

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：10106
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2018～2020
課題番号：18K04630
研究課題名(和文) 暴風雪悪視界下で吹き溜まりの検知・回避と脱出のための車両ナビゲーションシステム

研究課題名(英文) Vehicle navigation system for detecting and escape from driven snow pile under low visible condition caused by snow storm

研究代表者
川村 武 (Kawamura, Takeshi)

北見工業大学・工学部・准教授

研究者番号：80234128
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は猛吹雪悪視界下で車両内より路上の吹き溜まりを検知して、スタックする前に停止して、吹き溜まりのない後方まで車両を後退させることを考えた。自然降雪を利用して、積雪高検知センサの開発と実験を行った。力学的なデータと積雪高さおよび積雪状態の解析により、ある程度の結果を得た。一方、吹き溜まりを検知した際に自動的に停止するために電動アクチュエータに依り、ブレーキ操作を行い、安全に停止するための知見を得た。後方への退避については、UHF帯RFIDシステムを用いて、後退誘導を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで検知できなかった吹き溜まりを検知するための積雪高検知センサを考案して、自然積雪下で実験を行い、基礎的な知見を得た。これを車両に搭載したときに自動的に停止することを考えて、電動アクチュエータにより、雪道で停止するシステムを考えた。最後に吹き溜まりを避けて、悪天候下で後方に下がるためにUHF帯RFIDシステムを用いて、後進用の車両誘導システムを考案した。

研究成果の概要(英文)：In this study is divided into three parts. The first mission is detect a snowdrift, where vehicle cannot move on with low visible condition caused by heavy snowfall. Using a force sensor and snow pressure plate, we made a snow height sensor. In order to bring a vehicle to a halt, when the snowdrift is detected, we use an electrical actuator to make break system. finally, a backward navigation system is made with UHF RFID system. This backward navigation system can bring the vehicle beyond hazard.

研究分野：制御工学, ITS

キーワード：暴風雪悪視界 吹き溜まり 力覚センサ UHF帯RFIDシステム 車両誘導

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

本研究は、降雪地特有の問題、吹雪による吹き溜まりが引き起こす交通障害に防ぐ方法について取り組む。視界が良い状況では、運転者等は車線上の積雪を認識できて、吹き溜まりに車が入り込むことは少ない。しかし、研究開始当初より現在に至るまで、冬期間に北海道は元より本州においても吹き溜まりの交通障害で車が止まり、雪に埋もれる事故が多発している。例えば、2018年2月の豪雪時に福井県県内で1,500台余りの車両が動けなくなった。一度、複数の車両が雪に埋もれると復旧のために天候回復後も時間が掛かることが多い。このような事故を防ぐために悪視界下で吹き溜まりを検知する技術は開発されておらず、現用の自動運転車に搭載されている光学機器は吹雪の中で無力であり、車載レーダで吹き溜まりの検知は難しい。現状では、道路状況を見回るパトロールカーなどにより、道路上の積雪状態を人為的にチェックして除雪が間に合わなければ、その区間を通行止めにするしかない。

2. 研究の目的

上記の背景のもと、悪天候下で光学機器、電波機器に頼ることなく、吹き溜まりを検知して、安全に停止し、かつ、行動の自由度のある、より安全な後方地帯に後退することを研究目的とする。この中で、まず力学的に積雪高を検知して、吹き溜まりの検出に役立つセンサを開発することが最初の目的である。ここでは、積雪高を物理的に検知して、走行可能か否かを判定できるようにすることが最終目的である。つぎには実験車両にアクチュエータ操作でブレーキをかける仕組みを作る。これはすでに自動ブレーキ等が実装されているケースがあるので、雪道での実装実験を行い、知見を得ることを目的とする。最後に悪天候悪視界下で路外転落することなく、安全な後方地帯まで後進誘導することを考える。ここでは、申請者らが暴風雪悪視界下でも機能する車両誘導システム UHF 帯 RFID システムを前進ではなく、後進に適用することを考えて、安全な車両誘導方法を確立することが目的である。

3. 研究の方法

本研究は、大まかに3つの部分に分けられる。それぞれの研究の方法について述べる。

(1)吹き溜まりの検知：ここでは、6軸力学センサにテフロン板およびアルミ板で積雪感知板を取り付けて、積雪高検知センサを作る。このセンサの基礎データがないため、降雪期に実験路に雪棚を作り、積雪高検知センサを台車に取り付けて、積雪感知板に及ぼす力およびモーメントを測定して、積雪高とそれらのデータを関連付ける。同時に雪質により、それらの力学的な値が違うことは、雪国の暮しの経験上、容易に予想できるので、雪質の解析も行う。

