

# 汎用人工知能研究のマイルストーンとしての擬人化キャラクター

## Anthropomorphic Character as a Milestone of Artificial General Intelligence Research

大澤 正彦<sup>1,2\*</sup> 川崎 邦将<sup>3</sup> 八木 拓真<sup>4</sup> 長田 茂美<sup>3</sup> 今井 倫太<sup>1</sup>  
Masahiko Osawa<sup>1,2</sup>, Kunimasa Kawasaki<sup>3</sup>, Takuma Yagi<sup>4</sup>, Shigemi Nagata<sup>3</sup>, Michita Imai<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 慶應義塾大学大学院理工学研究科

<sup>1</sup> Keio University Graduate School of Science and Technology

<sup>2</sup> 日本学術振興会 特別研究員 (DC1)

<sup>2</sup> Japan Society for the Promotion of Science, Research Fellow (DC1)

<sup>3</sup> 金沢工業大学 大学院 工学研究科

<sup>3</sup> Graduate School of Engineering, Kanazawa Institute of Technology

<sup>4</sup> 東京大学大学院 情報理工学系研究科

<sup>4</sup> Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo

### Abstract:

We propose to use anthropomorphic characters with limited cognitive ability as a milestone of Artificial General Intelligence (AGI) research. We think “Minidora”, a character who appears in the anime “Doraemon” is suitable as our current challenge. Though Minidora cannot speak natural language, we assume Minidora share our mental model. Since its character requires human assistance, researches based on its characteristics are desirable from both technical possibility and social value. In this paper, we will illustrate several examples of cognitive ability Minidora holds, then show the relationship between existing researches, respectively. Especially, we focus on Minidora as a platform of new direction in Human-Agent Interaction and Pattern Recognition researches.

## 1 はじめに

ヒトレベルの汎用人工知能が実現した際の社会的・経済的価値は大きく、ヒトレベルの汎用人工知能をゴールに見据えたロードマップは重要である。ロードマップを設計する上で生物の進化を参考にする場合 [1] があるが、常に有効とは限らない。例えば、生物学を参考にしたロードマップではネズミレベルの知能の再現が直近の課題として頻繁にあげられる。しかし、ネズミはあまり視覚に頼らない認知をしており、現在特に発展している画像認識技術が有効に活用されない可能性がある。知能の工学研究は人の認知を基準に展開される傾向があるため、生物の進化の過程とは必ずしも一致しない。したがって、技術の進展を考慮してロードマップや直近の課題を定める必要がある。

著者らは、フィクションに登場する認知機能が制限された擬人化キャラクターがロードマップの基準に有

効と考えている。擬人化キャラクターの認知機能は、人間の認知機能を基準に多種多様な設定がされているため、現状の技術に応じて柔軟に問題設定ができる。さらに制約されている認知機能が明確化することができ、個々のマイルストーンを達成した場合の次のステップが自然と明らかになる。

擬人化キャラクターの中でも、アニメ「ドラえもん」に登場する「ミニドラ」は直近の課題設定として有効と考えられる。ミニドラとは小さなサイズのドラえもんであり、発話するのは「ドラドラ」といった非自然言語のみといった認知的制約がある。しかしミニドラの認知的制約は、人にミニドラを助けたいと思わせることもできており、人の助けを前提としたデザインは、技術的実現可能性を高めつつ社会的価値を創出できる [2]。さらに認知的制約を解決することで、「ドラえもん」というヒトレベルの汎用人工知能に自然な拡張が可能である。

本論文では、ミニドラを題材とした汎用人工知能開発について考察する。第2章では、本稿の背景となる

\*連絡先：慶應義塾大学 大学院 理工学研究科  
神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1 25-419  
E-mail: mosawa@ailab.ics.keio.ac.jp

諸研究について述べる。第3章では、ミニドラの学術的位置づけについて説明し、第4章で、想定される具体的な問題設定や課題について議論する。そして最後に第5章をまとめとする。

