

令和 4 年 5 月 25 日現在

機関番号：17104
研究種目：若手研究
研究期間：2018～2021
課題番号：18K18344
研究課題名（和文）物語的な世界表象／コミュニケーションに基づく文化的認知アーキテクチャの構築

研究課題名（英文）Development of a Cognitive Architecture Based on Narrative-Based World Representation and Communication

研究代表者
秋元 泰介（Akimoto, Taisuke）
九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：20801616
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、ストーリーの生成的な動きを中心に据えたアプローチにより、心の総合的な働きにより近い人工知能（認知アーキテクチャ／認知システム）の作り方の一端を明らかにすることである。4年の研究期間を通して、ストーリーの動きを中心に据えた認知アーキテクチャの構想を立て、その主要な要素に関する試行を経て、一つのまとまったシステムを開発した。このシステムはまだ知的なタスクを遂行するような段階には至っていないので成果が見えにくいですが、様々な知的能力の基盤になる複合的な内的プロセスが具体化されている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人工知能が扱う問題の中には、現在主流のデータ駆動型機械学習の枠組みだけでは根本的に解決できそうにない問題もたくさんある。例えば、人と自然な会話を行うことや、経験や想像を通して物語を生み出すことは、現在の人工知能においても依然として難問である。こうした問題を探求していくと、人の心がどのような仕組みで働いているのかや、どのようにすれば心に似た機械を作ることができるのかといった、人工知能の原初的な問題に行き着くことが多い。本研究の成果は、人の心・知性への接近という人工知能の根本問題に対する独自の方向性を示すものである。構想全体の実現や実証には至っていないので、今後も研究を継続する必要がある。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to seek a method of constructing a human-like cognitive system through an original approach focusing on the internal generative movement of stories. At the initial research stage, I constructed a conceptual configuration of a story-centered cognitive system from a macroscopic perspective. Then, after developing several prototypical models and theories, I constructed a total but rudimentary system based on the concept of story-centered cognitive system.

研究分野：人工知能

キーワード：認知アーキテクチャ 認知システム 物語 記憶

1. 研究開始当初の背景

深層学習をはじめとするデータ駆動型の機械学習の技術が、ここ10年ほどの間に社会の様々な領域に広がってきた。しかし、人工知能という学問・技術が扱う問題の中には、現在のデータ駆動型の機械学習の枠組みだけでは根本的に解決できそうにない問題もたくさんある。例えば、人と自然な会話を行うことや、経験や想像を通して物語を生み出すことは、現在の人工知能においても依然として難問である。こうした問題を探求していくと、結局は人工知能の原初的な関心、すなわち、人の心がどのような仕組みで働いているのかや、どのようにすれば心に似た機械を作ることができるのかといった問題に行き着くことが珍しくない。

人の心・知性は複雑で捉えにくいいため、そこに関心を向ける人工知能研究においては、常に何らかの観点から問題が限定されることになる。その際、心の一つの性質や振る舞い（例えば記憶、視覚、運動、言語、問題解決、コミュニケーション等の中の具体的な問題）に焦点を絞り、その精巧なモデルを作るというのが比較的一般的な限定の仕方である。しかし、心という複雑な対象に迫るためには、要素ではなく全体を見渡す視点が必要であるという考え方もある。すなわち、全体像に焦点を合わせて細部は粗く捉えるような形の限定である。このような全体的な視点に立った研究は、認知アーキテクチャや認知システムなどと呼ばれる。そこでは、心の様々な性質や振る舞いを包括するシステム、あるいは一つ一つの性質や振る舞いが様々な種類や水準のプロセスの複合的な働きにより生じるようなシステムの枠組みや原理を明らかにする（解明／発明する）ことが主要な問題の一つとなる。このような総合的知性は身体を持つ個体・エージェントに帰属すると考えるのが自然であるため、知的エージェントやロボティクス系の研究と重なる部分もある。人間レベルの **artificial general intelligence (AGI, 汎用人工知能)** という究極的な人工知能像もこうした方向性の延長線上にあると考えてよいだろう。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ストーリーの生成的な動きを中心に据えたアプローチにより、心の総合的な働きにより近い人工知能システム（認知アーキテクチャ／認知システム）の作り方を明らかにすることである。明らかにするといっても、これは非常に大きな問題であり、一つのアプローチで全面的な解決が狙えるものではないため、あくまでその一端になるような方法を見出すことが狙いである。また、4年という短い期間で完結するような問題でもないため、不完全ながらも一つの具体形＝システムを実際に作ることをここで（助成期間内における）目標とする。

