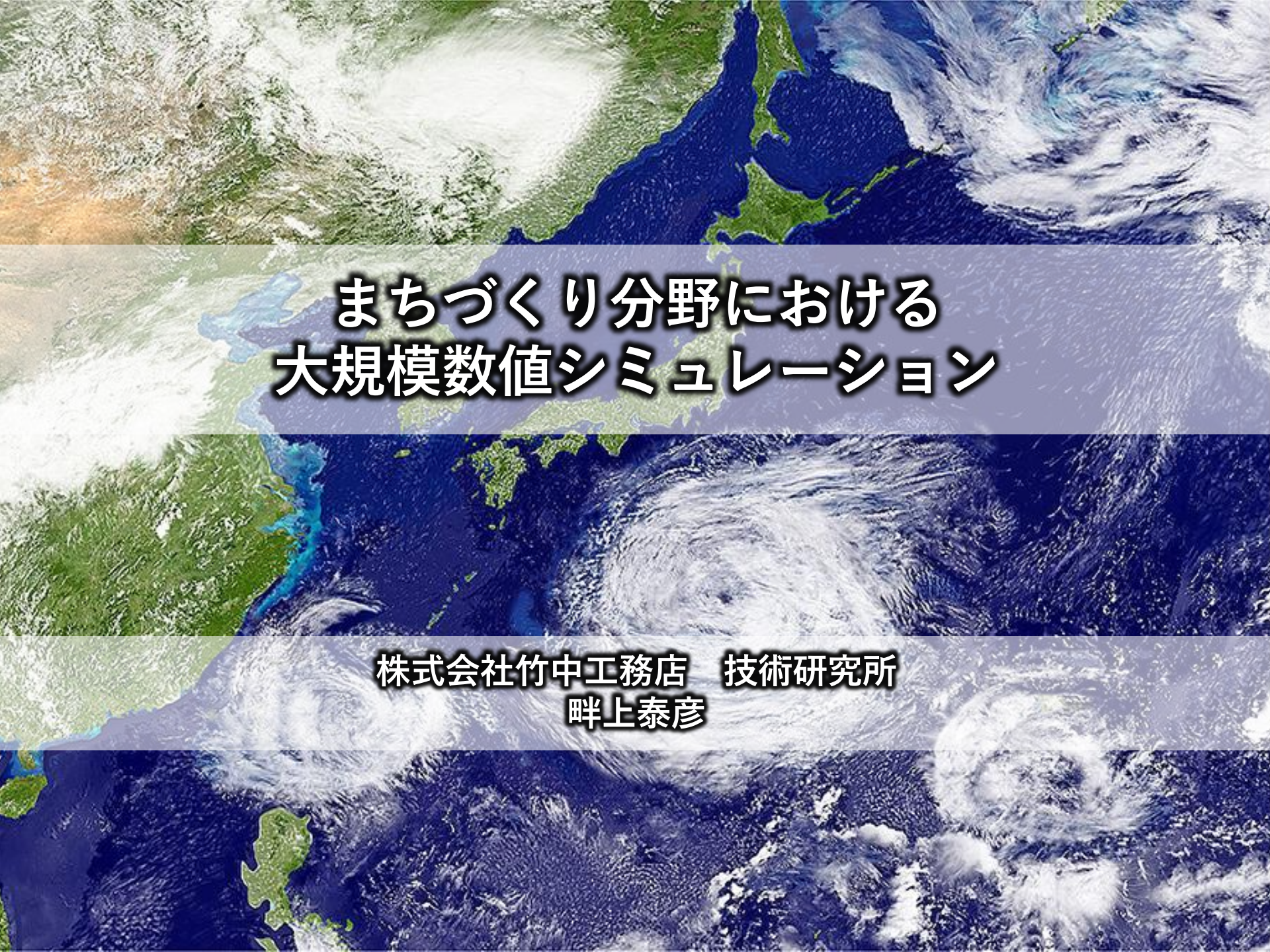


A satellite image of Earth, showing a large portion of the Western Pacific Ocean. Several large, swirling cloud systems (cyclones or typhoons) are visible, particularly in the upper right and lower right quadrants. The landmasses of East Asia, Southeast Asia, and Australia are partially visible on the left side of the frame. The ocean is a deep blue, and the clouds are white and grey.

