

# 都市の熱・空気力学的効果を精緻に反映した 全球都市気候シミュレーション

課題番号: jh260091

仲吉 信人 川浦 朝日 @東京理科大学創域理工学部社会基盤工学科  
Alvin C.G. Varquez @東京科学大学環境・社会理工学院 融合理工学系

## 目的

独自の全球の都市幾何パラメータ、熱・空気力学的パラメータデータベース (Fig.5) を非静力全球気候モデルMPAS-Aに組み込み、超高解像度シミュレーション (水平解像度3.8 km、1.8 km) を実施し、実在する都市の幾何構造や人工排熱の精緻な反映が全球気候場を与えるインパクトを定量化する。

## 背景

IPCCAR6では都市は気候緩和、適応の主体として位置づけられる。現在作成中のAR7では、都市にさらなる焦点が当てられる。現状の全球気候モデルにおいて、都市はland surfaceモデルにおける土地被覆の一つとして表現される。

Land surfaceモデル: 地表面熱収支を担当。接地境界層での熱・水・運動量の鉛直輸送が計算される。

### land surfaceモデルにおける現状の都市の取り扱いの問題点

- 土地利用率毎に一律な力学パラメータ、放射パラメータが与えられている→複雑かつ特徴ある都市毎の形態や熱・放射特性は再現されない。
- 街区内の日陰・日向分布、放射の多重散乱を表現するキャンピーモデルが実装されていない。

