術的には「実体はネットワークで接続された複数の異

なる管理ドメイン（例えばユーザアカウントを付与する組織）に跨った計算資源（コンピュータやデータ）群を束ねた仮想的な管理ドメイン」のことで、異なるVO間ではプライバシーは確保されます。コミュニティごとにVOを作り研究や事業の推進を支援します。将来、GEO Gridが日々利用される際にはGOC（Grid Operation Center）を運営しコミュニティからのVO構築依頼や実運用支援サービスの提供が不可欠です。このVO内ではWebサイトやポータルサイトを開設して情報の共有を促進します。

GEO Gridを推進することはWEB2.0で言及されるCGM（Consumer Generated Media）を地球科学の分野にも展開させます。誰でも身近なデータを発信することができれば、例えば、陸域炭素収支モデルの実装により、京都議定書への参加が期待されるアジア途上国の炭素動態（GPP、NPP）の情報を行政側と市民が相互に提供し利用するといった可能性が期待できます。

GEO Grid への参加と計画

「GEO Gridに参加するにはどうすればいいか」という質問を受けます。データ提供者、VO管理者（プロジェクトやコミュニティのリーダー）、一般利用者という参加の形態によって導入する必要のあるソフトウェアパッケージが異なります。一般利用者は特殊な事を行わない限り通常のWebブラウザですが、自分が属するVOを決めて、管理者にアカウント等の作成を依頼する必要があります。これとは別に誰でも利用できるデータで構成された試用版VOの運用を検討しています。細かくはアプリケーション提供や計算資源提供という参加形態もありますが、GEO

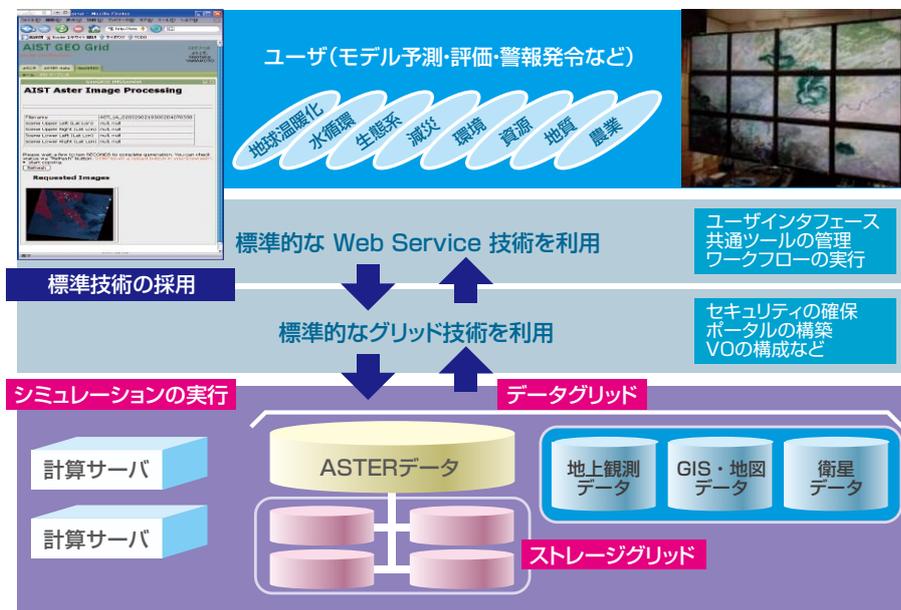


図 GEO Gridの全体構成

Gridにおける特殊性は少ないと考えています。

現在はASTERデータのオンライン化を最優先で実施しており平成18年度中に過去のテープアーカイブ分を完了し、平成19年度中に高次プロダクトとしての地球全陸域DEM（数値標高モデル）の作成を行います。またASTERの詳細な設計データを有する利点から将来的には精度検証を十分に行った15m分解能の全球モザイクDEMの提供を予定しています。同時にGEO Gridソフトウェアパッケージ化を行い、必要な機能を搭載したプロトタイプを提供する計画です。

世界に広げる地球科学のE-サイエンス

人がひとりで一生の間に見ることができないデータ量はおのずと限界があります。地球観測データのような膨大な情報の中から本当に必要なものを抽出し、新たなイノベーションにつなげていかなければなりません。この実現には最先端のITが不可欠です。GEO

Gridのような新しい手法は第4の科学、E-サイエンスと呼びます。第3の科学である計算科学はスパコンが実験不能な高度な理論的計算をカバーしてきました。E-サイエンスはそれに加えて分散データの共有を行った上で高度なデータ処理を柱とする科学的手法です。

GEO Gridでは地球科学におけるE-サイエンスとして分散管理されている地球観測情報やデータ処理プログラムの融合の利用を可能とするシステムを構築しています。産総研のもつ地質情報と衛星情報との情報融合を進め、さらに広く地球観測情報との融合化を図ります。また、国際連携を積極的に推進し、特にアジアにおける高度利用を重点的に展開します。この際に国際的な標準動向に配慮し情報システムとデータの国際的な相互利用性を確保することを目指しています。

グリッド研究センター長
関口 智嗣

地球の未来を守るために現在の地球を見つめる

「だろう」から「かもしれない」へ

車の安全運転を呼びかけた言葉です。しかし、人類活動による地球へのインパクトが無視できなくなった今、この言葉は、地球環境問題への正しい対処方法とも言えるでしょう。ただ、より正確には、自然によって操縦されていた地球という車を、運転免許を持たない人類がハンドルに手をかけ始めたのに近いのかもしれない。

昨今、地球温暖化が叫ばれていますが、その一方で、その科学的根拠に疑問も投げかけられています。これは、モデルによる予測には不確かさがあり、また、地球観測自体にも不確かさがあるためです。しかし、その不確かさの中にも確実に言える事実があり、また、その将来的な危険性を、ある程度の確かさを持って察知してはいるのです。

不確かさを知り不確かさを減らす努力

GEO Gridでは、現在、地球観測衛星データを中心に扱っています。前述の温暖化研究についても、その一翼として衛星データからの二酸化炭素収支算出のための研究開発を進め、既に、幾つか科学的成果が出始めています。しかし、これらの結果も一見すべてが

明確に示しているように見えても、不確かさを持ったものです。その結果を正しく把握するためには、その不確かさの大きさを知る必要があります。また、その不確かさを減らす努力も必要なのです。そのためには、地上観測データによる各種・様々なレベル(データ・処理アルゴリズム・モデル等)の校正・検証が必要となっています(下図)。

GEO Gridにおける校正・検証は、標準化された衛星データの放射輝度の代替・相互校正や、その幾何位置の地上観測点(Lidar観測やDCP(Degree Confluence Project)など)による検証に始まります。次に、開発した各種画像処理アルゴリズムによる地表面情報(反射率、日射量、植生指標、土地被覆、葉面積指数、光合成有効放射吸収率など)をDCPやPEN(Phenological Eyes Network)などの地表観測によって検証します。さらに、これら地表面情報と気候データを生態系モデルに入力し、植生の純一次生産量を算出、これをAsiaFlux(二酸化炭素などの地上観測)と比較検証することで、その精度の向上を図っています。なお、これらの作業をスムーズに行うため、観測データのクイックルック機能をもったウェブポータル(<http://kushi.geogrid.org>)の開

発にもあたっています。

しかし、これらのデータ(さらに処理アルゴリズムやモデルなど)の多くは、異なる組織の管理下におかれ、異なるフォーマット・取扱いがなされています。さらに、より確からしい結果を導き出すために、より多種多様な観測データの統融合がなされつつあり、このことから、世界に散らばる観測データ・処理アルゴリズム・モデルを統融合し、処理・解析するシステムの必要性が生じています。

GEO Gridは、この多種多様、そして複数の管理組織が複雑に絡む地球観測データに対して、前ページで紹介のあった仮想組織(Virtual Organization)を適用し、地理的・所有者・アクセス方式等の壁を越えた地球観測データの統合・解析処理を可能にするものです。このことによって、地球観測における不確かさを知り・不確かさを減らすことを目指しています。

注意一秒、怪我一生

「かもしれない運転」ばかりでは、人類の持続的発展は難しいのかもしれない。しかし、地球観測における不確かさを知り、その不確かさを減らし、これら多くの地球観測情報を正しく把握することによって、未来の地球を守れるものと信じ、GEO Gridの研究開発およびその普及を進めていきたいと考えています。「注意一秒、怪我一生」、常に地球を注意深く見つめ、人類の英知により地球にかかる問題を克服し、無免許運転で地球の重大事故を起こすことなく、豊かな社会が築かれることを望むものです。

グリッド研究センター
土田 聡

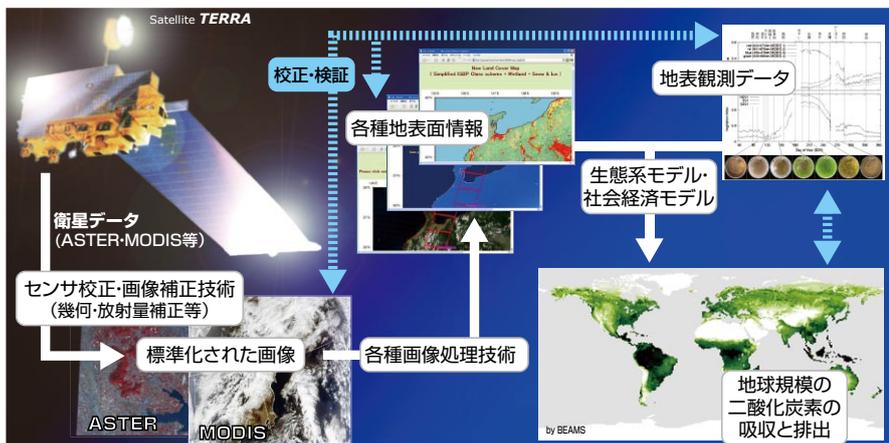


図 二酸化炭素収支算出における校正・検証

インターネットが地質情報利用を推進する

紙からインターネットへ

資源・環境・防災の基礎情報として、100年以上も前から蓄積されてきた地質情報は、ほんの十数年前までは紙に印刷された出版物からしか得ることができませんでした。1980年代に地質図のコンピュータ処理がはじめられ、1990年代になると地質図はCD-ROMでも発行されるようになりました。そして昨今、地質情報のインターネット・データベースが公開されるようになってきました。現在、産総研では総合地質情報データベース (<http://www.gsj.jp/Gtop/geodb/geodb.html>) として、22のデータベースを公開しています。

