

高速道路本線のループ式車両検知器による逆走検知実験

永井 俊行* 川本 智宏 下山 孝明 遠山 淳一 (住友電気システムソリューション)
中川 浩 後藤 誠 (東日本高速道路)

Experiment to Detect Wrong Way Driving by Loop Coil Type Vehicle Detector on Expressway Main Line

Toshiyuki Nagai*, Tomohiro Kawamoto, Takaaki Shimoyama, Junichi Tohyama (Sumitomo Electric System Solutions)

Hiroshi Nakagawa, Makoto Goto (East Nippon Expressway)

Wrong way driving (WWD) is threatening traffic safety on expressway, and detection of that situation is required for traffic management. We focused on the existing loop type vehicle detector and verified the accuracy of WWD detection. As a result, it was shown that WWD is detected without false detection.

キーワード：逆走, 高速道路, ループ式車両検知器, 交通管制システム
(Wrong way driving, expressway, loop vehicle detector, traffic control system)

1. はじめに

高速道路では、事故または確保に至った逆走事案が年間約 200 件、概ね 2 日に 1 回の頻度で発生している。⁽¹⁾このうち概ね 2 割が事故に至っており、逆走事故は事故全体と比較して重大事故になる割合が大きい。事故の発生箇所は全国に分布し、偏在はみられない。

こうした背景を踏まえ、国土交通省は「2020 年までに高速道路での逆走事故ゼロをめざす」目標を掲げ、逆走対策の各種取り組みを推進している。

主な取り組みとして、逆走の多発箇所を優先し、インターチェンジ(IC)や休憩施設の分合流部などで、看板を設置するなどの物理的・視覚的な逆走防止対策を進めている。対策済みの箇所では逆走発生件数が減少し、対策による一定の効果が確認されている。しかし、故意や認知機能の低下による逆走に対しては道路側の逆走対策では限界があり、また、高速道路本線では、本格的な対策に至っていない。

よって、インターチェンジ(IC)や休憩施設の分合流部などに逆走防止処置を施しても逆走が発生した場合に、逆走事故を低減させる多層的な逆走対策が必要である。例えば、道路交通管制センターにおける逆走の把握が挙げられる。道路交通管制センターは通報等により、逆走の発生を把握すると、周囲の車両へ道路情報板などで注意喚起するとともに、必要に応じて通行止めなどの措置を講じる。また警察や交通管理隊が出動し、逆走車両の捕捉等の事態処理にあたる。このような処理を早く開始するためには、本線上の逆走を自動で検知し、いち早く通知する技術の確立は逆

走対策の重要なテーマであると考えられる。また、逆走車両が本線のどこを走行しているのか、逐一、把握することも重要である。

そこで、著者らは交通量を計測するために全国の高速道路本線上に整備されているループ式車両検知器に着目して、逆走検知の精度に関する評価を行った。

そして、良好な評価結果が得られたため、本稿ではその実験の概要と結果について報告する。

2. ループ式車両検知器による逆走検知の概要

ループ式車両検知器は交通量を計測するためのセンサーの一つで、路面に埋設したループコイルに交流電流を流し、車両の接近によるインダクタンス等の変化を捉え、ループコイル上の車両通過を検知する。他の諸方式と比較して検知精度が高いのが特徴で、ループコイル上を通過する軽自動車以上の車両（ポルトレーラーを除く）を 99.7 %以上の精度で検知することができる。⁽²⁾また、原理的に昼夜の変化や天候などの影響を受けないため、環境に左右されない安定した計測が可能である。

その信頼性の高さから IC 間の交通量を計測する設備として使用され、都市間高速道路の各 IC 間では、基本的に 1 箇所以上設置されている。さらに、都市部近郊では渋滞の検知に利用するため、約 2 キロメートル間隔で整備されている区間も多い。

高速道路本線のループ式車両検知器は、車線毎に 2 つのループコイルで構成され、約 5.5 メートルの間隔をあけて埋設されている (図 1 参照)。そして、車両が各ループコイル

