

GPS を用いた鉄道用車輪フランジ塗油器の制御

Timing cortoll of train wheel frange lubricator using GPS

松本 幹男¹・楠 達夫²

Mikio Matsumoto and Tatsuo Kusunoki

抄録：急曲線の多い路線を運行する列車は、レールと車輪フランジの接触による磨耗のために頻繁に車輪整形のための切削作業が必要である。この対策として、従来は無制御で車輪のフランジ部への塗油が行われているが、必要な場所で十分な塗油を行うことができない。このため、急曲線や分岐器部など必要な場所を選択的に塗油を行うため、GPS を用いて列車位置を把握し、塗油器に塗油開始信号を送るシステムを開発し実験を行った。本文ではその制御方法について報告する。

キーワード： 自動制御、機器制御、GPS、鉄道車両、フランジ塗油器

Keywords : automatic controll, device controll, GPS, train, wheel flange lubricator

1. まえがき

列車が曲線部を走行する際には車輪が曲線外側に偏移するが、曲線半径や走行速度によってはレールと車輪フランジ部が接触し、フランジ部が磨耗することになる。車輪は列車の運転により踏面が磨耗し、図1に示すタイヤ部の厚さが一定値以下になると車輪を交換することになっている。一方、フランジ部の厚さにも制限があり、これが不足すると、わざわざ踏面を切削してフランジ部の厚さを確保するようにしている。

このため JR 東日本高崎車両センターでは以前から急曲線の多い線を走行する列車にはフランジ塗油器を取り付けていたが、十分な効果がえられなかった。そこで GPS 装置により列車位置を把握し、分岐器部や曲線部の必要な場所で車輪フランジ部に潤滑油を塗布するシステムを開発し八高線において動作確認の実験を行った。

本論文では塗油装置自体の構造のみでなく、GPS 測位による移動体の位置把握と機器制御の関係を工夫する必要があったのでその概要を報告する。

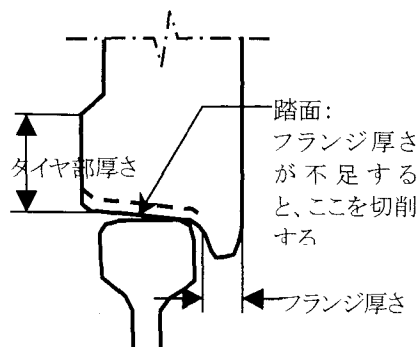


図1 車輪の整形

2. 車輪フランジ塗油器の概要

(1) 既存のフランジ塗油器

フランジ磨耗現象は古くからあり、急曲線の多い路線を走る列車ではフランジ塗油器を装備していることが多い。この装置は図2に示すように、車輪フランジ基部に接触する回転円盤がピストンを駆動して車輪の一定回転ごとに給油を行うようになっている。したがって、列車が走行する限り直線部でも両側車輪に油を塗布し続けるため、効率が悪いだけでなく、周囲を汚す欠点があった。

(2) 今回開発の塗油器

車輪フランジへの塗布を目的とした場合、塗油量はごくわずかであるため、今回開発した塗油器は、GPS 装置側からの塗油開始信号を受けて、ノズルから一定時間(今回は1秒間)だけ油を吐出する方式をとった。油の吐出にはマグネットギアポンプを用い、噴射ノズルは車輪の左右に取り付けるが、塗油するのは片側(曲線外側)だけであり、電磁弁でその切り替えを行って

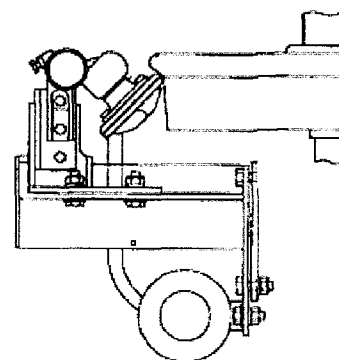


図2 従来のフランジ塗油器

1 : JR 東日本高崎支社 運輸部

(〒370-0843 群馬県高崎市栄町 6-26, Tel :027-320-7145)

