

カーボンニュートラルでウェルビーイングな
都市システムのデザインを目指して～

慶應義塾大学大学院
システムデザイン・マネジメント研究科教授

山形 与志樹



教員について 山形 与志樹



○プロフィール

東京大学教養学部システム基礎科学科卒
同大学院・広域科学専攻で博士(学術)
1991年より国立環境研究所に30年間勤務
気候変動政府間パネル(IPCC)代表執筆者

○専門分野

応用システム分析、土地利用—交通モデル、気候変動緩和・適応策、生態系サービス評価、空間ビッグデータ解析、持続可能な都市システムのデザイン

○担当授業

持続可能都市システム基礎(日本語)
持続可能都市システム応用(日本語)
都市システムデザイン演習(英語)



各種サービスの提供



研究について 未来社会共創イノベーション研究室

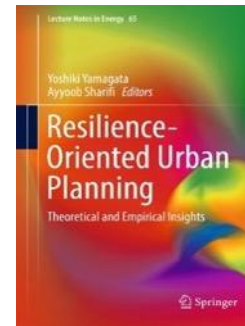
<https://yamagata.sdm.keio.ac.jp/>

持続可能な未来社会の実現に向けて、社会課題解決や新たな価値を創造する社会システムを都市や地域の関係者と共創するイノベーションについて研究します。

特に、「環境」と「健康」が好循環する未来社会の実現を目指して、都市と地域をつないだ新しい働き方、住まい方、移動手段を組み合わせたライフスタイルとして、都市システムをデザインするフレームワークの開発に取り組みます。

- 都市システムの持続可能性評価
- 都市システムのデータ解析
- 都市システムのデザイン

2018
Springer



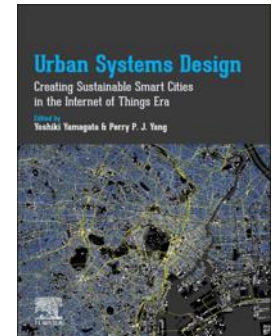
気候変動の緩和・適応策を組合わせて都市の気候レジリエンスを高めるための都市計画の理論と応用を研究

2019
Academic Press



各種ビッグデータを解析する空間統計学的手法を開発しマルチスケールでの都市システム分析への新たな応用の可能性を研究

2020
Elsevier

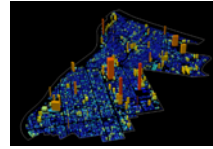


IoT時代の多様なスマート技術を用いて建築・交通・人間行動を融合して都市システムをデザインする手法の理論と応用について研究

スマート技術を活用する持続可能な都市システムデザイン

脱炭素化(緩和)

- 再生可能エネルギー
- スマートグリッド
- スマートモビリティ
- スマート技術統合評価
- 土地利用・交通モデル
- 脱炭素化シナリオ構築



CO2排出量

気候レジリエンス(適応)

- 暑熱・水害リスク対策
- 避難シミュレーション
- 快適性計測手法
- ナビゲーションシステム
- ビックデータとAI活用
- 総合的適応評価システム



洪水リスク

都市・地域でのシナジーとトレードオフの分析に基づいた最適化デザイン



地域循環共生圏

- 地域資源の活用
- 自立・分散型社会
- Society5.0活用
- ジオデザイン手法



地域コミュニティ活性化

- 健康的なライフスタイル
- シェアリングエコノミー
- 滞在型ツーリズムの促進
- 二地域居住の社会実験



将来の多様なスマート技術の可能性を融合する都市システムデザインによって建築・交通・人間行動を統合して持続可能かつWellbeing(健幸)な都市を実現

スマート技術活用による気候変動対策への貢献

気候変動リスク情報



スマートシティ



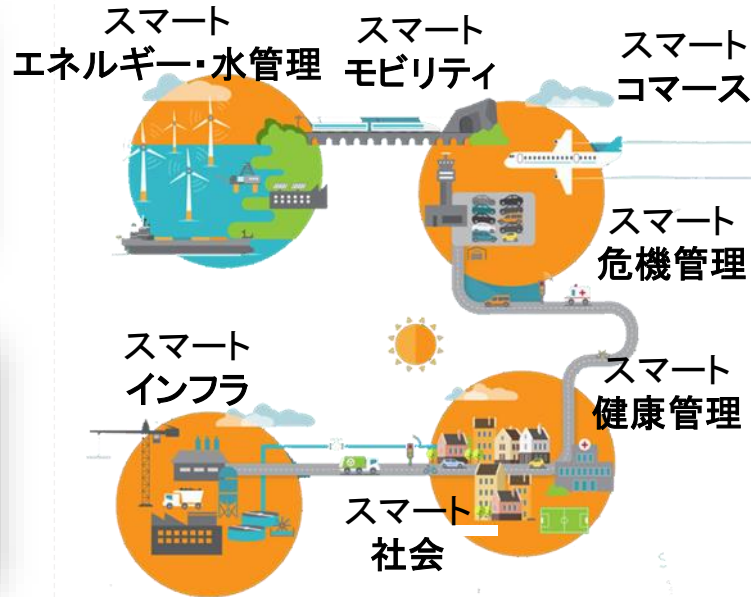
情報通信技術



熊谷市 (2018/7/23)



