

論 文

筆記具の加速度情報を用いた文字パターンの一再現法

宮川 透[†] 米澤 義道[†] 伊東 一典[†] 橋本 昌巳[†]

Character Pattern Reproduction from Handwriting Pen Acceleration

Tohru MIYAGAWA[†], Yoshimichi YONEZAWA[†], Kazunori ITOH[†],
and Masami HASHIMOTO[†]

あらまし 手書き文字入力に際して通常は特殊な平面上での文字筆記が必要であるが、従来の紙面上への筆記と感触の相違があり、不自然なために長時間の筆記には適していない。手書き中の筆記具の動きから文字パターンが把握できればこの問題も解決され、通常の筆記時に文字データの作成が同時に行えるなどメリットも大きい。我々はこのような問題を解決し、文字入力や署名入力などのインタフェースとして応用するため、筆記具の加速度から筆記文字を再現することを試みている。筆記具が垂直で、筆記時のみ紙面と接触するプロッターのような筆記モードを考えると、加速度からの筆記形状再現はほぼ完全に行えることを見出している [4]。しかし実際の筆記では筆記具の角度変動があり、重力加速度や遠心力などの考慮をする必要があるため、一連の補正を試みて筆記パターンの再現精度の向上を図ったので報告する。

キーワード 筆記文字再現, 筆記加速度, 筆記状態認識信号, 加速度センサ, 手書き文字入力

1. ま え が き

手書き文字の情報を直接入力する手段として、筆記動作をそのまま利用する動的な方法と、既に書かれた文字について後からパターン認識する方法があるが、前者の方が手軽で筆記情報も豊富であるために情報機器の入力などに広く利用されている。しかし多くの場合に手書きパターンの入力の原理として、筆圧や筆記具と筆記面の電磁的あるいは静電的なカップリングを用いており、筆記面は専用の特殊な構造のものが要求されている [1]。このため携帯情報機器などでは筆記面の大きさが小型化の制約となるほか、従来慣れ親しんでいるノートなどの紙面と比べて筆記の際に違和感を与えてしまう。

これら問題を解決して従来の自然な筆記入力環境で文字入力し、パターン再現を可能とするため、我々は筆記具自身の動きの情報のみによって筆記パターン再現の可能性を検討している [4]~[8]。これまで筆記具自身の動きの情報として加速度に注目し、加速度から演算により筆記軌跡を再現する研究を進めてきた。原理的には筆記具の先端に近い動きの加速度を 2 軸につ

いてそれぞれ 2 回積分することで、2次元の筆跡を得ることができる。

現在、筆記時の加速度をとらえるための加速度センサは小型のものが市販されており、通常の筆記具とほぼ同じ形状の加速度センサ内蔵筆記具が実現可能である。これにより自然に近い筆記の感覚が得られるほか、紙面に筆記しながら筆記軌跡の情報を取り込むことができる。筆記時の加速度の情報を利用した研究は署名認証の分野で報告例があるが [2], [3]、使用している加速度センサの技術的な問題もあり、筆記動作の中での個人の特徴抽出に重点が置かれている。

本論文で示す加速度から筆記パターンを再現する手法では、筆記面上で 2次元の加速度から求められたパターン情報と、紙面に接して筆記中であることを示す筆記状態認識信号が必要である。これまで筆記中の傾斜変動を考えない手書きによる文字パターン再現については、良好な筆跡再現の可能性を示している [4]。しかし、筆記具に加速度センサを装着しているため、筆記具の傾きは重力加速度によるセンサ検出信号をもたらす。文字パターン再現において誤差が生じる原因となる。

そこで本論文では以下のような手法を試み、手書き文字パターン再現精度の向上を図った。

- (1) まず、筆記具の上部と下部に平行な 2次元平

[†] 信州大学工学部情報工学科, 長野市

Information Engineering, Faculty of Engineering, Shinshu University, 4-17-1 Wakasato, Nagano-shi, 380-8553 Japan

面の加速度を検出できるようにセンサを取り付け、これらの出力を利用して重力の影響をなるべく減らす方法を検討した。

(2) 本手法では文字中の画と画の間の非筆記時間と筆記時間の区別を必要とする。

これに従来は紙面との摩擦による高周波加速度信号の有無を適用していたが、運筆加速度成分及び速度成分の有無とのかかわりを考慮して、筆記状態認識信号の精度の向上を図った。

2. 筆記文字再現方法

2.1 加速度からの筆記文字再現

加速度を積分して初期速度を決定すると速度が求まり、それを更に積分して初期変位を決定すると変位が求まる。これを2次元平面に應用してX軸方向、Y軸方向の各ベクトルにおいて変位を求め、それを合成すると筆記パターンが再現できる。

これまでは[4]~[6]、筆記具先端の筆記点より1[cm]以上離れた場所に加速度センサを一つ設置し、これを筆記点の加速度に近似して再現処理をしたが、筆記具の回転による要素は考慮できない。加速度計測を筆記点で行うことは、実際には不可能であるため、今回はセンサを筆記具の上部、下部の2箇所に設置し、これらの加速度センサによる計測値から筆記具先端の加速度を算出する方法を適用した。

