

スマートフォンの加速度センサーを用いた 空書表示システムの試作

宮崎英一, 坂井 聡*, 谷口公彦**, 野田知良***,
大野香織****, 篠原智代****
(技術教育) (特別支援教育)*, (香川県立高松養護学校教諭)**,
(香川県立聾学校教諭)***, (かがわ総合リハビリテーションセンター)****

760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部
*760-8522 高松市幸町1-1 香川大学教育学部
**761-8057 高松市田村町1098 香川県立高松養護学校
***761-8074 高松市太田上町513-1 香川県立聾学校
****761-8057 高松市田村町1114番地 かがわ総合リハビリテーションセンター

The trial production of the 'Kusyo' display system using the accelerometer of the smart phone.

Eiichi MIYAZAKI, Satoshi SAKAI, Kimihiko TANIGUCHI, Tomoyoshi NODA,
Kaori OONO and Tomoyo SHINOHARA

Faculty of Education, Kagawa University, 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522

**Faculty of Education, Kagawa University, 1-1 Saiwai-cho, Takamatsu 760-8522*

***Kagawa Prefectural Kagawa Special education school, 1098 Tamura-cho, Takamatsu 761-8057*

****Kagawa Prefectural School for the Deaf, 513-1 Otakami-machi, Takamatsu 761-8074*

*****Kagawa General Rehabiritation Center, 1114 Tamura-cho, Takamatsu 769-2302*

要旨 本研究では、市販されているスマートフォンの加速度センサーを応用して、空書された文字をコンピュータ等の画面で表示する空書文字表示システムを試作した。これは漢字ドリルや書き取り等の従来の書字学習に加えて、「筋肉運動的書字行為」として意味を持つ教材を実現できる可能性が有る。本システムでは、スマートフォンとコンピュータ間の通信にWi-Fi環境下においてのOSCプロトコルを用い、無線状態のスマートフォン単体のみで空書が使用可能と

している。そのため利用者の空書動作を物理的に妨げないシステムとなった。またネットワークを介してセンサー情報を送信しているため、離れた場所でのコンピュータにリアルタイムで空書表示も可能となり、新しい教材としての可能性を示す事ができた。

キーワード スマートフォン, 加速度センサ, 空書, OSC, プログラム

1. はじめに

現在、漢字の学習方法については、漢字ドリル等で手本を「書き写す」、「なぞり書きする」等の書字学習方法が用いられる場合¹が多く報告されている。またこれ以外にも「部首で覚える²」等の学習方法もあるが、これらは「書字」をベースにしたものと言える。一方、これに対して空中に文字を指で書く、「空書（そらがき）」、「空書（くうしょ）」という学習方法もある。稲垣らの先行研究³によるとこれに関して「漢字を想起する場面でのその有効性が示唆されてきた『空書学習法』が、漢字の学習においても有効であることが明らかになった。」という結果が導かれている。さらにこの研究では、「漢字学習法における学習過程のメカニズム」として表1が示されており、この結果から「書字学習法>空書学習法>目視学習法の順で漢字の記憶成績が良くなることが予想される。」とある。こ

表1 漢字学習法における学習過程のメカニズム

学習方法	学習過程のメカニズム		
	視覚情報の一時的な保持	筋肉運動的書字行為	書字結果の確認
目視	○	×	×
空書	○	○	×
書字	○	○	○

漢字学習における書字行為に関する研究より引用

のため、「空書」を教材として考えた場合、「書字結果の確認」が出来ない事が大きな問題点であると言える。そこで何らかの方法で空中に「空書」した文字を可視化し、書いた本人だけでなく、多くの児童・生徒が同時に見えるような教材ができれば、「書字」学習と同等の結果が期待できる。

そこで本研究ではスマートフォンの持つ加速度センサーを利用し、これを手に持って空中で「空書き」を行い、空中で書かれた文字をコンピュータの画面あるいはプロジェクター等にリアルタイムで表示し、書いた人に具体的に目に見える形で文字を提示するものである。これには、漢字を書いた本人に文字の形を示すだけでなく、リアルタイムで描画するため、書き順等の学習にも有効であると考えられる。また本システムを拡張する事で複数の生徒が同時に一画面に文字を書く事も簡単に実現できるので、生徒⇄先生といった方向だけでなく、生徒間同士の情報共有も可能な授業構成が考えられる。

