

1.1 センター設立の経緯

我々の作り出した人工物が有限な地球上で互いに干渉し、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。こうした人工物が人間の知識から作り出されていることを考えれば、我々は人工物を作り出す知識とその運用について、真剣に研究に取り組む必要がある。これらの背景の下、吉川弘之東京大学元総長の提唱を受け、文部省の支援により1992年に人工物工学研究センターが創立された。

創立時に吉川弘之東京大学元総長から寄せられた論文「人工物工学の提唱」において、これらの問題を**現代の邪悪なるもの**として次のように提起している。

歴史的に見ると、科学技術、あるいはもっと古く学問と呼ばれるものは、時代々々の「邪悪なるもの」に対抗し、そして打ち勝って来たのだと考えられる。例えば、古くギリシャの時代の倫理学や論理学は、自己の内にある邪悪な欲望や、社会における虚偽などを見破り、退けるものであった。自然科学の領域では、学問はより直接的に邪悪なるものを排除するのに有効であった。人々を他の獣や病原菌から守り、自然の災害を軽減し、またそれらから人命を保護し、安全な行動を可能にした。そして何よりも、快適な生活環境を作り出したのである。学問の体系化も進み、その成果としての知識の伝達も高速化した現在、これらとは種類の異なる新たな問題が生じている。歴史上の邪悪なるものとは、外部から人間に攻撃をかけてくる可視的な敵であったが、現在では外部の敵は不在のまま、しかし多くの困難な問題が地球上に存在しており、それらは「**現代の邪悪なるもの**」と呼ぶべきである。それらを例示すれば、

- ・人口爆発と食料不足
 - ・過剰生産地域と飢餓地域の並存
 - ・地球環境破壊事故の大型化民族間の紛争
 - ・都市生活における孤独、冷淡、犯罪
 - ・新しい病気の発生 貿易摩擦や過当競争
- などである。

この「現代の邪悪」を解決することを意図し、複雑に領域分けされた学問の体系を再編し、過去に蓄積された知識を統合して人工物を創造するための学問、ならびに、領域を超えて存在するような普遍的な工学概念を打ち立てるための学問として「人工物工学」を提唱している。

この提唱を受け、1992年に第1期として教授3名、助教授3名の小規模の研究センターとしてスタートした。人工物工学に関する新しい工学を創出すること、人工物工学の理解、普及のための研究を実施・推進すること、及び、日本発の人工物工学研究を国際的な学問として展開すること目的に、設計科学部門、製造科学部門、知能科学部門の3部門構成で研究活動を行った。

1.2 第1期人工物工学研究センターにおける外部評価

2000年3月に国内外部評価を実施した。第1期の10年間の活動実績について、外部評価の結果を総括すると以下のとおりである。

- (1) 人工物工学研究センターは、時代の要請に応える「新しい工学」の確立に向け、10年間、多大な努力を重ね、工学の新しい姿を例示し、大きな社会的インパクトを与えるとともに、学内でも新領域創成科学研究科の人工環境大講座や工学部システム創成学科といった新たな動きへの先駆けとなった。
- (2) 人工物工学研究の特徴は、既に確立された既存の学問体系の再考と新たな体系の構築への果敢な挑戦であり、定期的開催されたシンポジウムの成果から伺うことができる
- (3) しかしながら、こうした極めて先鋭的な意図を持った学問的挑戦についての評価は、10年という短い活動期間だけで見て下せるものではなく、世代を超えたより長期の継続的な活動の観察によってなされるべきである。その意味では、人工物工学研究センターは、システム量子、環境海洋工学、精密機械工学の3専攻の協力の下に、多くの「人工物工学」学士、修士、博士出身者を養成しており、そうした人材の中から将来の新たな展開が生まれることを期待する。
- (4) 人工物工学研究センターが提案している将来計画「人工物共創センター」は、社会からの要請を先取りした「新産業創出大部門」と、学融合の中で新しい可能性を創出しようとする「共創工学大部門」を基にした極めて先駆的な内容を包含しており、その実現が強く望まれる。
- (5) 人工物工学研究センターが、この10年間に、その規模にもかかわらず大きな業績を挙げ事については、外部評価委員会の全員が認めるところにある。相対的に短い時間の間に、人工物工学研究センターは、工学に新しい視点を導入し、社会的に大きな流れを形成し、インパクトを与えた。

