

路上における誘導警備員の危険回避や作業軽減の 為の車両通過情報伝送システムの開発 (第一報)

柴田 幸司[†]・蛭沢 達彦^{††}

Vehicle Passing Information Transmission System for Avoiding Danger of Security Guards on the Street and Reducing Work (First report)

Kouji SHIBATA[†] and Tatsuhiko EBISAWA^{††}

ABSTRACT

Recently, reduce of human resources such as induction guards on the street has become serious due to the effects of declining birthrate and other factors. On the other hand, there is a danger such as a sudden passage of a vehicle and similar in the work of vehicle guidance security. On such background, the purpose of this research is to reduce the burden of the security guards by detecting advancement of vehicles passing using a equipment during the work such as guidance guidance of passing vehicles on the road. For this purpose, a vehicle passing information transmission system on the road was developed by joint development with Aomori Michinoku Security Insurance Co., Ltd.

Key Words: doppler sensor, mm-wave radar, vehicle detection

キーワード: ドップラーセンサ, ミリ波レーダ, 車両検知

1. はじめに

近年の少子化等の影響により、路上での誘導警備員などの人材不足が深刻化している。これらの業務では、たとえば突然の車両の通過など危険が伴う。本研究では、路上での通過車両の誘導警備などの業務を実施時、事前の車両の通

過の検知などによる警備員の負担の軽減を目的とし、青森みちのく警備保障株式会社と八戸工業大学の共同開発により、路上での車両通過情報伝送システムの開発を目的とする。

2. 目標とする機能と性能の設定

上記の路上での誘導警備を支援する機能を満足する機器を実現する為、まず目標とする機能と性能を検討した。開発する装置のシステム概念図を図1に示す。図の通り、提案するシステムでは先ず、通過車両を検出するセンサを内蔵した装置をd=8.0m程度の車幅を有する路上に設置する。そして、この検出装置(センサ)を制御

令和3年1月4日受付

[†] 工学部電気電子工学科・准教授

^{††} 青森みちのく警備保障株式会社・代表取締役

しつづ、得られた車両の通過情報を遠方へ伝送する伝送装置を検出装置へ接続する。そして、これらの装置のL=200m前方に受信装置を配置し、センサでの検出情報を受信装置へと伝送する。そして誘導警備を行う作業者は、この受信装置を持ち、前方の検出および伝送装置にて検出した車両の通過情報を、音声情報として確認する。ここで、道路は上り下りの各1車線を有すると想定した。従い、開発を行う装置は通過する車両に対し上り下りを区別する必要がある。本研究では、これらの機能を有する防水型の電子回路による装置一式を開発することを目標とする。

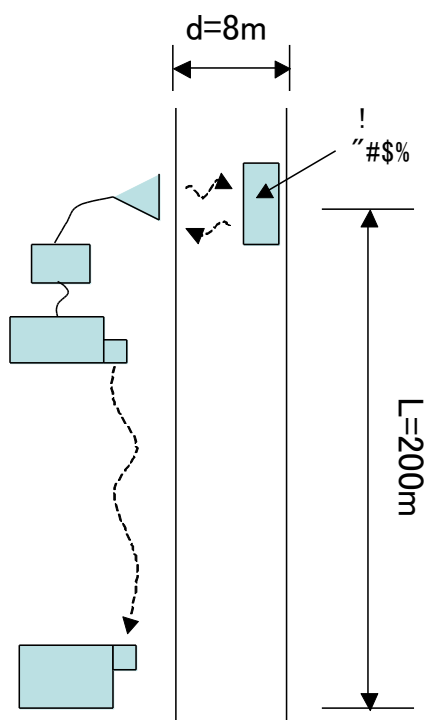


図1 装置のシステム概念図

3. 車両検知方式のトレードオフ

このような装置の実現には、車両の検知に用いるセンサの方式選定が重要となる。そこでまず、開発する装置に用いるセンサのトレードオフを行った。今回、検討を行ったセンサを表1に示す。その結果、超音波センサは安価であり、物体との距離の測定等に一般に用いられることが分かった。一方、超音波センサはレーダなどで

物体探知の実績がある電波センサに対して、探知距離が8m程度と比較的に短距離である。以上の比較から、筆者による初期の検討では、通過車両の検出という目的に対し、道路幅が広い場合には超音波センサでは満足できない可能性があるかと判断した。一方、電波によるセンサは衝突防止レーダ等としての実績もあり、センサと物体との距離が計測できれば、上りと下りの車両の切り分けも容易であると考えた。そこで本研究では、まずは電波センサを用いた車両の検知システムを試作して性能を評価した。

