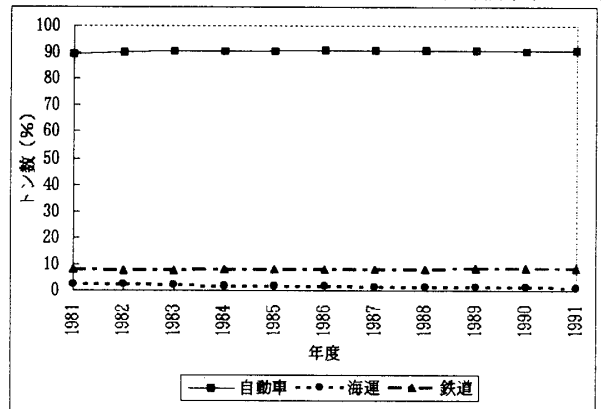


## 貨物輸送形態転換問題の非線形計画法による解析

01604094 追手門学院大学 \*見市 晃 MIICHI Akira  
 01005195 大阪大学 石井博昭 ISHII Hiroaki

### 1 はじめに

最近の多品種少量生産と在庫量の削減指向は、逆に貨物輸送の増大傾向を助長し、幹線物流においては騒音、悪臭、振動、排気ガスによる周辺住民の生活環境を悪化させ、小口配送により生活道路にまで危険と不快感を持ち込んでいる。本研究では、環境改善のためには利便性を犠牲にして汚濁排出量の多い自動車から、より少ない海運、鉄道への輸送形態の転換（以下モーダルシフトという）問題を解析する。図1に示すように物資の国内輸送は、トラックによる輸送（以下は自動車）国内船舶輸送（以下は海運）鉄道貨物輸送（以下は鉄道）とおよび航空貨物便によって行われるが、航空機の分担率は重量単位で0.87%と極端に低くいので本論文では航空機輸送は考えない。



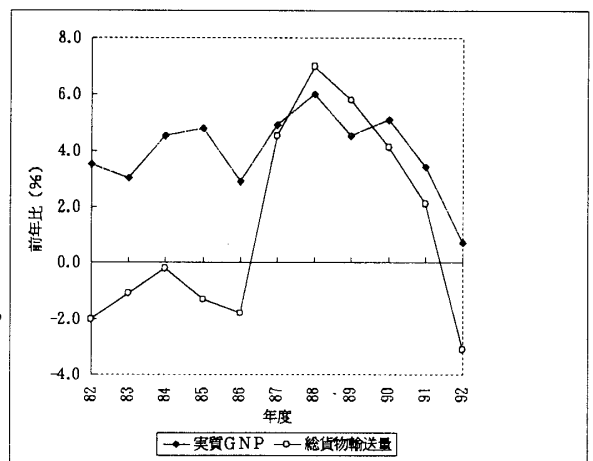
### 2 モーダルシフト対象品目と対象区間の設定

モーダルシフト対象品目については国領の研究に基づき品目分類表を標準品目分類表（貨物地域流動調査）により若干手直しして用いる。幹線物流は、自動車に頼らざるを得ない地域内物流と違って、大量輸送形態で海運や鉄道の利用が可能であり、政策的に輸送形態の転換を進める必要がある。そこで、阪神（大阪・兵庫）を起点として輸送量の多い大都市圏の①京浜葉、②東海、③北九州、④西北海道を研究対象とする。

図1 輸送形態別の輸送量(トン)

### 3 輸送量の将来予測

ここではモーダルシフト対象貨物量の伸び率を上位指標である実質GNPの伸び率と対比したGNP弾性値から



予測することにする。実質GNPと全機関総輸送量の関係に着目する。1982年から1992年までの11年間の実質GNPおよび全機関総輸送量は、図2の示すとおりである。図より1987年以降はほぼ等しい値が得られていることが分かる。近年5年間GNP平均は2.8%であるので、ここでは、実質GNPの伸び率として2.8%を用いる。この値を基に2010年におけるモーダルシフト対象貨物量の伸びを推定した。

