

ExpressiveTyping: 本体内蔵型加速度センサによる打鍵圧センシングとその応用

ExpressiveTyping: A new way to sense keyboard pressure with embedded accelerometer

岩崎 健一郎 味八木 崇 暦本 純一*

Summary.

情報機器を介したコミュニケーションにおいては、文字情報を用いるのが一般的だが、手書き文字における「筆跡」や「筆圧」のような非言語的情報を伝えることはできない。フォントの種類やサイズを変更することで、文章に緩急をつけることは可能だが、文字入力時に頻繁にフォント変更を行うことは煩雑であり、チャットなどのリアルタイムコミュニケーションには適さない。打鍵圧などの非言語的情報をチャットに利用する研究があるが、打鍵圧を取得するには感圧センサなどのハードウェア的な仕組みを新たに実装する必要があるが、既存の普及型コンピュータのみで実現することはできなかった。本論文では、普及型のノートパソコンを使って、ソフトウェアのみで簡単に打鍵圧を取得する方法を提案する。それは打鍵圧の取得に、落下時にハードディスクを緊急停止させるための内蔵型加速度センサを用いる方法である。実験に用いたノートパソコンには3軸加速度センサが搭載されている。まず、ここから値を取得するプログラムを作成した。次に高速カメラを用い、実際の打鍵圧とセンサ値の大きさの関係を調べた。実験の結果、提案手法により打鍵圧が取得できることがわかった。本論文ではこれを豊かな文字表現に用いる可能性や、個人認証に用いる可能性、また新たなユーザインタフェースとして用いる可能性について述べる。

1 はじめに

1.1 非言語的情報としての打鍵圧

コミュニケーションにおいて、非言語的情報は言語情報以上に多くのメッセージを伝えていると考えられている。[1] [2] しかし、既存のコミュニケーションシステムはそのような非言語的情報を積極的に用いてはいない。例えば、情報機器を介したコミュニケーションにおいては、文字情報を用いるのが一般的だが、手書き文字ほど豊かな表現は不可能である。

手書きで文字を書く際、人は無意識下のうちに字体、文字の大きさを変えているものである。また、手書き文字は多くの場合「その人らしさ」といった個性だけでなく、それを書いた時の状況や、感情までも伝えてしまう。手書き文字においては、このように「筆跡」が非言語的コミュニケーション要素として重要な役割を担っている。

一方で、情報機器における文字表現においては、フォントの種類やサイズを変更することで文章に緩急をつけることが可能だが、文字入力時に頻繁にフォント変更を行うことは煩雑であり、チャットなどのリアルタイムコミュニケーションには適さない。

「筆跡」のような非言語的コミュニケーション要素に対応するものとして、我々はキーボードの打鍵

圧に着目した。打鍵圧はキーを打つときに不可避免的に発生し、また通常無意識的であることから、手書き文字における「筆跡」に対応すると考えられる。打鍵圧を取得し、自動的にフォントのサイズや種類をダイナミックに変更すれば「筆跡」に相当する非言語的情報の伝達が可能だと考えている。

1.2 先行研究とその問題点

打鍵圧などの情報から豊かな文字表現を行おうとする試みは、打鍵行為により生じる振動を触覚、聴覚情報として対話相手に伝達することにより、対話状況を伝え合う Tangible Chat[3] や、脈拍や血圧などの生体情報に連動して、文字サイズ、文字アニメーションの表示スピードが変化する Animated Chat[4] などがあるが、感圧センサなどのハードウェア的な仕組みを新たに実装する必要があるため、こういった試みは実験やデモに留まっていた。既存の普及型コンピュータのみで打鍵圧を取得できれば、大量の利用者を想定したソフトウェアとして配布が可能になる。

ソフトウェアのみで打鍵時の情報を取得した仕組みとして、TypeTrace[5] が挙げられる。これは打鍵時間を記録し、文節ごとにフォントサイズを変える仕組みであるが、意図通りに表現しづらい点、また記録を主眼に置いているため、リアルタイムの表示でない点が問題である。

ソフトウェアのみで打鍵圧取得が可能になれば、一般の利用者に広範囲に使ってもらえるだけでなく、

Copyright is held by the author(s).

