

論文

Kinect を用いた重度障がい者のための 支援システム

金井塚 祐子 諏訪 敬祐

障がい者は年々増加傾向にあるが、中でも重度障がい者の介護者に対する負担は非常に大きい。それはしばしば障がい者虐待へとつながることがある。近親者による介護ではもちろん、介護施設等でも夜間に人員を割くことができないため、その時間の介護者の負担を軽減することができれば虐待の抑止につながる。本稿では、介護者の負担を軽減するために、Kinect という安価で高性能なセンサーカメラで就寝中の障がい者の骨格を認識し、障がい者の動きを監視するシステムを構築した。

キーワード：Kinect, 障がい者監視, 介護, 虐待

1 はじめに

1. 1 研究の背景

(1) 現在の介護の現状

介護とは、高齢者や身体障がい者、知的障がい者など日常生活を送ることが困難である人の自立を図るものである。要介護レベルは人によってさまざまであるが、重度の要介護者は自分の意思で体を動かすことができないため、日常生活のほとんどの行為に対して介護者の支援を必要としている。図 1 のように、介護の仕事は「4K」と呼ばれている。「きつい」とは、車いすへ移乗させるなどの重労働が多いことをいう。「汚い」は要介護者の排泄物処理、「危険」はノロウイルスやインフルエンザなどの病気に感染するリスクが大きいことを指している。また、「給料が安い」とは介護従事者にも該当するものである。このような危険な仕事であるにも関わらず、一般の社員の 2 / 3 ほどの給料となっていることをいう。さらに要介護者からの暴力や暴言も多いため、介護の仕事は自己犠牲を伴う非常に厳しい仕事

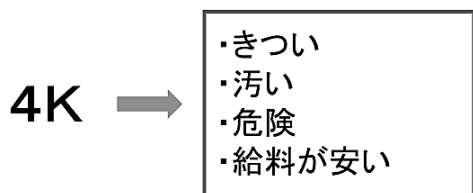


図 1 介護の 4K

KANAIZUKA Yuko
 東京都市大学メディア情報学部情報システム学科
 2016 年度卒業生
 SUWA Keisuke
 東京都市大学メディア情報学部情報システム学科教授

である。

(2) 障がい者虐待

現在、障がい者総数は約 744 万人となっている [1]。先述のように介護の仕事は非常に厳しいため、介護者には過度のストレスがたまり、障がい者への虐待へとつながることがある。また、施設等に勤める介護従事者よりも、近親者のほうが虐待へつながる可能性が高い。虐待件数のグラフを図 2 に示す。

(3) Kinect

Kinect は Microsoft が販売する家庭用ゲーム機「Xbox360」において、コントローラを用いずに操作を可能とする周辺機器である [2]。図 3 に Kinect の外観を示す。Kinect はハードウェア機能として RGB カメラ、距離カメラ、4 つのマイクを並べたマイクアレイ、チルトモーターなどを持っている。これらの機能を用いてプレイヤーやプレイヤーの骨格を認識することができる。また、プレイヤーの骨格を追跡することでプレイヤーの動きも

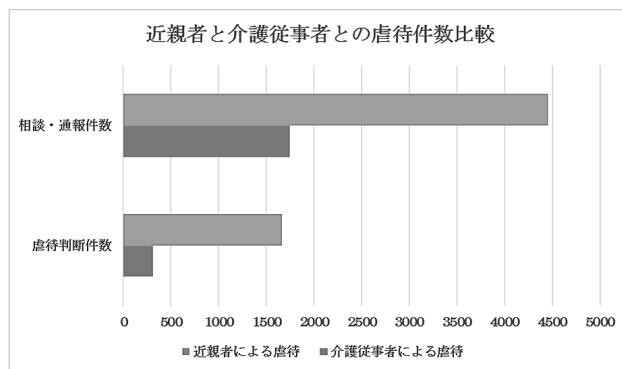


図 2 介護者別虐待件数の比較



図3 Kinect

認識できる。音声操作を行うことも可能であり、あらかじめ決められた言葉を発することでPC操作ができる。

Kinectを骨格の認識・追跡をするために設置する際は、プレイヤーの全身がカメラに収まるようにする。実際は頭から膝上周辺までが画角に入れば認識されるが、全身が画角に入ったほうがより精度が向上する。

