

## 人間を超える次世代高速・高機能ロボットハンドシステムの研究

Research of the Next Generation of  
High-speed Advanced Robot Hand System

並木 明夫 (NAMIKI AKIO)

千葉大学・大学院工学研究科・准教授



### 研究の概要

本研究では、人間を超える次世代高性能ロボットハンドの開発を目的とし、人間の手を真似ることには重点をおかず、機械の特性に適合した制御手法を構築する。結果として、リグラスピング、ロボットハンドによる動的柔軟物操り、片手ボールジャグリング、エアホッケー、等の各タスクにおいて、人間を超えるロボットマニピュレーションシステムを実現した。

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能ロボティクス

キーワード：感覚行動システム, ロボットハンド

### 1. 研究開始当初の背景

近年、人間の手のように多目的かつ複雑な操りを可能とする多指ハンドの必要性が増しているが、現状の多指ハンドの能力は、人間の手と比較すると低い。

一方、多指ハンドと人間の手では、構成材料や作動原理が異なるので、形状を真似たとしても動的な特性が異なってしまう、人間の手と比較して把持能力・動作能力が低くなってしまふ。そこで、人間の手を真似るのではなく、ロボットハンド固有の特性を活かした設計が有効となる。

### 2. 研究の目的

研究代表者らは、「速度」に着目することでハードウェアの限界を突破し、人間を超える性能を持つ高速多指ハンドの開発を進めてきた。本研究では、これらの研究を発展させることで、人間を超える次世代高性能ロボットハンドの開発を目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、人間の手を真似ることには重点をおかず、扱う対象に最適なメカニズムとセンシングを構成論的に見つけ出し、機械の特性（メカニズム、センサなど）に適合した制御手法を構築する。

### 4. これまでの成果

#### ① 指先回転ハンドによるリグラスピング

各指の指先が旋回可能なロボットハン

ドを開発した。また、指先旋回機能を利用して、対象を把持したまま把持姿勢を変えるリグラスピングを実現した。図1にキューブ状物体から指先を離さずに回転する様子を示す。指先回転を利用した紙操りの技能についても解析を行った。

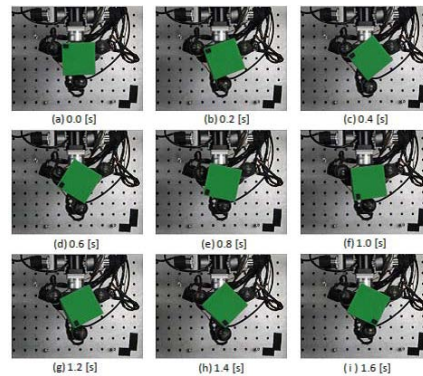


図1 リグラスピング

#### ② 対象情報に基づくロボットハンド教示

ロボットハンドは多くの自由度を持っているので、動作を教示するのが難しい。一方、多くの場合、制御目標はハンド自体ではなく、把持対象の位置姿勢であり、指の動作や配置については比較的自由度が高い。そこで、マスタ入力インターフェースを用いて把持対象の目標軌道を直接に入力し、対象を目標軌道に追従させるための指軌道を自動生成することができる教示システムを開発した。

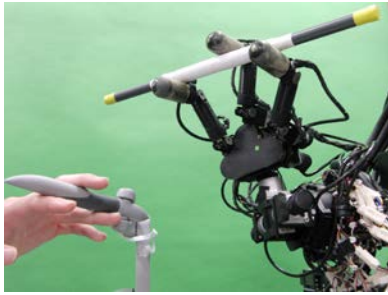


図2 教示システム

### ③ ロボットハンドによる動的柔軟物操り

柔軟物は、動作中の変形してしまい、かつその変形が予測しづらいことから操りが難しい物体である。本研究では、適切な軌道に基づき柔軟物を動的に操ることで、柔軟物の変形を制御することが目的である。

具体的には、紐を接線方向に等速運動させることで、紐を任意図形に配置する動的結び手法を提案し、実機により有効性を示した。また、この紐結びアルゴリズムを拡張することで、布の動的折りたたみ操作を実現した。紐と同様な変形動作アルゴリズムを提案し、さらに、高速視覚フィードバック制御を導入することで、対象の変形にロバストで高速かつ動的な折りたたみを実現した。

### ④ 片手ボールジャグリングの研究

片手ボールジャグリングの技能を解析し、多指ハンドアームで実現した。特に、(1)ボールの位置情報を高速・高精度で取得するための計測手法、(2)効率的な動作軌道を生成するための正弦波に基づく投げ上げアルゴリズム、(3)キャッチしてから投げ上げまでの間にボールをハンド内で安定した位置に制御するためのリグラスピング手法、を開発した。結果として、2つのボールを片手でジャグリングすることに成功した。多指ハンドアームでのジャグリングの例は世界初と思われる。図3に連続写真を示す。

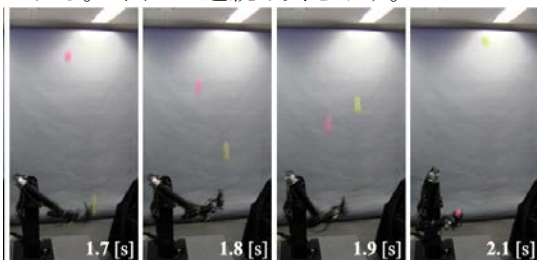


図3 2ボールジャグリング

### ⑤ エアホッケーロボットの研究

動的マニピュレーションの例として、人間を対戦相手とするエアホッケーシステムを構築した。ロボットだけで実現できる他のタスクとは異なり、人間を相手とするので、それに応じた巧みな戦略が必要となる。本シス

テムの特徴はバックだけでなく、対戦相手の運動も視覚センサで計測することである。対戦相手を計測することで、その意図を推定し、ロボットの動作生成に用いる。特に、対戦相手が攻撃的や守備的な場合には、ロボット側の戦略を変えることで、戦況が膠着せず、単調にならないようにする機能を持つ。

### 5. 今後の計画

#### ① 超多自由度ロボットハンドの開発と動的操り能力の向上

人間の器用さを超える能力を有する超多自由度ロボットを開発する。

#### ② タスクに応じたハンドの設計手法

これまでに得られた柔軟物操り、動的操り、多指ハンド教示の知見をもとに、タスクに応じたハンド設計手法を構築する。

### 6. これまでの発表論文等(受賞等も含む)

- (1) 高速多指ハンドシステムを用いた布の動的折りたたみ操作, 山川雄司, 並木明夫, 石川正俊, 日本ロボット学会誌, 有, Vol. 30, No. 2, pp. 225-232, 2012
- (2) ゲーム状況に応じた意思決定を行うエアホッケーロボットの開発, 松下左京, 並木明夫, 日本ロボット学会誌, 有, Vol. 29, No. 10, pp. 954-962, 2011
- (3) Two Ball Juggling with High-speed Hand-Arm and High-speed Visions, Takahiro Kizaki and Akio Namiki, Proc. 2012 IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 有, accepted, 2012
- (4) Teaching System for Multifingered Robot Hands Using Kinetic Information of Manipulated Objects, Akio Namiki, Sojung Kim, and Kenzo Nonami, Proc. 8th International Conference on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence (URAI), 有, pp. 533-538, 2011
- (5) 高速多指ハンドシステムによる面状柔軟物体の動的操り, 山川雄司, 並木明夫, 石川正俊, 第16回ロボティクスシンポジウム(指宿, 2011. 3. 15) / 講演論文集, pp. 506-511, SICE SI部門研究奨励賞受賞

ホームページ等

<http://mec2.tm.chiba-u.jp/~namiki/>