

バイオロボットハンド

北海道札幌啓成高等学校 理数科 来都秀輝 細川彩萌 村谷優太

Abstract

We started our research with the aim of creating a simplified robot hand that is easy for many people to handle. We hypothesized that biomimetics could be used to create easy-to-use robot hands.

1.要旨

本研究の目的は多くの人に操作性や構造を単純化したロボットハンドを作ることである。私たちは生物模倣の技術を用いれば操作性や構造が単純化されたロボットハンドを作ることができるという仮説を立てた。

そこで関節、骨格、靱帯それぞれを模倣し素材を変えてロボットハンドを試作し、動作を検証した。改良を重ねる中で、部品数は減らすことができ、ものを握らせる動作を成功させた。しかし、製作に必要な時間が長く、耐久性に問題があった。私たちは指を独立して動かし、加工しやすく耐久性に優れた素材を検討する必要があると考察した。

この研究から手指の構造をより詳細に模倣することは、単純化されたロボットハンドの作成に有効であることが示された。

2.研究の背景

私たちは近年の介護政策の機能不全や中小企業の人手不足などの社会問題に着目し、低コストで機能的なロボットハンドならこの問題を改善できると考えている。また、普及を拡大させるためには構造や動作方法が理解しやすいものであることが望ましい。

人間と同じ仕組みで動くロボットハンドならばこれらの条件を満たすことができると考え、生物模倣技術を取り入れることとした。

生物模倣技術とは、「生物の構造や機能、生産プロセスを観察、分析し、そこから着想を得て新しい技術の開発や物造りに活かす科学技術」であり、1950年代にアメリカ合衆国の神経生理学者オットー・シュミットが初めて使用した。【Wikipediaより】

有名な例として蚊の針を活用した注射針(マイクロニードル)やサメの肌を模倣して水の抵抗を低減した水着(ファーストスキン)が挙げられる。

この研究の目的は人間の指がどのように稼働しているのかを解明し、生物模倣技術を用いて操作性や構造が単純化されたロボットハンドを作成することである。

3.研究内容

3.1手指の大きさ・形状の模倣

3.1.1 指のサイズの規定

手指の形を模倣するために人間の指のサイズを測定した。手は少し折り曲げた状態で、指の先から第一関節まで、第一関節から第二関節まで、第二関節から第三関節まで(親指の第二関節から第三関節は中手骨とする)を親指から小指まで測定し、1mm以下は切り捨てた。なお、爪は無視するものとした。

対象は2年8組(現3年8組)男子27名 女子5名 計32名とし、その平均値を求めた(表1)。ホルモンの影響により人差し指が薬指より長い人は3人しかいないため、考慮しなかった。

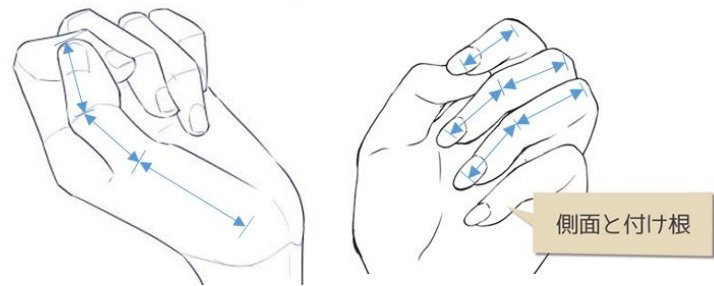


図1 指サイズの計測方法

<https://images.app.goo.gl/hU2bEccGLAaXxQnR9>

<https://images.app.goo.gl/Js89GEyRToumhyk17>

表1 指のサイズの計測結果(平均.mm)

指 場所	親指	人差し指	中指	薬指	小指
指先→第一関節	2.7	2.3	2.4	2.4	2.1
第一関節→第二関節	3.7	2.9	3.3	3.1	2.3
第二関節→第三関節	4.5	4.7	5.1	4.7	3.7

3.1.2 紙による試作

計測したサイズで作成したロボットハンドの手のバランスやサイズを確認するため、紙と糸を使い計測結果通りに試作した。

3.2 球体関節の利用

3.2.1 構想

関節部を作成するにあたって関節の滑らかな動きにつながっているのは関節が球状になっていることだと考え、球体関節による作成を試みた。

3.2.2 作成方法と結果

3D プリンターを使って骨格の形を模倣した模型を第一、第二、第三関節ごとに作成した(図2)。3D設計はアプリ(fusion 360)を使用した。関節部分は球体で、関節との接触部分は球体に合うようへこませた。ストラップ用のリング型の穴を関節近くに作り、そこにプラスチック製の紐を通した。その紐を引くことで関節を曲げることができた。

3.2.3 課題点

- ・どの関節にどの紐がつながっているのかわからない
 - ・曲げる方向を制御するのが困難である
 - ・第三関節の構造がまとまらなかった
- など多くの課題点があり、単純化に向けたロボットハンド作成は困難であると判断し、3Dプリンターを使った球体関節の再現については方向性を見直すことにした。



図2 3Dプリンタ製 指

3.3 厚紙製ロボットハンド(ロボットハンドA)の作成

3.4.1 構想

ロボットハンドのサイズ(3.1.1に基づく)と腱を引くことで曲がるという動作性(3.2.2)

