

SIFT 特徴量による手形状の相関分析と ハンドジェスチャによるアプリケーション操作

平 山 健 一^{†1} 小 枝 正 直^{†1}

本研究では作業効率の向上や腱鞘炎の軽減を目指して、ハンドジェスチャによる直感的なアプリケーション操作システムを開発した。まず、片手屈指で表現可能な全ての手形状(32種類)を SIFT 特徴量を用いて相関分析を行ない、その中で強い特徴を持つ3種類を選定した。これらの手形状を用いて、アプリケーションのショートカット機能を作動させ、本システムの操作性を確認した。

Robust Hand Shapes Selected by SIFT and Application Operation by Hand Gestures

KENICHI HIRAYAMA^{†1} and MASANAO KOEDA^{†1}

In this research, an intuitive application operation system by using hand gestures was developed to improve work efficiency and reduce tenosynovitis. First, robust 3 hand shapes were selected by using SIFT from the expressible 32 kinds of shapes of one hand. By using the robust hand shapes, short cut functions of an application were implemented. To check the operativeness and usability of this system, some experiments were conducted and it was confirmed that this system has reasonable performance.

1. はじめに

現在、コンピュータへの入力装置として主にキーボードやマウスなどが用いられている。しかし、長時間の操作によりパソコン指腱鞘炎¹⁾(反復運動過多損傷)を引き起こすことが

指摘されている。それらを改善する機能の一つがショートカット機能であり、これを用いる事により作業効率が向上し、腱鞘炎も少なからず起こりにくくなっている。コンピュータを長時間使用する者は、ショートカットキーを数パターン記憶していることが多い。しかし、ショートカットキー、アルファベットキーと、日常での使用頻度が少ない”Ctrl”や”Shift”, ”Alt”キー等を用いるため、コンピュータに不慣れな者には覚えにくいものとなっている。

そこでハンドジェスチャによってショートカット機能を実行し、アプリケーションの操作を可能にするシステムを開発した。これによりショートカット機能の早期記憶、簡易動作による作業の効率化、腱鞘炎などの症状緩和が期待できる。

本システムではハンドジェスチャの特徴点検出に SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 特徴量²⁾を用いることにより、回転・スケール変化・照明変化への頑健性を高め、様々な利用環境における誤差を低減させるとともに、ハンドジェスチャのテンプレートパターンの選出における予備実験を行い、より誤動作を低減させている。最後に評価実験として、選出されたテンプレートパターンを用いた複数種類のショートカットの出力や、手の大きさによる個人差の測定とコンピュータの使用経験による個人差の測定を行った。

2. SIFT 特徴量による手形状の相関分析

2.1 テンプレートパターン選出

ハンドジェスチャのテンプレートパターンの選出する対象として、片手のみを用いる。片手全てのパターンとしては 32 パターン存在し、SIFT 特徴量を用いてハンドジェスチャを行うためには、他のハンドジェスチャと特徴点が一致しない形にしなければならない。

そこで、全 32 パターンの総当りのマッチングを 5 回行い、割合でテンプレートパターン画像とリアルタイム画像の整合性の判定するため、強い特徴を持つテンプレートパターンを選出した。また、状況によって特徴点の多少の変化が考えられるため、5 回行った結果の上位 3 パターンを選出範囲に含め、上位 1 パターンと複数回上位 3 パターンの選出範囲内であったパターンを、代表パターンとして考えた。

次に代表パターンの 5 回分の最大マッチング割合と、その最大値、最小値、平均値、最大特徴点数、最小特徴点数を示し、各代表テンプレートパターン画像が他の代表テンプレートパターン画像とどの程度特徴量が異なるかを把握するため、最大特徴点数、最小特徴点数であった代表パターン画像をテンプレート画像とし、代表テンプレートパターン画像の総当りマッチングをそれぞれ行った。それらの結果より、全体的に類似性があるパターンが最小特徴点数の代表テンプレートパターン画像であったため、最小特徴点数の代表テンプレートパ

^{†1} 大阪電気通信大学 総合情報学部 メディアコンピュータシステム学科
Osaka Electro Communication University, Faculty of Information Science and Arts