まちづくり分野における 大規模数値シミュレーション

株式会社竹中工務店 技術研究所
畔上泰彦

プロフィール



◆氏名：畔上 泰彦（あぜがみ やすひこ）

◆略歴：

2017年4月 株式会社竹中工務店 入社

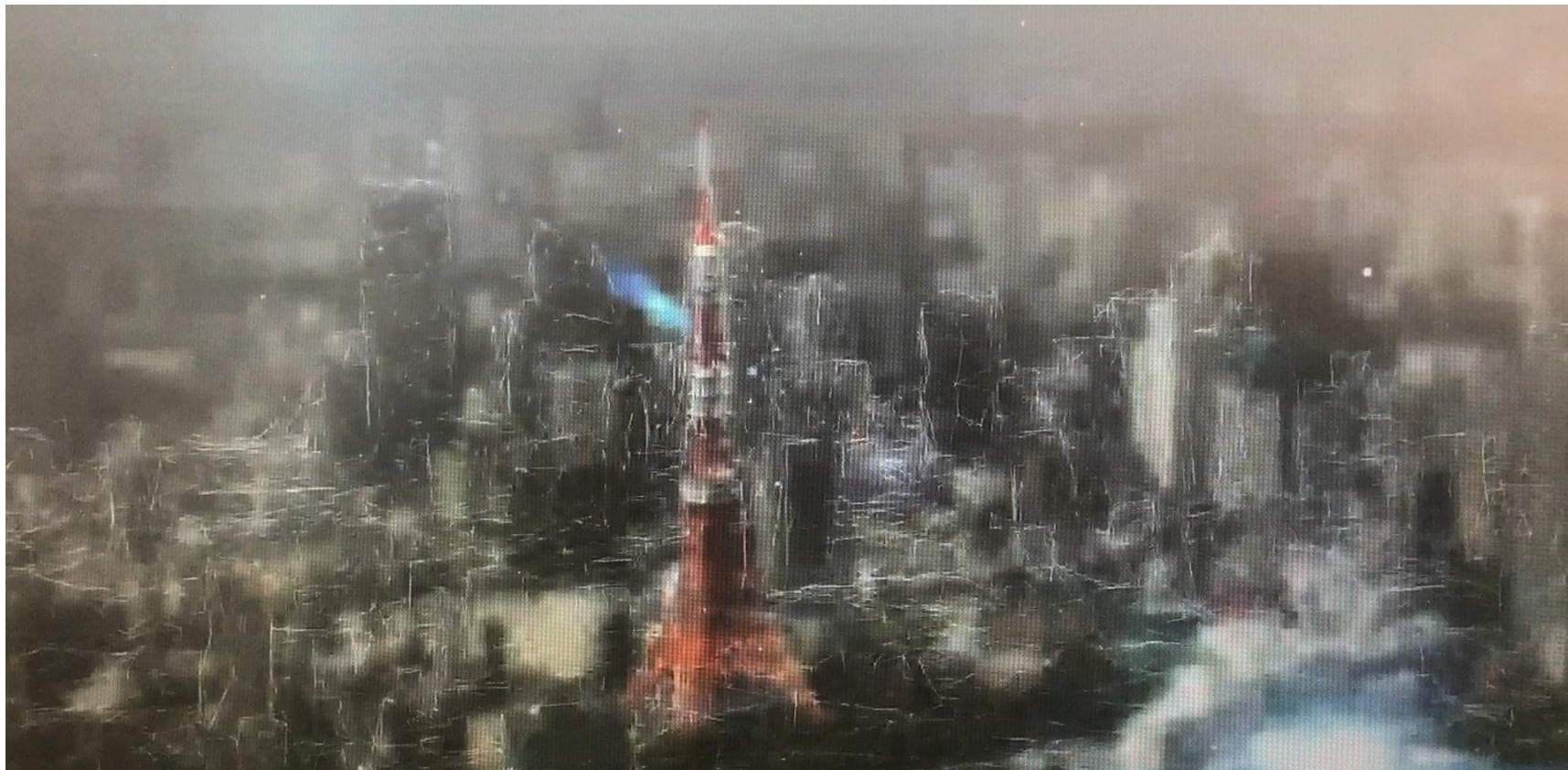
2023年3月 筑波大学大学院 博士後期課程修了
博士（理学）

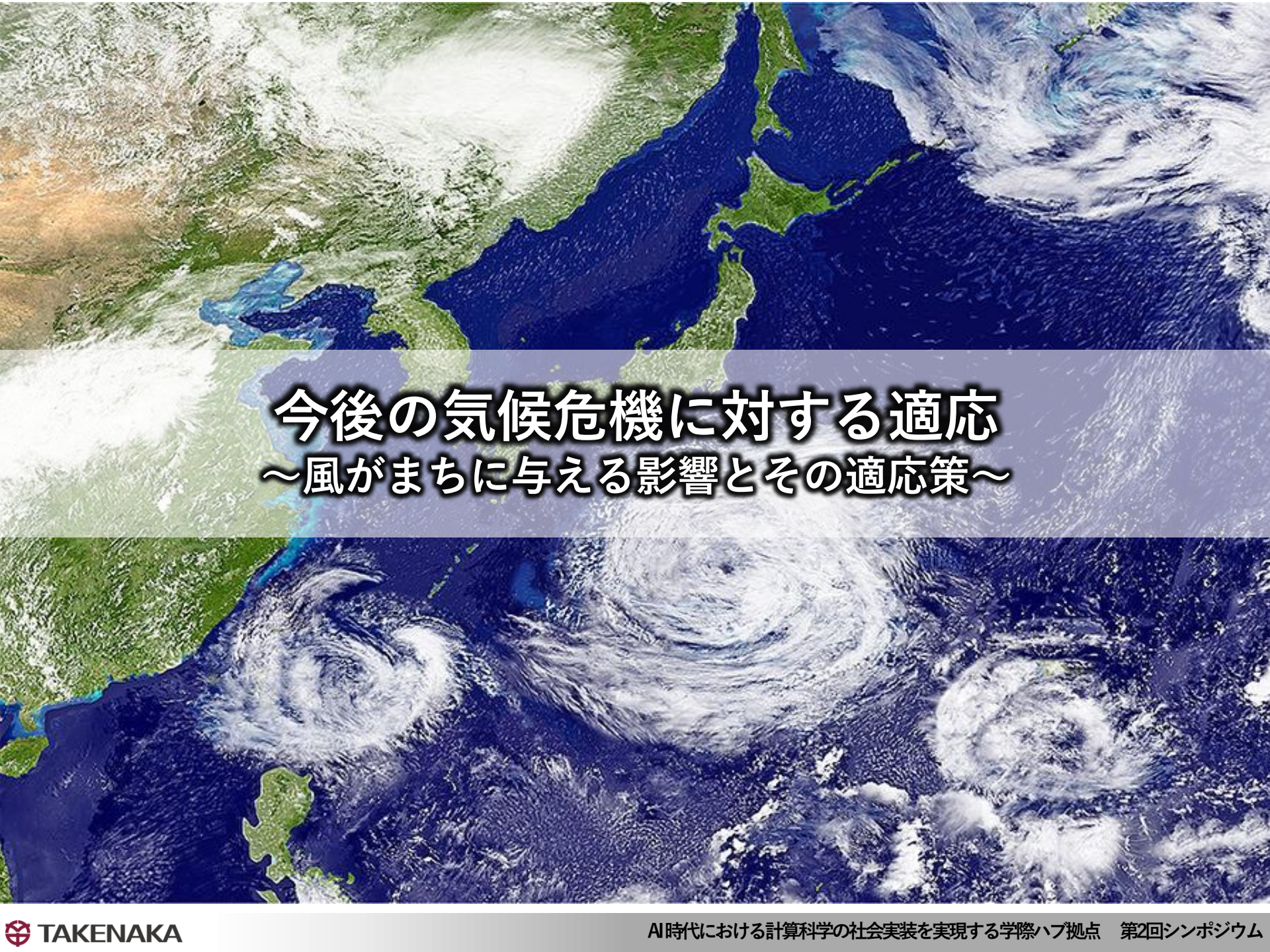
◆現職：

竹中工務店 竹中技術研究所 建設基盤技術研究部 研究主任

◆専門分野／研究テーマ：

気象学／将来気候における台風シミュレーション
屋外環境と歩行者の行動選択に関する研究





今後の気候危機に対する適応 ～風がまちに与える影響とその適応策～

21世紀末の日本は、20世紀末と比べ...



強い台風の割合が増加
台風に伴う雨と風は強まる

気象庁：日本の気候変動2020 ―大気と陸・海洋に関する観測・予測評価報告書―

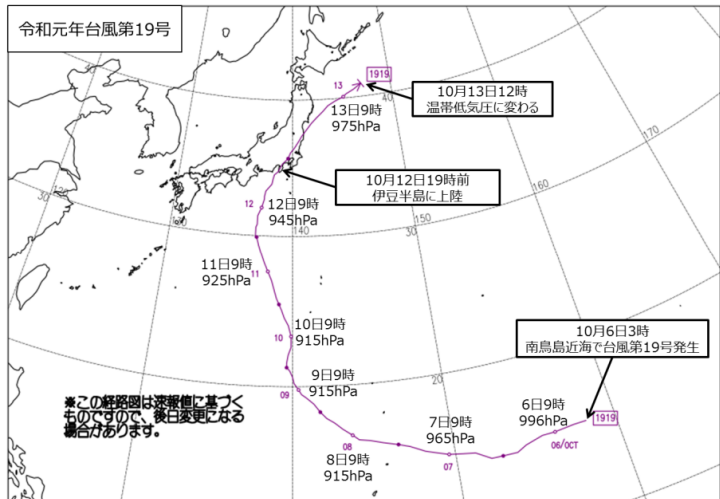


高層建築物のガラスの破損



屋上のコンクリート板の飛散

日本建築学会風荷重小委員会：建築物の耐風設計資料 建築外装材の耐風設計と耐風評価評価, 2008.11.6



2019年10月12日19時前に伊豆半島に上陸
東京都江戸川臨海で最大瞬間風速43.8m/s（観測史上1位）、関東地方の7 か所で最大瞬間風速40 m/sを超えた

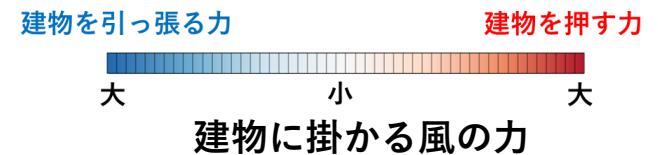
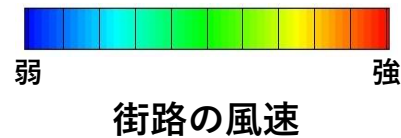
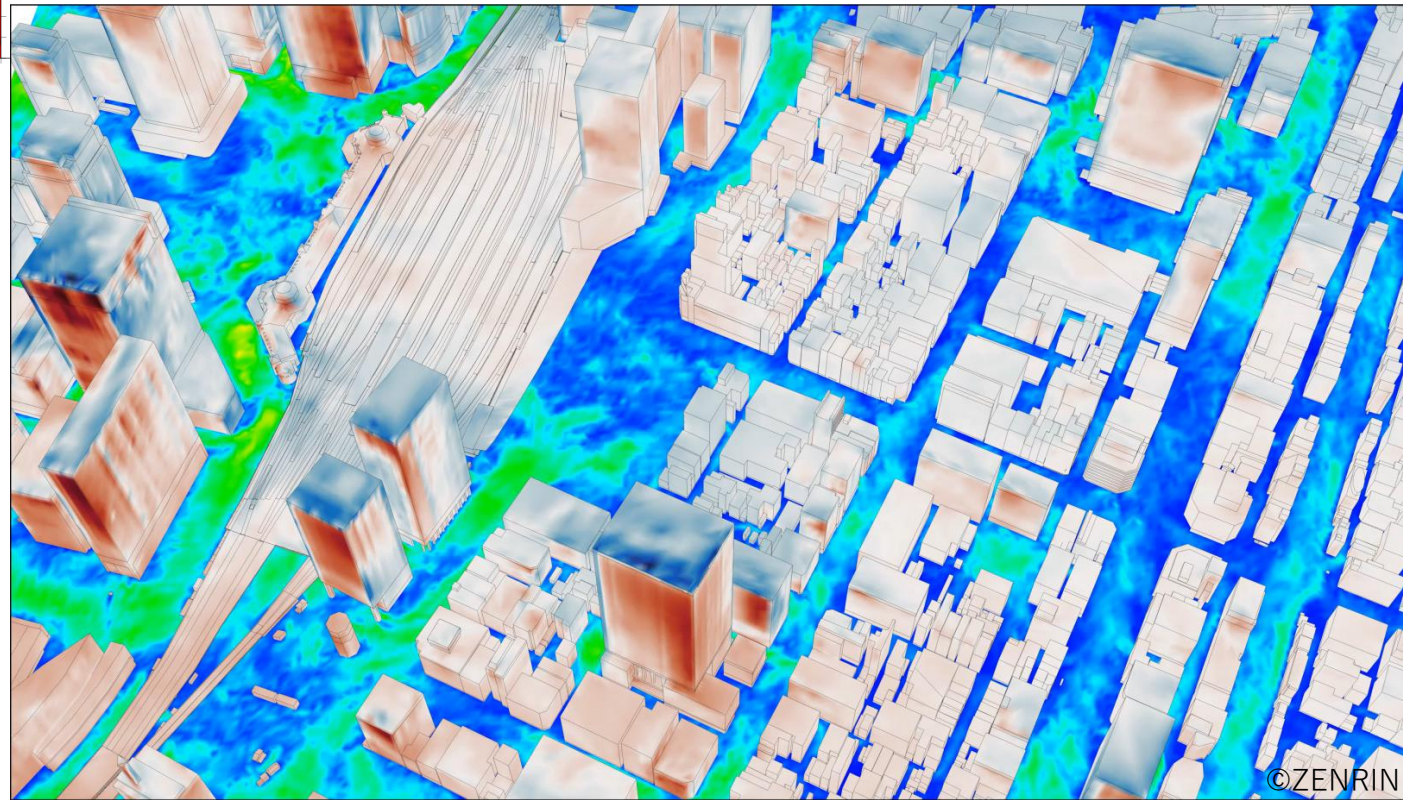
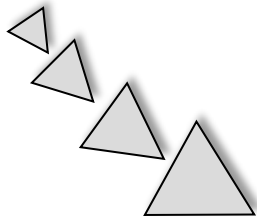
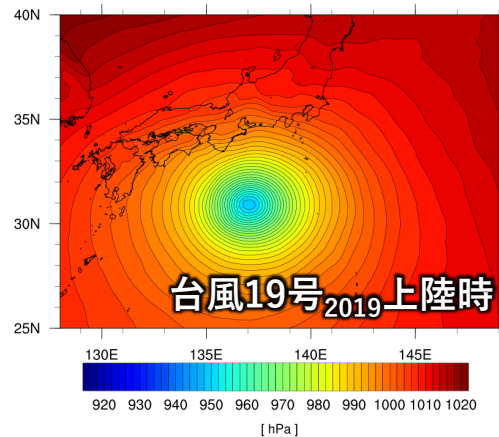
気象庁：災害をもたらした気象事例 台風第19号による大雨、防風等 令和元年(2019年)10月10日～10月13日



