

プローブ車両によるメンテナンスの革新

綱島 均 (日本大学)

1. はじめに

鉄道を中心とした公共交通機関は、地球環境負荷低減やバリアフリーの観点からも今後ますます重要度が増すものと考えられる。しかし、新幹線や一部幹線のように、先端的設備導入と十分な保全体制により安定的に維持されている線区がある一方で、設備の老朽化が進み、保全費や経営コストの増大に存続すら危ぶまれる線区も少なくない。このような問題を解決する一つの方法として、多くにセンサと情報処理機能を具備した「プローブ車両⁽¹⁾」の導入が考えられる。

本稿では、プローブ車両の開発とこれを用いることによる保守の革新の可能性について述べる。

2. プローブ車両

プローブ車両 (図 1) とは、営業車両に簡単なセンサ類を付加することにより、営業運転を行いながら軌道や信号設備の常時診断を行うことができる車両である。プローブ車両が走行して得られた車両動揺や信号授受の常時監視が実現すると、既存の保全形態が大幅に変貌するばかりでなく強靱な輸送システム実現にも寄与できる。地方鉄道などでは、営業車両の車体の振動や騒音などから軌道の状態が診断できれば、計測が容易になり有用である。

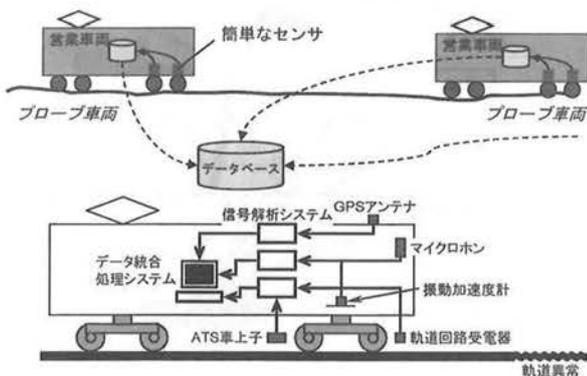


図 1 プローブ車両

複数のプローブ車両により得られた計測データと GPS による位置情報から、必要と判断された部分を適切な時期に保守することが可能になる。また、リアルタイムに動揺を計測することにより、管理基準に対して異常に大きい動揺が計測された場合、あるいは、計測値は危険な値ではないが異常が頻発する場合には、緊急に軌道を点検するなどの対応が可能になる。また、計測したデータに基づいて、保守をどのように行えばよいかを路線ごとに検討することができる。このように、常時監視によって、軌道状態の劣化を早期に把握でき、保守作業を効率的に行うことができる。

総合軌道検測車を用いた保全や保守員による計測作業を

人間ドックなどでの精密検査にたとえると、プローブ車両を用いた計測は、体重計や血圧計による日々の健康チェックに相当する。

プローブ車両は、営業運転を行いながら軌道や信号設備の常時診断を行うことができる車両であるが、持ち運びができるプローブ装置があれば、この装置を車両に置くだけで済むので車両をプローブ車両にすることも可能である。

3. 可搬型プローブ装置の開発事例^(2,3)

図 2 は、軌道の状態診断がリアルタイムに行える可搬型プローブ装置の開発事例である。装置は、騒音計、加速度計、ジャイロ、GPS、解析用コンピュータ、アナログ入力ターミナルで構成される。客室内に置くだけで軌道の状態診断が可能になるオールインワンの装置としては初めてのものである。



図 2 可搬型プローブシステム

軌道状態の変化を監視する目的では、軌道変位の絶対値が得られなくても、その傾向を得るには車体振動の大きさは有効である。このような観点から、本研究では、振動の振幅が軌道変位を示す指標になり得ると考え、RMS 値を用いる。軌道状態と位置との関係を得るために、短時間の RMS を使用する。本プローブシステムでは、上下・左右加速度に加えて、左右レールの高低差である水準変位の異常を検出するために、ロール角速度を測定している。

レール波状摩耗は、レールの頭頂部が数 cm から十数 cm の周期で摩耗する現象で、著しい騒音や振動を引き起こしたり、軌道材料を損傷させたりする原因となるため軌道保守の重要な課題の一つとなっている。波状摩耗のような周波数の

高い振動は、騒音として捉えられる可能性があり、周期的な凹凸であることから、周波数情報から波状摩耗を検出する方法が考案され、特許が成立している⁽⁴⁾。

4. 営業路線による検証試験

プローブ装置を乗務員室内の運転台の近くに設置し、営業路線を走行した。比較的大きな車体上下加速度 RMS 値を計測した区間を異常箇所として診断した後、現地調査を行った結果、浮きまくらぎと呼ばれる状態が確認された。また、ほぼ同時期に複数回実施した測定結果を比較すると、同様の測定結果が得られたことから計測の信頼性も確認されている。さらに、マルチプルタイタンパによる補修作業を行う前後の測定結果を比較 (図3) することにより、補修の効果とその効果の持続性を評価することも可能である。

波状摩耗の診断については、図4の網掛けで示された波状摩耗が発生している曲線区間において、車内騒音のスペクトルピークが高い値を示しており、また、同日に行った2回の測定結果がほぼ一致していることから、車内騒音により信頼性が高い波状摩耗の検出を行えることがわかった。

