

自動車利用形態別排出量推計手法の検討（その1）

横田久司 鹿島 茂* 國領和夫** 田原茂樹
 (*中央大学 **株現代企画社)

要 旨

都市で活動を営んでいる様々な主体による自動車の利用形態を考慮した、排出ガス量推計手法について検討を始めた。利用形態毎の排出量を推計することにより、自動車の利用者による排出責任を明らかにし、具体的な改善につながる施策を提案することが、本研究の目標である。

自動車の出発地から目的地までの行動単位をトリップとして捉え、その繋がりをトリップチェーン、トリップの最小単位としてショートトリップ（一旦発進して走行した後に停止するまでの区間）と定義し、これらの指標を用いて利用形態毎の自動車走行の特徴を明らかにすることを試みた。

これまで、都内籍の貨物自動車について解析を行い、以下の知見を得た。

- ① トリップチェーンは、トリップ長は短いトリップ数は多いものと、トリップ長が長くトリップ数は少ないトリップチェーンに分類できる。
- ② 最終トリップの目的が帰社である完全パターン比率は92%であり、ほぼすべての車両が1日完結性をもって走行している。
- ③ サイクル数1、ストップ数1のピストン型配送が全体の50%を占め、サイクル数1が全体の91%と大半を占める。

また、実走行調査のデータ解析から以下の結果を得た。

- ④ ショートトリップについては、加速時間という走行特性値により、燃料消費量やNOx排出量が表現できる可能性がある。

キーワード：トリップチェーン、トリップ、ショートトリップ、自動車排出ガス、走行動態

1 はじめに

自動車は、その利用目的に応じて、様々な業種において様々な車種が使用されている。その結果として、走行する道路が選択され、走り方も千差万別である。この全体的な交通実態について、どの目的の、どの業種の、どの車種が全体の走行量に対してのどの程度の割合があるかということについては、実は、ほとんど把握されていない。

一般に、地域からの汚染物質の総排出量を求める場合、対象となる発生源の稼働時間や燃料使用量といった「活動量」に、個別発生源からの単位活動量あたりの排出量としての「排出係数」を乗じて求める方法が

用いられている。自動車の場合でも、従来から、道路を走行している自動車の車種、速度、台数を計測し、あるいは航空写真等から推測した結果に基づき、活動量としての「走行量」を[台・km/年]という単位で求めている。また、排出係数は、都市の道路を走行した場合の代表的な走行状態に基づき試験走行パターンが作成され、車種別にシャシーダイナモメータによる測定結果から排出係数が平均車速の関数として、[g/km]という単位で求められている。自動車排出ガスの地域からの排出総量は、走行量に車種別の排出係数を乗じて推計¹⁾されている。

この場合、現象としての走行量を基にしているため、

冒頭に述べた業種別、目的別といった自動車の利用形態に応じた推計にはなっていない。このため、排出量の業種別、利用目的別といった寄与率の推計は精度的に低いのが現状である。

現在、自動車環境管理計画などに代表される、事業者自らが、使用している自動車からの排出量を推計し、それに基づいて排出量管理、削減を図る試み²⁾が実施されているが、使用できる排出係数が上記の方法に基づくものであるため、精度の高いものになっていない。このため、自動車の利用者による排出責任を明らかにし、汚染者負担の原則を追求することや、利用形態毎の排出量を推計し、その実態解析により走行ルートの変更や低公害車の集中導入といった具体的に改善につながる施策が実施できていない。

本研究は、都市で活動を営んでいる様々な主体が自動車をどのように利用しているのか（利用形態）を考慮して排出ガスを推計するための手法を作成することを目的としている。すなわち、排出量推計モデルを作成し、自動車の利用者による排出責任を明らかにし、利用形態毎の排出量を推計することなどにより、具体的に改善につながる施策を提案することが、本研究の最終目標である。

今年度は、研究方法についての検討と、自動車の利用形態、業種、車種別の走行実態について、東京都などの既存資料、自動車OD調査に基づいて解析を行った。また、排出量推計モデルを構築するための事前調査として、車載型の計測機器による走行調査も行った。これらの結果について報告する。

