

エグゼクティブサマリー

科学技術の成果を、社会的価値を実現するイノベーションにつなげるには、多くの場合、システムを介することが必要である。工業製品だけでなく、交通機関や電気、水道、ガス等のライフライン、電話やインターネット等の通信など、さまざまな形のシステムがあらゆる側面でわれわれの生活を支えている。このような状況の下、システムに要求される機能や性能は社会が発展していくにつれて高まり、それを満たすシステムはより複雑かつ大規模なものとなり、「よいシステム」を社会に構築していくためには数多くの新しい問題を解決しなければならなくなっている。この解決を担う科学技術が「システム科学技術」である。

システム科学ユニットではシステム科学技術を「システムを正確に解析し望ましいシステムを構築・管理するための科学的な基盤と、それを達成するための技術的な手法の総体」と定義し、独自の視点（俯瞰の枠組）に基づきシステム科学技術のあり方とその振興のための戦略を検討してきた。その結果、本俯瞰報告書では次の7つを俯瞰区分として抽出することにした。

モデリング

実在する、あるいは実在を目指す対象を思考の空間上（通常はコンピュータ上）で客観的な手法を用いて表現することが、もっとも広い意味でのモデリングである。モデリングは制御、最適化、シミュレーション等の前提であり、予測、推測、設計などシステムの認識、構築にかかわる合理的な意思決定で常に必要となる。その意味でシステム科学技術全体の柱となる領域である。

制御

好ましくない入力や環境の変動に対応して、システムが本来の機能を維持するために必要な操作を生み出すことにかかわる領域である。基本単位は制御対象と制御器の組み合わせで、それだけでも複雑なシステムである。最近ではモデルに基づく精緻な制御系設計の体系的な理論が確立されており、各種実システムの制御系設計に広く用いられている。

最適化

システムの設計・計画、企業経営、日常生活等、様々な場面で意思決定を行なう際に、対象をシステムとして捉え、モデル化し、最適に意思決定を行うための数理的な理論・手法・アルゴリズムの体系である。最適化は単に計算手段であるだけでなく、システムやモデルの構築技術としての側面でも重要である。今後、目的関数（意思決定の評価値）が陽に計算できない状況下での最適化が重要な研究領域となろう。

ネットワーク論

ネットワークとは複数の要素とそれら要素間の結びつきに着目した概念であり、インターネット、地域コミュニティ、組織、社会などもネットワークの一種と見なせる。ネットワーク論は、対象をネットワークと捉え、その構造的特徴を抽出、解析し、さらにはネットワーク上のダイナミクスの予測、制御をも範疇とする領域である。これらに必

要となる具体的なソフトウェアの開発も含む。

複雑システム

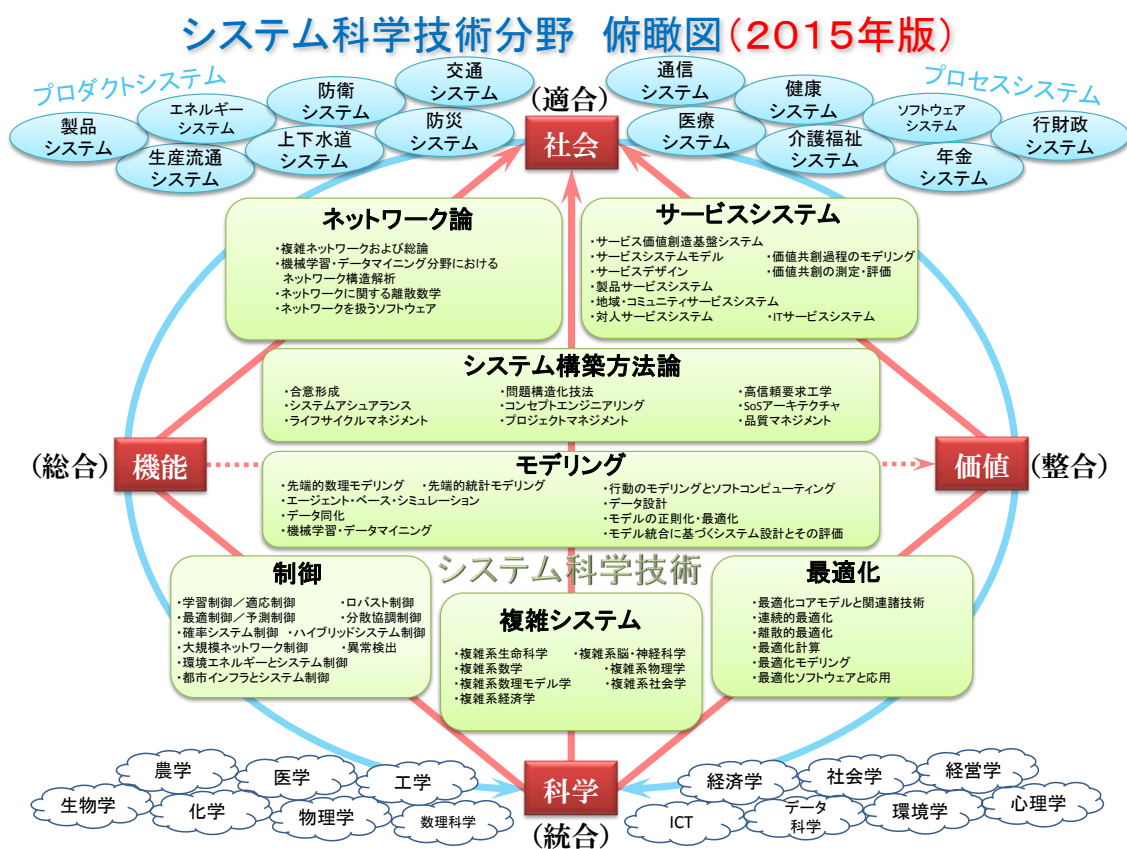
複雑システムは、一般に多種多様な非線形要素が非線形相互作用するシステムであり、要素群と全体の間で階層的フィードバックを生じる。すなわち、全体は部分が集まって構築されるが、各部分は全体の性質で規定されるという階層的循環を生じる。このような要素還元論的あるいは全体還元論的立場のどちらか一方だけでは理解できない複雑システムの構造やダイナミクスを、数理モデリングや経済物理学等の現代的な手法を用いて解明する領域である。その対象は生命系から社会経済系まで広範にわたる。

