

幹線街路の交通流における自動車の停止時間及び停止回数の特性について

Stopping Delay and Number of Stops as Related to Travel Speed

村岡 博之
池之上 慶一郎

By
Hiroyuki MURAOKA
Keiichiro IKENOUE

In an attempt to find an approach to estimating number of stops from travel time in urban area, 50 test-car round trips were made on the 6.05 km stretch of the National Route 14 in Chiba City. Data reduction was made for each of four kinds of subdivision length. Curvilinear relationships between travel speed and stopping delay per kilometer and number of stops per kilometer were found to be fairly consistent for each subdivision. Stopping delay was shown to be zero at the travel speed above 45 Km/h. From these characteristics completely proportional relationship was developed between number of stops per kilometer and stopping delay per kilometer.

1. 序論

1-1 研究の背景と目的

自動車交通の評価は、安全性、円滑性、快適性、経済性、ならびに環境保全の観点から行われなければならないが、実際には都市部における交通渋滞の激化は、人流、物流の時間損失と窒素酸化物による沿道大気汚染の悪化等という社会問題を深刻にしている。他方、交通の閑散な夜間等においては旅行時間の問題はない代わりに、事故防止策として密に設置されている信号機によって無用に

停められるという、交通の快適性や経済性の観点からの苦情が高まっている。

これらの対策としての交通運用や制御機能の評価尺度としては、円滑性、時間的経済性、及びエネルギー経済性と関係する旅行速度、旅行時間が扱われなければならない。またそれ以外に、快適性、エネルギー経済性、及び自動車公害と関係する停止回数と停止時間が扱われなければならないが、現在の交通流計測技術では、先端技術の導入によって旅行速度の計測は容易化される情勢にあるけれども、停止回数と停止時間の計測や推定の技法は未開である。

交通流の旅行時間や旅行速度の計測には種々の方法があり、試験車走行法、登録番号照合法（俗称ナンバープレート法）、さらにはネットワークの計測に適するものとして、空中写真による交通密度の計測と、地上での交通量計測とから旅行速度を求める方法等があげられる。これらのうち、

※ キーワード 停止時間、停止回数

※※ 学生員 日本大学大学院博士前期課程、
理工学研究科交通土木工学専攻

※※※ 正会員 工博 日本大学教授、
理工学部交通土木工学科

（〒274 船橋市習志野台7-24-1）

試験車走行法は古くから良く用いられてきており、これによって停止状況も調べることができるが、サンプリングの精度を保つ為の調査回数と要件という点で難がある。この点で優れているのは登録番号照合法であり、番号照合作業がコンピュータによって容易になった為に、最近はこの方法が用いられるようになってきている。しかしこの方法では停止状況を知ることができない点に大きな短所がある。空中写真による方法は、コスト的に難があると共に、停止回数を得ることができない。またシミュレーションの実用性を高めるには、モデルは巨視的にならざるを得ないが、その結果、停止回数についての直接的な出力は難しくなる。

本研究では、このような評価手法の隘路を打開する為に、その収集が容易化されつつある旅行速度、または旅行時間の情報から、旅行の質的要因である停止回数及び停止遅れを推定する方法の可能性を見いだすことを目的として、これらのパラメータの間の特性を明らかにしようとしたものである。また停止状況の情報を得られる試験車走行法において、実際に問題となる停止という状態の同定の仕方に関連する事項についても若干の検討を加えた。

1-2 研究の概要

前記目的の為に延長6.05kmの道路区間（信号交差点平均間隔約500m）の往復について多回数の試験車走行によってデータを収集し、6.05km区間の旅行速度が概ね50km/h～15km/hの範囲の状況において、旅行速度と停止回数、停止時間との関係を求めた。またこの関係の一般性をみる為に、計測のベースとなる区間長を種々変えて、解析を繰り返し、いずれの区間においても、略同様の特性があることが判った。また、完全停止のみを停止状態とした場合と、10km/h未満を停止状態とした場合とで、停止回数の評価にあたっての実用上の差異がどの程度かが示された。

