

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：32706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350300

研究課題名(和文) 上肢障がい者の様々な症状に適合する入力インターフェースの研究

研究課題名(英文) A Study of the Input Interface Suitable for an Physically-challenged Person's Various Condition of Disease

研究代表者

本多 博彦 (HONDA, Hirohiko)

湘南工科大学・工学部・准教授

研究者番号：90339797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：上肢障がい者や難病患者の特性に合わせた、マウス操作における方向、距離、サイズ等の依存性をデータベース化し、最適感度を導出する設計を行うことができた。検証により、肉体的負担を減らしつつパフォーマンスを維持できることを確認できた。

また病状の進行に伴い画面を見続けることが困難な場合でも状態把握が可能となる環境音を取り入れたインターフェースを設計した。煩わしさによる意識喚起の少ない環境音による音響デザインにより、少ない操作回数で画面遷移や階層構造の移行を可能とし、操作能力の低下分を補完するシステムとなった。

研究成果の概要(英文)：We focused on the movement of the mouse and pointer to design a system that adjusts the speed of the pointer movement based on the user's changing characteristics. This system supplements the user interface of the PC with a mechanism to maintain work efficiency. For test purposes, we asked a physically-challenged person to evaluate this system and were able to show significant results. This system helps physically-challenged users maintain their quality of life since they are able to continue using a personal computer even as their state of mobility deteriorates. We developed a useful system for the person who can't keep maintaining the posture and seeing a monitor. So we designed the interface which effectively used the environment sound. We performed experiments for realizing the system and present the design guidelines of ambient sound. The sound design can be distinguished of several information by hearing. The user can move the screen transfer and the hierarchy without operating.

研究分野：ヒューマンインターフェース

キーワード：ヒューマンインターフェース 支援システム 音響デザイン 人間工学

1. 研究開始当初の背景

現状では高齢者や障がい者がパソコンを健常者と同様に使いこなすにはハード面からもソフト面からも困難であり、利用しやすい機器が普及している状況からは程遠い。教育現場においても、バリアフリー化のもと、障がい者を受け入れる設備の充実が図られてきた。しかし、現状では計算機を使用する機会が増えているにもかかわらず、障がい者がパソコンを健常者と同様に使いこなすには利用しやすい環境が整っているとは言い難い。大人数に対して同一環境を提供しなければならないため、個別の事情に対応した設定をすることは不可能な場合が多い。そのため、与えられた汎用的な入力機器に障がい者側が無理して合わせている現状がある。また、上肢障がいには進行性のものが多く、現在はキーボードが打てても、次第に手や指が動かさなくなるケースがあり、将来同じ環境で教育を受け続けられるのか不安を掲げている者も多い。身障者向け機器として、様々な入力支援システムが開発されているが、高価なものも多く、また製造中止になってしまったり、新しいOSに対応していないものも多い。また、上肢障がい者に対する操作支援の研究も多数行われてきたが、進行性の疾患を持った患者に対する具体的な方策を提示するものはなかった。そこで、できるだけパフォーマンスを維持することができる入力支援が望まれている。特に上肢障がい者の利用状況から、病状の時間的進行により、マウス操作に大きな影響が出ることや、キーボードが手で利用できなくなっても代替として画面上のスクリーンキーボードをマウスで利用する機会が多いことが明らかになっている。一方、マウス操作におけるポインティング動作を評価する指標として、ポインティングに要する時間が、ターゲット距離やサイズに関連していることが示されており、これらの特性を踏まえたポインティング支援技術が提案されている。しかし、これらの提案は、被験者(健常者)が正しい姿勢で、手首、指、肘、肩の筋肉を利用して自然な動きでマウス操作を扱えることを想定している場合が多い。手の自由度が著しく制限された中でマウス操作を行うユーザーに対し、これらの支援技術をそのまま適用することは難しい。ユーザー特性を考慮したポインタ感度を調整する手法があれば、上肢障がい者を被験者とした場合でも短時間で効率よくポインタ操作することが可能となる。

また、GUIを主体としたインターフェースを用いる場合、障がい者にとってマウス操作のみならず、モニタを見続ける等、姿勢を維持することが困難な場合が多い。通常、情報を取得するためには、視覚による画面情報、聴覚による音情報を合わせて、様々な状態把握や自分の入力した状況を確認している。情報を伝達する報知音については、音の音色や音質、デザインなど設計手法、音色の多様化

