

# 高解像度大気汚染モデルによる道路交通政策評価システムの構築

東京大学生産技術研究所 教授 桑原雅夫, 助手 田中伸治  
東京大学生産技術研究所 教授 加藤信介, 助教授 大岡龍三, 助手 黄弘  
東京大学生産技術研究所 教授 池内克史, 助手 影沢政隆

## 1. はじめに

本研究では、交通シミュレーション、3次元都市モデル、および大気拡散モデルを融合して、時間的・空間的に変化する道路周辺の大気環境を推定する高解像度大気汚染モデルを構築した。本システムの構成は、交通シミュレーション適用および排ガス量の推計、3次元都市モデル作成、CFDモデルによる大気汚染濃度推計である。昨年度は、京浜地区の大型車混入率の高い交差点において、上記システムを適用した。今年度は、濃度の実測を行い推計モデルを検証するとともに、都市高速道路地下トンネル出入口の大気環境評価を試みた。

## 2. 対象地域

昨年度は、図 2.1 に示す京浜地区のA交差点を対象とした。A交差点は、引き続き大気環境の実測、大気汚染モデルの検証、および可視化モデル構築の対象地域としている。

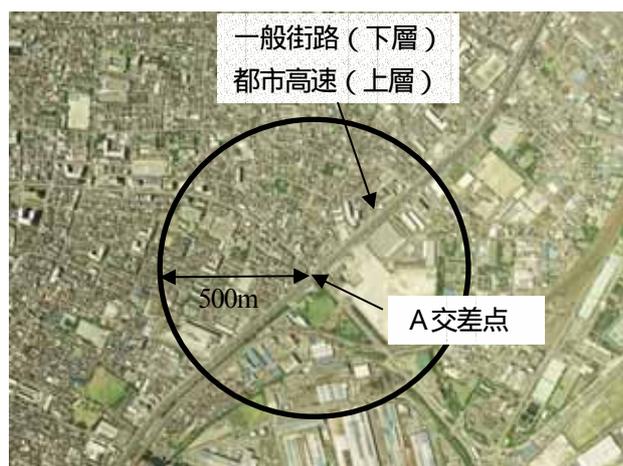


図 2.1 A 交差点周辺

今年度は、さらに図 2.2 に示している都市高速道路の地下トンネル部のオン・オフランプ部をケーススタディに加えている。このランプは、地下の高速道路とそれに並行して走る地上の幹線道路の出入り口となっている。



図 2.2 都市高速道路ランプ部

## 3. 交通解析と排出ガス量推計

### 3.1. 交通シミュレーション

交通解析の対象地域は、上記の半径 750m 地域を対象とし、道路幾何構造、交通制御データを収集した。交通量データとしては、都市高速道路管理者が推計している高速道路とその周辺幹線道路の将来交通量予測値を用いた。対象地域を 15 のゾーンに分割し、将来予測交通量から、OD交通量を作成した。シミュレーションモデル AVENUE (図 3.1) を適用し、AVENUE に内在するパラメータを、出力される方向別交通量が観測結果と一致するようにキャリブレーションした。



図 3.1 AVENUE の対象地域計算画面

### 3.2. 排ガス推計モデル

将来予測交通量からNOxとCO排出量を求めた。図3.2にその一例を示す。

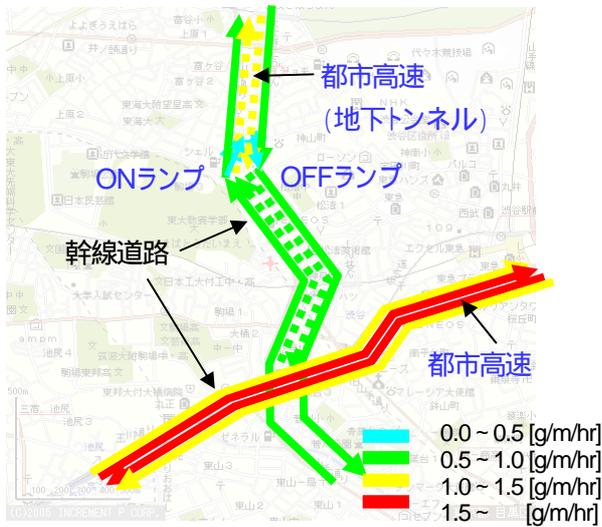


図3.2. NOx排出量 (7:00-8:00AM)

