

単純制御でさまざまな物をつかむロボットハンドの「からくり」を開発 —人間の手や指の微妙な構造を工学的に模倣した新構造—

東京都立産業技術高等専門学校（以下、「産技高専」という。）は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）、ダブル技研株式会社（以下、「ダブル技研」という。）と共同して、極めて単純な制御だけでさまざまな形状の物を安定的にかつ優しくつかむことができるロボットハンドの「からくり」の開発に成功しました。

人間の手や指の微妙な構造を工学的に模倣したいわゆるからくりのような新構造によって、センサーやモーターといった電子部品やプログラム制御の複雑さを最小限にすることが可能なため、ロボットハンドの軽量化、耐久性向上、故障や事故の低減、省電力化が期待できます。

新構造を応用した3種類のロボットハンド「F-hand」、「New D-hand」、「オリガミハンド」はそれぞれ、農作業や物流や製造業、さらには医療・食品など衛生分野や、将来は宇宙や深海といった極限環境でロボットハンドを活用することなど、さまざまな用途展開が期待できます。

ダブル技研は、今回開発した3種類のロボットハンドについて、1月17日から19日まで東京ビックサイトで開催される「第2回ロボデックス」に出展します。

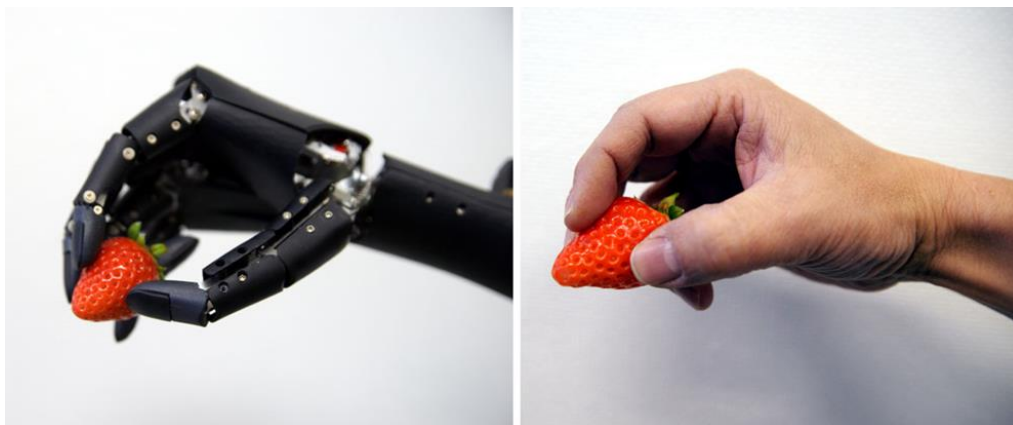


図1 イチゴをつかむロボットハンド「F-hand」と人間の手の比較

開発した3種類のロボットハンドの動画は以下を参照

https://www.youtube.com/playlist?list=PLZH3AKTCrVsWA234Kt3DtwFzver_Whhpp

1. 概要

産技高専は、NEDO が、政府の「ロボット新戦略（2014 年度策定）」を受け、推進している「次世代人工知能・ロボット中核技術開発（2015 年度～2019 年度）」というプロジェクトに参加しています。このプロジェクトは、現在の人工知能・ロボット関連技術の延長上にとどまらない、人間の能力を超え

ることを狙った革新的な要素技術をターゲットとし、これまで人工知能・ロボットの導入を考えもつかなかった未開拓の分野で、新しい需要を創出することを狙いとしています。

ロボットにとって、果物や工具のように一つ一つの形や重さがバラバラで不定形な物などをつかむことは難しい課題です。従来、ロボットハンドでさまざまな形状の物をつかむには、指の一本一本や関節の一つ一つなどにセンサーやモーターなどを組み込み、それら多数の電子部品を制御する複雑なプログラムが必要とされていました。そのため、制御の難しさ、軽量化、耐久性向上、誤作動による故障や事故の低減、省電力化などが、産業利用上の課題とされていました。

そこで、産技高専 深谷直樹准教授、NEDO、ダブル技研らの研究メンバーは、極めて単純な制御だけでさまざまな形状の物を安定的にかつ優しくつかむことができるロボットハンドの「からくり」の開発に成功しました。からくりとは、電子制御に頼らずに望ましい動作や挙動を実現するための、機械装置の構造的な仕掛けです。今回、人間の手や指の微妙な構造を工学的に模倣したからくりのような新構造によって、モーターやセンサーなどの電子部品や、プログラム制御の複雑さを最小限にすることが可能のため、上記の課題を解決することができます。

