



新しい技術で、新しい社会をひらく

フィジカルAIの キーテクノロジー 『リアルハプティクス』



「考えるAI」から「触れて感じ、
学び続けるフィジカルAI」へ。

リアルハプティクスは、りきしよっかく力触覚情報をデータ化し、
人間のような繊細な感覚と力加減をロボットへ与えます。
熟練技能者の身体知と世界中のロボットの経験が
循環することで、フィジカルAIは進化し続けます。

(上) リアルハプティクス搭載の作業用ロボットの手
(中・下) ロボットで触れた物体の触感を遠隔で感じとれる



慶應義塾
Keio University



ハプティクス研究センター

フィジカルAIが持つ課題

予測と現実のギャップ

フィジカルAIの社会実装における最大の課題は、ロボットによる「**接触を伴う作業の難しさ**」です。

AIはカメラや学習データを基に動作を予測できますが、現実世界では予測どおりにならないことが少なくありません。例えば、**見た目は硬そうでも実際は壊れやすい物体**だった場合、適切な力加減で扱うためには、**触れた瞬間に状態を感じ取り、動作を修正する必要があります**。しかし多くのロボットは、人間のように物体の硬さや重さ、質感を感じながら力加減を調整することができま

せん。そのため、非定型作業や熟練技能者のノウハウが求められる作業の自動化は依然として困難です。フィジカルAIの実現には、「考えるAI」だけでなく、「**触れて感じ、力加減を調整する能力**」と、その経験を**データとして蓄積・活用する仕組み**が不可欠です。

その課題を解決するのが**リアルハプティクス**です。リアルハプティクスは力触覚情報をデータ化し、ロボットに「**指先の繊細な感覚**」を与えることで、身体知を共有し、学び続けるフィジカルAIを実現します。

フィジカルAIとは

当センターでは、2つのAIから構成されると定義しています

1 プレディクターモデル Predictor Model

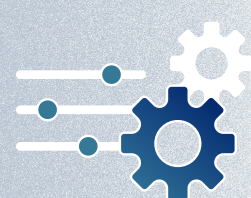


予測に基づき動作指令を生成するAI

事前学習データや視覚情報を基に次を予測して動作指令を生成（何をするか、どのように動くか、どの程度の力を使うか）

人間でいう「**大脳**」の役割を担います。

2 コレクターモデル Corrector Model

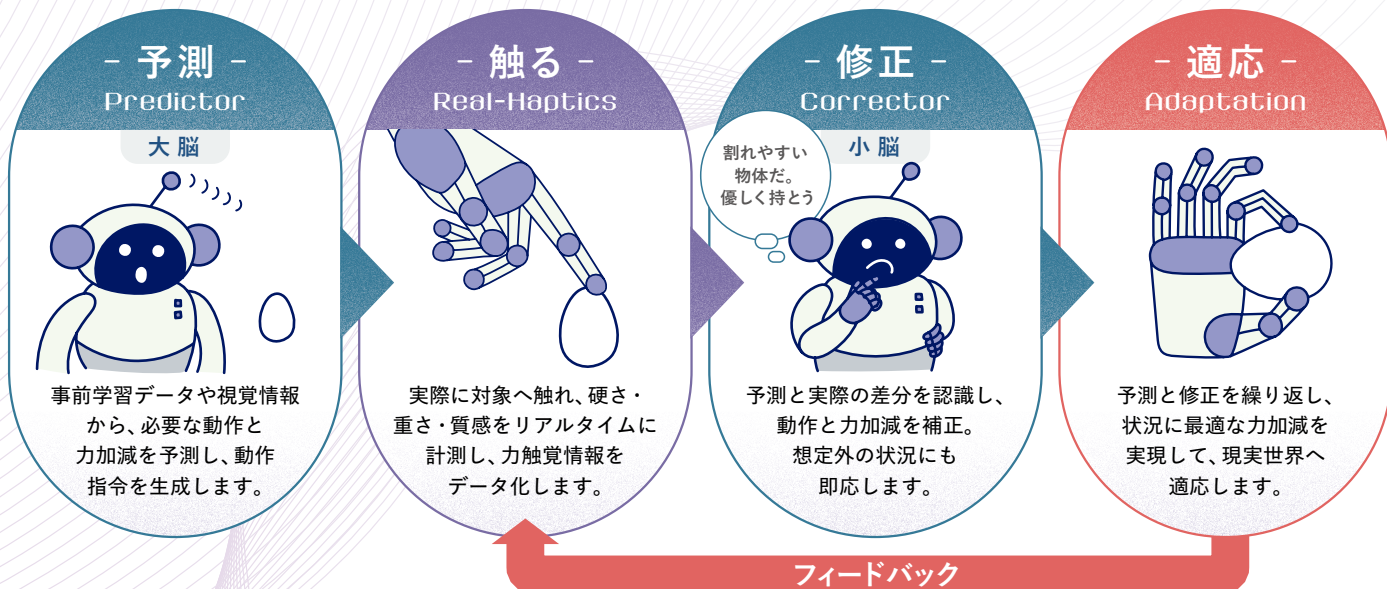


予測と現実の差を修正するAI

リアルハプティクスによって取得した力触覚情報から、予測との差分を認識し、動作や力加減を修正します。

人間でいう「**小脳**」の役割を担います。

リアルハプティクス × フィジカルAI の仕組み



リアルハプティクス × フィジカルAI (Human-in-the-LoopからAI-in-the-Loopへ)

従来のフィジカルAIは、結果を次の動作へ返すフィードバックの仕組みを備えていませんでした。取得したデータで動作を修正し続ける「**AI-in-the Loop**」の発想こそが重要です。熟練技能者が教えた身体知を起点として、フィジカルAIは現場で

