

設計現場におけるモーションキャプチャ活用の新たな試み

A new attempt to utilize motion capture at the design site

吉田康行¹ 伊集院幸輝^{1,2} 飯野なみ² 小早川真衣子¹ 西村拓一¹

Yasuyuki Yoshida¹, Koki Ijuin¹, Nami Iino^{1,2}, Maiko Kobayakawa^{1,3}, and Takuichi Nishimura¹

¹ 産業技術総合研究所 人間拡張研究センター

¹Human Augmentation Research Center,

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

² 理化学研究所 革新知能統合研究センター

² RIKEN Center for Advanced Intelligence Project

³ 千葉工業大学 先進工学部 知能メディア工学科

³ Department of Advanced Media, Faculty of Advanced Engineering, Chiba Institute of Technology

Abstract: The purpose of this research is to measure the body movements with a motion capture system in the design review, which is one of the tasks in the design field, in order to extract the tacit knowledge of skilled designers, and to refer to the automatic extraction of specific movements. By examining the characteristics of the above movements, we will provide support for reviewing the design review.

In addition, since this time we are in the process of studying, we decided to set up a simulated situation and conduct an experiment.

1. 緒言

1.1 これまでのモーションキャプチャの活用

近年、身体運動を計測するためのモーションキャプチャシステムは安価なものも販売され始めたために研究の現場に普及が進んできている。そして、これまでスポーツ動作や日常生活動作の研究に用いられ、多くの先行研究がみられる。また、このシステムの方式は複数の赤外線カメラで構成される光学式が主流であるものの、最近では加速度センサ、ジャイロセンサや気圧センサで構成されるウェアラブルな慣性センサ式も徐々に用いられ始めている。このようなシステムの発展や普及に伴い、システムの新たな活用を試みる価値はあると考えられる。

1.2 これまでの技術・技能継承

これまでスポーツ動作や日常生活動作の研究以外にも製造業において技術・技能の継承のためにモーションキャプチャシステムを使用した先行研究がみ

られる[1]。この研究は国内の少子高齢化が進展し、熟練した作業員が退職していくことで高度なものづくりの技術が喪失する恐れがあるために行われている。そのものづくりの技術を身に付けている熟練した作業員の動作を計測し、解析することで、その作業員が持っている暗黙知、もしくは身体に限定された身体知を抽出できる。このような発想は製造の現場のみに適応できるだけでなく、他の現場にも適応できる可能性がある。

1.3 設計現場への導入の試み

今回は設計の現場へモーションキャプチャシステムを導入することを試みる。設計の現場において業務内容は多岐にわたる。そのためシステムを導入していくには対象とする業務を限定する必要がある。製造の現場の場合、作業員が身体を使うために動作に身体知が現れる可能性がある。一方、設計の現場では知識の継承[2]が主であり、身体の動作に身体知が現れにくい可能性がある。そこで今回は設計の業務におけるデザインレビューと呼ばれる、設計者が社内の幹部社員に製品の設計を審査される状況に限定することとした。この場面にシステムを用

いることにより特定の動作の自動抽出を検討することでデザインレビューの振り返りの効率的な支援をおこない、デザインレビュー中の暗黙知の取り出しを目指していく。

1.3 目的

本研究の目的は、熟練した設計者の暗黙知を抽出することを目指し、設計の現場における一つの業務であるデザインレビューにおいて、モーションキャプチャシステムにより身体動作を計測し、特定の動作の自動抽出の参考になる動作特性を検討することによりデザインレビューの振り返りの支援をおこなうことである。また、今回は検討している段階のため模擬的な状況を設定し、実験を行うこととした。

2. 方法

2.1 実験 1

2.1.1 実験参加者

デザインレビューの模擬実験をおこなうために健康な成人男性 2 名が実験に参加した。参加者は設計の業務が未経験である。通常、オフィスで業務をおこなっているため設定した動作には慣れている。

2.1.2 実験機材

身体的位置座標を計測するために 2 台の慣性センサ式モーションキャプチャシステム (MVN Awinda, Xsens 社製) を 60Hz で使用した。システムは 1 台あたり 17 個のセンサで構成され、左右の足部、下腿部、大腿部、肩部、上腕部、前腕部、手部と骨盤、胸骨、頭部に装着する。身体への装着には伸縮性のある素材でできた専用スーツとバンドを用いた。参加者は N ポーズと呼ばれる立位姿勢と歩行によりキャリブレーションをおこなった。解析用ソフトウェア (MVN Analyze, Xsens 社製) を用い、MVN の 23 剛体リンクモデルにより解析をおこなった。また、2 名のデータは時間で同期されていた。

