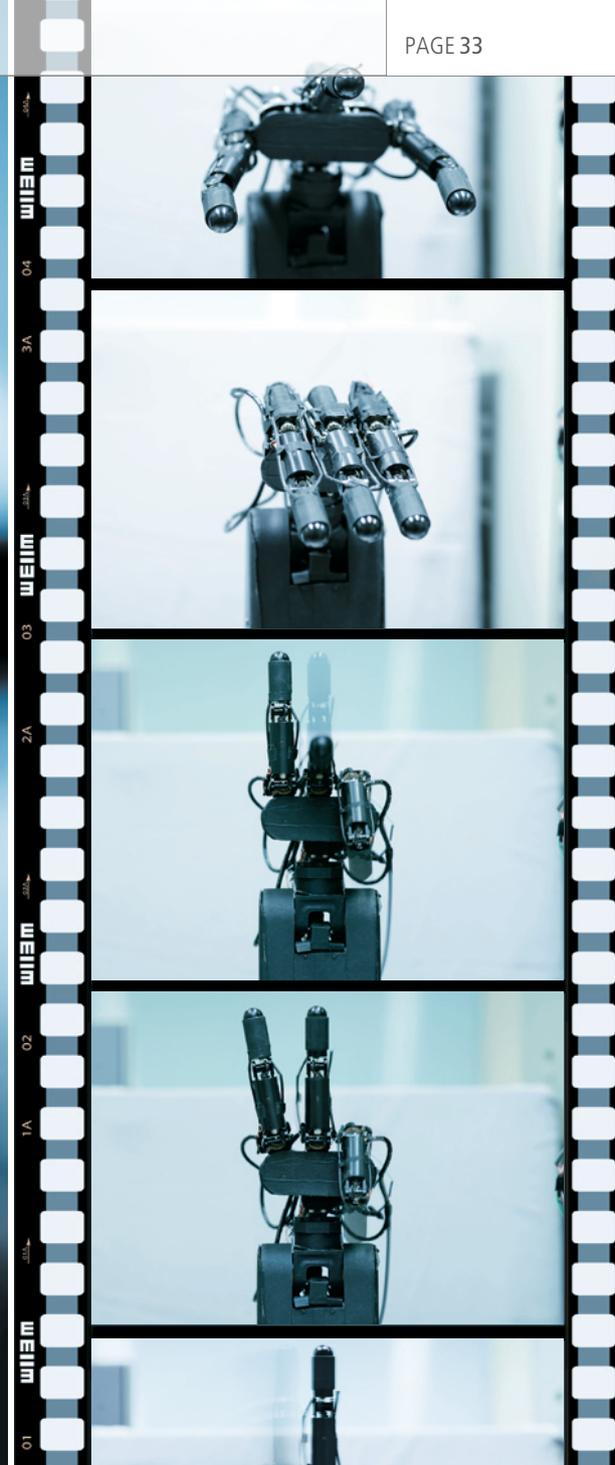
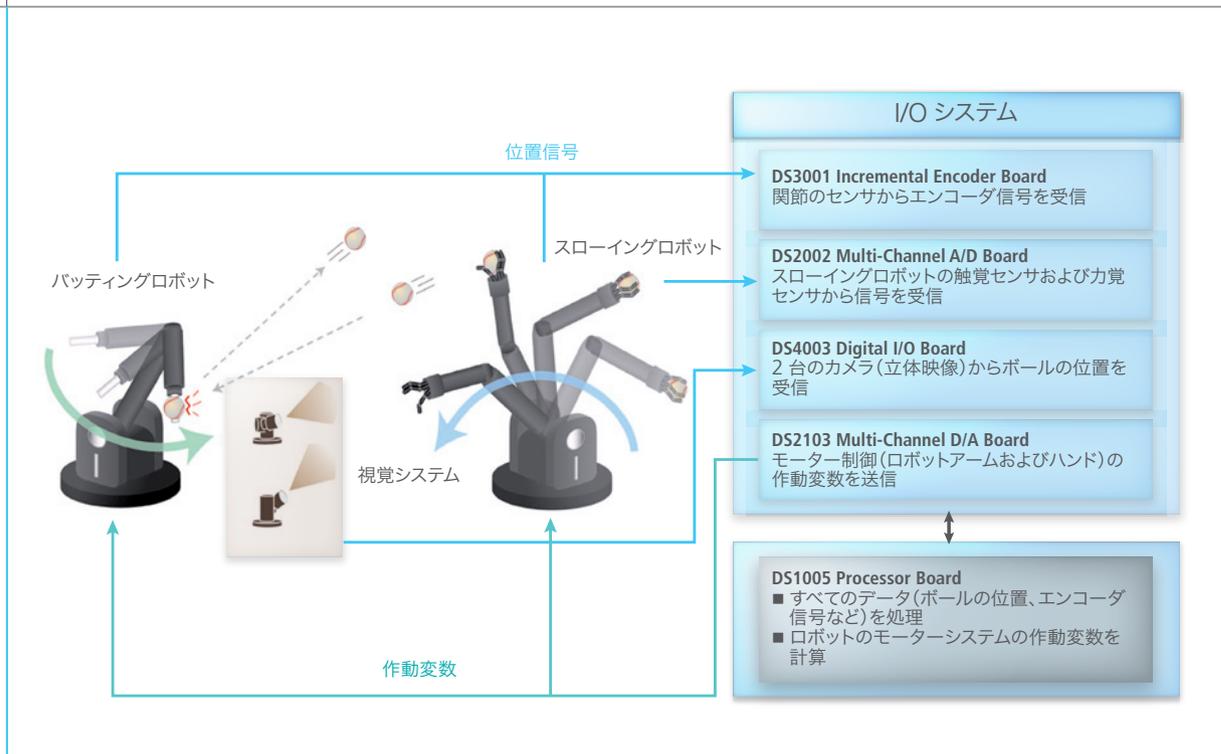