サービスシステム

サービスは、サービス利用者に必要な支援活動を提供し、利用者の置かれた状況を変化させることで利用者に顧客価値をもたらし、サービス提供者がその対価を得る、といった提供者と利用者が一緒になって行なう価値創造（共創）とみなせる。サービスシステムは、この関係を、サービス価値を最大化するシステムとして捉えるもので、システム科学的なアプローチによりサービス産業の進展に大きく貢献する。

システム構築方法論

多数の利害関係者が関与し、当初は課題の本質が見えにくい、複雑な現実の社会的課題に対して、システム概念やモデルを用いて、利害関係者の要求を整理し、課題を同定し、システム構築による解決を与えるための知識やツールの体系である。システム構築は、分析、設計、社会実装、運用・保守などの一連の活動からなる。近年は人々の価値の多様化に伴い、社会技術的側面がより重要視されている。



システム科学技術分野俯瞰図

各俯瞰区分に対して多くの学識経験者の協力のもと俯瞰活動を行った。得られた知見等を集約し、社会におけるシステム、システム科学技術、およびその他の科学技術の相対的な関係を表したものが先のシステム科学技術分野俯瞰図である。縦軸は、システム科学技術を通してさまざまな科学技術が社会に活用される道筋を表している。すなわち、下に配置した各分野の科学技術を中央にあるシステム科学技術が分野横断的にまとめあげ、最終的には上部に配置したような多様なシステムが構築され、社会に実装される様子を表している。横軸は、客観的な側面をもつシステムの機能が主観的な側面をもつ価値に移行する道筋を表している。すなわち、システムがさまざまな機能を効率的に果たすことが価値創出につながっていく様子を表している。縦軸と横軸は必ずしも直交するものではないが、この2軸を設定することにより、システム科学技術の役割と各俯瞰区分の特性に関する相対的位置づけを方向性とともに表示した。各俯瞰区分では図の枠内に記載している複数の研究開発領域を設定し、それぞれの領域におけるわが国の研究開発力について米国、欧州、中国、韓国との国際比較も含め、調査、分析を行った。

