筑波大学大学院博士課程

システム情報工学研究科修士論文

身体姿勢と周囲の情報に基づくモバイル インタラクション手法

張　翼鷹

修士（工学）

（コンピュータサイエンス専攻）

指導教員　高橋 伸

2017 年 3 月

概要

モバイルデバイスの性能アップと普及により，モバイルデバイスを利用するコンテキストアウェアネスへの関心が急速に高まっている．例えば，デバイスの加速度センサと GPS を用い，ユーザの歩数と移動距離を推測したり，気圧センサで，標高を測定したり，心拍センサを用い，ユーザの心拍数をとったりするコンテキストアウェアネスの実例が多く存在している．しかし，ユーザが静止している時の姿勢状態に関しては，現有のセンサが少ない制限で，得ることは難しい．更に，モバイルデバイスの利用場所が広いため，モバイルデバイスで最も利用されている SNS でのメッセージ交換やログインするためのアカウントとパスワードの入力などのプライバシー情報が周りの人に覗き見されるリスクが高い．そこで本研究では，デバイスを使っている時，距離センサ、モバイルデバイスのフロントカメラと加速度センサなどを利用することで，モバイルデバイスが得られる情報を増やし，ユーザがデバイスを利用する時にユーザの身体姿勢を検出することとユーザ以外にデバイスの画面を見える人からの覗き見を防止する可能なコンテキストアウェアネスの手法を提案し，実装を行った．また，作成したプロトタイプを用いて被験者実験を行った．実験の結果として，身体姿勢の検出システムにおいて，高い認識成功率を得て有用性を示した．画面の共有と覗き見防止システムにおいて，分かりやすさと操作しやすさが高い評価を得た．

目 次

第 1 章　序論 **1**
1.1 背景 1
1.2 目的 1
1.3 アプローチ 1
1.4 構成 2

第 2 章　関連研究 **3**
2.1 身体姿勢についての研究 3
2.2 モバイルデバイスとのインタラクション拡張についての研究 4
2.3 プライバシー保護と画面共有についての研究 4

第 3 章　身体姿勢の検出システム **6**
3.1 身体姿勢の検出システムの設計 6
3.2 身体姿勢の検出システムの実装 9
3.2.1 開発環境 9
3.2.2 ハードウェアの構成 9
3.2.3 ソフトウェア構成 11
3.3 身体姿勢の検出システムに関する実験 13
3.3.1 被験者 13
3.3.2 実験内容 13
3.3.3 結果と考察 15
3.4 ユースケース 21
3.4.1 身体姿勢を記録するライフログ 21

第 4 章　周囲情報の検出システム **22**
4.1 周囲情報の検出システムの設計 22
4.2 周囲情報の検出システムの実装 24
4.2.1 開発環境 24
4.2.2 ソフトウェア構成 24
4.3 周囲情報の検出システムに関する実験 26
4.3.1 被験者 26
4.3.2 実験内容 26

4.3.3　結果と考察 28
4.4　ユースケース 29
4.4.1　モバイルデバイスの画面の覗き見防止とシェアリング 29

第 5 章　結論 **30**
5.1　まとめ 30
5.2　今後の展望 30

謝辞 **31**

参考文献 **32**

付録　実験同意書とアンケート **35**

図 目 次

3.1 モバイルデバイスの加速度センサの三軸 6
3.2 各姿勢 8
3.3 作成したプロトタイプ 9
3.4 ハードウェアの回路図 10
3.5 プログラムのフローチャート 12
3.6 身体姿勢を検出するアプリケーション 13
3.7 身体姿勢の検出実験の様子 14
3.8 各実験者の姿勢認識の成功率 19
3.9 姿勢認識の平均成功率 20

4.1 ユーザの身近なスペース 23
4.2 人とモバイルデバイスの位置関係 23
4.3 プログラムのフローチャート 25
4.4 周囲情報を検出するアプリケーション 26
4.5 周囲情報の検出実験の様子 27

表 目 次

3.1 姿勢認識の結果 (被験者 A) 16
3.2 姿勢認識の結果 (被験者 B) 16
3.3 姿勢認識の結果 (被験者 C) 17
3.4 姿勢認識の結果 (被験者 D) 17
3.5 姿勢認識の結果 (被験者 E) 18
3.6 姿勢認識の結果 (全員) 18

4.1 周囲情報の検出システムのアンケート結果 28

第1章　序論

1.1　背景

モバイルデバイス（スマートフォンやタブレット PC など）は，時間と場所に縛られなく，最も効果的で便利なコミュニケーションと情報処理のツールとして日常生活に不可欠な道具になりつつあると同時に，リソースが限られているため，サービスの品質向上が大きく阻害された [1]．また，モバイルデバイスの性能アップと普及により，モバイルデバイスを利用するコンテキストアウェアネスへの関心が急速に高まっている．例えば，デバイスの加速度センサと GPS を用い，ユーザの歩数と移動距離を推測したり，気圧センサで，標高を測定したり，心拍センサを用い，ユーザの心拍数をとったりするコンテキストアウェアネスの実例が多く存在している．しかし，ユーザが静止している時の姿勢状態に関しては，現有のセンサが少ない制限で，得ることは難しい．更に，モバイルデバイスの利用場所が広いため，モバイルデバイスで最も利用されている SNS でのメッセージ交換やログインするためのアカウントとパスワードの入力などのプライバシー情報が周りの人に覗き見されるリスクが高い．

1.2　目的

本研究ではユーザがモバイルデバイスを使用する時，ユーザ自身の身体姿勢とユーザ以外にデバイスの画面を見える人がいるかどうかを検出することを目的とする．なおかつ，ユーザ以外にデバイスの画面を見える人がいるなら，その人に画面の内容を見せることにするかその人に画面の内容を隠すことを簡単な動作でできるようになることも目的とする．

1.3　アプローチ

前節の目的を達成するため，本研究では端末に距離センサをつけ，距離センシングと顔認識を行うことでモバイルデバイスが得られる情報を増やし，得られた情報を利用することで「立位」、「座位」、「仰臥位」と「側臥位」の四種類の身体姿勢を検出することが可能になる．また，フロントカメラで顔認識を行い，ユーザ以外の人が存在しているかどうかを検出し，ユーザ以外の人が存在するなら，簡単な操作か自動で画面の内容を覗き見から保護したりシェアリングしたりするが可能になる．これらのアプローチによりユーザがモバイルデバイスを使用する時の身体姿勢を検出する可能なシステムとモバイルデバイスの画面をシェアリングするか覗き見から保護するシステムを開発する．

1.4 構成

本論文の構成は以下の通りである. 本章では，本研究における背景を述べ，それを踏まえて本研究の目的とアプローチを述べた．第 2 章では，本研究に関連する研究を紹介し，本研究との比較を行う．第 3 章で身体姿勢の検出システムの設計，実装と実験について述べる．続く第 4 章では周囲情報の検出システムの実装と実験について述べ，最後に第 5 章では結論と今後の課題について述べる．

第2章　関連研究

2.1　身体姿勢についての研究

Skotte らの研究 [2] では，ユーザの大腿部および臀部に 17 個の 3 軸加速度計をつけることで，五つの身体活動タイプ（立っている、歩いている、階段を登っている、走っている、サイクリングしている）を認識する手法を提案した．Hashimoto らの研究 [3] では，ユーザがモバイルデバイスを使っている時に直径 50mm の色付のマーカーをユーザの眼角，耳珠，椎骨 C 7，肩峰，肘，腰などのところに貼付し，画像解析により各マーカーの中心座標の位置情報を取得し，その位置情報を分析することで，ユーザの上肢姿勢を取得し，姿勢と視距離を調整するように，音と文字を流すシステムの実装及び考察を行った．Zhang らの研究 [4] では，走る姿勢を改善するを目的としたため，走る姿勢を測定できるウェアラブルデバイスの設計と開発を行った．Zhou らの研究 [5] と Ramanathan らの研究 [6] では，kinect かカメラを利用してユーザの姿勢を測定する手法を提案した．Chan ら研究 [7] もカメラを利用して姿勢を認識するが，外部カメラまたは分散型モーションセンサを利用することではなく，魚眼レンズをユーザの体につける手法を提案した．吉田らの研究 [8, 9] では，モバイル端末に搭載されているセンサなどの時系列を分析することでユーザの移動状態を推定する手法を提案した．Kwapisz らの研究 [10] では，モバイルフォンをポケットに置いている場合に，持ち主の活動状態の認識する．提案手法としては，モバイルフォンに内蔵された加速度センサを利用して協力者の 29 人が日常活動を行う時の加速度データを記録して機械学習を行うことで，ユーザの活動状態を識別する．実験結果としては，階段を上る状態と階段を下りる状態の認識成功率は 80%以下であったが，90%以上の認識成功率で歩行、ジョギング、立つ状態と座る状態を認識できた．Gold らの研究 [11] では，モバイルデバイス上で文字入力の姿勢が筋骨格系疾患の発症率と関係あるかどうかを検証する研究である．被験者の大学生のモバイルデバイス上で文字入力の姿勢を観察した結果，男女の文字入力の姿勢が異なることが判明し，異なるところの分析を行った．

