

地域の旅行速度が乗用車からのCO₂排出量に与える中期的影響に関する研究

A Study on the Medium-Term Effects of Regional Travel Speed on CO₂ Emissions of Passenger Cars

松橋啓介*・米澤健一*

Keisuke Matsuhashi*, Ken-ichi Yonezawa*

This paper examines whether higher regional travel speed lead to lower regional CO₂ emissions of passenger cars. Some action plans toward low carbon transport contain new road construction plans, because it was often said that the improvement of regional travel speed contribute to reduction of CO₂ emission factor enough to reduce regional CO₂ emissions in spite of the growth of traffic volume in the short term. This study estimates regional CO₂ emissions considering travel speed with master data of origin destination survey of national road census in 1999 and 2005. It shows that lower regional travel speed reflects shorter trips and smaller passenger car usages in higher density areas and tends to make CO₂ emissions smaller in the medium term.

Keywords: travel speed, CO₂ emissions, passenger car, Low Carbon Society

旅行速度, CO₂排出量, 乗用車, 低炭素社会

1. はじめに

2007年にIPCC(気候変動に関する政府間パネル)第四次報告書が発表されて以降、「2050年に温室効果ガス(GHG: Green House Gases)排出量を半減する」ことがG8サミットの議題になるなど、低炭素社会が注目を集めている。都市計画分野においても、オフィスや住宅の低炭素化あるいは交通の低炭素化、地域の自然エネルギーの活用等の面を中心に、対策が議論されている。

具体的な地域を対象とした対策の議論では、2008年4月に内閣官房地域活性化統合本部が「環境モデル都市」の公募を行い、82件の応募から選定された13都市ではアクションプランを策定し、取り組みを実施することとなっている。また、2008年6月に地球温暖化対策の推進に関する法律の一部が改正され、都道府県並びに指定都市、中核市及び特例市については、温室効果ガス排出量を抑制するための実行計画を策定し、都市計画等の関連施策の策定・実施に当たっては実行計画と連携して排出抑制等が図られるよう配慮すること等が求められることとなった。

こうした中、低炭素社会に向けた対策効果の定量的な把握がますます重要になっている。交通の低炭素化に向けた対策としては、燃料の低炭素化、モーダルシフト、トリップ長の短縮、トリップ頻度の削減、輸送効率の向上、単体燃費の向上とともに、道路交通の円滑化によるCO₂排出原単位の改善が挙げられる場合がある。たとえば、バイパス道路整備の効果を数カ月後に評価して、旅行速度上昇による排出原単位の改善効果が交通量の増加を上回り、周辺道路を含めた地域全体としてCO₂排出量の削減になるとする事例が報告されている¹⁾。その一方で、バイパス道路等整備による旅行速度上昇が、自動車分担率の増加やトリップ長の増加につながり、中長期的にはCO₂の削減とはならない

場合もあることが指摘されている²⁾が、その検証は今後の課題となっている。

こうした背景を踏まえて、本研究では、道路交通センサス(全国道路・街路交通情勢調査)の自動車起終点調査³⁾のデータを用いて、旅行速度を考慮した乗用車からのCO₂排出量を地域別に推計し、地域相互及び2時点間の比較を通じて、旅行速度と自動車利用頻度やトリップ長、CO₂排出量との関係を明らかにすることを目的とする。なお、貨物輸送に関しては、都市における対策だけでなく、産業構造や国土利用に関する対策が中心となるため、本研究では乗用車を対象とした検討を行う。

これまで、地域別のCO₂排出量の経年比較を行った研究としては、全国パーソントリップ調査に基づき⁴⁾あるいは東京都市圏パーソントリップ調査に基づき⁵⁾各々4時点の乗用車CO₂排出量を比較した研究が見られるが、旅行速度の変化とCO₂排出量の関係性を評価した研究は見あたらない。また、発生/分布/分担/経路に係る誘発交通を考慮できる交通需要予測モデルを東京都市圏における道路整備の便益評価に適用した例⁶⁾では、固定需要モデルの場合には、新規道路の交通量が過小に、旅行速度が過大に推計される傾向のあることを定量的に示しているが、地域別に実態を検証したものではない。

