

総合知の活用事例 災害デジタルツインプロジェクト Disaster Digital Twin 4 National Resilience

東北大学災害科学国際研究所
災害レジリエンス共創センター
副センター長・教授 越村 俊一



東北大学



International Research Institute
of Disaster Science
災害科学国際研究所

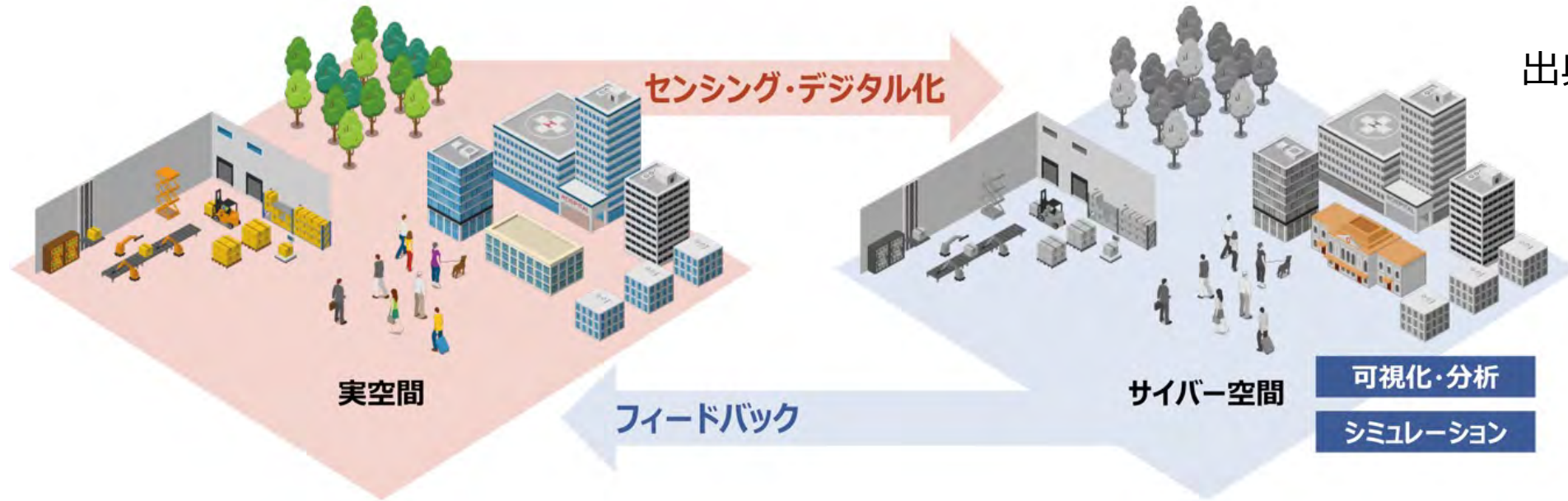


災害レジリエンス共創センター ミッション・ステートメント

多様な主体との連携により、レジリエンス向上のための「総合知」を探求し、社会に実装する。



デジタルツインとは



出典：NTT



出典：General Electric

物理世界の情報・データのデジタルコピーを仮想空間上に作成し、仮想空間上でのデータ分析や将来予測などのシミュレーションを実行し、その結果に基づく最適な政策、方針、行動を物理世界にフィードバックすることで、社会の問題解決やビジネスを向上させる。

DDT4NRとは

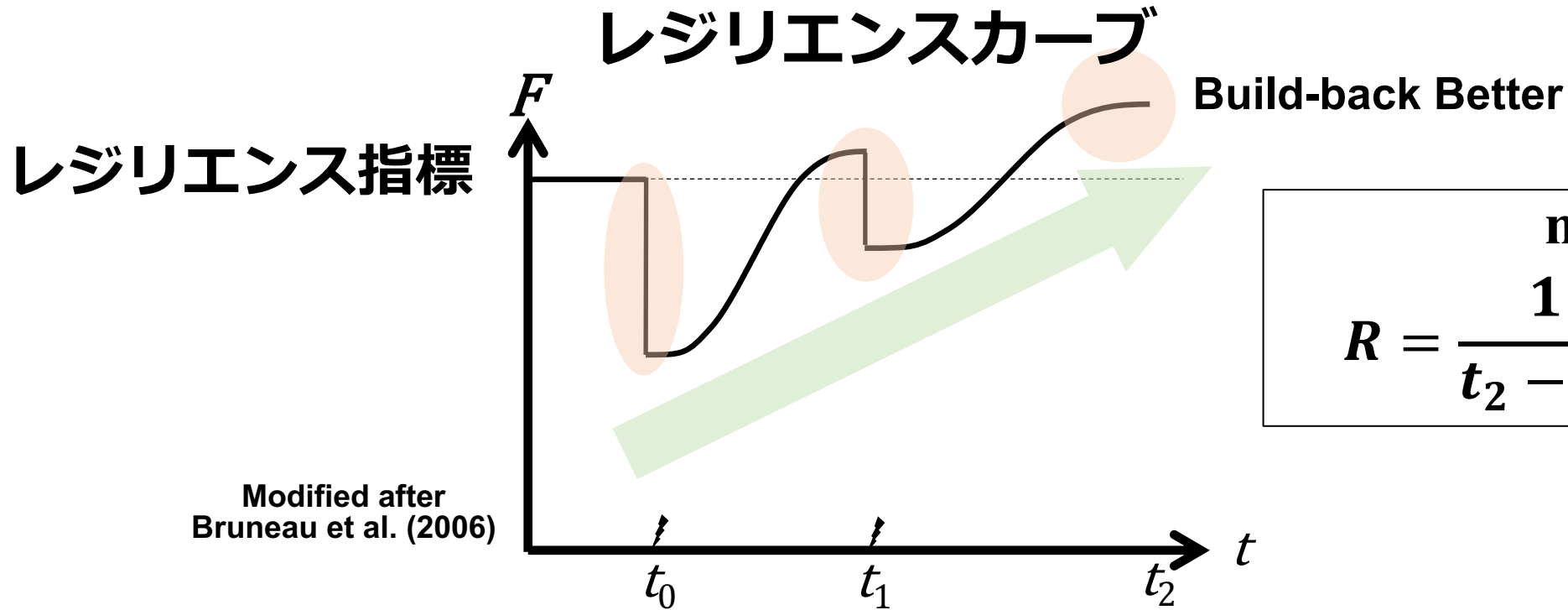
Disaster Digital Twin for National Resilience

