2017（平成 29）年度　　修士学位論文

磁気センサを用いた車輌判別の検討

Development of Vehicle Detection System by magnetic sensor

2018 年 2 月 14 日

高知工科大学大学院　工学研究科基盤工学専攻
知能機械システム工学コース

1205032　　井上　風歩

指導教員　　　岡　宏一

第一章.　研究背景 3
1.1　高齢者の運転に関する分析 3
1.2　高速道路における逆走事故分析 5
1.3　逆走発生個所の分析 6
1.4.1　車輌搭載型対策 8
1.4.2　道路側警告表示 9
第二章.　磁気センサ概要 11
2.1　磁気センサ概要 12
2.2　他機種センサとの比較 13
2.2.1　ループコイルとの比較 14
2.2.2　他センサとの比較 16
2.3　センサ設置位置 18
第三章.　停止車両磁性解析 20
3.1　一般車両停止状態解析 20
3.2　大型車両停止状態解析 25
3.3　電気自動車停止状態解析 28
第四章.　移動車輛磁性解析 32
4.1　一般車両解析 32
4.2　大型車両解析 39
4.3　考察 42
第五章.　車輌検知システム 42
5.1　元データの剪定 43
5.2　閾値の設定 43
5.3　車輌検知システム 45
第六章.　検知結果 48
6.1　検知結果 48
6.2　他の検地方法との比較 49
6.3　定常状態の検知確認 56
6.4　考察 60
第七章.　まとめ 60
7.1　総括 60
7.2　今後の課題 60
7.2.1　方向判別 61
7.2.2　駐車場検知 62
7.2.3　渋滞状態の識別 62
7.2.4　レーンチェンジへの対応 63

謝辞 66
参考文献集 66

第一章. 研究背景

少子高齢化が進む現代社会において. 高齢者の運転事故が全国的な問題となっている. その中でも. 高速道路における逆走は全国的に多発しており. なおかつ対向車側の運転手が回避することが難しく早急な対策が必要となっている. 高速道路側は. 逆走に対して警告を設置するとともに車両センサをサービスエリアや料金所の入り口に設置して対策している. しかしながら. 現在使用されている感知センサ. ループコイル. カメラ等はそれぞれ全国的な普及を行うには欠点も多い. そこで本研究では. 高速道路における新たな車両検知システムとして磁気センサを用いた車両検知システムを提案する.

1.1 高齢者の運転に関する分析

警視庁による運転免許統計の年齢別構成率を表 1 に示す [1] . 平成 28 年末の時点で. 65 歳以上の運転免許保持者の割合は男性 24.7%. 女性 17.6%になっている.

表 1 高齢者運転者数及び割合(全国)

(3) 平成２８年末の運転免許保有者数

ア 年齢別、男女別運転免許保有者数の構成率

区分 / 年齢別	男	構成率（%）	女	構成率（%）	計	構成率（%）	男女別構成比 男	男女別構成比 女
１６歳	20,053	0.0	6,197	0.0	26,250	0.0	76.4	23.6
１７歳	44,023	0.1	13,587	0.0	57,610	0.1	76.4	23.6
１８歳	136,568	0.3	84,011	0.2	220,579	0.3	61.9	38.1
１９歳	361,588	0.8	279,086	0.8	640,674	0.8	56.4	43.6
１６歳～１９歳	562,232	1.2	382,881	1.0	945,113	1.1	59.5	40.5
２０歳～２４歳	2,570,240	5.7	2,179,764	5.9	4,750,004	5.8	54.1	45.9
２５歳～２９歳	3,002,897	6.6	2,650,398	7.2	5,653,295	6.9	53.1	46.9
３０歳～３４歳	3,525,461	7.8	3,196,684	8.7	6,722,145	8.2	52.4	47.6
３５歳～３９歳	3,969,554	8.8	3,644,084	9.9	7,613,638	9.3	52.1	47.9
４０歳～４４歳	4,744,743	10.5	4,376,351	11.8	9,121,094	11.1	52.0	48.0
４５歳～４９歳	4,598,010	10.2	4,240,547	11.5	8,838,557	10.8	52.0	48.0
５０歳～５４歳	3,815,806	8.4	3,474,054	9.4	7,289,860	8.9	52.3	47.7
５５歳～５９歳	3,575,317	7.9	3,184,556	8.6	6,759,873	8.2	52.9	47.1
６０歳～６４歳	3,704,777	8.2	3,127,168	8.5	6,831,945	8.3	54.2	45.8
６５歳～６９歳	4,485,855	9.9	3,422,688	9.3	7,908,543	9.6	56.7	43.3
７０歳～７４歳	2,895,326	6.4	1,747,502	4.7	4,642,828	5.6	62.4	37.6
７５歳～７９歳	2,120,430	4.7	918,540	2.5	3,038,970	3.7	69.8	30.2
８０歳～８４歳	1,191,346	2.6	334,502	0.9	1,525,848	1.9	78.1	21.9
８５歳以上	494,000	1.1	70,198	0.2	564,198	0.7	87.6	12.4
計	45,255,994	100.0	36,949,917	100.0	82,205,911	100.0	55.1	44.9
６５歳以上	11,186,957	24.7	6,493,430	17.6	17,680,387	21.5	63.3	36.7
７０歳以上	6,701,102	14.8	3,070,742	8.3	9,771,844	11.9	68.6	31.4
７５歳以上	3,805,776	8.4	1,323,240	3.6	5,129,016	6.2	74.2	25.8
８０歳以上	1,685,346	3.7	404,700	1.1	2,090,046	2.5	80.6	19.4

また. 70 歳以上の割合も 14.8%に到達しており. 高齢運転者は社会問題になっていることがわかる. さらに. 高知県の高齢運転者のデータを表 2 に示す.

表 2 高齢者運転者数及び割合(高知県)

年齢	65-69	70-74	75-79	80-84	85-89	90-94	95-99	65 以上	70 以上	75 以上	合計
合計	56442	33772	23641	13757	5278	987	66	133948	77506	43734	486583
%	11.60	6.94	4.86	2.83	1.08	0.20	0.01	27.53	15.93	8.99	

おおむね全国平均と近いデータとなっているが.65 歳以上の割合は全国平均より 3%高い.70 歳以上.75 歳以上の運転手も全国平均より割合が高い.理由としては.以下に示すように高齢者の生活に自動車が必要不可欠であるためと推察される.警察庁が行った運転免許証の自主返納に関するアンケート調査結果 (2) によると.免許返納を行わない高齢運転者の一か月の運転頻度はほぼ毎日が 60%を占めており.全体の 9 割が週三～四回以上運転を行っている.また.運転の目的は交通手段が 8 割.日常の買い物や家族の送迎のために運転すると答えた人がほとんどである.同資料から図 1 に都市規模と通勤.通学での自家用車分担率の比較を示す.小規模都市であるほど日常生活における自家用車への依存度が高く.免許返納が難しい事が明らかになっている.

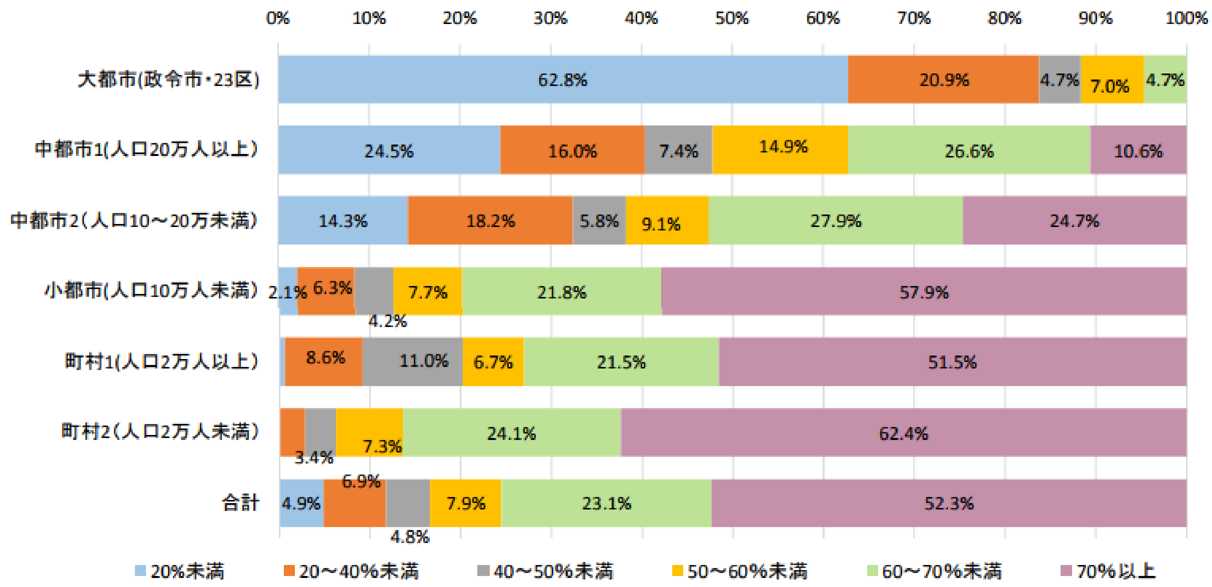

図 1 高齢者の免許返納率

以上のデータより.高知県及び地方都市における高齢者運転の問題は避けて通れないものとなっており.運転免許の返納など「運転をさせない」という対策が難しい状況であるため.高齢者が運転をするという前提のもとの対策が必要である.

この対策として近年車輌に搭載する安全システムが注目され.自動車メーカーの開発が盛んに行われているが.まだ完全な普及へと至っていない.平成 27 年の自動ブレーキの新車乗用車への搭載率は 45.5%(6) であり.半数の新車はブレーキを搭載していないということになっている.更に.高齢者の貧困化が進んだ場合.高齢者がそのような事故防止システムを

搭載した車両を購入できないという可能性も考慮すべきである.そのような現状においては.車両だけでなく.道路側でも車両事故に対する予測検知を行うシステムが必要不可欠である.

1.2 高速道路における逆走事故分析

　国土交通省の『高速道路における逆走対策に対する有識者委員会』が公開している資料から逆走事故の性質を分析する.図3に逆走事故の年齢割合を示す.

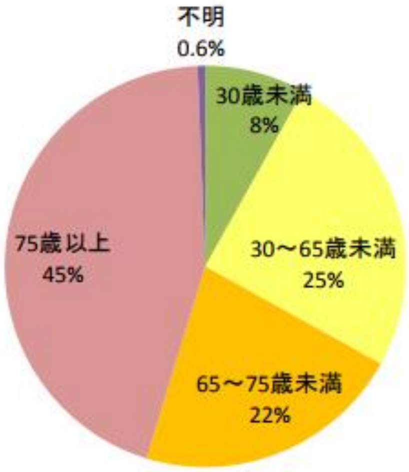

図 2 高速道路逆走者の年齢割合

H23~28 年における高速道路の逆走者の 45%は 75 歳以上の運転手である.同時期の運転免許所有者における同年齢層の割合は 6%であり.逆走事故における高齢者の割合の高さが示されている.更に.65歳以上の割合を含めると.全体の67%となり.7割近くの事故が高齢者によるものであることが明らかになっている.図に同資料から年齢別の細かい割合と免許人口との比率を示す.

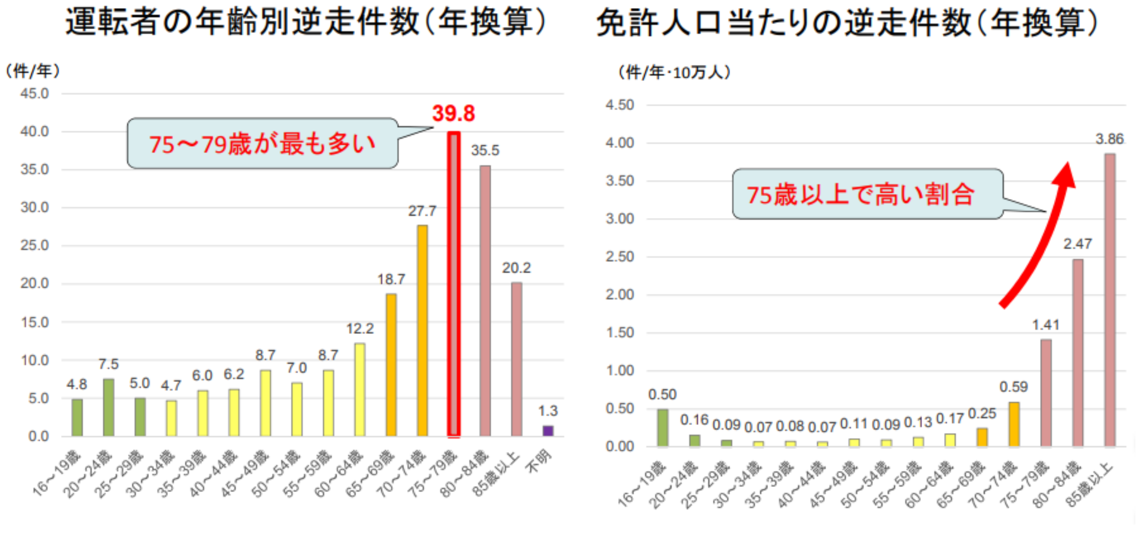

図 3　高速道路事故車の件数及び人口割合（年毎）

図のように.事故件数は 75 歳から 79 歳の運転手の割合が最も高く.免許人口との比率は若年層を除き年齢につれて上昇していることがわかる.

また.図に示す通り逆走事故は危険性も高く.死傷事故割合は高速道路事故全体の平均の 5 倍.死亡事故割合は 40 倍と大事故になる確率が非常に高い.

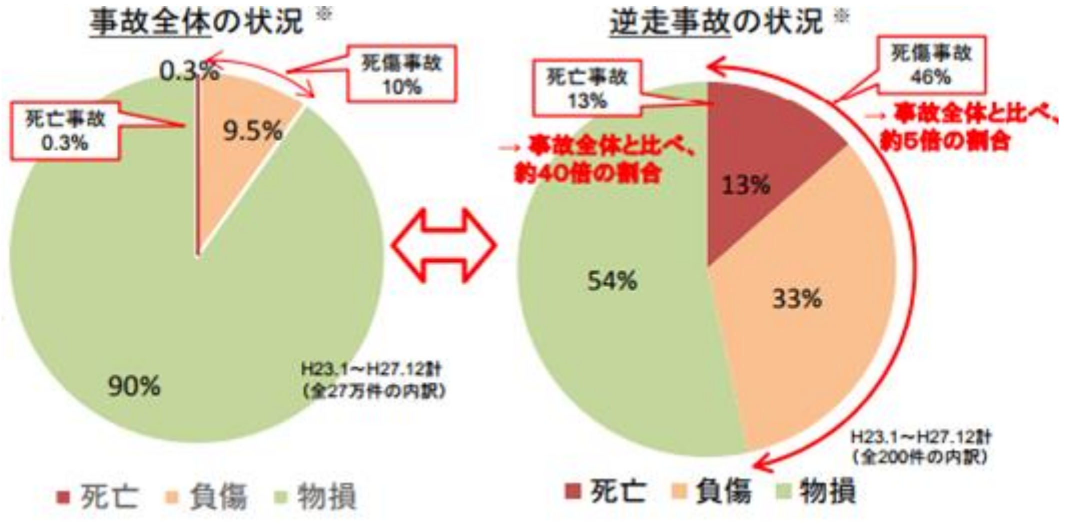

図 4 高速道路事故の死傷率

これらの理由から.早急な逆走対策が必要となっている.

1.3 逆走発生個所の分析

同資料から.逆走が起きる場所や原因についても述べる.図に高速道路における逆走の開始箇所を示す.

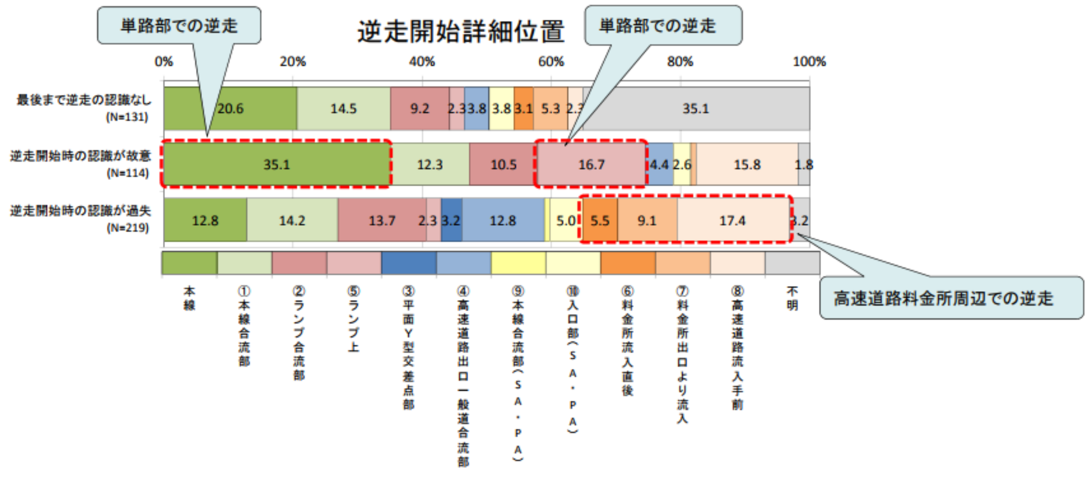

図 5 逆走開始位置割合

逆走の認識なしのデータについては不明の割合が非常に高いので考慮しない.本線上の逆走は 2~3 割程度にとどまり.それ以外はインターチェンジ.ランプ.料金所.PA,SA と入口.出口付近に集中している.高速道路における逆走防止においては.この逆走の開始地点にセンサを設置する事で.多くの逆走を防止することができる.実際に高速道路側でも SA の出口

などに逆走を防止するための警告を設置している. しかし. これだけでは警告を無視して走る運転手や渓谷に気が付かない運転手の逆走を防止できない.

図 6 高速道路出口の逆走防止看板（神戸新聞より）

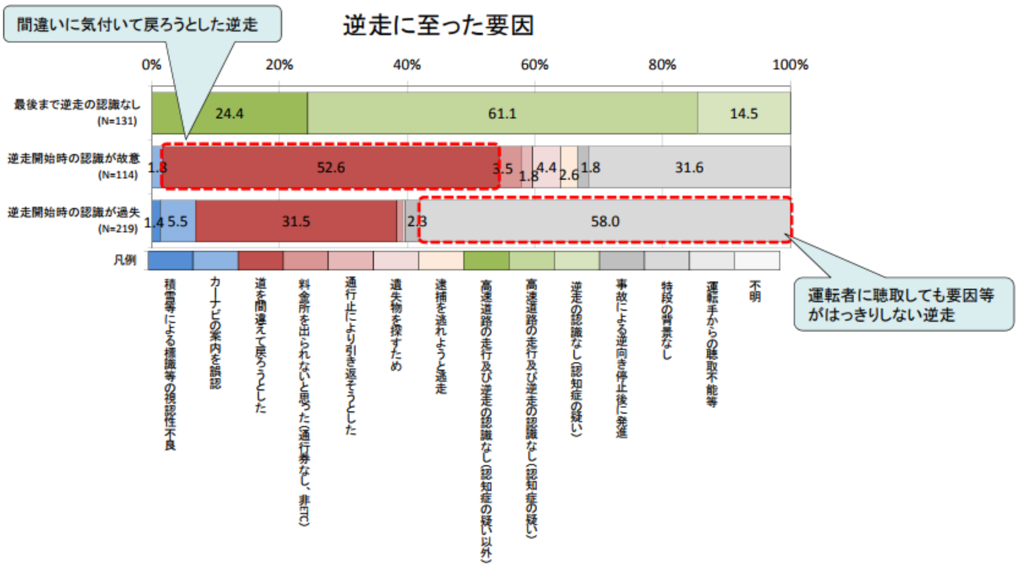

図 7 逆走要因割合

故意の逆走は半数以上が意識して戻ろうとした逆走であり. 逆走意識のない逆走は入口の方向に気が付いていないようなものがほとんどである. これらの逆走に対しては. 逆走を高速道路側が検知して. 警告を発することで対処することができる.

また. 図に示す通り. 逆走事故を起こす雨天者は高速道路の利用頻度が少ない運転者が多数を占めている. 特に逆走の意識がない逆走車は 8 割近くが高速道路をあまり利用しない運転者である.

ここで. 1. 1 で示した通り. 高齢者はその多くが. 日頃の買い物などを目的として車両を使用しており. 事故を起こす要因となる高速道路の利用頻度の低さを満たしている. これらのデータから考察すると. 仕事等で高速を使うことの多い中年層と違い. 日常生活のためにのみ車両を所有している高齢者が高速道路での走行し. 不慣れさと認知能力の低下によって逆走事故を引き起こしてしまうということが逆走事故の主たる要因であると考えられる.

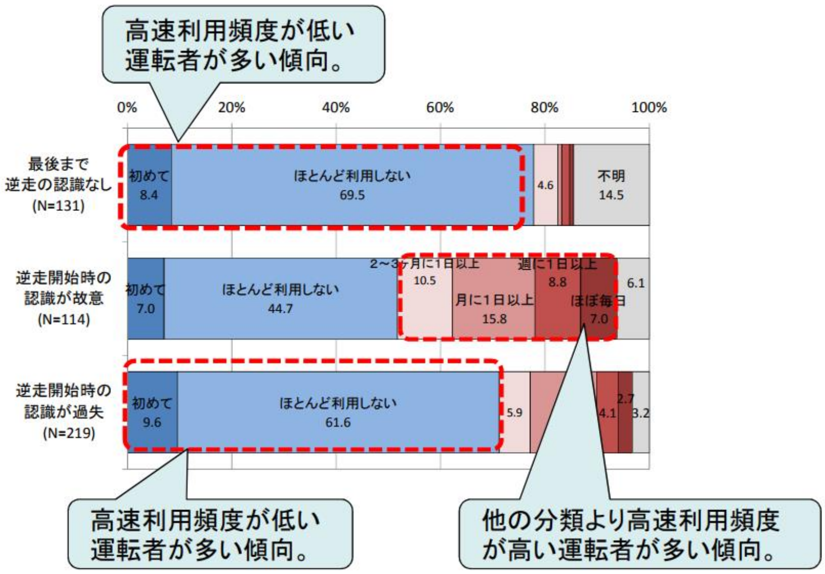

図 8 逆走者の高速道路使用率

1.4 現行の逆走対策

ここで. 現行の逆走対策を示す. 高速道路の逆走は社会問題になっており. 国土交通省は 3 つの分野に逆走対策を大別している. [15]

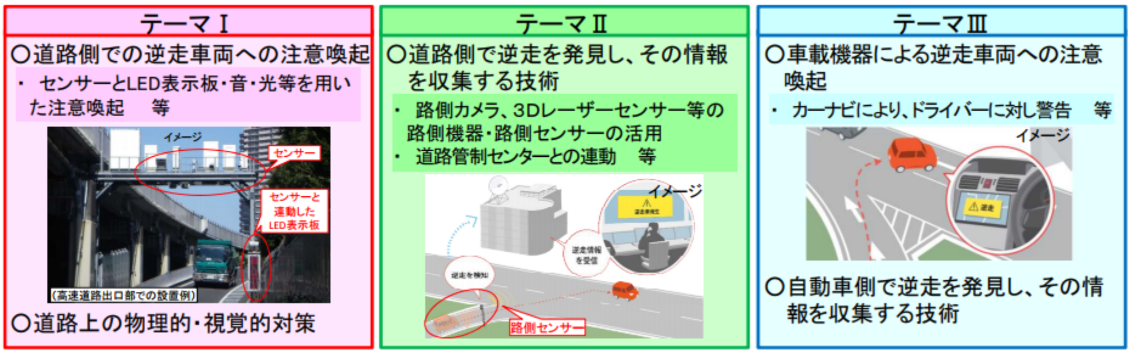

図 9 逆走対策大別

このうち. 道路側の検知システムについては磁気センサの性能と比較する形で第二章において述べることとする.

1.4.1 車輌搭載型対策

現在のカーナビには逆走をしている事を報告するシステムが搭載されているものも多い. 図10に日産リーフのカーナビ写真を示す. [17] このように. カーナビによって現在車輌が逆走していることを知らせるシステムは既に実用化されており. 今後も増えていくものと考えられる.

