センサを装着すること自体が被験者のジェスチャ軌跡に与える影響の評価

河村知輝[1]　土田修平[1]　寺田 努[1]　塚本昌彦[1]

概要：他人から注目を浴びると普段以上の成果を出そうとする心理効果を「ホーソン効果」と呼ぶ．ホーソン効果は人の行動に良い影響を与える効果として主に挙げられている．例えば，医療の現場において救急隊員が除細動を行うまでの時間が年々短縮していたり，集中的に患者を治療すると症状が改善されたりする．しかし，この効果は短期間の実験環境において問題になる可能性がある．例えば，センサを用いる行動認識やスポーツのスキル評価を行う実験においては，普段とは違う行動をしていると予想される．これは，センサを装着することで，装着部位を動かして欲しいといった期待がホーソン効果に繋がり，普段以上の成果を出そうとして行動が変化するためだと考えられる．そのため，その人本来の行動が評価されなくなり認識率の低下や良いフィードバックがされなくなると考えられる．そこで本研究では，センサの取り付け位置を変えることでセンサを装着することが被験者のジェスチャ軌跡に与える影響の評価を行う．本稿では，センサの取り付け位置を左右の手首に限定し，複数のジェスチャを行った被験者の映像を解析した．実験の結果，センサを意識した行動をしている被験者が見られたことから，今後はセンサを装着して行う実験においてセンサ装着自体が被験者へ与える影響を考慮する必要があると考えられる．

1. はじめに

「ホーソン効果」とは，他人から注目を浴びるとその期待に応えようとして，普段以上の成果を出そうとする心理効果の一つである [1]．例えば，宇佐美 [2] は手指の衛生教育の場において，手指衛生施行状況の調査を頻繁に行ったことで周囲から見られているという心理が働き，以前より衛生状況が改善されたと報告している．さらに，平出ら [3] は医療の現場において救急隊員の行動が，誰かに見られているという心理 (ホーソン効果) から良い方向に変化していることを報告している．この報告では，救急隊員が除細動を行うまでに至る時間が年々短縮していることがホーソン効果と結びついていると説明し，より効率的な蘇生普及活動を実現するためにホーソン効果を活用する研究が行われている．また，河西ら [4] は新しい教育方法を受講する生徒の自己学習時間が長くなった原因の一つとして，初めての学習経験ができるという期待感と実験において周りから見られているという環境がホーソン効果に繋がり，結果に影響しているのではないかと述べている．

このようにホーソン効果は人の作業や行動に良い影響を与えている．その一方で，ホーソン効果により意図していない問題を引き起こしている可能性が考えられる．例えば，センサを用いたスポーツにおけるスキル評価や日常動作のジェスチャ認識での影響を考える．具体的には，増田ら [5] によるテニスのスイングフォームの分析や，齋藤ら [6] による野球の投球フォームの分析，Ravi ら [7] による立つや歩くなどのジェスチャ認識がある．これらのスキル評価やジェスチャ認識の手法は，センサを手首等に装着し，加速度や角速度の値から分析を行っているが，装着者は装着部位に対し誰かに見られているという心理が働き，装着場所の動作が大きくなるといった普段とは違う行動をしている可能性がある．センサの装着場所によって，被験者の行動がその人本来の行動パターンから外れると，測定結果はホーソン効果を考慮した結果になる．センサ装着を行う実験においては，装着者がセンサ装着に対する物理的，心理的制約が無い環境が望ましい．しかし，ホーソン効果はその効果を評価することは難しく，センサ装着時のホーソン効果による影響を確かめた実験は筆者らの調べる限り無い．

そこで本研究では，センサ装着場所による違いで人の意識やそれに伴う行動がどのように変化するのかを検証し，評価する．効果を確かめるための方法としては，簡単なジェスチャをいくつか選び，被験者には実験の目的を伝えずジェスチャを行ってもらう．ジェスチャの例として，立つ/座るなどの椅子を用いた日常動作や，ボールを投げる

[1] 神戸大学大学院工学研究科

© 2020 Information Processing Society of Japan

動作などが挙げられる．

2. 関連研究

2.1 ホーソン効果について

心理学において，他人から注目を浴びるとその期待に応えようとして普段以上の成果を上げようとするホーソン効果がある [1,8]．ホーソン効果はウェスタン・エレクトリック (Western Electric) 社のホーソン (Hawthorne) 工場にて行われた実験 (以下，ホーソン実験とする) から得られた結果である．この結果に関する議論は発表されて以来，数多くされている [9–11]．ホーソン実験は 1924 年から 32 年までの間でインタビュー実験も含め 6 つの実験を行い，結果から物的要因が人の作業量を増加させるのではなく，人間関係や社会的要因が影響することが分かり，ホーソン効果の発見に繋がった．

ホーソン効果は，医療現場において重要な効果を示す．一般的に言われているのが，治療法の有効性を証明する際に現れ，集中的にケアをすると症状が改善される事例である．例えば，認知症を治療するためのプラセボ試験において頻繁に評価訪問を行うと，そうでない場合に比べて認知機能の改善が見られた [12]．多賀 [13] は医療の臨床に役立つ研究結果を得るためには，ホーソン効果とピグマリオン効果の制御が不可欠と述べている．医療の分野だけではなく，他分野の実験においても人の本来の行動や選択を妨げないために，これらの効果を制御することが重要であると考える．

ホーソン効果と似た心理効果にピグマリオン効果が存在する [14]．この効果は，ある人が他人に期待するとその期待に応えようとして，他人が普段以上の成果を出そうとする心理効果である．例えば，教師が生徒に対して抱く期待が，生徒の学業成績に影響を与えることが分かっている [15]．

しかし，本研究で対象とするセンサ装着場所に関するホーソン効果とピグマリオン効果についての影響が日常動作の行動認識 [16] やスポーツにおける行動認識 [17,18] において考慮されていることは無く，その影響を含めた結果を実験結果としている可能性がある．本研究では，実験者が被験者に対してどのような期待を抱いているかを隠し，ホーソン効果の影響だけを調べ，効果を人からの注目ではなくセンサに置き換えることで，人の行動にどのような影響がでるのかを明らかにする．

