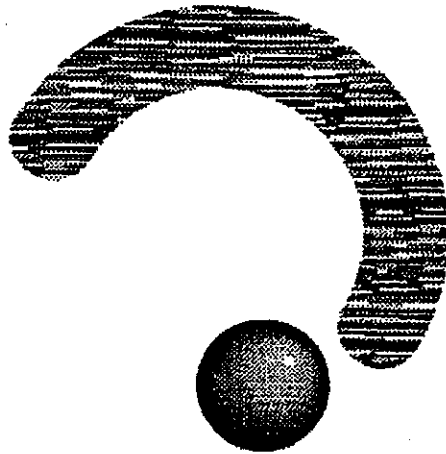


# RACE News



No.1

March 1993

東京大学人工物工学研究センター

**RACE: Research into Artifacts, Center for Engineering**

**The University of Tokyo**

## 目次

はじめに	1
人工物工学の研究体制	2
人工物工学シンボルマークの「意図」	5
人工物工学試論	6
人工物工学とは何か	14
人工物工学研究センターの研究「壺」	24
「第1回人工物工学シンポジウム」開催される	26
第1回人工物工学シンポジウムアンケート	30
RACE Evening Seminar 活動報告	38
RACE-Club 会員募集のお知らせ	39
Research into Artifacts, Discussion Paper 制度のお知らせ	40

## はじめに

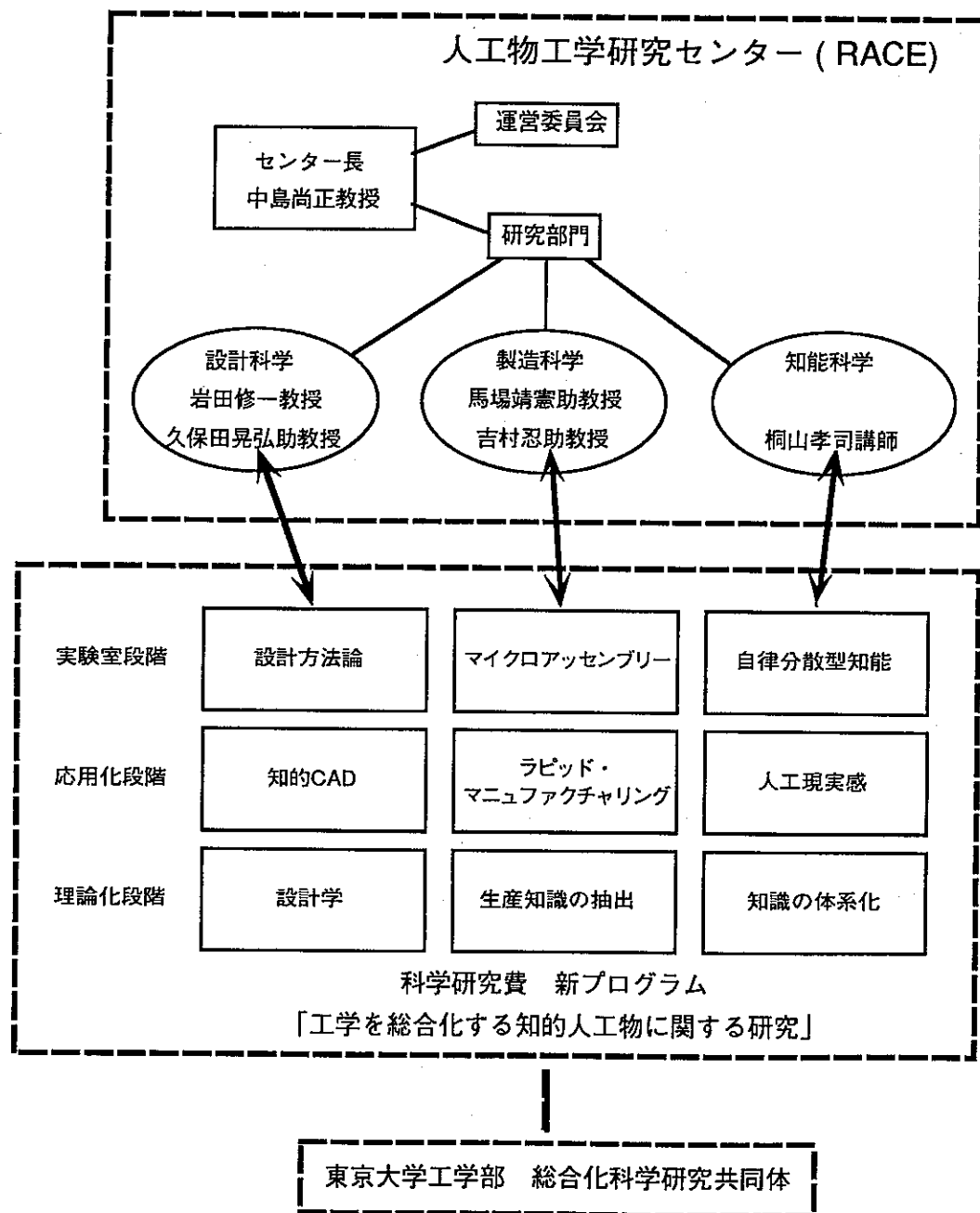
平成4年4月東京大学に10年間の時限で設置された「東京大学人工物工学研究センター (RACE: Research into Artifacts, Center for Engineering)」も、開設以来はや1年を迎えようとしております。中島尚正センター長のもと当初はわずか4人のメンバーだけだったセンターも、来春からはフルメンバーの6人となり、来年度はいよいよ実質的な活動の年となります。

これまで我々は、まだまだ不十分かつ未完成とはいえ、センターの今後研究計画、および「人工物工学」そのもののあるべき姿についても、並行して実施される文部省科研費メンバーの方々も交えて、議論を重ねてまいりました。さらにセンターと外部の企業などの方々とのパイプラインとして、平成4年10月には人工物工学研究会(略称 RACE-Club)を RACE 内に発足し、さらにその活動の一環として平成4年11月より RACE Evening Seminar を月1回のペースで継続的に開催してまいりました。合わせて人工物工学に関する研究成果などの迅速な Circulation を目的として、Discussion Paper の制度を設けました。そして以上の活動を踏まえて、ここに何とか RACE News No.1 を皆様のお手元にお届けすることが可能となりました。

RACEは若いセンターです。センターメンバー一同、今はとにかく全力をあげてセンターの発展と人工物工学の確立を目指して行きたいと考えております。皆様におかれましてもどしどしセンターに対するご意見・ご要望などを寄せていただければと思います。とにかく今後とも、東京大学人工物工学研究センター RACE を何卒よろしくお願い申し上げます。

# 人工物工学の研究体制

## 1)人工物工学の研究組織



## 2)文部省科学研究費 新プログラム

### 「工学を総合化する知的人工物に関する研究」メンバー一覧

#### 研究グループリーダー

小山健夫 (東京大学大型計算機センター長,  
東京大学工学部船舶海洋工学科教授)

#### 1. 総括班 (◎は班リーダー)

- ◎小山健夫 (東京大学大型計算機センター長,  
東京大学工学部船舶海洋工学科教授)
- 吉川弘之 (東京大学総長特別補佐, 工学部精密機械工学科教授,  
先端科学技術研究センター教授)
- 木村文彦 (東京大学工学部精密機械工学科教授)
- 大須賀節雄 (東京大学先端科学技術研究センター長,  
東京大学工学部先端学際工学専攻教授)
- 村上陽一郎 (東京大学工学部先端学際工学専攻教授)
- 鈴木篤之 (東京大学工学部原子力工学科教授)
- 矢川元基 (東京大学工学部原子力工学科教授)
- 佐藤淳造 (東京大学工学部航空学科教授)
- 河野通方 (東京大学工学部航空学科教授)
- 定方正毅 (東京大学工学部化学工学科教授)
- 薬師寺泰蔵 (慶應義塾大学法学部教授)
- 森脇俊道 (神戸大学工学部機械工学科教授)
- 上田完次 (神戸大学工学部機械工学科教授)
- 荒井栄司 (東京都立大学工学部助教授)
- 馬場靖憲 (東京大学人工物工学研究センター助教授,  
埼玉大学大学院政策科学研究科助教授)
- 安 俊弘 (東京大学工学部原子力工学科講師)

#### 2. 設計科学グループリーダー

- 吉川弘之 (東京大学総長特別補佐, 工学部精密機械工学科教授,  
先端科学技術研究センター教授)
- 知的機械システムの設計方法論
- ◎中島尚正 (東京大学人工物工学研究センター長,  
東京大学工学部産業機械工学科教授)
- 赤木新介 (大阪大学工学部産業機械工学科教授)
- 村上 存 (東京大学工学部産業機械工学科講師)
- 知的CAD
- 矢川元基 (東京大学工学部原子力工学科教授)
- ◎富山哲男 (東京大学工学部総合試験所助教授)
- 吉村 忍 (東京大学人工物工学研究センター助教授)
- 久保田晃弘 (東京大学人工物工学研究センター助教授)
- 桐山孝司 (東京大学人工物工学研究センター講師)
- 設計学
- ◎小山健夫 (東京大学工学部船舶海洋工学科教授)
- 鈴木篤之 (東京大学工学部原子力工学科教授)

福田収一 (東京都立科学技術大学工学部管理工学科教授)  
藤田喜久雄 (大阪大学工学部産業機械工学科助手)  
伊藤公俊 (東京工業大学総合理工学研究科助手)

### 3. 製造科学グループリーダー

木村文彦 (東京大学工学部精密機械工学科教授)

#### ●微小構造物構成法 (マイクロアッセンブリー)

岩田修一 (東京大学人工物工学研究センター教授)

佐藤知正 (東京大学先端科学技術研究センター教授)

◎須賀唯知 (東京大学先端科学技術研究センター助教授)

下山 勲 (東京大学工学部機械情報工学科助教授)

#### ●高速実体形成技術 (ラピッドマニュファクチャリング)

沖野教郎 (京都大学工学部応用システム科学専攻教授)

◎光石 衛 (東京大学工学部産業機械工学科助教授)

乾 正知 (東京大学工学部精密機械工学科講師)

高田祥三 (早稲田大学理工学部工業経営学科教授)

#### ●生産知識の抽出

久米 均 (東京大学工学部反応化学科教授)

岩田一明 (大阪大学工学部電子制御機械工学科教授)

伊東 諠 (東京工業大学工学部生産機械工学科教授)

飯塚悦功 (東京大学工学部反応化学科助教授)

大和裕幸 (東京大学工学部船舶海洋工学科助教授)

◎鈴木宏正 (東京大学教養学部情報・図形科学教室助教授)

### 4. 知能科学グループリーダー

大須賀節雄 (東京大学先端科学技術研究センター長,  
東京大学工学部先端学際工学専攻教授)

#### ●自律分散型知能

新井民夫 (東京大学工学部精密機械工学科教授)

◎稲葉雅幸 (東京大学工学部機械情報工学科助教授)

佐々木健 (東京大学工学部精密機械工学科助教授)

#### ●人工現実感

館すすむ (東京大学先端科学技術研究センター教授)

◎廣瀬通孝 (東京大学工学部機械情報工学科助教授)

金井 理 (東京工業大学工学部機械工学科助教授)

#### ●知識の体系化

溝口理一郎 (大阪大学産業科学研究所教授)

小山照夫 (学術情報センター研究開発部助教授)

西田豊明 (京都大学工学部情報工学科助教授)

◎堀 浩一 (東京大学工学部先端学際工学専攻助教授)

### 5. 学術振興会特別研究員

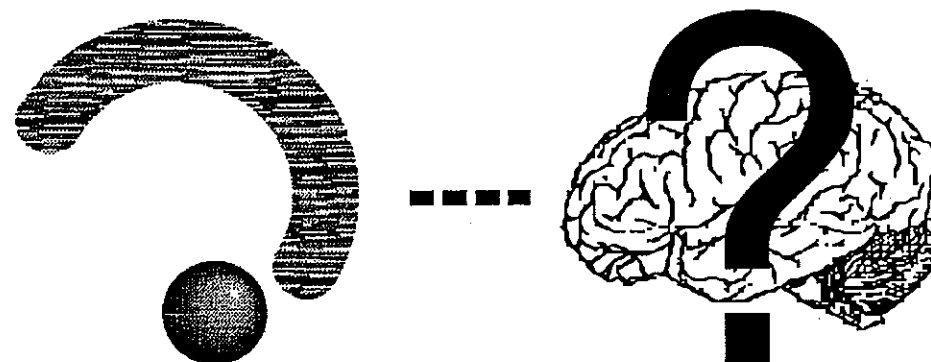
田中一郎 (PD, 指導担当者: 木村文彦教授)

田中哲朗 (PD, 指導担当者: 稲葉雅幸助教授)

伊藤寿浩 (DC, 指導担当者: 須賀唯知助教授)

Christian Altmann (PD, 指導担当者: 木村文彦教授)

## 人工物工学シンボルマークの「意図」



養老孟司先生の名著「唯脳論」の冒頭にも記されているように、「あらゆる人工物は脳機能の表出、つまり脳の産物に他ならない」。とすれば、我々が人工物工学研究も最終的には脳そのものの研究に向かわざるを得ないはずだ。しかも人工物を設計するというこの「意図」のみならず、人間に関する問題、特に人間に関して現在「保留」されている問題は、とどのつまりすべて「脳」の問題に行き着いてしまう。人工物工学とはその「脳」に行き着くための一つの扉に過ぎない。

[シンボルマーク作成協力: L.P. Inc.]