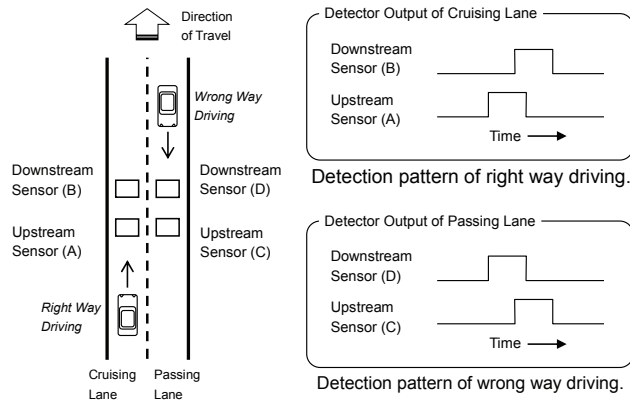


図1 ループ式車両検知器による逆走検知

Fig. 1. Concept of wrong way driving detection by loop coil type vehicle detector.

を通過する際の検知信号から、先に通過する側（上流側）と後で通過する側（下流側）間の移動にかかった時間や、ループコイル上を通過するのにかかった時間を演算処理することで、車線別の平均速度や、大型・小型など車種別の交通量を算出している。

通常の交通量計測では、車両がループコイルを上流・下流の順に通過することを前提としているのに対し、車両が下流・上流の順に通過したことを検知するのが、逆走検知の原理である。

本方式は、車両検知器から受信した検知信号を処理するソフトウェアの変更で実現可能である。既に運用されている車両検知器を利用するため、道路側で車線規制などを伴う新規装置の設置工事が不要であり、保守対象機器の増加による負担も発生しない。

また、道路交通管制センターに逆走検知結果を通知する装置を導入すれば、既存の設備を有効活用した、逆走検知のシステムが構築できる。

3. 課題

高速道路本線のループ式車両検知器を利用した逆走検知を実現するに当たり、課題と考える事項を以下に述べる。

〈3・1〉 逆走検知の能力 逆走車両の検知においても、ループコイル上の車両通過を検知するという仕組み自体は、通常の計測時と同様である。しかし、高速道路本線のループ式車両検知器は、既に交通量計測設備として交通量を計測しているため、この計測の機能・精度は維持したまま、新たに逆走車両を検知する必要がある。また、逆走車両の早期発見の観点から、高い検知能力が求められる。

〈3・2〉 逆走誤検知の抑止 道路交通管制センターは、高速道路上の様々な情報を収集し、情報提供や異常事態の処理を行っている。もし、実際には発生していない逆走を誤って検知した場合、その真否を確認する作業などにより、他の交通管制業務に支障を来すと予想される。また、逆走を誤って検知する頻度が高いと信憑性が低下し、実際の逆走を見逃す恐れがある。したがって、逆走の誤検知を防ぎ

つつ確実な逆走車両の検知情報を通知する必要がある。

高速道路本線では、交通量が少なく高速走行している状態や停止発進を繰り返す混雑状態など様々な交通流状態がある。特に混雑状態では短い車間距離や車線変更の影響から、逆走と判定する候補の車両検知パターンが多数発生する。このような状況でも正確に逆走を検知するために、対策を行う必要がある。

4. 実証実験環境

前述の課題を踏まえ、実際の交通流における逆走検知精度を検証するため、関越自動車道の所沢 IC 付近のループ式車両検知器を利用した実証実験を行った（図2参照）。

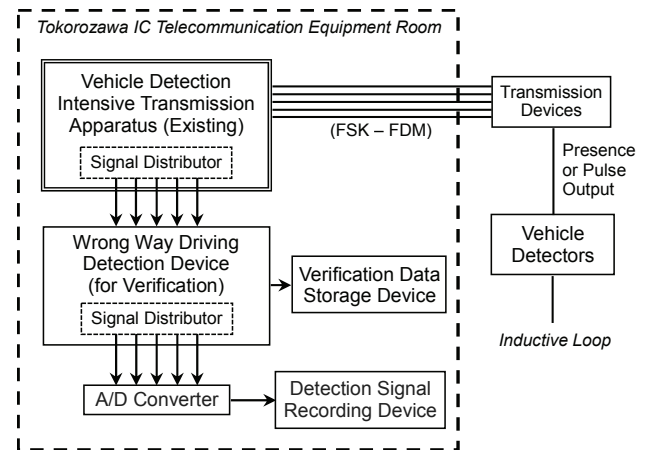


図2 現地実証実験の機器構成

Fig. 2. Outline of equipment used in field experiment.

