

モーションヒストリーによる支援者の適合負担の軽減の把握

研究分担者 巖淵 守（東京大学先端科学技術研究センター）

研究協力者 田中栄一（国立病院機構八雲病院）

研究要旨：

本研究では、入力装置適合の負担軽減を目的として、コンピュータービジョン技術を応用した新たな入力支援システム OAK を利用し、それが備える動きの可視化機能「モーションヒストリー」のデータに基づいた入力装置適合の有効性の検討を行った。その結果、「モーションヒストリー」が支援対象となる人々の動きの理解を促す有益な評価ツールになりえること、また、OAK を利用することで、適合の専門性を持たない支援者でも、従来からの物理的スイッチと同程度の適合がより負担無く実現できることが示唆された。

A．研究目的

重度障害者の自立を支援するために様々な入力装置(スイッチ・センサ)が利用されている。それら入力装置には、押しボタン式、タッチ式、筋電式、光電式、呼気(吸気)式、圧電素子式をはじめとする、様々な種類の製品がある。これらの中から対象となる人の動きの状況に応じた適切なスイッチ・センサを選択し、さらにその設置方法を最適化していくには高い専門性が求められ、現状では、その技能を備える人材は限られている。あわせて、入力装置の使用中的ずれ、操作部位の変更への対応のしにくさ、装着型であるための不随意運動に伴う誤動作の発生、特殊であるが故に高価格であるといった入手の難しさなどの問題点もある。このように入力装置を必要とする人には、適合についての様々な困難を日々経験している人が多くいる。

そこで本研究では、入力装置適合の負担軽減を目的として、それに対するコンピュータービジョン技術を応用した新たな入力支援システムの有効性に関する実験を行った。具体的には、本研究分担者のチームによって開発された「OAK」(Observation and Access with Kinect)¹を利用し、それが備える動きの可視化機能であるモーションヒストリーの観測データに基づいた入力装置適合の有効性を検証した。

B．研究方法

B - 1．エアスイッチとモーションヒストリー

本研究に用いた OAK は、元々ゲーム用途に開発されたカメラ Kinect を利用した入力支援システムである。Kinect は、RGB カメラおよび赤外線を用いた距離センサーを用いて利用者の手や体、顔(目や口)の動きを検出する。このカメラは、ゲーム機能として数多く販売されてきたこともあり、かつての同様の製品に比べ安価にまた身近に入手できることから、福祉領域を含めた様々な分野への応用が期待されている。

OAK は、Kinect が認識する利用者の動きをスイッチ操作に変換する。利用者の可動域にあわせて空中に「エアスイッチ」と呼ばれる仮想のスイッチを描画し、その領域内での身体の動きを非接触で捉えることができる。

さらに OAK には、スイッチの設置箇所として確実に随意運動が取り出せる部位を見付けることを目的として、動きの履歴(ログ)を可視化するモーションヒストリーという機能が備わる。モーションヒストリーは、Kinect の RGB カメラが捉える 30 万画素の一点一点の色情報の変化を捉え、それを一定時間積算して利用者の動きの履歴として表示する機能である。動いた量に応じた色(動きの小さい順から紫、青、緑、黄、橙、赤)に各画素を着色して表示することで、利用者のどの部分がよく動いたかを確認することができる。これにより、これまで気

¹ <http://www.assist-i.net/at/service/product/oak/>

付きにくかった小さな動きやその変化を理解しやすくなる。

図1に10秒毎に撮影されたモーションヒストリーの画像例を示す。このモーションヒストリーは、脳性麻痺のある10代の男児が頭部の頷きの動作を利用してスイッチ操作をしている様子を前方から捉えたものである。この図からは、活動が進むにつれて、この男児の頭部にモーションヒストリーの色が現れ、能動的に頭部を動かしていたことがわかる。一方、不随意運動により震えていた左右の手と腕にも色が付いている。この男児に対してエアスイッチを設置する場合は、随意運動する部分（このケースでは頭部）のみにスイッチの領域を限定することで、不随意運動との分離も可能である。

