

時間帯別均衡配分の適用における現状と課題*

Review on Applications of Time-of-Day User Equilibrium Traffic Assignment

藤田 素弘**

By Motohiro Fujita**

1. はじめに

時間帯別均衡配分モデルは、利用者均衡原則に基づいて時間帯別の道路交通量を求めるモデルである。本モデルは、従来型の静的な配分モデルとしての扱いやすさを維持している一方で、前後の時間帯の残留交通量を考慮する点で、動的性のある程度備えている。よって、時間帯別均衡配分モデルは近年のTDMなどのピーク時交通施策評価を中心として、その適用が増えてきている。このなかで、高速道路への対応や、精度改善、環境評価などの課題も見えてきている。本稿では、時間帯別均衡配分の基本的考え方を纏めるとともに、現状の適用状況やそこにおける課題を纏めて、今後の展開方向を考える。

2. 時間帯別均衡配分の分類

ここでいう時間帯別均衡配分モデルとは、1 - 2時間程度の時間帯での利用者均衡配分を行うもので、各時間帯の終端時刻にリンク上に存在する残留交通量を次の時間帯に移行して配分する仕組みを組み込んだものである。時間帯別均衡配分を簡便に分類してみる。残留交通量の扱いでは、経路上の残留交通量をOD交通量での修正で置き換えたもの、経路上の各リンクで修正を行うもの、リンクごとに発生する渋滞待ち行列を容量制約の理論的枠組みで行う準動的配分等が挙げられる。また、主にOD修正法の残留交通量の扱いの下で、信号交差点を組み込んだもの、拡張的に有料道路を含む適用を行ったもの、車種別交通量配分を行えるようにしたもの、確率的に扱えるようにしたもの、出発時刻分布と時間帯配分を同時に行えるようにしたものなどが挙げら

キーワード：配分交通，ネットワーク交通流

**正会員、工博、名古屋工業大学大学院都市循環システム工学専攻、名古屋市昭和区御器所町、Tel&Fax 052-735-5492

れる。また、時間帯別均衡配分と動的シミュレーションモデルを併用して両者の利点を活用しようとする研究がある。

ここでは、著者を含む研究グループで継続的に行ってきた、時間帯別配分モデル(OD, リンク修正法タイプ)の開発と実ネットワークへの適用から生じてきた課題と考え方について纏めるものとする。

3. 時間帯別均衡配分の特徴

通常の日単位で利用される利用者均衡配分モデル(以下静的配分)と比べて、時間帯別均衡配分は残留交通量を扱うことに特徴がある。この基本的問題としては、時間帯別(ここでは1時間を単位時間とする)にOD交通量を集計する場合以下のような疑問が生じることによる。

たとえば、7時台に出発して7時台に到着した人は7時台のOD交通量である。8時台に出発して8時台に到着した人は8時台のOD交通量である。しかし、7時台に出発して8時台に到着した人は、7時台と8時台のどちらのOD交通量とするのが正しいか。7時10分に出発して8時5分到着ならば7時台の方がいいように思えるが、7時50分に出発して8時40分に到着した人は7時台として良いか。

時間帯別配分では連続する時間帯を1時間単位程度で区切って配分することからこのような問題が生じる。基本的に2つの時間帯にまたがって流れる交通流は、当該時間帯においての残留交通量となり、これは次の時間帯にも流れる交通量である。この残留交通量の主な修正方法として、OD修正法とリンク修正法を以下に紹介する。

(2) OD修正法とリンク修正法

さて、既存研究において時間帯別配分では以下の仮定を置いている。

仮定 1：時間帯の幅(T) > 最長トリップ時間

仮定 2：各OD交通量はセントロイドから同一時間帯中で一様に発生し、経路上に一様に分布する。

前述したように、時間帯別配分では、各時間帯の終端時刻において残留交通量が必ず発生する。残留交通量の分布は、OD間の経路上において図 - 1 のような三角分布になり、経路の終点ほど多くなる。すなわち、残留交通量は、仮定 2 より、時間帯の終端時刻において経路上の各リンクに一様に残っており、まだ目的地に到着できず、各リンクを通過できていない交通量であり、次の時間帯に通過する交通量である。