2.2 加速度センサを用いたジェスチャ認識

加速度センサを用いたジェスチャの認識は数多くされている [19–21]．村尾ら [22] は，被験者に与える指示の具体度によって，ジェスチャ動作が変化することを確認している．この研究では，10 種類のジェスチャについて指示の具体度を文章，図，動画と変化させたとき，右手首に取り付けた加速度センサと実験環境を撮影した映像の記録から想定したジェスチャとの違いを指摘している．また，指示の具体度が上がると，ジェスチャの認識精度も上昇することが分かっている．Ravi ら [7] は，1 つの加速度センサで立つ，ウォーキング，ランニング，掃除機をかけるを含む 8 つのジェスチャ認識手法を提案している．Tapia ら [23] は，5 つの 3 軸加速度センサを用いて，運動強度を変えたウォーキング，サイクリングなどの行動認識を行っている．また，倉沢ら [24] はセンサを鞄の中，ズボンのポケット，上着のポケットに装着し，それぞれの装着場所において歩く，走る，座っている，立っているなどの動作推定を行っている．

しかし，これらの日常動作やスポーツにおけるジェスチャ認識の研究ではセンサ装着位置の違いによる被験者の行動変化について調べられていない．また，本研究ではジェスチャの認識精度は問わないため，あえてジェスチャの指示を文章での表現で留め，被験者の指示に対する自由度を持たせた．

3. センサ装着が行動に与える影響

センサ装着が人に与える影響を調べるために，その影響を図 1 の通りに分けて考える．図 1 に示すように，センサ装着時には人の行動に，物理的な制約と心理的な制約があると考えられる．ここで物理的および心理的な制約とは，以下のことを指す．

物理的な制約　ジェスチャを行う際，身体に装着するセンサの大きさがジェスチャ動作を妨げてしまうなどの物理的要因によって，本来の行動が出来なくなることを指す．

心理的な制約　ジェスチャを行う際，身体に装着するセンサに意識が向けられることにより，行動が妨げられるなどの心理的要因によって，本来の行動が出来なくなることを指す．

図 1 の「物有-心有」について，物理的制約が有で心理的制約が有の領域とは，例えばセンサが有線接続であるため行動が妨げられ，絡まらないように意識した動きをする状況である．「物有-心無」について，物理的制約が有で心理的制約が無の領域とは，センサの大きさによって動作に制限がかかるが，実験を繰り返し行うことによる慣れ等の影響でセンサへの意識が無くなる状況である．「物無-心有」について，物理的制約が無で心理的制約が有の領域とは，例えばセンサは小型で無線接続され動作は妨げられないが，センサに意識が向けられ普段の動きとは違う動作をしてしまう状況が挙げられる．「物無-心無」について，物理的制約が無く心理的制約が無の領域とは，センサ装着によって動作が妨げられないことで，実験においても本来の動きが再現でき，センサ装着が人に全く影響を与えない状況である．

© 2020 Information Processing Society of Japan

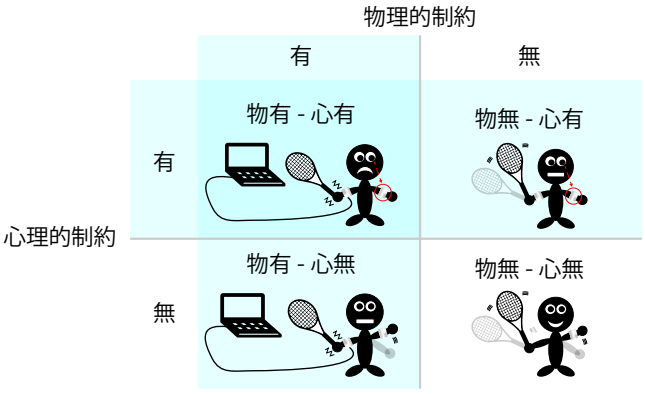


図 1: センサ装着が人に与える影響のイメージ

センサ装着における実験環境において理想的な領域は「物無-心無」であり，物理的，心理的にも影響が全く無いことが望ましい．しかし，物理的制約が有る状況に関して述べられた研究 [25] はあるが，心理的制約に関しての研究は筆者らが調べる限り無い．「物有-心有」については実験環境において常に発生していると仮定する．さらに，本研究で対象としているのはライフログを計測するなどの長期的な実験ではなく，短期的な実験を対象としているため「物有-心無」については今後調べる．そのため，まず初めに「物無-心有」について調査する．「物無-心有」において，人の目からセンサに代替されたホーソン効果の影響があると考えられ，センサからの期待によって普段以上の成果を出そうと装着部位の動作を大きくしたり，逆に意識しすぎるあまり緊張して動作が固まってしまうなどの影響が考えられる．

これらの影響を確かめるため，ジェスチャを決定する必要がある．ジェスチャによっては，センサへの意識による行動変化が分かりにくい動作も含まれると考えられる．そのため，各ジェスチャを決める際，センサ装着場所の意識による違いで動作が変わりそうな可能性があるものを含め以下の 4 つのカテゴリを作成した．

(1) 誰がやっても同じ動作をするジェスチャ
　例: 座る，立つ，寝転んでいるなど
(2) 個人のなかでは動作の形が決まっているジェスチャ
　例: 歩く，走る，タイピングなど
(3) 意識の違いで動作が変わりそうなジェスチャ
　例: ボタンを押して帰ってくる，字を書く，物を拾う，ラケットを振るなど
(4) 意識によらず毎回動作が変わりそうなジェスチャ
　例: 掃除機をかける，本をめくる，ドライヤーなど