への提案もされてきたが、これらはいずれもユーザーの意思に関係なく機器側から都度発せられ、自らが操作した応答か、あるいはイベント発生時などなんらかの状態変化をユーザーに知らせるために発せられるものであった。障がい者からは、モニタを見続けたり機器を操作することなく、必要とする情報だけを容易に取得でき、体に負担をかけることなく、また周りの人へ影響を及ぼすことなく情報を取得できるインターフェースがあれば望ましいという要望があった。

2. 研究の目的

本研究では、特にマウス操作を支援する目的で操作特性についての研究を行い、初心者でも扱える実用的なシステムとして発展させる。入力操作能力が経時的に低下する障がい者の病状進行に合わせ、操作性の調整を容易に行うことができ、障がい者が望むパフォーマンスをできるだけ維持できる入力支援技術について研究を行う。ユーザーの稼働箇所の動きが各個人で異なっている、個々の動かせる範囲内で動きを把握し、入力信号として確実に指示を伝えられる適合型システムを目指す。

また、情報取得を支援し作業効率をできるだけ維持するシステムを提案する。具体的には、環境音に情報を盛り込んだ情報提示システムを構築し、周りへの影響を最小限にして必要な人だけが情報を取得できる仕組みとしている。特に、サイン音の宿命となっているユーザーの意思に関係なく機器側から都度発せられるものではなく、ユーザーの意思を介在させながらも、ユーザーが何も操作することなく、知りたい時に情報を取得できるといった点が特徴である。

3. 研究の方法

(1) 様々な症状を持つ障がい者のポインタ操作にどのような特性があるのか把握するため、ターゲットまでのポインティング作業を行い、方向依存性、距離依存性、サイズ依存性について調査する実験を行う。教育施設や福祉施設(仕事場)での実地調査を踏まえ、実際に障がい者に被験者となって頂くことが望ましいが、まずは健常者に対し、異なる拘束負荷(布製手袋をはめ、指や手のひらの掴んだ感覚や押さえる力の伝達を鈍らせるなど)を与え測定を行う。実験環境は、机上に設置されたディスプレイに正対し、マウスを利き腕で操作してもらう。車いすに座った状態も想定し、上肢障がい者が、日頃スクリーンキーボードを頻繁に使用していることから、特に重視されるポインティング操作は、このスクリーンキーボードの範囲内での特性を把握することが重要だと考える。被験者は、定められた始点から、異なる距離、方向、ターゲットサイズに置かれたターゲット目指しポインタを動かし、点源にできるだけ近い場所でクリックし、分布状況と移動時間を

計測する。また、スクリーンキーボードから離れた位置のアイコンまでの移動は、ポインタを大きく動かし小さいサイズに留める事から、ポインタに加速度が生じる場合の特性も測定する。次にこれらの特性を踏まえ、最適な感度設定値を導出するアルゴリズムを構築する。具体的には、マウスを入力インターフェースとした場合、マウス速度に対するポインタ速度を決定する関数のパラメータを導出する。この手法は、進行により症状が変化する場合でも最適設定が可能である。以上の測定を分析した上で、感度設定の最適値導出を行う。マウスの動きに対するポインタの動きの変化は、縦方向と横方向で異なる加速倍率を持たせ、ベクトル合成した速度に対して加速度曲線から加速率を計算し、両方向に適用させることを試みる。この加速度曲線がポインタ感度を決定し、設定値となるパラメータを調整する仕組みを構築する。具体的なシステム開発は、汎用性のある Windows で動作させ、各種コンポーネント (API) との連携が取れやすいことと USB 機器との接続におけるドライバ制御を行いやすいことを考慮する。プログラムの開発に関わる部分とデータ処理は研究代表者が中心になって行い、アルゴリズム設計やシステム評価は研究分担者と共同で行う。健常者実験によるパラメータの導出と適用が、実際に上肢障がい者に対して有効なものかどうか、障がい者に対してポインタ動作に要した時間を評価関数とし有効性について検証を行う。加速度曲線の多項式近似曲線の最小値から求められた値を適用し、症状の段階とユーザー特性を考慮した最適設定値を用いて本手法が有効であることを証明していく。