Home Run in Lab

「ボールを投げて打つ」
最適な動作を高速に再現する
野球ロボットシステム



新しい用途を切り開く超高速ロボットへの期待が高まりつつあります。人間の処理能力を超えて、機械システムの限界に挑む、並外れた運動性能や認識機能を追求することでさまざまな応用が期待できるからです。ここでは、東京大学で2台の野球ロボットを用いて行われている研究プロジェクトの概要を紹介します。



スローイングロボットとバッティングロボットを用いて、本物の野球選手の動きを再現するシステムが構築されました。ロボットに搭載されたセンサと立体映像カメラから複数のインターフェースボードを介して得られた信号を評価し、モーターの制御値を計算するために、dSPACE システムが使用されました。

人間の認識および運動能力

人間の脳は、従来から開発されてきたコンピュータとは異なり高い順応性を持っています。これは脳が神経系からなる閉じた系ではなく、非常に多くの感覚器を通して外界からの情報を得て、多数の運動制御機能を用いて外界に働きかける開放系であり、外界との情報のやりとりを通じて適応能力や学習能力を高めていくことができるためです。

このような調和のとれた柔軟性・信頼性の高い認識・行動機能を実現した例として、ピアニストやサーカスの曲芸師の高度な演奏や演技が挙げられます。

超高速ロボット

東京大学の研究プロジェクトの目的は、人間や従来ロボットの性能をはるかに超える超高速ロボットシステムを構築することにあります。

速度性能を達成するために、システム仕様要件として次の構成要素が用いられました。

- 画像の撮像と転送および計算まで含めて 1kHz で処理が可能な画像処理システム
- トルク対重量比の高い小型モーターを搭載し、安定な操りに最小限必要な 3 本指を備えた軽量のロボットハンド

システム設計

本研究プロジェクトで構築したシステムは、ロボットアーム、ロボットハンド、視覚システム、各種センサ、および dSPACE ハードウェアをベースにしたリアルタイム制御系から構成されています。

ハンドの指先外周にフィルム状の触覚センサ、指関節に力覚センサを装備して、物体の接触情報を 1kHz で取得します。高速ハンドは、株式会社ハーモニック・ドラ

します。dSPACE システムにダウンロードする制御ソフトウェアは、MATLAB[®]/Simulink[®] を使用して開発しました。

野球の動作の実験

実験では、一方のロボットがピッチャー、もう一方のロボットがバッターの役割を果たします。スローイングでは肩から手先へ順々と速度ピークの時間を移行することで、エネルギーの伝播効率が向上して高