この研究によって、旅行速度のデータから停止回数及び停止時間を推定することの可能性が明らかにされたといえる。

2. 調査

2-1 関連用語の定義

本調査から得られる時間や速度等のパラメータについて、その意味を統一して使用する為に、次のように用語を定義した。

2-1-1 停止

停止については、渋滞によるいわゆるノロノロ運転の状態も考慮できるように、完全停止、不完全停止の2種類を定義する。

(1) 完全停止

車両が完全に静止した状態を停止とする。

(2) 不完全停止

渋滞や信号等による、待ち行列の為の加減速によって、車速10km/h未満の状態が6秒以上続く場合を、不完全停止とする。

2-1-2 旅行時間

ある区間の走行に要した時間で、停止及びその他の遅れを含めた総所要時間である。

2-1-3 走行時間

ある区間の走行に要した時間のうち、停止時間を除いて車両が実際に動いていた時間である。

$$T_R = T_T - T_S \dots\dots\dots (2-1)$$

ここに、 T_R ：走行時間 (h)

T_T ：旅行時間 (h)

T_S ：停止時間 (h)

2-1-4 旅行速度

$$V_T = L / T_T \dots\dots\dots (2-2)$$

ここに、 V_T ：旅行速度 (km/h)

L ：走行距離 (km)

T_T ：旅行時間 (h)

または、

$$V_t = 3600 / T_t \dots\dots\dots (2-3)$$

ここに、 V_t ：旅行速度 (km/h)

T_t ：1kmあたりの旅行時間
(sec/km)

2-1-5 走行速度

$$V_R = L / T_R \dots\dots\dots (2-4)$$

ここに、 V_R ：走行速度 (km/h)

L ：走行距離 (km)

T_R ：走行時間 (h)

これについて、ベース区間長が6.05kmの場合と、6.05km/4の場合とを例として示すと、図-2、図-3のとおりである。なお両図には、回帰曲線の他に、旅行速度と1kmあたりの旅行時間との関係曲線を併せて示してある。

回帰に用いた幾何曲線はデータに良くフィットしており、旅行速度の低下に伴う1kmあたりの走行時間の増加状況が判る。また当然のことながら、計測ベース区間長が短くなるほど、旅行速度の値の散布範囲が高低の両側に広がる様子がみられる。

3-3 停止時間について

旅行時間と走行時間の差が停止時間であるから、旅行速度と1kmあたりの停止時間の関係は、式(2-1)、式(2-3)、及び式(3-1)による回帰式から、次式で表される。

$$T_s = 3600 V_t^{-1} - a \cdot V_t^b \quad \cdots (3-2)$$

ここに、 T_s ：1kmあたりの停止時間
(sec/km)

V_t ：旅行速度 (km/h)

a, b ：定数

図-4、図-5は、式(3-2)による曲線と計測データを、計測ベース区間長が6.05km/2の場合と信号交差点間の場合とを例として示すものである。当然のことながら曲線はデータに良くフィットしている。

3-4 停止回数について

停止回数のデータについて検討したところ、図-6、図-7、図-8、及び図-9に例示するように、完全停止のみの場合及び不完全停止を含む

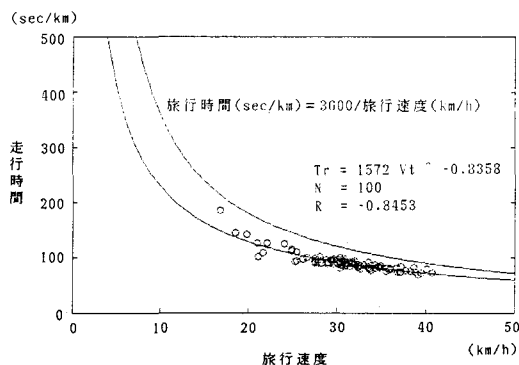


図-2 旅行速度と走行時間の関係
(完全停止のみ、6.05km区間)

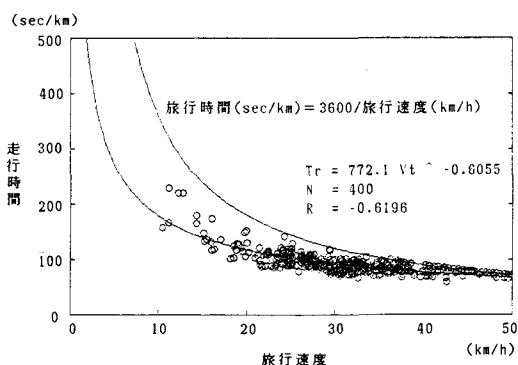


図-3 旅行速度と走行時間の関係
(完全停止のみ、6.05km/4区間)

