

1. はじめに

交通流を圧縮性流体として取り扱う波動理論は、Lighthill and Witham¹⁾、Richards²⁾によって提唱され、その後多くの研究が行われてきている。実際問題への応用を試みた例としては、井上³⁾の都市間高速道路の制御への応用、Stock, et al.⁴⁾の高速道路上の交通流シミュレーションが上げられるが、本稿では、ネットワークがより複雑となる一般街路網上の交通流の挙動解析への適用を試みる。

一般街路網上の交通流挙動を論じたものとしては、Michalopoulos, et al.⁵⁾の研究があり、彼らは、1信号区間で生じる現象を調べ、区間内での現象が周期的である場合には、すべての信号区間に適用し得るとしている。しかし、一般的には、信号上流に発生した行列が、1回の周期では捌けきれず累積して行く場合、また、それが上流信号区間へ流入していく場合等、周期的でなく、しかも、連続する区間を同時に考慮して解析を行う必要のある場合も生ずる。

本稿では、波動理論の近似解析を提案し、近似の特性、生じる誤差およびその特性について述べ、さらに、この近似解析の適用により、信号制御下一般街路網上での交通流挙動を解析するシミュレーションモデルを構築し得ることを示す。

2. 衝撃波による波の近似

或る時刻 $t = t_0$ における道路上の交通密度の分布を考える。1つの地点 $x = x_0$ の上流側交通密度、 k_u 、と下流側交通密度、 k_d 、が不連続に変化し、 $k_u < k_d$ であるならば、上流側交通流と下流側交通流の間には衝撃波が発生している。この衝撃波の移動速度は、交通量-密度曲線（以下 $q-k$ 曲線と呼ぶ）上の点 (k_u, q_u) 、 (k_d, q_d) を結ぶ直線の傾きに等しいことが知られている。すなわち

$$w = \frac{q_u - q_d}{k_u - k_d} \quad (1)$$

であり、ここに、 w ；衝撃波の移動速度、 q_u, q_d ；上、下流側の交通量、である。

上、下流の交通密度が不連続に変化し、かつ $k_u > k_d$ の状態は、信号表示が赤から青に変わった時点、ボトルネックが解消された時点等において一時的に生じる。しかし、その後時間の経過と共に、密度は連続的に変化して行き、この場合には、密度 k_u から k_d 迄の密度波（波）が発生する。密度 k の波の移動速度は、 $q-k$ 曲線上の密度 k に対応する点の接線の傾きに等しいことが知られている。本稿においては、この連続的に発生する波を、数本の衝撃波で代表させることにより、交通流挙動を近似的に解析し得ることを示す。

図1に $k_u > k_j/2 > k_d$ （但し k_j ；飽和交通密度）の場合を例に取り、波の発生の状況を示す。

図1aは、道路に沿っての交通密度を描いたものであり、 x は地点を表わし、交通は右方へ流れているとしている。この図は、 $t=t_0$ における交通密度分布（破線）が、 $t=t_1$ において実線で示す分布に変化していることを示して

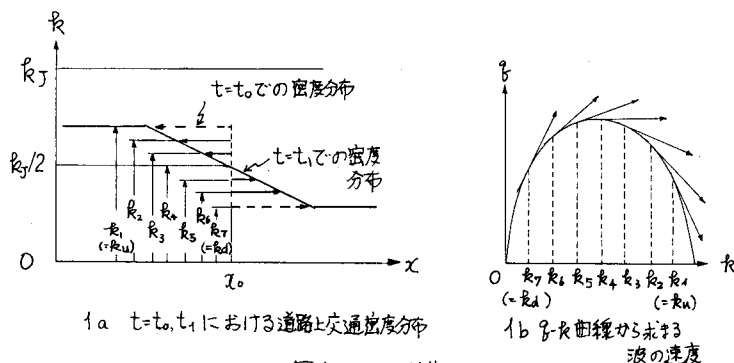


図1 波の発生

り、この間、密度が k ($k_d < k < k_u$) の交通流の位置は、図中の矢印が示すように移動している。この移動の速度は、前にも述べたように、 q - k 曲線上での各密度に対応する点での接線の傾きに等しくなり、それを図4に示す。

次に、波を衝撃波で近似する例を図2に示す。この例では $k_j/2 < k < k_u$ の波を密度 k_u と $k_j/2$ の交通流の間に発生する衝撃波 W_u で代表させ、また、 $k_d < k < k_j/2$ の波を、密度 k と $k_j/2$ の交通流の間に発生する衝撃波 W_d で代

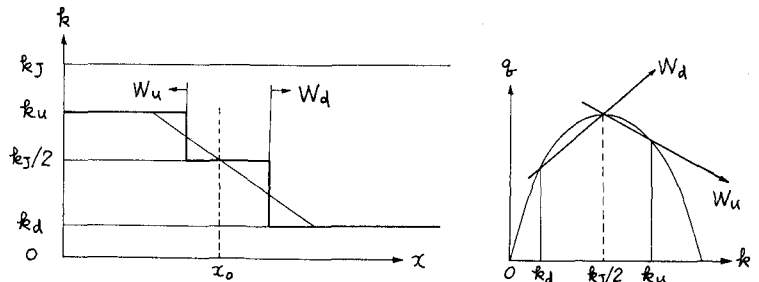


図2 衝撃波で波を近似した例

表させている。図2中左図が道路上の交通密度分布を示し、右図が対応する q - k 曲線であり、近似に用いた衝撃波の速度が、 q - k 曲線上の各点を結ぶ直線の傾きであることを示している。

