

地域間貨物流動におけるモーダルシフトによるCO₂排出削減効果の分析

The Effect of Modal Shift on the Reduction of Carbon Dioxide Emissions Induced in Japanese Prefectures

石田卓也^{**}, 新家誠憲^{**}, 阿部宏史^{***}

Takuya ISHIDA^{**}, Tomonori SHINKE^{**}, Hirofumi ABE^{***}

1. 研究の背景と目的

2005年2月16日に「京都議定書」が発効し、我が国は2012年までにCO₂排出量を1990年比6%削減することを求められている。環境省が公表している2001年の推計値によれば、運輸部門のCO₂排出量は国内の22%を占めるとともに、大幅に増加しており、多くは自動車からのCO₂排出に起因している。

わが国では、2003年に、京都議定書の公約達成に向けた「地球温暖化対策推進大綱」が閣議決定された。その中では、運輸部門の各分野における政策手段と数値目標を定めており、特に物流効率化、モーダルシフト、公共交通機関の利用促進等をCO₂排出削減対策の柱としている。さらに、国土交通省は、2001年に「新総合物流施策大綱」として、地球温暖化対策のフォローアップを行っており、重要施策の1つとしてモーダルシフト促進を提案したが、具体的な対象品目や地域別の削減量は決められていない。従って、今後の目標実現に向けては、対象輸送手段や品目を決定し、地域別に施策実施効果を検討していく必要がある。

本研究では、著者らがこれまでに行ったモーダルシフトによるCO₂排出削減効果の分析¹⁾をより詳細に把握することを目的として、分析対象地域を47都道府県間に細分化するとともに、品目別に地域間貨物流動のモデル化を行い、地域間交易におけるモーダルシフト施策がCO₂排出削減に及ぼす効果を定量的に分析する。

2. 使用データと分析の手順

(1) 使用データ

本研究では、基礎データとして、国土交通省が作成・公表している「貨物地域流動調査」と「全国貨物純流動調査」を使用する。前者のデータからは、都道府県間の鉄道、海運、自動車の輸送3手段別・32品目別・貨物流動量(毎年度公表)を収集し、後者からは「2000年表 - 1

*キーワード：地球環境問題，地域計画，計画基礎論

**正員，工博，岡山大学大学院環境学研究科

(岡山市津島中3-1-1, TEL086-251-8849, FAX086-251-8866, E-mail:abe1@cc.okayama-u.ac.jp)

***学生員，工修，岡山大学大学院環境学研究科博士課程

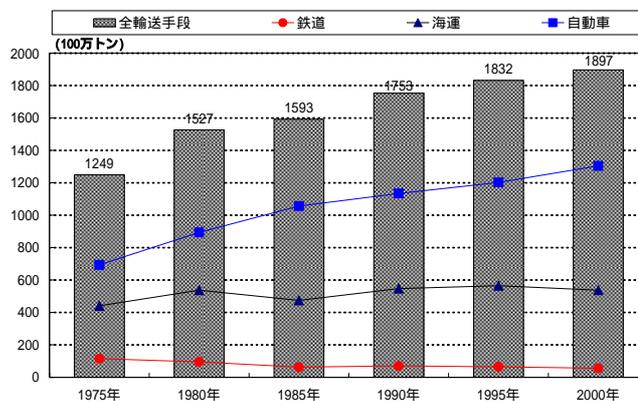


図1 輸送手段別の地域間貨物輸送量の推移(内々除)

都道府県間物流時間(代表輸送機関別)」及び「2000年表 - 2 都道府県間輸送費用(代表輸送機関・品別)」を使用する。分析年次は、1975年~2000年の25年間、5年毎6時点とし、分析対象地域としては47都道府県を基本単位とする。

図1に、貨物地域流動調査に基づく、輸送手段別地域間貨物輸送量の推移を示す。ここでは、地域間の流動量をより明確にするために、都道府県内々の貨物量を除外した上で表示した。1975~2000年の推移を見ると、鉄道と海運の分担率が低下する一方で、自動車による貨物輸送量の増加が著しく、全輸送手段の約7割を占めるまでになっている。

