

メトロマニラにおける交通環境シミュレーションの導入*

Traffic environmental micro simulation in Metro Manila*

白濱 好文**・屋井 鉄雄***

By Yoshifumi SHIRAHAMA**・Tetsuo YAI***

1. はじめに

大規模都市開発が進むメトロマニラでは、道路系交通需要の増加による、交通渋滞が問題となっている。道路交通から生じる大気汚染低減のための対策として、現在の道路事情を考慮した交通政策が考えられるが、利便性や費用のバランス、多様な個人の存在を考慮すると、多面的、詳細な政策評価ツールが必要になってくる。本研究で、Paramics ミクロシミュレーターを採用した背景として、メトロマニラにおける、独特な交通流が挙げられる。特に、バスと jeepny の多さ、発信加速、信号制御の複雑さ、無理な車線変更という交通流を反映する必要がある。Paramics の利点として、①車両を一台ずつ扱う広域に対応できるミクロシミュレーター、②バスルートの設定、③API を用いた排出プログラムの組み込みなどが可能、が挙げられる。

本研究は、現地での調査をもとに現在の道路構造と合致するようにネットワークデータを構築することで、既往研究¹⁾で、継続的な課題として残っていたシミュレーションの現況再現性を、向上させることができた。シミュレーションの現況再現性と計算処理の安定性を向上させ、更に各種交通政策がメトロマニラの交通環境に与える影響を交通流、大気環境の2点から評価することを試みた。

* Key Words: SPM, micro simulation, transportation policy

**学生会員 東京工業大学大学院 総合理工学研究科

(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

***正員 工博 東京工業大学教授 工学部土木工学科

(〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1)

TEL.03-5734-2693 FAX.03-5734-3578

yshira@plan.cv.titech.ac.jp

2. 交通環境シミュレーションシステムの構築

(1) マカティ地区における交通概況

本研究の対象であるマカティ地区は、メトロマニラの交通中心地であり、MMUTIS²⁾のパーソントリップ調査によると、一日辺り数百万トリップの交通量をもっている。この地区は幹線道路の規格も高く地区内の道路率も高いが通過交通も多く、朝夕のラッシュ時はもちろん、日中の混雑も悪化している。また、ビレッジの存在が従来から通行の妨げになり、これらに対するインフラ拡張の見通しはほとんどたっていない状態であり、交通流改善の為にソフトを中心とした交通政策の実施が必要となっている。

また、自動車の車両特性・走行特性として、年式の古さによる加速性能の低下や、運転手の性格に起因する頻繁な車線変更、バス・ジブニーによる客待ちのための滞留などが挙げられ、これらの現象もマニラにおける交通渋滞の原因の一つとなっている。

(2) 入力データと出力データについて

a) ネットワークデータ (図1 参照)

道路ネットワークはメトロマニラの地図と現地調査それぞれを参考に作成し、レーン数、道路構造、信号現示などは現地観測に基づいて作成している。ネットワークはおおよそ4km四方で、ネットワーク上のノード数は462、リンク数1243、総リンク長は341.85kmで、ゾーン数は23となっている。

b) OD 交通量データ

Paramics 用のOD交通量データは、メトロマニラ首都圏全体を対象としたMMUTISデータ(384zone)のOD交通量をマカティCBD内(23zone)及び、CBD周辺地域(7zone)のOD交通量に集約し、かつ時間帯別OD交通量に修正したものを独自に作成した。OD交通量の集約により、本



