

高分解能磁気センサを用いた側方車両検出装置

Side vehicle detection device using high-resolution magnetic sensor

知能機械工学コース

機械システム制御研究室 1275009 香川 拓未

1. 諸言

現在の車両検知器には、ループコイル式、画像式、超音波式の三種類がある。ループコイル式は、広範囲の埋設工事が必要で、コイルが切断しやすい。画像式は、雨や雪、光の変化に影響を受け、誤検出が多い。超音波式は、超音波の反射時間を測定して車両を検知するが、人や動物にも反応してしまう^[1]。

これらの問題を解決するため、磁気センサを地面に埋設し、磁気変化を測定する方法がある。この方法は有望だが、工事の負担や誤検出の課題がある。そこで、本研究では磁気センサを側方に設置する新しい方法を提案する。この方法は、埋設型より設置が簡単で、1車線道路やIC流入道路などにも適用しやすい。

このセンサは、車両の磁性体が持つ磁束密度を測定し、車両の有無を検知し、車種の特定制を行う。本研究では、実際に側方設置型の磁気センサを用いて車両を検知し、その有効性を検証する。

2. 車両検出の原理

センサを地中に埋設する方式では、図1に示すように、車両のセンサ通過位置によって出力波形が変化する。このため、車両を特定する際に誤検出が生じる要因となる。

そこで、本研究では車両の側方にセンサを設置し、軸方向ごとの磁束密度変化の差異および車両ごとに得られる波形の違いを比較・検討する。これにより、車種判別の精度向上を図るとともに、側方からの車両検出の有効性を示すことを目的とする。

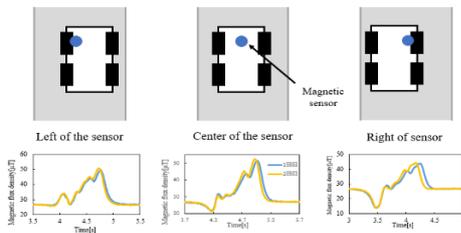


Fig.1 Differences in waveform depend on driving position

3. 側方からの車両検出方法

グラフの横軸は車両の進行方向、縦軸は道路に対して垂直方向を表す。車両とセンサの間の距離を d 、センサの高さを h 、車両の速度を v とする。

図2に示すように、本研究では車両の進行方向に対して側方にセンサを設置し、その出力特性を評価する。右側に示すグラフは、車両がセンサの横を通過した際に取得される2軸の波形であり、それぞれの軸における磁束密度の変化を示している。

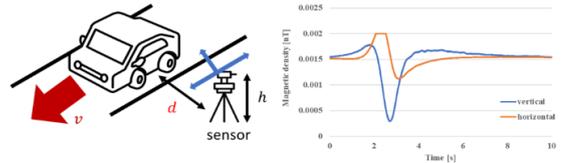


Fig.2 Vehicle detection method

4. 高分解能磁気センサによる側方からの車両検出

4.1 使用する高分解能磁気センサ

表1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を示す。

本研究では、MIセンサを2個搭載した装置を用いて実験を行う。図3に、本装置のセンサ配置および感磁方向を示す。本装置は、2個のMIセンサを適切に配置することで、縦軸および横軸の磁場を同時に検出可能である。これにより、各軸の磁場成分に応じた波形を観測し、磁場変動に対するセンサの応答特性を評価する。本構成による観測は、縦横軸方向の磁場分布を可視化し、磁気センサの特性を多角的に検証する上で有用である。

	ローム株式会社 BMI 422AGMV	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 μT
基板サイズ	2mm \times 2mm	55mm \times 13.5mm

Table.1 Sensor performance comparison table

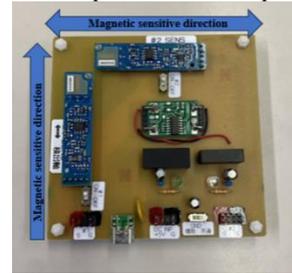


Fig.3 Sensor arrangement and magnetic sensing direction of a device equipped with two MI sensors

4.2 高分解能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 、車両速度 v を変化させ、車体サイズの異なる車両の磁束密度変化波形を10秒間測定・比較した。本研究では、車両とセンサの距離 d を2m、センサの高さ h を1mに固定した。先行研究に基づき、車両とセンサの距離を2mに設定することで、車両による磁場変化を安定的かつ十分に検出可能であり、同時にセンサの耐久性向上および破損リスクの低減にも寄与すると判断した。また、センサ高さを1mに設定することで、車両の金属部品やエンジンが発する磁場がピークとなる位置で測定でき、多くの車両において明瞭な磁場検出が可能となる。さら