東京都のあるエリアの当日の様子

2019年台風19号の再現シミュレーション

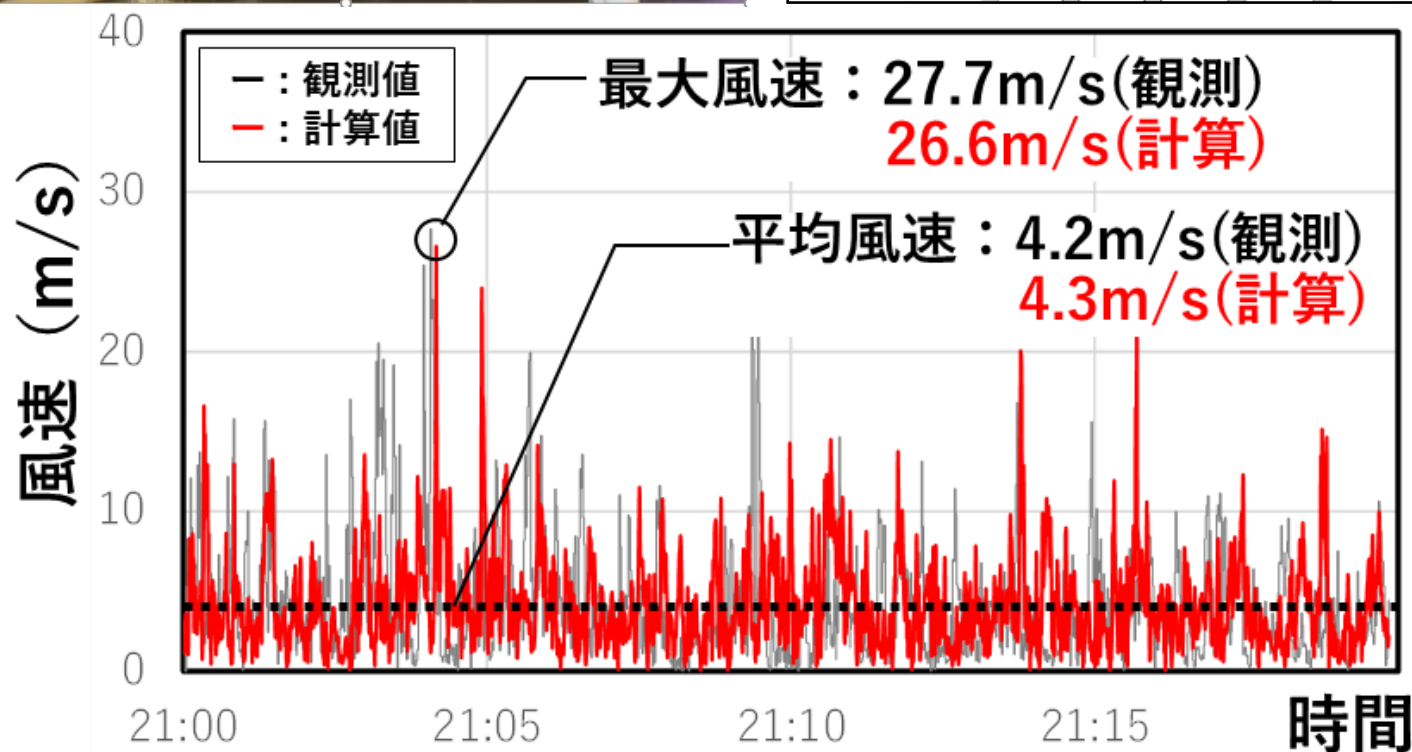
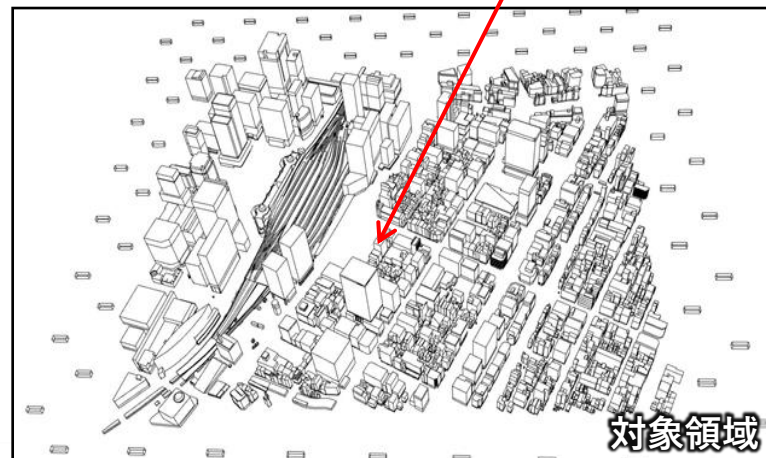
6



