

# OD交通量逆推定手法の道路交通センサスへの適用に関するケーススタディ\*

## Case Study on Application of OD Matrix Estimation Method from Observed Traffic Flows to Road Traffic Census\*

上坂克巳\*\*・橋本浩良\*\*\*・松本俊輔\*\*\*\*・前川友宏\*\*\*\*\*・倉内文孝\*\*\*\*\*・飯田恭敬\*\*\*\*\*

By Katsumi UESAKA\*\*・Hiroyoshi HASHIMOTO\*\*\*・Shunsuke Matsumoto\*\*\*\*\*

・Tomohiro MAEKAWA\*\*\*\*\*・Fumitaka KURAUCHI\*\*\*\*\*・Yasunori IIDA\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

国土交通省では、概ね5年に1度、全国道路・街路交通情勢調査（以下「道路交通センサス」という）により、現況のOD交通量を把握している。しかし近年、プライバシー意識の高まりなどから、調査票の回収率が低下するなど、正確なOD交通量の把握が懸念されている。また、これまで現況OD交通量は1日単位で把握され、将来OD交通量や計画交通量の推定のための基礎データとして用いられてきた。しかし、近年は現況の時間帯別OD交通量把握の必要性が高まりつつある。既存道路ネットワークの有効活用の観点から、高速道路料金の時間帯別割引やピーク時の交通需要マネジメント等の施策の重要性が高まっているからである。

時間帯別のOD交通量を把握する場合などOD調査のサンプル数が十分得られない場合、その精度を向上させる方法として、OD交通量逆推定手法が有効である<sup>1),2)</sup>。この方法は、全数調査である観測リンク交通量を用いてOD交通量を逆推定または補正するものである。研究は1960年代に始まり、理論的にはほぼ完成の域に達している<sup>1)</sup>と考えられるものの、現時点では実務での適用例はほとんどない。

そこで筆者らは、OD交通量逆推定手法を実用化するための研究に取り組んでいる。これまで、仮想道路網<sup>3)</sup>における及び実道路網<sup>4)</sup>を対象に、モデルの基本的な性能の検証や、観測リンク交通量が誤差を含んだ場合、観測地点数が少ない場合の影響分析等を行ってきた。

\*キーワード：調査論、交通ネットワーク分析、道路計画、OD交通量逆推定

\*\*正員、工博、国土技術政策総合研究所道路研究室（茨城県つくば市旭一番地、

TEL029-864-4472、FAX029-864-3784）

\*\*\* 正員、工修、国土技術政策総合研究所道路研究室

\*\*\*\* 正員、国土技術政策総合研究所道路研究室

\*\*\*\*\*正員、工修、社）システム科学研究所

\*\*\*\*\*正員、工博、岐阜大学工学部

\*\*\*\*\*正員、工博、京都大学名誉教授

本稿では、OD交通量逆推定手法を道路交通センサスに適用し、OD調査結果を補正する方法を示す。次に、奈良都市圏を対象にケーススタディを実施し、2種類のOD逆推定手法を適用し、発生交通量の補正の状況及び日交通量及び時間帯別交通量の現況再現性を示し、考察を加える。

### 2. 道路交通センサスデータを用いたOD交通量逆推定

#### (1) OD交通量逆推定手法

本稿では、下記a)、b)の手法を用いる。なお、モデルの定式化の詳細については、文献4)を参考にされたい。

##### a) リンク交通量モデル (L-model)

リンク交通量の推定値と実測値の残差平方和最小化によって、セントロイド発生交通量の未知変数  $\hat{O}_c$  を推定するモデルである。

##### 目的関数

$$\Phi = \sum_a [(\sum_{c_i} \sum_{d_j} \tau_c \hat{O}_c \alpha_{c_i} m_{cd} \beta_{d_j} P_{c,d_j}^a + \sum_{c_i} \sum_{l} (1 - \tau_c) \hat{O}_c \alpha_{c_i} n_{cl} P_{c,l}^a + \sum_k \sum_{d_j} \lambda_k S_k q_{kd} \beta_{d_j} P_{k,d_j}^a + \sum_k \sum_{l} (1 - \lambda_k) S_k r_{kl} P_{kl}^a) - v_d^*]^2 \rightarrow \text{Min}$$

