

交差点における車両列の挙動に関する研究
—測定結果とその検討—

Investigations of Vehicle Movement Behaviors at an Intersection
—Measurements and their Discussions—

○植野 文高* , 高木 相*

○Fumitaka Ueno* , Tasuku Takagi*

*日本大学工学部

*Engineering College of Nihon University

キーワード : VICS (Vehicle Information and Communication System), $t-l$ 特性 (time-distance characteristic), スループット特性 (through-put characteristic), 加速特性 (accelerative characteristic),

連絡先 : 〒963-01 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学 工学部 情報工学科 高木研究室
Tel: (0249)56-8826, Fax: (0249)56-8863, E-mail: takagi@ce.nihon-u.ac.jp

1. 緒言

道路交通問題は近代都市国家における極めて深刻な問題となりつつある。交通渋滞は輸送力を減ずることは勿論であるが、環境を悪化させる大きい要因ともなる。この現状に対応するため我が国では道路交通情報通信システム (Vehicle Information and Communication System: VICS) なるプロジェクトが発足し、1997年に東京圏、大阪圏にVICSセンターを開設し、交通流の円滑化を図ろうとしている¹⁾。一方、世界的な動きとして、いわゆるITS (Intelligent Transport System) の構想が進んでいる。²⁾ 学会においても電気学会では、【道路交通問題調査専門委員会】が設置され、また研究会も持たれており³⁾、電子情報通信学会でも特別小特集が組まれ⁴⁾、本学会 (計測自動制御学会) でも小特集号が刊行されている⁵⁾。

本来、道路交通問題は土木工学の問題で、建設省を中心に道路建設、都市交通の立場から、長い継続的な調査研究がなされている⁶⁾。

しかし、これらの記事から読み取れることは、交通問題の学術的、理論的研究は必ずしも十分ではないと言うことである。中には、この問題が立遅れているということを指摘されている著

者もある⁷⁾。

ITSにおける通信方式については周波数割り当て、通信方式等、相当な準備がなされているように見受けられる。しかし、具体的にどんな情報をどのように活用するかは今からの課題と考えられる。

そこで、本研究ではVICSとITSを念頭に置いて、道路交通のスムーズ化に必要な交通流の基礎データを蓄積しながら、通行車両の挙動に関する理論を構築し、その基礎データの理論上の位置づけとその役割等を考察しながら、都市交通流のスムーズ化に必要な制御パラメータ、特に交通信号制御にまつわるパラメータ、規制速度などのあり方を明らかにすることを目的に、単純な交差点をとりあげて車両列の挙動を測定し、若干の理論的考察を行った。⁸⁾

2. 測定項目と測定法

2.1 測定項目

- (1) 青信号発射時の時間 (t) - 走行距離特 (l) ($t-l$ 特性)
- (2) 赤信号による待ち行列長と車1台当たりの専有距離 (L_0)
- (3) 加速特性

