

電動ストレッチャー利用者の為のカメラシステムの開発

三宅 裕之¹ 神屋 郁子¹ 下川 俊彦¹ 榎 泰輔²

概要: 本研究は「ストレッチャープロジェクト」という九州産業大学情報科学部、工学部、芸術学部と福祉用具プラザ北九州との共同研究である。本プロジェクトには対象者がおり、脊髄性筋萎縮症を患っている。対象者は体が自由に動かせず、常に寝たきりの状態であるため、ストレッチャーを使用し、移動を行っている。本研究で用いるストレッチャーはモーターが搭載されており、他人の補助なしで動かすことができる。これを電動ストレッチャーと呼ぶ。本研究の目的は「対象者への視野の提供」と「過去の研究の問題点の解決」である。これは対象者に「ショッピングモール内を自由に移動したい」という願いがあり、それを叶えるためである。そのため、以前からカメラシステムの研究は行われていた。

キーワード: 視野提供, USB カメラ, Unity

Development of Camera System for Robotic Stretcher

HIROYUKI MIYAKE¹ YUKO KAMIYA¹ TOSHIHIKO SHIMOKAWA¹ TAISUKE SAKAKI²

Abstract: Diseases such as amyotrophic lateral sclerosis and spinal muscular atrophy (SMA) often cause motor disabilities through the progressive loss of muscle power. However, some patients must lie horizontally and thus cannot operate a wheelchair. We develop a robotic stretcher for an SMA patient with severe motor disabilities to enable her to maneuver independently inside a building. The aim of this study is to develop camera-based monitoring system to monitor obstacles around the stretcher. We mounts six USB cameras and Tablet PC on the stretcher. The target user can watch the display feed from the cameras.

Keywords: Monitoring System, USB Camera, Unity

1. 序論

本研究は「ストレッチャープロジェクト [1]」という九州産業大学工学部、芸術学部、情報科学部と北九州市・福祉用具プラザ北九州との共同研究の一部である本プロジェクトは脊髄性筋萎縮症である対象者の要望を叶えることを目的としている。電動ストレッチャーに対象者が乗り、自らの意思で移動を可能にするために、電動ストレッチャーの制御、電動ストレッチャーのデザイン、対象者が安全に使えるように周囲の情報を伝えるシステムをそれぞれ制作および開発する。その中で本研究では「対象者が安全に使える

ように周囲の情報を伝えるシステム」を開発する。

本研究の目的は対象者への広い視野の提供と過去の研究の問題点を解決することである。対象者への視野の提供は対象者の要望を叶えるためである。そのために以前からカメラシステムの開発をしている。しかし、以前のカメラシステムでは視野が狭いなどの問題点も多い。対象者がケガをせず、安全に使用できるように問題点を解決する。

本プロジェクトは、九州産業大学工学部、芸術学部、情報科学部、北九州市・福祉用具プラザ北九州が共同で取り組んでいる。本プロジェクトの目的は対象者が、電動ストレッチャーに乗り、自らの意志で移動可能にすることである。本プロジェクトの技術課題として、操作方法、周囲環境画像の提示、身体支持等の機構、安全性の4つがある。その中で周辺環境画像の提示、安全性の問題を解決するためのシステムを開発することが情報科学部の担当である。

¹ 九州産業大学情報科学部
Faculty of Information Science, Kyushu Sangyo University
² 九州産業大学工学部
Faculty of Engineering, Kyushu Sangyo University



図 1 電動ストレッチャー
Fig. 1 Robotics Stretcher

対象者は SMA (Spinal Muscular Atrophy: 脊髄性筋萎縮症) を患っている。この症状は脊髄の運動神経細胞の病変により、全身の筋肉が痩せる進行型の病気である。根本的な治療法は確立されておらず、運動障害、進行性の筋力の低下という症状がある。対象者は右半身を下にして寝る姿勢の制限がある。常に右側臥位の状態でほとんど体を動かすことができず、右手の人差し指のみわずかに動かせる。また片側しか見えない視野制限を伴っている。対象者は普段ストレッチャーを使用し、補助の方の力を借り、移動を行っている。そこで本プロジェクトでは電動ストレッチャーを用いて自立移動を行う。

1.1 電動ストレッチャー

ストレッチャーとは動けない人が人や病人を搬送するために利用するものである。担架と違い搬送するための脚が付いている。病院で患者を運んだり、急患を運ぶ際に用いられる。