(2) 情報取得支援については、環境音に情報を溶け込ませることを想定しているため、複数の情報を保持するためには定常波ではなく、時系列的な変化を持たせるか、複数の音源を組み合わせて表現する必要がある。組み合わせた音が混濁して聞こえてしまい識別ができないと、情報が取り出せない。楽曲を重ねた場合、音が増えた分だけ煩わしさは増し、音を流し続けるのには適していないことが分かったので、本研究ではメロディ性の無い環境音を用いる方針とする。環境音は、音が大きくなったり小さくなったり、鳴るタイミングなどがランダムで規則性はないので、本実験ではフェードイン・フェードアウト、クロスフェードを使い、環境の模倣に近づける利用の検討を行う。嗜好性の影響を減らす為、音色のない音であるホワイトノイズを利用し、バンドパスフィルターを利用して周波数構造に特徴を与えられるようにした。オクターブピッチを利用して「500Hz、1kHz、2kHz、4kHz」を中心としたホワイトノイズの単音と 2 音重ねの組み合わせ 5 種類を用意し独自に開発したアプリケーションを用いる。2 音重ねの組み合わせは、ベース音に重ねる音 (以下、追加音) を 2 種類使い、切り替えること

で一つの音源に変化をもたせた。また追加音が鳴るタイミングと追加音の連続再生時間はランダムに設定して、規則性をなくした。実験の種類としては、音色変化の知覚、煩わしさの度合い、音の識別率の 3 点に焦点を絞り実験を行う。

4. 研究成果

(1) マウスの動きと画面上ポインタの動きの関係から、ユーザー特性に合わせてポインタの動作特性を改善する手法について考案した。病状の進行によるユーザー特性の変化があっても、簡単なキャリブレーション測定から、その時点で最も扱いやすいマウスポインタの感度を見出すことが出来るようになった。具体的には、異なる感度の設定に対して要した時間をプロットし、放物曲線の最小値感度がポインタの移動時間が最小になることから、多項式近似曲線でフィッティングし最小値を見出す設計を行った。これにより、進行する症状でもユーザーにとって最も効率の良い感度設定を導出することができるようになった。このことは、症状が重くなり手の動きが鈍くなると、ゲインの獲得の効果が大きく表れ、感度設定値を大きくすることで効率を上げ、マウス操作のパフォーマンスを高められる仕組みとなっている。また症状が軽い状態では有意な差は認められないが、症状が重くなるにつれ、長い距離移動ほど感度設定値を高めればよいことがわかった。そして本システムを評価するため、マウスプロパティの設定と本システムの設定とで、健常者に対し障がいの状況を擬似的に再現した状態でポインタの移動時間を測定する比較を行った。手に進行性障がいを持っている被験者 A に対し感度設定を行い、上記試験と同様に合計 200cm のマウス操作を行いポインタの移動時間を測定した結果、被験者の通常の設定で要した時間より 9%程度時間短縮が認められた。また本システムでの設定の方が、ポインタの動きが自分の意思に近い形で動けるとの主観的評価も得ることができた。また負担の少ない短時間で有効な設定ができることも確認できた。

本学教育施設である計算機教室はサーバークライアントシステムとして一元管理されているが、本研究のシステムをフラッシュメモリで起動し、ユーザー使用時のみ適用できることが確認できた。これによりサーバーや端末に設定をしておく必要がなく、必要とするユーザーのみが管理者や教育側に負担をかけずに、授業等に使用することが可能となった。以上により、レポート、書類作成、メール、プログラミングなどを操作効率をできるだけ維持しつつ、慣れた機器を使用続けることができるようになった。本研究で提案された手法は、特に徐々に進行する症状の患者に適しており、日常の特定動作をモニタリングすることで、ユーザー自身が気づかない程度の操作能力の低下を追跡し、感度設定を