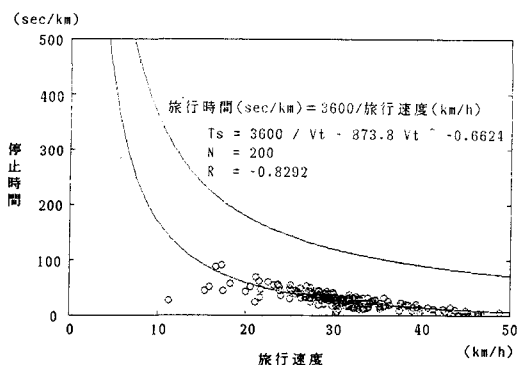


図-4 旅行速度と停止時間の関係
(完全停止のみ、6.05km/2区間)

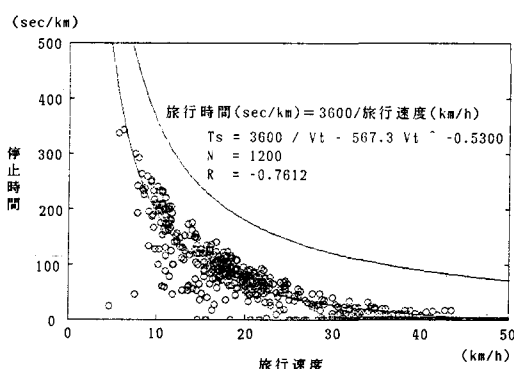


図-5 旅行速度と停止時間の関係
(完全停止のみ、信号交差点間)

幹線街路の交通流における自動車の停止時間及び停止回数の特性について

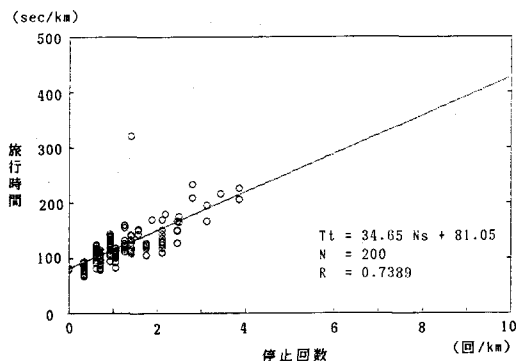


図-6 停止回数と旅行時間の関係
(不完全停止を含む、6.05km/2区間)

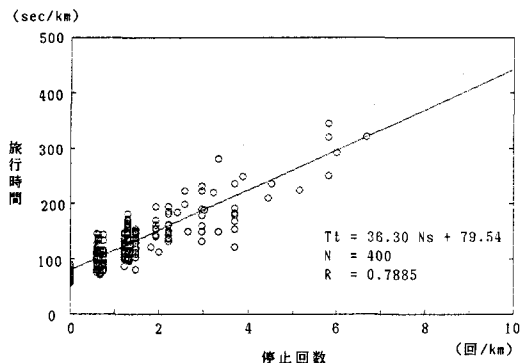


図-7 停止回数と旅行時間の関係
(不完全停止を含む、6.05km/4区間)

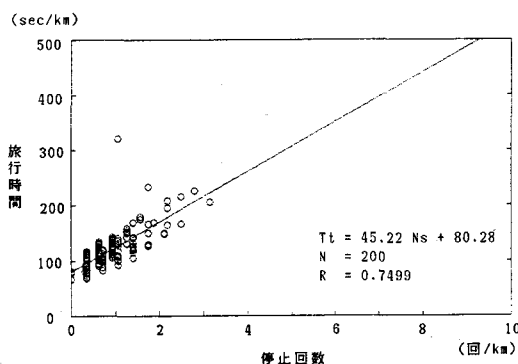


図-8 停止回数と旅行時間の関係
(完全停止のみ、6.05km/2区間)