図2の例では、 x 軸に沿って連続して減少していく密度をいくつかの階段で置き換えている。これを近似しない場合の形状に近づけるには階段の数を増せば良い。階段の数を限りなく増せば、連続した密度に近づいていくことは明らかである。しかし、解析を単純にするためには、近似に用いる衝撃波の数が少ない程良い。従って、以下、上記の近似を用い、 x - t 平面での交通密度分布を解析する方法を明らかにすると共に、実際問題への応用上は要となる(近似に用いる)衝撃波の本数についても検討する。

3. 単独交差点での例 一列の累積の生じない場合

交差点の容量が交通量より十分大であれば、一つの赤信号中に、信号の上流に発生した行列は、その次の青時間の間にすべて捌けてしまう。上流からの交通量が一定であれば、信号周期にあわせて、行列も周期的に発生し消滅する。

しかし、交通量が、信号の処理能力を上まわった場合には、行列は消滅することなく、時間の経過に伴って累積してゆく。当節においては、行列の累積のない場合を取り上げ、前述の近似を用いない場合と用いる場合について説明し両者を比較する。

また、これ迄になされている衝撃波の理論的解析の多くは、 q - k 曲線として2次式を採用している。以下の解析においても、今迄に得られている主要な結果と、近似を用いた場合の結果を比較するという意味で同じ仮定を設けることにする。すなわち、以下、交通密度、 k 、と空間平均速度、 v 、との間には直線関係 $v = v_f(1 - k/k_j)$ (但し、 v_f : 自由平均走行速度、 k_j : 飽和交通密度) を仮定し、交通量、 q 、と交通密度との間には、2次の関係

$$q = v_f k \left(1 - \frac{k}{k_j}\right) \quad (2)$$

があるものとする。

3.1. 近似を用いない場合

近似を用いない場合の波動理論の理論的考察は、Gazis¹⁾, Haberman²⁾, Michalopoulos³⁾ 他が行っているが、近似を用いた場合との比較のため、その1例を以下に示す。図3aは、1つの単独交差点の上流から交通密度、 k 、交通量、 q 、の流れが定常的に流入した場合の x - t 平面上の衝撃波、波の動き、および交通密度分布を示したものである。図中、 x は流れの方向を正とし、交差点の位置を原点としている。また、時刻 t の原点は、1つの信号周期の青の開始点に取ってある。図中、有効青時間を G 、赤時間を R で示してある。また、図3bは、図3aに対応する q - k 曲線である。図3中(また以下を通じて)特定の衝撃波または波を指定するために、以下の記号法を用いている。

W_{xy} ; 下流側交通密度 k_x ,
 上流側交通密度 k_y の
 間の衝撃波
 w_{xy} ; 上記衝撃波の速度
 U_x ; 交通密度 k_x の波
 u_x ; 上記波の速度
 但し, x, y は英数字または次の
 記号である。

$X \text{ or } Y = \cdot$ $k = 0$ の場合
 $\cdot = J$ $k = k_J$ $\cdot$
 $\cdot = *$ $k = k_x$ $\cdot$
 $\cdot = \sim$ $k = k(x, t)$:
 すなわち, 密度
 が地点, 時刻の関数として変
 化する場合

$g-k$ 曲線を二次式とした場合には, 衝撃
 波の速度, 式(1)は, 次式となる。

$$w_{xy} = v_f \left(1 - \frac{k_x}{k_J} - \frac{k_y}{k_J} \right) \quad (3)$$

また同じく, 交通密度 k_x の波の移動速度は
 次式で与えられる。

$$u_x = v_f \left(1 - 2 \frac{k_x}{k_J} \right) \quad (4)$$

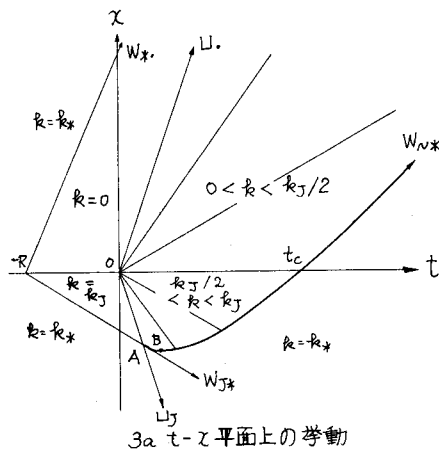
式(4)は式(2)の $k = k_x$ における微分係数で
 あるが, 式(3)において $k_x = k_y$ と置いても
 求められる。

図3aを規定する諸元は, 上記式を用いることにより決定され, それを表1にまとめてある。以下, 図3a,
 3b, および, 表1を対応させ諸特性の説明を行う。図3a中, 赤の開始点 $(-R, 0)$ より, 上, 下流に W_{x*} , W_{J*}
 が発生している。これらの衝撃波においては, それらを挟む交通密度が一定 $(k_x, k_J, 0)$ であるので, 式(3)
 より速度も一定となり, $t-x$ 平面上の軌跡は直線となる。軌跡の方程式は表1に示す通りである。また,
 これら直線の傾きが, 図3b中の W_{x*} , W_{J*} の傾きに等しいことは, 前にも述べた通りである。

