

Bluetooth機器を活用した通行止め大規模補修工事時における迂回経路所要時間計測

萩原 武司¹・河本 一郎²・鈴木 健太郎³・川合 正信⁴・玉川 大⁵
・植田 拓磨⁶

¹正会員 阪神高速道株式会社 大阪管理局保全部システム保全課（〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25）
E-mail:takeshi-hagihara@hanshin-exp.co.jp

²正会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課（〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-15）
³非会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課（〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-15）
⁴非会員 阪神高速技研株式会社 技術部技術課（〒550-0011 大阪市西区阿波座1-3-15）
⁵正会員 阪神高速道路株式会社 計画部調査課（〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3）
⁶非会員 阪神高速道路株式会社 計画部調査課（〒541-0056 大阪市中央区久太郎町4-1-3）

阪神高速道路では1週間程度、本線一部区間を終日通行止めとし、各種工事を集中的に実施することで工事の効率化、周辺への影響低減を図っている。さらに、期間中における交通集中を分散させるため、迂回乗り継ぎ区間を設定している。今回、昨年5月、10月に実施した3号神戸線及び5号湾岸線の通行止め工事における迂回経路の所要時間をBluetooth収集機器を用いてマッチングすることで生成し、情報提供前後における交通流動の変化、渋滞の変化等、各種効果を計測した。なお、路線毎におけるデータ数及びマッチング率等の変化を整理するとともに、より正確な所要時間提供に向け、いくつかのデータクリーニング手法を適用し、これらの効果について一定の知見を得ることが出来た。また、区間中間地点での収集を省いた場合との比較を行うことで、所要時間精度への影響程度を把握した。

Key Words : Bluetooth, 所要時間計測, 大規模補修工事

1. はじめに

Bluetooth技術を活用した情報提供については、過年度、5号湾岸線（住吉浜）～3号神戸線（摩耶）間の乗継ぎ経路において収集機器を設置し、その実用可能性について一定の成果を得ていた。

そのような中、関係機関と平成27年5月実施に向け協議を進めていた3号神戸線（深江～武庫川）における通行止め補修工事において、工事期間中の阪神高速道路における渋滞の悪化、サービスレベルの低下を最小限にするため、様々な施策が検討されており、その対策の一つに、迂回乗継として3号神戸線（深江）～5号湾岸線（深江浜）間（約2km）の乗継区間を工事期間中限定で導入することとなった。対策効果を最大限に発揮させるには、ホームページや横断幕による事前広報等のこれまでの対策に加え、ドライバーに適切な情報をその場でリアルタイムに提供し、最適な経路選択を促すことで各道路の理想的な交通分担が図られると考え、課題はあるものの、

Bluetooth収集機器を乗継経路の路側に設置し、試験的な位置づけとして情報提供を行うこととなった。

さらに、平成27年10月に実施した5号湾岸線（南港～北港JCT）においても同様の理由から、情報提供を行った。本区間では、乗継経路が最長で約12kmにも及ぶ経路となり、中間に計測地点を設置し、約6kmのマッチングとなったものの、3号神戸線に比べて長い経路での試験実施となり、マッチング状況も含め、各種課題が判明したのでそれらについても記述する。

2. 3号神戸線における所要時間提供

(1) 活用技術の概要

走行する車両の車内にBluetooth通信が可能な状態のカーナビやスマートフォンを有している場合、路側に設置した収集機器で通過車両内にある端末等のMACアドレスを収集し、地点間でマッチングの上、単位時間（今回

は10分)あたりの最小値を計算することで、地点間所要時間を生成するものである。これら所要時間の生成については、西日本高速道路エンジニアリング中国(株)が保有するシステムを活用した。

(2) 機器設置

Bluetoothデータ収集機器は、3号神戸線においては、南芦屋浜集約料金所ブース、深江浜出口付近、深江入口料金所ブースの3箇所に設置した(図-1)。



図-1 機器設置位置図



図-2 機器設置状況(深江入口)

(3) 所要時間提供方法

阪神高速道路上の所要時間は既存のシステム(情報ターミナルⅢ型)で算出が可能であるが、一般道路の所要時間の把握ができない。そこで、一般道路区間については、Bluetoothデータ収集機器を設置し任意地点間の旅行時間の算出を行い、所要時間を補うことで情報提供を行った(図-3、図-4)。なお、一般道路区間は約2km(通過時間約5分)と短く、事故等がなければ収集から提供までの経過時間による誤差影響は小さいと考えられる。

