

コードネームピクチャーズにおける ヒント決定アルゴリズムの提案と実装

大橋玲音¹ 坪倉和哉² 鈴木丈慈¹ 坪井辰馬¹ 小林邦和¹

¹ 愛知県立大学 情報科学部 ² 愛知県立大学大学院 情報科学研究科

{is211014,im212008,is211046,is211053}@cis.aichi-pu.ac.jp

kobayashi@ist.aichi-pu.ac.jp

概要

本研究では、不完全情報ゲームの一つであるコードネームピクチャーズをプレイするアルゴリズムの実装を行った。コードネームピクチャーズは、画像理解と自然言語理解を介した意図の伝達を行うゲームである。そのため、アルゴリズムの実装は、挑戦的なタスクであり、人間の認知行動の理解にも繋がる。提案手法では、イメージキャプションと翻訳により画像を文章に変換する方法を検討した。その結果は、提案手法では人間のプレイ能力に及ばないことがわかったが、一部人間と同様のプレイ能力を発揮した。本成果は、今後のコードネームピクチャーズの研究に役立ち、画像と自然言語の融合的理解を進めるものである。

1 はじめに

人工知能技術の発展により、将棋や囲碁といった完全情報ゲームでは、すでに人間の能力を凌駕する力を獲得している。そこで、より高度な知能を獲得することを目指し、より複雑なタスクである不完全情報ゲームを対象とした研究 [1, 2] が進められている。

完全情報ゲームとは異なり、不完全情報ゲームでは、ゲームを行う上で必要な情報全てが明らかになっているわけではない。不完全情報ゲームの中には、他プレイヤーとコミュニケーションを行い、自身の持つ情報を伝えたり、他プレイヤーから必要な情報を引き出すようなゲームもある。例えば、人狼ゲームでは、他プレイヤーとの会話に基づき、交渉や欺瞞を行う必要がある。また、Hibanaのように、会話ではなく、ルールに基づく行動によりタスク成功に必要なヒントを伝えるゲームもある。これらのゲームは、限られた行動の範囲の中で、自身の意図を他プ

レイヤに伝える能力が必要となる。そのため、このようなコミュニケーションを伴う不完全情報ゲームの研究を行うことで、高度なコミュニケーションの理解につながる。

本研究では、不完全情報ゲームの中でも、コードネームピクチャーズを扱う。コードネームピクチャーズのルールについては2章で詳述するが、絵が描かれたカードにヒントとなる単語を付与する“スパイマスター”と、スパイマスターから与えられた単語からスパイマスターの意図するカードを選択する“諜報員”に分かれて行うゲームである。そのため、スパイマスターは、カードに描かれた絵から適切な言葉を抽出し、意図するカードを諜報員に適切に選択してもらう必要がある。一方で、諜報員は、スパイマスターの意図を汲み取り、適切にカードを選択する必要がある。このように、コードネームピクチャーズでは、画像理解と自然言語理解を介した意図の伝達を行うことが求められる。

コードネームピクチャーズと類似したゲームとして、コードネームと Dixit が挙げられる。コードネームピクチャーズはコードネームから派生したゲームである。コードネームピクチャーズはカードに絵が描かれているのに対して、コードネームは、カードに単語が描かれている。コードネームを扱った先行研究はいくつか存在するが [3, 4]、コードネームピクチャーズでは、自然言語理解だけでなく、画像理解も必要となる。また、Dixit はイラストが描かれたカードと言葉によるヒントを用いてゲームを行うため、Dixit の先行研究 [5] はコードネームピクチャーズの研究にも役立つ。しかし、Dixit におけるヒントは、推測者全員にカードを当てられず、一部の推測者のみに当てもらう必要があるため、コードネームピクチャーズとはヒントの出し方が異な



図1 コードネームピクチャーズの場の例

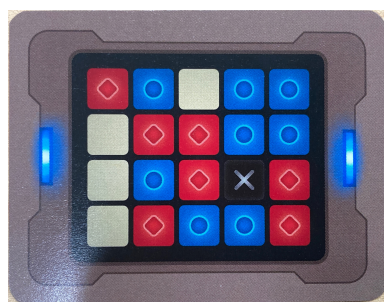


図2 コードネームピクチャーズの色の割り当ての例 (4 × 5 の各タイルに色が割り当てられており、各タイルは図1の各カードに対応している)

