

貨物輸送調査の調査精度と複数属性を用いた母集団貨物量推計方法の研究

鹿島 茂*・曹 立今**・儀間 潔***

貨物輸送状況の把握は、現在、事業所を抽出単位とするアンケート調査を用いて行われているが、必ずしも抽出単位や抽出率によって調査結果の精度が異なるのか、及びブレードを抽出単位とした場合と事業所を抽出単位とした場合では調査結果の精度が異なるのかは充分明かにされていない。また、調査データから母集団の特性値を推計する方法についても検討すべき点が残されている。本研究では、これらの点について、全国貨物純流動調査データを用いて、実証的に検討する。

Key Words : freight transport statistics, estimating statistical populations

1. 研究の目的

現在貨物輸送を調査する方法としては輸送機関を調査対象とし、これがどのような貨物を輸送しているのかを調べる方法と、貨物の主な発着主体である事業所を調査対象とし、これが取扱っている貨物を調べるという方法が代表的なものである。我国では交通計画作成のための調査としては、貨物輸送の真の発着地が捉えられる後者の方法が主に用いられている。

事業所を調査対象として行われている貨物輸送調査は、家庭を調査対象として行われる人の輸送調査に比較し、調査対象そのものの属性が家庭よりも事業所の方が多様で幅も広いのに加え、輸送の対象が輸送過程で人の輸送は変化しないのに対し、貨物輸送の場合は輸送過程で木材から家具へという様に名前(品目)を変更したり、重量から容積へ或いは個数へと計測単位を変更したりしてしまうなどの特性を有し、調査対象の抽出方法、調査内容、母集団特性値の推計等を難しいものになっている。

我国での都市間の貨物輸送を調査対象として、定期的(5年ごと)に捉えている唯一の調査である全国貨物純流動調査では、調査対象の事業所を都道府県別、業種別、規模別に層別し、抽出しているが、いくつかの層では標本が非常に少なくなり、抽出率の逆数を用いた単純拡大という方法で母集団の特性値を推計することが難しくなっている。このため、現実には事業所の属性を用いた比推定と呼ばれる推計方法が用いられている²⁾。

この様に貨物輸送の調査は調査対象である事業所の属性が多様であるのに加え、貨物輸送そのものも複雑であるため、調査精度は人の輸送の調査に比べ、低いと言わ

れている³⁾。

本研究では以上のような状況下にある貨物輸送の調査について、多くの都市間交通計画の作成作業の中で基本データとして多く活用されている全国貨物純流動調査を用いて、抽出方法、抽出率、抽出単位と調査精度の関係を実証的に明らかにすると同時に、それらの成果を踏まえた新たな母集団の特性値の推計方法を提案し、その有効性を示すことを目的としている。

2. 研究の範囲

(1) 位置付け

標本調査による貨物輸送の調査精度に影響を及ぼす主な要因としては標本の抽出方法、抽出率及び母集団特性値の推計方法が挙げられる。その他、調査表の設計や調査方法も大きな影響を与えていると言われている^{2),3)}。これらの要因のうち、前者3つは標本調査固有の問題であるのに対して、後者2つは調査対象の反応等の人間的要素が強く関係した問題であると言える。本研究では前者の問題のみを対象とする。

a) 抽出方法、抽出率の検討

標本の抽出方法としては一般に単純無作為抽出法、層別比例抽出法、ネイマン割当法が代表的な方法とされている。事業所を対象とした貨物輸送調査である全国貨物純流動調査や都市圏物資流動調査においても、この3つの抽出方法を検討し(一般には1事業所当たりの貨物量を精度指標として用いている)、単純無作為抽出法と層別比例抽出法の調査精度には大きな違いが見られないのに対して、ネイマン割当法の調査精度は標本の各層への割当てを事業所の業種及び規模(一般的には従業員数で層区分)で行うことによりこれらの2抽出方法に比べ、高いことを明らかにしている^{4),5)}。

しかし、これまで行われてきた検討は各調査から得られた各層ごとの1事業所当たりの貨物量が層内では正規

*正会員 工博 中央大学教授 理工学部土木工学科

**正会員 工修 中央大学研究員 理工学部土木工学科
(〒112 東京都文京区春日 1-13-27)

***正会員 工修 東京都 港湾局

分布すると仮定し、その分散を用いて求めた誤差による検討であり、また他の調査から得られた検討結果との相互比較もなされていないため、結果の一般性は限定されたものであると言える。

