

北海道の交通特性について (その2)

—主として速度について—

正員 板倉 忠三*

正員 加来 照俊**

正員 斎藤 和夫***

学生員 ○堀江 清一****

学生員 金沢 孝司*****

1. はじめに

本論文集第23号において「北海道の交通特性について(その1)」として交通量特性の一部を明らかにした。その中では交通流を主として量の面から把握を行なった。一方、道路上を車がどのように流れているかをとらえるには、交通流の質をも同時に考える必要がある。従って、今回は交通流の一つの質の面である速度を考えて解析を行なった。

速度は種々の交通条件、道路条件、および環境によって支配される。従って、これらの諸条件が速度におよぼす影響を個々にひき出したり、あるいはそれらを総合的に関係づけることはかなり困難なことである。このため速度と関係すると考えられる多くの要素をとり、速度とその要素の関係や各要素間の関係を明らかにして前述諸条件と速度の関係を求めていく方法がとられている。

本論文では、それら要素のうちから交通量、交通密度、大型車混入率を主としてとりあげて速度との関係をとらえるために一般国道5,12および36号線での観測の解析結果について述べる。

なお、北海道での大きな問題である積雪期における速度特性については観測資料を解析中である。

2. 速度、平均速度および交通密度

道路上を走行する車の速度の表現には、その目的により(a) 地点速度(Spot Speed), (b) 走行速度(Running Speed), (c) 区間速度(Overall Speed)等が用いられるが、今回の観測した速度は測定が容易であること、大がかりな機器を使用しなくても良いことなどの理由により地点速度を採用した。

平均速度も速度の表現と同じく目的によって、平均地点速度、平均走行速度、平均区間速度、時間平均速度、空間平均速度などにわけられる。

今回はこのうち平均地点速度と空間平均速度を算出して用いた。空間平均速度($\bar{v}_s$)は地点速度を v_i とすると、

$$\bar{v}_s = \left(\frac{1}{Q} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{v_i} \right)^{-1}$$

q_i : 地点速度 v_i の車の台数(台)

Q : 全通過台数(台)

で求まる。つまり各地点速度の調和平均となる。

また空間平均速度と時間平均速度($\bar{v}_t$)の間には次の関係が成り立つ。

$$\bar{v}_t = \bar{v}_s + \frac{\sigma_s^2}{\bar{v}_s}$$

σ_s : 空間平均速度の標準偏差

この式は空間平均速度は時間平均速度よりも $\sigma_s^2/\bar{v}_s$ だけ小さいことを示している。しかし、今回の測定に関して言えば空間平均速度の標準偏差はたかだか4 km/h程度であり($\bar{v}_t - \bar{v}_s$)は0.5 km/h以下であるから両者の差はほとんどないものとみてもよいだろう。

交通密度 K は或る観測時間(τ)に道路上の短区間(dx)上を通過した車の通過所要時間を夫々($dt_1, dt_2, \dots, dt_n$), 通過台数を n 台とすれば

$$K(\text{台/km}) = \frac{\sum_{i=1}^n dt_i}{\tau dx}$$

今回の観測では

$$dx = 20 \text{ m}, dt_i = \text{秒}, \tau = 300 \text{ 秒 (5分)}$$

で求められる。

* 北海道大学工学部 教授 工博

** 北海道大学工学部 助教授 工修

*** 北海道大学工学部 助手 工修

**** 北海道大学工学研究科

***** 北海道大学工学部

つまり、ある瞬間に区間1 km に何台の車が存在するかをみるために、観測地点での時間分布の速度が維持されるものとして求められる。

3. 速度観測の地点、方法および解析結果

i) 観測地点

前記一般国道5、12および36号線で、① 平坦部で視距が十分な直線部、② 信号交差点の影響をうけていない事、③ 路肩が十分に確保されている事、④ 周囲に密集した家屋がなく、歩行者の影響をうけない事、⑤ 車種構成が一般的である事などを考慮して次の場所で行なった。

国道5号線			
① 手稲町追分 (最寄交差点 まで4.4 km)	10月18日	14.00~15.00	
	10月20日	13.00~14.00	
② 銭函町和字尻	10月19日	14.00~16.30	
③ 手稲町稲穂	10月20日	10.00~13.00	
国道12号線			
④ 江別市大麻	9月12日	10.00~14.00	
⑤ 岩見沢市峰延	10月23日	13.00~16.00	
国道36号線			
⑥ 千歳市上長都	昭和41年11月1日 午前7.00~19.00		

