

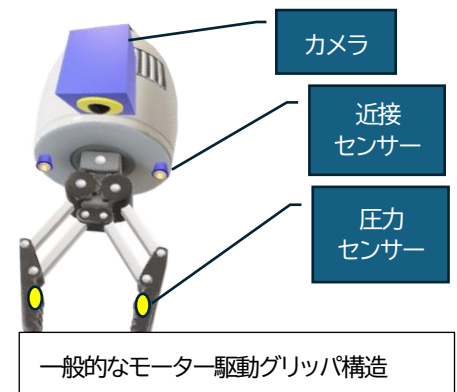
# ゴロハンドを使つての掴みの再生動作(RH ティーチング)実験

汎用のアームロボットにおいての掴みの機構については、対象物に合わせた構造のグリッパ(掴み部)が各社より提供されています。

然しながら対象物に特化した爪と構造を持ったものとなっており汎用に色々なものを掴むものとはなっていないようです。そこで今回リアルハプティクス技術を利用した記録&再生による掴みの能力がどの程度有効なのかを簡単に調査しました。従来の位置制御でなく力制御も加わったことで、対象物のサイズのバラつきに対してそのカバレッジが広がることを期待しての実験です。

また従来のティーチングとは異なり、バイラテラル<sup>\*1</sup>な状態で、リモート操作による対象物からの反発を感じながらの掴みの記録がティーチングになることについては、運用からすると魅力あるものです。

尚対象物の発見のための画像認識等については今回の実験からは対象外としています。



RH 技術バイラテラル動作

## 1. 実験に使用するロボットの把持能力

実験で使用するものは、弊社のゴロハンド(握手装置)を利用しました。

ゴロハンドは把持装置ではなく操作側では、親指と人差指/中指/薬指の3本指との挟みによる締付と3本指を下方向に持下げることで締付の力を相手の挟みに反映する構造になっているものです。

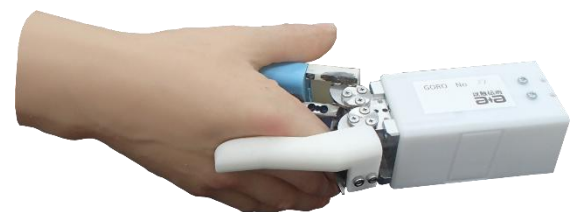
ものを掴む構造ではありませんが、RH<sup>\*2</sup>技術の能力実験には使えそうであると判断しました。

詳細な構造としては、片手での握手ができるよう構造上(小指を基準に握りあう)小指の位置は固定となっています。

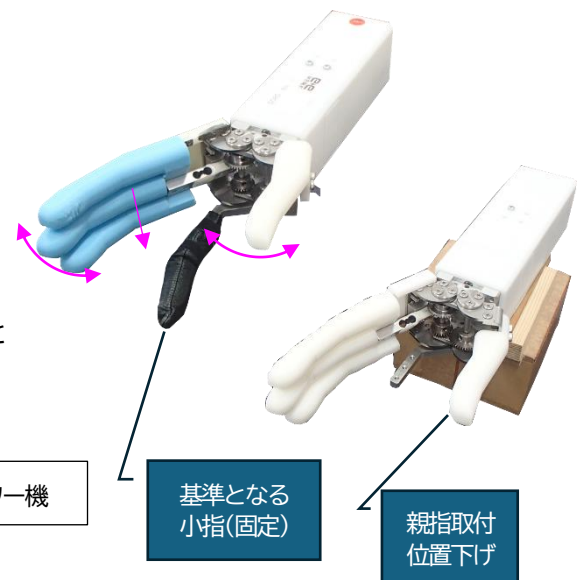
また握手構造では挟みができないと掴めないの、親指の取付位置を人差指と中指の間に変更しました。これで疑似2本爪の把持機としました。(本当は、親指の長さも3本指と同じ程度にする必要があります)

掴みの対象物の重量制限についてです。

- ・力センサーは最大 0.5kg
- ・指の長さ約 10 cm
- ・モーター能力ストールトルク 5.8kg・cm



ゴロハンド(遠隔力触覚装置)



負荷トルク 680g・cm

以上から把持で掴む対象物は、最大 50g程度の  
弾性ボールを掴みこととしました。

以下がボールのサイズと状態です。

| ボール          | 直径   | 備考       |     |
|--------------|------|----------|-----|
| 薄青シリコン(基準)   | 60mm | 内部クッション材 | 28g |
| 白            | 50mm | 空気圧低い    | 44g |
| 薄緑シリコン(ビーズ入) | 85mm | 空気圧低い    | 88g |
| 桃ビニール大       | 89mm | 空気圧高い    | 37g |
| 青ビニール中       | 73mm | 空気圧高い    | 27g |