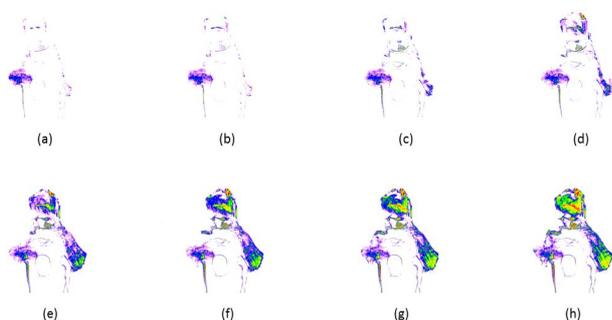


図1．10秒毎に撮影されたモーションヒストリーの例

B - 2 . モーションヒストリーに基づく適合

モーションヒストリーのデータに基づき、最も能動的に動かすことのできる体の部分にエアスイッチを設置することで、動きの認識をより確実にすることができると期待される。そのためにも、スイッチの設置を検討する際には、モーションヒストリーを用いて、動きの観察から始めることを我々は勧めている。それにより、これまでに気づいていなかった動きの発見を含めて、客観的な判断を促すこともできる。

さらに今年度、モーションヒストリーのデータに基づいて、最も動いた領域に自動的にエアスイッチが設定される機能をOAKに追加した。そこで、実験1として、筋ジストロフィーや脊髄性筋萎縮症(SMA)といったわずかな運動しかできない人や脳性麻痺等で不随意運動を伴う人に対してこのモーションヒストリーを用いたエアスイッチの自動設定を実施し、その効果を

検証した。

次に、エアスイッチの操作性を従来のスイッチと比較するため、スイッチを用いた反応時間を測る実験2を行った。実験2では、図2に示されるランダムなタイミングでのスイッチ操作を要求し、それへの反応時間を記録する評価システムを利用した。また、20代の筋ジストロフィーの男性(協力者1)と10代のSMAの女性(協力者2)に、「クリック」の表示後、可能な限り早くスイッチ操作を行うよう依頼した。実験は2日間に渡って行われ、各日、OAKのエアスイッチと従来のスイッチについて、本人に過渡の負担が掛からないよう、それぞれ100回のスイッチ操作で実施した。課題への慣れが影響しないよう、課題の前には十分な練習時間を設けるとともに、2名の中で2つのスイッチの順序を逆にし、さらに翌日はその順序を入れ替えた。従来のスイッチとしては、協力者を含め、彼らが入院している病院で多くの患者が利用するマイクロライトスイッチ²を使用した。協力者1は普段は一般的なマウスを使用しており、現状では、クリック操作に大きな問題を抱えていなかった。協力者2は、普段、小型・軽量のマウスを使用しており、クリックも可能であるものの、指が疲れやすい悩みがあった。本実験のスイッチ操作には、両協力者が普段のクリック操作で用いる利き手の示指を用いて、マウスのクリックと同様、指で押し下げる動作でONになるように設定した。マイクロライトスイッチは、小型のアームを用いて、指の動きが垂直に当たる下側の位置で、かつ協力者が最適だと感じる位置にスイッチを設置した。エアスイッチについては、同じ指の動きに対して上記モーションヒストリーを基にした自動設定を行った。

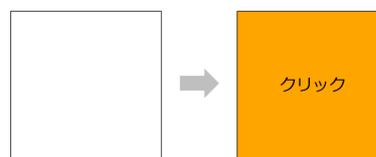


図2．評価システムのインターフェース

² <http://at2ed.jp/pro/productDetail.php/productid/P0651/alpha/13>

C . 研究結果

図3に、実験1において撮影されたビデオ、モーションヒストリー、および自動設定されたエアスイッチの代表例を示す。最初の2つのケースでは、それぞれ筋ジストロフィーとSMAの協力者の指先のわずかな動きを取り出すことに成功し、その部分にエアスイッチが設置されたことがわかる。一方、3番目のケースでは、動かすよう促していた脳性麻痺のある児童の左手ではなく、左手に持っていたひもに巻かれた筒状の飾りにエアスイッチの領域が設定された。