本プロジェクトで使用するストレッチャーは図 1 のもので、大きさはそれぞれ縦 123cm、横 59cm、高さ約 80cm になる。大きいタイヤが付いている側が前方である。このストレッチャーにはモーターが搭載しており、他の人の補助なしで動かすことができる。対象者のわずかな指の動きに反応するスイッチが取り付けられている。そのスイッチを操作することで前進、後退、左折、右折ができる。そのため対象者の意思でストレッチャーを動かすことができる。本研究ではこれを電動ストレッチャーと呼ぶ。

またこの電動ストレッチャーにカバーを取り付ける。これは対象者の転落の防止、障害物にぶつかった際の衝撃の抑制、収納スペースの確保が目的である。このカバーは九州産業大学芸術学部にて制作中である。また、このカバーにはモニターアームを取り付け、タブレット PC を対象者が見える位置で固定する。

1.2 従来システムと問題点

電動ストレッチャーのカメラシステムは [2] においてプロトタイプシステムを開発した。このシステムを開発者の名前から神坂システムと呼ぶ。神坂システムでは USB カ



図 2 画面設計案
Fig. 2 Window Design

メラを電動ストレッチャーに 4 台設置した。それぞれの USB カメラ映像をタブレット PC の画面に映し出し、対象者が画面を見ることで視野を提供する。USB カメラは前方、後方、左方、右方を表示できるように設置されている。これにより対象者は電動ストレッチャーの周囲をタブレット PC の画面上で見ることができた。

しかし、問題点が 3 つある。1 つ目は視野に制限があり、曲がり角が見えにくいことである。そのため角の発見が遅くなり、曲がるのが困難になっている。2 つ目は障害物や壁との遠近感が掴みにくいことである。先程の視野の制限に加えて、視野角の広い USB カメラを使用していたことにより、遠近感が掴みにくい。よって障害物の回避が困難になり、壁との距離がわかりにくい。3 つめは起動に手間が掛かることである。神坂システムは各 USB カメラ映像をそれぞれ独立したウィンドウに表示する。そのため、4 つのウィンドウを開く必要がある。さらに各ウィンドウの位置を手動で変更する必要がある。また、誤操作によってウィンドウを閉じる可能性がある

2. カメラシステムの設計

本研究では電動ストレッチャーに USB カメラを設置し、映像をタブレット PC のディスプレイ上に表示する。対象者がタブレット PC のディスプレイに表示された映像を見ることで視野を提供し、電動ストレッチャー周囲の風景を対象者が知ることができる。本研究で開発したシステムを「電動ストレッチャーカメラシステム」と呼ぶ。

2.1 画面設計・カメラ設置位置

画面の設計、カメラ設置位置案について以下にまとめる。カメラ設置位置の図中にある黒い楕円が USB カメラでそれぞれに番号を振り分けている。白い矢印が進行方向を表している。それぞれのカメラの番号は画面設計の番号と対応しており、どの USB カメラの映像がどこに表示されるかを示している。

使用する USB カメラは 6 台である。図 2 が画面設計案である。

この検討案の画面設計案に対し、USB カメラの設置位置は以下の図 3、図 4 の 2 つである。

この 2 つのカメラ配置案の違いは進行方向側に置く 3 つの USB カメラの間隔である。図 3 は 3 つの USB カメラの

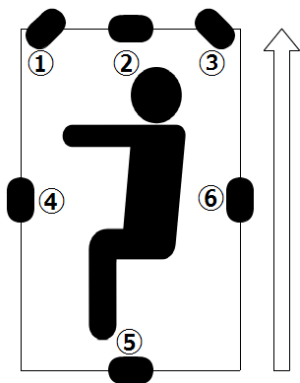


図 3 カメラ設置位置 1

Fig. 3 Camera Location Plan 1st

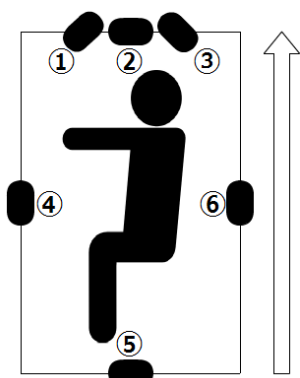


図 4 カメラ設置位置 2

Fig. 4 Camera Location Plan 2nd

位置はそれぞれ左端、中央、右端と配置している。図 4 は中央に 1 台、そのカメラの横にそれぞれ 1 台ずつ配置している。それぞれの配置案では視野の範囲が違う。図 3 の方が視野が広くなる。図 4 は図 3 と比べて視野が少し狭いが電動ストレッチャー付近が見えるようになる。この検討案では視野の拡大もできている。本研究でのカメラ配置位置は図 4 を採用する。理由は電動ストレッチャー付近に子供が近づいても対象者がシステムの画面で確認しやすくなると思ったためである。

