

# 時空間情報科学特論

## 第Ⅱ部

### GISを用いた時空間情報の解析

#### 第8回

## 道路交通の人工排熱に着目した 都市ヒートアイランド関連施策の評価

担当 大学院情報理工学研究科 情報学専攻  
教授 山本佳世子

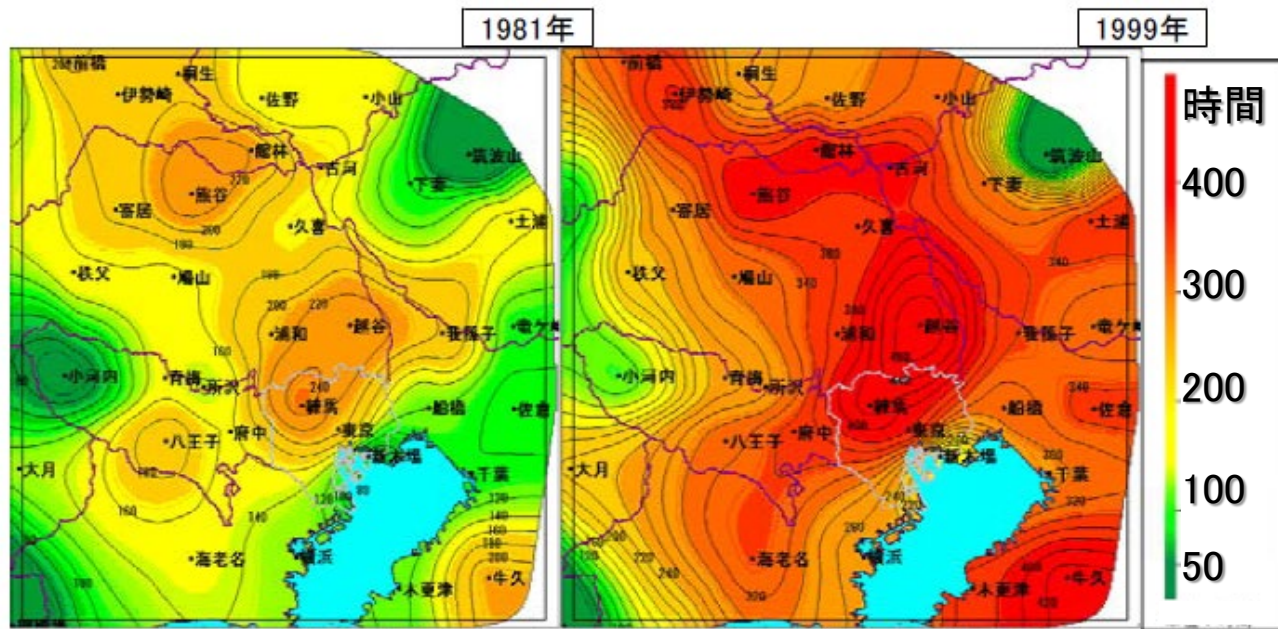
## 第8回講義の内容

1. 研究の動機
2. 評価方法
3. UHI関連施策の体系化と効果関数の設定
  - i) UHI関連施策の体系化
  - ii) 初期関数と効果関数の設定
4. GISにおける人工排熱量の算出
  - i) 初期関数を用いた経年変化
  - ii) 効果関数を用いた流動対象の効果
  - iii) 効果関数を用いた静止対象の効果
5. 研究成果のまとめ

＜近年着目される環境問題＞

都市ヒートアイランド(UHI)

生活環境の悪化  
動植物の生態系への影響  
局地的集中豪雨

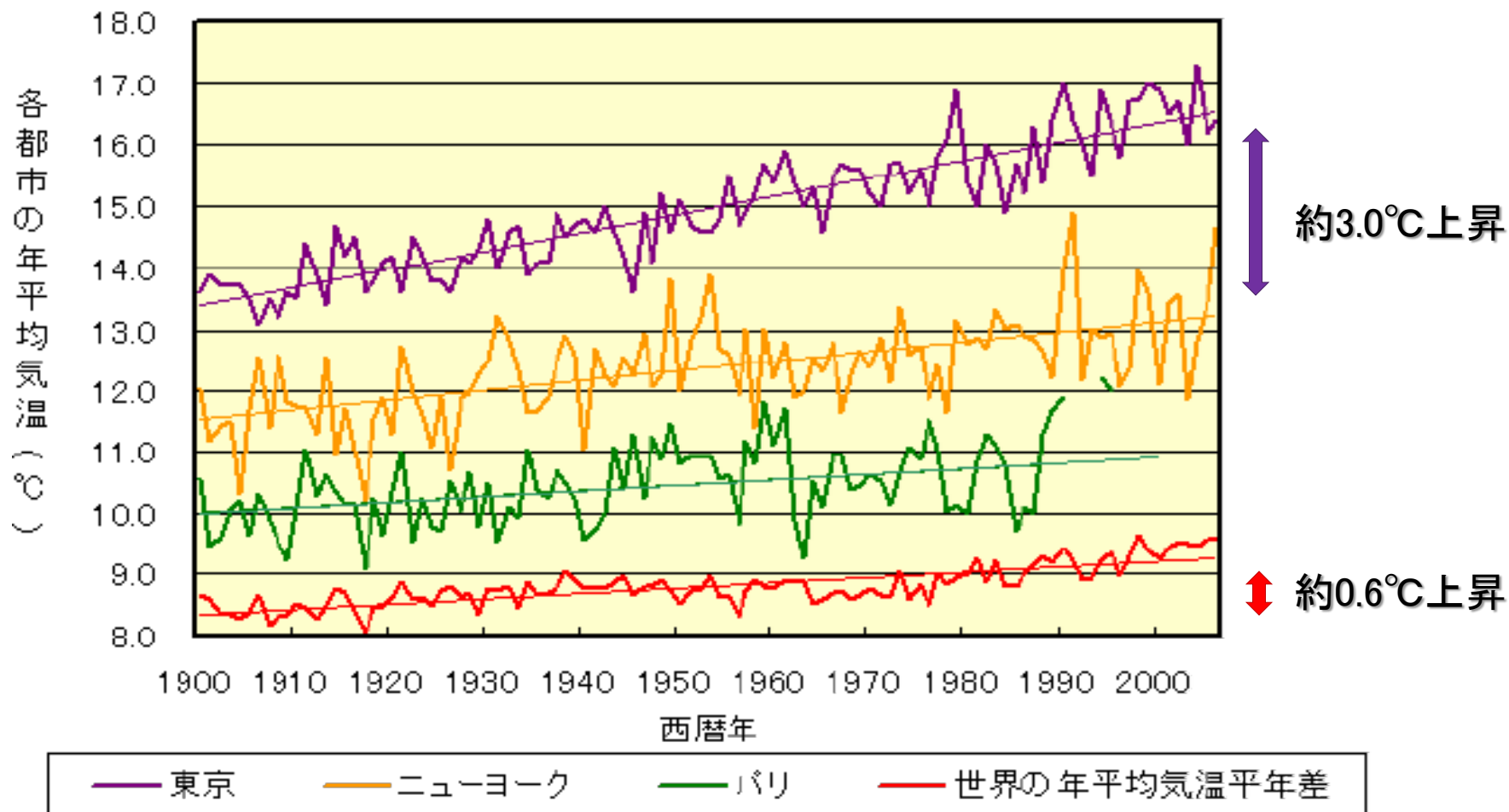


東京地域における30°C超延べ時間の広がり(7~9月)

