

幹線街路における沿道アクセス機能に応じた旅行速度性能曲線の定式化*

Measuring Impacts of Land-access Function on Travel Speed Performance on Arterial Streets*

早河辰郎**・中村英樹***

By Tatsuo HAYAKAWA** and Hideki NAKAMURA***

1. はじめに

日本の都市部の幹線街路や郊外の幹線道路では、信号制御、沿道施設からの出入りや路上駐車などにより頻繁に減速・停止を強いられることが少なくない。一定の走行性能が保たれるべき道路においてこのようにトラフィック機能(交通流を円滑に通す機能)が低い水準となっているのは、必要以上に道路にアクセス機能(沿道施設への出入り・他の道路への接続・路上駐車などの機能)が与えられていることが主な原因である。その背景には、道路の計画設計の段階において各道路の担うべき機能設定が不明確であること、その機能に対応した性能評価指標が存在しないことが挙げられる。Access Management Manual¹⁾など、各国のガイドラインで示されているように、道路をトラフィック機能とアクセス機能からなる交通機能により区分し、それぞれの道路が機能分担をすることが理想的である。近年の研究では、中村ら²⁾、大口ら³⁾が交通機能軸、連絡スケール軸からなる道路の新たな階層区分を提案している。しかしながら、現在の日本の道路は、道路の種類、地域/地形、交通特性により種級区分され、構造が画一的に決定される仕組みになっており、これら種級区分と道路の機能との対応関係は曖昧な状況となっている。

そこで本研究では、計画交通量などにより画一的に種級区分が決定されるような現行の道路計画を改め、道路が実現できるサービスの質を定量的に評価しLOSを設定する必要があるという問題意識に基づき、道路に任意のアクセス機能を持たせたときに実現するトラフィック機能上の性能を定量的に明らかにすることを目的とする。

2. 旅行速度推定式の準備

(1) 既存研究のレビュー

Access Management Manual¹⁾は、道路の階層に応じたトラフィック機能とアクセス機能の配分とそれを実現する

*キーワード: 道路計画, 交通流, サービス水準, アクセスコントロール

**学生会員, 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 (名古屋市千種区不老町, E-mail: hayakawa@genv.nagoya-u.ac.jp)

***正会員, 工博, 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻

表-1 調査地点の概要

| 調査地点 | A | B | C | |
|-------------|-----|------|---------|---------|
| | 植田 | 千代田橋 | 春日井(平日) | 春日井(休日) |
| 1方向車線数 | 2 | 2 | 3 | |
| 規制速度[km/h] | 60 | 40 | 60 | |
| 交通量[veh/h] | 863 | 1213 | 1674 | 2152 |
| 入庫車数[veh/h] | 32 | 162 | 131 | 205 |
| 入庫専用ポケット | 無 | 有 | 有 | |

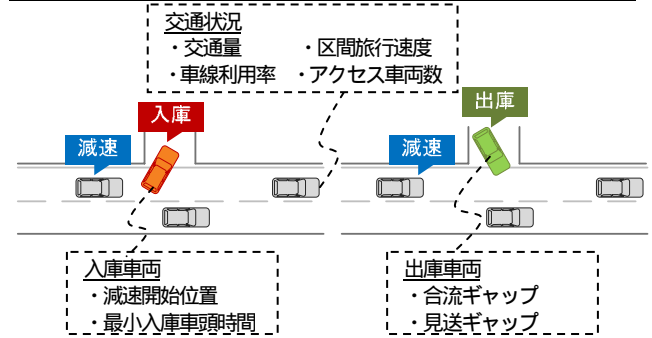


図-1 沿道入出庫車両と取得データ

道路構造をアクセスコントロールの視点から示した米国のマニュアルである。ただし、それらはいずれも概念的な記述にとどまり、工学的データに基づき具体的な道路の計画設計手法を示しているわけではない。また、斎藤ら⁴⁾は、路外施設へのアクセスのし易さに注目し、入庫所要時間、入庫口の箇所数等を影響要因として、道路のアクセス機能の定量化を行っている。しかしながら、道路の性能照査を行うにあたって必要となる、任意のアクセス機能が与えられたときのトラフィック機能との対応関係の記述が不十分である。

