

# 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

相原 秀多<sup>1</sup>・折野 好倫<sup>2</sup>・中沢 航太<sup>3</sup>・佐藤 久長<sup>4</sup>・菅 芳樹<sup>5</sup>

<sup>1</sup>非会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 土木技術部 交通技術課  
(〒160-0023 東京都新宿区西新宿一丁目23-7)

E-mail: h.aihara.aa@c-nexco-het.jp

<sup>2</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 八王子支社 (〒192-8648 東京都八王子市宇津木町231)

E-mail: y.orino.aa@c-nexco.co.jp

<sup>3</sup>非会員 中日本高速道路株式会社 八王子支社 (〒192-8648 東京都八王子市宇津木町231)

E-mail: k.nakazawa.aa@c-nexco.co.jp

<sup>4</sup>正会員 中日本ハイウェイ・エンジニアリング東京株式会社 土木技術部

(〒160-0023 東京都新宿区西新宿一丁目23-7)

E-mail: h.satoh.ab@c-nexco-het.jp

<sup>5</sup>非会員 株式会社地域未来研究所 (〒530-0003大阪府大阪市北区堂島一丁目5-17)

E-mail: suga@refrec.jp

高速道路の所要時間情報は、車両感知器で観測した速度データをもとに算出されているが、集中工事など車両の走行速度が著しく低速になる場合、車両感知器で算出した所要時間が実態と大きく乖離する場合がある。

そこで、実態の所要時間に少しでも近づけるため、走行車両が保有するBluetoothのMACアドレスを観測地点ごとに取得し、マッチングさせることにより区間所要時間の算出を行うシステムを開発し、中央自動車道集中工事で運用した。

今回その具体的な算定システムの内容やMACアドレスの観測状況、および現行所要時間やフローティング調査結果との比較検証を行うと共に、運用上の課題と対策について検証する。

**Key Words** :Bluetooth, Media Access Control address, Real-time information about the travel time

## 1. はじめに

中央自動車道（以下、中央道）高井戸IC～八王子IC間（25.8km）は、年平均日断面交通量76,000台程度で、上り線調布IC付近をボトルネックとした交通集中渋滞が平日の朝夕に慢性的に発生している。

工事渋滞を発生させないため、中央道高井戸IC～八王子IC間は、原則夜間規制のみとしていたが、時間的な制約の他、音の出る工事ができないことから抜本的な補修ができない状況にあった。

お客さまへのご迷惑を最小限に留め、道路構造物を健全に保持するため、短期間に昼夜連続規制を実施し工事

の集約化を図る集中工事を採用し、平成22年度から毎年実施している（図-1参照）。

集中工事期間中は、工事規制に伴い渋滞が一段と激しくなり、渋滞通過時間が著しく長くなっている。

お客さまへ精度の高い所要時間提供を行うことについて、現行の車両感知器の速度データによる所要時間算出方法では、走行速度が著しく低速となった状況下において、実所要時間に比べ提供時間が短くなる傾向があり、平成25年度中央道集中工事では、所要時間に関する多くの苦情を頂いた。

そこで、お客さまへ提供する所要時間情報の精度向上策として、Bluetoothを用いた所要時間の算定システム

を開発し、試行運用を実施した上で、平成26年度中央道集中工事にて国内の高速道路で初となるBluetoothを用いたリアルタイム所要時間提供を行った。

本報告では、Bluetoothを用いた所要時間の算定システムの紹介、試行運用結果を踏まえた平成26年度中央道集中工事におけるシステムの運用状況、Bluetoothを用いた所要時間の精度検証、運用上の課題と対策などについて整理する。



図-1 中央道集中工事区間

## 2. 現況所要時間提供の問題点と原因

平成25年度中央道集中工事では、上り線において停滞を伴う極端な速度低下が確認された。特に集中工事初日である5月13日（月）午前中は、IC流入交通や車線規制による絞込みの影響で稲城IC～国立府中IC付近がほぼ停滞状態となり、高井戸IC～八王子IC間の通常所要時間20分に対し、通過に最大300分（5時間）以上を要した。

しかし、八王子ICの約2km先の所要時間情報板や八王子IC周辺の集中工事用に設置した簡易表示板で提供していた所要時間は、図-2に示すように最大150分程度（表示は『2時間以上』）であり、フローティング調査の所要時間と大きく乖離した。



図-2 調査方法毎の所要時間比較  
（5/13 上り線 高井戸IC～八王子IC）

提供した所要時間が実態の所要時間と大きく乖離した原因は、現行の所要時間算出システムでは、約2km間隔に設置されている車両感知器で計測した速度データを用い、車両感知器毎に設定されている勢力範囲内を一定

速度で走行するものと仮定して所要時間を算出しているためと考えられる。現行システムの所要時間算出は、停滞を伴う極端な速度低下時には、渋滞区間内を均一速度では走行できず、発進・停止を繰り返す状態となり、以下の問題が発生する。

①車両感知器上で停止した場合、計測速度が0km/hとなり、所要時間が計算できなくなることから最低速度を現行システムでは定めている。これにより実際は停滞状態であっても速度が与えられるため、所要時間は実際より短くなる。

②速度データから所要時間を計算することから、図-3に示すように低速時では僅かな速度差でも所要時間が大きく変動してしまう。

以上から、集中工事期間中のような停滞を伴う極端な速度低下時における所要時間情報提供については、新たな方法による所要時間算出を模索する必要があった。

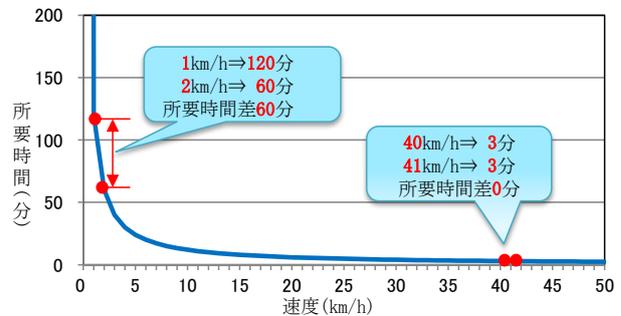


図-3 2km区間の走行速度別所要時間

## 3. Bluetoothを用いた所要時間算定システム

### (1) Bluetoothとは

Bluetoothとは、携帯情報機器などの短距離間（最大でも100m程度）の機器間接続に使われる無線通信技術の一つである。Bluetoothは、通信の宛先を特定するためMACアドレス（Media Access Control address, 英数字12桁からなる固有の認識番号、例:1a:2b:3c:4d:5e:6f）を使用している。