2 : 正会員 ジェイアール東日本コンサルタンツ

(〒151-0053 東京都渋谷区代々木 2-2-6, Tel : 03-3373-6007, E-mail : kusunoki@jrc.jregroup.ne.jp)

いる。GPS 制御部を含めた塗油器全体の構成を図3に、GPS 装置の写真を写真1に、装置の仮組立て状況を写真2に示す。

今回採用した GPS 装置はLinux モジュールを内蔵しているもので、単に計測座標値を出力するだけでなく、Linux 部分にソフトウェアを組み込むことで種々の処理を行うことができる。また、コンパクトフラッシュメモ리카ードスロットを有しており、データの入出力が可能である。

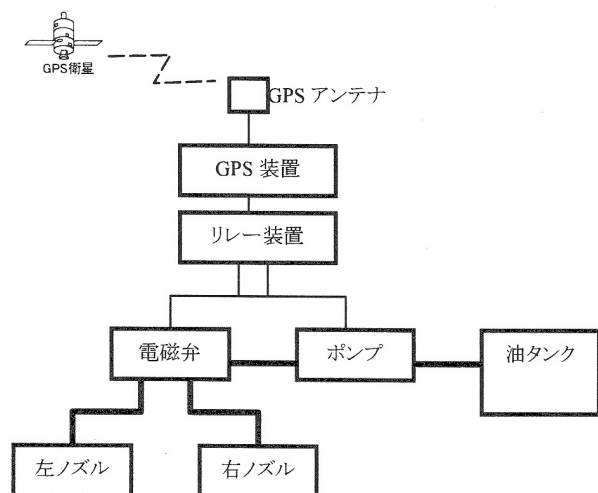


図3 GPS制御フランチ塗油器の構成

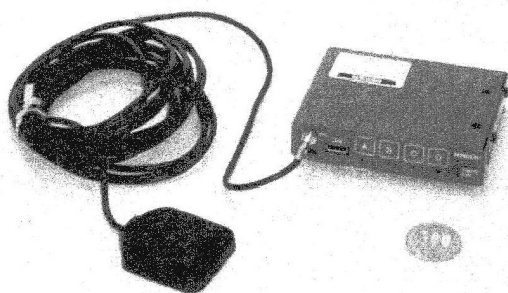


写真1 GPS装置

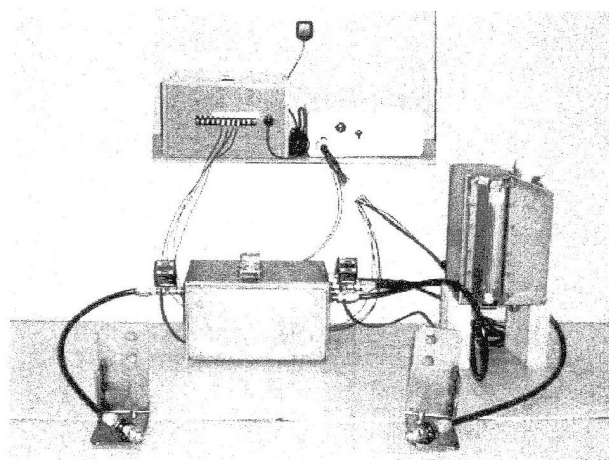


写真2 塗油装置の全体

3. GPS 制御の概要

(1) GPS 制御の要件

GPS 装置側に要求される条件は以下の4点である。

- ① 曲線が始まる手前 10m~20m の地点で塗油開始信号を出す。塗油という性格上、位置精度はそれほど要求しない。
- ② ノズルの左右を区別し曲線外側レールにのみ塗油できるようにする。すなわち、右カーブなら左車輪、同じ曲線でも列車から見ると上り列車と下り列車ではカーブの向きは逆になる。
- ③ 分岐器部では左右に短い曲線が連続するので、位置精度は要求しないが、左右に連続して塗油する。
- ④ 曲線長の長いカーブでは曲線の途中でも塗油を行う。