常総市 (2015/9/10)



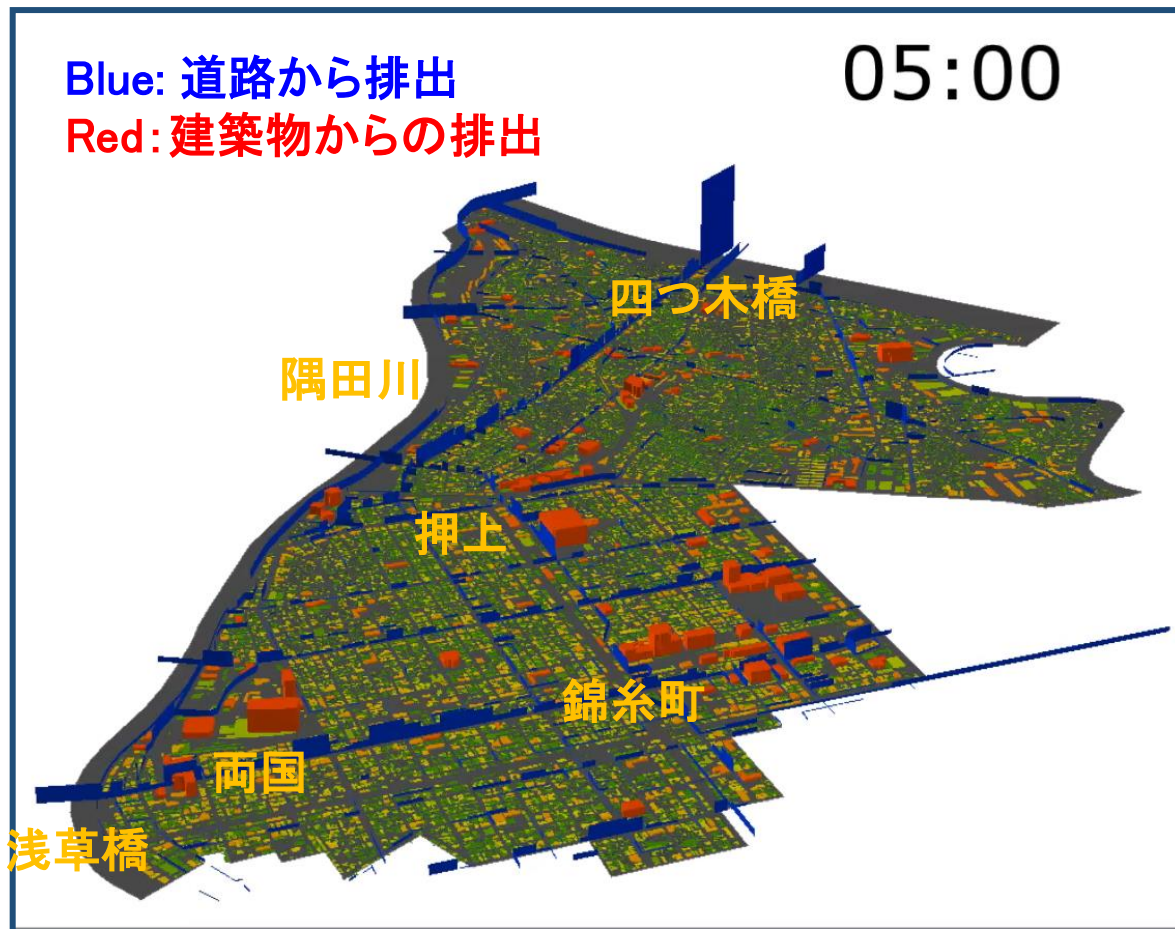
2050年脱炭素化都市宣言都市
(東京都、京都市、山梨県ほか)