に、この高さはトラックやバスなどの大型車両から小型車両まで幅広く対応可能であり、同一条件下で安定した測定が可能である。

表2に使用した車両の寸法および重量を示す^[2]。図4にパレットを用いて速度を変更した4条件下での磁束密度の時間変化を示し、図5にラクティスにおいて速度を変更した4条件下で取得した磁束密度の時間変化を、4回の測定データとともに比較した結果を示す。

	SUZUKI パレット	TOYOTA ラクティス
全長	3339mm	3995mm
全幅	1475mm	1695mm
全高	1735mm	1585mm
車両重量	930kg	1110kg

Table.2 Vehicle information

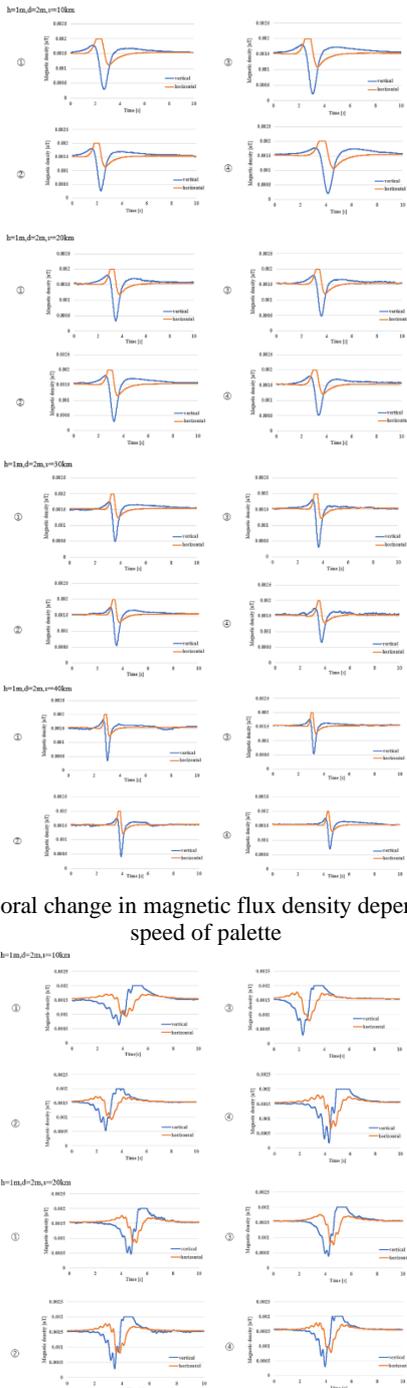


Fig.4 Temporal change in magnetic flux density depending on the speed of palette

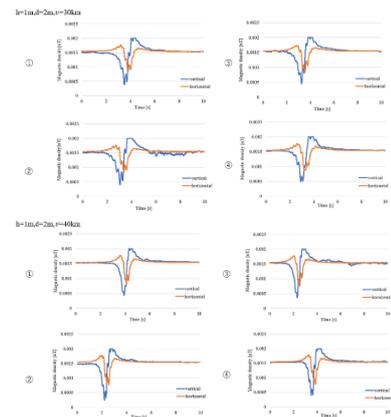


Fig.5 Temporal change in magnetic flux density depending on the speed of lactis

図4, 5より、パレットおよびラクティスの両車両において、高感度センサを用いることで全ての条件下で車両を検出できている。また、速度の上昇に伴い反応時間は短縮されるものの、波形の形状は類似しており、車両の特定が可能であると考えられる。

前回の研究では、速度の上昇に伴い磁束密度の最大値が増加したが、今回はその傾向が見られず、全ての条件で類似した波形を示した。したがって、車両の特定には、波形の山ごとの最大値を平均し、車両ごとの特徴波形を決定する必要がある。

さらに、図4, 5より、パレットでは全条件において類似した波形を示し、ラクティスとは異なる波形を示していることから、車両の識別が可能であると判断できる。

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。高分解能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。実際に高分解能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、高分解能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。

今後は、提案した車両判別システムのプログラムを作成する。また、各種条件下での実験を実施し、磁束密度の最大値の平均を算出するとともに、はずれ値を補正可能なプログラムを開発する。さらに、本研究で測定した車両以外の普通車や大型車を対象に、同車種の新しい年代の磁束密度を測定し、その特性を検討する。

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)、また、MI センサを提供していただいた愛知製鋼様、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)
- (2) パレット SW (SUZUKI) XS (2012年2月)
https://www.goonet.com/catalog/SUZUKI/PALETTE_SW/10074702/
 トヨタ ラクティス 主要諸元表
https://toyota.jp/pages/contents/ractis/002_p_007/pdf/spec/ractis_spec_201506.pdf (2024/01/25)