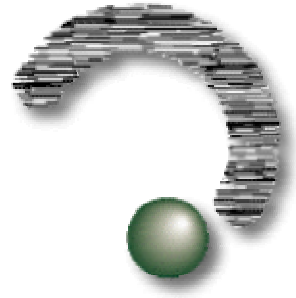


No.6 2002年3月1日発行

RACE News



東京大学人工物工学研究センター
〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1
TEL : 03-5453-5882
FAX : 03-3467-0648

ISSN 0919-9004

CONTENTS

1. 人工物工学研究センターの第1期から第2期へ 教授 新井民夫
2. 人工物工学とは何だったか? 教授 富山哲男
3. 「新しい学問」の役割 教授 岩田修一
4. 研究室紹介 高橋研究室 助教授 高橋浩之
5. 人工物工学コロキウム報告
「共創工学 人工物創出における新たな試み」
6. 関連図書のご案内

第3回人工物工学コロキウム

2001年10月30日、第3回人工物工学コロキウム「共創工学 人工物創出における新たな試み」を開催いたしました。産業界、官界、学界から、多数の参加応募を頂き、会場は150名を超える参加者の熱気に溢れ、真剣な議論が展開され、盛況のうちに、本コロキウムは行われました(詳しくは13ページをご参照下さい)。



大阪大学 教授 柳田敏雄 氏による特別講演
「1分子を見て、つかまえる：ブレークスルーは如何にして達成されたか！」

1. 人工物工学研究センターの第1期から第2期へ



東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻
 東京大学人工物工学研究センター長
 教授 新井民夫

工学は本来、人工物の生産を通じて富の増進を図り、人類の幸福を実現することがそのミッションである。しかし、我々が叡知を集めて作り出したはずのその人工物が、有限な地球上で互いに、あるいは人類・自然に干渉し、環境への影響や大規模な事故など意図せぬ問題を起こしている現状も残念ながらまた事実である。この人工物生産に伴う一種のアイロニーは、我々の人工物創出があまりに物質・エネルギーに重点を置きすぎており、また領域に細分化された工学の体系化のありように起因している、というのが人工物工学研究のそもそもの動機であった。

人工物工学研究センターの設置目的

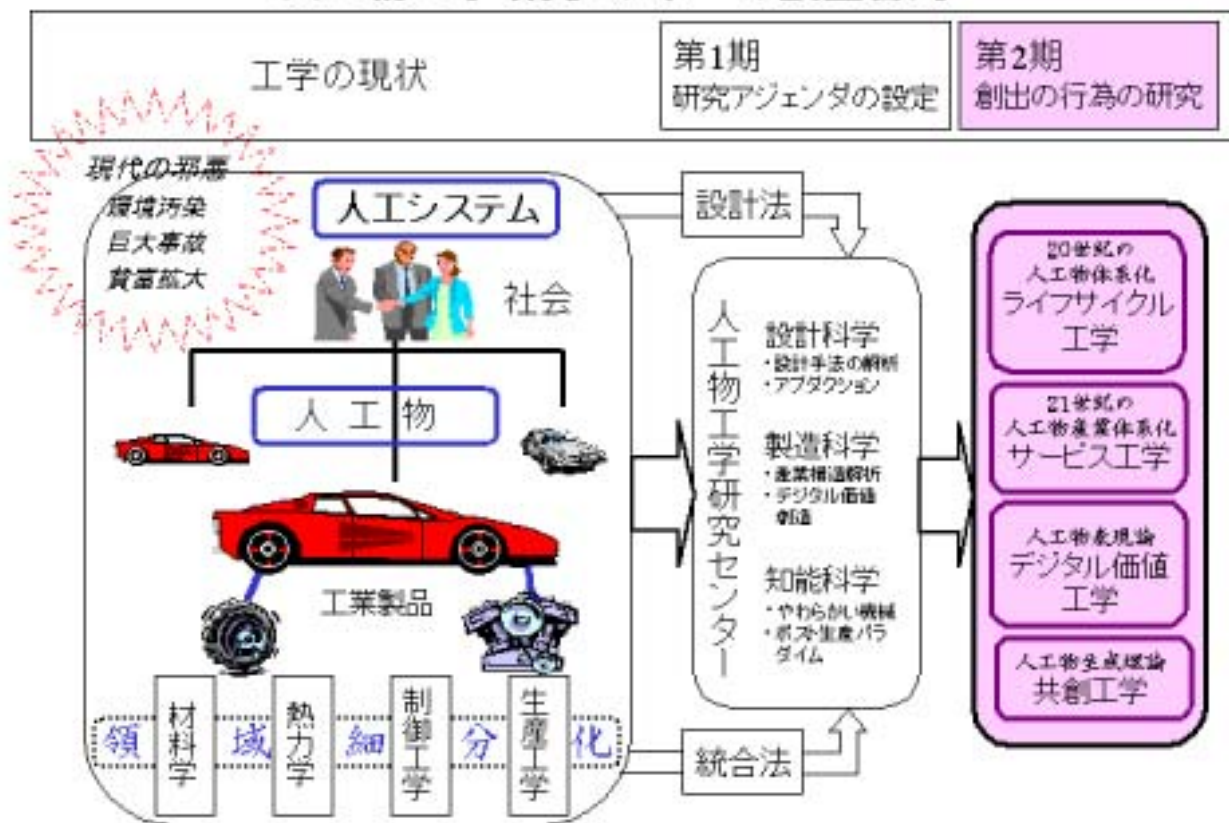


図1 人工物工学研究センターの設置目的

図1は人工物工学研究センターの設置目的を図式化したものである。たとえば現代の人工物の典型である自動車は、エンジンやタイヤをその重要な要素として持つが、それらはしばしば別々の設計者が異なる理解の元に設計製造する。そのために時に、不適切な組合せが出現し事故となる。また、タイヤとして製造された物質が放置されれば、産業廃棄物として問題化する。エンジンとタイヤとが別の設計者に任される一因は、設計の元となる知識の体系が異なっているからである。すなわち、人工物の設計法を研究対象とすることと、領域細分化によって生じた問題点の解決を図ることが本センターの第1期において要求されたミッションであった。そこで、人工物工学は工学における「脱物質化」と「脱領域化」とを目指した。

RACE News

人工物工学研究センターは、この人工物工学の確立を目指して1992年4月に第1期10年の時限で、設計科学、製造科学、知能科学の3研究部門（教授3名、助教授3名）をもって設置された学内共同利用センターである。当初はセンター固有の建物もなかったが、幸いにして関係者のご尽力により駒場リサーチキャンパス16号館に入ることができた。また、この2002年4月からは「人工物工学研究センター」の名称はそのままに、さらに第2期10年間の時限で、新たにライフサイクル工学、サービス工学、デジタル価値工学、共創工学の4研究部門（教授4名、助教授3名、助手1名）に客員教授1名をもって改組されることになった。（もちろん、国会で平成14年度予算が可決されることを前提としている。）改めて、関係者各位のご支援・ご尽力に感謝する。

第1期は「研究アジェンダの設定」を目標として、「人工物工学」として研究すべき内容である「脱領域化」と「脱物質化」とを可能とする方法論を探索し、人工物を生み出す源泉である人工物に関する知識の「再体系化」を追求した。我々は人工物を作り出す知識とその運用について、思考形式としてはアブダクションに着目し、また知識体系化の対象としては人工物の設計、製造、運用、再利用、廃棄などのライフサイクルに着目した。そして、いくつかの分野では、それなりの成果を上げたとは言える。