なお、わが国の運輸部門のCO₂排出量は、物品税の廃止やガソリン価格の低下、安全性能の向上等の影響を受け、乗用車の大型化や保有台数と総走行距離の増加等によって90年代前半に大幅に伸び、2006年度時点の間接排出量で1990年比16.7%増加の254百万tと、業務その他部門(39.5%増加)、家庭部門(30.0%増加)ほどではないものの増加率が高くなっている。2006年度の乗用車からの排出量は127百万tであり、運輸部門の約半分を占めている。

* 正会員 国立環境研究所 交通・都市環境研究室 (National Institute for Environmental Studies)

表-1 車種別速度別 CO₂ 排出原単位回帰式の係数表

		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
乗用車	環境省	1.7833E+02	-1.8928E+00	1.6625E-02	1.8778E+03
	国総研	1.6685E+02	-2.3201E+00	2.0070E-02	1.8643E+03
普通貨物車	環境省	5.1465E+02	-1.3050E-01	2.7704E-03	4.4164E+03
	国総研	1.5927E+03	-2.7312E+01	2.0875E-01	5.0285E+01

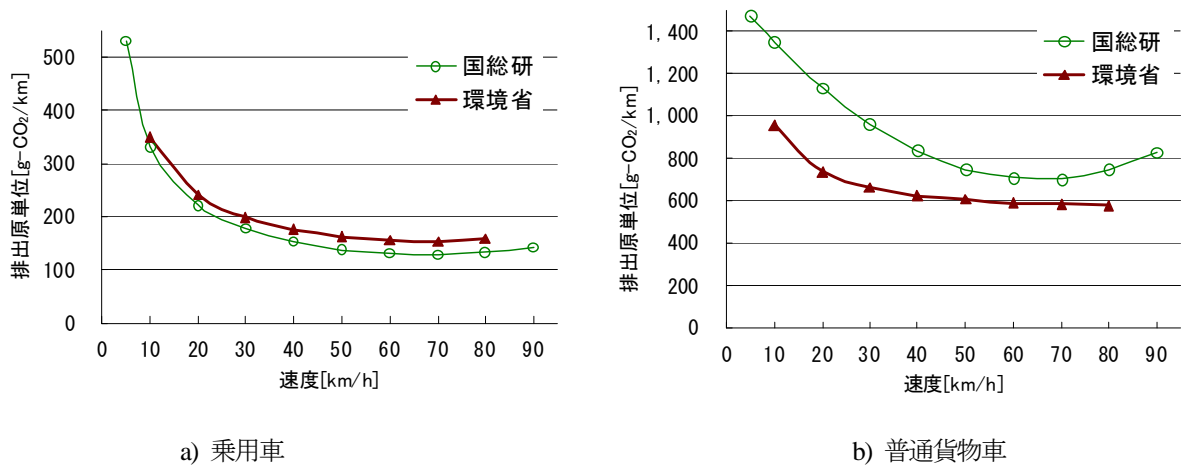


図-1 乗用車と普通貨物車の速度別 CO₂ 排出原単位

2. 旅行速度を考慮した地域別の CO₂ 排出量推計手法

(1) 推計手法の概要

CO₂ 排出量は、距離あたりの CO₂ 排出原単位に走行距離を乗じて求めることができる。旅行速度を反映させる場合は、本来はトリップ単位に、走行距離を所要時間で除して旅行速度を求め、速度を反映させた排出原単位を求めた上で、走行距離を乗じる必要がある。トリップ単位で求めた走行距離、所要時間、排出量を任意の地域で集計した後、地域平均の旅行速度や距離あたりの排出量を求めることができる。

(2) 排出原単位

車種別速度別の排出原単位は、速度を用いた回帰式(1)あるいは速度域別の原単位として示される。

$$EF = a + b \cdot v + c \cdot v^2 + d/v$$

$$EF: \text{排出原単位}[\text{g-CO}_2/\text{km}] \quad \dots(1)$$

v: 速度[km/h]

a, b, c, d: 係数

しばしば利用される国土交通省国土技術政策総合研究所(以下、国総研)による原単位⁸⁾は、実験施設内での43台の車両の走行試験データに基づいて、乗用車、バス、小型貨物車、普通貨物車の4車種について集計・作成されている。環境省による原単位⁹⁾は、110台の車両の走行試験データを収集し、軽乗用車、軽貨物車、貨客車(ただし、原単位は小型貨物車と同じ)、特種車を加えた8車種について集計・作成されている。なお、ここで用いられる「速度」は、元になる走行試験の走行モードあるいは走行パターン

