CRDS-FY2014-WR-18

科学技術未来戦略ワークショップ報告書

社会変動予測と社会システム構築のための社会シミュレーションの展望

２０１５年2月１２日（木）開催

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy, Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブサマリー

研究開発戦略センター（CRDS）は、JST の研究開発戦略を立案すると共に、我が国の研究開発の推進に資することをミッションとして活動を行っている。

平成 26 年度に発足した社会システム構築チームでは、社会変動の予測やこれに基づく社会システム構築のための方法論の要件について、文献調査、有識者へのインタビューを通じて検討してきた。少子高齢化が進展し、国の形が大きく変わろうとしている中での社会変動の予測やシステム構築にあたっては、これまで取り組まれてこなかった、人々の多様な行動を想定した木目細かな社会シミュレーションが不可欠となっている。このために、伝統的な経済学的モデルに、マルチエージェントモデルに代表される人々のミクロな行動をモデルに織り込んだ計算論的アプローチによる社会シミュレーションが有力な方向であること、さらに、この具体的な課題として、喫緊の地方創生に取り組むべきであるとの仮説を持つに至った。

本深掘ワークショップの目的は、有識者との議論を通じて、社会シミュレーションにおける計算論的アプローチの必然性、その端緒としての地方創生に取組むことの重要性、研究開発における技術的ボトルネックの把握と今後の課題抽出、公的資金を投入する意義の明確化、研究推進にあたっての必要な方策などをより具体化することにある。

なお、本ワークショップにおける議論を通して、以下に示す内容の結論を得た。

（1）システム科学からの社会システム構築への取り組みの意義づけ

- 社会システムとして、ヘルスケア、教育、産業、防災等、様々な切り口からの課題解決が時代要請としてあるが、特に、地域創生という社会システムデザインが国として求められている。社会システムデザインは、これから大学に取り組みを期待すべき新たな学問分野であり、人文・社会科学と自然科学が本格的に融合を始める場と位置づけられる。
- 政策形成は、時間の制約と予算取り・法整備、実装といった厄介なプロセスを含むが、エビデンスに基づいたアプローチが求められており、人口縮小期にあっては、ダメージが少ない形でダウンサイジングしていくことが必要である。ここにおいて、システム科学は、複雑に絡み合った問題構造を理解するためのツールを提供し、社会シミュレーションは洞察を深めるのに有用である。政策形成においては、不確実性を減らして議論の範囲を狭くしていくことが肝要である。

（2）社会システム構築のための社会シミュレーションの方向性

- 社会システムの複雑性の本質は関与者の行動がもたらす複雑な境界条件にある。エージェントベースモデリングは、この複雑な境界条件を表現可能とする方法論の革新である。社会の出来事は、歴史上の一回のシミュレーションのようなものであり、これに対して、様々なシナリオをシミュレーションによってフォーサイト・バックキャストして、未来に備える政策を立案する。
- 経済学では、一般均衡モデルを発展させた動的現象の把握に向かっている。ここでは、家計や企業の社会での行動描写において、社会データが限られた範囲でしかない状況での最善の策としてのモデリングであり、施策の順位付けを行うため

の基本情報を提供するという立場をとる。

- 経済・社会現象についても、物理現象と同じように観測し分析することによって、人や組織の行動モデルを作ることが可能なことが見出されており、行動における進化的な適応が特異現象を引き起こすという範囲までが含まれている。

(3) 社会シミュレーションを展開する上での留意すべき事項

- 社会システムは極めて多様であり、個別の社会シミュレーションと並行して、対象機能や政策レベル等の上位視点からのフレームワーク作りをすることが大切である。
- 地域創生等の政策問題は、一つの専門分野だけで解決できるものではなく、いろいろな専門分野それぞれが主体的に取り組むことによって、新しい社会システムの構築へとつながることを念頭におく必要がある。
- 社会シミュレーションを現実の課題に援用するには、対象となる問題の粒度やそのモデル設定、データ同化が必要であり、具体的に何を取り上げるかの選択が大変に重要である。
- エビデンスベースの政策立案の基盤であるデータ採取に関して日本は大いに進んでおり、また、マイナンバーへの取り組みも始まろうとしているが、モデル構築の立場からのデータ整備への貢献も望まれる。

目　次

エグゼクティブサマリー

1　ワークショップの概要……2
1－1　プログラム……2
1－2　参加者一覧……3

2　講演概要……4
2－1　オープニング……4
2－2　開催挨拶……4
2－3　趣旨説明……5
2－4　基調講演……8
2－5　技術展望……9
2－5－1　エージェントベースモデリングと社会シミュレーション　―人工物としての社会をデザインする言語として―……9
2－5－2　震災の経済的影響の予測と望ましい復興政策に関する動学的応用一般均衡分析……11
2－5－3　経済物理学における社会シミュレーション……13
2－5－4　スマーターシティにおける社会シミュレーション……16
2－5－5　社会システムの構築に向けて　―社会技術研究開発センター（RISTEX）の取り組み―……19
2－6　総合討論……21
2－7　まとめと閉会挨拶……36

3　ワークショップ講演記録……37
3－1　開催趣意書……37
3－2　趣旨説明スライド……38
3－3　森田朗先生 基調講演スライド……42
3－4　出口弘先生 技術展望講演スライド……44
3－5　細江宣裕先生 技術展望講演スライド……52
3－6　高安秀樹先生 技術展望講演スライド……54
3－7　池田一昭先生 技術展望講演スライド……57
3－8　泉紳一郎先生 技術展望講演スライド……60

1　ワークショップの概要

1-1　プログラム

開催日時:2015 年 2 月 12 日（木）　14:00~18:00
開催場所:JST 東京本部　4 階会議室

プログラム:

オープニング　司会：鈴木久敏（JST-CRDS　システム科学ユニット　フェロー）
14:00~14:05　開催挨拶　中村道治（JST 理事長）
14:05~14:15　趣旨説明　船橋誠壽（JST-CRDS　システム科学ユニット　特任フェロー）

基調講演
14:15~14:50　森田　朗（国立社会保障・人口問題研究所　所長）
政策立案・システム構築への科学アプローチの現状と展望

技術展望
14:50~15:10　出口　弘（東京工業大学大学院　教授）
エージェントベースモデリングと社会シミュレーション
―人工物としての社会をデザインする言語として―
15:10~15:30　細江宣裕（政策研究大学院大学　准教授）
震災の経済的影響の予測と望ましい復興政策に関する動学的応用一般均衡分析
15:30~15:50　高安秀樹（（株）ソニーコンピュータサイエンス研究所　シニアリサーチャー）
経済物理学における社会シミュレーション
15:50~16:10　池田一昭（日本アイ・ビー・エム株式会社バリュー・クリエーション事業部　部長）
スマーターシティにおける社会シミュレーション
16:10~16:30　泉紳一郎（JST-RISTEX　センター長）
社会システムの構築へ向けて　―社会技術研究開発センター（RISTEX）の取り組み―

総合討論　司会：船橋誠壽（JST-CRDS　システム科学ユニット　特任フェロー）
16:45~17:45　全体討論
指名討論者：大山達雄（政策研究大学院大学　理事・特別教授）
黒江康明（京都工芸繊維大学　教授）
櫻庭千尋（追手門学院大学　教授）

おわりに
17:45~18:00　まとめと閉会挨拶
木村英紀（JST-CRDS　システム科学ユニット　上席フェロー）

1-2　参加者一覧

【参加有識者】

氏　名	所属・役職
池田　一昭	日本アイ・ビー・エム㈱　バリュー・クリエーション事業部　部長
高安　秀樹	ソニーコンピュータサイエンス研究所　シニアリサーチャー
出口　弘	東京工業大学大学院　総合理工学研究科　教授
細江　宣裕	政策研究大学院大学　政策研究科　准教授
森田　朗	国立社会保障・人口問題研究所　所長 中央社会保険医療協議会（中医協）　会長
大山　達雄	政策研究大学院大学　理事・特別教授
黒江　康明	京都工芸繊維大学　工芸科学研究科　教授
櫻庭　千尋	追手門学院大学　経済学部　教授

（敬称略）

【科学技術振興機構】

氏　名	所属・役職
中村　道治	理事長
泉　紳一郎	社会技術研究開発センター　センター長
木村　英紀	研究開発戦略センター　上席フェロー
舩橋　誠壽	研究開発戦略センター　特任フェロー
尾花　英夫	研究開発戦略センター　特任フェロー
寺野　隆雄	研究開発戦略センター　特任フェロー
本間　弘一	研究開発戦略センター　特任フェロー
シン・ジャワ	研究開発戦略センター　フェロー
鈴木　久敏	研究開発戦略センター　フェロー
富川　弓子	研究開発戦略センター　フェロー
長須賀弘文	研究開発戦略センター　フェロー
藤井新一郎	研究開発戦略センター　フェロー

（敬称略）

2　講演概要

2-1　オープニング

鈴木久敏（JST-CRDS フェロー）

本日のワークショップの司会を務めさせていただきます、JST-CRDS のフェローの鈴木久敏と申します。どうぞよろしくお願いいたします。

このワークショップでございますけれども、JST では、官公庁等の科学技術政策に反映させていただくために戦略プロポーザルを作成しております。そのプロポーザルをつくるに当たり、有識者の皆さま方からいろいろコメントをいただき、そのプロポーザルをブラッシュアップする工程がございます。本日のワークショップは、そのためのものです。

本日の議事次第では、「オープニング」後の「基調講演」では、森田先生にご講演をお願いしています。その後は、「技術展望」ということで 5 件のご講演をいただき、さらに、「総合討論」ということで、パネルディスカッション的なことを行いたいと思います。

本ワークショップの結果は、後ほど報告書という形でまとめて公開する予定でございます。公開に当たりまして、報告書作成時に各発表者、あるいはご発言された内容について確認をさせていただき、ご了承を得られたものについて公開することになります。ご協力のほどよろしくお願いいたします。

それでは、科学技術振興機構の中村道治理事長より、開会のご挨拶をさせていただきます。

2-2　開催挨拶

中村道治（JST 理事長）

皆さま方、本日はご多忙のところご参加いただきありがとうございます。新しい社会システムの構築については、いろいろなところで議論されておりますし、またその必要性を日々感じているわけでございます。それも防災や産業、パーソナルヘルスケア、教育等、いろいろな切り口で考えなければいけないということです。とりわけこれからは、「地域創生」に国をあげて取り組む中で、社会システムの構築が大きなキーワードになるだろうと思います。

私はかねがねこのようなものは、誰が、これから 10 年、20 年先を見てデザインしていくのだろうかという疑問を抱いてきました。欧米の話を聞きますと、コンサルティング会社が非常にしっかりしていて、そのようなところがいろいろ考えるとのことです。例えば、中国のスマートシティやサイエンスパークは、シンガポールのコンサルタントがずいぶんデザインしたようです。日本ではエンジニアリング会社に加えて、商社やゼネコンも関連した機能があるかもしれません。しかし、全体に日本はデザイン能力が弱いのではないかと思っています。

このような中で、とりわけ JST がお仕事を一緒にさせていただく大学が、これからどのような役割を果たしていくのかについて、皆さまとよくご議論したいと常日頃思っておりました。今日のワークショップでも、大学における社会システム構築の役割とは何なのだろうかといった話が議論されるのではないかと思います。まさに大学の出番ではないか

と考えています。学問的に見ましても、持続可能なスマート都市の研究は重要なテーマになっていますし、そのための方法論の開発が望まれています。人文科学・社会科学と自然科学の融合とは、まさにこのようなところで始めなければいけないという意味では、大学改革にも結びつくのではないかと思います。それから、やはり社会システムをデザインできる人材の育成です。このようないろいろな切り口で、これからの大学あるいは研究機関が様々な役割を果たすことを期待しています。

JST の中で言いますと、先ほど鈴木さんからお話がありましたが、戦略プロポーザルとしてまとめているのですが、これは使われなければ意味がありません。誰にぶつけて、どのような形で使ってもらうかを、これから半年ぐらいで一生懸命方向を出さなければいけない状況にございます。

いろいろ勝手なことを言いましたが、社会システム構築のための研究は、非常に重要なテーマだと我々は認識しておりまして、ぜひ先生方のお知恵を拝借できればと思います。ありがとうございました。

○鈴木　本プロポーザルは、JST の研究開発戦略センター（CRDS）と、社会技術研究開発センター（RISTEX）との合同チームでまとめ上げたものです。そのまとめ上げたチームの責任者を務めております、舩橋誠壽 CRDS 特任フェローから内容について説明します。

2-3　趣旨説明

舩橋誠壽（JST-CRDS 特任フェロー）

チーム活動のリーダーを務めさせていただいております、特任フェローの舩橋です。私どもは、新しい社会シミュレーションということで研究提案をしようと思っております。それにつきまして、皆さまからいろいろお知恵をいただきたいということで、今回のワークショップを開催させていただきました。どのような構想であるかということを、手短にご紹介さし上げたいと思います。

私どもの身回りの非常に多くのものがシステムだということでございますが、具体的な対象としましては、CSTI の掲げる 5 つの分野プラス 2 分野を対象にいたしまして、具体的な検討を進めております。この中でも、特に、地域再生に焦点を当てて具体的な検討をしてまいりました。

地域再生ですが、皆さまご承知と思いますが、昨年の暮れに「まち・ひと・しごと創生本部」が、長期ビジョンと、総合戦略を出されました。2060 年に人口 1 億人を維持すると共に、2050 年代は、1.5% ないし 2% の経済成長を保つという長期ビジョン、それに加えて、2020 年に達成する 4 つの具体的な目標とそれに関わる政策パッケージが出されています。国の目標に加えて、各都道府県に対しては、「自治体の皆さんで人口ビジョンをつくってください」、「総合戦略を皆さんがつくってください」といったことを、国が地方に対して作成を依頼する形になっています。国としては「情報支援をする」、「人的支援をする」、「財政支援をする」という形で後押しするといったことになっています。

本日のお話は、この情報支援に深く関係するものです。具体的に創生本部がどのような

ことをお考えになっているかと言いますと、3 月までにこのようなツールをつくろうということです。帝国データバンクのデータを使い、携帯電話位置情報を用いて、企業や人々がどのように動いているか見えるようにしましょうということです。このようなものを 3 月までにつくって、各自治体に提供するといったことです。これだけではなく、さらに、モデルをよく考えていかなければいけないのではないかと思っています。

規範的に総合戦略をどのように立案するかと考えますと、未来のシナリオをつくるには、ビックデータが必要になりますし、いろいろな専門家が集まってつくることになるかもしれません。しかし、これをきちんとしたものに磨き上げるためには、いろいろシミュレーションをして不足分を補うなど、いろいろなことをやっていかなければいけません。さらに、それを評価するということも必要ですが、一連の仕事の中でモデルをつくるというのが、私どもは大変重要だと思っております。

ここに、1 つの例を紹介します。気仙沼市では、先行して 2040 年のビジョンを作成しています。「若手の 50% は戻ってくるように…」といったことを言っていますが、どのような道筋でこのビジョンを具体化するといったことについては、シミュレーションが必要になります。

地域のシミュレーションがこれまでどうであったかと振り返ってみますと、1970 年代、80 年代からやってきている経緯があります。システムダイナミクス（SD）ということで、いくつかの県で検討されました。さらに、90 年代以降になりまして、経済モデルに立脚していろいろシミュレーションがなされてきています。

本日の話題である地方創生に当たって、どのようなことが必要かということを考えてみますと、1 つは、人々がどのような思いを持っているかということを考えることだと思います。人というのは、いろいろなタイプの方がいらっしゃいます。その人たちの暮らしをどのようにつくりあげ、さらにサービスをどのように提供するかといったことを考えなければならないと思っています。

まず人がいて、それぞれ産業があるということになりますが、もう少し抽象的に捉えますと、皆さまがいろいろミクロに頑張っておられることで、経済が形成されることになります。そして、その経済がフィードバックし、皆さまの行動を規定するといったように、マクロ / ミクロのループが形成されているわけで、このような全体を見なければいけないと思います。これまで、マクロにつきましては、経済学的な知見からいろいろ検討がされてきましたし、ミクロのほうは、マルチエージェントシミュレーションで検討されています。さらに、本日は経済物理ということで参画いただいておりますが、ミクロとマクロの間をつなぐということもいろいろ検討されています。そうであれば、社会をシミュレーションするということは、この 3 つの科学が集まって、新しいモデル構築をやっていただくというのが、次の世代に向けた研究開発であると思った次第です。

全体の手順はこのように（スライド P12）考えられるわけですが、これに対する具体的な研究開発テーマと申しますと、社会シミュレーションだけでなく、シナリオをつくるとか、全体のフレームワークについても目配りをしていなければいけないということで掲げさせていただいています。

これを、どのような形で研究を進めていくかということですが、本日は、地域再生をテーマにした研究の取り組みを提案させていただきます。

地域再生の中には、システム科学ユニットでも考えているいろいろな分野が含まれてき

ます。例えば、ヘルスケアの部分もありますし、エネルギーの部分もあり、システム科学ユニットで考えている全ての部分が関係しあってきています。ですから、まずは地域再生を頭に置きますが、他の部分も並列に研究していくというのが、研究の方法として必要ではないかと思っております。

このような観点で、具体的なシステムとして、まずは地域再生を取り上げ、それに対する基本的な技術開発をすると同時に、いくつかの研究開発課題も並行して走らせることを考えています。これを時間的に展開いたしますと、具体的なものからコアとなる技術開発をして、これを回していくということを検討していく、ということを構想したということになります。

駆け足になりましたが、本日は、政策立案に対してどのような科学的なアプローチがあるかということで、これまで日本をご指導いただいている森田先生から展望をいただくことを想定しております。さらに、3つの科学技術分野と申し上げましたが、その分野を代表される研究者の方々においでいただきました。さらに企業、それから社会技術ということで取り組んでおられます、池田先生、泉先生にお話をいただきます。さらに、総合討論をさせていただくことを想定しています。

具体的にいろいろディスカッションをさせていただくということでは、地方創生における社会シミュレーションの妥当性や、どのような取り組みをするべきかということをご議論いただきたいと思います。それから、現在、第5期科学技術基本計画に向けて「超サイバー社会」が掲げられております。このような社会に向けた基本的な技術、基盤的な技術の革新内容を持っておりますが、このような面についてもご意見をいただければと思っています。

大変な駆け足で申し訳ございません。アウトラインとして、このようなことを考えております。ぜひ本日はいろいろなお知恵をいただければと思っておりますので、よろしくお願いいたします。どうもありがとうございました。

○鈴木　ご質問もあると思いますが、総合討論のところでいただきたいと思います。
つづきまして、基調講演を国立社会保障・人口問題研究所の森田朗様よりお願いしたいと思います。
森田先生は1976年に東京大学法学部をご卒業され、その後、東京大学、千葉大学に奉職されて、1994年に東京大学法学部政治学科教授に就任されております。その後、東京大学の大学院、公共政策大学院の初代院長を務められ、さらに東京大学政策ビジョン研究センター長等をお務めになり、現在は厚生労働省中央社会保険医療協議会会長と国立社会保障・人口問題研究所長をお務めです。

2-4　基調講演

【政策立案・システム構築への科学的アプローチの現状と展望】

国立社会保障・人口問題研究所　所長、中央社会保険医療協議会（中医協）会長
森田　朗

RISTEX で「科学技術イノベーション政策のための科学」の領域を担当しています。そこでは、エビデンスに基づいた政策をつくるための方法を確立すべきではないかという研究をしています。例えば、これまで科学技術投資について、投資の対象は科学技術研究ですが、どこにどのような形で投資すべきかについては、必ずしもきちんとした根拠に基づいて決められてきたわけではありません。政治的な力関係や様々な要因により決まってきたところがあり、それがイノベーションに期待された効果が現れないことの原因の一つではないかと考えられます。そこで、それをできるだけ客観的に、どのような形で科学技術投資をしたらいいのかという方法を開発することを目指しています。

また、昨年、産業界の産業競争力懇談会（COCN）と東京大学がジョイントで「レジリエントガバナンス」という研究プロジェクトを立ち上げました。東京大学工学系研究科レジリエンス工学研究センターにご参加いただき、レジリエントガバナンスの仕組みを考えています。災害対応、事故対応を考えたときに、例えば、水道、電力、ガス、情報通信等々のネットワークは重層的に重なっています。これを全て視野に入れて、どこに脆弱性があるのか、どこが重要なポイントなのかという発想で仕組みを考えることができるのではないかということで研究をしています。そして、都市のレジリエンス、ロバストネス（頑強性）を強化していくことを考えています。

そのような仕組みを考えていくことについて、これまでの科学的な知見や様々なビッグデータを使ったシミュレーション等は大変有効です。しかし、実際の制度として、それらに予算がついて仕組みができなければ、何か起きたときに役に立ちません。科学的知見からデザインをして、そのデザインに基づいて政策の提言がなされ、それに予算をつけ、あるいは法制度をきちんと整えることによって、実装するわけです。実装するまでにはかなり複雑でやっかいなプロセスがあります。

現実の政策決定の環境は、非常に複雑で、いろいろな要素が絡み合っています。それをある課題として切り出して取り組むわけですが、我々の思考は切り出すことができても、現実の社会はつながっていますから、そう簡単に整理できません。そして、いろいろな要因で絶えず変化していますし、不確実です。さらに、時間的制約がありますし、解決するためのリソースにも制約があります。加えて、“何をどうするべきか”というときに、重要な価値判断も入ってきます。

私は、予定調和で何とかなるというような根拠のない楽観論はかなり危険だと思います。今は人口も含めて縮小局面に入っていますから、効率的に、しかしダメージが少ない形で、どうやっていろいろなことをダウンサイジングしていくかという発想でものごとを考えていかなければなりません。どこをカットしていくか、それをきちんとできるような科学、方法を、しかもみんなが受け入れられるようなものを確実に探していくことが必要だと思います。また、複雑で不確実なところで議論するわけですから、議論のコストも考え、どの程度の精度でどのように決断を出すか、どのような手続を踏んで誰が決めるのか、最終的にどのような根拠で正当化されるのかという仕組みもセットで考えていく必要があると

思います。社会科学的アプローチの重要性は、不確実性をできるだけ減らして、議論の範囲をできるだけ狭く、きちんとした根拠に基づいてできるようにしていくことではないかと思います。

○鈴木　森田先生、どうもありがとうございました。
つづきまして、「技術展望」ということで、5 件のご講演を予定しております。
最初は、東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻の教授の出口先生です。よろしくお願いいたします。

2-5　技術展望

2-5-1　エージェントベースモデリングと社会シミュレーション　―人工物としての社会をデザインする言語として―

東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻　教授
出口　弘

エージェントベースモデリング（ABM）が、人工物としての社会のデザイン学においてどのような意味を持っているかについてお話しします。

第 1 に、ABM の方法論として、政策的境界条件を記述できるマイクロモデルがもたらす複雑性とマルチアスペクトモデリングのお話です。

エージェントベースのモデリングというのは、主体の介入水準でのマイクロモデリングと理解していただきたいと思います。そこでの方法論の革新をやらなければいけない状況に来ています。主体の介入水準で設定される複雑な境界条件が、社会におけるシステムの複雑性の本質であります。主体の介入水準での認識範囲に応じた、それぞれの言語で書かれた複数の異なったサブモデルを接続して作成するマルチアスペクトモデリングの考え方が必要です。基本的には主体の介入水準で、様々な介入手段を表現できる境界条件を持ったサブモデルを、マルチアスペクトで組み入れることで、モデルの認識範囲とそれによって設計可能な範囲が異なります。

第 2 に、社会の出来事は歴史上の一回のシミュレーションと同じようなものであり、ABM では様々なシナリオとモデルの妥当性を討議する場を構築することができます。我々は、正しい予測ではなくて、様々なシナリオを前向き・後ろ向きに検討できるホワイトボックスモデルの構築へのパラダイム転換をしなければなりません。また、それに合わせたデータストラクチュアの構築の問題もあります。

米国では、スモールポックス（天然痘）のバイオテロの研究等があります。我々は慶応大学等のグループと研究をしています。たくさんのシナリオがあり、例えば、富士山の防災マップでは、マルチシナリオで、グリッドでシミュレーションをやって、全体の構造を見ることができます。ランドスケープ分析のような考え方です。

第 3 に、社会の状態空間は物理的状態空間と異なり、歴史的にも社会的に構築されたある種の人工物です。その意味で、我々は解明するものではなくて、構築する視点を持たなければなりません。15 世紀に「スンマ」で記述された簿記が、その後発展して現在の簿記になると同時に、20 世紀に、大不況を受けて出てきた国民経済計算が発展してきて

