

流体モデルによる交通シミュレーションの作成 および交通信号系の交通流解析

児野 貴幸 (知能情報システム工学科研究生) 樋口 貴幸 ((株) シーアールイー)

久井 守 (知能情報システム工学科)

Development of Traffic Simulation through Fluid Model and Analysis of Traffic Flow on Coordinated Signal System

Takayuki CHIGONO (Research student, Department of Computer Science and Systems Engineering)

Takayuki HIGUCHI (CRE Inc.)

Mamoru HISAI (Department of Computer Science and Systems Engineering)

This paper presents a macroscopic traffic simulation constructed through hydrodynamic model. The purpose of the simulation is to describe the fluctuation of traffic density distribution all over the network consisted of signalized intersections. Links are divided into segments. Traffic density of each segment is updated by time scanning procedure. By using the simulation, relationship between delay and offset, and relationship between delay and common cycle length were obtained. The traffic density distribution near the signalized intersection was also obtained and the influence of q-k model, especially triangle-shaped and trapezoid-shaped q-k model was examined. Furthermore, the simulation was applied to the optimization of offset. GA was used to optimize the offset.

Key Words: traffic density distribution, q-k relationship, delay, offset

1. はじめに

本研究では、流体モデルに基づいて系統信号ネットワークの交通密度分布の時間変動を再現するための交通シミュレーションを作成する。またこのシミュレーションを用いて、リンクの遅れ時間とオフセットの関係、およびリンクの遅れ時間と共通サイクル長との関係を求め、これによって再現性の検討を行う。また信号交差点付近の交通密度分布に及ぼす q-k 関係の影響を調べる。三角型の q-k 関係、台形の q-k 関係にも着目する。さらにオフセット最適化への適用性についても検討する。オフセット最適化では GA を用いる。

2. 既存の研究

流体モデルによる交通シミュレーションについては、隣接する 2 つのセクション間の移動量は両セクションの速度の平均に上流側セクショ

ンの交通密度を乗じて求めるという考え方によるものがある¹⁾。この方法では移動後に下流側セクションの密度が飽和密度を越えないという保証はないので、下流から上流に向かって超過分がある場合はこれを戻す逆流計算が必要となる。

インプット・アウトプット法 (IOM) でも上流演算と下流演算が必要である²⁾。下流側セクションの区間密度が臨界密度を越えると上流側セクションから下流側への流出量が抑えられる働きを持つ流出係数を導入するという工夫をした研究もある³⁾。

井上はこのように 2 方向の計算や特別の工夫を必要とせず、並列的な演算が可能な計算法を提案している⁴⁾。すなわち隣接する 2 つのセグメントがそれぞれ渋滞流か非渋滞流かに応じて 4 つの場合に場合分けしてセグメント間を移動する交通量を規定している。この計算法によれ

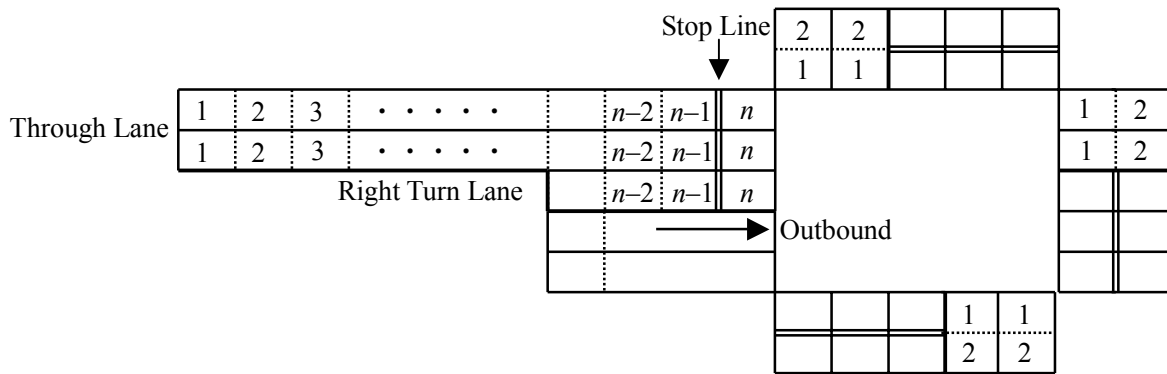


Fig. 1 Segments and Their Numbering

ば計算の順序は結果に影響しないし、またループを含むネットワークにも適用可能であるという利点がある。この研究は主として高速道路交通流を対象としている。またセグメント長は比較的長い場合を想定しているものと考えられる。

ブロック密度法でも4つの場合に分けてブロック間を移動する流率を求めている⁵⁾。その基本的考え方は井上と同じである。ただし一般街路への適用も考慮していてブロック長はかなり短く、したがってブロック間の移動可能量には下流側ブロックの余裕台数以下であるという制約をつけている。DESCのブロック密度法では移動量には上流側ブロックの存在台数以下という制約も設けている⁶⁾。

本研究は井上の方法に基づいている。その一部はすでに発表済みである^{7), 8)}。

流体モデルでは $q-k$ または $k-v$ を仮定する必要があるが、三角型の $q-k$ 関係を検討した研究や⁵⁾、セル間の移動量を三角型および台形の $q-k$ 関係を用いて表し、これとLWRモデルとの比較を行った研究もある⁹⁾。

3. シミュレーションモデルの概要

本研究では、シミュレーションの対象は系統交通信号からなる街路ネットワークとする。信号交差点を表すノードとそれらを連結する方向別の有向リンクでネットワークを構成する。交差点は面積のない点と想定する。各リンクは右折車線を含め複数の車線からなり、また車線ごとに交通密度の変化を再現する。リンク下流端は信号交差点とし、右左折交通を扱うことができる。交通需要は対象ネットワークの境界の流入リンクから交通密度によって与える。

各リンク各車線は長さ Δx の小区間(セグメント)に分割し、各セグメントの交通密度をスキャンサイクル Δt ごとに更新し交通密度の時間変化を再現する。

(1) 道路条件

道路条件はリンクデータによって指定する。道路条件では、リンクの始点および終点の座標、停止線位置、右折車線長を与える。

(2) 交通条件

交通条件のうち、交通需要は交通発生データで与える。これは流入リンクの発生密度およびその時間変動パターンからなる。リンク下流端交差点における右左折率はリンクデータで与える。

