

KeyPressense:キーの押下開始タイミングを検知できるキーボード

山下真由^{†1} 伊藤雄一^{†1} 石原好貴^{†2} 上田将理^{†2} 総田峰矢^{†2} 尾上孝雄^{†1}

キーボードからの入力の際、ユーザがキーを押し始めるタイミングと実際にコンピュータに入力されるタイミングにはラグがある。ユーザがキーを押下し始めるタイミングを検知できれば、カタカタというタイピング音を少し早めにユーザに聞かせることでタイピング効率を上げさせたり、タイピングミスを防いだり出来ると考えられる。本研究では、圧力センサをキーボードの各キーに配置し、キーを押下する際の圧力変化から押下開始タイミングの検出を行った。

KeyPressense: a keyboard to detect the start timing of user's key pressing

MAYU YAMASHITA^{†1} YUICHI ITOH^{†1} YOSHITAKA ISHIHARA^{†2}
SHORI UEDA^{†2} MINEYA KASEDA^{†2} TAKAO ONOYE^{†1}

When inputting on a keyboard, there is a lag between when the user starts to press the key and when computer detects input. If it is possible to detect the start timing of user's key pressing, it is considered that the system can make user increase working by hearing the typing sound early, and prevent a typing mistake. In this paper, the pressure sensor was placed on each key on the keyboard, and the pressing start timing was detected by the pressure value.

1. はじめに

人間の五感は独立したのではなく、複数の感覚情報を組み合わせて捉えられている。ある感覚情報から他の感覚情報を補完して処理しているため、実際には起こっていないことを感じてしまうことがある。これはクロスモーダルと呼ばれ、VR・ARの技術に取り込む研究が盛んになされている。クロスモーダルを利用することで、健康支援や作業効率向上につながるとされている。

そこで、本研究では、パソコンのキーボード操作にクロスモーダルを利用することを考える。特にキーボードを押し切った感覚(触覚)に対して、キー入力の結果映像(視覚)やキー打鍵音(聴覚)をずらして提示することで、パソコンの最も基本的操作であるキー入力を、クロスモーダルによって変化させる可能性が考えられる。ここで、触覚に対して、視覚や聴覚を遅らせて提示することは容易であるが、早めることは通常のキーボードでは難しい。これは、キー下のスイッチ(一般的には圧電センサや静電容量センサを用いている)が、オン・オフ情報しか取得できず、どれくらいストロークしているかという、キーがオンになるまでの情報を取得できないことに起因する。そこで、ユーザがキーストロークを始めるタイミングと、実際にキースイッチがオンになるタイミングのラグの取得を試みる。ユーザがキーストロークを始めるタイミングを検知できれば、視覚や聴覚を、触覚よりも先に提示することが可能である

と考えられる。本稿では、圧力センサをキーボードのキー上に配置し、キーを押下する際の圧力変化を取得できるキーボード、KeyPressenseの実装のために、キー押下の圧力変化特性から押下開始タイミングの検出を試みた。

2. 関連研究

クロスモーダルを利用した研究が近年、盛んになされてようになってきた。鳴海らは、視覚、嗅覚、味覚間でのクロスモーダルを利用し、クッキーの風味を変化させている[1]。カメラ画像からクッキー部分を抽出、加工してHMDに表示し、さらに嗅覚ディスプレイによってクッキーの匂いを付加する。見た目と匂いの変化によって、クッキーの味の変化を感じさせることが可能であることを示した。

他にも鳴海らは、視覚の変化によって満腹感を与えることを試みている[2]。HMDを使ってクッキーの大きさを実際よりも拡大または縮小して見せながら被験者に満足するまでクッキーを食べてもらい、その消費量をそれぞれの条件と比較した結果、拡大表示した場合には消費量が減少し、縮小表示した場合には逆に消費量が増加した。

金らは筆記音の聴覚的フィードバックが筆記作業に与える影響を検討している[3]。筆記音を鮮明にフィードバックする条件と、筆記音をあえて遮断する条件を設け、それぞれの条件で筆記作業の単純作業がどのような影響を受けるかを実験したところ、筆記音の聴覚的フィードバックを行う方が多く書けることが明らかになった。

このようにクロスモーダルを利用することで、実際の感覚に新たな感覚を加えたり変更させたりすることができ、インタラクションを変容させることが可能となる。

^{†1} 大阪大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology,
Osaka University
^{†2} 大阪大学工学部
School of Engineering, Osaka University

