



# RACE News

## No.3

1999年7月7日発行

ISSN 0919-9004

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

### CONTENTS

#### 現況

- ・人事異動

1998年4月から1999年4月まで

- ・シンポジウム

1998年4月から1999年4月まで

- ・受託研究費

1998年4月から1999年3月まで

- ・客員研究員・協力研究員

1998年4月から1999年4月まで

#### 研究紹介

- ・岩田修一

環境調和型の設計=グリーンデザインへの試み

- ・馬場靖憲

『デンタル価値創造』について

- ・富山哲男

研究の背景、目的：基本的思想

- ・河口洋一郎

- ・田浦俊春

- ・桐山孝司

プロトタイプからの知識獲得の研究

- ・芦野俊宏

材料設計のための仮想実験技術

- ・増田宏

RACE News を久しぶりに発行することになりました。平成 10 年度の活動報告を申し上げます。

#### 人事異動

平成 10.4.1

##### 富山哲男

東京大学工学系研究科精密機械工学専攻助教授より  
人工物工学研究センター知能科学研究部門教授に転任

平成 10.5.1

##### 河口洋一郎

筑波大学芸術学系助教授より

人工物工学研究センター仮説形成ラボ／工学系研究科システム量子工学専攻教授に転任

平成 11.4.1

##### 田浦俊春

人工物工学研究センター設計科学研究部門助教授より  
神戸大学大学院自然科学研究科教授に転任

##### 増田宏

東京大学環境海洋工学専攻助教授より

人工物工学研究センター設計科学研究部門助教授に転任

#### シンポジウム

1998年6月16・17日に第4回人工物工学国内シンポジウムが開催されました。第5回人工物工学国内シンポジウムは1999年9月20・21日に開催されます（詳しくは次ページのプログラムを御参照下さい）。

## 人工物工学第5回国内シンポジウム プログラム 「デジタル価値創造と新産業創出」

主催：東京大学人工物工学研究センター

日時：1999年9月20日（月曜日）、21日（火曜日）

場所：東京大学先端科学技術研究センター講堂（駒場第二キャンパス）  
153-8904 目黒区駒場4-6-1

参加費：無料（但し懇親会は参加費5000円）

定員：先着300名

申込み：参加御希望の方は、氏名・所属・連絡先・懇親会参加の有無を明記し、  
9月10日（金）までに下記シンポジウム事務局宛にお申し込み下さい。

問合せ先：東京大学人工物工学研究センター内

第5回人工物工学シンポジウム事務局 担当：林

〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1

TEL: 03-5453-5882 FAX: 03-3467-0648

e-mail: [race-symposium@race.u-tokyo.ac.jp](mailto:race-symposium@race.u-tokyo.ac.jp)

[http://www.race.u-tokyo.ac.jp/5th\\_sympo/](http://www.race.u-tokyo.ac.jp/5th_sympo/)

### 9月20日

9:30- 受付開始

10:00-10:10 開会挨拶とシンポジウムの狙い 岩田修一（東京大学人工物工学研究センター長）

#### 講演「新しい工学」

10:10-10:50 工学の枠組み作りの苦悩～インバース・マニュファクチャリングの場合

梅田靖（東京都立大学工学研究科）

10:50-11:30 CAD Support in Design for Maintainability Fred J.A.M. van Houten（東京大学工学系研究科）

11:30-12:10 人工物工学の核心 岩田修一（東京大学人工物工学研究センター）

12:10-13:30 昼食休憩

#### 講演「デジタル価値創造」

13:30-14:10 デジタルTVの価値創造：その虚像と実像 伊藤修（株式会社日本総合研究所）

14:10-14:50 デジタル価値創造のためのバーチャルテクノロジー

増田宏（東京大学人工物工学研究センター）

14:50-15:10 休憩

15:10-15:50 価値創造の中でのアブダクション 桐山孝司（東京大学人工物工学研究センター）

15:50-16:30 デジタル価値創造 馬場靖憲（東京大学人工物工学研究センター）

16:30-16:50 休憩

パネル「芸術と工学」

16:50-18:20 パネル「芸術と工学」

「異次元世界への旅」

河口洋一郎（東京大学人工物工学研究センター）

富田勲（作曲家）

（大型プロジェクトによる新作CG映像公開、4チャンネル音響によるショー）

18:30- 懇親会

9月21日

講演「価値創造のための新しい技術」

10:00-10:40 ネットワークと知識と情報の共有 芦野俊宏（東京大学人工物工学研究センター）

10:40-11:20 人工環境と情報通信技術、マイクロマシン技術 保坂寛（東京大学工学系研究科）

11:20-12:00 知識集約工学とサービス工学 富山哲男（東京大学人工物工学研究センター）

12:00-13:30 昼食休憩

特別講演

13:30-14:30 「人間と人工物」 今道友信（東京大学名誉教授、元文学部長）

14:30-14:50 休憩

14:50-16:20 パネル「新産業創出のための知識とサービスコンテンツ」

児玉文雄（東京大学先端経済工学研究センター）

前田正史（東京大学生産技術研究所）

馬場靖憲（東京大学人工物工学研究センター）

司会 富山哲男（東京大学人工物工学研究センター）

16:20-17:00 総括討論

司会 岩田修一（東京大学人工物工学研究センター）

## 受託研究費(1998年4月~1999年3月)

受託研究費		
研究課題	委託者	受託金額(円)
設計・生産知識の体系化	三菱電機(株)産業システム研究所	5,000,000
人工物の設計・保全・進化の研究	科学技術庁航空宇宙技術研究所	11,757,000
シンセシスのモデル論	日本学術振興会	79,190,000
共同研究費		
研究課題	共同研究者	共同研究費(円)
環境に配慮した設計と化学物質の評価に関する共同研究	松下技研(株)/Cambridge Univ.	13,840,000

## 客員研究員・協力研究員(1998年4月~1999年4月)

区分	研究員	所属(職)
客員	柳生 孝昭	日本ユニシス(株)
客員	牧田 幸三	社会保険中央総合病院
客員	小田 秀典	京都産業大学経済学部
協力	藤井 浩美	日本電気(株)コーポレートデザイン部
協力	山田 伸(松井)	(株)ピーエー、(株)エルピー
客員	大西 植平	日本電気(株)基礎研究所探索研究部
客員	三浦 秀喜	(株)バーチャルリアリティ・テクノロジーズ
客員	下村 芳樹	川崎重工業(株)電子・制御技術開発センター、研究部
客員	芝池 成人	松下技研(株)超機構研究所
客員	中小路 久美代	(株)SRAソフトウェア工学研究所、奈良先端科学技術大学院大学
協力	鎌目 雅	国際連合大学高等研究所
協力	井上 和之	日本PRM(株)
協力	中挟 義夫	(株)ジェイス
客員	木下 幹康	(財)電力中央研究所
客員	佐藤 純一	(財)次世代金属・複合材料研究開発協会
客員	大富 浩一	(株)東芝 機械システム研究所
客員	藤本 淳	日本電気(株)資源環境技術研究所
協力	山際 康之	ソニー(株)生産技術センター、関連技術部、組立/分解性技術: DACグループ
協力	西川 宣孝	(株)富士総合研究所計算化学技術センター
客員	石川 雅紀	東京水産大学 水産学部 食品生産学科
客員	小池 秀耀	(株)富士総合研究所計算化学技術センター
客員	陳 玲	東京大学総合文化研究科広域システム
客員	田中俊一郎	(株)東芝 研究開発センター
客員	梅田 靖	東京都立大学 工学研究科 機械工学専攻
客員	伊藤 修	(株)日本総合研究所



