



分野横断型科学技術アカデミック・ロードマップ 策定事業

佐野 昭*¹ · 出口 光一郎*² · 神徳 徹雄*³ · 鈴木 久敏*⁴ · 井上 雄一郎*⁵ · 江尻 正員*⁶

Activity Report on Academic Roadmap for Transdisciplinary Science and Technology

Akira SANO*¹, Koichiro DEGUCHI*², Tetsuo KOTOKU*³,
Hisatoshi SUZUKI*⁴, Yuichiro INOUE*⁵, and Masakazu EJIRI*⁶

Abstract– This paper summarizes the activity for drawing up new long-term academic roadmaps which were undertaken by the Transdisciplinary Federation of Science and Technology (TRAFST) during the fiscal 2008 year, following with the previous year. The new roadmaps for the transdisciplinary science and technology focused on three basic themes associated with the activity of TRAFST, the knowledge integration (sometimes referred to as consilience); modeling and simulation of social systems, and supporting technology of human and social life, which were discussed and completed by the designated working groups.

Keywords– academic roadmap, knowledge integration, consilience, social system, simulation, support systems for HQL, transdisciplinary approach

1. はじめに

横幹連合は、縦に細分化されつつある科学技術に対して横の軸の基幹となる科学技術の重要性を主張し、各分野で蓄積された知の統合を通じて、社会のイノベーションへとつながる新たな学問の展開を図ることを目的の一つとしている。横幹連合の会員学会の学術分野や研究課題の多くは、人間、社会、人工物、自然などが複雑に関連しており、理工学系や人文社会学系の細分化した個々の領域だけでは取り組むことが困難な状況にあるが、理

工学分野と人文社会学分野との交流や連携が未だに遅れており、知の統合をいかに推進したらよいかという課題は横幹連合として取り組むべき大きな目標である。

この活動の一環として、横幹連合では平成 18 年度から自主事業としてアカデミック・ロードマップの策定を開始し [1]、さらに平成 19 年度には、経済産業省の委託事業として 4 つの技術分野を取り上げ、知の統合を進める基盤として何が必要か、それらの基盤整備がどのように進展していくと予想されるか、その結果としての知の統合を社会としてどのように活用できる可能性があるか、等の検討を進めてきた [2]。

幸いにも、平成 20 年度の経済産業省技術戦略マップローリング委託事業（アカデミック・ロードマップ作成支援事業）の支援を再び受けることができ、アカデミック・ロードマップの作成を通して横幹連合としてこれらの課題に取り組むこととなった。今回は、「知の統合」、「社会システムのモデリング・シミュレーション技術」、「人間・生活支援技術」の 3 つを取り上げた。これらの課題の重要性については、平成 19 年度のアカデミック・ロードマップの検討の中でも指摘されている [2]。工学系と人文社会学系との連携が不可欠な分野の目標課題でもあり、人文社会学系の研究者にも協力をいただくことにした。

*¹ 慶應義塾大学理工学部 横浜市港北区日吉 3-14-1

*² 東北大学大学院情報科学研究科 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01

*³ 産業技術総合研究所 茨城県つくば市梅園 1-1-1

*⁴ 筑波大学大学院ビジネス科学研究科 東京都文京区大塚 3-29-1

*⁵ 横幹連合顧問 東京都三鷹市井の頭 1 丁目

*⁶ 横幹連合元副会長 茨城県つくばみらい市陽光台 4 丁目

*¹ Keio University, 3-14-1 Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama

*² Tohoku University, 6-6-01 Aoba Campus, Sendai, Miyagi

*³ National Institute of AIST, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki

*⁴ University of Tsukuba, 3-29-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo

*⁵ Former Secretary of TRAFST, 1-chome, Inogashira, Mitaka

*⁶ Former Vice-president of TRAFST, 4-chome, Yokodai, Tsukubamirai, Ibaraki

本ミニ特集は、分野横断型科学技術アカデミック・ロードマップ策定事業の成果をまとめたものである。本稿では、事業活動全体の実施内容を概説する。

2. 事業内容

2.1 事業目的

人間、社会、さらに機械との間のネットワーク化によって、社会におけるあらゆるシステムが極端に大規模、複雑化し、その結果、人間や社会といったそれ自身が複雑多様である要素がさらに複雑に絡み合った諸問題が、日常生活に突き付けられている。このような現在の社会的課題への対応には、多くの学問分野の知の結集が不可欠であるが、その連携はあまり進んでいない。特に工学系と人文社会科学系の交流が遅れている。これには、それぞれの学問分野を担う学会を横断する議論を進める上での、それぞれ独自の土壌で育った用語や価値観などの相互理解を可能にするプラットフォームの形成をまず進めなければならないにも拘わらず、その方法論が確立されていないからである。また部分最適の対立に陥らずに全体最適を追求する調整手法の探求などにおいては、このプラットフォームの構築が極めて重要であることがあらためて認識されている。

平成20年度では、新しい産業的価値創出やイノベーションには不可欠である異分野の知の統合や連携を可能にするための分野横断型科学技術のアカデミック・ロードマップを作成することを主目的とし、新しい産業価値創出や複雑な社会的課題の解決に向けた学術分野の展開を具体的に予測することとした。

本事業を通じ、ロードマップ策定プロセスでの新たな技術/研究シーズの発掘やそれらの将来展望のビジュアル化、また成果物としてのロードマップを産学官研究コミュニティで共有化することによるコミュニケーションの円滑化によって、ナショナル・イノベーション・システム構築の基礎となることを目指した。

