

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01460

研究課題名(和文) マルチモーダル・インタフェースを応用した肢体不自由児における意思表示構造の解明

研究課題名(英文) Elucidation of intention manifestation structure in physically handicapped children using multimodal interface

研究代表者

宮崎 英一 (Miyazaki, Eiichi)

香川大学・教育学部・教授

研究者番号：30253248

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究ではWEBカメラを主としたマルチモーダル・インタフェースを試作した。これはスイッチ操作に伴う不随運動の影響を除去し、利用者の意図性抽出が可能となった。更に移動物体検出アルゴリズムを適応し、指等の移動方向や動作の正確さに制限を受けず、どの方向に移動しても入力トリガーとして検出可能な入力インタフェースが実現できた。今までの研究実績からWEBカメラを用いた入力インタフェースは実際の現場でも実用の可能性を示した。よって学習支援や日常生活、就労支援までを含めたサポートが可能となり、障害者の生活の質的向上が期待される。今後は意思性を忠実に反映したより高度な手指の運動解析を行っていく必要がある。

研究成果の概要(英文)：Touch panels have been spreading due to the increase of smartphones, tablets, etc. However, some people have difficulty using touch panels for various reasons, and this has caused a digital gap. In this study, we developed an interface that tracks motions of arbitrary parts which are selected with a mouse from a webcam screen. This is composed of a virtual keyboard and a virtual mouse, which utilize a webcam and a microcontroller, instead of ordinary keyboards and mice. An arbitrary motion of a user functions as a trigger for the interface, through the analysis of moving pictures taken by a webcam. Such a trigger activates the virtual keyboard and mouse. Therefore, it became possible to operate a computer with moving pictures taken by a webcam. Since it gets triggered only by parts which a user can move voluntarily, it was indicated that it is possible to provide an interface that detects users' purposed motions.

研究分野：教育工学

キーワード：障がい者支援 入力インタフェース モーショントラッキング モーションヒストリ センサ QOL

## 1 . 研究開始当初の背景

障害者の日常生活の質的向上を目指す上で、今後最も効果が期待できるものの1つに、ICT を利用した障害者支援機器がある。支援機器の IT 化によって、様々な症例に対応したユーザインタフェースの提供が可能となった。

これまで応募者は、図 1 に示す WEB カメラを用いて、微細な動作から大きな動作まで対応可能なインタフェースを作成してきた。同図右の WEB カメラ画像に移動物体検出アルゴリズムを適応し、撮影対象の移動方向や動作の正確さに制限を受けず、どの方向に移動しても入力トリガーとして検出可能である。これが同図左のように指・手の動きによってキー入力可能な柔軟な入力インタフェースを提供し、日常生活の多くの場面での利用が可能となった。

しかし、ここで問題となったのが、身体動作の意図性である。応募者が試作した入力インタフェースは不随運動等の使用者の意図しない動作も入力として検出する問題点があった。そこで注目したのが、様々な入力インタフェースを組み合わせたマルチモーダル・インタフェースである。

これは複数の入力インタフェースを組み合わせ、多角的な非相関の情報を得ることができるので、従来の 1 インタフェース入力だけでは解決できなかった使用者の意図性の真偽が判定可能となる。障害者の日常生活の質的向上を目指す上で、今後最も効果が期待できるものの 1 つに、ICT を利用した障害者支援機器がある。支援機器の IT 化によって、様々な症例に対応したユーザインタフェースの提供が可能となった。

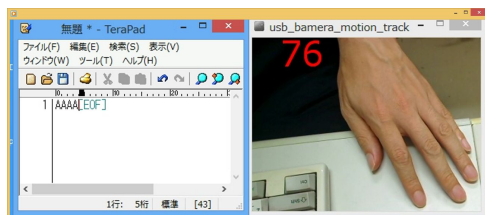


図 1 モーショントラッキングインタフェース

これまで応募者は、図 1 に示す WEB カメラを用いて、微細な動作から大きな動作まで対応可能なインタフェースを作成してきた。同図右の WEB カメラ画像に移動物体検出アルゴリズムを適応し、撮影対象の移動方向や動作の正確さに制限を受けず、どの方向に移動しても入力トリガーとして検出可能である。これが同図左のように指・手の動きによってキー入力可能な柔軟な入力インタフェースを提供し、日常生活の多くの場面での利用が可能となった。