(2) 幹線街路単路部の性能照査手法

本研究では、通過車両の走行性に大きく影響を与えると考えられる沿道アクセス交通に着目し、街路においてトラフィック機能の一般的な性能評価指標とされる旅行速度を用いて本線の道路交通の質の評価を行う。その中で、沿道アクセスの程度に応じて実現する交通状況をマイクロシミュレータINSPECTOR⁵⁾により再現し、旅行速度の解析を行う。

(3) 調査対象区間・データ

シミュレーション実行のためのモデル改良用データ及び現況再現性の検証用データの取得のため、愛知県内の3つの道路区間においてビデオカメラを用いて現地調査を

行った。各地点及び取得データの概要を表-1に、主な取得データを図-1に示す。なお、入庫専用ポケットとは、入庫車両用に設けられた長さ30mほどの専用レーンであり、本線交通流への影響の緩和が可能であると考えられる。

(4) INSPECTORの改良

本研究ではアクセス車両の速度変化等を忠実に再現する必要があるため、調査により得られたデータを用いて従来再現性の不十分であった以下の項目について改良を行った。

a) 入庫車両

沿道施設や駐車場に車両が入庫する際、後続の車両に大きく影響を与える(図-1)。入庫車の減速開始位置、最小入庫車頭時間が、その影響の大きさを決定づけるパラメータであるとしてシミュレータへの適用を行った。最小入庫車頭時間は入庫口に連続して入庫する車両間の車頭時間であり、入庫口の幾何構造や歩行者数などにより決定される指標である。最小入庫車頭時間が小さいほどアクセス車両がスムーズに入庫できるため、本線交通への影響も小さいといえる。

b) 出庫車両

沿道から出庫を行う車両は後方の車両とのギャップを見て「合流」あるいは「見送」の判断を行う。各調査地点の出庫車両計198台の合流したギャップと、見送りした最大のギャップの相対頻度累積曲線を示したのが図-2である。両曲線の交点の値である5.2sを、出庫車両の合流の閾値としてシミュレーションに入力し、出庫する際に後方の車両とのギャップが5.2s以上であれば出庫、それ以下であれば見送り、といったモデルを出庫車両に適用した。

(5) シミュレーションの現況再現性の検証

(3)において観測の対象とした3つの区間について、シミュレーション上に同様の区間を構築し、現況再現性の検証を行った。観測値、シミュレーション値は各地点ともに1時間分のデータを用いた。

a) 区間旅行速度

各区間における車線別の旅行速度の観測値とシミュレーション値の比較を行った(図-3)。各地点ともに交通状況、沿道条件等による旅行速度の傾向が表現されており、再現性は良好であった。

b) 最小入庫車頭時間

アクセス車両が顕著に見られた区間B、Cにおいて、最小入庫車頭時間の累積頻度の比較を行い、入庫時の車両の挙動の再現性を検証した(図-4)。区間Bについてはシミュレーション上で車頭時間のばらつきが大きくなり、車頭時間の大きい範囲で観測値との差が生じているが、平均値についてはほぼ一致していたため全体的にシミュレーションを行うにあたっての再現性は十分であると考えられる。