Kinectの多機能性から、発売当初より他の用途に応用させる動きが見られていた。そして2012年2月にはWindowsPCで自由に開発ができ、商標利用が可能である「Kinect for Windows」が発売された。表1にKinect for Windowsの仕様および動作環境を示す。

(4) 既存システム「ラムロックシステム」

ラムロックシステムとは、病院・介護施設・独居老人向けの介護支援システムである[3]。実際に人間が見守り続けるのではなく、カメラとシステムを使うことで、常に介護施設の利用者や訪問介護先の独居老人を見守ることができる。異常を検知したときに、メールとライブ映像で知らせる。また、監視カメラにスピーカーが内蔵されているため、任意のカメラへ遠隔から音声を送信することができる。

導入費用は、レンタルで月々19,000円～、購入する場合は約550,000円～である。工事費用や、使用するカメラの台数によって価格が変動する。

1.2 研究の目的

障がい者虐待件数は年々増加傾向にある。そのうち近親者による虐待は、全体の8割を占める。したがって、近親者介護の負担を減らすことで障がい者虐待件数を減らすことが期待できる。しかし、既存の介護支援システムを導入するには多額の費用がかかるため、広く普及

表1 Kinect for Windowsの仕様および動作環境

カラーカメラ (解像度/フレームレート)	640x480 30fps/1280x960 12fps
距離センサー (解像度/フレームレート)	640x480 30fps/320x240 30fps
距離センサーと認識範囲	視野角: 垂直43度/水平57度 有効距離: 0.4~10m 精度: 1mm単位で取得
PCとの接続	USB2.0接続
電源	外部電源(ACアダプタ)
OS	Windows 7/8/8.1 Windows Embedded Standard 7 Windows Embedded POS Ready 7 Windows Embedded 8 Standard

していない。Kinectを使用することで、システム開発に必要な費用を大幅に削減できるため、介護支援システムを身近なものとする事ができる。

本研究では、近親者介護の虐待防止や介護施設でのサポートをするために、Kinectを用いた安価な監視システムを作成し、介護者の負担を軽減することを目的とする。

2 開発環境

本システムの開発環境を表2に示す。

2.1 VisualStudio2010

VisualStudio2010とは、Microsoftが提供している開発ツールである。この開発ツールを用いる利点は以下の通りである[4]。

- ・開発生産性の向上
- ・高機能性
- ・強固なセキュリティ

欠点は、プログラムを実行するために「.NET Framework」をインストールする必要があることであるが、今回使用したWindows7には標準でインストールされているため、今回はこの開発ツールを用いた。

2.2 プログラミング言語 C++

C++は汎用プログラミング言語のひとつである。C言語に、オブジェクト指向プログラミングをはじめとするさまざまなプログラミングパラダイムをサポートするための改良が加えられたものといえる。KinectはC++、C#、VisualBasicでの開発に対応しているが、より高度な内容とするため今回はC++を用いた。

2.3 Kinect for Windows SDK

Kinect for Windows SDKとは、Microsoftの研究部門であるマイクロソフトリサーチが開発した、Windows向けKinect用SDKである[5]。本来はXbox360用の周辺機器であるKinectセンサーであるが、このSDKを用いれば、USB経由でWindows7PCに接続し、パソコンから制御可能となる。現在は、非商用の目的に限り無償でダウンロードできる。今回用いるKinectはバージョン1.0であるため、SDKのバージョンは1.8を用いた。

表2 開発環境

OS	Windows7
モジュール	Kinect for Windows
開発環境	VisualStudio2010
開発言語	C++
SDK	Kinect for Windows SDK v1.8
メールクライアント	Smal

