



講義4

都市における暑熱適応策の考え方

建築研究所
足永 靖信

国立研究開発法人 国立環境研究所 気候変動適応センター
令和3年度気候変動適応研修（中級コース）
2022年2月10日（木）



都市における暑熱適応策の考え方

足永靖信



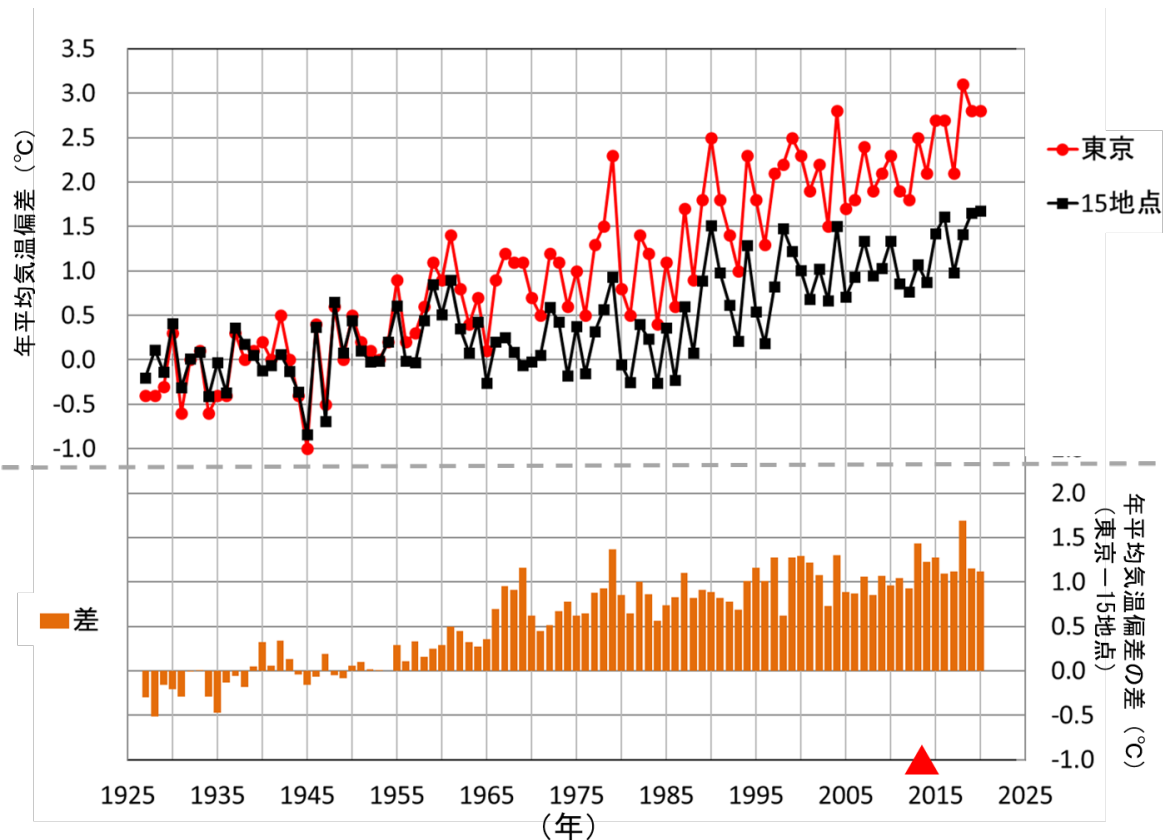
国立研究開発法人

建築研究所

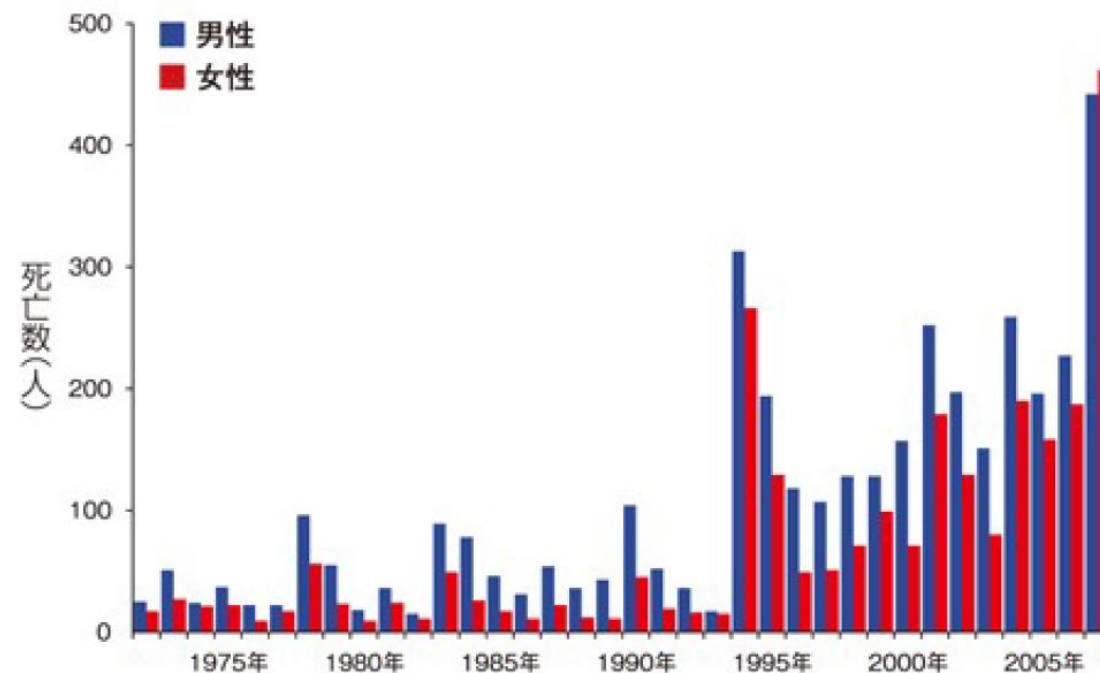
BUILDING RESEARCH INSTITUTE

<https://www.kenken.go.jp/>

暑熱化する都市



東京と都市化の影響が比較的小さいとみられる15地点平均の年平均気温偏差の経年変化及びその差の経年変化
(気象庁HPより)



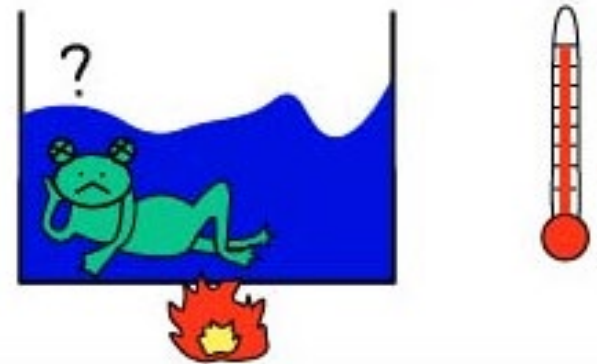
熱中症死亡者数の年次推移 (厚生労働省統計情報部資料)

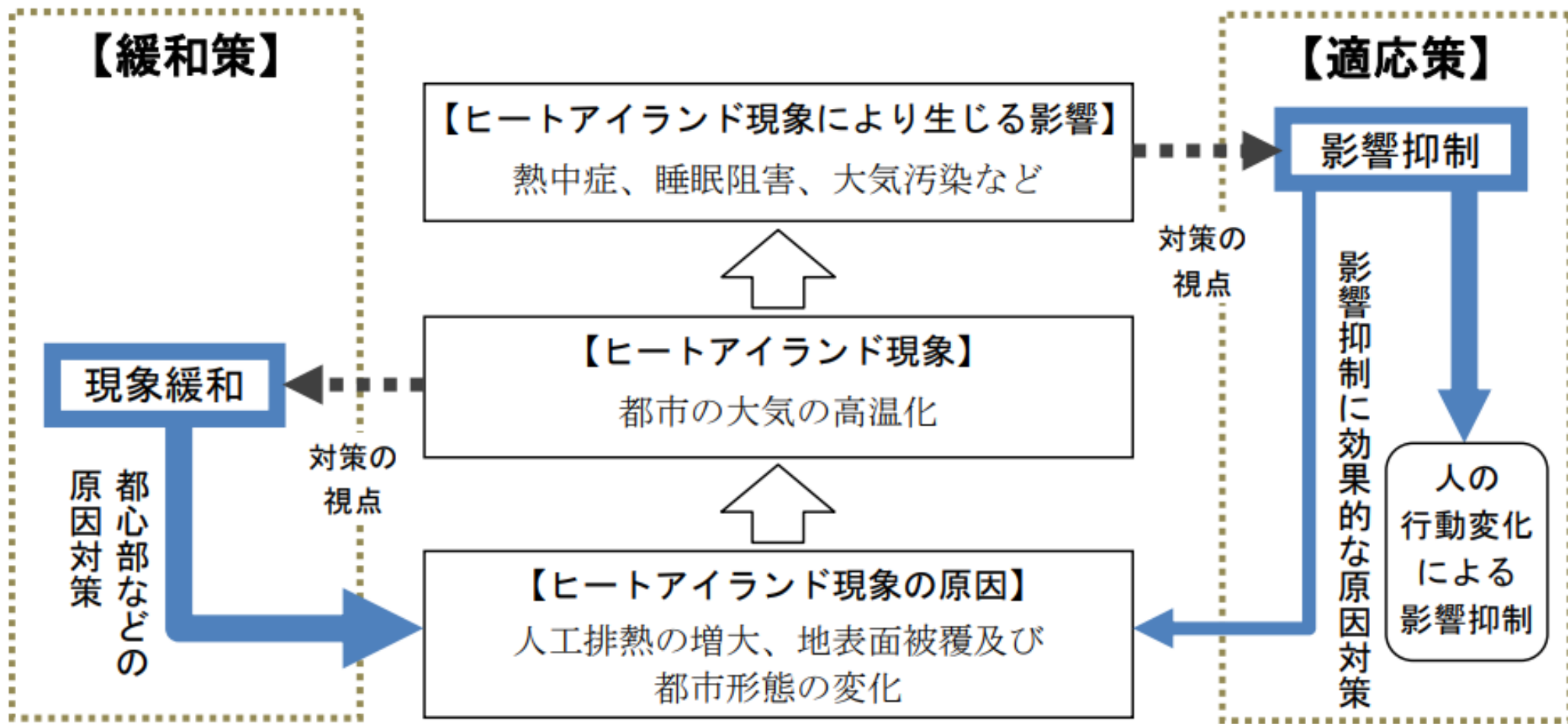
(出典：国立環境研究所HP)