人工物工学研究センター長

岩田修一

環境調和型の設計＝グリーンデザインへの試み

## 1. はじめに

環境問題の多くは技術的問題ではなく様々な問題が複雑に入り組んだ形で存在する社会的問題である。資源、エネルギー、気候変動、オゾンホール、廃棄物と汚染、リサイクル・リユース、生物多様性、貧困と人口や食糧、環境破壊、政治などが密接な関連を持って絡み合っている典型的な性質の悪い (ill-structured) 問題で、すっきりした答えは出ない。

一方、個々の課題については高度に発達・進化した科学技術を駆使しての解がある。オゾン層破壊に関連しては代替フロン材も開発され、排ガス対策としては内燃エンジンに代わる電気自動車も市販され、炭酸ガスによる温暖化については石油の代わりに原子力エネルギーを活用する等、技術的に選択可能なオプションは用意されており、そこに大きな問題はない。問題は、そうした技術的なオプションを選択するための社会状況にある。

環境保全に関しては一般論としての反対は少ない。問題は、利害関係、史観、価値観の対立や矛盾を克服して、多数の市民が参加する実効のある行動に結びつくことが重要で、そのためには経済的なインセンティブを伴う環境調和性の定義が必要である。科学技術における先進諸国では、環境、環境といいながら使い捨て文化が横溢し、他所での不法投棄には比較的無関心でも近所に建設されるゴミ処理場には強い反対運動が起こる。その一方、科学技術における開発途上国では貧困、食料危機、人口増加等があり、豊かな自然環境の保全よりは格差是正のための工業化に重点が置かれる。従って短期的には環境調和型のオプションを選択する余裕はなく、結果として環境破壊が引き起こされる。

グリーンデザインは、環境破壊をもたらさざるをえない大量生産/大量消費/大量廃棄を前提とした現代の消費社会のパラダイムを脱却し、環境調和型の産業の KATACHI を模索するための一つの試みであり、“作りっぱなし”ではなく、“作ってしまった後のことも考えた”地球市民としての限界をわきまえた節度のある設計への試みである。倫理的な枠組みだけでは、その実践が不可能なことは歴史的にも明らかで、人々のインセンティブをどのように掻き立てるかに焦点を絞った環境調和型の設計＝グリーンデザインを考えて共同研究を進めている。以下、その概要を述べる。

## 2. グリーンデザインへのインセンティブ

新たな展開が達成されるケースには、一点突破全面展開型、計画的プロジェクト遂行型、集団的イノベーション実践型の三つの型が考えられる。第一の一点突破全面展開型は古典的なシーズ駆動型のセレンディピティーに属するもので、古くはトランジスタや LSI の開発、1980 年代では代替フロン材の分子設計、高温超伝導材料のような低次元機能材料などがある。最近ではコンビナトリアルシンセシスで見られるように科学技術の成果を戦略的に再編したアプローチも注目を集めている。いずれも一つのブレークスルーや発想の転換が大きな変化につながる。環境問題は上述の複雑性を有しているため、代替フロン材の場合にも、流通体制、廃棄処分、長期的な環境影響についての評価等、本格的な全面展開は容易でなく、逆に一つの失敗が全面的な否定につながる場合も少なくない。

第二の計画的プロジェクト遂行型は求解の手順が明らかである場合で、大規模かつ複雑な人工物の総合的エンジニアリングの場合に適用される。CALC/STEP、CASE ツール他、航空機、原子炉、化学プラント、自動車などの産業分野で、多数の専門家、技術者が多種多様な業務を効率的かつ総合的に遂行するための枠組みが考えられている。環境に関連しては、特定地域の景観設計、保全、浄化などへの適用が考えられる。

第三の集団的イノベーション実践型は、基礎から応用、さらには文化にいたる幅広い知的ストック、人的資源、資金、産業インフラ等の総合的なポテンシャルとネットワークの下で超並列に、非線形的に達成されるダイナミズムで、新しい時代を拓く型と考えられる。環境の時代は、そうして開かれるべきものであるだろうが、そのための人々のインセンティブは、どのように高められるべきものであるのかについては明らかでない。いずれにしても個々人のインセンティブを伴う理想的な展開は以下のようなものであろう。

第一の型により範例が提示され、その中に環境ビジネスとしての成功事例があり、成功事例についての多面的な観点からの知識ベースが形成され、他のグループにより参照されることにより先駆的な試みは評価され、上手くいけば次の新ビジネスが提案される。そうして新たな挑戦が次々と開始され、創発的な状況が準備される。そこでの第二の型の役割は補完的なもので、課題に応じた適正な規模のプロジェクトが計画され、実施され、成功すれば世界が評価する。第三の型は、以上の活動の結果であり、成功事例や失敗事例を蓄積、整理・体系化し、学術や文化として止揚するための非ビジネス系の活動が続けられ、次の挑戦への知的ストックが拡充される。

ここでのインセンティブは、表面的にはビジネスチャンスの獲得であるが、根源的には社会的動物としての人間の尊厳に関わるものである。すなわち、意見を異にする人々が山積する課題を乗り越え、そこで達成する相互の信頼関係の構築そのものに内在する価値であり、グリーンデザインは、そうした社会の成熟・進化過程に深く関係した人々の行為の表徴である。

### 3. 材料に関わる環境調和性

製品開発の現場においては相矛盾する要求仕様を調整しながら概念設計、材料選択、詳細設計と進み、製品の最終仕様が決定される。ひとつのアプローチは芝池らによるもので、設計の上流の段階に環境調和性の高い材料選択を支援する枠組みを導入し、設計・生産システムを変革することによりグリーンデザインを実現し、後からリサイクルを考えるのではなく、エネルギー収支、廃棄物量などに依存する環境因子を特性・機能因子と直交する新たな目標を定義する方法である(1)。全自動洗濯機用タンク材料の選択の例での要求仕様は、

「内部に水と衣類を収容し洗濯と脱水を行うリサイクル可能なタンクで、材料コストおよびエネルギー消費量を最小にすること」であり、

- ・製造時に変形しない剛性を有すること
- ・動作時に破壊しない強度を有すること
- ・動作時に共振しない振動特性を有すること

が制約条件となる。上記の環境関連因子と剛性、強度、コスト、密度、振動特性、耐食性、表面硬さ等の特性が考慮され、候補材料であるポリプロピレン、ステンレス鋼、各種アルミニウム合金が全材料との図示・比較され、環境因子に重点を置いた評価からステンレス鋼を選択している。設計仕様の決定にいたるには更に細かな技術的評価が必要であるが、こうした手法の利点は、生産現場にわかりやすい形で環境調和性という文化を持ち込んだことで、個々の製品に込められる“意味”が豊富になることにある。それは、効率重視の20世紀型パラダイムからの脱却であり、製造業者が製品の全ライフサイクルに責任をもつという(Extended Producer's Liability)への流れへの準備でもある。

