

磁気センサを用いた側方からの車両検出装置の開発

Vehicle detection by magnetic sensor in the lateral direction

知能機械工学コース

機械・航空システム制御研究室

1265001 安達 雄紀

1. 緒言

現在の車両検知器には、主にループコイル式、画像式、超音波式がある。ループコイル式は、広範囲に埋設工事が必要であり、コイルの切断が生じやすい。画像式は、雨、雪、および光量の変化などの外部環境の影響を受け、誤検出が多い。超音波式は車線の中央に超音波送受器を設置し、超音波が反射する時間差によって車両を検出する。しかし、人間や動物などの車両以外のものに反応してしまうことがある^[1]。

磁気センサを地面に埋設し、磁気変化を測定することにより、車両検出や駐車判定する検出方法があり、その術は上記の問題を解決できる可能性がある。しかし、埋設式にも工面的な課題や横軸方向の磁力による誤検知などの課題が残った。今回はセンサを側方に配置する方法を提案する。側方からの車両検知器は、埋設式磁気センサの車両検知器と比較して設置工事が容易である。また、規制工事が困難な1車線道路やIC流入道路など、更なる利用範囲の拡大を見込める。センサの原理は、磁化された車両の磁性体が持つ残留磁束密度の大きさを磁気センサによって車両の有無を検出するものである。本研究では、磁気センサを用いて実際に側方から車両を検出し、側方からの車両検知器の可能性を検証する。

2. 車両検出の原理

磁気センサは、磁気の大きさを検出するセンサであり、 x 軸、 y 軸、 z 軸の3軸の磁束密度検出が可能である。自動車の車体は通常、鉄板を利用しておらず、残留磁気を持っている。磁気センサを用いて残留する磁束密度の大きさを検出することにより、車両を検出することができる。実際に車両が2つのセンサ上を通過すると、図1のような磁束密度の波形が検出できる。このように磁束密度の値の変化を検出することで車両の有無を判定する。しかし、センサを地中に埋める埋設式とした場合、図2のように、車両のセンサ通過位置によって波形が変化することから、車両を特定する際に誤検知を起こす原因となる。よって、側方から車両検出を行うことで、その波形により車両を特定できると考えられる。

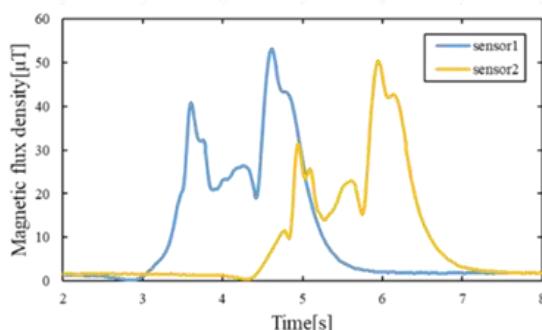


Fig.1 Variation of the magnetic flux density

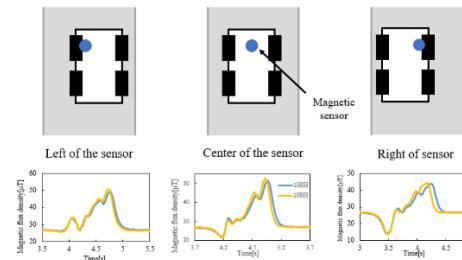


Fig.2 Differences in waveform depend on driving position

3. 側方からの車両検出

3.1 車両検出方法

グラフの x 軸は車両の進行方向、 y 軸は道路に対し垂直方向、 z 軸は奥行き方向を表す。車両とセンサ間の距離 d 、センサ高さ h 、車両速度 v とする。図3のように車両の進行方向に対し側方に設置したセンサによって検出する。右側のグラフは、車両がセンサ横を通過した際の3軸別の波形である。