誰がやっても同じ動作をするジェスチャとは，例えば立っているや座っている，寝転んでいるなどの身体の動きが左右対称で姿勢に分類される動作が考えれる．個人のなかでは動作の形が決まっているジェスチャとは，タイピングや走る，歩くといった身体の動きが左右対称の動作が考えられる．意識の違いで動作が変わりそうなジェスチャに関しては，身体の動きが左右非対称の動作でボタンを押して帰ってくる，字を書く，物を拾う，ラケットを振る，物を投げる，ドアを開ける等の動作が考えれる．意識によらず毎回動作が変わりそうなジェスチャは，身体の動きが左右非対称の動作で掃除機をかけるや本をめくる，ドライヤー，歯ブラシなどの動作が考えられる．意識によって動きが変わりそうなジェスチャは主に物を用いて行うジェスチャに出ると予想し，本研究では 3 つ目の項目に注目する．

4. 実験

加速度センサを取り扱う研究において，従来は測定したい項目を中心にセンサの装着場所を決めていた．しかし，センサ装着場所によって人の行動が変化すると，測定結果に影響が生じてしまう．そこで，本章では，センサ装着場所によって人の行動がどのように変化するのかを確かめるための実験を行った．

4.1 実験条件・環境

腕など上半身にセンサを装着すると上半身の動きが，足など下半身にセンサを装着すると下半身の動きがそれぞれ変化すると予想される．そのため，センサ装着による影響を上半身と下半身に分けて考える必要がある．本実験では上半身の動きに注目し，装着場所を手首に限定した．装着場所は

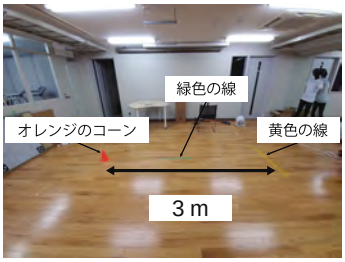
- 右手首
- 左手首
- 両手首

の 3 パターンで， 4.2 節で述べるジェスチャ動作を分析する．

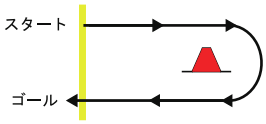
被験者には実験開始前に図 3 のように右手首に無線通信型の 3 軸加速度・角速度センサ (ATR 社製，WAA-010) [26] を装着し，加速度および角速度を PC 上で取得する．センサ装着場所は，右手首だけのとき，左手首だけのとき，両手首のときの 3 セット行った．最初にセンサを両手に付けた人と右手，左手から付けた人ではセンサへの意識が変わると考えられるため，それぞれの被験者で順番を変え全パターンのデータを測定できるようにした．被験者は 20 代の男性 12 名で行った．それぞれの被験者が，どの順番でセンサを付けるのかはランダムで行った．

実験は，図 2 に示す研究室内にあるスタジオで行った．センサ装着場所以外の結果を分析するためには，映像による解析が必要となる．そのため，スタジオ内にはあらかじめ図 4(vi) に示すカメラ (GoPro 社製，HERO8) [27] を 4 箇所に設置し，実験風景を撮影した．また，被験者に対してカメラの影響が大きくならないように小型のカメラを使い，被験者には実験が終わるまで，「このカメラは別の人が

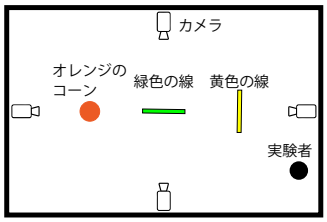
© 2020 Information Processing Society of Japan



スタジオ風景



指示書に記載の指示図



スタジオを上から見た図

図 2: 実験環境

装着前

装着後

図 3: センサ装着の方法

実験に使うため置いている」とだけ伝え，カメラを意識させないようにした．実験終了後，カメラで撮影していたことを明かし同意を得た上でデータの解析に用いた．解析は第一著者が映像を目視で確認し，センサ装着場所による動作の変化を明らかにする．実験中の予期しない事態に備えて，被験者になるべく影響が出ないように実験者はスタジオ内にて加速度データの測定を行った．なお，この実験は神戸大学大学院工学研究科の研究倫理審査委員会の承認を得て行った．

4.2 ジェスチャ項目

本実験で扱うジェスチャは関連研究に挙げた論文を参考に決定した以下 11 種類である．

(a) 座る/立つ動作
用意された椅子を用いて，椅子の前に立つ．そして，座る/立つの動作を 10 回繰り返す．座ると立つの間には 5 秒程度の静止時間がある．

(b) 歩く動作
黄色の線 (図 2) の上に立つ．オレンジのコーン (図 2) まで歩き，U ターンする．そして黄色の線まで歩いて戻ってくる．5 秒程度静止後，もう一度同じ動作をする．この動作を 10 回繰り返す．

(c) 走る動作 (ジョギング程度)
黄色の線の上に立つ．オレンジのコーンまで走り，U ターンする．そして黄色の線まで走って戻ってくる．5 秒程度静止後，もう一度同じ動作をする．この動作を 10 回繰り返す．

(d) ボタンを押して帰ってくる動作
黄色の線の上に立つ．机の上にあるボタン (図 4(i)) を 1 回押す．そして黄色の線まで歩いて戻ってくる．5 秒程度静止後，もう一度同じ動作をする．この動作を 10 回繰り返す．

(e) ボールをキャッチする動作
オレンジのコーン付近に立つ．黄色の線の上に立っている筆者がボール (図 4(ii) に示す直径 9 cm のボール) を下投げで投げるので，キャッチする．この動作を 10 回繰り返す．

(f) 投げる動作
黄色の線の上に立つ．そして，オレンジのコーンに向かってボールを上投げで投げる．5 秒程度静止後，もう一度同じ動作をする．この動作を 10 回繰り返す．

(g) ラケットを振る動作
緑色の線 (図 2) の上に立つ．そして 5 秒程度静止後，ラケット (図 4(iii)) を振る．この動作を 10 回繰り返す．

(h) 物を拾う動作
緑色の線の上に立つ．そして，ボールを緑色の線の上に置く．5 秒程度静止後，ボールを拾う．この動作を 10 回繰り返す．

(i) 字を書く動作
椅子に座った状態で机の上においてある紙にボールペンを使って「塚本寺田研究室は教授が 2 人いる研究室である」と書く．

(j) 掃除機をかける動作
図 4(iv) に示す掃除機 (Dyson Cyclone V10 Absolutepro) [28] を用いてスタジオ内 (図 2) を 30 秒間掃除する．

