

都市間高速道路におけるジャンクション跨ぎ 渋滞所要時間提供の精度向上に向けた検討

平井 章一¹・西田 匡志²・河西 正樹³

¹正会員 中日本高速道路(株)八王子支社(〒192-8648 東京都八王子市宇津木町 231)
E-mail:s.hirai.aa@c-nexco.co.jp

²非会員 中日本高速道路(株)八王子支社(〒192-8648 東京都八王子市宇津木町 231)

³非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京(株)
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿 1 丁目 23-7 新宿ファーストウエスト) .

都市間高速道路のボトルネックにおいて発生した渋滞がジャンクションを跨いで従路線に延伸した場合、合流摩擦により従路線からの渋滞を通過するのにより多くの時間を要する。一方で、ジャンクションにおいては情報収集が十分になされず、正確な所要時間を把握していない場合が多い。

本研究では、中央自動車道からの渋滞延伸が原因でボトルネックとなっている首都圏中央連絡自動車道の八王子ジャンクションを対象として、ETC2.0プローブデータによりジャンクション跨ぎ渋滞時の所要時間の実態を明らかにするとともに、Bluetoothによりジャンクション部の通過時間を収集することによる所要時間提供の精度向上、さらには本線情報板等での情報提供の課題を検討するものである。

Key Words: *Inter-urban expressway, junction, congestion passing time, ETC2.0 probe data, bluetooth*

1. はじめに

中央自動車道(以下「中央道」という。)と接続する首都圏中央連絡自動車道(以下「圏央道」という。)の八王子ジャンクション(以下「JCT」という。)では、東名高速道路(以下「東名」という。)から関越自動車道(以下「関越道」という。)に向かう外回り、関越道から東名に向かう内回り共に渋滞が多発している。外回りの渋滞発生件数の経年変化を図-1に示すが、2014年6月に相模原愛川インターチェンジ(以下「IC」という。)～高尾山 IC 間が開通し東名と中央道が接続されてから交通量が増加し渋滞が顕在化している。当初、JCTのノーズ間が1車線で運用されていたことが渋滞発生の要因であったが、2017年12月に2車線運用となって以降、中央道下り線(以下「中央道(下)」という。)で発生した渋滞がJCTを超えて延伸し、圏央道本線の渋滞に至るといった渋滞発生の主要因となっている。

中央道(下)のボトルネックにおいて発生した渋滞がジャンクションを跨いで圏央道に延伸した場合、圏央道を利用されるお客さまから、情報板で提供している所要時間と実際の通過に要した時間に乖離があるとの声を複数いただいている。これは、合流摩擦により圏央道から

の渋滞を通過するのにより多くの時間を要することに加え、JCT部において情報収集が適切になされておらず、正確な所要時間を把握していないことが要因と考えられる。

本研究では、JCT跨ぎ渋滞時に高精度な所要時間を提供することを目的とする。具体的には、まず、ETC2.0プローブデータの走行履歴データによりJCT跨ぎ渋滞時の所要時間の実態を分析を行う。次に「Bluetoothを用いた所要時間提供システム」¹⁾により生成した所要時間の実態及び所要時間情報提供の精度向上に向けた課題を抽出する。そして、「Bluetoothを用いた所要時間提供シス



図-1 圏央道(外回り)八王子JCT渋滞発生状況

テム」で生成した所要時間を本線情報板で提供するための課題を検討する。

2. 都市間高速道路における所要時間提供の現況

(1) 車両感知器による所要時間収集・提供

都市間高速道路の渋滞が発生するような主要路線では、概ね2km間隔で路面に埋め込まれた車両感知器で計測した走行速度をもとに、車両感知器を含む一定の範囲を定足で走行したと仮定して算出している。しかしながら、特に、車両の停滞や発進・停止が頻発する箇所では、正確な速度の計測が難しく所要時間の精度が低下する場合がある。