2 研究方法

(1) 利用形態の分析

自動車の運行は、ある出発地から目的地に到着するまでが一つの走行の単位として考えられる。本研究ではこの自動車の行動単位をトリップとして捉え、自動車の行動を解析することにより、利用形態毎の自動車走行の特徴を明らかにする。

ここで、トリップチェーン、トリップ、ショートトリップという3つの概念を導入し、自動車の走行を統一的、整合的に表す。すなわち、1日の移動は複数のトリップチェーンから構成され、トリップチェーンはトリップから、トリップはショートトリップから構成されていると考える。トリップ等については、次のように定義する。

① トリップチェーン

事業所又は家庭という「ホームベース」からいくつかの目的地に至る一定の走行ルートを走行した後、再びホームベースに戻るまでのトリップの繋がり

② トリップ

拠点から走行を開始し、目的地に到着するまでの走行

③ ショートトリップ

一度発進して走行した後には停止するまでの区間

さらに、トリップチェーンについて、ホームベースが起終点となる、閉じたトリップチェーンの一つ一つを「サイクル」、ホームベース以外の目的地を「ストップ」と呼ぶことにする。トリップおよびトリップチェーンの概念を図1に示した。ここで、トリップ数=ス

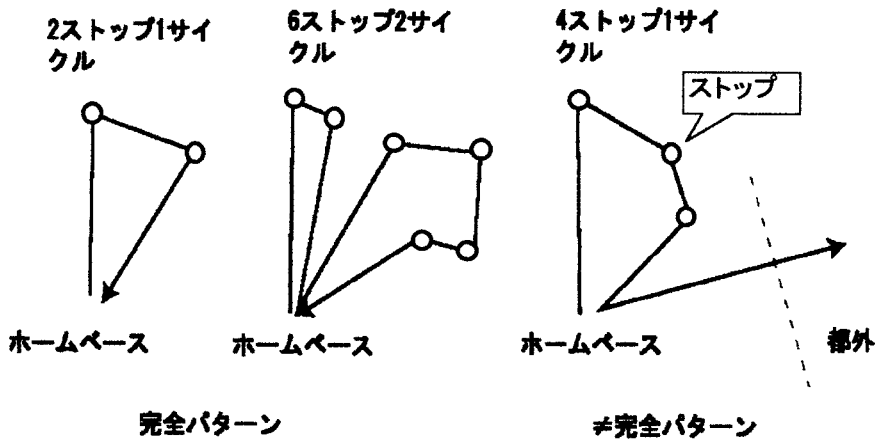


図1 トリップチェーンの概念

トップ数+サイクル数であり、完全パターンとは、1日の第1トリップの出発地と最終トリップの到着地が同じトリップチェーンのパターンの場合を示す。

(2) 排出ガス量推計モデルの作成

排出量については、1トリップ単位について過去の研究結果から、加速時の排出量でほとんどが決まってくることを確認されている。また、このトリップの連鎖であるトリップチェーンには、自動車の利用目的が反映した結果の走行となっていると考えられる。したがって、トリップチェーンに基づいて排出量を推計すれば、これは自動車の利用形態を反映した排出量推計モデルが作成されることになる。

このことにより、貨物車が1日の移動として描くトリップチェーンが事務所の属性や貨物車の属性によってどの様に違うのか、トリップチェーンがトリップの属性でどの様に表せるのか、そしてトリップがショートトリップの属性でどの様に表せるのかを明らかにする。

(3) 排出量推計モデルの実証

本研究では、車載型の走行動態計測装置（デジタルタコメータ）による計測データから、各種汚染物質の排出量を間接的に推定する手法の確立を目指している。この方法が十分な精度をもつことを実証するため、車載型NOx計を搭載した車両による実走行調査を行い、排出量推計モデルとの比較を行う。このモデルができれば、走行量抑制施策に客観的な基準を提供することができ、有効に役立つことが期待される。