- 「デジタルツイン」とは、多様なセンサから**現実世界**の状況を**仮想世界**（コンピュータ上）にコピーして（=ツイン）、シミュレーションを実行し、その結果を**現実世界**にフィードバックするという考え方。
 - 例：航空機エンジンのデータを仮想空間に展開して劣化をシミュレーション予測、トラブル発生前に**先回り**で**対策**する
- **DDT4NR**は、日常・災害時の多様な**地球観測**データ、**社会基盤**のデータ、**社会動態**のデータを**リアルタイム**で取り込み、**シミュレーションとAIの融合**による分析を通じて、我が国が**レジリエント**であるための**方針**や**被災地の支援策**を提案する。

災害レジリエンス

(1)レジリエンス指標の数量化

(3)レジリエンス最大化施策の探索



$$R = \frac{1}{t_2 - t_0} \int_{t_0}^{t_2} F(t) dt$$

$\max R$

(2)レジリエンス目標の設定

(4)レジリエンス指標の継続的モニタリング

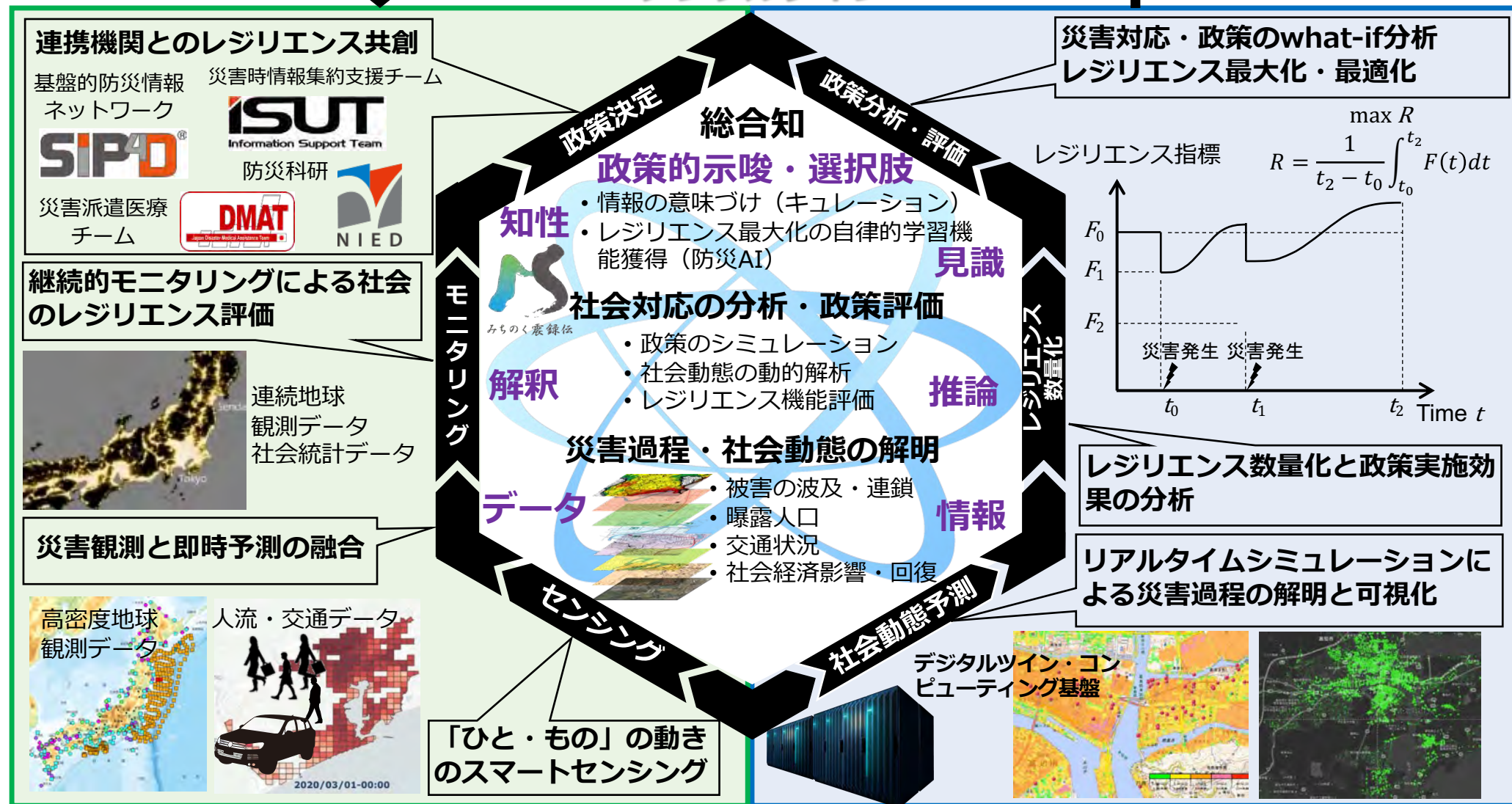
災害デジタルツイン

フィードバック

現実世界

デジタルツイン

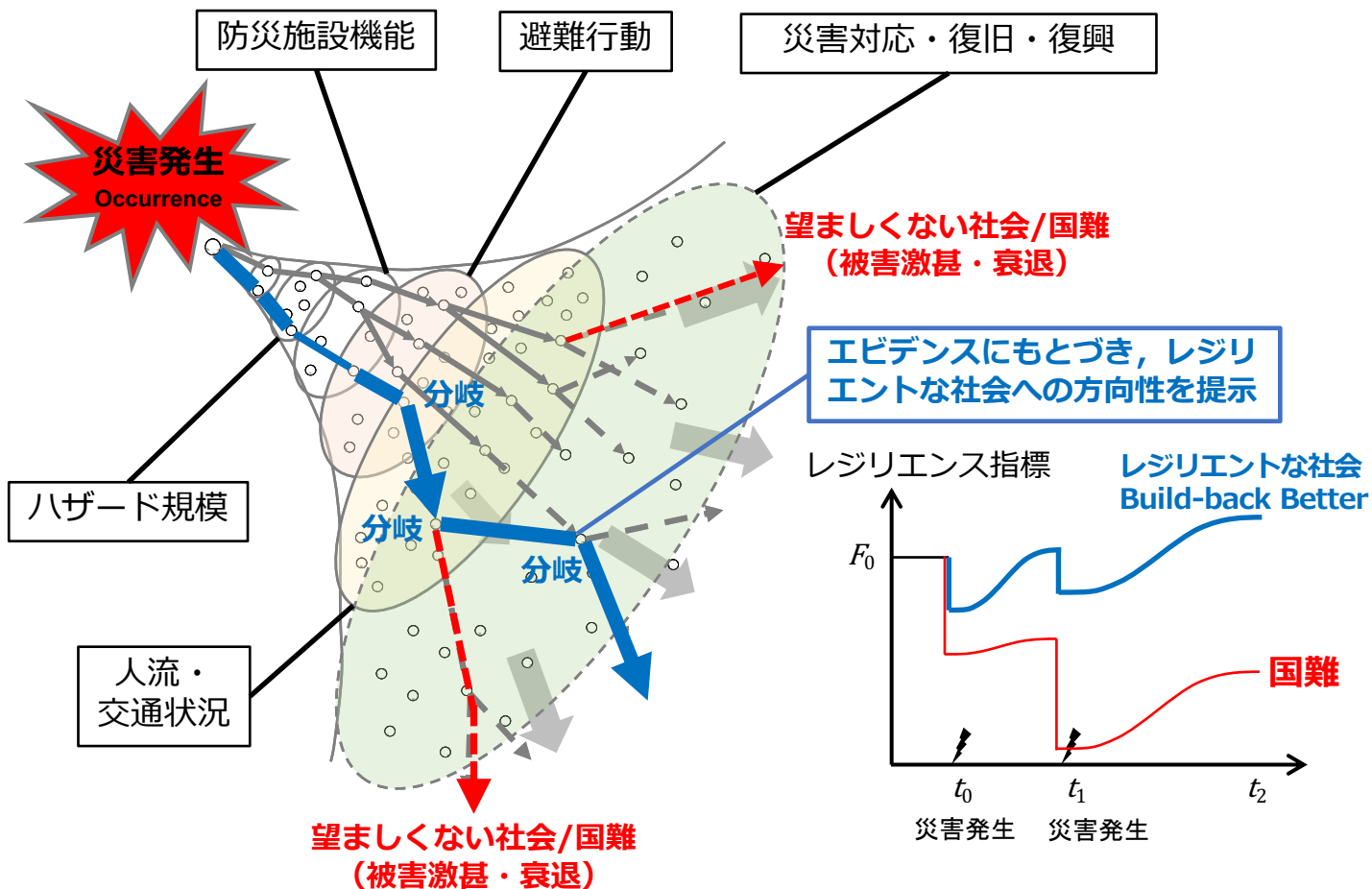
仮想世界



コピー (ツイン)

レジリエントな社会に向けた総合知の活用

災害過程の進展とシナリオ分岐



エビデンスから導かれる多様な
知の集合による総合知

人文・社会科学

暗黙知

経験知・伝承知

エビデンス

人間

形式知

観測・測定・実験
分析・仮説・検証

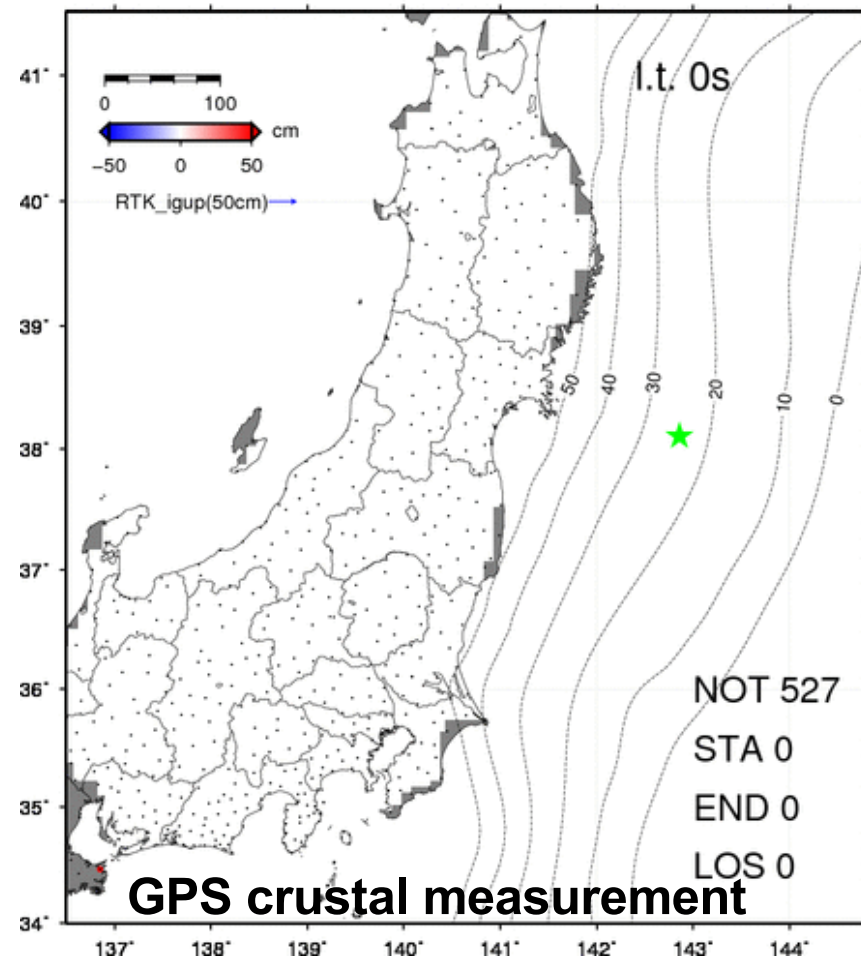
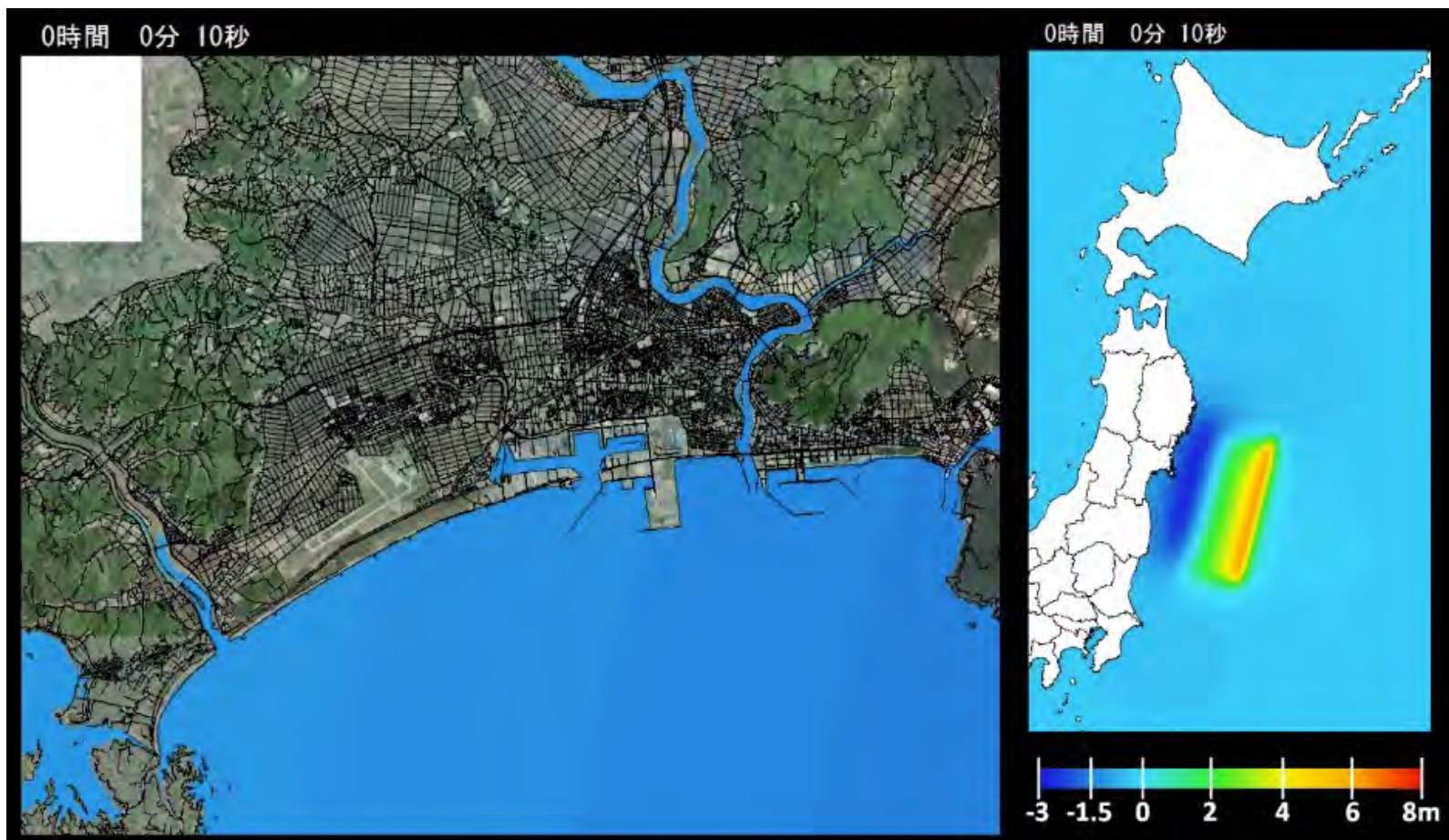
自然