(3) 信号条件

リンク下流端の信号パラメータは信号データで与える。このデータはサイクル長、青時間、黄時間、全赤時間および絶対オフセットである。

(4) シミュレーション条件

信号数、リンク数、車線数、スキャンサイクル、シミュレーション時間、セグメント長、飽和密度、自由速度、臨界密度、最大交通流率などの条件を指定する。シミュレーションに用いる $q-k$ 関係または $k-v$ 関係としては

- ① Greenshields の式
- ② Drake の式
- ③ 三角型 $q-k$
- ④ 台形 $q-k$
- ⑤ 関数表 $q-k$

の中から選択できるようにしている。

セグメント長とスキャンサイクルは次式を満たすように設定する。このように設定すると、井上が示すように⁴⁾、セグメントの交通密度は負になることはない。

$$\Delta x \geq v_f \Delta t \tag{1}$$

ここに v_f : 自由速度

(5) セグメント分割

Fig. 1に示すようにリンク別車線別にセグメント分割を行い、上流から下流に向かってセグメント番号をつける。

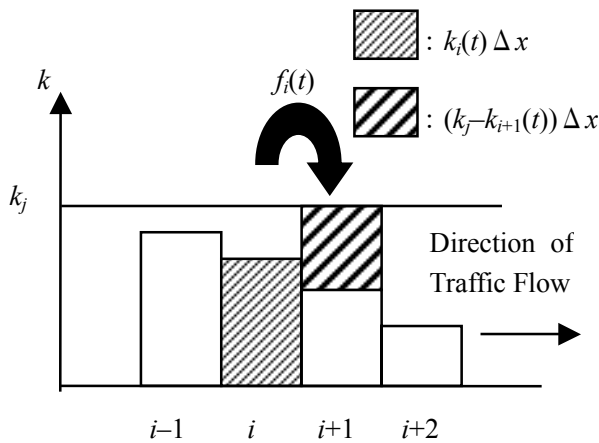


Fig. 2 Transfer Flow and Its Constraints

(6) セグメント間の移動交通量

各セグメントの交通密度は上流セグメントからの流入量と下流セグメントへの流出量から求める。時刻 t において、セグメント i からセグメント $i+1$ へ移動する交通流率 $f_i(t)$ は井上の方法に基づき次の4ケースに分けて求める⁴⁾。ただし道路交通条件は一様とする。したがって各セグメントの最大交通量およびセグメント境界の最大交通量はすべて等しいものとする。

① 上・下流セグメントがともに非渋滞流のとき

$$f_i(t) = q(k_i(t)) \quad (2)$$

② 上・下流セグメントがともに渋滞流のとき

$$f_i(t) = q(k_{i+1}(t)) \quad (3)$$

③ 上流側が非渋滞流，下流側が渋滞流のとき

$$f_i(t) = \min\{q(k_i(t)), q(k_{i+1}(t))\} \quad (4)$$

④ 上流側が渋滞流，下流側が非渋滞流のとき

$$f_i(t) = q_{\max} = q(k_c) \quad (5)$$

ここに、 k_i はセグメント i の交通密度、 k_c は臨界密度、 q_{\max} は最大交通流率である。

Fig. 2 に示すように、 $f_i(t)$ は上流側セグメントの存在台数より小さく、下流側セグメントの飽和密度 k_j に対する余裕分より小さくしなければならないので、 f_i には次式に示す制約を設ける。

$$f_i(t)\Delta t = \min\{f_i(t)\Delta t, k_i(t)\Delta x, (k_j - k_{i+1}(t))\Delta x\} \quad (6)$$

なお、式(1)を満たすようにセグメント長とスキャンサイクルを設定しているので、右辺の第2項は安全のための措置である。

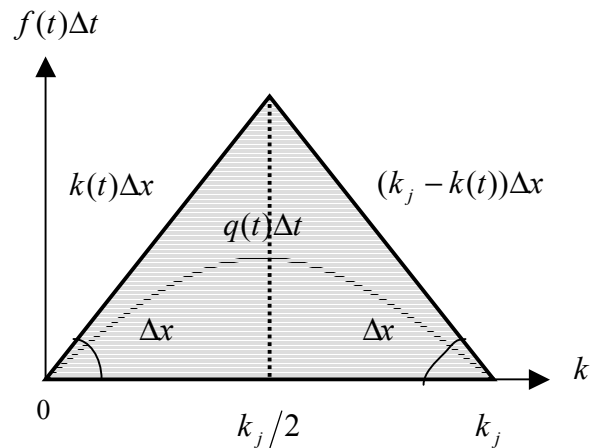


Fig. 3 Constraints to Transfer Flow

右辺の第3項はセグメント長が小さくなった場合に必要となる。すなわち Fig. 3 に示すように、 $q-k$ 曲線が三角形の内部にある場合は必要ないが、そうでない場合には必要となる。

各セグメントの交通密度はスキャンサイクル Δt ごとに次式により更新する。

$$k_i(t + \Delta t) = k_i(t) + (f_{i-1}(t)\Delta t - f_i(t)\Delta t) / \Delta x \quad (7)$$

(7) 青信号開始時の衝撃波の再現

信号交差点の青信号開始時には発進波が発生し上流に向かって伝播する。また青開始時の先頭車は自由速度で下流に向かって走行する。本研究では、発進波の伝播速度 v_f と先頭車の自由速度 v_f はあらかじめ指定しておく、この速度で発進波と先頭車がセグメント間を移動するという制約を設けている。すなわち

① 発進波については、その伝播速度から逆算して、発進波が到達しないと判定される飽和セグメントについては下流への移動量はゼロとし、
② 先頭車については、先頭車が到達するセグメントは自由速度で到達できるセグメントまでとなるように処理する。