本論文において筆記文字を再現する過程を図1に示す。まず、軸ごとに上下各センサの加速度から筆記具先端の加速度を求める(2.2)。その際に、筆記動作による加速度以外の不要な周波数成分を除去するため、遮断周波数30[Hz]の低域通過フィルタ(LPF: Low Pass Filter)を通過した加速度信号を用いる。

次に重力や遠心力による誤差を除去するため、筆記具の傾斜角度(2.3)を用いて角度補正をする。筆記平面における二つの軸のうち、一方について示した図2において $\theta(t)$ を筆記具の傾斜角度、 g を重力加速度定数とすると、筆記動作による紙面に対して平行な加速度 $a_w(t)$ は式(1)のようになる。

$$a_w(t) = \frac{a(t) - g \sin \theta(t)}{\cos \theta(t)} \quad (1)$$

ここで $a(t)$ はセンサ感度軸上の加速度である。

この加速度 $a_w(t)$ を積分して速度を求める。ここで得られた速度の誤差をなるべく抑え、実際のものに近い速度を得るため、速度波形に補正をする(2.4)。そ

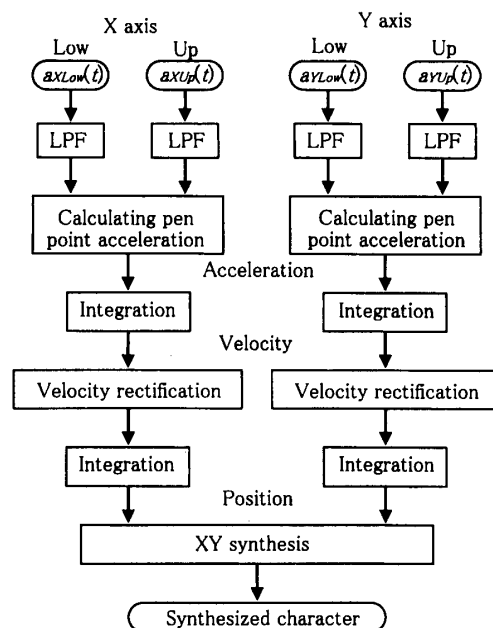


図1 文字再現の手順

Fig. 1 Character synthesis process.

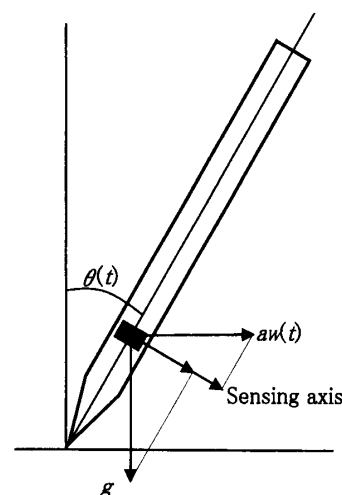


図2 角度補正

Fig. 2 Angle rectification.

の後、もう一度積分して変位を求める。筆記平面のX軸方向、Y軸方向についてそれぞれ変位を求めて、最後にXY合成をして筆記文字を再現する。このときに変位だけでなく、筆記状態認識信号(2.5)を用いることにより、紙面上を筆記している場合と筆記具が空中を移動している場合を区別して表示することができる。

2.2 筆記具先端加速度の推定

図3のように上下に加速度センサを検出軸が平行になるように取り付けて、筆記時の加速度を計測するとセンサ出力には大きな違いが見られ(図12参照)、セ

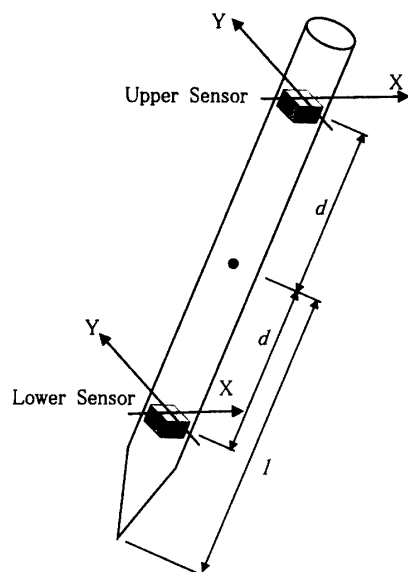


図3 筆記具先端加速度の推定
Fig. 3 Calculating the pen point acceleration.

ンサ検出軸が平行であっても筆記具の先端と後端での加速度は異なる。そこで筆記具に取り付けた二つのセンサ出力から筆記具先端部での加速度を推定する方法を検討する。上下センサ間の中心点から各センサまでの距離を d ，中心点から筆記具先端までの距離を l とすると，筆記具先端の X ， Y 方向のうち任意方向の加速度 $a(t)$ は式 (2) のように得られる。

$$a(t) = \frac{a_{Low}(t) + a_{Up}(t)}{2} + \frac{l}{d} \frac{a_{Low}(t) - a_{Up}(t)}{2} \quad (2)$$

