



超スマート社会実現に向けた計測自動制御学会の 取り組み

本多 敏^{*1}・永原 正章^{*2}

Activities of SICE to Realize the Society5.0

Satoshi HONDA^{*1}, Masaaki NAGAHARA^{*2}

Abstract– The Society of Instrument and Control Engineers (SICE) aims to produce innovations in science and technology through the pursuit of truth and meeting unforeseen challenges in the field of measurement, control, and systems engineering. SICE was established through merging Automatic Control Study Group and Japan Instrument Society in 1961, approved as a corporation aggregate in 1963, and has changed juridical personality to Public Interest Incorporated Association in 2010. This paper introduces our activities of SICE towards realization of Society5.0.

Keywords– Society5.0, Cyber Physical Systems, System of Systems, IoT

1. はじめに

計測自動制御学会(SICE)は、1961年(昭和36年)9月30日に行われた創立総会において、(社)日本計測学会と自動制御研究会の2団体が合併して発足し、その後2010年10月1日に公益社団法人となっている。定款では「計測、制御及びシステムに関する学術及び技術の進歩発達をはかり、文化の向上並びに産業の発展に寄与することを目的」としており、計測工学・制御工学・システム工学で、未来の産業と社会に貢献するイノベーションを実現すべく、未来の産業と社会に貢献する新しいシステムデザインを発信し続ける学会として、また国際的にも存在感のある計測・制御・システムインテグレーション分野の中心学会として活動している。

第5期科学技術基本計画では、非連続なイノベーションの創出を目指して、「必要なもの・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供し、社会のさまざまなニーズにきめ細かに対応でき、あらゆる人が質の高いサービスを受けられ、年齢、性別、地域、言語といったさまざまな違いを乗り越え、生き活きと快適に暮らすこ

とのできる社会」を「超スマート社会」と定義し、これを実現するための取り組みを「Society 5.0」と名づけて、超スマート社会の姿を様々なシステムが連携して新しい価値を弛まなく生み出すと描き、この手始めとして、総合戦略2015で定めた11システムの開発を具体的に取組むと述べられている[1]。そのためには、従来から横幹連合が発信しているように、横型のシステム科学技術の進展が必要である。「計測・制御・システム」をキーワードとして活動してきたSICEにとっても、さらなる活動が求められていると言えよう。

その中で、ここでは、筆者らが関わってきたSICEでの活動について紹介する。

2. SICEの取り組み

以上の問題意識・使命感のもとで、第5期科学技術基本計画の発表を受け、SICEでは、2015年8月、前田副会長(当時)を委員長として理事会直轄の「超スマート社会共創WG」を発足した。構成員として、スマートセンシングシステム部会、都市インフラシステム構築と制御調査研究会、スマーターワールド実現のための新たなシステムアプローチ調査研究会などで、前項で述べた活動をしている研究者が参集した。

WGの活動成果として、発足直後の2015年11月に、総合科学技術・イノベーション会議(CSTI: Council for Science, Technology and Innovation)から出された「第5

*1 慶応義塾大学理工学部 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1

*2 北九州市立大学国際環境工学部 福岡県北九州市小倉南区北方 4-2-1

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

*2 The University of Kitakyushu, 4-2-1 Kitagata, Kokura Minami-ku, Kitakyushu, Fukuoka

期科学技術基本計画」答申素案の第2章と第3章に対し、以下の意見を CSTI に提出した。

第2章：

「超スマート社会」が目指すのは、先端的な科学技術をシステムを通じて社会実装し、さらに、これらを連携協調させることにより、新たな価値を効果的かつ継続的に創出しようとするものと理解しました。また、これを実現するために、IoT サービスプラットフォームを設定し、この構築に必要な基盤技術の強化が掲げられており、戦略的な研究開発の方向付けがなされていると考えます。