素材のリサイクルに関しては、廃棄物の質・量ともに原材料に比べると大きなばらつきがあり、その多様性の克服が過大である。価格や供給量の安定性、価格・品質の低下、リサイクルのためのエネルギーコスト、リサイクル市場の確保、副産物も含めた有害物の取り扱いなど、課題は多い。特に、有害物に関しては、第一原理計算手法、構造-活性相関、生物活性、体内動態などの多面的アプローチにより、毒性についての理解も進み、場合によっては毒性発現のメカニズムも原理的に解明されつつあるというのが、重点的な検討結果が公開されているのはWHOによるEnvironmental Health Criteriaでも約200物質、NIH/EPAによるHSDB(Hazardous Substances Database)でも約5000物質に止まっている。また、大量の毒物質による即発の効果の場合に見られるように明白な因果関係が容易に観測される例は極めて希で、多くの場合、因果関係があいまいで、そこに微妙な利害関係、価値観の違いが持ち込まれることが多い。ここでは病理学的なメカニズムの同定にはじまり、疫学的検定、規制当局の予防的対策、定量的評価(特にしきい値)、当事者のリスクアセスメント、リスクマネジメント、マスコミ報道、一般市民の行動に至るまで、同一のデータに対しても様々な解釈と意思決定がある。そして微妙な問題ほど、立場、目的等の違いにより、グループ内、グループ間でも意見の相違、対立があり、評価基準、意思決定、行動規範も、相異なる例が少なくない。また微妙な問題ほど関係する因子の数が多く、因果関係も複雑であるため、より大きなデータベースを必要とする。そのため、多くの場合、情報は不十分である。代表例としては、微量の化学物質の慢性的な被曝による晩発効果や遺伝的影響の評価がある。そこでは、個々のケースについてデータの信頼度に始まり、線形性が成立するか、しきい値は存在するのか、他の因子の影響を除去できるか等々、因果関係に関連して専門家間でも意見の対立があり、10年以上にわたって毒性評価が議論される例は少なくない。また、バイオアッセイによる定量的評価に際しても、データ獲取と解釈のための期間を要し、適用の可否についても意見の一致をみないことが多い。薬理的には、容量-反応関係、レセプターや、吸収、吸入、侵入経路、輸送、代謝、代謝経路、排泄等の違いに着目して整理する必要がある。

このように考えてみると、この課題には、ミクロなレベルでの質的制御と総量として物流制御に、知の限りを尽くさなければいけない「ケミカル・ルネサンス」(2)への萌芽が群生していることがわかる。

## 4. 分解性と組立性

材料レベルでの環境調和性に関しては、ミクロなレベルでのエントロピー項の制御が極めて重要であることが分かったが、よりマクロな製品の設計についても同様の課題は存在する。リユース性、リサイクル性、メンテナンス性、分解性、組立性、アップグレード性などが課題となるが、技術進歩や製品開発の速度が速く、市場の流れを変えるような製品ライフサイクルについての戦略の検討は開始されたばかりである。全体的な考え方については、梅田、富山による優れた解説(3)、(4)があるので、ここでは広い意味での市場のニーズに対応した試みの例を紹介する。

### <事例A>: CDプレーヤーの光学ピックアップユニットの分解性設計

CDプレーヤーやMD、DVD、ゲーム機などに広く用いられている光学ピックアップユニットは、機械的消耗はなくリユースが可能であるが、分解して取り出すための手間が障害となっていた。山際は、その障害をなくすため「組立/分解性評価設計法: DAC (Design for Assembly/Disassembly Cost-effectiveness) を用いて設計改善を試み(5)、組立/分解過程を生産現場のデータに基づいて文節化し、設計の評価、改良を行い、この事例では分解時間を約40%の短縮している。分解過程での大きなコスト高の要因である人件費関連のコスト削減を行うことによって、本質的にリユース可能な部品の適正な市場を形成しようとする試みである。

### <事例B>: 沸騰水型原子炉のシュラウド交換

原子炉は、極めて小さい体積を使って大規模なエネルギーを発生する装置であり、人間の体と同じように経年変化があり、適正なメンテナンスを必要とする。経年変化の多くは、基本的に非可逆的なプロセスであるため場合によっては部品交換をする必要がある。東京電力の福島第一原子力発電所では、予防保全の一貫として、診断(適正な状態把握)に基づく大型構造部品を交換を行っている(6)。この事例は、複雑なシステムの予防保全技術、分解技術、組立技術の確立という点で、極めて優れた範例である。

以上の事例は、需要によって喚起させられたリユースの範例で比較的価値の変動が少ない事例であるが、一般の人工物の場合には、技術進歩や市場の変動により価値そのものの時間変化を考慮しなければならないため、ライフサイクルの設計はより難しくなる(6)。

## 5. これから

より大きな課題としては景観設計がある。科学技術により獲得した過剰の生産性により、豊かさが充実するその一方で、景観の中には後始末できない多量の人工物が残される。グリーンデザインの大きな目標の一つは、そうした状況からの脱却である。そのために解決しなければならない問題は、有限性の取り扱いで、空間、物量、"知"の有限性を前提とした社会システムの構築であり、全解空間を対象とした求解の理論が重要となる。それは、集団として共有する知識インフラの保全と進化に関わるものである。経年変化、劣化、時効、風化などの自然現象よりも、人々の考え方、価値観の変化はダイナミックで、物の流れ、エネルギーの流れ、情報の流れ、金の流れ、人の流れ等々に大きく影響を受ける。こうした複雑な問題の時間依存性の制御は、人々のエンパワメントにより初めて適正なもの(受容されるもの)になるため、現代科学技術の最大の成果の一つである情報インフラの最大限の活用により共同体意識の意識変革が起きたとき初めて本格的なグリーンデザインへの道が拓かれよう。そのための準備は今からでも遅くない。

謝辞 共同研究者の松下技研株式会社の芝池成人氏、ソニー株式会社の山際康之氏からは、それぞれ材料選択、分解性・組立性についての共同研究を通して多くのことを学んだ。東京電力の高橋章夫氏には、シュラウド交換についてご教示いただいた。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- (1) 芝池成人:「環境調和性を考慮した設計に関する研究」、1997年3月 東京大学工学系研究科博士論文
- (2) 吉田邦夫編著:「ケミカル・ルネサンス」、丸善ライブラリー(1998)
- (3) T.Tomiyama: "A Manufacturing Paradigm toward the 21<sup>st</sup> Century", Integrated Computer Aided Engineering, Vol.4(1997)pp.159-178.

(4) 梅田靖:「インバースマニュファクチャリングの現状と展望」、日本学術振興会原子炉材料第 122 委員会、平成 10 年度第 5 回委員会資料 (1999) pp.9-16.

(5) 山際康之:「組立性・分解性工学」、工業調査会 (1997)

<http://www.tepco.co.jp/fukushima1-np/shera-j.html#main>

(6) 片岡之典:「分解性を考慮した環境調和型設計の為の研究」、1999 年 2 月 東京大学工学系研究科修士論



人工物工学研究センター 製造科学部門

馬場靖憲

『デジタル価値創造』について

人工物工学の研究アジェンダにおける私のミッションは、工学研究と社会経済との橋渡し、特に、技術による産業社会への貢献の可能性を提示することにある。本センターに於ける私の過去五年間の研究を「製造科学」という産業競争力に注目する視点からまとめたのが「デジタル価値創造」(NTT出版1998年9月)であり、本書の概容を以下述べる。

## 1. 問題意識とアプローチの方法

戦後50年以上かけて日本企業は着実に技術開発を進め、世界に誇れる技術資産を保有するにいたった。しかし、経済の低迷に悩む今日、われわれは日本のモノづくりのなかに、豊富な技術を利益へと効率よく変換する価値創造の働きを認めることができるだろうか。

このような問題意識から、日本企業が蓄積してきた技術資産を、利益を生む製品、またサービスに変換する「価値創造の方法論」を読者に提供することをその目的とする。

私は、20世紀末の現時点を、産業革命以来モノの量的充足をつうじて生活水準の向上をもたらしてきた工業社会の最末期として捕らえ、21世紀に展開される「ポスト工業社会」においてはモノづくりの価値創造に根本的な変化が発生すると考えている。

私はまず、21世紀のモノづくりの価値創造に対して一定の仮説を立て、その後に、その仮説から現状を観察し、そこに21世紀モデルの先行事例として浮かび上がる産業分野、個別プロジェクトを分析するというアプローチを採用した。