新構造を応用した人間型5本指ロボットハンドの「F-hand」、産業用3本指の「New D-hand」、機械部品を一切使わずに紙だけで構成した「オリガミハンド」はそれぞれ、人間の手でしかできなかった農作業をロボット技術で代替することや、物流や製造業でより容易にロボット技術を導入すること、さらには医療や食品などの衛生分野や、将来は宇宙や深海といった極限環境でロボットハンドを活用することなど、さまざまな用途展開が期待できます。

2. 3種類のロボットハンド

今回開発したからくりのような新構造を応用して、3種類のロボットハンドを開発しました（さらに詳しい仕様や動作写真は別紙）。

1) F-hand

可能な限り人間の手の構造や大きさを模倣した、人間型5本指のロボットハンド（図1、2）。イチゴやモモなどのやわらかい果物を傷つけずにつかむことや、電動ドリルなどの工具をしっかりと握ることができます。また、人間用のゴム手袋や耐熱手袋を使うことが可能であり、ロボットハンドの部品や構成を変更せずに、安価に多様な用途に対応することが出来ます。

「F-hand」の動画はこちらを参照 → <https://youtu.be/VOJdqI-OiXY>



図2 F-hand

2) New D-hand

産業用のニーズが高い3本指のロボットハンド（図3）。F-handに比べて大きく重い商品や備品をつかむことができます。洗剤の詰め替え用パックのようにやわらかくて形状やサイズが多様な商品など、従来産業用ロボットハンドが苦手であった物を安定的にかつ優しくつかむことができます。多様な形状に対して、ロボットハンド側の部品を交換せずにつかむことができます。物流、製造業における搬送、組立、加工工程等の産業利用が見込まれています。

「New D-hand」の動画はこちらを参照 → <https://youtu.be/KTInvi8W8B4>



New D-handの外觀



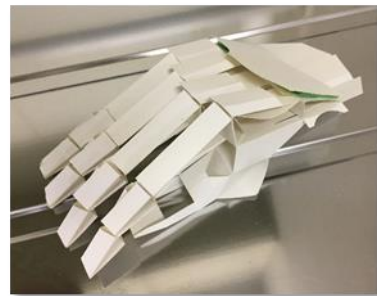
液体封入パックを把持している様子

図3 New D-hand

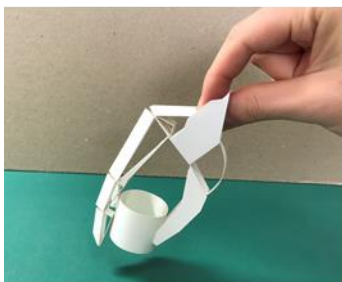
3) オリガミハンド

軸や軸受けなどの機械部品を一切使わずに紙だけで構成したロボットハンド（図4）。使い捨てが容易なため医療・食品などの衛生分野や、軽さや構造の簡単さを活かして顕微鏡などの微小領域から宇宙や深海など極限環境など、将来の用途が期待できます。今後、強度やグリップ力を向上させていきます。

「オリガミハンド」の動画はこちらを参照 → <https://youtu.be/-jSO6nb3pcw>



オリガミハンドの外觀（左：2指モデル 右：5指モデル）



紙コップをつまみ上げる様子



コロッケをつまみ上げる様子



拡大サイズのオリガミハンドで500ml
ペットボトルをつまみ上げる様子

図4 オリガミハンド

3. 今回開発した「からくり」

人間は指や関節一つ一つの位置や動作を意識せず、自然に果物や工具などの物をつかむことができます。これは脳神経的な知性に加えて、進化の結果として獲得された手や指の構造の仕掛けによって実現しています。人間の手や指の微妙な構造を分析することで、からくりのような新構造として工学的に模倣することに成功しました。

今回開発したからくりのような新構造によって、ロボットハンドも指や関節一つ一つの位置や動作を細かく制御せずに、手や指を連動させて対象物に自然になじませることができます。これによって、最小限の力で、安定的にかつ優しく物をつかむことを実現しました。

からくりのような新構造は、具体的には「協調リンク機構」と「指先なじみ機構」から構成されています。

1) 協調リンク機構

リンク協調機構とは、ロボットハンドの手（手のひらと全ての指）の全体が連動して対象物に自然になじむための構造です（図5）。センサーやモーターで制御せずとも、物理的な構造自体が自動的に、力を均一に分散させることや、対象物の形状に合わせて手を屈曲させることができます。

