

# 第28回ロボット学会学術講演会

## ヒューマノイドによる発達的一般問題解決と 常識の獲得

○巻渕有哉 (東工大) 申富饒(中国南京大)  
長谷川修 (東工大)





# 目次

---

- 本研究の目的
- 提案手法
- 実験
- 提案手法の拡張
- まとめ

# 研究背景

近年、人間と同じ生活環境で共存可能な知能（ヒューマノイド）ロボットへのニーズが高まっている

- **認知発達ロボティクス** [1]
  - ニューラルネットワーク(SOM、RNNPB)やHMMによる動作パターンの認識・生成手法[2]-[4]
  - インテリジェンスモデルMINDY [5]
- **タスクベース認知行動システム** [6]

従来研究では動作パターンの認識、中間動作の生成、タスクの切り替えは実現できているものの、問題解決能力の発達は実現できていない



# Autonomous Mental Development (AMD)

AMDの要件 [7]	[2]-[5] など	[6]	提案手法
1. タスクに特有なシステムではない	○	×	○
2. タスクがシステム的设计者にとって未知である	○	×	○
<b>3. 未知のタスクに対するアプローチを生成できる</b>	<b>×</b>	<b>○</b>	<b>○</b>
4. オンライン学習が可能である	△	-	○
5. オープンエンド学習が可能である	△	-	○
<b>(6. 常識を獲得・運用できる)</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>(○)</b>





# Autonomous Mental Development (AMD)

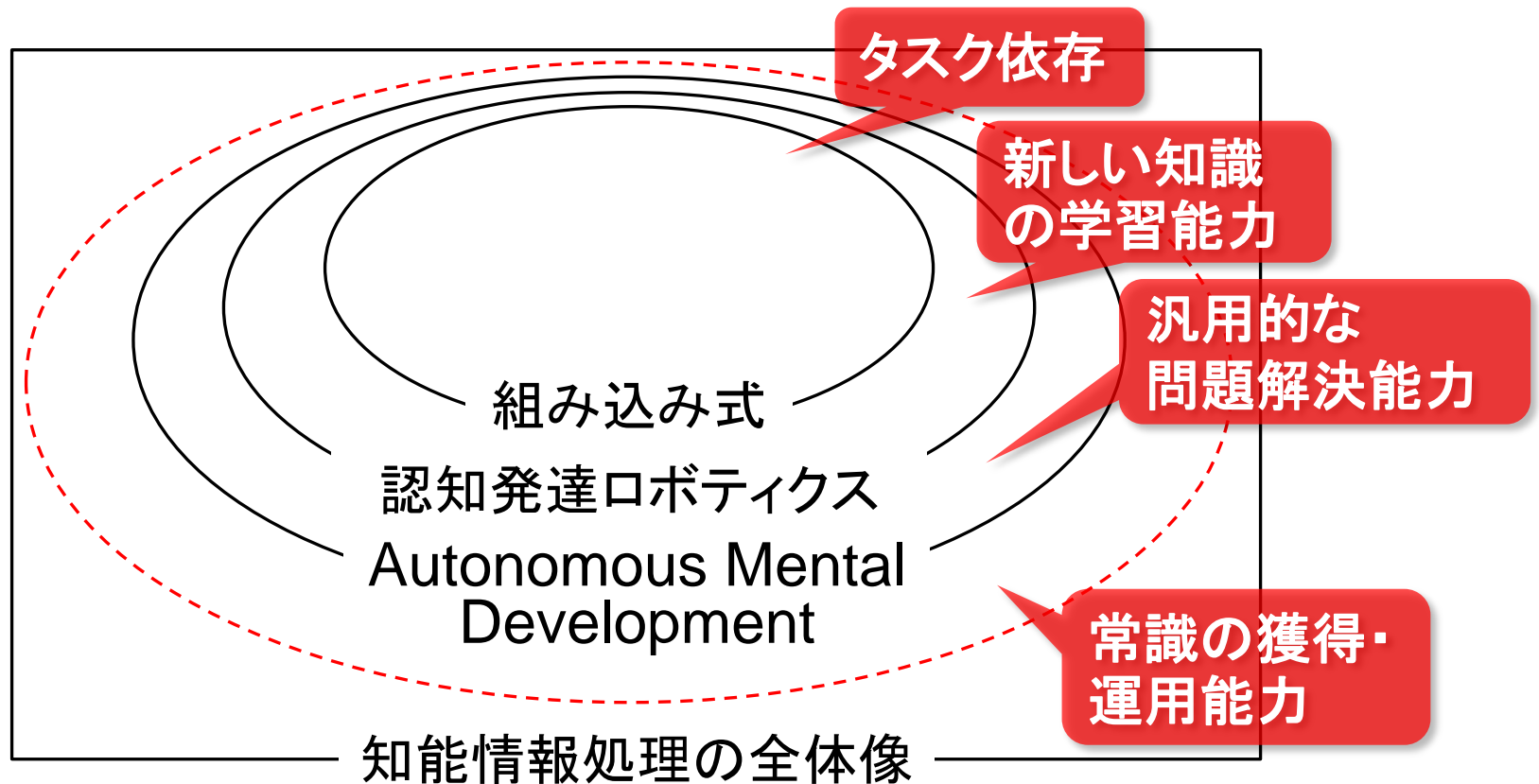
AMDの要件 [7]	[2]-[5] など	[6]	提案手法
1. タスクに特有なシステムではない	○	×	○
2. タスクがシステムの設計者にとって未知である	○	×	○
3. 未知のタスクに対するアプローチを生成できる	○	×	○
4. オンライン学習が可能である	△	-	○
5. オープンエンド学習が可能である	△	-	○
(6. 常識を獲得・運用できる)	-	-	(○)

