

自家用乗用車の地域別CO₂排出量変動要因分析*

Decomposition Analysis of Regional CO₂ Emissions from Passenger Cars*

三科善則*、谷口祥基**、室町泰徳***

By Yoshinori MISHINA*, Yoshiki TANIGUCHI** and Yasunori MUROMACHI***

1. はじめに

2007年度の運輸部門のCO₂排出量¹⁾は、全部門の19%を占めている。その中で自家用乗用車のCO₂排出量は、1990年度比42%増加し、運輸部門のCO₂排出量増加のほとんどを占めている。

自家用乗用車のCO₂排出量の削減は、日本のCO₂排出量削減にとって非常に重要である。自家用乗用車のCO₂排出量の削減には、自家用乗用車に起因するCO₂排出量変動要因の推移を分析したうえで、今後のCO₂排出量の推計や削減対策の立案が必要である。そのため的手法として要因分析法は、CO₂排出量の変動を関連する要因に分解し、各要因の与える影響を定量的に示すことができる。

要因分析にあたり、CO₂排出量の変動要因の動向を、全国規模だけでなく、地域別に分析することは、地域特性の影響を明らかにし、より詳細な分析を可能とする。

しかしながら、地方自治体による、特定の都道府県に対する独自の要因分析はみられるが、全国的な視野から地域別に分析した既往研究は少ない。また、旅客自家用乗用車の中で、普通・小型乗用車と軽乗用車では、保有台数やCO₂排出量の推移に大きな違いがある。軽乗用車の保有台数は、普通・小型乗用車に比べて大きく増加している。しかしながら、主として軽乗用車保有台数の増加に起因する車両の軽量化がCO₂排出量に与える影響を定量的に分析した既往研究は少ない。

一方、既往研究の完全要因分析法には、複数要因の

同時変化による変化分を計上する交絡項の帰属と関連要因への配分の面から、計算結果の信頼性に問題が残る場合がある。

そこで本稿では、まず完全要因分析法の交絡項の帰属と配分方法について検討する。そのうえで、自家用乗用車に起因する地域別CO₂排出量の変動を、新たに提唱する完全要因分析法により定量的に分析する。分析結果をもとに、各検討期間における地域別CO₂排出量増減の主要因の特定と特性を検討する。また、保有車両の軽量化、地域人口移動がCO₂排出量に与える影響、および自家用乗用車のCO₂排出量が、2001年以降減少傾向にある要因について考察する。

2. 検討対象と範囲

本稿では、検討の対象とする車種を旅客自家用普通・小型乗用車（以下、乗用車）と旅客自家用軽乗用車（以下、軽乗用車）とする（乗用車と軽乗用車全体については、以下、乗用車全体）。また、検討期間は1990年度から2005年度とする（以下、暦年は年度を示す）。

要因分析は、乗用車全体のCO₂排出量が増加傾向にある1990年から1995年、1995年からピークの2001年、それ以降の減少傾向にある2001年から2005年までの3期間に分けておこなう。地域区分は地方運輸局の分類に従う。地方運輸局の再編に伴い、地方運輸局の区分が2002年7月より変更されている。本稿における地域区分は、再編前の新潟、中部局に帰属した県と、再編後の東北、北陸信越、中部局に帰属する県を一つの地域（以下、東北中部地域）とし、そのほかの地域は、現在の地方運輸局と同じとして7地域とする。なお、検討にあたっては、以下の統計資料を使用する。

表-1 統計資料

項目	出典
地方運輸局別走行距離	「自動車輸送統計年報」 日本自動車会議所
都道府県別保有台数	「自動車保有車両数」 自動車検査登録協会
地方運輸局別保有車両重量	「自動車保有車両数」 自動車検査登録協会
地方運輸局別燃料消費量	「自動車輸送統計年報」 日本自動車会議所
都道府県別人口	「都道府県・男女別人口」 総務省統計局
都道府県別人口移動	「住民基本台帳人口移動報告書」 総務省統計局

