

光学式モーションキャプチャによる触指動作の記録と分析
Recording and analysis of touch sensing by optical motion capture

村井 保之[†] 巽 久行[‡] 徳増 眞司[‡] 宮川 正弘[‡]
Yasuyuki Murai Hisayuki Tatsumi Shinji Tokumasu Masahiro Miyakawa

1. はじめに

視覚障害者に図や形状を理解させることは難しい。それは、視覚障害者が図や形状を触ることで理解するからである。しかも、視覚障害者が触ること（触指）で図や形状をどのように認知（触知）しているかについての理解は不足している。本研究は、視覚障害者の触指による図や形状の認知過程を解明することを目的とする。その方法として、触指をモーションキャプチャにより指先の軌跡（座標）として記録し分析する。触指の記録に、四角や円などの基本図形を組み合わせた触図を用い、指の動きを単純化し触指の一般的な特徴を検出することを試みる。

2. 触指位置の検出と分析

視覚障害者の触指による図や形状の認知過程を解明するため、触指の動作を分析する。我々は触指の際の、触図上の指先の位置や動きが図形認知に大きく関わっていると考ええる。そこで、モーションキャプチャを用いて指の位置や指の動きを検出し、その軌跡（図 1）から触指を定量化し、触知過程の分析を行う。触指の定量化は、触図の同じ場所を触った回数、指先の移動方向、指先の速度、左右の指先間の距離について行う。図 2 はそれを図示したものである。図の線は指先の軌跡である。図 2 左の赤い（明るい）部分は、指がその場所を接触した回数を色の濃さで表している。図より、場所により接触回数が違うことが解る。図 2 右は、指の軌跡と方向を描画した例である。移動方向は軌跡上の数字で表す。数字の間隔は移動の速度を表しており、間隔が長い場所は指の移動が速いことになる。この場合、触指により特徴を観察するというよりも、次の地点への移動、または、直線のような単純な場所、もしくは既知の形状と考えられる。間隔が短い場所は図が複雑か特徴のある部分で、念入りに触指し観察していると考えられる。

3. 基本図形による触指の記録

初期の実験で用いた触図は、花や車など形状が複雑であった。そのため、触指動作も複雑になり、触指の基本的な動作や一般的な特徴を見出すことが出来なかった。そこで、触指動作を単純にするため、丸や四角などの基本図形を組み合わせた単純な触図を用いることにした。これにより、触指の基本的な動作、触指の共通動作を見出すことが出来るのではないかと考える。特に、触指で図形認識のポイントと考えられる、図形の頂点や線の分岐点が単純になるので、触指動作の特徴をとらえやすいと考える。また、線の無い部分（輪郭線で囲まれた部分）にも着目しその動作についても分析を行う。この考え方に基づき以下の実験を行った。



図 1 触図と指先の軌跡

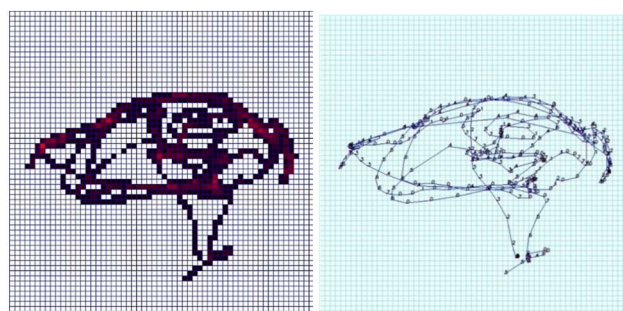


図 2 触指場所別の接触回数と移動方向

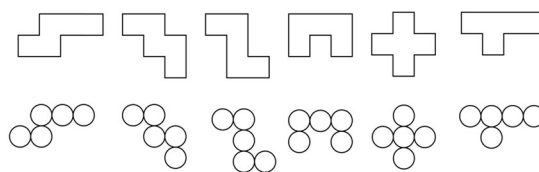


図 3 使用した触図

3.1 触指実験

触指動作の特徴を見出すため、基本図形を組み合わせた触図を用いた以下の触指実験を行った。

- ・被験者：全盲 2 名
- ・触図：四角 6 枚、円 6 枚（図 3）
- ・触指時間：1 分以内、十分認識した場合途中で終了
- ・使用機器
 - － モーションキャプチャシステム
 - PhaseSpace 社 Impulse X2E（図 4）
 - － カメラ 8 台
 - － 両手の各指に LED マーカーを貼付
- ・手順
 - － 両手で触指を行う
 - － 終了後、認識した図形を人差し指で再現
 - － どちらもカメラで記録する

実験には、指先の動きを高精細に取得できる PhaseSpace 社のモーションキャプチャシステム Impulse X2E を使用した。このシステムは、モーションを取得する位置に LED マーカーを付ける光学式である。各マーカーが ID を持ち、最大 256 個のマーカーをリアルタイムでトラッキング可能である。カメラの解像度は 36000×36000 サブピクセル、

[†] 日本薬科大学 Nihon Pharmaceutical University

[‡] 筑波技術大学 Tsukuba University of Technology

* 神奈川工科大学 Kanagawa Institute of Technology



図4 Impulse X2E



図6 各指の軌跡(一部)