なお先頭車については

$$\Delta x = v_f \Delta t \quad (8)$$

を満足するように Δx と Δt を定めるという方法によることも可能であるが、リンクによって自由速度が異なる場合にはこの方法を用いることはできない。また発進波の伝播速度は自由速度よりかなり小さいのでこの方法では発進波の伝播現象と先頭車の自由走行を同時に再現することはできない。

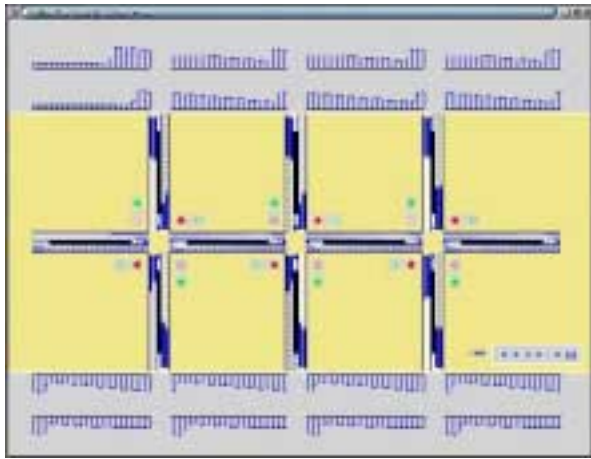


Fig. 4 Animation of Traffic Density Distribution on Display

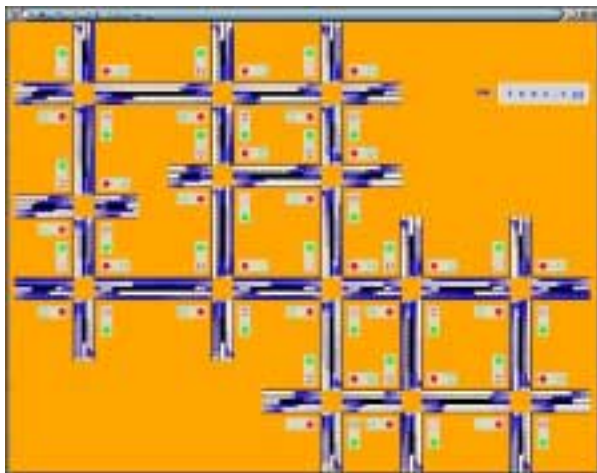


Fig. 5 Animation of Traffic Density Distribution on Display

4. 交通密度分布のアニメ表示

交通密度分布を画面上にアニメーション表示した例を Fig. 4 および Fig. 5 に示す。Fig. 4 は横方向の主道路に 3 本の交差道路が交差した 3 信号道路を対象として行ったシミュレーションの一場面である。道路はすべて片側 2 車線で、中央分離帯と右折車線を有する。交通密度は車線上に濃淡で表すほか、主道路の各車線についてはヒストグラムでも表している。また交差点部の各コーナーでは信号灯器を表示していて、信号表示と交通密度分布の変化が視覚的に明瞭に把握することができる。また画面右下にはシミュレーションの経過時刻を秒単位で表示している。Fig. 5 は 14 信号からなるネットワークを対象としたものである。この図では交通密度はグラデーションのみで表示し、ヒストグラムでは表示していない。またシミュレーションの経過時間は画面の右上に表示している。

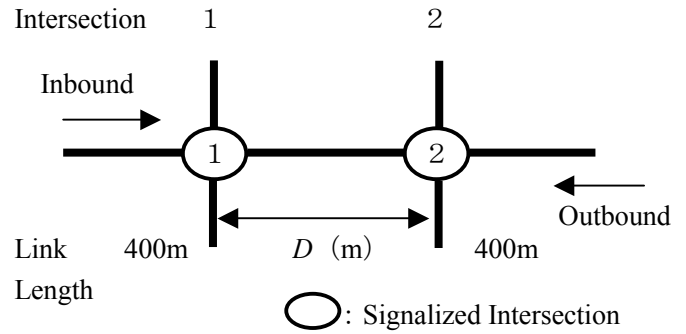


Fig. 6 Test Street with Two Signals and One Link

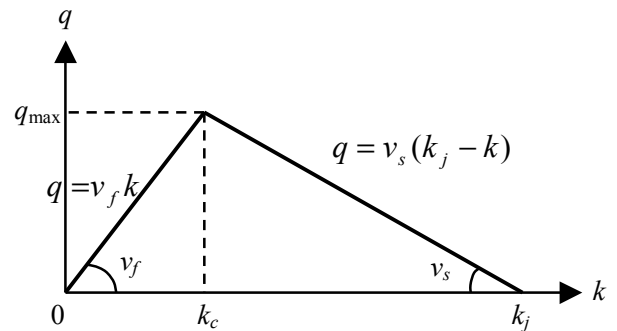


Fig. 7 Triangle-Shaped $q-k$ Relationship

5. 遅れ時間によるシミュレーションの検証

(1) 遅れ時間の求め方

信号制御の評価指標として一般的に用いられるのが遅れ時間である。本研究ではこの遅れ時間によってシミュレーションの検証を行い、また遅れ時間を評価指標としてオフセットの最適化を行う。遅れ時間は次のようにして求める。すなわちまず対象路線の旅行時間 T_r を次式で求める。

$$T_r = \sum_i^C \sum_i^N k_i(t) \cdot \Delta x \cdot \Delta t \quad (9)$$

ここに C はサイクル長、 N は対象路線のセグメント数である。この旅行時間から 1 台あたりの平均旅行時間求め、さらにこれから自由速度による旅行時間を差し引き、1 台あたりの平均遅れ時間とする。

(2) サイクル長と遅れ時間の関係

系統信号については、1 リンクの平均遅れと共通サイクル長の間関係式が越により理論的に求められている¹⁰⁾。これは大きな仮定の下に求められたものであるが、シミュレーションでこの関係が得られるかどうかを確認する。そのために Fig. 6 に示すような 2 信号を対象としてシミュレーションを行い、遅れ時間を求めた。ただしリンク長 $D=400\text{m}$ とした。