(2) ETC2.0 プローブデータによる所要時間提供

中日本高速道路（株）（以下「当社」という。）では、2020年10月に高速道路の情報板などでETC2.0プローブデータを活用した所要時間情報の提供を東名など首都圏の一部路線で開始し²⁾、順次適用範囲を拡大し2021年7月から八王子支社管内で、2022年4月からは当社管内全路線（安房峠道路を除く）で提供がされている。ETC2.0プローブデータの走行履歴データは概ね200m毎に生成（以下「測位」という）されるが、100m・1分単位で平均速度を算出し、そこから所要時間を算出している。そのため、よりきめ細かな速度変化の情報を反映した所要時間を算出することができるようになっている。

因みに、所要時間算出の下処理として、測位情報にリアルタイムでキロポストマッチングされ、そのデータにETC2.0車載器固有の番号を秘匿化処理した情報（以下「ID」という）が付与されたデータ（以下「当社プローブ」という）が1測位を1レコードとして処理装置から出力が可能である。また、走行履歴データを統計処理し、100m・1分単位、500m・5分単位に集計された平均速度をエクセル形式にしたもの（以下「渋滞度分布図」という）にて翌日に自動で出力される。渋滞度分布図は、各セルに速度が入力されており、図-2に示す通りエクセルの条件付き書式により速度帯に応じた着色がなされている。走行履歴データや渋滞度分布図により高解像度のデータが得られるため、事後的にはあるが、車両感知器や後述するBluetoothより、詳細で正確な交通状況を把握できるのが利点である。

なお、当社プローブの課題として、当社が管理するDSRCスポット（以下「RSU」という）から収集したデータのみを対象としているため、他社との管理境においては、当社管理の最下流RSUから管理境までのデータは欠測が多く生じている。また、測位情報はGPSの精度によるところが多く、JCTやトンネルなどの特殊な道路構造の場合は誤マッチングによりデータの欠測が生じや

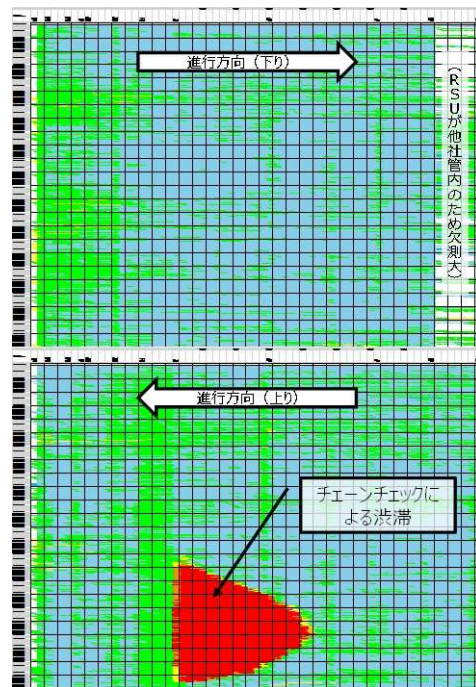


図-2 渋滞度分布図の出力例

すい。さらに、筆者ら³⁾は、車速が10km/h未満の超低速時に、整数値でデータベース化されている速度情報から所要時間に換算する際に所要時間の開差が大きくなることを課題の一つとして指摘している。

(3) Bluetooth を用いた所要時間提供システム

Bluetoothを用いた所要時間提供システムは、中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社（以下、「エンジ東京」という。）が保有するシステムであり、北澤ら⁴⁾によって基礎的検討が為された技術を基に、エンジ東京の相原ら⁵⁾が実用化して導入されたものである。システムの概要は、走行車両に搭載された機器（カーナビ・スマートフォンなど）が発するBluetoothの電波を路側に設置した受信機で受信し、各受信機での受信時刻をMACアドレスで識別することで、その差から通過所要時間を算出する、というものである。

主な利点としては、受信機は市販のスマートフォンと同等のもので構成されているため小型・軽量、かつ、通信や電源もスマートフォンと同様であるため、受信機の設置が容易であり、ピンポイントで必要な場所に密に設置することが可能である。また、データ通信・処理はリアルタイムに処理されているため、所要時間の把握はほぼリアルタイムに行うことができ、仮設LED情報板などと連動することにより、リアルタイムでの情報提供も可能である。さらに、2点間の時刻差より直接所要時間を算出するため、車速が10km/h未満の超低速時においても所要時間の提供が可能である。

