

# 卒業論文要旨

## 地磁気センサを用いた駐車場管理の検討 Examination of parking lot management system using magnetic sensor

システム工学群

機械・航空システム制御研究室 1230040 香川 拓未

### 1. 緒言

近年、トラックドライバーの人手不足が深刻化しており、また物流の大幅な増加によって、トラックの台数の増加だけではなく、トラック自体の車体の大型化が進んでいる。高速道路でのSA・PAでは、大型車両増加により大型車駐車マスに駐車できないトラックが加速車線や路肩まで溢れるような光景が見られている。このように、高速道路のSA・PAにおける大型車駐車マス不足の問題を解決するために、ドライバーに高速道路SA・PAでの正確な駐車場情報を提供することは有用である。

現在の駐車車両検知器には、主にループコイル式や画像式が用いられている。ループコイル式車両検出器は道路の下に設置したコイルを用いて道路上の車両を検知するもので比較的、広い範囲の埋設工事が必要であり、埋設工事によってコイルの切断が生じやすい。画像式は雨、雪、光景の変化などの外部環境の影響を受け、誤検出が多い。

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、環境ロバスト性に優れているなどの利点がある。センサの原理は、車両の磁性体が持つ残留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。今回の発表では地磁気センサを用いて大型車両の駐車を検出し、地磁気センサの有用性を示す。

### 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、X軸、Y軸、Z軸の3軸の磁束密度を数値として検出する。自動車の車体は通常、鉄板がもつ残留磁気を持っており、発生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。実際に車両が駐車マスの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大きさを比較することで車両の駐車の有無を判定する。さらに駐車の有無を検知された磁束密度の絶対値で判定し、判定した磁束密度のデータをグラフ化し値を調べる。

### 3. 大型車駐車マス検知

#### 3.1 駐車車両検知方法

図2より、子機は位置に上面が地表以下の深さに埋設する。埋設した計4マスの駐車スペースに各2つの磁気センサ#1～#8を使用する。これら8つのセンサのX軸、Y軸、Z軸の磁束密度は2秒間隔で受信収集している。駐車マスに進入、退出するときのX軸、Y軸、Z軸の3軸それぞれの磁束密度の変化量を観察し、大型車駐車単体マス検知を行う。

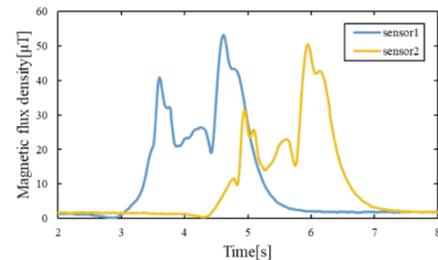


Fig.1 Variation of the magnetic flux density

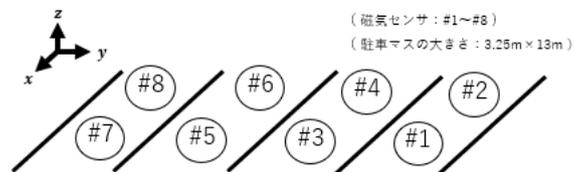


Fig.2 Burying position

#### 3.2 大型車駐車マス検知の単独駐車と隣接駐車の関係

単独駐車はトラックの鉄板が持つ残留磁気を隣接マス関係なく磁束密度の大きさを検出できるのに対し、隣接駐車は当該マスに加え隣接マスへの残留磁気の影響も考える必要がある。よって隣接マスの影響で車両が駐車した時に、誤検知を起し、当該マスと隣接マスどちらに駐車したかの判定が難しくなる可能性がある。そこで単独駐車と隣接駐車との磁束密度の大きさ比較を検証する必要がある。

#### 3.3 単独駐車における進入、退出時における磁束密度の変化

南国SAにて10日間地磁気センサを用いて駐車データ取得を行った。単独駐車において図3に車両が駐車マスへと進入する時のビデオからの写真と、その状況を図にしたものを示す。図4(左)と図5(右)に、車両がセンサ7(左)とセンサ8(右)が埋設されている駐車マスに進入した時の磁束密度の変化を示す。車両はセンサ7より先にセンサ8上を通過するため、図4のグラフより図5のグラフの立ち上がりは早くなっている。また、3軸方向のうちZ軸の磁束密度はセンサ7、センサ8ともに増加している。