##### 制約条件

$$\hat{O}_c \geq 0$$

ここで、 $\tau_c$ 、 $\lambda_k$ : 域内、域外からの域内集中確率

$\alpha_{c_i}$ 、 $\beta_{d_j}$ : ノード発生・集中分担率

$c_i$ : セントロイド  $c$  内の発生ノード  $i$

$d_j$ : セントロイド  $d$  内の発生ノード  $j$

$m_{cd}$ 、 $n_{cl}$ 、 $q_{kd}$ 、 $r_{kl}$ : 内々、内外、外内、外々交通の目的地選択確率

$P_{ij}^a$ : OD交通量  $ij$  のリンク  $a$  の利用確率

$S_k$ : 外部ノード  $k$  からの流入交通量

##### b) 結合モデル (G-model)

リンク交通量の推定値と実測値の残差平方和およびノード別発生交通量パターン<sup>5)</sup>の推定値と現実値の残差平方和最小化によって、未知変数  $\hat{O}_c$  を推定するモデルである。

目的関数

$$\Phi = \sum_{d_i} [(\sum_{c_i} \sum_{d_j} \tau_c \hat{O}_c \alpha_{c_i} m_{cd} \beta_{d_j} P_{c,d}^a + \sum_{c_i} \sum_{d_j} (1-\tau_c) \hat{O}_c \alpha_{c_i} n_{cd} P_{c,d}^a + \sum_k \sum_{d_j} \lambda_k S_k q_{kd} \beta_{d_j} P_{kd}^a + \sum_k \sum_{d_i} (1-\lambda_k) S_k r_{ki} P_{ki}^a) - v_a^*]^2 + \sum_c [\hat{O}_c - \hat{O}_c^*]^2 \rightarrow \text{Min}$$

制約条件

$$\hat{O}_c \geq 0$$

ここで、 $\hat{O}$ : 総発生交通量 ( $\hat{O} = \sum \hat{O}_c$ )  
 $\hat{O}_c^*$ : 既存データによる発生交通量比率 (=  $O_c / O$ )

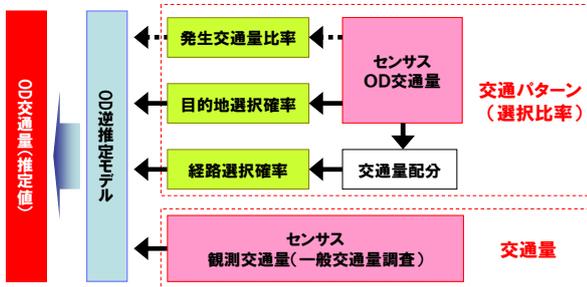
(2) 道路交通センサスへの適用の基本的考え方

(1) のOD交通量逆推定手法の道路交通センサスへの適用の考え方を示したのが図-1である。

まず、a)のリンク交通量モデル(以下「L-model」という)について説明する。このモデルでは、目的地選択確率と経路選択確率を固定して、観測リンク交通量の推定値が実測値に合うように発生交通量を推定する。その際、目的地選択確率はOD調査の結果を用いる。これは、各ゾーンの発生交通量は絶対値であり、OD調査の精度の影響を受けやすいものの、目的地選択確率は相対値であり、発生交通量より高い精度のデータが得られるという仮説に基づいている。

また、経路選択確率は、OD調査結果を用いた交通量配分結果をもとに定める。この際、配分計算のための各リンクのリンクパフォーマンス関数は、道路交通センサスにおける道路状況調査の結果を参考に設定する。ここで交通量配分結果から経路選択確率を便宜的に設定する理由は、既往研究5)から経路選択確率の誤差はOD交通量の推定誤差にそれほど大きな影響を与えないことが判明しているからである。