システムを通じた価値創出には大いに賛同しますが、これらのプラットフォームや基盤技術を研究開発するには、システムに求められる機能、実現、品質等の要件とそれらの構成を普遍性をもって明確にしておかなければなりません。これらは、一般に参照モデルと呼ばれ、技術開発、知財開発の海図となるとされています。NIST^{注)}は、昨年CPS参照モデルの開発に注力していますが、日本として「超スマート社会」に関する参照モデルを構築する必要があります。自然との共生感を正しく持つ日本では、実空間それ自体が強い因果性を持った拘束条件を形成していることが認識され、さらに、連携協調においても独自の文化を育んできており、世界の関心を集める参照モデルを構築できると期待されます。このような参照モデルは、システム科学技術者や情報科学技術者が中心となって、さらに、人文社会科学者の参画も得て、産学官が一体となって開発することが必要です。

第3章：

「超スマート社会」で新しい価値・サービスを創出することと、エネルギー・交通インフラ等における各種課題を解決し、より優れたシステムを実現することは、一体となって進めるべき目標だと思えます。インフラの課題解決のためには、物理システムの運用・制御とサイバー空間での情報処理との緊密な連携が必須となるからです。特に異種複数のシステムを連携させて高付加価値サービスを提供することは、データ収集・分析・活用というサイバー空間での技術・基盤だけでは達成することはできません。物理システム間の自律的・協調的な水平連携の仕組みが不可欠です。さらに、サイバー空間での物理システムのモデル化・シミュレーション・最適化によって、実空間の物理システムとサイバー空間の仮想システムを垂直連携させる技術基盤の確立が必要と考えます。IoT サービスプラットフォームの構築には、シ

ステム構築技術が欠かせませんが、水平・垂直連携する仕組みを持たせた大規模で複雑なシステムを設計・構築・運用するためには、参照モデル（アーキテクチャ）を定義することが極めて重要です。参照モデルに基づくシステムを構築することにより、物理システム自身の高度化を進め、新サービスの創出と同時に耐災害性や高セキュリティ、運用コストの抜本的な低減などの課題解決につなげ、さらにはインフラ輸出等における産業競争力を強化することができるものと考えます。

注) NIST: National Institute of Standards and Technology(米国国立標準技術研究所)

この活動を、第6回横幹コンファレンス（2015年12月5日、6日）会期中の会長懇談会にて、紹介するとともに、横幹連合全体での取り組みにつなげることを提案した。それを受け、横幹連合でも Society5.0 対応 WG を立ち上げ、会員学会が連携して超スマート社会の実現に向かう活動を始動している。

SICE ではこの成果を受けて、会誌「計測と制御」で特集号「超スマート社会実現のためのシステム技術」（第56巻 No.4）で WG の活動を紹介するとともに、横幹 WG との連携を進めてきた。その集大成として、次節で紹介する 2017 年 3 月 8 日 SICE 制御部門マルチシンポジウム 2017 にてチュートリアル「Society5.0 のための計測・制御・システム理論」と題して基調講演と引き続いてのパネルディスカッションを開催し、それらの成果を踏まえて、横幹連合と協調して JST 未来社会創造プロジェクトへの申請、採択とつながっている。そこで SICE の技術的立ち位置を理解いただくために、次項で、上記シンポジウムのパネルディスカッションの抄録を紹介する。

3. SICE パネルディスカッション

ここで紹介するパネルディスカッションは、2017 年 3 月 8 日（水）12:30～15:30 に、SICE 制御部門マルチシンポジウムの一企画として開催された。以下にそのまとめを紹介する。

パネルディスカッション

座長：前田 章（日立製作所）

講師：原 辰次（東京大学）、西村 秀和（慶應義塾大学）、滑川 徹（慶應義塾大学）、本多 敏（慶應義塾大学）、船橋 誠壽（北陸先端科学技術大学院大学）、菅野 重樹（早稲田大学）

（所属は当時のもの）



先導 11 システム

前田：パネルの司会を務めさせていただきます日立の前田です。フロアからの質問もぜひ活発にしたいと思っていますので、よろしくお願いします。

最初に超スマート社会の定義について問題提起をさせていただきます。まず先導 11 システム（上図を参照）というのがあって、それぞれを実現するのがスマート社会、そしてこれらをつなぐのが超スマート社会という理解でよろしいですか。



前田 章氏

菅野：それは究極のところだと思います。同じプラットフォームでできる話ではもちろんありませんが、個別にやっていったら、そこで閉じてしまいます、そこをいかに共通化できるか、どういうアーキテクチャーが設計できるか、ということを考えるべきかと思います。そこはいろいろな共通点が制御と計測という立場から言えると思います。

