

ETCデータを用いた所要時間信頼性に基づく新規高速道路供用効果分析*

An analysis of impact of new expressway opening based on travel time reliability by using ETC data *

○太田修平[†]・山崎浩気^{**}・宇野伸宏[‡]・塩見康博[§]

By Shuhei OTA[†]・Hiroki YAMAZAKI^{**}・Nobuhiro UNO[‡]・Yasuhiro SHIOMI[§]

1. はじめに

平成20年2月に草津田上ー亀山間を繋ぐ新名神高速道路が新規供用された。これにより、大阪ー名古屋間の距離が物理的に短縮化され、東西を結ぶ大動脈として機能しているほか、京滋地区滋賀県湖南地域や三重県亀山周辺への新規立地などによって経済効果がもたらされるなど、新名神高速道の供用効果は著しい¹⁾。その一方、新規高速道路の開通は、交通需要ならびに利用経路の変化をもたらす可能性が高く、既存道路ネットワークが提供する交通サービスに対しても、影響を与え得ると考えられる。

本研究では、新名神高速道路の供用が、既存高速道路ネットワークのサービスレベルに及ぼす影響を把握することを目的とする。その際、高速道路のサービスレベルを、車両ごとに流入・流出IC間の所要時間を直接計測可能なETCデータを用いて、いかに早く目的地に到着できるかを表す速達性、ならびに、いかに確実に一定の時間幅で目的地に到着できるかを表す所要時間信頼性の両観点から分析する。さらに、車両感知器から得られる交通量データを用い、交通需要の変化とサービスレベルの変化との関係について考察を行なう。

2. 分析対象区間およびデータの概要

(1) 分析対象区間

新名神高速道路供用の影響を把握するため、本研究では東名高速道路（豊川ー小牧間）、名神高速道路（小牧ー名神吹田間）を対象とする。対象ネットワークの概略図を図1に示す。

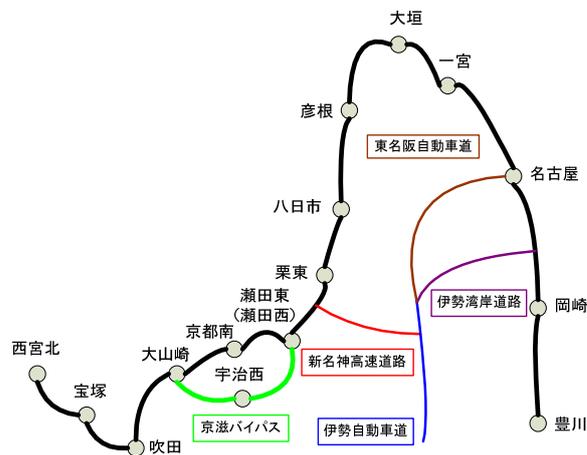


図1 分析対象地域

(2) ETCデータ

ETCデータには車両一台一台の流入・流出IC、及び流入・流出時刻の情報が記録されており、それを用いることで高速道路へ流入してから流出するまでに要した時間（IC間の所要時間）が算出できる。これにより、従来のタイムスライス法などによる所要時間の推定値ではなく、実測の所要時間に基づいたサービスレベルの評価が可能となる。本稿ではETCデータを用いて区間・時間帯別に所要時間分布を求め、その分布特性値に対応したサービスレベル指標を導出し、新規路線開通効果を検証する。利用するデータは、新名神供用前後の2007年および2008年における3月～5月のデータとする。所要時間分布の詳細な算出方法を以下に示す。

(3) 所要時間分布算出方法

本研究では平常時の交通サービスの変動に着目して分析する。そこで、集計時間単位15分ごとの平均所要時間を算出し、その分布形に関する情報に基づき交通サービスレベルを評価する。このとき、車線閉塞を伴う事故・工事等の突発事象の影響を受けている走行データについては除去して所要時間分布を作成した。また、SA、PAに立ち寄った車両のデータを除去するため、先行研究²⁾にならひ、ICペアごとに、全ETCデータより算出される所要時間平均値 μ 、標準偏差 σ を用いて、 $\mu+\sigma$ より大きい所要時間データは外れ値として扱った。