従来、用いられた代表的な指標：

$$\text{単純無作為抽出法の場合の誤差} = \frac{S}{\sqrt{n}}$$

$$\text{層別比例抽出法の場合の誤差} = \sqrt{\frac{\sum N_h S_h^2}{nN}}$$

$$\text{ネイマン割当法の場合の誤差} = \frac{1}{\sqrt{n}} \left(\frac{\sum N_h S_h}{N} \right)$$

ここに、 n ：標本数

N_h ：層 h の母集団の大きさ

N ：母集団の大きさ

S_h ：層 h の特性値の標準偏差

S ：母集団の特性値の標準偏差

抽出率は調査の目的から選定された特性値の調査精度を一定に確保するという目的から決定される。貨物輸送調査の精度指標としては1事業所当たりの貨物量、フレート数、フレート長、トリップ数等を用いることが考えられるが、実際の調査で用いられるのはほとんど例外なく、1事業所当たりの貨物量である。この特性値の調査精度を一定以上に確保するために必要な抽出率を特性値の値が正規分布するという仮定の下で決定している。

一般に1事業所当たりの貨物量が正規分布すると仮定できるためには、かなり細かく事業所を層区分することが必要と考えられるが、実際の調査で用いられている層区分で正規分布の仮定が妥当と考えられるのかについては明らかではない。本研究で対象とした全国貨物純流動調査（3日間調査）を検討した結果によれば、1事業所あたりの貨物量は調査に際し実際に用いられているような層区分においては、貨物量がごく少ない事業所が多く集中している一方、貨物量の多い事業所が広範囲に渡って分布しており、1事業所あたりの貨物量が正規分布をしていると言えない。言い換えれば、精度指標に正規分布を仮定せずに抽出率と調査精度との関係の検討が必要であると考えられるにもかかわらず、これまでは検討されていないと言える。

貨物輸送調査での抽出方法、抽出率に関係し、検討しておくべき事項がもう1つ残されている。それは調査対象を輸送される個々の貨物（ないしはその活動）ではなく、貨物輸送を発生させている事業所としているために生ずる問題である。この問題は人の輸送で言えば、調査対象を個々の輸送を起こしている個人ではなく、個人の集合である世帯としている為に生ずる集落化の問題と類似した問題である。交通調査での集落化の問題については、パーソントリップ調査では実証的な検討が既に行われているが⁹⁾、貨物輸送調査においては、集落化と類似

表一 主要貨物輸送調査と関連統計の主な調査項目

全国貨物純流動調査 都市圏物資流動調査	事業所統計 商業統計 工業統計
標本調査	全数調査
事業所属性に関する項目 ・所在地 ・従業員数 ・事業所敷地面積 ・出荷額、販売額 ・出荷件数 貨物属性に関する項目 ・発地、着地 ・品目 ・貨物重量 ・利用輸送機関 など	・所在地 ・資本金 ・従業員数 ・事業所敷地面積 ・出荷額、販売額 ・仕入れ額 など

した問題の存在は指摘されていたものの、実証的な検討はなされてはいない。

b) 母集団貨物量の推計

母集団貨物量の推計方法としてはこれまで単純拡大法及び比推定法が用いられてきた。

①単純拡大法：標本事業所の貨物量に抽出率の逆数をかけて、母集団の貨物量を推定する。即ち

$$\text{母集団貨物量} = \text{標本貨物量} \times \frac{\text{母集団の大きさ}}{\text{標本数}} \dots\dots\dots (1)$$

②比推定法：他の統計から補助情報として一つの統計量を算出し、母集団におけるこの統計量の値と標本における値の比を拡大係数として、母集団の貨物量を求める。即ち

$$\text{母集団貨物量} = \text{標本貨物量} \times \frac{\text{母集団の補助情報値}}{\text{標本の補助情報値}} \dots\dots\dots (2)$$