前田：他のパネラーの先生方も、システム間の連携ということで、多分同じ方向を向いているのだと思いますが、今の定義で何かご異論、コメントある方いらっしゃいますか。

原：もう一つ、進化していくシステムというか、状況に応じて変わっていく機能を内蔵しているということも重要な視点だと思います。そのイメージがやはり SICE としてもぴったります。時間的にも空間的にも、いろいろ



菅野 重樹氏

る異質なものがつながっていったときに、一発ではうまくいかないで、状況に応じて進化する必要があります。その機能を我々はフィードバック構造によって実現しようとしています。これをきちんと明記して、ふさわしい概念をつくっていく。それが重要ではないかと思います [2][3]。



原 辰次氏

前田：ちなみに、超スマート社会と Society5.0 はイコールと思ってよろしいですか、船橋先生。

船橋：はい。超スマート社会の英訳が Society5.0 ということになっています。

前田：第 4 次産業革命という言葉もあります。第 4 次産業革命との関係はどうですか。

船橋：第 4 次産業革命との違いは、あまり議論はないですね。Society5.0 は、産業の話は当然で、さらに、その先の社会の姿を目指すということになっています。

前田：Society5.0 や超スマート社会はコンセプトもしくはビジョンであって、4 次産業革命はそのための手段である、という言い方する人もいます。産業革命そのものは、ものづくり、生産のイメージがありますが、Society5.0



船橋 誠壽 氏

や超スマート社会は社会全体を考えると少し違うかと思
います。そこら辺の英語の関係かと思ます。

A (フロア) : Society5.0 や超スマート社会の話は文系の
学会ではあまり話題に上っていません。この話を技術屋
だけでやっていたら、変な方向に行く可能性が大いにあ
るように思い、それを心配しています。

船橋：大変まっとうなご意見だと思います。私どもも文
系の方々にお話は投げかけているのですが、文系の学会
そのものというのは非常に広くて、一つのパスとしては
学会会議からお話ししていくというぐらいです。あとは
文系の方々に、ぜひこのような科学技術政策のところに入
ってきてください、ということをお願いしているという
状況です。

前田：貴重なポイントのご指摘ありがとうございます。
私が関わっている中でも、もちろん科学技術なのですが、
社会実装、社会を変革するというところにポイントを置いて
いて、科学技術だけでは社会を変えられない、当然制度
や人の重要性をどう捉えるか、そういうところも含めて
多分スコープは広げていると思いますので、ぜひ技術
者以外の社会科学、経済学、そういう方の参加もしてい
ただくことが重要かと思ます。

では、先導 11 システムを連携させるというのが超ス
mart社会だというのは共通認識として、つぎに、連携
させて目指すものは何か、どのようなベネフィットを追
究しているのか、ということを整理したいと思います。
連携すれば、より全体最適になるというのは分かります。
それはシステム的な観点ですが、サービス視点や受益者
サイド、それからビジネスサイドの問題で、どのような
ベネフィットを具体的に目指すべきなのか、ご意見いた
だきたいと思ます。西村先生どうでしょうか。

西村：ビジネスサイドというのは、IIRA (Industrial Inter
net Reference Architecture)[4][5][6] での用語です。Soci
ety5.0 も日本の経済力強化というようなことを言ってい

ますし、インダストリーや産業、あるいはビジネスの経
済というのはとても重要なところ。先ほどフロアから
ご指摘の、なぜ科学技術だけでやっているのか、とい
うところも含めて、全て連携しなければいけない。

ただ、ではどれとどれを提携させて順番につくって
いくのか、という議論をここでいちいちするのは無理だ
と思ます。例えばスマート生産システムに関わっている
人は、スマート生産システムだけをやってさえいれば良
いということではなく、それが他に与える良い波及効果
や悪いインパクトなどについて、周辺の人たちと話をし
なければいけません。利害関係者というのはそのような
人たちのことで、それがお互いにいろいろなところで関
わり合えば、良い方向に行く可能性があると思ます。