2.2 ライン機能

ライン機能は電動ストレッチャーの幅、距離感を表すラインを画面に表示する機能である。両端の縦ラインで幅を表し、ストレッチャーがどこを通るか視覚的に表す。横のラインでストレッチャーと障害物との距離感を見ることができる。このラインを進行方向の USB カメラ映像と後方の USB カメラ映像に表示する。

3. 実装

本章では、本システムの実装環境について述べた後、システムの画面、各種機能について述べる。

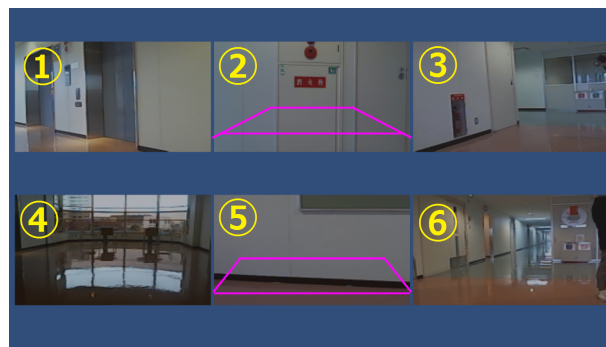


図 5 実装したシステムの画面

Fig. 5 Window of Implemented System

3.1 実装環境

システムの実装環境は以下の通り。

- 実装 PC: FMV LIFEBOOK SH54/J
- 使用タブレット PC: Acer Aspire P3
- 開発環境:
 - － フレームワーク: Unity[3]
 - － スクリプト作成: VisualStudio
- 使用言語: C#
- USB カメラ: Logicool HD ウェブカム C525[4]

3.2 実装したシステムの画面・機能

ここでは実装したシステムの画面及び機能について述べる。本システムは Unity で画面の配置・ビルドを行い、C# でスクリプトの作成する。Unity の導入方法などは付録にて説明する。Unity を使うことで複数の USB カメラを 1 つのウィンドウで表示できる。またそのウィンドウをフルスクリーンで表示することもできる。また Unity の機能を使うことでライン機能の実装が容易であり、USB カメラ映像表示位置を直感的に設定できる。以下の節で USB カメラ映像の表示機能、ライン表示機能について述べる。

3.3 システム概要

システムの画面は図 5 のように表示する。まず Unity でオブジェクトの生成を行う。オブジェクトとは Unity で生成できる図形である。スクリプトを読み込ませることで様々な動作を実行できる。本システムではそのオブジェクトに C# で作成したスクリプトを読み込ませ、オブジェクトに USB カメラ映像を表示する。上段に 3 つ、下段に 3 つ、計 6 つのオブジェクトを配置する。また、それぞれの映像の解像度は表 1 の通りである。図 5 中の 1、2、3 の映像の解像度を高めに設定している。4、5、6 の解像度は低めに設定してある。この設定以上に解像度を上げてしまうと表示されない USB カメラ映像がでたり、映像が途切れてしまうからである。進行方向側の解像度を高く設定している理由は対象者が最もよく見る映像が進行方向の USB カメラ映像であると考えたからである。

表 1 各 USB カメラ映像の解像度
Table 1 Resolution of USB Camera

カメラ番号	横	縦
1	224	126
2	320	180
3	224	126
4	160	90
5	160	90
6	160	90

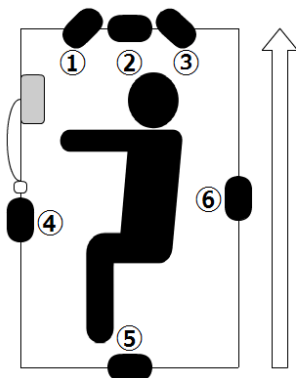


図 6 USB カメラ配置位置
Fig. 6 Camera Location

USB カメラ配置位置は図 6 の通りである。本システムでは電動ストレッチャーの正面に 3 つ、左方、右方、後方にそれぞれ 1 台ずつ設置している。左方の USB カメラは電動ストレッチャーに搭載するモニターアームを取り付けるため、中央から後方側に少しずらした位置に USB カメラを設置する。進行方向側に USB カメラを置いてしまうとモニターアームの動作を障害してしまうと考えた。

