


| | | |
|--|------------|---|
|  | 研究代表者 | 東京理科大学・先進工学部電子システム工学科・教授 吉田 英一（よしだ えいいち） 研究者番号:30358329 |
| | 研究課題 情報 | 課題番号：22H05002 研究期間：2022年度～2026年度 キーワード：運動最適化・創成、サイバーフィジカルヒューマン、ヒューマノイド、機械学習 |

なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

●研究の全体像

人間は日常生活で椅子に座って作業をしたり、机に手をつけて物を取ったり、台車を押したり、足以外にも複数の「接触」を伴う複雑な運動を自然に行っている。しかし、ロボットにこれを自動的にに行わせることは非常に難しい問題である。人型システム（人間とヒューマノイドを合わせてこう呼ぶ）が複雑な力学特性を持つことに加え、接触の部位や数、順番も考えると指数的に可能性が増えるからである。人間は、この無数の可能性から、経験や身体感覚に基づいて最適な接触運動を行っていると考えられる。それらデータに基づく学習と、ロボット工学理論の両方からアプローチし、この問題を解決したいというのが本研究の動機である。

本研究では、人間の計測データから学びつつ、「モデルベース」と呼ばれるロボット工学の力学的解析・最適化手法と、最近進展が著しい機械学習を融合した理論体系を構築している。これにより人型システムの全身触覚運動の仕組みを明らかにし、新たな環境でもロボットが接触運動を自動的に作り出せるようになる。

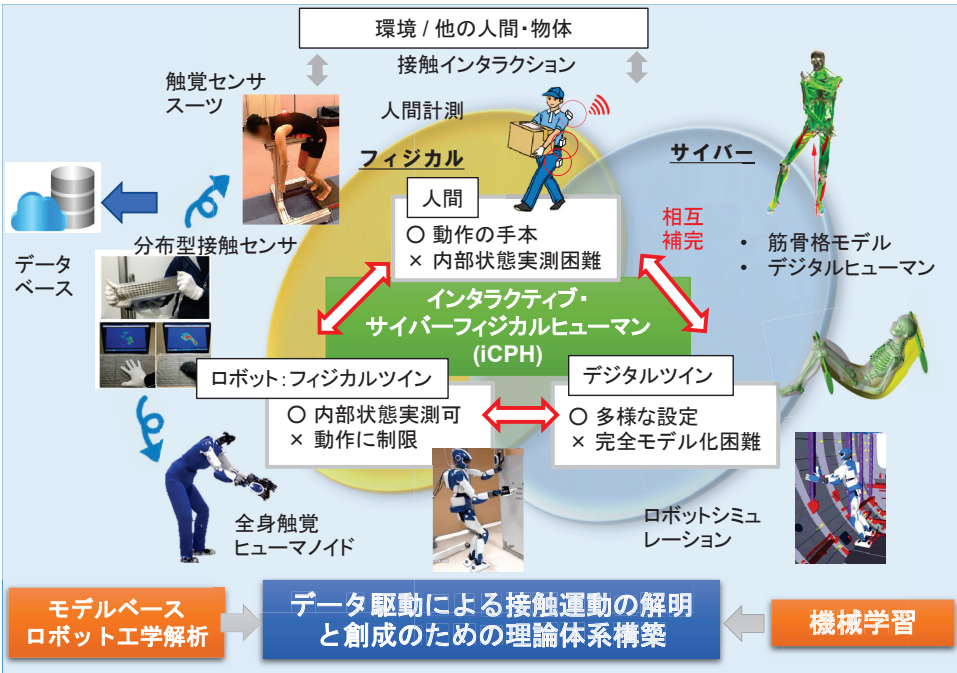


図1 iCPHの枠組みを活用したデータ駆動による全身触覚運動の学習と生成

●インタラクティブ・サイバーフィジカルヒューマン（iCPH）による全身触覚運動データ取得と活用

接触運動に関するデータはまだ少ないのが現状である。そこでiCPHという接触により外界とインタラクションする人型システムのデータ整備の枠組を構築する。人間の計測データは手本として重要だが、関節にかかる力などは直接測れない。センサで内部状態を測れるフィジカルツインとしてのロボット、条件を変えてシミュレーションできる人型システムのデジタルツインを相互補完して、データを拡張・整備し、研究に活用する。

