

H-056

ステレオカメラを用いた新たな文字入力方式の試み Prototyping of a new input method using Stereo Camera

平塚 翔太†
Shouta Hiratsuka

金 義鎮†
Eujin Kim

1. はじめに

コンピュータで習字学習を行うとき、入力に用いる装置が学習に与える影響を無視することはできない。例えばペンを用いて紙面上に文字を書く場合と入力装置にマウスを利用し文字を書く場合とでは感覚的なずれが生じる。このずれが習字学習における問題となる。この問題の対処としてペンタブレットなどの入力装置の使用が挙げられる。しかし、どの装置も特殊な筆記具を利用するためこの問題を解決することができない。そこで筆記の様子をステレオカメラで撮影し筆点座標を計測するビデオタブレットが注目されている。従来提案されている手法は、複数のカメラや外部装置を利用し、カメラを様々な位置に配置するなどの工夫を行うことで高精度に文字の入力が行える[1][2]。しかし、どの手法も高価なカメラや外部装置を利用している。そのため様々な分野で手軽に利用することは難しい。特に学生が個人で習字学習をするときの利用を考えると、学生への経済的負担は非常に大きくなる。そこで我々は、安価に入手が可能な USB カメラを利用した新たな文字入力法を提案する。

2. 提案手法の文字入力法

ここでは、我々が提案する新たな文字入力法について述べる。ペンタブレットなどの入力装置は、筆記具が筆記面に接触することで容易に描いたストロークを時系列順に取得できる。しかしビデオタブレットではこれを入手することは容易ではない。特に実際に線が描かれた部分（リアルストローク）と、描かれた線の間のペンの移動の軌跡（ダークストローク）を区別することは難しい。従来の手法は特定の場所にマーカー付け計測したマーカーの高さによりこれを判別したり [1]、カメラの光軸中心が地平線上を通るようにし筆記面と筆記具の接触を容易に判別している [2]。そこで我々は、より明確にリアルストロークとダークストロークを区別するためマーカーに発光ダイオードを利用する。マーカーは図 1 に示すよう筆記具に取り付け、筆記具の角度を固定するため固定具を筆記具に取り付ける。固定具を付けることで、マーカーが常に一定の高さに固定される。マーカーはストロークを描いている間のみ発光させ、リアルストロークとダークストロークを区別する。これにより提案手法はマーカーの高さを計測する必要なく、ステレオカメラから計測する筆点座標は 2 次元の座標のみでよい。

2.1 カメラ配置と筆点座標の算出法

提案手法のカメラ配置とワールド座標の関係を図 2 に示す。提案手法は右利きの人が文字を書くことを想定し、カメラを筆記者の正面(C1)と左側(C2)に配置した。この 2 つのカメラは内部パラメータが既知で同一のものである。

†東北学院大学大学院工学研究科電気工学専攻

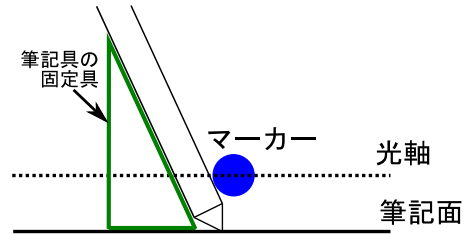


図 1 光軸の高さ

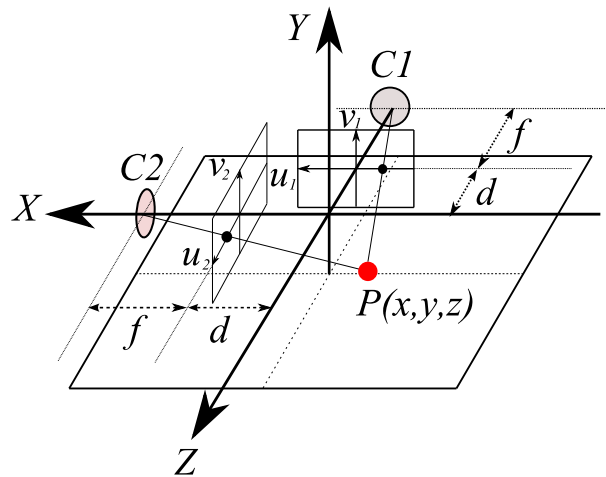


図 2 カメラの配置とワールド座標の関係

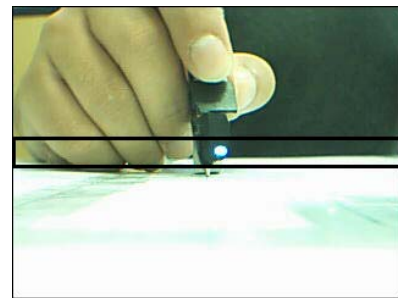


図 3 マーカーの探索範囲

2 つのカメラの光軸は地平線上と平行、かつ光軸の高さが図 1 に示すようにマーカーの中心を通り、かつ筆記面の中央で直行に交わる。これにより、筆記面のどの位置でマーカーがあっても撮影画像でマーカーは図 3 に示す枠内に必ず存在する。したがってマーカー座標を抽出する際の探索範囲は図 3 の枠内のみよく、計算するデータ量は減少する。また図 2 において、計測する筆点座標 $P(x, y, z)$ は既に述べたように高さ情報を計測する必要がない。つまり、筆点座標は $P(x, 0, z)$ となり x と z の座標を計測するのみでよい。筆点座標 $P(x, 0, z)$ は以下のように算出する。2 台のカメラ $C1$,