ここで， $a_{Low}(t)$ は筆記具下部の加速度， $a_{Up}(t)$ は筆記具上部の加速度である。センサの位置関係により，筆記具先端部の加速度は下部センサの加速度に近いものとなる。加速度センサを筆記具の先端の理想的な位置に取り付けることは現実的には不可能であるが，上下の二つのセンサ出力を用いることにより，理想的な位置での加速度信号が得ることができる。

2.3 筆記具傾斜角の推定

2.3.1 傾斜角推定の原理

通常，文字を紙面に筆記する際は垂直より傾斜させて筆記具をもつ。この場合，筆記具には筆記動作や紙面との摩擦による加速度のほかに重力による加速度も加わり，加速度センサで検出される。この重力による加速度は筆記動作の加速度と比べても同程度のレベルで現れ，文字を再現する際には大きな誤差の要因となる。そこで本論文では筆記具の上部，下部に加速度センサを取り付けて筆記具の傾き角を推定し，傾き角による誤差を除去する方法について述べる。

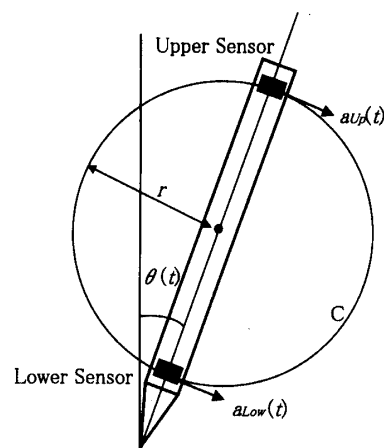


図4 筆記具の傾斜角度
Fig. 4 Slant angle of the pen.

図4に筆記具が傾斜している状態と加速度センサ取り付けの様子を示す。加速度センサは2軸のものを用いており，筆記具の上部と下部に筆記具の軸と直交する平面の加速度を検出できるように取り付けられている。また，上下二つのセンサの検出軸は一致するようにした。この図では2軸のうち片方为例にとり，両センサの中間点を中心としてセンサ検出軸を通過する半径 r の円 C を同時に示した。 $\theta(t)$ はここで求めようとする筆記具の傾斜角度である。

図4において筆記具の下部センサの加速度を $a_{Low}(t)$ ，上部センサの加速度を $a_{Up}(t)$ とすると，二つのセンサ間の差分による加速度 $a_r(t)$ は式 (3) のようになる。この際，手の筆記動作による成分から差分加速度を求めるようにするため，加速度 $a_{Low}(t)$ ， $a_{Up}(t)$ は遮断周波数 30 [Hz] の2次デジタルLPFを通過したものをを用いた。

$$a_r(t) = \frac{a_{Low}(t) - a_{Up}(t)}{2} \quad (3)$$

円 C に沿った筆記具の回転速度 $v_r(t)$ は式 (4) のように求められる。ここで初期速度は 0 とする。

$$v_r(t) = \int a_r(t) dt \quad (4)$$

このとき速度 $v_r(t)$ と半径 r より，角速度 $\omega(t)$ は式 (5) のようになる。

$$\omega(t) = \frac{v_r(t)}{r} \quad (5)$$

以上より，時刻 t における筆記具の回転角 $\theta(t)$ は式 (6) のようになる。

$$\theta(t) = \int \omega(t) dt + \theta_0 \quad (6)$$

ここで θ_0 は $t=0$ のときの初期角度であり、この求め方は次節で述べる。

2.3.2 筆記具傾斜角の補正

実際には、式 (6) のように筆記具の傾斜角度を推定しても様々な誤差を含むため、補正をする必要がある。傾斜角は二つのセンサの加速度から差分を求めて計算しているが、上下のセンサ間の微妙な特性の違いや、取付け誤差などにより差分加速度 $a_r(t)$ は特に誤差が大きくなる傾向がある。差分加速度 $a_r(t)$ を積分して筆記具回転速度 $v_r(t)$ を求めると更に誤差の影響が増大するため、2.4 の速度波形の補正と同様にストロークの書きはじめの回転速度は 0 としてドリフトによる誤差の影響を抑えている。

次に式 (6) における初期角度 θ_0 を求める必要がある。最も理想的な方法は、文字を筆記する前後の静止状態 (図 5) において筆記具に検出される加速度から、式 (7)、式 (8) のようにして初期角度を決定することである。

$$a_0 = g \sin \theta_0 \quad (7)$$

$$\theta_0 = \sin^{-1} \frac{a_0}{g} \quad (8)$$

図 5 において a_0 は静止状態での筆記具の加速度、 g は重力加速度であり、 θ_0 は求める初期傾斜角度である。しかし文字を筆記するたびに、筆記直前または直後にしばらく筆記具を静止させるということは実用的

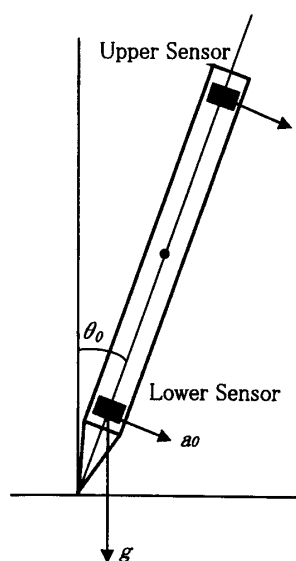


図 5 初期傾斜角の導出

Fig. 5 Calculating the initial angle.