AMDの要件を全て満たす知能アーキテクチャ

性質6の実現に向けたアーキテクチャの拡張

汎用のタスクに対する問題解決能力

# 本研究の位置付け



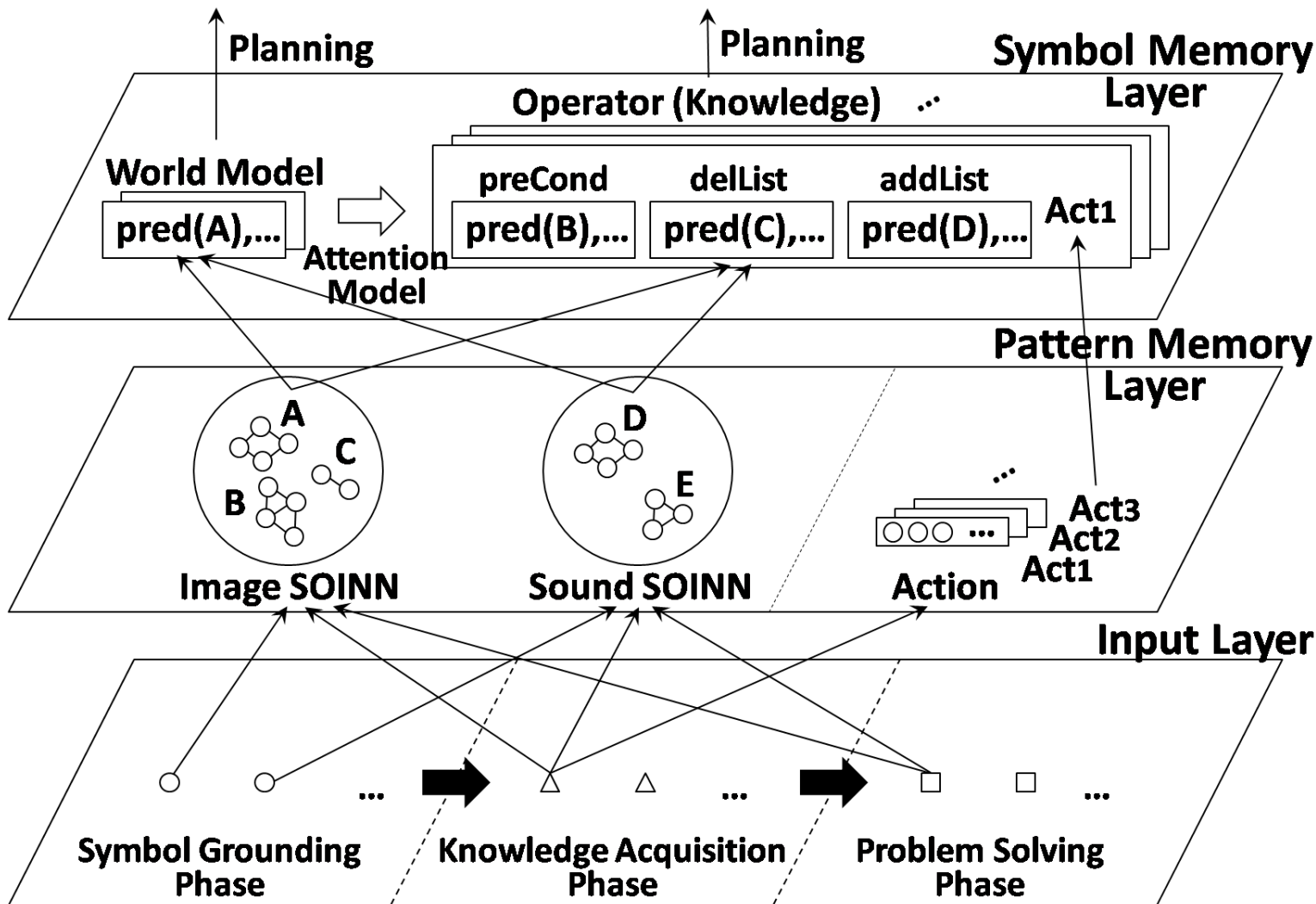


