



論説

Society5.0の実現を目指す新たなシステムズアプローチ

神戸大学大学院システム情報学研究科 教授 貝原俊也(SIC 学術協議会会員)

目次

I センター情報

1. 「社会シミュレーション講座」(2020年12月19日)開催案内 (受講者募集中)
2. 「表現モデリング入門講座:システム化のためのUML/SysMLモデリング」開催報告

II 活動報告

1. 会合報告
2. 会合予定

III 正会員一覧

論説

Society5.0 の実現を目指す新たなシステムズアプローチ

神戸大学大学院システム情報学研究科 教授 貝原俊也(SIC 学術協議会会員)

1. はじめに

第5期科学技術基本計画において「超スマート社会(Society 5.0)」が提唱され¹⁾、さらに来年度からスタートする第6期科学技術・イノベーション基本計画では、さらに踏み込み、Society 5.0 を実現するための「イノベーション力の強化」に向けた指針が盛り込まれる予定である。そして現在、この超スマート社会の具現化と実現に向け、産学を中心にさまざまな研究開発が進められている。この超スマート社会の実現には、社会システムを構成するさまざまな異種のシステムをシームレスに統合し社会全体にとって新たな価値を創造するような社会システムのグランドデザインが必須となり、システムズアプローチが今まで以上に極めて重要な役割を持つことになる。

このような背景の下で、計測自動制御学会のシステム・情報部門における「スマートワールドの実現を目指す新たなシステムズアプローチ調査研究会(2017.1～2019.12)」およびその後継である「スマートワールド実現のための新たなシステムズアプローチの実展開を目指す調査研究会(2020.1～)」では、このグランドデザインを可能とする新たなシステムズアプローチについて部門横断的な調査・研究が進められてきた²⁾。そして、超スマート社会を構成するさまざまな異種の社会システムを抽象的なレベルでのシステムとしてとらえることを共有し、SoS(System of Systems) の新たな展開やアナリシス・アブダクション・シンセシスの循環による螺旋型システムズアプローチの考え方などが少しずつ明らかになりつつある³⁾。

さらにこの動きは、同じくシステム・情報部門の社会システム部会と連携をする形で、科学技術振興機構(JST)の未来社会創造事業プログラム「超スマート社会の実現」領域における新規プロジェクトとして採択され⁴⁾、超スマート社会の実現に向けた新たなシステムズアプローチからの接近について積極的な活動が展開されている。

そこで本稿では、今後のシステムイノベーション実現に向けた一助となるべく、我々の研究活動の一部について概略紹介を行う。

2. 新たなシステムズアプローチ実現への取り組み

計測自動制御学会のシステム・情報部門において、2014年1月に「安心・安全・快適社会(スマートワールド)実現のための新たなシステムズアプローチ調査研究会」が結成された。その中で我々は、スマートワールドとして「世界中のあらゆるものが相互接続され、機能化・インテリジェント化が進んでいる環境下において、経済や交通・エネルギー・環境・資源・生態系といった世界規模の多様な諸課題が、高度な技術により解決されることで実現する安心・安全・快適な社会」と位置づけ、自律的・進化的により良く持続的に発展していくメカニズムを自身に内包した新たな世界の意味で「スマート」ではなく「スマートー」と命名した。

この母体となるシステム・情報部門には、システム基礎理論への取り組みとして、既に様々な研究の蓄積や取り組みがなされており、本調査研究会ではそれらを俯瞰しながら横断的に取りまとめ、新たなシ

システムズアプローチを追求するという観点から、部門を構成する各部会を代表する部会主査経験者を核として、日本全国のシステム科学を専門とする産学メンバー25名にて調査研究をスタートさせ、2016年12月まで活動を進めた。

その後調査研究会は、上述のように、スマートワールドの実現を目指す新たなシステムズアプローチ調査研究会(2017.1~2019.12)およびその後継である「スマートワールド実現のための新たなシステムズアプローチの実展開を目指す調査研究会(2020.1~継続中)」へと活動が引き継がれ、現在、結成よりはや7年が経とうとしている。そして、今までの活動のアウトリーチとして、「計測と制御」に2回の特集^{5),6)}と、スプリングーに解説書⁷⁾を出版している。特に文献6)においては、システムズアプローチを(1)システム構造・モデリング、(2)システム最適化、(3)システムの適応・進化、(4)システム事例と分類して展望・解説し、最近注目されているデータ・ドリブンアプローチと、システムズアプローチが本来有するモデル・ドリブンアプローチの関係性についても解説がなされている。我々の今までの活動詳細については、これらを参考にされたい。