協調リンク機構によって、たった一つのモーター制御だけで、手の全体で包み込むように握ったり、指先でつまみあげたりする動作を実現できます。

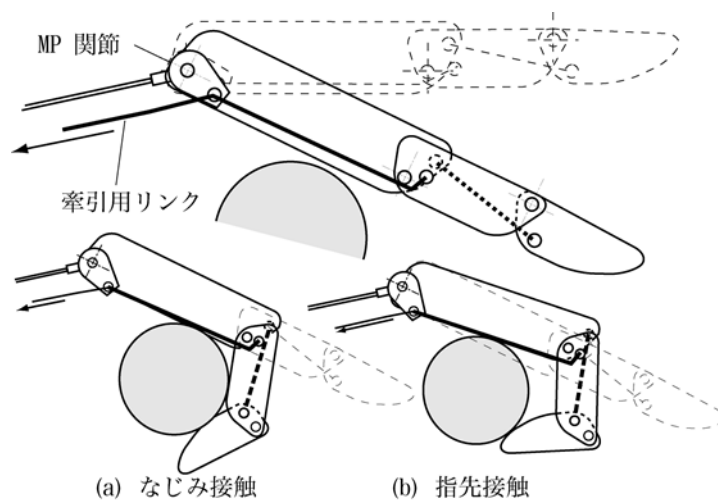


図5 協調リンク機構のイメージ

2) 指先なじみ機構

指先なじみ機構とは、特に指先が対象物とぴったりと接触するための構造です（図6）。人間の人差し指と中指が親指と一緒に物をつかむ場合、人差し指や中指の指先が、微妙に回転することで接触面を大きくしています。この構造を模倣することにより、ロボットハンドが物を確実につかむことができます。

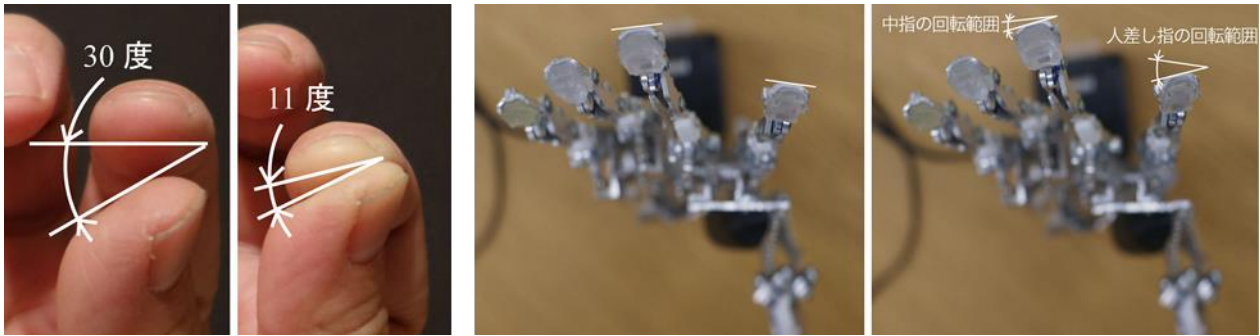


図6 人間の指とロボットの指先の回転の様子

4. 問い合わせ先

(本ニュースリリースの内容についての問い合わせ先)

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

ロボット・AI部

TEL：044-520-5241

ダブル技研株式会社

R&D 事業部

TEL：046-206-5611

(その他 NEDO 事業についての一般的な問い合わせ先)

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

広報部

TEL：044-520-5151

3種類のロボットハンドの概要

1) F-hand

特徴:

可能な限り構造や大きさを模倣した、人間型5本指のロボットハンド。イチゴやモモなどの柔らかい果物を傷つけずにつかむことや、電動ドリルなどの工具をしっかりと握ることができます。また、人間用のゴム手袋や耐熱手袋を使うことが可能であり、ロボットハンドの部品や構成を変更せずに、安価に多様な用途に対応することができます。

サイズ:

全長37.5cm(ハンド部19cm、前腕部18.5cm)、全幅13.5cm、705グラム(ドライバ、バッテリー含まず)
大人の手と同程度の大きさ

つかむことができるもの:

- ・野菜や果物などの食品。
イチゴやブドウ、ポテトチップやシュークリームなど壊れやすいものを傷つけずにつかむ。
- ・工具。電動ドリルなど、人の手に最適化された物。
- ・ストローのように小さく変形しやすいものやペンのように細く丸い小径物。
- ・～1キログラム程度、0.3cm～9cm程度の物

技術的特徴:

人間の手の構造を可能な限り模倣するとともに、必要に応じて独自の設計手法で人の手の把持(つかむこと)機能を発現させた人間型ロボットハンドです。次の特徴により、様々な物体に対して安定的に把持が可能です。

- ・基本的な動作を1個のモーターで作動可能。モーターを追加することで、それぞれの指を個別に作動させることも可能。

<協調リンク機構>

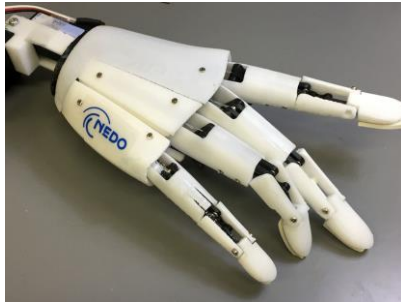
- ・物体へのなじみと指先でつまみあげる機構を自動的に最適化。
- ・指機構すべてが運動し力を均一化させる把持力自動分散。

また、この自動分散により、同時に高い耐久性を実現。

- ・手掌の屈曲による手掌のなじみ把持。

<指先なじみ機構>

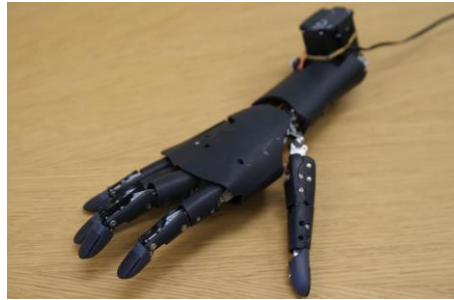
- ・人の指先が持つ外転方向へのなじみ機能。



汎用試験モデル



研究開発実証用モデル①(開発用金属モデル)



研究開発実証用モデル②(外装技術検討モデル)

図1 F-hand (上:汎用試験モデル 下:研究開発実証用モデル)

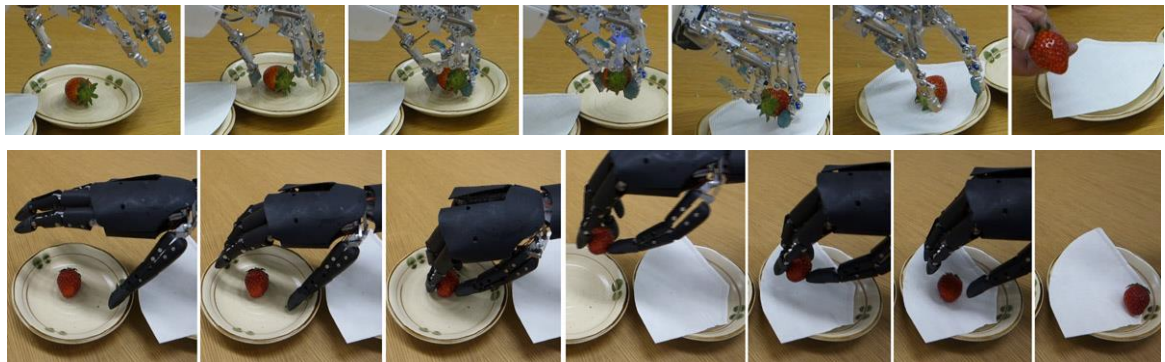


図2 イチゴが傷つけずにつかむ様子



図3 F-handにポリ手袋をかぶせてイチゴをつかむ様子



図4 F-handに耐熱手袋をかぶせてハンマーで鉄棒を叩く様子
(鍛造作業を想定したテスト)

2) New D-handについて

特徴:

産業用にニーズの高い3本指のロボットハンド。洗剤パックなど柔らかい形状やサイズが多様な商品など、従来産業用ロボットハンドが苦手であった物を安定的かつ優しくつかむことができます。多様な形状に対して、ロボットハンド側の部品を交換せずにつかむことができます。物流、製造業における搬送、組立、加工工程等の産業利用が見込まれています。

サイズ:

全高(最大)23.4cm、全幅奥行(最大): ϕ 22.8cm、重量1.4キログラム

つかむことができるもの:

- ・薄く滑りやすい液体パックの開封部
- ・把持部形状の複雑なスプレー容器
- ・大ストロークの必要なインスタントラーメンのパックや洗浄拭き取りシートの詰め替えパック
- ・菓子やゆで卵などの破損しやすく柔らかい食品類
- ・組立工程への部品のピック、搬送
 - 一例として自動車産業の場合、ボルトなどの汎用的な機械要素部品の他、インパネ部品、ハンドル、シフトノブ、コネクタ類、バンパー、ブラケット類等の内外装部品など
- ・切削加工機へロード／アンロードするために把持する粗材部品、エンジンブロック用中子、吸着痕を避けるためバキューム搬送が不可である塗装工程を経た後の複雑な形状の樹脂成型部品のピックアップなど
- ・～5キログラム程度、 ϕ 8cm程度の物



図5 New D-hand



図6 液体封入パックを把持している様子

指先の“なじみ機構”によるワーク形状への倣いと、特に薄いもの等に対する把持力の確保(搬送時のワーク挙動に影響されやすい)が相反の関係にある。→このトレードオフを解決。

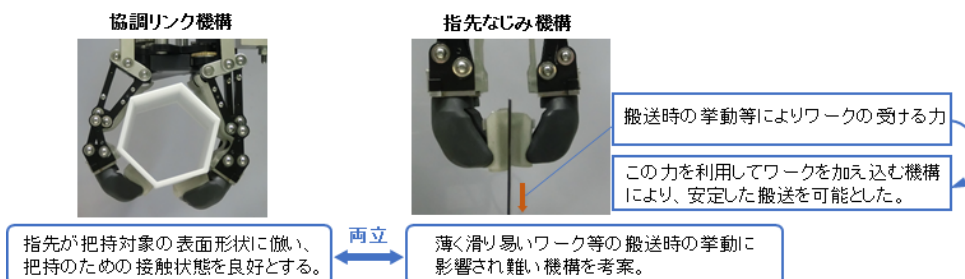


図7 New D-handの指先なじみ機構

3) オリガミハンドについて

特徴:

軸受けのような機械要素を排除し、紙1枚だけから構成されたオリガミハンド。今後、強度や指先の紙の特性に由来するグリップ不足を解決することで、使い捨て可能なロボットハンドとして食品や医療などの衛生分野や、軽さや構造の簡単さを生かして宇宙環境、深海、電子顕微鏡などさまざまな用途展開が期待できます。

サイズ:

【通常サイズ】: 全長11.7cm、高さ5.2cm、幅1.5cm、重さ9.3グラム、本体3.3グラム

【拡大サイズ】: 全長53cm、高さ27cm、幅7cm、本体113グラム

つかむことができるもの:

・～60グラム程度、0.5cm～5cm程度の物(弁当具材など)【通常サイズの場合】

・～520グラム程度、0.5cm～25cm程度の物(自転車用ヘルメット、ペットボトル、食パンなど)【拡大サイズの場合】

技術的特徴:

試作例では1枚の紙から示指と拇指の型紙を切り抜き、のりで貼っただけでF-hand同様、物体へのなじみと指先でつまみあげる機構が自動的に最適化される新型指機構の特徴を再現することができます。製作も用紙に印刷して切り抜くだけでよいため、製作が早く、またコピー倍率を変えるだけで容易にさまざまなサイズに展開可能です。また単一材料で作られているため、リサイクル性にも優れます。

1枚のシートを切り出し折ってのり付け後に何らかのモーターで指の一部を動かすだけであることから、従来のロボットハンドとは異なったさまざまな革新的利用が期待されます。

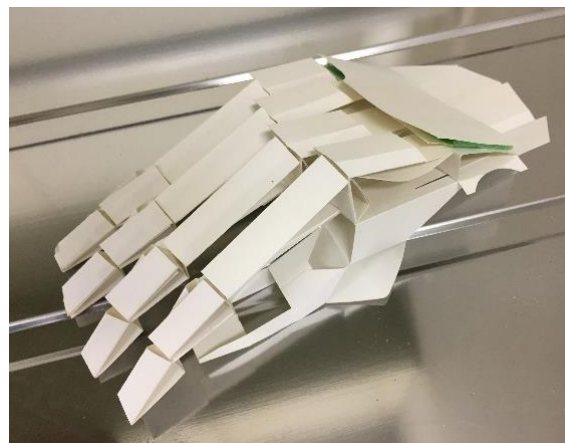


図8 オリガミハンド(左:2指モデル 右:5指モデル)