* Ken-ichiro Iwasaki, 東京大学大学院 学際情報学府 学際情報学専攻, Takashi Miyaki and Jun Rekimoto, 東京大学大学院 情報学環

大量の利用者の打鍵圧情報が収集可能となり、打鍵圧を集合知的に集約して解析するなど、新しい研究分野の開拓にも繋がると考える。

そこで我々は、普及型のノートパソコンのみで実現可能な打鍵圧取得手法を提案する。これはノートパソコンに搭載されている、落下時にハードディスクを緊急停止させるための加速度センサを用いて打鍵圧を取得する方法である。

2 実験

2.1 ノートパソコンに搭載された加速度センサについて

Apple 社の MacBook, Lenovo 社の ThinkPad や Acer 社, HP 社のノートパソコンには 3 軸加速度センサが搭載されている。これは「緊急モーションセンサ」として、コンピュータを落としてしまった場合や、本体に過度の振動が発生したときに、ディスクの故障を防ぐために搭載されている。このセンサが過度の振動や急激な加速度を検知し、ハードディスクのヘッドを即座に退避させる仕組みである。また、コンピュータが水平に戻った際、ハードディスクのヘッドを自動的に元の状態に戻している。

一方で、こういった加速度センサは緊急時に動作するために搭載されており、机の上など、水平な場所で通常使用している際に正しく加速度が取得できるかどうかは不明であった。また、打鍵時の微弱な振動を加速度センサで取得することができるかも不明だった。

水平な場所で打鍵時の微弱な振動をセンシングできれば、普及型のノートパソコンを用い、ソフトウェアのみで打鍵圧を取得することが可能になると考え、MacBook を用いて実験を行った。

2.2 方法

提案手法による加速度センサの値が、実際の打鍵圧と対応しているかを調査するため、高速カメラによる実験を行った。

ここでは、圧力を測定する代わりに、高速カメラによる撮影画像から指の速度を算出し、これを打鍵圧と見なすこととした。実際、電子ピアノやシンセサイザーには、打鍵時のハンマー速度から打鍵圧を推定し、音の強弱として表現するものがある。よって以下「打鍵圧」とはこの指の速度を指すこととする。なお、ここで言う「速度」とは一つの指がキーを叩く際にどれだけ速く動いたか、を意味しており、いわゆる「タイピング速度」とは異なることに注意されたい。

高速カメラは Point Grey 社製の Dragonfly Express を用い、フレームレートは 200fps で撮影した。加速度センサからの情報取得には、専用のロガーを作成し、サンプリングレートは 200Hz で測定した。

ロガーはキーと加速度センサの値をテキストデータとして出力しており、そのセンサ値と打鍵圧とを比較した。

本実験では、同一のキーにおいて強めの打鍵と通常の打鍵とをそれぞれ 10 回ずつ行った。加速度センサは x 軸や y 軸も取得できるが、打鍵には主に z 軸が関わっているため、今回は z 軸の値のみを用いた。

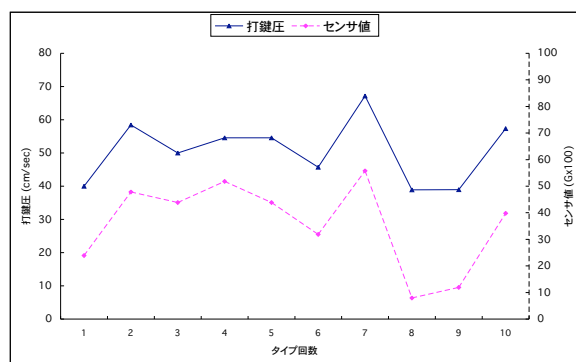
2.3 結果

高速カメラの撮影結果

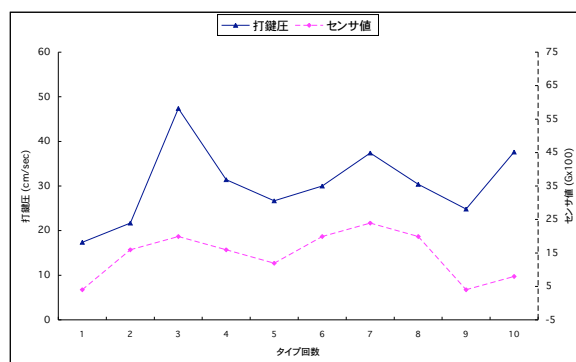
高速カメラの撮影結果は図 1 のようになった。200fps で約 6.6 秒間、計 1332 枚の静止画を撮影した。