ビックデータやAI手法を活用する気候変動の実現にむけて
自治体や企業と連携してテストサイトでプロジェクト研究を推進

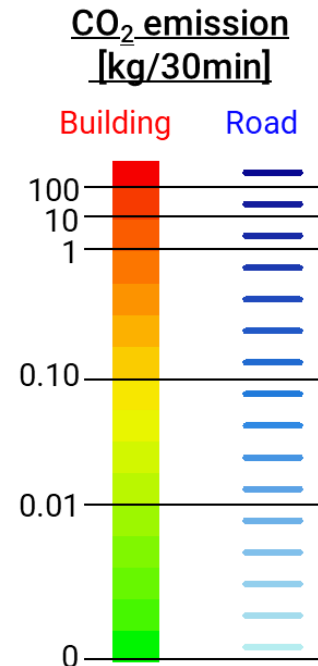
墨田区におけるCO2排出量の可視化

今後の都市計画への応用について自治体やデベロッパーと連携

→ライフスタイル変化とスマート技術の導入によるカーボンニュートラル実現を支援



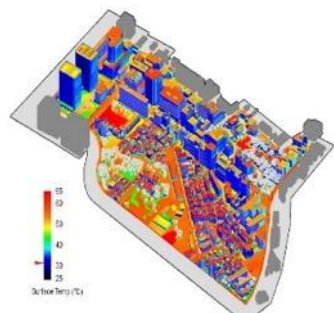
2016年11月7日



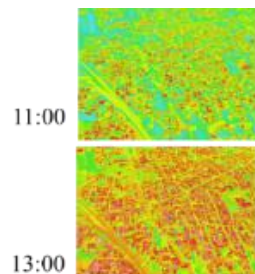
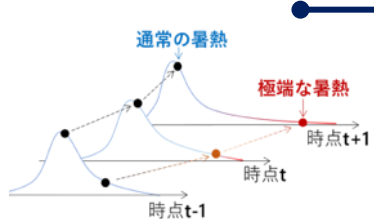
ビッグデータを用いた暑熱リスク評価と快適ナビゲーション

歩行者年齢の推定例

屋内外の暑熱計測



時空間補間手法



地表面温度の推定例

暑熱ハザード
地表面温度・
気温・湿度など



歩行履歴情報の推定例

暑熱脆弱性
高齢者・
既往症など

**暑熱
リスク評価**

暑熱曝露
位置情報・
歩行履歴など

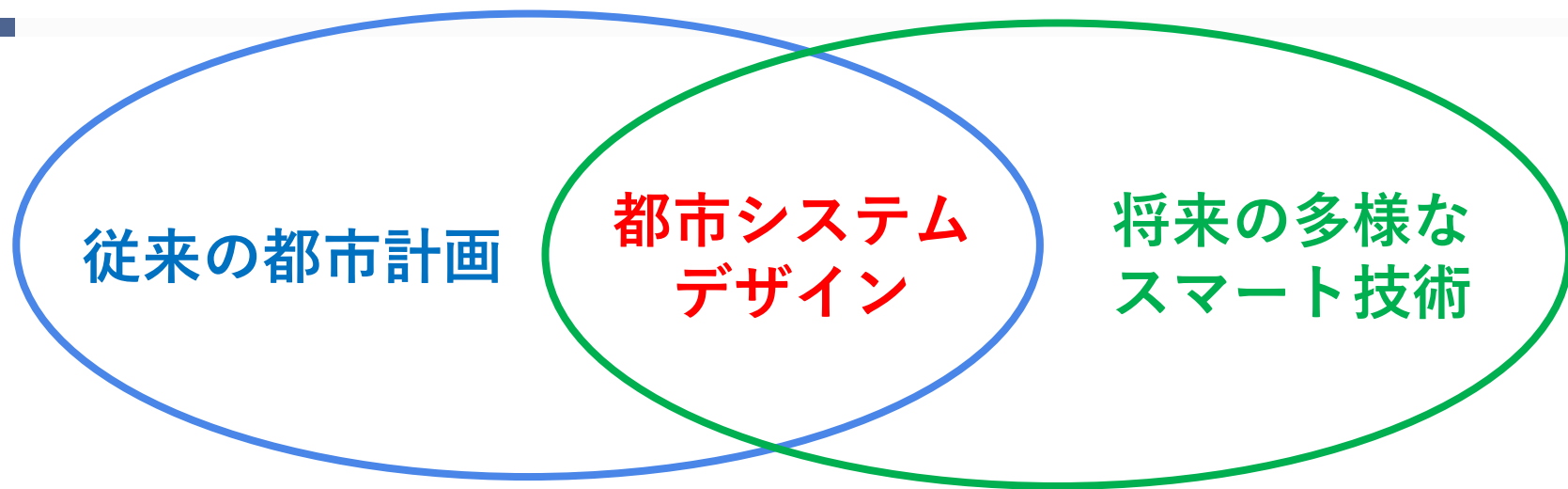
快適性指数 (PMV等)
温度、湿度、風速、日射、活
動量、着衣量等から計算

**快適性
評価**

**ナビゲーション
システムの開発**



多様なスマート技術を融合する都市システムデザイン



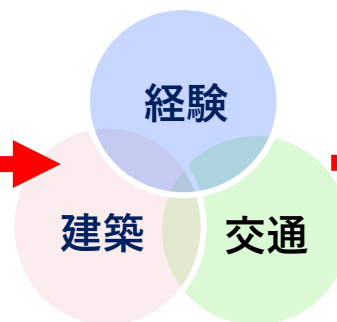
1. 問題の認識
2. 新技術の開発
3. 新技術の融合
4. 統合的マスタープラン