以上の研究では，ユーザの身体姿勢を取得するため，体にセンサをつけたりカメラでユーザの姿勢を撮って分析したりすることが多いである．本研究では上記の先行研究と同様に，ユーザの身体姿勢の測定を目的としたが，モバイルデバイスを使用する時の身体姿勢を注目することと，ユーザを体にセンサをつけることや使用環境の制限から解放するため，ユーザの体にセンサをつけない上に使用場所の制約のない手法を使用したことは先行研究と異なる点である．

2.2 モバイルデバイスとのインタラクション拡張についての研究

Chen らの研究 [12, 13] では，ユーザと携帯の位置関係を推測し，タッチ入力以外の新たなインタラクション手法を提案した．その研究 [12] の中では，体を中心にし，モバイルデバイスの向きと位置を移動することで，インタラクションをする．実装としてはデバイスと腕の位置を検測し，位置を改変すると，相応の操作を行うブラウザアプリを実装した．また，彼らの研究 [13] の中では，携帯のフロントカメラ，加速度センサなどを用いて，ユーザと携帯の位置関係を推測し，インタラクションをする．実装としては，体を中心としてデバイスを移動することで，バーチャルキーボードを切り替えるアプリを実装した．Zhang らの研究 [14] は，モバイルデバイスとインタラクションできるスペースを拡張するため， 1 つの LED と二つの PDs (photodetectors) を利用することで，デバイスの画面以外のスペースで指の動きの追跡ができるシステムを提案した．また，このシステムを利用し，仮想キーボードとトラックパッドアプリを実装し，考察を行った．Rendl らの研究 [15] は FlexCase という新たなインタラクションを提供するフリップカバーを設計した．このカバーは電子ペーパーディスプレイを使用することで，ユーザにフィードバックとメイン画面のコンテンツを提供する．また，カバーに曲げセンサと圧力センサをつけることで，触り方が分かる．Zhou らの研究 [16] では，トランスミッタとレシーバをスマートウォッチに付けることで，電界を生成し，指の接近による電界の減衰を機械学習で区別し、それぞれのインタラクション操作を認識するシステムを設計して実装を行った．Winkler らの研究 [17] では，モバイル・デバイスのサイズを守りながらインタラクション可能な画面のサイズを増加させるため，インタラクション可能なプロジェクションを投影できる携帯設備の開発を行った．

本研究では上記の研究と同様に，ユーザの体にセンサをつけることではなく，モバイルデバイスに必要のセンサをつけることで，モバイルデバイスが得られる情報を増やす．

2.3 プライバシー保護と画面共有についての研究

Dinh らの研究 [1] では，モバイルクラウドコンピューティングの環境において，モバイルコマースやモバイル健康管理などのセキュリティとプライバシー保護に関する課題および関連するアプローチについて議論した．喜多らの研究 [18] では，モバイル端末の情報が漏洩するのを防ぐため，覗き見耐性を持つユーザ認証システムを設計し，実装した．実験を通して，実装したシステムは覗き見攻撃及び録画攻撃による情報漏洩を防ぐことができた．Seifert らの研究 [19] では，水平なインタラクション可能な表面でコラボレーションするシーンにおいて，携帯電話に保存されている個人情報やメディアを携帯電話で表面を触れたり、表面に置いたりすることでプライバシーを保護しながら情報やメディアを共有する手法を提案した．また，提案した三つのインタラクション手法の比較と議論を行った．Kita らの研究 [20] では，肩の動きや肩を越して覗き見されることによる Pin（Personal Identification Number）などの個人認証番号の情報漏洩を防ぐため，アイコンをクリックし，シフト値を選択することでアイコンの移動量を決定する認証手法を提案して実装と実験を行った．実験の結果から，この手法の有用性を示した．青木らの研究 [21] では都市の環境情報地図を一般ユーザがもち歩く携帯端

末で収集した周りの環境情報で構築する時に SNS(Selective Negative Surveys) というユーザのプライバシー保護手法を提案した．Winkler らの研究 [17] では，インタラクション可能なプロジェクションを投影できる携帯設備の概念を紹介し，このデバイスを利用してデバイス 1 つにつきユーザ複数人のシーンで持ち主が他のユーザに見せたいものだけをプロジェクションで画面の共有とプライバシーを保護する手法を紹介した．

本研究では，上記の研究と異なり，モバイルデバイス上のデータ交換やシステムセキュリティなどのプライバシー保護手法やモバイル端末におけるユーザ認証システムを覗き見攻撃による情報漏洩を防ぐことではなく，ユーザがモバイルデバイスで SNS や情報閲覧をする時，スクリーン上の閲覧内容を周りの人とシェアリングする手法と覗き見を防止する手法を提案した．

第3章　身体姿勢の検出システム

3.1　身体姿勢の検出システムの設計

本研究では，人間の三つの基本体位として,「立位」、「座位」と「臥位」を認識する．また「臥位」に関しては「仰臥位」と「側臥位」の二つに分けて認識する．認識には，必要なデータとしては，まず，フロントカメラで写真をとり，写真から，端末に対するユーザの頭の傾斜度を計算する．また，端末の加速度センサのデータから，デバイスの傾きを判断する．この二つのデータを用い，ユーザが横たわるかどうかを判断する．また，横たわると判断したら，横たわりの向き（正面，側面）を判断する．モバイルデバイスの加速度センサの三軸の方向は図 3.1 に示す．具体的な認識方法は以下に記す．

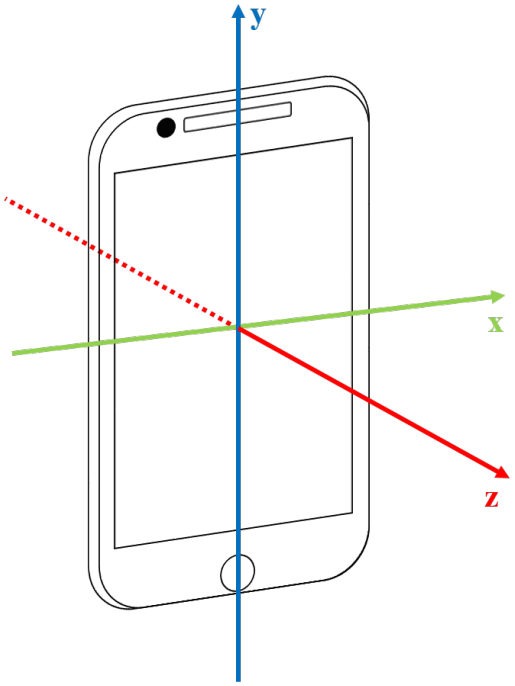


図 3.1: モバイルデバイスの加速度センサの三軸

仰臥位

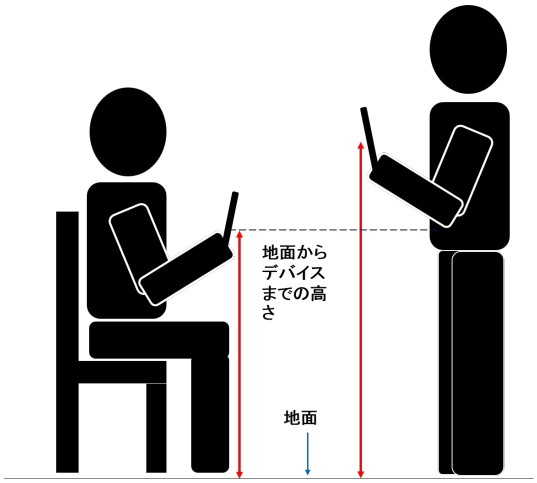
仰向けの姿勢でモバイルデバイスを使用する時，図 3.2(b) に示すように，デバイスのスクリーン側が地面に向くため，デバイスの三軸加速度センサの z 軸の値が負の数になり，絶対値が重力加速度に近づくことになる．この特徴を利用してフロントカメラに顔が映っているなら（ユーザがモバイルデバイスを使用していると推測される）,「仰臥位」と認識する．

側臥位

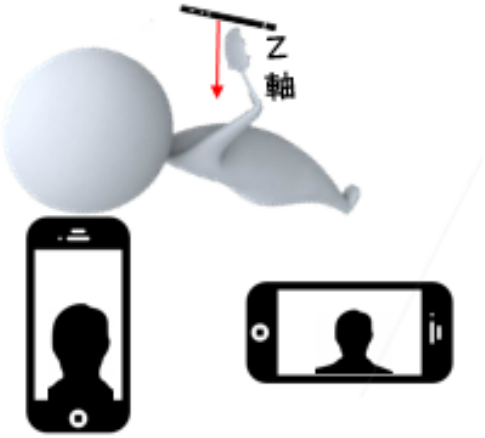
横向きの姿勢でモバイルデバイスを使用する時，図 3.2(c) に示すように，デバイスを地面と水平に持つ場合では，端末の加速度センサの x 軸の絶対値が重力加速度に近づくことになり，フロントカメラから撮った写真の中にユーザの顔が転倒のないか上下転倒になる．また，図 3.2(d) に示すように，デバイスを地面と垂直に持つ場合では，デバイスの三軸加速度センサの y 軸の絶対値が重力加速度に近づくことになり，フロントカメラから撮った写真の中にユーザの顔が横に転倒する．この特徴を利用してフロントカメラにユーザの顔が映っているなら（ユーザがモバイルデバイスを使用していると推測される），横向きと認識する．