将来交通量の推計値があるので、今回はそれに基づいて以下の手順で排出ガス量推計を行った。

1. 排出ガス量が測定されている車種と積載量として、以下の2種類を用いた。
  - 4.5 ton ディーゼルトラック(半積載)
  - 11.7 ton ディーゼルトラック(半積載)
2. 上記2車種の排ガス測定値から、平成16年の国総研の研究資料に基づいて、大型車(8トン半積載)と小型車の排出量を推定した。
3. 排出ガス量の推計に際しては、都市高速道路の感知器速度データから得られる、速度を考慮した。

#### 4.3 3次元都市モデルと可視化

図2.1にある「A交差点を中心とする半径500m程度のエリアについて、昨年度作成した3次元都市モデルをブラッシュアップし、その上に、大気汚染シミュレーションおよび交通シミュレーションで生成された結果を表示することを行った。

##### 4.1 3次元都市形状モデルの作成

昨年度行ったように、既存の階高情報つき2次元住宅地図であるゼンリンのZmap townに、図面から起こした都市高速道路を付け加えることで図4.1のような3次元都市モデルができた。

##### 4.2 テクスチャ・マッピング

図4.1では、建物と道路の幾何形状を表現しただけであるので、可視化の際には、道路面を含む航空写真をはりつけること等の工夫が必要となる。図4.2は、

建物の配色を工夫し、航空写真を貼り付けた結果である。

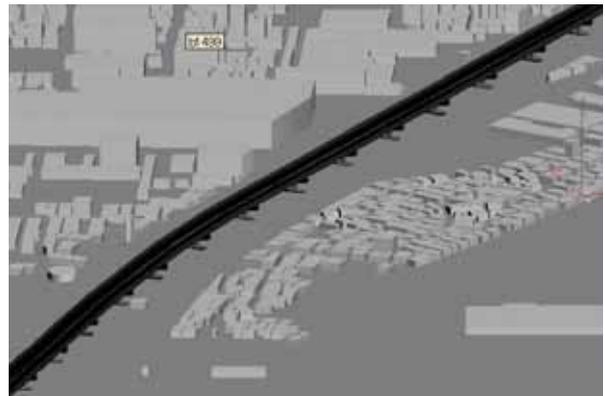


図4.1. 3次元都市モデル(昨年度)

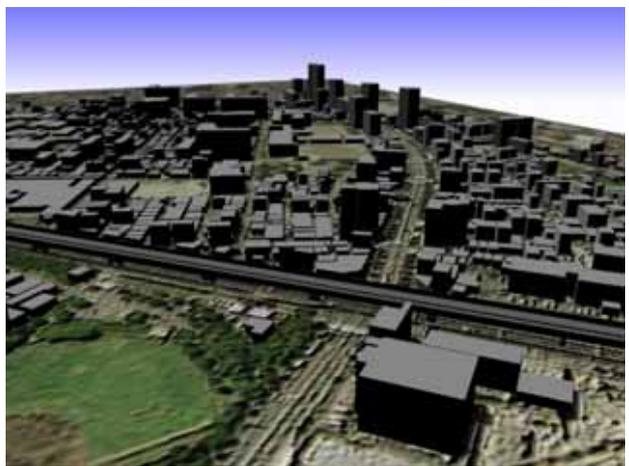


図4.2. 本年度使用の3次元都市モデル(形状)

#### 4.3 交通流シミュレーションの可視化

交通流マイクロシミュレーション結果の可視化は、以下の通りに行った。

##### (1) リンク・ノード位置の把握

交差点や道路は、交通流シミュレーションでは、リンクとノードという形で管理されているが、都市モデルでは、独自の座標系で管理されているので、両者の座標系を変換する必要がある。また、都市モデルでは、1cm単位のスケールなので、最終的には手作業で調整を行った。

##### (2) 個別車両データの取得

1秒毎の全走行車両ID、リンク番号、リンク内の位置、走行車線、車種の情報交通流シミュレーションの結果として取得し、(1)の座標系に変換した。その際、いくつかのデータについては不整合があったので、動きがスムーズになるように取得データの調整を行った。