2.1.3 実験設定

設計業務の一つであるデザインレビューで行われる動作を模擬的に再現して実験をおこなった。事前に著者らはデザインレビューを経験したことのある設計の業務経験者からデザインレビューに関するヒアリングをおこない、対象動作を選定した。実験は

オフィスでおこなった。ノート PC を使用している動作、ホワイトボードを使用している動作、資料を閲覧している動作を行なった。参加者には可能な限り通常のオフィスでおこなっている動作と同じ動作をするよう指示した。

2.1.4 データ処理

解析対象となる動作のデータ範囲を選んだ。そして、特定の動作がモーションキャプチャシステムのデータから推定可能か検討していくために解析ソフトウェアから身体の三次元的位置座標や関節角度を出力した。

2.2 実験 2

2.2.1 実験参加者

デザインレビューの模擬実験をおこなうために健康な成人男性 3 名と成人女性 1 名の合計 4 名が実験に参加した。参加者は設計の業務が未経験である。通常、オフィスで業務をおこなっているため設定した動作には慣れている。

2.2.2 実験機材

身体的位置座標を計測するために慣性センサ式モーションキャプチャシステム 2 台 (MVN Awinda Xsens 社製) を 60Hz で、そして、2 台 (MVN Link Xsens 社製) を 240Hz で使用した。システムの構成は実験 1 と同様である。

2.2.3 実験設定

設計業務の一つであるデザインレビューを模擬的に再現して実験をおこなった。今回の実験では 4 名が椅子に座り女性が中心となりディスカッションを行った。尚、参加者には可能な限り通常のオフィスでおこなっている動作と同じ動作をするよう指示した。

2.2.4 データ処理

実験 1 と同様に処理した。

3. 結果

図 1 には椅子に座りデスク上のノート PC のキーを操作している際の右手セグメントの手先の位置座

標の鉛直方向成分を示した。約 0.02m で上下に移動していた。1 秒間に約 3 回の上下動をしていたためキーを 1 秒間で約 3 回押していた。

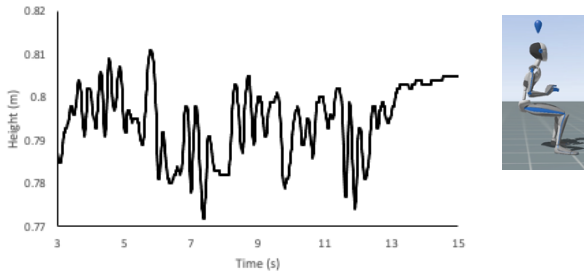


図 1 ノート PC 操作中の右手セグメントの手先の鉛直方向成分

図 2 には立位姿勢で右手でマーカーを持ち、筆記している際の右手セグメントの手先の鉛直方向成分を示した。0 から 5 秒付近でホワイトボードの下部にあるマーカーを持ち、そこから手を上げて書き始め、20 から 25 秒付近でマーカーを下ろしていた。高さ約 1.5m でマーカーを移動させていた。

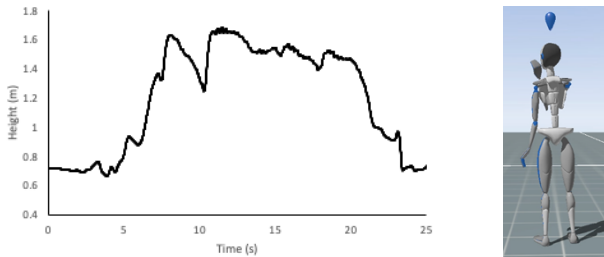


図 2 ホワイトボードに筆記中の右手セグメントの手先の鉛直方向成分

図 3 には立位時に左手で資料を保持し、右手で資料の頁をめくっている際の左右の手先の鉛直成分を示した。高さ約 1.2m で左右の手先が小刻みに上下動しながらも安定していた。

図 4 には 4 名でディスカッションした際の代表的な 2 名である M1 と F の C1（第一頸椎）と頭のセグメントの相対角度、つまり首の関節角度のデータを示した。正の値は屈曲を示している。両者ともに頻繁に首を屈曲と伸展させていた。