※平成5年1月1日現在

## 人工物工学試論

東京大学人工物工学研究センター 久保田晃弘

吉川により提唱された人工物工学とは本来がメタな総体である。それはまさにフィリップ・K・ディックの「VALIS (Vast Active Living Intelligence System)」のごとき存在である。文部省科学研究費新プログラムのメンバー、あるいは人工物工学研究センターのメンバーは、それぞれがその人工物工学の照射を受け、それぞれの中で人工物工学を実在化させる。したがってその結果生まれるものは当然「誰々の」人工物工学であり、逆に（少なくとも現在は）それだけしか実在不可能でもある。（総体としての）人工物工学とはまさに「誰々の」人工物工学の位相である。

この「（総体としての）人工物工学とは何か？」という壮大な命題に今ここですぐに答えることは不可能だ。しかし将来的には何らかの形で我々はその命題に答えなければならない。いや、我々はむしろ答えることができるはずだと信じている。そしてそれこそが科研費新プログラムおよび人工物工学研究センターの1つの大きな目標でもある。

少なくともまず始めに指摘できるのは、我々が人工物工学（という名称）よりも何よりもまず「新」工学を希求していた、という点である。人工物工学という名称に対してしばしば人工物とは何か？、あるいは人工物の定義は何か？という質問を受けるが、それこそ現代のキーワード主義が現れた悪しき典型である。そのような人々は、実体を実体そのものに直接接して理解しようとする前に、まず名前だけで理解しようとし、しかもそれだけで理解したつもりになりたがる。人工物工学は決して特徴（属性）だけでは語れないし、もちろんミッション指向の工学でもない。それは視点で語る、姿勢と過程の工学なのである。いいかえれば、人工物工学とは単に「××をする工学」ではなく、まず「××を問題にする工学」なのである。

さて、それでは我々が希求しているその「新」工学とは一体どういうものであるのだろうか？

吉川の提唱のポイントは大きく2つに分けられる。ひとつは人口爆発、飢餓と富裕の併存、地球環境破壊、新病の発生、事故の巨大化といった「現代の邪悪なるもの」ものの発生原因としての工学という学問の「領域化」、そしてもうひとつはその領域化によって生じた領域工学における「行動指針の欠如」である。

以上の吉川の指摘の背景には、もの作りのための技術の2極化という根本的な問題が横たわる。それは「ロゴス（言葉による表現）」「一義性」「法則性」に支え

られた西洋的科学技術を基礎とする意識的な「工学」の世界、および無意識の持つ恒常性に大きく依存する生産技術、あるいは技能の世界への2極化である。前者のいわゆる科学的視点による「工学」がまさに宿命としての領域化への必然を有していたことが吉川による第1の指摘である。そしてこれらの2極化こそが「工学」における行動指針、すなわち生産技術や技能が自然に有しているものの欠如という吉川の第2の指摘につながる。

したがって人工物工学の第1の目的論的定義は、まずこれら2つの世界を何とかして近付けることであるといえるだろう。

この目的のためには大きく2つのアプローチがあるだろう。ひとつは無意識という神秘のベールに包まれている行動指針に関する知識を従来の「工学」を支えてきた方法論を応用することにより体系化し意識化しようとする試みである。これには当然領域知識の流通と融合という吉川の第1の指摘に関連する側面も含まれる。そしてもうひとつは「ロゴス」「一義性」「法則性」という西洋的アプローチに全面的に依存しない（否定するのではないことに注意）新しいアプローチによる新しい工学を構築しようとする試みである。そこではものに対する総合的、調和的かつ主観的な視点が重視されるはずである。

それでは少々強引だが、現在表明されている様々な「誰々の」人工物工学を、以上の視点から相対的にポジショニングしてみることにしよう。ここでの「誰々の」人工物工学とはいわば人工物工学の方法論的な定義を指向したものである。以下にポジショニングを試みた各人の方法論的視点が1つの枠に納まりきるようなものでなく、ここでのポジショニングが絶対的なものでないことはことはいうまでもないが、それでも人工物工学というものに興味を示していただいた方々に対するさらなる興味への指針になれば幸いと、敢えて批判を覚悟で試みることにする。

まずひとつめのアプローチである領域知識の体系化および設計・生産知識の抽出という側面から人工物工学にアプローチしている代表が、人工物のライフサイクル全体を視点に入れた富山のポスト大量生産パラダイムと桐山の物理世界に関する大規模知識ベースの構築である。なかでも富山は「次の技術革新はポスト大量生産パラダイムにもとづいて人工物の質的充足を目指す人工物工学にある」と宣言したうえで、人工物工学とは「領域知識の体系化」と「領域工学を超えたライフサイクルという新しい観点からの工学の再編成にある」と定義しているが、これこそがこのひとつめのアプローチの本質を最も的確に捕らえた表現であるといえるだろう。

その領域融合を実証するための場として中島のマイクロマシンを初めとする科研費メンバーによる種々の研究対象が存在する。吉村のいう知的シミュレーションももちろんその中のひとつである。

もうひとつの「ロゴス」「一義性」「法則性」という西洋的アプローチに全面的に依存しない新しい工学を模索するためのアプローチのひとつが、アートの視点から工学を拡大しようとする私のやり方である。これは特に主観的なアプローチを意図的に強調したものであり、「もの作りの基本は自分で気に入ったものを自分で作ることにある」という人工物工学シンポジウムのパネルディスカッションにおける山中の指摘と基本的な部分では一致している。さらに岩田のいう「好きな素材で料理を楽しむようなもの作り」、そして同じく人工物工学シンポジウムのパネルディスカッションで広瀬が指摘したアミューズメント産業というカウンターカルチャーからのアプローチもこの視点に近いものといえるだろう。

しかしこのように2つのアプローチがあるからといって、それらが別々の目標を目指しているわけではない。これら2つのアプローチは単に1つの山への別々の登り方に過ぎない。人工物工学とは、頂上があるはずだという確信があるものの、その頂上の詳細が未だ未知の山登りであり、そのためには考えうるあらゆるアプローチを検討する必要がある。

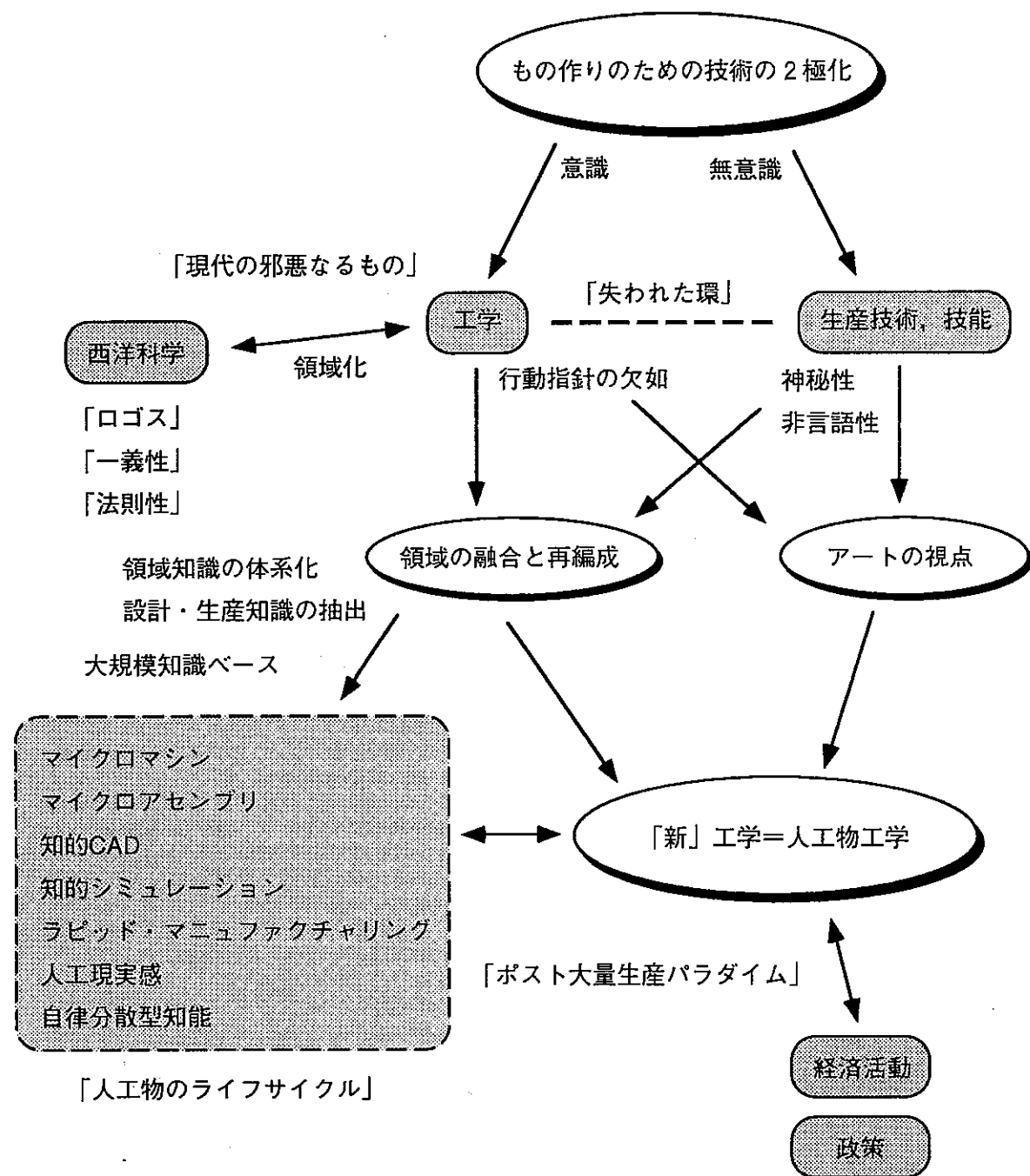
さらにもう1つ指摘しておきたいのが、もの作りの外側からの視点の重要性である。例えば政策の基盤となる経済学はこれまで常にもの作りを外生的に取り扱ってきた。しかしそのようなもの作りのための技術のブラックボックス化の結果、製造業の歯止めなき巨大化と有限な地球における人工物の氾濫が生じたという馬場の指摘は重要だ。それは工学だけでなく、政策に対しても新しいパラダイムが求められていることを示している。本来もの作りとは人間の幸せや豊かさのために行なわれるべきものであり、したがってもの作りに対しては、もの作りの中からだけでなく、もうひとつ大きい視点からの考察をも必要とする。そのためにも我々は様々な視点から継続的にデス・マッチと呼べるような本当の議論を繰り返すことにより、人工物工学を様々な視点からの批判にも十分耐えうるだけのものへと成長させねばならない。そしてそういった議論の過程において、我々自身がもの作りに対する尊敬の念を再認識することこそが、人工物工学のまさに原点といえる姿勢なのである。

最後に以上のポジショニングにより試作した人工物工学の見取り図を示す。なお、各人の視点の詳細は本稿に続く各人による文章を参照されたい。本稿が今後の人工物工学研究に対するなんらかの手掛かりとなれば望外の喜びである。