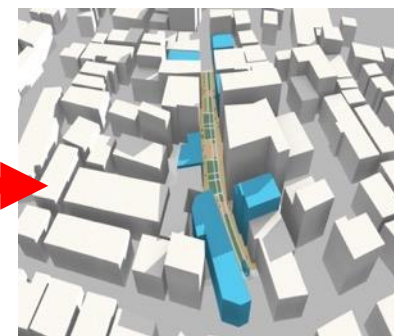
都市の快適性向上



E-Palletteなど



IoT/Bigdata/AI

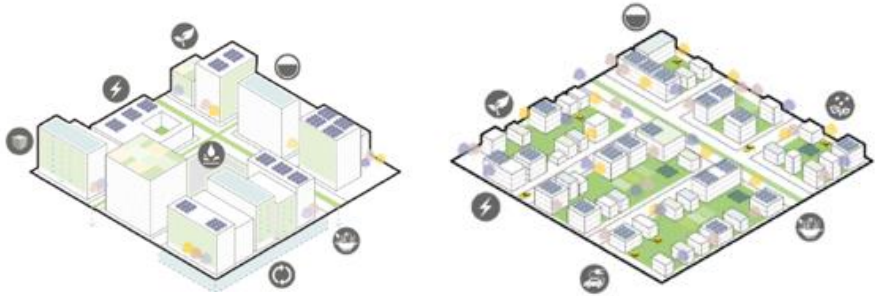


都市システムデザイン

最適な都市システムデザインを協働設計するプロセス

将来都市システムデザインのシナリオ

次世代居住スタイルやモビリティシステムを想定して
多様な都市システムデザインシナリオを構築

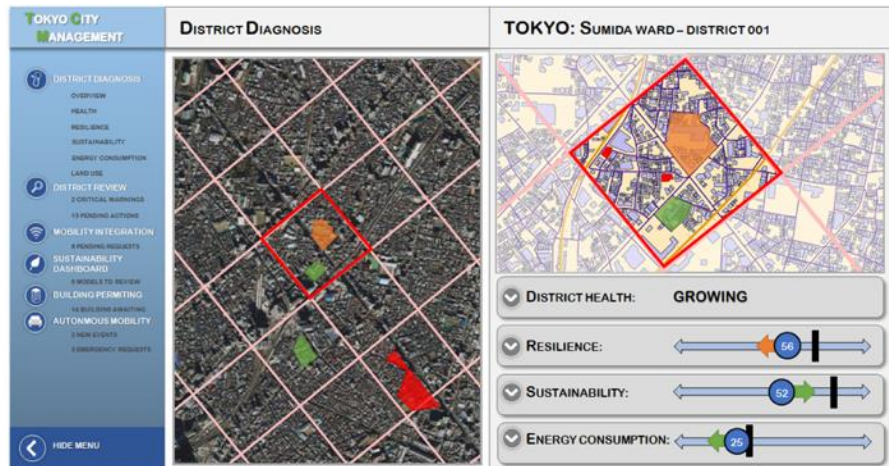
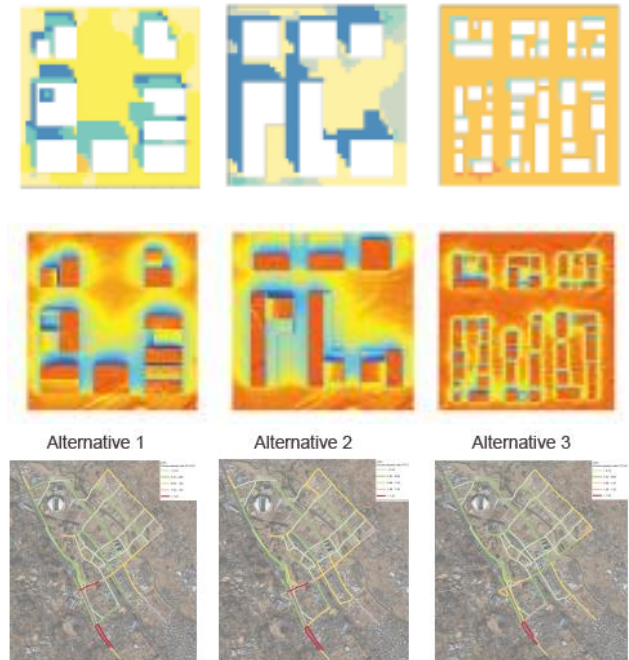