自動的に最適化することが可能となる。

(2) 環境音を有効に取り入れ、出力されていても意識しないと気にならず、周りの人にも影響が少なく場の雰囲気を変えない音によるインターフェースの設計を行った。特に静的な状態での音による情報提示により、病状が進行するユーザーに対しても有効に働くよう、視覚に頼っていた情報を、症状の進行に合わせて徐々に聴覚情報として付加する仕組みとした。有効な音響を設計するため、楽曲やホワイトノイズまで様々な音源を制作・編集加工し利用することで、情報取得の有意性を見出すことができた。一方で、“煩わしさ”と“識別性”と相反する要素を考慮しつつ音源を設計する必要があった。煩わしさの評価として、ホワイトノイズより環境音に近いルームノイズやダクトノイズやファンノイズなどにフィルターをかけた音源を組み合わせ、SD法により評価を行った。また識別性を高める為、母音になぞらえることで音色が伝えられる可能性のあるフォルマントの利用についてバンドパスフィルターをかけた音源を組み合わせ識別率の評価を行った。音の種類に加え、ダイナミックレンジの時間経過変化や、フェードイン・フェードアウト、リズムなど音の構成を時間軸に対して変えることで印象変化、識別率を測定した。検証の結果、被験者がタスク中であっても86%以上の確立で計15種類までの音源を識別し、タスクパフォーマンスを低下させず維持することが確認できた。その際に、同一環境にいる他者へほとんど影響を与えなかった(全員気付かない、あるいは気にならなかった)ことも確認できた。これにより、障がいによりモニタが見られる位置の姿勢維持が困難な場合でも、また症状が進行していく場合でも、情報源となる音響デザインを調整することで、PC等を利用する際のパフォーマンスをできるだけ落とさずに情報取得が可能となり、また他者へ影響を与えずに済むことが可能となった。

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1件)

- ① Hiroshi Takahashi and Hirohiko Honda, 聴覚刺激による無意識な操作特性誘導に関する基礎的研究(ビート音による単純計算作業成績制御), 日本機械学会論文集中, 査読有, Vol. 79, No. 799, (2013), pp. 467-478.
<http://doi.org/10.1299/kikaic.79.467>

[学会発表] (計9件)

- ① 崎原諒, 飛田和子, 常盤拓司, 本多博彦, 他者に影響を与えない環境音からの情報取得の研究, 電子情報通信学会, HCGシンポジウム 2015, 2015年12月, HCG2015-B

-8-2

- ② 本多博彦, 崎原諒, 飛田和子, 常盤拓司, 環境音を利用したゆるやかなインターフェース, 平成27年度電気学会 産業応用部門大会講演論文集, 2-S14-2, 2015年9月 pp. II 49-II 52
- ③ Hiroshi Takahashi and Hirohiko Honda, A study on Attention Control of Ambient Visual Mark for Driver Assistant Systems, 2015 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2015), 査読有, WeD-4-2
- ④ 崎原諒, 飛田和子, 常盤拓司, 本多博彦, 他者に影響を与えない環境音からの情報取得の研究, 電子情報通信学会, HCGシンポジウム 2014, 2014年12月, HCG2014-A-4-1, pp. 261-264
- ⑤ 飛田和子, 崎原諒, 常盤拓司, 本多博彦, 環境音を利用した情報認知に関する研究, 情報処理学会 インタラクシオン2015, IPSJ Interaction 2015, 2015年3月, p. 608-612
- ⑥ H. Honda, K. Tobita, H. Takahashi, Research of PC information acquisition using an audible signal. International Conference on Simulation Technology 2013 (JSST2013), 査読有, OS2-8
- ⑦ H. Honda, K. Tobita, Research of Information Recognition in PC Operation with Auditory Signal, Proceedings and Program, 5th International Congress of International Association of Societies of Design Research (IASDR 2013), 査読有, 1256-1
- ⑧ 本多博彦, 飛田和子, 聴覚情報を利用したPC操作支援の研究, 平成25年度電気学会 電子・情報・システム部門大会講演論文集, 2013年9月, No. OS13-3, pp. 1096-1100
- ⑨ 高橋宏, 本多博彦, 音による作業特性制御に関する基礎的研究, 日本機械学会 情報・知能・精密機器部門講演会 (IIP' 2013), 2013年3月, pp. 152-156

6. 研究組織

(1) 研究代表者

本多 博彦 (HONDA, Hirohiko)
湘南工科大学・工学部・准教授
研究者番号: 90339797

(2) 研究分担者

高橋 宏 (TAKAHASHI, Hiroshi)
湘南工科大学・工学部・教授
研究者番号: 80454156