低バックラッシュ立体カム機構を用いたロボットハンドの開発 —軽量ロボットハンドの試作と関節機構の評価—

安 沢 孝 太*1 佐々木 裕 之*2 鄭 聖 熹*3 高 橋 隆 行*1

Development of a Robot Hand with Low Backlash 3D Cam Mechanisms —Prototype of a Light-weight Robot Hand and Evaluation of the Mechanisms—

Kota Anzawa^{*1}, Hiroyuki Sasaki^{*2}, Seonghee Jeong^{*3} and Takayuki Takahashi^{*1}

In this paper, a light-weight and high precision anthropomorphic robot hand we developed is discussed. One of the common problems of robot hands is the mechanism of the finger joint. Gears and wires are often used in robot hands, but these mechanisms have demerits like backlash and maintenance. To solve these, we developed a unique 3D cam mechanism and used it in the finger joint of the robot hand. The mechanism can extremely reduce backlash and can also be miniaturized allowing high power transmitting abilities. The robot hand has 20 joints with 16 DOF and the weight is approximately 800 grams. Considering the weight of the hand and the high degree of freedom, it is one of the lightest robot hands in the world. Cutkosky's 16 grasp types was used to verify the versatility and the dexterity of the hand. The results show that the hand is effective and features a high degree of maneuverability.

Key Words: Low Backlash, 3D Cam, Joint Mechanism, High Precision, Robot Hand, Light Weight

1. はじめに

近年,人間共存環境の中で様々な対人サービスの提供を目的 とする人間支援ロボットの研究が盛んに行われている[1]~[3]. このようなロボットは,重量物の運搬や細かい物のハンドリン グ,ジェスチャーなど様々なタスクの実行を目的としている.そ こで,これらのタスクを効率的に実行できるエンドエフェクタ としてのハンドが必要不可欠である.多指多関節ロボットハン ドは,2本指グリッパなどでは実行が困難な複雑な動作を要する 作業を実行することができ,人間支援ロボットのエンドエフェ クタとして適している.

人間支援ロボットに装着される多指多関節ロボットハンドに 要求される条件としては、人間の生活空間で日常的に行われる 様々な作業が実行できる多機能性を有すること、対人安全性を 十分に考慮した設計になっていること、が挙げられる.多機能 性を実現するためには、複雑で多様な作業が実行できる十分な 自由度およびパワーを有し、さらに、制御安定性の確保や精密

^{*3}Osaka Electro-Communication University

■ 本論文は有用性で評価されました.

な作業を実行するために高精度な関節機構を有する必要がある. 安全性に関しては、人間との接触時に直接的な危険源となるマ ニピュレータのパワーを小さくするために、その先端に装着さ れるハンドの重量を可能な限り軽くする必要がある.

これまで、多くの多指多関節ロボットハンドが研究・開発されており、それぞれ目的とする機能を実現するために特有のメ カニズムを採用している[4]~[11].しかし、先行開発された多 くのハンドが自由度またはパワーに関しては十分であるが、ハ ンドを構成する構造材の軽量化、指関節機構の高精度化に関し ては多くの課題を残している、本稿では、これらの課題を解決 すべく、小型・高精度特性を有する関節機構を提案し、開発し た関節機構および軽量構造材を用いた軽量・高精度特性を有す る人型ロボットハンドの試作および評価について述べる。

2. 指関節機構

人型ロボットハンドの指は、一般的に細長い形状であるため、 関節をコンパクトに構成する必要がある。関節の構成方法とし ては、ギアヘッドを含むアクチュエータの出力軸と指関節の回 転軸を直交させる方法が一般に用いられる。ロボットハンドの 指関節機構として主に用いられる機構には、傘歯車、ワイヤ・ プーリ機構などが一般的である。しかしながら、それぞれ欠点 を持つ、傘歯車は歯車特有のバックラッシュの存在や、機構の 小型化が困難であり、ワイヤ・プーリ機構はワイヤの保守が必 要となる。そこで、筆者らは、バックラッシュを極限まで低減 可能な独自の機構を提案している[12][13]. この機構をハンド