補助情報としてよく用いられるものは事業所の規模を表す従業員数、敷地面積、出荷額・販売額等である⁹⁾。

母集団貨物量の推計方法としてこれ以外の方法が考えられないかという、我が国の貨物輸送調査ということ考えると2つの方法がさらに考えられる。その一つは貨物輸送調査以外から得られる補助情報を複数活用する方法であり、もう1つが複数の貨物輸送調査を組み合わせるという方法である⁹⁾。

特に前者の方法は、抽出単位である事業所について、表一に示すように、全数調査である事業所統計、工業統計、商業統計が存在し、これらの統計から精度高く、母集団の全ての事業所の所在地、資本金、従業員数、敷地面積、出荷額・販売額等の情報が得られるため、有効な方法と考えられる。

(2) 使用データ

本研究では従来の研究⁹⁾を参考に、既存の貨物輸送調査の結果を“母集団”と見なして、そこから再標本抽出

表-2 本研究の使用データ

業種区分	層区分方法	事業所単位	フレート単位
食料品 製造業 (業種 A)	~ 99人	524	16,174
	100 ~ 199人	434	22,867
	200 ~ 人	451	30,915
	計	1,409	69,956
一般機械器具 製造業 (業種 B)	~ 99人	379	4,948
	100 ~ 199人	298	8,603
	200 ~ 人	561	29,016
	計	1,238	42,567
衣服・ 身の回り品 卸売業 (業種 C)	~ 99人	285	15,188
	100 ~ 199人	96	7,643
	200 ~ 人	81	11,689
	計	462	34,520
3業種合計		3,109	147,043

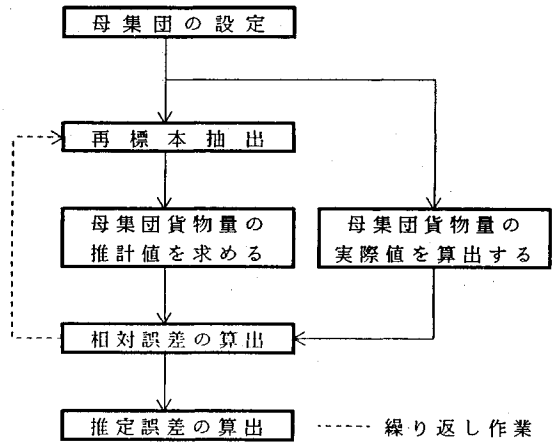


図-1 調査精度の検討フロー

し、これまで述べてきた内容について、検討を行う。この方法の利点としては、①母集団特性値そのものが得られるので、標本からの推定値との比較により、推定誤差が算出できる。②必要に応じて、独立に標本の繰り返し抽出が可能である。③新たな調査を行う必要が無く、比較的low費用、短時間で研究ができるなどが挙げられる。使用した既存の貨物輸送調査は、全国の事業所を調査対象として、フレート単位で貨物輸送を捉えている全国貨物純流動調査（昭和60年、3日間調査）である⁹⁾。全国貨物純流動調査は主要業種の全ての事業所を調査対象としているが、本研究では、これらの業種の中から、再標本抽出を行う上で十分な標本数を得ることの出来る3業種を選び、検討を行う。使用した3業種のデータの概要を表-2に示す。

3. 調査精度の検討

(1) 検討内容

貨物輸送調査の精度に影響を与える標本の抽出方法、抽出率、抽出単位について図-1に示すフローに従って検討を行う。

ここで、調査精度を検討するために用いる相対誤差と推定誤差の定義は、以下の通りである。

$$\delta_i = \frac{(Y' - Y)}{Y} * 100\% \dots\dots\dots (3)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \delta_i^2} \dots\dots\dots (4)$$

- ここに、Y' : 母集団貨物量の合計値の推定値
- Y : 母集団貨物量の合計値の実際値
- N : 抽出繰り返し回数
- δ_i : 第 i 回目の相対誤差
- α : 推定誤差