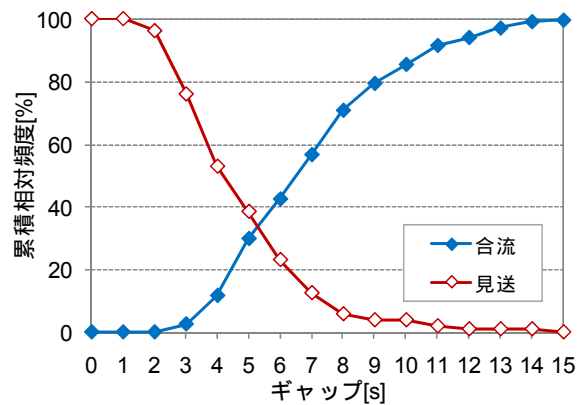


図-2 出庫車両のギャップ相対頻度累積分布

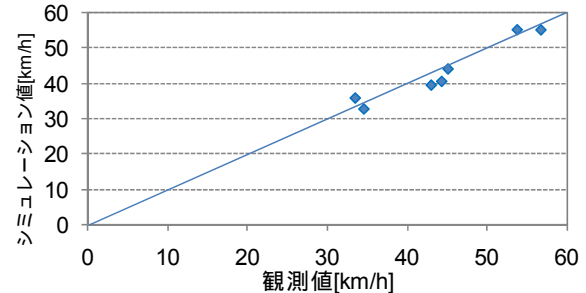


図-3 区間旅行速度の検証

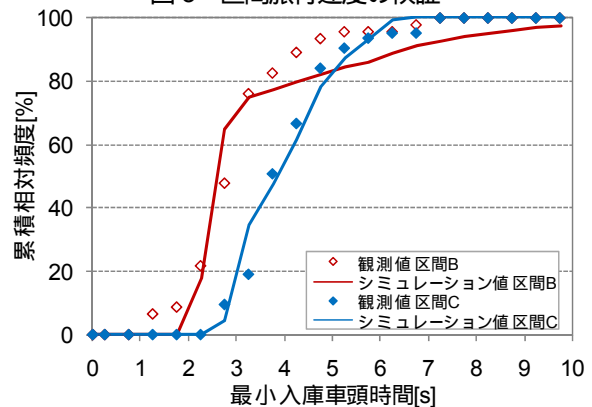


図-4 最小入庫車頭時間の検証

3. 幹線街路単路部における旅行速度性能曲線の推定

(1) シミュレーション概要と結果

表-2に示すように道路構造・交通条件を変化させ、各々の条件について1時間の解析の3回分の平均値をとることにより、各パラメータがリンクの旅行速度に及ぼす影響の大きさを分析した。また、入庫車両と出庫車両の数は等しいとし、入庫口・出庫口(以下、1対の入庫口・出庫口をアクセス口と呼ぶこととする)の数に比例してアクセス交通の数も増加するように設定した。複数アクセス口が存在する場合は、図-5に示すように均等にアクセス口を配置した。各パラメータ(1方向車線数、アクセス口数、最小入庫車頭時間、自由走行速度、1アクセス口あたりアクセス車両数)を変化させたとき、観測された区間旅行速度と断面交通量の関係を図-6~10に示す。得られたq-v曲線の特性から明らかのように、1方向車線数や自由走

表-2 シミュレーション条件

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| 1方向車線数 | : | 2, 3 |
| リンク長 L [km] | : | 1 |
| アクセス口数 N [箇所/km] | : | 1, 2, 5, 10, 20 |
| 最小入庫車頭時間 Δt [veh/h] | : | 2.4, 3.6, 7.2, 14.4 |
| 自由走行速度 V_f [km/h] | : | 40, 50, 60 |
| 断面交通量 q [veh/h] | : | 2車線: 500~5000(500間隔) 3車線: 500~7000(500間隔) |
| 1アクセス口あたりアクセス車両数 a_i [veh/h/箇所] | : | q の0~40% |

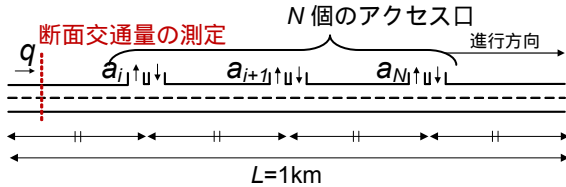


図-5 解析区間の道路構造

表-3 重回帰分析による推定結果

| 説明変数 | 係数(t 値) | |
|----------------|----------------|----------------|
| | 2車線($l=2$) | 3車線($l=3$) |
| N | -5.87(-4.13) | -23.21(-12.11) |
| Δt | -52.37(-29.53) | -63.36(-30.53) |
| V_f | -0.635(-0.555) | -5.36(-4.16) |
| a_i | -0.456(-13.00) | -0.695(-18.31) |
| ΔV_l | 288.1(66.99) | 477.7(84.14) |
| ΔV_l^2 | -7.27(-44.91) | -14.13(-50.21) |
| 定数項 | 576.8(8.27) | 1183(15.67) |
| R^2 値 | 0.836 | 0.844 |
| サンプル数 | 2050 | 2912 |