*キーワード：サービスレベル、ETC、所要時間信頼性

[†]：学生会員，学(工)，京都大学大学院工学研究科
(〒615-8540, 京都市西京区京都大学桂, TEL 075-383-3237,
FAX 075-383-3236, ota@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

^{**}：学生会員，修(工)，京都大学大学院工学研究科

[‡]：正会員，博(工)，京都大学大学院経営管理研究部

[§]：正会員，博(工)，京都大学大学院工学研究科

(4) 車両感知器データ

新名神高速道路の供用前後での交通状況の変化と交通サービスレベルの変化の関係を把握するため、本稿ではETCデータに併せて、車両感知器データを活用する。車両感知器データには、車線ごとの普通車のみ5分間交通量 q_{ijk} (台/5min)、地点速度 v_{ijk} (km/h)、大型車のみ5分間交通量 q'_{ijk} (台/5min) などが含まれる。ここで、 i ; 区間番号, j ; Timestep番号, k ; 車線番号を指している。これらのデータからEdie.L.C³⁾が定義したマクロ交通指標を算出する。

具体的には、区間長 l_i 、計測時間 Δt で定義される範囲を計測エリア (面積 $A=l_i \cdot \Delta t$) と定義すると、区間交通量 Q (台/h)、区間交通密度 K (台/km)、区間走行速度 V (km/h) は、それぞれ以下にて算出される。このとき、道路形状の類似性などによりそれぞれの車両感知器の値を用いる区間長 l_i を決定している。

$$Q = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k l_i (q_{ijk} + q'_{ijk})}{\sum_i l_i \times \Delta t} \quad (1)$$

$$K = \frac{\sum_i \sum_j \sum_k (l_i / v_{ijk}) (q_{ijk} + q'_{ijk})}{\sum_i l_i \times \Delta t} \quad (2)$$

$$V = Q / K \quad (3)$$

3. 速達性・信頼性に基づくサービスレベル評価

(1) サービスレベル評価指標の定義

交通サービスレベルを定量的に評価し、分析対象区間相互のサービスレベルを相互比較するため、交通の速達性、所要時間信頼性を表す以下の指標を定義する。まず、道路の速達性を表す指標として区間別・時間帯別に算出される所要時間分布の平均値であるAT (Average Time) を対象IC間の区間距離で正規化したAT/Distを用いる。さらに、所要時間信頼性を表す指標として所要時間分布の95%タイル値とATの差であるBT (Buffer Time) を対象IC間の区間距離で正規化したBT/Distを用いる。これらの指標により、対象IC間の交通サービスレベルの区間特性、及びその経年変化について考察する。

(2) 区間別の速達性・所要時間信頼性指標の比較

まず、区間ごとに上記の2指標値を比較する。新名神高速道路供用の影響は、経路が複数化され新名神側に多くの交通の転換が予測される区間、新名神高速道路との結節JCTが存在する区間、及びその外側に位置する単経路区間で異なると考えられる。ためこの点を踏まえ、ここでは図1中の豊川-岡崎間 (区間距離 24.4km)、彦

根-八日市間 (区間距離 21.4km)、栗東-瀬田東間 (区間距離 9.3km) 及び大山崎-名神吹田間 (区間距離 19.4km) の下り線に焦点を絞り分析を行う。また、交通量のピーク時間帯を考慮し、朝時間帯 (6:00~8:59)、昼時間帯 (11:00~13:59)、夕方時間帯 (16:00~18:59) の3つの時間帯に分けて、各指標を算出する。図2に、2008年3月~5月における各区間のAT/Dist値、BT/Dist値を示す。