*キーワード：自家用乗用車、CO₂排出量、完全要因分析法、地域別分析

*非会員、東京工業大学大学院

総合理工学研究科人間環境システム専攻

(神奈川県横浜市緑区長津田町4259、

TEL045-924-5606、FAX045-924-5574)

**非会員、阪神高速道路(株)

***正員、博士(工学)、東京工業大学大学院

総合理工学研究科人間環境システム専攻

(神奈川県横浜市緑区長津田町4259、

TEL045-924-5606、FAX045-924-5574)

3. 既往研究の概観

Sun²⁾は、Laspeyres index法の信頼性と精度を改善するために、交絡項を均等割りて各要因に帰属させる完全要因分析法 (jointly created and equally distributed principle) を提唱し、1973~1990年の世界のエネルギー強度とエネルギー消費の変化について分析をおこなっている。

日本エネルギー経済研究所³⁾や沈⁴⁾は、製造業の1973~1998年におけるエネルギー需要の変動を、Sun²⁾と同じ手法で完全要因分析している。また、簡易要因分析法は交絡項を分解しないで残すため、交絡項が大きくなり、計算結果の信頼性に問題が残ることを指摘している。

経済産業省資源エネルギー庁⁵⁾は、全国の自家用乗用車のエネルギー消費増加要因を、Sun²⁾と同じ手法で完全要因分析し、1990~2001年において、乗用車全体の走行距離の増加、保有車両の重量化、および実走行条件の悪化が、エネルギー消費増大の主要因であると指摘している。

環境省⁶⁾は、1990~1998年における運輸部門のCO₂排出量の増減要因を、同様の完全要因分析法により分析し、自動車保有台数の増加に起因する自家用乗用車の走行距離要因の増加が、CO₂排出量増加の約9割を占めると指摘している。

一方、Ang⁷⁾は、数多く提唱されている要因分析法の採用について、合意のないことを指摘し、各要因分析法を理論、適用性などの観点から比較検討している。その結果、Logarithmic mean Divisia index method Iの採用を推奨している。しかしながら、Ang⁷⁾は、同時に、マイナスの変動要因が存在する場合やLaspeyres index法を対象とする場合は、Sun²⁾の完全要因分析法を推奨している。

4. 完全要因分析法

本稿では、Sun²⁾、日本エネルギー経済研究所³⁾および沈⁴⁾による完全要因分析法 (以下、従来要因分析法) を検討の対象とする。

4.1 従来要因分析法の問題点

従来要因分析法は、複数要因の同時変化による変化分を計上する交絡項を均等割りて各要因に帰属させるため、計算結果の信頼性から2つの問題点がある。

第1は交絡項の帰属である。2要因の場合で考えると、2要因共に変動が増加あるいは減少する場合は、交絡項を各要因に配分させることができる (図-1 左および中央)。しかしながら、一方

の要因が増加し他方が減少する場合は、交絡項を減少要因側に配分せず、交絡項全体を増加要因側だけに帰属させる必要がある (図-1 右)。3要因以上の場合も同様に、各交絡項の中に増加要因と減少要因が混在する場合は、当該交絡項全体を増加要因側だけに帰属させる必要がある。

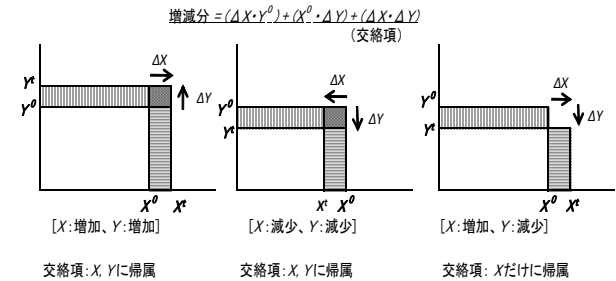


図-1 交絡項の帰属

第2は各交絡項の関連要因への配分方法である。交絡項を均等割りて配分することは、変動の少ない要因に過剰に、反対に変動の大きな要因に過少な交絡項を配分することになり、計算結果に信頼性の問題が発生する。したがって、交絡項の配分は、各要因の対称変化率 (2点間の変化分を期間の初めと終わりの平均値で除した数値) に比例して配分させる必要がある。