〈4・1〉 現地実証実験の機器構成 各ループ式車両検知器は、上流と下流で個別に、車両の検知（車両「有」・車両「無」）状態を、通信回線で伝送している（以下、この伝送信号を車両検知信号と呼ぶ）。この車両検知信号を既設の装置から分岐し、実験に使用した。

現地実証実験で使用した機器を以下に示す。

(1) 検証用逆走検知装置 今回の実証実験のため、従来の交通量計測設備の機能に加え、逆走車両の検知機能を実験的に実装した装置。既設の装置から分岐した車両検知信号を処理し、交通量計測と同時に、逆走を検知する。

(2) 検証データ蓄積装置 検証用逆走検知装置の交通量計測データと、逆走の検知情報を収集・蓄積する装置。

(3) A/D 変換器・車両検知信号記録装置 車両検知信号の生の信号（電気信号）をそのままデジタル化し、記録・蓄積する装置。

〈4・2〉 実験室での検証 車両検知信号記録装置で記録した現地の車両検知信号を実験室に持ち帰り、現地の車両検知信号を用いた検証を行った（図3参照）。

5. 逆走検知の能力に関する検証

現地実証実験の期間中に、実験の対象区間で実際に逆走が発生する確率は極めて低いと思われる。そのため、逆走

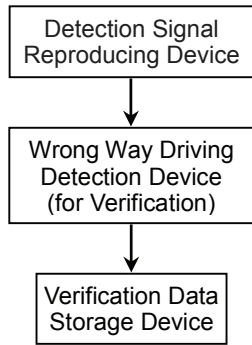


図3 実験室での車両検知信号を用いた実験
Fig. 3. Experiment using raw signals in the laboratory.

検知の能力に関する検証は、現地で収集した車両検知信号を元にして実験室で行った。

〈5・1〉 逆走検知能力の基本的な確認 正しい方向に走行している車両と同等の精度で、逆走車両を検知できることの検証を行った。

まず、道路状況が混雑していない、比較的交通量が少ない時間帯の車両検知信号を検証用逆走検知装置で処理し、交通量計測結果（正しい方向に走行する車両の通過台数）を求めた。なお、検証用逆走検知装置の交通量計測結果が、既存の交通量計測設備と同じであることは別途確認済みである。

次に、検証用逆走検知装置の設定を変更し、車両検知信号の上流と下流を、実際とは逆転した順番で定義した。したがって、正しい方向に走行している車両の検知信号が、実質的には逆方向に走行（逆走）している検知信号となる。この状態で、先ほどと同じ車両検知信号を使用し、逆走車両の検知数を計測した。

その結果、通常設定時の交通量計測結果と、逆転設定時の逆走車両検知数が一致しており、正しい方向に走行している車両と同等の精度で、逆走車両を検知できる事が確認された（表1参照）。

表1 走行方向別の検知精度の比較結果
Table 1. Comparison result of detection accuracy by travel direction.

Location (Kan-Etsu expressway)		Normal setting	Reverse setting	Difference
Point H (Up Line)	Lane 1	409	409	0
	Lane 2	346	346	0
	Lane 3	52	52	0
Point I (Down Line)	Lane 1	401	401	0
	Lane 2	398	398	0
	Lane 3	57	57	0
Point J (Up Line)	Lane 1	478	478	0
	Lane 2	306	306	0
	Lane 3	51	51	0

Confirm the number of detections in normal setting and reverse setting with 2 hour vehicle detection signal.