出典:ヒートアイランド対策関係府省連絡会議「ヒートアイランド対策大綱」

## 1-2. 研究の動機[2/6]

### <世界の気温変化>



### 世界の気温変化

出典: 気象庁(2007年3月)「ヒートアイランド監視報告書」

## <都市ヒートアイランドの原因・先行研究>

UHIの原因(三上(2005)モデル)

人工排熱

非透水性舗装の増加  
中高層建造物の密集  
緑地・水面の減少

都市構造の変化

UHI強度  
約27~42%

<人工排熱に注目した主要な先行研究[16件]>

都市ヒートアイランドの  
影響・問題が最多

対策・対策の効果は25%

現象・人工排熱の特性・調査結果も25%

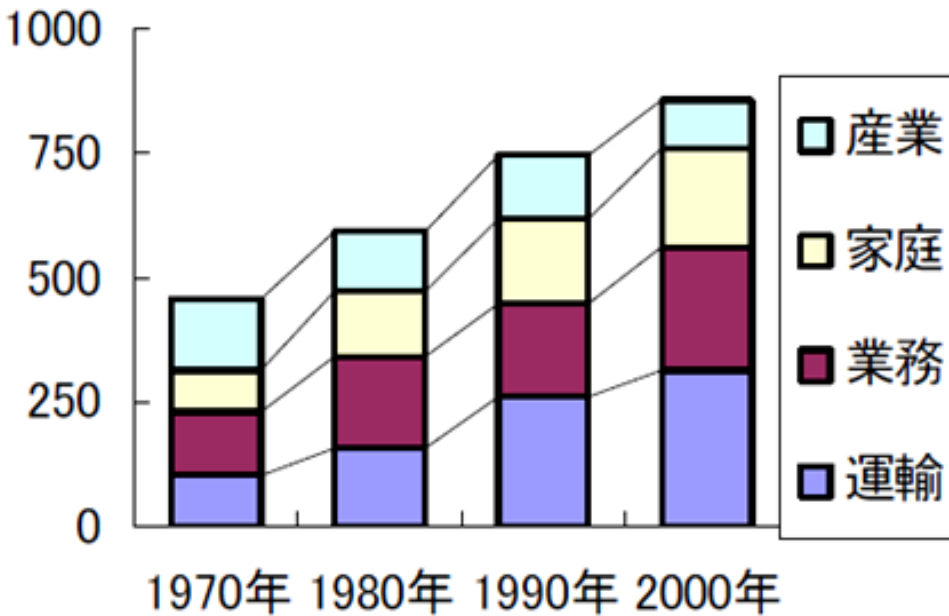
原因・メカニズムは最少

原因・メカニズム ⇒ 多様な観測データの継続的収集・長期的蓄積が課題  
UHIの原因を主対象にした研究でも扱われている

対策・対策の効果 ⇒ UHIの施策に関連し、多様な分野で調査を希求  
土地利用関連は多く[3件]、道路交通は少ない[1件]

### ＜東京のエネルギー消費の推移と人工排熱の割合＞

(PJ)



東京都のエネルギー消費の推移

～東京23区の人工排熱の割合～

建物 ⇒ 約50%

自動車 ⇒ 約40%

工場 ⇒ 約10%

建物 ⇒ 空調などに起因

施策影響力が弱い

自動車 ⇒ 自動車の走行に起因

施策影響力が強い

エネルギー消費の大部分は熱になる  
2000年までの過去30年で約1.8倍に急増

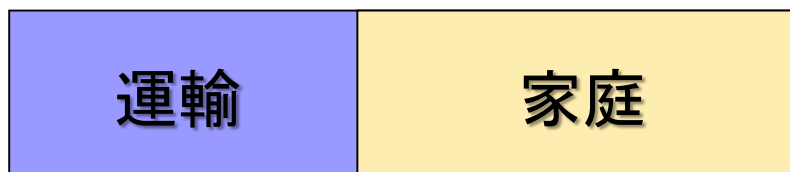
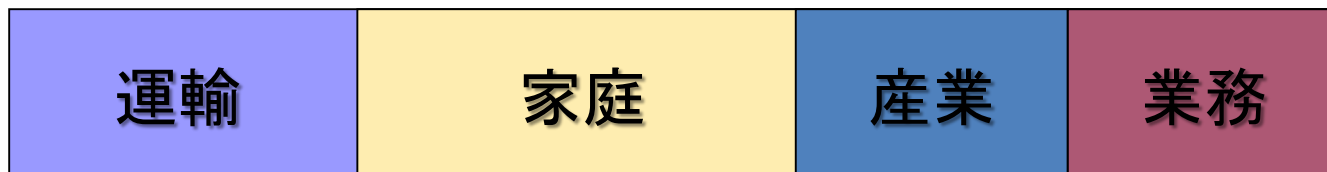
自動車走行に伴った**運輸部門の人工排熱**は深刻