2.2 測定法

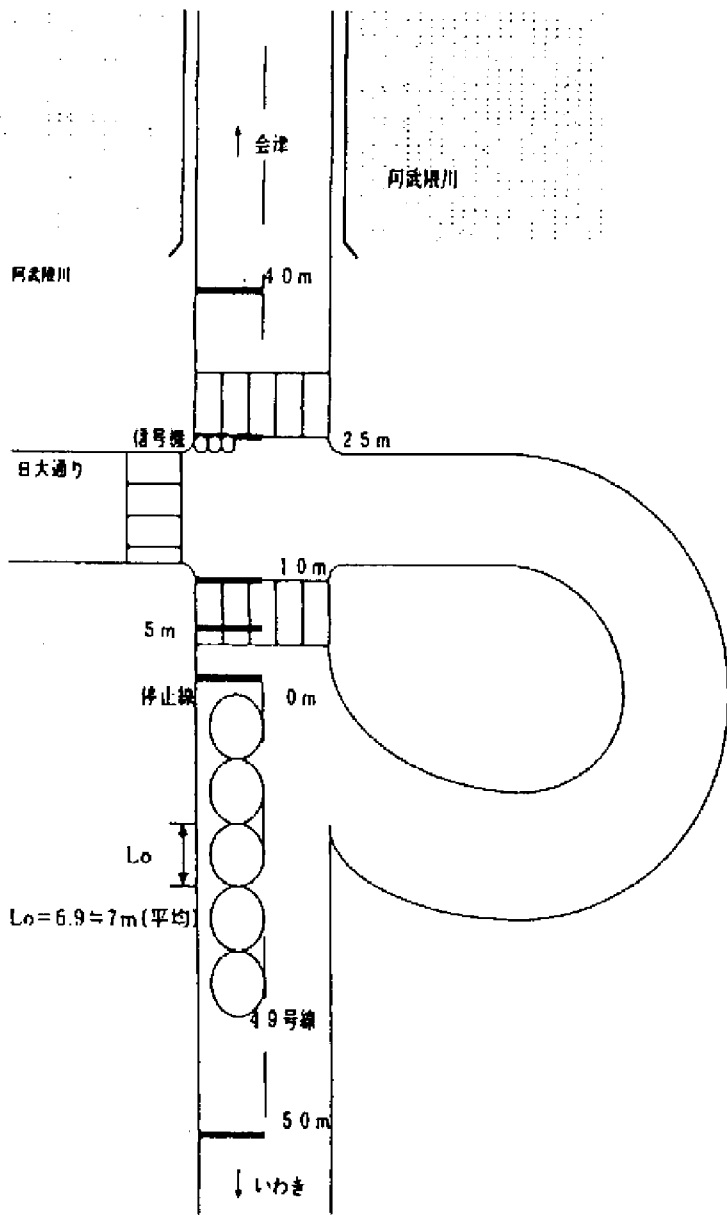


Fig.1 郡山市国道49号線と日大入口の交差点

測定交差点として、福島県郡山市の国道49号線と日大通りとの交差点を選んだ。この測定はすべていわき方面から会津若松方面に向かう車両について行った。その略図をFig.1に示す。

2.2.1 t-l曲線の測定

待ち車両列は青信号で順次発進する。交差点の停止線の位置を0mとし、そこから5m、10m、25m、40mの位置をあらかじめ計測しておく。測定は青信号点灯時を $t=0$ として、それぞれの位置を通過する時間と車種を記録する。2台目、3台目、4台目の車両についても同様に測定する。これによって発進から定常速度に達するまでの特性(時間-距離特性:t-l曲線)を求めることができる。

2.2.2 1台当たりの道路専有距離の測定

停車中の1台当たりの専有距離 L_0 は停止線から50mの位置をあらかじめ計測しておき、赤信号になり待ち行列ができたなら、50mの距離に何台停車するかを数えて、その平均値を取ったものが1台当たりの平均道路専有距離である。

2.2.3 加速特性の測定

赤信号で停車している車が青信号に変わり、発進して一定速度になるまでの加速度を求める目的で行う。測定は、まず、走行道路と位置、停車時の状況、道路の傾斜、天候、時刻等その周辺の状況を記録し、車が発進してから速度が10km/h、20km/h、30km/h、40km/h、50km/h、60km/hのなるまでの時間を計測する。

※測定は日本大学工学部情報工学科高木研究室卒業生8名、現学生9名と高木教授の計18名で行ったものである。

3. 測定結果

3.1 t-l曲線

Fig.2は先頭車から4台目までのt-l曲線普通車の測定結果である。Fig.3のt-l曲線は大型車の測定結果、Fig.4のt-l曲線は全自動車の測定結果である。実線はそれぞれ平均値を結んだものである。測定結果には相当ばらつきがあることが分かる。車頭時間 T_0 はt-l曲線から推定すると約3秒である。Fig.4を用いて説明すると V_L はt-l曲線の直線部分の傾斜から6.6(m/s)(23.7(km/h))と求まる。Fig.5に測定結果の一例を示す。(3.3節)