加速度ロガーとの比較結果

加速度ロガーとの比較結果を図 2 に示す。横軸が打鍵回数、縦軸が打鍵圧である。強めの打鍵の結果が図 2 (a)、通常打鍵の結果が図 2 (b) である。



(a) 強めの打鍵の結果



(b) 通常打鍵の結果

図 2. 打鍵圧とセンサ値の関係

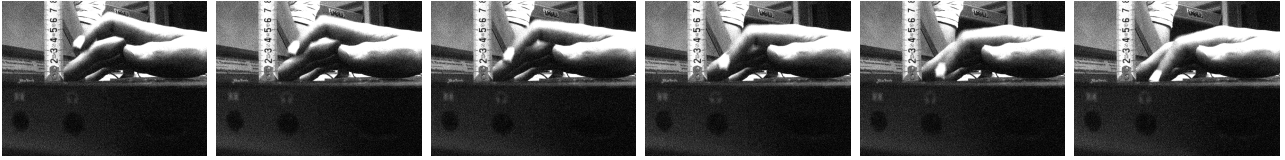


図 1. 高速カメラの画像例．200fps

また，10 回の打鍵の平均値は表 1 のようになる．なお，加速度センサの値は打鍵の瞬間前後の加速度センサ値の差分を 100 倍した値を用いている．これは z 軸方向には常に約 1 G（重力加速度）の値がかかっており、差分がごくわずかなためである．

表 1. 打鍵圧と加速度センサ値の平均．

	打鍵圧 (cm/sec)	センサ値 (Gx100)
強めの打鍵	50.56	35.86
通常打鍵	30.48	14.34

グラフおよび表からも明らかなように，打鍵圧とセンサ値との間に対応が見られることが示された．また，強めの打鍵と通常打鍵との区別も可能であることが示された．

3 打鍵圧センシングによるインタラクションの例

本提案手法により，ノートパソコンに搭載された加速度センサから打鍵圧を取得できることが示された．これによって，打鍵圧という非言語的情報を使った，様々な応用が考えられる．本論文では，この打鍵圧を用いて実現可能な応用を 3 点挙げる．まず，豊かな文字表現の可能性，次に「その人らしさ」を使った個人認証の可能性，そして打鍵の強さやタップ動作にコマンドを割り当て，新たなユーザインタフェースとすることの可能性である．

本提案手法の最大の特徴は，これらの応用がハードウェアの改良を一切することなく，普及型のノートパソコンを使って，ソフトウェアのみで実現可能であることである．

3.1 感情表現への応用

一般的なワープロソフトなどにおいては，フォントのサイズや種類を変更するにあたり，一度入力した文字を選択し，メニューから操作して変更するなど，文字の入力と表現の変更との間にタイムラグがあり，リアルタイム性に欠けた操作法が一般的であった．

本提案手法を用い，打鍵圧をリアルタイムに取得し，ダイナミックにフォントを変化させれば，豊かな文字表現がよりスマートに実現可能である．この

応用はリアルタイム性が求められるチャットなどに用いると効果的と考えられる．

今回，実験により加速度センサから打鍵圧が取得できることが判明したため，打鍵圧からフォントサイズを変更するデモを作成した．これを図 3 に示す．図 3 からわかるように，打鍵圧からフォントサイズが自動的に変化しており，豊かな文字表現を簡単に作ることができた．また，ここでは”!”マークの大きさの変化など，文字の大きさから感情の強さを読み取ることができ，文字変化の仕方を工夫すれば，感情を伝えるためのコミュニケーション手法として利用可能である．

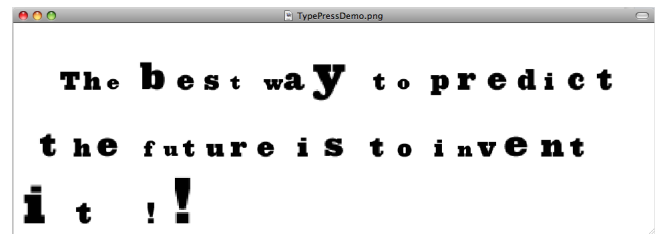


図 3. 打鍵圧から文字サイズを変更するデモ

3.2 認証への応用

認証の手法として，暗証番号やパスワードを用いるのが一般的であるが，これらは他人に知られないようにする必要がある．また，指紋センサを用いて認証を行う試みが見られるが，ハードウェア的な仕組みが必要であることや，プライバシーの問題により，広く普及するには至っていない．

先行研究 [6] によると，打鍵圧には個人差があることが示唆されており，暗証番号やパスワードに加えて打鍵圧の情報を用いることで，よりセキュアな認証が可能になると考えられる．

この方法の利点は，打鍵圧は指紋のようにプライバシーに関わる生体情報ではなく，後天的な情報であるため，広く普及することが見込まれること，また，万が一他人に知られたとしても，サインや筆跡と同じように簡単に真似することが困難であると考えられる点である．