表-1

地 点 名	車種構成 (上段) と平均速度 (下段)					道路幅員 (m)
	乗 用 車	軽 乗 用 車	小型トラック	大型トラック	バス・その他	
① 手稲町追分	43.7%	4.0%	30.5%	17.8%	4.0%	1-7.5-1
	50.5 km/h	49.5 km/h	50.4 km/h	48.3 km/h	48.4 km/h	
② 銭函町和字尻	50.6%	1.3%	28.5%	16.6%	3.0%	1-7.5-1
	54.0 km/h	58.6 km/h	56.4 km/h	53.2 km/h	52.5 km/h	
③ 手稲町稲穂	53.2%	2.7%	22.3%	19.3%	2.5%	1-7.5-1
	50.5 km/h	54.4 km/h	56.1 km/h	52.2 km/h	49.5 km/h	
④ 江別市大麻	55.1%	4.7%	26.5%	12.4%	1.3%	1-9-1
	48.2 km/h	49.3 km/h	46.7 km/h	45.7 km/h	40.1 km/h	
⑤ 岩見沢市峰延	46.1%	1.3%	23.2%	26.3%	3.1%	1-9-1
	52.7 km/h	50.9 km/h	53.9 km/h	48.3 km/h	51.9 km/h	
⑥ 千歳市上長都	45.0%	2.2%	26.2%	24.1%	2.5%	1-7.5-1
	51.3 km/h	50.7 km/h	51.7 km/h	48.1 km/h	50.7 km/h	

なお、これら観測地点の幅員および測定時の車種構成は表-1 のようであった。また、図中の関係式についている記号は特にことわりのない場合は、この地点を示す。

ii) 観測方法

5、12号線の各地点ともゴムチューブ式トラフィックカウンタを速度測定用に改良したものを、36号線はレーダースピードメーターを用いて行ない、記録にはペン書きオッシログラフを使用し、速度の他に車種、その他の交通状況を記入できるようにした。ゴムチューブを用いた場合は、オッシログラフの読み取り精度の考慮からその間隔を20 m にした。

測定時間は5および12号線では上下方向別に1時間から2時間、36号線では上下方向を同時に12時間観測した。観測交通量は5および12号線では各地点とも1200台程度、36号線においては9000台弱であった。なお、36号線を観測した日は交通安全日にあたったのでその影響が出ていると思われる。

iii) 車種区分

外見上より次の6種に分けた。

① 乗用車 (貨客車を含む)、② 軽乗用車、③ 大型 (普通) トラック、④ 小型トラック、⑤ バス、⑥ 特殊車

4. 解析と結果

i) 速度分布

測定した速度を3 km/h 毎に区分し、その比率を%で示した。また、交通量の多少による分布の相違をみるために時間平均交通量が500台以上のものと、それ以下のものに分けて図-1-(a)、(b)に示した。

図-1-(a)は5号線における速度分布であるが、交通量の差による分布の違いは明らかであり (車種構成はこの場合殆んど同じである)、交通量の多い方が分散が小さいことがわかる。図-1-(b)は12および36号線の速度分布であるが、交通量、車種構成が類似している峰延、上長都ではほぼ同じ速度分布を示し、交通量が前述の2地点より27%程度