平成12年3月には国内外部評価を、平成13年2月には国際外部評価を実施したが、「人工物工学」という概念、用語を定着させ、社会的にもインパクトを与えたという評価を頂いた。とりわけ、パラダイムシフトに関する知見や概念的プロトタイピング・カルチャーは国際評価では高い評価であった。しかし一方で、研究成果を社会で実践することの必要性、あるいは当初の狙いであった工学知識の「再体系化」の具体的展開が必要であるとの指摘もあった。

代表的な研究成果いくつかを無理矢理、脱領域化と脱物質化に分類してみると、下の表のようになるであろう。

	脱領域化	脱物質化
設計科学 研究部門	仮想実験、コラボレーション・ツール（新しいスタイルの工学のためのツール開発）	電子透かし（デジタル価値創造）
製造科学 研究部門	デジタル価値、東京ゲームクラスター分析（新産業創出メカニズムの解明）	グリーンブラウザ開発（新しいスタイルの工学のためのツール）
知能科学 研究部門	知識集約型工学（新しいスタイルの工学）、知識の体系化と創造のメカニズムとしてのアブダクション（新しいスタイルの工学の構築原理の解明）	やわらかい機械（新しいタイプの人工物）、ポスト大量生産パラダイム（新しい人工物生産様式）

そして、第1期の研究成果、また社会情勢の変化などを踏まえ、第2期における研究目標を「創出の行為の研究」とおいた。「脱領域化」と「脱物質化」とを産業界で具体的に可能とする方法論を提案・実験することで

- 新しい安全と安心をもとにする望ましい社会への移行（社会技術への挑戦）
- 新しい調和、つまり望ましい循環型社会への移行（地球環境問題への貢献、国際貢献）
- 新しい希望と期待につながる新産業創出（産業構造改革、戦略を持ったもの作り）

の3点を目標とした。

具体的な研究部門として、

- ライフサイクル工学研究部門：20世紀に増大した人工物の適切な維持や安全性の確保と、21世紀にふさわしい産業社会のあり方を考察し、人工物のライフサイクル全般に関わる知識の体系化と新たな利用法を研究する。
- サービス工学研究部門：サービスや知識を付加価値の源泉とする産業構造に変革するために、人工物のライフサイクル全体でのサービス・知識コンテンツを増大する手法としてのサービス工学に関する研究を行う。
- デジタル知識研究部門：21世紀の産業のあり方として知識集約が付加価値創造の基盤となることを認識し、知識そのものについて体系化のための研究を推進する。
- 共創工学研究部門：異分野コラボレーションにより新たな付加価値を創造するための方法論、それを可能にする情報ツールなどを研究する。

を設置したのである。

このような研究を推進するためには、センターのメンバーのみならず、多くの若い研究者の興味を引きつけられなければならない。幸い、産業界からは第2期人工物工学研究センターの提案する4分野に対するご支援も頂いているが、今後も関係者各位のより一層のご協力、ご指導、ご支援を熱望する次第である。

2. 人工物工学とは何だったか？



東京大学人工物工学研究センター
知能科学研究部門
教授 富山哲男

「人工物工学とは何だったか？」

1. 人工物工学の第一キーワード：脱物質化
2. 人工物工学の第二・三キーワード：体系化と教科書化
3. 人工物工学の第四キーワード：脱領域化
4. 第1期人工物工学研究
5. 第2期人工物工学研究：脱領域化と体系化を目指して
6. 最後に

最近では人工物工学という言葉が普及したせい回数減ったが、名刺を交換すると初対面の方からは十中八九「人工物工学研究センターとはどんなところですか？」あるいは「人工物工学とは、どういうものですか？」と質問を頂く。最初の質問に対しては、「学内の3学科出資によるジョイントベンチャーです」と返事すると、大概の方には納得いただけるようである。二つ目の質問に対しては、これで納得して頂けているかどうかは甚だ心許ないが、「人工物工学とは工学を見直そうというものです」と答えることにしている。

人工物工学研究センターは、人工物工学の確立を目指して1992年4月に10年の時限で設置され、2002年3月に時限を迎える。この間に「工学の見直し」という観点で、もっと説得力があって簡明に人工物工学が何であるかの説明ができるようになったかどうかと問われると、正直に言って混迷が深まったばかりという気もしないでもない。ここでは、巻頭エッセイと言うことで、できるだけ簡明に第二の問に答えてみたい。

1. 人工物工学の第一キーワード：脱物質化

人工物工学のそもそもの動機の一つは、人類に幸福をもたらすべく創り出してきた人工物が、技術の進歩と経済の発展によってあまりに大量に普及・飽和し、却って厄災をもたらしているというべき事態)である。その厄災とは例えば、地球環境問題であり南北問題や貿易摩擦である。これらの人工物の大量生産、大量消費、大量廃棄に伴って発生した問題、「現代の邪悪」は、人間、地球、あるいは社会が持つ本質的な有限性に、人工物の増殖が抵触したということに他ならない。資源・エネルギーといった地球環境のみならず、例えば市場規模という社会的側面や人間のハイテク受容性などにも限界は存在する。ここに人工物工学の第一のキーワードである脱物質化が存在する。

人工物が大量生産、大量消費、大量廃棄されるようになった直接の理由は、フォード以来の大量生産技術開発に他ならないが、その根底には欲望に駆動された成長(つまり拡大再生産)を前提とする資本主義経済がある。市場経済における競争メカニズムは、市場支配原理としてのシェア競争も手伝って、生産力拡大競争につながり、それは生産設備投資競争、生産技術開発競争に拡大していった。このような拡大再生産が作用する「自律的」メカニズムが作用した結果、限界のない大量生産、大量消費、大量廃棄が行われるようになったと言えるだろう。

2. 人工物工学の第二・三キーワード：体系化と教科書化

一方、南北問題や貿易摩擦の根源は富の偏在にあることは言うまでもないが、それがなぜ起きたかと言えば、生産力や技術力の差であり、これはさらに知識の偏在に原因が存在する。科学的知識は本来、「教科書」として広く人類全体が共有すべき資産である。もちろん、その知識を創造したものに対しては、ある一定年数、特許を認めるなどの経済的なメリット・インセンティブは必要であろう。しかし、一般論として生産知識が科学的な知識であって人類の共有資産なのであれば、その流通は自由であり、一方、生産知識を応用した結果としての生産物の流通は対等な条件の地域間では競争下で、対等でなければ然るべくハンディを付けて競争すべきである、と考えるのはかなり自然なことであろう。しかし、現実世界では生産物は貿易自由であり、生産知識は貿易不自由であり、このことに誰も異議を唱えない。

また、人工物工学が計画された1990年頃は、丁度我が国が生産大国としての絶頂期を迎えた時期でもあるが、我が国の生産技術が世界第一級であるにもかかわらず、しかし人工物設計・生産技術は教科書一つを見