しかし、X軸、Y軸の磁束密度はセンサ7とセンサ8で増減が逆転している。これは、センサ7とセンサ8が180度回転して埋設されている可能性がある。また、センサ8は車両が斜め方向から進入してしまったことで、磁束密度の向きが変化し、X軸、Y軸も逆転してしまっている可能性も考えられる。さらに、センサ8は車両が斜め方向から進入してくるのに対し、センサ7は車両の中心がセンサ上を通過することから変化の割合がセンサ7の方が大きくなっていると考えられる。

しかし、センサ7、センサ8ともにZ軸の磁束密度の値は最終的に増加して一定になっているため、駐車されたことが判定できる。

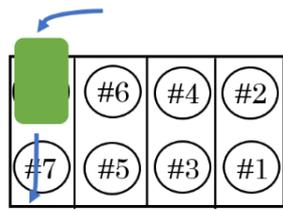


Fig.3 Vehicle enters the parking space

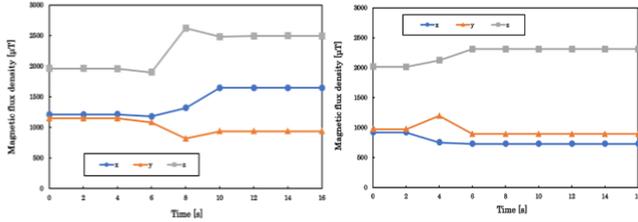


Fig.4 Change in magnetic flux density of sensor #7  
Fig.5 Change in magnetic flux density of sensor #8

図 6 に単独駐車において車両が駐車マスから退出するときの写真と、その時の状況を簡潔な図にしたものを示す。

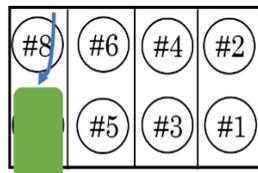


Fig.6 Vehicle leaves the parking space

図 7 と図 8 に、車両がセンサ 7 とセンサ 8 が埋設されている駐車マスから退出した時の磁束密度の変化を示す。

センサ 8 の Z 軸の磁束密度は、車両が退出すると大きく減少し、増加傾向は見られない。しかし、センサ 7 は減少した後増加し、その後再び減少し一定値に落ち着いている。これは、センサ 7 は車両の前方と後方が通過することが原因であると考えられる。センサ 7、センサ 8 とともに最終的には駐車時よりも Z 軸、X 軸の磁束密度の値は小さくなっていることから、退車判定することができると思われる。

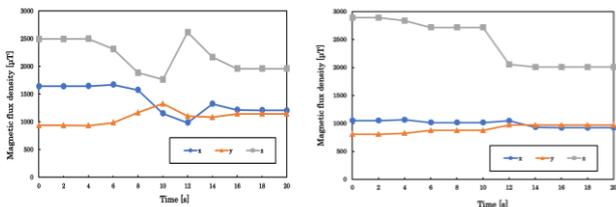


Fig.7 Change in magnetic flux density of sensor #7  
Fig.8 Change in magnetic flux density of sensor #8

### 3.4 隣接駐車における進入、退出時における磁束密度の変化

図 9 に隣接駐車において車両が駐車マスへと進入するときのビデオからの写真と、その状況を図にしたものを示す。図 10(左)と図 11(右)に、車両がセンサ 7(左)とセンサ 8(右)が埋設されている駐車マスに進入した時の磁束密度の変化を示す。単独駐車と同様に 3 軸方向のうち Z 軸の磁束密度はセンサ 7、センサ 8 とともに増加している。、X 軸、Y 軸の磁束密度も値はほぼ一定で安定している。これらのことからセン

