

# 土木と環境の計画理論

Planning Theory of Civil & Environmental  
Engineering

2019

第6章 技術検証プロセス(1)

土木・環境工学系 200番台 3Q

教授 屋井鉄雄

# 土木と環境の計画理論

- 第1章 計画理論の基礎
- 第2章 土木と環境の計画
- 第3章 計画と政策の体系
- 第4章 計画の哲学
- 第5章 3つの並行する計画プロセス
- 第6章 技術検証プロセス
- 第7章 公衆参画プロセス

# 第6章 技術検証プロセス

6. 1 事実の認識と技術検証プロセス

6. 2 観測

6. 3 予測

6. 4 効用理論と需要分析

6. 5 計画の評価

6. 6 本章のおわりに

演習

土木と環境の計画理論

# 6.1 事実の認識と技術検証プロセス

# 新技術の技術検証プロセスとの 関わり

- 計画手段(代替案)としての新技術が検討対象となるため(計画の手段)
- 未来社会に破壊的技術革新が様々な影響を及ぼすことから、その予想・予測が計画策定上も必要となるため(計画の環境)
- 計画内容を検討するための観測、分析、予測、評価等に新技術が必要なため(計画手法)

# 技術検証プロセス上扱う事項の 典型例

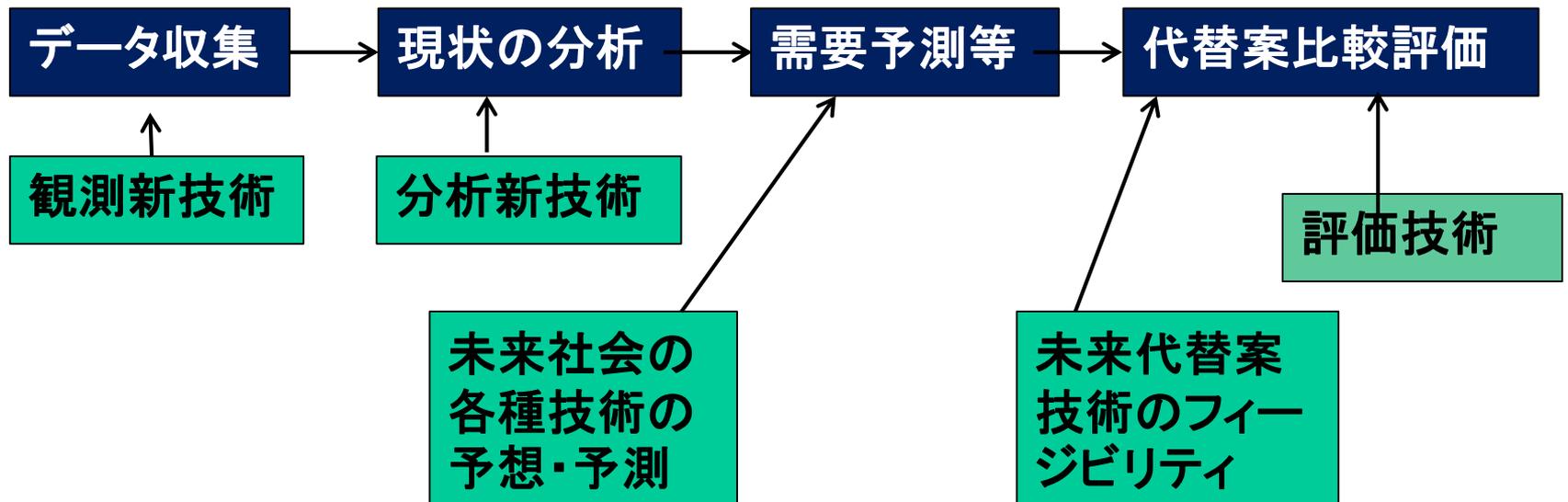
- 技術によって物事を検証するプロセス  
現象の因果関係の分析、  
環境影響などの評価  
将来交通量の予測等
- 新技術等の技術自体を検証するプロセス  
新工法の当該計画への適合性検証  
未来社会の環境変化予想やシナリオ化

# 美醜に関わる技術検証の可能性

- たとえば、善悪等に関わる真偽判断として、「ある構造が美しいというのは真か偽か」という命題。明らかに美醜に関わる個人価値の判断になり、客観的判定基準は存在しない。
- 一方で、「ある構造は周辺環境に調和しているというのは真か偽か」という命題。この場合は、「周辺環境への調和」という相対的な価値が論点になり、「環境への調和要件」を客観的に示し、それを社会の基準として認定できるなら、適合判定はその範囲内で一定程度、客観的と言える。
- もしそうなら、そのような元々、美醜に関わる判断であっても、科学的・技術検討において、客観的基準作りという観点から検討可能。
- すなわち、環境への調和のように因果関係を直接分析する事項ではなくとも、技術検証プロセスの対象に含めることは可能。

(土木学会論文集2014より修正)