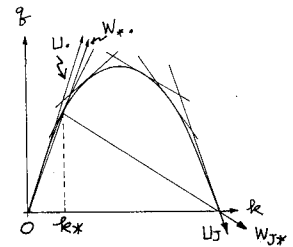
次に, 図3a中の青の開始点 $(0, 0)$ より, 交通密度 $k=0$ から k_J の波が発生している。これら波の方程式は
 式(4)より求まり, 特に $k=0$, $k=k_J$ に対応する波 $U_\cdot$, U_J の軌跡の方程式を表1中に示す。 $U_\cdot$ は先頭
 車の軌跡を, また, U_J は行列が解消されて行く地点の伝播を表す。

W_{J*} と U_J はA点 (t_A, x_A) で交わり, その点から $W_{\sim*}$ が発生している。この場合, 下流側交通密度は, t ,
 x に依存して変化するので, $W_{\sim*}$ の速度も t , x に依存して変化し, その軌跡は曲線となる。波 $U_\cdot$, U_J で挟ま
 れた部分の密度分布は $k(t, x) = k_J/2(1-x/v_f t)$ で与えられるので, $W_{\sim*}$ の軌跡を表す式を $x_0(t)$
 とすれば, 式(3)より次の微分方程式を得る。

$$\frac{d x_0(t)}{d t} = v_f \left(\frac{1}{2} - \frac{k_x}{k_J} \right) + \frac{1}{2} \frac{x_0(t)}{t} \quad (5)$$



3a $t-x$ 平面上の挙動



3b $g-k$ 曲線

図3 近似を用いない場合の衝撃波の挙動

表1 図3aを規定する諸元

図3a中記号	意 味	方 程 式 または 座 標
$U_\cdot$	密度0の波	$x = v_f t$
U_J	密度 k_J の波	$x = -v_f t$
W_{x*}	密度 k_x と0の間の衝撃波	$x = v_f (1-r)(t+R)$
W_{J*}	密度 k_J と k_x の間の衝撃波	$x = -v_f r(t+R)$
$W_{\sim*}$	密度が変化する部分と 密度 k_x の間の衝撃波	$x_0 = 2 v_f \left\{ \left(\frac{1}{2} - r \right) t - \sqrt{(1-r) r t} \right\}$
A	W_{J*} と U_J の交点	$t_A = R/(1-r)$, $x_A = -v_f t_A$
B	行列後尾が連なる最上 流点	$t_B = r(1-r)R/(1-2r)^2$ $x_B = -v_f r(1-r)R/(1-2r)$
t_c	$W_{\sim*}$ が交差点を通過する 時刻	$t_c = 4(1-r)rR/(1-2r)$

(注) 表中 $r = k_x/k_J$

上式を、 $x_0(t)$ が、点Aを通過するという条件で解いて得られるのが表1中の W_{i*} の軌跡の方程式である。

上記以外、行列後尾の達する最上流点、B、 W_{i*} が $x=0$ を通過する時刻 t_{i*} も表1中に記す。

b. 近似を用いた場合

信号表示が青に変化した時点に発生する波を数本の衝撃波に置き換えることによって、a.で行った解析を近似的に行う。図4a, bに近似を用いた場合の t - x 平面上での衝撃波の挙動および対応する g - k 曲線を示してある。以下、これら図に就いて説明を行う。

図4aにおいて、点 $A_0: (-R, 0)$ より上下流に2本の衝撃波が発生しているが、これは前掲図3aと同じであり、 W_{i*} 、 W_{j*} となる。図4aと図3aとの違いは、後者では点 $(0, 0)$ から発生する波を数本の衝撃波で置き換えている所にある。波を衝撃波で置き換えるには、図4bに示すように、まず、密度零から k_J 迄を2n個に分割(図では $n=4$: 信号の上流側4個、下流側4個)し、その境界の密度を $k_i (i=0, 1, 2, \dots, 2n)$ とする。但し、 $k_0 = k_J$ 、 $k_{2n} = 0$ である。次に、密度 k_i から k_{i+1} に対応する波を、密度 k_i と k_{i+1} との間に発生する衝撃波で置き換えるわけである。その衝撃波の速度 $w_{i,i+1}$ は g - k 曲線上の密度 k_i と k_{i+1} に対応する点を結んだ直線の傾きで表われ、それを図4b中に示してある。密度を2n等分すれば、2n本の近似に用いる衝撃波を発生させることになる。これらの衝撃波は、 t - x 平面上の点 $(0, 0)$ から発生し、それを図4aに示してある。

