

信州大学工学部 ○学生員 星野 彰男
信州大学工学部 正員 奥谷 巖

1. はじめに

交通信号の最適制御は、実際の交通工学において、大きな関心事の一つである。信号交差点間の交通流は、信号により、頻繁に行なわれる交通の中断、刻々と変化する到着状態など、極めて複雑化してきている。従来の制御問題では、自動車を点として扱い、長さを考慮していなかった。本研究では衝撃波理論を用いて交通列の形成、消失の軌跡を描くことによって、交通流を解析し、信号制御パラメータ（サイクル・スプリット・オフセット）を変動させたときの交通損失量を計算し、比較検討をするものである。交通損失量を待ち時間、所要時間、速度損失、停止回数で評価し、信号の制御パラメータの設定についての一方法論としたい。

2. 交通流解析のための方法論

孤立した信号交差点を図-1のように考える。

交通流は Approach 1 (W → E) と Approach 2 (N → E, S → E) の2パターンとし、それぞれの交通状態は、Ap 1 (交通密度 k_1 , 速度 v_1 , 交通量 q_1), Ap 2 (k_2, v_2, q_2) とする。交差点の停止線 AB の位置を $x=0$ とし、E 方向を x の正方向とする。

今、W → E 方向の信号が青の状態から赤に表示されると、交通密度の異なる不連続面が生じ、この波面が上下流に伝播する。この衝撃波理論を用い、交通密度 k を縦軸、位置 x を横軸にして図-2 が描ける。衝撃波の伝わる速度 C_I , C_{II} は波動理論より求められる。

$$C_I = \frac{u_f}{k_j} (k_j - k_j - k_1) \dots \dots \dots (1)$$

$$C_{II} = \frac{u_f}{k_j} (k_j - k_1 - k_2) \dots \dots \dots (2)$$

u_f : 自由走行速度

W → E 方向の信号が再び、青になると、渋滞中の車が次々と加速するという発進波が生じ、交通流中に伝わり、図-3 が描ける。発進波の速度は密度 k によって変化し、以下のように表わせる。

$$h(k) = u_f \left(1 - \frac{2k}{k_j} \right) \dots \dots \dots (3)$$

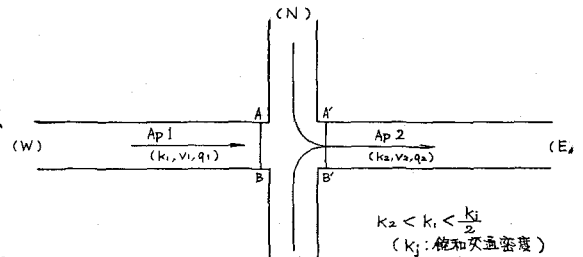


図-1

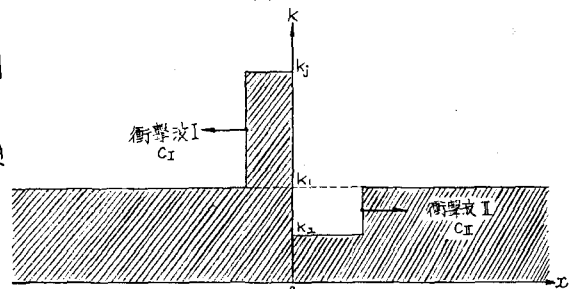


図-2

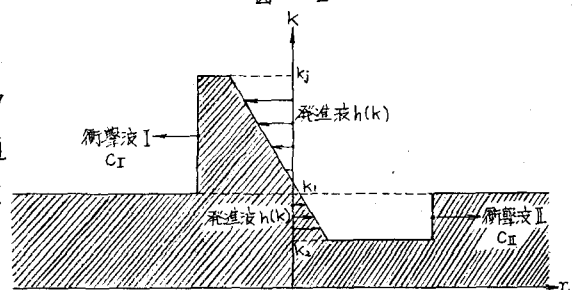
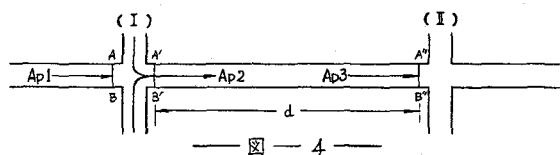


図-3

上流信号Ⅰ，下流信号Ⅱをもった信号交差点間の交通流 $Ap1 \sim Ap3$ を図-4のように考える。交差点間距離を d ，停止線 $A'B'$ の位置を $x=0$ ，上流信号Ⅰの青開始時刻を $t=0$ ，Ⅰ，Ⅱの青時間を $GⅠ$ ， $GⅡ$ ，サイクルを C ，オフセットを P とする。