さらに，Joyce ら [7] が行ったように，あるキーを打ってから次のキーを打つまでの打鍵時間情報も加味してやれば，認証の精度が向上すると考えられる．

打鍵時間情報も加えたログの画面を図4に示す。横軸が打鍵圧、縦軸が打鍵時間となっている。

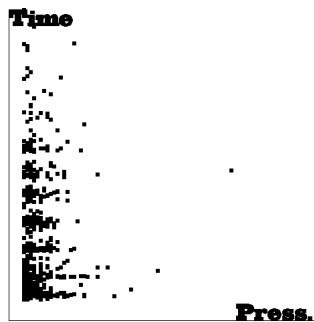


図 4. 打鍵圧-打鍵時間ログ画面

このように打鍵時間-打鍵圧の分布情報を各キーで記録しておけば、パスワードのように明示的に認証を求める際だけでなく、通常のテキスト入力の際、キーごとの打鍵時間-打鍵圧分布情報から、個人の「筆跡」のように、本人かどうかを識別することが可能である。また、認証時だけでなく、そのようにして常に打鍵時間と打鍵圧を監視し、「本人と違う」とわかった段階でロックをかける、免疫系のようなセキュリティシステムを作ることにも可能になるだろう。

3.3 ユーザインタフェースへの応用

表1より、強めの打鍵と通常打鍵とが区別できることがわかった。これによって、各キーにコマンドを割り当てることも可能である。例えば、テキストエディタなどにおいて、“b”キーを強く打鍵したら文字が太字になったり、“s”キーを強く打鍵したらファイルの保存コマンドになったりといった応用が考えられる。

また、加速度センサは打鍵時以外も動作しているため、キーボードの打鍵の強弱だけでなく、ノートパソコン本体を叩くタップ動作を新たな入力として用いることも可能である。これにより、タップ動作でメニュー画面を開いたり、といったユーザインタフェースへ応用することができる。また、タップ動作を打楽器に見立て、リズムによるコミュニケーションを行うといった、非言語的情報に主眼を置いたアプリケーションも考えられる。

4 まとめ

本論文では、ノートパソコンに内蔵されている加速度センサを用いて、打鍵圧という非言語的情報の取得が可能であることを示した。

これにより、感情表現を含めた豊かな文字表現を行ったり、認証の手法として用いたり、新たなユーザインタフェースに応用したりといった応用可能性について述べた。

課題としては、本論でも触れたが、認証で用いる精度を保証するには、打鍵圧-打鍵時間の分布情報を各キーに持たせることが必要である。さらに、今回は1人の人間が打鍵したのみだが、個人差がどの程度出るかを調べるため、複数人の被験者の間で打鍵圧-打鍵時間の分布情報がどのように異なっているかを調べる必要がある。

将来的な展望としては、ソフトウェアのみで実現可能なため、SkypeやWindows Messengerといった広く使われているチャットシステムへ本提案手法を適用することができる。そうなれば、打鍵圧という非言語的情報を用いたインタラクションが、一般の利用者にも浸透するだろう。

また、大量の利用者の打鍵情報を収集し、集合的に集約して解析すれば、新しい研究分野の開拓にも繋がると考える。例えば、性別や年齢、タイピングの習熟度や作業内容によって各キーの打鍵圧-打鍵時間は異なっているはずである。これを解析すれば、個人差や使用状況に合わせて、最適な大きさやキーストロークをもつキーボードの設計が可能になる。さらに、言語圏ごとの打鍵情報がどのように異なるかを解析すれば、タイピングにおける「訛り」情報を地図上にマッピングすることが可能になる。これにより、言語学の新たな研究分野を開拓することもできるだろう。

参考文献

- [1] M. F. Vargas (著), 石丸 正 (翻訳). 非言語 (ノンバーバル) コミュニケーション 新潮選書, 1987.
- [2] R. W. Picard. Affective Computing. Mit Press, 2000.
- [3] 山田裕子, 平野貴幸, 西本一志. TangibleChat: 打鍵振動の伝達によるキーボードチャットにおける対話状況アウェアネス伝達の試み. 情報処理学会論文誌, pp. 1392-1403 2003.
- [4] H. Wang, H. Prendinger, and T. Igarashi. Communicating Emotions in Online Chat Using Physiological Sensors and Animated Text. In *Proceedings of ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'04)*, 2004.
- [5] dividual - TypeTrace. <http://dividual.jp/get/tt/>.
- [6] 北川高雄, 宮川裕之, 古谷野英一. 本人識別のための打鍵圧および打鍵間隔時間の有用性に関する研究. 日本経営工学会誌, Vol.39, No.6 p. 415 1989.
- [7] R. Joyce, G. Gupta. Identity Authentication Based on Keystroke Latencies. *Communications of the ACM*, Vol.33, Issue 2 pp. 168-176, 1989.