の再現方法に従うと、キーをオンにしてからオフにするまでの1回の移動について、移動した距離をそれにかかった時間で除した旅行速度であり、速度計に示される時々刻々の速度ではない。

そのうち、乗用車と普通貨物車の排出原単位について、係数を表-1に、グラフを図-1に示す。国総研原単位は平成12年度、環境省原単位は平成17年度の数値である。速度の範囲は報告書等に示されたものに合わせた。乗用車の排出原単位は環境省がわずかに大きく、普通貨物車の排出原単位は国総研が大きい。

平成19年度の国土交通白書¹⁰⁾の例示にしたがって、旅行速度が20km/hから60km/hへ上昇する場合に各々の排出原単位に与える影響を試算した。乗用車の場合、国総研原単位では41%、環境省原単位では35%の改善となり、両者の間に6ポイントの差が生じる。普通貨物車の場合、国総研原単位では38%、環境省原単位では20%の改善となり、18ポイントの差が生じる。想定しやすい30km/hから40km/hへ旅行速度が上昇する場合でも、改善率にそれぞれ4ポイント(乗用車の場合、国総研27%、環境省23%)、15ポイント(普通貨物車の場合、国総研27%、環境省12%)の差が生じる。ここに挙げたいずれのケースでも、国総研原単位を用いる方が、旅行速度上昇によるCO₂削減効果が大きい結果が得られた。

このように、採用する排出原単位の回帰式の特徴によって、旅行速度上昇によるCO₂削減効果の評価結果に差が生じることに留意する必要がある。特に、普通貨物車が交通

量に占める比率が高い対象を評価する際には、採用する排出原単位の回帰式による差が相当に大きくなる場合があるため、実態にあう回帰式を選定することが重要である。なお、2003年11月25日付の国土交通省事務連絡では、20km/h未満には東京の排出原単位を補正した値を用いるものとし、5km/hで2,110g-CO₂/kmと高い値を示している。

乗用車に絞った分析を行う次章以降では、乗用車の試験車両が32台と多いことから、環境省原単位を採用することとした。なお、念のため、双方の排出原単位を用いた分析を行い、結果に大きな差は生じないことを確認した。比較的広域かつ長期間の分析においては旅行速度変化の範囲が狭いこと、乗用車の排出原単位の傾きの差が小さいことがその理由と考えられる。

(3) 推計上の留意点

道路交通センサスの対象年次は、自動車起終点調査の個票データを利用できた平成11年度と平成17年度とした。所要時間は、到着時刻と出発時刻の差を取った。走行距離は、走行前後のメーターの差ではなく、区間距離をそのまま採用した。アンケート調査に基づいていることから、回答用紙に記入された文字の読みとり・入力ミスと思われる異常値が散見された。そのため、トリップ単位に求めた旅行速度が4km/h未満あるいは100km/h超のサンプルを除外した。なお、長距離トリップの途中で休憩を挟んだ場合等、所要時間が実際の運行時間よりも大きいトリップが含まれる可能性がある。

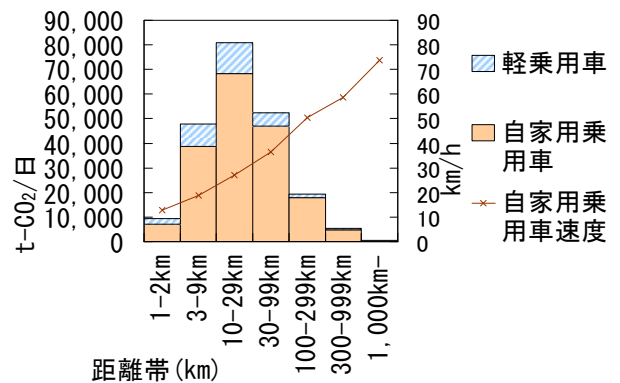
トリップ単位で排出原単位を確定し、排出量を求めた。排出原単位の係数は、平成11年度の車種別旅行速度別排出原単位の係数が得られなかったため、また旅行速度上昇による影響のみをより簡明に示すために、いずれの年次においても平成17年度の値を用いた。さらに、軽乗用車のサンプル数が少ないことから、軽乗用車についても自家用乗用車の排出原単位を用いた。したがって、結果の解釈では、2時点間の燃費改善の傾向を反映できていないこと、旅行速度別の燃費改善率に大きな偏りがないと想定していること、軽乗用車への転換による燃費向上の効果を反映できていないことに留意する必要がある。