(k) 本をめくる動作
図 4(v) の本のページを 10 ページ分めくる．

これらジェスチャの一部は日常生活動作 (ADL: Activities of Daily Living) と手段的日常生活動作 (IADL: Instrumental Activity of Daily Living) から選択した [29]．ADL とは歩行，座る立つ動作などを含む生活に欠かせない基本的な行動であり，IADL とは字を書く，本をめくる，掃除機をかける動作など ADL より複雑で高次な活動を指す．それ以外の，ボタンを押して帰ってくる動作，ボールをキャッチする動作，投げる動作，ラケットを振る動作，物を拾う動

© 2020 Information Processing Society of Japan

(i) ボタン　(ii) ボール　(iii) テニスラケット

(iv) 掃除機　(v) 本　(vi) カメラ

図 4: 実験で使用した道具

作は筆者が独自に考えたジェスチャである．各ジェスチャを行っている実験風景を図 5 に示す．上記 (a)~(k) までの順番は図 5 内の (1-a)~(4-k) の順番と対応している．

また，上記のジェスチャは前章で定めた 4 つのカテゴリから 1 つ以上選ぶように定めた．

(1) 誰がやっても同じ動作をするジェスチャ (a)
(2) 個人のなかでは動作の形が決まっているジェスチャ (b, c)
(3) 意識の違いで動作が変わりそうなジェスチャ (d, e, f, g, h, i)
(4) 意識によらず毎回動作が変わりそうなジェスチャ (j, k)

本研究において重要である 3 つ目の項目は，他の項目よりも多くのジェスチャを取り入れた．

4.3 実験手順

実験手順の概要を図 6 に示す．ジェスチャに関する指示は説明 1 のときに指示書を渡し，ジェスチャに関する質問は受け付けないようにした．被験者にはセンサの装着場所を 3 パターン行うことは事前に伝えず，予め実験者が決めた装着場所の順番で行った．センサ装着後，指示書のジェスチャを上から順に行ってもらった．ジェスチャの順番は順序効果や慣れの影響を減らすため，被験者毎にランダムな順番を用いた．各ジェスチャを 10 セット (本をめくる動作は 10 ページ，掃除機は約 30 秒間) 行ってもらい 10 セット内の動作はなるべく同じ動作を行ってもらった．一つのジェスチャが終わるごとに準備を含め 1 分程度の休憩がある．1 回目の測定が終了後，センサの装着場所を入れ替えて 2 回目の測定に移る．2 回目の測定においてもジェスチャの種類は同じであるが，順番は 1 回目とは異なる順番

(1-a) 座る/立つ　(2-b) 歩く

(2-c) 走る　(3-d) ボタンを押す　(3-e) ボールキャッチ

(3-f) 投げる　(3-g) ラケットを振る　(3-h) 物を拾う

(3-i) 字を書く　(4-j) 掃除機をかける　(4-k) 本をめくる

図 5: 実験で使用したジェスチャ

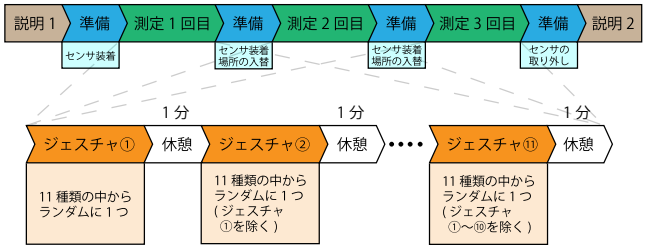


図 6: 実験手順

を指示した．3 回目の測定においても同様である．実験終了後にカメラの存在を被験者に伝え，許可が得られた場合のみ映像による解析を行った．

5. 実験結果と考察

5.1 目視による動作の違い

それぞれの被験者の映像から，動作の違いについて調査

© 2020 Information Processing Society of Japan

■違いが出た被験者

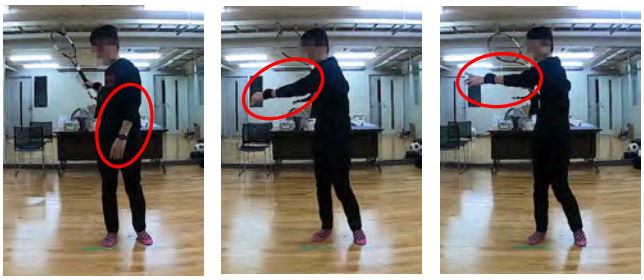
			被験者											
			E	A	C	G	F	K	I	L	B	D	H	J
ジェスチャ	1	座る/立つ	■						■					
	2	歩く			■									
		走る												
	3	ボタンを押す												
		ボールキャッチ		■							■			
		投げる		■		■				■		■		
		ラケットを振る	■	■	■	■	■	■						
		物を拾う	■		■			■						
		字を書く					■						■	
	4	掃除機をかける	■	■		■								
		本をめくる	■	■	■	■	■	■	■	■				■

1. 誰がやっても同じ動作をするジェスチャ
2. 個人のなかでは動作の形が決まっているジェスチャ
3. 意識の違いで動作が大きく変わりそうなジェスチャ
4. 意識によらず毎回動作が変わりそうなジェスチャ