2019年台風19号の再現シミュレーション

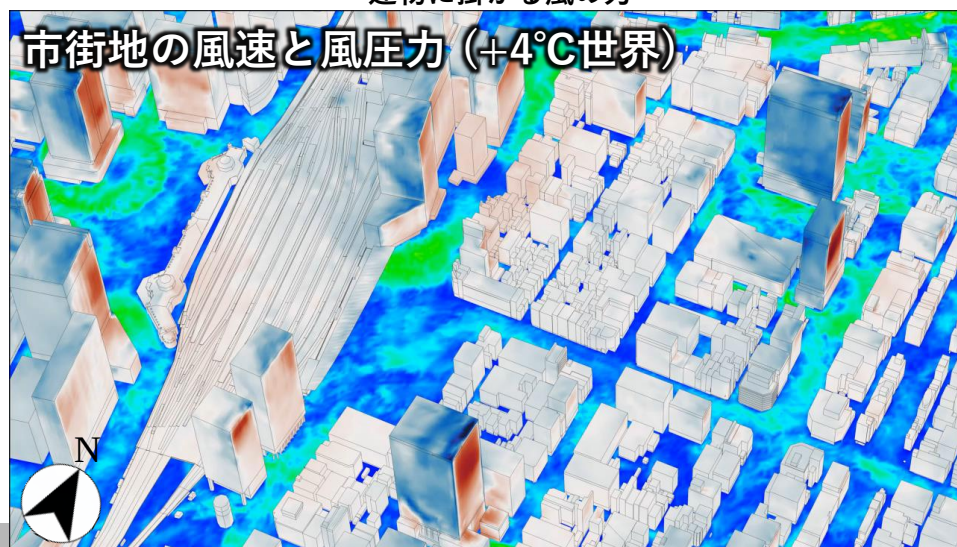
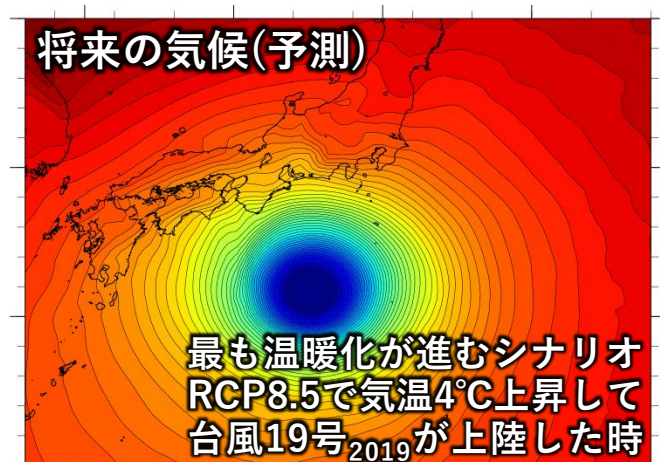
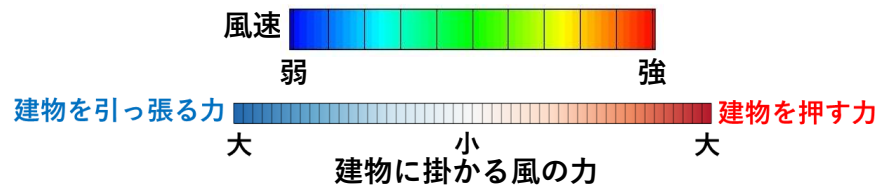
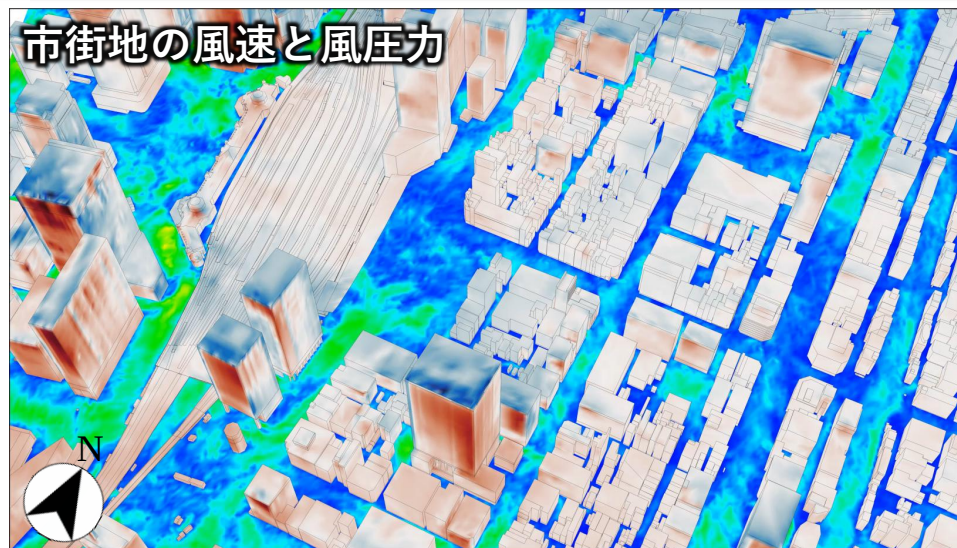
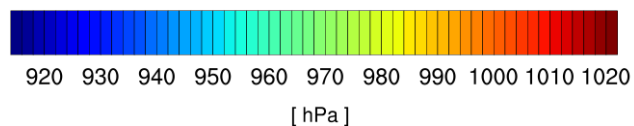
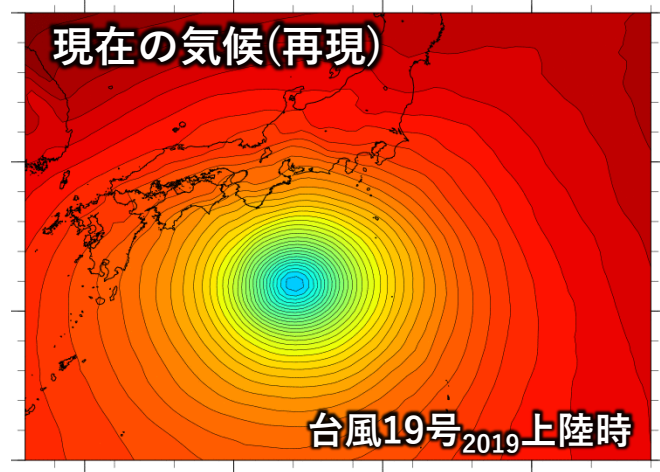
7

3次元超音波風速計設置位置 (地上30m)



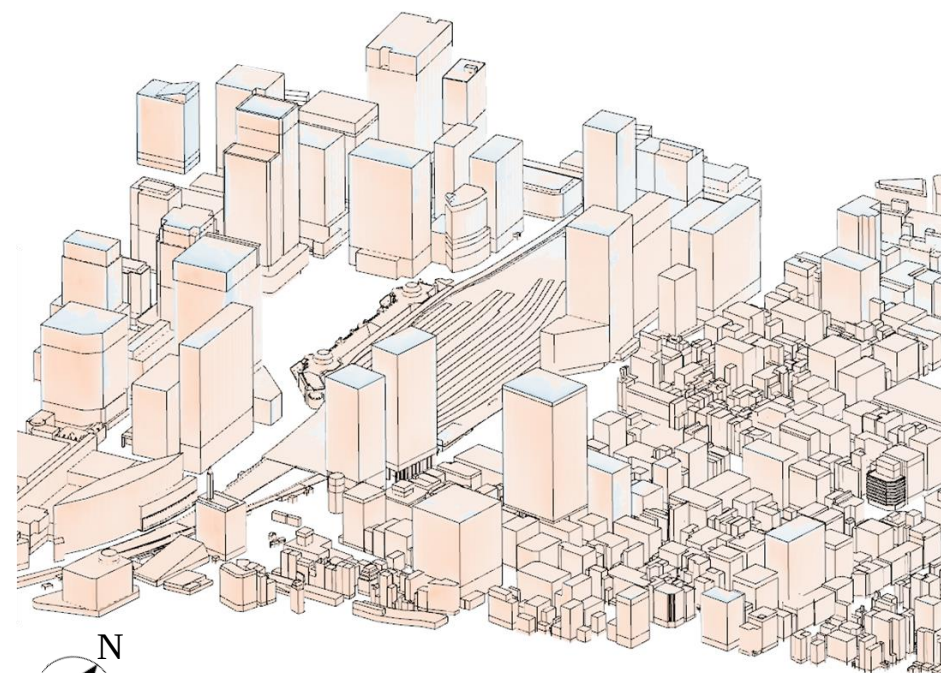
将来気候における台風のシミュレーション

8



現在の気候(再現)

将来の気候(予測)