2 空書表示システムの概略

本研究で試作した空書表示システムを図1に示す。本研究では特別な入力デバイスではなく、一般的な家庭内においても普及が著しいスマートフォンを空書入力デバイスとする。このため学校や家庭内においても簡単にシステムの構築が可能になる。現在、市販されて

スマートフォンの加速度センサーを用いた空書表示システムの試作



図1 空書表示システムの概略図

いるスマートフォンの多くは加速度センサーを実装しているが、これはシステム運用上、傾きセンサーとして利用され、スマートフォンを振ると音楽が鳴る等のシステムに応用されているものである。本研究ではこのセンサーを空書入力インタフェースとして用いた。

スマートフォンとコンピュータの間は無線環境（以下Wi-fiと称する。）で接続されているので、USBのような有線接続と比較して、文字を書く時にスマートフォンの動きに制限が無く、物理的に利用者の動作に負担をかけないシステムとなっている。

また、両者の通信プロトコルはOSC⁴（Open Sound Control：以後OSCと表す。）を用いている。このOSCプロトコルは従来の音楽関連のデータのやり取りを目的として設計されたMIDIを置き換えるために、作られたものである。そのため、ネットワーク上の運用を視野にいたったブロードバンド・ネットワークの速度で動作するリアルタイム性の高い通信プロトコルとなっており、今回のようにリアルタイム性を要求されるシステムに用いられる場合が多い。

さらにOSCを用いる事で、従来のサーバ・クライアントシステムのようなサーバ機を必要とせず、通常のコンピュータだけでシステム構成が可能なため、学校のような教育現場

においても手軽に運用が可能である。

同図で示したコンピュータ側にはProcessing言語で作成した空書き表示プログラムがインストールされている。このプログラムがOSCを介してスマートフォンからの通信を制御すると同時に、その結果をコンピュータの画面（あるいはプロジェクターのスクリーン）上に表示している。この画面は文字認識された文字では無く、黒板を用いた書字と同様に、利用者が書いた文字をそのままリアルタイムで表示しているため、書き順の間違いや終筆（とめ・はね・はらい）も皆で確認する事が可能である。

またこれ以外にも同様な空書きシステムとしては、加速度センサーを入力インタフェースとしたジャイロセンサーを内蔵したプレゼンテーションマウス⁵等の応用がある。これは、Wi-fi環境の構築が不必要であるという利点があるが、デバイスの別途購入の必要がある。

更にこのシステムでは接続されたコンピュータからは入力デバイスがマウスとして認識されるので、複数のデバイスを接続した時に1つのカーソルしか制御できず、複数入力の書き分けができない。またコンピュータとデバイスが1対1で接続されるので、ネットワークを介して別の場所のコンピュータに

書字画面を提示できないという問題もある。

一方, 本システムにおいては, Wi-fi環境の利用を前提としているので, この環境がない3G回線のみのような環境では本システムが動作しないという問題点がある。しかし教育現場においてもWi-fiは広く普及しはじめており, 総務省においても「校内LAN導入の手引」⁶や「学校現場におけるICT環境の構築, 運用, 利活用に関する調査研究報告書」⁷, 「教育分野における効果的なICT利活用を推進するための調査研究報告書」⁸等の報告から, 今後, 電子教科書をもターゲットとしたタブレットPCの普及とあいまって教育現場において, Wi-fiの一般化は間違いないであろう。このような環境下であれば, 教室においてWi-fiの利用は事実上問題にならないと考えられる。

2.1 スマートフォンの加速度センサー

ここではスマートフォンに内蔵されている加速度センサーを用いてスマートフォンの傾きからユーザーの入力を検知⁹している。この制御プログラムを, Processing言語を用いて製作した。スマートフォンに実装された加速度センサーは重力加速度をキーとし, 図2に