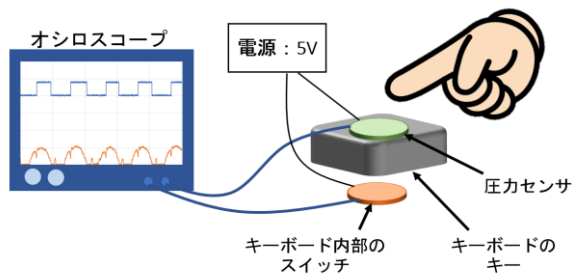


図 1 システム概要
Figure 1 Overview

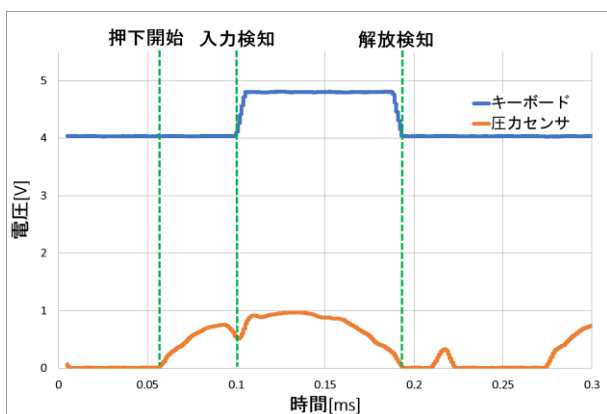


図 2 電圧変化グラフ
Figure 2 Voltage graph.

3. KeyPressense

3.1 システム概要

マイクロソフトが感圧式のキーボードを開発しているが[4]、現在、一般的に普及しているキーボードは、On と Off の 2 つしか検知できないものがほとんどである。キーボードの打鍵、特にストローク状態を細かく解析することで、様々な応用が可能であると考えられる。本稿では圧力センサをキートップに配置することで、打鍵時にキーにかかる圧力変化の取得が可能となる KeyPressense の開発を目指し、まず、キー打鍵における圧力特性の取得を行った。

図 1 にシステムの概要を示す。キーボードのキートップに圧力センサ (FSR400) を配置する。キーボードは一般的なもの (Dell 製 L100/SK-8115) を使用した。キーを押下した際のキーボード本体の電圧変化と、圧力センサによる電圧変化をオシロスコープで測定する。電圧値は 10kHz で取得した。

3.2 キー押下時の圧力変化

3.1 節のシステムを用いて 50 回キーボードを押下し、データを取得した。

キーボードのキーを押下した時の電圧変化のグラフ (1 回分) を図 2 に示す。キーストロークを開始すると入力検

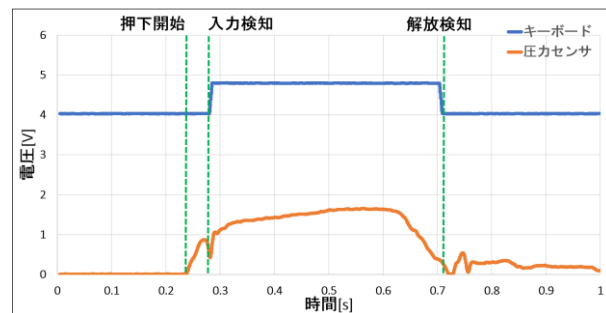


図 3 キーを長押しした時の電圧変化グラフ
Figure 3 Voltage graph by long pressing.

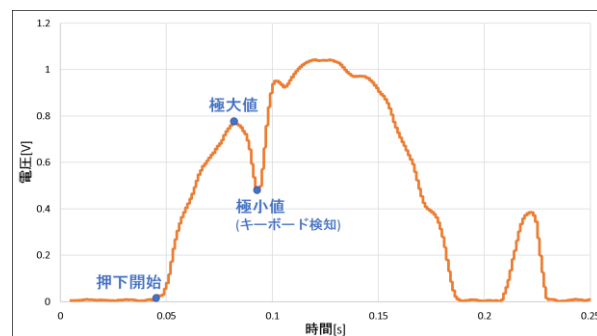


図 4 圧力変化グラフ
Figure 4 Pressure graph.

知まで一旦圧力が上昇した後、一瞬下降した瞬間にキー内部のスイッチがオンになり、キー入力を検知することが分かった。この圧力が一瞬下降する原因としては、キー内部のスイッチのオン・オフの切り替わりを、ゴムバネを用いて実装しており、スイッチがオンになる瞬間に、バネの圧力が抜けるためであると考えられる。圧力が上がり始めるタイミングを押下開始タイミングとすると、押下開始から入力を検知するまでの平均時間は $48.94 \pm 6.55\text{ms}$ であった。

3.3 押下時間の違いによる圧力変化

キーを押下する時間が変化しても同様の圧力変化が取得できるか検証するために、キーを 20 回長押しし、データを取得した。

図 3 に示すように、3.2 節の実験時よりも長めにキーを押した場合でも、押下開始から一旦圧力は上昇し、キー内部のスイッチがオンになるタイミング (入力を検知するタイミング) で圧力が下がることが分かった。押下開始から入力を検知するまでの平均時間は $59.55 \pm 15.11\text{ms}$ であった。

キーを短く押した 3.2 節のデータとの差を確認するために、t 検定を行った。押下開始から入力を検知するまでの時間では、押下時間の違いによる有意差が確認された ($t=-4.12$, $df=68$, $p<0.001$)。さらに、図 4 に示すように、押下開始からキー入力の検知までの圧力の極大値と、キー入力が検知された瞬間の極小値について解析した。各統計量を表 1 に示す。それぞれに対して t 検定を行ったところ、

表 1 基本統計量

Table 1 Descriptive statistics value.

