

信号交差点を組み込んだ時間交通量配分法の改良について*

Improvement in Time-of-Day Traffic Assignment Method Combined with Capacity Analysis of Signalized Intersections

高山純一**, 亀谷靖文***, 中村光生****

by Jun-ichi Takayama, Yasuhumi Kametani and Mitsuo Nakamura

ABSTRACT

We have proposed a time-of-day traffic assignment model which can predict the hourly traffic volume on each network link. The main feature of this model is to be combined with capacity analysis of signalized intersections. But this model is not modified by demand flows among the adjacent hours for the conservation law of flows.

In this paper, we propose an improved time-of-day traffic assignment model which can describe the congested network flows at bottleneck intersections. The modification in this model is done based on OD flows, which has been formulated by M. Fujita et al.

Keywords : signalized intersection, traffic assignment method, time-of-day, intersection capacity analysis

1. はじめに

近年、都市内では朝夕のラッシュ時のみならず日中においてさえも慢性的な交通渋滞に悩まされるようになってきている。交通渋滞は物流等に与える影響だけでなく、エネルギー消費、大気汚染といった環境問題をも引き起こし、大きな問題となっている。

交通渋滞を解消するための交通政策を評価するためには、交通渋滞現象を記述できるモデルが必要である。このようなことより交通渋滞を考慮した配分モデルの開発^{1)~5)}が行われており、著者等は既に信号交差点の交通容量解析を交通量配分モデルに組み

込み、交差点での平均遅れ時間を明示的に考慮した分割配分法を提案してきた^{6), 7)}。

このモデルは、1時間単位の交通量を扱っているが、配分対象時間帯内における交通需要量の変化はないものとしているため、あくまでも静的な配分モデルである。

しかし、前の時間帯に出発した交通量が、その時間帯中に目的地に到着できず、次の時間帯においても同一ネットワーク上に残留することが考えられるため、従来の交通量配分で得られる解を修正する必要がある。これについては、藤田等が通常の交通量配分を行ったのちに、隣り合う時間帯での交通量の保存条件を満足するために修正を行う時間帯別交通量配分モデルを提案している²⁾。

本研究では藤田、山本、松井の提案した、分割配分法を用いて時間帯別交通量配分が行える方法(簡易OD修正法)⁴⁾をもとに、前時間帯の影響を考慮したODを作成した。これを信号交差点を組み込んだ

*キーワード: 信号交差点、OD修正法、交通量配分

** 正会員 工博 金沢大学助教授 工学部土木建設工学科

*** 学生員 金沢大学大学院 工学研究科

(〒920 金沢市小立野2-40-20)

**** 正会員 (株)富士設計コンサルタント

(〒920-03 金沢市畝田中3-4)

だ交通量配分モデルにおいて配分するものである。
そして、金沢都市圏における実際規模の道路網への適用を通して実用性を考察する。

2. 交通量配分モデルの基本的な考え方⁶⁾

本モデルは、混雑したリンクにおける交通量とリンク走行所要時間の関係の中に、信号による平均遅れ時間（平均待ち時間）を明示的に取り入れたところに特徴がある。

一般に、信号交差点の交通容量は、①交差点の構造諸元（交差点形状、流入部車線幅員、縦断勾配）、②信号制御方式（信号現示方式）および③交通需要量（車種構成、右左折直進交通量、横断歩行者需要）などにより決まるものである。本モデルでは、各分割配分段階ごとにそれぞれの交差点における交通容量解析と最短経路探索を繰り返すことによって、交通量配分を行う。具体的には、分割配分法により配分された交通量から各交差点の需要交通量（右左折直進交通量、対向直進交通量など）を計算し、与えられた信号現示方式について交差点の容量解析（飽和と交通流率、正規化交通量、現示の飽和度、交差点飽和度の計算）を行う。その結果、交差点を通過する需要交通量が交通容量を超過した場合に、その超過分が渋滞列を形成するものとする。

渋滞列のモデル化を図-1に示す。2つの交差点A・Bに挟まれたある任意のリンク（リンク長： L ）において、交差点Aの流入部で渋滞列が生じたとする。このとき、このリンクを自由流領域〔速度： $V_1(Q)$ 〕と渋滞領域〔渋滞長： L_2 、速度： $V_2(Q)$ 〕に分け、そのリンクの走行所要時間 t を(1)式～(2)式に示すように仮想的な自由流領域での走行所要時間 $[L/V_1(Q)]$ と信号による平均遅れ時間 y （ y_{max} ：飽和状態における平均遅れ時間）およ

