

感知器の動特性に関する一考察

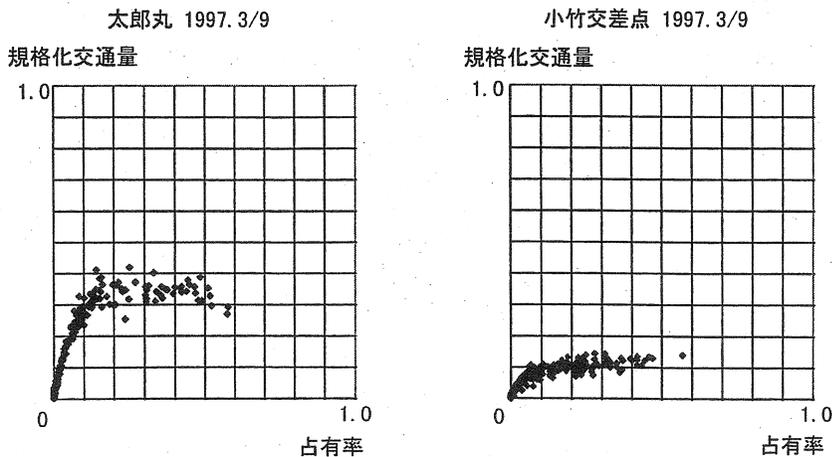
(株)日立製作所 日立研究所 井上 健士, 横田 孝義, 堀田 都
〒319-1292 茨城県 日立市 大みか町7-1-1

感知器により計測したデータは、信号制御、交通情報提供に使われ重要な役割を果たす。このデータの処理は感知器の地点における単位時間当たりの車の存在率である占有率と交通量を元に行っている。ここで、従来感知器の占有率交通量の特性は定常状態を仮定したものであり、この特性の議論のままでの信号制御に使うための情報の変換は十分とは言えなかった。この理論の整備の一環として一般道における、信号機により発生する待ち行列を考慮した感知器の動特性についての考察を行う。またシミュレーションにより、本考察で述べた動特性が現象として起こり得ることを示唆する。

1. はじめに

車両密度と交通量の関係（以下 KQ 特性と呼ぶ）について、定常的な動きを示したものについては、従来かなりの研究が行われ様々なモデルが提案されている¹⁾。これら各々のモデルはあるデータによれば妥当性を示す場合があり²⁾、道路の形状、視覚の関係により適宜必要なモデルを選択する性質のものと考えられる。

しかしながら、実際の計測では必ずしも定常的な車の流れの状態を計測しているわけではなく、過渡現象をも含んだ状態を計測している。そして感知器の設置位置が固定されているという性質上、密度を計測することが困難であり、密度の代わりに占有率を計測している。この占有率は、定常状態でなければ必ずしも密度と一致しないという問題を持っている。このため感知器の占有率と交通量をプロットした場合、かなりの頻度で KQ 特性と外れることが起こる。またこの原因以外として一般道では、違法駐車、個性の違うドライバーの混在、運動特性、車長の違う車の混入、信号機のサイクルと計測のタイミングにより引き起こされるビート等の影響の結果であると思われる。



(a) 交差点から距離のある場合

(b) 交差点に近い場合

図1 感知器データ (福岡県警 提供)

ここで、信号交差点のある一般道における感知器データについての分類は、岡本によってある程度述べられている²⁾。この分類としては、越等のデータのタイプ、感知器が信号機に近い場合のタイプに大まかに分けることができる。感知器が交差点にかなり近い場合については図1(b)のように交通量が頭打ちでかつ、渋滞流の境界が不明瞭である。また感知器が単独信号交差点からある程度の距離がある場合には、交差点の交通容量以上の交通量が存在しうるデータとなっている。現状ではこのデータについての明確な説明がつけられていない状態であった。このため、待ち行列及びその過渡現象の計算によりこれらのデータの説明を行う。

2. 感知器動特性の考察

ここで、交通量が信号交差点容量をも超える現象は、待ち行列が成長する過渡現象であると仮定する。これは、図2のシミュレーション図により、交通容量を越えた場合の捌け残りが、信号機と感知器に蓄積している状態であるからである。