### (2) Bluetoothを用いた所要時間算定システム

Bluetoothを用いた所要時間の算定は、走行車両に搭載されたカーナビゲーションや携帯端末等から発するBluetoothのMACアドレスを、MACアドレス収集アプリをインストールした受信機（スマートフォン）で受信し、異なる地点で計測された同一のMACアドレスをマッチングし、その通過時刻の差から算出する（図-4参照）。複数の計測地点（受信機設置箇所）を設定した場合、所要時間は、設定した計測地点毎の所要時間の和となる。

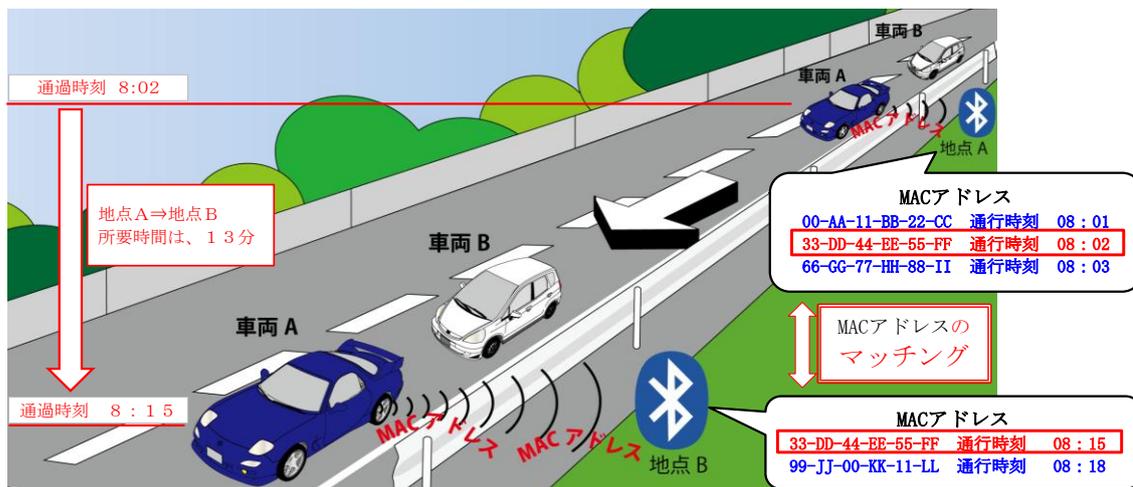


図-4 Bluetoothを用いた所要時間算定の概念

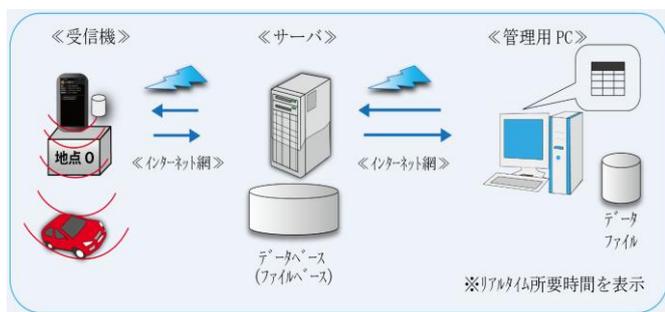


図-5 Bluetoothを用いた所要時間算定システム



図-6 管理用パソコンの表示状況

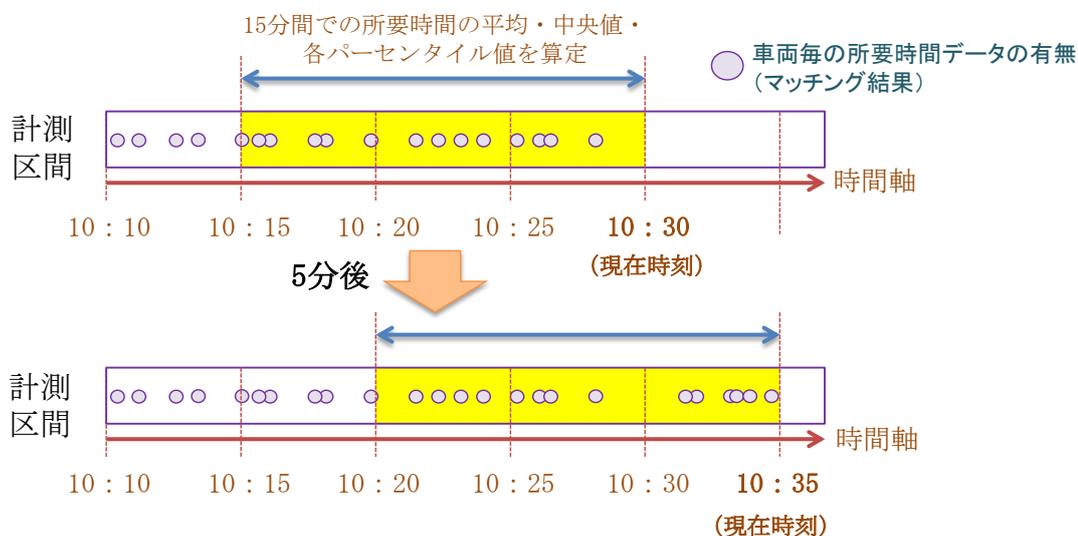


図-7 データ収集間隔と所要時間の5分更新

現地にて取得したデータは、一定間隔にインターネット網を介してサーバへ転送し、サーバから所要時間算定の管理用パソコンへデータ送信され所要時間が算定される(図-5, 図-6参照)。所要時間の算定間隔は、15分間に収集されたデータにより算定された所要時間を、通常5分更新で行っている(図-7参照)。データの収集時間や所要時間の更新時間は、変更可能となっている。

算定された所要時間は、交通状況や道路状況に応じ、最大値・最小値・平均値・各パーセントタイル値(5%刻み)で管理用パソコンに表示可能である。また、所要時間の推移がわかるように5分間隔に過去25分間(任意に設定可能)の所要時間を表示させている。