本研究では、標本調査の抽出方法として一般的に用いられる単純無作為抽出法、層別比例抽出法、ネイマン割

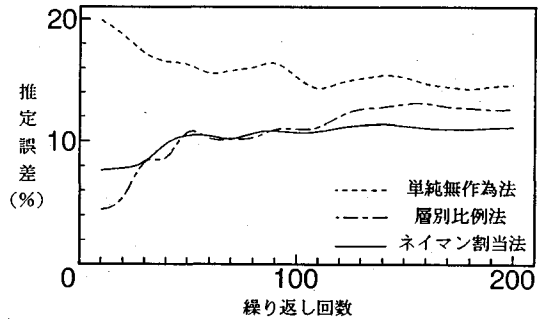


図-2 再標本抽出回数の増加に伴う推定誤差の収束状況

当法の3つの抽出方法を検討対象として、再標本抽出シミュレーションを行う。

標本の抽出は周期が母数よりも大きい疑似一様乱数 $X_{i+1} = 12869 X_i + 6925 \pmod{32768}$ を用いて行った。また、再抽出に際しては一様乱数発生初期値を毎回独立に与えることで、再抽出した標本の独立性が保てるようにした。

再標本抽出シミュレーションでは精度が十分に収束するまで標本抽出を繰り返す必要がある。そこで、まず3業種合計の母集団について、3抽出方法別に繰り返し回数の増加に伴う推定誤差の収束状況を調べてみた。結果を図-2に示す。

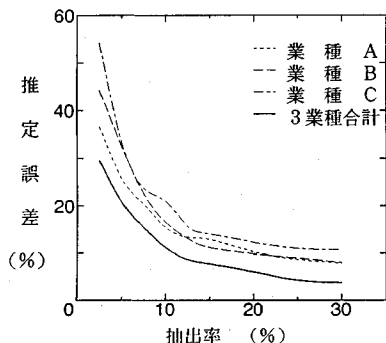
3つの抽出方法においてネイマン割当法、層別比例抽出法、単純無作為抽出法の順で、推定誤差がより速く収束する傾向が見られる。また、3つの抽出方法ともに、再標本抽出を120回程度行えば、精度は収束していると言える。ここで調査精度の検討における安全を見込んで、再標本抽出の繰り返し回数を200回とした。

(2) 抽出方法の検討

業種A、業種B、業種C及び3業種合計の4つの母集団に対して単純無作為抽出法を、及び表-2に示す層区分による層別比例抽出法、ネイマン割当法を用いて、

表一三 抽出方法別の推定誤差の比較 (10% 抽出)

業種区分	推定誤差 (%)		
	単純無作為抽出法	層別比例抽出法	ネイマン割当法
業種 A	19.3	17.7	15.5
業種 B	24.3	22.2	16.1
業種 C	29.1	21.3	21.0
3業種合計	14.6	12.7	11.2



図一三 抽出率と推定誤差との関係

表一四 抽出単位による推定誤差の比較 (ネイマン割当法, 10% 抽出)

業種区分	推定誤差 (%)		推定誤差の比 事業所単位 / フレート単位
	事業所単位	フレート単位	
業種 A	15.5	5.4	2.87
業種 B	16.1	8.6	1.87
業種 C	21.0	11.6	1.81
3業種合計	11.2	4.4	2.54

推定誤差がそれ以上の割合で減少するが、15%以上の抽出率になると、この関係は逆転するという共通した関係が見られるということである。この結果より、推定誤差から見た適切な抽出率の目安は10%~15%程度であると考えられる。

(4) 抽出単位の検討

貨物輸送調査は一般に事業所を対象として実施される。しかし、貨物輸送の場合の一つの大きな特徴は事業所で取り扱われる貨物量の変動の幅が非常に大きいことである。即ち、同一業種・規模の事業所の間でも、利用輸送機関、取り扱い品目、生産活動のサイクルの違い等により、貨物量のばらつきが大きい。そのばらつきの範囲は数キロから数百トンもしくは数千トンまでとなる。このことはフレート単位で発生する貨物量を事業所単位にまとめて調査すると変動がより大きくなり、誤差が大きくなる可能性が存在していることを意味する。そこで、同じ調査対象のデータを事業所単位とフレート単位で捉え、母集団の特性値を推定する時の抽出単位の影響による推定誤差の差異を検討する(ここでの検討は事業所単位とフレート単位でそれぞれ母集団を作成し、それぞれについて、ネイマン割当法により、10%相当の標本数を抽出して行ったものである)。結果を表一四に示す。

3つの業種及び3業種合計の各母集団において、フレート単位で抽出した場合の方が事業所単位で抽出した場合より推定誤差が2~3倍小さくなっており、かつ母集団の大きさが大きいほどその差がより明らかになる。3業種合計では事業所単位で抽出することとフレート単位で抽出することで、推定誤差の比が2.54倍にもなる。