# 目次

---

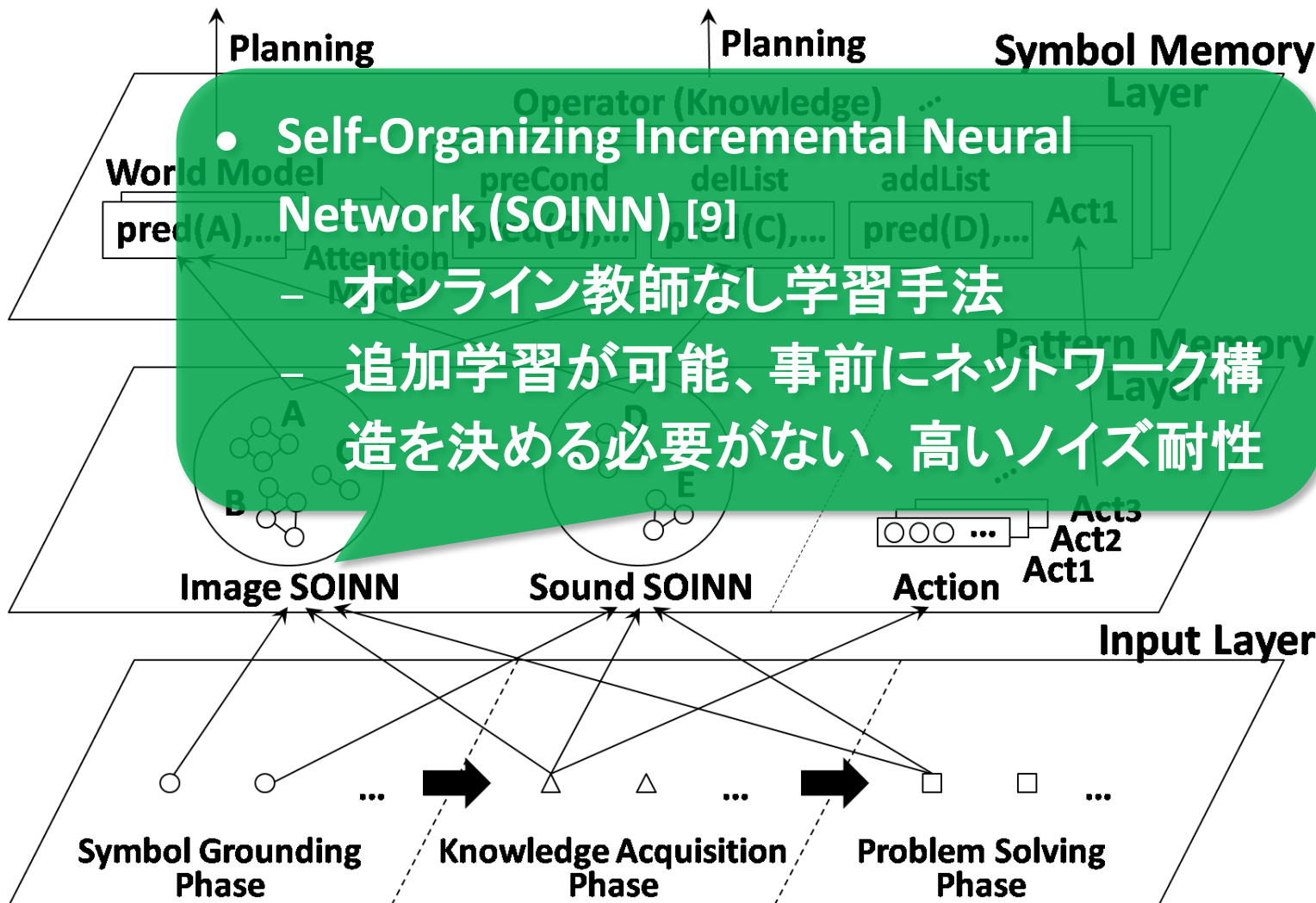
- 本研究の目的
- **提案手法**
- 実験
- 提案手法の拡張
- まとめ

