

第1章 総括

現在Ⅲ期の4年目を迎えている人工物工学研究センターの活動内容を総括する。

1.1 センターの設置目的とⅢ期の位置づけ

1.1.1 センターの設置目的

人工物工学研究センターは、1992年に設立された。本センターの設置目的は、「人工物工学に関する教育研究を行う」ことである。この人工物工学という用語は、元東京大学総長吉川弘之の「人工物工学の提唱」で次のように定義されている。

現在、我々は、環境、貧富、安全、健康など、多くの困難な問題（現代の邪悪なるもの）に直面している。これらに共通する点は、人類の安全と豊かさを求めてきた行為の結果として、全く予期せず生じた問題であるということである。人類はこれまで、知恵を駆使し、学問を構築することによって、多くのものを生み出してきた。しかし、現在の学問は領域性と視点の限定によって構築されたものであり、これらの問題の解決のために適用できないのはおろか、むしろこれらの問題を生ぜしめた原因となっている。その解決のためには、人間が創出するものすべてを対象とし、領域を否定し、どの視点も取り入れることが可能な新たな学問を構築する必要がある。これは、従来の演繹を基盤とする学問ではなく、仮説・法則や行為を導出するためのアブダクションを基盤とした学問である。それを人工物工学と呼ぶ。

当センターは、当初、設計科学、製造科学、知能科学の3部門の体制でⅠ期（1992年～2002年3月）がスタートした。そこでは、当該分野の課題分析とその一般化を行い、新たな機能を実現する仮説と発見の論理構築（アブダクション）の基礎を築き、人工物工学教育研究に関するミッションとして脱物質化、脱領域化が抽出された。これらは既存の様々な分野を機能性と普遍性の観点から統一的に捉え直すことによって、より発展性のある新たな学術分野を構築する理念でもある。2002年4月からはⅠ期の成果を踏まえ、Ⅱ期（2002年4月～2013年3月）がスタートした。ミッションを実現する上で今後攻究すべき分野として、主に脱物質化を指向するライフサイクル工学、サービス工学、デジタル価値工学、主に脱領域化を指向する共創工学を見だし、これらの4つの研究部門と客員研究部門が設置された。2005年12月には価値創成イニシアティブ（住友商事）寄付研究部門を設置（2010年3月まで継続）した。

1.1.2 Ⅲ期の位置づけ

Ⅲ期は2013年4月にスタートし、人工物と人との相互作用研究部門と社会の中の人工物研究部門の2部門構成へ改組した。センター内の研究者は様々な社会の問題の解決を目指す中で、社会と人工物のかかわり、人と人工物のかかわりについて研究を行っている。研究面からは、脱物質と脱領域との融和による人工物工学の確立を目指して、人工物そのものの設計・創造・合成という狭義のシンセシスではなく、人と人工物、社会と人工物の関係性をも包含したシンセシス

を指向している。人工物と対になる人ならびに社会それぞれのアウトカムの立場から歩み寄っているが、これは、人に関する重要課題である個のモデリングと、社会に適用する人工物創成の社会技術化を推し進めることを意味している。具体的に人と人工物との相互作用研究部門と社会の中の人工物工学研究部門が進めている研究テーマとしては、

- ・個のモデリング：人工物の存在により価値観が変動する、多様な個のモデル化
- ・人工物創成の社会技術化：目的が不明確な問題に対する、関係者間の協働による目的確定と解探索とを組み入れた、人工物システムの共創的設計方法論の提案

を挙げている。前者は、Ⅱ期で得られた価値のモデルをベースにサービス工学研究部門で得られた知見を融合する形で扱っている。後者は、分野としての多様性と一定の関連を相互に有する総合工学に属する諸問題—たとえば複合領域最適設計、地球環境問題を扱う共創技術戦略、製品サービスシステム設計—を個別に扱う中で、それらの共通構造をも明らかにしている。これらの成果を積極的に国際的に発信する。

また、以上に述べた構想の一端を担う人材を育成するという観点から、社会に開かれた教育と研究を推進するプラットフォームの構築を目指し、全学センターの一員として、大学院講義「人工物を創出するための理解」等を通して、教育研究システムの改革に先導的役割を果たしている。

図1. 1に人工物工学研究センターの第Ⅰ期から第Ⅲ期に向けての流れを示す。

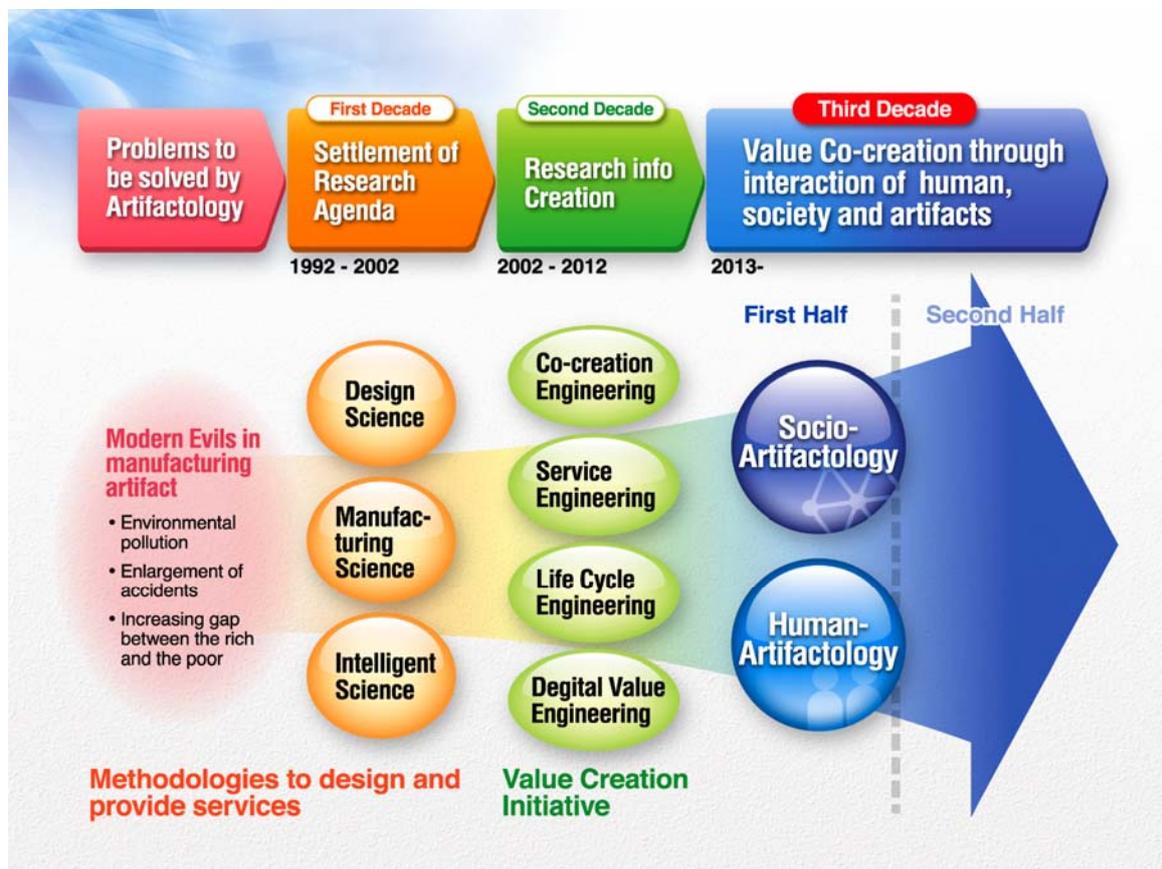


図1. 1 人工物工学研究センターの第Ⅰ期から第Ⅲ期に向けた流れ

1.2 Ⅲ期における現状までの活動状況（2013.4～2017.3の間）

1.2.1 センターの必要性

本センターは設立当初から、1章で示した人工物工学の確立を目指して、環境、貧富、安全、健康など、多くの困難な問題（現代の邪悪）の解決を目指すとともに、人間・人工物・環境の新たな関係の可能性を求めて、学問領域の細分化による弊害を無くし、従来の方法論にとらわれない取り組みをおこなってきた。

昨今の国内国際情勢より、わが国の限られた人的・物的リソースを戦略的に活用する観点から研究・教育においても選択と集中が求められている。このような観点から、人工物工学のような、本質的かつ重要ではあるが、まだ明確には確立、規定されていない学問の体系化を実現する場としては、各領域の研究教育を担う大規模な組織ではなく、専任のメンバー同士が密に議論し内容を深化できる人工物工学研究センターのような比較的小規模なセンターが担当する必要がある。