図-1 本研究ネットワークとシミュレーション拡大

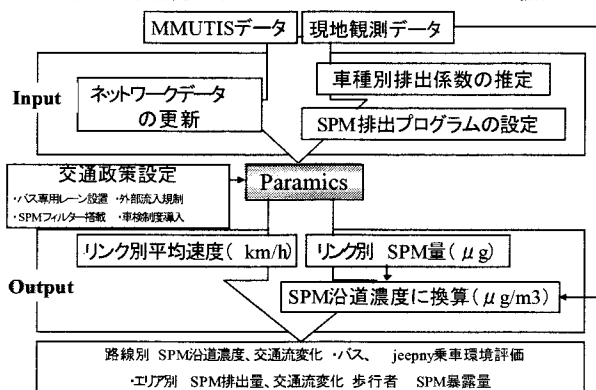


図-2 Paramics を用いた研究フロー

来の OD 交通量に歪みが生じるが、この問題に対しては、周辺 7zone から CBD 内への流入交通及び通過交通量を MMUTIS で得られているリンク平均旅行時間を変数として確率的な経路配分を行い、バイアスの改善を試みた。時間帯別の OD 交通量は、現地の路側調査で得られた時間帯別交通量を利用して、朝ピーク(8-9 時)、日中オフピーク(以下オフ)(14-15 時)、夕方ピーク(16-17 時)の 3 時間帯に対応するよう改善した。

c) 出力データ

出力データは、平均速度、交通密度、所要時間などの交通流データと、大気汚染データとして、各リンクの SPM の総排出量を、グラフィック形式及びテキスト形式で出力する(図-2 参照)。SPM 排出に関する出力については、3 章で詳しく説明する。

また、本研究では、システム内でプログラムを加工することにより、車両設定の変更や新しい出力値設定などを行っている。

また、Paramics の基本設定を変化させて前述した

ようなマニラの交通特性の再現を試みた。具体的には、以下に示す。

d) バス・ジブニーの車両の性能

バス・ジブニーのターミナルでの停車行動や、ターミナル周辺での強引な車線変更が周囲の交通流に大きな影響を与えていると考えられた。

そこで、本研究のシミュレーション内においてもバス・ジブニーの運転挙動を表現するように変更した。主な変更点として、車種別に加速度、最高速度を MMUTIS のデータをもとに設定した。

e) 運転者の性格

メトロマニラでの運転特性である頻繁に車線変更行動を起こすような荒い運転の車両挙動を表現するために、車両運転挙動プログラムの改良を行った。主な変更点として、頻繁に車線変更行動を起こすように変化させることとした。

f) Village システムの再現

メトロマニラでは Village System というものが採用されており、高級住宅地(Village)では住民以外の通行が制限されている。そのため、周囲の交通に影響を与える原因の 1 つとなっている。マニラ Village システムの特徴である 1) 通り抜け交通の排除、2) 車両速度を低下させる構造を表現するように設定変更することを試みた。

(3) 交通流の現況再現性の検証

図-3 は Paramics による朝ピーク時間帯 10 分間断面通過交通量の計算値と、観測交通量とを比較したものである。マカティ内主要幹線道路 6 地点の断面通過交通量の比較であるが、重相関係数は 0.9 であり、概ね良好に再現されていることがわかる。幾分過小推計になっている地点が見受けられるが、シミュレーションの再現精度としては、感度分析や日交通量の変動からも許容範囲であると考えられる。図-4 は、主要幹線道路 4 路線において、平均走行速度を観測地とシミュレーションによる計算値とで比較した結果である。図-4 はオフピーク時間帯のデータで行ったもので、観測値には MMUTIS の観測データを用いている。重相関係数は約 0.8 であり、比較的観測地データよりもシミュレーション値の平均速度が高い結果となっているが、許容範囲であると考え、概ね良好に再現されている。

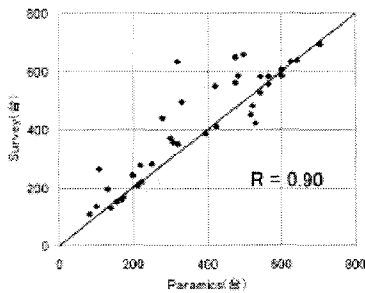


図-3 朝ピーク帯 10 分間通過交通量相関図

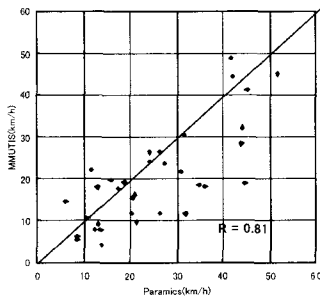


図-4 オフピーク帯リンク平均速度の相関図

3. 大気環境の観測と現況分析

本研究では、メトロマニラにおいて沿道 SPM 濃度の観測を行い、その拡散状況の把握、車種別の排出係数（自動車が単位距離走行したときに排出する汚染物質質量：g/km）の推定を行った。