# 提案手法





# 提案手法

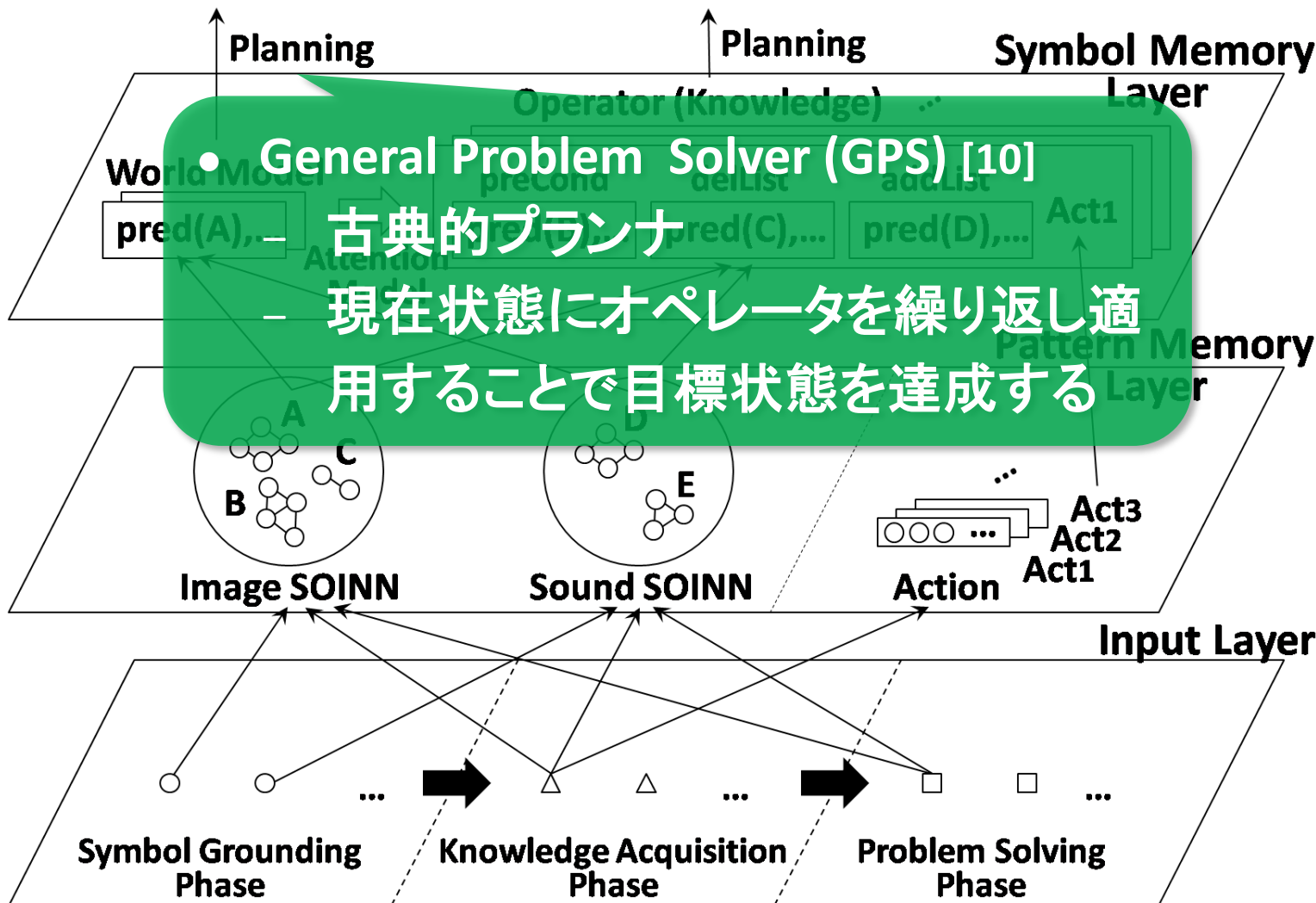


- Self-Organizing Incremental Neural Network (SOINN) [9]

- オンライン教師なし学習手法

- 追加学習が可能、事前にネットワーク構造を決める必要がない、高いノイズ耐性

# 提案手法



# 提案手法の解釈

## 記号接地フェーズ

“その場で”物体の概念を学習



# 提案手法の解釈

## 知識獲得フェーズ

“その場で”行動の因果関係を学習



ベルを押すと音が鳴る



# 提案手法の解釈

## 問題解決フェーズ

“その場で”行動系列をプランニング



Goal

コップを手にする  
→ ビールを注ぐ  
→ 相手に渡す



# 提案手法の解釈

## 問題解決フェーズ

“その場で”行動系列をプランニング

コップを手にする  
→ ビールを注ぐ  
→ 相手に渡す

物体や行動の追加的な学習により  
問題解決能力の発達を実現



Goal



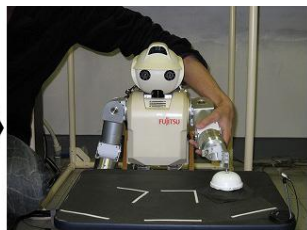


# 目次

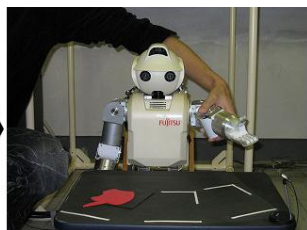
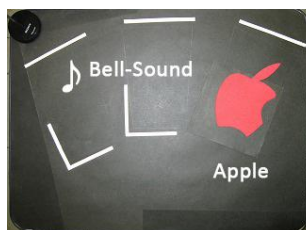
---