所要時間情報提供は、5号湾岸線の本線上の南芦屋浜集約料金所で実施した。情報提供方法は、南芦屋浜集約料金所から京橋までの住吉浜を経由する通常の乗継ぎルートと今回の限定ルートである深江経由ルートの2ルートの所要時間を案内看板に表示して提供を行った。(図-5、図-6)

所要時間案内看板は、料金所前後2箇所に設置して情報提供を行った。(図-6)

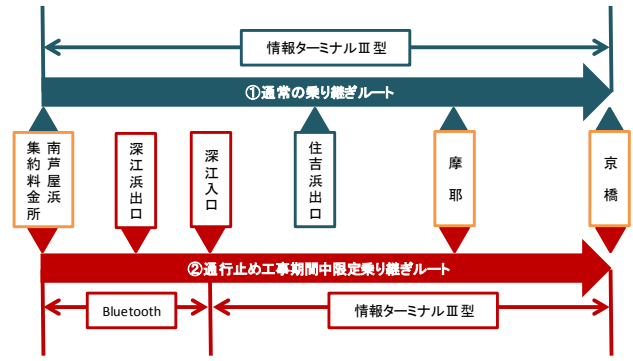


図-3 所要時間算出方法

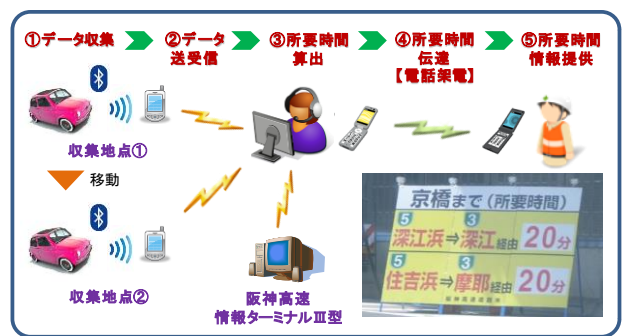


図-4 情報提供までの流れ



図-5 所要時間提供ルート図



図-6 案内看板設置状況(南芦屋浜集約料金所)

3.情報提供による効果 (3号神戸線)

(1) Bluetoothデータの取得状況

Bluetoothデータ収集率（取得MACアドレス数/通行台数）（図-7）をみると期間中は、平均15%程度取得ができていた状況であり工事3日目の5月28日（木）では、最大23%と高い取得率となった。区間全般に大型車が多く、運転中、ハンズフリーのマイクをスマートフォンと合わせて使用しているドライバーが多い影響が考えられる。

なお、Bluetoothから得られたMACアドレスを地点間でマッチングすることにより所要時間を算出するが「区間1：南芦屋浜集約料金所と深江浜出口」と「区間2：深江浜出口と深江入口料金所」の2区間でそれぞれマッチングさせ、所要時間の算出を行った。

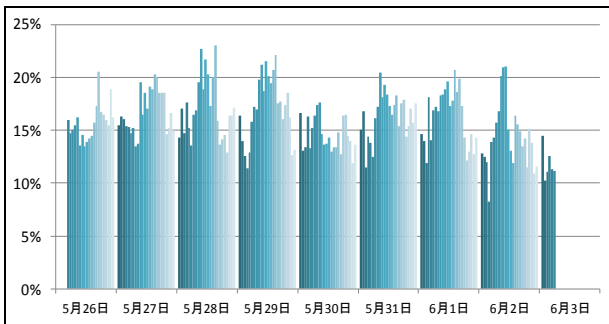


図-7 Bluetoothデータ収集率

図-8のとおり、2区間ともマッチング台数を確認すると、情報提供していた6時～21時ごろの10分間でのマッチング台数は、10台/10分以上となり安定的に所要時間を算出可能な台数が確保することができた。