表1 車両検知センサのトレードオフ

センサ方式	検知距離	値段	備考
超音波	8m	安い	距離が足りない
レーザ	30m	高い	狭ビームのため、広い範囲の検知に工夫が必要
赤外線	30m	安い	技術的な要件を満たすため更に調査が必要
電波	8m (出力やアンテナの指向性による)	安い	レーダタイプであれば、探知距離は50m以上、照射ビーム幅を選択可能。技適の取得が必要
感圧		安い	道路にマットなどを敷く必要、該当部品が無い

4. 電波センサ方式の性能評価

前章でのトレードオフにより、開発を目標とする路上での車両を検知する装置に用いるセンサには、電波による方式が好ましいと判断した。その為、まず市販されている電波センサを購入し、路上にて車両検知率を確認した。今開発において、電波センサは複数の種類を評価した。その一例として、電波センサの製品のひとつである新日本無線製ドップラーセンサNJE4265を図2に示す。このセンサーは、車両などの動体へ電磁波を照射し、反射波の周波数のドップラー成分から物体を検知する部品である。また、動体の動きの違いによるドップラー周波数の違いから、物体の接近と離反も判別できる。そこでまず、このセンサを用い八戸市の国道45号線の路上にて、車両の認識率を確認した。その時の様子を図3に示す。これより、手前（路片側）の車両

の認識率は20%以下であり、車両の面積が小さかったり、通過速度が速い場合は認識率が低下することが分かった。更に、追い越し車線側の車両の認識率は5%以下であり、認識率が極めて低いことが分かった。



図2 新日本無線製のドップラー型電波センサ NJE4265



図3 新日本無線製のドップラーセンサによる路上での検証

新日本無線のNJE4265を用いた場合に認識率が低かった理由として、1. 電波センサに用いられるアンテナのビーム幅が広くアンテナ利得が低い2. 送信出力が弱い等の理由により、遠方からの反射電磁波が観測できないことが考えられる。一方、購入した装置は総務省の適合の認証を受けており、送信電力等の増加やアンテナの改造など本体の電子回路等の改造による性能向上が許されていない。そこで今回、外部での部品の追加にて項目1.のアンテナ利得を改善する為、電波センサの手前に図4の通りパラボラアンテナに用いるリフレクタ（ディッシュ）を取り付けた。そして、放射される電磁波を前方に収束させることで、アンテナ利得を向上させた。



図4 電波センサへのパラボラディッシュの取り付け

そして、この状態にて再度、十和田市の青森みちのく警備保障前の路上にて車両の認識率を確認した。この時の様子を図5に示す。その結果、手前の車線は100%近い認識率、奥側の車線は80%程度の認識率となり、車両の検知性能としては実用領域に達したと考える。但し、実際の警備業務では、装置に上りと下りの車両の切り分けて判別する機能の追加が必要となる。



図5 パラボラディッシュを取り付けた電波センサの路上評価

そこで、実際に作成した電波センサ方式による通過車両の検知システムを図6に示す。本装置ではまず、電波によるドップラセンサがパラボラアンテナの中央に取り付けられ、電磁波が物体に照射される。そして、電磁波を反射する物体が動体の場合、反射電磁波の周波数が入射電磁波と異なるドップラー効果が発生する、この現象により変化した電磁波の周波数成分をセンサが検知する。そして、信号出力遅延回路、メロディ発生回路、無線機制御回路を介し、特定省電力業務用無線機から車両通過情報が遠方に伝送される。よって、誘導警備員も作業時に特定省電力業務用無線機を持てば、車両の通過を遠方で音声情報として認識することが出来る。なお、用いたドップラセンサは発振周波数とドップラ周波数との差異の違いにより、向かってくる車両と遠ざかる車両の判別が可能となる。



図6 電波センサを用いた通過車両の検知システム

そこで、この装置を用いて2018年3月24日（土）の午前に、青森県十和田市の青森みちのく警備保障の本社前の路上にて、装置の性能評価を行った。この様子を図7に示す。その結果、通過車両に対して上りで100%近く、下りで80%程度の検出率を確認した。一方、上り下りの切り分けに関し、試作した装置が有するドップラ一周波数の違いによる向かう車両と遠ざかる車両を切り分ける機能との相関性は確認できなかった。



