

8. 分布貨物量データを用いた都市内貨物車交通量推計モデルの構築 —物流施策評価への利用—

Building a Model for Estimating the Urban Truck Trip by Using Goods Distribution Data —Application for an Evaluation of Logistic Policies—

東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻 46839 古川 雄一

It is necessary to convert commodity flow into truck trips in transportation planning. In this research I proposed an aggregate trip conversion model for urban goods movements. This model has three merits as compared with existing models. Firstly, the input data of this model include the goods distribution which is useful information. Secondly, this model is not based on the present truck trip distribution. Thirdly, I get improved results of this model over previous models. In addition, I suggested that this model is useful to evaluate several logistics policies for urban areas.

1. はじめに

1-1 研究の背景¹⁾

交通発生の根源は、「人の動き」と「物の動き」に二分される。「人の動き」由来の交通量の予測については数多くの研究者によって様々な研究が行われ、その手法はかなりの部分で確立されている。一方で、「物の動き」由来の交通量の予測については、社会的関心の低さ、あるいは手法の開発の困難さから、「人の動き」に比べて既存研究が不足しているのは確かである。

「貨物の動き」、すなわち分布貨物重量（本研究では「貨物の動き」とは分布貨物重量を指す）は、総発生総集中貨物重量から輸送手段別貨物重量を四段階推定法の手順に従って求める手法（図1）が開発されており、また、現状データならば、各都市圏で実施されている物資流動調査により把握できる。しかし、都市交通計画情報として有用なのはトリップを単位とした貨物車交通量である。貨物車交通量については「人の動き」と同様に発生集中原単位を求めればよいという議論もあるが、「貨物車の動き」の正確な把握は一般的に困難で、物資流動調査でも「貨物の動き」を把握する方が精度が高いという特性がある。そのため、「貨物の動き」から「貨物車への動き」へ変換する作業が重要となるのである。

「貨物の動き」とは、物に関する真の発地から真の着地までの流れであり、物を運ぶ「貨物車の動き」と一致するケースは少ない。「貨物車の動き」には、発地と着地との間を往復するピストン輸送と多数の配送先を回る巡回型輸送に分けられるが、後者で不一致が生じるのである。巡回型輸送が卓越している都市内貨物輸送を扱う際に、特に問題となる。

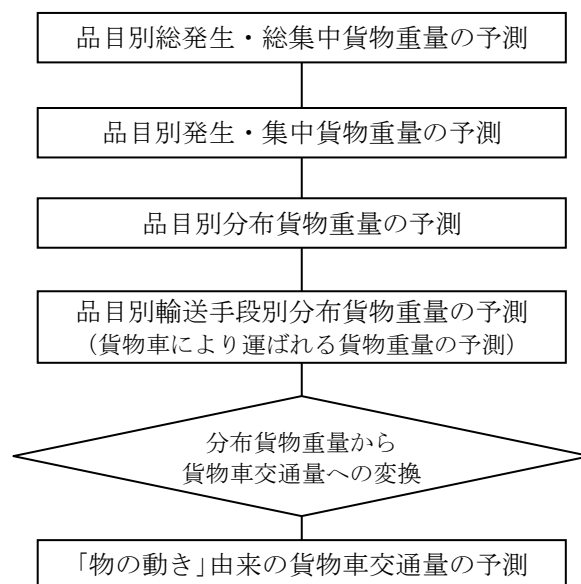


図1 貨物車交通量の予測プロセスの例

1-2 研究の目的

本研究の目的をまとめると以下ようになる。

①各都市圏における既存研究の整理

道央、仙台、東京、中京、京阪神、広島、北九州の各都市圏で作成された貨物車交通量予測モデルの特性や問題点を分析し、比較検討を行う。

②貨物の動きから貨物車の動きへの変換モデルの構築

既存研究で提案されたモデルよりも予測の精度を上げる事、既存研究では予測の際にあまり利用されてこなかったが本来重要な情報であるはずの分布貨物重量をモデルに組み込む事、既存研究の多くが採用している現在パターン法を使わない事、の三点に留意してモデルを構築する。