3.4 視野の範囲

図 7 は映像の視野の範囲を図面化したものである。灰色で塗られた部分は USB カメラの死角を表している。

3.5 ライン機能

ライン機能は進行方向・後方カメラの映像に図 8 のようにラインを表示する機能である。このラインは電動ストレッチャーの幅、及び距離感を視覚的に表したものである。

4. 評価

ここでは評価及び評価実験について述べる。

4.1 評価概要

本システムの評価項目は以下の通りである。

- 画面の見やすさ
- 表示されている映像の遅延
- 映像による違和感の有無

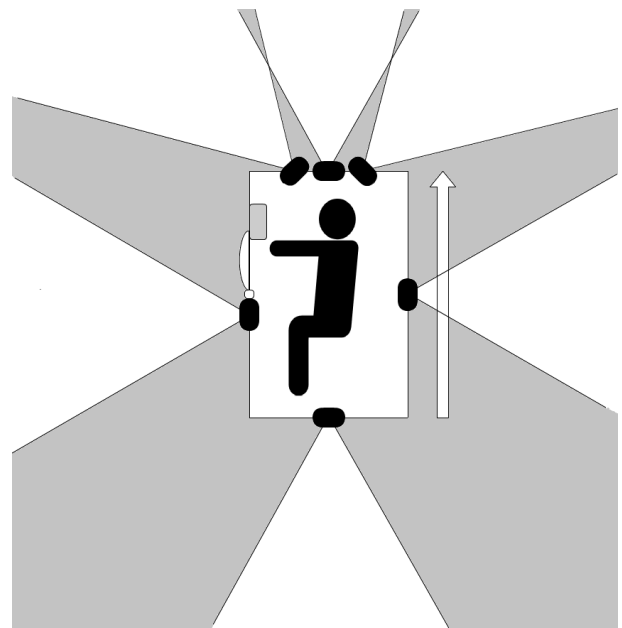


図 7 視野の範囲
Fig. 7 View area

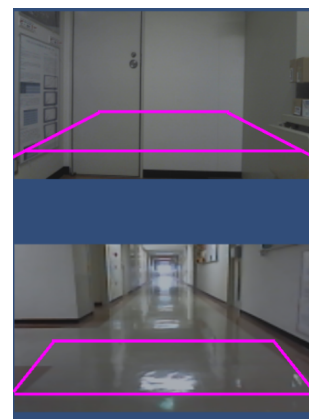


図 8 ライン機能
Fig. 8 Line of Window

- 距離感の掴みやすさ
- システムを使用しながら電動ストレッチャーの使用感
- 使用する上での起こりうるリスク

本システムの評価は 2 回に分けて行う。まず九州産業大学にてストレッチャー担当である 2 名で評価をする。後日、対象者の方に利用してもらい、評価をしてもらう。

4.2 評価実験

平成 29 年 1 月 7 日、九州産業大学 12 号館、及び 8 号館の廊下にて、本システムの評価実験を行った。本評価実験の評価項目は以下の通りである。それぞれの項目について以下の節で評価方法、及び評価結果を述べる。

- 画面の見やすさ
- USB カメラ映像の遅延・連続性
- 距離感の掴みやすさ
- 使用する上で起こりうるリスク

また評価実験に用いた機材は以下の通りである。

- 使用した電動ストレッチャー:縦 123cm、横 59cm、高さ 80cm
- 子供を想定したぬいぐるみ (図 17):高さ 65cm
- ゴミ箱 (図 18):高さ 70cm

本実験では電動ストレッチャーに装着するためのカバーがまだ完成しておらず、カバーを装着しない状態での実験となった。そのため、実際の使用において結果と異なる場合がある。

4.3 画面の見やすさ

実際にシステムの画面を見て、映像が見にくい部分の有無を確認する。映像を見ながら電動ストレッチャーが操作できるか。見にくいカメラ映像がないか調べる。またラインが表示されていることによって映像が見えにくくなっていないかを確認する。