一方、都市圏(例えば、仙台都市圏、昭和62年)の物資流動調査についても、フレートと事業所とをそれぞれ抽出単位とした場合の貨物量の推定誤差は1.21~2.25倍にもなることが指摘されている¹⁰⁾。

パーソントリップ調査の場合は集落化による推定誤差は10%程度と指摘されている⁶⁾。これに対して、前述のように貨物輸送調査の場合の推定誤差はパーソントリップ調査における集落化による推定誤差に比べ、遙かに大きい。この原因としては、①貨物輸送調査の調査対象である事業所の属性の幅がパーソントリップ調査の調査対象である世帯の属性の幅に比べて、著しく大きいこ

標本を抽出し(3抽出法の標本数が各母集団の10%になる様抽出)、相対誤差を求め比較する。求めた推定誤差を表一三に示す。

3業種及び3業種合計の4つの母集団に対し、推定誤差は業種によって違いが見られるものの、ネイマン割当法による推定精度が最も良くなることが確認された。業種別に見ると、抽出標本数が少ない業種C(衣服・身の回り品卸売業)において層別比例抽出法とネイマン割当法の精度がほぼ等しくなっている。一回の抽出標本数が業種Cに比べ3倍程度多い業種A, B及び3業種合計においてはネイマン割当法の推定誤差が他の方法に比べ、良かつその程度は比較的類似している。しかし、抽出方法の違いによる調査精度への影響はこれまで言われた程大きくはないことが明らかにされた。

(3) 抽出率の検討

ここで表一三に示す母集団について、抽出方法として最も適切とされたネイマン割当法を用いて抽出率と推定誤差の関係の分析を行った。結果を図一三に示す。

図一三より、以下の2点に分かる。第一は推定誤差は、貨物量の分布を正規分布すると仮定した場合の誤差と同様、抽出率、言い換えれば抽出標本数の増加に従って減少するということである。第二は、推定誤差の絶対値は、当然抽出率が同じでも抽出標本数が多い場合には小さくなるが(本研究で用いた業種A, B, Cの事業所の貨物量のばらつきはほぼ等しいため、この様な推論をした)、抽出率の増加に対して、推定誤差の変化を計算すると、母集団の大きさの異なる各業種において抽出率が10%~15%程度までは抽出率の1%あたりの増加に対して

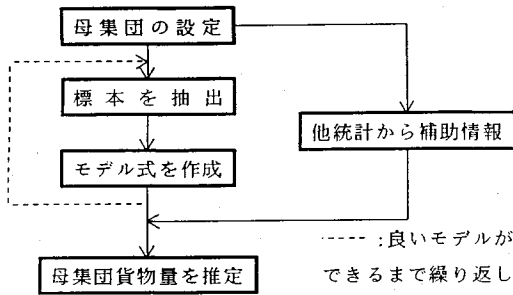


図-4 モデル法による母集団貨物量の推定手順

表-5 モデル法の推定精度の検討概要

項目		内容
母集団		業種 A 1,377 事業所 業種 B 1,210 事業所
推計方法		比推定法とモデル法の比較
検討区分	検討 1	抽出方法 単純無作為抽出法 抽出率 10%
	検討 2	抽出方法 ネイマン割当法 抽出率 10%
	検討 3	抽出方法 ネイマン割当法 抽出率 5%

と、②人のトリップの属性の幅より、事業所におけるフレートの属性の幅の方が著しく大きいことが考えられる。

このことはネイマン割当法を用いて、各層へ抽出事業所数の割当を行う時、各層の貨物量のばらつきだけではなく、フレート数のばらつきも考慮して行うことで、調査精度を大きく改善できる可能性を示していると考えられる。

4. 母集団貨物量の推計方法

(1) モデル法の提案

一般に母集団の貨物量は標本の貨物量に拡大係数を掛けて推計される。従って、この拡大係数の推定精度が母集団貨物量の推定精度に影響を与える。

現在、拡大係数は抽出率の逆数を用いる単純拡大法、母集団が有する特性値の内の一つを使う比推定法により決定されている。これらに対し、本研究で提案する方法（以降モデル法と呼ぶ）は貨物輸送調査以外の調査から得られる母集団の有する複数の特性値を可能な限り活用して、推定しようという方法である。