居住・モビリティ統合シミュレーション

- 各シナリオごとのエネルギー需要・供給量のマッチング、スマートモビリティによるエネルギーシェアリング等を評価
- 経済的コスト・ベネフィットを分析

デザインシナリオの評価プラットフォーム

シナリオごとの持続可能性・環境改善・アクセス等のシミュレーション結果を可視化して、地域ステークホルダーらに提示し、協議による評価結果をシナリオ設計にフィードバックしてシステムデザインを最適化

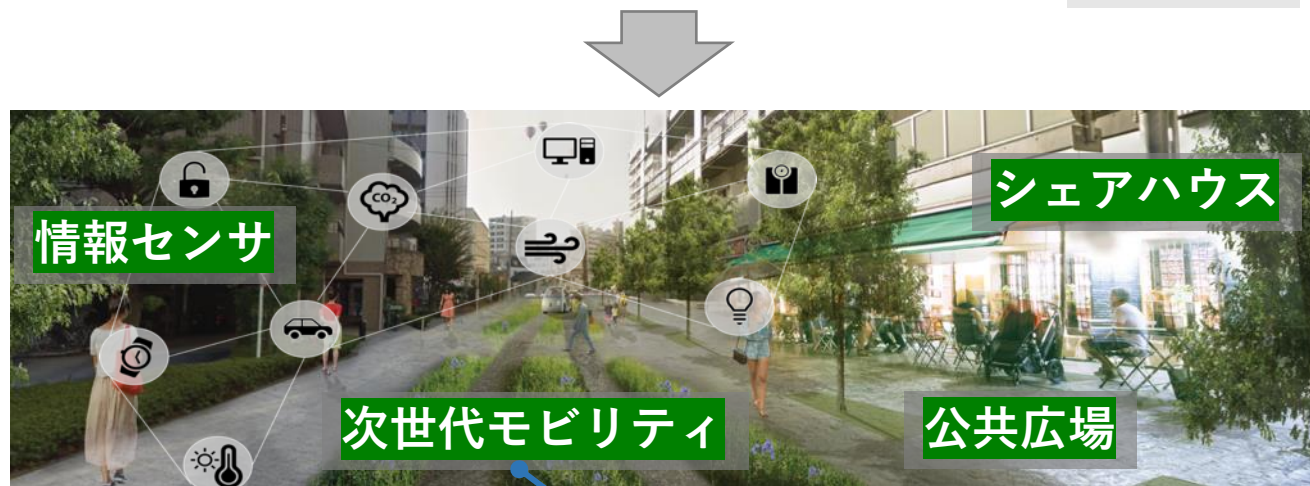


*Yamagata & Yang (2020)
Urban Systems Design, Elsevier*

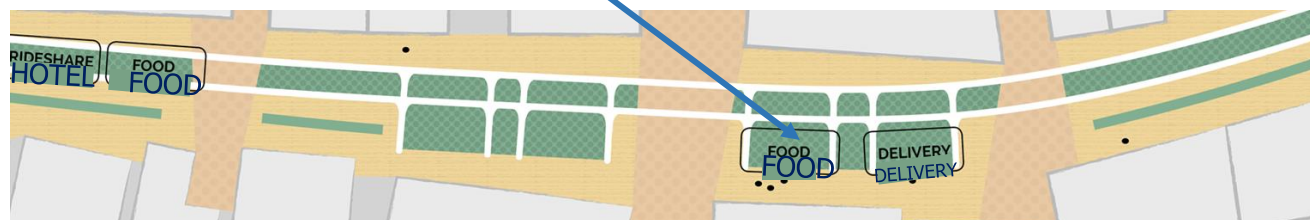
次世代AVによる快適なコミュニティスペースの創出



【現在の通り】
道路拡幅工事によって歩道が整備されたが、車の交通量が増加して歩行者の快適性はかえって低下することも



【将来の通り】
次世代AVは軌道上を低速・安全に運転可能。全面舗装は不必要で、緑化により通りを快適なコミュニティスペースに



各種サービスの提供

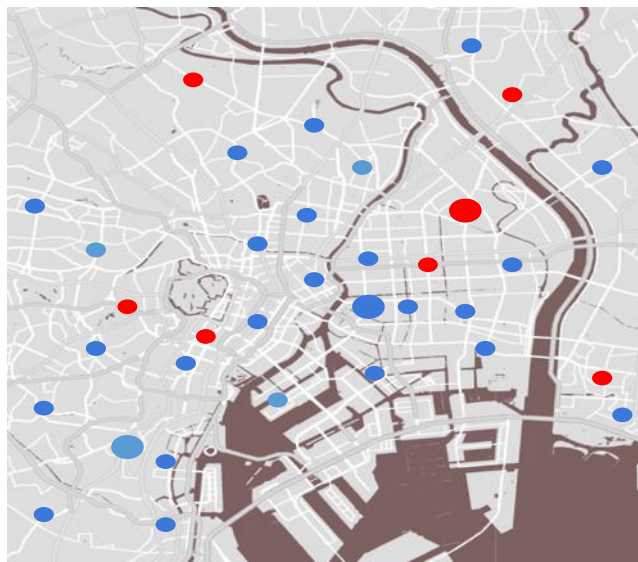


AEV2Cシステムによるグリーン電力シェアリング

ビル屋上や壁面でのPVによるの(CO2ゼロ)
グリーン電力は、地下駐車場の自動運転電
気自動車(AEV)に充電され、**非常時には周
辺地域(コミュニティー)に電力供給**
(AEV2C)



地下



AEV地下駐車場は景観と土地有効活用に貢献
AEV2Cの**交通・電力需要を考慮して最適配置を設計**

東京デザインスタジオ

世界と日本を結ぶ湾岸イノベーションハブ品川







品川再開発の都市システムデザイン案を現実的に検討するため
研究者、企業、自治体で連携して社会実装型プロジェクトを提案

次世代モビリティー連携で歩行アクセスを拡張

待ち時間を含めて10分以内に全地域にアクセス可能なMaaSを提案



-  Rails & Stations
-  Car way & E-palette (L)