[謝辞]

本稿をまとめるにあたっては、日本ユニシス株式会社常務取締役の柳生孝昭氏、および新日本製鉄株式会社技術本部技術企画室室長の荒牧透氏に貴重なご意見と議論を賜った。ここに厚く御礼を申し上げる。

人工物工学の見取り図







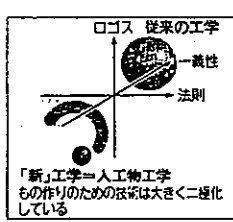


## 人工物工学

「これからの世界を何となく作ってしまおう」というのが、人工物工学の目的である。従来の工学は、自然の法則に従ってモノを作ってきた。人工物工学は、自然の法則を超越して、人間が自由にモノを作れるようになることを目指している。

## 芸術の視点で新たな工学を

「芸術」を工学に導入する。芸術の視点から見た工学は、単なる技術の応用ではなく、人間の感性や創造性を重視する。例えば、建築やデザインでは、機能だけでなく美観や使いやすさも重要な要素となる。



「新」工学＝人工物工学  
モノの作りかたは大きく二分化している

（東京大学人工物工学研究センター 助教 久保田 弘）

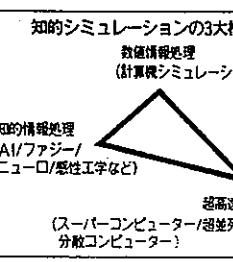


## 人工物工学

「膨大な広がりを持つ」といって、人工物工学は、従来の工学よりもはるかに広い範囲でモノを作れるようになる。例えば、宇宙空間や深海など、人間が到達できない場所でもモノを作れるようになる。

## 知的シミュレーション構築へ

知的シミュレーションの構築。これは、人間の知能をコンピュータで再現し、さまざまな状況をシミュレーションして、最適な解決策を見つける技術である。



知的シミュレーションの3大構成要素

（東京大学人工物工学研究センター 助教 吉村 啓）

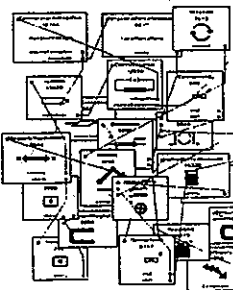


## 人工物工学

人間の創造性を高める。人工物工学は、人間の創造性を引き出すための技術を開発している。例えば、AIを活用して、人間のアイデアをさらに発展させることができる。

## 人間の創造性を高める知的CAD

知的CADによる物理現象のモデリング。これは、人間の創造性を高めるためのCAD技術である。従来のCADは、人間の操作に依存していたが、知的CADは、AIを活用して、人間のアイデアを自動的にモデル化することができる。



知的CADによる物理現象のモデリング画面

（東京大学人工物工学研究センター 講師 桐山 孝司）

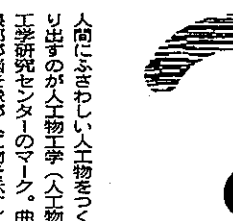


## 人工物工学

人間の潜在能力を引き出す。人工物工学は、人間の潜在能力を引き出すための技術を開発している。例えば、脳科学や認知心理学を活用して、人間の能力を最大化することができる。

## 人間の潜在能力を引き出す

人間の潜在能力を引き出す。これは、人間の潜在能力を引き出すための技術である。例えば、AIを活用して、人間の能力をさらに発展させることができる。



人間にきわむ人工物をへり出すのが人工物工学（人工物工学研究センターのマーク）。曲線部が脳を球が人工物を示す（コンピュータを模倣します）

（埼玉大学大学院助教・東京大学人工物工学研究センター 助教 馬場 博徳）



## 人工物工学とは何か

富山哲男（文）、久保田晃弘（図）

### 1. はじめに

バブル経済の破綻と共に、経済だけでなく技術においても実はバブルが存在していたのではないかという懷疑や、ブレークスルーを感じさせるような技術革新が見あたらないなど、現代技術に一種の閉塞感が感じられている。しかも現代技術は今や全地球規模での環境変化、先端技術における工業先進国間での貿易摩擦など、経済のみならず政治や生活に多大の影響を与えている。単に現在の先端技術の後継が見つからないというあせりだけではなく、これらの問題の解決のためにも、やはり技術革新が必要である。吉川によれば、従来の学問や技術は、人間に対して外界から襲ってくる「邪悪なるもの」に対する手段を提供することを目的として成立してきたが、上に述べた現代の「邪悪なるもの」はむしろ技術の発展そのものの結果存在するものであり、我々の持つ工学や技術自身が内包する矛盾である[1]。

第2次世界大戦後の技術革新は、大量生産技術の進歩とマイクロエレクトロニクス革命（情報革命）に支えられてきた。しかし大量生産の結果としての人工物の量的充足、そして情報革命の技術的限界、既存技術の成熟と飽和が見えてきた結果、冒頭に述べたように、実は現在は技術的には閉塞的状况にあるのではないかという疑惑が頭をもたげてくる。例えば未来技術として期待されているものとして、高集積度LSI、HDTVやISDN、新型デバイス、バイオテクノロジー等が挙げられるが、これらの多くは単に微細化、高度情報化、あるいは高機能化といったいわば量的な観点だけを追求しており、現在本質的に存在しないものを作り出すという質的に異なる観点は有していない。つまりこれらの未来技術と呼ばれるものも、本当に革新的な技術ではなく、実は従来技術の一種の延長上にあつて、量的充足の方向にしか向いていないのである。

ソ連時代の経済学者コンドラチェフが発見した長期景気の上昇と技術革新との関係、コンドラチェフの波は、アメリカの経済学者シュンペーターによって新技術の出現と創造的破壊として特徴付けられた[2]。例えば産業革命、ベッセマー製鋼法の発明、フォード式大量生産システムの発明、そして戦後の情報革命などがこの波に相当する。これを仮に正しいものとする、本質的な未来技術とは、決して既存技術の量的延長の上にはないことになる。

本稿では、現代工学あるいは技術の体系を再編することを目的として吉川によって提唱された人工物工学[1]について私見を述べ、その目的とするところ、具体的な方向について解説する。

### 2. 現代技術の特質

現代技術には以下のようないくつかの特質があり、さらにそれを加速しようというのが現代における技術開発である（図1）。しかし、実は現代技術が抱える問題とは、まさにその現代技術がもつ特質故に派生していると言っても過言ではない。

- (1) 巨大化：大量生産はもちろん、個々の技術でも製鉄所、ジャンボジェットや原子力発電所の例をあげるまでもなく、スケールメリットが追求されている。高層建築などもこの一例である。
- (2) 複雑化：巨大化とともに極端に複雑化し、またLSIのように微小な世界での複雑化も進行した。
- (3) 精密化：これは必ずしも微小化を意味しない。巨大化しても複雑さの故に精密化が極度に進行した。それはエレクトロニクス技術に限らず、わが国の生産技術の一つの象徴でもある。
- (4) 均質化：精密化と同時に品質管理に代表されるように均質化が進んだ。JITなどの生産方式も結局は変動要因を均質にしようという思想である。
- (5) デジタル化：マイクロエレクトロニクス技術やメカトロニクス技術に見られるように、いまやデジタル計算機技術は全ての分野の情報化を促進している。

さらに、これらの特質の裏には、基本的には市場経済である以上コストダウンという至上の命題が隠れている。

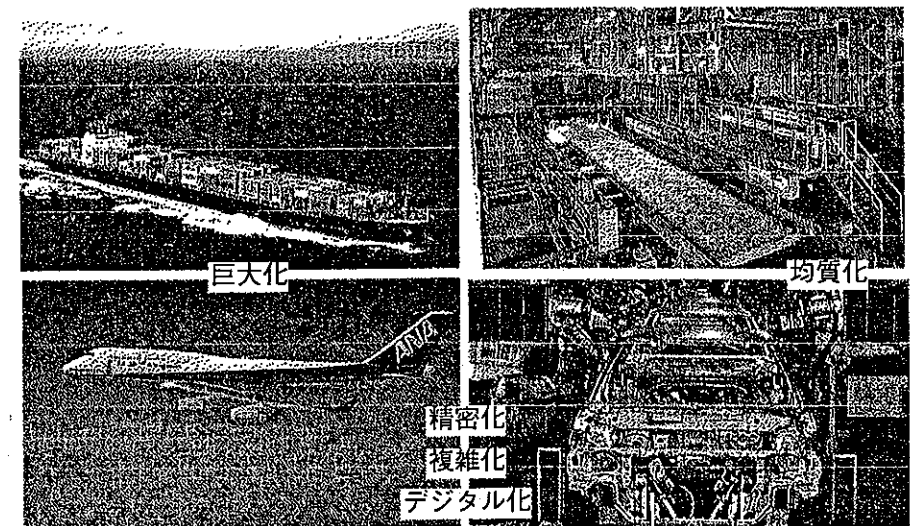


図1 現代技術のパラダイム

さて、以上のような特質は一方で明らかな弊害をもたらした。まず、個々の製品のみならず特に生産システムにおいても同様の技術開発が行われ、ものは極めてたやすく作れる時代になってしまったが、一方で過剰な設備投資によって生産能力を持って余すぐらいに地球上に人工物は満ち溢れてしまった(図2)。しかし、環境問題を考えれば明らかなように、これ以上地球上に人工物を生産しエネルギーを消費することはほとんど不可能である。そこには何も自然環境という制約だけではなく、社会的な制約もある。貿易摩擦は実は市場の有限性を意味している。バブル経済における「利益なき繁忙」とは、生産は生産能力さえ増やせば無限に増えるものではないということを図らずも実証してしまった。つまり、管理や物流にも当然限界がある。人間も無限に働けないのであり、時短は労働の有限性を意味する。すなわち、経済のグローバル化はグローバル化した故に地球が有限であることを再確認することと同値になってしまった。



図2 人工物の飽和

また、人工物の巨大化・複雑化に設計生産技術が追いつかず、いまやどのような巨大システムも一人の設計者で設計できなくなってしまった。例えば零戦は主任技師一人で設計できたが、"A complete set of technical documents of a Boeing 747 fills a 747 and weighs more than a 747" なのである。LSIにしても同様である。そこで、CAD/CAM や Concurrent Engineering が登場する。純粋に技術として見た場合、それらがすばらしい技術であることにもちろん間違いはない。しかし、ボタンが付きすぎた家電製品やオペレータが迅速な対処が出来ない巨大システムのように、もはやそれらは高度になりすぎて、人間の尺度からは「身に余る」技術になってしまったのではないだろうか？。それをさらに情報化によって解決するのは、単に問題をより複雑にするだけではないのだろうか？。

すなわち、人工物の量的充足を目指してきた現代技術は、その第一義的な目的を既に達成してしまった。ところが、技術開発の方向は依然として量的充足を実現す

るための方法論の延長線上にしか向いていない、という事実がいまこそ着目すべきである。俗に人工知能、バイオ、超伝導の3つを三大バブル技術と呼ぶそうであるが、個々に見れば確かにそれぞれ遠大な目標と確固たる技術的手法が確立しており、それなりに研究開発の対象とする意義は認められる。しかし、それは前述したような本質的問題を解決するための、新しい技術足り得るのであるか？。

### 3. ポスト大量生産パラダイム

吉川によれば、エジプトのピラミッドは5000年、中世のヨーロッパのお城は500年、産業革命時代の蒸気機関は50年程度の寿命があるのに対して、現在の自動車は平均してせいぜい5年である(図3)。すなわち経済成長とは、実に人工物の量的充足とそれを上回る短寿命化で支えられてきた。一方、前述のように、経済のグローバル化は地球の有限性、つまり市場、資源、エネルギー、労働、廃棄場所が有限であることを我々に気付かせた。とすれば、現在以上の経済成長は生産に全く依らない経済成長メカニズムが発明されるか、環境への負荷、エネルギー問題を技術的に解決するか、あるいは人工物の寿命を延ばすかによってのみしか実現することはできない。