データベースのスタイルも、インターネットでの地理情報表示技術が進んだこと (WebGISなど) によって、あらかじめ用意された範囲の画像データを切り替えて表示するという従来の方法から、利用者が地域や表示項目を自由に選択し、さらに色や透過度など表示の方法まで細かく指定できるようになりました。産総研では、WebGISデータベースとして、本誌 (2007年2月号) で紹介した地質図専用の統合地質図データベース (GeoMapDB) と、地質図も含む地質情報の網羅的な検索システムを目指す地質情報インデックス検索システム (G-INDEX) (図) を公開しています。

分散するデータベース

WebGIS技術を利用した地質情報・地理情報データベースは、国土交通省の「国土情報ウェブマッピングシステム」、防災科学技術総合研究所の「地すべり地形分布図データベース」をはじめとして、地方自治体や民間会社からも積極的に公開されるようになりました。多くの地質情報がインターネット



図 地質情報インデックス検索システムのトップページ
<http://www.aist.go.jp/RIODB/GINDEX/GSJ/index.html>

で閲覧できるようになると、今度はそれらを重ね合わせて同時に見たいという要求が当然のごとく出てきます。

インターネット上のWebGISデータベースの情報を利用者が自由に組み合わせる表示できるようにするための標準規格が最近定められました。いくつかのWebGISデータベースがこのサービスをサポートするようになり、情報を重ね合わせて閲覧することが可能になってきています。産総研においても、前述の2つのシステムで、他のデータベースの情報を重ね合わせて表示するための準備を進めています。また、GEO Gridによる衛星画像データ配信が加われば、地質情報や他のデータベースと組み合わせる利用できる環境はさらに広がります。

地質情報の統合化

「地下を見ることは宇宙を見るよりも難しい」と言われるように、1種類の

情報から地下構造を解明するには限界があり、地質図、ボーリングデータ、地球物理データ、衛星情報など、さまざまな情報を統合利用していく必要があります。各機関で整備されたデータベースをネットワークで結び、データの相互利用・公開が可能なシステムを構築し、データの利活用を促進するための研究も進められています。オープンソース・ソフトウェアの利用も大きな特徴の1つです。また、複数の地質情報を統合して、3次元地質構造モデルを構築する研究も行っています。GEO Gridの推進によって、地質情報とグリッド技術が融合し、インターネットで3次元地質構造モデルが公開されるのも遠くはないでしょう。

地質情報研究部門
村田 泰章
地質調査情報センター
宝田 晋治

自然災害経験を将来の被害軽減に活かす

自然災害被害軽減へのデータ利用

GEO Gridを利用したアプリケーションの1つに、火山災害軽減を目的とした、地球観測衛星 ASTER センサの高精度標高データ (15m 精度) を使用した火砕流コンピュータシミュレーションがあります。GEO Gridでは、こうした自然災害軽減のためのシミュレーション技術開発にも取り組んでいます。

1991 ~ 1995 年雲仙火砕流

長崎県の雲仙火山では、1991年～1995年の5年間に合計9500回以上の火砕流が発生しました。1991年6月3日の火砕流では43名の方が犠牲になっています。雲仙火山の火砕流は、成長する溶岩ドームの不安定な部分が崩壊し、高温 (600℃以上)・高速 (時速100km以上) で流れ下るといふ、非常に危険なものでした。

次世代ハザードマップ

火山災害の軽減のため、全国の主要な活火山では、従来の「地図 (紙面)」の形で火山防災マップ (ハザードマップ) が作成されてきました。今後はこれらの情報に「地理情報システム (GIS)」を用いた各種データの重ね合わせ機能や、現地での状況に応じて対応できる「リアルタイムハザードマップ」が求められています。

火砕流シミュレーション

GEO Gridの火砕流シミュレーションでは、エネルギーコンモデルによるシミュレーションをWebブラウザ上で行うことができます (図1)。このシミュレーションは、地点を指定し、噴煙柱崩壊高度 (Hc) と火砕流の等価摩擦係数 (H/L) の2つのパラメータを入力するだけで、火砕流がエネルギー的に到達

しうる範囲を評価することを可能にしています。現在、メラピ火山 (インドネシア)、富士火山、雲仙火山、霧島火山、桜島火山、羊蹄火山、有珠火山、樽前火山、磐梯火山の9つの火山でシミュレーションを実行できます (図2)。噴火の最中でも、地球観測衛星による3次元標高モデルなどの新たな観測情報を加えることで、火山活動の状況に応じて、常に最新の地形データを使用することができます。また、グリッド技術により高速な処理が可能のため、10秒～3分程度という短時間で処理を行うことが可能です。このシミュレーションは、火砕流に限らず、山体崩壊、地すべりなどさまざまな火山災害、地質災害に応用できます。一般への公開は、2007年度を予定しています。世界中の研究者、防災担当者が、いつでも世界中のどの火山でも、このシミュレーションを使用できるようにすることを目指しています。

今後は、溶岩流の数値シミュレーションや、粒子流モデル等による数値シミュレーションを実装する予定です。この火砕流シミュレーションによって、火山噴火の際の迅速な対応が可能になり、住民避難の判断材料として役立つことを期待しています。

地質調査情報センター
宝田 晋治

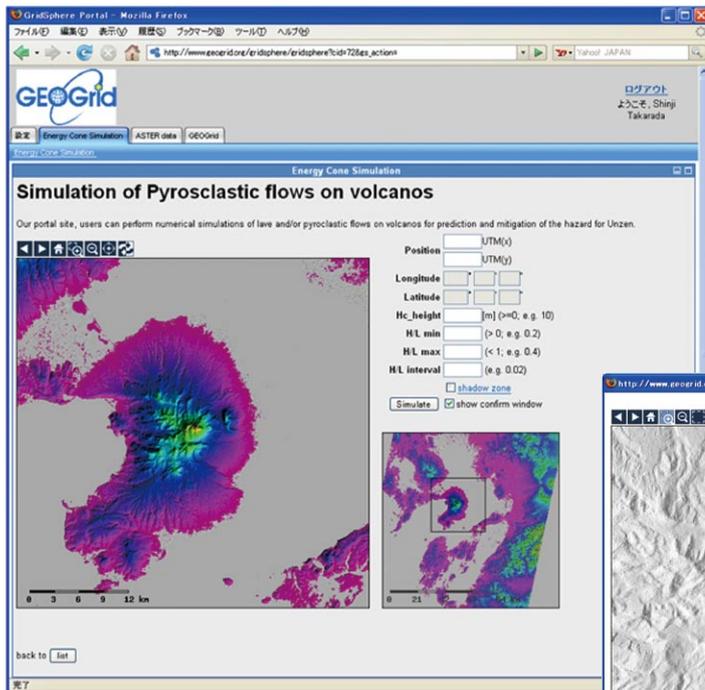


図1 GEO Gridシステムによる火砕流シミュレーションの初期画面 (長崎県雲仙地域)

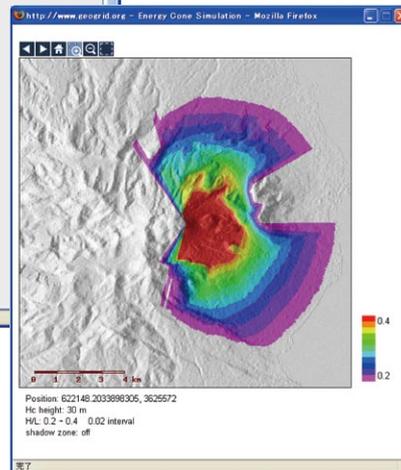


図2 雲仙火砕流シミュレーション結果の例 (赤い領域が1万m³、紫の領域が100万m³クラスの火砕流の到達予想範囲)

円滑な資源供給を未来につなげる

国民生活を支える地下資源

身の回りを眺めると、われわれの生活は地下資源の恵みに依存していることが容易に理解できます。特に石油は燃料や石油化学製品の原料として、欠かせないものです。そのため、石油資源の安定確保は、石油に代わりうる代替エネルギーあるいは代替物質が開発されるまでは、国の重要な政策の1つです。1人あたりの石油消費量と所得は比例関係にあると言われ、わが国の石油消費量も世界平均値よりも上位にあります。石油は限られた資源であり、また特定の地域に偏在する資源です。現実には石油消費量は増加していますが、新たな油田の発見は低迷しています。世界的に石油発見の努力が続けられていますが、消費の増大に匹敵する新たな油田の発見を続けることは困難になっています。少なくともこの十年の間、いわゆる巨大油田は発見されていません。石油資源の確保は、探鉱・開発・生産のどの段階でも、難しくなっているのです。

円滑な資源供給に貢献する衛星データ

総エネルギーの70%以上を化石燃料(石油・石炭・天然ガスなど)が担ってきている現状を考えると、しばらくは資源を発見しつづける必要があります。石油生産総量の約90%近くを生産している巨大油田が既に発見済みであると仮定すると、今後は中・小規模油田が探鉱や開発の対象となり、数多くの探鉱を行う必要にせまられます。油田開発には、予備的な地質調査、鉱区確保、精密な地質調査や物理探査、試掘ボーリング、開発ボーリング、生産などと長い道のりが必要です。初期の予備的な地質調査は非常に重要で、かつ短期間に実施することも求められ