3. ETC2.0 プローブデータによる所要時間分析

(1) 分析対象日時と交通状況

中央道（下）八王子 JCT 付近は、主に土曜日の午前中に渋滞が発生することから、分析対象日を 2022 年 7 月 23 日（土）とし、渋滞発生状況を鑑み、分析対象時刻は 5 時台から 13 時台とした。なお、圏央道は内回り・外回りとも渋滞が発生するが、本研究では外回りのみを分析対象とする。即ち、分析対象経路は図-3 に示す通り、圏央道の外回り（以下「圏央道（外）」という。）高尾山 IC から八王子 JCT E ランプを経由し中央道（下）本線合流の先までの区間とする。

当該日の中央道の渋滞度分布図を図-4 に示すが、6 時前に八王子 JCT の合流部付近で速度低下が発生している。ただし、下流側の相模湖 IC 付近と藤野パーキングエリア（以下「PA」という。）付近でも速度低下が発生し、集計上は「藤野 PA 先頭の渋滞」とされている。八王子 JCT 付近では 13 時過ぎに速度が回復し、渋滞としては 14 時過ぎに解消している。圏央道（外）では、中央道（下）八王子 JCT 付近の渋滞が圏央道まで延伸し、圏央道本線の速度低下が発生している。また、中央道（下）八王子 JCT 付近の渋滞が解消した後、圏央道本線では八王子 JCT から上流に向けて速度回復が伝搬している。即ち、圏央道（外）の需要が少なくなることによる渋滞解消ではないことがいえる。

また、圏央道（外） 36.18kp と八王子 JCT E ランプの車両感知器による交通量を図-5 に示す。E ランプの車両感知器は、圏央道（外）から中央道（下）への車両のみを捕捉しているため、圏央道（外）本線の車両のうち 3 割強が中央道（下）方面への車両である。

なお、高尾山 IC 上流にある本線情報板では、高尾山まで渋滞が延伸した際に図-6 に示すとおり渋滞長と所要時間を提供している。図-7 に分析対象日の提供履歴を時系列で示すが、相模湖と表示されているときは、渋滞

