

## 1. はじめに

我々は、手書きで計算機と対話する環境を研究している。このときの基本は、表示一体型タブレットを利用したオンライン方式である。

手書き入力ではメモがボタンとして入力できるだけでも利用価値があるが、文字が認識されてコード化されることでさらに有用性は高まる。我々は、手書きの自然さをそこなわずにコード化する方式として、Lazy (delayed) recognition を提案している [1]。

一方、人間は紙とペンさえあればどこにいても創造活動ができる。これを書き直さずに利用できると有り難い。方式としては、紙に書かれた情報をスキャナで読み込んで、認識できるものは認識させ、できないものはイメージそのものを表示一体型タブレットに表示して、オンラインで認識の支援、書き直し、編集をする。

ここで文字認識の質が問題になる。人間は正しく認識してもらうように自らを適応させる能力が高いが、もしオフラインとオンラインで認識方式が異なると人間は混乱してしまう。そこで、両方に共通か、コヒーレントな認識アルゴリズムが必要になる。

## 2. 認識モデル

ゴムでできた入力ボタンを文字形の谷間を持つ標準ボタンに落とす (図1)。入力ボタンは標準ボタンに落ちようと位置のポテンシャルの低い方へ移動する。その結果、位置のポテンシャルは減る。一方、標準ボタンと入力ボタンの形の違いにより、ゴムの入力ボタンは変形していく。そのとき、ゴムが伸び縮みし伸縮のポテンシャルが増える。そして、ある位置で位置のポテンシャルと伸縮のポテンシャルが釣り合う。このときの二つのポテンシャルの合計の小さい標準ボタンを選択する。

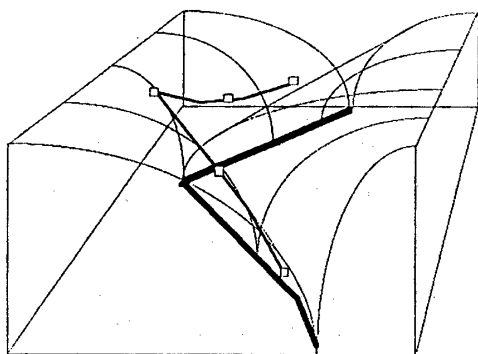


図1 認識モデル

ゴムの代わりに、特徴点をバネで連結したモデルを考えれば、ゴムの伸縮のポテンシャルを積分で計算する代

An Elementary Study of On-line and Off-line Recognition of Handwritten Characters  
with Consideration to Character Deformation

Ryouichirou, Kunishima, Hidehiro Fukushima, Toshio Souya and Masaki Nakagawa  
Tokyo University of Agriculture and Technology

わりに、バネのポテンシャルを加算で計算できる。

オフラインボタンの場合、すべての特徴点間でバネを考えると計算量が大きすぎる。1ストロークあたり5点で4ストロークの場合、20点で  ${}_{40}C_2$  で 780 のバネを考えなければならなくなる。これを近似してバネの数を削減するためには、連結している特徴点間にバネを考えればよいであろう。オンラインの場合は、ストローク内の隣合った特徴点間でよいと思われる。

しかし、このままでは次のような問題点が考えられる。

(1) ストロークごとにはそれほど変形されなくても、ストローク全体の空間が大幅に変形される恐れがある (図2)。

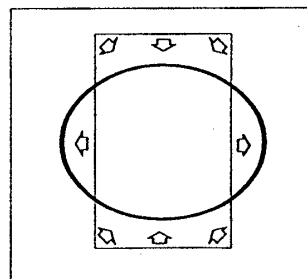


図2 入力ボタンの空間的変形

問題 (1) については、初めの入力ボタンの位置から標準ボタンへ落ちていく特徴点へもバネを設定することによって、空間的な変形を規制することができる。

上とは別に、元の認識モデルには次の問題もある。

(2) 文字ボタンの一部として入力ボタンを含む標準ボタンと正しい標準ボタンにそれほど差がでない。

この問題を回避するためには、入力特徴点が納まらない谷間に何らかの減点を与える必要がある。遠点に入力の特徴点があるとして、そのポテンシャル差を減点に加えるのが考えられる。

