

# 論文 小型情報端末を活用した地方鉄道における 軌道管理手法の構築

篠田 憲幸<sup>1</sup>・佐藤 安弘<sup>2</sup>・緒方正剛<sup>2</sup>・森 裕貴<sup>3</sup>・綱島 均<sup>4</sup>・松本 陽<sup>4</sup>

<sup>1</sup>交通安全環境研究所 交通システム研究部 (〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27)  
日本大学生産工学研究科機械工学専攻(博士後期) E-mail: nshinoda@ntsel.go.jp

<sup>2</sup>正会員 交通安全環境研究所 交通システム研究部 (〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27)  
E-mail: ya-sato@ntsel.go.jp E-mail: ogata@ntsel.go.jp

<sup>3</sup>交通安全環境研究所 交通システム研究部 (〒182-0012 東京都調布市深大寺東町7-42-27)  
E-mail: h-mori@ntsel.go.jp

<sup>4</sup>日本大学生産工学部鉄道工学リサーチ・センター (〒275-8575 千葉県習志野市泉町1丁目2-1)  
E-mail: tsunashima.hitoshi@nihon-u.ac.jp E-mail: matsumoto.akira21@nihon-u.ac.jp

営業列車を利用した軌道の状態監視において、比較的高精度で軌道状態が監視できる列車動揺検査装置として、センサ及び通信機能を内蔵した小型汎用情報端末の活用が有効であると考えられる。その際に、小型汎用情報端末内蔵のGPSの緯度経度を用いた位置情報では、適切な補修位置を指示することが精度的に問題があると考えられる。そこで、GPSの搬送波のドップラ効果に基づき測定される速度に着目し、この速度情報を移動距離に換算し、軌道補修の位置同定の精度検証及びGPSの速度情報を地点検知データとして活用するための検証を行った。また、営業列車で車両動揺を測定するには、車両前部台車中心の床面での測定は現実的にはできないため、運転台等で測定するための課題と解決方法を検討した。検討の結果、小型汎用情報端末を用いて車両動揺を高頻度に測定することが可能であることが明らかになった。

**Key Words :** Information terminal, Track management, GPS speed, Doppler effect, Position identification, Car-body vibration

## 1. 緒言

人口減少による輸送人員の減少及び若年労働者が減少しているため、メンテナンス業務の省力化は鉄道事業者にとっては喫緊の課題である。従来の軌道メンテナンスは、軌道検測や動揺検査及び保線係員の巡視による検査結果に基づいて、補修作業が実施されている。しかし、これらの検査は費用や人手を必要とするため、その確保が難しい地方鉄道では十分な軌道検査が行えない事業者が少なくない。

この課題に対し、列車の動揺測定により軌道管理を低廉な費用で行う取り組みがなされており、図-1に示すような車体動揺測定装置が先行研究にて開発されている<sup>1)</sup>。

この装置は、軌道異常を検出するための3軸加速度計及びレートジャイロ、列車位置や走行速度を検出するGPS受信機、各センサの信号をコンピュータに入力するインターフェースで構成される。この装置を車内に設置することで車両の動揺測定が可能になり、常時軌道状態を評価できるため、すでに地方鉄道で活用されており、軌道状態の診断に成功している<sup>1,2,3)</sup>。

しかし、小型汎用情報端末の小型化高性能化は著しいものがあり、これを活用した車体動揺測定装置を用いた軌道管理システムがあれば、より簡単に車体動揺を常時監視でき、効率的な軌道メンテナンスを行うことができることが報告されている<sup>4)</sup>。また、コストが安価なことから走行する全車両への導入も期待できるため、地方鉄道の安全性の向上に寄与できると考えられる。

本研究では小型汎用情報端末を活用した軌道管理手法の構築を行うこととした。対象としては、BIGLOBE社製の小型汎用情報端末 (BL-02)<sup>5)</sup> (以下、BL-02と称す、外形写真図-2参照) を用いた。本論文では以下の内容について検討を行う。

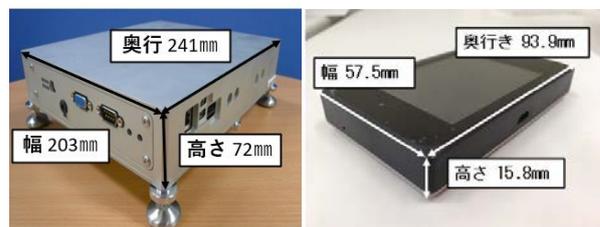


図-1 先行研究<sup>1)</sup>での装置 図-2 BL-02の本体

- (1) 営業列車を用いた動揺測定では、検出された異常個所の位置を正確に把握する必要があり、車両の位置同定機能が重要である。この車両の位置同定にGPS速度を活用する検証を行う。
- (2) BL-02の加速度と位置検知に関する測定精度の確認を行う。
- (3) 従来の車両動揺による保守基準値は、先頭車両の前部台車の中心上の床面（以下、台車中心の床面と称す）の位置で測定することを前提に定められているが、営業列車で測定する場合を考慮して、BL-02の設置位置による影響の確認を行う。  
これらについて、地方鉄道事業者の協力のもと、BL-02を列車に設置して、試運転列車を用いた実測データに基づいて確認を行う。

