# 【2-2106】 人口流動データと温熱シミュレータによる 都市におけるヒートアイランド暑熱リスクに関する研究(R3-5)

【研究領域】 気候変動領域

【行政要請研究テーマ】 地域特性に応じた気候変動影響予測及び適応の推進に関する研究

【研究代表機関および研究代表者】 国立研究開発法人 建築研究所 足永靖信

【研究分担機関】 国土交通省 国土技術政策総合研究所 公益財団法人 東京都環境公社 東京都環境科学研究所 早稲田大学

#### 背景

ヒートアイランド現象の 深刻化 $^{*1}$ 

適応策に対する国際的要 求の高まりと対応\*2

新たな取り組み

東京五輪を契機に浮上し た都市の暑熱問題\*3

- \*1 ヒートアイランド対策大綱(平成25年)
- \*2 気候変動適応計画(平成30年)
- \*3 東京2020に向けたアスリート、観客等の暑さ対策に係る関係府省庁等の取組(令和元年)

科学計算技術の高度化\*4

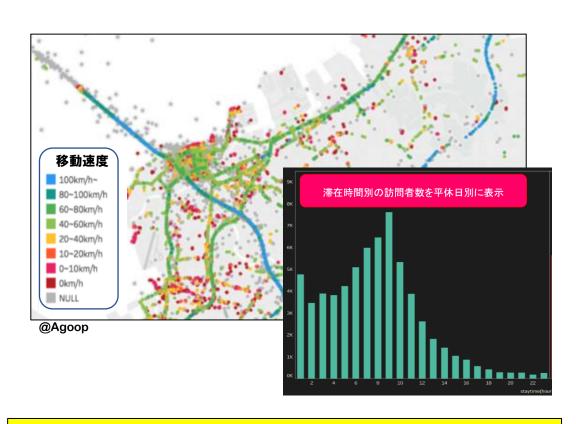
ビッグデータやAIの台頭\*5

DX (デジタル・トランスフォーメー ション) の推進\*6

- \*4 計算科学ロードマップ (平成25年)
- \*5 第 5 期科学技術基本計画
- \*6 国土交通省データプラットフォーム(令和2年)

#### 研究目的

本研究は、暑さ対策の推進に資するため、人口流動のビッグデータと温熱シミュレータを組み合わせて、都市における暑熱リスクを評価する手法を開発することを目的とする。



温熱シミュレータ 熱流体モデル 放射モデル 者 暑さ指数 建物伝熱モデル 樹木モデル

サブテーマ1:人口流動データによるヒートアイランド暑熱リスクに関する研究(国総研、早大)

サブテーマ2:温熱シミュレータによるヒートアイランド暑熱リスクに関する研究(建研、都環研)

人口流動データと温熱シミュレータによる 都市開発におけるヒートアイランド暑熱リスクに関する研究

#### 研究体制

- ・研究実績の効率的な活用
- ・他機関との円滑な連携

サブテーマ1

国土技術政策総合研究所

早稲田大学

サブテーマ2

建築研究所

東京都環境科学研究所



他機関との連携

環境省大気生 活環境室 国土交通省 都市局 東京都環境 局 研究実績

携帯ツイッター情報による 地域の温熱評価

地域熱エネルギー分析

スーパーコンピュータによ る広域CFD解析

GISによる日陰マップ作成

東京都都市 整備局

#### 研究目標

#### 全体の目標

「人口流動データと温熱シミュレー タによる都市におけるヒートアイラ ンド暑熱リスクに関する研究」 暑熱リスクの低減方策を取りまとめ、地域 気候変動適応計画等における暑熱対策推進 のための科学的エビデンスを提供する。

# サブテーマ1の目標

「人口流動データによるヒートアイ ランド暑熱リスクに関する研究」 人口流動データを基に、屋外における 滞在人数(暴露人口)、高齢居住者の 分布(熱的脆弱性)を把握する。