しかし、ここで問題となったのが、身体動作の意図性である。応募者が試作した入力インタフェースは不随運動等の使用者の意図しない動作も入力として検出する問題

点があった。そこで注目したのが、様々な入力インタフェースを組み合わせたマルチモーダル・インタフェースである。

これは複数の入力インタフェースを組み合わせ、多角的な非相関の情報を得ることができるので、従来の 1 インタフェース入力だけでは解決できなかった使用者の意図性の真偽が判定可能となる。今回、従来の研究で作成してきた入力インタフェースと科研費で試作するマルチモーダル・インタフェースを組み合わせる事で、より多くの入力データが獲得可能となり、このデータから身体動作の意図性動作を数理モデルとして解析を行い、不規則運動からの意図性動作を抽出する。

このモデルの応用で運動機能障害者の教育支援やリハビリテーションへの運用、さらには発達障害者の教育支援までも視野に入れた、入力インタフェースを開発し、最終的には実用化に向けた装置の開発および現場での運用に対応できるような実際的な入力インタフェース構築を行いたい。

今回、従来の研究で作成してきた入力インタフェースと科研費で試作するマルチモーダル・インタフェースを組み合わせる事で、より多くの入力データが獲得可能となり、このデータから身体動作の意図性動作を数理モデルとして解析を行い、不規則運動からの意図性動作を抽出する。

このモデルの応用で運動機能障害者の教育支援やリハビリテーションへの運用、さらには発達障害者の教育支援までも視野に入れた、入力インタフェースを開発し、最終的には実用化に向けた装置の開発および現場での運用に対応できるような実際的な入力インタフェース構築を行いたい。

## 2 . 研究の目的

本研究は、組み込み制御機器の開発を手がけてきた代表者と障害者の ICT 利用を進めてきた分担者及び肢体不自由児や病弱児等の各分野に専門化された特別支援学校の協力者と共同研究を行い、従来の触覚・視覚・聴覚インタフェースの上に、活動量計や時系列の表情といったデータを組み合わせるマルチモーダル・インタフェースを提案する。

このインタフェース群から得られたデータに数理モデルの適合を行う事で身体動作の意図性を定量化して評価し、従来のインタフェースでは判別困難であった利用者の正確な意図性が抽出可能となる。

これにより誤認識を防ぐだけでなく、正確な意思表示を行う事で学習支援や日常生活、さらには就労支援までも含めたサポートが可能となり、障害者の生活の質(QOL:Quality of Life)的向上を目指すものである。

## 3 . 研究の方法

本研究で提案するシステムは、ウェアラブルデバイスを用いたライフログで体温や心

拍数等のパラメータから、スイッチ入力 of 意図性を検出する。また、WEB カメラで使用者の動作部を撮影することから、モーションヒストリを測定でき、使用者のスイッチ動作を時間的な重心位置の変化として測定を行う。

また別の WEB カメラからは、使用者の表情をこれらと同期して撮影し、眉の位置と角度・口角の上下・口の開閉等のパラメータから表情の評価関数を記録する。更に先行研究で試作したモーショントラッキングから、スイッチ入力において使用者の動作良好な部位を記録し、スイッチからの入力のオン・オフ以外に時間的にどのような動作ベクトルが作用したかを記録する。

これらのインタフェース群からのデータをデータベースに蓄積し、数理モデルとしてのパターン解析を行う。この結果、使用者の動作に意図性が反映されているかの判別を行い、意図性のある入力のみを抽出するものである。

本研究で開発を目指すシステムは、上記で決定された数理モデルを応用し、実際に使用されている各種入力インタフェースからの情報に隠されている意図性を表出し、使用者の意思を明確に提示する事で障害者だけでなく、支援者においても多様な使用目的や各種症例への対応を提供する。