さて以降では、これらの活動から具体的な取り組みの一例として、社会システムを対象とするモデリングやシミュレーション手法の新たなアプローチについて、著者らの取り組みの一例を紹介する。

2.1 社会システムを対象とするモデリング・シミュレーション手法

超スマート社会の実現には、サイバー世界と実世界を高度かつ有機的に結合させ、多種多様なステークホルダより構成される社会システムに特徴的な時空間の異なる様々な意思決定を柔軟に取り扱える新たなシステムズアプローチが必須となる。また超スマート社会の特徴として、異種のシステムより構成され、さらにそれらのシステム群は社会共通のマクロモデルを媒介とし、メゾ・ミクロレベルにおいて時空間粒度の細かなさまざまな異種システムが混在しながら展開されるという一般的な階層構造を有しており、マルチスケール社会シミュレーションにより、異種システムがシームレスに融合された新たな超スマート社会のあるべき姿を指し示すことが可能となる。

ここで超スマート社会におけるIoTサービスプラットフォームでは、システム間の連携・統合による新たな社会的価値創出が目標とされている。我々はその実現に向けた方法論として、社会システムを構成する複数システム間のシームレスな融合を実現するための社会シミュレーションによる新たなシステムズアプローチと社会システムに固有な階層性についても着目し、個人行動モデルなどのマイクロモデルから産業構造などのメゾモデル、政策・経済評価などのマクロモデルを接続し、対象問題の特徴や狙いに応じてマイクロ・メゾ・マクロモデルをバランス良く利用可能なマルチスケール社会システムモデリング・シミュレーション手法の確立を目指している。

以降ではマルチスケール社会システムモデリング・シミュレーションについて、電力エネルギーシステムを事例として取り上げ概略を紹介する。

まずここでは図1に示される様な仮想的な都市を対象にその電力システムに着目する。そして本システムを取り巻くステークホルダとして、電力の需要者である一般消費者と事業者、電力の供給者である電力会社、さらに電力政策を行う政府機関を考える。また社会システムにおける時空間の影響範囲を考慮した意思決定と行動レベルにより、一般消費者と事業者をマイクロレベル、電力会社をメゾレベル、政府機関をマクロレベルと位置づけ、社会シミュレーションのためのモデル化を試みる。それぞれの入出力変数を整理し、マクロレベルをシステムダイナミクスモデル、メゾレベルをディスクリートイベントモデル、マイクロレベルをエージェントモデルでモデル化を行い、それぞれを一つの統合モデルとして連携し社会シミュレーションとしての実行が可能なプラットフォームの構築を試みる。そしてマルチスケールモデル間の連携の一例として、電力価格決定に、マクロ政策におけるエネルギーミックス(火力・水力・風力・原子力発電)ベースの電力会社による発電供給量と消費者の需要量および均衡メカニズムを実装したシミュレーション実験を行い、マルチスケールモデリング・シミュレーション手法を用いることで、社会システムに対するSoSの概念にも通じた多種多様なステークホルダのインタラクティブで合理的な意思決定に基づくスマートな設計・運用・管理・意思決定の可能性について、その一端が示されている⁸⁾。