## サブテーマ2の目標

「温熱シミュレータによるヒートア イランド暑熱リスクに関する研究」 屋外の体感温度(暑熱ハザード)を建 物道路ごとに再現する温熱シミュレー タを開発する。

#### R3研究計画

# サブテーマ1

「人口流動データによるヒートアイ ランド暑熱リスクに関する研究」 都内における人口流動データを取得し、<u>人の流入、流出</u>と地域内の移動に関わる各人の挙動を調べ、<u>天候や曜日等の日変動、用途地域や建物用途別の特性</u>など人口の時空間構造を明らかにする。また、各種統計資料より、建物および交通の地域構成やエネルギー消費量を調べ、それぞれの活動によるエネルギー消費原単位を作成し、<u>人口流動に誘発されるエネルギー消費</u>との関係を考察する。

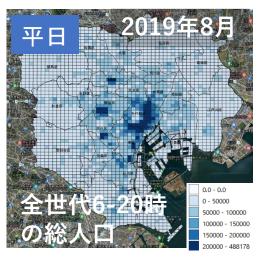
#### サブテーマ2

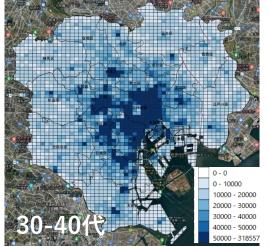
「温熱シミュレータによるヒートア イランド暑熱リスクに関する研究」 CFD (数値流体力学)のRANSモデル(乱流エネルギーと乱流散逸率の2つの特性方程式を扱う工学モデル)をベースに、放射モデル、建物伝熱モデル、樹木モデルを完全連成し、1日の非定常計算により都市街区内の温湿度、放射、風速を超高解像度で予測する温熱シミュレータの基本設計を行う。

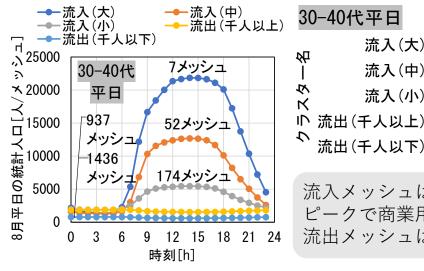
## R3進捗 (サブテーマ1)

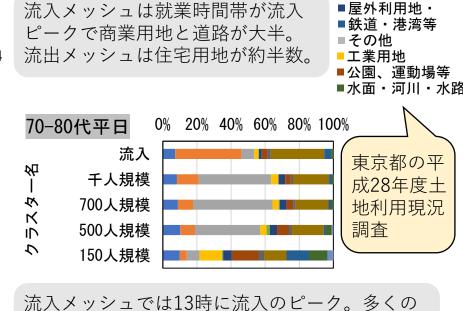
#### 人口流動データに基づく東京23区の人の流出入の特徴

携帯電話の基地局との通信により取得されるメッシュ型人流データを用いて、東京23 区における人の流出入の挙動を土地利用との関係から考察。









0% 20% 40% 60% 80% 100%

流入(大)

流入(中)

流入(小)

流出(千人以下)