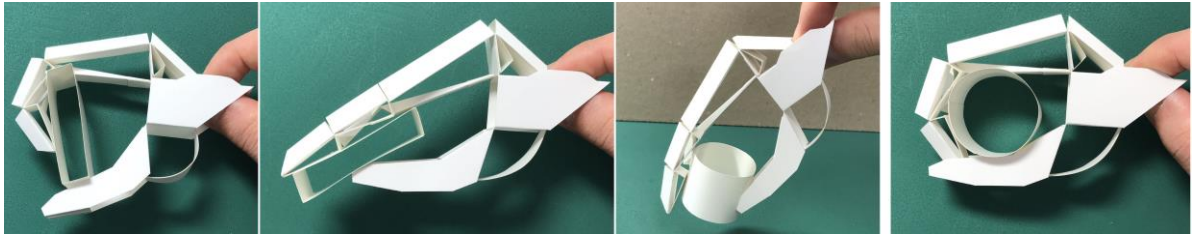


図9 オリガミハンドによる摘み把持、なじみ把持の動作例(1カ所を動作させるだけで把持を完了)

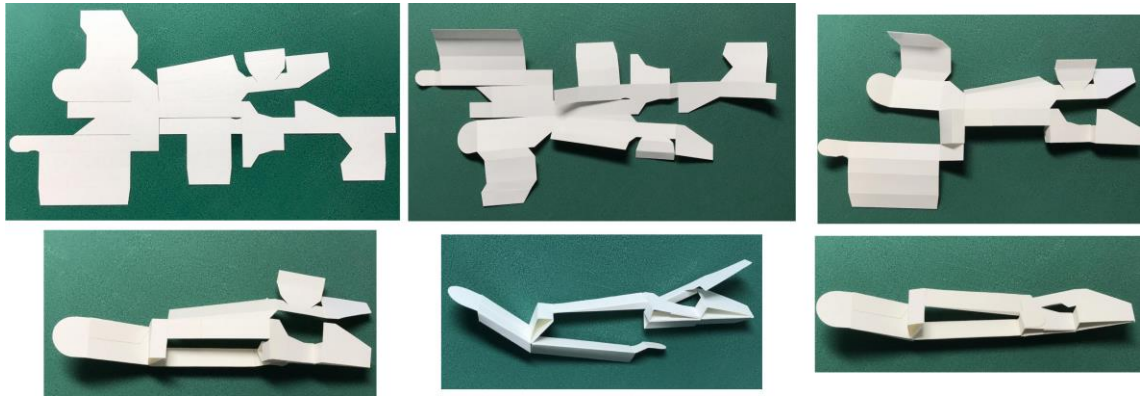


図10 オリガミハンドの示指構築例(左上の紙を折ってのり付けするだけで製作完了)



シュウマイ (29.5g) 卵焼き (19.9g) ちくわ揚げ (30.9g) 唐揚げ (56.7g) ウィンナー (8.6g)



コロッケ (32.7g)

焼き鮭 (20.8g)

図11 オリガミハンドによる、弁当具材を想定したつまみあげ実験の様子

(指が具材になじむように自動的に曲がってつかむため、具材の大きさや重さにかかわらず傷つけずにつまみあげることが可能)

A0ノビ オリガミハンド (4.53倍:113g)



単一アルカリ乾電池 (131g)

オリガミハンド (3.3g)

図12 A0ノビサイズに拡大印刷し4.53倍で作成したオリガミハンド
(プラスチック段ボールで製作、滑り止めゴムを貼るなど一部改良済み)

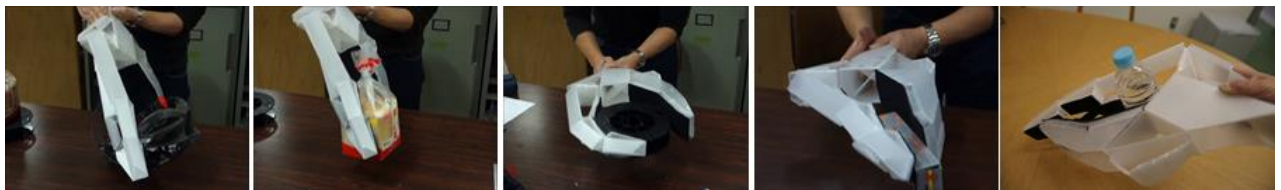


図13 A0ノビサイズオリガミハンドで物体をつかむ様子
(自転車用ヘルメット、6枚切り食パン、フィラメントリール、大型接着剤、500mlペットボトル)