また、異常値を排除するため、受信機間である計測区間の最大所要時間の設定(最大所要時間設定を超えて算定された値は集計の対象外となる)を設けている。



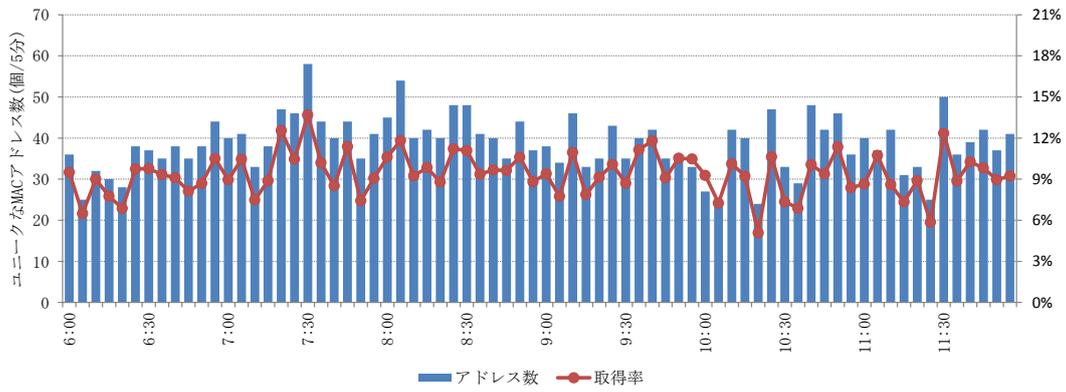


図-9 三鷹BSでのMACアドレスの取得状況（上下線）

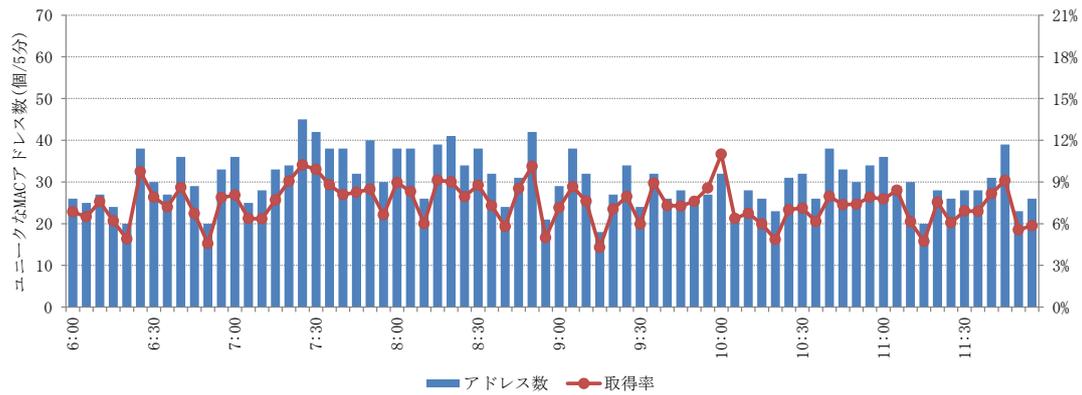


図-10 深大寺BSでのMACアドレスの取得状況（上下線）

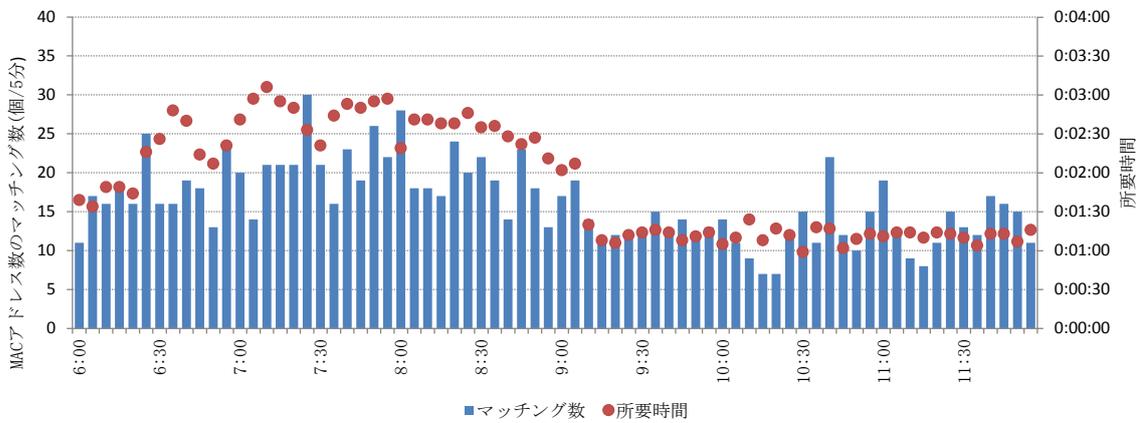


図-11 上り線 MACアドレスのマッチング状況

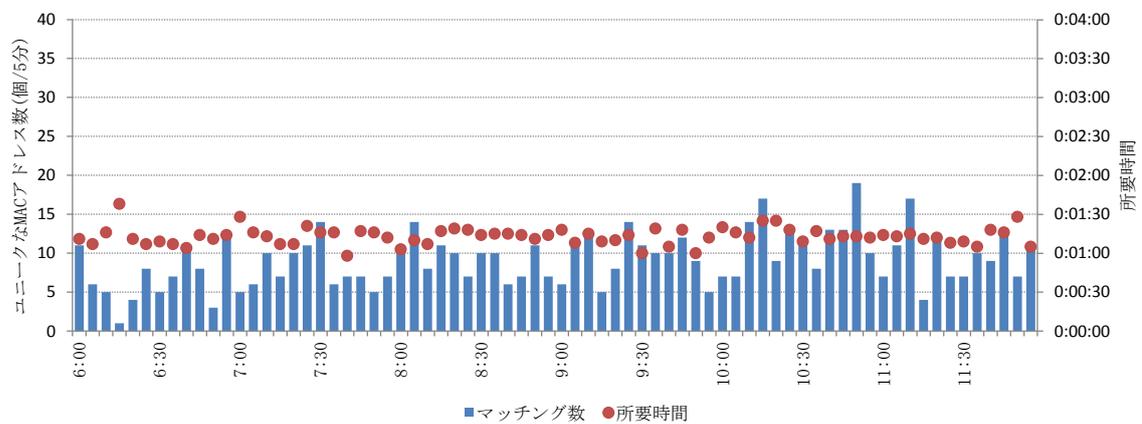


図-12 下り線 MACアドレスのマッチング状況

## (2) 受信機の設置位置

受信機の設置高さによるMACアドレスの取得数に違いがあるのかを確認し、効果的な受信機の設置位置を検討した。

比較する受信機の設置高さは、実運用を想定し、防護柵支柱の根本（路面より約0.2mの高さ）と非常電話の天端（路面より約1.9mの高さ）の2箇所とした（写真-1参照）。