〈5・2〉 逆走が混在した検知信号による検証 正しい方向に走行している車両と逆走車両の検知信号が混在していても、それぞれを判別して検知できることの検証を行った。

まず、現地で収集した車両検知信号を元にして、逆走車両の試験パターン信号を混入した試験用の車両検知信号を作成した。

次に、この信号を検証用逆走検知装置で処理し、交通量計測結果が元の車両検知信号の場合と同じである事と、混入した逆走車両が漏れなく検知される事の確認を行った。

その結果、通常の走行車両と逆走車両が混在した検知信号でも、両者を識別し検知できることが確認された（表2参照）。

表2 試験パターン信号を混入した実験結果
Table 2. Experimental result with wrong way driving test pattern inserted.

Expected value		Result	
Forward	Backward	Forward	Backward
1,967	12	1,967	12

Confirm by inserting the test signal simulating wrong way driving into the 2 hour vehicle detection signal every 10 minutes.

6. 逆走誤検知の抑止に関する検証

〈6・1〉 概要 「課題」の節で述べた通り、実際の交通流では様々な要因で誤検知が発生する恐れがある。そのため、想定される誤検知の要因に対して対策を施し、現地の検証用逆走検知装置で、実際の交通流状態における逆走誤検知の確認を行った。

以下に、逆走の誤検知要因として想定する代表的な例と、その対策について述べる。

(1) 車線変更による誤検知 比較的車両の走行速度が遅い状況では、隣接車線の車両が急に車線変更することにより、上流側のループコイルでは車両が検知されず、下流側のループコイルのみ車両を検知することが有りうる。この時、後続する車両との車間距離が短い状況では、逆走車両と同様のパターンが現れる（図4参照）。

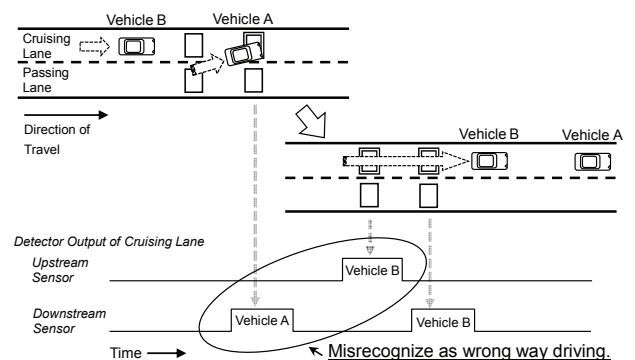


図4 車線変更による誤検知

Fig. 4. False detection of wrong way driving caused by lane change.

そこで、実際に逆走車両が車両検知器を通過した場合は、その直後に正しい方向に走行する車両が同一車線を通過することが困難であると推測されることから、逆走の検知直後の検知信号の連続性なども評価することで、そのようなケースでの誤検知を抑制する対策を行った。

(2) 混雑流による誤検知 道路の混雑時は車両の走行速度が下がり、通常の走行状態よりも車間距離が著しく短くなる。そのような、車両同士が接近した状態では、先行車両が下流側のループを通過した直後に後続車両が上流側のループを通過し、逆走車両と同様のパターンが現れる(図5参照)。

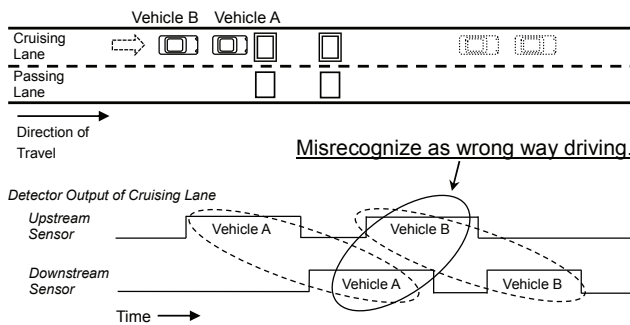


図5 接近した車両による誤検知

Fig. 5. False detection of wrong way driving caused by approach of a vehicle.