図 10 カーナビの逆走報告（日産リーフ）

1.4.2　道路側警告表示

NEXCO 西日本の逆走対策[14]から現行の逆走対策及びにその問題点を分析する.センサに依る逆走検知は既に行われているが.これに関しては次章で地磁気センサと比較して性能面で考察することとする.

図 11 及び図 12 に対策の写真を示す.

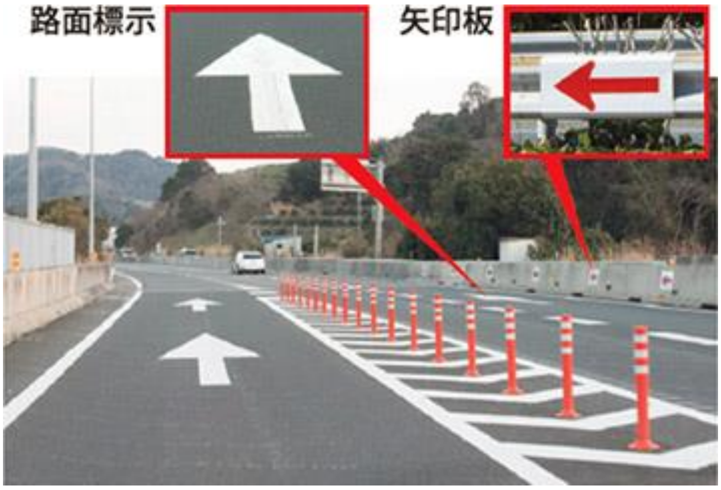

図 11 矢印及びラバーポール

図 12 逆走警告

1.4.3　逆走防止.逆走報告システムの問題点

これらのように.視覚的に逆走を知らせることで逆走を防止する事が逆走に対する主な

警告である．しかしながら．このような方法では全ての逆走を防止できない．図 11 に逆走発生要因の全体割合を示す．

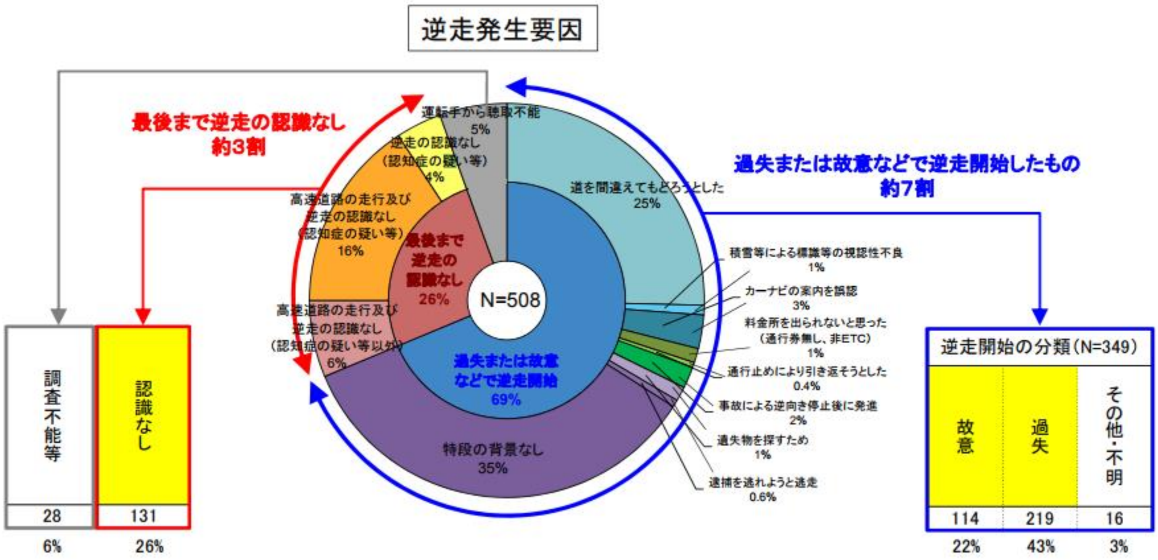

図 13 逆走発生要因

ここで注目すべきポイントとして．過失もしくは故意で逆走を開始するケースが半分以上を占めているということである．状況を理解した上で逆走を選択したケースは 4 割近くまでのぼっている．このような現状において．逆走への警告のみで解決することは不可能である．実際に故意で逆走した事案である 2017 年 12 月に於いて発生した全但バスの逆走事件(15)を以下に示す．図 12 に当該記事から事件の概略図

図 14 全但バス逆走事件概略

舞鶴自動車道において IC での進行方向のミスを把握した当該バスの運転手は乗客の指摘でストップした後バックで約 500m 逆走したのち本来の路線へと復帰した．

この事件の運転手は 20 年勤務しているベテランであり．高速道路の逆走はベテランであっても起こしうる問題であるということが明示されることになった．IC などで間違えた道を選択してしまった運転手はパニック状態に陥ることになるため．正常な判断が難しい．このことが図 11 に示すような故意での逆走につながることになる．このようなパニック状態の走行に対しては．警告を発する標識などを設置しても全てを防ぐことは難しい．

実際に．図 15 のように逆走注意の標識もその殆どが色彩で逆走を知らせるとともに運転手に圧迫を与えるように威圧感を持つデザインになっており．パニック状態の運転手に対して何とかして止めようと圧力をかけようとする苦心がみられる．

図 15　NEXCO の警告

このニュースや逆走車の調査データから分かることは．運転者が人間である以上．どのような警告を行ってもパニック状態になることを考慮すると完全に逆走を無くすということは非常に難しいということである．

よって．逆走を知らせる．逆走を注意するという形式での対策は完全なものとはいえず．センサによって逆走車を検知して順行する車輌に警告を行うシステムが必要不可欠である．

第二章．磁気センサ概要

本研究において車輌検知センサとして用いるのは磁気センサである．磁気センサは電磁誘導を用いて．設置したコイル付近の磁界の変化を電流に変換して電圧を検出し．磁界を計測するセンサである．

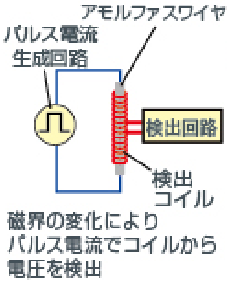

図 16 磁気センサの仕組み（BM1422GMV）

本研究で用いる磁気センサは図のROHM社の地磁気センサBM1422GMV であり.図13に示すようなMI（Magneto-Impedance）センサである.MIセンサとは特殊なアモルファスワイヤを使用する素子を採用した次世代地磁気センサであり.他の地磁気センサの方式であるホール素子や MR 素子を用いる地磁気センサと比較して応答速度.ノイズ耐性.消費電力面において非常に高い性能を持つ.このため.様々な分野においての応用が期待されている.本研究もこのMIセンサによる小型化.省電力化の影響を大きく受けている.

MI センサを用いた磁気センサは.他のセンサと比較して小型.省電力であり.電池式であっても2年以上の工藤が可能であるという試算が得られている.外部電源無しで埋設できるため.ループコイル等と比較して埋設スペースが小さく.埋設工程も少ない.その上で.昼夜や雨天.霧といった天候状況に左右されずに検知することが可能である.一方で.出力されるデータは磁束密度の各時間における値に過ぎず.それが車両であるかどうかにはコンピュータ上での解析が必要となる.解析にはマイコンが必要となるが.こちらも省電力であり.電池式で駆動する事への問題とはならない.

以上の理由から.磁気センサによって得られる車両通過時の磁束密度の変化から車両の存在を判別する車両検知システムの構築を目的として研究を行う.

2.1 磁気センサ概要

地磁気センサBM1422GMVの性能表及び用途を以下に示す. (4)

図 17 BM1422GMV

表 3 BM1422作動環境

項目	記号	定格	単位
電源電圧 (AVDD)	Vdd_a	0 ～ +4.5	V
電源電圧 (DVDD)	Vdd_d	0 ～ +4.5	V
入力端子電圧	Vin	-0.3 ～ Vdd_d + 0.3	V
動作温度範囲	Topr	-40 ～ +85	°C
保存温度範囲	Tstg	-40 ～ +125	°C
Maximum Exposed Field	Mef	-1000 ～ +1000	mT
許容損失	Pd	0.52 (Note 1)	W

表 4 BM1422 定格

磁気特性	記号	標準	最大	単位	備考
動作範囲	Rm	±300	-	μT	
測定可能範囲	Ra	±1200	-	μT	
X,Y 軸直線性	Lin1	0.5	2	%FS	Rm=±200μT
Z 軸直線性	Lin2	1.0	2.8	%FS	Rm=±200μT
無磁場出力	Vofs	0	-	LSB	
磁気感度	DdeltaV	0.042	-	μT/LSB	
測定時間	Tms	0.5	-	msec	平均回数 4 回

地磁気センサは微小な地磁気を測定することにより方位を求めることを目的としたセンサであり.微小な磁束密度の変化を測定可能である.

地磁気センサを回転し.その間の二軸の測定結果を元にコンパスを作る.外乱の少ない環境であれば図 18 に示すような円形の結果が導出される.この円を用いて方角を求めるということが地磁気センサの機能である.本研究ではコンパスとしては用いない.

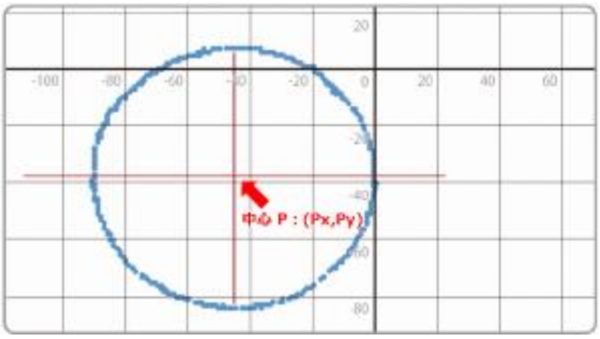

図 18 地磁気センサによる方位の導出

地磁気は微小であり.（約 30μT）その地磁気を元に方位を導出するという事を目的としたセンサであるため非常に高精度である.表のとおり電力消費量も少なく.磁気感度は 0.042μT.測定時間も 0.5msec と高速検知に対応できる.時期感度 0.042μT は高精度のガウスメータと比較しても更に高い磁束密度を測定可能で（ガウスメータは mT 単位の測定が限界である場合がほとんど）三軸に対しての動作範囲は±300μT とやや小さいが.車両の磁性測定を目的としているのでこの感度で動作可能である.

動作環境に関しては.道路上への埋め込みという目的に対して.動作温度は-40~+85℃と地中で地表と比較してやや温度変化が緩和する事を考慮すれば十分作動可能である.

以上の理由から磁気センサとして BM1422GMV を使用することとした.

2.2 他機種センサとの比較

センサによる検知は地磁気センサ以外のセンサで既に高速道路で行われている現在.高速道路で用いられているセンサは超音波方式.ループコイル.画像処理カメラなどが一般的である(5).そのため.これらの他機種のセンサと比較して地磁気センサがセンサとして優位

性を持つことが普及への必要要因となる.本節では他のセンサと磁気センサの検知方法を比較して.磁気センサによる検知が有用であるかどうかを確認する.

ここで.ループコイルと他のセンサでは磁気センサとの比較において大きな違いが存在する.他の超音波センサ.画像処理センサは磁気センサと設置位置が異なり.単純なコストや設置における条件の問題となる.一方.ループコイルは磁気センサと同じく地面への埋没型であり.検知を行う対象データも同じく磁束密度である.よって磁気センサに求められる役割はループコイルによるセンサの代用品もしくは上位互換としての機能となる.

2.2.1　ループコイルとの比較

ループコイルについて以下の図 10 に示す.ループコイルは磁気センサと同じく車両が通過した際の磁性の変化を元に検知を行うシステムである.図の赤い部分のコンクリート内にコイルが埋め込まれており.道路上を車両が通過した際に磁束密度が変化してコイルに電磁誘導による電流が流れ.車両の存在を検知するシステムである.コイル一つによる判別を行うため.磁気センサと違い単一方向の磁束密度のみしか測定できない.

図 19 ループコイル

ループコイルの他のセンサと比較したメリットは.設置が安価かつ誤検知の可能性が少ないことにある.センサの測定に用いるのはコイルのみであり.超音波センサや画像処理センサと比較して高価な部品を必要としない.さらに.車輌検知に用いる検知材料が車輌の磁性であるという性質上.道路上に出没する野生生物に対して誤検知をすることがない.また天候や昼夜の影響を受けないことも大きなメリットである.これらの理由から.現在の車輌検知センサにおいて最も普及しているセンサはループコイルである.

一方.ループコイルは道路全体に埋設する形で設置し.道路側部に置いた測定部に対して有線による接続を行わないと機能しない.このため.設置工程や設置後の動作において幾つかの問題点が存在する.まず.設置において大掛かりな道路封鎖工事を行う必要があるということである.道路全体に対してコイルを埋設する性質上道路全体を封鎖して.道路に穴を開ける形で埋め込みを行う以外の工事方法がない.いったん工事を行って設置すると取り外しには道路を掘り返して破壊を行うしかなく.また道路の破損によってコイルが切断されてしまうという問題を抱えている.これらの問題から.一旦埋め込んだループコイルに問題が発生した場合.道路を封鎖してループコイルを掘り起こし.再度新たなループコイルを

埋め込むという工事工程が必要となる.更に.ループコイル自体が大型であり.道路側部に設置した測定部に対して接続を行うため道路地下から道路側面までの占有するスペースも非常に広い.この専有スペースの問題からループコイルを設置できない道路が存在することも大きな問題となっている.

対して.地磁気センサは図 20 及び図 21 に示すようにマイコンとともに低スペースで埋没可能であり.またワイヤレスによるデータの送信が可能であるため測定データを受信する親機に対して有線接続を必要としない.ループコイルと比較すると縦に長いスペースを専有することとなるが.横の範囲についてはループコイルと比較して非常に狭い.これは.センサ自体がループコイルと違い小型のセンサを利用できることに加えて.測定データの収集及びデータ処理を図のようなマイコンで処理を行い.無線によるデータ送信が可能であることが主たる要因である.このような小型のセンサを用いることにより.工事工程の大幅な短縮.工事コストの大幅なカット.埋設可能な道路の増加が期待できる.埋設機器がループコイルから磁気センサに変更されることにより.機器のコストが増大するが.埋設コストとメンテナンスの容易さで十分にカバーできる.

以上の理由から.磁気センサにループコイルと同等の検知性能が認められるのであれば.ループコイルに代わるセンサとして採用をする意義が大きいということが明らかである.

図 20 磁気センサ埋設機器

図 21 磁気センサ埋没穴

図 22 磁気センサデータ受信親機部分

2.2.2　他センサとの比較

　ループコイルとの比較については十分採用する意義があることが示されたが.ITS の重要性が高まる現代社会においては様々なセンサが開発されている.それらのセンサとの性能比較も実用においては重要となる.

　そこで.代表的なセンサとして NEXCO 中日本がループコイルと共に ITS におけるセンサとして紹介している画像処理センサと超音波センサとの性能比較を行う.これらのセンサは設置箇所に条件はあるが.ループコイルと同等の検知精度を実現できる.

　まず.図 23 に示す画像処理について解説する.画像処理システムはカメラを用いて車両判別するシステムである.赤外線カメラ.RGB カメラ等ある程度種類が存在するが.どれもカメラで得られた二次元画像データを元に画像処理を行い.車両の存在を検知するシステムとなっている.画像処理による検知はソフト面の負担が大きく.昼夜や悪天候に対する安定を保つことはソフト面に大きく依存することとなる.また消費電力に関してもカメラを常時起動し続けるため激しいものとなり.ワイヤレスでは電源の問題があるため機能しない.レンズ等の定期的なメンテナンスが必要となる.更に.データログに関しても大データとなる.（これは道路監視と併用であるため問題とならないが）また.磁性検知と違い鹿や猪といった野生動物の誤検知.カメラのレンズ部分の定期的なメンテナンスが必要となり.カメラ自体の設置位置についても多数の条件が存在する.具体的な条件として.カメラの設置位置は道路上に限定される.図 23 のように上から下に向けて撮影する形で設置しないと.車両全体を撮影できないためである.また.複数レーンを撮影するためには.道路情報版のような各レーン上を隣のレーンから遮られないように撮影できるスポットが必要となる.

図 23 画像処理センサ

最期に.超音波方式について述べる.

超音波方式は車両に超音波を当てて反射する形で検知するシステムであり.直積車両に触れず道路脇に設置できることが大きなメリットである.しかしながら.設置コストは車両より高価であり.また.超音波を用いるという性質上ガラスに反射するなどの問題は避けられない.更に.こちらも超音波による反射検知であるため磁性の検知と異なり野生動物に反応する誤検知は避けられない.

図 24 超音波センサ

センサ設置位置は図 24 のような道路側面になる.道路埋設は不可能であり.側面設置の場合複数レーンに対する検知も不可能である.よって設置スペースについてはループコイルと磁気センサに一歩劣ることになる.

これらのセンサと比較すると.地磁気センサはループコイルと同等のシステムを非接触.ワイヤレスで実現可能であり.コスト面で大きく抜きんでている.道路上に小さな穴を空けて埋め込むという性質上場所をほとんど選ばず.親機の設置条件も非常に緩い.また.ワイヤレスであるため落雷による破損の危険性を下げることが可能である.今後高齢者の運転手が増加し.逆走がさらに増加していくと想定されるため.逆走検知システムはより一層の

普及が必要となる.そのような現状において.設置工程が少なく.安価でループコイルより高精度な測定が可能な地磁気センサは目的に適したセンサであるといえる.

2.3 センサ設置位置

本研究においては.ループコイルと同条件での設置を目標としているため.地磁気センサBM1422GMVを地面に埋設して.車両検知を行う.センサを道路中央直下15cmに埋め込み.磁束変化を測定して車両を検知するシステムを構築する.センサと測定される磁束密度三軸の設置構想図を図に示す.

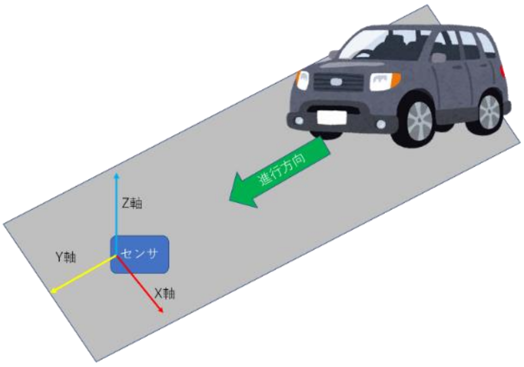

図 25 磁気センサ設置構想図

ここで.車両は磁性を有しているため.センサ上を車両が通過する際にセンサ周辺の磁束密度が変化する.車両が通過した際の磁束密度の変化を分析し.車両の検知を行うシステムを構築する.

磁気センサによる検知はその性質上車両に対して道路側面や道路上部に設置しても検知が可能なシステムを構成できるが.本システムにおいては.設置工程の単純さ.設置環境を選ばない点から道路に埋設するシステムとした.埋設方式は道路側部に設置する方式と比較していくつか問題点も存在するが.それらについては後述する.

ここで.車両から磁束が放出されるため.その磁束を磁束密度の変化として計測する.しかし.X軸はY軸.Z軸と比較して検知できる磁束が小さく車両検知に適さない.

実際に.停止車両の磁束を測定した際の3軸の磁束密度の分布の一例を以下の図に示す.

測定車両はN-BOX.車両前方 1.5m から 7 m計測した.横軸の距離等を含めた細かな分析については次章で行う.

図 26 N-BOX

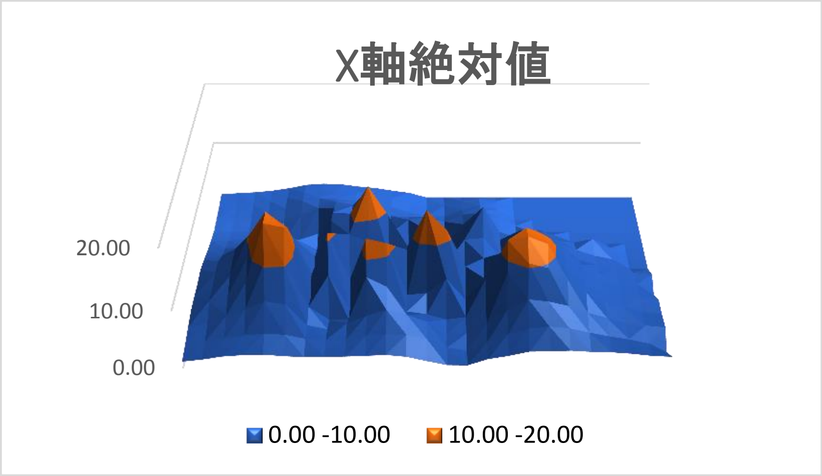

図 27 N-BOX 停止状態 X 軸

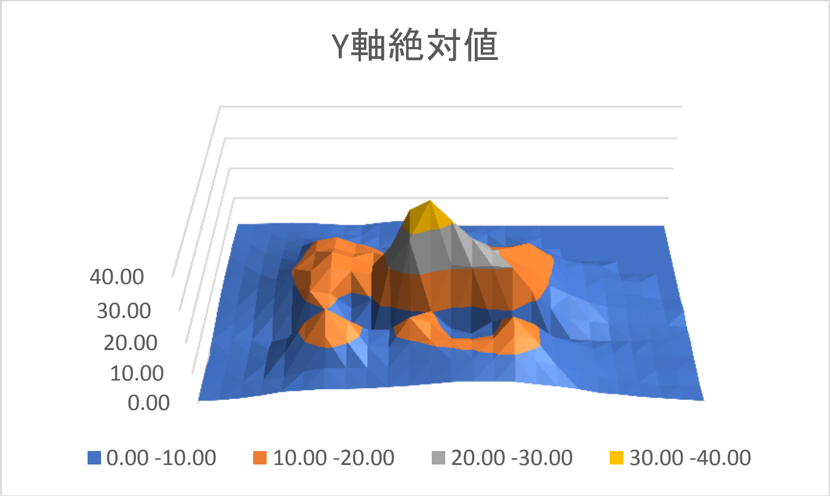

図 28 N-BOX 停止状態 Y 軸

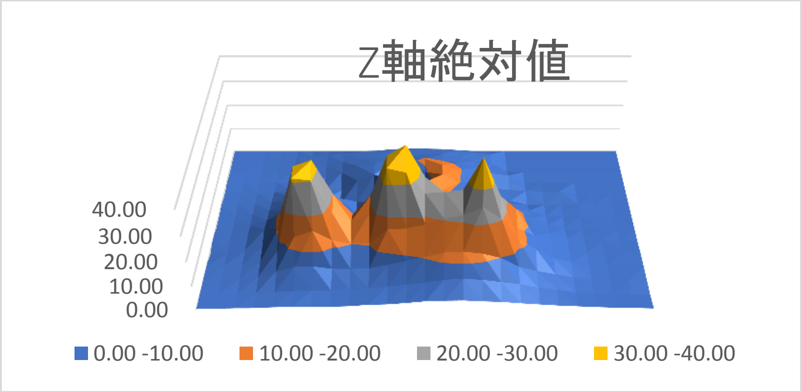

図 29 N-BOX 停止状態 Z 軸

図のように.X 軸方向の磁束密度は非常に小さいものとなっている.第三章で詳しく述べるが.ほかの車両においても.同じように X 軸の磁束密度は十分小さいというデータが得られた.この結果より.X 軸は使用せず.Y 軸.Z 軸の磁束データを用いて車両検知システムを構

築する.

実際に.構想図の条件で高知工科大学地域連携棟の前で行った実験の写真を示す.実験場所は高知工科大学の地域連携棟前の一般道であり.許可をとったうえで道路上にセンサを埋め込んで通過車両の磁束変化を測定した.

図 30 車両通行実験

写真のようにセンサ中央にセンサを設置して.センサ上に車両を通過させ.走行データを取得した.大型車両.小型車両.トラックを含む 90 台に対して.車両通過時の磁束密度の変化を解析し.車両検知分析方法を検討した.

コンクリによる埋没を行っていないほか.対向車線の車両通過がほとんど存在しないため実地の高速道路とはデータが異なる可能性があるが.速度は高速道路の入り口付近であればほぼ低速であり.このデータを元に解析を行うことで十分信頼できるデータが得られると考えられる.

第三章. 停止車両磁性解析

走行車両に対する磁性解析と並行して.停止車両に対して磁性の測定及び解析を行った.対象車両はN-BOX,高知工科大学所有のバス.ハイブリッド車であるFITシャトルの三種である.走行実験と同じくセンサを道路に埋没し.車輌を細かく位置を変えて停止させて測定を行った.結果は３Dで可視化をしやすくするため.全て絶対値に変換したものを示す.