③都市物流施策の評価

本研究で構築した変換モデルを用いて、都市物流 TDM 施策の評価が行える事を示す。

2. 既存研究のレビュー²⁾

2-1 既存のモデルの分類

ピストン輸送は貨物の動きと貨物車の動きのパターンが一致し、空車分についても、実車トリップの発着地点を逆転させてトリップ数は実車と同じと考えればよいので、予測がしやすい。一方で、ピストン輸送以外のものは予測が複雑になりやすい。東京、仙台、京阪神、広島都市圏では、ピストン輸送とそれ以外の輸送を区別しない手法、中京、北部九州、道央都市圏では、ピストン輸送比率を用いてピストン輸送によって運ばれる物資流動とそれ以外の輸送によって運ばれる物資流動を区別し、それぞれに異なる変換モデルを当てはめる手法をとっている。

2-2 東京都市圏のモデルの問題点

既存モデルの中で最も代表的な東京都市圏のモデルの構造は図2の通りである。このモデルの問題点を以下のように整理する。

①貨物の動きに関連しない乗用車の利用の貨物車トリップを分けて議論していないために、そのトリップの割合が大きい場合に説明できない。

②複数品目を積んでいる場合に最も重量の大きい品目で代表させているために、混載の割合が大きい状況での説明が困難である。

③分布貨物重量データをモデルに組み込んでいない。

④車種分担率、平均積卸重量などの原単位がゾーンごとに、あるいは各年代でも安定している事が、精度の高い予測を実現する条件となる。

⑤平均積卸重量によりトリップに変換した値を積卸あり実車率と空車実車比率で増加させて貨物車発生集中交通量を求めているために、トリップ変換時の誤差をより増加させている可能性がある。

⑥発生交通量と集中交通量を積重量と卸重量から別々に推計しているために、両者の間に差が生じる可能性がある。

⑦分布交通量を求める際に現在パターン法を採用しているために、将来的に土地利用条件や交通施設整備などによる交通条件が大きく変化する事が想定される場合に対応できない。

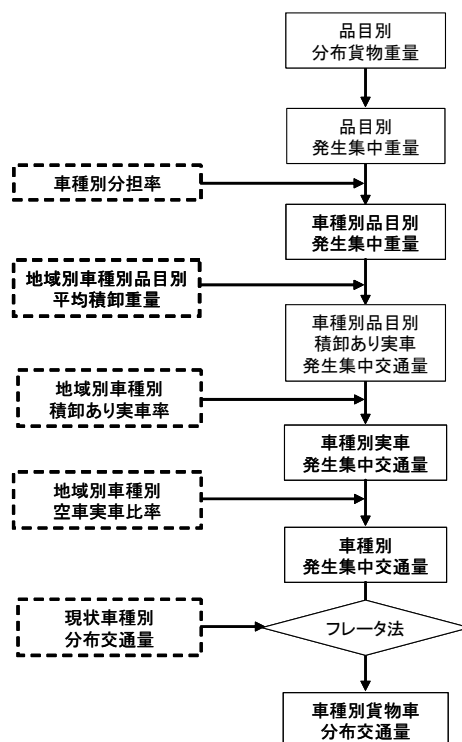


図2 東京都市圏の予測モデル

2-3 本研究のモデルの方向性

2-2の問題点を個々に言及するが、①についてはあらかじめ貨物の動きに関与しない貨物車交通を分析対象から除き、②については混載の割合が考慮する必要があるほど大きいものか確認すれば、問題ない。また、⑤⑥に関しては精度の高いモデルを構築すれば問題を緩和できるはずである。注意すべきは③④⑦で、この3つの問題点は相互に関連している。③の「分布貨物重量データを使用していない」という問題点を克服すれば、その分余計な原単位を減らせるので④が解決されるし、また⑦に関しても分布交通量予測の際に現在パターン法を使用せざるをえなかったのは③の問題点による部分が大きいと考える。