3 調査

(1) 使用した既存データ

ア 運行記録計を用いた走行量削減手法の検討に関する基礎調査委託報告書^{3, 4)}

東京都が平成6, 7年度に実施した営業用、自家用の貨物自動車に関する運行調査データを用いて、都内物流トリップの特性について解析した。

イ 平成6年度自動車OD調査基本マスター（関東地建マスター）⁵⁾（以下、「OD調査」という。）

車籍地が東京都である貨物車のODデータを利用し、1日の移動とトリップチェーンの関係、トリップチェーンとトリップの関係について解析した。

ウ 大型トラック用DPFシステムの適用性に関する

共同調査^{6, 7)}

東京都では平成8, 9年度に、DPFシステムを装着した大型貨物車（GVW14.8トン）を用いて、約35,000kmの走行調査を行った。このデータを用いて、トリップと燃料消費量の関係について解析した。

(2) 車載型機器による予備走行調査

物流事業に使用されている大型貨物車（GVW11.8トン）に車載型機器を搭載し、通常の業務に使用した状態で走行調査を行った。装着機器は、車載型NOx計8)、GPS装置等である。機器の詳細は別報に詳述する。

* GPS：Global Positioning Systemの略で、人工衛星を用いて位置を知る仕組み

4 結果及び考察

(1) 利用形態の分析

ア 都内運行調査の解析

3(1)アの調査は、事業者の所有する自家用及び営業用貨物自動車の走行実態を調査・解析し、それらの運行方法及び運行経路等の運行実態を把握することを目的として行ったものである。この調査では5日間の運行を追跡し、毎日の走行ルートやトリップ数、走行距離などを把握している。

平成6年度調査の結果から、事業者毎のトリップ長、トリップ距離及び走行ルートの特徴を表1に示した。1日の業務内容により走行ルートが特定されていることが分かる。この解析から、配送は以下の3パターンに大別できる。

① 特定多数への配送（メーカー、問屋型）

② 定常ルート配送（定時到着が要求されているため、基本ルートが決まっている：スーパー、コンビニ、飲食店）

③ 不特定多数への配送（エリア固定、宅配便）

この結果を模式的に示したのが、図2である。宅配便等については、トリップ数が多く、トリップ長が短い。また、工業製品輸送型ではトリップ数が少なく、トリップ長が長いという特徴で表される。

イ OD調査の解析

ここでは、自動車の利用の仕方と所有形態（自営）、積載品目などとの関係、利用の仕方とトリップ特性、すなわちトリップ回数、トリップ長などとの関連につ

表1 都内物流トリップの特性

事業者	積載品目 または業種	調査 車両	積載量 kg	トリップ数					走行距離(km)					走行ルートの特徴
				1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目	1 日 目	2 日 目	3 日 目	4 日 目	5 日 目	
1	日用品・雑貨	A	2,000	12	12	17	16	12	107	76	88	91	80	積載品目(荷)が同じときは配送先が同じなので、だいたい同じルートを走行(走行ルートは2パターン)
		B	2,000	8	14	12	11	8	132	109	74	92	66	ユーザーに応じて3パターン
2	食料品	A	2,000	24	18	20	17	20	68	67	64	68	58	2~3箇所まで積み込んで、おおむね同一の配送先をまわる1パターン
		A	2,000	11	5	10	7	10	130	187	43	83	55	都外2日、都外3日で走行パターンもそれぞれ異なる
3	新聞・書籍	B	3,500	12	11	11	10	-	118	160	113	143	-	積み込み先と配送先が同じ数で5箇所程度、走行パターンは3パターン
		A	2,000	5	5	3	6	5	189	103	325	97	184	特定の出荷先の荷物を特定の配送先へ配送するパターンで、方面別に4方向
5	住宅・工事	A	4,000	2	8	-	5	7	45	44	-	99	66	初日は積み込みのみ。その他の日も荷下りし先は近接しているため、工事現場との往復パターン
6	特別積合貨物	A	2,000	58	-	-	-	-	42	-	-	-	-	両国と錦糸町間の東西500m、南北3kmのエリア