3.1 一般車両停止状態解析

既に図31から図33において.N-BOXの磁束密度は示しているが.距離などのデータを示していないため以下表5から表7にN-BOXの測定数値を示す.

表 5　N-BOX の X 軸磁束密度

	右1.8(m)	右1.5(m)	右1.2(m)	右0.9(m)	右0.6(m)	右0.3(m)	0	左0.3(m)	左0.6(m)	左0.9(m)	左1.2(m)	左1.5(m)	左1.8(m)	左2.1(m)
-1.5 (m)	1.09	1.47	1.89	2.31	2.27	2.18	2.27	1.72	1.05	0.55	0.08	0.13	0.34	0.63
-1.2	1.47	1.89	2.48	3.95	3.78	4.03	3.70	2.44	1.51	0.63	0.00	0.21	0.55	0.84
-0.9	2.02	2.56	3.86	5.04	5.96	6.22	5.96	3.61	2.02	0.84	0.08	0.42	0.88	1.01
-0.6	2.27	3.07	5.04	7.31	9.03	10.50	8.65	5.00	2.60	0.63	0.55	1.18	1.43	1.30
-0.3	2.35	3.40	6.43	10.29	14.78	14.53	10.84	5.92	2.94	0.08	1.72	2.14	2.02	1.76
0(m)	2.10	3.19	5.96	10.21	14.15	11.93	8.27	3.36	2.94	1.01	3.19	3.57	2.98	2.39
0.3	1.89	2.48	2.23	2.94	2.02	3.65	0.34	2.35	1.22	1.89	4.41	4.03	3.15	2.60
0.6	1.93	2.23	1.51	0.59	6.05	10.96	6.30	8.65	7.90	6.55	5.59	3.91	3.19	2.52
0.9	2.02	2.31	2.56	0.63	0.00	3.02	8.53	9.87	7.18	6.97	4.96	3.57	2.98	2.10
1.2	2.14	2.90	3.95	8.15	12.31	0.04	7.18	14.49	12.01	4.91	3.15	2.81	2.39	1.81
1.5	2.31	3.28	4.96	6.51	11.55	3.95	4.87	9.53	4.12	2.77	2.94	2.44	1.97	1.30
1.8	1.97	3.19	4.12	2.10	2.56	8.11	6.47	2.69	0.21	4.45	2.77	1.51	1.05	0.88
2.1	1.18	2.44	2.86	1.60	2.90	14.78	7.73	3.99	4.79	5.00	0.29	0.76	0.17	0.00
2.4	0.46	0.84	0.55	0.63	5.42	11.55	3.11	1.09	0.17	0.04	1.89	0.71	0.55	0.00
2.7	0.42	0.34	0.71	1.09	1.72	5.21	1.97	5.29	4.28	3.61	3.23	1.89	1.43	0.00
3	1.55	1.89	2.52	2.98	5.38	1.72	4.33	5.63	8.86	5.46	3.82	2.69	1.93	0.00
3.3	2.14	3.28	4.91	8.90	12.05	7.73	0.29	2.06	3.07	2.27	2.56	1.97	1.43	0.00
3.6	2.90	4.24	6.80	10.50	12.64	11.89	8.48	7.10	3.19	0.55	1.09	0.00	0.00	0.00
3.9	2.94	4.66	6.43	9.66	11.42	10.50	8.74	7.01	4.28	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00
4.2	3.07	4.33	5.67	7.73	8.32	8.57	6.64	5.08	3.28	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	2.86	3.57	4.45	5.50	5.92	5.54	4.03	3.49	2.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4.8	2.77	2.90	3.53	3.91	4.03	3.86	3.07	2.44	3.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.1	2.52	2.35	2.56	2.86	2.90	2.77	2.31	1.76	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.4	2.14	1.64	2.18	2.02	2.18	2.06	1.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.7(m)	1.97	0.00	1.85	1.64	1.72	0.00	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

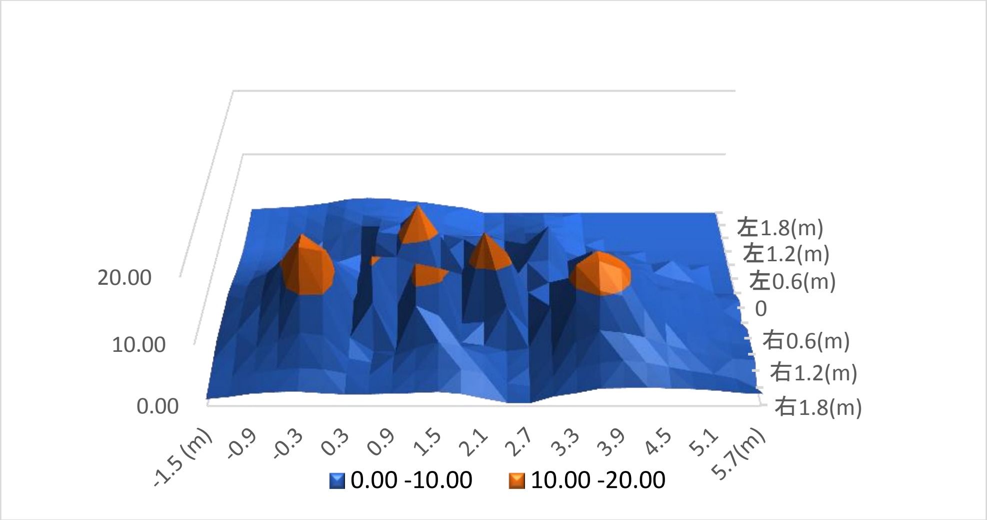

図 31 N-BOX の X 軸磁束密度グラフ

表 6 N-BOX の Y 軸磁束密度

	右1.8(m)	右1.5(m)	右1.2(m)	右0.9(m)	右0.6(m)	右0.3(m)	0	左0.3(m)	左0.6(m)	0.9	1.2	左1.5(m)	左1.8(m)	左2.1(m)
−1.5(m)	0.55	0.55	0.29	0.00	0.50	1.01	1.55	1.85	1.93	1.97	1.72	1.64	1.13	0.76
−1.2	0.84	0.88	0.63	0.50	0.50	1.64	2.44	2.56	2.69	2.94	2.27	1.97	1.34	0.80
−0.9	1.47	1.68	1.18	1.01	0.42	2.23	3.49	4.33	4.33	3.86	3.15	2.23	1.68	0.92
−0.6	2.44	2.39	2.77	2.31	0.00	3.74	6.01	6.89	6.01	5.42	4.16	3.07	1.93	1.18
−0.3	3.70	3.36	6.59	6.30	1.30	6.26	9.41	10.67	9.03	7.31	5.50	3.74	2.18	1.09
0(m)	4.16	5.33	9.95	12.01	5.75	12.35	14.49	12.68	12.31	11.68	6.85	3.78	1.93	0.67
0.3	4.66	6.47	12.01	16.17	9.16	11.72	15.96	16.46	13.23	12.85	6.47	3.07	1.01	0.38
0.6	4.70	6.38	10.37	12.31	5.00	6.51	14.57	14.66	11.55	10.71	5.38	1.51	0.46	0.38
0.9	4.87	6.43	8.48	9.07	0.59	9.24	13.69	11.89	12.14	9.32	3.32	0.38	0.63	1.18
1.2	5.33	6.59	8.23	9.20	2.39	21.21	22.43	13.99	9.95	6.93	2.60	0.34	1.30	1.76
1.5	5.80	7.31	9.62	13.27	7.73	28.90	34.02	9.53	0.42	7.56	3.11	0.46	1.72	2.10
1.8	6.38	8.19	10.46	11.55	10.42	23.69	37.04	18.48	1.13	8.15	2.18	0.76	1.89	2.18
2.1	7.06	8.99	10.58	8.40	4.58	21.00	30.95	15.83	3.61	6.51	1.22	1.01	1.85	0.00
2.4	7.35	9.41	10.54	7.81	2.27	20.41	25.33	17.22	8.06	4.96	1.55	1.09	1.72	0.00
2.7	7.27	9.53	11.09	8.61	6.89	20.66	21.13	18.19	10.37	6.22	2.56	0.29	1.26	0.00
3	7.10	9.62	12.01	13.52	8.44	20.16	17.85	18.02	11.55	9.53	3.78	0.92	0.38	0.00
3.3	6.26	8.65	10.96	11.00	1.01	12.39	15.04	15.08	15.12	8.19	4.49	1.85	0.46	0.00
3.6	5.59	7.27	6.93	6.64	0.88	6.38	9.49	10.46	11.30	7.01	4.45	0.00	0.00	0.00
3.9	4.62	4.87	4.75	4.66	0.76	3.02	6.72	7.06	6.51	5.17	0.00	0.00	0.00	0.00
4.2	3.32	3.40	3.36	2.52	0.34	2.02	4.12	4.24	3.99	3.78	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	2.77	2.02	1.72	1.22	0.00	1.30	2.39	2.73	3.02	2.69	0.00	0.00	0.00	0.00
4.8	1.97	1.39	0.84	0.46	0.21	1.13	1.93	1.97	2.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.1	1.51	0.50	0.50	0.08	0.38	1.01	1.51	1.34	1.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.4	1.01	0.34	0.42	0.13	0.50	0.76	0.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.7(m)	0.63	0.00	0.17	0.08	0.46	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

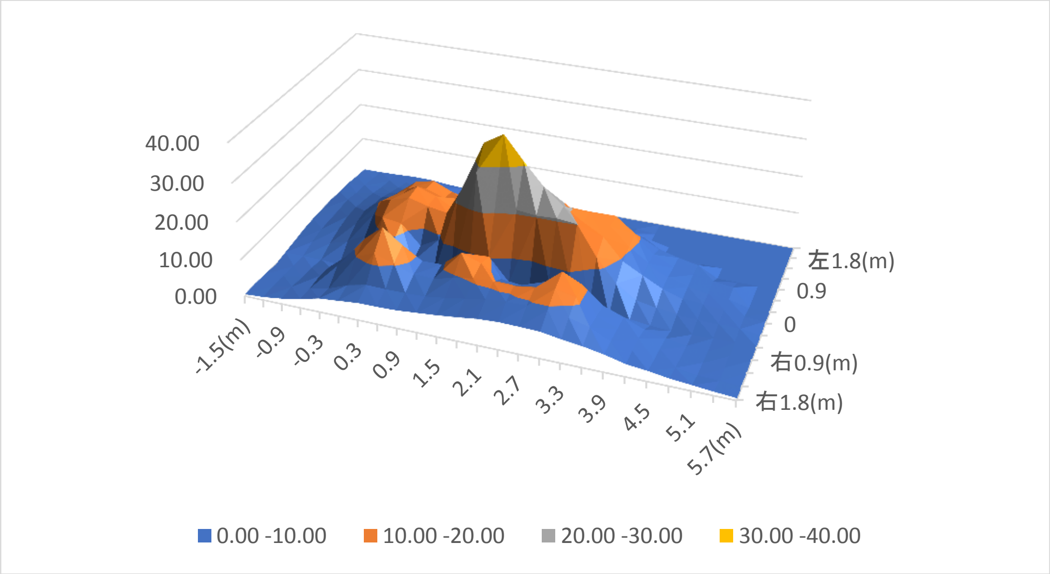

図 32 N-BOX の Y 軸磁束密度グラフ

表 7 N-BOX の Z 軸磁束密度

	右 1.8(m)	右 1.5(m)	右 1.2(m)	右 0.9(m)	右 0.6(m)	右 0.3(m)	0	左 0.3(m)	左 0.6(m)	左 0.9(m)	左 1.2(m)	左 1.5(m)	左 1.8(m)	左 2.1(m)
-1.5(m)	0.29	0.42	0.46	0.42	0.00	0.38	0.13	0.13	0.21	0.04	0.17	0.04	0.08	0.00
-1.2	0.29	0.46	0.55	0.80	0.76	0.84	0.42	0.34	0.34	0.08	0.04	0.04	0.17	0.00
-0.9	0.46	0.50	1.05	1.26	1.76	1.85	1.55	1.18	0.71	0.38	0.04	0.08	0.25	0.00
-0.6	0.50	0.88	1.89	2.65	3.70	5.08	3.91	2.81	1.60	0.71	0.13	0.34	0.59	0.00
-0.3	0.88	1.22	4.03	7.10	11.05	11.72	8.23	6.26	4.20	1.64	0.17	0.84	1.01	0.00
0(m)	1.01	1.72	6.09	13.06	31.25	31.21	16.25	10.37	6.22	2.77	1.30	2.06	1.85	0.00
0.3	0.92	2.02	6.30	15.58	30.45	33.56	17.30	10.50	2.27	1.47	2.56	2.94	2.73	0.00
0.6	1.09	2.02	5.29	11.72	17.68	19.95	13.61	8.36	0.25	1.47	4.54	4.58	3.44	0.00
0.9	1.34	2.27	5.21	10.08	14.28	11.80	4.37	1.93	1.64	5.80	7.22	5.80	4.28	0.00
1.2	1.93	2.86	5.46	10.42	17.22	19.24	2.02	6.47	2.86	8.48	8.48	6.64	4.79	0.00
1.5	2.14	3.65	7.06	16.17	35.11	35.36	5.88	20.50	10.84	6.59	8.78	7.06	5.50	0.00
1.8	2.73	4.49	8.78	16.55	33.52	39.31	4.28	18.65	6.17	6.51	9.49	7.52	5.71	0.00
2.1	3.49	5.46	10.37	18.19	25.41	26.96	7.43	15.16	6.38	9.62	10.46	7.69	5.67	0.00
2.4	3.70	6.55	12.14	20.45	25.96	17.39	6.97	11.89	13.48	12.73	9.87	7.85	5.54	0.00
2.7	3.82	6.97	12.52	21.92	26.84	12.22	2.10	5.59	10.04	10.63	8.69	6.59	5.08	0.00
3	3.44	6.51	11.72	25.07	39.35	16.13	6.38	5.00	2.60	5.29	6.68	5.21	4.12	0.00
3.3	3.19	5.59	9.95	20.62	24.40	18.69	11.80	9.28	2.39	2.39	4.24	3.74	3.15	0.00
3.6	2.60	4.66	6.26	12.05	11.47	13.99	9.11	6.05	1.93	1.76	3.15	0.00	0.00	0.00
3.9	2.10	3.19	4.24	7.81	7.98	6.13	4.96	2.86	0.29	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00
4.2	1.64	2.31	2.98	4.12	4.12	3.57	1.81	0.63	0.25	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
4.5	1.30	1.18	1.55	2.18	1.85	1.30	0.29	0.13	0.29	1.18	0.00	0.00	0.00	0.00
4.8	0.97	0.76	0.80	0.84	0.80	0.42	0.04	0.21	0.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.1	0.71	0.46	0.42	0.46	0.42	0.34	0.13	0.13	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.4	0.59	0.29	0.46	0.34	0.42	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.7(m)	0.38	0.00	0.17	0.29	0.29	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

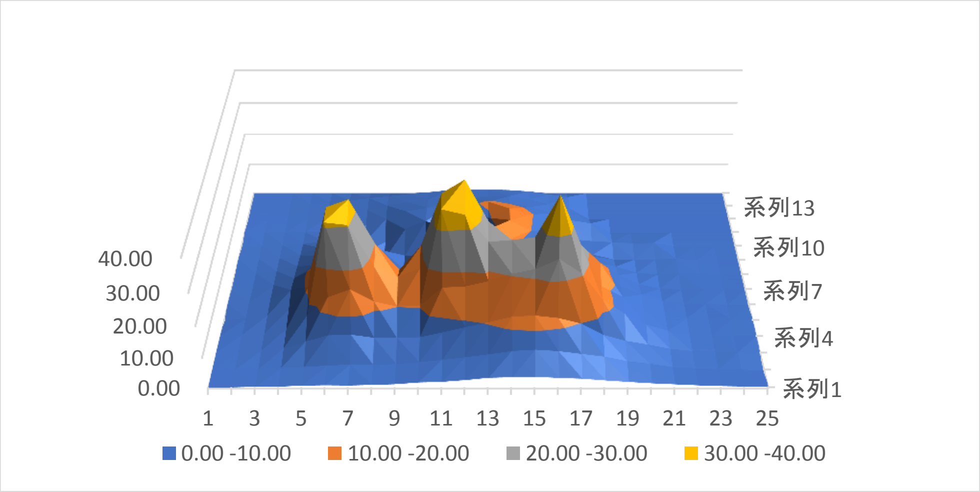

図 33 N-BOX の Z 軸の磁束密度グラフ

最大の特徴としては車輌全体の磁束密度は車輌を正面に見て右方向に偏っている事である.これは部品の位置関係が影響していると考えられる.図 21 のように車両の部品が集中している個所は車両前方であるが.計測される磁束密度は車両後方部分でも非常に大きいものになっている.また.磁性の極となる磁極もこのデータのみから分析すると Z 軸で三つある

ように計測されている.車両が一個の永久磁石に近似できるのであれば.変化する極はZ軸もしくはY軸の片方が一つ.もう片方が二つとなるはずであり.車両が単純な永久磁石のような磁性を帯びていないことがわかる.図25のような永久磁石から磁力線が放出されるとする場合.垂直方向及び水平方向の二軸の値の極は赤丸部分の二つもしくは青丸部分の一つの2パターンになる.

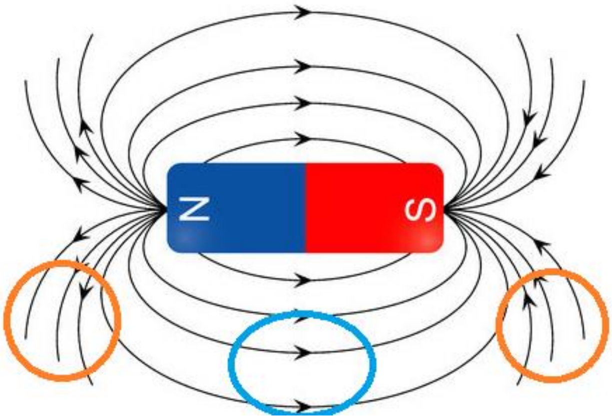

図 34 永久磁石と磁力線 (7)

この.車両後半部分でも高い磁束密度が計測され.更に永久磁石と違い磁極がより多く検出される現象は第二章で述べた埋没型の問題となっている.道路上にセンサを埋没するということは車両下部から放出される磁性を検知することになる.

しかしながら.車体下部は車両のシャシ部分であり.車両の部品が最も集中している個所である.

図 35 N-BOX 下部構造(8)

図 26 のように.車両の主要部品は車両スペースを確保するためにほぼ車両下部に集中している.そのため.それらの部品に近い道路下で検知を行うと.センサに近い位置の磁性の大きな部品の影響を受けることになる.その結果として.多くの極が測定されることになる.道路側部から検知を行う場合はこの問題は軽減できるが.スペース確保が問題となるため.

システムで対処することとした.

3.2 大型車両停止状態解析

次に.表から表および図 37 から図 39 及び表 8 から 10 にバスの磁束密度分布を示す.こちらも磁束密度は単一軸に対して正と負の二方向で示されるが.視認性の観点から値を絶対値に変換して示している.

図 36　検知に使用したバス

表 8 停止バス磁束密度 X 軸

	右 3.0(m)	右 2.4(m)	右 1.8(m)	右 1.2(m)	右 0.6(m)	0	左 0.6(m)	左 1.2(m)	左 1.8(m)	左 2.4(m)	左 3.0(m)
-3.0(m)	1.05	1.22	1.26	1.47	1.22	0.97	1.22	1.18	0.00	0.00	0.00
-2.4	1.55	1.72	1.93	1.89	1.64	1.51	1.76	1.34	1.34	0.00	0.00
-1.8	2.02	2.52	2.98	3.23	2.94	2.27	2.65	1.97	1.39	1.26	0.00
-1.2	2.56	3.49	5.00	5.63	5.33	3.57	3.65	2.44	1.89	1.34	0.00
-0.6	3.07	4.83	7.73	10.50	10.12	5.75	4.79	3.15	2.56	1.72	0.00
0(m)	2.90	5.08	9.45	15.71	12.68	4.91	5.29	4.49	3.74	2.14	0.00
0.6	2.48	4.12	6.26	7.43	8.69	8.69	6.93	9.20	5.67	2.23	0.00
1.2	2.27	2.86	3.78	5.42	6.59	9.20	5.80	5.21	3.11	1.39	0.00
1.8	1.64	1.85	2.23	6.30	1.89	2.81	3.02	1.09	0.21	0.13	0.00
2.4	1.09	1.13	1.09	1.13	3.91	1.22	1.76	0.92	1.01	0.46	0.00
3	0.21	0.08	0.13	2.23	5.00	4.12	4.83	1.51	0.46	0.55	0.21
3.6	0.21	0.38	0.97	1.76	3.95	1.26	3.15	1.85	0.08	0.46	0.38
4.2	0.59	0.55	0.97	1.64	4.16	5.04	4.83	1.97	0.63	0.50	0.42
4.8	0.76	0.59	0.04	1.89	3.82	0.29	2.52	0.92	0.80	0.42	0.34
5.4	1.18	1.26	0.50	1.26	5.12	2.02	0.38	1.13	0.71	0.46	0.29
6	1.64	1.85	2.02	0.13	5.33	3.15	0.13	0.80	0.29	0.13	0.08
6.6	2.14	2.81	3.70	4.83	2.18	3.40	6.68	8.11	3.53	0.71	0.00
7.2	0.00	3.61	4.66	6.01	8.23	0.67	7.10	6.80	3.78	1.01	0.08
7.8	0.00	3.95	5.96	8.57	5.96	3.65	7.22	5.42	2.31	0.59	0.21
8.4	0.00	4.12	6.59	8.48	7.01	6.51	5.25	2.39	0.26	1.39	0.92
9	0.00	3.78	5.96	7.98	12.05	15.71	21.17	18.06	8.78	3.32	1.81
9.6	0.00	3.23	5.04	6.59	9.45	12.73	15.71	15.46	9.16	4.45	0.00
10.2	0.00	2.52	3.61	4.62	5.71	8.19	7.98	8.11	5.92	3.36	0.00
10.8	0.00	1.89	2.39	2.77	3.70	4.16	4.20	4.12	3.78	2.52	0.00
11.4	0.00	0.00	1.55	1.76	2.02	2.14	2.14	2.06	1.93	1.68	0.00
12	0.00	0.00	0.00	1.22	1.22	1.22	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
12.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.71	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