一方、b)の結合モデル(以下「C-model」という)では、OD調査から得られる発生交通量比率もできるだけ変えないという条件を目的関数に付加している。



- 発生交通量比率: 総発生交通量に対する各ゾーンの発生交通量比率
- 目的地選択確率: 発生ゾーン別の各集中ゾーンを選択する交通量比率
- 経路選択確率: ODペア別の各経路を選択する交通量比率
- 観測交通量: リンク別の断面交通量

図-1 道路交通センサスデータを用いたOD交通量逆推定(補正)の考え方

3. ケーススタディの方法

(1) 対象地域と発生・集中ゾーンの設定

ケーススタディの対象地域は、奈良県北部の奈良市を中心とした概ね15km×15km四方の範囲である。また、OD表のベースとなる交通の発生・集中ゾーンは、平成17年度の道路交通センサスのBゾーンから図-2の29ゾーンとした。

(2) 対象とする時間帯

上述のように、近年、時間帯別OD交通量の必要性が高まっていることを受け、ここでは、1日のOD交通量だけでなく、4時間帯別(朝、昼、夕、夜)のOD交通量の逆推定を行った。4時間帯別の時間設定については、現行の高速道路のETC料金割引(通勤割引:朝6~9時、夕17~20時)を参考に以下の通り設定した。

- ①朝: 6~9時(3時間)
- ②昼: 9~17時(8時間)
- ③夕: 17~20時(3時間)
- ④夜: 20~6時(10時間)

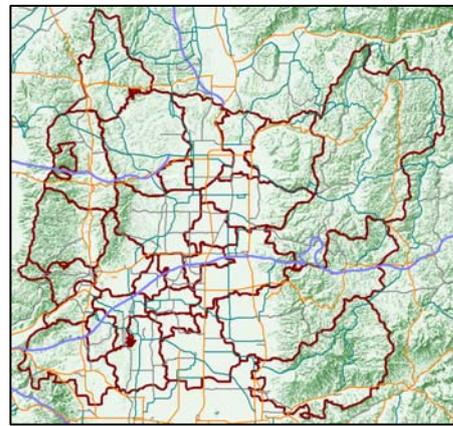
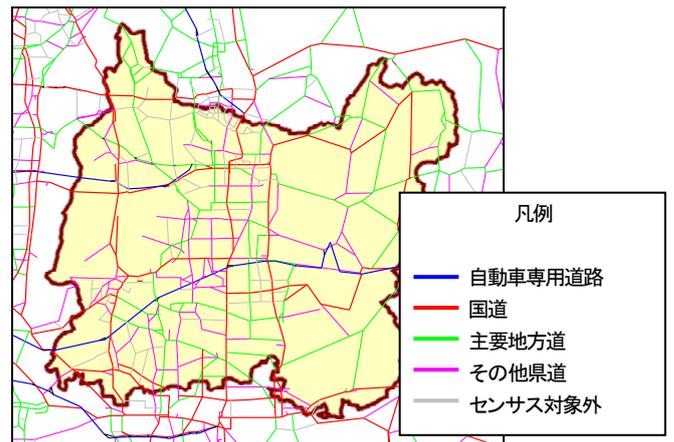


図-2 発生・集中ゾーンの設定(29ゾーン)



リンク数	1日	404リンク(シングルリンク)
	時間帯別	808リンク(ダブルリンク)
交通量観測地点数	1日	139箇所(上下方向計)
	時間帯別	278箇所(上下方向別)
ゾーン数		29ゾーン(センサスBゾーン)
ノードへの分担数		29セントロイドを77のノードに分担
出入り口数		47箇所

