

都市内物流における貨物車交通量変換モデル Trip Conversion Model of Urban Goods Movement

佐野 可寸志*、小根山 裕之**
Kazushi SANO and Hiroyuki ONEYAMA

1. はじめに

予測のベースは重量を単位とする物資流動量であるが、計画立案に直接必要な情報はトリップを単位とした貨物車交通量であるため、物資流動量から貨物車交通量への変換が必要となる。本論文では物資流動量から貨物車交通量への変換を行うモデルを提案する。

出発地と到着地間を往復するピストン輸送を除いては物資の動きと貨物車の動きは大きく異なる(図-1)。実際の都市内の輸送においては、多数の輸送先を同時に回る巡回型の輸送が多いため、物資の動きと貨物車の動きはかなり異なる。既存の物資流動量を貨物車交通量へ変換する方法は、2通りの手法に大別される。

一つは、広島、東京、京阪神、仙台都市圏で実施された方法で、貨物の動きから直接、貨物車分布交通量を予測せず、貨物の発生集中量を貨物車交通量の発生集中貨物車交通量に変換し、それから分布貨物車交通量を予測する¹⁾²⁾。他方は、中京、北部九州、道央都市圏で実施された方法で、輸送をピストン輸送と巡回型輸送の2種類に分け、ピストン型輸送は物資流動量のODパターンを利用し、巡回型輸送は、基本的には前者の方法を利用する³⁾。

貨物の持つ情報としては、[1]品目、[2]発地、[3]着地等であるが、第一の方法は、発着地のつながりの情報を全く無視したものである。第二の方法もピストン型輸送は貨物輸送の全情報を利用しているが、巡回型輸送が卓越している都市内貨物輸送に関しては、必ずしも望ましい結果は得られていない。

2. 貨物車交通量変換モデル

貨物交通量変換モデルの基本的な考え方は、[1]貨物車のトリップを出発・帰社トリップと中間トリップに分解し、[2]各々について変換モデルを作成し、トリップOD表を作成する。最後に、[3]出発・帰社トリップOD表と中間トリップOD表を加算して、トリップOD表を作成する。

Key Words: 物資流動、分布交通量

* 正会員 工博 長岡技術科学大学建設系 助教授
(〒940-21 新潟県長岡市上富岡町1603-1)

** 正会員 工修 建設省土木研究所

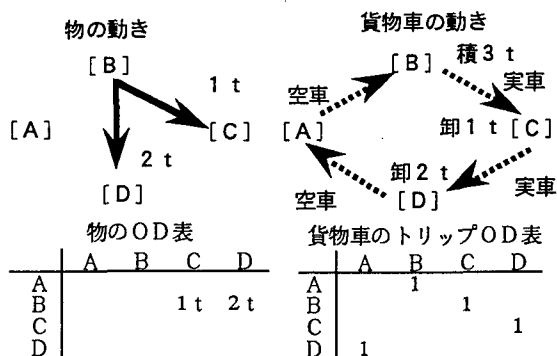


図-1 物と貨物車の動きの対応図

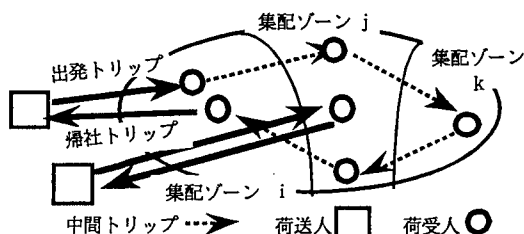


図-2 トリップのイメージ

ここで、出発トリップとは、貨物車の出発地から最初の用務地までのトリップ、帰社トリップとは最後の用務地から出発地に戻るトリップとする。また中間トリップは巡回途中の用務地から次の用務地までのトリップとする。(図-2)

(1) トリップ総量の推定

ゾーン*i*を出発する貨物車による総トリップ数 T_i は貨物車台数 n_i 、平均訪問件数 $\bar{r}_i$ 、往復回数 s_i を用いると次のように表現できる。

$$T_i = n_i * s_i * (\bar{r}_i + 1)$$

また、*i*ゾーンから出発する出発トリップの総量 T_{1i} と*i*ゾーンに到着する帰社トリップの総量 T_{2i} は、ともに等しく、 $T_{1i} = T_{2i} = n_i * s_i$ と計算される。また、中間トリップの総量 T_{3i} は、以下のように計算される。

$$T_{3i} = T_i - T_{1i} - T_{2i} = n_i * s_i * (\bar{r}_i - 1)$$

(2) 出発・帰社トリップOD表の作成

前節で求めた出発・帰社トリップ総量を各ODに配分して、出発・帰社トリップOD表を作成する。*i*ゾーンを出発した貨物車によるゾーン*i*からゾーン*j*への出発トリップ数を