図 7: 違いが確認できた被験者のジェスチャ項目

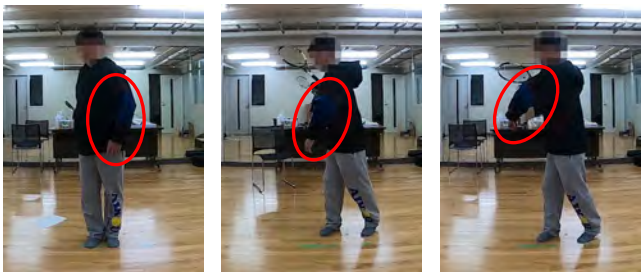
する．第一著者が目視で映像を確認し，1 セット 10 回の試行の内 6 回以上同じジェスチャ動作を行った場合，そのセンサ装着場所でのジェスチャ軌跡とした．掃除機をかける動作に関しては，18 秒以上同じ動きをしていると，そのセンサ装着場所でのジェスチャ軌跡とする．図 7 に各ジェスチャに対する違いが確認できた被験者を示す．左から被験者毎に違いが確認できた数が多い順に示している．図 7 より，違いが見られたジェスチャは座る/立つ (a)，歩く (b)，ボールキャッチ (e)，投げる (f)，ラケットを振る (g)，物を拾う (h)，字を書く (i)，掃除機をかける (j)，本をめくる (k) 動作である．センサ装着場所の違いでジェスチャが変化した被験者の数が一番多かったのは，本をめくる動作で 12 人中 9 人である．次に違いがある被験者の数が多かったジェスチャは，ラケットを振る，投げる，物を拾う動作の順で 12 人中 6 人，4 人，3 人に違いが見られた．その他のジェスチャに関しては座る/立つ，ボールキャッチ，字を書く動作が 12 人中 2 人に違いが見られ，歩く，掃除機をかける動作に関しては 12 人中 1 人，3 人 (18 秒以上の人は 1 人) に違いが見られた．被験者 E 以外の被験者は全て右利きである．ジェスチャによって目視による違いが分かりにくいため，本稿では違いが顕著に表れていたラケットを振る動作，物を投げる動作，物を拾う動作，歩く動作について説明する．

ラケットを振る動作について違いがあった被験者を報告する．被験者 A に関して，左手首 (図 8(LH)) や両手首 (図 8(BH)) 装着時は，右手首 (図 8(RH)) 装着時に比べてラケットを振る時の左腕の動きが大きくなっていることがわかった．右手首に装着しているときよりも左手首，両手首装着時の方が 10 回とも左腕の動作が大きくなってい



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 8: ラケットを振る動作 (被験者 A)



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

(RHs) 右手首装着時のスマートフォン確認

図 9: ラケットを振る動作 (被験者 C)

た．被験者 C に関して，右手首装着時 (図 9(RH)) はほとんど左腕が動いていないが，左手首 (図 9(LH)) や両手首装着時 (図 9(BH)) には左腕が大きく動いていた．また，右手首装着時のみジェスチャ途中に左手でスマートフォンを見ていた (図 9(RHs))．被験者 E に関して，右手首 (図 10(RH)) や両手首装着時 (図 10(BH)) は，左手首装着時 (図 10(LH)) に比べてラケットを振る時の左腕の動作が大きくなっていることがわかった．左手首装着時は 10 回中 8 回左腕の動作が小さくなっていた．被験者 F に関して，右手首 (図 11(RH)) や両手首装着時 (図 11(BH)) はラケットを振った後の動作において左手が動いていないが，左手首装着時 (図 11(LH)) には左手が大きく動いていた．被験者 G に関して，ラケットを振り切った後，左手首装着時 (図 12(LH)) は 10 回とも左手が腹部の位置にあったが，両手首装着時 (図 12(BH)) は 6 回左手が腹部の位置に来ており，右手首装着時 (図 12(RH)) は 2 回だけ左手が腹

© 2020 Information Processing Society of Japan

(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 10: ラケットを振る動作 (被験者 E)

(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

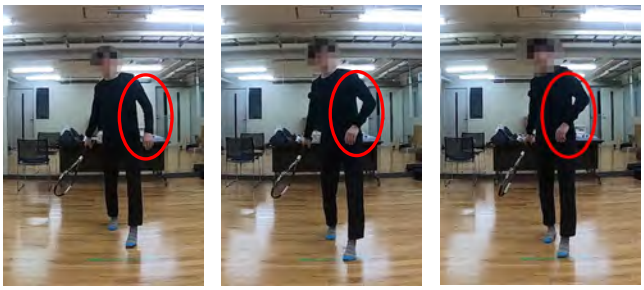
図 11: ラケットを振る動作 (被験者 F)

(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 12: ラケットを振る動作 (被験者 G)

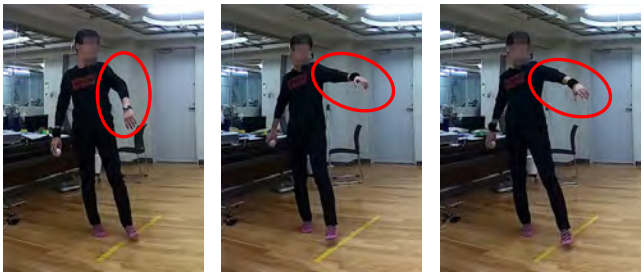
部の位置に来ており残り 8 回は身体の横に来ていた．左手首装着時は 3 回ラケットを振った後，左手が常に腹部の前にあった．被験者 K に関して，右手首装着時 (図 13(RH)) は 1 回だけ左手が身体の内側に来ていたが左手首装着時 (図 13(LH)) は 6 回左手が身体の内側に来ていた．両手首装着時 (図 13(BH)) に関しては 7 回，左手が身体の内側に来ていた．

投げる動作について違いがあった被験者を報告する．被験者 A に関して，左手首 (図 14(LH)) や両手首装着時 (図 14(BH)) は，右手首 (図 14(RH)) に比べて投げる動作をするときに左腕の動きが大きくなっていることがわかった．具体的には，右手首に装着したときには 1 回だけ大きく振りかぶっており，左手首のときは 7 回，両手首のときには 9 回大きく振りかぶっている．被験者 D に関して，右手首装着時 (図 15(RH)) は投げ終わった後のフォームにおいて左手が首元まで上がり，右手は左手の肘に付くほど