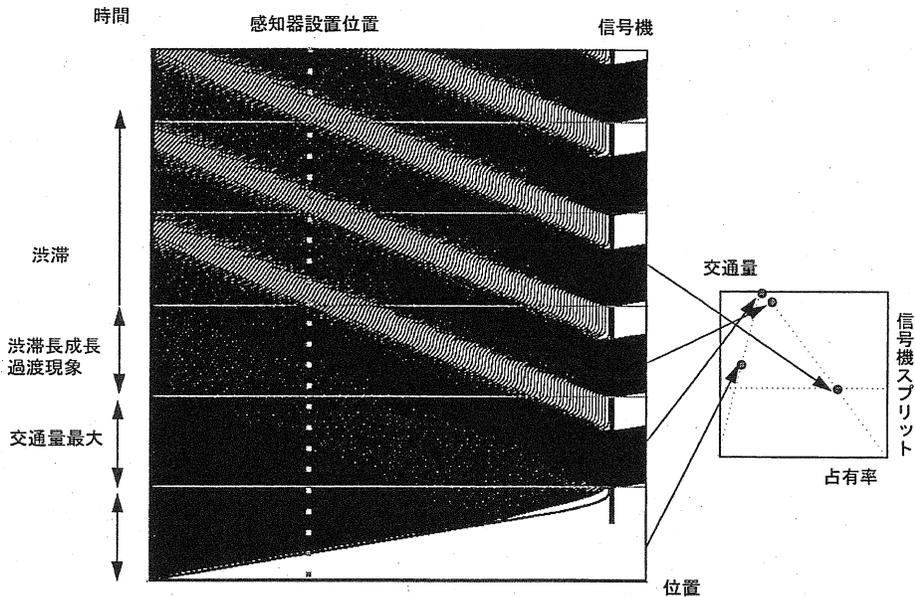


図2 蓄積状態での感知器計測

また一般道では、感知器が交差点に近く車群の拡散が無ければ、渋滞は信号機の影響が支配的である。このため近似として、信号機の影響による待ち行列のみを考慮した感知器の動特性について解析を行う。この解析のため、個々の車の特性を加速度減速度を無限大とし、更に速度を2値としたモデルを考える。また車頭間隔時間を h [sec]、停止間隔距離を D [m]、走行速度を V [m/sec]とする。このモデルでは、停止の場合車は前方との車間距離 D になるまで速度 V で近づき停止を行い、停止から発進の場合は車間距離 Vh になるまで停止した状態となる。そして信号機のサイクルを C [sec]、等価的な赤時間を r [sec]、到着交通量を q [veh/sec]、感知器の位置を信号交差点より上流に x [m]離れているとする。また到着はアーラン分布³⁾となることが指摘されているため³⁾、車の到着間隔の分布を、平均値 $1/q$ 、位相 k 次のアーラン分布に従うものとする。ここでの車の停止時間の平均値は $rk / (1/q - h)$ が1に比べ十分大きい場合、以下の式で近似される。

$$r - \frac{x}{D}(q^{-1} - h) \quad (1)$$

この結果、待ち行列が感知器まで到達するとき占有率 ρ と交通量 q の関係は次式となる。

$$\rho = \frac{r}{C} + \frac{D}{V}q - (1/q - h) \frac{x}{CD} \quad (2)$$

また交通量 q が与えられたとき、占有率の散らばりの標準偏差は次式で近似される

$$\sqrt{x/kD}(q^{-1} - h)/C \quad (3)$$

ここまででは待ち行列が感知器に届く場合であり、待ち行列が感知器まで届かない場合には、占有率は Dq/V となる。また完全に過飽和の状態では交通量が $(C-r)/Ch$ となりうる。更に待ち行列の成長を考え、交通量 q が信号機の交通容量 $(C-r)/Ch$ を超えた場合、渋滞時の占有率交通量にいずれ落ち着くことになる。また、交通量が少なくなる場合には待ち行列の消滅を考え、渋滞時の占有率、交通量から自由流の領域に落ち着くことになる。

以上の結果より計測タイミングをサイクル C としたときの感知器の特性及び散らばり具合は、次の図のようになる（但し $Q=qh$ とし交通量を規格化している）。ここで感知器データは、感知器の設置位置が交差点から離れるにつれ、流れ得る交通量が大きくなっている。