これに対し、塗油開始信号としてはリレーを ON にすることで塗油器側に渡すものとし、左右の区別はリレーを 2 回路用いて左と右に割り当てて、それぞれを ON/OFF することにした。GPS 装置とリレー装置はシリアルケーブルで接続し、コマンドを送ることでリレーを制御するものとした。

(2) 塗油地点の検出

GPS 測位には多くの方法があるが、今回は測位精度の要求が厳しくないこと、装置が簡単に済むことから単独測位を用いることとした。一般的に単独測位の測位精度は 10m 程度とされている。また、使用した GPS 装置は 1 秒ごとに測定結果が出力されるもので、列車のような移動体ではその間の列車の移動を考慮することが必要である。そのため、塗油開始地点の判定には、計測された位置が一定のエリアに入ったときを塗油開始地点と判断することとした。エリアの形状としては円形や線路方向を考慮した長方形とすることも考えられるが、比較のための計算量を減らすため緯度・経度で囲まれる正方形とした(図4参照)。

(3) エリアの大きさ

エリアの大きさは列車が 1 秒に進む距離以上でなければならない。しかし、塗油開始位置を正確に指示す

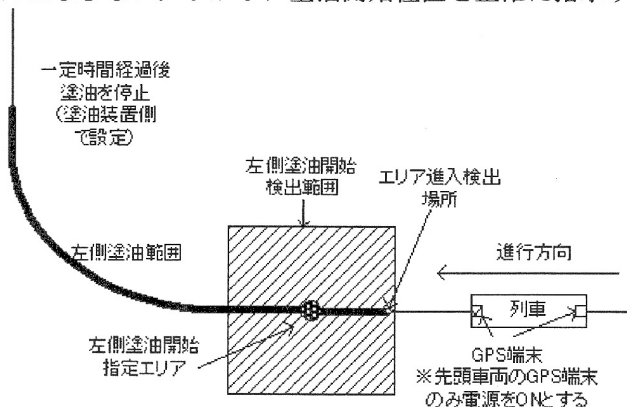


図4 塗油地点検出の概念図

るためにはエリアの大きさは小さい方がよい。特に分岐器部ではなるべく近い距離で右と左を連続して塗油できる必要がある。列車は時速 100km で走行した場合には 1 秒間に 36m 進む。一方、分岐器部では 40～50km/h 程度、曲線部は半径に応じて何段階かの速度制限が設けられている。このため全ての場合に同じエリアの大きさに地点判定を行うのは無理があると判断し、表 1 に示す 3 段階でエリア幅を設定するものとした。

表 1 エリア幅の設定

半径	エリア幅
400m 以上	30m
400m 未満	25m
分岐器部	20m

(4) 列車運行方向への対処エリアの設定方法

GPS 装置へのエリアの指定は中心座標とエリア幅で行い、コンパクトフラッシュメモリカードに作成したファイルを制御ソフトが読み込んでエリア判定を行うものとした。

ここで、上り列車と下り列車では同じカーブでも曲線方向が反対になり、塗油開始点も起点側か終点側と違って来る。GPS 装置自身が測定データから上り下りを判断するには制御ソフトが複雑になるため、エリア設定データを上り用と下り用に分け、別々のメモリーカードに格納することとした。

(5) エリアの設定方法

エリアの中心座標を設定するには

- ・GPS を装備した列車を実際の路線で走行させ、押しボタンなどで塗油場所を指定する方法
- ・線路図面から場所を抽出する方法

があるが、前者は試運転列車を走行させる必要がある上、走行している列車から目視で位置を指示するためバラツキが多くなる恐れが大きい。JR 東日本では線路平面図および停車場平面図を日本測地系の座標で電子化しており、施設管理などに使用している。このデータには線路中心線、曲線旗上げ情報が含まれているので、ここから抽出した座標値は簡単に GPS の座標系に変換できることから、今回は後者によってエリア設定を行うこととした。

a) 一般曲線部

通常の曲線は円曲線の前後に数 10m の緩和曲線が入り、図面には緩和曲線と円曲線の開始点、終了点が記入されている。塗油の最適点は円曲線の少し手前と思われるが、位置精度はそれ程必要としないため、単純化して緩和曲線開始点、すなわち、下り側は BCC 点、上り側は ETC 点を採用した（図 5 参照）。