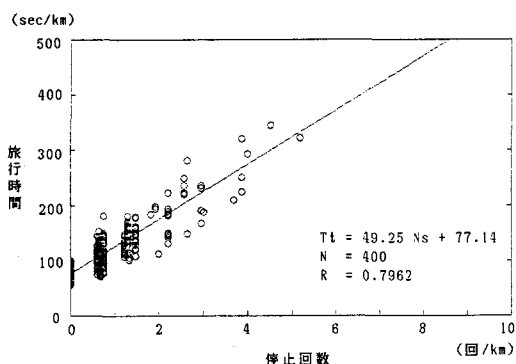


図-9 停止回数と旅行時間の関係
(完全停止のみ、6.05km/4区間)

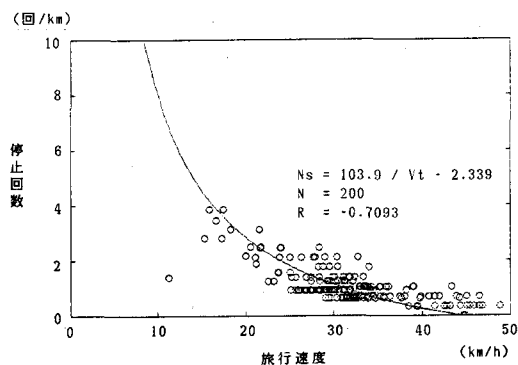


図-10 旅行速度と停止回数の関係
(不完全停止を含む、6.05km/2区間)

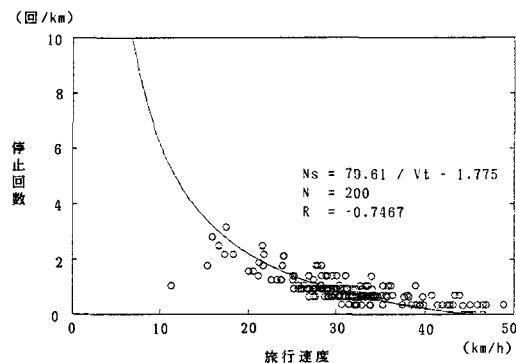


図-11 旅行速度と停止回数の関係
(完全停止のみ、6.05km/2区間)

場合のいずれにおいても、1 kmあたりの停止回数と1 kmあたりの旅行時間との間に、線型関係がみられることが判った。これらの図には直線回帰の結果が併せて示されている。停止の定義に不完全停止を含む場合の方が、完全停止のみの場合よりも停止回数が多く計測される傾向にあることは当然である。

これら例図にもみられるように、回帰式のY切片、つまり無停止で走行できる1 kmあたりの旅行時間の限界値が、いずれもほぼ80sec/kmを示していることが注目される。この値は旅行速度にして45km/hに相当する。

前記直線回帰の結果から、これを旅行速度と1 kmあたりの停止回数の関係に変換したものを例示すると、図-10、図-11のようである。

停止回数は離散値として計測される為に、ベース区間長が短くなると、特に旅行速度の高い領域において、同一停止回数に対応する速度あるいは1 kmあたりの旅行時間の範囲が広いということがみられる。

4. 考察、結合

4-1 停止時間について

(1) 旅行速度の低下は、1 kmあたりの旅行時間を構成するところの1 kmあたりの走行時間と1 kmあたりの停止時間の両者の増加を意味し、こ

れらの特性は、3-2、3-3においてみたとおりである。

しかしながらそれらにおける解析では、4通りのベース区間長の各々について、旅行速度と1 kmあたり走行時間との関係を単純に幾何曲線によって回帰した結果を基にして、停止時間の解析が行われており、異なるベース区間長について如何に取り扱うべきかの検討はされていない。

また停止回数は、ベース区間長とは無関係に、旅行速度45km/h以上において零となることが3-4において認められているが、この特性が停止時間の解析では考慮されていない。ここでは上記2点の問題について、さらに検討を進める。