る¹⁾。コードネームピクチャーズでは、味方プレイヤーと協力する必要があるため、味方のプレイヤーに単語を用いて意図を伝える能力が求められる。

これまで、コードネームピクチャーズを扱った研究は存在しない。そのため、本研究では、コードネームピクチャーズの研究の第一歩として、スパイマスターのヒントに着目し、ヒントを決定するアルゴリズムのベースライン実装と人間のスパイマスターにより作成されたヒントとの比較を行う。

以降、2章では、コードネームピクチャーズのルールを説明する。3章では、スパイマスターのヒント決定アルゴリズムについて述べ、4章で評価を行う。最後に本稿をまとめる。

2 コードネームピクチャーズのルール

本章では、コードネームピクチャーズのルールについて説明する。コードネームピクチャーズでは、スパイマスター一人と諜報員一人以上からなる2チームに分かれる。場には20枚の絵(図1)が書か

1) Dixit では、ヒントの出し手1名が、複数の推測者にヒントを提示するが、推測者全員に分かるような簡単なヒントを出すと、得点が獲得できない。そのため、一部の推測者に狙いのカードを選択してもらえるように、曖昧なヒントを提示する必要がある。

れたカードがあり、それらのカードには先攻チームのカード8枚(青色)、後攻チームのカード7枚(赤色)、暗殺者のカード1枚(黒色)、一般人のカード4枚(肌色)が割り当てられている(図2)。スパイマスターは上記のカードの色の割り当てを知っているが、諜報員は色の割り当てを知ることはできない。また、カードに描かれた絵はスパイマスターと諜報員の両方から見る事ができる。スパイマスターは自分のチームの諜報員へ向けてヒントを提示、諜報員はスパイマスターから提示されたヒントをもとに自分のチームのカードを推測して選択する。これをそれぞれのチームで交互に繰り返し、先に自分のチームのカードをすべて取ったチームが勝ちとなる。

スパイマスターが提示するヒントは正解の絵を連想させ、ヒントとカードの絵柄が意味的に関係する一語の単語(品詞は問わない)である必要がある。例えば、「あ」から始まる物の絵柄3枚のヒントとして「あ」は使用することができない。また、スパイマスターはヒントのほかに諜報員に取ってほしいカードの枚数を指定できる。諜報員はスパイマスターが指定した枚数よりもさらに一枚まで多くとることができる。これは前のヒントのカードをとり逃した場合に役に立つ。

諜報員はスパイマスターのヒントを元に、同じチームの諜報員と相談しながら正解だと思うカードを選ぶ。選んだカードが自分のチームのカードの場合、さらにもう一枚とるか否か選ぶことができる。選んだカードが一般人または相手のチームのカードであった場合、相手にターンを渡す。選んだカードが暗殺者のカードの場合、選んだチームはその時点で負けとなるため、暗殺者のカードを選ぶことは絶対に避けなければならない。スパイマスターは相手チームより先に自分のチームの諜報員に自分のチームのカードをすべてとらせるために、一つのヒントでなるべく多くのカードを連想させるヒントを出すことが重要である。

以上のように、スパイマスターはカードに描かれた絵から関連する語を抽出し、他のカードとの関係も考慮した上でカードの推測に効果的なヒントを提示する。また、諜報員はヒントとなる単語をもとに、単語が示している絵の描かれたカードを選択する必要がある。そのため、コードネームピクチャーズは、高度な画像理解と自然言語理解を必要とするボードゲームであり、ゲームAIの実装は挑戦的な