図-3 道路ネットワークの設定

### (3) 道路ネットワークの設定

道路ネットワークは、平成17年度道路交通センサスの対象路線を基本として設定した。なお、地域の道路密度と交通量配分による現況再現性を考慮しつつ、必要に応じて、道路交通センサス対象外の路線も追加した。設定した道路ネットワークは図-3のとおりである。

なお、今回は後述するように、朝、昼、夕、夜の4時間帯別の逆推定を実施する。その際、特に朝、夕の時間帯では各路線の上下方向での交通量差が大きくなることが考えられる。したがって、4時間帯別の検討では、ダブルリンクのネットワークを設定した。一方、1日単位の検討では、シングルリンクを活用した。

### (4) リンクパフォーマンス関数の設定

経路選択確率を求めるための交通量配分は、基本的には利用者均衡配分で行うこととし、リンクパフォーマンス関数には、以下のBPR関数を用いた。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{C_a} \right)^\beta \right\}$$

ここで、 $t_a$  はリンク  $a$  の旅行時間、 $t_{a0}$  は自由旅行時間、

$x_a$  はリンク交通量  $C_a$  は交通容量

また、パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  については、道路種別毎に設定し、自動車専用道路では文献6) から  $\alpha=0.48$ 、 $\beta=2.82$  とし、一般道路では  $\alpha=0.7$ 、 $\beta=2.3$  とした。

さらに、 $C_a$  については、平成17年度道路交通センサスの時間帯別交通量を用い、溝上らの交通容量の算出方法<sup>7)</sup>をもとに算出した。ただし、道路交通センサスの12時間観測区間では、夜間の交通量が観測されていないため、奈良県の24時間観測区間の交通量から夜間の時間帯別の交通量比率を道路種別・沿道状況別に整理し、その比率を用いて、夜間時間帯別交通量を算出した。

### (5) インプットデータの作成

#### a) 時間帯別OD交通量、目的地選択確率、発生交通量比率、経路選択確率

平成17年度道路交通センサスのOD集計用のデータのうち、発時間や着時間のデータがある調査票を使用し、対象エリアの各ゾーンの時間帯別(朝/昼/夕/夜)の発生または集中交通量を算定した。次に集計したゾーン毎の時間帯(朝/昼/夕/夜)の発生または集中の交通量の比率を対象エリアの日配分OD表に乗じることにより、時間帯別ODを作成した。

さらにこの結果をもとに、時間帯別の目的地選択確率、発生交通量比率を設定した。また、経路選択確率は時間帯毎に交通量配分を行い求めた。

#### b) 観測交通量

平成17年度道路交通センサスの交通量調査結果を用い、時間帯毎に求めた。ただし、夜間交通量の算出については、(4)のとおりである。

## 4. ケーススタディの結果

### (1) 日配分の結果

#### a) ゾーン発生交通量の補正

図-4にOD交通量逆推定による対象地域全体(29ゾーンの合計)の発生交通量の補正結果を示す。ただし、b)で示すように平成17年度道路交通センサスの結果との比較の観点から、経路選択確率は分割配分による結果から求め、発生交通量には同一ゾーンの内々交通は含めていない。OD交通量逆推定の結果、道路交通センサスのOD交通量に比べ、L-modelで約3.6%、C-modelで約5.0%の増加となるように補正されている。

図-5にはゾーン別の発生交通量の増減を示した。L-modelでは、発生交通量が10,000台以上増減するゾーンがあるなど、ゾーンによる補正率の違いが顕著に表れている。一方、C-modelでは全てのゾーンの補正量が2,200台から3,700台まで分布しており、L-modelほど補正が大きなゾーンはない。これは、L-modelでは観測交通量と配分交通量の差異のみを最小化するように補正が行われるためである。すなわち、目的地選択確率及び経路選択確率の誤差が逆推定結果に与える影響は小さいと考え、ゾーン毎にOD調査の誤差の差異があるとの仮定のもと、それを是正するように補正を行うためである。一方、C-modelでは、OD調査の誤差の程度は対象地域においてほぼ同様であると仮定し、対象地域全体における発生交通量の補正量を、できるだけゾーンに均等に与えるように補正を行うことになる。

