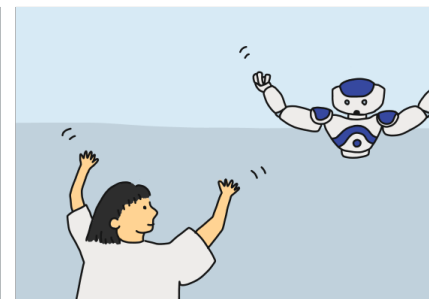






ロボットから人の知能の謎を解き明かす



深層RNNを用いた時系列データの 予測・表現学習

村田 真悟

慶應義塾大学 理工学部 電気情報工学科
専任講師

 <https://murata-lab.jp>
  @keio_crl
 murata@elec.keio.ac.jp

はじめに わたしたちが研究していること

認知ロボティクス

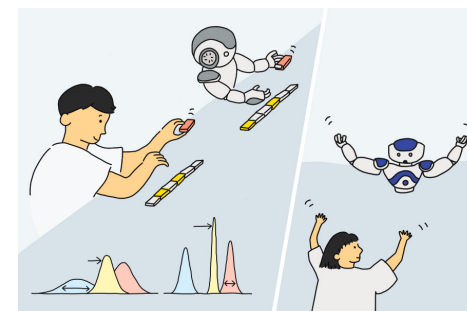
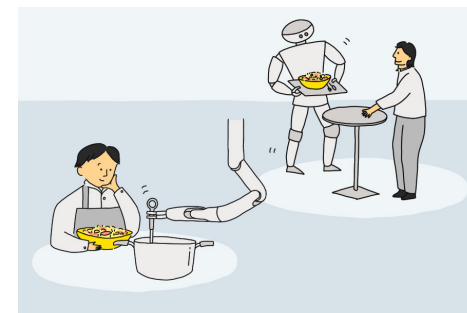
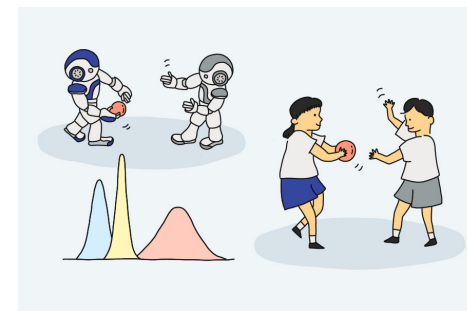
- 認知機能を実現する計算メカニズムの理解
→ 人の知能・脳を**理解する**