また、Kinect for Windows SDK をインストールすると、同時に「Microsoft Kinect for Windows Sample Browser」もインストールできる。Kinect を PC に接続し、サンプルブラウザからサンプルプログラムを実行することで、Kinect の起動確認をすることができる。図 4 に Microsoft Kinect for Windows SDK Sample Browser の起動画面を示す。

2. 4 SMAIL

SMAIL は Windows のコマンドプロンプトから起動して利用することができる、送信専用の電子メールクライアントである [6]。複数ファイルの添付、複数 CC/BCC の指定、重要度の指定などが可能である。

あらかじめ SMTP ポート番号、SMTP 認証、ユーザ ID (送信元メールアドレス)、パスワードの入力が必要となる。

3 システム開発

3. 1 システム概要

本研究では、介護者の負担を軽減するため、夜間障がい者がベッドで就寝している際に障がい者を監視するシステムを作成する。

システム構成を図 5 に示す。

ベッドで休息中の障がい者の骨格を認識し、頭部の座標のみを抽出する。あらかじめ保持しておいた直前の頭部座標と比較し、差異が大きくなった場合は、障がい者の姿勢が崩れてしまったり、体調に異変が現れてしまったということが考えられるため、介護者に通知するためにパソコンから警告音を鳴らす。また、介護者がパソコンから離れてしまった場合、警告音が聞こえなくなる可能性があるため、任意のメールアドレスへメッセージを送信する機能を追加した。

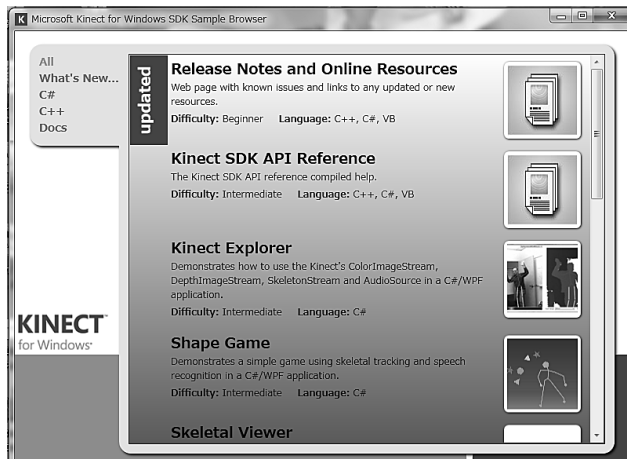


図 4 Microsoft Kinect for Windows SDK Sample Browser 起動画面

3. 2 既存システムとの比較

既存システム「ラムロックシステム」との比較を表 3 に示す。

既存システムは、高性能なセンサーカメラを用いており、離れた場所にいる施設利用者を動画で常に監視することができる。利用者に異変が現れたときは、音での通知はもちろん、カメラを通じて利用者へ声をかけることができる。しかし、カメラやモニターなどの機材をレンタルする場合の費用は月々 19,000 円から、購入する場合は 550,000 円からとなっており、高価な価格設定となっている。さらに設置のための工事費用もかかるため、気軽に導入することができない。

本研究のシステムは、利用者の様子を確認したり、声をかけることはできないが、Kinect 本体と WindowsPC があれば導入することができるため、導入価格は約 21,000 円である。既存システムと比較すると非常に安価であり、導入しやすさを実現できる。このことから、本研究のシステムは障がい者支援システムをより普及させるために有用であるといえる。

3. 3 システム開発

Kinect 本体を Windows7PC に接続し、VisualStudio 2010 を用いて開発を行う。

構成図

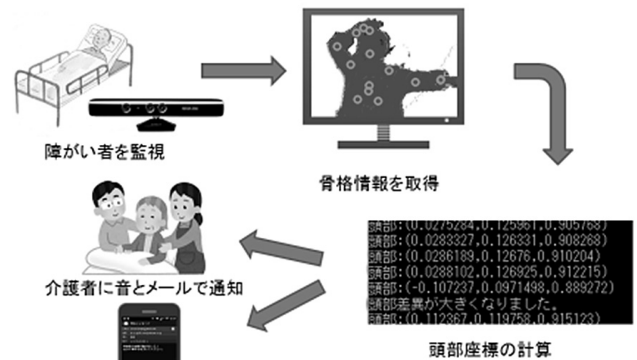


図 5 システムの仕組み

表 3 既存システムとの比較

	画像表示	音での通知	音声の遠隔送信	導入価格	備考
ラムロックシステム mini	○	○	○	×	レンタル 月々19,000円～ 購入 約550,000円～
本研究のシステム	×	○	×	◎	Kinect本体と アダプター 約21,000円