■公共用地

■農業用地

■商業用地

■住宅用地

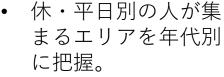
■農用地

■道路

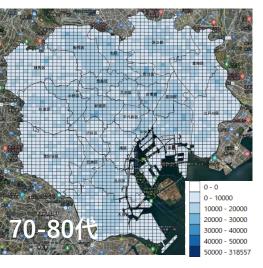
森林

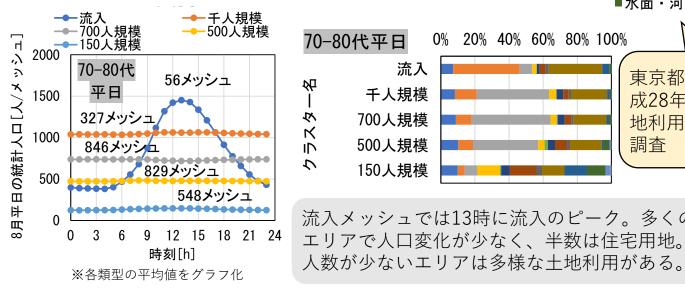
■原野

■未利用地等



- 平日14時台は大手町 エリアの30-40代が 最大で、2.8万人。
- 1メッシュ当たりの 統計人口の日変化を K-means法で5パ ターンに類型化。





# R3進捗 (サブテーマ1)

推定は以下の手順で進めた。

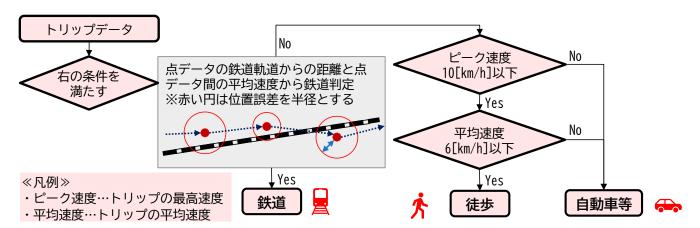
#### 人口流動に誘発される各種交通量 人口流動データから人の滞在、移動手段を推定

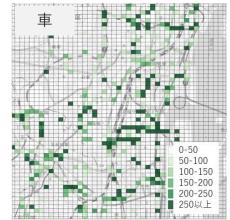
※1)Agoop社ポイント型流動人口データ

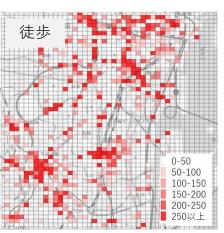
※2)NTTドコモ社モバイル空間統計

※3)KDDI社KDDI Location Analyzer

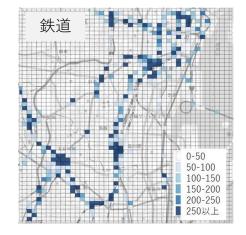
- ① 人流データ※1)のクレンジング処理(位置誤差50m)
- ② 人流データ (①処理済) の移動速度から移動と滞在を分離 さらに、移動速度より交通手段(鉄道、車、徒歩)を特定
- ③人流データ②から500mメッシュ内の滞在人口を集計し、 既往調査<sup>※2)</sup>と対比させることで補正係数を算出
- ④対象地域の道路、鉄道のネットワークモデルを構築し、
  - ②、③で作成した移動交通量を関係づける。
- ⑤道路ごとの移動交通量④を既往調査※3)を使って検証(R2=0.73)

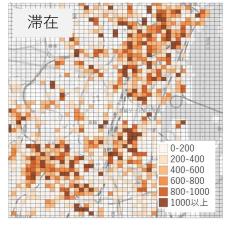






100mメッシュのカウント数(14時台)



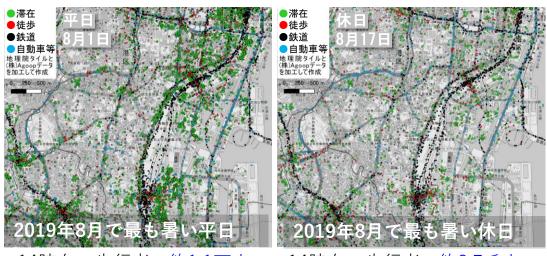


人口流動データによる人の滞在および移動手段(品川・田町エリア)

人流データから移動手段を分類

#### 品川・田町エリアを対象とした各人の移動実態

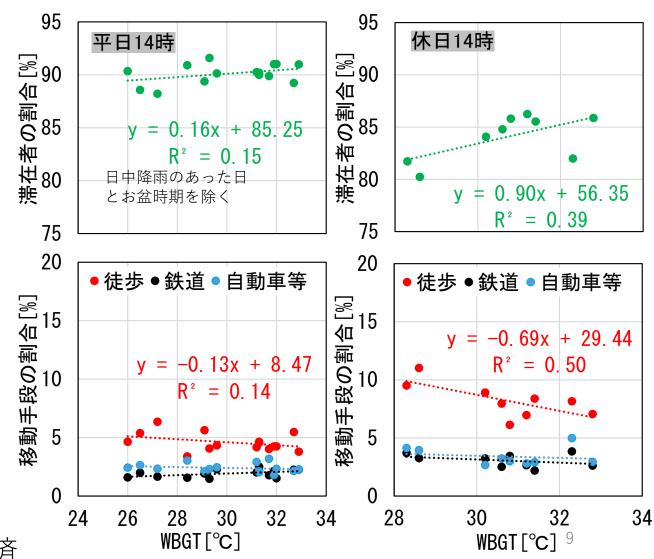
携帯電話のGPSの通信により取得されるポイント型人流データを用いて、品川・田町エリアを対象に、<u>屋外歩行者人口を推計</u>し、<u>天候・曜日別の人の挙動</u>を分析。