ても、他の工学分野とは比較にならないほどに体系化が進んでいなかったという認識があった。例えば、我が国の生産技術の優秀性の根本がどこにあるのかという問いに対して、「日本的システム」「日本的経営」「職人・匠の優秀さ」「教育レベルの高さ」など、よく考えれば技術として答えていないという意味で、答えになっていない答えがまかり通っていたことになる。(その論調は、現在でもマスコミで流布しているが、もちろん組織論ないし経営論としては答えであろう。しかし、職人芸優秀論を言い出せば当然、中国は伝統的に匠の国であり、ヨーロッパは職人の本場であり、アメリカにも芸術のプロは沢山いる。工業技術、工芸技術共に、これらの国でも素晴らしいものは素晴らしいし、どこの国・文化圏でもダメなものはダメである。彼らと日本の技術者・技能者に本質的な違いが存在しているとは思えず、日本には中小企業が多い、という統計的事実はあるが、職人の人数が日本だけずば抜けて多いという根拠も存在していない。)この問いに対して一種、まともな答えを出したのは、MITのグループによるMade in USAであり、また日米自動車産業の比較研究であり、トヨタ生産方式をlean productionとしてその本質をいわば「科学的」に解明したのである。このような我が国が当時有していた技術的優位性を技術として解明する努力、教科書として一種普遍化し「体系化」する努力が日本の生産工学にはなかった。もともと日本発の技術でありながら人類の知的資産の構築には日本の生産工学は何一つ貢献していない、言い換えれば知的国際貢献がないことに対する答えの一つが次のキーワードである人工物生産知識の体系化そして教科書化であり、その流通自由化である。

3. 人工物工学の第四キーワード：脱領域化

有限性への抵触から「脱物質化」、生産知識の「体系化」「教科書化」がなぜ必要かを考えるとき、その背景には特に20世紀に入って工学的な知識が驚異的な速度で増殖してきたという事実思い当たる。つまり、人工物増殖の裏には工学的知識の増殖があり、また逆に工学的知識が増殖したので人工物生産が加速されたという双子の自律的増殖メカニズムが存在する。

この工学的知識の発展様式は、近代科学の特徴の一つである「問題領域への特化」に負うところが大きい。近代科学の基本的な原理は、「要素還元主義」と「演繹至上主義」による領域への知識の細分化であり、これは学問の成立には不可欠であった。近代科学は公理系を発見し、それを様々の条件の下で演繹によって導出されていった定理群を整理するという形式で体系化されていった。これは数学でもっとも顕著であるが、物理学などの自然科学だけでなく、工学においても教科書のスタイルとして認められる。ここで公理系は、対象に存在すると認められる「要素」間の関係を記述するものに他ならず、それは要素還元主義の一つの発現であるが、なるべく少数であることが望ましいとされている。少ないと言うことが、より本質的な原理であると考えられるからであり、また思考の経済の観点からも適する。

出来るだけ少数の公理系によって説明される論理的に無矛盾、整合的な領域を作り出すことによって、第一には他の領域の影響を切り離し効率的な思考を可能にしたが、第二に科学的な発見によってその領域に関する知見を加速度的に深化させ、あるいは場合によってはその領域をさらに細分化していくことに成功した。しかし、領域工学の成功の反面、いまやどのような人工システムも一人で細部に至るまで理解することは不可能になった。最近の技術事故に見るように、このことが一つの原因となって多くの問題を引き起こしている(もちろん組織的慣れ、チェックメカニズムの動作不良など、他の原因の存在も忘れてはならない)。

つまり、思考の経済によって「領域工学」に特化し、専門的領域に関する知見を深めることは学問の深化にとってはクリティカルな方法論であった。「領域工学」が存在したが故に、人工物生産が可能になったのであり、「領域工学」を否定すること自体には意味がない。だが、よりよい人工物生産を目指すには「領域工学」だけに依存しない方法論が必要である。このようにして成立した「領域工学」は互いにほぼ無関係という事実がある。むしろ、積極的に無関係であるように公理系は設定され、限定的な領域だけを考慮すればよいのが「良い公理系」でもある。ところが、問題はこのように成立した領域工学は、まさに限定的な領域のことだけを対象とするが故に、他の領域にまで思考が及ばない。典型的な例が地球環境問題に抵触した人工物生産であって、経済的要求に駆動された人工物は、まさに消費され廃棄されるが故に問題を起こすが、それは設計の際に廃棄物問題は全く考慮されておらず、地球環境は思考の範囲外だったからである。これは領域化による学問の発展が、「無限の複雑な関係を持つ実世界に不整合」になってきたことを意味し、脱領域化というキーワードが出現する。

通常、工学は、対象領域(内燃機関工学、半導体工学、橋梁工学など)や方法論的領域(応用化学、システム工学など)で領域工学を形成し、科学研究費の学問領域(この分類は極めて公的な分類で認知されているものと考えてよいであろうが、細目であっても現実にはとてつもなく広い)に見るまでもなく、広範な領域を緻密に分解しているのが領域細分化の現状である。それらの領域工学を束ねるのが「脱領域化」なのであろうか?。人工物工学は「領域の存在を否定した工学」という性格を帯びるが、一方で明らかに「既存の領域工学の単なる総和ではない」ことにも注意すべきであろう。

ところで先に指摘した「教科書化」には単に知識の流通を容易にする、ということ以上の意味がある。それ

は、教科書化された学問は、本質的に行動のための規範として機能するからである。古来、学問はその実用的な側面が重視されてきた。現在はほとんど「虚学」と見なされている天文学も暦の作成や航海に直接的な貢献をしたが、工学は「人工物の生産による富の創造を通じた人類の福祉の増進」がそのミッションである。このミッションを達成するために、工学は人工物生産における行動のための直接的な規範として機能することが期待されている。つまり、工学の教科書は、「これを作りたければ、こういう順序でこういう計算をして、その結果をこのように利用すればよい」というような形式で須く記述されていることが理想なのである。

しかし、理学のみならず工学においても、実は上述のように公理系から定理群という演繹至上主義でアナリシスを模した形式化が行われている。例えば、材料力学では、ある形状を持つある材質の構造物にどのような荷重がかかったときの変形や破壊を解析することができる。このように現実の工学は、直接的に「次の順でこれこれを計算せよ」という形で、対象の機能や挙動、性質を明らかにするためのアナリシスとして体系化されている。ところが、本来、工学として必要なシンセシス（例えばこの材料である荷重に耐えうる構造物の形状を求めることは逆問題と呼ばれている）の定式化が為されていることは少ない。

このことには、いくつかの理由を考え得る。理学は演繹至上主義で形式化されたが、その形式のみを模すことによって、恐らく工学に学問としてのフレーバーを与えようとしたのではないか？。特に1950年代以降普遍的となったエンジニアリング・サイエンスに見ることが出来るように、工学を科学化しよう動きは顕著であり、工学は理学の応用に「過ぎない」という見方が蔓延したからではないか？。いずれにせよ、工学の教科書では本来あるべきシンセシスのための教科書としてではなく、特に基礎的な分野ではアナリシスのための演繹至上主義に基づいた教科書化が行われた。

だが、何度も繰り返すように、工学は「これを達成したいときには、こういう行動を行え」というシンセシスのための行動規範でなければならない。人工物工学も新たなスタイルの工学にしか過ぎないのであれば、演繹至上主義のもとで体系付けられる学問ではないはずである。人工物工学においては、アナリシスあるいは演繹を中心としないということに対峙して、吉川は、シンセシスにおける「アブダクション」の重要性を指摘したのであった。シンセシスにおけるアブダクションについては第5章に詳述することにするが、このことが人工物工学の第二の性格、それは学問のそもそもの目的でもあるが、「行動におけるアブダクションへの注目」を形作る。さらにその結果、人工物工学は、人工物を直接に対象にする学問ではないことにも注意すべきである。

4. 第1期人工物工学研究

ここでようやく冒頭に掲げた第2問、「人工物工学とは何か」に対して、少なくとも目的を答えることが可能になった。それは「人工物工学とは、対症療法的にではなく現代の邪悪の解決のために知識の自律的増殖性に着目して、それを制御するために領域細分化に立ち向かおうとした学問」である。そして、そのために上の4つのキーワード、脱物質化、脱領域化、体系化、教科書化を実現しようとする研究である。そして、その名称には反して人工物を直接的に扱う学問でもなく、「既存の領域工学の単なる総和ではない」「領域の存在を否定した工学」である。