デジタル時代のイノベーションを考えるにあたって、重視するのは「曖昧さから学びながら知識を再利用する」という視点である。過去にデジタル情報の形で蓄積した膨大な知識の存在を考慮すれば、価値創造をまったくのゼロ・ベースから始めるのはおよそ現実的でない。

「デジタル価値創造」のために必要になるのは、現場で発生する曖昧さを多様な形に解釈し、新しい価値を発見する人間の知性の閃きである。また、新しい視点から知識を再結合して、製品・サービスを実現させる際に有効に働く、コンピュータ支援の活用である。

## 2. デジタル価値創造とは

私が考察するデジタル情報を素材とする価値創造—「デジタル価値創造」—は、デジタル情報の利用に関する旧モデルとは根本的に異なる。それは、何よりも来るべき「知識経済」、また「サービス化社会」における価値の創造プロセスである。

「デジタル価値創造」においては、経済主体（企業・起業家・設計者・製造者……）がユーザーに対して新しい視点（新しい機能・面白さ・カッコ良さ・快適さ）を提案することがすべての出発点になる。そして、具体的に提供する製品・サービスを実現するためにデジタル情報が開発され、結合、また必要に応じて再結合される。その結果出現したデジタル情報の特定の結合は、それ自身価値の源泉である。

工業社会を迎えた経済主体に不可欠なのは現在、常識とされている製品・サービスの前提となっている価値尺度そのものの意味を問い直し、それぞれの立場からすすんで、新しい価値を提案することである。開発プロジェクトに従事するエンジニアの立場を例にとれば、彼または彼女は、既存の製品の延長線上で最も効率的な機械を設計・開発する代わりに、その機械における効率性はどのようなものであるべきかをつきつめて考え、製品の価値に立ち戻る形での開発をめざすことが必要となる(1)。

そのため、デジタル価値創造の実現に関しては、単にユーザーの動向を観察して、ユーザーが欲しているニーズを既存の製品のなかに具体化することは、とりあえず副次的な作業となる。

本質的な意味で求められるのは、製品・サービスの価値に関する、人間の根本に立ち戻った理解の深化であり、その理解に基づく新しい価値の発見である。それを可能にするためには、存在している現象に対する観察と分析だけでは不十分であるのは明らかであり、経済主体が現状の変革につながる、将来に向けた「新しい価値という仮説」を形成する能力をもつことが重要になる。

### 3. ポスト工業社会における人工物モデル

ポスト工業社会においては、製品としての人工物はどのように価値を創造するのであろうか。ここで人工物とは、たんに物理的存在としてのモノをいうのではなく、人間が新しい価値を創造しようとする意欲が形となって現われたモノを意味する。

現在、われわれに必要とされているのは、人工物を認識する際に人工物をモノそれ自身（現物）としてみるのではなく、逆に、それをモノとして表現させている背景の知識ベースに注目することである。すなわち人工物の見方の転換が必要なのである。

新しい人工物モデルの視点に立つとき、知識ベースによってシステム化されたデジタル情報の結合からなる製品が、ユーザーの製品に対する反応というフィードバックを受けて不断に再結合される、そのプロセスが「製品開発」として把握されることになる。このような観点からポスト工業社会における製品開発を考えてみれば、それが不良率の軽減、また歩留まりの改善といった、製品における「現物特性」を重視し、製造における工程管理に配慮する従来の製品開発とは、全く異なる次元に存在することは容易に想像できるであろう。

製品を「モノ」という現物の形態によって品質保証するのではなく、製品がどのような「モノ」であるかという開発者側の設計思想を公表して製品をユーザーに使用してもらい、もし不具合があれば改善する。さらにはユーザーの反応を、積極的に取り込んで製品のバージョンアップが図られることになり、その意味ではユーザーが人工物をより良い製品にそだてることになる。

新しい人工物モデルに立って製品開発を実行しよう戸仕手も、克服すべき残された問題は多い。スタンフォード大学のラリー・ライファーによれば、これからの設計・開発に課せられた課題は

- ①どのように社会的観点からのニーズを盛り込んで設計・開初できるか
- ②どのように知識を再利用して新しい設計・開発ができるか
- ③どのように曖昧さ (ambiguity) から学んで設計・開発ができるか

という三点に集約される(2)。

### 4. デジタル価値創造の類型

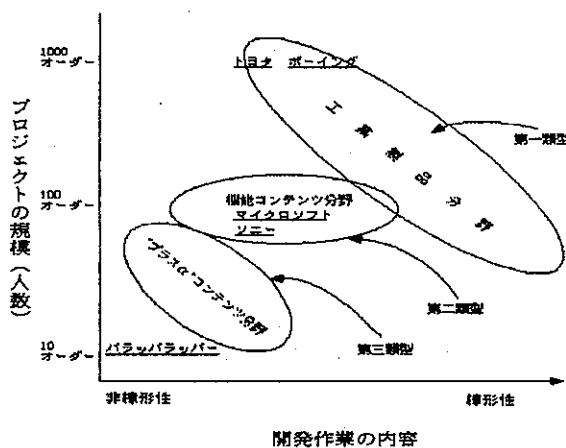
われわれは、「デジタル価値創造」の方法論の構築に向けて、個々の類型ごとに価値創造に関する望ましい方法論が存在するとみなす、類型論的アプローチを採用する。工業社会における経済活動を評価する場合、評価すべき対象はモノ（製品）それ自身ではなく、モノを媒介として発現することが可能になる、機能というサービスなのである。「デジタル価値創造」を3つの類型に分けて考察する。第1の考察対象は、工業社会の最終段階において、情報技術を積極的に導入し、デジタル情報を素材として製品を開発する従来型の第2次産業の製品開発である。これを第1類型とする。

もう1つの考察対象は、出現しつつあるポスト工業社会の先頭に立って、情報技術によるデジタル情報の開発・編集を行なう第3次産業における製品開発である。そこでは、デジタル情報の製品が、新しい価値をどのように創造しているか明らかにされる。われわれはここで考察対象をさらに2つの類型にわけるとする。その1、すなわち第2類型は人間の求める機能レベルにおけるサービスの生成を対象とする。一方、第3類型は「面白さ」、「カッコ良さ」など、人間の機能を越えたレベルのサービスをその対象とすることで、第2類型と区別したい。

三つの類型の具体的特性に論を移せば、第1類型（従来型の工業製品分野）においては情報技術によって武装した伝統的エンジニア・デジタル・エンジニアが活躍する。デジタル・エンジニアは従来からのエンジニアの伝統を受け継ぎ、作業における乱雑を嫌い、確実さを尊び、基本的には存在するものを直していく存在である(3)。これに対して第3類型（デジタル・コンテンツ分野）においては、その場その場で手に入る情報技術を器用に使う「デジタル・プリコレール」が活躍する。デジタル・プリコレールはデザイナー的側面を強くもち、不確実性に対する抵抗力をもち、常に、存在するモノを超えるモノをつくらうとする。

以上のように類型化された3つの考察分野は図1に示すように、その製品開発の作業内容が線形問題であるか否か、言い換えれば直感に頼るか否かによって分類することが可能である。図1には同時に、類型・分野に属する企業名を例示している。

図1-1 価値創造に関する研究対象の類型化



## 5. 21世紀の日本の「モノ」づくり

「現場・現物」を重視する人工物観に立脚し、上手に「人間中心」のモノづくりを行なうことで競争力を獲得してきた日本企業の技術・組織・マネジメント、また、企業文化が「デジタル価値創造」の実現に 適している、という保証は現在のところまったくない。逆に、明らかに なった価値創造モデルの内容からは、日本企業にあたえられた活躍の可能性と同時に、可能性を顕在化しようとするならば、「日本的」大企業 の従来からの手法を本質的レベルから再考する必要があることが導かれる。一方、従来、国の産業政策などからは無視されつづけてきた日本のアニメ・ゲームソフト産業において、プロフェッショナルによる横型コラボレーションの萌芽が自発的に発生し、国際競争力をもつコンテンツが 誕生して、東京がこの産業に関しては、シリコン・バレーにも比すべき 地位を築きつつあることは、われわれが、日本のポスト工業化を考えようとする際に、若干の希望を提供してくれるのである。結言として述べれば、従来からの日本の技術・マネジメント資産を基盤に世界の新しいトレンドを正確に反映し、短・中期的には競争力を持ち、長期的には人類の持続的存在に貢献する「モノ」づくりを考慮し、その内容を広く社会・経済に提案・普及することである。

注 (1) B.Latour, Science in Action, Open University Press, 1987,p.9.

