

道路交通流の測定と解析 - 車密度と速度の関係($k-v$ 特性)-

Measurements and Analyses of Road Traffic Flow - Relationship between traffic density and speed ($k-v$ characteristic)-

○鈴木祥介*, 谷口正成*, 高木相*

○Shosuke Suzuki*, Masanari Taniguchi*, Tasuku Takagi*,

*東北文化学園大学,

*Tohoku Bunka Gakuen University,

キーワード: 車密度(traffic density), 車頭時間 (time-headway), 道路交通流 (road traffic flow), 指数則 (exponential relationship)

連絡先: 〒981-8551 仙台市青葉区国見6-45-1 東北文化学園大学 科学技術学部
鈴木祥介, Tel.& Fax.: (022)233-9990 E-mail: ssuzuki@ait.tbgu.ac.jp

1. はじめに

道路交通の第一の問題は渋滞である。渋滞の減少に関する基礎理論は未だ明らかにされてはいないのが実情である。色々な人が色々な方面から取り組んできている¹⁾。しかし解明にいたっていない。筆者らは以前から、この問題に関して、独自の方法で研究・検討を重ねて来ている。交通流の状態を知るには、3つの変数が重要であることは従来から知られている。車速度(V), 車密度(k), 車流量(q)である。これらの間の関係を知ることができれば交通流の最適な制御が可能になり、渋滞緩和に役立つ。著者らの研究によって、道路交通を支配するパラメータ(変数)は、車速度(V)と車頭時間(T)であることが分っている^{1,7,8)}。今回、この2つのパラメータを測定して、従来から多く示されている車密度(k)と速度(V)の関係($k-v$ 特性)が指数関数近似できること

を明らかにすることができたので、本報告で、発表することとした。

2. 従来の交通流解析と今回の場合の違い

交通流の研究は、最初に述べたように色々な方法で研究されてきた。交通流モデルには、セルオートマトンモデル、流体モデル、追従型モデルなどがあるが¹⁰⁾、これらのモデルは必ずしも実際に適用できる段階にはいたっていないように思われる。さらに、殆どのモデルは交差点や信号のない高速道路(free way)を対象にしている¹²⁾が、実際の交通問題は都市内やその郊外の道路が重要である。都市内、郊外を走行する車両の交通流に関しての測定と解析の学術的研究はあまり多くないと思われる。交通流は物理現象であるという認識のもとに研究を進めるのが重要であると考え

られる。

3. パラメータの定義

筆者等のこれまでの一連の研究¹⁾で、交通流を規制するパラメータは車速度(V)と車頭時間(T)であることが分っている。何故ならばこれら2つの変数の値が分れば $t-s$ ダイアグラムを描画でき、車両の走行が把握できるからである。この2つのパラメータから、残りのパラメータ車流量(q)と車密度(k)を定義することにより、大掛かりな測定機器を使用しなくても交通流を計測することができることを示す。 k と q をそれぞれ

$$k = \frac{L_{0E}}{VT} \quad (1)$$

$$q = \frac{1}{T} \quad (2)$$

と定義する。ここに L_{0E} は、渋滞時の最短車頭距離であり、6m か場合によっては7m にとる場合もある。中山通りの場合のみ7m とした。 $L_0 = VT$ であり、走行時の場合の車頭距離になる。従来の定義では、車密度 k は、その道路の1km(米国などでは1 mile) 区間にその時点で存在する車両数として、定義されている。しかし、筆者等の k の定義は、車頭距離の比で定義しているので、無次元の数値となり、独立変数として使用可能になることの意義は大きいと思われる。なお、長さの単位は、すべてメートル(m)、時間の単位は秒(s)とする。従って、速度 $V(m/s)$ 、 $T(s)$ 、 $L_0(m)$ ということになる。Fig.1 は車列のモデルと L_{0E} の意味の説明図である。

4. 測定方法と測定値の処理

測定パラメータは V と T である。これらはビデオ映像から計時によって測定した。各測

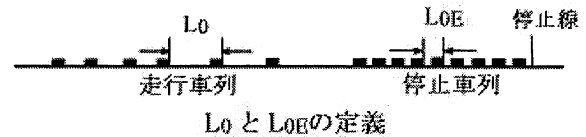


Fig. 1 L_0 と L_{0E} の概念図

定値 V, T の30秒間の平均値をとり、さらに移動平均値(150秒間, 30秒シフト)をとり、さらに少しの平滑化処理をした。(1),(2)式の定義に従って、 k, q を求めた。考察の対象が $k-V$ 関係なので、($k-V$)特性が以上から得られることになる。被測定場所(区間)は、仙台市青葉区郊外の中山通り(2004.11.30 9:00-) 仙台市国道4号線の北仙台(2006.04.27 8:00-) 東北道(吾妻Parkin Area 内)(2006.08.12 18:00- 走行車線)