我が国におけるヒートアイランド暑熱問題の経緯・対応

- 2004 ヒートアイランド対策大綱
- 2009 ヒートアイランド対策ガイドライン（環境省）
- 2015 パリ協定合意
- 2016 街なかの暑さ対策ガイドライン（環境省）
- 2018 気候変動適応法

地域気候変動適応計画（106自治体、2022.1）



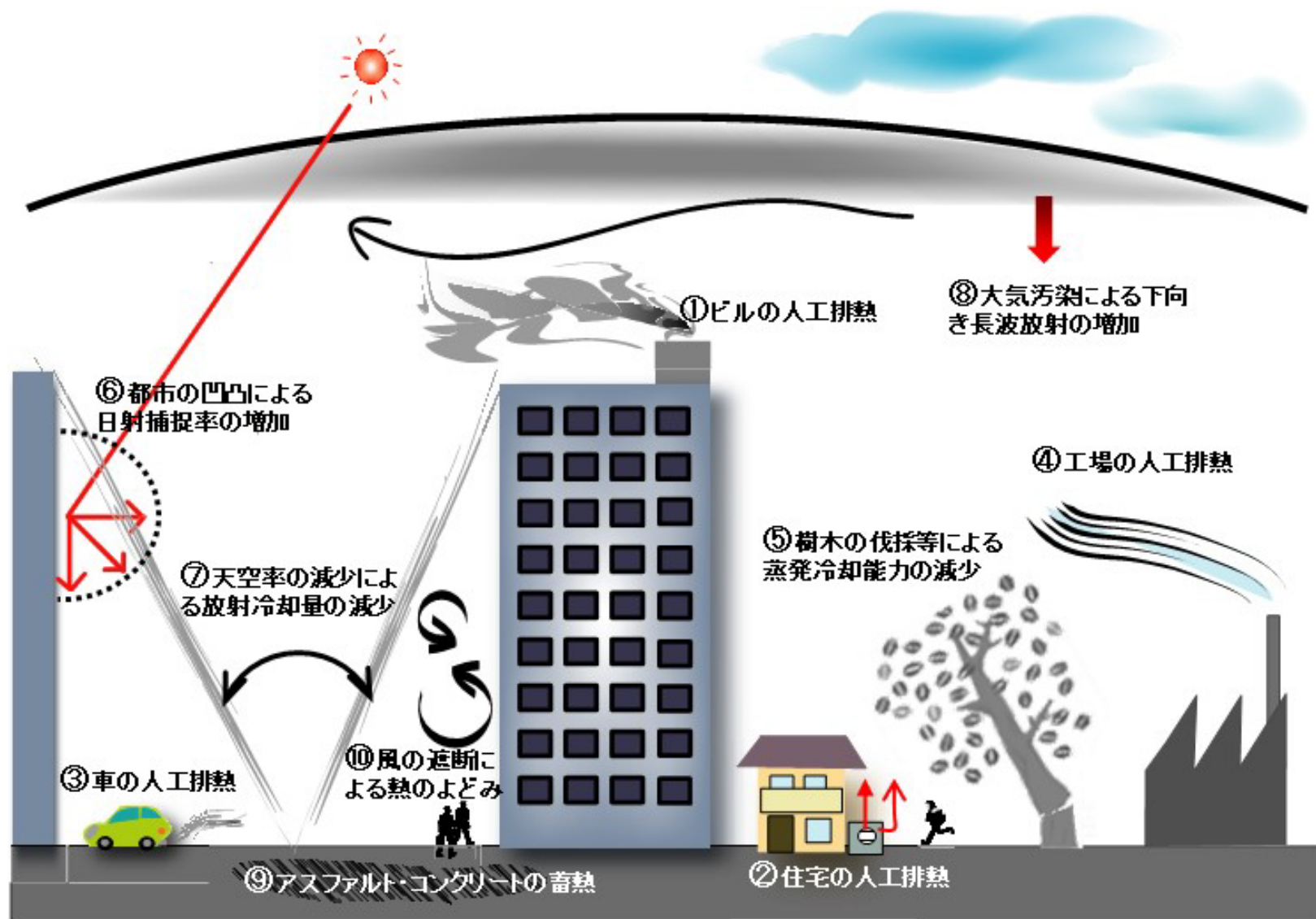


ヒートアイランド現象に対する緩和策・適応策の概念図
(環境省HP、2013)

地球温暖化対策とヒートアイランド対策における 緩和策と適応策の関係

	地球温暖化対策	ヒートアイランド対策
緩和策	<ul style="list-style-type: none">・ CO₂の排出抑制(低炭素化)・ フロン等 GHG の排出抑制・ 二酸化炭素貯留 (CCS)	<ul style="list-style-type: none">・ 人工排熱低減・ <u>地表面被覆の改善</u>・ 都市形態の改善(風の道)
適応策	<ul style="list-style-type: none">・ 河川・海岸堤防の増強・ ダム・建物の貯水能力の増強・ <u>都市緑化・クールスポット</u>・ 空調設備の増強	<ul style="list-style-type: none">・ 熱中症予報の推進・ 適切な冷房装置利用の推奨・ 適切な水分補給の推奨・ <u>都市緑化・クールスポット</u>

暑熱対策は都市温暖化現象に対する適応策



都市が高温化する要因

暑熱対策と効果（環境省HP）

http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guidelineH30/05_06_chapter3_4.pdf

				体感温度※ ¹ 低下効果			省エネ※ ² 効果	その他の効果
				4℃以上	3℃程度	2℃以下		
	日射の低減	緑陰	樹木	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
			パーゴラ（藤棚）	○	-	-	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		人工日除け	壁付け型	○※ ³		-	◎	
			自立固定式	○※ ³		-	◎	
			自立可搬式	○※ ³		-	◎	
		窓面等の再帰反射化		-	-	○	◎	
	地表面の高温化抑制・冷却	地表面等の保水化		-	-	○	◎	
		地表面等の遮熱化		-	-	○※ ⁴	◎	
		地表面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
	壁面等の高温化抑制・冷却	壁面等の緑化		-	-	○	◎	緑の涼しげな視覚的な効果
		冷却ルーバー等		-	-	○	◎	水滴の涼しげな視覚的な効果
	空気・からだの冷却	微細ミスト		-	-	○	○	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン付き微細ミスト		-	○	-	△	ミストの涼しげな視覚的な効果
		送風ファン		-	○	-	○	
		冷却ベンチ		-	○	-	◎	

