

# 使いやすさ定量評価システムに向けた 人の指先構造を模したロボットハンド

## Novel Robot Hand Resembling Human Finger Structure for a Product Usability Evaluation System

○ 池田 篤俊 (奈良先端大) 松本 真 (奈良先端大)

正 栗田 雄一 (奈良先端大) 正 小笠原 司 (奈良先端大)

Atsutoshi IKEDA, Tadashi MATSUMOTO, Yuichi KURITA, and Tsukasa  
OGASAWARA, Nara Institute of Science and Technology, atsutoshi-i@is.naist.jp

The quantitative evaluation of product usability is important for product design. We have presented the concept of the usability evaluation system using a tendon skeletal finger model. In this paper, we propose the novel robot hand which resembles human fingertip structure for the usability evaluation system. The usability evaluation system using the robot hand can evaluate an existing product. The design concept and specification of the robot hand are described.

**Key Words:** Hand, Finger posture, Pinching, Measurement, Sensory Evaluation

### 1. はじめに

近年、安全安心の観点から製品設計のガイドラインを定めるという試みが行われている。一方、使いやすさのような主観的な製品特性は定量的に評価することが難しく、試作品に対するアンケート評価やイメージ調査によって設計の方向性を決めることが多い。そこで著者らは製品の使いやすさを生工学的観点から定量的に評価する手法を提案し、腱骨格モデルを用いたシミュレーションシステムを開発した<sup>[1]</sup>。シミュレータによる評価であるためCADデータの段階から評価が可能であるという利点があるが、モデル化が困難な状況（例えば、液体の入ったペットボトルなど）では使いにくいという欠点もある。また、実際に作った試作品や過去の製品などを評価する場合、モデルによる評価ではなく実際の製品を用いた方が良いということも考えられたため、人間の構造を模したロボットハンドを用いて評価を行うという方法が考えられる<sup>[1]</sup>。しかし、腱骨格構造の再現性が十分でなかったためシミュレーションに比べると精度が劣るという問題点があった。また、ACT Hand<sup>[2]</sup>やDLR Hand<sup>[3]</sup>のように構造を人間に似せれば似せるほど複雑な制御が必要となり正確な制御が難しくなるという問題点が発生する<sup>[4]</sup>。

本稿ではロボットハンドを含めた使いやすさ定量評価システムについて述べ、システムで用いる新しいロボットハンドを提案する。初めに使いやすさ定量評価システムの概要について触れ、シミュレータを用いた場合とロボットハンドを用いた場合のそれぞれの特徴について述べる。次にシステムで用いる為のロボットハンドの設計要件について述べ、実際に製作したロボットハンドのスペックを示す。

### 2. 使いやすさ定量評価システム

著者らが提案している使いやすさ定量評価システムのコンセプトをFig. 1に示す。本システムはロボットハンドもしくは手のシミュレータを用いて製品を操作し、その時の腱にかかる負荷に基づいて製品の使いやすさを定量的に評価する。システムの詳細や評価結果の有効性については文献<sup>[1]</sup>を参照されたい。本稿ではシミュレータを用いる場合とロボットハンドを用いる場合の処理の違いについて述べる。

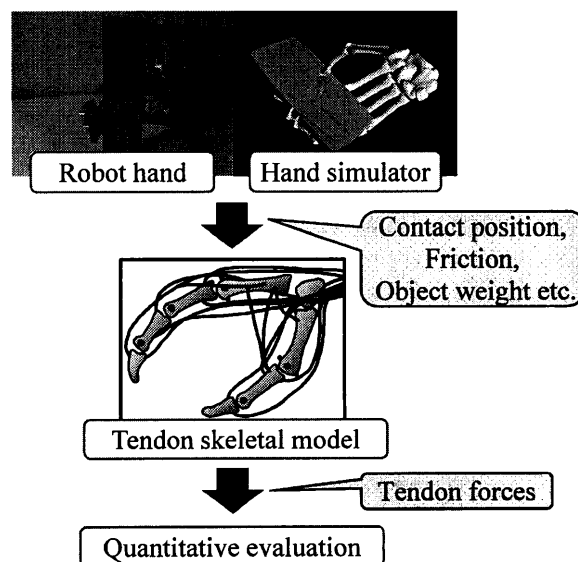


Fig. 1 Concept of the usability evaluation system. The system has 3 steps: Input product manipulate information, Calculate tendon forces, Calculate a score of product usability.

