

微視的交通状況に基づいた自動車走行による環境負荷推計のための基礎的検討

名古屋大学 学生会員 丹羽 晴紀

名古屋大学大学院 正会員 加藤 博和
名古屋大学大学院 学生会員 鈴木 弘司

1. はじめに

自動車交通に伴う地球温暖化や局地環境汚染といった問題に対処するため、その基本データとして、原因となる環境負荷の発生量を推計することは重要である。

従来の推計においては、その総量に大きな影響を与える交通（走行）状況を考慮する方法として、（停止時間を含む）平均旅行速度を説明変数とする環境負荷原単位（台キロあたり発生量）をあらかじめ実験等で求めておき、それに走行距離（台キロ）を乗ずる方法が一般的であった。しかし、この方法では、例えばボトルネック改良や信号制御による交通流改善のような施策の感度を評価することができない。なぜなら原単位は、本来は車両のエンジン性能や走行モード（停止、加速、定速、減速）といった微視的な状況によって大きく変化するにもかかわらず、説明変数が平均旅行速度という巨視的なデータのみではこれを説明しきれないためである。特に渋滞発生時には、加減速・停止が頻繁に発生するため、原単位の値が増大する。

そこで本研究では、原単位に大きく影響すると考えられる車両の加減速挙動に着目した、走行モード別の環境負荷推計モデルの構築を目的とする。さらに、これによって求めた環境負荷発生量と、従来の平均旅行速度にならして求めた環境負荷発生量との比較を行う。そのうち本稿では、環境負荷推計モデル構築の考え方を述べる。

2. 微視的交通状況に基づいた環境負荷推計の考え方

車両の走行状況を反映した環境負荷推計モデルとして、国分ら¹⁾はシミュレーション結果から平均旅行速度やアイドリング時間を集計して NO_x 排出量推計モデルを提案している。また、小根山ら²⁾は加減速を考慮した環境負荷推計モデルを定式化し、実現象を簡略化した交差点周辺の走行パターンに適用して NO_x 排出量を算出している。課題として、前者は車両の加減速まで考慮されていないこと、後者は実際の排出量のデータによる検証がされていないことや、定速走行

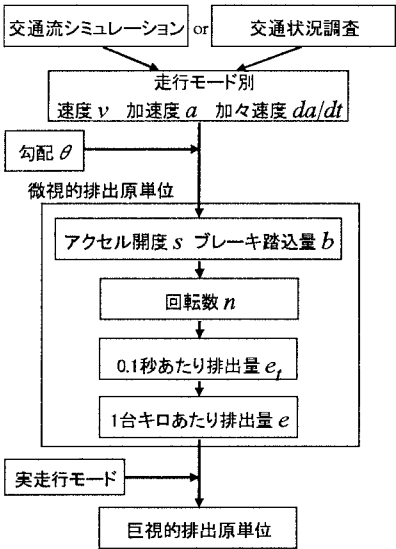


図1 微視的交通状況に基づいた環境負荷推計の枠組みと仮定した部分でも実際には存在する速度変動が考慮されていないことが挙げられる。

そこで本研究では、走行モード別に排出量に関する影響要因と環境負荷発生量を定式化するため、図1のような枠組みを考える。つまり、交通状況により時々刻々と変化する速度や加速度といった状態量から0.1秒刻みでの排出量を推計することが可能である微視的排出原単位を構築する。

3. 走行モード別微視的環境負荷推計モデルの構築

3.1 本研究で対象とする環境負荷物質

本研究で対象とする環境負荷物質はSPM(Suspended Particulate Matter:浮遊粒子状物質)・NO_x・CO₂とする。特にSPMは過去に走行モード別の排出量推計を行った事例がない。

3.2 走行実験の概要

走行実験は、国立環境研究所のシャシダイナモ測定装置を用いて行う。車両を実走行モード³⁾、10・15モードで走行させ、停止・加速・減速の走行モード別に0.1秒刻みでSPM排出量、NO_x排出量、CO₂排出量、加速度、速度、エンジン回転数、アクセル開度、ブレーキ踏込量、勾配などを測定する。ここで走行モードは、速度が0[m/sec]か否かで停止状態と走行状態に分

けた後、さらに走行状態はアクセル開度があるか否かで加速状態と減速状態に分けると定義する。

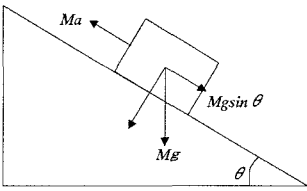


図2 運動方程式モデル

また勾配に関しては、図2のように運動方程式モデルを考え、加速度に組み込む。つまり、加速度 $a[\text{m/sec}^2]$ で勾配 $\theta[\text{rad}]$ の坂を上る場合、正味の加速度は $(a - g \sin \theta)$ になると考える。なお、このモデルでは、空気抵抗や摩擦は考慮していない。