## 2. BL-02を用いた軌道管理手法の構築

### (1) 軌道管理手法の概要

本研究における軌道管理手法を図-3に示す。このうち、軌道管理システムは、動揺測定部と解析部に分かれている。動揺測定部では、BL-02が搭載している3軸加速度計により車体動揺を測定するとともに、GPSセンサーにより位置情報や走行速度を測定する。BL-02の仕様を表-1に示す。

動揺測定部で得られた動揺測定値と位置情報などのデータは、携帯電話回線などによって解析部に伝送される。解析部のサーバーで振動加速度やGPS情報などのデータを整理して、表-2のようなデータを作成する。解析部において、位置同定や様々な手法によるデータ解析を行い、判定結果がオンライン回線でスマートフォンやタブレットを通じて鉄道事業者へとフィードバックされる。鉄道事業者では、これらの診断結果を基に軌道メンテナンスの優先順位を決めての作業が可能となる。

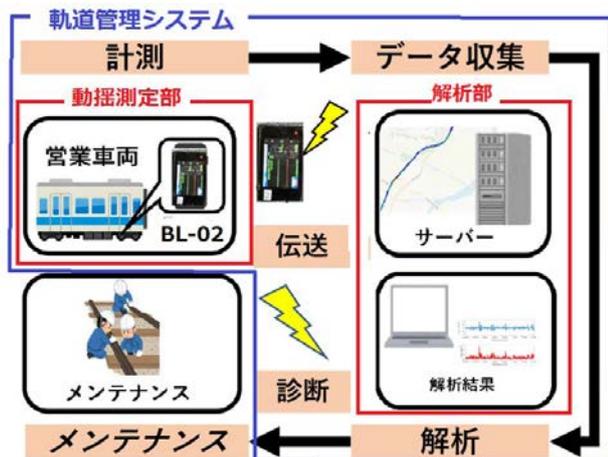


図-3 軌道管理手法の概要

### (2) 車両動揺測定の課題

車両動揺測定を行うにあたっての課題は、以下の点が考えられる。なおこれらの課題は営業列車に常時搭載して測定を行う場合に限る。軌道検測車や測定用の試運転列車の場合であれば他の方法がいろいろ考えられるのでこの限りではない。

- a) 車両動揺測定は時間基準でデータが取り込まれるが、データ処理を行う場合は位置同定が重要である。位置同定については、車速パルス、GPSの緯度経度情報、IMU等を活用するものなどがあるが、本システムはBL-02のみでの簡易測定を目標にしており、これらを使わないでシステム構築を考える必要がある。
- b) 本来、鉄道事業者が行う動揺検査は、台車中心の床面での測定である。営業列車では乗客の邪魔にもなり、台車中心の床面には設置できないので、それ以外の場所、例えば運転台等に設置する必要がある。しかし、本来の車両動揺の保守基準は、台車中心の床面の位置での測定基準であるので、設置位置に応じた測定値の補正をする必要がある。

### (3) 位置の同定について

従来から用いられてきた位置の同定の方法は、列車の先頭に係員が乗車し、手押しマーカを片手に持ち、100mポストを通過するごとにボタンを押して地点情報を入力することが一般的であった。一方、軌道検測車の場合は、地上のキロ程が既知の場所にRFIDの地上子が

表-1 BL-02の仕様

プロセッサ	Cortex-A7 1.1GHz(4コア)
プラットフォーム	Android™ 6.0 Marshmallow
ディスプレイ	2.8インチ QVGAディスプレイ
メインメモリ	1GB
対応回線	NTTドコモ回線・au回線
ストレージ	8GB
通信機能	LTE/B1/18/19・Bluetooth
センサ	GPS・加速度・ジャイロ・地磁気(各3軸)
測定周波数	220Hz
インタフェース	microUSB・nanoSIMカードスロット
バッテリー容量	リチウムイオンバッテリー1100mAh
サイズ	高さ94mm×幅58mm×厚さ16mm
質量	約102g

表-2 BL-02による採取データ

項目	時刻	緯度	経度	GPS速度	加速度X軸
単位	分:秒	度分	度分	m/s	m/s <sup>2</sup>
データ	27:47.5	37.322245	139.92003	26.788	0.311

加速度Y軸	加速度Z軸	角速度X軸	角速度Y軸	角速度Z軸
m/s <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>	deg/s <sup>2</sup>	deg/s <sup>2</sup>	deg/s <sup>2</sup>
0.0253	0.0152	-0.00496	-0.0012	-0.00167

数百m～1km程度ごとに設置されており位置検知を行っている。しかし、営業列車での動揺測定では車上子を床下に取り付けることは、作業上・費用的にも難しく、現在も手押しマーカーを使用している事業者もある。

最近では、GPSの緯度経度情報をもとに位置情報を取得する方式が採用されるようになった。この方式は、安価で一般の列車への搭載も容易であり、この緯度経度データを国土地理院の地図などに落とし込んで位置同定を行えるようになっているが、この方式では、位置検知の誤差が5m～20m程度生じる場合がある。