AI
Computer

自然科学

リアルタイム津波浸水被害予測システム

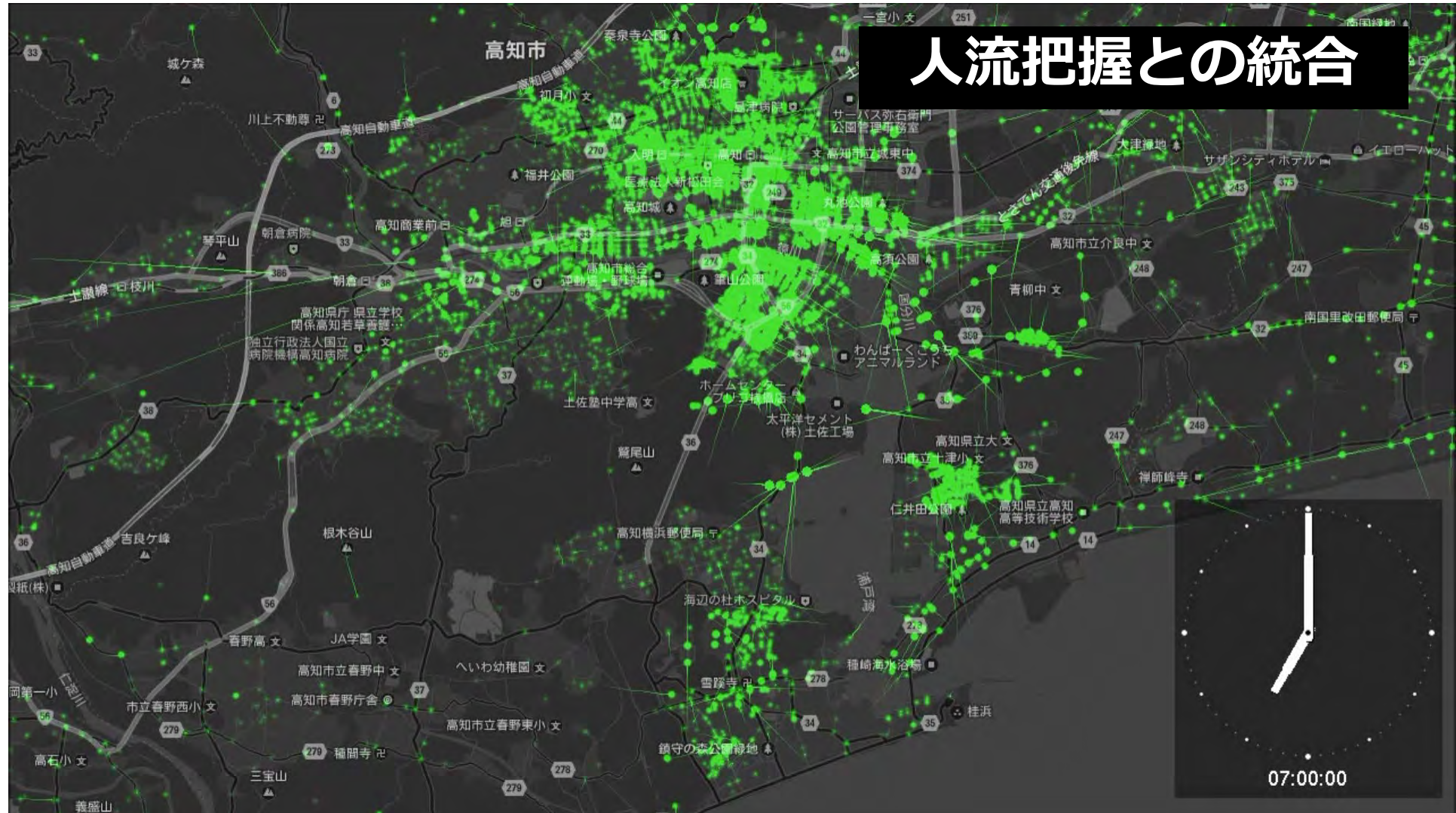
Ing. lat. dep. len. wid. str. dip. rak. slp. opn.