平日と休日の所要時間および走行距離、排出量の集計値に対して、各年度の平日と休日の日数を乗じて足しあわせることで、年間平均値を求めた。

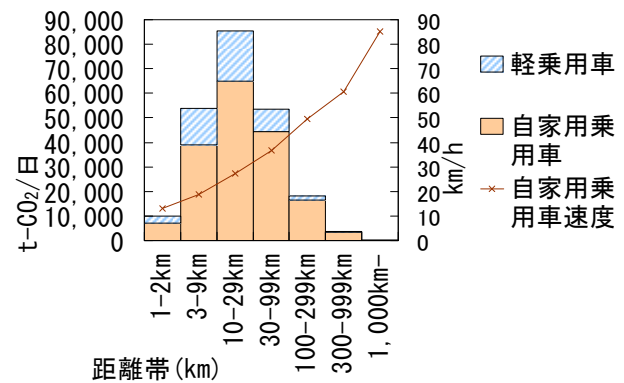
3. 旅行速度とCO₂排出量の関係

(1) 全国の傾向

平成11年度から平成17年度にかけて、乗用車（以降、断りのない限り軽乗用車を含む）の旅行速度は1.6%低下で27km/hである。旅行速度低下の影響による排出原単位の増加は0.4%となった。運行車両一台あたりのトリップ数は3.2%増加し2.9回、トリップ長は5.0%減少して10.8km、一台あたりの一日の移動距離は2.0%減少で約31kmである。運行車両一台あたりの一日の移動時間（所要時間）は0.4%減少したのみで約68分間と比較的安定している。なお、人



a) 平成11年度



b) 平成17年度

図-2 距離帯別乗用車CO₂排出量と旅行速度

口は0.8%増加し、保有車両数は12.6%増加した。その一方で、運行率は1.6%減少した。結果として、排出量推計結果は、保有車両数の増加の影響が大きく、8.1%の増加となった。なお実際には、この間に燃費向上の効果があり、日本の温室効果ガスインベントリ¹¹⁾によると乗用車からの排出量は約0.8%減少した。

(2) トリップ長と旅行速度

トリップ長が短いトリップは旅行速度が低い傾向が伺われたため、トリップ距離帯別の旅行速度と排出量の推計を行った。距離の短いトリップは、都市間の幹線道路や高速道路等を利用する区間が短く、車庫入れや施設アクセス路や細街路あるいは都市内の信号区間を走行する割合が相対的に大きいことが旅行速度の低さに影響していると考えられる。距離帯は対数に近似させて、3km, 10km, 30km, 100km, 300km, 1000kmで分類した。

トリップ数が多い距離帯は数kmであるが、CO₂排出量で見ると、図-2に示す通り十数kmの長さのトリップの寄与が大きい。また、軽乗用車の方が、比較的短距離の寄与が大きい。都市内あるいは隣接都市間の移動による寄与が大きいと考えられる。また、旅行速度は距離帯が伸びるほど大きくなっていることが分かる。詳細に見ると、移動距離十数kmのトリップの平均的な旅行速度が約30km/hに相当し、約6kmの長さのトリップは、細街路平均旅行速度

としてしばしば採用される 20km/h に相当している。排出原単位をみると、全距離帯平均に比較して、1~2km 帯で 44%大きく、3~9km 帯で 17%大きい排出原単位となる。

2 時点間を比較すると、1998 年に軽乗用車の規格が改訂された影響を受け、軽乗用車の寄与が全体的に増加した。一方、自家用車からの排出量は 3~9km 帯を除いて減少した。全体として、100km 以上のトリップからの排出量が減少し、短距離化が進んだ。旅行速度については、1,000km 以上帯で上昇しているが、寄与は小さく、全体的にはほぼ同一の値を取っている。このことから、全体としてみると、旅行速度はトリップ長との関連が強いことが示唆された。

(3) 都道府県別の傾向

都道府県別の旅行速度と CO₂ 排出量の傾向を図-3 に示す。旅行速度の高い都道府県ほど一人あたり乗用車 CO₂ 排出量が多い傾向が緩やかにあり (決定係数 0.305)、平成 17 年度にはその傾向がやや強まった (決定係数 0.466) ことが分かる。平成 17 年度の排出原単位の最大値は神奈川県で 226g-CO₂/km で旅行速度 22.0km/h である。最小値は岩手県の 191g-CO₂/km で旅行速度 32.5km/h である。

