

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 26 日現在

機関番号：54502

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2014

課題番号：25820094

研究課題名(和文)機能安全を目的とした適応学習を用いた電動車いす操縦支援システム

研究課題名(英文)Development of electric wheelchair driving support system intended to functional safety using adaptive learning

研究代表者

黒住 亮太(Kurozumi, Ryota)

神戸市立工業高等専門学校・その他部局等・講師

研究者番号：90457333

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：電動車いすの安全な操縦を支援するために、三次元レーザレンジセンサ等による環境情報収集および、眼電センサ等による生体情報モニタリングを行い、使用者の置かれている状況(衝突や転倒、転落の危険)や状態(健康やストレス状態)に応じてGoogle Glassによる視覚情報提示、半自律的回避支援、自動的回避動作を行うシステムの構築を行った。提案システムをリスクアセスメントに基づく安全コンセプトの設計によって構築することにより、本質的な安全性としてSIL3～4を担保した上で、機能的な安全性と快適性を提供する操縦支援システムの提案を行った。

研究成果の概要(英文)：We have developed the electric wheelchair driving support system. The driving support system processes the environmental information sensor data including the three-dimensional laser range scanner, biological monitoring sensor data including electrooculogram and the visualization device like the google glass. Using the three-dimensional environment information, preventing collision dangerous objects, fall down flat and fall overboard. And using electrooculogram, the user concentration direction and the user stress will be able to conjecture. Processing these sensors information, safety assessment of the wheelchair driving caused by environmental condition in areas surrounding wheelchair and biological condition of the user. This research aspire the total safety integrity level (SIL) of the proposed system will be 3 or 4 finally.

研究分野：ロボティクス・メカトロニクス

キーワード：福祉支援機器 安全工学 適応学習 レーザレンジセンサ 眼電図 電動車いす

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会が進展する中、電動車いすは車いす安全普及協会によると平成 23 年で出荷台数累計 593,012 台となり、年間約 2 万台のペースで増加していた。しかし、警視庁資料によると、平成 23 年の電動車いすに係る交通事故の発生件数は、事故と認定されたものだけでも 196 件（うち死者 11 名）にのぼった。一方、厚生労働省における「介護保険における福祉用具給付の判断基準」では、「要支援」より重度で、「要介護度 5」より軽度な介護度の障害を持つ人に介護保険による貸与すべきとされているが、実際には個々に状態が異なり、要介護度 2 程度でも、障害の程度や状態が異なり、屋外での車いすの操縦が困難で適用が逡巡されるケースもあった。

2. 研究の目的

(1) 先行研究 本研究は、位置づけとしては厚生労働省における平成 21 年度障害者自立支援機器等緩急開発プロジェクトの「安全に配慮された電動車いす」の中での、レーザーレンジセンサによる障害物・段差等回避技術およびステレオカメラによる対人衝突回避技術に近いものである。すなわち電動車いすの対物および対人回避を実現する研究であるこれらの研究の課題として、障害物回避技術の使用者への介入のバランスが問題である。

(2) 本研究の方向性 一方、福祉支援機器である車いすでは、本質安全および機能安全の考え方が重要である。そこで、ベースとして現在市販されているアイシン精機の電動車椅子（本質安全を持つと考える。例えば、ジョイスティックを離すと停止するなどのフェイルセーフ機構）、障害物回避システムが誤動作した場合はシステムを電氣的に切り離し、従来の電動車いすの機能を復旧するものとする。また、機械的な接触センサ及び段差検出センサを取り付け、乗り越え不可能な上方の障害物に接触した場合や、下方面への車いすの落下、転倒の原因となる段差を接触または非接触センサで検出し、検出し次第、停止するような最下層のシステムを構築し、その上で提案する障害物回避技術の使用者への介入を行うことによって機能安全システムを構築するものである。