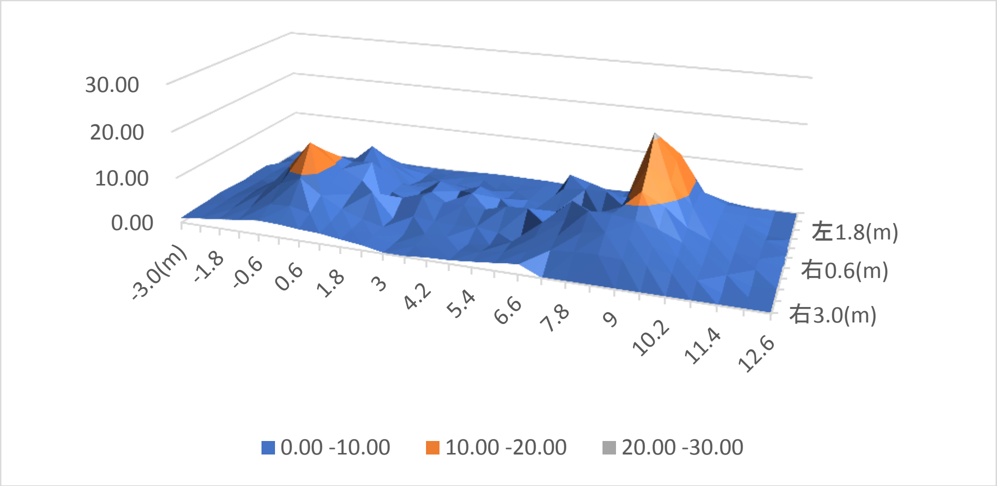

図 37 停止バス磁束密度 X 軸グラフ

表 9 停止バス磁束密度 Y 軸

	右 3.0(m)	右 2.4(m)	右 1.8(m)	右 1.2(m)	右 0.6(m)	0	左 0.6(m)	左 1.2(m)	左 1.8(m)	左 2.4(m)	左 3.0(m)
−3.0(m)	0.59	0.55	0.46	0.17	0.17	0.25	0.63	0.67	0.00	0.00	0.00
−2.4	1.01	0.71	0.38	0.04	0.42	0.63	1.18	1.01	1.09	0.00	0.00
−1.8	1.30	1.09	0.80	0.04	1.05	1.34	1.34	1.43	1.26	1.13	0.00
−1.2	2.14	2.18	1.51	0.17	2.06	2.90	2.23	1.97	3.91	1.64	0.00
−0.6	2.02	3.99	3.82	1.68	4.49	6.05	3.40	3.02	2.31	2.18	0.00
0(m)	4.49	6.55	8.99	6.72	11.59	11.13	5.38	3.86	3.07	2.77	0.00
0.6	5.71	9.03	13.65	10.79	15.79	14.57	4.07	4.45	6.26	4.41	0.00
1.2	6.47	10.67	14.62	10.42	10.25	15.54	3.49	6.13	10.88	5.88	0.00
1.8	6.85	10.54	16.72	14.36	3.02	15.92	7.52	10.33	10.79	6.30	0.00
2.4	7.39	10.84	16.38	10.42	7.10	18.10	6.59	5.59	9.16	6.17	3.78
3	7.43	10.79	16.21	14.24	10.00	18.56	7.39	7.56	9.70	6.22	3.78
3.6	7.43	10.46	15.16	15.04	7.77	15.04	6.55	11.21	10.79	6.47	3.91
4.2	7.10	10.21	14.49	11.80	8.61	12.39	2.73	11.72	10.92	6.43	3.78
4.8	7.14	10.21	14.41	12.47	10.75	14.28	1.81	8.78	10.33	6.43	3.82
5.4	7.06	10.58	16.09	15.29	9.20	19.15	0.13	10.46	10.12	6.17	3.82
6	6.89	10.50	16.13	18.56	11.89	23.18	0.71	11.84	8.61	6.26	3.78
6.6	6.55	9.62	15.25	18.14	8.32	19.95	3.49	10.04	10.16	6.85	4.12
7.2	0.00	8.36	13.90	14.20	0.59	10.16	0.50	10.63	13.69	8.15	4.70
7.8	0.00	7.39	11.72	11.13	5.04	3.91	2.06	13.86	17.09	9.32	5.08
8.4	0.00	5.92	8.61	9.49	10.25	8.78	6.51	17.60	19.07	10.42	5.08
9	0.00	4.03	5.71	7.06	8.61	7.43	7.06	12.22	15.33	9.24	4.45
9.6	0.00	2.73	3.61	4.03	4.12	3.07	3.82	4.49	7.39	5.29	0.00
10.2	0.00	1.64	1.89	2.18	1.85	1.22	1.72	1.22	2.73	2.44	0.00
10.8	0.00	1.01	0.97	1.05	0.92	0.50	0.80	0.29	1.18	1.47	0.00
11.4	0.00	0.00	0.71	0.63	0.38	0.00	0.38	0.08	0.55	0.88	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.38	0.21	0.17	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
12.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

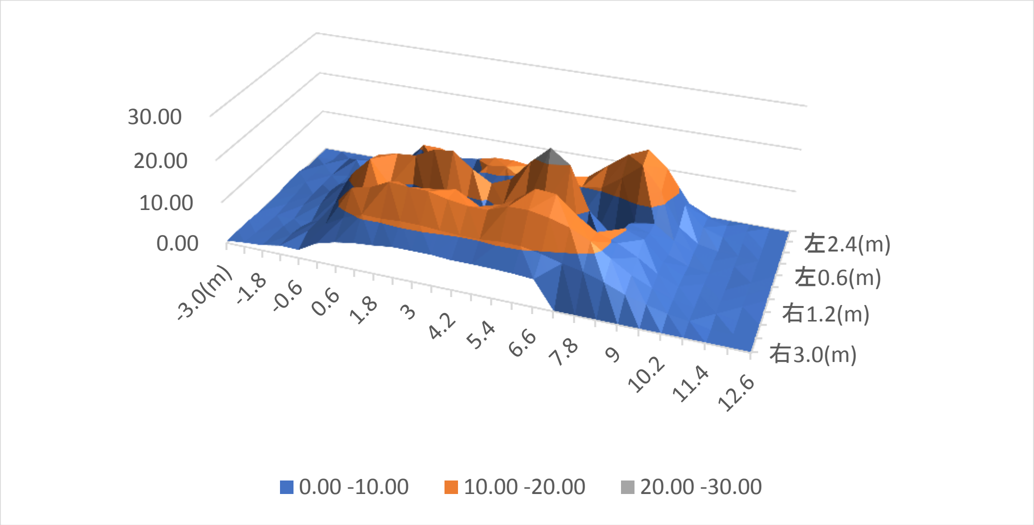

図 38 停止バス磁束密度 Y 軸グラフ

表 10 停止バス磁束密度 Z 軸

	右 3.0(m)	右 2.4(m)	右 1.8(m)	右 1.2(m)	右 0.6(m)	0	左 0.6(m)	左 1.2(m)	左 1.8(m)	左 2.4(m)	左 3.0(m)
−3.0(m)	0.00	0.13	0.08	0.25	0.29	0.38	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00
−2.4	0.04	0.13	0.08	0.25	0.29	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
−1.8	0.00	0.04	0.00	0.04	0.21	0.38	0.13	0.08	0.13	0.08	0.00
−1.2	0.13	0.25	0.46	0.55	0.29	0.29	0.29	0.13	0.21	0.21	0.00
−0.6	0.34	0.92	2.02	3.53	3.53	0.88	0.88	0.08	0.25	0.13	0.00
0(m)	0.71	2.06	5.63	14.11	13.31	2.23	3.74	0.80	0.25	0.13	0.00
0.6	0.97	3.07	9.03	25.24	17.05	3.40	2.60	2.60	2.35	0.29	0.00
1.2	0.84	3.40	9.58	23.35	20.87	9.79	6.80	16.59	5.84	0.59	0.00
1.8	1.05	2.90	10.12	28.98	21.21	13.94	7.35	19.66	4.96	0.25	0.00
2.4	1.09	2.94	10.29	22.18	19.99	9.37	1.34	7.43	2.94	0.25	0.80
3	0.88	2.90	9.91	23.02	26.33	9.70	3.53	7.35	2.14	0.84	1.18
3.6	0.80	2.56	8.99	22.97	27.76	13.23	12.10	8.32	1.81	0.97	1.47
4.2	0.42	2.10	7.64	18.77	18.02	7.48	12.31	10.00	1.93	1.13	1.55
4.8	0.38	1.93	7.69	19.40	19.99	4.07	3.91	7.39	1.60	1.26	1.72
5.4	0.25	1.97	8.40	22.13	27.80	5.92	6.97	8.65	1.26	1.72	1.72
6	0.04	1.76	7.77	19.36	28.90	7.69	3.23	0.63	0.21	1.51	1.85
6.6	0.17	1.39	6.68	16.30	31.16	16.59	3.70	2.18	1.72	1.43	1.72
7.2	0.00	0.80	5.67	14.95	21.04	13.82	11.55	16.51	4.16	0.97	1.72
7.8	0.00	0.17	4.03	10.21	13.02	19.95	27.38	20.41	7.10	0.13	1.55
8.4	0.00	0.21	2.06	5.08	12.14	23.27	35.07	30.87	9.95	0.55	1.34
9	0.00	0.76	0.38	1.68	7.01	13.90	21.59	22.76	8.06	0.46	1.13
9.6	0.00	1.01	0.80	0.38	0.97	3.19	4.41	5.84	2.44	0.50	0.00
10.2	0.00	1.13	1.13	1.26	1.01	0.42	0.80	0.08	0.71	1.13	0.00
10.8	0.00	1.01	1.13	1.34	1.43	1.34	1.60	1.51	1.22	1.09	0.00
11.4	0.00	0.00	0.97	1.05	1.13	1.26	1.60	1.43	1.18	1.09	0.00
12	0.00	0.00	0.00	0.92	0.84	0.97	1.13	0.00	0.00	0.00	0.00
12.6	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

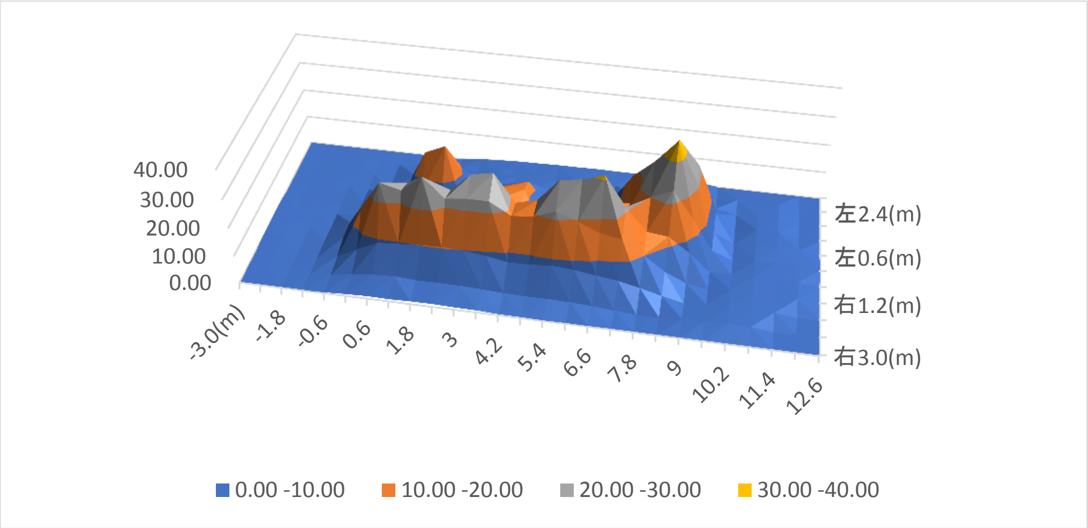

図 39 停止バス磁束密度 Z 軸グラフ

X 軸方向の磁束密度が Y 軸.Z 軸に対して小さいことは大型バスにおいても変わらない.車両が大型になっても.X 軸方向の磁束密度はほぼ変わらず非常に小さいことがわかる.このため X 軸のデータを用いて大型車両と小型車両を区別することは不可能である.

変化における極の数も非常に多く.磁性の強い部品が複数磁極として影響を及ぼしていると推察される.Y 軸.Z 軸ともに極が多い点も.大型車両の特性と思われる.

一方で.普通車と違い磁性体が大型であるため.それによる影響がいくつかみられる.まず.Z 軸の磁性に左右の偏りがみられる.Z 軸は地面に対して垂直方向軸であり.最も高い磁束密度が出力される.このため.Z 軸の磁束密度を測定すると車両全体の磁力線より車両内部の電子部品の磁力線による影響が大きくなり.車輌全体としてまばらな磁束密度が出力される.磁束密度にばらつきがあるということは車輌の通過位置が出力される磁束密度に影響を与えるということであり.検知の障害となる.次の傾向としては.車輌中間部に磁束密度の低下傾向がみられる.これは車両全体が磁性体であるために.前後に存在する磁性体の中間部では磁性が低下する.小型車両であれば問題ない間隔だが.大型車両になるとこの間隔もより広くなり.検知への影響が無視できなくなる.

3.3 電気自動車停止状態解析

最後に FIT シャトルの磁性を表 11 から 13 及び図 41 から 43 に示す.

図 40 FIT シャトル

表 11 FIT シャトル X 軸磁束密度

	右 1.8(m)	右 1.5(m)	右 1.2(m)	右 0.9(m)	右 0.6(m)	右 0.3(m)	0	左 0.3(m)	左 0.6(m)	左 0.9(m)	左 1.2(m)	左 1.5(m)	左 1.8(m)	左 2.1(m)
−1.5(m	0	0.08	0.08	0.42	1.34	1.64	2.06	2.23	2.31	2.35	2.02	1.89	1.72	1.43
−1.2	0	0	0.04	0.46	1.47	2.1	2.73	3.32	0.21	3.49	2.86	2.77	1.93	1.55
−0.9	0	0.46	0.08	0.21	1.64	2.73	3.61	4.28	4.54	5.54	4.28	3.23	2.56	1.93
−0.6	0	0.63	0.21	0.08	1.64	3.32	5.46	6.17	7.64	6.47	5.75	4.03	2.81	2.02
−0.3	0	0.8	0.76	0.46	1.72	4.49	7.73	9.58	10.9	8.9	6.76	4.62	3.02	2.14
0(m)	0	0.8	1.05	0.88	2.18	7.35	11.8	1.39	15.4	11.9	7.52	4.62	2.77	1.85
0.3	0	0.63	0.34	0.25	4.45	10.2	12.9	15.2	15.1	11.7	7.77	4.03	2.14	1.22
0.6	0	0.38	2.69	6.76	12.3	12	10.2	9.7	8.44	5.29	3.82	2.02	1.34	0.59
0.9	0	0.59	3.32	8.57	13.6	12.3	8.82	8.65	4.79	1.13	0.46	0.55	0.17	0.46
1.2	0	0.17	0.5	2.14	1.34	7.64	3.82	0.71	1.76	1.13	1.93	1.34	1.68	1.72
1.5	1.6	1.55	3.07	4.33	14.6	18.1	10.6	11.6	10.2	5.17	5.17	3.57	3.23	2.27
1.8	1.97	2.52	4.12	9.03	17.7	17.6	17.7	18.1	15	10.8	8.4	4.75	4.07	2.98
2.1	2.35	2.86	3.32	3.61	3.36	8.74	13.2	12.6	13.2	12.1	8.65	5.5	4.28	3.11
2.4	2.48	2.98	3.57	3.7	4.12	5.29	6.72	5.54	6.97	7.22	5.46	5.08	3.82	2.9
2.7	2.35	3.82	4.91	6.22	3.53	0.5	0.8	2.44	2.27	1.72	3.57	3.44	2.94	2.39
3	2.6	4.33	6.55	7.94	4.12	2.52	1.39	1.13	1.3	3.23	2.98	2.6	2.23	2.06
3.3	2.56	4.28	6.43	10.5	6.09	1.72	3.28	1.26	1.72	3.53	3.11	2.44	2.14	1.97
3.6	1.76	2.35	2.86	3.11	0.29	1.26	0.67	3.23	4.58	3.7	3.4	2.52	1.93	0
3.9	0.76	0.59	0.97	4.28	3.74	0.67	5.04	6.59	7.56	5.08	4.07	2.86	2.14	0
4.2	0	1.43	2.86	3.91	2.18	2.73	5.96	7.73	7.73	5.96	4.24	3.07	2.06	0
4.5	0	2.06	2.65	2.56	0.8	1.89	3.65	3.82	5.08	4.45	3.49	2.69	1.85	0
4.8	0	1.76	4.07	1.72	0.63	0.5	1.34	1.55	2.44	2.65	2.6	2.52	1.76	0
5.1	0	1.6	1.85	1.47	0.88	0.29	0.46	0.92	1.09	1.64	1.76	1.68	1.01	0
5.4	0	1.51	1.3	1.26	0.76	0.71	0.08	0.21	0.76	1.3	1.09	1.05	0	0
5.7(m)	0	1.09	0.97	0.92	0.71	0.71	0.29	0	0.34	0.5	0.67	0.8	0	0
6	0	0.97	0.76	0.8	0.63	0.71	0.5	0.17	0.21	0.42	0.42	0	0	0
6.3	0	0.76	0.59	0.71	0.55	0.55	0.5	0.04	0.21	0	0	0	0	0
6.6	0	0.59	0.59	0.5	0.42	0.5	0.42	0.17	0	0	0	0	0	0

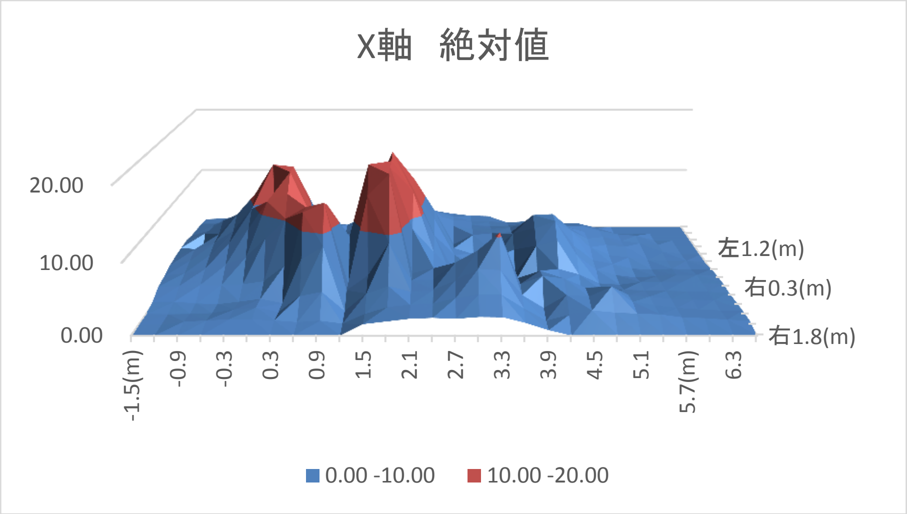

図 41 FIT シャトル X 軸磁束密度グラフ

表 12 FIT シャトル Y 軸磁束密度

	右 1.8(m)	右 1.5(m)	右 1.2(m)	右 0.9(m)	右 0.6(m)	右 0.3(m)	0	左 0.3(m)	左 0.6(m)	左 0.9(m)	左 1.2(m)	左 1.5(m)	左 1.8(m)	左 2.1(m)
−1.5(m	0	0.34	0.46	0.67	1.01	0.84	0.76	0.08	0.38	0.55	1.09	1.18	1.34	1.6
−1.2	0	0.55	0.67	1.13	1.39	1.47	1.18	0.88	0.21	0.76	1.43	1.81	1.97	1.97
−0.9	0	0.84	1.01	1.43	2.23	2.27	1.93	1.18	0.13	1.51	2.27	2.27	2.77	2.48
−0.6	0	0.8	1.18	2.27	3.49	3.78	3.53	1.76	0.25	1.76	3.53	3.61	3.78	3.07
−0.3	0	0.84	1.6	3.44	5.33	5.92	5.84	3.11	0.04	3.32	5.25	5.54	4.87	4.37
0(m)	0	0.8	1.68	4.62	8.65	10.9	10	5.08	2.65	6.89	7.01	7.43	6.17	5.54
0.3	0	0.92	1.85	6.43	13.7	15.9	13.6	7.48	3.65	12	10.7	9.53	7.39	6.05
0.6	0	1.51	3.44	9.58	16.5	17.1	13	9.28	2.73	15.4	14.8	11.3	8.4	6.72
0.9	0	2.94	6.17	16.2	17.5	13.3	10.3	7.94	6.8	16.2	15.4	11.7	8.99	6.89
1.2	0	3.86	8.4	17	16.4	12	12.1	11	8.82	17.9	16.4	12	9.16	6.72
1.5	1.43	3.91	7.64	14	10	13.1	18.4	15.4	4.91	17.4	15.9	11.5	8.53	6.26
1.8	1.13	3.32	5.54	4.41	2.77	17.4	21	14.7	1.22	12.3	12	10.3	7.06	5.25
2.1	0.46	2.69	3.78	0.25	1.93	11.9	19.3	14	7.14	9.32	8.74	8.23	5.92	4.28
2.4	0.04	2.1	3.44	0.92	3.99	6.43	21.3	14.8	4.54	5.33	6.05	5.59	4.37	3.44
2.7	0.42	1.01	2.44	2.02	1.09	5.21	17.7	14.1	2.52	6.22	6.47	4.62	3.49	2.73
3	1.64	0.71	0.08	3.32	4.07	7.56	12.8	12.3	4.12	6.17	7.01	4.49	3.23	2.44
3.3	2.27	2.65	2.9	3.82	10.2	11.9	9.58	7.81	2.81	6.26	6.55	4.41	3.15	2.39
3.6	3.07	4.28	4.58	2.65	13.6	14.8	8.57	5.29	1.3	5.54	5.71	4.16	2.9	0
3.9	3.32	3.65	3.28	3.95	12	11.8	6.76	5.33	1.34	4.07	4.2	3.15	2.52	0
4.2	0	2.77	1.18	3.95	8.4	7.1	4.12	4.79	2.31	1.55	1.93	2.14	1.81	0
4.5	0	1.68	0.04	2.77	4.33	3.65	2.94	3.32	2.81	0.59	0.34	1.18	1.13	0
4.8	0	1.22	0.04	1.6	2.23	2.27	2.02	2.27	3.99	1.05	0.17	0.63	0.71	0
5.1	0	0.76	0.13	0.67	1.18	1.64	1.51	1.51	1.3	0.8	0.34	0.25	0.21	0
5.4	0	0.67	0.21	0.17	0.8	1.09	1.01	0.92	1.01	0.8	0.25	0.08	0	0
5.7(m)	0	0.63	0.38	0.04	0.25	0.71	0.59	0.59	0.46	0.46	0.17	0	0	0
6	0	0.55	0.38	0.04	0.04	0.42	0.38	0.21	0.25	0.08	0.04	0	0	0
6.3	0	0.55	0.34	0.13	0.04	0.21	0.21	0.08	0	0	0	0	0	0
6.6	0	0.59	0.25	0.25	0.25	0.08	0.08	0.08	0	0	0	0	0	0

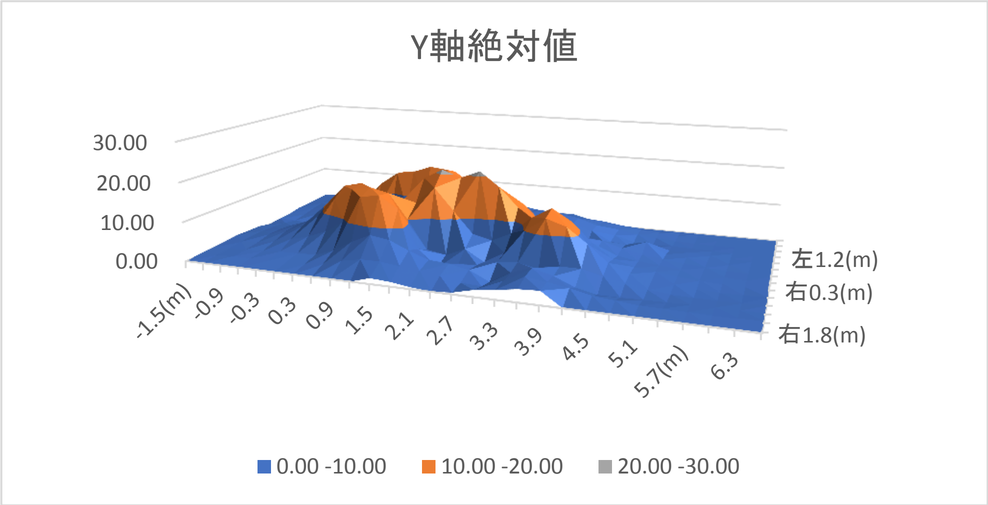

図 42 FIT シャトル Y 軸磁束密度グラフ

表 13　FIT シャトル Z 軸磁束密度

	右 1.8(m)	右 1.5(m)	右 1.2(m)	右 0.9(m)	右 0.6(m)	右 0.3(m)	0	左 0.3(m)	左 0.6(m)	左 0.9(m)	左 1.2(m)	左 1.5(m)	左 1.8(m)	左 2.1(m)
-1.5(r	0	0.13	0.29	0.29	0.08	0.13	0.29	0.42	0.5	0.42	0.42	0.34	0.38	0.42
-1.2	0	0.13	0.04	0.21	0.04	0.13	0.46	0.67	0.59	0.67	0.63	0.67	0.46	0.59
-0.9	0	0.21	0.04	0.08	0	0.04	0.76	1.01	1.22	1.76	1.22	1.01	0.76	0.67
-0.6	0	0.17	0.34	0.38	0.55	0.04	1.3	1.81	2.65	2.14	2.27	1.55	1.09	0.8
-0.3	0	0.71	1.26	1.55	1.18	0.13	2.44	3.91	5	4.28	3.32	2.52	1.6	1.22
0(m)	0	1.3	2.48	3.11	2.94	0.8	6.22	9.07	13.5	9.11	5	3.49	2.1	1.55
0.3	0	2.18	4.33	6.8	5	4.96	13.4	19.5	24.1	17.5	8.06	4.62	2.39	1.64
0.6	0	2.44	4.41	8.57	3.23	9.11	17.6	24.2	30.9	21.4	11.6	5.42	2.98	2.02
0.9	0	1.97	2.27	0.59	10	19.7	23	27.9	33.9	18.9	12.3	5.84	3.28	1.85
1.2	0	1.55	0	6.47	18.1	23.7	26.7	33.3	36	22.1	11.7	5.63	3.28	1.85
1.5	1.68	1.51	0.04	8.61	13.6	9.66	19.9	33.3	36.6	24.3	11.3	5.33	2.9	1.6
1.8	1.89	1.97	0.88	0.67	9.41	9.24	13.6	24.9	28.7	20.5	8.65	4.54	2.14	0.97
2.1	2.06	4.16	1.3	0.38	10	14.1	3.28	8.53	17.8	15.9	5.54	3.02	1.43	0.46
2.4	2.18	2.27	0.92	2.02	6.55	15.8	4.58	7.18	12.6	6.68	2.52	1.13	0.29	0.08
2.7	2.39	2.65	1.85	0.25	4.37	11.8	2.52	7.69	10.8	8.69	2.35	0.13	0	0.17
3	2.56	3.32	4.96	4.49	4.03	5.17	0.13	7.01	12.7	9.74	3.36	0.21	0.17	0.29
3.3	2.86	4.87	8.44	12.5	7.69	1.01	5.92	8.53	12.3	9.62	3.53	0.76	0.04	0.17
3.6	3.44	6.47	11.1	20.4	13.2	1.97	9.58	10.9	12.5	8.65	3.61	0.97	0.13	0
3.9	3.61	6.26	10.1	12.5	7.64	3.23	7.48	8.44	9.66	6.89	3.28	1.22	0.29	0
4.2	0	5.54	7.6	7.56	3.78	1.64	0.08	2.44	5.67	4.49	2.31	0.97	0.25	0
4.5	0	4.07	4.66	4.28	2.56	1.39	2.35	1.81	0.46	1.39	0.76	0.63	0.17	0
4.8	0	2.9	3.07	2.98	2.27	1.93	2.27	1.64	0.76	0.25	0.25	0.46	0.08	0
5.1	0	3.91	2.23	1.89	1.76	1.89	1.68	1.18	0.8	0.38	0.17	0.04	0	0
5.4	0	1.34	1.51	1.18	1.3	1.43	1.22	0.97	0.63	0.29	0.17	0.08	0	0
5.7(m)	0	0.97	0.97	0.8	0.71	1.05	1.05	0.59	0.46	0.29	0.25	0.21	0	0
6	0	0.55	0.55	0.63	0.42	0.76	0.8	0.42	0.42	0.17	0.21	0	0	0
6.3	0	0.38	0.34	0.29	0.21	0.59	0.5	0.29	0.38	0	0	0	0	0
6.6	0	0.08	0.08	0.04	0.13	0.46	0.42	0.25	0	0	0	0	0	0