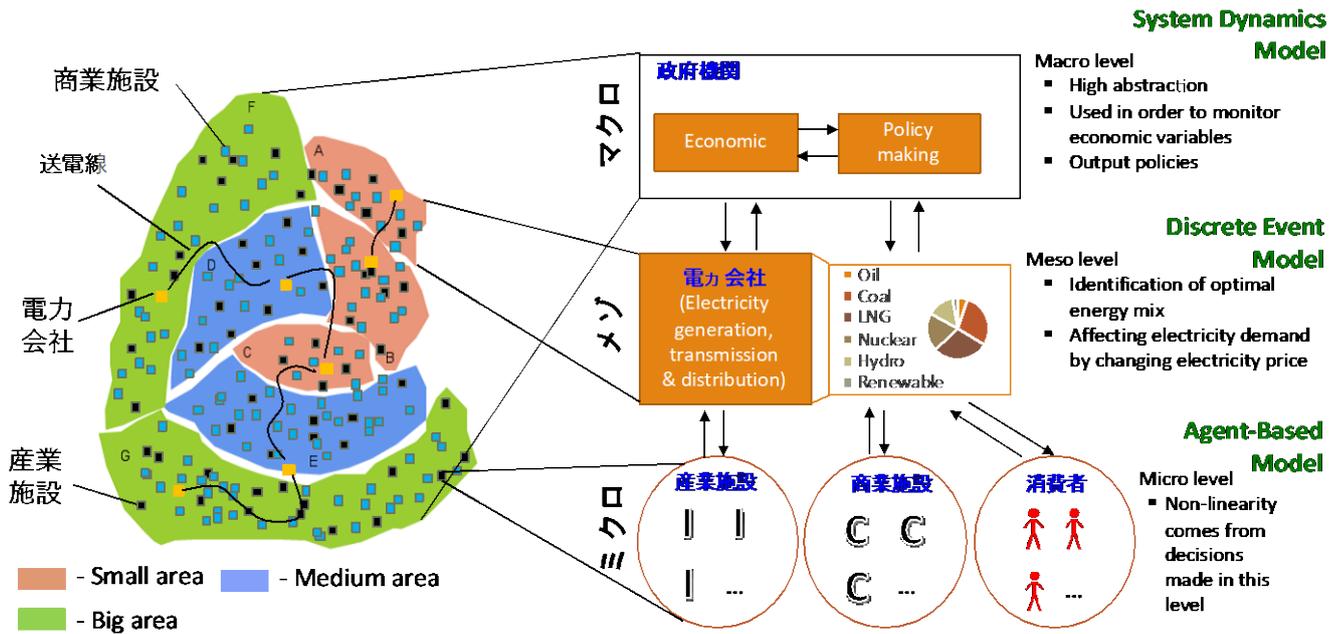


図1 マルチスケール社会システムモデリング(電力システムの事例)

3. JST 未来社会創造事業:システムズアプローチの社会政策(COVID-19 対策)への展開

我々の新たなシステムズアプローチ構築に向けた取り組みは、今年度の未来社会創造事業に採択され、多数の参画メンバーとともに活動をスタートさせた。そして社会政策立案に向けたマルチスケール ABSS (Agent-Based Social Simulation) 手法の確立を目指し取り組みを進めている。

前述のように、超スマート社会における IoT サービスプラットフォームでは、システム間の連携・統合による新たな社会的価値創出が目標とされている。そこでその実現に向けたシステムズアプローチからの接近として、社会システムを構成する複数システム間のシームレスな融合を実現するためのエージェントベース社会シミュレーションと社会システムに固有な階層性についても着目し、個人行動モデルなどのマイクロモデルから産業構造などのメゾモデル、政策・経済評価などのマクロモデルを接続し、対象問題の特徴や狙いに応じてマイクロ・メゾ・マクロモデルをバランス良く利用可能なマルチスケール社会シミュレーション手法を確立し評価を試みる。

ここで新たに提案する超スマート社会を対象としたマルチスケール ABSS による社会政策決定のためのフレームワークについて図2に示す。本フレームワークでは、多様なステークホルダを内包した実社会を構成する多様な社会システムについて、個別システムへブレイクダウンした後、個別システムにおける指標に基づいた支援シナリオシミュレーションを実施してアウトカムを推定し(アナリシス)、個別システムごとの複数のシナリオ分析の結果より全体システム評価を実施(シンセシス)する。そしてその結果より新たなシナリオを発想(アブダクション)して更なる超スマート社会の政策課題へとフィードバックし、このアナリシス-シンセシス-アブダクションのループを繰り返すことで、科学的根拠に基づいた社会政策決定を実現する。