計算機性能の向上により、kmスケールの高解像度計算が可能になっている → 建物群による力学的抵抗、熱的抵抗の気候場への影響が無視できなくなる。

## モデル概要&建物幾何データベース

### Model for Prediction Across Scales for Atmosphere (MPAS-A)

主な特徴: 非構造Voronoiメッシュ (fig.1)、完全圧縮非静力モデル、WRF-ARWと同様の物理モデルを実装

### MPAS-Aにおける現状の都市の取り扱い

slabモデル (Fig.3): 粗度、アルベド、射出率を都市用にチューニング。

### Single-layer Urban Canopy Modelの概要 (Fig.2&4)

建物群の力学的抵抗: 運動量粗度、ゼロ面変位で表現 ← 平均建物高さ、建物高さの標準偏差、建蔽率、フロントルリアインデックスより算出

建物間の放射過程: 街区構造の単純化 (平均建物高さ、建蔽率、フロントルリアフラックス、天空率) し、放射伝達を解く。



Fig. 1 MPAS-Aにおける非構造Voronoiメッシュ

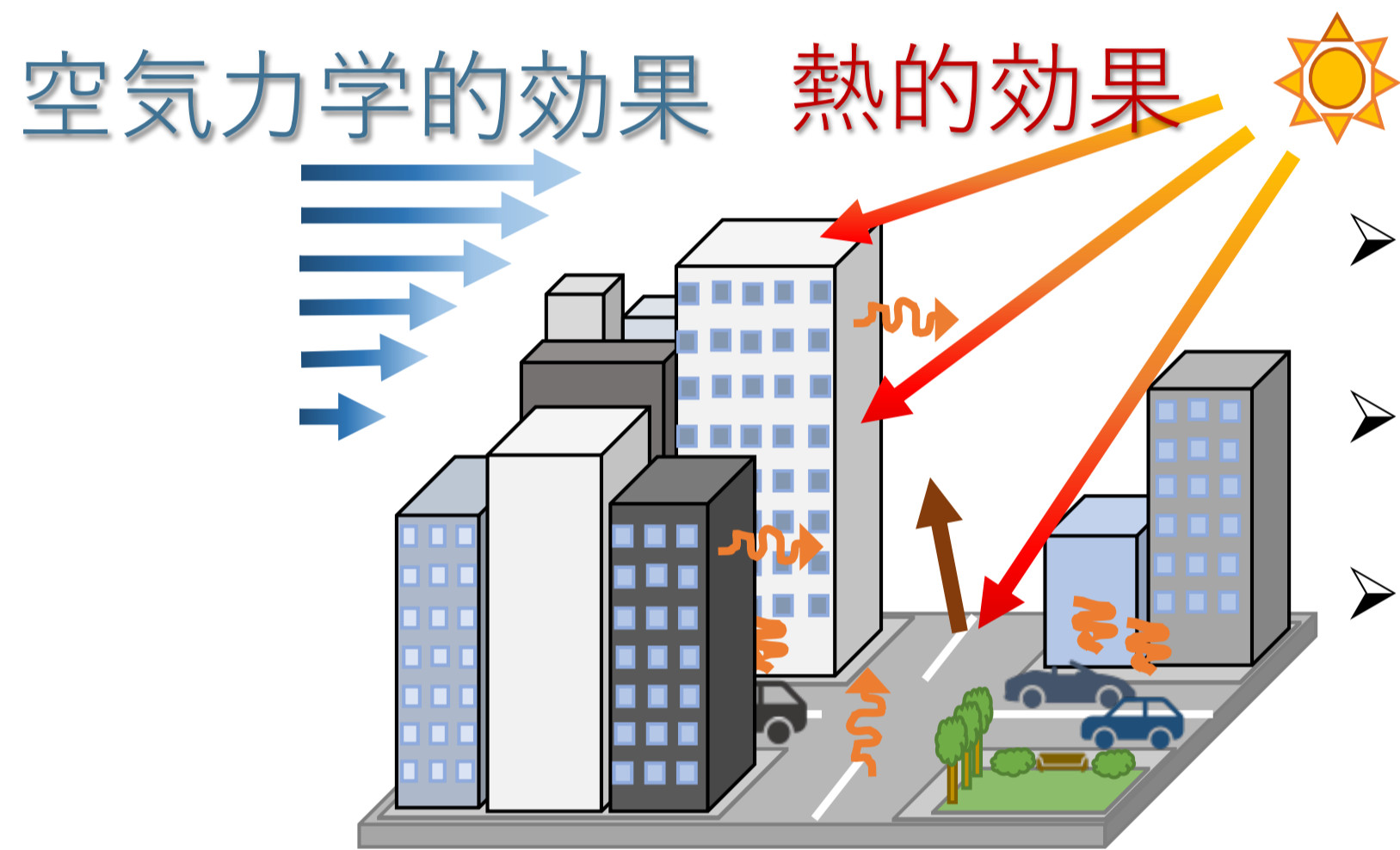


Fig. 2 再現すべき都市効果

