

縦断勾配が飽和交通流率に与える影響の基礎的分析

高知工科大学 正会員 ○西内 裕晶
元高知工科大学 非会員 杉田 優真

1. はじめに

我が国における渋滞発生要因の1つに縦断勾配が挙げられる。勾配面で渋滞が発生する原因として、勾配を有する信号交差点のサイクル長や飽和交通流率の設定の誤りが考えられる。サイクル長は交差点流入部において、交通需要が十分に存在する状態で、単位時間、1車線当たり停止線を通り得る最大の車両数である飽和交通流率を基に決定されている。勾配面における飽和交通流率には、縦断勾配の影響を考慮した補正値が用いられる。しかし、この補正値は、吉岡ら¹⁾が示した約50年前の観測に基づくデータ(表1)を機械的に使用していることが考えられ、青山ら²⁾が考察するように、現在の状況に応じた見直しや実測に基づいて設定すべきである。そこで本研究では、縦断勾配を考慮した飽和交通流率の補正値を、追従モデルを用いた算出方法により提案する。さらに、平坦面と勾配面で実測を行い、飽和交通流率の補正値の精度を算出することで、提案する算出方法の有効性を検証する。

2. 研究概要

図1のように縦断勾配の加速度の低下を、追従モデルに組み込むことで、縦断勾配の影響を考慮した車両の走行軌跡を作成する。その車両走行軌跡から車頭時間を算出し、飽和交通流率を導き、縦断勾配ごとの飽和交通流率の補正値を算出する。なお、追従モデルは各車両の加速度を考慮できる点から Treider ら³⁾が提案する Intelligent driver model (以下 IDM) を用いた。本研究では、平坦面と勾配面で飽和交通流を実測し、IDM に基づく飽和交通流率の補正値と比較する。

(1) 縦断勾配の影響を考慮した IDM

IDM は式(1)で示され、式(1)の $s^*(v_\alpha, \Delta v_\alpha)$ は式(2)で計算される。

$$\dot{v}_\alpha = a \left[1 - \left(\frac{v_\alpha}{v_0} \right)^\delta - \left(\frac{s^*(v_\alpha, \Delta v_\alpha)}{s_\alpha} \right)^2 \right] \quad (1)$$

$$\text{with } s^*(v_\alpha, \Delta v_\alpha) = s_0 + v_\alpha T + \frac{v_\alpha \Delta v_\alpha}{2\sqrt{ab}} \quad (2)$$

s^* : 必要とされる車間距離 v_α : 自車の加速度 v_0 : 車両の速度 s_α : 車間距離
 s_0 : 安全とされる最小車間距離 T : 安全とされる最小車頭時間 δ : 加速度指数
 a : 最大加速度 b : 快適な減速度 v_α : 自車の速度 Δv_α :

次に、勾配面において物体の加速度に与える影響の様子を図1に示す。平坦面と比較し、勾配面で物体の加速度が低下する様子を表したものが式(3)である。これを式(1)に代入し、整理した式を式(4)に示す。

$$a' = a - g\{\sin\theta + \mu(\cos\theta - 1)\} \quad (3)$$

a : 通常時の加速度 m : 物体の重量 g : 重力加速度

F : 物体に働く力 θ : 勾配 μ : 動摩擦係数

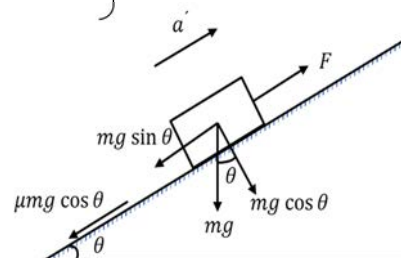


図1 勾配面における加速度の

キーワード 飽和交通流率, IDM, 縦断勾配, 信号交差点, 車両走行軌跡

連絡先 〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185 TEL0887-57-2406

$$v_{\alpha} = a - g(\sin \theta + \mu(\cos \theta - 1)) \left(-\frac{1}{v_{\alpha}^4} v_{\alpha}^4 + \left(-\frac{T^2}{s_{\alpha}^2} - \frac{s_{\alpha}^2 \Delta v_{\alpha} T}{\sqrt{ab}} - \frac{s_{\alpha}^2 \Delta v_{\alpha}^2}{4ab} \right) v_{\alpha}^2 + \left(-\frac{2s_0 T}{s_{\alpha}^2} - \frac{s_{\alpha}^2 s_0 \Delta v_{\alpha}}{\sqrt{ab}} \right) v_{\alpha} - \frac{s_0^2}{s_{\alpha}^2} + 1 \right) \quad (4)$$

