

地磁気センサを用いた自動車検出システム

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1190061 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、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。

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、コイルの埋設工が必要であり道路工事が頻繁に行われる場合は、ループコイルの切断が生じやすい。超音波式および画像式は、人や動物などの車両以外のものに反応し、雨や雪などの外部環境による誤作動を生じる場合がある⁽¹⁾。

その他のセンサとして、地磁気センサが提案されている。このセンサは、小型であるので埋設工事が容易であり環境の影響を受けないなどの利点がある。

センサの原理は、自動車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。一定の速度で自動車がセンサ上を走行するときの磁束密度の波形の特徴により、自動車の台数検知を行った。

今回の発表では、センサの原理の説明を行い、その後基礎実験と実際の車両実験の結果より、有用性を検討する。

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。自動車の車体は通常、鉄板であり残留磁気を持っており、発生する磁束密度の大きさをを用いて車両を判別する可能性がある。磁束密度の値が閾値より大きい場合、センサ上を自動車が通過したと判断できる。

実際に、図1の左のようにセンサ上を一定の速度で車両が通過すると、図の右のような磁束密度の波形が検出できる。この波形は自動車ごとに異なるので、一台ずつ車両を判別することができる可能性がある。

今回の実験では、車両台数の測定精度を向上させるために閾値だけを用いることに加えて、一台の自動車の検知の立ち上がり立ち下りの波形を用いて車両の検出を行う。磁束密度の波形の立ち上がり立ち下りの部分が適切な波形とされない場合は、車両の途中であると判断する。これらにより、検出精度を向上させることを検討する。

3. 実験車両を用いた基礎実験

図1に示すように、地磁気センサを道路の約5cmの深さに埋設し、その上に実験車両を走行させて磁束密度の変化を調べた。まず自動車のエンジンをかけたまま静止しているときワイパー、パワーウィンドウ、冷却ファンなどの磁性体部品をセンサ上で約10秒間稼働させ磁束密度の変化を計測した。

図2のように、自動車がいないときと比較すると磁束密度の値が変化していることがわかる。しかし、ひとつの部品による大きな磁束変化は見られなかった。また、モータの駆動の時間による変化はほぼなかったので自動車全体が磁気を帯びていると考えられる。

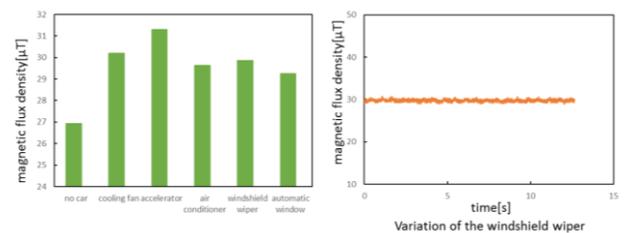


Fig.2 Example of the magnetic parts

次に、時間において2回、速度20km/hで走行させた結果を図3に示す。図の上のように、センサの真上、右にずれたとき、左にずれたときの3通りを同じ速度で走行させた結果を図の下に示す。図に示すように磁束密度の波形は横ずれが同じ場合には、ほぼ一致することがわかる。速度10km/h、20km/h、30km/hで走行させた結果を図4に示す。速度を変化させても、横ずれ位置が同じであれば磁束密度の波形は同じになるとわかる。

図5に検知の立ち上がり立ち下りの変化を示す。図の立ち上がり立ち下りの部分をそれぞれ丸で示している。立ち上りを反転させたグラフを立ち下りのグラフと重ね合わせたところ、二つのグラフは一致するので、立ち上がり立ち下りは対称であると確認できる。このことにより、一台の車両を検出するとき波形を確認することは、有効であることがわかる。

