

平面型触覚センサによる指姿勢推定手法の提案

Estimation of fingers' pose using a flat-type tactile sensor

○ 清水 誠 (中央大) 梅田 和昇 (中央大) 木下 源一郎 (中央大)

○ Makoto Shimizu, Kazunori Umeda, Genichiro Kinoshita,

Chuo University, 1-13-27 Kasuga, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8551

Abstract : This paper proposes estimation of finger's pose using a flat-type tactile sensor. The relation between the posture and a tactile image is discussed. Some fundamental experiments are shown.

Key Words : Tactile Sensor, Human-interface

1. 序論

人間の指は物を持つなどの動作や手話などのジェスチャにおいて細かく頻繁に運動する部位である。また、骨・関節などによりある程度動きが拘束された部位でもある。人間の指を触覚センサに接触させて得られる触覚像のみから得られる情報には限界があるが、ここに指の拘束条件を加えることによって、得られる情報も増えると思われる。

本研究では触覚センサによって得られた指の触覚情報と指の拘束条件より指の姿勢を推定する手法を提案することを目的とする。また、触覚センサのマシ・マシン・インタフェースとしての応用例を示す。

2. 指姿勢推定

指は複数の骨からなっており、通常の応力でその長さに変化することは無く、また骨と骨との繋ぎ目である関節はその個所により自由度とおおよその伸展・屈曲限界が決まっている⁽¹⁾。

指の姿勢を計測する方法としては、データグローブや指にマークを付けてステレオ画像より位置・姿勢を計測する⁽²⁾などがあるが、本研究では触覚情報より各関節間の長さ、指先～DIP関節 (Fig.1 参照) 間の直線と触覚面がなす仰角、指さし方向を求める手法について考察する。

尚、平面型触覚センサとして本研究では光導波板型触覚センサ⁽³⁾を用いている。センサ素子数は 37×32 で、頂点間の距離は 2mm である。

2.1 指の関節間の長さ

指の関節部付近の肉は薄い。これは屈曲しやすいように余分な皮肉がないためである。そのため指を伸ばした状態でセンサに接触させると各関節部の変位が顕著に表れる (Fig.2 参照)。この特性を利用して各触覚像のピーク値とその周辺のピーク値に近い値を含めた領域を抽出する。各抽出した領域の重心を求めることにより関節同士のおおよその相対的位置が求まる。

ここで、複数の指の関節を同時に計測する場合には抽出された関節の指に対する対応付けが重要である。その対応付けの方法として指の拘束性を用いる。指の関節は MP 以外全て 1 自由度で、その運動は屈曲と伸展である。よって触覚センサ平面における指の方向は DIP, PIP の影響を受けず、DIP, PIP, MP がほぼ同一直線上に存在する。DIP, PIP を含む触覚像はその指の形状をあらわしているものであり、その触覚像より求めた慣性主軸 (Fig.3(b)) に平行で触覚像の重心を通る直線は、その指の各関節付近を通る (Fig.3(c))。よってこの直線と近距離にある抽出点はその指の関節であると判別することができる。これにより各指の関節間距離を求めることができるが、指先～DIP の長さを求めることはできない。そこで、指先～DIP の長さを求める手法を Fig.4 に示す。まず指先の接

触面積が最大となるように接触させる。その触覚像から求めた慣性主軸より、主軸に平行で触覚像に外接する矩形と主軸に平行で触覚像の重心を通る直線との交点を求める。この交点と DIP 関節点との距離を指先～DIP の長さとする。また、このセンサ素子の空間的な距離は既知であるので、関節間の長さを求めることが出来る。Table 1 に測定結果を示す。この手法での指の長さの大きな推定は可能である。

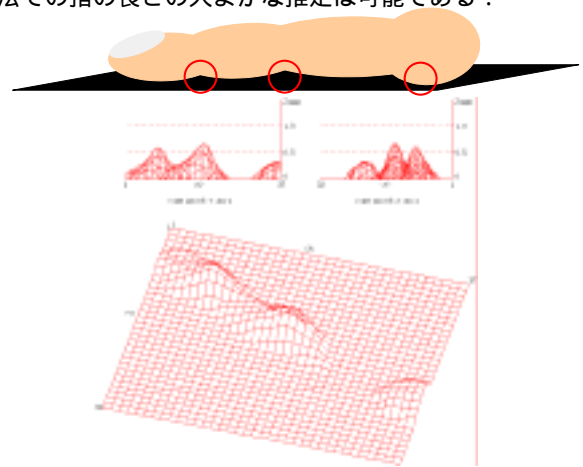
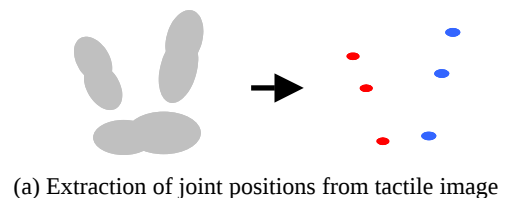