## 2 関連研究

### 2.1 Human-Agent Interaction

人間とのインタラクションを対象とする研究に Human-Agent Interaction (HAI) がある。HAI においてエージェントとは擬人化エージェント、ロボット、人間の三つをさす。したがって HAI では人と上記の3種類のエージェントとのインタラクションを扱う [3]。HAI の目的は3つの異種インタラクションデザインについて、共通する要因、異なる要因を実験的に検証することといえる [3]。

HAI は一般的な人工システムとは異なり、人間からシステムへの適応、つまり相互適応を前提とする [4]。つまり Intelligence Amplification (IA)[5] の立場である。

### 2.2 Artificial Subtle Expression

Human-Agent Interaction(HAI) 分野では、インタラクションが成立する最小限のデザインについて検討が行われている [6]。人間同士のコミュニケーションでは、subtle expression (ささいな表出) と呼ばれる、顔の表情、視線、身振りなどの非言語情報の重要性が指摘されている [7]。そこで人間と擬人化エージェントやロボットのコミュニケーションでも、subtle expression を利用して人間に負担をかけずにコミュニケーションの円滑化を図る研究 [8, 9] がある。さらに Funakoshi らは、あえて人のふるまいを再現せずにエージェント特有の subtle expression を用いても、人とのコミュニケーションが円滑になることを報告している [10, 11]。エージェント特有の人工的な subtle expression を特に ASE (Artificial Subtle Expressions) と呼ぶ。

### 2.3 アクティブビジョン

視覚を受動的な表象を形成するものとしてではなく、能動的に欲しい情報を獲得する過程であるとみなすアクティブビジョンと呼ばれる考え方がある。ノエ [12] は視覚とは対象の情報を得るために行動することであるとすエナクション仮説を心理学的証拠を根拠に提示している。また、アクティブビジョンの考え方を一般の感覚データに拡張し、その数理モデルにまで押し進めた仮説として、Active Inference[13] がある。

## 3 ミニドラの学術的位置付け

### 3.1 非自然言語コミュニケーション

多くの知的システムが目指している自然言語による人間とのコミュニケーションには、未だいくつかの障壁がある。一方で、人間は人間以外の動物とコミュニケーションをとることができるが、動物は鳴き声などの非自然言語情報やノンバーバル情報を用いて人間とコミュニケーションをとる。一方で人間は動物の鳴き声に合わせるよりも、自然言語を用いてコミュニケーションをとる場合がしばしばある。

ミニドラと人間のコミュニケーションも同様である。「ドラドラ」という発話とノンバーバルな情報から人間が「こういうことかい?」と予測をしながらコミュニケーションを取っている様子が描かれている。

従来のチャットボット研究では、システムは入力された情報を解析して適切な回答を探索し、返答する、いわゆるボトムアップ的なシステムであった。しかしながら、ミニドラのように非自然言語コミュニケーションのみを行う場合には、かならず発話の意味をお互いに予測しながらコミュニケーションをとる、トップダウン的なアプローチが重要になる。人間の認識はトップダウン的な要素が強いことも広く知られており [14]、ミニドラという題材でコミュニケーション研究を行うことは、トップダウン的なコミュニケーション研究を反転する可能性が高い。

ASE の研究では、極めて単純な LED の点滅やビープ音が人工物の内部状態を表出することに貢献できることを示しているが、コンテキストに応じてノンバーバルコミュニケーションの意味が変化する条件については扱われていない。「ドラドラ」という発話によってコンテキストに応じてさまざまな内部状態を表出させるという意味で本研究は ASE 研究のさらなる発展系とも位置付けられる。

### 3.2 非タスク志向

ミニドラは体が小さく、ひみつ道具も小さいため、人間が求めた通りの期待に応えられない場合がしばしばある。つまりミニドラは、ひみつ道具によって問題を解決するタスク志向型エージェントというよりは、役に立たないひみつ道具で我々を楽しませてくれる非タスク志向型エージェントに位置付けられる。

