

地磁気センサを用いた車両速度検出システムの開発

Detection system of vehicle speed using magnetic sensor

知能機械工学コース

機械・航空システム制御研究室 1235082 清藤 沙矢佳

1. 緒言

道路の安全を確保するためには、道路状況、速度、交通量、車両の占有率などの交通情報は重要である。渋滞や混雑などの交通情報を収集することを目的として車両検知器が設置されている。これらの交通情報を用いて道路の渋滞予測や、事故を未然に防ぐことができる⁽¹⁾。

現在の車両検知器には、主にループコイル式、超音波式、画像式などがある。ループコイル式は、比較的広い面積のコイルの埋設工事が必要であり、道路工事が頻繁に行われる場合は、コイルの切断が生じやすい。超音波式は、人や動物など車両以外のものに反応し、画像式は、雨や雪などの外部環境の影響を受け、誤検出する場合がある⁽²⁾。

今回提案する地磁気センサを用いた車両検知器は、従来の車両検知器と比較して小型で埋設工事が容易であり、環境の影響を受けにくいなどの利点がある。センサの原理は、磁化された車両の磁性体部品から発生する磁束密度の大きさを地磁気センサによって検出するものである。車両がセンサ上を走行するときの磁束密度の波形により、車両台数と速度を検出する。

2. 車両検出の原理

地磁気センサとは、地球の磁気を検出するセンサであり、磁束密度を X 軸、Y 軸、Z 軸の 3 軸の数値として検出する。また、スマートフォンなどにも利用されており、安価に入手可能である。車体の材質は鉄でできており、残留磁気を持っており、発生する磁束密度の値がしきい値より大きい場合、センサ上を車両が通過したと判断できると考えた。

実際に、図 1 のように道路にセンサを埋設し、その上を車両が通過すると、図 2 のような波形が検出させる。図に示すように、磁束密度がしきい値以上である場合に車両が一台通過したと判断できる。



Fig. 1 Vehicle runs over a sensor

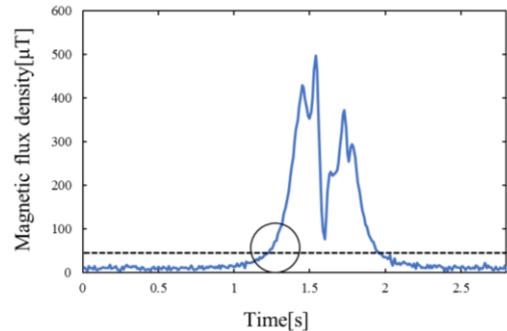


Fig. 2 Variation of the magnetic flux density

3. 検出精度の向上

図 2 に示したように、しきい値以上の磁束密度の値により、車両を検出することができる。しかし、同一の車両でも図 3 に示すように、波形が複数に分かれることがある。この場合、一台を二台と検出する可能性がある。この対策として、車両がセンサに近づき、遠ざかっていく波形を指数関数で近似することにより、検出精度を向上させることを提案する。

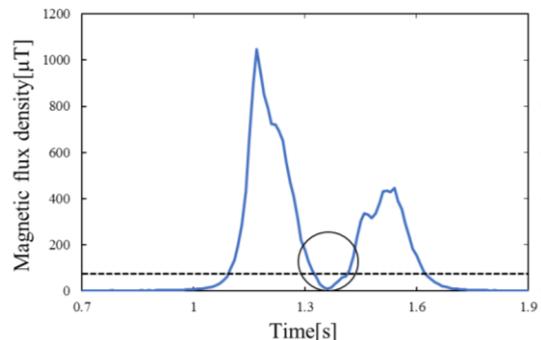


Fig. 3 Example of the detection

今回提案する一台の車両通過の判断には、車両通過の始まりはしきい値を用いて、車両が通過したことの判断は磁束密度の波形を用いて行う。図 4 の A のように、しきい値以上の値を検出したときに車両の始まりと判断する。次に B のように磁束密度の値を 0.3 秒ずつに区切り、これを指数関数 $y = a \cdot e^{bx}$ で近似する。指数関数で近似した係数 a , b と、センサで検出された値と近似した値の誤差により車両通過の判断を行う。近似した結果を図 5 に示す。C のように係数 a , b が $a > 0$, $b < 0$ の条件は満たしているが、誤差が大きいため車両の途中であると考えられる。車両の終わりは D のように $a > 0$, $b < 0$ で近似の誤差が小さいところであると考えられる。これをまとめたものを図 6 に示す。しきい値以上の値を検出してから 0.1 秒の間隔で時間を進めていき、誤差が小さくなったところで車両が通過したと判断する。

