IBISML研究会

階層型深層学習モデルによる ロボットの動作学習 ー異なる環境変化への動的適応ー



尾形哲也

早稲田大学 理工学術院 教授/AIロボット研究所 所長 産業技術総合研究所人工知能研究センター 特定フェロー

尾形哲也(おがたてつや)

1993 早稲田大学 理工学部 機械工学科 卒業

2001-2009 早稲田大学 ヒューマノイド研究所 客員講師&客員准教授

2001-2003 理化学研究所 脳科学総合研究センター 研究員

2003-2012 京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 講師&准教授

2012-現在 早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 表現工学科 教授

2017-現在 産業技術総合研究所 人工知能研究センター 特定フェロー

2013-2014 日本ロボット学会 理事

2016-2018 人工知能学会 理事

2017-現在 日本ディープラーニング協会 理事

2020-現在 早稲田大学 次世代ロボット研究機構 AIロボット研究所 所長

早稲田大学のロボット研究



WABOT-1 (1973)

世界初の ヒューマノイド ロボット



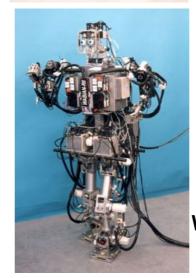
WABOT-2 (1984)



Haday-2 (1997)



TWENDY-ONE (2007)





WABIAN (1997)



WABIAN-II (2005)

深層学習(Deep Learning)

- ○深層学習は、画像、音声、自然 言語、等の処理において圧倒的な パフォーマンスを示す
- ⊗主にサイバー空間"のみ"で有効に働き、実世界(ハードウェア)応用事例が極端に少ない

何故か?

AIの革新へのブレークスルーへ!

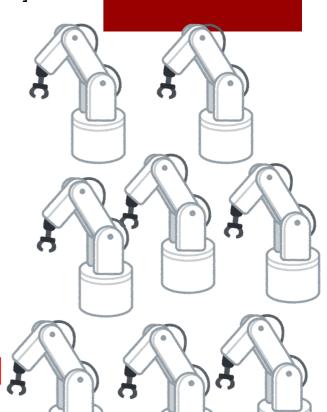




Googleのロボット制御

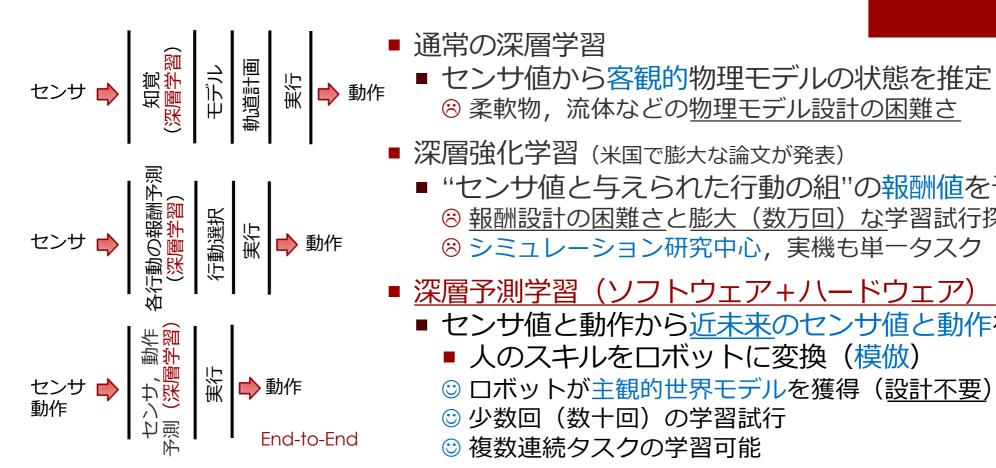
[S. Levine et al., 2017]

- 一般家庭やオフィスにある様々な物体の把持 を,画像特徴量,計画なしで実現
- Deep Q-Learning(深層強化学習)に類似した手法 C-function → 画像ピクセルと把持状態から把持成功確率(報酬)を予測 政策(Policy)→ 把持動作制御
- 14台のロボットマニピュレータで,計80万回の把持動作を2ヶ月かけて収集