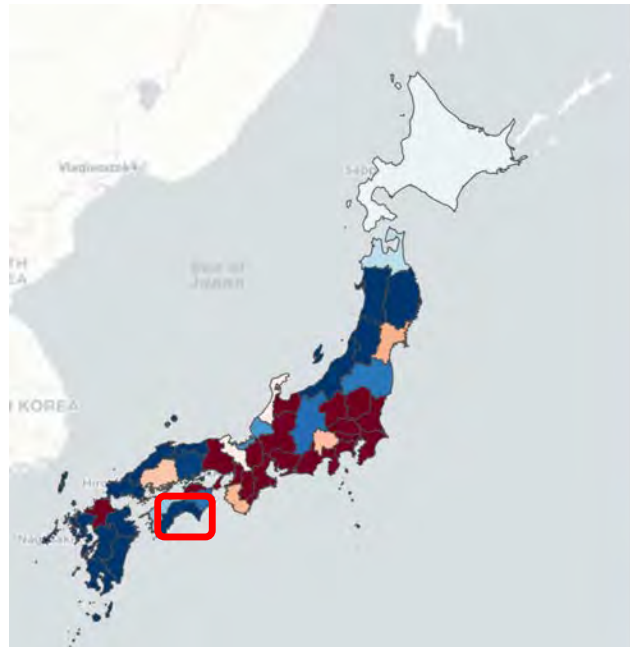
Ohta et al. (2012)

Society5.0の予測システム

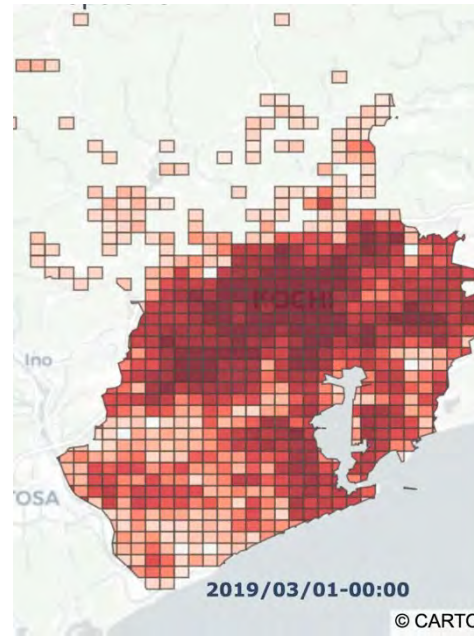
被害の予測から命を守る予測へと発展し人的被害ゼロへ



人の動きの把握



+1%
Baseline
(Rate of change in Population)
-1%

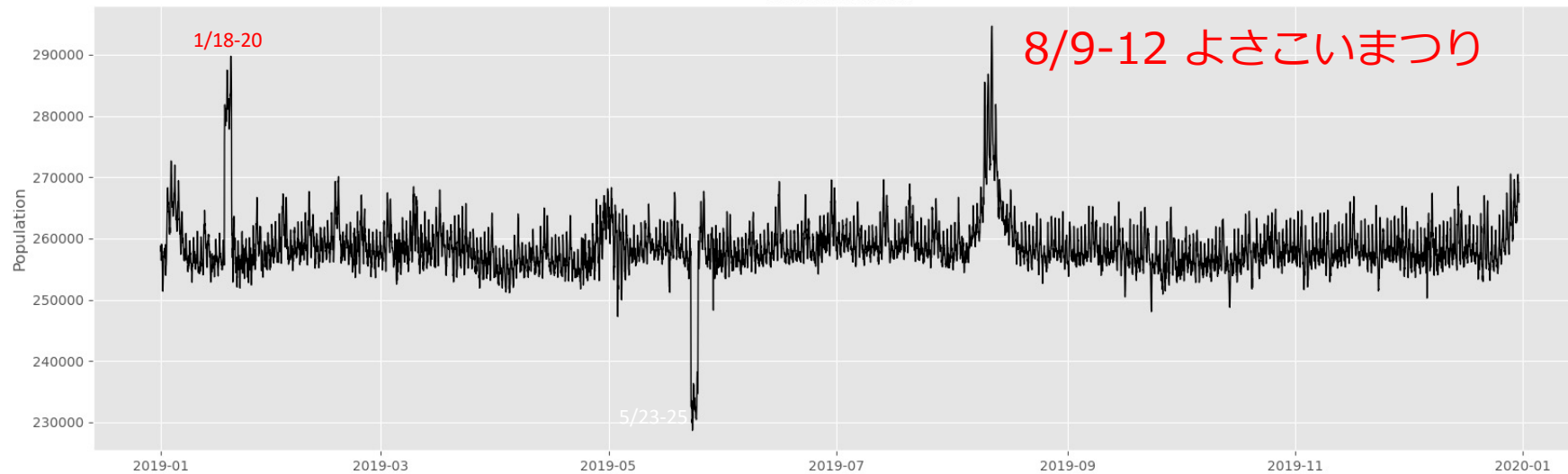


- Population
- 1 - 10
 - 11 - 20
 - 21 - 30
 - 31 - 40
 - 41 - 50
 - 51 - 60
 - 61 - 70
 - 71 - 80
 - 81 - 100
 - 101 - 150
 - 151 - 200
 - 201 - 500
 - 501 - 1000
 - 1001 - 2000
 - 2001 and higher



2019 Kochi-shi

Mas & Koshimura (2022)