4.3.1 評価方法

広い場所でカメラシステムを使い、設置した USB カメラの映像が表示されているかを見て、見にくい画面がないかを確認する。また、システムの画面を見ながら直進し、ラインが邪魔になっていないかを見る。

4.3.2 評価結果

システムの画面で見にくい部分はなく、横になりながらも見にくい画面はなかった。また直進しながらシステムの画面を見てもしっかり見えており、ラインが邪魔と感じなかった。

4.4 USB カメラの遅延・連続性

USB カメラ映像の遅延及び連続性について調べる。

4.4.1 評価方法

電動ストレッチャーを直進させ、動かしている間、カメラ映像に遅延が発生していないか。カメラ映像が止まったりしないかを調査した。

4.4.2 評価結果

映像の遅延はほとんど無く、使用する上では問題ないと考えられる。連続性については直進中もカメラ映像が途切れることなく、スムーズに表示され続けたため、問題ないとする。

4.5 距離感の掴みやすさ

今回の実験では壁と電動ストレッチャーの距離感が掴めるか調べる。またカメラが下に向いている方が壁との距離感がわかりやすくなるのではと考え、調べてみることにした。

4.5.1 評価方法

電動ストレッチャーを壁に向かって近づけていき、USB カメラ映像に床が表示されなくなったら止まる。その時の電動ストレッチャーと壁の距離を測る。またライン機能を



図 9 壁と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 9 Robotics Stretcher and Wall

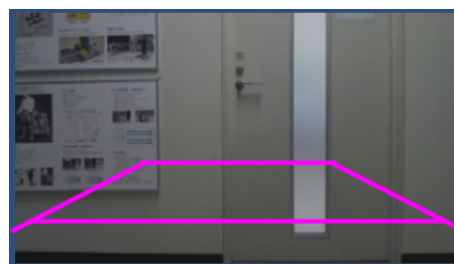


図 10 図 9 時の正面の画像
Fig. 10 Front view on Fig.9

用いて壁との距離感がわかるかを調べた。次に USB カメラを少しずつ下に向け、同様の方法で電動ストレッチャーと壁の距離を測り、記録する。USB カメラの角度 90 度から始め、85 度、80 度、75 度まで調べる。手動で角度を合わせるため、誤差が生じる為、この実験を 5 回繰り返した。

4.5.2 評価結果

図 9 が壁と電動ストレッチャーの位置関係である。また図 10 がこの時のシステムの画面である。USB カメラの角度は 90 度である。しかし、ライン機能で壁を見ても壁との距離感がわかりにくいと感じた。また USB カメラの角度毎の距離は表 2 に記す。それぞれの USB カメラ角度の時の電動ストレッチャーと壁の位置関係、システムの画面は、図 9、図 10 を角度 90 度であり、図 11、図 12 を角度 85 度、図 13、図 14 を角度 80 度、図 15、図 16 を角度 75 度の計 4 つの角度で実験した。

角度 90 度の時と比べて、角度を下げることで壁との距離は短くなる。しかし、壁との距離感は下げてもわかりにくく、また遠くを映し出せないため、進行方向側は下げるべきではないと感じた。

4.6 起こりうるリスク

本システムを利用する上で、想定する状況の例をいくつか挙げ、それによるリスクと対処方法を調べる。今回の評価実験では 3 つの状況を想定する。今回調べるのは「子供が電動ストレッチャーに近づいてくる」と、「電動ストレッチャーより低い障害物の視認」と、「曲がり角をうまく曲がれるか」である。またこの時の USB カメラの角度は全て 90 度である。

表 2 電動ストレッチャーと壁の距離
Table 2 Distance between Stretcher and Wall

カメラ の角度	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目	平均値
90 度	195	203	205	203	205	202
85 度	150	154	152	147	149	150
80 度	130	135	131	126	119	128
75 度	111	101	112	110	98	106

長さの単位はすべて cm



図 11 角度 85 度の時の壁と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 11 Stretcher and Wall when Camera angle is 85 degree



図 12 図 11 時の正面の画像
Fig. 12 Front view on fig.11



図 13 角度 80 度の時の壁と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 13 Stretcher and Wall when Camera angle is 80 degree