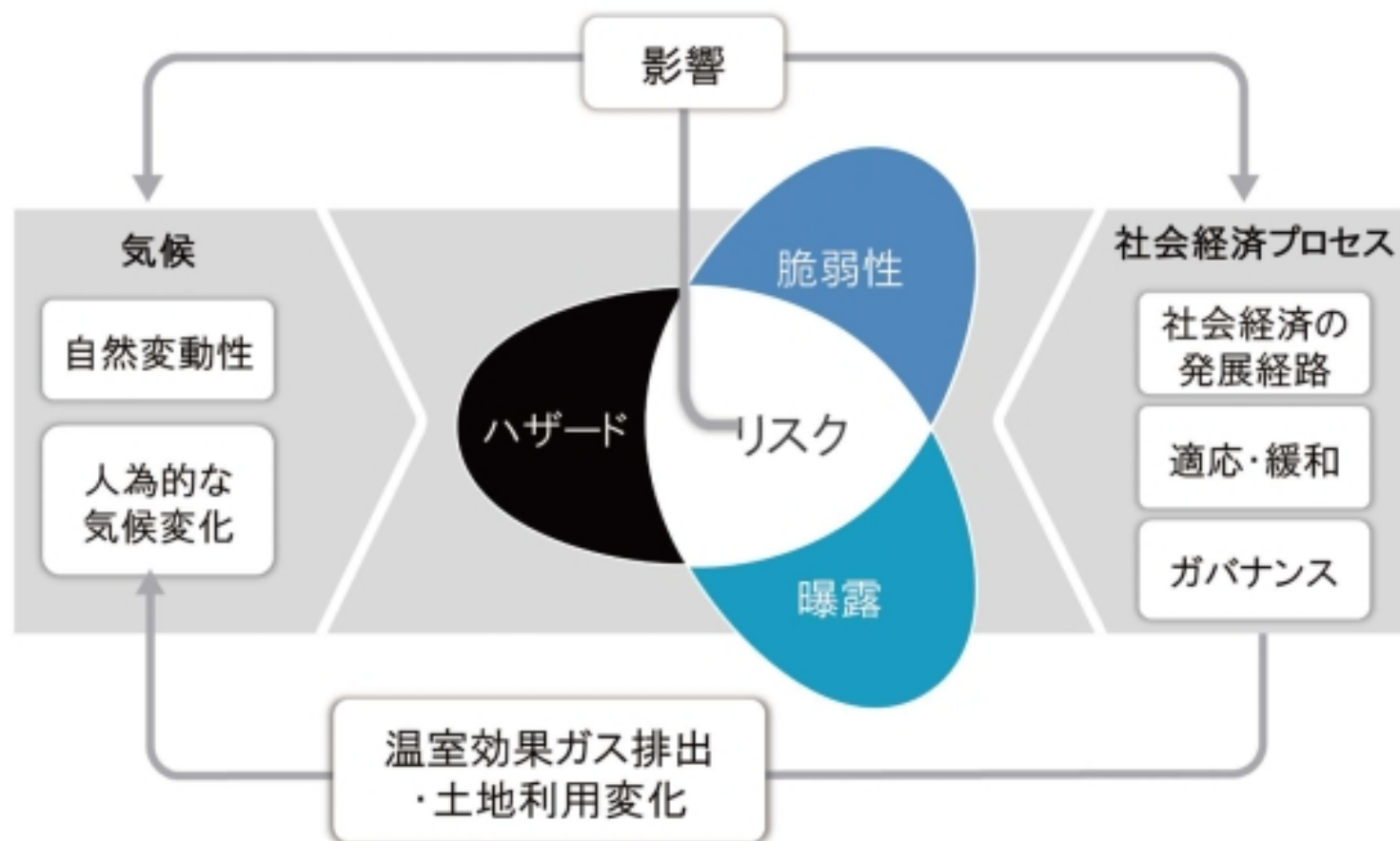
※¹ 体感温度の目安として、特に注記しない限り、夏季日中における標準有効温度 SET*の低下量を示している

※² ◎：エネルギー使用量ほぼ無し、○：30Wh/m²程度以下、△：60Wh/m²程度以下（H28年度環境省検証事業による）

※³ 簡易な日除けの場合、素材の違いにより効果のばらつきが大きくなる

※⁴ 日没後の夕刻における効果を示している

気候変動リスク



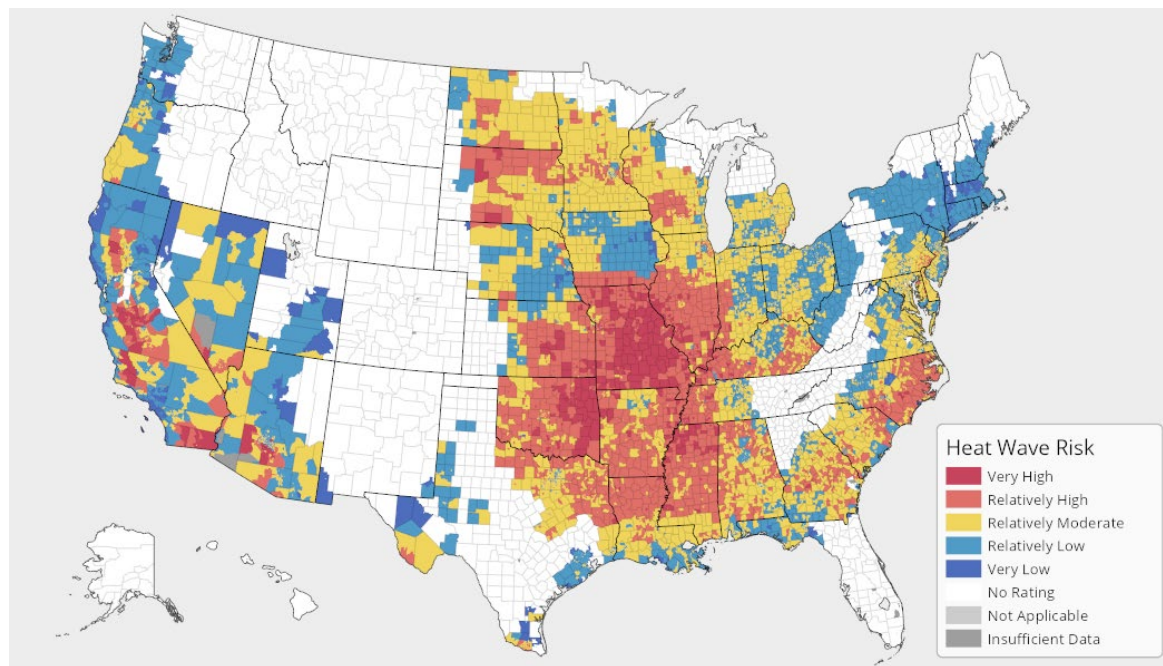
ハザード： 人、生物、資産などに悪影響を及ぼし得る、気候関連の物理現象やその変化傾向
曝露： 悪影響を受けうる場所や状況に、人、生物、資産などが存在すること
脆弱性： 悪影響の受けやすさ（ハザードに対する感受性や適応能力など）

IPCC(2014)より国立環境研究所が作成

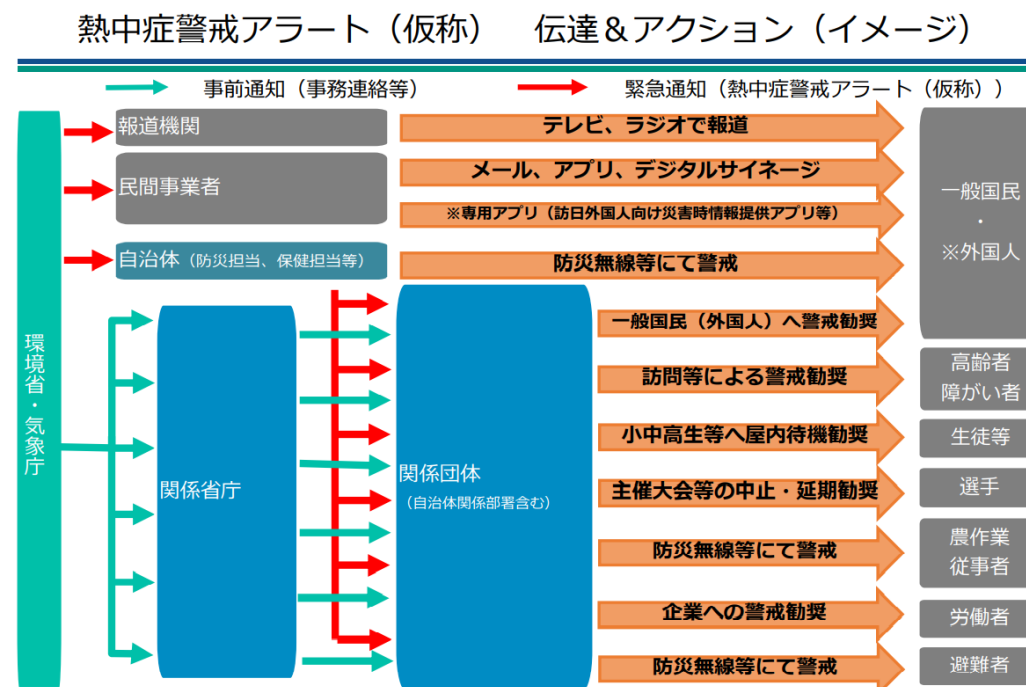
（出典：国立環境研究所HP）

暑熱対策の事例

日米ともに暑さ指数（WBGT）を指標として、熱波対策や熱中症対策を行っている。



Heat Wave Risk (FEMA)



熱中症警戒アラート（環境省HP）

https://www.wbgt.env.go.jp/about_alert.php

暑さ指数とは

湿球黒球温度 (WBGT: Wet-Bulb Globe Temperature)

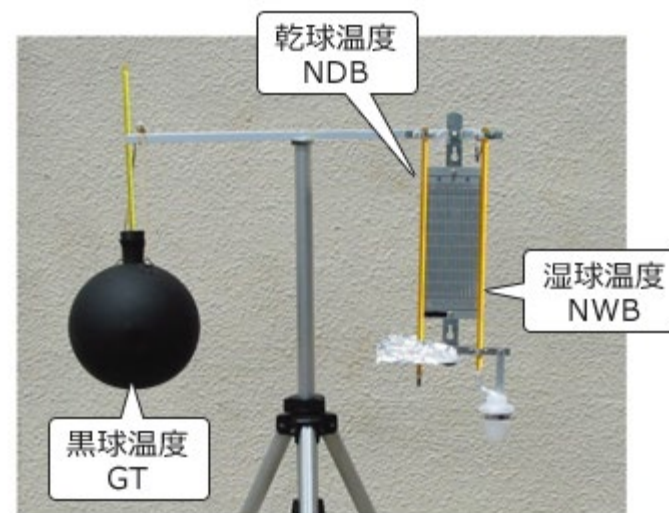
$$WBGT = 0.7 T_{nw} + 0.2 T_g + 0.1 T_a$$