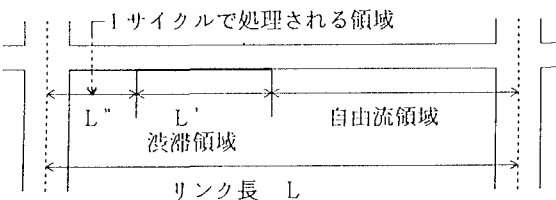


図-1 渋滞列のモデル図

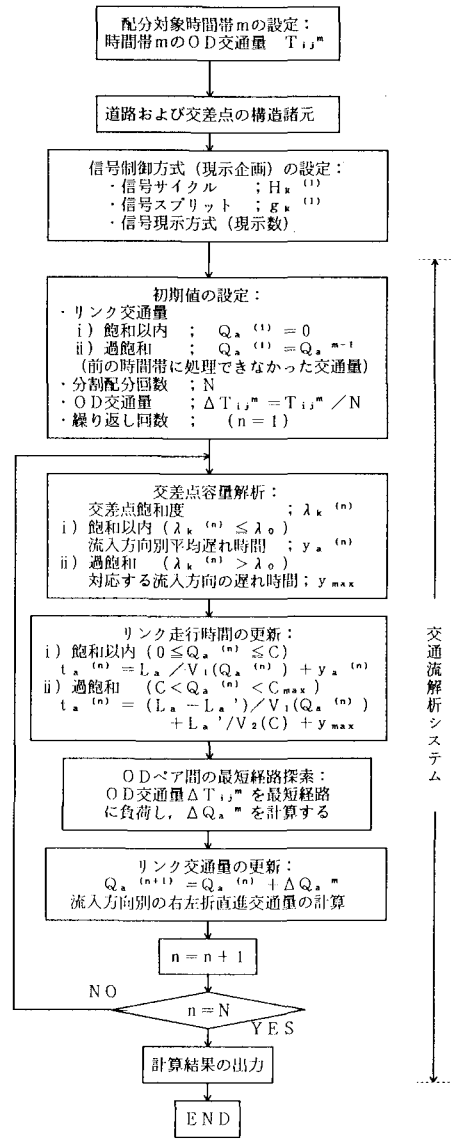


図-2 本配分モデルのフローチャート

びリンク終端における仮想的な待ち時間 $w = \{L_2/V_2(Q) - L_2/V_1(Q)\}$ の和として表す。ただし、交差点手前の1サイクルで処理される交通量が占める領域 $[L_1]$ は自由流領域として扱った。

(i) 渋滞列のない場合 ($0 \leq Q \leq C$)

$$t = L/V_1(Q) + y \quad (1)$$

(ii) 渋滞列がある場合 ($C < Q < C_{max}$)

$$t = L/V_1(Q) + y_{max} + w \quad (2)$$

ここに、 Q はリンク上を流れる交通量であり、 C はリンク終端における端末交通容量（ボトルネックとなる交差点の交通容量）である。また、 C_{max} はリンクの区間交通容量である。本研究では時間帯を区切って交通量配分を行うので、渋滞列が発生する状態（過飽和状態）を $C < Q < C_{max}$ と考えた。

なお、渋滞領域における走行速度である $V_2(Q)$ は、その決定は一般にかなり困難であるが、今回は便宜的に 5 km/h の一定速度と仮定した。本モデルのフローを示すと図-2のようになる。

3. モデル適用上の仮定

仮定1；時間帯の幅>最長トリップ時間

仮定2；各OD交通量は時間帯内で一様に発生し、また各リンクの流入交通量は時間帯内で一様に流入する。

モデル適用上の仮定は上の2つであり、本研究ではオフセット不整合による遅れや交通流のランダム変動による遅れは考慮していない。また、渋滞列が上流リンクに延伸する場合についても解析の対象外とした。これは交通量が多くかなり混雑しているネットワーク（特に渋滞列が存在する場合）においては、オフセット不整合による遅れの影響はそれほど大きくないと考えられるからである。また、交通流の到着分布も交通量が多い場合には一様到着に近づくので、ランダム変動による影響はそれほど大きくないと考えられるからである。