原稿受付 2009 年 12 月 20 日

^{*1}福島大学大学院共生システム理工学研究科

^{*2}鶴岡工業高等専門学校

^{*3}大阪電気通信大学

^{*&}lt;sup>1</sup>Graduate School of Symbiotic Systems Science and Technology, Fukushima University

^{*&}lt;sup>2</sup>Tsuruoka National College of Technology



Fig. 1 Developed low backlash 3D cam mechanism



Fig. 2 Movement of the 3D cam mechanism

の指関節機構として用いることにより、高精度でコンパクトな 指関節を実現することができる.

2.1 低バックラッシュ立体カム機構

Fig.1に開発した低バックラッシュ立体カム機構を示す.本 機構は、立体カム上に二つのカム面をもつ立体カムと、立体カ ムに従動するフォロアから構成される.**Fig.2**に示すように、 フォロアアームがカム面を摺動することで、カムの回転軸に直 交した回転軸周りのフォロアの回転運動を実現する.

本機構の設計には、**Fig.3**に示したモデルを用いた.同モデ ルにおいて、カムを固定してフォロアをカムの回転軸周りに回 転させることを考える.また、フォロアの回転中心からオフセッ トさせた P 点で中心軸が交わるように設定したフォロアアーム に、A、B、C、D の代表点をとる.フォロアがカムの回転軸 周りを θ だけ回転したとき、フォロアの傾き φ と θ の間に

$$\phi = \frac{100}{180}\theta\tag{1}$$

の関係を与えると、A、B、C、D の各点が空間内で描く軌跡が 求められる.得られた軌跡を三次元 CAD ソフトの SolidWorks (ソリッドワークス・ジャパン株式会社) に取り込み、SolidWorks の機能を用いてフォロアアームの半径 r だけオフセットするこ とにより、実際のカム面を生成する.



Fig. 3 Model of the 3D cam mechanism



本機構は、Fig.3に示すように、フォロアアームが二つのカム 面を挟み込み、常にカム面と接触した状態で摺動するため理論 上はバックラッシュが発生しない.また、本機構は傘歯車のよう に歯と歯で力を受けて伝達するのではなく、部品全体で力を受 けて伝達する機構であり、部品の小型化も比較的容易であるた め、小型・高強度な関節が構成できる.なお、カムとフォロアの 位置が幾何学的に一意に決定されるため、組み立ては容易であ る.試作したカム、フォロアを Fig.4に示す.それぞれの部品 には、低摩擦性と耐摩耗性を実現するために DLC(Diamond Like Carbon)コーティングを施している.なお、本試作では、 カムとフォロアの材料として、切削性の高さ、硬度を考慮し、 NAK55(プリハードン材)を用いている.

3. 低バックラッシュ立体カム機構の評価

前章で提案した低バックラッシュ立体カム機構の特性評価を 実施した.本章では、入出力角度関係、バックラッシュ、トル ク伝達率の評価について述べる.

3.1 入出力角度の評価

本機構は、任意の入出力角度関係が得られるように設計する ことが可能である. 試作品では、カムの回転角度 0~180 [deg] に対し、フォロアの回転角度が線形的に 0~100 [deg] となるよ うに設計されている. つまり、カムの角度を θ_c 、フォロアの角 度を θ_f とすると、入出力角度の関係は

$$\theta_f = \frac{100}{180} \theta_c \tag{2}$$



Fig. 5 Equipment for evaluation of input and output properties of 3D cam mechanism



 $Fig. \ 6 \quad {\rm Definition \ of \ angle \ of \ the \ cam}$

となる.