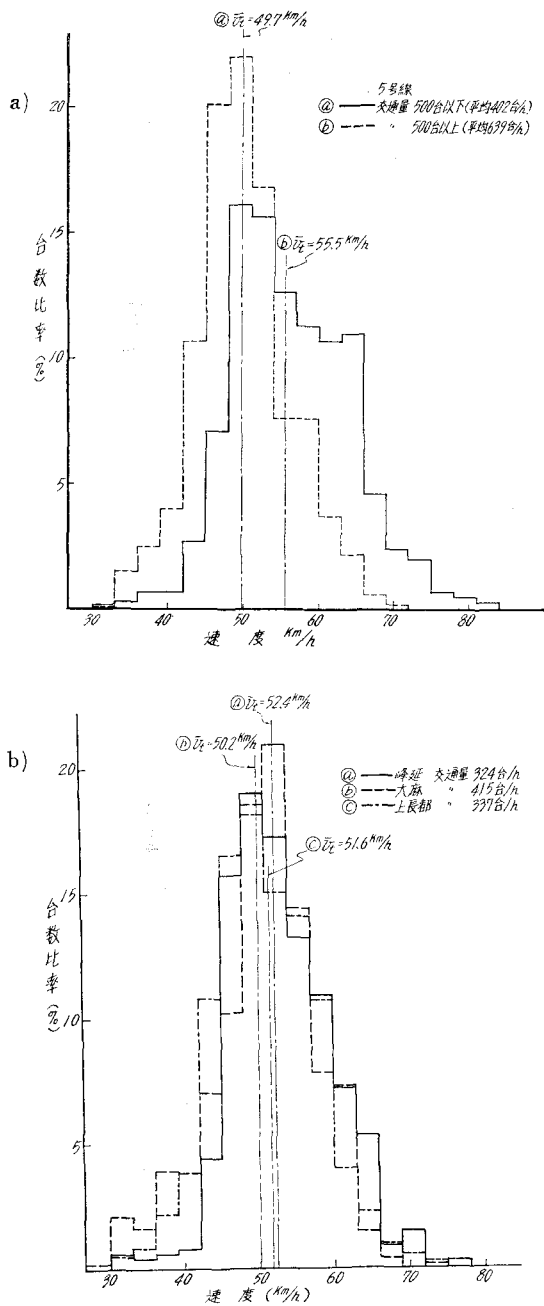


図-1 速度分布

多い大森での速度分布は5号線の交通量の多い方のそれに近似している。図-1-(a), (b)のいずれをみても速度分布の形は正規分布に適合すると考えてよいであろう。

ii) 交通量と時間平均速度

観測データから5分毎の交通量(q)と時間平均速度($\bar{v}_t$)を求め、この両者の関係を直線式にあてはめてみた。これを図-2、図-3、図-4に示す。なお、5分間交通量としては35台以上のものを採用したが、これは走行車が前車の