近似曲線より上に比較的大きく離れている群馬県、沖縄県、山梨県は、旅行速度の割には乗用車からの排出量が多く、交通の利便性が相対的に低いと考えられる。たとえば群馬県は、乗用車保有率が全国平均の 1.49 倍で最も高く、代替交通手段が少ないことが推察される。沖縄県、山梨県は、短距離多頻度の移動が多く、地形的な制約も影響していることが推察される。反対に、近似直線より下に比較的大きく離れている東京都、大阪府、兵庫県、京都府は、旅行速度の割には乗用車からの排出量が少ない。道路と代替交通手段を合わせた全体として交通の利便性が相対的に高く、低速での乗用車移動を回避する選択肢を有する地域であると考えられる。

本推計において一人あたり CO₂ 排出量が 2 時点間で減少となったのは、東京都、大阪府、神奈川県、愛知県、兵庫県の 5 都府県のみであった。兵庫県が北海道と千葉県を超えてランクインしたことを除けば、人口規模が大きい都府県から順に減少幅が大きい結果となった。旅行速度は 0.7~1.7km/h 程とほぼ全国平均未満だがいずれもやや低下した。東京都を除く 4 府県では、人口あたり保有台数は 3.6~9.9%増加したものの、運行率は 2~4 ポイント低下し、運行車両一台あたりの走行距離が 6.5~18.6%減少 (移動時間は 3.2~18.3%減少) したため、結果として一人あたり排出量は 0.6~7.7%減少した。東京都は人口あたり保有台数が唯一 2.3%減少し、運行率が 10 ポイントも低下したため、運行車両一台あたりの走行距離は 6.0%増加 (移動時間は 14.4%増加) したものの、一人あたり排出量は 7.9%減少した。

さて、旅行速度は、道路の交通容量と自動車走行量から決まると考えられている。言い換えると、走行量が増加すれば旅行速度が低下し、走行量が減少すれば旅行速度が上昇するとされている。しかし、上記 5 都府県を主たる使用

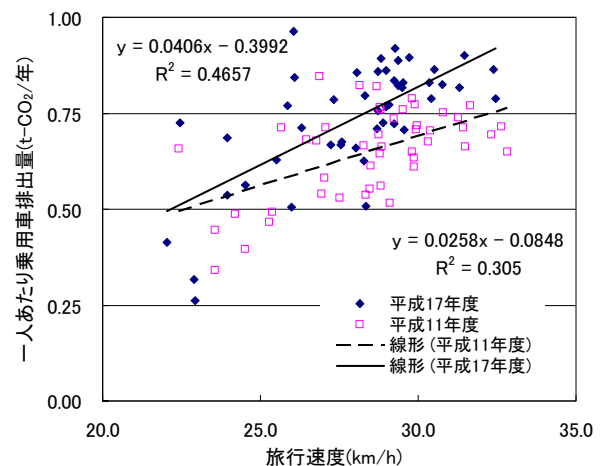
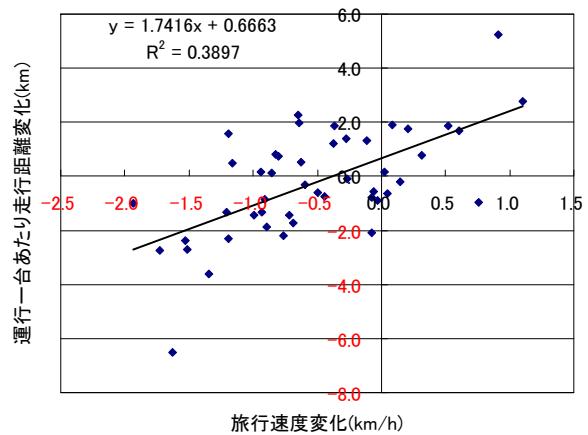
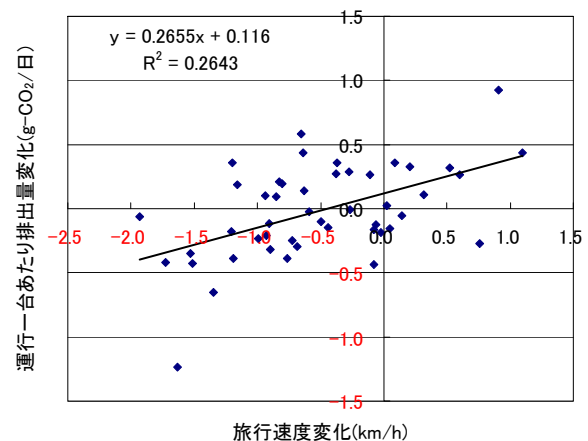


