

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

九州大学大学院 工学府	学生会員	岡本 晋平
株式会社福山コンサルタント	正会員	北岡 大記
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

近年高度化・多様化している荷主のニーズにより時間制約が強くなり、日本国内の貨物輸送は大部分を自動車占めている。一方で自動車輸送への依存は、環境への悪影響など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考慮した効率的な物流システムの構築が求められている。本研究では、モーダルシフトを推進するための施策を検討する材料の1つとして、時間制約を考慮した貨物輸送の時間変動を予測するモデルの作成と、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、貨物輸送が荷主や輸送事業者の業務活動として制約をうけることを想定して、時間の関数で定義された非効用関数を用いる。具体的には貨物輸送の出着荷の時刻は荷役や人の1日あるいは1日を超えた就労サイクルに基本的に支配されていると考えられることから、時間制約として以下の非効用を仮定する。

- (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)
- (d) キャリアーが着荷の遅れを避ける非効用 D_5

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) 出着荷時刻の決定

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。

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

$$D_{arr}(t_d + t_n) = \max(D_{25}(t_d + t_n), D_3(t_d + t_n), D_4(t_d + t_n)) \quad (2)$$

$D_{25} = D_2 + D_5$, 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。

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

キャリアーは輸送時間 t_n により決定される出発時刻・到着時刻の組み合わせの中で、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日目の輸送に入ると非効用 β を加える。さらに、人の行動選択では非効用の感じ方に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の選択と考え、その時の支配要因として高速道路料金、輸送時間、高速道路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。

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

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

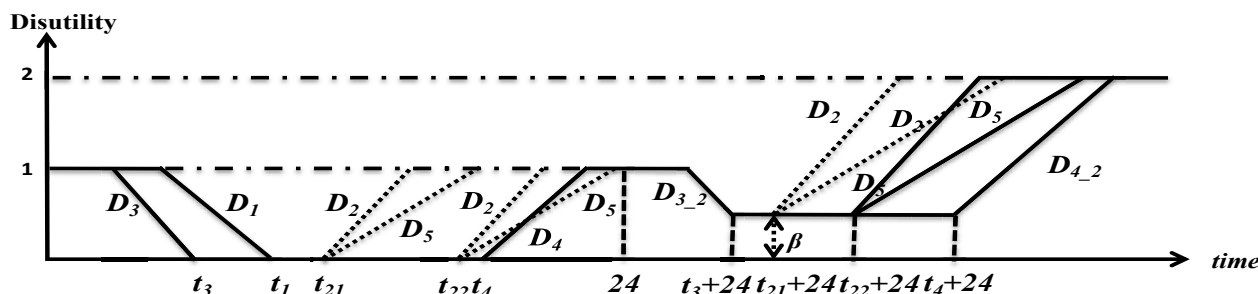


図1 非効用の時間変化

$j = G$: 一般道路利用者, $j = E$: 高速道路利用者
したがって, 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.

$$D_{(j)}(t_d, t_{n(j)}) = D(t_d, t_{n(j)}) + \delta C_{(j)} + \alpha t_{n(j)} + \omega_{(j)} \quad (5)$$

3. モデルの適用

貨物輸送においては輸送品目により異なる輸送パターンが存在しているため, 本研究では, 輸送形態が異なる機械工業品と生鮮品を対象としてモデルを適用する.

3-1. 平成 11 年度道路交通センサスへの適用

これまでに示したモデルをまず, 出荷時刻, 着荷時刻, 高速道路の利用の有無を品目ごとに把握することができ
る平成 11 年度道路交通センサスへ適用した. サンプル数は機械工業品 3370 台, 生鮮品 5445 台である.

(a) 出発時刻決定モデル

出発時刻決定モデルでは, 各パラメータに初期値を与え, 実測値と理論値の χ^2 誤差の和が最小となるようにパラメータを推定した. その結果を表 1, 出発時刻分布を図 1 に示す. 品目ごとに実測値と理論値に対し K - S 検定を行い有意水準 20%の適合度を得られた. 推定結果より機械工業品は午前と午後の就業の終了付近の着荷を希望しており, 生鮮品は午前と午後の就業前の着荷を希望していることがわかる. よって, 品目ごとの特徴を表現するモデルを作成することができた.