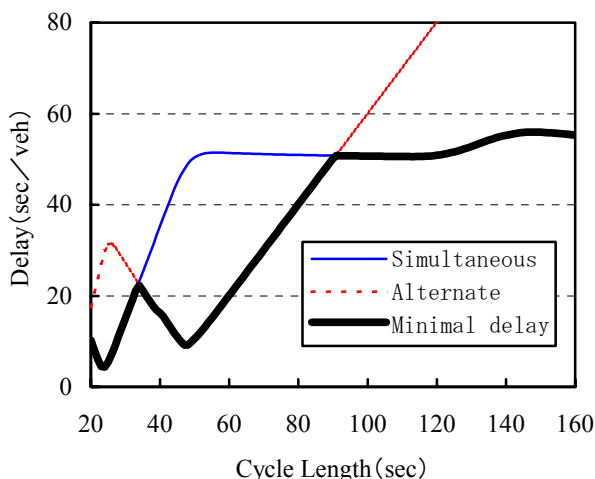


Fig. 8 Relationship between Cycle Length and Delay (Triangle-Shaped q-k)

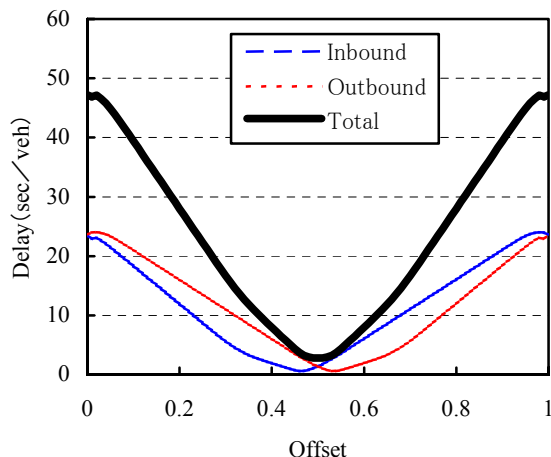
q - k 関係は Fig. 7 のような三角型を仮定した。この場合は①臨界密度 $k_c = 0.0375$ 台/m/車線, ②最大交通流率 $q_{max} = 0.625$ 台/秒/車線, ③発進波伝播速度 $v_s = 20\text{km/時} = 5.6\text{m/秒}$ である。またその他の条件は次のとおりである。

- ①セグメント長 $\Delta x = 10\text{m}$, ②スキャンサイクル $\Delta t = 0.5$ 秒, ③助走時間 = 5 サイクル,
- ④遅れの計測時間 = 1 サイクル, ⑤飽和密度 $k_j = 0.150$ 台/m/車線, ⑥自由速度 $v_f = 60\text{km/時} = 16.7\text{m/秒}$, ⑦現示率 = 0.5, 損失時間 = 0 秒, ⑧右左折流出入なし, ⑨到着交通密度 = 0.02 台/m/車線 (上り下りとも)。

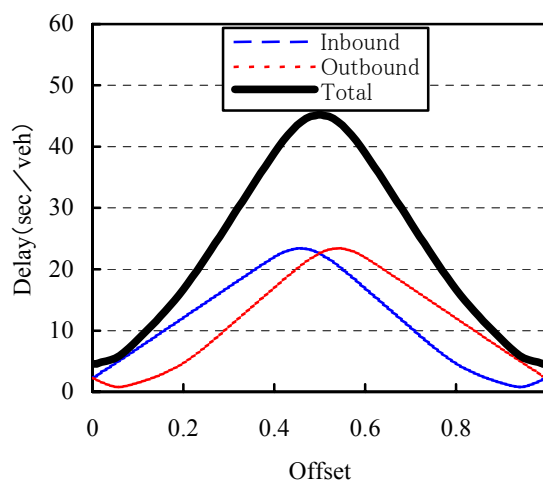
なお特にことわりのない限りこれ以降の計算例では共通してこの条件を用いた。

サイクル長は20秒から160秒まで1秒刻みとし, また相対オフセットは同時式と交互式の両方についてシミュレーションを繰り返して遅れ時間を求めた。その結果を Fig. 8 に示す。自由速度によるリンクの往復所要時間 T は約 48 秒である。理論によればサイクル長が $T, T/2, T/3, \dots$ で遅れは極小になるが, シミュレーションの結果もこれを再現していることがわかる。また理論ではサイクル長が $2T$ 以上になると遅れは $T/2$ で一定となるが, シミュレーション結果もほぼ一定になっている。ただしその一定値は $T/2$ ではなく T となっているのは上下両方向の平均遅れを合計しているためである。

なお三角型の q - k ではなく, Greenshields の k - v 式 (q - k でいえば2次曲線) を仮定した



(a) Case of $\tau = 0.48$



(b) Case of $\tau = 0.96$

Fig. 9 Relationship between Offset and Delay (Triangle-Shaped q-k)

場合についても同様にしてサイクル長と遅れ時間の関係を求めた。その結果, 理論式と同様の傾向は再現するが, 必ずしも理論式との一致はよくないことがわかった。そのようになるのは, Greenshields の k - v 式を仮定すると, 車群の拡散が生じるため理論式的前提条件を満足しないためであると考えられる。

(3) オフセットと遅れ時間の関係

サイクル長と遅れ時間の関係を求めたのと同じ2信号を対象とし, また三角型の q - k を仮定して, シミュレーションを行い相対オフセットと遅れ時間の関係を求めた。その結果を Fig. 9 に示す。この図ではリンクの時間距離 τ (単位は対サイクル長比) が 0.48 の場合と 0.96 の場合について示している。1リンク2信号の系統信