サンプリングレートは最高 960 フレーム/秒、遅延は 3 ミリ秒以下でわずかな動きも取得可能である。通常のカメラによる画像処理とは異なり周囲の明るさに影響されない。キャリブレーションは LED マーカー内臓の専用の杖で簡単に行える。記録したデータは付属の SDK を使い Python で分析できる。

実験は、被験者の周囲に 8 台のカメラを配置し行った。指に設置する LED マーカーは 8 個一組で制御装置に接続される。制御装置を 2 台使用し、それぞれ左右の腕と指に対応させた (LED を 5 個ずつ)。被験者は記録用 PC の操作担当者の合図で触指を開始する。被験者が十分触図を認識したか 1 分経ったら終了する。なお、今回の実験では各被験者は 1 分以内に触指を終了した。触図の認識後、認識した図を右手人差し指を使い机の上に再現し、その動作も記録した。被験者 2 名が、それぞれ 12 枚の触図について実施した。

3.2 実験結果

今回の実験で、被験者 2 名、触図 12 枚分 (1 枚の触図で認識と再現) の CSV ファイル 48 本を得た。各ファイルはレコード数は数十万件でサイズは平均 30MB。

本報告では、3 次元座標のうち x と z を用いて、指先の軌跡を 2D で描画した。図 5 は全ての指の軌跡を描画したものである。図 5 左は認識の際の軌跡で、右は認識後に図形を再現したものである。図 6 は右手の親指、人差し指、中指の軌跡である。図 6 より、各指の軌跡はほぼ同じことがわかる。

今回の実験では、各指の動作はほぼ同じで大きな違いは見られなかった。左右の手もほぼ同じ動きをしていた。被験者は、図形の輪郭に沿って指を動かすわけではなく、輪郭を横切るように指を動かしているように見えた。

4. 今後の課題

今回の実験では、触図の位置を座標として記録していなかったため、触図の位置と指の位置の比較ができなかった。そのため、指が触図の輪郭上を通過しているか正確に判定できない。指の位置と輪郭の位置を比較することは触指分析のポイントとなる。今後は、触図にもマーカーを設置し、マーカーを基準に触図の位置を特定し、指が触図の輪郭に

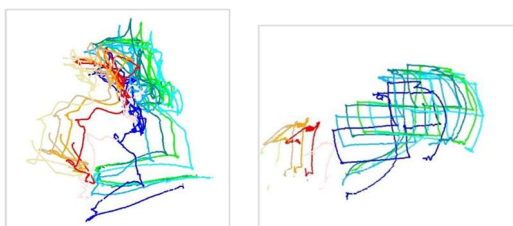


図5 全ての指の軌跡

触れているかどうかを判定し触指動作の分析に役立てたい。また、実験ではカメラを 8 台使ったが、設置位置が被験者の前方に集中したため、指が重なった場合など、マーカーを検出できない場合があった。今後は、カメラの死角がないように、被験者の周囲を取り囲むようなカメラの配置を考える必要がある。

今回の実験では、触図を単純にするため、図形の特徴である頂点数がほぼ同じになった。今後の実験では、頂点数の違う図形を用い、被験者に認識後の頂点数を答えさせることで、認識状況を数値として確認したい。

さらなる実験として、図形を拡大縮小、回転した場合に、触指や認知に変化があるかを分析する。使用する触図は、四角数種類、丸数種類、それぞれサイズを 100%、60%、30%とする。図の向きは基準の位置と 90 度回転した場合の 2 方向とする。これらの触図は被験者にランダムに示す。触指時間は 1 分以内、十分認識した場合途中で終了する。終了後、実験内で同じ図形の有無を被験者に答えさせる。

5. おわりに

本研究は、視覚障害者の触指による図や形状の認知過程を解明することを目的とする。ここで得られた成果は触指の評価だけでなく、多くの図形や形状への情報獲得支援に応用できる。例えば、視覚障害者が機器を利用する際に触指情報を獲得しづらい原因は何かシミュレーションで確認することが可能となる。その結果から機器設計の指標を提供することができる。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K01092 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 巽久行, 村井保之, 関田巖, 宮川正弘: “図形触知過程における触指位置の軌跡図の作成 ~ 触知による図形イメージ生成の解明を目指して ~”, 信学技報, 114(512), pp. 67-72 (2015).
- [2] 村井保之, 巽久行, 徳増眞司, 宮川正弘: “視覚障害者の図形イメージ生成過程の分析”, 第 15 回情報科学技術フォーラム (FIT2016), Vol. 3, No. K-52, pp.559-560 (2016).
- [3] 巽久行, 村井保之, 宮川正弘: “視覚障害者の触指位置追跡による図形イメージの分析”, ヒューマンインターフェースシンポジウム 2017, 7A1-1, pp.757-760 (2017).
- [4] 巽久行, 村井保之, 宮川正弘: “視覚障害者の触指位置記録と分析方法の検討”, 信学技報, 117(502), pp.43-47 (2018).
- [5] Murai, Y., Tatsumi, H., Miyakawa, M.: Recording of fingertip position on tactile picture by the visually impaired and analysis of tactile information, Springer LNCS 10897 (Computers Helping People with Special Needs, 16th Int. Conf., ICCHP2018), pp. 201-208 (2018).