##### (3) 個別車両の時系列表示

以上のようにして得られた個別車両の情報を利用して、1台1台の車両をアニメーションとして可視化を行った。車種については今回はすべて同じ乗用車という設定で行った。

図 4.3 に、車両が走行の様子を示す。

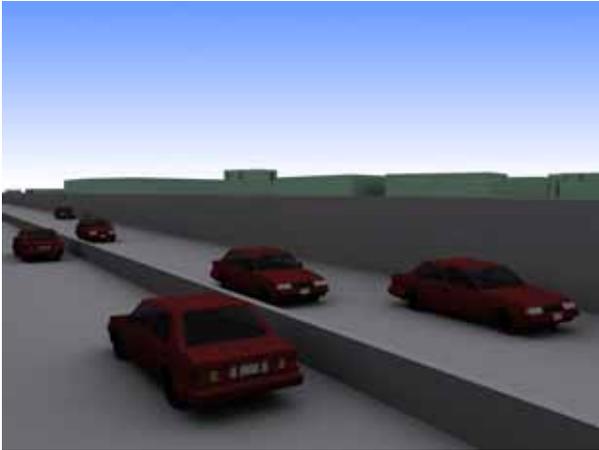


図 4.3. 交通流シミュレーション可視化の様子

#### 4.4 大気汚染シミュレーションの可視化

4.3と同様に、大気汚染シミュレーション結果についても同様な可視化を次のようにして行った。

##### (1) 座標系の変換

4.3と同様に、大気汚染シミュレーションの座標系と都市モデルの座標系を合わせた。

##### (2) 対象領域の決定とシミュレーション結果の取得

今回は可視化対象領域を汚染源であるA交差点を中心とする長さ400m程度、奥行き100m程度の領域に絞った。これは可視化に用いるソフトウェアの制限による。範囲をしぼることで、大きさ20mx20mx5mの400程度のブロックに空間を分割し、各ブロックでの平均汚染状況を大気汚染シミュレーションの結果として取得した。

##### (3) 汚染状況の可視化

各ブロックについて、平均汚染状況を「パーティクル」として可視化を行った。その際、汚染の濃度については、可視化された画像を見ながら調整して、表現方法を工夫した。図4.4のように、可視化には誇張して表示する方がわかりやすいように思われる。

以上を利用して表示したものを図4.4に示す。

#### 4.5 まとめ

本年度は、昨年度作成した3次元都市モデルにテクスチャ・マッピング、交通流シミュレーションおよび大気汚染シミュレーションの結果を合成し、市販のソフトウェア(3D studio max)を利用して表示することが可能となった。また、市販ソフトからムービーを作成

し、都市モデルに様々なシミュレーション結果を乗せたものを任意の視点から生成できるようになった。

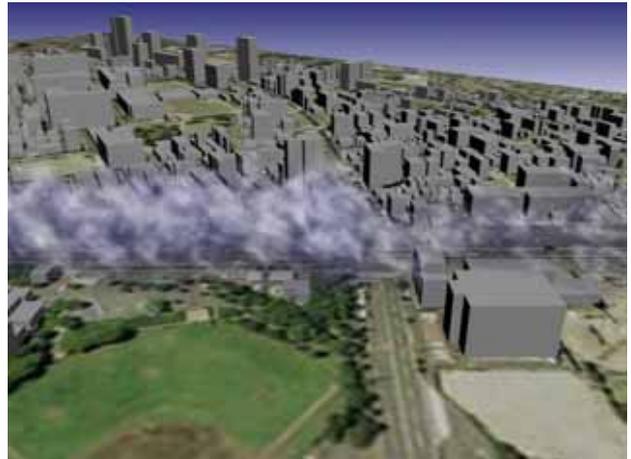


図 4.4. 大気汚染シミュレーション結果の可視化

(可視化のため、誇張した表示をしている。)

#### 4.6 将来展望

今回作成した可視化システムは、座標系さえ合わせれば、後はシミュレーション結果を流し込むだけで表示ができるものである。また、3次元都市モデルも、幾何形状だけなら2次元地図から比較的簡単に生成できるため、いろいろな可視化の可能性がある。

特に、大気汚染のような、目で直接見えにくいものは、こうした可視化システムにより、広報や啓蒙も可能となろう。

また、この可視化システムは、3次元都市モデルの上に、様々なシミュレーション結果を乗せることができるので、評価システムとしても有用であろう。

#### 5. 大気汚染解析

##### 5.1 自動車排気ガス汚染濃度予測

**実測概要** (1)対象地域 A交差点周辺。(2)測定概要  
1) 期間 2005年2月1~3日。測定時間は8時45分~15時05分の毎正時を挟んだ20分間毎。2) 測定点(図5.1) 測定点No.1,15は一般道路の歩道、No.2,3,4は街区内、No.5~12は幹線道路の歩道、No.13,14,16,17は公園内。測定高さは1.5m。3) 測定項目と測定方法 トレーサーガス濃度 高架道路下歩道のAまたはB点(図5.1)の高さ約1.5mよりSF6を排出し、各点における汚染空気をポンプによりテドラーバッグ(20L)に捕集、マルチガスモニターにより分析する。CO、NO濃度 捕集された汚染空気のCO濃度を一酸化炭素測定器(柴田科学、CO-1)、NO濃度を窒素酸化物測定装置(HIROTA, APNA-360)により分析する。交通量 自動車排気ガスの排出強度を推