(日射を受ける場合)

T_{nw} : 自然湿球温度 [°C]

T_g : 黒球温度 [°C]

T_a : 気温 [°C]



暑さ指数(WBGT)測定装置 (環境省HP)

https://www.wbgt.env.go.jp/doc_observation.php

略史

- 1954 アメリカのYaglouとMinardが暑さ指数(WBGT)を提案。
- 1982 暑さ指数(WBGT)が国際基準ISOとなる。
- 2006 「熱中症予防情報」サイト開設 (環境省)。
- 2021 熱中症警戒アラートの運用 (環境省・気象庁)。

暑さ指数と健康影響

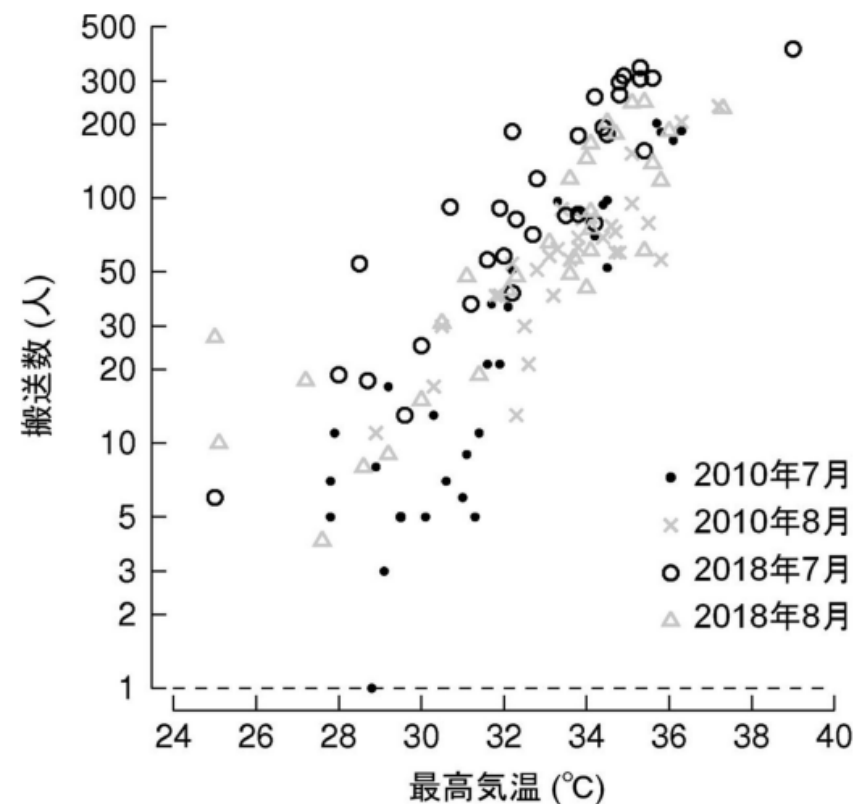
●日常生活に関する指針

温度基準 (WBGT)	注意すべき生活活動の目安	注意事項
危険 31°C以上	すべての生活活動でおこる	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が高い。外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
厳重警戒 28°C以上～31°C未満	危険性	外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25°C以上～28°C未満	中等度以上の生活活動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入れる。
注意 25°C未満	強い生活活動でおこる危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生する危険性がある。

日本生気象学会「日常生活における熱中症予防指針Ver.3」（2013）より

熱中症警戒アラートは暑さ指数の予測値33°C以上で発表

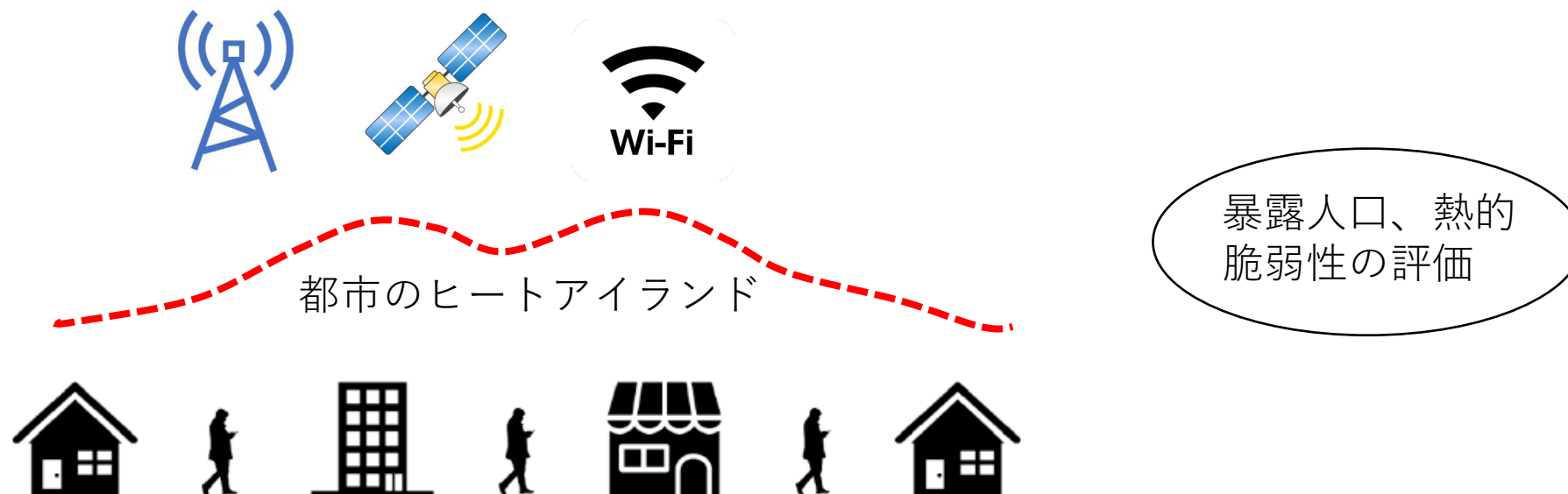
【参考】都内の救急搬送数は年間70万件（1日当たり2千件弱）



2010年と2018年の7、8月における東京の日々の最高気温と東京都の熱中症搬送数

(出典) 藤部文昭、松本淳、鈴木秀人
2019：「東京における2018年夏の熱中症被害の概要」
天気、66、495-499。

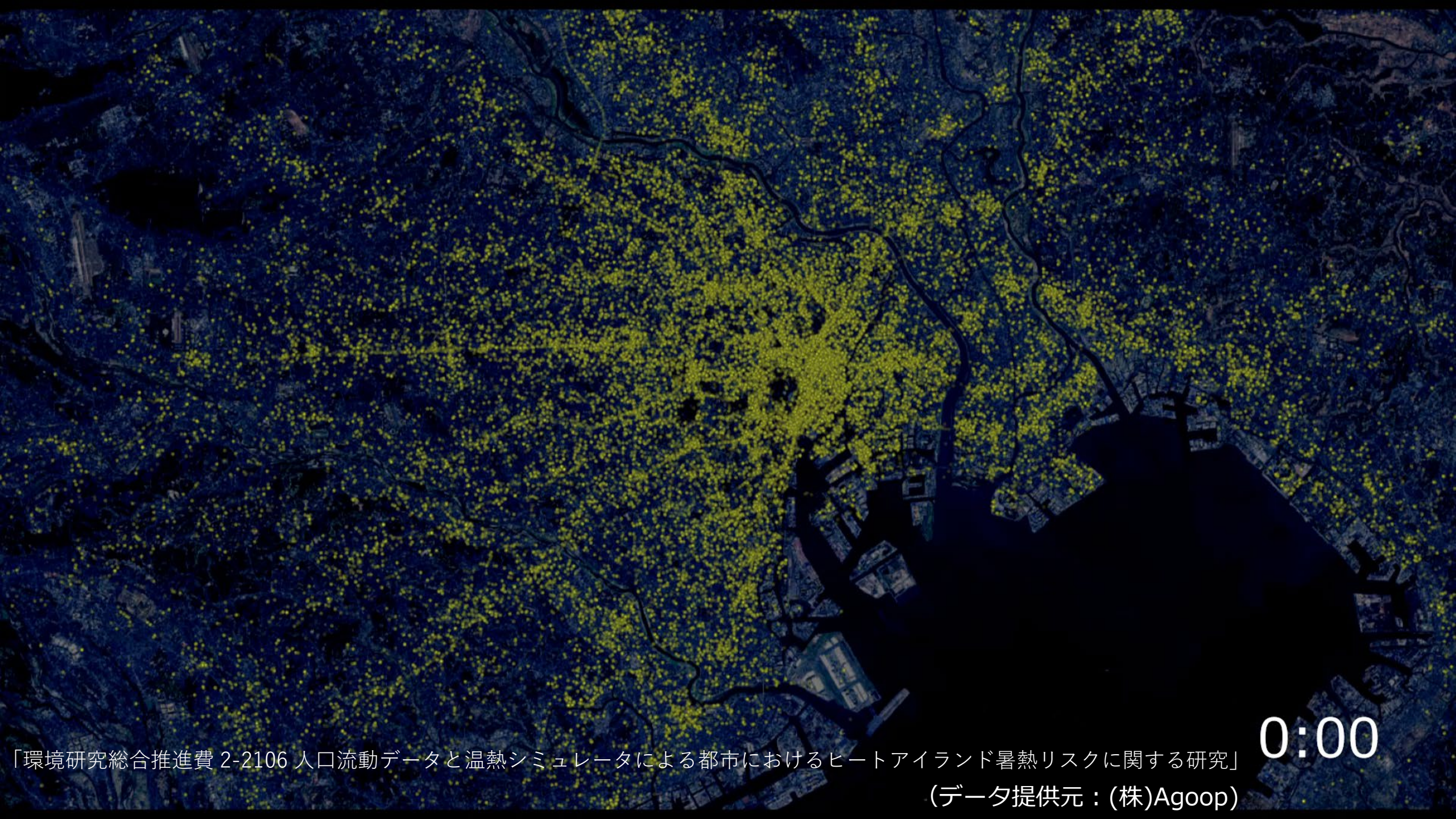
都市の人流データ解析



スマートフォンの位置情報をGPS、基地局、WIFIから複合的に取得

各ポイントに属性を付与し、非人格化を行ったうえでデータベース化

地理情報と照合することで、都市の人口流動の時空間構造を解明



「環境研究総合推進費 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」
(データ提供元：(株)Agoop)