また、平成19年度から進めてきた学会横断型アカデミック・ロードマップの成果とも併せて、アカデミック・ロードマップ作成の新たな視点と展望を提供し、その成果を広く公開することによってアカデミック・ロードマップ策定を加速・深化させ、さらにそれがロードマップに反映されイノベーションの目標をより明確化するというナショナル・イノベーション・システムの基礎構築に資することも目標の一つである。

2.2 事業内容

上記の目的に向けて、横幹連合の目標である横断型基幹科学技術の推進に不可欠な「知の統合」を取り上げ、さらに社会や人間が関わる課題として、「社会システム

のシミュレーション・モデリング技術」、および「人間・生活支援技術」を取り上げ、アカデミック・ロードマップを作成することとした。

さらに、アカデミック・ロードマップに関する平成19年度の活動成果と平成20年度の活動の中間成果とを併せて公開し討論を行う広報普及活動を6回程度実施することも事業内容に含まれる。

2.3 事業体制と方法

横幹連合会員42学会から課題に即した専門家からなる、アカデミック・ロードマップ作成の3課題に対応するWG(WG1~WG3)を設置した。

また、本事業を実施するための中枢的機能として横幹ロードマップ委員会(統括委員会)を設置し、横幹連合としてのアカデミック・ロードマップ全体をとりまとめることとした。三つのWGを統括するとともに、広報・普及活動についての企画・推進及び関係部門との連絡調整にあたった。

具体的な実施体制を以下に示す。

・統括委員会(横幹ロードマップ委員会)

<業務内容> 下記の3つのWGを統括し、目標の設定、進行スケジュール等の管理・調整を行うと共に、本業務に関連する外部機関との連絡調整に当たる。さらにアカデミックロードマップの成果について広報し、討論する機会を設ける。構成委員は本報告の著者である。

・WG1: 知の統合に関するアカデミック・ロードマップ作成

<検討テーマ> 知の統合を推進し展開するための学術分野、普遍化と課題解決が機能する統合プラットフォーム上における新しい学問領域の構築とその展開、それによる波及効果や知の統合を必要とする課題解決のための学問的方法論の新たな創成の展開を予測するアカデミック・ロードマップを作成する。さらに知の統合を推進するための仕組みのロードマップ作成も試みる。

・WG2: 社会システムのモデリング・シミュレーション技術に関するアカデミック・ロードマップ作成

<検討テーマ> 人文社会科学分野におけるシミュレーション技術やモデリング手法は長年に亘る膨大な蓄積データを持ちながらその利用は一部の経済予測に留まっている現状がある。今後、人間の行動を組み込んだ広範な社会システムのモデリング技術とそれに基づく社会デザインは極めて重要な課題であり、この課題解決に向けた文と理の知の連携を可能にする学術的方法論や研究分野の将来展開に関して考察を行い、横断型アカデミック・ロードマップとして纏める。

・WG3: 人間・生活支援技術に関するアカデミック・ロードマップ作成

<WG1委員構成>

	氏名	所属 (学会)
主査	佐野 昭	慶應義塾大学 (計測自動制御学会)
副主査	出口光一郎	東北大学 (計測自動制御学会)
委員	遠藤 薫	学習院大学 (日本社会情報学会)
	太田敏澄	電気通信大学 (日本社会情報学会)
	小林信一	筑波大学 (研究・技術計画学会)
	新 誠一	電気通信大学 (計測自動制御学会)
	鈴木久敏	筑波大学 (日本経営工学会)
	田中健次	電気通信大学 (日本信頼性学会)
	椿 広計	統計数理研究所 (応用統計学会)
	長嶋雲兵	産業技術総合研究所 (日本コンピュータ化学会)
	原 尚幸	東京大学 (応用統計学会)
	藤井眞理子	東京大学 (日本オペレーションズ・リサーチ学会)
	宮本定明	筑波大学 (日本知能情報ファジィ学会)
	安岡善文	国立環境研究所 (日本リモートセンシング学会)
協力	高橋 進	東海大学 (日本経営システム学会)

<WG3委員構成>

	氏名	所属 (学会)
主査	川村貞夫	立命館大学 (日本ロボット学会)
副主査	大倉典子	芝浦工業大学 (計測自動制御学会)
幹事	稲見昌彦	慶應義塾大学 (日本バーチャルリアリティ学会)
委員	伊東昌子	常磐大学 (プロジェクトマネジメント学会)
	市川 薫	早稲田大学 (ヒューマンインタフェース学会)
	加藤俊一	中央大学 (日本感性工学会)
	小松原明哲	早稲田大学 (日本人間工学会)
	篠田裕之	東京大学 (計測自動制御学会)
	武田博直	榊セガ (日本バーチャルリアリティ学会)
	辻 敏夫	広島大学 (日本バイオメカニクス学会)
	持丸正明	産業技術総合研究所 (日本人間工学会)
	山本 栄	東京理科大学 (日本人間工学会)
	渡辺富夫	岡山県立大学 (ヒューマンインタフェース学会)

<WG2委員構成>

	氏名	所属 (学会)
主査	山崎 憲	日本大学 (日本シミュレーション学会)
副主査	古田一雄	東京大学 (ヒューマンインタフェース学会)
幹事	大石進一	早稲田大学 (日本シミュレーション学会)
委員	和泉 潔	産業技術総合研究所 (人工知能学会)
	七条達弘	大阪府立大学 (日本経済学会)
	辻 竜平	信州大学 (数理社会学会)
	寺野隆雄	東京工業大学 (計測自動制御学会)
	中西美和	千葉大学 (日本人間工学会)
	中谷祐介	早稲田大学 (日本シミュレーション学会)
	久本誠一	製品評価技術基盤機構 (日本人間工学会)
	増田浩通	千葉工業大学 (プロジェクトマネジメント学会)
	宮脇 昇	立命館大学 (日本シミュレーション&ゲーミング学会)
	渡邊一衛	成蹊大学 (日本経営工学会)