# 科学的技術検討に基づき技術 検証プロセスを設ける理由

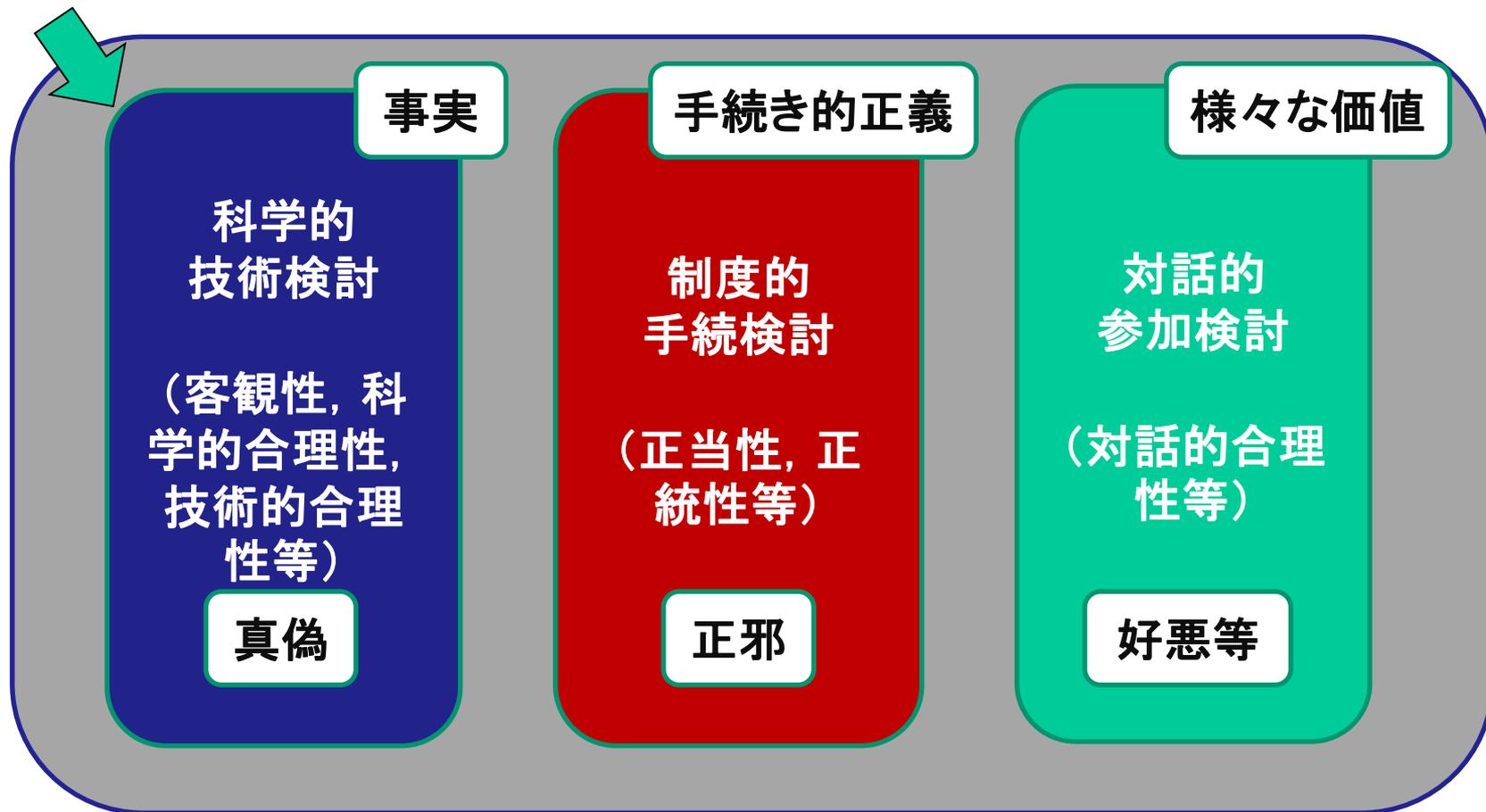


技術検討自体が直列の結びつきを有しており、3種類の技術検討が各ステップに関りを有することから、技術検討プロセスと考えることができる

# 土木計画の実現への3つの並列検討

(再掲, 一部加筆)

本日の講義



専門家が主役

行政・計画主体が主役

国民等が主役

# 土木計画の実現のためバランスある決定へ

専門家



科学・技術

・事実に立脚した  
客観的データの  
重要性  
・技術の限界や制  
御の困難さ  
を理解

国民等



人々の様  
々な価値

環境至上主義  
経済至上主義  
社会・文化至上主義  
技術至上主義  
など極端な主義主張も  
含めて様々な価値観  
が存在する

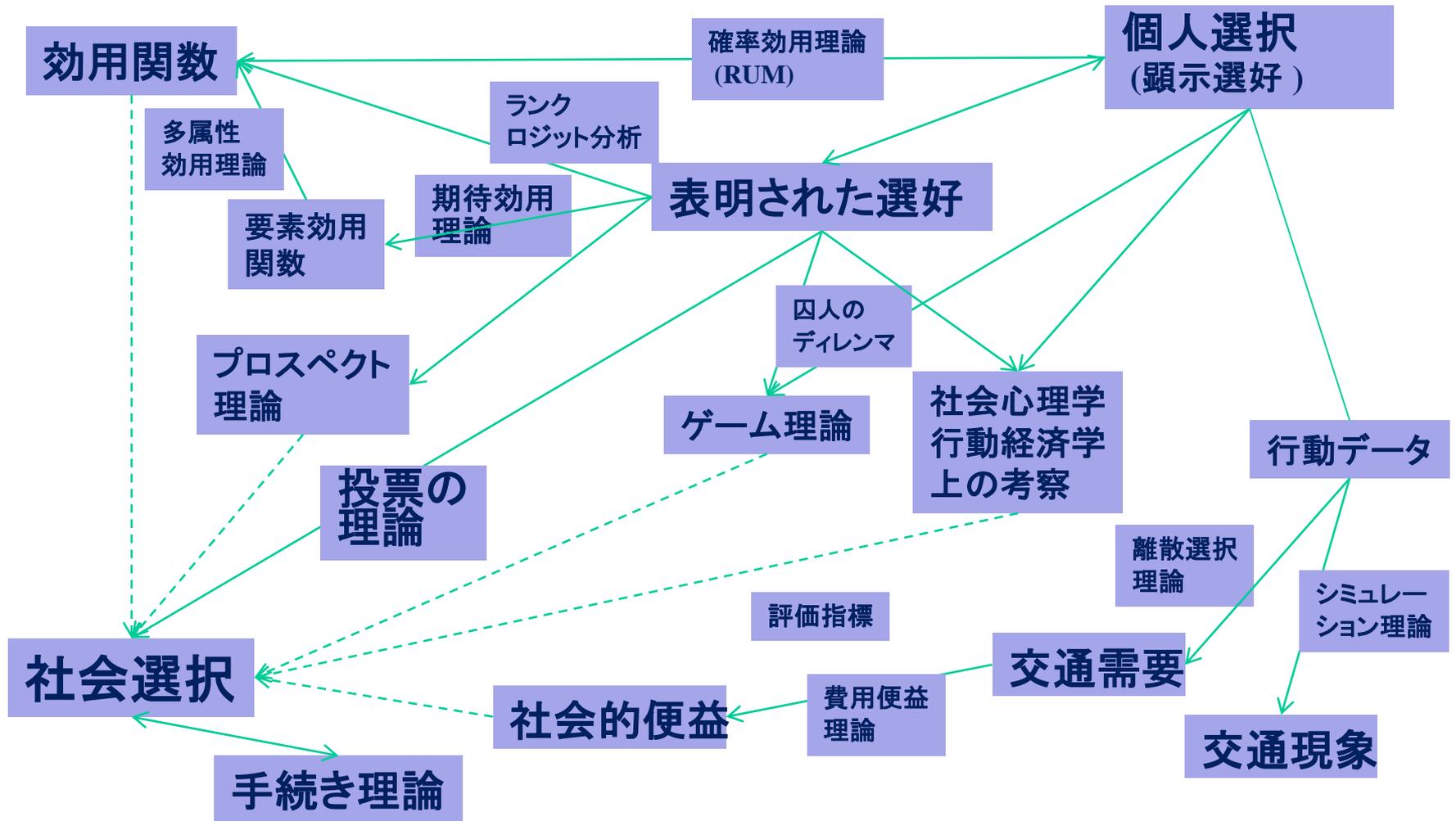


社会にお  
ける正しさ

社会としてどのように判断し  
決定することが正しいのか

これら全体を俯瞰し配慮する思考とは？社会の決定とは？<sup>10</sup>  
(土木と環境の計画理論のテーマ)