Fig.5 に示す評価装置を用いて、製作した機構の入出力角度 関係の評価を行った。同評価装置はカムの回転軸とフォロアの 回転軸に角度計測用のエンコーダを取り付けている。検証方法 としては、カムを 0~180 [deg] まで 10 [deg] ごとに回転したと きのフォロアの回転角度を計測し、設計値との比較を行った.カ ムの角度は Fig. 6 に示すように定義した. エンコーダから得ら れた計測値を Fig.7 に示し、設計値と計測値との誤差を Fig.8 に示す. Fig.7は、横軸にカムの角度、縦軸にフォロアの角度を 示している.また, Fig.8 は、横軸にカムの角度、縦軸に誤差 角度を示している. Fig.7 から、カムの角度に対するフォロア の角度が、線形変化していることが確認できる.しかし、Fig.8 から、計測値が設計値よりも小さな値で出力されていることが 確認された.この原因として,SolidWorks 上でカム面を生成 した際の誤差や加工時の誤差が考えられる.本機構のカム面は フォロアアームの中心軸の移動軌跡を基に, CAD 上で曲面を 生成し、その曲面をフォロアアームの半径分だけオフセットす ることで得られるが、この過程でカム面に誤差が含まれると考



Fig. 8 Error between calculated and measured angle of follower

80 100 120

Angle of cam [deg]

140 160 180

えられる. また,カム面の加工時における加工物の振動や刃物 のたわみによる加工誤差の蓄積も設計値と計測値に誤差が生じ る主要な要因として考えられる. なお,この誤差の原因に関し ては,さらに詳しい検討を現在進めているところである.

3.2 バックラッシュの評価

0 20

40

減速機構においてバックラッシュの定義は必ずしも容易では ない. また, 計測法についても標準的な方法がないのが実情で ある. ここでは歯車で一般的に用いられる角度バックラッシュと 呼ばれている量を計測する.角度バックラッシュとは、一つの歯 車が所定の位置で固定されたとき。他方の歯車が動くことので きる角度の最大値のことである.この値は歯車の弾性変形も考 慮に入れれば、計測時に加える荷重の大きさによっても変化し てしまう.したがって、歯車の軸受けの摩擦を考えると、無負荷 時の角度バックラッシュを精密に計測することも容易ではない. 本論文では軸受けの摩擦の影響をできるだけ小さくして、以下 の方法により無負荷時の角度バックラッシュに相当する量を計 測した.本機構のバックラッシュ特性を調べるために, Fig.9 に示す評価装置を制作し、バックラッシュの計測を行った. 同評 価装置は、入出力角度関係評価装置と同様にカムとフォロアの 回転角度計測用のエンコーダ、トルク付加用のプーリと糸、カ ム回転軸を固定するための固定ハンドルから構成されている. 同評価装置は、カムを所定の角度で固定するクランプ機構が付



Fig. 9 Equipment for the evaluation of backlash



 $Fig.\,10 \quad {\rm Evaluation \ of \ backlash}$

いており,カムが固定された状態でバックラッシュを計測可能 である.評価の際,同評価装置でバックラッシュ計測に用いた エンコーダは,最小計測分解能 3.75 × 10⁻⁴ [deg] の MES-40-15000PST16E (マイクロテックラボラトリ株式会社) である. 計測結果を **Fig. 10** に示す.同図において,横軸にはカムの角 度,縦軸にはバックラッシュを示している.

バックラッシュの計測は以下の手順で行った.

- フォロアとカムを組立しない状態で、フォロアとエンコー ダを回転させるために必要なトルクを計測する。
- (2) フォロアとカムを組立後、計測角度でカム軸を固定する.
- (3) フォロアにつながっている片方の糸に、(1)で計測したト ルクに相当する荷重を加える.
- (4) (3) での荷重を取り除き、フォロア側エンコーダの値を計 測する。
- (5) フォロア側のもう一方の糸に、(1)で計測したトルクに相当する荷重を加える.
- (6) (5) での荷重を取り除き、エンコーダの値を計測する.
- (7)(4)と(6)でのエンコーダ値の差分をカム計測角度におけるバックラッシュとする.
- (8) 上記 (2)~(7) の手順をいくつかのカムの角度で繰り返し 行う.