14時台の歩行者 約1.1万人 14時台 ※1時間滞在者を1人としてカウント

14時台の歩行者 約8.7千人

- 屋外歩行者は平日においては地域拠点に集中する一方、 休日には平準化する傾向が見られた。
- WBGTの配信データと人口流動データを比較すると、<u>休日はWBGTが高くなるほど「滞在」増「徒歩」減の</u>傾向を見られた。一方、<u>平日はWBGTに対して、「滞在」、</u>「徒歩」の感度が鈍い。
- ⇒平日は、WBGTが高くても「徒歩」移動せざるを得ない。



※日本建築学会大会2022に投稿済

## 人口流動データに基づく建物の人工排熱量の推定 人口流動データと建物のエネルギー消費の関係分析

推定は以下の手順で進めた。

- ① 既往調査※1)の導入割合を基に各建物の空調熱源設備構成を設定
- ② 人流データの道路歩行者人数から最寄りの建物の営業時間を設定
- ③ 需要推定手法※2)を用いて各建物の5分間隔熱源冷房需要を推定
- ④ 建築物省エネ法における各空調熱源設備のモデル<sup>※3)</sup>を用いて 熱源の5分間隔エネルギー消費量を計算
- ⑤ エネルギー消費から、熱源の動力源(電力・ガス) <sup>※4)</sup>や 冷却塔<sup>※5)</sup>の有無も考慮して顕熱と潜熱それぞれの排熱量を計算

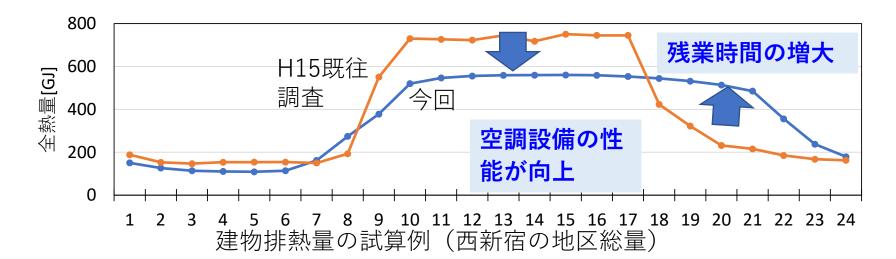
※1)環境省,平成15年度都市における人工排熱抑制によるヒートアイランド対策調査報告書,

https://www.env.go.jp/air/report/h16-05/index.html ※2)上野 貴広ら,モンテカルロシミュレーションを用いた 商業・業務街区における需要変動の推計,

https://doi.org/10.3130/aije.84.291 ※3)平成25年住宅・建築物の省エネルギー基準解説書編集 委員会.

平成25年省エネルギー基準に準拠した算定・判断の方法及び解説 I 非住宅建築物(第二版, 2014.4 ※4)足永 靖信ら,冷熱源機器の導入割合を考慮した空調システムおよび関連機器の地域排熱量に関する研究,

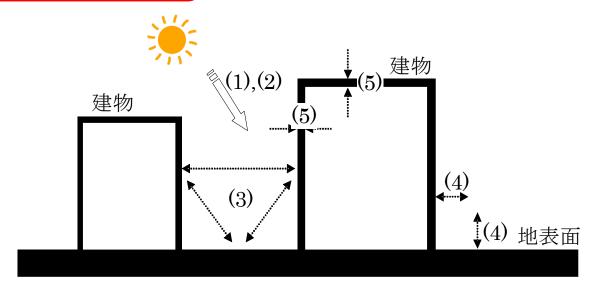
https://doi.org/10.18948/shase.27.86\_77 ※5)西村 浩一ら,冷却塔の水分蒸発量と放熱特性, https://doi.org/10.3130/aija.61.53\_1



