

平成22年5月10日現在

研究種目：若手研究 (B)  
 研究期間：2008 ～ 2009  
 課題番号：20700161  
 研究課題名 (和文) センシングデバイスとしてのロボットフィンガ  
 「センシングフィンガ」の開発  
 研究課題名 (英文) Development of sensing finger as a sensing device

研究代表者  
 栗田 雄一 ( KURITA YUICHI )  
 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教  
 研究者番号：80403591

## 研究成果の概要 (和文)：

多数のセンサが埋め込まれた「センシングマネキン」および「センシングフィンガ」試作機を開発し、実験の結果から腱張力が人の感じる持ちやすさを定量評価する指標として有効であることを発見した。また拇指と示指の腱骨格モデルを構築し、腱張力を推定できるシミュレータを開発し、腱張力推定に基づく持ちやすさ評価指標を提案した。実験の結果、提案指標が人のアンケート結果とよく一致することを確認した。

## 研究成果の概要 (英文)：

A prototype of a robot finger as a sensing device 'Sensing Finger' was developed. Experimental results show the tendon forces can be used for the evaluation of the subjective effort while grasping an object. A simulation system that estimates the tendon forces was developed and an evaluation index to assess the human's subjective effort was proposed.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：センシングデバイス、持ちやすさ評価、ロボットハンド、腱骨格モデル

## 1. 研究開始当初の背景

我々の周りにある道具を使用したときの感覚は、重さ、形状、表面材質などに異なる。外観や強度に関するデザインについては、CAD、FEM等によるシミュレーションが普

及している一方で、握りやすさなどの道具の使用感覚を物理パラメータであらわす指標は存在しないため、シミュレータによりこれらを評価することは困難である。持ちやすさ、フィット感などは、特に製品開発においてユ

ーザの製品に対する評価に直結する非常に重要な項目であるにも関わらず、もっぱら人が実際に把握・操作して、経験的かつ主観的に評価するしか方法がないのが現状であった。

## 2. 研究の目的

多数のセンサが埋め込まれた「センシングマネキン」を開発し、人が道具を把持・把握・操作したときに得られる感覚と、センシングマネキンに物体を把持させたときに得られるセンサ出力との関連性を考察する。

また製作したセンシングマネキンの知見を活かして、可動かつセンサの組み込まれた「センシングフィンガ」を開発する。開発したセンシングフィンガを使って物体を把持し、把持時のセンサ情報を計測する。またセンサ情報と「持ちやすさ」を関連づけるための生体力学モデルを製作する。同様の物体を人間が把持したときの使用感に関するアンケート評価を行い、センシングフィンガによって計測されたセンサ情報と人の感じる持ちやすさの関連付けを行う。

## 3. 研究の方法

- ① センシングマネキンの製作  
センサの埋め込まれた「センシングマネキン」を製作する。センシングマネキンは、市販の手の関節可動型モデルを骨格として利用し、力センサ、振動センサなどを内蔵して構成する。
- ② 道具の使用感に関する感性アンケート  
数種類の道具を把持・操作したときの感性アンケート調査を実施し、因子評価を行う。また同一の道具をセンシングマネキンに把握させたときのセンサデータを取得し、アンケート結果との比較を行うことで、センサ物理量と感性評価との関連性について考察する。
- ③ シミュレーション  
センシングマネキンの力学モデルを構築し、把持や操作をおこなったときにセンシングマネキンから得られるセンサデータをシミュレーションできるようにする。またセンシングフィンガに載せるセンサやアクチュエータについて検討を行う。
- ④ センシングフィンガの製作  
モータによる関節駆動が可能であり、かつセンサの組み込まれたセンシングフィンガのプロトタイプを製作する。フィンガは人間のサイズに可能な限り近づけ、人間が普段使用する道具を把持でき