リンク修正法は、図の三角形分布のまま経路上の各リンクごとの残留交通量の修正（残留交通量分を現時間帯から削除して、次の時間帯に負荷する）を行う。実際には、通常の静的配分で得られるリンク交通量から、リンク修正法における残留交通量をリンク所要時間に基づいて削る。しかし削った後での所要時間が、削る前の所要時間と異なってくるので、これらが一致するまで収束させる。これらが一致しており、利用者均衡原則も同時に成立している解を得る方法が均衡リンク修正法である。この方法は、変分不等式問題を直接解く問題となる。

OD修正法は図 - 1 のように残留交通量を経路上で平均化する。このようにすれば、残留交通量の修正は各リンクごとに行う代わりに、OD交通量を修正すればよくなる。この場合も、残留交通量を削ったあとの所要時間を削る前の所要時間と一致させること、および、利用者均衡の経路選択となっていることを同時に成立させるモデリングが必要になる。OD修正法の場合は数理最適化問題としての定式化が可能となり、需要変動型の均衡配分モデルと同様な定式化がされる。

均衡リンク修正法は、各リンクごとの渋滞量の変断面交通量（台）

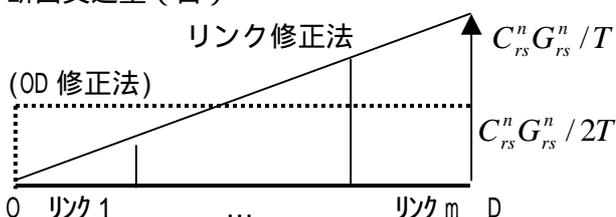


図 - 1 各リンクを通過していない交通量

化を分析することに優れているが、交通容量や時間帯別OD交通量、ネットワーク条件の感度が高く、これらの条件が正確でないと配分結果にも影響を受けやすいため調整に時間がかかる場合がある。

OD修正法は、日単位の利用者均衡配分とほぼ同等のネットワーク条件で、日配分と同等の精度が期待できる。

4. 時間帯別均衡配分の適用性向上に対する課題と対応

(1) 時間帯別OD交通量の推計に関わる課題

時間帯別配分の適用においては、特に時間帯別OD交通量の精度が問題になることが多い。ただし、実際の配分結果の精度検証では、時間帯別OD交通量からくる誤差なのか、他の配分条件による誤差なのか判別することが難しいが、ここでいう時間帯別OD交通量の誤差（過大、過小）とは、リンク交通量の実績値と推定値の散布図をとった場合、全ての配分推定交通量が過大、過小推計されて、明らかに時間帯別OD交通量の誤差が原因と考えられる場合をいうものとする。

この問題を整理すると以下のようなになる。

ピーク時間帯OD交通量は過大になりやすく、オフピーク時間帯（特に夜間）では、過小推計になる傾向にある。

上記のようなピーク時間帯で過大となっている時間帯OD交通量を用いて、OD修正法等を適用した場合でも、残留交通量を次の時間帯に移動するので7時台の適応度はよいが、8, 9時台で過大推計が残る傾向がある。

この傾向は、中小都市レベルの時間帯別配分において現れることが多い。逆に中京都市圏レベルの広域配分ではほとんど影響はなかった。

このピーク時間帯の過大推計の原因としては、以下のような原因が考えられる。

ここでは、直接マスターファイルの個人データに拡大係数を乗じて時間帯別OD交通量を推計した場合（直接集計法）と何らかの方法で時間変動パターンを作成して、日OD交通量に乗じて時間帯別OD交通量を推計した場合（変動パターン法）に分けて

考える。

) 直接集計法

・OD交通量推計における拡大係数は、時間帯別OD交通量を集計するためには殆ど配慮されておらず、出現確率の高い7,8時台の交通を20-50倍(100倍近い場合もある)している。出現確率のきわめて低い深夜から5時前までの交通は、殆どのODペアで元のデータすら存在しない。対象エリア全域のODペアで集計して時間変動パターンを作成すると5時台以下も一定の割合が存在するが、OD交通量が少ないODペア等では5時台以下の希少データの有無やその時間帯のばらつきは大きい。

・特に中小の都市圏では、基本ゾーン以下の小ゾーン単位でのOD推計がされる場合があり、ODペアごとの時間帯別データ数がすくなくなり、希少データの偏りが大きくなることが考えられる。