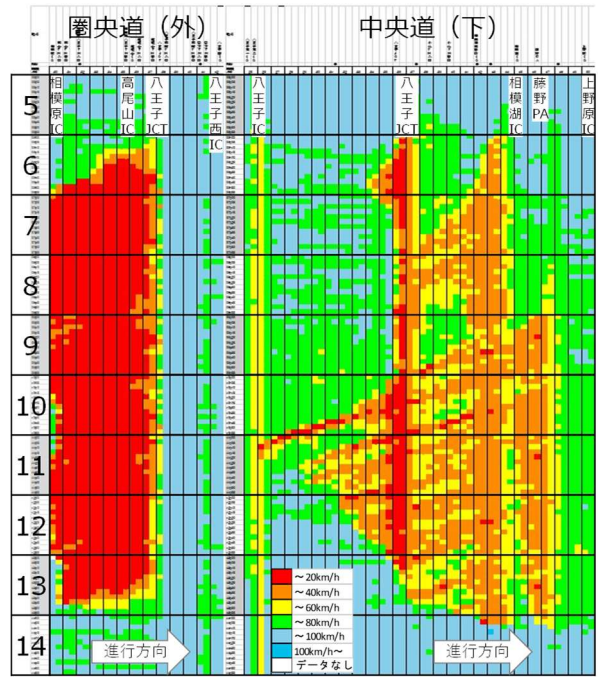


図-4 対象日の渋滞度分布図

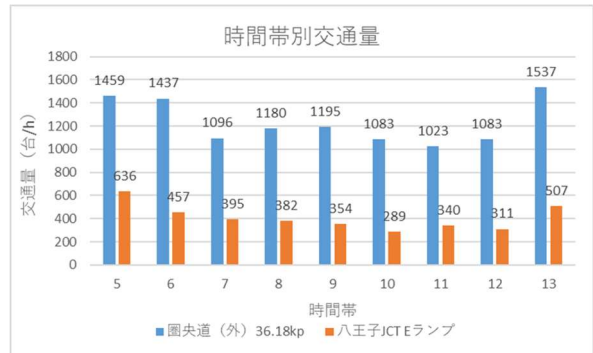


図-5 対象経路の交通量



図-6 本線情報板での情報提供イメージ

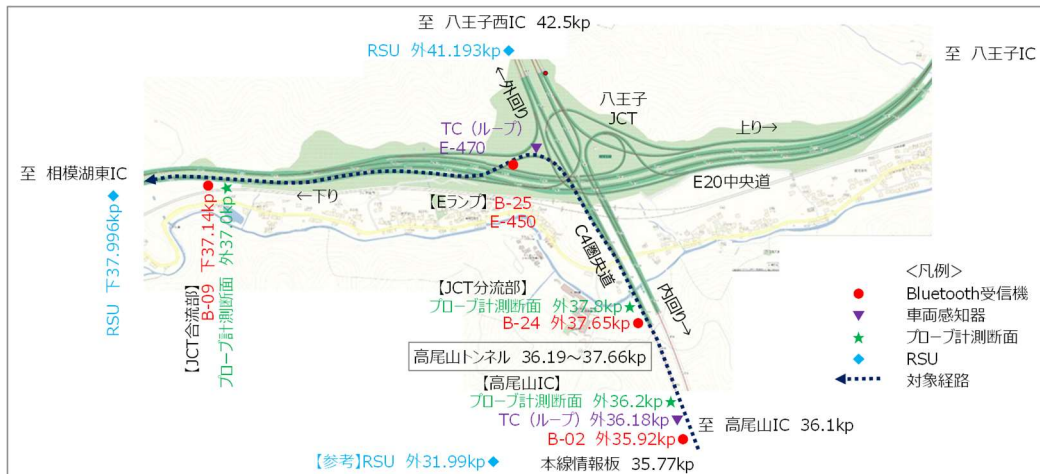


図-3 対象経路の位置関係

長・所要時間は概ね 10km・20～25 分，上野原と表示されているときは，概ね 13km・30～40 分と提供されていることを示している。

(2) 個車の 2 点間所要時間

図-8 に，圏央道（外）36.2kp（高尾山 IC）～37.8kp（JCT 分流部）間の，走行履歴データによる所要時間を示す。当該 kp の通過時刻は，その前後の測位点間を定速で走行したと仮定した時刻として算出している。圏央道側の直近下流 RSU で収集されたサンプルを青×で，中央道（下）の直近下流の RSU で収集されたサンプルを橙○で示している。生成されたサンプル数は，圏央道方面が 9 割弱，中央道（下）方面が 1 割強となっており，車両感知器と比較して中央道（下）方面の割合が低くなっている。また，車両感知器に対する割合は，本線断面で 6%程度であり，2022 年 7 月の当社管内の ETC2.0 利用率⁹⁾の 29.4%と比較しても低い値となっている。当該日は休日で普通車以下（軽・普通）の割合が多いこと以上に，37.8kp はトンネルの出口側坑口に当たるため，GPS の精度が悪く誤マッチングが生じ欠測が多くなっていることが要因と考えられる。

所要時間は非渋滞時には約 1 分に対して，渋滞時は圏央道方面については，5 分前後と安定しているが，少数ではあるが 10 分以上要しているサンプルも確認できる。一方で，中央道（下）方面は 5～28 分とばらつきが大きくなっている。JCT から延伸した渋滞が走行車線に滞留していると仮定すると，圏央道側の一部の時間を要している車両は走行車線に滞留している車列に巻き込まれているものと想定される。サンプル数自体は少ないものの，中央道（下）方面については，車列にそのまま並ぶもの，追越車線に途中で避走し分流直前などで車列に合流するものなどが混在しているものと想定される。

図-9 に，圏央道（外）37.8kp～中央道（下）37.0kp（JCT 合流部）間の所要時間を示す。サンプルの車両感知器に対する割合は 2%程度である。こちらは，渋滞時の通過時間は 10～15 分と，本線と比較してばらつきは少ない。

これらのことから，高尾山 IC から JCT 合流部までは概ね 20～40 分程度要していることが分かる。前節で述べた通り，高尾山 IC から相模湖 IC まで渋滞しているときには所要時間を 20～25 分と提供しており，提供内容と実際の所要時間に乖離があることが確認できた。