（1）沿道での SPM 拡散状況と簡易拡散式の選定

現地での SPM 観測データから得られた濃度減衰曲線を大気汚染物質の簡易拡散モデルにより表現を試みた。道路から発生する汚染物質は線源と考えられ、また観測時の平均風速が 0.55(m/s)であったことも考慮して、最適な拡散モデルは無風時(<1.0m/s)に適する線源パフモデルが妥当である。実際に線源パフモデルから推定される沿道濃度分布は、観測された濃度分布とほぼ整合していた。

（2）排出量の推定方法

SPM 観測結果から 22 km/h 時の SPM 排出係数と詳細に排出係数のデータを示している東京都のデータを一部活用して、速度の連続式からパラメータ推定を行った³⁾。

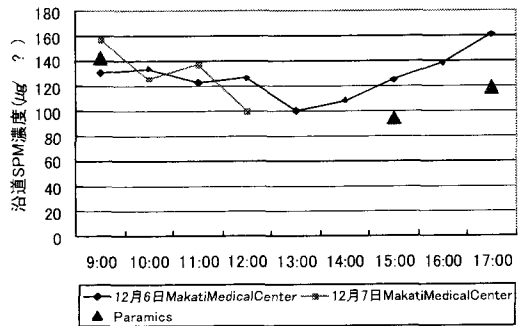


図-5 観測 SPM 濃度と Paramics 出力 SPM 濃度の比較

$$y = a_1 \cdot x + a_2 \cdot x^2 + a_3 \cdot x^3 + b \quad \dots \text{式 (1)}$$

y: 排出係数(g/sec), x: 速度(km/h), a, b: パラメータ

排出量出力プログラムは、Paramics から出力される車両一台ごとの位置と速度のデータを一秒間隔に出力し、そのデータをリンクごとに集計することによって SPM 排出量を算出するよう設定した。

（3）SPM 濃度の現況再現性

Paramics からの算出方法としては、出力した各リンク排出量から線源強度を求め、その値を拡散モデルに代入し沿道濃度を求める。なお、本研究では道路中央に排出源があると仮定し、道路端から 3 m 地点での沿道濃度を推計した。図-5 は Ayala Ave 前での SPM 濃度観測結果とシミュレーションによる SPM 濃度の計算値とを比較した結果を示している。交通量に時間変動があり、日中の交通量は低下するが、それだけではなく、日中は接地境界層が上昇し、それによっても SPM が上空に拡散する傾向があり、両者の理由で日中の濃度低下が見られると考えられる。一方、シミュレーションでは、上空への拡散現象は反映されていないが、交通量の変化に伴って、計算濃度が朝や夕方の方で高くなる傾向が再現されている。また、濃度の絶対値についても概ね再現されていることがわかる。以上の結果より、本研究で独自にデータ収集し、更新を行ったシミュレーションシステムによって、マカティ地区の交通流動と大気濃度とについて、現況の再現が概ね達成できたと考えられる。ただし、この地点でどこまで再現できているかについては、データも十分でないことから、これ以上の検証を現状では行えないが、今後、精度の検証とシステムの信頼性向上とが必要と考える。

4. 沿道の大気環境の改善評価

SPM 濃度の現況性を緻密化させるために、キャンオン、オープンスペースなどの土地利用状況を考慮した。さらに、環境の改善を目的とした交通政策導入による環境改善効果を定量的に算出した。そこで、歩行者や住民といった人間への影響の評価を試みた。