シミュレータを用いて評価を行う場合は、評価したい製品の3Dモデル（形状、重量、摩擦係数などを含む）と評価を行う操作に関する情報（例えば、携帯のボタンを押す位置やリモコンの把持位置など）を予めユーザで用意する。システムにはTable 1に示す日本人男性の平均サイズで作成された腱骨格モデルがあり、入力情報に基づいて操作を達成するための指姿勢と各腱にかかる負荷（腱張力）を計算する。計算された腱張力から使いやすさの評価指標を算出する。

ロボットハンドを用いて評価を行う場合は、実際の製品と評価を行う操作に関する情報を予めユーザで用意する。また、操作時のロボットハンドの姿勢を計算するために製



Fig. 2 Novel robot hand with human mimic fingertip. The fingertip parts are molded using a cast which is made by human finger.

品の3次元形状の情報が必要となる。ロボットハンドで製品操作時のセンサ情報を取得する手順を以下に示す。

1. 姿勢計算：対象の3次元形状、操作箇所（指先等接触箇所）、対象と手首の相対位置をシミュレータに入力し、ロボットハンドの操作姿勢を計算する
2. 操作達成判定：前工程で計算された姿勢（基準姿勢）によって操作が達成されたかをオペレータが判断する。達成されていない場合は「操作補正」へ、達成されている場合は「センサ情報取得」へ
3. 操作補正：オペレータが指先位置と力の補正量を決定・入力し、「姿勢計算」に戻る
4. センサ情報取得：ロボットハンドの各関節角度とモータトルクを取得し、腱骨格モデルに送る
5. 腱張力計算：指の姿勢と関節トルクから腱張力を計算する

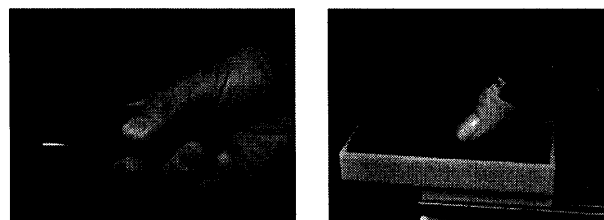
計算された腱張力からシミュレータの場合と同様に使いやすさの評価指標を算出する。処理手順にはシミュレータと比べて実際の操作を実行し、操作の目的（ボタンを押すなど）が達成されたかどうかの判定が追加される。

### 3. ロボットハンド

Fig. 2 に本システムで使用するために開発したロボットハンドを示す<sup>[5]</sup>。ロボットハンドは示指モジュールと拇指モジュールの2種類のフィンガモジュールから構成され

Table 1 Hand size (average and standard deviation) of Japanese adult male (see definitions see definitions of measurement on the website of Digital Human Research Center, AIST (<http://www.dh.aist.go.jp/>))

	Ave.	SD
Hand length [mm]	184.4	5.5
Palm length [mm]	104.6	4.7
Hand breadth [mm]	82.6	5.3
Thumb length [mm]	61.6	2.8



(a) Pushing cellphone button by human finger (b) Pushing cellphone button by a robot finger

Fig. 3 Comparison between human finger and a robot finger

る。現在は2本だけであるが、中指、薬指、小指は示指と同じ構造であるため示指モジュールのリンク長を変更したもので対応する。人間と同様に、示指モジュールは4自由度、拇指モジュールは5自由度を有する。各関節はワイヤによってそれぞれ1つのDCモータで駆動される。人間と製品の接触状態を模すために、指先は骨（ABS樹脂）・肉（人肌ゲル、エクシールコーポレーション）・爪（ABS樹脂）・皮膚（表面コート剤、エクシールコーポレーション）からなる構造とし、材料定数が人のものと近い素材を選定した。ロボットハンドと人間の指がそれぞれ携帯電話を操作している状態をFig. 3に示す。図よりロボットハンドの指先が人間と同じように変形していることがわかる。

### 4. まとめ

本稿ではシミュレータとロボットハンドを用いた使いやすさ定量評価システムの概要と特徴について述べ、システムに用いるためのロボットハンドの提案を行った。本システムの実用化に向けて、携帯電話やリモコンの使いやすさを評価するなどの実験を行う予定である。

### 参考文献

- [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”, 日本ロボット学会誌, Vol.28, No.2, pp.191-199, 2010.
- [2] Weghe M. V., Rogers M., Weissert M. and Matsuoka Y.: “The act hand: Design of the skeletal structure,” IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.3375-9, 2004.
- [3] Grebenstein M., Chalon M., Hirzinger G., and Siegwart R.: “Antagonistically Driven Finger Design for the Anthropomorphic DLR Hand Arm System,” IEEE International Conference on Humanoid Robots 2010, pp.609-16, 2010.
- [4] Deshpande A. D., Ko J., Fox D. and Matsuoka Y.: “Anatomically Correct Testbed Hand Control: Muscle and Joint Control Strategies,” IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.4416-22, 2009.
- [5] 松本 真, 池田 篤俊, 栗田 雄一, 小笠原 司: “製品評価システムへの応用に向けたロボットフィンガ開発”, ロボティクスメカトロニクス講演会 2011(ROBOMECH2011), 2P2- O01, 2011.