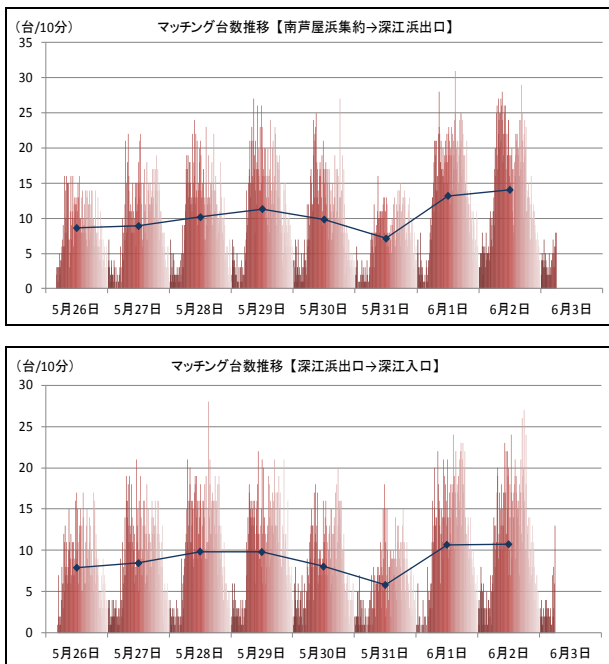


図-8 区間1 (上図) ,区間2 (下図) のマッチング台数

(2) 情報提供精度

図-9にあるように、深江経由ルートにおける平成27年5月27日に実施した走行速度調査結果と情報提供所要時間との差を比較すると大きな差はない。（所要時間案内看板は10分刻みで提供）なお、朝の走行速度調査結果に比べて深江浜→深江経由の提供所要時間が小さくなっていったのは、午前中に5号湾岸線（下り）住吉浜～深江浜間で事故に伴う渋滞が発生しており、Bluetooth収集機器による算出方法が、10分間計測した中の最小値を採用することになっていたため提供時間の方が小さくなったためと考えられる。また、このような事故発生時においては図-10のように所要時間が大きくなることから、収集から提供までの遅れ時間も大きくなる。図-10では南芦屋浜通過時刻を基準とした所要時間（実際は深江浜通過時刻で算出）であり、遅れ時間の影響がないため、一定の精度を確保できているが、当日は計測値を注視しながら、「計測不能」を掲出するなど、臨機の対応を行った。

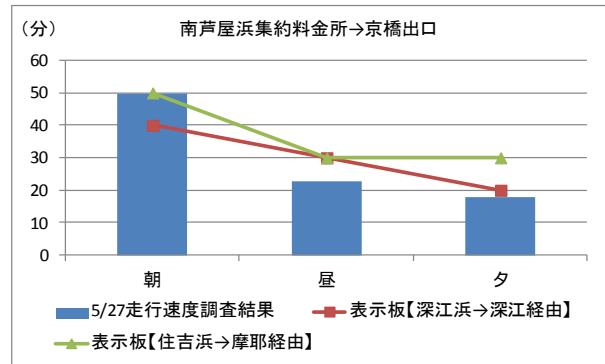


図-9 情報提供所要時間と実走行時間

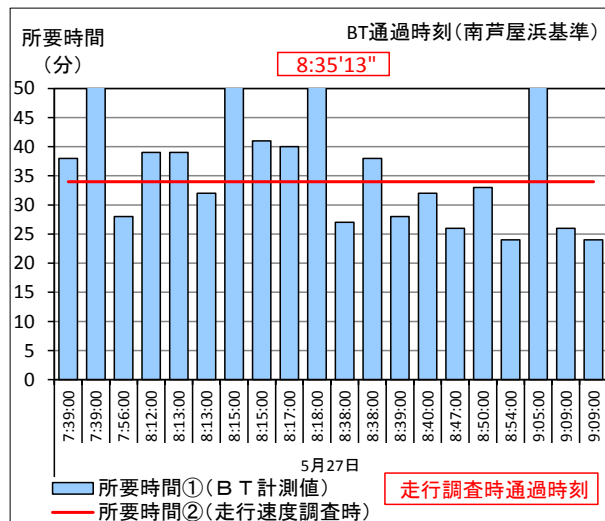


図-10 事故時 (5/27午前) の所要時間 (南芦屋浜→深江浜)

(3) 情報提供による効果

a) 経路選択状況

工事期間中における乗継台数分担割合の推移を図-11

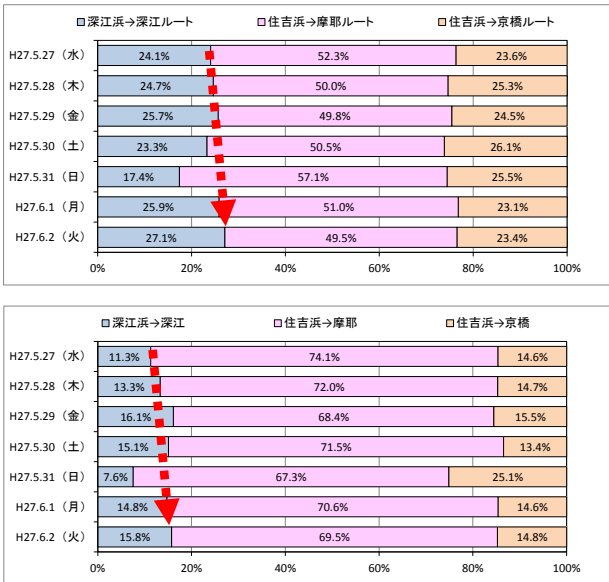


図-11 乗継台数の分担割合推移 (上：普通車,下：大型車)