この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

この研究では、① iCPHによるデータ取得を進めて接触運動の「汎用表現」を導き出し、② 破綻しない全身接触運動どうのつながりを表す「接触運動ネットワーク」を継続的に発展させる学習法を明らかにするとともに、③ 接触運動の「言葉」に相当する「シンボル」を抽出し、その表現により様々な接触運動を作り出す仕組みにつなげる。その成果を評価し、人間の運動原理にどこまで近づけるか、ロボットの複雑な接触運動がどこまで自動的に創成できるか、について探求する（図2）。

① iCPHによるデータ整備と接触運動の「汎用表現」の導出

分布型接触センサ（図1）等を用いて人間の接触運動データを収集する。iCPHを構成する人間のフィジカルツインとしてヒューマノイド、デジタルツインとしてのシミュレーションを活用し、収集したデータの拡張や研究成果の検証にも利用する。これに合わせ、人型システムとして統一した接触運動の表現方法を考案する。

② 破綻しない接触運動の「ネットワーク」の継続学習

取得した接触運動データに「モデルベース」の力学解析を適用し、接触運動の移り変わりをもたらす「最適化コスト」を求める。これと①の汎用表現とのコンパクトな表現により、破綻しない接触運動の「ネットワーク」が見えてくる。研究代表者らの科研費の成果である効率的な最適化計算方法を、分類が得意な機械学習とモデルベース手法を融合する架け橋として使い、ネットワークを持続的に学習する方法を明らかにする。

③ 「シンボル化」による接触運動のと予測と新規創成

接触運動の表現の抽象化をさらに進め、ネットワークから、一連のつながりを単語にあたる「シンボル」として抽出し、一種の言語として体系化する。新しい環境に置かれたときでも、シンボルを組み合わせる将来の状況を予測し、最適な接触運動を自動的に作り出すことを目指す。

成果として、データを公開し、大規模組立環境でのロボットによる難姿勢接触作業、人の接触作業のモニタリングと負荷軽減、仮想空間上でのアバターを通じた接触協調作業など、社会・産業の課題解決に資する実問題に展開する。

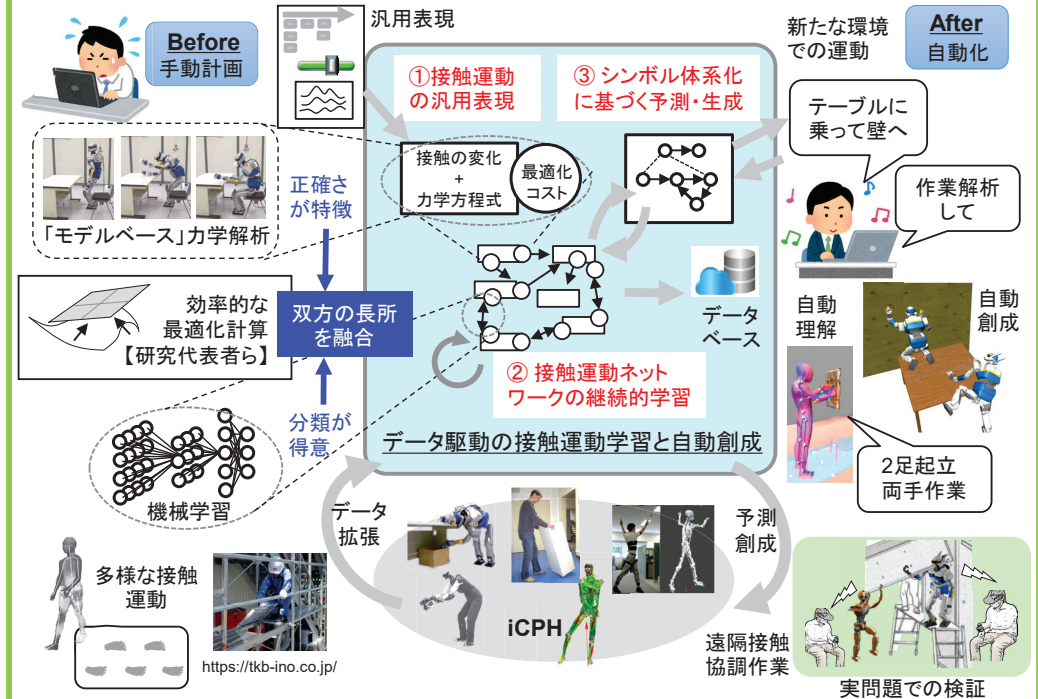


図2 本研究で取り組むテーマとその研究の特徴、予想される効果