図1.1 使用したボール

## 2. 対象は把持ロボットの掴み

### 2.1 掴みの構造

モータ駆動構造で爪を動かすグリッパーとなります。

### 2.2 把持能力に特化した実験となります。

握手装置の親指と3本指の間に置いたボールの掴  
みの実験となります。

バイラテ状態での操作者の掴みの動作は、実験です  
でゆっくり間隔を狭めています。

掴めたとの反発を感じたら狭めを停止一定時間、(2秒)  
そのままにした後、掴みを解くという操作になっていま  
す。

基準となるボールは、シリコン製の内部にクッション材が  
入った反発力の弱いものとしています。

動作指示については、RH 技術の記録再生動作です。  
(=ティーチングに相当)

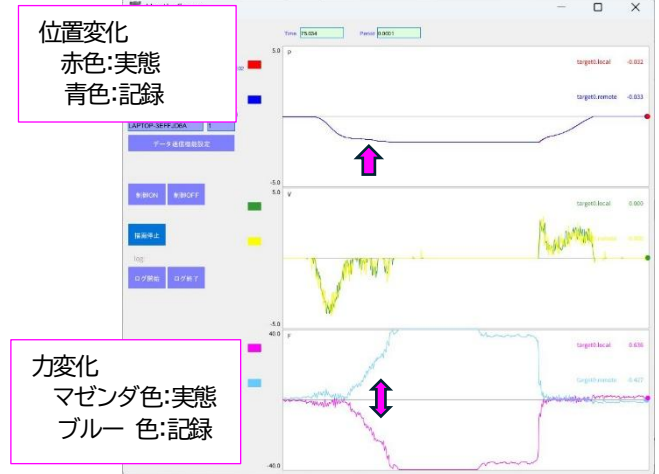


図 2.1 バイラテラルでの操作記録  
(基準ボールをバイラテ状態で記録)

## 3. 実験結果

位置制御+力制御での能力を行う前に、位置制御 100%  
での再生の場合についての実験を追加します。

### 3.1 位置制御 100%

期待値 = 小さいボールは掴めないはず  
大きいボールでは空気圧が低いものはつかめ  
るが大きく変形することになる。

結果 = 小さいボール掴めず



図 3.1 基準は直径 60mm に対し 50mm は掴めず

### 3.2 位置制御 50% & 力制御 50%

期待値 = すべてのボールが掴めるかもしれない

結果 = 対象ボールすべて掴めた

ボール小+空気圧低



⑤ ボール小空気圧低(0.5:0.5)

・掴みは深く、力は弱くて掴めた



ボール大+空気圧高

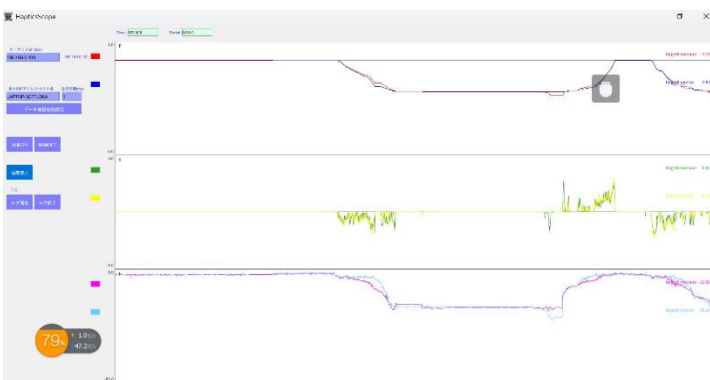


⑤ ボール大空気圧高(0.5:0.5)

・掴みは浅く(サイズから当然)  
力は非常に大きくなる。掴めた

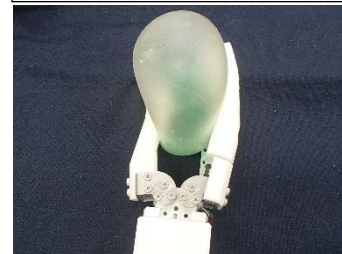


ボール大+空気圧低



⑤ ボール大空気圧低(0.5:0.5)

・空気圧が低いことから、掴みは  
深くなるため力も変わらず。掴めた



ボール中+空気圧高



⑤ ボール中空気圧高(0.5:0.5)