平成26年2月7日（金）8：00～9：00 中央道上り線三鷹BSにて確認した結果、防護柵支柱の根本に設置した受信機の5分間断面交通量に対するユニークなMACアドレスの取得率は8.8%、非常電話の天端に設置した受信機のユニークなMACアドレスの取得率は10.7%であった。

非常電話の天端に設置した受信機は、防護柵支柱の根本に設置した受信機に比べ、ユニークなMACアドレスの断面交通量に対する取得率が高かったことから、ある程度高さのある位置が効果的と判断した。

また、受信機は、集中工事期間が土日を含まない10日間であり、設置から2週間程度連続稼働させる必要があるため、簡易に充電用100V電源の供給が可能で、且つある程度の高さのある非常電話の天端あるいは車両感知器処理部の天端等に設置することとした。受信機は、風雨に曝されることから、防滴ケース内に収容した。



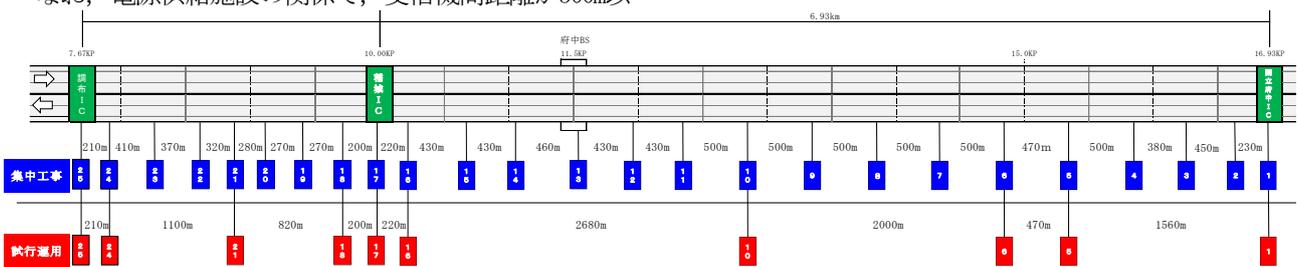
写真-1 受信機の設置事例

## (3) 受信機の配置計画

集中工事でのBluetoothを用いた所要時間提供区間は、平成25年度中央道集中工事にて、著しい渋滞が発生した調布IC～国立府中IC間（9.2km）の上り線を主に計画した。

集中工事の受信機の配置は、受信機の主たる電源供給施設である非常電話の500m間隔を基本とした。

なお、電源供給施設の関係で、受信機間距離が500m以



※数字は、計測地点（受信機設置箇所）No.をしめす。

図-13 集中工事・試行運用での計測地点（受信機配置）

上と離れる区間は、間に計測地点を設け計測区間距離を500m以内とした。

平成25年度集中工事で著しい速度低下が確認された連絡等施設周辺では、隣合う計測地点で走行車両から発するMACアドレスを同時刻に取得しないと考えられる200m間隔まで狭めた。また、基点となるICにも計測地点を設けた（図-13参照）。

## (4) 試行運用

試行運用は集中工事での運用を想定し、平成26年3月19日（水）～24日（月）の6日間、中央道調布IC～国立府中IC間で実施した。

受信機は上り線左側路肩に200m～2,680m間隔に集中工事の受信機設置箇所を間引いた10地点に配置した。通常時に比較的著しい渋滞が発生する調布IC～稲城IC間は密に、稲城IC～国立府中IC間は1計測区間を除き粗とした（図-13参照）。受信機を間引いて実施したのは、通常時に比較的著しい渋滞が発生しない計測区間は、通過にさほどの時間を要しないと考えたからである。

Bluetoothを用いた所要時間の算定単位は、上下線の各IC区間である。

IC間の所要時間は、各計測区間毎に算出した所要時間の同時刻和としている。

試行運用では、算定された所要時間の採用値の設定、異常値の除去の必要性とその方法について、確認・検討した。

### a) 採用値の設定

採用値の設定では、Bluetoothを用いた所要時間算定システムにより算定された所要時間（最大値・最小値・平均値・各パーセントタイル値）のどの統計値を採用するのが良いか検討した。試行運用で検討する所要時間のパーセントタイル値は、所要時間が短くなることを懸念し、50%（中央値）・85%・95%タイル値とした。

Bluetoothを用いた所要時間の算定結果を図-14に示す。

所要時間の採用値は、前後の所要時間のばらつきが最も小さく、車両感知器による所要時間と比べほぼ同様の傾向を示した中央値とした。

ただし、中央値においても、所要時間が長くなる異常値がみられるため、異常値の排除が必要になった。

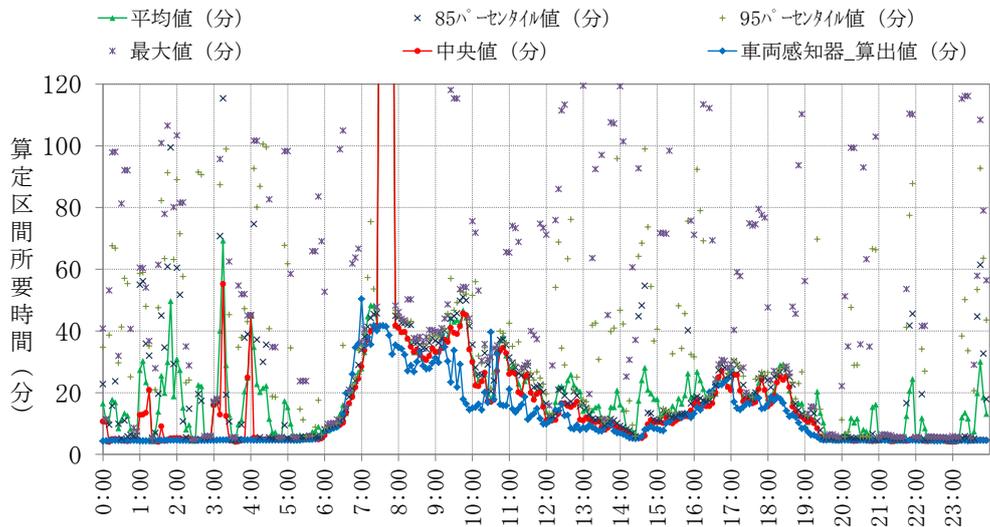


図-14 統計値別の所要時間算定結果 3/20 上り線 稲城IC~国立府中IC

### b) 異常値の排除

MACアドレスのマッチングにより算定された所要時間は、極端に長くなることがある。この原因について、取得したMACアドレスを受信機毎に追跡し確認した。

走行車両から発するMACアドレスは、必ずしも各受信機で受信できるものではない。このため、上流側の受信機で受信されたMACアドレスが、下流側の受信機で受信されず、その後、Uターンをし、反対方向を走行した時に、下流側の受信機でMACアドレスを受信した事例が確認された(図-15参照)。