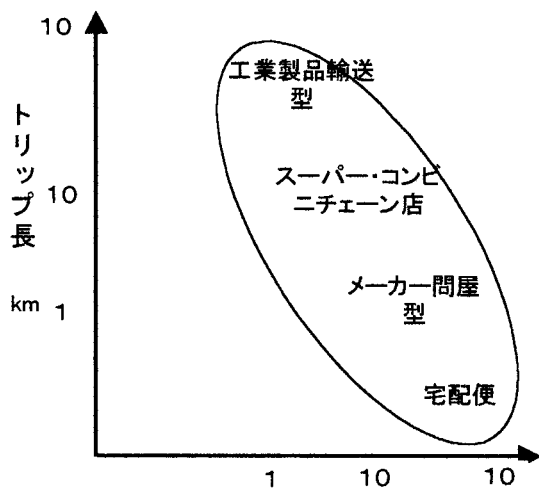


図2 都内貨物自動車の配送パターン

いて明らかにすることを目的としている。また、都内を走行している自動車のなかで、どのような業種(荷主)、品目を積んだものが環境負荷として大きいのかを明らかにすることも検討する。

自動車OD調査は、登録されている車両に対する抽

出率は0.5% (運休車を入れても1%程度)であり、普通貨物車の場合、利用できるのは約2,000台程度である。また、平日、休日それぞれ1日間だけの調査であり、同一の車両が、毎日どのような運行をしているのかは把握できない。特に、貨物(量)の変動は旅客に比べ、極めて大きいため、物流トリップを1時点の調査結果だけから結論づけるのは危険である。

ここでは、まず、1日当たりの走行距離、トリップ数の頻度を図3に示した。その結果、

① 自家用車の日走行距離の最多出現頻度は20km程度(平均は約60km)であり、営業用車はその5倍の約100km(平均120km)であった。図には示していないが、自家用車のトリップ長は10km前後が最多であり、営業用車は20kmと75km超のふた山型であった。

② 自家用車は2トリップ(恐らくピストン型パターン)が半数以上であり、営業用車は多トリップの頻度も多くスゾが長い分布を示した。

ついで、OD調査票に目的地の記載がある都内籍の

自家用普通貨物車について、一つのODトリップの起点、終点を連結し、トリップチェーンとして合成し、解析を行った。その特徴は以下の通りである(図4参照)。

① 完全パターン比率

最終トリップの目的が帰社、帰宅である完全パターン比率を求めると92%で、ほぼすべての車両が

1日完結性をもって走行している。

1ストップ1サイクルのいわゆるピストン型がサンプル台数の半数を占める。

② トリップチェーンの特徴

サイクル数1、ストップ数1、すなわちピストン型が全体の50%であり、サイクル数1が全体の91%と大半を占める。ストップ数は4ストップ以内が大半であった。

早朝出発のトリップのトリップ長は長い傾向にあるが、日中は一定の分布を示した。

以上のことから、貨物車については、業種、所有形態(自営別)などを指標とした類型化、比較的単純なサイクル、トリップチェーンで表現することが可能と考えられる。

(2) トリップと走行変数の関係

ア ショートトリップ単位における分析

分析に使用した3(1)ウのデータは連続データ(測定周期0.2秒)で燃料消費量が得られている。ショートトリップ単位で燃料消費量と走行特性の関係を分析した。走行パターンが異なる一般道路と高速道路の道路種別に分けて分析を行った^{9, 10)}。

ショートトリップ単位では各走行モードの中で加速モード区間が最も燃料を消費するであろうという仮説を立て、ショートトリップ燃料消費量とショートトリップ加速時間の関係を見た。一般道路部分を図5、高速道路部分を図6に示す。図5、6からわかるようにショートトリップ燃料消費量とショートトリップ加速時間について高い相関関係が見られた。なお、ここではショートトリップ中の加速時間を合計した数値で整理している。