ロボット学習

- 他者との協調が可能な知能ロボットの実現
→ ロボットの知能を**創る**

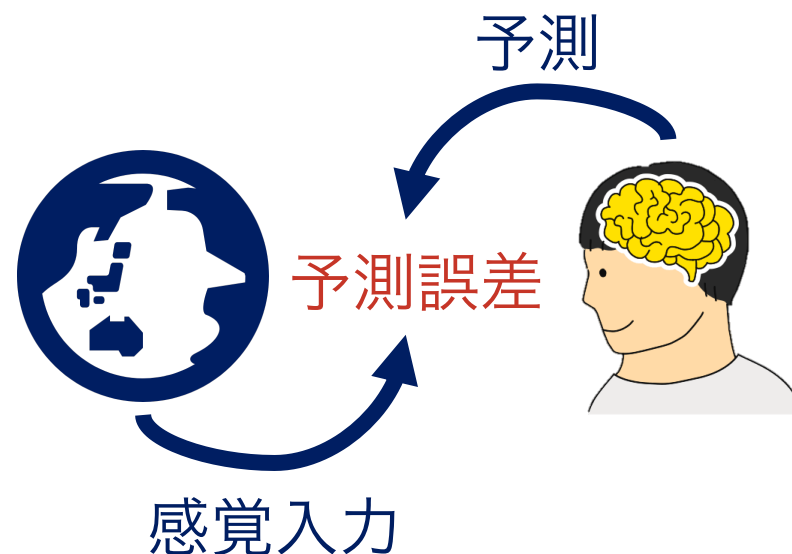
計算論的精神医学

- 精神障害をもたらす計算メカニズムの理解
→ 精神障害を**理解する**

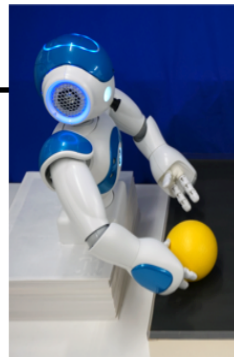
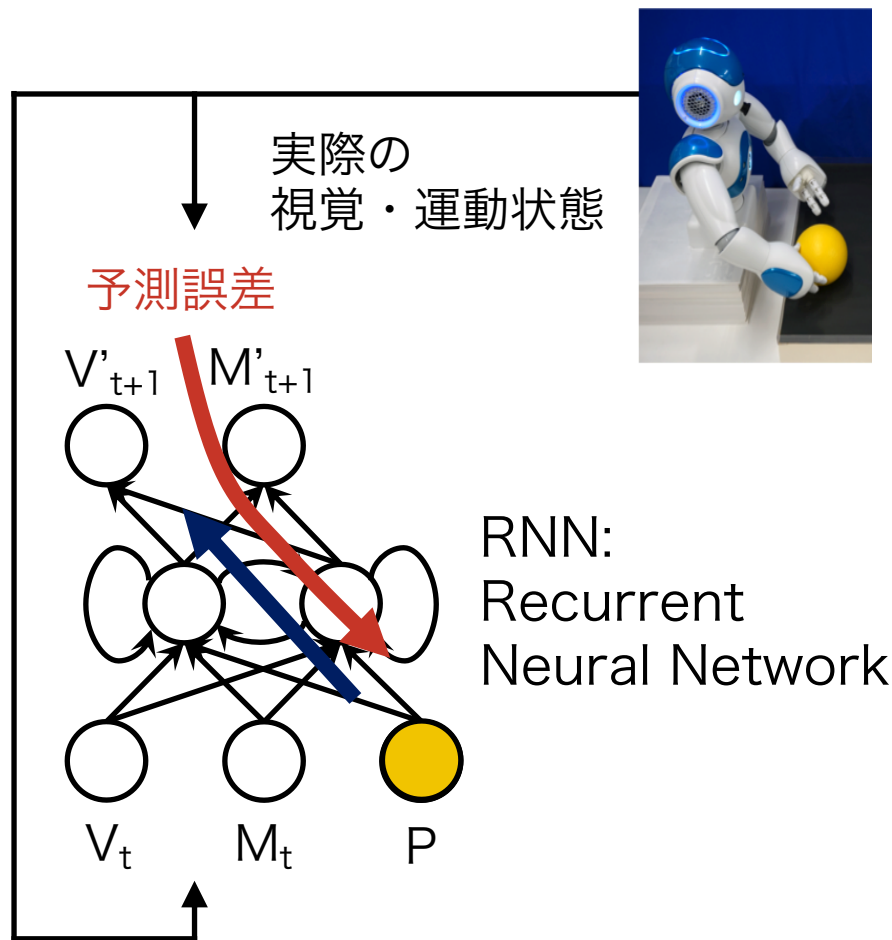


脳を予測生成器として捉える

- トップダウンに予測を生成
「世界はこう変わるだろう」
- ボトムアップに感覚入力を受け取る
「実際はこうだった」
- 両者の間の差（**予測誤差**）を算出
- 知覚・行動・学習といった認知機能は予測誤差最小化プロセスとして説明可能



RNNを用いたロボットの行動生成



1. 特定の視覚・運動パターンを表現する計画 (P) をセット
2. P と現時刻 t の視覚・運動状態 (V_t, M_t) から次時刻 $t+1$ の視覚・運動状態 (V'_{t+1}, M'_{t+1}) を予測
3. 実際の状態を受け取り **予測誤差** を計算
4. 予測誤差が最小化するように計画 (P) を修正

