

33. 交通管制技術を用いた自動車排ガス監視システムの開発

担当機関 警察庁 科学警察研究所 三井達郎

分野 大気 研究期間 平成13年度～平成14年度
研究予算総額 66,110千円

研究の背景と目的

信号制御、交通情報提供、交通規制等の交通流対策は、安全かつ円滑な交通流の実現に役立つことはもちろん、自動車から排出される大気汚染物質や地球温暖化効果ガスであるCO₂の削減施策としても有効である。沿道環境改善のための交通流対策を効果的に実施するためには、まず、対象地域における自動車排ガスを時間的・空間的に可能な限り正確に把握する必要がある。しかしながら、現在までのところ、数少ない大気汚染測定施設のみでしか自動車排ガスを測定することはできず、このため、具体的交通流対策の選定や対策効果の評価を的確に行うのが困難な状況である。一方、道路上には都道府県警察によって全国で約13万5千基の車両感知器が設置されており、全国170都市の交通管制センターでは、これら車両感知器から得られるリアルタイムの交通量、速度、混雑状況等のデータを基に、信号制御や交通情報提供等を行っている。車両感知器は、特に都市部において数多く設置されていることから、これら車両感知器のデータを用いて都市内街路網を走行する車の走行状態を推定することができる。自動車からの排ガス量は車の走行状態と深く関係していることを考慮すれば、車両感知器データと車の走行状態の関係を明確化することにより、車両感知器データから直接自動車排ガスを推計することが可能になる。

本研究では、千葉県柏地域の国道16号線、国道6号線、県道船橋我孫子線を対象に、車両感知器データを活用して排ガスを推計するシステムを開発することを目的とする。ここで開発するシステムは、環境負荷軽減のための交通流対策をより効果的に実施し、かつその効果を定量的に評価する手段として役立つことが期待される。

研究の成果

1. システム全体構成

最初に、システムの全体構成を明確化した。本システムでは、対象路線を道路区間（信号交差点に挟まれた区間）に分割し、道路区間ごとに排ガスを推定することとした。システムのベースである車両感知器は、現在最も数多く設置されている超音波式車両感知器とした。超音波式車両感知器（以下、車両感知器という）から得られる情報は、個々の車の通過時刻、車頭時間、感知時間（車が感知されている時間）である。排ガス推定の流れを図1に示す。まず、各道路区間に設置されている車両感知器のデータを基に、その道路区間における走行パターン（速度の変化パターン）を推定する。続いて、その走行パターンで走行した場合の1台当たりの排ガスを車種別に算出する。次に、車種別感知器から得られる車種別交通量データを用いて、当該道路区間で発生する総排出量を推計する。そして、対象路線を構成するすべての道路区間の排ガスを推計し、その結果を道路地図上に表示するというものである。交通管理においては、排ガスの推計値はできるだけ短い時間間隔で得られることが望ましいことから、本システムでは、排ガスの推計は10分間隔で行うこととした。よって、道路地図上には、10分間隔で道路区間別に排ガス量が表示されることになり、排ガス量の多い区間・時間帯を容易に特定することが可能になる。

以上の手順で排ガスを推計するためには、走行パターンから自動車排ガスを推計する方法、及び、車両感知器データから車の走行パターンを推定する方法を確立する必要があった。以下では、これらの点についての検討結果を示す。

2. 走行パターンから自動車排ガス量を推計する方法の確立

排ガス量をより正確に推計するために、従来のような平均速度を用いた推計法ではなく、車の加減速挙動を考慮した排ガス推計モデルの構築を試みた。最初に、シャシダイナモメータを用いて排ガス量を測定し、モデル構築のための基礎データとした。供試車両は、ガソリン乗用車1台、ディーゼルトラック3台（最大積載量 2t, 4t, 13.2t）の計4台とした。排ガス測定時の走行モード（速度の時間的変化パターン）は、日本自動車研究所が作成した JARI モードを用いた。測定によって、1秒ごとの速度、NO_x、CO、HC、CO₂、煤煙の排出量データを得た。PM（粒子状物質）については、粒子捕集フィルターを使用する関係で1秒ごとと排出量データは得られないため、モード別の排出量を測定した。