t1ij、またゾーンjからゾーンiへの帰社トリップ数をt2jiとおく。ここで配分比率について考えるためにピストン輸送と巡回型輸送に分けて出発・帰社トリップとゾーンiからゾーンjへの貨物件数Nijの関係を見る。

$$Nij = Qij / Li \quad \dots(a)$$

ただし、Qij：ゾーンiからゾーンjへの総貨物量

Li：ゾーンiから発生する平均流動コスト

まず、ピストン輸送の場合は出発・帰社トリップのみで構成され、貨物車の出発ゾーンをi、到着ゾーンをjとすると、出発トリップt1ij、帰社トリップt2jiは貨物件数Nijに比例すると考えられる。次に、巡回型輸送の場合であるが、出発トリップt1ijへの配分比率はゾーンiを出発した貨物車がゾーンjに1件目に立ち寄る確率として表現できる。ここで、ゾーンjに立ち寄る確率は貨物件数Nijに比例する。また、ゾーンjを1件目として選択する確率は、ゾーンiとゾーンjの間の距離や道路ネットワーク条件などにより多少異なることも考えられるが、集計的に考えるとどのゾーンでもほぼ等しいと仮定できる。従って、出発トリップt1ijとの配分比率はほぼNijに比例すると考えられ、同様に帰社トリップt2jiもNijに比例すると考えられる。

これらより、貨物車出発ゾーンiと対象ゾーンjとの出発トリップt1ij・帰社トリップt2jiはともに貨物件数Nijに比例して配分できると考えられる。従って、

$$t1ij = \frac{Nij}{\sum_j Nij} \cdot T1i = \frac{Nij}{\sum_j Nij} \cdot ni \cdot si$$

$$t2ji = \frac{Nij}{\sum_j Nij} \cdot T2i = \frac{Nij}{\sum_j Nij} \cdot ni \cdot si$$

ここで、ゾーンiを出発する貨物車によるゾーンrからゾーンsまでの出発トリップODをt1irs、帰社トリップODをt2irsとおくと、次式のようになる。

$$t1irs = \frac{Nis}{\sum_s Nis} \cdot ni \cdot si \quad (r = i)$$

$$t1irs = 0 \quad (r \neq i)$$

$$t2irs = \frac{Nir}{\sum_r Nir} \cdot ni \cdot si \quad (s = i)$$

$$t2ir = 0 \quad (s \neq i)$$

(3) 中間トリップOD表の作成

中間トリップについては、貨物ODとトリップODが必ずしも一致しないため、トリップODを求めるために、貨物車の出発ゾーンi、中間トリップの発地となる用務地のゾーンr、中間トリップの着地となる用務地のゾーンsの3ゾーン間の関係を捉え、その情報を有効に利用したモデル式

を定式化することが必要となる。本研究ではゾーン間の関係を重力モデルを用いて表現する。基本的には、①ゾーンiから出発トリップを始める貨物車の中間トリップの発ゾーンrからの発生中間トリップ数Pirと着ゾーンsへの集中中間トリップ数Qisを推定し、②Pir、Qisと中間トリップの発着ゾーン間rsの平均所要時間drsを用いて、ゾーンiから出発トリップを始める貨物車のゾーンrからゾーンsへの中間トリップ数t3irsを次式より計算する。

$$t3irs = f \frac{Pir^a \cdot Qis^b}{drs} \quad \dots(b)$$

ただし、ゾーン内々の中間トリップは、ゾーン間の平均的な所要時間drsを定義できないため、式(b)の重力モデルを適用することができない。用務先密度が一定であり、トリップ長の分布が等しい場合、面積が大きいほどゾーン内々の中間トリップ数は多くなる。従って、ゾーンiから出発した貨物車のゾーンrの内々中間トリップt3irrは、ゾーンiからゾーンrへ中間トリップによって輸送される貨物の件数(Nir - t1irr)とゾーンrの面積Srを用いて次のように表す。