すなわち、小規模組織としてのセンターの意味は、本学が持つ多方面の多様な機能を活用しつつ、メンバー相互の深い議論に基づく学問体系の再構成の方向性を探るプローブの役割を担っているとも考えている。当センターには、既存の大学組織よりも一歩社会に踏み込んだ活動を展開し、その成果を大学側に逆投影することにより、学術成果の社会実装ならびに学問体系の社会技術化をより促進する役割があると理解している。また第Ⅲ期において専任教員に加えて兼任教員を6名にまで増やしたことで、一定の多様性と規模感を有する対象へのアプローチも可能となっている。

1.2.2 研究部門と主な成果

Ⅲ期では前述のように、改組された人工物と人との相互作用研究部門と社会の中の人工物工学研究部門の体制により、個のモデリングと人工物創成の社会技術化をテーマとして設定した。

人工物と人との相互作用研究部門（個のモデリング）では、以下の3つが主な成果として挙げられる。

- ・ 新しい学問領域「身体性システム科学」の創出：脳科学研究とリハビリテーション医学研究を人工物工学ベースのモデリング手法で統合する「身体性システム科学」なる新しい学問領域を創出し、文科省新学術領域研究「身体性システム」を2014～2018年度に立ち上げており、当センターがその核となっている。障害や疾患が存在する個人に対するリハビリにより長期的な生活レベルの向上を図るモデルベーストリハビリテーションの概念を提案している。
- ・ 個のモデリングに基づくサービス工学展開とその観光への応用：サービス工学と観光情報学を統合することで、個人旅行者へのケアと観光分野の持続的な発展の双方を可能とする方法を構築した。また、得られた成果をサービスシステムの構成法として一般化するとともに、観光プランニングサービスの社会実装に現在取り組んでいる。
- ・ パーソナライズド設計手法の開発：人間と人工物が力学的、運動学的に連成するシステムに対し、個人の特性を考慮した人工物の設計手法を開発している。例題として、ゴルフクラブ設計問題をとりあげ、人間のスウィングの特性を考慮した最適なクラブを提案する手法を開発し、企業と共同でシステムとして実用化まで行っている。

社会の中での人工物工学研究部門（人工物創成の社会技術化）では、以下の3つが主な成果として挙げられる。

- ・ 価値創出を促進するフロントローディング設計：人工物設計において社会技術化を進めるためには、上流設計段階において製造、使用などの様々な影響を考慮し、設計の手戻りを少なくする、いわゆるフロントローディングが重要となる。本センターでは、科学技術振興財団SIPプログラム「チーム双方連成を可能にする超上流設計マネジメント」の一環として、不確定性を含む初期設計におけるロバストな複合領域最適設計手法を開発するとともに、従来は設計の最下流で評価していた製品の成形性を上流設計段階において評価する手法を開発している。
- ・ 人工物トリアージ：日本のインフラの多くは、高度経済成長期である時期に建設されており、現在50年が経過し老朽化が顕在化しつつある。一方で、現在の人口減少・総予算低減の中では、全てのインフラを維持することは困難と考えられる。そこで大規模災害時の負傷者に対するトリアージと同様に、人工物であるインフラにトリアージの概念を適用し、維持しないという選択まで含めた総合的なインフラの維持管理の提案を行っている。巨大人工物を対象として、劣化具合を把握する検査技術、劣化進展を予測する計算科学に加えて、対象人工物の社会的価値の定量化を試みる研究を遂行している。
- ・ エネルギー開発への新技術の実装：日本周辺海域の海底地層中に分布するメタンハイドレート開発における新しい生産プロセス設計（サイクリック減圧法、CO₂ エマルジョンと水の交互圧入法等）を中心として、材料劣化評価やシェールガス資源量評価への分子動力学の適用を実施し、東京大学のビジョン2020におけるR&D～技術革新の間の新しい価値創造を目指した活動を実施している。

1.2.3 研究業績

研究（研究対象および手法の独創性、論文数、等）、教育（博士課程、修士課程の学生指導、講義等）、社会的貢献（学会活動、国際会議、国内会議活動等）の観点からも、人工物工学研究センターメンバーは多くの成果を出している。人工物工学研究センターは現員17名（教授9名、准教授7名、助教1名）という小構成員であるが、研究資金として過去4年で国家課題対応型研究開発推進事業、文部科学省科学研究費新学術領域研究、SIP（戦略的イノベーションプログラム）、戦略的創造研究推進事業等約95件を獲得し、毎年平均約1.3億円以上の予算で研究を遂行してきた。これは前述の研究ミッションが社会的に認知されている結果と考えられる。また、この4年で学術雑誌およびプロシーディング数約1,600件、メディア報道40件、受賞60件と多くを発信し、評価を得ている。

1.2.4 社会における人工物工学の普及

人工物工学の概念を社会への普及する試みとして、主なものを4つ挙げる。

- ・ 大学院集中講義「人工物を創出するための理解」：人工物創出における基本的枠組みである設計、製造、使用等の知識を講義で勉強し、その後に個々の問題解決を図る実践型グループ演習（Project Based Learning: PBL）を実施する新しい形式の授業で、工学リテラシー評価モデ

ルも学び、創出のための理解を深めさせるという新しい試みを行っている。具体的には、インフラ維持、空港問題の解消、介護のテーマを設定し、その解決法を議論した。講義を通じて、全受講生・教員間で活発な討議がなされ、人工物工学の今後の教育を考える上で有意義な知見が得られた。

- 書籍「人工物工学入門」と学術論文：人工物工学の概念を一般に広げることを目的とし、東大出版会から当該題目の書籍が出版された。人工物工学研究センターに所属する専任、兼任、客員教員および、人工物工学研究の提案と同センターの設立に携わった吉川弘之元東京大学総長、共創工学の概念を発展させた故上田完次東京大学名誉教授の15名で執筆した。内容概要は「環境配慮意識が進み、人工物がもたらすさまざまな問題が強く意識されるようになった。人工物工学とは、これらの問題の解決と循環型社会の構築をめざすものである。身のまわりにあふれる人工物、そのライフサイクルから価値とサービスの創出まで『ものづくり』を捉えなおす」というものであり、人工物工学の概念を広く社会にアウトリーチすることに貢献した。また、それに先立ち、雑誌シンセシオロジーに以下の研究論文を投稿し採択された。“太田 順，西野成昭，原 辰徳，藤田 豊久，(2014). 人工物工学研究の新しい展開-個のモデリング，社会技術化へ-. *Synthesiology* (シンセシオロジー) , 7(4), 211-219.”ここでは学問的な観点からの第3期の方向性について述べており、人工物工学の位置づけの明確化とその概念を広めることに貢献している。
- **Problem solving based technology transfer** 確立に向けた海外研究機関との協力：国内で得られた広い意味での設計知を海外に展開することは、日本の将来にとって必須である。当センターは、知を展開可能なように脱領域的な形式で構造化し、それらを現地の人たちの理解をより促進する形式で伝達することが重要であると考えている。このような観点から、人工物工学研究センターは、ホーチミン市産業大学（ベトナム）、ダナン大学（ベトナム）、モンクット王トンプリー工科大学(KMUTT)（タイ）、アボメ・カラビ大学（ベナン）等、発展の著しいアジア、アフリカ諸国の様々な海外の大学・研究機関と連携をとり、共同研究やセミナー開催を通じて、人工物工学の概念に基づく新しい技術移転の方式 **Problem solving based technology transfer** の概念を推し進めている。
- コロキウム、シンポジウム開催等の対外的活動：人工物工学の概念を広く浸透させるシンポジウム、コロキウムを年複数回実施した。国内会議関係では、2014年に開催された第5回横幹連合総合シンポジウムにおいて、当センターメンバーがオーガナイズドセッションを開催し、人工物工学の概念につき研究者と議論した。また、高校生を対象とした、モノづくりに関するプロジェクトベースラーニングの一つであるエッグドロップ甲子園を2012年より毎年開催する等、アウトリーチ活動も活発に行っている。

1.2.5 若手研究者の研究促進

当センターは若手研究者の研究を促進している。その具体的内容といくつかの成果を以下に示す。

- 促進その1「研究大学強化促進事業」：2013年度に当該事業を遂行し、若手研究者の研究促進を本格的に開始した。具体的には、若手研究者向け論文ワークショップ開催、国際シンポジウム、コロキウム開催、センター教員の海外渡航、海外研究者の招聘ならびにディスカッション