得られる力触覚データから学習を続けます。リアルハプティクスが取得する力触覚情報を基に、AIが予測・修正・適応を繰り返しながら進化することで、**人間の経験を継承し、自律的に学び続ける社会**を実現します。

身体知を共有し、学び続けるフィジカルAI

リアルハプティクスが実現する力触覚プラットフォーム

リアルハプティクスを搭載したロボットは、現場で熟練技能者の動作や力加減を学習しデータ化します。この「力触覚データ」は視覚情報や作業結果とともにクラウドへ蓄積され、**世界中のロボットが成功や失敗の経験を共有**します。リアルハプティクスによって対象物の状態を感じ、フィジカルAIで最適な作業方法をクラウドから探し出し、

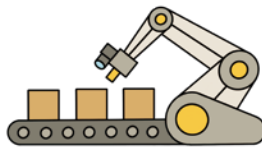
動作や力加減を即座に修正します。

こうして蓄積された身体知は再びクラウドへ還元されます。ロボット同士が業種や地域を超えてデータを共有しながら学習することで、より滑らかで人間らしい動作を実現し、持続的に進化する循環型プラットフォームを形成します。

リアルハプティクス

各業種のロボットが現場の動作・力加減をクラウドへ記録

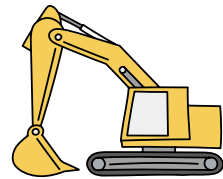
リアルハプティクスを搭載した
世界中のロボット



製造業



サービス業



建設業・農林水産業

動作・力加減をクラウドへ記録

フィジカルAI

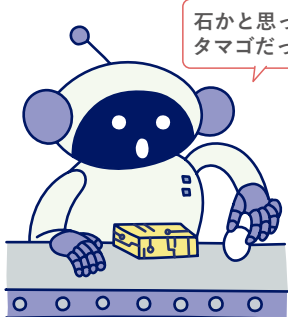
フィジカルAIが過去の経験をパッケージングし、ロボットに送信

りきしよっかく
力触覚ナレッジクラウド
世界中のあらゆる業種の力触覚データ
(動作・力加減・視覚情報・作業結果)を集約

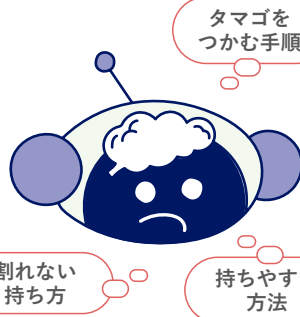
現場で得た結果を次の動作にフィードバック

リアルハプティクス×フィジカルAI

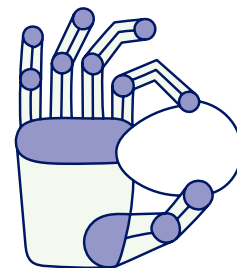
過去の経験データを活用



◆ 類似作業を検索 ◆ 最適な動作を選択 ◆ 新しい作業方法を生成



ロボットが実行



◆ まず経験データを基に動作を予測
◆ リアルハプティクスで状態を計測
◆ 想定との差を検知 ◆ 力加減を修正

人が教え、ロボットが学び、AIが進化する。

リアルハプティクスは、人類の身体知を未来へ継承するための基盤技術です。

フィジカルAIのポテンシャルを最大限に発揮

熟練の技を「見える化」できる

熟練した技術者が機械を操作する際の力加減を、データとして抽出・記録できます。これまで不可能だった「職人の技をAIに学習させる」ことを実現し、ロボットへの応用が可能に。



縫製作業

触れた布地の硬さや厚みが事前の情報と異なっても、ロボットが質感に合わせて力加減を自律的に修正。自由自在に縫い上げることができます。



(上) 柔らかいブラウス生地を縫製する際の力触覚データを、リアルハプティクスが記憶
(下) 違う生地の縫製データから、未知のワイシャツ生地にも対応が可能

センサーレスで高速反応

高価で壊れやすい力センサーを使わず、独自の計算手法で「力」を高速に推定。これにより、0.0002秒単位の超高速な反応が可能になり、人間より高速でリアルタイムな制御を実現します。



研磨・研削

複雑な形状の部品に対し、職人のような繊細な力加減で磨きをかけ、高品質化と失敗削減を両立します。長時間の自動作業を任せることも可能です。



(上) 作業者は接触状態を感じて適切に力加減を調整 素材提供：モーションリブ
(下) 真鍮の表面研磨作業を動作データを用いて自動化

しなやかさと硬さを両立

物体の状態をリアルハプティクスで感知することで、ロボットの動きや力加減を自在に調整。割れやすいタマゴを優しくつかむことも、重い部品を力強く運ぶことも可能となりました。



食品加工・物流

イチゴのように潰れやすいものや、ポテトチップスのような脆いものでも、遠隔で手応えを感じたりAIが自動的につかむ力を調整したりできます。



(上) 遠隔地からロボットハンドを操作し、イチゴの触感を感じながらつかむ
(下) ポテトチップスを割らないように、力触覚データから適切な力加減を生成

新しい技術で、新しい社会をひらく

リアルハプティクスとフィジカルAIの融合は、日本の産業界が長年抱えてきた「属人化した技能の継承」と

「人手不足」という二大課題を同時に解決するポテンシャルを秘めています。

これまでロボット導入が諦められていた非定型作業が主体となった現場こそ、この技術の真価が発揮される場所。

この「リアルハプティクス×フィジカルAI」を早期に取り入れることは、単なるコスト削減にとどまらず、企業の競争力を左右する「身体知」をデジタル資産として蓄積し、次世代へつなぐための戦略的な投資といえます。



公式Webサイト

慶應義塾大学 ハプティクス研究センター

〒212-0032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-1
<https://haptics-c.keio.ac.jp/>



お問い合わせ