BL-02を用いた軌道管理手法の構築にあたって、GPSの緯度経度を用いた位置情報では、正確な補修位置を測定することが精度的に困難であると考えられる。そこでGPSの搬送波のドップラ効果をもとに測定する移動速度（以下、GPS速度と称す）に着目し、この速度情報から移動距離を算出して、位置同定を試みることにした。

以下に、GPS速度について説明する。

GPS衛星は非常に安定した一定の波長及び周波数の波を出力しているため、受信する搬送波の周波数はドップラ効果によって受信機の移動速度に合わせて連続的に変化し、その周波数変化分を移動体の速度(GPS速度)を算出することができる。

一方、緯度経度情報から算出する速度については、時刻差から求められた距離(疑似距離)であり、L1(1575.42MHz)のC/Aコード(coarse/acquisition code)を用いるために、分解能は300m程度となっている。これに対し、GPS速度の場合は、C/Aコードではなく、搬送波の位相を利用しているため、数cm単位で距離変化を測定することができる。GPSドップラは、衛星との距離を測定することはできないが、距離変化分を数cm単位で測定することが可能であるため、精度が高いといえる<sup>9)</sup>。

なお、列車の動揺検査の地点管理は、土木保線係員にとっては、線路構造略図という1次元の管理図で管理している。また、軌道検測車による測定結果も、キロ程という1次元で結果が出力されているので、GPS速度による1次元管理は親和性を持っていると考える。

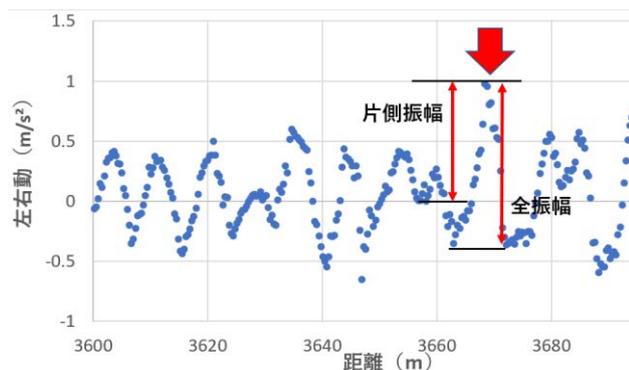


図-4 車両動揺の波形

#### (4) 軌道不整の評価方法

振動加速度の代表値については、区間内の振動波形の中から最大の片側振幅(図-4の矢印箇所)もしくはp-p値の全振幅を読み取るピーク値、対象区間内の振動加速度瞬時値二乗和平方根を求める実効値(RMS値)などの代表値がよく知られている<sup>7)</sup>。

今回の解析では、ピーク値を使えばどの地点で著大振動が発生したかを特定でき、軌道の保守管理に反映できる点で有用であり、測定器の設置位置や作業前後の振動の比較を行うことから、ピーク値を採用することとした。

以前は片側振幅で管理していたが、最近では全振幅での管理が主流になっている。しかし、車両の動揺評価としては、図-4に示すように基準線からプラス側・マイナス側への振幅が必ずしも対称ではなく、片側振幅の場合は1.0m/s<sup>2</sup>となるが全振幅の場合は1.3m/s<sup>2</sup>となる。そこで、本論文では保守上厳しい値となる、基準線から絶対値の大きい側の片側振幅により評価を行うことにした。

### 3. BL-02 を用いた軌道管理システムの検証

#### (1) 測定部の精度確認実験の概要

##### a) 目的

BL-02の加速度計やGPSセンサの精度を確認するため、工場出荷時に温度補正、直線性の補正、他軸感度補正が行われている多摩川精機株式会社のTAG264<sup>8)</sup>(以下TAG264と称す)と比較を行った。TAG264の外観写真を図-5に、仕様を表-3に示す。



図-5 TAG264の外観図

表-3 TAG264の仕様

特長	GPS・高精度タイプ
出力	RS232/CAN
出力データ	GPS・加速度・ジャイロ・地磁気(各3軸)
角速度レンジ	±200° /s
加速度レンジ	±2G / ±6G
角速度バイアス	0.2 deg/s rms
加速度バイアス	40mG
出力更新レート	50Hz

b) 実験内容

精度確認に当たっては、以下の3つの実験を行った。

・GPS速度の精度確認

対地速度が正確に測定できるレーザドップラセンサの速度を基準値として、図-6に示すようにBL-02並びにTAG264のGPS速度の精度確認を行った。

使用した測定器は、レーザドップラセンサ、TAG264、BL-02 各1台である。(2019年3月8, 9日 A鉄道事業者)

・加速度計としての精度確認

BL-02とTAG264の振動波形を比較することで精度確認を行った。BL-02は2台用いており、測定結果にはBL-02 NO1, BL-02 NO2と称している。

(2020年3月11,12日 B鉄道事業者)

なお、BL-02の測定周波数は220Hzであるが、220Hzでの細かい測定は必要ないので、データ容量の関係もあり80Hzで計測している。また、フィルターについては、鉄道事業者で使われているバンドパスフィルター(0.5Hz~10Hz)を使用している。