各国・地域における各領域の研究開発状況について、特徴的な部分を俯瞰区分ごとにまとめたものが以下の内容である。

<日本>

「モデリング」の理論研究は伝統的に強く、日本の産業技術を世界トップレベルに押し上げた遠因でもある。基礎研究は現在でも世界トップレベルにある。JST-CREST「現代の数理科学と連携するモデリング手法の構築」および、さきがけ「社会的課題の解決に向けた数学と諸分野の協働」が2014年度に発足し、モデリングの基礎研究に対する大きな公的支援が始まったところである。「制御」は学習/適応制御、異常検出等の基礎研究のレベルは高いが、研究者層は薄い。CREST「分散協調型エネルギー管理システム構築のための理論及び基盤技術の創出と融合展開」が進行中であり、これに関連した制御関連の論文数が増加傾向にある。「最適化」に関する大学や研究機関での基礎研究のレベルは総じて高く、内点法、劣モジュラ関数最適化、半正定値計画等で世界トップレベルの成果も出している。産業化のレベルも低くはないが、手法の有効性への認知を高め、より広範な領域に展開することが重要な課題である。「ネットワーク論」の基礎研究に関しては、データマイニング技術や離散数学等で顕著な成果を上げてきている。またJST-ERATO「河原林巨大グラフプロジェクト」が進行中でありコンピュータ科学の若手研究者の参入が進んでいる。「複雑システム」の基礎研究は米国、欧州とともに世界をリードする成果を上げてきている。内閣府FIRST「合原最先端数理モデルプロジェクト」を始め、ERATO、JSPS 新学術領域研究等の大型のファンディングプログラムにおいて複雑系に関する研究テーマが継続的に採択されてきている。また、外国為替市場や企業ネットワーク分析に関して質、量ともによりデータに基づいた重要な基礎研究成果も出てきている。「サービスシステム」ではサービスシステム概念モデルの構築やデザイン研究の着手など、基礎研究の着実な推進がうかがえる。2012年のサービス学会設立など、研究者コミュニティの基盤が整いつつあり、今後さらなる発展が望まれる。「システム構築方法論」は全般的に一定の研究成果を出しているが、自動車等、一部の

例外を除き産業化が大きく遅れ、社会的認知度は低調である。ただし、品質マネジメント領域は世界をリードしている。また、問題構造化技法、形式アシュアランス、プロジェクトマネジメントは基礎研究で世界的にも一定の存在感を示している。

<米国>

7つの区分すべてにおいて世界をリードしている。「モデリング」では NSF や NIH からビッグデータ、脳科学、システム生物学等におけるモデリング技術の基礎研究に対して多額の研究費が投じられている一方、国防、宇宙開発、気象・海洋の研究においても各省の独自予算で大規模に基礎研究が進められている。モデリングツールとしてのソフトウェアやコンサルテーション事業等の産業も多く存在する。「制御」では IEEE の Control Systems Society を中心に5つの Society が連携して2014年に Transactions on Control of Network Systems を創刊しており、勢いに衰えが見えない。航空・宇宙分野での応用研究も盛んである。「最適化」は世界中から優秀な人材を集め、厚い研究者層に支えられ、基礎、応用、産業化のいずれのフェーズでも強みがある。主要な商用計算ソフトウェアは米国発のものが多い。IBM、Microsoft、Yahoo!、Google といった企業が積極的にこの分野の研究者を採用しビジネスに活用するなど、企業経営者にも最適化等の技術を積極的経営に取り入れる素地がある。「ネットワーク論」でも1990年代の終わりにネットワーク科学の幕開けとなった論文を米国の研究者らが発表して以来、他国を圧倒的にリードしている。Google、Twitter、Facebook、LinkedIn 等の主要なソーシャルメディアの多くは米国発でもあり、これらで用いられる応用技術の開発も活発である。「複雑システム」に関してはサンタフェ研究所がその設立以来、複雑系研究の発展に大きく貢献してきている。また主要大学には複雑系に関する研究グループが多数組織されている。NIH では Brain Initiative が進められており、脳神経科学研究の振興が活発である。金融分野の基礎研究で成果を上げた研究者がクォンツ等の形でヘッジファンド、金融業界に進出し、産業化とも結びついている。「サービスシステム」については教育機関ならび企業が積極的な研究開発を推進し、欧州とともにこの領域を牽引している。ICT 技術を利用したデータの蓄積技術や分析技術の研究、スマートシティに代表されるビジネス展開などを積極的に推進している。「システム構築方法論」に関しては、国際標準や大学での人材育成が活発であり、基礎から産業化までまんべんなく強みを発揮している。日本のお家芸であった品質マネジメントでも日本を急迫してきている。

<欧州>

「モデリング」では、脳科学、ゲノム構造解析等の生物学関係、および、マーケット分析において数理モデルの研究が進んでいる。気象・海洋学におけるデータ同化の基礎研究は米国と並んで世界トップクラスである。産業界におけるモデルベース開発は欧州が先行しており、開発ツールの標準化等の環境整備が始まっている。「制御」は全般的に米国についてレベルが高い。ロバスト制御の基礎研究、学習/適応制御の応用研究および産業化においては米国以上に研究成果が出ている部分もある。データ駆動型制御器チューニングの応用開発、PID のオートチューニングのパッケージ化と各種産業への応用が活発に行われている。「最適化」は国ごとに強い領域にばらつきがあり、欧州全体と

