

電動車椅子遠隔制御システムの構築

Remote Control of Moterized Wheelchair

○佐藤 貴昭* 渡部 慶二** 村松 鋭一** 有我 裕一** 遠藤 茂**

○Takaaki Sato* Keiji Watanabe** Eiiti Muramatu** Yuuiti Ariga**
Sigeru Endou**

*山形大学 大学院 理工学研究科 **山形大学 工学部

* **Yamagata University

キーワード：電動車椅子(Moterized Wheelchair), ペトリネット(Petri-Net),
力フィードバック(ForceFeedback),超音波センサ(supersonic
wave sencer)

連絡先：〒992-0037 米沢市城南 4-3-16 山形大学 工学部
応用生命システム工学科 渡部研究室
佐藤貴昭, Tel (0238)24-5898(内線 11), E-mail ts061@dip.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年高齢化が急速に進み、2003 年 6 月 20 日時点、全人口に占める老年人口(65 歳以上)の割合は 18.9%にも及んでいる。また、2050 年には 29.9%になると予想されている。

高齢化の進展に伴い体の不自由な人、障害者の増加など医療・福祉問題が深刻になってきており、工学の分野では福祉・医療機器の開発が進められている。そこで本研究では足の不自由な人、歩行が困難な人にとって「足」となる電動車椅子に着目した。

電動車椅子は 2002 年 6 月 20 日時点で利用台数 15 万台。高齢者や障害者の千差万別な身体的特徴に対応するため多品種少量生産にならざるを得ず、平均価格は 35 万円という高価なものになっている。そのため所有方式はレンタルが多く、操作法の難しさに戸惑う例もあるようである。こういった理由や、道路交通法では「歩行

者」扱いではあるが、段差の多い歩道ではなく道路を走らざるを得ない、といった理由によって引き起こされる交通事故件数の増加も問題となっている。ゆえに電動車椅子の安全性は欠かせない要素となる。

次に、電動車椅子の利用者で介護が必要なひとの居住地に注目してみる。居住地は①自宅②病院③施設の 3 通りである。介護者が仕事の都合で遠隔地にいる。また精神的、肉体的介護負担が大きい。などの場合②病院③施設の遠隔地介護になる。また、介護業務の内訳を見ると 3 位に車椅子介助が入っている。そこで家族の遠隔操作による車椅子介助が行えないかと考えた。

電動車椅子の操作法には代表的なものとして手、口、あご、肩、声などがあり操作法によっては長時間の操作が困難なものもある。そういった場合に遠隔操作機能があると有用である。また、

介護業務の内訳は1位:話し相手、6位:相談介助、7位:外出付き添いとなっており、介護におけるコミュニケーションの重要性がわかる。そこで家族でしかできない心のケアを遠隔地からも行えないかと考え、電動車椅子にコミュニケーション機能も付けることにした。操作者が家族の場合、家族しか気付かないちょっとした変化を確かめることができる、家族とのコミュニケーションが取れるなどの利点がある。コミュニケーション機能、遠隔操作機能を有した本研究のシステムは、「家族との散歩」をイメージしたシステムである。

またレンタルの電動車椅子を使用している人は操作法習得時の指導に長時間を要する。しかし、レンタル時の指導時間が充分ではない場合も多く、指導の補助的な継続にも本研究のシステムは使えると思われる。

ゆえに、本研究では電動車椅子の遠隔制御システム構築を行い、システムのペトリネットによる記述、解析を行うことを目的とする。システムのイメージを図1に示す。

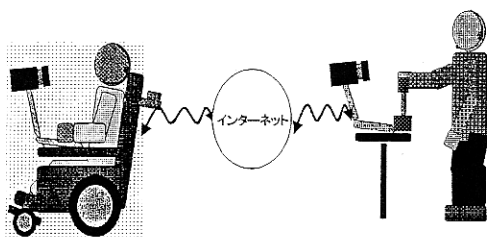


図1: システムのイメージ

2. システム構成

2.1 システムの機能

システムの機能を以下に示す。括弧内には機能実現のためのデバイスを列挙した。

1. 電動車椅子の遠隔操作
(ジョイスティック、電動車椅子)
2. 動画・音声の送受信による
コミュニケーション機能

(カメラ、マイク、ヘッドホン)

3. 危険自動回避機能
(超音波センサ)
4. 障害物検知時の遠隔操作入力抑制機能
(超音波センサ、力フィードバック機能付きジョイスティック)
5. 電動車椅子前方の画像を見ながら遠隔操作する機能 (カメラ)
6. 電動車椅子の動作状態把握のための仮想体験機能 (回転椅子)