いますが、社会の状態空間のコンストラクションに関する理論化が十分にできていません。そこで、私は「交換代数」を用いています。これは、簿記を抽象化して、ストックフローダイナミクスにネガティブストックの概念を入れて、ダブルエントリーでディスクリプションするような代数系です。これにより、非常にきれいな分析ができて、マルチアスペクトの簿記的な空間の拡張ができます。

第 4 に、ABM、ABS（エージェントベースシミュレーション）から、実世界のエージェント相互作用の場の構築と高度状態空間の構築に向けての、リアルワールド OS の構想が重要になります。コンピュータ上の OS から、実世界の OS へのコンセプトのシフトが必要です。シスコの IOx、バークレイの Swarm OS、ドイツの INDUSTRY4.0 等が出てきていますが、それらを使うことで非常に複雑なワークフローを結びつけた支援が可能になります。

〈質疑応答〉

○木村　非常におもしろいお話をありがとうございました。感染症につきましても、マクロなモデルの欠落というのが非常によく分かりました。それを ABM がよくカバーできると。おそらくこのプロポーザルと非常に関係している部分は、ABM でマクロ経済学の問題点を補完しようとした時に、両方のコミュニティが議論できる場を提供しようということが 1 つあります。先生の場合、経済学を含めて、いろいろなマクロモデルの問題点を指摘して、一緒に共同で何かやろうというような雰囲気はあるのでしょうか。

○出口　僕は京都大学の経済学研究科に 5 年半いました。事実上、あそこはパラダイムの制約が厳しいです。コラボするとしたら、国民経済計算部です。SNA（System of National Accounts）の構築については、残念ながら、マクロ経済学をやっている人はほとんど知りません。

○鈴木　出口先生、どうもありがとうございました。
次に、政策研究大学院大学の政策研究科准教授の細江宣裕先生にご講演をお願いします。

2-5-2　震災の経済的影響の予測と望ましい復興政策に関する動学的応用一般均衡分析

政策研究大学院大学　政策研究科　准教授
細江　宣裕

家計や企業があって、その人たちがどう行動して、社会全体でどうなっているかを描写するのが、「一般均衡モデル」という理論的なモデルです。その理論モデルをシミュレーションによって数値計算をすることによって、「日本でこの場合、実際どうなるか」等を「見える化」するのが、私が研究している「応用一般均衡モデル」です。

例えば、「TPP をやると、何億円、何兆円 GDP が増えるか」ということや、WTO の貿易自由化の話では、「どの国にどれだけメリットがあるのか」という研究、あるいは、消費税を引き上げて直間比率を是正することのシミュレーションや、炭素税のような環境問題では、グローバル・ウォーミングを減らすためにどこの国がどれだけ負担するのかというシミュレーションをしています。

応用例として、学生と一緒にやった台湾の地震の研究について話をします。台湾では、1999 年に大地震がありました。台北の近くに活断層が走っていて、それが原因ということです。同じことが何年かに一回起こるわけですから、何をするか、その後どう復興するかということを考えてみました。台湾の場合、首都の台北から北に 30 キロ以内のところに原発が 2 基か 3 基ありますし、近くにセミコンダクタ・エレクトロニクスの集積地があります。

地震が起きると、生産量が急激に落ちますが、例えば、地震が起こった 10 年後に生産量回復を目指すある 1 部門（例えばセミコンダクタ）にだけ補助金を出す場合を想定して、復興できるのか、できないのか、あるいは、それが財政的にできるのか、できないのかということをディスカッションしました。また、補助金をあげるにしても、資産補助金にするのか、生産補助金にするのかという話や、復興プログラムの期間は 10 年間・7 年間・3 年間のどれにするか、それによりコストがどう違うかという研究をしました。

セミコンダクタを例にすると、地震が起きて、生産量が急激に落ちても、少しずつ戻っていきますが、放っておいた場合、15 年たっても元には戻りません。そこで生産補助政策をした場合、3 年間だけ補助金をあげると、短期的に上がった後、急激に落ちて、10 年でほぼ元に戻ることが分かりました。そして、7 年間補助をした場合は、オーバーシュートが小さいこと等も分かりました。同じように、資本補助金政策についても調べてみました。また、セミコンダクタに介入する分だけ、当然他の部門は割を食うことも「見える化」しました。

このように、介入することでのロス等を「見える化」した上で、介入するのがいいか、しないほうがいいかを、国民に選んでもらうためのメニューを用意するのが、我々の仕事だと思っています。介入すればいくらかかるかということを事前に計算して見せておくことは重要です。

〈質疑応答〉

○鈴木　ありがとうございました。それでは、質疑をお願いします。

○出口　CGE（Computable General Equilibrium）は、この種のマイクロモデルと相性

がいいと思います。SAM（Social Accounting Matrix）で早くからやっていたツインモデルがありますよね。あれが、重要な分割を結構やっていて、いろいろできます。その意味ではマイクロモデリングと非常に相性がいいと思います。ただ、構造上、どうしても生産関数をCES型にするとか、均衡点1点のやつを、スカーフでないにしても求めてしまいます。ですから、我々はどちらかといいますと、今後、GA（Genetic Algorithm）でも、もう数百次元普通に扱えるようになってきましたので、制約充足解という形で、しかも動的なプロセスも含めてやりたいと思っています。
今のモデルの場合は、理論上の制約があるのですが、やっていることの意味で言いますと、そのような形のイクステンションというのは、それほど悪くはないと思います。その辺りどうですか。

○細江　僕らが気にしすぎなのかもしれませんが、例えば、社会会計表とおっしゃいましたが、産業連関表とか、家計調査でもいいのですが、そのようなデータがあればあるだけ、自信を持って細かくできますが、データがないときに、さあどうしようという話があり、比較的集計した形でやっています。

○出口　データがないのは確かですが、データは逆にマイクロモデリングの水準に合わせて作っていく時代になってきていると思っています。実際に僕らはプロジェクトで、帝国データバンクのデータを使って、地方をアカウンティングベースでアウトプットしようということを始めています。

○細江　年次ベースのデータにキャリブレートしていくので、結局そうなってしまいます。

○出口　基本的に在庫調整というのは、調整された後の話になってくるのですが、リアリステックな政策では、在庫調整の部分は大変大きいです。ですから、そのようなものも含めた形でイクステンションしようとしますと、複数均衡解になってしまい、理論から外れてしまいます。

○細江　いくらでも複数均衡は描写できるのですけれども、最後にどう見せるかという話になってしまって、RBC（Real Business Cycle）モデルのように、結局平均値だけ見せて終わりということになりますと、それは意味があるのかとか、いろいろあると思います。

○鈴木　他にいかがでしょうか。

○藤井　最後のほうで、このシミュレーションがどれほど正確かを言うことは難しいとおっしゃいました。私は専門家ではないですが、未来を予測しようとした時に、例えば、何年後に、どれぐらいの確度で、何パーセントでこのようになるかとか、ある種のエラーバーのようなものですとかが全くありませんと、このような施策をする際のリスクを評価することも難しいのではないかという気がします。今や

られているモデルでは、その確度そのものの定義もどのような定義にするかという問題もあると思いますが、そのような誤差の評価はこのモデルでできるのでしょうか。

○細江　最初の、例えば、与えるショックなどは、パラメータに誤差を入れておけば、誤差に応じて計算はできると思います。しかし、やはり入れる誤差がどれほど、誤差がシュアーかという言い方も変ですが、そのようなことがあります。
ただ、僕らが気にしているのは、例えば、どのような補助金をあげたらいいかという点では、「どのような誤差のパラメータを突っ込んだとしても、生産補助金よりも資産補助金のほうがいいよ」というのが、分かっていることのほうが重要だと思います。10 年後に誰が何万円、損するというのは、損はするのですけれども、損することには違いないので、それを議論したところで、結局意味がないという気がします。
例えば、「これだけお金を払いなさい」と。「これぐらいになるけれども、これは普通のバジェットの 10 倍ぐらいかかるのですけれどもフィージブルですか」という話になりますから、これぐらいか、これぐらいかによって、フィージビリティの評価が違ってくると。時と場合によると思います。と言いますか、立ちポジションによるかと思います。

○鈴木　ありがとうございました。3 番目のご講演は、ソニーコンピュータサイエンス研究所のシニアリサーチャーの高安秀樹先生です。よろしくお願いいたします。

2-5-3　経済物理学における社会シミュレーション

ソニーコンピュータサイエンス研究所　シニアリサーチャー
高安　秀樹

経済物理学は、物理の中の新しい分野です。私は従来フラクタルの研究をしてきましたが、近年そのような研究を経済に応用する方向性が見えてきまして、現在は経済物理学という名称で研究がかなり進んできています。データさえたくさんあれば、経済現象を物理現象と同じように観測して、分析して、モデルをつくり、応用できるというのが基本的なポリシーです。経済現象を普通の科学にできるということです。

第 1 に、金融市場のシミュレーションのお話をします。私は、フラクタルの産みの親であるマンデルブロ教授から、市場価格の変動を拡大しても、縮小しても、同じように変動しているというのがフラクタルの大本だということを聞いて、市場変動の研究を始めました。当時は、ゲーム理論的に経済学を考えることが主流でしたが、それでは市場価格がランダムに変動することすらうまく説明できませんでした。そこで、自分でゼロから数理モデルをつくりました。

そのモデルから、市場のメカニズムがもともとランダムな変動をつくり出すことを明らかにしました。また、市場の参加者の戦略では、トレンドフォローが非常に重要であることも確認できました。さらに、ディーラーモデルを進化させて、通常の変動だけでなく、

日銀の介入のような異常な変動もシミュレートできるようになりました。

第2に、金融危機のモデルのお話をします。例えばリーマン・ショックのようなことが起きますと、なぜ世界中の金融機関が連鎖的に調子悪くなるのかを説明するためのモデルをつくりました。結論として次のようなことが分かりました。投資家と金融機関が進化的に適応しますと、高利回りで、よくもうかる金融商品にみんなが群がり、多様性がどんどん減っていきます。生物でもそうですが、多様性がなくなるともろくなってしまいます。その結果、全体的な金融危機が起こるのです。そのような進化的な適応がなければ、グローバルな金融危機はほとんど起こりません。

第3に、企業の取引ネットワークのモデルの研究を帝国データバンクと進めています。企業単独の情報だけではなくて、その企業がどこからものを買っているか、どこにサービスを提供しているかなど、約100万社の企業間の取引関係がデータ化され、それが解析できるようになっています。

第4に、ブログの書き込みのモデルでは、毎日、数百万ブローガーのデータが吸い上げられるようになっています。伝染病と似ていますが、あるキーワードに興味を持ち、夢中になって、そして飽きるという形を、シミュレーションにより再現できました。それを使って、いろいろな推計ができます。

最後に、一番大事なことは、どれだけきちんとデータに基づいてやるかということだと思います。ほどよいパラメータ数で、あとは徹底的にデータとつき合わせることが大事です。特にビックデータのように、変数がたくさんありますと、因果関係がない相関を持つ変数がたくさん出てきます。ですから、本当に因果関係を持つ変数を見つけてモデル化するためには、偽相関の排除等、データ分析をしっかりしなければいけません。

〈質疑応答〉

○鈴木　ありがとうございました。ご質問をお願いいたします。

○藤井　今回、経済物理学からの視点ということで、金融のことを中心にお話しされたのですが、今回お話しされたところでは、むしろ今までの他の分野の研究手法などを金融分野に適用したらこのようになりました、というお話が多かったと思います。逆に複雑系という視点から見たときに、例えば、金融分野における研究が基点となって、他のいろいろな社会シミュレーションに広がっている事例や、あるいは今後このような可能性があるのではないかという提案がありましたら、教えていただければと思います。

○高安　きっちり詰めてデータを分析してモデルをつくるという点では、大変自信があります。先ほどのようにブログの部分ですとか、企業のネットワークの辺りも、金融のほうでデータときっちり合わせていくと。特にデータが非常にたくさんあるときに、パラメータも結構たくさんあるわけですから、それをどのようにして同化していくかということは、いろいろなテクニックがありますが、そのようなことが1点です。

○鈴木　他にいかがですか。

○黒江　素朴な疑問ですが、いろいろな分野を統合するという意識でみんな集まっていると思いますが、なぜ物理学という言葉にこだわっておられるのでしょうか。

○高安　物理学と言いますと、日本では物質科学というイメージですが、欧米では、物理学というのは、イコールサイエンスで、森羅万象が対象です。人間も当然含んでいます。物理学で一番大事なのは、まずデータがあって、そこから経験則をつくって、それでモデルをつくって、チェックしてというプロセスです。最初にモデルをつくるのではなくて、まずデータをちゃんと見ると。そのような意味では、私がやっているのは、データがたくさんある分野を大体やっています。
データがあれば、対象が生物であろうが、宇宙から来る信号であろうが、ほぼ同じで、データを分析して、そこからランダムではない、何か癖を取り出して、それをモデル化していくと。

○黒江　我々は、それをシステム科学とか呼んでいるような気がしますが。

○高安　それはそうだと思います。物理学者は物理と。

○出口　物性を見ると、システム科学と似たようなところがあります。純粋なシミュレーションだけの研究で、市場の組成を逆推定してやるようなものはあったのですが、最後にこのように数理にきちんと落ちませんでした。これは数理に落ちることで、非常にいいものになっています。その意味では、エージェントベースと言いますか、マイクロモデリングの１つの典型的なアプローチだと思います。
社会科学の状態空間をつくる話ともっと結びつけますと、ネットワークを消した場合のインパクトの話というのは、従来の経済のモデルとはタイプが違うのですが、非常によく分かります。そのようなものとうまくクロスできると非常におもしろいと思います。

○細江　ネットワークを消した場合かどうか知りませんが、慶応大学の松浦先生や専修大学の伊藤先生が、帝国データバンクなどのデータを使って、ほぼ同じようなことをしています。リージョナル・サイエンスの分野とか、企業の生産性の話です。そのようなものとほぼ同じ話をしていて、大変びっくりしました。

○鈴木　高安先生、どうもありがとうございました。
次は、日本アイ・ビー・エム（株）バリュー・クリエーション事業部部長の池田一昭先生にお願いいたします。

2-5-4　スマーターシティにおける社会シミュレーション

日本アイ・ビー・エム株式会社　バリュー・クリエーション事業部　部長
池田　一昭

現在、世界の多くの都市が 100 万人規模になりつつあり、その数は約 450 になっています。それに伴い、エネルギーや水の不足、交通渋滞、安心・安全な街づくり等の課題が出てきています。ただし、よく分かっていないことが多くて、一人一人が良かろうと判断して行動しているというのが現実です。

その中で、スマーターシティの分野において、IBM はこれまで世界で約 3,000 のプロジェクトを進めてきています。IBM には案件の登録のデータベースがあって、世界中の事例が参照できます。中には世界的な規模を持っているものもあります。ですから、一人一人が一生懸命考える他に、みんなの知見や経験を集めるといったことができるわけです。

スマーターシティをやるときには、首長さんたちと話をして、ビジョン策定をして、その後に、いろいろな課題の中で優先順位をつけていかなければなりません。そして、それを実行して、結果を見て、次をやっていくというサイクルになるわけですが、ビジョンの策定と優先順位づけのところで非常に困っています。これは、あまり数値がないためです。そのため、「何でそれをやるのか」とか、「どのぐらい良くなればいいのか」とかいったことを答えることができません。

そういった中で、考え方を整理していかなければならないので、シミュレーションが重要となるわけです。まず、私たちが最初に取り組んだのが、「IBM Smart City フレームワーク」の整備です。フレームワークを使った瞬間に、考え方がまとまることがあります。

IBM は、スマートグリッドマチュリティモデルを構築しました。

スマートグリッドを計画している国はたくさんあります。いろいろな電力会社の中で、自分（電力会社）がどのレベルにいるかが分からない中で議論をしても、議論になりません。

そこで、IBM では、自分（電力会社）が今どのレベルにいるかを評価できるツールをつくりました。現在、百数十の電力会社でアセスメントをしているということで、いろいろな知見が集まってきています。

スマーターシティの「Smarter」の視点は大切です。シミュレーションをするにも、どのレベルの何のシミュレーションをしているのかという前提がはっきりしなければなりません。よって、進化・進展、PDCA、ライフサイクルの観点で見ていく必要があります。

最後に、課題解決のためのあらゆる局面でシミュレーションは必須です。その際に、スマーターのレベル、成熟度モデルを加味した形でつくっていく必要があります。また、IoT が出てきて、リアルタイムのリアルデータがとりやすくなっていますので、それをいかにシェアできるようにするかが課題です。これは、もうすぐできるようになると思います。そして、ヒトの行動の成熟を加味していく必要もあります。さらに、1 個の情報だけではなくて、複数の情報種を合わせていくとどうなるかという辺りが非常に重要です。現実的には、機能化（データがとれるようになるところ）から相互接続へ向かっているところであり、もう少し集まってきますと、皆さんがやりやすいシミュレーションが実現してくるのではないかと思います。

○鈴木　どうもありがとうございました。

〈質疑応答〉

○出口　IBM さんは、SSME（Service Science Management and Engineering）の時にも、先ほどのマチュリティモデルのときにも、大学と連携するということなのですが、今回の車に関するデータも含めたイベントデータの集積に関しては、ビジネス体系をつくるという新しいビジネスモデルをやっていらっしゃると思います。このようなものを提供されるご予定はありますか。

○池田　実際にはデータそのものを IBM は持っていません。実際に提供してくださる方が、データ許諾をしてくれるのをうちは喜んで使います。

○出口　データ許諾のやり方は、それぞれが持っているというやり方ですね。

○池田　そうです。最初から「こう使います」と限定して言いますと、元々の用途と、次の二次的用途が違ってくることがあり、最初の許諾ですべての許諾を受けたわけではないと考えます。ただし、先の遣い方をすべて想定することは困難なので、使用する用途に限って許諾を受けるべきです。

○出口　すると、そこからどのような付加価値が出るかというビジネスモデル単位で、異なったステークホルダー間でコアレーシオを組むというビジネスモデルですか。

○池田　そうです。目的が違うすべての方が一堂に集まって、どうやって使おうかというミーティングは全くやりません。

○出口　難しいですか？

○池田　非常に難しいです。一堂に会すると、発言を聞いた企業が、「あそこは、ああやって使おうとしているのか」と全く違う意思が入ってきます。安全運行や燃費を良くする等の話をするのであれば、その目的を持っている方と打ち合わせをして、保険会社はどうなのかとか、全く違う話が登場してきた場合は、それに関係する方と打ち合わせをします。

○出口　途中でのレコメンデーション等、いろいろなものが出てきますね。

○高安　3,000 あるということですが、1 つの案件は何人ぐらいでチームをつくってやるのですか。

○池田　プランニングのときと、実行するときとで全く違います。プランニングのときは小人数で、「どれにしますか」と言って決めていただいたあとは、全体のプロジェクトを立ち上げる話になります。すると、実際には一緒にやる会社だけでも、30 とか 40 になります。

○高安　同じチームがいくつも対応してやっているわけですね。

○池田　そうです。ですから、最初のスマーターシティ・チャレンジで、うちである程度、市に補助をして計画づくりをするのですが、それは8人とか10人でやります。その後に「どうしましょうか」と言うと、みんなワーッと集まってきますので、それの整理をするのが非常に大変です。そのチームが、実際には同じ国の人とは限りません。例えば、アメリカのニューオリンズでハリケーンがありましたが、その復興にあたっては、日本人を1人送り込んだりしています。ですから、いろいろな国のいろいろな支援を、いろいろな国の人が行きますと、その人が戻ってきて、その知見を使えるというチーミングをしています。

○木村　この3,000というのは、すさまじい数で、スマーターシティ、もともとはスマーター・プラネットですね。それで、その特殊化のような感じですね。それにしてもかけ声だけではなくて、実際にこれだけのことをやっておられることには本当に驚きました。チラッと感じましたのは、我々はシステム屋ですが、システムをつくっておられるのではないかと。一言で言えば、そうなりませんか。

○池田　そうですね。

○木村　システムをつくっていることが、全体に共通した1つのフレーズになりますよね。さらに言いますと、ITの陰は薄れてきて、ポストITという感じで捉えると一番いいのではないかと思いました。ここまでのお話を伺いますと、ITは成熟し、それを使うツールとしては、かなりいい線までいったので、次はそれを使って何をやるかという段階になっているというような感じがしました。

○池田　おっしゃるとおりで、このモデルからしますと、IBMから見るとデータを扱っているとしか見えないのです。それが何のセンサーであろうとあまり関係なくて、データがどれだけの頻度で、どのように行って、誰に使わせるかという問題だけです。すると、かなり標準化と言いますか、共通化ができるという形です。すると、皆さんは使い方はもう分かっていて、そこで考えてくれる人はたくさんいますので、IBMはやりたいものを考えなくてもいいと。どちらかと言いますと、世界的に同じようにその考え方が広がるようなことを支援してあげたほうが、よほど役に立ちます。

○木村　おっしゃるとおりです。ありがとうございました。

○鈴木　では、どうもありがとうございました。
最後のご講演は、JST社会技術研究開発センター（RISTEX）センター長の泉紳一郎さんからお願いいたします。

2-5-5　社会システムの構築に向けて　―社会技術研究開発センター（RISTEX）の取り組み―

JST 社会技術研究開発センター（RISTEX）　センター長
泉　紳一郎

私どもは、社会技術研究開発を「自然科学と人文・社会科学の複数領域の知見を統合して新しい社会システムを構築していくための技術」と捉えています。この場合の技術とは、必ずしも IT やナノテク等だけでなく、システムやモデルまで含んでおりますし、むしろそのようなことを指して技術と言っていると捉えていただきたいと思います。研究の手法あるいは目指すターゲットは、「社会における具体的な問題の解決を通じ、社会の安寧に資すること」にあります。

私どもの業務運営では、基本的には、現場における経験的・実践的な知見を重視しており、研究開発の手法として、社会実験やアクションリサーチという手法をとるものが多いです。なぜなら、社会の構成員である人々個々人、あるいは個々人が何らかの関係性を持つことによって形成されるコミュニティが、社会の具体的な問題が現れる「単位」となるわけですから、そのような現場に即した研究開発を行っていくということになります。研究開発を行うに当たり、TRANSDISCIPLINARY に基づき、自然科学と人文・社会科学の専門的な知見はもとより、いろいろなステークホルダーの関与を得て、研究開発の対象となる問題の抽出、研究開発領域の設定、研究開発の実施、さらにその成果の社会実装という一貫的な流れで研究開発を行っているということです。これは社会が直接の対象であることに由来しています。

さらに、プロジェクトの成果を俯瞰、統合・普遍化して、問題解決の基盤となるような政策・制度につなげていく取り組みを行っていきます。これは社会の具体的な問題の表れ方に一定の局所依存性があると同時に、社会の問題が開放性という性質を持っていることに依拠しています。

具体的なプロジェトとしては、「高齢者の虚弱化を予防し健康寿命を延伸する社会システムの開発」、「IT が可能にする新しい社会サービスのデザイン」、「市民生活・社会活動の安全確保政策のためのレジリエンス分析」、「感染症対策における数理モデルを活用した政策形成プロセスの実現」等、をあげることができます。

社会シミュレーションを、地方創生等の現実の公共政策の形成・決定に援用するのは重要なことだと思います。扱う問題（社会の現象）の「粒度」と扱う問題を記述するモデル、ならびにモデルに現れるパラメータのリアルデータとそのアシミレーション（同化）が、社会シミュレーションでも重要になります。さらに、社会シミュレーションは、社会の最終単位の「個々人」の属性や行動等の要素を、シミュレーション可能なモデルとして組み込まなければ、精度の高いシミュレーションにはなりません。そして、特に公共政策の形成等にシミュレーションを運用していく上では、現実の社会問題として何を取り上げるかという選択が非常に重要です。これを社会シミュレーションの社会的ニーズと言ってもいいと思います。

JST は「戦略プログラムパッケージ」を毎年示しています。その中で「社会システム構築技術・新サービス科学技術」を社会技術・社会基盤分野の重点領域として掲げる必要があると考えています。また、「超サイバー社会」を巡る倫理的・法的・社会的問題を背景とした課題設定をすることが重要だと考えています。