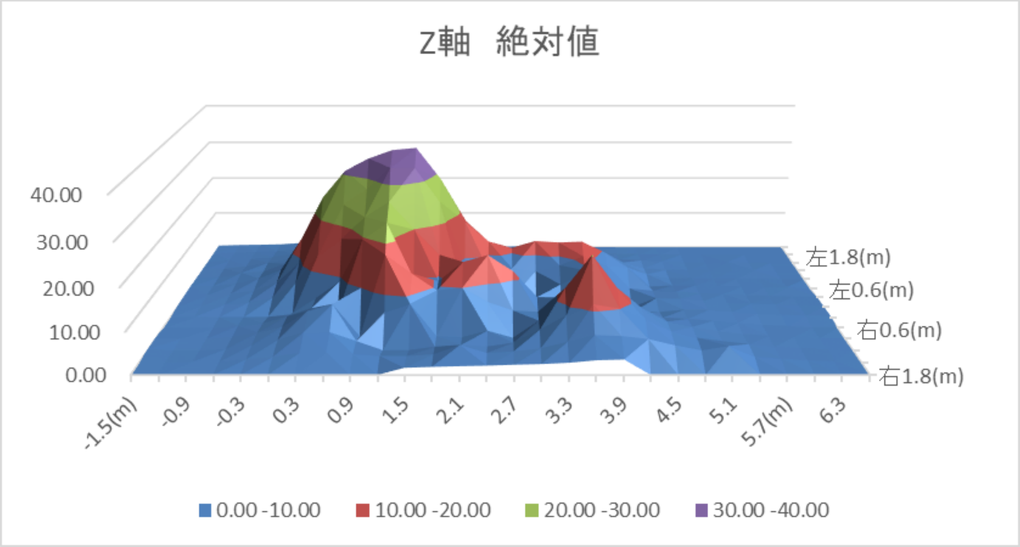

図 43 FIT シャトル Z 軸磁束密度グラフ

FIT シャトルはハイブッリドカーであり.その影響が Z 軸の磁束密度に見られる.車輌前半部分.車輌のモーターと電子部品が集中している箇所において非常に高い磁束密度が計測されている.また.N-BOX で述べたような極の数もこのグラフにおいて当てはまらない.Y 軸と Z 軸ともに計測される極が一つしか無いためである.これらの理由から磁束密度の大きさと極で車輌を検知することは難しい.一方で.測定される磁束密度の大きさや.極の範囲などは軽自動車である N-BOX とそれほど変わらず車両後半部分においては N-BOX の方が高い磁束密度が計測されている.これは.車輌のシャシ部分.車輌下部の構造の問題と考えられる.軽自動車はその構造上.パーツを小さいスペースに圧縮し.車輌下部もほとんど覆いがない場合も存在する.普通車輌は車体が大きく.軽自動車と比較してパーツスペースの余裕が有るため.磁性の大きい部品が集中しておらず.そのため影響が少ないものと思われる.

実際に.車輌下部の部品がむき出しとなっている軽トラックはデータが乱れる傾向にある.軽トラの傾向については第四章で確認を行う.

第四章.　移動車輌磁性解析

第三章で示したように.車道において一般車が通行した際の磁束密度を計測し.そのデータを解析することで車輌検知システムを解析する.対象となるデータには大型車両複数台と一般車両が含まれる.電気自動車に関しては今回確認していない.

目的は車輌検知の実用性であるため.速度については今回扱わない.また.データが膨大であるため.グラフのみで示す.

測定される磁束密度が小さいため.まず計測ポイントにセンサを設置してその時点のち時期を初期値として決定し.そこからの変化量で計測を行う.

4.1 一般車両解析

一般車両のデータ例と走行写真を以下に示す.

図 44 一般車通行写真 1

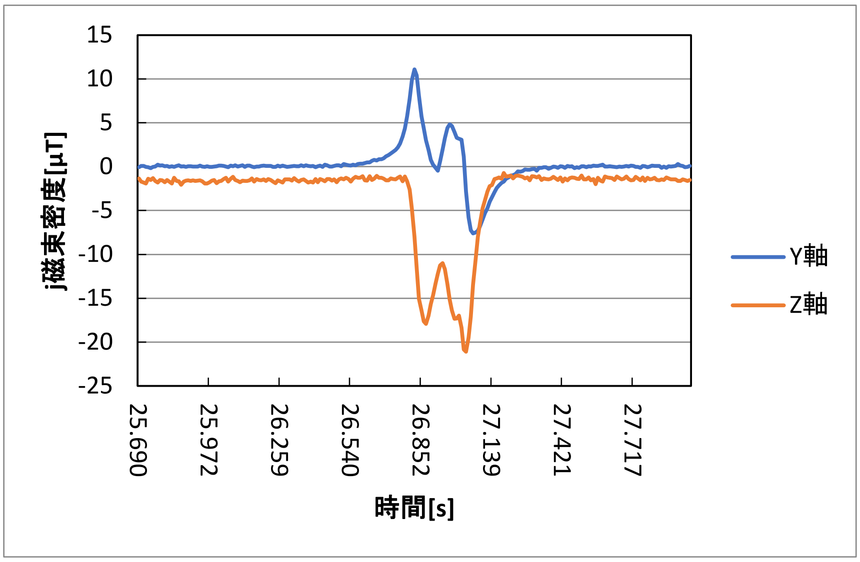

図 45 一般車通行時磁束密度例 1

図 46 一般車通行写真 2

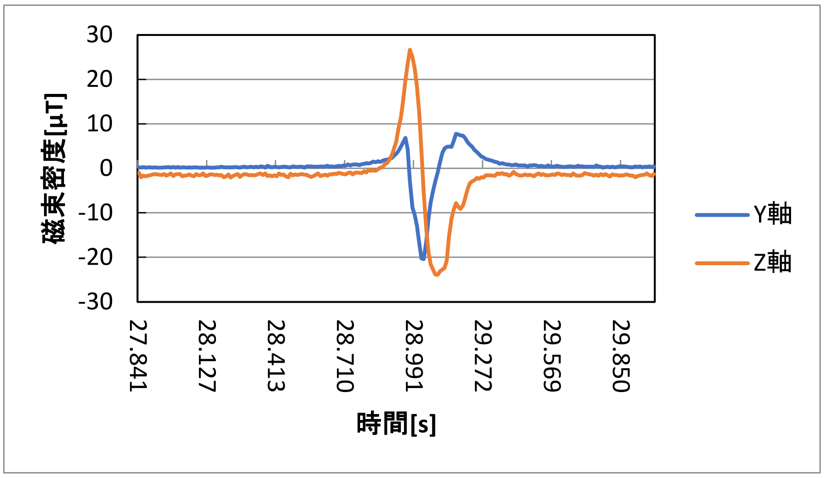

図 47 一般車通行時磁束密度例 2

普通車輌及び軽車輌は Y 軸 Z 軸ともに狭い範囲で一瞬だけ大きな磁束が測定されるパターンがほとんどであった. 全体の傾向は停止車輌を二軸に分割して確認したものと変わらない. よって. 車輌通行時も停止状態と磁性はほとんど変化していないといえる. またこちらも停止車輌と同じく. Z 軸の磁束密度のほうが大きい傾向がみられる.

また. 軽トラックは磁束密度が大きく. 激しく変化する車輌がいくつか見られた.

図 48 軽トラック走行例 1

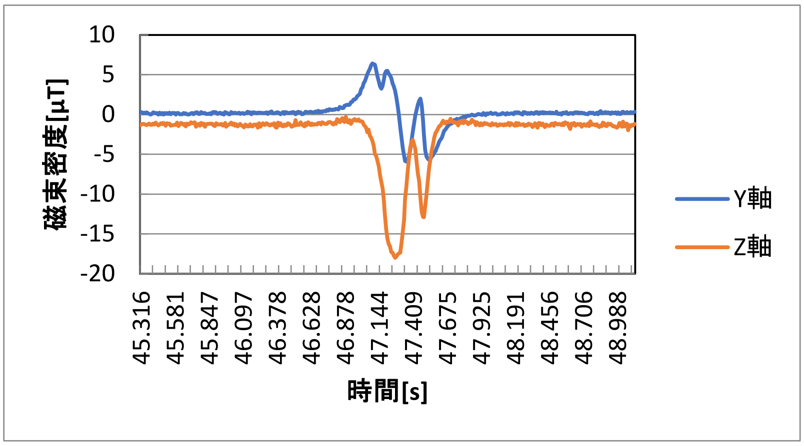

図 49 軽トラック走行時磁束密度例 1

この軽トラックは出力される磁束密度が非常に細かい変化をしている. Y 軸 Z 軸ともに極の数がとても多い. 第三章で述べたように. 埋没式で測定を行うと. 車体下部の部品の影響を大きく受けるためであると考えられる. 軽トラックは搭載スペースの関係で部品の多くが車体下部に集中しておりなおかつむき出しの部品が非常に多い. そのため. このように大きな磁束密度が計測されているものと推測される. このような事象が計測されるため. 磁束密度の変化は車輌のサイズに依存しない要素と見なすしかなく. 車輌の大きさを判断することは出来ない.

一方. 車輌にもよるものの測定できる磁束密度が非常に小さいものがいくつかみられる. 以下. 計測される磁束密度が小さい例を示す.

図 50 一般車両通行写真 3

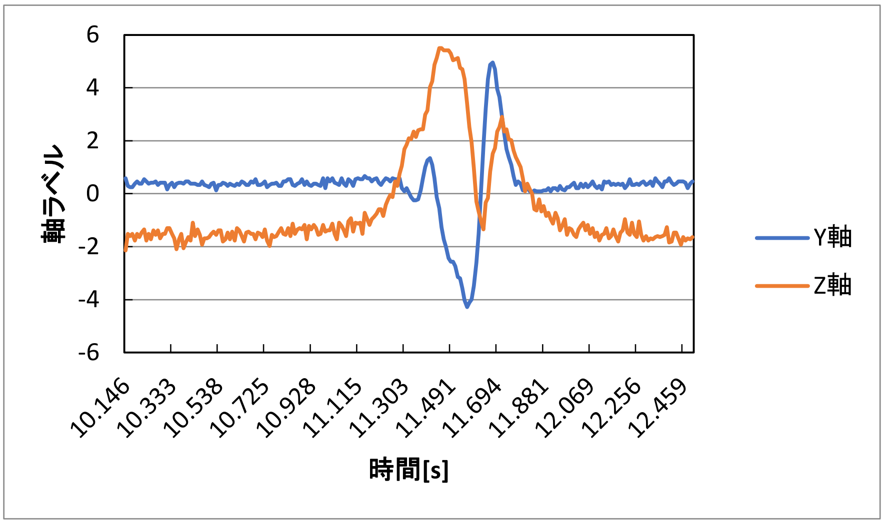

図 51 一般車両通工事磁束密度例 3

この車両計測データを見ると．閾値を超えている範囲が非常に短いことが分かる．画像と比較すると．センサの真上を車輌が通行していないため．このような結果になったと推測される．道路が狭い環境にセンサを設置するのであれば無視できる問題だが．道路環境によっては回避できない大きな問題となる．特に車線変更を途中で行う場合は検地が難しい．JCT 区間は逆走が発生しやすい箇所であり．対策が必要となる．

図 52 高速道路 JCT(10)

もうひとつが．初期値の調整が難しいことである．測定する磁気データが非常に小さい関係上．同一の場所で検知を続けていても初期値の乱れは避けられない．先程のデータでも見られるが．次のデータなどでは顕著に現れる．

図 53 軽トラック通行写真 2

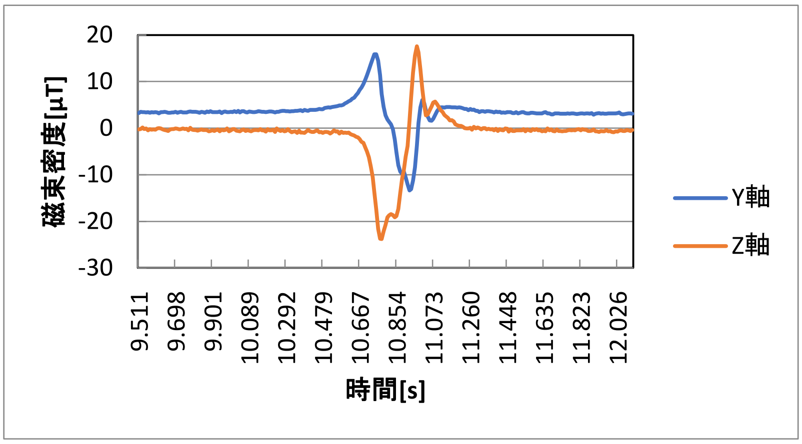

図 54 軽トラック通行時磁束密度例 2

写真の通り．検知している位置は変わらない．しかし．図のように初期から磁束密度が変化しており．出力される初期値からの変化量に大きな影響が現れている．地磁気は常に変化をしており．また周囲の環境によって変化をすることもある．定期的な初期値の変更が必要となるが．道路上は常に車輌が通過するため．設定が難しいことが問題となる．

ここで．実際の磁束密度の変化がどのようなものであるかを示す．このデータを元にして初期値がどのように変化するかを考察することとする．国土地理院の発表する地磁気の測定結果 [11] から．1 日の変化量を見る．図 46 は上から全磁力（F）．水平分力（H）．偏角（D）．鉛直分力（Z）となっている．300nT は μT に変換すると 0.3μT であり．微小な磁性を計測する本センサではある程度影響を与えることが分かる．並行研究で用いられた磁束密度の閾値は 4.3μT であり．その 10 分の 1 程度となる．変化量は時間変化が急激ではないため無視できる．

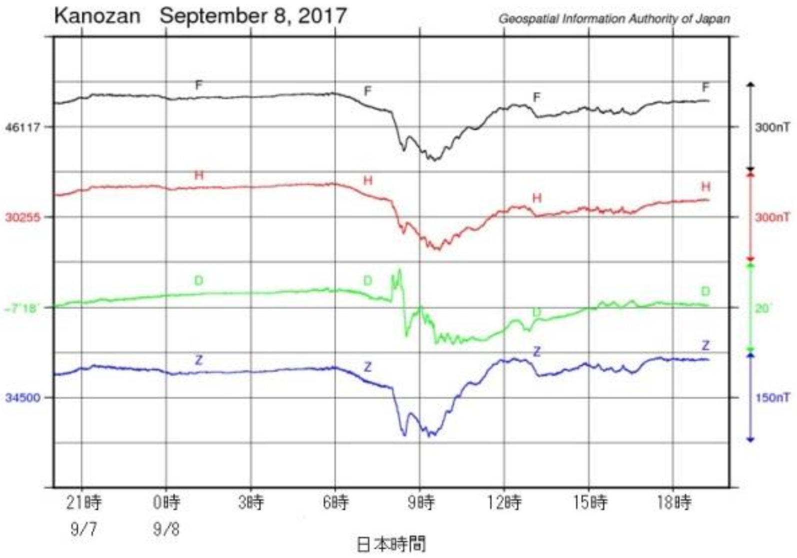

図 55　時間による地磁気変化

さらに. 周辺の状況も磁束密度に影響を与える. 四国電力「身の回りの電磁界」(13) より. 表を抜粋する.

表 14 周辺環境に依る磁界変化

対象物	磁界の強さ(μT)
地磁気	30程度
ヘアドライヤー(3cm)	2.5～53
電気カーペット(2.5cm)	11～19
掃除機(30cm)	2～20
電気毛布(2.5cm)	4～6
液晶テレビ(30cm)	0.1～2
洗濯機(30cm)	0.2～3
電子レンジ(30cm)	4～8
冷蔵庫(30cm)	0.1～0.3
送電線の下(地表1m)	～20
配電線の下(地表1m)	～20
変電所(敷地境)	～4

(　)内は、測定したものからの距離を示します。

注目するべき点としては. 送電線. 配電線付近の磁界である. この磁界の大きさは地磁気ほどではないが非常に大きく. 最大であれば車輌から測定される磁束密度の変化と変わらない大きな磁界が発生する. また短期的な変化量は大きくないと推定されるが. 一日周期で考

慮した場合送電量によって大きく変化すると推測される.高速道路入り口は事務所に加えて ETC などの設置もされており.配電設備は避けられない.設置環境上周辺の電気機器に対する対処が必要不可欠である.

実際に測定を行った大学前の道路は大学で大電力を消費する関係上大学本館と地域連携塔の間で電線が地下に通っており.無視できる環境にない.

車輌の存在によって変化する磁束密度は最も少ないもので 4μT ほどしかなく配電線.送電線による磁気の影響と比較すると非常に小さい.

また.電車などについても大きな影響を与えることが知られている.つくばエクスプレスは.守谷-みらい平の間は地磁気観測所に対する影響を抑えるために交流電圧で運行している.[18]

図 56 つくばエクスプレス守谷駅

(http://www.obayashi.co.jp/works/keyword/workkeywords_tag8/work_1264)

4.2 大型車両解析

大型車両の磁束密度の例を以下に示す.ここでいう大型車両は.バス.大型のトラック.トレーラー等の走行例を示す.

大型車両として一つにまとめているが.検知する磁束密度は車両によって大きく異なる.磁束密度は車輌の部品に大きく影響するため.部品位置が車輌によって異なる影響は大型車輌の場合より大きく関わってくるためと推測される.

まず.中型トラックの走行例を示す.

図 57 中型トラック通行写真

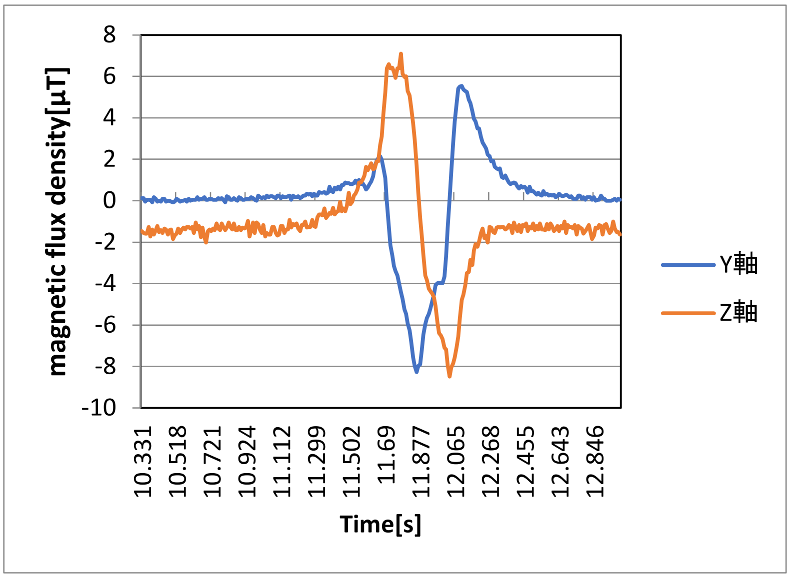

図 58 中型トラック通行時磁束密度例

中型のトラックであるが．普通車輌と比較してそれほど変化の見られないパターンである．極の数もＹ軸Ｚ軸ともに２つで．横向きの磁石には近似できないが軸の数は少ない．計測される磁束密度もそれほど大きくなく．普通車とほとんど差のない検知と言える．

要因としてはトレーラーと分離しているタイプではなく．一体型であるため．計測される磁束密度の傾向も普通車輌と変わらないのであると推定される．

次に．バスの検知結果を示す．使用したバスは高知工科大学所有のマイクロバスである．

図 59 大型バス通行写真

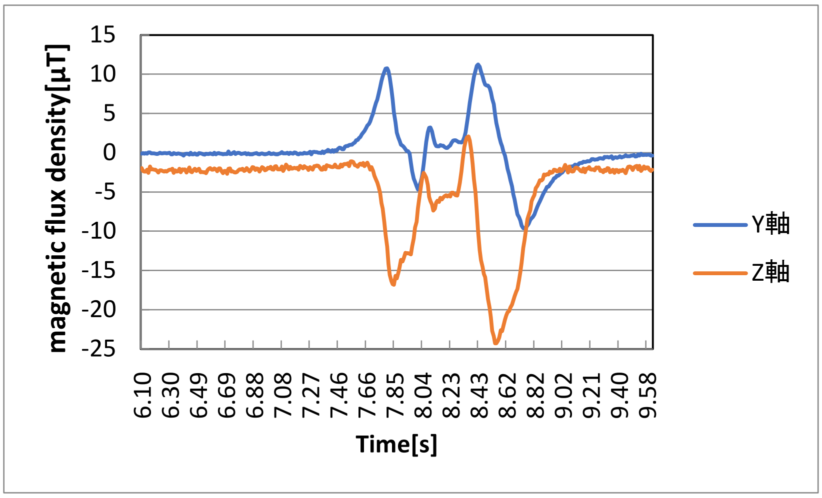

図 60 大型バス通行時磁束密度例

この車両の磁束密度の場合. 計測される大きな磁性が一般車両と比較して増加している. 大型車両は部品の数も多く. 車体も大型であるため. その影響で複数の磁極が存在しているのだと考えられる. このため. 磁極の数から車輌が計測できない. また. 磁極が大きくなるため. 車輌中間部において磁束密度の低下がみられる. このバスにおいては低下部分もそこまで低下している状況ではないため問題がないが. 車両によっては重大な問題を引き起こす可能性がある. 以下に磁束密度の低下が問題を及ぼす大型車両の例を示す.