立位と座位

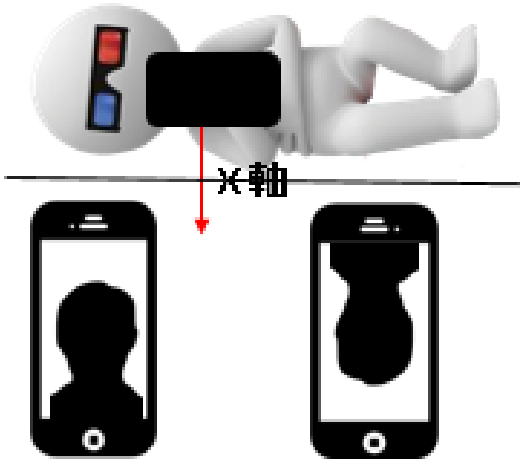
立ちながらデバイスを操作する場合では，図 3.2(a) に示すように，地面からモバイルデバイスまでの高さが座りながらデバイスを操作する場合の地面からモバイルデバイスまでの高さより高い特徴を利用してユーザが立っているか座っているかを判断する．端末から地面までの高さはデバイスに距離センサをつけることで測定する．



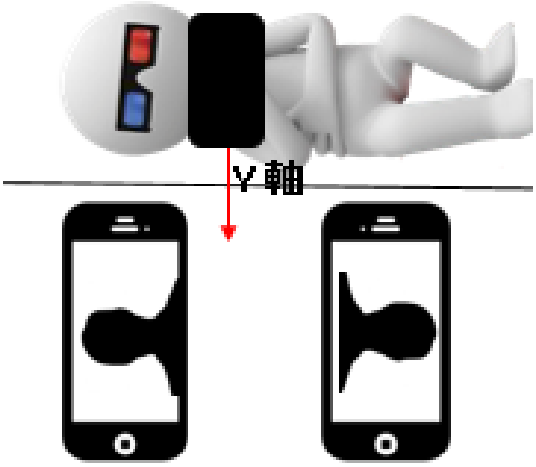
(a) 「立位」と「座位」



(b) 仰臥位



(c) 側臥位



(d) 側臥位

図 3.2: 各姿勢

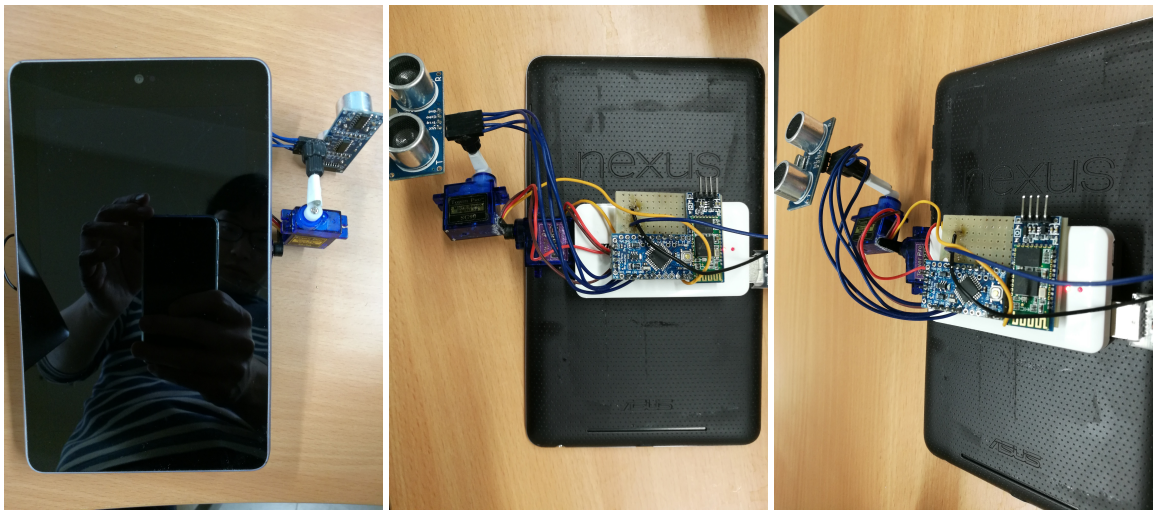
3.2　身体姿勢の検出システムの実装

3.2.1　開発環境

本研究ではユーザの身体姿勢を検出するシステムの作成を行った．本システムのソフトウェアの実装は Windows10 が搭載された PC で Android Studio と Arduino で行われている．モバイルデバイスは Android5.1.1 が搭載された Nexus7 を使用しており，距離測定は HC-SR04 型の超音波距離センサを使用しており，距離センサの向きの制御には小型のサーボモータを使用しており，モバイルデバイスとの通信は無線通信の Bluetooth を使用しており，それらの制御は Arduino Pro Mini を使用しておる．Arduino，Bluetooth とセンサなどの電源供給はリチウムチャージャー 1A1600 を使用しておる．

3.2.2　ハードウェアの構成

作成したプロトタイプは図 3.3 に示すように，距離センサは一つのサーボモータに貼り付け，そのサーボモータをもう一つのモバイルデバイスの背面に貼り付けてういるサーボモータに貼り付ける．この形の組み合わせにより距離センサの向きをモバイルデバイスの背後の全ての方向に制御することが可能になる．サーボモータを使わずに距離センサを固定されたら，モバイルデバイスの回転角と傾斜角で高さの算出もできるが，その場合，ユーザの体の前の広い範囲に障害物があったら，誤認識が生じる．そのため，今回はサーボモータで距離センサの向きを制御する仕組みをした．また，それらとデータ交換に使うブルートゥースを Arduino Pro Mini と接続する．最後，電源と接続し，モバイルデバイスの背面に固定する．作成した基盤の回路図は図 3.4 に示す．



(a) 表側　(b) 裏側　(c) 裏側（側面）

図 3.3: 作成したプロトタイプ

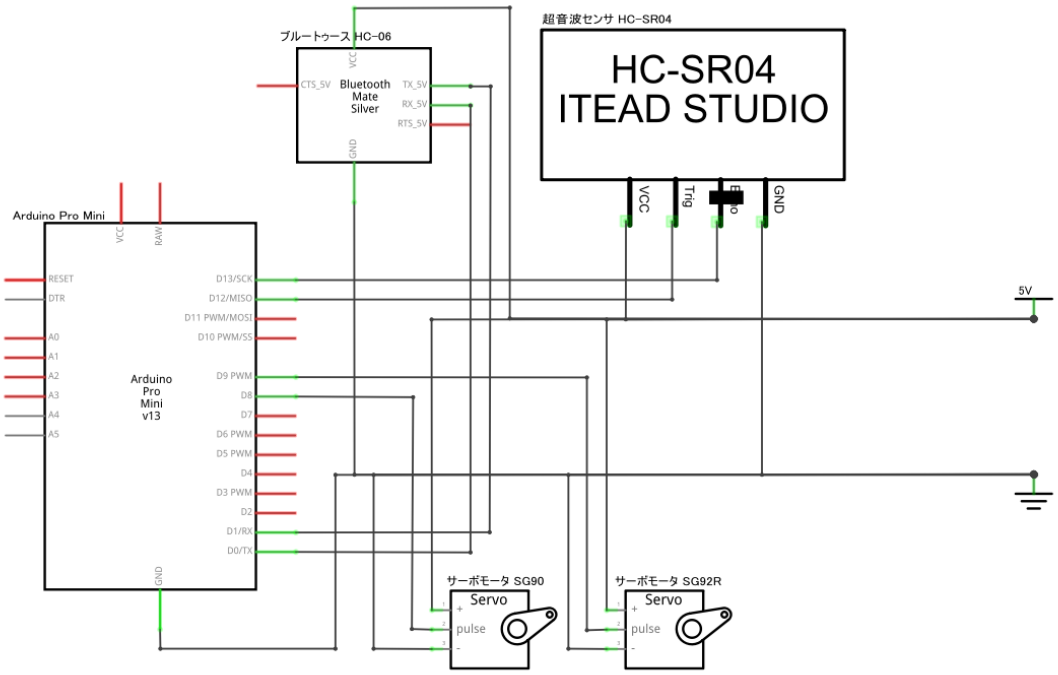


図 3.4: ハードウェアの回路図

3.2.3 ソフトウェア構成

顔認識のハードウェアは端末のフロントカメラを使用しておる．AndroidSDK に含まれている FaceDetector というクラスを使用することで顔認識を行う．ソフトウェアの流れ図は図 3.5 に示す．具体的な動作は下記に記す．