- 本研究の目的
- 提案手法
- **実験**
- 提案手法の拡張
- まとめ

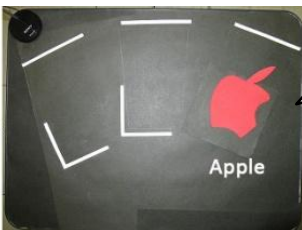
# 実験：知識獲得フェーズ



op1:ベルを押すと音が鳴る



op3:ベルの音が鳴っているときに“ちょうだい”をするとりんごが移動する



op5:右手を挙げるとりんごが手元に置かれる

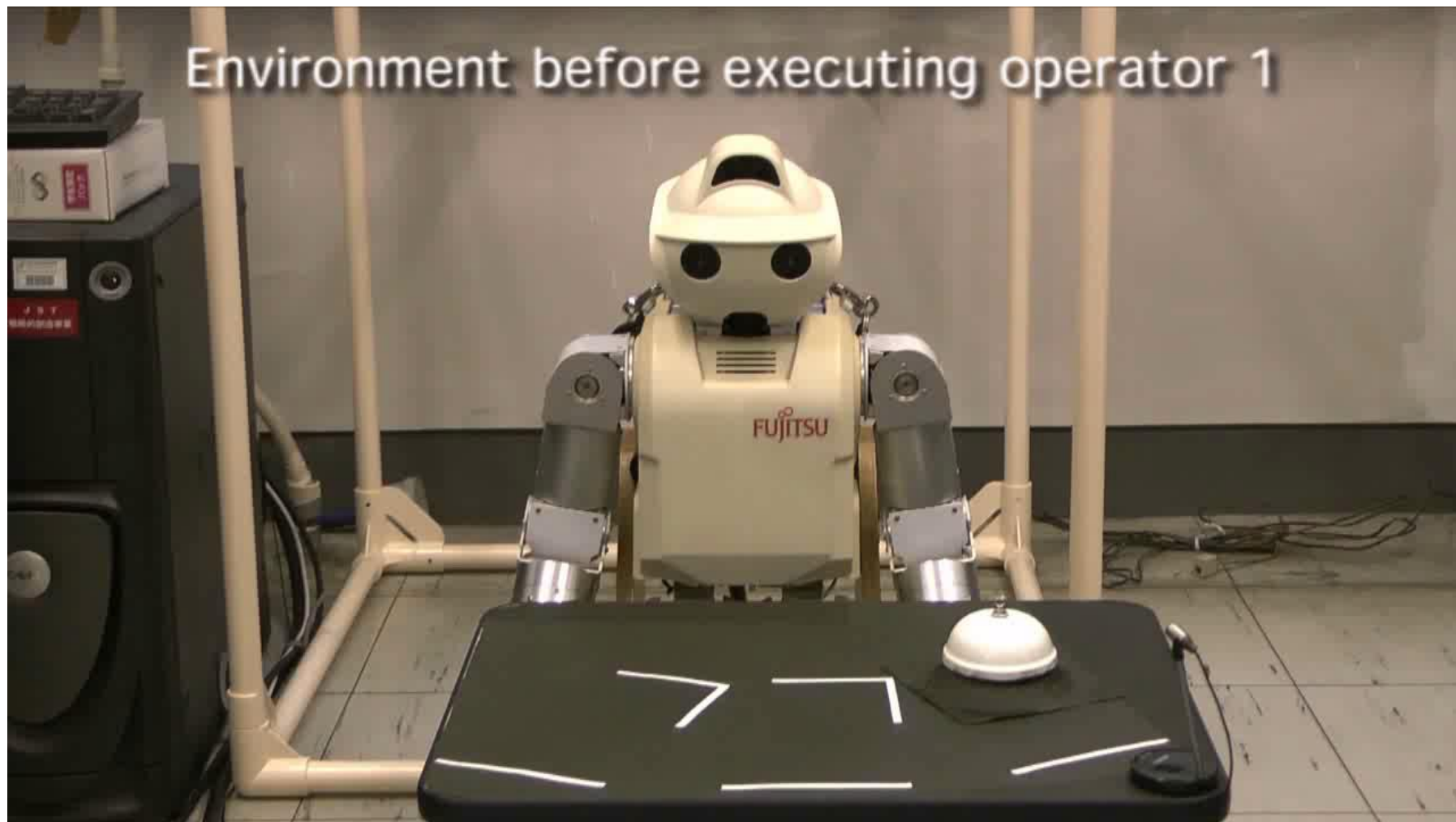


op9:左手を挙げるとベルが手元に置かれる





# 実験：知識獲得フェーズ（動画）

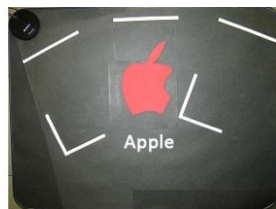


# 実験：問題解決フェーズ

## タスク



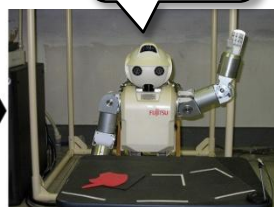
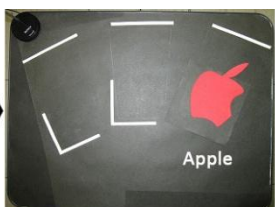
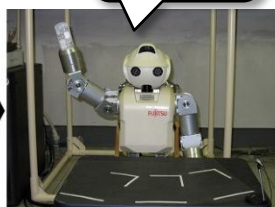
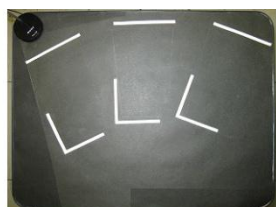
初期状態