るようにする。

- ⑤ センサ情報と「持ちやすさ」を関連づけるための生体力学モデルの製作  
センシングフィンガによって得られたセンサ情報が人間にとってどのような情報に相当するのかを調べるため、人間の指関節駆動機構を模した生体力学モデルを製作する。
- ⑥ 「持ちやすさ」を定量評価する指標に関する考察  
アンケート評価を通じて、人の感じる「持ちやすさ」をセンシングフィンガで計測したセンサ情報を使って定量化するための指標について考察する。

## 4. 研究成果

### (1) センシングマネキンの製作

市販の関節可動型モデルを骨格として利用し、指関節を腱を模したワイヤにより駆動することが可能なセンシングマネキンのプロトタイプを製作した。腱にはモータが接続されており、モータのトルク計測機能を用いることで物体を把握したときの腱張力を計測することが可能である。実験では20mm～100mmの幅を持つシリンダをセンシングマネキンにより把持させ、指の姿勢によってどのような腱張力が発生しているのかを調べた。実験の結果、60mm付近の物体を把持したときに腱張力の合計が最も小さくなる傾向を確認した。

### (2) 異なる幅の物体を把持したときの感性アンケート

20～100[mm]の異なる幅をもつシリンダを被験者に把持してもらい、どの把持幅がもっとも持ちやすいと感じるかをアンケート評価した。実験の結果、重さによらず60mm付近の幅を最も持ちやすいと判断する傾向を確認した。またそのときの筋電値を計測したところ、筋電積分値の合計が60mm付近のシリンダを把持したときに最も小さくなる傾向を確認した。

### (3) シミュレーションによる姿勢と腱張力の関係

簡単な指の腱骨格モデルを製作し、指姿勢と腱張力の関係を考察した。実験の結果、60mm付近の幅の物体を把持したとき、腱張力の合計値がもっとも小さく傾向を確認した。これはセンシングマネキンおよび感性アンケートの結果と一致しており、腱張力が人の感じる持ちやすさを定量評価する指標として有効であることが示唆

された。

- (4) 拇指と示指の腱骨格モデルの構築  
示指はMP関節2自由度, P I P関節1自由度, D I P関節1自由度の計4自由度, 拇指はCM関節2自由度, MP関節2自由度, I P関節1自由度の計5自由度を持ち, 人の生理学的知見を元に示指は7つ腱, 拇指は9つの腱によって駆動されるとした。
- (5) 腱張力推定に基づく持ちやすさ評価指標の検討  
指先力6自由度を示指7, 拇指9の腱張力で制御するため, 指先力から腱張力を決定する問題は不良設定問題となる。そこで Crowninshield らの提案する筋力最適化計算の条件式を用いて腱張力を計算した。またこれまでの知見などから, 計算された腱張力を用いて筋力の発揮割合の平均値が少ないほど人にとって持ちやすい姿勢であると考え, 持ちやすさを定量的に示す指標を提案した。
- (6) シミュレーション結果とアンケート結果比較による指標妥当性の評価  
20mm から 100mm までの円筒形物体を示指と拇指でつまむ動作を通じて, 人の感じる主観的な持ちやすさの感覚と, 提案手法によって出力される持ちやすさ定量化のスコア値の間に関連性について評価した。被験者の筋電計測とアンケート評価の結果, 60mm 付近が持ちやすい姿勢と人が感じる事が明らかになったのに対し, シミュレーション実験により定量化指標も同様の結果を示したことから, 提案手法の妥当性が示された。
- (7) センシングフィンガ試作機の設計・製作  
指先力, 関節トルクなどといった, 定量化指標を求めるために必要となるセンサ情報を計測できる人間サイズのセンシングフィンガ試作機の設計および製作を行った。試作機は2本指により構成され, つまみ動作が可能な形状を持つ。センサを付加することにより力やトルク, 指の姿勢を計測可能であり, 実験の結果明らかになった定量化指標を算出するのに必要な情報をセンシング可能である。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計1件)

1. 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司, 腱骨格モデルを用いたつまみやすさの生

体力学的解析, 日本ロボット学会論文誌, 28 巻, 191-199, 2010, 査読有

[学会発表] (計13件)