図 61 大型トラック通行写真

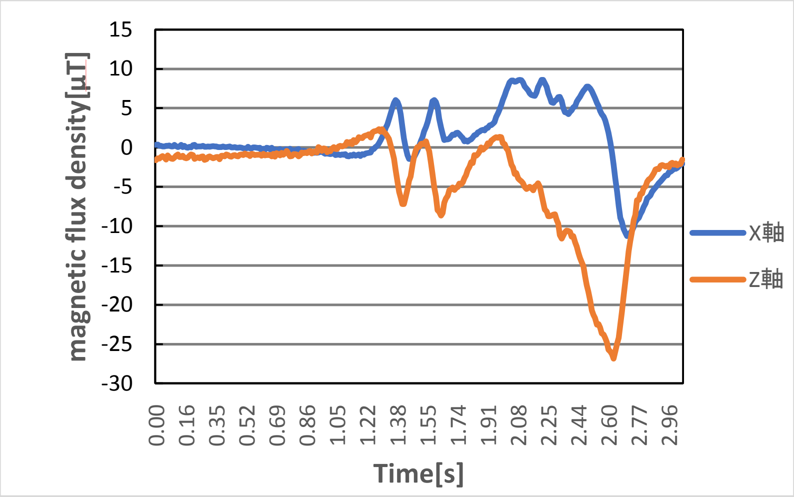

図 62 大型トラック通行時磁束密度例

通過車両は大型トレーラーでトレーラーヘッドと二台の一体型になっている. 先程のバストと磁極が複数見られる点に於いては共通しているが. 磁束密度の低下部分がかなり大きいことが問題となる. 時間軸における 25.6 秒付近から 26 秒付近までに磁束密度の低下が連続して見られ. この間 Y 軸 Z 軸共に磁束密度が大きく低下している. これは大型トレーラーの中間部分に磁性を持つ部品が少なく. そのためこの付近で磁束密度が低下しているものと推測される. 停止車輌の章でバスの磁束密度について確認したが. 大型車両は測定される磁性体が大型であるため. 磁性の低下部位も長くなる. これ単体ではまだ問題ないが. 車輌の左右の通過位置関係. 元々の車輌の磁性などによってこのトラックのような問題が起きることになる.

この例の場合. 車両自体の磁性の大きさ. 車両前方部分で計測される磁性が小さいこともあり. 非常に磁性の小さい区間が長くなっている. このような車輌の検知において磁束密度に対して閾値を設定すると. 単一車輌として認識できない問題が発生する可能性がある. そのため. 車輌検知システムにおいては単純な閾値に依る計測以外の方法を考察する必要性がある.

4.3 考察

一般車両. 大型車両ともに停止時と走行時のどちらであっても磁性体であるという認識は可能であった. しかしながら. 単一の磁石のような単純な磁性体ではなく. 複数の磁性体が存在すると考えられる磁束密度のデータがみられた. 小型車両に対しては測定される磁束密度が小さい事が一番の問題となると推察される. 一方大型車両においては車輌が複数の磁極の集合であるために磁極間の磁束密度低下部分が検知に対して悪影響を与える可能性が大きいことと推測される. 検知システムの信頼性を考える上では. このような低磁束密度の車輌と磁束密度の低下部分. つまり低い磁束密度であっても車輌が存在するものとして検知を行うシステムの考案が必要となる.

第五章. 車輌検知システム

停止車輌と通過車両のデータを確認し．車輌の磁性については確認された．特に．大型トラックの連結部分磁性の弱い小型車両に対しての安定検知が必要となることが示された．そこで．それらに対して安定した検知が可能な車輌検知システムを提案する．

5.1 元データの剪定

第三章及び第四章で述べた通り．磁束密度に対してそのまま閾値を設定する方式では幾つかの問題が存在する．そのため．磁束密度が小さくても検知が可能で初期値が変化をしても対応できる値として．磁束密度の変化量を元に検知を行う．しかし．この方法ではいくつかの問題点が存在する．以下に先程のトラックの測定における車輌が通過していない際の磁束密度を示す．

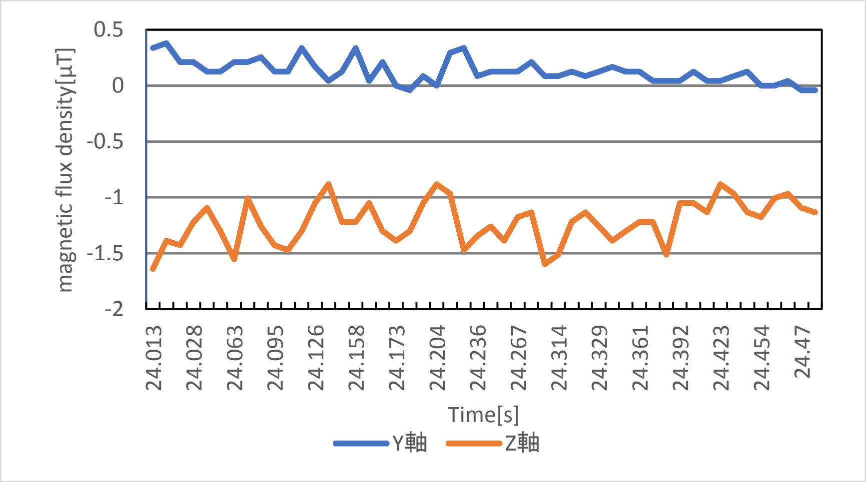

図 63 大型トラック低磁束密度区間

図のように．地磁気や周辺の影響によって．磁束密度は常に微小な変化を続けている．そのため．そのままの磁束密度に対して変化量を設定すると常に変化を続けることとなり．変化量に対する閾値を大きくする必要がある．この問題の解決法として．本研究においては測定される磁束密度のデータを連続する 2 つのデータに対して平均を導出して細かな変化を緩和し．そのデータから変化量を算出して閾値判定を行うこととする．

5.2 閾値の設定

閾値の調整においては．全体の中から第四章で抽出した検知の難しい車輌に対して検地が可能な閾値を選定し．その上で車輌 90 台に対して検地が可能であるかを確認する方法を取る．第四章のデータと同じトラックの磁束密度図から磁束密度の低下部分を図に抽出する．ここで．横軸を時間のまま図に示すとデータの判別が難しいため．番号に振り直している．

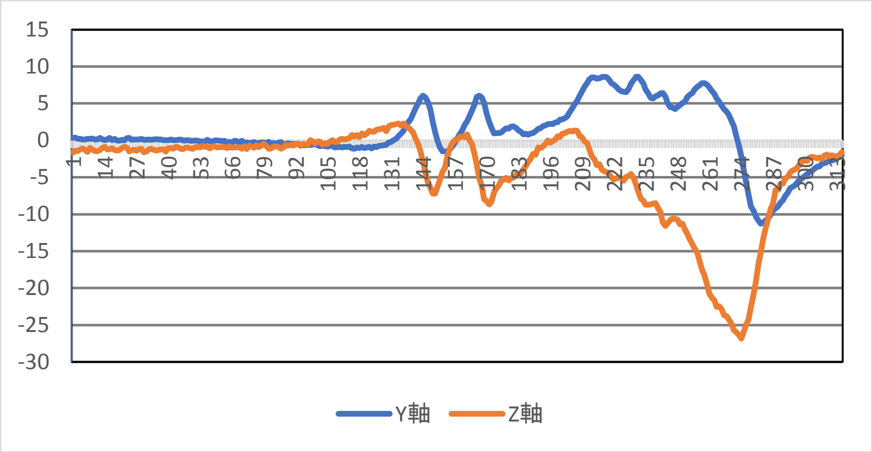

図 64 大型トラックデータ（時間をデータ番号に変換）

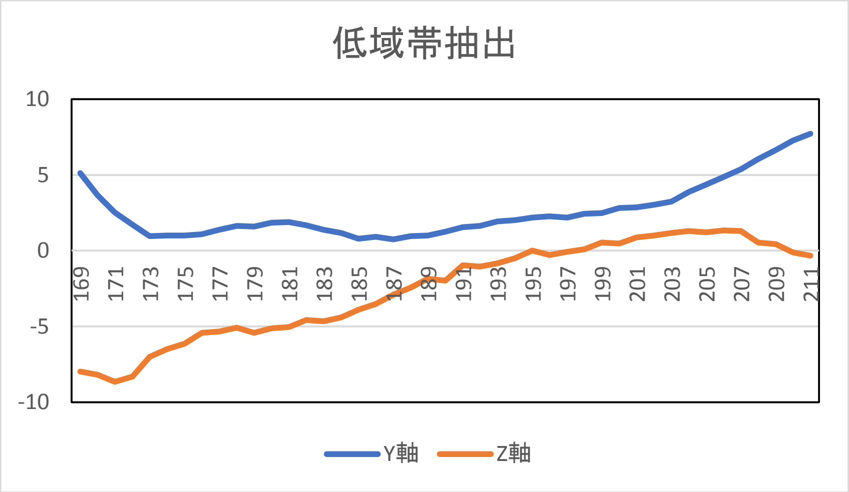

図 65 低域部分（番号変換）

このデータを平均化して変化量を導出する. そのデータを元に閾値を調整する.

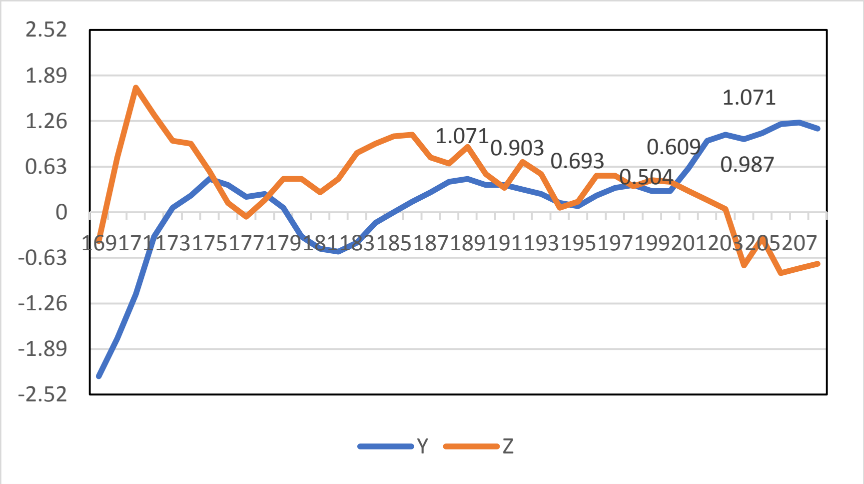

図 66 変化量（番号変換）

図のように.磁束密度低下部分の磁束密度の変化量を抽出して閾値を調整する.ただし.変化量は低磁束密度でも大きく変化しやすいため.出来る限り小さな値で実現できるように調整する.車輌の磁束密度が変化を続ける以上間の空白は避けられず.補完を行う事を前提とした上で補完範囲を調整することとする.補完データ数を 10 となるようにデータ 192 とデータ 202 の間の磁束密度変化量を元にして閾値を調整.0.63μT(分解能で 15)を閾値とする.この間隔は走行速度や計測周期で変化するため.実地においては走行速度に合わせた調整が必要となる.本研究では.第六章において示す通り定常状態で検知されないことが確認できたため.0.63 を変化量の閾値とした.

5.3 車輌検知システム

検知方法を以下に示す.

実際の事例とグラフ.計算式を並行して示す形式で解説を行う.

以下の車両が通過した場合の磁束密度を示す.

図 67 検知方法例車輌通行写真

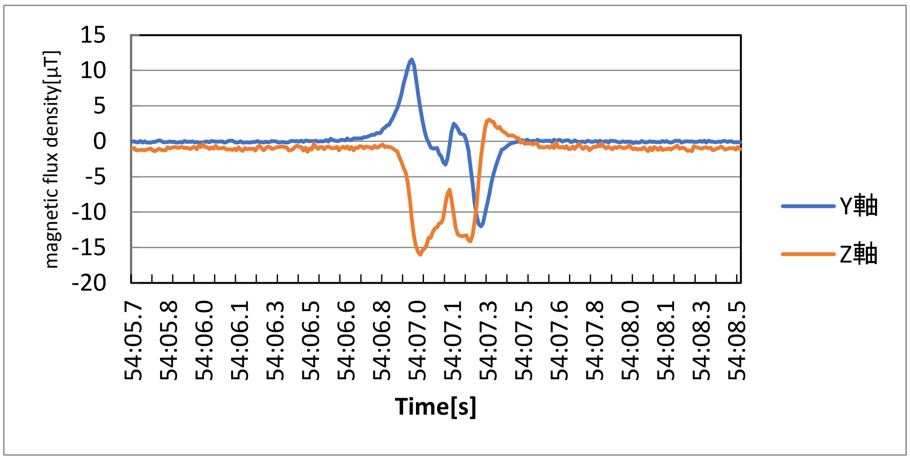

図 68 計測磁束密度

このグラフのような磁束密度の変化を検知した時点での車両の判別を例として提示する.ここで.各時間におけるデータを Y[t],Z[t]とする.

まず.各時点でのデータに対して.直後のデータとの平均値を算出する.

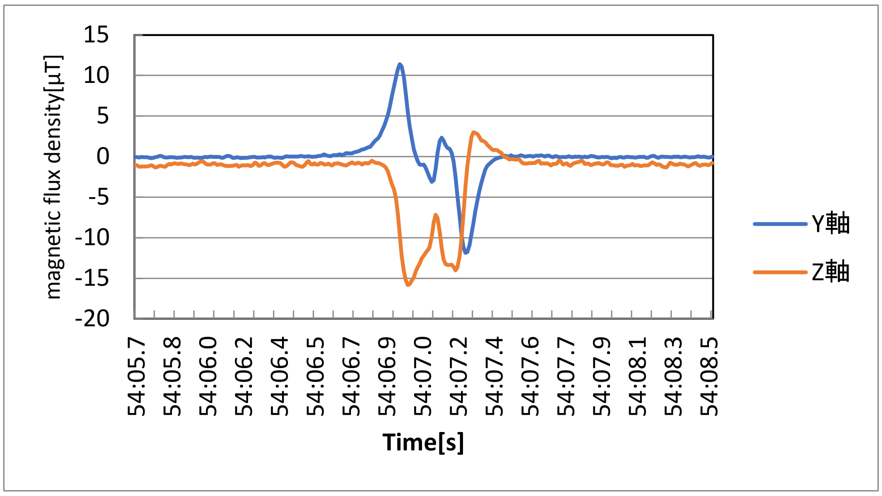

図 69 平均化後磁束密度

数式は以下のようになる.

$$Y_2[t]=(Y[t]+Y[t-1])/2 \qquad Z_2[t]=(Z[t]+Z[t-1])/2$$

平均値をとる理由は.5.2 節で述べた通り.センサの取得するデータに乱れが存在するため.その乱れを抑え込むためである.この工程を挟むことにより.変化量の乱れを抑えるとともに時間間隔を広げることになり.変化量を増幅することにもなっており.定常状態を弾きながら車輌通過状態を検知することが出来ている.

次に.平均化したデータを微分して.各時間の変化量を算出する.

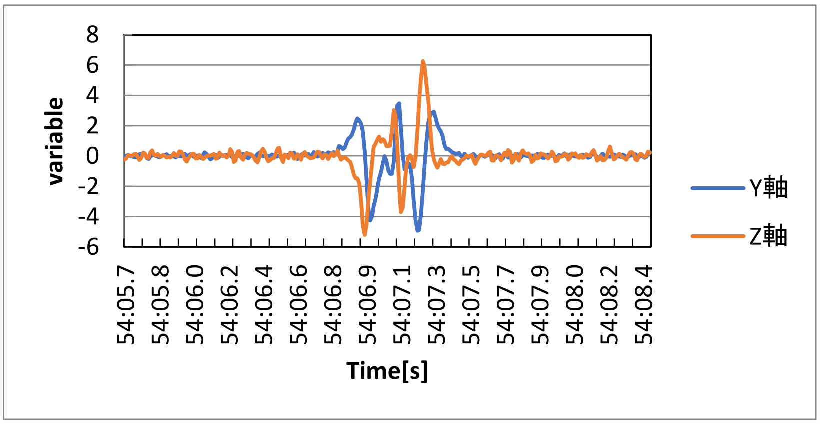

図 70 変化量

$$Y'[t]=Y_2[t]-Y_2[t-2] \quad Z'[t]=Z_2[t]-Z_2[t-2]$$

ここで.時間 t のデータに対して 1 秒後である t-1 のデータは平均化に用いている Y[t-1] を含むため t-2 のデータを使用して変化量を求める.

次に.変化量に対して.閾値による検知を適用する.今回の方法では.閾値を 0.63 としてそれを超えるかどうかを測定する.

閾値を 0.63（センサー分解能で 30）に定め.Y’[t],Z’[t]が超えるかで判別する.

実際に 0.63 を超えた場合 1.それ以外を 0 としてグラフ化すると以下のようになる.

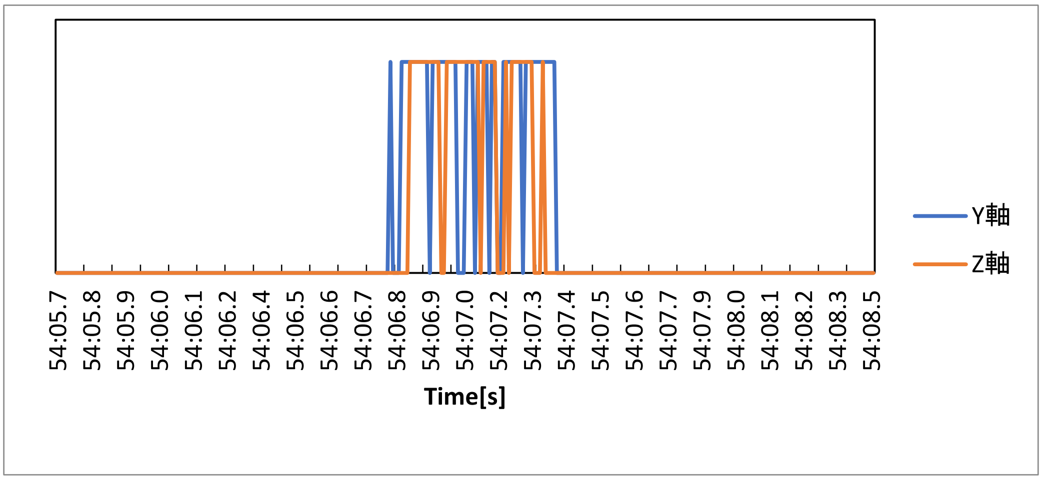

図 71 閾値適用データ

このままでは検知半岩が分かりにくいため. 範囲付近を抽出する.

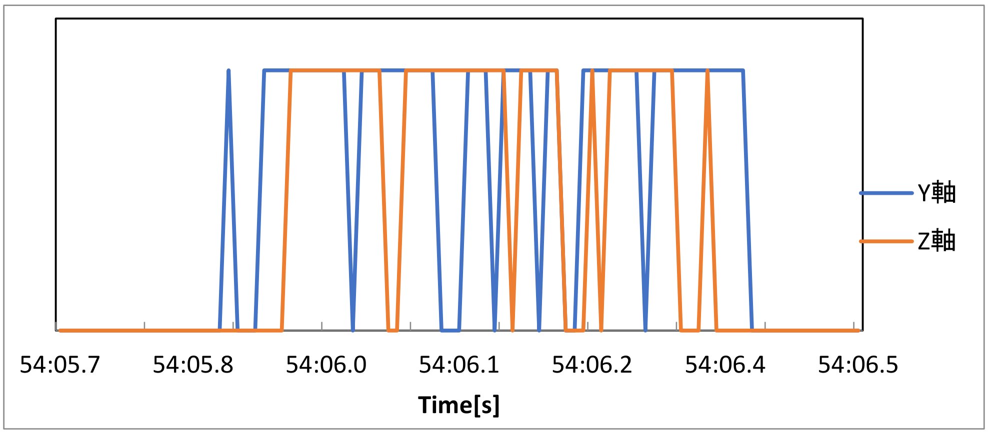

図 72 検知付近抽出

この時点では閾値超えの時間は間に空白がある形で形式で出力されている. 磁束密度は常に変化する形で出力され. 変化量もその影響を受けるため. 常時閾値を超える値が出力され続けるという状態になることはありえないためである. s こで. 単一の車両を認識するため. 検知した各時間における検知結果から後ろ 10 個のデータまで（時間換算で 0.1 秒分）に新たに検知をした場合. 同一車両として認識する. データ上の処理としては. 閾値を超えた時点から後ろ 10 個のデータに対して閾値によらず閾値超えとして扱う（測定そのものは継続する. 後ろ 10 個のデータ内に閾値超えが存在した場合. データの延長をその時点をスタートとして再度処理する）. 補完後のデータを Yc, Zc とすると条件式は以下のようになる.

$$Yc[t]=Y'[t-10]+\cdots Y'[t]>=1,\quad Zc[t]=Z'[t-10]+\cdots Z'[t]>=1$$

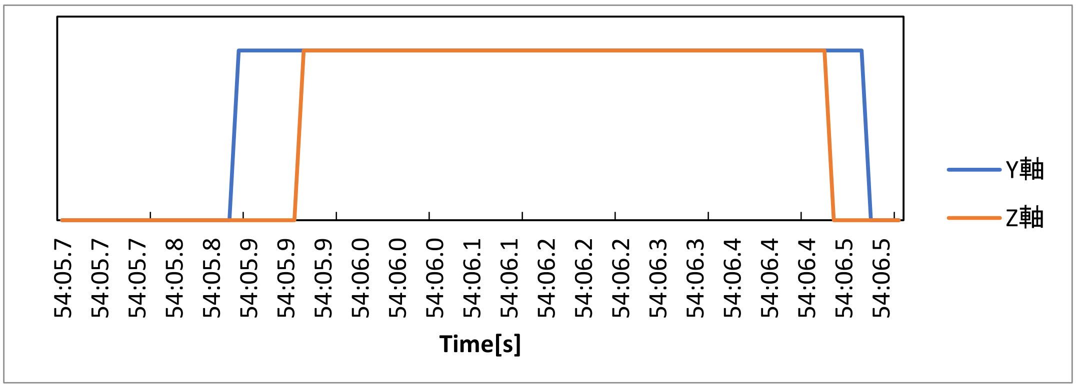

図 73 補完処理終了後

以上の手順を経た上のグラフでの Y 軸. Z 軸どちらかが車両を検知している範囲を車両検知範囲とする. 車輌検知条件を A[t]として条件式は以下のようになる.

A[t]=Yc[t]+Zc[t]>=1

ただし. この状態では変化量を利用し. 閾値も低くしている関係上. 数値の乱れで誤検知をする可能性があるため. 数値の乱れに対するフィルターを用意する必要がある. これは. 何らかの要因や誤作動で一瞬大きな磁束密度が測定された場合に. これを車輌として認識してしまうことを防ぐためである. 今回は. データ 10 個に対して. 閾値超えの割合が 4 を超えた場合. 初めて車両が存在すると検知するシステムを入れている.

実際にフィルターを加えたグラフは以下のようになる.

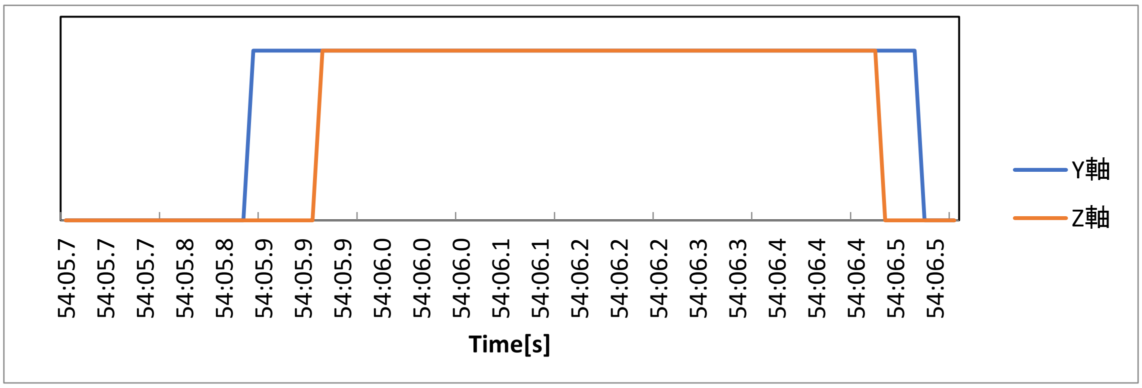

図 74 フィルター適用後データ

フィルターを掛けた状態であっても一台の車輌として認識できていることがわかる. この方法を実際に確認して. 車輌を検知できるか判別した.