AI(深層学習)のロボットへの応用

2: 従来 + 1: 新規 パターン

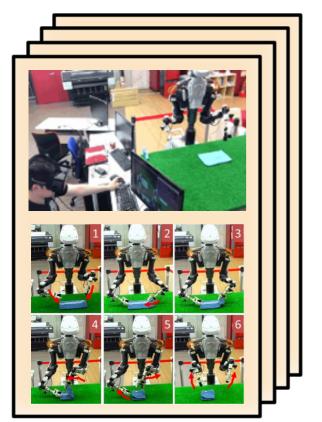


- 通常の深層学習
- 深層強化学習 (米国で膨大な論文が発表)
 - "センサ値と与えられた行動の組"の報酬値を予測
 - ※ 報酬設計の困難さと膨大(数万回)な学習試行探索
 - ⊗ シミュレーション研究中心,実機も単一タスク
- 深層予測学習(ソフトウェア+ハードウェア)
 - センサ値と動作から近未来のセンサ値と動作を予測
 - 人のスキルをロボットに変換(模倣)
 - ◎ ロボットが主観的世界モデルを獲得(設計不要)
 - ◎ 少数回(数十回)の学習試行
 - ◎ 複数連続タスクの学習可能

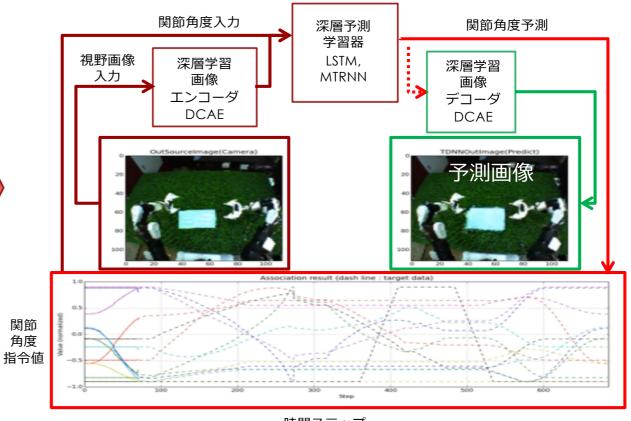
深層予測学習のフレームワーク

関節 角度

人間の操縦データ(スキル) の収集(少量データ)



実時間で動作・画像を予測(生成) するように学習(世界モデル)



時間ステップ

深層予測学習のデモンストレーション

「身体知」に基づくロボット独自の 世界モデルを獲得

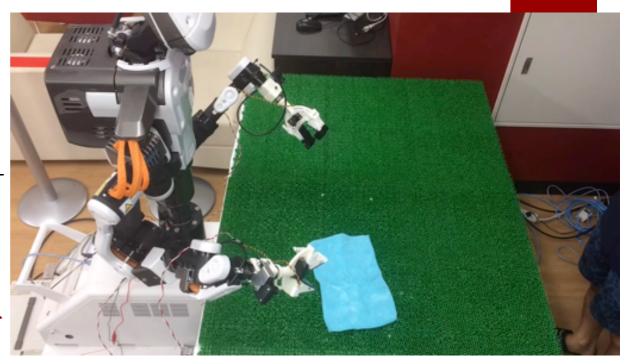
- □ 数十回の学習のみ
- □ "未学習"のタオル,本を高速かつ 反復して折り畳み可能

IEEE RA Letters, 2016., ICRA2017 etc.



エクスペリエンス・ベースド・ロボティクス (尾形提案)

- <u>JST CRDS戦略プロポーザル</u>「第4世代AIの研究開発」(2020)
- NEDO次世代人工知能・ロボット中核技術 開発ハンドブック (2020)