<検討テーマ> 社会が複雑化し多様化するにつれて、その中で生活する人間にとって、安心・安全が保証された人間・生活支援システムの構築は極めて重要な課題となる。この解決には細分化した学問分野、例えば、人間行動学、心理学、社会学、感性工学、ヒューマンインタフェース、ロボティクスなどを統合化することにより、全体最適達成の目標に向けて研究分野や学術領域を展開していくことが必要である。この解決に向けたアカデミック・ロードマップを作成する。

2.4 実施スケジュール

契約時期が予定より大幅に遅れたが、Fig. 1 に示すように各 WG が短期間にも拘わらず精力的に活動し、4～5回の検討会をアカデミック・ロードマップ作成に向けて開催した。特に12月の後半には、泊まり込みの合宿を企画し各 WG 内で熱のこもった議論が行われた [3]。また関連する広報・普及活動として、4節で述べるように、関連学会におけるパネル展示や討論、横幹連合総合シンポジウム、横幹技術協議会との討論会など、数回に渡る広報・普及活動を実施した。

3. 分野横断型アカデミック・ロードマップ

各WGのアカデミック・ロードマップ策定の検討成果の概要を以下に示す。詳細は、本ミニ特集の他の報告を参照されたい。

3.1 知の統合 (WG1)

WG 1 では、知の統合に関するアカデミック・ロードマップについてまとめた。人間、社会、技術が複雑に絡み合った諸問題の解決に対しては、細分化された知では対応できないという状況が生まれている。また、細分化した限られた領域での解決策はしばしば部分最適である場合が多く、必ずしも全体最適な解を与えているとは限らない。科学技術の発展は、利便性の追求、大量生産・大量消費といった要求を満たしたが、反面多くの負の影響を社会に与えている。これらの課題を解決するために

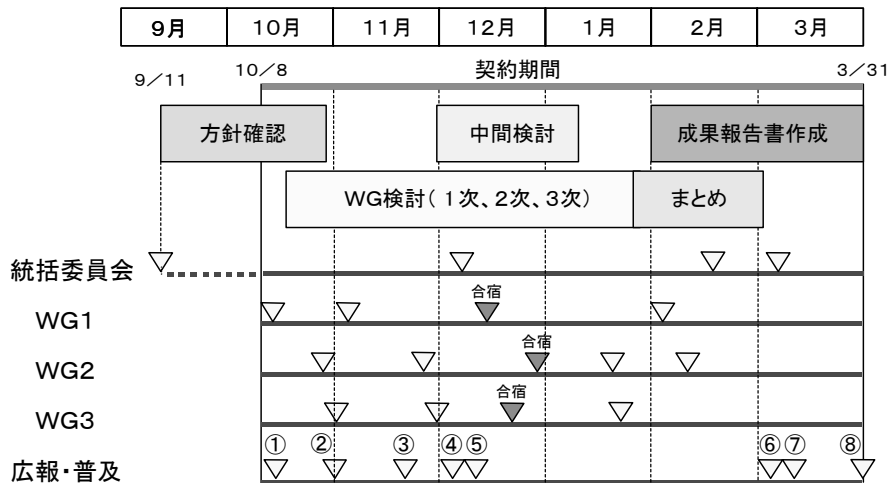


Fig. 1: Schedule of activities associated with academic roadmaps

は、単に細分化した知の寄せ集めではなく、関連するそれぞれの科学技術の知の統合とその統合の将来のあり方を検討するところから議論を深め、一段高い論理レベルでの広い科学技術の連携と集積を必要とする。人間と社会が複雑に関連する課題解決には、分野を横断した規範が理念として存在しなくてはならず、そのためには知の統合の技術が各分野を横に貫く「共通の枠組み」として、また「具体的に利用可能な共通ツール」として、実体的に整備していく必要があり、これが知の統合プラットフォームである。

人間、社会、人工物、環境などに複雑に関連する諸課題のアプローチには、理工学分野と人文社会科学分野の融合や統合が不可欠であり、これらを基盤とした新しい学術分野を創出し、社会的課題の解決に向けたメカニズムとしての知の統合プラットフォームについて議論し、この上に創生される学術・技術の具体的な課題を取り上げアカデミック・ロードマップについて検討を行った。課題として、(1) 文理の枠を越えて相互理解型の社会の構築、(2) リスクガバナンスのための総合情報基盤の構築、(3) 情報循環設計科学を普遍性のあるプラットフォーム上に構築し、これから一般的定量リスク科学、経営設計科学などへの新たな学術創生、(4) 統計科学や数理科学を基盤とし、地球環境を含めた持続可能社会デザインから個に焦点をあてた予測技術など大規模システム推測プラットフォームの構築、(5) 2050年の温室ガス排出量半減の低炭素社会の構築のためのプラットフォームの構築、(6) コンフリクトの存在下における合意形成や政策形成を達成するための電子民主主義による社会の構築、(7) ヒューマン・マシン協働を統合プラットフォームとしたディペンダブルな安全・安心社会の構築、(8) ロボットを基盤とした高信頼性社会の構築、(9) メーカーオプションからユーザオプションへのシフトを予測させる生産システムにおける知の統合、(10) 基盤技術を大規模高速計