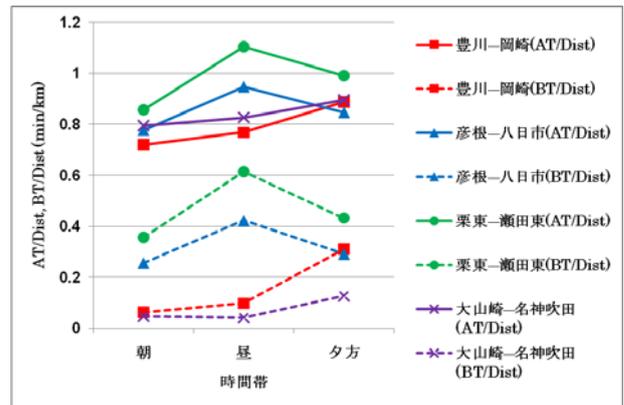


図2 区間別信頼性指標値比較

図2から、どの区間においても、AT/Dist値の時間的変化とBT/Dist値の時間的変化の傾向が等しいことが読み取れる。具体的には、経路が複数化され、多くの交通が新名神側に転換した可能性のある彦根-八日市間、及び新名神高速道路との結節JCTが存在する栗東-瀬田東間では昼時間帯にAT/Dist、BT/Dist共に一日の中で最大値を取っているのに対し、新名神高速道路の外側に位置する豊川-岡崎間、大山崎-名神吹田間では夕方時間帯で両指標が最大値を取っていることが確認できる。これは区間によって交通需要のピーク時間帯が異なることに起因すると考えられる。すなわち、ピーク時間帯への交通需要の集中が速達性、所要時間信頼性を共に悪化させ、交通サービスレベルを低下させていると考えられる。

(3) 区間別サービスレベルの経年変化量

次に、上記の2指標値を用いて分析対象区間別にサービスレベルの経年変化の比較を行なう。

図3に、2指標値の経年変化を区間ごと、時間帯ごとに示す。この変化量は、各指標の2007年における値、2008年における値の差を表し、負になると改善傾向にあることを、正になると悪化傾向にあることを示す。

各時間帯で区間ごとに各指標値の変化を見ると、経路が複数化され新名神側への多くの交通の転換が見込まれる区間である彦根-八日市間では、概して速達性・所要時間信頼性共に向上していることがわかる。一方、新名神高速道路との結節JCTが存在する栗東-瀬田東間では、

速達性に関しては昼時間帯、夜時間帯ともに著しく悪化していること、所要時間信頼性に関しては夜時間帯で著しく悪化傾向にあることが見て取れる。これは、新名神高速道路の供用により、新たな交通需要が喚起された結果、サービスレベルの悪化を招いたと推察できる。

しかし、当該区間は区間距離が短く、AT値、BT値の小さな変化に対しても、他区間と比較してAT/Dist値、BT/Dist値の変化に大きく影響することも一因として挙げられ、さらなる分析が求められる。

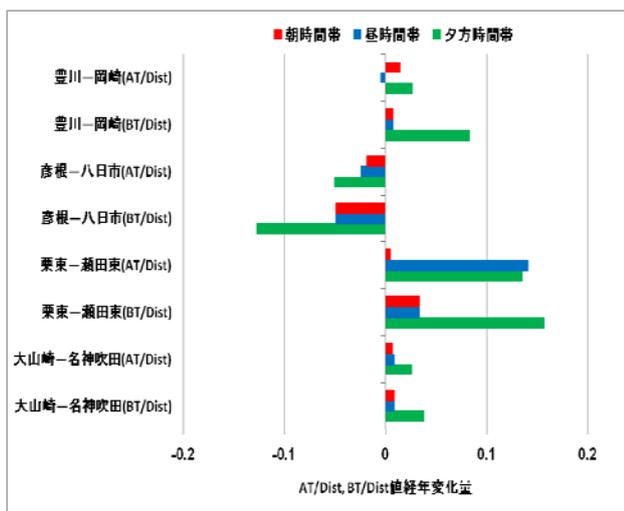


図3 信頼性指標値変化比較

以上より、サービスレベルの経年変化傾向は区間によって異なる特性をもつことが把握できた。次章ではサービスレベルの経年変化傾向をより的確に把握するため、交通需要の経年変化との関係を分析する。

4. 交通量変化とサービスレベル変化との関係

(1) 交通量・交通密度と所要時間の関係

所要時間分布や信頼性評価指標値は様々な要因が絡んで変化すると考えられるが、その中でも交通需要の変化は交通サービスレベル（速達性および所要時間信頼性）に影響を与えると考えられる。本章では、分析対象区間内に存在する全ての交通量感知器データを用いて、式②より算出した15分間区間交通密度とETCデータから算出した平均所要時間の関係を分析する。ここで、交通需要を表す指標として15分間区間交通量 Q_{15} （台/15min）ではなく、15分間区間交通密度 K_{15} （台/km）を用いるのは以下の理由による。