西村 秀和 氏

船橋：今、内閣府のアクティビティーの中で、具体的
なプラットフォームを検討するシステム基盤技術検討会
というものがあります [7]。そこで議論になっているのが
データベースです。地図データベースや環境データベー
ス、それからセキュリティーのインシデントデータベー
ス、この3つを具体的なデータベースとしてつくって、
これをプラットフォームとしてやっていきましょう、と
いうような議論がされています。それはそれで大事な
のですが、一方ではもう少しロングレンジで見て、シ
ステムを育てるという部分も必要でしょう。そのような
システムは社会全体からスタートしてできるのではな
く、具体的なシステムから始まって、社会からのフィ
ードバックをかけていく。そのような幾つかのビジョンが
重なって出ていくのだと思ます。

前田：プラットフォームの具体的なイメージの例を提示
いただいたと思うのですが、今のお話ですと、データを
共有するということは、先導 11 システムそれぞれをつ
くりやすくする、加速するための何か道具のようなニュ
アンスで聞きました。もっと直接的に、例えば原先生の
グローバル制御は、システム間を協調して制御すること
によってより価値を出そうというお話でしたが、それは

プラットフォームという観点からいけばどういうことになるのか、原先生ご意見いただけますか。

原：この部分の一つの核心だと思います。今の舩橋さんの話のように情報を共有すれば何かができるというレベルではなく、フィードバック構造があるということと、アクチュエーションをどうするかということを実際に考えないと、それは本当にシステムをつなげたことにはならないだろうというのがポイントです。例えば「交通システムを考えたときにエネルギーが関係する」といったときには、交通量だけを考えているのではなく、エネルギーのバランスのようなものをきちんと考慮しなければならないという認識を、まず持つ必要があります。それから、アクチュエーションという立場でいうと、われわれが積極的にそこに参与していくことによって、情報だけで議論が進むということがないようにうまくやらなければいけないと思います。

前田：データベースを連携させるという情報系の世界ではなくて、フィードバックループが多階層になっているものを考える必要があるはずです。そういうことを実現するとすれば、どのようなプラットフォームと技術が必要かというのはSICEから発信しなければいけないと思います。

本多：もっと抽象化しなければならないと思います。釈迦に説法で申し訳ないのですが、1次系の微分方程式にした時点で物理はいらなくなります。先導11システムでも、それぞれ対象としているのはほとんど一緒になっていて、そこに対して何か上げてきて働きかけるというシステムをつくらうとしています。原さんが言っているのは、その中がもっとハイアラーキーになって、かつ複雑な制御ループが入っている、そういうものを扱わなければいけないということです。そういうものを扱うための理論、言葉をきちんとつくらなければいけません。そこができるのはSICEであろうというのが、計測屋から見た制御に対する思いです。

いっぽう横幹連合の立場から見ると、私でもできるかもしれないという意識はありますので、その辺はぜひSICEと横幹連合が一緒になってできると良いと思います。その中に社会学系や文系の人を巻き込めればもっと良いと思います。とにかく共通の言葉、共通のプラットフォームで仕事ができるような形にしないといけないと私は思っています。そういう意味で、原先生が先行して出していただいているものを、どうやればもっとアブストラクションできるか、いつもそれを思いながら勉強させていただいています。

前田：ありがとうございます。今のご指摘では、プラットフォームのイメージは言葉を共通にする、技術プラットフォームという言葉があるか分かりませんが、何かこ



本多 敏氏

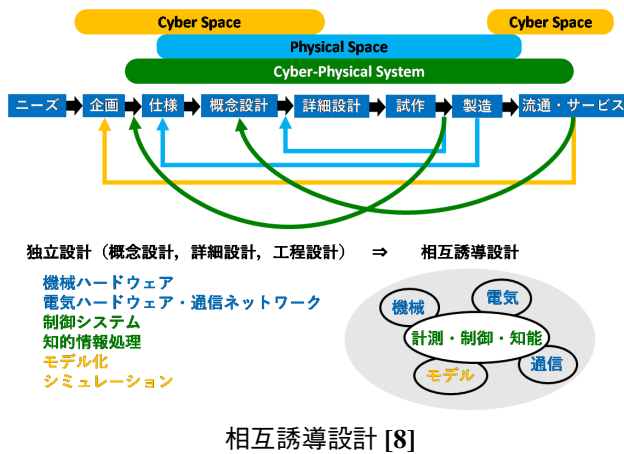
ういうシステムを連結して新しいものをつくるための何か共通の技術分野、そのようなイメージでしょうか。