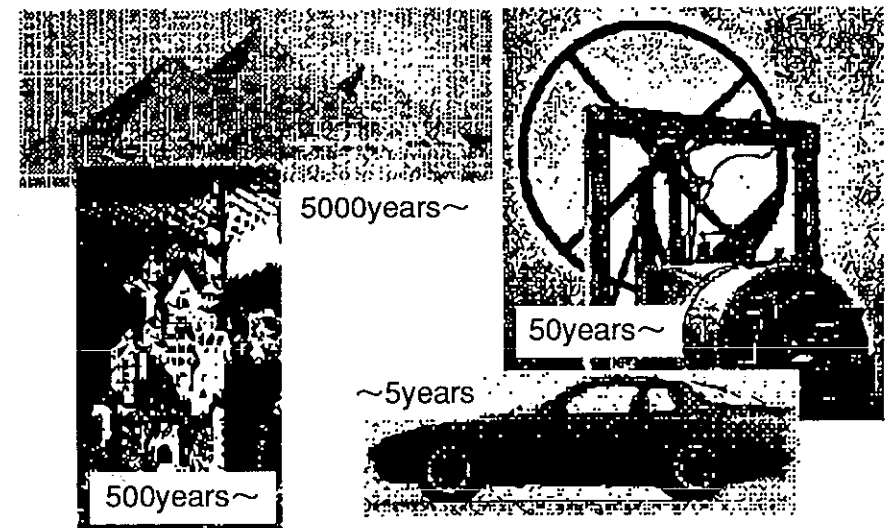


図3 人工物の短寿命化

そこで今、発想を転換して例えば物質的な生産量を現在の半分にと仮定しよう。すると生産やその製品の輸送に関わるエネルギー消費や資源消費量も半分になり、労働時間も半分となる。さて、ここで製品の寿命が倍になったとし、価格(利益)も同時に倍になったとすれば、給料も雇用も維持したまま、人工物の更新速度が単純に半分になり、少なくとも製品にかかわるエネルギー消費も半減する。このような仮定を現実のものとするには、特に製造業における付加価値率を向上し、かつ良いものなら少なくとも高く売る、という思想的変革が必要である。そこでこのような考え方をここで「ポスト大量生産パラダイム」と呼ぶことにしよう。端的に

言えばこの「ポスト大量生産パラダイム」の実現とは、まさに人工物の量的充足から質的充足へのパラダイムシフトであり、フォード以来の大量生産技術を考え直すと共に、経済合理性だけで人工物のライフサイクルを決定することを許さないパラダイムの実現でもある。

しかし、これは技術的には容易ではない。実は大量生産技術が肥大した結果、ものを大事に使う技術はすでに喪失してしまった。そればかりでなく、なによりそのための技術開発がすでに行われなくなってしまった。例えば現在の家電製品は新しく買い直した方が修理するより安くてすむように、現在の技術体系の中に、ポスト大量生産パラダイムを直接実現する技術は残念ながら存在していない。したがって製品そのものが従来のままでは、例え今日本だけが製品の価格を倍にすると、たとえその寿命が従来の製品の倍であっても、国際競争力が低下し、単に国内の製造業が崩壊してしまうだけである。したがって、ポスト大量生産パラダイムの実現のためには、単純にこれを経済政策として考えるだけでは不十分であって、技術課題としての、全く新しい技術開発が必要である。

#### 4. ライフサイクルを扱う工学としての人工物工学

さて、現代技術にある種の閉塞感があること背景には、工学そのものの沈滞がある。従来の工学は、手法や製品に応じて機械工学、電気工学、土木工学、あるいは船舶工学、航空工学、原子力工学と言ったような領域ごとに体制化されてきた。しかしながら、その個々の工学は個々の領域の中でのみ整合的であって、領域にまたがる問題に対する整合性はこれまであまり考えられてこなかった。もちろん、複数の領域にまたがる技術開発がこれまで全く行われてこなかったわけではない。機械工学と制御工学、電子工学が融合して成立したメカトロニクス工学などはその典型的な例であろう。しかしながらそのような複数の領域にまたがる技術でさえも、これまでは単にその都度新たな領域工学が成立しただけであり、本当に複数の領域にまたがる問題である環境問題、エネルギー問題や貿易問題を解くための工学は、現在存在していない。

工学は本来人間を幸せにすることを目的としている。そしてそのための手段として人工物を作ることを前提とし、設計、生産（加工、組立、検査）といった行為を主たる対象としてきた。例えば機械工学はさまざまな機械を設計し加工するための学問である。生産工学は生産行為、生産システムだけを直接に対象とする工学である。しかし、これからの工学では単に設計や生産だけでなく、人工物の使用、保全、回収、再利用、廃棄、といった面も考慮に入れなければならない。場合によっては、製品を設計し製造することに関する問題よりも、使用、保全し、そして回収・廃棄に関する問題の方が遥かに重要であることは、核燃料サイクルや空缶問題の例を見るまでもなく明らかである。

したがって、今や工学は人工物のライフサイクル全般をその対象としなければならない。「人工物工学」とは、第一義的には領域工学の枠を超えて人工物のライフサイクルを議論する学問であり、ポスト大量生産パラダイムを実現するための技術でもある。以下の章では、具体的に技術論としての人工物工学を議論していくことにしよう。

#### 5. 社会資本化人工物と成長可能な人工物

結論から言えば、ポスト大量生産パラダイムを実現する鍵は人工物の寿命を事実上無限にし、価値を無限倍にすることである。もちろん実際問題としては、寿命無限の人工物を作ることは不可能であり、逆にもし本当に作ってしまったらそれこそ廃棄にも窮してしまう。ここでいう寿命無限の人工物とは、システムとして成長しながら維持される人工物であり、その過程で更新重要や保全需要が発生することで製造業が成長できるというパラダイムのための人工物でもある。したがって、その実現のためには、製造業が設計・生産以外の人工物のライフサイクル的な観点に目を向ける必要が生じる。具体的な例で考えよう。

今、写真を撮りたいと思ったとすると、カメラとしては高級一眼レフカメラ、コンパクトカメラ、さらには使い捨てカメラ（フィルム付きレンズ）までいくつかの選択がある。例えば高級一眼レフカメラの場合、通常はまずボディと汎用のズームレンズを最初に購入し、その次のボーナスでストロボと広角レンズを買うという具合に、徐々にそのシステムを拡張することができる。そうこうするうちに今度はボディ自体を買い換えたりもする。ここで着目して欲しいのは、ものとしてのカメラの一部が次々と更新されていくことにより、写真を撮るという機能そのものが拡大されていくということである。すなわち、システム商品としての一眼レフカメラは、まさに自身を更新しながら成長するシステムであり、たとえ個々の部品としては寿命があるとしても、システムとしては無限の寿命を持っている。これを実現しているのは、マウントなりストロボ接点なりが標準化され、モジュール単位での自由な交換が可能になっているからである。

一方、コンパクトカメラの場合には、もし新しい機能が欲しくなれば、丸ごと買い換えるしかない。さらに使い捨てカメラに至っては、たったフィルム一本で寿命は終りである。しかしながら、もし使い捨てカメラが完全に回収され、リサイクルされたとすると、これは実はレンタルカメラと同じことである。フィルムそのものは最終的には自分のものとなるので、その値段にレンタル料を加えたものが、使い捨てカメラの価となる。つまり見方を変えると、この使い捨てカメラは実は社会資本としてのレンタルカメラシステムと考えることができ、写真を撮るには最低限これで良いと考えている層の需要を満たしている。

以上の事実は、今後の人工物、特に耐久消費財のあり方を考える上で非常に示唆に富む。すなわちこれからの人工物は、永遠の命を持つ高級な製品（成長可能な人工物）と、完全な回収、リサイクルが行われ社会資本としてその機能をサービスする仕組みが存在する製品（社会資本化人工物）の2種類の人工物とに分化するのではないか？。その場合経済成長は、現在のような人工物の量的拡大と短寿命化で実現されるのではなく、質的な拡大と回収とリサイクル、ひいては生活の質の向上によって実現する。

例えば自動車の場合、今後は駐車場を用意できる層には家宝として一家に1台「自家用車」が存在し、その自動車は一度買うと部分を時々交換することでメンテナンスが行われ、また適宜買い増すことで次第に高級車化する成長可能なシステムとなっている。そしてこの自動車が従来の高級車と全く異なるのは、何年たっても常に新車と同等の機能を有することができる点にある。このような自動車は従来と

全く異なる技術、コンセプトで製造され、そして恐らく生産量は非常に少ない代りに、個人の要求が最大限活かされる。しかし、このような成長可能な自動車は高価でも良く、定期的な交換、成長のための需要が常に存在するので産業全体としては成立している。また生産だけでなく、廃棄部分も最小化するため、使命を終えた部品は完全に回収され、リサイクルするようにする。

一方、駐車場が用意できない、あるいは不定期にしか利用しない層には、レンタカーで充分である。そのレンタカーは従来型の大量生産技術で生産され、保全は結局定期的に丸ごと交換することになる。しかし、個人が管理するものではないので、これを全量回収ルートにのせることは可能である。しかも現在の道路状況では自動車の利用率が極度に低いので、レンタカー会社を例えば集合住宅の単位で設立すれば、今すぐにもこの考え方は実現可能であろう。

すなわちポスト大量生産パラダイムにおいては、人工物の質的充足、すなわち人工物の機能的な質の向上を図るための設計生産技術と、人工物の量的充足を社会的なサービス機能としてリザーブ化、社会資本化することにより実現するための設計生産技術の両方が必要となる。前者は全く新しいタイプの技術であるが、後者は一応、従来の大量生産技術の延長上に位置すると考えられる。しかしそれでも完全な回収、リサイクルを前提とするという点で、技術的なチャレンジの一つといえよう。

以上の議論をまとめよう。社会資本化人工物は、完全な回収、再利用を前提として社会資本化され、人工物の量的充足をめざす（すなわち低コストを満足する）。このタイプの人工物はある一定の期間が経つと工場に回収され、そこで保全が行われ、不都合が生じた部分については還流されてリサイクルされる。したがって、消費者の立場で起きることは保全の放棄であり、工場では従来通りの大量生産方式の延長線上にある生産方法がベースとなる。

一方、成長可能な人工物は、部分的な更新を行って機能が成長することにより、見かけ上永遠の寿命を持ち、個人の所有物として人工物の質的充足を目指す。消費者のレベルで起きることはまさに設計の放棄であり、工場では極端なことをいえば1品種1生産に近いことが必要とされる。また、生産がある程度が消費者のレベルで必要とされる。ここで、設計の放棄とはやや極端な表現で分かりにくいかもしれないが、これは設計が機能的要求を満足する属性による実体の記述を求めることだとするとき、消費者は機能的な演算を行って、それを実現する手段（オプションモジュール等）だけを知っていれば良く、なんらオプションモジュール自体の属性をいろいろ指定する必要はない、という意味である。つまり機能から属性という意味での設計はそこに存在しておらず、単に機能だけの演算であって、すなわち設計は消費者のレベルでは完全に放棄されている。

## 6. 新しいタイプの人工物：やわらかい機械

神をも恐れず断言してしまえば、次の技術革新は「ポスト大量生産パラダイムに基づいて人工物の質的充足を目指す人工物工学にある」。その際、社会資本化人工物と成長可能な人工物という2種類の新しいタイプの人工物を実現するために、まず人工物工学は人工物のライフサイクル全体を視点に入れた設計・生産・使用・保全・回収・再利用・廃棄技術を生み出さねばならない。そこで以下、これらの新し

いタイプの人工物を実現させるための技術的な検討を行うことにしよう。

前述のように、社会資本化人工物では製品丸ごとの完全な回収およびリサイクル化が必要であり、成長可能な人工物ではユーザーサイドでの部分更新が行われる。実はこのことは、単に保全ないしリサイクルが管理されたシステムで機械全体を対象にして工場で行われるのか、ユーザーサイドで部分を対象にして行われるのかの違いであり、技術的にはモジュール性を高め、モジュールの交換を容易にする分解性が共に必要とされる。そのためには従来議論されていたDesign for Assemblingだけではなく、Design for Disassemblingといった技術が重要であり、さらに一歩進んでモジュール自身の組み合わせが一義的に決っておらず、モジュールの組換え、再構成によって全体の機能が成長していくための新技術も必要である。すなわち、成長可能な人工物では、再構成性が求められ、組換え後の自己組織化による自律的な機能維持というものが重要な概念となる。