以上より「分布貨物重量をモデルに組み込む」という事を念頭に置いて、精度の高いモデルを構築していく。

3. モデルの構築

3-1 モデル構築の考え方

1) 貨物の動きと貨物車の動きの間のつながりの導入

貨物の動き、すなわち分布貨物重量から、貨物車の動き、すなわち貨物車分布交通量への直接の変換は、両者の動きが一對一に対応していない、両者の値はもちろん単位も揃っていない等の理由で、非常に困難である。そこで、貨物の動きからまず貨物車の動きとは別の、両者間の“つながり”の役割を果たす変数を導入し、それから貨物車の動きを推計するという手順を踏む。“つながり”は三種類設定する。

一つ目のつながりは図3中の(iii)「輸送件数ベースの貨物の動き」である。これは分布貨物重量を輸送重量ではなく輸送件数で表現したもので、この導入により図3中の表現では(i)→(iii)→(ii)の順序で推計していく。二つ目のつながりは図3中の(iv)「積載重量ベースの貨物車の動き」である。これは貨物車分布交通量をトリップ数ではなく運行中の積載重量で表現したもので、この導入により図3中の表現では(i)→(iv)→(ii)の順序で推計し

ていく。三つ目のつながりは、既存モデルにならったもので、発生集中貨物重量/貨物車発生集中交通量である。この導入により、分布貨物重量→発生集中貨物重量→貨物車発生集中交通量→貨物車分布交通量の順序で推計していく。以上の三種類のつながりを用いて、貨物の動きから貨物車の動きへの三種類の変換手法を提案する。

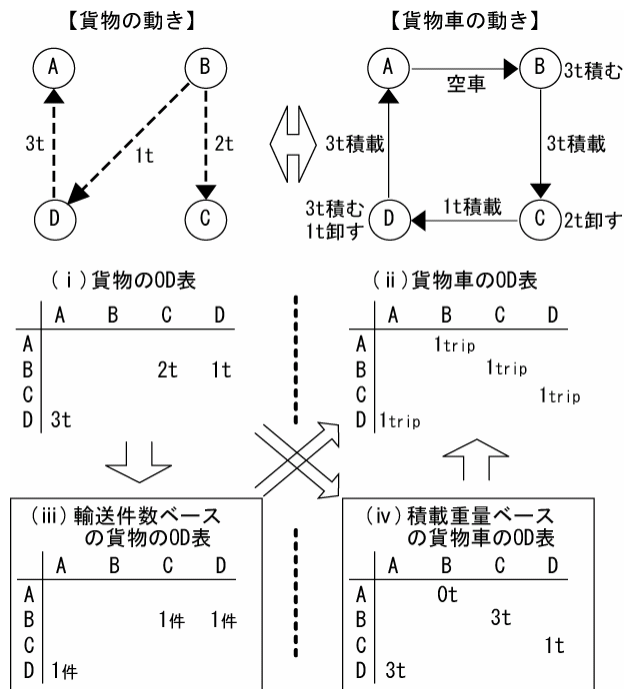


図3 「輸送件数ベースの貨物 OD」と「積載重量ベースの貨物車 OD」の導入

2) 分布貨物重量を加工して作成した四つの説明変数の導入

1)でつながりを導入したが、それでも貨物の動きから貨物車の動きへの変換をスムーズに行う事は難しい。そこで貨物の動きから貨物車の動きへの具体的な変換事例を考察する事で、貨物車分布交通量を推計するために必要な説明変数を、分布貨物重量を加工して作成する。