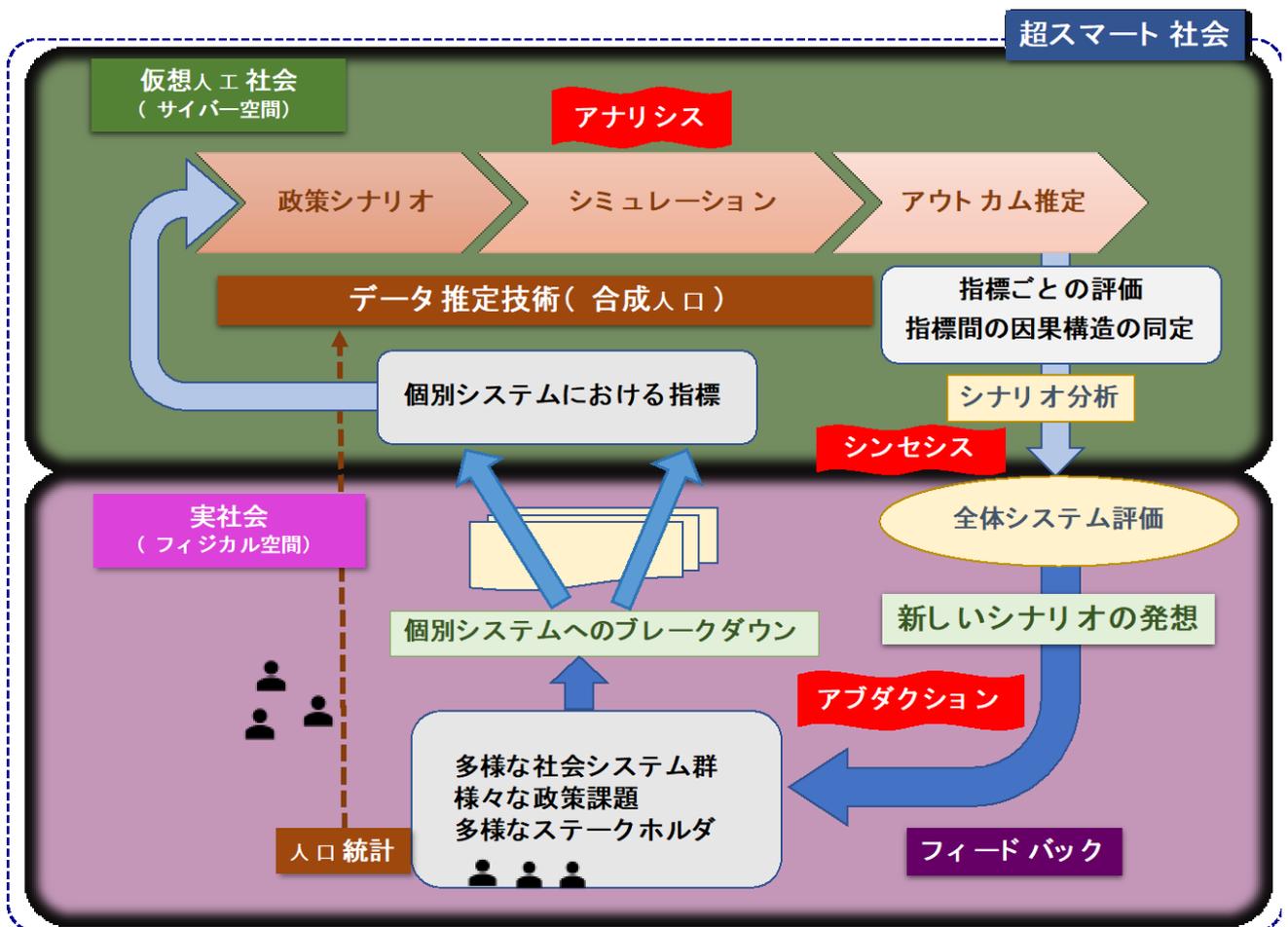


図2 社会シミュレーションによる社会政策決定のためのフレームワーク

なおエージェントの行動モデルに利用できる社会システムに関する実データは入手が極めて困難である。しかしエージェントの行動モデルの妥当性とエージェントのパラメータ推定技術が社会シミュレーション結果の信頼性の確保にとって重要となる。そこで本プロジェクトでは個々の市民の世帯レベルの行動データについて、公開されている統計情報から推定するデータ推定技術を研究することで、モデルドリブンのシミュレーション技術とデータドリブなデータ解析技術の融合を試みていることも新たな点である。

4. おわりに

本稿では Society 5.0(超スマート社会)の実現を目標に、新たなシステムズアプローチを追求してきた我々の研究活動の一端とともに、その具体的な有効性検証を目指すJSTのプロジェクトについて概要を紹介した。紙面の都合により紹介レベルにとどまっているが、これらの詳細については参考文献をご覧ください。

今後システムイノベーションを実現するための方法論を検討・深化させる上で本稿が何かのご参考となれば甚だ幸いである。

参考文献

- 1) 内閣府, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html, 2020.11.20 アクセス.
- 2) 貝原俊也, スマターワールド実現にむけたシステムズアプローチの新潮流, 計測と制御, Vol. 55, No. 8, pp. 641-649, 2016.
- 3) 貝原俊也, スマターワールド実現にむけたシステムズアプローチ, 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会 2017, pp.757-762, 2017.
- 4) JST, <https://www.jst.go.jp/pr/info/info1467/pdf/info1467.pdf>, 2020.11.20 アクセス.
- 5) 計測と制御, 特集:スマターワールド実現のための新たなシステムズアプローチを目指して, 計測自動制御学会, Vol.55, No.8, 2016.
- 6) 計測と制御, 特集:スマターワールドへの実展開を目指す新たなシステムズアプローチ, 計測自動制御学会, Vol.59, No.12, 2020.
- 7) T. Kaihara, H. Kita, S. Takahashi (Eds.), Innovative Systems Approach for Designing Smarter World, Springer, 2020.
- 8) N. Nursultan, T. Kaihara, N. Fujii, D. Kokuryo, Three step approach for multiscale modeling of social systems, システム・情報部門学術講演会 2019 講演論文集, pp.715-717, 2019.