これまで非タスク志向型エージェントとしてはアイボやパロ、キーボンといったロボットが活躍してきた。いずれも比較的単純なシステムながら、人の心をつかむことで人に愛されてきたロボットである。また、人間に対して過度な期待を抱かせないこともそれらのロボットが高い評価を得てきた重要な要素である。

ミニドラは、これまでの非タスク志向型のコミュニケーションロボットの発展と捉えることができる。

### 3.3 知能増幅 (Intelligence Amplification)

ミニドラは多くの場合人やまわりのロボットに助けられるシチュエーションが頻繁にある。助けてもらえるロボットというのは、重要な設計アプローチであり、岡田らが提唱する弱いロボットの理論にもよく合致する。

さらに、ミニドラは他者を前提とし、他者と協力関係を結ぶことで知能増幅 (Intelligence Amplification, IA) が起こることが重要である。

Human-Agent Interaction(HAI)においても、IAの重要性はしばしば強調されており、ミニドラが実現すればHAIがめざす人とエージェントのインタラクションの実現に大きな寄与ができる。

## 4 ミニドラ開発における課題

### 4.1 認知的制約をもつ

#### コミュニケーションロボット [15]

近年テーブルトップコミュニケーションロボットの有効性が認められている [16]。しかし多くのテーブルトップコミュニケーションロボットは自然言語を用いたコミュニケーションを前提としており、非自然言語のみを用いて十分な表現力を発揮することが難しい。

ミニドラを実現するためには、認知的制約をもつコミュニケーションロボットを設計・開発する必要がある。ミニドラの認知的制約の中で十分なコミュニケーションを行うために、より豊かなノンバーバルコミュニケーション機能の実現が課題である。

### 4.2 予測的な認知を引き出す

#### 非自然言語コミュニケーション [17]

人間は状況や文脈、事前知識をもとに、予測的な認知を行っていると考えられている [14]。したがってコミュニケーションを行う場合にも相手の発話に対する予測が重要な役割を果たしている。著者らは、人間が予測的な認知を利用すれば、自然言語を話せないロボットも言語的なコミュニケーションを行えるという仮説を立てている。つまり、人間の「おはよう」という発話にミニドラが「ドラドラ」と反応した場合、人間はミニドラが「挨拶し返すだろう」という予測と、予測から大きく外れない返答から、「おはよう」と返事をされたことを認識できると考えている。この場合ミニドラに求められることは人間の予測している範囲内の返答をすることである。

自然言語を話せないミニドラにとって、対話相手に対して予測的な認知を引き出すことは重要であり、どのようなコミュニケーションの要素が相手からの予測的な認知を引き出すかを明らかにする必要がある。

### 4.3 ミニドラ環世界における 能動的パターン認識

生物は客観的な世界ではなく、主観的に創り上げた『環世界』で生きている [18]。擬人化キャラクターであるミニドラは、ヒトとは明確に異なる性質の身体を持ちながら、ヒトと同じ心のモデルや概念空間を持つことを想定されている。すなわち、ミニドラの環世界は人と一部共有され、一部全く異なるものである。

しかしながら、ミニドラは体が小さく、見廻すことのできる範囲も人間と比べれば限られている。ヒトと同じ概念空間を獲得するためには、ミニドラ自身がヒトの期待に応えるために動き回り、制限された知覚を補う必要がある。

本研究では、ヒトと異なる身体を持ちヒトと同じ内部状態を期待されるミニドラの環世界を形成するために、能動的パターン認識という新しい問題設定の提起および検証を行う。能動的パターン認識においては、ロボットの行動を知覚に対して受動的に応答するものではなく、自身の知覚を強化するために能動的に行われるプロセスと解釈する。