(1) Kinect for Windows SDK のインストール

WindowsPC で Kinect を使用するために、Kinect for Windows SDK のインストールを行う。SDK は以下の Microsoft 公式サイトからインストールできる。

<https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>

ダウンロードファイルを実行すると以下の画面が表示されるので、同意して次へを選択する。図6に Kinect for Windows SDK のインストール画面を示す。

(2) Kinect の接続

Kinect の電源を入れてから、USB 端子を WindowsPC に接続する。

自動的にドライバのインストールが始まる。

(3) VisualStudio2010

VisualStudio2010 を起動し、プロジェクトを新規作成する。

本研究では Win32 コンソールアプリケーションを選択する。



図6 Kinect for Windows SDK インストール画面



図7 新規プロジェクトの作成

図7に新規プロジェクトの作成画面を示す。

(4) 頭部骨格の認識と座標の取得

本研究は、障がい者の頭部の座標のずれを計算して障がい者の動きを検知するため、まずは頭部骨格を認識する必要があります。

骨格座標には、x座標、y座標、z座標が存在するため、すべての座標値を保存する。

本システムのフローチャートを図8に示す。

(5) 頭部座標の差異計算

障がい者が動いたかどうかを検知するために、直前の頭部座標を保管して、現在の座標との差異を計算する。

(6) 警告音

障がい者の頭部が一定値以上動いたことを検知したとき、PC から警告音を鳴らす。

また、同時に頭部が動いた旨を知らせるメッセージボックスを表示しておき、メッセージボックスを閉じるまで警告音をループ再生する。

(7) メール送信

PC からの警告音のみでは、介護者が PC から離れているときに気付くことができない。介護者が離れていても障がい者の異変に気付けるように、任意のメールアドレスへメッセージを送信する。

メール送信には SMAIL というアプリケーションを用いる。

下記のサイトで SMAIL をインストールできる。

<https://www.picolix.jp/disp2.html>

インストール後はアプリケーションを起動し、SMTP

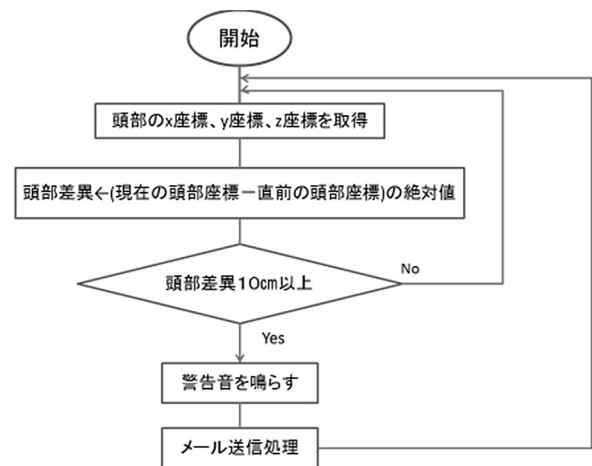


図8 フローチャート

ポート番号, SMTP 認証, SMTP ユーザ ID (送信元メールアドレス), SMTP パスワードを入力し, SMTP/SSL 暗号化の「使用する」にチェックを入れる. 暗号化のポート番号は 465 とする.

SMAIL の初期設定画面を図 9 に示す.

また, メールに記載するメッセージは固定のため, あらかじめテキストファイルに本文内容を入力しておく.

4 研究結果

4. 1 システムの内容

まず, VisualStudio2010 を起動し, メニューバーからデバッグ→デバック開始を選択してシステムを起動する. システム起動画面を図 10 に示す.