C2 の画像からそれぞれマーカー座標がえられる。これをワールド座標と長さの単位を合わせた画像座標 u_1 と u_2 にそれぞれ変換する。また、焦点距離を f 、焦点距離からワールド座標の原点までの距離を d とする。この時の筆点座標は以下の式から求められる。

$$x = \frac{u(f + u_2)(f + d)}{f^2 + u_1 u_2} \quad (1)$$

$$z = \frac{f(f + u_2)(f + d)}{f^2 + u_1 u_2} - (f + d) \quad (2)$$

2.2 マーカー座標の抽出法

筆点座標を計測するためには、C1、C2 から得られる画像からそれぞれマーカー座標を抽出する必要がある。提案手法ではマーカーに青色発光ダイオードを利用している。したがってマーカー座標は、探索範囲内の青色領域の重心とした。探索範囲内の青色領域は以下の式(3)、(4)により決定する。

$$GAP = \{B(i, j) - R(i, j)\} + \{B(i, j) - G(i, j)\} \quad (3)$$

$$marker = \begin{cases} 1 & GAP \geq 150 \\ 0 & GAP < 150 \end{cases} \quad (4)$$

ここで、 $R(i, j)$ 、 $G(i, j)$ 、 $B(i, j)$ はそれぞれ探索範囲内の (i, j) 点における赤、緑、青の画素値を表し、 GAP は青と赤、青と緑の画素値の差を足したものである。この GAP を用い式(4)により探索範囲の二値化を行う。次にマーカー座標の抽出について述べる。提案手法では高さ情報を必要としない。そのため、重心は画像の横軸方向のみを求めればよい。よって重心の算出には以下の式を用いる。

$$G_i = \frac{1}{T} \sum_{j=0}^h \sum_{i=0}^w m(i, j) \times i \quad (5)$$

ここで、 G_i は画像の横軸方向の重心座標、 T は二値化後の探索範囲の全画素の総和、 w 、 h はそれぞれ探索範囲の幅と高さ、 $m(i, j)$ は探索範囲内の (i, j) 点での画素値を表す。

3. 実験

システムの構成において USB カメラは SANWA 製 CMS-V15 を 2 台用い、画像サイズは 320×240 pixel、フレームレートは 30fps で撮影を行った。また、文字を書く領域を $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ 確保するため、カメラから筆記面の中心までの距離は 21cm 、 f は 15.73cm 、 d は 5.27cm とした。実験では、「一」、「口」を筆記面に描き実際の筆記と、提案手法により得た筆点の座標との比較を行った。その結果を図 4、5 に示す。図 4(a)、図 5(a)は実際の筆記を示す。また、図 4(b)、図 5(b)は提案手法により計測した筆点座標を線に復元したものでリアルストロークは実線、ダークストロークは点線で示している。図より、提案手法はリアルストロークとダークストロークを正確に区別する事に成功しているのがわかる。しかし、復元した筆跡では線に歪みが生じている。これは発光ダイオードの光が拡散してしまい重心が正確にマーカーの中心を抽出しない事と、文字を書く間にマーカーの位置とペン先の位置がずれたことが原因と考

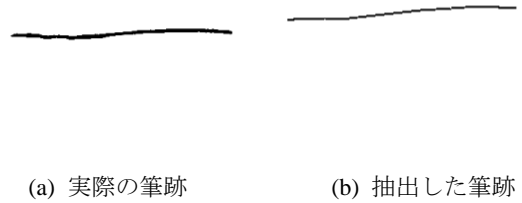


図 4 測定結果「一」

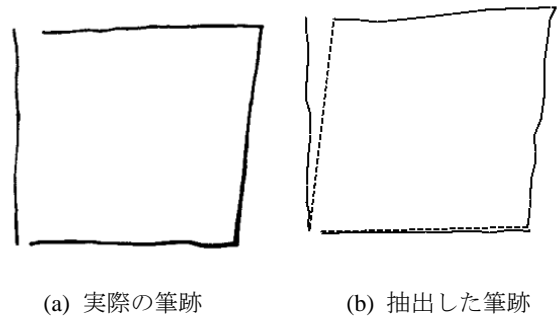


図 5 測定結果「口」

えられる。また、復元したストロークは実際のストロークに対して全体的に左上にずれている。これは、マーカーの中心の真下に、常にペン先があるとは限らないためである。さらに、他に何度か測定した結果の中に全く異なる筆跡を計測した場合も存在した。これは、マーカーを正確に抽出できなかったためである。その原因としては、筆記面の周囲の明るさが関係していると考えられる。周囲が明るすぎるとマーカー抽出のしきい値の設定から、発光ダイオードが発光したことを正確に抽出できなかった。

4. まとめ

今回、ステレオカメラを用いた新たな文字入力を提案した。提案手法では筆点を追跡するマーカーとして青色発光ダイオードを利用した。ダイオードの光が点灯を用いることを利用し、リアルストロークとダークストロークを判別することに成功した。また、精度は不十分であるが入力文字の筆跡を復元することもできた。しかし、周囲の状況により筆点を抽出できない場合も存在した。今後は、周囲の影響を受けないマーカー抽出法を検討していく予定である。

参考文献

- [1] 川田博之, 北島博之, 林敏浩, 山崎敏範 “ステレオカメラを利用したビデオタブレット”, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.106, No.83, pp.23-26 (2006).
- [2] 飛谷謙介, 加藤邦人, 山本和彦, “習字学習支援システムのための Horizon View Camera を用いた筆あと計測手法の提案と実装”, 電気学会論文誌 C, Vol.129, No.5, pp.787-791 (2009).