図-3 都道府県別乗用車旅行速度と CO₂ 排出量



a) 旅行速度変化と距離変化



b) 旅行速度変化と排出量変化

図-4 旅行速度の変化と運行車両一台あたりの走行距離および排出量の変化

地とする乗用車の交通量は減少したが、その旅行速度は上昇していない。また、旅行速度の低下による排出量の増加への寄与は極めて小さく、東京都では運行率の低下、他 4

府県では運行車両一台あたりの走行距離の減少を原因とする走行量の減少による排出量減少の効果が大きかった。他地域からの流入交通量が増大した可能性もあるが、5 都府県の平均トリップ長が全国平均を超えて短くなったことが、旅行速度の低下に主に寄与したと考えられる。

手段転換の影響を排除して乗用車利用者への影響を見るため、旅行速度の変化量と運行車両一台あたり走行距離および運行車両一台あたり排出量の変化量との関係を図-4 に示した。旅行速度が低下した都道府県では、運行車両一台あたりの走行距離が減少する傾向がやや見られ（決定係数 0.390）、運行車両一台あたりの排出量が減少する傾向がわずかに見られる（決定係数 0.264）。この後者の説明力が低下するのは、旅行速度の低下によって排出原単位が増加したことの影響と考えられる。旅行速度が上昇した 11 道県のうち、運行車両一台あたり排出量が減少したのは 3 県であり、旅行速度が低下した 36 都道府県のうち、運行車両一台あたり排出量が増加したのは 13 都道府県であった。あえてこれらの都道府県のみを評価対象とすれば、旅行速度の改善（あるいは悪化）が運行車両一台あたり排出量の減少（あるいは増加）に影響したとの結論が導かれる可能性があるが、いずれも少数側の例であり、旅行速度上昇によって運行車両一台あたり排出量が減少することを実証する結果とはいえない。

(4) 市区郡別の傾向

市区町村別の旅行速度と CO₂ 排出量の傾向を図-5 に示す。町村部はサンプル数が少ないため郡の単位に集計した。旅行速度の高い市区郡ほど一人あたり乗用車 CO₂ 排出量が多い傾向が緩やかにある（決定係数 0.422）ことが分かる。

どういった地域において速度が低いのか、地図上で確認した。図-6, 7 に関東の例を示す通り、人口が集中している地域の面積が占める割合が高い市部およびその隣接部において、旅行速度が 20~25km/h と比較的小さい傾向であった。また、これらの地域は、一人あたりの乗用車排出量が少ない地域でもある¹²⁾。

なお、人口が集中する地域で旅行速度が低下するのは、交通量に比較して交通インフラの整備が十分でなく、渋滞しやすいからと考えられる。しかし、他にも、施設の集積によりトリップ長が短くなることや、街路整備により信号交差点の数が増えることも影響すると考えられる。人口が集中している地域に隣接する部分は、人口増加個所を中心に、旅行速度が低下する傾向が見られた。都心方面への移動の割合が多いため、人口密度の割に旅行速度が小さくなっていると考えられる。

メッシュ人口が 10,000 人を超える高密度地域においても、旅行速度は 20~25km/h の範囲にほぼ収まっており、格段に遅いという訳ではない。その理由として、道路網が整備されているだけでなく、鉄道網が整備されていること、駐車料金等の面で乗用車利用の費用が高いこと、さらに施設の集積が高いためトリップ長が極めて短くなり、歩いていけるようになること等が影響していると考えられる。これ