コンソールが表示され, メールアドレスを要求される. また, メールアドレスを入力して Enter キーを押すと, 確認のためのメッセージボックスが表示される. 「はい」を選択すると座標の取得に移る. 「いいえ」を選択すると, メールアドレスの要求画面に戻る.

メールアドレス確認画面を図 11 に示す.

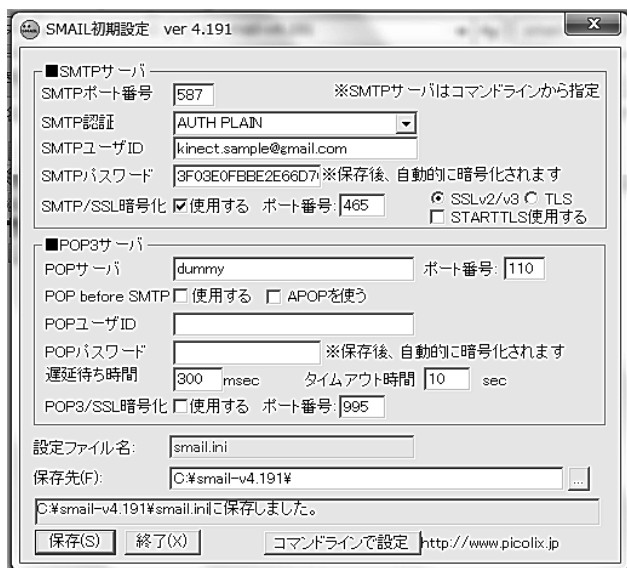


図 9 SMAIL 初期設定画面

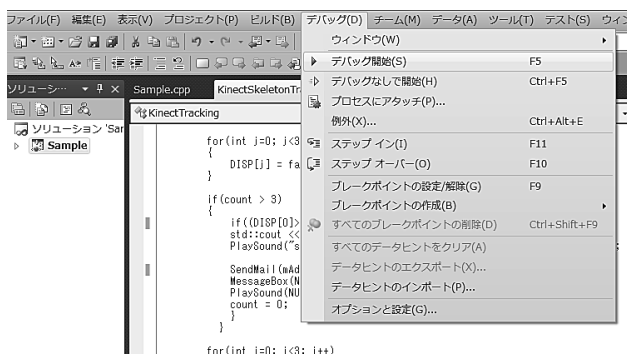


図 10 システムの起動

メールアドレスを決定すると, 頭部座標の取得を行う.

1 秒間に 1 回頭部の座標を取得し, x 軸, y 軸, z 軸の座標の値をコンソールに表示する.

同時に, 座標の数値はログファイルに出力される. また, 差異の計算をするため, 座標の値を保持しておく. 頭部座標の取得中の画面を図 12 に示す. 身体が動いた検知範囲は約 10cm とした.

頭部を動かすと, PC から警告音が鳴る. メール送信処理が成功または失敗した旨と, 頭部が動いた旨をコンソールに表示し, 同時にメッセージボックスを表示する. メッセージボックスを閉じるまで警告音が鳴り続ける.

メッセージボックスを閉じると, 頭部座標の取得へ戻る.

メール送信処理中の画面を図 13 に, メール送信成功の旨を表示する画面を図 14 に示す. また, 入力したメールアドレスに送信されたメールを図 15 に示す.