(2020年11月23日原稿受領)

参考情報:社会シミュレーションに関しては、12月19日(土)に SIC 人財育成協議会主催の「社会シミュレーション講座」が企画されています。本センター情報をご参照ください。

I センター情報

1. 「社会シミュレーション講座」開催案内(受講者募集中)

主催: SIC 人財育成協議会

開催日: 2020年12月19日(土) 午後

講義形式: Microsoft Teams によるオンライン講義

受講資格者: SIC 会員、非会員

申込締切: 2020年12月14日(月)

受講料: 5,000 円/人 (SIC 正会員企業の方は 2 名様まで無料)

定員: 30 名(オーバーの時は SIC 会員を優先する)

開催趣旨

これまで、シミュレーションを活用して社会問題の解決に役立てようとするさまざまな試みが行なわれてきました。ローマ・クラブによって1972年に公表された『成長の限界』はそのような試みの古典的の一例で、システムダイナミクス的手法を用いて人口動態、資源消費、産業経済活動、市民生活、環境などの世界モデルを構築し、将来の人類社会が直面すると予想される諸問題の解決が議論されました。その後、社会を複雑システムとしてモデル化し、シミュレーションするためのさらに強力な手法が開発され、利用できるようになりました。

シミュレーションによって社会現象を扱う上で問題となるのは、社会が複雑システムとしての特徴を備えていることにあります。すなわち、社会現象は社会を構成する各構成員の振舞いの集積によって発現しますが、各構成員は他の構成員との相互作用によって振舞いを変えるため、社会現象は構成員の振舞いの単純な総和とはなりません。社会全体には構成員の個々の振舞いからは予測できない秩序が形成され、この秩序がさらに構成員の振舞いに影響します。このような創発現象を伴う複雑系をシミュレーションするために、近年、エージェント・ベース・モデルが用いられるようになりました。さらに、ある社会秩序の下での人の振舞いをモデル化する手法として進化的モデルが使われるようになりました。これは、人や組織の行動決定のルールを生物進化の原理に倣って創発的に獲得するアイデアで、モデル化が難しい人間行動を捉えるための有力な手法になりました。

社会シミュレーションは社会現象の科学的な解明や理解の目的ばかりでなく、さらに現実の社会問題を解決したり、あるいはより良い社会を実現するための制度設計をしたりするためのツールとして活用することが期待されています。特に、新たな制度の導入に際して、社会に大きな影響を及ぼすにもかかわらず実験的試行が不可能な場合が少なくなく、そのような場合に事前に制度導入の効果を予測するためには、社会シミュレーションがほとんど唯一の有効な手法と考えられます。これまで、炭素排出権取引、金融市場安定化、安全規制制度、通信事業者間交渉、サービス事業経営などさまざまな分野の制度設計に社会シミュレーションの応用が試みられました。

システム化によって企業課題、社会課題の解決を目指しているSICにとって、社会シミュレーションはそのための有力なツールになると期待されます。本講座では社会シミュレーションにおいて現在主に用いられているエージェント・ベース・モデルと進化的モデルを中心に基礎から講義するとともに、古典的な事例から現在研究中的事例まで社会シミュレーションの具体事例を紹介します。

コーディネータ・講師

古田一雄（東京大学大学院工学系研究科教授・SIC学術協議会会員）

略歴：1981年東京大学工学部卒業。1986年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、工学博士。（財）電力中央研究所研究員、東京大学講師、同助教授を経て、1999年より東京大学教授。2018-2020年日本シミュレーション学会会長。専門は認知システム工学、レジリエンス工学。

講義項目

- ①複雑系と社会シミュレーション
- ②エージェント・ベース・モデル
- ③進化的モデル
- ④社会シミュレーションの具体事例

参加申し込みおよびプログラム等詳細は下記URLご参照ください

https://sysic.org/center_activity/2115.html

以上

2. 「表現モデリング入門講座:システム化のためのUML/SysMLモデリング」 開催報告

滑川 徹（慶應義塾大学・SIC学術協議会会員）

1. はじめに

2020年11月16日に、SIC人財育成協議会主催により執り行われた「表現モデリング入門講座:システム化のためのUML/SysMLモデリング」の様相について報告する。