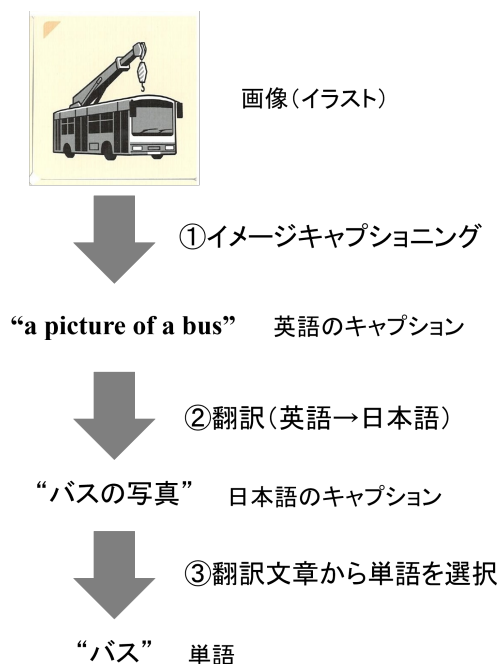


図3 ヒント決定アルゴリズムの概要

画像処理と自然言語処理の両方が必要な融合タスクと言える。

3 ヒント決定アルゴリズム

この章では、ヒント決定アルゴリズムについて説明する。アルゴリズムの概要を図3に示す。はじめに、コードネームピクチャーズで用いられるカードに対してイメージキャプションを行い、そのカードを説明する文章を得る。イメージキャプションとは、画像に対して文章の説明を生成する技術であり、イメージキャプションを行う際に用いたモデルはOFA[6]である。その後、得られた文章を英語から日本語へ翻訳する。翻訳にはPythonライブラリgoogletrans²⁾を用いた。

コードネームピクチャーズではヒントとして用いられるのは一語の単語である。そのため、翻訳された文章から単語を選択する。まず、日本語形態素解析エンジンであるMeCab³⁾を用いて、翻訳文章を単語に分割する。言語のみを用いるコードネームの研究において、ヒントとして用いられる単語は名詞が最も高い(名詞:74.7%, 動詞:13.1%, 形容詞:12.1%)ことが報告されている[4]。そのため、翻訳文章の単語のうち、名詞をヒントの候補単語とした。ここで、代名詞はカードを推測するための情報を持たないと考えられるため、代名詞は除いている。また、翻訳

2) <https://pypi.org/project/googletrans/>

3) <https://taku910.github.io/mecab/>

文章を人手で確認したところ、「○○の絵」、「○○のイラスト」、「○○の写真」といった文章が多かった。「絵」、「イラスト」、「写真」の3単語は、カードの推測に役立たない(○○の部分に情報が含まれる)ため、これらの3単語もヒント候補から取り除いた。このように選択したヒントとなる単語の候補群から単語を無作為に選択することでヒント単語を決定した。ここで、上記の方法でヒントの候補群が空となる場合には、動詞または形容詞から単語を無作為に選択した。動詞または形容詞も含まれない場合は、全単語から1つ単語を無作為に選択する。

4 評価

本章では、人間が作成したヒントと前章で述べた手法で選択されたヒントの比較を行うことで、提案手法の評価を行う。

4.1 評価方法

コードネームピクチャーズのカード全280枚から無作為に50枚選択し、それらのカードに対して評価を行う。まず、前章で述べた手法により各カードに対してヒント単語を決定する。また、複数名のヒント作成者(大学生2名)により、各カードに対して、カードの絵を表現するヒント単語を決定した。その後、作成者とは別の評価者(大学生2名)が、カードとヒント単語を見て、ヒントが適切かを1(不適切)から5(適切)の5段階で評価を行った。

4.2 評価結果

人間と提案手法により作成したヒントの両方に対して、そのヒントがどの程度適切かを1(不適切)から5(適切)の5段階で評価した。その結果、人間と提案手法が作成したヒントの評価値の平均は、それぞれ4.90と2.22であった。度数分布表を図4に示す。図から、人間によるヒントは大半が適切、提案手法は半数が不適切と評価された。また、人間と提案手法によるヒントの評価をウィルコクソンの符号付順位検定を用いて比較すると、 p 値は 1.28×10^{-8} であった。このことから、人間が作ったヒントの評価と提案手法によるヒントの評価との間には、平均値に有意な差があるといえる。したがって、人間が作ったヒントは提案手法によるヒントより適切であるといえる。しかしながら、人間と提案手法が同じ単語である場合も確認されたことから、部分的には提案手法は人間と同様のヒントを作成す