Android 側

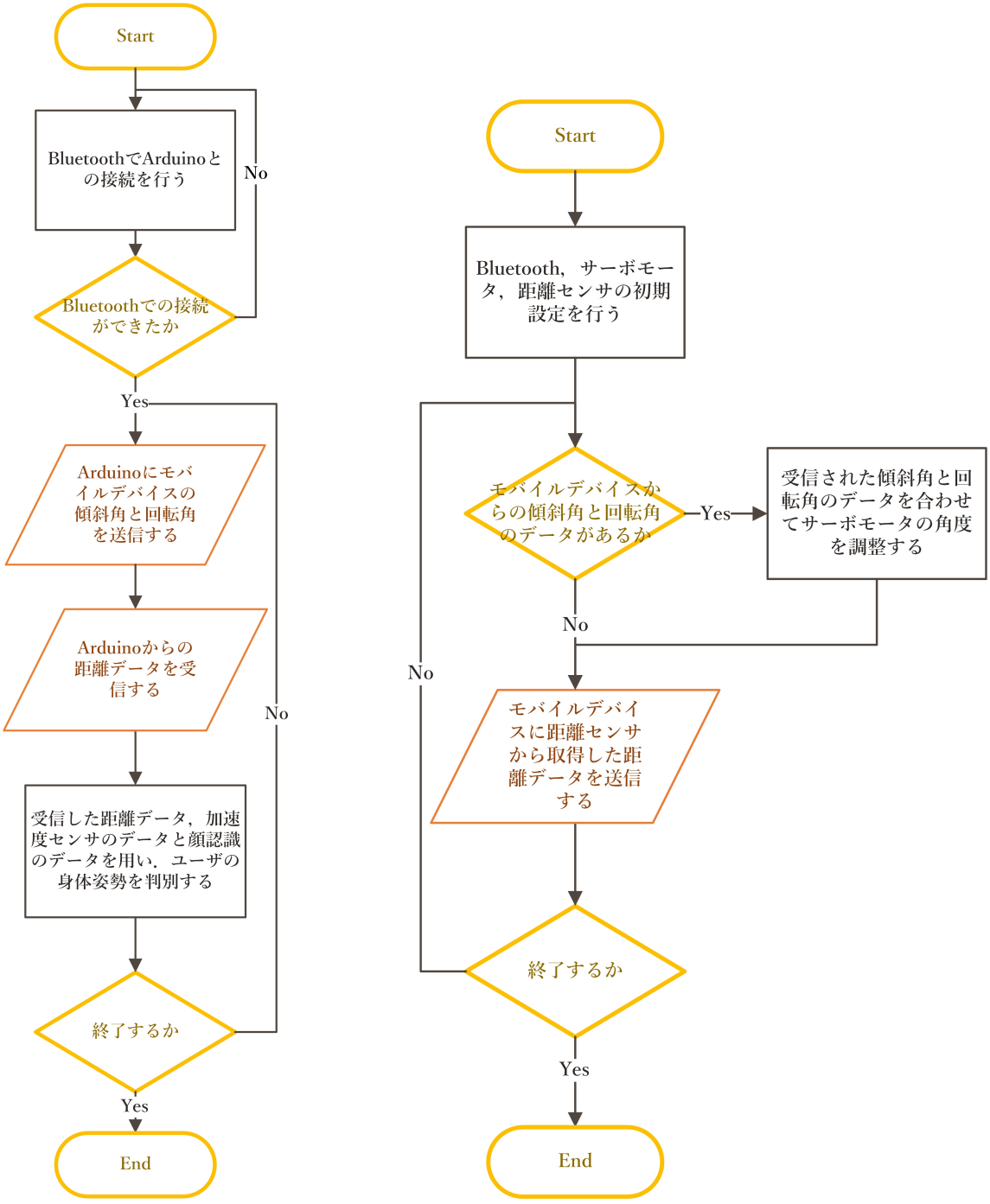
まず，ブルートゥースで Arduino との接続を待つ．接続ができたら，Arduino からの距離データを受信するスレッドと Arduino にモバイルデバイスの回転角と傾斜角を送信するスレッドを生成する．モバイルデバイスの回転角と傾斜角はモバイルデバイスの加速度センサと磁気センサで算出することができる．受信された距離データや顔の方向の認識結果などを用いてユーザの身体姿勢を判別して画面に表示する．アプリケーションを終了するまで，上記の動作を繰り返す．

Arduino 側

まず，Arduino の初期設定（ピンの設定やブルートゥースの送信速度など）を行う．今回ブルートゥースの送信速度を 9600Hz を設定し，距離センサとサーボモータはピン 12, ピン 13, ピン 8, ピン 9 を利用した．その後，Android との接続したかしなかったと関わらず，Android からのモバイルデバイスの回転角と傾斜角が送信されたかどうかを確認する．回転角と傾斜角を受信したら，受信された回転角と傾斜角の値を合わせて二つのサーボモータの角度を調整する．この動作により，距離センサを地面に向けることになる．最後，距離センサで取得した距離データをブルートゥースで Android 側に送信する．電源が切れるまでに上記の動作を繰り返す．

Android と Arduino のブルートゥース通信

まず，Arduino でブルートゥースの送信速度、機器名称と PIN コードの設定を行い，通信接続を待つ．Android 側では，まずブルートゥースのアダプタを取得し，ブルートゥースを有効にする．その後，検出対象のデバイスに関する情報を受け取るために，BroadcastReceiver を登録してブルートゥースを検出する．ブルートゥースを検出できたら，デバイスを検出する動作を停止してデバイスのソケットを取得し，Arduino 側で設定した PIN コードを入力し，接続を行う．接続が成功したら，Arduino からのデータを受信するスレッドと Arduino に送信するスレッドを生成する．接続を解除した場合に，BroadcastReceiver を解除して，生成したスレッドを中止する．



(a) Android 側　　(b) Arduino 側

図 3.5: プログラムのフローチャート

実装したアプリケーションの UI は図 3.6 に示す．(1) は身体姿勢の認識結果である．認識結果の外にモバイルデバイスの回転角、傾斜角と高さを表示する．(2) は Arduino との通信を接続するか解除するかを選択するメニューである．

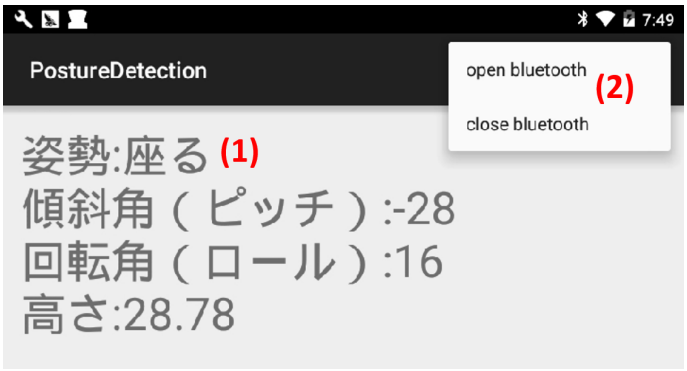


図 3.6: 身体姿勢を検出するアプリケーション

3.3 身体姿勢の検出システムに関する実験

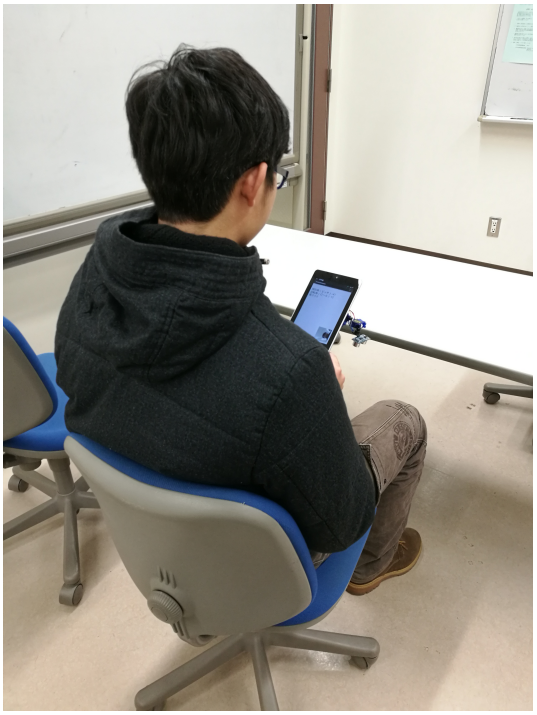
3.3.1 被験者

22 歳から 27 歳までの大学院生のボランティア 5 名（男性 4 名，女性 1 名）を被験者とした．被験者の身長は 162cm から 180cm まで，平均身長は 173.8cm であった．

3.3.2 実験内容

被験者には図 3.7 に示すように実験を行ってもらった．実験者はまず，被験者に本実験の目的を説明した．その後，ランダムで「立位」、「座位」、「側臥位」と「仰臥位」の四種類の姿勢を一分間維持してもらった．その時には，用意されたプロトタイプのモバイルデバイスを被験者によく使われる持ち方で持ってもらい，姿勢の認識を一秒一回で行い，実験者は姿勢の誤認識の回数を計測した．四種類の姿勢を全部行った後，ユーザビリティについては用意したアンケートを回答してもらった．