図4は $\alpha \rightarrow \beta$ のゾーン間を考察したもので、左半分で $\alpha \rightarrow \beta$ 間の貨物の動きを四パターン設定し、右半分には貨物の動きの各パターンでの代表的な貨物車の動きが示されている。図4中の①③では $\alpha \rightarrow \beta$ 間で実車トリップが発生し、②④では

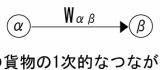
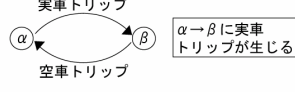
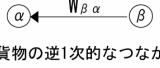
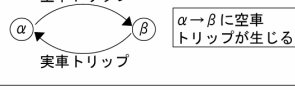
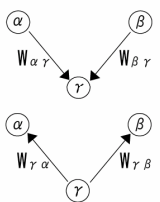
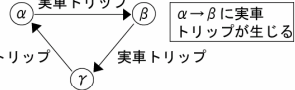
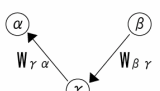
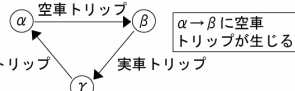
【貨物の動き】	代表的な【貨物車の動き】のパターン
①  「α→βの貨物の1次的なつながり」= $W_{\alpha\beta}$	 α→βに実車トリップが生じる
②  「α→βの貨物の逆1次的なつながり」= $W_{\beta\alpha}$	 α→βに空車トリップが生じる
③  「α→βの貨物の2次的なつながり」 = $\sqrt{W_{\alpha\gamma} \times W_{\beta\gamma}} + \sqrt{W_{\gamma\alpha} \times W_{\gamma\beta}}$	 α→βに実車トリップが生じる
④  「α→βの貨物の逆2次的なつながり」 = $\sqrt{W_{\gamma\alpha} \times W_{\beta\gamma}}$	 α→βに空車トリップが生じる

図4 貨物の動き4パターンとそれぞれの場合作の代表的な貨物車の動き

α→β間で空車トリップが発生している。そこで、i→jの分布貨物重量を W_{ij} と表現する時、 $W_{\alpha\beta}$ 、

$\sum_x (\sqrt{W_{\alpha x} \times W_{\beta x}} + \sqrt{W_{x\alpha} \times W_{x\beta}})$ を α→β間で実車トリップ数の説明変数の候補、 $W_{\beta\alpha}$ 、 $\sqrt{W_{\gamma\alpha} \times W_{\beta\gamma}}$ を α→β間の空車トリップ数の説明変数の候補として捉える。また順に、α→β間の貨物の「1次的なつながり」、「2次的なつながり」、「逆1次的なつながり」、「逆2次的なつながり」と定義する。

3-2 三種類のモデルの構築

1) 「輸送件数ベースの貨物の動き」をつなぎとする変換

変換のフローは図5の通りである。分布貨物重量を輸送一件当りの平均貨物重量で割る事で輸送件数ベースの分布貨物重量を求める。次に輸送件数ベースの貨物の1/2次的なつながりの二つを説明変数とする重回帰式から実車貨物車分布交通量を推計し、更に実車比率で割る事で貨物車分布交通量を求める。