ではない。そのため、文字の最初のストロークの筆記区間における加速度を平均した値を用いて初期角度を求めた。この方法では多少の初期角度の推定誤差を含む可能性があるが、意識して筆記具が静止する状態をつくり出すことよりも筆記時の負担が減少し、現実的な方法であるといえる。

2.4 速度の補正

理論的には、筆記動作の加速度を積分すると筆記具の速度が求められる。しかし、加速度信号にインパルス状の雑音に加わった場合、変位まで積分すると経過時間に比例して雑音の影響が大きくなる。また加速度信号に定常偏差がある場合では 2 次関数的に変位の誤差が増大する。加速度を 2 回の積分をすることにより、微小な誤差が筆記文字の再現精度に大きな影響を与えてしまう可能性があり、これらの誤差の影響をなるべく小さくする必要がある。ここでは演算により得られた速度を事前の情報を利用して補正し、なるべく実際の筆記速度に近い速度波形を求めることを試みる。

これまでの筆記実験から、加速度センサを内蔵した筆記具を用いて文字を筆記する際に、各画の書きはじめは筆記具の速度が 0、若しくは非常に小さいということに注目し、文字のストロークの書きはじめ、すなわち筆記具と紙面の接触が観測されたときの筆記具速度が 0 になるように補正した。図 6 に実際速度補正の例を示す。筆記文字のストロークの書きはじめから次のストロークの書きはじめまでの速度波形ドリフト誤差の傾きは一定であるとして補正をしている。これまでの実験において、図のように速度波形がドリフトしてしまう現象は数多く見られ、この場合に有効な補正方法であるといえる。

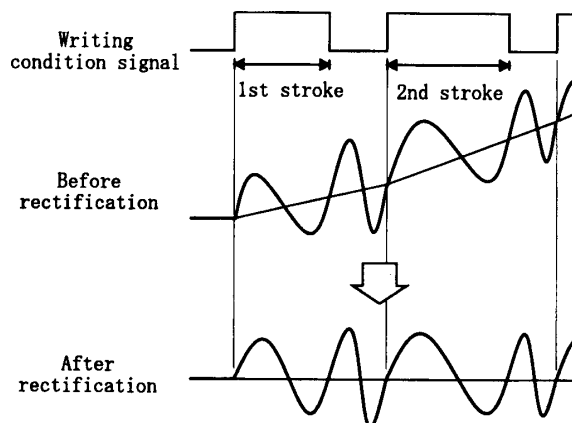


図 6 速度波形の補正

Fig. 6 Rectification of velocity waves.

2.5 文字筆記状態の認識

文字の再現において筆記具が紙上を筆記しているのか、または空中を移動しているのか正確に判別する必要がある。そこで、紙上を筆記している際には筆記動作の加速度信号成分に比べ、比較的高い周波数成分が観測されることに注目し、高周波加速度信号を検出することにより筆記状態の判別に利用している [4]~[6]。

本論文では高周波加速度成分抽出のため、遮断周波数 50 [Hz] の 2 次無限インパルス応答 (IIR: Infinite Impulse Response) 型高域通過フィルタ (HPF: High Pass Filter) を用いた。実験で用いる筆記具には筆記加速度を 2 次元平面上で検出するため、X 軸、Y 軸用に計二つ以上の加速度センサが内蔵されている。筆記状態の判別の際には各サンプル時間で高周波加速度成分のベクトルの大きさを求め、移動平均したデータをしきい値と比較し、2 値の筆記状態認識信号を得た。

筆記平面 X 軸加速度 $a_X(k)$ と Y 軸加速度 $a_Y(k)$ の HPF 通過後の信号を $a_{XH}(k)$, $a_{YH}(k)$ とするとベクトルの大きさ $z(k)$ は式 (9) のようになる。

$$z(k) = \sqrt{a_{XH}(k)^2 + a_{YH}(k)^2} \quad (9)$$

$z(k)$ を移動平均したものを $z_{Ave}(k)$ としてしきい値 t_h と比較し、2 値データ $w(k)$ を得る (式 (10))。

$$w(k) = \begin{cases} 1 & \text{if } z_{Ave}(k) \geq t_h \\ 0 & \text{if } z_{Ave}(k) < t_h \end{cases} \quad (10)$$

移動平均のデータ数、しきい値はこれまでの実験により決定した。筆記状態認識信号を求める様子を図 7 に示す。

文字のあるストロークから次のストロークまで空中での移動が従う場合、次のストロークの最初に筆記具を紙面に置くことにより、実際の筆記が始まる直前に高周波成分加速度を検出することがある。また、筆記状態認識信号の検出は、紙面と筆記具先端の摩擦による加速度に依存しているため、文字のストロークの書きはじめにおいて筆記具が一定以上の速度になるまで遅延が生じたり、不安定な状態が存在することがある。そこで筆記具の先端が紙面上にあるときは常に筆記状態であると認識するための補正をした。具体的には、一定時間以上筆記していると検出された区間の前後において、図 8 のように信号 $w(k)$ が不安定な部分があるとき、この部分は筆記している区間に含めることにした。このようにして得られた筆記状態認識信号を、文字再現のための情報として用いている。