4.2 本稿で採用する完全要因分析法

以上の検討結果から、本稿で採用する完全要因分析法は、①増加要因と減少要因が混在しない場合は、交絡項を各要因に配分させ、②増加要因と減少要因が混在する場合は、交絡項を減少要因側に配分せず増加要因側だけに帰属させ、③交絡項を配分する場合は、交絡項を各要因の対称変動率に比例して配分させる。

2変動要因 (A, B) の場合、各要因の対称変動率をそれぞれ、a, b とすると、各要因の変動分は、以下のようにあらわされる。

$$A \text{ 変動分} = \Delta AB + a/(a+b) \cdot \Delta A \Delta B$$

$$B \text{ 変動分} = A \Delta B + b/(a+b) \cdot \Delta A \Delta B$$

$$\text{但し、} \Delta A > 0, \Delta B < 0 \text{ の時 } b = 0,$$

$$\Delta A < 0, \Delta B > 0 \text{ の時 } a = 0$$

4変動要因 (A, B, C, D) の場合、CO₂排出量 (CO₂) と CO₂排出変動量 (ΔCO₂) は以下のとおりあらわされる。

$$CO_2 = A \cdot B \cdot C \cdot D$$

$$\Delta CO_2 = (A \text{ 要因変動分}) + (B \text{ 要因変動分}) \\ + (C \text{ 要因変動分}) + (D \text{ 要因変動分})$$

各変動要因の対称変動率をそれぞれ、 a 、 b 、 c 、 d とすると、CO₂ 排出量 (CO₂) の各要因の変動量は、例として A および B 要因を示すと以下のとおりとなる。

A 要因 :

$$\Delta ABCD + a/(a+b) \cdot \Delta A\Delta BCD + a/(a+c) \cdot \Delta AB\Delta CD + a/(a+d) \cdot \Delta ABC\Delta D + a/(a+b+c) \cdot \Delta A\Delta B\Delta CD + a/(a+b+d) \cdot \Delta A\Delta BC\Delta D + a/(a+c+d) \cdot \Delta AB\Delta C\Delta D + a/(a+b+c+d) \cdot \Delta A\Delta B\Delta C\Delta D$$

B 要因 :

$$\Delta ABCD + b/(a+b) \cdot \Delta A\Delta BCD + b/(b+c) \cdot \Delta AB\Delta CD + b/(b+d) \cdot \Delta ABC\Delta D + b/(a+b+c) \cdot \Delta A\Delta B\Delta CD + b/(a+b+d) \cdot \Delta A\Delta BC\Delta D + b/(b+c+d) \cdot \Delta AB\Delta C\Delta D + b/(a+b+c+d) \cdot \Delta A\Delta B\Delta C\Delta D$$

4.3 乗用車全体の変動要因

乗用車全体の変動要因は、以下のように関連付けることができる (図 - 2)。

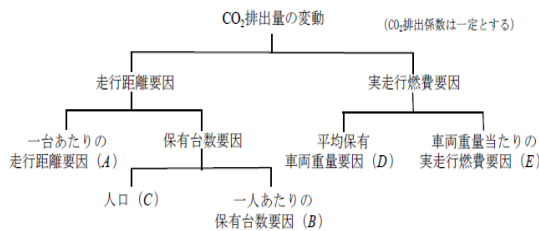


図 - 2 自家用乗用車の変動要因

本稿では、CO₂ 排出量の変動要因を、 A : 一台あたりの走行距離 (台 km/台)、 B : 人口あたりの保有台数 (台/人口)、 C : 人口 (人)、 D : 平均保有車両重量 (トン)、 E : 車両重量あたりの実走行燃費の逆数 (ℓ/km/トン) の 5 要因とする。