また今後の人工物はなるべく手間がかからないことが必要である。つまり知能化、自律化が重要であり、これらは自己組織性や再構成性の確保にも重要である。さらに人工物が自己修復性を有すれば、それは特に社会資本化人工物における究極の機能の一つとなるであろう。またそのような知能化、自律化に対してはマイクロエレクトロニクス技術をフルに利用する必要があるが、そのためにはマイクロ化という技術そのものが極めて重要な概念となってくるだろう。

以上を簡単にまとめると、今後の人工物は「知能化によって人間を高度に補佐」することができ、「自律的に自己を維持、修復して手間いらず」であるべきであるが、それは例えば「高度のモジュール性、自己組織性により部分交換、リサイクル」が容易であるということの意味している。そのモジュール性の確保のためにはまず高度の標準化が必須となるであろう。結局、社会資本化人工物と成長可能な人工物の違いは、工場では保全することを前提にしてモジュール性をそれほど必要としないのか、ユーザーサイドである程度保全できる（つまり設計の放棄）ことを前提とするのかの違いとなる。社会資本化人工物では、場合によっては全くユーザーでは分解できないことの方が望ましい例もある。例えばレンズ付きフィルムもそうであるし、最近の家電製品に組み込まれたニッカド電池もその例である。

成長可能な人工物のように、極端にモジュール性が高く、モジュールを組換えることで成長することが可能な機械システム、これをここではやわらかい機械[3]と呼ぶことにしよう。そのようなやわらかい機械は、もちろん物理的にやわらかいということの意味するのではなく、今までの機械と様々の点で異なる特徴を持つことを意味している。これは例えば吉川によればシステムの構成という観点からの「剛体信仰の崩壊」であり、また保全の観点からは「やわらかく壊れる機械」あるいは「自己修復機械」である[4, 5]。

## 7. おわりに：やわらかい機械開発のための技術課題

以上のように、人工物工学の具体的成果として、ポスト大量生産パラダイムの確立や、そのためのやわらかい機械の実現が期待される。そこで次に、人工物工学に必要な個々の技術課題を検討しよう。

まずポスト大量生産パラダイムに関する大前提として、経済学的、技術政策的な検討が必要である。具体的には人工物の更新需要や回収・再利用・廃棄などがビジ

ネスとして製造業を維持できるかを検討しなければならない。

純粋な技術課題としては、新しいタイプの人工物を設計するための技術課題、製造するための技術課題、使用や保全に関する技術課題等が考えられる。さらには、回収・再利用・廃棄に関する技術課題もある。また、やわらかい機械では知能化が大きなポイントであるので、知能化に関する技術課題も必要である。

例えば、設計に関する技術課題としては、自律分散型の知能を持ちモジュール化されて自己組織化が可能なやわらかい機械の設計方法論、設計のための支援技術としての知的CAD（設計支援システム）、そして機械システム設計そのものを体系化して知的CADを作るためのベースとする設計学の研究が必要とされる。

製造に関する技術課題としては、前述のようにマイクロ化が重要な概念であり、そのために必要なマイクロアセンブリなどの新しい製造技術と、設計の結果を短時間に検証するための Rapid Manufacturing 技術、そしてやわらかい機械の生産システムそのものをやわらかくするために必要な、生産知識の抽出と体系化に関する研究が必要である。

知能化に関する技術課題としては、高度にモジュール化された人工物を創造するための自律分散型知能の研究、及び設計、製造におけるイノベーションを支援し人間の持つ知能をenhanceするための技術としての人工現実感や知識そのものの体系化に関する研究が必要となる（表1）。

表1 人工物工学のための技術課題

	Pre-Competitive	Competitive	Post-Competitive
設計科学	設計方法論	知的CAD	設計学
製造科学	Micro Assembly	Rapid Manufacturing	生産知識の抽出
知能科学	自律分散型知能	人工現実感	知識の体系化

これらの技術課題は当然相互に関連している。例えば知識の体系化と人工現実感がなければ本当に知的なCADの開発は困難であり、その知的CADがなければやわらかい機械の設計も困難であろう。製造科学におけるマイクロアセンブリの研究成果は直接にやわらかい機械の実現に必要な。さらに微小世界は寸法効果のために物理現象が我々の常識と異なり、その振舞いを正しく設計者が理解するためには例えば前述の人工現実感を応用したインターフェイスをもつ知的CADが有効である。

以上に挙げたものは、人工物工学のほんの一部の要素技術にすぎない。しかし、本質的に重要なことは、これらの技術が相互に非常に強く影響しあっているという事実そのものを我々が強く認識するという点にある。従来、新たなタイプの人工物の開発には科学が先行し、その成果を利用して技術開発が行われるという歴史的事実があった。前述の技術課題もそれぞれ科学としての pre-competitive 段階、先端

技術としての competitive 段階、そして教科書化としての post-competitive 段階に対応づけられる（図4）。しかし実際にはそれらを逐次的に行えば良い訳ではなく、これら全てが同時に相互に影響を与えながら全体として進歩して行く、という方法論がこれからは必要となる。また一方で、最近の技術革新では科学自体が実はすぐには応用可能でないレベルに達しており、技術革新が既存の技術体系の融合によって行われているという指摘もある[6]。その一つの良い例は前に述べたメカトロニクス革命であろう。いずれにせよ既存の技術体系を融合、発展させていくためには、異なる領域の専門家でもお互いが良く理解できるよう、領域間の整合性とすることが必要とされる。そして新しい人工物の創造のためには、各領域工学が統合的に体系化されることにより、従来の領域工学の枠組をどうしても「創造的に破壊」しなければならない。

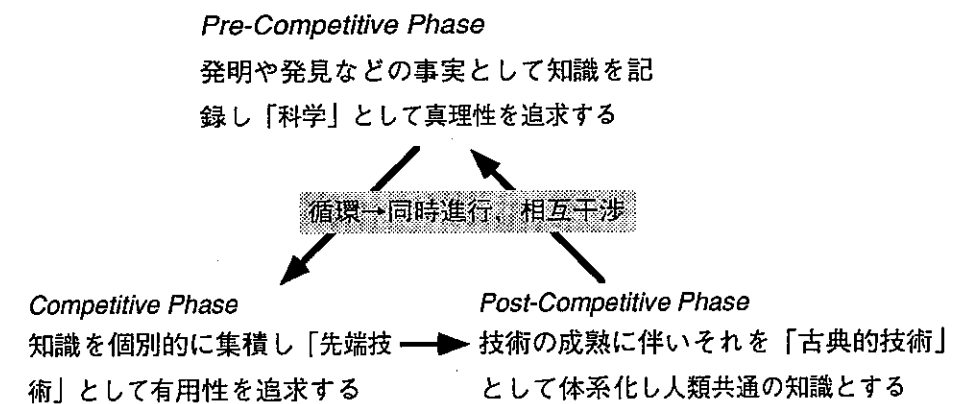


図4 工学の3段階モデル

人工物工学の本質は、したがって、領域知識の体系化[7]と領域工学を超えたライフサイクルという新しい観点からの工学の再編成により「人工物そのもののもつ意味とそのありかたを考える」という点にあると我々は考える。最後に現在、同様の試みが生産システムの革新という観点から、通産省の提唱による国際共同研究プロジェクトIMS (Intelligent Manufacturing Systems)として行われていることを付記しておきたい。

#### 参考文献

- [1] 吉川弘之：「人工物工学」, ILLUME, 東京電力, Vol. 4, No. 1, (1992), pp. 41-56.
- [2] 1992年10月24日付け朝日新聞夕刊「ウィークエンド経済」第332号.
- [3] 精密工学会誌「特集やわらかい機械」, Vol. 57, No. 12, (1991).
- [4] 梅田靖・小池雄一・下村芳樹・富山哲男・吉川弘之：「自己修復機械の構築（第3報）—機能保全を目的とした機能冗長の実現—」, 1992年度精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (1992), pp. 115-116.
- [5] Y. Umeda, T. Tomiyama, and H. Yoshikawa: 'A Design Methodology for a Self-Maintenance Machine based on Functional Redundancy', in D.L. Taylor and L.A. Stauffer (eds.), Design Theory and Methodology '92, DE-Vol. 42, ASME, New York, USA, (1992), pp. 317-324.
- [6] 児玉文雄：ハイテク技術のパラダイム—マクロ技術学の体系—, 中央公論社, (1991).
- [7] T. Tomiyama, D. Xue, Y. Umeda, H. Takeda, T. Kiriya, and H. Yoshikawa: 'Systematizing Design Knowledge for Intelligent CAD Systems', in G.J. Olling and F. Kimura (eds.), Human Aspects in Computer Integrated Manufacturing, IFIP Transactions B-3, North-Holland, (1992), pp. 237-248.



## 人工物工学研究センターの研究「壺」

東京大学人工物工学研究センター

吉川弘之先生をはじめ多くの方々の御尽力により去る平成4年4月に開設した人工物工学研究センターRACEも、設置以来早1年を迎えようとしております。その間我々は、文部省科研費新プログラムメンバーの方々の協力により、これからRACEが進むべき方向について様々な観点から議論を重ねてまいりました。その結果いまだ暫定的な部分があるものの、今後次頁のような全体像でRACEの研究を進めて行くことにし、"artifacts"という語のニュアンスにちなんでそれをRACEの研究「壺」という形で表現してみることに致しました。

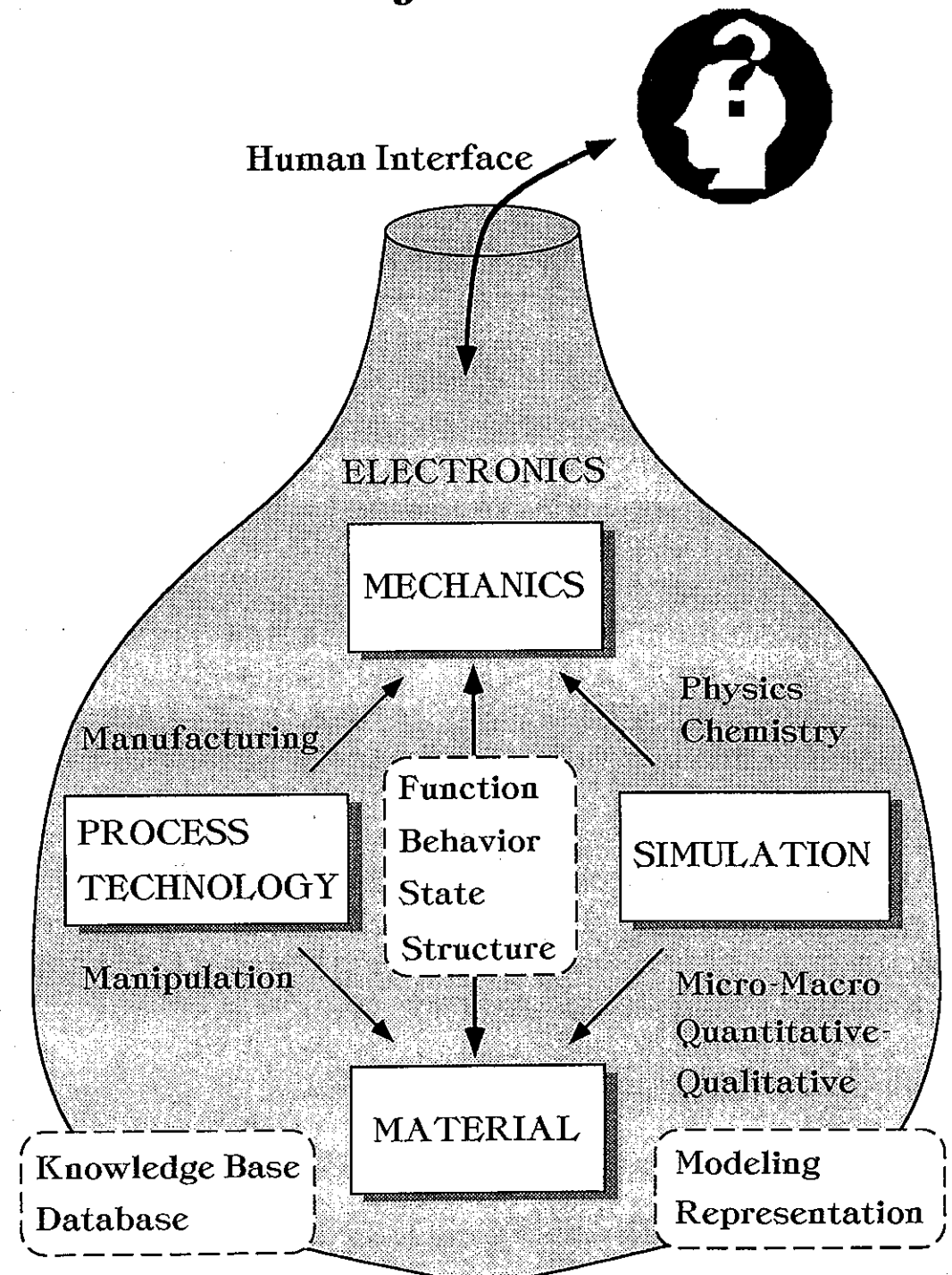
「壺」の中身には大きく4つの項目が含まれます。まずひとつは「機械」そして「材料」です。そしてこれらを結ぶ軸があります。かつては階層的な関係にあった「機械」と「材料」も、いまや機能性材料などの例にみられるように並列の関係になりつつあるとあって良いでしょう。特にマイクロマシン等の微小スケールの世界、宇宙空間、そして深海等でこの問題は重要となります。そこでまず、この軸の上で「機械」「材料」両者の機能・挙動・状態を統合的に記述可能な方法論を確立することを目指す必要があります。さらにその挙動を予測するためには高度な知的「シミュレーション」も必要でしょう。特にミクロとマクロ、定性と定量、そして物理と化学といった総合的な視野に立ったシミュレーション方法の確立が必要です。その際には対象のモデリングと表現方法が極めて重要であることは言うまでもありません。もう1つの項目は製造を含む広い意味での「プロセス技術」です。これは例えば想像しうる対象の内、現在の技術で何が実現可能で何が不可能かを見極めるうえで極めて重要となります。そこには材料に関するデータベース、さらには「壺」全体を大きく包み込む形での大規模知識ベースが必要となります。