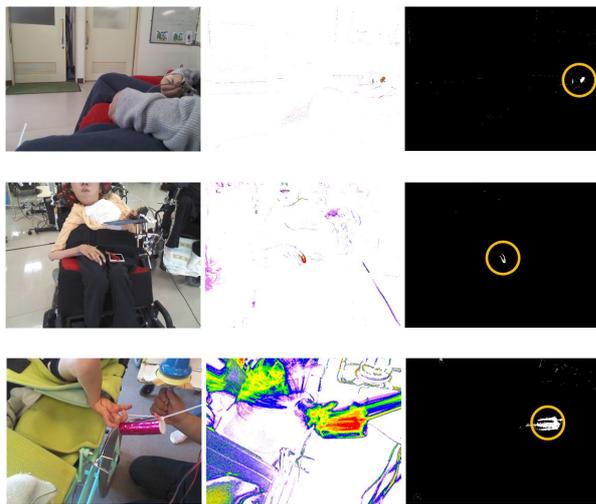


図3 . モーションヒストリーを基に自動設定されたエアスイッチの例（左列の丸が最も動いたと認識・設定されたエアスイッチの領域）

表1 . 反応時間に関する実験結果

(MLS: マイクロライトスイッチ,
AAS: 自動エアスイッチ,
T: 平均の反応時間 (ms),
SD: 反応時間の標準偏差(ms))

協力者	1		2	
性別	男性		女性	
障害	筋ジストロフィー		脊髄性筋萎縮性	
スイッチ	MLS	AAS	MLS	AAS
T(1日目)	328.8	413.4	409.0	371.0
SD(1日目)	40.3	171.8	129.4	113.8
T(2日目)	489.9	418.4	480.3	375.9
SD(2日目)	146.1	166.5	196.4	145.1

表1に、実験2の結果を示す。スイッチの種類、障害、実施日を要因とする反応時間に関する分散分析を行ったところ、反応時間に関してスイッチと実施日の交互作用が有意であり

($F(1, 198)=28.56, p < .001$), また、従来のスイッチについては、実施日を単独の要因として有意な差が見られた ($F(1, 198)=68.45, p < .001$)。他に有意な差は見られなかった。

D . 考察

先の図3に示すように、モーションヒストリーは、非常に小さな動きを含めて捉えられることがわかった。この感度の良さとその正確さが、筋ジストロフィーやSMA、筋萎縮性側索硬化症(ALS)といったわずかな動きしか難しい人々の入力機器操作の確実性を確保する上で重要となる。利用者に体を動かしてもらった中で、モーションヒストリーが捉える最も動く部位にエアスイッチを描画することで、この感度の高いスイッチを容易に設置できる。しかも、OAKを利用した場合、適合の評価中、およびエアスイッチを利用する際に、利用者は何も装着する必要がなく、装着に伴う不快感や肌あれなどの負担もなくすることができる。

しかし、モーションヒストリーはすべての動きに反応し、画像処理上は随意と不随意の運動の分離は行っていない。実際の入力装置の適合には、随意運動のみをうまく取り出すことが求められる。不随意運動がある場合、利用者に特定のタイミングでのみ動いてもらう様子をモーションヒストリーで観測することで、不随意運動成分を特定し、その成分が含まれる領域を除いてエアスイッチを自動、あるいは手動で設定することで不随意運動成分を減らすことも考えられる³。

実験1では、緊張による大きな不随意運動の伴う脳性麻痺の児童に対してエアスイッチの自動設定を実施した。その際、不随意運動の影響を減らすために、本人の緊張が起こりにくい姿勢を取りながら、能動的に動かしやすい左手、およびその付近にスイッチの設定領域を制限した。