計測手順の(4),(6)で荷重を取り除く理由は,荷重を加えた ことによる軸などの弾性変形を除去するためである.計測の結 果,すべてのカム角度でバックラッシュ量が 1.875 × 10⁻³~ 5.625 × 10⁻³ [deg] 内という結果を得た.これは,一般的な傘 歯車機構に 1 [deg] 程度のバックラッシュが存在することと比較 すると非常に小さい量である.少量であるが,バックラッシュ



(a) Experimental setup



(b) Schematic description of the setup

Fig. 11 Equipment for the evaluation of transmission efficiency

が発生した原因としては、カムおよびフォロアの加工誤差およ び組み立て誤差、計測時の軸のねじれ変形が考えられる.

3.3 トルク伝達率の評価

Fig. 11 (a) に示す評価装置を用いて、本機構のトルク伝達率の評価を行った.また、同評価装置の概略図を Fig. 11 (b) に示す. 同評価装置において、カムの入力軸にはトルクメータ(DTG-50T/株式会社イマダ)が取り付けられている.また、フォロ アにはハンディデジタル吊りはかり(393-50/株式会社カスタ ム)が取り付けられている。トルクメータによりカムへの入力 トルクを計測し、フォロアから出力される力を吊りはかりで計 測してトルクへの変換を行った.ここで、カムに加えられるト ルクを τ_c 、フォロアで発生するトルクを τ_f 、カムからフォロ アへの減速比を k = 180/100 = 1.8 とし、伝達率を

$$\eta = \frac{\tau_f}{\tau_c} \frac{1}{k} \tag{3}$$

と定義する.

伝達率の計測は、以下に示す手順で行った.

- トルクメータにカムの回転方向のトルクを加える.入力トル クは, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0 [kgf·cm] の値を用いた.
- (2)入力トルクを加えている状態で、フォロアの出力側のはかりの値から出力トルクを求める。
- (3)上記の操作をいくつかのカム角度で行う.計測の際には、 フォロアの姿勢が常に一定となるように、カム側本体の取



Fig. 12 Evaluation of the transmission efficiency

り付け角度を調整した.

Fig. 12 に、横軸にカムの角度、縦軸に伝達率を表した計測 結果を示す。同図において、実線と + はカムに予圧を加えず にフォロアと組み立てた状態、破線と × はカムに予圧を加え てフォロアと組み立てた状態での計測結果である。+ と × は 計測値の平均値を表し、直線は最小二乗法を平均値に適用して 得られた一次近似である。二通りの状態での結果を求めたのは、 予圧を加えることにより、フォロアアームとカム面に発生する 摩擦の影響を検証するためである。

計測の結果,明確なトルク依存性は確認できなかった.した がって,すべての入力トルクでの計測値の平均値を代表値とし て用いた.また,予圧の有無にかかわらず,カム角度が大きく なるにつれて伝達率が増加する傾向が見られる.これは,フォ ロアアームとカム面の接触部分と,カムの回転軸までの距離が カムの角度によって変化するためであり,本機構の特性上,カ ム面の配置が偏心しているために生じるものである.また,フォ ロアへ予圧が加わった状態の方が全角度において伝達率が悪い. この原因としては,予圧によるフォロアアームとカム面の接触 部分における摩擦損失の増加が考えられる.

4. ハンドの設計

前章まで,開発した低バックラッシュ立体カム機構について 述べた.本章では,同機構を指関節機構に用いたロボットハン ドの設計について述べる.同ロボットハンドは,人間共存環境 下における人間支援ロボットへの装着を目的としている[3].ゆ えに,同ロボットハンドは,重量 600 [g],人間支援に最低限必 要と考えられる 15 [N]の発生力など安全性の確保を考慮した設 計を目標としている[14].