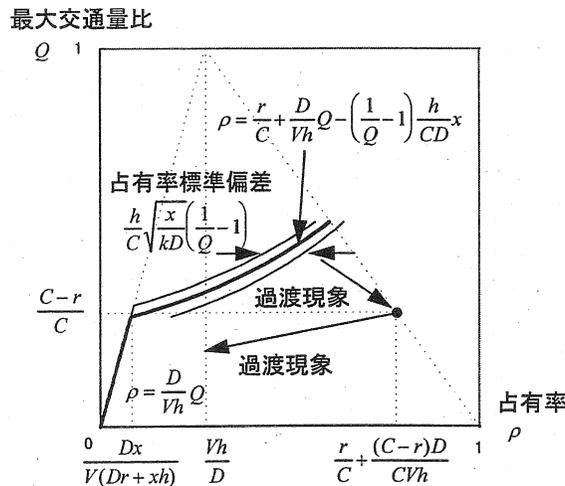


図3 感知器データの散らばり

ここで実際には、計測タイミングが5分の場合が多いため、過渡現象の部分が平均化されることにより出現しにくくなるものと思われる。またサイクルと5分との周期のビートが計測データに現われやすくなるものと思われる。

3. シミュレーション

次に、シミュレーションによる感知器のデータを示す。ここでのシミュレーションモデルは坂東の方程式⁴⁾に視覚の関係から前方の速度差に応じて減速を行う安全項を付加した追従モデルを使用している。更に速度車間特性は、菊池-湯川のモデル⁵⁾と等価なものを利用している。また発生交通量は、信号交差点の交通容量を超える値と閑散交通となる値の2つの値を交互に30

分毎にランダムに発生させ、計測タイミングは 300 秒でサイクルは 90 秒、青 51 秒とした。図 4 のグラフの横軸は占有率を示し、縦軸は交通量を示し、プロット点間の線は遷移状態を示す。

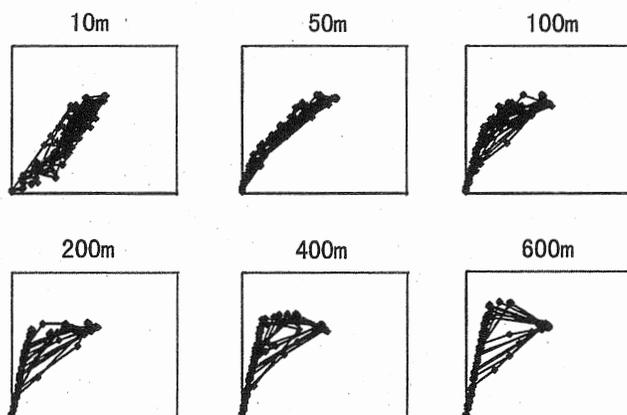


図 4 距離と感知器データのシミュレーション結果

この結果より、感知器データは KQ 特性と違った曲線となり、また交通量が信号機の容量より多くなる場合が得られている。この傾向は感知器の距離が離れると顕著になり、近い場合には交通量が頭打ちとなる状態の特性が得られていることが分かる。更に、感知器データのパターンは、感知器の設置位置により変化していくことが解る。

4. おわりに

以上、一般道の交通流は信号機による待ち行列が支配的であるとの仮定を元に車の挙動を単純化し待ち行列理論による考察を行い、シミュレーションとの比較を行った。ここで、感知器データが信号機の交通容量より多くなる現象は過渡現象であり、また実際の感知器データは KQ 特性と違った振る舞いをし、この特性は感知器と信号交差点の距離に応じて変化することを示唆した。しかしながら、この単純なモデルのみでは、越等の提示したデータの現象説明はできない。更にアーラン分布の位相は交通量との相関があることも指摘されている。このため今後、車群確率モデルの高度化、越等の提示したデータの現象の説明（高速道路）、及び実際のデータとの検定をする予定である。

また有益な御助言、データを提供して頂いた福岡県警交通部交通規制課の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) (社)交通工学研究会：交通工学ハンドブック, 技報堂出版 1991 年 12 月 1 日 1 版 3 刷
- 2) 岡村省司：交通渋滞の原因と対策についての一考察, 交通管制施設協会 交通管制 No. 44 pp. 30-36 平成 6 年 3 月
- 3) 佐々木綱, 飯田恭敬：交通工学, 国民科学社 1992 年 4 月 30 日 初版発行
- 4) M. Bando, K. Hasebe, A. Nakayama, A. Shibata and Y. Sugiyama: Structure Stability of Conestion in Traffic Dynamics, Japan J. Indust. Appl. Math. 11 1994.
- 5) 湯川論：計算物理学および統計力学的手法をもちいた一次元交通流の研究—交通渋滞の統計力学—, 物性研究 6 5 - 1 pp. 117-170 1995-10