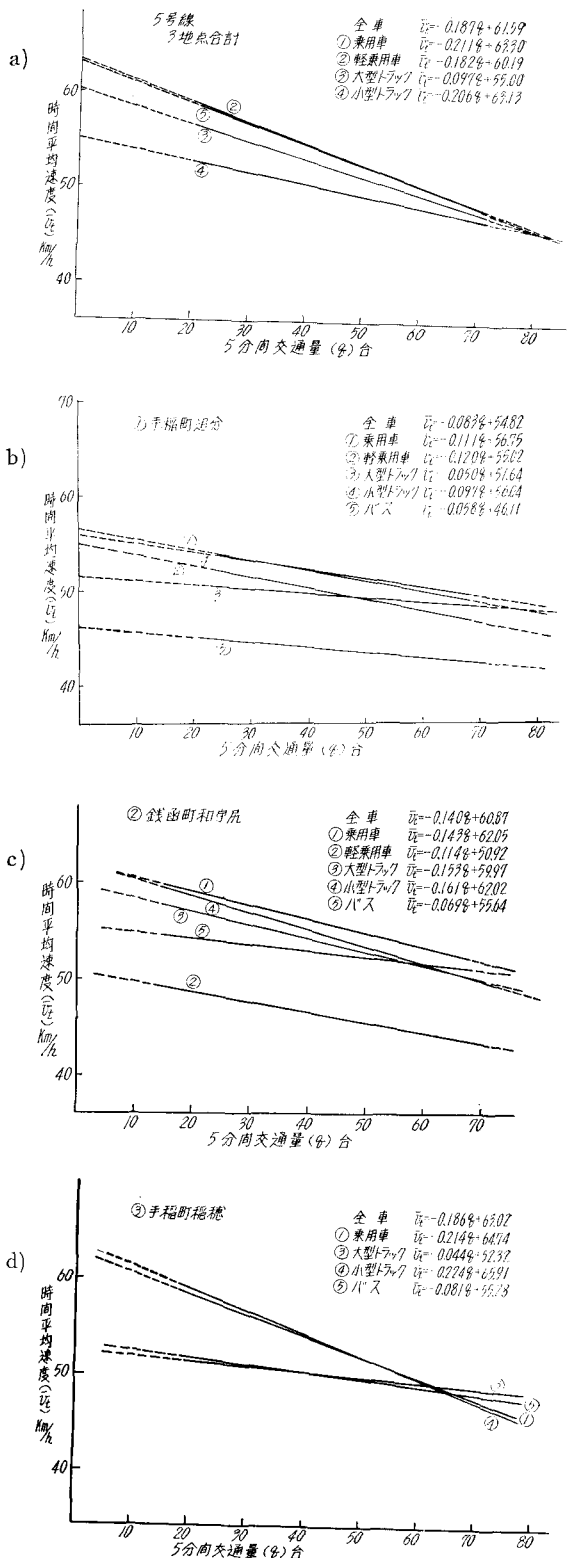


図-2 5号線の速度と交通量の関係

影響を受ける車頭時間が7~9秒であること ($5 \times 60 / 7 \sim 9 = 40 \sim 33$ 台) と、交通量がこれ以下になっても昼間時においては制限速度を越えて走行する車が多くなかったからである。

これらの図からわかるように乗用車の速度が交通量の影響を最も大きくうけ、次いで小型トラック、軽乗用車、大型トラック、バスの順になっている。この傾向は地点によっては多少異なることもあるが、特別な走行をする車がなければ前述のような順となる。

次に図-2(a)をみると、乗用車、大型トラック、軽乗用車、小型トラックの4車種とも5分間交通量(片側)82台で、各々の車種の平均速度は同じ45.4 km/hになっている。つまり、車種別の速度特性がなくなったことを示しており、