4.1 指の設計

親指以外の指(以下,指)の設計について述べる.本研究で は、人間の指を模倣した指を目標とし設計を行った.人間の指 は4関節を有するが、多くの場合 DIP 関節が PIP 関節に連動 する特徴を持つ[15].ゆえに、人間の指は4関節3自由度と考 えても差し支えない.Fig.13に設計した指の外観を示す.同図 における指の能動関節には、開発した低バックラッシュ立体カ ム機構を用いている.また、本研究では PIP 関節から DIP 関



25.8 00 0

Fig. 14 Details of the four bar linkage mechanism for DIP joint



Fig. 15 Relationship between PIP and DIP joint angles

節の間に剛性を高めた4節リンク機構を用いることで, DIP 関 節の連動機構を実現している.人間の DIP 関節は PIP 関節と おおよそ線形的に連動することが知られている [16].通常4節 リンク機構の原動節に対する従動節の角度は非線形であるため, リンクの配置や長さを探索し,可能な限り線形化を行った.4 節リンク機構の詳細を Fig.14 に示し,最終的に得られた PIP 関節と DIP 関節の角度関係を Fig.15 に示す.理想的な直線 との誤差は, PIP 関節が 11 [deg] のときに最大約 3.41 [deg] で ある.製作した指でのリンク機構の動作を Fig.16 に示す.

4.2 親指の設計

親指の設計について述べる.親指も人間の指を模倣した設計 を行った [15].人間の親指は4 関節4自由度を持ち,手の平側 へ45 [deg] 程度ねじれており(Fig. 17),扁平物の把持等に必 要な Platform 把持方法が実現可能な位置へ移動できる特徴を 持つ [13].なお, Platform とは Fig. 18 に示すように,手全体 を対象物へ接触させるような把持方法である.これらの特徴を



Fig. 16 Movement of the manufactured four bar linkage mechanism



Fig. 17 Front view of a thumb



 $Fig.\,18 \quad {\rm Cutkosky's\ platform\ type\ grasp}$



Fig. 19 Structure of a thumb

考慮し,設計した親指を **Fig.19** に示す.指と同様に,親指の 能動関節にも低バックラッシュ立体カム機構を用いている.

5. ハンドの試作

Fig. 20 に,前章で設計した指,親指で構成された 20 関節 16 自由度を有する試作ハンドの外観を示す.試作したハンド は,部品の軽量化や構造材として ABS 樹脂が用いられるなど 軽量化がなされており,全体重量が約 800 [g] と軽量である.ハ ンドの全体寸法は,文献 [17] を参考にし,おおよそ人間と同程



Fig. 20 Prototype hand

Table 1 Specifications of actuators

Maker	Faulhaber	Faulhaber
Motor series	1224SR	1717SR
Voltage	12 [V]	12 [V]
Stall torque	$5.43[\mathrm{mNm}]$	5.38 [mNm]
Motor diameter	$12 [\mathrm{mm}]$	$17[\mathrm{mm}]$
Pulse per revolution of encoder	$10 [\mathrm{ppr}]$	$512[\mathrm{ppr}]$
Speed reducer	Harmonic Drive	Harmonic Drive
Reduction ratio	100	100
Total mass	$29 [\mathrm{g}]$	$34[{ m g}]$
Length	47 [mm]	$31.6 [\mathrm{mm}]$

度の大きさとして,長さ 180 [mm],幅 85 [mm] を目標にして いたが,想定よりも大きくなっている.これは,市販品では指 先への発生トルクの仕様を満たすアクチュエータでコンパクト なものがなかったためである [15].したがって,よりコンパク トなアクチュエータが開発されれば,目標としている人間の手 と同程度の大きさを持つハンドも十分実現可能である.今回用 いたアクチュエータの仕様を **Table 1** に示す.各モータには, 高減速,低バックラッシュ特性を有するハーモニックドライブ (株式会社ハーモニック・ドライブ・システムズ)を用いており, モーターカム間のバックラッシュの抑制およびカムへの高トルク 伝達を実現している.