を行い、研究力強化促進を遂行した。若手研究者による将来構想検討会を定期的に開催し、センター研究の将来について議論した。

- ・ 促進その2「RACE 将来構想委員会」とスタートアップ予算：2014年度以降も当センターの若手研究者が年数回会合を持って将来展望について議論している。またセンター内で RACE 研究発表会を開催し教員や学生が発表することで、メンバー相互の意見交換を可能としている。さらに若手研究者等が萌芽的な研究を開始することを支援するスタートアップ予算を運用した。
- ・ 成果その1「人工物ジレンマ」：上記将来構想検討会における議論により生まれたテーマである。情報通信技術の進歩に伴い、物理的実体としての人工物から本来その内部に含有されていた情報が分離されることで、社会を豊かにする一方で弊害をもたらしている。そのような情報分離現象を人工物ジレンマと定義し、本センターの新しい概念の一つとなるものを構築した。研究フレームワークを設定し、現在は文部科学省特設分野（後述）において、西野成昭准教授を研究代表者として、その理論的基礎と解決のための人工物設計論の構築を目指して研究を推進している。
- ・ 成果その2「東大・筑波大・産総研の TIA 連携プログラム探索推進事業」：”サービス工学×ビッグデータ”のイノベーション・アリーナ形成が採択され、文理融合研究プロジェクトの一つとして、社会科学系の研究者とのコラボレーションにより、DDSE（Data-Driven Service Engineering：データ駆動型サービス工学）の理論と技術を創ることを目標として、原辰徳准教授等の若手研究者が中心となって、当センターに「サービス用設計支援システム（サービスCAD）」の拠点を形成している。
- ・ 成果その3「特任准教授の採用」：エネルギー分野を対象とする若手研究者を特任准教授として採用した。マイクロレベルからマクロレベルまでの階層シミュレーション、およびその社会技術化に関して他の研究者と共有することで、センター全体のレベルアップに貢献している。

1.2.6 社会への影響と総括

「人工物工学に関する教育研究を行う」という人工物工学研究センターの設置目的ならびにそのミッションである個のモデリング、人工物創成の社会技術化の観点から、人工物工学研究センターの成果を総括する。本センターの研究活動成果も反映され、人工物工学の基本的な概念は社会的に浸透し、認知されてきている。例えば、「最新の学術動向等を踏まえて、新しい学術の芽を出そうとする試みを中心に、日本学術振興会の学術システム研究センターが候補分野を提案し、文部科学省の科学技術・学術審議会学術分科会科学研究費補助金審査部会において設定される分野」として、文部科学省特設分野が存在するが、平成28年度にその一つとして「人工物システムの強化」という分野が設定されたことから、人工物工学の概念の認知度が高まっていることがわかる。また当センターが提案したサービス工学”service engineering”については、当センター出身者が執筆した学術論文が世界の引用件数トップ5件のうち4件を占めており、当該分野に対する当センターの多大な貢献が伺える。また、創発的シンセシス emergent synthesis や価値創成 value creation の概念も当センターが提唱した概念であるが、当センター出身の前述の故上田完次東京大学名誉教授による当該分野の先駆的論文群は合計600の引用件数があり、この分野にお

いて世界の研究者を先導していることがわかる。また、生産技術分野の世界的組織である国際生産工学アカデミー(CIRP)において、当センターが以前より提唱してきた創発的シンセシスの概念を扱った IWES (International Workshop on Emergent Synthesis)という国際会議が 2016 年に再開され今後年 1 回開催予定であることから人工物工学の概念が国際的にも浸透していることが分かる。

しかしながら、個のモデリング、人工物創成の社会技術化を統合した方法論的知見は今もなお十分とはいえず、また人文社会科学系研究者とのコラボレーション等、研究体制には改善の余地があり、今後の課題として後半につなげる必要がある。

1.3 III期後半の計画

III期前半においては、個のモデリング、人工物創成の社会技術化の課題について、人工物と人との相互作用研究部門、社会の中の人工物工学研究部門研究者が成果を挙げてきた。III期後半では、これらの成果をさらに発展・融合し、時代を超えて豊かな価値を創出できる社会構造の解明を目指して研究を進める。

1. 製品・サービスのエコシステム構成論：

製品サービスシステムは、人工物とステークホルダが相互依存し共創的な過程を通じて成長・進展する、いわば生態系のようなシステム（エコシステム）であることが望まれる。III 期前半で進めてきた、個のケアに基づくサービス学の展開、利用者を考慮し効率最大化を目指したフロントローディング型設計手法の研究、身体性システム科学の研究等の成果を展開・統合して、人工物とステークホルダ、及びそれらを取り巻く環境の複雑な関係の構成則を解明し、エコシステム設計論の構築を目指す。

2. 社会環境の変化に適応する Internet of Artifacts：

製品・サービスのエコシステムは、取り巻く社会環境の変化と共に不調和を起し、結果としてシステムの崩壊へと繋がらう。エコシステムが環境変化に対して適応性を有し、次の段階へ進化するには、社会と人を取り持つ人工物システムの動的な挙動を的確に把握し、エコシステムの基盤となりうる Internet of Artifacts (IoA) が必要不可欠である。ここで IoA とは、Internet of Things (IoT) を人工物工学の発想で拡張した概念であり、既存の IoT 技術に加え、人工物と人の繋がりから生じる社会的価値を含んだ人工物創出の構造をサイバー空間上でシミュレートできるプラットフォームである。III 期前半で進めてきた、経済的価値を考慮した人工物トリアージ研究、個のモデリングに基づくパーソナライズド設計手法の開発、デジタル化による弊害を防ぐ人工物ジレンマ研究、エネルギー開発における社会技術化の研究成果等をベースに、IoA 構築を目指す。これにより、設計時に想定しえなかった外部事象に対しても強靱性を有し、時間経過と共に変容する多様な評価軸に適応しながら社会的価値を創出し続ける人工物システムへの発展を目指す。

3. 未来を共創するための設計に関する知の活用方法に関する研究：

人工物の設計の源泉は、長い人々の営みの中で獲得された叡智と、時代々々で変わりゆく環境でそれを活用できる人間の行動にある。未来を共創しうる人工物エコシステムの実現には、叡智の伝達と伝承、そして時代毎の文化や思想と融合し、適切に活用しうる知の可塑性が必要となる。IoA のプラットフォーム上で、人工物の設計に必要な「叡智と行動」を有する人材が相互作用できる場を用意し、実際に教育活動を実践する。また、その教育活動を対象として、人から人への知の伝達行為から時代を超えて知の伝承がなされるという、叡智継承の fast dynamics と slow dynamics を対象とした実践的研究を推進する。III 期前半で開始した大学院集中講義を一般の技術者や研究者向けに拡大するとともに、アジア諸国で展開する Problem solving based technology transfer 活動を活かすことで、未来を共創する叡智継承のメカニズムを究明する。

4. 人工物工学におけるモデル論の体系化：

上記の1から3の成果を総合し、人工物におけるモデルの根源と役割に関する理論を構築する。一般的に、モデルを大別すると、物理法則等から導かれるモデル（ホワイトボックスモデル）、ビッグデータを基に適切な入出力を導くことで得られるモデル（ブラックボックスモデル）に分類される。一連の人工物創出の問題としたときには、完全なホワイトだけや、ブラックのままのモデルでは不完全で、両者の間にあるグレーボックスモデルを考えることが求められる。基本的に、科学技術の進歩とともに、グレーの度合い、すなわち物理 driven で科学的に解明できる部分が増えていくが、社会環境にも依存するため、モデルにおけるホワイトとブラックの適切な割合を明白に決定することは容易ではない。(1)や(2)の研究成果を元に、(3)で得られる熟練者等の人工物設計に関する叡智と行動を活用し、そのグレーボックスモデルの適切な在り方(グレーの度合い)を導く理論を構築する。

5. 認知・解釈と人工物工学モデル論：

人工物は、人が利用することによって初めて価値が発現する。人が感覚系を介して人工物を認知し、自身の内部で解釈する際の視点は、豊かな価値を創出する上で重要であり、ユーザビリティといった使いやすさ/使いにくさの概念、嗜好と呼ばれる肯定/否定の概念、その態度を表す能動/受動等の多様な見方によって、価値の度合いに相違が生じうる。そのため、グレーボックスモデルとしての適切な表現系は、人間の価値判断が必然的に伴ってくるものである。(4)のグレーボックスモデル論の一般化には、人文社会科学系の研究者との融合が必要不可欠であり、第III期後半では東京大学人文社会系研究科心理学教室の研究者との密なコラボレーションを進める。

構造としては1、2、3の課題への取り組みより4、5の手法や理論を構築し、「社会と人を取り持つ人工物工学」の確立、ひいては人工物システム科学の体系化を目指す。これは、多くのステークホルダが存在し、それらが製品とサービスの両者を含む多様な人工物を介して相互に影響しあう「価値創成ネットワーク」の構成に役立つものである。さらに、1.1.2項で示したように、社会に開かれた教育と研究を推進するプラットフォームのより一層の具体化を目指す。図1.2に当センターが目指す将来像を示す。

また、図1.3に学問分野の関係を示す。人工物工学研究センターでは、サービス学、身体性システム科学、設計拡張、エネルギーシステム設計等を対象とする。当センターが扱う学問は、