行速度 V_f と、旅行速度は常に正の相関を示しており(図-6, 9), アクセス口数 N や1アクセス口あたりのアクセス車両数 a_i が増え全体としてのアクセス需要が大きくなると旅行速度は低下する(図-7, 10). また, 最小入庫車頭時間 Δt が小さくなりスムーズに入庫が行われるようになると旅行速度は改善した(図-8).

(2) 旅行速度性能曲線の推定

(1)で行ったシミュレーションの結果をもとに、各パラメータを説明変数として重回帰分析を行い、区間旅行速度の推定を行った。その結果、表-3に示すような推定結果が得られ、アクセス交通の需要や最小入庫車頭時間などアクセス機能の状態を含む様々な道路構造・交通条件に応じた旅行速度性能式が得られた(式(1))。

$$V_l^i = V_f - \frac{-\beta_5 + \sqrt{\beta_5^2 - 4\beta_6(\beta_1 N + \beta_2 \Delta t + \beta_3 V_f + \beta_4 a_i + \beta_7 - q)}}{2\beta_6} \quad (1)$$

ここに、 V_l^i : 区間旅行速度[km/h](2車線: $l=2$, 3車線: $l=3$)

β_1 : アクセス口数に関する係数

β_2 : 最小入庫車頭時間に関する係数

β_3 : 自由走行速度に関する係数

β_4 : 1アクセス口あたりアクセス車両数に関する係数

β_5 : 旅行速度の線形項に関する係数

β_6 : 旅行速度の2乗項に関する係数

β_7 : 定数項

である。

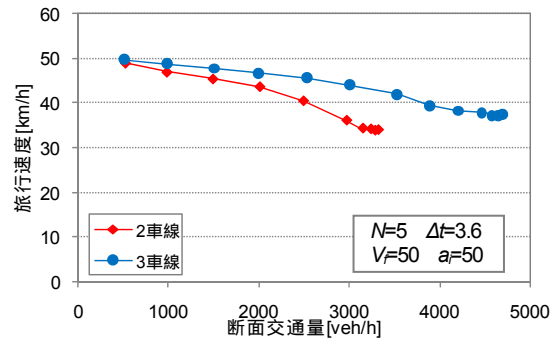


図-6 1方向車線数別にみたq-v曲線

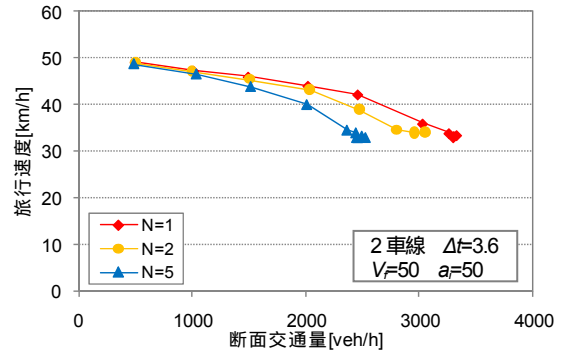


図-7 アクセス口数N別にみたq-v曲線

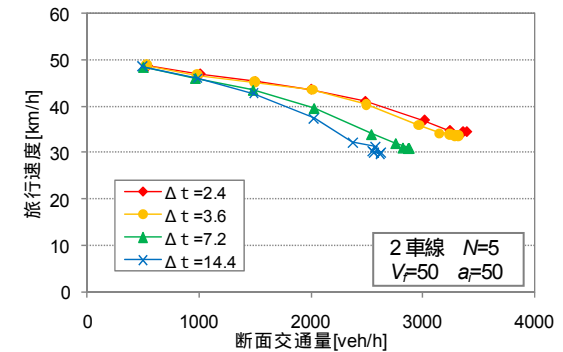


図-8 最小入庫車頭時間 Δt 別にみたq-v曲線

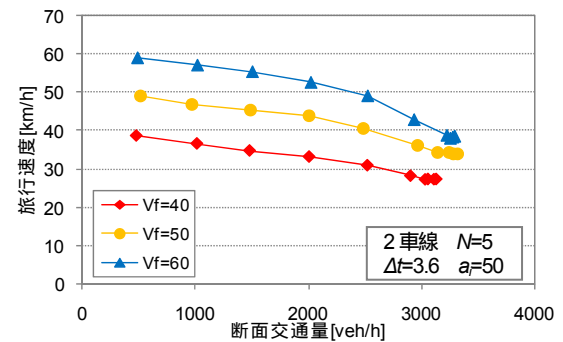


図-9 自由走行速度 V_f 別にみたq-v曲線

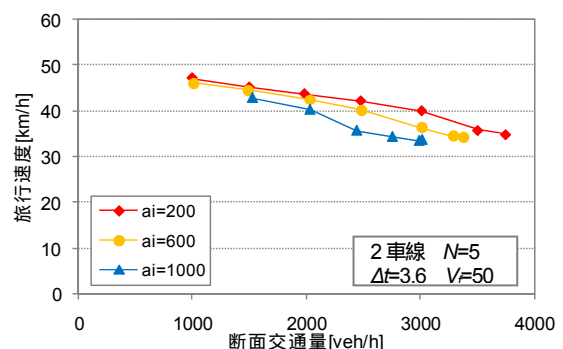