してみると日本と同程度あるいは少し先を行くレベルにある。基礎だけでなく、応用、産業化も盛んである。欧州を通じて連携した人材育成や各国政府支援の社会課題プロジェクトがあり、このままでは日本がさらに遅れを取る可能性が高い。「ネットワーク論」は米国に次ぐ力を備えている。とりわけ基礎研究のレベルが高い。NETWORKS、MULTIPLEX、PLEXMATH等、ネットワーク科学に関する大規模プロジェクトが複数ある。生体ネットワークや薬剤-標的間ネットワーク等をターゲットとしたネットワーク解析に関する応用研究も活発に行われている。「複雑システム」の基礎研究ではすべての領域において顕著な研究成果を上げてきており、米国や日本を上回っている部分も少なくない。欧州各国に複雑系関連の研究所、センター等が多くみられる。ドイツや英国ではその傾向が特に強く、活発に研究が進められている。金融機関の連鎖的な危機につながるシステムリスクの応用研究にも強みがある。「サービスシステム」に関しては、FP7やHorizon 2020等における大型のファンディングプログラムの下で多くの研究者が地道な基礎研究に取り組み、米国とともにこの領域を牽引している。基礎研究の成果が、産業化をにらんだ研究へと展開されているとともに、さまざまな技術に関する国際標準化も推進されている。「システム構築方法論」に関しては米国と同様に、基礎から産業化まで世界をリードしている。伝統的に基礎研究に強みをもっていたが、近年、応用研究面の強化が目立つ。現在、産業化を強化するプロジェクトが多数進行中である。

<中国>

「モデリング」に関連して数学のレベルが伝統的に高い。中国科学院数学・システム科学研究院に「数学と分野横断科学に関する国立センター」(NCMIS)を設置して数理モデリングと諸科学の連携を強化している。2012年の政府通知では、ビッグデータ分析ソフト開発と活用サービス創出を重点支援対象に指定している。「制御」では非線形系への適応制御等、理論の発展的研究が活発に行われている。また、米国や欧州等に留学または勤務している中国人研究者も活発に研究している。中国科学院数学・システム科学研究院を中心に活発に理論研究が実施され、論文数も増加しているが、その質に関しては玉石混濁である。「最適化」は全体としてそれほどレベルが高いわけではないが、研究者の多さ、欧米で活躍する中国人研究者との連携や優秀な研究者の帰国などにより、基礎研究面で急速に力をつけてきている。また、国家計画立案に使われる傾向がある。「ネットワーク論」では基礎研究の論文数が増えてきているが、全般的に研究開発のレベルは高いとはいえない。「複雑システム」では基礎研究の成果が上がってきている。中国科学院、北京大学、上海大学等、多拠点で複雑系に関連した研究組織が設置されている。米国で活躍していた研究者を呼び戻し、膨大な研究資金が投入されている。社会・経済分野においては中国市場のデータとして利用者ID付きのものが研究に使われており、他の国では実施できないレベルの研究につながっている。「サービスシステム」は現状では特記すべき事項がみあたらない。「システム構築方法論」に関してもようやく研究成果が出始めた段階で、まだまだ低調である。

<韓国>

「モデリング」に関しては欧米に多くの学生やポスドクが進出しており、帰国した研究者が国内の研究を牽引していると考えられる。2012年「ビッグデータマスタープラン」が発表され、公共データの公開など国家規模の政策的取組みが行われている。「制御」では線形システムの予測制御に関する基礎研究に伝統がある。また、基礎、応用、産業化のすべてのフェーズにおいて異常検出に関する研究開発に強みがある。大学、企業ともに海外からも人材を集めており、特に半導体や鉄鋼分野での産業化のレベル向上が著しい。「最適化」に関する計算機科学、離散数学では優れた研究者がいるが、全体的には低調である。製造業で大規模な最適化計算を利用するプロジェクトが開始されている。「ネットワーク論」は全般的に日本よりもレベルが低い。ただし、優秀な統計物理学者がかなりの割合でネットワーク研究を行っており、上位の学術誌においては日本よりも多くの基礎研究成果が発表されている側面もある。「複雑システム」に関しては他国の科学技術政策に追従している傾向が強い。ただし、最近では日本人をはじめ優秀な外国人が韓国の大学、研究所のポジションに就き始めており、今後は伸びる可能性を秘めている。米国との交流が盛んであり、ネットワーク科学関連の若手研究者が多い。「サービスシステム」に関してはサービスデザインの領域で産業化を推進している企業がある。「システム構築方法論」はようやく研究成果が出始めた段階でまだまだ低調である。ただし、ライフサイクルマネジメント領域で存在感を示している。

