

2025年度未踏ターゲット事業（リザーバーコンピューティング技術を活用したソフトウェア開発分野）

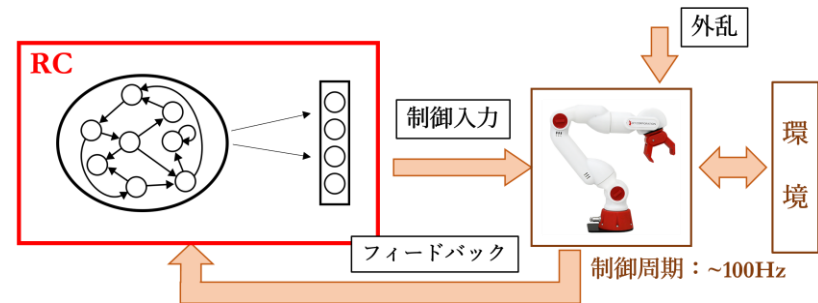
ロボットのリアルタイム学習を可能にする リザーバーコンピューティングソフトウェアの開発 — 高速オンライン学習による実時間適応制御の実現 —

熱田 洋史（大阪大学先導的学際研究機構）

背景

リザーバー計算によるオンライン学習の特徴

- ✓ 高いデータ・学習効率を活かしオンラインかつリアルタイムに学習可能
- ✓ リードアウト重みだけを学習するため制御対象に関してモデルフリー



実装上の課題

ロボットの制御ループ（50Hz～100Hz）以内に以下の処理の実行が必要

- ・ リザーバー状態（ノード数：100～数千）の更新
- ・ リードアウト重みの更新

→ 広く普及しているPythonなどのスクリプト言語では技術的に困難

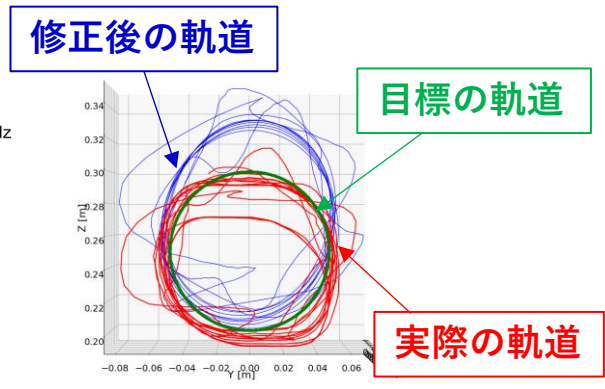
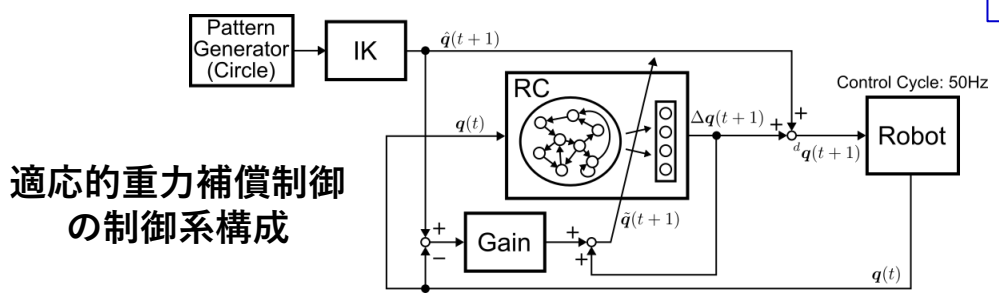
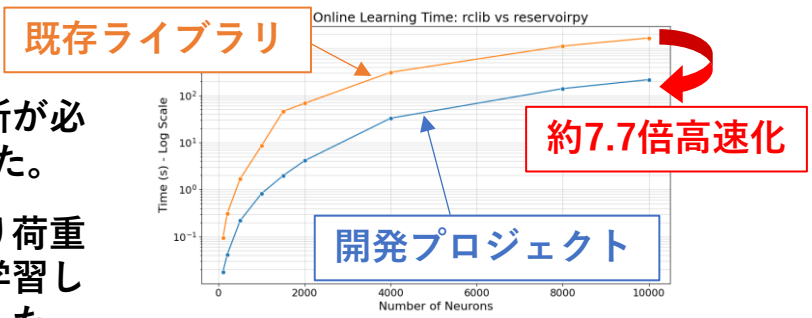
目的

1. 高速リザーバー計算ライブラリの開発：50Hzのロボット制御周期内で動作可能な高速演算基盤の構築
2. 利便性の高いOSSとしての提供：普及しているPythonからシームレスに利用できるOSSとして公開
3. ロボット実機での有効性実証：7自由度ロボットアームを用いたリアルタイム適応制御の達成

開発したソフトウェアの特徴（新規性・優位性）

既存ライブラリとの計算性能比較：逐次的なステップ更新が必要なオンライン学習において、約7.7倍の高速化を達成した。

ロボット実機を使った有効性検証：オンライン学習により荷重変化に適応する重力補償を実現し、リザーバーが修正量を学習し補正することで、即座に目標軌道へ追従することを確認した。



解決する課題と社会への影響

Physical AIの実現加速：シミュレーションを介さない実機での直接学習が可能になるため、個体差や未知の環境変化に即座に適応できる自律型AIの社会実装を促進する。

開発工数の削減と省電力化：数理モデル化が困難なソフトロボット制御への応用や、計算資源の限られたエッジデバイスでの省電力なAI運用に貢献する。

開発したソフトウェアのアピールポイント

高度なアルゴリズム最適化：リザーバーの動特性を決定するスペクトル半径計算の高速化や、RLSの共分散行列計算の対称性を活かした演算量の約50%削減など、高度な最適化を施した。

OSSとして公開：寛容的なApache-2.0ライセンスのもとで公開されており、網羅的な単体テストや継続的インテグレーション、詳細なドキュメントを整備した。