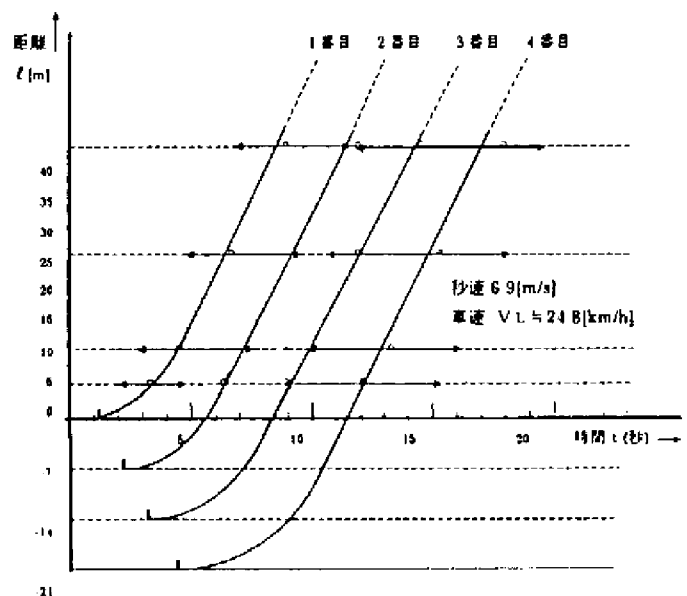


Fig.2 普通車のt-l曲線

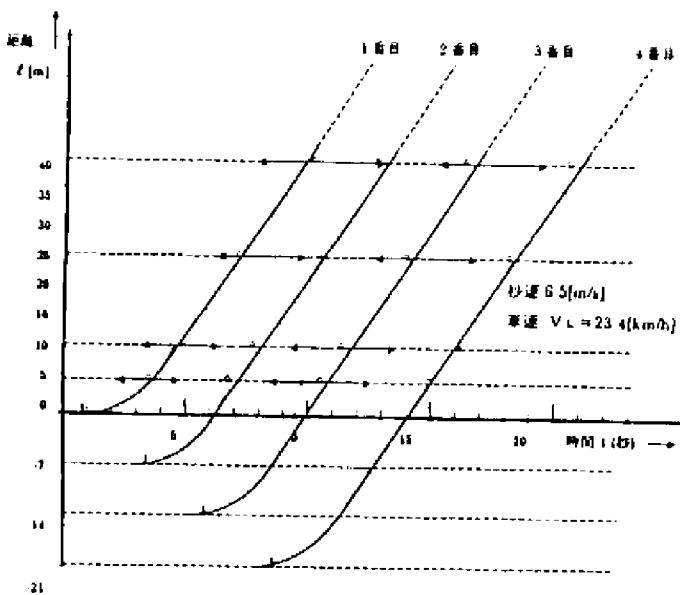


Fig.3 大型車のt-l曲線

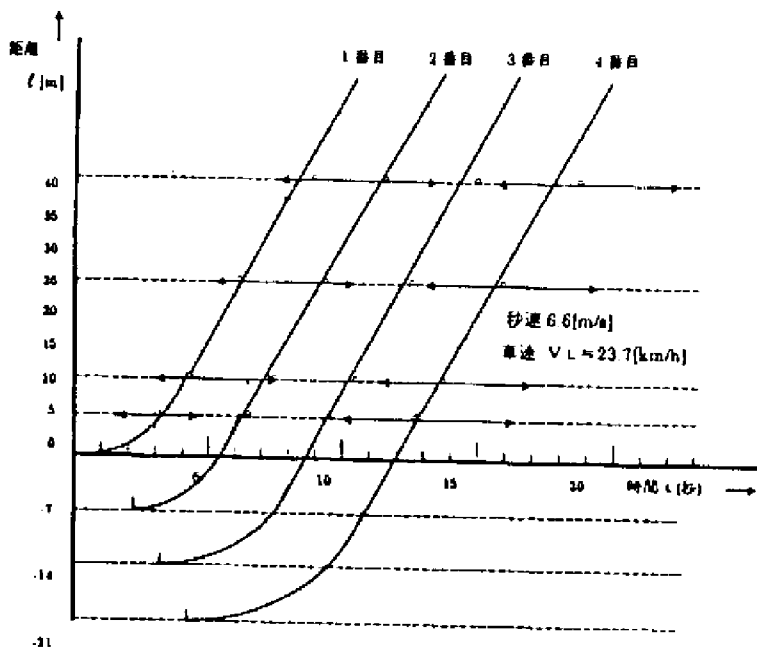


Fig.4 全自動車のt-l曲線

3.2 1台当たりの道路専有距離(Lo)と車頭距離(Lv)