(3) 圏央道本線の速度分布

図-10 に，圏央道（外）36kp～38kp 間の，500m・10 分単位で集計した速度のパーセンタイル値を示す。下流に進むにつれ，全体的に速度が上昇している傾向がみられるとともに，パーセンタイル値のばらつきが大きくなっ

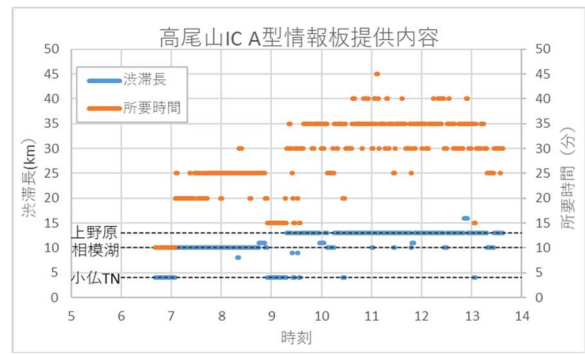


図-7 本線情報板での情報提供履歴

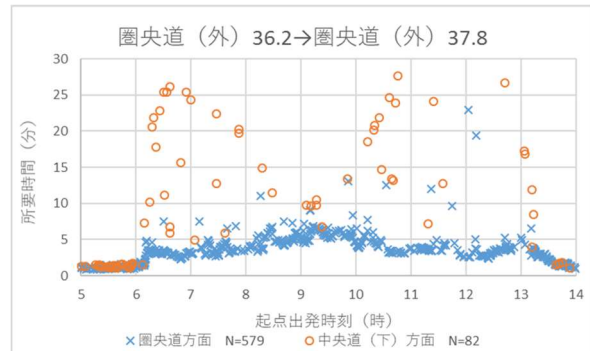


図-8 所要時間分布（高尾山 IC→八王子 JCT 分岐）

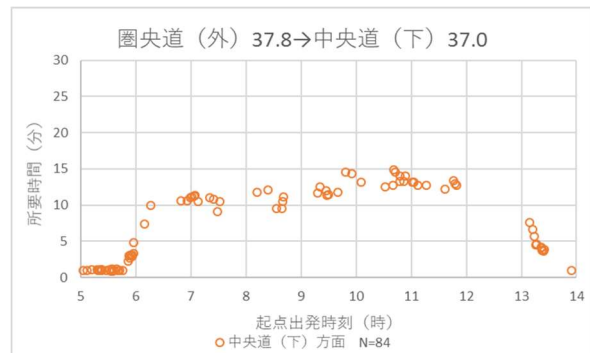


図-9 所要時間分布（八王子 JCT 分岐→八王子 JCT 合流）

ている。圏央道側は渋滞が発生していないために，圏央道方面への車両が徐々に速度回復しているものと想定される。前節から中央道（下り）方面へのサンプルが 1 割程度であることから，10 パーセンタイル値に着目すると，上流の 36.0～36.5kp では時間帯別の速度差は小さいが，下流に進むにつれ速度差が大きくなってきている。この要因の一つとして，下流に進むにつれ，車列に合流する車両による合流摩擦が不連続的に発生していることが想定される。

4. Bluetooth 所要時間提供システムでの検証

(1) 検証概要と取得サンプル数

本線情報板等での情報提供を視野に，図-3 に示す通り対象経路上の 4 箇所に Bluetooth を設置し所要時間を生成している。なお Bluetooth 設置地点を図-3 中【 】書きの