さて、図4a中、点 $P_0: (-R, 0)$ から発生した W_{j*} は、原点から発生させた $W_{i0} (=W_{iJ})$ と点 P_1 で衝突する。衝突後は、密度 k_J の領域が消滅し、密度 k_1 と k_* の間の衝撃波 W_{1*} が形成される。 W_{1*} の速度は図4b中の密度 k_* と k_1 の点を結ぶ直線の傾きとなることは、これ迄と同じ原理である。以下、 W_{1*} は W_{21} と点 P_2 で衝突し、 W_{2*} を形成する。このようにして得られるのが、図4a中の連続した折線であり、これが、図3a中では曲線であった衝撃波 W_{i*} を近似的に求めたものである。

上では、図解法で、 $W_{ix} (i=0, 1, \dots)$ を求めて行く方法を示したが、点 $P_i (i=1, 2, \dots)$ の座標を逐次計算して行く方法で衝撃波の軌跡を追うことも可能である。今、点 $P_i: (t_i, x_i)$ が求まっているものとして点 $P_{i+1}: (t_{i+1}, x_{i+1})$ を計算するには、次の2式を連立して解き、 t_{i+1} 、 x_{i+1} を t_i 、 x_i の関数として求めてお

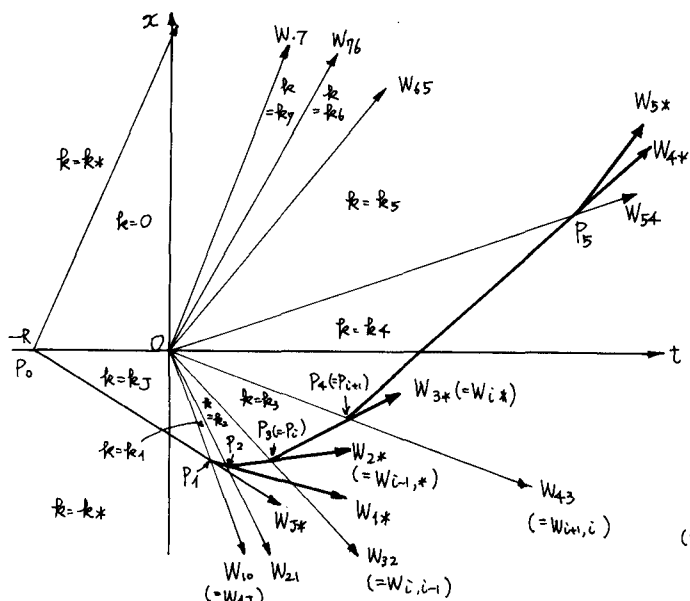


図4a t - x 平面上の挙動

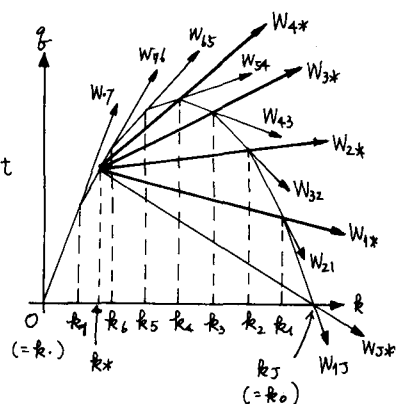


図4b g - k 曲線

図4 近似を用いた場合の衝撃波の挙動

けば良い(図4a中, A_3, A_4 を A_i, A_{i+1} 等としているので参照)。

$$w_{i+1,i} = x_{i+1} / t_{i+1} \quad (6)$$

$$w_{i*} = (x_{i+1} - x_i) / (t_{i+1} - t_i) \quad (7)$$

ここに, 式(6), (7)は $w_{i+1,i}, w_{i*}$ に対応する直線の方程式である。

式(6), (7)を連立して解くことにより次式を得る。

$$\begin{bmatrix} x_{i+1} \\ t_{i+1} \end{bmatrix} = \frac{1}{w_{i+1,i} - w_{i*}} \begin{bmatrix} w_{i+1,i} & -w_{i*} \\ 1 & -w_{i*} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ t_i \end{bmatrix} \quad (8)$$

式(8)を用いれば, 点 $P_0: (-R, 0)$ から出発し, 順次, $P_1, P_2, \dots$ を計算して行くことができる。

次に, 上記の方法で得られる点列は, 分割数を増加すれば, 式(5)の微分方程式を解いた解に近づくことを示す。今, $i=0, 1, \dots, \hat{i}$ を固定し, $\hat{i}+1$ 以降の分割数を増加するとする。 $\Delta k_i = k_{i+1} - k_i$ とし, 分割数の増加は, Δk_i が減少するように行うものとする。さて, $k_{i+1} = k_i + \Delta k_i$ であるが, これと式(6)より次式を得る。

$$\frac{k_{\hat{i}}}{k_j} = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \frac{\Delta k_i}{k_j} - \frac{x_{i+1}}{v_f t_{i+1}} \right\}$$

但し, $w_{i+1,i}$ は式(3)を適用している。上式と式(7)より次式を得る。

$$\frac{x_{i+1} - x_i}{t_{i+1} - t_i} = v_f \left(\frac{1}{2} - \frac{k_{i*}}{k_j} + \frac{1}{2} \frac{\Delta k_i}{k_j} \right) + \frac{1}{2} \frac{x_{i+1}}{t_{i+1}} \quad (9)$$