#### 4. 研究成果

現在、インターネット環境やスマートフォン等の普及に伴い、これらの機器は日常生活において当たり前で使用されている IT 機器として若年層から高齢者まで広く普及してきている。我々の日常生活におけるインターネット等を介した情報への依存度は日々拡大し続けており、ネットショッピングやコミュニケーションツールとして日常生活において必要不可欠なものとなっている。このように、我々の日常生活に様々な質的向上をもたらすことを可能にした IT 環境であるが、これらの環境が障害のある人にとっては十分に活用できる環境は整ってない。

その大きな原因の1つとして、入力インタフェースの問題が存在する。これは、一般的に使用されているマウスやキーボードといった入力インタフェースが、障害のある人の使用環境を前提に設計されていないことに起因している。特にマウスの位置決めや、クリック・ダブルクリックといったマウス操作が困難な場合、これらのインタフェースでは使用出来ない場合がある。

そこで本研究では WEB カメラを用いたユーザインタフェースを試作した。これはユーザの動作可能な任意の部分をリアルタイムでトラッキングターゲットとして選択し、この部分の動きだけを検出する事でマウスやキーボードといった入力インタフェースと同じ操作を行う。さらに、カメラと撮影対象部位の距離を調節することで、ユーザの大きな動作から小さな動作まで対応できるので、ユ

ーザの可動域の大小や動作方向等の制限を受けない。このため本システムだけで、多くのユーザの利用が可能になると考えられる。

#### ・インタフェースについて

最近、スマートフォンやタブレット PC 等のタッチパネルを有する機器が多くの場合で使用されるようになってきているが、運動動作に制限がある場合、これがユーザインタフェースとして問題になる場合がある。元来、タッチパネルは直感的なインタフェースを提供し、子供やお年寄りといったコンピュータの専門的な知識が無い人でも、直感的に使用できるという特徴がある。しかし従来の入力インタフェースが備えていた、キーボードのキー操作やマウスのクリックといったユーザの操作に伴う機械的な打鍵感がないので、操作に対する感覚的なフィードバックが無い。このため、キーが押されたかどうかの判断が、困難な場合があり、これが操作感という点から入力インタフェースとして問題になる場合がある。

また、現状の多くの OS の持つインタフェース画面は、タッチパネルの操作においても、基本的にはマウスやキーボードで操作されていた OS をベースとしており、細かな位置の制御やダブルタップ、スワイプ等タッチパネル特有の操作方法が困難な場合がある。

#### ・スイッチインタフェース

上記のことから、コンピュータの操作等において運動機能に制限がある場合、マウスやキーボードの代わりにスイッチを代用する



図2 a) 可動域が大きい場合



図2 b) 可動域が狭い場合

場合が多い。これらは機械的な入力装置であり、押しボタンスイッチや引きスイッチ、呼気スイッチ等様々なスイッチが入力インタフェースとして利用されている。これら多種類スイッチが利用されるのは、運動機能の制限が個人の特性によって大きく異なるためである。例えば、脳性マヒの方と筋ジストロフィーの方を比較した場合、動作の正確性と稼働範囲が相反の関係にあり、これらの条件を満足するスイッチが要求される。

動作に制限がある場合に使用されているインタフェースの中で代表的なものが押しボタンスイッチである。この押しボタンスイッチも大きさが一定でなく、ユーザの使用特性に合わせて足での操作を行う大きなものから手の中に納まる小型のものまで、様々な大きさのスイッチがある。このように動作に制限がある場合、その人の特性に適応したインタフェースを準備する必要があるが、実際にはユーザの特性に合わせた多くのインタフェースを準備する事は困難である。このため、動作に制限がある場合には運動制限に適応できる入力インタフェースそのものが少ないという問題点があった。

#### ・WEBカメラの応用

上記の問題点を解決するため、本研究では、WEBカメラを用いたユーザインタフェースを提案する。図2にWEBカメラインタフェースのトラッキング対象画面を示している。これは同じシステムを用いてWEBカメラの位置を変えて、トラッキング部分をズームアウトした場合を同図a)、またズームインした場合を同図b)に示している。同図の矢印( )は同じ画素数を示しているが、実際の指の動作距離は同図a)の方が大きい。このように可動域の大小に関してはWEBカメラのズームングによって対処できる事がわかる。