〈質疑応答〉

○鈴木　ありがとうございます。ご質問をどうぞ。

○池田　先ほどの私の話と関係するのですけれども、14~15 ページ（パンフレット）を見ますと、70 個ぐらいのプロジェクトが走っているように見えます。一つ一つの評価はされていると思いますけれども、管理レベルで全体を一般化できるようなプロジェクトを 1 つ立ち上げて、整理するようなことをやってくれますと、とても役に立つと思いました。なぜかと言いますと、今いろいろな街のお手伝いしているのですけれども、ご存じのように日本は 1,700 ぐらい自治体があります。私からしますと、 1,700 回同じことをするのかと思うと倒れそうになります。他の人の知見が集まってできるのであればよいと思います。
また、ある限られたところでやりますと、規模はたいしたことはありませんので、ある程度の人でできてしまいます。しかし、日本全国でやろうとしますと規模が大きくなり、いろいろな考慮点が必要になってきますので、ある所ではできるが、ある所ではできないとかいいたことを考えていかなければなりません。そのような施策と、大規模にやるとしたらどうなるかという次の評価につなげるようなところも考えていただけますと、有り難いと思います。

○泉　大変重要なご指摘をありがとうございます。「プロジェクトの成果を俯瞰、統合・普遍化して問題解決の基盤」というところにつなげていくということが非常に重要で、必要だと認識しております。そのようなことを、まずは領域やプログラム単位でやる方向を志向しています。
試みと言った方がよいかも知れませんが、一昨年から、成果統合型のプロジェクトを始めました。このプロジェクトでは、複数の成果をインテグレートし、あるプロジェクトを実施した場所の状況依存性を極力取り除いた上で、より普遍性のある知識が何か、あるいは方法論は何かということを見出し、さらにそれを実際にどこかでやっていこうというものです。
おっしゃられたとおりの問題意識は非常に強く持っていますが、「ではマクロにやるとどうか」ということになると、現実的には、なかなか難しいです。10 年以上かかけて、トータルで 200 ぐらいのプロジェクトをこれまで手がけました。おっしゃっているようなアプローチや、考え方は非常に重要だということは認識しておりますが、ただ 10 年ぐらい前のものは成果としては次の新しいフェーズになっているものがありますし、非常に限られた範囲でのリソースの中でどう実施していくかということもあります。

○鈴木　どうもありがとうございました。
それでは、これで技術報告につきましては終了したいと思います。

2-6　総合討論

○舩橋　これから総合討論に入りたいと思います。
総合討論に当たって、重要なお役目を果たしていただくということで、3 人の方に今回の研究提案につきまして、コメントをいただければと思います。こちらから順番にコメントをいただきたいと思います。まず、最初は櫻庭千尋先生でいらっしゃいます。現在、追手門学院大学経済学部の教授をお務めになっていらっしゃいます。昨年までは日銀の審議役をお務めになっていらしたというご経歴をおもちでございます。それから、2 番目にコメントをいただきますのは、京都工芸繊維大学の黒江先生でございます。システム科学の理論面でこれまで学会をリードされてこられた方でいらっしゃいます。最後になりますが、大山先生は政策研究大学院大学の理事・特別教授でいらっしゃいます。政策科学がご専門と伺っております。
それでは、櫻庭先生から本日の研究の提案、それから、これまでのご議論へのご質問・コメントをいただきたいと思います。

○櫻庭　櫻庭でございます。事前にいただいていた資料を拝見しますと、何となく枠組みは分かります。先ほど池田先生が、枠組みさえ用意できれば、あとは埋めるだけというお話もありましたが、私にはなかなか分からなかったものが、今日、先生方のお話をお伺いすることができまして、大変よく分かりました。いずれも大変重要だなと。このようなことに我が国で研究者の皆さん方が取り組まれることで進まれるのだろうと、大変期待をしています。
その中で私が何をコントリビュードできるかといいますと、なかなか私ごときという感はありましたが、最初に森田先生から、我が国の人口が減っていくことを楽観視してはいけないという、非常に重要な問題提起をいただきました。私は学生のときから経済学しかやってこなかったものですから、これが私の脳裏の引っかかっております。この間、日銀で仕事をしている中で、エビデンスベースと言いながら、出口先生、高安先生、池田先生からも「経済学はデータを用意していないじゃないか」ということでした。これは統計委員会も含めましてデータ整備を心がけてはきましたが、私も諸先生方の問題意識と同じように、観測をする、

データを測るということが、経済学あるいは経済分析では必要だと思っております。その点にも若干触れたいと思いますが、やはりポイントは、最初の森田先生の問題提起です。

経済学というのは､原点はマルサスの人口論です。これをアダム･スミスとリカードが論破したわけです。

アダム・スミスとリカードが、フランス革命の頃に人口が爆発して人類は飢え死にしてしまうというマルサスの考え方を否定しました。なぜならば、資本主義、市場経済というものは、ものをつくり出すのは人口だけではなくて、工場設備、資本ストックであるので、人間が爆発しても、それに見合う形で工場設備が増えていけば、うまく資本ストックと労働が組み合わさり、経済は安定成長できるのだということを主張しました。これが、古典派経済の出発点です。

その後の 19 世紀は、マルクス経済学的な資本ストックと労働の取り分のけんかの話ばかりしていました。

20 世紀を超えて、さらに 21 世紀となって、日本の人口の増加が止まりました。しかし、今の経済学が言っていることは、資本と労働以外にもう 1 つ、生産技術なり、総要素生産性等いろいろな表現の仕方がありますけれども、そのようなものを増やしていくことにより、1 人当たりの付加価値は増えることが可能なのだということを言っています。ですから、日本国全体が 1 億 2 千万人から 1 億人に減ってしまったら、トータルの付加価値は減ってしまうかも知れないけれども、1 人当たりの付加価値は増え続けることができるという予定調和が、実は経済学だと私は習ってきました。

実は経済学の細江先生もコンピュータブルな GE をされていると承りました。GE は、結局のところ閉じている世界、閉鎖経済があれば、誰かが飢えれば、飢えた分だけの食料が誰かに回るという形で、結局のところは予定調和的にいくことができ、それができるのが分権経済であるということになります。ですから、ここにお集まりの諸先生方のように高名な優れた研究者がいれば、社会をリードできるのは事実ですが、いなくても企業家なり、働いている人なりが頑張りますと、そこで一番いい仕組みがおのずと見出されてくるということになります。もちろん試行錯誤があって、効率が悪いということがありますから、失敗しない形で、早い段階でいいシステムに移り変わるようにしてほしいということが、システム科学の発展の原動力になっているとは思います。しかし、誰か、総理大臣が頑張るとかいうことではなくて、世の中が活気あふれて、もうけることがよいと思います。

最後にデータということで言いますと、経済学が扱っているデータは付加価値です。付加価値というのは稼ぐことです。稼ぐことは、一番人に見せたくないことです。分権経済で、なおかつ税務署が強ければ、もうけのデータが税務署に行きます。そうはいっても、マルサでも頑張らない限りは全ての人のもうけは把握できないはずですが、分権経済でやりますと、密告が可能です。「あの人は、もうけたものを隠していますよ」という情報面での民主主義的なところが、きちんと確保されれば、もうけのデータが付加価値のデータの原点になります。

これが可能なのが、いろいろな歴史、いろいろな国があっても、実は太閤検地以

来の日本ぐらいしかありません。ですから、きちんとした経済学を、きちんとしたエビデンスベースでやれるのは、不思議なことに、この日本でしかありません。ぜひ、いいデータを効率よく集めていただいて、それを投入して、今日いただいたようないろいろな分野のいろいろな問題に対処して解決をしてほしいと思いました。

○舩橋　どうもありがとうございました。次に、黒江先生、よろしくお願いいたします。

○黒江　計測自動制御学会で「安全･安心･快適社会実現のための新たなシステムアプローチ調査研究会」を立ち上げまして、調査を開始しました。その活動には、舩橋さんにも参加いただいています。
「安全・安心・快適社会」ということで、こちらのテーマと似ているということでやっているわけですが、その中で研究会としましては、今の社会が、ミクロ/マクロになっていたり、時間的なスケールが全く違うシステムになっていたりします。そして、それに人間が関わっているわけです。本日は、人間をエージェントで取り扱うか、それとも、もっとマクロなレベルで取り扱うかといった話もありました。そのような人間が入っている場合、これまでのシステムズアプローチでは、人間を外に置いていたわけですが。しかし、この分野では、人間を外に置いたアプローチや、中に置いたアプローチ、あるいは両方のアプローチが必要であろうと思います。そして、今日は社会シミュレーションのお話をいろいろ聞かせていただきましたが、価値が最後に政策を決定するので、価値が重要な要素に入ってくることになります。
特にこの調査研究会でやっていますのは、新たな安全、安心、スマーター・ワールド、僕はワールドと大きく言っているのですが、スマーター・ワールドの実現を目指して、新しいシステムの考え方が必要であろうという観点で、エージェントベース、あるいはマクロ、あるいはミクロとマクロをつなぐというようなお話がありましたけれども、そのような話の中で循環螺旋型のアプローチが必要であろうと考えています。特にシミュレーションは､システム論的なアプローチでは､データよりモデルをつくって、モデルから解析をして、解析からシンセシスをするという循環をするわけです。その循環が、アブダクションの仮説推論というところがはっきりしていません。ですから、シミュレーションをどう使うか、そしてシミュレーションから何を得るか、そのシミュレーションをどう改良するかということに対しましても、アブダクションを含めた循環ということや、システムズアプローチでのアブダクションの再定義をする必要があるのではないかという認識で活動しています。
その中で、シミュレーションには、システムに目的があるので、フレームワークをきちんと決める必要があります。フレームワークを決めますと、目的によっては確かに境界がある程度決まります。しかし、それでアナリシス、シンセシス、アブダクションをしていますと、その境界時点がまた変わってしまうということが最近のシステムの問題になっています。変わってしまうところの動力を､直接､アナリシス、シンセシスで駆動できるような、そのようなシステム構築論をする

必要があるのではないかと思います。
それから、社会をシミュレーションして、論理的にやるためには、いろいろな課題があると思います。それは境界が変わることによって、また目的が変わり、目的が変わることによって、また人との関係、あるいは物と人との関係が変わってしまうという課題です。
そのようなことをうまく扱うアプローチとしましては、アナリシス、シンセシス、アブダクションというループを複数のループを、シミュレーター自体の中に組み込んでいくアプローチが必要ではないかという議論をしております。
実際の問題の社会を考える時に、シミュレーター自体が実装されて、それから得られた結果によって使って予測しますと、それによってまた結果が変わるという循環がありますので、その循環をうまく取り入れるようなシステムズアプローチ、あるいは実際に循環の中に社会シミュレーターを入れて、どのようなことをさせていくかというアプローチが必要ではないかと感じており、我々の委員会のメンバーで今そのような話をしております。

○舩橋　どうもありがとうございました。それでは、大山先生、お願いいたします。

○大山　政策研究大学院大学の大山と申します。私の専門はオペレーションズ・リサーチですが、政策研究大学院というところで、まさに公共政策を研究対象としておりまして、学生もそのようなミッド・キャリアの学生が来ていますので、そのような連中の教育、研究指導、特にRP（Research Paper）をつくって、それで論文を書かせて出させるということに三十数年間携わってきました。その中から、今日は先生方のお話を聞きまして、私が印象として持っていることをお話しさせていただきたいと思います。
私は長いことそのような学生を相手にしていて、一番感じますのは、モデルのテクニック、シミュレーションのテクニック、あるいは理論研究等いろいろあるのですけれども、学生の反応といいますか、学生はみんなミッド・キャリアですから、それなりのデータも持っていますし、問題意識も持っています。そのような連中が、社会システムの分析手法のテクニック、理論を勉強しますと、彼らが研究としてやりたいというのは、「先生、私、最適化のこういう理論を使いたいのですけれども」、あるいは「こういうモデルをつくりたいのですけれども」、「これで分析をしたのですけれども」という形で来ることが多いです。ところが、私の経験からしますと、それはほとんどうまくいかないのではないかと思います。なぜそれがうまくいかないかということですが、そのようにして得られた結果というのは、説得力に欠けると言いますか、魅力がないと言いますか、おもしろくないと言いますか、「ああ、そうですか」、“So what?”となってしまうわけです。
なぜかと考えた場合に、
・学生にデータを最初に自分で説明させる
・自分が関心を持っている課題に関して、データを使って説明をさせる
・それで何をやりたいか、何をどうしたいのかを、彼あるいは彼女にやらせる
ということが最初の段階として必要なのではないかと思います。そのようにすれ

ば、彼ら自身も自分がやったことに関する確信、あるいは信頼、自信と言うのか分かりませんけれども、身につくと思います。彼らが印象として言うことは、「先生、新しいものの見方、データの使い方を経験した」ということです。それが、私が卒業生から聞く言葉で一番うれしいものですから、そのようなことでシステム科学、社会システムの分析手法を考える場合に、私はモデルが先に来るというのは、どうもシステム科学、システム分析を専門とする人のためにもならないのではないかというのが第 1 です。

システム科学がどのようにして貢献をすればいいかということが、次に問題になると思います。そのためには、私はデータを説明した上で、何を解きたいか、何を分析したいかと考えさせることです。シミュレートすることと、公共政策としてどのような政策が最適であるか、望ましいかというのをやるのは、厳密には違う手法が入ります。違うとは思いますが、少なくともこのようなデータを使って何がやりたいかを明確にすることが、最初に来る必要があると思います。それがシステム科学のコントリビューションをアピールする一番簡単な方法ではないかと思います。

つまり、これまで自然科学の手法、万有引力から始まって、先ほど高安先生からもありましたけれども、フラクタルとか、複雑性とか、カタストロフィとか、いろいろなカオス理論、カタストロフィー理論、自然科学の理論を社会科学に応用しようとするアプローチはたくさんありました。ところが、ある意味で説明するところでは貢献をしたのですけれども、やはりそこから先が、どうしても限界があるということです。それほど社会システムというのは、1 つの理論で解決できるような問題ではないということを、自分自身がシステム科学というか、システム分析を専門としている人間として、それを大前提として、そのような意識を持っておく必要があるのではないかと思います。

ですから、政策研究という、公共政策を考える場合に、経済学、あるいは政治学、あるいはエンジニアリングでもいいですし、社会学、国際関係学でもいいですが、1 つの学問体系で解決できるものはまずないと。そのような前提に立った上で、どうすればいいかと考える必要があると思います。問題をできるだけ明確にし、構造化した上で、他の人にその問題を説明したときに、あなたならどうしますか、どのようにして地域再生を考えますか、どのようにして負傷者 30 万人の把握をしようと思いますか、どのようにしてスマートグリッドをアプライしようとしますか等、具体的な問題が出てきたときに、我々が現在あるデータで何ができるかということになります。そして、それぞれ経済の専門の人もいますし、オペレーションズ・リサーチが専門の人もいますし、エンジニアリングあるいは社会学が専門の人がいます。ですから、自分のそれぞれのバックグラウンド、エクスパータイズからして、このようなことができるというのを、むしろいろいろな側面からやることによって、新しい社会システム分析者のコントリビューションが明らかになるのではないかと思います。

理論が、今まで貢献が十分ではなかったということで、最近ビッグデータ、ビッグデータとみんなが騒いでいますが、ビッグデータ自体どうすればいいか、まだ誰も分かっていないのです。理論ができているわけでもないわけですから、あれ

が出てくるのはそれなりの必然性があったのではないかと。つまり、1 つの理論、1 つのディシプリン、エクスパータイズで、社会システムを分析するには、不十分であるということで、コンピュータの性能がこれだけアップした段階では、少なくともビッグデータを我々がどう処理すればいいかということが問われているのではないかと思います。

先ほどの高安先生のお話では、データを非常に重視するとのことでした。私は大賛成です。自分のモデルの、バリディティ、ジャスティファイするためには、データの裏付けをきっちり説明する必要があると思います。ところが、モデルというのは、非常に限界があります。かなり単純化をしていますし、抽象化もしていますから、自分がピックアップしているところと、無視しているところと、両方あるわけです。また、前提も非常に大きな前提があります。ですから、そのようなものをみんなが明確に認識をした上で、自分たちの各モデルのアプリケーションの成果として発表して、それで議論をする中から、地域再生に貢献するようなシステム科学、社会のシステムを分析していくところが出てくるのではないかと思います。

〈質疑応答〉

○舩橋　どうもありがとうございました。

3 人の方から、今回のプロジェクトに関してのご意見をいただきました。

振り返ってみますと、櫻庭先生からは、人口は減っても生産性を頑張れば、人口の話は別としましても、生産性をあげることは大事であるし、一方でデータをとることは非常に大事なことだと。日本は大変歴史があって、太閤検地からその歴史がありますというようなお話をいただきました。

黒江先生からは、システムアプローチを見直しているということで、循環螺旋のアプローチが必要であろうとのご意見を伺いました。その中で、これまでシステム科学というのは、どうしてもシステムというのは境界をまず決めてしまった上で、いろいろ検討していく傾向にあるが、境界というのは変わるものであるという形で、新たなシステムアプローチができるのではないかというお話をいただいたと思います。

大山先生からは、現実の問題をよく見なさいと。しかもそれはデータに則って、どう解決するかという取り組みが大事で、みんなでそれを持ち寄ってやっていくことが大事だというようなご示唆をいただきました。

今いただいたご意見に対しまして、先生方から、さらにお考えをいただければと思いますがいかがでしょうか。

○出口　黒江先生の境界が変わるという話が非常に重要だというのは、全く賛成です。システム科学というよりは人文・社会学のほうでは、Morphogenetic Approach のようなものを、イギリスのマーガレット・アーチャーが、かなりそのような議論をやっていました。もう少し柔らかいところで言いますと、ラフールの話もそのような種類の問題ということで、技術とエージェントの相互作用というような話です。先ほど、私はデータの構築という話をしましたが、あるデータを集めてやると、我々がつくることで、そこに制度が入って、境界条件が変わって、また変わって、どんどんモロフォジェネティック（morphogenetic）に変化していく。そのようなシステムというのは、物理系の自己図式化とは、扱いが全く違います。あえて言うならネットワークダイナミクスとか、iEarth などといった、あのようなものの延長上にあるのかもしれません。そのような種類のシステムコンセプトをつくって、世界レベルで共有していくことは、非常に重要だと思います。
それから、ご指摘のありましたデータに関しましては、ある意味で全くそのとおりですが、私はどちらかと言いますと先ほど IBM の方からお話があったように、フレームワークを切ることによって見えてくるデータもあるし、現場のデータなどもありますので、データにいろいろな種類があります。うっかり誤解しますと数値データだけのように、よくエンジニアに思われてしまいます。データサイエンスがもう少しシステム的なものの見方と表裏という形で、理念型とデータの型でいくような新しいパラダイムを、実践をやりながら、国際的に議論していくことが非常に重要だと思いますし、今我々のほうでも重視しているところです。

○舩橋　ありがとうございました。他にいかがでしょうか。

○黒江　システム科学のアプローチの力を結集するにはどうしたらいいかということに関しまして、高安先生は TEDx の分野でアプローチをやられていて、我々はシステム屋という立場でやっていますが、その他にもおそらくいろいろあると思います。その力をどう結集するかという問題意識やその力を結集する場をこのような活動を通じてつくるのだと思います。
確かに私たちも調査研究会をつくっていると言いましたけれども、分野は割とバラバラで、いろいろ別なところで顔をみせているという人が多いわけです。システムがあまり認知されていないのは、そのような力を結集する場をつくる場がな

いことが大きいと思います。どうしたらいいかがよく分からないですけれども、そのような場をつくりたいと思います。

○高安　おっしゃられたことに関連して、1つおもしろい実例があります。2年ほど前ですが、グーグル社の主催する形で、3.11の大震災絡みのデータをツイッターやNHKや携帯のGPS情報等を地震が起こった日から1週間分提供して、研究者が自発的につくったチームが、半年間、そのデータを自由に使えるということをしました。それで、中間報告と最終報告をするイベントがあったのですが、そこでは、各チームが、与えられた同じデータを違う視点から解析して、「ああいう切り口があるのか」とか「あそこは結構進んでいるな」とかと、いろいろことを見受けることができました。特に、震災に関係する話で言うと、津波で被災した地域で、本当に津波をかぶった装置が、GPSのデータを、丸一日ぐらい発信していたというものがあります。本当はそのようなデータを早めに使えば、そこにいた人を助けに行ったりもできたかもしれません。
その他にも、そこから得られることがいろいろありました。
一般に、私の分野などでは、このような社会科学系の研究員をやりたい人はたくさんいるのですけれども、一番困っているのはデータです。フリーなデータは、最近増えてはいるのですけれども、やれることは限度がありますし、大抵もうやられていますので、かなりおもしろいアイデアを出さなければいけません。
しかし、ある程度お金を出しますと、結構質のいい、他にないデータを入手することができます。それを使うことができれば、他よりもいい研究ができるわけです。先ほどの実例では、グーグル社が取り仕切って、データを集めて提供してくれていました。それに対応するようなものとして、まとめてあるデータや非常に貴重なデータを、JSTなどが買って、公開はできないけれども、グループに入って登録した人は、例えば3年間使えるという形にして、その中で競い合って研究をさせれば、それほどお金を出さなくても研究をしたい人は勝手に集まってきます。
大事なことは、みんなが議論できる共通の土台だと思います。経済の問題をいろいろやっていて議論が深まらない大きな理由は、土台になるデータが違うので、「データが違いますね」と言って、違う結果が出ても、それ以上なかなか突っ込めないからです。たまたま全く同じデータを使っているところであれば、「あそこ、こうだよね」とかなり深められます。その意味で、共通するデータはどうしても必要です。ですから、研究費を研究者にあげるのではなくて、データを買ってそれを一定期間使わせてあげる形にすれば、研究者はただでもやりたい人は必ず来ますので、それほどお金をかけなくても、いい研究ができるのではないかと思います。

○大山　今おっしゃったことに関して、やはり研究というのは、もちろんデータは1つの必要条件ではあるのですけれども、自分で問題をつくらなければいけないわけですよね。自分で問題をつくって、自分で答えを出すというか、自分なりの答えを出すという作業が研究だと思います。ですから、私はモデルとしてこのような方

法を、このような問題にアプライしたということ自体は、1つのものとしていいのですけれども、与えられたデータの中から、あるいはデータを使って、このような問題をデファインするのがシステム科学で、「あなたならどうしますか」という形で問いかけた上で自分で答えを出すのが、少なくとも効果としてはある程度あるのではないかと思います。
リサーチは、問題ができれば半分できたとよく言います。まさにそのとおりで、そこから問題を出すというのが、1つの大きなリサーチですから、システム科学というのは、そのようなことにも注意が必要なような気もします。

○出口　本当にそのとおりなのですけれども、逆に今大学院でやっていますと、そこが急速に劣化している感じがあり、非常に怖いわけです。つまり、問題をつくるほうをやりたいという人がいるので、私も割に自由にやらせて、問題を定義するところを、手法とかをやりながら定式化しろという、いろいろなレベルでやるのですが、そのようなことに関して沈没する学生が大変増え始めています。ここ5年ぐらいは顕著です。前もランダムにいるのですけれども、皆さん同じようなことをおっしゃるので、それは非常に怖く感じています。
教育も含めて根源的に、システム科学だけが問題なのではないですね。実はすごく真剣に考えるべき問題です。ただ、その背後には、IBMのお話もありましたが、フレームワークの上に乗っかれる人が多いですから、フレームワークをつくってありますと、そこからとてもやりやすくなります。ところが、フレームワークをきるという作業が結構大変で、フレームワーク切りは、日本ではいくらやっても認められません。評価として全く認められません。僕らは国際的なシステムのほうでずっとやってきましたから、何回もフレームワークをきる話も、それなりにトライしてきたつもりがありますし、同僚もみんなそのようなことを言っています。その意味ではフレームワーク切りそのものに関する考え方が、日本では少なくともリスペクトされていないのではないことはほぼ間違いないです。乗っていくほうはいいのですけれどね。
それと、フレームワークが大きくなくても、問題設定をするという能動的なアプローチが、若い世代で非常に劣化し始めていますので、その問題はシステム科学のバックグラウンドという域なのかしれませんが、非常に重要なことだと思っています。

○舩橋　どうもありがとうございます。私も、今回のご提案の中でシナリオをつくりましょうと。それから、それをふくらます、あるいは検証するためのシミュレーションをするというような二段構えの構想で、シナリオづくりというのは一番大事なところだと思っています。フレームワークをつくることは、1つの大切なアプローチだと思いますが、そこについて今までやられていること以上に、うまいブレークスルーが起きないといけないと思います。そこのところをどううまくやるかということにつきましては、ここでも課題の分野としてはあげさせていただいていますけれども、書き切れていないところがあるのではないかと思います。

○出口　今のフレームワークというお話も、先ほど高安先生からご指摘がありました、データを共有してやるコンテストというのも非常に重要です。同じような意味で、フレームワークの切り方に関する、たくさんのフレームワークの切り方を俯瞰することも重要です。そのためには、メソロジーをきちんとやらなければならなくて、日本の教育はそこも欠けています。

