道路交通のサービス水準指標に関するシミュレーション分析

出雲グリーン株式会社　正会員　○山本慎一郎
鳥取大学工学部　正会員　喜多　秀行

1. はじめに

従来、道路交通のサービス水準は、交通量－交通容量比や交通密度などで評価されてきた。しかしこれらの評価指標は、走行中のドライバーを取り巻く状況を全体として捉えたマクロな指標であり、個々のドライバーがおかれているミクロな状態におけるサービスの質とは必ずしも関連付けられておらず、これらの指標の妥当性については議論の残るところである。

このような観点から著者らは、高速道路流入部を分析対象として、個々のドライバーの行動選択結果から推定される効用をもとにサービス水準指標を算定するモデルを構築し、このモデルを用いてサービス水準指標を算出するシミュレーションプログラムを開発した[1)]。しかしながら、シミュレーションを用いるサービス水準指標の算出には、多くの時間と労力を必要であり、必ずしも実用性に富むものではなかった。

そこで本研究では、提案したサービス水準指標に類似した挙動を示しかつ、比較的容易に算出できる代理指標を用いることにより、サービス水準を簡便に評価することを考えた。また、従来のシミュレーションモデルでは考慮し得ない要因が残されていた。以下では、ドライバーの効用への影響要因として周辺車両との衝突危険度と希望する走行速度の達成度を考え、ドライバーの行動選択結果から推定された効用関数と走行状態によって求められる効用値に基づく道路交通のサービス水準指標を算定するためのシミュレーションプログラムを開発する。そして、この指標値と交通特性に係わるマクロ指標値との関係を種々の交通条件下で検討し、高い相関を持つものを代理指標として提案する。

2. モデルの拡張

従来のモデルにおいて、ドライバーの効用 u は基本的に以下のような効用関数で表されている。

$$u = \lambda\, t_f^{-1} + \lambda'\, t_b^{-1} + \nu \qquad (1)$$

ここに、t_f, t_b はそれぞれ前・後方車とのTTCを表している。$\lambda, \lambda' \nu$はパラメータである。TTCとは、相前後して走行中の車両の車頭間隔を相対速度で除したもので、双方の車両とも加減速せずに走行した場合、あと何秒後に衝突するかという危険度を表す尺度である。このモデルでは、TTCの逆数をとることでTTCが十分に大きいときまたは負の値をとるときは0の効用を、TTC=0つまり衝突が起きるようならば無限小の効用を得るようにしている。

本研究でもこの考え方を踏襲し、同様の効用関数を用いる。ただし従来のモデルでは、走行中のドライバーがある時刻で直面している行動選択の際、そのときの当該車両と周辺車両との位置関係から選択しうる行動ごとの効用を求め、最大の効用を得る行動を選択するとしていた。実際に道路を走行しているドライバーは、自分の選択した行動により変化する交通状態を予測し、その予測に基づいて行動を決定していると考えられるが、このモデルでは行動を選択した後の状況の変化を考慮していない。そこで本研究のモデルでは、行動選択時において選択直後の走行状態を予測し、その予測の下で得られる効用を最大とする行動を選択するように効用関数を修正した。

また従来のモデルでは、効用への影響要因として周辺車両との衝突危険性しか考えておらず、走行速度の違いが効用値にもたらす影響を考えていなかった。しかし実際には、希望する速度で走行できないことによる効用の低下は無視し得ない要因であると考えられる。そこで本研究のモデルでは、走行速度がドライバーの希望速度から離れることによる効用の低下を次式第３項のように記述し、(1)式に示す従来の効用関数に付加するものとし、次のような効用関数を考えた。

$$u = \lambda\, t_f^{-1} + \lambda'\, t_b^{-1} + \mu\,(v_0 - v) + \nu \qquad (2)$$

上式において、u は行動選択により得られるであろうと予測される効用を、t_f, t_b は、それぞれ前・後方車とのTTCを表す。また、$(v_0 - v)$ は希望速度の達成度を表す。λ, μ, νはパラメータであり従来のモデルをもとにして推定した。しかし、パラメータ μ は推定作業に適当なデータが見当たらないため μ を変化させてシミュレーションを行い、現況をよく再現する値を採用した。また、従来のモデルで「直進する」としてひとまとめにして扱って