ものづくりの原点である工学と、心理学、生理学、経済学、社会学等の他の学問領域とのインタフェースを構成している。



図 1. 2 人工物工学研究センターが目指す「社会と人を取り持つ人工物工学」

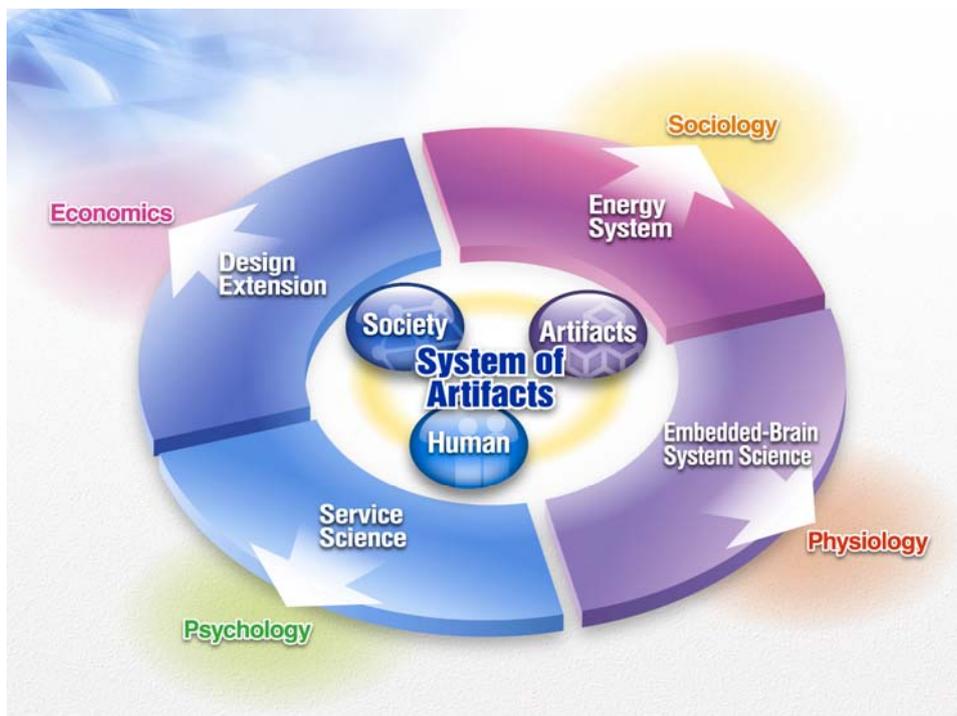


図 1. 3 人工物工学研究センターが目指す対象と関連学問分野

第2章 組織・運営体制

2.1 沿革・センターの体制

本節では、センターの沿革および体制を述べる。

センターのおもな沿革を表2. 1に示す。本センターは1992年4月に設立された。第I期の研究アジェンダの設定により、創出行為の研究の重要性が見いだされ、2002年4月に新たに4部門を設置し、さらに、2005年12月に寄付部門を設置した。さらに、第II期の研究成果から、人、社会、および、人工物の相互作用を介した価値創出研究を進める必要性が示され、2013年4月に2部門に体制を変更した。また、本センターはセンターの意義、研究・教育成果、研究体制、将来構想等について定期的に外部からの評価を受けてきた。その概要を表2. 2に示す。

表2. 1 人工物工学研究センターの沿革

1992	4	人工物工学研究センター設立 同時に文部省科学研究費（創成的基礎研究費） 「工学を総合化する知的人工物に関する研究」プロジェクト発足
1993	11	駒場第2キャンパスに移転
1997	3	「工学を総合化する知的人工物に関する研究」プロジェクト終了
2000	3	国内外部評価
2001	2	国際外部評価
2002	4	ライフサイクル工学・デジタル価値工学・サービス工学・共創工学の4つの研究部門を設置
2002	12	第II期発足記念式典（第5回人工物工学コロキウム）
2005	4	柏キャンパスに移転
2005	12	価値創成イニシアティブ（住友商事）寄付研究部門を設置（～2010年3月）
2006	5	価値創成イニシアティブ（住友商事）寄付研究部門設立記念シンポジウム
2008	1	国内外部評価
2011	4	日本原子力研究開発機構システム計算科学センターとの「大規模複雑人工物シミュレーション」の連携研究を開始
2012	3	国際外部評価
2012	12	人工物工学研究センター設立20周年記念コロキウム（第23回コロキウム）
2013	4	社会の中での人工物工学研究部門と人工物と人との相互作用研究部門の2つの研究部門を設置

表 2. 2 人工物工学研究センターがこれまで受けてきた外部評価の概要

<p>2000年 3月</p>	<p>第Ⅰ期（1992年4月～2002年3月）のそれまでの総括 第Ⅱ期に向けての構想の評価</p> <p>評価項目：過去8年間の研究・教育・社会的活動等の実績、組織・制度の運営、研究体制、研究者の確保・育成、研究環境、交流、研究成果、センターの将来構想</p> <p>委員長：岡村弘之（東京理科大学理工学部・教授） 委員：今道友信（哲学美学比較研究国際センター・教授） 上田完次（神戸大学工学部・教授） 小野田武（三菱化学株式会社・顧問） 村上陽一郎（国際基督教大学・教授） 吉田民人（中央大学文学部・教授）</p>
<p>2001年 2月</p>	<p>Evaluation report on RACE accomplishment and plans for the future</p> <p>評価項目：センターにおける研究教育成果の国際的評価、及び将来計画</p> <p>委員：Larry Leifer (Professor, Stanford University, USA) Margareta Norell (Professor, Royal Institute of Technology, Sweden) Kuznetsov Fyodor Andreevich (Professor, Institute of Inorganic Chemistry, Russia) John Rumble (Dr., National Institute of Standard and Technology, USA) Brad Allenby (Vice President, Environment, Health & Safety, AT&T, USA)</p>
<p>2008年 1月</p>	<p>第Ⅱ期の中間評価 第Ⅱ期（2002年4月～）のセンターの研究・教育等の実績の評価と総括</p> <p>評価項目：総括、センターの運営・体制・研究組織、研究実績・交流、教育実績・人材育成、人工物工学の構築と将来構想</p> <p>委員長：柘植 綾夫（芝浦工業大学 学長） 委員：石田 秀輝（東北大学大学院 環境科学研究科 教授） 北村 新三（神戸大学 名誉教授） 中島 秀之（はこだて未来大学 学長） 矢川 元基（東洋大学計算力学研究センター センター長・教授）</p>
<p>2012年 3月</p>	<p>第Ⅱ期（2002年4月～2012年3月）の最終評価 第Ⅲ期に移行するにあたっての助言・提言 Evaluation Report（英語版と和訳版）</p> <p>評価項目：「総合評価」「研究成果および国際交流」「教育成果および人材育成」「センターの必要性」の4つの項目</p> <p>委員長：木村文彦（法政大学理工学部・教授、東京大学・名誉教授） 委員：Joonhong Ahn (Professor, University of California, Berkeley, USA) John Clarkson (Professor, University of Cambridge, England) Yoon Young Kim (Professor, Seoul National University, Korea) Kyu-Sung Lee (Professor, Inha University, Korea) Osni Marques (Dr., Lawrence Berkeley National Laboratory, USA) László Monostori (Professor, Hungarian Academy of Sciences, Hungary) Enrico Pagello (Professor, University of Padua, Italy) Panos Y. Papalambros (Professor, University of Michigan, USA)</p>

2.2 定員と組織

本センターは、東京大学に付属するセンターであり、2017年4月現在、「人工物と人との相互作用研究部門」、「社会の中の人工物工学研究部門」、「客員研究部門」の3部門体制で構成されている（図2.1）。センター長は工学系研究科より併任で務めており、センターの定員は専任教員として、教授4名、准教授2名、助教1名の合計7名である。その他に、特任准教授1名を外部資金で雇用している。特任研究員は3名である。

センターの研究・教育活動を強化するため、上述の教員以外に、新領域創成科学研究科に所属する教員2名、工学系研究科に所属する教員6名がセンター教員を兼任しており、さらに、学外の客員教員2名がセンターの研究・教育活動を支えている。

また、センターの各研究を推進するために、客員研究員と協力研究員を受け入れる制度を設けており、表2.3と表2.4に示すように、多くの研究者が共同研究等に参加している。

居室は東京大学柏キャンパス総合研究棟5階に教員室11室（15～43 m²）、研究室10室（22～50 m²）を構えている。さらに全研究室の学生のためのオープンラボラトリ（50 m²を4室）及びラウンジ（56 m²）、談話室（25 m²）を設置している。加えて、サーバ室（26 m²）を確保している。

センターの研究・教育に関連する事項は、毎月開催されるセンター会議で決定される。センターの運営に関しては、運営委員会が組織（表2.5）され、年1回程度、活動報告と活動方針、人事に関する決定事項が審議される（表2.6）。