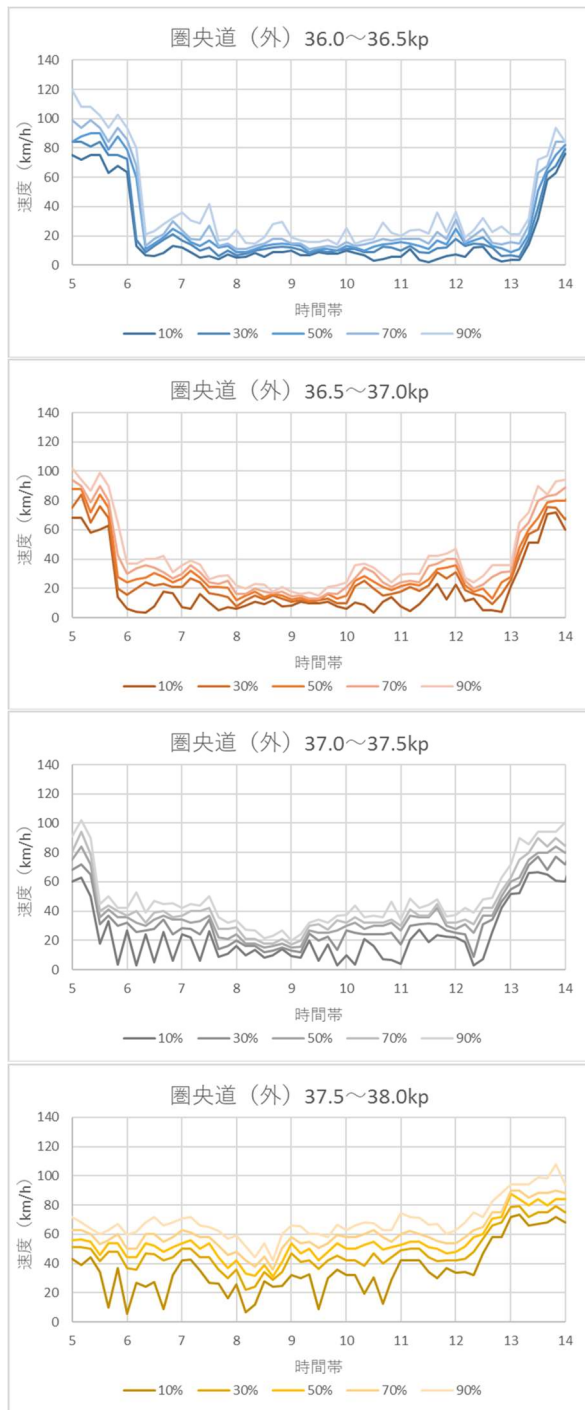


図-10 圏央道(外回り)速度パーセンタイル分布

地点名で称する。3章で示した分析対象日において、Bluetooth 所要時間提供システムで処理し情報提供をしたと仮定した場合の検証を行う。

図-11 に、分析対象日に 2 点間所要時間として生成できたサンプル数を示す。時間帯によって異なるが、高尾山 IC→JCT 分流部でのサンプル数に対し、JCT 分流部→E ランプ→JCT 合流部 (以下「ランプ部」という。) のサンプル数の割合は 5 割程度となっており、車両センサーデータと比較してやや多め、ETC2.0 プローブと比較すると多めとなっている。因みに、高尾山 IC→JCT 合流部

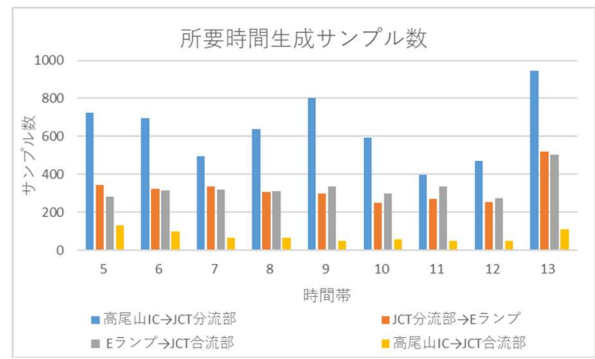


図-11 所要時間生成サンプル数

のサンプル数は、ランプ部のサンプル数の 2 割強である。

(2) 2 点間所要時間のパーセンタイル分布

図-12 に、高尾山 IC→JCT 分流部→E ランプ→JCT 合流部それぞれの、5 分単位で集計した速度のパーセンタイル値を示す。ランプ部については、一部自動二輪が渋滞渦中をすり抜けて走行したと思われる所要時間の短い値も確認できるが、概ね所要時間は一定でばらつきも少ない。一方、高尾山 IC→JCT 分流部については、特に 90 パーセンタイル値については所要時間の時間的な変動が大きく、ランプ部と値と比較して他のパーセンタイル値との所要時間の乖離が大きい。