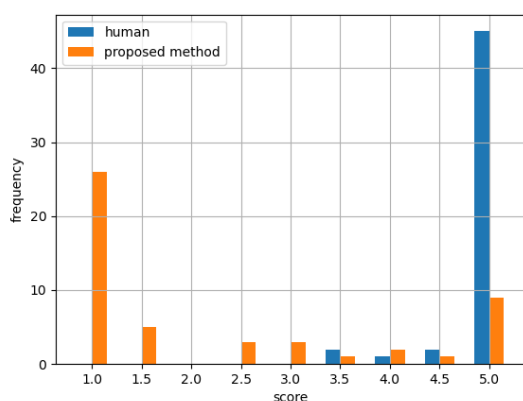


図4 人間が作成したヒントと提案手法により作成したヒントの適切性（1 が不適切，5 が適切）

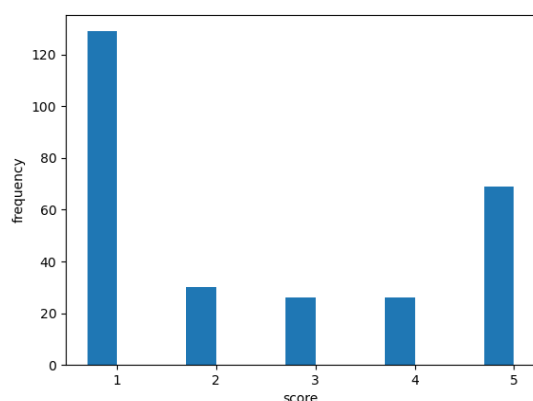


図5 イメージキャプション，および翻訳の適切性の評価（1 が不適切，5 が適切）

る能力があることが確認された．提案手法によるヒントが人間によるヒントと比較して点数が著しく低い結果となった理由としては，イメージキャプション，または翻訳が適切に行われなかったことが原因だと考えられる．

この原因を調査するため，コードネームピクチャーズの280枚のカードに対して，イメージキャプションと翻訳を行って得た説明文章に対して，評価者1名が説明文の妥当性を5段階（1が不適切，5が適切）で評価した．その結果（図5），約1/4の説明文章は適切（5点）と判断されているが，約半数のカードが不適切（1点）と判断された．この結果から，イメージキャプションまたは，翻訳の精度が十分でないことがわかった．

5 おわりに

本研究では，コードネームピクチャーズの研究の第一歩として，スパイマスターのヒントに着目し，ヒントを決定するアルゴリズムを提案した．人間と提案手法により作成したヒントを人手で評価した結果，人間のヒントの方が適切であることがわかった．提案手法が劣る結果となった原因として，イメージキャプション，または翻訳の精度が悪いことが考えられるため，今後は，イメージキャプションと翻訳の精度を向上させる．具体的には，コードネームピクチャーズの多義的なイラストに対して，適切に説明文章を生成できるように，キャプションモデルのハイパーパラメータの調整を行うことが挙げられる．

また，本研究ではタスクの単純化のため，1枚のカードのみに対してヒントを作成したが，コードネームピクチャーズでは複数枚のカードに対して1つのヒントを作成することが可能である．そのため，複数枚の絵に共通する要素を抽出し，それをヒントとして提示する能力が求められる．今後は複数枚の絵に対してヒントを作成する手法の検討も行う．将来的には，ヒントからカードを推測するプレイヤー（諜報員）の実装も行い，人間とゲームをプレイできる人工知能システムを作成する．

参考文献

- [1] 片上大輔, 鳥海不二夫, 大澤博隆, 稲葉通将, 篠田孝祐, 松原仁. 人狼知能プロジェクト (<特集>エンターテイメントにおける ai). 人工知能, Vol. 30, No. 1, pp. 65–73, 2015.
- [2] 大澤博隆. Hanabi コンペティション — 不完全情報下における相互協力—. 人工知能, Vol. 35, No. 3, pp. 385–389, 2020.
- [3] Catalina Jaramillo, Megan Charity, Rodrigo Canaan, and Julian Togelius. Word Autobots: Using Transformers for Word Association in the Game Codenames. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment*, Vol. 16, No. 1, pp. 231–237, October 2020. Number: 1.
- [4] 坪倉和哉, 久保谷空史, 早苗昭尚, 大橋玲音, 堀川裕真, 小林邦和. コードネームのゲーム ai 実装に向けたヒント行為の分類. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2022, , 2022.
- [5] 岩田航季, 鈴木麗璽, 有田隆也. 連想カードゲーム Dixit の AI プレイヤー作成による人間の認知へのアプローチ. 人工知能学会全国大会論文集, Vol. JSAI2020, , 2020.
- [6] Peng Wang, An Yang, Rui Men, Junyang Lin, Shuai Bai, Zhikang Li, Jianxin Ma, Chang Zhou, Jingren Zhou, and Hongxia Yang. Ofa: Unifying architectures, tasks, and

modalities through a simple sequence-to-sequence learning framework, 2022.