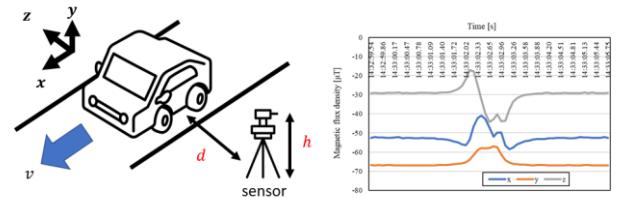


Fig.3 Vehicle detection method

3.2 使用環境による違い

実際に z 軸方向に建物の有無による磁束密度の変化や波形に違いを検証した。図4、5に車両が通過した際の写真と、3軸別の磁束密度変化を示す。グラフを比較すると、 z 軸の磁束密度の0点は変化しているが3軸ともに波形に変化はないことがわかる。これより、側方からの車両検知器は埋設式と比較すると、車両通過位置に依存しないことがわかる。



Fig.4 When there is a building in the Z-axis direction

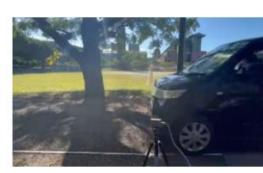


Fig.5 When there is no buildings in the Z-axis direction



3.3 車両別の磁束密度変化比較

センサ間の距離 d , センサ高さ h をそれぞれ変化させ車体の大きさの違う車両の磁束密度変化の波形を比較した。表1に使用した車両の寸法や重量をまとめたものを示す⁽²⁾。図6にワゴンRを4つの条件で比較したものを示す。また、図7にラクティスとノアを2つの条件で比較したものを示す。

	SUZUKI ワゴンR	TOYOTA ラクティス	TOYOTA ノア
全長	3395 mm	3995 mm	4710 mm
全幅	1475 mm	1695 mm	1735 mm
全高	1650 mm	1585 mm	1870 mm
車両重量	840 kg	1110 kg	1700 kg