モデル法による母集団貨物量の推定手順を図-4に示す。

モデル法の基本的考え方としては、個々の事業所の貨物量はそれぞれの事業所の規模・性格などの属性に影響される。事業所の属性を把握できれば、その事業所の貨物量を一定精度では推定できると考えている。現在の推定方法に比べ、①事業所に関する複数の補助情報が貨物輸送調査統計より精度の高い他の統計（表-1参照）から捉えられる。②事業所単位で推定し、その合計を母集団貨物量の推定値とする。この2点によって、モデル法による母集団貨物量の推定精度は単純拡大法に比べ、それほど標本の抽出方法、抽出率に影響されないし、一つだけの補助情報を用いて母集団貨物量を推計する比推定法よりも、より信頼性のある推定値が得られると考えられる。

(2) 検討内容

モデル法を用いる場合には個々の事業所の貨物量をそ

の事業所の属性で表すモデル式が必要となる。モデル式の作成の為には関数型及び用いる説明変数を決定しなくてはならない。これまでの調査、研究結果を参考として¹¹⁾、ここではモデル法により母集団貨物量を推定する最初の試みとして以下に示す線形関数を検討する。

事業所の属性は事業所の規模を表す数量変数と事業所の性格或いは事業所の物流活動の質的内容を表す非数量変数に分けられると考える。即ち：

$$Y' = \sum_i \alpha_i X_i + \sum_k \beta_k Z_k + \gamma \dots \dots \dots (5)$$

ここに、Y'：事業所の貨物量の推定値

X_i：事業所の属性を示す数量変数

Z_k：事業所の属性を示す非数量変数

α_i, β_k, γ：パラメータ

また、説明変数としては、これまでの調査、研究、特に他の関連統計から入手可能な事業所の属性を考え、数量変数としては事業所の従業員数、敷地面積、出荷額・販売額を、非数量変数としては所在地域、業種、取扱品目を検討対象とした。

検討の概要を表-5に示す。

母集団は調査精度の検討と同じく、業種A、業種Bを対象とする（但し、従業員数、敷地面積、出荷額・販売額を記入しなかった事業所を除外した。また、業種Cについては母数が少ないため、検討を行わない）。各母集団から標本を抽出する際、抽出方法によるモデル法の推定精度の向上を比較検討するため、単純無作為抽出法とネイマン割当法を用いる。また、抽出率の違いによる影響を、それぞれ5%と10%抽出で検討する。ここでは、繰り返し回数は2つの母集団貨物量の推定法の優劣を判断するために必要な回数及び作業量を考慮し、10回とした。この繰り返し回数は3.での検討のそれに比べ、少ないため、推定誤差の値そのものを直接比較することには注意が必要である。

作成された貨物量推定モデルに用いられた説明変数及びその係数値等を表-6に示す。

表-6より、以下のことが言える。

①モデルに用いられた説明変数は業種A、業種B共

表一六 モデル法推定結果の比較

変数名	10回中 組込回数	パラメータ推定値の		偏相関 係数平均	
		平均	変動係数		
業種 A	従業員数	7回	250.1	0.84	0.136
	敷地面積	9回	2.56	0.50	0.387
	出荷額	9回	7.90	0.86	0.302
	所在地域	10回	2.12E+5	0.57	0.138
業種 B	従業者数	9回	119.4	0.58	0.336
	敷地面積	9回	0.45	0.91	0.305
	出荷額	7回	2.83	1.17	0.237
	所在地域	10回	7.95E+4	0.25	0.147

表一七 母集団貨物量推定誤差の比較
(単純無作為抽出法 10% 抽出)

