

北海道大学 学生員 長岡 修
 (株)富士XEROX 角原 耕一
 東京理科大学 平川 保博
 北海道大学 正 員 五十嵐日出夫

1. はじめに

今日の都市部において発生する慢性的な交通渋滞は様々な面で悪影響をもたらす大きな社会問題の一つとなっている。特にわが国の場合、都市部における道路は幹線道路であっても信号交差点が近隣しており、それらを系統的に制御することが道路交通の円滑化をはかるために重要となる。そのため、交通信号の系統制御を少しでも改善することで、渋滞を軽減することが望まれる。

そこで本研究では、二つの交差点内での車両の走行挙動を明確にし、シミュレーションを行うことで交通信号の系統的な制御が交通容量と旅行時間に与える影響を明らかにする。そして、このことにより交通信号の系統制御のための有効な情報の提供を目的とする。

2. 測定、解析

車両の基本的な走行挙動を明確にするために、一般的に考えられている車両の走行挙動を位置と時間の軌跡で再現することを行う。そのために以下の測定を行った。

場所：東京理科大学野田校舎が「ラント」沿い国道16号線・東京環状内回り走行車線（図1参照）

測定機器：ビデオカメラ、ストップウォッチ、パーソナルコンピュータ

- 測定内容：(1) 区間内の停止車両数
 (2) 停止車両の発進時間
 (3) 先頭車両の旅行時間
 (4) 停止車両発進後の速度変化
 (5) 停止車両発進後の車頭間隔時間

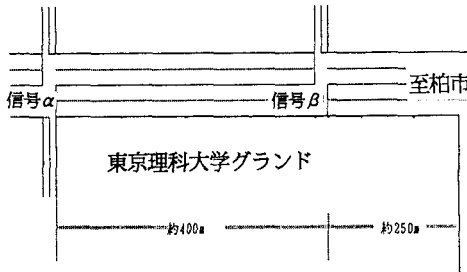


図1. 測定場所の道路構造

上記の測定結果を表1, 2, 図2, 3に示す。表1は信号βの停止線より50mと100m後方において何台の車両が停止するか、ならびに停止順位が5台目、10台目の車両が青信号開始時刻から何秒遅れて発進するかを測定し、平均化した値である。表2は交差点を先頭で発進した車両が信号βの停止線より100m, 200m, 300m離れた地点にたどり着くまでの時間の平均値である。図2は信号βの停止線、停止線から9m, 100m離れた地点の3地点での通過順位と速度の関係を表した図である。同様に図3は上記3地点での通過順位と車頭時間間隔の関係を表した図である。この図から判断すると、停止線～9m地点

表1. 停止間隔と発進間隔

停止間隔	発進間隔
8.57m	1.31sec

表2. 先頭車両の旅行時間

観測地点	100m	200m	300m
旅行時間	12.3sec	19.47sec	28.65sec

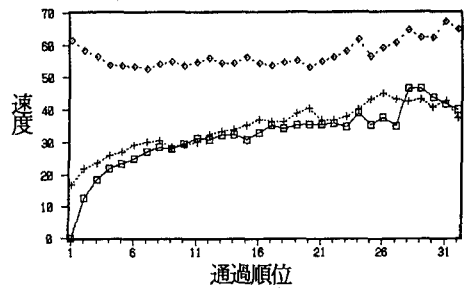


図2. 通過順位と速度の関係

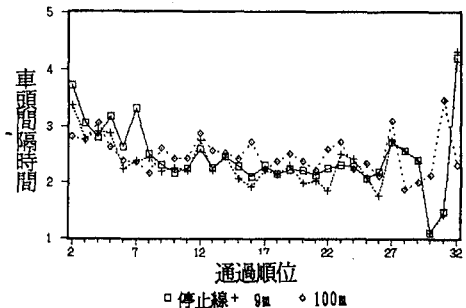


図3. 通過順位と車頭時間間隔の関係

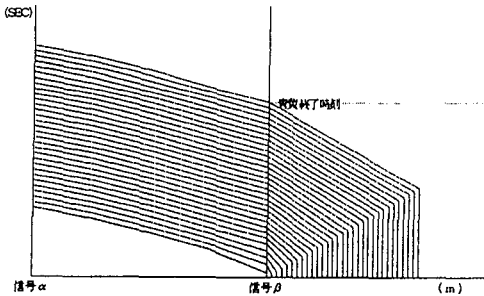


図4. 車両の走行挙動

～100m地点と車両が進むにつれ、速度は徐々に増加していくが、車頭時間間隔には大きな変化は見られない。しかも、車頭時間間隔は通過順位が8, 7台目以降ではどの地点でもほぼ一定に近づいている。