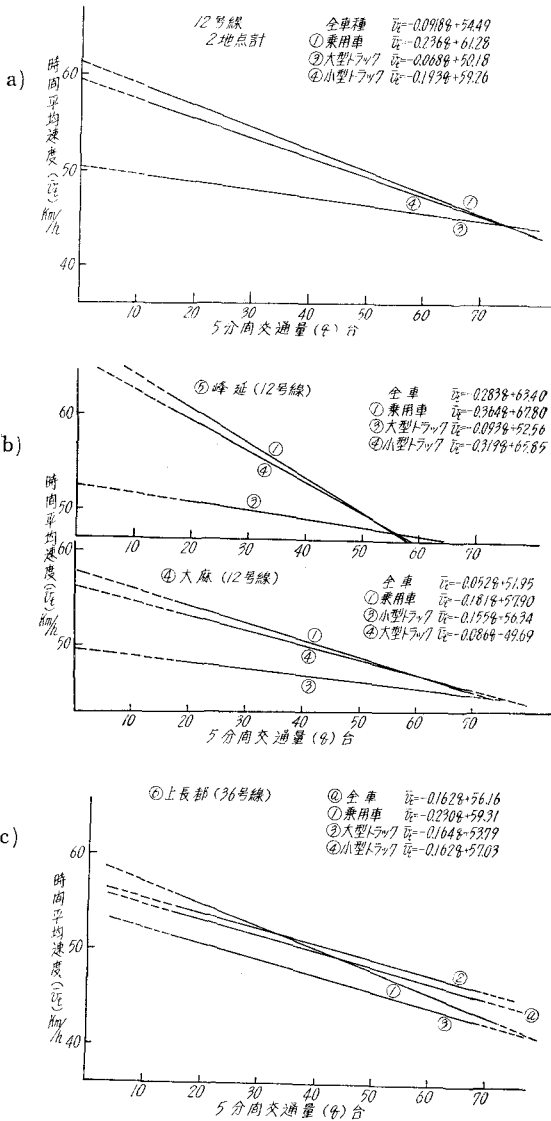


図-3 12および36号線の速度と交通量の関係

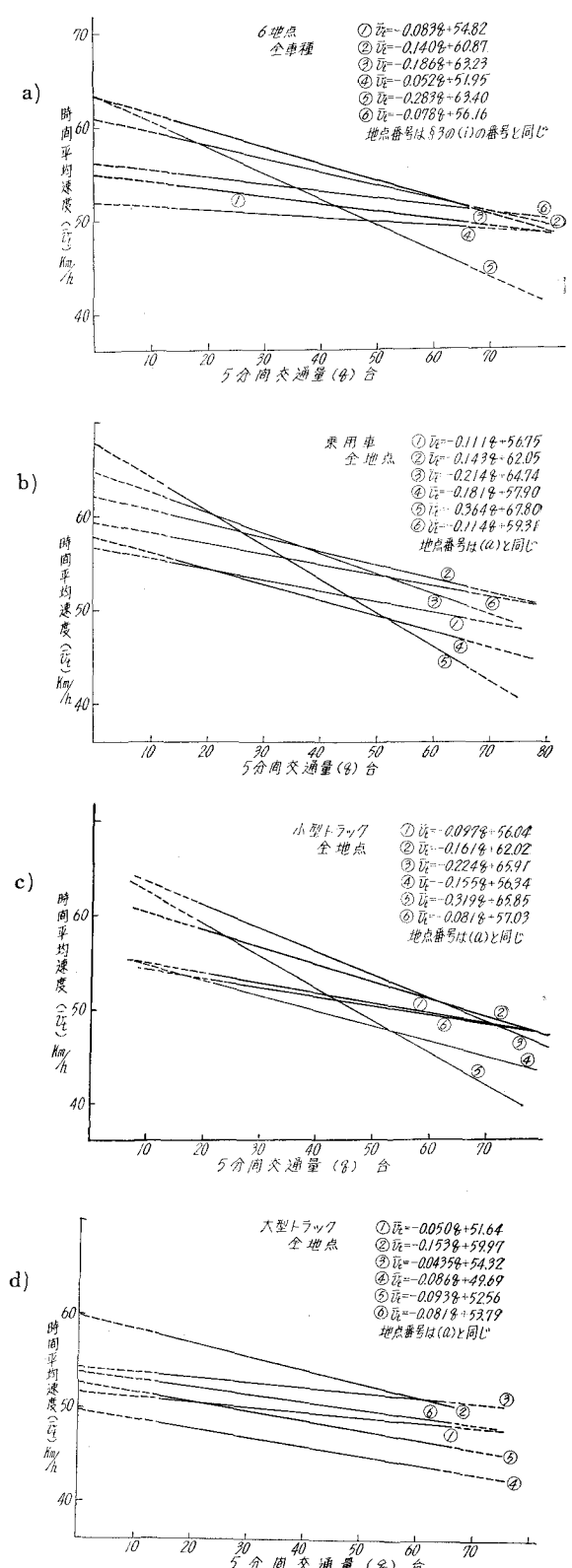


図-4 車種別の平均速度と交通量

このとき、この道路は可能交通容量に達した状態と考えられる。

この交通容量を求めてみると、5号線の3地点の結果(図-2-(a))より空間平均速度が45.4 km/h (多少 $\bar{v}_s$ とは異なるが)で $K=18.5$ 台/km となり、 $Q=18.5 \times 45.4=840$ 台/h となる。同様に空間平均速度を観測の行なわれた各々の地点についてみると、手稲町稲穂においては各車種とも図-2-(d)に示すように平均速度が51.4 km/h に近づいている。次に図-2-(b), (c) のように各車種の平均速度が一致していない場合には次のように考えられる。即ち交通量が増加すると交通流の速度は大型車の混入率に左右されること(後述)を考えて大型トラックと他の車種(特に乗用車や小型トラック)の平均速度を示す直線の交点の値を、その交通流の速度を支配すると考える。つまり図-2-(b)においては47.8 km/h, 図-2-(c)では51.3 km/h となる。また、図-3-(a)~(c)に示す12号線、36号線においても同様である。

時間平均速度($\bar{v}_t$)と5分間交通量(q)の関係を車種別に示したのが図-4である。

以上の平均速度は、本州などで求められている観測結果による40 km/h 程度の平均速度に比して、かなり高い値のようである。

iii) 交通密度と空間平均速度

前項と同様に、観測された資料により5分間毎の地点速度から空間平均速度と密度を求めた。これを図-5に示す。なお、交通密度(K)—空間平均速度($\bar{v}_s$)の関係は、直線関係のほかに、 $\bar{v}_s=A \log K+B$ の関係も考えられている。今回は(表-2)に示すように、両式による相違(相関係数、標準偏差など)が殆んどないので、簡単のため直線式を採用した。