(2) L.Leifer, "Education for Creative Design at Stanford University," paper presented at 2<sup>nd</sup> International Symposium on Research into Artifacts, November 13-15, 1996, Tokyo を参照のこと。

(3) D. Kelly and B. Hartfield, " The Designer's stance" in T. Winograd(ed.), Bringing Design to Software, ACM Press, 1996,pp.151-164

人工物工学研究センター 知能科学部門

富山哲男

研究の背景、目的：基本的思想



我々は、未来の工学、産業、そして社会がどのように変わるのか、あるいは変わるべきかを研究しています。そのため、現在の工学ないしは科学技術が作り出してしまったものを冷静に見つめ直す必要があります。現代社会は、技術開発の過剰な競争の結果として大量生産社会です。しかし、このことは同時に、大量消費、大量廃棄も意味しています。その結果、地球に至る所に人工物がありあふれ、過剰なまでの充足によって、確かに我々の生活の利便性は向上し、非常に豊かな生活を送れるようになりました。しかし、地球環境問題にせよ、多くの問題が我々の周辺に見受けられます。これを解決するには、環境技術や省エネルギー技術の開発ももちろん重要です。しかし、より本質的なことは、これらが人工物の生産の結果、もたらされた「現代の邪悪」なのであり、問題の根源的な解決には、人工物の生産そのものを見直す必要があると考えます。このことを人工物の生産技術から考え直そうというのが「ポスト大量生産パラダイム (Post Mass Production Paradigm)」です。

知識集約型工学 (Knowledge Intensive Engineering) は、近未来の社会が知識を重点とする社会になること、工学そのものが知識を集積してより知識をうまく使うやり方によって変わっていくであろう、そして製造業も人工物のライフサイクルに関する知識を集積することで、サービスをライフサイクル全体において提供するライフサイクル産業として再定義されるでしょう。そこで人工物のライフサイクルに関する知識を大量に集積し、設計、生産、保全、再利用などに効果的に使っていくための方法論、支援システム、Knowledge Intensive Engineering Framework (KIEF) の研究開発を行っています。

やわらかい機械 (Soft Machines) は、未来の機械システムのあり方を探る研究です。これは近未来でのライフサイクル産業の製品開発戦略でもあります。我々は具体的な技術として、既に知的に自己の異常を診断し自分で修復する自己修復機械 (Self-Maintenance Machines) を開発し、これは自己修復複写機として商用化されています。現在は自己修復技術の応用、展開の他、細胞型機械システムを開発しています。細胞型機械とは、生物の細胞サイズの機械ということではないのですが(将来的にはありえます)、一つ一つが独立した知能化細胞を数多く集めて作る自律分散知能型機械です。例として自己組織化、自己修復性を備え、再構成可能な細胞型自動倉庫兼組立システムを作っています。

これらに加えて、ポスト大量生産パラダイム実現のための技術的、経済的な要件を明らかにする研究など、幅広く研究を行っています。インバースマニュファクチャリング (Inverse Manufacturing) は、環境問題を始めとする人工物の過剰充足をポスト大量生産パラダイムの考え方に基いて解決しようという研究で、人工物のライフサイクルの閉ループ化、脱物質化 (Dematerialization) を目指してそのためには単なるリサイクル (も重要なのですが) だけではなく、リユース (Reuse)、リマニュファクチャリング (Remanufacturing) が可能な製品設計方法論が必要です。

以上の研究は、人工物のライフサイクル (特に設計や保全) に焦点を当てたライフサイクルエンジニアリング (Lifecycle Engineering)、そして人工物が提供するサービスに焦点を当てたサービスエンジニアリング (Service Engineering) をキーワードとした研究でもあり、人工物工学 (Artifactual Engineering) と呼ばれる工学の再体系化をも目指した研究です。詳しくは WEB を御覧ください。 (<http://www.zzz.pe.u-tokyo.ac.jp>)

人工物工学研究センター 仮説形成ラボ

河口洋一郎



1975年よりCG(コンピュータグラフィックス)に着手し、CGアーティストとして多くの作品を発表している。その作風は成長のアルゴリズムを使った\*「グロースモデル」という独自世界を確立している。自己増殖する人工生命のメディア都市と、始源的野性の高密度感の創出が特徴。

1998年4月より着任した東大の人工物工学研究センターの仮説形成ラボでは、理論的な仮説、現実にはまだわからないけれどもその仮説を形象化する、前もってあらかじめ先取りして色々な検証をして、ビジュアル化していくということをテーマに作品を作りつづけている。

グロースモデルでは、それ自身が自己増殖しながらひとりで成長することのできる生物形態学的な特徴をすこしずつ取り入れることを試みた。グロースモデルのそれ自身の自己組織化の手法を取り入れることで複雑な形が多く生まれた。グロースモデルでは複雑性というのは一つの重要なポイントであった。

前年までに発表したグロースモデルの生成的構造体は要素図形の関係構造に着目したもの。今回はその構造モデルを徹底的に肉感的に表現すること。多肉化した自己増殖生命体はどのような形に変容するのか、ボリューム感のある造形について試みた。

多数の細胞体のようなものを原母体にして再帰的に構成されていく方法の試みが始まった。細胞体としては主にメタボールを用いた。グロースモデルは単純な要素図形のプリミティブ群を組み合わせることからはじまる。結果的にはみたくもないような新しい形に遭遇する。そこに遺伝情報のような形の発生のためのいくつもの成長のくせを与えた。そこから予想もし得ないような形がつぎからつぎと生まれてきた。グロースモデルではとてもシンプルな自己増殖の原理から、予想もし得ないような形までが驚くほど多種にわたり生まれた。こうしてグロースモデルでは小さな細胞体のようなものを複雑に自己組織化する造形の力を持つことができた。(「第4回人工物工学国内シンポジウム」より)

## \* The GROWTH Model「グロースモデル」

濃密なイマジネーションを形象化するための自己組織化の手法。あるいは、独自の複雑な生命体の造形アルゴリズムを開発するための手法を「グロースモデル」という。「時間の芸術」の立場から、形の発生、成長、進化をプログラミングして、形をある一定の法則のもとに逐次発生させ、数理の発想によってとらえた、徹底した数理化・構造化を図る手法である。

一見複雑に見える生物の形の中に潜む単純な形のくり返し、外見ではなく形の内部にある数理を導き出すため、渦、螺旋に注目し、巻貝などの精妙な形状を原点に、アンモナイト、オウム貝、触手、植物の蔓、珊瑚などを材料にする。リカーシブ(再帰)構造という、複雑さのなかにある単純な法則の繰り返しが、グロースモデルの重要な概念で、これを組み込んだ遺伝子プログラムを走らせれば、コンピューターが次々と再帰構造を持った画像を生みだして、コンピューターの容量が尽きるまで画像が成長・増殖を続ける。つまり、局所・部分の形からスタートして、それが積み上がって全体がどうなるかは「風まかせ」、状況次第という予測不可能な時間の造形がグロースモデル。