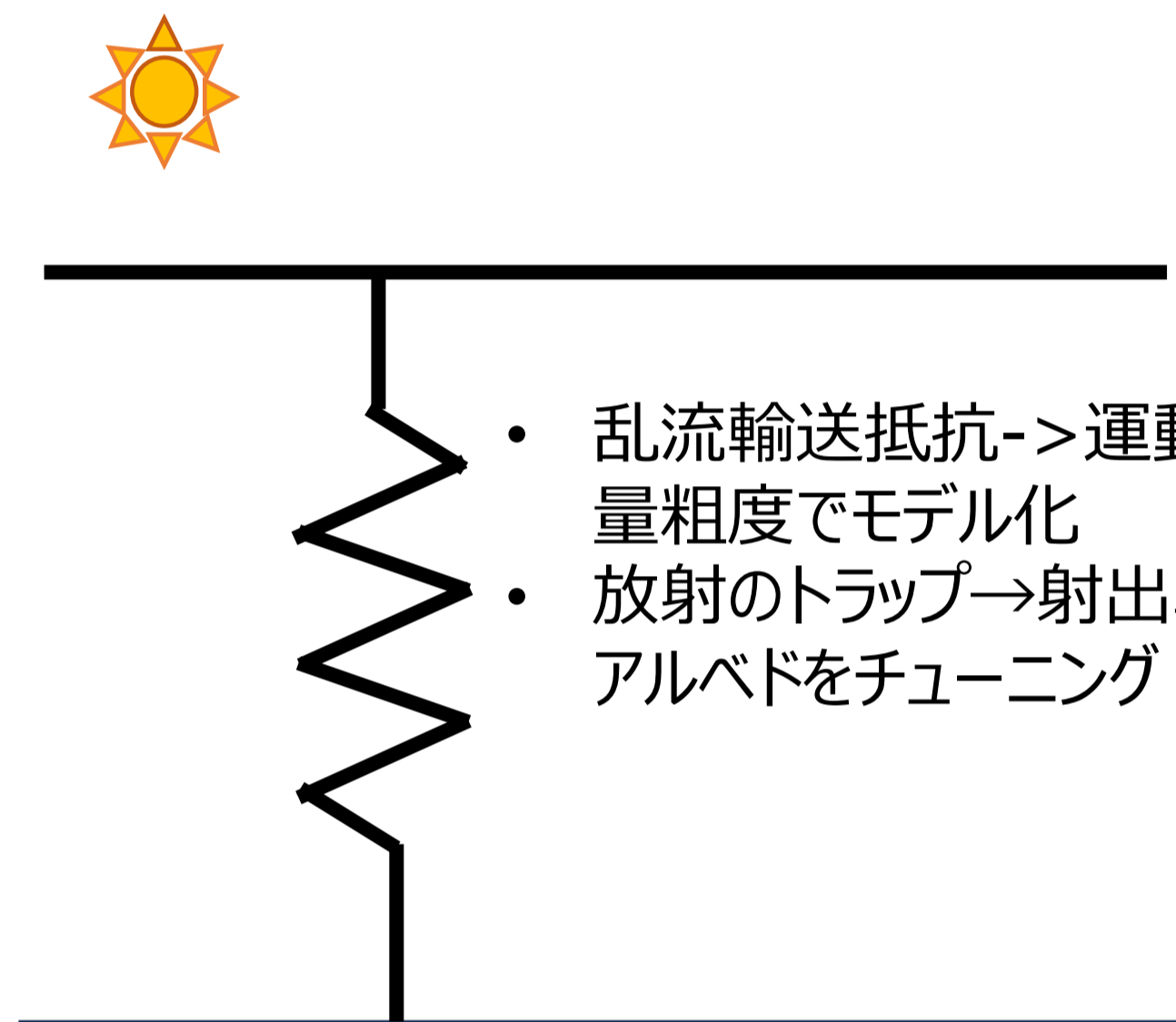


Fig. 3 slabモデル

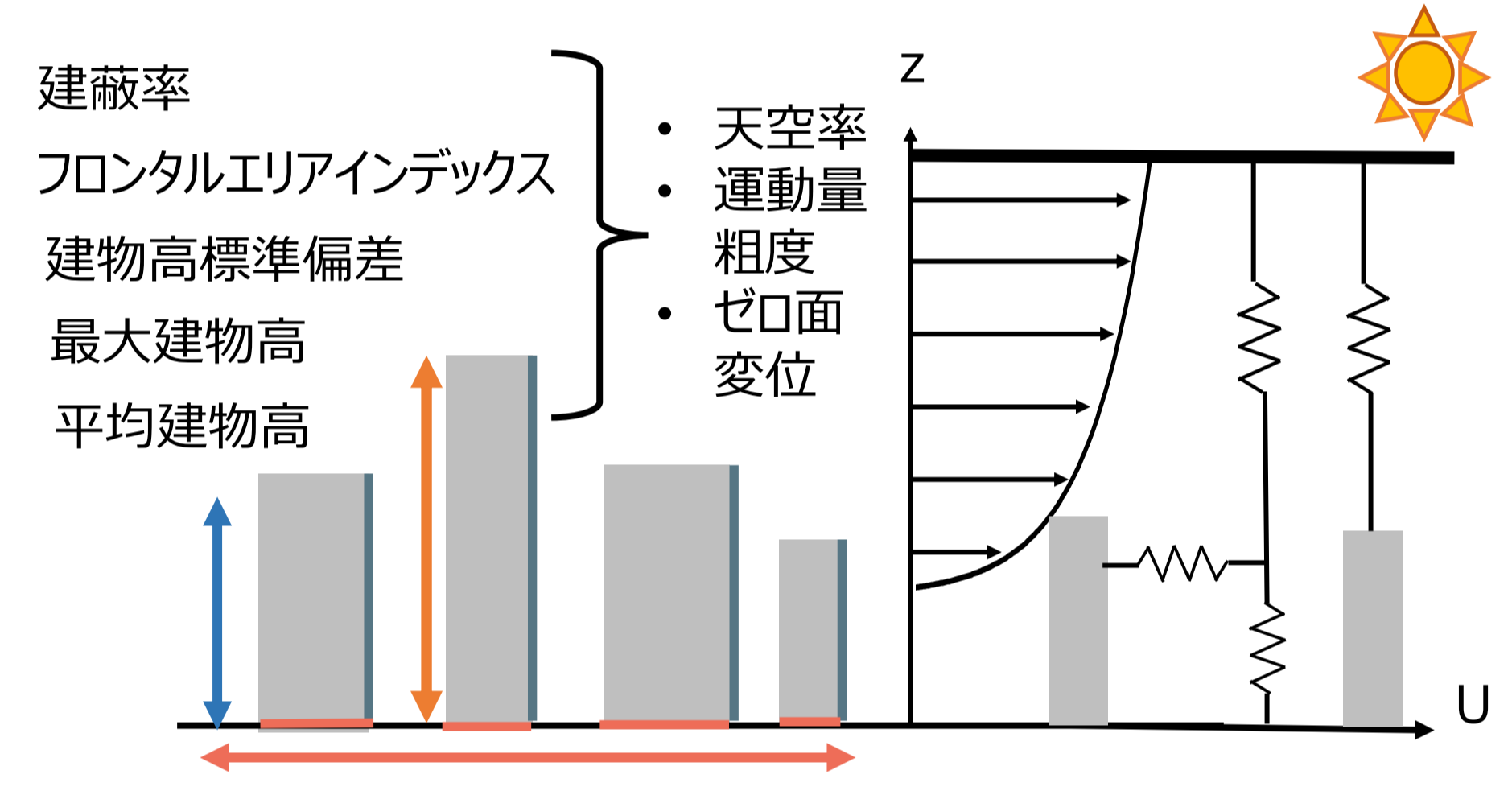


Fig. 4 Urban Canopy modelの模式図、および必要な建物幾何パラメータ。

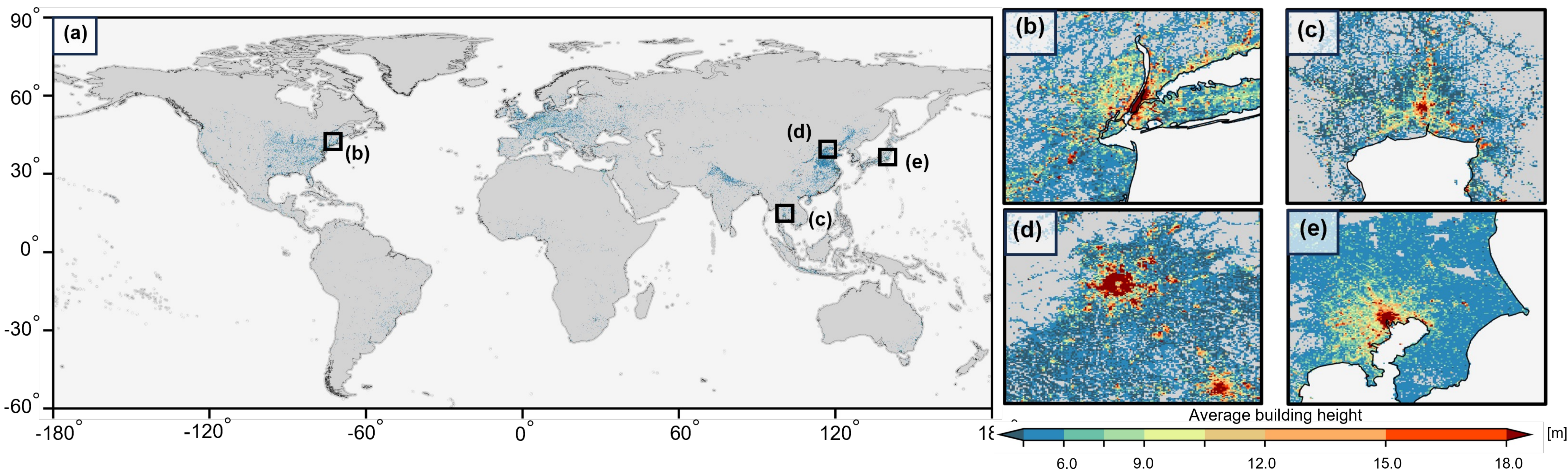


Fig.5 独自の全球都市幾何パラメータデータベース。約1kmの格子解像度 (Kawaura and Nakayoshi, submitted)。(a) 都市グリッド、(b)~(e) 建物高さ分布