加速度センサーの軸

図2⁹ 加速度センサー座標軸



図3 加速度測定画面

示すようにスマートフォン正面軸の加速度をZ軸, 同右側からの加速度をX軸, 同上側からの加速度をY軸をそれぞれ正の方向として計測している。本研究では検知対象を空字の書きとりとしているので, 3軸加速度センサーのうち, X軸とY軸の2次元データのみを測定・送信している。本研究で試作したプログラムのスマートフォン実行画面を図3に示す。画面上では, X, Y, Zの3軸加速度が表示されているが, 実際に送信しているのはX, Yの2軸だけである。

また鉛筆等で紙に書く場合には無意識的に, 書く時には紙の上に鉛筆を載せて書き, これを移動させる場合には, 鉛筆を浮かして移動させている。この動作を行わないで描いた線は連続して表示され, いわゆる「一筆書き」のような形で文字が表示されるので, このままでは漢字の学習には不適當である。

よって本研究では, スマートフォンの画面全体をタップ・スイッチとし, 画面をタップするたびに表示Onと表示Offの切換を行っている。ここでは利用者は, 画面のどこをタップしてもスイッチとして動作するので, 空書中にスイッチの位置を気にすることなく, 書く事だけに意識を集中させる事が可能である。

注意すべき点としては, この表示Offの時, 加速度センサーを停止すると鉛筆の移動が行えない状態と同じになるので, 表示Off時に

も加速度センサーは測定を続けており、測定した加速度値をコンピュータに送り続けている。よって作成したプログラムでは、これと別途に表示のOn・Off信号を送信し、画面上に線を描かないで描画先端先の移動を実現している。

2.2 OSCの設定

本研究では通信プロトコルとしてOSCを使用した。OSCはネットワークを介して通信できるので、インターネットが利用できる様々な環境で利用可能である。本研究ではスマートフォンもProcessing言語を用いてプログラムを作成している。スマートフォン用のProcessingプログラムからのOSCの使用にはすでに開発されているライブラリを利用した。本研究では一般的な制御に利用される事が多い、oscP5¹⁰を用いてUDPプロトコルで通信を行っている。OSCを用いる場合、ネットワークを介して通信を行う事から、事前に以下の3の設定を行う必要¹¹がある。

- 1) OSCでの「関数名」「キー名」
- 2) IPアドレス
- 3) 送受信ポート番号

本研究で設定した2), 3)の値を表2に示す。ここではスマートフォンとコンピュー

表2 OSC設定

スマートフォン	コンピュータ
関数名 :getData	
キー名 :myKey	
IP:192.168.11.6	IP:192.168.11.2
送信ポート 31200	送信ポート 3100
受信ポート 31000	受信ポート 31200

タがP2P (peer to peer) で接続されているので、送信・受信ポートが逆転している。複数のスマートフォンを入力として使用する場合に、別の関数名、キー名を定義し、それ用の送受信ポートを設定すれば、同時に複数の入力動作が可能である。

2.3 制御用Processingプログラム

本研究では、コンピュータに実装される制御用プログラムもProcessing言語を用いて自作した。このプログラムは主としてOSCを介した通信と画面の描画の2つのブロックから構成されている。

画面の描画に関しては、スマートフォンから送信される加速度センサーの値を受信し、この値を座標に変換して画面上の書かれた線を描画している。ここでは自作したプログラムの制限上、加速度センサーの位置座は、連続した線ではなく、円内を塗りつぶした円に表示している。これはPCの画面を点で描画しているイメージである。そのため、スマートフォンを非常に速く動かすと連続した線とならず、点として表示されるという問題点がある。また事前にテストした結果、スマートフォンの加速度センサーの値にバラつきがある事が分かった。その結果を表3に示す。この表は同表のスマートフォンの「状態」を10

表3 加速度センサーのバラつき

x	y	z	軸	状態
-0.26	-0.12	10.08	z	置く
-0.25	0.2	-9.54		ひっくり返す
-9.92	0.07	0.61	x	電源ボタン下向き
9.42	0.19	0.08		電源ボタン上向き
-0.58	9.95	0.57	y	垂直
0.07	-9.71	-0.92		逆立ち



