

計測自動制御学会 第31回社会システム部会研究会 招待講演

デジタル社会実験にむけて ーデータ・モデル・コミュニケーションー

一社) ソサエタルデザイン研究所設立総会講演

代表理事
千葉商科大学・教授

寺野 隆雄



謝辞 (アイウエオ順)

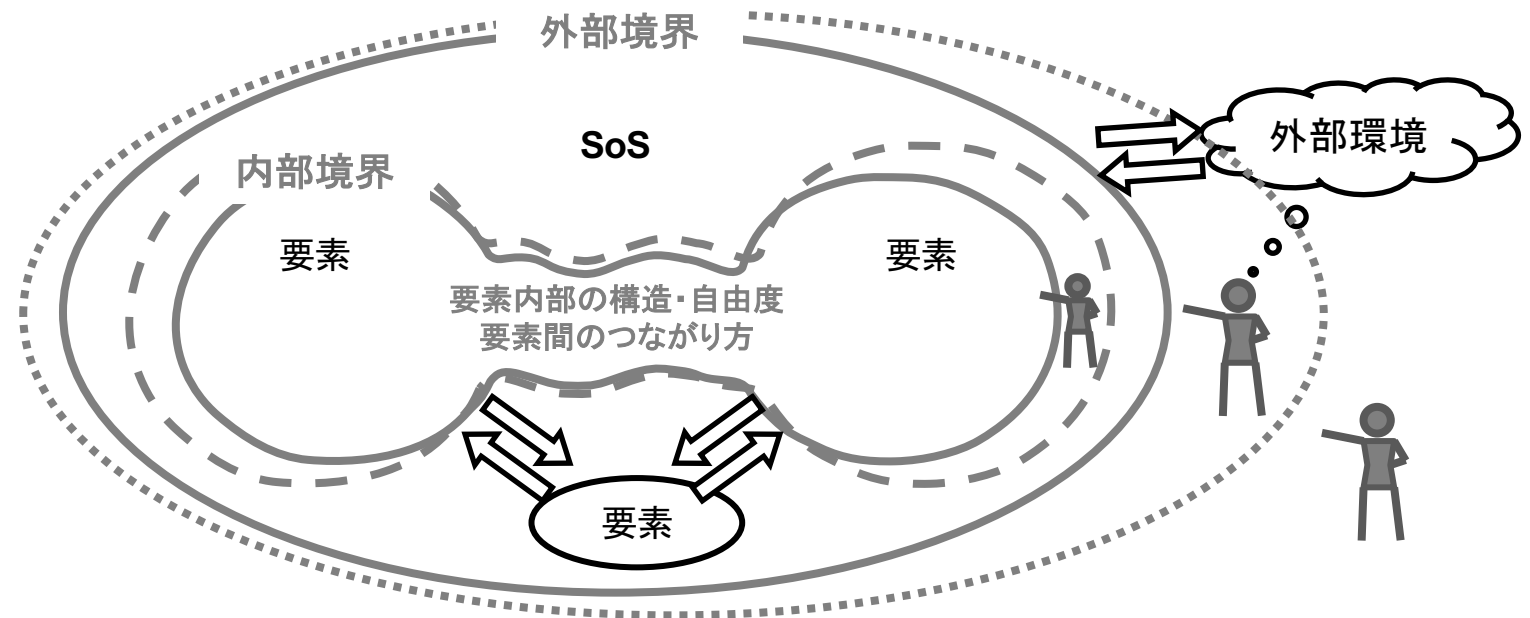
- ・ 市川 学 芝浦工業大学
- ・ 貝原 俊也 神戸大学
- ・ 喜多 一 京都大学
- ・ 倉橋 節也 筑波大学
- ・ 後藤 裕介 芝浦工業大学
- ・ 高橋 真吾 早稲田大学
- ・ 村田 忠彦 関西大学

あらまし

- ・ はじめに
- ・ 社会シミュレーションとは
- ・ ソサエタル・デザインとは
- ・ デジタル社会実験
- ・ SDIの目的とねらい
 - ・ データ駆動デザイン
 - ・ モデル駆動デザイン
 - ・ コミュニケーション駆動デザイン
- ・ おわりに

社会経済問題の難しさ

- ・ 自然現象とは異なり，第一原理が存在しない
- ・ 予言の自己破壊と予言の自己成就
- ・ 複雑な社会技術システムでは境界がゆらぐ



- ◆ 参加してやってみないと理解できない
⇒ 新しいシステム方法論が必要

COVID-19 AI・シミュレーションプロジェクト (内閣官房2020/9-)

で見た現実の技術社会システム対策への課題



⇒ 技術と政治が協力できた我が国での初めての事例

⇒ 安全と安心の違い！

「3001」より社会シミュレーションに関する記述

- Clark, A. C.: 3001-The Final Odyssey
 - Poole (2001 person):
 - ... Often we had no choice: we couldn't reform the whole world. And didn't somebody once say 'Politics is the art of the possible'?...
 - Indra (3001 person):
 - ...Thanks to our computers, we can run political experiments in cyberspace before trying them out in practice. Lenin was unlucky; he was born a hundred years too soon....

社会シミュレーションへの2つの接近法

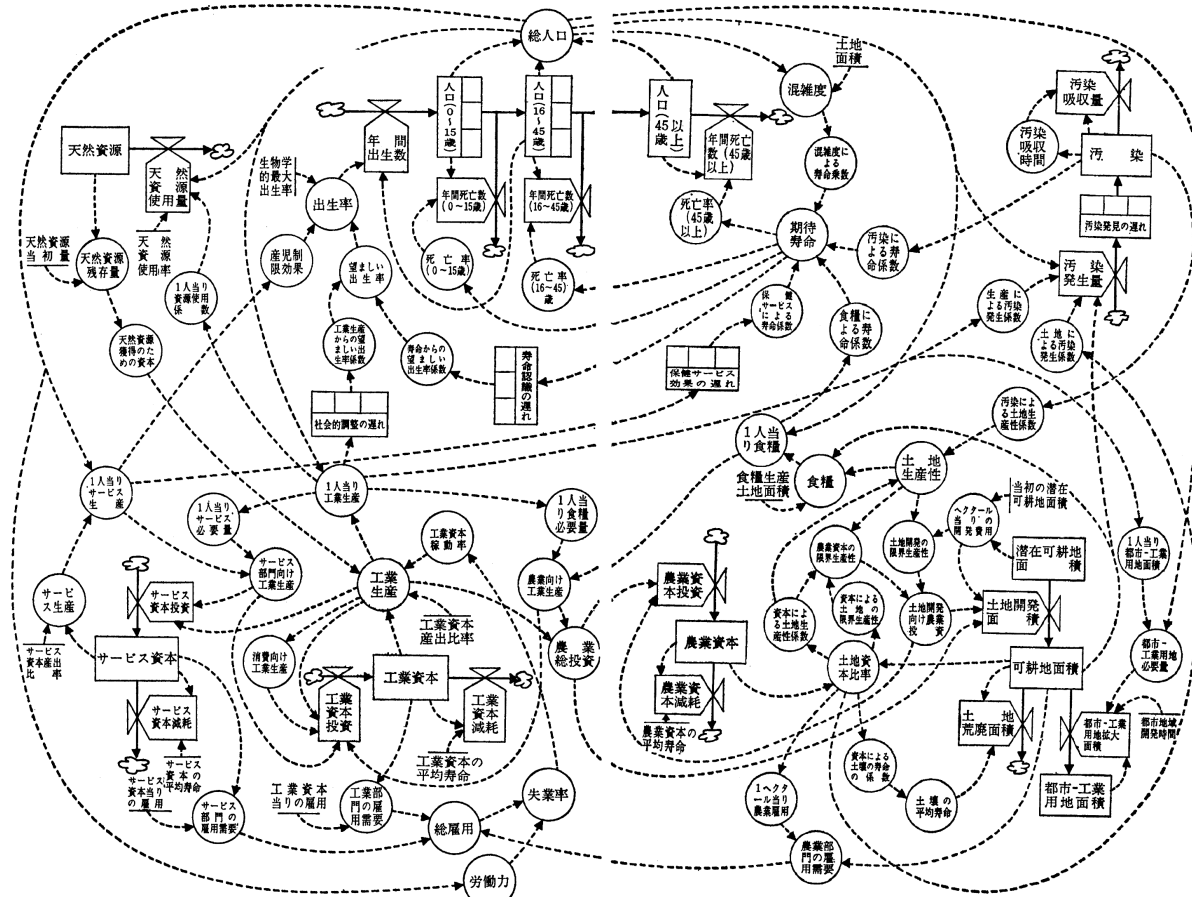
集計量のダイナミクス：

- システムダイナミクス
- 人口動態のコホート要因法
- 感染症の S(E)IR モデル
- 得失
 - モデルは比較的コンパクト
 - マクロなパラメータ
 - What-if 分析：マクロパラメータによるシナリオ分析，抽象的