3.3 各環境負荷物質の排出メカニズム

各環境負荷の発生量が走行状況とどのような関係にあるかを知るために、物質別の排出メカニズムについて述べる。

(1) SPM

PM(Particulate Matter：粒子状物質)のうち、大気中の粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の物質が SPM と呼ばれ、そのうち粒径 $2.5\sim 10\mu\text{m}$ の物質を粗大粒子、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下の物質を微小粒子と呼ぶ。粗大粒子は、自然起源である土ぼこり、花粉、火山灰、海からの塩粒のほか、人為起源である粉塵などであり、微小粒子は、主にディーゼル自動車から排出される DEP(Diesel Exhaust Particulate：ディーゼル排気微粒子)のほか、煤塵などである。DEP は SPM の 4 割を占め、パティキュレートと呼ばれるススや燃料・エンジンオイルの燃え滓のほか、SOF(Soluble Organic Fraction：可溶性有機成分)と呼ばれる HC が粒子化したものや、サルフェート(Sulfate：硫酸塩)と呼ばれる硫黄酸化物や、ベンゾピレン(Benzopyrene：発ガン性物質)が成分である。この DEP は、他の大気中の微粒子に比べて小さく肺や気管の奥まで入りやすく、ぜん息等呼吸器系の障害を引き起こすことや、肺ガン・皮膚ガンなどの発ガン性も持つことが近年報告された。本研究では、自動車のマフラーから直接排出される SPM、特に DEP を推計の対象とする。なお、タイヤの磨耗や巻上げによる SPM は考慮しない。

また、自動車から排出される SPM の主成分は未燃焼の燃料であるため、SPM 排出量を減らすことは燃料が効率良く燃え、燃焼温度を高めることとなり、 NO_x 排出量を増やすことにつながると考えられる。これを検証するため、SPM と NO_x を同時に測定し、両者に相関

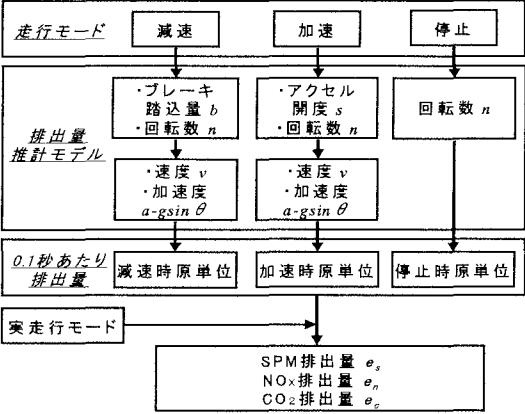


図3 走行モード別微視的環境負荷推計モデル

があるかどうかを検討する。さらに、SPM に関しては平均旅行速度による巨視的排出原単位も整備されていないため、この方法による原単位が整備可能であるかどうかを検討する。

(2) NO_x

NO_x 排出量はエンジン出力と時間の積である仕事量に比例すると考えられる²⁾。また、エンジン出力はアクセル開度とエンジン回転数により表され、さらにそれらは速度と加速度を影響要因とする。

(3) CO_2

CO_2 排出量は燃料消費量に比例する。燃料消費量はアクセル開度とエンジン回転数により表され、さらにそれらは速度や加速度を影響要因とする。

3.4 走行モード別微視的環境負荷推計モデル

3.3 を考慮し、環境負荷推計モデルを構築する。速度を $v[\text{m/sec}]$ 、勾配を考慮した加速度を $a - g \sin \theta [\text{m/sec}^2]$ 、エンジン回転数を $n[\text{rpm}]$ 、アクセル開度を $s[\%]$ 、ブレーキ踏込量を $b[\%]$ とすると、SPM 排出量 $e_s [\text{mg/m}^3]$ 、 NO_x 排出量 $e_n [\text{g/sec}]$ 、 CO_2 排出量 $e_c [\text{g/sec}]$ は図3のように表すことができる。

4. まとめ

本稿では、車両の加減速に着目し、走行モード別の環境負荷推計モデル構築のための考え方を述べた。今後、モデルを特定化し、走行モード別の環境負荷発生量と、従来の平均速度にならして求めた環境負荷発生量との比較を行う予定である。

<参考文献>

- 1) 国分恒彰・栄徳洋平：自動車の走行特性を反映した戦略的な NO_x 排出量モデルの研究、土木計画学・講演集 No.23(1), pp.243-246, 2000
- 2) 小根山裕之・桑原雅夫：排出量推計モデルに基づく信号交差点の排出量推計、第21回交通工学研究発表会論文報告集 pp.121-124, 2001
- 3) 小根山裕之・大西博文・山田俊哉・平井洋：自動車の走行特性を反映した排出係数の設定に用いる実走行モードについて、土木計画学・講演集 No.22(2), pp.571-574, 1999