定するため、交差点東側歩道橋上よりビデオ撮影する。交通量は4車種(軽乗用車・普通乗用車、軽貨物車・普通貨物車、大型貨物車・特殊車、バス)に区分し、通過台数を求める。上空の風向・風速 近傍環境測定局の観測データによる。

**実験結果** (1)上空の風向風速 実測期間中の天候は晴れ、風向は大よそ WNW ~ NNW であった。(2)排出強度 排出強度は幹線道路上り線の車速を 20 km/h、下り線の車速を 50 km/h と仮定し、車種別の排出係数を用いて算出した。通行車種は大型貨物車・特殊車が多く、交通量、排出強度は三日間ともほぼ同様であった。(3)トレーサガス無次元濃度 ガス発生点に近い No.11 で 0.74、No.10 で 0.14、No.12 で 0.07 を示し、トレーサガスが高架下フェンスに沿って横方向に拡がっていることがわかる。また、フェンス間の隙間から風上側にも逆流し、No.6 で 0.01 を示す。発生源より約 15m 風下の No.14 では 0.17(発生源近傍濃度の約 1/4)、100m 風下の No.15 で 0.06(同 1/12)、300m 風下の No.16 で 0.02(同 1/40)である。(4) CO、NO の無次元濃度

元濃度 図 5.1 に風向 NW の場合の CO、NO の無次元濃度(測定期間中の風向 NW での平均値)。風洞実験結果との対応の便宜から、風洞実験での線源長さに対応する距離での発生量を仮定した。NO の発生量は NOx の 50% と仮定した。各点の濃度は対象とした幹線道路の風上側で、幹線道路から離れ、幹線道路からの影響が無いと思われる測定点の濃度をバックランド濃度として差し引いている。交差点近傍や高架下に高濃度領域がある。街区内の No.3 や幹線道路歩道の No.6 にばらつきが見られるが、CO と NO の無次元値はよく一致している。全風向で見ても CO と NO の無次元値はかなりよく一致している。これは CO と NO の発生量の推定値がほぼ妥当であり、両者の拡散特性が類似していることを示している。

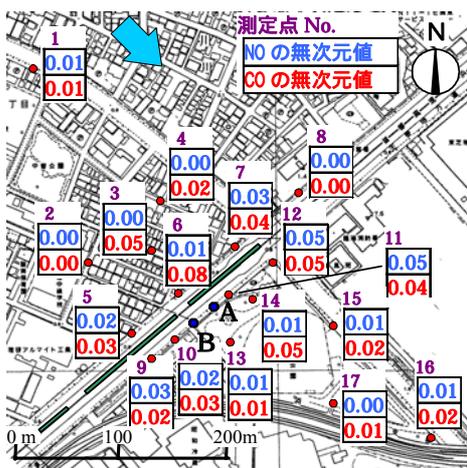


図 5.1 実測:CO、NO の無次元濃度(風向 NW)

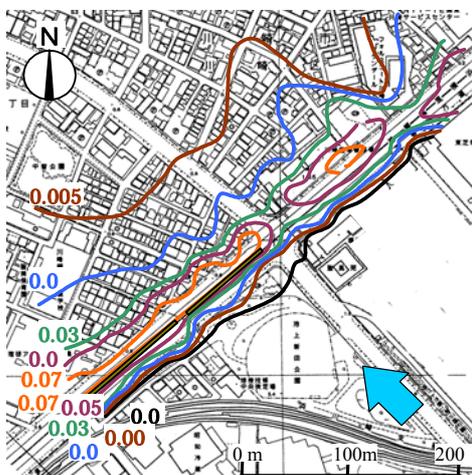


図 5.2 風洞実験(線源排出)による無次元濃度(風向: SE)

## 5.2 風洞実験と実測の比較

図 5.2 に風洞実験(線源排出)での無次元濃度分布(風向 SE の場合)を示す。実測での測定点に対応する位置の濃度に対して線源の長さは十分であり、有限長の線源の影響は小さいものと評価される。風洞実験結果でも高濃度領域は幹線道路沿いのみである。高架道路下にフェンスがある領域では無次元濃度 0.07 ~ 0.08 に対して、実測では、No.6 で 0.08、No.11 で 0.04、風上側の交差点近傍では風洞実験値 0.03 ~ 0.05 に対し、実測結果では No.12 で 0.05 である。風向が異なるが、ストリートキャニオンに直交する風向であることを考慮すれば、実験と実測の結果はよく一致していると判断できる。