私自身、科学基礎論学会の理事もやっていまして、そのような教育の問題もやらなければならないという話もしていますが、メタ的なフレームワークが少しでもあれば、フレームワークを切るという話は非常に楽になる部分があります。そのようなことも含めて、科学技術政策の中に入ると同時に、少し文系的なトレーニングになるのですが、ある種トランスディシプリナリーの話ですとか、最近のトランスレーショナル・リサーチのシステム版のようなことも言うのですけれども、そのようなときに、メタフレームワークを多少できるようなところの考え方を、研究者の間に広められるような、と言いますか、研究者というよりは学生のレベルで広められるとよいと思います。

先ほど大学の話が出ましたが、大学はトップダウンで純化され、エビデンスベースでみんなJABEEのような形になっています。私どもは悪口を言っているのですが、つまり三流の人を二流にする教育は超一流にできるようになったのですけれども、一流の人を超一流にするような教育がどんどんアウトになっているという言い方をしています。そのようないわゆる高度リベラレアーツのようなもの（言葉を操る能力）をもう少し何とかしなければいけないという認識を共有したいと思います。

○泉　公共政策決定自体は、冒頭に森田先生がお話しになられたように、例えばシステム、モデル、データということに加えて、政策決定のための時間的な制約や、様々な要因があって決まるものです。社会シミュレーションというときには、何の問題をシミュレーションするのかということが、もう少し議論されないといけないと思います。特にJSTがやる仕事と考えときには、出口戦略よりも、むしろ社会への入口戦略をきちんとしなければいけないのではないかと思っています。

冒頭に舩橋先生がご提起になった、資料2の14ページにキーワードとして上がっていますのは、社会インフラやヘルスケアという枠組みの中で、このよう粒度のどのような問題ができるかはもう少し議論しなければならないと思います。例えば、出口先生がお触れになりましたが、SIPで「レジリエントな防災・減災機能の強化」というプログラムは、実際管理法人として私のところがやっています。その意味で、研究の最前線の問題提起を伺えて大変参考になったところがあります。

いずれにしましても、あのような具体的な社会の問題について、シミュレーション研究が政策決定をするときに、あるいはSIPのあのプログラムですと、システム構築をするときに、どのように重要な要素になるのかということを、シミュレーション研究としてやっていくことが、JSTとしては重要ではないかと思います。もちろんそのためには、先ほど来、議論でやっているような、ある種の議論をするためのプラットフォームやデータ等いろいろなものが必要ですけれど

も、やはり社会のどのようなことに対してアプローチするのかということが非常に重要だと感じております。
それは私たちの研究システムが、なかなか出来きってはいませんけれども、今日は先生方からいろいろお話しいただいたことは、私たちの研究開発を考える上でも大変勉強になったということは申し上げたいと思います。ありがとうございます。

○出口　問題があるというよりは、問題設定のところに非常に力を費やさなければならないということです。現場サイドに近いところでは、問題設定の捉え直しの部分とデータに関しての部分のフィードバックが見えるというのがあります。
具体的な話を言いますと、シミュレーションというのは問題のロジックを見えるようにするために使うというのが 1 つです。これは、複数のステークホルダーが入ったときに、問題の全体ロジックを見せるにはシミュレーションが、しかもホワイトボックス型の、介入水準に近いところでのシミュレーションが非常に具体的です。実際に、救急車がどのような形でボトルネックを起こすかというのは、我々は都市レベルで相当やっていますので、災害時のシチュエーションでやりますと、きれいにボトルネックになります。どのようにアウトになるかとか、リソースクラッシュの問題まで非常によく示しますし、DMAT を含めたトレーニングの体系の中でそのようなものができます。
もっと言いますと、我々がリアルタイムのシミュレーションをつくるという話は SPEEDI の事例があります。ただ、あまり役に立つと思っていません。
そのときにリアルタイムでシミュレーションをするのではなくて、事前にシナリオを十分シミュレーションするということが大事です。ため池の結果に関してリアルタイムにシミュレーションするのであれば、事前にシミュレーションをして、ため池について対策を立てたほうがいいでしょう？というのが、僕らの立場です。

○泉　おっしゃることは、よく分かります。ですから、そのような問題設定をして、社会シミュレーション研究を行うべきであって、特に JST がやるからには、そのように思っています。そのような問題設定がありませんと、実際に研究をやられる皆さん、あるいは経済学等の各分野の研究側からのご関心ではなくて、社会からの政策的な要請といったことをベースにしながら、問題設定をやるということです。おっしゃられた SIP での話は DMAT を派遣するときに、どのように情報共有して、厚労省からの情報と、現場の情報をつなぎ合わせてやるかというという問題設定があるわけです。そのような問題設定に即した社会シミュレーションが必要ではないかということが、申し上げたかったわけです。

○出口　ただ、その時に問題設定そのものを問題として、問題設定が何をやるのかをやらなければならないというのが、我々の原理的な立場です。もちろんそれはやれますし、やりますが、SPEEDI を 2 個作ってもしようがないというようなところもあります。

○木村　今の問題に関係しているのですけれども、問題設定は今、非常に難しくなっているのだと思います。そして、対象のいろいろな現象も複雑になってきています。かつてのような単純な因果関係が成り立たなくなってきていると思います。かつての経験則も成り立たなくなっています。世の中が、どちらかと言えば見えにくくなってきています。いろいろなものが絡み合っているわけです。IoT も含めてです。ですから、そこでシステム科学が出てくると、つまり、対象をシステムとして見るというのが、第 1 に重要なことだと思います。「複雑だ」という意識の下に、データをとっても、データの説明が難しくなってきています。ですから、問題設定をすることの難しさが現れ、システム的な思考が必要になってきます。出口先生がおっしゃったメタな部分、それは非常に重要だと思います。それこそシステム科学が与えなければいけないものです。システム思考というのは、いろいろな how-to ものがあるのですけれども、それが役に立つような生やさしい問題では今なくなってきていると思います。
ですから、メタをつくるというところを、このプロポーザルで現実に即してやりながら、現代のこの複雑な社会において、そのような問題の捉え方を解析するというのが重要だとお二人の議論を解釈してよろしいでしょうか。

○泉　おそらく特にこれが社会システムの構築ですとか、そのようなことのためのシミュレーションということは、我々の理解では、ある種の公共政策を徹底するためのシミュレーション、それを援用するためのシミュレーションだと理解しますし、基調講演で森田先生にお話しいただいたのも、そのような趣旨ではないかと思います。そのようなことだとすれば、実際の公共政策の決定というのは、政治的なプロセスがどうしても入りますので、そのための援用として、エビデンスベースでできるだけ不確実な、あるいは非合理的な要素はできるだけ排除しながらやるために、このようなものがどのように機能していくかということではないかと、私自身は思っています。

○舩橋　森田先生、今のご発言について、もし何かいただければと思います。

○森田　なぜ私が基調講演なのかというのをさっきから考えていて、よく分からないところですが、私自身、今もそうなのですけれども、政策をつくって、社会的課題に対してどう解決するのかというときに、システム的な考え方がどのように役に立つかと言いますと、少し見え方が違ってきます。

まず１つは、世の中が非常に複雑になってきて、よく分からないということがあります。それを衝動的に、ある意味で目の前のことだけで対応するというのは、非常に危険だというのは分かっています。むしろ問題が拡大したりします。その時に、社会システムという方法とは何かと言いますと、社会のある問題が、他の問題とどうつながっているかという理解をするためのツールとして、非常に重要であることは間違いありません。ただ、そこから、理解をして、こうだったということが分かって、そこから対応するために、どう解決策がでてくるかと言いますと、これはまた別の話になります。

現場の政策をつくる人というのは、解決策を求めているところがあるわけです。それも実際に、例えば、感染症が広がったときに、それをどうやって防ぐかということもあれば、先ほど申し上げましたけれども、いろいろな課題に対応するためには、強力なリーダーシップがいるとなりますと、政治学的な言い方といいますか、要するに、権力の最大化のために何が有効かという形でのシステムの利用の仕方もあります。

その辺は、問題のそもそもの理解の仕方もそうですけれども、それ自体の設定が、ある意味で判断・評価の問題になりますから、そこをどう捉えていくかということをよく認識して、この方向を考えませんと難しいです。確かに昔は経験と勘のようなところで何とか乗り切っていたわけですが、今は必ずしもそうではなくなったということです。

いくつもそのような例があるのですけれども、一例を申し上げますと、例えば、今、高レベル核廃棄物の処分場の問題が大変大きな関心になっています。トイレのないマンションの話ではありませんけれども、どうするかと。あれは非常にリスクの高い放射性物質をガラスで固定して、ステンレスであれして、粘土であれして、地中何百メートルに送って、数百年冷却して、数万年たって放射能がなくなるわけです。それをどうやって管理するかという話をずいぶんやっています。なかなか恒久的処分地が見つからないというので、私も資源エネルギー庁でそれに関するお手伝いをしました。ひるがえって考えますと、人口学的に、合計特殊出生率が去年 1.43 ですけれども、私は今のトレンドでいきますと、大体 1.35 ではないかと言っています。合計特殊出生率が 1.35 だとして、それを計算的に将来に投影するとどうなるかと言いますと、あと 1,000 年と少しぐらいで最後の日本人がいなくなります。そうなるかどうか分かりませんし、なってほしくはないのですが、今のままのシミュレーションでいきますと、そうなるでしょうと。その時に、何万年後のことを考えるというのは、一体どのような意味があるのかという話になってきます。それを結びつけて、何を考えるかというのは、なかなか難しいところです。

何を申し上げたいかと言いますと、問題の設定の仕方と、問題として認識されたとしても、それを社会的な問題として認識するかどうかで、かなり捉え方が違っ

てくるということです。このたぐいの例はまだいくつもありますが、やめておきますが、少なくともそのような意味で社会を認識して解決策のためにより精度を高めるためのツールとして社会システムの解析という方法があるのではないかと。それをある意味で認識した上で、どのようにして精度を高めるかということですし、違うファクターが入った場合に、それをどのように取り込んでいくかというのは、人口の話もそうかもしれませんし、やはり頭に置いておく必要があるのではないかと。

ただ、出口先生がおっしゃったように、それをできるだけ早く役に立てるようにするためには、基礎となるデータが必要でしょうと。今日伺っているお話では、どなたもおっしゃらなかったのですが、私自身は北欧を見ていて、かなり日本より進んでいるというのは、日本語で言いますと、マイナンバーのような形で個人の番号を振って、それに関連するデータの紐付けという仕組みができています。やたらそれを使いますと、もちろんリスクはあるのですが、非常時にどう対応するかということについては、それが即座に使えるようになる訳です。逆に言えば、そのことはリスクもそうですし、社会的なニーズについても、かなり精度の高いシミュレーションができるのではないかと。日本は部分的には、例えば、医療で言いますと DPC データという世界に冠たる、ものすごいデータがあるのですけれども、それは今の病院で今の病気で入院したときのデータだけであって、数年前に違う病気で入院していて、その時に飲んだお薬が今の病気の原因になっているというのは、分からないのです。

そのような意味で言いますと、このようなシステムをやられる方は、こぞってマイナンバーをもっと社会のシミュレーションに活用すべきではないかと。名医が名医でいいのですけれども、かなりの名医になるまで診察する患者するといっても、万のオーダーでしかないわけです。全数でやった場合には、数百万のデータを解析しますと、全く違うものが見えてきます。今、世界の最先端の国はそれを始めているときですので、ぜひそれを進めるべきです。医師会が反対するのはよく分からないのですけれども…。

何を申し上げたいかと言いますと、私の認識で言いますと、システム分析等のツールは、限界と有効性を認識しながら、それを活用するためには、何人の方がおっしゃいましたけれども、きちんとした基礎的なデータを使えるようにしておく環境が非常に重要ではないかと思います。そのために、この戦略的なプログラムをぜひ進めていただきたいと思います。長くなりまして、すみません。

○船橋　ありがとうございます。

○高安　今のお話と関係するところですけれども、社会シミュレーションは、やればそれだけ結果が出ると思いますけれども、私は結果に責任を持つことが大事だと思います。今日ちょうど森田先生から GDP のシミュレーションがありましたけれども、このようなシミュレーションであれば、いくらやってもかえって評判を落とすだけです。ですから、1 つ考えられるのは、社会シミュレーションは、最低限、責任者の名前を書いて、この予測はどこの大学の誰先生が責任を持ってしますと。

それを出しておけば、何年か後に必ず検証できるわけで、それは大変なフィードバックになると思います。やはり研究者としては、出したからには責任を持たなければいけませんし、合わなかったのであれば、なぜ合わなくなったのかという説明も必要ですし、「自分であったらもっといいものをつくれる」という人には、自分の名前のついたものをつくらせればいいと思います。ですから、最低限、社会シミュレーションである程度社会に影響のあるものを出すからには、責任者をはっきりさせて、何年か後には厳しいチェックがあることを前提にすべきと思います。

○森田　おっしゃるとおりだと思いますが、役所の世界は、主語を使わないで読ませるというのが。

○高安　主語がないのは、出してはいけないと思います。

○出口　それは前から私も主張しているのですが、今、例えば、エビデンスベースというときに、結果の評価があります。そうではなくて、そこに使われていたモデルをきちんと explicit にして、モデルにフィードバックをかければ、官庁の場合は誰がつくったのかまでは問えないにしても、大体は、違う課長のところに行って「違う」と言われるのが落ちですので、モデルだけは明確にして欲しいというのがあります。
先ほど森田先生がおっしゃったことは重要で、その政策的なこと自身が、ある種のバウンダリーコンディションになります。私は、統計法改正の際には、竹内委員会の 13 人のうちの 1 人でした。その時、私は、社会統計とセットの形で推計を進化させる形にすることで、まずベースが非常にしっかりしたものが出来上がるといった話をしました。今社会シミュレーションと言いますと、個別の課題が小さくアドホックにあるケースが多いです。
国際的にも、今、欧州でもやろうとしているのですけれども、プラネタリー・ナーバス・システムとか、要するに地球に神経系を覆わせるのだというようなコンセプトが独立にいろいろ出てきていますので、しばらくたつとそのようなものに、またフレームワークが切られた後に参加するというパターンになるのかもしれないですけれども、その辺はもう見えていますので。しかも、今、日本はとてもいい統計データもありますし、そこから逆に推計のほうから統計を設計するようしますと、全く違うものが見えてきます。そこの足腰をしっかりするという話は、やるべきだと思いました。

○舩橋　どうもありがとうございました。

○鈴木　最後に、私どものユニットのリーダーである、木村上席から閉会のご挨拶をさせていただきます。

2-7　まとめと閉会挨拶

木村英紀（JST-CRDS 上席フェロー）

今日は本当にお疲れ様でした。遠いところから、しかもお忙しい中をおこしいただき、貴重なご意見、ご助言をいただきまして、大変ありがたいと思っております。

1つ、データについてつけ加えさせていただきます。先ほどの、JST が主体になって、いいデータを集めて、研究者なりに提供したらいいのではないかというご意見ですが、実は、前に同じご意見をいただいております。例えば、JR やナビの提供会社からもらって研究をしている人たちが研究者の一部におられます。そのような一部の人たちは、コネクションだけでそのようなデータをもらえているとのことです。それは非常に不公平だということで、JST が中立性の立場からデータを購入して、集めて、それを提供したらどうかというご意見をいただきました。私どももそのとおりだと思いまして、議論をしたことがございます。

ところが、JST はそのようなことはできないということでした。データを提供するためには、それを利用可能とするためにフォーマット化が必要となり、そのためには相当な経費がかかるとのことでした。ですから、単に提供するということでは済まないとのことでした。それ以外にも、何か問題点があるとのことで、結局その話はうまく行きませんでした。弁解になってしまいますが、我々なりに努力していたということはここで申し上げておきたいと思います。ただ、将来はそのようなことも可能だと思います。今のようなご要望を、我々は、中からでなく、外からどんどん JST にあげていただければと思いますので、よろしくお願いいたします。

実はこの戦略スコープの始まりは、前に櫻庭先生が主催してくださって、経済学者とマルチエージェント、それから金融工学の三者の協働関係ができないかということで、我々は検討会を1年ほどやらせていただきました。その報告書はあると思います。そのときに、我々がヒアリングした経済学の方々は、経済学は終わったと、マクロ経済学は予測能力がなくなったということを異口同音におっしゃいました。予測ができなくなったら困るわけですから…。我々としましては、何とか予測機能を回復できないかということで、ミクロの立場からのマルチエージェントとマクロな経済学の方々が一緒になってやれば、何かできるのではないかという期待を持ってこのスコープをつくらせていただきました。2年ぐらいかかりました。中でうまく行きませんでしたので、1年目はやはり駄目でした。去年は幸いチーム発足までこぎ着けまして、チームで議論している間に、役に立つところから出発しようという、非常に強い意見がございました。そこで、我々は地方再生ということに、最初のテーマを絞って、そこで何かをやるようなプロポーザルを今書こうとしております。

2つのコミュニティ、さらに金融工学も含めて3つですが、コミュニティが協力できるのかどうかに、このプロポーザルはかかっていると思います。その辺を皆さまにぜひご留意いただいて、今後もご支援をお願いしたいと思います。今日は本当にありがとうございました。

3　ワークショップ講演記録

3-1　開催趣意書

深掘ワークショップ
「社会変動予測と社会システム構築のための社会シミュレーションの展望」

開催趣意書

平成 27 年 2 月
研究開発戦略センター
社会システム構築チーム

1.　背景と目的

研究開発戦略センター（CRDS）は、JST の研究開発戦略を立案すると共に、我が国の研究開発の推進に資することをミッションとして活動を行っている。
平成 26 年度に発足した社会システム構築チームでは、社会変動の予測やこれに基づく社会システムの構築のための方法論の要件について、文献調査、有識者へのインタビューを通じて検討してきた。少子高齢化が進展し、国の形が大きく変わろうとしている中での社会変動の予測やシステム構築にあたっては、これまで取り組まれてこなかった、人々の多様な行動を想定した木目細かな社会シミュレーションが不可欠となっている。このために、伝統的な経済学的モデルに、マルチエージェントモデルに代表される人々のミクロな行動をモデルに織り込んだ計算論的アプローチによる社会シミュレーションが有力な方向あること、さらに、この具体的な課題として、喫緊の地方創生に取り組むべきであるとの仮説を持つに至った。
本深掘ワークショップでは、有識者との議論を通じて、社会シミュレーションにおける計算論的アプローチの必然性、その端緒としての地方創生に取り組むことの重要性、研究開発における技術的ボトルネックの把握と今後の課題抽出、公的資金を投入する意義の明確化、研究推進にあたって必要な方策などをより具体化することを目的としている。

2.　期待するアウトプット

(1) 地方創生等における具体的な研究開発課題
(2) 社会シミュレーションにおける計算論的アプローチの必然性
(3) 社会シミュレーションにおける計算論的アプローチの実現に向けた技術とその困難性

3.　参加有識者（予定）

講演者　（敬称略、五十音順）
　池田一昭　　日本アイ・ビー・エム㈱　バリュー・クリエーション事業部　部長
　泉紳一郎　　JST 社会技術研究開発センター（RISTEX）　センター長
　高安秀樹　　ソニーコンピュータサイエンス研究所　シニアリサーチャー
　出口弘　　東京工業大学大学院総合理工学研究科　教授
　細江宣裕　　政策研究大学院大学政策研究科　准教授
　森田朗　　国立社会保障・人口問題研究所　所長、中央社会保険医療協議会（中医協）　会長
コメンテータ
　大山達雄　　政策研究大学院大学　理事・特別教授
　黒江康明　　京都工芸繊維大学工芸科学研究科　教授
　櫻庭千尋　　追手門学院大学経済学部　教授
オブザーバー
事務局
　（独）科学技術振興機構　研究開発戦略センター　社会システム構築チーム

4.　プログラム（案）

オープニング　　司会：鈴木久敏（JST-CRDS）
　14:00~14:05　　開催挨拶　　中村道治（JST）
　14:05~14:15　　趣旨説明　　舩橋誠壽（JST-CRDS）
基調講演
　14:15~14:50　　森田先生ご講演
技術展望
　14:50~15:10　　出口先生ご講演
　15:10~15:30　　細江先生ご講演
　15:30~15:50　　高安先生ご講演
　15:50~16:10　　池田先生ご講演
　16:10~16:30　　泉先生ご講演
総合討論　　司会：舩橋誠壽（JST-CRDS）
　16:45~17:45　　司会からの論点説明・全体討論
　　指名討論者：櫻庭先生、黒江先生、大山先生
おわりに
　17:45~18:00　　まとめと閉会挨拶　　木村英紀（JST-CRDS）

以　上

3-2　趣旨説明スライド

資料2

深堀ワークショップ

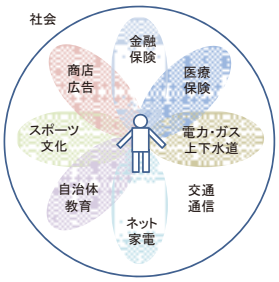
社会変動予測と社会システム構築のための社会シミュレーションの展望

2015年2月12日（木）14時～18時・JST東京本部4階会議室

JST-CRDS社会システム構築チーム

1

様々な分野で新たな社会システム構築が望まれている



社会において，私達は様々なシステム（社会技術システム）に囲まれて生きている

■JST-CRDSシステム科学ユニットが掲げる7つのドメイン

・資源・エネルギー・環境
・ヘルスケア
・社会インフラ
・地域再生
・防災・リスク対応
（総合科学技術・イノベーション会議が掲げる5政策課題にリンク）
＋
・食糧確保
・社会予測と制度設計

2

具体的な事例（地域再生）：まち・ひと・しごと創生総合戦略

まち・ひと・しごと創生本部（2014）

■2020年達成目標
1. 地方での雇用創出30万人 — 政策パッケージ
2. 東京圏転入超過10万人をゼロに — 政策パッケージ
3. 若い世代の結婚・出産・子育ての希望をかなえる（19.4%→40%以上） — 政策パッケージ
4. 時代に合った地域つくり — 政策パッケージ

政府

・情報支援（地域経済分析システム提供）
・人的支援（国家公務員派遣）
・財政的支援

都道府県および地方公共団体

作成

■地方人口ビジョン
■地方版総合戦略

■まち・ひと・しごと創生法成立（2014/11/21）
・政府および都道府県・地方公共団体の役割義務（ビジョン・総合戦略策定の策定）
■閣議決定（2014/12/27）
・まち・ひと・しごと創生長期ビジョン
・まち・ひと・しごと創生総合戦略

3

地域経済分析システム（地方版総合戦略立案ツール）

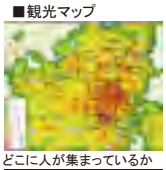
■産業マップ

どの産業が稼いでくるか

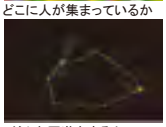
近隣とのつながりは

中核企業は

■観光マップ

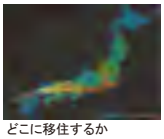


どこに人が集まっているか



どんな回遊をするか

■人口マップ



どこに移住するか

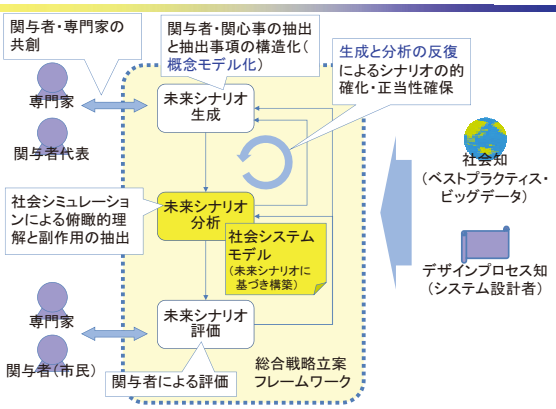
■自治体比較マップ

可視化の次はモデル化

まち・ひと・しごと創生本部（2014）

4

総合戦略立案の規範的なプロセス



5

地方公共団体の課題例

■人口減少下での震災復興（気仙沼市：人口6万6千人）

谷川(2013)

□2040年ビジョン
・高齢者率50%でも元気で楽しく・住みよい街（少しでも働かないと市財政破綻）
・希少な若手が戻って来たい街（目標：Uターン率50%，夫婦子供で戻る）
・災害に強く，住みやすいスケーラブルインフラ

ビジョンを実現する道筋の立案が必要

・点在する集団移転先．交通機関乏しく，これからのインフラ整備．
・次世代にインフラ保守費の負の遺産を残さない新たなインフラ概念が必要．

【キャッチフレーズ】2000年に生まれた358人が30~50年後に戻ってきてくれる街づくり

□高校生2032人のアンケート回答
・将来，気仙沼市に帰郷・定住したいか

・定住するために市はどうあってほしいか
①職種の幅．給与，安定した収入，働き口（33.3%）
②娯楽施設，ショッピング，集まれる所（12.7%）
③交通網の整備・充実（11.2%）