(3) 本研究の特色 本研究の特色は、使用者の状態をモニタリングし、操縦する人の状況に応じて危険回避支援の介入を変化させる点にある。具体的には、操縦者と障害物との位置関係、またそこで操縦者がとる操縦パターンを学習し、一定以上の速度で障害物近傍に接近した場合は危険状態と認識し回避行動をとりつつ、そのパターンを繰り返さないように強化学習アルゴリズムに負の報酬を与える。それにより、環境状態や操縦者の操縦パターンに応じて、危険状態を避けるようにアルゴリズムが障害物回避支援の介入度を調整する。

3. 研究の方法

本研究で提案するシステムの概要を図 1 に示す。車いす上部に搭載されたレーザーレンジセンサによって周囲の 3 次元環境計測を行う。そこから環境地図の構築及び車いす走行に関わる危険物の検出を行い、車いすの操縦支援を行うとともに、図 2 に示す Google Glass により、危険物の位置情報を提示する。さらに、使用者の生体情報をモニタリングすることで、環境情報に加えて操縦者の障害物の認識の状態を推定し、学習の情報として付加する。生体情報モニタリングについては、図 3 に示す顔の表情筋電位又は眼電位を利用したインターフェイス機器を導入する。また脈拍および鼻部皮膚温度により、人が受けるストレスが推定できるとされているため、インターフェイスのゴーグル部に脈拍（皮膚接触部）及び温度センサ（鼻当部）を組み込み、眼電を測定し、その情報を学習アルゴリズムに付加することで、視線の動き等の生体情報と操縦動作との関係性を調べる。

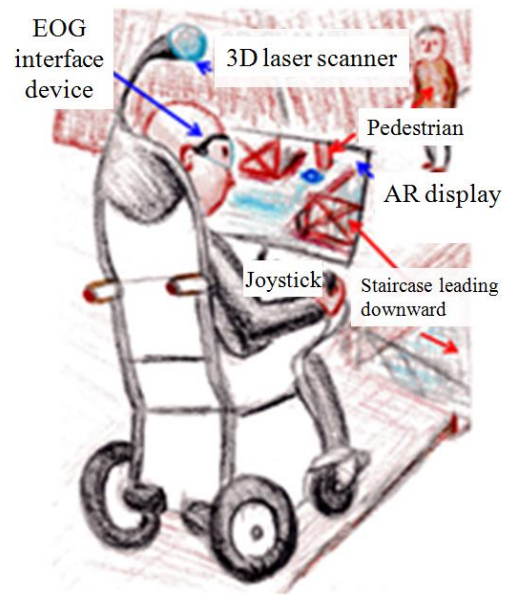


図 1 提案システムの概念図



図 2 Google Glass

図 3 眼電位センサ

4. 研究成果

(1) 三次元環境の測定と危険状況の検出 車いすの使用者が操縦時に衝突する障害物、また転倒、転落の危険のある段差等を本研究

では危険物と定義する．本研究では，まず2次元のレーザレンジセンサをサーボモータで回転させる3次元測定装置を製作し，距離計測を行った．図4にレーザレンジセンサを搭載した電動車いすを示す．この車いすを用いて，階段の踊り場での3次元計測を行った．



図4 レーザレンジセンサを搭載した車いす

測定環境の写真を図5に，計測された3次元データをグラフ上に描画したものを図6に示す．踊り場の空間形状および上り階段，下り階段の形状が点群として示されていることがわかる．センサの取り付け角度により，車いすの情報90°の円錐上の部分は測定できていない．また，踊り場の外部にいくつかのセンサデータが抜け出ているが，これは，階段手前と奥がガラス張りのため，一部ガラスを透過して外までの距離を検出していると考えられる．