# 個人の行動・選択・選好、集団の選択・決定に関わる理論の概要



土木と環境の計画理論

## 6.2 観測

土木と環境の計画理論

## 6.2.1 観測：道路交通に関わるデータ

# 調査方法、統計解析

## 標本抽出法（サンプリング理論）

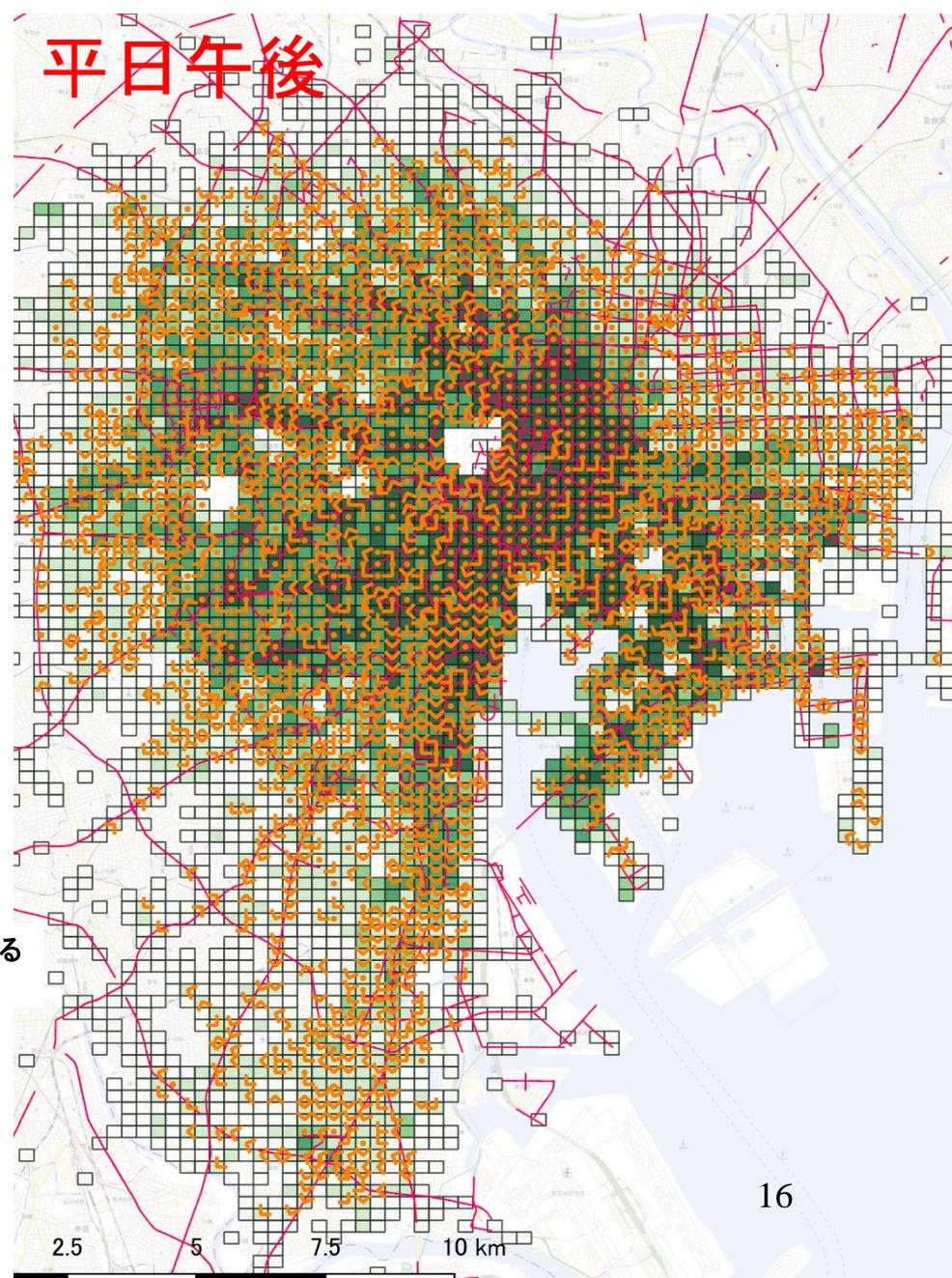
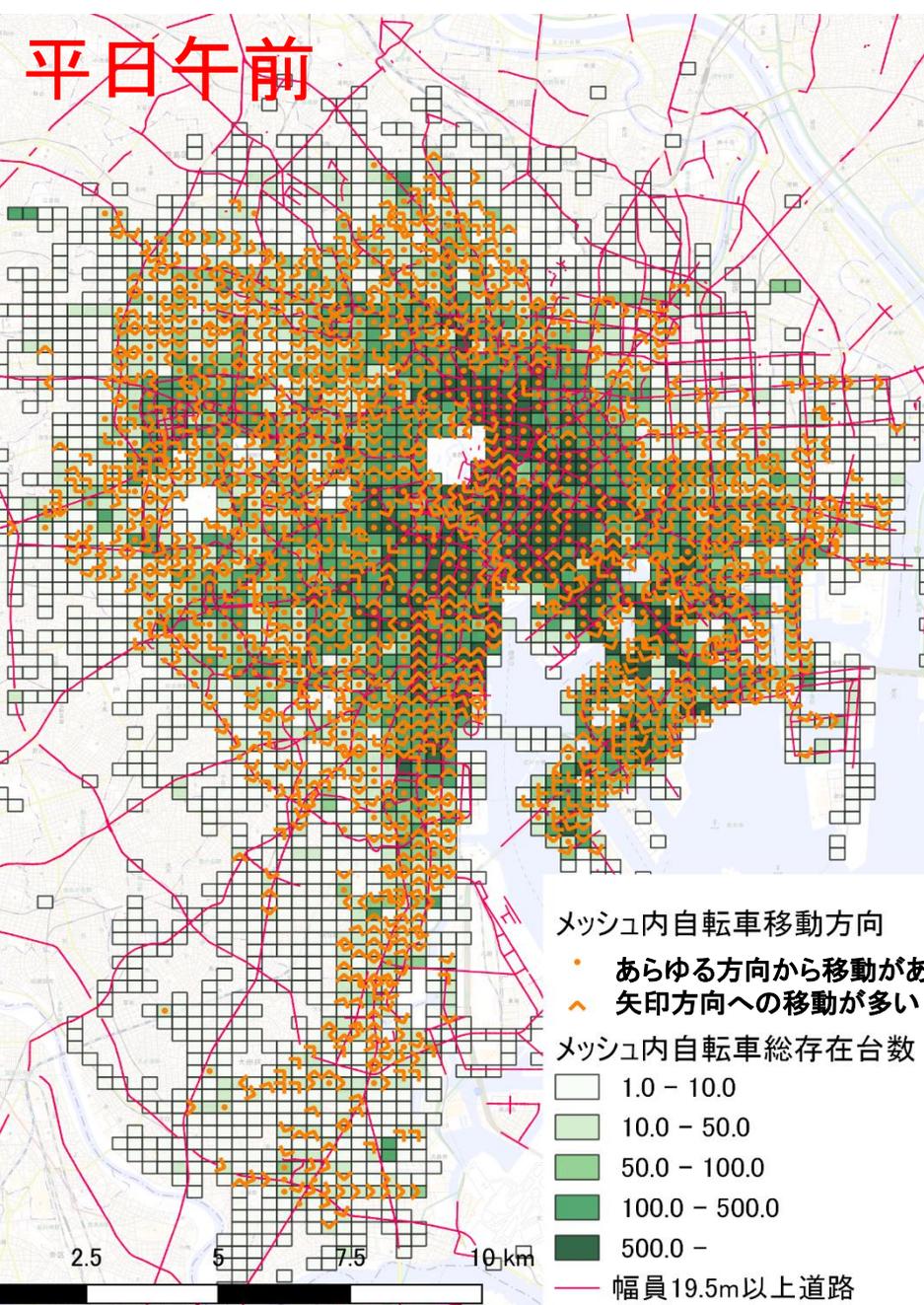
コストをかけずにサンプルを集めるための理論であり、統計的検定、統計的推定を中心的な理論とする。