次に、測定された1秒ごとの排出量データを用いて、任意の速度変化パターンが与えられたときの排ガス量を推定するモデルを構築した。このモデルは、排ガス量とエンジンの運転状況の関係から導き出された既存モデルを応用したもので、走行パターンを5つの数値指標（速度和、速度の3乗の和、速度と加速度の積の和、加速度の和、走行時間）に分解し、これらの数値指標を用いて排ガス量を算出するものである。図2に、4t車を対象にNO_x排出量の推定値と実測値を比較した例を示す。同図より、本モデルによってNO_x排出量を精度良く推定できることがわかった。この方法によれば、NO_x、CO、HC、CO₂、煤煙の排出量を車種別に求めることが可能である。しかし、PMについては1秒ごとのデータがないため、上記モデルを直接的には適用できない。そこで、まず、走行モード別の総煤煙量と総PM量の関係を調べた。図3は、計24の測定データ（トラック3車種×モード数4×測定回数2回）について総煤煙量と総PM量をプロットしたものである。同図より、総煤煙量と総PM量の間には高い相関があることがわかった。この結果を踏まえ、本研究では、PM推計の方法として、まず、煤煙量を推計し、求められた煤煙量から図3の関係をを利用して間接的にPMを推定するという方法を採用した。

3. 車両感知器データから車の走行パターンを推定する方法の確立

システム構築の対象とする道路区間路線において、試験車（車速計、加速度計、GPS、データ記録装置を装備）を用いた走行調査を行った。走行調査は、各道路区間の走行パターンデータが30回分以上得られるように日時を変化させて実施した。次に、各走行パターンと同日同時刻の車両感知器データを科学警察研究所の交通管制情報収集システムから抽出した。交通管制情報収集システムでは、車両感知器の下を通過するすべての車の通過時刻、車頭時間、感知時間の情報が得られるが、本研究では、これらのデータから試験車通過時刻を含む10分間の交通量、平均車頭時間、車頭時間の標準偏差、時間占有率（感知時間の全車合計が10分間に占める割合）、平均速度、速度の標準偏差の6項目を求めた。

続いて、任意の車両感知器データが得られたときに、その感知器データに対応した走行パターンを推定する2つの方法を考案した。

方法1では、まず、走行調査によって得られた走行パターンと同日同時刻の車両感知器データとの対応関係をあらかじめテーブル化しておく。そして、この対応テーブルを基に、測定された車両感知器データに最も近い車両感知器データを対応テーブルの中から選び出し、選ばれた車両感知器データに対応する走行パターンを、測定された車両感知器データの走行パターンとするものである。

方法2は、車両感知器から得られる交通量、平均車頭時間、車頭時間の標準偏差、時間占有率、平均速度、速度の標準偏差の6つの要素に、道路区間長、車両感知器の設置位置を加えた計8変数を用いて、走行パターンを表す5つの数値指標を推定する統計モデル（重回帰モデル及びニューラルネットワークモデル）を作成する。そして、このモデルを用いて、車両感知器データから走行パターンの数値指標を求めるものである。

以上の2つの方法をプログラム化し、車両感知器データから車の走行パターンを自動的に推定する手法を確立した。

4. 自動車排ガス監視システムの構築

上記2、3の検討結果を基に、千葉県柏地域の国道16号線、国道6号線、県道船橋我孫子線を対象として、各道路区間で発生する排ガスを時々刻々と推計・表示するシステムを開発した。排ガス推計に必要な車種別交通量は、国道16号線と国道6号線については車種判別感知器の計測値を用いた。船橋我孫子線については車種判別車両感知器が未設置であったため、別途調査した車種別混入率データを用いて算出した。

本システムの主な機能は以下の通りである。

算出可能な排ガス等の種類：NO _x , CO, HC, PM, CO ₂	対象道路延長：約50km（上り下り別）
道路区間数：238（区間長平均=430m）	使用感知器数：181基
排ガス量の地図表示：色別の線分表示、数値表示	排ガス算出時間間隔：10分

本システムでは、道路区間別（上り下り別）時間帯別に各種の排ガスをデジタル地図上に表示するとともに、数値データを電子ファイルに出力する。したがって、本システムを用いれば、排ガスの多い道路区間、時間帯を正確に把握することが可能になる。

