

# 観測リンク交通量を用いたトラック OD 交通量の推定

インフラ計画研究室 荒井 秀和  
 指導教官 佐野可寸志  
 松本 昌二

## 1. はじめに

現在，都市内交通におけるトラック交通の占める割合は高く，交通渋滞や大気汚染，騒音問題，交通事故などの大きな原因となっている．また，近年，輸送携帯は利用者ニーズに伴う時間指定や多頻度小口化が進んでいる．図 1 に示すように年々100kg 未満の貨物が増えていることがわかる．そのため，物流政策や貨物の輸送の効率化，貨物の積み合わせの最適化といった高度な分析が必要となってくる．シミュレーションを用いた詳細な分析が行われるが，そのためには精度の良い OD 交通量が必要となる．

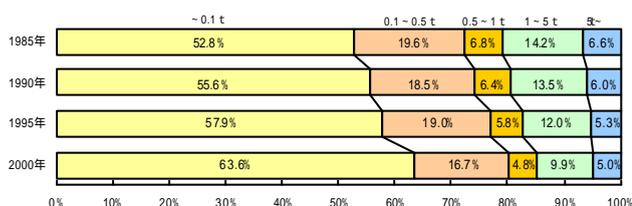


図 1．流動ロットサイズの構成比

都市内物流の研究では，輸送経路選択や物流政策の計画・評価に貨物需要予測が行われているが，予測のベースは重量単位の貨物流動量であり，これを実際に必要となるトラック OD 交通量に貨物 OD 流動量を変換する必要がある．本研究では従来の貨物 OD 流動量からトラック OD 交通量へ変換し，路側からの交通量調査やセンサーによる交通量調査で容易に得られる観測リンク交通量を用いて修正し，トラック OD 交通量の精度の向上を目指すことが目的である．観測リンク交通量は，直接観測で得られるデータであるため信頼が高く，観測リンク交通量を用いて OD 交通量の修正することで OD 交通量の精度が高められる．

## 2. 研究概要

本研究では，貨物 OD 流動量をトラック OD 交通量に変換し，これを初期トラック OD 交通量として

観測リンク交通量を用いてトラック OD 交通量を推定する手法である．

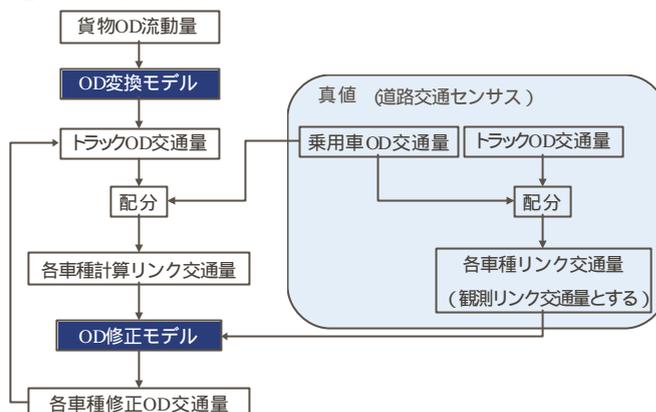


図 2．モデル検証フロー

研究方法としては，修正トラック OD 交通量を実際のトラック OD 交通量と比較しモデルの検証を行わなければならないが，実際の OD 交通量は調査で把握できるものではなく，一般に用いられている OD 交通量は道路交通センサスやパーソントリップ調査等の結果より求めたものである．本研究では，道路交通センサスデータの OD 交通量を真の OD 交通量と仮定し推定を行った．使用データは，H11 年道路交通センサスおよび H11 年市町村別自動車保有車両数である．