の3箇所である。一般道路と高速道路の2種類を対象に測定した。Fig.2 は、北仙台的20m区間の写真を1例として示す。

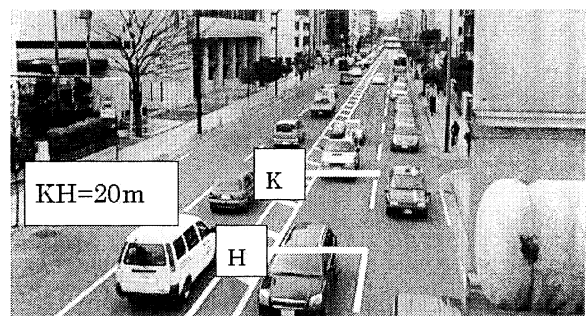


Fig. 2 仙台市北仙台 国道4号線 20mの測定区間(中央線側の車線)

5. 測定結果

1番最初に測定し、図示化した中山通りの結果から、 $k-V$ 特性が指数関数関係になることがほぼ確実になったので、表示する場合は、曲線よりも、直線の方がより分かりやすくなるので、 $k-\ln(V)$ 特性を求めて表示し、必要に応じて $k-V$ 関係に戻せばよい。Fig.3に中山の

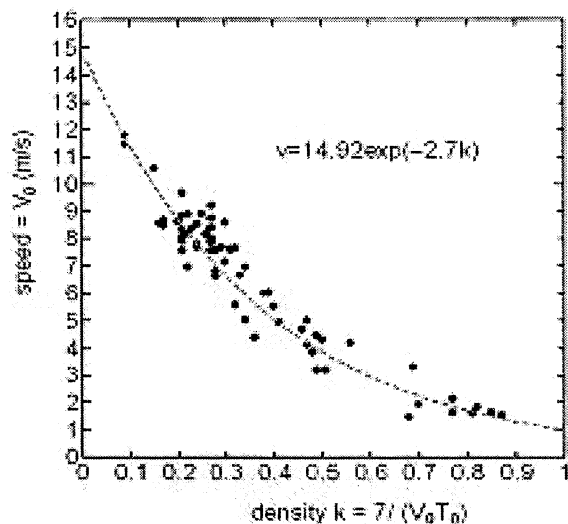


Fig. 3 $k - V$ 関係の指数関数近似曲線

場合の測定結果を示す。図中の点線は近似曲線である。この式は、コンピュータによれば

$$V = 14.92 \exp(-2.7k) \quad (3)$$

であった。上記の説明のように、直線近似のほうが見やすいのでFig.4にそれを示す。Fig.4

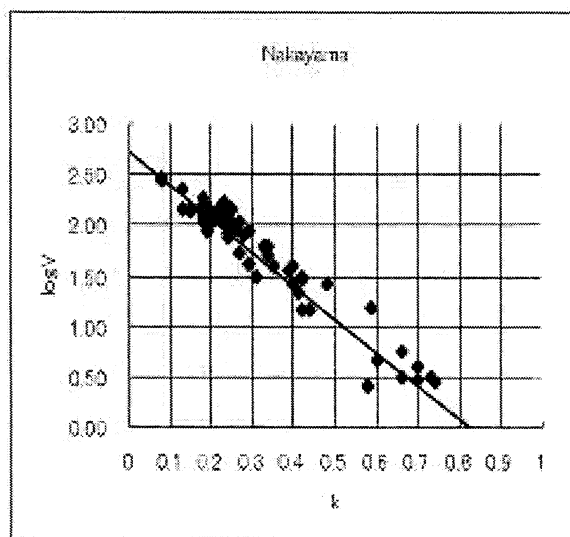


Fig. 4 $k - \ln(V)$ の近似直線

の中の直線は、

$$\ln(V) = \ln(V_M) - \alpha k \quad (4)$$

で、 $\ln(V_M) = 14.7$, $\alpha = 2.7$ である。次に、北仙台的データを $k - \ln(V)$ 平面で描画してみた

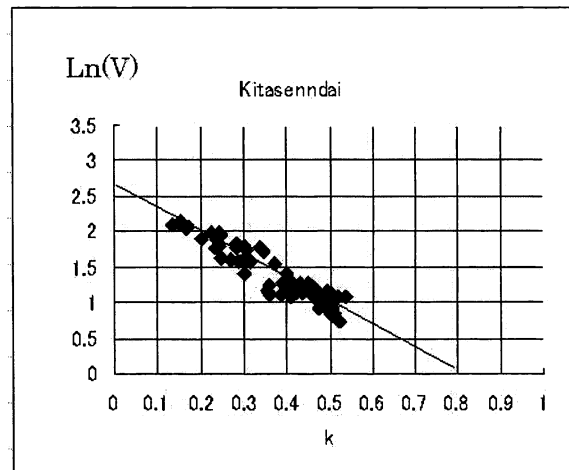


Fig. 5 北仙台での $k - \ln(V)$ の近似直線

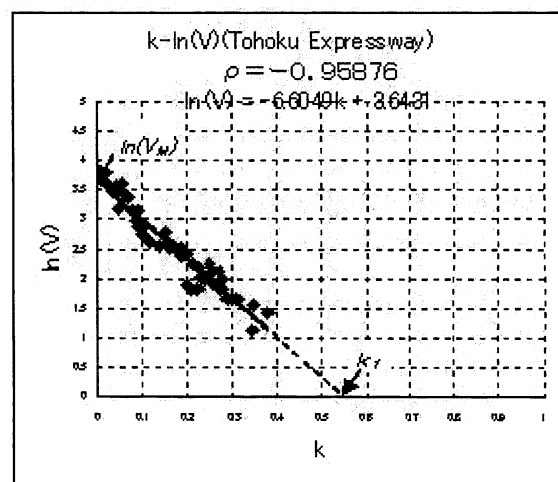


Fig. 6 吾妻PA内での $k - \ln(V)$ の近似直線

ものがFig.5である。Fig.6は、東北道の吾妻P.A.内でビデオ撮影した測定データを30秒ごとの平均値をもとに描画したものである。お盆の入りで、東京方面から北へ向かう走行車線を測定対象とした。P.A.内へ入る車と通過する車があり、渋滞であった。首都圏内の高速道路は慢性的な渋滞となっている場合が多いが、仙台市内とその周辺では、渋滞がめったに起らない。

6. おわりに

以前から、 $k-v$ 特性は、多くの人がモデル(数式)を発表している。その中には、指数関数近似モデルも提案されているが⁹⁾、従来モデルには定数 α がないことと、測定しにくい車密度 k を用いていることに比して、筆者等は車密度 k を新しく定義して

$$V = V_M \exp(-\alpha k) = V_M e^{-\alpha k}$$