建物を引っ張る力

建物を押す力



大

小

大

建物に掛かる風之力

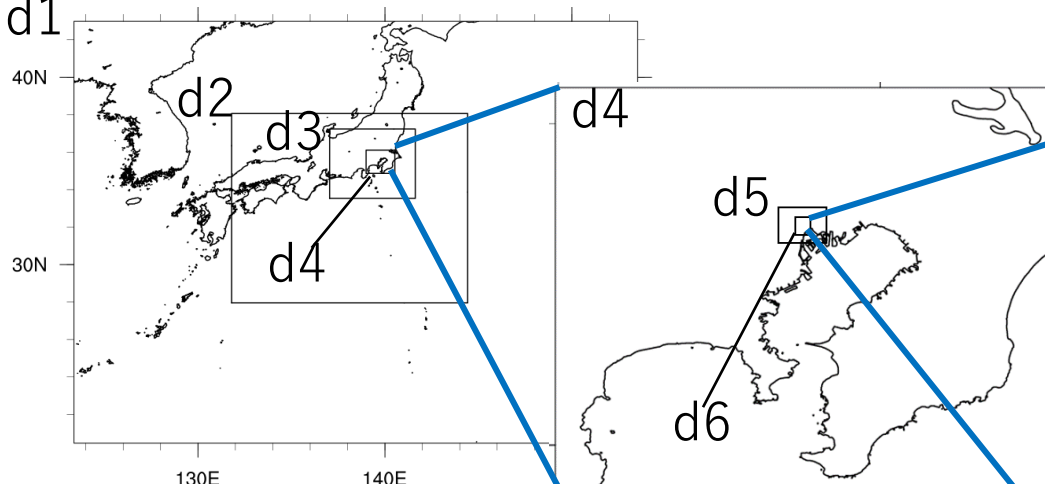
将来は、現在よりも1.5倍～2倍の強い風荷重が掛かる

LESモデル

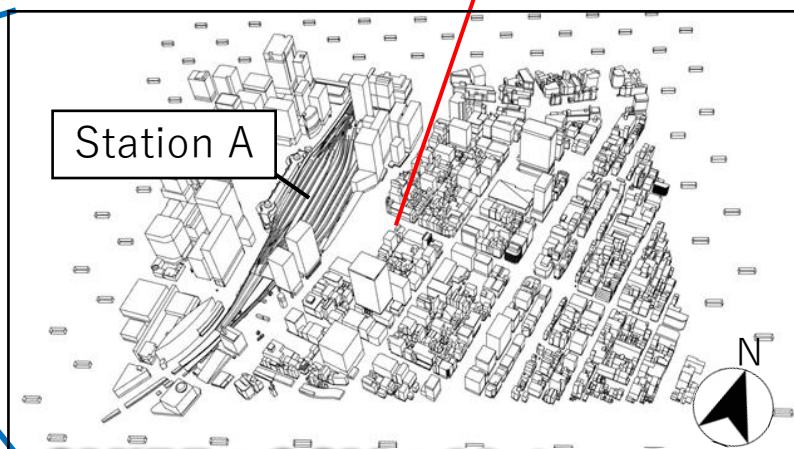
WRF	Domain1	Domain2	Domain3	Domain4	Domain5	Domain6
使用モデル	WRF-RANS 4.0.3					WRF-LES 4.0.3
初期値・境界値	NCEP-FNL					WRF-RANS
計算開始時刻	10月9日12時					10月12日21時
対象時間	10月12日12時～12月13日0時					12日21時～12日21時20分
鉛直層数	50層					
水平計算格子数	90×90	121×121	130×130	51×51	101×101	100×100
格子間隔	27km	9km	3km	1km	200m	40m

座標系	デカルト座標系
グリッドシステム	不等間隔直交スタガード格子
アルゴリズム	SMAC法
速度予測	PSOR2法
圧力解法	残差切除法（内部solver：Bi-CGSTAB法他）
空間差分	2次精度中心差分+3%の1次風上差分
時間スキーム	移流項+渦粘性項：3次精度Adams-Bashforth法 分子粘性項：Crank-Nicolson法
計算格子数	9300万格子