現実の生き物や本物そっくりの画像を作るのではなく、また空想的な絵画を描くのではなく、数理に裏打ちされた新しい生物学的画像空間を生み出すことがねらいである。グロースモデルで誕生した自己増殖する形は、エロチックに置き、のたうちまわる進化の遠い過去にいたかもしれない生き物、あるいははるかかたの未来に存在するかもしれない生物を表している、「かもしれない生命体」。

1998年 全米よりビデオ作品「LUMINOUS VISION」を発売

(ソニー・ミュージック・エンタテインメント)

1998年 作品集「河口洋一郎」(gggBooks38)を出版(トランスアート)



1999年4月より神戸大学教授

元人工物工学研究センター 設計科学部門

田浦俊春

この4月に人工物工学研究センターを去るにあたり、私が、平成5年4月より平成11年3月までの6年間に、当センターにおいて行なった研究活動をまとめてみたい。

この6年間は、人工物工学という、従来の細分化された工学体系とは異なる脱領域の新しい学問体系をつくるのだ、という途方もなく難しい命題との悪戦苦闘の連続であった。いまになっても、研究成果といえるようなまとまったものはなく、ちょっと進んでは道に迷い、また進んでは迷いという、およそ効率的とは縁遠い研究の道のりであったといえよう。とはいうものの、やはり、この段階ではじめをつけることも必要かと思ひ、なんらかの総括をしてみたい。

およそ、6年間の研究活動は、次のようにまとめられるのではないかと思う。

私は「設計」の実務を経験しており、そして、「設計」を研究の対象としているので、人工物工学を「設計」の観点からとらえてきたつもりである。それをもう少し具体的にいうならば、「環境の時代の新しい設計」の在り方を探ってきたといえると思う。つまり、人工物や廃棄物が充ち溢れる一方で資源の枯渇が懸念されるという、いわゆる環境問題に直面している現代の要請する、新しい設計の方法や新しい人工物の在り方を探るということを試みてきたつもりである。

では、その方法論は、どうであったかという、それは、一言でいうならば、人間の「知能」に注目するものであったといえよう。「知能」の在り方を探るというのは、これまた途方もなく大きな命題であり、私一人で解明できるようなものでは到底ない。しかしながら、「環境の時代の新しい設計」を探るという目的に鑑みると、もう少し的を絞ることができると考えたのである。具体的には、いわゆる「ものの見方」ともいうべき知識や、それを定める知能が重要であると思えたのである。「ものの見方」という切り口でとらえると、たとえば、「発明」とは「ものの見方」の発見といえることができようし、いわゆる環境問題に関しては、それを人々の間の「ものの見方」の伝達や再編成の支援という観点から議論できる。さらに、使う側にとって良い人工物環境とは、「ものの見方」を生成しやすいモノ（人工物）から構成されている環境であるという考え方もできよう。

このように「ものの見方」という概念は、「環境の時代の新しい設計のスタイル」を考える上でのキーワードのひとつになりえる。しかしながら、「ものの見方」という知識に関して従来の研究によって得られている知見は、「環境の時代の新しい設計スタイルの構築」という目的に照らしてみると十分なものではない。工学における「ものの見方」に類する研究を概観してみても、たとえば、設計の分野における「視点(viewpoint)」に関する研究をいくつか挙げることはできるものの、その数は少なく、質量ともに満足できる状態ではない。

以上に述べたように、「ものの見方」という知識の蓄積や伝達に関する方法論の確立とそれに必要な分析を行ない、その結果をもとに「環境の時代の新しい設計」を探ってきたものとして、私のここ6年間の研究生活は概観されよう。

そして、研究内容は、

- (1) 「ものの見方」を定める知能の分析
- (2) 「ものの見方」に関する情報の処理技法の確立
- (3) 環境の時代の新しい設計スタイルの提案

とまとめることができる。各々の研究課題の詳細は、あとに掲載されている論文に譲るとして、ここでは、全体感について述べたい。

「ものの見方」を定める知能に注目したということは、その背景には、人間の思考プロセスが、「ものの見方を定めるプロセス」と「定められたものの見方のもとに行為を決定/遂行するプロセス」に大別されるという仮説を前提にしていたことになるが、いろいろと調べてみたり考えたりした結果、この仮説は、少なくとも「設計者」の思考プロセスに関しては支持されるのではないかと考えている。一方で、研究の目的から考えると、「ものの見方」の定められるメカニズムを解明する必要があるが、それは、「ものの見方」がまず決まって、次に「定められたものの見方のもとに行為を決定/遂行するプロセス」が行なわれるというユニアなものではなく、「行為を決定/遂行するプロセス」が行なわれ易いように「ものの見方」が定められる、というようなことが起きているのではないかと考えている。言い替えば、結果的にうまくいくように、「ものの見方」は定められるということである。

このように考えてみると、「ものの見方」というプロセスは単独で意味があるのではなく、「行為」との関連において意味があるということになる。従って、「ものの見方」に関する情報の処理技法や、環境の時代の新しい設計スタイルは、そのような観点から、すなわち、「ものの見方」と「行為」とのセットでとらえるという観点から、考えていく必要があるといえよう。

さて、このような全体感のもとに、この6年間の研究を振り返ってみると、およそ「設計者」の「ものの見方」に関する議論は、かなりできたのではないかと考えている。たとえば、設計意図の表現方法に関する研究、設計者の視点形成ダイナミズムの研究、「ものの見方」の共有に注目した協同設計支援環境、「ものの見方」を容易にする設計対象知識の表現方法などについて、精力的に研究を進めてきたつもりである。

ところで、「環境の時代の新しい設計のスタイル」の構築という目的に照らしてみると、「利用者」あるいは「廃棄者」の思考プロセスが重要な意味をもつ。すなわち、モノを利用したり廃棄する際に抱く「ものの見方」についても分析する必要があるが、その多くが、手付かずとなっている。私は、「利用者」や「廃棄者」のそれも、基本的には、「設計者」がモノを設計する際の思考プロセスと同じようなものであると考えており、その考えのもとに、新たな人工物の在り方として「Natural Artifact (自然物のような人工物)」の概念を提唱しているが、さらに議論を進めるためには、より詳細な分析が必要である。

以下、この6年間に私が携わった研究課題を列記させて頂くが、当然のことながら、ここで紹介させて頂く研究は、多くの協同研究に基いたものであり、その研究成果は、基本的には、それらの方々に帰するものである。私と研究をともにして頂いた方々に対して、この場を借りて心より感謝申し上げたい。

- ・設計における状況をとらえる視点形成ダイナミズムの研究
- ・視点形成ダイナミズムの計算論的モデル
- ・設計の経緯や意図を取り扱う情報のモデル(activity chain model)の研究
- ・エンジニアリングコラボレーションメディアの研究
- ・形状デザインのためのコラボレーションメディアの研究
- ・空間デザイン支援のための適応成長型形状表現の研究
- ・挙動のプロトタイピングを支援する設計環境の研究
- ・設計支援のための自然法則データベースの研究
- ・グローバルデザインを支援する知的メディアの研究
- ・進化的計算における多様性の生成・維持方法の研究
- ・多様性豊かな人工物の設計方法の研究



