

I. まえがき

街路上に発生する交通渋滞のその物理的性質(渋滞長, 密度等)他交通流の諸性質を解析する手法としては, 交通流を圧縮性流体として取り扱う波動理論が一つの有力な手法として認識されている。この波動理論を近似的に解析する方法を提案し, 信号街路網上での交通流の解析を行なおうとする試みが, Sasaki, Fukuyama, Nami-kawa¹⁾によってなされているが, 本稿においては, この論文中で提案された近似解析の適用結果を示し, その考察を通じて, 信号制御パラメータ(サイクル, スプリット, オフセット等)が, 発生する渋滞にどのような影響を与えるかを調べる。

II. 渋滞の発生形態

波動理論においては, 信号が赤に変化した場合に発生する衝撃波と, 信号が青に変化した場合に発生する波の両概念を用い解析を行なうが, 近似解析においては, 無数発生する波を有限個の衝撃波に置き換え, 衝撃波の動きにのみ着目し, 時間-距離平面上に現われる交通現象を解析する。

単独交差点上流リンクに発生する渋滞の挙動を解析した例を図1(a),(b),(c)に示す。図は, 横軸に時間 t (sec), 縦軸に距離 x (m)を取り描いてある。 $x=0$ に交差点があり, $t=0$ で赤が開始したとして原点を設定している。交通は $x>0$ の方向に流れているものとし, 図1(a),(b),(c)のいずれも, サイクル (T) , 60sec, スプリット, 30sec(その周期に対する比率 $P=0.5$), リンクの自由走行速度 (U_f) , 12m/sec, 飽和密度 (k_J) , 0.15台/mとし k - k 曲線には x - k 曲線を用いている。上流からは一定密度 k_u の交通流が流入しているものとしており, (a),(b),(c)それぞれ0.015台/m($=0.1k_J$), 0.03台/m($=0.2k_J$), 0.06台/m($=0.4k_J$)である。(b),(c)の x 軸のスケールは等しく取ってあるが, (a)では異なっていることに注意。

図1(a)は, 1回のサイクルの赤時間に発生した渋滞が, その次に来る青時間内ですべて捌けてしまう場合を示しており, 図中, 陰を付した部分は, 密度が k_J の領域である(以下, この領域を領域Jと呼ぶ)。青の開始点 $t=30, 90, \dots$ より放射状に描かれているのは, 波を近似的に現わしている衝撃波の軌跡であり, この放射状の線で覆われている部分の密度 k は, $k_J/2 < k < k_J$ (渋滞領域であり, 以下領域Vと呼ぶ)となっており,

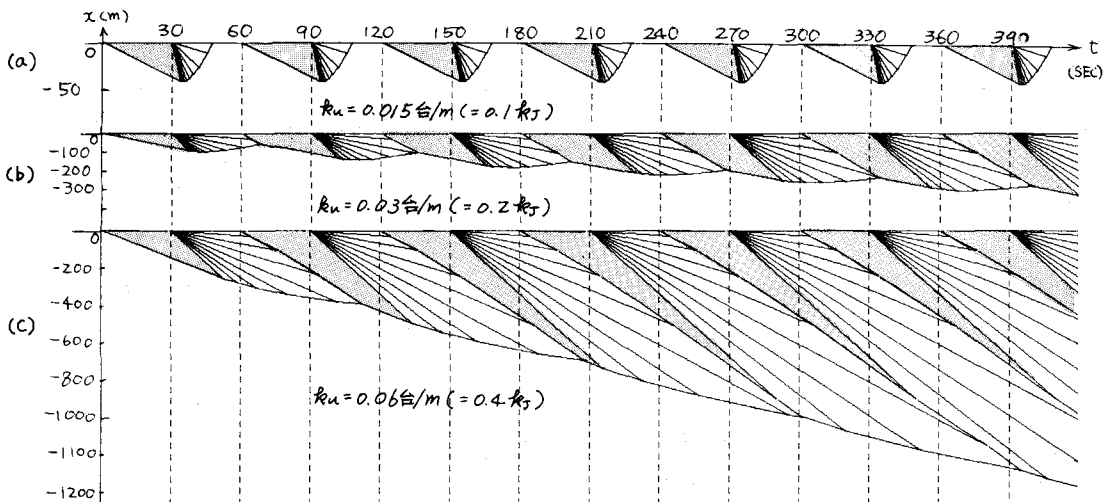


図1 単独交差点渋滞発生形態(近似解析適用例)

特に、 $x=0$ では最大交通量の状態 ($k = k_j/2$) となっている。領域J, Vと、その上流, 流入交通の領域 (以下、領域Fと呼ぶ) との境界は、渋滞後尾の軌跡である。但し、領域Jの後尾の車は完全に停止しているが、領域Vの後尾では動いている。