算機システムとするプラットフォーム上での新材料・創薬のための物理学、計算機科学、データベースなどからなる知の統合、を取り上げ、これらのプラットフォーム上での学術の発展のアカデミック・ロードマップを提示した。

安全・安心社会、高信頼性社会、持続可能社会、個に対応した社会などよりよい社会構築に向けた課題解決には、人文社会分野と理工分野の両者を基盤とした学術や技術のプラットフォームが不可欠であることを示し、これらに共通するプラットフォームの役割と機能について明らかにした。プラットフォーム上では、これらの学術や技術が共有化や公有化され、専門家と非専門家、メーカーとユーザ、利害関係者が誰でも相互コミュニケーションができる機能を発揮できるようにすること、このためには横断型人材の育成や横断型研究プロジェクトの推進などが大きな課題となる。

3.2 社会システムのモデリング・シミュレーション技術 (WG2)

WG 2では、社会システムのモデリングとシミュレーションに関するアカデミック・ロードマップについてまとめた。認知科学、社会心理学、数理社会学など人文社会系科学分野と、複雑系科学、マルチエージェントシステム、人工知能などの理工学、情報科学分野における学術の発展は、両者を融合した新しい分野の誕生と発展を予測させる。社会システムをモデリングし、その振る舞いをシミュレーションにより予測、評価して、社会制度など社会の仕組みを従来よりも科学的根拠をもってデザインできるようになれば、現代社会が直面する多くの課題の解決への貢献が期待される。

本アカデミック・ロードマップでは、社会システムのモデリング・シミュレーション技術の方向性を、対象とする社会システムの規模と複雑さを拡大する方向、より

精緻なモデルを構築してシミュレーションの精度，信頼性を向上させる方向，可用性，適用性を拡大して広範な分野の現実課題に本技術を適用する方向の3つの軸によって整理した。そして，社会システムの基本構成要素となっている人間の行動を，個人，集団，社会の3つのレベルでとらえることを提案した。また，モデリング・シミュレーションの一般的なアプローチだけでなく，政策，経済，ビジネス，防災・安全，文化・風土，健康などの特定課題分野における技術発展の方向を検討した。

今後の技術動向・展望として，センシング技術，情報通信技術の進歩によってモデリングの基礎となる観測データが，容易に，大量に，実時間で入手可能になることが予想され，モデリング・シミュレーションの精度・信頼性がさらに向上するであろう。しかし，社会システムは典型的な複雑系としての振る舞いを示すので，そのモデリング・シミュレーションには相当な難しさを伴う。多数の構成要素のミクロな振る舞いが集積して大局的な雰囲気を形成し，それが今度は構成要素の振る舞いに影響を与えるミクロ・マクロリンクの理解と攻略が成功の大きな鍵になるであろう。しかし，社会システムのモデリング・シミュレーションのアプローチは多様であり，コンピュータシミュレーション以外にも社会実験，ゲーミング，参加型シミュレーションなどがある。社会システムのモデリング・シミュレーションは，広い可能性を持った技術であるといえる。

社会システムのモデリング・シミュレーションを実社会の課題解決に適用する場合には，単に技術的側面だけではなく，社会的な諸側面への配慮が必要である。まず，社会科学の理論は理工学のそれと比較して定性的で，予測のツールとして弱いという懸念があげられる。したがって，慎重な結果の精度・信頼性評価が必要である。また，価値判断を伴う課題に関しては，価値判断を行うのがモデリング・シミュレーションを実施する専門家ではなく，人々の自由な協議に基づく合意として行うべきことを銘記しておかなければならない。

しかし適正に活用されたならば，社会システムのモデリング・シミュレーションは「よりよい社会」を実現するために，我々が過去に知っていたよりも強力なツールになると期待される。横断型・融合型分野として，この分野の今後の発展を期待したい。

3.3 人間・生活支援技術（WG3）

WG3では，人間・生活支援技術としてのアカデミック・ロードマップの作成を行った。まず，21世紀初頭の我々が置かれている環境を歴史的に理解し，人間の生活支援としての今後の課題とそのアプローチを検討した。その中で，特に科学技術によって得られた正の面と，逆に人間の生活を脅かす負の面をも視野に入れて検討をおこなった。

人間・生活支援技術のアカデミック・ロードマップ作成に際して，人間を対象とするために，極めて多様な分野を議論する必要があった。まず，DNAからたんぱく質と積み上げられた人間の解析とは別のアプローチとして，人間の形態，機能，行動等をシステム科学の視点でとらえ，人工物・社会制度設計による人間生活支援を目的とした科学技術を検討対象とした。そのためには，人間の計測・解析学，モデリング・シミュレーション等の諸科学を精緻に構築することが必要となっている。次に，それらを基礎として，人間生活支援の人工物や社会制度の設計学をも対象とした。このような基本的考え方を基盤として，具体的な取りまとめ方針としてa個の人間，b個の人間と人工物のインタフェース，c個の人間と個の人間から構成される社会という分類で議論を重ねた。

個の人間の形態，機能，行動の計測，モデリングと，それらに基づく人工物設計にとって，網羅的に議論するのではなく，重要と想定される論点に絞った。個の人間の運動，生理，心理の各計測に関して，原理としては既存であるが，計測装置の小型化と複合化によって，日常計測，複合計測から従来見えなかった生体特性の計測可能性が指摘されている。また，高度シミュレーション技術と個人データの詳細計測から，計算機内に自分のクローンを実現することが可能となり，未来の自分の体調の予測可能性が議論された。さらに「喜怒哀楽」や「うつ前状態」の計測が可能となると予想された。