## 3. トラック OD 交通量変換モデル

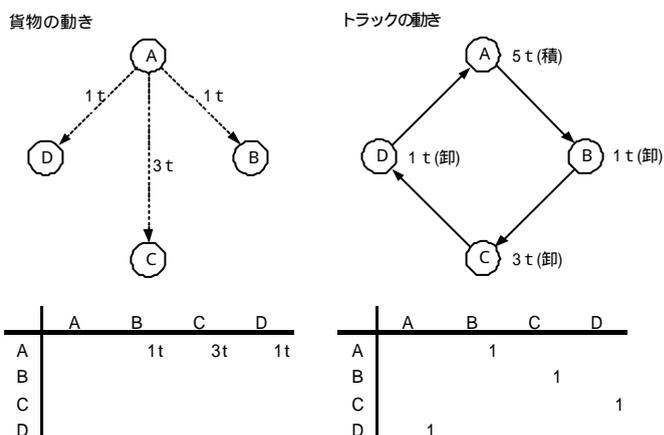


図 3．貨物とトラックの動きの相違

ここでは、貨物 OD 流動量をトラック OD 交通量へ変換する。貨物とトラックの動きの相違に注目する。図 3 に示すように荷送り人と荷受人の関係がそのまま貨物の動きとなっている。しかし、実際に貨物を運ぶトラックの動きは貨物と異なり、荷受人間のトリップがトラックの動きとなる。OD 表に示すと OD 分布が大きく異なることが分かる。貨物 OD 流動量からトラック OD 交通量への変換は難しい。

### 3.1 貨物フレート数

道路交通センサデータより貨物 OD 流動量および平均流動ロットサイズを車種別・品目別に抽出し、式 (1) より貨物フレート数を求める。ロットサイズは、車種別・品目毎に大きく異なるため、車種別・品目別に貨物フレートを求め、足し合わせることで貨物全体のフレート数を求めている。

$$F_{ij} = \sum_t \sum_g \frac{K_{t,ij}^g}{L_{t,ij}^g}$$

$F_{ij}$  : ゾーン  $i$  からゾーン  $j$  への貨物のフレート数 (件)

$K_{t,ij}^g$  : トラック  $t$  がゾーン  $i$  からゾーン  $j$  へ運ぶ品目  $g$  の貨物量 (ton)

$L_{t,ij}^g$  : トラック  $t$  がゾーン  $i$  からゾーン  $j$  へ運ぶ品目  $g$  の平均流動ロットサイズ (ton/time)

平均流動ロットサイズは、センサデータより求めた。車種別・品目別に 1 件あたりの平均貨物量を求めた。

### 3.2 トリップ別トリップ数

都市内を配送するトラックは図 4 に示すように巡回型輸送を行うものが多い。この巡回型輸送を、出発・帰社・中間トリップに分けて変換を行う。

出発トリップは出発地から最初の用務地までのトリップ、帰社トリップは最後の用務地から出発地までのトリップ、中間トリップは出発トリップと帰社トリップの間のトリップとする。これは、それぞれの特徴に適応した方法を用いて推定することで、推定精度を上げるためである。

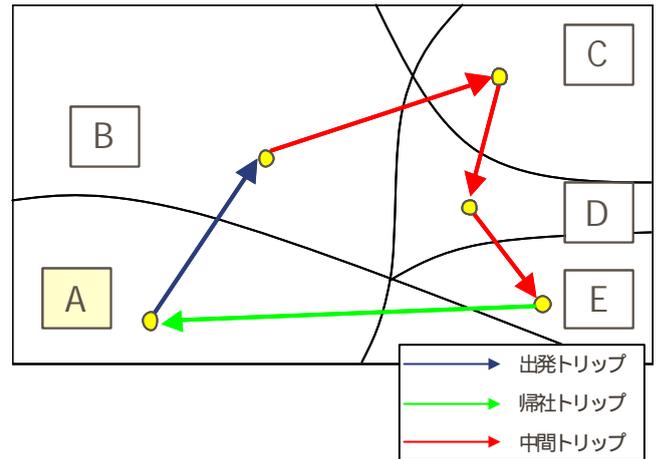


図 4 . 巡回型輸送

### ゾーン別総トラックトリップ数

$$q_i = n_i \times (t_i + 1) \times r_i$$

### ゾーン別出発トラックトリップ数

$$q1_i = n_i \times t_i$$

### ゾーン別帰社トラックトリップ数

$$q2_i = n_i \times t_i$$

### ゾーン別中間トラックトリップ数

$$q3_i = q_i - q1_i - q2_i$$

$n_i$  : 貨物車台数 (ゾーン別)

$t_i$  : 平均立ち寄りゾーン数 (ゾーン別)

$r_i$  : 平均巡回回数 (ゾーン別)

平均立ち寄りゾーン数、平均巡回回数はセンサデータより抽出した。

### 3.3 トラック OD 交通量

出発・帰社 OD 交通量については、貨物 OD フレート数の分布パターンを用いて配分する。1 件目にあるゾーンに立ち寄る確率は貨物フレート数に比例すると考えられる。