(2) 分析方法

本研究では、モーダルシフト後の貨物量を推計することを念頭におき、以下の~の順序に従って、品目及び都道府県を決定し、CO₂削減量を推計する。

モーダルシフト対象貨物品目の選定

海運、自動車それぞれの1975~2000年における貨物輸送量の推移から、過去に遡り、海運貨物量の多かった品目がモーダルシフトの可能性が高い品目であると考え、品目別の輸送動向を比較する。

モーダルシフト対象都道府県の選定

各都道府県の発生貨物総量と集中貨物総量の対全国シェアをデータとして散布図を作成し、2000年において、全国シェアが2%以上の地域をモーダルシフト対象地域とする。そして対象都道府県を選定するが、以下の

品目は対象外とする。

- ・散布図上のODペアが著しく偏っている品目
- ・自動車と比較して、海運における発生ベースの全国シェアが、大きく異なる地域

集計ロジットモデルによる輸送特性分析

上記で選択した品目について、集計ロジットモデルによる交通手段選択モデルを推定する。説明変数としては、全国貨物純流動調査の「所要時間」と「輸送コスト」を使用する。そして、推定結果に基づいて、説明変数の相対的重要度を把握し、グラビティモデルの距離変数として用いる一般化費用を求める。

$$k_2 P_{ij} = \frac{\exp[k_2 V_{ij}]}{\exp[k_2 V_{ij}] + \exp[k_1 V_{ij}]} \quad (1)$$

$$\ln\left[\frac{P_{ij}}{k_2 P_{ij}}\right] = \alpha(k_1 t_{ij} - k_2 t_{ij}) + \beta(k_1 c_{ij} - k_2 c_{ij}) + \gamma \quad (2)$$

(k_1 = 海運, k_2 = 自動車)

P_{ij} : 手段ごとの選択確率 (分担率)

t_{ij} c_{ij} : 所要時間と輸送コスト

α, β, γ : パラメータ

グラビティモデルによる現況再現性の確認

本研究では、モーダルシフト後の貨物量を推計するために、Leontief & Strout の修正グラビティモデルを適用し、現況再現性を検討する。

ただし、距離感応度係数を推計した際に、回帰式の推定精度が低い品目があり、その場合は、距離減衰パラメータとして、1.0, 2.0, 3.0 の値を仮定し、適合度の良好な値を採用した。

$$k T_i^{rs} = \frac{S_i^r D_i^s}{X_i} \cdot \frac{1}{(k d^{rs})^{\beta_i}} \cdot (c_i^r + k_i^s) \cdot \delta_i^{rs} \quad (3)$$

ここで、 $k T_i^{rs}$ は輸送手段3種類別の品目別貨物輸送量実質値である。また、 S_i^r は、自地域も含めた r 地域の総供給量を表し、 D_i^s は地域の総需要量を示している。地域間距離は、先に述べた一般化費用を用いる。変数、 c_i^r と k_i^s は、それぞれ地域の需要、供給ポテンシャルである。

モーダルシフトによる貨物量の算定

本研究では、「新総合物流施策大綱」で目標としている50%のモーダルシフト化率を数値目標とする。仮想的なケースとして、2000年時点の自動車分担率が発生ベースで50%以上の地域において分担率を50%に下げ、海運へシフトさせる。そして、このグラビティモデルによりモーダルシフト後の貨物量を推計する。

CO₂削減量の推計

CO₂排出量の推計方法としては、国土交通省

の“環境負荷の小さい物流体系の構築を目指す実証実験”²⁾と同様の輸送トンキロ法を採用し、公表されている二酸化炭素排出原単位を用いて、モーダルシフト後の二酸化炭素排出削減量を求める。

3. 分析結果

(1) 品目・都道府県の選定 (手順)