本多：そうですね。リファレンスモデルができていないインダストリアルインターネットに対して、制御系に対するリファレンスモデルのつくり方のようなもの、このシステムに対してはこのリファレンスモデルですという、リファレンスモデルをつくるためのもう少しアブストラクトされたものを目指していくのがSICEかと私は思います。

原：幾つかの複数のシステムがあったとします。そこにはフィジカルにいろいろなインタラクションがあるわけですが、そのインタラクションを上位層に上げて、おのおのシステムは自分の目的の中で動くのですが、インタラクションについては上位層がきちんとケアするというようなシステムを私はイメージしています。その枠組みは、例えば交通・エネルギー・医療の3つがあるとすると、それぞれのシステムはローカルにそれら自身で動くのですが、交通とエネルギーはそれらの関係を正しく認識し、情報だけではなくフィジカルにインタラクションがあるものは上位層でケアし、医療との連携はこうですというような、そういう設計のイメージがあって、それがきちんとできれば良いと思います。

前田：菅野先生のお話で相互誘導というお話がありました（次図を参照）。例えば交通と水、電力、それと医療、そういった全く異分野のシステムの連携、相互誘導というのはどうやって果たすのでしょうか。

菅野：難しいですね。この図は医療とは関係ありませんが、ものづくりの現場での相互誘導です。サイバー空間とフィジカル空間があって、サイバーフィジカルシステムというものが出来上がるときに、もともとのづくりではニーズから始まって流通、サービスまであります。サイバーの中だけのフィードバックとフィジカルのところだけのフィードバックもあります。しかしサイバー



フィジカル空間になったときには、この大きな曲線で表したもっと大きく越えた枠でのフィードバックが必要ではないかと思えます。そのときに、いろいろな段階で設計が入ってきます。

システムの設計として捉えたときに、概念設計，詳細設計，工程設計のそれぞれが設計のプロセスを進めていく中で影響し合います。それは人が何かそのように仕組みわけではなく、システム自身が、例えばディープラーニングやリカレントニューラルネットワークなどのツールを使って行い、それを人が評価します。予測やその設計の結果が得られて、その結果からもう一度予測し直す、そういったループがうまくいくとそこで相互誘導が起きるだろうという考え方です。

相互誘導というのは、コンテキストに基づいた予測機能をシステムが持っていないと実現できません。ただ、そのモデル化は難しいので、ツールで言えばディープラーニングやリカレントニューラルネットワークを使うことになるのです。予測という部分がひじょうに重要です。これは当然、交通でも医療でも何でも共通に言える話だと思います。そういう意味で、原先生がおっしゃられた進化というのは、この部分の私の言葉で言えば、分野を越えてそれぞれのところが相互誘導でシステムづくりが進んでいければいいのだと思います。

前田：先導 11 システムのような既存のシステムがあって、その上にそれをスマート化するという話もあります。これはインダストリー 4.0 のようなイメージで、ものづくりのいろいろなフェーズを製造だけではなく、まずは製品の調達から保守まで入るわけで、一度そのプロセスをアンバンドルした上で、さらにそれをスマート化するイメージでいました。それを異分野のシステムで考えると、例えば電力と交通のシステムを連結するというのはどういうことなのか、一度電力と交通という巨大なシステムを何かばらして、コンポーネント化して、その上で何か連携するというイメージがこの延長から感じるのですが、その考え方は滑川先生いかがでしょうか。

滑川：われわれ制御屋としては、アナロジーという考え方に非常に慣れ親しんでいます。エネルギーマネジメントやサプライチェーン、交通システム、それぞれは異種異構造の物理システムですが、まずは個々のシステムの振る舞いを解析し、動的システムとしてモデル化し、問題を設定して、個々の制御システムを構築することから始め、このプロセスを他のシステムに対しても繰り返す中で、それぞれ別々のシステムに共通する性質や特性、つまりアナロジーが見えてきます。