6

地方自治体経営・設計のための社会シミュレーションの発展

■システムダイナミクス(SD)アプローチ：1970 -
・1970 - 80における SDへの取組例

池田(2008)

□SD
・要因間の関係を動的に捉えて全体を表現
・静岡県モデルの例

山下(2010)

■応用一般均衡モデル(Computable General Equilibrium: CGE)・応用都市経済モデルアプローチ：1990 -

・取組み例　上田(2008)

1989	名古屋市圏(交通政策)
1991-93	岐阜市(道路網整備)
1992-93	広島市(新交通)
1993-07	札幌市圏(交通・土地利用)
1995	東京都市圏(鉄道網)
1996-01	岐阜市(洪水対策)
2000-03	京都市・滋賀県(道路網整備)
2008	東京都市圏(交通・容積率・料金等)

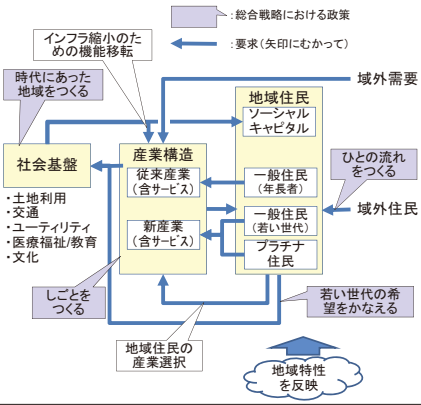
□CGEのフレームワーク

小池(2004)

・世帯，企業を経済主体としてそれぞれが合理的行動を行うと仮定
・応用都市経済モデル：空間的な配置を考慮

7

地方創生の施策立案に向けた社会シミュレーションの構図

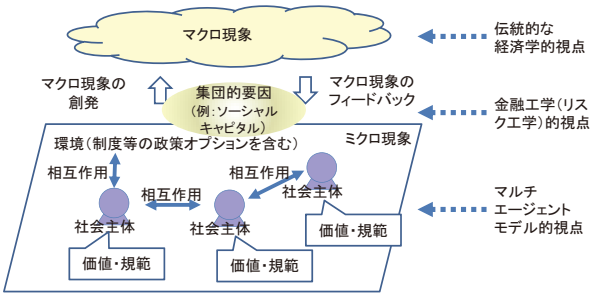


■社会シミュレーションへの要求事項
・価値観の異なる多様な関与者の存在，関与者間のローカルな関係性(例：ソーシャルキャピタル)の扱い
・地域住民構成の時間的な変化への追従
・不確実性への対応(生じうる事象の発見)

・新しいシミュレーション(モデル)パラダイムへの飛躍が必要

8

新たな社会シミュレーションパラダイムへの飛躍



■社会シミュレーションの難点であるミクロ・マクロループ(ミクロな現象がマクロな現象を引き起こしさらにマクロな現象がミクロな現象に影響を及ぼす)の存在の克服

9

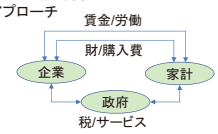
社会シミュレーションの新たな取組：計算論的アプローチ

	これまでの社会シミュレーション	本提案のアプローチ
多様性視点	・経済学に立脚した少数の社会主体(家計，企業，政府)の行動のモデル化(合理的行動仮説)	・計算機パワーの進展を背景として，経済学モデルとマルチエージェントモデルの共進化による多様性の克服(モデル同定技術の確立が前提)
不確実性視点	・マクロ変動：NPEST分析(N：自然要因，P：政治要因，E:経済要因，S:社会要因，T：技術要因) ・ミクロ変動(2次効果)：考慮なし	・マクロ変動：同左 ・ミクロ変動：意思をもち，かつ，学習する主体が生む相互作用の想定 ・不確実性の扱い：金融工学(リスク工学)知見の展開
	・成長(人口ボーナス期)を前提とした社会システム構築 ・未来の均衡解の導出	・縮小(人口オーナス期)を想定した綿密な社会システム構築 ・複数の未来の可能性の発見

10

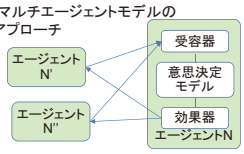
社会シミュレーションの新たな取組への道筋：経済学モデルとマルチエージェントモデルとの共進化

■応用一般均衡モデルのアプローチ



□各主体の行動原理
・行動規範　$P=P(x,u)$ →最大
・制約　$dx/dt=F(x,u)$
(x：状態変数，u：操作変数)

■マルチエージェントモデルのアプローチ



□各エージェントの行動原理
・意思決定モデル(プログラム記述)に基づく
・モデル例：行動(満足化)規範＋制約＋環境予測

数式制約(規範命題優先)からの脱却，計算力向上の享受

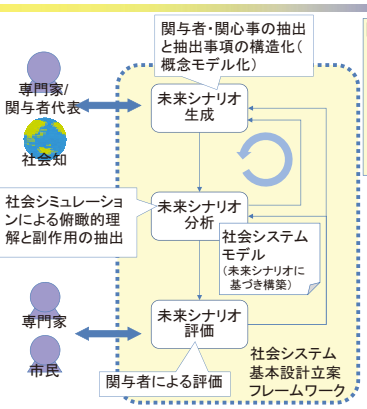
多様な価値観をもった人々や事業体で構成される社会のシミュレーション実現

モデル構成への経済学的知見の反映，モデル同定能力の向上

■金融工学(リスク)知見の発展による不確実性への対応

11

社会システム基本設計立案のフレームワーク



【想定する社会システム基本設計】
・理念：多様性・不確実性の認識
・タイムスパン：長期(10年～30年)
・空間的スケール：国レベル～市町村レベル
・関心事：人口構造の変化，グローバル化，資源制約がもたらすライフスタイル，ワークスタイル，経済基盤，社会基盤，・・・

社会システム設計者

➢社会システム基本設計
・未来シナリオ
・社会システムモデル

12

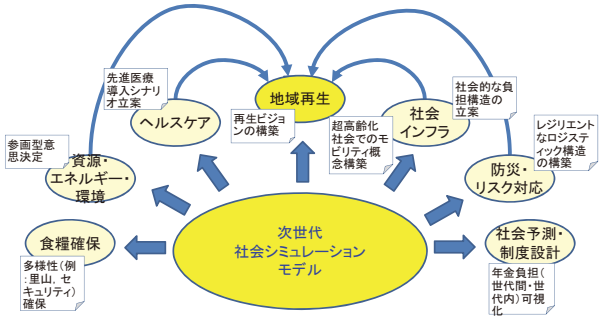
研究開発テーマの詳細

研究開発テーマ	社会システム構築手法
■社会システムモデル □経済学モデルからのアプローチ ・多様性，意思決定過程の取込み □マルチエージェントモデルからのアプローチ ・経済学的知見の反映 ・ミクロ不確実性（2次効果；学習・態度変容）の抽出 ・モデル正当性の立証規範の構築 □金融工学からのアプローチ ・不確実性のモデル化とリスク回避戦略 □共通事項 ・社会システムの開放性への対処 ・分野に応じたモデル鋳型の構築	①計算論的社会システムモデリング基盤（モデル概念の拡充，モデリングツールの整備）
■未来シナリオ生成 ・シナリオ生成戦略 ・ゲーミフィケーションによる行動オプション抽出 （・文献DBからの要因・因果性抽出）	②計算論的未来シナリオ構築法
■フレームワーク ・市民参画の形態・範囲および全体の構成	③参画型社会システム基本設計立案フレームワーク

具体的な社会システムを対象に研究開発

13

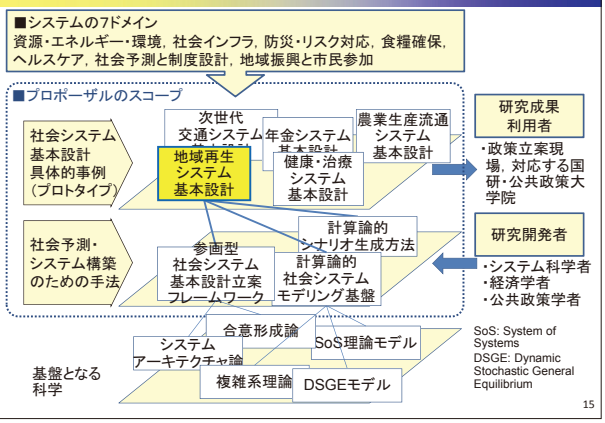
地域再生問題の多面性・社会シミュレーションモデル概念の汎用性



複数応用分野の並行的な取組が研究を加速化

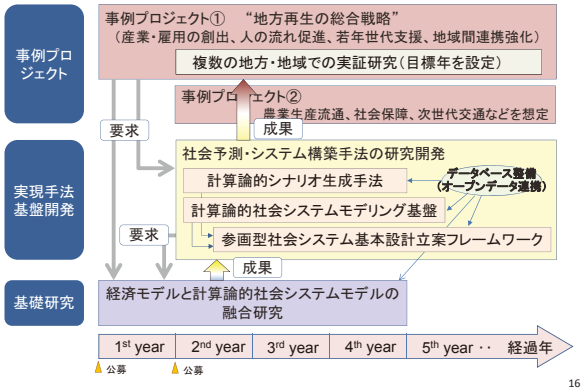
14

研究開発の構造



15

時間軸に関する想定



16

ワークショップ：プログラム

■プログラム
□オープニング
総合司会：鈴木久敏（JST-CRDS）
14：00～14：05　開催挨拶　中村道治（JST）
14：05～14：15　趣旨説明　舩橋誠壽（JST-CRDS）
□基調講演
14：15～14：50　森田　朗：政策立案・システム構築への科学的アプローチの現状と展望
□技術展望
14：50～15：10　出口　弘：エージェントベースモデリングと社会シミュレーション ー人工物としての社会をデザインする言語として
15：10～15：30　細江宣裕：震災の経済的影響の予測と望ましい復興政策に関する動学的応用一般均衡分析
15：30～15：50　高安秀樹：経済物理学における社会シミュレーション
15：50～16：10　池田一昭：スマーターシティにおける社会シミュレーション
16：10～16：30　泉紳一郎：社会システムの構築へ向けて ー社会技術研究開発センターの取り組みー
（休憩　16：30～16：45）
□総合討論
司会：舩橋誠壽
16：45～17：45　司会からの論点説明・全体討論
指名討論者：櫻庭千尋，黒江康明，大山達雄
□おわりに
17：45～18：00　まとめと閉会挨拶　木村英紀（JST-CRDS）

17

ワークショップの趣旨・討論希望事項

■趣旨
人口減少社会を迎えて，あらゆる場面で，横断的な政策展開が望まれている．地方創生を具体的な事例として，政策立案・システム構築における科学的なアプローチを形成する社会シミュレーションの今後の方向性を展望する．

■討論希望事項
□地方創生における社会シミュレーションの位置づけ
・地方創生への貢献，留意すべき関連領域・事項
・前提条件（人的資源，データ資源等）の整備見通し
・研究の構造・取組体制

□社会シミュレーションによる新パラダイム構築の可能性
・超サイバー社会に向けた基盤性，補強すべき領域・事項
・研究の取組体制

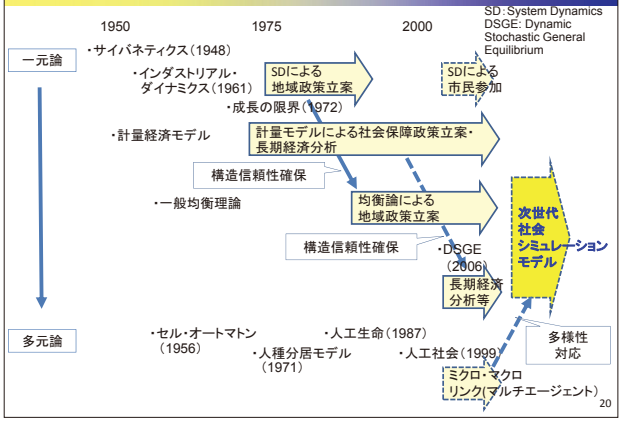
18

END

2015/02/12

19

歴史的な位置づけ：社会シミュレーションモデルの展開



20

国際動向（FuturICT構想）との比較

■FuturICT構想
□地球社会シミュレーター
・経済、社会、環境等を統合した大規模シミュレーター
・政策オプションの帰結を洞察（シナリオ分析）

□危機監視システム
・リアルタイム・個人ベースの社会経済活動データの集積
・未発見の法則を探求（マイニング）
・危機の兆しを発見

□意思決定プラットフォーム
・政策オプションの帰結を可視化
・政策担当者と市民による討議と意思決定

□技術革新活動
□システム・意思決定法開発

EU　Horizon 2020
Global Systems Science
・インターネット，金融，都市等のグローバル視点からのモデル化と政策オプションの検討

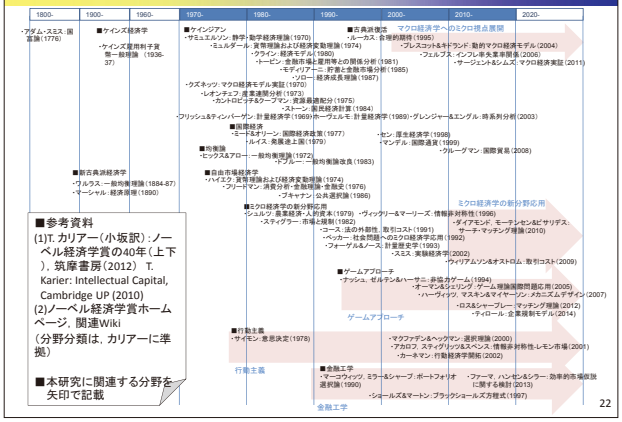
VS

■本研究
人々の多様性・不確実性に焦点を当てた社会システムのモデル化

中井（2013）

21

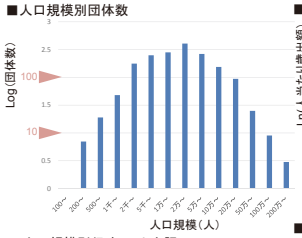
ノーベル経済学賞分野との関連



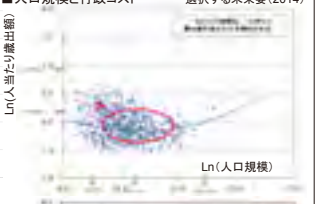
22

規模・行政コストからみた地方公共団体の多様性

■人口規模別団体数



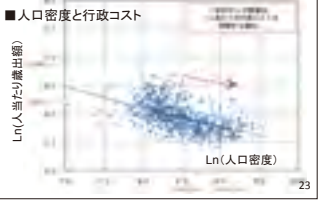
■人口規模と行政コスト　選択する未来委（2014）



■人口規模別行政コスト内訳

総務省（2014）

■人口密度と行政コスト



23

3-3　森田朗先生 基調講演スライド

政策立案・システム構築への科学的アプローチの現状と展望

JST深掘WS
「社会変動予測と社会システム構築のための
シミュレーション技術の展望」

2015年2月12日

森田朗
国立社会保障・人口問題研究所

Copyright © Akira Morita　0

本日のトピック

1. 政策のための科学の可能性
2. 政策決定の実態
3. 「科学」の現実
4. 政策思考のあり方
5. 研究組織とそのマネジメント

Copyright © Akira Morita　1

1. 政策のための科学の可能性

合理的政策決定への「科学」の応用

＊科学技術イノベーションのための「政策のための科学」

プログラムの目的

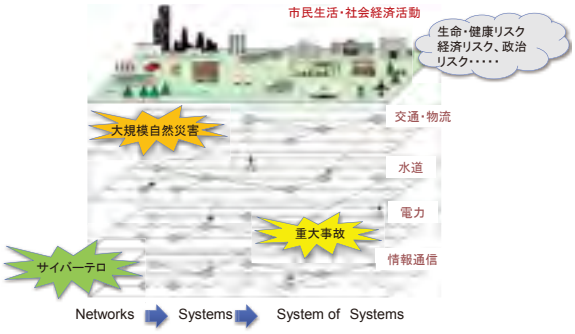
本プログラムは、客観的根拠（エビデンス）に基づく科学技術イノベーション政策の形成に中長期的に寄与することを目指し、

現実の政策形成に活用しうる新たな解析手法やモデル分析、データ体系化ツール、指標等の研究開発を推進します。
幅広い分野と関連する学際的分野で、関与する研究者の層を広げます。あわせて、その活動状況を社会へ広く発信し対話の場を作り、コミュニティ・ネットワークの拡大を図ります。

＊レジリエントガバナンス（＊市民社会の安全保障）

Copyright © Akira Morita　2

重要インフラの脆弱性



東京大学工学系研究科レジリエンス工学研究センター

Copyright © Akira Morita　3

2. 政策決定の実態

科学的知見	決定手続	政治的合意形成
データ・エビデンス 合理的政策決定 ↓ 不充分なデータ タイムリミット ステークホルダー	審議会 専門家・利益代表 審議手続 決定方法（多数決？）	説得・論証 討論技術 妥協 （会議の政治学）

＊医療費の決定過程

Copyright © Akira Morita　4

3.「科学」の現実

◆ 現在の科学の限界

考察視座の限定　→　複雑な現象を多角的・柔軟に捉えられない
細分化・厳密化　→　総合的視座の欠如
価値判断　→　埋没した価値前提の呪縛

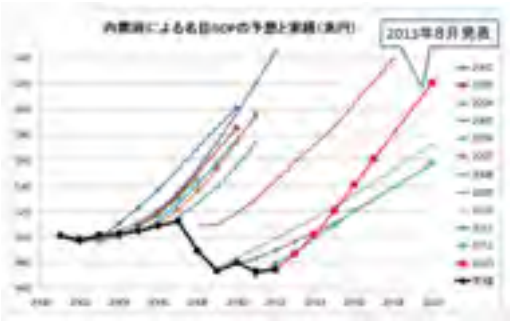
◆ 政策形成への応用――発想の相違

事実準拠（現状ベース）	目標ベースのリスク
悲観的予測の前提	願望投影型政策

＊経済学に基づく政策提言

＊人口減少への対応策

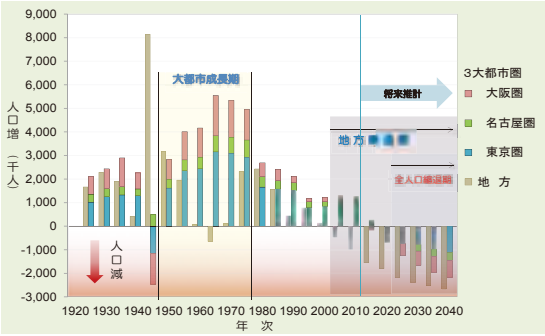
Copyright © Akira Morita　5



http://ajer.cocolog-nifty.com/blog/2013/08/post-c231.html

Copyright © Akira Morita 6

地方と都市圏の人口増減の推移（5年間隔）



資料：2010年以前：総務省統計局「国勢調査」、2015年以降：国立社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口（平成25年3月推計）」

Copyright © Akira Morita 7

4. 政策思考のあり方

◆ 現実の政策決定の環境
- 複雑性ー要素の相互関連性
- 流動性
- 不確実性
- タイムリミット
- リソースの制約
- 価値判断
- 多様なステークホルダー

⇒ 予定調和の幻想
⇒ バランス
最適粒度
リソース管理（優先順位）
⇒ 不確実性の縮減

Copyright © Akira Morita 8

5. 研究組織とそのマネジメント

◆ マネジメント思考の欠如——研究と行政

◆ マネジメント思考——選択と集中

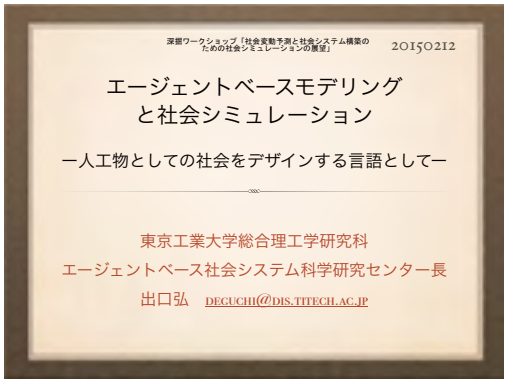
◆ 研究者マインド

◆ 非専門家による自治の限界——人材育成の必要

◆「科学」を使うための「科学」——適用場面と限界の認識

Copyright © Akira Morita 9

3-4　出口弘先生 技術展望講演スライド



Agenda：　エージェントベースモデリング（ABM）と
エージェントベースシミュレーション（ABS）が革新
しつつある人工物としての社会のデザイン科学

1. ABMの方法論：政策的境界条件を記述できるマイクロモデルがもたらす複雑性とマルチアスペクトモデリング
2. 社会の出来事は歴史上の一回のシミュレーション、ABMでは様々なシナリオとモデルの妥当性を討議する場を与える
3. 社会の状態空間は物理的状態空間と異なり、歴史的にも社会的に構築されたものであり人工物としてのデザインが必須
4. ABM,ABSから実世界のエージェント相互作用の場の構築と高度状態空間の構築に向けて：リアルワールドOSの構想

On 2003, Three Regional International Associations for Agent Based Social Science have established

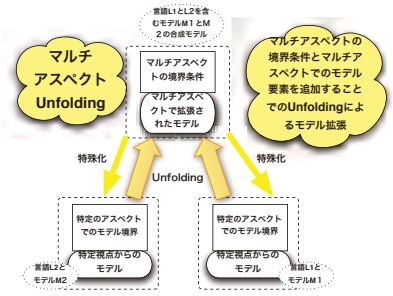
1. ABMの方法論：政策的介入水準で境界条件を記述できるマイクロモデルがもたらす複雑性とマルチアスペクトモデリング

エージェントベースモデリング(主体の介入水準でのマイクロモデリング）での方法論の革新

＊主体の介入水準で設定される複雑な境界条件が社会のシステムの複雑性の本質

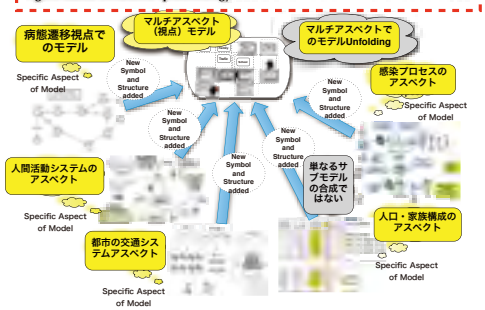
＊主体の介入水準での認識関心に応じた言語で書かれた複数の異なったモデルを接続して作成するマルチアスペクトモデル

主体の介入水準での、様々な介入手段を表現できる境界条件をマルチアスペクトで組み入れることで、モデルの認識範囲とそれによって設計（制度設計も含む）可能な範囲が定まる



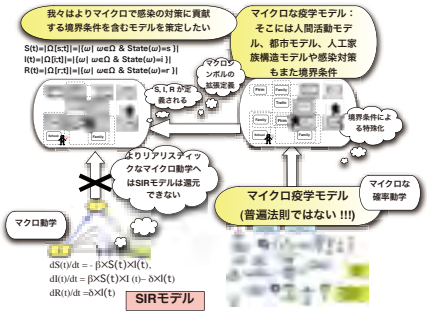
エージェントの介入水準でのマイクロモデリング(ABM)の例１：都市での感染症

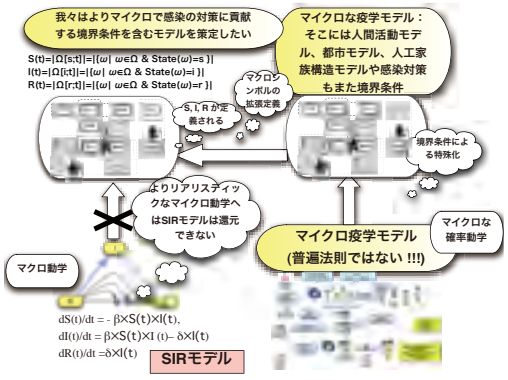
Agent-based Simulated Epidemiologyを例としたマルチアスペクトモデルの事例



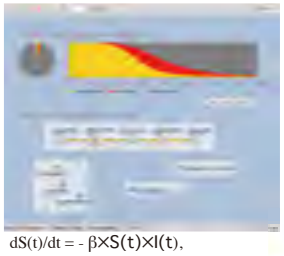
同じ言語を用いているサブモデルの合成問題ではない！
異なる言語を用いた複数のアスペクトのモデル合成問題！！