交通密度の増加による空間平均速度の低下の割合は、本州で観測されている値より概して高いようである。

また、交通量 Q は、 $Q=\bar{v}_s \cdot K=-AK^2+BK$ で算出できる(後述)。従って、5号線の場合には、求めた A, B より可能交通容量 Q_p は、

$$Q_p=-0.88K^2+61.3K$$

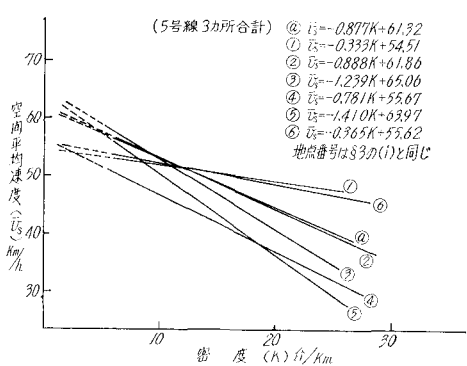


図-5 空間平均速度と密度

表-2

地 点 名	相 関 係 数		標 準 偏 差	
	対数回帰式を用いた場合	直線回帰式を用いた場合	対数回帰式を用いた場合	直線回帰式を用いた場合
5号線全地点	-0.675	-0.663	2.890	2.937
①手稲町追分	-0.380	-0.367	2.527	2.541
②銭函和宇尻	-0.612	-0.617	2.344	2.334
③手稲町稲穂	-0.701	-0.734	3.089	2.941
12号線全地点	-0.510	-0.556	3.080	2.976
④江別市大麻	-0.500	-0.493	2.881	2.895
⑤岩見沢市峰延	-0.776	-0.840	2.159	1.860

で求められる。

ここで、ii) 項より求めた可能交通容量と上式で求めた可能交通容量を比較すると、密度 K は、 $K=82 \div 3.8=21.6$ (台/km) であるから $Q=908$ (台/h) となり、ii) 項で求めた値より大きくなる。

この差は、観測データーから求めた関係式のあてはまりの良し悪しにかかわらず同じ信頼度をもつとみなして計算していることや、得られたデーターの範囲を越えた推定を行なっているために生じたものと考えられる。

iv) 可能交通容量と交通密度

可能交通容量を推定するために、交通量を表わす式、 $Q=K \cdot \bar{v}_s$ を用い、先に求めた密度(K)と空間平均速度($\bar{v}_s$)との関係式 $\bar{v}_s=-AK+B$ を代入して、 Q と K の関係を求めると次のようになる。

$$Q=-AK^2+BK$$

この式より、 Q の最大値 Q_{max} は $dQ/dK=0$ のときであるから

$$Q_{max}=-A\left(\frac{B}{2A}\right)^2+B\left(\frac{B}{2A}\right)=-\frac{B^2}{4A}$$