$$t3irr = f \cdot (Nir - t1irr)^a \cdot Sr^b \quad \dots(c)$$

これらをまとめて、中間トリップは次の手順により推定するものとする。

[1]まず、ゾーン内々中間トリップを式(c)により推定する。

但し、貨物件数Nirは式(a)より与えられる。またゾーンiからゾーンjへの出発トリップt1iirは前節の結果を用いる。

[2]ゾーンiを出発した貨物車による中間トリップの内、ゾーン内々トリップ数を除いた総計T3i'を次式で求める。

$$T3i' = T3i - \sum_r t3irr$$

[3]ゾーンiを出発した貨物車のゾーンrからの発生中間トリップ数Pirは、ゾーンiからゾーンrまでの貨物件数に比例すると仮定し、発生中間トリップを求める。

$$Pir' = T3i' \cdot \frac{Nir}{\sum_j Nij}$$

[4]ゾーンiを出発した貨物車によるゾーンsへの集中中間トリップ数Qisについても発生中間トリップと同様に考え、次のように求める。

$$Qis = T3i' \cdot \frac{Nis}{\sum_j Nij}$$

[5]3と4で求めたPir、Qisと、所与のゾーン間平均所要時間drsを式(b)の重力モデル式に代入して、中間トリップt3irs (r ≠ s)を推定する。

(4) 全トリップOD表

全トリップのOD表は、出発・帰社・中間トリップODを全てのゾーンについて足しあわせたものである。従って、

全トリップOD trsは、次式で計算される。

$$trs = \sum_i (t1irs + t2irs + t3irs)$$

3. パラメータ推定と適用結果

ここでは、前章で述べたモデルの挙動と再現性を評価するため、昭和57年東京都市圏物資流動調査の貨物車の運行に関する調査（B票）の結果を用いてモデルのパラメータ推定と再現性を確認した。

本研究では上に挙げた物資流動調査で取り扱われている50品目小分類の内、データ数の多い食料工業品と衣服身回品を分析対象とした。また、本来、貨物車のトリップODを推定し貨物車交通量推計に用いる際には、貨物車の種類と自家用・営業用の区別が重要な要因となるが、今回はデータ数の制約からこれらの区別は考慮に入れず、全てを合わせた貨物車トリップを推定することにした。また、本モデルを綿密な交通計画の立案に用いるためにはゾーン単位をなるべく小さくすることが望ましいが、これもデータ数の制約により、物資流動調査の大ゾーン（東京・神奈川・千葉・埼玉・茨城の一部を全52ゾーンに分割）を集計単位とした。

なお、推定値の観測値に対する再現性を表した図は、点1つにつき1組のODトリップ数が対応するものとする。

(1) 出発・帰社トリップの推定結果

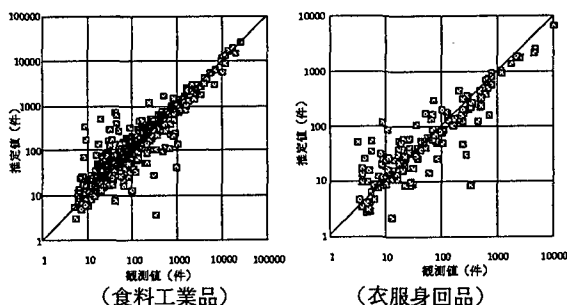
出発トリップの推定結果を図-3に、帰社トリップの推定結果とともに適合性は高く、特に件数が大きくなるに従ってよく適合していることが分かる。

(2) ゾーン内々中間トリップの推定結果

両品目のパラメータの推定結果を表-1と図-5に示す。食料品・衣服身回品ともに面積のパラメータgが正であり、t値も高いことから、モデルの構築部分で述べた仮定に適合していることを示している。なお、衣服身回品では、面積の項がほとんど効いていない。

表-1 ゾーン内々中間トリップの推定結果

品目名	観測値数	パラメータ推定値			相関係数 R
		f (t 値)	a (t 値)	b (t 値)	
食料工業品	467	-0.64 (-10.58)	1.12 (87.62)	0.09 (3.74)	0.971
衣服身回品	138	-0.28 (-2.58)	0.98 (43.50)	0.09 (1.89)	0.966

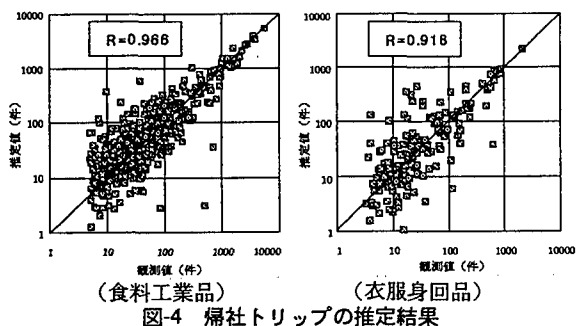
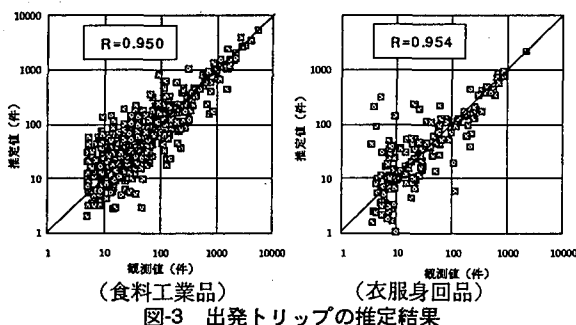