## ビックデータ統計・解析

従来の統計理論（検定・推定）では十分に分析できない。

# ビッグデータ解析の対象となる データ例

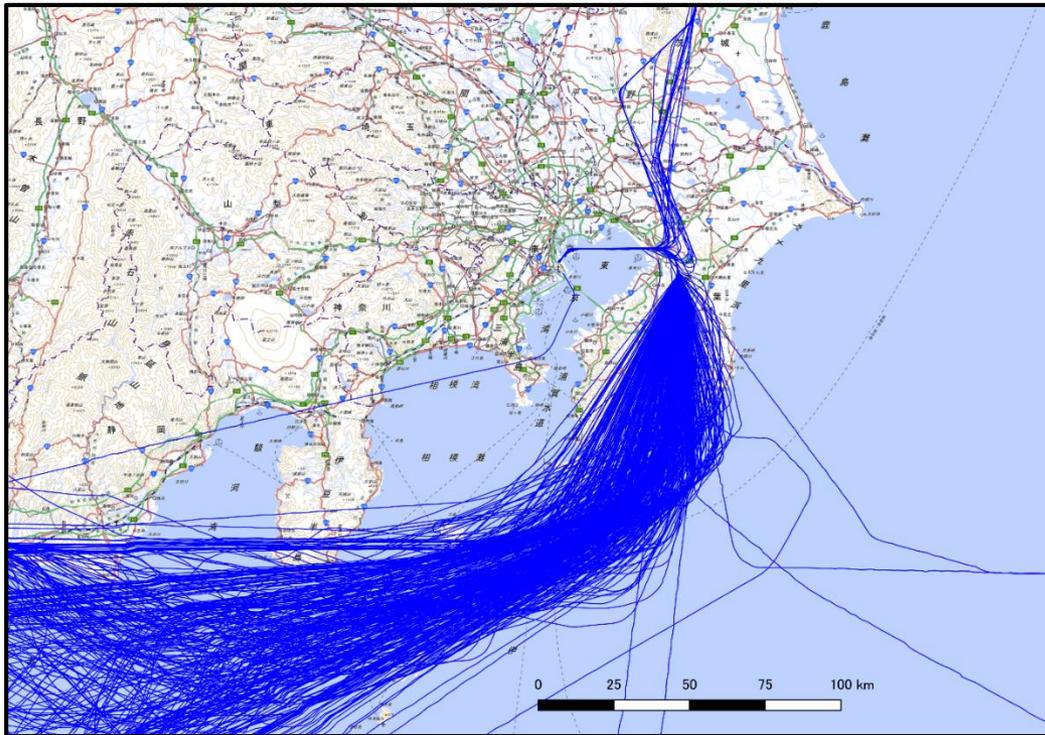
- 携帯等のWifi, BLEデータ
  - 自動車に搭載されたGPSデータ
  - シェアバイクに搭載されたGPSデータ
  - CARATSオープンデータ
  - 鉄道旅客のICデータ
  - 様々なアプリで取得されるGPS, 各種センサーデータ
  - などなど
- ⇒交通計画への活用が増している現状



## ◆ シミュレーション分析の概要

検討する管制処理システム案について、空域シミュレータを用いてその効果を定量的に示し、評価を行う。

シミュレーションでの航空機の初期値と再現する気象は実データを使用する。



南風運用の8時～23時の全航跡(2015年5月14日)

## ○航空機の初期値

### ・使用する項目

速度, 高度, 発生間隔, 機材

### ・使用する対象

実運用の合流地点を中心として80NMの円上における航空機情報を使用(2015年5月14日)

## ○再現する気象

### ・使用する項目

風速, 風向

### ・使用する対象

気象庁が公開している数値予報データのMSMを使用(2015年5月14日)

## ○道路交通・環境に関わるデータ

環境に関わるデータは様々にあるが、ここでは特に交通に着目してどのようなデータ収集とデータ分析の方法が行われているかを概説する

## ○交通観測による調査の方法

### ・交通量観測調査：

電磁式車両感知器，超音波式車両感知器，  
ビデオ画像解析、他

### ・交通密度：

航空写真，衛星画像 (cf. Google earth)

### ・交通速度調査：

感知器，実走行，プローブカー (長期間継続的に可能)

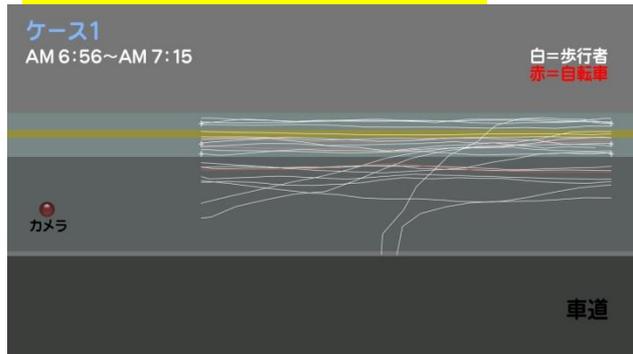
### ・移動体情報：

GPS，スマホなどの活用

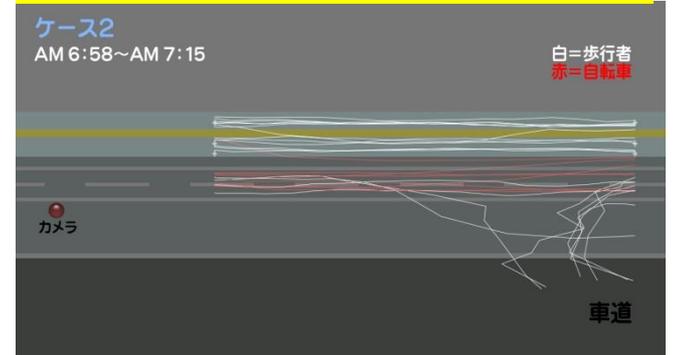
# スライド



## Case 1: 現状の歩道



## Case 2: 白線を表示した歩道



歩道上を通行する歩行者や自転車の  
 キャプチャリングシステム(ビデオ映像の  
 解析システム)

(Simulation Research Laboratory, Tokyo, 2008)

# タクシー台数の推計のための調査

- (1) さて、タクシーはA,Bのどちらか？
- (2) 街中のタクシー台数をどのように推計できるか？
- (3) 何故失敗したか？



プノンペン(カンボジア)における都市圏交通計画の策定(JICA)

土木と環境の計画理論

## 6.2.2 観測：道路環境に関するデータ

# ○交通に関連する調査

## ▪環境調査：

騒音調査，振動，

大気汚染濃度調査（No<sub>x</sub>，SPM，CO等）

土壌汚染，水質汚濁，地盤沈下，悪臭，風害，

日照障害，低周波音，電波障害，地域社会，景観，

文化財，植物・動物，発生土などの調査（環境影響評価）

## ▪交通流動の前提となるデータ（調査）：

人口（夜間人口，昼間人口，就業人口，従業人口），

産業（第1次，第2次，第3次），土地利用ほか

# 浮遊粒子状物質 (SPM) の観測と濃度の予測 (プルームモデルの例)

C is observed SPM concentration ( $\mu\text{g} / \text{m}^3$ )



SPM concentration

$$C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_zU} \times \exp\left\{-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right\} \times \left[ \exp\left\{-\frac{(z-He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+He)^2}{2\sigma_z^2}\right\} \right]$$