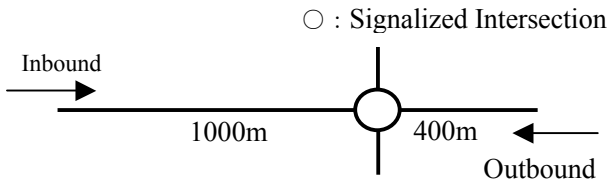


Fig.10 Test Intersection

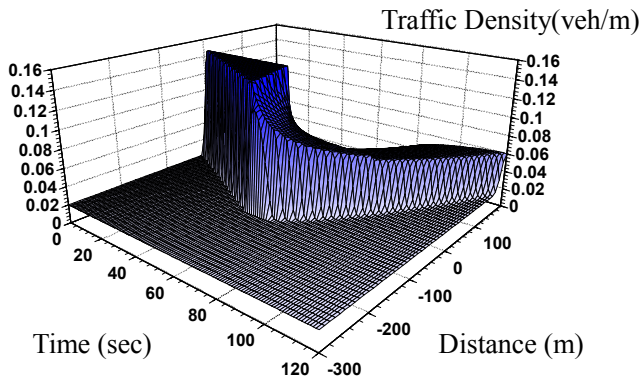


Fig.11 Traffic Density Distribution
($k-v$: Greenshields)

号では、スルーバンド最大化または遅れ最小化のいずれの観点からみても、基本オフセットすなわち τ が 0.5 付近では交互式オフセット (0.5), τ が 0.0 または 1.0 付近では同時式オフセット (0.0) が最適になることがわかっている。図ではそれが明確に示されていて、シミュレーションによる遅れ時間の再現性はよいことがわかる。この結果はオフセットを 0 から 0.01 刻みでシミュレーションを繰り返して遅れ時間を求めたものである。シミュレーション条件は、助走時間 = 10 サイクル、到着交通密度 = 0.015 台/m/車線 (上り下りとも)、サイクル長 $C = 50$ 秒とし、リンク長 D は 400m ($\tau = 0.48$ に対応) と 800m ($\tau = 0.96$ に対応) とした。

Greenshields の $k-v$ 式を仮定した場合は、三角型 $q-k$ を仮定した場合よりも遅れ時間は一般的に大きめになった。その理由は、やはり Greenshields の $k-v$ 式を仮定すると、車群の拡散が生じるためであると考えられる。

6. 交差点付近の交通密度分布

信号交差点を含む一般街路のネットワークを対象としたシミュレーションでは、交差点付近

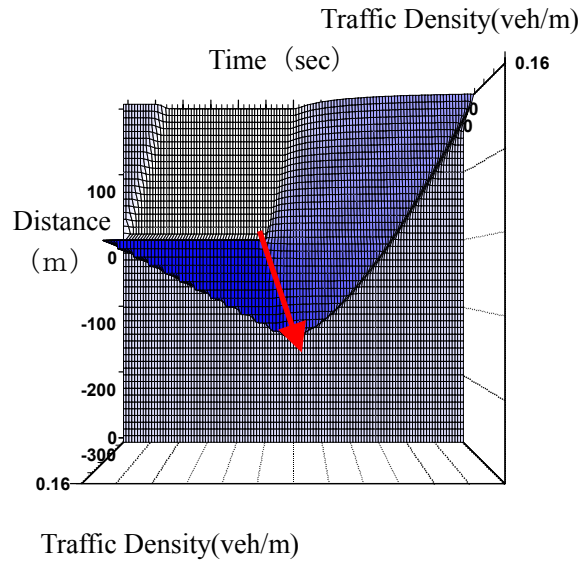


Fig.12 Traffic Density Distribution and Backward Wave
($k-v$: Greenshields)

の交通密度分布の再現性が重要である。Fig. 4 および Fig. 5 ではアニメーション画面の例を示したが、ここでは Fig.10 に示すような単一の信号交差点を対象としてシミュレーションを行った。サイクル長は 200 秒、赤時間は 50 秒とした。それ以外は、サイクル長と遅れ時間の関係性を求めた場合と同じ条件である。シミュレーションは、150 秒の助走時間を経過した後赤信号が始まり、50 秒の赤信号時間中に待ち行列が形成され、その待ち行列が青信号の開始とともに解消していく様子を再現する。シミュレーションの結果から、交通密度分布、および衝撃波のひとつである発進波 (Backward Wave) の伝播速度について考察する。

(1) Greenshields の $k-v$ 式を仮定した場合

まず Greenshields の $k-v$ 式を仮定した場合のシミュレーション結果を Fig.11 に示す。これは赤信号開始時点と停止線位置を距離の原点として交通密度の時間的空間的な変化を立体図に表したものである。この立体図を上から見たのが Fig.12 である。図中の矢印は発進波の伝播軌跡を表しており、Greenshields の $k-v$ 式を仮定した場合は波動理論より発進波の伝播速度は自由速度となるので、発進波の伝播速度がこの自由速度になるように制約を設けて行ったシミュレーションの結果である。