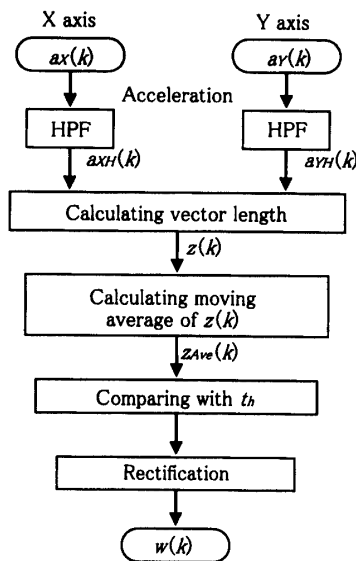


図 7 筆記状態認識信号の抽出

Fig. 7 Extracting writing condition signal.

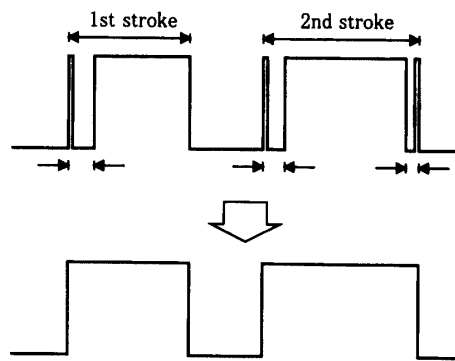


図 8 筆記状態認識信号の補正

Fig. 8 Rectification of writing condition signal.

3. 実験

3.1 実験装置

これまでの実験により、縦横の文字の大きさ 5 [cm] 程度で通常に筆記した場合、筆記動作で得られる加速度の絶対値の大きさは約 1 [G] 前後であり、重力加速度の影響を考慮しても最大 ± 2 [G] 程度となる。また、筆記具に装着するため加速度センサは小型のものが要求される。本論文では 2 軸内蔵で筆記平面の加速度を検出可能な感度範囲 ± 2 [G] の集積回路型加速度センサ (Analog Devices 製 ADXL202) を用いた。パッケージも小型であり筆記具にも実装が容易である。この加速度センサは外部容量により遮断周波数調整可能な LPF 機能を内蔵している。今回は紙面上を筆記している際の周波数成分の帯域やセンサ出力の安定性を考慮して、内蔵 LPF の遮断周波数を 166 [Hz] とした。

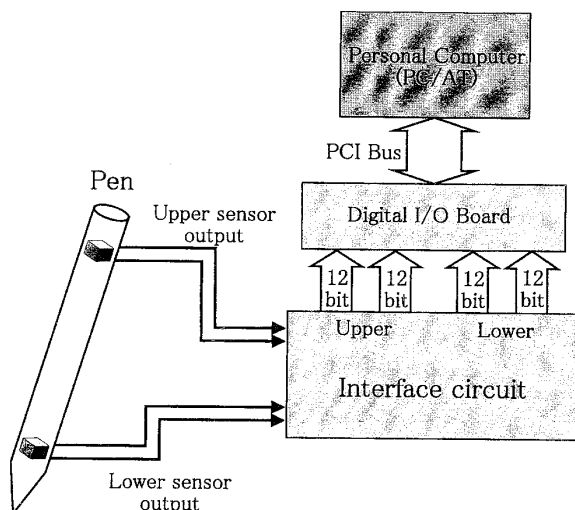


図9 実験装置の構成
Fig. 9 The system.

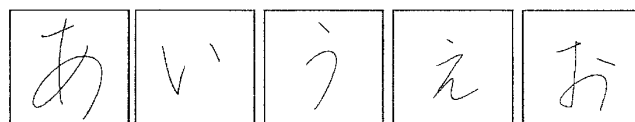
加速度センサは筆記具の下部と上部にそれぞれ一つずつ装着した(図3)。先端の筆記部分は紙面との摩擦による微小な振動をなるべくセンサに伝えるものが望まれる。ここではメンテナンス性も考慮して筆記部分にボールペンを用いた。

図9に実験装置全体の概略を示す。加速度センサの出力信号はインタフェース回路で12ビットのデジタルパラレルデータに変換される。変換されたデータは接続したデジタル入力ボードを使用してパーソナルコンピュータに入力し、ソフトウェアによる演算で筆記軌跡を再現する。サンプリング周期は加速度センサ内蔵のLPFの遮断周波数を考慮して2[ms]とした。筆記文字再現の際はすべてのデータを取得した後、演算をして結果を表示した。

3.2 筆記文字の再現実験

これまでに説明した実験装置と再現アルゴリズムを用いて、実際に筆記文字の再現をした結果を示す。筆記の際には1画ごとの区切りを意識した。また通常の筆記で筆記具の傾斜角度は、紙面に垂直に立てた状態を基準にして $\pm 35^\circ$ 程度の範囲内で変動があり[7]、今回の実験でもこの範囲内で筆記が行われるものとした。それ以外は特に指定せず、なるべく自然に筆記するようにした。同じ文字を10~30文字程度筆記して、その中から一例を実験結果として示す。

図10(a)に実際に筆記した文字のパターンを示す。図中の文字枠の1辺の長さは70[mm]である。ここでは平仮名の“あ”、“い”、“う”、“え”、“お”の5文字を筆記して再現を試みた。実験では1文字ごとに筆記



(a) 実際の筆記文字



(b) 再現文字

図10 文字再現の結果
Fig. 10 Experimental results.