サ 7、センサ 8 とともに Z 軸の磁束密度の値は最終的に増加して一定になっているため、駐車されたことが判定できる。

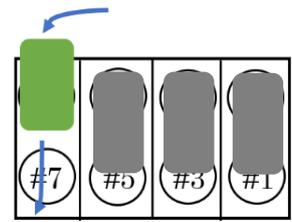
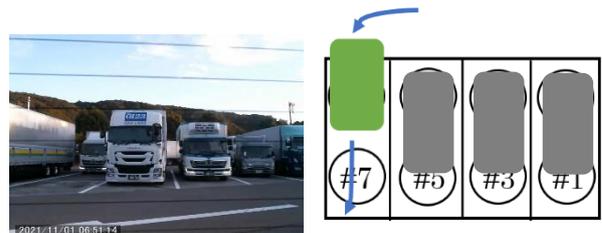


Fig.9 Vehicle enters the parking space

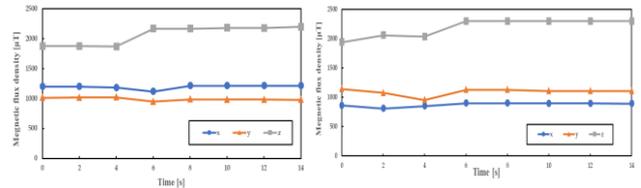


Fig.10 Change in magnetic flux density of sensor #7  
Fig.11 Change in magnetic flux density of sensor #8

図 12 に隣接駐車において車両が駐車マスから退出するときの写真と、その時の状況を簡潔な図にしたものを示す。図 13(左)と図 14(右)に、車両がセンサ 7 とセンサ 8 が埋設されている駐車マスから退出した時の磁束密度の変化を示す。

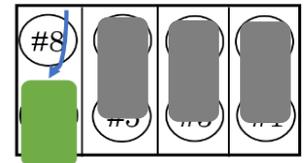
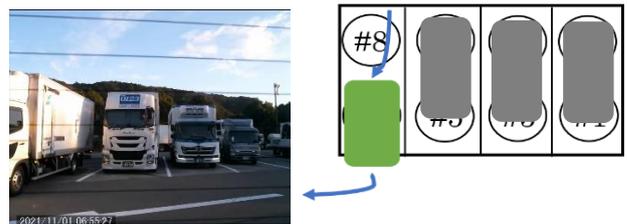


Fig.12 Vehicle leaves the parking space

センサ 8 の Z 軸の磁束密度は、車両が退出すると大きく減少し、増加傾向は見られない。しかし、センサ 7 は減少した後増加し、その後再び減少し一定値に落ち着いている。これは、センサ 7 は車両の前方と後方が通過することが原因であると考えられる。センサ 7、センサ 8 とともに最終的には駐車時よりも Z 軸、X 軸の磁束密度の値は小さくなっていることから、退車判定することができると思われる。

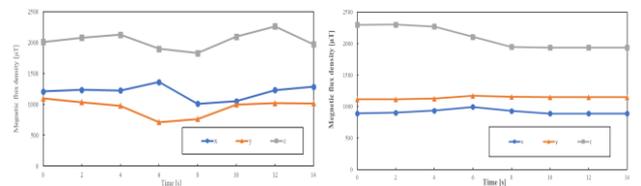


Fig.13 Change in magnetic flux density of sensor #7  
Fig.14 Change in magnetic flux density of sensor #8

## 4. 駐車判定アルゴリズムの提案

### 4.1 微分により求めた傾きと閾値を比較する方法

駐車判定のアルゴリズムとして離散フーリエ変換(DFT)を用いることを提案する。DTFを用いることにより、信号変化の周波数を検出し車両の進入、退出の検出が可能ではないかと考えた。図 15 に、縦軸に磁束密度、横軸に時間を示し、車両がセンサ#7(右)とセンサ#8(左)が埋設されている駐車マスから進入、退出した時の磁束密度の変化を示し、オレン