個体ベースのシミュレーション：

- マイクロシミュレーション
- エージェントベースの社会シミュレーション (ABSS)
- 得失
 - モデル規模＝個体数
 - ミクロなパラメータ
 - 個体レベルでの行動の記述 (定型／学習／最適化／相互作用)
 - What-if 分析：ミクロパラメータによるシナリオ分析，具体的

集計量のダイナミクスモデルの例：System Dynamics



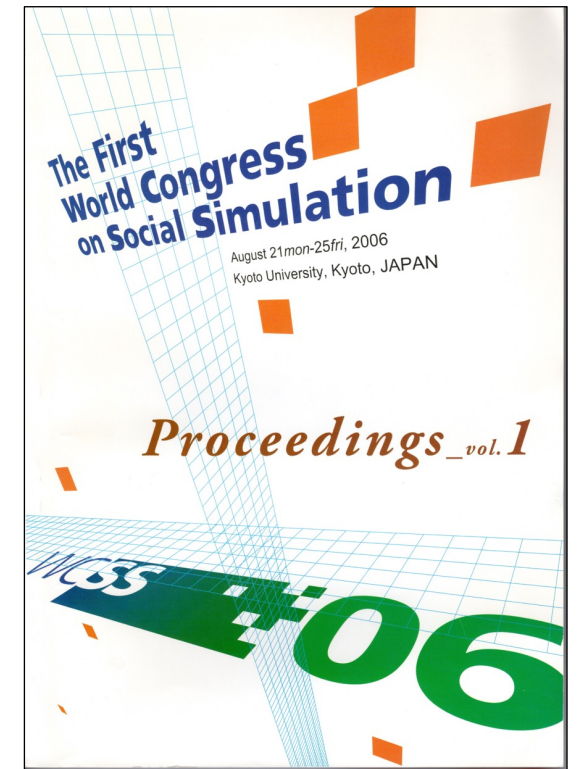
世界モデルの全体が、システム・ダイナミクスの正式な用語を用いた流れ図によって示されている。レベル、あるいは直接はかれる物理量は長方形 □ で示され、このレベルに影響するレートは井(ノルブ) ⊞ によって示される。レートの方程式に作用される。人口、貯貨、貨幣等の実際の流れは実線の矢印 → で、因果関係は点線の矢印 → で示される。雲形 ☁ はモデルの行動に対して重要でないような発生源や終端をあらわしている。

図 26 世界モデル

D.H. Meadows et al.: The Limit To Growth (1972)
 大来(監訳): 成長の限界, ダイヤモンド社 (1972)

ABSS研究の展開

- 先駆的な研究
 - R. Axelrod: The Evolution of Cooperation (1984)
(邦訳: つきあいかたの科学) 囚人のジレンマゲーム
のプログラムコンテスト
 - Shelling の分居モデル (1971)
- 2000 年ごろから, 北米, 欧州, アジア (日本)
3 エリアで研究が本格化
 - Epstein, Axtell: Growing artificial societies (1996)
(邦訳: 人工社会)
- 2006 年第1回 World Congress on Social Simulation
(WCSS-06)を京都大学で開催
 - 当時は実規模モデルには遠かった



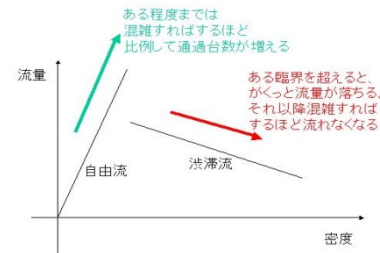
ABSSの3レベル

- Abstract Model

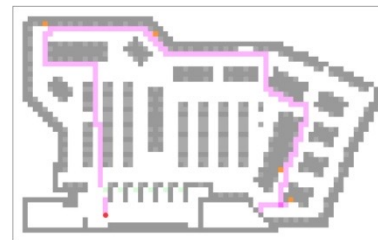
	協調	裏切り
協調	3	5
裏切り	0	1



- Middle-Range Model

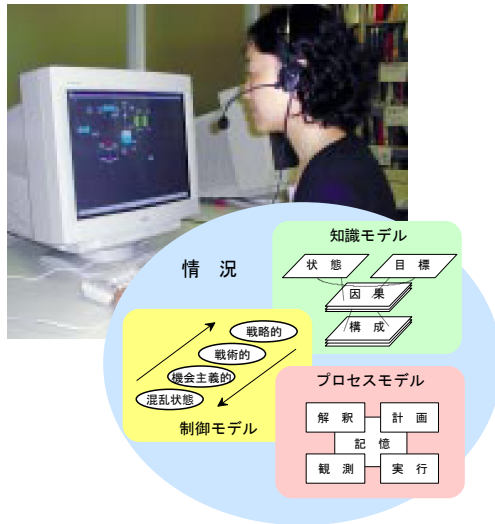


- Facsimile Model



ABSSのスケール感

Individuals

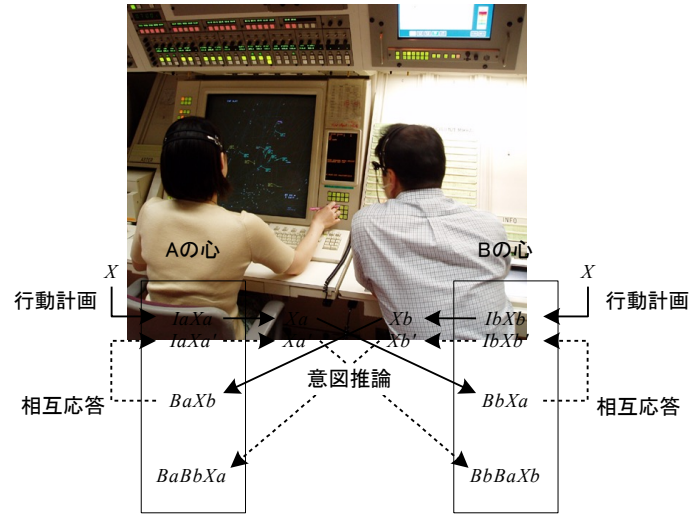


Micro

Cognitive M
Cases

10^{**0}

Groups/Firms

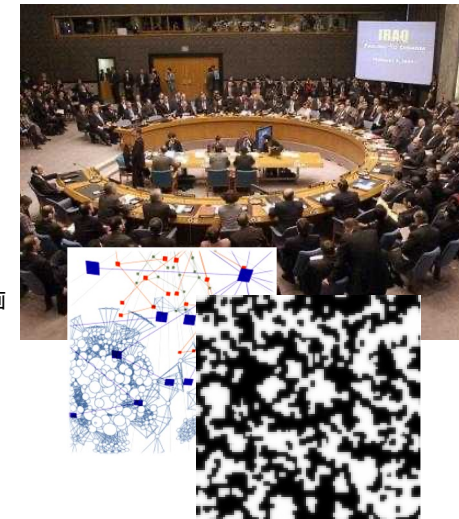


Meso

ABM

$10^{**2} \sim 10^{**6}$

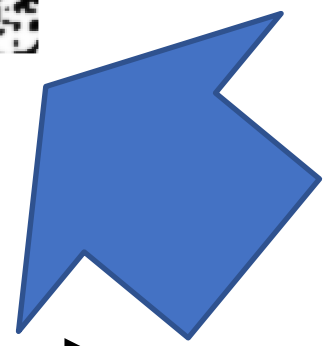
Societies



Macro

Physics

$10^{**6} \sim 10^{**23}$



ABSS による政策評価

- ・ 定量評価可能な Facsimile Model が前提
 - ・ IoT, モバイルデバイスで実社会の計測制御の可能性が増大
 - ・ 計算性能の向上
 - ・ ABSS 関連技術の進展
- ・ エージェントベースモデル
 - + 実社会に即したデータ, 行動モデル
 - + 政策シナリオ (選択可能)
 - + 状況シナリオ (不確実性, 選択不能)によるシミュレーション
- ・ 複合的な評価指標のもとでの政策評価
 - ・ 複数の目的間でのトレードオフ
- ・ ステークホルダーとの共創

*Social*と*Societal*: ChatGPTに聞いてみました…

- I would like to know the difference of the word meanings: Social and Societal.
- The words “social” and “societal” are related but have distinct meanings.
- The term “social” refers to things related to human society and the relationships and interactions between people. For example, “social behavior” refers to the way people behave in a particular social context. The word “social” can also be used to describe things that are related to or intended for use in a social context, such as “social media” or “social events”.
- The term “societal” refers to things related to or characteristic of a particular society as a whole. It often carries a connotation of the values, norms, and beliefs that shape a particular society. For example, “societal norms” refers to the unwritten rules and expectations that govern behavior within a particular society. “Societal issues” refers to problems or challenges facing a society, such as poverty or inequality.
- In summary, “social” refers to individual human interactions and relationships, while “societal” refers to the broader cultural and social structures that shape a society as a whole.