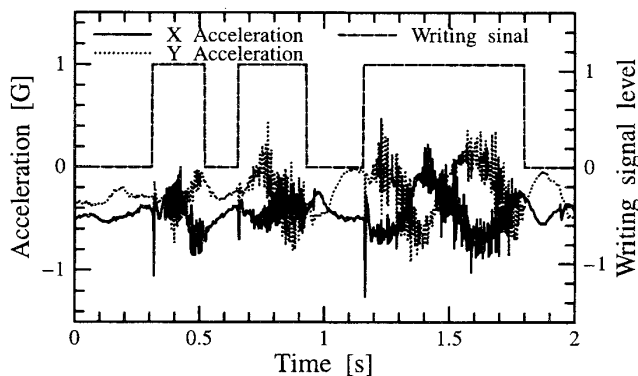


図11 下部センサの加速度波形
Fig. 11 Signal waves of lower sensor outputs.

してデータの保存や表示をした。このうち、平仮名の“あ”は単純な文字ながらも直線と曲線が含まれ、またやや複雑な交差部分が見られるため、画数の割には正確な再現が困難な文字である。

これまで述べてきたすべての補正方法を用いて再現した文字を図10(b)に示す。文字筆記の最初のストロークが始まる位置を矢印で示した。実際の筆記文字とは形状が異なるものの、容易に各文字を判別できる。この中に筆記文字と比較して全体が多少回転した再現文字が見られるが、これは筆記具をもった時点、または筆記中に筆記具が回転してしまった結果によると思われる。全体的に再現結果から情報機器などへの手書き文字入力に際して、支障のない程度の再現文字が得られたといえる。

図10(b)の文字“あ”を再現する際の各波形を図11~図13に示す。各波形のグラフには筆記状態認識信号も同時に示した。図11は筆記具の下部に取り付けたセンサのX軸、Y軸の出力信号の波形である。筆記状態認識信号において、1のときは紙上に筆記具が接しており、0のときは紙面と筆記具が離れ

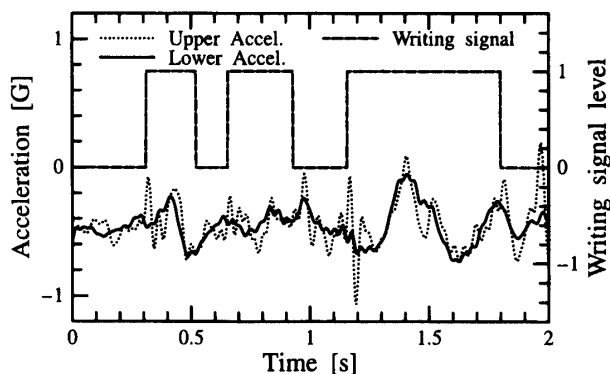


図 12 上下センサ位置での LPF 通過後の X 軸加速度波形

Fig. 12 X axis acceleration waves of lower and upper sensor positions.

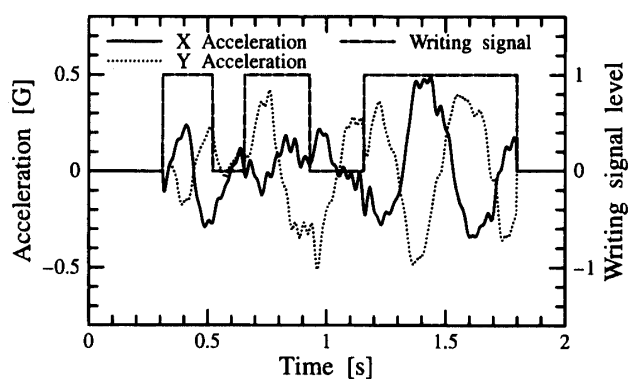


図 13 X 軸・Y 軸の筆記具先端の加速度波形

Fig. 13 X and Y axis acceleration waves at the pen point.

ている状態である。

図 12 は筆記平面の X 軸を例にとり、上下センサ位置での LPF 通過後の加速度波形を比較したものである。センサの感度軸は平行であるにもかかわらず、加速度波形は大きく異なることがわかる。本論文では、この差分情報を角度の推定に利用している。図 13 は筆記平面 X 軸、または Y 軸において上下各センサ出力から推定され、傾斜角補正をした筆記具先端の加速度波形である。この波形は文字の書きはじめから書き終わりまでの区間で、演算により求められたものである。

3.3 補正効果確認の実験

次に速度補正または傾斜角補正による有効性を確認する。図 14 は図 13 の X 軸加速度波形を積分した後、ストロークのはじめの速度が 0 になるように補正する前と後の X 軸速度波形である。図ではこの方法により速度波形が補正されていることが確認できる。