この評価に基づき、人工物工学研究センターの活動が継続・強化されることが提言された。

2.1 第2期人工物工学研究センターの設立の目的

第1期の成果として、以上のような高い評価を得られたが、「現代の邪悪に対処する方法論」を構築できたとは残念ながら言えない。研究分野の体系・コンセプトの提示、研究対象の明示、標準問題の設定などを主とした成果物として挙げることができるが、これらは「問題の設定」として位置づけられ、次なる展開が必要となる。そこで、第1期の成果を現実問題へと適用することを目的に、2002年からの10年間に第2期として設立する経緯となった。

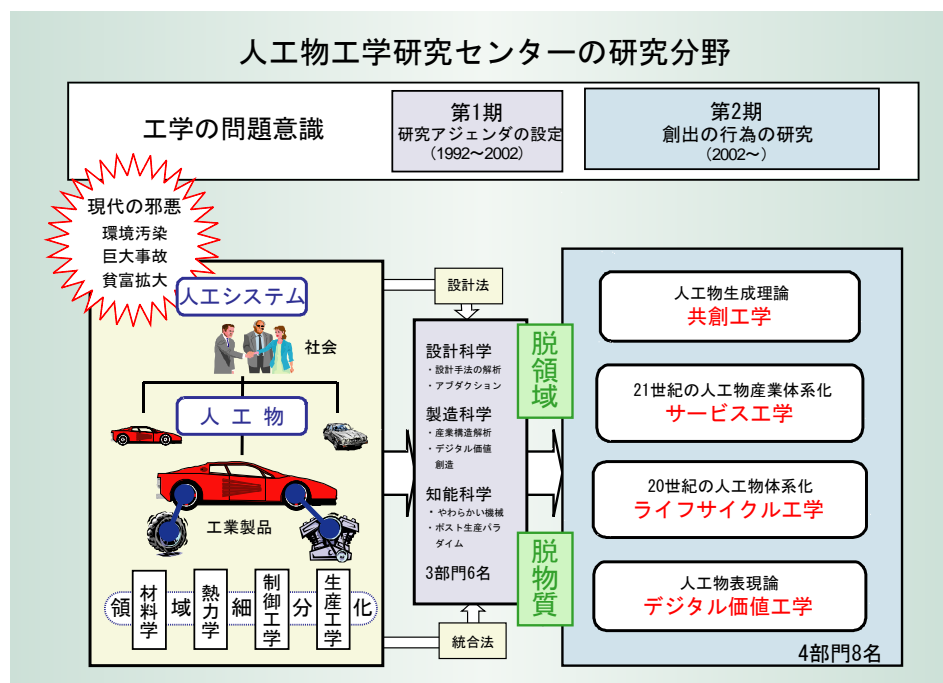


図1：第1期から第2期へ

第2期では、第1期で抽出された課題である「脱領域化」と「脱物質化」とを、産業界、特に人工物を世に送り出している製造業に対して具体的に適用可能とする方法論を提案・実践する。そこで、社会的要求を、

- A. 循環型社会への構築：望ましい循環型社会への移行と地球環境問題への貢献
 - B. 新産業創出：新しい希望と期待につながる新産業創出とモノづくり産業構造改革
 - C. 個のケア：平均値の工学から合意形成過程を重視して、個人の満足を追究する設計手法
- の3点で捉え、研究対象を検討し、表1で示す4つの研究部門を設定した。3つの社会的要求と4つの研究部門との関係を以下に示すことで、これらの研究部門の設置理由を説明する。