-  E-palette (M)
-  E-palette (S) & Pedestrian
-  Hubs



自立分散型の超小型
AEVを開発できれば、
平時の高齢者の移動
に加えて、緊急時の避
難や救急搬送が可能

1



総合科学技術・イノベーション会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分して、基礎研究から出口(実用化・事業化)までを見据えた取組を推進。

SIPの特徴

- ▶ 社会的に不可欠で、日本の経済・産業競争力にとって重要な課題を総合科学技術・イノベーション会議が選定。
- ▶ 府省連携による分野横断的な取り組みを産学官連携で推進。
- ▶ 基礎研究から実用化・事業化までを見据えて一貫通貫で研究開発を推進。
- ▶ 企業が研究成果を戦略的に活用しやすい知財システム。
- ▶ 国際標準・知財戦略、ベンチャー支援等の制度改革。

■ 研究開発テーマ

カーボンニュートラルかつウェルビーイングな未来都市システム実現にむけた
デジタルツイン空間を活用するシミュレーション基盤の開発

■ 概要

未来都市における脱炭素化や居住快適性などの持続可能性を実現するため、建築・交通・人間活動にかかわる各種スマート技術の導入シナリオ(2030、2050年を想定)を構築し、最先端のデジタルツイン技術を活用して、スマートエネマネのための新たなシミュレーション基盤を開発する。特に、多様な地域課題に対応するためのテストサイトを全国に設定し、エアモビリティ等が展開する未来の都市システムにおけるグリーン電力の需要と供給を最適化するための統合的モデリング手法の開発に取り組む

■ 内容

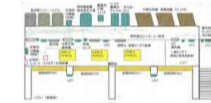
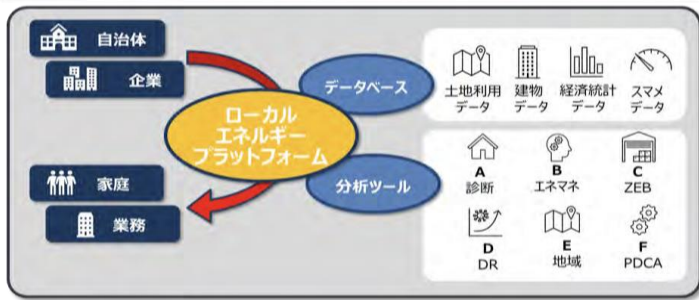
今後の急速な発展が予想される建築・交通関連のスマート技術(ネットポジティブ建築、自動運転EV、ドローン、空飛ぶクルマ等)と経済活動のデジタル化が大規模に導入される未来都市のシナリオを想定して、2050の脱炭素化に向けたスマートエネマネの統合シミュレーション手法を開発