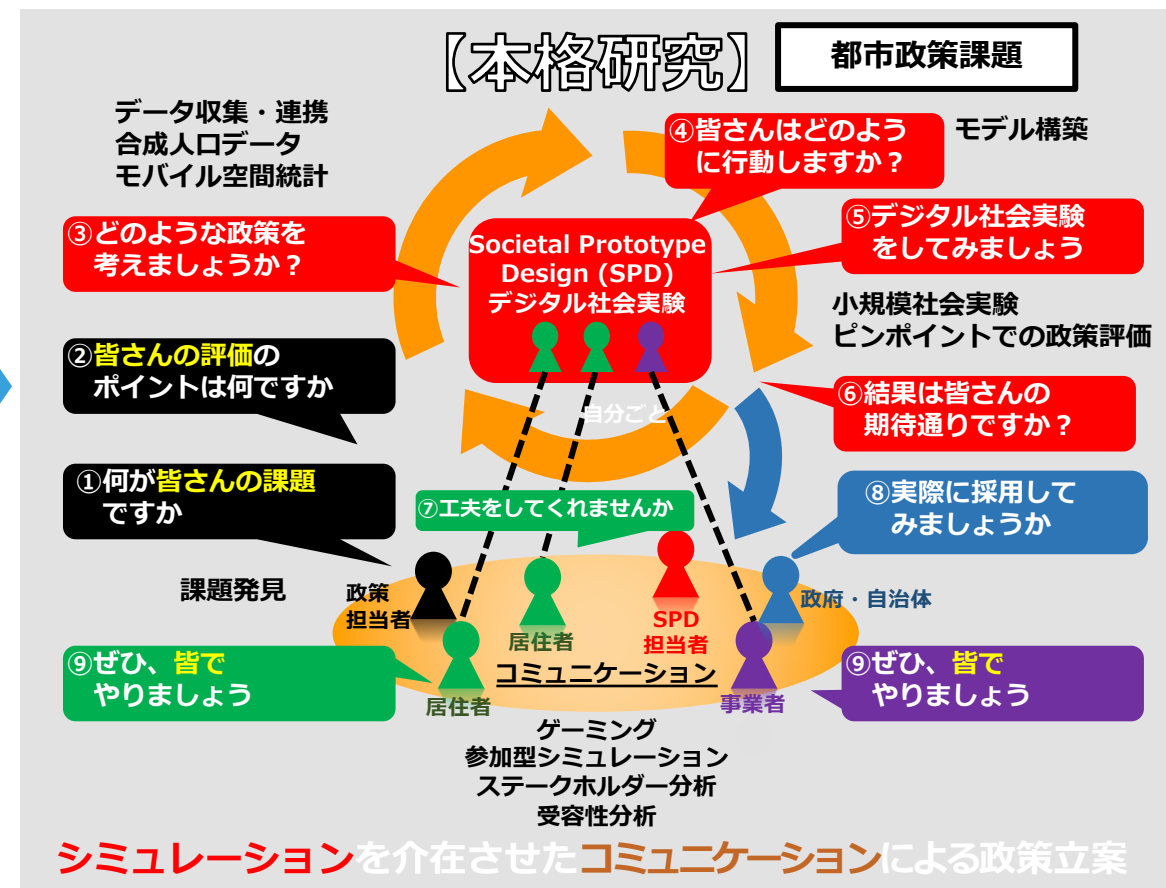
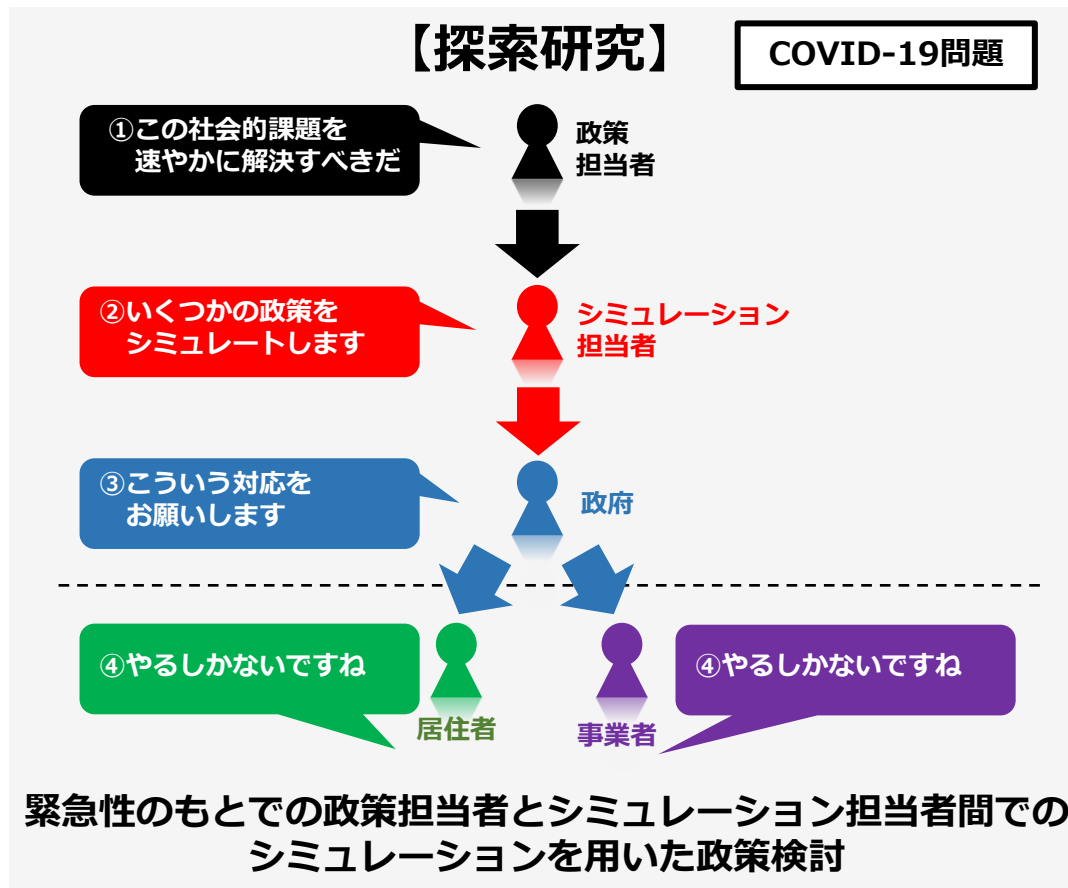
SocialとSocietal: ChatGPTに聞いてみました…

- 日本語にしてもらえますか？
- もちろんです！「ソーシャル」と「ソサエタル」の意味の違いを日本語に翻訳すると以下のようになります。
- 「ソーシャル」は、人間の社会や人々の関係や相互作用に関連することを指します。例えば、「ソーシャル・ベハavior」は、特定の社会的文脈での人々の行動を指します。「ソーシャル」という言葉は、社会的文脈での使用を目的としたものや関連するものに対しても使われます(例えば「ソーシャル・メディア」や「ソーシャル・イベント」)。
- 「ソサエタル」は、特定の社会全体に関連するものや特定の社会の特徴を示すものを指します。この語は、特定の社会を形作る倫理、規範、信念などに関連するものを含むことが多いです。例えば、「ソサエタル・ノルム」は、特定の社会内での行動を規定する風習や期待を指します。「ソサエタル・イシュー」は、貧困や不平等などの社会に対する問題や課題を指します。
- 要するに、「ソーシャル」は個人的な人間の相互作用や関係を示しますが、「ソサエタル」は、社会全体を形作る文化的・社会的構造を示します。

