

千葉果片 正員 鯉淵 彰
山梨大学 正員 花岡利幸

1. はじめに.

都市内街路網の交通配分では走行時間が運転者の経路選択挙動を規定する重要な要因と思われる。交差点の信号による遅れが走行時間に大きく影響しているし、交差点での渋滞は時間的に変動することから知れるように、運転者の経路選択挙動は時間的に変化するとと思われる。本研究は交通発生の時間変動と交差点の信号制御を考慮した交通配分法を示すものである。

2. 交通信号制御と遅れについて.

(1). 信号交差点の遅れのシミュレーション解析

ある状態で走行してきた車は交差点の信号制御により走行に遅れを生ずるが、この挙動を確率的にとらえるためにモンテカルロシミュレーション手法を用いた。そのために、従来の研究等を参考にして、車の発生・車群の形成・交差点での車の動きを一定の状況においたモデルを考え、シミュレーションを行なった。

用いた交差点モデルは十字形交差点で、片側一車線街路の交差点(モデルA)と片側二車線街路の交差点(モデルB)である。

以上のシミュレーションモデルにより交差点での車の遅れを観察して必要なデータを収集した。

(2). 信号制御と遅れの解析

二つの交差点を考える。交差点間距離 l (m), 区間速度 V (m/min)とする。走行してきた車がオ一の交差点を過ぎた直後から、オニの交差点を過ぎた直後までの車の挙動を観察する。

1). スプリットと遅れの関係 L とオフセットを固定して、周期と交通発生量をいろいろ変えてみた場合、さまざまなスプリットに対する遅れの関係を見た。その結果、遅れ F (秒)と発生量 X_1 (台/分)、スプリット X_3 との間には $F = \alpha \frac{X_1}{X_3}$ なる関係が想定された。

2). オフセットと遅れの関係 スプリットを固定した後、発生量のいろいろの場合について、 L と周期をいろいろと変えてみた場合のさまざまなオフセットに対する遅れの関係を見た。その結果、遅れ F と発生量 X_1 、オフセット変数 X_2 (オフセットの変換量)の間には $F = \delta X_1 \cos(2\pi X_2 - \epsilon) + \eta$ なる関係が想定された。

(3). 遅れについての定式化

1), 2) を合わせて一般式として

$$F = \theta_1 X_1^{\theta_2} \cos(2\pi X_2 + \theta_3) + \theta_4 + \theta_5 \frac{X_1^{\theta_6}}{X_3^{\theta_7}} \quad (1)$$

を与える。 θ_i を非線形量小二乗法により求めた。

交差点モデルA:—

$$\text{直道: } F = -13.0 X_1^{0.23} \cos 2\pi X_2 + 0.64 \frac{X_1^{1.38}}{X_3^{2.77}} + 13.0 \quad (r=0.946)$$

$$\text{右折: } F = -13.0 X_1^{0.23} \cos 2\pi X_2' + 2.77 \frac{X_1^{1.33}}{X_3^{1.47}} + 13.0 \quad (r=0.920)$$

交差点モデルB:—

$$\text{直道: } F = -19.6 X_1^{0.093} \cos 2\pi X_2 + 0.685 \frac{X_1^{0.243}}{X_3^{2.03}} + 19.6 \quad (r=0.977)$$

$$\text{右折: } F = -19.6 X_1^{0.093} \cos 2\pi X_2' + 4.38 \frac{X_1^{1.47}}{X_3^{1.42}} + 19.6 \quad (r=0.964)$$

3. 時間帯別交通配分法

(1). 方法の概要

都市内街路上の走行の遅れは信号制御のみに依存することを前提とする。Zero-flow状態でのOD最短経路を主経路、各経路の交通量増加に伴う遅れの増加によって生ずる代替経路を考え、この両者間での時間比によるODペアの交通量を流す。

代替経路はある時間帯の交通量の状況によって変動的である。さらにこの場合、信号機の制御パラメータによって代替経路は異なってくるので、制御パラメータを最もよい状況下にセットした後、代替経路を選択し、交通配分が完了するように考える。

OD交通量は時間帯に区切って連続的に流すので、この方法では時間帯別OD交通量が与えられていなければならない。時間帯別交通配分法のアルゴリズムを示すと図のようである。

(2). 時間帯別交通配分法のコメント

1). ネットワークのモデル化 街路ネットワークのモデルはアークとノードで連結されたものであるが、1

ードは交差点通過後にあく。

2). OD 最短経路探索法 Bellman-Kalaba の方法を用いる。

3). リンク別交通量の計算 Zero-flow 状態の最短経路 (R_{ij}) 上の OD 走行時間 t_{ij}^m , 時間帯 m の最短経路 (R_{ij}^m) 上の OD 走行時間 t_{ij}^{m*} に対し, 各々の交通量を D_{ij}^m , D_{ij}^{m*} , 時間帯 m の分布交通量 T_{ij}^m とすると

$$D_{ij}^m = \frac{t_{ij}^m}{t_{ij}^m + t_{ij}^{m*}} T_{ij}^m, \quad D_{ij}^{m*} = \frac{t_{ij}^{m*}}{t_{ij}^m + t_{ij}^{m*}} T_{ij}^m. \quad (2)$$