図2と図3は、1975~2000年における32品目別の海運と自動車の貨物輸送量である。ここでは、1975年から2000年の5時点の貨物量に遡り、自動車貨物量と海運貨物量を比較することにより、対象品目を選択する。

結果に基づいて海運と自動車を比較すると、海運輸送は、貨物量の大きい品目と小さな品目の差が大きい。品目別に見ていくと、野菜・果物、その他の農作物、畜産品、水産品、繊維工業品、日用品などは、海運による貨物輸送量が著しく小さく、逆に石炭、石灰石などは海運輸送が大きい。これらの品目は輸送手段が海運に固定される傾向が強いと考えられるため、分析対象外とする。

図4と図5は、金属製品について、手順における各都道府県の発生貨物総量と集中貨物総量の対全国シェアの散布図を作成した結果である。ここで、海運と自動車の散布図を比較することによりモーダルシフトの対象と

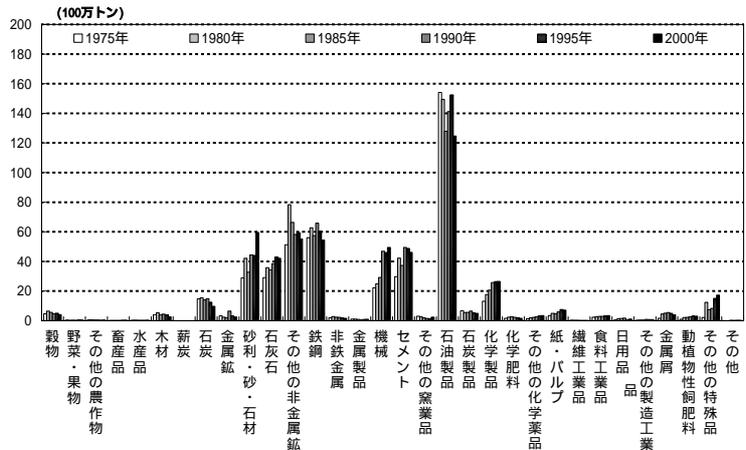


図2 1975~2000年における32品目別貨物流動量の推移 (海運)

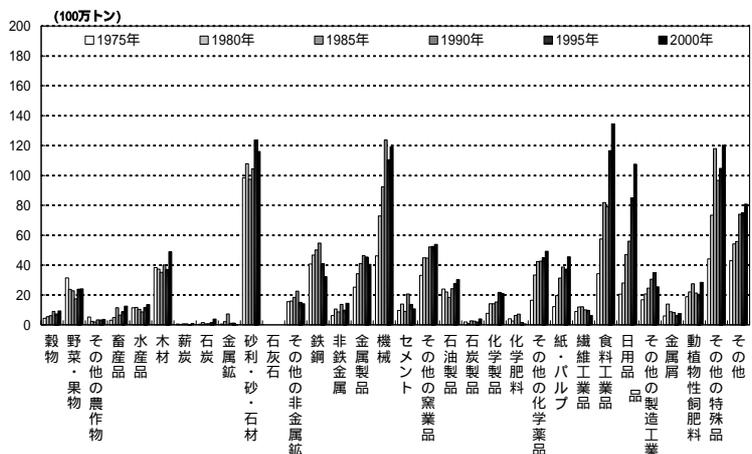


図3 1975~2000年における32品目別貨物流動量の推移 (自動車)

する都道府県を選定する。

結果から、海運と自動車と比較すると、海運は特定の都道府県で発・着シェアが高く、偏りが大きい。これは特定の重要港湾が存在する地域や、地域間で特定の航路が存在することに起因すると考えられる。自動車輸送は、発生シェアが大きい都道府県は集中シェアも大きくなる傾向が見られた。特に関東、愛知、大阪といった3大都市圏のシェアが大きいことが目立った。このように、すべての品目を精査した結果、本研究では海運と自動車の競合するODペアが多く存在する都道府県を選定した。