(2)吹き溜まりを検知した場合に自動的にブレーキをかける。これは、実験車両に直線駆動型電動アクチュエータでブレーキペダルを押下して、車両を止める。安全に停止できるようアクチュエータの動作実験を繰り返し、適切な動作値を求める。

(3)悪天候、悪視界下で安全な後方地帯まで車両誘導を行う。これには、申請者らが取り組んできた暴風雪悪視界下の車両誘導に用いている UHF 帯 RFID システムを活用する。これまでは前進方向にのみ、車両誘導を行ってきた。後方に車両誘導を行うためには、車線中央に誘導するために直線的な経路ではなく、円弧上を後退しなければならない。このため、まず誘導のための円弧軌道を算出して、これに沿って後退できるように車両誘導方法を考える。車両誘導プログラムを作り、人工的に悪視界を再現して、季節を問わず、誘導実験を行い、誘導精度を検証する。

4. 研究成果

(1)吹き溜まりの検知

力覚センサに積雪高検知板を取り付け、これを台車に取り付ける(図1)。

吹き溜まりの検出のための実験は、自然積雪状態の雪を削り、アスファルト道路表面を露出させる。ここを台車の通路とする。これに沿って雪棚を高さ15cm、20cm、25cm、30cmでそれぞれの長さ4m、幅40cmとなるように雪棚を削る。このとき、自然積雪状態が保存できるようにするが、高さの調整のために新雪を雪棚上に載せることもあった。研究期間3か年で降雪期は3度あったが、いずれの降雪期も記録的な少雪で自然積雪を利用して、雪棚を形成できるだけの降雪は、1シーズンに3、4度のみであった。

さらに年末年始など実験人員の確保が難しい期間での降雪を除くと実験回数が極めて限られた。この状況下でも雪質の異なる数回の実験を行うことができた。雪温により、雪質が変わり、積雪の力学的なデータも変わる。今後も雪温、雪質および力学的なデータの収集と解析が必要である。

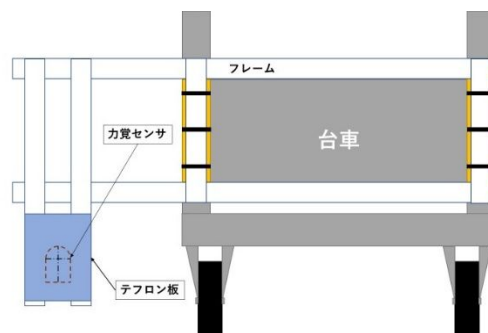


図1: 積雪高検知センサと実験用台車

(2) 吹き溜まりを検知した場合の自動的停止

これはすでに先行している自動運転車の速度制御で乾燥路における研究で十分と考え、乾燥路面と圧雪下でのブレーキ強度およびポンピングブレーキ操作などの雪道での基礎実験を行った。今回は、補助的に直線駆動型アクチュエータでブレーキペダルを押下することにより、非加速時に停止する実験を繰り返した。これにより、基本的な知見が得られた。

(3) 悪天候、悪視界下で安全な後方地帯までの車両誘導

ここでは悪視界下で吹き溜まりなどによって車線が塞がっている場合に、安全に停止し、安全な後方地帯に誘導するための車両誘導システムを考える。まず車両が後進する場合の走行経路を算出する。前進の場合と異なり、後進時は、基本的に現地点と10m後方の車線中央を通る円弧軌道を算出しなければならない(図2)。前進の場合のアッカーマン角を後進時に応用して、車両が走行円弧軌道上を動くための舵角 δ_0 を求める(図3)。このとき、車両位置推定にRFIDシステムを用いるため、位置情報は、車両前部のアンテナの位置である。後輪の円軌道とその接線方向を求めなければならないので、アンテナの軌道円と車両情報より、幾何学的に後輪の回転半径と車両が向くべき接線方向を求める。これにより、円軌道上を後進する操舵角 δ_0 が求められる。この時、この円弧軌道の接線方向と車両方向が異なることがある。この車両姿勢の偏差を補正するための操舵角を導出する。これら2つの操舵角の加重和より、ドライバーに運転指示をする。この重みパラメータを走行実験より求めて、道路中心線からの偏差を小さくした。この重みパラメータは単純に数値のみアンテナ位置の1次関数とする場合などを検証した。