わが国では、過去5年ほどの間に新成長戦略(2010年6月)、第4期科学技術基本計画(2011年8月)、日本再生戦略(2012年7月)、科学技術イノベーション総合戦略(2013年6月)、日本再興戦略(2013年6月)、科学技術イノベーション総合戦略2014(2014年6月)、日本再興戦略改訂2014(2014年6月)等が閣議決定されているが、そのいずれにおいても科学技術による社会的な「課題解決/達成」が掲げられている。こうした課題解決/達成を実現していくには、現実社会によりシステムを構築していくことができるかがカギとなる。また科学技術イノベーション総合戦略では、「スマート化」、「グローバル化」と並んで「システム化」が科学技術イノベーション政策推進のための3つの戦略的視点の一つとして挙げられている。よいシステムの構築あるいはシステム化を進めていく際に、分野横断性の高いシステム科学技術は、システムを構成する要素間の不整合や無駄な競合を取り除き、特性や機能の違う要素を全体が最適化されるように適切に配置し、それらを効果的につなぎ、システムとして統合する有効な手法を提供する。同時に、専門の違うさまざまな研究者、技術者を結びつけつつ、全体の利益を最適化するポテンシャルを有している。科学技術の成果がシステムとして社会に実装されることが多くなった現代において、システム科学技術の果たすべき役割はますます大きくなってきている。

Executive Summary

We need systems in order to lead the outcomes from the technologies to innovations that will bring social value. Different systems for industrial products and transportation facilities; lifelines of electric power, water supply, and gas; and communications, such as telephony and the Internet, support our daily lives in every aspect. Under the circumstances, the functions and performance required of those systems are heightened as society develops. To satisfy the requirements, the systems must be larger and more complicated, and we must solve a number of new problems in order to establish better systems for society. The technology to solve these problems is **systems science and technology**.

The Systems Science Unit has defined systems science and technology as *the unit consisting of the scientific basis to exactly analyze systems and establish and manage desired systems and the technological methods to achieve them* and reviewed how systems science and technology should be based on our own viewpoint (overall framework) and the strategy to advance system technologies. As a result, we extracted the following seven overall sections in this overview report:

Modeling

Modeling in the broadest sense is to express an existent entity or object to be extent in a space of thoughts (usually on a computer) by use of an objective method. Modeling is the precondition of control, optimization, and simulation and is always required for reasonable decision-making related to the recognition and establishment of a system, including prediction, conjecture, and design. In this sense, the field of modeling is the center of the overall systems science and technology.

Control

This is a field that is related to the production of operations that are necessary for a system to correspond to unfavorable inputs and changes in the environment to maintain its inherent functions. The basic unit is a combination of control targets and controlling machines, which are complicated systems. Recently, systematic theories have been established for the design of fine control systems based on models and broadly used in the design of control systems of actual systems.

Optimization

This is a system for mathematical theories, methods, and algorithm used to understand and model targets as systems, and to make optimal decisions in various scenes such as system design and planning, business management, and daily activity. The optimization is not only a computational method, but also is important as a technology to establish systems and models. In the future, the important study fields will include optimization problems under circumstances where the objective

functions (evaluations in decision making) cannot be calculated explicitly.

Network theories

The network is a concept that focuses on multiple elements and links, and the Internet, local communities, organizations, and societies can be considered types of networks. With a network theory, we consider the target as a network, extract and analyze structural characteristics, and further predict and control the dynamics of the network. It also includes development of concrete computing software.