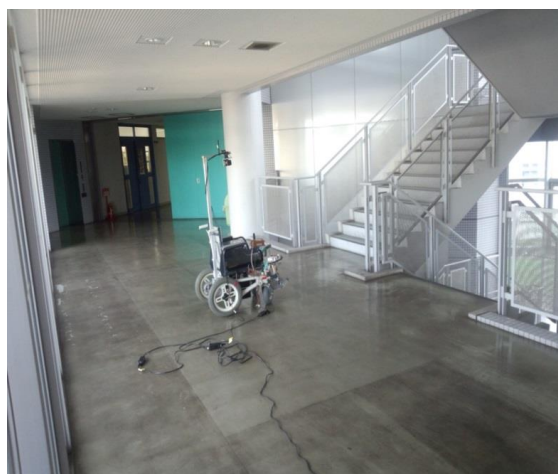


図5 計測環境の例（階段の踊り場）

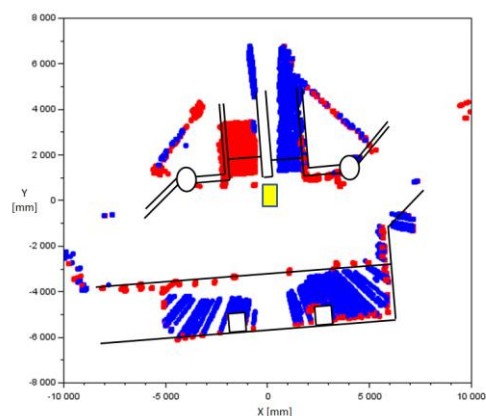


図6 レーザレンジセンサによる危険物地図

図4で用いた計測装置は，サーボモータを用いて2次元レーザレンジセンサを回転させているため，一回の測定に4.5秒を要する．そのため，実験の結果，静止物体の測定は可能だが，移動物体の測定は困難であることが判明した．そこで，平成26年に新たに販売された3次元レーザレンジセンサ（北陽電機社製 YTV-X002）を用いて，歩行者等，動く物体の測定実験を行った．図4の装置をType A，これをType Bとして，比較評価計測実験を行った．図7にその一例を，表1に仕様の比較を示す．

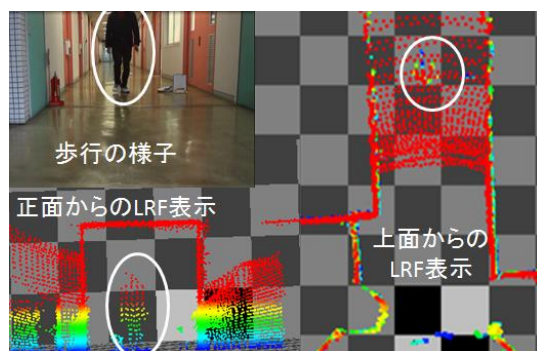


図7 レーザレンジセンサ Type B の測定例

表1 三次元環境計測装置 Type A と Type B の比較

	Type A	Type B
1回の計測にかかる時間	4.5秒	0.2秒
計測範囲	270° × 360°	40° × 210°
計測する点数	194,580 (4点/° ²)	10,360点 (1.25点/° ²)
計測可能距離	30m	25m

- 報・制御技術, および制御一般」CT-14-059
- ⑤ 黒住亮太, 機能安全を目的とした適応学習を用いた電動車いす操縦支援システムの開発, 第15回 公益社団法人 計測自動制御学会システムインテグレーション部門 講演会, pp. 2036-2041
 - ⑥ 黒住亮太, 電動車いす操縦支援システムのリスクアセスメントに基づく安全コンセプトの構築, 電気学会 制御技術委員会 人と機械をつなぐ情報・制御技術調査専門委員会 研究会「人と機械をつなぐ情報・制御技術, および制御一般」, CT-15-027, pp. 33-37
 - ⑦ Ryota KUROZUMI, Toru YAMAMOTO and Shoichiro FUJISAWA, Development of safety concept of electric wheelchair driving support system based on assessment of risk, AAATE2015, (採択済み)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

黒住亮太 (KUROZUMI, Ryota)

神戸市立工業高等専門学校 機械工学科・准教授

研究者番号: 90457333