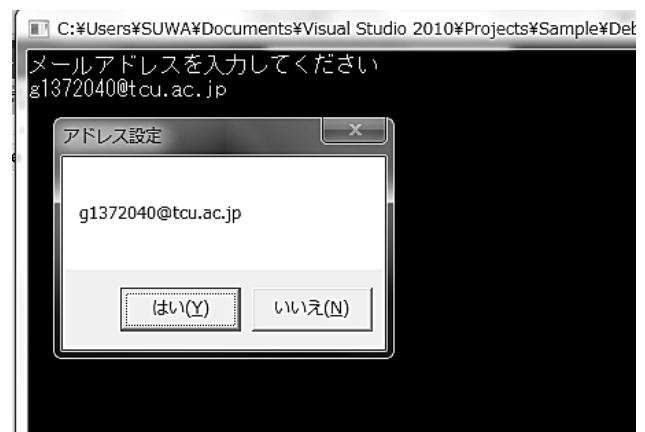


図 11 メールアドレス確認画面

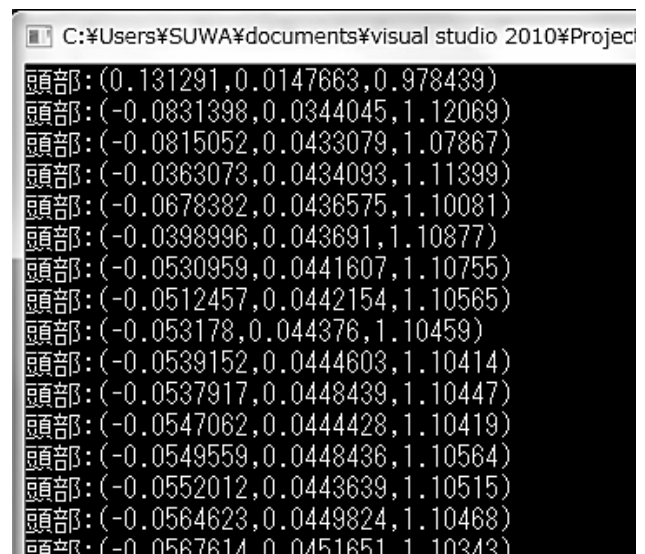


図 12 頭部座標の取得

メッセージボックスを図 16 に示す。

5 システムテストとアンケート結果

5.1 システムテスト

今回作成したシステムを使用して、正確性や誤認識率を検証するためにテストを行った。

本来は障がい者施設等に赴きテストを行うべきであるが、施設の都合により許可が下りなかったため、5人

```

頭部差異が大きくなりました。
smail.exe -d -hsmtp.gmail.com -fk Kinect.sample@gmail.com -s警告 -f test.txt g1372040@cu.ac.jp
SSL connection using ECDHE-RSA-AES128-GCM-SHA256 - TLSv1/SSLv3
X509 subject_name: /C=US/ST=California/L=Mountain View/O=Google Inc/CN=smtp.gmail.com
X509 issuer_name: /C=US/O=Google Inc/CN=Google Internet Authority G2
Recv:[53 bytes] 220 smtp.gmail.com ESMTP p2sm12068698pgd.17 - gsmtp
Send: EHL0 SUWA-PC
Recv:[224 bytes] 250-smtp.gmail.com at your service, [110.132.233.235]
250-SIZE 35882577
250-8BITMIME
250-AUTH LOGIN PLAIN XOAUTH2 PLAIN-CLIENTTOKEN OAUTHBEARER XOAUTH
250-ENHANCEDSTATUSCODES
250-PIPELINING
250-CHUNKING
250-SMTPUTF8
[250 message ok!]
Send: AUTH PLAIN *****
Recv:[20 bytes] 235 2.7.0 Accepted
Send: MAIL FROM:<kinect.sample@gmail.com>
Recv:[41 bytes] 250 2.1.0 OK p2sm12068698pgd.17 - gsmtp
Send: RCPT TO:<g1372040@cu.ac.jp>
Recv:[41 bytes] 250 2.1.5 OK p2sm12068698pgd.17 - gsmtp
    
```

図 13 メール送信処理

```

Subject: =?ISO-2022-JP?B?GvRCN1k5cBsoSg==?
X-Mailer: SMAIL 4.191
Mime-Version: 1.0
Content-Type: text/plain; charset=ISO-2022-JP
Content-Transfer-Encoding: 7bit
Date: Fri, 20 Jan 2017 12:20:24 +0900
Send:
Send: +$Bm:MD<T$NF,1+$,F0$-$*$7$?Lx#(J
Send: +$BD>$A$KMM:R$+rNG' $7$F/$@5$!#*(J
Send:
Recv:[52 bytes] 250 2.0.0 OK 1484882425 p2sm12068698pgd.17 - gsmtp
Send: QUIT
Recv:[57 bytes] 221 2.0.0 closing connection p2sm12068698pgd.17 - gsmtp
送信成功
    
```