## 研究計画~都市の気候感度の評価~

フェーズ1: MPAS-Aのコード修正 (Urban Canopy Modelの実装、建物幾何データベースの組み込み)

フェーズ2: 陸面モデルのオフライン計算 (1996年~2025年)

2.1: 1km解像度での陸面気候アーカイブの作成

フェーズ3の実行に必要な土壌初期値・境界値を構築する。ERA5を気象外力とし陸面モデルをオフライン計算し、土壌温度・水蒸気量を各月、時間毎にアンサンブル平均する。

2.2: 都市の気候感度のベンチマーク作成

2m気温&比湿、10m風速、摩擦速度、地表面熱収支各項 (顕熱、潜熱、地中熱伝導、正味短波放射、正味長波放射) を各月、時間毎にアンサンブル平均する。非都市計算 (コントロール実験)、一様都市幾何、実在都市幾何都市形態毎に整理する。

フェーズ3: 3.75kmおよび1.8km水平解像度での全球都市気候シミュレーション (対象期間: 2023年7月)

3.1: LAF法とtime lagged branchシミュレーションによる小計算コストでのカオス影響の除外

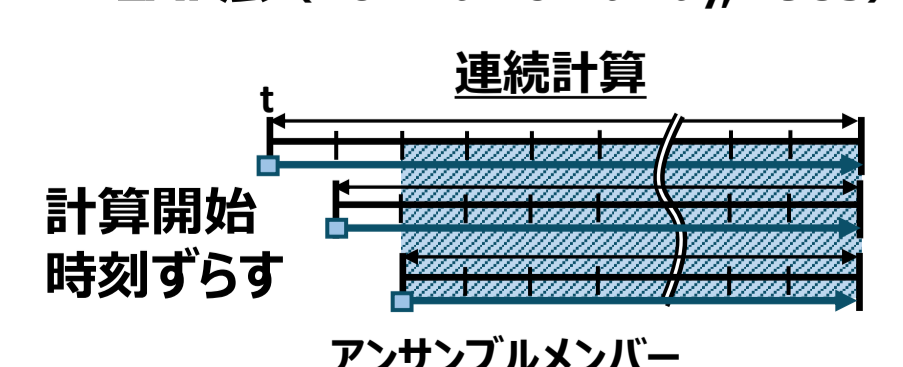
3.2: 都市の気候感度評価計算 (Table1)

3.3: 都市の気候感度の解析~都市化度と気候感度の強弱評価、テレコネクションの発現、オフライン計算とオンライン計算の違い)

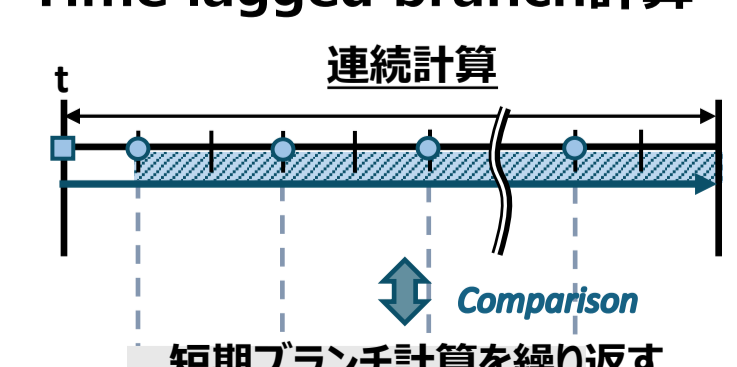
Table 1 フェーズ3のシミュレーションケース

	UCM	人工排熱	都市幾何
control	オフ	オフ	オフ
Case1	オン	一様	一様
Case2	オン	Real	一様
Case3	オン	一様	Real
Case4	オン	Real	Real

LAF法 (Hoffman & Kalnay, 1983)



Time lagged branch計算



■ 初期条件 ○ 中間出力値