最後に以上の「壺」をのぞき込むためのヒューマン・インターフェイスに関する研究が重要となることを指摘しておかなければなりません。よりフレキシブルで魅力的・刺激的なインターフェイスは「壺」の口を大きくし、さらには人間に内在する知識やアブダクションに代表されるその駆動方法の可能性を大きく広げるに違いありません。

以上のような全体像のもとRACEは人工物工学研究を進めて行く所存です。その結果見えてくるものは、新しい人工物との共存の在り方でしょうか？それともさらなる人工物の氾濫に過ぎないのでしょうか？皆様のご理解、ご支援をお願い致します。

## RACE Research Projects

Knowledge  
Abduction



## 「第1回人工物工学シンポジウム」開催される

11月26日(木)、27日(金)の二日間、文部省科学研究費新プログラム「工学を総合化する知的人工物に関する研究」グループおよび東京大学人工物工学研究センターの主催により、表記のシンポジウムが新宿センタービル52階大ホールにおいて開催された。このシンポジウムは、従来の領域工学の枠組みを越えて、これからの社会に適合した新しいタイプの人工物を創造し運用するための一般理論の体系化を目指す新しい工学—「人工物工学」について、それが必要とされる背景とその目指すべき将来について、様々な角度から議論することを目的としたものである。

シンポジウム初日の26日には、科研費グループリーダーの小山健夫工学部教授の開会挨拶に始まり、人工物工学の提唱者である吉川弘之総長特別補佐の「設計学と人工物工学」、人工物工学研究センター長である中島尚正工学部教授の「知的機械システムと人工物工学研究」、小山健夫教授の「知的設計工学」、岩田一明大阪大学工学部教授の「生産知識」の各講演、そして富山哲男工学部助教授のコーディネートによるパネル討論「人工物工学とは何か」が行われた。同日には合わせて懇親会も開催され、ここには岡村弘之工学部長も駆けつけてくださり、ご祝辞と励ましのお言葉をいただくことができた。

翌27日には、大須賀節雄先端科学技術センター長の「設計とAI」、沖野教郎京都大学工学部教授の「生物型モデリング要素モデロンによる知的CADアプローチ」、矢川元基工学部教授の「大規模解析システム」の各講演、ならびに岩田修一人工物工学研究センター教授のコーディネートによるパネル討論「未来の設計」が行われた。

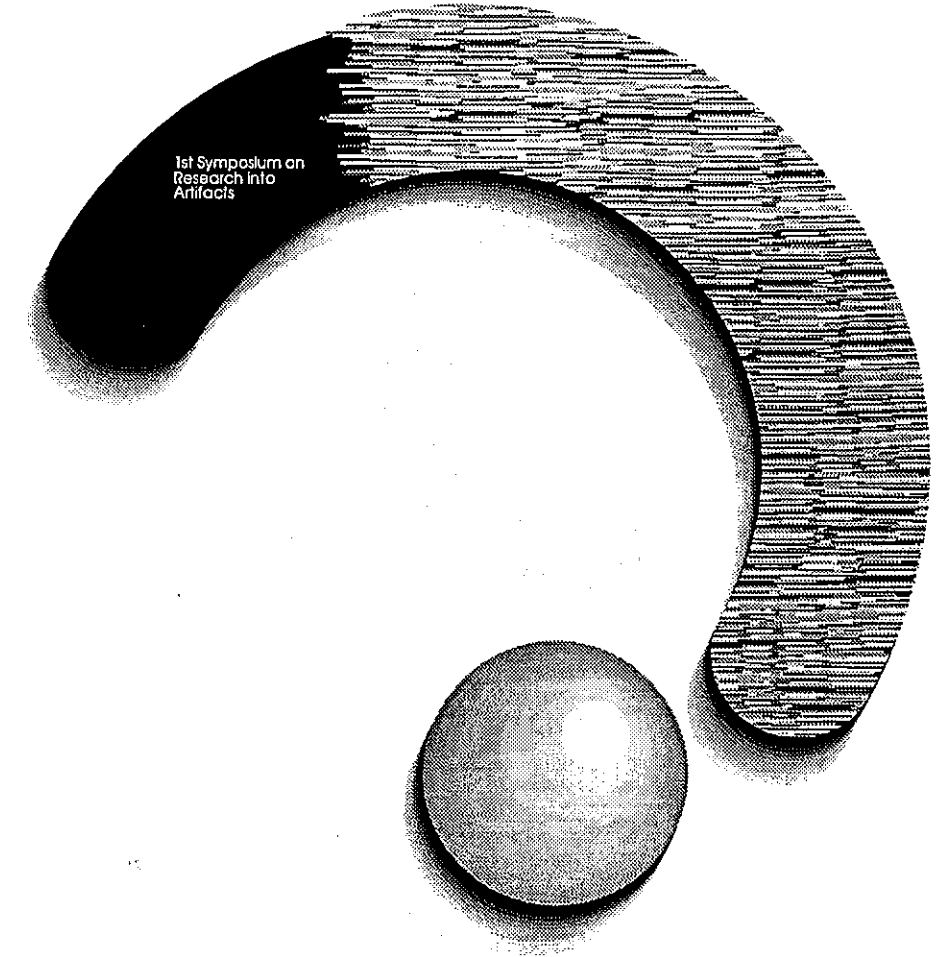
2日間とも幸い天候にも恵まれ、会場には270人もの参加者が詰めかけ、まさに立見ができる程の盛会であった。同時にフロアからの質疑応答も非常に多く、この「人工物工学」に対する社会の関心、期待の大きさがひしひしと感じられた。それと同時に主催者一同、今後一つずつ着実に研究の成果を上げて行かなければならないことに対する責任の大きさを改めて痛感させられた。

なお、来年度の平成5年10月25日(月)、26日(火)には「人工物工学」に関する国際シンポジウムを大講堂(安田講堂)で開催する予定である。

(人工物工学研究センター)

## 第1回人工物工学シンポジウム

26-27 November, 1992

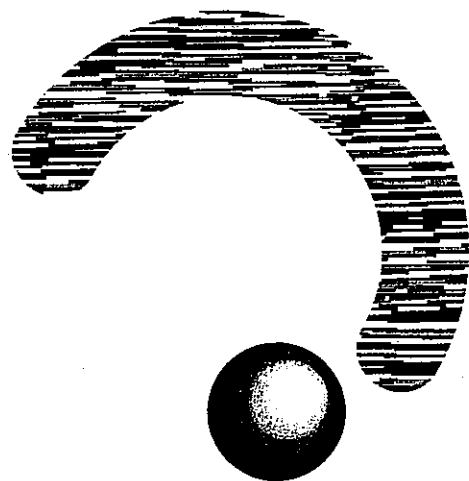


開催日：1992年11月26日(木)、27日(金)  
会場：新宿センタービル52階大ホール(Nゾーン)  
主催：文部省科学研究費新プログラム「工学を総合化する知的人工物に関する研究」グループ  
東京大学人工物工学研究センター  
協賛：東京大学工学部  
協賛：形の科学会 情報知識学会 情報処理学会 人工知能学会  
物産工学会 土木学会 日本機械学会 日本建築学会  
日本建築学会 日本電子力学会 日本放送学会  
日本シミュレーション学会 日本造船学会 (50名額)  
● 会場お申し込み・お問い合わせ先  
〒113 東京都文京区湯谷2-11-15  
東京大学人工物工学研究センター内 人工物工学シンポジウム事務局  
電話：(03) 51602-2204 (03) 51602-2205  
お申し込みの際は、氏名・所属・連絡先などを明記し、  
11月10日(水)までに事務局にお送りください。  
上記シンポジウム事務局にご郵付下さい。



# 第1回人工物工学シンポジウム

1st Symposium on  
Research into  
Artifacts



## 開催趣旨

現在、高度大量生産システムの急速な発展により、工学が作り出す多量の人工物は地球環境を変化させる程に地球に満ちあふれ、極めて大きな影響力をもつようになりました。

一方これまでの工学は、産業・製品分野に応じて対象領域を細分化し、各領域に最適な手法を開発し確立することを目的として発展してきました。このような領域別の細分化は、その領域固有の学問や技術を発展させる上では確かに有効な手段でしたが、昨今の経済力の成長に伴う産業構造の変化や、社会・経済および環境問題のグローバル化に起因する領域の境界が複雑に絡みあった状況に対して、工業領域の細分化が柔軟な対応を困難にしていることも事実です。

例えば、前述の環境問題ひとつを取り上げても、従来の細分化した工学を単に寄せ集めただけでは有効な問題解決手段を提供することが不可能となっており、エネルギー問題や貿易摩擦問題にしても全く同様です。

そこで私たちは、経済問題・社会問題・資源問題のそれぞれに対して総合的な視点から対処する手法を確立するには、産業や製品別の特徴を超越して、創造的な新しいタイプの人工物を創造し運用する一般理論の体系化を目指した工学の発展が必要であると考え、それを「人工物工学」と名付けました。

今回開催いたします「第1回人工物工学シンポジウム」は、この「人工物工学」が必要とされる背景とその目指すべき将来について、さまざまな角度から議論することを目的としております。

多くの方々の御参加をお待ちしております。

**開催日** 1992年 11月26日(木)、27日(金)

**会場** 新宿センタービル52階大ホール (Nゾーン) [大成建設株式会社内]

**主催** 文部省科学研究費  
新プログラム「工学を総合化する知的人工物に関する研究」グループ  
東京大学人工物工学研究センター

**後援** 東京大学工学部

**協賛** 形の科学会 情報知識学会 情報処理学会 人工知能学会 精密工学会 土木学会  
日本機械学会 日本金属学会 日本建築学会 日本原子力学会 日本航空宇宙学会  
(依頼中包含) 日本シミュレーション学会 日本造船学会 (50音順)