(2) IDMに基づく飽和交通流率の補正値の算出

信号交差点の下流に縦断勾配がある状況を勾配ごとに仮定し、車両走行軌跡を作成した。そこで、停止線を通じた車両の車頭時間を算出し、車頭時間の逆数を取ることで飽和交通流率を求めた。そこから平坦面（0%）の飽和交通流率の補正値を1とし、勾配面の補正値を算出した（表2）。

(3) 実測による飽和交通流率の補正値の算出

IDMに基づく飽和交通流率の補正値を検証するため、勾配面と平坦面で飽和交通流率を実測した。観測場所は、勾配面は高知市国道56号線沿いの鏡川大橋南向き直進車線を、平坦面は高知市国道56号線沿いの石立交差点東向き直進車線とした。調査内容を表3に示す。なお、各観測地点で停止線が映るようにビデオカメラを設置している。車頭時間データは、ミリ秒まで計測が可能である画像解析ソフトウェア Wondershare Filmora xにより作成した。観測地点ごとに車頭時間の平均値の逆数から飽和交通流率を算出した。観測内容と飽和交通流率を表4に示す。その結果、勾配面は平坦面に対して飽和交通流率が0.931倍であった。

表2 IDMに基づく飽和交通流率の補正値

縦断勾配 (%)	補正値
-6	1.016
-5	1.014
-4	1.011
-3	1.007
-2	1.006
-1	0.998
0	1
1	0.993
2	0.985
3	0.961
4	0.943
5	0.913
6	0.853

3. 理論値と実測値の比較

実測した鏡川大橋の飽和交通流率と IDM に基づく飽和交通流率を比較する。縦断勾配が2%の時の IDM に基づく飽和交通流率の補正値は0.985であるが、実測では0.931であった。従って、実測に基づく補正値が IDM に基づく飽和交通流率の補正値よりも低くなった。これは、道路の幅員や車種やドライバー要因等の縦断勾配以外の条件が考慮できていないためであると考えられる。同様の理由により、鏡川大橋における補正値も IDM に基づく補正値よりも低い値を示したと考えられる。

表3 調査内容

観測場所	実施日	調査時間	車線数	直進車線数	勾配 (%)
鏡川大橋(勾配面)	2021/11/24	06:30-09:30	2	2	1.93
高知県高知市国道56号線	2021/12/7	16:00-19:00	2	2	1.93
石立交差点(平坦面)	2021/11/9	06:00-09:00	4	2	0.00
高知県高知市国道56号線	2021/11/10	06:00-09:00	4	2	0.00

表4 観測内容

観測場所	観測回数	サイクル数	車頭時間(秒)	飽和交通流率(pcu/有効青時間)
鏡川大橋(1日目)第1車線	326	33	2.176	1654
鏡川大橋(1日目)第2車線	344	26	2.139	1683
鏡川大橋(2日目)第1車線	603	26	2.248	1601
鏡川大橋(2日目)第2車線	739	38	2.122	1697
石立交差点(1日目)第2車線	431	31	2.032	1772
石立交差点(1日目)第3車線	376	35	2.006	1795
石立交差点(2日目)第2車線	406	33	2.047	1759
石立交差点(2日目)第3車線	503	36	2.003	1797

4. おわりに

本研究では、縦断勾配における IDM に基づく飽和交通流率の補正値を提案し、現在用いられている補正値に改善の余地があることを示せた。しかし、IDM に基づく補正値と実測値に基づく補正値が異なる点や、既往研究と比較して観測地点が少ないことから、実際の交通流に適用するには改善が必要である。今後さらに、様々な地点を分析することで、縦断勾配における飽和交通流率の影響を正確に評価でき、縦断勾配付近の信号交差点において、適切な信号サイクルを提案できると考えられる。

参考文献

- 1) 吉岡昭雄, 岩城勝正: 平面交差の飽和交通流量 縦断こう配と大型車の影響, 土木技術資料, 土木技術の総合情報誌, 第12巻, 第3号, pp142-149, 154, 1970
- 2) 青山恵理, 下川澄雄, 吉岡慶祐, 森田綽之: 飽和交通流率の変化とその要因に関する研究, 交通工学論文集, 第7巻, 第1号, pp1-10, 2021
- 3) M. Treiber, A. Hennecke, and D. Helbing. Congested traffic states in empirical observations and microscopic simulations. Physical ReviewE, Vol.62,No.2,pp.1805-1823, Aug2000