そこで、車両同士が接近するような混雑時には逆走車両の走行は困難であると推測されることから、交通量や平均速度などの情報から混雑状況を判別し、混雑状態における誤検知を抑制する対策を行った。

〈6・2〉現地実験と結果 所沢 IC 通信機械室に設置した検証用逆走検知装置を用いて、2017年11月の約21日間で、逆走の検知状況を確認した(表3参照)。

表3 逆走誤検知の現地実験結果

Table 3. Field experiment results on false detection of wrong way driving.

Location (Kan-Etsu expressway)	Traffic volume	Wrong way driving detection ^(*)2)	Suppressed false detection
Point A (Up Line)	949,581	0 (1)	6,635
Point B (Up Line)	541,055 ^(*)1)	0 (0)	1,374
Point C (Up Line)	954,589	0 (0)	524
Point D (Up Line)	289,371 ^(*)1)	0 (1)	473
Point E (Down Line)	668,838 ^(*)1)	0 (2)	81
Point F (Down Line)	929,565	0 (0)	235
Point G (Down Line)	928,460	0 (1)	328
Point H (Up Line)	923,285	0 (0)	441
Point I (Down Line)	981,647	0 (2)	289
Point J (Up Line)	987,034	0 (0)	631
Total	8,153,425	0 (7)	11,011

*1) Decrease due to maintenance of sensors.

*2) Numbers in parentheses are wrong way driving detection related to lane regulation.

なお、検証対象の各地点は約10kmの範囲に広がっており、全て3車線区間である。検証期間中に延べ約800万台の車両が通過し、渋滞も複数発生した。

検証期間中、逆走検知は7件、誤検知抑止件数は多数発生した。逆走検知の7件は、全て車線規制内で検知されていたことが確認された(表4参照)。

表4 逆走の検知と車線規制の関係

Table 4. Relationship between detection of wrong way driving and lane regulation.

No.	Location	Lane	Speed (km/h)	Time difference from regulation release time
1	Point D	First Cruising Lane	12.1	About 65 minutes.
2	Point G	Second Cruising Lane	15.2	About 92 minutes.
3	Point A	First Cruising Lane	6.0	About 45 minutes.
4	Point E	Passing Lane	10.1	About 43 minutes.
5	Point E	Passing Lane	8.4	About 47 minutes.
6	Point I	Passing Lane	10.5	About 126 minutes.
7	Point I	Passing Lane	8.7	About 44 minutes.

これは、発生時間帯を考えると、規制解除のために車線規制のラバーコーンを撤去するなど、実際に後退していた作業車両を正しく逆走として検知した結果と考えられる。

また一方で、本線上の全通過台数に対して0.14%程度の確率で逆走の候補を検出していたが、誤検知の抑止対策によって全件が検知対象から除外された。なお、この検証期間中に、実際の逆走は報告されていない。

これにより、高速道路本線の様々な交通流状況においても、逆走の誤検知抑止機能が有効に動作することが確認された。

7. まとめ

高速道路本線のループ式車両検知器を使用した逆走検知の概要と、逆走検知の現地実証実験について述べた。

実験の結果、高い精度で逆走車両の検知が可能である事、そして、実際の高速道路本線の様々な交通状況下でも、逆走の誤検知が発生しないことを確認することができた。

本方式は、既設の交通量計測設備の検知信号を処理するソフトウェア変更により導入可能であることから、既存の設備を有効利用して逆走への対策ができるものである。

今後は、車線規制情報の受信など交通管制システムとの連携も視野に入れ、システム化を検討する。

文 献

- (1) 国土交通省：「高速道路での今後の逆走対策に関するロードマップ～2020年までに高速道路での逆走事故をゼロに～」, 報道発表資料 (2016-3)
http://www.mlit.go.jp/report/press/road01_hh_000648.html
- (2) 東日本高速道路株式会社・西日本高速道路株式会社：「交通量計測設備標準仕様書 施仕第17112号」, 施設機材仕様書集 電気, p.10 (2017-7)