図 10 の筆記文字“あ”についての実験結果を図 15

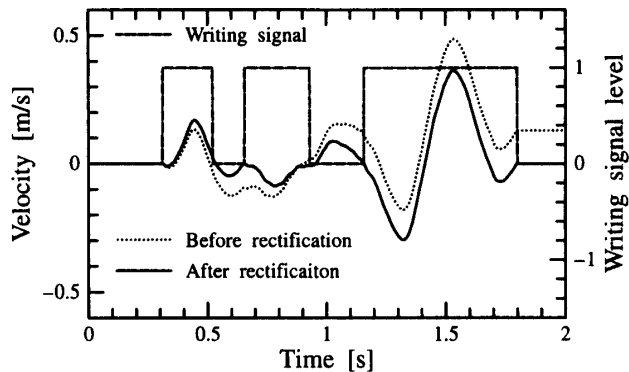
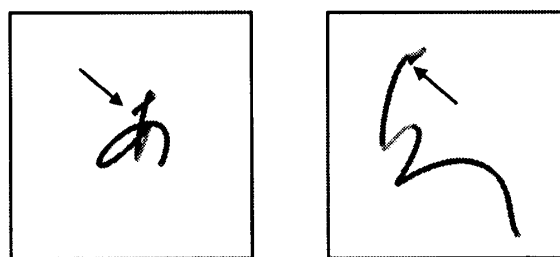


図 14 X 軸補正前と補正後の速度波形

Fig. 14 X axis velocity waves before and after the rectification.



(a) 速度補正あり (図 10“あ”)

(b) 速度補正なし

図 15 速度波形の補正による再現文字の比較

Fig. 15 Comparison of synthesized characters with or without velocity rectification.

に示す。枠の 1 辺の長さは 210 [mm] となっている。文字を筆記した際、加速度センサの出力信号をメモリに保存しておき、同一の加速度信号を使用して筆記文字の再現を試みた。比較のため、図 15 (a) には速度の補正を用いた場合の再現文字を、また図 15 (b) には速度補正をしていない場合の再現文字を示す。速度波形の補正を用いていない再現文字では、速度波形に含まれるドリフト誤差をもう一度積分しているため、誤差の影響が大きくなり、再現文字では原型をとどめていない。このことから速度波形の補正は筆記文字再現に必要不可欠のものであるといえる。

図 16 に本論文で提案した方法により得られた筆記具の推定傾斜角度を示す。筆記具が垂直のとき 0° とした。筆記具傾斜角度は文字の筆記開始から筆記終了までの区間で求めており、筆記開始前と筆記終了後の区間では便宜上 0° とした。

図 15 と同様に“あ”についての実験結果を図 17 に示す。ここで枠の 1 辺の長さは 210 [mm] である。推定角度による補正をした場合の再現結果を図 17 (a) に、しない場合を (b) に示す。補正を用いていない場合の

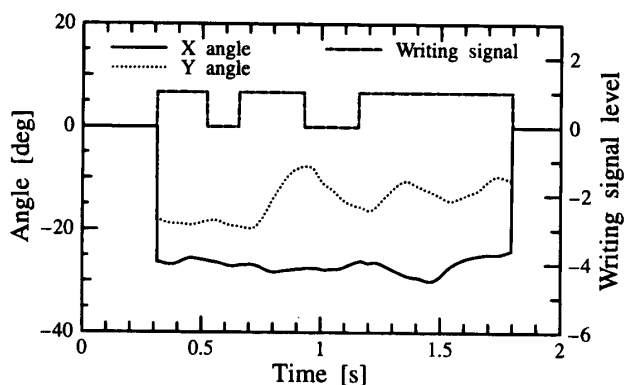
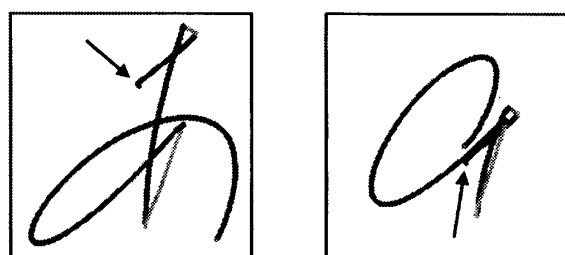


図16 X軸・Y軸の筆記具推定傾斜角度
Fig. 16 X and Y axis calculated slant angle.



(a) 角度補正あり (図10“あ”) (b) 角度補正なし

図17 角度補正による再現文字の比較
Fig. 17 Comparison of synthesized characters with or without angle rectification.