以上の結果をもとに車両の走行挙動は図4のように記述できる。図4の横軸は位置（右から左へと変化）、縦軸は時間の変化である。なお、車両の発進地点から信号βの停止線、信号βから信号αの停止線までの速度は区間速度として直線近似した。

3. 系統制御シミュレーション、結果

上記の測定、解析結果を用いて交通流シミュレーションを交差点間隔200m, 400mの二通り行い、信号周期毎の信号α, βの通過車両台数、信号αの停止車両台数、αβ間の平均旅行時間を算出する。そしてこの結果にもとづき交通信号の系統制御が交通容量と旅行時間に与える影響、二つの信号交差点の間隔が短くなった場合にはどのようなことになるかについての考察を行う。

このシミュレーションの結果としてはαβ間が200, 400mの場合共に全てのワット値において周期が2回目以降には通過車両台数、停止車両台数、平均旅行時間の各々が全て同じ値を示す状態（状態A）となった。この中からオフセットと平均旅行時間の関係を図5に示す。

4. 考察

記述の状態Aを定常状態とし、定式化を行う。この状態の定式化にあたりαβ間の車両台数を信号周期 k による離散系として考える（図6参照）。図6の M はαβ間に停止可能な車両台数とし、 p_k を信号α、 q_k を信号βの通過車両台数、 I_k を信号αの停止車両台数と表すと、これらの間には

$$I_k = I_{k-1} + q_k - p_k$$

の関係がある。各信号の1周期内の通過可能な車両台数を Q と表し、初期状態を $I_0 = 0$ とすると、αβ間が十分に大きいときには $q_1 = Q$ となる。また、 $p_k = q_k$

($k \geq 2$)であるから

$$I_k = I_0 + q_1 - p_1$$

$$\therefore I_k = Q - p_1$$

の関係が得られる。

この定常状態での1周期での信号α, βの通過車両台数は共に同数であった。その数はαβ間が200mの場合ではワット値の変化により23～32台の間で変動が見られたが、αβ間が400mの場合では常に32台であった。これは、αβ間が200mの場合にはワット値によっては $Q - p_1 > M$ となることがあるためである。これは信号αでの停止車両の最後尾が信号βに達してしまい、信号βが青信号であるにも関わらず停止状態となり、 q_k が制約されることを意味する。よって、ワット値の制御は交差点間隔が短いときほど重要とされることがわかる。

5. おわりに

本研究は基礎的なものであり、今後は交通容量低下の現象解明のみならず、具体的な臨界点等の究明が今後の課題として残される。

また、交差点間の車両台数の関係を信号周期による離散系としてとらえ、考察した点に本研究の特徴がある。このようなとらえかたにより交通信号の系統制御の解析方法に新たなひろがりが見込めるであろう。

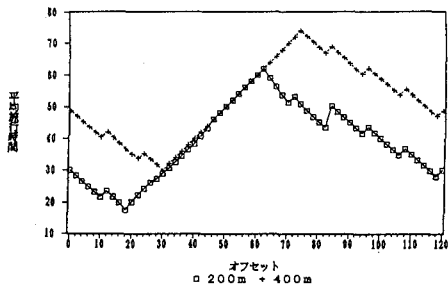


図5. ワットと平均旅行時間の関係

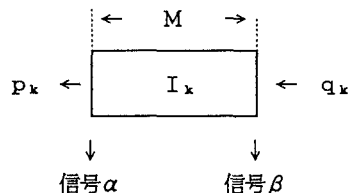


図6. 信号βの通過車両台数を系への入力数、信号αの通過車両台数を出力数、その差を停止車両台数としたときのそれらの関係図