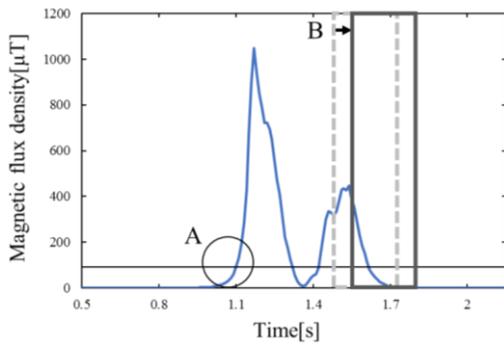


Fig. 4 Explanation of vehicle passage

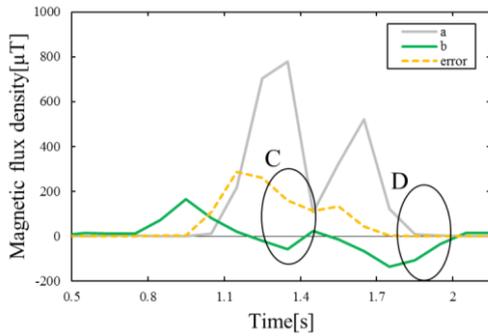


Fig. 5 Result of the having been similar

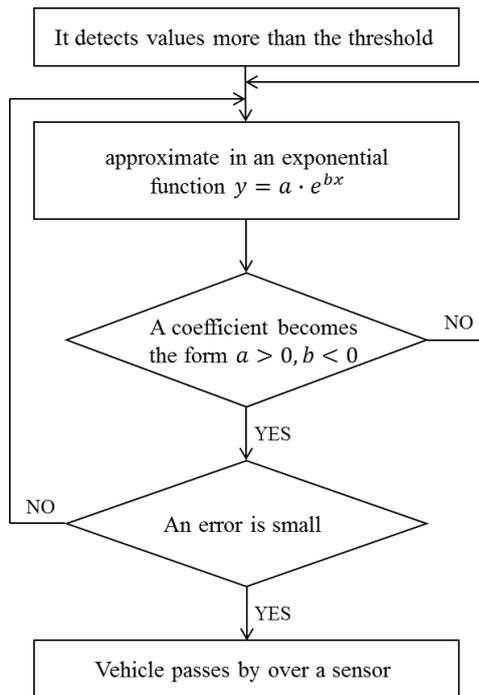


Fig. 6 Condition of the detection

4. 実際の道路での走行実験

車両検出方法の有用性を確認するため、実際の道路に地磁気センサを埋設し、走行実験を行った。この実験で 90 台の車両データを取得し、その内訳は軽自動車 57 台、普通車 19 台、大型車 14 台である。このうち軽自動車と普通車は全て検出することができたが、大型車 1 台が車両の途中で通過の条件を満たし、1 台の車両を 2 台と検出したため、実際にセンサ上を通過した車両は 90 台であったが今回の検出方法では 91 台と検出した。表 1 に検出結果をまとめた。また、図

7 に正常に検出できた例、図 8 に正常に検出できなかった例を示す。図はそれぞれセンサで検出した値を指数関数で近似したときの係数 a , b と、近似の誤差を示している。車両通過の条件を満たした部分を丸で示す。正常に検出できなかった車両は大型車であり、車体が長いと車両の途中で曲線的に磁束密度の値が小さくなってしまふ部分があり、指数関数で近似したときに誤差が小さくなる。これにより車両の途中で通過の条件を満たし、1 台を 2 台と検出したと考える。