d1



3次元超音波風速計設置位置（地上30m）

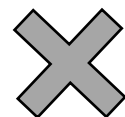


気候シナリオにはRCP8.5シナリオ下でのCMIP5のGCMの30メンバーアンサンブル平均値を用い、2090年代(2080-2099年)を対象に計算を行った

格子：粗

ターゲットとなる建物に近づくにつれて計算格子を細かくする工夫をしても領域全体で

9300万もの格子数



瞬間的に吹く強風を再現するため

計算間隔 0.08 s

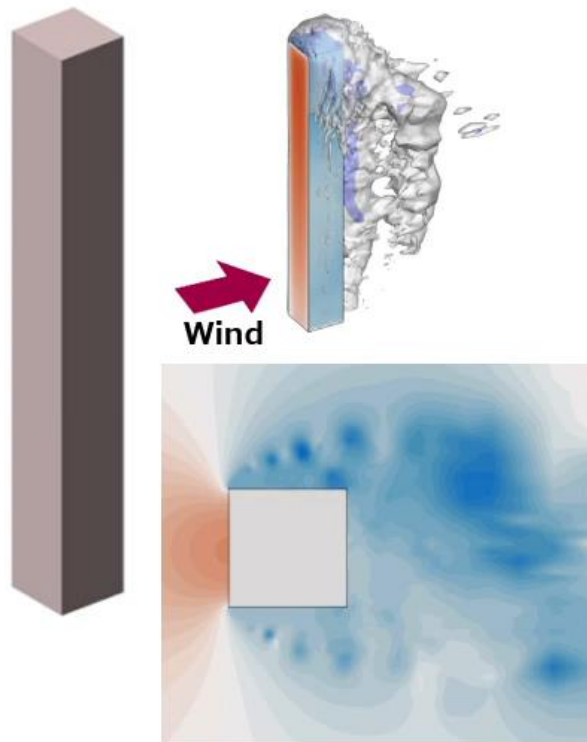


**大規模な計算資源
が必要不可欠**

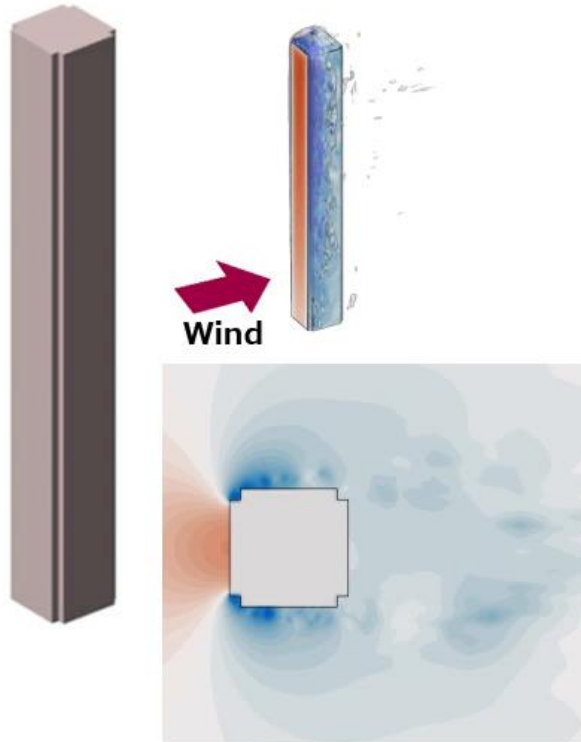
約1.5km

約1.5km

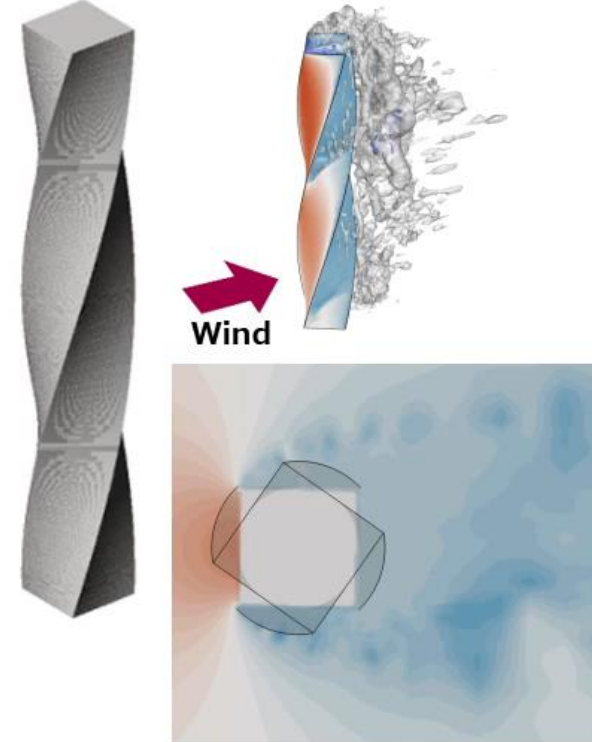
Square



Corner Cut



Helical



上段：形の異なる超高層建物表面の風圧分布と周辺渦構造
下段：風圧の水平分布



複数の建物形状を検討する場合、計算パターンも増加



建築分野における最適化計算の活用

～人と自然環境にとってより良いまちとは～

当社技術研究所「調の森 SHI-RA-BE®」



雨水貯留



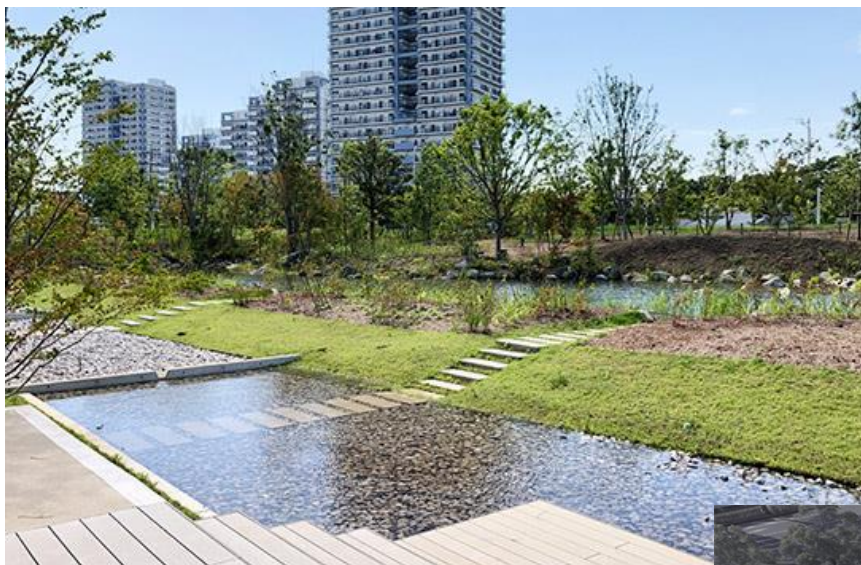
鳥類に配慮した緑地



希少水草の保全

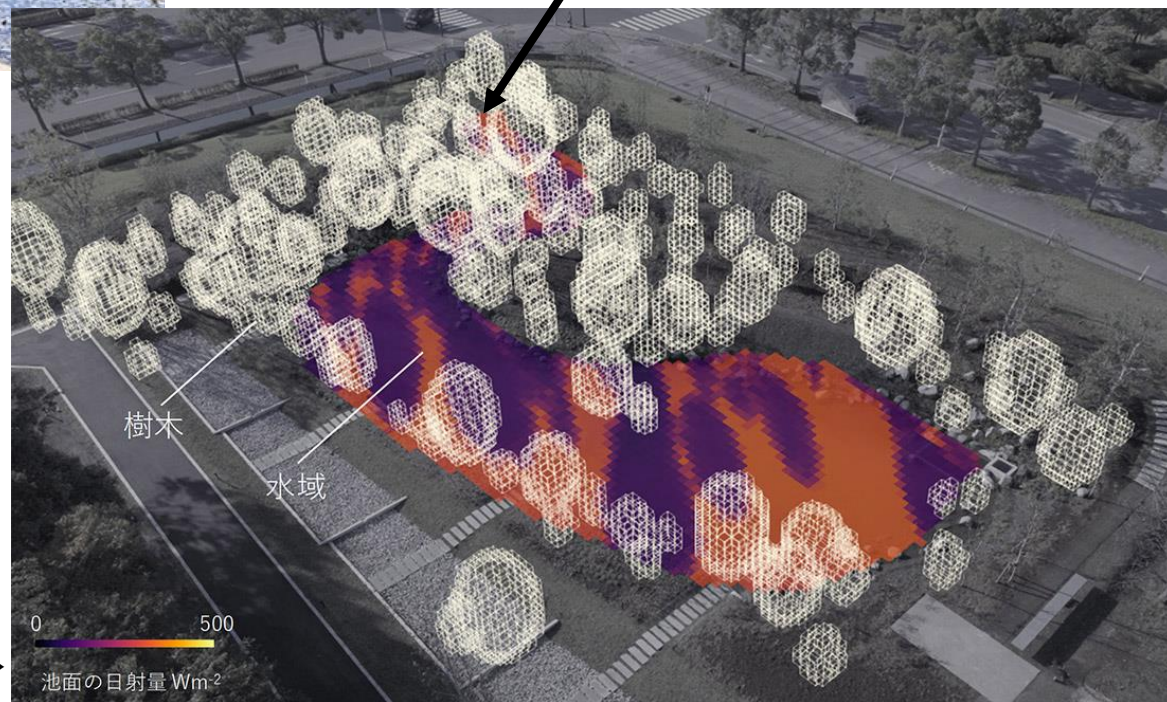


養蜂



↑ 実際の調の森

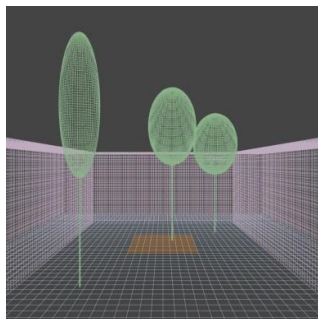
池の水生生物・植物の生育環境を
良好なものとするため池の周りの
樹木の配置を**最適化**している



モデル上の調の森→

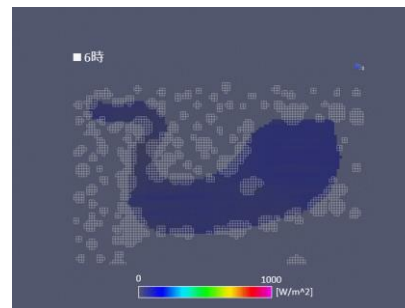
■ 樹木配置モデル

本数
サイズ
形状
...