(b) 経路選択モデル

経路選択モデルでは, α の分布を対数正規分布と仮定し, 平均と標準偏差および ω, δ に初期値を与え, 県間 OD ペアの高速利用台数の実測値と理論値の二乗誤差の和が最小となるようにパラメータを推定した. その結果を表 2, 高速利用台数を図 2 に示す. 同様に K - S 検定

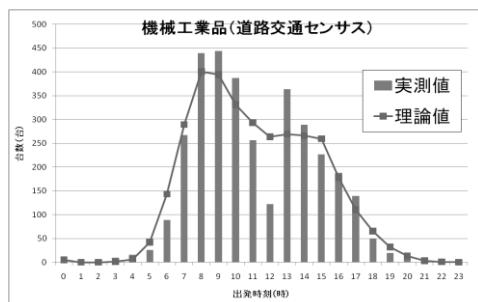


図 2 出発時刻分布
(道路交通センサス・機械工業品)

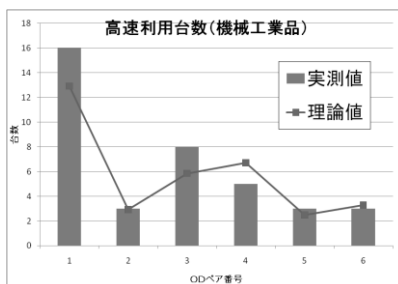


図 3 高速利用台数
(機械工業品)

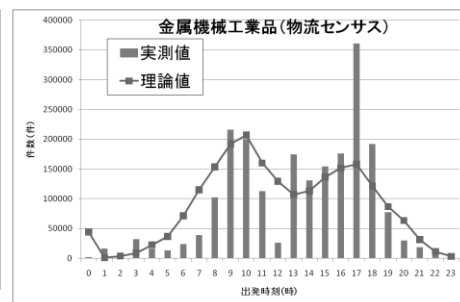


図 4 出発時刻分布
(物流センサス・金属機械工業品)

を行い, 有意水準 20%の適合度を得られた. 生鮮品は ω の値が大きいことから, 高速道路利用の意思決定は高速道路への乗り継ぎなど様々な要因によるといえる. また機械工業品は δ の値が大きいことから高速道路料金に対する抵抗感が強いことがわかる.

3-2. 平成 17 年度物流センサスへの適用

本モデルをモーダルシフトなどの施策を検討する材料の 1 つとするため, 自動車・鉄道間での輸送機関選択に拡張することを考える. その足掛かりとして, 表 1 に示すパラメータを用いて平成 17 年度全国貨物純流動調査 (物流センサス) に適用し, 本モデルが適用可能であるかを検討した. サンプル数は金属機械工業品 2130145 件, 農水産品 486852 件である. その適用結果を図 3 に示す. 同様に K - S 検定を行った結果, 有意水準 20%の適合度を得ることができた. これより, 出発時刻決定モデルおよび推定したパラメータが物流センサスにおいても適用可能であることが分かった.

4. おわりに

本研究では, まず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および経路選択モデルを作成した. 次に機械工業品および生鮮品を対象として本モデルを適用した結果, 貨物輸送におけるキャリアの出発時刻決定行動, 経路選択行動を妥当に再現することができた. 今後は, 経路選択モデルを自動車・鉄道間での輸送機関選択モデルに拡張し, 物流センサスに適用してパラメータの推定を行う予定である. また本研究では対象としなかった他の品目への適用も検討している.

参考文献

原ら:「時間制約を考慮した長距離貨物輸送および経路選択に関する研究」土木計画学研究・講演集 Vol37, 2008

表 2 パラメータ推定結果

推定値	機械工業品		生鮮品	
	平均	標準偏差	平均	標準偏差
α	0.75	0.31	1.67	1.01
δ	0.0037	0.0007		
ω	1.53	2.67		