まず、Loは約7mであった。その測定結果を表1に示す。車頭時間Toは本測定では約3秒であった。従って、車頭距離Lv = VLTo ≈ 20[m]となる。

表1. 1台当たりの道路専有距離

No	台数
1	8
2	7
3	7
4	8
5	8
6	7
7	6
8	8
9	8
10	6
平均	7.3
1台当たりの平均道路専有距離(m)	6.8

3.3 加速特性

加速特性は車が発進してから一定速度になるまでの加速を示したものである。実際に車を運転し、ストップウォッチで10、20、30、40、50、60 (km/h)に達した時間を測定した。その結果の一例をFig.5に示す。運転者によって相当のばらつきがある。Fig.5には数人が運転した時の約85回の測定結果を示している。ここで、1台目は発進時に車が先頭にある場合で、2台目は2番目に3台目は3番目…にあった場合の車列順の平均を示す。これから加速度を求めるとFig.6のようになった。Fig.7は加速特性の総平均である。

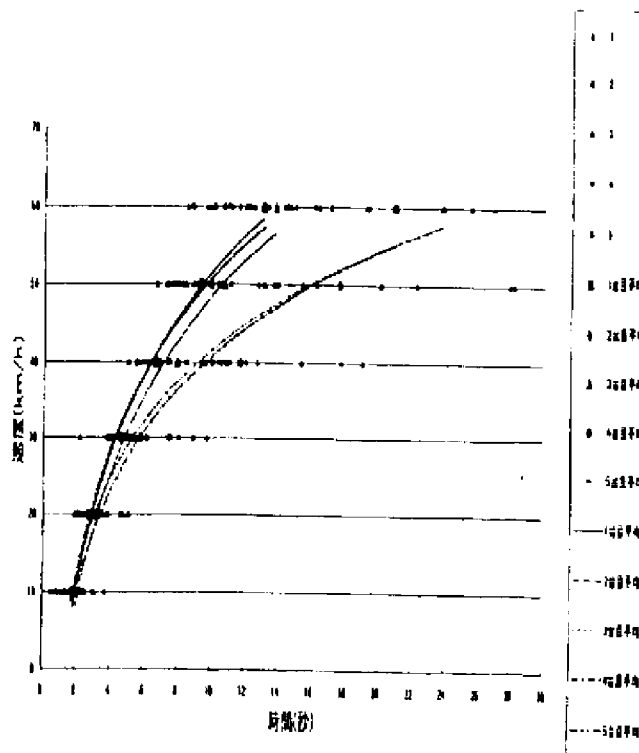


Fig.5 加速特性

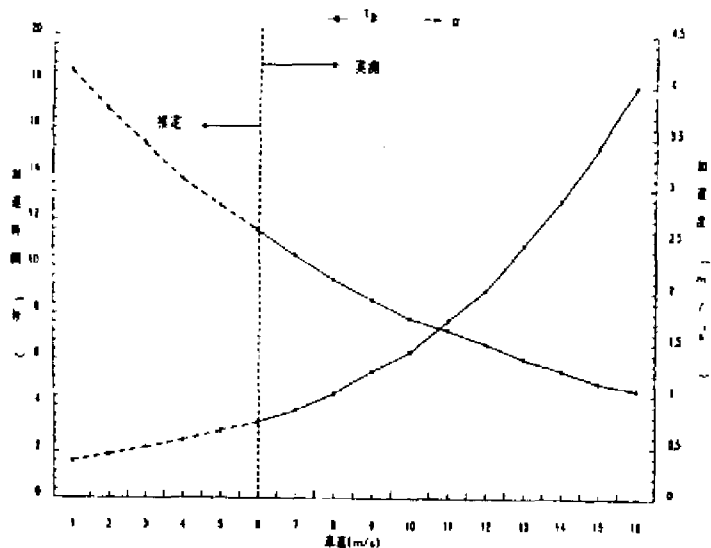


Fig.6 加速特性(加速度)