Complex systems

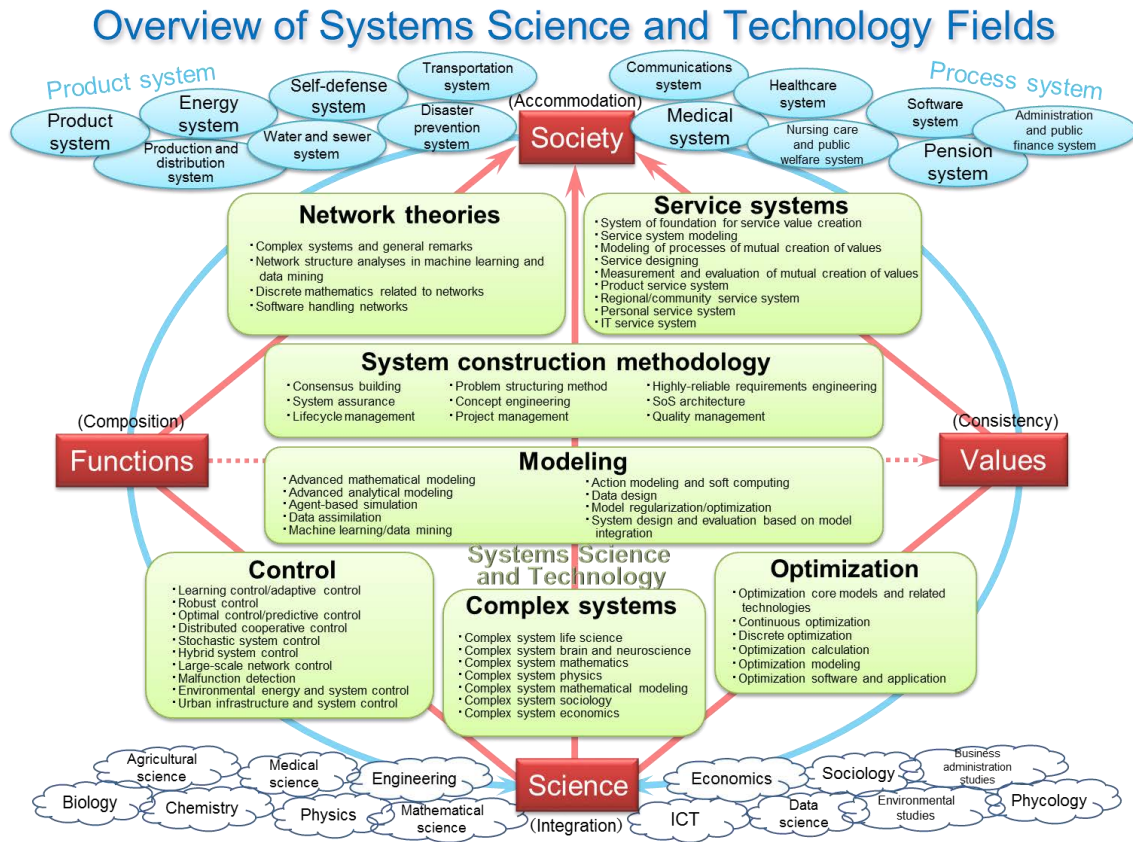
In general, a complex system is where nonlinear elements interact in nonlinear ways, resulting in hierarchical feedbacks between the element group and the whole. That is, the whole consists of a collection of parts, and each part is defined by the characteristics of the whole, which makes a hierarchical circulation. This is a field where we can use modern methods, such as the mathematical modeling and econophysics to elucidate the structures and dynamics of complex systems that would not be understood by only either one of the theory of elemental reduction or the holism. The range of targets is very broad from life science systems to socioeconomic systems.

Service systems

A service is creation of values performed mutually (mutual creation) by the service provider and service users wherein the service provider provides the service users with the desired support activities to change their situation, bringing value to them, and as a result the service provider obtains compensation in exchange. We consider a service system as a system that optimizes service value from this relationship. By taking system-scientific approaches, this field will contribute greatly to development of the service industry.

System construction methodology

This is the edifice of knowledge and tools to give a solution for an actual and complex social subject that involves so many stakeholders and has difficulties identifying its true nature in the initial phase through a consolidation of stakeholders' requests and an identification of the problem to be solved by using system concepts and models. The system construction consists of a series of actions, including analyses, design, social implementation, operation, and maintenance. These days, this has become more important as a social technology due to diversification of the value demanded by people.



Overview of systems science and technology fields

Supported by many experts, we reviewed the individual overview sections. Collecting the obtained knowledge, the above diagram expresses the relative relationships among the systems in society, the systems science and technology, and the other technologies. The vertical axis is the route along which the different technologies are utilized in society through systems science and technology. That is, the diagram shows that system technologies in the center summarize the individual fields described at the bottom in a crosscut manner and finally build the different systems described on top, which are implemented in society. The horizontal axis expresses the route along which the objective system functions change to subjective values. In other words, efficient functioning of the systems leads to creation of value. The vertical and horizontal axes do not necessarily cut orthogonally across each other. By setting these two axes, the diagram shows, along with the directions, the roles of systems science and technology and the relative positioning of the characteristics of each overview section. In each overview section, multiple research and development fields are set as described in the frames. For each field, we analyzed Japan’s capability for research and development, including international comparison with the USA, Europe, China, and Korea.

With regard to the situation of R&D in each field in each country and region, the following sections summarize the characteristics of each overview section.