#### b) 配分交通量の現況再現性

OD交通量逆推定では、OD交通量の補正と同時にリンク毎の交通量が推定できる。図-6は配分交通量と観測交通量の差(単位:千台)をリンク毎に表したものである。(0)は平成17年度道路交通センサス時に行った分割配分による交通量配分結果である。また、このときの経路選択確率を用い、逆推定を行った結果が(1)(2)である。配分交通量と観測交通量の差が大きかったリンクにおいて現況再現性が向上する結果となった。なお、OD交通量逆推定前には、139リンク中93リンクで配分交通量が観測交通量を下回っていたが、L-modelで77リンク、C-modelでは86になった。

また、図-7の1行目も日配分の結果である。%RMS誤差が25.8%から、L-modelで14.6%に、C-modelで18.0%に減少していることが分かる。

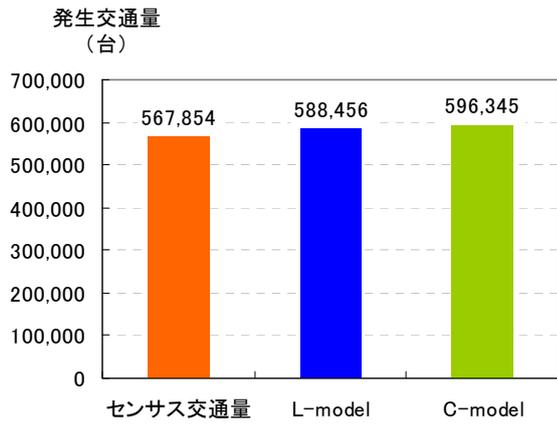
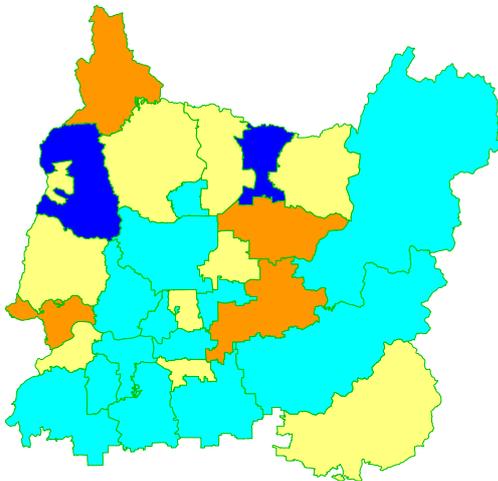
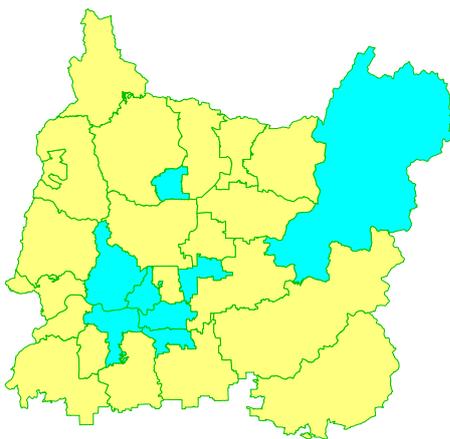