図7 パラボラディッシュ付・方向判別センサの路上評価

5. 超音波センサ方式の性能評価

前章の通り、電波によるドップラセンサにパラボラディッシュを組み合わせ、路上にて装置から見て手前の車線を通る車両に対し、100%近い認識率での検知が確認された。その一方、現時点のシステムでは上り下りの切り分けが出来ない。そこで、2018年1月に青森みちのく警備保障様からご紹介いただいた、図8に示す福島県郡山市に事業所を置くオーミック電子製の方向判別型・超音波センサもオーミック電子様から購入し路上での評価を行った。この装置は特に路上での上りと下りの車両判別も含めた車両の通過の検知を得意とする。その為、本装置は本研究テーマが目指す用途での実用性を期待した。なお、使用した装置はOM-DR8C 方向判別センサー、コネクタケーブル（5m）及びOM-SQ/RP 警報機であり、接続に必要なコネクタケーブルは、予めオムロンの通販サイトよりXS3F-M421-402-Rを購入した。その為、動作の確認には八戸工大にて購入したケーブルを使用した。また、出荷時のセンサーの距離設定は7mで、距離設定や動作確認用アプリケーションソフトの使用方法は借用品に添付された資料を参照した。更に、借用物品一式にはセンサーの仕様書とセンサーカバーの説明書も併せて添付されていた。本装置は、物体を検知時に本体上部およびワイ

ヤレス警報機の電源部表示灯が緑から赤または紫に変化し、A方向、B方向の検知でそれぞれ異なる音・光を発する仕様となっている。



図8 オーミック電子社製・方向判別型超音波センサ

そして、2018年3月19日に装置一式が本学に到着した為、早速、接続ケーブルを介して機器の本体に通信機用バッテリーを接続し、機器にDC12Vを印加して物体の検知を試みた。しかし図8の通り動作時の緑のランプは点灯したものの、機器の前面に物体を通過させても検知の反応がなかった。そこで更に、自己診断モードにて機器を立ち上げ、スマホのAndroidアプリにてスマホからWifi経由で借用機器の検出を試みたが、この作業を経ても機器の検出は不可能だった。物体検知が出来なかった理由として、本装置の物体の検出感度がとても高く、屋内では壁等からの反射波の影響により機器が正常に動作しないことが判明した。一方、スマホのWi-Fiで装置が検出出来なかった事象は、今後は他のスマートフォンを使用する等により、追加での検証が必要となる。更に、超音波センサの装置一式を用いて2018年3月24日（土）の午前、青森県十和田市の青森みちのく警備保障の本社前の路上にて検知性能を評価した。この時の様子を図9及び10に示す。なお、これらの写真の通り当日は超音波センサと並行して電波型のセンサも同じ時間

帯に評価した。その結果、オーミック電子社の超音波による方向判別型センサでは、通過車両に対して手前車線で80%程度、奥方の車線で50%程度の検出率を確認した。なお、本装置での上り下りの切り分けの性能に関し、例えば手前車線の通過に対して正しい認識の確率が60%程度で、現時点では実用に耐えられる性能ではない。



図9 超音波型・方向判別センサの路上評価1



図10 超音波型・方向判別センサの路上評価2

このオーミック社の超音波センサを用いた装置での上り下りの切り分けの性能が現時点で良くない理由として、1. 評価を行った路上や手前車線での認識率を優先するなど、検出目標に対する

検出感度の設定 2. 路面に対する装置の地上高さ
設置角度 の2項目が最適化されていないことが考えられる。これより今後、オーミック電子社の機器を用い、上記の詳細な検討が必要と考えた。

6. 2018年度の開発経緯

以上の2017年度（共同研究の初年度）における開発の進捗を踏まえ、2018年度は一般的な上り下り車線を有する計2車線道路の手前車線での軽自動車、普通自動車、トラック等の車両の通過情報を100%の検知率で200m前方の誘導警備員に伝送する為、2018年7月13日（金）までに以下のオーミック社の超音波センサを用い、**図11**および**12**に示す車両検知センサおよび制御回路と簡易業務無線機から構成される200m前方の誘導警備員に車両の通過を伝送するシステム一式を構築した。その作業項目を以下に示す。

1. オーミック電子超音波センサの設計製作治具による三脚への取り付け
2. 超音波センサからの検知出力を特定小電力無線に伝送する電子回路の新規開発
3. システムを通信用12Vバッテリーのみで駆動する為の電源の一元化
4. 上記システム一式の防水ケースへの配置
5. 上記システムにて前方3m程度の物体移動の識別率90%を確認
6. 上記システム+特定小電力無線機にて検知信号が遠方に伝送できることを確認
7. センサ角度を調整し、実機にて八工大前の国道45号線沿いでの車両検出実験から、90%程度の検知率を確認、システム一式の正常な動作を確認

その後、上記のシステムのセンサ部を 2m 超の三脚に取り付け、車両の検知率が実用レベルの100%の近い値となることが確認された。



図 11 超音波センサ部



図 12 簡易業務無線機を用いた情報伝送部

6.1 電波センサの開発と設置角度の検討

先に開発したシステムのうち、超音波センサは他社からの購入品で23万円と高価で装置の原価の大きな割合を占め製品化時の製品価格の高騰を招く。この為、装置の普及の妨げになると考えた。そこで、2018年度はシステムの構成部品のうち高価な超音波センサを安価な部品に置き換え