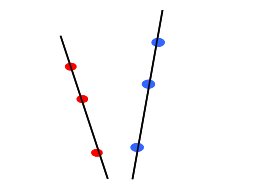
Fig.2 Tactile image of finger joints



(a) Extraction of joint positions from tactile image

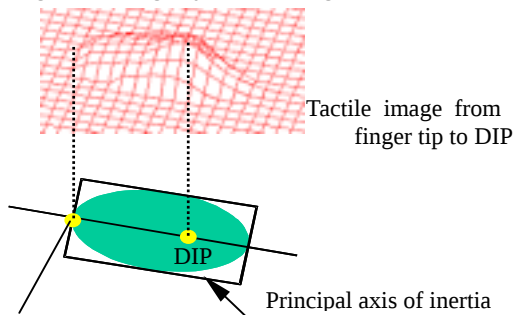


(b) Principal axes of inertia



(c) Matching finger joints

Fig.3 Matching of joints and fingers



Point of intersection Circumscribed rectangle
Fig.4 Length from finger tip to DIP

Table 1 Results of measuring length between joints

Right hand finger		Mean value	Standard deviation	True value
	Tip-DIP	22.28	0.47	23.35
	DIP-PIP	23.98	0.78	24.80
	PIP-MP	37.88	1.42	37.25
	Tip-DIP	24.35	0.59	24.55
	DIP-PIP	28.63	0.86	28.35
	PIP-MP	43.14	1.47	43.80

:Forefinger :Middle finger

(mm)

2.2 指の仰角の推定

指の接触面積と仰角には関係がある．そこで以下のような計測を行った．センサ平面上の指先座標～DIP 関節中心とセンサ面がなす角を仰角とする (Fig.5 参照)．指の接触面積の最大値を S_0 ，ある仰角の時の接触面積を S_i とする．最小仰角は接触面積が最大の時であり，今回の計測ではおよそ 15° であった． 15° から 5° づつ指を傾けていき，そのつど接触面積を計測する．

任意の角度時の触覚像と計測結果を Fig.6 に示す．グラフより仰角 $15^\circ \sim 60^\circ$ 付近までは接触面積と仰角の関係があらわれている．しかし， 60° 以降は接触面積の変化は乏しいにもかかわらず仰角が増加している．これは爪の影響によるものである．ある程度指を傾けるとセンサに爪が接触するようになる．さらに傾けると爪しかセンサに接触していないようになり，その間の接触面積は殆ど変化しなくなってしまう．このことから触覚センサで推定可能と思われる仰角は爪の長さによる．だが我々が平面を指で押す場合，故意に爪があたるように傾けることはないので問題ないかと思われる

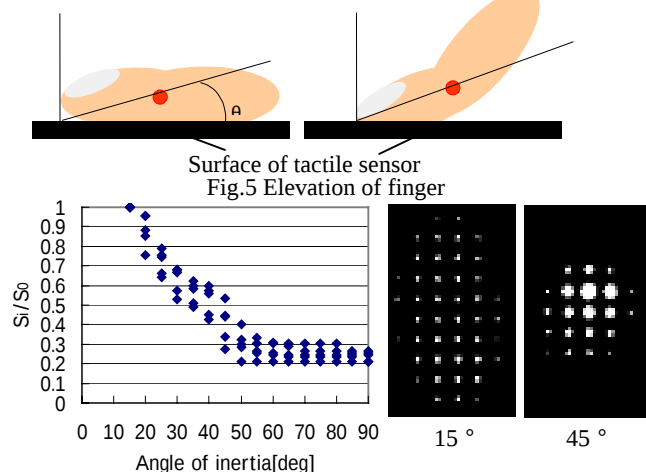
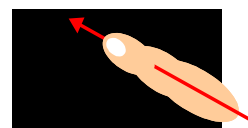
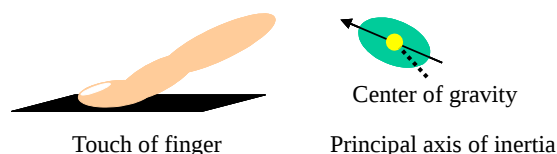