- ✓ 未来都市発展シナリオのシミュレーション手法(都市システムのエネマネによる脱炭素化をバックキャスト)
- ✓ 建築と交通におけるエネルギー需給を統合的にシミュレーションしてエネマネを最適化する手法
- ✓ ビックデータ・IoT情報を統合解析してデジタルツイン空間での可視化情報をエネマネに活用する手法
- ✓ 都市における各種エネマネ対策のカーボンアカウンティング(SCOPE3を含む)と持続可能性を評価する手法
- ✓ オンデマンドEVモビリティによりグリーン電力をシェアリングするシステムの動的なエネマネ手法
- ✓ メタバース経済圏におけるエネマネ行動変容を促すゲーミング手法(地域コイン活用を含む)

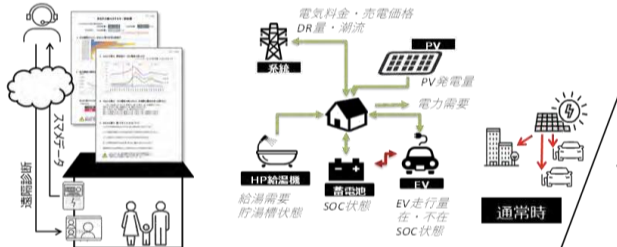
■ 実施体制

- 慶應義塾大学・SDM(代表 山形)統合シミュレーション基盤の開発
- 東京大(都市工・新領域)、神戸大、統計数理研、国立環境研究所他と連携
- 自治体・デベロッパー・エネマネ関連企業との連携によるユースケース応用

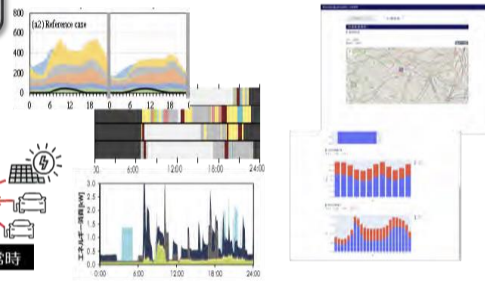
地域エネマネ可視化シミュレーション手法の開発



東京大学
生産技術研究所
Institute of Industrial Science,
The University of Tokyo

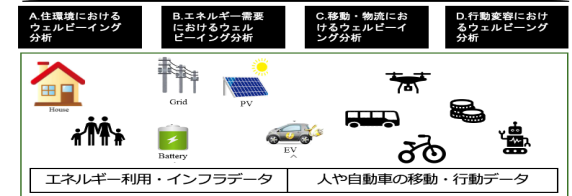


B・D: 需要側資源活用シミュレータ



E: 地域エネルギー需要シミュレータ

人々のウェルビーイングシミュレーション



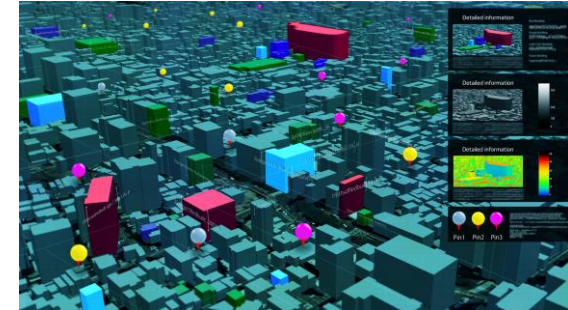
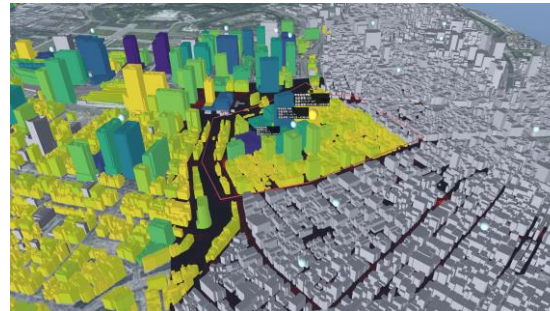
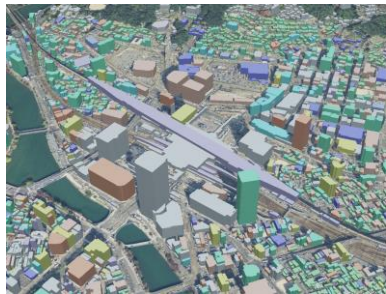
脱炭素化された住宅環境とエネルギーインフラ, 脱炭素化された移動インフラ 循環バス・シェアサイクル, 地域コインなどによる人々の行動変容