表1は、手順 1 で選定した6品目と都道府県数を要約した表である。対象となった都道府県数は8~10県である。品目別に見ると、木材、金属製品は、対象都道府県の貨物量が自動車に比較して、非常に小さいものとなった。逆に、鉄鋼、機械、石油製品、化学薬品は海運輸送の貨物量が多い。この4品目については、もともと海運輸送の貨物量が多く、モーダルシフトの実現可能性が高いと考えられる。

(2) 輸送特性分析による結果(手順 2)

前節で決定した6品目について、集計ロジットモデルのパラメータ推定を行なう。そして、所要時間、輸送コストのパラメータやt値から、品目ごとの輸送特性を把握する。分析結果に先立って、前節で得られたデータを用いてモデルを推定したところ、精度が非常に低い結果となった。原因として、以下の問題が挙げられる。

- ・全国貨物純流動調査はアンケート調査であり、客観性、信頼性に欠ける可能性がある。
- ・品目によっては、特定の産地の存在や、特定の輸送ルートが存在が考えられる

これらの問題点以外にも、偶然発生したと考えられるものや、明らかにミスと考えられる異常値が存在し、そのままモデル推定に使用することには問題がある。

そこで、本研究では、まず所要時間、輸送コストの両変数を使用した場合について推定精度を検証し、精度が低い品目については、所要時間と輸送コストのいずれかを説明変数から除外し、より良い推定精度が得られる要因を説明変数として使用した。

表2に集計ロジットモデルの推定結果を示す。分析結果より、鉄鋼、金属製品、化学薬品については、所要時間、輸送コストともにt値が高く、両変数を採用した。しかし、鉄鋼については調整済み決定係数が0.29と小さい。これは、特定地域間の鉄鋼輸送における海運貨物量が自動車と比較して非常に大きく、他の品目と比較すると、海運が自動車輸送と競合している地域が少なかったことに起因すると思われる。

所要時間を見ると、木材、石油製品のパラメータとt値が大きく、鉄鋼、金属製品、機械、化学薬品について

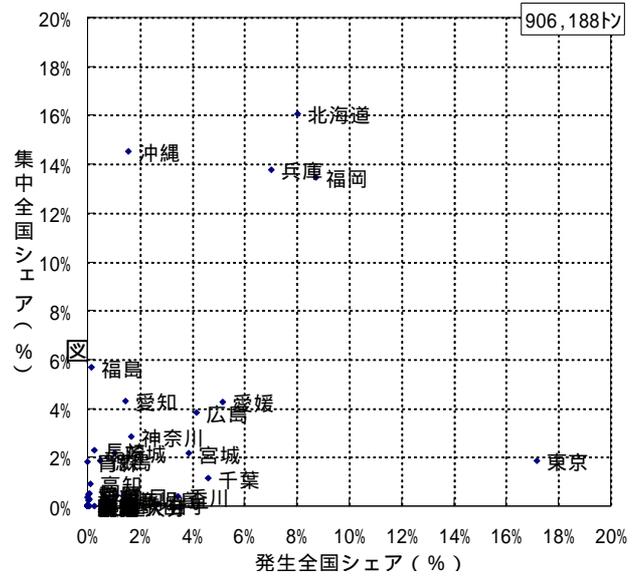


図4 金属製品の全国発着シェア散布図(海運)

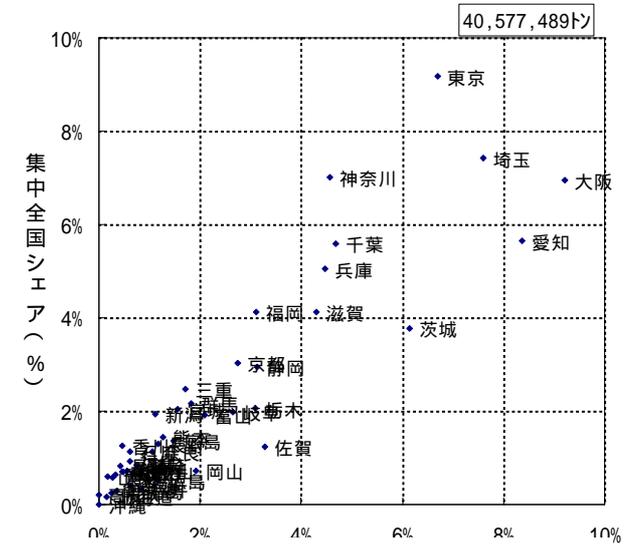


図5 金属製品の全国発着シェア散布図(自動車)