中間 OD 交通量の推定には、中間トリップの発生・集中トリップ数と平均距離を変数とし、重力モデルを用いて推定する。これは、貨物 OD とトリップ OD が一致しないためである。

出発OD交通量

$$Q_{i^{rs}}^{1rs} = \frac{F_{is}}{\sum_s F_{is}} \times q1_i$$

帰社OD交通量

$$Q_{i^{rs}}^{2rs} = \frac{F_{is}}{\sum_s F_{is}} \times q2_i$$

トラックOD交通量

$$Q_{rs} = Q_{rs}^{1rs} + Q_{rs}^{2rs} + Q_{rs}^{3rs}$$

中間OD交通量

$$Q_{3rs} = \exp[a] \frac{(R_{ir} \cdot S_{is})^b}{(T_{rs})^g}$$

$$R_{ir} = q3_i \times \frac{F_{ir}}{\sum_r F_{ir}}$$

$$S_{is} = q3_i \times \frac{F_{is}}{\sum_s F_{is}}$$

#### 4. トラック OD 交通量修正モデル

ここでは、変換モデルで推定したトラック OD 交通量を初期トラック OD 交通量とし、観測リンク交通量を用いて修正する。

通常、交通分野では OD 交通量を配分し、各リンクの計算リンク交通量を求め様々な分析、評価に用いている。修正モデルで行っているのは、これとは逆にリンク交通量から OD 交通量を推定するということである。計算リンク交通量を観測リンク交通量に近似させ、近似したリンク交通量から OD 交通量を推定することで OD 交通量を修正する手法である。アルゴリズムにはエントロピー最大化法を用いており、観測リンク交通量と計算リンク交通量が一致するという条件の下で、出現確率が最も高くなる OD 分布を推定する手法である。

図5に修正モデルのフローを示す。フローに入る前段階として初期トラック OD 交通量を配分し計算リンク交通量を求めておく必要がある。本研究では Dial 配分を用いた。この配分方法は、経路選択に関するいくつかのシステムティックな規範を設けることによって全ての経路を列挙することを避け、この経路選択の規範は、あくまでも暗黙的に経路を指定しているものであって、実際には経路を数え上げる必要はない。つまり、このアルゴリズムは、リンクあるいはノードにのみ着目した演算によって、ロジット型確率配分モデルと等価なリンク交通量パターンを求めることができる。

まず、観測リンク交通量と計算リンク交通量の比を用いてトラック OD 交通量を修正し、修正したト

ラック OD 交通量を用いて計算リンク交通量を計算し直す。計算し直した計算リンク交通量が収束条件（1次収束）を満たすまで計算を繰り返す。また、図2に示すように修正したトラック OD 交通量が収束するまで（2次収束）計算を繰り返す。

収束条件は次の通りである。

- 1次収束：貨物車の平均リンク交通量がおおよそ 1000 台なので 1 割の誤差までを許容範囲とした。観測リンクデータがあるリンクの RMSE が 100 台以下になるまでリンク交通量の収束を行った。
- 2次収束：推定した貨物車 OD 交通量の RMSE と 1 回前に推定した貨物車 OD 交通量の RMSE が 0.1% 以内となったときとした。