第六章. 検知結果

6.1 検知結果

大型車両. 小型車両含む 90 台に対して検地システムを適用し. 有用性を確認した.

表 15 検知結果

通過車両データ	検地成功台数	検地成功率
90	90	100%

内訳は以下のようになる.

表 16 検知車輌内訳

軽自動車（軽トラ除く）	普通自動車	トラック	軽トラ	その他
56	18	9	4	3

大型トラック.小型車両に対して 90 台全てに対して単一の車輌として認識することが出来た.公道における車輌検地については.このシステムを用いた方法で問題なく認識できるという結果が得られた.

その他車両は高所作業車.パトカー.バスである.パトカーは一般車両と変わらないため.高所作業車のみ写真と磁束密度を以下に示す.

図 75 高所作業車

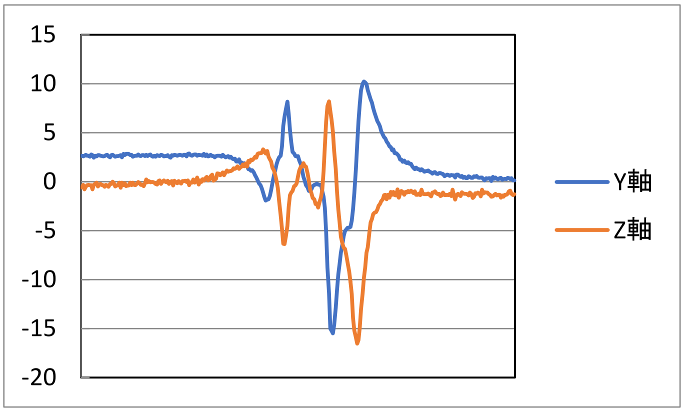

図 76 高所作業車磁束密度

大型車両であり.極が非常に多いが.単一車輌として認識するのに対しての問題は無く大型車両の一種として扱うことができる結果であった.車両の通行位置はセンサから若干ずれているが.問題なく検知できているのは車輌が大型かつ部品が多いからであると推測される.

検知の安定性については.次節で一部検地方法が効果的であった車輌については以下で他の検地方法と比較することとする.

6.2 他の検地方法との比較

変化量に対する件池に対して.もう一つの検地方法として各時間のデータ Y[t],Z[t]に対

して閾値を設定し.絶対値|Y[t]|,|Z[t]|が閾値を超えた場合センサ上に車両が存在するとみなす.変化量の有用性については既に第五章で述べたが.実査に閾値を4.2μTとした場合の検知精度と変化量に依る検知精度についてデータ元に比較を行う.

直接閾値を設ける方法は変化量検知と比較すると生データを直接判定するため処理が少ないが.反面検知方法としていくつかの問題が存在する.

一つ目は.既に述べたように初期値の設定が難しい.地磁気は常に微小な変化を続けており.また.周辺に磁性体が設置された場合.その影響を受け続けることになる.初期値を設定しなおすことでこの問題は解決できるが.車両が常時通行する道路上で初期値を設定しなおす必要がある.

もう一つの問題が.一部大型車両の検知が難しいということである.第五章で述べた大型車両が通過した際のデータを再度用いて閾値による検知と変化量に対して閾値を与える検知を比較する.

図 77 大型トラック検知例（再掲載）

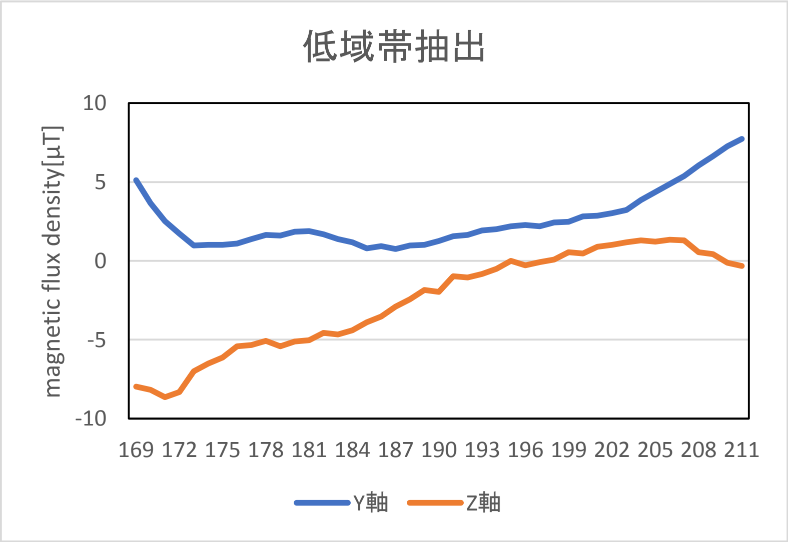

図 78 大型トラック低磁束密度帯（図55に同じ）

このように.大型車両においては車両中間部分で磁束密度が低下する部分がみられる事は

既に述べた．写真のトラックにおいてはトラックの接続部において磁束密度の低下があると推測される．トラック以外でも．バスの磁束密度の分布においても同様に車両中央部分で同様の低下がみられる．これは．測定される磁束の強さが車両の部品に依存しており．大型車両は車両中間部分で電子部品が少ない部分が存在するためであると推測できる．このように．大型車両において車両中間部分の検知が難しいという問題が存在する点は第五章までで述べている．

　実際に．分解能での閾値 100(4.2μT)を超えるかで検知を行った場合の閾値判定を以下に示す．比較をしやすくするため．時間軸はデータ番号で示している．

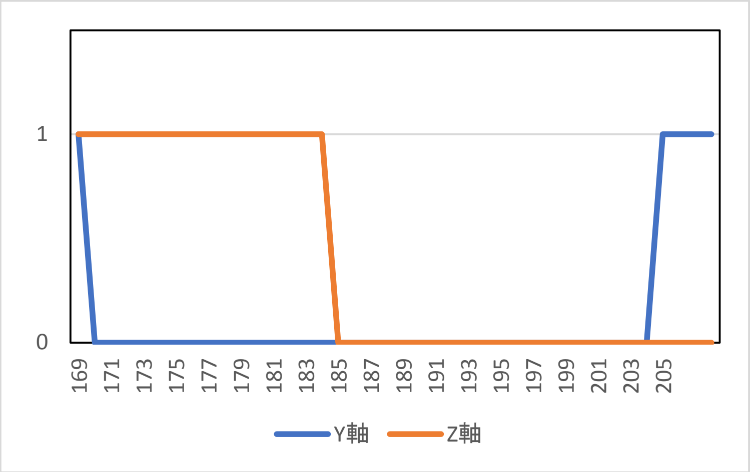

図 79 閾値による検知

グラフのように．そのまま閾値 4.2 を超えるように検知を行うと．データにして 20 個．時間換算で 0.2 秒ほどの空白部分が存在し．検知が難しくなる．

　一方．変化量による検知方法を適用した場合を以下に示す．

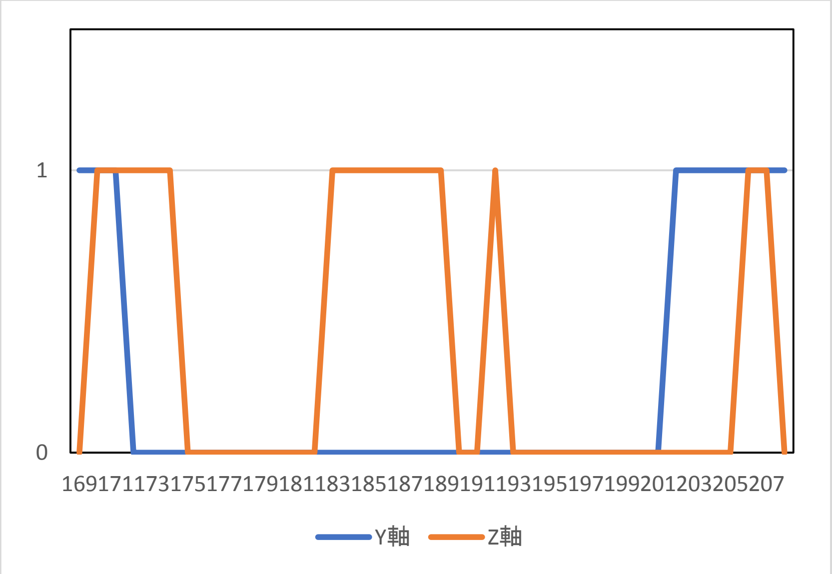

図 80 変化量に依る閾値判定

　グラフのように．100 以下であっても．変化量から閾値を導出することで．合間の空白は 10.

時間換算で 0.1 秒とまで短縮できている. 空白区間も. 先ほどのデータとは異なり. 分割する形で表れており. こちらも検知の安定性を増した結果となった. データ番号 192 で変化量が閾値を超えて反応しているが. 磁束密度に直接閾値を与える方法ではこの区間では全く反応していない. 変化量に依る検知であればけんち可能範囲が広がるという点が示されている.

実際に. 双方のデータに補完としてデータ 10 個分補完を加えた結果を比較すると以下のようになる.

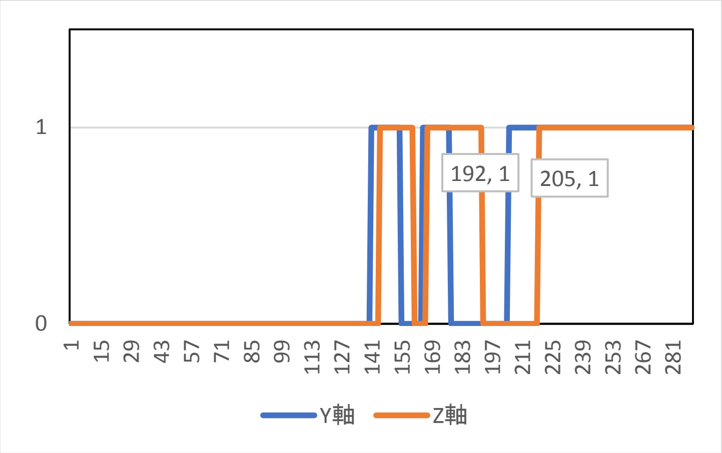

図 81 閾値による検知（補完込み）

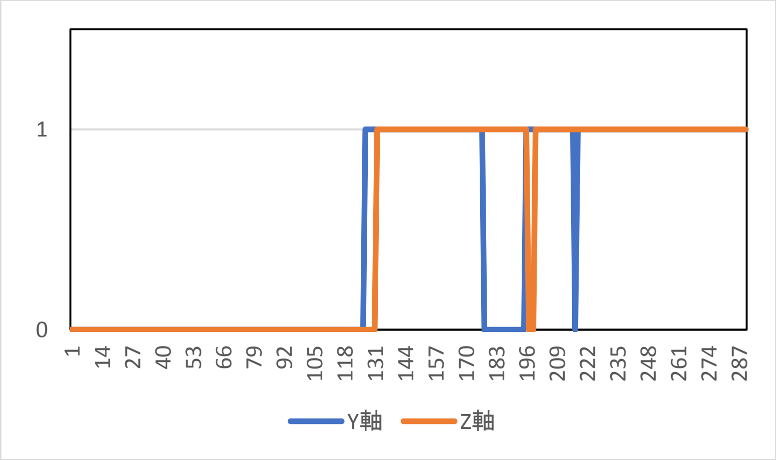

図 82 変化量に対する閾値検知（補完込み）

生データの閾値判別では Y と Z 両方の軸に対して 0.1 秒の補完を含めても間に抜けがあり. 二軸のデータを使用しても双方の数値が閾値以下となっている区間が複数存在する. この状態では. 二軸のデータを参照しても間に空白の存在する複数車両として認識してしまい. 正常な検知ができない. 特に長い空白区間は補完１０込みでも 15 と非常に長く. この区間を更に補完しようとすると複数車両に対する検知に悪影響を及ぼしかねない. 一方. 変化量による判別の場合. 閾の抜けが大きく減少し. Y. Z 両方が閾値以下となっている時点が存在しない. よって. 二軸のデータを参照して車両の存在を判定するシステムであれば. 一台

の車両として認識することができ．車両検知システムとして機能できる．

以上の結果から．大型トラックの検知において．単純な閾値の適用より変化量を用いた閾値判定の方が的確であることが示された．

次に．車輌の検知エリアの比較を行う．車両検知条件が反応した範囲から．車両検知が可能である状態について考察する．サンプルケースとして使う車両と計測データを以下に示す．

図 83 サンプル車輌

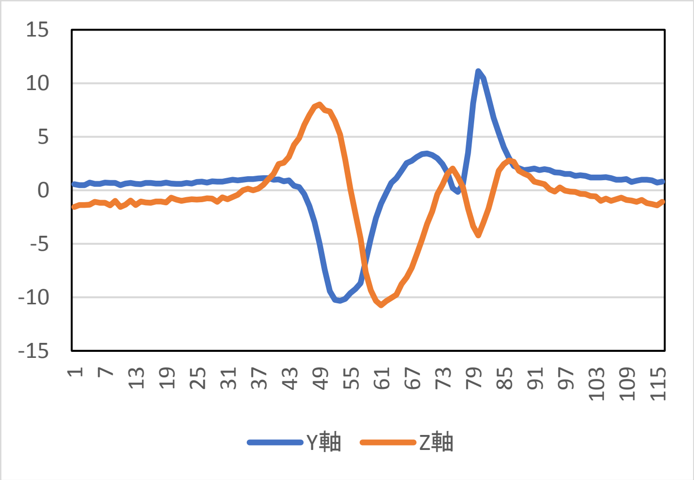

図 84 サンプル磁束密度

この計測結果データを元に．通過直前から通過直後までの磁気の変化について検知エリアを確認し．閾値判定と磁束密度の閾値判定でどう変化するのかを確認する．

まず．立ち上がりとして．生データの閾値が 4.2μT を超えるまでの範囲について確認する．磁束密度に対する閾値判定であれば．番号 44 まで車輌を認識しない．

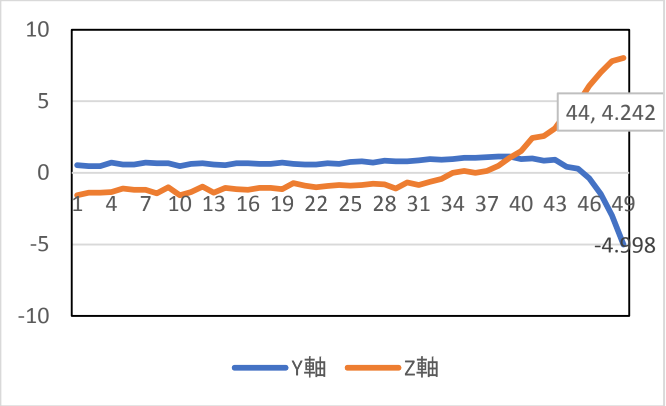

図 85 立ち上がりエリア

次に．変化量を導出する．平均を取った上での変化量としている．みやすさを考慮して．見切れる形にはなるがデータの閾値付近を拡大している．

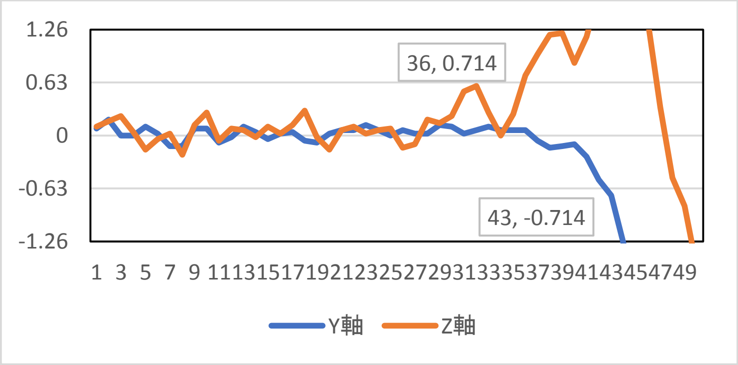

図 86 立ち上がりエリア（変化量）

以上のように．閾値を 4.2μT と定めた場合に比べ．変化量 0.63 と定めた場合は車両検知の反応がかなり早くなる．磁束密度の立ち上がりが大きい場合．閾値を超える以前から変化量に対して反応するためである．

次に．車両がセンサ上を通過している間のデータを分析する．最後に閾値 4.2μT を超える値となるまでの間の磁束密度の変化を分析する．こちらも検地エリアがわかりやすいようにしている．

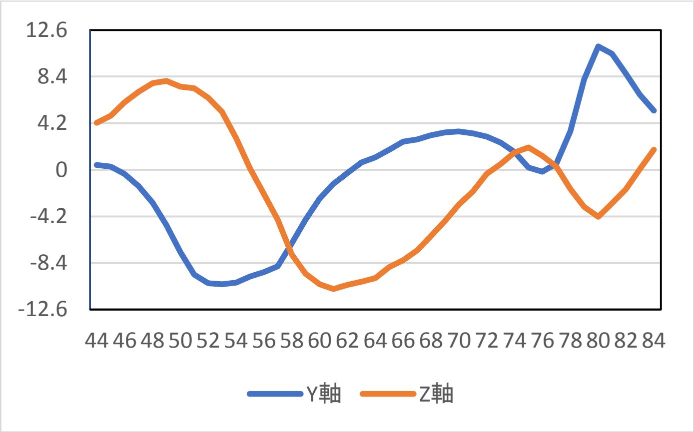

図 87 車輛通過エリア

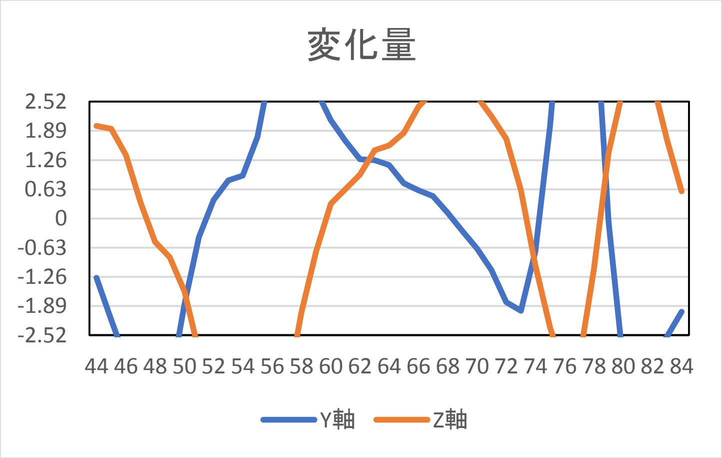

図 88 車輛通過エリア（変化量）

磁束密度は車両通過時も閾値付近を往復し．二軸ともに閾値を超えない箇所も見られる．一方．変化量は閾値が低いこともあって数値が反転する際に一時的に閾値以下になることもあるものの．安定して閾値超えの結果が出力される．これらの結果から．車両通過時も変化量を元にして判別したほうが安定して検知ができることがわかる．

最後に．車両通過後の磁束密度と変化量を分析する．検知エリアの長さを区別試薬するため．番号を振り直している．

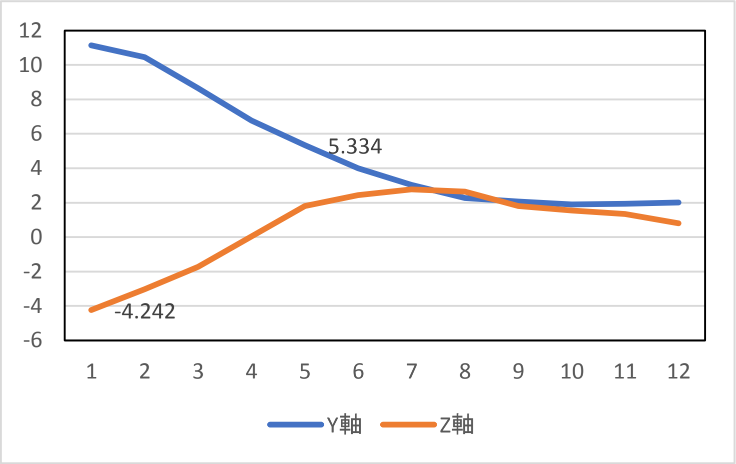

図 89 車両通過後磁束密度

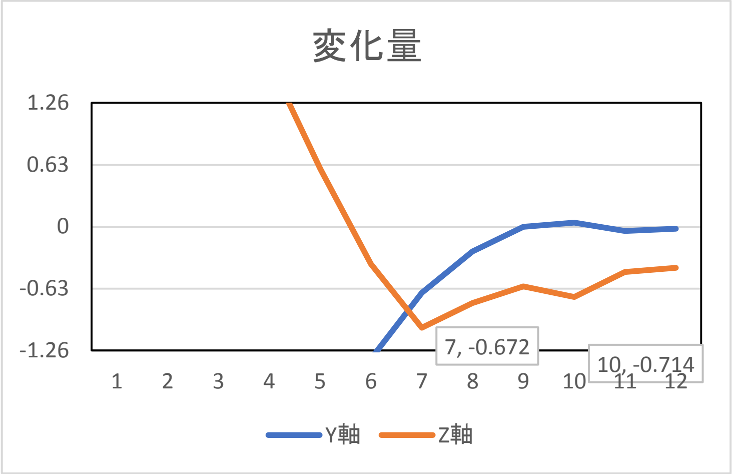

図 90 車両通過後磁束密度変化量

こちらも車両通過前と同じく. 変化量が閾値を超える範囲は磁束密度の閾値と比較してより広い範囲であることがデータから得られる. また. 磁束密度は車両通過後ほとんど波がなく 0 に近づいていくのに対して. 変化量は閾値付近を数値が往復することがあるということもデータから得られた.

以上のように. 変化量による車両検知はより細かな変化に対する検知が可能となるが. 車両通過直前と車両通過直後においてより広範囲に対して車両が存在すると認識してしまうため. 複数車両を単一車両として認識してしまう恐れがあるという結果が得られている. 本手法では. 先に述べたようにデータ 10 個を切り取りその中に車両検知状態が 4 個以上ある場合のみ車両が存在するとみなすフィルターを入れることで複数車両の単一車両との誤検知をふせぐこととする. 必ずしもこの方法である必要はないが. 何らかの誤検知防止措置は必要と思われる.

6.3 定常状態の検知確認

車輛検知に対しては変化量を用いた検知の安定性が高いことが示された. しかし. 変化量による検知は検知範囲が広くなるため. 定常状態で誤検知を行う可能性がある. その問題に

対して車輛通過後かつ後続車両が存在するデータを元にして誤検知が起きないかを確認した．車輌がセンサ上から離れた定常状態において．誤検知を起こす閾値超えで変化量が存在するか．存在する可能性があるかどうかを分析している．

図 91 連続車輌例

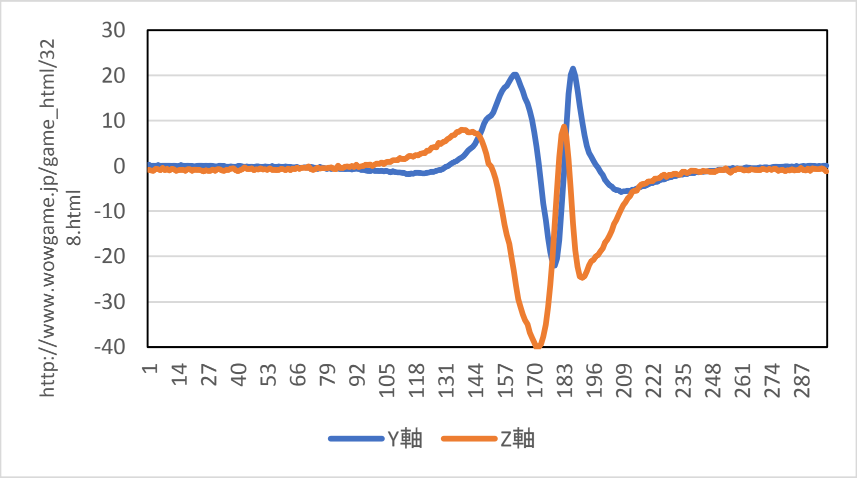

図 92 連続車輌時磁束密度

写真のように後方に車両がいる状態で．トラック通過後の磁束密度のみを抽出する．先程の検知と同じく 4.2μT を最後に超えた後の計測データを車輌通過後として車輌に対して距離を置いても誤検知が発生するかどうかを確認する．番号に関しては値が大きくなって理解が難しくなるため．1 から振り直している．

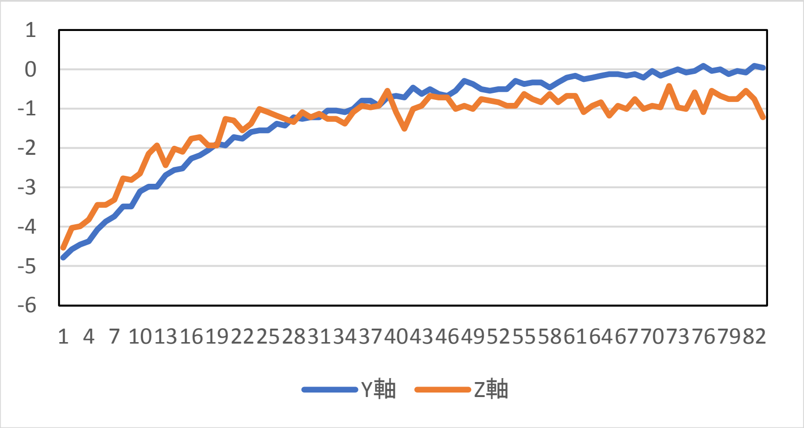

図 93 車輛通過後磁束密度

このデータを更に二分割して.車両通過後の車両の磁束が残った状態とそれ以降の定常状態を比較する.まず前半部分から.