## 5.3 CFD シミュレーションと実測の比較

**計算概要** 計算領域は実測を行った範囲とする。昨年度開発した CFD 解析手法を用いて、計算を行った。**結果** CFD による予測と実測の比較を行った。比較するために、以下の偏差を導入した。

$$\text{Deviation\%} = \left| \frac{C_{\text{Calculation}} - C_{\text{Measurement}}}{C_{\text{Measurement}}} \right| \times 100$$

図 5.3 に NO の場合の各予測点の CFD 予測結果と実測の比較を示している。実測と良く一致していることがわかる。偏差値は平均的に 50%前後となり、CFD 解析はよい予測結果を示しており、自動車排気ガス汚染濃度予測には有用なツールであると言える。

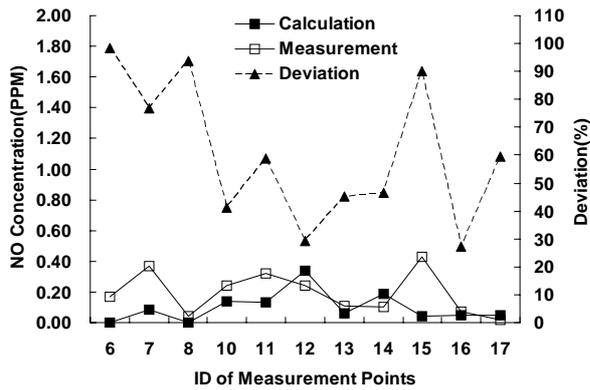


図 5.3 CFD による予測と実測の比較 (NO)

#### 5.4 自動車排気ガス濃度予測ケーススタディ

**計算概要** 都市高速道路ランプ部 (図 2.2) を中心とする半径 200m の領域を対象として、CFD 解析手法を用いて、幹線道路及び都市高速道路から発生する自動車排気ガスの濃度予測を行った。

**結果** 図 5.4 と 5.5 に高さ 1.5m における NO<sub>x</sub> の濃度分布と換気塔垂直断面の濃度分布を示す。汚染物質が市街地で拡散している様子を良く再現している。また、汚染物質が換気塔から上空に排出され、地表面に影響がほとんどないことが分かる。

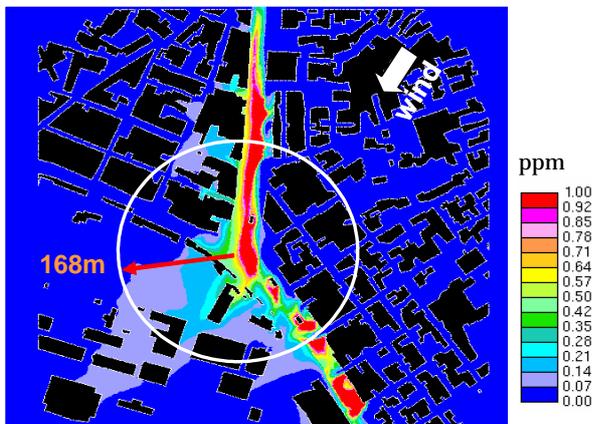


図 5.4 NO<sub>x</sub> 濃度水平分布 (1.5m)

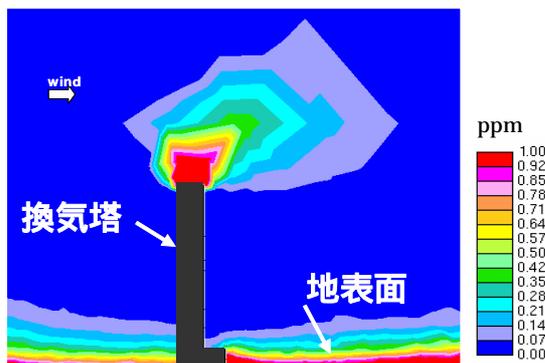


図 5.5 換気塔鉛直断面における NO<sub>x</sub> 濃度分布

#### 参考文献

- 1) 小根山裕之, 大口敬, 桑原雅夫 : 交通流シミュレーションを用いた排出量推計手法に関する考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.27, CD-ROM, 土木学会, 2003-06
- 2) 黄, 大岡, 加藤他 : 実測とシミュレーションによる新宿地域冷暖房周辺地区の温熱環境評価 (その 2) 複雑形状に対応する屋外温熱環境解析手法の開発と冷却塔排熱の環境影響評価、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-1, 651-652, 2004.8
- 3) 並河良治・高井嘉親・大城温 : 「自動車排出係数の算定根拠」, 国土技術政策総合研究所資料, 第 141 号, pp.169, 2003