交通流特性として、ある交通量に対する平均走行速度は自由流状態、及び渋滞流状態とで2つの異なる値を取ることから、平均速度の逆数として求められる所要時間も同様に、ある交通量に対して自由流・渋滞流で2つの異なる値が対応することとなり、交通流特性と一意に対

応づけることが困難である。これに対して、一般に速度は密度に対して単調減少の関係を取り、同様に所要時間は密度に対して単調増加の関係となる。そのため、交通密度で表される交通状況とサービスレベルを表す所要時間とを一对一で対応させることができ、交通状況の変化とサービスレベルの変化の関係を的確に把握できることが考えられる。

ここでは、2008年3月～5月に取得された車両感知器データ、及びETCデータを用い、分析対象ICペアごとに15分間区間交通密度と15分間平均所要時間の関係を求めた。その結果を図4に示す。これより、いずれのICペアにおいても区間交通密度と平均所要時間との間には強い正の相関があることが見てとれる。特に豊川-岡崎間、彦根-八日市間ではいずれも $K_{15}=35$ （台/km）以降で平均所要時間の増加率が急増している。これは、当該区間では35（台/km）を臨界密度として渋滞状態へ転移しているものと考えられる。以上より、15分間区間交通密度と区間所要時間を関係付けることにより、自由流状態、渋滞流状態を問わず交通状況とサービスレベルの関係が分析可能であるといえる。

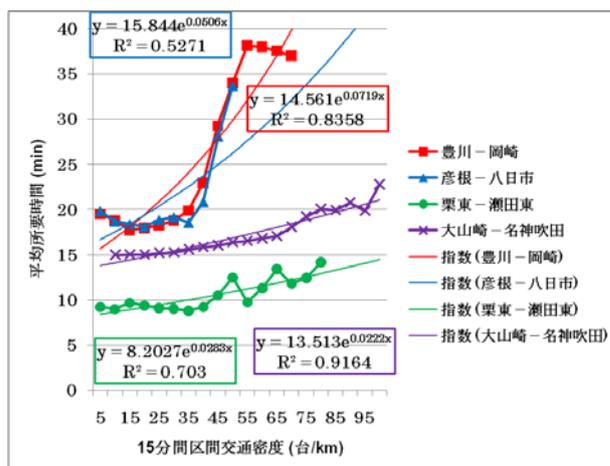


図4 交通密度と平均所要時間の関係

(2) 交通密度変化と所要時間変化との相関分析

次に、15分間区間交通密度の経年変化と所要時間の経年変化との関係を明らかにする。ただし、時間帯によって交通状態やサービスレベルが異なる可能性が考えられるため、本節ではより詳細に時間帯を分類する。具体的には、6:00～20:59については1時間ごとに時間帯を分割し、さらに、深夜から早朝にかけては他の時間帯と比較して交通状況が安定していること、及びサンプル数が少ないことより0:00～5:59、21:00～23:59をそれぞれ1時間帯として計17の時間帯を設定した。

分析対象ICペア間の各時間帯における15分間区間交通密度の平均値の経年変化量 ΔK とAT/Dist値の経年変化量 $\Delta AT/Dist$ の関係、および ΔK とBT/Dist値の経年変化量 $\Delta BT/Dist$ の関係を分析する。

BT/Distの関係をそれぞれ図5、図6に示す。ただし、いずれの変化量も2008年の値から2007年の値を引いた値として定義し、図中では各ICペアについて1時間帯ごとの算定結果を1つのプロットとして表している。