に示す。普通・大型ともに期間の経過に従い情報提供を行った深江経由ルートの利用割合が増えている状況がわかる。

さらに通常の住吉浜ルートと比較した深江経由ルートの比率 (点線は1日の平均比率) と所要時間差の推移を図-12に示すが、住吉浜ルートとの所要時間差が大きいほど比率が平均より高くなる傾向が見られ、情報提供による経路変更状況が確認できた。

b) 渋滞への効果

高速道路上の通行止め時の事前の渋滞状況予測値 (平日の午前8時) と実績値 (通行止め期間午前8時の平日平均) を比較すると5号湾岸線 (下り) 住吉浜を先頭にした渋滞は、予想値よりも短く、平常日 (5月12日~19日午前8時の平日平均) と比較しても大幅に増加しなかった。(図-13, 図-14)

c) ばらつきの補正 (データクリーニング) の効果

今回は単位時間の最小値でデータクリーニングを行う

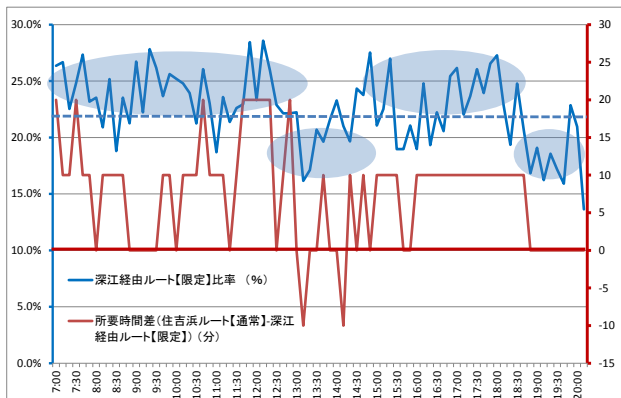


図-12 所要時間差と深江浜ルート比率

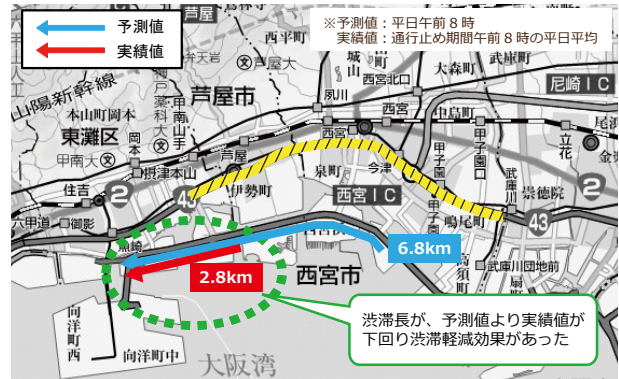


図-13 渋滞予測値との比較



図-14 平常日渋滞状況との比較

だが、かなり偏った値を代表値としており、時間により過大な所要時間が算出される場合もある。上限値を設ける案もあるが、より理論的かつ実用的な補正として、上坂ら¹⁾の研究における手法を適用し検証を行った。

具体的には図-15 のとおり、一定時間内の平均値、標準偏差から Z 値を算出し、データを採用するか否か判定する。Z₄ で h=1 時間として判定し、クリーニングした南芦屋浜→深江間の所要時間比較が図-16 である。

最小値では除去できない過大な所要時間が除去され、データの安定性向上が確認できる。なお、ここでの情報提供所要時間は実際の提供情報で、区間 1 と区間 2 の最小値同士をマッチングしたものであり、データの推移等を参考に、担当者の判断による補正 (10 分丸め) も含んでいる。