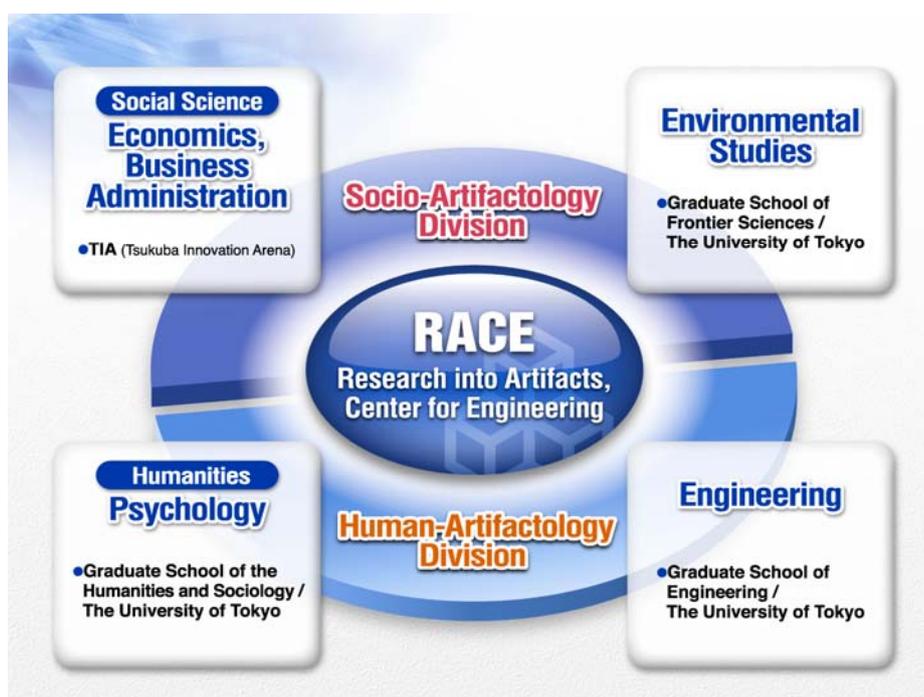


図2.1 センターに設置されている部門と外部との連携

表 2. 3 客員研究員 (2017.4 現在)

青山和浩	東京大学	杉正夫	電気通信大学
荒井栄司	大阪大学	鈴木宏正	東京大学
新井民夫	国際廃炉研究開発機構	高草木薫	旭川医科大学
石塚師也	北海道大学	高田祥三	早稲田大学
石野栞	東京大学	高橋浩之	東京大学
板倉充洋	日本原子力研究開発機構	武居周	宮崎大学
伊藤宏幸	ダイキン工業株式会社	竹中毅	産業技術総合研究所
井戸村泰宏	日本原子力研究開発機構	田村雄介	東京大学
稲葉敦	工学院大学	千葉龍介	旭川医科大学
岩田修一	事業構想大学院大学	茶山和博	マルフジェンジニアリング
上田剛慈	株式会社エナジーフロント	陳迎	東北大学
歌原昭彦	住友商事株式会社	辻本恵一	三菱マテリアル株式会社
梅田靖	東京大学	手塚明	産業技術総合研究所
大武美保子	理化学研究所	DEFAGO, Xavier	東京工業大学
大富浩一	東京大学	富山哲男	Cranfield 大学
小田宗兵衛	京都産業大学	長坂一郎	神戸大学
影山和郎	東京大学	西田明美	日本原子力研究開発機構
金井 Pak 雅子	関東学院大学	馬場靖憲	東京大学
河合浩志	東洋大学	V. A. de Souza	東北大学
川中孝章	東京大学	廣瀬通孝	東京大学
川端邦明	日本原子力研究開発機構	広田光一	電気通信大学
木下幹康	(株) トリウム・テック・ソリューション	深澤佑介	株式会社 NTT ドコモ
桐山孝司	東京芸術大学	福井義成	文部科学省
桑原教彰	京都工芸繊維大学	藤井信忠	神戸大学
黄沿江	華南理工大学	保坂寛	東京大学
黄之峰	広東工業大学	堀江英明	慶応大学
児玉斎	MRC コンポジットプロダクツ株式会社	前田樹海	東京有明医療大学
後藤和哉	合同会社 PExProCs	町田昌彦	日本原子力研究開発機構
近藤伸亮	産業技術総合研究所	松岡俊文	深田地質研究所
坂尾知彦	Linköping 大学	松原仁	琉球大学
佐藤純一	国際メタテクノロジー研究所	三島健稔	埼玉大学
柴沼一樹	東京大学	三宅美博	東京工業大学
下野智史	MRC コンポジットプロダクツ (株)	村田澄彦	京都大学
下村芳樹	首都大学東京	山際康之	東京造形大学
朱丹丹	中国石油大学(北京)	山田進	日本原子力研究開発機構
Feiyun Cong	Zhejiang University	鎗目雅	東京大学
白山晋	東京大学	吉川弘之	科学技術振興機構
須賀唯知	東京大学	和田義孝	近畿大学

表 2. 4 協力研究員 (2017.4 現在)

石黒周	株式会社グランドデザインワークス	羽田靖史	工学院大学
魚住光成	三菱電機情報技術総合研究所	俵谷侑吾	京都大学
E. Piovaneli	Università di Padova	福島達也	日産自動車株式会社
鬼頭朋見	筑波大学	丸山正明	自営 (技術ジャーナリスト)
鈴木正昭	東京理科大学	村上弘記	石川島播磨重工業株式会社
染谷秀人	株式会社アヴィス	C. Guzelbulut	イスタンブール工科大学

表 2. 5 運営委員会委員 (2017.4 現在)

氏名	職名	所属
越塚 誠一	センター長	人工物工学研究センター
大久保 達也	研究科長・教授	大学院工学系研究科
福田 裕穂	研究科長・教授	大学院理学系研究科
三谷 啓志	研究科長・教授	大学院新領域創成科学研究科
藤井 輝夫	所長・教授	生産技術研究所
中村 尚	副所長・教授	先端科学技術研究センター
太田 順	教授	人工物工学研究センター
鈴木 克幸	教授	人工物工学研究センター
栗山 幸久	教授	人工物工学研究センター
増田 昌敬	教授	人工物工学研究センター
沖田 泰良	准教授	人工物工学研究センター
原 辰徳	准教授	人工物工学研究センター
梅田 靖	教授	大学院工学系研究科
大橋 弘忠	教授	大学院工学系研究科
福井 勝則	教授	大学院工学系研究科
高橋 淳	教授	大学院工学系研究科
本田 利器	総長補佐・教授	大学院新領域創成科学研究科

表 2. 6 運営委員会開催記録 (2013.4~2017.4)

年	月	日
2013	7	18
2014	2	17
2014	6	23
2014	12	15
2015	1	19
2016	2	10

第3章 研究

3.1 研究活動、研究成果

3.1.1 人工物と人との相互作用研究部門

(1) 部門の位置付け

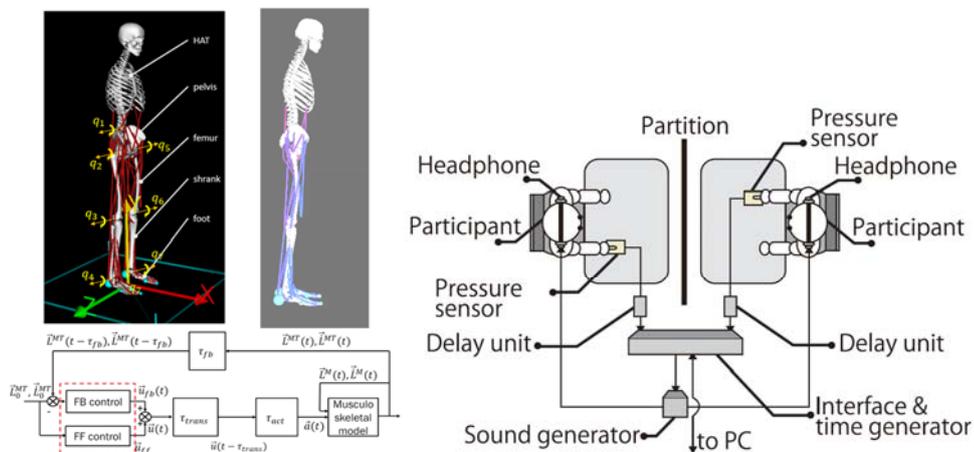
人工物は、人間に使用され、人間と相互作用をする中で価値を発現する。本部門では、そのような、人間と人工物とによる共創的な価値の創成について研究を行う。具体的には、人間と人工物の協調と人間同士の協調について研究を行うとともに、人工物との関わりの中で変化する個のモデリングを行う。これより、多様な価値判断の基準を持つ個のケアを行う方法論の確立を目指している。