例えば電力消費の制御において、プライシングやインセンティブによる誘導が原理的に可能だということが分かってきましたが、その原理は他の物理システムへも応用が可能です。具体的には、EV（電気自動車）の制御問題に関して、職場にチャージングステーションを準備し、昼間に EV にチャージし、夕方にフルチャージした車で自宅まで帰るような状況を想定した場合に、インセンティブ設計により、市街地の交通の渋滞を緩和させるような政策に繋げることも可能でしょう。この場合には、EV が送電線の代わりとなって電気を運ぶという役割も果たせるわけです。そのようなことを考えると、エネルギーマネジメントと交通制御が直接的に連携することが可能となります。

このときに、人の意思決定と判断が制御システムの内側に存在しますので、どうしても人の振る舞いのモデル化が必要となります。当然それは簡単な問題ではありません。人の振る舞いモデルには時間的な変化や、不確かさ、適応学習的な要素が含まれます。しかし現在、エネルギーマネジメント分野においては、経済学者や社会学者の先生や制御研究者が共同研究を行いながら議論と研究が進められています。このような問題を扱えるような枠組みが考えられると、異種異構造のシステムが有機的に結合した機能的なシステムが構築出来るような気がします。



滑川 徹氏

前田：プライシングのような考え方で共通に使えるから、そういう考え方を介して何かシステムを連携するというイメージでしょうか。

西村：連携するために必要なこととして、お互いが話さなければいけません。コミュニケーションを取れなければいけないので、そのための共通言語が必要です。なぜなら、共通言語がなければ違う分野のもの同士というのは話せないはずだからです。これは人も話せない可能性があって、エネルギー関係者は交通関係者とお話できるかという、言葉の定義が違うのでできません。オントロジーをしっかりと定義しないとお話ができないというのが一般にいわれていることで、これは非常に問題があります。なおかつ、もっと具体的に何かものを動かそうとしたら、ソフトウェアであればコードという意味での言語が必要なのですが、もう少し抽象度の高いモデルの記述の言語が必要だというのが、先ほどの IIRA などが言っている話なのです。そういうことを、これからしっかりとつくっていかない限り、Society5.0 は絵空事で終わってしまうのではないかと私は思っています。

原：私は価値をブレイクダウンしていく方法論が大事かと思っています。要するに、社会的価値から出発して、それをブレイクダウンしていったって、各要素やシステムに求められる機能を明確にし、足りない機能があれば、それを組み立ていくシナリオを描いていく、というような方法論を確立しないといけないと思っています。

それから、前に戻って滑川先生の話聞いていて、多分こういうこともきちんと考えないといけないかと思っています。車というものは、要するに移動するものだとすることで、移動手段として価値を生んでいました。しかし、実はそれはそうではなく、電力ネットワークに入ったときには、送配電の機能を持ち、かつストレージの機能も持ちます。一つのものがそういう複数の機能のプレーヤーになり得るというモデリングをきちんとすることが大事になるかと思っています。

B (フロア)：先導 11 システムのところで、先ほど原先生がおっしゃっていたようなブレイクダウンは絶対に要すると思うのですが、先導システムとプラットフォームのどちらが先なのでしょう。

前田：先導システムが先ですね。プラットフォームというのが何ものかというのは、先ほどデータのイメージがありましたし、技術プラットフォームという言い方や、オントロジーという言い方もありました。このような何かサービス機能化・統合化をするためのソフトウェアのプラットフォームというイメージだけではないというのは多分確かです。特に SICE の視点から見たら、これだけで連携できるわけではないという、そういうイメージは持っていると思います。

原：われわれ SICE に限ることではないのですが、システムや制御に関わる人たちがもっと知恵を出して、実際に行う手順はこうだということを具体的なものを含めて出していかないといけないと思います。

B：ハイアラーキー構造というのはもう過去のもので、これからは全部ネットワークでつながって、縦も上も下もなく、その下に端末があるような形になるという意見もあります。