折り畳み(タオル配置・種類,本)含:手首柔軟関節

Cebit 2017, CEATEC2017, 国際ロボット展2017









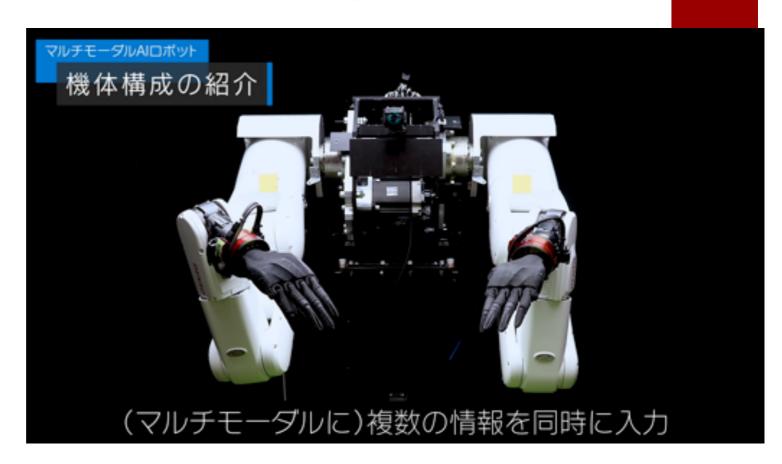
マルチモーダルAIロボット



https://blogs.nvidia.com/blog/2017/12 /18/robotics-atc-japan/



https://robotstart.info/2017/11/29/densommaira.html









GPU TECHNOLOGY CONFERENCE

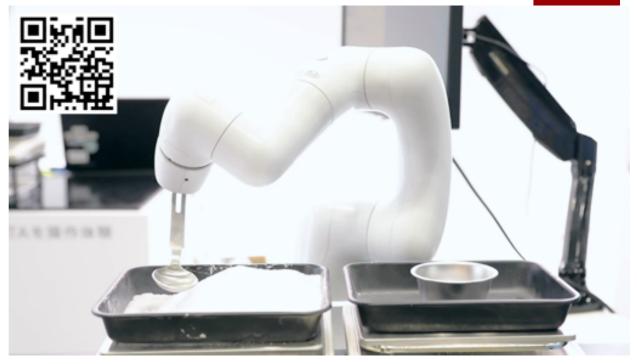






粉体のハンドリング









AI制御プログラムによる「COBOTTA」のデモ、スプーンを使った塩の計量と(左)とミニカーの組み立て

(右) の2種類 (クリックで拡大)

ドア開け通り抜け





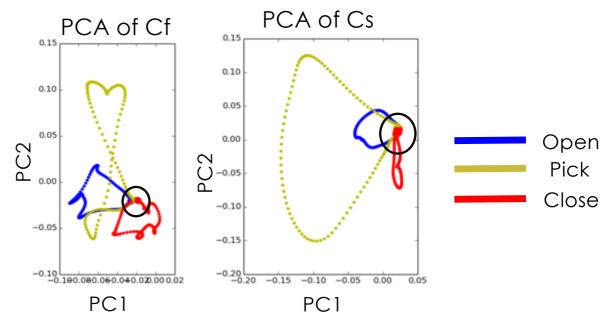


複数動作のRNNへの埋め込み

K. Kase, K. Suzuki, P. Yang, H. Mori, and T. Ogata, IEEE ICRA 2018.



箱開け、ピッキング、箱閉め



RNNの発火状態

アトラクタの埋め込み

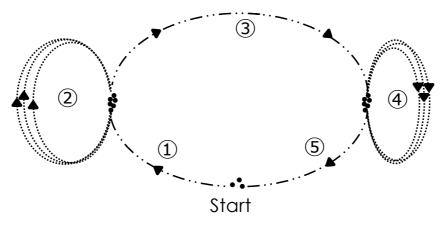
[K. Kase, H. Mori, T. Ogata, IROS2019]

$$loss = \sum_{s=0}^{S} \sum_{t=0}^{T} \|(\hat{\mathbf{y}}^{(s)}(t) - \mathbf{y}^{(s)}(t))\|^{2} + \sum_{\forall (p,q)} (\gamma_{p,q}(\mathbf{C}_{p}^{(s)}(T^{(s)}) - \mathbf{C}_{q}^{(s)}(0)))^{2}$$

感覚運動シーケンスの学習

動作の始点・終点での内部ニューロン発火状態の拘束

ンLSTM内部状態の設計



内部アトラクタの可視化

人間による介入



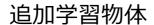
動作順の変更



物体の移動

未知物体への適応

ピッキング動作のみに、いくつかの物体を追加





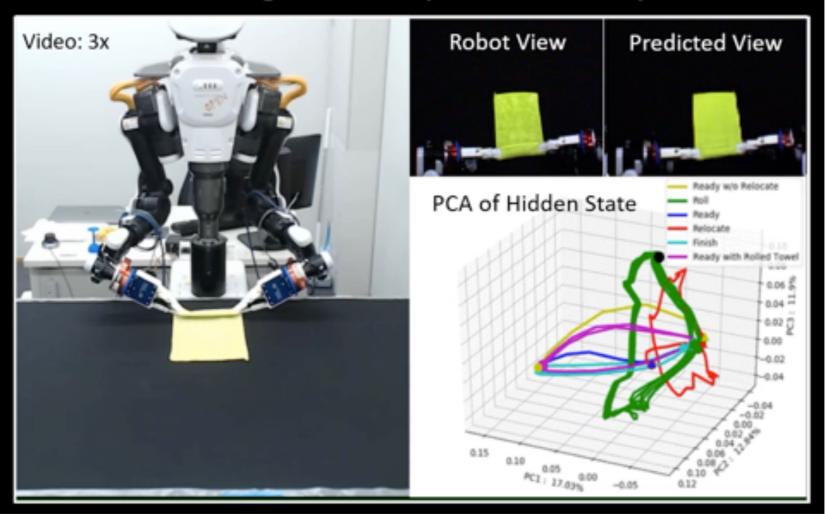


未学習物体





Towel Rolling: Interruption and Repetition



The third person view, robot's camera view, predicted camera view by LSTM, PCA of Hidden State. The black dot in the PCA shows current value.