A. 循環型社会の構築

脱領域化によってライフサイクル全体を扱うことを目指すライフサイクル工学は、20世紀に増大した人工物の適切な維持や安全性の確保を目指し、かつ21世紀にふさわしい持続可能な産業社会構築を目指す。そのために、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。これによって、人工物の製造だけでなくライフサイクル全体を産業として扱うインバース・マニュファクチュアリングの概念の普及と実用化を図る。また、メンテナンス工学確立を目指す。デジタル価値工学研究部門においては、21世紀産業のあり方として知識の体系化、すなわち脱領域化による付加価値増大を目指した研究を行う。サービス工学研究部門においては、サービス設計工学、サービス生産工学、サービス開発工学の研究を通じて、サービス転換による循環型社会への移行を支援する。

B. 新産業創出

知識やサービスを扱う新産業を創出するための工学的手法の開発を目指す。人工物のライフサイクル全体でのサービス・コンテンツを増大する手法としてのサービス工学、および知識の体系化による付加価値増大を目指すデジタル価値工学によって、脱物質化を実現する知識とサービスに立脚した新産業創出を図る。そのために、サービス工学研究部門では、製品開発をサービス開発として捉え直したサービス設計工学、サービスの生産性向上と付加価値増大を図るサービス生産工学、そしてサービス開発のための指針を与えるサービス開発工学の確立を図る。また、デジタル価値工学研究部門では、人工物に関わる知識の表現形式の開発と、人工物のライフサイクル知識の集約・利用・共有のための技術開発を行う。

C. 個のケア

個人を対象とした人工物創出の「行為」に着目する付加価値創造のメカニズム解明と手法の開発を目指す。脱領域化の形として共創工学研究部門は、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、それを可能にするエネブラーとしての情報ツールを研究する。それによって、特に単に新規な人工物というだけでなく、21世紀における持続可能性、また個のケア、安心、安全を目指した社会基盤の整備という立場での人工物の創造戦略を研究する。そのためには、異分野コラボレーションのための方法論の研究、異分野コラボレーションを可能にするための情報ツールの開発、サービスや知識を一体化した新しい人工物創造の仕組みと戦略の開発を行う。

(出典：東京大学人工物工学研究センター第2期発足記念講演会論文集，2002)

2.2 研究部門の構成

4 研究部門での体制のもと、2002 年からの 10 年間を人工物工学研究センター第 2 期として、新センターを立ち上げることとなった。これらの 4 つの部門の関係を図 2 に示す。デジタル価値工学は人工物表現と知識表現を担当し、人工物工学の基盤を形成する。その上に人工物工学の構造が作られる。脱物質化の方法論として、4 つの方法論を準備する。一つは、20 世紀型人工物、すなわち、大量生産大量消費のパラダイムの中から生まれた人工物のあり方を追究する方法で、それは製品をリサイクル・メンテナンスする「ライフサイクル工学」である。一方、これからの製造業のあり方を脱物質的にサービスの提供という形で提供するものは「サービス工学」である。もう一つの視点は、環境学の立場からの人工物へのアプローチであるが、これは新領域創成科学研究科環境学専攻の人工環境学大講座が担当しており、人工物工学研究センターでは直接扱わないが、連携しながら研究を進める。これらを結びつける形で「共創工学」が位置しており、個人間の合意形成としての設計や、社会の合意形成の結果である社会システムの構築を扱う研究部門である。

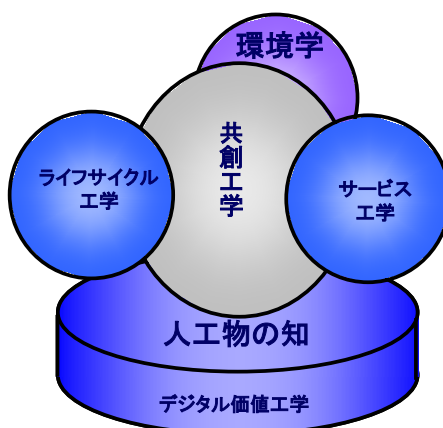


図 2：4 部門の関係

2002 年から現在までのセンター長及び各部門の構成メンバーを以下に示す。

第 3 代センター長 新井民夫 (2002～2004)