出典：東京都ヒートアイランド対策推進会議「ヒートアイランド対策取組方針 ～環境都市東京の実現に向けて～」

参考：環境省環境管理局大気生活環境室「ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査報告書」

<対象分野の選定>

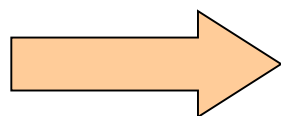
【東京都の部門別エネルギー消費】



東京都における  
消費エネルギー急増部門



人工排熱発生量が多く  
諸施策・規制による対策効果の期待



自動車走行を含む運輸部門における  
道路交通の人工排熱に着目した施策の評価

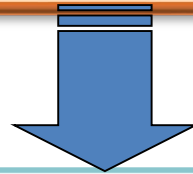
<研究目的と論点>

～ 研究目的 ～

都市ヒートアイランド対策に関して

東京23区を対象とした**道路交通の人工排熱**に着目して

**GISを用いたUHI関連施策の評価方法を提案**



～ 論点 ～

(1) UHI関連施策の**評価方法の全様**

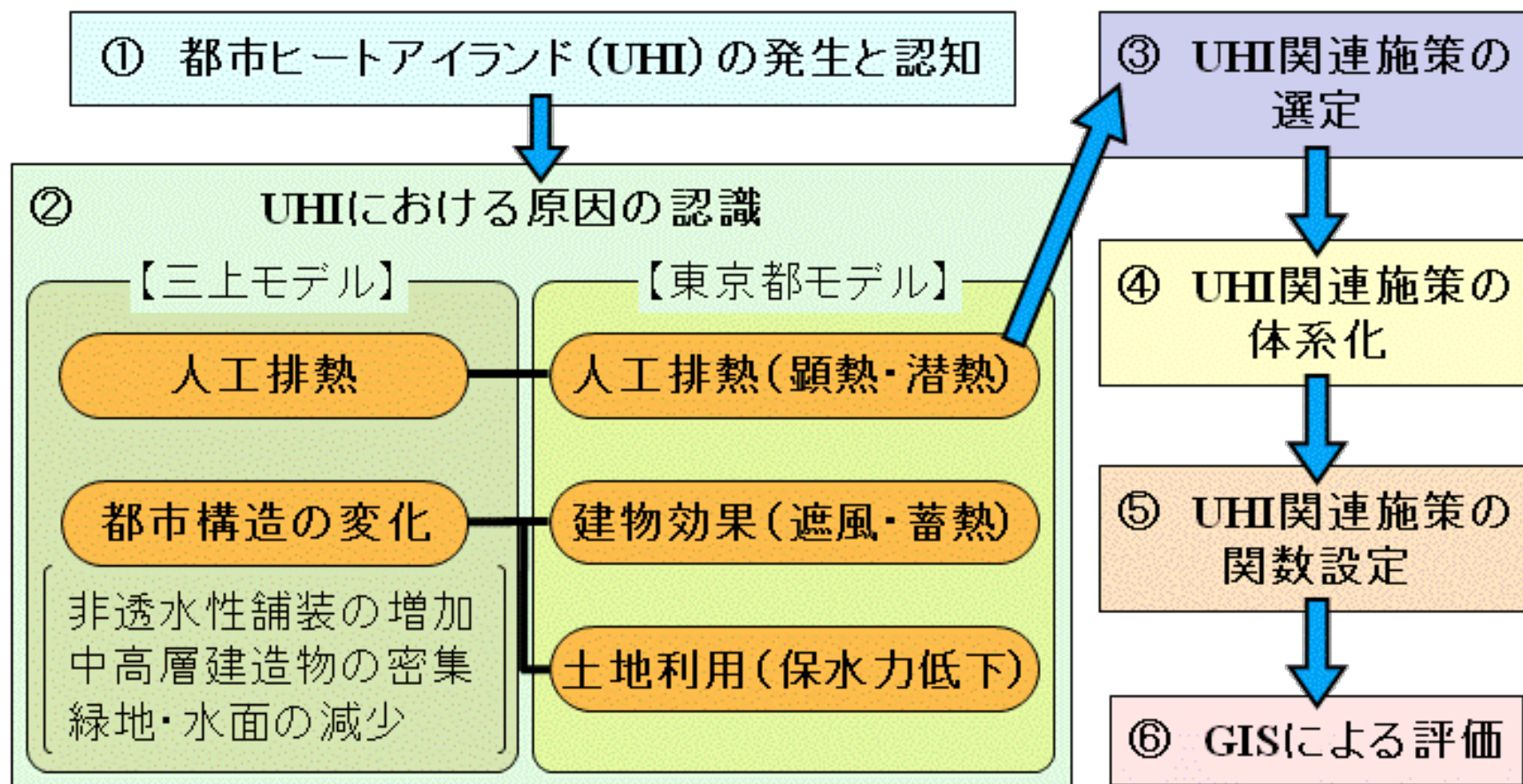
(2) UHI関連施策による**効果の関数化**

(3) UHI関連施策の**評価結果**(有効性の高いもの)