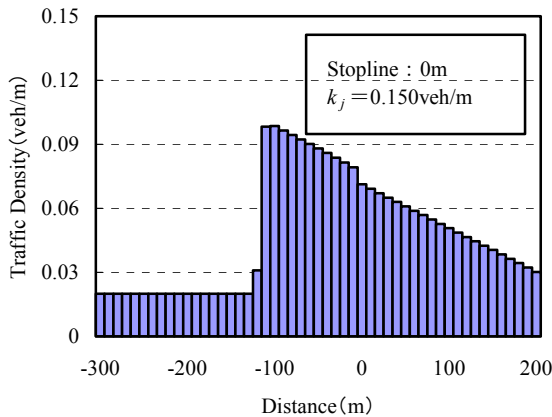


Fig.13 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal

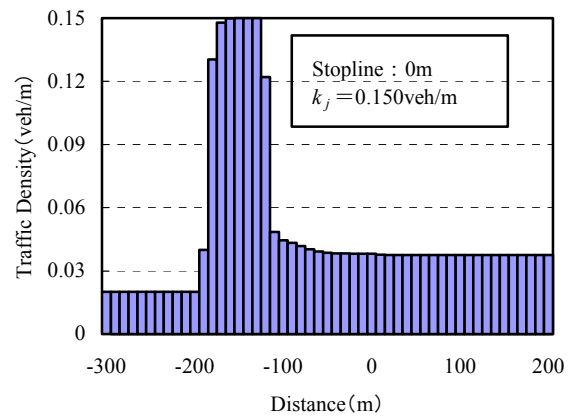


Fig.15 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal

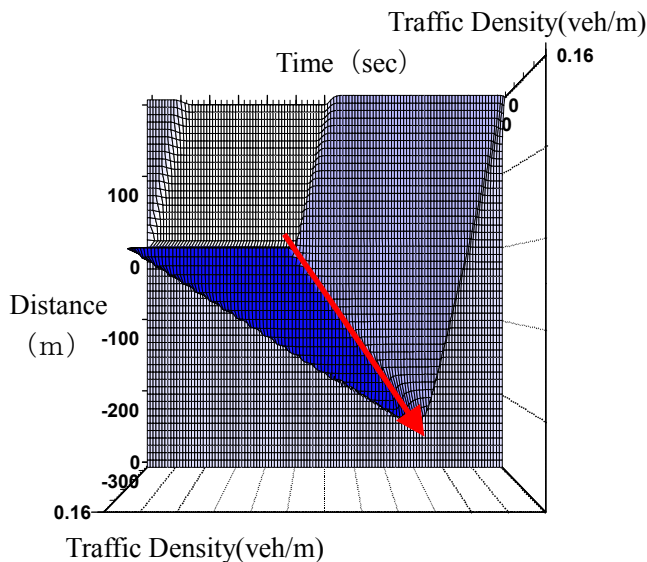


Fig.14 Traffic Density Distribution and Backward Wave (Triangle-shaped $q - k$)

Fig.13 は青開始 20 秒後の停止線下流 200m から停止線上流 300m までの 500m の区間の空間的密度分布を示したものである。この図は飽和密度の部分が消滅した後、すなわち待ち行列が消滅した後の状態となっている。

(2) 三角型 $q - k$ を仮定した場合

次に三角型 $q - k$ を仮定した場合のシミュレーション結果を **Fig.14** および **Fig.15** に示す。これらの図は発進波の伝播速度が $v_s = 20\text{km/時} = 5.6\text{m/秒}$ になるように制約を設けて行ったシミュレーションの結果である。発進波の伝播速度が遅いので、**Fig.15** では待ち行列が完全には解消していない。待ち行列の上流では到着密度

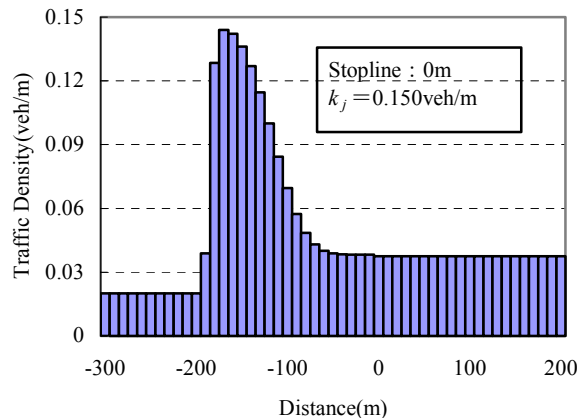


Fig.16 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal (without Constraint)

0.02 台/m、下流では臨界密度 0.0375 台/m で一定になっている。発進波の伝播速度に制約を設けずに行ったシミュレーションの結果は **Fig.16** に示すとおりである。スキャンサイクルごとに発進波がひとつずつ上流セグメントに伝播していくので、この場合は、ほぼ待ち行列が消滅した状態になっている。

Fig.17 は飽和交通流率を 0.5 台/秒と仮定し、停止線の交通量がこの飽和交通流率となるように制約を設けた場合のシミュレーション結果である。この場合は停止線で密度が不連続に変化し、上流側では密度 0.06 台/m (渋滞流)、下流側では 0.03 台/m (非渋滞流) でいずれも飽和交通流率に対応する。

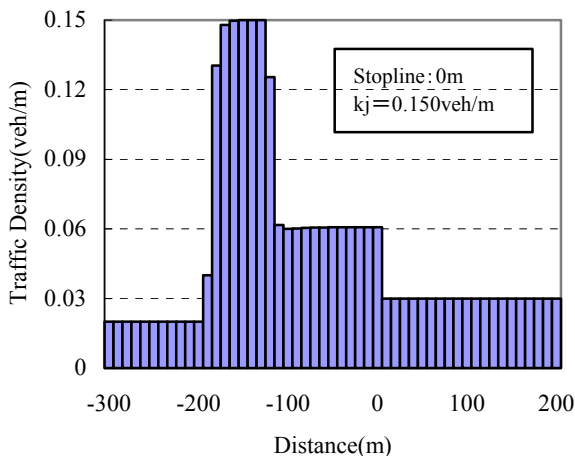


Fig.17 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal (Triangle q - k)

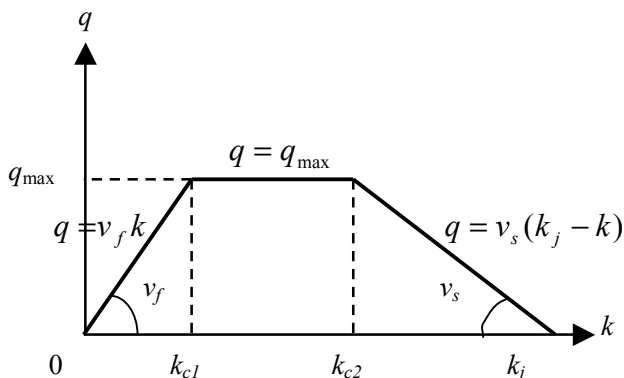


Fig.18 Trapezoid-Shaped q-k Relationship

(3) 台形 q - k を仮定した場合

Fig.18 に示すような台形 q - k を仮定した場合についてシミュレーションを行う. **Fig.18** のパラメータは $k_{c1} = 0.030$ 台/m/車線, $k_{c2} = 0.060$ 台/m/車線, $q_{max} = 0.500$ 台/秒/車線とする. シミュレーション結果を **Fig.19** および **Fig.20** に示す. **Fig.19** は発進波の伝播速度が $v_s = 20\text{km/時} = 5.6\text{m/秒}$ になるように制約を設けて行ったシミュレーションの結果である. また **Fig.20** は発進波の伝播速度に制約を設けずに行ったシミュレーションの結果である. 停止線位置の交通量に制約は設けていないにもかかわらず, 三角型 q - k の場合と同じく, 停止線を境にして交通密度が不連続に変化している. すなわち停止線下流では密度 k_{c1} となり, また上流では k_{c2} となっている.