る為、電波型のセンサも並行して開発した。そして、

1. 新日本電気製24GHz帯電波センサを図13の通りパラボラアンテナに取り付け
2. 更に2m超の三脚に取り付け
3. 角度調整機能の追加による斜め下向き方向の検知

などの改善により、検知感度や電波の照射角度や設置距離等を調整しつつ、実用の可能性を検証した。その結果、下記のシステムにて

4. 手前車線の通過車両（高速での通過時も含む）の検知率のほぼ100%
5. 対向車線の誤検知率のほぼ0%

の達成を確認した。



図 13 電波センサのパラボラアンテナの取り付け実験風景

6.2 機器の改良

そこで更に、装置の改善のため2019年3月6日（水）までに以下の作業を完了した。

1. 電波型車両通過情報伝送装置への図14の通過確認ライトの追加（勿論動作も確認）
2. 装置のセンサ+アンテナ部の図14の防水処置
3. 装置のセンサ+アンテナ部の簡便かつ安定的な設置の検討

4. 上記の改造を施しても検知性能が劣化しないことを確認

上記の装置は簡易業務無線機を経由した警告音での200m先の誘導警備員への情報伝送機能を実装している。また、2.の防水用カバーの意匠性や恒久性は、製品化時に詳細な機構設計を外部への委託を予定している。補足として、3.の三脚の安定的な設置は、三脚の直下に重量のある通信用のバッテリーを網等に入れて吊るせば実現できると考える。



図 14 装置への防水機能と通過確認ライトの追加

6.3 2018年度まで開発経緯のまとめ

青森みちのく警備保障と八戸工業大学の共同研究により、2017年度から継続して開発している「路上での車両通過情報を200m前方の誘導警備員に伝送する装置」につき、2018年度は超音波および電波のセンサを用い手前車線での車両の検知率が実用レベルに近くなることが確認できた。

7. おわりに

本報告では、事前の車両の通過の検知などによる、車両の誘導警備員の負担の軽減を目的として、青森みちのく警備保障株式会社との共同開発による、車両通過情報伝送システムの試作による路上での評価の結果をまとめた。その結果、現時点では電波型では通過車両に対して上

りで100%近く、下りで80%程度の検出率を確認した。その一方、上り下りの切り分けに関しては、試作した装置が有するドップラー周波数の違いによる向かってくる車両と遠ざかる車両を切り分ける機能との相関性が確認できなかった。

一方、超音波型としてオーミック電子社の方向判別型センサを用いた装置では、通過車両に対して手前車線で80%程度、奥方の車線で50%程度の検出率を確認した。しかし、本装置における上り下りの切り分けの性能に関しては、例えば手前車線の通過に対して正しい認識の確率が60%程度であった。しかし2018年度には、超音波および電波のセンサを用いることで、手前車線での車両の検知率が実用レベルに近くなることが確認できた。

今後の検討課題として、電波型ではセンサを2つ以上の数量を用いることや、レーダタイプの採用による上り下りの切り分け性能の向上が必要となる。また、超音波型の場合には、機器の購入により、評価を行う路上にて手前車線での認識率を優先する等の検出目標に対する検出感

度の設定や、路面に対する装置の地上高さ設置角度の最適化を詳細に検討する必要がある。また、システムの取扱いの簡便化や信頼性の向上のための装置の改良や、恒久的な防水構造でのバッテリー等も含め実運用による検証が必要である。更に、車両検知時の車両の画像も200m先に伝送する機能を追加することを予定している。その上で、本格的な信頼性を確保する為、機構設計を外部に委託するなど他の企業等との連携も必要と考える。

謝辞

本開発の当初より、共同研究のサポート、適切な助言や情報提供を頂いております、八戸工業大学 社会連携学術連携推進室の畑中ひとみ殿および、開発の手順や方向性の丁寧な指導を頂きました 21 あおもり産業総合支援センターの八木清之殿に感謝致します。

要 旨

近年の少子化等の影響により、路上における誘導警備員などの人材不足が深刻化している。また、これらの業務では、たとえば突然の車両の通過などによる危険が伴う。そこで本研究では、路上での通過車両の誘導警備などの業務時における、事前の車両の通過の検知などによる警備員の負担の軽減を目的として、青森みちのく警備保障株式会社との共同開発により、路上での車両通過情報伝送システムを開発した。その結果、2018年度には超音波および電波のセンサを用いることで、手前車線での車両の検知率が実用レベルに近くなることが確認できた。

キーワード:ドップラーセンサ, ミリ波レーダ, 車両検知