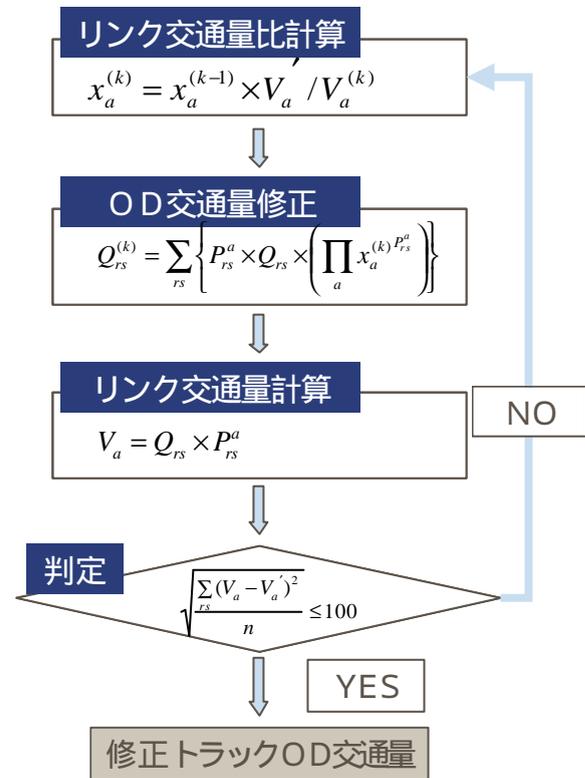


図5．修正モデルフロー

観測リンク交通量を得られるリンクの数は、本ネットワークの規模および対象地域の観測機等から全リンクの 20% とした。これは、今回、対象としたネットワークにおいて実際に観測リンク交通量の計測が行われているリンク数がネットワークの 10%

程度であり、人力で追加調査を行ったとしてもプラス10%が限度である考えた。

観測リンクの選定については、国道8号線、国道17号線、高速道路および橋梁等の交通の要所となるリンクを中心に選択した。同じリンク数であっても情報量が多くなるように隣接するリンクを選ばないように注意した。

## 5. モデルの検証

長岡都市圏4市（長岡市、小千谷市、見附市、栃尾市）4町（越路町、三島町、与板町、中ノ島町）1村（山古志村）を25ゾーンに分割しモデルの検証を行った。対象とする車両は、対象地域内のみを走行する車両とした。使用したネットワークを図6に示す。

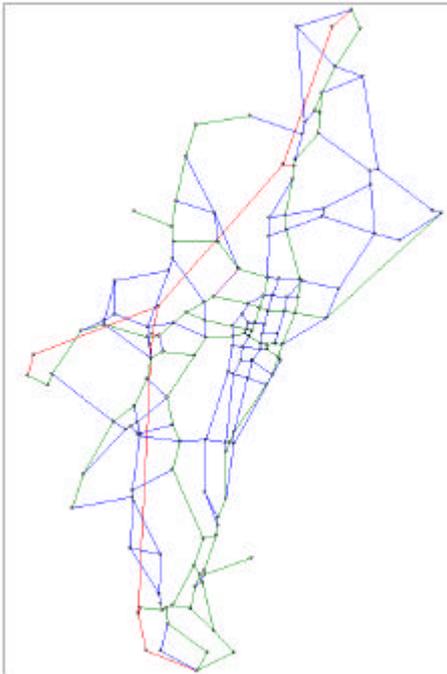


図6．ネットワーク

道路交通センサスより貨物車の平均立ち寄りゾーン数および平均巡回回数を表1に示す。

表1．平均立ち寄りゾーン数および平均巡回回数

	回数
平均立ち寄りゾーン数	1.5
平均巡回回数	1.4

ゾーン別トラック台数は、市町村別自動車保有車両数より各ゾーンのトラック台数を使用した。このトラック台数は対象地域外を走行するトラック台数も含まれているため、道路交通センサスより対象地域内に拠点を持っている貨物車の中で、対象地域内のみを巡回する貨物車の割合を求めたところ表2の結果を得た。割合は77%であった。

表2．対象地域内のみ走行トラック台数

	トラック台数
対象地域内登録台数	31,400
対象地域内のみ走行トラック数	24,300

(台)

平均流動ロットサイズは、車種・品目毎によって大きく異なるため、車種・品目別に求めた。

ここまでのデータを用いて出発・帰社・中間総トリップ数を求めた。この値は、トラックの運送業務のみのトリップ数を表しているため、センサスデータから運送業務のみのトリップ別トラックトリップ数と比較したところ非常に近い値が得られた。

表3．トラックトリップ数

トリップ	推定値	センサスデータ	センサスデータ(運送業務のみ)
出発総トリップ数	31,073	37,046	32,346
帰社総トリップ数	31,073	37,046	32,346
中間総トリップ数	15,767	15,786	15,023
Total	77,913	89,878	79,715

(台/日)

変換モデルの重力モデルのパラメータ推定結果を表4に示す。()内はt値を表している。t値が大きく符号も一致しているが、決定係数は良いとはいえない。

表4．パラメータ推定結果

観測数				決定係数 R <sup>2</sup>
460	-1.491 (-1.789)	0.523 (10.863)	0.924 (15.271)	0.501