押下時間	短い	長い	有意差
極大値[V]	0.82±0.10	0.84±0.19	なし
極小値[V]	0.52±0.08	0.49±0.19	なし
極大値から 極小値までの 時間[ms]	11.34±3.49	11.81±3.46	なし
押下開始から 極大値までの 時間[ms]	37.60±7.15	47.74±13.98	あり
押下開始から 入力検知まで の時間[ms]	48.94±6.55	59.55±15.11	あり

極大値 ($t=0.59$, $df=68$, $p=0.55$), 極小値 ($t=-1.01$, $df=68$, $p=0.31$), 極大値から極小値までの時間 ($t=0.51$, $df=68$, $p=0.61$) に関しては有意な差は確認されず, 押下開始から極大値までの時間では有意な差が確認された ($t=4.01$, $df=68$, $p<0.001$).

4. 考察

4.1 キー押下動作の認識可能時間幅

3章の実験より, キー入力を検知する約 50ms 前からキーにかかる圧力が変化し始めることが分かった. すなわち, 人がキーボードを押し切った感覚(触覚刺激)を感じる約 50ms 前に文字(視覚刺激)や音(聴覚刺激)を提示することが可能であることを意味する. 岡村の実験によると, 触覚・視覚・聴覚が 30ms よりも大きくずれると, 人はそのずれを認識することが分かっている[5]. また, 視覚と聴覚のずれに関しては, ITU-R 勧告 BT.1359-1 において, ずれの検知閾は聴覚に対して視覚の遅れの場合は 45ms, 視覚に対して聴覚の遅れの場合は 125ms となっている[6]. 今回の実験では, キー入力を検知する約 50ms 前から圧力が変化することが分かったため, キーストロークが開始したと判定する圧力の閾値を適切に設定することで, 人が認知できるレベルで感覚のずれを発生させることができると考えられる. 図 4 に示す極大値, 極小値は, 押下時間の違いによる有意差が確認できなかったことから, 押下時間に関わらず, 同じ閾値を使用することができる.

4.2 KeyPressense の応用

これまで述べたように, キー押下の圧力特性を取得することでクロスモーダルを活かした様々な応用が可能になると考えられる. 例えばキーを完全に押しきる前に早めに文字を表示させたり, タイピング音を鳴らしたりすることで, タイピングスピードが上がり, 作業効率向上につながる可能性がある. 触覚に対する視覚, 聴覚のズレが実際にどの

ような影響を及ぼすのかは今後の検討課題である. また, キーを入力する 50msec 前に, どのキーを押すのかが識別できるので, 予測変換の精度を上げたり, キーの打ち間違いの早期予測などが可能になると考えられる.

また, 表 1 に示すように, 図 4 における極大値, 極小値はキーの押し方によって変化することが分かった. さらに, 図 2 および図 3 に示すように, 入力検知後の最大圧力やその時間特性もキーの押し方によって変化したことから, ユーザの感情推定や, iPhone で実装された 3DTouch のようなキーに対する圧力特性の解析による新たなキー入力方法の実装ができると考えられる.

5. おわりに

キーボードのキーの押下開始タイミングを, 圧力センサを用いることで検知できる可能性が示唆された. これにより, キーを押し切った感覚に対して, 視覚や聴覚を早めにくらして提示することが可能となる. 今後は, 適切な閾値の設定について検討するとともに, 触覚と視覚, 聴覚のずれが人にどのような影響を及ぼすか検討していく.

謝辞

本研究の一部は JSPS 科研費 JP16H02891 の助成を受けた.

参考文献

- 1) 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波崇, 廣瀬通孝: メタクッキー: 感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15, No.4, pp.569-588 (2010)
- 2) Takuji Narumi, Yuki Ban, Takashi Kajinami, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose: Augmented perception of satiety: controlling food consumption by changing apparent size of food with augmented reality, In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*, pp.109-118 (2012)
- 3) 金ジョンヒョン, 橋田朋子, 大谷智子, 苗村健: 筆記音のフィードバックが単純な筆記作業に及ぼす影響の検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.17, No.3, pp.289-292 (2012)
- 4) Paul H. Dietz, Benjamin Eidelson, Jonathan Westhues, Steven Bathiche: A practical pressure sensitive computer keyboard, In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '09)*, pp.55-58 (2009)
- 5) 岡村友俊: 感覚統合における視・聴・触覚の重要度, 日本感性工学会論文誌, Vol.11, No.3, pp.503-507 (2012)
- 6) Recommendation ITU-R BT.1359-1: Relative timing of sound and vision for broadcasting (1998)