(a) 立位



(b) 座位

(c) 側臥位

(d) 仰臥位

図 3.7: 身体姿勢の検出実験の様子

3.3.3 結果と考察

表 3.1，表 3.2，表 3.3，表 3.4，表 3.5，表 3.6 は各実験者と全員分の姿勢認識の結果と成功率を示している．表の見方は，サブテーブル (a) は行の身体姿勢を維持していた一分間（姿勢認識の回数は計 60 回）に，システムが列の身体姿勢と認識した回数を表し，サブテーブル (b) は行の身体姿勢を維持していた一分間（姿勢認識の回数は計 60 回）に，システムが列の身体姿勢と認識した回数の割合をパーセンテージで表している．例えば，表 3.1 のサブテーブル (a) は「立位」の場合に「立位」と識別された回数が 58 回,「座位」と識別された回数が 2 回,「仰臥位」と識別された回数が 0 回,「側臥位」と識別された回数が 0 回,「座位」の場合に「立位」と識別された回数が 0 回,「座位」と識別された回数が 60 回,「仰臥位」と識別された回数が 0 回,「側臥位」と識別された回数が 0 回,「仰臥位」の場合に「立位」と識別された回数が 0 回,「座位」と識別された回数が 0 回,「仰臥位」と識別された回数が 60 回,「側臥位」と識別された回数が 0 回,「側臥位」の場合に「立位」と識別された回数が 0 回,「座位」と識別された回数が 1 回,「仰臥位」と識別された回数が 0 回,「側臥位」と識別された回数が 60 回という結果を表している．そして，表 3.1 のサブテーブル (b) は「立位」の場合に「立位」と識別されたのが 96.7%,「座位」と識別されたのが 3.3%,「仰臥位」と識別されたのが 0%,「側臥位」と識別されたのが 0%,「座位」の場合に「立位」と識別されたのが 0%,「座位」と識別されたのが 100%,「仰臥位」と識別されたのが 0%,「側臥位」と識別されたのが 0%,「仰臥位」の場合に「立位」と識別されたのが 0%,「座位」と識別されたのが 0%,「仰臥位」と識別されたのが 100%,「側臥位」と識別されたのが 0%,「側臥位」の場合に「立位」と識別されたのが 0%,「座位」と識別されたのが 1.7%,「仰臥位」と識別されたのが 0%,「側臥位」と識別されたのが 98.3%という結果を表している．

各実験者の姿勢認識の成功率は図 3.8 に示し，平均成功率は図 3.9 に示す．実験結果から,「仰臥位」の認識率は一番高く，全部認識することができた．一方で,「立位」の認識率が一番悪い結果となった．

実験後のアンケートにおいて，システムの分かりやすさと使いやすさは非常に良かったと回答していた．一方で，システムの性能とこのシステムを利用したいかどうかについては，普通だと回答していた被験者は最も多いであった．その理由として，実験用のプロトタイプが大きくて重いため，持ちにくい点を改善する必要性が示唆された．本システムを使いたい場面に対する回答については，身体姿勢を記録し，健康管理に利用したい回答が最も多いであった．また，認識精度と姿勢を認識する発想については，被験者から高い評価を得た．

結果から見ると,「立位」において誤認識が一番目立った．被験者の持ち方やサーボモータの動きによる距離センサへのノイズが生じるため，距離センサで取得した距離データは実際の距離より低いのが原因だと推測できる．また，被験者 A は「側臥位」において誤認識が一番目立った．被験者 A は横向きをしている時，他の被験者と違って手で頭を支える動作をしたため，顔の向きが誤認識されたのが原因だと推測できる．今回は距離センサで地面からモバイルデバイスまで高さを測定する仕組みでプロトタイプを実装したため，距離センサと地面の間に障害物がある場合には，距離センサが取得する距離データの値は実際の高さより小さい問題点がある．それにより,「立位」と「座位」の区別が難しくなり，認識精度も下がる

と推測できる．サーボモータを利用して距離センサを地面に垂直に向けることで，ある程度にこの問題点を軽減したが，完全に解決するため，また工夫する必要がある．この問題点も今後の課題の一つとして考えられる．

表 3.1: 姿勢認識の結果 (被験者 A)

(a) 認識結果（単位:回）

被験者 A	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	58	2	0	0
座位	0	60	0	0
仰臥位	0	0	60	0
側臥位	0	1	0	59

(b) 成功率（単位:%）

被験者 A	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	96.7	3.3	0	0
座位	0	100	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	1.7	0	98.3

表 3.2: 姿勢認識の結果 (被験者 B)

(a) 認識結果（単位:回）

被験者 B	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	57	3	0	0
座位	1	59	0	0
仰臥位	0	0	60	0
側臥位	0	0	0	60

(b) 成功率（単位:%）

被験者 B	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	95	5	0	0
座位	1.7	98.3	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	0	0	100

表 3.3: 姿勢認識の結果 (被験者 C)

(a) 認識結果（単位:回）

被験者 C	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	54	6	0	0
座位	0	60	0	0
仰臥位	0	0	60	0
側臥位	0	0	0	60

(b) 成功率（単位:%）

被験者 C	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	90	10	0	0
座位	0	100	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	0	0	100

表 3.4: 姿勢認識の結果 (被験者 D)

(a) 認識結果（単位:回）

被験者 D	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	60	0	0	0
座位	0	60	0	0
仰臥位	0	0	60	0
側臥位	0	0	0	60

(b) 成功率（単位:%）

被験者 D	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	100	0	0	0
座位	0	100	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	0	0	100

表 3.5: 姿勢認識の結果 (被験者 E)

(a) 認識結果（単位:回）

被験者 E	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	60	0	0	0
座位	0	60	0	0
仰臥位	0	0	60	0
側臥位	0	0	0	60

(b) 成功率（単位:%）

被験者 E	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	100	0	0	0
座位	0	100	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	0	0	100

表 3.6: 姿勢認識の結果 (全員)

(a) 認識結果（単位:回）

全員	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	289	11	0	0
座位	1	299	0	0
仰臥位	0	0	300	0
側臥位	0	1	0	289