4. 隣り合う時間帯でのOD修正法

ここでは、隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足するための修正方法について説明する。この方法は、藤田等⁴⁾が既に提案している方法であり、比較的簡便に適用できるため、ここでもそれを応用する。

通常の交通量配分によって与えられる n 時間帯の i ODペア間経路 k の経路交通量を u_{ik}^n 、時間帯の幅を T 、 n 時間帯における i ODペア間経路 k の出発ノードから j 番目のリンクの終端までの所要時間を $t_{ik}^n(j)$ とすると、経路交通量 u_{ik}^n のうち j 番目のリンクの起点をまだ通過していない交通量 $Yl_{ik}^n(j)$ は、

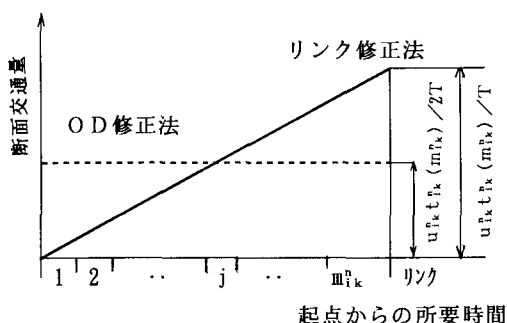


図-3 交通流の保存条件のための修正方法の概念図²⁾

$$Yl_{ik}^n(j) = u_{ik}^n t_{ik}^n(j-1) / T \quad (3)$$

となる。

経路の最後のリンク順位を m_{ik}^n とすると、経路の所要時間は $t_{ik}^n(m_{ik}^n)$ となるから、 Yl_{ik}^n の分布は図-3のような三角形分布となる。

OD修正法では、その分布を図-3の波線で示すように経路上の各リンクで一定とし、その値を $u_{ik}^n t_{ik}^n(m_{ik}^n)$ の $1/2$ とする。よって修正交通量を v_{ik}^n とおくと、そのリンク順位とは関係なく、

$$v_{ik}^n = u_{ik}^n (m_{ik}^n) / 2T \quad (4)$$

となる。

さらに、等時間原則を配分原則としているため、各経路の所要時間 $t_{ik}^n(m_{ik}^n)$ はOD間の最短経路所要時間に等しくなる。ここで、最短経路の所要時間を C_i^n 、 n 時間帯の i ODペア間のOD交通量を Q_i^n 、 i ODペア間の各経路の修正交通量 v_{ik}^n の総和を q_i^n とすると、

$$\begin{aligned} q_i^n &= \sum_k v_{ik}^n = \sum_k u_{ik}^n C_i^n / 2T \\ &= Q_i^n C_i^n / 2T \end{aligned} \quad (5)$$

となる。これより、OD修正法における交通流の保存条件を満足するためには、OD交通量 Q_i^n を修正すればよいことがわかる。すなわち、その修正後のOD交通量 g_i^n は、

$$g_i^n = q_i^{n-1} + Q_i^n - q_i^n \quad (6)$$

となる。

今、 n 時間帯に出発するODペア i のOD交通量 Q_i^n のうち、その時間帯内に集中側のセントロイドに吸収されるOD交通量を Q_{0i}^n とする。このとき、

ODペア i の集中側の終端では次式が成り立つ。

$$Q_i^n C_i^n / T = Q_i^n - Q_{0i}^n \quad (=2q_i^n) \quad (7)$$

(5)式の両辺はともに、 n 時間帯に発生するODペア i のOD交通量のうち、その時間帯に集中側のセントロイドに到着できないOD交通量を表す。(6)式を(7)式に代入すると、

$$\begin{aligned} g_i^n &= \frac{Q_i^{n-1} - Q_{0i}^{n-1}}{2} + Q_i^n - \frac{Q_i^n - Q_{0i}^n}{2} \\ &= Q_i^n + \frac{(Q_i^{n-1} - Q_{0i}^{n-1}) - (Q_i^n - Q_{0i}^n)}{2} \end{aligned} \quad (8)$$