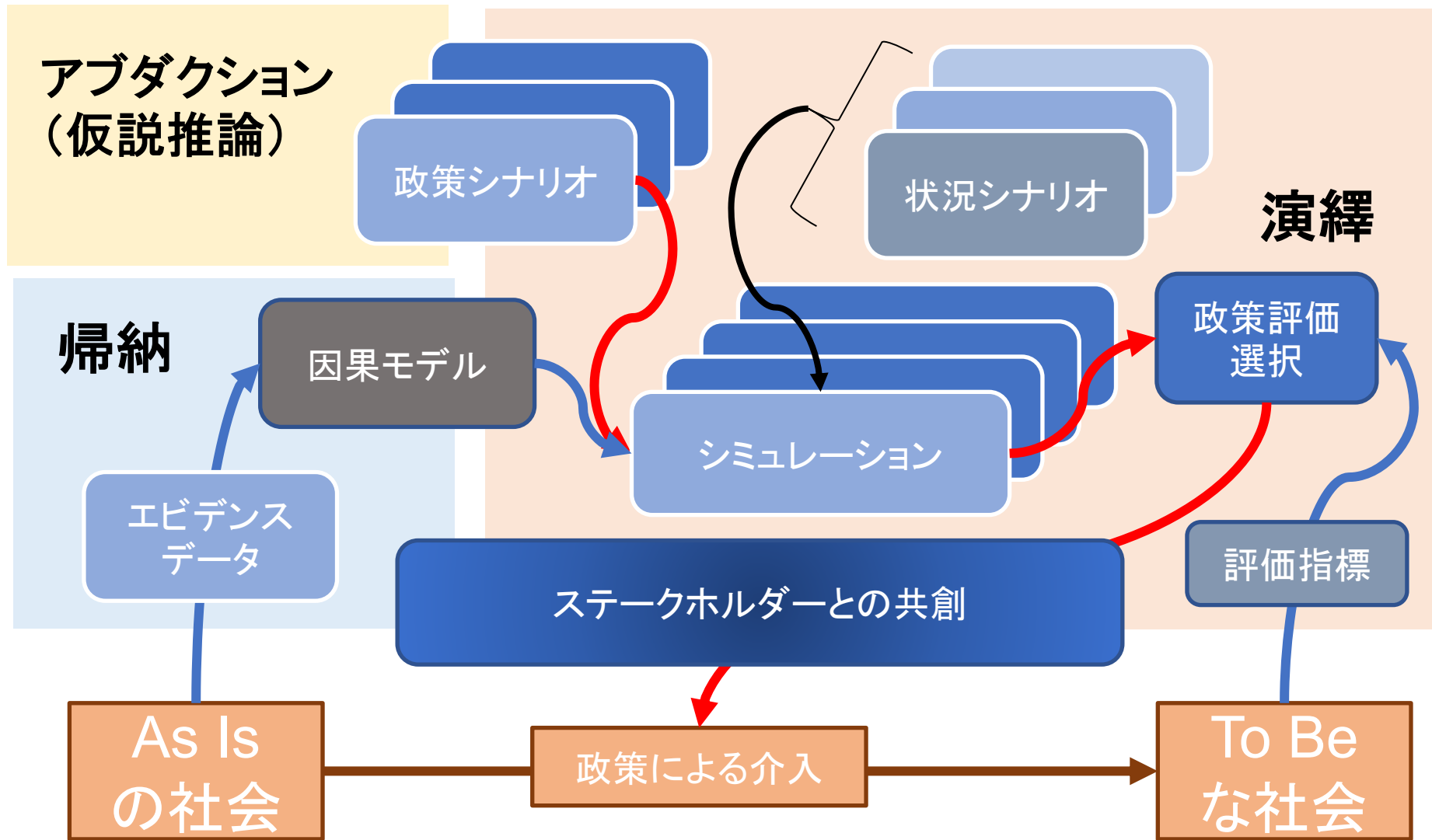
JSTにおける探索研究（2021-2023）で明らかになった課題

- 探索研究ではCOVID-19を **一定の強制力のある政策** として展開
- 一般の都市政策への適用には **市民の一層のエンゲージメントが必要**
 - **コミュニケーション** 駆動による **人間中心の社会共創デザイン** が求められる

人間中心の
社会共創デザイン



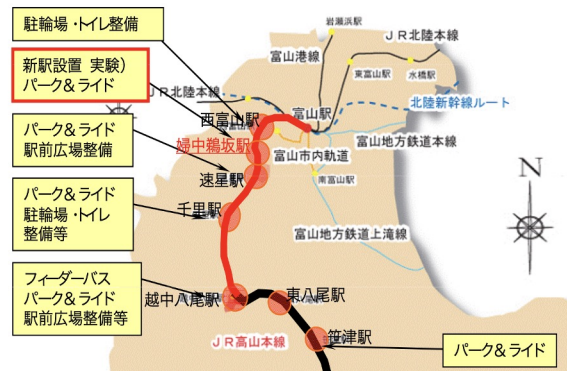
モデルベースの政策評価へむけて



都市政策の抱える問題

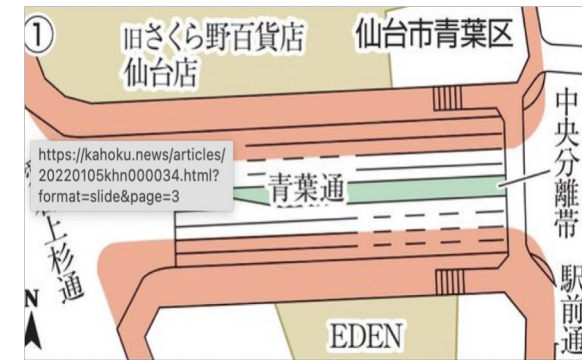
- 都市政策の評価には社会実験が一般的，しかし実施コストが高い。

【富山市JR高山本線活性化社会実験】



臨時駅設置による乗降客数調査
費用：1億7千6百万円

【仙台市青葉通り広場化社会実験】



歩道拡張・車線広場化
費用：1億1千5百万円

- リアルな社会実験

政策評価の対象が限定的であり都市課題解決への事業投資リスクが高い。
実施期間の制約から短期的視点からの評価しかできない。

政策実施の適切な判断が難しい。

都市政策の課題解決にむけて

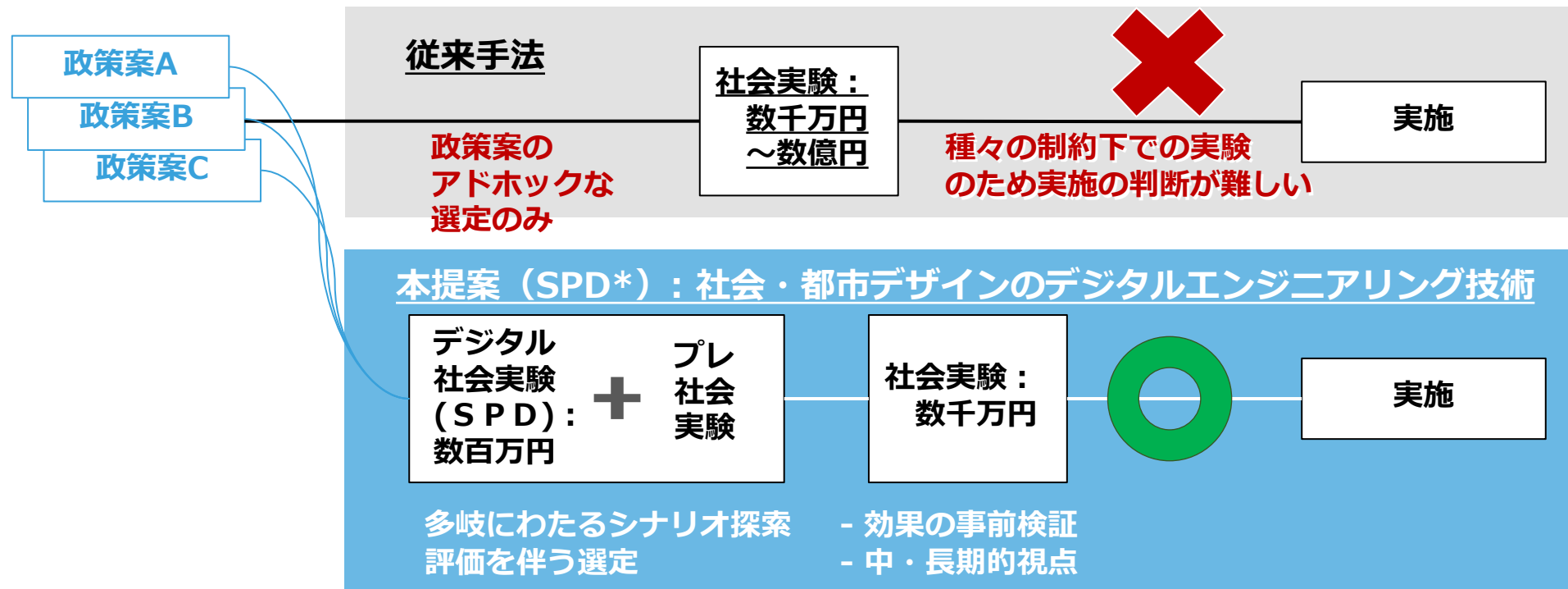
■ **デジタル社会実験** : 多種多様な人の行動変容を含む社会シナリオを高精度に可視化し、 高い納得感を持つ社会政策をデジタルデザインする新しい仕組み

- 車や航空機等のモノづくりのデジタルエンジニアリングによる設計プロセスを都市政策デザインで実現

【デジタル社会実験を用いた都市政策デザインの流れ】

都市政策 :

- 多数で多様なステークスホルダ
- 広範囲
- 長期間
- 多目的



* SPD: Societal Prototyping Design

めざす社会と本研究開発課題の目的

■ めざす社会

- 実社会の都市・政策課題について
デジタル社会実験により適切な政策が
選択・実施され、環境変化に対応する
革新的な取組みが次々と実施される
サステナブルな社会



■ 目的

- 実人口規模の社会モデルを用いた
デジタル社会実験基盤技術
(SPD: Societal Prototyping Design) を構築
- 産学官民が提案する政策案に対して、
中長期的また多様な視点での可視化に基づいた
高精度な事前評価を実現
- 多様な関係者が、社会デザインに“自分ごと”として
関われる **人間中心の社会共創デザイン手法** を
構築・テンプレート化し水平展開

エージェントベース社会シミュレーション(物理シミュレーションとの違い)

【デジタルエンジニアリング : CAE (Computer Aided Engineering)】

デジタルツイン 物理シミュレーション

人工物 ↔ 物理モデル

人が含まれる社会の デジタルツイン

【社会シミュレーションによるデジタル社会実験】

【実空間】



GIS (地形, 建物, ...)