曲線は半径 800m 以下のものを対象としたが、これは走行速度とカント量のほか、不確定な要素も関係するため、理論的には決まらず、経験的に走行時にフラン

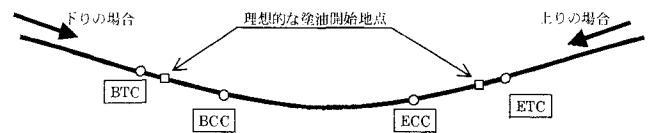


図5 一般曲線部の塗油地点設定

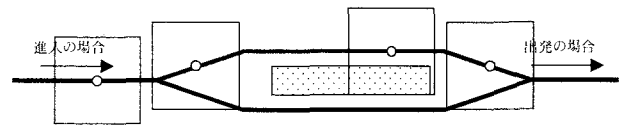


図6 分岐器部の塗油地点設定

ジとレールの軋み音が聞こえる半径として決めたものである。さらに、長い曲線では曲線途中で再度塗油を行うものとして塗油エリアの設定を行った。

b) 分岐器部

分岐器部も短い急曲線となる部分である。図 6 は単線の一般的な島式配置駅の配線状態であるが、本線から分岐するとすぐに逆向きの曲線が入る。塗油開始信号は塗油器側で確実に信号を取り込めるよう、1.5 秒間 ON 状態にしているため、連続してエリア設定する場合でもこの間隔を確保する必要がある。このため、連続するエリアの場合、両側の位置をずらせて塗油信号が分離できる間隔を確保するように設定した。

4. 動作確認実験

(1) 動作確認実験

実際の列車でどの程度 GPS 測位ができるか、また、予定通りに設定したエリアで塗油器が動作するかを確認するため、高崎支社管内の八高線において実験を行った。試験列車はキハ 110-209 系で 1 両で前後に運転台のある車両、走行区間は高崎操車場～高崎駅～高麗川駅の約 65km を往復した。

設定した塗油エリアは上り方向 111 カ所、下り方向 114 カ所であった。表 2 に設定例を示す。

(2) 動作確認方法

a) ブザー鳴動による位置確認

GPS 当地から塗油器への信号を同時にリレーの空きチャンネルに流し、取り付けたブザーが鳴動するようにした。このとき、ブザー音の異なるものを使い左右の区別ができるようにした。これにより、設定地点で GPS 装置から塗油信号が出されたかを確認することができる。また、このときの座標値と時刻をファイルに記録するようにした。

b) 油圧センサによる塗油動作の確認

GPS からの塗油開始信号を受けて塗油器が動作したかを確認するため、油回路の電磁弁で左右に分岐したあとに圧力センサを取り付け、塗油のタイミング、圧力をパソコン(PC)でモニタできるようにした。これにより実際にポンプや電磁弁が正しく動作するかを確認することができる。また、これも PC の時刻とともにファイルに記録しておき、GPS 信号との対比ができるようにした。

表2 エリア設定の例

番号	参考 キロ程	曲線長 (m)	曲線 方向	エリア幅 (m)	経度	緯度	駅・駅間	半径・位置等	備考
5			L	20	139.012533	36.320038	高崎	P1	分岐
6			R	20	139.012625	36.318324	高崎	P2	分岐
7		400	L	30	139.012702	36.317627	高崎－倉賀野	400R ETC	曲線
8			L	30	139.013408	36.316162	高崎－倉賀野	400R 中間	曲線
9	68.84	576	R	30	139.064591	36.294878	倉賀野－北藤岡	600R ETC	曲線
10			R	30	139.067799	36.292845	倉賀野－北藤岡	600R 中間	曲線
11	67.873	608	L	30	139.069977	36.287776	倉賀野－北藤岡	470R ETC	曲線
12			L	30	139.071294	36.285637	倉賀野－北藤岡	470R 中間	曲線
13			R	20	139.074672	36.284155	北藤岡	P1	分岐
14			R	20	139.078495	36.283250	北藤岡	P2	分岐