図-4 対象地域全体の発生交通量の補正結果

(1) L-modelの場合



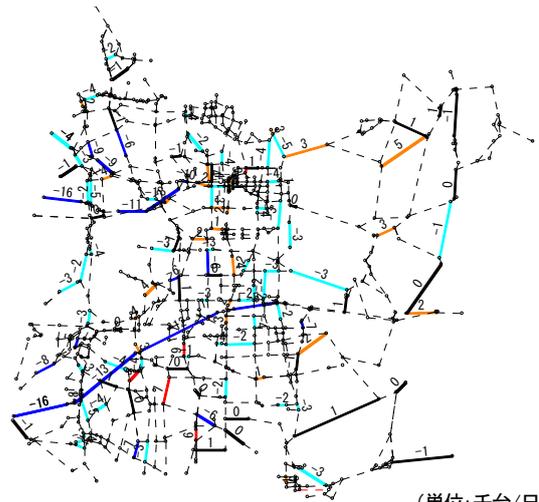
(2) C-modelの場合



【凡例】	
センサスに対する	10000 台 < 0 台 < ≤ 10000 台
推定交通量の増減	-10000 台 < ≤ 0 台 ≤ -10000 台

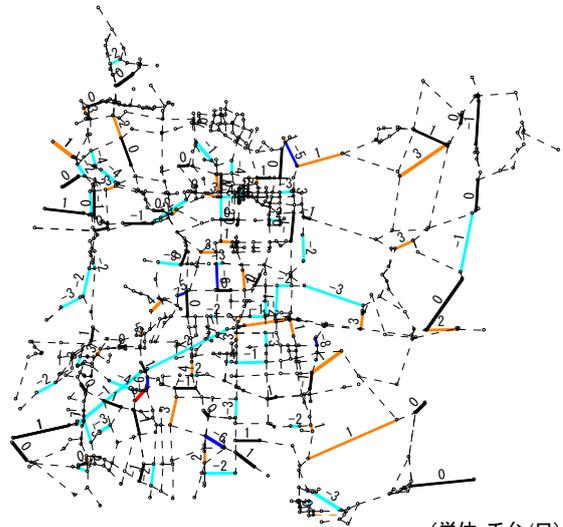
図-5 ゾーン別の発生交通量の補正結果

(0) 道路交通センサス結果 (OD逆推定適用前)



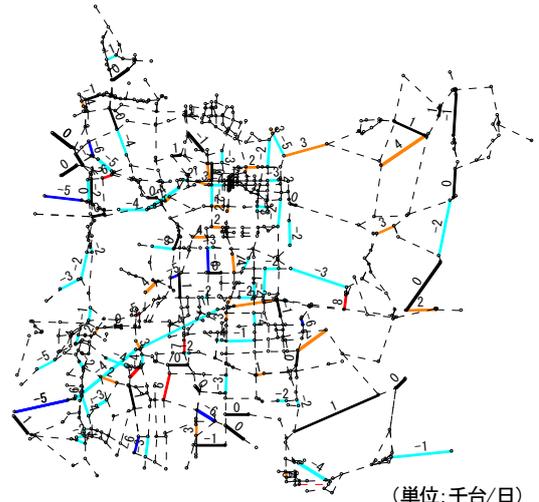
(単位:千台/日)

(1) L-modelの場合



(単位:千台/日)