人工物工学研究センター 知能科学部門

桐山孝司

プロトタイプからの知識獲得の研究

設計者がどのように必要な機能を認識して改良へと結びつけているか、また対象領域の知識を獲得しているかを分析するため、大学院生による設計プロジェクトの観察、インタビュー、及び報告書の分析を行なった。プロジェクトの対象は、設計対象が現実世界で実際に運用されていること、ユーザの反応が観察しやすく設計の問題点が認知されやすいことを考慮し、科学技術館（東京都千代田区）の協力を得て、この展示の改良設計とした。この施設は科学技術の知識を体験的に理解することを目的にしている。設計プロジェクトは東京大学工学系研究科の授業として行われ、19名の大学院生が科学技術館の技術スタッフおよび3名の企業デザイナーのアドバイスを受けながら、現場である科学技術館で設計を進めた。

設計の目的は、科学技術館内の既設展示の問題点（改良ニーズ）の発見、改良方法の提案の後、実際に改良を行なうことである。最初に少数グループで来館者の挙動を観察し改良ニーズの候補を挙げた後、3、4名からなるプロジェクトチームを5つ作り、それぞれが異なるニーズに関し設計提案、実製作を行った。

**P1:踊り場の映像** 隣接階の展示に関連した錯視画のスライドの導入、動きのあるメカニズムの投影等を行ない、注目される場にする。

**P2:炎色反応の展示支援** ブラウザを用い、炎色反応の解説ページが閲覧できるパソコンを自動装置の隣に設置する。分光器とモニタを接続した装置を作成し、実験中にインストラクターが炎色反応とスペクトルの関係を説明するのを補助する。

**P3:パスカルの原理による昇降機械** 空気ポンプとエアシリンダを使って自分自身を押し上げる昇降機械を設計し、原理の体感的な理解を促す。

**P4:霧箱の設置環境の改良** 霧箱周囲の空間を改装し、音楽、ブラックライトを使った解説パネルなどを加えて独特の雰囲気を出す。

**P5:移動ロボットの操作インターフェース** 無線LANを介して遠隔操作できる移動ロボットを設置し、来館者がヘッドマウントディスプレイでロボットに乗せたカメラの映像を受信しながら、ジョイスティックでロボットを操縦できるようにする。

Table1 Project activity

	P1	P2	P3	P4	P5
meeting	15	13	13	16	15
e-mail	166	76	108	273	175
prototype	23	6	12	14	8
grade	2.75	0.20	3.32	2.00	1.07

各チームは3ヶ月間のプロトタイピング、観察、改良を行った。まず最初に機能的に最も重要な部分をプロトタイプとして試作し、そこから更に必要な機能を付加しプロトタイプを改良していく形を取った。

表1は、各プロジェクトのアクティビティと最終的な成果に対する工業デザイナーの評価（複数人の評価を平均）を示している。これによると、最も評価の高かったP3は必ずしもアクティビティが高いわけではなく、また作成したプロト

# RACE News

タイプも最多ではない。このことから、プロトタイプの総数だけでなく、より詳しい分類に基づいた分析が必要であることがわかる。

各種のプロトタイプを分類するため、一部分のみをとりだした集中的(focused)と全体を表現した包括的(comprehensive)、物理的な形状を持つ実体的(physical)と数学モデルのような解析的(analytical)、チーム内だけで利用する内部用(closed)と一般ユーザが利用してテストする外部用(open)の軸を設定する。今回の観察では、以下の5種類のプロトタイプが使われた。

- F-A-L (Focused-Analytical-closed)
- F-P-L (Focused-Physical-closed)
- C-A-L (Comprehensive-Analytical-closed)
- C-P-L (Comprehensive-Physical-closed)
- C-P-O (Comprehensive-Physical-Open)

それぞれのチームが利用したプロトタイプの内訳は図2のようである。評価の高かったプロジェクト P3, P1 は複数のプロトタイプを組み合わせ利用している。

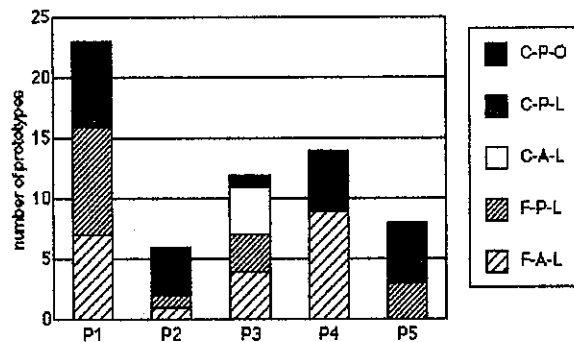


Figure 1 The number of prototypes used by each project

最終報告書に記述されている設計過程で得られた知見の一つ一つを知識断片と呼ぶ。プロジェクトごとに、個々の知識断片がどの種類のプロトタイプを使ったことによって獲得されたかをみると、図3のようになる。最も多くの知識断片が物理的なプロトタイプ(C-P-O, C-P-L, F-P-L)から得られている。また評価の高かったプロジェクト P3, P1 は解析的なプロトタイプ(C-A-L, F-A-L)、集中的なプロトタイプ(F-P-L, F-A-L)を使って物理的なプロトタイプ以外からも知識を吸収している。

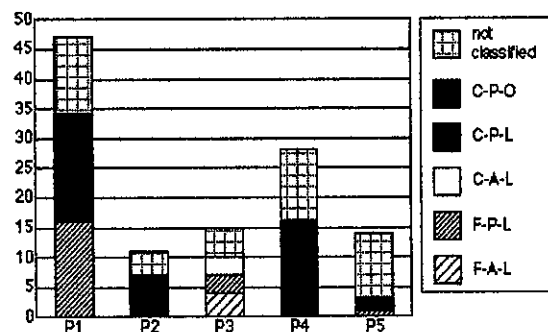


Figure 2 Knowledge Fragments acquired from Prototypes

以上、プロトタイピングを通じて必要な機能を発見し、対象領域の知識を学習していく様子を、設計プロジェクトをもとに解析した。このことから、外部用プロトタイプだけでなく内部用のものも含めて複数種類のプロトタイプを組み合わせ使用すること、外部用プロトタイプから得られる知識が最も多いため制作後に改良を加えられるようにしておくことが良い結果を生むことがわかる。



人工物工学研究センター 製造科学部門

芦野俊宏

仮想実験のための統合化技術に関する研究：

ネットワーク分散処理による材料設計統合化の研究

## 1. 研究目的

材料設計は、同時に進行する情報収集、整理編集、予測、実験、シミュレーション、評価のダイナミックスの中で進行すると考えられる。このような複雑かつ高度な作業が必要な材料設計過程のダイナミックスを支援し、加速するための仮想実験環境を実現して行こうとするのが、本研究の目的である。このために、材料データ、知識、モデルを結合し、ネットワークを介した材料設計のための仮想実験環境を実現するための課題を明らかにする。

## 2. 研究方法

データベース・シミュレーションと言ったネットワーク上の情報資源の動的な連携を実現することにより、材料設計のダイナミックスを支援するためのワークベンチを構成する。このために、モジュール間のデータ交換とメタデータの記述のための汎用的な記述手法を確立し、これを管理するためのソフトウェアを実装する。また、複数のモジュール間の連携による仮想実験の実例を示す。

## 3. 研究成果

インターネット上の標準である RDF(Resource Description Framework)/XML(eXtensible Markup Language)を用いてデータベース、シミュレーション計算モジュール等間のデータ交換を定義するインターフェイス記述のための語彙を作成した。

金属材料のクリープ挙動などの仮想実験を実現するには転位の挙動を解析することが重要である。このため、弾性論を用いた応力分布のモジュールと転位動力学(Dislocation Dynamics)を用いた転位挙動のシミュレーションモジュールを実装し、RDF/XML を介したモジュールの接続によって与えられたマイクロ組織・応力下での転位の挙動をシミュレートすることが可能となることを示した。

このシミュレーションの入力としては、弾性定数、マイクロ組織等が必要であるが、これらグループにおいて開発されている分子動力学法、組織生成のシミュレーションとの連携によって得ることが可能となる。