表3 動作結果の例

番号	駅・駅間	圧力変化測定時刻		GPS信号記録時刻			
		(左)	(右)	(左)	(右)	動作経度	動作緯度
8	高崎－倉賀野	記録ミス	記録ミス	記録ミス	記録ミス	不明	不明
9	倉賀野－北藤岡	12:22:11		12:22:11		139.0643	36.2950
10	倉賀野－北藤岡	12:22:29		12:22:29		139.0678	36.2928
11	倉賀野－北藤岡		12:22:57		12:22:57	139.0699	36.2878
12	倉賀野－北藤岡		12:23:10		12:23:10	139.0712	36.2857
13	北藤岡	12:23:34		12:23:34		139.0745	36.2842
14	北藤岡	12:24:13		12:24:13		139.0783	36.2833
15	北藤岡		12:24:17		12:24:17	139.0787	36.2832
16	北藤岡	12:24:20		12:24:20		139.0790	36.2831
17	北藤岡－群馬藤岡	12:24:28		12:24:28		139.0798	36.2829

c) CCD カメラによる塗油状況の確認

実際の油の噴射状況を確認するためにノズル付近が見えるよう CCD カメラを設置し、油の噴射状況を列車内でモニタできるようにした。

(3) 実験結果

走行実験の結果、ほとんどの箇所でも当初予定通りの動作が確認できたが、わずかに以下の不具合があった。

- ・分岐器部の一部で塗油信号が遅れた
 - ・エリア設定時のミスで左右が逆になった
 - ・幅員の大きい道路との立体交差部下で塗油信号が出ない場所があった
 - ・高崎駅構内の本線と操車場への線を混同した
- しかし、これらの不具合についてはエリア設定位置を調

整することでほとんど対応できるもので、実用上問題ないと考えられる。

写真3に試験車両内の実験状況を示す。

5. あとがき

今回の実験で、GPS 測位によってフランジ塗油器を制御することが可能であることがわかった。これまでは GPS 単独測位の精度では鉄道分野への応用には不十分との認識があったが、今回のような応用では十分利用できることが立証できた。今後は実用化を目指して、営業車両に搭載可能な信頼性の高いものにして行きたい。

八高線は幸いトンネルがない路線であったが、急曲線の多い路線というのは一般的には山間部を走るローカル線ということになり、GPS のみでは測位できないトンネル部への対応も今後の課題の一つである。

また、塗油器の本当の効果は、長期間にわたる車両整備結果が得られてはじめてわかるものであり、営業車両への展開が待たれる。

謝辞: 今回のシステム開発にあたって、塗油器開発を担当していただいた(株)ユタカ製作所の今村氏、野上氏、また、GPS 装置、位置検出ソフトウェア開発を担当していただいた(株)明電舎の米澤氏、伊藤氏に深く感謝いたします。また、車両艀装、試験列車手配、走行試験でご協力いただいた高崎車両センターの方々に深く感謝いたします。

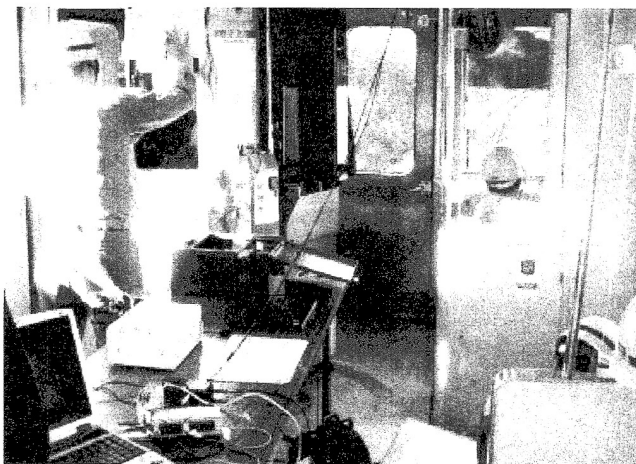


写真3 実験状況