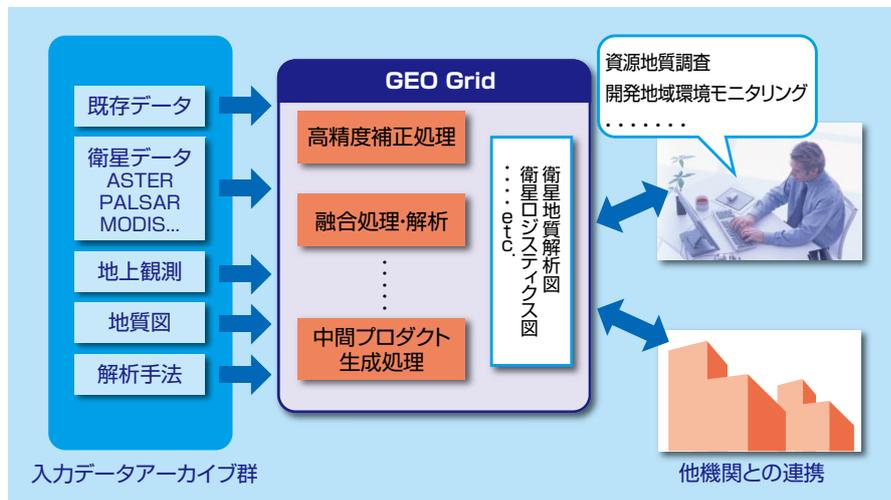


図 GEO Gridによる資源探査支援の概要

ます。

効率的な予備的調査や探鉱を支援するツールの1つに衛星観測データの利用があります。石油資源の調査・探鉱への衛星画像の利用は、1970年代の初期より衛星画像からの地質構造などの判読に活用されてきています。当時と比較すれば、衛星データは高性能なものが利用できます。光学センサの空間的な分解能、立体視機能、スペクトル分解能などは飛躍的に向上していますし、合成開口レーダ画像では、昼夜の別なく、雲が地表を覆っていても地表観測ができます。また、衛星データからの情報抽出技術も日進月歩で発展しています。このため、衛星データを地図代わりに使うロジスティクスは勿論ですが、一層詳しい地質情報を得るための高度な解析技術が強く求められてきています。

融合技術が不可欠

資源の探鉱・開発は、時代とともに情報の集約化が必要になっています。このため、大量の資料やデータからの情報マイニングや情報フュージョンが注目されています。産総研では、分野

融合を通じてGEO Gridというプラットフォームの構築を目指しています。GEO Gridでは、グリッド技術を基盤に、資源探査を支援するための衛星データ(ASTER、PALSARなど)のアーカイブ、その検索ツール、画像の高精度補正システムを提供するとともに、地質図などの地質情報はじめ、地上観測データも活用しつつ、信頼性の高い情報へ加工し、予備的地質調査や探鉱などに資する情報提供を目指しています(図)。

GEO Gridの中核には、さまざまな情報の生産がありますが、試行錯誤するためのテストベッドでもあり、フレキシブルであることも必要と考えています。また、他の協力機関の多様なアーカイブや同様のシステムとの相互運用も欠かせません。産総研は、GEO Gridを次代へ繋げるイノベーションへの道標の1つとして内外の機関と緊密に連携しつつ構築していくことにより、資源の安定確保にも貢献できると考えています。

地質情報研究部門
佐藤 功

グローバルな地質情報発信 “アジアから世界へ”

アジアの地質情報整備の現状

産総研 地質調査総合センター (GSJ: Geological Survey of Japan) では、これまで、アジア各国と協力してさまざまな地球科学情報図とデータベースを構築してきました。主なものとしては、200万分の1東・東南アジア地質図、地質構造図、堆積盆図や500万分の1東・東南アジア熱流量図、400万分の1東アジア磁気異常図、770万分の1東アジア地質災害図、東・東南アジア都市域地質情報データベースなどがあげられます。その多くはGSJが主導し、アジア各国の地質研究機関と協力して、東・東南アジア地球科学計画調整委員会 (CCOP) のもとで行ったプロジェクトの成果です。

アジアの地質情報の標準化と統合化

しかし、これらの成果はつくられた時期などが違うことによる、いろいろな問題を抱えていました。データが紙ベースであったり、数値化されていた

としても、縮尺・精度やデータ形式などがさまざまであったり、基準となる地形データが異なっていたりという、統合してデータを使用するためには、とても大きな問題です。これらを統一してデータベースとして再構築するとともに、古い地質情報を更新する作業が必要です。基準となる地形やデータ形式、縮尺 (精度)、投影法や測地系などを統一したデータベースを構築し、GEO Gridで利用可能なデータとして提供することが私たちの緊急の課題となっています。

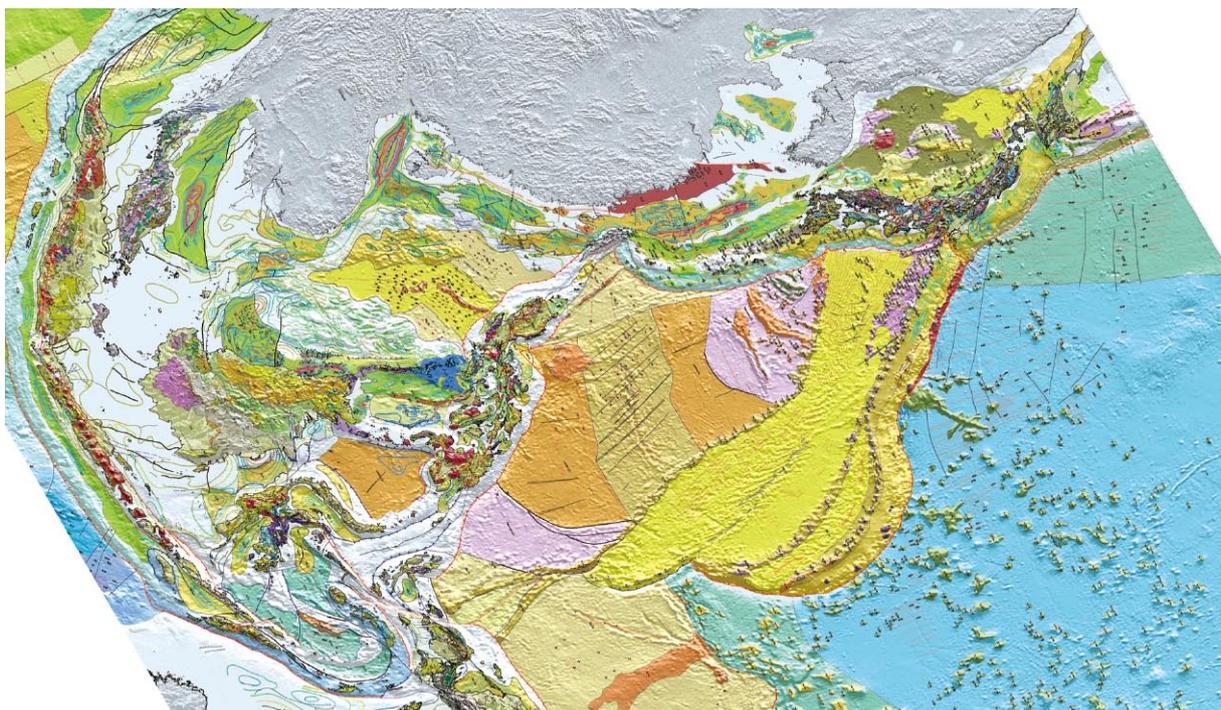
アジアの最新地質図の整備

まず手始めとして、2005年から地質図の更新を開始しています。地質情報を衛星データや他の地質情報と統合し、利活用するための基準となるのは地質図です。その地質図の最新版を、アジア地域に関して作成するのが“アジア国際数値地質図 (IGMA5000: 1:5M International Geological Map of Asia)

プロジェクト”です。このプロジェクトでは、世界地質図委員会のもとでイランなど西アジアから日本までアジア全体の国々の地質研究機関が協力して500万分の1アジア広域地質図を作成するとともに、世界標準に則った数値地質図データベース (250万分の1) として整備します。GSJは、全域の5分の1に当たる東アジア地域 (島嶼部及び海域) を担当し、数値地質図を作成します。アジア共通凡例の作成を行うとともに、海域の標準凡例作成に主導的役割を果たすように要請されています。

GSJでは、アジア (特に東・東南アジア) 地域において、この地質図をベースにさまざまな地質情報を統合・整備するとともに、GEO Gridを通じた相互運用性の高い情報発信を実現していく予定です。

地質情報研究部門
脇田 浩二



GEO Gridの国際展開へむけて

GEO Grid 普及のための戦略

この特集では、衛星画像など地球に関するさまざまな情報を上手に利用するツールとして GEO Grid をとりあげていますが、これを海外でも普及させるために私たちがとっている方策や、その仕組み作りについて紹介します。

GEO Gridを海外で知ってもらい、使ってもらうためには、どんな戦略を持つべきでしょうか。まず、この計画の牽引役である産総研の経営ポリシーの一部を紹介しましょう。私たち産総研は次のように宣言しています。「わが国のたゆみない産業技術革新を先導することにより、持続的発展可能な地球社会の実現に寄与する」。また、積極的な国際展開を行い、特にアジアを中心に関係構築を図ることを決めています。（「産総研の経営と戦略」2005）。GEO Gridの国際的普及を、私たちはアジアから始めることにしました。

まずは CCOP を通した技術外交

海外に何かをアピールする際には、それが国際的な政策につながるのか、どこの国でも使える仕組みができると

か、インパクトがあるほうがやりやすいのですが、そのためには、できるだけハイレベルなチャンネルに話を持ち込む必要があります。幸い、GEO Gridには強い味方がいます。バンコクにある「東・東南アジア地球科学計画調整委員会(CCOP)」という国際機関です。

CCOPには日本政府も加盟し、外務省がわが国の代表、産総研が副代表になっています。特に重要なのは、外務省がCCOPを日本の技術外交の対象として位置づけていることです。国際的な活動には外交とみなされるものとそうでないものがあるのですが、CCOPとの協力は外交活動として認められているのです。このため、CCOPを通せば、研究成果を高いレベルでアジアに持ち込むことができます。GEO Gridを普及させるためにはCCOPとの協力を中心に据えるのが良いと判断できます。

アジアに対するアピール

さて、GEO Gridをアジアで進める構想は、CCOPの管理理事会で提案しすでに承認されています。その際には次のような説明を行いました。

● GEO Gridは仮想のインフラを構築するため、スパコンなど高価な設備を必要としない。アジアではまだ経済力に差があるが、この計画にはどの国も参加しうる。

● アジアにおけるデジタルディバイドは深刻だがGEO Gridはその解消に貢献しうる。

● GEO Grid構築はアジアの諸問題を解決するため各国に共通する課題と考えられる。一方、個別の問題への応用は、各国ごとに任せられる。

● GEO Gridはテーマとして、資源、環境、防災、地質情報をカバーできる。したがって、これを使えばアジアの持続可能な開発と人間の安全保障に貢献できる（人間の安全保障というのはわが国の外交が重視するテーマのひとつ）。