次に，個の人間と人工物のインタフェースでは，人間と人工物とのインタフェースを検討するに際し，インタフェース一般として取りまとめず，今後大きな社会問題と想定される「生きがい創出」に焦点を当て，それを支援するインタフェースについて議論した。その中では，センシング技術，情報提示技術，生きがいの材料提供，有用性の評価に分類された。たとえば，人間の感覚能力の拡張による様々な応用が議論された。また，センシング技術による生きがい創出支援の重要性が指摘された。

最後に，個の人間と個の人間から構成される社会に関して，社会における生活支援技術を俯瞰し，近未来における課題解決のための学術的なロードマップを検討した。特に，現代の情報科学技術が社会を大きく変化させていることを前提に（1）共感・共創の支援（2）合意形成（3）行動変容の促進の3点に絞って，議論した。計算機科学として，大規模ヘテロデータモデリング等の科学技術基盤によって，場の生成と制御，共創の科学，共感・合意形成の科学等が議論された。

3.4 各WGの関連性 - 知の統合に向けて

分野横断型アカデミック・ロードマップの策定作業を三つのWGに分かれて行い，その概要を前節で説明し

た。これらの検討結果を知の統合という視点から総括し、今後の課題を展望すると、以下のようにまとめられる。

(1) 理工学分野と人文社会科学分野との統合の必要性和その推進

WG2 では、ヒューマンモデリング、社会システム、国際公共政策、経済制度設計、経済行動、サービス、防災・安全、などの広範囲な社会モデルを対象としたシミュレーション技術と社会デザインの視点、WG3 では、科学技術により設計される人工物やサービスと、それが実装される社会とを統合化して共にデザインをするという視点からそれぞれアカデミック・ロードマップを提示し、いずれも人間、社会、人工物、自然が複雑に絡む社会的課題に取り組むためには、細分化された個別学問分野のアプローチだけでは困難であり、文理の連携の必要性を述べている。WG1 では文理の枠を越えた相互理解型社会構築のためのプラットフォームのあり方について言及した「個別分野からの問題抽出」「個別分野から提起された諸問題を統合したり多面的な定式化を行うためのモデリング学の創生」「個別分野間の相互コミュニケーションの<場>の構築」、などを実践する専門家の統合プラットフォーム構築の必要性和ともに、生活者など専門家ではない人々の問題提起や意見表明のための情報共有と相互対話を可能とする対等な場の実現の必要性を述べ、その推進の方法に関するアカデミック・ロードマップを提示した。このためには、研究者や技術者が、自らの専門分野だけでなく、異分野への広い視野をもち、科学技術の社会への影響を俯瞰的に捉える能力が要求され、このような横断型人材の育成は将来の大きな課題である。さらに、文と理の枠を越えた対等な相互理解のもとで推進する文理横断型の研究プロジェクトを支援する仕組みやその評価方法の確立も望まれる。

(2) 社会的課題に対するシステム志向による体系的アプローチの確立

理工学の分野では、製品、人工物、サービスなどのデザインにおいては、システム志向に立った統合的なアプローチが普遍的で有力な手段である。これらは、センサ情報やデータ情報の取得、対象のモデリング、データや対象に基づいた設計、設計目標の対する達成評価、の4つのプロセスからなるサイクルにより実施される。一方、社会現象、社会モデル、社会制度のデザインにおいても、このようなシステム志向のアプローチの探究と理論体系の確立が求められていることが、各WGで言及されている。これまでは、この4つが個々に分離して各方法論が研究され適用されることが多かったが、プロセス全体を統合し最適化するシステム志向のアプローチの開発が今後に向けた課題となろう。

例えば、一般的な情報循環設計科学のアプローチとして、「実社会からの価値選択（観測データや調査データ

の取得など）」、「要求価値の工学モデルへの変換（モデリングなど）」、「モデル上での最適化（デザインなど）」、「最適化された価値の社会への注入（実装など）」のプロセスの統合化の重要性、そのための学術として、「社会から価値を発見的または意図的に選択する方法論を扱う学術」、「価値を創生するシステムを同定する学術」、「システム上で価値生成のパフォーマンスを最適に設計する学術」、「創生した価値を社会に実装し納得してもらうための学術」がそれぞれ必要となることが提示された。しかし、これらの学術は、人文社会分野、情報分野、理工分野で個別にそれぞれ研究されており、この4つのプロセスの有機的な連携と、大量のデータベースの構築と整備とを機能させる情報循環設計科学のプラットフォームの確立が求められている。

また、社会システムは、複雑で巨大なシステムであり、その使用環境も設計目標も予測できない場合が多い。社会的意思決定においては多数の利害関係者の調整や合意形成など、これまでの設計原理が利用できず、マルチエージェントベース・モデリングや人工社会といった創発・共創システムの原理に基づいた設計のためのシステム志向型方法論の確立が望まれている。

人間科学の方法論として、計測・解析、モデリング、デザインの3つのプロセスを明示しており、計測データによる人間の形態・機能・行動などのモデリングのプロセスと、人工物や社会システムなどのデザインのプロセスからなる体系化について言及している。サービスを介在した社会においても、センシング モデル化 予測・設計 提供というプロセスがとられる。さらに、人間の社会生活モデリングに対しては、従来の自然科学を基盤とした理論科学や実験科学だけでは解決できず、モデルベースのシミュレーションとデータ主導による大規模ヘテロデータモデリングからなる計算科学の方法論の確立が求められており、個と個、個と人工物、個と社会の間の相互理解、納得、共感により共生を実現する共生科学の方法論の確立が期待されている。