となる。

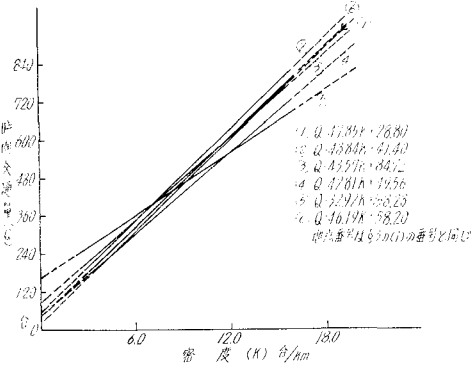


図-6 交通量と密度

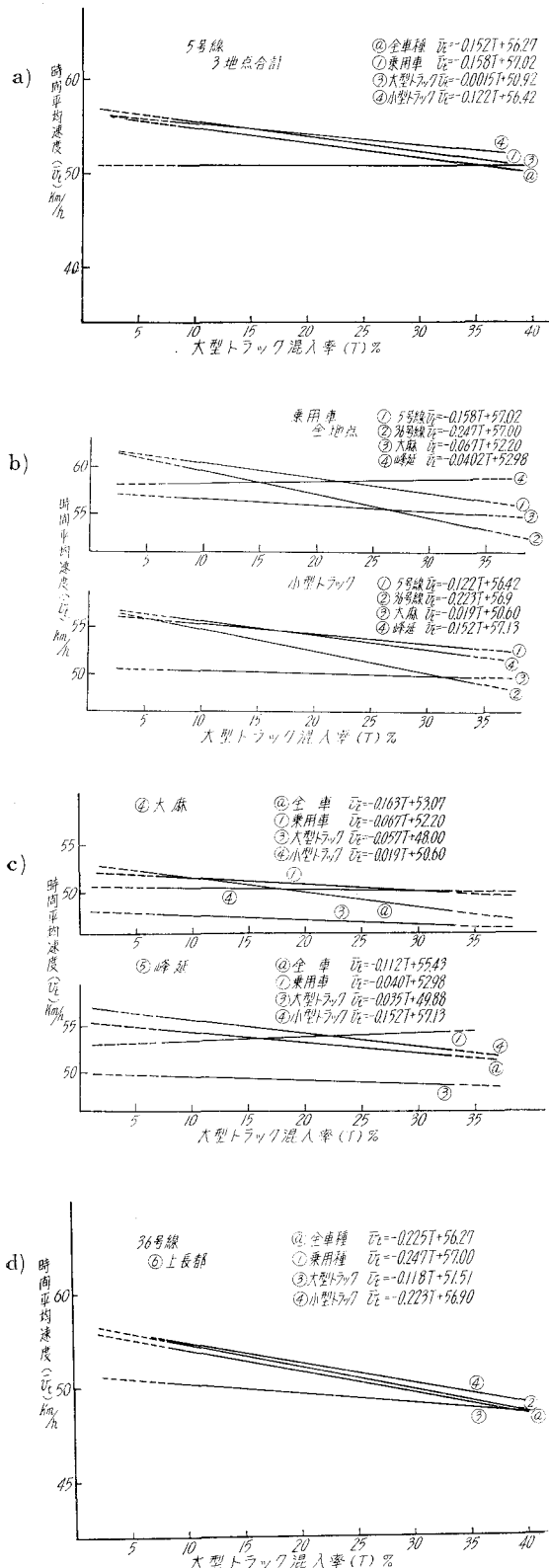


図-7 大型トラックの速度におよぼす影響

この式より5号線の可能交通容量 Q_p は $Q_{\max} = Q_p$ として

$$Q_p = \frac{61.3^2}{4 \times 0.877} = 1071 \text{ (台/h)}$$

と推定される。

この値は前述した2つの値よりも大きい、これもまたiii)項で述べたことのためにように思われる。

ここでは、交通容量と密度の間には二次式の関係が用いられているが、密度が相当大きな値(40台/km位と思われる)になるまでは $Q = AK + B$ という一次式に非常によくあてはまる。今回は交通量 Q を、密度が16台/kmまでの範囲であてはめてみたが、これを図-6に示す。なお、この場合の相関係数は何れも0.97以上であった。

v) 大型車混入率と速度

大型(普通)トラックは、現在制限速度を50 km/hに定められていることや、車体が大きいために後続車の視距を妨げる等により、他の交通の走行速度におよぼす影響が大きいと考えられる。

今回の解析では、5号線、12号線に対して、大型車の混入率が10%以上でかつ5分間交通量が(ii)項の理由で35台以上の場合について、その速度に及ぼす影響を求めて図-7に示した。36号線では早朝の交通量が少ない場合をのぞいた。

予想されることではあるが、大型(普通)トラック混入による影響は、乗用車において最も大きく、ついで小型トラック、大型(普通)トラックとなっている。道内の他の観測結果例では、今回の解析結果より速度に及ぼす影響が小さいが、今回の観測値の場合は大型(普通)トラックの影響が現われるような解析を行なっている、その影響をみる場合には妥当と思われる。

4. あとがき

以上、交通流の速度に関係すると思われる要素として、交通量、密度、大型車混入率をとりあげて解析した。今回はこれらを統計的に処理しその関係をみることに主眼をおいたため、各要素間の関連については不十分な点が多い、また得られた観測資料を使いきっていない。

解析の結果を今までに発表されている本州での結果と比較してみると、かなりの差がみられる。これは、本州での道路条件、交通条件が異なっているためと思われるが、北海道での交通特性を明らかにしてゆくことは、今後の道路設計、管理、運営を能率的に行なうためにもぜひ必要なことである。

今回の発表は冬期間交通状況の解析の研究の一環になるものであり、今後、冒頭に述べたような各要素間の関係について深め、また道路条件、交通条件、環境の間の相関をひき出すべく研究を進めてゆきたい。

なお，本論文における計算はすべて HIPAC 103 により行なった。

参 考 文 献

「交通容量」 高田 弘 技術書院.

「交通流理論」 佐々木鋼 技術書院.

「速度分布の特性よりみた道路交通流の解析」 高田弘 土木学会論文集, 1966 年, 125 号.

「交通流の解析」 土田浩二 北大卒業論文, 1966 年度.