ジの線は変化量によって 1 と -1 が出力される値を、青の線は DTF を用い x 軸, y 軸, z 軸の磁束密度の変化を示す. 図 15 よりセンサ#7, センサ#8 ともに単独駐車において車両が進入, 退出したときの DTF を用いた時の磁束密度は大きく変化していることがわかる. 約 1900 秒で磁束密度の値は変化している. ここでセンサ#7, #8 の y 軸を見ると磁束密度の値がプラスに変化している. これは, センサの方向が反対に設置されている, また車によって磁束の方向が違うなどという可能性があるためではないかと考える. またセンサ#8 より磁束密度の値は 2 段階で変化していることがわかる. 映像を見る限りトラックが移動している, また隣接マスにトラックが駐車したという訳ではないため磁束密度の検知漏れではないかと考える. センサ#7, #8 が最初の磁束密度の値が変化しているのは車両が退出しているからであり, 今回はその車両の検出は行わない.

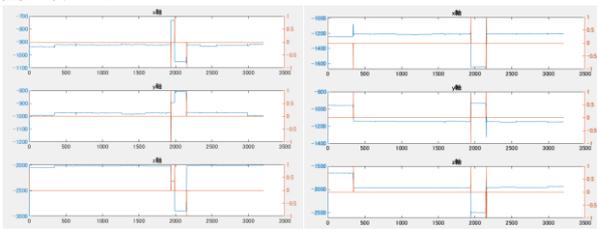


Fig.15 Change in magnetic flux density of sensor #7,#8

図 16 より, センサ#8 の Z 軸の磁束密度によって検出された傾きの時間変化を示す. また, 縦軸には傾きの値, 横軸には時間経過を示す. 例として, DFT によって検出されたセンサ#8 の Z 軸の磁束密度から傾きを検出し, 閾値の値を決定する. そして, 検出された値の最小値の y 軸を目安に値を考え, ここでは閾値を  $S_z > 90$  として設定し, 90 よりも大きい値を検出する.

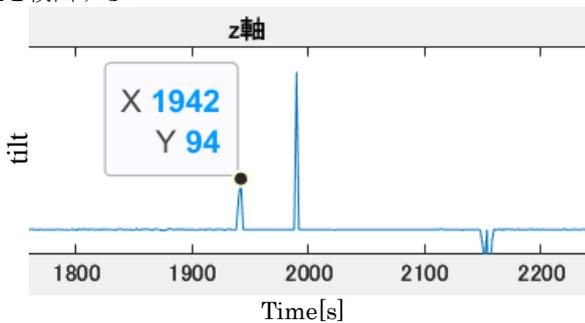


Fig.16 Time change of slope using flux density in #8

#### 4.2 考察

今回 DTF を用いて単独駐車においての車両の入退出の判定を行った. 磁束密度の値によって車両を判定することはできるがここで, 図 17 よりどのセンサでも車両が進入してきた時, 磁束密度が大きく変化してから定常値に落ち着いた. これは変化量によって閾値をいくら変えても 1 と -1 が出力されてしまうといった問題が発生する. また関係のないところで 1, -1 が出力されるという問題が発生する. これは動画を確認しても自動車の進入, 退出は見られないため DTF の検知ミスではないかと考えた.

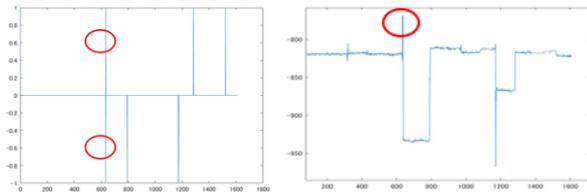


Fig.17 Change in magnetic flux density

#### 5. 結言

地磁気センサを用いた車両の検知方法を提案し, 大型車の単体マス検知を行った. また, 単独駐車と隣接駐車との磁束密度の値を比較し, 隣接マスの影響の大きさを検証した.

今後は, 隣接マスの車両の影響を抑える方法を検討し, 隣接マス駐車時でも駐車判定を行えるのか検証し, また現在提案したアルゴリズムの制度向上と別の駐車判定アルゴリズムの組み合わせを検討していく.

#### 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](https://www.fu-rex.co.jp/product1/sensor_info.html)  
 (2022/1/17 取得)