人口動態の把握

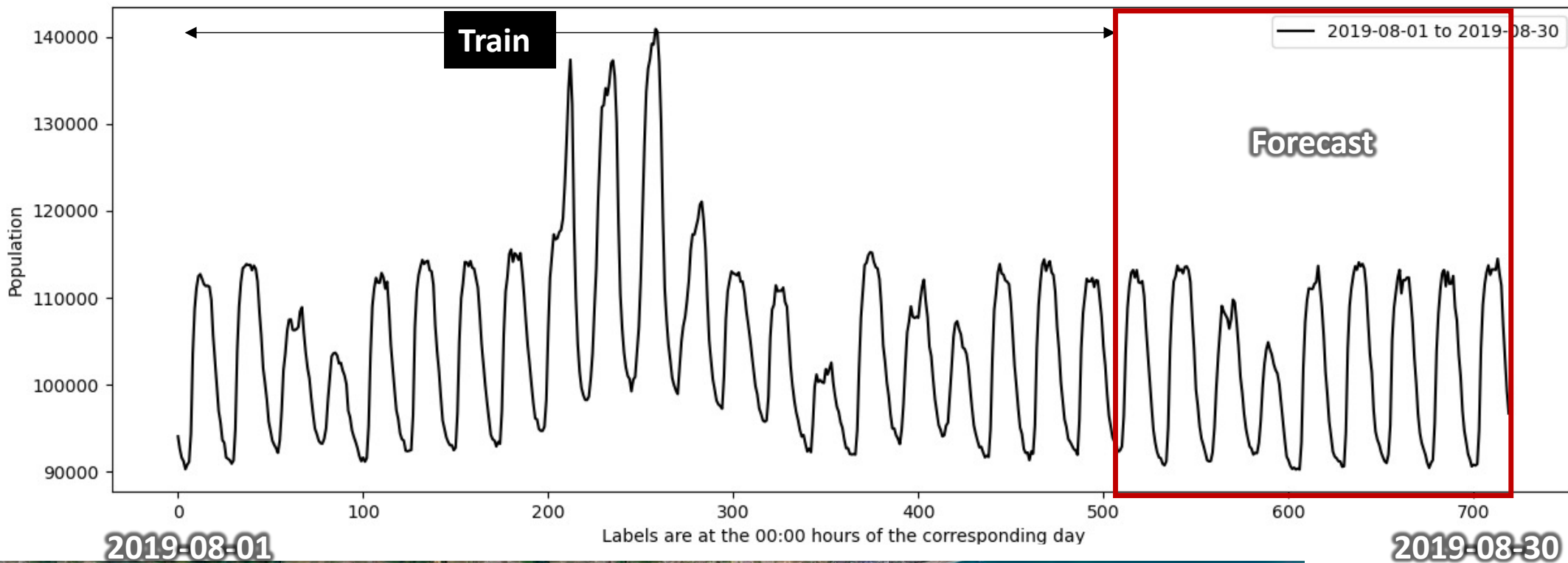
- リアルタイム曝露人口（短期予測）
- 異常検知



短期予測 (高知市)

KOCHI-SHI

[2019-08-01] - [2019-08-30]