以下に、変換結果について述べる。

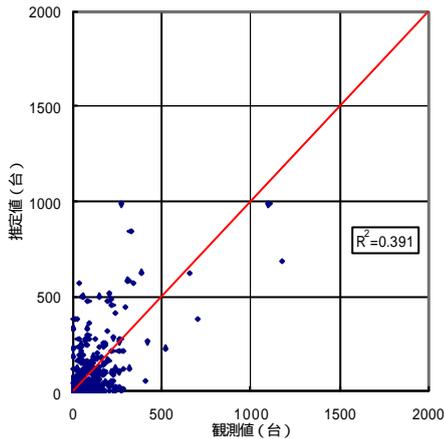


図7. 出発トラックOD交通量

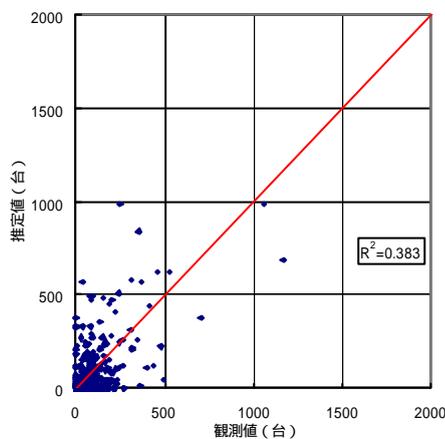


図8. 帰社トラックOD交通量

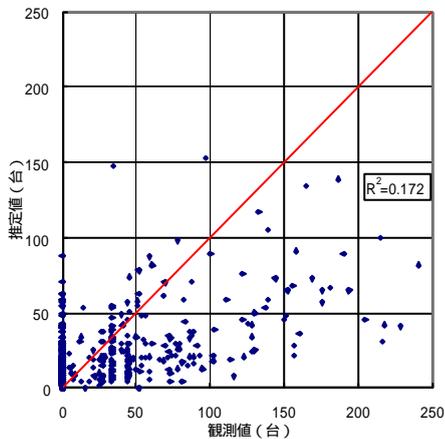


図9. 中間トラックOD交通量

出発・帰社貨物車OD交通量，どちらも推定値が過大に推定されている。これは，貨物OD流動量の割合を貨物車台数にかけて推定しており，ゾーンXから発生する貨物OD流動量がゼロの場合，ODペアの交通量はゼロになってしまう。

図9のように中間トラックOD交通量の推定結果は良くないものであった。中間トラックOD交通量の推定値には重力モデルを用いており，交通量はゾーン間距離と各ゾーンの発生・集中量の関係のみで推定されることになる。そのため，観測値がゼロの場合にも推定されることになる。

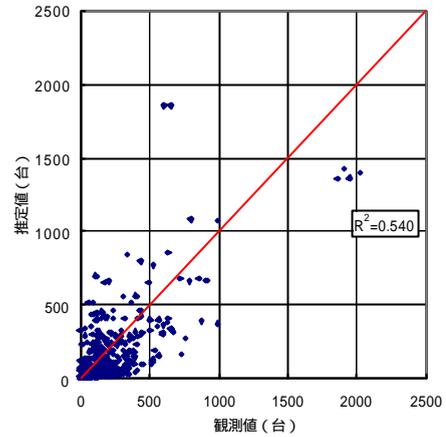


図11. トラックOD交通量

トラックOD交通量の精度は低いものとなった。また，重力モデルにはゾーン間の平均距離を抵抗として用いている。しかし，貨物車が運行するに当たって荷送り人にとって実際に抵抗となるのは運送料金である。一般に，運送料金の増加量は図10のように距離が伸びるほど低くなる。

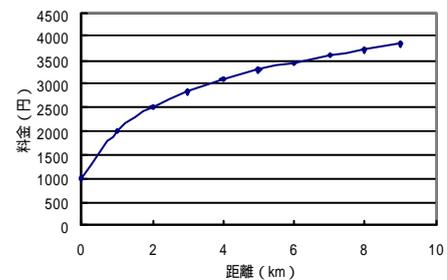


図10. 走行距離と運送料金 (例)