(2) 旅行速度と1 kmあたりの停止時間との関係について、3-2において各計測ベース区間長毎に求めた曲線を比較すると、図-12のとおりである。

これによるといずれの計測ベース区間長においても、ほぼ同じ特性を示しているとみられるのでこれらを統合した関係曲線を求める為に、5 km/h刻みの旅行速度に対して、各区間長毎との関係式から得られる停止時間の値を用いて、回帰を行った。この場合、旅行速度45km/hにおいて停止時間が零となるような条件を加えた。この結果得られた回帰式は次のとおりであり、これを図示すると図-13のようである。

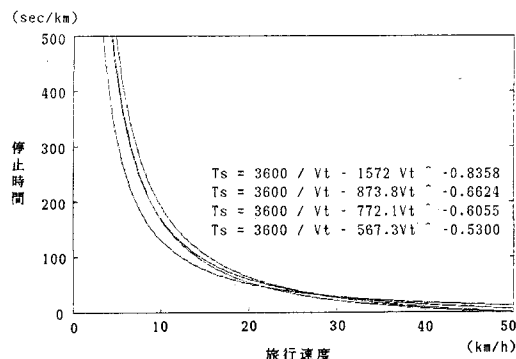


図-12 旅行速度と停止時間の区間長毎の比較
(完全停止のみ)

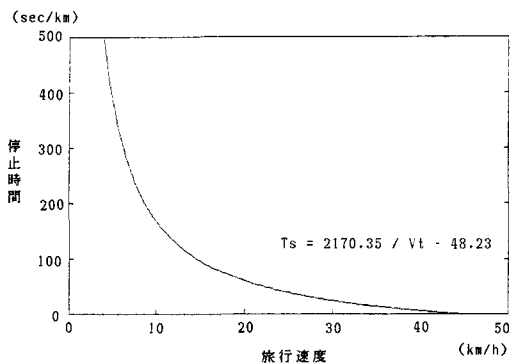


図-13 旅行速度と停止時間の関係

$$T_s = 2170.35 / V_t - 48.23 \dots (4-1)$$

ここに、 V_t ：旅行速度 (km/h)

T_s ：1 kmあたりの停止時間
(完全停止) (sec/km)

4-2 停止回数について

前節の停止時間の場合と同じ趣旨で、旅行速度と1 kmあたりの停止回数との関係について、3-3で各計測ベース区間長毎に求めた曲線を比較すると、例えば完全停止の場合については図-14のとおりであり、いずれの計測ベース区間長においてもほぼ同じ特性とみられるので、これを統合した関係曲線を、前節の停止時間の場合と同様な方法で求めた。この結果得られた回帰式は次のとおりであり、これを図示すると図-15のようである。

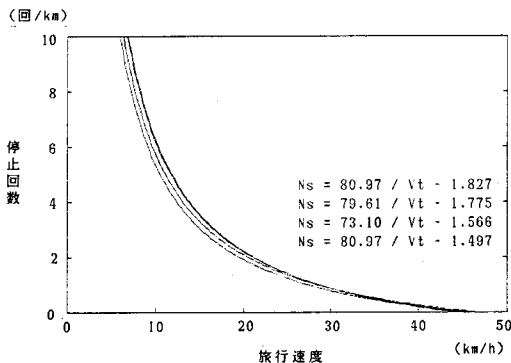


図-14 旅行速度と停止回数の区間長毎の比較
(完全停止のみ)

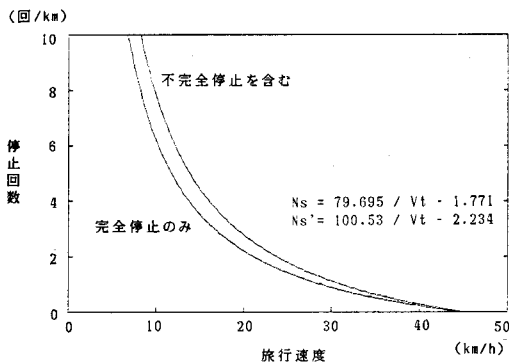


図-15 旅行速度と停止回数の関係

(完全停止の回数)

$$N_s = 79.695 / V_t - 1.771 \dots (4-2)$$

(不完全停止の回数)

$$N_s' = 100.53 / V_t - 2.234 \dots (4-3)$$

ここに、 N_s, N_s' ：1 kmあたりの停止回数
(回/km)

V_t ：旅行速度 (km/h)