図4～図6に、平成15年3月19日の車両感知器データを用いて排ガスを推計した結果の一部を示す。この推計には、車両感知器データから走行パターンを求める方法として、3.の方法1を採用した。図4は、道路区間別のNO_x排出量を推計し、地図上に示した例である。左図は5:40-5:50のNO_x排出量、右図は22:20-22:30のNO_x排出量で単位はg/(10分・km)である。本システムでは、システムに入力された車両感知器データに基づいて、このような画面を時間の経過とともに連続的に表示する機能を有している。

図5は、国道16号外回りの野田市から白井市までの64道路区間について、各道路区間で排出されるNO_x排出量（g/km/10分）が時間的にどのように推移していくかを示した図である。図4、図5を詳細に検討することにより、排ガスの多い地点と時間帯を特定することができる。図6は、国道16号外回りの野田市と白井市間の全長約30kmの路線で発生するNO_x, PM, CO₂排出量の時間的推移を示した図である。同図には、NO_xがピークとなる時間帯は5:00-6:00と11:00-12:00であること等が示されている。また、図7は、平成15年3月19日に国道16号線の野田市～白井市間で発生したNO_x排出量推計値（外回りと内回りの合計）と、同日に同一路線の沿道3箇所で開催したNO_x濃度観測値の平均値を比較したものである。NO_x排出量とNO_x濃度では単位が異なるので直接的な比較はできないものの、両者の時間変動パターンは類似していることが示されている。

上記の例からわかるように、本システムで算出される排ガス量推計値から、排ガス量低減させるための交通流対策を立案、実施するのに役立つ様々な情報を得ることができる。

研究のまとめ

本研究では、車両感知器データから排ガスを推計するための基礎技術として、車両感知器のデータから車の速度変化パターンを推定する方法、及び速度変化パターンから自動車排ガスを推計する方法を確立した。続いて、これらの技術を千葉県柏地域の国道16号線、国道6号線、県道船橋我孫子線の全長約50kmの路線に適用し、排ガスを道路区間（信号交差点で挟まれた区間）ごとに推計・表示するシステムを構築した。本システムを用いれば、時々刻々と変化する排ガスの推計値を道路区間別に自動的に算出することができる。したがって、排ガスの多い道路区間、時間帯を正確かつ容易に把握することが可能になり、具体的交通流対策の選定や対策効果の評価をより的確に行えるようになる。

本研究の成果である自動車排ガス監視システムを構築するための基礎技術は全国の交通管制センターに適用可能である。これらの技術を実際の交通管制センターに導入することによって、信号制御、交通情報提供、交通規制等の交通流対策による排ガス低減効果をより高めることが期待できる。今後は、排ガス推計精度の改善方法や、本システムを活用した交通流対策実施手法などについて引き続き研究を進め、実用化への支援となるような研究成果を生み出すよう努力したいと考えている。