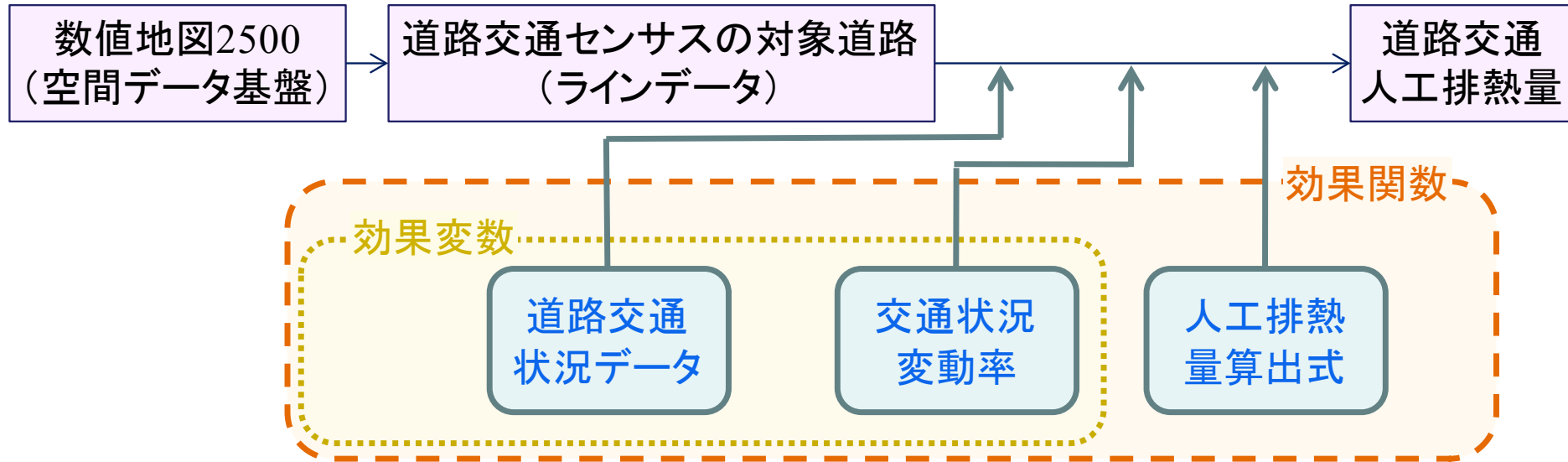


## 2-1. 評価方法[1/2]

### <研究プロセス概要>



### <人工排熱量算出フローチャート>



道路交通の人工排熱量の算出方法

※足永ら(2004)の研究:500mメッシュ地図 ⇒ 本研究:ラインデータ地図

※明確な道路表示からより細かい人工排熱の状況を再現

※細かな空間スケールで具体的な改善点を明確化

～空間的再現性～

デジタル地図データの利用 ⇒ 他地域への適用

## <本研究で扱うUHI関連施策>

### 関連施策と副効果

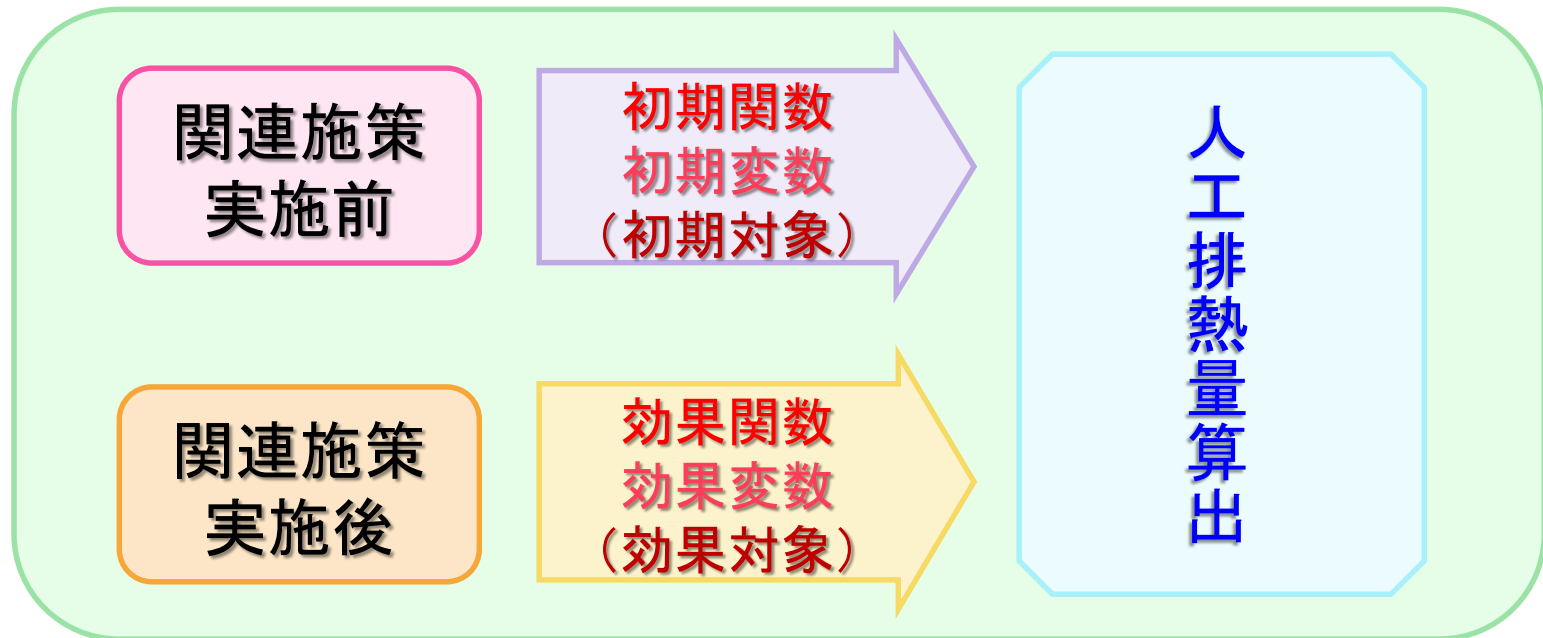
施策対象	No.	UHI関連施策	副効果	効果対象
A. 輸送機体・燃料	1	低公害車両の普及 (ハイブリッド車両)	燃費向上	流動対象
	2	燃料燃焼による排熱抑制 (バイオエタノール)	燃費向上	
B. 道路・路面建設	3	自転車・歩行者の為の道路整備	走行速度向上	
	4	環状道路整備	走行速度向上	
	5	空港・港湾等へのアクセス道路整備	走行速度向上	
	6	特殊舗装 (保水性舗装)	蓄熱量低下	静止対象
C. 道路付随物	7	エネルギー消費機器の高効率化 (信号灯器のLED化)	機器高効率化	流動対象
	8	信号制御の高度化	走行速度向上	
	9	E T Cの普及	走行速度向上	

**流動対象** ⇒ 交通流関係データ(走行台数・走行速度など)に作用・潜熱が主

**静止対象** ⇒ 交通施設関係データ(道路幅など)に作用・顕熱が主

※ヒートアイランド対策大綱(2004)などを中心にした文献から施策設定

### <人工排熱量の算出>



※2つの関数の効果を及ぼす対象となる「初期対象」と「効果対象」の中で、「流動対象」と「静止対象」を区別する。

※関数は各変数で構成している。

※初期変数(道路交通状況データ/3つの係数)

効果変数(道路交通状況データ/3つの変数/交通状況変動率)

### ＜初期関数と初期変数＞

#### 初期関数

初期対象	初期関数(人工排熱量算出式) $Q_{\alpha}$ 、 $Q_{\beta}$ [J]
流動対象	$Q_{\alpha} = \text{道路長} L[\text{km}] \times \text{車種別走行台数} M[\text{台}]$ $\times \text{車種別・速度別排熱係数} C_v[\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})]$
静止対象	$Q_{\beta 1} = (\text{道路長} L[\text{km}] \times \text{道路幅} W[\text{km}]) \times \text{路面排熱係数} C_{lw}[\text{J}/\text{km}^2]$ $Q_{\beta 2} = (\text{信号数} S[\text{台}] \times \text{信号排熱係数} C_s[\text{J}/\text{台}])$

「**車種別・速度別排熱係数**」 ⇒ 国土交通省・環境省の報告書より

「車種別・速度別消費エネルギー係数」引用

「**路面排熱係数**」 ⇒ 国土交通省・関東地方整備局の記者発表資料より

アスファルトの実験結果を引用

(ステファン・ボルツマン定数を適用)

「**信号排熱係数**」 ⇒ 警察庁の資料より

「信号灯器のLED化[電球式・LED式別電力消費]」から

一日分の熱量に換算して引用

### 3-4. UHI関連施策の体系化と効果関数の設定[4/5]

#### <効果関数と効果変数>

#### 効果関数(UHI関連施策毎)

No.	都市型ヒートアイランド関連施策	効果対象	効果関数(人工排熱量算出式) $Q_n$ [J]
1	低公害車両の普及 (ハイブリッド車両など)	流動対象	$Q_1 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \{ (\text{普及率} d_1 [\%]) \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv1} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] + \{ (100 - \text{普及率} d_1 [\%]) \} \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱係数} C_v [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] \}$
2	燃料燃焼による排熱抑制 (バイオエタノール)		$Q_2 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \{ (\text{普及率} d_2 [\%]) \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv2} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] + \{ (100 - \text{普及率} d_2 [\%]) \} \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱係数} C_v [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] \}$
3	自転車・歩行者の為の道路整備		$Q_3 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv3} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})]$
4	環状道路整備		$Q_4 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv4} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})]$
5	空港・港湾等へのアクセス道路整備		$Q_5 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv5} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})]$
6	特殊舗装(保水性舗装)	静止対象	$Q_6 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \text{道路幅} W [\text{km}] \times \text{路面排熱変数} X_{Qlw} [\text{J}/\text{km}^2]$
7	エネルギー消費機器の高効率化 (信号灯器のLED化)	静止対象	$Q_7 = \text{信号数} S [\text{台}] \times \{ \{ \text{LED普及率} d_7 [\%] \} \times \text{信号排熱変数} X_{QL} [\text{J}/\text{台}] + \{ (100 - \text{LED普及率} d_7 [\%]) \} \times \text{信号排熱係数} C_L [\text{J}/\text{台}] \}$
8	信号制御の高度化	流動対象	$Q_8 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv8} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})]$
9	ETCの普及		$Q_9 = \text{道路長} L [\text{km}] \times \{ (\text{普及率} d_9 [\%]) \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱変数} X_{Qv9} [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] + \{ (100 - \text{普及率} d_9 [\%]) \} \times \text{車種別走行台数} M [\text{台}] \times \text{車種別・速度別排熱係数} C_v [\text{J}/(\text{km} \cdot \text{台})] \}$