2.2 システム構成図

このシステムの構成図を図2に示す。

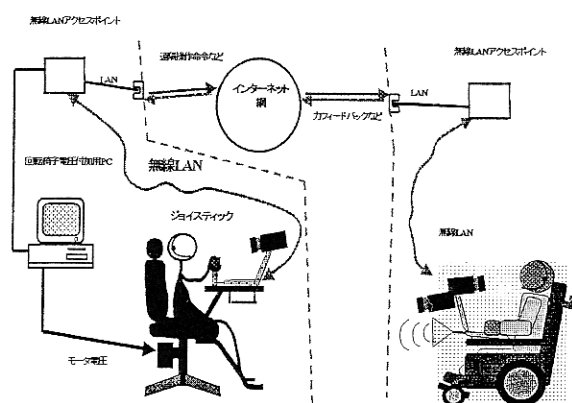


図2: システム構成図

2.3 送受信データ

送受信されるデータを、以下に示す。

- ① 操作者から電動車椅子へ
遠隔操作命令、動画、音声
- ② 電動車椅子から操作者へ
力フィードバック、動画、音声
電動車椅子動作済みフラグ
- ③ 操作者から回転椅子制御用PCへ
椅子回転指令、電動車椅子動作済みフラグ

3. ペトリネットによる記述・解析

3.1 ペトリネット採用理由

本研究のシステムは離散事象システムである。離散事象システムとは時間の増分で

はなく、条件で駆動するシステムである。離散事象システムは、機械加工、組み立てライン、ロボット動作、ソフトウェア、ハードウェア、OS、通信プロトコル、作業計画、工程管理など多岐に及ぶ。

本研究のシステム特性調査、複雑な振る舞いの把握をするために、離散事象システムを正確にモデル化できるペトリネットを用い、モデル化を行った。

3.2 ペトリネット

ペトリネットとは、以下の四要素で構成されているグラフィックモデルである。

- ① プレース：条件
- ② トランジション：事象
- ③ アーク：要素の流れの方向
- ④ トークン：要素

＜トークンのプレース配置組み合わせが、一つの状態を表す＞

あるトランジションに対し入力アークがつながっている単一プレース、もしくは複数プレース内のすべてにトークンが入っている時（すべての条件が満たされている時）、トランジションは「発火可能」といいトランジションが発火するとトークンはトランジションに奪われる。その後トークンは出力アークに移り、次の条件を満たしている状態になる。

3.3 ペトリネットによるモデル化

ペトリネットによるモデル化手順を以下に示す。

1. 事象を決める
 2. 事象を起こす条件を考える
 3. 事象と条件を前提条件、後提条件として関連付ける
 4. 実際にペトリネットで記述する
- この手順でシステムをモデル化し、モデル化したシステムを解析する。

3.4 モデル解析法

解析時に考慮すべきことはデッドロック

ク、競合の回避である。デッドロックとはトークンのプレース配置組み合わせが変化せず、状態遷移が起こらない状態をいう。また、競合とは一つのプレースから複数のトランジションへトークンが移動可能な場合に、一方のトランジションを発火するともう一方のトランジションが発火不可能になることである。競合時に、条件によってどちらのトランジションを発火するかは、モデル化するとき自由に選択することができる。

3.5 旧システムのペトリネット記述

本研究のシステムは、ペトリネットで解析した結果、機能を増やし改善したシステムである。そこでまず改善前のシステムを図3に示す。

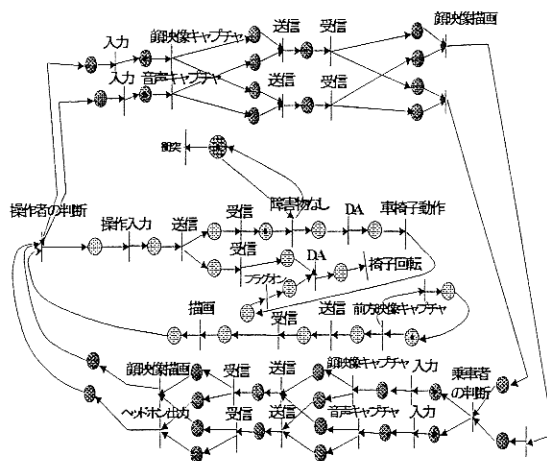


図3：旧システムのペトリネット記述

3.6 システムの解析

図3のモデル図の中で問題となるのは中心にある水色のプレースに存在する競合である。この競合では電動車椅子の前に障害物がない場合下のトランジションが発火し、電動車椅子が何かに衝突した時左のトランジションが発火するという発火規則を定義する。

