

スモールアクションコントローラ ～手の移動量を最小にする障がい者向け入力補助デバイス～

木村智之[†] 松下宗一郎[†]

四肢障がい者が一般的なキーボードを用いたパソコン入力操作を行う際に、短時間に手を大きく移動させる必要があるキー入力操作を補助する腕時計型デバイスを提案する。このデバイスでは、手首をキーボード手前のスペースに固定した状態で行える比較的小さな運動を加速度3軸、角速度3軸のモーションセンサにて取得し、認識処理を行うことで、ホームポジションから手をほとんど移動させることなくショートカットキー等の入力を行うことができる。

Small Action Controller

TOMOYUKI KIMURA[†] SOICHIRO MATSUSHITA[†]

We propose a wristwatch-like wireless human interface device for personal computers called a 'small action controller' consisting of a 6-axis motion sensor and a low-power microcontroller. The proposed device helps handicapped people who have difficulties in forearm movements to input shortcut keys without leaving the home position.

1. 動機

本研究は、障がいを持つ著者が障がい者としての立場から、従来のパソコン操作システムに代わるシステムの提案を目指したものである。従来のパソコン操作システムの主流は、マウスとキーボードを併用するものである。このシステムにおいて、障がい者にとって障壁となる点は、2つのデバイスを使用するに当たって手の移動が必要となる点である。ここで手の移動とはキーボード上から手の大半が離れることを指す。著者が大きな負担を感じることなく手を動かすことができる範囲は、キーボードのホームポジションからキートップ数個分であり、例えばコントロールキーと文字キーを同時に入力するような操作は極めて困難である。一方、デバイス装着箇所としては、足や頭部が候補として挙げられるものの、足は障がいにより動かすことが不可能であり、頭部ではデバイスの取り付けが独力では非常に困難である。そこで、着脱と操作が容易であり、日常生活にて違和感無く利用できる手首装着型のデバイスを考えた。そして、マウス操作をホームポジション上で行うシステムについて検討を行ってきた[1]。

一方、本研究における手首装着型デバイスにて操作する対象は、ショートカット入力動作とした。ここで、操作の対象をマウスと同一のものとしなない理由を、キーボードとマウス間での手の移動頻度が高いと予想されるワープロソフトを例として説明する。著者がワープロソフトを使用する場合、マウスはアプリケーションを起動する時、ファイル保存、操作を元に戻す(アンドゥ)、コピー、貼り付けなどの操作を行う時に使用する。この場合、アプリケーションの起動以外の操作は、全てショートカット入力にて行う

ことができるため、提案するデバイスには、現段階においてマウスと同一の機能を付与する必要がないという結論を得た。ここで、キーボードにてショートカット操作を行えば良い、という意見も考えられるが、マウス操作で生じる負担とキーボードによるショートカット操作を行う際の負担とでは、現状ではそれほど大きな差が感じられない。そのため、手首装着型デバイスによりショートカット操作を行うことには、同じような状況にある障がい者にとって、大きな利点があるものと考えられる。

2. 手首モーション

本デバイスでショートカット操作を行う際には、手首を中心としたモーションを用いることとする。そして、モーションの種類を決定するに当たり、使用頻度が高いと予想されるショートカット操作を列挙した結果、ワープロソフトにおいては、保存や UNDO、コピー、貼り付け、カナ漢字変換、などが挙げられた。このことから、6種類程度のモーションが用意されていれば、ワープロ作業におけるほとんどの操作に対応することが可能であると結論付けた。

モーションを決定するに当たり重視したのは、著者が行いやすいことと、小さな動きで行うことができることの2点である。小さな動きとは、キーボードのホームポジションに手を置いた状態からキー数個分の範囲のみで行うことが可能な動きであり、この範囲を超えるものは、小さな動きに含まれない。そして、最終的に選択したモーションは、手首を外側に2回ひねる、手首を外側に弱くひねる、手首を外側に強くひねる、手首を内側にひねる、手を外側へスライドする、手を上方へ動かす、という6種類である。そして、これらは、全てキーボードのホームポジションからキー数個分の範囲で行うことができるものである。