第 4 代センター長 上田完次 (2005～)

(1) ライフサイクル工学研究部門

岩田修一教授 (2002)、藤田豊久教授 (2002～2005)、高橋浩之助教授 (2002～2005)、稲葉敦教授 (2005～)、堀江英明准教授(2007～)

(2) サービス工学研究部門

富山哲男教授 (2002)、浅間一教授 (2002～)、下村芳樹助教授 (2002～2005)、大武美保子准教授 (2007～)

(3) デジタル価値工学研究部門

奥田洋司助教授・教授 (2003～)、白山晋准教授 (2002～)、増田宏助教授 (2002)

(4) 共創工学研究部門

上田完次教授 (2002～)、藤井信忠助手 (2002～2005)、西野成昭助教 (2006～)

(2005 年 12 月より設置)

(5) 価値創成イニシアティブ (住友商事) 寄附研究部門

武田英明教授 (2005～)、藤井信忠准教授 (2005～2007)、竹中毅准教授 (2007～)、鈴木正昭助手 (2005～)、福原知宏助手 (2006～)、森下壮一郎助手 (2005～)

3.1 各研究部門の活動成果の概要

ライフサイクル工学研究部門では、教授1名、准教授1名という体制で研究を推進して来た。循環型社会の構築については、人工物のライフサイクルにおける多様性増大に伴うさまざまな問題に関する議論の核心的な部分を時間発展型の事象の理解、モデル化、計測・制御として捉え、時間経過に伴う多様性の増大へのきめ細かな対策、手当てを必要とするメンテナンス工学等に関する研究を実施した。また最近では、ライフサイクルアセスメント（LCA）を主たる手法とし、人工物がそのライフサイクル全体において直接的に、また間接的に環境へ排出する物質の量、及び消費する資源の量を計測し、それらが環境へ与える影響を評価する方法を研究している。新産業創造については、人工物資源の供給および廃棄、リサイクル技術、メンテナンス工学など要素技術に関する研究、逆生産過程まで含めた人工物還元技術等について研究を行い、資源循環型社会における静脈産業の創造に貢献した。個のケアについては、本来公共財である科学技術データについて、異分野間の連携を考えたメタデータ、メタ知識の整備から、知的所有権、情報価値、情報戦略、情報流通等に関する原則・規範と制度化、さらには情報格差の取り扱い、克服までも視野に入れた基盤技術として、“データサイエンス”という新たな学問分野について検討し、科学技術データを私財ではなく真の公共財とするための実践的研究を推進した。成果の詳細については後述する。

サービス工学研究部門では、教授1名、准教授1名という体制で研究を行ってきた。循環型社会の構築については、脱物質の概念の具現化を行った。脱物質とは、人工物の価値を、その物質的側面から人工物が発現する機能、さらにはそれが提供するサービスに転換するパラダイムシフトを意味する。サービスを提供する担体・デバイスとしての人工システムの具体例として、人とインタラクション可能な知的人工環境としてのサービスメディアの概念を提唱し、ロボティクスやユビキタスシステム技術を応用した様々なサービスメディアの開発を行い、その有用性の検証を行った。新産業創造については、介護・医療、レスキュー、セキュリティ、情報提供など、様々な応用分野において、人に適応した多様なサービスを提供可能な知的人工システム・人工環境を構築したり、サービスのモデリング、サービス設計支援システムの開発を行うことによって、サービスの設計・生産・提供を効率化することが可能で、新産業創出に大きく貢献できることを示した。個のケアについては、人の行動計測・モデル化・判別・行動予測などの研究を行うとともに、身体・脳・環境の動的相互作用から生成される人の適応的行動生成のメカニズムの解明とモデリングに取り組み、個々の人に適応したサービスを設計・生成・提供する上で最も重要となる「人を知る」ための基礎的研究を推進した。

