

## 人体の筋骨格構造を再現した人体模倣ヒューマノイドの開発

### 1. 発表者：

浅野 悠紀（東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 助教）  
岡田 慧（東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻 准教授）  
稲葉 雅幸（東京大学大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻 教授）

### 2. 発表のポイント：

- ◆人体の筋骨格構造を人工的に再現することで、人体運動を模擬する行動制御系を構築するための人体模倣ヒューマノイド 臆志郎、臆悟郎と人体との解剖学的な類似度評価を行いました。
- ◆従来のヒューマノイドは機械・電気・情報の工学的技術の応用として身体設計開発が行われているのに対し、両ヒューマノイドは、筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体に見られる原理を検証していけるヒューマノイドを実現することを目的に、人体解剖学の知見をもとに開発が行われました。
- ◆筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体の原理を検証していくための物理的土台としてのヒューマノイドの身体構成法を示しているものです。ヒューマノイドが人体の運動・学習原理理解や運動解析といった脳や人体を対象とする学問領域への利用へと繋がっていくことが期待されます。

### 3. 発表概要：

東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻の浅野悠紀 助教、岡田慧 准教授、同研究科創造情報学専攻 稲葉雅幸 教授、情報システム工学研究室の研究グループは、人体の筋骨格構造を人工的に再現することで、人体運動を模擬する行動制御系を構築するための人体模倣ヒューマノイド 臆志郎、臆悟郎を開発してきました。本研究では、両ヒューマノイドに共通する設計開発コンセプトについて述べ、人体との解剖学的な類似度評価を行いました。

従来のヒューマノイドは機械・電気・情報の工学的技術の応用として身体設計開発が行われているのに対し、両ヒューマノイドは、筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体に見られる原理を検証していけるヒューマノイドを実現することを目的に、人体解剖学の知見をもとに開発が行われました。

本研究成果は、両ヒューマノイドを人体との解剖学的類似度という視点から比較することで、筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体の原理を検証していくための物理的土台としてのヒューマノイドの身体構成法を示すものです。また、この人体模倣ヒューマノイドにより、従来のヒューマノイド研究の目標として議論され行動実現がなされてきた生活支援や災害対応などの社会応用だけでなく、人体の運動・学習原理理解や運動解析といった脳や人体を対象とする学問領域への利用へと繋がっていくことが期待されます。

### 4. 発表内容：

東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻の浅野悠紀 助教、岡田慧 准教授、同研究科創造情報学専攻 稲葉雅幸 教授、情報システム工学研究室の研究グループは、人体の筋骨格構造を人工的に再現することで、人体運動を模擬する行動制御系を構築するための人体模倣ヒューマノイド 臆志郎、臆悟郎を開発してきました。臆志郎では、人体の骨格再現性を高め、特に膝関節に終末強制回旋機構を備え、全身運動評価可能なシステムの実現を行っ

てきました。臆悟郎では、臆志郎の開発経験を基に、筋の制御性能を高め、全体重を支えられる五指ハンドと橈骨尺骨構造の前腕を備え、さらに体温調節機能としての発汗機能も搭載することで人体のように身体の機能密度を高めた構成となっています。本研究では、両ヒューマノイドに共通する設計開発コンセプトについて述べ、人体との解剖学的な類似度評価を行いました。

従来のヒューマノイドは機械・電気・情報の工学的技術の応用として、全身の制御に有利な高剛性な身体構造となる様に設計開発が行われているのに対し、両ヒューマノイドは、筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体に見られる原理を検証していきけるヒューマノイドを実現することを目的に開発が行われました。具体的には、人体解剖学の知見をもとに身体プロポーション、骨格関節構造、筋配置、関節性能の四点で人体の構造から学び、それらを再現するような設計開発を行いました。

人体模倣ヒューマノイドの全身設計には、統計データや人体骨格モデルを用い平均的な日本人男性と同等のリンク長さや質量となる様に骨格設計を行いました。筋構造には、モータ、センサとワイヤを組み合わせた筋駆動モータモジュールを用いており、モータの回転でワイヤを巻き取ることで筋の伸縮の振る舞いを再現し、身体を駆動します。この筋モジュールを人体の筋配置に準じ、起始点と停止点が同様になる様に身体に配置し、臆志郎では 87 個、臆悟郎では 116 個の筋モジュールを全身に搭載しています。骨格と関節構造は、背骨、肩関節、橈骨尺骨、五指の手や足部、膝関節など人体特有の主な構造の再現に取り組み、顔とハンドの自由度を除き、臆志郎で 64 個、臆悟郎で 114 個の関節自由度を備えています。これにより従来のヒューマノイド構造に比べ身体剛性や制御性では劣るものの、人間の様に関節の可動部分が多く人間らしい姿勢や運動が可能となる柔軟な身体構造を備えることが出来ました。

人体との解剖学的類似度評価として、身長と体重が同じ人体の身体データと両ヒューマノイドの各種パラメータを照らし合わせて対比し、両ヒューマノイドでそれぞれ、リンク長平均で 101%、99.3%、リンク重量平均で 115%、116%となっていることを確認しました。また、筋種類数で 30.1%、39.1%の類似度を備えており、他に比べ高い類似度を備えていることを示しました。高い類似度によって、人体用に設計された生活環境や狭隘空間への入り込み、全身をなじませるように適応的に環境へ接触することが可能となると考えられます。

本研究成果は、人体に似せた機械として研究が始まったヒューマノイドを対象に、二脚二腕からなる身体構造だけでなく人体の筋骨格系の再現にまで取り組み、人体との解剖学的類似度という視点から比較することで、筋骨格系・脳神経系・学習能力など人体の原理を検証していくための物理的土台としてのヒューマノイドの身体構成法を示しているものです。また、この人体模倣ヒューマノイドにより、従来のヒューマノイド研究の目標として議論され行動実現がなされてきた生活支援や災害対応などの社会応用だけでなく、人体の運動・学習原理理解や運動解析といった脳や人体を対象とする学問領域への利用へと繋がることが期待されます。

## 5. 発表雑誌：

雑誌名：「Science Robotics」20 Dec 2017:Vol. 2, Issue 13, eaaq0899

論文タイトル： Design principles of a human mimetic humanoid: Humanoid platform to study human intelligence and internal body system

著者: Yuki Asano\*, Kei Okada, Masayuki Inaba

DOI 番号：10.1126/scirobotics.aaq0899

アブストラクト URL：<http://robotics.sciencemag.org/content/2/13/eaaq0899>