しかしここで問題になったのが、スイッチのオン・オフを決定するトリガーの位置である。この問題を図3に示す。このスイッチは、ユーザの特性に合わせて(本来は親指の移動)、スイッチのオン・オフを実行するのであるが、実は、親指以外の指が意図せず動いてもオン・オフを実行してしまうという問題点があった。これはこのトラッキングアルゴリズムでは、各フレーム画面の差分から動作検出を行っているので、WEBカメラで撮影されたユーザのどの部位が動いても、「移動があった」「スイッチが押された」と判断してしまうためであった。このままではユーザの意思を反映しない入力インタフェースとなり、使用に問題がある。

#### ・コンピュータビジョンライブラリ

そこで本研究では、必応な領域だけを選択してトラッキングを行うアルゴリズムに変更し、本来のスイッチ動作と異なる意図しない動きにも対応できるようにした。ここではトラッキングアルゴリズムに BoofCV を用い



図3 トラッキングミス

た。BoofCVは、リアルタイムコンピュータビジョンとロボット工学アプリケーションのためのオープンソースのJavaライブラリである。ライブラリの使用に関しては自分でコンパイルを行う必要があるが、本研究では橋本の手順を参考にしてコンパイルを行った。本研究ではこれを拡張し、スイッチのトリガーとなるトラッキングの結果から、撮影対象となる部位がどの方向に移動したかを上下左右の4方向を検出している。

#### ・WEBカメラインタフェースシステム

上記のユニットを組み合わせて作成したWEBカメラ入力インタフェースの概略を図4に示す。カメラとユーザの感知領域のセッティングが完了した後、実際の入力操作が行える。最初にWEBカメラが感知領域の動画撮影を行う、この動画はUSBインタフェースを介して1秒間に30フレーム、コンピュータに取り込まれる。このフレーム毎にトラッキング処理を行い移動の検出を行っている。移動があった時には、シリアルポートを介したシリアル通信でマイクロコントローラを用いたHIDインタフェースに信号を送信している。これはシリアルポートを介して送信された信号に応じて、マウスが移動したり、クリックしたりといったマウスの操作だけでなく、キーボードからキーが押されたという仮想的なマウス・キーボードとしての操作を行う事ができる。本研究では、1つのデバイスだけでWEBカメラからの画像処理結果から、あたかも人間が操作しているようなキーボ

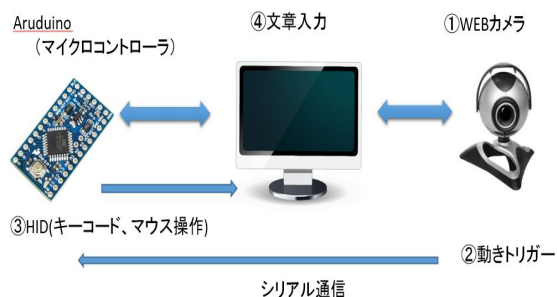


図4 WEBカメラ入力インタフェース

ードやマウスの操作を行うデバイスとなっている。

このインタフェースは組み込み機器の制御に用いられるマイクロコントローラを用いて製作した。本研究ではこのような用途で多く使用されている Arduino 互換機の「ダ・ヴィンチ 32U with Arduino Bootloader」を用いた。これは 1 チップで仮想的なシリアルポートや HID ポートを持っており、コンピュータの USB 端子とそのまま接続できるという利点がある。このため、非常に簡単はハードウェアとなり、学校や病院等の環境下においても、導入が簡単となっている。

このようにして文字を入力している画面を図 5 に示す。ここでは手の掌全体を位置検出領域として定義している。本システムも用いて実際に文字を入力してみた所、検出移動は問題なく行えているが、ソフトウェアキーボードを介して入力を行った時のみ取りこぼしが多く発生し、実用には困難である事がわかった。