動き出した GEO Grid のアジア展開

CCOPへの説明に対しては大きな反響があり、強い賛同が寄せられました。そして、各国代表からGEO Gridに協力する約束をいただきました。管理理事会では、産総研からコーディネータをCCOPに送る案も承認されたので、アジアにおけるGEO Gridの展開は、当面、このコーディネータが中心になって、産総研のGEO Grid担当者と連絡しながら進めることになります。

すでにタイやベトナムからは具体的な提案が出されています。これからアジアにおけるGEO Gridの構築と普及は早いペースで進展すると期待されます。

地質調査情報センター
村尾 智



写真 2006年11月のCCOP管理理事会でGEO Gridについて説明する筆者
議事は国連の会議に準ずる方法で進められ、この場で承認された事柄は国際的な
約束になる

ナノ微粒子を簡単に触媒利用する

イオン注入とエッチングを利用して幅広い応用を可能に

特許 第3635325号 (出願2001.9)

目的と効果

ナノ微粒子は、その優れた性質から触媒としての利用が期待されています。私たちは、ナノ微粒子を材料の表面に簡単に作製する新しい方法を開発しました。この方法では、表面に半埋め込み状態でナノ粒子を作製するので耐久性が向上し、数回の再生も可能です。また、デバイスの設計にもよりますが、使用の直前に、ナノ粒子触媒化を行うことで安定した利用も可能にしました。

[適用分野]

● マイクロ化学分析システム等を用いた化学反応・分析・計測器等、およびバイオ・医療系デバイス、燃料電池などのエネルギー分野など触媒反応を利用する分野

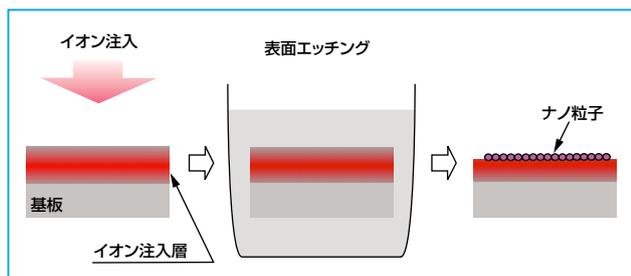
技術の概要、特徴

ナノ微粒子を作製・担持するために、イオン注入法を用いて対象となる基板表面に対象材料原子を添加します。次にこの表面をエッチングすると、注入された材料原子が表面に出てきて、さらに近くの原子と結合成長していきます。こうしてナノ微粒子が自己形成型で作製できるのです。結合していく原子の量はイオン注入した量や深さ、エッチングの速度で決まるので、これらの条件を選ぶことによって、ナノ微粒子の大きさや量をコントロールすることができます。

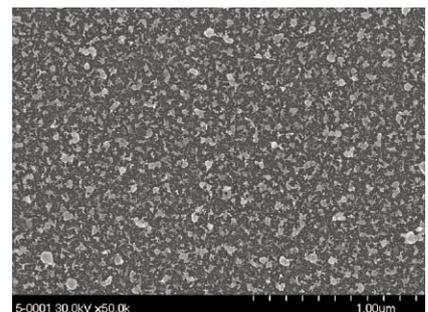
[イオン注入法] 原子をイオンの形にして、電界を加えると、その電圧に応じたエネルギーでイオンが運動します。この運動エネルギーを用いて対象材料に衝突させると、材料表面から内部にイオン(原子)を入れることができます。イオン(原子)が注入されるのは、照射した場所だけです。

発明者からのメッセージ

応用範囲のとても広い製造技術と考えています。さらに他の方法では得られない特徴が多く見られます。より産業界に有効な技術になるようにこれからも開発展開を図っていきます。どんな対象でもご相談ください。



イオン注入と表面エッチングにより作製するナノ微粒子の概念図



シリコン基板上に作製した金微粒子の電子顕微鏡写真

IDEA

産総研が所有する特許
のデータベース

<http://www.aist.go.jp/aist-idea/>

自己校正機能で角度誤差を出力するロータリエンコーダ

角度誤差の定量的な把握で角度制御の精度を向上

特許 第3826207号 (出願2005.8)

● 関連特許 (出願中: 国外1件)

目的と効果

ロータリエンコーダは、角度計測や制御など多くの用途に用いる装置です。しかし出力される角度信号には角度目盛りの誤差ばかりでなく、機器に取り付けたときの軸ぶれ・偏心や経年変化及び使用環境変化を要因とするものなど、さまざまな角度誤差が含まれるという問題点がありました。今回発明したロータリエンコーダは単純な構造でありながら、使用機器に取り付けた状態でこれらの角度誤差を自分自身で検出し出力することができます。いままで検出が困難であった角度誤差を知ることにより、精度が数段向上した角度制御が可能になります。

[適用分野]

- 角度計測・測量・制御全般

技術の概要、特徴

産総研が所有する角度の国家標準器は、国家標準器内部のロータリエンコーダと校正対象の外部のロータリエンコーダの2つに対して等分割平均法という自己校正方法を用いて同時に校正します。発明したロータリエンコーダは、これを1台のエンコーダ内部で実現することによってエンコーダ自身で角度誤差を出力することができます。複雑そうに思えますが構造は単純で、目盛り盤の周りに複数個の読み取りヘッドを、360度を等角度間隔に分割した位置に配置するだけです(図1)。それぞれのヘッドから出力される角度信号に対して等分割平均法(更に簡略化した四則演算で表せる式)を用いて解析を行います。市販されているエンコーダには、2個のヘッドを180度の位置に配置することで、偏心による角度誤差をキャンセルするものもあります。しかし、発明したロータリエンコーダはキャンセルするのではなくさまざまな角度誤差を積極的に出力します。これによって角度誤差の大きさや変化を定量的に把握することが可能になります。

発明者からのメッセージ

市販されているロータリエンコーダは、角度誤差のために精度が10秒程度を限界とするものがほとんどです。発明したロータリエンコーダは既存技術で作製でき、かつ容易に1秒を超える精度を実現することが可能です。

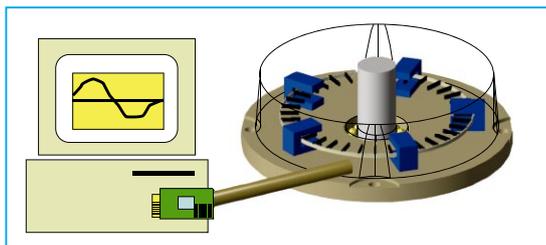


図1 自己校正機能付きロータリエンコーダの概念図

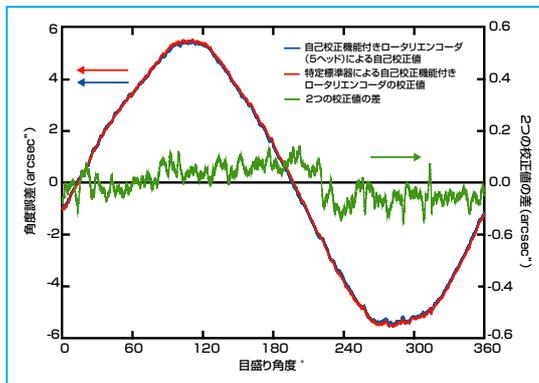


図2 発明したロータリエンコーダを自己校正した場合と特定標準器を用いて校正した場合の比較。0.2秒をきる精度で角度誤差を正確に検出している。

産総研イノベーションズ
(経済産業省認定 TLO)

〒305-8568
つくば市梅園 1-1-1
産業技術総合研究所
つくば中央第2

TEL : 029-862-6158
FAX : 029-862-6159
E-mail : aist-innovations
@aist.go.jp

真円度校正技術の開発

ものづくり産業の基盤を支える計量標準

「真円度」(図)は、軸や軸受などの機械の回転運動する部分に用いられる機械要素の形状や回転精度を評価する指標として用いられます。産総研では、この「真円度」を測定するために用いる「回転精度検査用標準器」¹⁾(写真1)の「真円度」を値付けをする装置を開発し、校正サービスを行っています。

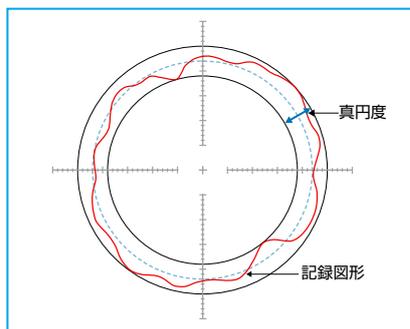


図 真円度の概念図

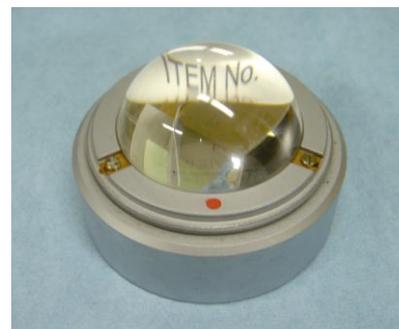


写真1 回転精度検査用標準器

真円度

JIS B 0621-1984に「真円度とは、円形形体の幾何学的に正しい円からの狂いの大きさをいう。」と書かれています。さらに、「真円度は、円形形体を2つの同心の幾何学的円で挟んだとき、同心円の間隔が最小となる場合の、2円の半径の差で表す。」とも示されています。ここで、円形形体とは、円形の形状や回転速度の軌跡のような機能上円であるような線です。



写真2 真円度校正装置

回転精度検査用標準器

「回転精度検査用標準器」は、軸や軸受などの形状の測定や加工を行う装置の回転精度を評価する際に用いられます。円形形体の測定や加工は、真円度測定機や旋盤などのように回転運動を伴いながら行われます。このとき、これらの機械の回転精度が測定結果や加工物の形状に影響を及ぼします。そこで、これらの機械の回転精度を評価することが大変重要になります。「回転精度検査用標準器」は高精度に加工されていて、断面形状の「真円度」は20 nm程度となっています。

真円度校正装置

「真円度校正装置」は、「回転精度検査用標準器」に「真円度」を値付けするために用いる装置です。高精度な標準器に真円度を測定するためには、より高精度な装置が必要となります。しかし、最高精度の真円度測定機であっても、その回転精度は数十nmであり、形状と同等です。真円度測定機が標準