目標状態

ロボットが直接的に  
経験したことのない  
タスク

op5



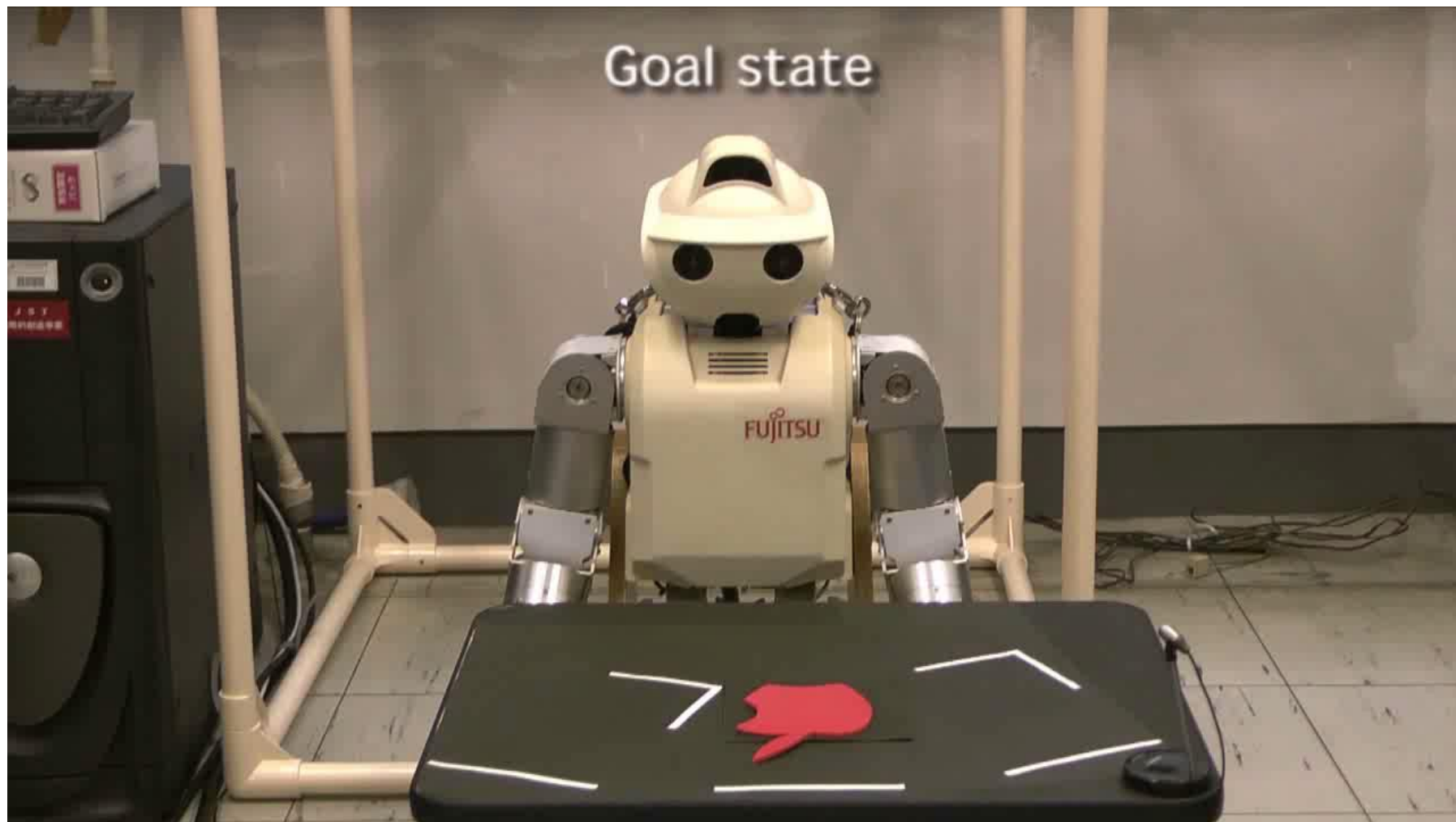
op3



Successful!