(1) 交通施策設定内容

本研究で設定した交通施策は MAKATI 内での交通流改善・排出量の低減を目的として行うものとする。表-2 の交通政策で、交通環境の評価を行った。

(2) 沿道レベルでの政策評価

図-6 は、沿道 SPM 濃度の高さを 5 段階の色に分けて表している。現況設定でのオフピーク時間帯の SPM 沿道濃度は、主要幹線道路のほとんどが、 $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を示しており、朝の時間帯では、ほとんどの路線でその値を示し、健康被害にまで影響すると考えられる値を算出した。交通施策導入による結果は、SPM フィルター設置効果では、バス・ジブニーのみ SPM 排出量を 80%カットすることによる削減効果は大きいと考えられる、特に削減効果があげられた場所は、バス・ジブニーの通行量が多い主要幹線路線である。これらの路線は歩行者も多いことから、SPM 削減効果は高いと考えられる。バス・ジブニー専用レーン設置効果は、ネットワーク全体で沿道濃度は減少し、専用レーンを設置していない場所でも効果があることがわかった。しかし、沿道濃度が上昇している箇所も存在しているため、住民への配慮などを考慮にいれて、設置効果を評価する必要があるといえる。車検制度導入効果は、排出係数を東京都の値にするため、ほとんどの地点で、 $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下を示した。この結果からも、メトロマニラでの各車両の排出係数が高いことが如実にわかんと考えられる。

5. 結論

本研究における成果として 1)メトロマニラを対象とした交通流、環境を評価するシミュレーションシステムを構築した、2)シミュレーションシステムを使用し、様々な交通政策の実施による交通環境影響評価を行った、3)土地利用、排出の拡散を考慮し、

表-2 交通施策設定内容

施策	シミュレーション内設定内容
SPMフィルター設置	バス/ジブニーの排出係数を80%カット
車検制度の確立	全車種の排出係数を東京都レベルに設定
公共交通専用レーン設置	幹線道路の外側1レーンを専用レーンに設定
外部流入規制	外部流入ODを20%カット

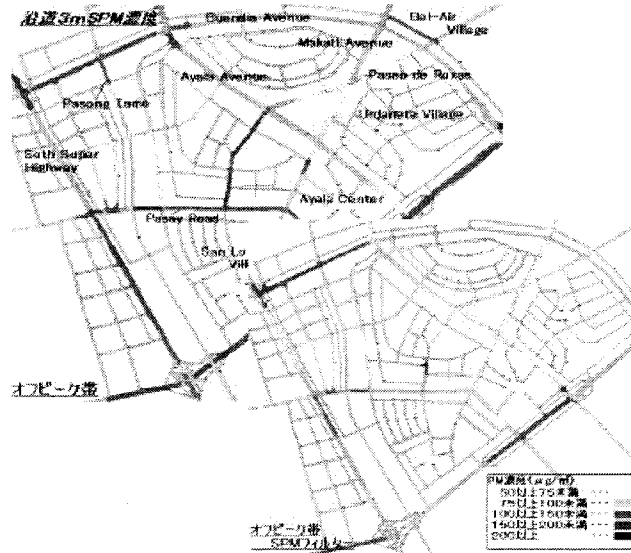


図-6 交通施策実施後沿道 SPM 濃度変化

沿道レベルでの環境改善を目的とした政策の評価を行った、があげられる。また、今後の課題として 1)加速度を考慮した車種別速度別排出係数の算出、2)沿道土地利用、気象条件を考慮したミクロスケール拡散モデルの開発、があげられる。

謝辞：本研究における現地調査を行うにあたり、NCTS(フィリピン大学国立交通研究センター)メンバーの方々に多くの協力をいただいた。なお、本研究の一部は JSPS(未来開拓学術研究推進事業研究プロジェクト「アジアの環境保全」)による助成を受けていることを付記し、ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 屋井, 岩倉, 高橋, 光畑: メトロマニラにおける交通環境影響のネットワークシミュレーション, 東京工業大学 土木工学科研究報告 2000
- 2) MMUTIS STUDY TEAM: 「INTERMEDIATE PROGRESS PAPER」, MMUTIS, JULY 1997
- 3) 平田, 白木, 岩倉, 屋井: メトロマニラにおける沿道大気環境の分析, 土木計画学研究論文 文集, No. 23, pp. 183-186, 2000