³ なお、OAKには、不随意運動の影響を減らすためのその他の機能として、体幹のずれに連動してエアスイッチの位置を自動的に一定に保つ「追従」機能、不随意で動いてしまう場合にすべてのスイッチ出力を一時的に無効にする「キャンセリング」機能、顔の位置を捉えて顔の振れを無視して動作する「フェイススイッチ」の機能がある。

モーションヒストリーの観測では、本人が動かした左手ではなく、その手に持っていたひもに巻かれた赤い筒状の飾りが、周囲の色とコントラスト差が大きかったために最も動いた部分として認識された。その結果により自動的に設定されたエアスイッチは、普段利用しているひもで引くスイッチよりも安定して操作することができた。このひものスイッチは、本児童の腕や体幹の震えによってたるみが生じるため、これまで正確に操作できていなかった。しかし、今回の実験で設定されたエアスイッチでは、感度に優れ、ひもを引く動作を確実に拾えるようになった。

このケースのように、スイッチの設置は、利用者の体以外の場所を含めての検討も可能である。それら様々な場所を含めて最適な位置をモーションヒストリーという客観的データを基に判断できる点が OAK の利点である。従来の物理的なスイッチと比較すると、カメラ (Kinect) やそれを接続するパソコンの設置が負担となるものの、スイッチそのものの設置は、評価・試行段階から実際の利用シーンも含めて、OAK の利用によって容易になりうる。

実験 2 では、押し型のスイッチを利用した際、実験の初日と 2 日目で反応時間に有意な差が見られた。この結果は、物理的に設置されたスイッチであれば、意図しないわずかな位置の違いが、反応時間の不安定さ、すなわち操作性の悪さをもたらしうることを意味している。ほとんどのスイッチは日々、利用開始時に設置・装着されるため、実際こうした変化が頻繁に起こりうる。一方、OAK のエアスイッチでは、この 2 日間での反応時間に関する有意な差が見られなかった。これは、OAK を利用する際、体の動かす位置に違いが生じても、モーションヒストリーによってエアスイッチが各状況で最も動く位置に設定されるため、結果として毎回安定した操作性が得られると考えられる。この安定性は、日々の変化だけでなく、入力装置適合の専門性の有無という差がある状況でも確保されることが期待できる。実際、今回の実験において、エアスイッチの設定は自動化されており、利用者が動かした手の付近にモーションヒストリーの観測領域を設定する以外、人の判断は介

入していなかった。

しかも、今回、エアスイッチは、反応時間について従来の物理的なスイッチと同程度の結果をもたらした。以上換言すれば、今回の実験は、モーションヒストリーを利用する OAK が、従来の物理的なスイッチの適合と同等レベルの適合をより負担なく実現しうることを示したといえる。

E . 結論

本研究では、入力装置適合の負担軽減を目的として、コンピュータービジョン技術を応用した新たな入力支援システム OAK を利用し、それが備える動きの可視化機能であるモーションヒストリーの観測データに基づいた入力装置適合の有効性を検討した。

その結果、モーションヒストリーが支援対象となる人々の動きの理解に役立ち、入力装置適合への有益な評価ツールになりえることが明らかとなった。また、専門性を持たない支援者でも従来からの物理的なスイッチと同等レベルの適合が容易に実現でき、その操作感の安定性も確保できることが示唆された。

F . 健康危険情報

(統括研究報告書にまとめて記載)

G . 研究発表

(1) 論文発表

・Yang, G., Iwabuchi, M., Nakamura, K., Sano, S., Taniguchi, K., and Aoki, T. (2013) Observation and potential exploration for people with severe disabilities using vision technology, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2013 論文集, pp.107-110

(2) 学会発表

・Yang, G., Iwabuchi, M., Nakamura, K. (2013). Automatic convenient switch fitting based on motion history for people with physical disabilities, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol.15, No.11, pp.5-6

H . 知的所有権の出願・登録状況

なし