複雑な境界条件はマクロで単純なモデルには組み込めない！！
つまり論理レベルでValidityがない！





SIRモデルのパラメータβとδに複雑な境界条件を組み込むことは論理的に不可能。



伝統的な感染症のマクロモデルであるSIRモデルの扱える境界条件はβとδの二つ

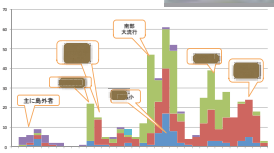
S(t):Susceptible,
I(t):Infected,
R(t):Removal

dS(t)/dt = - β×S(t)×I(t),
dI(t)/dt = β×S(t)×I (t)– δ×I(t)
dR(t)/dt =δ×I(t)

Pandemic Influenza Virus Surveillance, Izu-Oshima Island, Japan
Tomoko Inamasu, Kouji Sudo, Shingo Kato, Hiroshi Deguchi, Manabu Ichikawa, Tadanori Shimizu, Tadami Maeda, Shuhei Fujimoto, Toru Takebayashi, and Tomoya Saito, Emerging Infectious Disease, Emerging Infectious Diseases・www.cdc.gov/eid・Vol. 18, No. 11,pp.1882-1885, November 2012

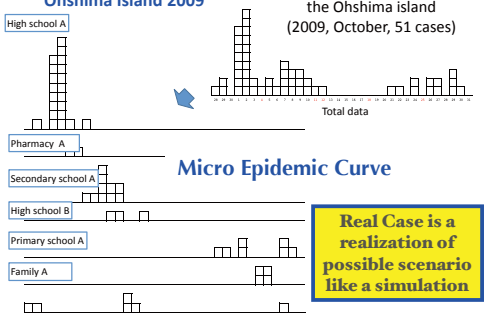
大島のパンデミック調査とそのモデル化

New PCR method of influenza diagnostics and virus typology



Case Research of Swine Full at Ohshima Island 2009

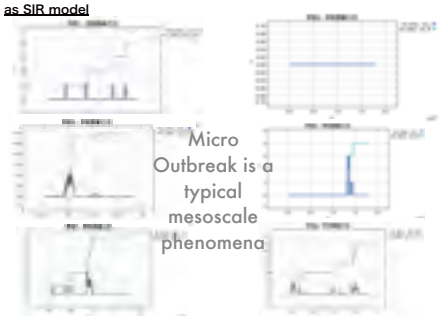
Situation of H1N1 influenza on the Ohshima island (2009, October, 51 cases)



Micro Epidemic Curve

Real Case is a realization of possible scenario like a simulation

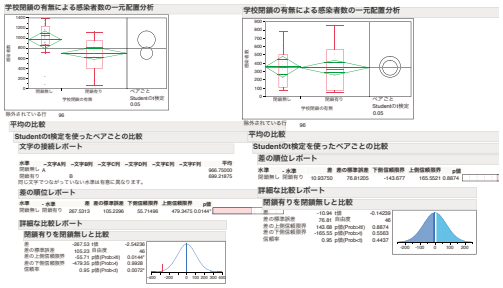
Social Simulation for Swain full at Ohshima Island under the organizational anti-pandemic activity such as school shutdown, that is mesoscale approach that can not be treated by macro approach such as SIR model



Micro Outbreak is a typical mesoscale phenomena

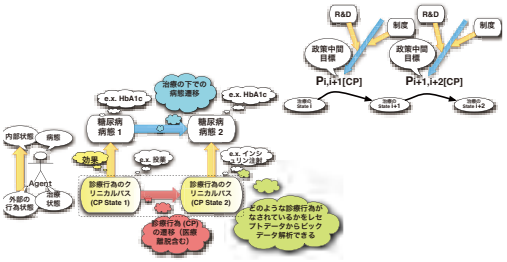
ワクチン接種の無い状況では、学校閉鎖の効果は有意に出る

ワクチン接種のある状況では、学校閉鎖の効果は出てこない



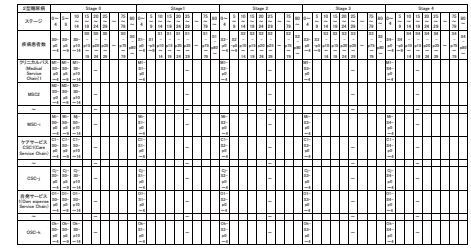
糖尿病の医療技術に関するエージェントベースモデリング事例

測定される状態空間は「治療行為」に関するレセプトデータ。その遷移の確率に介入するのが技術開発政策



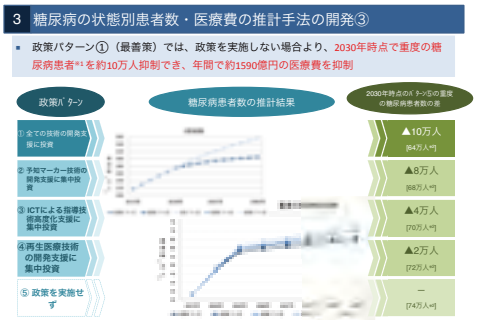
エージェントの介入水準でのマイクロモデリング(ABM)の例２：糖尿病に対する技術開発施策の評価モデル

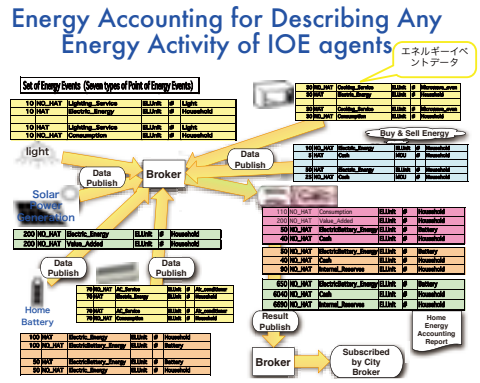
疾病ステージ別＆年齢別のメディカル＆ヘルス・サービスチェインの患者一人あたりの投入数表

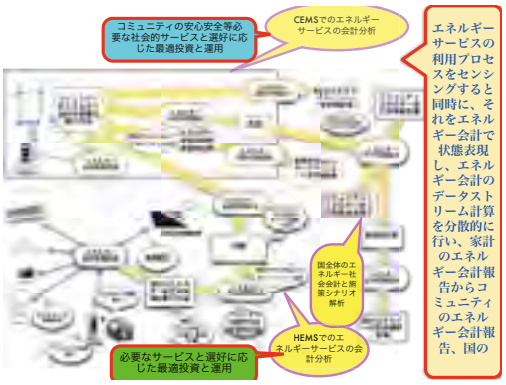


病院での対象ステージ別の標準治療はDPCコード（診断群分類番号）をレセプトデータから抽出し、他方で患者調査(基幹統計)のデータを按分する等として得る豊富を工夫する必要が有る。介護や健康活動も代表的なサービスチェインの類型化が必要。

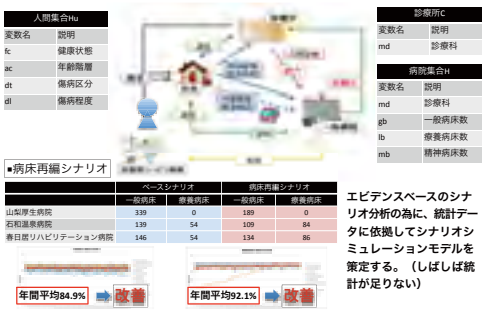
エージェントの介入水準でのマイクロモデリング(ABM)の例３：家計からコミュニティまでのエネルギーマネージメントシステム：介入レベルはエネルギーサービスのエネルギー会計的捕捉







地方のある二次医療圏を対象に，日動帯の通常診療に係る地域医療連携をモデル化してコンピューター・シミュレーションを行う．
医療機能に関する施策を導入して，適正な病床数を算定する．



エビデンスベースのシナリオ分析の為に、統計データに依拠してシナリオシミュレーションモデルを策定する。（しばしば統計が足りない）

エージェントの介入水準でのマイクロモデリング(ABM)の例４：その他の例

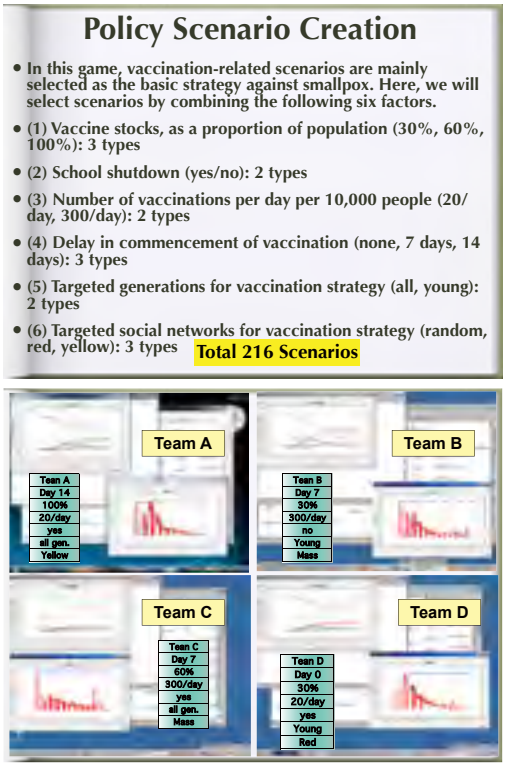
2 社会の出来事は歴史上の一回のシミュレーション、ABMでは様々なシナリオとモデルの妥当性を討議する場を与える

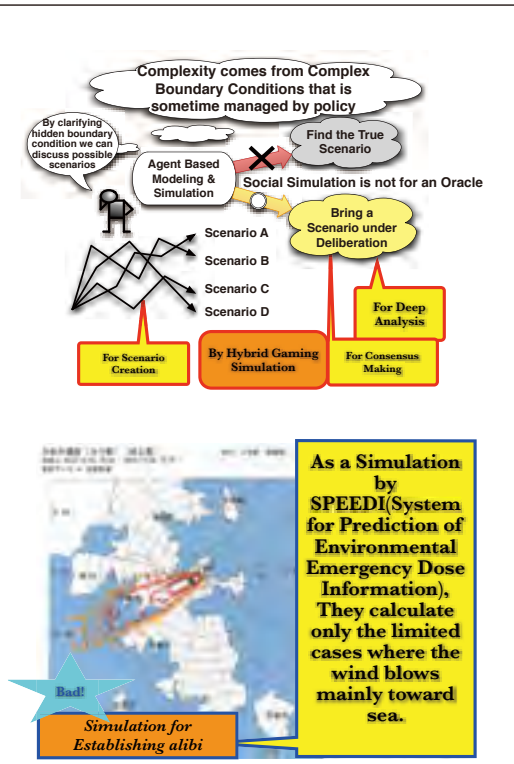
シナリオ分析とコミュニケーションの道具としてのABM

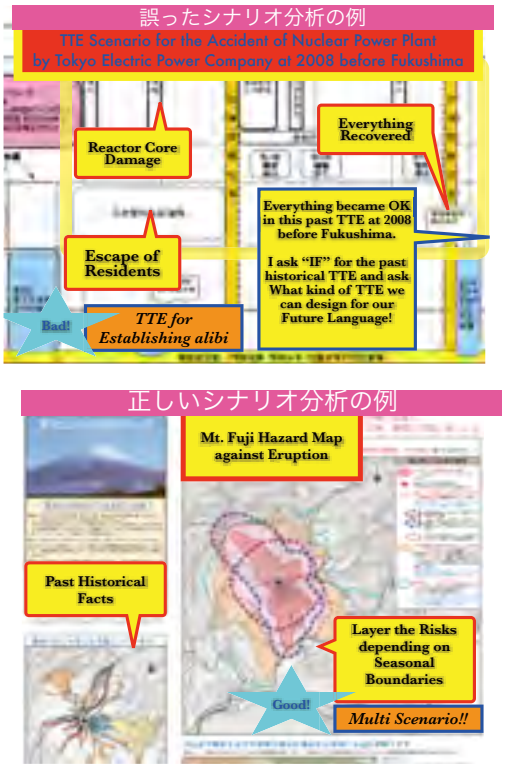
＊介入水準の政策を複数織り込んだ机上演習による討議空間の構築

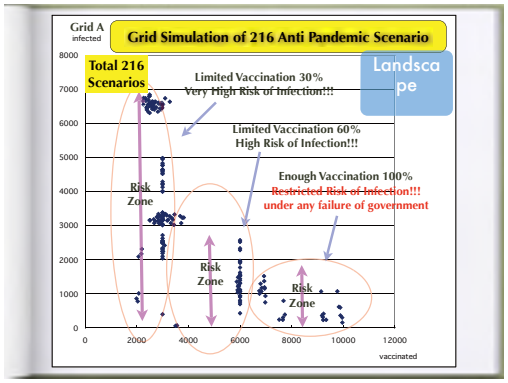
＊「科学的に正しい予測」から「様々なシナリオを前向き・後ろ向きに検討できるホワイトボックスモデルの構築へのパラダイム転換が必要

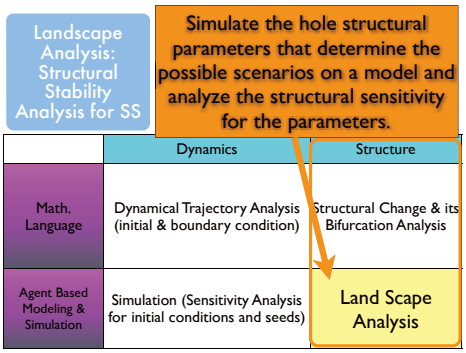
Simulation Supported TTE are effective Communication Tools
Simulated TTE provides Better Shared Intersubjective Internal Model for our Society. It is better than Implicit models in brains
Not for Oracle but for Clarifying and Evaluating Possible Options of Scenarios
Simulated Table Top Exercise
External Subjective Unfolding
Ex. Anti-bioterro Simulated Table Top Exercise
Gaming Simulation
Table Top Exercise
Traditional Communication & Discussion and Exercise Tools for Consensus and Policy Making
Smallpox Strikes America
Global Security Center at Keio University with the players and audiences from national defense agency, police agency, hospitals and related domain.
2008.2.23
Anti-bioterro Simulated Table Top Exercise with different stakeholders.
External Subjective Unfolding の事例
ステークホルダー相互の理解を促進するアクションリサーチ型のモデル（Simulation Supported TTE)もトランスレーショナル研究では必要とされる。
Consultant
the National Police Agency
the National Defense Agency & other stakeholders
Vaccine Production Company
216 Scenario
Hiroshi Deguchi, Tomoya Saito, Manabu Ichikawa, Hideki Tanuma, SIMULATED TABLETOP EXERCISE FOR RISK MANAGEMENT- ANTI BIO-TERORISM MULTI SCENARIO SIMULATED TABLETOP EXERCISE, Developments in Business Simulation and Experiential Learning, volume 38, pp.1-21, 2011


Policy Scenario Creation
In this game, vaccination-related scenarios are mainly selected as the basic strategy against smallpox. Here, we will select scenarios by combining the following six factors.
(1) Vaccine stocks, as a proportion of population (30%, 60%, 100%): 3 types
(2) School shutdown (yes/no): 2 types
(3) Number of vaccinations per day per 10,000 people (20/day, 300/day): 2 types
(4) Delay in commencement of vaccination (none, 7 days, 14 days): 3 types
(5) Targeted generations for vaccination strategy (all, young): 2 types
(6) Targeted social networks for vaccination strategy (random, red, yellow): 3 types
Total 216 Scenarios
Team A
Team A
Day 14
100%
20/day
yes
all gen.
Yellow
Team B
Team B
Day 7
30%
300/day
no
Young
Mass
Team C
Team C
Day 7
60%
300/day
yes
all gen.
Mass
Team D
Team D
Day 0
30%
20/day
yes
Young
Red


Complexity comes from Complex Boundary Conditions that is sometime managed by policy
By clarifying hidden boundary condition we can discuss possible scenarios
Find the True Scenario
Agent Based Modeling & Simulation
Social Simulation is not for an Oracle
Bring a Scenario under Deliberation
Scenario A
Scenario B
Scenario C
Scenario D
For Scenario Creation
By Hybrid Gaming Simulation
For Deep Analysis
For Consensus Making
Bad!
Simulation for Establishing alibi
As a Simulation by SPEEDI(System for Prediction of Environmental Emergency Dose Information), They calculate only the limited cases where the wind blows mainly toward sea.


誤ったシナリオ分析の例
TTE Scenario for the Accident of Nuclear Power Plant by Tokyo Electric Power Company at 2008 before Fukushima
Reactor Core Damage
Everything Recovered
Escape of Residents
Everything became OK in this past TTE at 2008 before Fukushima.
I ask "IF" for the past historical TTE and ask What kind of TTE we can design for our Future Language!
Bad!
TTE for Establishing alibi
正しいシナリオ分析の例
Mt. Fuji Hazard Map against Eruption
Past Historical Facts
Layer the Risks depending on Seasonal Boundaries
Good!
Multi Scenario!!





3 社会の状態空間は物理的状態空間と異なり、歴史的にも社会的に構築されたものであり人工物としてのデザインが必須

主体の介入水準でマイクロモデリングの為の状態空間を構築するという視点が求められる。

＊簿記と国民経済計算を結ぶ状態空間の数理としての交換代数

＊社会統計体系そのものが主体の介入水準で再構築される必要性

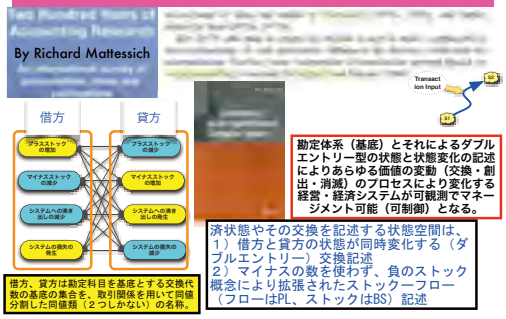
状態空間を構築し共有することが社会経済システムの発展の歴史で行われてきた事。我々はどのような社会状態を計測し、そこからどのようなモデルを構築するのか？

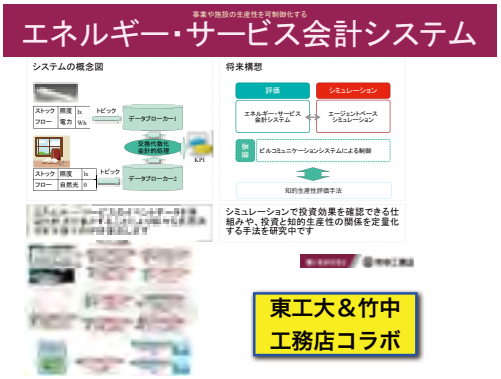
（1）１５世紀に数学書「スンマ」に記述されイタリアから欧州に広がった商業簿記は、典型的な組織の経済活動（経済交換に基づく状態）を相互主観的に認識し管理するために構築され、その後工場の状態を記述管理できる工業簿記など拡張を受け現在の財務会計システムとなり、更なる発展がIOE時代には可能となる。

（2）２０世紀には、大不況を受けて人類史上初めて国の経済状態を示す指標ができあがり、それが発展して現在の国民経済計算となる。だが現在のそれは金融フローを含め十分な可制御性を持たない。

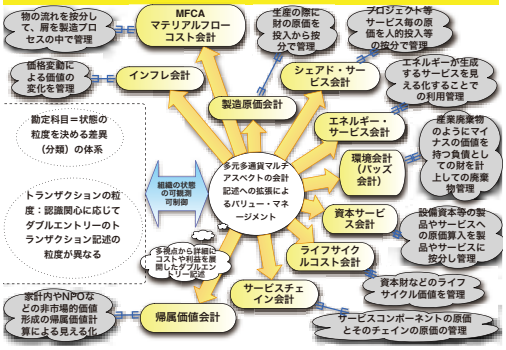
（3）個々の経済主体の交換記述としての「簿記」と社会の経済記述としての「国民掲載計算」さえ、我々のいう介入水準でのマイクロモデリングとして十分に結びついていない。２１世紀に我々の社会のミクロマクロな状態記述を適切に「構築」することが、その上での政策や経営のマネージメントには必須！！！

交換代数は簿記の公理系としての抽象代数化でマクロ経済状態とミクロ交換記述を繋ぐ状態空間の構築を可能とする





認識関心の多様性によるマルチアスペクトへの拡張



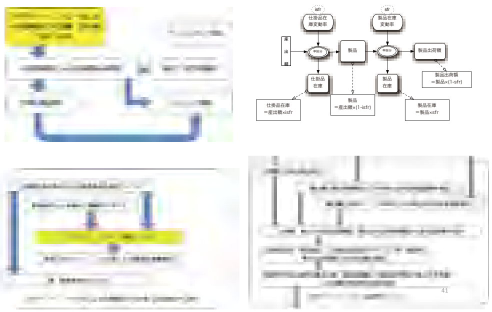
マイクロモデリングから必要とされるマイクロ状態空間を構築する視点

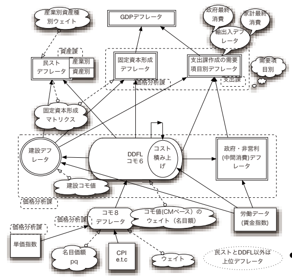
＊　従来の統計は、マクロモデルと結びつく形で整備されてきた。マイクロモデリングのためのデータ整備は異なったものとなる。（人口統計のようにマイクロモデリングになじむものも多いが）

＊　主体の介入水準で記述されたマイクロモデリングを状態空間の新たな構築を含む形で再構築することが２１世紀に、我々が人工物としての社会経済システムをデザインするために求められること！！。

＊現実には、１５世紀に導入された簿記的状態空間と２０世紀に導入された国民経済計算の状態空間さえ未だ統合されていない。交換代数を用いた、ミクロマクロの状態空間の再構築が我々が進めるリサーチプログラム！

SNA(System of National Accounts)概念のコモ法を中心としたAS IS





- デフレータ算式:(例) ラスパイレス固定暦

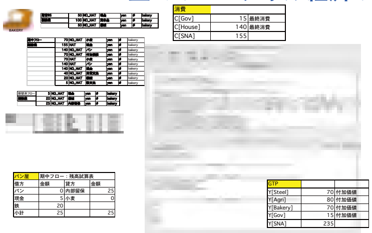
$$f(\lambda_k^{コモ6})$$

$$\equiv 100\times\frac{\sum\left\{\left\|\mathrm{Proj}[<\lambda_j^{コモ8},\#,\#,s>](x[LD](t_y))\right\|\times\left\|\mathrm{Proj}[<\lambda_j\ ^{8},\#,\#,s>](x[VQ](t_y^0))\right\|\,\middle|\,\lambda_j\ ^{8}\in\Lambda[\lambda_k\ ^{6}]\right\}}{\sum\left\{\left\|\mathrm{Proj}[<\lambda_j^{コモ8},\#,\#,s>](x[LD](t_y^0))\right\|\times\left\|\mathrm{Proj}[<\lambda_j\ ^{8},\#,\#,s>](x[VQ](t_y^0))\right\|\,\middle|\,\lambda_j\ ^{8}\in\Lambda[\lambda_k\ ^{6}]\right\}}$$

$$x[LD](t_y^0;t_y)=\sum\left\{f(\lambda_k^{コモ6})<\lambda_k\ ^{6},Ip,t_y,s>\,\middle|\,\lambda_k^{コモ6}\in\Lambda\ ^{6},s\in\Lambda\right\}$$

レコード型と取引型（簿記）データを代数的（データ代数と交換代数）オブジェクトとして扱えるファルコンシードというデータ編集言語により、数百万〜数千万レコードのデータをブラウジングしながら解析でき、これにより、膨大な取引データの理論解析や新たな指標の構築が容易となる。

FalconSeed上でのバーチャル経済の計算例



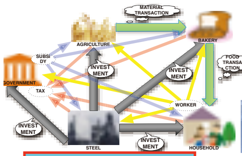
消費		
C[Gov]	15	最終消費
C[House]	140	最終消費
C[SNA]	155	

貯蓄(内部留保)		
S[Steel]	20	内部留保
S[Agri]	25	内部留保
S[Bakery]	25	内部留保
S[House]	5	内部留保
S[Gov]	5	内部留保
S[SNA]	80	
設備投資		
I[Steel]	15	製鉄へ
I[Agri]	20	農業へ
I[Bakery]	20	パン屋へ
I[House]	5	家計へ
I[Gov]	10	政府へ
在庫投資		
I[pro;Steel]	0	鉄製品在庫
I[pro;Agri]	10	小麦製品在庫
I[pro;Bakery]	0	パン製品在庫
I[mat;Balery]	0	パン原料在庫
I[SNA]	80	

パン屋	期中フロー：残高試算表		
借方	金額	貸方	金額
パン	0	内部留保	25
現金	5	小麦	0
鉄	20		
小計	25		25

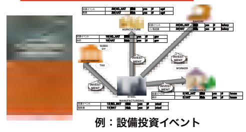
GTP		
Y[Steel]	70	付加価値
Y[Agri]	80	付加価値
Y[Bakery]	70	付加価値
Y[Gov]	15	付加価値
Y[SNA]	235	

国民経済	期末貸借対照表		
借方	金額	貸方	金額
現金	300	資本金	500
機械（鉄）	270	内部留保	80
小麦（在庫）	10		

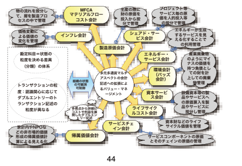


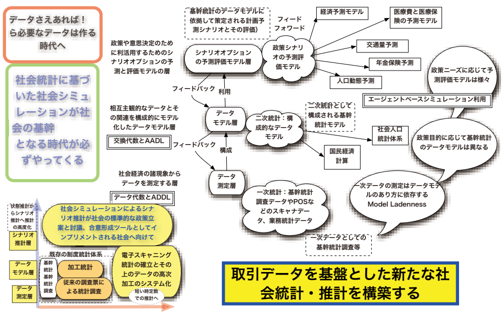
取引データを交換代数で表現することで、会計概念の拡張から、経済システムの「箱庭」的モデルまで多様な可能性が

バーチャル経済モデル



例：設備投資イベント





取引データを基盤とした新たな社会統計・推計を構築する

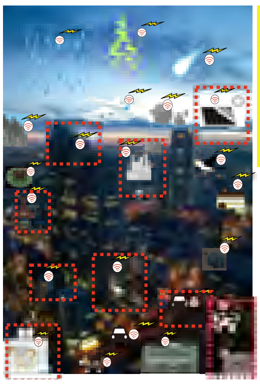
4

ABM,ABSから実世界のエージェント相互作用の場の構築と高度状態空間の構築に向けて：リアルワールドOSの構想

実世界でネットワークで結ばれた、人・もの・こと（ソフトエージェント）が自律分散協調的に、機能を遂行することを、その設計・実装・管理の全フェーズに渡って支援する、実世界のエージェント・プロセスに対するオペレーティング・システムがIOE時代の社会経済システムの「構築」の為の基礎インフラとなる

＊　既に実世界の自律分散協調的なIOEエージェントを結ぶネットワークOS的技術のイノベーションがスタートしている

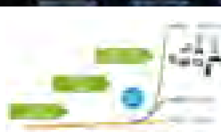
＊　リアルワールドOSというアーキテクチャを提案し、社会を介入水準で認識しモデル化すると同時に新たなシステムを人工物として構築するためのインフラを提供する



Our world become real cyber space in IOE era where we have to construct our life world by ourselves.