今後は、能動的パターン認識の問題設定を具体化し、能動的な知覚がミニドラ環世界の構成に貢献することを初歩的な実験を通じて示す予定である。

## 5 おわりに

本論文では、汎用人工知能研究の新たなマイルストーンとしてミニドラが適切ではないかと考え、いくつかの学術領域から見たミニドラの位置付けを整理するとともに、実際に課題となる技術や知見について考察した。今後、実際にミニドラを想定したシステム開発を行う予定である。

## 謝辞

本研究は、全脳アーキテクチャ若手の会と一般財団法人 ZERO の助成を受けた。

## 参考文献

- [1] 大澤正彦, 今井倫太. ヒトレベル汎用人工知能実現に向けたげっ歯類レベル認知アーキテクチャの

- hai への応用の検討. 人工知能学会 第 5 回汎用人工知能研究会, 2017.
- [2] 岡田美智男. 弱いロボット. Igaku Shoin, 2012.
- [3] 山田誠二. Hai 研究のオリジナリティ. 人工知能学会誌, Vol. 24, No. 6, pp. 810–817, 2009.
- [4] 山田誠二. 人とロボットの<sub>i</sub>間<sub>j</sub>をデザインする. 東京電機大学出版局, 2007.
- [5] W Ross Ashby. *An introduction to cybernetics*. Chapman & Hall Ltd, 1961.
- [6] Nobuyoshi Matsumoto, Hiroyuki Fujii, Miki Goan, and Michio Okada. Minimal design strategy for embodied communication agents. In *RO-MAN 2005. IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication, 2005.*, pp. 335–340. IEEE, 2005.
- [7] Adam Kendon. Do gestures communicate? a review. *Research on language and social interaction*, Vol. 27, No. 3, pp. 175–200, 1994.
- [8] Christoph Bartneck and Juliane Reichenbach. Subtle emotional expressions of synthetic characters. *International journal of human-computer studies*, Vol. 62, No. 2, pp. 179–192, 2005.
- [9] Noriko Suzuki and Christoph Bartneck. Subtle expressivity for characters and robots. In *CHI'03 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1064–1065. ACM, 2003.
- [10] Kotaro Funakoshi, Kazuki Kobayashi, Mikio Nakano, Seiji Yamada, Yasuhiko Kitamura, and Hiroshi Tsujino. Smoothing human-robot speech interactions by using a blinking-light as subtle expression. In *Proceedings of the 10th international conference on Multimodal interfaces*, pp. 293–296. ACM, 2008.
- [11] 船越孝太郎, 小林一樹, 中野幹生, 山田誠二, 北村泰彦, 辻野広司. Artificial subtle expression としての明滅光源による音声対話の円滑化. 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 92, No. 11, pp. 818–827, 2009.
- [12] J Kevin O'Regan and Alva Noë. A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *Behavioral and brain sciences*, Vol. 24, No. 5, pp. 939–973, 2001.
- [13] Karl Friston, Jérémie Mattout, and James Kilner. Action understanding and active inference. *Biological cybernetics*, Vol. 104, No. 1, pp. 137–160, 2011.
- [14] Rajesh PN Rao and Dana H Ballard. Predictive coding in the visual cortex: a functional interpretation of some extra-classical receptive-field effects. *Nature neuroscience*, Vol. 2, No. 1, 1999.
- [15] 川崎邦将, 大澤正彦, 今井倫太, 長田茂美. 認知的制約付き擬人化キャラクターに着目したコミュニケーションロボットの設計と開発. 人工知能学会 第 6 回汎用人工知能研究会, 2017.
- [16] Reo Matsumura, Masahiro Shiomi, Kayako Nakagawa, Kazuhiko Shinozawa, and Takahiro Miyashita. A desktop-sized communication robot: “robovie-mr2”. *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 28, No. 1, pp. 107–108, 2016.
- [17] 清丸寛一, 大澤正彦, 今井倫太. 予測的認知を用いた非自然言語による言語的コミュニケーション. 人工知能学会 第 6 回汎用人工知能研究会, 2017.
- [18] クリサートユクスキュル. 生物から見た世界. 岩波文庫, 2005.