図1(b), (c)は、渋滞が1回の周期中には割けず、周期が進むにつれて累積して行く場合を示している。このことを比較することにより、 k_u が増加すれば、渋滞後尾が上流に伸びて行く速度が増加することが直ちに読みとれる。さらに興味深い点としては、(c)において4周期目 ($t=180\text{sec}$) 以降に発生する領域Jは、領域Vの中に埋没し、領域Fと接することがなくなることである。(b)の場合においても、周期が進むにつれて、領域JとFとの境界の長さは短くなっており、いわゆる上述の状況が発生することは容易に想定される。

Ⅲ. 交差点上流に発生する渋滞の特性

図2は信号交差点の上流に発生する渋滞の形態を概略的に描いたものである。図中 C_1, C_2, \dots を付した破線は、車の走行軌跡を示している。車 C_1 は、1回完全停止をした後、交差点を通過しているが、車 C_2, C_3 は、それぞれ、2回, 3回と完全停止した後通過している。完全停止する時間長は、交差点に近づく程長くなっている。

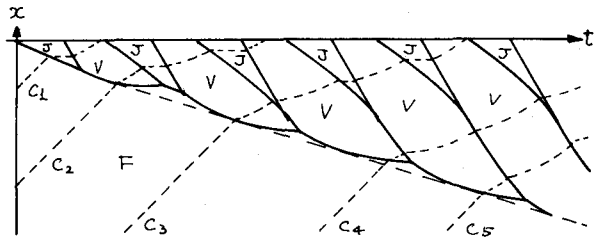


図2 渋滞発生状況概略図

車 C_4, C_5 は、渋滞領域に入った後数周期の間は完全停止することはない、領域Jに達して始めて完全停止することになる。

渋滞後尾の挙動の概略は、領域Vの包絡線を調べることにより知ることが出来る。波動理論を用いることにより、包絡線は、次式で計算される傾きを持つ直線であることが示される。

$$(w/\omega) = \frac{1}{2} \{ 1 - 2(k_u/k_j) - \sqrt{1 - p} \} = \frac{1}{2} \left\{ 1 - 2(k_u/k_j) - \sqrt{1 - \left(\frac{q-L}{T}\right)} \right\} \quad \dots (1)$$

ここに、 w : 包絡線の傾き (渋滞の伸びる速度), q : 青時間と、その後に来る損失時間 (黄, 全赤, 時間) の和, L : 損失時間, である。特に $p = (q-L)/T$ 。式(1)より、 p が増加することにより、渋滞の伸びる速度 (w) が減少することは明らかである。また、 q/T を一定に保ち T を増加させることにより、 w は減少する (損失時間の影響)。しかし、 T を増加させると、領域Jが広がり、結果的に、渋滞領域全体が広がる。従って、適切なサイクルは、損失時間を無視し得る範囲内で選べる最小のものと考えられる。

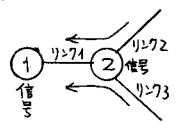


図3 結合リンク例

Ⅳ. オフセットの影響

図3に示す結合した3リンクに生じる交通現象を図4に示す。信号1, 2の間のオフセットを10secとして11る。リンク2, 3の上流から流入する交通流の密度はいずれも0.0225台/mであるが、リンク1から逆流した渋滞の車リンク3, (c)の割く交通量が少なくなり、渋滞の伸びる速度が遅くなっていることがわかる。

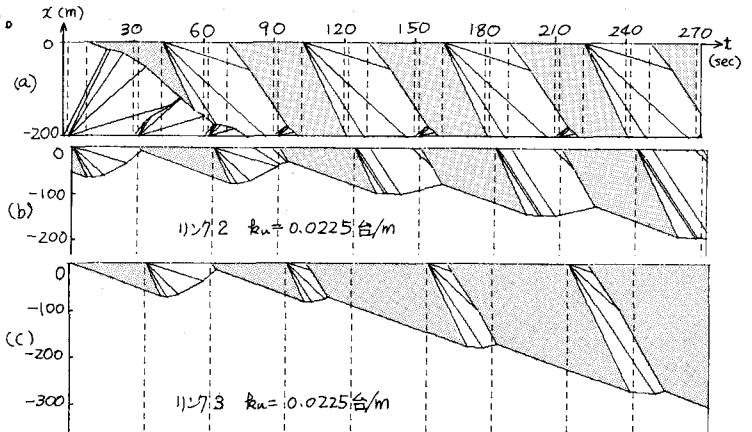


図4 オフセットの渋滞発生に与える影響

参考文献: Sasaki, Fukuyama, Naikawa: An Approximative Analysis of Hydrodynamic Theory on Traffic Flow and a formulation of a Traffic Simulation Model, Proc. of 9th Int'l Symp. Delft, 1984 (in print)