How we can design our society as an artificial?
How we can use the word “IF” in the history and for the future?

IOE時代に提案されるネットワークOS的アーキテクチャ



シスコはInternet of Everything とそのためのフォグコンピューティングの概念を提唱し、シスコのネットワークOSである「Cisco IOS」をLinux OSと統合した「Cisco IOx」をフォグコンピューティングのためのプラットフォームとして2014年に発表した。

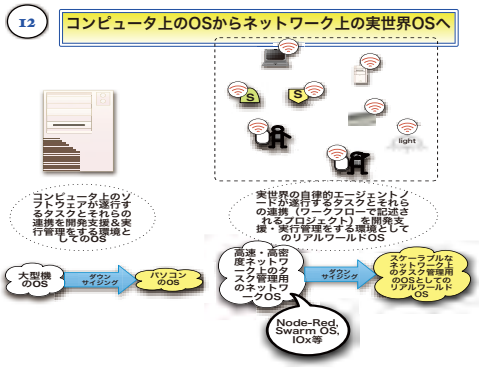
その他の類似のネットワークOS的枠組みの擡頭

IBM
Node-RED

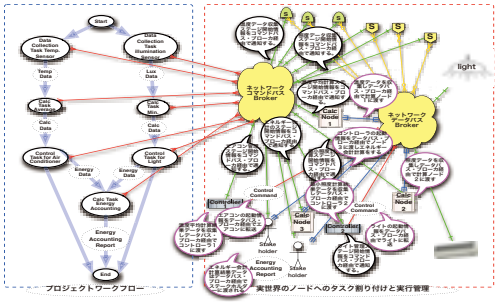
既存のサービスをネット上で繋ぎあわせる、エンタープライズサービスバスの発想の延長上

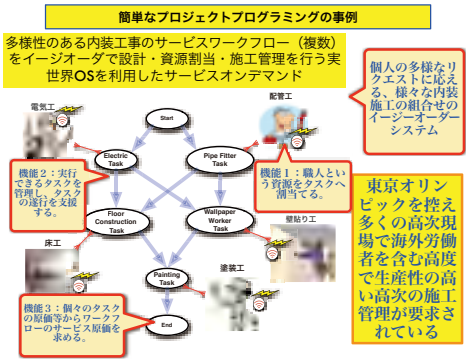
ドイツの
INDUSTRY 4.0

ERPがビジネスプロセスを標準化の名の下にスレーブ化したのと同様に、情報処理側から工場のプロセスをスレーブ化する可能性がある。

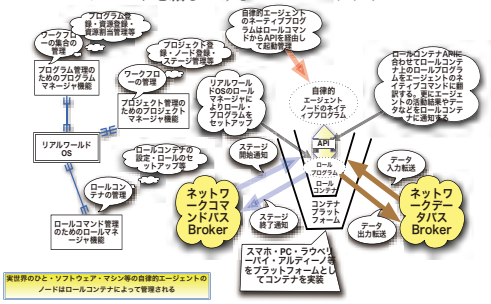


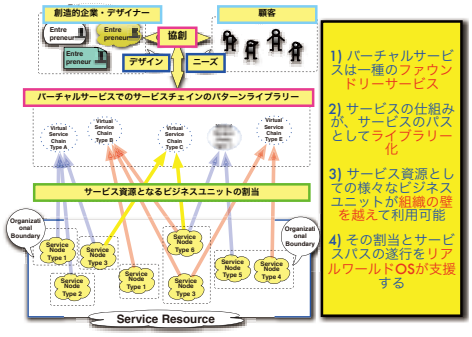
実世界の知的エージェント間の相互作用としての様々なワークフロー遂行を支援するプロジェクトプログラミング

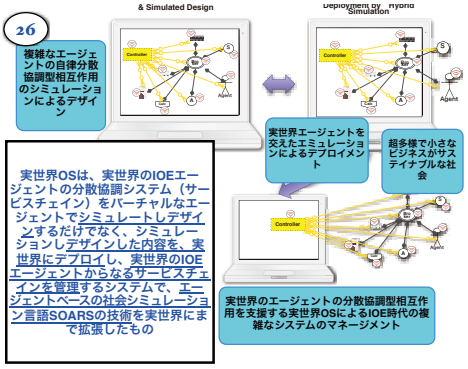


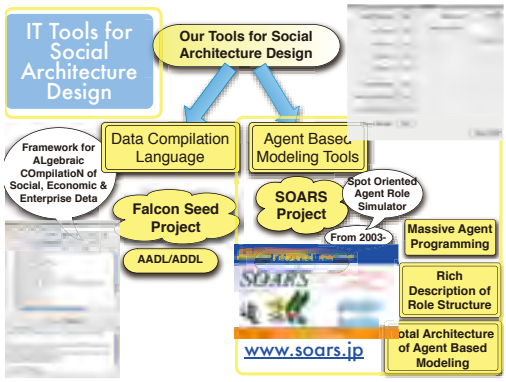


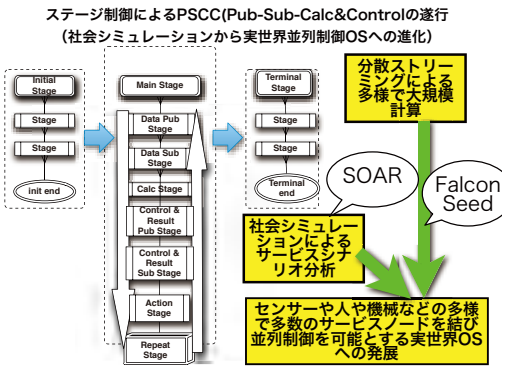
ネットワーク上の仮想データバス（コントロールデータバスとデータフローバス）に接続されたインテリジェントなエージェントを結びつけるロールコンテナサービス











ご清聴ありがとうございました

- リアルワールドOSが支援する実世界のIOE相互作用
- （1）プロジェクトプログラミングという実世界エージェントの並列プログラミング技術
- （2）マルチプロジェクトプログラミングという実世界エージェントの資源管理技術
- （3）シミュレーションによる設計とパーシャルデプロイメントによる設計というロバストな開発技法。
- （4）ワークフローと同型でロバストなデータフロー計算による現場知に沿って絶えざる変化に絶えられるデータ処理も出る
- （5）データフローとしての交換代数（簿記データ）を活用したデータの流れと価値の流れの分析技術（例：エネルギー会計等等）

3-5　細江宣裕先生 技術展望講演スライド

資料3-3

JST Workshop:社会変動予測と社会システム構築のための社会シミュレーション技術の調査

震災の経済的影響の予測と望ましい復興政策に関する動学的応用一般均衡分析

政策研究大学院大学
細江宣裕

1.　応用一般均衡モデル

- 「一般均衡」モデル (general equilibrium model)
  - 1国経済の中の
  - 家計、様々な産業、政府、etc.の生産・消費活動を描写
  - 「価格メカニズム」を通じた、マクロとミクロの間の調整
- 「応用」一般均衡モデル (*applied*/*computable* general equilibrium)
  - 上記の理論モデルを数値計算によって解く
  - 様々な政策シミュレーション
    - 貿易自由化:　TPP, NAFTA, etc.
    - 租税政策:　税制改革
    - 環境問題:　炭素税、エネルギー政策
    - 開発政策:　途上国の財政問題・援助のマクロ・ミクロの効果分析
    - 交通問題:　整備新幹線・高速道路の物流・経済活動への波及効果

2

2.　応用例の一つとして

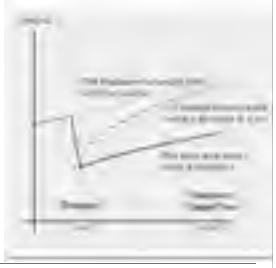
- 震災の影響分析
  - "Investigating Fiscal and Social Costs of Recovery Policy: A Dynamic General Equilibrium Analysis of a Compound Disaster in Northern Taiwan" by M. C. Huang & N. Hosoe
- 北部台湾(台北近郊)
  - 活断層
  - 半導体・エレクトロニクス産業等の集積地
  - 30km圏内に原発
  - 921震災(1999年9月21日)
    - M7.6
    - 鉄塔が傾斜して停電
- 大震災がまた起きたらどうなる?
  - 複合災害: 地震+原発
    - c.f., 東日本大震災
  - 以前にも増して産業集積
- 大震災のあとにどうやって復興を進めるのがよいか?

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Toami_after_921.jpg

3

3.　震災と復興をシミュレートしてみましょう

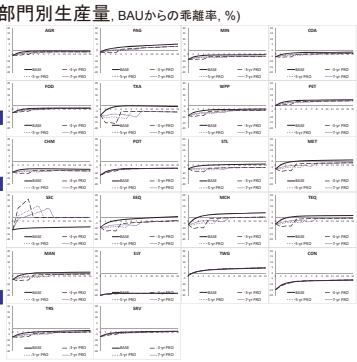
- 複合災害 (t =0)
  - M7.5
  - 資本(CAP)設備の破壊:　部門によって 1-16%
    - 例) 半導体産業では12%が毀損
  - 労働力(LAB)の損失:　7%
    - ただし震災後5年掛けて元に戻る
      (死傷者はマクロ的影響を与えるほど多くない)
  - 原発停止:　電力部門の資本が16%毀損
    - 「脱原発」でも「原発事故」でも
- 災害後 (t =1, 2, …)
  - Business-as-usual (BAU):　震災も何もナシ
  - Base Run:　震災のみ
  - Counter-factual:　震災+復興政策



4

4.　シミュレーション結果(部門別生産量, BAUからの乖離率, %)

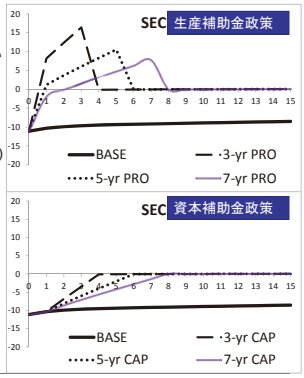
- 復興政策
  - 10年後に生産量回復を目指す
    - あるターゲットの1部門のみ
      Q. 復興できるか?
  - 補助金
    - 生産補助金 vs. 資本補助金
      Q. 財政・社会的費用?
  - 復興プログラムの期間
    - 3年間だけ補助プログラム
    - 5年間　"
    - 7年間　"
      Q. 財政・社会的費用?



5

5.　半導体産業は復興できるか?

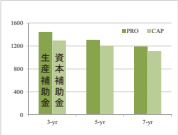
- 何もしないといつまで経っても復興しない
- 補助金を与えれば10年で復興できる
  - 生産補助金の場合には、オーバーシュート(するぐらい補助が必要)
  - 資本補助金ならスムース
- もちろん、半導体に肩入れする分、他の部門が割を食う…



6

6. 半導体の復興にいくらかかるか(1)

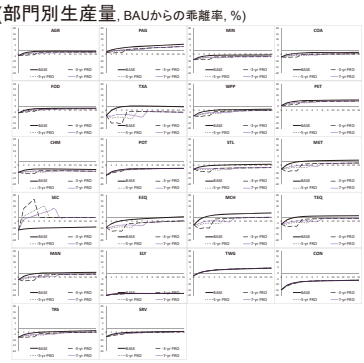
- プログラム全体での財政コスト (単位: bil. TWD)
  - 費用が安いのは、
    - 資本補助金
    - プログラム期間が長い
  - 1,000 bil. TWDを超える!
    - c.f., 通常の財政規模: 112 bil. TWD



7

7. シミュレーション結果(部門別生産量, BAUからの乖離率, %)

- 黒い太線は、政策なし
- それよりも、みな、下回る

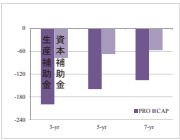


8

8. 半導体の復興にいくらかかるか(2)

- プログラム全体での財政コスト (単位: bil. TWD)
  - 費用は安い
    - 資本補助金
    - プログラム期間が長い
  - 1,000 bil. TWDを超える
    - c.f., 通常の財政規模: 112 bil. TWD

- 災害後10年間の(政策介入による)社会的費用
  - 特定部門に肩入れするためにロスが出る
    - 約3%の追加的損失
  - 社会的費用が安いのは、やはり、
    - 資本補助金
    - プログラム期間が長い



9

9. まとめ

- 震災の経済的影響を「見える化」
  - どの部門がどれだけ?
    - c.f., 震災の直接的被害予測(死傷者数、倒壊家屋数, etc.)
- 復興政策の吟味
  - 事前にどれだけ頑張っても、完全には防止・回避できない…
  - 起こってから考えるより…
  - 誰が費用を負担するか、割を食うか
  - 諦めるべきところがあるかも知れない
    - 「いくらかかるか」
    - 「復興できるか」
  - どういう政策的介入なら安く済むか
    - 補助を与えるにしても、どのように?
    - 「早急に復興」には追加的費用がかかる

10

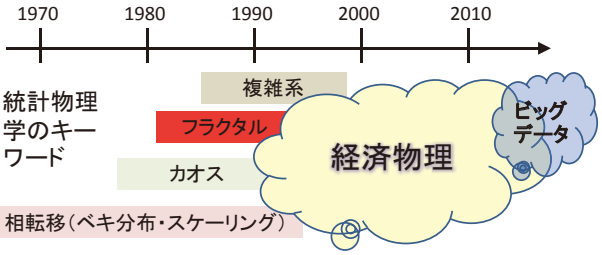
3-6　高安秀樹先生 技術展望講演スライド

経済物理学における社会シミュレーション

ソニーコンピュータサイエンス研究所
明治大・先端数理科学研究科
東工大総理工・TDB先端データ解析講座
高安秀樹

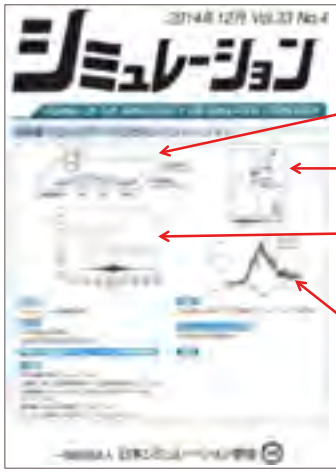
1：経済物理学の誕生と発展
2：金融市場のディーラーモデル
3：金融危機のモデル
4：企業取引ネットワークのモデル
5：ブログ書き込みのモデル
6：社会シミュレーションの難しさ
7：観測所の必要性

経済物理の誕生と発展（統計物理学から生まれた）



経済現象を物理現象と同じように観測し、分析し、モデル化し、応用する

●市場のディーラーモデル
●金融危機のモデル
●企業のモデル
●ブログのモデル



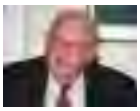
生態系に基づく金融市場モデルと金融危機シミュレーション
Eduardo Viegas　高安秀樹

企業間取引ネットワーク上でのお金の流れのモデル化とシミュレーション
田村光太郎　高安美佐子

外国為替取引市場のシミュレーション
由良嘉啓　高安美佐子

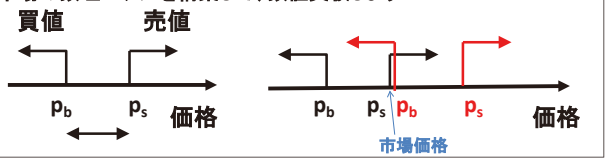
サイバー空間中でのロコミブームのシミュレーション
山田健太　高安秀樹　高安美佐子

2：金融市場のシミュレーション



1988年　神戸大学助教授のとき
フラクタルの産みの親マンデルブロ教授の元、
エール大学に滞在（海外特別研究員）
経済学の浜田宏一教授と出会う

市場価格の変動はフラクタル性を有する
当時の経済学では、ゲーム理論的に考えるのが主流
価格がランダムに変動することもうまく説明できない
また、当時はまだ市場のデータがあまりなかった
市場の数理モデルを構築して、数値実験しよう

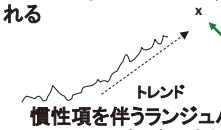


最初の人工市場の論文：最初の経済物理学の論文

H.Takayasu, H.Miura, T.Hirabayashi, and K.Hamada
Physica A, 184(1992),127-134

物理じゃない、と門前払いされたり、難産

カオスのメカニズムによって、決定論的な戦略を持ったディーラー集団であっても市場での価格変動は、ほぼランダムになる
トレンドフォローによって、ゆらぎが増幅される

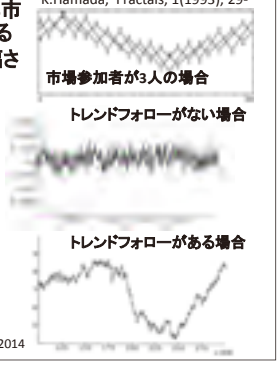


慣性項を伴うランジュバン方程式によって現象が記述される
（金融工学モデルでは慣性を無視、暴騰や暴落の時には重要になる）

$$m\frac{d^2}{dt^2}x(t) = -\nu\frac{d}{dt}x(t) + f$$

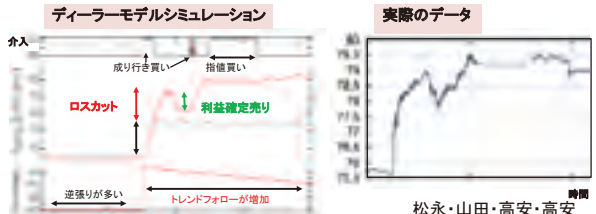
最近、超高頻度データからも確認された
Yura,Takayasu,Sornette,Takayasu, Phys.Rev.Lett.112,098703, 2014

T.Hirabayashi, H.Takayasu, H.Miura, K.Hamada, Fractals, 1(1993), 29-



通常の変動だけでなく、日銀の介入時の変動もシミュレートできる

2011年10月31日（史上最大、約9兆円の介入があった）



ディーラーモデルを改良
介入ディーラーの導入
ロスカット（損切）ルール
利益確定売り

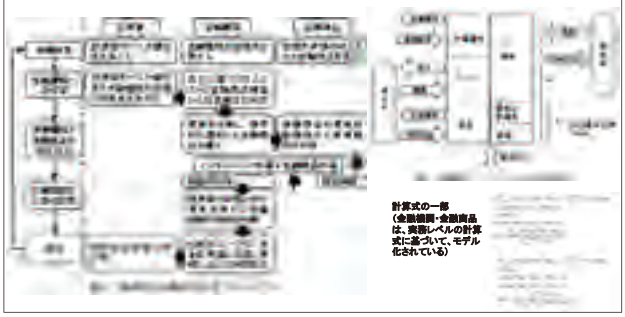
松永・山田・高安・高安
人工知能学会論文誌、vol.27, 365–375 (2012)

通常の変動を再現する基本モデルを元に、実際の市場の動きの特徴を再現できるように最小限のモデル拡張を行い、シミュレーションを繰り返し、パラメータ調整をした

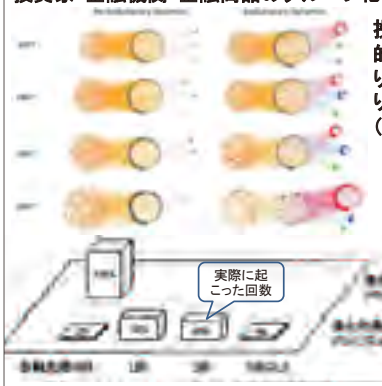
3：金融危機のモデル

投資家・金融機関・金融商品の3種のエージェントを想定し、
金融危機の発生のメカニズムをシミュレートした

生態系に基づく金融市場モデルと金融危機シミュレーション
Viegas et al , Complexity , vol.18, 34-49, 2013



投資家・金融機関・金融商品のグループ化の推移



投資家と金融機関が進化的に適応をすると、高利回りの金融商品に人気が集まり、多様性が減少する
（赤：ランキング1位の商品
青：ランキング2位の商品
緑：ランキング3位の商品）

多様性がなくなると、金融商品の大絶滅（金融危機）が起こりやすくなる

過剰適応による多様性の減少を避ける施策を取らないと、また、10数年程度で金融危機が起こる

貯蓄貸付組合大量破綻(1980後半):米国で約3000組合のうち1000組合が倒産
世界金融危機(2007-2008):サブプライムローン危機からリーマンショック

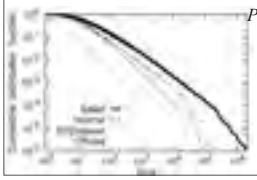
3：企業取引ネットワークのモデル

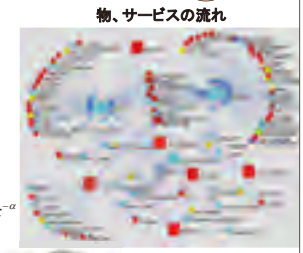
日本国内、約100万社の企業間の取引関係が調査され、データ化された（帝国データバンク社、東京商エリサーチ社）
海外にはない日本独自のデータ

複雑ネットワーク科学の研究手法が使える

企業の大きさを表す量は、ベキ分布

$P(\geq x) \propto x^{-\alpha}$

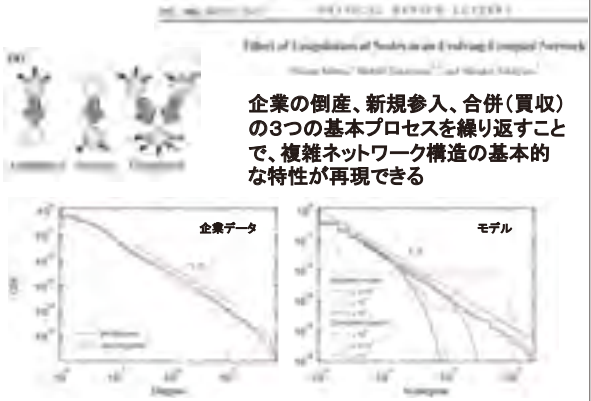




当初は地球シミュレータを使って解析した
（100万^{2}の行列計算）

http://www.jamstec.go.jp/esc/publication/annual/annual2007/pdf/2project/chapter3/263takayasu.pdf