前田：ネットワーク的になるというのは分かりますが、ものを考える限りは、ある程度階層、コンポーネントから上位というものは残るような気がします。

船橋：考え方として、分散になっていきます。それが自由につながりあってファンクションするということをおっしゃっているのだと思います。

前田：システムとしてネットワーク的な構造がより重要だろうというのは多分事実です。ただ、階層構造がなくなるかという、そうでもなさそうです。他にフロアの方からのご意見ありますか。

C (フロア)：例えば電力の話をしていると最適化の問題があります。最適化の話というと、制御の話ではなくて、最適化の専門家がいるわけで、そういう人たちとわれわれの間でどう違うのか、例えばそういう話があると思います。例えばモデル予測制御は有限ホライズンの動的な最適化ですけれども、時間を無限にもっていくという概念もあるわけです。時間の無限を扱うというのが制御の強みであると思うのですが、逆に今日のお話を聞いていると、制御の研究者が考えていない弱点になるものもある、そういう印象を持ちました。われわれは一体どのように他から弱い点を持っていると思われるのか、そういうことが気になりましたので、もしご意見があればよろしくお願ひします。

西村：私は 10 年ぐらい前まで一生懸命制御をやっていた人間ですが、システムズエンジニアリングという世界を知って思ったのは、制御屋というのは何でも制御したがる人たちだということです。でも、システムズエンジニアリングを知ると、制御しなくても良いかもしれないというソリューションを認めざるを得ません。ここは大事なポイントで、自分の専門性があると、その専門性にばかり固執する、やりたくて仕方ない、それが専門性なのですが、でもそうではないものがあるということを認めることが大事だと思います。

本多：計測屋の立場から見ると、制御では安定性というところがよく議論されていて、そこが本当に制御の方々の強いところ。数学や最適化などいろいろやっていますが、そことダイナミクスをきっちり扱って、しかも

それを安定化させる。もちろん西村さんがおっしゃったように、放っておいても安定なものは山ほどあるわけですが、そういう中に制御を入れることによって安定化する、その安定性が制御の始まりだと聞いています。そこは弱点ではなくて本当に強みだと思います。

前田：もうひと方の意見を聞いて終わりにしましょう。

D (フロア)：先ほどの先導 11 システムが先かプラットフォームが先かという話で、今 11 のシステムをつくることばかりを議論されているような気がしたのですが、昨今の AI の進展、あるいは海外のインダストリー 4.0 やインダストリアルインターネットなどの動きの中から、別の外力、あるいは経済的な制約に従って、新しいものが出てくる可能性があると思っています。日本の今の社会がこれから 20 年 30 年の間に思ってもみない仕組みが海外から流れ込んできたり、自発的にベンチャーが立ち上がってできてきたりして、全然違う仕組みが割り込んできたときに、このサービスプラットフォームがそれをどれだけの強制力で調和させる力があるのかという視点も大事だと思います。例えば先ほど分散化、階層化という話がありましたが、エネルギーでいいますと、今までは系統階層型で、電力さんが強くて、となっていた中で、太陽光が普及しました。これも経済原理、フィットという制度をつくってしまったのが理由なのですが、買ったほうが得だとなった瞬間に皆投資して、経済の原理で増えて、その結果増え過ぎてしまって今出力抑制という逆のブレーキがかかっている。このようないろいろな矛盾があると思います。そういった世の中の予想外の動き、社会は経済の縛りで動いているものなので、どのように理想が高くて、経済的に合意がなされないと、合意性がないと多分進展しないのかと思っています。そういう視点で先生方もし何かご意見があればお聞きしたいと思いました。

船橋：現実には今まで走ってきた 11 システムを集めてつくりましょうということになっています。これはやはり社会的なニーズの下に出発したものだから、これをスタートにしましょうということです。そして、それぞれのシステムは、さらに、いくつかの研究開発の集合体です。技術的な面から今走っているわけです。それをもう少し社会の面からいろいろ評価指標をつくりましょう、社会の合意の下に進めていきたいと思いますというのが横幹連合の主張です。

それから、ヨーロッパのほうでトランジションマネジメントということが最近割りと議論されています [9]。将来持続的に進化するためにどういうことをしたら良いか、また再生エネルギーなど将来のビジョンを幾つかつくって、複数のビジョンに対して今何をやるべきかということをやっと考えていく、ローリングプランしていく、