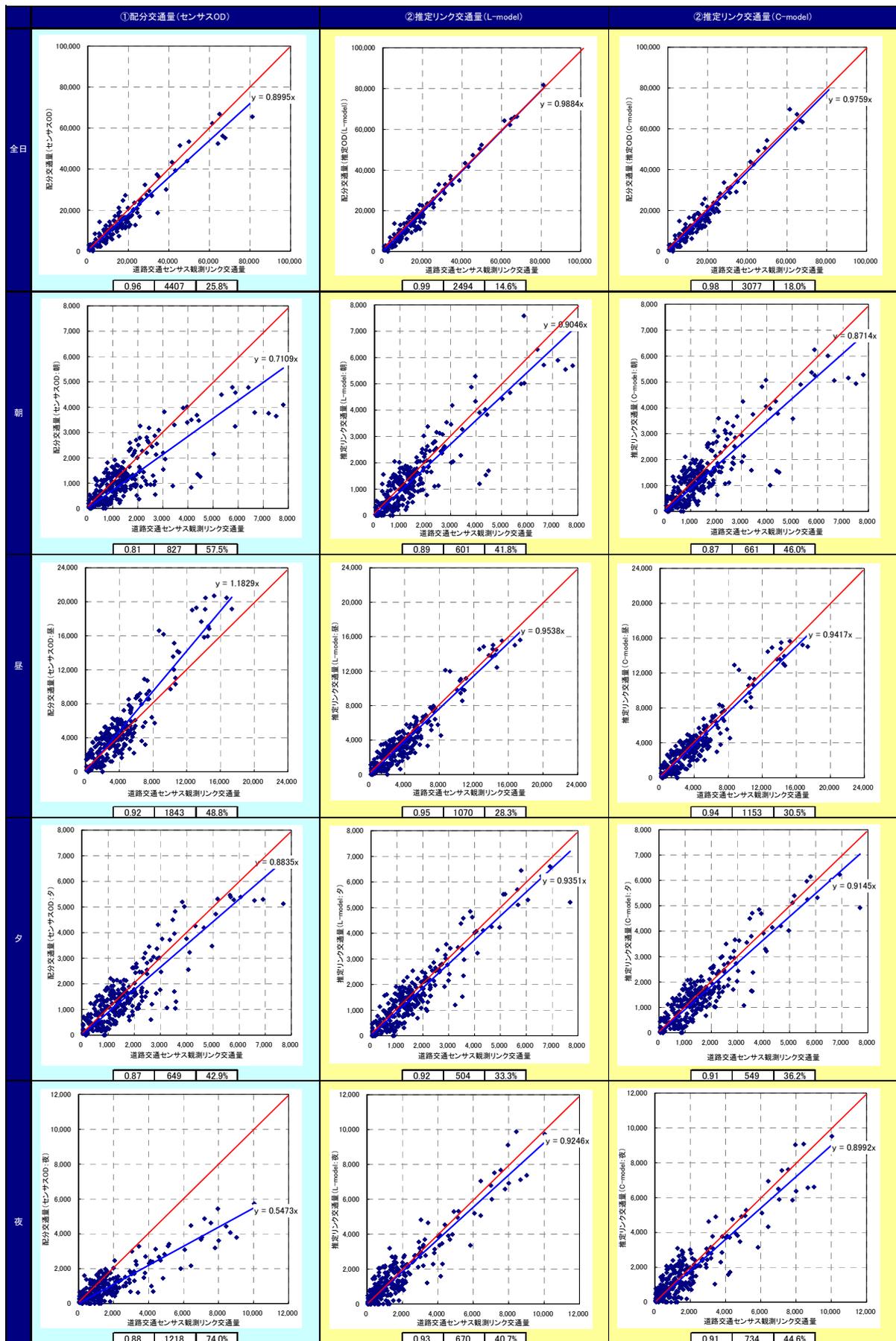
(2) C-modelの場合



(単位:千台/日)

【凡例】	
センサスに対する推定	5000 台 ≤ 1000 台 ≥ < 5000 台
(配分)交通量の増減	-1000 台 ≥ -5000 台 ≥ < 1000 台 < -1000 台 < -5000 台

図-6 配分交通量と観測交通量の差異



※図中の数値は左から、相関係数（実績値と推定値との間の直線関係の度合いを示す指標）、RMS（:Root Mean Square）誤差（推定値が実績値にどれほど類似しているかを表した指標）、%RMS誤差（RMS誤差を比率で表した指標）を示す。

図-7 1日及び朝、昼、夕、夜の時間帯別OD逆推定による配分交通量の現況再現性の向上

## (2) 4時間帯別の配分交通量の現況再現性

図-7の2~5行目は、朝、昼、夕、夜の4時間帯別にOD交通量逆推定を行った場合の、配分交通量と観測交通量を比較したものである。いずれの場合も、OD交通量逆推定によりリンクの配分交通量の現況再現性が向上していることが分かる。また、逆推定後の相関係数や誤差は、4時間帯別配分が日配分に比べて劣るものの、逆推定前後のそれらの改善効果は、4時間帯別配分の方が日配分より大きい。したがって、OD逆推定を4時間帯別配分に適用する価値は十分あると考える。