・測定位置による差異

TAG264を図-6に示すように台車中心の床面に設置して、BL-02 NO1とBL-02 NO2を図-7に示すように台車中心の床面、運転台、先頭部分の中央床面(以下先頭中央と称す)の3か所に試運転ごとに設置位置を変え測定を行い、台車中心の床面との差異を測定した。

(2020年3月11,12日 B鉄道事業者)



図-6 測定風景

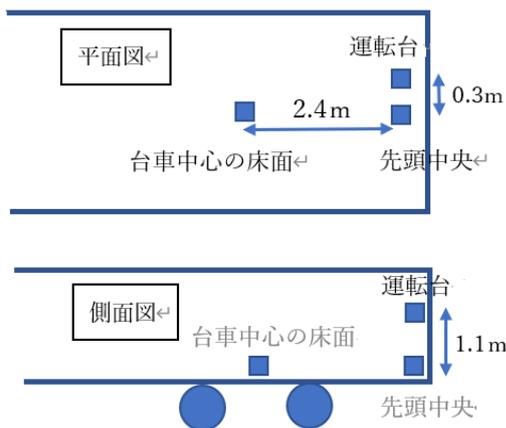


図-7 動揺計設置位置

(2) 位置同定手法の検証

a) 位置同定の結果

位置同定については、BL-02は80Hz、TAG264は50Hzのサンプリング周波数であるため、それぞれのGPS速度を時間積分することにより、列車の累積走行距離を求めた。この累積走行距離と速度の関係を図-8に示す。

駅を出発した地点は、各駅ホームの列車の停車位置として考えれば、位置同定が簡単に行える。図-9, 10は、BL-02 NO1を使って2020年3月11日午前, 11日午後, 12日午後(12日午後)に運転台に設置して測定したもので、位置同定を確認したものである。上下動は図-9に、左右動は図-10に示すような結果となり、速度が異なる場合でも簡単に位置同定を行うことができる<sup>9)</sup>。

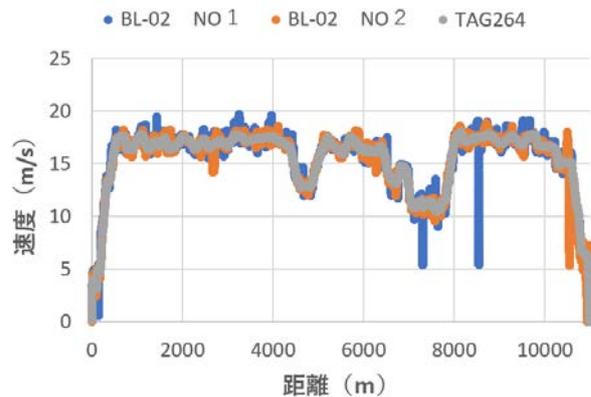


図-8 GPS速度と累積走行距離

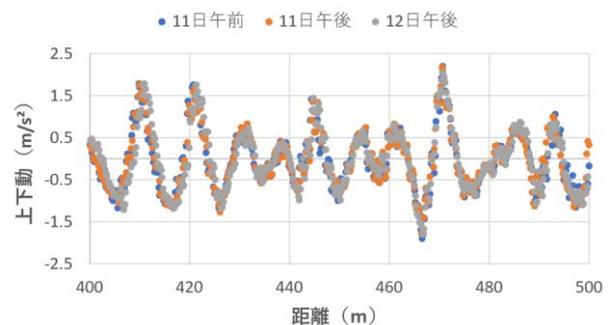


図-9 位置同定を行った上下振動加速度波形

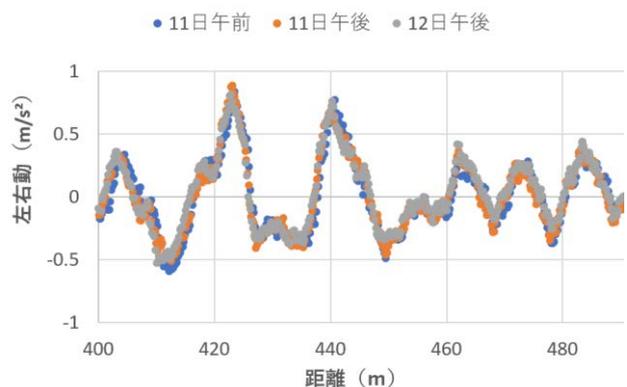


図-10 位置同定を行った左右振動加速度波形

## b) 位置同定の課題

この手法を使うにあたっては、GPS速度はGPSの受信状態に大きく左右されるので、GPSが受信できない区間やマルチパスにより受信状態が悪い区間については、速度誤差が大きくなり、位置同定の精度が低下することに注意する必要がある。

そのため、トンネル区間などにおいてGPSが受信できない場合は、トンネルの入り口と出口の速度からトンネル内の速度を推測することや、マルチパスにより速度が急峻に低下している区間すなわち列車の加減速以上の変化については補正を行うこと、細かな速度の変動については、移動平均により速度の変動分を除去することなどが考えられる。

また、BL-02のGPS速度は0から5km/h程度までデータが欠落することがある。BL-02はアンテナ内臓型であり車両屋根にアンテナを設置したTAG264に比べ受信状態が悪いことが考えられる。データが欠落した速度範囲については列車の加速度をもとに速度を補完して移動距離を計算し、駅で停車するごとに距離をリセットすることにより、位置同定の精度を確保すればよい。