但し, w_{i*} は式(3)を適用している。 Δk_i が限りなく小さくなれば, $x_{i+1} \rightarrow x_i, t_{i+1} \rightarrow t_i$ となることは容易に示しうるので, 結局式(9)は, 式(5)に収束することになる。また, 図4a中で, 図3a中の曲線で与えられた衝撃波 W_{i*} の開始点Aに対応する点は P_i であり, P_i も分割数を増加することにより点Aに限りなく近づく。以上の考察により, 分割数を増せば, 式(5), (6)を解いて得られる衝撃波の軌跡は, 図3a中の W_{i*} の軌跡に限りなく近づくことがわかる。

図5に, 近似に用いる衝撃波の本数を増すことにより, 近似の精度が上って行く様子を示す。図を書くのに用いたパラメータは, $R=30 \text{ sec}$, $k_j=0.15 \text{ 台/m}$, $v_f=12 \text{ m/sec}$, $k_{i*}=0.030 \text{ 台/m}$ であり, 図中破線は近似に用いた衝撃波 ($W_{i1}, W_{i2}, \dots$ は実線) であり, 1点差線は, 近似を用いない場合の衝撃波の軌跡である。近似に用いる衝撃波の本数を増すことにより, 上流側多角形の角が徐々に除かれ, 近似を用いない場合に近うて行く様子がうかがえる。

$t-x$ 平面上の $x_1 < x < x_2$, $t_1 < t < t_2$ の領域内での総所要時間, T , 総走行距離, D , および平均速度, $\bar{v}$ は次式で表まる。

$$T = \int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} k(t, x) dt dx$$

$$D = \int_{x_1}^{x_2} \int_{t_1}^{t_2} q(t, x) dt dx$$

$$\bar{v} = D/T$$

ここに, $k(t, x), q(t, x)$ は, $t-x$ 平面上での交通密度, 交通量の分布である。近似を用いた場合には, $t-x$ 平面は直線(衝撃波)で分割され, 直線で囲まれた内部では, 交通密度, 交通量は一定である。従って上記積分は, 各多角形の面積に, 対応する交通密度, または交通量を乗じたものの和となる。近似に用いる衝撃波の本数を増せば, 各多角形はさらに分割され, T および D の計算の精度が増すことも明らかである。 T, D に関しての考察は後でも行う。

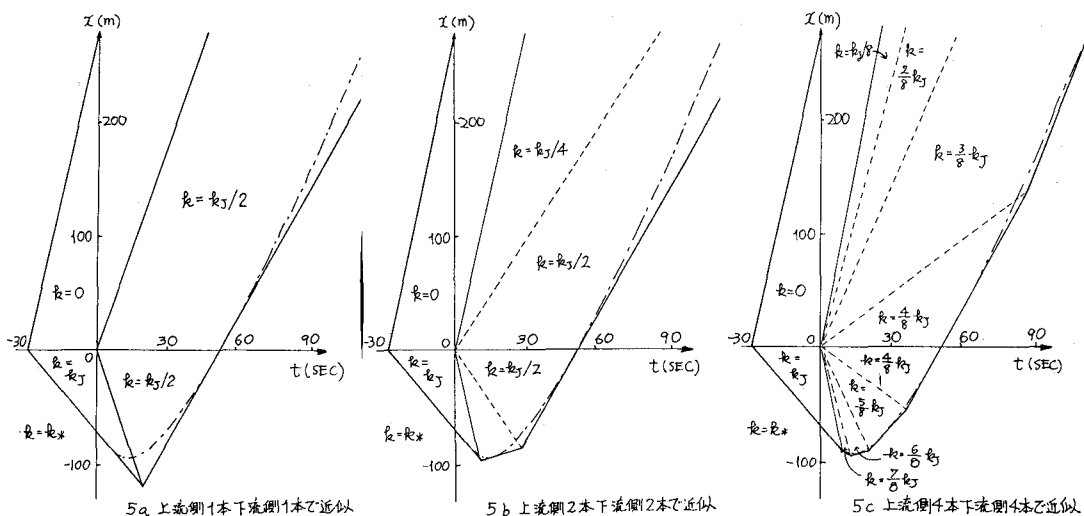


図5 近似本数増加による近似精度の向上

4. 単独交差点の例 一行列の累積のある場合

図3a中の t_c が G より大であれば、その周期の中で行列は解消せず次の周期から累積して行くことになる。これが生じる条件は $R/T_c > (1 - k_*/k_J)^2$ で与えられる。ここに、 T_c は信号周期 ($T_c = G + R$) である。以下、特に交差点の上流側に着目し、行列の累積のある場合について、近似を用いない場合、用いる場合について考察し比較する。

a. 近似を用いない場合

図6に、近似を用いない場合に得られる衝撃波の動きを示す。前掲の図3aとのちがいは、 $t = G$ (または $t = jT_c + R$, $j = 0, 1, 2, \dots$) において W_{JN} が発生するところであり、これによって W_{J*} の発生点 D_i が上流側へ移って行き、結局行列後尾が上流側へ伸びて行く。