なお台形 q - k の場合のセグメント間移動量は, 上流側および下流側のセグメントがそれぞれ $k < k_{c1}$ のとき, $k > k_{c2}$ のとき, および $k_{c1} \leq$

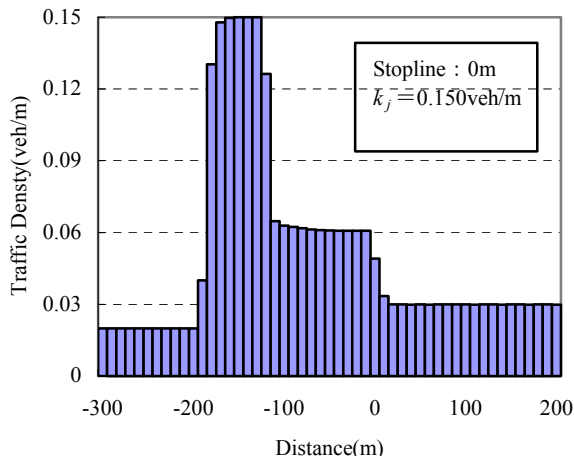


Fig.19 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal (Trapezoid-Shaped q-k Relationship)

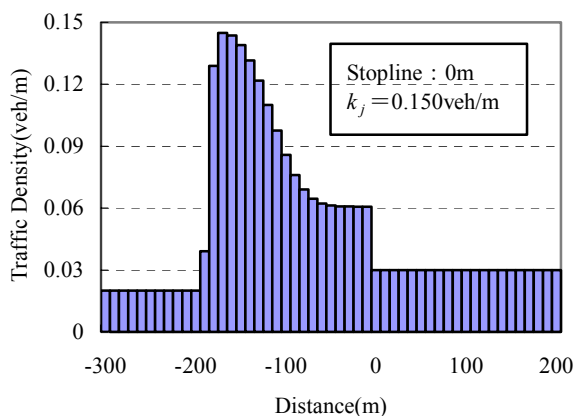


Fig.20 Traffic Density Distribution at 20seconds after the Beginning of Green Signal (without Constraint)

$k \leq k_{c2}$ のときの 3 とおり, 合計 9 とおりの組み合わせについて, 井上の考え方に従って求め, それを整理して, 結局次の 4 とおりに集約することができた.

① 上流側が $k < k_{c1}$, 下流側が $k \leq k_{c2}$ のとき

$$f_i(t) = q(k_i(t)) \quad (10)$$

② 上流側が $k \geq k_{c1}$, 下流側が $k > k_{c2}$ のとき

$$f_i(t) = q(k_{i+1}(t)) \quad (11)$$

③ 上流側が $k < k_{c1}$, 下流側が $k > k_{c2}$ のとき

$$f_i(t) = \min\{q(k_i(t)), q(k_{i+1}(t))\} \quad (12)$$

④ 上流側が $k \geq k_{c1}$, 下流側が $k \leq k_{c2}$ のとき

$$f_i(t) = q_{max} = q(k_c) \quad (13)$$

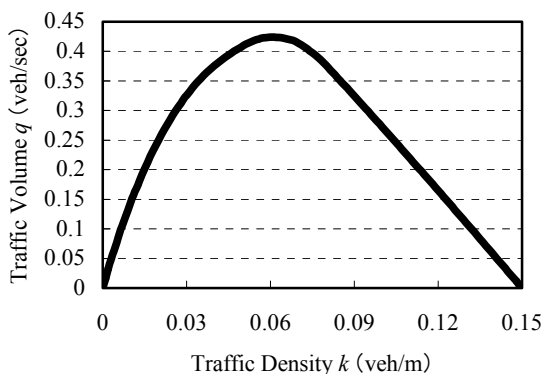


Fig.21 Tabular Function of q-k

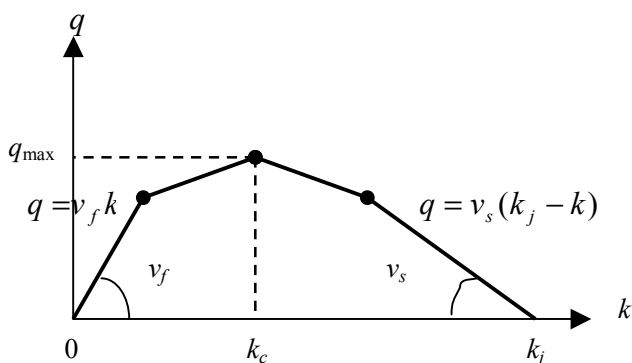


Fig.22 Polygonal Function of q-k

(4) 信号交差点の交通流再現の課題

単路部の交通現象と、赤信号の影響を受ける停止線付近の交通現象は根本的に異なる。したがって両者をひとつの q - k 曲線で扱うことには無理があるのではないかと考えられる。いま交通密度 k の関数として交通量を q(k) で表し、またこれを k で微分した導関数を q'(k) と表す。この関数は一般に次の 6 条件を満足するものでなければならない。

$$q(0) = 0, \quad q(k_j) = 0, \quad q(k_c) = q_{max},$$

$$q'(k_c) = 0, \quad q'(0) = v_f,$$

$$q'(k_j) = -v_s$$

ここで信号交差点の場合、 q_{max} は青信号開始後待ち行列が解消するまでの間は飽和交通流率に等しくなければならない。しかし、この飽和交通流率は単路部の最大交通量（交通容量）よりも小さい。飽和交通流率に一致させようとして停止線の交通量に制限を加えると、Fig.17 のよ