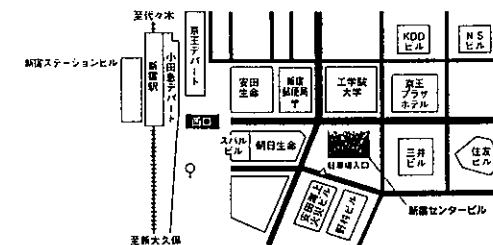
**シンポジウム・懇親会  
参加費** 5000円

**懇親会 (同時開催)** ●日時: 1992年11月26日(木) 18:00~20:00  
●会場: 新宿センタービル 52階 談話室 (Sゾーン)

Program	1992年 11月26日(木)	1992年 11月27日(金)
10:15~10:30 開会挨拶	■ 小山健夫 文部省科学研究費研究グループリーダー 東京大学工学部教授	
10:30~11:30 設計学と人工物工学	■ 吉川弘之 東京大学総長特別補佐 東京大学工学部教授 東京大学先端科学技術研究センター教授	10:00~11:00 ■ 大須賀節雄 東京大学先端科学技術研究センター長 設計とAI
11:30~12:30 知的機械システムと人工物工学研究	■ 中島尚正 東京大学人工物工学研究センター長 東京大学工学部教授	11:00~12:00 ■ 沖野教郎 京都大学工学部教授 生物型モデリング要素 モデルによる 知的CADアプローチ
12:30~13:30 昼食・休憩		12:00~13:00 ■ 昼食・休憩
13:30~14:30 知的設計工学	■ 小山健夫 文部省科学研究費研究グループリーダー 東京大学工学部教授	13:00~14:00 ■ 矢川元基 東京大学工学部教授 大規模解析システム
14:30~15:30 生産知識	■ 岩田一明 大阪大学工学部教授	
15:30~16:00 コーヒーブレイク		14:00~14:30 ■ コーヒーブレイク
16:00~17:30 パネル討論 「人工物工学とは何か」	■ 富山哲男 東京大学工学部助教授 パネリスト ■ 小山岡夫 学術情報センター研究開発部助教授 ■ 馬場清憲 埼玉大学政策科学研究科助教授 ■ 廣瀬通孝 東京大学工学部助教授 ■ 吉村 忍 東京大学人工物工学研究センター助教授	14:30~16:00 ■ パネル討論 「未来の設計」 パネリスト ■ 柳生孝昭 日本ユニシス(株) 常務取締役 ■ 山中俊治 東京大学工学部助教授 ■ 久保田典弘 東京大学人工物工学研究センター助教授 ■ 桐山孝司 東京大学人工物工学研究センター講師
18:00~20:00 懇親会		16:00~16:10 ■ 矢川元基 東京大学工学部教授 閉会挨拶

## 会場Map

〒163-06 東京都新宿区西新宿1-25-1  
Tel:03-3348-1111(代) 内線8764



## Attention

参加お申し込み、お問い合わせ先

〒113 東京都文京区弥生2-11-16  
東京大学人工物工学研究センター内人工物工学シンポジウム事務局 担当: 福田 Tel:03-5802-2908 Fax:03-3815-8393  
★参加御希望の方は、氏名・所属・連絡先などを明記し、11月10日(木)までに郵送あるいはFaxで上記シンポジウム事務局宛にご送付下さい。

■ 第1回人工物工学シンポジウムアンケート ■

■本日はシンポジウムにご参加いただき、本当にありがとうございます。

「人工物工学」は皆さんと共に造り上げて行く工学です。今後の活動の参考のため、お手数ですが以下のアンケートにお答えいただければ幸いです。

1. 「人工物工学」と聞いて、最初にどんな印象を持たれましたか？
2. 現在、最も関心を持っている（最も欲しい）人工物は何ですか？
3. なぜ人間は人工物を必要とするのだと思いますか？
4. これからの社会にふさわしい人工物はどのような特徴を持つべきだと思いますか？
5. シンポジウムの講演およびパネルディスカッションで面白かったことは何ですか？
6. シンポジウムに参加され、現在では「人工物工学」とはどのようなもの（になるべき）だと考えておられますか？
7. 「人工物工学」および今回のシンポジウムに対するご意見、ご批判などありましたら、どんなことでも結構ですので是非お願い致します。

ご協力どうもありがとうございました■

■お名前 ( )  
■ご職業 ( )  
■ご年齢 ( ) 歳 男 女

第1回人工物工学シンポジウムアンケート結果より

人工物工学研究センター 馬場靖憲、久保田晃弘

- 記述式のアンケートにもかかわらず、シンポジウムの参加者総数288人に対して、アンケートの回答総数は104と、回収率は極めて良好でした。
- まず、大多数の回答者（必ずしも参加者ではない）がシンポジウムをenjoyしたコメントを残していたことが最も印象的でした。
- アンケート回答者は、大学教官を中心とするシンパ、企業人がから成り、最大グループを形成するbandwagon派と、progressive派とも見なせる中グループ（約25人）に分類可能であると考えられます。
- リード回答者と見なされるprogressive派の最大の主張は、人工物工学に対する「人工物科学」指向であり、主対象としている機械系からのスコープ拡大の希望でした。示唆された対象分野は以下の通りです。
  - ・人間（e.g.作られた人工物と人間のかかわりを重要視）
  - ・人間の心/精神/幅広い知恵/発想
  - ・人文/社会科学（経済/社会/環境/心理/法律）
  - ・デザイン/芸術（e.g. finished art）
  - ・文明/文化（e.g. 日本的「人工物工学」）
- またprogressive派からは以下の重要な意見が寄せられました。
  - (1)人工物工学の研究対象はどの程度のartifactsに絞るのか？
    - ・softwareは除かれるのか？
    - ・形のないサービス（e.g.情報/通信）はどうなるのか？
  - (2)人工物工学が領域化してしまう危惧はないか？
    - ・人工物工学の研究体制を構成する設計、製造、知能といった設定が、すでに領域化の危険を内包しているのではないか？
- 以下、寄せられた回答の要約を順不同で羅列します。

1. 「人工物工学」と聞いて、最初にどんな印象を持たれましたか？

- ・意味不明な造語
- ・洗練されていない
- ・設計を対象とした力強さ
- ・高層ビルや大型橋
- ・「自然物」との違いを意識したグローバルな工学
- ・人工物科学（多数）
- ・人工ロボット
- ・建築物、土木→無機質の立体→人工臓器
- ・AIを利用した設計、製造工学
- ・特定の分野に依存しない総合された設計、生産の工学的概念、方法論
- ・人工、物工学かと思った
- ・科学技術の体系化による自然界との共存
- ・定義不明
- ・シンセシスに関する研究
- ・わからない
- ・これから役立ちそう
- ・産業廃棄物→工学の反省期
- ・自然物以外の物に関する学問
- ・大きな概念であり、具体的イメージがあまりわからない
- ・工業デザイン
- ・知能をもった機械、構造物
- ・「木」から「森」を見る立場への変化
- ・瀬戸大橋、景観工学
- ・人間の営みの足跡
- ・工学における総合化
- ・魅惑的
- ・得体の知れない学問

- ・奇異 (多数)
- ・違和感, 不自然 (多数)
- ・現在の人工物に対する危機感のリアクション
- ・一般的工学
- ・物質そのものについての工学
- ・人工環境をどうすべきか
- ・廃棄に関する工学
- ・複雑な内容を持つ, 興味深い苦心の跡の見える造語
- ・生物的なものと工学的なものとの融合
- ・面白いが冗長
- ・巨大システム
- ・一般設計学
- ・知識とその利用
- ・未来的, SF的
- ・工学の成長? 行き詰まり?
- ・バーチャル・リアリティ, 生体模倣
- ・新素材
- ・人間を扱う工学
- ・総合工学
- ・期待と好奇心

## 2. 現在, 最も関心を持っている (最も欲しい) 人工物は何ですか?

- ・何にでも関心がある
- ・頭脳と筋肉があるようなもの
- ・いわゆる産業により生産される生産物すべて
- ・原子炉の水蒸気パイプ修理用マイクロ・ロボット
- ・マイクロ・ロボット, 料理ロボット
- ・8mmビデオ
- ・自由に変形できるもの
- ・大規模高速輸送システム
- ・計算機ソフトウェア
- ・人間の持つ情報のセンサー
- ・地球上の資源を使わないシステム
- ・Dynabook (原語)
- ・知的事務官ロボット
- ・次世代の電気エネルギー生産システム
- ・海上都市
- ・お金
- ・口頭で指示できる機械
- ・音声認識コンピュータ
- ・コンピュータの出力周辺機器
- ・判断力を持った肉体労働機械
- ・音声を即座に文字表現にできるもの
- ・200インチの超大型ハイビジョン+環境レーザディスク
- ・美人看護婦ロボット
- ・重力コントロール装置
- ・傾斜機能材料
- ・エネルギー変換材料
- ・社会にインパクトを与える巨大システム
- ・機能冗長および自己修復機能を持った自動車
- ・物でなくサービス (特に通信, 情報)
- ・おどろかせてくれるもの
- ・メディアソフト
- ・設計するもの
- ・どらえもんポケット, どこでもドア
- ・家庭電化製品
- ・イメージを伝達する装置
- ・知能
- ・環境を改善する人工物
- ・賢い計算機
- ・地球環境と人間の要求を満たし安価な自動車
- ・社会と人にやさしく, 地球環境に合う人工物
- ・知的機械 (生物型自律分散型知能モジュール)
- ・パーソナル・ロボット

- ・将来の都市構造
- ・Discrete manufactured products
- ・知的に振舞うソフトウェア
- ・世界の同時平和を実現するシステム
- ・痛みを伴わない体内手術装置
- ・精神的な面を満足させてくれるもの
- ・調和型自律分散生産システム
- ・仮想工場
- ・完全機械制御カメラ
- ・次世代計算機
- ・知的CADシステムとその周辺
- ・快適な一戸建て住宅
- ・400MIPSのEWS
- ・ProfessorのTitle
- ・建築物を創りメンテナンスする機械
- ・不用になると消滅する人工物
- ・ニューラル・ネットワークによる制御システム
- ・考えをまとめ, 検証するための道具
- ・次世代化学プラント

## 3. なぜ人間は人工物を必要とするのだと思いますか?

- ・人間の固有の能力の拡大, 活動範囲の拡張, 安全の確保
- ・情緒的生活を高め, 生活を豊かにする
- ・快適性の追求 (多数)
- ・社会/経済活動の支援と効率化
- ・もともとは本能から出発
- ・人間の入っていけない所の解明
- ・人間は本質的に怠惰であるから, 楽をするため
- ・欲望や欲求を満足させるため (多数)
- ・すでに人工物のあふれた世の中に生まれたから
- ・厳しい環境の変化に耐え, 人間という種が存続するため
- ・自己完結したものへのあこがれ
- ・人間の進化のため
- ・人間に知能があるから
- ・人間の生産活動を成立させるため
- ・生活の向上と幸福の実現
- ・肉体という束縛によって閉じ込められた無限の可能性を取り戻すため
- ・人間以外の物を制御するため
- ・価値を生み出すため
- ・創ることによる満足感
- ・想像力を満たすため
- ・生命の維持のため
- ・「人工物」なくては人間は人間でなくなる
- ・自己防衛から自己充足への拡がり
- ・労働からの解放
- ・物に自己を反映させることによる快感
- ・まわりに人間が存在することに対する安心感, 安堵感
- ・生活, 仕事そして趣味のためのツール
- ・他人より優れた位置を占めるため
- ・人間の手足, そして心の延長
- ・人間の能力を限界まで引き出すため
- ・表現力
- ・社会生活そのもの
- ・人間は究極の人工物
- ・ステータスシンボル

## 4. これからの社会にふさわしい人工物はどのような特徴を持つべきだと思いますか?

- ・トータルライフを通じて安全と有効性が高いこと
- ・人間や社会が不当な歪みを受けないもの (経済効率だけを追求しない)
- ・過剰に作りすぎない
- ・環境, 社会, 人間に適したもの
- ・社会のニーズをグローバルに満たすもの
- ・人間が不安を感じないもの