※日本建築学会大 会2022に投稿済

#### 温熱シミュレータの各種モデル その1

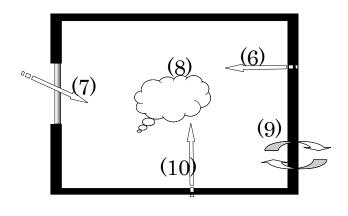
都市空間の放射モデル、建物伝熱モデル



(a)地物表面の熱収支

- (1)太陽からの短波放射(直達・散乱)
- (2)大気からの長波放射
- (3)地物表面間の放射熱伝達
- (4)地物表面と周辺大気の顕熱・潜熱輸送
- (5)建物壁・屋根内部の熱伝導

空調エリア/非空調エリア



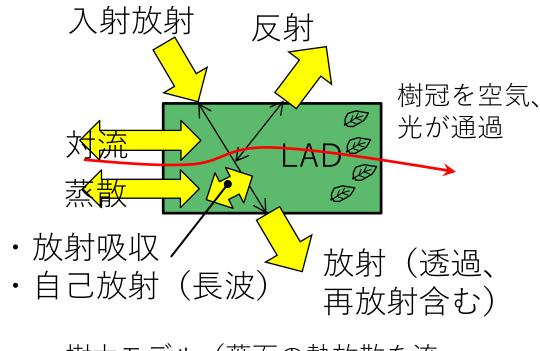
(b)建物伝熱モデル

- (6)室内空気と壁表面の顕熱輸送
- (7)日射熱
- (8)内部発生熱(顕熱・潜熱)
- (9)換気(顕熱・潜熱)
- (10)床放熱

温熱シミュレータの伝熱モデル

# 温熱シミュレータの各種モデル その2 CFDコード、樹木モデル

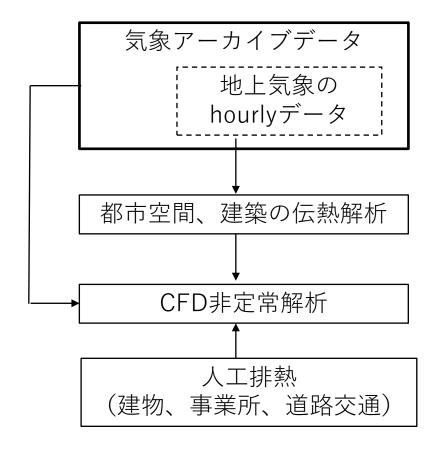
項目	内 容
乱流モデル	・標準 $k-arepsilon$ モデル
基礎方程式系	・質量保存方程式 ・運動量輸送方程式 (浮力、コリオリカ、樹木抗力を考慮。) ・エネルギー輸送方程式 (壁面、葉面等からの顕熱放散を考慮。) ・水蒸気の輸送方程式 (壁面、葉面等からの潜熱放散を考慮。) ・乱流エネルギーの輸送方程式 (浮力、湿気、樹木による乱れの生成を考慮。) ・乱流エネルギー散逸率の輸送方程式 (浮力、湿気、樹木による乱れの散逸を考慮。)
樹木モデル	・樹冠部の放射伝熱 (波長帯: PAR、近赤外、長波) (放射パラメータ:反射率、吸収率、透過率) ・葉面の蒸散:Jarvisモデル



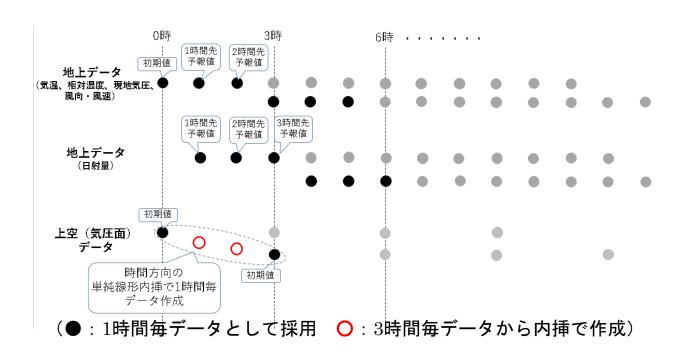
樹木モデル(葉面の熱放散を流 体モデルと連成)

# 温熱シミュレータによる1日を通した計算方法の構築 アーカイブデータの活用

※日本建築学会大会2022に投稿済



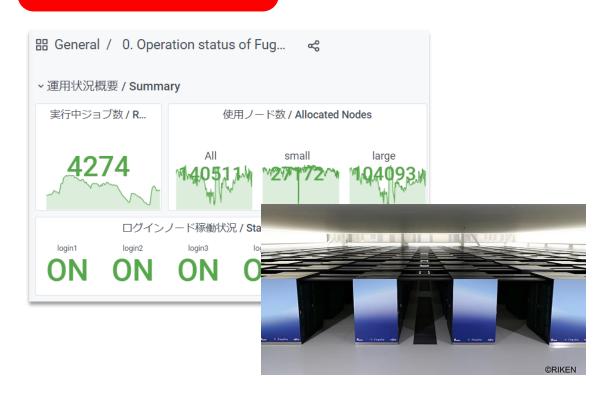
計算の流れ



気象アーカイブデータ (気象庁MSM)

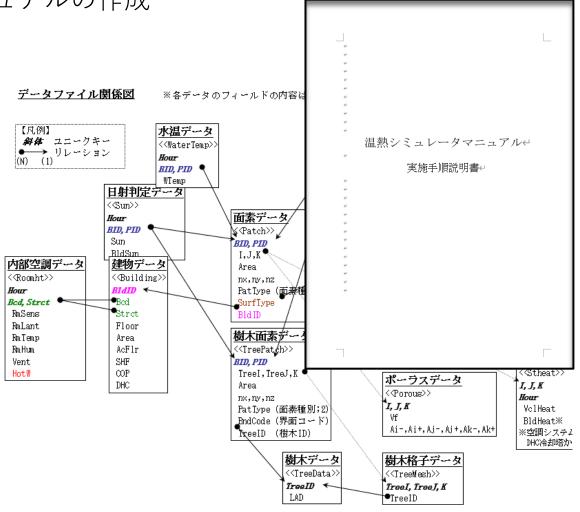
温熱シミュレータの周辺技術の整備

スパコン検討およびマニュアルの作成



富岳試行課題「都市空間を解像する温熱シミュレータの性能確認」の実施(2022.6~)

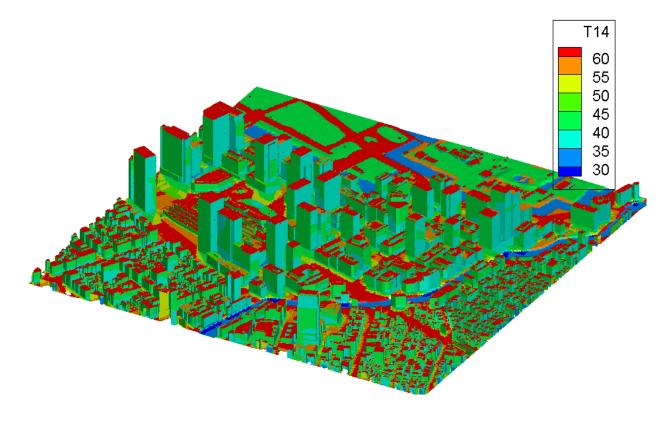
温熱シミュレータの演算性能の検討



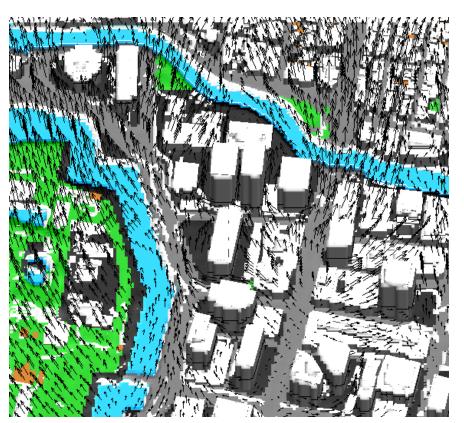
マニュアルの作成(自治体向けの研究資料として公表予定)