# 実験：問題解決フェーズ（動画）





# 目次

---

- 本研究の目的
- 提案手法
- 実験
- **提案手法の拡張**
- まとめ

# 性質6：常識の獲得・運用

## 常識の獲得・運用

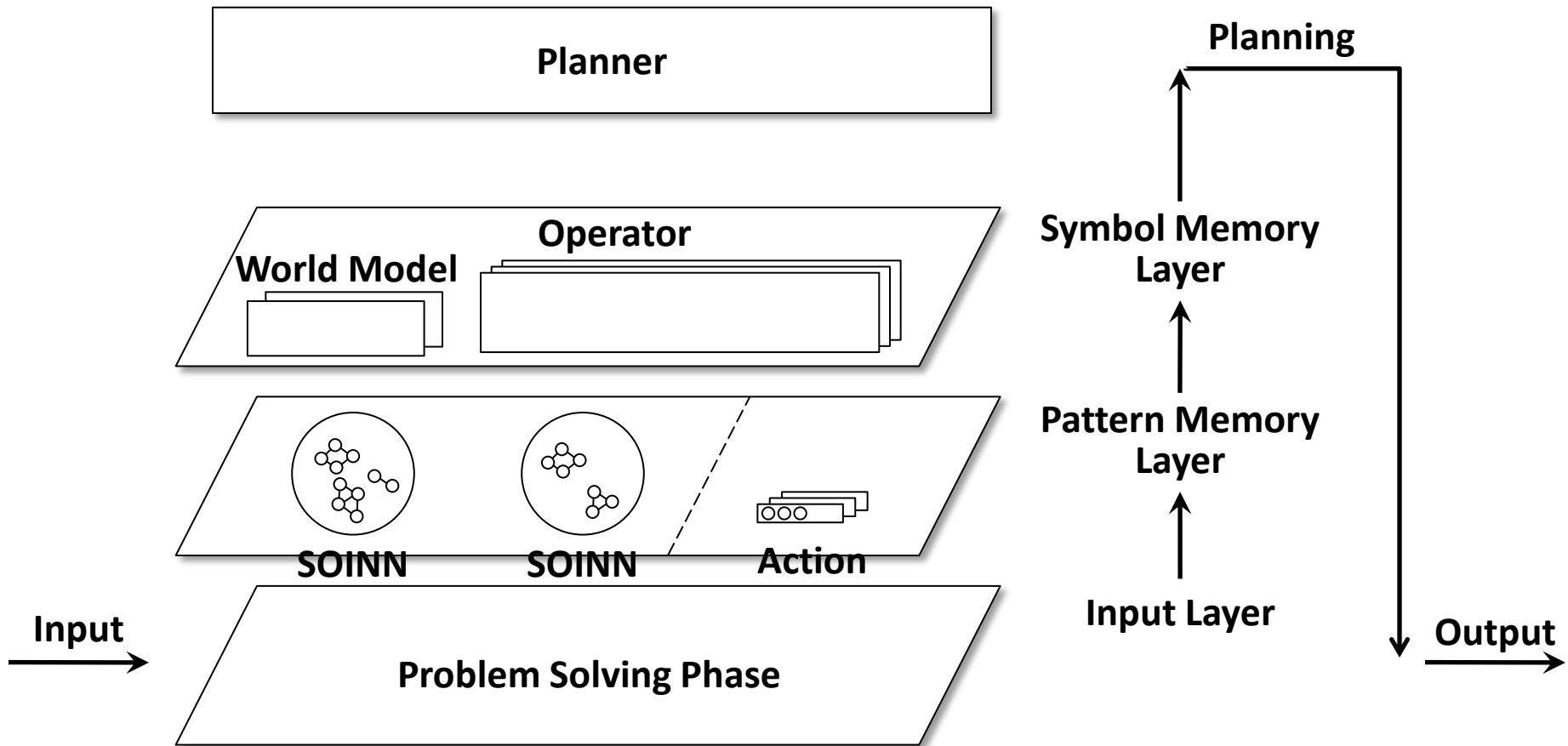
- 「人が生活していく上で身につけた、もはや意識に上がってこないような認識や知識 (Minsky)[8]」
- オペレータの増加に伴う計算時間の増大
- より低位の層で反射的にタスクに対処するメカニズム