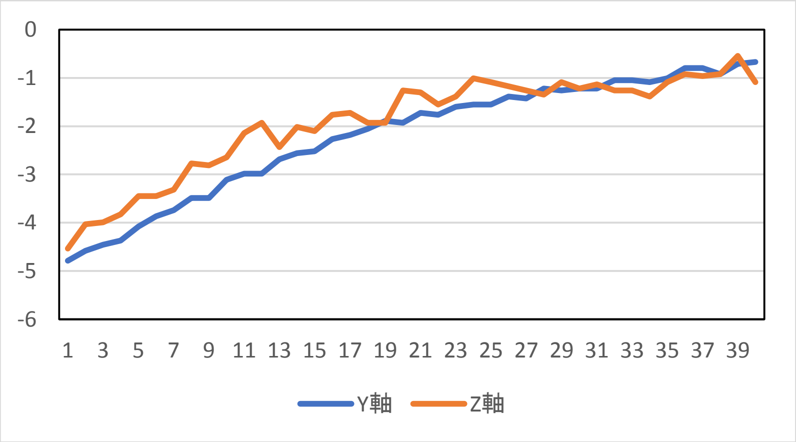

図 94 車輛通過直後磁束密度

これを変化量に変換する.

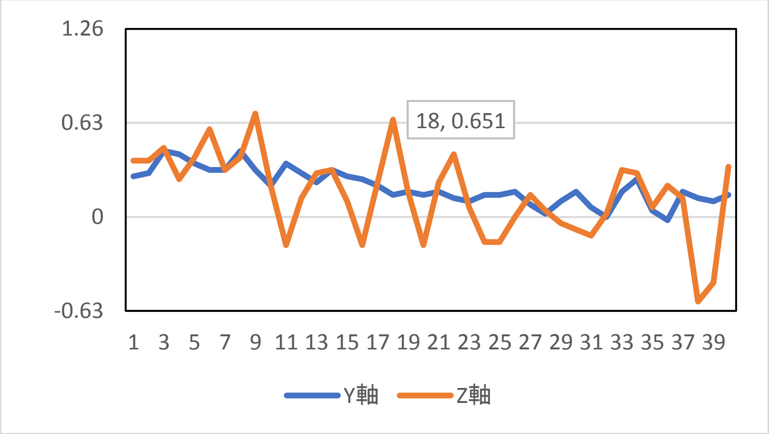

図 95 車輛通過直後変化量

このように.先ほどでも述べたように車両通過後も車両検知は一定時間反応する.閾値判定

と比較するとデータ 18 個分という非常に長い区間で閾値超えの値が導出されていが．本システムではフィルターを設けているため．この閾値超えに対しては反応しない．
次に．車両通過後の磁束密度と変化量を確認する．

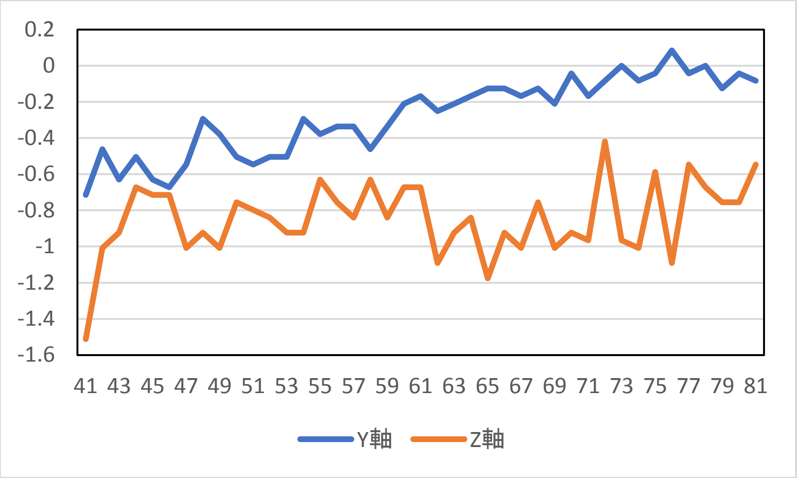

図 96 定常状態磁束密度

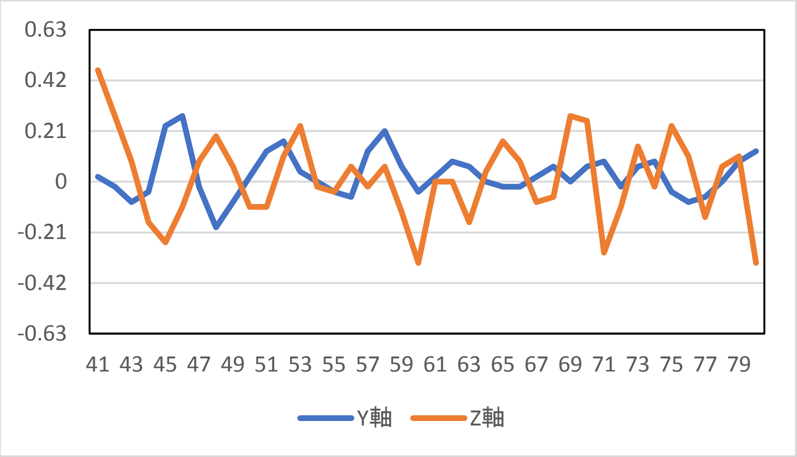

図 97 定常状態変化量

グラフのように．車両通過後の変化量は閾値にかかるような値は出力されない．
車両が存在しない状態では変化量はほとんど小さな値のみで閾値を超える状態は全く見られない．なお．全体の変化量に対して閾値判別すると図 84 のようになる．車輛通過後に数回閾値超えの変化量がいくつか現れるが．これは存在割合のフィルターで弾く事ができるため．特に問題はない．

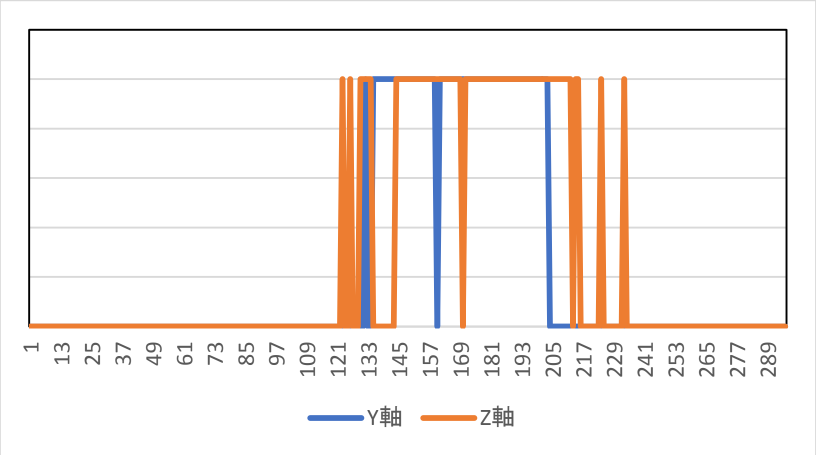

図 98　全体の検知結果（変化量）

6.4 考察

車輌の存在に対して.変化量に依る検知の実用性は確認された.変化量に依る検知は次官による地磁気の変化に対して耐性を持つ事ができ.埋め込み型の磁気センサ内部で初期化をせずに処理を行うという事を目的とした場合非常に有効であると考えられる.また.直接的な閾値に依る検知と比較するとより広い範囲に対して検地が可能であり.そのためデータの補完範囲を大きく短縮することができていることがデータより示された.しかしながら.車輌検知範囲が広がるということは複数車両が連続している場合一台の車両として認識してしまう可能性もあるため.今後実地でのデータを元にして信頼性の確認が必要となる.閾値検知での補完距離を伸ばす場合と.変化量に依る検知で閾値を下げる場合のどちらがより複数車両に対して安定検地が可能であるかは実地試験の多数のデータを元に確認を行う必要がある.また.大型車両や軽トラックなどの車輌は個々の車両によって磁性が大きく異なるため.今回研究に用いた 90 台のデータでも不足があると思われる.

第七章.　まとめ

7.1 総括

現在普及しているループコイルに代わるセンサとして.磁気センサの有用性を確認し.磁気センサによる検地システムを構成した.一般道路上でのデータを元にして.車輌単体を検知できるシステムを構成し.動作の確認を行った.一般道路上でのデータに関しては変化量に依る検知で安定して一台の車輌として認識できており.システムとして十分動作するとして今後の発展が期待できる.一方.磁気センサは道路環境によって計測される値に影響が及ぼされやすいため.その問題への対処が必要となる.また.車輌の種類や通行位置によって計測される磁束密度が大きく変化するため.そちらに対してもより多くのデータの取得と対策が必要となる.

7.2 今後の課題

本章では本研究では触れていないもしくは解決できなかった課題について述べる.それ

らの問題点を述べるとともに. 今後の解決案があるものについては. 解決案についても少し触れることとする. これらについては. 今後の研究において解決することを目標として研究を継続する.

7.2.1　方向判別

一つ目は方向判別である. 図 85 に示すように. 車輛が磁石に近似できるのであれば. 最後に計測された磁束からベクトルを導出して単一の磁気センサで車輛検知が可能となる.

なお. 現在のループコイル及び磁気センサでは. 複数のセンサを設置することによって車輛の進行方向を判別している. しかし. この方法では. 車線変更を行う場合に対応できない. 車輛が片側のセンサのみの上を通過してしまうためである.

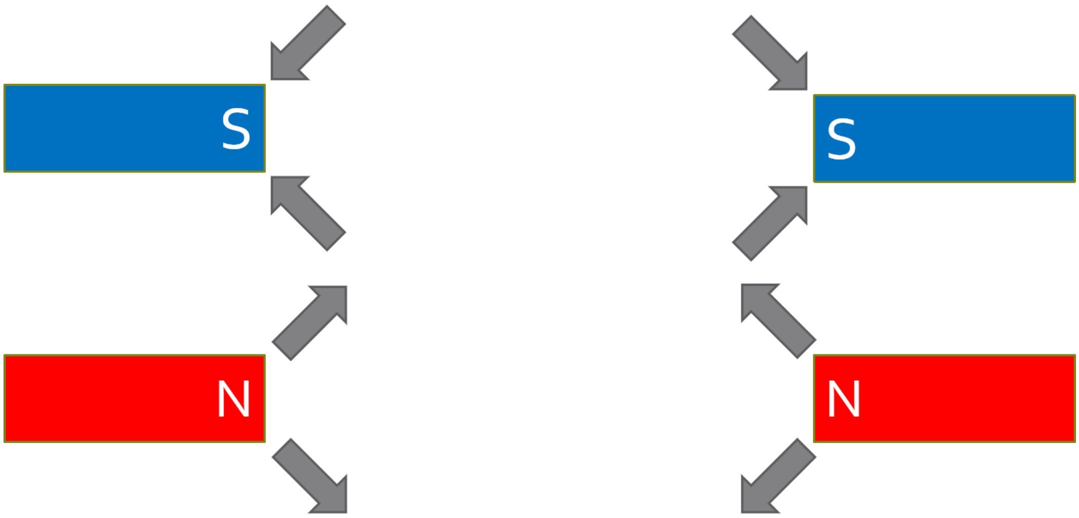

図 99 磁石の極と位置によるベクトル変化

そこで. 単一の磁気センサで方向を判別するシステムが求められている. しかしながら. 既に検知結果で示した通り. 車輛の測定結果の極は必ずしも磁石に近似できるような形にならず. そのまま近似できるような状態とならない. そのため. この問題を解決して安定した方向検知を行うシステムの開発が必要となる. 本研究においては変化量を用いた解析を行っているため. 磁束密度に対する閾値を要因とする方向判別は行わなかったが. 今後より磁気センサの有用性を高めていくために方向判別についても研究が必要となる.

　なお. センサの設置位置を道路脇. 車両から十分に距離を離した位置に調整すれば埋没式と比較して安定した方向検地が可能になるというデータが以前の研究に於いて存在している.

極の不安定さは車輛下部の磁界を計測している事が要因の一つであるため. 道路側部にセンサを設置する場合車輛から距離が空き. 部品が少ない側面からデータ計測をするため. 計測される磁性は埋没型よりも遥かに安定した形となる.

　もう一つは. 車輛検知の応用である. 磁束密度のパターンを学習することで. 同一車両を認識するシステムや車輛の出庫や駐車などを認識するシステムなどがあげられる. 同一車両の認識については. 車両ごとの磁性にどれだけの特性があるのか. 時間によって特性が変

化しないのかについての調査がまず必要となる．仮に車輌の磁性が変化せず．車両ごとの判別が可能なのであれば．同一車両の車線変更への追従が可能であり．様々な応用が期待できる．しかし．車輌は一度通過するのみで親データが少ないため．判別は非常に難しいと考えられる．また．埋込み式の場合そのような検知を行うためには送信データ数が膨大となるため．実用できるかも難しい．これらの問題を解決し．短期的な同一車両の認識が可能かを検討することは大きな意義を持つ．

車輌の駐車検知についても同様である．感圧センサと違い．磁気センサは小型であるため．仮に磁気センサで車輌の存在を長期的に検知できるのであれば．かなりの有用性が期待できる．駐車監視システムに対しては．車輌の存在の有無に依る変化と．左右の駐車車両の出庫やその他自然現象の影響等によって変化する場合の区別がもっとも重要な要因となる．
このシステムに関しては変化量を用いることも視野に．今後研究を行うべきといえる．

7.2.2　駐車場検知

本研究においては通過車両の認識を行ったが．ループコイルは駐車場にも使用されている．図のように．ループコイルを各駐車スペースに設置して存在を検知するシステムが普及している[19]．

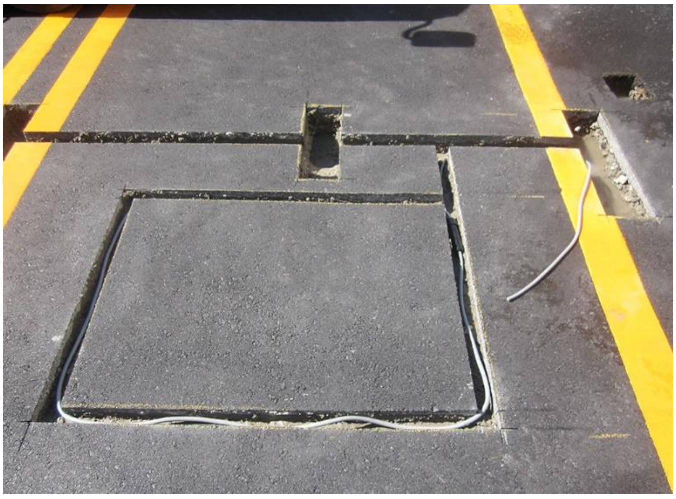

図 100　駐車場のループコイル

磁気センサでこのようなシステムを採用する場合．急激な変化を計測した場合車両が出庫したもしくは車両が入庫したと見なすシステムを提案することで同等のシステムが実現できる．
第三章で停止車両の磁性を示したが．車両がセンサ上に存在する場合の磁束密度は非常に大きいものとなる．そこで．入庫．出庫のどちらかが発生したことを変化量から識別し．車両が存在しているのかを現在の磁束密度から推測するシステムで駐車場のループコイルと同等のシステムが実現できる．今後実地計測を行い．実現可能であることを実証する必要がある．

7.2.3　渋滞状態の識別

本研究においては車両の存在についての識別を行ったが.このような車両の存在だけを元に判別する場合問題となる状態が存在する.

図 101　渋滞写真[20]

渋滞の状態.センサ上を常に車両が通過しているような状態である.渋滞の状態にも夜が.単一車両検知のためにパルス延長を行うと車両の区別が難しい状態が起こると推測される.

そこで.渋滞状態において渋滞状態限定での車両台数検知システムを別個に用意し.渋滞状態での車両台数検知を実現することが求められる.

解決方法としては.複数センサに対してセンサの磁束密度の変化をパターンとして認識し.同一のパターンが検出される.すなわち複数のセンサ上を車両が通過した際に一台の車両が通過したと認識するシステムが的確である.よって.もう一つの課題であるレーンチェンジの対応も含めて.車両のパターン認識を検討する.

7.2.4　レーンチェンジへの対応

高速道路の車輌検知において.対応が必要となる事案にレーンチェンジが存在する.

図 102　高速道路のレーンチェンジ

同一レーン上の複数センサを車両が通過する場合.その車両の速度.車長などをデータから

類推することができる. しかし. 図 102 のようなレーンチェンジを行う車両に対しては. 車両の車長や速度を求めることが出来ない. 更に. 同一の車両がレーンチェンジをした場合. 前後のセンサに対して片方のセンサのみ車両の存在を検知することになり. これが誤検知なのか. レーンチェンジを行ったかの推測が必要となる.

よって. 今後高速道路において実用化を行うためには. レーンチェンジに対応するシステム. 短期的に複数のデータを比較して車線をまたいで車両を追跡する事を実現することが必要である.

ここで. 車線変更を行う場合. 車両の通過位置は道路中央にならず. 左右のズレが激しい状態でセンサを通過することとなる. 実際にセンサに対して同一車両を左右にずらして通過した場合の写真と大まかなグラフを示す.

図 103　中央通過

図 104　東寄り通過

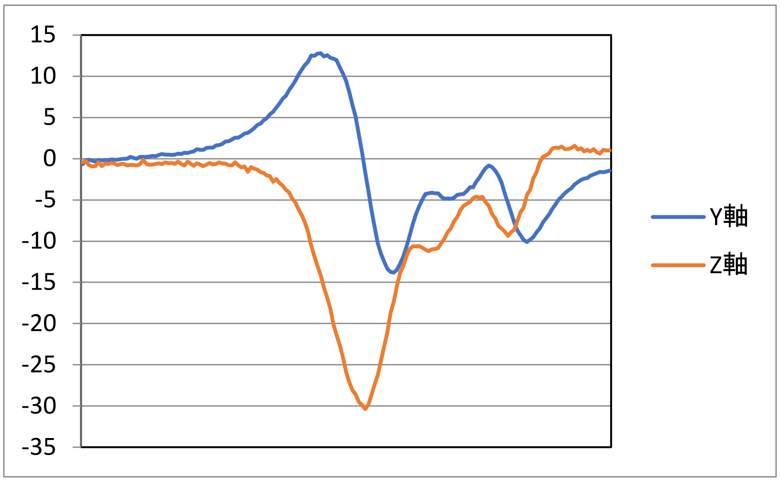

図 105　中央通過時磁束密度概要

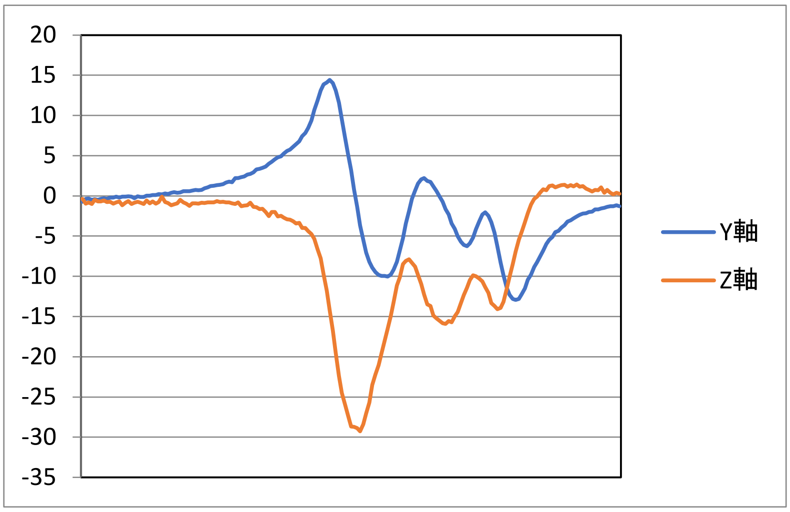

図 106　東寄り通過時磁束密度概要

速度.進行方向は同一である.全体として変化のパターンは同一であるが.一方で細かな部分で測定される波形が異なっていることがわかる.Z 軸の最初の極値から磁束密度が上昇してからの小さな波の形が中央通過と東寄り通過で異なっている.このように.車両が通過する位置が変わると.測定される波形も変わっていくのに対して.同一車両として認識することが必要となる.本研究においても極値の大きさや各極値の間隔や最大値と最小値の比から同一車両として認識できるかを検討を行ったが.単純な計算式で導出することは不可能であるという結論となった.よって.同一車両の認識を行う場合.パターン認識が必要である.今後の展望として.測定される磁束密度のデータを元にパターン判別が可能であるかの検証を行う事が課題となる

.

謝辞

本研究を進める上で.指導教員として丁寧にご指導して頂いたシステム工学郡岡宏一教授.原田明徳講師に心から感謝致します.

研究における実地試験をして頂いた測研社様,高速道路における実地試験の協力をして頂いたNEXCO西日本様,センサ開発の上でご協力を頂いた住友電工システムソリューション様.システム工学郡立花.邦彦助教授にも心から感謝いたします.また.研究及び私生活の面でも様々なサポートと切磋琢磨をして頂いた機械・航空システム制御研究室の皆様.特に研究を共同で行った橋本稜太さんと協力して頂いた自動車系の研究をしている学生の皆様に深く感謝致します.

最後に.学生生活において 6 年の間金銭面と生活面.精神面全てでサポートして頂いた両親により一層の感謝を致します.

参考文献集

(1)https://www.npa.go.jp/toukei/menkyo/index.htm

(2)https://www.npa.go.jp/koutsuu/kikaku/koureiunten/kaigi/3/siryoh/shiryo4.pdf (2018/02/08)

(3)http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/reverse_run/pdf03/03.pdf(2018/01/30)

(4)http://www.rohm.co.jp/web/japan/news-detail?news-title=2015-06-17_ad_mi&defaultGroupId=false(2018/02/03)

(5)http://www.c-nexco.co.jp/corporate/safety/torikumi/torikumi/vol08/ (2018/02/08)

(6)http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/pdf/20170404002_2.pdf (2018/02/10)

(7)https://studyvision.info/magnetic-force-and-field-481/ (2018/02/10)

(8) http://www.honda.co.jp/auto-archive/nbox/2013/webcatalog/interior/detail/ (2018/02/10)

(9)https://www.kobe-np.co.jp/news/shakai/201703/0009996284.shtml (2018/02/12)

(10) https://www.asahi.com/articles/ASK4X02DLK4WOIPE03F.html (2018/02/12)

(11) http://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/geomag_index.html(2018/02/12)

(12) http://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/qanda.html(2018/02/12)

(13) http://www.yonden.co.jp/energy/denjikai/basic/page_03.html(2018/02/12)

(14)http://www.w-nexco.co.jp/safety_drive/technology_re_run/(2018/02/13)

(15) https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou/201712/0010790533.shtml(2018/02/13)

(16) http://www.mlit.go.jp/common/001177039.pdf(2018/02/13)

(17) http://www.nissan.co.jp/OPTIONAL-PARTS/N34_1207/LEAF/NAVI/index.html(2018/0308)

(18) http://www.kakioka-jma.go.jp/knowledge/qanda.html(2018/03/08)

(19) http://7-day.jp/cate2/7097/(2018/03/08)

(20) http://www.news24.jp/articles/2015/01/03/07266482.html(2018/03/08)