センサーデータ
交通データ
人流データ
市場データ ...

デジタルツイン

実社会

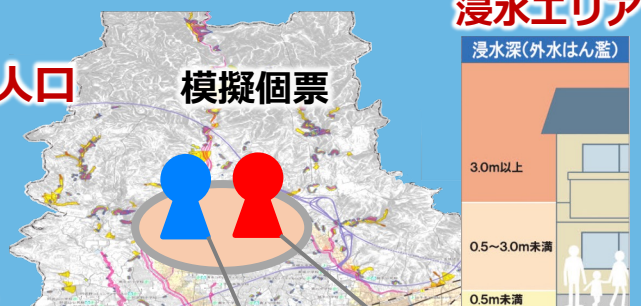
合成人口

物理モデル

+ 行動モデル
エージェントベースの
社会シミュレーション

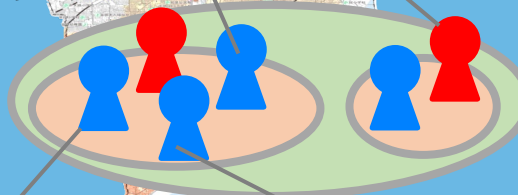
個人行動シナリオにより
受け入れやすい結果が
得られる「人と社会」の
シミュレーションモデル

【サイバー空間】



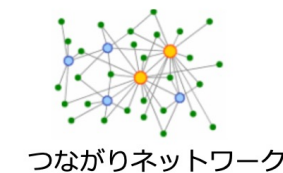
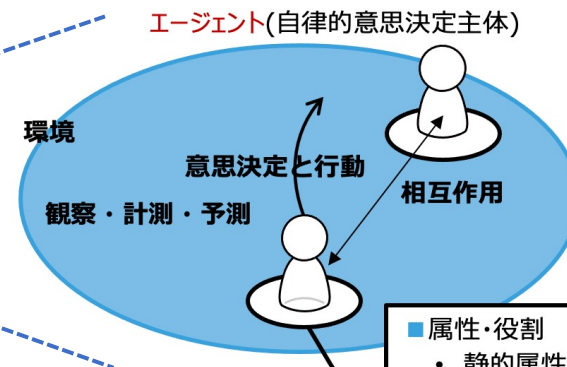
移動手段

テレワーク



職場

帰宅困難

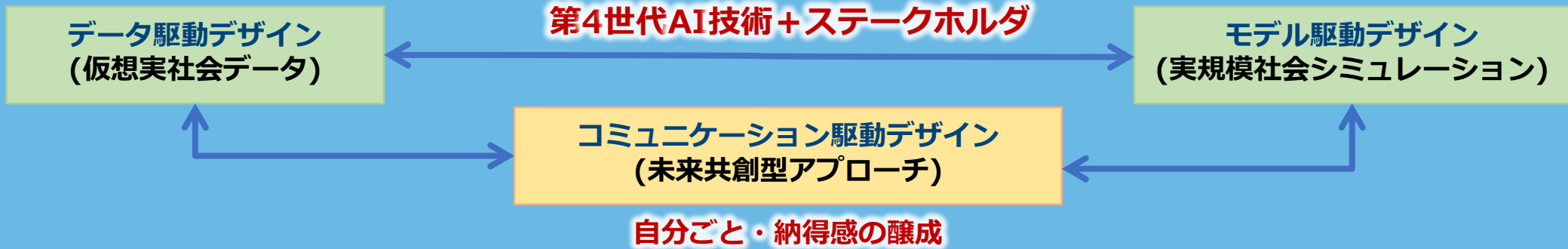


つながりネットワーク

- 属性・役割
 - ・ 静的属性
 - ・ 動的属性
- 行動
- 内部モデル
 - ・ 行為の目的・意図
 - ・ 状況の認知
 - ・ 行動ルール

Societal Prototyping Design (SPD)

政策立案に適用できる一貫したシステム統合を可能とするSPD技術



■ データ駆動デザイン(仮想実社会データ)

- 合成人口データ (模擬個票) を基盤とし、基本行動データも統合したデータ推定技術

■ モデル駆動デザイン(実規模社会シミュレーション)

- 合成人口データの社会・人流構造を反映した最大1億2千万人が動く 超高速なエージェントベース社会シミュレーション技術
- 多層多目的モデル逆推定技術を用いた 自律的エージェントの複雑で現実に即した行動を再現

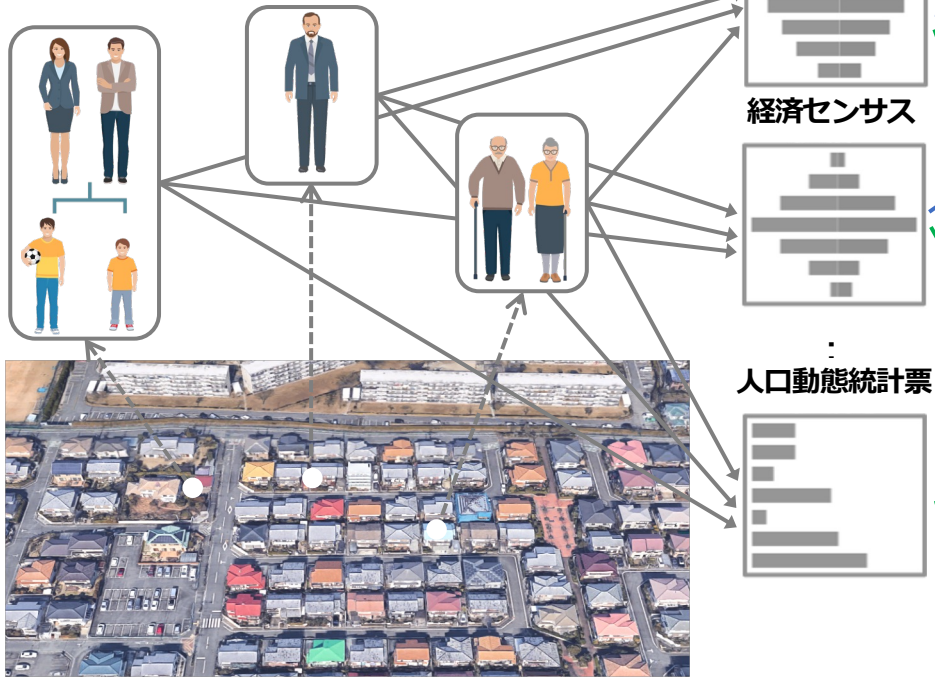
■ コミュニケーション駆動デザイン(未来共創型アプローチ)

- 実スケールの 社会シミュレーションを介在させたコミュニケーション
- 可視化、ゲーミングなどの技法を援用することで、状況のフェーズ全体に渡って ステークホルダ同士が関与を実感し、自分ごと・納得感を醸成させながら政策を共創

合成人口データ（模擬個票：模擬世帯構成員情報）とは

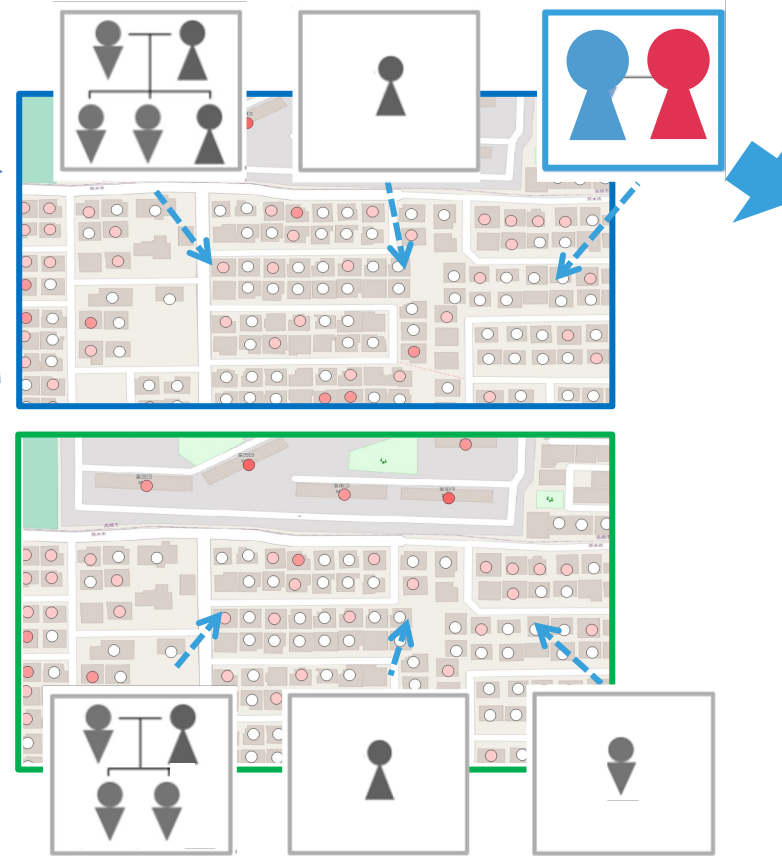
【実社会の人口構成】

社会調査による公開統計情報
(国勢調査, 経済センサスなど)