図-10 1アクセス口あたりアクセス車両数 a_i 別にみたq-v曲線

(3) 旅行速度性能曲線の検証

(2)で構築した旅行速度性能曲線の推定式を、図-6～10に示したシミュレーションの結果と比較することにより検証を行った。図-11に示すのが、自由走行速度別のq-v曲線の推定値とシミュレーション値の比較である。図をみれば各自由走行速度のq-v曲線の特性を再現できており、推定式の精度は良好であったと考えられる。

4. 幹線街路の性能照査手法

これまでで得られた街路における旅行速度性能曲線の、新規の道路計画、既存の道路の構造改良を行う際の具体的な適用方法の例を以下に示す。

(1) 新規幹線街路の性能照査

新規道路建設の際、その道路において担保されるべき走行性能、すなわち旅行速度が設定されれば、その旅行速度を実現するためのアクセス交通量の許容値が決定できる。例えば、リンク長1kmの片側2車線道路で $\Delta t=3.6[s]$ 、 $V_f=50[km/h]$ 、 $q=2000[veh/h]$ の場合、目標とする旅行速度を42[km/h]と設定すると、それに対応する総アクセス交通量を42[km/h]と設定すると、それに対応する総アクセス交通量(リンク全体のアクセス交通量； N と a_i の積)の値は曲線との交点からおおよそ170[veh/h]であることがわかる(図-12)。すなわち、この路線の性能目標を達成させるためには、 a_i が30[veh/h/箇所]程度の小規模の施設であれば5軒、 a_i が100[veh/h/箇所]程度の大規模の施設であれば1軒を超えないように立地または沿道アクセス制限を行う必要があることがわかる。

(2) 既存幹線街路の性能照査

既存の道路に沿道施設や駐車場が設置されアクセス交通が発生している場合、アクセス交通の需要をコントロールすることは困難であるが、入庫口に入庫専用ポケットを設置したり、歩行者との交錯を減らしたりすることで最小入庫車頭時間を小さくし、本線交通流への影響を緩和することが可能であると考えられる。例えば前節の片側2車線道路区間において、 $N=5[箇所/km]$ 、 $a_i=100[veh/h/箇所]$ とすると、 Δt が10[s]から5[s]に改善した場合、旅行速度は僅かであるが1.7[km/h]改善することがわかる(図-13)。