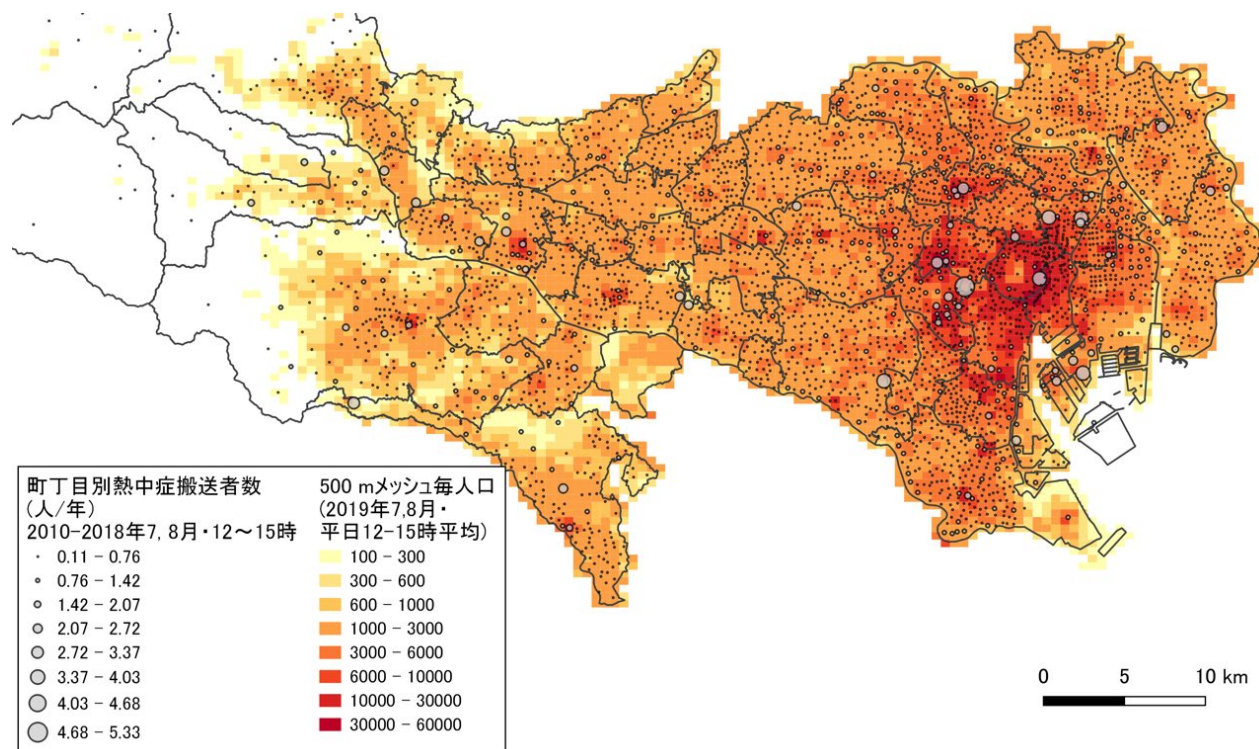
0:00

人流データの活用例

人流データと救急搬送データのカップリング解析。

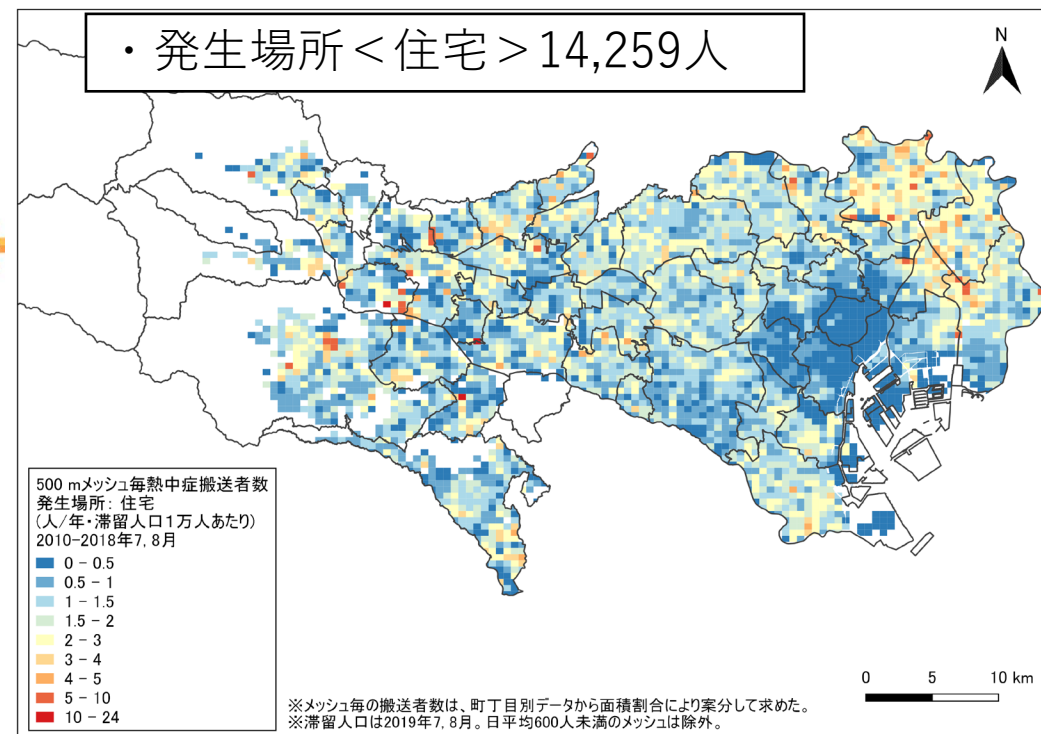
左図：人口が集中する地域に熱中症搬送者数が多い。

右図：下町の木造地域で人口当たりの熱中症の住宅発生頻度が大きい。



滞留人口（人流データ）と熱中症搬送者数

* 東京消防庁提供の熱中症救急搬送者数データを使用
(東京都環境科学研究所 作成)



滞留人口（人流データ）当たりの熱中症搬送者数（住宅）

* 東京消防庁提供の熱中症救急搬送者数データを使用
(東京都環境科学研究所 作成)

各種気象気候シミュレーション

全球モデル 60～180kmグリッド

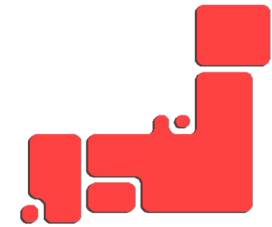


メソ数値予報モデル 5～20kmグリッド
(都市キャノピーモデルを含む)