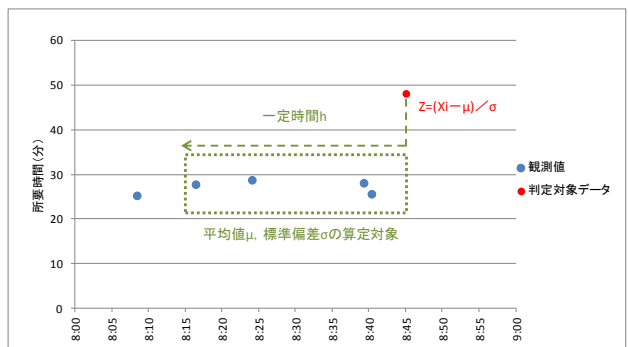


図-15 データクリーニングのイメージ

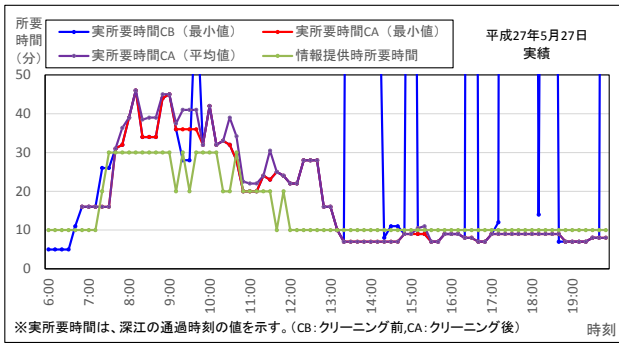


図-16 理論的クリーニングによる補正

4.5号湾岸線における所要時間提供

その後、平成 27 年 10 月 13 日 (火) から 5 号湾岸線 (南港～北港 JCT) においても 11 日間の通行止工事を行うこととなり、前項と同様に渋滞対策として、一般道路を含んだ乗継経路を設定するため、Bluetooth 収集機器を活用した所要時間の提供を実施した。事前の関係者協議において、特に国道 43 号線への転換、渋滞悪化が心配されており、北行南行共に迂回ルート②への転換を図るため、北行 (情報提供箇所：15号堺線上り 6.5kp 非常駐車帯内)、南行 (情報提供箇所：5号湾岸線上り 6.6kp 工事規制内) の両方向で情報提供を行った。

提供のための所要時間の算出方法及び提供方法は、前項の 3 号神戸線時と全く同じであり、工事期間中の午前 7 時から午後 8 時まで 10 分毎に所要時間の最小値データを抽出し一般道路の所要時間 (図中点線区間) とした。しかしながら、南行きは一般道路区間が最長約 12km と長く、時間遅れの影響に配慮して区間の途中に計測地点 (中間地点) を追加した。



図-17 情報提供箇所と迂回ルート (北行)



図-18 情報提供箇所と迂回ルート (南行)

(1) Bluetoothデータの取得状況

北行き、南行きの迂回ルート①、②における街路区間のBluetoothデータ取得状況を下表に示す。

表-1 全期間における5分あたりの平均マッチング数

区間	①弁天町⇒北港JCT	②北港JCT⇒弁天町	③北港JCT⇒夢咲TN	④夢咲TN⇒南港南
平均マッチング数/5分	1.71	1.42	10.98	6.71

表-2 全期間における5分あたりのマッチング数分布

マッチング数	(5分帯)			
	①弁天町⇒北港JCT	②北港JCT⇒弁天町	③北港JCT⇒夢咲TN	④夢咲TN⇒南港南
0	456	473	9	15
1	464	549	30	55
2	360	403	63	93
3	214	176	59	134
4	122	80	81	172
5	56	30	89	188
6	32	11	98	196
7	15	3	99	209
8	5	0	108	172
9	3	2	109	144
10	0	0	107	134
11以上	0	0	875	215

海側の人工島を通る南行③北港JCT⇒夢咲TN、④夢咲TN⇒南港南間においては、平均マッチング数が5分間で10台程度と3号神戸線に比べても多くのマッチング数になった。経路途中にコンテナターミナルがあること等により、大型車の比率が高いことが要因として考えられる。一方、陸側となる弁天町 (安治川) ～北港JCT間については、北行・南行ともに平均マッチング数が少ない結果となった。北行については迂回ルート②の選択が所要時間的に多かった事も要因として考えられる。特にこれらの区間では、同一トリップとは到底思えないような極端に大きな所要時間が計測されており、取得数が少ない

影響で経路途中に到着地を含むようなトリップを代表値として採用してしまう状況が確認できた。

図-19では10月15日（木）の中間地点の有無による所要時間の差（南行）を示しているが、中間地点がないと、中間地点付近を到着地とするデータが欠如し、データ数が少なくなり、所要時間の代表値が無い時間帯が生まれるとともに、全体的に大きめの所要時間となっている。