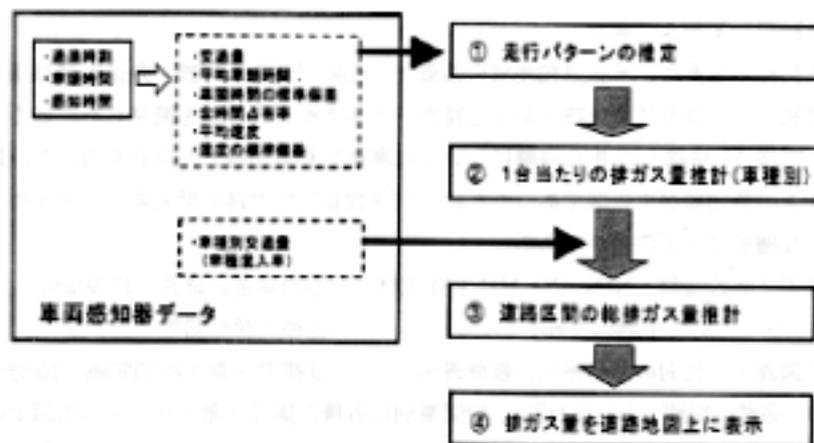


図1 システムの全体構成

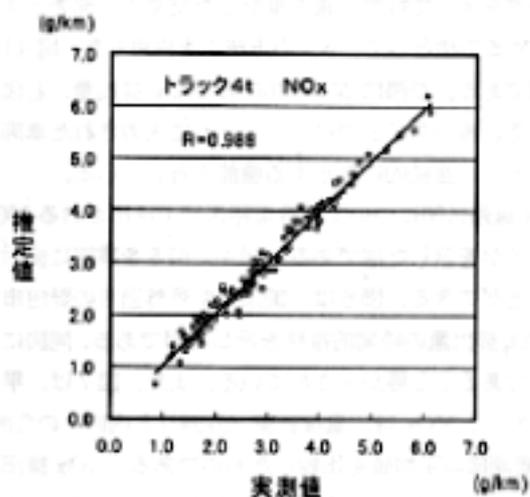


図2 NOx 排出量の実測値と推定値の比較

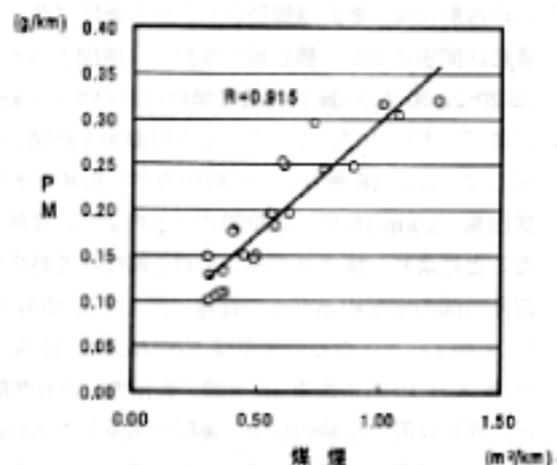


図3 煤煙とPMの関係

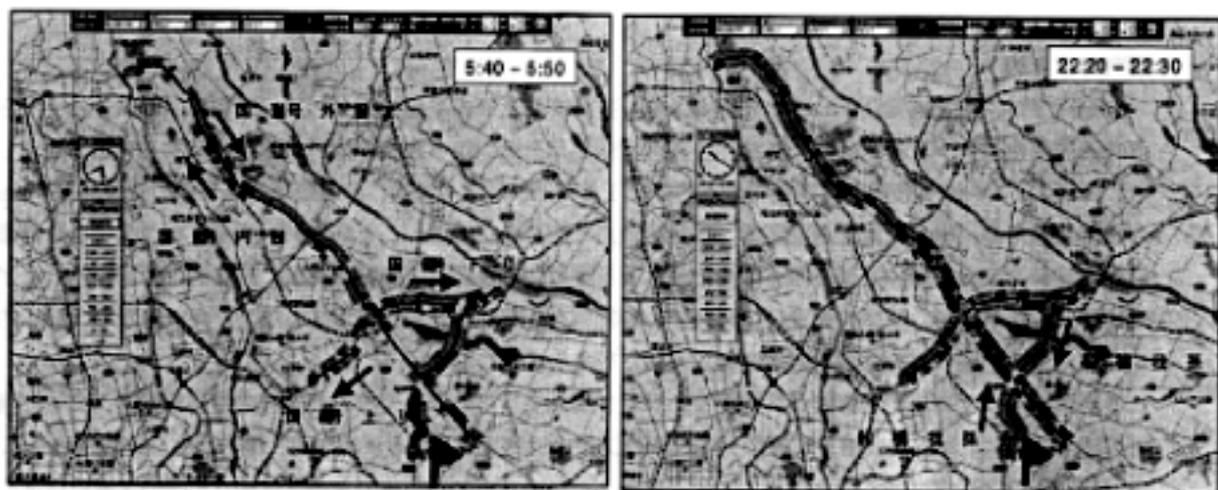


図4 道路区間別NOx 排出量 (平成15年3月19日)

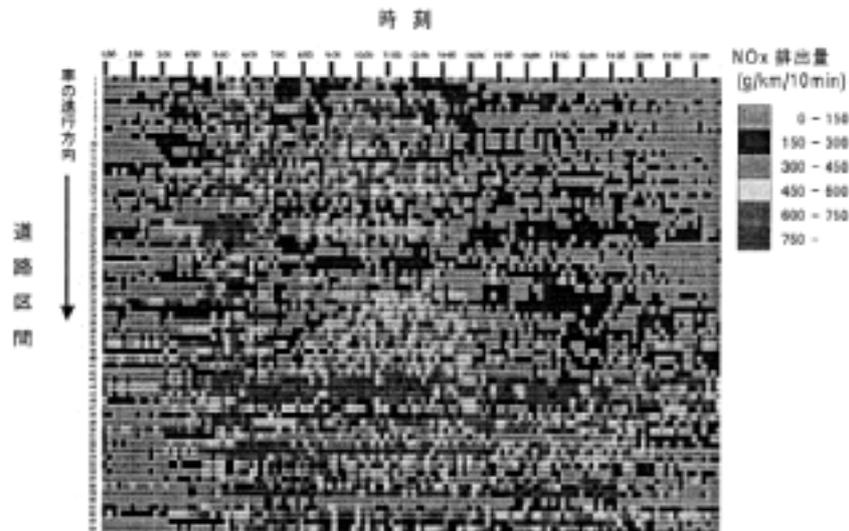


図5 道路区間別・時間帯別 NOx 排出量 (国道 16号外回り 野田市→白井市の64区間)

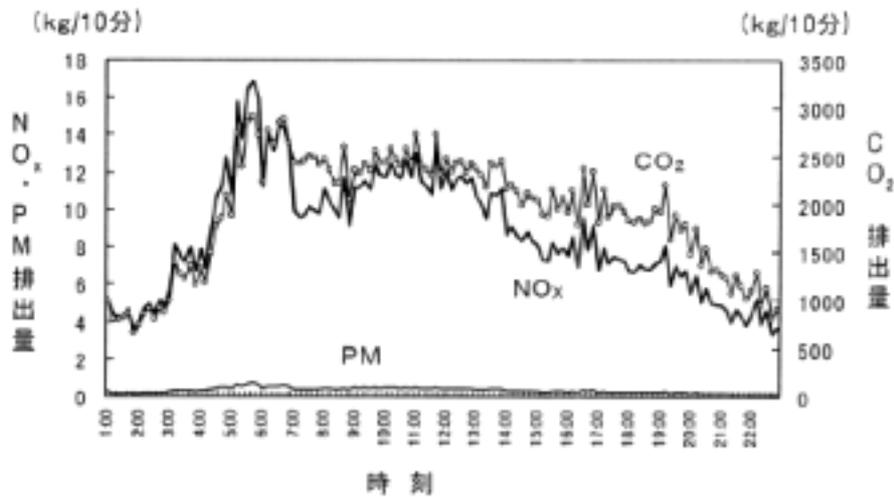


図6 時間帯別排出ガス量 (国道 16号外回り 野田市→白井市の約30km 区間)

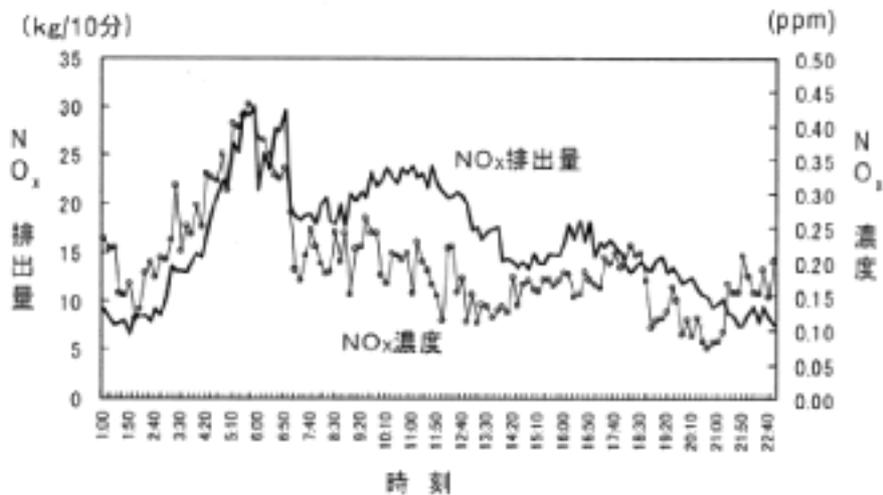


図7 NOx 排出量と NOx 濃度の比較 (国道 16号 野田市～白井市)

研究発表

発表題名	掲載法 / 学会等	発表年月	発表者
(誌上発表) ・自動車の排出ガス量と走行状態の関係について	月刊交通、34巻2号	15.3	三井
(口頭発表) ・車載型計測装置による自動車排出ガスの実態分析	土木計画学研究発表会	15.11	森、萩田、三井
・車両感知器データを利用した幹線道路における自動車排出ガス量の推計	土木計画学研究発表会	15.11	三井、森、萩田