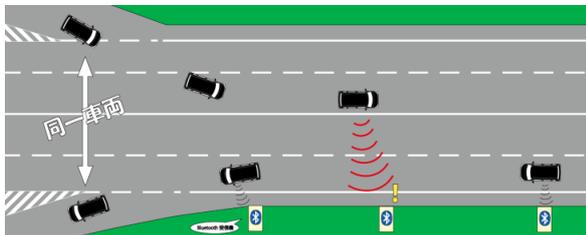


図-15 異常値の事例

また、異常値は交通量が減少する深夜において、マッチング数が単位時間(15分間)あたり1個あるいは2個と少ない場合に多く発生していた。

対応として、単位時間に3個以上のMACアドレスのマッチングデータが揃わない計測区間の所要時間算定は不可能とし、計測区間を拡大し所要時間を算定する処理を行うこととした(図-16参照)。

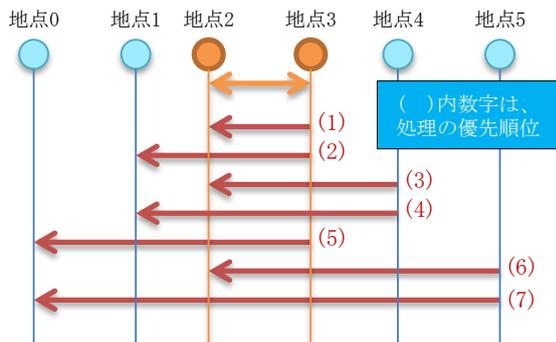


図-16 所要時間の区間拡大処理の順序

この結果、図-17のとおり、ほとんどの異常値の排除が可能となり、集中工事でこれらの処理を適用することとした。

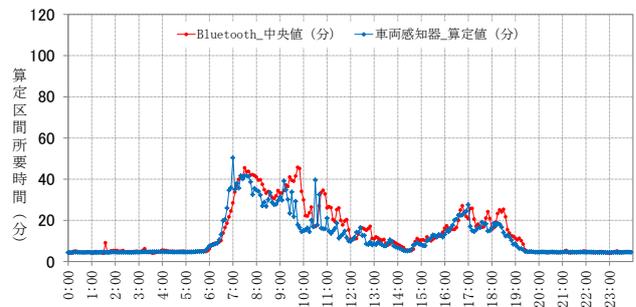


図-17 区間拡大処理後の所要時間 (3/20 上り線 稲城IC~国立府中IC)

### (5) 実施判断

以上の結果、BluetoothのMACアドレスの取得により、現行車両感知器による所要時間算定システムと同等の所要時間算定が可能であることが確認できた。

なお、集中工事においても大きく交通量が減少する深夜では、受信機を設置していない方向の所要時間の計測は難しいことが予想された。

## 5. 中央道集中工事運用

### (1) 集中工事運用

中央道集中工事は、平成26年5月12日(月)~5月23日(金) 土日を含まない10日間実施され、集中工事期間をとおり、Bluetoothを用いた所要時間の算定を実施した。

Bluetoothを用いた所要時間の算定は、調布IC~国立府中IC間の上下線各IC間とした。

なお、今回は平成25年度中央道集中工事の所要時間の実績を踏まえ、上り線を優先としている。

図-18は、集中工事区間で最も所要時間を要した中央道上路線稲城IC～国立府中IC間、5月13日（火）の車両感知器・Bluetooth・フローティング調査による所要時間を示したものである。車両感知器とBluetoothを用いた所要時間は計測区間毎に算出された同時刻の所要時間の和であるのに対し、フローティング調査による所要時間は、実際にかかった所要時間であるため整合しないのは自明であるが、渋滞時のBluetoothを用いた所要時間は、車両感知器による所要時間に比べ大きな数値を示し、フローティング調査による所要時間に近い傾向にあり、所要時間が増加するほど、実態値を反映していると考えられる。

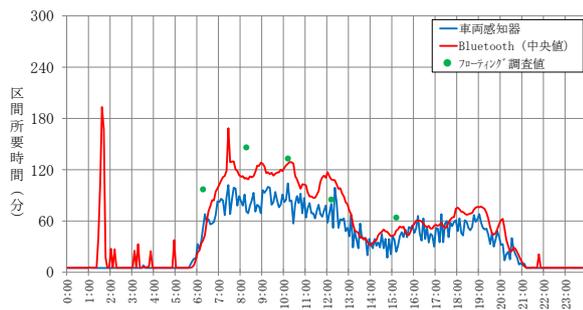


図-18 手法別の算定所要時間  
(5/13 上路線 稲城IC～国立府中IC)

## (2) 異常値排除と精度検証

中央道上路線稲城IC～国立府中IC間、5月13日（火）の非渋滞時に発生した異常値の排除と、同5月20日（火）6時10分のBluetoothを用いた所要時間とフローティング調査による所要時間の比較をそれぞれ実施する。

### a) 非渋滞時の異常値排除

5月13日（火）上路線稲城IC～国立府中IC間のBluetoothを用いた渋滞時の所要時間は、安定して算定されているものの、非渋滞時である1時～5時頃に、5分間隔で算定された所要時間をみると、前後に算定された所要時間と比べ長くなる異常値が発生した（図-18参照）。集中工事前半である5月13日（火）の計測区間の最大所要時間の設定は、120分としていた。この異常値の対応として、集中工事前半で収集したデータを基に、最大所要時間の設定を、30分・60分とシミュレーションした結果、30分に変更することで、所要時間の算定に影響なく、異常値のほとんどの排除が可能となる結果を得た。

集中工事の後半（5月19日（月））から、Bluetoothを用いた所要時間算定システムの計測区間の最大所要時間の設定は、120分から30分に変更し、計測区間で算定された30分以上の所要時間を15分間の集計データの対象としないことで、ほとんどの異常値の排除が可能となった（図-19参照）。