例えば、速度情報が図-11のように、BL-02 NO1がマルチパスなどで正確に測定できない場合は、図-12のように動揺波形の位相がずれてしまうことがある。速度情報が正確に取得できるようになると、波形は同じような形となるので、右矢印の方向に波形がシフトすることがわ

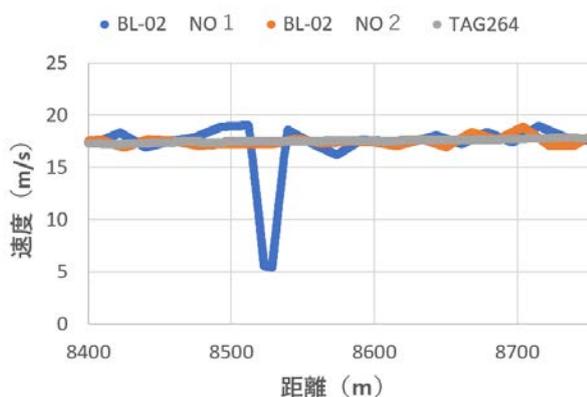


図-11 マルチパスによる誤った速度情報

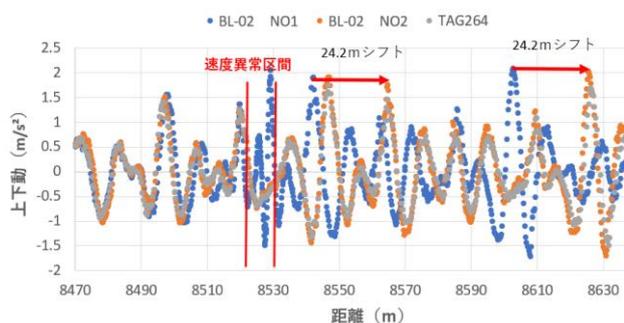


図-12 誤った速度情報により位置同定した波形

かる。速度異常のある区間については動揺データを使わず、動揺波形を約24.2m平行移動することで速度が正常に戻り、位置同定が可能となるので、処理の自動化を検討したい。

## (3) 実験の結果と検証

### a) 速度の精度検証

レーザドップラセンサ<sup>10</sup>を基準値として比較を行った。基準値として使用した理由は以下のとおりである。

このセンサを図-13に示すように車両の床下に設置し、まくらぎや砕石面にレーザを照射すると、反射したレーザ光の周波数は列車速度に比例して変化するので、正確な速度測定が可能である。そのため対地速度で測定ができ空転滑走の影響を受けないことと、速度の分解能は0.01km/h、サンプリング周波数は2ms、積分した移動距離については分解能0.1mmで測定でき、ばらつきは0.05%未満という精度を持っている。このように、高精度で測定が可能のためレール継目遊間測定装置<sup>11</sup>や新幹線の電気検測車では補修箇所を数cmの精度で抽出することに活用されている<sup>12</sup>。

速度の検証結果を図-14に示す。レーザドップラセンサの速度とTAG264のGPS速度はほぼ一致していることがわかる。BL-02のGPS速度検証としては、レーザドップラセンサとTAG264の走行距離との比較により行った。

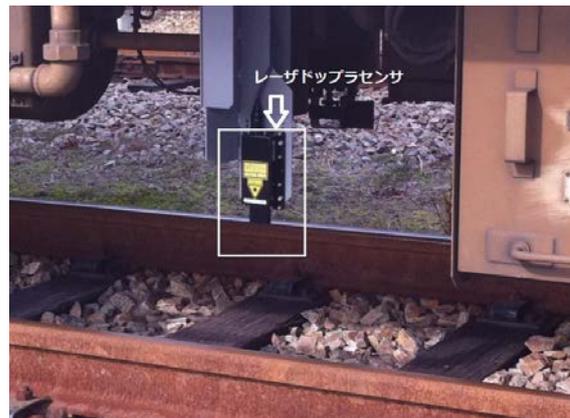


図-13 レーザドップラセンサ取り付け状況

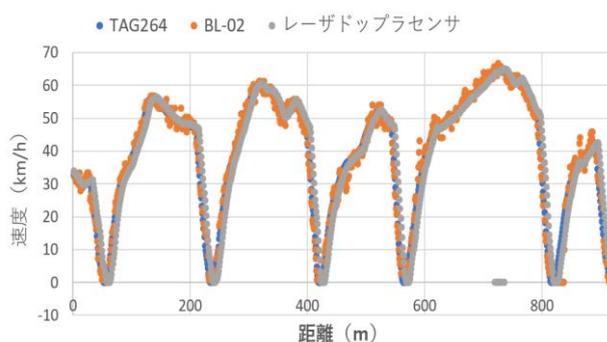


図-14 速度測定結果

A鉄道会社での測定結果を表-4に示す<sup>9)</sup>。

レーザドップラセンサの移動距離を基準値として比較すると、TAG264は0.3%程度、BL-02では1.5%程度の差異に収まっており、ばらつきはあるが位置同定で活用できる精度を有していることが分かった。