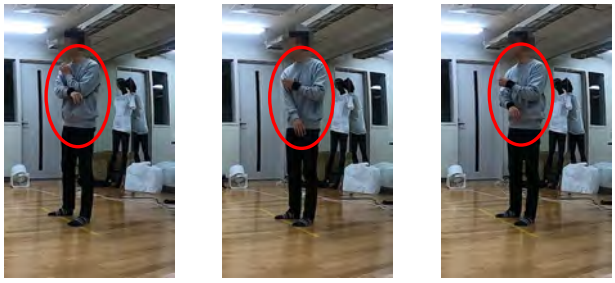
(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 13: ラケットを振る動作 (被験者 K)



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 14: 投げる動作 (被験者 A)



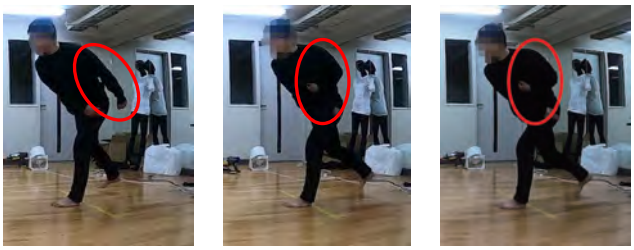
(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 15: 投げる動作 (被験者 D)

上がっている．しかし，左手首 (図 15(LH)) や両手首装着時 (図 15(BH)) は左手が胸元までしか上がっておらず，右手の位置も右手首装着時より下側に来ていることが分かる．被験者 G に関して，右手首装着時 (図 16(RH)) は左腕が振り切れているが，左手首 (図 16(LH)) や両手首装着時 (図 16(BH)) は左腕が胸の位置にあることがわかった．被験者 L に関して，右手首 (図 17(RH))，左手首 (図 17(LH))，両手首装着時 (図 17(BH)) において，左腕が身体から離れている回数がそれぞれ 2 回，5 回，7 回であった．

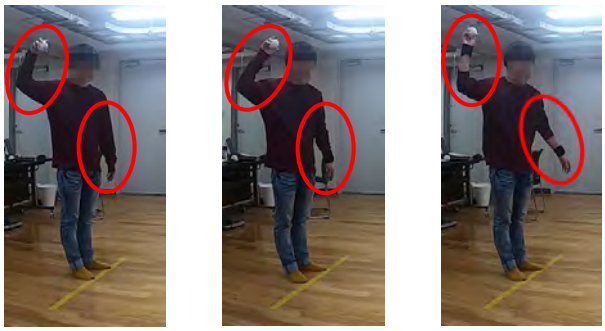
物を拾う動作について違いがあった被験者を報告する．被験者 C に関しては，右手首装着時 (図 18(RH)) に左手を常にポケットに入れていた．しかし，左手首 (図 18(LH)) や両手首装着時 (図 18(BH)) はポケットから手を出してい

© 2020 Information Processing Society of Japan



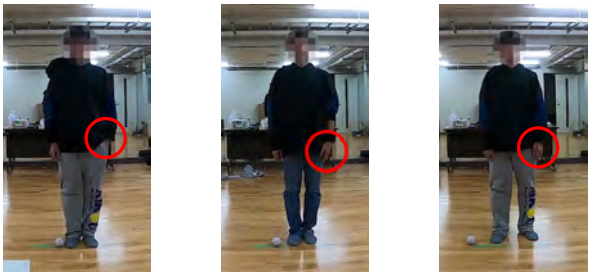
(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 16: 投げる動作 (被験者 G)



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 17: 投げる動作 (被験者 L)



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

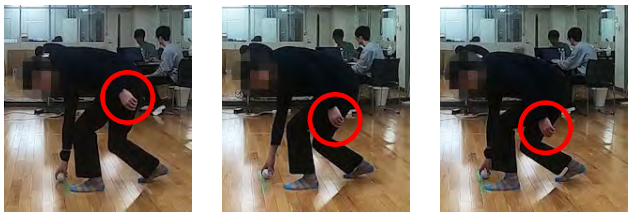
図 18: 物を拾う動作 (被験者 C)

た．被験者 E に関して，右手首装着時 (図 19(RH)) は 10 回とも右手でボールを拾っており，左手首装着時 (図 19(LH)) には 10 回とも左手でボールを拾っていた，また，両手首装着時 (図 19(BH)) には 10 回とも右手でボールを拾っていた．被験者 K に関して，右手首装着時 (図 20(RH)) は 9 回，左手の位置が左手首 (図 20(LH)) や両手首装着時 (図 20(BH)) に比べて高い位置にあることがわかった．

歩く動作について違いがあった被験者を報告する．被験者 C に関しては，右手首 (図 21(RH))，左手首装着時 (図 21(LH)) にそれぞれセンサを付けていない方の腕で顔を掻いている場面があった．

(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 19: 物を拾う動作 (被験者 E)



(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時　(BH) 両手首装着時

図 20: 物を拾う動作 (被験者 K)

(RH) 右手首装着時　(LH) 左手首装着時

図 21: 歩く動作 (被験者 C)

5.2　考察と今後の予定

それぞれのジェスチャについて考察する． 4.2 節より本をめくる動作は IADL であり，4 つのカテゴリ内の 4 つ目である「意識によらず毎回動作が変わりそうなジェスチャ」の分類に入っているため，意識によらず毎回動作が変化していると考えられるが，被験者によってはセンサを意識した行動も見られた．例えば，被験者 C や E はセンサ装着をした腕でページをめくっていることからセンサを意識した動きになっていると考えられる．同じカテゴリに入っている掃除機をかける動作に関してはランダムな動作が多いため，目視による変化はあまり見られなかった．

ラケットを振る動作は 4 つのカテゴリの内の 3 つ目である「意識の違いで動作が変わりそうなジェスチャ」に分類されており，被験者がセンサを意識したことで行動が変化したと考えられる．被験者全員が右手でラケットを振って