2) 「積載重量ベースの貨物車の動き」をつなぎとする変換

変換のフローは図6の通りである。分布貨物重

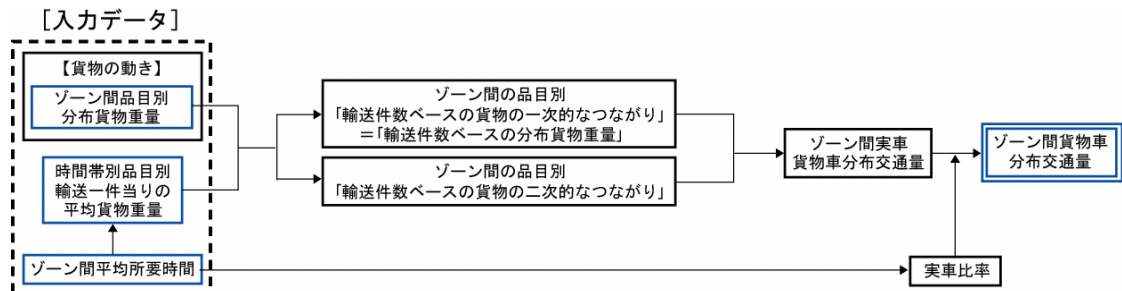


図5 「輸送件数ベースの貨物の動き」をつなぎとする変換のフロー

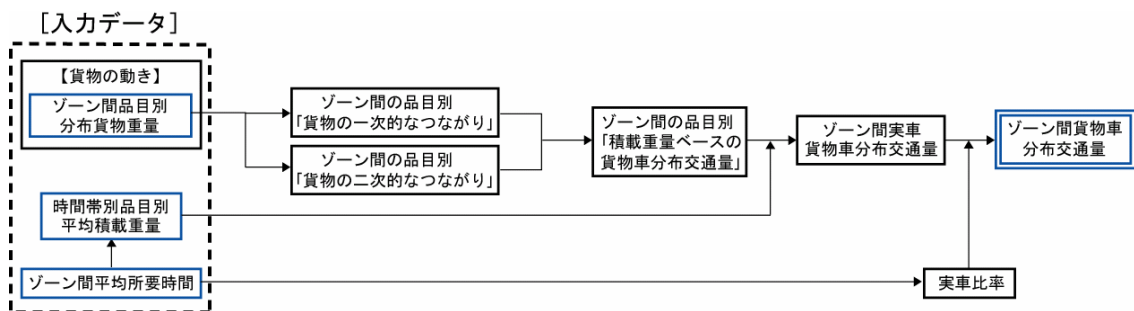


図6 「積載重量ベースの貨物車の動き」をつなぎとする変換のフロー

量から貨物の 1/2 次的なつながりを整理して、この2つを説明変数とする重回帰式から積載重量ベースの分布貨物車交通量を推計する。更に平均積載重量と実車比率で割る事で貨物車分布交通量を求める。

3) 発生集中貨物重量／貨物車発生集中交通量をつなぎとする変換

分布貨物重量→発生集中貨物重量→貨物車発生集中交通量→貨物車分布交通量の順序が進むが、分布貨物重量から発生集中貨物重量へは単純な足し算なので、この変換全体は実質的に発生集中貨物重量から貨物車発生集中交通量への前半と、貨物車発生集中交通量から貨物車分布交通量への後半に分ける事ができる。

まず発生集中貨物重量から貨物車発生集中交通量への変換であるが、フローは図7の通りである。積込回数と卸し回数の和と本籍貨物車数の二つを説明変数として貨物車発生集中交通量を求める重回帰式のパラメータ推定結果は表1の通りである。

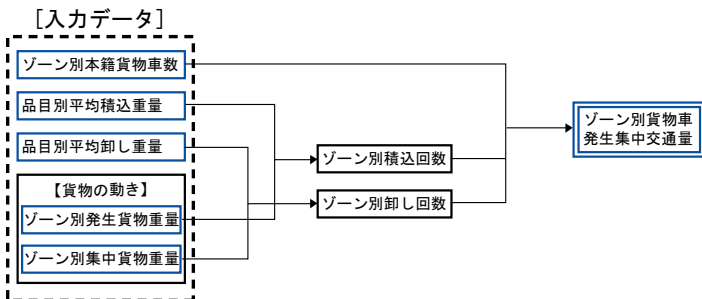


図7 貨物車発生集中交通量を求める変換のフロー

表1 貨物車発生集中交通量を求める重回帰式のパラメータ推定結果(カッコ内の数字はt値)

	パラメータ推定結果			相関係数
	定数項	本籍貨物車数	積込卸回数	
発生量	21.64 (3.03)	0.77 (25.03)	0.14 (5.63)	0.953
集中量	21.55 (2.99)	0.77 (24.95)	0.14 (5.50)	0.953