5. おわりに

本研究において構築した旅行速度性能式により、道路構造・交通条件が与えられたときに実現される旅行速度が明らかとなっただけでなく、達成すべき旅行速度の性能目標値を与えることによってアクセス機能上の道路構造・運用に関する許容値を推定することが可能となった。

ただし、今回シミュレーションの入力パラメータである自由走行速度、最小入庫車頭時間については任意の値

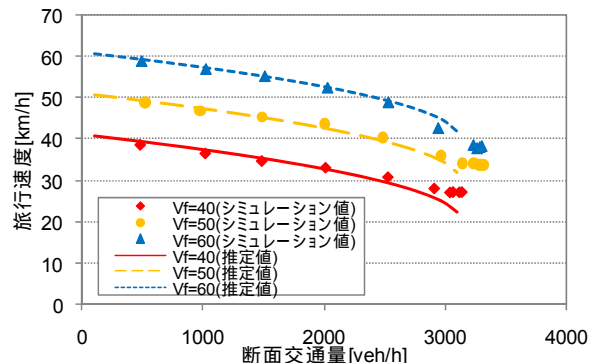


図-11 旅行速度性能曲線の検証

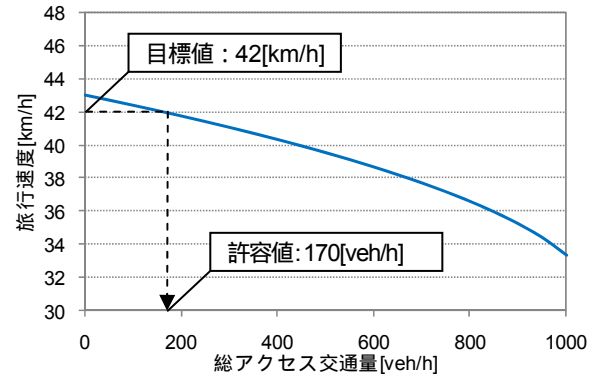


図-12 計画段階の性能照査例

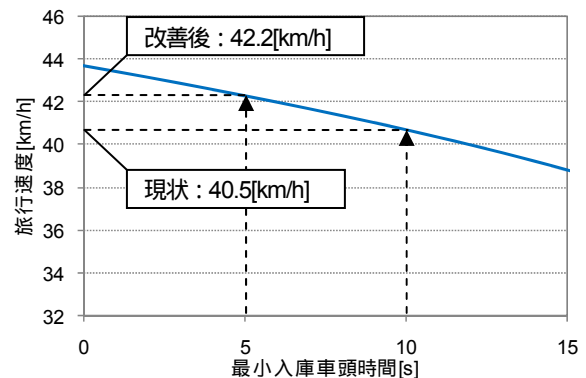


図-13 運用段階の性能照査例

を入力した。そのため、道路構造に対応する自由走行速度の値、入庫口構造に対応する最小入庫車頭時間の値についても定量的に把握する必要がある。

参考文献

- 1) Transportation Research Board : Access management manual , 2003.
- 2) 中村英樹, 大口敬, 森田紳之, 桑原雅夫, 尾崎晴男 : 機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案, 土木計画学研究・講演集, Vol.31, CD-ROM, 2005.
- 3) 大口敬, 中村英樹, 桑原雅夫 : 交通需要の時空間変動を考慮した新たな道路ネットワーク計画設計試論, 土木計画学研究・講演集, Vol.33, CD-ROM, 2006.
- 4) 斉藤裕子, 中村英樹, 内海泰輔, 馬淵太樹 : ランドアクセスからみた道路のサービス水準の定量化に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.34, CD-ROM, 2006 .
- 5) 中村英樹, 鈴木一史 : 街路ネットワーク交通流シミュレータINSPECTORの開発と駐車料金施策評価への適用, 交通工学, vol.39, No.4, pp.72-83, 2004.