

大阪大学工学部 学生員 中 平 明 憲
大阪大学工学部 正 員 毛 利 正 光
大阪大学工学部 正 員 新 田 保 次

1. はじめに

バスは、一般に、他車交通流に混在して運行している場合が多いから、バス運行計画、対策上、最も基礎的なものの一つであるバスの運行挙動特性は、他車交通流との関連で把握されるべきであろう。この観点から、本報告では、他車交通流の影響を、バス混入率(単位区間中に存在する全車両台数に対するバス台数の占める割合)なる概念で定量化し、これを考慮した、定常状態にあるバス交通流の速度と密度、交通量と密度の関係について、基礎的な考察を行ってきた。

2. 内容の概略

流体の流れと高密度の自動車交通の流れとの類似性により、速度-密度、交通量-密度の関係が次式のように導かれている。

$$\bar{v} = V_m \ln(K_j/K) \quad (1) \quad Q = V_m \cdot K \cdot \ln(K_j/K) \quad (2)$$

ただし、 $\bar{v}$:空間平均速度、 V_m :臨界速度、 K :密度、 K_j :ジャム密度、 Q :交通量である。従来、(1)式、(2)式の K_j 、 V_m は、実測値からの回帰式の係数として得られているが、本報告では、 V_m 、 K_j を予め決定し、(1)式を定式化し、実測値によりこれを実証しようとした。なお、実測は、信号および交差点の影響が少なく、走行車両がほぼ定常状態にあると思われる地点を選定し、8ミリカメラを用いて行った。

3. 定式化

3-1. K_j の決定 区間 L km内に存在する n 台の車を車種 i ($i=1, \dots, N$)ごとの台数 n_i ($\sum n_i = n$)に分類し、同車種の車頭距離 S_i は一定であるとすると、この区間における K は、つぎようになる。

$$K = n/L = n / \sum n_i S_i = 1 / \sum p_i S_i \quad (3)$$

ただし、 $p_i = n_i/n$:車種 i の車の混入率である。(3)式でバスと普通車しか流れていない状態を考えると(4)式ようになる。

$$K = 1/(p_B S_B + p_C S_C) = 1/S_C(p_B r_B + r_C) \quad (4)$$

ただし、 $r_B = S_B/S_C$ (バス当量)、 $p_B + p_C = 1$ である。ジャム状態のとき、添字 j を付し(3)式のときの仮定を適用すると、 $p_B = p_{Bj}$ 、 $p_C = p_{Cj}$ 、また、バス当量の速度による変化は無視できるようにであるから、 $r_B = r_{Bj}$ とすると、(4)式は(5)式のように書ける。

$$K_j = 1/S_{Cj}(p_{Bj} r_B + r_C) = 1/S_{Cj}[(r_B - 1)p_B + 1] \quad (5)$$

図-1は、ジャム状態を、信号交差点停止時の車列の状態と仮定し、50m~100mの区間をカメラでとらえ、 p_B と K_j の関係をみたものである。この図より、 p_B と K_j には、(5)式で導いた相関があることがうかがわれる。

3-2. V_m の決定 V_m は交通量最大のときの速度で、バスと普通車では、ほぼ同一の速度のようである。このとき、(2)式より $dQ/dK = 0$ より、臨界密度 $K_m = K_j/e$ となる。普通車の場合、図-1に示す p_B - K_j 回帰式によれば、 $K_j = 173.6$ 台/kmになるから $K_m = 63.9$ 台/kmとなり、 $V_m = Q_m/K_m = Q_m/63.9$ (Q_m :最大交通量)となる。ところで、今回の実測により得られた $\bar{v}$ と K より Q を算定すると($Q = K \cdot \bar{v}$)、 $Q_m = 2200$ 台/km 付近の値となった。これは、従来、わが国において報告されている Q_m (1890~2840台/km)の範囲内の値である。 Q_m として、これを用いると $V_m = 34.4$

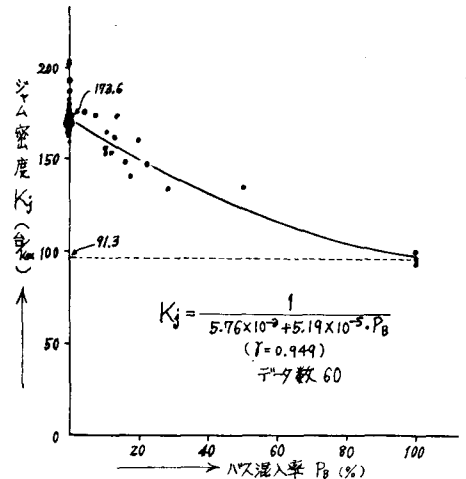


図-1 バス混入率とジャム密度の関係

km/hとなる。

3-3. 定式化 以上のようにして、 K_j, V_m が決定されると、(1)式、(2)式はつぎのように定式化できる。

$$\bar{v}_0 = 34.4 \cdot \ln(K_j/K) \quad (6)$$

$$Q = 34.4 \cdot K \cdot \ln(K_j/K) \quad (7)$$

ただし、 $K_j = 1/(5.76 \times 10^{-2} + 5.19 \times 10^{-5} \cdot P_b)$ (8)