の模倣はそのままに、扱いやすさや安価さを考慮した材料に重点を置いて改良した。これまでは多様な構造を自在に作成できることから3Dプリンターを用いてABS(アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン)製の試作品を製作してきた。しかしこれらの制作物はすべて単体で変形することはできず、一つの可動部分に二つ以上の部品を使用する必要があった。そこで先行研究としてあったorigami-handに倣い、紙を使用することにした。折り紙ハンドとは紙を折って組み立てる使い捨て可能なロボットハンドのことである。

3.4.2 材料

使用したものは方眼用紙、太さ1mmと太さ5mmの輪ゴム、刺繍糸、直径10mmと直径5mmのストローである。

3.4.3 制作方法と結果

まず、右手の各指に方眼紙をまき、曲げ伸ばしのしやすい形を定めた(図3)。

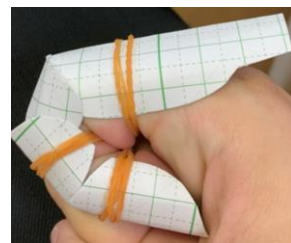


図3 型取り

次に、実験の最初に定めた規定の長さと同しくなるように縮尺を変更し、太さ1mmの輪ゴムと直径1cmのストローで形を固定した。

ストローは指の末節、中節にのみ取り付け付けた。この型の上側に太さ5mmの輪ゴムをホッチキスで固定し(図4)、つねにのばされた状態が保たれるようにした。又、指を屈折させるため、それぞれの節の輪ゴムに刺繍糸を括り付けた(図5)。



図4 厚紙製 指 下面



図5 厚紙製 指 側面

ロボットの指を動かすための紐はタコ糸、刺繍糸、ワイヤーをつけてみて実際動かすことによって決めた。3つとも指を曲げる動作はできたが、動かしやすさを比較したとき刺繍糸が一番動かしやすくと班員全3人が感じたためロボットハンド創りにおいては刺繍糸を採用することとした。

3.4.4 課題点

屈伸を繰り返すと摩耗することと湿気に弱いことがこの試作品の欠点として挙げられた。また、屈折のために関節部は厚紙に鋭い切れ込みを入れる必要があったため(図4, 5)、横からの力に弱かった。原因として考えられるのは厚紙を丸めて使用したことである。特に間接部は切れ込み近辺に支点が存在していたので、間接部の中央部分より劣化が早かった。そのため、少なくとも関節部分は平らな状態にする必要があった。

3.5 プラスチック板製ロボットハンド(ロボットハンドB)の作成

3.5.1 構想

紙でのロボットハンド創りでは関節の折り曲げる動作の際に破れてしまうこと、水には弱いことに着目しこの2つの点を改善することにした。そこで、代替えの素材としてプラスチック板(以下、プラ板)に注目した。プラスチック板は耐久力があり、尚且つ水に強い、そしてコスト面でも安価に手に入るという点でも目を向けるきっかけとなった。

3.5.2 材料

折り曲げる強さ次第では折れてしまうことがわかった。そこで、厚さを変えて曲げてみて折れない厚さを模索した結果厚さ0.3 mmのプラスチック板を採用した。

3.5.3 作成方法

3.3で作成した厚紙製ロボットハンドをモデルとし、材料を紙からプラ板に置き換える形で作成した。指の形状を柱状に保つために輪ゴムで固定しているが、0.3mmのプラスチック板では薄すぎて輪ゴムの弾性力に耐えることができなかった。そこで、指の上に厚さ1mmの種類の異なった長方形に切り出したプラ板をロボットハンドの指の上に張ることとした。これより耐久性を更に上げることともに、指を伸ばす弾性力を上げることに成功した。

動作に関して、ロボットハンドの指の先、指の腹2箇所、計3箇所にストローをつけて糸1本を通すこととした。手動で動かしたところロボットハンドの各指を曲げることに成功した。

そこで、サーボモーター(可動域 256° トルク 20kg 電圧 4.8~7.2 V)に紐を取り付けて動かすこととした。しかし、曲げるために必要な紐を引っ張る長さはロボットハンドの指によって違うため、引っ張る紐の長さを測りとり、それぞれにひもを巻き取るための装置を作成した(図6)。



図6 ロボットハンドB



図7 物体の把握の様子

3.5.4 結果

プラ板自体の弾性力により手が開いている状態から、紐及びサーボモーターを用いて指の曲げ伸ばしを行うことに成功した。物体は300gのものまで把握できるようになった。欠点として関節部の破損頻度が未だ多いことと部品数が多いために制作方法が多少困難であることがあげられる。サーボモーターを用いた物体の把握に成功した(図7)。

4.まとめと今後の展望

本研究で作成した3種の試作品から、大きさと関節位置の模倣は人体の動作の再現に有効であることが示された。ゆえに、安価で実用的なロボットハンドの作成には生物模倣技術を用いることは有効であることが考察された。

また、ロボットハンドAからロボットハンドBの製作途中の中で使用した部品数は58個から51個と減少させることができた。しかし、課題として、さらなる部品数の削減と耐久性の向上が挙げられる。今後は解決案として3.2で述べた球体関節同様、3Dプリンタを用いて指の型を印刷し、耐久性や部品数がどう変化するかを調査する。

5.参考文献

- ・水内郁夫, 2010, 人体構造に示唆を得た筋骨格型ヒューマノイドの構成と設計, 日本ロボット学会誌28巻6号p689-694

- Andrew M. Abate, 2018, Mechanical Design For Robot Location, Oregon State Univerity