

電子情報工学専攻	学籍番号	005005
申請者氏名	Urbano Gutierrez Juan Baltazar	

指導教員氏名	寺嶋一彦 章 忠 三好孝典 内山 直樹
--------	------------------------------

## 論 文 要 旨 (博士)

論文題目	Motion Control of an Omni-directional Mobile Wheelchair Considering Safety and Operability (安全性と操作性を考慮した全方向移動車椅子のモーション制御)
------	--

本研究は、主に病院、福祉施設などのバリアフリーな室内環境での移動を支援するための機動性の高い、全方向へ瞬時に移動可能な全方向移動型車椅子 (Omni-directional Mobile Wheelchair, OMW) の設計・開発を行ったものである。

まず、搭乗者が車椅子を操作する場合においても、安全確保のため、環境認識センサで障害物を認識しOMWを安全な方向へ移動させる制御を行う。しかし、搭乗者の操作に対する補正を行う時、場合によっては搭乗者の操作入力とは全く違う方向へ移動するような制御が必要になることも考えられる。その場合、搭乗者にとって意識していない方向へ進むことになるため、搭乗者の混乱を招き、その心的・肉体的負担を増加させてしまう。それに対して本研究では、走行中のOMW周りの環境情報と、アクチュエータを搭載したジョイスティックにより、誤った操作入力に対して搭乗者の手に負荷を与え、障害物のある方向へジョイスティックを動かすようにする。すなわち、間接的に搭乗者へ環境情報を伝えることにより、基本的に搭乗者が操作の修正を行い、違和感のない操作入力補正制御の構築を行った。

次に、車椅子の走行制御系に「乗り心地」も取り入れた。システム自体の固有振動数と人間の内臓の固有振動数を「乗り心地」に影響を与える不快因子周波数とし、その周波数帯域を走行入力の周波数帯域からカットすることによって「乗り心地」を向上を試み、搭乗者への精神的・肉体的負担を軽減する制御系を設計した。

さらに、老々介護を想定し、介助者の立場に立ち、介助作業における作業負荷・負担の軽減を検討した。すなわち、OMWにおける全方向移動パワーアシストシステムの構築を行った。OMWにおけるパワーアシストの基本となる制御として、介助者が加えた力を2次遅れコントローラによって速度指令値へと変換させた。また、介助者がある動作を行おうとしたときの、介助者の加えた力、実際にセンサで測定した力、OMWの発生する駆動力、および作用方向に着目し、介助者の操作意図と実際のセンサでの測定値との相違点について力学的、実験的に検証した。その結果、全方向移動パワーアシストにおいて測定した介助者の力が直接的に介助者の進みたい方向を表すものではないことが分かった。そして、この問題点に対する解決手法として介助者の力から、介助者がどのような行動をとりたいのかを推し測る、方向推論をファジィ推論により行う手法を提案した。既定の経路への追従試験を行い、方向推論の有効性を確認した。しかしながら介護者が変わる度に試行錯誤的にチューニングし直さなければならず多大な時間を要した。そのため、本研究では、ニューロ・ファジィをパワーアシストシステムに応用することで、自動チューニングを行うシステムを構築した。介護者の意志をコンピュータに伝えるためのインターフェイスとして、タッチパネルを用い、これにより、ニューロ・ファジィの学習に必要な教師信号の生成を容易にできた。タッチパネルとニューロ・ファジィ制御アルゴリズムにより、人の癖を理解し、機械が人間にあわせてくれるスマートインターフェイスを構築することができた。

これらの研究成果を通して、人に快適で、操作しやすく、安全で、力の負担の少ない、インテリジェントな全方向車椅子構築の基礎的知見を得、さらに実用化への可能性を示した。

19 年 1 月 15 日

電子情報工学専攻	学籍番号 005005
申請者氏名	Urbano Gutierrez Juan Baltazar

指導教員氏名	寺嶋一彦 章 忠 三好孝典 内山 直樹
--------	------------------------------

論 文 要 旨(博士)

論文題目	Motion Control of an Omni-directional Mobile Wheelchair Considering Safety and Operability (安全性と操作性を考慮した全方向移動車椅子のモーション制御)
------	--

In the author's laboratory, a holonomic Omni-directional Wheelchair (OMW) which can act as an autonomous or semi-autonomous omni-directional wheelchair has been developed. Moreover, it can provide power assistance to the attendant. Because of its omni-directional movement, it is able to navigate smoothly in structured interior environments through the use of range sensors which acquire environmental information. In order to recognize its surrounding environment, this wheelchair can build a local map after determining the distance to the nearest obstacles. In semi-autonomous mode the input device is a joystick, with the velocity of the OMW being proportional to the joystick's angular displacement.

This thesis presents the semi-autonomous mode operation of the OMW by man-machine cooperation, and gives a haptic feedback control of the wheelchair with a haptic joystick for the operation of disabled people or elderly people considering not only user's safety but also comfort which suppresses the joystick's vibration. A way to build the local map around OMW is presented by considering the reliability of range sensors data. If an obstacle is detected in the direction of movement based on the local map information, the impedance of the joystick in this direction is changed. Namely, the closer the obstacle is the bigger the impedance value becomes. By this function, the occupants spontaneously understand that they are in risk of obstacle collision and then the occupants can change the direction of movement by their decision in order to avoid collision. Two navigation modes are considered: one of them allows the user to approach a desired goal, and the other protects the occupant from obstacle collision. The proposed approach is thought to be reasonable as a man-machine existing control system. Furthermore, for the command input by human joystick operation, velocity control of OMW is carried out by means of frequency shaping using Hybrid Shape Approach proposed in the author's laboratory, in order to achieve the comfort driving by excluding the specific spectrum elements such as natural frequency of OMW and discomfort frequency of human organs.

A power assist system that helps attendants to move a heavy load has been attached to the OMW. A six-axis force sensor is used for measuring the force applied by the attendant in two orthogonal axes, and a rotational direction. Then, this force is changed to reference velocity by using a second order lag filter. Finally, the reference velocity is applied to the servo-motors of the OMW. This system works well as a power assist system, and provides the attendant with effective support. However, there is a problem related to the operability of the OMW. Due to the application of the power assist system, operability of the OMW degrades, especially when the attendant tries to rotate. In this thesis, a method for improving the operability of the OMW is presented. First, a power assist system for helping the attendant to deal with heavy loads is attached to the OMW. Second, a fuzzy inference system is used for improving the operability of the omni-directional wheelchair, considering the characteristics of different attendants when they try to move the wheelchair. The fuzzy inference system is tested with different attendants, and it is found that the response of the system varies according to the individual characteristics of each attendant. Finally, a neuro-fuzzy system, ANFIS, is used for tuning the fuzzy inference system according to the personal characteristics of each attendant, by means of the input data of the attendants.