企業取引ネットワーク構造の形成過程のシミュレーション

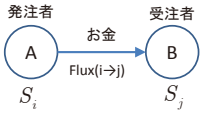


企業の倒産、新規参入、合併（買収）の3つの基本プロセスを繰り返すことで、複雑ネットワーク構造の基本的な特性が再現できる

取引相手数の分布（直線はベキ分布）

企業間のお金の流れの推定

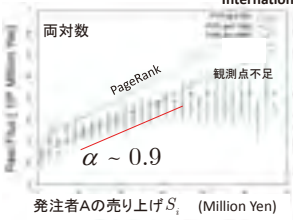
$$Flux(i \rightarrow j) \propto S_i^{\alpha} S_j^{\beta}$$



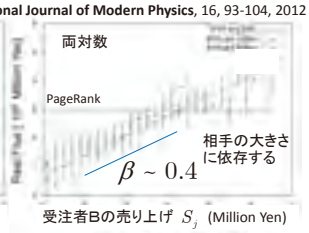
$\alpha = 1,\ \beta = 0$ 等分配、ページランク

自明でないべき乗の関係が見える

Koutarou Tamura, Wataru Miura, Misako Takayasu, Hideki Takayasu, Satoshi Kitajima, Hayato Goto
International Journal of Modern Physics, 16, 93-104, 2012



発注者Aの売り上げ S_i (Million Yen)



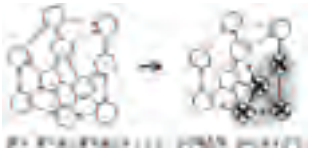
受注者Bの売り上げ S_j (Million Yen)

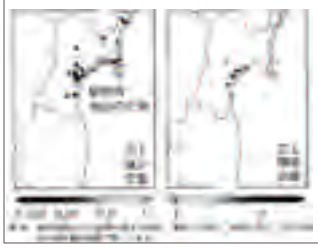
$$\frac{dS_M(t)}{dt} = \sum_{i=1}^{N} A_{iM} \frac{S_M^{\beta}(t)}{\sum_{j=1}^{N} A_{ij} S_j^{\beta}(t)} S_i^{\alpha}(t) - (1+\nu) S_M^{\alpha}(t) + F_M(t) = 0$$

一般重力型方程式
Aは隣接行列

売上の値はモデルでほぼ再現できる

日本シミュレーション学会誌,vol.33, 258-264, 2014
田村光太郎、高安美佐子

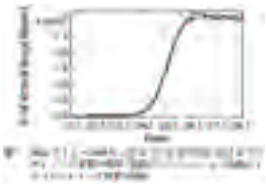




311大震災では、直接的な被害の3倍程度の損失がネットワークを経由した相互作用によって生じたと推定される

5：ブログ書き込みのモデル

日本シミュレーション学会誌,vol.33, 277-282, 2014
山田健太、高安秀樹、高安美佐子

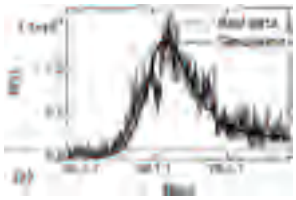


ブログ数の推移
数理生態学の基本であるロジスティクス関数で近似できる

ブログ書き込みのエージェントモデル

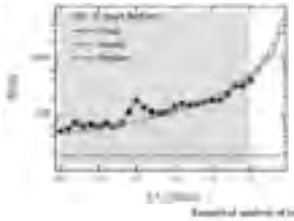
キーワードに関心がない状態 / キーワードに強い関心を持つ状態 / キーワードに飽きた状態

数十万エージェントでシミュレーション
○確率的に書き込む
○書き込みを見て確率的に状態遷移
伝染病の伝播と類似
（感染前→感染→治癒）
新しい言葉に夢中になって、自分も使うようになる



ブームになったキーワードの実データとシミュレーション結果（100試行の平均）
キーワードは
「KY（空気読めないの略称）」

およそ3年間に渡るブームの発生と増大と衰退の様子がシミュレーションによって再現される



ブログの書き込み数の予測
5日後に書き込み数が
およそ10倍に増加することを予想

6：社会シミュレーションの難しさ

適当にモデルを作ってもっともらしいシミュレーションをすることは比較的容易（ゲームを作る程度の作業）
もっともらしい結果を出すモデルは多種多様に作れる

モデルの根拠がどれくらいしっかりしているか（ここが科学の胆）
- データに基づく経験則の発見・確認
- モデルによる経験則の再現性のチェック
- 広い視野からのモデルの特性の解明
- データ同化方法の開発
- これらが済んでから、応用・実践へ

ものごとはできるかぎり簡単にすべきだが、簡単にし過ぎてもいけない
アインシュタイン

モデル構築の際に、パラメータはできるだけ少なくしたい
しかし、都合のよい仮定をすることは極力避けるべき
例えば、確率モデルなら
- 正規分布を仮定していないか（しているならその根拠）
- 定常性を仮定していないか（しているならその根拠）
- 偽相関を正しく処理しているか（誤った因果を導く）

特におろそかにされがちなのは偽相関

ビッグデータでビッグなのは変数の数（条件を絞ると実はスモールデータ）

半導体工場のビッグデータ解析の事例：
現在の最先端の半導体工場では、
常時約100万個の変数をモニターしている
不良が急に大量に発生したとき、不良解析に使えるサンプル数は、数個から数百個程度、単純に不良との相関を計算すると1000項目くらいが有意になる
しかし、本当に不良と因果関係があるのは、1変数、または、2変数、程度
99.9%は、偽相関（たまたま連動しているケース）
例えば、殺人犯がコンビニに立ち寄ったとする。そのコンビニにいた人は全員容疑者ではあるが、一人一人アリバイを確認して、容疑者を絞り込むべき

社会のビッグデータ解析でも、モデルを構築するためには、偽相関を排除し、因果関係のある変数を抽出することが必須

既存のデータ解析は、これをおろそかにしているものが多い
（線形回帰モデルなどはその典型）
半導体工場は、正解を確認できる稀なビッグデータシステム
既存の統計解析手法だけで原因工程を絞り込めた事例はほとんどない
しかし、偽相関排除などを丁寧に処理すれば、絞り込みができる

7：観測所の必要性

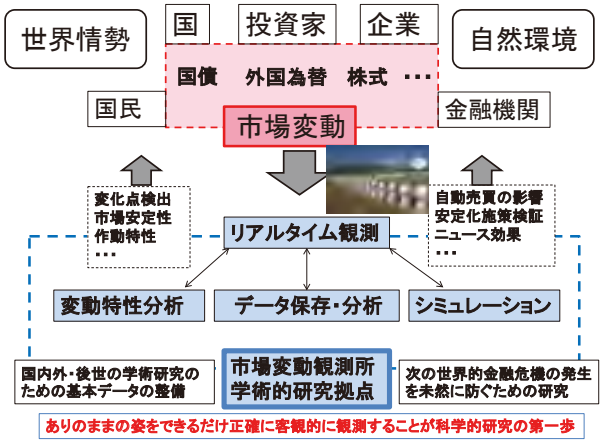
社会シミュレーションで最も大切なのは、データによる裏付け

まずは、どんなデータがあり、どんな経験則が成り立つのかを徹底的に調査すべき（これが科学の土台になる）

データが豊富にある分野なら、実証的なモデル構築が可能
偽相関を排除して因果性のある変数でモデルを作る
データが揃っていれば、最も優れたモデルを多数の人の合意の下で作ることができる

データが少ない分野は、シナリオなどに基づいたモデルに頼らざるをえない
その場合、できるだけ多様なシナリオを用意して、少ないなりのデータとの整合性を検証し、モデルをブラッシュアップする

社会を見渡したとき、金融市場は、今、最もデータが豊富
（秒単位で100万種以上の変数）
「市場変動観測所」を作れば金融を科学にする土台となる

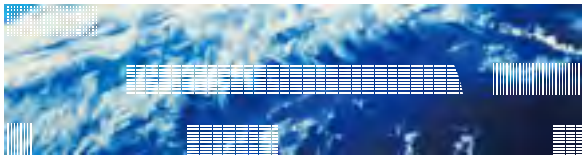


3-7　池田一昭先生 技術展望講演スライド

JSTワークショップ：社会シミュレーションの展望

スマーターシティにおける社会シミュレーション

2015年　2月 12日
日本アイ･ビー･エム株式会社



© 2015 IBM Corporation

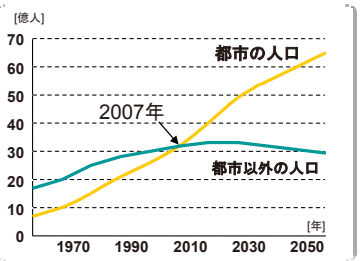
自己紹介：　池田　一昭

- 成長戦略　バリュー･クリエーション事業部　部長
  - スマート･シティー(スマート･エネルギー、交通など)、企業の事業開発など、横断的な取り組みを担当
  - 企業アライアンス、企業連携、エコシステム形成での大きな枠組みで、社会システムを構築
- スマートコミュニティ･アライアンス　企画委員会 委員、国際戦略WG 委員
- 日本防災プラットフォーム　理事
- 資源エネルギー庁　蓄電池システム産業戦略研究会　委員
- eSHIPS スマートハウス整備WG
  - 運用ガイドラインWG　副主査
  - インフラ･プラットフォームWG主査
- 経済産業省　これからの住宅を取り巻く環境整備等に関する研究会　委員
- 横山明彦　東京大学教授　著　「スマートグリッド」で特別対談

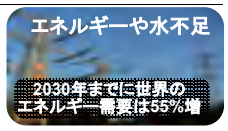
新たなビジネスが生まれるのではないかと期待される次世代電力ネットワーク「スマートグリッド」。
本書はスマートグリッド研究の第一人者である横山明彦東京大学教授が、電力ネットワークの視点から、スマートグリッドを定義し、技術的課題や各国の事情をわかりやすく解説しています。
また、 日本IBMの池田一昭氏と海外の事例や情報システムから見たスマートグリッドについて語り合う特別対談も収録しています。
スマートグリッドを知りたい、スマートグリッドにおけるビジネスチャンスを探りたい人に向けた必読の書です。

2　© 2015 IBM Corporation

Smarter Cities - 世界で急速に進む都市化と諸課題



16→450
世界の百万人都市の数（過去100年間）



都市化の課題解決には、シミュレーションが必須

3　© 2015 IBM Corporation

IBMは世界で3,000以上の都市のスマート化プロジェクトを支援

米国、ワシントンDC
IBM Researchとの協力による分析および最適化テクノロジーの適用で、実践的および戦略的資産管理の課題に対応するために、**スマートな水資産管理 が実践**されつつある。**老朽化した社会インフラの整備が急務で、都市機能の改善と効率的な管理がゴール**

スウェーデン、ストックホルム
世界の先頭に立つスマートな交通を実現。世界で最もアクセスしやすい首都を目指す。混雑税の導入で知られ、自動車利用の25%削減、道路交通からの炭素排出量の14%削減を促した。

ブラジル、リオデジャネイロ
2014年のワールドカップや16年のオリンピックを控えて、監視データ、地理的データ、および強力な事業継続手順を備えたコラボレーション･サービス(警察、救急医療、緊急要員)を目指し、**洪水などの危機管理から着手し、エネルギーなども統合化したプロジェクトに発展予定**

ベトナム、ホーチミン市
インテリジェントな交通、水、食の安全を計画。追跡可能性の実現による都市部の交通渋滞緩和、水使用量の改善、食の安全向上を目指す。

南アフリカ、ゴーテング
リアルタイムの更新を含む**リアルタイム･コントロール･センター**、マルチモーダルな普及、2010年ワールドカップに向けた都市ITシステムへの統合。

シンガポール
「Intelligent Nation 2015 (iN2015)　プログラム」を発表。「世界で最も優れた都市」を目指した壮大な構想を描き、**今後10年間で競争力と革新力を高め、国を「インテリジェント国家でグローバル都市･･･」**に変える。すでにスマートな交通を実現

3000？　なぜ可能か？

4　© 2015 IBM Corporation

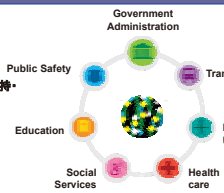
これからの
スマータシティー　シミュレーション
に関する観点

5　© 2015 IBM Corporation

Smarter Cities :「都市の目指す姿に向けた施策の選択と実行」

課題と施策をどのようにバランスさせながらスマートな都市を作るか

【 課　題 】
- 人口増加、高齢化
- 老朽化するインフラの維持･更新
- 不足する税収
- 環境の悪化
- 教育の質の低下



【目指すところ】
- 経済的発展
- 生活の質の維持･向上
- 持続可能性
- 安心安全

シミュレーションは、まち作りのあらゆるプロセスに生かすことができる
･時間　･成功･失敗の影響度　･お金　･関連する人など規模　･複雑なシステム

6　© 2015 IBM Corporation

IBM Smarter City フレームワーク

- IBMのSmarter Cities 関連プロジェクト（2011年までで約2,400件）を通じた知見を集約し、都市の機能領域別に主要な機能群を網羅したフレームワーク
- Smarter Cities 関連プロジェクトの際に、スコープの検討・機能の確認・ディスカッション等、様々に活用
- シミュレーション対象の検討・整理・共有にも利活用可能

スマーターシティ：広範かつ多層構造の検討範囲

シミュレーションが現実に近くなるためには、多くのカテゴリーの前提条件を考慮

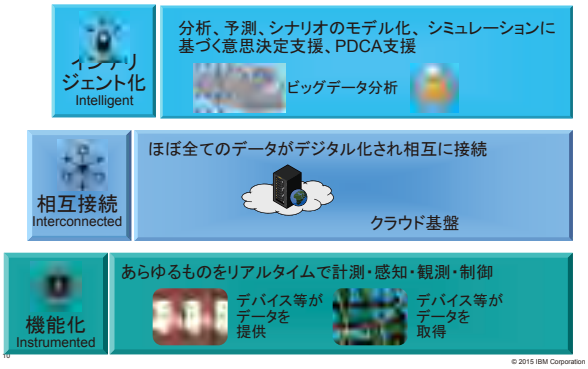
Smarter視点が重要

ある局面の静的シミュレーションだけではなく、
進化・進展、PDCA、ライフサイクルの観点で見ていく

調査　計画　開発　導入　運用　保守　更新・変更　拡張　廃止・廃棄

Smarter Cities を支える技術・運用要素モデル

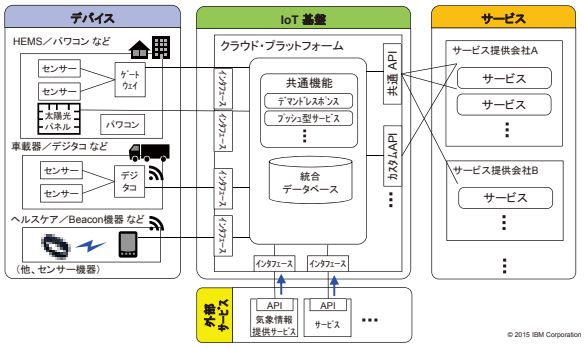
シミュレーションの元となる要素技術や運用はどこまで実現できているか



Smarter Cities システム全体モデル

IBM

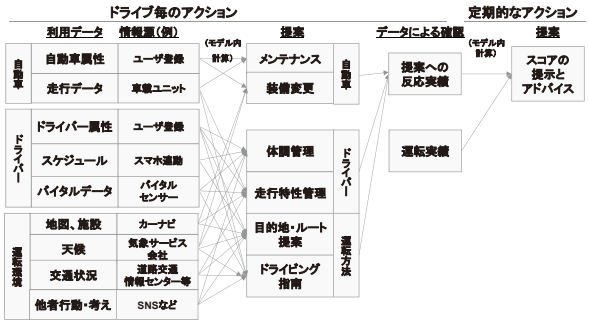
- マルチデバイス、マルチサービスを想定
- 多様なサービスの創出・組み合わせ
- エコシステム構築・運用が前提

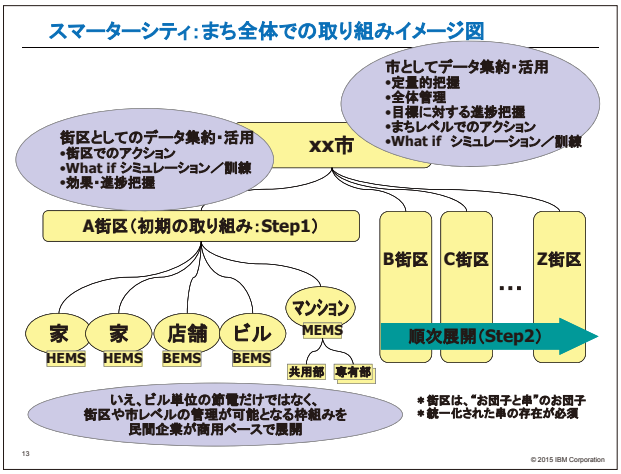


複数のデータの融合例（つながるクルマ）

IBM

- 複数のデータからシミュレーション、レコメンデーション
- PDCA
- ヒトの考え、行動、時間や季節、場所などを考慮





スマーターシティのシミュレーション　まとめ

- 課題解決のためのあらゆる局面でシミュレーション必須
- スマーターレベル （スマートグリッド、災害、交通、水）
- Plan, Do, Check, Action
- ライフサイクル
- リアルタイム、リアルデータ（Internet of Things）
- ヒトの行動、考え、学習による進展を要素に
- 複数の情報種の活用により、意味ある現状把握、シミュレーション
- 仮説＝検証
- 現状は、機能化（データがとれるようになる）から相互接続へ向かっているところ

15　© 2015 IBM Corporation

3-8　泉紳一郎先生 技術展望講演スライド

社会システムの構築に向けて

-社会技術研究開発センター（RISTEX）の取り組み-

平成27年2月12日
JST社会技術研究開発センター（RISTEX）
センター長　泉紳一郎

社会技術研究開発のとらえ方

「自然科学と人文・社会科学の複数領域の知見を統合して新たな社会システムを構築していくための技術」であり、社会を直接の対象とし、社会において現在存在しあるいは将来おきることが予想される問題の解決を目指す技術。

社会における具体的問題の解決を通じ、・・・・以て社会の安寧に資することを目的とする

RISTEXの業務運営の基本的な視点・スタイルとその所以

・現場における経験的かつ実践的な知見を重視
（「社会実験」「アクションリサーチ」といった手法）

社会の具体的問題が現出する「単位」
→社会の構成員である人々個々人や個々人が何らかのつながりを持つことによって形成される集団（＝コミュニティ）

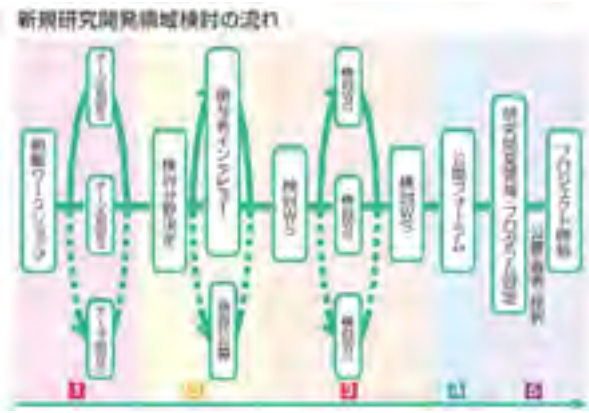
・TRANSDISCIPKINARITY
・社会問題の抽出、研究開発領域の設定、
研究開発及び実装活動の一貫的流れ

社会を直接の対象（社会：人々の複雑性、多様性を包摂）

・プロジェクトの成果を俯瞰、統合・普遍化し問題解決の基盤となる政策・制度や新たな仕組み作りに貢献

社会の具体的な問題の局所依存性と開放性

社会技術研究開発センターの活動サイクル



研究開発領域・研究開発プログラムと研究開発プロジェクト

パンフレットでご説明します

社会シミュレーション的要素を含む進行中の研究開発プロジェクトの例

次の2スライド

RISTEX「科学技術イノベーション政策のための科学」プログラムから

「市民生活・社会活動の安全確保政策のためのレジリエンス分析」

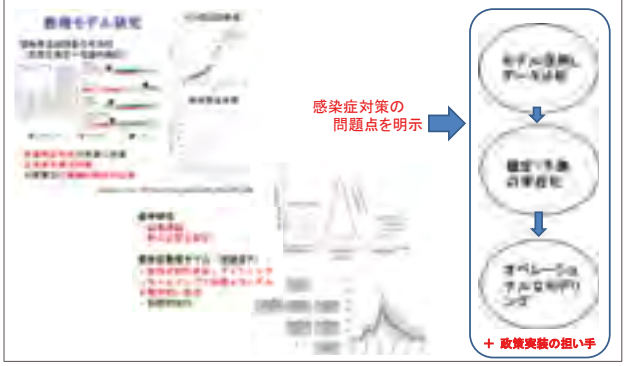
[研究代表者]古田一雄（東京大学大学院教授）

様々な脅威に対して、相互に連結し依存している多様な重要インフラの強靭性を確保するため、政府のインフラ強靭性の向上策の立案、非常時対応における組織制度設計を支援する。

RISTEX「科学技術イノベーション政策のための科学」プログラムから

「感染症対策における数理モデルを活用した政策形成プロセスの実現」

[研究代表者]西浦博（東京大学大学院准教授）



社会シミュレーションについて（論点提起）

1. 社会シミュレーションを現実の公共政策の形成・決定に援用するにあたっても、自然現象を解明するためのシミュレーション研究（例えば大気・海洋現象）と類似で、
   - ○扱う問題（社会の「現象」）の「粒度」（例えば関与する人の集団の大きさ、経済規模など）
   - ○扱う問題（社会の「現象」）を記述するモデル
   - ○モデルに現れるパラメータのリアルデータとそのデータ同化

   等はやはり重要要素ではないか。

   さらに社会シミュレーション[illegible]
   - ○社会の最小単位となる「個々人」の様々な要素からなる属性や状態、他の個々人との関係性等々とそれらに基づく行動をシミュレーション可能なモデルとして組み込まなければならないと考えられるが、これら[illegible]する[illegible]に関する行[illegible]進化しているのか。精度高いシミュレーションとするために[illegible]は十分か。

2. [illegible]政策目標の下でのシミュレーション[illegible]となる[illegible]として何を取り上げるかの選択[illegible]

社会技術・社会基盤分野　戦略プログラムパッケージ
戦略重点領域「社会システム構築技術・新サービス科学技術」

■概要

社会の課題に対応するシステムを構築し実装するにあたり、共通基盤要素（社会・価値観・文化、科学・技術、経済・税制、政治・規制・政策）に関わる、自然科学と人文・社会科学との連携によるシステム的アプローチを構築する。

■課題

- 社会俯瞰・潮流観察からのニーズ把握とICT技術進歩の整合化によるシステム・サービス構築
- 自然科学と人文社会科学間、システム・サービス提供者と受容者間の共創的アプローチ
- 実装支援によるシステム的問題の早期顕在化と対策によるアジャイル開発

■研究開発項目

社会システム構築技術
- 論文・記事・SNS等Big Data活用の社会問題把握技法
- ユーザビリティ、エスノグラフィなどの行動科学に立脚したシステム・サービス利用技術
- 社会実装支援共通リソース開発

連携・開発

新サービス科学技術
- 未来共創モデル構築手法による早期実証・実装
- 実空間・サイバー空間連携セキュリティ
- AI技術進歩による技術的特異点（Technological Singularity）の社会的問題の影響（2045年問題）

「超サイバー社会」を巡るELSI

■報告書作成メンバー■

木村　英紀	上席フェロー	（システム科学ユニット）
舩橋　誠壽	特任フェロー	（システム科学ユニット）
シン　ジャワ	フェロー	（システム科学ユニット）
鈴木　久敏	フェロー	（システム科学ユニット）
寺野　隆雄	特任フェロー	（システム科学ユニット）
富川　弓子	フェロー	（システム科学ユニット）
長須賀　弘文	フェロー	（システム科学ユニット）
藤井　新一郎	フェロー	（システム科学ユニット）
本間　弘一	特任フェロー	（システム科学ユニット）
矢島　章夫	シニアフェロー	（社会技術研究開発センター）

※お問い合せ等は下記ユニットまでお願いします。

CRDS-FY2014-WR-18

科学技術未来戦略ワークショップ

社会変動予測と社会システム構築のための社会シミュレーションの展望

平成 27 年 3 月　March 2015

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
システム科学ユニット
Systems Science Unit
Center for Research and Development Strategy（CRDS）
Japan Science and Technology Agency（JST）

〒 102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地
電　　話 03-5214-7481
ファックス 03-5214-7385
http://www.jst.go.jp/crds/

© 2015　JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。
引用を行う際は、必ず出典を記述願います。
No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.
Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

ISBN 978-4-88890-462-9