Fig.6 Relation between elevation and touch area of finger, and tactile image

2.3 指さし方向の検出

触覚センサによる指さし方向の検出手法を Fig.7 に示す．触覚センサに指を接触させたときに得られる触覚像より慣性主軸を求める．その慣性主軸と平行で触覚像の重心を含む直線は 2.1 で述べたように指の各関節座標における近似直線であるから，その方向ベクトルを指さしの方向として検出できる．この手法を用いて指さし方向の計測実験を行った．触覚センサ平面の水平方向 0° を基準点とし， 5° ずつ 180° まで指を動かしてゆき，その時の触覚像より指さし方向を求めた．計測結果を Fig.8 に示す．実験結果より， 5° 程度の分解能での指さし方向の認識は可能であると思われる．それ以上の精度が必要な場合はセンサの分解能を考慮する必要がある．



Decision of finger direction

Fig.7 Recognition of finger direction

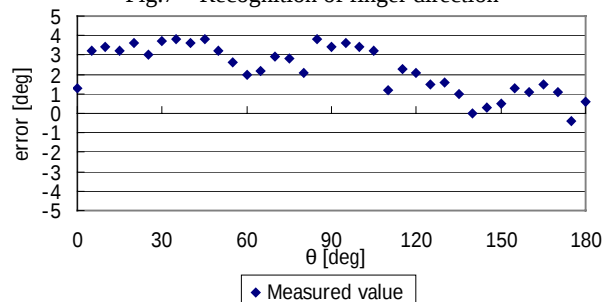


Fig.8 Result of measuring finger direction

3. 触覚センサのインタフェースへの応用例

触覚センサを応用したインタフェースを提案する．触覚センサを用いたインタフェースの例を示す．インタフェースの中には人間の日常的動作を利用しているものがある．例えば，ペン型のインタフェースであるタブレットは書く，描くといった動作で入力ができる．このような日常的動作の中から本研究では指さしと触覚センサを用いたインタフェースを提案する．

Fig.9 はインタフェースの概念図である．普段ディスプレイ上の選択肢を決定する場合，マウス・タブレットならその選択肢の位置までポインタを移動させる必要があるが，このインタフェースはディスプレイの画面上の選択肢を選ぶ時に，センサ面上でその方向を指さすことにより素早く，自然に選択することができる．これはセンサ上であれば指をどこにおいても選択は問題なく行われるので，手元を確認する必要がない．

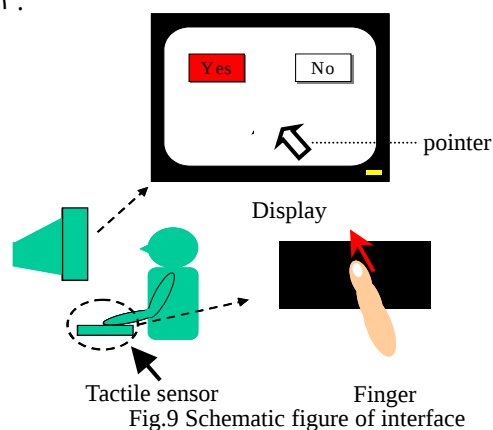


Fig.9 Schematic figure of interface

4. 結論

本論文では以下のことを行った

- ・ 指姿勢推定手法を提案した
- ・ 触覚センサを用いたインタフェースを提案した
- 今後の展望として以下のことが挙げられる
- ・ センサ分解能の向上による指さしなどの計測精度の向上
- ・ PIP, MP 関節角の推定手法の模索

参考文献

- (1) <http://isweb10.infoseek.co.jp/school/ryotaro4/kirinji2/ryo2-3-2.htm>
- (2) 伊佐治真, 高野政晴, 佐々木健: “人間の指による操り動作計測システムの開発” 精密工学会誌, Vol.64, No.8 (1998) pp.1127-1131
- (3) 木下源一郎, 入江俊充, 谷江和雄: “触覚センシングによる物体表面の触覚像取得”, 計測自動制御学会論文集, Vol.31, No.6 (1995) pp.692-698