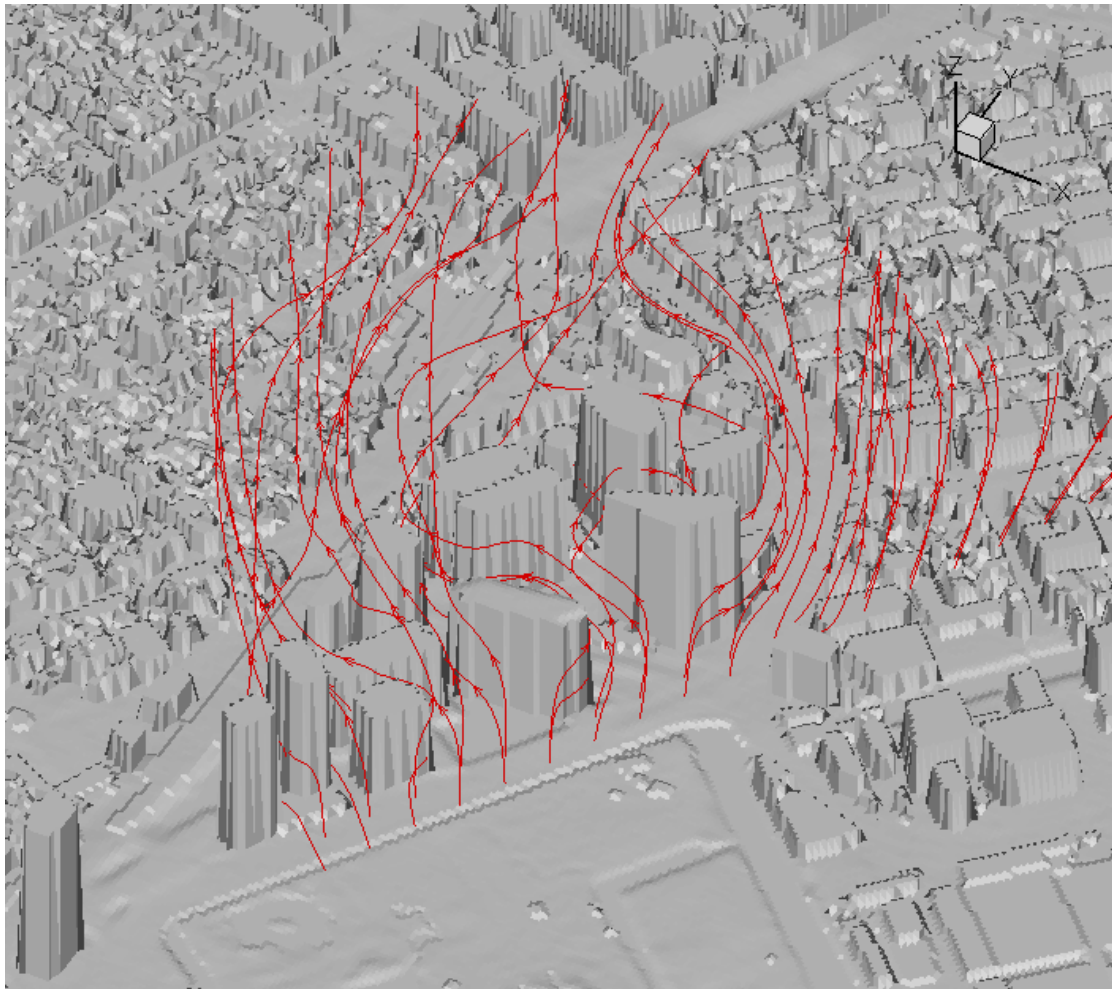
CFDモデル 0.2～5mグリッド

(RANSは持田らの研究、LESは田村ら、神田らの研究が見られるが、都市の温熱場の面的解析事例は数少ない。)



CFD: Computational Fluid Dynamics
RANS: Reynolds Averaged Navier-Stokes
LES: Large Eddy Simulation

CFDモデル（建築研究所の取り組み）



超高層建物周辺の風の流れ

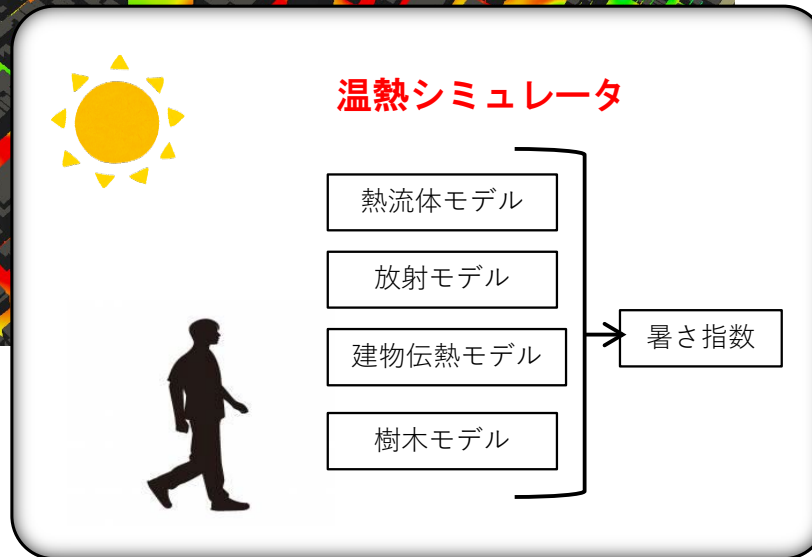
Komatsu and Ashie(2005): The 4th Japanese-German meeting on urban climatology



東京ヒートマップ（建築研究所）

<https://www.kenken.go.jp/japanese/contents/publications/data/123/index.html>

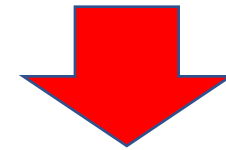
都市の温熱シミュレータの開発



(従来の手法)

被覆ごとに表面温度を固定した流体の定常計算

- ・ 簡便
- ・ 非定常の温熱場を評価できない



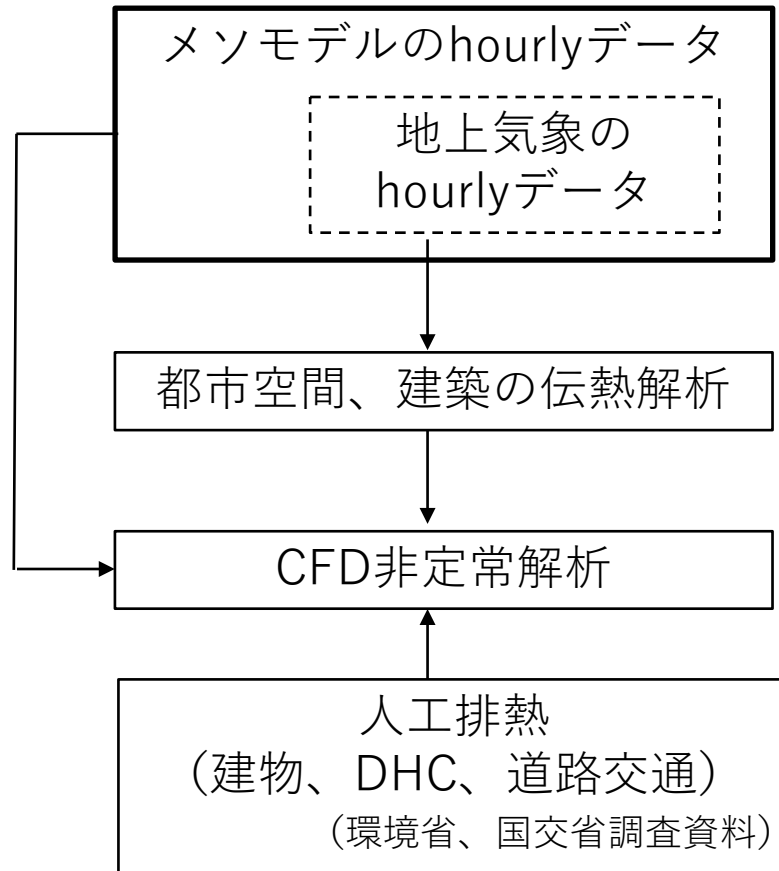
(本課題で開発)

流体、放射、樹木、建築を連成した非定常計算

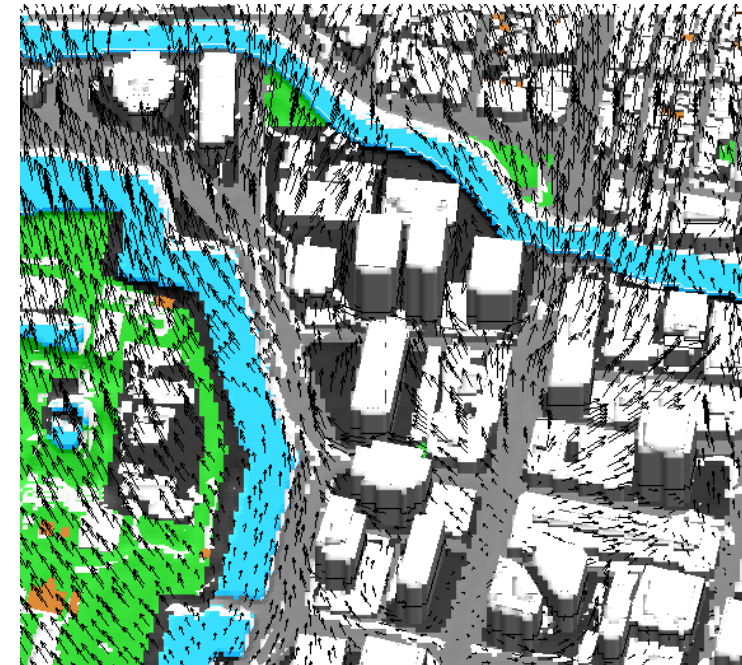
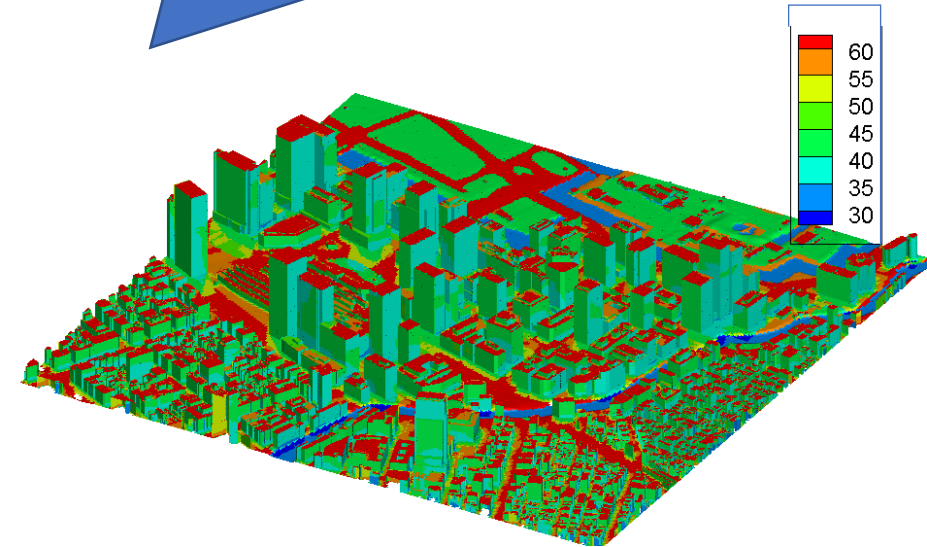
- ・ 高度 or 複雑
- ・ 温熱ハザード予測に適用可

都市の温熱シミュレータの試算例

暑熱対策効果の可視化

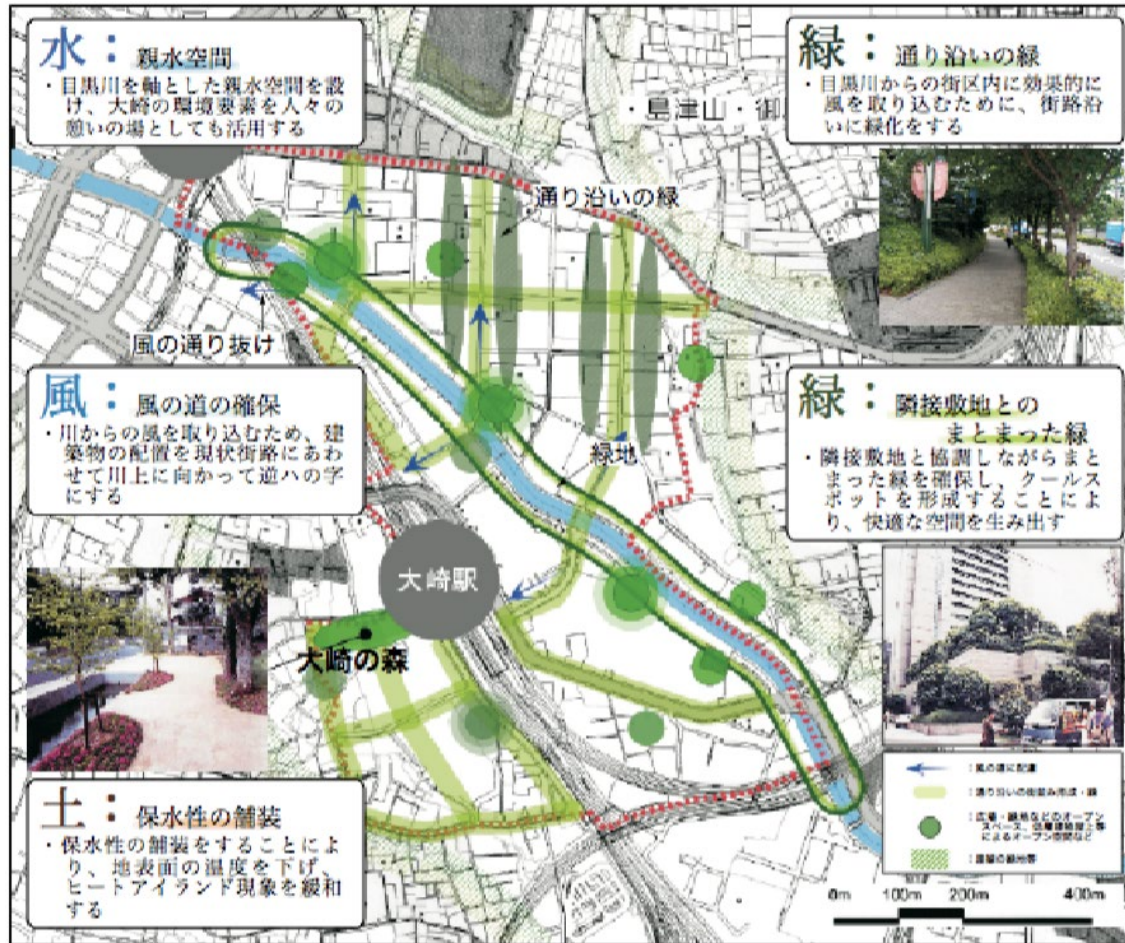


計算の流れ



～自然要素の導入～

河川に対して建物を逆ハの字に配置して街なかへ入り込む風を調整



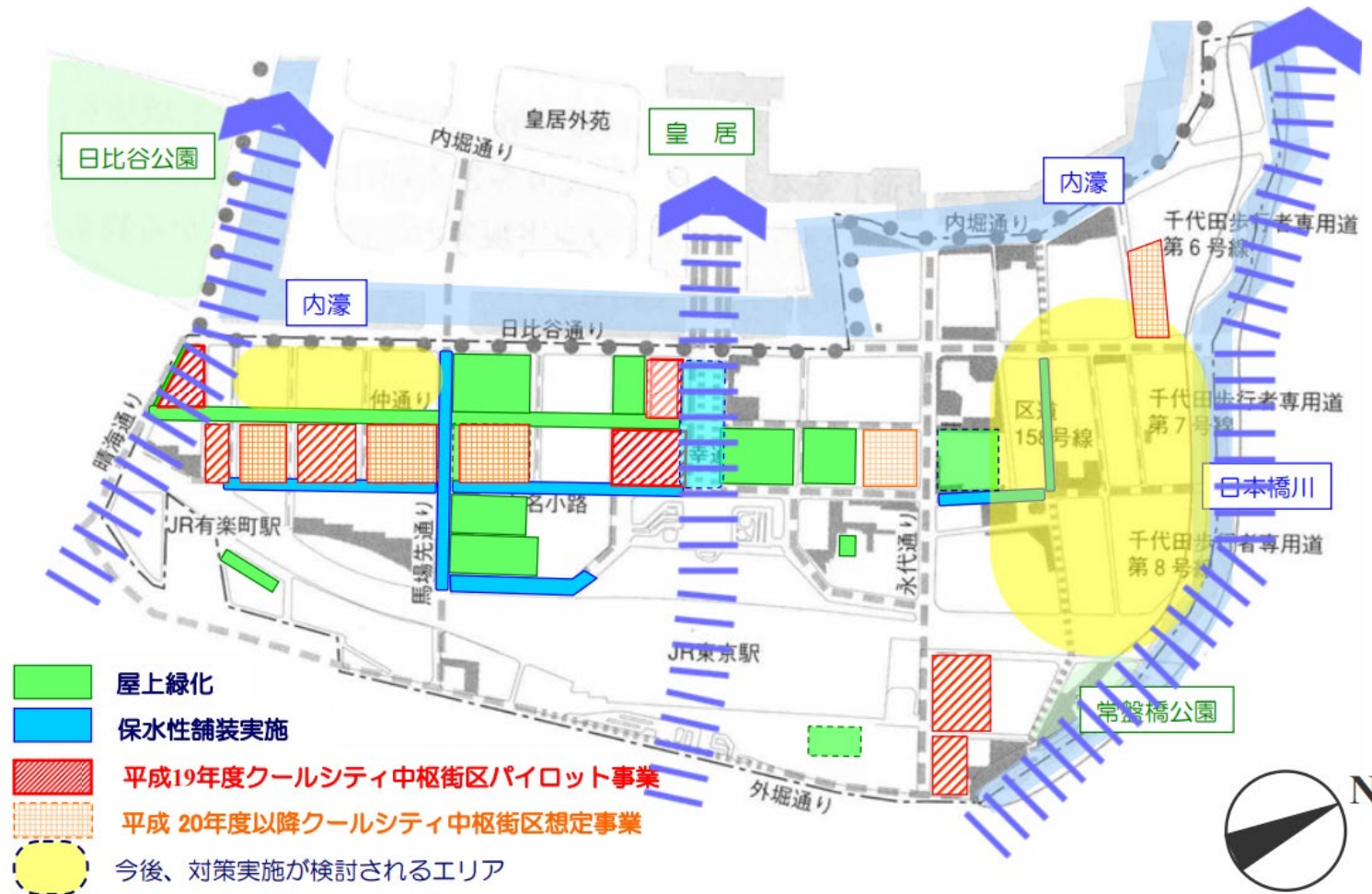
@国土地理院電子国土

大崎駅東口第4地区 まちづくりガイドライン

出典元：2011年3月 大崎駅周辺都市再生緊急整備地域まちづくり連絡会

逆ハの字建築

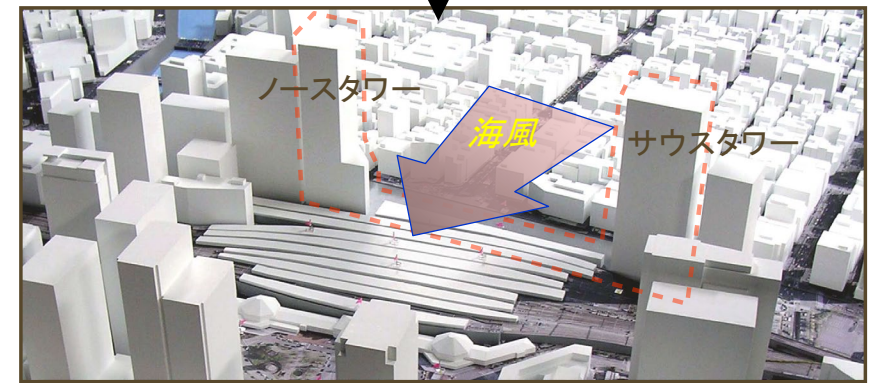
～風の道の形成～



大手町・丸の内・有楽町における低炭素まちづくり

提供元：平成22年 三菱地所株式会社 ヒアリング資料

https://www.env.go.jp/council/06earth/y0611-03/mat02_2.pdf



駅ビルを撤去し、メインストリートから皇居に至る風の通り道を確保

～川面を含む景観の再生～



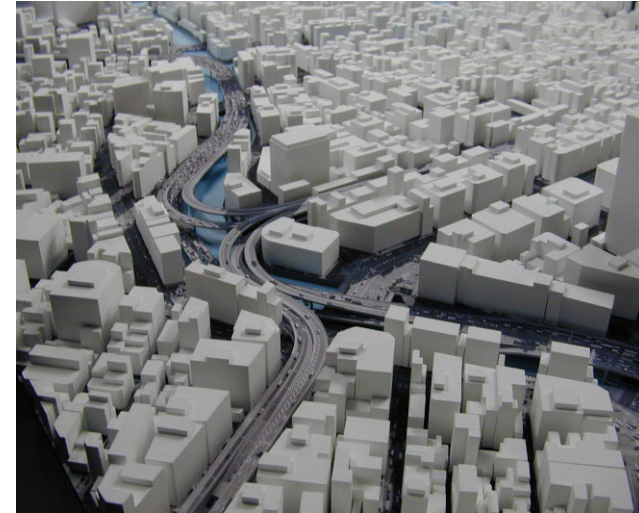
日本橋は国の重要文化財であり、橋の中央には道路の起点を示す道路元標が埋め込まれている

現在の日本橋
(提供：東京都教育委員会)



再生後のイメージ

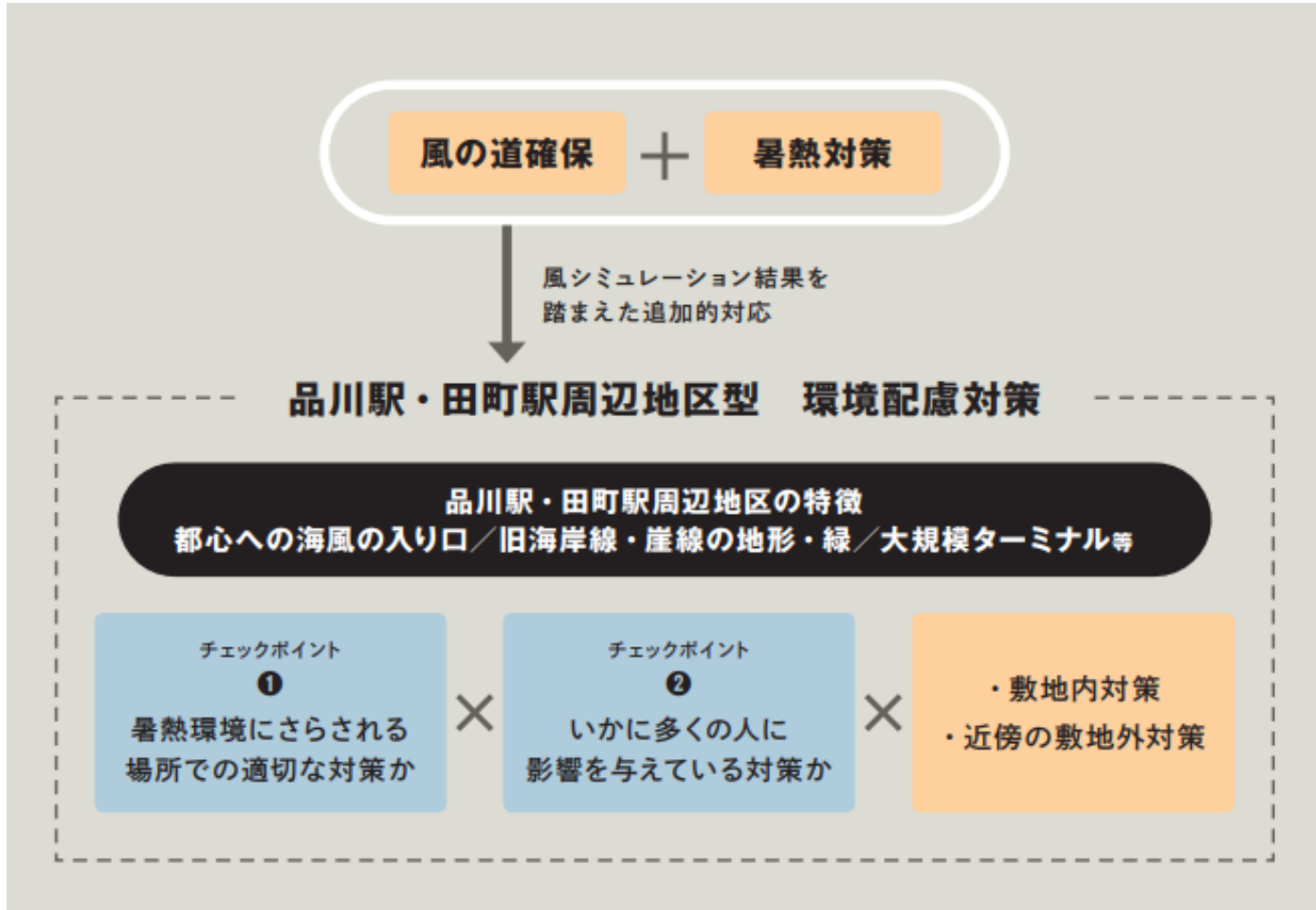
※再開発の計画は現時点の情報を基に作成したイメージです
(提供：首都高速道路(株))



高架道路を撤去し、川面景観を再生

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告
第20号より転載

～暑熱対策の誘導～

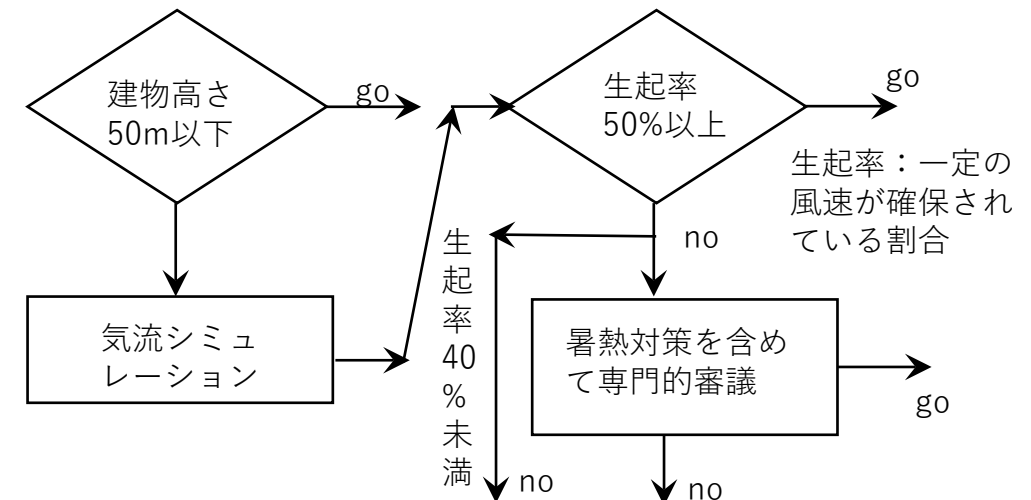


品川駅・田町駅周辺まちづくりガイドライン2020

出典元：付属資料1 風の道確保等に関するガイドライン
(東京都都市整備局)