(b) 成功率（単位:%）

全員	立位	座位	仰臥位	側臥位
立位	96.3	3.7	0	0
座位	0.3	99.7	0	0
仰臥位	0	0	100	0
側臥位	0	0.3	0	99.7

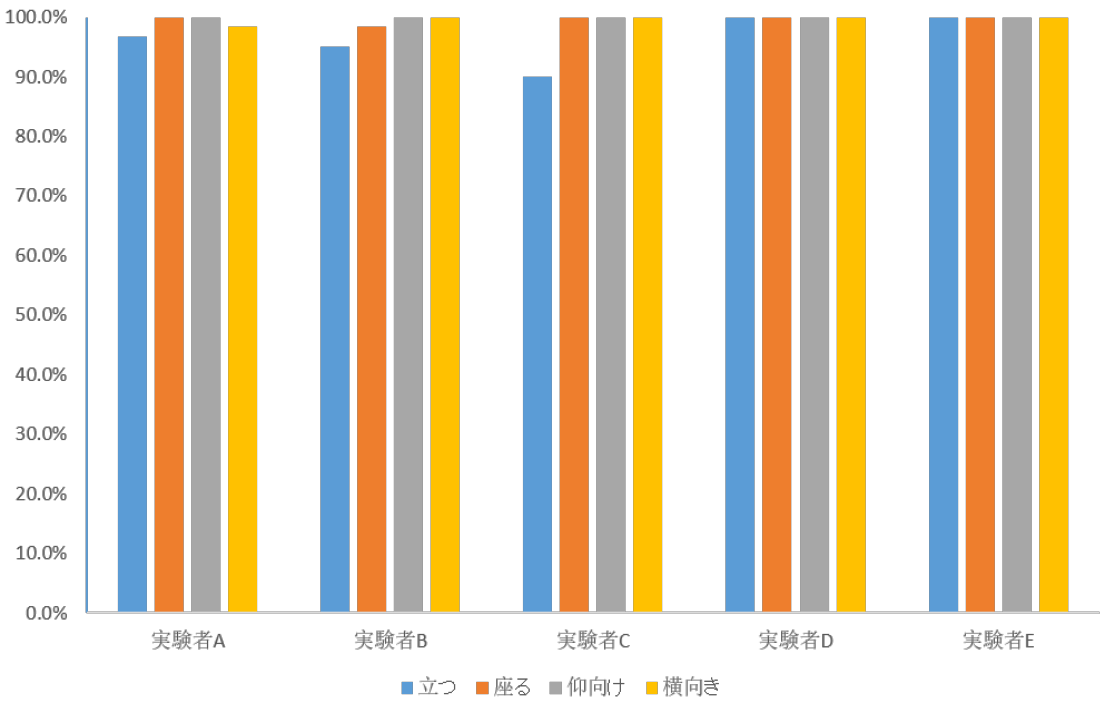


図 3.8: 各実験者の姿勢認識の成功率

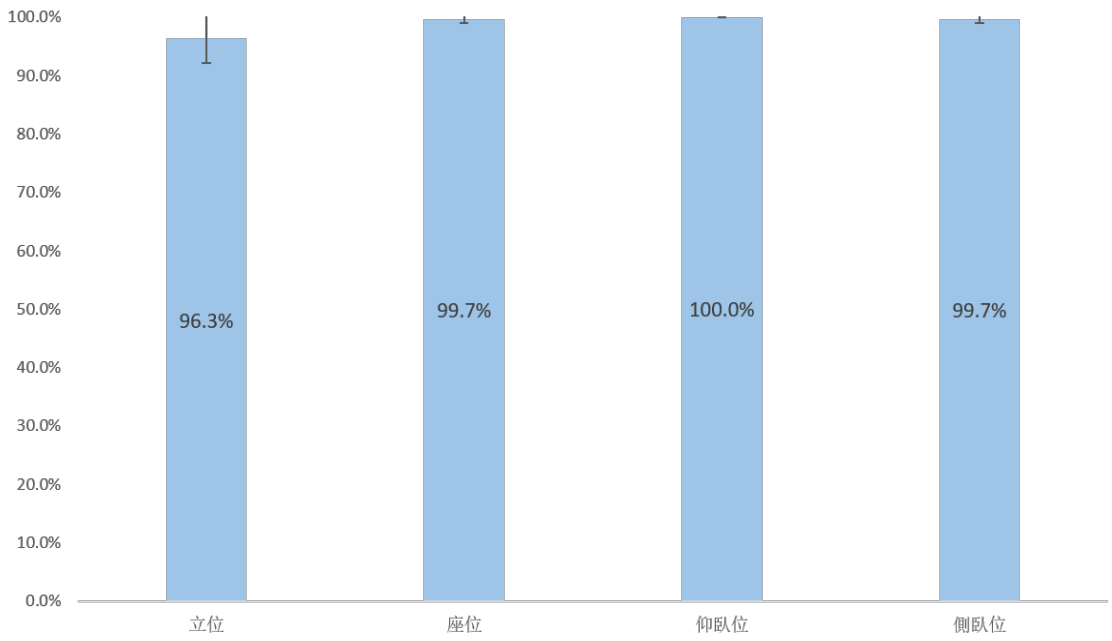


図 3.9: 姿勢認識の平均成功率

3.4 ユースケース

3.4.1 身体姿勢を記録するライフログ

モバイルデバイスの普及に伴って，ストレートネックなどの筋骨格系疾患（MSDs）の発症率が増加することが懸念されている [11]．また，スマートフォンなどの端末を利用しすぎた結果，酸欠，不眠，猫背などの病気の原因にもなる．ユーザがモバイルデバイスを使用する間，何時間座っていたか，立っていたか，横たわっていたかをライフログとして持続的に記録する．過去の姿勢履歴（何日，何時，どの姿勢，どのぐらい続いた）とモバイルデバイスを使用する時に取る姿勢の傾向分析を閲覧することも可能である．また，ユーザが長時間端末を使い，健康に悪いと思われる状態が続くと，ユーザをこの状態を続けさせないように警告や注意のメッセージを流す．このライフログを利用して健康を管理することが可能となる．

第4章　周囲情報の検出システム

4.1　周囲情報の検出システムの設計

ユーザがモバイルデバイスを利用する時，フロントカメラを利用して顔の認識を行う．複数の顔が存在しないと認識されたら，ユーザの身近なスペースがライベートスペースと判定し，何の機能も起動しない．複数の顔が存在していると認識されたら，図 4.1 に示すユーザの身近なスペースがパブリックスペースと判定し，モバイルデバイスに対する顔の方向を取得してモバイルデバイスとの位置関係の判定を行う．図 4.2 に示すように，モバイルデバイスを中心として，周りのスペースを前後左右に分けて人とモバイルデバイスの位置関係を判定する．その後，下記の二つの機能が起動する．

覗き見防止

フロントカメラで複数の顔が存在していると認識されたことは画面の内容が覗き見されかねないことになる．今回では，覗き見からプライバシーを保護するため，二つの操作手法を用意した．一つの操作手法はデバイスを相手に見にくい方向に軽く回転するか（例えば，モバイルデバイスの左側に他の人が存在していると認識されたら，モバイルデバイスを右側に回転する）用意されたボタンをクリックすることで画面の内容を見えないようにし，デバイスが元に回転するかボタンをクリックすることで画面の内容も見えるようにする．もう一つの操作手法は，フロントカメラで複数の顔が存在していると認識されたら，ユーザの操作を待たなくて直接に画面の内容を見えないようにし，用意されたボタンをクリックすることで画面の内容も見えるようにする．

画面の共有

フロントカメラで認識された人にデバイスの画面の内容を見せたい場合にデバイスを相手にいる方向に回転することで画面の内容を相手の見やすい方向に回転する（例えば，モバイルデバイスの左側に他の人が存在していると認識されたら，モバイルデバイスを左側に回転したら，デバイスの画面のコンテンツも相手に見やすいように左側に回転する）．バイスが元に回転するかボタンをクリックすることで画面の内容の方向も元に戻る．

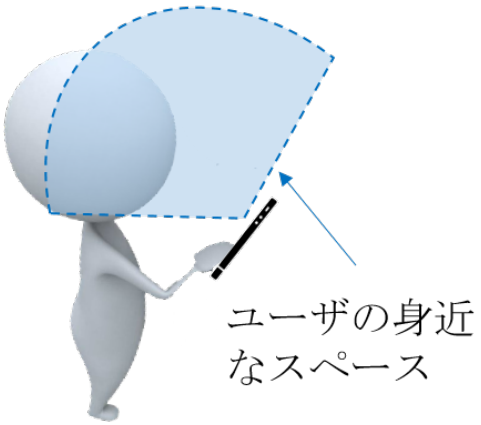


図 4.1: ユーザの身近なスペース

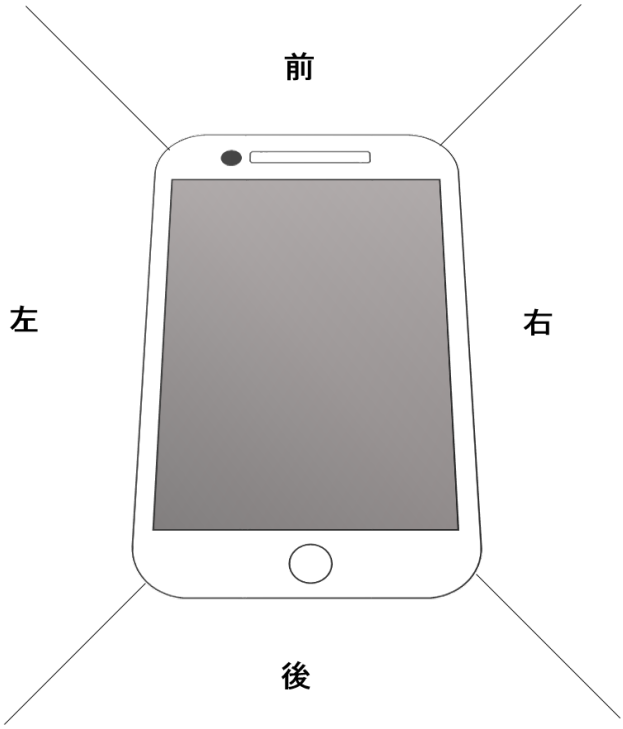


図 4.2: 人とモバイルデバイスの位置関係

4.2 周囲情報の検出システムの実装

4.2.1 開発環境

本研究ではユーザの身体姿勢を検出するシステムの作成を行った．本システムのソフトウェアの実装は Windows10 が搭載された PC で Android Studio で行われている．モバイルデバイスは Android5.1.1 が搭載された Nexus7 を使用しており，端末のフロントカメラと AndroidSDK に含まれている FaceDetector というクラスを使用することで顔認識を行う．

4.2.2 ソフトウェア構成

ソフトウェアの流れ図は図 4.3 に示す．まず，プライバシー保護機能に用意された二つのモード（複数の顔が検出されたら直接に画面の内容を見えないようにするモードと複数の顔が検出されでもユーザの次の動作を待つモード）を選択する．その後，フロントカメラで顔の数やデバイスとの位置関係などの認識を行う．複数の顔が検出されなかったら，顔認識を再開する．複数の顔が検出されたら，デバイスの加速度センサの値を利用して検出された顔からユーザの顔方向を確定する．その後，選択した操作手法に従い，相応の機能を起動する．例えば，画面のシェアリング機能を利用した場合に，デバイスを存在を検出された相手の方向に回転するとデバイスの画面が相手の見やすい方向に回転することになる．仕組みとしては，複数の顔が検出された時のデバイスの回転角を記録し，回転角の変化が設定された閾値を超え，回転の方向がユーザ以外に検出された人が存在したら，画面のコンテンツが相手の見やすい方向に回転．また，プライバシー保護機能即ち覗き見から防止する機能を利用したい場合，選択したモードの違いにより，操作が異なる．複数の顔が検出されたら直接に画面の内容を見えないようにするモードを選択する場合，複数の顔が検出されると，ユーザの操作が必要なく，プライバシーを保護するため，画面の内容を見えないようにする．複数の顔が検出されでもユーザの次の動作を待つモードを選択した場合に，ユーザが検出された相手の反対方向にデバイスを回転すると，画面の内容を見えないようにする．しかし，相手の反対方向にもう一人が存在したら，画面のシェアリング機能との衝突が発生する．それを解決するため，デバイスを回転するではなく，ボタンを表示し，クリックすることで画面の内容を見えないようにする．上記の動作を実行した後，画面を元の状態に戻したい場合には，前と反対の動作をするか表示されたボタンをクリックすることで，画面を元の状態に戻す．アプリケーションを終了するまで，上記の動作を繰り返す．