4.7 電動ストレッチャーに子供が近づいてくる場合

小さい子供が後ろからついてくる、もしくは興味等を持って近づいてくる可能性がある。しかし、それに対象者が気が付かず、子供が怪我をすることが想定される。そのため、どこにいる場合見えなくなるかを理解する必要があると考えた。

4.7.1 評価方法

図 17 を子供と想定し、電動ストレッチャーの後方に近づけていき、どこでぬいぐるみが見えなくなった時の電動

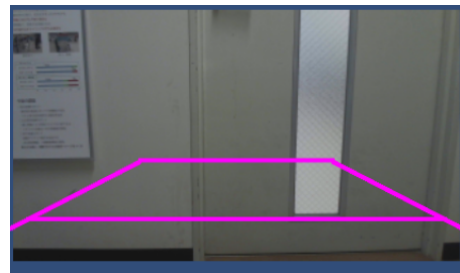


図 14 図 13 時の正面の画像
Fig. 14 Front view on fig.13



図 15 角度 75 度の時の壁と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 15 Stretcher and Wall when Camera angle is 75 degree

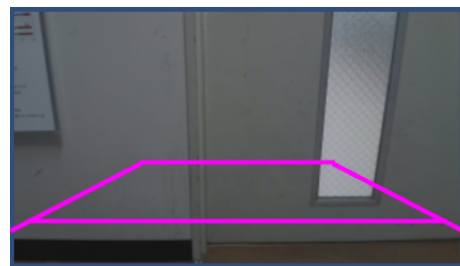


図 16 図 15 時の正面の画像
Fig. 16 Front view on fig.15



図 17 子供を想定したぬいぐるみ
Fig. 17 Doll

ストレッチャーとぬいぐるみとの距離を測る。このぬいぐるみの頭の部分を子供の頭と想定する。頭の高さは地上から 65cm となっている。

4.7.2 評価結果

ぬいぐるみが見えなくなった時の電動ストレッチャーと



図 18 ゴミ箱
Fig. 18 dust box

の距離は 15cm であった。

4.8 電動ストレッチャーより低い高さの障害物の視認

電動ストレッチャーを動かすうえで、障害物の存在は避けて通ることはできない。もし気づくことが出来なければ、障害物と接触し、その衝撃で対象者が怪我をしてしまう可能性がある。今回は図 18 のゴミ箱 (高さ 70cm) を障害物とし、距離間がわかるかどうか、どこまで近づくと障害物が見えなくなるかと、障害物との距離感がわかるかを確認する。

4.8.1 評価方法

電動ストレッチャーをゴミ箱に向かって動かし、ゴミ箱の側面が見えなくなったところで止め、その時の電動ストレッチャーとゴミ箱との距離を測る。次に、ライン機能を使ってゴミ箱をとの距離感がわかるかを確認する。

4.8.2 評価結果

電動ストレッチャーとゴミ箱との距離 15cm ほどでゴミ箱の側面が見えなくなった。その時のゴミ箱と電動ストレッチャーの位置関係は図 19 でシステムの画面は図 20 の通りである。



図 19 ゴミ箱と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 19 Stretcher and dust box

4.9 曲がり角を視認できるか

曲がり角がシステムの画面で見ることができるかを確認する。いち早く曲がり角が見えることで対象者が曲がりやすくなるのではないかと考えている。曲がり角がうまく視認できない場合、曲がり角と接触する可能性がある。それによって対象者が怪我をする危険がある。



図 20 図 19 の時のシステムの画面
Fig. 20 Windows on Fig.18 situation



図 21 曲がり角と電動ストレッチャーの位置関係
Fig. 21 Stretcher and corner

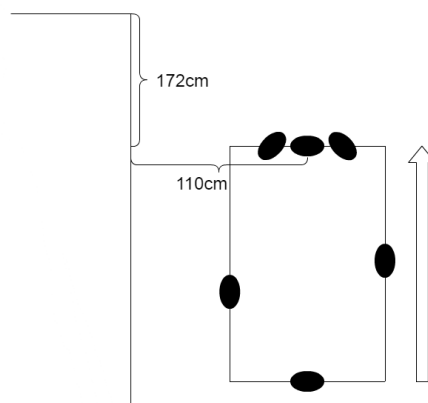


図 22 曲がり角と電動ストレッチャーの位置関係図
Fig. 22 Location of Stretcher on Fig.21

4.9.1 評価方法

曲がり角に向けて電動ストレッチャーを直進させ、進行方向のカメラ映像に曲がり角が見えたら電動ストレッチャーを止め、曲がり角と電動ストレッチャーの距離を測る。また壁と電動ストレッチャーとの間の距離は 110cm である。