#### b) 加速度計としての精度確認

BL-02とTAG264を台車中心の床面上に並べて振動測定結果の比較を行った。図-15、図-16に上下動と左右動の測定結果を示す。計測した波形は、ピーク値の差異は2%以内、位相も一致しており、加速度計としては問題ない精度を有していることを確認した。

#### c) 測定位置による加速度の違い

上下動において、台車中心の床面で一般的によく使われる保守基準 $1.5\text{m/s}^2$ を超過している個所を抽出し、運転台と先頭中央の測定値と比較した。結果を表-5に示す。

表-4 走行距離による検証

駅間	移動距離 (m)		移動距離の差(m)		差の割合 (%)		
	レーザドップラ①	TAG264②	BL-02③	②-①	③-①	(②-①)/①	(③-①)/①
a～b	821	821	811	-0.4	-10.3	-0.05	-1.25
b～c	1,936	1,931	1,924	-4.9	-11.7	-0.25	-0.6
c～d	2,191	2,187	2,185	-4.8	-6.8	-0.22	-0.31
d～e	1,354	1,351	1,335	-2.7	-18.4	-0.2	-1.36
e～f	688	686	680	-2	-7.8	-0.29	-1.13
計	6,989	6,975	6,934	-14.8	-55	-0.21	-0.79

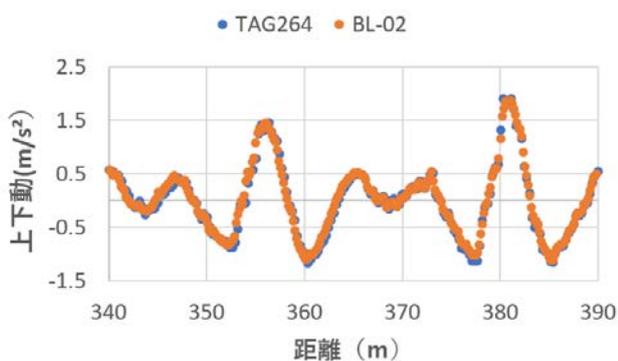


図-15 上下振動加速度の精度比較

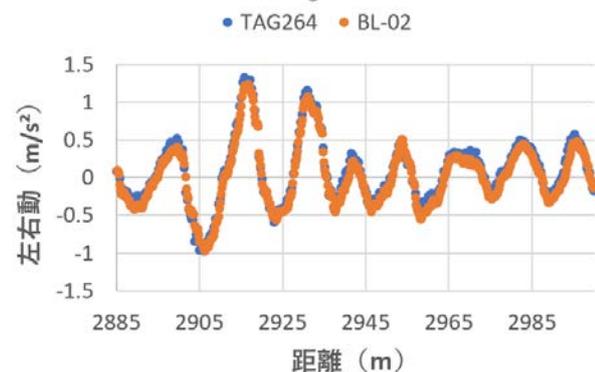


図-16 左右振動加速度の精度比較

抽出した個所は22カ所で、平均値は、台車中心の床面 $1.76\text{m/s}^2$ 、先頭中央床面 $2.03\text{m/s}^2$ 、運転台 $2.18\text{m/s}^2$ という結果であり、運転台の値は台車中心の床面に比べ1.12～1.42倍で平均1.24倍であった。したがって、運転台など台車中心の床面以外の位置で測定する場合は、測定値を補正して使用する必要がある。

## 4. BL-02 を用いた軌道管理手法の活用

B鉄道事業者においては、2018年12月よりBL-02を運転台に常設して測定を行っている。このデータを用いて補修作業による効果の確認や、補修作業の適切な周期なども把握することができると考えた。そこで、鉄道事業者の補修記録や、保守現場作業員の意見と照合して、動揺検査の活用方法や毎日のデータが蓄積されビッグデータ化しているデータの活用方法について検討を行った。

過去1年以内に行われた補修作業について、作業前と作業後で動揺波形がどう変化したか、また補修効果はいつまで続いたかを把握するため、位置同定した波形を見比べることにより、動揺波形と保守作業の関係性を確認することとした。なお、列車動揺は速度に大きく依存す

表-5 センサの位置による上下動値

位置 (m)	(a)BL-02 運転台 (m/s <sup>2</sup> )	比率 (a)/(c)	(b)BL-02 先頭中央 (m/s <sup>2</sup> )	比率 (b)/(c)	(c) TAG264 台車中心の床面(m/s <sup>2</sup> )
374	2.33	1.21	2.16	1.12	1.93
573	2.11	1.16	2.13	1.17	1.82
1248	2.12	1.42	2.00	1.33	1.5
2812	2.32	1.25	2.15	1.15	1.86
2905	2.60	1.40	2.25	1.21	1.86
3083	2.24	1.12	2.21	1.11	1.99
3549	2.23	1.28	2.09	1.19	1.75
3939	2.46	1.38	2.16	1.21	1.78
8558	2.06	1.17	1.91	1.09	1.75
8632	2.09	1.24	2.02	1.20	1.68
8855	2.23	1.29	1.93	1.12	1.73
8905	2.04	1.31	1.81	1.17	1.55
8929	2.04	1.20	1.84	1.08	1.7
9620	2.02	1.26	1.86	1.16	1.6
10343	2.05	1.13	2.01	1.11	1.81
11588	2.26	1.28	2.17	1.23	1.77
13910	2.01	1.20	1.84	1.10	1.68
14035	2.22	1.12	2.17	1.10	1.97
14340	2.14	1.24	1.97	1.14	1.73
16497	2.03	1.13	1.93	1.08	1.79
17556	2.29	1.22	2.16	1.16	1.87
18219	2.11	1.34	1.84	1.17	1.57
平均	2.18	1.24	2.03	1.15	1.76