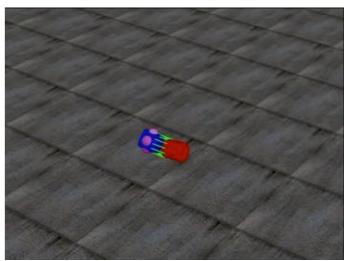
AIの信頼性について

- アプローチ1:従来のAIで抑制
 - ロボットであれば従来のロボット制御との組み合わせ
- アプローチ2:深層学習が獲得する表現の理解
 - 不連続なデータ, フラクタル構造など
 - 複雑で理解は現在のところ限定的
- アプローチ3:身体を伴った人間い近い知能へ
 - トップダウン(受動的)データからボトムアップ (能動的)身体経験へ



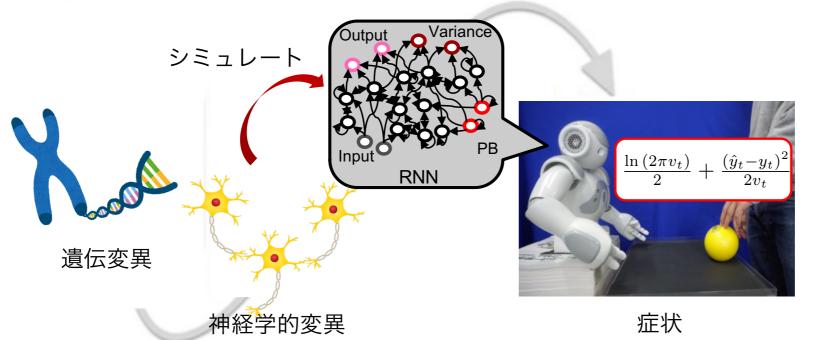






認知ロボティクスグループ

目的:神経学的変異一認知プロセスー身体行動それ ぞれのレベルの結びつきをシステム的に理解する

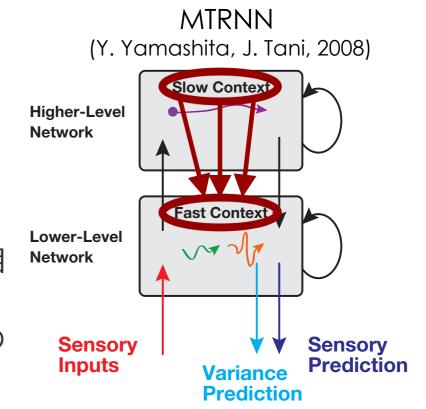


(学習, 運動制御, 状況認識)



発達ロボティクスからの設計思想

- 1. 経験の学習(エクスペリエンス・ベースド)
 - 運動と感覚を区別せず学習(順逆モデル)
 - 「感覚ー>動作」のマップではなく,環境との インタラクションを学習
- 2. "Multi-time scale"を扱う階層構造
 - 異なったレベルでの予測により、トップダウンと ボトムアップのインタラクションが生じる
 - 予測符号化
- "Novelty rewarding"による行動の探索,目標(報酬系)の生成
- 4. "Symbol grounding", 実世界と記号世界の 関係



早稲田大学次世代ロボット研究機構 AIロボット研究所(2020.4-)

早大の文理融合研究で現在の AIの革新を目指す!

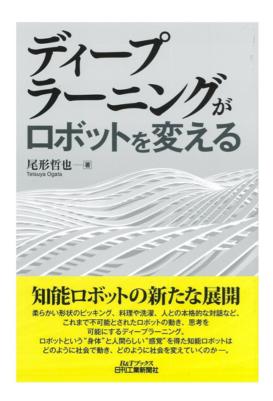
- AIロボットによる経験学習と応用
- AIロボットによる記号創発 と言語の実世界へのグラ ウンディング
- 3. AIロボットの社会実装における社会問題解決

- 所長
 - ◆ 尾形 哲也(理工学術院教授)
- 研究所員
 - ◆ 菅野 重樹 (理丁学術院教授)
 - ◆ 小林 哲則 (理工学術院教授)
 - ◆ 小川 哲司 (理工学術院教授)
 - ◆ 河原 大輔 (理工学術院教授)
 - ◆ シュミッツ アレクサンダー(理工学術院准教授(任期付))
 - ◆森 裕紀(主任研究員(研究院准教授))
 - □ 河村 耕平 (政治経済学術院教授)
 - □ 中村 民雄(法学学術院教授)
 - □ 黒沼 悦郎 (法学学術院教授)
 - □ 中出 哲(商学学術院教授)
 - □ 高橋 利枝(文学学術院教授)
 - □ 横野 恵(社会科学学術院准教授)













終わり

ogata@waseda.jp