5. 要因分析結果

5.1 1990~1995 年の CO₂ 排出量増加要因

1990~1995 年の CO₂ 排出量増加の主要因は、各地域ともに、人口あたりの保有台数の増加と平均保有車両重量の増加である。特に人口あたりの保有台数の増加が、CO₂ 排出量増加に大きな影響を与えている (表 - 2)。

5.2 1995~2001 年の CO₂ 排出量増加要因

1995~2001 年の CO₂ 排出量増加の主要因は、各地域ともに、人口あたりの保有台数の増加である。平均保有車両重量要因も CO₂ 排出量増加に影響を

与えているが、1990~1995 年に比べて影響はかなり小さくなっている (表 - 2)。地域別にみると、関東における人口増加が、当該地域の CO₂ 排出量の増加に影響を与えている。

5.3 2001~2005 年の CO₂ 排出量減少要因

2001~2005 年の CO₂ 排出量は、それまでの増加から減少に転じている。減少の主要因は、各地域ともに、一台あたりの走行距離の減少、実走行燃費の改善、および平均保有車両重量の軽量化である。人口あたりの保有台数の増加が、CO₂ 排出量の増加に影響を与えているが、一台あたりの走行距離の減少と実走行燃費の改善による削減効果が、それを上回っている (表 - 2)。地域別にみると、関東において、人口増加が CO₂ 排出量の増加に影響を与えている。

表 - 2 要因分析結果 : 地域別 CO₂ 排出量増減構成

	CO ₂ 増減	走行距離 / 台	保有台数 / 人口	人口	平均保有車両重量	1/実走行燃費 / 車両重量	合計
全国	90-95 増加	-11.1%	82.5%	4.7%	36.0%	-12.0%	100.0%
	95-01 増加	1.3%	77.9%	6.2%	14.1%	0.5%	100.0%
	01-05 減少	80.3%	-62.4%	-3.5%	2.5%	83.0%	100.0%
北海道	90-95 増加	1.6%	67.2%	2.3%	40.9%	-12.1%	100.0%
	95-01 増加	-7.9%	67.3%	-0.7%	15.9%	25.5%	100.0%
	01-05 減少	69.5%	-43.5%	7.6%	-1.2%	67.7%	100.0%
東北中部	90-95 増加	-21.6%	90.3%	4.4%	35.4%	-8.5%	100.0%
	95-01 増加	-1.6%	82.6%	3.3%	10.3%	5.3%	100.0%
	01-05 減少	108.0%	-258.9%	9.1%	6.5%	235.4%	100.0%
関東	90-95 増加	0.5%	64.8%	7.7%	37.3%	-10.4%	100.0%
	95-01 増加	-14.9%	82.3%	22.5%	27.7%	-17.7%	100.0%
	01-05 減少	73.4%	-20.2%	-10.1%	-0.1%	56.9%	100.0%
近畿	90-95 増加	-17.5%	108.1%	4.2%	49.6%	-44.4%	100.0%
	95-01 増加	-1.5%	71.1%	6.4%	14.8%	9.2%	100.0%
	01-05 減少	74.2%	-43.7%	0.4%	5.5%	63.5%	100.0%
中国	90-95 増加	-3.8%	84.4%	0.9%	27.8%	-9.3%	100.0%
	95-01 増加	2.2%	78.7%	-1.9%	8.5%	12.4%	100.0%
	01-05 減少	77.9%	-158.8%	14.8%	0.2%	166.0%	100.0%
四国	90-95 増加	-1.0%	88.4%	-0.7%	26.5%	-13.1%	100.0%
	95-01 増加	2.1%	96.2%	-3.3%	11.8%	-6.8%	100.0%
	01-05 減少	114.0%	-120.6%	21.5%	-0.6%	85.7%	100.0%
九州	90-95 増加	-22.4%	89.2%	3.3%	30.2%	-0.2%	100.0%
	95-01 増加	26.2%	66.0%	1.5%	10.2%	-3.9%	100.0%
	01-05 減少	109.4%	-101.0%	5.3%	7.2%	79.2%	100.0%