W_{JN} の軌跡を規定する微分方程式は、

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{v_i}{2} + \frac{x}{2t}$$

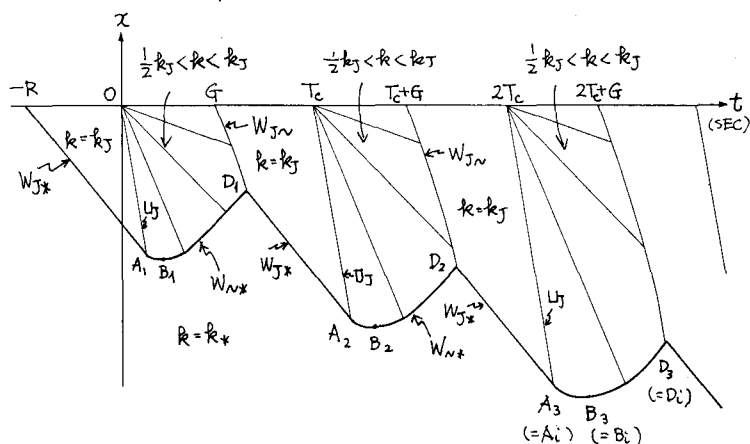


図6 行列が累積して行く状況 (近似を用いない場合)

となり、これを解いた結果、およ

び、その他図6を完成するために必要な諸事項は表3にまとめてある。

b. 近似を用いる場合

前節での行列の累積のない場合と同様の考え方で、密度分布を求めて行くこともできるが、ここでは、衝撃波の軌跡をシミュレートして行く方法の適用を試みる。図4aがわかるように、信号現示が変化した際に発生する衝撃波は、お互いに衝突し、その後1本の衝撃波となり、ツリー状を形成してゆく。この法則を直接用いることにより、衝撃波の軌跡を追って行くことが可能である。

衝撃波の発生、および衝突は、衝撃波の挙動を支配するものとなるが、以下この二つを事象と呼ぶことにする。

図7に衝撃波の軌跡を追うとともに総所要時間、総走行距離を計算して行くフローチャートを示す。

フローチャートでは $T=0$ にシミュレーションを開始するものとし、(図中ブロック1)、次に初期密度分布を設定する(図中ブロック2)。

以下任意の T に対して行い、まず、ブロック3)において次に生じる事象、すなわち信号現示の変化による衝撃波の発生かまたは衝撃波の衝突が発生する

迄の時間 ΔT を求める。 ΔT が知れば、 T と $T+\Delta T$ 間の衝撃波の挙動は、その1つ手前のステップで設定されている状態から知ることができ、 T と $T+\Delta T$ 間の密度分布を求めることができる。次にブロック4)では、求った密度分布より、総所要時間、総走行距離を、前節の最後で述べた方法で求める。その後、ブロック5)において、時刻 $T+\Delta T$ で生じる事象の処理、すなわち、衝撃波を発生させるか、または、衝突した衝撃波を1本の衝撃波に置き換えることを行い、次のステップに進むことになる。

以上の方法を適用し計算を行った例を図8b,c,dに示す。それそれ波の近似に用いる衝撃波の数を上流側で1, 2, 4本とした場合である。計算に用いたパラメータの値は、 $v_f=12$ m/sec, $k_f=0.15$ 台/m, $k_s=0.045$ 台/sec, $T_c=60$ sec, $Q=R=30$ secである。また、図8aには、近似を用いない場合の密度分布を示し、図8b,c,d中にも近似を用いない場合の行列の後尾の動きを1点差線で示している。近似に用いる本数が増せば、近似精度が良くなって行く過程を見ることが出来る。

図9は、近似本数の変化に対し、平均速度、総走行時間、総所要時間がどのように変化していくかを見たものである。計算は、図8に用いたパラメータ値を用い、リンク長1000 m, $T_{max}=300$ sec として求めたものである。近似の本数が1本から2本に変わることにより、各評価値は急激に変化するが、その後は、ほとんど変化しないことがわかる。すなわち、近似には必要となる衝撃波の本数は、2~3本で十分であろうことが推定される。

5. 連結したリンクの例

ここでは、第4節で示した方法を図10に示す3つの連結したリンクに適用してみる。矢印の方向の流れについてのみ着目する。信号は、リンク1の上下流端にあり、各信号は4現示を採用しているものとする。

表2 図6を規定する諸元

図5中記号	意 味	方 程 式 または 座 標
W_{JN}	密度の変化する部分と密度 k_f の間の衝撃波	$x_s = -v_f t + \sqrt{q} t$
A_i	同期しにおける W_{JN} と U_j の交点	$t_A = -x_D / v_f (1-r) - \gamma t_D / (1-r)$ $x_A = x_D / (1-r) + v_f \gamma t_D / (1-r)$ 但し、 t_D, x_D は同期(i-1)でのD点の座標
B_i	同期しにおいて行列後尾が達する最上流点	$t_B = (1-r)^2 t_A / (1-2r)^2$ $x_B = -v_f (1-r)^2 t_A / (1-2r)$ 但し t_A は同期 i でのA点のt座標
D_i	同期しにおける W_{JN} と W_{JN} との交点	$t_D = (\sqrt{q}/2 (1-r) + \sqrt{t_A})^2$ $x_D = -v_f t_D + v_f \sqrt{q} t_D$ 但し t_A は同期 i でのA点のt座標