図4 空書表示画面

回繰り返して平均した値である。角度測定のような正確な測定を行う場合には、予めこれらの補正を行っておく必要があるが、本研究では空書という人間の動作を加速度センサーで測定しているため、この程度の誤差ならば、人間の感覚上からも問題ないとしている。

上記のスマートフォンの説明で述べたように、本研究で自作したプログラムからは、2次元的な線の位置データ以外に、表示OnとOffの信号が送信されてくるので、プログラムでソフト的にこの信号に応じて、表示のOnとOffを切り替えている。しかし、実際には完全に表示をOffにしてしまうと描画画面のどこに描画表示先があるかが見えないので、画面上は薄い塗りつぶしの無い円これを表示している。これらの値を用いて実際の空書中のPC上の画面を図4に示す。ここでは「坂」という文字を入力している。

3. おわりに

本研究では市販されているスマートフォンの加速度センサーを用いて空書をコンピュータの画面上に表示するシステムを試作した。これを教材として利用すれば、「筋肉運動的書字行為」という点に着目した教材としての

可能性を考える事ができる。さらにスマートフォンで測定された空書データはネットワークを介して離れた場所や、複数のコンピュータで閲覧する事も可能であり、データとして時系列で蓄積していく事も可能である。このような利点を活用できれば、新しい教材としての可能性も考慮できる。

しかし、現状ではスマートフォンの加速度センサーで入力された文字入力感覚は、通常の鉛筆で入力した文字入力感覚と異なり、両者の間には体感的に大きな隔りがある事がわかった。このため、現状では書字教材としての利用はきわめて困難である。これは鉛筆での入力は主として手首から先だけの動作が多く、空書は肘から先の動作が多いためと考えられる。さらに操作誤差（例えば、腕が振れるため、文字が真っ直ぐ書けない等の誤差）が大きく、これらが操作感覚誤差の大きな原因と考えられる。

よって、このままのシステムでは従来の書字教材としての利用は運用上困難である。そのため、今後はスマートフォンのモーションセンサーの利用や、操作誤差を取り除くアルゴリズムの改良等を行う。その結果、より実際の入力に近似した環境を構築し、書字教材としての有効性を高めていきたいと思う。

4. 謝辞

本研究は、平成26年度科学研究費補助金（基盤研究（C））「運動機能及び発達障害をサポートする生活・学習支援ワンデバイスシステムに関する研究」（課題番号24500648）の一部として行われたことを記して謝意を示す。

5. 参考文献

¹「漢字の書き取りが苦手な子どもへの漢字指導の一試み」、木村匡孝，平成20年度石巻

教育研究会教職員研究発表会, 2008

² 漢字習得のための書字練習とイメージング法の比較・考察, 村島千里, Eighteenth Princeton Japanese Pedagogy Forum PROCEEDINGS, pp.176-187, 2011

³ 漢字学習における書字行為に関する研究, 稲垣, 紀夫, 藤田, 正, 奈良教育大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要, 14巻, pp.47-54, 2005

⁴ OpenSound Control Home Page
<http://archive.cnmat.berkeley.edu/OpenSoundControl/>

⁵ ジャイロセンサー内蔵で空中操作, ブルーLEDセンサーで机上操作可能なワイヤレスプレゼンテーションマウス
<http://www.sanwa.co.jp/product/syohin.asp?code=MA-WPR8>

⁶ 総務省トップ>政策>情報通信 (ICT政策)> ICT利活用の促進 > 教育情報化の推進> (5) 校内LAN整備の促進
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/pdf/index_01.pdf

⁷ http://www.soumu.go.jp/main_content/000162306.pdf

⁸ http://www.soumu.go.jp/main_content/000296750.pdf

⁹ 加速度センサーの値を取得する
http://seesaawiki.jp/w/moonlight_aska/d/%B2%C3%C2%AE%C5%D9%A5%BB%A5%F3%A5%B5%A1%BC%A4%CE%C3%CD%A4%F2%BC%E8%C6%C0%A4%B9%A4%EB

¹⁰ oscP5
<http://www.sojamo.de/libraries/oscP5/index.html>

¹¹ Androidプログラミング—Processingでかんたん 田原淳一郎, カットシステム, 2012