

無人航送を含むフェリーの時間制約を考慮したモード選択予測モデルに関する研究

九州大学工学部 地球環境工学科 学生会員 塩田 勝利
九州大学大学院 工学研究院 正会員 大枝 良直
九州大学大学院 工学研究院 正会員 角 知憲

1. はじめに

近年、日本の貨物輸送はリアルタイム輸送などの時間制約が強くなり、自動車輸送が大部分を占めている。一方で自動車輸送の問題点として、環境への悪影響等の問題を引き起こしており、その対策としてモーダルシフトを推進する効率的な物流システムの構築が必要である。特にフェリーはトラックのコンテナをそのまま積み込むことが出来るため、モーダルシフト先として適している。そこで本研究では、モーダルシフトを推進する1つの知見として、無人航送を含むフェリーの時間制約を考慮したモード選択予測モデルを作成し、経路選択行動を推定することを目的とする。

2. モデルの設定

2-1. 出発時刻決定モデル

(a) 時間制約のモデル化

本研究では、貨物輸送を行われる上での時間制約について非効用関数を用いてモデル化を行った。このモデルでは24時間生活・従業サイクル、荷主とキャリアーの時間制約、日をまたぐ輸送の時間制約を簡略的に表している。以下に非効用を示す。

(a) 出荷時における荷主の意向を反映した非効用 D_1

(b) 着荷時における荷主の意向を反映した非効用 D_2

(c) キャリアーの24時間サイクルを反映した非効用
(D_3 ：早朝の行動, D_4 ：深夜の行動)

これらの非効用の時間変化を図1に示す。また、着荷側の意向が最も制約が強いと考えられることから、 D_2 の閾値 t_2 を午前・午後で区別し t_{21}, t_{22} に分ける。

(b) 出発時刻決定モデル

前述の仮定より出荷時の非効用 D_{dep} および着荷時の非効用 D_{arr} はそれぞれ式(1)、式(2)で表すことができる。

$$D_{dep}(t_d) = \max(D_1(t_d), D_3(t_d), D_4(t_d)) \quad (1)$$

$$D_{arr}(t_d+t_n) = \max(D_2(t_d+t_n), D_3(t_d+t_n), D_4(t_d+t_n)) \quad (2),$$

t_d ：出発時刻, t_n ：輸送時間

したがって総非効用は、式(3)のように表される。

$$D(t_d, t_n) = D_{dep}(t_d) + D_{arr}(t_d + t_n) \quad (3)$$

キャリアーは総非効用の総和が最小となる出発時刻を選択するものとする。また、2日目の輸送には非効用 β を加える。さらに人の行動はばらつきがあると考えられ、 $t_1 \sim t_4$ にばらつきを与え正規分布で仮定する。

2-2. 経路選択モデル

出発時刻決定モデルに経路選択に影響を及ぼす要因を加えることで、貨物輸送におけるキャリアーの経路選択モデルを作成する。本研究では経路選択を一般道路と高速道路とフェリーの選択と考え、無人航送に対応するコンテナ待ち時間、その時の支配要因として輸送料金、輸送時間、フェリーに乗る際の乗継抵抗を定数として想定し、式(4)のような非効用を考える。

$$\beta_{(j)} = \delta C_{(j)} + \alpha t_{n(j)} + \omega_w t_w + \omega_{(j)} \quad (4)$$

C ：輸送費用, t_n ：輸送時間, α ：時間評価値

ω ：乗り継ぎ抵抗, δ ：正のパラメータ

$j = G$ ：一般道路利用者, $j = E$ ：高速道路利用者

$j = S$ ：フェリー利用者, t_w ：コンテナ待ち時間

よって、各経路における総非効用は式(5)で表され、各々を比較し総非効用の小さい方を選択すると仮定する。

$$D_{(j)}(t_d, t_{n(j)}) = D(t_d, t_{n(j)}) + \beta_{(j)} \quad (5)$$

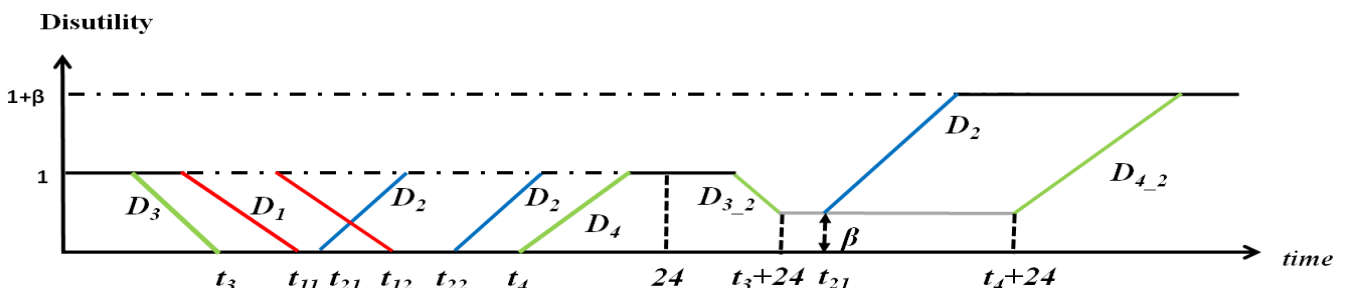


図1 非効用の時間変化

3. モデルの適用

3-1. モデル対象地域

モデルに適用するために、無人航送・有人航送が行われている関西―九州間を対象地域として設定した。また、関西―九州間では、フェリー以外に自動車・鉄道による貨物輸送も行われておりそれぞれの輸送手段と比較出来るためこの区間を選定した。