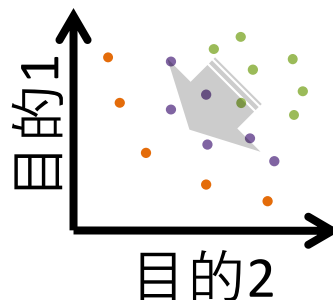


樹木配置

■ 熱環境シミュレーション



■ 最適化アルゴリズム



効果

最適解



【夏季】

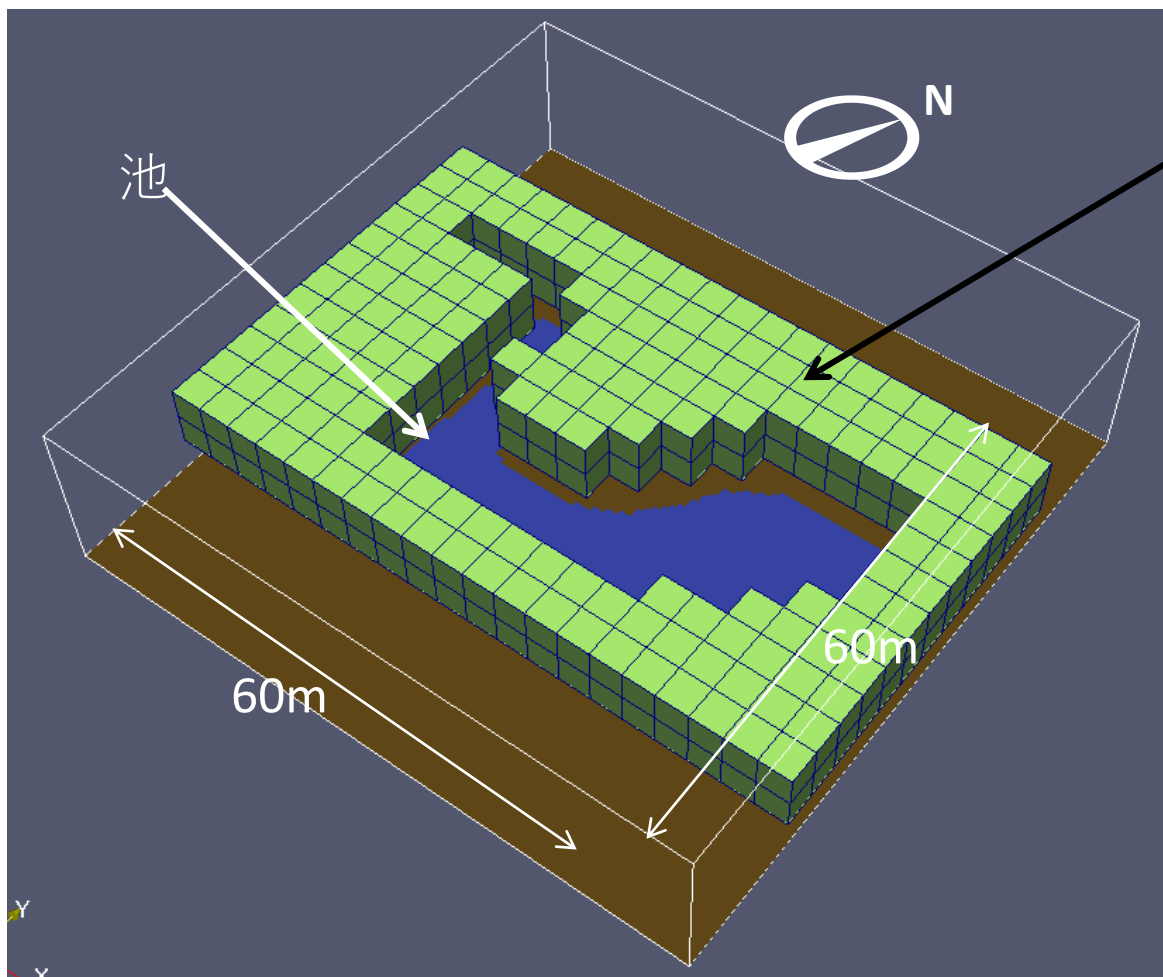
・水温の上昇：抑制

池面の日射量（朝方のみ）：最大^化

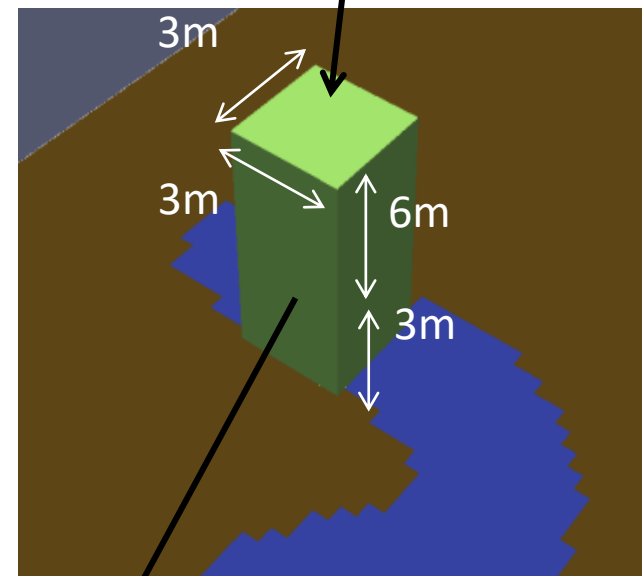
【冬季】

・水温の上昇：促進

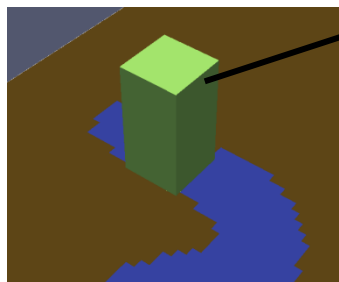
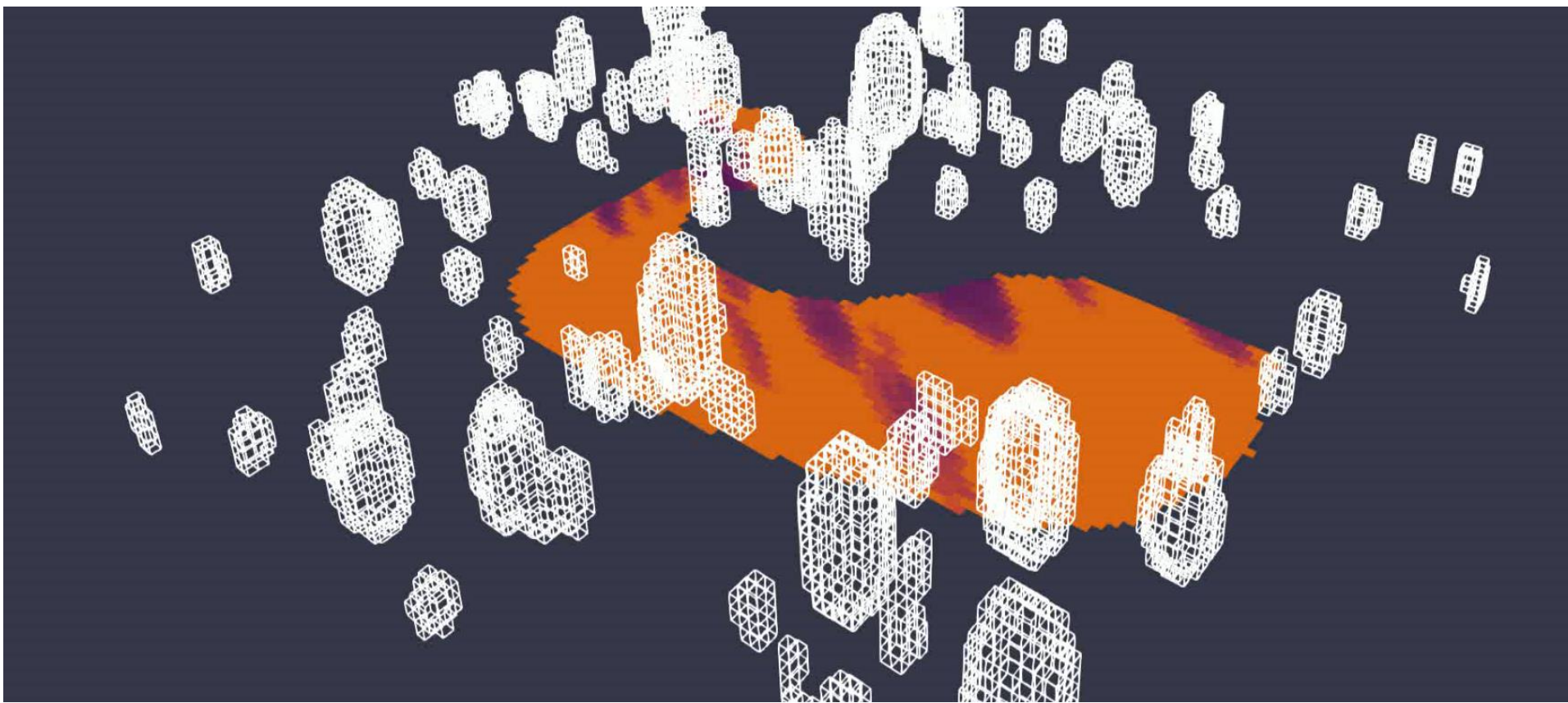
池面の日射量（特に朝方）：最大^化



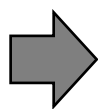
樹木が置かれる格子
※各格子に置かれる樹木は
樹高9m、枝下高さ3m、
樹冠長さ6m