3. 研究の方法

「物語」は、人が過去・現在・未来・虚構等の事物を筋立てて表現する普遍的な形・行為・方法であり、物語を生み出したりコミュニケーションしたりすることは人の心や社会の主要な特徴の一つである。物語の生成を単なる技術的なタスク（例えば「小説を創作する」）として捉えるだけでは人工知能研究としての重要性は見えにくいだが、認知的な観点から物語を生み出す心の仕組みを考えていくと、人工知能の根本問題としての側面が現れる。例えば、事物を物語ることには、当の事物を認識・想像すること（言い換えると人が如何に世界を認識・想像するかという問題）が含まれる。過去の経験を語るためには記憶を形成する仕組みも必要である。未来や現実とは異なる世界を想像することは自律性や創造性の基盤にもなる。さらに、物語の認知は記憶・言語・知覚・認識・想像・コミュニケーション等の様々な要素に関わることから、これを心の全体的な働きや仕組みを明らかにするための切り口にすることもできる。

以上の観点から、本研究は次のような考え方で前述した問題（目的）に取り組んできた。

- ・ 人は世界の事物をストーリーの形で認識したり想像したりする。
- ・ ストーリーを（心の中及び外部環境や他者との間で）生み出すことが人間的な心の本質であり、また広範な知性の基盤である。
- ・ ストーリーを生み出す仕組みは心の総合的な働きとして捉える必要がある。
- ・ ストーリーを生み出す仕組みに着目することによって、心の総合的な働きを包括的に捉えることができる。

なお、「物語 (narrative)」は一般的に、言葉や絵などを用いて見たり聞いたりできる形で表現されたものを指すが、本研究では物語に似た構造や性質を持つ情報が個体（心ないし認知システム）の内部にも生じるという考え方をする。この個体内に生じる物語的な情報（表象）のことを、本研究では特に「ストーリー (story)」と呼んでいる。それから本研究では「ストーリーの動き」という言い方をしばしば用いるが、これはストーリーの生成を、操作的な手続きや入力から出力への変換ではなく、ストーリーを構成する情報的要素の並列分散的な働きから

生じる自己組織的なプロセスとして捉える（そのようなシステムを作ろうとする）ことを表している。

4. 研究成果

これまでの研究の成果を3つの段階に区切って整理する。

(1) 第1段階（2018～2019年度）. ストーリーの生成的な動きを中心に据えた認知アーキテクチャの作り方に関する構想を組み立てた。人工知能と認知科学が重なる領域の研究や心に関する哲学的な理論（分析哲学や現象学等）をもとに心の仕組みを俯瞰的に捉えて、それと物語論的な観点から見たストーリー（物語）の構造をアナロジー的に対応付けたことがこの構想の要点の一つである。この段階の成果は概念的なものにとどまるが、いくつかの論文や国際会議で発表した。ただし、未だに十分に整理（発表）できていないところも残っている。

(2) 第2段階（2019～2020年度）. 上の構想から現れたいくつかの部分問題を切り出して、断片的なプログラムを実際に作りながら仕組みを具体化した。各試行では単純化のために問題を分離しているが、研究の狙いは全体として一つのシステムを作ることであるため、他との整合性も常に考慮されている。この段階における主な成果を下に列挙する。

① 並列分散的な記憶システム. ストーリーの構造やストーリーの間（すなわち多数のストーリーを組織化・関連付ける構造）を構成する情報的要素（記憶要素）を整理し、それらの並列分散的な作動を通してネットワーク状の記憶組織を形成し、ネットワークを介した活性伝播を通して現在注目しているストーリーに関連する要素とそうでない要素の濃淡を生み出すような仕組みを作った。

② 2つのストーリーを部分的に融合する仕組み. ストーリーの生成的な動きの基本的な原理を探る中で、2つの構造を組み合わせることで新しい構造を生み出すことが一つの鍵になるという考えに至った。認知科学におけるアナロジー（analogy）や概念的融合（conceptual blending）の理論に示唆を得て、ストーリーの基本要素となる事象どうしの間にはアナロジー的なマッピングを形成し、それを通して要素を組み合わせることにより、新しい事象の構造を作り出す単純な計算モデルを作った。

③ 事象間の文脈的な類似を計算する仕組み. 事物の間に類似を見出すことは、様々な認知プロセスの基本になる重要な仕組みである。また、事物の意味を前後の文脈の中で構成することもまた、心及びストーリーの基本的な性質である。この研究では、2つのストーリーの間で、事象間の類似度を計算する際に、各事象にかかる文脈構造を構成し、その間にアナロジー的なマッピングを構成することを通して計算するモデルを提案した。

④ ストーリーの表現枠組み. システムの内部でストーリーをどのような形で表現すればよいかはとても難しい問題である。本研究では、ストーリーが個体（エージェント）にとっての世界を表象（代理）するものであるというような考え方をしており、言語的な概念や感覚運動的な情報が一つにまとめられたようなものであるべきだと考える。そのような観点から、物語マンガのような形でストーリーを構成する **Cogmic Space** という枠組みを提案した。

(3) 第3段階（2020～2021年度）. これまで別個に開発を行ってきた要素をまとめながら一つの認知アーキテクチャ（システム）の最初の実装を行った。このシステムを **COMOS** (cognitive monogatari system の略) と呼んでいる。現時点において、このシステムは一体のエージェントとして自律的に作動するような段階には至っていないし、目に見えるような形で知的な仕事をすることもできない。しかし、様々な知的能力の基盤になる複合的な内的プロセスが初歩的な水準で具体化されている。