(2) 研究テーマと達成状況

当該部門の主な成果を5つ挙げ、テーマと達成状況を述べる。図3.1に研究内容の図を示す。

(a) 個のモデリングのための身体・認知メカニズムの研究

- ・ 脳科学研究とリハビリテーション医学研究を人工物工学ベースのモデリング手法で統合する「身体性システム科学」なる新しい学問領域を創出し、文科省新学術領域研究「身体性システム」を2014年度～2018年に立ち上げている。人間の感覚・運動連関に関する「個のモデリング」を通じて、多感覚情報に基づき冗長な数の筋を用いて立位姿勢保持動作を実現するメカニズムの解明を行った。感覚・運動連関系における「個のモデリング」に基づく、人間制御メカニズムの解明を行った。
- ・ 会話やスポーツ、音楽のセッションにみられるような、人間同士の時間的共創に関する研究を行い、成果を得た。実験心理学的手法を用いた、自己と他者との協調的なリズム生成の観察ならびにライフログセンサを用いた企業組織における人々の身体動作の同調過程の観察を通して、人間の時間的共創の特徴とそれを支える認知的なメカニズムの解明を行っている。人間同士の協調時の「個のモデリング」の問題を扱いモデル化を行った。



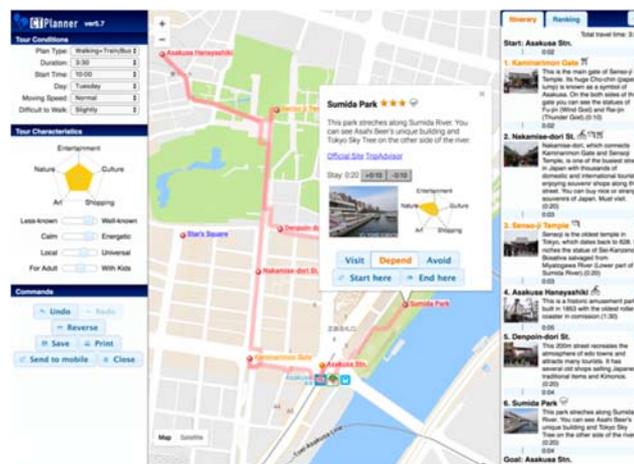
(a) 身体性システム科学

(b) 人間同士の協調的同期活動の観察

図3.1 人工物と人との相互作用研究部門の代表的成果その1

(b) 人工物の設計者と使用者間の共創メカニズムの研究

- サービス工学と観光情報学を統合することで、個人旅行者へのケアと観光分野の持続的な発展の双方を可能とする方法を構築した。ここでは、個人旅行者の嗜好に合わせて対話的に観光プランを作成していく技術を具体的に開発・公開 (CT-Planner: <http://ctplanner.jp/>) し、社会実装に向けた活動を行っている。また、得られた成果を、設計者と使用者間の共創を取り入れたサービスシステムの構成法として一般化し、他の題材に対する適用を進めた。ここでは、人間の認知に基づく意思決定時の「個のモデリング」とサービスへの応用を行っている。

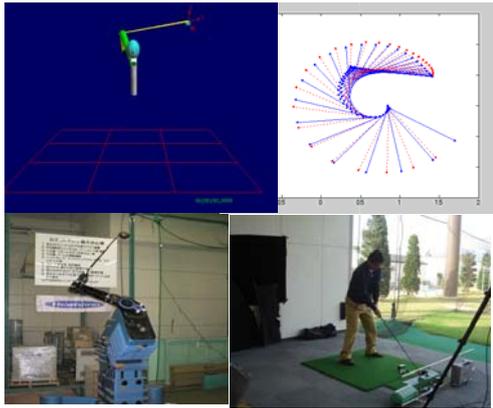


観光サービスの支援

図3. 2 人工物と人との相互作用研究部門の代表的成果その2

(c) 個のモデリングを用いた人工物システムの設計手法の研究

- 人間のスポーツ時の動作をとりあげ、スポーツ用具と人間が相互作用しあう人工物と人間の連成系で、単に力学的なダイナミクスにとどまらず、個人差の考慮、心理的な要因が複雑に連成する問題を扱った。ヘッドスピードの最大化と体の負荷の最小化という多目的最適化問題として定式化し、パレート解を求めることにより、人間の身体運動時の「個のモデリング」をベースとした、個々人にあった用具や動作の最適設計、ミスをしにくいロバストな人工物設計技術を提案している。
- 「個のモデリング」の概念を用いた、人と共創するロボットシステムの開発を行っている。具体的には、災害対応ロボットや無人化施工建設機械、福島原発廃止措置のためのロボット技術開発、遠隔操作のための俯瞰映像を含む任意視点画像生成・提示などのヒューマンインタフェース開発などを行うとともに、三次元計測、打音検査、点検のための画像処理、信号処理などに関する研究開発、ロボットの自律異常診断、耐故障動作を実現するための様々な手法の開発などを行った。



(a) 個のモデリングによる人工物設



(b) 人と共創するロボットシステム

図 3. 3 人工物と人との相互作用研究部門の代表的成果その 3

(3) 主要な論文業績

上記に示す人工物と人間との相互作用に関する先駆的研究を行っている。以下に代表的な論文を示す。

- ・ Tatsunori Hara and Tamio Arai: Design-of-use and design-in-use by customers in differentiating value creation. CIRP Annals -Manufacturing Technology, Vol. 62/1, (ISSN 1660-2773), pp.103-106, 2013. (サービス工学の観点から「個のモデリング」を扱った研究)
- ・ Jiang,Ping, Chiba,Ryosuke, Takakusaki,Kaoru, & Ota,Jun. (2016). Generation of the human biped stance by a neural controller able to compensate neurological time delay. PLoS ONE, 11 (9): e0163212. doi:10.1371/journal.pone.0163212 (感覚運動連関における「個のモデリング」を扱った研究)
- ・ 下野 智史, 児玉 斎, 鈴木 克幸, プレイヤーのスイング特性に応じたゴルフシャフトの最適設計, 日本機械学会論文集, Vol. 82 (2016) No. 834 (「個のモデリング」による人工物設計に関する研究)
- ・ H. Higo, K. Ogawa, J. Minemura, B. Xu, T. Nozawa, T. Ogata, K. Ara, K. Yano, Y. Miyake. Interpersonal Similarity between Body Movements in Face-to-Face Communication in Daily Life, PLoS ONE, Vol.9, Issue.7, pp.1-10 (e102019), 2014, 7 (人間同士の協調時の「個のモデリング」に関する研究)
- ・ Shinji Kawatsuma, Ryuji Mimura, Hajime Asama, “Unitization for portability of emergency response surveillance robot system: experiences and lessons learned from the deployment of the JAEA-3 emergency response robot at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants”, ROBOMECH Journal, Vol. 4, No. 6, pp. 1-7 (2017). (「個のモデリング」に基づき人と共創するロボットシステムに関する研究)

3.1.2 社会の中の人工物工学研究部門

(1) 部門の位置付け

人工物は、嗜好や文化等が異なる多様な人々が形成する社会の中で、その価値を創成する。すなわち、価値は人工物の設計や生産のプロセスのみでは生み出されず、使用環境で人と人工物が相互作用することで初めて生まれる。人々の共創的な意思決定のメカニズムに関する研究を通して、社会の中で豊かな価値を生み出せるような人工物の社会技術化の方法論構築を目指す。

(2) 研究テーマと達成状況

当該部門の目標と照らし合わせて、主要な研究テーマと達成状況を以下に述べる。図3. 2、図3. 3、図3. 4に研究内容の図を示す。

(a) 社会における多様な評価軸に対応する設計拡張手法に関する研究

社会における人工物の価値は、コスト、安全性、信頼性、環境負荷性等の技術で評価可能な軸のみならず、嗜好や文化等の人間の主観に依存した多様な評価軸によっても大きく異なる。それらの複雑な評価尺度は、人工物設計後の使用・保守等のプロセスを通じた相互作用で決定づけられるが、これらのプロセスへ拡張した新たな人工物設計手法の構築を検討した。

道路や橋梁等の社会インフラである人工物を対象に、劣化損傷診断技術（疲労と腐食の両面）を開発した。具体的には、ベトナム最長の吊橋を対象とし、振動計測に基づき過大な揺れの原因を究明し補修案を提示、実際に補修が行われた後その効果を確認した。一方、週単位の変化が観測可能な腐食計の実証を行い、実際の吊橋で精度を保持しつつ使用可能であることを確認した。さらに、インフラの社会的な価値を定量化（具体的な成果は(b)に記載）し、補修か使用中止かといった判断を行う総合的な枠組み（人工物トリアージ）を社会実装するための研究・活動を進めた。

また、人工物運用の共通基盤となるエネルギー・資源問題において、経済性や環境負荷の観点を考慮した回収システムの設計のため、実験データに基づきコンピュータ上で分子モデルを再現するデジタルオイルを構築した。特に、分子動力学計算を用いて、低塩分濃度水による石油増進回収メカニズムを解明するとともに、これを適用することにより新たなシェールガスの資源量評価手法や石油増進回収法の提案を目指している。さらに、資源回収後の利用時において生じうる社会的な価値を考慮した回収システムの設計へと拡張している。