だが、一口に「脱物質化」、「脱領域化」、「体系化」、「教科書化」といっても、現実に理解しがたいキーワードであったことは否めない。

(1) 脱物質化に具体的な方法論が存在するのか？。

(2) 脱領域といいつつも、脱領域した結果、構築された人工物工学は、また新たな領域工学になるのではないか？。

(3) 体系化は工学部全体で考えるべき課題であり、少人数の組織が取り組むには大きすぎるのではないか？。

(4) 教科書化は恐らく30年間くらい掛かる仕事で、5年や10年で具体的なコンテンツを有する教科書など書けるはずもないのではないか？。

このような批判は恐らく正鵠を得ている。しかし、「脱物質化」、「脱領域化」、「体系化」、「教科書化」というキーワードに対して、その方法論が明らかならば大研究組織を編成して大々的に取り組むことも可能であろうが、少なくとも1992年には方法論すら存在していなかったと言ってよい。したがって「脱物質化」、「脱領域化」、「体系化」、「教科書化」そのものではなくとも、その方法論研究には、たとえ人工物工学研究センターあるいは当初実施された科学研究費プロジェクトのような小規模研究であっても意味があった。だが、逆に、方法論すら存在していないために必然的に人工物工学研究は試行錯誤的にならざるを得なかったことは認めなければならない。

さて、人工物工学研究センターの研究成果を「脱物質化」、「脱領域化」、「体系化」、「教科書化」の4つのキーワードにおいて整理してみると、例えば「脱物質化」に関しては、ポスト大量生産パラダイムは、一つの指導原理として認めることができようし、実際、通産省インバース・マニュファクチャリング・プロジェクトの基本思想としての役割を果たした。グリーンブラウザーの研究は、人工物設計の視点で「脱物質化」のために

地球環境問題の本質を理解する適切なツールであり、同時に設計・生産知識の一つの「体系化」の方法論を与えたとも見ることができる。デジタル価値に関する研究は、デジタルコンテンツ創造の本質とその方法論に関する研究であり、また新産業創出メカニズムに関する具体的研究でもある。ネットワーク上での仮想実験は、単にバーチャル化だけではなくネットワーク上でのコラボレーション・ツールを開発したものであり、領域専門家の「脱領域化」のためのツールであると評価できる。

このように、それぞれのプロジェクトは、特に、現代の邪悪の解決のためのより直接的な「脱物質化」は比較的自明な成果を上げたと言える。従来の工学のミッションは「人工物の生産を通じた富の創造による幸福の増進」であり、例えば戦後の日本はこれにならった「生産力拡大」が国是であった。このような工学のあり方に対して、人工物が飽和してしまった現代日本(あるいは工業先進国)における工学の新しいミッションは、「持続可能性、Sustainability」であろう。それゆえ、物質・エネルギー集約型社会や経済構造から、知識やサービスによって駆動される社会や経済構造への転換のための方法論が必要である。また、古典的な生産の要素は「資本、土地、労働」であり、それらの集積こそが富の源泉であったが、資本も労働もそして土地を利用して行われる生産もレーガノミックスとグローバル経済化以降マーケット化することで容易に調達可能となったために、これらを動かす要素あるいは人工物に変わる価値としての「知識」そして「サービス」に重点がシフトしていくことは当然である。その意味で、「ライフサイクル工学」、「サービス工学」、あるいは「デジタル価値工学」という、知識とサービスを具体的に論じるための人工物工学研究センターの次期アジェンダを創出したことは、まさに人工物工学研究センターの第1期における重要な研究成果であるといえる。

しかし、脱物質化に比して「脱領域化」はその意味するところすら、実はクリアではない。「体系化」、「教科書化」に関しては、「脱物質化」に比して華々しい成果があるわけではない。また、さまざまなツールやメカニズムに関する研究成果はあるが、それらを統合して総体としての人工物工学がぼんやりとはあっても姿を現したかと言えば、それも否定的にならざるを得ない。もちろん、「教科書化」は10年間で決定版が登場すると想定するのは現実的ではなかろう。だとしても、「脱領域化」と「体系化」に関する研究成果が不充分なのは事実である。

これらの原因は「脱領域化」また「体系化」に関する方法論的知見が決定的に不足していたからだ、と考えるのが筆者の立場である。これについて、以下に検討を加えておきたい。

5. 第2期人工物工学研究：脱領域化と体系化を目指して

一つの対象に対して複数のモデルを作ることができる。例えば、同一の機械を幾何学観点から見た幾何モデル、材料力学の観点から見た変形モデル、運動学の観点から見た運動モデルといった具合である。これらのモデルを統合すること、すなわち多視点の統合は、例えば設計実務上もCADシステム技術としても大きな興味のあるところだが、一般にその統合の前提条件として各モデルが立脚するオントロジーを統合しなければならない。

仮に二つの領域知識体系に関してオントロジーが共通化されたとする。ここで、既に述べたように知識体系とは、複数の公理からなる「公理系」、世界を定義する「前提条件」、これらに推論規則を適用して得られる「定理群」からなるものとする。この二つの知識体系を単なる総和としてでなく、統合する方法こそが、「脱領域化」あるいは「体系化」に関する方法である、というのがここでの主張であるが、その統合の方法こそが実は「アブダクション(abduction)」であると考えられる。

アブダクションはC.S. パースが提唱した推論形態であるが、従来から設計との関連が強いと指摘されてきた。設計よりも強い概念であるシンセシスには、もともと「統合化、総合化」と「創造、合成」という二つの意味が英語においても存在している。また、よりよい創造には「多視点の統合」が必要であり、また逆に合目的的に「視点が統合化」されたのが、設計結果であるとも言われている。すなわち、多視点の統合化はシンセシスの本質でもあると言われている。そのことも含めて、このアブダクションとシンセシスの関連は、次のように説明できる。

演繹は公理系(大前提)と事実(小前提)から定理群(結論)を導出することである。これに対してアブダクションは本質的にもともと(演繹などによって)論理的に帰結されること以外のことを導出する推論である。つまり、ある公理系に対して、その公理系から演繹される定理群を導出する事実を逆に導出する推論であり、element-creative abduction と呼ばれる。この element-creative abduction が実は設計などの「創造」や「合成」という意味になる。それに対して rule-creative abduction は、induction そのものである。しかし、もう一つのアブダクションが存在し、それは与えられた公理系だけでは説明できないような定理群が与えられたときに、想定した公理系以外の公理系への参照を行うアブダクションである。すなわち、あるアブダクションを行う前に、前提とする公理系に対して既存の別の公理系を「統合」する演算に他ならない。ここで重要なことは、公理系同士を統合するためには、まず公理系同士が矛盾していないこと(多くの領域工学同士は互いに無関係と言って良いが、それは矛盾していないことと等価である) 公理系が用いている概念間に共通性がある

ること（オーバーラップ部分がなければ、統合しても無意味になる）、つまりオントロジーが共通化されることが必要である。

これから帰結できることは、シンセシスの持つ二つの意味、「統合化・総合化」と「創造・合成」はともにアブダクションがその原理であるとして理解できると言うことである。すると、人工物工学の「設計や生産など様々の行動に対して等価な有効性をもつ（領域工学の）融合体系を目指した脱領域化」のメカニズムが実はアブダクションであり、人工物工学における脱領域化あるいは体系化と、人工物創造であるシンセシスのもの間に相似性が存在することになる。そして、人工物設計・生産に関するさまざまな領域工学をアブダクションによって統合するために共通化したオントロジーとは、全ての領域に共通する「行為」に関するオントロジーに他ならない。