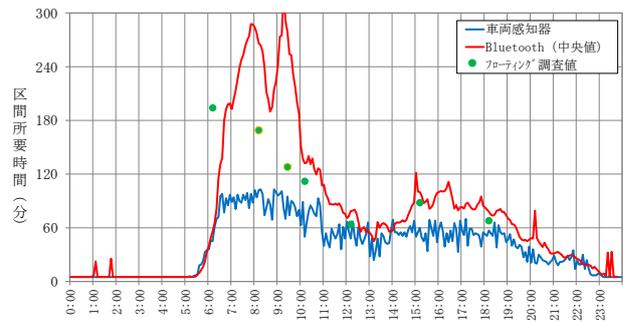


図-19 手法別の断定所要時間  
(5/20 上路線 稲城IC～国立府中IC)

### b) Bluetoothを用いた所要時間の精度検証

図-20は、上路線稲城IC～国立府中ICのBluetoothを用いた所要時間とフローティング調査による所要時間の相関を示したものである。

フローティング調査による所要時間は、フローティングカーに搭載したGPS受信機により計測された時刻と位置情報による。このGPS受信機は、1秒間隔で位置情報を収集し、所要時間の算定にあたっては、受信機の設置位置に最も近い計測地点のデータを用いて所要時間を算定され、集中工事期間中3日間計18走行実施している。

Bluetoothを用いた所要時間とフローティング調査による所要時間の決定係数は、0.44となった。高い相関関係がみられなかった原因は、一部の所要時間で大きな乖離が発生していたことである。この大きな乖離は、5月20日（火）6:10と8:10である。

そこで、所要時間差が140分程度発生していた5月20日（火）6:10におけるBluetoothを用いた所要時間とフローティング調査値の内容について確認した。

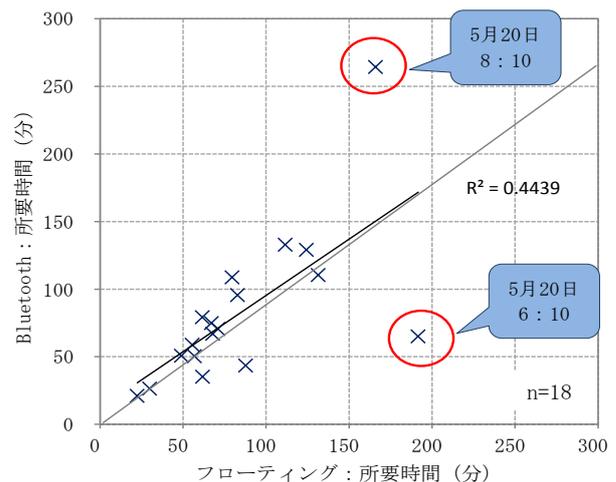


図-20 Bluetooth所要時間とフローティング調査値  
(上路線 稲城IC～国立府中IC間)