注1) 表中 $\gamma = k_s/k_f$ 注2) 点 B_i は条件によっては図中に存在しない場合もある。

注3) 表2に重複する物については省略してある。

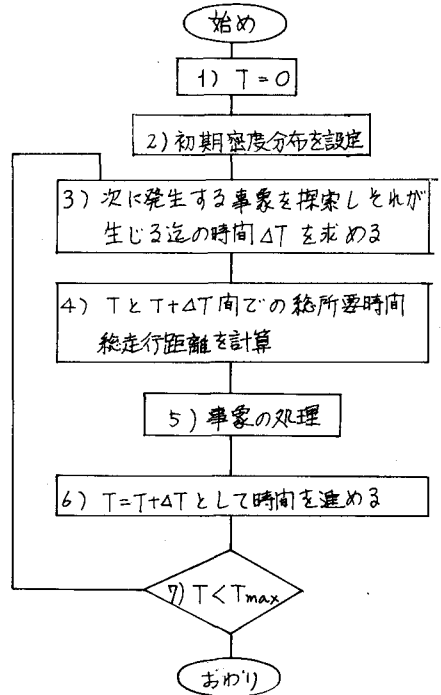
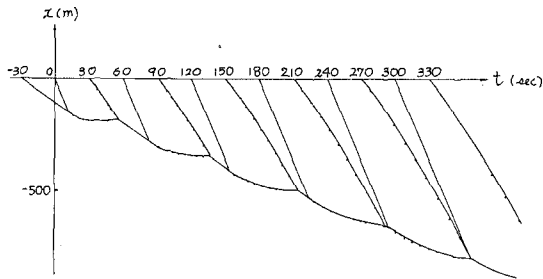
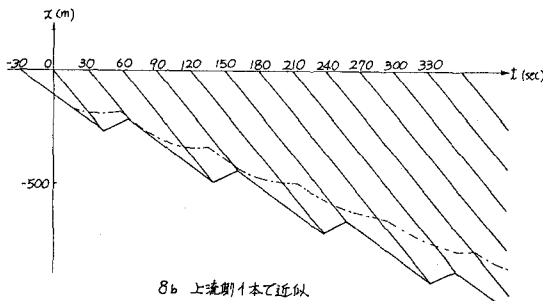


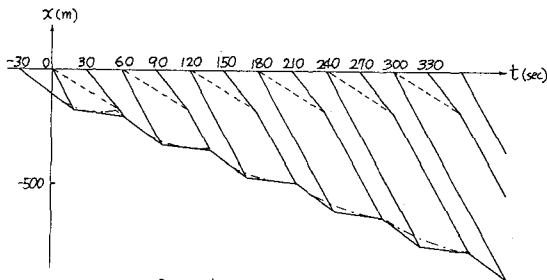
図7 シミュレーション・フローチャート



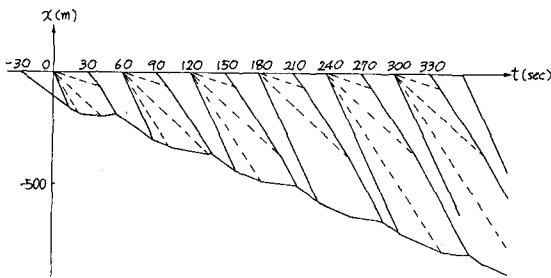
8a 近似を用いない場合



8b 上流側1本で近似



8c 上流側2本で近似



8d 上流側4本で近似

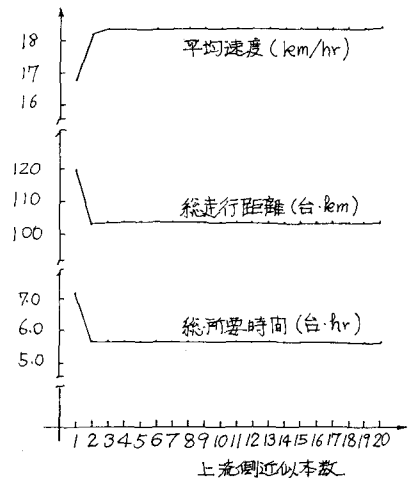


図9 近似本数による評価指標値変化

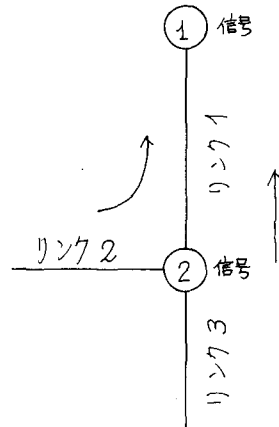


図10 連結したリンクの例

計算に用いたパラメータは次の通りである。信号周期 60 sec 、南北方向スプリット 28 sec 、東西方向スプリット 28 sec 、各スプリット間に2秒の全赤をセット、オフセットは零（同時オフセット）、各リンク共 $k_g = 0.15 \text{ 台/km}$ 、 $u_f = 12 \text{ m/sec}$ とし、リンク1の長さは 500 m とする。リンク2の上流からは $k = 0.015 \text{ 台/m}$ 、リンク3の上流からは $k = 0.045 \text{ 台/m}$ の交通流が流入しているとする。この場合、リンク2では各サイクルで行列が捌けているが、リンク3では累積が生じリンク1には容量一杯の交通流が流入している。