熟練した技術者は、使用段階において重要な鍵となる部分を事前に考慮した設計を暗黙的に実現できることが多く、このような設計には設計図上で表現可能な形式知としては表せない多くの知が含まれる。人工物の設計に関する有用な知を、熟練者から抽出する取り組みを行い、新しい設計拡張手法について研究を進めている。具体的な1つの取り組みとして、熟練者へのヒアリングにより技術内容を言語化し、膨大な言明をグラフ記述により構造化し、クラスタリングによりポイントを抽出する手法を提案した。この問題は、熟練者から非熟練者への設計技術に関する技術伝承の問題解決に直結すると同時に、新興国への技術移転の問題とも深く関係する。特に、異国への技術移転の場合には、考え方や文化の違いを超えて適用可能な **Transferrable** な形式での知として蓄積し、移転する必要がある。ベトナムやタイのアジア諸国を中心として、技術移転の問題も研究対象として現在取り組んでいる。

(b) 不確実環境下における人工物の挙動と運用に関する研究

人工物は設計・生産された後に、社会との相互作用によって価値が創出する。しかしながら、社会において使用環境は一般的に不確実性を伴い、予期できない変動が生じうる。そのような不確実環境下に適応する人工物の運用に関する研究を進めている。

人工物トリアージ研究として、(a)で述べた劣化損傷診断技術のみならず、社会的価値も含んだ補修/使用中止の判断を行うトリアージの方法論を提案している。具体的には、経済学の考え方をベースにしたインフラの社会的価値を定量化の手法を提案し、ゲーム理論的な枠組みで理論的に解析し、加えて経済実験やシミュレーションにより検証している。これによって、技術的側面から社会的価値の部分まで含めた総合的なインフラ維持管理手法として提案している。

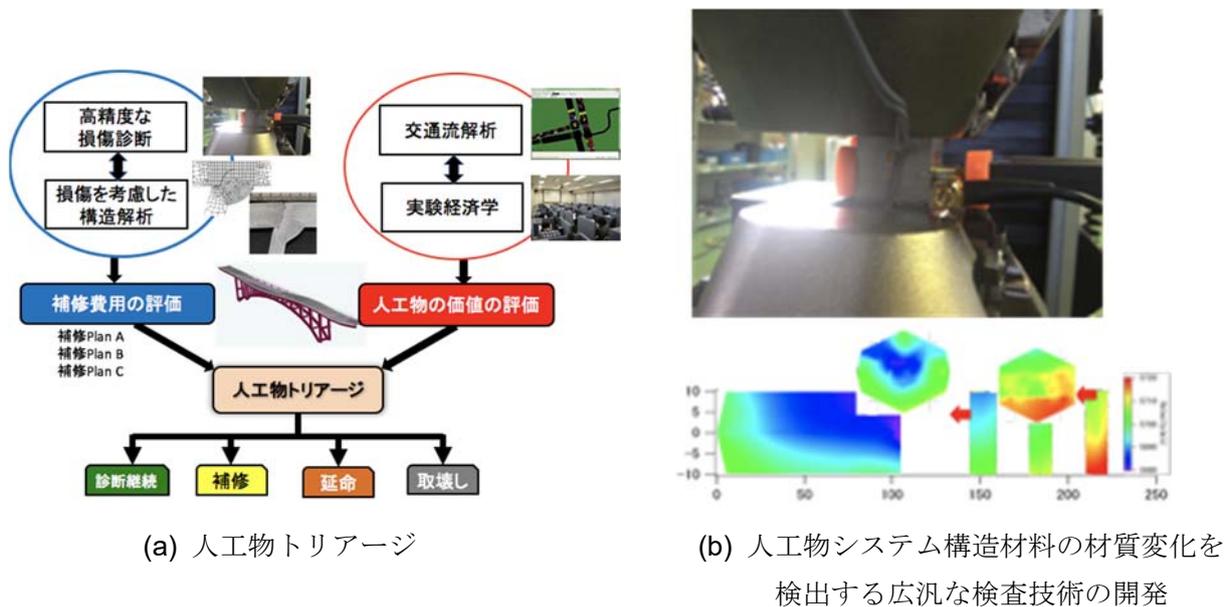


図3. 4 社会の中の人工物工学研究部門の代表的成果その1

情報通信技術の進歩によって、物理的実体としての人工物から、本来その内部に含有されていた情報が分離され、その結果として人工物の取り扱いが容易となり、様々な形式での応用性が広がり、現代社会を豊かにしている。その一方で、深刻な情報セキュリティ問題や規格不一致によるデータ保存期間の短命化などの弊害をもたらしている。そのような情報分離現象を人工物ジレンマとして新しい概念の一つとして提案している。問題の定式化や研究フレームワークを設定し、理論的基礎と解決のための人工物設計論の構築を目指して研究を進めている。

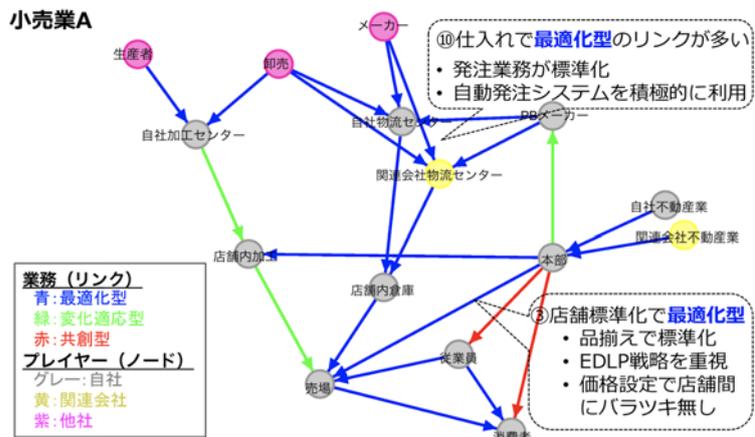
人工物が晒される社会環境には、需要変化や気候変化等に代表される比較的緩やかな変化と、災害等に代表される短時間で急激な変化がある。緩やかな変化には、人工物構造材料の損傷が顕在化する兆候を検出する技術と、環境変化による劣化進展を予測する技術を融合することによって人工物の安全性を担保することが可能であると考えられる。これらを鑑み、物理メカニズムに基づき材質変化を検出する広汎な非破壊検査技術と、分子シミュレーションに基づき構造材料の特性変化を把握・予測する技術を開発した。また、東日本大震災で甚大な被害を被った我が国においては、特に耐震性を高めた安心・安全な人工物設計に対する要求が高まっている。これらを

鑑み、特に大型プラントの耐震性向上に資する研究開発として京コンピュータを利活用して大規模耐震シミュレーションを行う技術を文部科学省 HPCI 戦略プログラム分野 4 内で研究開発してきた。具体的な事例としては東京電力福島第一発電所 1 号機や実化学プラントのシミュレーションを行っている。

(c) 様々な主体による共創的意思決定と社会技術化に関する研究

社会的価値は、様々な主体が関係し、それらの共創的な意思決定を通じて創出される。具体的な産業を対象とし、主体間の共創に関するモデル化の理論的研究や、新しい技術を実フィールドへと展開する際の社会的実装の在り方を検討する社会技術研究を進めている。

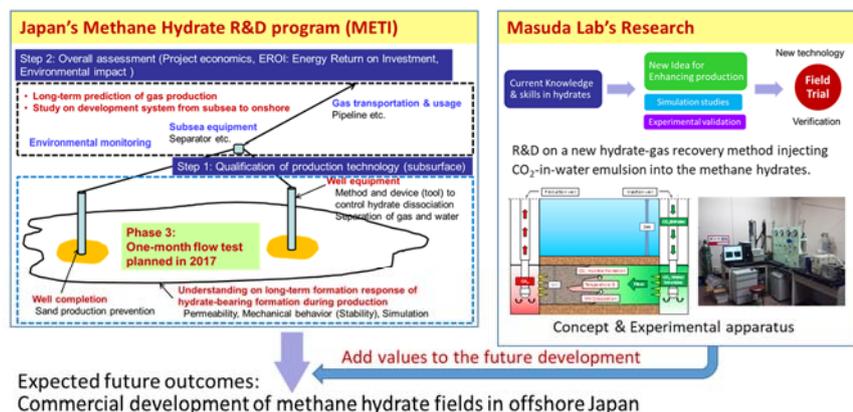
小売業などのサービス産業を対象として、生産者や卸売業などのサプライチェーン上流のステークホルダーから、消費者接点を有する店舗や、従業員教育を担う教育業者、コンサル業務を行う主体など、さまざまな対象の関係性をネットワーク構造として表現し、ビジネスによる形式の違いなどを財務データ等の KPI と対応させた分析を行なっている。さらに、その中で重要な主体として、まずは本部、従業員、消費者の 3 者からなる一般化サービスモデルとして、理論的な基本体系を構築し、価値共創を可能にするサービス設計に資する汎用的フレームワークを築いている。