リーチングスキルの獲得

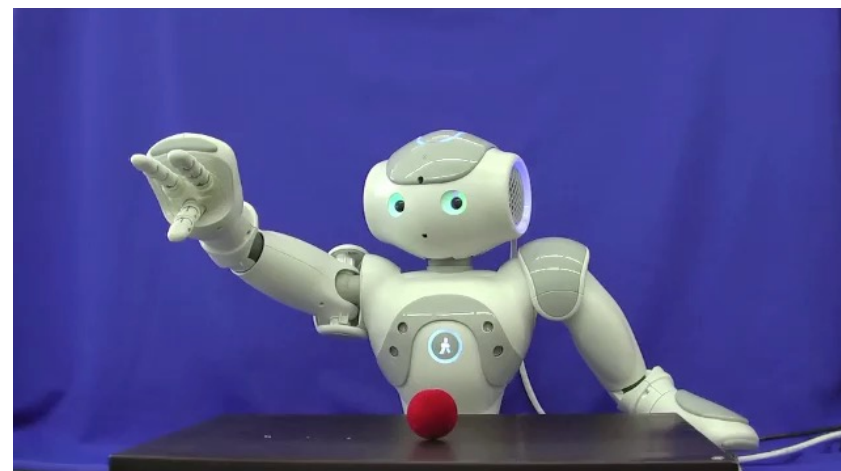
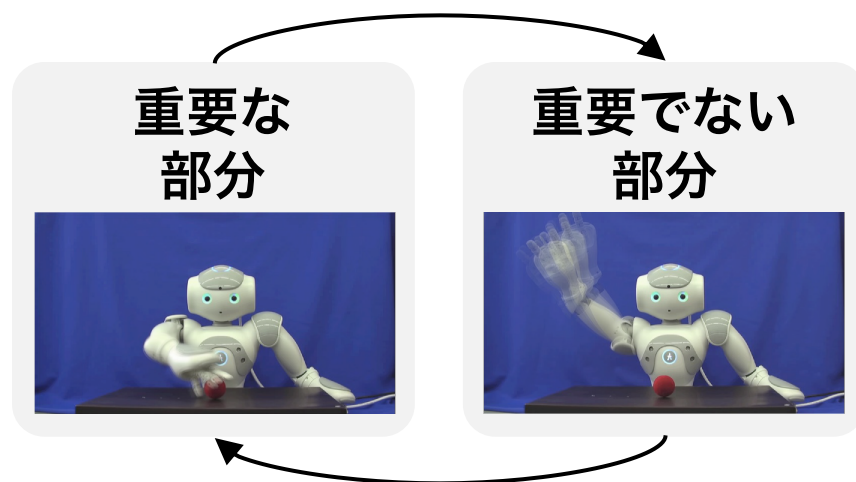
直接教示による運動経験から、リーチングの重要な部分と重要でない部分を、運動軌道の**不確実性**として抽出