図2 実質GNPと総輸送量の伸び率

### 4 輸送形態別分担率の決定と数値解析

本研究では、輸送の活性化と環境改善を同時に実現させる要素として貨物輸送を金銭的な側面と非金銭的な側面に分ける。金銭的な側面とは輸送にかかわるコストを、非金銭的な側面としては、次世代へ引き継ぐべき環境保全要素としてCO<sub>2</sub>排出量と石油総消費量を取りあげる。

$$\text{CO}_2 \text{ 排出量} = (\text{輸送機関 } i \text{ による輸送量}) \times (\text{CO}_2 \text{ 排出量}) \times (\text{平均走行距離}) = A \sum a_{i1} L_i$$

$$\text{輸送コスト} = (\text{輸送機関 } i \text{ による輸送量}) \times (\text{輸送コスト}) \times (\text{平均走行距離}) = A \sum a_{i2} L_i$$

$$\text{石油消費量} = (\text{輸送機関 } i \text{ による輸送量}) \times (\text{石油消費量}) \times (\text{平均走行距離}) = A \sum a_{i3} L_i$$

輸送機関  $i$  の  $j$  種のマイナス効果の社会的影響度を表す負の効用関数は、

$U_j \left( 1 - \exp \left( - \sum_{i=1}^3 a_{ij} x_i \right) \right)$  である。ただし、 $A$  は総輸送量、 $a_{ij}$  は輸送機関  $i$  に対する  $j$  種のマイナス効果、

$L_i$  は輸送距離である。なお、 $\lambda_j$  は寄与度であり、多目的計画法の解法でよく用いられる希求水準法により決定した。これらにより問題は非線形計画問題へ定式化される。

$$\sum_{j=1}^3 \lambda_j U_j \left( \sum_{i=1}^3 a_{ij} x_i \right) \rightarrow \min_{x_1, x_2, x_3}$$

subject to

$$\sum_{i=1}^3 x_i = 1, x_i \geq 0$$

最適解に対する数値解析の結果、図3の分担率が得られた。また、この分担率による環境にたいする変化率を表わしたものが表1である。

以上の結果より全貨物輸送の2010年における輸送コストは海運と鉄道に分散することにより、19.3%減額され、CO<sub>2</sub>排出量は19.7%削減され、石油消費量では5.8%削減されている。

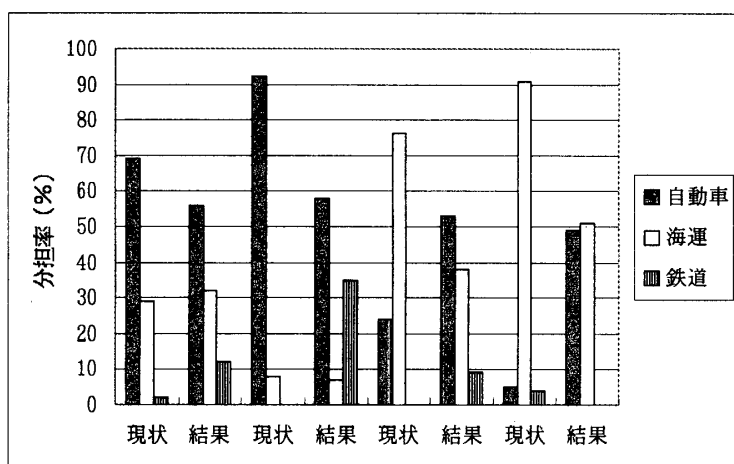
寄与度  $\lambda_j$  はCO<sub>2</sub>排出量  $\lambda_1 = 0.338$ 、石油消費量  $\lambda_2 = 0.334$ 、輸送コスト  $\lambda_3 = 0.319$  である。

## 5 結論

阪神地区より北九州および西北北海道への貨物輸送は、既に海運が十分に利用されている

ためモーダルシフトによる効果は現れていないが、全体としてモーダルシフト可能な貨物の輸送では、1割～2割の環境改善が見込まれるとの予測をすることが出来た。若干の利便性を犠牲にしても非金銭的な側面、すなわち環境改善を考慮した汚濁負削減が必要である。

本研究の端緒を与えられた関西大学 中井暉久教授ならびに懇切な指導を頂いた大阪大学 盛岡 通教授、京都大学名誉教授 三根 久先生に感謝申し上げます。



対京浜葉 対東海 対北九州 対西北北海道

図3 分担率 (%) の変化

表1 分担率の変化による3指標の変化率

	1990年 の現状	2010年	
		現状分担率 のまま推移	計算結果を 採用の場合
輸送コスト(億円)	5,716	11,329	9,147
CO <sub>2</sub> 排出量(千トン)	1,411	2,442	1,962
石油消費量(原油千)	11,000	13,890	13,080