いた「加速」「等速走行」を異なる行動選択肢として分離することとした。また、追い越し車線車に「走行車線に車線変更」という選択肢を追加し (図 1)、各車線の行動選択肢の見直しを行った。

3. 分析の手順と結果

シミュレーションにより平均走行効用すなわちサービス水準指標を算出するまでの手順を説明する。まず流入区間手前にランダムにそれぞれ固有の交通特性を有する車両を発生させ、対象としている区間内を走行している車両の先頭の車両から順に行動を選択する。その際、ある時刻において行動選択に直面している車両は、前方車の行動選択結果や自分の取る行動により変化する周囲の状況の予測に基づき、選択可能な行動のうち効用を最大にする行動を選択し、それによる効用を得る。この行動選択を区間内のすべての車両について行い、次回の行動選択へと進める。必要なデータ数が得られるまでこの手順を繰返し、平均走行効用を算出する。

シミュレーションモデルにより従来用いられてきたサービス水準の評価指標の妥当性を検討するに先立ち、シミュレーションモデルの妥当性を検証する。図 2 中に示す条件のもとで、初期設定である本線交通量を変化させシミュレーションを行い、その設定の下で平均走行速度 (車両の平均速度を測定区間を走行した全車両について集計したもの) を算出し、交通量の変化に対する平均走行速度の挙動をみたところ、図 2 のような結果が得られた。この曲線は、一般的に減少凸関数で表される Q-V 曲線の自由流領域を示しており、このシミュレーションモデルが妥当であることがいえよう。

つぎに、同様の条件のもとで平均走行効用を算出し、交通量の変化に対する平均走行効用の挙動をみたところ交通量と平均走行速度の描く曲線とほぼ同じ挙動を示した。このことからこの条件のもとで、検討した交通量の範囲内においては、平均走行速度をサービス水準の評価指標として用いることができると言える。

4. 終わりに

本研究では、道路のサービス水準をそこを走行するドライバーが感じている効用と考え、シミュレーションプログラムを用いて得られるサービス水準の評価指標と、同時に得られるマクロ指標との関係をさまざまな条件の下で検討することにより、サービス水準の代理となる指標を探索した。

従来のモデルでは説明されていなかった走行速度による効用値への影響を記述し、車両の選択可能な行動を見直した。また、行動を選択する際に行動選択後の交通状態の予測を考慮するようにした。

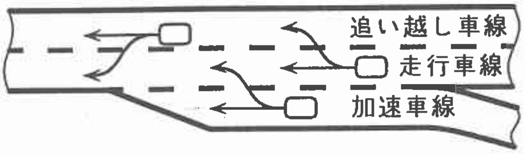

図 1 想定している区間と各車線の行動選択肢

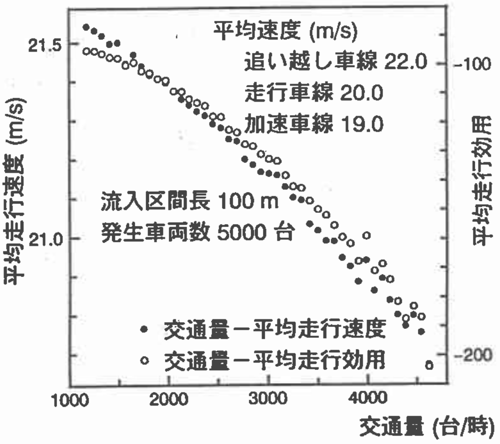

図 2 交通量に対する平均走行効用と平均走行速度の関係

分析の一例として、ある条件の下で初期設定の交通量を変化させ、サービス水準指標と、同様の条件の下で算出された平均走行速度との関係を考察した。それにより、シミュレーションを行った範囲内であれば、平均走行効用と平均走行速度は、交通量の変化に対しほぼ同様の変化を示しし、検討した範囲内で平均走行時間はサービス水準の代理可能な指標であるとの結論に至った。

今後は、シミュレーションモデルの精緻化を図ること、設定値をパラメトリックに変化させて検討を行った効用関数のパラメータを、実態観測データから推定すること、より多くの条件の下でシミュレーションを行い、より汎用性のある評価指標を提案することが望まれる。

参考文献

1) 喜多秀行・平泉 顕:道路のサービス水準指標算定のためのシミュレーション分析, 第 16 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.121-124, 1996.