#### 温熱シミュレータの試算

表面温度、気温、風の分布



日中の表面温度分布



日中の気流分布

温熱シミュレータの試算事例

# R3成果および 今後の見込み

#### サブテーマ1

「人口流動データによるヒートアイ ランド暑熱リスクに関する研究」

- ■R3成果 都内における人口流動データから、<u>暑熱暴</u> <u>露</u>に係る人口の時空間構造を明らかにし、都市活動(建 物エネルギー消費、交通量)との関連を考察した。
- ■R4以降の見込み <u>暑熱脆弱性</u>に関する人口流動データに関する検討を重ねる。サブテーマ2へ暑熱暴露、暑熱脆弱性の情報を受け渡す。



暑熱暴露等の情報提供

# サブテーマ 2

「温熱シミュレータによるヒートア イランド暑熱リスクに関する研究」

- ■R3成果 都市街区内の温熱環境予測に当たり、CFD (数値流体力学) および各種伝熱モデルを連成する<u>温熱</u>シミュレータの基本設計を行った。
- ■R4以降の見込み 温熱シミュレータの検証を行うとともに、<u>暑熱ハザードとして暑さ指数WBGT</u>を定量化する。以上の検討を基に、サブテーマ1の成果と合わせて暑熱リスクの評価を行う。

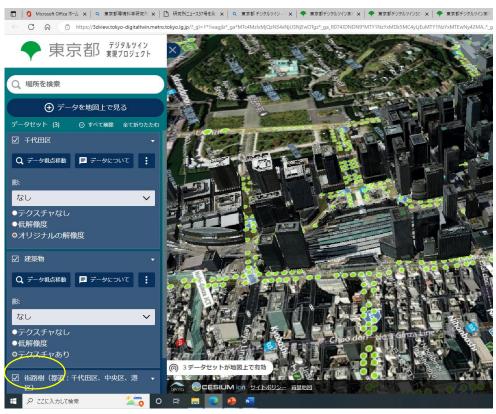
#### 環境政策への新たな知見等

#### ○暑さ対策への貢献について

暑熱リスク評価の枠組み 暑さ対策の基礎資料

- **〇デジタルデータ、評価ツールの提供について** デジタルツイン 温熱シミュレータ
- 〇波及普及について都市開発への反映国際貢献





【参考】東京都デジタルツ インプロジェクトの活用

# 研究成果の発表状況

- ■大会論文5件
- ■広報出版物1件
- ■講演等6件
- ■国際ミーティング1件



自治体等への情報提供 令和3年度気候変動適応研修(中級コース)(2022年2月10日)



独BBSRとの適応策会合(2022年6月14日)



#### 環境資源研究科 常松 展充・瀬戸 芳一

近年の地球温暖化と都市化の影響により、東京都でも暑熱環境問題が顕在化しています。1980年頃は都心では猛暑日(日最高気温35℃以上の日)が観測されない年もありましたが、今では猛暑日が10日以上観測される年が少なくありません。こうした暑熱化に高齢化の影響も相まって、都内の2010年以降の熱中症救急搬送者数は、2009年以前と比較して倍以上になっています。こうしたことから、都内の暑熱リスクの評価とそれに基づく対策の実施が喫緊の課題となっています。

独立行政法人環境再生保全機構が交付する環境研究総合推進費を取得して実施している研究(課題名:人口流動



データと温熱シミュレータによるヒートアイランド暑熱リスクに関する研究、代表研究機関:国立研究開発法人建築研究所、課題番号:2-2106、研究期間:2021~2023年度)において、郷内の早熱リスクに関するビッグ

広報出版物(東京都環境科学研究所NEWS)