図 14 メール送信成功



利用者の頭部が動きました！
直ちに様子を確認してください。

図 15 受信メール



図 16 警告メッセージボックス

の健常者に協力してもらった。

(1) テスト内容

本システムは夜間の使用を前提としているため、利用者がベッドに横になった状態でテストを行った。

調査したのは以下の項目である。

- ① 10 分間あまり動かずにいたとき（寝返り程度）の誤動作回数
- ② 10 回大きく動いたときの検知回数

これらの回数を利用者ごとに足していき、最終的な集計を行う。

①では、利用者には自由に寝返りを打ってもらう。また、②ではベッドの上でうずくまったり、ベッドから出て立ち上がったたりなどをしてもらう。

(2) テスト結果

全実施者の結果は以下のとおりである。

- < 1 人目 >
- ① 0 回 ② 8 回
- < 2 人目 >
- ① 0 回 ② 7 回
- < 3 人目 >
- ① 0 回 ② 9 回
- < 4 人目 >
- ① 0 回 ② 10 回
- < 5 人目 >
- ① 0 回 ② 8 回

以下の図は、各設問の結果をグラフで示したものである。

テスト項目①について、頭部を動かさなかった時の誤動作は 0 回という結果となった。今回テスト対象とした健常者より、実際に利用対象となる障がい者のほうが動きが少ないと考えられるため、頭部を動かさなかった

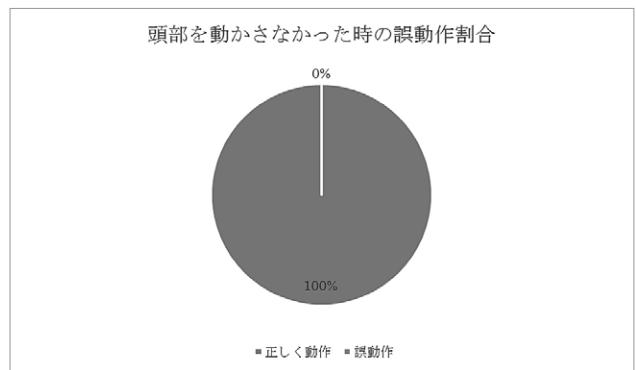


図 17 テスト項目①の集計結果

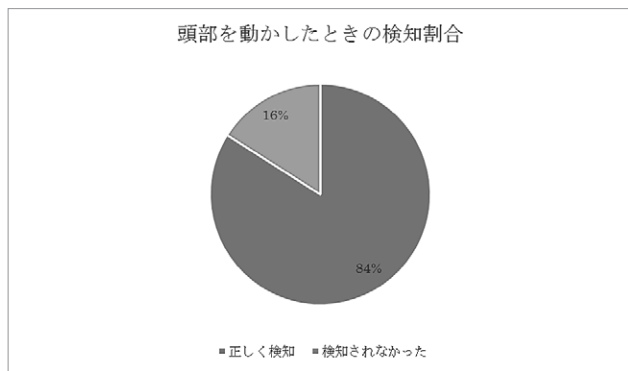


図 18 テスト項目②の集計結果

場合の誤動作は非常に少ないといえる。

テスト項目②について、正しく検知された割合は 84%であった。本システムでは、1 秒ごとに頭部座標を取得しているため、速く動きすぎると骨格を追いかけることができず、正しく検知できない場合がある。また、ゆっくり動きすぎて 1 秒間で 10cm も動かない場合も検知することができなかった。

5. 2 アンケート結果

(1) アンケート内容

本システムについて、介護支援サービス等を営んでいる会社に勤める 1 名の介護福祉士に意見を伺った。

アンケート内容は以下のとおりである。

- ① 本システムは障がい者を監視するにあたって有用であるか
(そう思う・まあまあ思う・あまり思わない・全く思わない)
- ② 本システムに追加すべき機能や不要な機能はあるか
(自由記述)
- ③ 本システムについての意見
(自由記述)