デジタル価値工学研究部門では、教授1名、准教授1名という体制で研究を進めてきた。循環型社会の構築については、人間の価値観のシミュレーションへの取り込みに係る研究を進め、とくに環境への配慮を価値観として考慮した水素社会構築過程のシミュレーション研究を推進した。燃料電池自動車の普及過程とその環境への影響評価、エネルギーベストミックス問題、などのシミュレーションを通じて、適切なエネルギーシステムの在り方に関する考察を行った。新産業創造については、可視化情報からの知識獲得を支援する可視化情報分析支援システムを構築し、技術計算からのデータを対象とした知識抽出の過程を分析した結果、構造化と階層化が知識抽出だけではなく、技術計算からのデジタルコンテンツの創造にとっても鍵となることを示した。また、後述の HEC-MW を援用して並列計算能力に優れ大規模解析が可能な有限要素法構造解析システム FrontSTR の開発およびその産業応用を推進した。個のケアについては、多様なデジタルコンテンツに対しコンテンツカスタム化の研究を行った。情報通信技術を利用して個別のユーザーニーズを適切に捉え、それに合った人工物だけを作り出すことで、現実的なコスト負担で人間の知的活動を効果的に支援することが可能であることを示した。また、あらゆる細かなニーズに応じて、機能を多チャンネル化したシミュレーションソフトの開発を可能とする、デジタル価値創出のためのミドルウェア（HEC-MW）の開発・応用を行い、その有効性を示した。

共創工学研究部門では、教授1名、助手1名（2007年からは助教）という体制で研究を進めてきた。循環型社会の構築については、人・人工物・社会での複雑な意思決定問題として循環型社会のモデルを構築し、シンセシス・創発・対象参入をコア原理とする共創によって解決法を追究する研究を進め、例

えば循環型社会のための社会制度の設計に関する考察や、環境配慮した意思決定を誘発する社会的枠組みを追究している。新産業創造については、人工物、それを使う人間、人工物が作用する環境である社会が相互作用することで価値が生まれるという視点から価値創成モデルを構築し、理論的な基礎を構築した。それをもとに、新しいサービスと製品を統合する応用研究を進めており、新産業創造への展開を視野に入れながら研究活動を展開している。また、個のケアについては、認知心理学的視点から個体内における共創的意思決定を対象にした研究や、個人のライフスタイル調査をもとにした新しいエージェントモデルの構築など、人工物と人との新しい関係から価値を創出する基盤研究としての成果を上げてきている。加えて、情報の局在性、ネットワーク外部性などの情報化社会において主要なキーとなる要素を導入しながら、人工物・人・社会の双方向作用を考慮した人工システムや社会システムを対象に、実世界問題を解決することができる新しい方法論の構築を進めている。

3.2 寄付研究部門の設立

2005年12月1日より住友商事株式会社の協力を得て、寄付研究部門が設置された。

■寄付研究部門の概要

1. 大学名 東京大学 人工物工学研究センター
2. 名称 価値創成イニシアティブ（住友商事）
(Value Creation Initiative (Sumitomo Corporation))
3. 寄付者 住友商事株式会社（代表取締役社長 岡 素之）
4. 寄付金額 総額 2億4千万円
5. 設置期間 2005年12月1日～2009年3月31日（3年4ヶ月間）
6. 担当教員 武田英明 客員教授
藤井信忠 客員助教授
助手4名（鈴木正昭助手、竹中毅助手、福原知宏助手、森下壮一郎助手）
7. 担当研究員 歌原昭彦 客員研究員（住友商事）