## 5. 考察

### (1) OD交通量逆推定による発生交通量の精度向上

OD交通量逆推定手法の課題の1つは、OD交通量の真値が不明なことである。したがって、OD交通量逆推定により補正されたOD交通量が真値に近づいているかどうか検証することが難しい。たとえば、文献4)では本ケーススタディと同じ道路ネットワークを用いて、OD交通調査結果とその交通量配分結果を真値と仮定し、OD交通量に誤差を付与してOD逆推定手法を適用したところ、その誤差が小さくなることを確認している。

### (2) L-modelとC-modelとの優劣の比較

図-7において、配分交通量の再現性において、L-modelがC-modelを上回っているのは、4. (1) a)でも述べたように、両モデルの目的関数の違い上当然の結果である。一方、筆者らの過去の検討結果<sup>34)</sup>では、観測リンク数や観測リンク交通量の誤差の影響を受けにくく安定した結果を出すのはC-modelであることが明らかになっている。ただし、C-modelの課題は、ゾーン毎のOD調査精度が異なる場合、すなわち、発生交通量比率が誤差を有する場合、それを解消することが困難なことがあげられる。そのため、実用面からは、C-modelにおけるリンク交通量と発生交通量に関する項の重み付けを検討することも必要と考える。

### (3) 4時間帯別OD交通量逆推定の適用性

対象地域の内々・内外・外内交通全てに対して、各時間帯(朝・昼・夕・夜)に出発した交通が、同じ時間帯に到着する割合について別途集計した。その割合は、朝が90%、昼が95%、夕が92%、夜が95%であった。概ね同一時間帯に到着しているものの、一部、時間帯を跨ぐ残留交通量が発生している。したがって、4時間帯別OD交通量逆推定適用する場合の対象地域の大きさ及び時間帯の分け方については、今後、検討の必要がある。

## 6. まとめ

奈良都市圏を対象に、OD交通量逆推定手法を道路交通センサスに適用するケーススタディを実施した。L-modelでは、発生交通量が10000台以上増減するゾーンが

あるなど、ゾーンによる補正量の違いが顕著に表れた。一方、C-modelではL-modelほど補正が顕著なゾーンはなく、補正量が-2,200台から3,700台の間でほぼ一様に補正された。

また、4時間帯(朝、昼、夕、夜)別のOD交通量逆推定を行ったところ、配分交通量の現況再現性は1日のOD交通量を対象とした場合に比べて劣るものの、現況再現性の改善効果は、1日を対象とした場合に比べて大きいことが分かった。

## 謝 辞

本研究の遂行にあたりご協力いただいた国土交通省奈良国道事務所に対して厚く感謝の意を表します。また、議論を共に行った中央復建コンサルタンツ(株)(元国土技術政策総合研究所)の南部浩之氏に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 飯田恭敬：交通計画のための新パラダイム-交通ネットワーク信頼性とOD交通量逆推定-、技術書院、2008.
- 2) 倉内他：ETC統計データによる時間帯別ランプ間OD交通量推定、第28回交通工学研究発表会、2008.
- 3) 南部他：仮想ネットワークにおけるOD交通量逆推定モデルの基本性能検証、第39回土木計画学研究発表会、2009.
- 4) 前川他：BゾーンベースによるOD交通量逆推定モデルの実際適用性、第29回交通工学研究発表会(投稿中)、2009.
- 5) Y.Iida et al: Comparative Study of Model Formulation on OD Matrix Estimation from Observed Traffic Flows, Proceedings of 4<sup>th</sup> World Conference on Transportation Study, Vol. 2, pp.1570-1581,1986.
- 6) 土木学会：「道路交通需要予測の理論と適用」第1編、p.73、2006.
- 7) 溝上ら：日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発、土木学会論文集第401号、pp.99-107、1989.