・掴みは開きぎみ、高圧のため  
力は大きくなる。掴めた



### 3.3 位置制御と力制御比率変更での動作

位置:力比率変更による結果を参考添付します。(記録に追従する形で位置と力を調整し掴んでいます)

期待値 = 力制御比率を UP することでの適応サイズ拡大

位置:力 = 0.25:0.75/0.75:0.25

マゼンダ高圧ボール大 (力優先)



位置:力=0.25:0.75

・0.5:0.5の再生より力優先となるため基準の力に近づけるべく力は減少している。位置についてはボールサイズが大きく高圧のため開いた状態になる。⇒掴めた

白色低圧ボール小 (力優先)



位置:力=0.25:0.75

・力優先となったことで0.5:0.5に対して若干力をUP、位置については力をUPしたことで低圧であるため掴みの間隔を狭めている。⇒掴めた

白色低圧ボール小 (位置優先)



位置:力=0.75:0.25

・75%の位置優先では、掴める状態にならないため、力の発生もなし。⇒掴めず

ブルー高圧ボール中 (力優先)



位置:力=0.25:0.75

・マゼンダ大ボールと同様となり記録との乖離は少ない。⇒掴めた

### 薄緑低圧ボール大（力優先）



位置:力=0.25:0.75  
 ・50→75%の力優先変化は、低圧であるためか変化なし。  
 ⇒掴めた

### マゼンダ高圧ボール大（力優先 90%）



位置:力=0.10:0.90  
 ・マゼンダ高圧大とブルー高圧中のボールをいずれも同様の力での掴みを行っています。  
 ボールサイズが異なることから爪の開きは、ボール大が多く、ボール中は少なくなっています。

### ブルー高圧ボール中（力優先90%）



### ※追加テスト

以下の2つのボールの掴みを実施しました。

少年野球用ボール(D=68mm 98g)

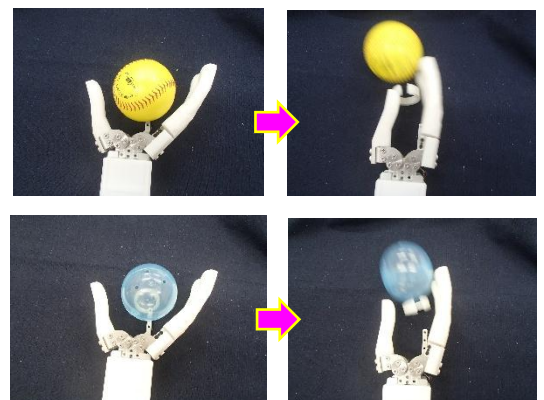
ガチャプラスチック(D=65mm 14g)

### ※テスト結果

いずれも硬質であるため、把持する親指の長ささと3本指の長さが異なるため指から逃げるようになりました。

### ※推測

ゴロハンドの指を一般的な開閉爪にすることで硬度が硬いものについても掴むことが可能であると思われます。

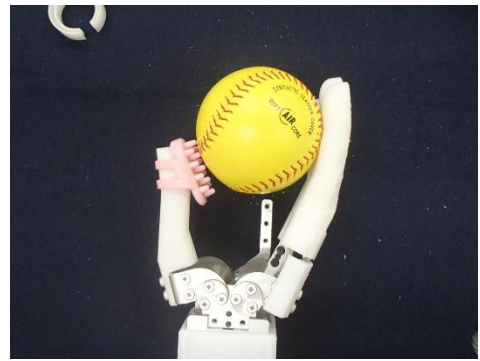


### 3.4 硬度の違いについての許容

今回の実験では、弾性体ボールの空気圧の高いものと低いものについては、いずれにも対応できましたが、プラスチック(硬質/表面なめらか)や、野球(硬質/表面人工革)については指形状から掴めないため H-Scope での測定がとれませんでした。

親指部へのすべり止め取付と人手での掴みをサポートをすることで野球ボールについてはデータ測定ができましたのでグラフを添付致します。

野球ボール (硬重)



位置:力=0.50:0.50  
・掴みはサイズが少し大きく硬いため  
開き気味、力は増加しての掴みとなっている。

### 4. 結論と考察

今回の実験は、その対象をロボットアームの先に取り付けるグリッパ部へのRH技術を利用する場合の有効性を把握するために、種々のボールを使つてのティーチング・プレイバック動作での掴みの状態をハプティクススコープで監視致しました。