例えば、平易な物語文を読み進める過程で、それに対応するストーリーが動的に構成され、同時にその内容が記憶のネットワーク構造へと貯蔵及び汎化される。これは様々な経験を通して世界に関する知識（エピソードや常識に相当）を学習していくことに対応する。このようにして形成された記憶組織に基づいて、類似するストーリーどうしを連合・融合して新しいストーリーの断片を生み出すこともできる。これは想像や創造の原始的な仕組みに相当する。

心のような人工知能を目指すことの意義については「研究の背景」で少し述べたが、ストーリーの動きを中心に据えたアプローチが合理的であるという考えは今も変わっていない。よって今後も **COMOS** の開発に継続的に取り組む予定である。研究内容が当初の想定以上に複雑かつ難解になってきたため、まずはシステムを概念と実装の両方に渡って再整理することにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Akimoto Taisuke	4. 巻 65
2. 論文標題 Cogmic space for narrative-based world representation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cognitive Systems Research	6. 最初と最後の頁 167 ~ 183
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cogsys.2020.10.005	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山内 玲未、秋元 泰介	4. 巻 28
2. 論文標題 ストーリーにおける文脈構造間の類比的マッピングに 基づく事象間の類似：計算モデルの提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 153 ~ 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/cs.2020.025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taisuke Akimoto	4. 巻 58
2. 論文標題 Narrative structure in the mind: Translating Genette 's narrative discourse theory into a cognitive system	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Cognitive Systems Research	6. 最初と最後の頁 342 ~ 350
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cogsys.2019.08.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taisuke Akimoto	4. 巻 2018
2. 論文標題 Emergentist View on Generative Narrative Cognition: Considering Principles of the Self-Organization of Mental Stories	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Advances in Human-Computer Interaction	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1155/2018/6780564	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Taisuke Akimoto	4. 巻 25
2. 論文標題 Stories as Mental Representations of an Agent 's Subjective World: A Structural Overview	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Biologically Inspired Cognitive Architectures	6. 最初と最後の頁 107-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bica.2018.07.003	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Development of COMOS Architecture Based on a Story-Centric View of the Mind
3. 学会等名 Biologically Inspired Cognitive Architecture 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋元 泰介
2. 発表標題 ストーリー記憶の並列分散的組織化
3. 学会等名 人工知能学会全国大会 (第34回)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋元 泰介
2. 発表標題 構造的組み合わせによる事象融合の計算モデル
3. 学会等名 日本認知科学会第37回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Narratological formulation of story-form memory construction: Applying Genette's narrative discourse theory
3. 学会等名 Biologically Inspired Cognitive Architectures 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Story-centric view on the mind
3. 学会等名 Biologically Inspired Cognitive Architectures 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Toward complex story association in a cognitive system: A holistic framework and partial implementation
3. 学会等名 Seventh Annual Conference on Advances in Cognitive Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Theoretical framework for computational story blending: From a cognitive system perspective
3. 学会等名 Proceedings of 10th International Conference on Computational Creativity (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Narrative, Agent, and Interaction
3. 学会等名 Workshop on Considering Narratives from Interaction Perspective in HAI 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内玲未・秋元泰介
2. 発表標題 文脈のアナロジーによるストーリー中の事象間の類似
3. 学会等名 言語処理学会第26回年次大会発表論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋元泰介
2. 発表標題 世界をストーリーとして表象するCogmic Spaceのコンセプト
3. 学会等名 第63回ことば工学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋元泰介・内海彰
2. 発表標題 認知システムにおけるストーリーのマルチモーダルな関連付けに向けた試み
3. 学会等名 日本認知科学会第36回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 秋元泰介
2. 発表標題 個別的概念と一般的概念を介したストーリーの関連付け
3. 学会等名 人工知能学会全国大会 (第33回)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Key Issues for Generative Narrative Cognition in a Cognitive System: Association and Blending of Stories
3. 学会等名 Story-enabled Intelligence, AAI 2019 Spring Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taisuke Akimoto
2. 発表標題 Stories as Mental Representations of an Agent 's Subjective World: A Structural Overview
3. 学会等名 2018 Annual International Conference on Biologically Inspired Cognitive Architectures (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋元泰介
2. 発表標題 認知システムのためのストーリーの多元的関連付けモデルの概念と部分的実装
3. 学会等名 人工知能学会ことば工学研究会 (第60回)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋元泰介
2. 発表標題 世界の表象としてのストーリーの主観的構成 計算論的な観点からの考察
3. 学会等名 日本認知科学会第35回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 秋元泰介
2. 発表標題 生きた表象としてのストーリー 創発的な世界構築の計算モデルのための考察
3. 学会等名 人工知能学会全国大会(第32回)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Takashi Ogata & Taisuke Akimoto (Eds.)	4. 発行年 2019年
2. 出版社 IGI Global	5. 総ページ数 521
3. 書名 Post-Narratology Through Computational and Cognitive Approaches	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関