Air diffusion model

Wind velocity

Wind direction

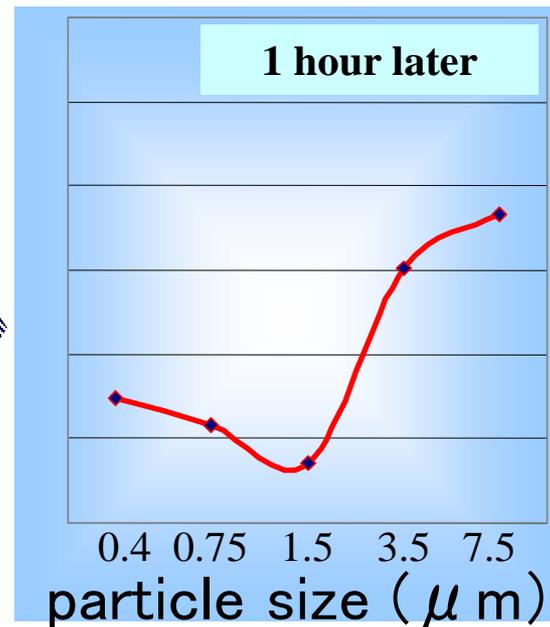
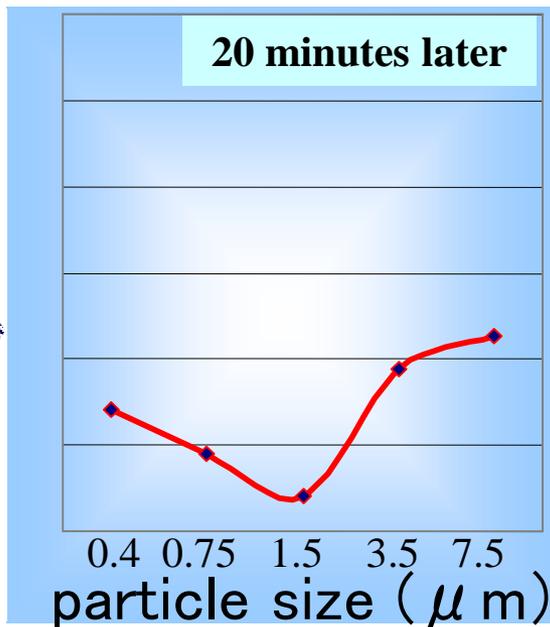
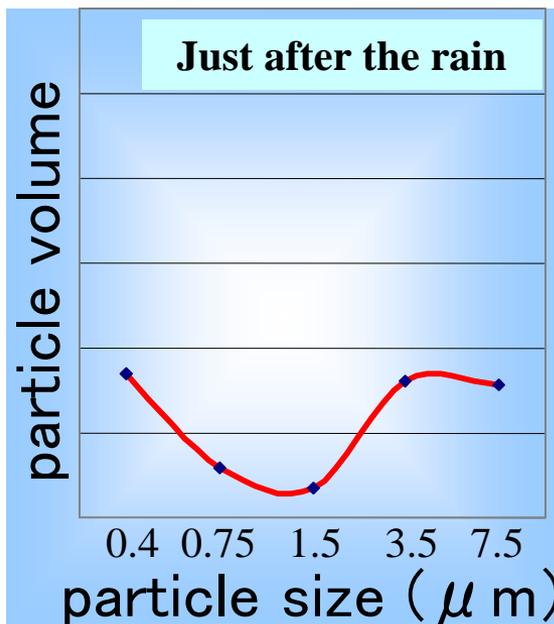
Ground temperature



Data Recorder

# SPM粒形分布の時間変化(降雨後)

観測データの例(岩倉教授, 芝浦工大)



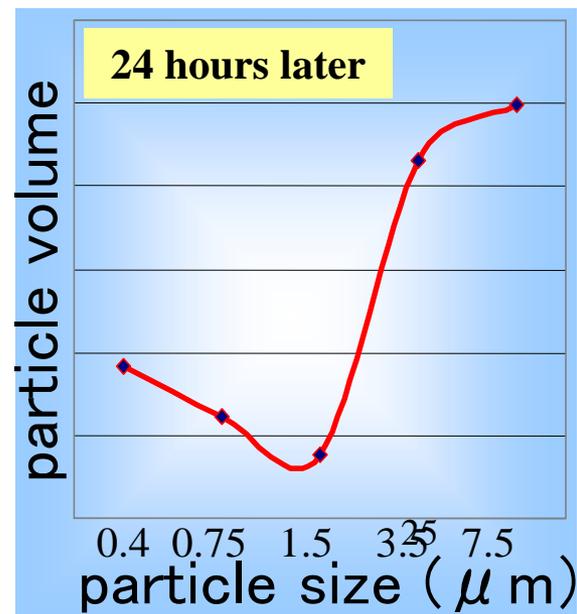
Ayala Avenue in front of the Sky Plaza 3 Dec. 1999



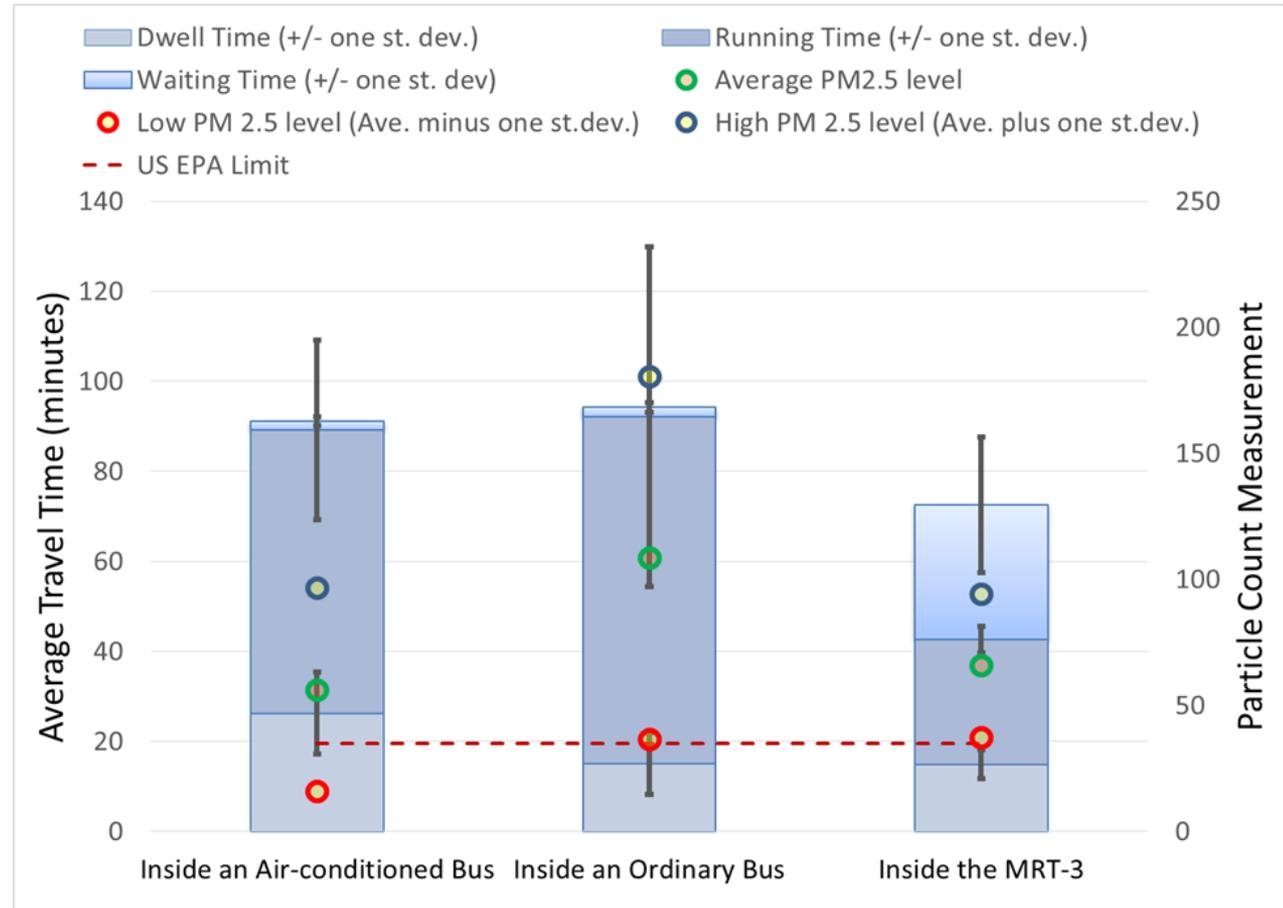
オープンスペース



ストリートキャニオン



# マニラMRTにおける待ち時間およびPM2.5観測調査の事例



Source: Andra Mijares, Tokyo Tech (2015)