## ロボットへの影響

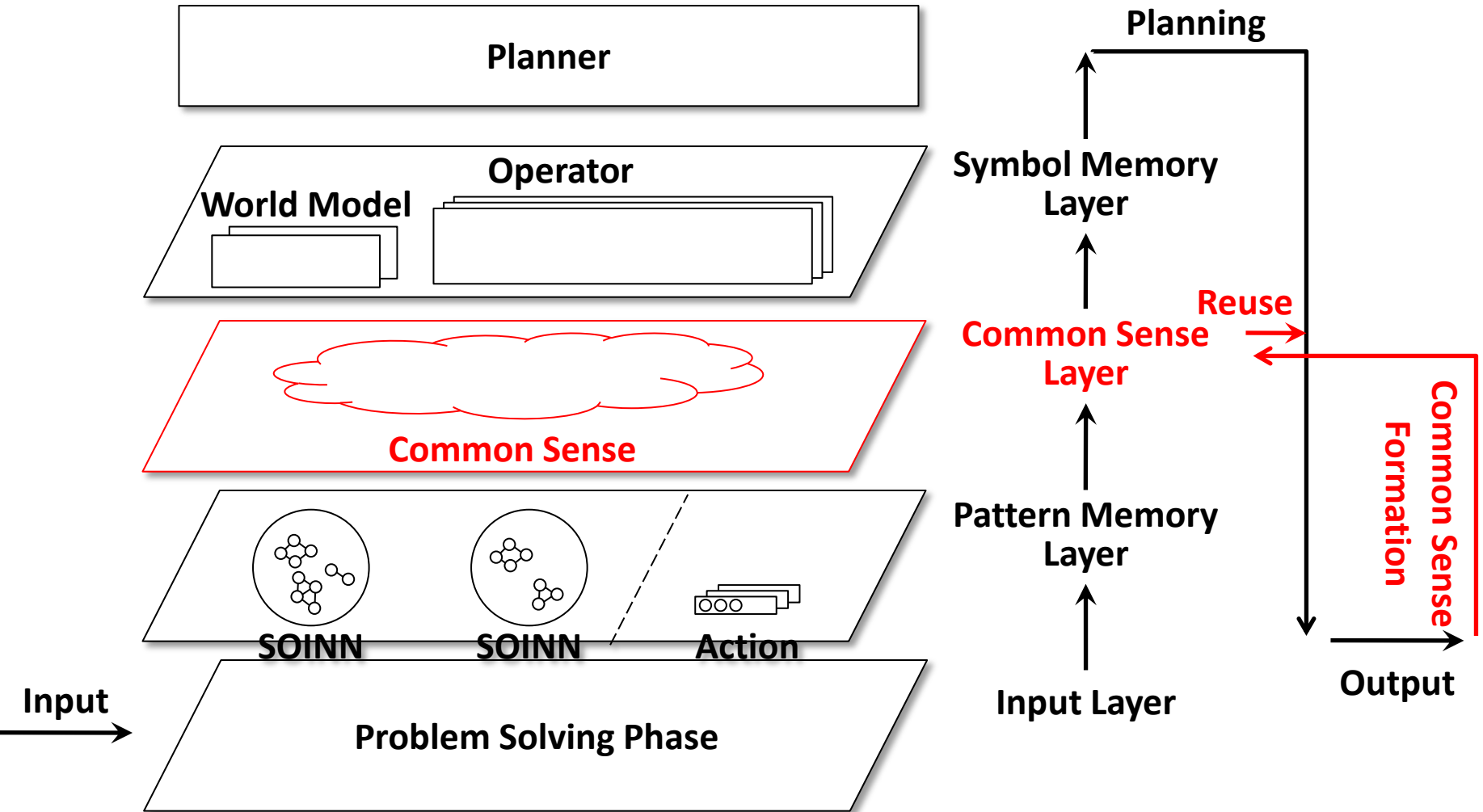
- 一度経験したタスクに以前より少ない計算時間で反射的に対処できる

# アーキテクチャの拡張(1)



現アーキテクチャの処理の流れ

# アーキテクチャの拡張(2)



拡張アーキテクチャの処理の流れ



# 目次

---

- 本研究の目的
- 提案手法
- 実験
- 提案手法の拡張
- **まとめ**



# まとめ

## AMDの要件を全て満たす知能アーキテクチャ

- 物体の概念やオペレータをオンラインかつ追加的に獲得することにより、問題解決能力の発達を実現
- 実験環境は非常に理想化されていたが、今後は画像処理、音声処理技術の発展とともに、生活環境で人間と同様のタスクを実行できることが期待できる

## 常識の獲得・運用能力を新たな性質として導入

- タスクに対する無意識的対処、慣れを実現
- メカニズムの実装と評価が今後の課題



# 参考文献

---

- [1] M. Asada et al.: “Cognitive Developmental Robotics: A Survey,” IEEE Trans. Autonomous Mental Development, vol. 1, no. 1, pp. 12–34, 2009.
- [2] 青山一美ら: “HMM-SOM に基づく認知行動の獲得とその学習”, 人工知能学会論文誌, vol. 22, no. 4, pp. 375–388, 2007.
- [3] T. Inamura et al.: “Interpolation and Extrapolation of Motion Patterns in the Proto-symbol Space,” in Proc. of International Conference on Neural Information Processing, Part II, pp. 193–202, 2007.
- [4] M. Ito, et al.: “Dynamic and interactive generation of object handling behaviors by a small humanoid robot using a dynamic neural network model,” Neural Networks, vol. 19, pp. 323–337, 2006.
- [5] K. Sabe et al.: “A Proposal of Intelligence Model, MINDY for Open-ended Learning System,” in Proc. of IEEE International Workshop on Intelligence Dynamics at Humanoids, pp.18–23, 2005.



# 参考文献

---

- [6] K. Okada et al.: “Integrating Recognition and Action Through Task-Relevant Knowledge for Daily Assistive Humanoids,” *Advanced Robotics*, vol. 23, no. 4, pp. 459–480, 2009.
- [7] J. Weng et al.: “Autonomous mental development by robots and animals,” *Science*, vol. 291, no. 5504, pp. 599–600, 2001.
- [8] M. Minsky: “ミンスキー博士の脳の探検—常識・感情・自己とは—”, pp. 187–251, 共立出版, 東京, 2009.
- [9] F. Shen et al.: “An Incremental Network for On-line Unsupervised Classification and Topology Learning,” *Neural Networks*, vol. 19, pp. 90–106, 2006.
- [10] G. W. Ernst et al.: “GPS: A Case Study in Generality and Problem Solving,” Academic Press, New York, 1969.