走行実験時にはフロントウィンドウに気泡梱包材と黒ビニルのサンドイッチ構造の覆いを掛け、他の運転席の両側およびリアウィンドウは気泡梱包材で覆い、運転席から外部が一切見えないようする(図4)。この状態で、発進位置を車線中央、車線左側、車線右側の3通りとして、50m後退させる。このような人工的な視界不良下の実験であるため、この車両誘導実験は季節を問わず行うことができた。走行実験は、5人の運転手で合計120回行った。当初、車両誘導のためのUHF帯RFIDシステムは、道路にRFIDタグを1列に3本埋設し、このRFIDタグ列を2m毎に作った。この情報を車両側で読み取るためにUHF帯RFIDアンテナ2台を実験車両前部に搭載した(図4)。走行実験で10mから最終地点(50m地点)まで10m毎の車線中央から車両中央の偏差(車線横方向)は、重み荷重を横位置と線形に中央から0.5~0.7に変える場合が最も良好な誘導ができて、全走行回数85.3%が45cm以内に収まった。最終地点(50m)では、線形に重みを変えた4つの場合全てが45cm以内に90%以上含まれた。最終地点のみで考えると重みを中央1.0、端部0.5とした場合が偏差30cm以内に93.3%が収まった。運転者の中には初心者も含まれ、覆いを外した有視界状態で10mの直線路後退が困難で誘導指示をしなければ、車線逸脱をするものも含まれた。しかし、このような運転初心者に対しても本誘導システムは有効で全走行実験で車線逸脱を起こすことはなかった。車両誘導には、液晶ディスプレイ上のGUI(Graphical User Interface)を用いており、ハンドル操作を図示する。視覚的にハンドル操作が指示されるので、運転者はそれに従って、ハンドル操作をするだけで良い(図5)。

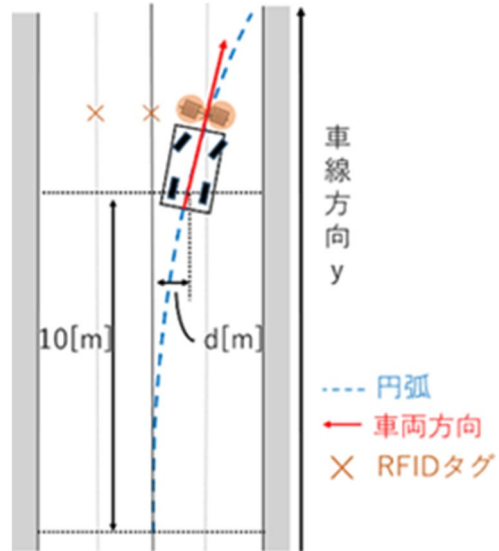


図2：後退誘導のための円軌道

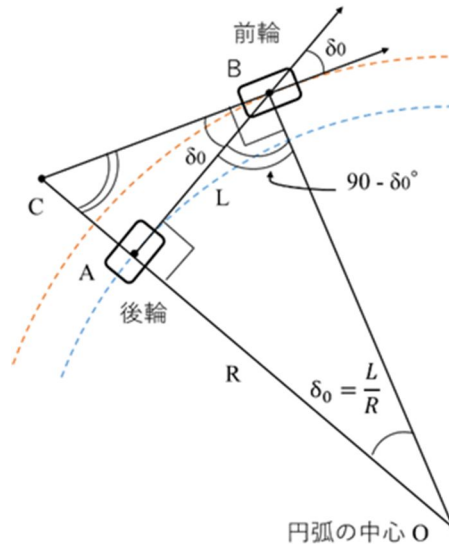


図3：後退運動のための操舵角 δ_0



図4：2アンテナを載せた実験車両

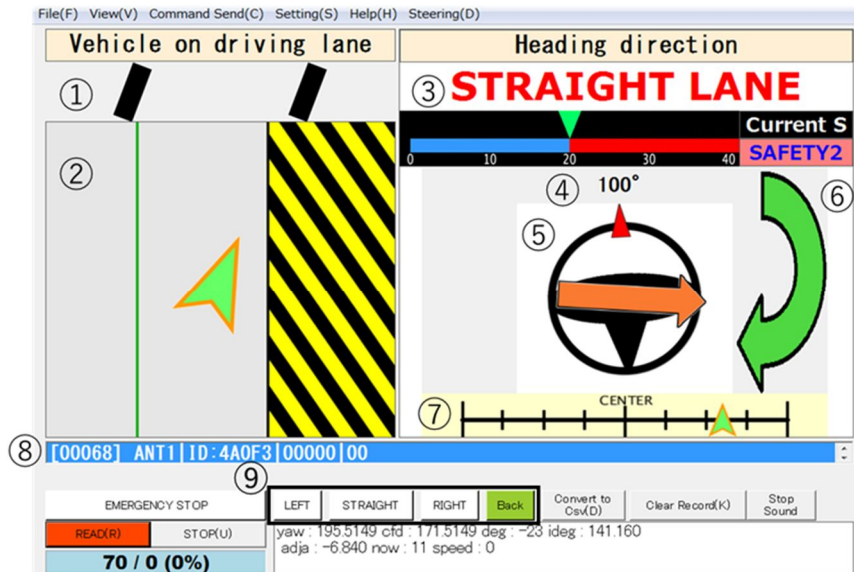


図 5：直線路後退誘導専用 GUI

この GUI の ハンドルは実験車両のハンドルとリンクしており、実験車両のハンドル操作に応じて GUI のハンドルも回る。理想的なハンドル操作角は のオレンジ色の矢印で表され、運転者はハンドル上部の小三角をオレンジ矢印に合わせるようにハンドルを操作する。 では、ハンドルを右回転するように指示が出ている。