Table.1 Vehicle information

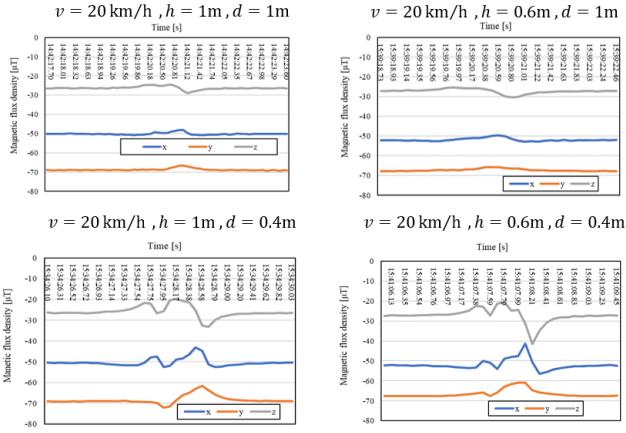


Fig.6 Compare Wagon R in 4 conditions

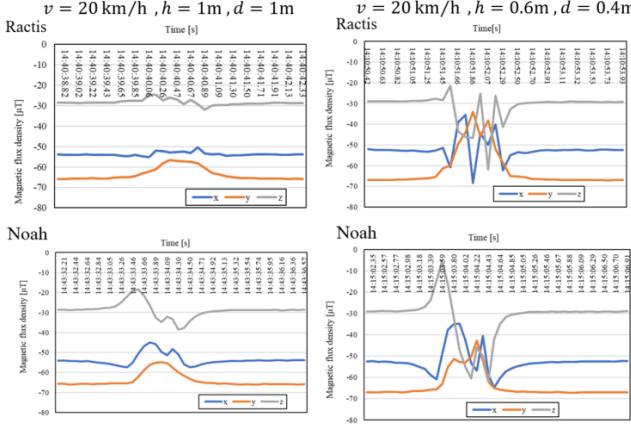


Fig.7 Compare 2 conditions between Ractis and Noah

図6より、 $h = 1\text{m}$, $d = 1\text{m}$ の時、車両検出できていないことがわかる。センサ高さを $h = 0.6\text{m}$ と変化させたが、車両の検出はできなかった。センサ間距離 $d = 0.4\text{m}$ とすると波形が output され、車両検出できている。センサ高さ h とセンサ間距離 d 両方を変化させると、磁束密度変化が大きくなつた。これは $h = 0.6\text{m}$ 周辺にエンジンなどの磁性体部品が多いことが要因と考えられる。よって、側方からの車両検出において、センサ高さ h よりも車両とセンサ間の距離 d に依存することがわかる。図7より、ラクティスとノアでは $h = 1\text{m}$, $d = 1\text{m}$ の時、ワゴンRと比較すると波形の概形が表れている。 $h = 0.6\text{m}$, $d = 0.4\text{m}$ と比較すると、概形が類似している。よって、車体が大きいほど磁束密度変化量が大きくなり、大型車以上の大きさの車両であればセンサ間距離 d は 1m 確保できることがわかる。また図6, 7より、車両によりそれぞれ波形に特徴があることから、波形の概形の違いを利用して車両特定が可能だと考えられる。

4. 高感度磁気センサによる側方からの車両検出

4.1 使用する高感度磁気センサ

表2に従来の磁気センサと使用する高感度磁気センサの性能比較したもの示す。

	ローム株式会社 BM1422AGMV	愛知製鋼(株) MI-CB-1DJ-S-B
感磁方向	3軸	1軸
電源電圧	4.5 V	15 V
磁気感度	0.042 $\mu\text{T}/\text{LSB}$	0.000195 $\mu\text{T}/\text{LSB}$
分解能	0.3 μT	10 pT
基板サイズ	2mm × 2mm	55mm × 13.5mm

Table.2 Sensor performance comparison table

4.2 高感度磁気センサでの磁束密度変化比較

車両とセンサ間の距離 d , センサ高さ h をそれぞれ変化させ車体の大きさの違う車両の磁束密度変化の波形を比較した。表3に使用した車両の寸法や重量をまとめたものを示す⁽³⁾。図8にワゴンRでそれぞれ5つの条件で比較したもの示す。また図9にジーノで2つの条件でそれぞれ2回データを取得し、比較したもの示す。

	SUZUKI ワゴンR	DAIHATSU ジーノ
全長	3395 mm	3995 mm
全幅	1475 mm	1695 mm
全高	1650 mm	1515 mm
車両重量	840 kg	790 kg

Table.3 Vehicle information

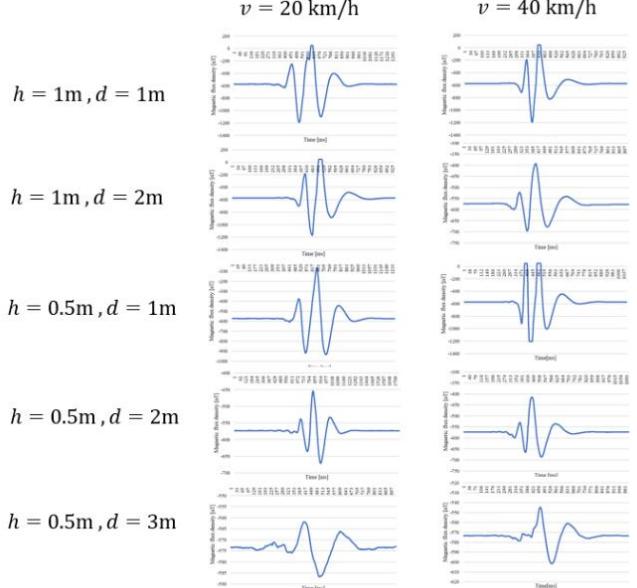


Fig.8 When comparing five conditions on Wagon R using a high-sensitivity magnetic sensor

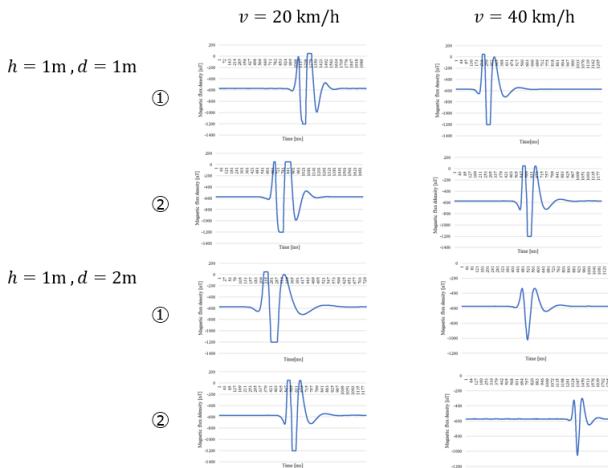


Fig.9 When comparing five conditions on Gino using a high-sensitivity magnetic sensor