器を測定した結果は、標準器の形状に真円度測定機の回転精度が加わってしまいます。そこで用いるのが「真円度校正装置」です。この装置は、写真2のような真円度測定機に角度割出し装置を取り付けたものです。角度割出し装置とマルチステップ法²⁾³⁾という自己校正法により、「回転精度検査用標準器」を測定したデータから真円度測定機の回転精度を分離し、「回転精度検査用標準器」の形状を評価します。また、この装置の検出器は、長さの標準であるレーザを用いて校正してあります。

今後の展望

現在、超精密な加工ができる装置が開発されています。これらの装置の回転部分の回転精度は、ここで述べた「回転精度検査用標準器」と同等のnmオーダーになってきています。したがって、「回転精度検査用標準器」の形状をより一層高精度に値付けすることが必要となってきており、今後も精度向上に努めていきます⁴⁾。

参考文献：

- 1) JIS B 7451-1997 真円度測定機 (1997)
- 2) Whitehouse; Some theoretical aspects of error separation techniques in surface metrology, J of Physics E, 9, 531 (1976)
- 3) 後藤充夫, 飯塚幸三: 真円度測定器の誤差特性の解析, 精密機械, 44, 10, 1265 (1978)
- 4) 渡部司, 直井一也, 藤本弘之: 円形形体の高精度形状評価法に関する研究 (第1報) - 真円度のプロファイル解析の高度化 -, 精密工学会誌, 73, 1, 145-149 (2007)

直井 一也

なおいかず
naoi.k@aist.go.jp
計測標準研究部門 (つくばセンター)

通商産業省工業技術院計量研究所に入所。現在、産業技術総合研究所 計測標準研究部門 長さ計測科 幾何標準研究室にて、表面性状及び真円度に関する校正技術の開発や研究業務に従事。

活火山データベース

活火山の詳細な噴火履歴情報の公開

国内には、108の活火山があります。日本の活火山の多くは、風光明媚な観光地であるとともに、山麓は肥沃な土地であり人々の生活の場です。このためひとたび噴火活動が始まると、社会に大きな影響を及ぼします。地震が地震動による被害という点に集約されるのに対して、火山が社会に及ぼす現象は、溶岩流、火砕流、降下火砕物、山体崩壊、土石流など多岐にわたります。噴火災害を軽減するためには、それぞれの火山が過去にどのような様式・規模の噴火活動を行い、どの範囲に影響を及ぼしてきたかを知ることが重要です。活火山データベースでは、このような噴火履歴の情報を収集公開しています。データベースは、1万年噴火イベントデータ集、火山地質図集及び詳細火山データ集の3つの部分からなります。1万年噴火イベントデータ集は、108の活火山を統一フォーマットで記述しているもので検索が容易です。そ

れに対して、火山地質図集及び詳細火山データ集では、特に活動的な火山について図や写真を用いて掘り下げた解説をしているのが特徴です。

1万年噴火イベントデータ集

このデータ集は、日本全国の活火山における過去1万年間に起きた噴火イベント（個別あるいは一連の噴火活動）に関する情報を、これまでに公表された文献から抽出してデータベース化したものです。各噴火イベントについて、暦年代で統一した噴火年代、噴火様式、堆積物の種類、堆積物の名称、給源、噴火規模などの情報を収録しています。火山ごとに過去1万年間の噴火履歴リストを表示し、個別の噴火イベントや噴火堆積物の情報を閲覧できるほか、条件を指定して噴火イベントの検索を行うことができます。現在、北海道、東北、関東・中部（一部を除く）の火山のデータが公開中です。

火山地質図集

産総研地質調査総合センター（旧地質調査所）では、特に活動的な活火山の噴火履歴を地質図としてまとめ、火山地質図として提供してきました。火山地質図では、地形図上に火山噴出物を色分けして表示するとともに、図表や写真を用いた解説文を付けています。また、地形情報を加えた地質陰影図や地質鳥瞰図を新たに作成しました。

詳細火山データ集

活火山の生い立ちや噴火について、図表や写真をもとに記述的に説明したものです。現在は、火山地質図が出版されていない2火山について作成しています。

今後の予定

1万年噴火イベントデータ集を完成させるとともに、各種データを充実させていきます。また、検索機能の充実などによって、より使いやすいものを目指しています。

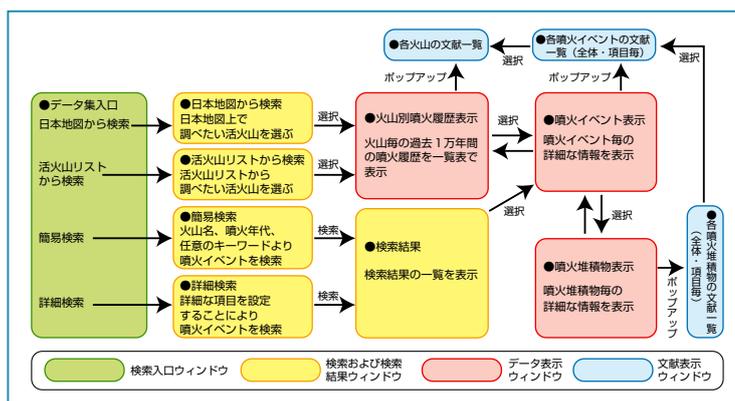
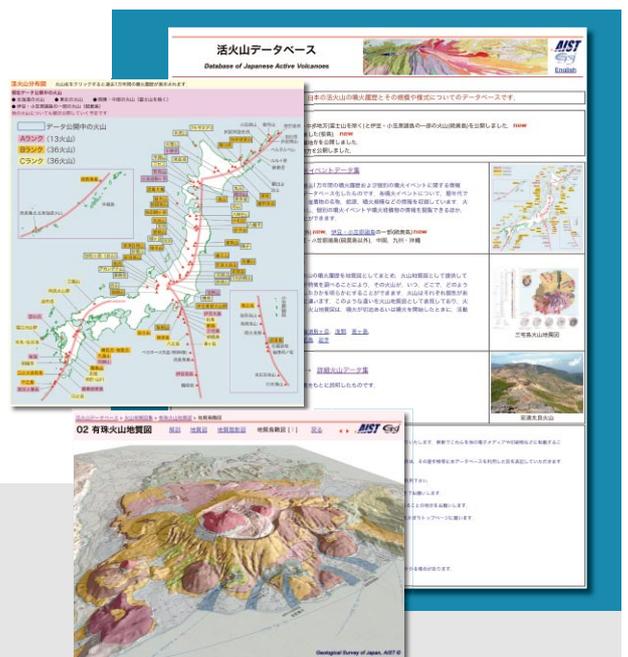


図 活火山データベースの検索手順（左）と、実際の画面（右）



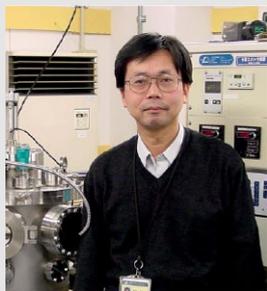
関連情報：
[活火山データベース]
<http://www.aist.go.jp/RIODB/db099/index.html>

星住 英夫 ほしずみ ひでお
h.hoshizumi@aist.go.jp
地質情報研究部門（つくばセンター）

地質調査所入所以来、火山地域の地質調査を担当してきた。火山の未来を知る鍵は、過去の噴出物の中に記録されていると考えている。

マグネシウム・チタン薄膜を用いた調光ミラー

鏡状態から無色透明に切り替えできる新しい窓ガラス



吉村 和記 よしむら かずき
k.yoshimura@aist.go.jp
サステナブルマテリアル研究部門
環境応答機能薄膜研究グループ
研究グループ長
(中部センター)

入所以来、調光薄膜を中心とする機能性薄膜の研究に取り組んでいます。2002年からのこの調光ミラー薄膜の研究を始めました。鏡の状態から透明な状態に鮮やかに変化する材料なので、研究として非常に面白く、やりがいがあります。最初一人で始めた研究ですが、現在研究グループの三名の研究者と一緒に、調光ミラー薄膜に関する様々な研究に取り組んでいます。

調光ミラー

「調光ミラー」とは、光の反射をコントロールして、鏡状態にしたり透明状態にしたりという切り替えができる薄膜材料です。これを建物や乗り物の窓ガラスに用いれば、省エネルギー特性にすぐれた窓が実現できます。私たちの研究グループでは、これまで、スイッチング特性にすぐれた調光ミラー材料として、マグネシウム・ニッケル合金を用いた調光ミラー薄膜の研究を行い、透明状態における可視光透過率の大きい材料を開発してきました^[1]。ただ、マグネシウム・ニッケル合金を用いた材料では、どうしても、透明化したときに黄色味を帯びているという欠点があり、建物や乗り物用の窓では黄色系統の色は好まれないことから、実用化への障害になっていました。そこで、マグネシウム・ニッケル合金以外の材料を探索した結果、マグネシウム・チタン合金を用いた調光ミラー薄膜では、ほとんど無色に近い透明状態にできることを見出しました^[2]。

新しい調光ミラー薄膜材料

マグネシウム・チタン系調光ミラーは、ガラス基板上に厚さ約40nmのマグネシウム・チタン合金の薄膜をスパッタ法で作成し、その上に厚さ約4nm程度の薄いパラジウム層をつけたも

のです。この薄膜は金属薄膜なので、銀色の鏡状態ですが、これを希薄な水素(約1%)を含む雰囲気にとさらすと、マグネシウム・チタン層が水素化して透明になります。マグネシウム・チタン合金を用いた調光ミラー薄膜では、この透明化した状態がほぼ完全に無色で、まったく黄色味を帯びていないので、実用に適した光学特性をもっています。

この調光薄膜を実際の調光ミラーガラスとして用いる場合は、図に示したように、片方のガラスの内側に調光薄膜を蒸着した二重ガラスにし、その間の空間に水を電気分解して発生した少量の水素や酸素を導入することでスイッチングを行います。この材料で窓ガラス(60cm×70cm)を試作し、写真に示したように、このサイズでも良好なスイッチング特性を示すことを確認しました。このような実サイズの調光ミラーガラスを実現したのは世界で初めてのことです。

今後の予定

現時点ではまだ耐久性が十分ではないため、これを改善する研究を行っています。これが解決できれば、窓ガラスだけでなく、光スイッチ、家具、デコレーション材、玩具といったさまざまな応用が開けるものと期待されます。

関連情報:

● 参考文献

[1]K. Yoshimura, et al. Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 4709.