るため、所定の運転曲線と同一の速度で走行しているデータを検討対象とした。

B鉄道事業者では、2019年8月22日にマルタイ作業を行っており、マルタイ作業前と後での動揺波形の違いを確認した。作業前8月21日と作業後8月23日の動揺波形を比較した結果を図-17に示す。

動揺波形を観察すると、A地点では $1.81 \rightarrow 1.06 \text{ m/s}^2$ 、B地点では $1.85 \rightarrow 0.45 \text{ m/s}^2$ 、C地点では $1.53 \rightarrow 0.49 \text{ m/s}^2$ に低下しており、マルタイ作業の効果があつたことがわかる。

また、2019年8月8日にもマルタイ作業を行っており、マルタイ作業前と後での動揺波形の違いを、図-18及び図-19に示す。

図-18、図-19からわかるように、マルタイにより上下動揺がかなり低減しており、作業効果の把握ができることがわかる。

また、これらのデータをもとに、マルタイ作業区間の3か所(1000m, 1050m, 1150mの地点)において、上下振動加速度の片振幅値の時系列変化を求めた。結果を図-20に示す。図-20により経過日数と上下動揺の関係から補修すべき周期についても把握可能であることが明らかになった。なお、この線区の年間通トン量は52万トンである。1150m地点は、作業前が $1.0 \text{ m/s}^2$ であり、軌道状態が良いため動揺が大きくならなかつたと考える。

このようなデータを毎日取り込むことが可能であり、

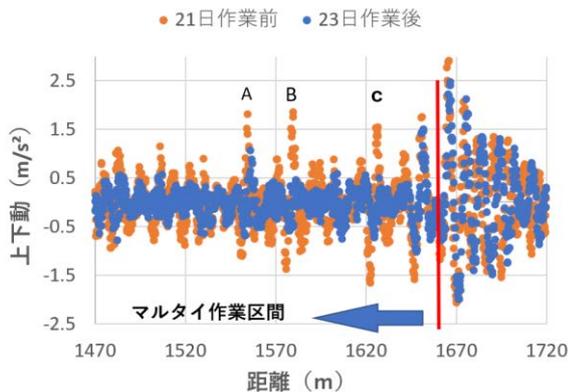


図-17 マルタイ作業の前後の波形

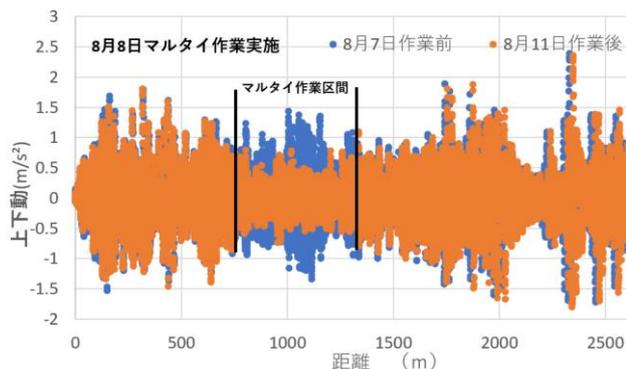


図-18 マルタイ作業の前後の波形

時系列変化を把握することにより、状態監視保全(CBM)のデータとして活用することが可能になると考える。

## 5. 結論

小型汎用情報端末を活用した軌道管理手法の構築を行い、走行実験により測定部の精度確認、位置同定手法の検証を行うとともに、活用方法について検討した。その結果、以下の知見を得た。

- (1) GPS速度を用いた位置同定によって、車両動揺の時系列変化を追跡することが容易に行うことができ、動揺の管理ツールとして十分役立つことがわかった。ただし、さらなる位置同定の精度向上を図る方策を検討する必要がある。
- (2) GPS速度の位置同定により過去と直近の異なる2時期の測定データの比較が可能となり、短期間で急に変化する軌道狂いの把握、軌道保守作業を行う前後の動揺波形を比較することができ、作業内容の効果の把握ができることを確認した。また、距離軸で動揺波形が出力されるので、軌道検測車で測定した軌