タスク

机の上に置かれた物体へ手を伸ばし触れたら手を離すことを繰り返す

学習後の行動

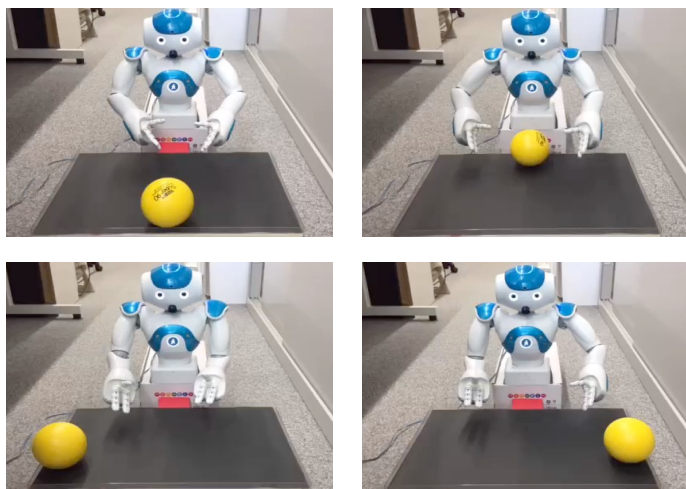
重要な部分： 正確に動く
重要でない部分： ラフに動く



互いに**予測誤差最小化**の計算原理に基づき行動計画を修正することで、予期せぬ環境変化が生じても協調を実現

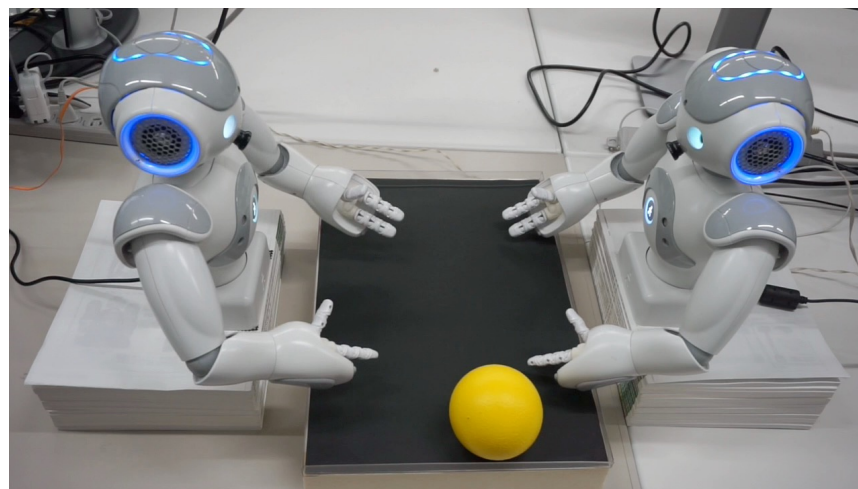
学習した4パターン

それぞれの行動を学習するが、その切替は学習しない



協調と環境変化への対応

対面したロボットは協調し、環境変化に応じた行動切替を実現



階層的な行動計画能力を獲得することで、役割・行動・運動軌道の異なるレベルの適応を実現

役割レベル

ベルの位置が自分と相手の間で突然移動されても柔軟に対応

誰が

行動レベル

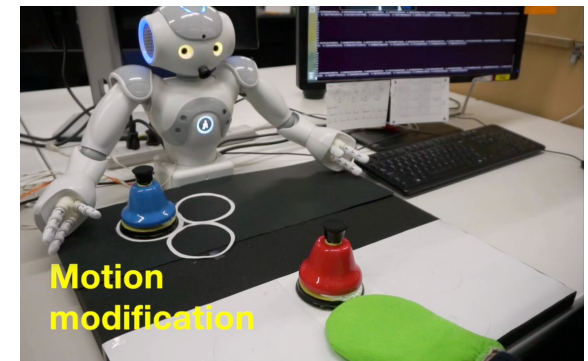
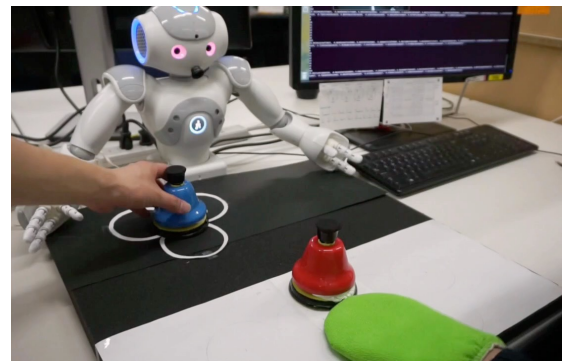
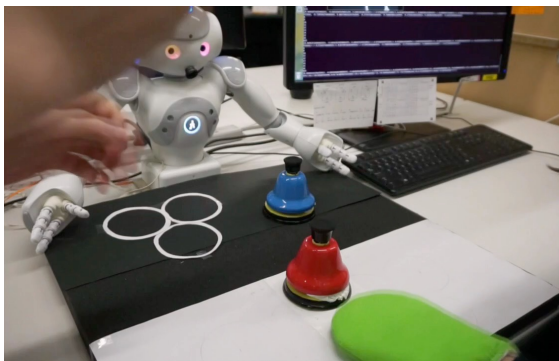
ベルの位置が右から左に突然移動されても柔軟に対応

何を

運動軌道レベル

ベルの位置の微妙なずれにも柔軟に対応

どのように



道具の選択 (大型ロボット編)