© 2020 Information Processing Society of Japan

おり，センサ装着によってラケットを持っていない左手の動きに違いが主に見られた．左手首にセンサを付けたときに左腕の動作が大きくなった被験者 (被験者 A, C, F, G, K) や，小さくなった被験者 (被験者 E) がいたことからセンサ装着の影響が表れていると考えられる．

投げる動作はセンサを装着していることによって装着された腕の振りが大きくなったり (被験者 A, G, L)，小さくなったり (被験者 D) していることからセンサの装着による意識の変化があると考えられる．

次に多く違いが見られたのは，物を拾う動作である．特に被験者 E と被験者 C は違いが顕著に見られた．被験者 C において，右手首装着時は左手をポケットに入れジェスチャを行っているが，他の場合では左手をポケットに入れずジェスチャを行っていることからセンサを意識し，行動が変化していることが確認できる．被験者 E では，センサ装着をしている腕で物を拾っていることから，センサを意識した行動になっていることが見て取れる．

センサ装着場所による動作の違いが多く見られたジェスチャがある一方， 4.2 節で分けたカテゴリ 1, 2 においては違いがほとんど見られなかった．理由としては，個人で動きのパターンが決まっているため確認できた違いの数が少なかった考えられる．カテゴリ 3 のボタンを押す動作で違いが見られなかったのは，ボタンを押すまでに歩く動作を挟んだことによってボタンを押すまでの時間が長くなったためセンサへの意識が薄れ，利き手で押していたと考えられる．被験者のセンサ装着場所の順番はランダムで行っていたが，違いがあったジェスチャにおいて 29 項目中 27 個が 1 セット目か 3 セット目に出てきていたことから 2 セット目の動作がその人本来の動作である可能性が高い．

装着場所によって違いが一番多く見られた被験者は被験者 E と被験者 A で 11 ジェスチャ中 5 個の動作で違いが確認できた．被験者毎の違いと実験にかかった時間をまとめた図を図 22 に示す．図 22 より違いの数が多くなると，実験にかかる時間が長くなっていることが分かる．実験時間が長くなっている理由としては，ジェスチャ間の休憩やジェスチャにかかる時間が長かったためである．実験時間が増加することによって，被験者はセンサ装着場所への意識が変化しジェスチャ動作に影響を与えているのではないかと考えられる．

上記の結果より，センサを装着することによる影響が表れる人が存在し，ホーソン効果が見られた．そのため，今までの行動認識やスポーツにおけるスキル評価においてセンサ装着自体の影響を考慮する必要があると考えられる．本論文では，第一著者の目視にて映像による解析および評価を行ったが，今後は画像解析ソフトを用いた定量的な解析を行う予定である．定量的な解析によって，目視では確認できない違いや傾向が見られるのではないかと考えられる．センサ装着による違いの数と実験時間の関係から，セ

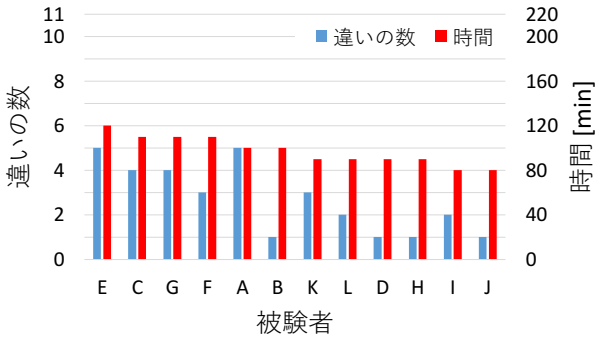


図 22: 被験者毎の違いの数と実験時間

ンサ装着による影響を防ぐためには実験時間の短縮が必要であると考えられる．そのため，今後はジェスチャの数を減らすことで実験時間を短くし，人の行動が変化するか確認する．また，ジェスチャによって違いが出やすい動作と出にくい動作があることがわかった．よって，今後は出やすい項目だけに絞って実験を行い，被験者間の違いについて調べる．

6. まとめ

本研究では，センサを装着すること自体が被験者のジェスチャ軌跡に与える影響を調べるため，センサ装着場所を変えることによって変化する人の行動を確かめた．調査の結果，センサ装着の影響が表れる人が存在し，ホーソン効果が見られた．センサ装着の違いが表れた例としては，装着した腕の動きが大きくなることや，装着した腕で物を拾う，本のページをめくるといった違いが目視にて確認できた．違いが出やすい被験者の実験時間の合計は違いが出にくい被験者に比べて，大きい傾向があることが分かり実験時間がセンサ装着に与える影響の 1 つの要因である可能性がある．また，違いが出やすいジェスチャに関しては本をめくる動作やラケットを振る動作，投げる動作など物を用いて行うジェスチャに関して出やすいことがわかった．

今後，違いが出やすいジェスチャに絞り，実験時間を短縮することで違いの数が減少するのかを調査する．実験時間を短縮することで違いの数が減少すると，センサ装着の影響は他の実験においても防ぐことが可能になると考えられる．また，センサ装着の影響を定量的に調べるために，画像解析ソフトを用いた定量的な解析を行う予定である．さらに，本論文では身体の上半身に注目して実験を行ったが，足首に装着することによって下半身の動きにも違いが表れ，センサ装着の影響が問題になると予想される．よって，センサ装着場所を手首ではなく足首にすることによって，人の行動がどのように変化するのかについても調査する予定である．

謝辞　本研究の一部は, JST CREST(JPMJCR16E1, JPMJCR18A3) の支援によるものである．ここに記して謝意

© 2020 Information Processing Society of Japan

を表す.

参考文献

[1] F. Roethlisberger and W. Dickson: *Management and the Worker*, Harvard Univ. Press (July 1939).

[2] 宇佐美恵: 看護ケアにおける手指衛生行為改善を目的とした教育プログラムの効果の検討, 環境感染, Vol. 22, No. 1, pp. 46–51 (Mar. 2007).

[3] 平出敦, 石見拓ほか: 蘇生データの記録集計過程におけるホーソン効果に関する検討, 科学研究費補助金研究成果報告書, pp. 1–5 (Jan. 2010).