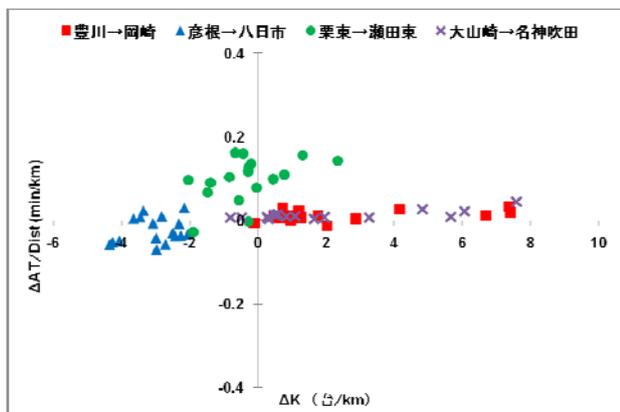


図5 交通密度変化とAT/Dist値変化の関係

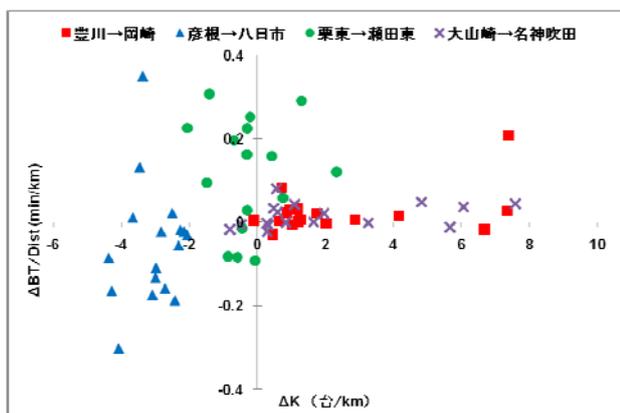


図6 交通密度変化とBT/Dist値変化の関係

まず、新名神高速道路の供用区間以東、もしくは以西に位置する豊川ー岡崎間、大山崎ー名神吹田間に着目すると、時間帯によってばらつきはあるものの、いずれの区間においても2008年の交通状況は相対的に密になっている。その一方で、サービスレベルを表す各指標値は横軸を中心に分布しており、平均的には大きな変化がないことが読み取れる。これは、新名神高速道路が供用したことにより新たな需要が誘発され、全体的な交通量は増加したものの、各区間の交通容量を上回る程度の増加量ではないためであると推察される。

次に、新名神高速道路との結節点を含む区間である栗東ー瀬田東間に着目する。ΔK値に関しては、原点を中心とした分布となっており、時間帯によって利用傾向の差が生じていることが読み取れる。また、交通密度が増加、減少したいずれの時間帯においても、各指標値からは概ねサービスレベルが悪化傾向にあることが読み取れる。これは、新名神高速道路の供用により、対象区間の

交通流特性に何らかの変化が生じたことが考えられるが、詳細については今後の検討課題である。

最後に、新名神高速道路の供用によって経路が複数化された彦根ー八日市間では、およそどの時間帯においても、ΔK、ΔAT/Dist、ΔBT/Dist共に減少している。これは、新規高速道路供用により、岡崎以西、瀬田東以東間の経路が増え、交通需要が分散されたことに起因すると考えられる。

以上から、交通状況の変化は道路サービスレベルの変化に大きな影響を及ぼすことが確認できた。また、新名神高速道路の供用が既存高速道路区間に与える影響は、対象とする道路区間と新規道路との位置関係によって大きく異なることが示唆された。

5. まとめ

本研究では所要時間信頼性の観点から、区間ごとに新名神高速道路供用効果を分析し、経路が複数化され新名神側に交通が転換したと考えられる区間ではサービスレベルが向上した一方で、新名神高速道路との結節点を含む区間、及びその外側に位置する単経路区間ではサービスレベルが悪化する傾向であることを確認した。さらに、交通密度の変化と所要時間の変化との関係について分析を行なった結果、交通密度の変化は道路サービスレベルの変化に密接に関係していること、また、サービスレベルの変化傾向は区間毎に異なることが示唆された。

今後は、対象区間を増やすことでより一般性の高い分析を行う。また、交通状況データに加え、事故・工事等の突発事象データ、天候データ、道路構造・線形データなどを適切に組み合わせることによって、より多角的な視点でサービスレベル変動特性を評価することが課題として挙げられる。

謝辞 本研究の実施にあたり、岐阜大学工学部の倉内文孝准教授から有益な示唆を多数頂戴致しました。また、データの収集に際しては、NEXCO西日本関西支社ならびに(社)システム科学研究所より多くの御協力・御支援をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 「新動脈の利用定着へ」：『京都新聞』2009年2月22日
- 2) 山崎浩気, 宇野伸宏, 倉内文孝, 嶋本寛, 小笹浩司, 成田博: ETCデータを用いた都市間高速道路の旅行時間信頼性評価に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.25, p.p.935-945, 2008
- 3) Edie.L.C., “Car-Following and Steady-State Theory for Non-congested Traffic” Opns. Res. 9,1,1961