その結果、RH 技術の記録データの再生(ティーチング&プレイバック)は、以下の効果が判明しました。

- (1) 人手による対象物への接触(反発力を感じての触り)データを元になっているため、種類の異なる対象物が変わることに対して短時間に対応が図れることが確認できた。(段取り時間短縮)
- (2) ティーチングデータは、位置データだけでなく力データも含んでいることにより対象物のサイズ/硬度のバラつきに対し特別なプログラム機能を追加する必要がなく掴むことが可能であった。  
(匠の触り方のデータ化)
- (3) プレイバックにおいて、位置:力の比率変更を設定することで対象物の偏差状態と分散状態においての個別対応ができそうであることがわかった。(対象物毎のチューニングができそう)
- (4) 参考に実際に果物(みかん)を想定しての運用手順は以下になると推測します。  
○サイズ S(0.6)/M(1.0)/L(1.5)/LL(2.0) としたらティーチングは、M で実施  
○記録 極端に凹まないようにしての掴み(ティーチング)を実施  
○再生 力優先 70~80%程度にしての再生(プレイバック)を実施  
※対象物がサイズのバラつきが少ない機械部品などであれば、位置優先での再生となります。

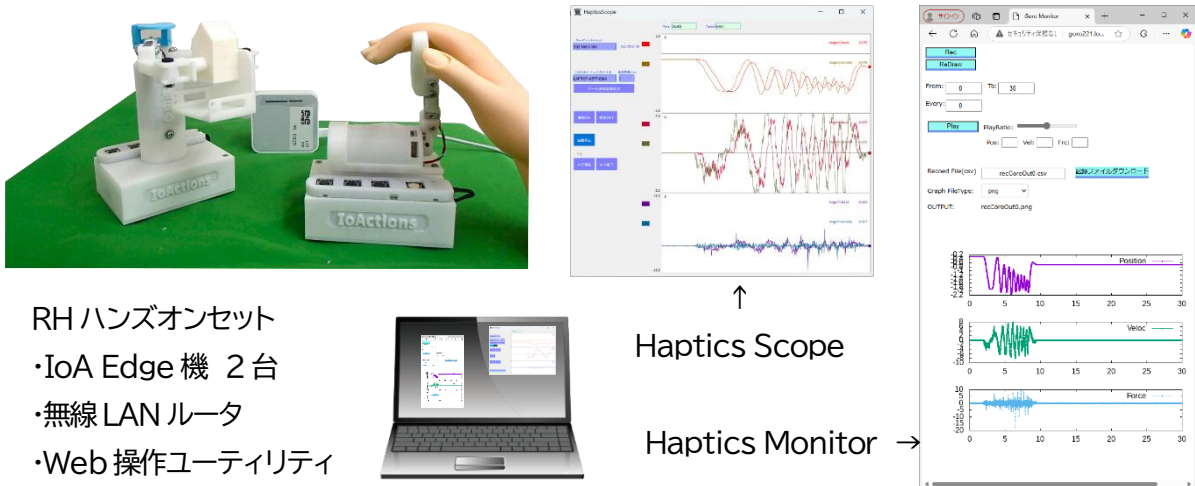
## 5. その他お問い合わせ

グリッパ部構造にRH技術を取り込むことを検討するお客様への提案です。

弊社は、ロボットに人間の感性を与えるRH技術を習得いただくための「RHハンズオンセット」を提供しております。

これらは操作機とアクション機の2台から構成され、動作状況を見るHaptics Scope、プレイバックでの力比率変更エミュレーターのHaptics Monitorが付属しています。

RHの理解においてのご利用と次の段階でのターゲット機開発のフィット&ギャップのベース検討機としてハンズオンセットを是非ご検討下さい。



RH ハンズオンセット

- ・IoA Edge 機 2 台
- ・無線 LAN ルーター
- ・Web 操作ユーティリティ
- ・H-Scope
- ・H-Monitor
- ・トレーニング

¥660,000- (税込)

また、ハンズオンセット導入前に今回の実験の握手装置利用のボール掴みを体験希望の方は、弊社開発センター(新川崎 慶應義塾大学新川崎タウンキャンパス内)に設置しておりますのでご連絡いただければ、ご覧になれますお申し出下さい。

(同)エープラスエイ 開発センター

〒212-0032

川崎市幸区新川崎7-1

慶應義塾大学 新川崎タウンキャンパスI棟 205

e-mail:contact@aplusa.tech



以上

用語説明 RH=リアルハプティクス

バイラテラル=リーダー&フロー機構成でのシンクロ動作(位置変化&力変化)