5.4 完全要因分析法の比較

全国、東北中部および関東における CO₂ 排出量について、本稿で採用した要因分析法と、交絡項を均等割りて各要因に帰属させる従来要因分析法による分析結果を比較した。その結果、両分析法による変動要因の構成割合の差異は、最大で 11 ポイントとなった (表 - 3)。今後は、本稿のように減少変動要因と要因間の変動差を考慮した要因分析方法を採用する必要があると考える。

一方、Ang⁷⁾が指摘しているように、本稿のように 5 変動要因の場合、計算が複雑になる。また、4 要因項以上の交絡項は非常に小さく、計算結果の精度に影響を与えていない。今後、さらに効率のよい要因分析方法の検討が必要である。

表 - 3 完全要因分析法の違いによる分析結果比較

		CO ₂ 増減		走行距離 /台	保有台数 /人口	人口	平均保有 車両重量	1/実走行燃費 /車両重量	合計
全国	90-95	増加	-11.1%	82.5%	4.7%	36.0%	-12.0%	100.0%	
	95-01	増加	-13.4%	83.5%	5.6%	38.8%	-14.5%	100.0%	
	01-05	減少	1.3%	77.9%	6.2%	14.1%	0.5%	100.0%	
東北中部	90-95	増加	1.4%	76.5%	6.7%	14.8%	0.5%	100.0%	
	95-01	増加	80.3%	-62.4%	-3.5%	2.5%	83.0%	100.0%	
	01-05	減少	83.0%	-67.5%	-3.9%	2.4%	85.9%	100.0%	
関東	90-95	増加	-21.6%	90.3%	4.4%	35.4%	-8.5%	100.0%	
	95-01	増加	-26.8%	92.5%	5.5%	39.1%	-10.3%	100.0%	
	01-05	減少	-1.6%	82.6%	3.3%	10.3%	5.3%	100.0%	
その他	90-95	増加	-1.8%	81.2%	3.7%	11.1%	5.8%	100.0%	
	95-01	増加	108.0%	-258.9%	9.1%	6.5%	235.4%	100.0%	
	01-05	減少	110.9%	-270.1%	8.9%	6.4%	243.9%	100.0%	
その他	90-95	増加	0.5%	64.8%	7.7%	37.3%	-10.4%	100.0%	
	95-01	増加	0.6%	64.3%	8.8%	38.5%	-12.3%	100.0%	
	01-05	減少	-14.9%	82.3%	22.5%	27.7%	-17.7%	100.0%	
その他	90-95	増加	-16.2%	82.7%	23.7%	29.0%	-19.3%	100.0%	
	95-01	増加	73.4%	-20.2%	-10.1%	-0.1%	56.9%	100.0%	
	01-05	減少	75.9%	-22.5%	-11.3%	-0.1%	58.0%	100.0%	

5.5 地域による CO₂ 排出量の特性

CO₂ 排出量には地域による特性がみられる。その中で、関東は、CO₂ 排出量および各変動要因の構成と推移に関して、他の地域と異なる特性を示し、日本全体の CO₂ 排出量の推移に大きな影響を与えている。今後、本分析結果から得られた地域別特性の原因を特定し、地域別 CO₂ 排出量の削減に有効な対策の検討が必要である。

5.6 軽乗用車普及による CO₂ 排出量削減効果

軽乗用車保有台数の増加は、乗用車保有に代わって、軽乗用車を保有する結果生じたものとして捉えることができる。乗用車保有に代わる軽乗用車保有の増加は、軽乗用車の実走行燃費が乗用車に比べて良いことから、乗用車全体の CO₂ 排出量に対して削減効果がある。