行動の指示を受けて、それに必要な**道具**を選択し、タスクの遂行を実現

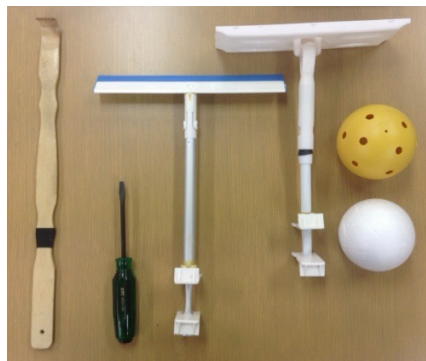
学習済

- ・ 長い/短い I/T字道具
- ・ ピンク色の物体



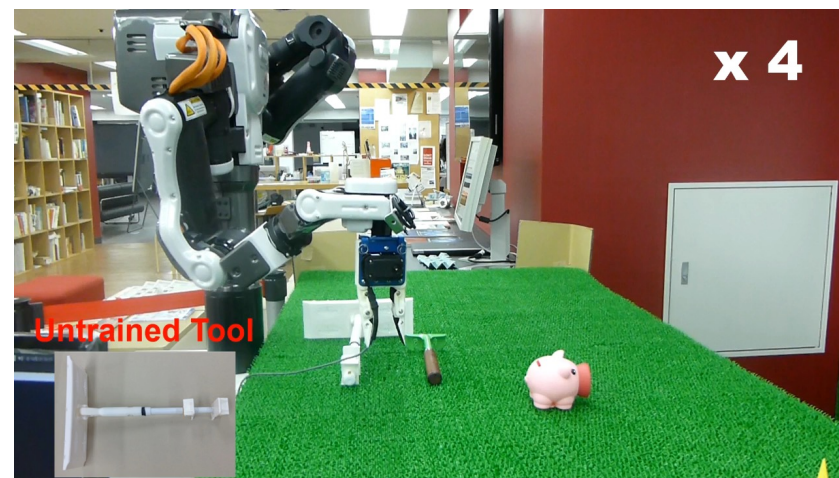
未学習

- ・ 学習済とは別の長い/短い I/T字道具
- ・ 黄/白の物体



未学習道具の選択

未学習道具も適切に選択し、物体操作が可能



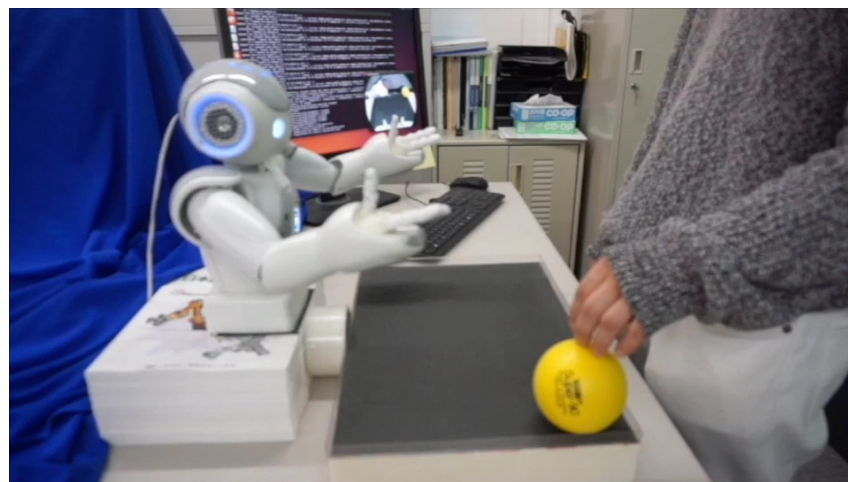
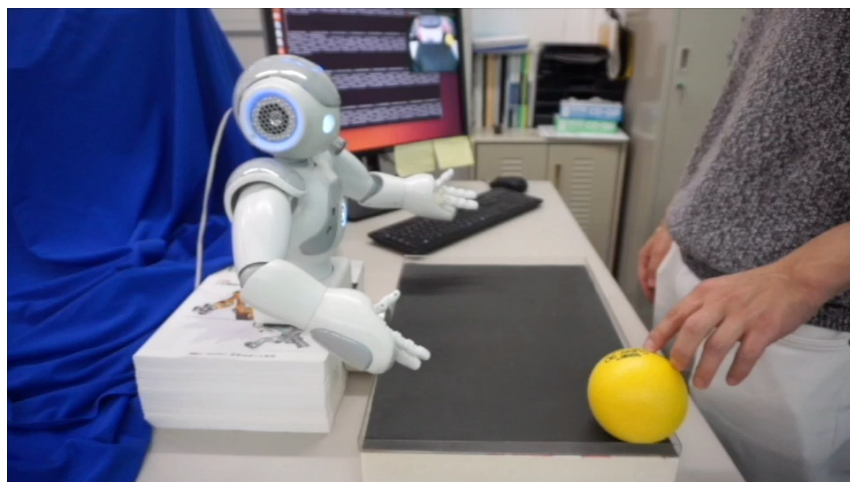
外部環境に対する**不確実性の推定異常**が予測誤差最小化の破綻をもたらし、正常時とは異なる行動を生成

正常な不確実性の推定時

予期せぬ状況変化が生じた際も
予測誤差最小化で適応を実現

過大な不確実性の推定時

予測誤差が減弱されてしまい、
適応できず行動停止



人とロボットの模倣相互作用

相手の意図を行動から読み取ることが必要な模倣相互作用
実験を実施し, 参加者によるパフォーマンスの違いを発見

とても上手い人

2分間の1セッションで3つの
パターンを見つけることに成功

あまり上手くない人

2分間の1セッションで1つも
パターンを見つけられなかった