) 変動パターン法

・拡大係数とODペアごとのデータ数の不足問題を補うために、時間変動パターンは全域のデータで平均的なものを推計して、これを日OD交通量に乗じることで時間帯別OD交通量を推定する場合である。しかし、この場合も必ずしもピーク時間帯における過大推計が解消されるとは限らないケースがあった。この理由は、PT調査データを利用している場合は物資流動調査等で貨物車を補足していないと夜間交通量等が少なくな傾向を生じると思われることや、もともとのアンケート調査データでは7,8時間帯のピーク時間帯のデータは取りやすいが、オフピーク(特に夜間交通量)のデータは取りにくいという傾向があるように思われること、上述した拡大係数の影響などが考えられる。

これらの点には詳細な分析が必要といえる。

(2) 時間帯幅の仮定と緩和

) 時間帯幅の仮定

時間帯別配分における仮定1については、“交通流の定常性を保証”するものとして、これを満たす時間帯幅を設定することが必要といえるが、計算上だけに関していえば、最長トリップ時間は時間帯の幅の2倍の時間までは許容できる。全OD交通量のうちの仮定1を満たさないトリップがあったとしても、その量が多くなければ、そのまま計算しても差し支

えないと考えられる。ここでいう、“交通流の定常性を保証”とは、時間帯の初めに出発した車はその時間帯中に少なくとも一台は目的地に到着する状況を想定することである。この時間帯幅は、ネットワーク上の車両が、定常的に相互に干渉しながら、利用者均衡の経路選択を行うという状態を、おおよそ想定できる範囲のものである必要があるといえるが、この検証は精度評価によってなされることが妥当と思われる。

) 時間帯幅を越えるODペアの扱い

十分時間帯幅をとった場合でも、配分の結果で、時間帯幅以上の所要時間となるトリップが生じることが多い。OD修正法についていえば、このような場合、当該時間帯のOD交通量よりも次に配分される残留交通量の方が多くなるなどの現象が生じる。これをとりあえず避ける意味では、時間帯幅以上の所要時間を持つODペアについては、OD修正を行うときの所要時間に時間帯幅を与えるという方法がある。このようにすれば、当該時間帯と次の時間帯で1/2づつOD交通量を流すことになり、残留交通量の影響を2つの時間帯で平均的に扱ったという解釈となる。

) 時間帯幅の仮定を緩和したときの精度

既往研究の適用計算では、中京都市圏レベルの広域配分においては2時間帯幅を基本として行った。しかし、実務上1時間帯ごとに交通量の変動状況を見たいという要望も多い。既往研究では、2時間帯幅のほうが精度はいいが、1時間帯幅で行っても、精度的には大きく変わらない結果が得られている。これは、全ODペアのトリップ長の分布状況との関係で、トリップ長の長いものが含まれていても、時間帯幅以内のトリップ長のODペアが多くを占めている場合は精度にはそれほど影響しないものと考えられる。どの程度までの時間帯幅が許されるかは今後検討を要する。

(3) 有料道路への適用と残留交通量の扱い

有料道路に時間帯別均衡配分を適用する場合には、ドライバーの経路選択は料金抵抗も含めた一般化所要時間で考える必要がある一方で、残留交通量のための修正に用いる所要時間は料金抵抗分を含ま

ない、物理的な所要時間を使う必要がある。有料道路を含まないOD修正法の適用では、利用される経路はどれも所要時間が等しくなる均衡配分条件のために、残留交通量はどの経路も一致する。しかし、有料道路を含む経路がある場合は、均衡状態においても、一般道と高速道の実所要時間は異なる。これまでの研究では、一般道と高速道の実所要時間の平均値を利用して全OD交通量を修正したが、このようにすれば、精度を落とすことなく配分できる結果が得られた。

5. 適用性向上のための今後の展開方向

時間帯別均衡配分の適用性を向上させるために、今後さらにモデルの再考や諸条件の整備が必要となる。以下に今後取り組んでいくべき課題を挙げる。

・車種別配分への対応

現状ではOD交通量は車種別で用意するが、1車種として扱い、配分計算後車種別OD比率で各リンク交通量を車種別に分けるといったような方法を行っている場合が多い。多様な料金や車線規制に対応するには、経路を確定できる確率的なモデリングにするか、配分後に経路交通量を推計するアルゴリズムを負荷するなど試みられている。