以上より、ショートトリップ単

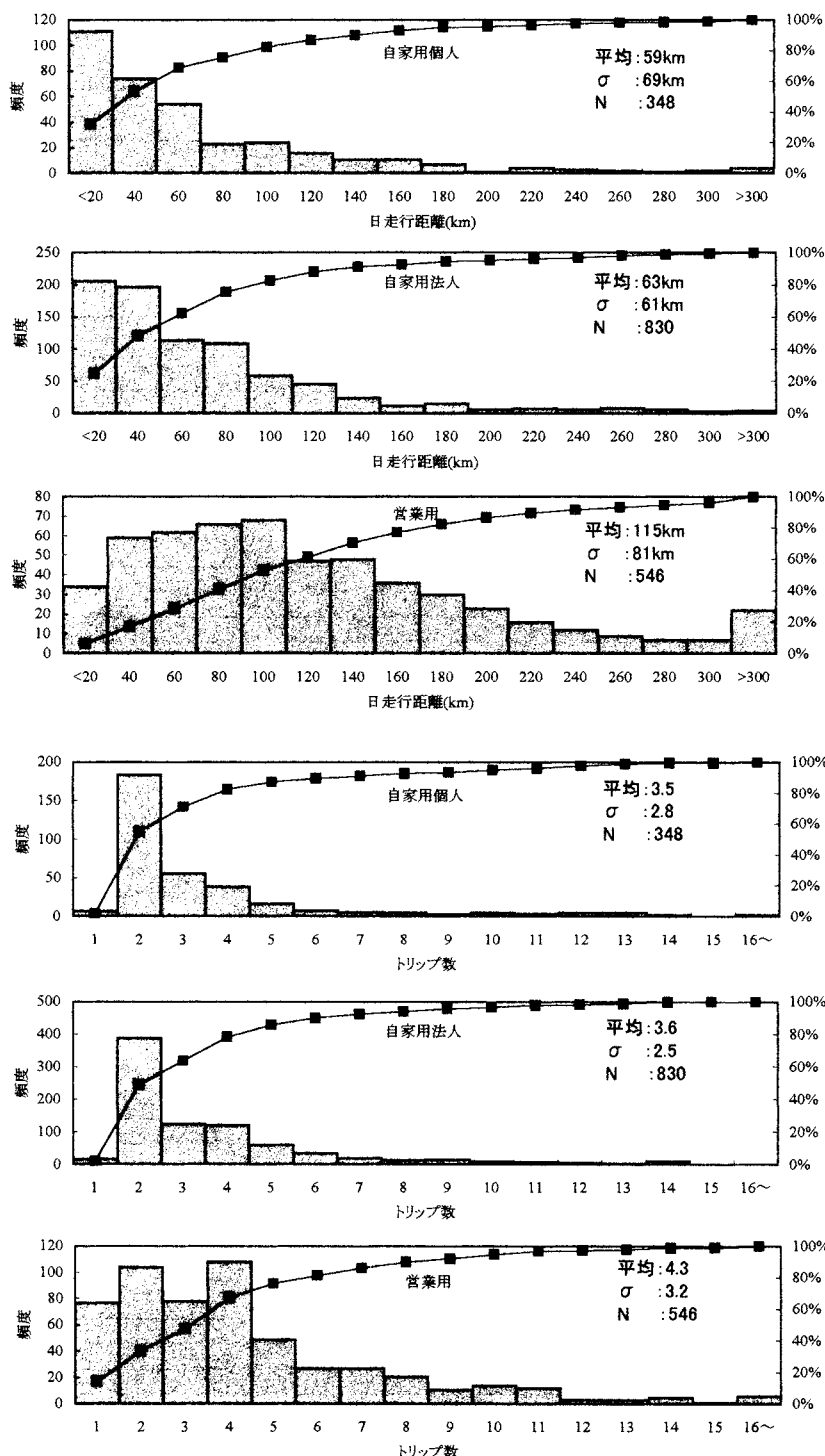


図3 都内の貨物自動車の日走行距離及びトリップ数の頻度分布

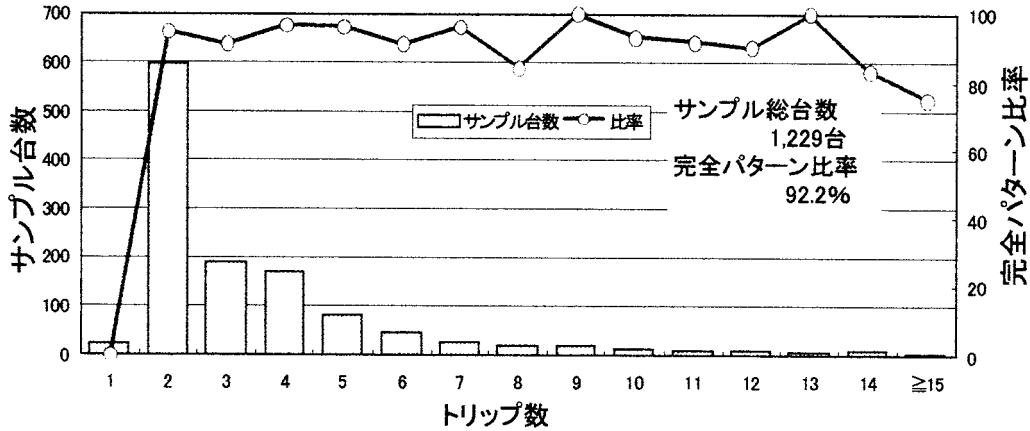


図4 トリップチェーンのトリップ数と完全パターン比率

位では、加速時間が燃料消費量に影響を与える重要な因子であることが明らかになった。また、NO_x排出量については、川崎における車載型機器を搭載した車両による走行調査の結果から、ショートトリップ単位での燃料消費量との相関が高いことが確認されている¹⁰⁾。

イ トリップとショートトリップの関係

上記の解析により、ショートトリップ単位では、走行変数と燃料消費量、NO_x排出量の関係を表現できることが確認された。また、トリップ単位の解析については、既にNO_x排出量、燃料消費量の関係があることが確認されている^{11, 12)}。

今後は、トリップチェーンがトリップの属性でどの様に表せるのか、そしてトリップがショートトリップの属性でどの様に表せるのかを明らかにする方向で検討を行う。基本となるショートトリップを単位に、モデル化はショートトリップの特性値(平均速度、所要時間、最高速度など)から走行状態を説明し、これに