6. 最後に

ここでようやく、冒頭に掲げた第2問、「人工物工学とは何か」に対する答えが見つかったのである。すなわち、「人工物工学とは、対症療法的にではなく現代の邪悪の解決のために知識の自律的増殖性に着目して、それを制御するために領域細分化に立ち向かおうとした学問」なのであるが、それは「人工物設計・生産に関する行為を説明する複数の理論体系をアブダクションによって統合したもの」なのである。

脱領域化の手法は、領域の「統合」ではなく、領域に「共通」する工学的な行為や、設計・生産のための行為に関わる理論体系の「統合」に着目することであり、それも統合の核であると考えられるアブダクションに着目するのである。確かに、第1期の人工物工学研究では、このような方法論の観点で脱領域化や体系化を扱ってはいなかった。アブダクションに着目はしていたが、それは設計やシンセシス、あるいは創造という意味でのアブダクションに限定されていたきらいがある。

話は変わるが、さまざまな領域知識体系間の関係に関する知識は、メタレベルでの知識である。このような知識は、「この話はあの話と関係がある」あるいは「これを解くにはあの理論を利用できる」といった一種のアナロジーに関する知識である。このようなメタレベルの知識、学問こそが恐らく「一般教養」として教授されるべき学問体系なのではないか？。大学の教養学部は大綱化によって廃止の方向にあるが、しかし、一般教養教育で何を教授すべきかに関して、「一般教養」という言葉以上の合意はない。専門学部側は専門学問（領域工学はその典型である）学習に必要な基礎教育という以上の意味合いを期待していないのが現実であろう。だが、人間の知識体系がここまで述べてきたような構造を持つのであれば、実は逆なのではないだろうか？。専門領域の学問を修得したあとに、それらの学問間の関係を記述するメタレベルでの知識が必要であり、それがあって始めて領域知識体系を融合できるからである。このように考えると、人工物工学は、簡単に言えば工学における領域工学を統合するための「教養」的な学問としての位置も占めるといっても過言ではない。

すなわち、領域工学自身確立したものとして存在しており、人工物工学における脱領域化とはその領域工学を破壊するものではない。そうではなく、総体としての人工物工学は、よりよい人工物の創造に寄与するための行動規範としてアブダクションを中心として、理論体系としての領域工学を統合するものである。これは理論間の関係というメタレベルでの構築される工学教養ともいうべき位置を占め、従来の領域工学とはまったく異なるスタイルになるはずである。

第2期の人工物工学研究のアジェンダには、「ライフサイクル工学」、「サービス工学」、「デジタル価値工学」、そして「共創工学」が入っている。これらのうち、知識とサービスによって脱物質化を図りよりよい人工物の創出に寄与するための具体的な方法論を扱うのは、ライフサイクル工学、サービス工学、そしてデジタル価値工学である。これら3つは明白な目標を持ち、対象や手法も比較的確立されているという点で依然として領域工学であるという見方も可能であろう。しかしこれに対して、共創工学は人工物設計・生産における行為に関する理解を深め、現実の創造行為に寄与することが目的である。すなわち、共創工学は、創造のための行動規範としてのアブダクションと、創造のためには領域工学を統合する必要がある、この統合の指導原理としてのアブダクションという両面を扱う。そのことによって初めて、脱物質化のみならず脱領域化、体系化、さらには教科書化を目指す人工物工学が完成すると期待されるのである。

3. 「新しい学問」の役割



東京大学人工物工学研究センター
設計科学研究部門
教授 岩田修一

「新しい学問」の役割

1. はじめに
2. 新しい学問分野の創り方
3. 人工物工学の種
4. おわりに

1. はじめに

本来なら「ニュース」には画期的な成果や新しい動きの概要を発表すべきである。人工物工学研究センター発足時は、鮮度の高い情報の低廉な発信手段としての役割が「RACE ニュース」にはあったが、同じ時期に押し寄せたWWWの大きな波に情報発信媒体としての役割を譲り渡した。その後、WWWのメンテナンスやその限界を克服するための新機軸導入のためのマンパワー不足を補う意味もあって、「RACE ニュース」はコロキウムやシンポジウムに合わせて発行されるようになった。今回は人工物工学研究センター第1期の最後の「RACE ニュース」でもあるので、以下、約10年在籍した一人の学徒としての研究面での感想と将来への希望を述べる。「新しい学問」の創出にはさまざまな条件が必要とされるが、その実現のための組織的な広報活動という点に関しては、力不足、努力不足であったと自省しつつ、過去の「新しい学問」の成立過程を簡単に振り返り、この10年の「人工物工学研究」の私的な要約をして、次なる展開を考えてみたい。

2. 新しい学問分野の創り方

伝統的な工学の本質は雑学のコレクションである。時代の要請に合わせてアドフォックに学問分野を作り、既存の有効な手段を目的に合わせて調整・体系化し、教育・研究開発を通しての社会的な貢献があれば良い。工学の対象は人工物である。鉄道、船舶、航空、自動車などの移動体に関する分野、情報、生産設備、住居・建築物、都市、環境等の場に関する分野、資源、鉱山、原子力工学など資源・エネルギーに関わる分野が主要な分野である。機械、電気、物質・材料などの分野は、どの分野にも必要な工学基礎として位置付けることができる。

個々の教育研究分野、産業分野がつながり、伝統が形成され始めると、同窓会意識が芽生え、運命共同体が形成される。時代の要請、流れへの適応に遅れると、組織として硬直化して不具合を生じ新しい動きが開始される。旧来の学問的、人的資産を再編し、時代を先導する新しい雑学の創成が出来るかどうかは、それぞれの雑学(群)の持つ活力に依存する。また、そうした創成活力の総体が工学の駆動力である。

よく知られているように20世紀後半には多種多様な「新学問分野」が大きな期待を受けて誕生した。材料、核・エネルギー、情報、生命、脳、環境等の諸科学である。内容、構成員、社会的・政治的な状況の違いにより、**学**、**x x科学**、**工学**と呼び方は異なったが、いずれもが旧来の枠組みを超えようとした挑戦であった。それぞれの学問分野が新しく登場した時の目的、問題設定、期待と、その後の学問体系の構築・発展・普及の歴史は極めて多様であり、それぞれが人間の知的活動の歴史として面白く、奥行きも深いものであったため、学問分野としての成立と発展の歴史を総括した成書も多い。センター設立以前に上記の諸分野について学び、模倣し、一部は研究開発に関わった経験と、新たな工学としての「人工物工学」研究に関わったこの10年とを対比しながら、「人工物工学」の意味を学問としての意味と社会的役割の2点から考えてみたい。

「**材料科学**」は、1950年代に冶金、鉱山、窯業、繊維、化学工学、固体物理などの学問分野から分科、統合、発展し、領域を超えた学問分野として米国を中心に世界各国に展開してきた。当時、産業界では、電極、半導体、触媒などの新しい機能材料が続々と登場し、旧来の学問分野の壁を超えることが時代の要請となっていた。量子力学を用いて固体中の電子が議論されたのは1920年代後半のことであるが、その後、産官学が陽に陰に連携して、科学分野で得られた基礎的な知見を物質発見・材料開発のような実用分野と関係づけることが大きな成果につながる時代が続いた。こうした事情を背景に始まった「材料科学」の波は、実利と結びつくことにより強化され、その後、世界に伝播して行く。R.W.Cahnは、近著The Coming of Materials Science(Pergamon, 2001)の中で、この間の事情を生き生きと綴っている。たくさんの人々が参加した知的営為の歴史、真理を愛する心に導かれての丹念な考究の積み重ねが一つの学問分野を形成してゆく過程である。