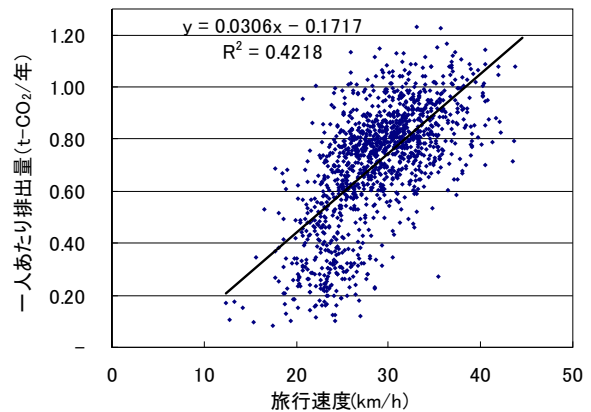


図-5 市区郡別乗用車旅行速度と CO₂ 排出量

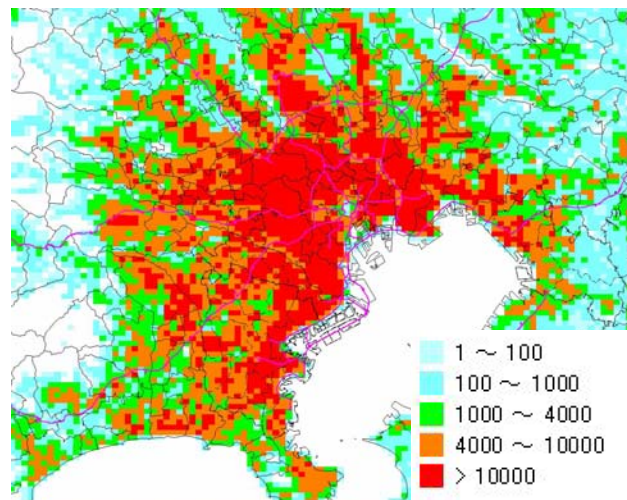


図-6 平成 17 年度三次メッシュ人口

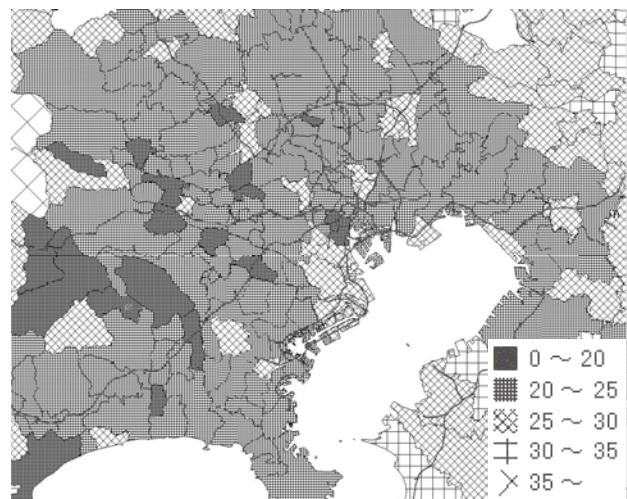


図-7 平成 17 年度市区町村別旅行速度(km/h)

らの高密度地域は、一人あたり乗用車排出量が 0.40 t-CO₂/年を下回り、図-5 では、近似直線から下に離れて分布している。

地方都市圏では、人口が集中している地域があっても、

旅行速度が25~30km/hに達する市部が多く見られる。地方中核市のみを対象に分析すると、人口集中地区(DID)内に居住する人口の比率が高いほど、旅行速度が低く(決定係数0.339)、一人あたり排出量が少ない(決定係数0.350)傾向がやや見られる。一人あたり排出量が小さいのは、政令市では広島市南区、北九州市小倉北区、仙台市太白区、中核市では松山市、長崎市、高知市であった。いずれも、路面電車等の都市内公共交通機関が整備されている。一人あたり排出量が大きいのは、政令市ではいずれも北九州市の小倉南区、若松区、八幡西区、中核市では大分市、宇都宮市、金沢市であった。北九州市では、小倉北区のみで乗用車保有率が低く、代替交通手段の利便性が高いと推察される。

4. 考察

旅行速度が高い場合に排出原単位が低くなる回帰式を用いて、全国の都道府県および市区町村の2時点間の旅行速度変化と排出量変化の関係を分析した。その結果、決定係数は大きくないものの、旅行速度上昇は排出量の減少よりもむしろ増加に寄与すると考えられた。なお、今回採用した環境省による排出原単位よりも国総研による排出原単位の方が旅行速度への感度がやや高いものの、乗用車を分析対象とする限りでは、この関係は逆転することは無かった。