[2]S. Bao, et al. to be published in Appl. Phys. A.

● 共同研究者

包山虎、田嶋一樹、山田保誠(環境応答機能薄膜研究グループ)

● プレス発表

2006年12月21日「無色透明になる調光ミラー用薄膜材料を開発」

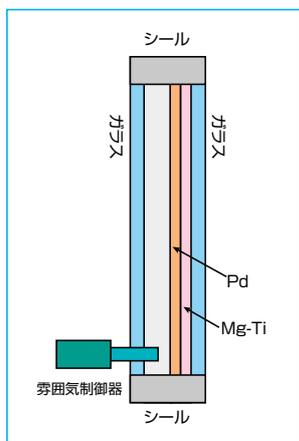


図 調光ミラーガラスの構造

2重ガラスの内部の空間に水を電気分解して発生した水素または酸素を導入して切り替えを行います。



写真 大型調光ミラーガラス 鏡状態(左)と透明状態(右)

アスベスト代替ガスケットを開発

取り扱いやすく広範囲に適用可能



蛭名 武雄 えびな たけお
takeo-ebina@aist.go.jp
コンパクト化学プロセス研究センター
材料プロセッシングチーム
主任研究員
(東北センター)

これまでいろいろな粘土膜の開発に携わってきました。原料粘土の合成から応用製品の大量生産方法まで幅広く研究しています。新規ガスケットをさらに進化させ、アスベスト製品を完全に置き換えるための代替品の開発を行っています。一方、粘土を用いたプラスチックでもガラスでもない第三の透明フィルムとそれを用いた電子デバイスの開発を進めています。

関連情報：

● 参考文献

FC report 柔軟な自立耐熱フィルム「クレースト Claist」

未来材料新規耐熱フィルム「クレースト Claist」の開発

● 関連特許

特許第 3855003 号「粘土配向膜及びその製造方法」

特許第 3855004 号「粘土膜及びその製造方法」

特願 2004-233892「粘土配向膜からなる保護膜」

特願 2005-232669「ガス遮蔽材及びガス遮蔽方法」

特願 2006-104102「黒鉛粘土複合材およびその製造方法」

PCT/JP2004/013077「粘土膜」

PCT/JP2005/022702「粘土膜製品」

など

研究の社会的背景

多くの化学産業では、高温下の生産工程で、その配管連結部などからの液体や気体の漏れを防ぐためにガスケットが用いられています。これまで高温部ではアスベスト製品が広く用いられてきました。しかし、昨今アスベストの健康被害に対する緊急の対応が求められ、ガスケット・パッキンについても2008年までにアスベスト製品の全廃をめざしています。ところが、代替品は開発途上であり、その安全性・信頼性の評価も進んでいませんでした。

そうした中で、膨張黒鉛製ガスケットは、シール性にすぐれ、長期保存が可能、加工が容易であるなどの長所があり、非アスベスト製品として最も有力です。しかし、黒鉛粉どうしの結合が強くないことから、製品表面から粉がはがれる「粉落ち」、使用後ガスケットに接している金属面に黒鉛が付着してはがれにくくなる「固着」などの問題点を抱えていました。さらに400℃以上の高温の酸素雰囲気下では酸化による劣化でガスケットがやせていくため、シール性能が保たれず、使用できないという問題点もありました。

新規ガスケットの開発

これらの問題点を克服するために膨張黒鉛製品の表面に、耐熱性にすぐれた粘土膜（クレースト）による保護層を形成する技術を開発しま

した。まず膨張黒鉛への密着性にすぐれた複数の天然粘土原料を選択してブレンドし、これに少量の有機バインダーを添加して、水に均一に分散させて最適なコーティング用ペーストを調製しました。さらにディップコーティング法と呼ばれる方法の細かな条件を最適化するなどして、均一なコーティング層をもつ複合ガスケットの製造技術を開発しました。ここで選択した粘土の結晶は平たい板状をしているので、針状のアスベストとは異なり人体に対しては無害です。

次に新規ガスケットの性能評価を行いました。取り扱い性に関する各種試験、粉落ちや固着に関する試験のすべてで良好な結果を得ました。また高温下でのシール試験を行い、420℃までなら処理後も良好なシール性能を発揮することが認められました。引っ張り試験、応力緩和試験、曲げ試験などについては、現行の製品規格に適合しています。

さらに実際に石油化学プラントの高温配管部で長期の実証試験を継続しており、良好な結果を得ています。

今後の予定

さらに広範な性能評価試験を行うと同時に、長期の信頼性向上などに取り組み、化学プラント産業用をはじめ、自動車産業用、電力産業用などへも展開していく予定です。

プロジェクト情報：

● 共同研究者

塚本勝朗、佐倉俊治、中村雄三（以上ジャパンマテック株式会社）、長谷川泰久、水上富士夫（産総研コンパクト化学プロセス研究センター）

● プレス発表

2007年1月17日
「アスベスト代替ガスケットを開発」

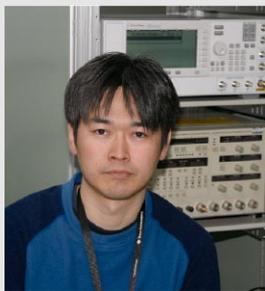
●この成果は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の緊急アスベスト削減実用化基盤技術開発プロジェクト（「高温用非アスベストガスケット・パッキンの開発」）によるものです。



図 新規ガスケットとその構造

パルス駆動ジョセフソン電圧標準の開発

交流量子電圧標準の実現に向けて



浦野 千春 うらの ちはる

c-urano@aist.go.jp

計測標準研究部門
電磁気計測科 電気標準第1研究室
研究員
(つくばセンター)

2002年に産総研入所以来、量子化ホール抵抗標準およびジョセフソン電圧標準の開発に従事。この間、抵抗標準と電圧標準のそれぞれの国際比較に参加。

直流電圧と交流電圧

ジョセフソン効果を使うと電圧を正確に発生できます。産総研ではこれを直流10V電圧標準に応用し、直流電圧校正を提供して産業に貢献しています。一方、世の中の電気信号は圧倒的に交流が多いため、ジョセフソン効果で交流電圧も正確に発生できれば、広範な交流電気信号の精度向上が期待できます。

交流量子電圧標準の開発

交流量子電圧標準のしくみはCDプレーヤーで音楽を再生するしくみとよく似ています。CDのようにデジタル化された110101..のような2進数のデータを元に電気信号の波を発生させます。また、交流量子電圧標準で狙うのはせいぜい音楽と同じようなオーディオ周波数(数kHzまで)なので、オーディオ領域のS/N比が良くなる方式を採用します。交流量子電圧標準と音楽の再生で異なるのは2進数のデータを電気信号に変換する方法です。CDプレーヤーでは半導体素子を用いて電圧信号に変換しますが、量子電圧標準ではジョセフソン接合を利用します。ジョセフソン接合というのは超伝導現象を利用したデバイスで、極低温で使用します。ジョセフソン接合には電流パルスを入力してやると出力電圧パルスの時間積分が $h/2e$ (h :プランク定数、 e :電荷素量)の整数倍に厳密に量子化されるといっても面白い特徴があります。

図に示したのはジョセフソン素子(100接合直列、写真)が電流パルス(繰り返し周波数49.7MHz)を量子化された電圧パルスに変えることを示した実験です。電流パルスの時間積分(図において横軸の光強度に比例)を増加させていくと階段状に電圧が増加していきます。電圧ステップの間隔は $(h/2e) \times 49.7$ (MHz) $\times 100$ (接合)に対応しています。グラフの横軸が「光強度」となっているのは電流パルスを発生させるためにいわゆる光コムと呼ばれる超短パルスレーザーの光を光ディテクタで電流パルスに変換したためです。

今後の計画

今後、接合数をさらに増やすことと繰り返し周波数をより高くすることで出力電圧振幅を増加させ、通信で用いられる技術に応用することにより交流信号を発生する技術を開発する計画です。また、出力交流信号を精密に評価する技術を開発し、実用化を目指します。

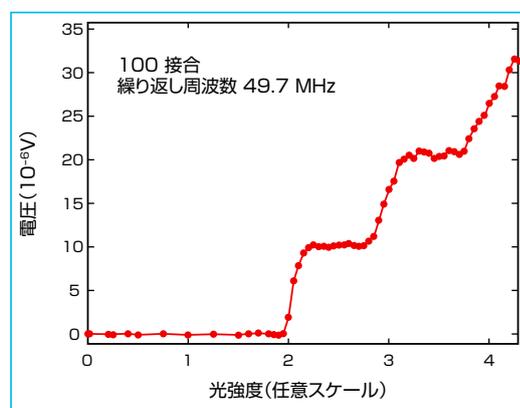


図 ジョセフソン素子の平均出力電圧の電流パルス強度(光強度に比例)依存性

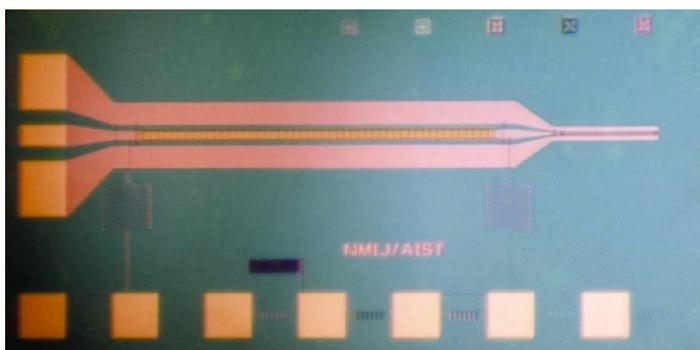


写真 実験に用いたジョセフソン素子(100接合)

関連情報:

● 共同研究者

金子晋久、前澤正明、板谷太郎(以上産総研)、桐生昭吾(武蔵工大)

● 参考

計量標準総合センター
「電気の標準」
<http://www.nmij.jp/kenkyu/baseunit/electric.html>

シンポジウム「イノベーション実践戦略」開催

報告

2月27日、産総研主催で、「イノベーション実践戦略－理論から行動へ」と題したシンポジウムを日経ホールで開催しました。このシンポジウムでは、イノベーション創出に向けた取り組みや仕組み、また産総研のイノベーション推進の具体的なモデルや事例が紹介されました。

産総研吉川理事長は基調講演の中で、持続的発展が可能な社会を目指すためには自らの行動基準を変えなければならないこと、また豊かさの獲得と環境の保全を同時に解決するためには、現在の産業が持続性へ向けて重心移動することが不可欠なことを訴えました。そしてそれを実現するには、独立行政法人の研究所が基礎研究から製品化研究まで一連の流れの中で「本格研究」を推進することが必要であること、さらには独法研究所と民間企業との連携についても、従来の面的連携から人の異動を含む立体的連携が必要であることが示されました。

黒川 内閣特別顧問からは、イノベーションの鍵は人であり、研究や発明、技術革新の成果を生活者、社会に届け、人々の生活や行動を変えていくことがグローバル時代のイノベーションであるという基調講演がありました。

小島 産業技術環境局長の基調講演では、イノベーションの推進には研究開発と市場とが双方向に流れる高速道路のように、事業化、市場化がスピードをもっ

● 基調講演

「産総研の研究と産業の重心移動」
吉川 弘之 産総研 理事長

「2025年までを視野に入れたイノベーション25」
黒川 清 内閣特別顧問、政策研究大学院大学教授

「イノベーション・スーパーハイウェイ構想の推進」
小島 康壽 経済産業省 産業技術環境局長

● 事例紹介

「イノベーション創出に向けた産総研の取り組み」
伊藤 順司 産総研 産業技術アーキテクト

● パネルディスカッション 「イノベーション創出に向けた産学官の役割と連携のあり方」 パネリスト：

拓植 綾夫 三菱重工業（株） 特別顧問（元総合科学技術会議議員）
安永 裕幸 経済産業省 産業技術環境局研究開発課長
村上 敬宜 九州大学 理事・副学長（産総研 水素材料先端科学研究センター長）
渡部 俊也 東京大学 国際産学共同研究センター（CCR） 副センター長
久間 和生 三菱電機（株） 常務執行役員開発本部長
山崎 正和 産総研 理事（特命イノベーション推進コア）

● 閉会挨拶 小玉 喜三郎 産総研 副理事長

て動くことが重要であることが訴えられました。また高速道路の出入口で色々な車が合流するように、異分野や異業種の研究者・技術者が合流する知識・技術の融合が必要であること、そしてイノベーションの起爆剤として技術が生み出す新しい製品・サービスにより経済社会構造を変革することが必要と述べられました。

続いて、伊藤 産業技術アーキテクトより、産総研が提唱する本格研究の概念やイノベーションハブ戦略の紹介とともに、産総研の具体的な取り組みとして、産業

変革研究イニシアティブ制度や産業技術人材育成等の具体的な内容が紹介されました。またパネルディスカッションでは、パネリストから、イノベーション創出に向けた人材育成の重要性や産総研に対する期待等多方向な提案をいただきました。

なお、当日は536名の参加者で会場内は終始熱気にあふれ、産総研のイノベーションに向けた強い意志を理解いただき、シンポジウムは充実した中に終了しました。



会場に詰めかけた参加者（左）を前に、講演を行う吉川 理事長（右上）と黒川 内閣特別顧問（右下）。

シンポジウム「イノベーションとベンチャー創出」

報告

2月21日に日本青年館大ホールにおいて、シンポジウム「イノベーションとベンチャー創出－研究室から社会への飛躍－」が開催されました。

内閣特別顧問、政策研究大学院大学教授 黒川清氏の基調講演「日本のイノベーション」や産総研におけるベンチャー創出活動の紹介、2部構成のパネルディスカッションが行われました。

パネルディスカッション第1部では、「イノベーションとベンチャー創出」をテーマに総括的な議論を、第2部では、「公的研究機関・大学のベンチャー創出の新展開」をテーマに、具体的な議論をしていただき、イノベーションに対する考え方やハイテク・ベンチャー創出についての意識を共有する機会とすることができました。



パネルディスカッション（第一部）「イノベーションとベンチャー創出」

コーディネーター：池上 徹彦 産総研元理事
 パネリスト：北城格太郎 経済同友会 代表幹事（日本IBM株式会社代表取締役会長）
 堀場 雅夫 株式会社堀場製作所 最高顧問
 田中 信義 キヤノン株式会社 専務取締役 知的財産法務本部長
 有本 建男 独立行政法人 科学技術振興機構 社会技術研究開発センター長
 橋本 和仁 東京大学教授 先端科学技術研究センター所長
 小島 康壽 経済産業省産業技術環境局長

パネルディスカッション（第二部）「公的研究機関・大学のベンチャー創出の新展開」

コーディネーター：渡部 俊也 東京大学教授 国際・産学共同研究センター副センター長
 パネリスト：山本 貴史 株式会社東大TLO 代表取締役社長兼CEO
 田村真理子 日本ベンチャー学会 事務局長
 西尾 好司 株式会社富士通総研 経済研究所 主任研究員
 佐藤 信行 三菱商事株式会社 イノベーションセンター シニアマネージャー
 大瀧 義博 株式会社バイオフロンティアパートナーズ 代表取締役社長

フランス国立科学研究所(CNRS)とのベストマネジメントプラクティスセミナー開催、及び環境触媒(ECSAW)研究連携協定の調印

報告

2月7日に吉川理事長、小林（直）理事、山崎理事ほかの産総研幹部がパリ市のフランス国立科学研究所（CNRS）を訪問し、プレシニャック理事長ほかのCNRS幹部とともに、研究所運営・経営に資するための標記セミナーが開催されました。

CNRSは2万6千人の研究者・技術者を有するフランス最大の公的産業科学技術研究機関で、大学との連携

研究室を多数有しており、産学官連携やイノベーションクラスターのネットワーク化に注力しています。産総研は、CNRSと包括協定締結後、ロボットのジョイントラボをはじめ、研究連携を推進してきたところですが、両機関がイノベーションや産業技術マネジメントに関する共通の課題を有しており、互いの研究所運営・経営に資する意見交換・相互学習が非常に有益であることから本セミナー開催の運びとなりました。

今回は、イノベーション、評価、ベンチャー戦略などにつき、各々の研究所の現状を報告し意見交換を行いました。他の項目については今後機会をとらえて同様のセミナーを開催する予定です。

また、「大気及び水圏環境の持続的保全のための環境触媒技術



ECSAWに関する調印の様様。
 吉川理事長(中央)、Brechignac 理事長(左)、Migus 総裁(右)

(ECSAW)」に関する研究連携協定の調印が行われました。これは環境・エネルギー分野の核心技術の一つである触媒技術の革新を目指し、産総研とCNRS双方の複数の研究ユニットが4年にわたって研究協力するというものです。今回の調印を期に、欧州・アジア市場の展開を含め環境関連の研究協力が拍車がかかることが期待されます。



ベストマネジメントプラクティスセミナー

日印首相間共同声明に基づく包括的研究協力協定の調印

報告

2月12日、ニューデリーにあるインド科学産業研究委員会 (CSIR) と包括的研究協力協定の調印を行いました。また同日、科学技術省バイオテクノロジー局 (DBT) とも包括的研究協力協定の調印を行いました。

インドとは産総研発足以来、CSIR、ジャワハルラル・ネルーセンター他と実質3件の研究協力協定を締結しています。



CSIR との包括的研究協力協定の調印

2005年4月の日印首脳会談で両国政府は日印グローバルパートナーシップを推進することを決定し、その中で科学産業技術協力などに一層焦点をあてることとなりました。昨年12月の安倍首相とシン首相との首脳会議共同声明において、産総研とCSIR及びDBTとの連携協力を含め科学産業技術分野の一層の協力促進が謳われました。

CSIRにおいては、調印に先立ち、産総研、CSIRそれぞれの研究紹介と今後の研究協力の進め方についての意見交換が行われました。またDBTにおいても、調印に先立ち、産総研側から糖鎖医工学研究センター長、生命情



DBT との包括的研究協力協定の調印

報科学研究センター長が研究紹介を行い、意見が交換されました。

今後は、この研究協力協定調印を契機として、外部資金や産総研の外国人招聘資金を活用した人材交流の強化を図り、両国間の研究協力を推進することが確認されました。

ジャワハルネルー研究センターにおけるナノテクノロジーシンポジウム開催

報告

2月8日と9日に、ジャワハルネルー研究センター (インド、バンガロール) にて「Nano & Soft Matters」と題してナノテクノロジーシンポジウムが開催されました。産総研からは、エレクトロニクス研究部門長、ナノテクノロジー研究部門長など10名が参加しました。

テーマは液晶とナノソフト物質、ナノ・バイオ・分子エレクトロニクス、ナノ酸化物、グリーンケミストリーの4つです。日本とインド合わせて19件の研究紹介がありました。首相科学

顧問委員会座長のラオ教授は講演の中で、インドにおける大学教育の重点化、ナノテクノロジーのインド政策などを紹介され、日本とインドの短期人材交流の重要性を力説しました。

まとめのセッションでは、人材交流、ジョイント・ワークショップ、共同研究、外部予算、ジョイントラボなど、研究協力の具体的な推進手段について議

論が交わされました。今後、ジャワハルネルー研究センターを中心として、ナノテクノロジー分野での一層の研究協力が推進されることとなりました。



ナノテクノロジーシンポジウム参加者

インド国際産業&技術フェアに出展

報告

2月13日から16日にニューデリーにおいて、インド国際産業&技術フェア (IETF2007) が開催されました。日本はパートナーカントリーとして (今回で2回目。1回目は1997年) このフェアの開催に協力し、日本貿易振興機構 (ジェトロ) が窓口となって多数の民間企業を含む展示が行われました。日本パビリオンでは、初日に約1万人、二日目からは、毎日3~4千人の訪問者

がありました。

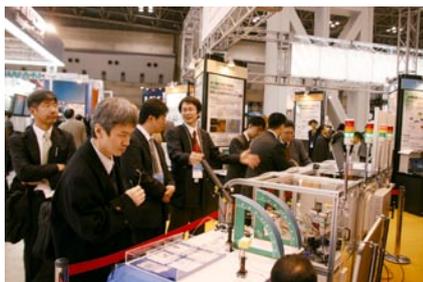
産総研は12件のポスターを展示し、研究所の概要、技術移転、主な研究成果 (10件) について紹介しました。中学生から高齢者まで、男女を問わず、さまざまな人々が産総研ブースを訪問し、関心を示しました。中には、ポストクや特許の利用について問い合わせる人もいました。