図 1 パターン 1



図 2 パターン 2



図 3 パターン 3



図 4 パターン 4

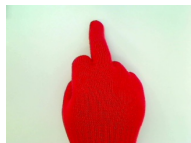


図 5 パターン 5



図 6 パターン 6



図 7 パターン 7



図 8 パターン 8

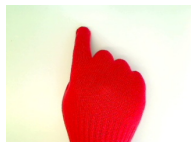


図 9 パターン 9



図 10 パターン 10



図 11 パターン 11



図 12 パターン 12



図 13 パターン 13



図 14 パターン 14



図 15 パターン 15



図 16 パターン 16



図 17 パターン 17



図 18 パターン 18



図 19 パターン 19



図 20 パターン 20

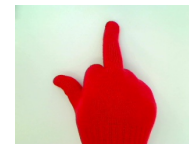


図 21 パターン 21



図 22 パターン 22



図 23 パターン 23



図 24 パターン 24



図 25 パターン 25



図 26 パターン 26



図 27 パターン 27



図 28 パターン 28



図 29 パターン 29



図 30 パターン 30



図 31 パターン 31



図 32 パターン 32

ターン画像を優先した。

優先した最小特徴点数同士の代表テンプレートパターンの総当たりマッチングの結果より、平均値が最も大きかったパターン 27 と、代表パターン同士の最小特徴点数での総当たりマッチングの結果より、パターン 27 が最小マッチング値であるパターン 24 と、同様にパターン 24、27 の両方のマッチング値が低いパターン 9 をテンプレートパターン画像として選出した。

3. ハンドジェスチャによるショートカット機能

3.1 処理内容

SIFT 特徴量を用いたハンドジェスチャを行うためには、事前に用意しておいた複数のテンプレートパターン画像とリアルタイムのハンドジェスチャ画像の両画像を SIFT 特徴量によって、特徴点の一致箇所がどの程度の割合であるかを求める。そしてテンプレートパターン画像とマッチングされた割合が一定の確率であった場合、そのテンプレートパターン画像に対応したショートカット機能を対象のアプリケーションに出力する。

そこで以下のように処理を行い、目的の操作を実現する。

- (1) 行いたいショートカット機能の数だけのテンプレートパターン画像を用意
- (2) 各テンプレートパターン画像にショートカット機能の割り当て
- (3) 各テンプレートパターン画像の特徴量と同様のパターンと判断する比較割合を決定
- (4) 処理を行いたいテンプレートパターン画像と同様のハンドジェスチャを行う
- (5) ハンドジェスチャを USB カメラで読み込み
- (6) 読み込んだリアルタイム画像とテンプレートパターン画像をマッチング
- (7) 最低割合を超えたテンプレートパターン画像に対応されたショートカットキーを対象のアプリケーションに出力

3.2 ショートカットパターン

ハンドジェスチャからショートカット機能を行うために、より直感的動作を行うことにより、早期記憶と作業の効率化が図られる。また、ショートカットパターンはキーとキーの同時押しにより出力されることが多い。しかし、拡大縮小や回転などといった画像の操作を行う場合、目的の画像を作り出すためには幾度かのハンドジェスチャを行わなければならない。ハンドジェスチャの回数を増やしてしまえば手への負担と作業効率の悪化に繋がる。そのため、ハンドジェスチャからモード選択を行い、手の移動によるショートカット出力を考えた。

モード選択における処理内容としては以下の手順で行なった。

- (1) 特定のハンドジェスチャからモードを切り替え
- (2) 手の重心と画像の中心を比較
- (3) 画像の中心から一定座標離れると目的のショートカットを出力
- (4) 2~3 の処理を繰り返す
- (5) ハンドジェスチャ、もしくはキー入力によってモードを解除

これらの処理を行うためには、各テンプレートパターン画像の特徴量と入力画像の割合の比較を行わなければならない。本研究では 3 つのテンプレートパターン画像と通常時のパターン画像を用いているため、入力画像の特徴量を R_i 、テンプレート画像の特徴点を T_i 、テンプレート画像と入力画像の特徴点割合を P_i^t としたとき、特徴点割合を以下の式で求めている。

$$P_i^t = \frac{T_i \times 100}{R_i} \quad (1)$$

モード選択の条件付けとして一定割合を超過したパターンのうち、最も特徴点割合が高かったパターンのショートカットを出力しているが、行うハンドジェスチャによっては複数のパターンが誤認識してしまうため、 $P_1^t - P_2^t > 10$ と $P_2^t - P_1^t > 30$ を追加条件とし、誤認識の発生を低減させている。