つまり、位置のポテンシャルを  $F_h$ 、標準ボタンの谷間が余ってしまうことに対する減点を  $g$  とすると、

$$\Sigma \{1/2 k (x_1 - x_0)^2 + F_h\} + g$$

の値により、入力ボタンが標準ボタンにどれだけ近いかを判断する。

## 3. 認識手法

## 3.1 入力ボタンへのバネの設定

上記の認識モデルを実現するために、まず、入力ボタンにバネを設定する必要がある。

バネは、空間的な変形を規制するものと文字の変形を規制するものの二つを用意する。空間的な変形を制御するバネは、入力ボタンの初期位置から移動していくバ

ンに設定する。文字の変形を制御するバネは、連結関係にある特徴点間に設定する(図3)。

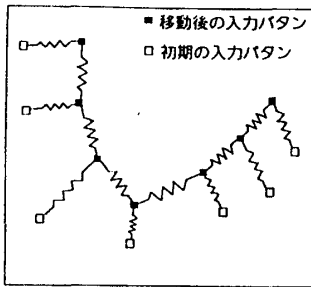


図3 バネの設定

3.2 標準ボタンへのポテンシャルの設定

標準ボタンの特徴点を底とするように、各特徴点を中心にポテンシャルを設定する(図4)。

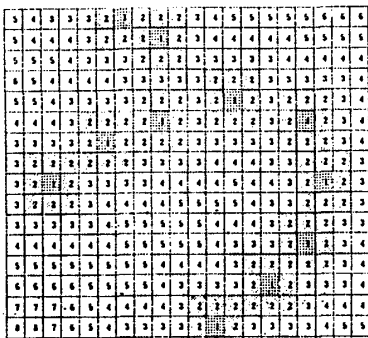


図4 ポテンシャルの設定

3.3 点の移動と認識

入力ボタンの各特徴点は、設定したバネの力と標準ボタンのポテンシャル場からの力を受ける。その力のバランスから次の移動位置を決定する。すべての特徴点について力が釣り合った状態になったとき、そのバネのポテンシャルと位置のポテンシャルを計算する。この操作をすべての標準ボタンに対して行い、計算したポテンシャルを比較していちばん小さいものを認識対象文字とする。

特徴点の移動位置は次のように求める。

何らかの順番で番号付けしたn番目の入力ボタンの特徴点の座標を  $\vec{P}_n(t)$  と表す。入力の特徴点群はポテンシャル場 U の中で、安定な位置に移動していくとして、 $i\Delta t$  後の位置を  $\vec{P}_n(i\Delta t)$  とする。また、初期入力ボタンへのバネのバネ定数を  $k_1$ 、連結関係にある特徴点間のバネのバネ定数を  $k_2$  とする。このとき  $\vec{P}_n(i\Delta t)$  に加わる力を考える(図5)。

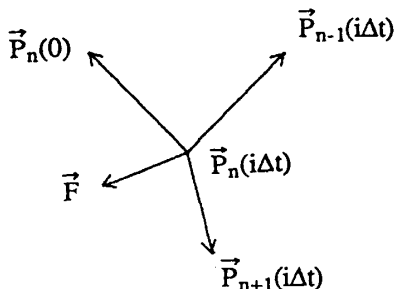


図5 特徴点に加わる力

(1) 初期位置への力:

$$\vec{F}_1 = k_1(\vec{P}_n(0) - \vec{P}_n(i\Delta t))$$

(2) となりの特徴点からの変位に対する復原力:

$$\vec{F}_2 = \sum_{n'} k_2 \frac{|\vec{L}_{n,n'}(i\Delta t)| - |\vec{L}_{n,n'}(0)|}{|\vec{L}_{n,n'}(i\Delta t)|} \cdot \vec{L}_{n,n'}(i\Delta t)$$

$$\vec{L}_{n,n'}(i\Delta t) = \vec{P}_n(i\Delta t) - \vec{P}_{n'}(i\Delta t)$$

$$\vec{L}_{n,n'}(0) = \vec{P}_n(0) - \vec{P}_{n'}(0)$$

$n'$  は、特徴点 n とバネで連結された特徴点

(3) 標準ボタンのポテンシャルによる力:

$$\vec{F}_3 = m(-\frac{\partial U(\vec{P}_n(i\Delta t))}{\partial X}, -\frac{\partial U(\vec{P}_n(i\Delta t))}{\partial Y})$$

これは近似的に  $\vec{P}_n(i\Delta t) = (X_{ni}, Y_{ni})$  として、

$$(-\frac{\partial U(\vec{P}_n(i\Delta t))}{\partial X}, -\frac{\partial U(\vec{P}_n(i\Delta t))}{\partial Y})$$

$$= (U(X_{ni}) - U(X_{ni+1}), U(Y_{ni}) - U(Y_{ni+1}))$$

これらの力のつり合いを考える。

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = m\vec{\alpha}_n(i\Delta t)$$

すべての n について

$$|\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3| < \epsilon$$

となれば、 $\vec{P}_n(t)$  の移動を止める。

そうでなければ、 $\Delta t$  ごとに  $\vec{P}_n(i\Delta t)$  を求める。しかし、このままではエネルギーを失わないので振動する。上の式に減衰項を入れてもよいが、ここでは  $\Delta t$  ごとに運動エネルギーを失うものとして  $\vec{v}_n(i\Delta t) = 0$  とする。

$$\vec{\alpha}_n(i\Delta t) = \frac{\vec{v}_n((i+1)\Delta t) - \vec{v}_n(i\Delta t)}{\Delta t} = \frac{\vec{P}_n((i+1)\Delta t) - \vec{P}_n(i\Delta t)}{\Delta t^2}$$

$$\vec{P}_n((i+1)\Delta t) = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3}{m} + \vec{P}_n(i\Delta t)$$

となり、次の移動位置  $\vec{P}_n((i+1)\Delta t)$  が求まる。

4. おわりに

この認識手法は、物理現象を基にしている。したがって、特徴点の動きについては、計算によって求められ確定できる。しかし、バネ定数・ポテンシャルについては不確定である。そこで、学習をする必要がある。

参考文献

[1] T. Souya, H. Fukushima, N. Takahashi and M. Nakagawa: "Handwriting Interface for a Large Character Set," Ppoc. 5th Handwriting Conf., Arizona, 166-168, Oct. 1991.