4.9.2 評価結果

角までの距離が 172cm のところで曲がり角を視認することができる。角と電動ストレッチャーの位置関係は図 21 の通りである。また図 22 は上から見た時の位置関係図で図 23 がシステムの画面である。

4.10 考察

本評価実験において、4.2 節の評価項目の評価を行った。本システムは USB カメラの台数が増えたことにより死角



図 23 図 21 の時のシステムの画面
Fig. 23 Windows on Fig.21 situation

が減り、ライン機能を導入することで、障害物との距離感がわかりやすくなったと考える。これにより、障害物の回避も容易になると考える。また、USB カメラの角度を下げることで電動ストレッチャー付近が見えるようになる。後方カメラは下げることで近づく子供をさらに見やすくなると思われる。USB カメラは神坂システムよりも多くなったが、映像の遅延は無く、映像は途切れることなく表示することができた。

本評価実験における問題点を挙げる。まず、壁との距離感がわかりにくいことである。ライン機能を用いて看板などの目印があればわかりやすくなる。しかし、何もない壁の場合、目印にするものがなく、ライン機能が活用できていないと考えている

5. 結論

本章ではまとめについて述べた後、今後の課題について述べる。

5.1 まとめ

本研究はストレッチャープロジェクトの一つとして行われているものである。対象者の方は脊髄性筋萎縮症を患っており、体が自由に動かせず、寝たきりの状態である。以前からストレッチャーカメラシステムの研究は行われていたが、問題点も多かった。

問題点を解決するためのカメラシステムの画面設計、カメラ設置位置の検討案を作成をした。3つの検討案を出し、目的である「広い視野の提供」を満たせる USB カメラ 6 台を設置する案を採用した。それらの案をもとに Unity で開発した。Unity で開発することで複数のカメラ映像を 1 つのウィンドウで表示することが可能となった。また、ライン機能を取り入れることで、電動ストレッチャーの幅や奥行きを視覚的に表し、操作の安定性を高められると考えた。ライン機能の実装は Unity の機能を使うことで実装が容易になった。

本システムを実装し、評価実験を行った。そこでいくつかの評価項目に対して実験、評価をした。結果として、障害物を見ることや曲がり角を見ること、カメラシステムを使うことで広い視野を提供することができた。今後、芸術学部で開発されたカバーを装着したうえで対象者の方にカメラシステムを使ってもらい、評価を行う予定である。

5.2 今後の課題

今後の課題として、まず後方の視野の拡大がある。本システムでは進行方向側の視野の拡大に比重をおいたため、後方の死角が大きくなってしまった。そのため使用するカメラや画面配置を再度考える必要がある。

次にライン機能の精度である。今回実装したライン機能では目印となる部分との距離感がわかりやすくなるが、無地の壁などとの距離感がわかりにくい結果となった。

最後に各カメラ映像の解像度の差が激しいことである。本来ならばすべてのカメラ解像度を 320×240 にする予定であった。しかし、6 台分のカメラ映像の情報量が大きすぎたため、全てのカメラ映像が正常に表示されなかった。使用する機材の検討等を考える必要がある。

謝辞 本研究において、同じストレッチャープロジェクトで協力してくださった九州産業大学工学部の仲野翔紀さん、本研究の対象者として貴重なご意見をくださった早川幸希様に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] “Taisuke Sakaki, Kanta Aoki, Kuniharu Ushijima and Mihoko Sakuragi, ”Robotic Stretcher for Spinal Muscular Atrophy Patient: Preliminary Tests of User Controllability”, The 10th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, CD-ROM (6 pages), October, 2013”
- [2] “神坂良生, 榊泰輔, 下川俊彦, 青木幹太, 櫻木美穂子, ”SMA 患者のための電動ストレッチャーの開発 (第 11 報) -ユーザーの視界改良-, ”日本機械学会九州支部九州学生会第 46 回学生員卒業研究発表講演会論文集, (Mar. 2015)”,
- [3] “Unity-GameEngine:<http://japan.unity3d.com/>”.
- [4] “HDWebcamC252:<http://www.logicool.co.jp/ja-jp/product/hd-webcam-c525>”,