という式を導出した。測定結果から、縦軸と横軸の切片の値が異なることが分る。縦軸の切片は、 $\ln V_M = \log_e V_M$ であるから、この値 V_M は、車両密度 $k=0$ のときの仮想速度(Virtual Speed)であることが理解される。これは、自由走行時のドライバーの任意の速度になる。法定速度や運転技術により、無制限な速度で走行できるわけではないが、車密度が小さいとき、すなわち、 $k < 0.2$ にあるデータは指数則にはあてはまらない可能性があるので省略した方がより正確のように思える。測定時間内で渋滞のない場合とある場合とが混在する高速道路を測定すればより明確になると考えられる。 V_M は、道路の走りやすさ(スピードの出しやすさ)に直接結びついていることは明らかである。 α については、横軸の切片の値で縦軸の切片を割った値($\log V_M/k_1$)であり(Fig.6に k_1 がみえる)、密度 k と速度 v を結合する係数であるが、どのような意味をもつかは現在のところ不明なので今後の研究の課題となる。指数則の成立することは、ほぼ正しいと思われるので、 q, k, v が数式で結ばれているから、(定義式(1),(2)により)交通流の最適な制御の理論的基礎を与えることが期待される。また、ソフトウェアにより映像から、すぐに T, V が取得できることが望まれる。以上の点について、詳細な測定と解析が望まれる。

引用文献

- 1) 高木相他: “道路交通のダイナミクス(I) – (VIII)”, 情報処理ITS研究会, 2003 – 2003.
- 2) 高木相他: “交差点における車両の挙動モデル的解析と青信号スループット”, 情報処理学会論文誌”, 第42巻, 第7号, pp.1885-1890, 2001
- 3) 高木相: “道路交通流の挙動解析の原理的考察”, 平成18年度電気関係学会東北支部連合大会, 資料番号 2G20, 2006
- 4) 鈴木, 谷口, 高木: “道路交通流の指数則(I)”, 平成18年度電気関係学会東北支部連合大会, 資料番号 2G21, 2006
- 5) 近藤, 鈴木, 谷口, 高木相: “道路交通流の指数則(II)”, 平成18年度電気関係学会東北支部連合大会, 資料番号, 2G22, 2006
- 6) 角田, 鈴木, 谷口, 高木相: “交差点における交通流の測定”, 平成18年度電気関係学会東北支部連合大会, 資料番号 2G23, 2006
- 7) 鈴木, 谷口, 高木: “車両の短時間平均速度と車頭時間に着目した交通流の測定と解析”, 計測自動制御学会東北支部 第221回研究集会(2005.5.30), 資料番号 221-3
- 8) 鈴木, 谷口, 高木: “道路交通流の指数関数モデル”, 計測自動制御学会東北支部 第230回研究集会(2005.5.30), 資料番号 230-15
- 9) R.T. Underwood: “Speed, Volume and Density Relationships, Quality and Theory of Traffic Flow”, (New Haven: Yale Bureau of Highway Traffic), pp.141-188, 1961
- 10) 杉山雄規: “交通流の物理”, 日本流体力学会 ながれ, 22 pp.95-108, 2003
- 11) 佐々木綱監修: 交通工学, 国民科学社, 1992(初版)
- 12) M.Papageorgiou 他: “Review of Road Traffic Control Strategy”, Proc. of the IEEE, Vol. 91, No.12, Dec. 2003