そのような考え方が出てきています。それも一つ大事な方向かというように思います。

前田：先導 11 システム以外のものもちろんあります。ここは実はこのように押し込まれるものではなく、もっと全体を変えるような新しいものがあるのかもしれない、そういう構図になっているのかと思います。フロアの方々のご指摘で、今のやり方で対応できているかという心もとないところがありますので、SICE や横幹連合が発信していくというスタンスを取るのかと思います。

時間を超過してしまいました。本当は各先生から一言最後にご提言いただこうと思ったのですが、それぞれの発言の中にいろいろ思いを込めていただきましたので、これでパネルとしては終了させていただきたいと思います。フロアの方の参加ありがとうございました。先生方、ありがとうございました。(拍手)

まとめ：

このディスカッションでは、超スマート社会 (Society5.0) の実現のために、先導 11 システムがどのように連携していくべきなのかを計測・制御・システムのそれぞれの立場から議論していただいた。超スマート社会の実現のためには分野を越えた横型のシステム科学技術の進展が必要不可欠であることを再確認することができた。横幹連合の幅広い分野からより多くの研究者・技術者の参入が期待されているといえる。

4. おわりに

このパネルディスカッションと並行して、超スマート社会共創 WG と横幹連合 WG との主要メンバーからなる研究チームにより、JST 未来創造事業に「構想駆動型社会システムマネジメントの確立」という研究題目で申請することにつながった [10]。

また、Society5.0 に関する OS やワークショップをさまざまな学会行事として開催し、メーカやユーザ企業等の異業種を含む社会への情報発信を継続している。

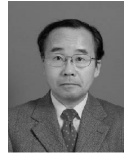
参考文献

- [1] 閣議決定：第 5 期科学技術基本計画, <http://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/5honbun.pdf> (2016)
- [2] 原, 本多: 超スマート社会におけるシステム科学技術概論, 計測と制御, 56-4, 284/287 (2017)
- [3] 原: 「わ」のコンセプトに基づく新しいシステム理論構築に向けて, 計測と制御, 57-2, 73/78 (2018)
- [4] Systems Engineering Handbook, A Guide for System Life Cycle Process and Activities, Fourth Edition, 2015.
- [5] Industrial Internet Reference Architecture, tech-arch.tr. 001,

Version 1.7, 2015-06-04,
<http://www.iiconsortium.org/IIRA.htm>

- [6] The Industrial Internet of Things, Volume B01: Business Strategy and Innovation Framework, 2016-11-15, https://www.iiconsortium.org/pdf/Business_Strategy_and_Innovation_Framework_Nov_2016.pdf
- [7] CSTI: システム基盤技術検討会, <http://www8.cao.go.jp/cstp/tyousakai/juyoukadai/wg.html> (2016, 2017)
- [8] 内閣府 新産業戦略協議会 第6回配布資料 (菅野)
- [9] D. Loorbach, Transition Management: New mode of governance for sustainable development, International Books.(2007)
- [10] <https://www.jst.go.jp/mirai/jp/project/index.html#001-1>

本多 敏



1975 年年東京大学工学部計数工学科卒業, 同学科助手. 1986 年同講師, 同年熊本大学工学部生産機械工学科助教授. 1990 年慶應大学理工学部計測工学科助教授. 1992 年アーヘン工科大学客員研究員. 1998 年慶應大学理工学部物理情報工学科教授, 現在に至る. 流体計測, 生体計測の研究に従事. 工学博士.

永原 正章



愛媛県生まれ. 2003 年, 京都大学大学院情報学研究科博士課程修了. 博士 (情報学). 京都大学助手, 助教, 講師を経て, 2016 年より北九州市立大学環境技術研究所教授. また, 同年よりインド工科大学ムンバイ校 (IIT Bombay) の客員教授を兼任. 専門は自動制御と人工知能. 2012 年, IEEE 制御システム部門より国際賞である Transition to Practice Award を受賞. 同賞の受賞は日本人初である. そのほか, 計測自動制御学会や電子情報通信学会の論文賞など, 受賞多数. IEEE の上級会員 (Senior Member). 著書に「スパーズモデリング」, 「マルチエージェントシステムの制御」 (以上, コロナ社) などがある.