4. 実験

4.1 ショートカットの出力精度

ハンドジェスチャによりショートカット機能を実行する場合、キーボード入力と異なり、正確に出力されるかが不安要素となる。そのため、ハンドジェスチャでのショートカットの出力精度を計測する必要がある。実験方法として、ある特定パターンのハンドジェスチャを 10 回行い、他のパターンのショートカット機能が実行されることなく、目的とするショートカット機能が対象のアプリケーションへ実行される回数を計測し、それぞれの出力精度を確認する。実験環境は統一し、連続して同様のハンドジェスチャを行うこととする。なお、正常に目的とするショートカット機能が実行された場合を「○」とし、他のショートカット機能が実行された場合を「×」とする。また、ハンドジェスチャが認識されなかった場合は結果には含まれない。

表 1 の結果より、拡大縮小のパターンの 4 回目は階調反転と認識され、階調反転のパターンの 7 回目は拡大縮小と認識された。そのため拡大縮小と階調反転は相互に誤認識が発生する可能性がある。しかし、全体的な回数の結果を見る限り誤認識の発生確率は低い。また、全選択のパターンは誤認識が発生しなかった。これらの結果より、出力精度は高いと言える。

4.2 個人差の計測

人間の手は個々により大きさが異なる。また、手を広げたときの指と指の間隔も異なるためショートカット機能が正常に出力されるかを実験する。また、パーソナルコンピュータの使用経験によっても入力速度が異なるため、ブラインドタッチの可、不可によって使用経験

表 1 ショートカットの出力精度

試行	拡大縮小	全選択	階調反転
1	○	○	○
2	○	○	○
3	○	○	○
4	×	○	○
5	○	○	○
6	○	○	○
7	○	○	×
8	○	○	○
9	○	○	○
10	○	○	○
認識率	90%	100%	90%

表 2 個人差と使用経験による入力速度 1 回目

被験者	HG 入力	キー入力	ブラインドタッチ
1	14[s]	11[s]	○
2	55[s]	9[s]	×
3	53[s]	14[s]	×
4	60[s]	8[s]	○
5	19[s]	15[s]	×

を判断する．実験方法として、まず 5 人の被験者に対し同一の赤色の手袋を着用させ、ハンドジェスチャとショートカットキーを記憶させる．ハンドジェスチャとショートカットキーを全選択、階調反転、拡大縮小の順にハンドジェスチャを行ったとき、対象のアプリケーションにショートカット機能が出力されるかを確認し、一連の出力が確認されたとき、計測を止める．実験環境は統一し、2 回実験を行い、2 回目の実験は 1 回目の実験から 15 分、間を空けることとする．計測手段はストップウォッチとし、ブラインドタッチはアンケートを行い、可の場合は「○」、不可の場合は「×」とする．なお、ハンドジェスチャを HG と記述する．

表 2、表 3 の結果より、1 回目の実験ではキー入力の方が、ハンドジェスチャでの入力よりも大幅に出力速度が速い被験者が多く、2 回目の実験ではキー入力の速度はほぼ上昇せず、ハンドジェスチャでの入力の速度は大幅に上昇した被験者が多い．しかし、1 回目よりも 2 回目のハンドジェスチャでの出力が遅くなる被験者もあり、指の間隔によって認識精度が左

表 3 個人差と使用経験による入力速度 2 回目

被験者	HG 入力	キー入力	ブラインドタッチ
1	7[s]	7[s]	○
2	36[s]	10[s]	×
3	129[s]	11[s]	×
4	9[s]	8[s]	○
5	17[s]	13[s]	×

右されるようである．指の間隔がテンプレートパターンとほぼ同一であれば、ハンドジェスチャでの入力による出力速度はキー入力での出力速度とほぼ変わりなく実行される．

5. おわりに

SIFT 特徴量を用いることにより、ハンドジェスチャでの対象のアプリケーションへのショートカット出力が確認できた．また、手形状の相関分析を行なうことにより、より誤認識されにくいテンプレートパターンを 3 種類を選んだ．実験結果より被験者によって入力速度に大幅な差が発生するが、個々のハンドジェスチャをテンプレートパターンに選択することで、この問題は解消され则认为ている．

参 考 文 献

- 1) 産経新聞 ENAK 「パソコン指腱鞘炎」 クリック誘発”新現代病”
<http://www.sankei.co.jp/enak/2006/oct/kiji/10lifepersonalcon.html>
- 2) David G. Lowe,”Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints”, Journal of Computer Vision, 60, 2, pp.91–110 (2004).