そのため，距離が遠い場合と近い場合を比較すると距離が近い場合のほうが抵抗大きくなってしまふ。中間トリップは，遠距離よりも近距離を回ると考えられるので，観測値の大きなところが近距離トリップだと考えられる。したがって，料金と距離の関係で観測値の大きなところで過小な推定結果になってしまったことの説明がつく。

変換したOD交通量を初期OD交通量として、修正モデルにて修正を行った。

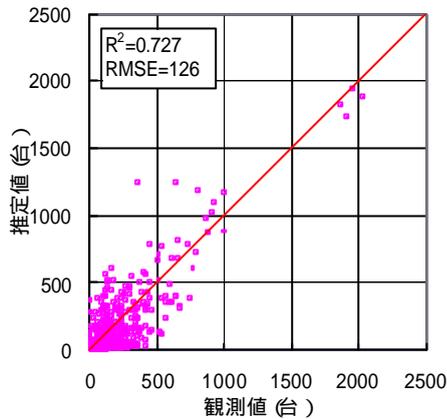


図 12 .修正トラックOD 交通量 (観測リンク数 20%)

表 5 . 修正結果

	初期	10%	20%
決定係数	0.540	0.645	0.727
RMSE	162	140	126

図 12 では、観測リンク数が全リンク数の 20% の場合の推定結果を示している。決定係数、RMSE とともに向上した。また、表 5 には観測リンク数が全リンク数の 10% の場合の結果も示す。表 5 より観測リンク数を増やすことによって推定精度が向上することも分かった。

ここで、初期 OD 交通量の精度による推定結果の違いについて分析を行った。センサデータの総交通量を OD ペア数で割り、全ての OD ペアに同じ交通量を与えた。この OD 交通量をケース A とする。

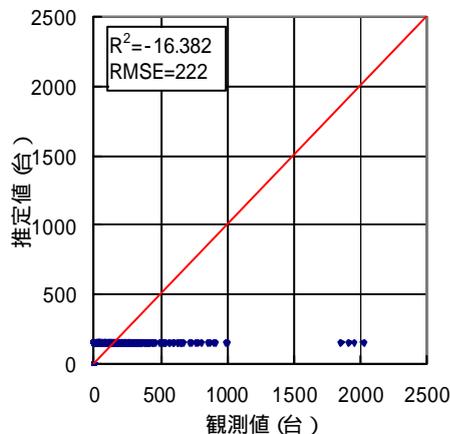


図 13 .トラックOD 交通量 (ケース A)

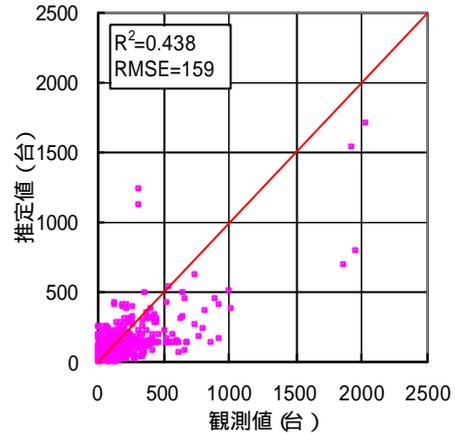


図 14 .修正トラックOD 交通量 (ケース A)

図 12 と図 14 を比較すると、初期 OD 交通量の精度が高いほど修正結果に良くなることがわかる。

## 6. まとめ 結果

貨物 OD 流動量からトラック OD 交通量へ変換を行い、さらに観測リンク交通量を用いて修正を行った。道路交通センサデータを真値とした。

- ・ リンク交通量を近似させることが可能である。
- ・ 観測リンク交通量による修正で、OD 交通量の修正は可能である。
- ・ 観測リンク交通量の本数を増やすことで推定精度は向上する。
- ・ 初期 OD 交通量の精度が高いほど、修正結果が良くなる。

## 今後の課題

- ・ 今回、巡回回数、訪問ゾーン数を全トラックの平均値としており実際に用いる場合は、車種・品目を細かく分類する必要がある。
- ・ 重力モデルの変数を、企業の立地状態等の魅力度とし、企業が少なければ魅力度が低くトラックが走行しない状態になるように改良する。
- ・ 距離ではなく料金抵抗を用いた重力モデルへ改良する。
- ・ 観測リンク交通量は時間帯別に得られるので、動的手法に移行し、時間帯ごとに修正を行った方が、精度が向上すると考えられる。