## 3-5. UHI関連施策の体系化と効果関数の設定[5/5]

### <効果変数>

#### ～効果変数(道路交通状況データ)～

初期関数でも同様に使用

道路交通センサスによる**基本的数値データ**(集計値)

#### ～効果変数(3つの変数)～

「**車種別・速度別排熱変数**」「**路面排熱変数**」「**信号排熱変数**」

初期関数の3つの係数をベースに設定(実験値・仮定値)

#### ～効果変数(交通状況変動率)～

「**普及率**」など

道路交通状況データの変化率(実験値・仮定値)

#### ～時間的再現性～

**観測データ・技術情報の更新** ⇒ **情報の更新**

### <初期関数>

人工排熱量の現状を効果関数との比較用に提示【全22種類】

(流動対象:4車種と全車種・昼夜・平日休日別の20種類)

(静止対象:道路面・信号灯器によるものの2種類)

人工排熱量の経年変化をこれまでの施策効果を見るために提示【全4種類】

(流動対象:全車種・昼夜・平日別の4種類)

(静止対象:道路数・信号数などのデータ不足のためなし)

### <効果関数>

人工排熱量のUHI関連施策実施後を施策同士の比較用に提示【全20種類】

(流動対象:No.1・2で全車種・昼夜・平日休日別の8種類)

(流動対象:No.3~5・8・9で全車種・平日休日別の10種類)

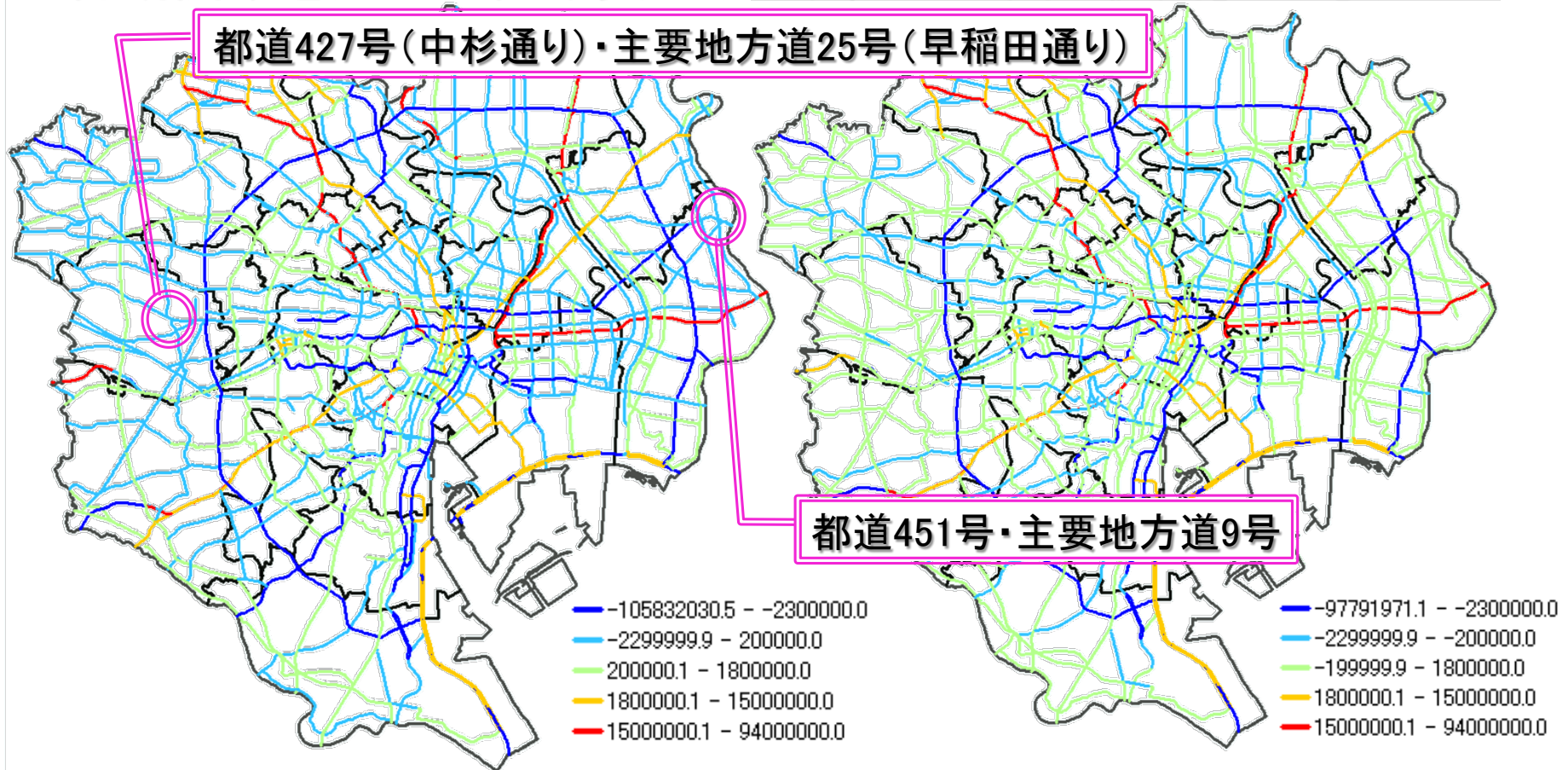
(静止対象:No.6・7で道路面・信号灯器によるものの2種類)

※評価対象道路 ⇒ 148路線(入力セル数:23,175セル)