乗用車保有に代わる軽乗用車保有の増加による CO₂ 排出量削減効果を 1990 年の軽乗用車の占める比率 (7.8%) がそれ以降変化しないものとして、CO₂ 排出量と実績値との差異から CO₂ 排出量削減効果試算した。

その結果、乗用車全体では、1995 年において 1990 年比 120 万トン CO₂、2001 年において 307 万トン CO₂、2005 年において 405 万トン CO₂ の CO₂ 排出量削減効果があると試算された (図 - 3)。乗用車保有に代わる軽乗用車保有の増加は、CO₂ 排出量削減に大きな効果がある。

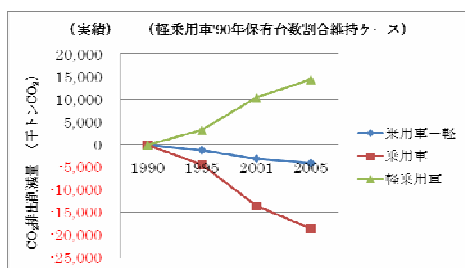


図 - 3 軽乗用車普及による CO₂ 排出量削減効果

5.7 地域人口増減と移動が CO₂ 排出量に与える影響

地域間の人口移動 (転入数と転出数の差) をみると、関東において、1990 年から転入超過が徐々に減少し、1995 年を底にして再び増加に転じている。また、近畿を除いた他の地域は、関東と反対に、1990 から転出超

過が徐々に減少し、1995 年から再び増加に転じている。

関東における人口要因は、転入超過の続く人口移動の推移に符合して、CO₂ 排出量増加要因となっている。一方、関東以外の地域における人口要因は、近畿と四国を除き、1990~1995 年の転出減少の推移と符合して、CO₂ 排出量増加要因となり、2001~2005 年の転出増加の推移と符合して、CO₂ 排出量減少要因となっている。

人口要因には、人口移動と自然変動 (出生数と死亡数の差) があり、各地域の人口移動と CO₂ 排出量の推移の関連性については、今後さらなる検討が必要である。

5.8 2001 年以降の CO₂ 排出量減少要因

日本の乗用車全体の CO₂ 排出量は、2001 年以降減少傾向にある。減少に転じた主な要因は、各地域ともに、①一台あたりの走行距離の減少、②実走行燃費の改善、③乗用車保有に代わる軽乗用車保有の増加である。

今後、乗用車全体の CO₂ 排出量をさらに削減させるためには、主要減少要因のさらなる推進と、CO₂ 排出量増加の主要因である人口あたりの保有台数の削減が必要である。

6 終わりに

各変動要因が地域の CO₂ 排出量に与える影響には、地域の特性がある。乗用車全体の CO₂ 排出量の大幅削減実現のためには、本稿で検討した減少変動要因と要因間の変動差を考慮した地域別の完全要因分析法による要因分析をおこない、地域の特性を考慮した効果的な CO₂ 排出量削減対策の立案が必要である。

参考文献

- 1) 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編；"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・(独)国立環境研究所, 2009
- 2) J. W. Sun ; "Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model", Energy Economics, 20 (1998), pp.85~100, 1998
- 3) (財)日本エネルギー経済研究所；"図解 エネルギー・経済データの読み方入門", pp.307~312, (財)省エネルギーセンター, 2001
- 4) 沈中元；"エネルギー需要の変動要因分析法 - 完全要因分析法と簡易法", 第 17 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文, pp.1~5, 2001
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁；"運輸部門のエネルギー消費動向", pp.18~19, 2004
- 6) 環境省；"平成 12 年度 温室効果ガス削減技術シナリオ策定検討会、温室効果ガス排出量分析評価ワーキンググループ報告書", pp.50~60, 101~103, 2001
- 7) B. W. Ang ; "Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method?", Energy Policy, 32, pp.1131~1139, 2004