表-1 5/20 稲城 IC～国立府中 IC Bluetoothを用いた所要時間とフローティングカーの軌跡

Bluetoothによる 所要時間算定時刻	上り線 稲城IC～国立府中IC間 計測区間別のBluetooth所要時間 (通常時所要時間(分)) →: 進行方向																国立府中IC→稲城IC		
	0102 (0.2)	0203 (0.3)	0304 (0.3)	0405 (0.4)	0506 (0.4)	0607 (0.4)	0708 (0.4)	0809 (0.4)	0910 (0.4)	1011 (0.4)	1112 (0.3)	1213 (0.3)	1314 (0.3)	1415 (0.3)	1516 (0.3)	1617 (0.2)	① 所要時間 (分)	② タイムス タース所 要時間 (分)	①-② 所要時間 差 (分)
2014/05/20 06:00:00	0.1	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	2.5	3.0	3.9	4.3	3.9	3.2	5.5	4.7	6.0	0.8	39.4	77.7	-38.3
2014/05/20 06:05:00	0.0	0.2	0.3	0.3	1.0	3.3	3.7	3.5	4.2	4.5	4.6	5.4	6.4	4.9	6.1	0.4	48.8	106.0	-57.3
2014/05/20 06:10:00	0.0	0.3	0.2	0.3	1.9	3.7	4.0	5.2	4.5	5.4	5.8	5.3	7.3	5.9	5.2	0.9	56.7	126.9	-70.3
2014/05/20 06:15:00	0.0	0.2	0.3	0.5	2.8	3.0	4.4	4.9	4.8	6.6	7.1	5.4	6.4	5.7	7.7	3.0	64.7	142.5	-77.8
2014/05/20 06:20:00	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.8	5.3	5.0	4.5	4.7	5.7	6.5	12.6	10.6	9.0	1.8	81.1	164.0	-82.9
2014/05/20 06:25:00	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	6.5	6.7	4.7	10.0	13.7	11.0	13.6	13.9	10.3	8.9	1.8	115.4	191.0	-75.6
2014/05/20 06:30:00	0.0	0.0	0.0	0.0	5.7	7.9	9.2	8.9	15.2	14.6	11.4	11.2	13.8	9.9	9.5	2.1	131.0	194.1	-63.2
2014/05/20 06:35:00	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	6.1	9.6	16.9	15.9	14.6	10.2	10.3	11.9	10.8	11.2	3.3	138.1	201.0	-63.0
2014/05/20 06:40:00	0.0	0.0	0.0	0.0	15.4	16.3	14.5	16.4	15.6	13.9	10.2	11.1	12.6	11.9	11.6	4.1	179.6	206.1	-26.5
2014/05/20 06:45:00	6.7	5.0	12.2	16.5	17.1	15.7	11.4	15.0	13.3	12.6	10.4	12.6	13.6	13.6	13.1	4.1	192.8	205.3	-12.5
2014/05/20 06:50:00	6.9	7.5	13.1	18.0	16.4	14.0	10.4	12.2	11.8	12.6	11.3	13.8	16.6	16.5	13.8	3.4	198.2	203.4	-5.2
2014/05/20 06:55:00	6.9	8.4	10.5	14.7	16.3	10.5	9.8	11.6	12.8	15.8	13.9	15.7	17.9	16.8	13.8	3.5	198.9	201.3	-2.4
2014/05/20 07:00:00	6.8	8.2	7.9	11.7	10.9	10.9	10.9	14.0	15.3	16.1	12.6	16.2	17.8	15.7	13.8	3.5	192.7	199.5	-6.9
2014/05/20 07:05:00	7.1	9.9	7.8	12.8	10.6	11.4	12.6	15.8	16.2	16.4	15.5	17.8	17.2	15.1	14.0	3.2	203.2	199.7	-3.4
2014/05/20 07:10:00	7.5	10.2	8.2	11.9	11.8	12.6	14.2	17.3	18.1	16.4	16.5	16.3	16.5	18.2	14.6	3.8	213.9	195.0	-18.9
2014/05/20 07:15:00	8.0	10.8	9.4	14.7	14.8	15.7	14.7	17.5	18.3	18.1	16.3	17.4	16.4	16.5	14.2	3.7	226.3	190.3	-36.0
2014/05/20 07:20:00	8.4	11.9	12.3	14.8	15.5	16.6	14.9	17.6	17.9	18.8	16.3	16.7	18.3	20.9	14.3	3.7	238.9	185.6	-53.3
2014/05/20 07:25:00	8.7	11.1	14.2	15.7	15.9	16.9	15.9	18.0	18.0	18.3	14.6	18.5	24.2	19.8	14.2	3.5	247.9	180.9	-67.0
2014/05/20 07:30:00	8.8	11.0	14.1	15.7	13.6	16.8	15.9	19.6	20.8	19.5	18.0	19.2	21.1	20.6	14.9	3.8	253.1	176.3	-76.8
2014/05/20 07:35:00	9.2	11.5	14.1	14.2	19.5	17.5	16.7	20.2	21.9	19.9	18.5	19.2	21.1	20.2	14.9	4.5	263.1	184.6	-78.5
2014/05/20 07:40:00	9.5	13.6	14.5	16.6	20.3	17.9	16.7	21.3	22.1	21.6	18.3	18.6	20.6	19.5	15.4	3.5	269.7	180.7	-89.0
2014/05/20 07:45:00	9.6	13.9	15.7	17.2	17.1	20.7	19.4	21.9	22.1	21.5	18.3	18.3	20.2	19.2	15.5	3.3	274.0	183.4	-90.6
2014/05/20 07:50:00	10.1	14.4	16.3	20.9	22.5	23.3	20.8	20.0	21.8	21.7	18.1	18.3	20.0	17.7	15.2	6.3	287.7	182.0	-105.7
2014/05/20 07:55:00	10.1	16.3	17.4	22.0	22.4	23.1	20.9	21.6	22.6	22.4	18.6	17.4	18.6	17.4	13.7	2.9	287.1	179.6	-107.5
2014/05/20 08:00:00	9.9	11.9	17.8	23.4	23.1	24.0	21.7	22.8	22.4	21.2	16.8	16.3	17.4	17.1	13.5	4.5	283.6	174.6	-108.9
2014/05/20 08:05:00	0.0	17.2	17.3	23.1	22.9	23.2	20.1	23.1	22.0	20.5	16.8	14.9	17.7	16.5	13.6	2.6	271.4	169.7	-101.8
2014/05/20 08:10:00	0.0	11.9	18.9	25.0	22.5	22.9	19.4	19.5	20.4	20.9	17.3	15.4	17.5	17.0	13.7	3.5	265.7	166.6	-99.2
2014/05/20 08:15:00	0.0	15.3	18.9	25.4	22.6	18.7	17.6	20.7	20.9	18.5	17.2	16.2	18.2	16.8	13.0	3.8	263.7	167.0	-96.7
2014/05/20 08:20:00	0.0	13.1	17.5	22.7	20.9	18.6	17.6	19.4	20.4	17.6	17.2	16.1	18.1	18.1	13.7	4.7	256.7	165.4	-91.3
2014/05/20 08:25:00	0.0	13.1	16.0	17.2	18.0	15.4	14.7	19.0	17.6	17.6	16.4	15.4	19.7	17.4	13.2	4.0	234.5	163.2	-71.3
2014/05/20 08:30:00	7.4	11.2	13.6	16.4	14.2	13.7	9.4	12.4	15.6	13.2	15.6	15.2	18.0	17.4	13.8	4.1	240.5	150.2	-90.3
2014/05/20 08:35:00	7.2	9.5	12.1	15.3	13.9	13.2	9.2	11.2	14.6	13.2	15.2	16.3	18.6	17.4	13.4	3.5	273.0	150.6	-122.4
2014/05/20 08:40:00	0.0	2.0	11.3	12.0	10.7	11.4	10.4	11.1	15.9	11.0	16.8	18.3	18.6	22.2	14.3	3.4	274.4	149.8	-124.6
2014/05/20 08:45:00	0.0	1.8	9.6	9.3	9.8	11.0	11.0	13.0	13.7	17.5	17.0	19.4	22.9	21.9	14.3	2.3	274.4	149.8	-124.6
2014/05/20 08:50:00	0.0	6.0	8.5	9.9	10.4	11.8	12.1	13.3	17.5	20.9	17.3	20.6	22.9	14.2	2.6	274.4	149.8	-124.6	
2014/05/20 08:55:00	7.8	1.4	9.6	10.6	12.1	12.6	2.5	1.5	26.9	24.4	25.4	20.5	27.0	22.4	14.5	4.1	274.4	149.8	-124.6
2014/05/20 09:00:00	0.0	1.0	10.5	12.0	15.8	10.3	3.5	23.9	29.4	26.9	21.8	20.5	27.1	19.1	14.3	4.6	274.4	149.8	-124.6
2014/05/20 09:05:00	0.0	1.5	13.5	0.8	21.9	22.7	24.7	27.2	29.1	27.2	19.5	20.1	22.6	22.8	14.8	4.7	273.0	150.6	-122.4
2014/05/20 09:10:00	0.0	2.8	15.9	8.6	23.4	26.1	25.5	27.2	20.6	26.4	17.2	19.8	24.7	18.8	14.3	2.7	274.4	149.8	-124.6
2014/05/20 09:15:00	11.5	13.5	22.2	26.1	25.6	26.4	24.9	27.2	27.6	21.2	19.6	20.6	24.0	19.6	14.4	3.4	327.6	156.2	-171.5
2014/05/20 09:20:00	10.2	6.5	21.0	26.4	18.0	19.8	18.2	23.5	26.9	24.0	20.2	20.4	24.2	19.1	9.1	3.3	290.6	151.2	-139.4
2014/05/20 09:25:00	0.0	6.4	21.0	27.3	26.4	23.8	17.8	20.9	24.0	23.6	20.5	20.0	22.5	12.8	9.6	2.6	279.1	146.2	-132.9

計測区間0102は、計測地点No.1とNo.2間を示す。

→: フローティングカーの軌跡。

表-1は、Bluetoothを用いた所要時間とフローティング車両の軌跡を示したものである。

Bluetoothを用いた所要時間は、6時10分に算定されたものであり、この時、計測地点5～計測地点17間で渋滞あるいは混雑が発生したものと推測できるが、さほど著しいものではなく、56分と算定された。