図 8 より、高感度センサを用いると 5 つの条件全て車両検出できている。また、全ての波形が類似していることから車両特定は可能だと考える。しかし、 $v = 40\text{km}/\text{h}$, $h = 0.5\text{m}$, $d = 1\text{m}$ のグラフでは、一つ目の磁束密度の最大値が他の条件の時よりも大きく、はずれ値のようになっている。このことから、車両特定する際に波形の山ごとの最大値を平均し、車両の波形を決定する必要がある。しかし、センサ距離を 3m 離した時は他の条件と比較すると、車両検出できていないため、3m 以上の距離がある場合、磁気センサを用いて車両検出を行うことは困難であるといえる。図 9 より、ジーノでは 2 つの条件ともに波形が類似しているうえに、ワゴン R とは波形が異なることから、車両特定は可能であるといえる。

4.3 条件別車両判別比較

車両速度 v 、センサ間の距離 d をそれぞれ変化させ、車両の磁束密度変化の波形を比較し、車両判別のために比較を行った。図 10 に 4 つの条件でワゴン R とジーノを車両判別の比較を示す。

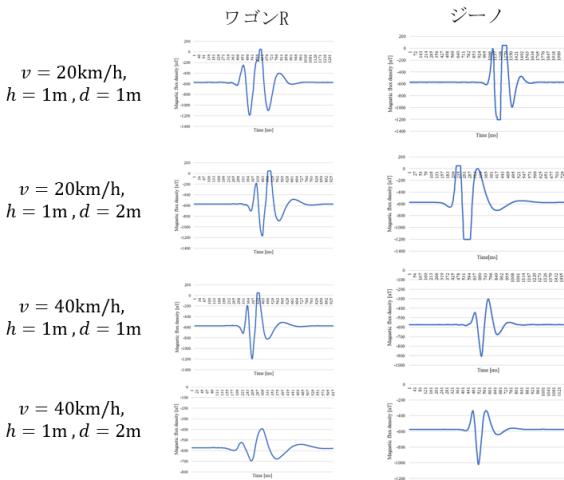


Fig.10 Vehicle discrimination by condition

図 10 より、車両速度 v 、センサ間距離 d を変化させても車両判別できることがわかる。以上のことから、側方からの車両検知での車両特定においては、波形の概形の違いを利用できると考えられる。

5. 結言

磁気センサを用いた側方からの車両検知方法を提案し、車両検出の原理について言及した。また、使用環境による影響や従来の磁気センサでは車両検出距離に課題があることを示した。そこで、高感度磁気センサを用いることで、車両ごとの波形を特定することを提案した。その際、従来の磁気センサとの性能比較を行い、様々な磁気センサについて検討した。実際に高感度磁気センサを用いて様々な条件下で磁束密度変化を比較し、高感度磁気センサを用いて側方からの車両検知の有用性を示した。そこで、車両ごとに波形に特徴を利用するような車両判別のプログラムの有用性を提案した。

今後は、提案した車両判別システムのプログラム作成を行う。また、様々な条件で実験を行った後、磁束密度の最大値の平均値を算出し、はずれ値を補正することができるようなプログラムの作成を行う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、西日本高速道路株式会社(NEXCO 西日本)、株式会社測研社の筒井啓造氏、東北大学の熊谷靖彦教授に多くの知識やデータの提供をして頂きました。ここに感謝の意を表します。

文献

- (1) FUREX株式会社 車両検知センサの方式比較
https://www.fu-rex.co.jp/product1/sensor_info.html
(2022/1/17 取得)