(2) アンケート結果

回答は以下のとおりである。

- ① 本システムは障がい者を監視するにあたって有用であるか
そう思う
- ② 本システムに追加すべき機能や不要な機能はあるか
利用者が夜間にトイレに行くなど、やむを得ず移動する必要があるため、一時停止機能があるとよい。不要な機能はない。
- ③ 本システムについての意見
障がい者だけでなく、認知症患者にも適したシステムではないか。

①より、本システムの有用性は非常に高いということがわかる。

②について、本システムを停止するためにはコンソールウィンドウを閉じるしかないため、再びシステムを起動する際にメールアドレスの入力からやり直す必要がある。よって、一時停止機能は今後実装すべき機能であるといえる。また、本システムは最低限の機能のみ有しているため、不要な機能はないと判断された。

③では、認知症患者の徘徊防止に役立つとの指摘をいただいた。

6 考察

今回、Kinect を用いて介護者の負担を軽減するための障がい者支援システムの開発を行った。介護者の代わりに Kinect が監視し、利用者に動きが見られたときに通知を行うことで、介護者の休息時間を作り出すことができると考えられる。また、Kinect を用いることでシステムの値段を安価にすることができ、気軽にシステムを導入することができるようになる。その結果として、現場で働く介護福祉士から肯定的な意見を得ることができた。

しかし、問題点もいくつか挙げられる。1つ目は、利用する環境によっては設置場所を選ぶということである。PC と Kinect は USB で接続しているため、離れた場所に設置することができない。導入する施設や家に、Wi-Fi 環境がなければ、利用者の近くに Kinect を置けない可能性がある。2つ目は、利用者が動いた時の検知率は 84%であり、非常に正確とはいえないことである。本システムでは、頭部が 10cm 動けば通知をするようにしたが、利用者によって、どのくらい動くことができるかが異なるため、10cm という基準は人によって変更できるようにする必要がある。

本研究の問題点を解決するには、まず任意の USB 機器を Bluetooth に変換して使用できるアダプタ等を利用し、PC と Kinect を遠隔で設置できるようにする。これにより、Wi-Fi 環境がない施設でもある程度の利便性が確保できると考えられる。さらに、頭部がどのくらい動いたら通知を行うかを自在に変更できる機能を追加する。これにより、利用者一人一人に適した値を設定することができるため、検知率を上げられると考えられる。また、利用者が動く必要があるときに簡単にシステムを停止することができる。一時停止機能を追加する。システム開始時にメールアドレスを入力する手間を省くため、利便性が高まると考えられる。

7 まとめ

本研究では、Kinect を用いた障がい者のための支援システムを提案・開発を行った。今回作成した方法を使

えば、障がい者支援システムをより広く普及することが可能である。Kinect は多様な機能を持つセンサーカメラであるため、今回のような障がい者向けシステムをはじめ、認知症患者の徘徊防止など様々な用途へ応用することが可能であることがわかった。

今後の課題は、問題点を解決するため、さらなるシステムの改良を行うことである。

謝辞

本研究のシステム作成においてご意見をくださった介護福祉士の方と、諏訪研究室の学生に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 厚生労働省 平成 26 年度都道府県・市町村における障害者虐待事例への対応状況等（調査結果）
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/0000107538.html>
- [2] weblio 辞書 キネクトとは <http://www.weblio.jp/content/%E3%82%AD%E3%83%8D%E3%82%AF%E3%83%88>
- [3] 株式会社ラムロック ラムロックシステム
<http://www.ramrock.co.jp/ramrocksys/>
- [4] @ IT 第 1 回初めての VisualStudio2010
<http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1005/11/news105.html>
- [5] Microsoft Kinect 用のツールとリソース
<https://developer.microsoft.com/ja-jp/windows/kinect/tools>
- [6] ピコリックス SMAIL
<https://www.picolix.jp/disp2.html>