最終日には用意した産総研パンフ

レットがすべてなくなるほど、多くの人が来場しました。



世界最大規模の最先端テクノロジーに関する展示会である“nano tech 2007”国際ナノテクノロジー総合展・技術会議は、2月21日から23日までの3日間、東京ビッグサイトにおいて開催されました。主催者側の発表によれ



展示ブースでの来場者と担当研究者

ば、今回の展示会では海外22カ国からの167社を含む484社の参加があり、非常に大規模な催しとなりました。来場者数についても年々増加の傾向にあり、今回は今までで最高の4万8千人を超え、情報収集だけではなく、ビジネスのマッチングの場となっています。

産総研からは「ナノマテリアル」、「ナノエレクトロニクス」、「ナノ加工」、「ナノセンサ」、「ナノバイオ」、「社会受容」など、社会的に注目されている最先端の研究分野から25件の研究成果を展示しました。来場者の方々に、より具体的にイメージしていただくため、製



技術シーズのプレゼンテーション

品プロトタイプをあわせて展示することにこれまで以上に努めるとともに、展示ブース内では、産総研技術シーズのプレゼンテーションも行いました。

準備した配付資料が無くなるほど多くの方々にご来場いただき、産総研の研究成果の紹介と産学官の連携推進に役立ったことと確信しています。

山本経済産業副大臣つくばセンター来訪

2月19日、山本幸三経済産業副大臣が、産総研つくばセンターを来訪されました。

吉川理事長の挨拶につづいて、小玉副理事長から概要説明とイノベーション創出への取り組みについての説明を受けられました。その後、視察ではまず、太陽電池試験設備をご覧になり、太陽光発電パビリオン「太陽の広場」で、近藤太陽光発電研究センター長から、さまざまな太陽電池モジュールの説明を受けられました。その後、地質

標本館で日本列島地質立体模型や関東地方の地質模型などをご覧になり、説明者と質疑を交えられました。

さらに、「世界最高性能スピエレレクトロニクス素子の開発」、「ヒューマノイドロボット」をご覧いただきました。ヒューマノイドロボットでは、二足歩行ロボットに触れながら、研究者と歓談されました。最後に、西事業所で「完全無灰炭製造技術（ハイパーコール）」の説明を受けられ、熱心に意見を交わされるなど産総研の研究活動の一

端に触れる機会をお持ちいただけました。



近藤センター長（手前）から太陽光発電設備の説明を受けられる山本副大臣（奥）

九州センター研究講演会

2月15日に、博多サンヒルズホテルにおいて平成18年度産総研九州センター研究講演会を開催し、168名の参加者がありました。本年度は、「地域に根差し、世界に発信する九州センターを目指して」をテーマとして行われ、産総研の運営諮問会議委員でもある日産自動車株式会社副会長 伊佐山建志氏による「自動車産業の今後と九州への期待」と題した特別講演がありました。

また、共催の財団法人九州産業技術センターより研究開発を委託したテーマの中から、「自動車めっき鋼板用スーパーセラミックスロールの開発」と題して九州工業大学工学部 野田尚昭教授による講演が行われました。

そのほかにも、一般講演では研究成果4件が、ポスター展示（含ショートプレゼンテーション）では、独立行政法人中小企業基盤整備機構九州支部を含め15件の発表が行われました。



講演会場内の様子

産総研の科学技術週間2007

お知らせ

今年の科学技術週間も、産総研では3つの常設展示施設で特別展示やイベントを行います。ぜひご家族づれで、春の産総研に足をお運びください。

●サイエンス・スクエア つくば

サイエンス・スクエアは4月に展示をリニューアルしました。新展示の目玉は、産総研が開発したヒューマノイドHRP-2「プロメテ」をそのまま小さくしたような、かわいい小型ロボット「チョコロメテ」。なりは小さいですが、基盤ソフトウェアはプロメテと同等の機能を持ったものが使われています。さらに、新感覚の英語学習システムや、遠くにいる人とあたかも同じ空間にいるように感じられるハイパーミラー、筋肉が発する電気を利用して模型を走らせて筋電を実感できる展示など、楽しみながら科学技術を身近に感じられる展示が満載です。

加えて、4/21(土)・4/22(日)は、サイエンス実験ショーも開催します。「液体酸素を作ってみよう。どんな色かな?」「偏光で遊ぼう」など小学生向けの楽しいプログラムです。詳しくはホームページをご覧ください。

●地質標本館

4/21(土)には「つくばの地形環境」と題した普及講演会を開催します。

また、地質標本館では4/17から7/16までの期間にわたって、「つくばの自然再発見“フィールドに行こう!”」と題した特別展示を行います。野外観察の方法や注意点、記録のしかたや地図の見かたなどにくわえて、つくば周辺の野外巡検コースも紹介します。春のつくばで自然を満喫するための絶好のマニュアルになるかもしれません。詳しくはホームページをご覧ください。

●くらしとJISセンター

くらしとJISセンターでは、JISパビリオンで、私たちの生活を支える「標準化」の常設展示を行っています。4/16(月)～20(金)には、福祉関連の体験コーナー「高齢者疑似体験」「車いす体験(手動・電動)」が設けられます。

また、4/19(木)には、普段は公開されない研究室(聴覚研究室・生体材料研究室)の公開も行います。時間等詳しくはホームページをご覧ください。



サイエンス・スクエア つくば

http://www.aist.go.jp/aist_j/museum/science/
TEL:029-862-6215 (広報部 展示業務室)

地質標本館

<http://www.gsj.jp/Muse/>
TEL:029-861-375 (地質標本館)

くらしとJISセンター (JISパビリオン)

<http://unit.aist.go.jp/collab-pro/indus-stan/jis/guide/pavilion/index.htm>
TEL:029-862-6221 (工業標準部)

EVENT Calendar

3月10日現在
http://www.aist.go.jp/aist_j/event/event_main.html

2007年4月 → 2007年5月

●は、産総研内の事務局です。

期間	件名	開催地	問い合わせ先
4 April			
4日	NMIJセミナー NMIJにおける「マテリアルメトロロジー」への取り組み	東京	029-861-4120●
4～6日	国際セラミックス総合展2007	東京	03-5297-8855
13日	産総研サイエンスカフェ (第3回)「ナノテクノロジーの来し方行く末」	つくば	029-862-6211●
18～20日	国際医薬品原料・中間体展 (CPhI Japan 2007)	東京	03-5296-1020
23日	東北サテライトオープン記念講演会	仙台	022-237-5218●
5 May			
16日	糖鎖産業技術プレフォーラム	東京	03-5541-2731
21～23日	ナノ学会大会	つくば	075-468-8772
22～25日	2007 CERC 国際シンポジウム「強相関電子系研究のハイライトと将来展望」	東京	029-861-2500●
30～6月1日	JPCA Show 2007 / 2007 マイクロエレクトロニクスショー / JISSO PROTEC 2007	東京	03-5310-2020

高分子材料とナノテク

ナノテクノロジー研究部門 ナノ科学計測チーム 堀内 伸さん

高分子ナノ構造と物性 — 分子と材料の接点

高分子材料はプラスチック・フィルム・繊維など日常に密着した素材であると同時に、ハイテク機器の部品としても欠かせない基幹材料です。高分子材料とナノテクの接点はどこにあるのでしょうか？高分子材料は、鎖のような長い分子が互いに絡まり合うことにより材料を形作っています。そもそも分子の大きさが数ナノメートルであり、分子が伸びる、配向する、折りたたまって結晶化する、などのナノレベルでの現象が、強度や光学特性など材料として目で見える現象に現れてきます。誕生から百年あまりの短い歴史の高分子は、その便利さゆえに実用化が進む一方、分子の振る舞いに関する本質的な問題は意外に未解明なことが残っています。また、分子と材料の間レベルのサイズ（数十～数百ナノメートル）においてさまざまな構造を形成し、物性に影響を及ぼします。しかし、このような高次構造の制御から産み出された材料は、そう多くありません。

堀内さんは、産総研（当時の工業技術院物質工学工業技術研究所）に入所以来、電子顕微鏡による高分子材料の構造解析、異種高分子や無機物との複合化による材料開発を行ってきました。特に、電子線を分光するエネルギーフィルターを装着した透過型電子顕微鏡を使った構造解析では、高分子の分野における先駆的な研究を行い、さらに、多くの企業との共同研究により、高分子材料の構造に関して多くの新しい知見を得ました。今後は、この手法を駆使して、ナノスケールの構造制御から新しい材料の開発へつなげたいと考えています。



堀内さんからひとこと

エネルギーフィルターを装着した透過型電子顕微鏡により、ナノ領域の元素や化学状態に関する情報を得ることができます。構造を直接画像化することは、インパクトのある結果であり、初めて見ることができたり、新しい発見があると、感動します。しかし、電子顕微鏡で見る領域は、全体の中のごくわずかな部分であり、観ているものが全体を代表しているものか、ということは常につきまとう問題です。最終的な確信に至るには、材料に関する理論や実験結果などの知見を総合して、判断するしかありません。そのため、装置の操作だけに熟知したオペレーターに任せていては、このような研究を進めることはできず、高分子を理解した研究者が直接観察を行うことが重要です。

高分子の本質は分子鎖の絡まり合いであり、これを直接観ることは現状の技術では夢のようなことですが、観ることを通じて、見えるものの先にある本質にどこまで迫ることができるかが課題です。

産 総 研
TODAY

2007 April Vol.7 No.4

(通巻 75号)

平成 19年4月1日発行

独立行政法人
産業技術総合研究所編集・発行 独立行政法人産業技術総合研究所
問い合わせ 広報部出版室

〒305-8568 つくば市梅園1-1-1 中央第2

Tel : 029-862-6217 Fax : 029-862-6212 E-mail : prpub@m.aist.go.jp

ホームページ <http://www.aist.go.jp/>

● 本誌掲載記事の無断転載を禁じます。 ● 所外からの寄稿や発言内容は、必ずしも当所の見解を表明しているわけではありません。