「材料科学」は、一つの学説に沿って展開するようなトップダウンの過程ではなく、それぞれの事情を反映した多様な教育ユニット、研究ユニットが小さな波を起こし、さまざまな、あるいは雑多な結果、学説が研究開発の成果として報告され、やがて積み重なって大きな波やうねりとなったものである。

学問分野としての「材料科学」創成活力は、物質・材料が作り出す豊かな価値、そこにいだかれている真理を探究しようとする人々、豊富な知的内容、価値を引き出そうとする社会的ニーズの存在である。「材料科学」の意味は、そこに関与する人々の共通言語にある。つまり、物質・材料という真実を語る絶対的な「教師」がいて、その教師の教えを理解し、活用しようとする人々の共通言語としての役割が「材料科学」にあるのである。「教師」の属性は合金、セラミックス、合成繊維等々に分類されても変化しないが、共通言語を学習するための講義カリキュラムは合金学、窯業工学、繊維工学等々を再編して体系化した「材料科学」である。ここでの大前提は実験結果、事実の記述で、量子力学、統計力学を基礎にした物性理論一般を小前提として、結果についてのより簡潔で合理的説明が「材料科学」である。材料設計は、用途を大前提とし、「材料科学」と物性理論群を小前提として、両者を満足する解(候補材料)を算出することであり、それは設計科学の“現場”そのものである。多くの場合、大前提と小前提との間には矛盾があり、矛盾を克服するための大前提の修正と小前提の創出が必要となる。最近になってやっと注目され始めた「ナノマテリアル」研究は、時間スケールは異なるがマイクロモデル、メゾモデル、実験データのダイナミックな融合に「材料科学」と同型の問題設定があり、エコマテリアルは「環境」と「材料科学」の学融合である。いずれも、学問としての「材料科学」の創出行為と同型である。

いずれにしても「材料科学」が当初の目新しさを脱皮して、材料設計、ナノマテリアル、エコマテリアルなどの多様な目標を設定する知的基盤となるためには、継続的な人材供給と時間が必要であった。それは、半世紀という長い時間を通した人工物の市場規模の拡大と新規課題の出現がインセンティブとなって若い優秀な人材を惹きつけ、そうした人々の活動の結果が味わいのある学問体系へと醸成した結果でもある。非専門家として生命、脳などの分野を外から眺めると、両分野とも学問分野としての属性、例えば自己完結性が「材料科学」に近く、魅力的な鮮度の高い目標の継続的な出現とそこへの優秀な人材の参加という点でも共に伝統的な学問発展パターンを突き進んでいるように見える。

「人工物工学」では、技術の社会的な側面、特に「環境」を強く意識し、既存の体系の見直しが先行した。このため上記の新領域開拓型のナイーブかつ自律的な発展パターンとは同質ではないため、当該分野の創出には強力なリーダーシップと多数のボランティアな人々の参加が必要であった。また「人工物工学」の場合、教育研究ユニットとしての存立基盤を安定なものにするためには、それぞれ独立に発展してきた諸学問体系を一般化、抽象化して、人工物の設計、製造、保全、情報化として再編することが有効であると考えられた。こうした考え方に対応して、人工物工学研究センター発足時の部門構成は、設計、製造、知能化の3部門で構成された。そこでは、個々の人工物、例えば「精密機器」、「船舶」、「原子炉」等々の存在を超えた「アブダクション」と「環境」を軸に研究が開始された。前者については、情報の発生源を特定しない知の生産プロセスの普遍的な特徴の理解に研究の焦点があった。人工物初期には知の伝達媒体として急速にトレンドイヤーになったコンピュータネットワークを活用して、久保田晃弘を中心に新たなコラボレーション様式の提案がなされ、異分野の専門家集団の知についての問題提起と実験が行われた。

中期に入る頃から知あるいは価値の生産者である人間に興味は移って行った。人間にとって人間以上に興味深い存在はないため、自己表現に極めて意欲的な藝術と自己観察に熱心な哲学への傾斜として展開した。近代の工学がそれぞれの領域の体系化、普遍化の中で軽視あるいは避けてきたものを取って総括すれば、個の表現と存在への問いかけ、すなわち藝術と哲学の主題である。そうした非近代工学的な要素は、職人の技能、技藝や思索、思想として属人的な矜持に支えられて生き延びてきた。また存在の原点に帰って人間と人工物とを対峙させた時、そこでは必然的にホモ・ファール、ホモ・サピエンス、ホモ・エコノミクス、ホモ・ルーデンス、ホモ・ロクエンスとしての人間の属性を陽に組み込んだ工学を考え直さなければならないことも明らかになった。その意味で JCO の臨界事故は人工物の属性だけでなく人間の属性も同時に考えた工学の必要性を再認識させる貴重な教訓であり、人工物工学を人間的な側面から掘り下げを再開するきっかけにもなった。

本来、「環境・エネルギー」、「人工物」分野は、人が強く関与するため、研究対象、教育体制共に社会との相関の強い分野である。核・エネルギー分野の代表的な研究教育ユニットである「原子力工学科群」は、原子力利用の拡大、定着や社会的状況の変化とともに次々と名称を変更した。情報に関してはデジタル技術が主導する時代が続いているが、その要素技術の急速な普及や知的インフラの充実とともに、不十分ながら計算機技術から脱皮して、「社会」、「人間」、すなわち「デジタル価値」への視点の拡大を開始している。また環境に関しては持続的成長や循環型社会という社会の作り方についての作業仮説と環境ホルモンに代表されるような前兆事象群との間で、「環境学」という学問体系の構築への動きが始まったばかりのところである。「ライフサイクル」に関する研究は、既往の技術的成果を集約し、工学分野として「環境学」に貢献するための地道な準備の一つである。「サービス」の課題は、富山哲男を中心に精力的な問題設定が続けられているが、新しい学問分野創出の喜びと苦難と遭遇しているように感じている。個人的には、人工物工学研究の出発が既存の領域の否定と環境重視に始まったのと同様にサービスは自己の否定と他者の尊重から始まる。現在の科学技術が直面している様々な困難を克服するには、これまで以上の人的資源の投入が必要と考えられ、参加者の価値観の

変革と新たな動機付けにはこれまで以上に膨大な試行錯誤を要すると覚悟している。

産業分野への人材供給や社会的ニーズへの対応を主目的に設計された教育研究ユニットは、社会的状況に連動して必ずしも学問分野として安定ではないように見えるが、その不安定性そのものが“雑学群”を支える学問分野として工学の活力の源泉でもある。平成14年度発足の新センターにおける研究課題は、「ライフサイクル」、「デジタル価値」、「サービス」に関わる課題と、組織の多くは、社会的状況の変化を先取りして提示したものが多く、それだけ困難、苦難も多い。倍旧のご支援をお願いしたいと考えている。

科学技術が進化発展を遂げた結果、折角の成果の価値にも収穫逓減が始まったが、より深刻な事態は様々な場所で人間と人工物との間に入った亀裂、ギャップが顕在化したことである。IT化、抽象化、知識の構造化の波は多方面に展開されているが、慢性的なコンテンツ不足と技術の表層化、陳腐化、ライフサイクルの短縮が継続しており、技術の深化・進化を担うべき研究者の一人として自責の念にかられることも少なくない。これまで暴走と迷走を繰り返しながら人工物工学の問題設定、研究開発を進めてきたが、古くて新しい課題である「人間と人工物とのより適切な関係の構築」に研究開発の軸足を移しつつあるのが現況である。