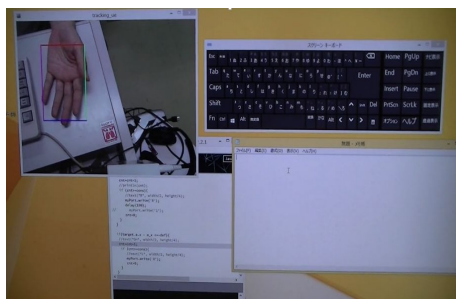


図 5 WEB カメラを用いた文字入力画面

WEB カメラを用いたトラッキングによる移動検出を単独でテストした時は問題なく移動を検出していた。測定例としてアナログ腕時計の秒針を測定したが、1 秒毎に秒針の移動検出が行えた。また仮想インタフェースを用いてシリアル信号でエンターキーを入力させた時も取りこぼしなく、エンターキーを出力できていた。しかし、この両者を組み合わせるとソフトウェアキーボードの入力時に頻繁に取りこぼしが発生する事が確認できた。今後はソフトウェアキーボードを介したテストを行い、誤動作の原因を特定する必要がある。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、野田知智、近藤創、運動機能障がいに対応した 4 元数を測定するモーションヒストリーセンサの試作、香川大学教育学部研究報告第 部、査読有、第 68 巻 1 号、2018、9-1

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将

大、野田知智、近藤創、オプティカルフローを用いた運動機能障がいをサポートするユーザインタフェースの試作、香川大学教育学部研究報告第 部、査読有、第 68 巻 1 号、2018、1-8

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、野田知智、近藤創、加速度計を用いた不随意運動を伴うスイッチ動作の測定、香川大学教育学部研究報告第 部、査読有、第 67 巻 2 号、2017、59-66

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、野田知智、近藤創、WEB カメラを用いた肢体不自由者用入力インタフェースの試作、香川大学教育学部研究報告第 部、査読有、第 66 巻 1 号、2016、17-24

[学会発表](計 8 件)

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、運動機能障がいにおける加速度センサを用いたスイッチ操作特性の解析、日本産業技術教育学会第 33 回四国支部大会、2017

Eiichi Miyazaki、Satoshi Sakai、Kimihiko Taniguchi、Shoudai Sano、Tomohiro Noda、Hazime Kond、Analysis of Switch Operation Characteristics Using Acceleration Sensor for Motor Dysfunction, 6th NCYU-KU Workshop, 2017

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、運動機能障害におけるスイッチ操作特性の計測、日本産業技術教育学会第 60 回全国大会、2017

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、障害者のスイッチ動作を測定するモーションヒストリーセンサの試作、日本産業技術教育学会第 32 回四国支部大会、2016

Eiichi Miyazaki、Satoshi Sakai、Kimihiko Taniguchi、Shoudai Sano、Tomohiro Noda、Hazime Kond、The trial production of physically handicapped persons for input interface using the motion tracking sensor, 第五屆 嘉義大學暨日本香川大學聯合研討會、2016

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、WEB カメラを用いたモーションヒストリーセンサの試作、日本産業技術教育学会 第 59 回全国大会、2016

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、障がい者をサポートするモーションセンサーの試作、日本産業技術教育学会第 31 回四国支部大会、2015

宮崎英一、坂井聡、谷口公彦、佐野将大、近藤創、野田知智、WEB カメラを用いたモーションセンサーの試作、日本産業技術教育学会 第 58 回全国大会、2015

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮崎 英一 (Eiichi Miyazaki)

香川大学・教育学部・教授

研究者番号：30253248

### (2) 研究分担者

坂井 聡 (Satoshi Sakai)

香川大学・教育学部・教授

研究者番号：90403766

### (3) 連携研究者 ( )

無し

### (4) 研究協力者

谷口 公彦 (Kimihiko Taniguchi)

香川県立高松養護学校教諭

佐野 将大 (Shoudai Sano)

香川県立高松養護学校教諭

近藤 創 (Hazime Kond)

香川県立高松養護学校小豆島分室教諭

野田 知智 (Tomohiro Noda)

香川県立聾学校教諭