このように社会的課題の解決には、システム志向の方法論の確立は不可欠である。また、これは知の統合やプラットフォーム構築の基盤となる方法論でもある。

(3) 社会システムや社会制度のデザインと合意形成のあり方

いずれのWGでも、未来社会の社会制度のデザインに関して、合意形成の重要性について言及している。社会に関わる多くの問題については多種多様な利害関係やコンフリクトの存在のために部分最適と全体最適のジレンマに直面している。

例えば、多様なコンフリクトや利害関係の中での「納得の原理」を目指す電子民主主義社会の構築に向けて、理工学分野と人文社会科学分野とを横断的に統合した複

合領域を基盤とし、情報通信システム技術の高度化に伴う成果を十分に活かしたアプローチにより、電子的参加の制度設計に向けた合意形成プラットフォームおよび電子民主主義の制度設計に向けた政策形成プラットフォームの構築へのプロセスの可能性を提示している。この場合も、プラットフォームは、専門家も非専門家も情報を共有し、相互コミュニケーションが実践できる機能をもつことが求められる。

また、ヒューマンレベルから社会レベルに至る社会シミュレーションの目標の一つは、社会制度デザインに向けた合意形成にあることを述べている。一つの事例として、社会的な合意の文化や風土醸成に向けた参加型シミュレーションの可能性について言及し、環境、安全、健康などに関する社会的な課題に対する社会全体の合意を人々を主体して形成する方法を述べている。このためには、SNS (Social Network System) や WAN (Wide Area Network) などのネットワークインフラを利用したコミュニケーション技術の活用が期待され、コミュニティレベルから国家レベルまでの合意形成の可能性を提示している。さらに、一般的な社会技術システムを創出するという観点から、関連するステークホルダー、価値システム、それらを成立させる人工物システムなどを含む世界を想定した上で、それらを代表する要素の参加を設計しマネージする方法や、研究者や技術者が各自の共同体から社会システムへ越境し実践するための認識形成や支援を図るプログラムの必要性について言及している。

(4) 個への視点や個の重要性に向けた対応

科学技術の発展は、利便性の追求や大量生産・大量消費の要求を満たしたが、社会にもたらした負の側面も多いことはどのWGも指摘している。科学技術が社会へ実装されたとき、人間社会にどのような影響が生じるのか、個人の生活を豊かにすることと社会全体の豊かさとは一致するのか、などを分析し設計するための方法論が求められている。不特定多数への大量生産によるサービスの提供方式から個人の価値に基づくオンデマンド・オーダーメイド方式への移行、ヒューマン・マシン協働による個人適合型の信頼性・安全性の確保を支援するシステムへの移行、これからのものづくりがメーカ主導の大量生産から個人のオプションに重点をおいた参加型への移行、すなわちモジュール化やユニット化へのシフト、CADの共有化や公有化へのシフトが進むであろう。

人間をとりまく環境での人間の機能や行動の統合的センシングとモデル化、個人の喜怒哀楽の計測とモデル化、個人の能力に適應したアシストなど、個人に適合したセンシング、モデリング、デザインの統合化技術について言及している。さらに、人工物と個の人間とのインタフェースでは、個の人間に対応するためのコンセプトとして「生きがい」を取り上げ、これを支援するため

の感覚情報の提示、ヒューマンエラーの予防、生きがいを支援する材料、個への対応の評価としてインタフェースのユーザビリティの重要性などが述べられている。個の人間と社会との間では、個に焦点をあわせたインタフェース、製品開発、社会制度のデザインなどに向けて、共感・共創の支援、合意形成の支援、行動変容の推進が重要となることを明らかにしている。

以上の4つの視点は、分野横断型の学術技術の展開や推進において重要な課題と思われる。

4. 広報・普及活動の概要

今回のアカデミック・ロードマップ委託事業の中には、平成19年度と平成20年度の成果を積極的に広報し、様々な学術分野や産業界におけるイノベーションに資することが目的の一つであることを述べた。広報・普及活動の概要を Tables 1, 2 にまとめた。

アカデミック・ロードマップの広報・普及活動は、横幹連合や他学会などで特別セッションなどの企画を通して行ってきたが、今回の横幹技術協議会を中心とした産業界との対話を行ったのはおそらく初めてと思われる。学会と産業界の視点の相違は見られたが、今後の日本のイノベーションへ繋げていく原点に立てば、中長期課題に対しても学会と産業界の連携は重要であり、大きな成果に結びつく可能性を感じた。その他、活動の成果として、アカデミック・ロードマップ活動を具体的な形で認識してもらえたこと、自らの研究活動の位置づけを再認識する人が増えたこと、企業関係者にも中長期視点から具体的なプロジェクトなどを通じた産学連携の動きが見えたこと、分野間・学会間の協働が加速されたこと、多数の人がアカデミック・ロードマップを初めて知ったことなどにまとめられる。

5. 今後に向けて

(1) 知の統合プラットフォームの具体的な構築

今回は、理工学分野と人文社会学分野の連携が不可欠と思われる目標を取り上げ、どのような知の統合プラットフォームの構築が必要となるかについて検討した。このプラットフォームは、理工学と人文社会学とを基盤として、その上に新たな学術技術を創生する場であると同時に、与えられた目標に対する問題の定式化において異分野の視点から多面的に記述し、情報や知識を表現するための共通の手段やモデリングの方法論を構築することにより、専門家や非専門家が情報や知識を共有でき、相互コミュニケーションと相互理解を可能にする場でもある。このようなプラットフォームをどのように具体的に構築していけばよいのかについては、今後の大きな検討