となる。

なお本研究では、 Q_{0i}^n を求めるにあたって以下のような方法をとった。

まず従来の分割配分法で n 時間帯に発生するODペア i のOD交通量 Q_i^n を配分し、そのときの所要時間 YY_i^n を求めておく。これより n 時間帯内に到着できない交通量は、 $Q_i^n \times YY_i^n / T$ で表せるので、 Q_{0i}^n は、

$$Q_{0i}^n = Q_i^n - Q_i^n \times \frac{YY_i^n}{T} \quad (9)$$

となる。(9)式を(8)式に代入すると

$$g_i^n = Q_i^n + \frac{Q_i^{n-1} \cdot YY_i^{n-1} - Q_i^n \cdot YY_i^n}{2T} \quad (10)$$

となる。これより g_i^n を求め、これを用いて配分を行う。

計算の手順は、まず各時間帯の時間OD交通量を交差点を組み込んだ配分モデルを用いて配分し、各時間帯における配分交通量、所要時間等を求める。次に隣り合う時間帯での影響を考慮するために、前時間帯と現時間帯の所要時間と時間OD交通量からOD修正モデルを用いて修正ODを求め、改めて交差点モデルで配分を行った。

5. 金沢都市圏におけるケーススタディ

ゾーニングは昭和59年度の第2回金沢都市圏パーソントリップ調査におけるCゾーン区分を参考にした。

配分に用いる時間OD交通量は、このCゾーンをゾーン単位として、発ゾーンベースで集計した時間帯別のOD交通量に補正を加えたものを用いる。

ネットワークの作成は、上記パーソントリップ調査で用いた道路ネットワークを参考とし、交通渋滞

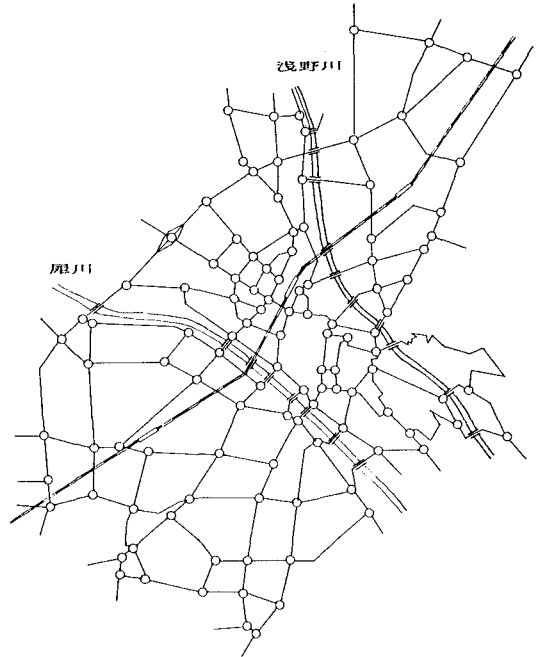


図-4 配分対象ネットワーク図

が問題化している都市内の主な信号交差点を中心に配分対象ネットワーク（信号交差点数113、セントロイド数88、リンク数542）を作成した（図-4）。また、交差点形状、信号現示企画は交通管制センターのデータをもとに入力した。

また、今回作成したネットワークは上記パーソントリップ調査における都市圏より一回り小さい都市中心部を対象としているため、ネットワーク外からの発生・集中交通量は、ネットワーク境界部に設けた境界ノードにすり付けた。

分析の方法としては、①交差点への流入交通量について実際の交通量と配分交通量を比較する方法、ならびに②OD修正前とOD修正後における渋滞区間を比較する方法により行う。

5.1 交差点流入交通量からみた分析

実際の交通量データとしては昭和59年における車両感知器データを用いた。なお今回対象としている交差点は、感知器の設置されている市内主要61交差

点で、これらの交差点は幹線道路に位置する比較的交通量の多い主要交差点といえる。

ここでは、ラッシュ時間帯である7時台、8時台、9時台を取りあげる。修正前のOD交通量と修正後のOD交通量の比較を表-1に挙げる。この表より7時台、8時台の交通量がその時間帯中に目的地へ到着できずにその後の時間帯へ残留している様子がわかる。