都市開発と風の道 (画像提供：JR東日本※一部加筆)



環境配慮型都市計画の流れ<要約> (東京都都市整備局)

※詳細につきましては下記をご参照ください

「品川駅・田町駅周辺における環境配慮型都市開発の誘導方策マニュアル」

都市開発と環境効率

ファクター 4

『豊かさを2倍に、資源消費を半分に』

By エルンスト・ウルリッヒ・フォン・ワイ
ツゼッカー教授（ローマクラブ共同会長）

環境効率

$$\text{環境効率} = \frac{\text{製品・サービスの価値}}{\text{製品・サービスを生み出すための環境負荷}}$$

ISO 14045:2012
Environmental management — Eco-efficiency assessment of product
systems — Principles, requirements and guidelines

CASBEE（建築環境総合性能評価システム）

建築物や街区、都市などに係わる環境性能を
様々な視点から総合的に評価するためのツール

環境効率の考
え方を適用

暑熱対策における自治体の役割

- 開発資本が入りやすい大規模な都市計画に際し、開発事業者に対して暑熱対策を講じるよう誘導する。
 - ⇒ 高度開発地区などが該当し、環境配慮を効率的に措置できる。
- 熱中症予報や地域特性などを踏まえ、都市居住者に対して温熱リスク低減のためのセーフティーネットを構築する。
 - ⇒ 木造密集地区などが該当し、「誰一人取り残さない」SDGsの精神に関連する。

教育面の普及：ヒートアイランド

- 中学校 理科の教科書（大日本図書）
ヒートアイランドの用語定義、現況の紹介。
- 中学校 社会科の副教材（帝国書院）
ヒートアイランド現象と「風の道」の紹介。
- NHK Eテレ 高校講座「地理」
都市の居住問題としてヒートアイランドの紹介。

©国立研究開発法人 国立環境研究所 気候変動適応センター
令和3年度気候変動適応研修（中級コース）
2022年2月10日（木）