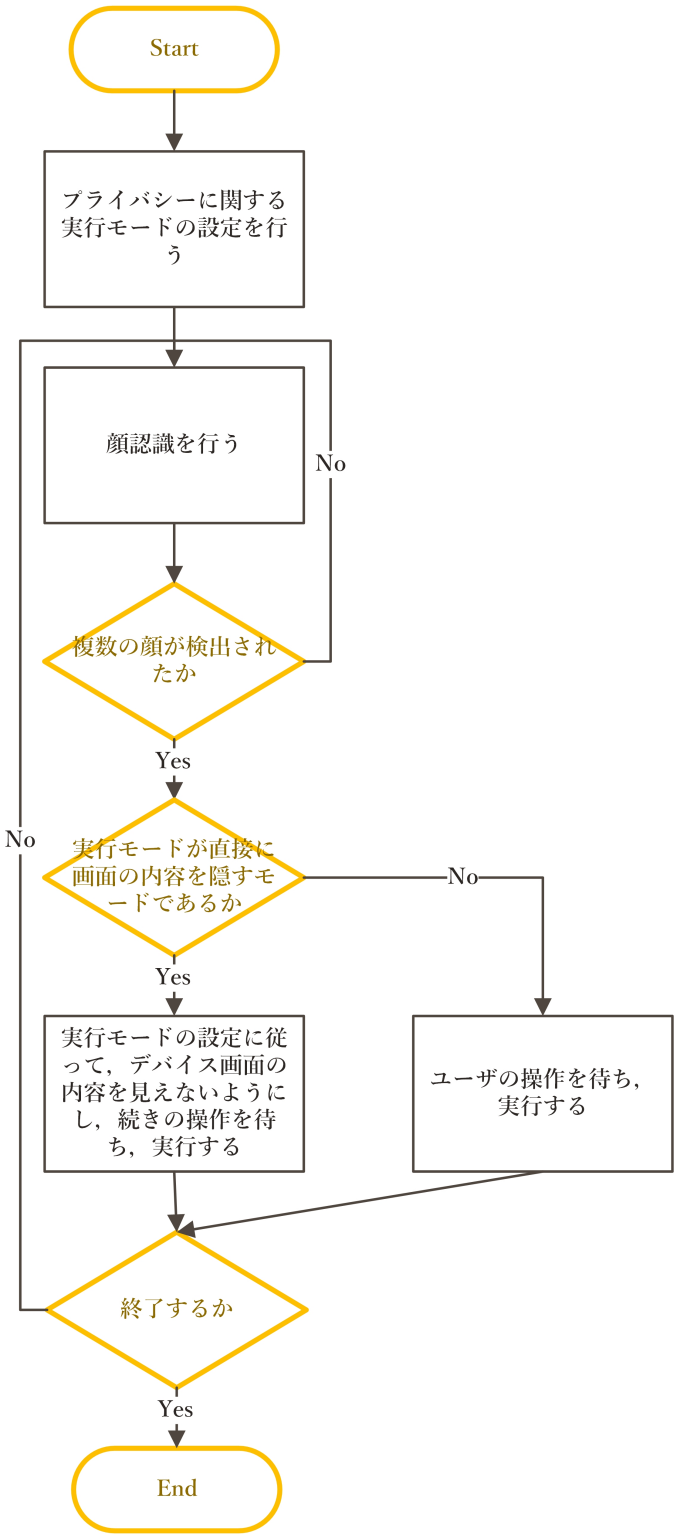


図 4.3: プログラムのフローチャート

実装したアプリケーションの UI は図 4.4 に示す．(1) は周囲情報の認識結果である．利用環境がプライベートスペースかパブリックスペースとデバイスの周りの人がいる方向を表示する．(2) は用意された二つ操作手法を選択するメニューである．(3) の区域はユーザが操作するか閲覧する区域である．ユーザはこの区域で SNS や動画を利用することができる．

図 4.4: 周囲情報を検出するアプリケーション

4.3　周囲情報の検出システムに関する実験

4.3.1　被験者

22 歳から 27 歳までの大学院生のボランティア 5 名（男性 4 名，女性 1 名）を被験者とした．

4.3.2　実験内容

実験者はまず，被験者に本実験の目的を説明した．その後，本研究の想定されているシーン、そのシーンに対しての提案する操作手法と機能に関する説明を行った．説明が終了した後には，用意されたプロトタイプのモバイルデバイスを被験者に使用してもらい，実験者はランダムで被験者の周りに立ち，被験者が使用しているプロトタイプの画面を覗き見した．実験者の覗き見に対して被験者は自由に説明された操作手法を選んで実行し，効果を確認してもらった．その後，操作のしやすさ、システムの分かりやすさと性能の良さなどについてそれぞれ同意の強さを 5 段階で回答してもらった．また，同じ機能の違う操作手法の比較、プロトタイプのシステムの改善すべき点と良かった点を回答してもらった．実験の様子は図 4.5 に示す．

(a) 後ろから覗き見攻撃

(b) 側面から覗き見攻撃

図 4.5: 周囲情報の検出実験の様子

4.3.3 結果と考察

アンケートの質問項目に対する評価は 5 段階であり，1 が最も高い評価で 5 が最も低い評価である．結果は表 4.1 示す．アンケートにからの結果において，システムの分かりやすさが最も評価され，被験者 5 人中の 4 人が非常に分かりやすかったと回答した．最も評価されなかった項目はシステムの性能であり，被験者 5 人中の 3 人が普通，1 人が悪かったと回答した．悪かったと回答した被験者は，実験中では，顔がなかなか認識できないことは原因だと推測できる．システムの操作しやすさについては，3 人が操作しやすかった，2 人が非常に操作しやすかったと回答した．本システムを利用したいかに関しては，2 人が普通，1 人が利用したい，残り 2 人がとても利用したいと回答した．また，覗き見防止機能について用意された二つの操作手法の比較については，被験者 5 人全員が覗き見されていると認識したら，操作を待つことではなく，直接に画面の内容を見えないようにする操作手法がいいと回答した．それは操作の後に画面の内容を見えないようにしても既に画面の内容が覗き見された可能性が高いとのコメントがあった．システムの改善すべき点については，反応が遅いと回答した人が最も多かった．最後，システムの良かった点については，被験者だちは操作が簡単，アイディアが斬新で面白いと回答した．

今回のプロトタイプはモバイルデバイスのフロントカメラを使用しすることで，モバイルデバイスにほかのカメラやセンサなどをつける必要がないメリットがあるが，検出範囲の小さいデメリットもある．また，検出範囲はユーザの姿勢とデバイスの持ち方により，大きく変わることになる．例えば，ユーザが座っていてデバイスを水平に持つ場合に，モバイルデバイスの左右と前方に対する検出範囲は最も大きく，デバイスから 30 ｃｍぐらいのある人を検出することができる．ユーザが立っていてデバイスを垂直に持つ場合に，モバイルデバイスの左右と前方に対する検出範囲は最も少ないが，ユーザの横と後ろに対する検出範囲は最も大きく，ユーザの頭が隠されていない，幅が約 40cm で深度が約 70cm の範囲内の人を検出することができる．今後は検出範囲が小さい問題点を解決するため，小型魚眼カメラや人感センサなどを利用するこで，検出範囲を増大することが考えられる．

表 4.1: 周囲情報の検出システムのアンケート結果

	被験者 A	被験者 B	被験者 C	被験者 D	被験者 E
システムの分かりやすさ	1	1	1	1	2
システムの操作しやすさ	2	2	2	1	1
システムの性能評価	2	3	3	4	3
システムを利用したいか	3	2	1	3	1

4.4 ユースケース

4.4.1 モバイルデバイスの画面の覗き見防止とシェアリング

ニュースと動画の閲覧，SNS の利用，アカウントとパスワードの入力などの場合にユーザ以外も人がいると認識されたら，覗き見られかねないため，画面を見えないようにしてプライバシーを保護する．安全を確認できたら，用意されたボタンをクリックすることで画面の内容を戻す．または写真や動画などを閲覧している時に，周りにいる友人に閲覧している内容をシェアリングしたいと思って画面を見せたい場合には，画面を相手がいる側にデバイスを軽く回転することで画面が相手の見やすい方向に回転することができる．デバイスを相手に渡すか体や手首を大きく動く必要がないため，早くて手間を省く利点がある．

第5章　結論

5.1　まとめ

本稿において，ユーザがデバイスを使っている時に，距離センサとカメラを行うことで，モバイルデバイスが得られる情報を増やし，ユーザがデバイスを利用する環境がプライベートスペースかパブリックスペースのどちらかというユーザの周囲情報とユーザの身体姿勢を検出するモバイルデバイスでのコンテキストアウェアネスの手法を提案した．また，提案した二つシステムの実装を行い，評価実験を行った．結果としては，身体姿勢を検出するプロトタイプが高い認識率を得て，周囲情報を検出するプロトタイプがシステムの分かりやすさと操作しやすさにおいて高い評価を得た．一方，身体姿勢を検出するプロトタイプが持ちにくい問題点や周囲情報を検出するプロトタイプの反応が遅い問題点などがあり，改善の必要があった．

5.2　今後の展望

今後は今回の結果を踏まえ，身体姿勢を検出するプロトタイプの小型化と周囲情報を検出するプロトタイプの性能アップを行っていきたい．また，認識する姿勢は静止の姿勢だけではなく，動的な姿勢も認識していきたい．

謝辞

本論文を執筆するにあたり，指導教員である高橋伸准教授をはじめ，田中二郎教授， 志築文太郎准教授，嵯峨智准教授，Simona Vasilache 助教にはゼミを通して，丁寧なご指導とご助言を頂きました．心より感謝申し上げます．

また，インタラクティブプログラミング研究室の皆様には日本語の修正や研究に対するアドバイスをいただきました．ここに深く感謝いたします．そして最後に，自分の大学院生活を支えてくださった家族，大学生活を共に過ごし様々な面でお世話になった全ての友人に心より感謝致します．

参考文献

[1] Hoang T Dinh, Chonho Lee, Dusit Niyato, and Ping Wang. A survey of mobile cloud computing: architecture, applications, and approaches. *Wireless communications and mobile computing*, Vol. 13, No. 18, pp. 1587–1611, 2013.

[2] Jørgen Skotte, Mette Korshøj, Jesper Kristiansen, Christiana Hanisch, and Andreas Holtermann. Detection of physical activity types using triaxial accelerometers. *J Phys Act Health*, Vol. 11, No. 1, pp. 76–84, 2014.