Table 1: 本事業による広報・普及活動

	活動内容	実施日・場所
1	横幹連合会誌「横幹」Vol.2 No.2においてミニ特集「アカデミック・ロードマップ」を企画し、H19 年度アカデミック・ロードマップの内容を紹介した。	H20.10, 横幹連合
2	H19 年度に実施した「学会横断型アカデミック・ロードマップ」の成果報告書を横幹連合会員学会や関係者に配布し、各学会の理事会等での広報を行った。	H20.10, 横幹連合
3	第 51 回自動制御連合講演会において、パネル展示を実施し、共催協賛学会の会員に対して平成 19, 20 年度アカデミック・ロードマップの広報および横幹連合の活動を紹介した(ブース来訪者は約 70 名)。	H20.11.22 ~ 23, 山形大学
4	第 2 回横幹連合総合シンポジウムの特別企画セッション「アカデミック・ロードマップ」において、平成 19, 20 年度アカデミック・ロードマップ作成活動の内容に関して報告および討論を行った(セッション参加者は約 70 名)。	H20.12.4, 筑波大学東京キャンパス
5	第2回横幹連合総合シンポジウムの企画セッション「アカデミック・ロードマップ 社会システムのモデリング・シミュレーション技術」に関する講演およびパネル討論を行った(セッション参加者は約 40 名)。	H20.12.5, 筑波大学東京キャンパス
6	健康創造科学研究会において、川村貞夫氏(H20 年度WG3 主査)による講演会「人間・生活支援技術アカデミック・ロードマップ」を開催し討論を行った(参加者は約 50 名)。	H21.3.6, 立命館大学ローム記念館
7	精密工学会 2009 年度春季大会においてアカデミック・ロードマップ成果物(横幹ミニ特集号および経産省による事例集 各 100 部を配布した(参加者数は約 1340 名)。	H21.3.11~13, 中央大学
8	横幹連合/横幹技術協議会産学連携委員会主催「産業界での ARM 活用に関する対話会」を開催し、この成果を将来産業界で活用するための具体的方策などについて非常に活発な議論が行われた(参加者は 27 名)。	H21.3.31, 学士会館

課題である。自らの研究分野に閉じこもることなく、常に社会に対する位置づけや異分野との関連性への視点を広くもつ研究者の育成、小中高における文と理の双方を基盤にもつ教育のあり方、さらには、文と理を横断するプロジェクトの支援などにも強く関連する課題である。

(2) 知の統合を必要とするプロジェクトへのチャレンジ

理工系と人文社会系との連携や学としての統合を推進するためには、知の統合を必要とする具体的な研究プロジェクトをスタートさせていくことが早急に求められる。知の統合が必要とされる課題は人間や社会に関わる課題である。例えば、人間と人工物のインタフェースにおいて、人間の計測を一つとってみても、物理的な計測だけでなく情緒や感情の計測を含み、遺伝子レベルから行動に至る様々なレベルでの計測から得られるデータは、環境の情報も含めると膨大なものとなる。プライバシーの問題、増え続ける膨大なデータベースの処理、セ

Table 2: 関連する広報・普及活動

	活動内容	実施日・場所
9	第 27 回日本シミュレーション学会大会 特別企画「アカデミック・ロードマップとシミュレーション技術の将来展望」において、社会システムのモデリングに焦点をおいた企画を実施した(セッション参加者は約 70 名)。	H20.6.19, 立命館大学びわこ・くさつキャンパス
10	日本シミュレーション学会会誌「シミュレーション」Vol.27 No.2 で小特集「シミュレーション技術のアカデミック・ロードマップ」を組み、平成 19 年度の成果を発表した。	H20.6, 日本シミュレーション学会
11	ヒューマンインタフェース学会シンポジウム 2008 において、特別企画アカデミック・ロードマップ「ヒューマンインタフェースの革新による新社会の創生」をパネル討論の形式で実施した(セッション参加者は約 195 名)。	H20.9.3, 大阪大学コンベンションセンター
12	日本原子力学会 HMS 研究部会 HMS 調査研究委員会において、榎木哲夫氏(H19 年度 WG3 主査)による講演会を実施(参加者は 15 名)。	H20.11.20, 日本原子力学会
13	横幹連合会誌「横幹」, Vol.3, No.1 において「アカデミック・ロードマップこぼれ話」を報告し、H20 年度アカデミック・ロードマップ活動(特に合宿の様子など)を紹介し、活動への理解を深めた。	H21.4, 横幹連合

キュリティ、社会ニーズの抽出、など異分野の連携が不可欠な課題は非常に多い。リスク管理や物流などの課題も、個々の人間の集合体である社会にかかわる課題であり、横断的でありチャレンジングなテーマであろう。

(3) 横断的視点での科学と技術の連携

産業界においても、社会、情報、経営、リスク、人間などに関連する産業技術やサービスは極めて分野横断的であり、本アカデミック・ロードマップの幾つかの課題との接点も非常に多い。これまで、産業界については技術ロードマップ、学術についてはアカデミック・ロードマップがそれぞれ別々に検討されてきたが、社会、人間、産業、環境などに関連する多くの課題は、さまざまな技術分野、サービス分野、情報分野の技術との連携が不可欠である。具体的な課題やターゲットに向けたロードマップは、そろそろ両者の連携のもとに諸学会の壁を越えて作成することで具体的に新しい展開が見えるように思われる。