4. 実測値との比較・検討

図-2に、 $P_b=0\%, 50\% (40\% \sim 60\%), 100\%$ の各場合の車群の $\bar{v}_0$ と K の生のデータを示す。図-3は、(6)式との比較を簡単にするために、 K の10kmごとの階級について平均化したものである。図中の実線は(6)式である。これを見ると、 $P_b=0\%$ のデータは $K \geq 40$ の高密度側では(6)式とかなりよく適合しているようである。 $P_b=100\%$ のデータに関しても、ほぼその傾向はうかがわれよう。いずれにしても、 $K=30 \sim 40$ km付近を境界として、高密度側では(6)式の適用できない低密度側に比べて速度の低減が著しいようである。その他の P_b の場合に関してはデータが少なく、(6)式との比較は困難であるので、ここでは、現時点で得られているものについて図3と同様に処理した結果を図-4に示すにとどめるが、混入率が高くなれば速度が低減するといったおおよその傾向はでているようである。また、図-5は K と $\bar{v}_0$ より算定した Q と K の関係を(7)式と比較してみたものである。(図中、破線部は(6)式の適用外領域)

5. 回帰式の導入

(6)式の適用できない範囲における K と $\bar{v}_0$ の関係は図-3のようであるから、これを直線回帰するとつぎようになる。

$$P_b=0\% \quad \bar{v}_0 = -0.29K + 63.1 \quad (r=0.989) \quad (9)$$

$$P_b=100\% \quad \bar{v}_0 = -0.25K + 42.0 \quad (r=0.930) \quad (10)$$

これらの式の定数項は自由走行速度を表わし、 $P_b=0\%$ の場合、実測地点の制限速度(最高40km/h)より20km/h程度大きい値となり、 $P_b=100\%$ の場合には、制限速度を少し上回った値となっている。

6. まとめ

本報告で明らかになったことは、 K_j が P_b の関数として(8)式で決定してもよいであろうということ、 V_m として、従来の研究成果も考慮して、ほぼ34.4km/h付近の値としてもよいであろうということ、さらに、定式化した(6)式の妥当性が $P_b=0\%, 100\%$ の高密度の車群についてほぼ実証できたと思われることである。今回は、バスと普通車の2車種について提案された式を検証してみたが、(5)式の概念を導入した定常走行時の $K-V$ 式(1)式は、多種多様な車種(車長)が流れる交通流下にも適用可能であると考えられる。なお、今後実測を重ねることで、 P_b の各場合について、さらに検討してゆく必要がある。

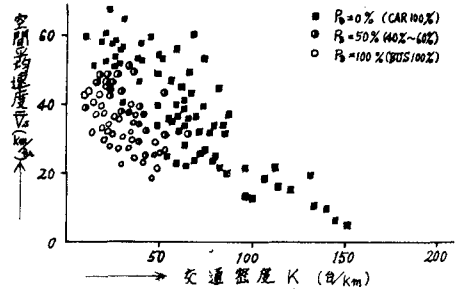


図-2 交通密度と空間平均速度の関係(生のデータ)

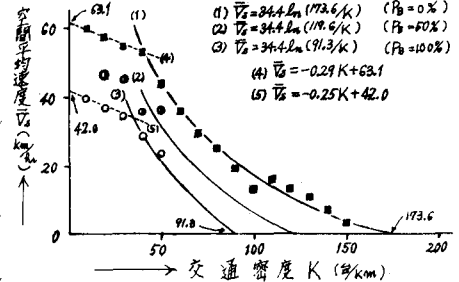


図-3 交通密度と空間平均速度の関係

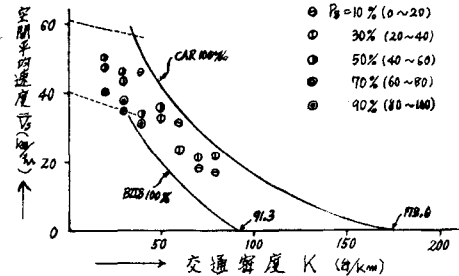


図-4 交通密度と空間平均速度の関係

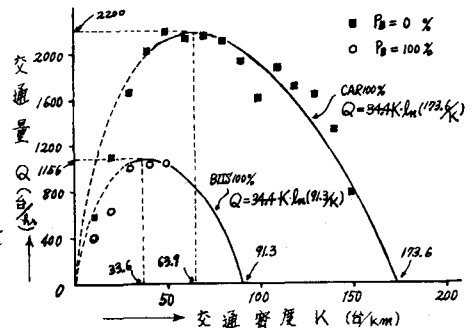


図-5 交通量と交通密度の関係

1), 2) E.A.HODGKINS; "Effect of Buses on Freeway Capacity", H.R.R. 59, 1965

3) 米谷・瀧田・毛利; 「交通工学」, 国民科学社, 昭和40