「dSPACE モジュール型ハードウェアを用いることで、高速ロボットの要となる堅牢で高性能なリアルタイムシステムの構築が容易にできました」

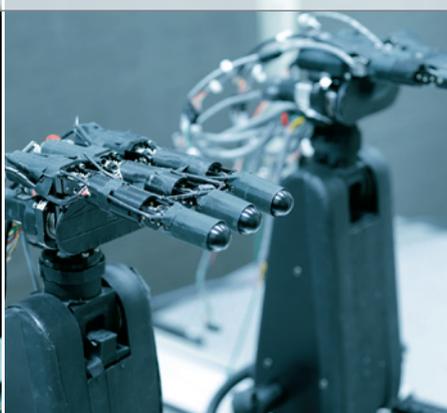
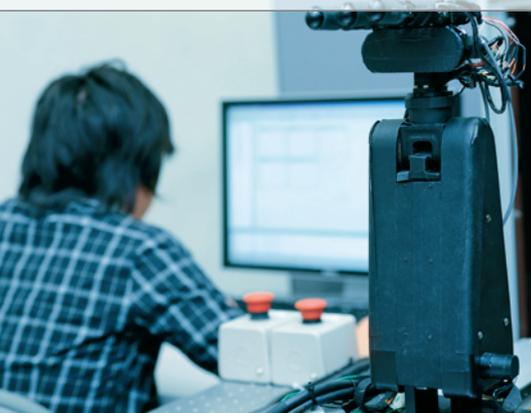
東京大学、博士、妹尾 拓 氏

イブ・システムズと共同で開発し、0.1 秒で 180 度の開閉が可能です。視覚システム (視覚センサ+プロセッサ) は、浜松ホトニクス株式会社と共同で開発されました。カメラヘッドをパンおよびチルトの 2 自由度メカニズムに搭載したアクティブビジョンシステムとすることで、人間の眼球運動と同様に物体を視野の中心で捉えるようにトラッキング制御しています。2 台のアクティブビジョンシステムを用いてステレオ視することで、3 次元形状を再構成

速かつ滑らかな腕の振りを実現しました。バッティングではバットを高速に振り切る動作とボールに追従する動作を分散制御することで、高速にスイングしながら変化球にも対応して打つことが可能となりました。

スコア

結果として、スローイングロボットが投げたボールを 3.9 m 離れたバッティングロボットがスイング時間 0.2 秒で打ち返



システムとなっています。スローイングロボットは、人間と同様に指を使って、瞬間的にリリースのタイミングと方向を精密にコントロールすることでストライクゾーンへの投球を実現しています。任意に設定した目標地点へ投球することも可能です。バッティングロボットは、アクティブビジョンで計算した3次元位置情報に合わせてバットの軌道も1kHzごとに調整しているため、たとえば変化球や人間がランダムに投げた場合でも打ち返すことが可能です。今回の実験では2台のロボット間の距離が短いため（実験室が狭いため）、バッティングのスウィング時間に合わせて投球速度を制限していますが、実際のピッチャーマウンドとホームベースの距離（18.4 m）に換算すると、理論上は時速300 kmのボールを打つことも可能です。

dSPACE システムの役割

dSPACE システムの役割は、センサ情報の受信、スローイングロボットとバッティングロボットの運動軌道の計算、モータードライバへの指令送信です。dSPACE システムには、拡張ボックスを用いたモジュラー方式のアプローチが採用されており、大規模なシステムを構築するのに非常に便利です。■

東京大学
博士（情報理工学）妹尾 拓

今後の展望

今後は超高速ロボットシステムを用いてさまざまな技能の蓄積や体系化を行っていきます。既に私たちの研究室ではペン回し、ドリブル、微小物体キャッチなど、非接触状態や不安定状態を積極的に利用した器用な高速操り動作を実現しています。こうした基礎的な技能を統合していくことで、物体との接触状態を常に維持しながら準静的に作業を行う従来型のロボット作業ではなく、ダイナミックな運動を導入した新たなロボット作業形態を創出していく予定です。

デモビデオは以下の Web サイトで
ご覧になれます。

www.dspace.com/goto?cv

博士（情報理工学）妹尾 拓 氏

東京大学大学院情報理工学系研究科
創造情報学専攻 石川・小室研究室 特任研究員