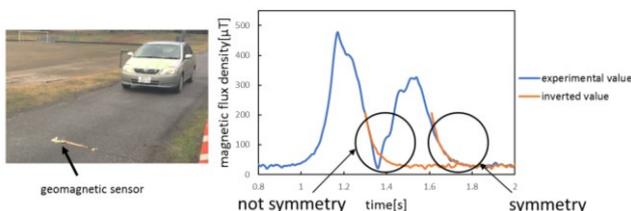


Fig. 1 Variation of the magnetic flux density

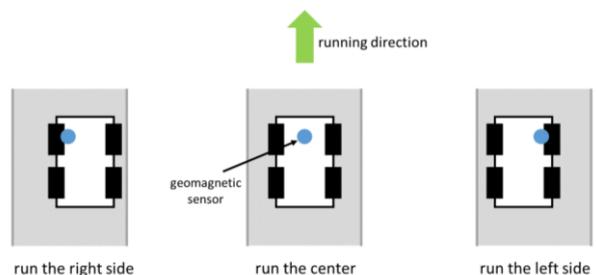


Fig. 3 Comparison of the position

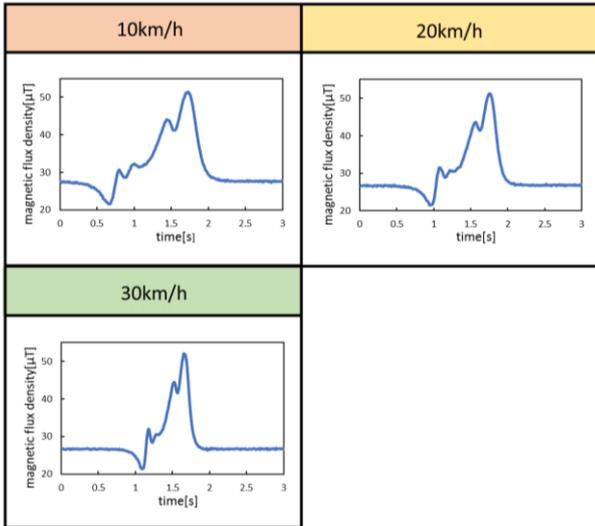


Fig.4 Comparison of the speed

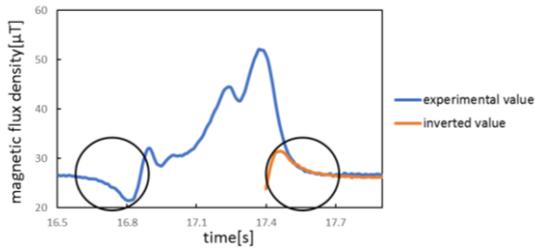


Fig. 5 Experimental result of 20km/h

4. 実際の道路での実験結果

基礎実験から得た結果を元に、実際の道路での実験結果と比較した。この実験で計測されたデータは 90 台分である。このうちの一例を以下の図に示す。図 6 は軽自動車、図 7 は普通車、図 8 はトラックを示しており、立ち上がりと立ち下りの波形の部分を丸で囲んだ。また、立ち上がりのグラフを立ち下がりのグラフに重ね合わせた結果を示している。様々な車種で同様の結果を得ることができた。