表1 集計ロジットモデルを適用した都道府県データ

		都道府県数	サンプル数		47都道府県間総貨物量		対象都道府県間貨物量					
			自由度	n	海運	自動車	海運	自動車				
1	林産品	木材	7	19	272	4,903	44	177				
			9	16			6	177				
2	金属機械工業品	鉄鋼	8	22	5,437	3,233	3,211	715				
		金属製品	8	19					91	4,058	12	280
		機械	5	12					4,950	11,920	99	98
8	17	605	324									
5	化学工業品	石油製品	9	19	12,467	3,040	1,338	340				
		10	20	222			137					
6		化学薬品	9	22	2,646	2,090	934	278				

は輸送コストの説明力が高い結果となった。このことから、木材、石油製品については、海運へのシフトを考える場合、所要時間の短縮が効果的であると考えられる。その他の4品目については、輸送コストの改善を通じて、モーダルシフトの可能性が大きくなると思われる。

表3は、グラビティモデルによる推定を示す。結果から、海運、自動車ともに、木材、金属製品、機械、石油製品の各品目において、距離感応度係数値として1.0を仮定した場合に、最も良好な推定精度が得られた。しかし、鉄鋼と化学薬品については、 α を変化させても、海運において推定精度が向上しなかった。これらの品目は、ロジットモデルにおいても推定精度が低かったことから、所要時間と輸送コスト以外の要因が存在すると思われる。よって、本研究の分析では以上の2品目については分析の対象外とした。

(3) モーダルシフトによる推計結果(手順)

表4に仮想的なケースとして、モーダルシフト化率を50%にした場合のシフト量と増加率である。結果から、本研究で対象とした都道府県において、金属製品は特にモーダルシフト化率を50%にした場合、増加量が大きく、逆に機械製品は転換後の貨物量、増加率ともに小さいものとなった。

次に、図6は木材について、地域別に自動車貨物のCO₂排出削減量を示したグラフである。木材と同様に、他の全品目を通して、他地域から関東地域への輸送によるCO₂削減量が大きい結果となった。これは、近年のモーダリゼーションの進展によって、地方圏から大都市圏、特に関東への貨物輸送が増加している傾向を反映しており、モーダルシフトを通じて、地方圏からの貨物輸送によるCO₂削減が期待できることを示唆している。また、本研究で選択した地域は、海運輸送による貨物量が他の地域と比べ大きかったことも原因と考えられる。従って、海運輸送の割合が従来から大きい地域を中心に、モーダルシフトを実施していくことが有効と考えられる。

4. まとめ

以上の結果から、CO₂排出削減については、他地域から関東地方へのモーダルシフトによる効果が大きく、モーダルシフトを通じて、地方圏からのCO₂削減が期待できる、有効な施策であると考えられる。また、今後の研究課題として、説明変数として所要時間と輸送コストを用いたが、他の説明力の高い変数の導入について検討し、貨物流動モデルの精度を改善していくことが考えられる。さらに、貨物流動モデルに加えて、発生量・集中度を推計するモデルを付加し、より総合的なモデルの構築を目指していくことも課題となろう。