2. 表現モデリング入門講座とは

「表現モデリング入門講座:システム化のためのUML/SysMLモデリング(以下、入門講座)」は、SICが掲げる基本方針の一つである「システム(化)人財」の育成のためにSIC人財育成協議会にて企画された講座の一つである。

本講座は、「システム化の視点」を体得するためのモデリング講座であり、現実世界の様々な事象をシステム化の視点で分析し、SysML (Systems Modeling Language)を中心としたオブジェクト指向技術を用いてモデルを表現する方法を体験することを目的とした。

デジタルトランスフォーメーション(DX)、ビジネスプロセス再設計(BPR)、コンサルティングのための業務分析(BA)、情報システムの要求分析やアーキテクチャ設計などの業務に従事する技術者に対して、システム化の視点を身に付けて頂くため、モデリング技術の初歩から応用を解説した。



表現モデリング入門講座のプログラム

3. イントロダクション

まず最初に、SIC 木村英紀副センター長から、本講座の主題である定性的モデリングと、定量的なモデルとの違いおよび、開催主旨を含めた御挨拶があった。引き続き、本講習会講師の中鉢欣秀先生より、ご挨拶と、本講座の目的、本講座での「システム化の視点」、「表現モデリング」の定義、本講座の内容について、詳しい説明があった。またアイスブレイクとしての受講者の自己紹介もあり、それを通して、講師は受講生のバックグラウンドや、興味、知識レベルを把握していたように感じられた。また自己紹介は講座の一体感を構成することに貢献していた。



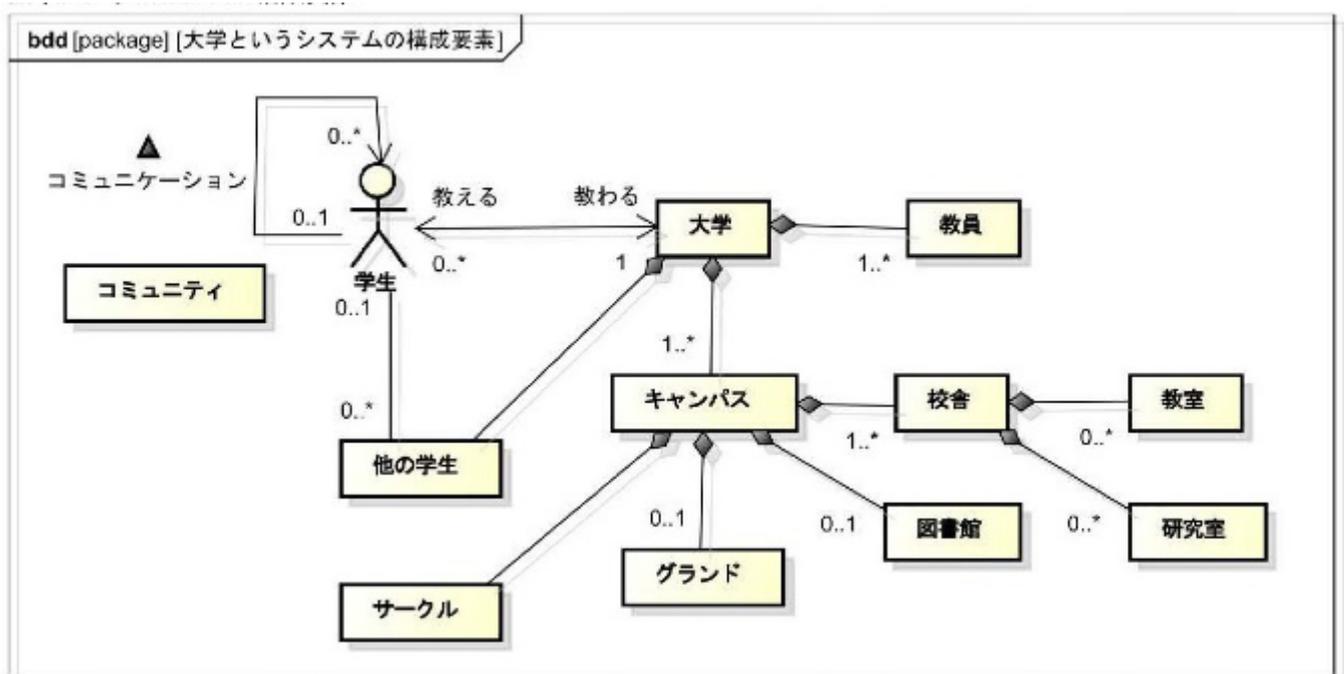
中鉢欣秀先生によるオンライン講義

4. モデリングの技術

システムエンジニアリングアプリケーション用の汎用言語である SysML の解説と、特徴、最近の動向の説明に始まり、SysML のダイアグラム、要求図、ブロック定義図について詳しい説明があった。特に要求図とブロック定義図について、幾つかのサンプルを提示しながら具体的に分かりやすい講義が提供されていた。