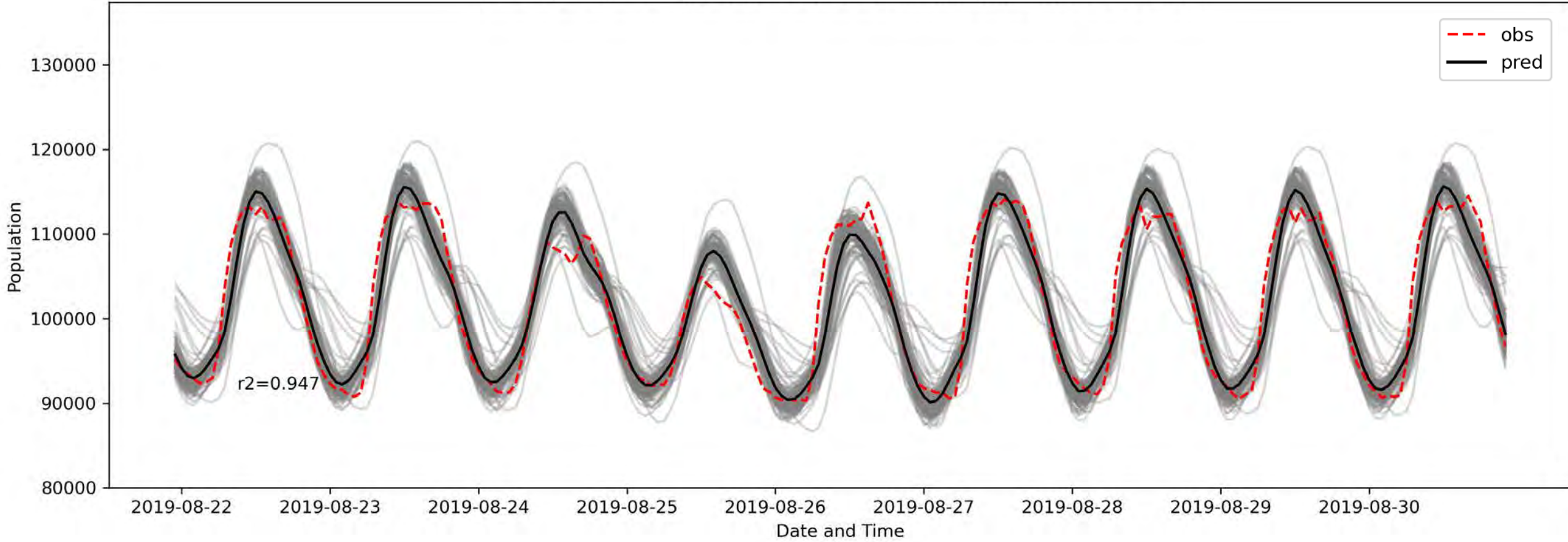
2019-08-01

2019-08-30

KOCHI-SHI

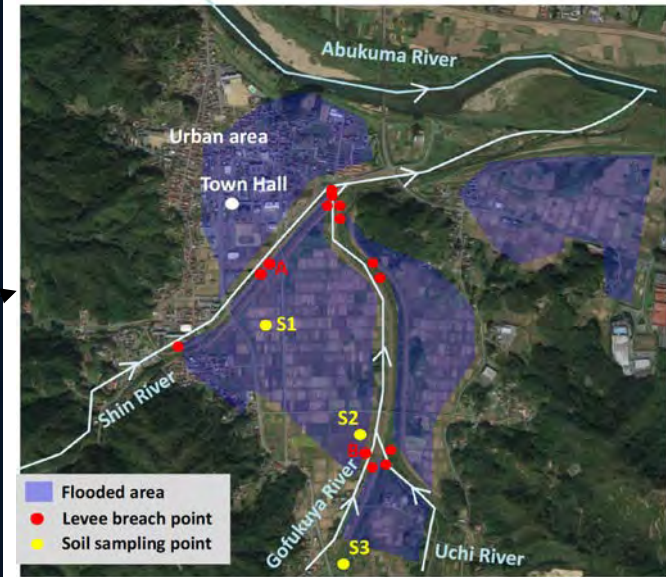
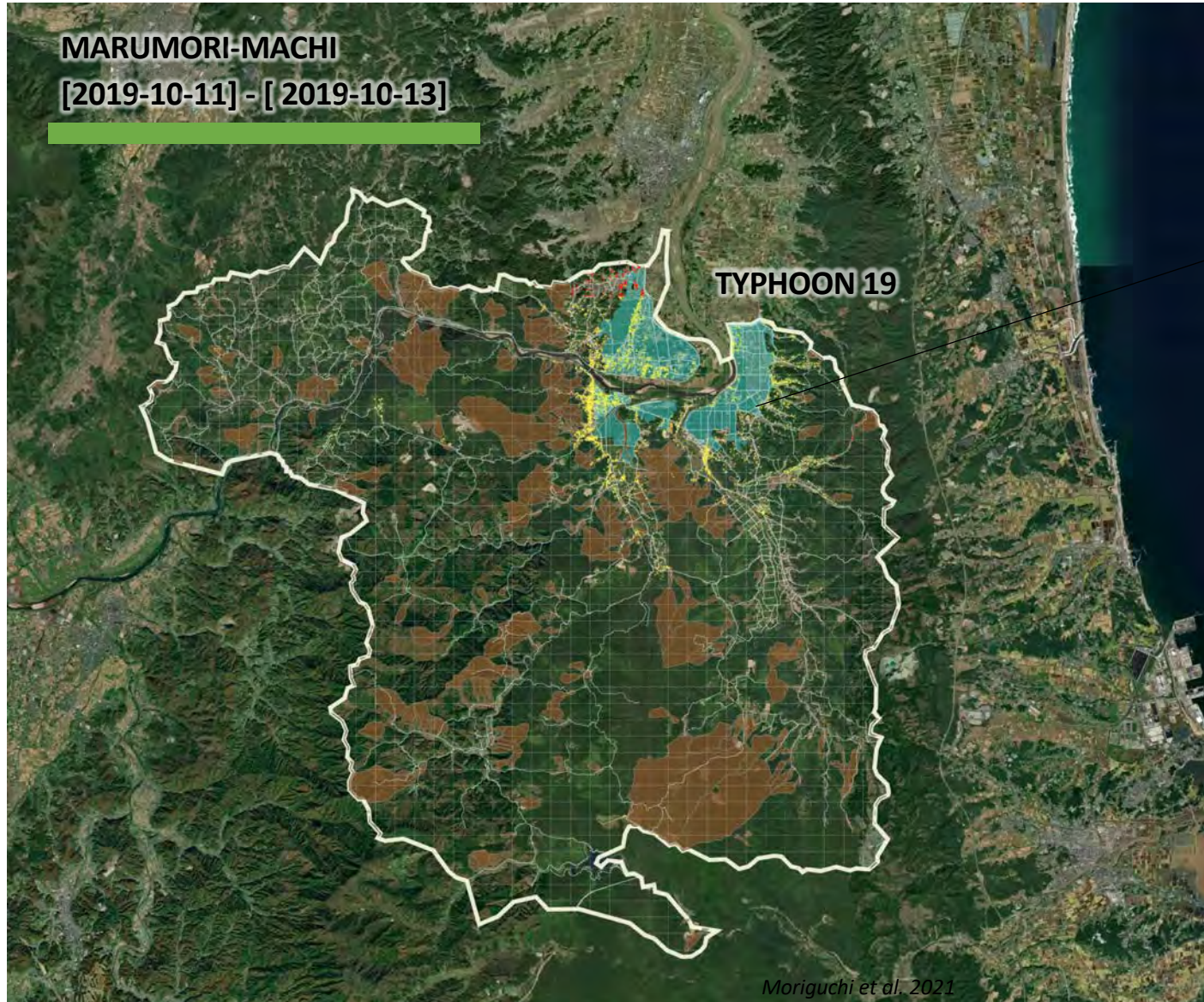
[2019-08-01] - [2019-08-30]

Forecast of Kochi using Walk-forward validation with CNN-LSTM model



洪水時の人流把握

—宮城県丸森町—



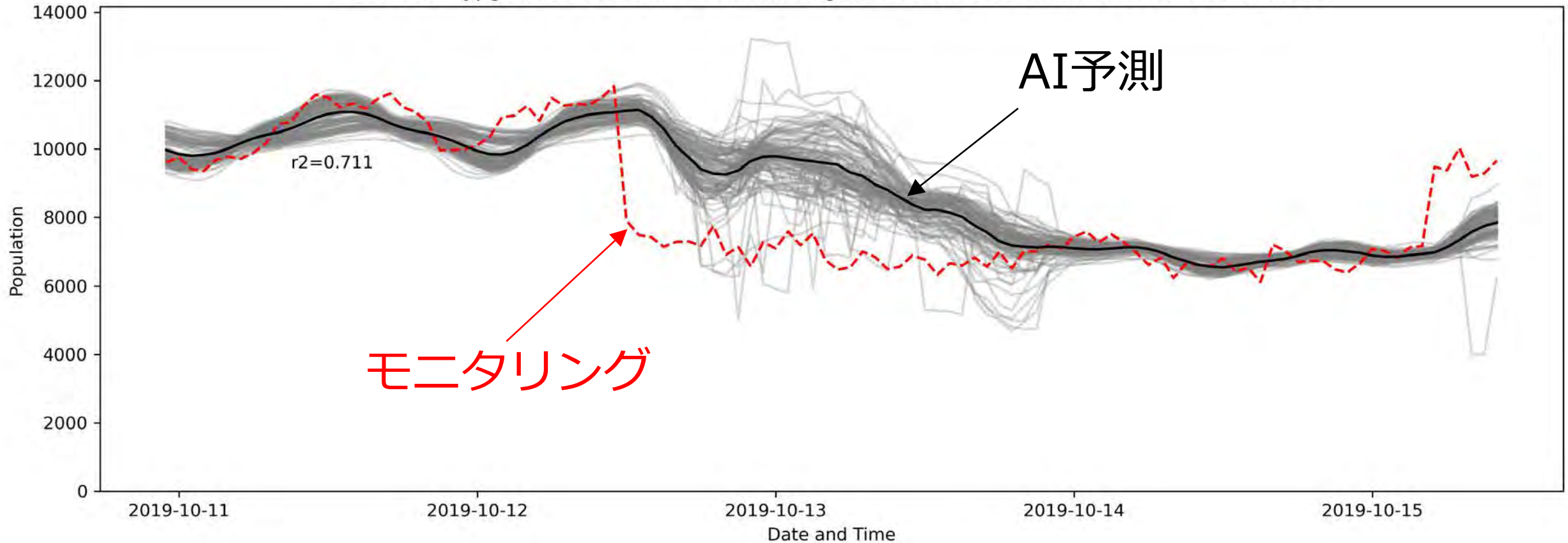
Mas & Koshimura (2022)

洪水時の人流把握 ー宮城県丸森町ー

CNN - LSTM (Convolutional Neural Network with Long short-term Memory)

Mas & Koshimura (2022)

Forecast of Typhoon 19 event in Marumori using Walk-forward validation with CNN-LSTM model



異常検知

Analysis of MSS data to detect anomalies that have already passed (ex-post).