3-2. 平成 17 年度物流センサスへの適用

出荷時刻、利用手段など品目別、都道府県別に把握することができる平成 17 年度物流センサスを利用し、このモデルが適用であるかを検討した。

(a) 出発時刻決定モデル

本研究では岡本・有馬らが推定したパラメータを利用した¹⁾²⁾。サンプル数は農水産品 1976523694 件、金属機械工業品 8437266182 件である。適用結果を図 2 に示す。品目毎に実測値と理論値に対し K-S 検定を行い有意水準 20%の適合度が得られた。これにより、出発時刻決定モデルおよびパラメータが物流センサスにおいて適用可能であることが分かった。

表 1 パラメータ

推定値		機械工業品	農水産品
t_{11}	平均	11.30	9.78
	標準偏差	8.59	3.49
t_{12}	平均	19.85	
	標準偏差	6.70	
t_{21}	平均	11.67	10.14
	標準偏差	2.04	1.44
t_{22}	平均	19.62	13.65
	標準偏差	3.01	1.77
t_3	平均	6.92	5.26
	標準偏差	1.07	2.10
t_4	平均	20.18	19.31
	標準偏差	2.21	3.79
A_1		1.52	1.02
A_2		1.01	0.55
A_3		4.58	0.23
A_4		7.16	0.91
β		1.30	0.76

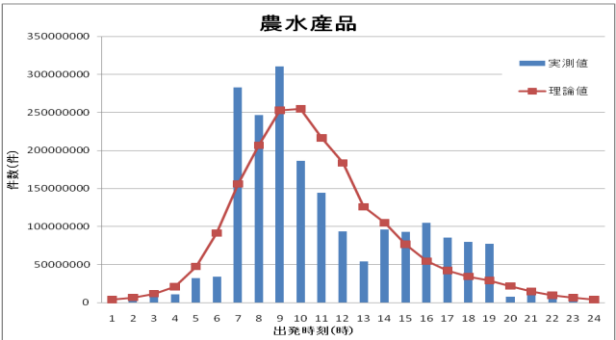


図 2 出発時刻分布（農水産品）

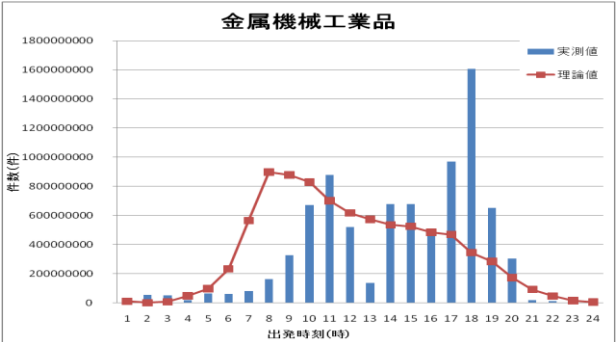


図 3 出発時刻分布（金属機械工業品）

(b) 手段選択モデル

無人航送に対応するモード選択モデルでは、ターミナル駅でのコンテナ待ち時間が重要な要因であることからコンテナ待ち時間の調査を北九州港で実施した。調査より得られたコンテナ待ち時間特性を新たなパラメータとしてモデルに追加する。図 4～図 5 にフェリーのコンテナ待ち時間を他の輸送手段である鉄道のコンテナ待ち時間と比較して示す。結果を見ると到着後待ち時間では鉄道、フェリーで同じ様な分布が得られているが、出発前の待ち時間は鉄道よりフェリーの方が短いことが分かる。これは鉄道が出発前にコンテナの持ち運び締め切り時間を設けているためと考えられる。

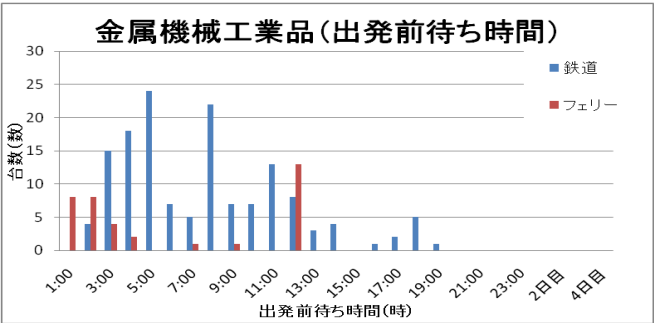


図 4 出発前待ち時間分布

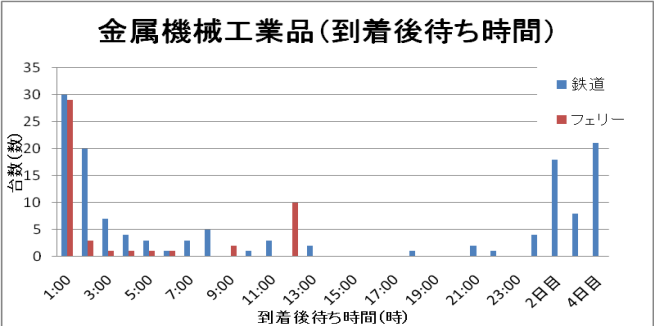


図 5 到着後待ち時間分布

3. おわりに

本研究では、時間制約を非効用の概念を用いて表し、貨物輸送の出発時刻決定モデルを適用した。その結果、本モデルは農水産品、金属機械工業品で適用可能であることが分かった。また、手段選択モデルでは、新たなパラメータ推定のために調査を実施した。今後は、調査した結果をモデルに適用し、計算を行うことでより正確なモデルを作成する予定である。

参考文献

- 1) 岡本ら：「時間制約を考慮した陸上貨物輸送の出着荷時刻と経路選択に関する研究」平成 21 年度土木学会西部支部講演概要集
- 2) 有馬ら：「時間制約を考慮した貨物輸送の手段選択モデルのフェリー輸送への適用」平成 22 年度土木学会西部支部講演概要集