図-13 は、図-8 に高尾山 IC→JCT 分流部の Bluetooth 所要時間の 50 パーセンタイル値 (中央値) と 90 パーセンタイル値を重ね合わせたものである。圏央道方面については、中央値と比較して所要時間は短めではあるが、時間変動はほぼ同じである。一方、中央道 (下) 方面については ETC2.0 プローブのサンプル数が少ないことに留意は必要ではあるが、中央値と比較して開差が大きく、90 パーセンタイル値と比較しても開差があるサンプルが確認できる。

(3) 受信機設置間隔の違いによる検証

高尾山 IC→JCT 合流部間には受信機を 4 箇所設置しているが、情報提供を見据え、設置箇所数の違いによる検証を行った。図-14 は、設置している受信機 4 箇所全てを稼働した場合と、高尾山 IC と JCT 合流部の 2 箇所のみを稼働した場合の提供所要時間を示している。4 箇所すべて稼働している場合は、所要時間の変動が少ないか、高尾山 IC→JCT 分流部において多数派の圏央道方面への車両の所要時間の影響を受け、中央道 (下) 方面への所要時間が過少となっている。一方、2 箇所のみ稼働している場合は実際に通過した車両のみの情報から生成しているので所要時間については正確と思料されるが、サンプル数が少ないこと、情報の収集にタイムラグが生じていることから反映に遅れが生じることなどから、提供所要時間の変動が大きくなっている。以上のことから、受



図-12 Bluetooth所要時間パーセンタイル分布

信機の稼働箇所数は多く、かつ、高尾山 IC→JCT 分流部間については、例えば中央値ではなく高いパーセンタイル値を採用するなど、中央道方面への車両の情報を何らかの形で反映させることが望ましい。

5. 本線情報板での情報提供に向けて

(1) 交通管制システムへの Bluetooth 所要時間の反映

当社八王子支社では、交通管制システムと Bluetooth を用いた所要時間提供システムとの情報交換の仕組みを構築している。そのシステムを用いて、2022 年 5 月に実施した中央道集中工事において、Bluetooth を用いた所要時間提供システムで算出した所要時間と、ETC2.0 プローブデータを活用した所要時間情報とを統合し、一般道側に設置した仮設 LED 情報板と本線情報板で同じ所要時間情報を提供した実績がある。八王子 JCT 部についても同じスキームで情報提供をする予定であるが、現状では最終調整を行っている状況である。

(2) Bluetooth 所要時間の情報提供方針の策定

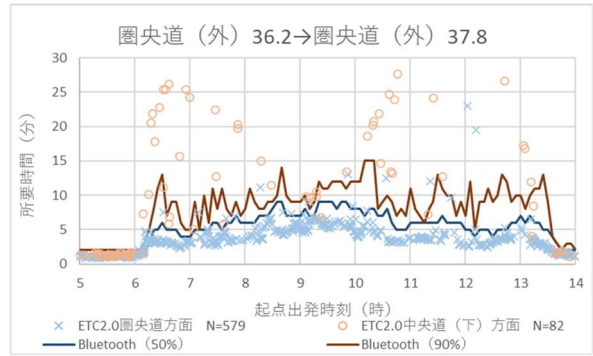


図-13 Bluetooth 所要時間パーセンタイル分布と ETC2.0 プローブ所要時間との関係

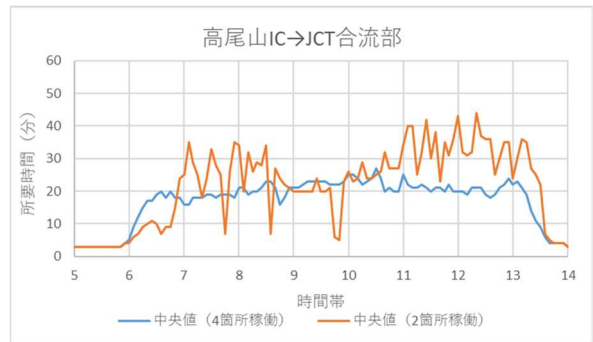


図-14 受信機稼働箇所数別生成所要時間

Bluetooth 所要時間の情報提供方針の策定に向けて、前章までの検討結果からは、高尾山 IC→JCT 分流部間の所要時間の提供方針が挙げられる。現況のシステムでは中央値を提供しているが、中央道方面への所要時間が過少となっており、例えば高いパーセンタイル値を採用する場合、どのパーセンタイル値を採用するのが妥当かなどの検証が必要と考えられる。