5. モデリングの実演

オンライン演習では、システムの例として、「大学」を取り上げ、大学というものを「システム化の視点」で捉え、「大学システム」のモデリングを受講者と共に実施した。その際にチャット機能を用いて、受講者の意見やアイデアを聞きながら、簡単な「大学」モデルを作成した。そこでは、学生、大学、キャンパス、教員の他様々な構成要素の相関が表現されていた。

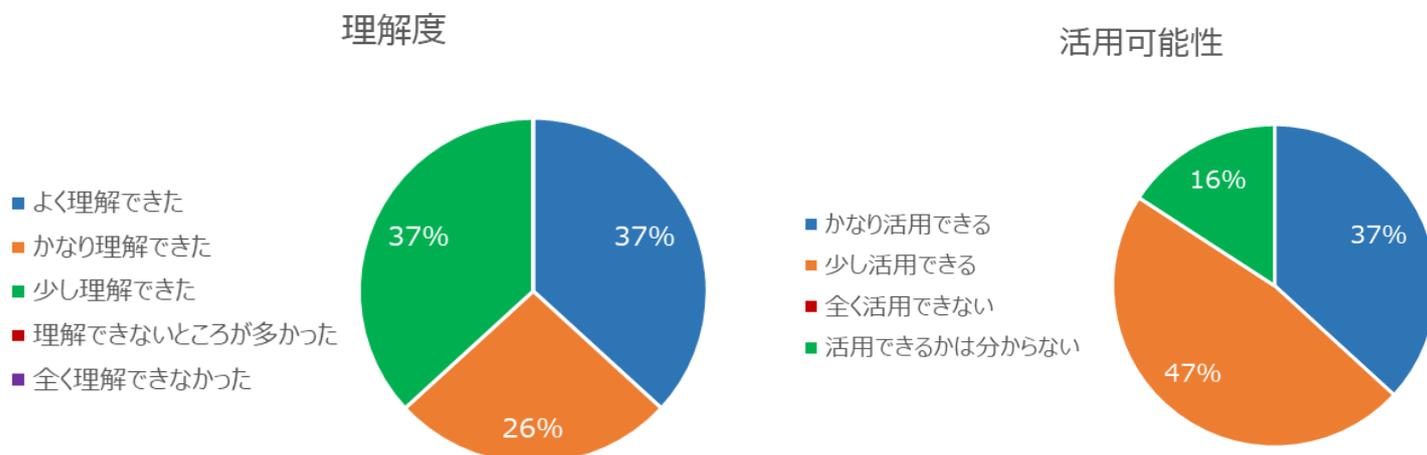


6. セミナー全体について

SysML の概説から始まり、SysML のダイアグラム、要求図、ブロック定義図については詳細な説明があった。演習を重視し、本講座の大部分の時間を演習に割り、受講者に定性的モデリングの有効性を理解頂く、良い構成であった。受講生の意見やコメント、質問も取り入れながらリアルタイムで「大学」のモデルを作成することによって、より理解が深まったと思われる。その際にチャットが良く機能しており、オンライン講義であるにも関わらず効果的に双方向での情報交換が出来ていたように思われる。

イントロダクションにおいて、受講者全員による自己紹介は、重要かつ有意義であるが、対面での自己紹介に比べると、どうしても相対的に時間がかかる。その結果、終了時間が 30 分延長することとなった。

最後に、講師の中鉢欣秀先生の熱心な御講義に感謝申し上げます。



講師略歴 中鉢欣秀(SIC 学術協議会会員)