・環境評価への適用

排気ガス評価等に時間帯別配分を用いるには、所要時間の精度を上げる必要がある。また、所要時間の性質について十分に分析する必要がある。基本的に時間帯別配分から出力される所要時間は1時間帯幅の平均所要時間と解釈できる。これはBPR関数の設定条件からもわかる。より詳細な速度を必要とする排気ガス推定とこの平均所要時間の関係の分析により、精度良く排出ガスを推定できる方法を研究することが必要である。

・その他の政策評価への適用

高速道路のETC普及を受けた混雑料金制等、経路変更だけでなく、時刻、手段変更の影響をうける施策評価には、出発時刻分布や手段別分担量と配分同時決定型のモデリングが必要であり、これまでの課題とも組み合わせて取り組む必要がある。

・時間帯別均衡配分の動学化

より短い時間帯幅で、リンクごとの渋滞現象を表現できる利用者均衡原則に沿ったモデリングは今後も要望されると思われる。これには、リンクごとに残留交通量の扱いが可能なモデルや、シミュレーションとの統合利用がある。

なお、上記の方向性の多くは本企画セッションにおいて最新の研究動向が発表される。

6. おわりに

本稿は、主にOD修正法かリンク修正法型の時間帯別均衡配分について解説した。ここで挙げた特に4章の課題と対応策は、未だ分析途上のものが多く、これまでの著者の経験によるところが大きい。よって、必ずしも十分な根拠（まだ適用事例が少ないなど）に基づいているといえないものもあり、この点も考慮して、また良い方法をお教え頂ければ幸いです。また、多くは、著者の研究グループ内と学会内、および、著者と共同研究的に行った実務の方々との議論から得られた知見であることをここに記す。

参考文献

- 1) 河上省吾, 溝上章志, 鈴木稔幸: 交通量の時間的変動を考慮した道路交通量配分手法に関する研究. *交通工学*, Vol. 20, No. 6, pp. 17-25, 1985.
- 2) 藤田素弘, 松井寛, 溝上章志: 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*・4, No. 389, pp. 111-119, 1988.
- 3) 藤田素弘, 山本幸司, 松井寛: 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*, No. 407, pp. 129-138, 1989.
- 4) 松井寛, 藤田素弘, 神谷英次: 時間帯別発生集中および分布交通量の予測手法に関する研究. *土木計画学研究・論文集*, No. 9, pp. 77-84, 1991.
- 5) 宮城俊彦, 牧村和彦: 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. 17-27, 1991.
- 6) 高橋君成, 河上省吾: 動的車種別交通量配分モデル. 第26回日本都市計画学会学術研究論文集, pp. 313-318, 1991.
- 7) 松井寛, 藤田素弘: 時間帯別通勤時刻分布・配分同時モデルの開発, *土木学会論文集*・4, No. 449, pp. 63-72, 1992.
- 8) 高山純一・亀谷靖文・中村光生: 信号交差点を組み込んだ時間帯別交通量配分法の改良について, *土木計画学研究・講演集* No. 16(1)-2, pp. 981-986, 1993.
- 9) 佐藤輝明・松本昌二・佐野可寸志: フレックスタイム制導入による時間帯別通勤交通の変化とその効果, *土木計画学研究・講演集* No. 19(2), pp. 833-836, 1996.
- 10) 赤松隆・牧野幸雄・高橋栄行: 時間帯別OD需要とリンクでの渋滞を生じた準動的な交通配分, *土木計画学研究・論文集* No. 15, pp. 535-545, 1998.
- 11) 斎藤次義・田原由久・中島康博・馬場剛・高橋勝美: 西遠都市圏における通勤時ピーク交通量の平準化方策に関する検討, *土木計画学研究・講演集* No. 21(2), pp. 877-880, 1998.
- 12) 円山琢也, 室町泰徳, 原田昇, 太田勝敏: 渋滞を生じた準動的な交通均衡配分モデルの有効性に関する実証的検討, 第20回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 181-184, 2000.
- 13) 藤田素弘・雲林院康宏・松井寛: 高速道路を考慮した時間帯別均衡配分モデルの拡張に関する研究, *土木計画学研究・論文集* Vol. 18, No. 3, pp. 563-572, 2001.
- 14) 吉田禎雄, 原田昇: 多種流確率的均衡モデルによる準動的配分, *土木計画学研究・論文集*, pp. 541-549, 2002.