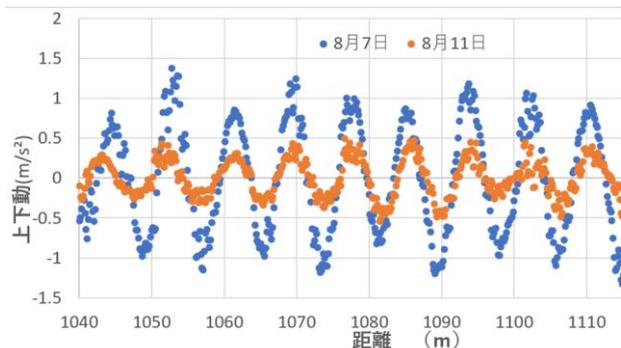


図-19 図-18の拡大図

マルタイ作業地点の距離程

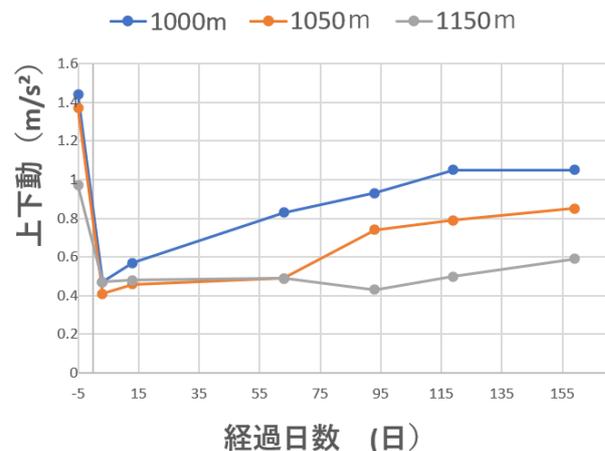


図-20 保守後の経過日数に伴う上下動揺値の変化

道狂いとの関係性を把握することも可能となる。

- (3) 安価かつ小型なBL-02の測定精度は、TAG264とほぼ同等の精度を有しており、軌道管理手法に活用できることがわかった。
- (4) 台車中心の床面と運転台など設置位置による差異を考慮したデータの補正が必要である。
- (5) 時系列的なデータを蓄積することにより、状態監視保全 (CBM) のデータとして活用の可能性が確認できた。

今後は主に以下の検討を進める予定である。

- (1) 移動平均や列車の加減速度を考慮した補正方法を組み入れたGPS速度の精度向上
- (2) 台車中心の床面と運転台など設置位置によるデータの補正方法

謝辞：実験へのご協力、データの活用をご快諾下さいました鉄道事業者様に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) Tsunashima H., Mori H., Ogino M. and Asano A. : Development of Track Condition Monitoring System Using Onboard Sensing Device, Railway Research, IntechOpen,doi:10.5772/61077, 2015.
- 2) Hitoshi Tsunashima : Track condition monitoring based on car-body acceleration using time-frequency analysis, *Proc. of 26th Symposium of the International Association of Vehicle System Dynamics, IAVSD*, pp.103-112, 2019.
- 3) 森裕貴, 佐藤安弘, 大野寛之, 網島均, 浅野晃 : 小型レール状態診断装置による状態監視の活用例につ

いて、交通安全環境研究所フォーラム, pp.125-126, 2015.

- 4) 田中博文, 蘇迪, 長山智則 : 携帯情報端末を活用した低コストな軌道状態管理に関する基礎的研究, 鉄道工学シンポジウム論文集, 第 22 号, pp.39-46, 2018.
- 5) ビッグロブ株式会社ホームページ <https://biz.biglobe.ne.jp/bl/index.html>, 閲覧日 2019.10.
- 6) 目黒淳一, 小島祥子, 鈴木徳祥, 寺本英二 : GPS ドップラと慣性センサの統合による車両軌跡推定方法の提案, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.1, pp.212-214, 2012.
- 7) 鈴木浩明 : 鉄道車両の乗り心地評価法, 騒音制御, Vol.31, No.5, pp.362-367, 2007.
- 8) 多摩川精機株式会社ホームページ <http://mems.tamagawa-seiki.com/product/>, 閲覧日 2019.10.
- 9) 篠田憲幸, 森裕貴, 水間毅, 網島均 : GPS 速度の精度検証と列車動揺検査への活用について, 電気学会研究会交通・電気鉄道 リニアドライブ合同研究会, pp.109-113, 2020.
- 10) アクト電子株式会社ホームページ <https://www.actele.co.jp/products/model2532A.htm>, 閲覧日 2019.10.
- 11) 篠田憲幸, 大森善正, 小美博規, 荻野剛, 稲垣明治, 塩野幸策 : 急曲線対応の遊間測定装置の開発, 日本鉄道サイバネシンポジウム, 論文番号 609, 2001.
- 12) ドクターイエローと夜間保守作業, 新幹線 EXPLORER, Vol.37, pp.11, 2015.

(2020.4.3 受付)

## DEVELOPMENT OF TRACK MANAGEMENT METHOD FOR REGIONAL RAILWAY USING A SMALL INFORMATION TERMINAL

Noriyuki SHINODA, Yasuhiro SATO, Seigo OGATA, Hiroataka MORI, Hitoshi TSUNASHIMA and Akira MATSUMOTO

The authors are considering using a small information terminal as a train sway inspection device that can monitor track conditions with high accuracy. At that time, we tried to identify the position by calculating the moving distance based on the GPS speed. This accuracy verification to utilize as point detection data was performed. In addition, problems and solutions for measurement at a place other than the center pin are described. The results of studying the processing method of big data acquired by this device and the method of using it as a state monitoring device are also reported.