データ 交通密度 $k_1=0.0298$ 台/m, $k_2=0.0062$, $k_3=0.1087$
 信号制御パラメータ $C=75.0$ sec, $P=60.0$, $GⅠ=35.0$, $GⅡ=30.0$
 交差点距離 $d=762.0$ m, 初期渋滞長 $=76.2$ m

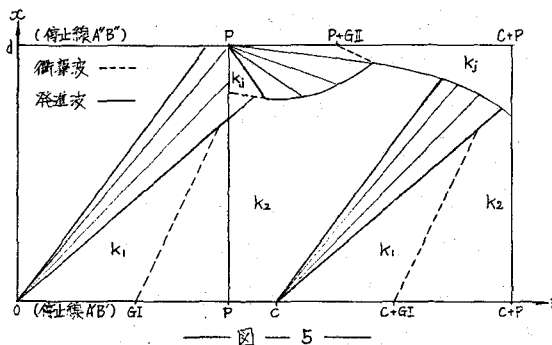
衝撃波，発進波の軌跡を $x-t$ のグラフに描くと図-5のようになり，衝撃波，発進波は相互に交差し，新たな軌跡を描くことになる。信号交差点間の交通密度の状態がわかる。各軌跡の一般式は，以下のように表わせる。

$$\text{衝撃波: } x = \frac{ut}{k_j} (k_j - k_u - k_d)(t - t_0) \quad (4)$$

k_u : 上流交通密度, k_d : 下流交通密度

$$\text{発進波: } x = ut \left(1 - \frac{2k}{k_j}\right)(t - t_0) \quad (5)$$

t_0 : 波の発進する時刻



3. 交通損失と信号制御パラメータ

信号の交通制御を考える上で，実際，この信号交差点間を車が走行するとき，どれだけの交通損失を被るかを分析する。評価値として，所要時間，待ち時間，速度損失，停止回数が挙げられ，これらの値は，交通密度の積分から得られる。1サイクルの各交通損失量は

$$\text{所要時間: } \int_0^C \int_{x_1}^{x_2} k(x, t) dx dt \quad (6)$$

$$\text{待ち時間: } \int_0^C \int_{x_1}^{x_2} k_j(x, t) dx dt \quad (7)$$

$$\text{速度損失: } \int_0^C \int_{x_1}^{x_2} \left(1 - \frac{u}{u_f}\right) \cdot k(x, t) dx dt \quad (8)$$

$$\text{停止回数: } \int_0^C k_j \cdot \left(-\frac{dx'(t)}{dt}\right) \cdot dt \quad (9)$$

x_1, x_2 : 時刻 t の k_j 領域の上限，下限の x の値

$x'(t)$: Δt 後に k_j 領域になる x の値

として与えられる。信号制御パラメータ(サイクル・スプリット・オフセット)が交通損失にどんな影響を及ぼすかを分析する。表-1に $C=75$ sec,

$GⅠ=35$ sec, $GⅡ=30$ sec を一定としたオフセット P の変動による交通損失を示した。最終的に3つのパラメータの同時変動による影響を分析したい。

4. あとがき

本研究の信号制御は，Ⅰ，Ⅱの信号交差点の上下流の影響，交差点間の流出入，車の走行軌跡などを考慮しないことを前提としているため，実際の場合に適用するには，今後，さまざまな観点から検討する余地があろう。

参考文献 1)都市間高速道路の交通制御に関する基礎的研究(井上), 2)MACROSCOPIC MODELING OF TRAFFIC FLOW ON SIGNAL CONTROLLED ROAD LINKS (P.G.Michalopoulos)

— 表 — 1 —

P (sec)	所要時間 (台・sec)	待ち時間 (台・sec)	速度損失 (台)	停止回数 (台)
0.0	6049.26	1671.69	3088.33	55.46
5.0	5931.71	1577.38	2974.46	55.94
10.0	5686.64	1398.88	2724.05	54.20
15.0	5596.16	1355.43	2636.75	55.58
17.0	5411.02	1200.50	2440.75	54.53
20.0	5885.57	1593.79	2925.49	64.21
23.0	6261.71	1905.05	3312.09	70.35
58.0	7226.09	2444.76	4286.22	73.12
65.0	6783.48	2159.17	3835.14	66.61
73.0	6344.92	1849.64	3396.11	60.62