【合成人口データ】

公開統計情報から逆問題的に模擬個票(世帯構成員情報)を生成し,
地図上に展開するため**プライバシー侵害なし**



大阪府 高槻市 霊仙寺町2丁目
緯度34.9度 経度135.6度

夫婦のみ世帯



夫 28歳
一般・金融・99人
40万円/月 (平均)



妻 30歳
短時間・小売・9人
10万円/月 (平均)

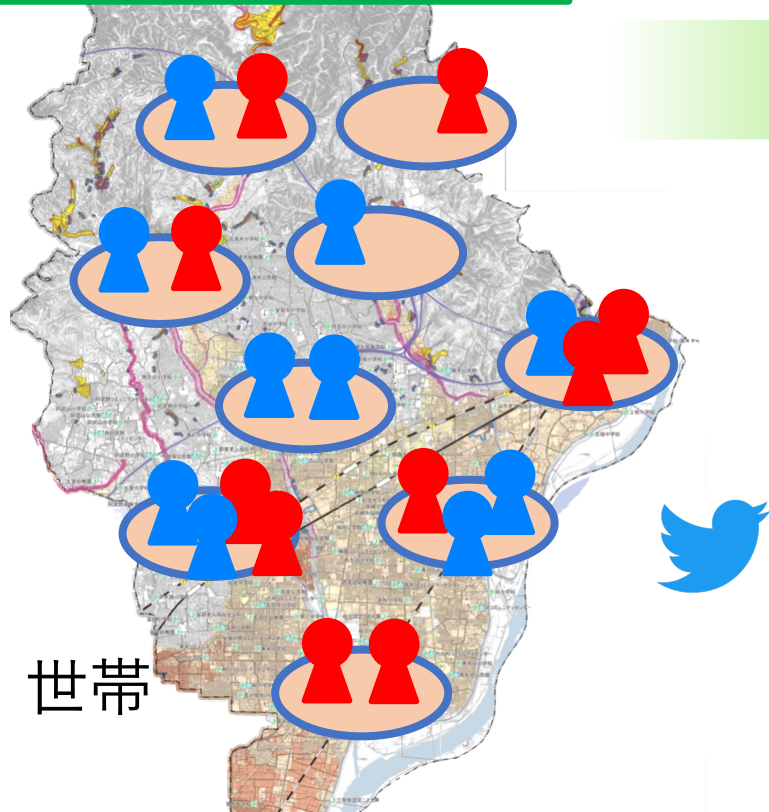
現実とは異なるが、統計的に正しい模擬個票を
複数セット合成可能 (スパコンを利用)

データ駆動デザイン

合成人口データ
(模擬個票データ)

原田 拓弥 (芝浦工業大学)
大規模社会シミュレーション

静的データから

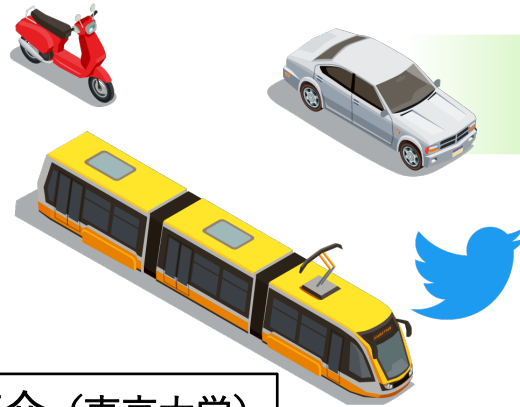


世帯

各種データ連携技術の開発

村田 忠彦 (関西大学)
多目的最適化

動的データへ



柴崎 亮介 (東京大学)
地理情報システム (GIS)

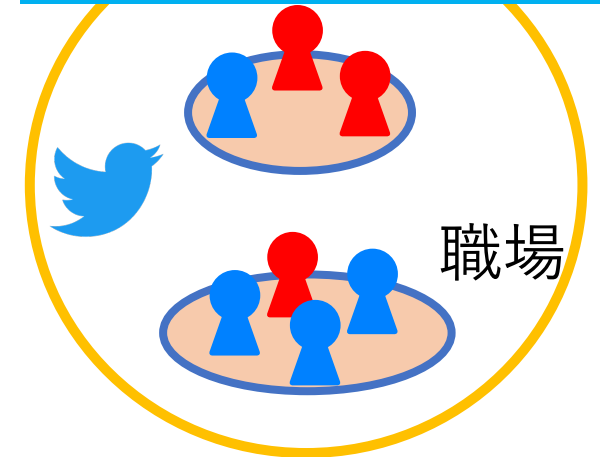
短期的移動データ
日常生活・購買行動

中長期的変動データ
進学・転勤・結婚・出産

千葉 安佐子 (東京財団)

仮想実社会データを整備

心理的データへ



職場

吉田 光男 (筑波大学)
ウェブ情報学

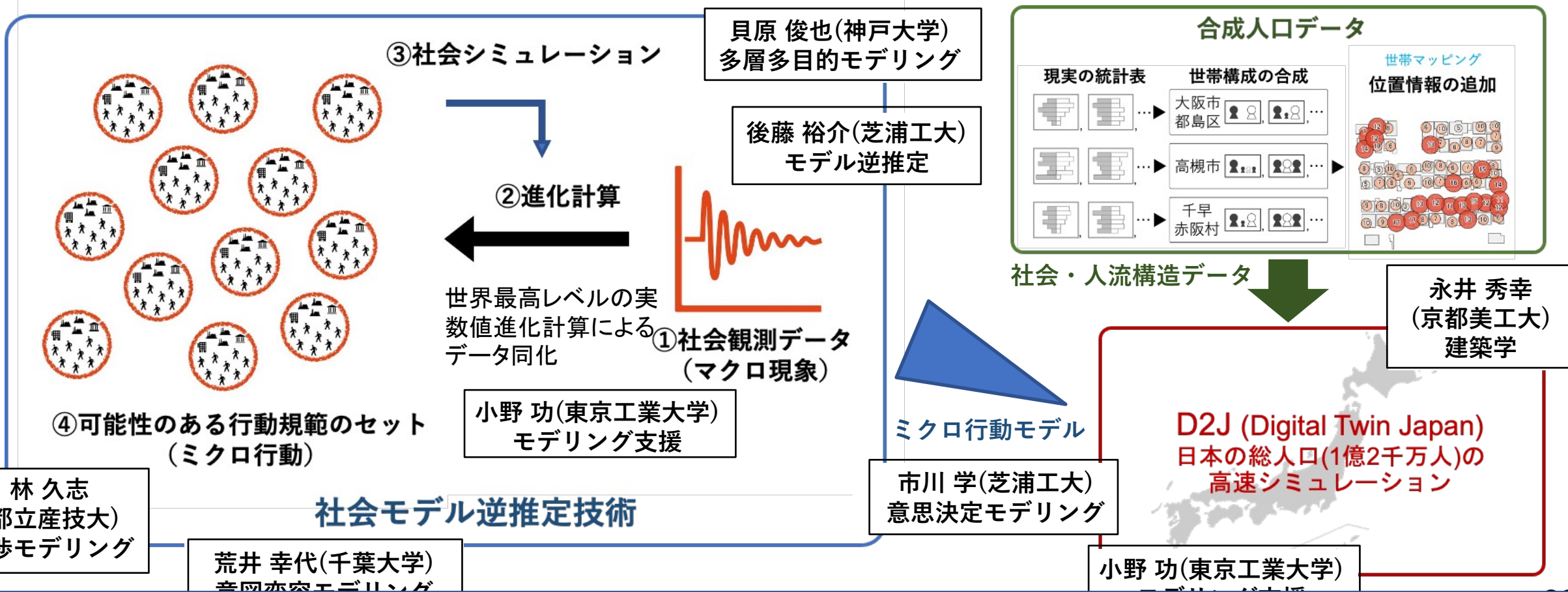
感情データ分析
SNS表現と行動の関係

満足データ分析
満足度と行動の関係

岡 檀 (統計数理研究所)
健康社会学

モデル駆動デザイン

合成人口データの社会・人流構造に基づく多層多目的モデル逆推定技術を用いて
自律的エージェントの複雑でもっともらしい行動を再現した上で
最大1億2千万人の高速シミュレーションを実現する



コミュニケーション駆動デザイン

ユーザ中心のコミュニケーション駆動デザイン

多様なステークホルダ

- 行政 - 住民
- 商店主 - 土地所有者
- 都市開発関連企業...