ステークホルダーの価値創成ネットワークの構造化

図 3.5 社会の中の人工物工学研究部門の代表的成果
その 2

メタンハイドレートからの新しいガス生産プロセス技術の開発と社会実装の取り組みを行なっている。資源の探査や回収に関する技術開発から、資源を利用する局面に至るまで様々なステークホルダーが関わり、かつ、それらの利権の争いは熾烈を極めるのが一般である。そのような状況下での、新しい技術



メタンハイドレート開発への新技術の実装

図 3.6 社会の中の人工物工学研究部門の代表的成果その 3

技術を社会へと実装するにあたり、ステークホルダー間の共創的な意思決定による合意形成が必要不可欠となる。経済産業省のメタンハイドレート資源開発研究コンソーシアムに参加し、メタンハ

イドレート層からガスを経済的に生産する手法の研究開発を通じて、新しい生産プロセスを提案すると同時に、コンソーシアムにおける実装に関する関係者間での共創プロセスについて実証を進め、将来的にハイドレートの商業的開発に付加価値を与える技術への発展を目指している。

(3) 主要な論文業績

上記の通り、社会における人工物に関するテーマについて、先駆的研究を行っている。以下に関係する代表的な論文を示す。

- Y. Konno, Y. Masuda, K. Akamine, M. Naiki, J. Nagao, "Sustainable gas production from methane hydrate reservoirs by the cyclic depressurization method", *Energy Conversion and Management*, Vol.108, pp. 439-445, 2016 (エネルギー・資源回収の技術開発と社会技術化に関する研究)
- N. Kasai, M. Hiroki, T. Yamada, H. Kihira, K. Matsuoka, Y. Kuriyama, S. Okazaki, "Atmospheric corrosion sensor based on strain measurement, *Measurement Science and Technology*", Vol. 28, No. 1, 2016 (社会インフラの診断・運用技術に関する研究)
- K. Furuta, R. Komiyama, T. Nanno, H. Fujii, S. Yoshimura, T. Yamada, "Resilience Analysis of Critical Infrastructure, *Recent Advances in Information Science*, pp. 21-28, 2016 (短時間で急激な環境変化における人工物の挙動に関する研究)
- T. Okita, S. Hayakawa, M. Itakura, M. Aichi, S. Fujita, K. Suzuki, "Conservative climb motion of a cluster of self-interstitial atoms toward an edge dislocation in BCC-Fe", *Acta Materialia*, Vol. 118, pp. 342-349, 2016 (緩やかな社会環境変化における人工物の挙動に関する研究)
- N. Nishino, M. Okazaki, K. Akai, "Effects of ability difference and strategy imitation on cooperation network formation: A study with game theoretic modeling and multi-agent simulation", *Technological Forecasting & Social Change*, in press (ゲーム理論をベースに、様々な主体間の共創的意思決定の問題を扱った研究)

3.1.3 客員研究部門

(1) 部門の位置付け

人工物工学研究センターの客員人工物工学研究部門は、その第Ⅲ期活動において、社会に科学技術を一層浸透させる社会科学的方法論の確立を目指して、産業社会等の立場から共同研究や研究協力を進めている。社会の中の人工物工学（Socio-Artifactology）研究と人工物と人との相互作用（Human-Artifactology）研究の二課題について、提案された工学的的方法論や手段あるいは社会とのかかわり方等を応用分野の観点から考察していくことを旨として、社会実験や計算機内実験等を通して活動している。また、応用分野における二課題の基礎基盤研究をニーズ指向的に進める。

(2) 研究テーマと達成状況

当該部門の主な成果を3つ挙げ、テーマと達成状況を述べる。

(a) 人と情報のエコシステムの研究

- ・ 協調設計プラットフォームを用いた社会のコミュニケーションシステムに関する研究提言を行った。IoT、ビッグデータ処理、人工知能等といった情報技術を活用することにより、社会に投入予定の人工物と個人や社会が「なじんだ」状態を作れるような協調設計手法の確立を目指し、その核となる共進化プラットフォームを試作した。具体的には石油化学プラントを例にとり、エネルギーに対する多用な考え方と公共的な意味合いをもつプラントが社会に登場することによる、個及び社会全体でのライフスタイルの変化などを、共進化プラットフォームを活用して計算機内社会実験をし、プラントを社会に投入した際に現れる個及び社会全体の変化による因果関係を可視化し、望ましい技術や施策、そして適切な選択肢に対する多様なステークホルダーの視点から分析・評価した。

(b) 人工物工学と計算科学の融合的研究

- ・ 人間と密接にかかわるシミュレーション結果の可視化技法の方法論の考察を進めた。設計仕様を達成できているかという分析や評価は演繹的な分析で対処可能であるが、人工物工学がいう設計上予期せぬ問題や意図していない結果は出現しないのか、という問題や、コストや目的の限定からくる仕様外の事象を分析するためには、アブダクションを用いた分析が有効となる。そこで、可視化による発見というスキームを確立し、アブダクションを用いた分析に挑戦した。具体的には人工物工学と可視化を融合させた、発見的情報の可視化として、Cerebral Methodology という方法論による探究を進め、アブダクションを用いた可視化分析の研究を進めた。

(c) 安心・安全な社会制度設計の研究

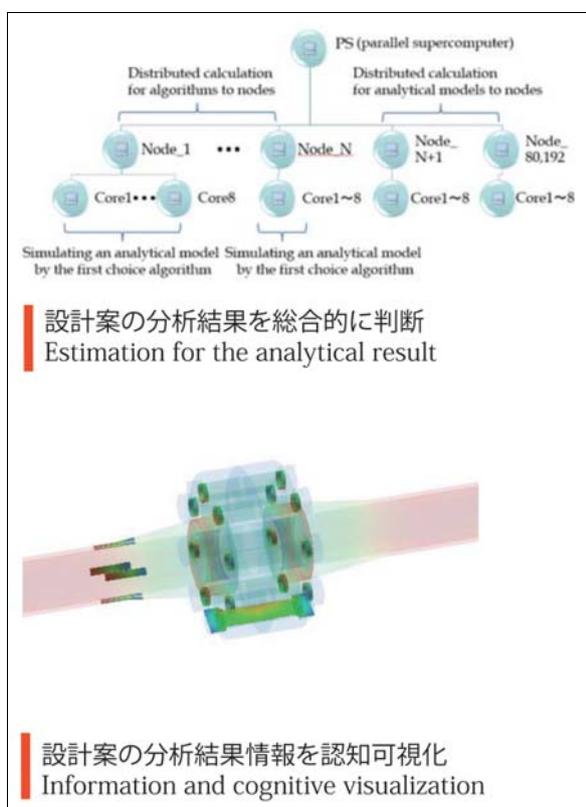
- ・ 科学的な制度設計のため、実験経済学と選択型実験法を用いて以下のような3つの研究を行った。1) 食農環経済循環システムの研究として、TPPを想定し、日本の米の輸出政策を提言するために、日タイ比較の米の評価研究を行い、日本では環境属性の付加価値があると輸入米への嫌悪が変化する可能性があること、タイでは購買行動への影響は値段次第であることがそれぞれ示唆された。2) 高齢者の誤嚥性肺炎を予防するため、口腔細菌カウンターを用いて、口腔内細菌数の測定と発熱などで処置した際の薬価から口腔ケアの費用対効果を検証

し、口腔内の環境改善が薬価の観点から患者のQOLを高める可能性が示唆された。3) 選択型実験法に関する多くの先行研究から発見されている仮想バイアス（金銭的なインセンティブのない仮想環境のほうがインセンティブのある実験環境よりも過大評価しやすいといわれている）の原因解明において、選択行動への金銭の関与や環境の違いに有意な影響が無いことを示した。

(3) 主要な論文業績

以下に代表的な論文を示す。

- ・ 中島憲宏, 西田明美, 宮村浩子, 飯垣和彦, 沢和弘, 原子カプラントの地震応答解析と可視化, 可視化情報全国講演会 (日立 2016), (日立, 2016年10月8-9日), P5-U00052, pp.1-4, 2016. (アブダクションによる発見的情報の可視化の研究)
- ・ K. Aoki, K. Akai, K. Ujiie, “A choice experiment to compare the preferences for rice in Thailand and Japan: The impact of origin, sustainability and taste,” Food Quality and Preference, 56, pp.274-284, March 2017. (食農環経済循環システムの研究)
- ・ K. Aoki, K. Akai, N. Yoshida, Y. Aoki, “An Evaluation of Rapid Oral Bacteria Detection Apparatus for an Oral Health Care Service,” Serviceology for Services (Springer), pp. 159-168, April 2014. (口腔ケアの費用対効果の研究)



(a) 発見的情報の可視化の研究



(b) 食農環経済循環システムの研究

図3. 7 客員研究部門の代表的成果