Method: Matrix Profile (MP) (Yeh et al., 2016) and Stumpy (Law, S., 2019)

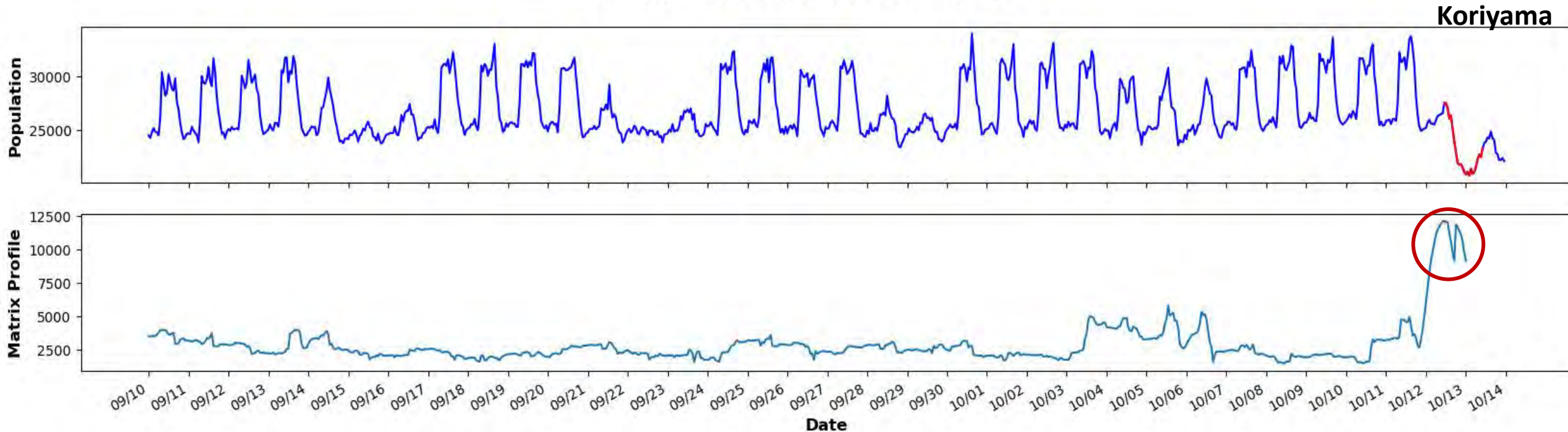
Analysis: To the whole time series.

Parameters: Time window of exploration (e.g., 24 hours)

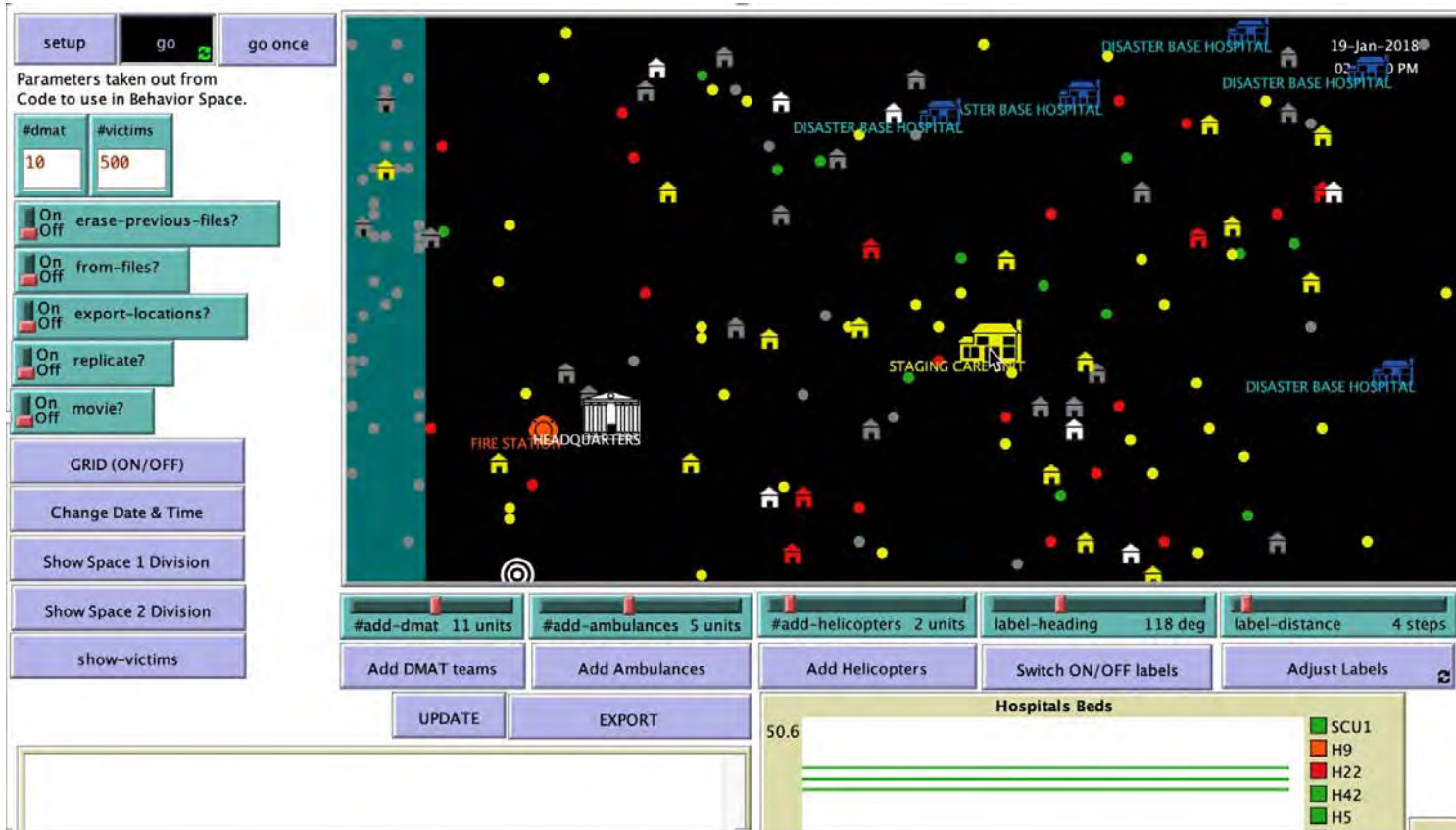
Pros: Works well for various cases of peaks or drops in data (disaster or other events)

Cons: Requires a hypothesis of the number of discords (anomalies) present in the input.

Anomaly Detection for 24 hours interval



災害医療におけるデジタルツインの活用



				被災者（トリアージレベル）		DMAT本部		DMAT隊参集地点	
				病院（医療ニーズ：赤、黄、緑、灰）		航空機		災害拠点病院	
				DMAT隊員		救急車	消防署		広域搬送拠点
浸水		非浸水		環境					

1. モデル設定

- DMATチームのアサイン
- 病院（医療ニーズ設定）
- 被災者推定・トリアージ
- 広域搬送拠点設営
- DMAT活動拠点設定

2. シミュレーション開始

- DMATチーム参集
- DMAT活動拠点設置
- 緊急車両配備
- 被災者の探索・治療
- 患者の搬送・移動
- 域内搬送・広域搬送

3. 出力

- 受け入れ病床数の経時変化
- 搬送者数の経時変化
- 被災者救護数

4. 評価（政策的示唆）

- DMATの活動計画
- 搬送計画
- 医療資源配置