配分値と感知器による観測交通量(観測値)との相関図を図-5~7、また相関係数を表-2に挙げる。図-5~7の(a)は、OD修正前の配分結果であり、(b)は、OD修正後の配分結果である。これを見ると、OD修正前において最も実測データと配分値との相関が低かった8時台では、ODの修正により相関係数が向上している。しかし7時台と9時台では、OD修正前後による変化はあまり見られなかった。この原因として、今回適用したネットワークが比較的都市圏の中心部であり範囲が限定されていることから、郊外から都心へといった交通があまり明確に現れず、これよりOD修正による効果が小さくなったのではないかと考えられる。

表-1 OD交通量のトータル交通量の変化(台)

時間帯	OD修正前	OD修正後	差
7時台	31790	26339	-5451
8時台	44243	41214	-3029
9時台	34662	39203	+4541

表-2 観測値と配分値の相関係数(R)

時間帯	OD修正前	OD修正後
7時台	0.805	0.804
8時台	0.725	0.748
9時台	0.802	0.798

5. 2 渋滞区間からみた分析

本モデルの特徴の一つに飽和交差点や渋滞列長が明示的に出力できることが挙げられる。ここでは、本モデルにより得られた渋滞区間を図-8、9に示し、OD修正前(a)とOD修正後(b)での渋滞区間の変化を比較する。

図において、リンク上に太く記されているところが、本モデルで出力された渋滞区間である。OD修

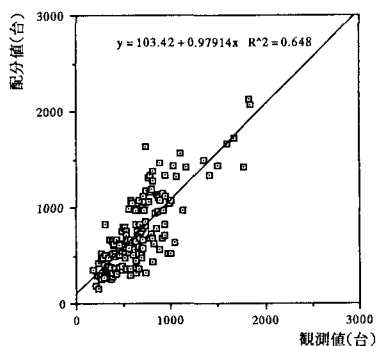


図-5(a) 交通量の相関(7時台)

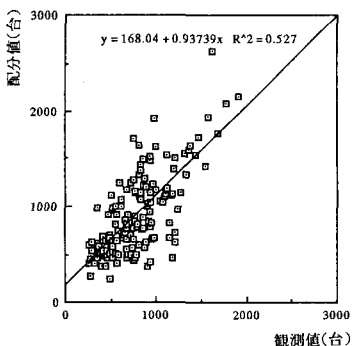


図-6(a) 交通量の相関(8時台)

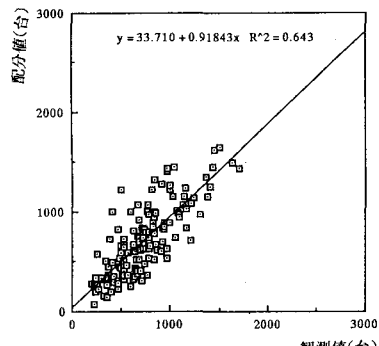


図-7(a) 交通量の相関(9時台)

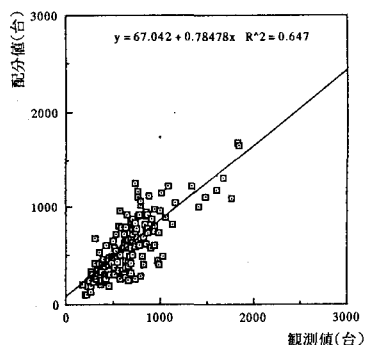


図-5(b) 交通量の相関(7時台)

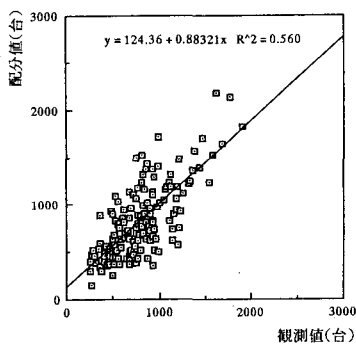


図-6(b) 交通量の相関(8時台)