2時点間でCO₂排出量が減少した5都府県では、運行台数の減少あるいは一日走行距離の減少の寄与が大きい。旅行速度は、トリップ長が短くなったことも影響していずれもやや低下したが、CO₂排出量の増加に与えた影響は極めて小さかった。また、旅行速度が下がった地域では運行車両一台あたりの移動距離が短くなり、一台あたり排出量が少なくなる傾向があった。すなわち、一人あたりCO₂排出量を削減する観点からすると、旅行速度の低下やそれに伴う排出原単位の悪化を恐れることなく、長距離トリップを中心に自動車走行量を削減することが効果的と考えられた。なお、本研究では直接の評価対象としていないが、単体燃費の改善が重要であることは論を待たない。

距離の長いトリップが多い地域ほど旅行速度が高く、排出原単位が低い傾向が見られた。CO₂削減策としての新規道路整備では、旅行速度が向上し、移動距離は大きく増加しないことが期待される。しかし、地域全体としての中期的な影響を見ると、人口あたりの保有車両数やトリップ長が増加し、旅行速度の上昇は小幅にとどまる一方で、走行量の増加から排出量の増加につながる傾向が把握された。すなわち、地域の旅行速度を面的に向上させて排出原単位を大幅に低減させることおよびこれにより排出量を大幅に低減させる効果を挙げることは困難と考えられた。

反対に、人口集中地区では、旅行速度が低いものの、代替手段の利用可能性も高いことから、一人あたり排出量が少ない結果となると考えられる。交通の低炭素化に向けて、単体燃費の改善は効果的である。しかし、旅行速度向上による排出原単位の改善に着目した結果、移動の距離が長くなることのないように留意する必要がある。市街化区域が

人口集中地区となるように誘導し、道路と共に公共交通機関を整備することで、利便性が高く、CO₂排出量の少ない、低炭素社会に適した地域の交通サービスを提供することができると考えられる。

5. おわりに

2時点の道路交通センサスの個票を用いて旅行速度を考慮したCO₂排出量を求め、地域的な旅行速度の変化がCO₂排出量の変化に与える中期的な影響を考察した。旅行速度はトリップ長との関係が強いこと、地域の旅行速度の低下は、運行車両数の減少や走行距離の縮小を介して、CO₂排出量の減少に寄与する傾向のあることを明らかにした。交通の低炭素化のためには、旅行速度の上昇に着目するのではなく、手段転換に着目して、人口の集約化と公共交通の整備を行い、利便性向上とCO₂削減の両立を目指すことが適切であろう。

今後、貨物車についても分析を進めることが課題である。ただし、地域の産業構造や生産量等の外的要因による変化が大きく、輸送形態も品目別に多様なことから、分析の枠組みの再検討が必要になると考えられる。

本研究は、地球推進費S-3-5の成果の一部を含む。

【参考文献】

- 1) 国土交通省北陸地方整備局高田河川国道事務所, 平成18年4月25日記者発表資料朝ピーク時の速度が約20km/h向上しました, <http://www.hrr.mlit.go.jp/takada/kouhou/kisya/h18/180425-2.pdf>, 2009.04.30
- 2) 国土交通省道路局(2005)「地球温暖化防止のための道路政策会議 報告」
- 3) 国土交通省道路局(2007)「平成17年度道路交通センサス-自動車起終点調査-」
- 4) 谷口守・松中亮治・平野全宏(2008)「都市構造から見た自動車CO₂排出量の時系列分析」都市計画論文集, 43(3), 121-126.
- 5) 平野全宏・中道久美子・谷口守・松中亮治(2008)「都市別自動車CO₂排出量の定量化とその経年変化分析」環境システム研究論文集, 36, 19-25.
- 6) 源敏速・金子慎治・川原博満・井村秀文(2002)「東京都市圏パーソントリップデータに基づく過去30年間の交通量変化と二酸化炭素排出量変化」環境システム研究論文発表会講演集, 30, 271-278.
- 7) 円山琢也, 原田昇, 太田勝敏(2003)「誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定」土木学会論文集, 744-IV(61), 123-137.
- 8) 大城温・松下雅行・並河良治・大西博文(2001)「自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数」土木技術資料, 43(11), 50-55.
- 9) (株)数理計画(2008)「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査 報告書」平成19年度環境省委託業務報告書
- 10) 国土交通省(2008)「平成19年度 国土交通白書」, 23-24.
- 11) 温室効果ガスインベントリオフィス(2008)「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」地球環境研究センター, CGER-I085-2008
- 12) 松橋啓介(2007)「低炭素社会に向けた交通システムの将来ビジョンの構築について」都市計画論文集, 42(3), 889-894.