※凡例 ⇒ 最も変化の見やすいゲージを試行錯誤で採用  
細かすぎない5階級分布図で表示



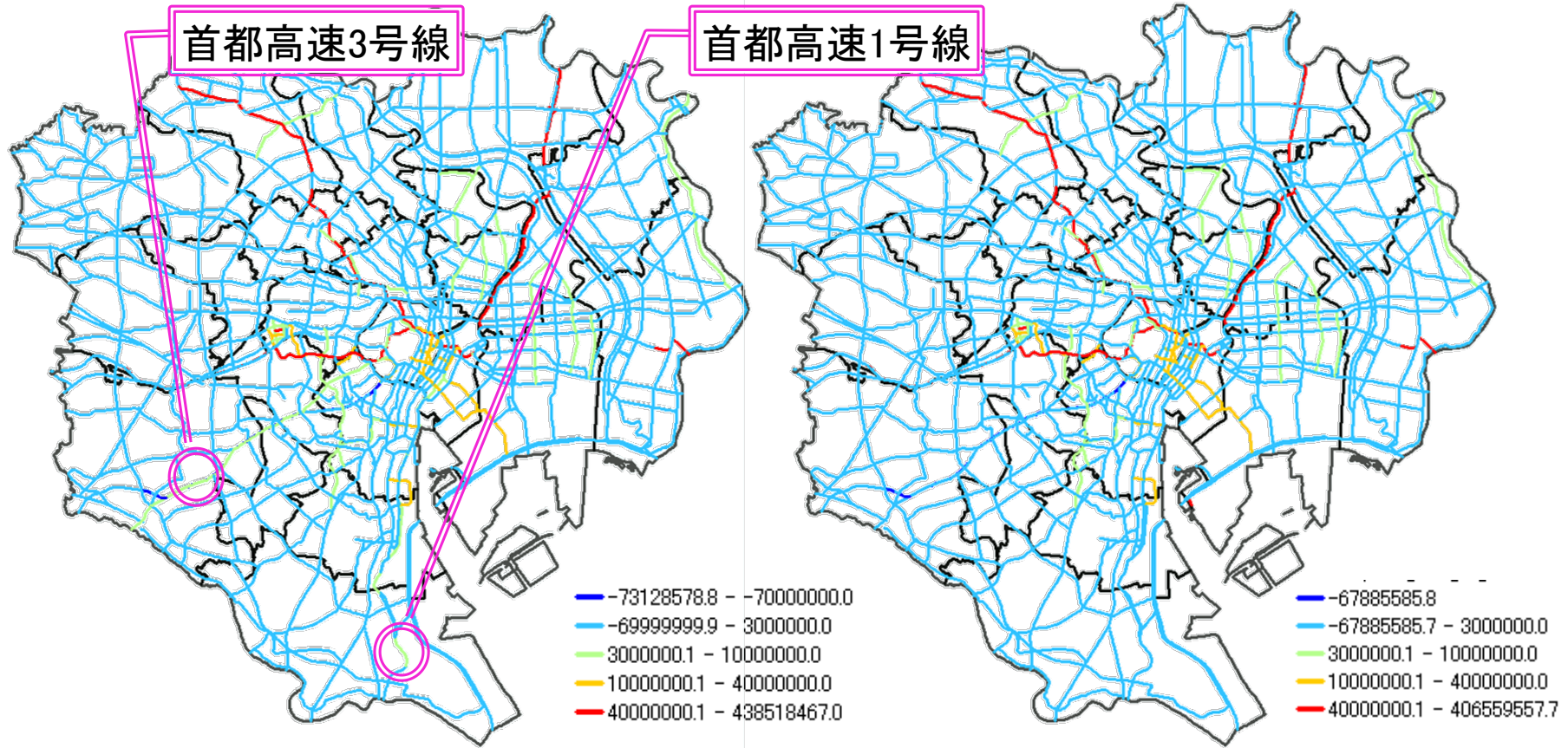
<初期関数を用いた経年変化(全車種の昼間と夜間[平日])>



平日の「1999年人工排熱量－2005年人工排熱量」の状況(単位[kJ])【左:昼間/右:夜間】

昼間の主要地方道・昼夜の環状道路で人工排熱が減少

<初期関数を用いた経年変化(全車種の昼間と夜間[休日])>



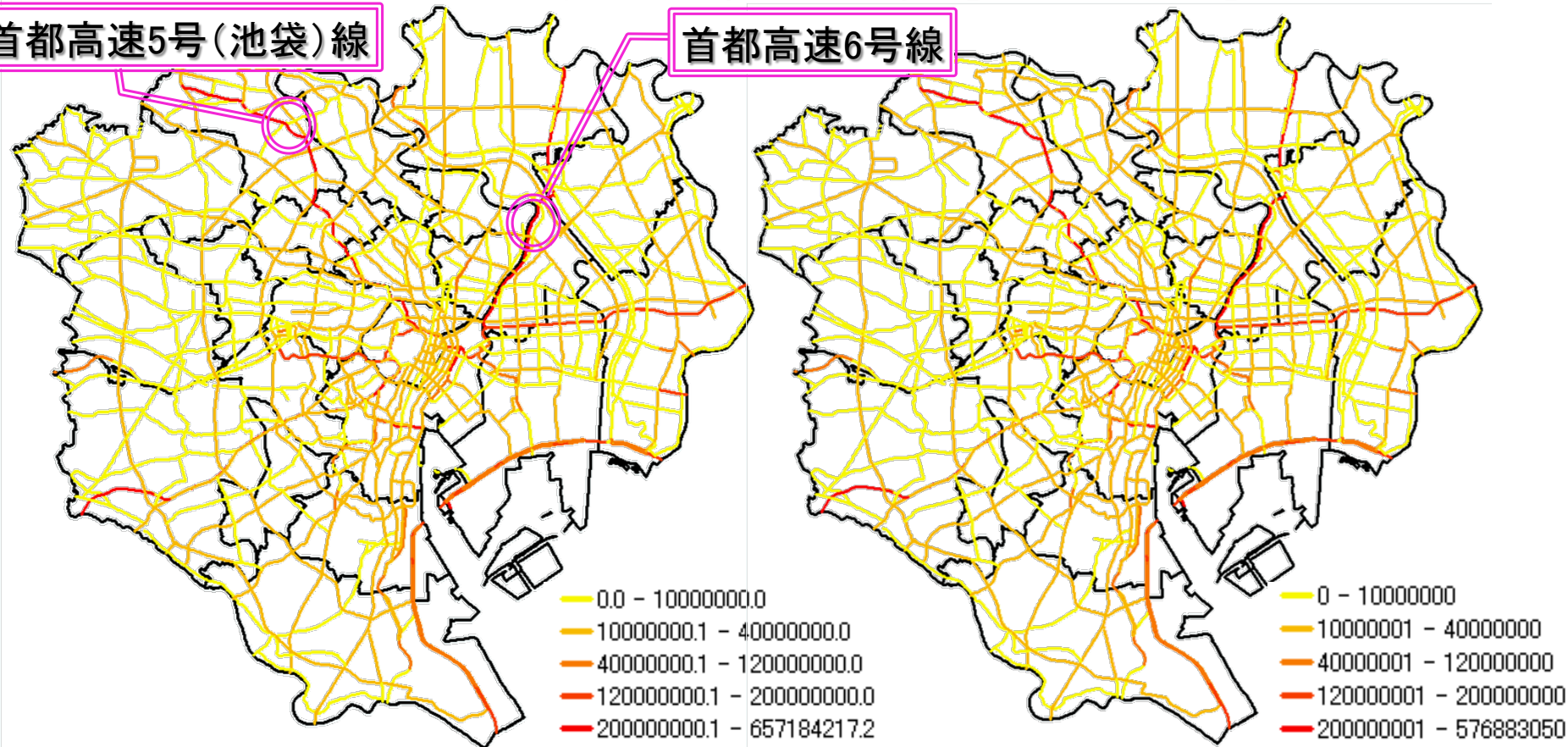
休日の「1999年人工排熱量－2005年人工排熱量」の状況(単位[kJ])【左:昼間/右:夜間】