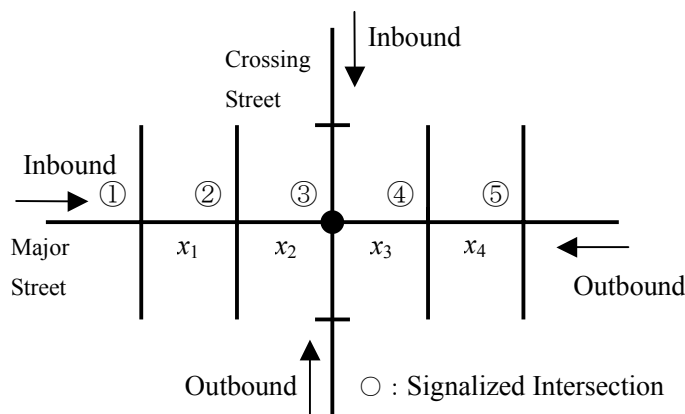


Fig.23 Test Network

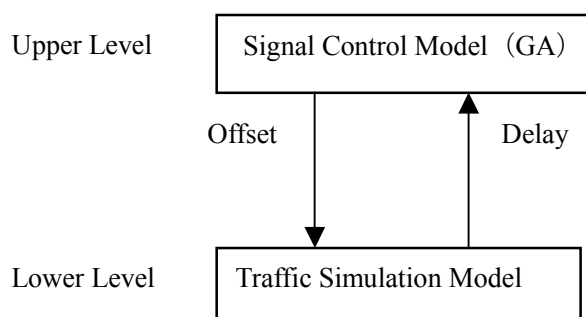


Fig.24 Two-Level Optimization of Offset

Table 1 Optimal Offsets Optimized by GA

Relative Offsets				Delay (sec/veh)
x_1	x_2	x_3	x_4	
0.50	0.50	0.50	0.48	16.207

うに停止線前後で交通密度が不連続に変化する。また台形の q - k を用いても Fig.19 または Fig.20 のようになり、やはり交通密度が不連続となり、不自然である。これに対して Fig.21 のような関数表または Fig.22 のような多角形で q - k 曲線を与えることも考えられる。しかしこのようにした場合、 q_{max} を飽和交通流率とすると交差点間の単路部の交通現象が正しく再現できるかどうかなお検討の余地があるものと考えられ、この点が今後の検討課題である。

7. オフセット最適化への適用

Fig.23 に示すような 5 信号の系統信号路線を対象としてオフセット最適化に本シミュレーションを適用して、オフセット最適化への適用性

を検討した。最適化の計算は Fig.24 に示すような 2 レベルの計算方式とし、上位レベルでは GA (遺伝的アルゴリズム) を用いてオフセットの最適化を行い、下位レベルでは最適化に必要な評価指標である遅れ時間を本シミュレーションで求めるといったものである。上位からシミュレーションの条件としてオフセットを受け取り遅れ時間を求めて上位に戻すという計算システムである。

計算対象路線は片側 2 車線、リンク長はすべて 400m、サイクル長は 80 秒とし、また $k-v$ は Greenshields の式を仮定し、自由速度は 60km/時、系統速度は 36km/時とする。その他の計算条件は、サイクル長と遅れ時間の関係性を求めた場合と同じである。評価指標の遅れ時間は主道路の系統内 4 リンクの平均遅れ時間を用いた。この場合の道路交通条件では τ は 0.500 となり、したがって最適オフセットはすべて 0.50 になるはずである。計算の結果 Table 1 に示すようにオフセットはほぼすべて 0.50 となった。このことから、シミュレーションにより遅れ時間は適切に求められていることが確認できる。

なお GA の計算条件は個体数 15 個、交叉確率 70%、再生産確率 15%、突然変異確率 15% とし、また適応度関数は平均遅れ時間の逆数を 100 倍し、それを 4 乗してスケーリングしたものをを用いた。

8. むすび

本研究では、流体モデルに基づいて系統信号ネットワークの交通流シミュレーションを作成した。このシミュレーションを用いればリンクの遅れ時間を求めることができ、また系統信号のオフセット最適化に適用できることが確認された。しかし交差点付近で赤信号の影響を受ける場合の交通現象を再現するためには、シミュレーションの前提として用いる $q-k$ 関係についてはなお検討の余地があり、これが今後の課

題である。またシミュレーションでは先詰まりがある場合の右左折現象の再現、右折車線への流入待ち行列がある場合の直進交通の扱いなどに改善すべき課題が残されている。また車線変更については考慮していないので、今後はこれを扱うことができるようにすることが必要である。

参考文献

- 1) 久井守, 岡本哲典: 重交通時を対象としたシミュレーションと交通信号系の最適制御について, 山口大学工学部研究報告, Vol.38, No. 2, pp.91-96, 1988
- 2) 赤羽弘和, 大口敬, 小根山裕之: 交通シミュレーションモデル開発の系譜, 交通工学, Vol.37, No. 5, pp.47-55, 2002
- 3) 平田忠士, 松井寛: 緊急時制御のシミュレーションによる比較検討, 第 8 回交通研究発表会論文集, pp.21 - 23, 昭和 61 年 (1986)
- 4) 井上博司: 連続流体モデルによる混雑したネットワーク交通流の動的シミュレーション手法, 土木学会論文集, No.569, pp.85 - 94, 1997.7
- 5) 桑原雅夫, 吉井捻雄, 堀口良太: ブロック密度法を用いた交通流の表現方法について, 交通工学, Vol.32, No. 4, pp.39 - 43, 1997.7
- 6) 尾崎晴男: 街路網信号制御の評価シミュレーションモデル(DESC), 交通工学, Vol.24, No. 6, pp.31 - 37, 1989
- 7) 樋口貴幸, 久井守, 豊田洋一: 流体モデルによる交通現象の再現と系統信号制御への適用, 土木学会中国支部研究発表会, 2001
- 8) 樋口貴幸, 久井守, 豊田洋一: 連続流体モデルによる系統信号路線のシミュレーション, 土木学会第 56 回年次学術講演会, 2001
- 9) Carlos F.Daganzo: The Cell Transmission Model: A Dynamic Representation of Highway Traffic Consistent with the Hydrodynamic Theory, Transportation Research B, Vol.28B, No. 4, pp.269 - 287, 1994
- 10) 越正毅: 系統交通信号におけるサイクル制御の研究, 土木学会論文報告集, No.241, pp.125-133, 1975

(平成 15 年 8 月 29 日受理)