これまで学会発表時等で UHF 帯 RFID システムを用いた車両誘導システムの弱点として、RFID タグの埋設数およびこれによるコストが挙げられていた。そこで本研究期間中に RFID タグを 2m 毎に 3 本 1 列埋設する方法から 2m 毎に 1 本のみ埋設する方法に変えた。これに伴い、車両に搭載する UHF 帯 RFID アンテナの数を倍増させて 4 台とした。これにより、必要とされる RFID タグの数が従来の 1/3 まで軽減できた。まず後退誘導を行う前に 4 アンテナシステムのそれぞれのアンテナが車線中央の RFID タグを読んだ場合の位置情報を把握して、誘導アルゴリズムを作った。走行実験では、従来と同様に運転席全周を気泡梱包材で覆い、特に運転席前方は黒ビニルシートも加えてある。同様に 50m 誘導した場合に前進においては車両中心が車線中央から 20cm 以内に約 90% 誘導できた。これを後進動作にも応用して、走行実験に取り掛かっているところであり、4 アンテナシステムに適した重みパラメータの導出など、これから解決しなければならない課題が残っている。前進の場合と異なり、現状では後進誘導で 2 アンテナシステムに勝る結果は求められていない。



図 6：4 アンテナを載せた実験車両

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 川村 武	4. 巻 1
2. 論文標題 RFIDシステムによる車線の情報化- 暴風雪悪視界下の車両誘導への挑戦	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 車載テクノロジー	6. 最初と最後の頁 65-68
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 盛田廉馬, 細川広海, 吉田有佑, 川村武, 岸本恭隆, 白川龍生
2. 発表標題 暴風雪悪視界下での車両誘導における吹き溜まりの検知について
3. 学会等名 令和2年度電気・情報関係学会 北海道支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 盛田廉馬, 細川広海, 吉田有佑, 川村武, 岸本恭隆, 柏達也
2. 発表標題 暴風雪悪視界下での4アンテナRFIDシステムを用いた車両誘導
3. 学会等名 令和2年度電気・情報関係学会 北海道支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 盛田廉馬, 細川広海, 吉田有佑, 川村武, 岸本恭隆, 柏達也
2. 発表標題 暴風雪悪視界下でのUHF帯RFIDシステムを用いた車両誘導 - 4アンテナシステムの開発
3. 学会等名 第17回ITSシンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 細川広海, 吉田有祐, 鈴木智拓, 盛田廉馬, 川村武, 岸本恭隆, 柏達也
2. 発表標題 悪視界下でのRFID システムを用いた車両の後進の軌道導出と誘導方法
3. 学会等名 令和元年度電気・情報関係学会 北海道支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 細川広海, 吉田有祐, 鈴木智拓, 盛田廉馬, 川村武, 岸本恭隆, 柏達也
2. 発表標題 悪視界下でRFIDシステムを用いた車両の後進誘導
3. 学会等名 第17回ITSシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 菊野 亮人, 山口 純, 多田 尚斗, 萩原 康介, 川村 武, 岸本恭隆, 柏 達也
2. 発表標題 吹雪・悪視界下でUHF帯RFIDによる交差点右折の車両誘導
3. 学会等名 平成30年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 菊野 亮人, 山口 純, 多田 尚斗, 萩原 康介, 川村 武, 岸本恭隆, 柏 達也
2. 発表標題 吹雪・悪視界下での曲線路予告情報を用いたUHF帯RFIDによる車両誘導
3. 学会等名 第16回ITSシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 川村武
2. 発表標題 RFIDシステムによる車線の情報化および車両誘導
3. 学会等名 自動車技術会2018年秋季産学ポスターセッション
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

北見工業大学研究者総覧(川村武) http://hanadasearch.office.kitami-it.ac.jp/searchja/show/id/1076 researchmap(川村武) https://researchmap.jp/read0167571
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柏 達也 (Kashiwa Tatsuya) (30211155)	北見工業大学・工学部・教授 (10106)	
研究分担者	白川 龍生 (Shirakawa Tatsuo) (50344552)	北見工業大学・工学部・准教授 (10106)	
研究分担者	岸本 恭隆 (Kishimoto Yasutaka) (90261403)	北見工業大学・工学部・助教 (10106)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------