車両仕様を考慮したものを検討する。次に、このショートトリップを複数組み合わせたトリップパターンごとの排出量モデルや業種ごとの運行形態を考慮したトリップチェーンにおける排出量のモデル化を検討する予定である。

(3) 車載型機器による走行調査解析例

予備調査として行った物流事業に使用されている大型ディーゼル貨物車(車両総重量11.8トン)による走行調査の事例を図7に示す。車載型NO_x計、GPSによる位置情報などのデータから、車両位置とNO_x排出状況が明確に示されている。

今後は、これらの実走行調査のデータを排出量推計モデルの実証に使用する予定である。

5 まとめ

これまでの分析から得られている主な知見は、以下の通りである。

- ① トリップチェーンは、トリップ長は短いがトリッ

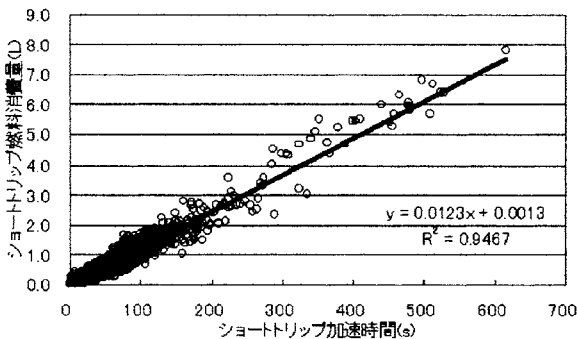


図5 ショートトリップ単位での加速時間と燃料消費量の関係(一般道路)