多学術領域の協調

無名のデータではなく
自分が関与していることが**自覚**できる



田原 敬一郎 (未来工学研究所)
政策科学

奈良 由美子 (放送大学)
リスクコミュニケーション

ナッジを利用した**行動変容**分析
政策に賛同する人が
本当に利用するかどうか

中元 康裕 (関西大学)
行動経済学

高橋 真吾 (早稲田大学)
システム方法論

浜田 良樹 (旭川高専)
ELSI・倫理・ゲーミング

デジタル社会実験による
擬似体験



自分の行動が
シミュレーション結果とシナリオに
表現されていることを**可視化し体験**する
情報デザイン技術 (見せる技術)
ゲーミング技術 (体験させる技術)

大堀 耕太郎 (東洋大学)

李 皓 (静岡大学)

SPDにおける政策検討の流れ

個人情報を用いず
プライバシー侵害のない
仮想の世帯構成を合成

日本の全自治体の
居住者を含めた
デジタル社会実験が
可能に！



東京都 新宿区 西新宿4丁目
緯度35.6874度 経度139.6876度

夫婦と子供世帯

- 夫 59歳
一般・製造・50人
30万円/月 (平均)
- 妻 60歳
短時間・小売・9人
10万円/月 (平均)
- 子 29歳

一人ひとりが、シミュレーションの中に入り**体験**することで、「自分ごと」として捉えられる政策が実現

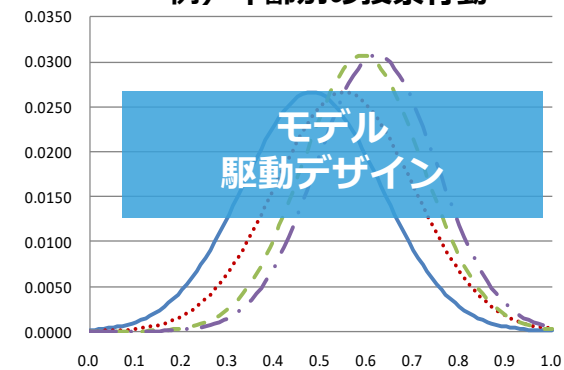
コミュニケーション
駆動デザイン

マクロ統計に
合致するデータ同化

全国の自治体を**住民一人ひとりの単位で**
シミュレートできる計算環境を構築

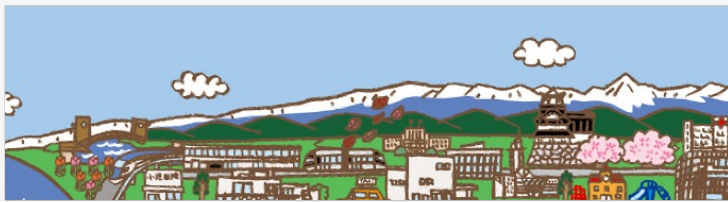
多様な行動シナリオを
シミュレーションにて**並列実行**

個人属性に合わせた行動確率
例) 年齢別の投票行動



従来実現が困難だった他自治体への本格展開を可能に

【富山市の健幸都市政策 成功例】



富山市介護予防&総合ケアセンター

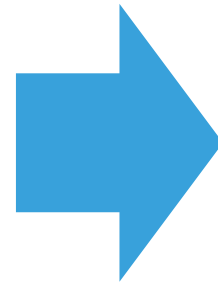
従来手法

- ・世帯訪問調査
- ・交通流調査
- ・住民アンケート
- ・リアル社会実験

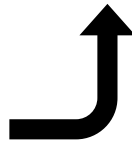


長い時間を
かけた
地道な活動

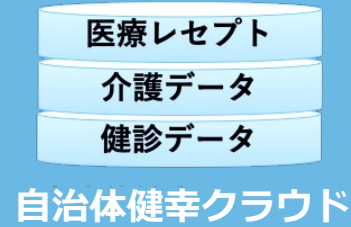
2027年度末
までに2つの
自治体で実施



複数政策案
コスト減
期間短縮
自分ごと化
合意形成

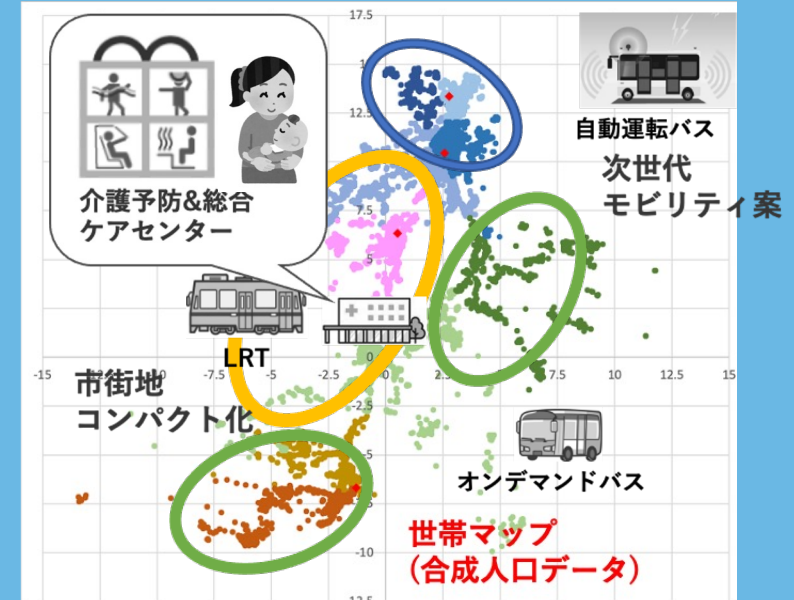


【他自治体での介護予防&総合ケアセンター設置計画】



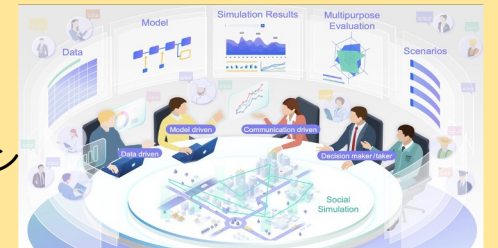
住民参加

総合ケアセンター設置デジタルツイン社会実験

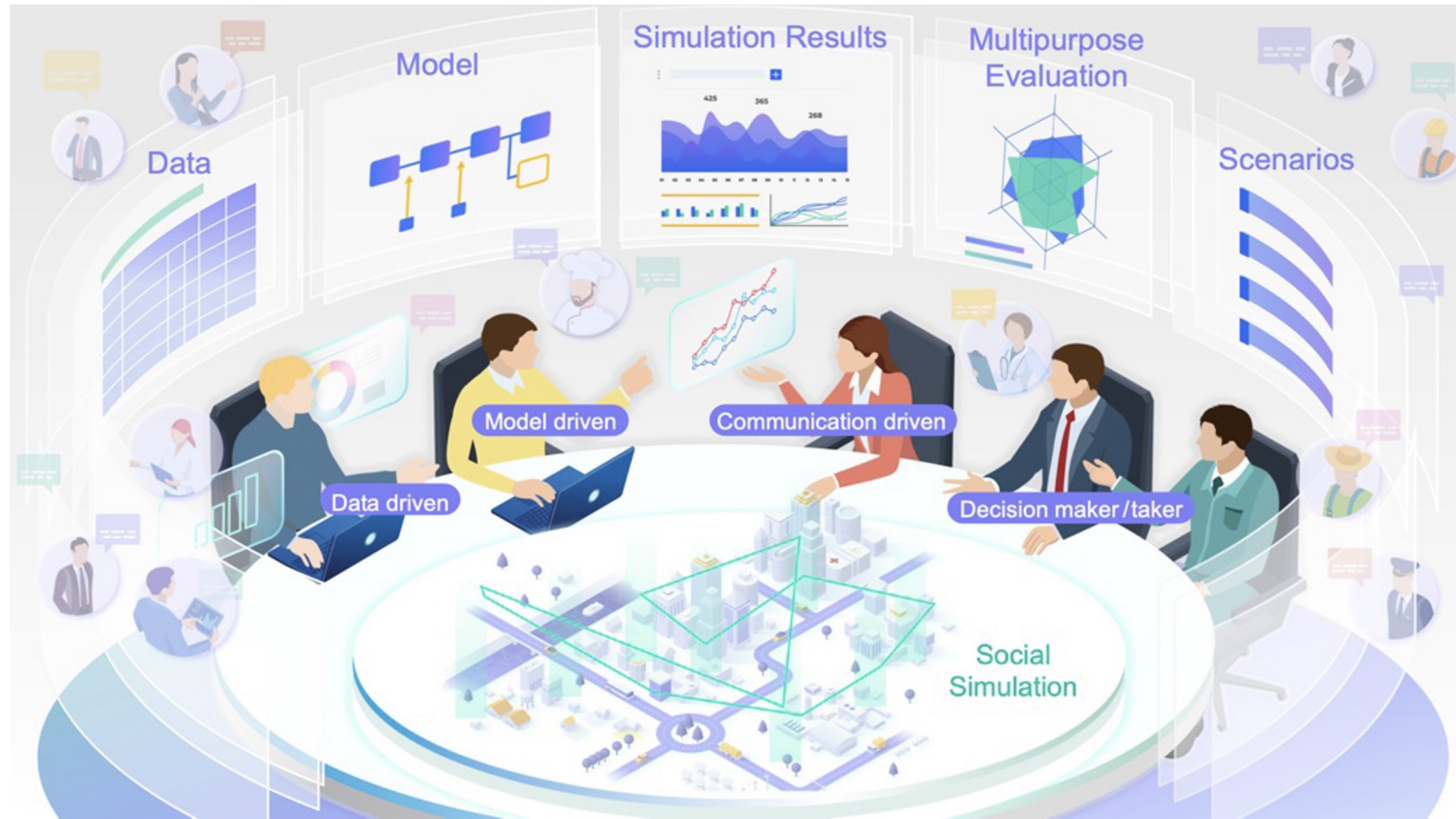


SPD手法

- ・合成人口データ
- ・モバイル人流データ
- ・ゲーミング&コミュニケーション
- ・デジタルツイン社会実験



SPDによる人間中心の社会共創デザイン

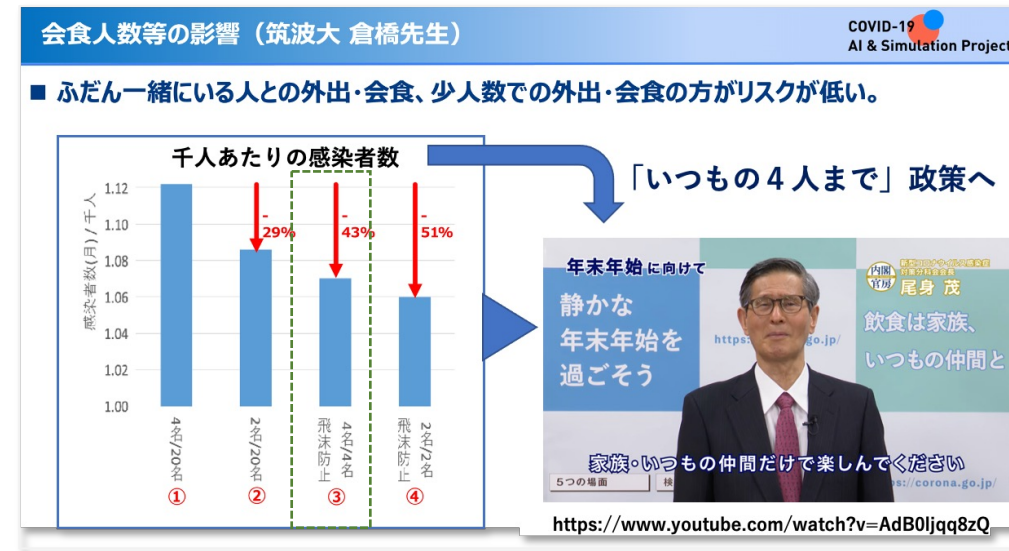


Societal Prototyping Design : デジタルエンジニアリングのコンセプトを都市・社会政策に取り入れたデジタル社会実験の基盤技術

探索研究におけるマルチスケールABSSの成果 (1)