障害物がない場合は問題ないが、障害物がある場合、つまり左のトランジションが発火するとトークンはトランジションにとられ戻

ってこないため、デッドロックの状態になる。この状態でジョイスティックからの入力を行っても電動車椅子への動作命令は行かず、電動車椅子は立ち往生した状態になる。

これを回避するためにはデッドロック状態になる前に回避命令を送る必要がある。そのために障害物を検知する超音波センサをシステムに組み込むことにした。

3.7 新システムのペトリネット記述
超音波センサを組み込むこんだシステムを図4に示す。

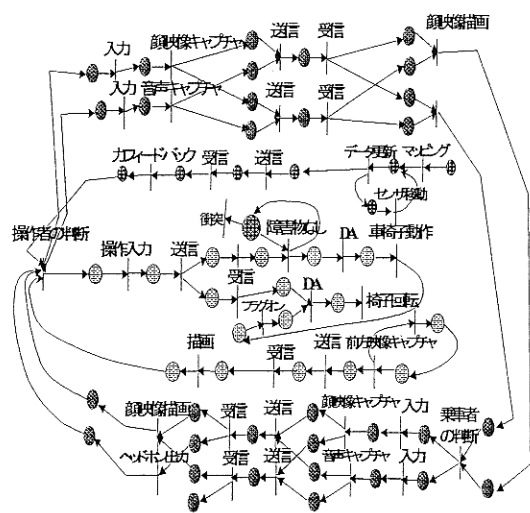


図4：新システムのペトリネット記述

電動車椅子の周りの障害物を事前に検知し、カフィードバックとして操作者に提示することで常に下のトランジションが発火する条件が整い、デッドロック状態が回避できるシステムになった。

4. 要素技術

本研究のシステム構築に用いる要素技術を以下に示す。

- ① RTPによる動画、音声の送受信
- ② 電動車椅子に対する動作電圧制御
- ③ ジョイスティックの状態データ取得と、カフィードバック
- ④ 超音波センサによる障害物検知

4.1 リアルタイム通信

本研究のシステムは動画、音声のリアルタイム通信である。リアルタイム通信における要素技術は①圧縮技術②伝送技術③制御技術の三つであり、②には RTP を③には RTSP を使用する。①は実験を繰り返し、処理能力と圧縮率のバランスを探していく。

4.2 電動車椅子に対する動作電圧制御

National Instruments 社の NIDAQCard -1200 を使用。この PC カードは AD/DA 変換が可能なカードであり、電動車椅子に対する動作電圧制御と超音波センサからの電圧値取得に用いる。電動車椅子に対する動作電圧制御は完成した。

4.3 ジョイスティックデータと

カフィードバック機能

Java 言語はネットワークを想定した言語で、通信プログラムの開発が容易だったため、本研究では通信プログラムに Java 言語を採用した。しかし、Java 言語は OS を問わないという大きな特徴があるが、それ故に OS 特有の機能が使えないという弱点ももっている。本研究で使いたいカフィードバックジョイスティックは、OS 固有のネイティブコード (Windows では DLL) を用いるために、普通の方法では Java 言語からつかえないことがわかった。そういった問題を解決するためのツールとして JNI がある。そこでこの JNI を使い DLL の作成をした。作成には DirectInput ライブラリを使用し、デバイスデータの取得、デバイスへのカフィードバックを実現した。

5 おわりに

5.1 成果

- ・ ペトリネットによるシステム記述システム解析を行った
- ・ ジョイスティックデータ取得、カフィードバック機能作成を行った

- ・ 電動車椅子に対する電圧制御機能を作成した

5.2 今後の課題

- ・ リアルタイム通信用圧縮技術の選択
- ・ 超音波センサの実装

4 参考文献

- 1) 小松啓：介護福祉ハンドブック 41
「介護従事者の精神保険」一橋出版 1999
- 2) 高栖雄一郎：インターネットを介した仮想認知環境の構築 山形大学工学部電子情報工学科 卒業論文 2001
- 3) 勝原洋平：インターネットを介した電動車椅子の遠隔制御 山形大学工学部電子情報工学科 卒業論文 2000
- 4) Microsoft DirectInput の使い方
http://www.microsoft.com/japan/msdn/library/default.asp?url=/japan/msdn/library/ja/jpdx8_c/hh/directx8_c/_dx_directinput_dinput.asp