Table 1 Details of the experiment vehicle

	Experiment cars	Correct number	Percentage
Mini car	57	57	100%
Passenger car	19	19	100%
Large vehicle	14	13	93%

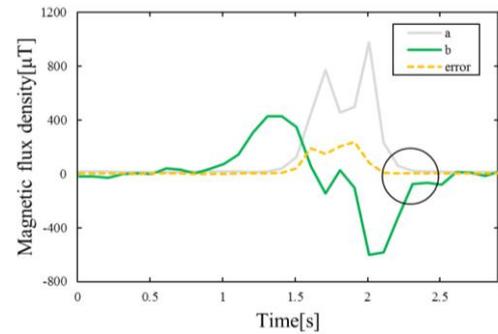


Fig. 7 Experimental result of the Passenger car

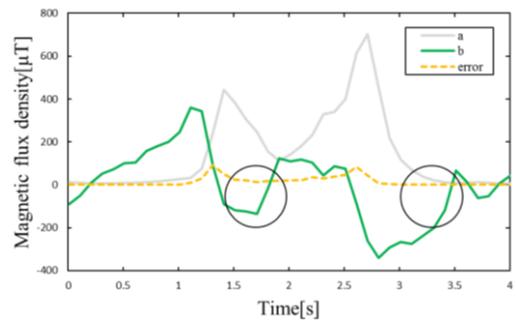


Fig. 8 Example not detect a vehicle

5. 速度検出方法

車両台数はセンサ 1 台を使用して検出を行ってきたが、センサを 2 台使用することにより、速度の検出を行う。図 9 に示すように、3m の間隔をあけてセンサ 2 台を設置する。この上を車両が走行したとき、センサ 1 で車両を検出してからセンサ 2 で車両を検出するまでの時間を計測し、速度を検出した。また、車両の外から速度計を用いて車両速度を計測した。

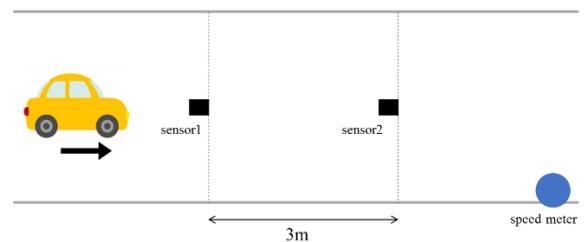


Fig. 9 Method of the speed detection

図 10 に速度計で時速 23km/h と計測したときの結果を示す。センサ 1 で車両を検出してからセンサ 2 で車両を検出するまで 0.48 秒であったので時速 22.3km/h と検出した。速度計の計測精度は±1km/h であるため、このシステムでの速度検出は可能であると考えられる。

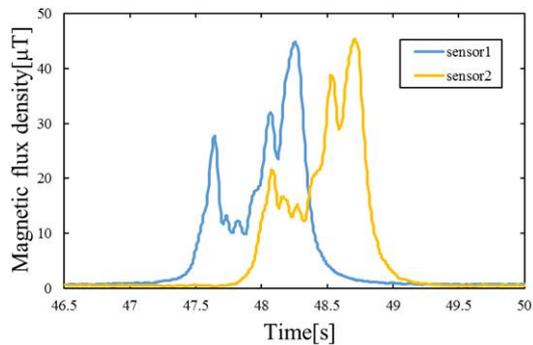


Fig. 10 In the case of a run of 22.3km/h

6. 結言

地磁気センサを用いた車両台数と速度検出システムを提案した。検出精度を向上させるため、しきい値だけではなく磁束密度の波形を指数関数で近似した検出方法を提案した。有用性を確認するため、実際の道路で走行実験を行った。また、センサを 2 台用いて速度の検出を行った。今後は、車両台数と速度を同時に検出するシステムの作成を行う。

文献

- (1) 公益財団法人 日本交通管理技術協会 交通管制システムの構成
<https://www.tmt.or.jp/research/index5-02-1.html>
(2021/01/23 取得)
- (2) FUREX 株式会社 車両検知センサーの方式比較
https://www.fu-rex.co.jp/product1/sensor_info.html
(2021/01/23 取得)