- 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) を対象として内閣官房や各自治体に研究成果を展開し、感染症政策に数多く実利用。その結果、**ABSS** (エージェントベースの社会シミュレーション) による**デジタル社会実験の重要性を示すこと**ができた。

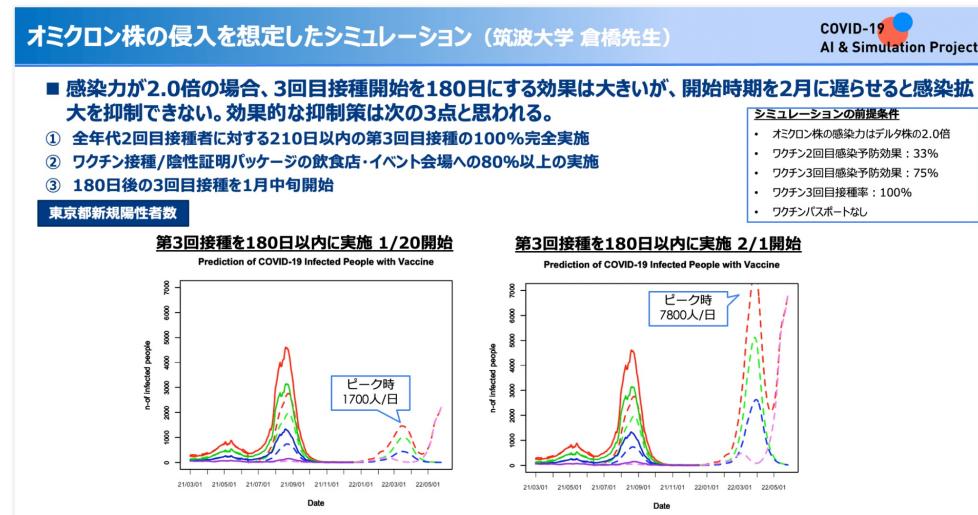
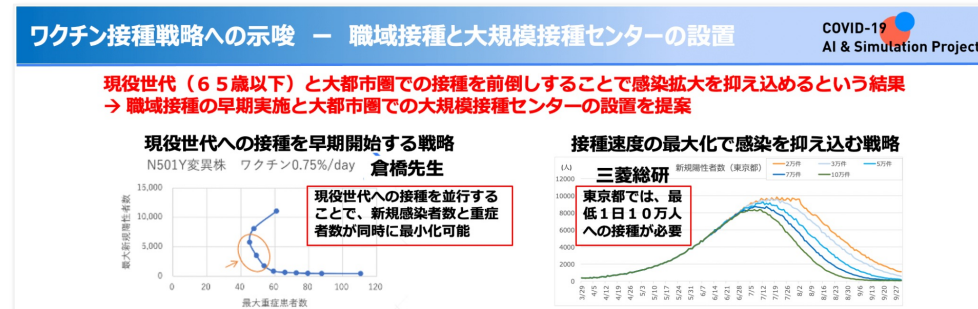
- ① 2020/11 コロナ禍で持続可能な**観光政策「妙高モデル」**を策定 (観光庁・妙高市・新潟県立病院)
- ② 2020/12 AIシミュレーション技術で**GOTOトラベルによる感染者数増加リスク**を推定 (内閣官房)
- ③ 2020/12 合成人口データを使用したネットワークモデルで **Stay with your community** (大澤) を提案 (尾身・西村大臣会見)
- ④ 2021/1 感染予防策効果を推定し **「いつもの4人まで」** 「大規模イベント制限」 「飲食店制限」 などの**緊急事態宣言の基礎データ**を提供 (内閣官房)



内閣官房HPより

探索研究におけるマルチスケールABSSの成果 (2)

- 5 2021/4 変異株に置き換わる中での**ワクチン接種戦略**の効果を推定し、高齢者だけではない同時並行接種戦略の最適解を提案・**職域接種がスタート**
(内閣官房・政府与党)
- 6 2021/7 東京オリンピック開催の観客来場リスクをAIシミュレーション技術を用いて推定し、**無観客開催**であれば大幅な感染者拡大を防げることを示した
(内閣官房、東京都)
- 7 2021/9 ブースター接種、接種/検査証明の効果进行提案
(内閣官房)
- 8 2021/12 **オミクロン株拡大を予測**し、東京から沖縄への観光客/米軍リスクが大きなリスクとなっていることを示し、**3回目接種**を2回目の**180日後に実施する効果**を提案
(内閣官房)



SDIのとりあえずの活動と今後の課題

- ・ ABSSの社会的認知と普及
- ・ 合成人口データの提供とビジネス適用
- ・ 大規模ABSSツールキットの提供
- ・ 最適化アルゴリズムの進展
- ・ Social Simulation Scientist (SSS)の育成
- ・ ABSSに伴うELSI問題に関する議論
- ・ ABSSの検証・妥当性評価・認証の議論

一般社団法人 SDI(ソサエタルデザイン研究所)

- 本格研究の成果に関する社会実装やエコシステム実現に向けた出口
- 研究開発, 社会実装, 人材育成, コンサルティング, 海外技術移転など
- 2022年11月1日 設立

(事業)

第4条 当法人は、前条の目的を達成するため、次の事業を行う。

- (1) SPD技術に関する研究開発に関連する業務
- (2) SPD技術の社会実装と実展開に関連する業務
- (3) SPD技術を用いたビジネスモデルの開発に関連する業務
- (4) SPD技術を担う人材の育成ならびにSPD人材の相互交流に関連する業務
- (5) SPD技術の利活用を求める企業・自治体等へのコンサルティングに関連する業務
- (6) SPD技術の普及啓発等に関連する業務
- (7) 国内外の関連諸団体等との活動に関する情報交換や連携・協力のための活動
- (8) 雑誌・書籍・映像教材・ソフトウェア・データベースの企画、制作、販売
- (9) その他当法人の目的を達成するために必要な事業

定款より
一部抜粋



<https://sdi.or.jp/>