政策・シナリオ

建物・交通・人流データ

エネルギーデータ

脱炭素化政策シナリオ



デジタルツイン空間カーボンニュートラル政策支援シミュレータ

カーボンニュートラルでウェルビーイングな街の実現

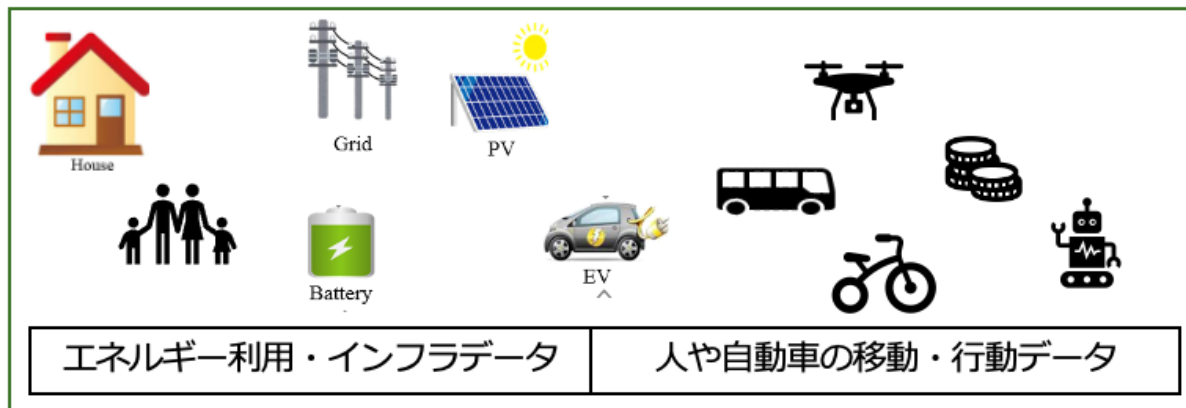
人々のウェルビーイングシミュレーション

A. 住環境における
ウェルビーイング
分析

B. エネルギー需要
におけるウェル
ビーイング分析

C. 移動・物流にお
けるウェルビー
イング分析

D. 行動変容におけ
るウェルビー
ング分析



脱炭素化された住宅環境
とエネルギーインフラ

脱炭素化された移動インフラ
循環バス・シェアサイクル

地域コインなどによる
人々の行動変容

政策・シナリオ

都市のデジタルツイン空間における統合的シミュレーション技術の開発

カーボンニュートラルかつウェルビーイングな未来都市システム実現に向けたデジタルツイン空間を活用するシミュレーション基盤の開発

Society5.0 「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」

各アプリケーションをエネルギー最適化・CO2排出管理へとつなげる

【社会課題解決】
カーボンニュートラル

【人間中心】
ウェルビーイング

Society5.0に環境と健康を同時に実現する都市・地域づくりで貢献

未来都市シナリオ スマートエネマネ

新モビリティ（自動運転EV、水上モビリティ、空飛ぶクルマ）

都市計画（快適な住宅やオフィス・歩きやすいまちづくり）

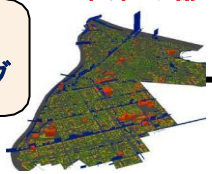
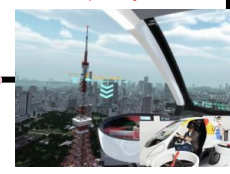
地方創生（産業・観光・持続可能性）

ライフスタイル（環境・健康・働き方・社会・消費）

スマート農業
ドローン林業

未来の都市システムにおけるスマートエネマネを実現するデジタルシミュレーション

デジタルツイン空間での手法開発
センシング情報の可視化・シミュレーションによる最適化、メタバース経済圏でのゲーミング等

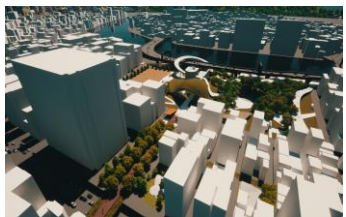
都市地域
炭素マッピング

Drean On
空飛ぶクルマ
シミュレータ

先進自治体との連携による課題別の検証テストサイト

産官学連携による共同研究体制の構築について協議済

東京都市圏



東京都日本橋、横浜市MM、千葉県柏の葉
（脱炭素化と快適性を同時実現する建築・交通・行動変容をシミュレーション）

静岡県



静岡県沼津市
（自動運転EV、空飛ぶクルマをを統合活用する観光・防災活動をデジタルツイン空間でシミュレーション）

山梨県



山梨県北杜市
（グリーン電力を活用してスマート農業やドローン林業を開発するシナリオをシミュレーション）

宮崎県

宮崎県延岡市
（PV・蓄電池・EVを導入する事業効果を交通・建築分野を統合してエネマネの観点から最適化するシミュレーション）