夜間の首都高速3・1号(一部)で特に人工排熱が減少

<効果関数の流動対象の効果(全車種 [昼間・平日])>

首都高速5号(池袋)線

首都高速6号線

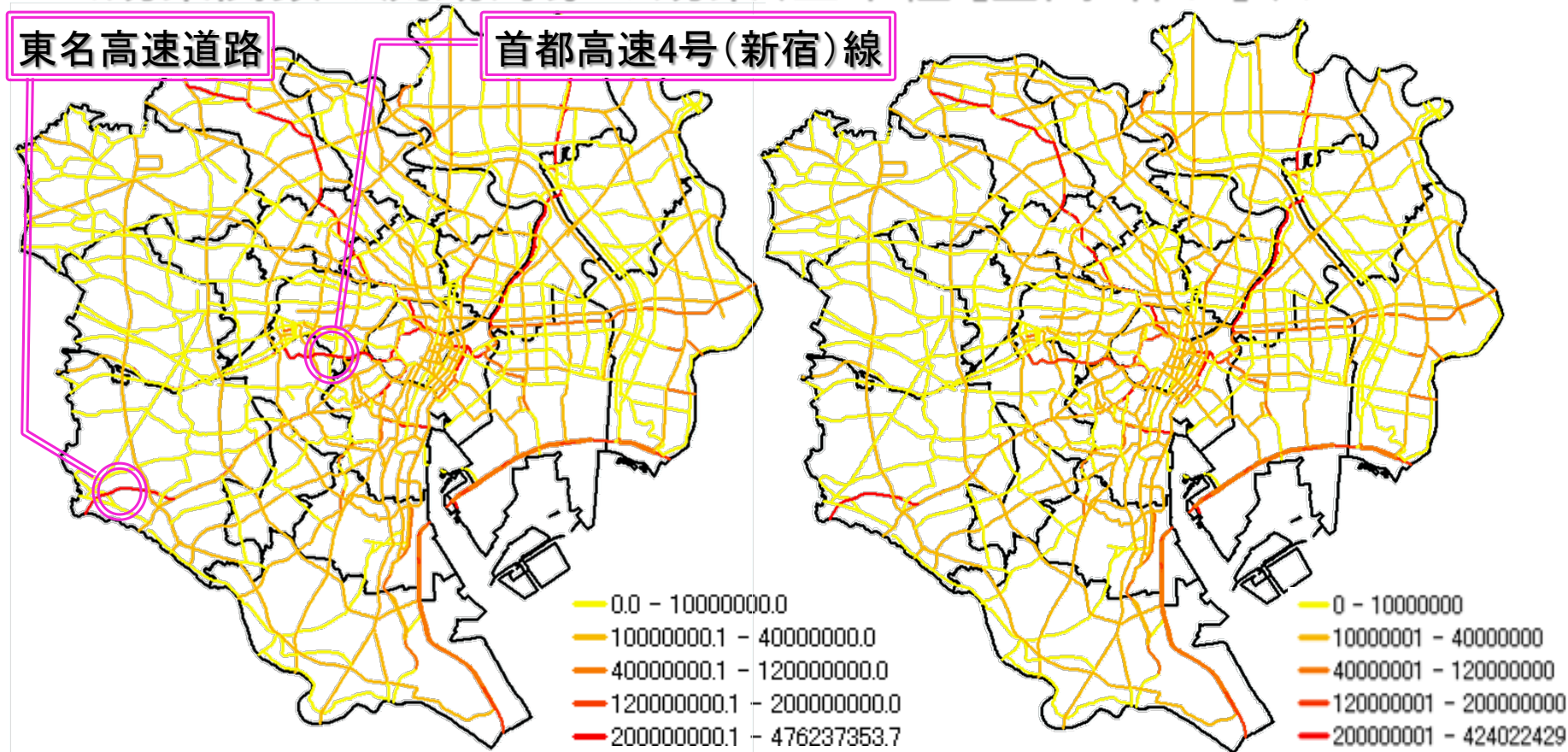


平日昼間に最良な施策の人工排熱量(単位[kJ])