[3] Daisuke HASHIMOTO, Kentaro KOTANI, Satoshi SUZUKI, and Takafumi ASAO. Influence of posture awareness signals to the upper extremity posture and muscular loads during mobile device use. In *Proceedings 19th Triennial Congress of the IEA*, Vol. 9, p. 14, 2015.

[4] Xiaoyi Zhang, Ming-Chun Huang, Fengbo Ren, Wenyao Xu, Nan Guan, and Wang Yi. Proper running posture guide: a wearable biomechanics capture system. In *Proceedings of the 8th International Conference on Body Area Networks*, pp. 83–89. ICST (Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering), 2013.

[5] Liuyang Zhou, Zhiguang Liu, Howard Leung, and Hubert PH Shum. Posture reconstruction using kinect with a probabilistic model. In *Proceedings of the 20th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, pp. 117–125. ACM, 2014.

[6] Manoj Ramanathan, Wei Yun Yau, and Eam Khwang Teoh. Human posture detection using h-elm body part and whole person detectors for human-robot interaction. In *Proceedings of the Fourth International Conference on Human Agent Interaction*, pp. 239–242. ACM, 2016.

[7] Liwei Chan, Chi-Hao Hsieh, Yi-Ling Chen, Shuo Yang, Da-Yuan Huang, Rong-Hao Liang, and Bing-Yu Chen. Cyclops: Wearable and single-piece full-body gesture input devices. In *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 3001–3009. ACM, 2015.

[8] 吉田慶介, 大山実. O-061 歩行状態の自動識別に関する検討 (o 分野: 情報システム, 一般論文). 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 12, No. 4, pp. 669–672, 2013.

[9] 吉田慶介, 小栗悠生, 松野省吾, 大山実. O-047 複数センサを利用した移動状態の推定手法に関する検討 (o 分野: 情報システム, 一般論文). 情報科学技術フォーラム講演論文集, Vol. 14, No. 4, pp. 547–548, 2015.

[10] Jennifer R. Kwapisz, Gary M. Weiss, and Samuel A. Moore. Activity recognition using cell phone accelerometers. *SIGKDD Explor. Newsl.*, Vol. 12, No. 2, pp. 74–82, March 2011.

[11] JE Gold, JB Driban, Nadja Thomas, Tapash Chakravarty, V Channell, and Eu-gene Komaroff. Postures, typing strategies, and gender differences in mobile device usage: An observational study. *Applied ergonomics*, Vol. 43, No. 2, pp. 408–412, 2012.

[12] Xiang'Anthony' Chen, Nicolai Marquardt, Anthony Tang, Sebastian Boring, and Saul Greenberg. Extending a mobile device's interaction space through body-centric interaction. In *Proceedings of the 14th international conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*, pp. 151–160. ACM, 2012.

[13] Xiang 'Anthony' Chen, Julia Schwarz, Chris Harrison, Jennifer Mankoff, and Scott Hudson. Around-body interaction: Sensing & interaction techniques for proprioception-enhanced input with mobile devices. In *Proceedings of the 16th International Conference on Human-computer Interaction with Mobile Devices & Services*, MobileHCI '14, pp. 287–290, New York, NY, USA, 2014. ACM.

[14] Chi Zhang, Josh Tabor, Jialiang Zhang, and Xinyu Zhang. Extending mobile interaction through near-field visible light sensing. In *Proceedings of the 21st Annual International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp. 345–357. ACM, 2015.

[15] Christian Rendl, David Kim, Patrick Parzer, Sean Fanello, Martin Zirkl, Gregor Scheipl, Michael Haller, and Shahram Izadi. Flexcase: Enhancing mobile interaction with a flexible sensing and display cover. In *Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 5138–5150. ACM, 2016.

[16] Junhan Zhou, Yang Zhang, Gierad Laput, and Chris Harrison. Aurasense: Enabling expressive around-smartwatch interactions with electric field sensing. In *Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 81–86. ACM, 2016.

[17] Christian Winkler, Markus Löchtefeld, David Dobbelstein, Antonio Krüger, and Enrico Rukzio. Surfacephone: a mobile projection device for single-and multiuser everywhere tabletop interaction. In *Proceedings of the 32nd annual ACM conference on Human factors in computing systems*, pp. 3513–3522. ACM, 2014.

[18] 喜多義弘, 岡崎直宣, 西村広光, 鳥井秀幸, 岡本剛, 朴美娘. 覗き見耐性をもつユーザ認証システムの実装と評価. 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. 97, No. 12, pp. 1770–1784, 2014.

[19] Julian Seifert, David Dobbelstein, Dominik Schmidt, Paul Holleis, and Enrico Rukzio. From the private into the public: privacy-respecting mobile interaction techniques for sharing data on surfaces. *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol. 18, No. 4, pp. 1013–1026, 2014.

[20] Yoshihiro Kita, Fumio Sugai, MiRang Park, and Naonobu Okazaki. Proposal and its evaluation of a shoulder-surfing attack resistant authentication method: Secret tap with double shift. *International Journal of Cyber-Security and Digital Forensics (IJCSDF)*, Vol. 2, No. 1, pp. 48–55, 2013.

[21] 青木俊介, 岩井将行, 瀬崎薫. 参加型環境センシングを用いた統計情報構築のためのプライバシー保護手法. 電子情報通信学会論文誌 B, Vol. 97, No. 1, pp. 41–50, 2014.

付録　実験同意書とアンケート

実験に使われた実験同意書とアンケートを提示する.

周囲情報を用いたインタラクションできるシステムに関する調査のお願い

文責：張翼鷹

この度は調査にご協力いただき、ありがとうございます。

- 本調査の目的は周囲情報を用いたインタラクションできるシステムを使用していただき、その使用感を調査することです。
- 調査中、本システムの機能について等、質問には随時回答いたします。
- 実験風景の撮影を行う場合があり、また、その映像および静止画を論文並びに対外発表に掲載する可能性があります。その掲載は拒否することが可能です。
- 調査への参加協力者の自由意志によるものであり、調査への参加を随時拒否・撤回することができます。
- この調査によって得られたデータは、個人が特定できないように処理します。
- 学内外にて発表する論文に調査内容を利用することがありますが、いかなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます。

調査に関して、上記内容を十分に理解し同意していただけましたら、下記の署名欄に署名をお願いします。

平成 28 年　月　日

所属＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

説明者

所属＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

身体姿勢認識に関する実験のお願い

文責：張翼鷹

この度は実験にご協力いただき、ありがとうございます。

- 本実験の目的はユーザがモバイルデバイスを使用していただき、その時を身体姿勢の認識を行うことです。
- 調査中、本システムの機能について等、質問には随時回答いたします。
- 実験風景の撮影を行う場合があり、また、その映像および静止画を論文並びに対外発表に掲載する可能性があります。その掲載は拒否することが可能です。
- 調査への参加協力者の自由意志によるものであり、調査への参加を随時拒否・撤回することができます。
- この調査によって得られたデータは、個人が特定できないように処理します。
- 学内外にて発表する論文に調査内容を利用することがありますが、いかなる場合においても協力者のプライバシーは保全されます。

調査に関して、上記内容を十分に理解し同意していただけましたら、下記の署名欄に署名をお願いします。

平成 28 年　月　日

所属＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

説明者

所属＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

周囲情報を用いたインタラクションできるシステム

に関するアンケート

１、年齢：____、性別：男・女

２、このシステムは分かりやすかったですか

1.非常に分かりやすい　2.分かりやすい　3.普通　4.分かりにくい　5.非常に分かりにくい

３、このシステムは操作しやすかったですか（回転するやボタンを押すというやり方）

1.非常に操作しやすい　2.操作しやすい　3.普通　4.操作しにくい　5.非常に操作しにくい

４、このシステムの性能はいかがでしょうか

1.非常に良い　2.良い　3.普通　4.悪い　5 非常に悪い

５、このシステムを利用したいですか

1.とても利用したい　2.利用したい　3.普通　4.利用したくない　5.まったく利用したくない

６、盗み見防止機能について、それに対応する機能のどちらの方がお好みですか

1. 画面を相手に見にくい方向に軽く回転する（あるいはボタンを押す）と閲覧の内容を見えないようにする

2. 閲覧の内容を見えないことにして、画面を相手に見にくい方向に軽く回転する（あるいはボタンを押す）と閲覧の内容を見えるようにする

3.その他_____

本システムの改善すべき点を教えてください。

本システムの良かった点を教えてください。

身体姿勢に関するアンケート

１、年齢：____、性別：男・女、身長：____

２、このシステムは分かりやすかったですか

1.非常に分かりやすい　2.分かりやすい　3.普通　4.分かりにくい　5.非常に分かりにくい

３、このシステムは操作しやすかったですか

1.非常に操作しやすい　2.操作しやすい　3.普通　4.操作しにくい　5.非常に操作しにくい

４、このシステムの性能はいかがでしょうか

1.非常に良い　2.良い　3.普通　4.悪い　5 非常に悪い

５、このシステムを利用したいですか

1.とても利用したい　2.利用したい　3.普通　4.利用したくない　5.まったく利用したくない

本システムを使いたい場面があれば、教えてください。

本システムの改善すべき点を教えてください。

本システムの良かった点を教えてください。