3. 人工物工学の種

本来ならば、この10年を使って、人工物の創り方を、“DNA”レベルまでに抽象化して展開したかったが、そこまでは至らなかった。しかしながら“タンパク”レベルあるいは“種子”のレベルの仕事の一部に関与することが出来たので、“研究カタログリスト(予告と期待を含む。)”を以下に記す。詳細は、現品、現場で味わっていただきたい。

- (1) 素材と人間：人間の素材に対する付き合い方を変革する情報インフラの整備の結果を、CD-ROM、仮想実験環境として準備しつつある。物質・材料の複雑性を、階層的に扱うことにより、網羅的な構造-特性相関の探索を可能とした。即ち、構成最小単位としての元素特性のデータベースを普遍性の高い第1原理計算を活用して完璧なものとし、上記の逆問題解法を適用するにより、演繹的な求解の困難なメゾ構造の取り扱いを克服する効率的な手法を提示した。また発想支援という点でも、III(Information-Interface-Interaction-Intelligence)統合型の世界最強のシステムであると自負している。本年4月公開の予定で、現在、バグ捕り中である。色、音、感触などの情報と組み合わせ、素材の持つコンテンツを堪能できるような場の創出を目標としている。そうした堪能を経験した人々への期待は、第2、第3のピーター・ライスの誕生である。
- (2) 人間と人工物：人工物システムの場合、素材の場合と違って問題解決は容易でなく、そこで働く人間系、制御プログラムやマニュアル類のソフトウェア系、ハードウェア系についての多面的な記述が必要となる。核燃料プラントの例にとるとハードウェアに関して化学プロセスのモデルだけでは不十分で、核反応、材料の経年変化に関するモデルに加えて、対象の温度、物質移行等の状態把握のための適切なモニタリング、ソフトウェアに関しては、個々のソフトウェアの仕様、バージョン管理に始まり、マニュアルの準備、ハードウェアや人間系とのインターフェイスに至るまでの総合的な配慮が欠かせない。問題は人間系で、多々管理手法が提案されているが、現実とのギャップを埋めるためには個々の人間を理解するための不断の努力が欠かせない。しかしながら特定の人工物がひとつの競争力のある商品として育てていくためには別の視点も必要である。科学技術進歩が用意してくれた多様な選択肢は、人工物に関わる工学の焦点を、製造技術、性能や価格からデザインや他の非定量的な因子へと変化させた。いわゆる商品のブランド価値、社会的価値、文化的価値で、技術の高度化により人々の評価尺度は大きく変化し、また多様化した。環境調和性を考えた製品など新しい視点を導入したモノ作り戦略を考えることが大切で、上記の素材についての情報システム概念、すなわち対象についての透過性を高めたシステム構築を開始している。第1段階の平成14年度の目標は、複雑システムのメンテナンスのためのプロトタイプの開発である。
- (3) 人工物群と人々：科学技術の進歩が達成した過剰な生産性と節度のない経済活動による自然な帰結として、世の中には必要以上に大量かつ多種類の人工物があふれ、廃棄されるようになってきた。不法投棄や環境破壊の要因は人間であり、情報格差、技術格差、経済格差、地域、文化や価値観の相違に人間は極めて多様な行動をとる。人々は膨大な量のゴミが排出されるようになって初めて環境への配慮を開始する。「モノ」や「自然」の困った問題の事後的な認識から始まる環境問題の本質は、結局のところ人間の「こころ」の問題である。したがって「環境」という領域は手順も含めて問題設定から慎重に開始しなければならない課題であり、準備すべきは環境の時代におけるモノ作りのプロセスへの「こころ=人間性」の導入の作法であり、その実践である。環境問題への取り組みは、そうした実践の繰り返しの中で本格化するものであると考えている。そ

ここで要求される内容は約 60 億人という知的な存在のダイナミックな相互作用の理解と問題解決のための規範となるガイドラインの提示であり、人間同士の違い（ギャップ）を乗り越えて良く生きようとする人々が走りながら考える場の構築が必要である。人工物工学の最終的な目標はそのあたりにあるが、そこに至る里程標の一つの断面としてランドスケープを考え、本年 10 月に国際シンポジウムを開催する予定で準備を進めている。

以上の種子の創出にあたって前提とした共通の要件は、複製、追体験、経験共有の自然な情報環境の実現で、多数の人々の参加によるしなやかなエンジニアリングの実現に貢献できたらと考えている。

4. おわりに

人工物工学研究の最も重要な成果は何かと問われたら、研究に関わった人々が今まで以上に深く多面的に考えるようになったことを指摘したい。これからの科学技術がどのような経路で展開するかについては明らかではないが主体は人であることに変わりはない。人工物群を人の全存在の表象であると考えたとき、工学基礎としての人工物工学の重要性はますます増大すると考えている。

センターでは、技術分野についての鋭い観察者で最良の相談相手でもある馬場靖憲、それぞれに新しい視点を学習する機会を与えてくれた田浦俊春、桐山孝司、グレン・アギラ、芦野俊宏、増田宏、下村芳樹、高橋宏之や上述の久保田晃弘、富山哲男の同僚各氏を始め、異次元ゼミという怪しげなゼミ等を通して親しくつきあってくれた河口洋一郎氏や客員、協力研究員、多数の院生、学生、秘書、事務補佐員の人々との交流を通して、この 10 年、極めて多くのことを学ばしてもらった。また工学部スタッフを始め外部からも多大なご支援をいただいたが、そうした人々への感謝の念とともに、社会に対する責任の重さを改めて感じている。

4. 研究室紹介 高橋研究室



東京大学人工物工学研究センター
製造科学研究部門
助教授 高橋浩之

本研究室では、製造科学部門の研究として、主に、原子力プラント周りの計測・診断技術とプラント各部の健全性モニタリングの研究、メンテナンス工学のための計測技術の研究、新しいセンサの開発等を行っている。まず、原子力プラント周辺の計測・診断技術の研究であるが、従来は、プラントの各部の計測・診断はセンサを局所的に配置して、情報収集を行っていたが、その場合、不感領域においてわずかな変化が生じたとしても、すぐに対応することは難しい。そこで、通常原子力プラントのメンテナンスにおいては、安全性を確保するために、プラントの各部について実際に変形や、亀裂、損傷の有無がないかなどについて定期検査を行うことが重要になる。しかし、プラント運転中に定期検査時には見過ごされた異常が生じたり、定期検査後に何らかの問題が発生したりする可能性は常に存在するので、定期検査時に炉内構造物について、なるべく直接的な情報を得ることや、プラントの運転時に、プラント各部についてなるべく詳細な情報を得て、常に健全性をモニタしておくことは安全な運転のために有効である。このためには、広い範囲において、温度・応力・歪・さまざまな情報を得ることのできる計測系の導入が必要である。このようなプラントのヘルスマニタリングの目的を達成するためには、最近発達のめざましい光ファイバセンサの利用が注目される。しかし、放射線環境下で普通に光ファイバセンサを利用しようとする、光ファイバには、放射線環境下で使用した場合、原材料のガラスに生成されるカラーセンターにより伝送損失増加現象が生じるという欠点があることに注意しなくてはならない。放射線量の高い 1 次系配管周辺などにおいては、素子自身が放射線から受けるダメージが大きいので、このような光学素子をそのまま持ち込むことは一般には難しい。一方、この放射線誘起伝送損失は、光ファイバの組成、温度、線量当量率、照射線量、波長などにより複雑に変化するので、放射線環境下での光ファイバ・光ファイバセンサの挙動を調べることが必要になる。光ファイバの照射損傷については、初期に耐放射線用に開発された OH ドープ型フッ素ドープのファイバに比べ、フッ素ドープ型の光ファイバは、数十倍におよぶ高い耐放射線性をもっていることが分かった。本研究室では、このような光ファイバを用いた赤外イメージガイドを開発し、原子炉内を直視することが可能となった。また、原子炉配管の健全性モニタリングのために、ラマン散乱光の強度が温度の指数関数になることを利用して、光ファイバにレーザパルスを打ち込み、各部位から散乱により反射してくる光強度を測定し、散乱光が戻ってくるのに要する時間と散乱光強度を同時に記録することで、光ファイバを敷設した経路に沿った温度分布を求め