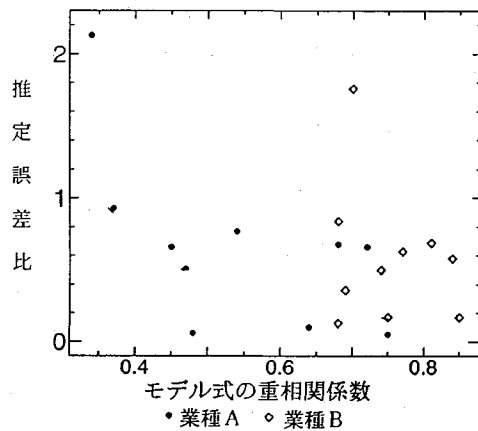
母集団	モデル法の 重相関係数	モデル法 優位 回数	推定誤差 (%)		推定誤差の比 モデル法 / 比推定法
			モデル法	比推定法	
業種 A	0.57	8	19.2	27.4	0.70
業種 B	0.74	7	24.5	36.9	0.66

表一八 母集団貨物量推定誤差の比較
(ネイマン割当法 10% 抽出)

母集団	モデル法の 重相関係数	モデル法 優位 回数	推定誤差 (%)		推定誤差の比 モデル法 / 比推定法
			モデル法	比推定法	
業種 A	0.54	9	15.2	29.1	0.52
業種 B	0.75	8	21.2	40.8	0.52

表一九 母集団貨物量推定誤差の比較
(ネイマン割当法 5% 抽出)

母集団	モデル法の 重相関係数	モデル法 優位 回数	推定誤差 (%)		推定誤差の比 モデル法 / 比推定法
			モデル法	比推定法	
業種 A	0.76	9	21.9	41.9	0.52
業種 B	0.78	7	22.8	52.4	0.44



図一五 推定誤差の比とモデル式の重相関係数の関係

に、数量変数は従業員数、敷地面積、出荷額がほぼ等しく選択されている。この事業所の規模を示す変数のうち、1変数のみがモデルに組み込まれることはない。

②非数量変数としては、事業所の所在地域(所在地域：日本全国を5つの地域に分類)が業種A、B共に全てのモデルで選択された。

③係数の値の安定性を変動係数(標準偏差/平均)で見ると、業種Aは、4変数が共に比較的安定しているのに対して、業種Bは、4変数の間に差が見られ、共通性が見い出せない。

(3) 推定精度の検討

モデル法の推定精度の検討は、推定誤差に加え、業種ごとにモデル式の重相関係数の平均値、10回の計算結果の中でモデル法の推定精度が比推定法に比べ良くなる回数(モデル法の優位回数)、モデル法と比推定法との推定誤差の比を考える。ここで、比推定法の拡大係数は全国貨物純流動調査における当該業種の拡大係数の求め方と同様に出荷額・販売額を用いて求めたものである。

まず単純無作為抽出法により抽出した標本を用いて、比推定法とモデル法との推定誤差の比較を表一七に示す。

また、ネイマン割当法により標本を抽出した時の、比推定法との推定誤差の比較を表一八に示す。

表一七及び表一八の結果により、標本の抽出方法に関わらず、モデル法の推定誤差は比推定法に比べ、低くなった。当然ながら、ネイマン割当法を用いて標本を抽出すれば、モデル法が比推定法に比べより良い推定精度が得られる可能性(モデル法の優位回数)が大きくなり、推

定誤差もより小さくなった。
次に、抽出率の違いによる母集団の推定誤差の変化を検討する。業種Aと業種Bに対して、ネイマン割当法で5%抽出した時の推定誤差を表一九に示す。
表一八と表一九とを比較すると、当然ながら、抽出率が高いほど、推定誤差の絶対値が小さくなるが、低い抽出率においても、モデル法は現在の比推定法より高い推定精度が得られることが明らかにされた。
さらに、モデルの説明力(重相関係数)と、モデル法と比推定法との推定誤差の比の関係を図一五に示す。
図一五より、比較的モデル式の推定精度の高い業種Bについてはモデル式の重相関係数と推定誤差の比の間に関係は見い出せないが、モデル式の推定精度がばらついている業種Aではモデル式の重相関係数が高い場合には推定誤差が少なくなる傾向が若干見られた。これが業種の特徴によるものであるか、モデル式の推定精度によるのかは今後検討しなければならない課題と考えている。

5. 結論と今後の課題

本研究は全国貨物流動調査を用いて、貨物輸送調査の精度と母集団貨物量の推定方法について実証的に検討した。得られた結論を要約すると、以下の4点が上げられる。

(1) 標本の抽出方法は単純無作為抽出法、層別比例抽出法、ネイマン割当法の順で、母集団(事業所)の貨物量の推定誤差が小さくなり、貨物輸送調査の標本抽出において、貨物量が正規分布と仮定しない場合でも、ネイマン割当法が最も推定精度が高いことが確認された。