樹木が無いor常緑樹があるor落葉樹がある

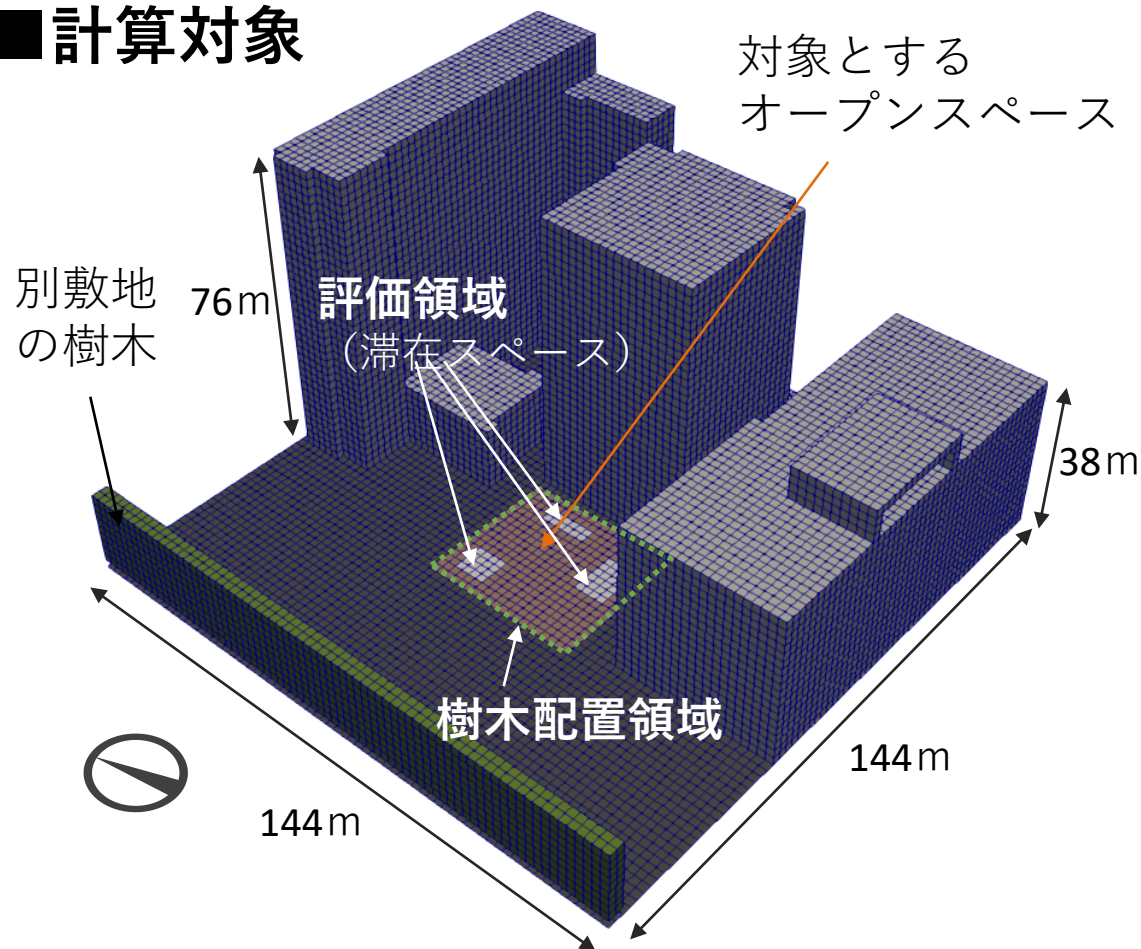


樹木が無いor常緑樹があるor落葉樹がある



全探索で $3^{171} = 3.9 \times 10^{81}$ 通りのパターン
母数が多いため、収束までのケース数が多く、
時間がかかる

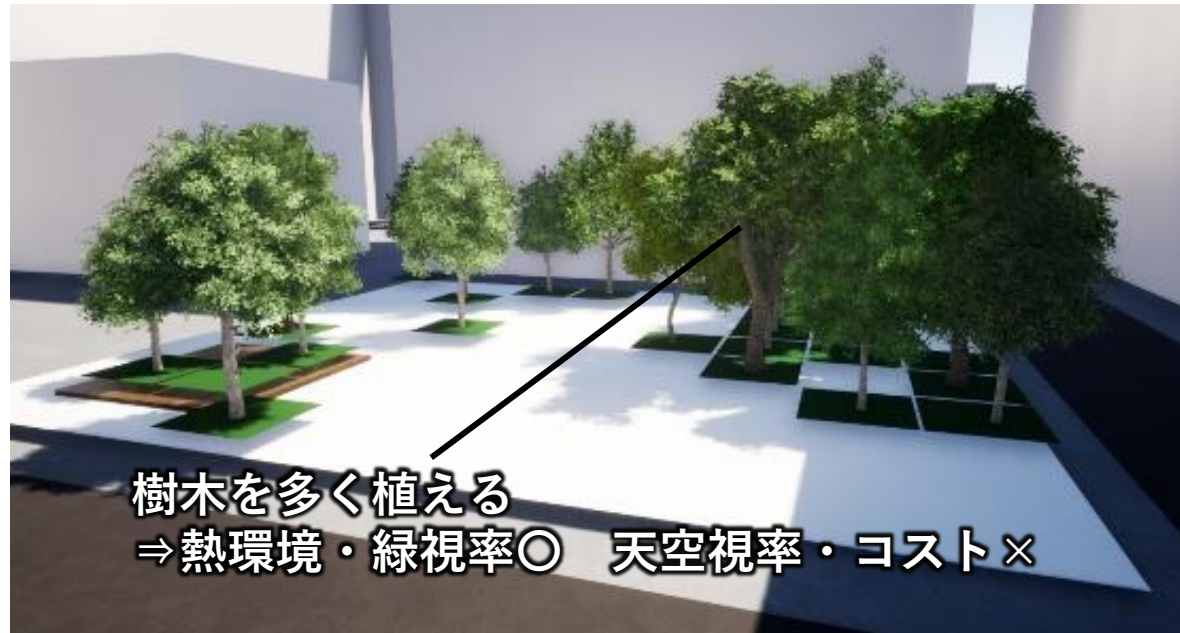
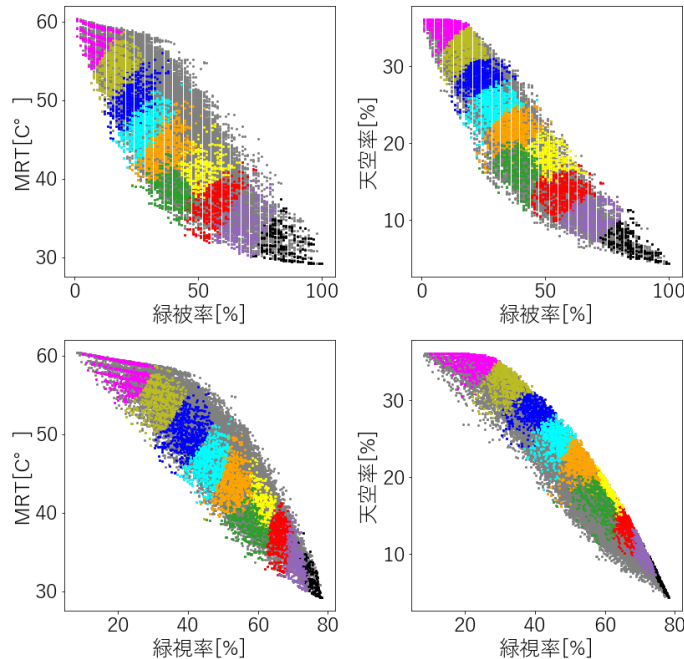
■計算対象



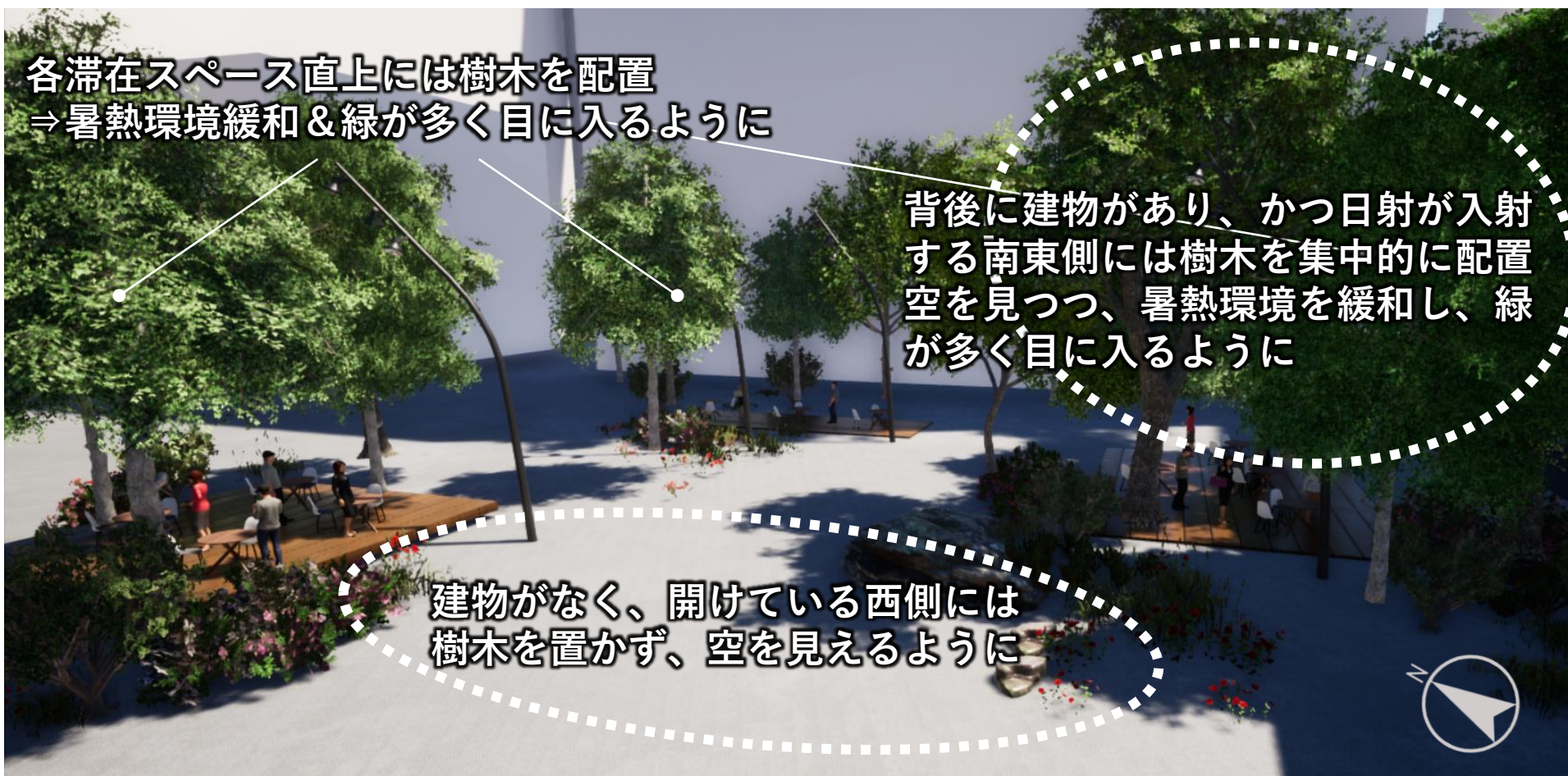
暑熱環境の緩和 & 樹木のコスト最小化 &
緑が視界に入る割合の最大化 & 空が視界に入る割合の最大化

■最適化の結果

計算回数：44935 パレート解：1934



トレードオフの関係から複数の最適解が導き出される



設計コンセプトに応じた各種要求を定量的に考慮した設計案が作成できる



ご清聴ありがとうございました