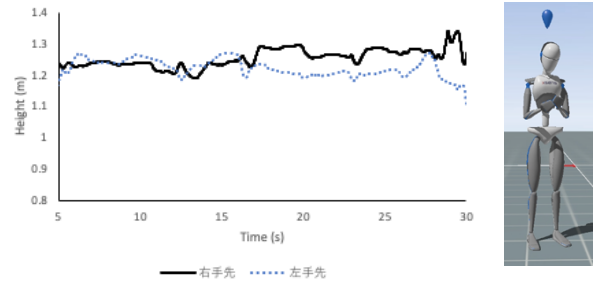


図 3 立位姿勢で資料を閲覧している際の両手セグメントの手先の鉛直方向成分

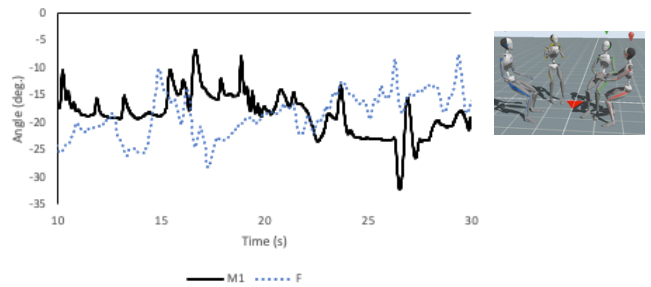


図 4 C1 と頭部の首関節角度。男性 1 名 (M1) と女性 1 名 (F) のデータ。

4. 考察

モーションキャプチャシステムにより設計の現場で行われているデザインレビューを模擬した実験を行い、特定の動作の特徴の抽出を試みた。今回の実験では手先の高さの位置情報を得るだけでも動作の特定に繋がることが明らかとなった。

デザインレビュー中は座位、もしくは立位のどちらかになることが推察される。座位は立位の姿勢よりも、膝関節と股関節がより大きく屈曲しているため膝関節と股関節の関節角度の情報を得ることで判断可能となる。もしくは、頭のセグメントの高さや全身体の重心の高さで判断できると考えられる。重心の場合は実験参加者により身長が異なるため、身長による正規化が必要であろう。

ノート PC を扱う際は立位姿勢であることは稀で、座位姿勢が基本となる。そのため座位姿勢であることの判断は前述したように股関節と膝関節の角度の情報から可能となる。ノート PC の操作はキーを叩く動作である。そこで右手先の鉛直成分、つまり高さの情報をを用いた。今回用いた身体モデルには指のセグメントはなく、手を一つの剛体としてモデル化している。しかしながら、右手先のデータは上下動を示していた。実験参加者に確認したところ、今回は

主にキーボードの右下にあるカーソルキーを操作していたと述べた。このことからノート PC を扱う動作は手先の高さ変化に現れていることが明らかとなった。

ホワイトボードにマーカーで筆記する動作は立位でおこなっている。これは膝関節と股関節がほぼ伸展された状態であるため、関節角度の情報で判断可能である。右手によりマーカーを移動させていたため、右手先の高さの情報を確認したところ胸骨上縁の付近の高さで長く動かしている特徴が明らかとなった。ホワイトボードの物理的な高さが実験参加者の動作に影響を与えているかもしれないが、胸骨上縁の付近の高さが自然に書きやすい位置なのかもしれない。

立位で資料閲覧する際には左右の手先の高さの情報が有用であった。この動作も立位であるため下肢の関節角度の情報が必要となる。同じ立位の姿勢であるホワイトボードでの筆記の作業とは上肢の動かし方が異なっていた。マーカーを動かす場合、片側の上肢を動かすのみであった。しかし、資料閲覧では片側の上肢で資料を持ち、残りの一方の上肢で頁をめくる必要がある。資料の大きさにより若干異なる可能性はあるものの、両手先の高さにより資料閲覧の動作の判断が可能と考えられる。

4 名でディスカッションした際、全員の首関節角度が同期しているか否かの判断は難しい。図 4 に示した男女各 1 名のデータは頻繁に首関節が動いているものの、ディスカッションに応じて確実に同期しているのか判断するのは難しい。動作の自動抽出をする場合、任意の時間内での屈曲回数、つまり、うなずきの回数を数えることでディスカッションの動作を理解できる可能性はある。しかし、動作からディスカッション内容における重要度までも判断するには先行研究[3]を参考にし、何らかの信号処理を新たに加える必要があると考えられる。

5. 総括

モーションキャプチャシステムにより明らかとなった動作の特徴を用いることで動作の自動抽出に結びつくと考えられる。そうすることでデザインレビューのアノテーションが効率よく行うことができるようになり、デザインレビューの振り返り支援も効率よく行え、熟練設計者が持つ暗黙知の抽出に繋が可能性がある。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（AASD 19100314-0）の結果から得られたものです。

参考文献

- [1] 松浦 慶総, 高田 一: 技能継承を指向した溶接技能解析の研究, 第 9 回身体知研究会, (2011)
- [2] 中山 康子: 設計開発における知識継承, 情報処理, Vol. 47, No. 6, pp. 647-653, (2006)
- [3] 二瓶 美巳雄, 中野 有紀子, 林 佑樹, 黄 宏軒, 岡田 将吾: 発話情報と頭部移動情報に基づく議論における影響力のある発言の予測, 情報処理学会第 77 回全国大会, 1-615-616, (2015)