1. 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司, 筋余裕推定に基づく製品の使いやすさ定量化評価, 第15回ロボティクス・シンポジウム, 554-559, 2010.3, 奈良
2. 栗田 雄一, 池田 篤俊, 祖父江 厚志, 小笠原 司, 音情報を用いたロボットハンドによるタスク達成判別および水量推定, 人工知能学会 A I チャレンジ研究会, 50-55, 2009.11, 神奈川
3. Yuichi Kurita, Yasuhiro Ono, Atsutoshi Ikeda, and Tsukasa Ogasawara, Human-sized Anthropomorphic Robot Hand with Detachable Mechanism at the Wrist, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2271-2276, 2009.10, St Louis USA
4. Atsutoshi Ikeda, Yuichi Kurita, and Tsukasa Ogasawara, A Tendon Skeletal Finger Model for Evaluation of Pinching Effort, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 3691-3696, 2009.10, St Louis USA
5. Yuichi Kurita, Takehiro Onoue, Atsutoshi Ikeda, and Tsukasa Ogasawara, Biomechanical Analysis of Subjective Pinching Effort Based on Tendon-Skeletal Model, The 31st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 5231-5234, 2009.9, Minnesota USA
6. 栗田 雄一, 祖父江 厚志, 池田 篤俊, 小笠原 司, グラスハーブの音響特性を利用したはじき動作による水量推定, 第27回ロボット学会学術講演会, 1A3-04, 2009.9, 神奈川
7. 池田 篤俊, 尾上 豪啓, 栗田 雄一, 小笠原 司, 主観的なつまみやすさ評価における姿勢の影響, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009, 1A1-M02, 2009.5, 福岡
8. 栗田 雄一, 小野 泰寛, 池田 篤俊, 小笠原 司, 手首での着脱機構を持つ人間サイズの多指ロボットハンドの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2009, 2A2-B11, 2009.5, 福岡
9. Atsutoshi Ikeda, Yuichi Kurita, and Tsukasa Ogasawara, Pinching Facility Evaluation by a Tendon-Driven Robot Hand, 2009 IEEE International

Conference on Robotics and Automation, 3437-3442, May, 2009, JAPAN, KOBE

10. 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司, 持ちやすさ定量評価のための腱張力センシング, 第 14 回ロボティクス・シンポジウム, 405-410, 2009. 3, 北海道
11. 小野 泰寛, 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司, 手首で着脱可能な多指ロボットハンドの開発, 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 2008 講演論文集, 301-302, 2008. 12, 岐阜
12. Atsutoshi Ikeda, Yuichi Kurita, and Tsukasa Ogasawara, Pinching motion evaluation using human like sensing device, The Joint 4th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 9th International Symposium on advanced Intelligent Systems, 1135-1138, Sep. 2008. 9, Nagoya JAPAN
13. 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司, つまみやすさの定量化に向けたロボットハンドによるピンチング計測, 第 26 回日本ロボット学会 学術講演会, RSJ2008AC1E2-02, 2008. 9, 兵庫

[産業財産権]

○出願状況 (計 2 件)

名称: 感性・技能評価方法および評価システム

発明者: 栗田雄一, 池田篤俊, 小笠原司

権利者: 奈良先端科学技術大学院大学

種類: 特許

番号: 特願 2010-001597

出願年月日: 2010 年 1 月 6 日

国内外の別: 国内

名称: ロボットハンド

発明者: 栗田雄一, 小野泰寛, 池田篤俊, 小笠原司

権利者: 奈良先端科学技術大学院大学

種類: 特許

番号: 特願 2008-308303

出願年月日: 2008 年 12 月 3 日

国内外の別: 国内

[その他]

- 研究紹介ウェブサイト (持ちやすさの生体力学的解析)

[http://robotics.naist.jp/research/Pinching\\_analysis/pinchinganalysis.html](http://robotics.naist.jp/research/Pinching_analysis/pinchinganalysis.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗田 雄一 (KURITA YUICHI)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 80403591

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし