

不完全情報ゲーム Codenames におけるプレイヤー間の親密度とゲームへの習熟度がゲームパフォーマンスに与える影響の分析

早苗 昭尚¹ 加藤 勇護² 坪倉 和哉¹ 小林 邦和²

¹ 愛知県立大学大学院 情報科学研究科

² 愛知県立大学 情報科学部

{im222009,is211021,im212008}@cis.aichi-pu.ac.jp

kobayashi@ist.aichi-pu.ac.jp

概要

Codenames とは相手から与えられたヒントをもとに意図を推測し単語が書かれた 25 枚のカードから正解のカードを探し出す不完全情報ゲームの一つである。Codenames ではルール上、1 つの単語を用いて複数のカードを取らせる必要がある。そのため、Codenames の分析は人間が与えられた条件下でどのように意図を伝えるかの分析と言うことができ、ゲーム AI の実装だけでなく人間の思考のモデル化にも役に立つと考えられる。そこで、本研究ではプレイヤー間の親密度とゲームへの習熟度に着目し勝率との関係を分析した。その結果、親密度が高いほど勝率が上がることが示唆された。また、プレイヤーのゲームに対する習熟度による影響は親密度よりもさらに勝率に大きな影響を与えることを確認した。

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、すでに人間のチャンピオンに勝利するほどの能力を獲得している。そこで、より高度な知能を獲得することを目指し、完全情報ゲームより複雑かつ解決が困難なタスクである不完全情報ゲームを対象とした研究が進められている。

不完全情報ゲームの 1 つである不完全情報コミュニケーションゲームは、他のプレイヤーとコミュニケーションを取りながら進めるゲームであり、例えば人狼ゲームを対象とした研究が進められている [1]。不完全情報コミュニケーションゲームの中でも、Codenames は自然言語理解に焦点を当てたゲームであり、場は単語が書かれた 25 枚のカードから

構成される。各カードにはそれぞれ色が割り当てられている。プレイヤーはスパイマスターと諜報員に分かれ、スパイマスターのみがカードの色の割り当てを確認できる。スパイマスターは諜報員に自チームの色のカードを選択してもらえるようにヒントを与え、諜報員はヒントをもとに単語が書かれたカードを選択するため、ヒントを通してスパイマスターと諜報員が意図を伝達/推測する設計のゲームとなっている。

2019 年には Codenames の AI の実装を目的とした「Codenames AI Competition」が開催されており、関連した研究が行われている [2, 3]。文献 [2] では、word2vec[4] や GloVe[5]、文献 [3] では、GPT-2[6] を用いた実装を提案しているが、実装において人間のゲームログは活用されていない。坪倉らは、日本語を対象とした Codenames の研究の第一歩としてゲームログの収集を行いヒント行為を「汎化」や「言い換え」などに分類した [7] が、ヒント行為の分類を行ったのみでゲームのパフォーマンスや人間の特性といったことについての研究は行われていない。しかし、Codenames では単語によって与えられるヒントから別の単語を推測するというゲームの性質上、パフォーマンスがプレイヤーの前提知識に影響を受けると考えられる。そこで、本研究ではプレイヤー間の親密度とゲームへの習熟度に着目し、ヒントの出し手とヒントから推測する人の関係が親密であるほど前提知識の共有部分が多くなるためにゲームのパフォーマンスが向上する、ゲームに習熟しているプレイヤーほど効果的な行動を学ぶためにゲームのパフォーマンスが向上するという仮説のもと、ゲームログの収集およびパフォーマンスとの関係の分析を行った。

2 Codenames

本章では、Codenames のルールについて説明する。Codenames では、スパイマスター 1 人と諜報員 1 人以上からなる 2 チームに分かれて行うものと、2 人で交互にヒントを出し合いカードを取っていくものがある。本研究ではプレイヤー間の関係性を見るため 2 人で行うルールを用いた。場には 25 枚の単語が書かれたカードがあり、それらのカードにはそれぞれのプレイヤーで異なる配色で取らせるべきカード（緑色）、暗殺者カード（黒）どちらもないカード（灰色）が割り当てられている。2 人で交互にヒントを出し合い計 9 つのヒントで緑色のカードを全て取得できたらプレイヤー側の勝利となる。暗殺者のカードを取らせてしまった場合や 9 つのヒントの後に緑色以外のカードを取った場合にはプレイヤー側の負けとなる。2 人のプレイヤーにはそれぞれ異なる色が見えているが、緑色のカードのうち 3 つは共有しているため取らなければならないカードは 15 枚となる。また、自分側の暗殺者のカード 3 枚のうち一枚は必ず相手側から見た緑色のカードとなっている。（図 1, 図 2）。

プレイヤーが提示するヒントは正解の単語を連想させ、ヒントとカードの単語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。ただし、連想が容易なヒントを出させないためにいくつかルールが設けられている。例えば、場にある単語や言語を変えただけの単語（例：猫→cat）、場にある単語を含む単語はヒントとして使用不可である。なお、すでに取られた単語はヒントとして使用可能である。また、プレイヤーはヒントのほかに相手プレイヤーに取ってほしいカードの枚数を指定できる。ヒントを出されたプレイヤーはカードを取るがこの際に指定した枚数よりも多く取ることが可能である。これは前のヒントをとり逃した場合に役に立つ。

ヒントを出されたプレイヤーは相手のヒントを元に、正解だと思うカードを選ぶ。選んだカードが緑色のカードであった場合、さらにもう一枚とるか否か選ぶことができる。選んだカードが灰色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。プレイヤーは 9 つまでしかヒントを出すことができないために 15 枚の

カードを取るためには、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。

以上のようにヒントを出すプレイヤーは単語の意味や関係性などからカードの推測に効果的なヒントを提示し、ヒントを受けたプレイヤーはヒントとなる単語からカードを推測する必要がある。そのため、Codenames は高度な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 の実装は挑戦的な自然言語処理タスクと言える。

3 Codenames のデータ収集

Codenames の分析を行うため、ゲームのログを収集した。ゲームはオンラインで Codenames をプレイすることが可能な「CODENAMES ONLINE」¹⁾で行い、本学の大学生と大学院生 9 名が参加し、一つの組み合わせごとに 3 ゲームずつ行い合計 16 通りの組み合わせで 48 ゲーム分のログを取得した。また、プレイヤー間の親密度については「1: 知らない, 5: 仲が良い」として 1 から 5 の 5 段階で各プレイヤーが相手に対する親密度を主観で評価した。

ゲームごとのログは以下のデータから構成される。

- 経過ターン数
- 与えたヒント
- 指定枚数
- 場に残っているカード
- そのターンで取った緑色のカード
- 取ったカード

また、ゲームごとのデータの他にも組み合わせごとのログについて以下のデータを取得した。

- 人名 1
- 人名 2
- game1 の勝敗
- game2 の勝敗
- game3 の勝敗
- 勝利数
- 敗北数
- game1 の合計ターン数
- game2 の合計ターン数
- game3 の合計ターン数
- 1 から 2 への親密度
- 2 から 1 への親密度

1) <https://codenames.game/>

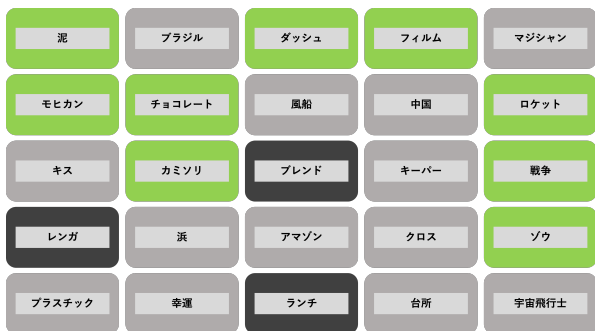


図1 プレイヤー1のゲーム画面

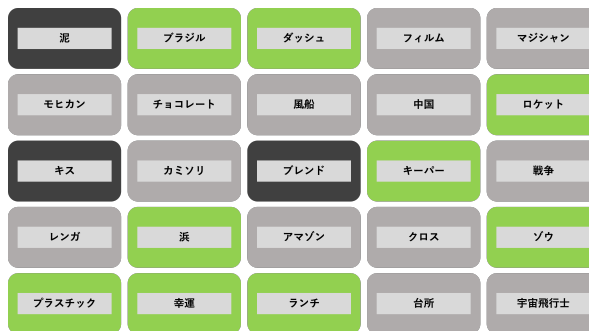


図2 プレイヤー2のゲーム画面

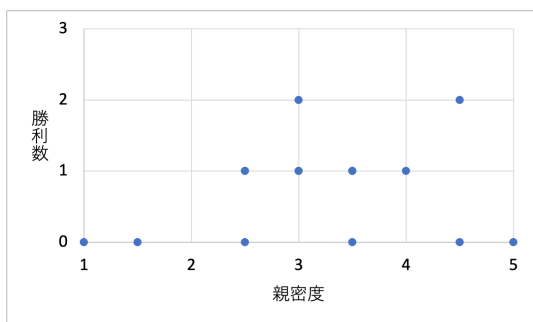


図3 プレイヤーの親密度と勝利数

なお、ヒントを9つ出した後サドンデスというヒントなしで緑色のカードをとり続けるモードとなるがこの場合にはターン数に101と記録し、このデータの他に備考欄に暗殺者のカードを取ったことなどの情報が記載されている。また、それぞれのゲームの実施日も記録されている。

4 ログの分析

4.1 親密度と勝率の相関分析

この節では収集したログを用いて関係性が親密であるほどゲームのパフォーマンスが向上するという仮説を検証する。

相手との親密度は客観的な厳密な定義が難しく知り合ってから時間だけでも会う頻度だけでも十分とは言えない。そのため、本研究では相手との関係性を5段階の主観で評価してもらい双方向からの親密度の平均を両者間の親密度の値として用いることとした。

図3に親密度と3ゲーム中の勝利回数をプロットしたものを示す。この図より、勝利した組み合わせは親密度2.5以上のものしかなかったため相関があるように見えるが、相関係数としては0.21とごく弱い正の相関であった。この結果は親密度と勝率の間には明確な関係性はないことを示唆している。この

ような結果が得られた原因の1つとして両者間の親密度の認識の違いがあるのではないかと考えた。そこで、双方の親密度の絶対差を用いた親密度差と勝利数、親密度の値を各組み合わせにおいて低く答えたプレイヤーの親密度を用いた低親密度、高く答えたプレイヤーの親密度を用いた高親密度とした際の勝利数の相関関係を分析した。

この分析の結果得られた相関係数を表1に示す。また、高親密度と勝利数を散布図としてプロットしたものを図4に示す。この結果より親密度差を用いた場合と高親密度を用いた場合に相関係数が増加することが確認できる。

親密度差について大きいほど勝利数が大きくなるという結果であるが、これは親密度差について値が0,1,2の3つであるのに対してデータ数が5,10,1と偏っていることに原因があると考えられる。低親密度および高親密度を用いた分析においては、低親密度を用いた分析がほぼ無相関であったのに対して、高親密度を用いた分析において弱い正の相関を示したことからどちらか一方が親密だと判断できるような関係性であることが勝率に関係する可能性が示唆されたが、関係性が親密なほど勝率が高くなるという仮説を肯定するほどの強い相関を得ることはできなかった。

これは個人の認知能力や語彙、ゲームへの習熟度など様々な要因が関係しているからであると考えられる。

表1 親密度の違いと勝利数との相関係数

親密度	相関係数
親密度差	0.34
低親密度	0.11
高親密度	0.34

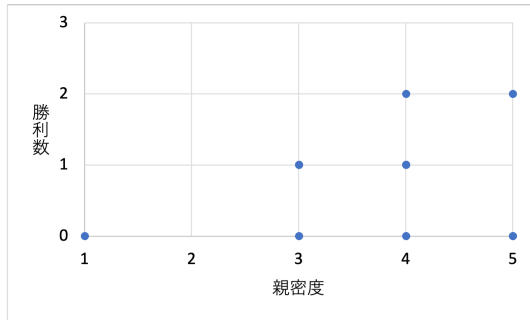


図4 高親密度と勝利数

4.2 プレイ回数と勝率の相関分析

この節ではゲームに対する習熟度が勝率に影響をおよぼすのではないかとという仮説のについて分析を行う。

本研究におけるデータ収集では全員が Codenames 経験者ではあったが、ルール確認のため数回行う程度であった。そのため、時系列的にそのプレイヤーにおいて何回目に実施したゲームであったのかがプレイの習熟度に関係し勝率に影響を与えるのではないかと仮定し、プレイ回数と勝利数についての分析を行う。