一方、フローティングカーは、著しい渋滞が一気に下流側へ延伸していく渦中を走行していることが、Bluetoothを用いた所要時間の算定結果より分かる。

本結果より、Bluetoothを用いた所要時間算定とはいえ、同時刻和による現在所要時間が渋滞の延伸時においては、実所要時間と大きく乖離していることが改めて確認された。

### (3) Bluetoothを用いた所要時間の採用方法

Bluetoothを用いたリアルタイムな所要時間提供は、初の試みということもあり、車両感知器による所要時間と比較し、Bluetoothを用いた所要時間が30分以上長い場合に採用することとした（この30分については、今後の課題と考えている）。

結果、上り線稲城IC～国立府中IC間で提供したBluetoothを用いた所要時間は、集中工事期間中15%、著しい渋滞が発生した6時～12時に絞ると約40%であった。上り線調布IC～稲城IC間と下り線調布IC～国立府中IC間の3区間において、Bluetoothを用いた所要時間は、著しい渋滞が発生しなかったことから、提供することはなかった。

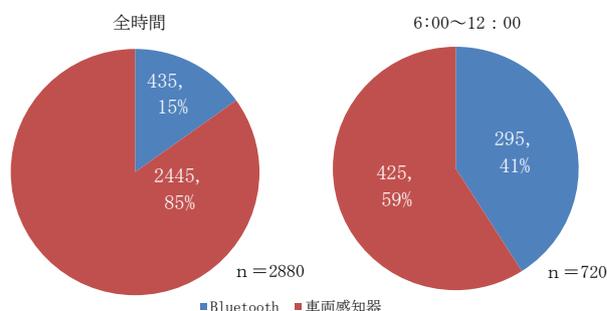


図-21 手法別の所要時間の提供率 (上り線 稲城IC～国立府中IC)

## 6. 運用上の課題と対策

### (1) 所要時間の信頼性向上

Bluetoothを用いた所要時間算定の信頼性向上には、より多くのMACアドレスを取得することが考えられる。

これらは、所要時間が長くなる異常値が、マッチングデータが少ない時に発生していたこと（図-19参照）、マッチングデータが少ないことで所要時間の算定ができない時間帯が発生することである。

走行車両から発するMACアドレスをより多く取得するため、集中工事終了後に受信機数を試行的に増やし確認した。

結果は、同一箇所に設置した受信機8機で取得したユニークなMACアドレス数を基に、受信機1機では50～60%程度の取得率だったのが、2機では70～80%程度、3機では85～95%程度、4機では98%程度と高くなり、受信機数を増やすことで、MACアドレスの取得数は増加した。

今後は、効率的な受信機数を検討したい。

### (2) 受信機の温度対策

図-22は、集中工事期間の受信機のバッテリー温度であり、外気温に対し+25℃程度高くなっていた。受信機は、バッテリー温度が60℃以上になると動作環境に影響する。

このため、夏季の運用に当たっては、バッテリーの温度対策が必要と考えられた。

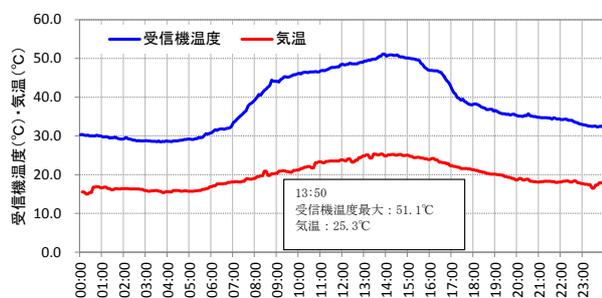


図-22 5/19 調布 ICの受信機バッテリー温度

そこで、恒温恒湿槽を用いて受信機のバッテリー温度上昇対策について、実験を行った。

実験条件は、湿度を60%に保ち、温度を25℃～40℃に5℃刻みで上昇させた。

受信機のバッテリー温度上昇対策案として、送風ファンと日射避けの屋根を設置した収納ケースを、3サイズ用意した（写真-2参照）。

結果は、Aの従来使用している収納ケースに入れたものは、設定温度+9℃程度、B・C・Dの送風ファン付の収納ケースは、設定温度+6℃程度でサイズによる違いはみられていない、収納ケースに入れないものが設定温度+5℃程度であった（表-2参照）。

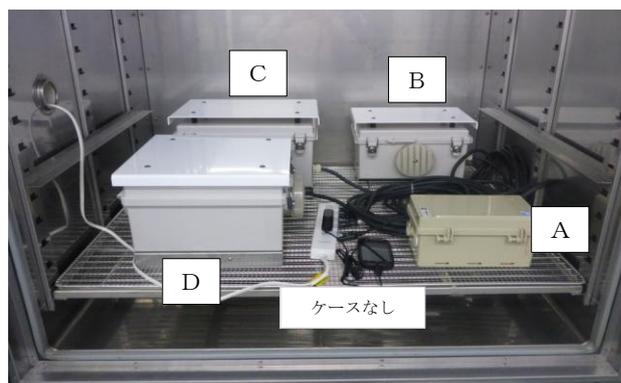


写真-2 受信機バッテリー温度実験状況

表-2 バッテリーの温度上昇

収納ケース	送風ファン	湿度	温度	設定温度に対するバッテリーの上昇温度
A	なし	60%	25℃ ～ 40℃	+ 9℃程度
B	有			+ 6℃程度
C				なし
D	なし			

送風ファンは、バッテリー温度上昇に多少なりとも有効であるという結果を得た。結果として、バッテリーの温度上昇は、外気温に比べ25℃程度高くなったことから、外気温による影響より、日射による影響が大きいものと推測される。

今後は、日差しが強くなる時期に暴露試験を行い、日除け設置による効果を観察していく。

## 7. 終わりに

Bluetoothを用いた所要時間算定は、集中工事規制時などの著しく低速になる渋滞時においては、精度に課題が残るものの、車両感知器データに比べ実走行所要時間に近いことが確認できた。

今後は、個人情報保護法の改正を見据えつつ、大規模修繕工事における渋滞通過時間等について、Bluetoothを用いた所要時間算定結果を連動させた情報提供の取り組みや、一般道迂回路やランプでの活用を検討すると共に、抜本的な課題である予測所要時間の提供に向けた検討も進めたい。

### 参考文献

- 1) 中沢航太, 相原秀多, 菅芳樹, 高橋秀喜, 石橋善明, 折野好倫: 高速道路の工事規制区間におけるBluetoothを活用した精度の高い所要時間情報の算定方法, *PIARC Seoul 2015*