土木と環境の計画理論

## 6.2.3 観測：交通機関の利用実態の調査

# 交通実態調査の方法

人々の移動，旅行等の交通量を観測するだけでなく，アンケート調査などによって，詳細な情報収集する場合も多い

## ○交通に関わる調査の目的

- ・交通の現状や問題点の把握のため
- ・交通現象の分析のため
- ・需要予測のモデル作成のため
- ・都市計画などの基礎資料として

## ○調査に関わる理論

- ・全数調査と標本調査
- ・母集団の平均値などの推定および差の検定
- ・モデルのパラメータ推定
- ・必要サンプル数の決定

# 交通実態調査の実施状況

## 幹線旅客純流動調査の実施風景



新幹線に乗り込む調査員



飛行機内で調査票に記入する乗客



関西国際空港におけるアンケート調査の実施風景(東工大+関西空港株)

土木と環境の計画理論

## 6.3 予測

土木と環境の計画理論

## **6.3.1 予測：環境影響評価に関わる 分析と予測**

# 大気環境の拡散予測の方法

## プルームモデル, パフモデル

### 1 プルームモデル

有風時に多く適用される式で、「正規型」は煙源と拡散場が定常であり、風速及び拡散係数が空間的に一様であるという仮定で導かれている。「非正規型」は風速及び拡散係数が水平方向には一様であるが、鉛直方向には高さに対して比例するとしたもので、いずれも風下方向への拡散効果が移流効果に比較して小さいと考え無視している。よって、①風速が小さくなると精度が悪くなる、②水平方向に拡散場が一様でない場合(例えば地形が複雑である)は使えない、③吹き戻しなど、時間的に変化する現象には適用が難しい。プルームモデルの長所は計算が簡単なことで、正規型の式では、煙の広がり方を示す拡散パラメータに関する知見も豊富である。

### 2 パフモデル

パフモデルは煙源から瞬間的に放出された煙塊の拡散を表す式で、拡散係数が空間的に一様であると仮定している。プルームモデルと同様に拡散係数が必要で、時間の関数として与えられる。現在知られている拡散パラメータとしてはTurnerの方法によるものがほぼ唯一のもので、この方法は正規型のプルームモデルで一定の風速を仮定して導いたものである。

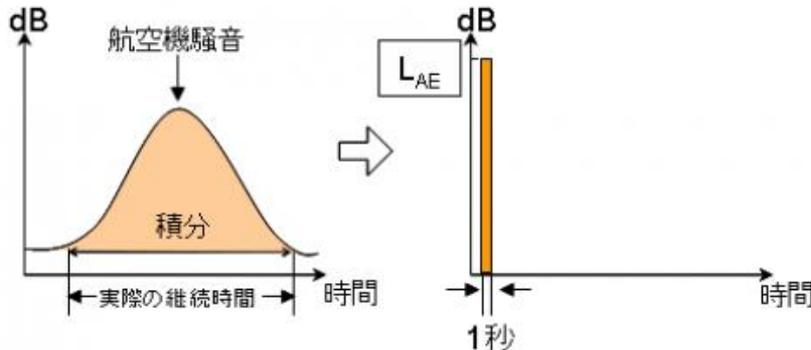
瞬間的な煙というのは現実的ではないことから、時間積分によって連続発生源に対して適用される。この場合、発生源の時間的な変化を考慮できるばかりでなく、水平方向の風向・風速の変化にも対応できるので、原理的にはかなり複雑な現象にも対応できる。年平均値の計算では、発生源や拡散場に一様性を仮定し、積分時間を無限大として積分して定常状態を表した簡易パフ式が、無風時に対して適用されてきた。

# 航空機騒音の指標と環境基準

個々の航空機の発する単発騒音暴露レベル(L<sub>AE</sub>)に、夕方(午後7時～午後10時)のL<sub>AE</sub>には5デシベル、深夜(午後10時～翌7時)のL<sub>AE</sub>には10デシベルを加えた上で、1日の騒音エネルギーをすべて足し合わせた後に、1日の時間平均をとったものを、時間帯補正等価騒音レベル(L<sub>den</sub>)と呼び航空機騒音の評価指標としている。単位はデシベルになる。平成25年4月から航空機騒音に係る環境基準の評価指標として用いられている。

$$L_{den} = 10 \log_{10} \left\{ \frac{T_0}{T} \left( \sum_i 10^{\frac{L_{AE,di}}{10}} + \sum_j 10^{\frac{L_{AE,dj}+5}{10}} + \sum_k 10^{\frac{L_{AE,dk}+10}{10}} \right) \right\}$$

T<sub>0</sub>=1[s], T=86400[s] (=24[h])



単発騒音暴露レベル(L<sub>AE</sub>)の考え方

**地域の類型と基準値**

I L<sub>den</sub> 57デシベル以下

II L<sub>den</sub> 62デシベル以下

(注)Iをあてはめる地域は専ら住居の用に供される地域とし、IIをあてはめる地域はI以外の地域であって通常的生活を保全する必要がある地域とする。

土木と環境の計画理論

## **6.3.2 予測：温室効果ガスの排出量の推計方法**

# 温室効果ガス排出量算定に利用可能なデータの一覧(一部)

データ名称	対象部門	データ分類		対象地域		データ所収先	更新時期	データの調査方法	データの特徴
		エネルギー	CO2排出量	全国	地域別				
都道府県別部門別エネルギー消費量	全部門	●			●	「都道府県別エネルギー消費統計」経済産業省	毎年	各種統計から推計 主要製造業は、「石油等消費動態統計年報」の個票を用いて推計	・都道府県別業種別 ・運輸部門が自動車のみ ・推計方法が提示されているが詳細は不明。 ・最新値が3年遅れ ・都道府県独自で把握している部門別エネルギー消費量に対し、産業部門、業務部門での、同統計との乖離が大きい。
都道府県別部門別CO2排出量	全部門	●	●		●	住環境計画研究所	毎年	各種統計から推計 電気、都市ガスは事業者別販売量、石油製品は都道府県別販売量を元に推計	・最新値は、都道府県別産業連関分析に基づき、前年度値迄を推計 ・全国合計値が、エネルギーでは総合エネルギー統計、CO2排出量では環境省公表値と数%の誤差で一致
石油製品都道府県別販売量	全部門	●			●	「エネルギー生産需給統計年報」経済産業省	毎年	石油製品製造・輸入事業者19社(H18年)の、販売事業者向、消費者向販売量の実績値のため、地域内での消費量とは異なる。	・石油製品のみ ・県別、石油製品別 ・石油製品の販売データとして唯一の統計
部門別都市ガス販売量	全部門	●			●	「ガス事業年報」経済産業省	毎年	全数調査	・ガス事業者別、契約種別別 ・契約種別別需要家数データも所収
事業者別CO2排出量	全部門(除家庭)		●		●	温室効果ガス排出量の算定・報告・公表制度	毎年	全数調査	・算定公表制度対象事業者のみ ・CO2排出量のみでエネルギー消費量データは無し