プレイ回数について、データを取得した日時を用いてそのゲームがプレイヤーにとって何回目のゲームであったのかを記録した。2人1組で行う関係上、2人で異なるプレイ回数となるためそのゲームにおけるプレイ回数を2人の平均、プレイ回数の絶対差、低頻度、高頻度の4通りで分析を行った。ここで、本研究ではプレイ回数が多い方を高頻度、少ない方を低頻度と表記する。

3通りのプレイ回数を用いた勝利数との相関係数を表2に示す。また、最も強い相関が得られた低頻度をプレイ回数として用いた際の勝利数との散布図を図5に示す。この結果より、プレイ回数による習熟は関係性によるパフォーマンスの向上よりも影響が大きいという結果が得られた。また、プレイ回数について低頻度のプレイヤーのプレイ回数が相関係数0.54とこれまでの分析で最も大きい正の相関を示すことがわかった。これは Codenames が二人の認識を共有し協力しなければいけないタスクであるために、一方のみの習熟ではゲーム自体の勝率にあまり影響を与えなかったのではないかと考える。

表2 プレイ回数と勝利数との相関係数

プレイ回数	相関係数
平均	0.45
絶対差	0
低頻度	0.54
高頻度	0.36

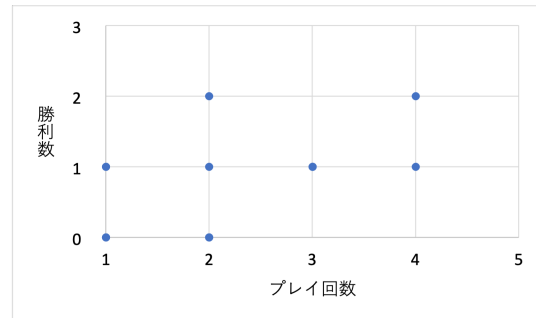


図5 低頻度のプレイ回数と勝利数

5 おわりに

本研究では、不完全情報ゲームである Codenames におけるプレイヤーの親密度に着目しゲームログの収集および勝率の関係の分析とその考察を行った。データ収集においてはプレイヤー9名の16通りの組み合わせ48ゲーム分のデータを収集し、親密度の分析ではより親密度を高く答えたプレイヤーのデータを用いた際に勝率と弱い正の相関が得られた。しかし、仮説を肯定するほどの強い相関ではなかった。さらに、勝率に影響を与える他の要因の一つとしてプレイ回数についての分析も行った。その結果、低頻度のプレイヤーのプレイ回数と勝率の間には比較的強い正の相関があり親密度よりも大きな影響があることを示した。今後は、Codenames のゲームログを追加収集するとともに、他の要因についても分析を進めていき将来的にはAIによる実装を行う予定である。

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. 人工知能学会誌, Vol. 30, No. 1, pp. 65-73, 2015.
- [2] Kim, A., Ruzmaykin, M., Truong, A., and Summerville, A. Cooperation and code-names: Understanding natural language processing via codenames. AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, Vol.15, No.1, pp. 160-166, 2019
- [3] Jaramillo, C., Charity, M., Canaan, R., and Togelius, J. Word Autobots: Using transformers for word association in the game codenames. AAAI Conference on Artificial In-

telligence and Interactive Digital Entertainment, Vol. 16, No. 1, pp. 231-237, 2020.

- [4] Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., and Dean, J. Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint arXiv:1301.3781, 2013
- [5] J. Pennington, R. Socher, and C. D. Manning. Glove: Global vectors for word representation. In EMNLP2014. pp. 1532-1543, 2014
- [6] Radford, A., Wu, J., Child, R., Luan, D., Amodei, D., and Sutskever, I. Language models are unsupervised multitask learners. OpenAI Blog 1(8):9, 2019
- [7] 坪倉和哉, 久保谷空史, 早苗昭尚, 大橋玲音, 小林邦和, Codenames 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, JSAI2022, 第36回, 2022