5.1 ハンドの評価

試作ハンドの把持機能の評価を実施した. 同ハンドは, 人間の 手を模倣して設計したため, 人間の手と同様の把握形態が可能 であると考えられる. Cutkosky は, 工場内で作業者が行う把握 動作を基準に把握形態を 16 種類に分類している [18]. そこで, 試作ハンドを用いた評価の際には, Cutkosky が分類した把握 形態が実現できるかを評価基準とした. なお, 評価を行う際の 指による物体の把握は, 各関節を把握する物体の形状に合う角 度まで回転したあと, 機構の機械的拘束と関節のコンプライア ンス特性を利用して実現している. 把握の検証結果を Fig. 21 に示す. 検証の結果, 同図からも分かるように, Cutkosky に より提唱されているすべての把握形態が開発したハンドにより 実現可能であることを確認した. これらの結果から, 本研究で



開発した多指多関節ロボットハンドを人間支援ロボットのエン ドエフェクタとして用い,適切な制御を行うことで,多様な人 間支援タスクが実行できると考えられる.

6. おわりに

本稿では、人間支援ロボットへ装着することを目的とした軽 量・高精度人型ロボットハンドを提案した. 指関節機構として, 低バックラッシュ立体カム機構という独自の機構を提案し、同 機構の製作と入出力角度関係、バックラッシュ、伝達率の評価を 行った. 評価の結果, 同機構のバックラッシュは 1.875×10⁻³~ 5.625×10⁻³ [deg] 程度と非常に小さく、伝達率はカムの角度や 予圧の変化により変化することが明らかになった. また、同機 構を用いた人間の特徴を考慮した指と親指を設計し、人間型ロ ボットハンドの試作を行った. 試作のハンドは. 軽量構造材の 利用および部品の軽量化を行うことで,総重量 800 [g] を実現し た.自由度および指先発生力を考慮した場合、同ハンドはこれま で開発された人型ロボットハンドの中で最も軽量なグループに 位置づけられる. 同ハンドを用いた把握評価の結果, Cutkosky による 16 種類の把握形態が実現できることを確認した. 今後 は、低バックラッシュ立体カム機構の様々な解析や改善、目標 とするハンドの大きさや重量を実現するための小型化、軽量化 の検討、ハンドの動作精度の評価、各種センサを用いたハンド の制御を行う予定である.

謝辞本研究の一部は、文部科学省都市エリア産学官連携 事業の支援を受けて実施された.関係機関の皆様に感謝致しま す.また、試作等でお世話になった、株式会社アトム社長秦安 延様,秦豪一様,高崎技研高崎進様,日本電産コパル株式会社 郡山技術開発センター新谷裕之様,株式会社ピーアンドエム山 口隆義様,松本貢一様ら皆様に心より御礼申し上げます.

参考文献

- [1] K. Kaneko, K. Harada, F. Kanehiro, G. Miyamori and K. Akachi: "Humanoid Robot HRP-3," IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2471–2478, 2008.
- [2] 菅野重樹: "実用になる人間共存ロボットの試作", 日本ロボット学会
 誌. vol.26, no.8, pp.860-863, 2008.
- [3] 木村直,鄭聖熹,高橋隆行:"車輪型倒立振子ロボット I-PENTAR の加 速起立制御",第27回日本ロボット学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 2Q1-05, 2009.
- [4] J. Ueda, Y. Ishida, M. Kondo and T. Ogasawara: "Development of the NAIST-Hand with Vision-based Tactile Fingertip Sensor," Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.2332–2337, 2005.
- [5] 山野郁男,前野隆司: "超音波モータと弾性要素を用いた5指ロボットハンドの開発",日本ロボット学会誌,vol.23, no.8, pp.977-985, 2005.
- [6] X.-T. Le, W.-G. Kim, B.-C. Kim, S.-H. Han, J.-G. Ann and Y.-H. Ha: "Design of a Flexible Multifingered Robotics Hand with 12 D.O.F and Its Control Applications," SICE-ICASE International Joint Conference 2006, pp.3461–3466, 2006.
- [7] 五味淳,前野隆司,川渕一郎: "超音波モータ内蔵型 20 自由度ロボット ハンド", Proceedings of the 2008 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, 1A1-A07, 2008.
- [8] 並木明夫,石川正俊,金子真,亀田博,小山順二: "軽量高速多指ロ ボットハンドの開発", Robomech, 2003.
- [9] 川渕一郎, 星野聖: "人型ロボットハンドの機構", 電子情報通信学会, 信学技報, ヒューマン情報処理学会「手」研究会, pp.57-62, 2005.