# 温室効果ガスの現況推計方法

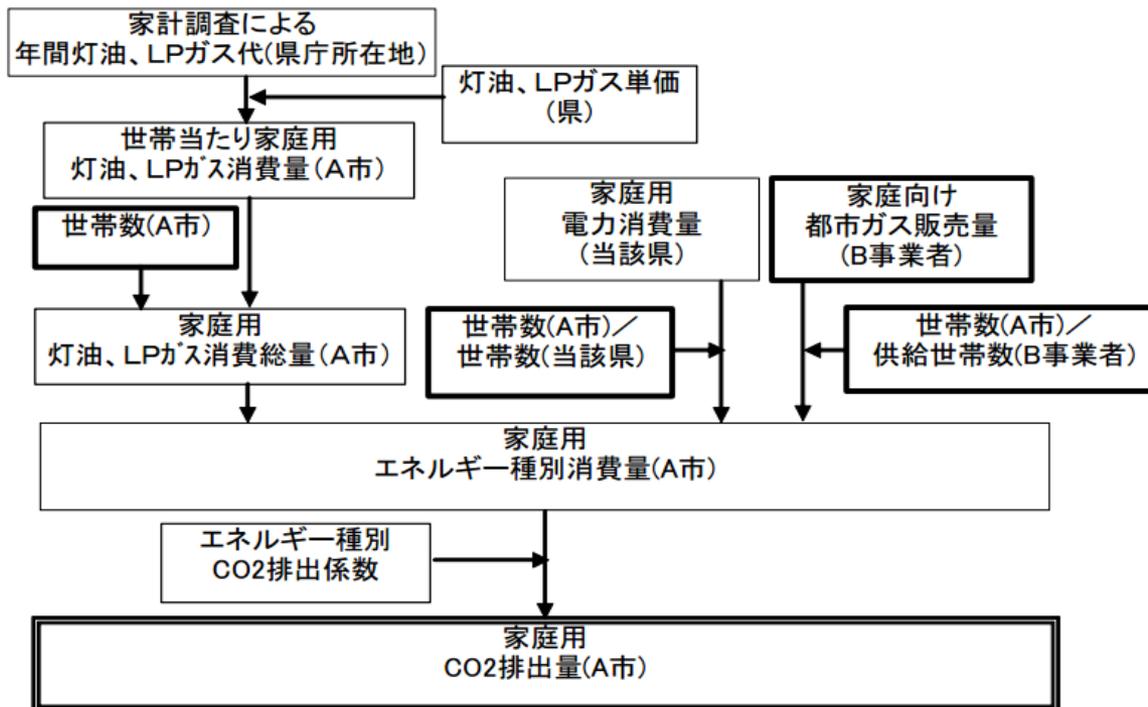
## 民生家庭部門(按分法)

### 【都道府県・市区町村共通】

灯油・LPガス：家庭の年間購入量（所在県庁所在地）×世帯数（対象地方公共団体分）

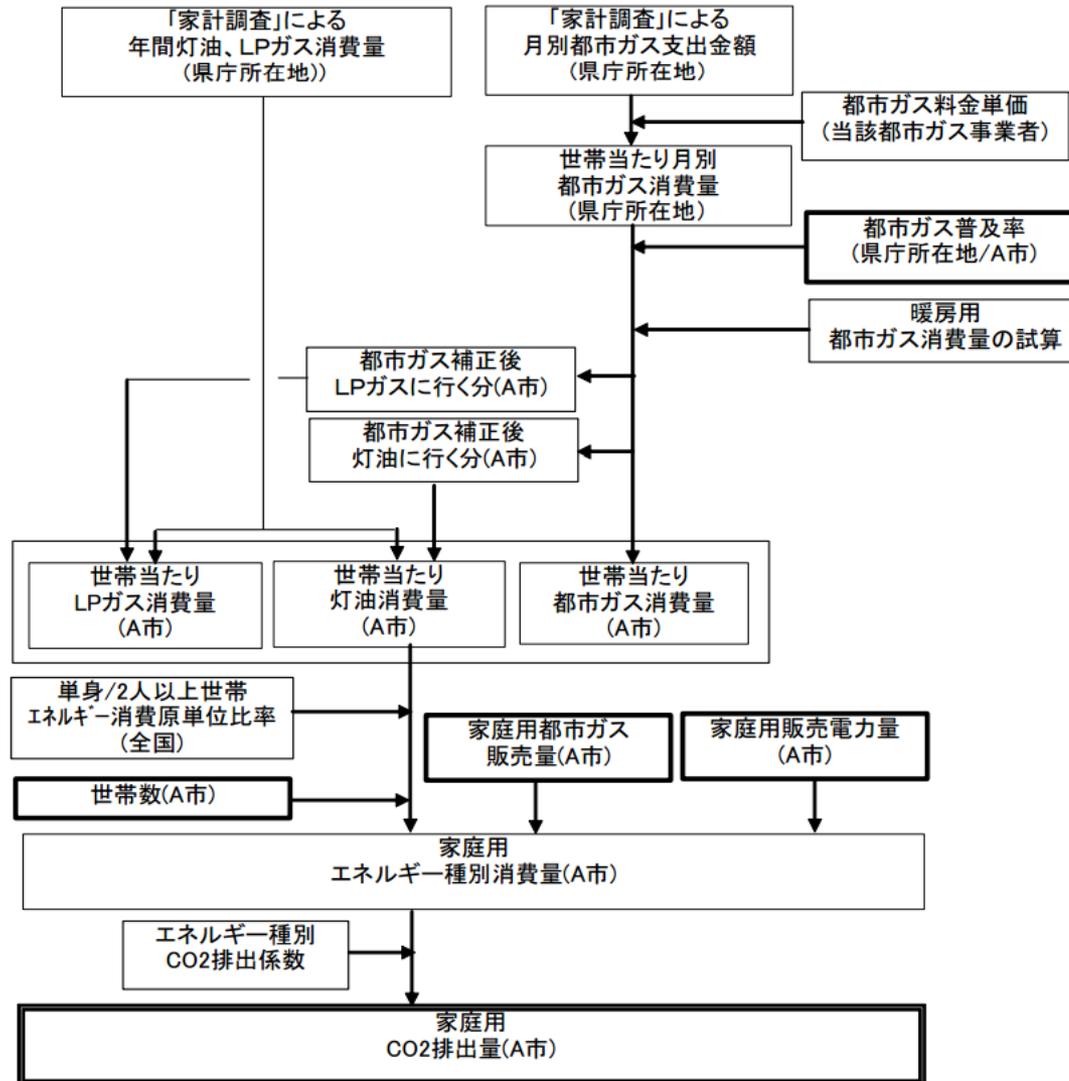
都市ガス：ガス事業者家庭用販売量× $\frac{\text{世帯数（対象地方公共団体分）}}{\text{世帯数（全供給世帯）}}$

電力：家庭用販売量（所在都道府県）× $\frac{\text{世帯数（対象地方公共団体分）}}{\text{世帯数（所在都道府県）}}$



# 温室効果ガスの現況推計方法

## 民生家庭部門(積み上げ法)



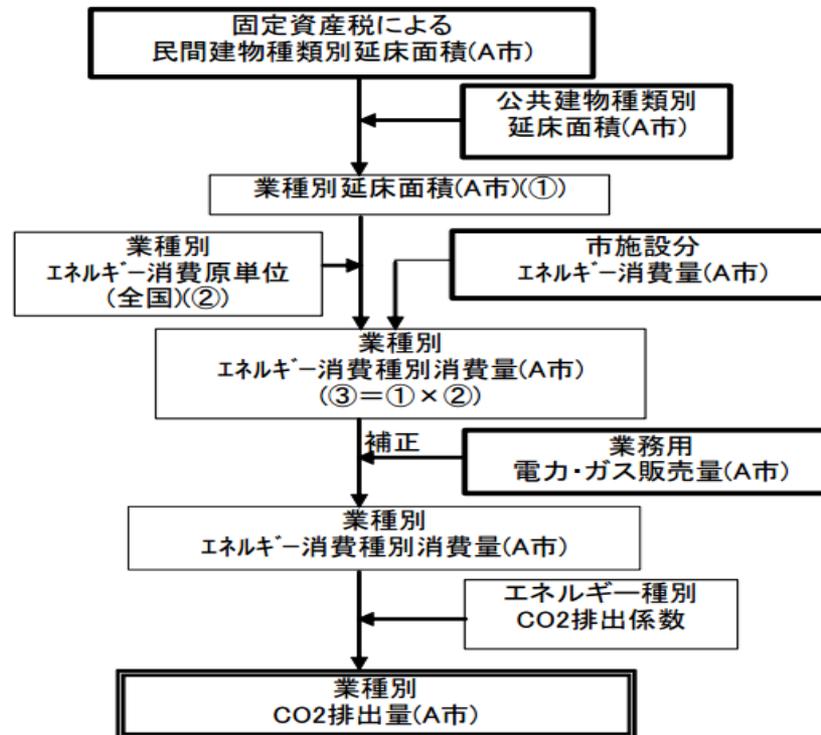
# 温室効果ガスの現況推計方法

## 民生業務部門(積み上げ式)

### 【都道府県・市区町村共通】

業種別エネルギー消費原単位 × 延床面積  
 (全国) (当該地方公共団体分)