また、高尾山 IC→JCT 合流部の所要時間は中央道（下）からの渋滞が圏央道まで延伸した際に本線情報板で提供しているが、高尾山 IC→八王子 JCT 間の本線の所要時間については、休憩施設に設置している情報ターミナルや、スマートフォンアプリの「みちラジ」⁷⁾、Web サイトの「目で見えるハイウェイテレホン」⁸⁾などで提供しており、2 種類の所要時間をどのような形で生成するかなどの課題が想定される。

6. おわりに

本研究では、都市間高速道路の JCT 跨ぎ渋滞時に高精度な所要時間を提供することを目的に、ETC2.0 プローブデータの走行履歴データにより JCT 跨ぎ渋滞時の所要時間の実態を分析を行った。次に「Bluetooth を用いた所要時間提供システム」により生成した所要時間の検証を行い、それを本線情報板で提供するための課題を検討した。

現状では、JCT 跨ぎ渋滞により従路線の本線が渋滞し

た場合に、提供している所要時間と実際の所要時間に乖離があることが定量的に確認できた。また、従路線の本線を直進する車両と主路線にに向かう車両とで速度差があることが確認できた。現状では 1 区間に対して 1 つの所要時間しか生成することができないことから、この速度差に対して、それぞれの方向別の所要時間を生成する手法、適切に情報提供する手法について課題があることを確認した。また、付随的ではあるが、2 点間所要時間の生成に当たっては、現状では ETC2.0 プローブデータの走行履歴データと比較して Bluetooth のほうが多くのサンプルを取得できる取得できることが分かった。

今後は、引き続き、JCT 跨ぎ渋滞時の適切な所要時間提供に向けて、Bluetooth 所要時間を交通管制システムへ取り込むための作業を進めていく。また、本研究での課題を生じさせる根本の原因である交通集中渋滞を削減させる対策については、ハード面・ソフト面ともに検討を行い対策実施について調整を行っていきたい。

参考文献

- 1) 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社：Bluetooth®を用いた所要時間提供システム，<https://www.c-nexco-het.jp/tech/detail/0036.php>，(2022 年 9 月 30 日閲覧)
- 2) 中日本高速道路株式会社：ETC2.0 プローブデータを

- 活用し所要時間情報の精度向上を図ります，https://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/4918.html，2020。(2022 年 9 月 30 日閲覧)
- 3) 平井章一，筑後智弘，西田匡志，河西正樹：ETC2.0 プローブデータによる中央自動車道の休憩施設利用実態把握手法の検討，第 42 回交通工学研究発表会論文集，pp.679-685，交通工学研究会，2022.
 - 4) 北澤 俊彦，塩見 康博，田名部 淳，菅 芳樹，萩原 武司：Bluetooth 通信を用いた旅行時間計測に関する基礎的分析，土木学会論文集 D3 (土木計画学)，70 巻 5 号，p.I-501-I_508，2014.
 - 5) 相原 秀多，折野 好倫，中沢 航太，佐藤 久長，菅 芳樹：Bluetooth を用いた高速道路のリアルタイム所要時間情報提供の取り組み，土木計画学研究・講演集，Vol.51，CD-ROM，2015.
 - 6) 国土交通省：ETC の利用状況，<https://www.mlit.go.jp/road/yuryo/etc/riyou/index.html>，2022。(2022 年 9 月 30 日閲覧)
 - 7) 中日本高速道路株式会社：スマホから交通情報を入手できるアプリ「みちラジ」の情報提供範囲を拡大し、中日本管内全域をカバーします。～2022 年 4 月 1 日 (金) 0 時から提供範囲拡大～，https://www.c-nexco.co.jp/corporate/pressroom/news_release/5364.html，2022。(2022 年 9 月 30 日閲覧)
 - 8) 中日本高速道路株式会社：目で見えるハイウェイテレホン，<http://c-nexco.highway-telephone.jp>，(2022 年 9 月 30 日閲覧)

(2022.9.30 受付)

A STUDY OF CONGESTION PASSING TIME ACROSS THE JUNCTION OF INTER-URBAN EXPRESSWAY

Shoichi HIRAI, Tadashi NISHIDA and Masaki KASAI