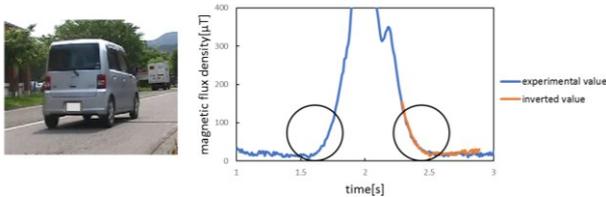


Fig. 6 Experimental result of Mini car

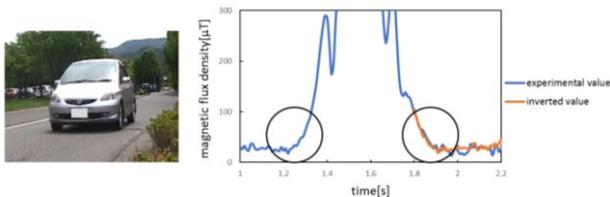


Fig.7 Experimental result of Passenger car

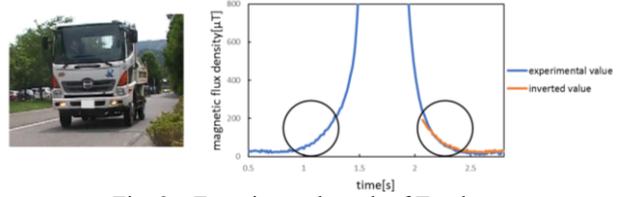


Fig. 8 Experimental result of Truck

5. 曲線近似による車両検出

車両の検出精度を向上させるため、立ち上がりと立ち下りのグラフをそれぞれ曲線近似を行った。図 9 のグラフを近似させると、最適な近似は 3 次式となりその結果を図 10 に示す。近似させたグラフの重ね合わせを図 11 に示す。立ち上がり、立ち下がりの近似式も対称となるとわかった。この近似を用いて、検出の精度の向上を検討している。

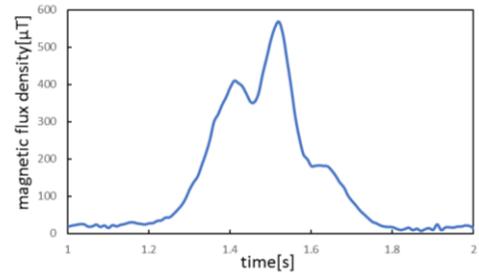
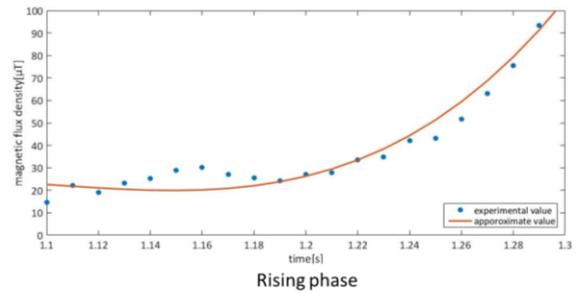
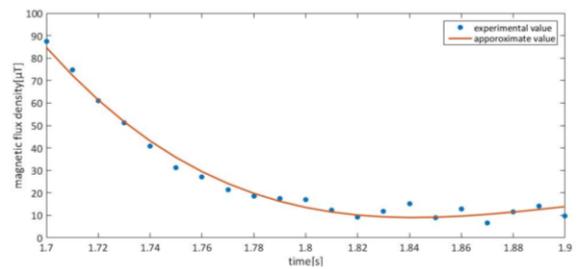


Fig.9 Experimental data



Rising phase



Falling phase

Fig. 10 Approximation curve

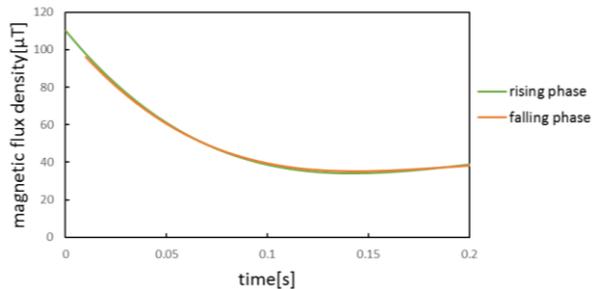


Fig. 11 Superimposed approximation curve

卒業論文要旨

6. 結言

磁束密度の波形の立ち上がり立ち下がり判断することによって、自動車の検出方法を提案した。基礎実験により有用性があるとわかった。実際の道路での実験により、9割以上の自動車で結果を得ることができた。しかし、トラックなどの大型車両では立ち上がり立ち下がりが対称にならない場合があった。これは、大型車両に用いられているエンジンなどの材質が普通車や軽自動車とは異なり、またセンサから磁性体部品までの距離が大きくなるほど誤差が生じやすいからであると考え。今後、大型車両の誤差に対する検

出方法の検討を行っていきたい。また、実験値を近似させることにより精度の向上を図りたいと考えている。

文献

- (1) 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
(2019/1/17 取得)