上記研究部門の研究を遂行するなかで、「価値」創出の研究の重要性を認識し、寄付研究部門が立ち上がった。教授1，助教授1，助手4という体制で研究を行った。循環型社会の構築については、創造的アブダクションによる設計支援や自己組織化による創発型生産システム構成法，発見的手法を用いた長期エネルギーシステムの多目的最適化というアプローチで研究を行った。新産業創造については，社会ネットワークを利用した創造的な活動の支援やネットワーク環境におけるイノベーション普及というアプローチより研究を行った。個のケアについては，インターネットにおける情報・コミュニケーション活動支援というアプローチより研究を行った。成果の詳細については後述する。

3.3 成果のまとめ

これまで第2期研究前期(2002-2007)において、循環型社会の構築、新産業創造、個のケアなどの重点課題、および各研究部門の個別課題に関する研究を実施し、多くの成果を上げている。さらに、第2期設立時には明示的に表現していなかったが、人工物工学には「価値の創出」という視点が重要であるという認識を高め、価値創成に関する基礎研究を進めてきた。その活動に伴って、社会的な価値の創成に重点を置いた研究活動を推進するための研究部門として、民間企業からの寄附を得ることで価値創成イニシアティブ(住友商事)寄附研究部門の設立(2005年12月)に至った。この設立はセンターの活動としての大きな成果の1つである。また、第2期における脱領域・脱物質という2つの概念を基礎とした新しい研究活動は、工学系研究科での新専攻設置(2008年4月予定)の先駆けとなった。さらに、製造業のみならず、デザイン、芸術、技術経営、経済など、多岐にわたる分野で活躍する人材を育成し、輩出していることも本センターでの、教育面での大きな成果として挙げることができる。センターが主宰するサービス工学研究会および共創プラットフォームを中心とする産学連携研究活動は、2005年頃から世界的に注目され我が国でも2007年から経済産業省、文部科学省などで重点項目としてとりあげられるようになってきている「サービスイノベーション」「価値共創」などの新しい研究課題につながる先導的役割となったものであり、評価されるべき点である。また、第1期からの研究活動を通して、一貫して、「既存の理解(アナリシス)」に対する「新規の創出(シンセシス)」の科学の重要性を論じてきたが、このことは、日本学術会議の最近の提言「知の統合—社会のための科学に向けて」(2007)における「認識の科学」に対する「設計の科学」の重要性の喚起に通じるものである。

成果の詳細などは4章、5章で述べるが、以上をまとめると以下ようになる。

- (1) 第2期設立時に掲げた、循環型社会の構築、新産業創造、個のケアという重点課題に関してそれぞれの部門で大きな成果を上げており、掲げたミッションの遂行が滞りなく進んでいることが確認されて、加えて各部門での個別の研究課題の遂行で、種々の問題解決の手法やシステムの構築などが成果として得られている。
- (2) 第1期の成果をもとに、第2期では脱領域・脱物質という重要概念のもと、新たに価値という視点に着目し、人工物工学としての価値創出の研究を推進した。
- (3) 人工物工学に関する社会的認知度が高まり、民間からの多額の寄附を得て価値創成イニシアティブ(住友商事)寄附部門を設置することができた。これは、人工物工学の社会的意義と有用性が認識されていることの現れである。
- (4) 本センターでの人工物工学研究での取り組みが、東京大学大学院工学系研究科システム創成学専攻に代表される、新しい教育組織設置の先駆けとなった。
- (5) 工学分野のみならず、デザイン、芸術、技術経営、経済などの分野で活躍する多彩な人材を育成・輩出した。
- (6) センター主宰の「サービス工学研究会」と「共創プラットフォーム」を中心とする産学連携研究活動は、現在急速に世界的重点課題と認識されつつある「サービスイノベーション」「価値共創」研究の先導的役割を示した。
- (7) 第1期から一貫して、「既存の理解(アナリシス)」に対する「新規の創出(シンセシス)」の科学の重要性を論じてきたが、このことは、日本学術会議の最近の提言「知の統合—社会のための科学に向けて」(2007)における「認識の科学」に対する「設計の科学」の重要性の喚起に通じるものである。