(2) 本研究が検討対象とした母集団程度(500~3000程度)において、推定誤差の改善から判断すると、適切な抽出率は母集団の大きさに依らず、10%~15%程度である。

(3) 事業所を抽出単位とした場合はフレートを抽出単位とした場合に比べ、母集団貨物量の推定誤差はかなり大きくなる。

(4) 事業所の属性を説明変数として用いるモデル法は現在使用している比推定法よりも精度の高い推定結果を得る可能性がある。特に調査事業所に関する特性値が貨物輸送調査より精度の高い他の統計から捉えられることを考えると、モデル法は今後貨物輸送調査の母集団貨物量の推計精度を高める有効な方法の一つと考えられる。

以上の検討結果から判断して、現在貨物輸送調査における事業所の標準的な抽出方法であるネイマン割当法を用いて、各層からの抽出数を決定する時、同一層内における事業所間の貨物量のばらつき程度に加え、フレート数のばらつきも考慮に入れれば、抽出標本による推定誤差を減少できる可能性が高く、その影響も抽出率の増大に比べ大きいものと考えられる。また、本研究で検討したモデル法を用いた母集団貨物量の推定誤差の減少は30~50%もの可能性を有しており、抽出率の増大によ

る推定誤差の減少の可能性より高く、抽出数決定時にフレート数を考慮することと同程度の影響を持っていると考えられる。(もちろん、ここで、3.の検討結果が200回の繰り返し計算の結果に対して、4.の検討結果が10回での結果であることは注意が必要である)。

残された主な課題としては3点が考えられる。

(1) 本研究で発生・集中貨物量を用いて得られた抽出方法及び抽出率と調査精度の関係が分布量及び機関分担量を精度算出の指標として用いた場合にも成立することを確認すること。

(2) ネイマン割当法を用いる際、事業所の貨物量のばらつきに加え、フレート数のばらつきをどの様に考慮するのが適切であるのかを明らかにすること。

(3) 本研究で2業種について10回の繰り返しで確認したモデル法の優位性をさらに多くの業種、繰り返し回数で確認すること。

参考文献

- 1) 鹿島茂ほか：貨物輸送統計の信頼性の検討，土木計画学研究発表会・講演集，No.14，pp.835~840，1991.
- 2) 鹿島茂：我が国の貨物輸送統計の現状と問題点，MOBILITY，pp.19~23，1985.
- 3) 太田勝敏：交通システム計画，技術書院，1988.
- 4) 中部都市群物資流動調査報告書（昭和51年）.
- 5) 宮城県：仙台都市圏物資流動調査報告書（昭和62年）.
- 6) 山形耕一：パーソントリップ調査の調査精度に対する抽出単位の影響について，第5回土木計画学研究会講演集，pp.366~370，1983.
- 7) 運輸省：全国貨物純流動調査報告書（平成4年）.
- 8) 鹿島茂：OD調査の現状と動向，交通工学，Vol.23，pp.11~16，1988.
- 9) 運輸省：全国貨物純流動調査（昭和60年，3日間調査）.
- 10) 森健二：物資流動調査データの信頼性に関する研究，中央大学大学院，修士論文，1991.
- 11) 鹿島茂：交通計画の立て方（VI）交通計画の将来予測その2，交通工学，Vol.17，No.4，pp.41~49，1982.
(1993.5.19 受付)

A STUDY ON FREIGHT TRANSPORT SURVEY ACCURACY AND ON METHODS THAT ESTIMATE FREIGHT TRANSPORT POPULATIONS USING POPULATION CHARACTERISTICS

Shigeru KASHIMA, Lijin CAO and Kiyoshi GIMA

At present, in order to understand the status of freight transportation, surveys are carried out by distributing questionnaires to individual business enterprises. However, the influence of sampling methods and sampling rates, as well as the difference in either applying freight or enterprises as measurement units, has not been sufficiently clarified. In addition, aspects concerning the methods for estimating statistical populations from survey data should also be considered. The purpose of this paper is to examine these issues from a practical standpoint by using cargo transport data.