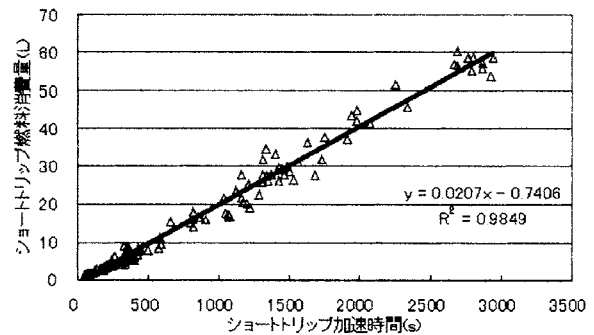


図6 ショートトリップ単位での加速時間と燃料消費量の関係(高速道路)

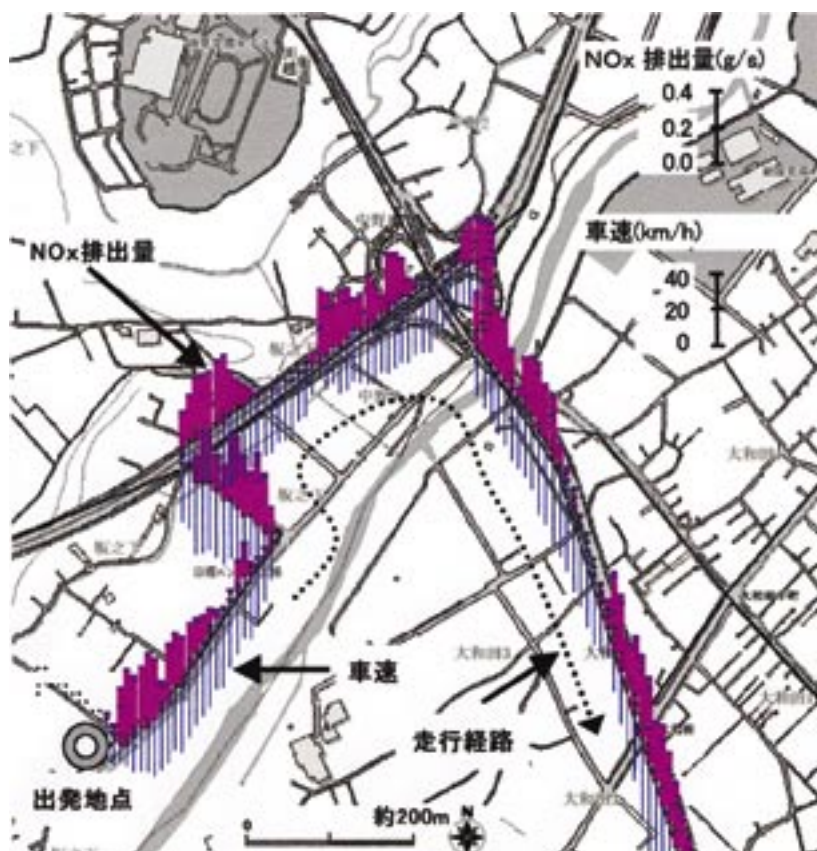


図7 車載型機器による走行調査解析例

注) 車両総重量11.8トンのディーゼル貨物車が走行時の1秒ごとの車速(青色)とNOx排出量(赤色)を示した。

プ数は多いものと、トリップ長が長くトリップ数は少ないトリップチェーンに分類できる。

- ② 最終トリップの目的が帰社、帰宅である完全パターン比率を求めると92%で、ほぼすべての車両が1日完結性をもって走行している。
- ③ サイクル数1、ストップ数1、すなわちピストン型が全体の50%であり、サイクル数1が全体の91%と大半を占める。
- ④ ショートトリップについては、加速時間という走行特性値により、燃料消費量が表現できる可能性があるということが確認できた。

今後は、今回の調査結果に基づき、市街地のトリップを基本とする走行パターンを設定する。これをシャシダイナモ上で再現して排出ガス計測を行い、車載型NOxセンサーで得たデータとの相互比較、精度検証を行う。そして、走行動態計測装置による計測データから、各種汚染物質の排出量を間接的に推定する手法を検討し、この手法が十分な精度をもつことを実証