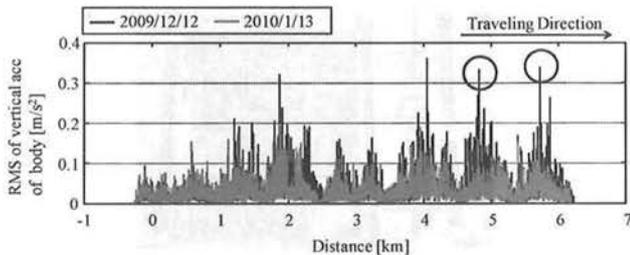


図3 保守前後の軌道状態診断の例

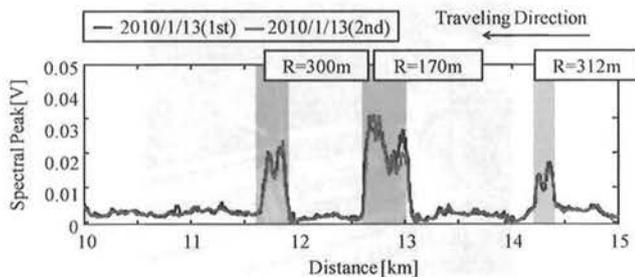


図4 波状摩耗の状態診断の例

5. プローブ車両による鉄道の質的再生

プローブ車両における重要な発想の転換は、文献(5)において記述されているように、現在の保守管理指標値に単に維持するために用いるのではなく、「安全の確保と明日につながるデータの収集」を目的としている点である (図5)。プローブ車両は総合軌道検測車の代替手段ではなく、鉄道の質的再生の手段として位置づけられるようになってきている。

プローブ車両によって多くのデータが得られるが、これを適切な保全戦略に生かすための仕組みが必要である。たとえば図6のような上下分離も有効な方法の一つと考えられる。

本研究は、運輸分野における基礎的研究推進制度 ((独) 鉄道・運輸機構、プローブ車両技術の導入による軌道交通シ

ステムの再生に関する基礎的研究: 網島均 (日大), 中村英夫 (日大), 松本陽 (当時交通研), 水間毅 (交通研), 山下博 (三菱重工), 平成16年度~平成19年度) により基本技術の開発を行った。その後, 平成21年度シーズ発掘試験研究 ((独) 科学技術振興機構, レール状態診断装置: 網島均 (日大)), 平成22年度研究成果最適展開支援事業 A-STEP フィージビリティスタディステージ探索タイプ ((独) 科学技術振興機構, レール状態診断システムの実用化: 網島均 (日大)) の補助を得て, 日本大学と交通安全環境研究所が共同で実用化研究を実施している。

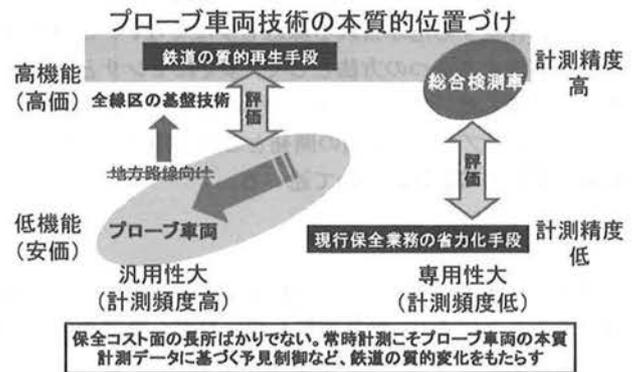


図5 プローブ車両技術の位置づけ (文献(5)より引用)

我が国らしい上下分離がもたらす活力ある未来の鉄道

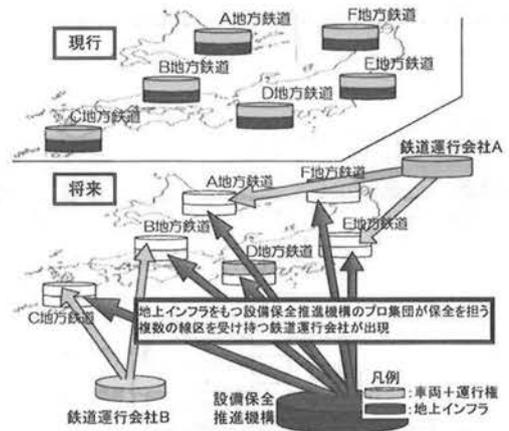


図6 プローブ車両の導入による上下分離 (文献(5)より引用)

文 献

- (1) 松本陽, 網島均, 中村英夫, 山下博, プローブ車両—営業車両による状態監視—, 鉄道車両と技術, 130号 2-7 (2007)
- (2) H. Tsunashima, T. Kojima, A. matsumoto, T. Mizuma, Condition Monitoring of Railway Tracks using In-service Vehicles, Japanese Railway Engineering, No. 161, 6-10 (2008)
- (3) 小島崇, 網島均, 松本陽, 水間毅: 車上測定データによる軌道の異常検出 (第2報, プローブシステムの開発と検証), 日本機械学会論文集 (C編), Vol. 754, No. 75, pp.1798-1805 (2009)
- (4) 特許第4521524号, 軌道状態解析方法及び軌道状態解析装置並びに軌道状態解析プログラム (2010)
- (5) 中村英夫, 列車制御, 工業調査会 (2010)