<Japan>

The theoretical studies of **modeling** have traditionally been strong and are a remote cause that has raised Japan's industrial technologies to the top level in the world. Even at present, basic studies are at the world's top level. JST-CREST's "Modeling Methods allied with Modern Mathematical Science" and PRESTO's "Collaborative Mathematics for Real World Issues" started in FY 2014, and this means the start of large public support for basic studies in modeling. For **control**, the levels of basic studies including learning/adaptive control and malfunction detection are high, but the number of researchers is few. With regard to CREST's ongoing "Creation of Fundamental Theory and Technology to Establish a Cooperative Distributed Energy Management System and Integration of Technologies across Broad Disciplines toward Social Application", the number of control-related treatises related thereto has increased. In general, the levels of basic studies of **optimization** are high in universities and research institutes, which have created top-level outcomes about interior point methods, submodular function optimization, and semidefinite programming. Although the level of industrialization is not low, the important challenge is to heighten the recognition of the effectiveness of methods and develop them for broader fields. With regard to the basic studies of **network theories**, we have had remarkable outcomes in data mining, discrete mathematics, and other fields. JST-ERATO's "Kawarabayashi Large Graph Project" is ongoing, and more young computer science researchers are participating. With regard to the basic studies of **complex systems**, Japan has had world-leading outcomes along with the USA and Europe. In large-scale funding programs, including the Cabinet Office/FIRST's "Aihara Innovative Mathematical Modeling Project", ERATO, and JSPS's Scientific Research on Innovative Areas, study themes with regard to complex systems have been continuous. In addition, with regard to analyses of foreign exchange markets and enterprise networks, we have had important outcomes from the basic studies based on good quality and quantity data. For **service systems**, we have seen firm progress in basic studies, including establishment of service system concept models and commencement of design studies. Including the foundation of the Society for Serviceology in 2012, the foundation of the researchers' community is being formed, and we hope it will develop in the future. In general, **system construction methodology** has created outcomes at a certain level. However, industrialization has been delayed, except in the automotive and some other sectors, and social recognition is low. Note, however, that the quality management fields lead the world. In addition, with regard to problem structuring methods, system assurance, and project management, Japan's basic studies show a certain presence

in the world.

<USA>

The USA leads the world in all the seven sections. For **modeling**, NSF and NIH contribute substantial research funds to basic studies of modeling techniques with regard to big data, neuroscience, and systems biology. In addition, for studies of national defense, space development, and meteorological/marine relations, the federal departments use their own budgets to enhance basic studies on a large scale. There are also many software products as modeling tools and many sectors of business such as consultation. With regard to **control**, including IEEE's Control Systems Society as the main partner, five societies, in collaboration, started publication of the *Transactions on Control of Network Systems* in 2014, which shows that they are never declining. Application studies in the aerospace fields are also prosperous. For **optimization**, the USA gathers excellent human resources from all over the world and thus numerous researchers support all the phases of basic and application studies and industrialization, making the USA strong in these areas. Many of the major commercial calculation software products are from the USA. Businesses, such as IBM, Microsoft, Yahoo!, and Google actively employ researchers in these fields, and this shows the foundation on which business entrepreneurs incorporate technologies, such as optimization for active business operations. For **network theories**, since some US researchers published a paper that showed the beginning of the network science at the end of the 1990s, the USA has overwhelmingly led the other countries. Many of the major social media, such as Google, Twitter, Facebook, and LinkedIn, were born in the USA, where techniques are also actively developed. With regard to **complex systems**, since its foundation, the Santa Fe Institute has greatly contributed to the development of studies of complex systems. In addition, major universities have organized many research groups for complex systems. Fostering the Brain Initiative, NIH is active in neuroscience studies. Researchers, who were successful in basic studies of the financial sector, have participated in hedge funds and financial industry in forms of quants leading to industrialization. For **service systems**, educational organizations and businesses are actively enhancing research and development, making the country a leader in this field along with Europe. The USA actively fosters studies of data storage/analysis techniques using ICT technology and business development, such as the Smart City. With regard to **system construction methodology**, international standardization and human resource development in universities are active and this shows USA's strength in the phases from basic studies to industrialization. Even in the field of quality management, the USA is catching up with Japan, which has been good at quality management.

<Europe>

For **modeling**, they have advanced biological studies, including neuroscience and genome structure analyses, and studies of mathematical models in market analyses. Along with the USA, Europe leads in the basic studies of data assimilation in the meteorological/marine field. Having started environmental arrangements, including standardization of the development tools, Europe is leading the model base development in the industry. For **control**, the level of Europe is high in general, second only to the USA. In part, Europe has had more outcomes than the USA from basic studies of robust control, applications studies of learning/adaptive control, and industrialization. They are actively carrying out applications to industries, including application development of data-driven controller tuning and packaging of automatic tuning of PID. With regard to **optimization**, each country has its own strengths. When Europe is viewed as a whole, the level is the same as or a little higher than Japan. They are actively carrying out not only basic studies but also application studies and industrialization. There are collaborative human resource development projects throughout Europe and social problem projects supported by individual countries. By doing nothing, Japan is likely to be further outdistanced. For **network theories**, Europe is second behind the USA. In particular, their level of basic studies is high. They have large-scale projects in network science, including NETWORKS, MULTIPLEX, and PLEXMATH. They are also actively conducting application studies related to network analyses, which target biological networks and medicine-target networks. With regard to **complex systems**, Europe has had remarkable outcomes in all fields, many of which exceed those of the USA and Japan. European countries have many institutes, centers, and other facilities for complex systems. In particular, Germany and the UK strongly have this tendency, actively fostering studies. They are also strong in application studies of systemic risk, which may bring a chain of crises to the financial institutions. For **service systems**, under large-scale funding programs by FP7, Horizon 2020, many researchers are working on basic studies, making Europe a leader in this field, along with the USA. Europe is developing outcomes from basic studies to target industrialization while fostering international standardization of technologies. With regard to **system construction methodology**, along with the USA, Europe leads the world in the fields from the basic studies to the industrialization. Traditionally, they have been strong in the basic studies, but recently, they have enhanced the application studies. At present, many projects are going on to enhance the industrialization.