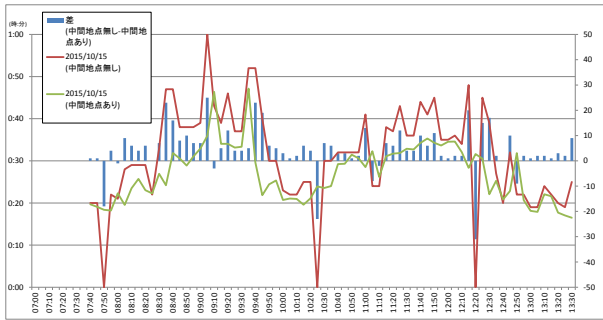


図-19 中間計測地点の有無による所要時間差（南行）

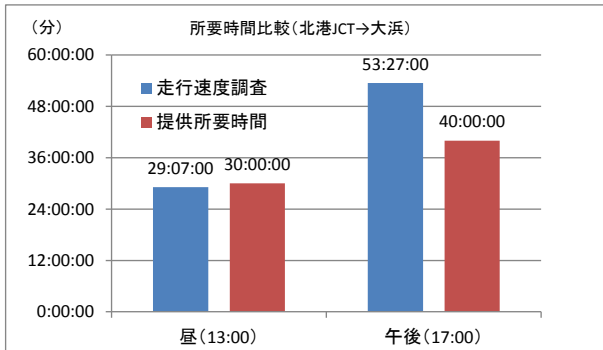


図-20 所要時間の比較（南行）10月15日（火）

表-3 通過時刻の比較

	走行速度調査の通過時刻	Bluetoothで採用された通過時刻
北港JCT	16:56:20	16:22:37
夢咲トンネル	17:09:43	16:39:14
南港南入口	17:45:45	16:48:49
大浜	17:49:47	

さらに所要時間の精度を、実走行による走行速度調査と図-20のように比較すると、経路上で渋滞の少ない昼（13時）では差が無いが、午後（17時）は、表-3のように30分以上の採用通過時刻のずれが生じており、最小値の影響も重なり所要時間が走行速度調査より13分ほど

小さ目の値となっている。経路途中に渋滞が発生する箇所を含む場合は、Bluetoothの検知範囲を配慮しつつ区間を細かくするなど何らかの対策が必要と考えられる。

(2) 情報提供による効果

3号神戸線と同様に各経路の分担率の推移を下図に示す。なお、比較的データ数も多く、所要時間提供が安定していた10月15日（木）の北行をここでは掲載する。

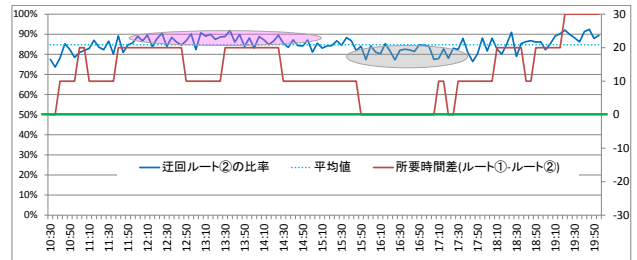


図-21 所要時間差と分担率（北行）

多くの時間帯において16号西大阪線を経由し国道43号を介して一般道路を通る迂回ルート①の経路の方が所要時間が大きくなっているものの、迂回ルート②との差の大小により分担率の推移に変化が見られ、一定の効果は確認できた。

5. まとめ

2つの通行止を伴う工事において、迂回経路における交通状況を「その場」で「リアルタイム」に提供することにより、一定の経路誘導効果が確認でき、関係者や利用者からの評価も高く、3号神戸線通行止時には渋滞も平常日程度に抑制させることができた。

また、データクリーニング手法の適用により、データの安定性向上も確認できたことから、今後さらに提供精度を高めるとともに試行を積み重ね、本手法の特性を明確にし、実務者による本手法を活用した情報提供の適用可否に関する判断等にも役立てていきたい。

参考文献

- 1) 上坂克巳,他：AVI データを用いた一般道路における時間信頼性指標の算出方法, 土木計画学研究・講演集 Vol. 41,

A UTILIZING BLUETOOTH DEVICES FOR MEASURING TRAVEL TIME OF ALTERNATE ROUTE DURING EXPRESSWAY CLOSURE PERIOD FOR INTENSIVE MAINTENANCE WORK

Takeshi HAGIHARA, Ichiro KOMOTO, Kentaro SUZUKI, Masanobu KAWAI, Dai TAMAGAWA, Takuma UEDA