【左:施策実施前/右:No.4環状道路整備】

首都高速5号で最良の施策効果を確認・全体的な施策効果は微小

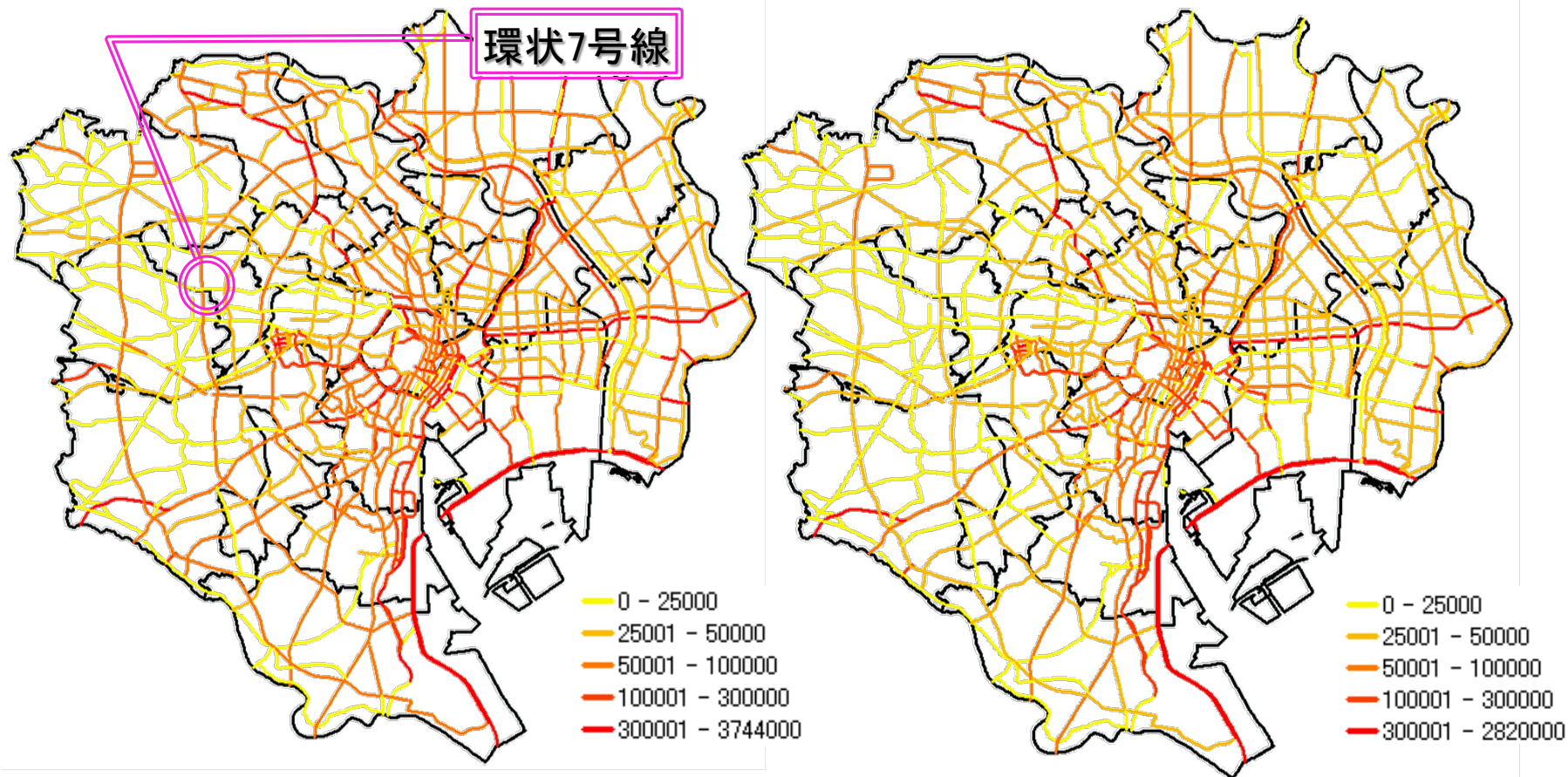
<効果関数の流動対象の効果(全車種 [昼間・休日])>



休日昼間に最良な施策の人工排熱量(単位[kJ])  
 【左:施策実施前/右:No.2燃料燃焼による排熱抑制】

首都高速5号で最良の施策効果を確認・全体的な施策効果は微小

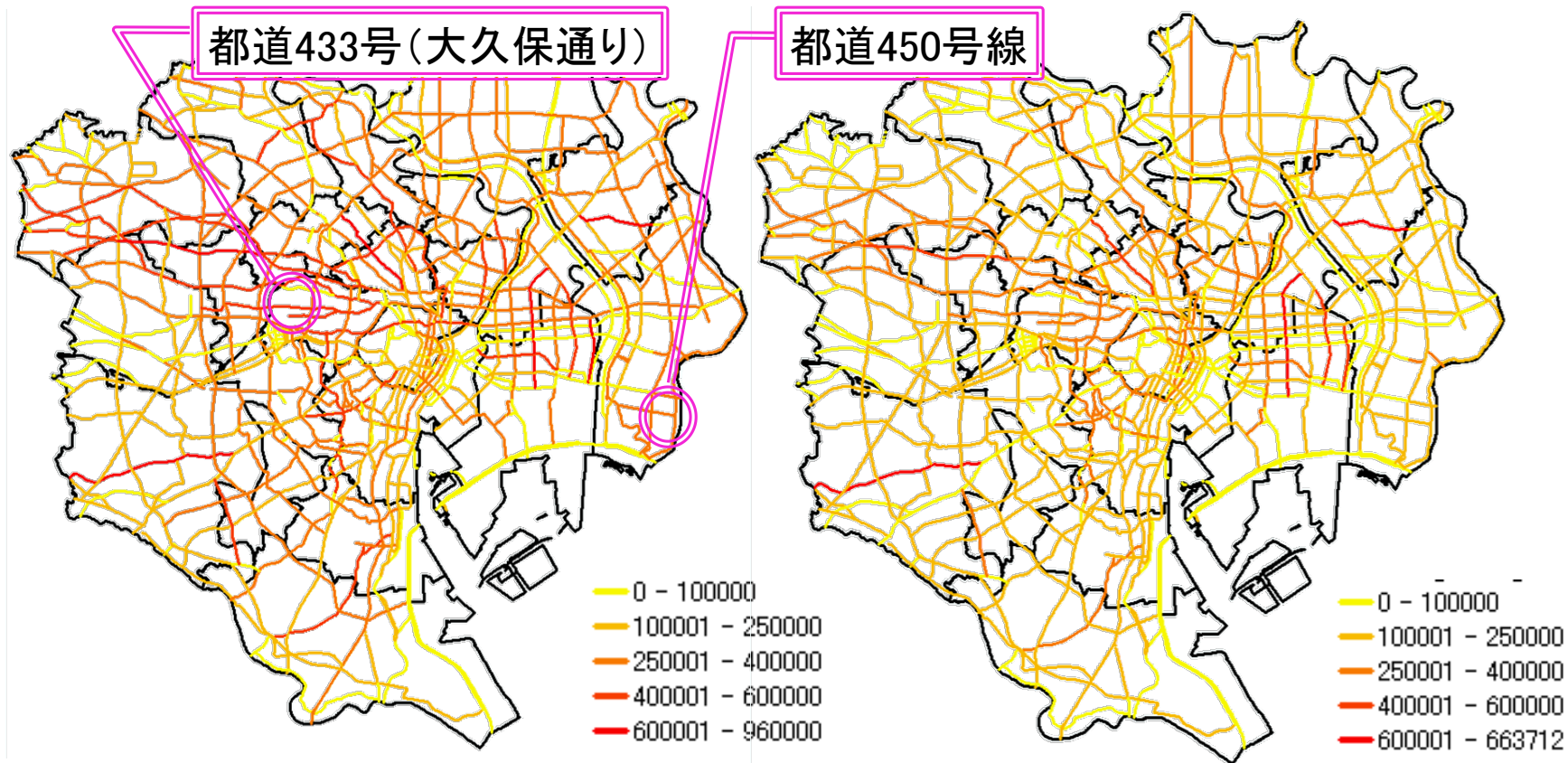
<効果関数の静止対象の効果>



全体に有効な施策の人工排熱量(単位[kJ])  
 【左:施策実施前/右:No.6特殊舗装(保水性舗装)】

環状道路を中心に広い範囲で施策効果を確認

<効果関数の静止対象の効果>



主要地方道へ有効な施策の人工排熱量(単位[kJ])

【左:施策実施前/右:No.7エネルギー消費機器の高効率化(信号灯器のLED化)】

**主要地方道**で施策効果を確認・細街路にも有効な可能性を示唆

### <評価方法の結論>

- 東京23区の道路交通の人工排熱に対するUHI関連施策の評価方法を提示
- UHI関連施策を潜熱顕熱を考慮した『流動対象』と『静止対象』で分類
- UHI関連施策の実施前後で『効果関数』と『初期関数』を設定
- 他地図データの利用や観測データ・技術情報の更新による時空間的再現性を提示

### <評価結果の結論>

- 経年変化[平日]:**昼間の主要地方道・昼夜の環状道路**で人工排熱が減少
- 経年変化[休日]:**夜間の首都高速1号・3号(一部)**で人工排熱が減少
- 効果関数・流動対象[平日]:**No.4環状線道路整備**が
- 効果関数・流動対象[休日]:**No.2燃料燃焼による排熱抑制**が  
特に首都高速5号で施策効果を確認  
高速道路や環状道路などの広い範囲で大きな施策効果は微小
- 効果関数・静止対象(道路面):**No.6特殊舗装**が  
**環状道路を中心に広い範囲**で施策効果を確認
- 効果関数・静止対象(信号灯器):**No.7エネルギー消費機器高効率化**が  
**主要地方道**で施策効果を確認  
細街路にも有効な可能性を示唆

### <今後の研究課題>

- GISによる多彩な表現による**多角的評価**
- デジタル地図データの更新による**他地域へ同基準での応用**
- 観測データ・技術情報の更新による**評価精度の向上**