- ・壊したいときに壊せるもの
- ・使えば使うほど人が健康になる
- ・製造するためのエネルギーが少ないもの
- ・再利用が可能なもの
- ・必要以上の機能、性能を持たないもの
- ・Adaptive, Self-organizing
- ・人間の真の進化に寄与するもの
- ・環境の浄化に寄与するもの
- ・少なくとも快適性を保持するもの
- ・人にやさしい、環境にやさしい (多数)
- ・人間の味方となるもの
- ・これからの社会にふさわしい人を育てるもの
- ・幅広い用途に柔軟に対応するもの、機能の追加と更新が可能なもの
- ・だれでも簡単に使えるもの
- ・使う人に合わせてくれるもの
- ・壊れにくいもの
- ・自然の物質代謝の一環に組み込まれるようなもの
- ・存在が気にならないもの
- ・自然消滅機能と増殖機能
- ・ヒーリング機能
- ・自然を見習ったもの
- ・余裕のあるもの
- ・新しいカルチャを作り出す手段となるようなもの
- ・人間の感性を満足させるもの
- ・Closedなもの
- ・あまり自動化を進めないこと
- ・カメレオン
- ・有限性を考慮したもの
- ・還元的事であること
- ・持つことと作ることに喜びを感じるもの
- ・生命システムに近づくこと
- ・全体として釣り合いのとれたもの
- ・やわらかい機械
- ・自立したもの
- ・多機能、コンパクト
- ・可変性を有するもの
- ・節度と完結性
- ・全体として太陽エネルギーの収支に見合っただけしかエネルギーを必要としない
- ・真に必要なとする最小限の在り方に即するもの
- ・合理的な存在であるもの
- ・できるだけ多くの観点から考察されたもの
- ・存在に違和感のないもの
- ・害の少ないもの
- ・コストパフォーマンスが良く、芸術的であるもの
- ・社会に対して自らの存在を説明できるもの
- ・人間、地球と対話できるもの
- ・設計者の意図が存在するもの
- ・自分が創ることの喜びがあるもの
- ・人間の幸福の向上に貢献するもの
- ・家宝としての人工物
- ・人間のメンタルな部分に大きな満足感を与えるもの
- ・人間にわかりやすいもの
- ・美しいもの
- ・感性への比重が大きいもの
- ・人工らしからぬ人工物
- ・ユーザをリードするもの
- ・あらかじめ社会に与える影響を考慮したもの
- ・悪い Side Effect がない
- ・Fool Proof の追求

#### 5. シンポジウムの講演およびパネルディスカッションで面白かったことは何ですか？

- ・各人の視点も解釈も様々であること
- ・当たり前であること (民間企業では専門分野の壁など今ではほとんどない)
- ・一般的にいって機械屋は視野が狭いことがわかったこと

- ・コンセプト全体
- ・人工物工学→社会科学、という考え方が面白く、納得できる
- ・吉川先生の目玉焼
- ・アーティフィシャル・フレンズ
- ・領域限定
- ・会場からの質問
- ・Abductionの話
- ・人工物の社会資本化
- ・人工物の進化ということ
- ・人工物の定義がまだ定まっていないこと
- ・多様な視点
- ・タテマエと本音の乖離
- ・美学、芸術に関する議論
- ・パネリストと企業側の実利主義の対比
- ・概念を表す言葉、シンボルに関する議論
- ・パネルディスカッション
- ・グローバルな工学の必要性が感じられたこと
- ・ポスト大量生産パラダイム
- ・インダストリアル・デザイン
- ・「設計」「製造」という視点が出ていたことに対する危機
- ・いい意味でばらばら
- ・むりやり人工物に結び付けようとしている人もいた
- ・原始における物作り
- ・知的人工物とは何かという議論を避けたこと
- ・文明も扱うという意見
- ・サブカルチャーも無視できないという意見
- ・現代の邪悪なるもの
- ・工学研究者以外の意見
- ・キカイ屋が芸術を論じたこと
- ・期待の大きさ
- ・活気、熱気があった
- ・人工物工学シンポジウムで人工物工学とは何か？を議論している点
- ・設計と人間のかかわり合いについての部分
- ・議論においては屁理屈では数学者に負け、巧みさでは文系にかなわない
- ・新鮮さ

#### 6. シンポジウムに参加され現在では「人工物工学」とはどのようなもの (になるべき) だと考えておられますか？

- ・文化、文明と融合した工学
- ・知識マネジメントを中心とした工学の中の経営/経済/政策的な分野
- ・人工物を扱う科学としての立場
- ・総合的な工学
- ・自由にのびのびとしたもの
- ・アメリカのまねでないもの
- ・学問の再体系化とカップリングの評価法の確立
- ・知識の共有化
- ・怪しげだが実証性のあるもの
- ・工学の哲学となるもの
- ・「生産論」として成長すべき
- ・社会に対する貢献を重視したもの
- ・感動を創造するもの
- ・製品設計の基本理念と行動規範を提示するもの
- ・とりあえず、東大工学部のすべての学科をリンクすること
- ・メタ工学
- ・人工物工学とは神に至る道である
- ・目に見え、わかりやすいもの
- ・閉じられた系における人工物の創出法
- ・着想大局、着手小局
- ・複合した評価に対し解をどう求めるか
- ・工学者の限界を打破するもの
- ・人間の心を含めた工学
- ・人工物のあるべき姿の研究
- ・人間の発想に対する科学的アプローチ
- ・設計者の意図の明確化
- ・人工環境を考えるための材料

- ・人間の欲求の理論的解明
- ・人工物の憲法の確立
- ・人の営為そのものの研究(したがって科学あるいは人文科学に近くなる)
- ・人工物のライフサイクルという概念の確立
- ・工学全体を見渡せるようなもの
- ・新型システム工学
- ・「地球環境に対してやさしいモノ作り」に有効な工学
- ・芸術に対する「美学」に近い哲学を含むもの
- ・社会資本化人工物に関する研究
- ・物作りの社会的立場を向上させるもの
- ・日本の文化、文明の見直しを行うもの
- ・人間の知恵の工学化
- ・CIM, IMSを超えるもの
- ・工学を含む「人工物諸学」
- ・自然からの学習とそこからの創造
- ・自然、人間、社会を考慮した工学
- ・普遍性と特化した分野を両有した工学
- ・設計の原理とその活用
- ・物作りの一般原理
- ・産学、そして政府が協力した新しい理論の創出
- ・工学を本来の軌道に戻すもの
- ・工学の方法論の確立
- ・abductionに対する合理的な追求
- ・物を作る前に広い視野で熟考する態度→子供のしつけに通じる
- ・設計と設計支援
- ・ノウハウをまとめる方法論

7. 「人工物工学」および今回のシンポジウムに対するご意見、ご批判などありましたら、どんなことでも結構です。是非お願い致します。

- ・矛盾こそが原動力である
- ・具体的意見を持つ企業の技術者を参加させるべき
- ・機械以外でなく、もっと幅広い人工物を対象にすべき
- ・半日でもいいから年に2~3回は開催して欲しい
- ・今後はさらにテーマを絞るべきである
- ・5000年使える人工物を創ることをターゲットにするべきである
- ・人工物学のほうがよいのでは？
- ・人工物工学はもっと人間を研究すべきである
- ・かえってわからなくなった
- ・万人にわかりやすく
- ・是非日本から新しいパラダイムを発信して欲しい
- ・もともと範囲が広いものだから、イメージがぼけるのは当然である
- ・具体論で実証的に体系を築く努力が必要
- ・従来の工学とどのようにオーバーラップさせて考えるかが問題
- ・安易な妥協をすべきでない
- ・従来技術の延長線上に単に新しい冠を付けただけではないのか？
- ・人工物の物は物理的、感覚的存在に限るべきか否か
- ・具体化する際に、わけのわからない裾野の広さがぼやけないように
- ・先細りにならないように
- ・もっと社会科学系の人の意見を取り入れるべきである
- ・アイデアの具体化を行うべき
- ・人間の精神の研究も行って欲しい
- ・研究テーマの具体化(多数)
- ・次回は成果を聞きたい(多数)
- ・産学交流は金より人
- ・バウンダリーの明確化が必要
- ・次回も参加したい(多数)
- ・まず行動すべし
- ・定期的に行って欲しい
- ・多くの場でレポートを出して欲しい
- ・人工物学とすべきである
- ・理論武装をもっと行うべきである
- ・今後に期待(多数)
- ・工学というのはこんなに自由なものとは知らなかった
- ・機械に偏りすぎ

- ・心理学を加えるべきである
- ・工学の中で実際の産業との乖離が最も大きい設計論のようにならないでほしい
- ・フィールドワークを行うべき
- ・協賛学会に応用数学会と認知学会が含まれていないのが気になった
- ・休憩時間を分配すべき、休息場所が狭い
- ・講演者によって必要な時間を変化させるべきである
- ・若干範囲が狭がりすぎで、焦点がぼやけていた
- ・予想外に面白かった
- ・パネルディスカッションが時間不足
- ・バブルがはじけて大学の方々も大変だと思いました
- ・「人工物機械工学」という感じだ
- ・もっと広く人材を求めべき
- ・科研費グループの構成中、製造科学と知能科学のつながりが理解できない
- ・文系の方々にも数多く参加していただくように
- ・運営主体の方々文化が偏っていて不満
- ・機械工学系、東大系の純粋培養の人の一方的議論に陥りがち
- ・若手が言葉の遊びに落ち込むのではないかとの危惧
- ・もっと少数グループでの集中討議が必要
- ・議論が時間不足で中途半端
- ・同じ様な講演は一人で十分
- ・大御所の先生ばかりで、もっと若手の意見が聞きたかった
- ・第1回であるのだから、人工物の歴史に広い範囲で触れていただきたかった
- ・設計に片寄りすぎ
- ・AIに片寄りすぎ
- ・なぜ電気系の学会、団体が協賛していないのか？
- ・オープンで良かった
- ・結局領域工学へ戻ってしまうのでは？
- ・環境問題などは排除すべき
- ・スコープがやや狭い
- ・「人工物」という言葉の響きが美しくない
- ・もっと「工学」の論点(工学の自立)を強調すべき
- ・宗教？
- ・講演集が要約的すぎる(もっと詳しく)
- ・なぜ法学部の先生が参加しないのか？
- ・工学を面白くしないと、早晚「人材ネック」となる
- ・良く組織され、快適であった(多数)

## RACE Evening Seminar 活動報告

東京大学人工物工学研究センター

東京大学人工物工学研究センターでは、平成4年11月より人工物工学に関する実質的な議論の場として、RACE Evening Seminarを開催してきました。RACE Evening Seminarの基本的方針は以下の通りです。

- ・ おおよそ月1回のペースで開催する。
- ・ 毎回人工物工学に関連する大きな枠の討議テーマを設定し、それに関してプレインストーミング的に様々な視点から自由に討議する。
- ・ 内外部の方々に特別講演をお願いする場合もある。

本年度は初年度ということもあり、特別講演を中心に以下のように5回のRACE Evening Seminarを開催いたしました。

- ・ 第1回：平成4年11月11日（水）18:30～東京大学工学部精密機械工学科会議室  
[議題] RACE Evening Seminarの今後の進め方
- ・ 第2回：平成4年12月16日（水）18:30～東京大学工学部精密機械工学科会議室  
[議題] 外から見た人工物工学  
－第1回人工物工学シンポジウムアンケート結果より
- ・ 第3回：平成5年1月13日（水）18:30～東京大学工学部精密機械工学科会議室  
[議題] The Green Engineering Project (CMU)の紹介
- ・ 第4回：平成5年2月17日（水）18:30～東京大学工学部精密機械工学科会議室  
[議題] Introduction to Education and Research of German Universities  
(Dr. Christian Altmann)
- ・ 第5回：平成5年3月10日（水）18:30～東京大学工学部精密機械工学科会議室  
[議題] Present Status of Russian Materials Industry and Technology  
(Dr. F. A. Kuznetsov)

## RACE-Club 会員募集のお知らせ

東京大学人工物工学研究センター

人工物工学研究センターでは、センターの活動にとって最も基本的な部分となる、既存の領域を超えた産学の交流により「人工物工学」を考える場として、このたびセンター内に人工物工学研究会、略称 RACE-Club を開設しました。現在会員を募集中ですので、人工物工学および人工物工学研究センターにご興味、ご関心がおありの方はぜひ奮ってご入会ください。RACE-Clubの詳細に関しましては別途会員募集のお知らせを作成しておりますので、そちらをご参照ください。なお、RACE-Clubに関するお問い合わせは、お手数ですが下記までお願いいたします。多くの方々のRACE-Clubへのご入会をお待ちしております。

〒113 東京都文京区本郷7-3-1

東京大学人工物工学研究センター 久保田晃弘  
TEL: 03-3812-2111 ext.7793 FAX: 03-3815-8360  
e-mail: bota@tansei.cc.u-tokyo.ac.jp

〒113 東京都文京区弥生2-11-16

東京大学人工物工学研究センター 庶務 福田文  
TEL: 03-5802-2908 FAX: 03-3815-8393