ることが可能である。このような温度計においては、光ファイバの損失増加が問題となるが、前述のフッ素ドープ型光ファイバを用いることで、大幅な特性改善が可能となり、高速増殖炉「常陽」の1次系配管の温度分布も求めることもできるようになった。このような手法を用いて、プラント各部の詳細な情報が得られることで、原子力プラントに代表されるような大規模・複雑システムにおいて、安全性の向上が図られるものと期待できる。一方、BGA(Ball Grid Array)など電子部品の高密度実装に伴い最近発達してきた技術として、マイクロフォーカス X 線を用いたプリント基板検査技術があるが、このマイクロフォーカス X 線の解像度は、1 μ m のレベルまできており、接触不良の観察以外にも、小さな欠陥や亀裂などの観察も十分可能であり、比較的小型の部品検査に用いるための非破壊検査において有効に活用できるものと考えられる。現在、このマイクロフォーカス X 線を用いて、数 μ m 程度までの解像度での部品の構造・欠陥観察とともに、照射した部位から2次的に放出される蛍光 X 線を用いて、元素マッピングから化学変化の推定にいたる詳細な検査が可能となるようなシステムについて検討を進めている。蛍光 X 線は、主として物質の元素によって決まる電子配置に応じて、特定のエネルギーの X 線を放出するため、照射部位を限定し、そこから放出される蛍光 X 線のエネルギーを精密に測定してやれば、被測定対象内部の元素の種類が分かるばかりでなく、その化学状態についても知ることができる。これは、人工物の経年変化や寿命推定において、有用な情報となると考えられるので、寿命や年齢をいかにして推定するかについての検討を進めると同時に、このようなシステムの実現に向けて、高分解能の X 線スペクトロメータの開発を進めており、現在数十 eV 程度のエネルギー分解能が得られている。このほか、マイクロマシン技術・ナノテクノロジーを用いた新しいセンサの開発や信号読み取り用 ASIC の開発、種々の計測データから必要な情報を得るための信号処理アルゴリズムの研究などを行っている。

5. 人工物工学コロキウム報告

「共創工学 人工物創出における新たな試み」

第3回コロキウムでは共創工学を取り上げました。社会的要請の変化にダイナミックに対応しながら様々なコンフリクトを調整できるような普遍性、適応性、先見性のある理論的枠組みと知的生産性を向上させるための実践的方法論を兼ね備えた新しい工学は構築できるか？そうした視点から本コロキウムでは、「問題解決」という工学の原点に立ち戻り、良質で多様なデータ、情報、方法論、人間や組織の組合せが問題を解決し、新たな価値を創出する過程に焦点をあて、具体的範例の検討と真剣な議論とを通して共創工学の核となるような研究課題の抽出を試みました。午前のデータ関連のセッションでは、共創の場の構築が、新しい理論の構築を刺激し、さらには新産業の創出を刺激している現況が報告され、午後のバイオ関連のセッションでは技術と生命科学の融合のパラダイムが紹介され、ここでも有無を言わせないデータ、事実が新しい学問領域を創出している様子が臨場感を持って報告されました。最後のセッションでは人々が一番身近な問題として関わらなければならない、共創しなければならないランドスケープを取り上げました。専門家の役割、一般市民の役割、個人の意志と公共性の問題、決め方の論理とそのための情報インフラ等、古くて新しい問題であるランドスケープについての範例の紹介と活発な議論がありました。共通の知的基盤であるデータの扱い方、最適化、自己組織化、構造化、進化等々の優れた教材としての意味を持つ生命、人々の積極的な関与が要請されているランドスケープと、話題としては、一見、無関係なようで、共通の知的基盤、通底する原理に支えられているという仮説が企画者の意図にはあり、共創工学の基礎を模索した1日であった。150名を超える多数の方々にご参加頂き、大変に有意義な議論が展開されました。(文責：岩田修一)

プログラム

10:00 ~ 10:15	問題設定、「人工物工学の社会的役割」	新井民夫(東京大学)
10:15 ~ 12:00	S1: イノベーションと社会への展開	座長: 馬場靖憲(東京大学)
	“New values obtained through a linkage of data of the highest quality and their innovative customization-Gold in gold out, and garbage in garbage out” (データベースを活用した知のカスタム化)	
	P. Villars (MPDS)	岩田修一(東京大学)
	「発見のための数学」	四方義啓(名城大学)
	「産学共創」	芝池成人(松下電器)
	「材料データベースのビジネスモデル」	青野祥夫(MP)
12:00 ~ 13:00	昼食	
13:00 ~ 14:00	特別講演、「1分子を見て、つかまえる: ブレークスルーは如何にして達成されたか！」	柳田敏雄(大阪大学)

RACE News

- 14:00 ~ 15:45 S 2 : 生命に学ぶ
「生命体の設計原理を探る」
「遺伝子を読む」
「バイオパラダイムから人工物創成へ」
休 憩
座長：増田 宏（東京大学）
三宅 淳（産総研）
油谷浩幸（東京大学）
高橋浩之（東京大学）
- 16:00 ~ 18:00 S 3 : ランドスケープデザインにおける共創は可能か？
「理論と実践における課題」
「クライアントとの共創」
「住民参加とまちづくりのデザイン」
「ランドスケープとサービス」
「データ共有と合意形成」
総括：「共創のためのデータ活動」
座長：下村芳樹（東京大学）
宮城俊作（千葉大学）
中野恒明
（アプル総合計画事務所）
出口 敦（九州大学）
下村芳樹（東京大学）
湊 方彦（A T & T）
岩田修一（東京大学）



人工物工学研究センター長 教授 新井民夫 氏
による開会の挨拶、ならびに、問題設定：
「人工物工学の社会的役割」



MPDS 代表 P. Villars 氏による講演：
「データベースを活用した知のカスタム化」



名城大学 教授 四方義啓 氏による講演：
「発見のための数学」



東京大学 教授 油谷浩幸 氏による講演：
「遺伝子を読む」



千葉大学 教授 宮城俊作 氏による講演：
「理論と実践における課題」



人工物工学研究センター 教授 岩田修一 氏
による総括



大阪大学 教授 柳田敏雄 氏による特別講演
「1分子を見て、つかまえる：ブレイクスルーは如何にして達成されたか！」

6 . 関連図書のご案内

(1) 講演資料集

第6回人工物工学国内シンポジウム講演資料集

お問合せ先：

東京大学人工物工学研究センター 林由紀子

hayashi@race.u-tokyo.ac.jp

〒153-8904 東京都目黒区駒場 4-6-1

Tel : 03-5453-5882

Fax : 03-3467-0648

(2) 発表論文集

2001 年度 富山・下村研究室 発表論文集

お問合せ先：

東京大学人工物工学研究センター 教授 富山哲男

tomiya@race.u-tokyo.ac.jp

編集担当：山口博明