[†] 東京工科大学大学院コンピュータサイエンス専攻
Graduate School, Tokyo University of Technology

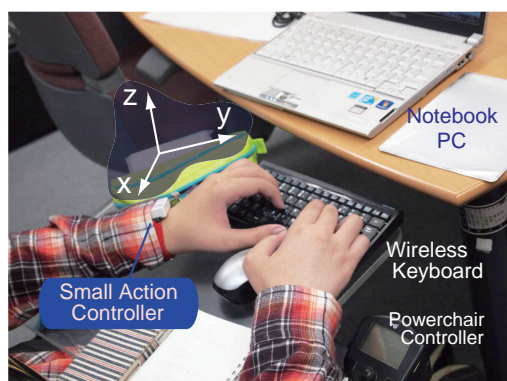


図 1 スモールアクションコントローラ

Figure 1 Small Action Controller

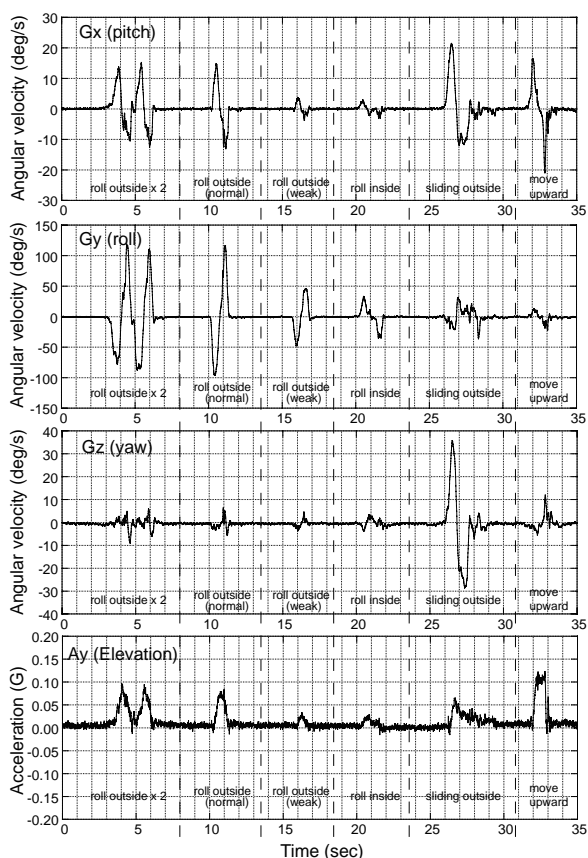


図 2 PC 操作に用いる 6 種の運動波形

Figure 2 Motion signals for 6 shortcut symbols

3. スモールアクションコントローラ

図 1 にスモールアクションコントローラを使用する際の状況を示す。左手首に装着されるデバイスは、加速度 3 軸 ($\pm 2G$, 周波数帯域 50Hz), 角速度 3 軸 (± 250 度/秒, 周波数帯域 50Hz) からなる 6 軸運動センサ及び、小型マイクロコントローラ、2.4GHz ワイヤレス通信モジュールから構成されている。またデバイスの重量は充電式電池を含めて約 40 グラムであり、消費電力は約 30mW となっている。

図 2 は 6 種類のショートカット入力に対応した手首モーションの運動波形の計測結果であり、手首を外側に 2 回ひ

ねる (roll outside x 2), 1 回ひねる (roll outside), 弱く 1 回ひねる (roll outside, weak), 内側に 1 回ひねる (roll inside), 外へスライドする (sliding outside), 上方へ動かす (move upward) の順に動作を実行している。ここで、著者が最も行いやすいモーションである外側への手首ひねりでは、主たる回転軸である y 軸周りの角速度である Gy (roll) に比較的大きな信号が検出されている。一方、内側への手首ひねりはスムーズに行うことが若干困難であり、Gy のピーク値がかなり小さくなると共に運動波形が乱れていた。また、外側へのスライドでは回転中心軸となる Gx 及び Gz に顕著な回転が検出されている。一方、上方への持ち上げでは Gx にやや鋭い角速度のピークが検出されている。

4. モーション認識アルゴリズム

スモールアクションコントローラでは、身体障がい者が行いやすい運動とその信号波形より、手首の 3 軸角速度の計測が有効であることが示唆された。そこで、運動に一定の周期性がある場合に有効性が示されている角速度の時間積算を用いた回転角度推定アルゴリズムを用い[2], 回転角度の大きさやばらつきに対し適当なしきい値を設定した。一方、上方への持ち上げでは誤認識が散見されたことから、加速度 Ay を併用する認識アルゴリズムを考えた。すなわち、角速度の絶対値が約 3 度/秒以下となり、筆者の手首がほぼ静止状態にある時の Ay を手首の初期姿勢角度を表現する量と考える。そして、Gx がピーク (正值) に達した後、Gx = 0 となる時刻における Ay を手首の持ち上げ角度を反映する量と捉えることで、Ay の変化分から持ち上げモーションを確認することとした。そして、以上のような認識アルゴリズムのもとで、運動強度を意図的に変化させた運動パターンに対する認識を試み、6 種類のモーションをそれぞれ 6 回ずつ行った中で約 80% の認識率を得た。また、モーションを入力し終えてから認識結果を得るまでの遅延時間は約 1 秒以内であり、実用上特に問題は感じられなかった。続いて、以上のような認識アルゴリズムをもとに、実際に PC にて文章を作成する状況下で各モーションを 1 回ずつ入力する実験を行ったところ、約 10 分間の実験時間において、全てのショートカットが正しく認識された。また、キーボード入力やユーザーの自然な仕草等による誤認識が計 2 回検出されており、今後は更に確実な認識アルゴリズムの構築を目指して行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 木村智之, 松下宗一郎, 他: スモールアクションコントローラ, インタラクション 2013 インタラクティブデモセッション, 発表番号 1EXB-28, 2013 年 2 月 (東京)
- 2) 山口凌雅, 松下宗一郎, 他: 手の運動技巧を鍛えるウェアラブルコンピュータ, インタラクション 2014 インタラクティブデモセッション, 発表番号 A3-5, 2014 年 3 月 (東京) .