次に貨物車発生集中交通量から貨物車分布交通量への変換であるが、フローは図8の通りである。発生交通量に着目し、各ゾーンで発生する交

通量がそれぞれどれだけの割合でどのゾーンに向かうかを決定する集中ゾーン選択モデルとなっている。モデル構造は集計ロジット型とし、説明変数は「貨物の1次的なつながり」「貨物の逆1次的なつながり」「貨物の2次的なつながり」「貨物の逆2次的なつながり」とゾーン間平均所要時間の五つ、パラメータ推定には発生交通量による重みつき対数尤度関数を用いた最尤推定法を使用する。パラメータ推定の結果、「貨物の逆1次的なつながり」のt値が小さかったのを取り除き、残りの四つの説明変数で再度モデル式の推定を行った。その結果は表2の通りである。

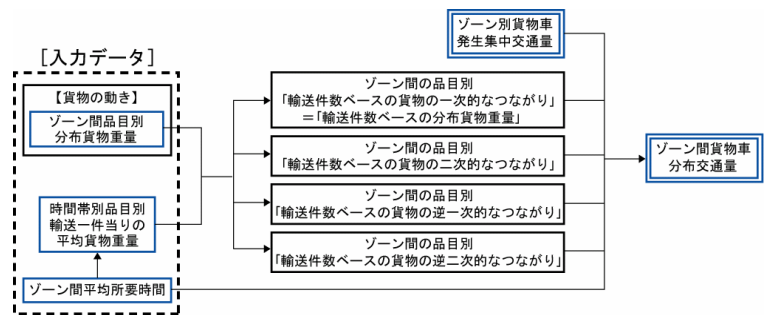


図8 貨物車分布交通量を求める変換のフロー

表2 集中ゾーン選択モデルのパラメータ推定結果

	推定値	t値
1次的なつながり	0.00452787	2.64746
2次的なつながり	0.00333253	4.12667
逆2次的なつながり	0.00621109	3.14373
所要時間	-0.056924	-31.0006
尤度比 ρ^2	0.433	

3-3 三種類のモデルの現状再現性の確認

三種類のモデルに関して、貨物車分布交通量の実測値と予測値との相関を示したのが、図9、図10、図11である。相関係数は図の番号の順に、0.818、0.768、0.864である。散布図と相関係数から判断して、発生集中貨物量／貨物車発生集中交通量をつなぎとする変換が最も現状再現性が高いといえる。