## 4. 成果の達成度

ネットワーク上の情報資源の連携を実現するには、これらの内容と入出力データを表現するメタデータの記述とその標準化が不可欠である。RDF/XML によるメタデータ記述はシミュレーションコード等を含む情報資源のメタデータ記述に十分な記述力を有しており、これをベースに第二期の目標であるソフトウェアの連携を達成するためのプロトタイプを作成した。

また、二種のソフトウェアコンポーネントの連携によって仮想実験の一部となる外部応力下での転位挙動のシミュレーションを実現し、平成 10 年度の目標である仮想実験の例示を達成することができた。

## 5. 今後の問題点等

RDF/XML を用いて記述されたメタデータ自体を管理し、コンポーネントを検索し、分散環境での情報交換を実現するためのソフトウェア環境の開発を進める。他グループにおいて開発されたシミュレーションプログラム等との連携を計るためには、RDF/XML によるメタデータの記述と wrapper の開発が必要となる。

## 研究発表・特許状況

### (1) 原著論文による発表

T. Muroga and N. Sekimura, "New Insights into Temperature Effects on Neutron Irradiation of Structural Materials" *Fusion Engineering and Design* 41 (1998) pp.39-46.

T. Morioka, N. Sekimura and K. Morishita, "A Monte-Carlo Simulation Study of Point- Defect Behavior in Cascades" to be published in *Journal of Nuclear Materials*

### (2) 原著論文以外による発表

なし

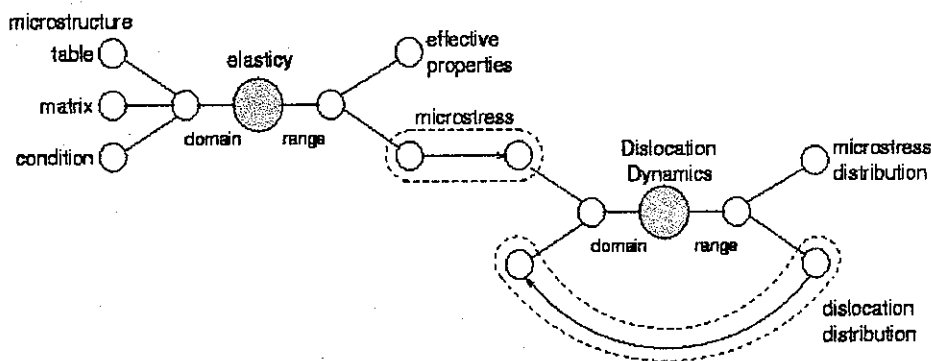
### (3) 口頭発表

七丈直弘、芦野俊宏、岩田修一：材料設計における資源の統合化と設計環境の構築 計算工学会 講演会論文集, 3, 3 (1998) 969-970

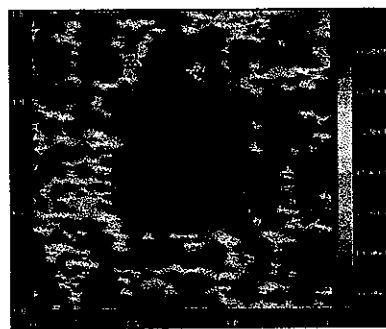
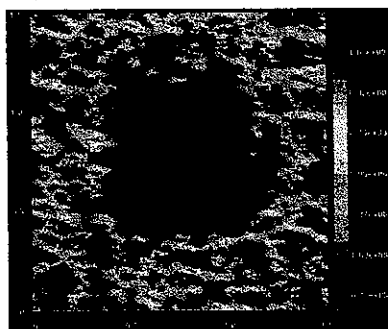
七丈直弘、芦野俊宏、岩田修一：人工物工学研究の展開(第 3 報) 材料設計における情報資源の統合化、日本機械学会 第 8 回設計工学・システム部門講演会 講演論文集 98-32 (1998) 582-583

T. Morioka, N. Sekimura and K. Morishita, "Monte Carlo Simulation of Point-Defect Behavior in Cascade" to be published in *Radiation Effects and Defects in Solids as the Proceedings of 4th International Conference on Computer Simulation of Radiation Effects in Solids* (1998)

### (4) 特許 なし



XML/RDF によるメタデータ表現と情報リソースの連携



外部応力下・介在物存在下での転位の挙動と応力分布

(t=1000, 20000, dimension in  $\mu\text{m}$ )



人工物工学研究センター 設計科学部門

増田宏

## 1. はじめに

この4月から人工物工学研究センターにおいて研究を進めることになった。まだRACEに来てから日が浅いので、自己紹介の意味で私がこれまでやってきた研究活動や今後の研究について述べる。また、RACEに来てから発足させたVisualArtifacts Study Groupについても紹介する。

## 2. 3次元形状処理システム

これまでの約10年ほど、主として行ってきた研究は、3次元形状モデリングに関するものである。また最近では、インターネットが急速に脚光を浴びてきたこともあり、3次元形状モデルをネットワークを流れるコンテンツにとらえ、その流通を支援するための要素技術の研究を手がけている。ここでは、前者の3次元形状モデリングの研究をざっと述べてみたい。

現在では設計を支援するツールとしてソリッドモデルが広く用いられている。しかし、だいぶ以前からいわれてきたことだが、ソリッドモデルは設計を進めている途中段階で利用することが難しい。その主な理由は、概念設計から基本設計、詳細設計というように概略的な設計から徐々に詳細化していく現実の設計プロセスと、CADによる形状生成プロセスが著しく違うためである。CADでは幾何学的な整合性を保持した形状を生成することが前提である。ソリッドモデリングでは設計の全過程において、形状が矛盾のない立体（数学的には境界が2多様体である形状）であることが要求される。しかし実際の設計では、設計途中では未決定の部分や矛盾した部分も含んでいるのが普通である。

研究の動機は、CADの持つ能力と実際の設計に必要な機能とのギャップを何とか埋められないか、というあたりにあった。この研究を進めていった結果として、多様体よりも広い定義域である「複体」を定義域にもつ形状処理システムを考え、実際にシステムを開発した。形状処理の基礎となる数学を入れ替えるわけなので、1973年以来進められてきたソリッドモデリングの基礎理論やアルゴリズムを独自に見直す必要が生じ、結局、基礎理論の構築やシステム開発には5年以上を費やすことになったが、研究的にもシステム開発面でも多くの成果をあげることができた。現在では大手の商用CADでもそのような機能を持つものが出てきている。

しかしながら、達成できなかった課題は多い。この研究では、多様体という制約にとらわれずに形状設計を行うパスが提供できることを示すことができたが、この枠組みだけでは設計の初期段階で3次元CADを用いるにはまだまだ不十分である。特に設計の過程で現れる未決定状態や曖昧さをどう扱うのか、また複数の設計解をどのように扱うのかなど多くの課題が残っている。たとえば、デッサンでは一本の線を複数の手書きの線分であらわすことがあるが、それは多重解を意味しているという考え方もあり、幾何的整合性を重視して一本の線で代表させてしまうと、デザイナーに有用な多くの情報が失われてしまうらしい。真に設計に適した形状処理システムを構築するには、複体ベースへの拡張に加えて、さらに柔軟な形状処理システムを考えていく必要であり、さらに研究を進めていくことを考えている。

## 3. Visual Artifacts Study Group

次に、当センターに来て始めた勉強会について紹介する。会の名称は、VisualArtifacts Study Group (VASG) である。参加メンバーは「形」に関心があることが共通項で、基礎研究をしている研究者からCGコンテンツを作成しているクリエイターまで、幅広いメンバーを包含している。現在は約20名のメンバーに参加してもらっている。