図-15からも読み取れるように、不完全停止を含む停止と完全停止の1 kmあたりの回数は、旅行速度30 km/h以上ではほとんど差はなく、25 km/h以下においては不完全停止を含む回数が完全停止のみの回数と比べて1.3倍弱となっている。

4-3 停止回数と停止時間の関係について

(1) 前述の式(4-1)、(4-2)または(4-3)より、1 kmあたりの停止時間(T_s)と停止回数(N_s)の特性は次のように表される。

$$T_s = k / V_t - l$$

$$N_s = m / V_t - n$$

ここに、 V_t ：旅行速度 (km/h)

k, l, m, n ：定数

また、旅行速度のある一定の値において T_s 及び N_s が零になるという条件によって、上記定数の間には次の関係がある。

$$k/m = l/n$$

このことから次の特性が導かれる。すなわち、1 kmあたりの停止時間と停止回数とは、完全な比例関係にある。

$$T_s = k / m \cdot N_s$$

従って、式(4-1)と式(4-2)によれば、1 kmあたりの停止回数と停止時間の関係は式(4-4)で表され、これを図示すると図-16のようである。

$$T_s = 27.23 \cdot N_s \dots (4-4)$$

ここに、 T_s ：1 kmあたりの停止時間
(sec/km)

N_s ：1 kmあたりの停止回数
(回/km)

この場合、式(4-4)における定数は、1回の停止における平均停止時間を意味し、この場合それは27.23 sec/回である。

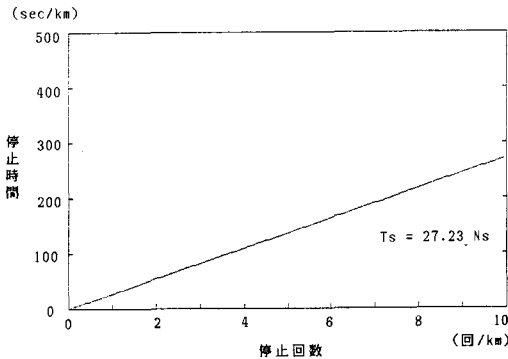


図-16 停止回数と停止時間の関係

(2) この1回あたりの平均停止時間の値は、一般に経験的にいわれている値とほぼ同じオーダーにある。また単位距離あたりの停止時間と停止回数との間の直線関係については、その実測結果が他の報告¹⁾にも示されている。また、シミュレーション・モデルTRANSYTでは停止回数は出力されないが、その回数が1台あたりの遅れ時間(TRANSYT出力)と線型関係にあると仮定し、走行調査による1回あたりの平均停止時間を適用して、路線での停止回数を推定した結果は、走行調査による停止回数と良くあっていることが他の研究²⁾で示されている。

5. 結論

本調査から、旅行速度と停止回数、旅行速度と停止時間との関係が明らかにされた。さらに、停止回数と停止時間の間には、線型関係があることが認められた。これにより、計測や推定(巨視的シミュレーションを含む)の技術が進みつつあり、またその情報へのアクセスも比較的容易な旅行速度、あるいは旅行時間のデータから、停止回数、停止時間を推定する為のモデル、あるいは遅れ時間から停止回数を推定する為のモデルについて、一つのアプローチが得られたといえる。

今回は停止について完全停止・不完全停止(10 km/h未満)といった二種類の定義をしたが、旅行速度30km/h以上ではその回数の差はほとんどなく、25km/h以下においては、不完全停止を含む回数が

完全停止のみの場合の1.3倍程度の程度となることが認められた。

しかしながら、さらに一般的結論を得る為には路線の制御条件、調査回数、調査方法等について、調査を拡大し、研究を深める必要がある。

参考文献

- 1) Optimizing Flow on Existing Street Networks, Highway Research Board, NCHRP Report 73, pp.102~111, 1971
- 2) 日本交通管理技術協会：幹線道路の信号制御手法の研究, pp44~48, 1987年 3月
- 3) 埴 克郎：交通量調査マニュアル, p.39, 鹿島出版会, 1976年 5月
- 4) 村岡 博之、井上 博善：幹線街路の交通流における自動車の停止時間及び停止回数の特性について、日本大学理工学部卒業研究、1987年