東京都立産業技術大学院大学(AIIT)研究科長補佐 教授 情報アーキテクチャコース委員会 委員長
／情報アーキテクチャ専攻 専攻長

2001 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科博士課程単位取得退学後、2004 年学位取得。2005 年独立行政法人科学技術振興機構 PD 級研究員(長岡技術科学大学)。2006 年より現職。ソフトウェア工学、ソフトウェア開発方法論、要求工学、アジャイル開発、オブジェクト指向開発プロセス、IT 人材育成、PBL(Project Based Learning)、環境情報学に関する研究に従事。博士課程在学中の 1997 年に合資会社ニューメリックを設立し、2005 年まで社長を務める。博士(政策・メディア)。

参加申込者 合計24名

正会員

株式会社構造計画研究所(2名)、三菱重工業株式会社(2名)、富士通株式会社(3名)、NTT コミュニケーションズ株式会社(1名)、株式会社東芝(1名)、NTT コムウェア株式会社(2名)、三菱電機株式会社(1名)、マツダ株式会社(2名)、デンソー株式会社(1名)、株式会社テクノバ(1名)、株式会社 Cogent Labo(1名) 計17名

個人会員(2名)

非会員

SOMPO システムズ株式会社(1名)、株式会社 MTI(4名) 計5名

(いずれも掲載順不同)

以上

Ⅱ 活動報告

1. 会合報告

2020. 11. 10 13:30—15:00 第10回 SIC フォーラム開催報告

開催形式: Microsoft Teams によるオンライン開催

参加者: 講師含め32名

【タイトル】「海事分野におけるシステムイノベーションへの取り組み」

【講演者】 株式会社 MTI (日本郵船グループ) 取締役 船舶物流技術部門長 安藤 英幸様

講師略歴 1997年東京大学大学院工学研究科船舶海洋工学専攻修士課程修了、
2003年東京大学論文博士、その後東京大学人工物研究センター協力
研究員、日立造船株式会社、東京大学大学院新領域創成科学研究科助
教授等を経て2005年株式会社 MTI 入社、現在に至る。

日本郵船: <https://www.nyk.com/> 、 MTI: <https://www.monohakobi.com/ja/>

【講演概要】

海事分野においてシステムイノベーションの視点は極めて重要になっている。荷主、海運、造船、船用機器、船級、保険、国などバリューチェーンを構成するステークホルダーが、データの共有やシミュレーションを活用して連携を深め、協業をとおして、環境負荷の低減や付加価値の向上を追及する取り組みが今後、不可欠になる。鍵になるのは、システムとして船や物流を捉える視点であり、これをリードできる人材であろう。

本講演では船舶IoTや自動運航など、海事分野におけるシステムイノベーションの取り組みの現状と課題、今後の展望について解説された。



オンラインで講演中の安藤英幸氏

以上

2. 会合予定

2020年度第8回実行委員会開催予定

日時： 2020年12月9日(水) 13:00-15:00

開催形式： Microsoft Teams によるオンライン開催

参加者： SIC 実行委員会メンバー(センター長、副センター長、実行委員、事務局長)

議題は事務局より実行委員会メンバーに送付予定

2020年度第3回理事会開催予定

日時： 2020年12月16日(水) 10:00-12:00

開催形式： Microsoft Teams によるオンライン開催

参加者： SIC 理事、監事および事前に要請されたオブザーバー、事務局長

以上

Ⅲ 正会員一覧

インタセクト・コミュニケーションズ株式会社	SCSK株式会社
NTTコミュニケーションズ株式会社	NTTコムウェア株式会社
KDDI株式会社	株式会社 NTT データ
株式会社 NTT ドコモ	株式会社構造計画研究所
株式会社 Cogent Labs	株式会社 JSOL
株式会社ソビー	株式会社テクノバ
株式会社東芝	株式会社野村総合研究所
株式会社日立製作所 横浜研究所	株式会社日立物流
株式会社三井住友銀行	株式会社三菱 UFJ 銀行
損害保険ジャパン株式会社	帝人ファーマ株式会社
デンソー株式会社	トヨタ・リサーチ・インスティテュートインク
日鉄ソリューションズ株式会社	東日本旅客鉄道株式会社
ファナック株式会社	富士通株式会社
マツダ株式会社	三井不動産株式会社
三菱重工業株式会社 ICT ソリューション本部	三菱電機株式会社
横河電機株式会社	

以上31社(五十音順)

発行: 一般社団法人 システムイノベーションセンター(SIC)

代表理事・センター長 齊藤 裕

URL: <https://sysic.org>

事務局 〒160-0023 東京都新宿区西新宿 6-12-7 ストック新宿 1F B-19 号

E-mail: office@sysic.org Tel.Fax: 03-5381-3567

編集責任者: 広報担当業務実行委員 中野一夫(株式会社構造計画研究所)