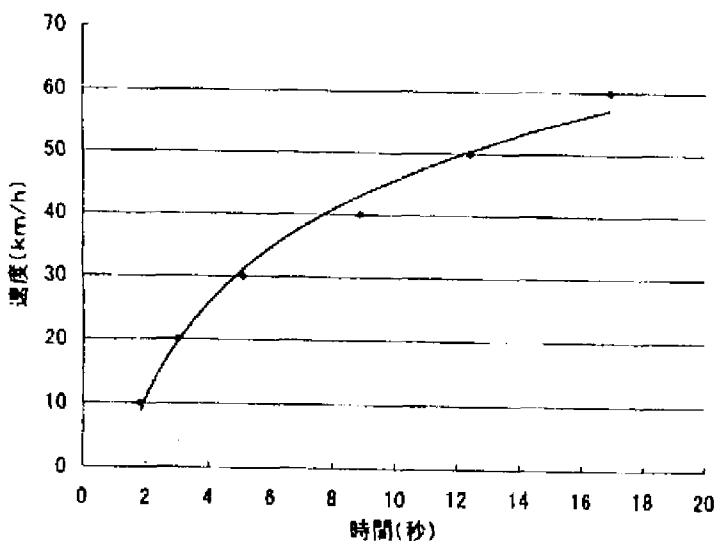


Fig.7 加速特性(総平均)

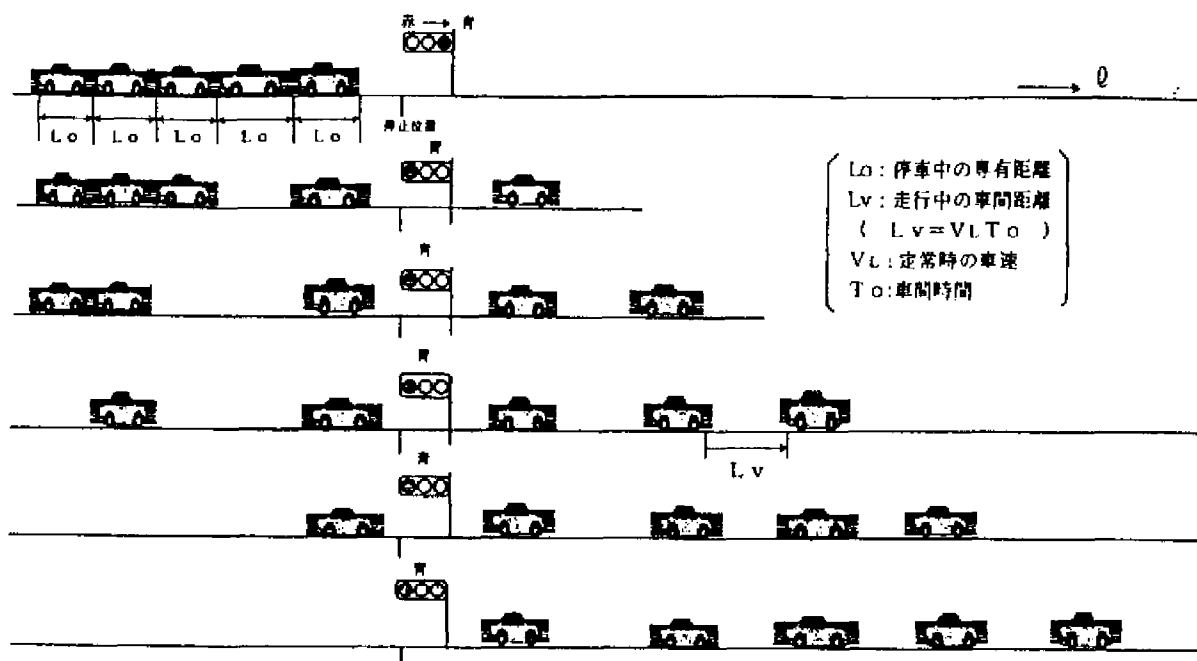


Fig.8 青信号発進時の概念図

4. 考察と検討

4.1 t-l 曲線のモデル

Fig.8は赤信号で出来た車の待ち行列が青信号で解消して行く様子を概念的に示したものである。停車中の1台の車が専有する距離 L_0 (平均)としている。青信号の点灯と共に、先頭車から順番に発進する。今、車の発進時の加速度 α を一定値(平均値)とする。そうすると速度 v 、走行距離 l は、それぞれ

$$v = \int_0^t \alpha dt = \alpha t \quad (1)$$

$$l = \int_0^t v dt = \frac{1}{2} \alpha t^2 \quad (2)$$

と書ける。 $t=0$ は青信号点灯時刻である。車が一定速度に達すると、加速度は0となる。この時刻を t_B とする。 t_B 以後の速度は一定値($v=V_L$)となる。又、青信号点灯時からの走行距離は

$$l = l_B + V_L t (t \geq t_B, l_B = \frac{1}{2} \alpha t_B^2 = V_L t_B) \quad (3)$$

と書ける。これを第1番目の車についてモデル的に図示するとFig.9のようになる。Fig.10は後続車が次々に発進する場合を示す。 L_0 は停車時の1台当たりの道路専有距離、 T_0 は後続車の発進遅れ時間である。又、定常走行時の車頭距離 L_v は同時刻における2つの直線の差であるから

$$L_v = V_L T_0 \quad (4)$$

と書ける。

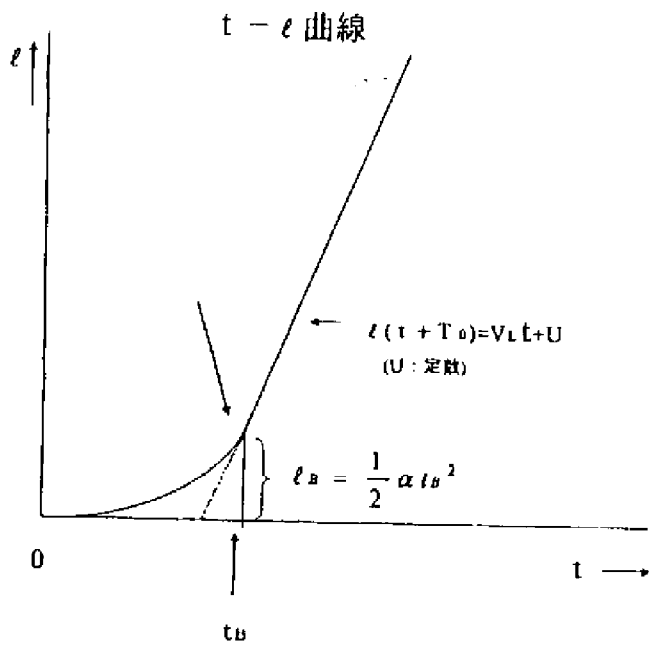


Fig.9 第1番目の車両の発進特性

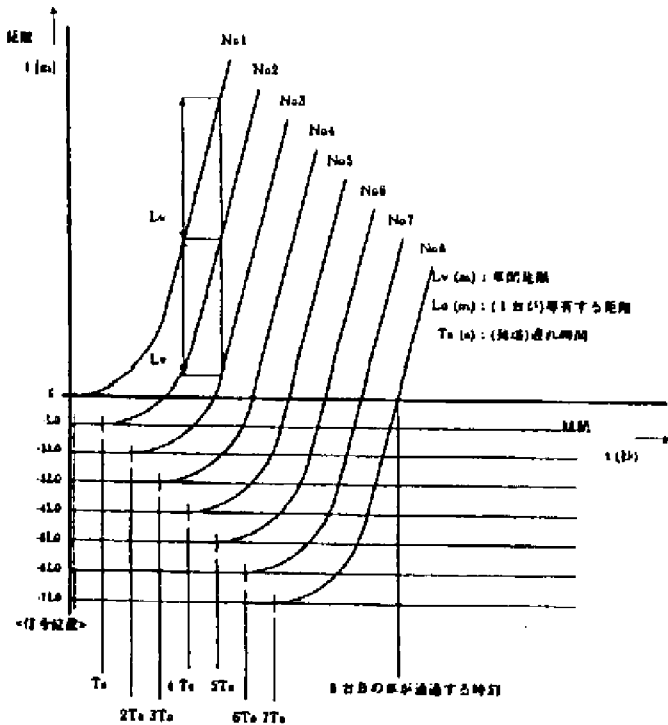


Fig.10 車列の発進特性

4.2 青信号時間におけるスループット

4.2.1 スループットの理論的考察

n台目の車のt-l曲線は(3)式を座標シフトして

$$l + (n-1)L_0 = V_L \{ t - (n-1)T_0 - t_b \} + l_B \quad (5)$$

$$n = \frac{V_L(T_G - t_b) + l_B}{V_L T_0 + L_0} + 1 \quad (T_G: \text{青信号時間}) \quad (6)$$

と計算できる。

4.2.2 測定結果から予想されるスループット

Fig.7を用いて各速度における t_B 、 α を求め l_B を計算して(6)式を計算したものがFig.11である。縦軸はスループットn、横軸は車速 V_L とした。

このスループットは速度によって飽和する傾向が見られ、 V_L が小さい時、スループットは V_L に大きく左右されることが分かる。 V_L が大きい場合、スループットは T_G に比例する。 T_G が短い場合、スループットが一定になった後、凹凸になった。これらのことは今後、更に検討する必要がある。

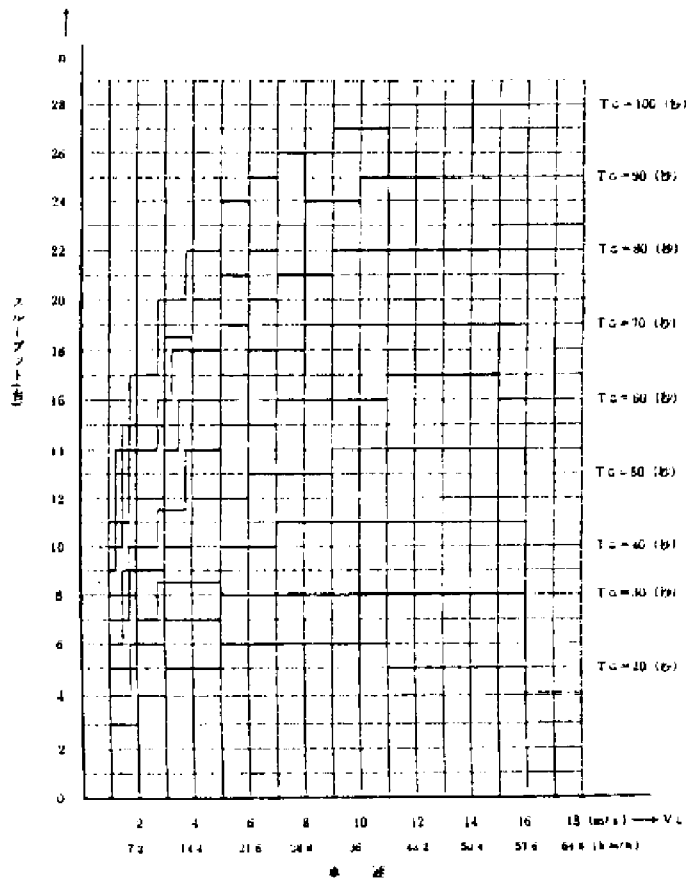


Fig.11 スループットの計算値

5. 結論

交差点における車両列の挙動について測定し、その考察を行った。この結果、スループットに関する有用な知見を得ることができた。一般的には交差点の状況は様々であり、信号の制御法に結びつけるにはまだ多くの測定と検討を要するが、本研究で一応の方向性を見出すことができたものと考えられる。つまり、交差点における信号制御は考慮すべき事項が多く、その最適化を求めるには前後の交差点を含め面的な考察が必要であり、決して簡単ではないが、将来のITSには本文のような測定を積み重ねてスループットと車速の関係等を逐次明確にして行く必要がある。

謝辞

都市交通問題について多くの示唆を頂いたVICSセンター常務理事の小島弘氏に感謝すると共に、測定に協力してくれた日本大学工学部情報工学科高木研究室の学生諸君に感謝する次第である。

文献

- 1) (財) 道路交通情報通信センター：“VICSの挑戦”、官報販売所(1996. 10)
- 2) IEEE Communications Magazine、 vol.34. No.10(1996.10)
- 3) 高木相：“道路交通信号のインテリジェント化の基礎考察－主体－客体モデル(F-Rモデル)からの展開－”、電気関係学会東北支部連合大会（平成8年8月）
- 4) 電子情報通信学会誌 特別小特集“新しい時代の交通システムに向けて”、vol.80.No9(1997.9)
- 5) 計測自動制御学会誌
- 6) 日本道路交通協会：“道路の交通容量”、(S59. 9 初版、H8.4.第8版)
- 7) 森川高行：“交通システムのインテリジェント化は社会を変えるのか？”、信学誌 vol.80.No9、PP.905－908、(1997.9)