- [10] 吉野龍太郎:"人間型ロボットのハンド", 日本ロボット学会誌, vol.18, no.6, pp.802-804, 2000.
- [11] T. Mouri, H. Kawasaki, K. Yoshikawa, J. Takai and S. Ito: "Anthropomorphic Robot Hand: Gifu Hand III," ICCA, pp.1288– 1293, 2002.
- [12] 鄭聖熹,佐々木裕之,高橋隆行:"立体カム機構を用いた小型・軽量, 少バックラッシ指関節の開発",第25回日本ロボット学会学術講演 会予稿集 CD-ROM, 3M31, 2007.
- [13] 佐々木裕之,鄭聖熹,高橋隆行:"低バックラッシュ立体カム関節を 用いた人間型ロボットハンドの機構の開発",第 26 回日本ロボット 学会学術講演会予稿集 CD-ROM, 1E1-07, 2008.
- [14] H. Sasaki, S. Jeong and T. Takahashi: "Development of an anthropomorphic robot hand mechanism with low back-



安沢孝太(Kota Anzawa)

2009 年福島大学理工学群共生システム理工学類卒 業,同年同大学大学院共生システム理工学研究科博 士前期課程入学,現在に至る.ロボットハンドや高 精度メカニズムの研究に興味を持つ.計測自動制御 学会学生会員. (日本ロボット学会学生会員)



鄭 聖熹 (Seonghee Jeong)

2000年韓国全南大学機械工学科卒業,2002年東北 大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了,2005 年同大学院情報科学研究科博士後期課程修了,同年 福島大学研究員(プロジェクト),2008年産業技術 総合研究所特別研究員,2009年大阪電気通信大学 講師,現在に至る.博士(情報科学).人間共存型

ロボットの安全技術, 倒立振子型ロボットの動作制御に関する研究に 従事.日本機械学会, 計測自動制御学会会員.

(日本ロボット学会正会員)

lash 3D-cam joints," 24th ISPE International Conference on CAD/CAM, Robotics and Factories of the Future, number do-112, 2008.

- [15] 安沢孝太,佐々木裕之,鄭聖熹,高橋隆行:"低バックラッシュ立体 カム機構を用いた指関節機構の開発",ロボティクス・メカトロニク ス講演会,2009.
- [16] H. Kawasaki and T. Komatsu: "Development of an Anthropomorphic Robot Hand Driven by Built-in Servo-motors," Proc. of the 3rd Int. Conf. On ICAM, vol.1, pp.215–220, 1998.
- [17] "人間特性データベース", http://www.tech.nite.go.jp/human/
- [18] M.R. Cutkosky: "On grasp choice, grasp models, and the design of hands for manufacturing tasks," IEEE Transactions of Robotics and Automation, vol.5, no.3, pp.269-279, 1989.



佐々木裕之(Hiroyuki Sasaki)

1994 年東北大学工学部機械第二工学科卒業,1996 年東北大学情報科学研究科博士前期課程修了,同年 鶴岡工業高等専門学校助手.移動ロボットや低バッ クラッシ関節機構の研究に従事.日本機械学会会 員. (日本ロボット学会正会員)



1985年東北大学工学部機械工学科卒業,1987年 東北大学大学院工学研究科機械工学専攻博士前期 課程修了,同年4月同大学工学部助手,同大学情 報科学研究科講師,助教授を経て,2004年より福 島大学共生システム理工学類教授,現在に至る.博 士(工学).移動ロボット,人支援ロボット,医療

用ロボットなどの研究に従事.計測自動制御学会,日本機械学会会 員. (日本ロボット学会正会員)