する予定である。

この成果に基づき、自動車の利用者による排出責任を明らかにし、利用形態毎の排出量を推計することなどにより、具体的な施策の提案に繋がっていききたい。

謝 辞

本研究は、環境省平成13年度環境技術開発等推進費(実用化研究課題)「車載型機器による実走行時自動車排ガス計測・管理システムの実証」において実施したものである。また、データの収集・確認等の走行実態調査にかかる一連の作業については、(株)現代企画社にご協力いただいている。ここに記して謝意を表します。

引用文献

- 1) 東京都環境保全局：都内自動車走行量及び自動車排出ガス量算出調査、平成8年3月(1996)
- 2) 排出量管理、削減を図る試み：川崎市
- 3) 日本交通技術株式会社(東京都環境保全局委託)：運行記録計を用いた走行量削減手法の検討に関する基礎調査委託報告書、平成7年3月(1995)
- 4) 日本交通技術株式会社(東京都環境保全局委託)：運行記録計を用いた走行量削減手法の検討に関する調査委託報告書、平成8年3月(1996)
- 5) 関東地方道路協議会交通調査部会事務局：平成6年度自動車OD調査基本マスター(関東地建マスター)
- 6) 東京都環境保全局：大型トラック用DPFシステムの適用性に関する共同調査報告書(1998)
- 7) 日産ディーゼル東京販売株式会社：DPFシステム装着トラック走行試験報告書、平成8、9年度(1996、1997)
- 8) 木原信隆、塚本時弘：車載型分析システムによるNOx排出量のリアルタイム計測、(社)自動車技術会、2000年秋季大会前刷り集、pp.13-16(2000)

- 9) 田川敬介、城田亮介、谷下雅義、鹿島茂：燃費計設置による自動車交通の環境改善効果分析、土木学会第56回年次学術講演会講演概要集IV-337 (2001)
- 10) 田川敬介、小坂浩之、城田亮介、谷下雅義、鹿島茂：燃料消費量推計のためのトリップ特性とショートトリップ特性の分析、土木学会第24回土木計画学研究発表会講演集232 (2001)
- 11) 横田久司、中村 健、福岡三郎、舟島正直：車載計測システムによるディーゼルトラックからのNO_x排出特性の把握（幹線道路走行時）、大気汚染学会誌、24、4、pp.276-286 (1989)
- 12) 横田久司、小谷野信司、浅海靖男、福岡三郎：DPFの大型ディーゼルトラックへの適用実験(1) -DPFの耐久性の検討-、大気環境学会誌、34、4、pp.299-309 (1999)
- 13) 横田久司、小谷野信司、浅海靖男、福岡三郎：DPFの大型ディーゼルトラックへの適用実験(2) -排出ガスへの影響-、大気環境学会誌、34、4、pp.310-320 (1999)

Research on the estimation method for automobile exhaust gas emission reflecting characteristics of trip activity. (Part1)

Hisashi Yokota, Shigeru Kashima*

Kazuo Kokuryo**, Shigeki Tahara

*Chuo University **Gendai Kikakusya Co, LTD

Summary

The research on the estimation method for automobile exhaust gas emission reflecting characteristics of trip activity was started. It is a target of this research to clarify the user's responsibility for exhaust from the automobiles. The unit of the action of the automobiles from the starting point to the destination was defined as one trip. Consecutive trip was defined as trip-chain, and short-trip (one running section) was defined as trip minimum. clarification of the characteristics of the automobile running were tried by using these indices.

The cargo-trucks registrated in Tokyo had been analyzed up to now, and the following findings were obtained.

- ① Trip-chain could be classified into the following two types: The first is a type that the length of trip is short, and the number of trip is a lot of. The second is a type that the length of trip is long, and the number of trip is a few.
- ② The complete pattern ratio among the trip-chain which the purpose of final trip is returning to the company was 92%.
- ③ The delivery of the piston type accounts for 50% of the whole trip chain.

Moreover, the following result was obtained from the analysis of the running survey,

- ④ Fuel consumption and NO_x emission could be explained according to acceleration time in each short-trips.

Key Words: trip-chain, trip, short-trip, emission, activity