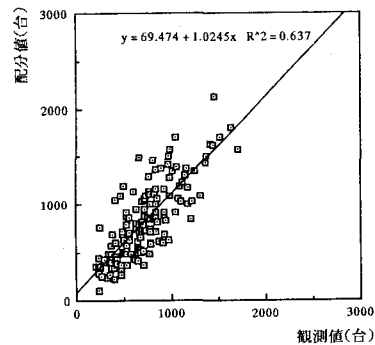
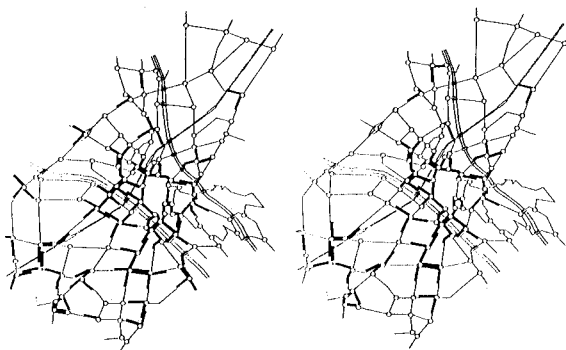


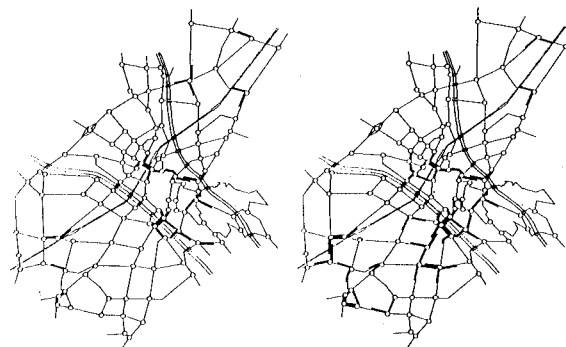
図-7(b) 交通量の相関(9時台)



(a) O D 修正前

(b) O D 修正後

図 - 8 渋滞区間 (8 時台)



(a) O D 修正前

(b) O D 修正後

図 - 9 渋滞区間 (9 時台)

正前では、8時台での渋滞箇所が非常に多いのに対し、9時台では渋滞箇所がかなり減少している。これに対しO D修正後では、9時台においても渋滞箇所が都心部を中心に残っている様子がわかる。これより8時台に都心部の目的地へ到着できなかった交通が9時台に残留し、渋滞区間として出力されたと言える。

6. おわりに

本研究では、これまでに提案してきた信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデルによる配分結果について、隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足するための修正を行った。その修正方法は松井等の簡易O D修正法を参考にし、これより得られた修正O Dを再び配分することにより、前時間帯の影響を考慮する方法である。

分析は、金沢都市圏をケーススタディとした実際の規模のネットワークにおいて、交差点流入交通量と、渋滞区間の2項目について行った。その結果以下のようなことがわかった。

(1) 交差点流入交通量からみた分析では、O D修正前後において感知器による観測交通量と配分値との相関にあまり変化が見られなかったが、これは、ネットワークの規模が都市圏中心部に限定したためではないと思われる。

(2) 渋滞区間からみた分析では、O D修正によりその時間帯において目的地に到着できなかった交通が次の時間帯に残留する様子を表現できることが確認できた。

今後は、隣り合う時間帯での交通流の保存条件を満足するための修正をリンクレベルで行えるモデルを考えていきたい。

最後に、本研究は、文部省科学研究費・一般研究(B) (代表者、京都大学教授、飯田恭敬)、並びに一般研究(C) (代表者、高山純一)の研究助成により行われた研究成果の一部である。ここに記して感謝したい。

7. 参考文献

- 1) 河上、溝上、鈴木：交通量時間変動を考慮した道路交通配分手法に関する研究、交通工学、Vol. 20、No. 6、PP. 17~25、1985
- 2) 藤田、松井、溝上：時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究、土木学会論文集IV、第389号、PP. 111~138、1988
- 3) 藤田、山本、松井：渋滞を考慮した時間帯別交通量配分モデルの開発、土木学会論文集IV、第407号、PP. 129~138、1989
- 4) 藤田、山本、松井：時間帯別分割配分法の開発と実用化、交通工学、Vol. 25、No. 5、PP. 25~33、1990
- 5) 宮城、牧村：時間帯別交通配分手法に関する研究、交通工学、Vol. 26、No. 2、PP. 17~28、1991
- 6) 高山、中村、飯田：信号交差点を考慮した時間交通量配分モデルに関する研究、第10回交通工学研究発表会論文集、pp. 97~100、1990年11月
- 7) 高山、亀谷、中村、飯田：信号交差点を組み込んだ時間交通量配分モデルによる渋滞列長の分析、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集、pp. 432~433、1992年9月