<China>

Traditionally, the level of mathematics related to **modeling** has been high. The National Center for Mathematics and Interdisciplinary Sciences (NCMIS) was founded in the Academy of Mathematics and Systems Science under the Chinese

Academy of Sciences in order to enhance the links between mathematical modeling and the sciences. In a governmental notice in 2012, development of big data analysis software and creation of services for utilization were designated as targets of intensive support. For **control**, China is actively working to improve theories, including adaptive control for non-linear systems. In addition, Chinese researchers who are studying or working in the USA, Europe, and other regions are also actively conducting studies. While the Academy of Mathematics and Systems Science under the Chinese Academy of Sciences has the central role, they are actively conducting theoretical studies and increasing the number of treatises. However, their qualities are greatly different, like a medley of good and bad. For **optimization** as a whole, their level is not so high. However, due to a great number of researchers, their links to Chinese researchers working overseas, including those in Europe and the USA, and going home by excellent researchers, and for other reasons, China is rapidly getting stronger in basic studies. In addition, optimization tends to be used for national plans. For **network theories**, they have had many more treatises about basic studies, but in general, their research and development level is not high. For **complex systems**, they have started obtaining outcomes from basic studies. Multiple centers, including the Chinese Academy of Sciences, Peking University, and Shanghai University have founded R&D organizations related to complex systems. China calls back researchers from the USA and invests a large amount of fund in research. For studies in the social and economic fields, they use data with user IDs for the Chinese market, and this raises their studies to levels at which other countries cannot have studies. With regard to **service systems**, at present, there is no noteworthy item. With regard to **system construction methodology**, they have just recently started obtaining outcomes from studies and thus their level is still low.

<Korea>

With regard to **modeling**, many students and postdoctoral fellows go to Europe and the USA. Researchers after going home lead studies in this country. In 2012, they announced the Big Data Master Plan to make political efforts in the national scale, including disclosure of public data. For **control**, they have had experience in basic studies of predictive control of linear systems. In addition, they are strong in research and development related to malfunction detection in all phases of basic studies, application, and industrialization. Both universities and businesses attract human resources from overseas. In particular, improvement of the levels of industrialization is remarkable in the semiconductor, iron, and steel fields. For computer science and discrete mathematics related to **optimization**, they have excellent researchers but the level of this field is low as a whole. The manufacturing industry has started a project to use large-scale optimization calculations. In general, their level of **network theories** is lower than Japan's level. Note, however, that

excellent statistical physic researchers execute network studies at a considerably high rate; therefore, high-level academic journals release many more outcomes from the basic studies than in Japan. For **complex systems**, Korea has a strong tendency to follow the science and technology policies of other countries. Recently, however, excellent foreigners including Japanese have started taking positions in universities and research institutions in Korea, and this may bring potentialities. Interchange with the USA is active, and there are many young researchers in the network science fields. With regard to **service systems**, some businesses are fostering industrialization in the service design field. With regard to **system construction methodology**, they have recently started obtaining outcomes from studies and thus their level is still low. However, they show a presence in the lifecycle management field.

In Japan, in the past five years or so, we have had the New Growth Strategy (June 2010), Fourth Science and Technology Basic Plan (August 2011), Comprehensive Strategy for the Rebirth of Japan (July 2012), Comprehensive Strategy on Science, Technology, and Innovation (June 2013), Japan Revitalization Strategy (June 2013), Comprehensive Strategy on Science, Technology, and Innovation 2014 (June 2014), and Revised Japan Revitalization Strategy 2014 (June 2014). In any of these cabinet decisions, social problem solving and achievement by technologies are targeted. In realization of these types of problem solving and achievements, the key is to establish a good system in real-life society. In addition, the Comprehensive Strategy for Science and Technology Innovation points out systematization as one of the three strategic viewpoints, as well as making smart and globalization, in order to foster the science and technology innovation policies. For establishment of a good system or advancement of systematization, the systems science and technology with high cross-cutting characteristics offer effective ways to remove inconsistencies and unnecessary competition from the elements composing the system; to appropriately position the elements that have different characteristics and functions so that the whole system can be optimized; and to effectively connect them so that they are integrated as a system. At the same time, the systems science and technology have the potential to link many people having different expertise and to optimize the interests for the whole. Today, as many outcomes from technologies are implemented in the society as systems, the roles of the systems science and technology should play are getting larger and larger.