また, あるノード (p, q) 間のリンク交通量 L_{pq}^m は,

$$L_{pq}^m = \sum_i \sum_j D_{ij}^m + \sum_i \sum_j D_{ij}^{m*}. \quad (3)$$

4). 時間距離の変更計算 L_{pq}^m にもとずいて, 上に求めた遅れの計算式(1)を用いて, リンク上の時間距離 FT_{pq}^m は,

$$FT_{pq}^m = \underbrace{ZF_{pq}}_{\text{(Zero-flow状態のリンク上走行時間)}} + \underbrace{Q T_{pq}^m}_{\text{(遅れ)}}. \quad (4)$$

5). 時間帯別交通配分

Input-Data : 時間帯別 OD 分布交通量, 周期の初期値, Zero-flow 状態のリンク走行時間

Output-Data : 時間帯別経路交通量, 各交差点でのスプリット, 各交差点間のオフセット,

(3). 制御パラメータの最適化

1). 最適化の基準 各交差点に生ずる遅れを最小にすることを考える。i 交差点, j 方向の遅れを Q_{ij} とするとき

・スプリットの最適化:— I, II の 2 方向について, $Q_{iI} = \max \{Q_{i1}, Q_{i2}\}$, $Q_{iII} = \max \{Q_{i3}, Q_{i4}\}$ とし, $Q_i = Q_{iI} + Q_{iII}$ (5)

を最小にする。

・オフセットの最適化:— 相対オフセットを最適にすることを考える。i, j の 2 交差点の経路上の遅れの和を最小にする。

$$Q_{ij} = Q_{iI} + Q_{jI} \quad (6)$$

但し, ネットワーク上最適な相対オフセットを次々としてゆくと, すれが生ずるので「街路の優先順位」に従って調整する。

・周期の最適化:— 周期と(6)式の Q_{ij} の間の関係をグラフ化し, 限界周期内で最小値をみつける。

2). 時間帯別交通配分における制御パラメータの最適化 スプリットおよびオフセットの最適化と周期

の最適化を分離して 2 段階で実行する。

・オフセット・スプリットの最適化:—

$$\begin{cases} Q_i = Q_{iI} + Q_{iII} \\ Q_j = Q_{jI} + Q_{jII} \\ Q_{ij} = Q_{iI} + Q_{jI} \end{cases} \quad (7)$$

において式(1)を参考に

$$\frac{\partial Q_i}{\partial X_{iI}} = 0, \quad \frac{\partial Q_j}{\partial X_{jI}} = 0, \quad \frac{\partial Q_{ij}}{\partial X_{ij}} = 0$$

で求まるスプリット, オフセットに従って新たに配分計算を行ない, スプリット, オフセットが一様になるまで計算を繰返す。

・周期の最適化:— スプリット, オフセットが決まった段階で遅れ最大の区間を取り出し, この周期を変更してこれを系統共通の周期として改めてオフセット, スプリットを定めなおす。

4. 計算例

愛知県春日井市の街路網への適用例を示す。

5. まとめ

本研究で, 交差点での車の遅れの信号パラメータ, 交差点間距離, 区間走行速度, 区間交通量に対する関係をシミュレーションモデルにより定式化した。

都市内街路で信号系統制御を行なった場合の時間帯別配分手法と各信号パラメータの最適化法の一手法を提示した。

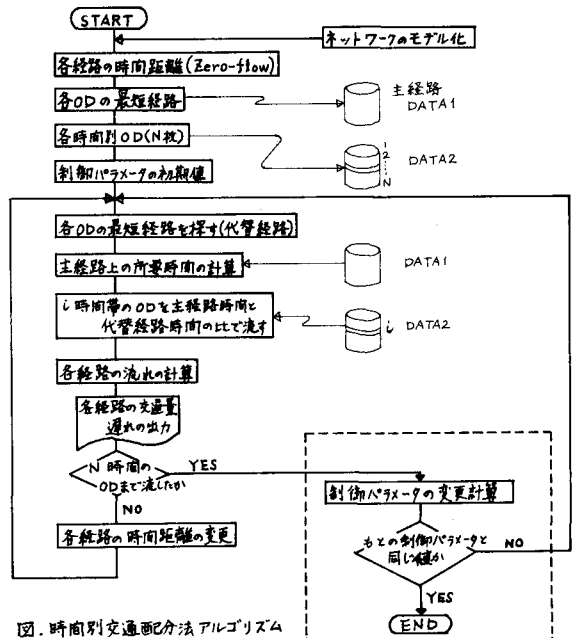


図. 時間帯別交通配分法アルゴリズム