再現結果では、筆記具の傾きによる重力や筆記平面とセンサ感度平面のずれによって誤差が生じ、再現文字は筆記文字と大きく異なるものとなってしまった。ここでは画像などにより客観的に筆記中の筆記具の角度をとらえることはしていないが、図17の角度補正前と補正後の再現文字を比較すると、今回得られた推定傾斜角度は現実的なものであるといえる。また、筆記具の傾斜角度による影響を抑えることは、筆記文字再現精度の向上にあたり有効であることがわかる。

4. むすび

本論文では筆記具の加速度から文字パターンの再現を試みた。再現文字における筆記文字との誤差の要因を分析して、そのいくつかの要因を除去するための補正方法を提案し、実験ではその効果を確認した。

文字再現において筆記具が紙面上にあるか、空中を移動しているか判別するための筆記状態認識信号は重要である。今回はこれを容易に抽出する方法を提案した。次に文字のストロークの書きはじめにおいて、筆記具の速度が非常に小さくなるという傾向を利用して速度波形を補正することにより、再現文字をいっそう

筆記文字に近づけることができた。また、筆記具の傾きによる重力などの加速度は文字再現の際に誤差の要因となるが、筆記具の傾斜角を推定する手法を考案し、傾斜角による影響を抑えて文字を再現することができた。

現在のところ、平仮名や片仮名、数画の漢字では文字の再現が可能なのものの、画数の多い漢字など複雑なパターンにおいては十分な文字再現が困難な場合があり、今後は更なる文字再現精度の向上が望まれる。また、被験者にコンピュータの前で1文字ずつ入力してもらうなど、限られた条件のもとで実験をしているが、実験装置の小型化や取扱いの簡便化により、様々な条件下で多くのデータを解析して計測方法や再現アルゴリズムの改良を重ね、汎用的な入力インタフェースを目指していきたい。

加速度から文字を再現する際には加速度と筆記パターンだけでなく、筆記具の傾斜角や速度といった様々なオンライン情報を得ることが可能となったため、本研究におけるシステムの応用として、これらの得られた情報を利用した文字の認識や個人の認証の入力装置としても検討したい。

謝辞 本研究を行うにあたり、信州大学工学部情報工学科 今関義弘助手、金子浩昌技官に貴重な御助言を頂きましたことを感謝致します。また御理解、御助力を頂きました日置電機(株)に深く感謝致します。

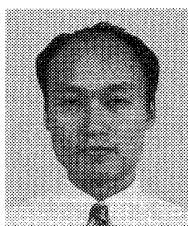
文 献

- [1] C.C. Tappert, C.Y. Suen, and T. Wakahara, "The state of the art in on-line handwriting recognition," IEEE Trans. Pattern Anal. & Mach. Intell., vol.12, no.8, pp.787-808, 1990.
- [2] R. Plamondon and G. Lorette, "Automatic signature verification and writer identification—The state of the art," Pattern Recognit., vol.22, no.2, pp.107-131, 1989.
- [3] F. Leclerc and R. Plamondon, "Automatic signature verification; The state of the art—1989-1993," International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, vol.8, no.3, pp.643-660, 1994.
- [4] 石川裕記, 米澤義道, 伊東一典, 橋本昌巳, "ペン加速度による手書き文字パターンの抽出," 信学論 (D-I), vol.J76-D-I, no.10, pp.541-543, Oct. 1993.
- [5] 石川裕記, 米澤義道, 伊東一典, 橋本昌巳, "ペン加速度による手書き文字パターンの抽出," 信学技報, MBE92-55, Sept. 1992.
- [6] 石川裕記, 米澤義道, 伊東一典, 橋本昌巳, "ペン加速度からの手書き文字パターン再現," 第24回画像工学コンファレンス論文集, vol.1-4, pp.25-28, Dec. 1993.
- [7] 胡 冰, 米澤義道, 伊東一典, 橋本昌巳, "筆記加速度から

の文字抽出法の改善,” 平 7 信学信越支部大, pp.385-386, Oct. 1995.

- [8] 宮川 透, 米澤義道, 伊東一典, 橋本昌巳, “筆記加速度からの文字抽出精度の改善,” 平 10 信学信越支部大, pp.369-370, Oct. 1998.

(平成 11 年 4 月 14 日受付, 9 月 8 日再受付)



宮川 透 (学生員)

平 6 明大・理工・電子通信卒. 平 8 同大大学院博士前期課程了. 同年日置電機(株)入社. 平 10 信州大学大学院博士後期課程入学, 現在に至る. 加速度センサを応用したインタフェースの研究に従事. 計測自動制御学会, IEEE 各会員.



米澤 義道 (正員)

昭 38 東北大・工・電子卒. 昭 43 同大大学院博士課程了. 同年信州大学工学部講師. 昭 44 同助教授. 昭 56 同情報工学科教授. 工博. 生体や工業製品などの 3 次元的形状計測の研究, 感覚機能の代行的サポートシステムの研究, 生体情報計測の研究, 空中音源とその応用システムの開発研究に従事. 計測自動制御学会, 応用物理学会, 電子写真学会, 日本音響学会, 日本 ME 学会等各会員.



伊東 一典 (正員)

昭 46 信州大・工・通信卒, 同年長野高専・電気工助手, 昭 55 信州大工学部情報工学科助手, 昭 63 同助教授現在に至る. 音響情報及び生体情報の計測, 処理, 特に音による視覚障害支援の研究に従事. 工博. 日本 ME 学会, 日本音響学会, バイオメカニズム学会, IEEE 等各会員.



橋本 昌巳 (正員)

昭 60 信州大・工・情報卒, 同年長野県情報技術試験場技師, 平 4 信州大学工学部情報工学科助手現在に至る. 生体情報の計測, 処理の研究に従事. 日本 ME 学会, 情報処理学会等各会員.