[4] 河西理恵, 杉本和彦, 内山 靖: 理学療法学教育における PBL (Problem-Based-Learning) 学習の効果, 理学療法科学, Vol. 21, No. 2, pp. 143–150 (July 2006).

[5] 増田大輝, 田坂和之, 大岸智彦, 小花貞夫: ウェアラブルセンサを用いたテニス上達支援システムの提案と考察, 第 76 回全国大会講演論文集, Vol. 2014, No. 1, pp. 91–92 (Mar. 2014).

[6] 齋藤健治, 井上一彦, 井上伸一: 加速度センサにより計測した野球投球時の体幹および前腕の運動と投球スピードとの関係, 人間工学, Vol. 48, No. 1, pp. 40–47 (Feb. 2012).

[7] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, and M. L. Littman: Activity Recognition from Accelerometer Data, *Proc. of the American Association for Artifcial Intelligence(AAAI)*, Vol. 5, No. 2005, pp. 1541–1546 (July 2005).

[8] 大橋昭一, 竹林浩志: ホーソン実験の研究: 人間尊重的経営の源流を探る, 同文舘出版 (Sep. 2008).

[9] M. B. Gilson: Book Review: 'Management and the Worker', *The American Journal of Sociology*, Vol. 46, No. 1, pp. 98–101 (July 1940).

[10] A. Sykes: Economic Interest and the Hawthorne Researches: A Comment, *Journal of Human Relations*, Vol. 18, No. 3, pp. 253–263 (Aug. 1965).

[11] A. Carey: *The Hawthorne Studies: A Radical Criticism*, Ardent Media (June 1967).

[12] R. McCarney, J. Warner, S. Iliffe, R. Van Haselen, M. Griffin, and P. Fisher: The Hawthorne Effect: A Randomised, Controlled Trial, *Journal of BMC Medical Research Methodology*, Vol. 7, No. 1, p. 30 (July 2007).

[13] 多賀谷昭: 看護研究における介入効果の検証方法, 長野県看護大学紀要, Vol. 16, pp. 13–23 (Mar. 2014).

[14] R. Rosenthal and L. Jacobson: Pygmalion in the Classroom, *Journal of the Urban Review*, Vol. 3, No. 1, pp. 16–20 (Sep. 1968).

[15] 井上健治, 大沢啓子, 亀谷秀樹, 佐々木正宏, 渡辺孝憲: 教師の期待効果に関する研究, 東京大学教育学部紀要, Vol. 17, pp. 59–76 (Feb. 1978).

[16] L. Bao and S. S. Intille: Activity Recognition from User-Annotated Acceleration Data, *Proc. of the International Conference on Pervasive Computing*, Springer, pp. 1–17 (Apr. 2004).

[17] S. Slawson, L. Justham, A. West, P. Conway, M. Caine, and R. Harrison: Accelerometer Profile Recognition of Swimming Strokes, *Journal of Engineering of Sport*, Vol. 7, pp. 81–87 (June 2008).

[18] 鳥越庸平, 高田将志, 中村優吾, 藤本まなと, 荒川 豊, 安本慶一, 陳成, 前川卓也, 天方大地, 原隆 浩: 剣道上達支援のための IMU を用いた打突動作認識, 研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL), Vol. 2019, No. 37, pp. 1–7 (Feb. 2019).

[19] 出田 怜, 村尾和哉, 寺田 努, 塚本昌彦: 加速度センサによるジェスチャの早期認識手法の提案とその応用, 研究報告マルチメディア通信と分散処理 (DPS), Vol. 2014, No. 15, pp. 1–7 (May 2014).

[20] N. Kern, B. Schiele, and A. Schmidt: Multi-Sensor Activity Context Detection for Wearable Computing, *Proc. of the European Symposium on Ambient Intelligence*, Springer, pp. 220–232 (Nov. 2003).

[21] U. Maurer, A. Smailagic, D. P. Siewiorek, and M. Deisher: Activity Recognition and Monitoring Using Multiple Sensors on Different Body Positions, *Proc. of the International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, pp. 113–116 (Apr. 2006).

[22] 村尾和哉, 寺田 努: 指示の具体度がジェスチャ動作に与える影響の評価, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2011, No. 6, pp. 1–8 (May 2011).

[23] E. M. Tapia, S. S. Intille, W. Haskell, K. Larson, J. Wright, A. King, and R. Friedman: Real-Time Recognition of Physical Activities and Their Intensities Using Wireless Accelerometers and a Heart Rate Monitor, *Proc. of the 11th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, pp. 37–40 (Oct. 2007).

[24] 倉沢 央, 川原圭博, 森川博之, 青山友紀: センサ装着場所を考慮した 3 軸加速度センサを用いた姿勢推定手法, 情報処理学会研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), Vol. 2006, No. 54 (2006-UBI-011), pp. 15–22 (May 2006).

[25] C. Zeagler: Where to Wear It: Functional, Technical, and Social Considerations in on-Body Location for Wearable Technology 20 Years of Designing for Wearability, *Proc. of the ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 150–157 (Sep. 2017).

[26] ATR-Promotions: 小型無線ハイブリッドセンサ II(WAA-010) サポートページ, `https://www.atr-p.com/support/support-sensor10.html` (Accessed on 04/28/2020).

[27] GoPro: HERO8 Black — HyperSmooth & TimeWarp 2.0 — GoPro, `https://gopro.com/ja/jp/shop/cameras/hero8-black/CHDHX-801-master.html` (Accessed on 04/28/2020).

[28] dyson: Dyson Cyclone V10 Absolutepro, `https://www.dyson.co.jp/dyson-vacuums/cordless/dyson-v10/dyson-v10-absolute-pro/Reviews.aspx` (Accessed on 04/28/2020).

[29] 大内一成, 土井美和子: スマートフォンを用いた生活行動認識技術, 東芝レビュー, Vol. 68, No. 6, pp. 40–43 (Mar. 2013).

© 2020 Information Processing Society of Japan