図11に、リンク1に生じる密度分布を示す。信号上下流での近似に用いる衝撃波の本数がそれぞれ、1本、2本、4本の場合を示してある。図中、行列後尾の軌跡を太線、近似に用いた衝撃波を破線 (W_{j+1} , W_{2n-1} は実線) で示してある。図より行列が累積して行き上流リンク3に流入する様子がわかる。総所要時間、総走行

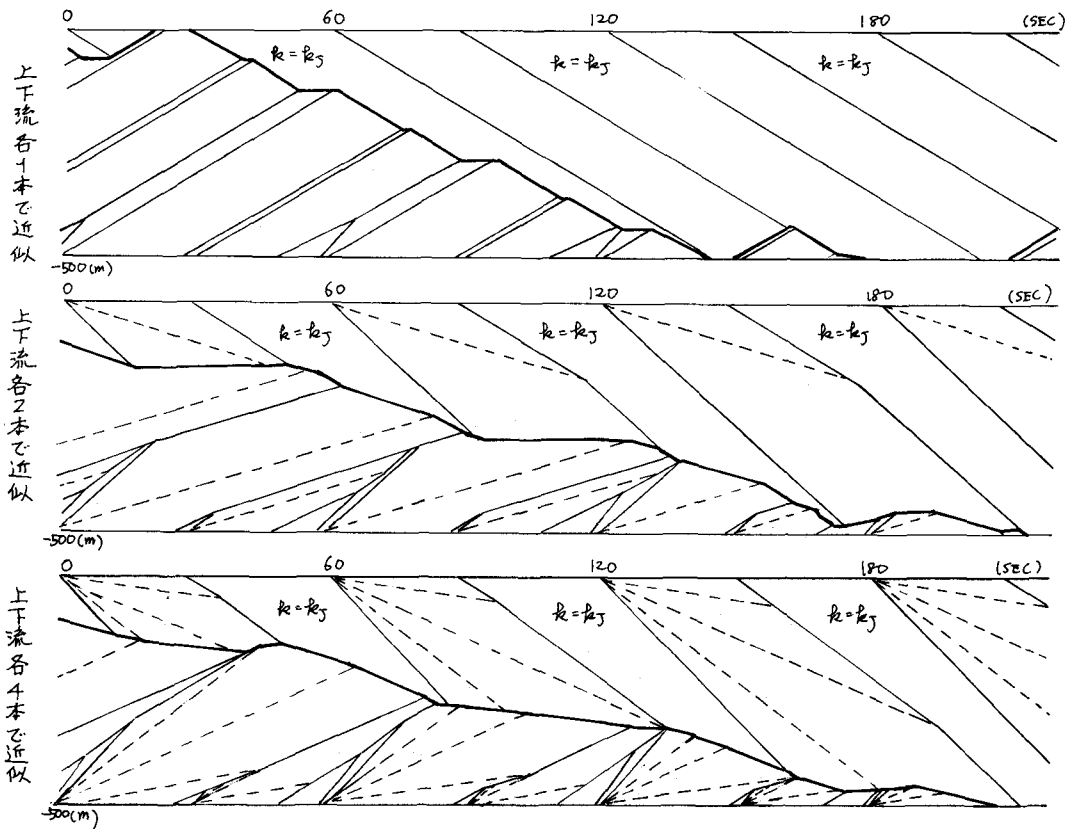


図1 リンクでの密度分布

距離に関しては、各サイクル毎に計算を行った。リンク1の場合、近似本数2本、4本の間ではその差はほとんど見られず、2本、4本と1本の場合の比較では、最大で8%程度の差であった。

6. おわりに

元来無限に発生する波を数本(2~3本)の衝撃波で代表させることにより、交通流挙動を説明し得ることを示すとともに、信号制御下街路網上の交通流動を解析するシミュレーションモデルを提示した。実際の交通現象は、本稿で取り扱ったものより複雑で必ずしも衝撃波の挙動のみでは解決し得ない部分も多々あろう。しかし基本的構造を変えることなく、より現実に近いモデルへ拡張して行くことは可能であると考ええる。

参考文献

- 1) Gazis, D.C., "Traffic Science", JOHN WILEY & SONS, 1974 pp. 51~69
- 2) Haberman, R., "Mathematical Models", Prentice-Hall, Inc., 1977, pp. 259~393
- 3) 井上矩文, 都市間高速道路の交通制御に関する基礎的研究, 京都大学博士論文, 昭和48年
- 4) Lighthill, M.J. and G.B. Whitham, "On Kinematic Waves, II. A Theory of Traffic Flow on Long Gouded Roads," Proc. Roy. Soc. (London) 229A, 1955, pp. 317~345
- 5) Michalopoulos, P.G., et al., "Modeling of Traffic Flow at Signalized Links", Trans. Sci, 14, 1980, pp. 9~41
- 6) Richards, P.I., "Shock Waves on a Highway", Operations Res., 4, 1956, pp. 42~51
- 7) Stock, W.A., et al., "Freeway Operations Study - Phase III, Report No. 73-1 The FREQ3 Freeway Model, " The Institute of Transportation and Traffic Engineering, Univ. of California, Special Report 1973