- ・ 既存統計（固定資産、公共施設状況調等）から、市域の業種別延床面積を推計します。
- ・ 電力、都市ガス：供給事業者の産業用販売量実績値で、上記結果を補正します。
- ・ 算定・報告・公表制度による対象地方公共団体分の業務関連事業所の排出量と、対象業種の排出量を比較し整合性を確認します。



土木と環境の計画理論

## 6.3.3 予測：交通現象の分析と予測

# 交通・移動の把握方法とその理論

## ○交通の行動のモデル化

効用理論など経済理論の利用(モデルの理論)

⇒モデルのパラメータの確定(統計的推定, 計量経済分析)

⇒感度や弾性値による分析⇒将来の予測

## ○交通の流動・挙動のモデル化

交通マイクロシミュレーションの活用 等

## ○交通挙動のバーチャル空間における再現

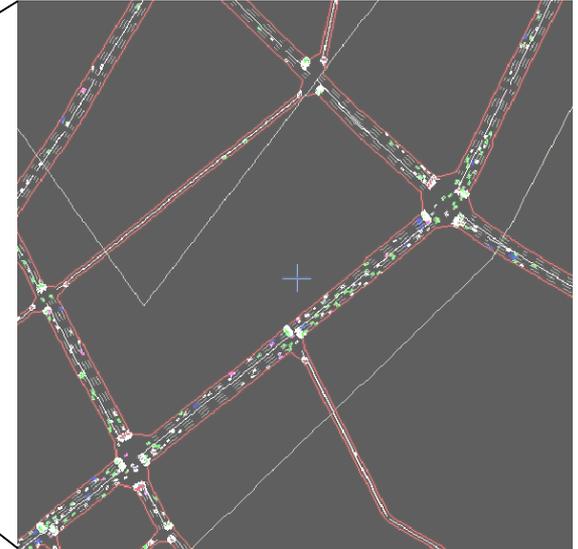
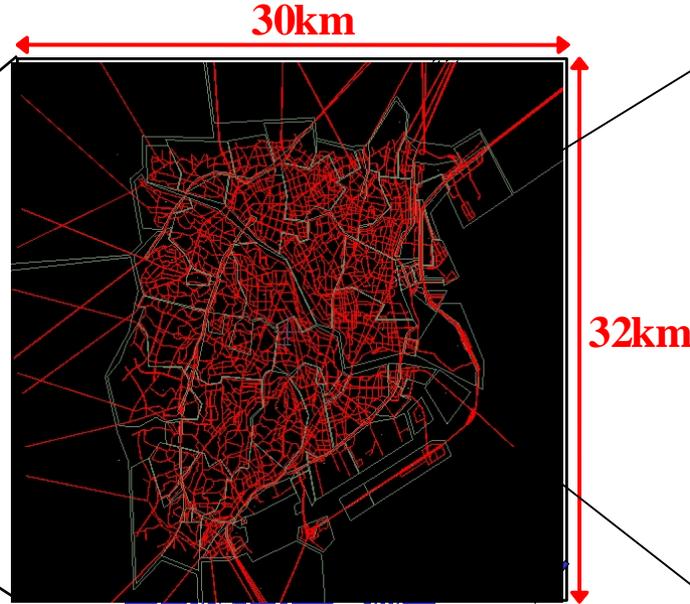
ドライビングシミュレーションの活用

## ○交通の意識や心理のモデル化

行動心理のモデル化, 態度や意識のモデル化

# 交通マイクロシミュレーション

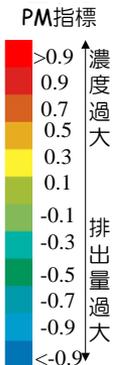
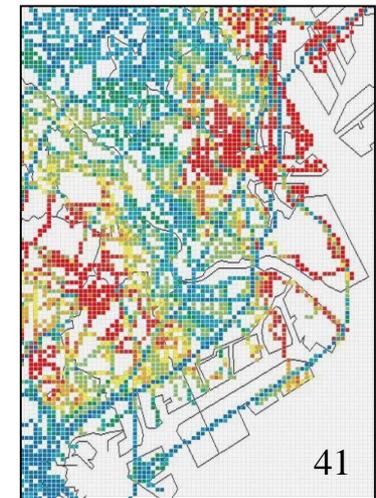
東京南部・川崎・横浜地区 約30km四方(内部ゾーン面積:約530km<sup>2</sup>)の大気環境の定量的な分析



## システム諸元

ノード数	12,427
リンク数	20,656
総リンク長	4,815km
内部ゾーン数	71
外部ゾーン数	51
信号機数(現示・サイクル長をマニュアル入力したもの)	約 2,000
1時間交通量(実績最大値)	約 25万台
瞬間存在車輛台数(実績最大値)	約 9.5万台

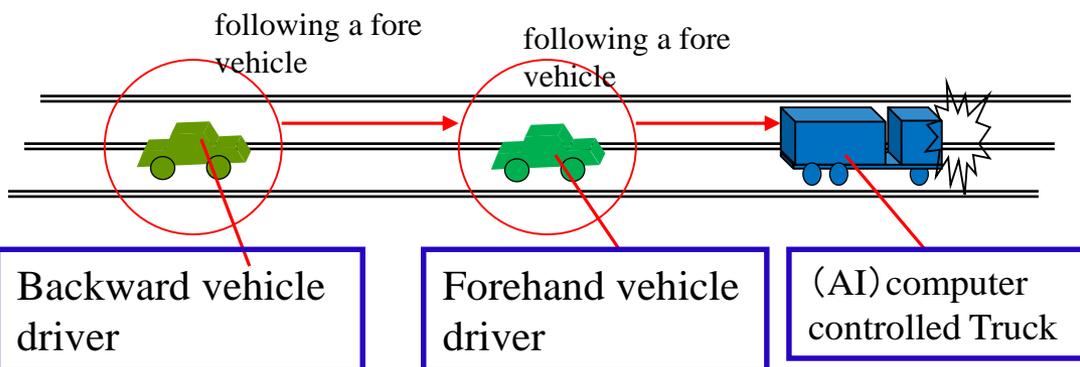
車両一台一台の挙動をモデル化したマイクロシミュレーションとして、当時(2003)はあまり例を見ないネットワーク規模であった



※ PM指標: = 正規化PM濃度 - 正規化PM排出量

# ドライビングシミュレータによる多重事故の分析

東工大が開発したドライビングシミュレータ(2005年当時はおそらく世界で最少サイズ)  
○2人のドライバーが同一の空間を走行している最中に前方を走るトラックが単  
独事故を起こす. 後続の2台はどのような条件なら事故を回避することができるか



2 drivers are running at the same time



A truck in front of forehand driver suddenly crash!

# ビデオ紹介