(4) 今後のアカデミック・ロードマップ作成に向けて

今回は、知の統合、社会システムのモデリングとシミュレーション技術、人間・生活支援技術、という分野を先に定め、この中で現状のさまざまな課題から将来解決すべき課題や目標に向けて外挿するという考え方のもとでアカデミック・ロードマップの作成を行った。もう一つの考え方として、どのような社会を構築するのかという明確なターゲットを定めて、そこに到達するための

様々なシナリオをそれぞれの時期にどのように設定すべきかを定め、到達できない場合には、どのような学術や技術をどの時点までに確立すべきなのかを探索していくような、バックキャストのようなアプローチも興味深く、より具体的なアカデミック・ロードマップが描けそうである。このような試みも今後の課題となろう。

6. おわりに

横幹連合の異分野交流によるロードマップ作成という前年度の経験に基づき、平成20年度は、より工学系と人文社会系の交流を深めつつ、社会や人間という対象の視点から問題解決に向けた知の連携を可能にする研究分野や学術領域の展開を進めるとともに、知の統合のための普遍的な方法論としての統合プラットフォームの創出という困難な課題に取り組んだ。

限られた時間にも関わらず、異なる文化を持つ委員の意識を合わせてロードマップという目に見える形に取りまとめていただいた各WG主査・委員のご尽力に厚くお礼申し上げます。ロードマップ策定では、文書として得られた成果以上に、それを作成しようとする過程の方が重要という指摘もあり、今回の経験、得られた知見、新たな人のつながりが将来大きな効力を発揮するものと期待したい。本事業でまとめられたアカデミック・ロードマップは今後多方面で活用していただき、知の交流を活性化し、課題認識を共有して活動のベクトルを合わせることで、複雑に絡み合った諸問題の解決に資することができれば大きな喜びである。

本ロードマップ作成の過程において、委託元の経済産業省からは多大なご指導をいただき、とくに産業技術環境局研究開発課の福田賢一企画官、清丸勝正氏、前川睦敏氏には、統括委員会や各WGに適時参加いただき、多くのご助言をいただいた。ここに心より感謝申し上げます。

最後に、本アカデミック・ロードマップ作成作業を全面的に支えていただいた横幹連合事務局の富田武彦氏、潮裕子氏、さらにWGメーリングリストや合宿に参加して貴重な意見をいただいたボランティアの方々、さらに本活動を温かく見守っていただいた横幹連合会員学会の各位に対し、横幹連合およびロードマップ委員会を代表してここに厚く御礼申し上げます。

なお、本事業の詳細な報告書は横幹連合のウェブサイト [4] から入手可能である。

参考文献

- [1] 江尻, 神徳: 横幹ロードマップ 横幹連合の新しい試みについて, 横幹, Vol.1, No.1, p. 51, 2007.

- [2] 横幹連合, ミニ特集「アカデミック・ロードマップ」, 横幹, Vol.2, No.2, 2008.
- [3] 大倉, 佐野, 中西, 武田: 分野横断型アカデミック・ロードマップ合宿こぼれ話, 横幹, Vol.3, No.1, pp. 66-71, 2009.
- [4] [http://www.trafst.jp/reference/ARMreport\(WEB\).pdf](http://www.trafst.jp/reference/ARMreport(WEB).pdf)

佐野 昭



1971年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。工学博士。同年慶應義塾大学工学部助手, 1985年同大学理工学部電気工学科教授, 1994年同大学システムデザイン工学科教授。2009年同大学名誉教授。適応制御, システム同定および制御理論応用の研究に従事。計測自動制御学会。横幹連合などの理事を務める。

出口 光一郎



1976年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。1998年東北大学情報科学研究科教授, 現在に至る。画像計測, ロボットビジョン, などの研究に従事。計測自動制御学会, IEEE, 情報処理学会, 電子情報通信学会, 形の科学会, などの会員。横幹連合理事。

神徳 徹雄



1988年東京大学大学院工学系研究科修士課程修了。同年, 機械技術研究所入所。博士(工学)。現在, 産業技術総合研究所知能システム研究部門研究グループ長。ロボット技術の共有と蓄積を図り, ソフトウェア開発効率を高める RT ミドルウェアの研究に従事。計測自動制御学会理事, 横幹連合企画委員を務める。

鈴木 久敏



1976年東京工業大学大学院理工学研究科経営工学専攻単位取得退学。1993年筑波大学社会工学系教授。2004年同ビジネス科学研究科教授, 現在に至る。組合せ最適化, 経営科学, ビジネスゲームなどの研究に従事。工学博士。日本オペレーションズリサーチ学会, 日本経営工学会などの会員。横幹連合前理事, 前副会長などを務める。

井上 雄一郎



1960年東京大学工学部精密機械工学科卒業。同年(株)東芝入社。放射線計測, DCS 開発, プロセス制御, などに従事。同社電気計装事業部長, 東芝情報制御システム社長としてデジタル制御システムの拡大に従事。元計測自動制御学会副会長, 日本原子力学会の会員。横幹連合の前事務局長, 顧問。

江尻 正員



1959年大阪大学工学部卒業, 同年日立製作所に入社し中央研究所にてロボティクス・画像処理などの研究に従事。この間国際パターン認識連盟の日本代表理事, 社団法人日本ロボット学会会長などを歴任。工学博士。IEEE, IAPR などのフェロー。2003年日立製作所技師長を退任し, 現在, 産業技術コンサルタント。横幹連合の前副会長。