(3) 中間トリップ（ゾーン内々を除いた部分）の推定結果

両品目のパラメータ推定結果を表-2に図-6に示す。t値が大きく、符号も仮定と適合している。また、品目間の関係を見ると、係数fが異なる他は、両品目とも似たような値を示している。この2品目だけでは断定的なことは言えないが、係数a、b、gは品目間の差は大きくなく、係数fで品目間の違いが表されていると考えられる。ただし、表-2を見てわかるとおり、相関係数はあまり高くない。また、図-6より、観測値が

表-2 中間トリップ（ゾーン内々を除く）のパラメータ推定結果

品目名	観測値数	パラメータ推定値				相関係数 R
		f (t 値)	a (t 値)	b (t 値)	g (t 値)	
食料工業品	86	2.30 (4.35)	0.31 (6.47)	0.32 (6.38)	1.10 (3.21)	0.640
衣服身回品	117	1.91 (3.08)	0.25 (5.00)	0.28 (5.45)	0.89 (2.41)	0.637



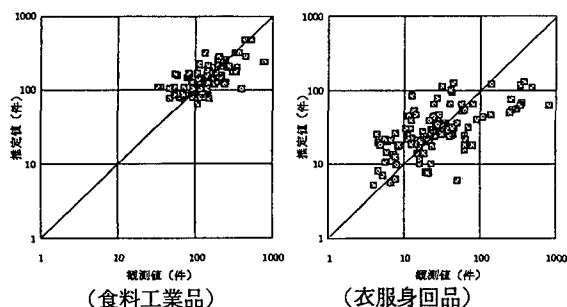


図-6 中間トリップ（ゾーン内々以外）の推定結果

大きい範囲では過小に推定され、観測値が小さい範囲では過大に推定されている。

(4) トリップ変換モデル（全体）の推定結果

全体の推定結果を図-7に示す。特に観測値が大きい範囲では推定値が観測値をよく再現している。

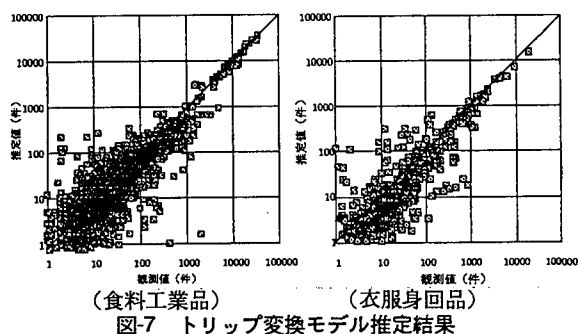


図-7 トリップ変換モデル推定結果

(5) 従来モデルとの比較

中京、北部九州、道央都市圏で実施された、「輸送をピストン輸送と巡回型輸送の2種類に分け、ピストン型輸送は物資流動量のODパターンを利用し、巡回型輸送は、貨物の発生集中量を貨物車交通量の発生集中貨物車交通量に変換し、発生集中貨物車交通量からさらに分布貨物車交通量を予測する方法」と、今回提案したモデルの再現性を比較すると、決定係数が0.69から

0.72へと、若干ではあるが精度が改善された。

(6) 今後の課題

このトリップ変換モデルの問題点を以下に述べる。

- ・本モデルは、4つのモデル（出発トリップ推定、帰社トリップ推定、ゾーン内々中間トリップ推定、ゾーン間中間トリップ推定）の和として表すことにより、推定精度を向上させている。しかし、モデルごとの誤差も累積して最終結果に反映されることになる。しかもモデル間の関係は独立ではない（例えば、ゾーン内々中間トリップの推定には推定した出発トリップの値を利用している等）ので、誤差がモデル間で伝播する。従って、誤差が非常に大きくなる可能性がある。
- ・今回は2品目のみについて全貨物車種を統一して、1時点のみの分析をおこなった。本モデルを実務に適用するには、本モデルで用いられる各パラメータの品目別・時間的・車種別移転性を検討することが必要であるがこれは今後の課題とする。
- ・道路交通センサス等の他のリンク観測交通量との整合性を確認する。また、それらのデータを用いた補正方法を考慮する。
- ・今回は品目ごとにトリップ変換モデルを推定したが、品目の違いをパラメトリックに取り扱う方法を考慮する。

【参考文献】

- (1) 仙台都市圏総合交通計画協議会：平成元年度総合都市交通体系調査 仙台都市圏物資流動調査報告書4、将来予測編、1990.3
- (2) 広島都市交通研究会：広島都市圏物資流動調査（V. 推計・計画） Technical Report No.14、1973.7
- (3) 東京都市圏交通計画協議会：東京都市圏総合都市交通体系調査報告書4 物資流動調査予測編、1985.3