参考文献

- 1) 新家・阿部：地域交通におけるモーダルシフト策による二酸化炭素排出削減効果の分析，土木計画学研究・講演集，No.32，

表2 集計ロジットモデルによる推計結果

対象品目 (合計6品目)	所要時間 (時間)	輸送コスト (円トンキロ)	定数項	時間価値 (/)	R	R ²	R ² 調整済
1 木材	-0.052 (-2.060)	-0.017 (-1.530)	3.168 (2.762)	3.059	0.60	0.36	0.26
	-0.117 (-3.804)		0.641 (1.055)				
2 鉄鋼	-0.038 (-1.746)	-0.026 (-2.024)	-0.598 (-0.960)	1.432	0.61	0.38	0.29
3 金属製品	-0.043 (-1.709)	-0.017 (-1.843)	4.828 (5.388)	2.529	0.68	0.46	0.40
4 機械	-0.007 (-0.745)	-0.027 (-2.582)	1.233 (1.765)	0.259	0.63	0.40	0.32
		-0.044 (-3.415)	2.153 (2.872)				
5 石油製品	-0.038 (-1.927)	-0.005 (-0.404)	0.434 (0.646)	7.6	0.47	0.22	0.13
	-0.079 (-3.262)		-0.370 (-0.776)				
6 化学薬品	-0.036 (-1.861)	-0.017 (-2.450)	4.588 (6.758)	2.118	0.76	0.57	0.52

表3 グラビティモデルによる推計結果

			木材	鉄鋼	金属製品	機械	石油製品	化学薬品
海運	= 1	R	0.913	0.907	0.957	0.933	0.992	0.599
		R2	0.833	0.823	0.916	0.871	0.983	0.35
		調整済	0.655	0.158	0.777	0.613	0.894	0.149
	= 2	R	0.803	0.336	0.937	0.767	0.989	0.499
		R2	0.645	0.113	0.878	0.588	0.978	0.249
		調整済	0.265	-0.445	0.706	0.039	0.86	0.17
= 3	R				0.734		0.493	
	R2				0.539		0.243	
	調整済				-0.075		0.009	
自動車	= 1	R	0.913	0.907	0.957	0.933	0.992	0.599
		R2	0.833	0.823	0.916	0.871	0.983	0.35
		調整済	0.655	0.158	0.777	0.613	0.894	0.149
	= 2	R	0.803	0.336	0.937	0.767	0.989	0.499
		R2	0.645	0.113	0.878	0.588	0.978	0.249
		調整済	0.265	-0.445	0.706	0.039	0.86	0.17
= 3	R				0.734		0.493	
	R2				0.539		0.243	
	調整済				-0.075		0.009	

表4 海運輸送における品目別のモーダルシフト量と増加率

品目名	都道府県	サンプル	貨物量 (現状)	モーダルシフト (転換後)	増加率
1 木材	7	36	854,401	801,132	1.94
2 金属製品	8	36	115,856	1,291,375	11.15
3 機械	5	18	25,508,257	81,979	1.00
4 石油製品	9	66	115,850	73,931	1.64

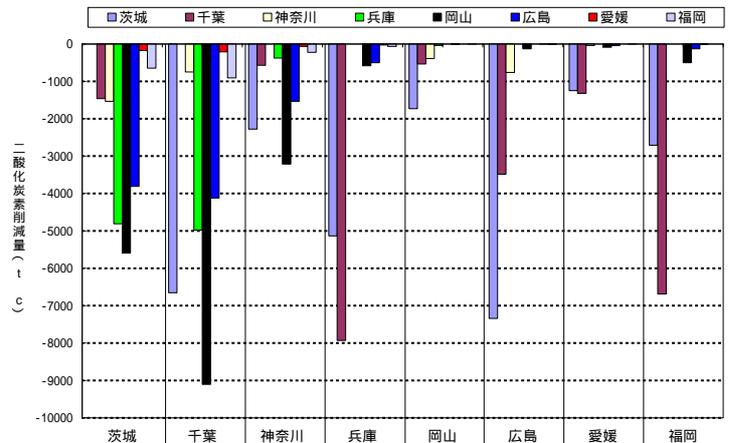


図6 モーダルシフト後のCO₂削減量(木材)

2005年.

- 2) 国土交通省：環境負荷の小さい物流体系の構築を目指す実証実験，平成14,15,16年