4. 物流 TDM 施策評価への利用

発生集中貨物量／貨物車発生集中交通量をつ

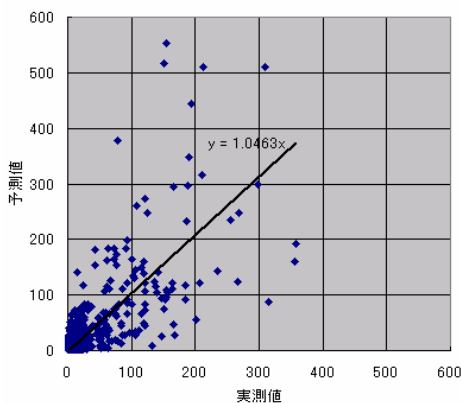


図9 輸送件数ベースの貨物の動きをつなぎとする場合

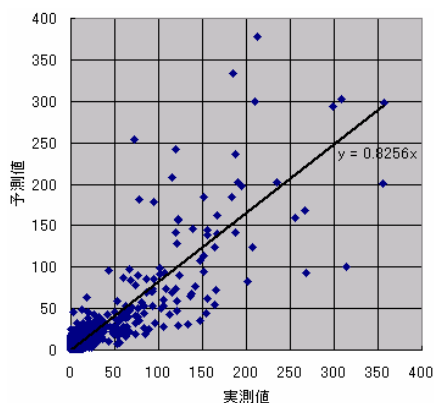


図10 積載重量ベースの貨物車の動きをつなぎとする場合

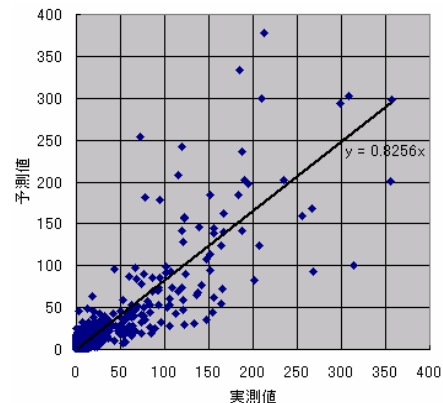


図11 発生集中貨物量／貨物車発生集中交通量をつなぎとする場合

なぎとする変換の入力変数は、①ゾーン間品目別分布貨物重量、②ゾーン間所要時間、③品目別平均積み重量・卸し重量・貨物重量（この三つはそれぞれ連動性があると考えるので一まとまりにする）、④ゾーン別本籍貨物車数の四つである。ある施策を実施した場合、これらの入力変数にも変化が生じるはずで、そのため変化後の新しい入力データを用いて新しい貨物車分布交通量を推計でき、貨物車分布交通量の変化分を調べる事で施策評価を行えるのである（図12）。施策実施後の新しい入力変数を設定するには新たにサブモデルや仮定を導入する必要がある。

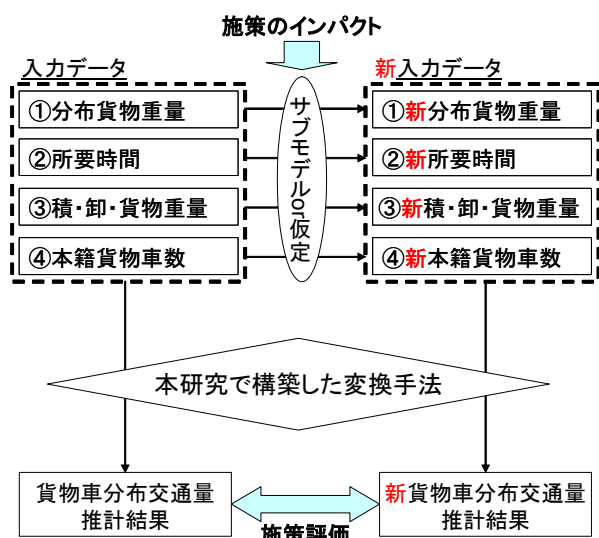


図12 施策評価手法の概要

5. 研究の成果と今後の課題

本研究の成果・結論を以下のようにまとめる。

- ①各都市圏における既存研究の整理
各都市圏のモデルを比較・検討し、最も代表的なものである東京都市圏のモデルの問題点を整理する事によって、今後構築すべき貨物車交通予測モデルの特徴を示唆できた。
- ②貨物の動きから貨物車の動きへの変換モデルの構築
三種類のモデルを構築できた。これらは既存のモデルと異なり、現在パターン法を用いていないので交通条件が大きく変化する事が想定される場合に対応でき、また、分布貨物量データも組み込んでいる。予測精度に関しては、現在パターン法を採用している既存モデルとは前提が大きく異なるため比較が困難だが、3-2 3)の予測モデルにおける実測値と予測値の相関係数 0.86 という結果は多くの既存モデルより優れている。
- ③都市物流施策の評価

本研究のモデルを使用した物流施策評価手法を提示する事ができた。

今後の課題は、幾つかの入力変数を外生的に与えたため、このモデルを施策評価に利用する際に新たな仮定が必要となった事である。

<主要参考文献>

- 1) 佐野可寸志, 小根山裕之; “都市内物流における貨物車交通量変換モデル”, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.649~655, 1996
- 2) 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 物資流動調査予測編, 1985