

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：25301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2020

課題番号：16K00022

研究課題名（和文）新たな応用先を指向した文法推論アルゴリズムの開発

研究課題名（英文）A new field of machine learning algorithm and grammatical inference for sequential data

研究代表者

但馬 康宏 (Tajima, Yasuhiro)

岡山県立大学・情報工学部・准教授

研究者番号：00334467

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では文法推論について実問題に対して有効なアルゴリズムに対して研究を行った。学習アルゴリズムの実用的な応用に際して、学習対象となるデータの選定は重要な意味を持つ。本研究では多人数不完全情報ゲームに対してその着手を模倣するアルゴリズムを研究目的とし、文法推論アルゴリズムの新たな応用先を探る手立てとする。特にコンピュータ大貧民およびお邪魔者と呼ばれるカードゲームに対して解析を行い、そのプレイヤーアルゴリズムを構築することを手段として研究目的を達成する。その結果、コンピュータ大貧民およびお邪魔者における有効なアルゴリズムを考案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習アルゴリズムの実用的な応用に際して、学習対象となるデータの選定は重要な意味を持つ。本研究では多人数不完全情報ゲームに対してその着手を模倣するアルゴリズムを研究目的とし、文法推論アルゴリズムの新たな応用先を探る手立てとした。特にコンピュータ大貧民およびお邪魔者と呼ばれるカードゲームに対して解析を行い、そのプレイヤーアルゴリズムを構築した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we focused on grammatical inference algorithms that are effective for actual problems. In the practical application of the learning algorithm, the selection of the data to be learned is important. The purpose of this study is to find an algorithm that imitates the start of a multiplayer imperfect information game, and to find a new application of the grammatical inference algorithm. In particular, we have analyzed card games called computer daihinmin and saboteurs, and we have constructed an effective algorithm for these games.

研究分野：機械学習

キーワード：不完全情報ゲーム 多人数ゲーム 着手の分析

1. 研究開始当初の背景

本研究では文法推論を“仮説の更新”と“概念獲得の原理”に分けて考え、統計的学習手法を取り込むことにより、実問題に対して有効なアルゴリズムに対して研究を行う。これにより

- (1) 統計的学習手法を取り入れた文法推論アルゴリズムの開発
- (2) 実問題、特に自然言語処理におけるトピック抽出と不完全情報ゲームにおける最善手の探索を目標としたアルゴリズムの開発
- (3) 実問題の解決に即した学習達成基準の考案

を当初の目標とする。これは従来の理論研究に新たな方向性を示すものとなる。

形式文法の学習(文法推論)においては、チョムスキーの文法階層における2型(文脈自由文法)および3型(正則文法)に対する研究が精力的に行われてきた。しかし、正則言語およびその拡張により生成される言語に対する多項式時間学習は肯定的な結果が多いのに対して、文脈自由言語およびその部分言語族に対する学習に関しては、否定的な結果が多い。また文法推論の研究においては、最悪計算量の評価が理論的研究の主眼に置かれ、アルゴリズムの利用例などはあまり多くないことでも知られている。

2. 研究の目的

学習アルゴリズムの実用的な応用に際して、学習対象となるデータの選定は重要な意味を持つ。本研究では多人数不完全情報ゲームに対してその着手を模倣するアルゴリズムを研究目的とし、文法推論アルゴリズムの新たな応用先を探る手立てとする。

特にコンピュータ大貧民およびお邪魔者と呼ばれるカードゲームに対して解析を行い、そのプレイヤーアルゴリズムを構築することを手段として研究目的を達成する。コンピュータによるゲームの思考アルゴリズムの研究は囲碁、将棋などのボードゲームに限らず、トランプゲームに対しても行われている。将棋や囲碁などの二人完全情報ゲームに関しては、ゲーム木探索による着手決定が一般的である。それに対して多人数不完全情報ゲームでは、ゲーム木を構築すると各局面における分岐数が膨大になり効率よく探索ができない。一方、モンテカルロ法による着手決定が評価関数の作成が難しい二人完全情報ゲームにおいて有効な手法であることが示されている。多人数不完全情報ゲームである大貧民においても木探索ではないがモンテカルロ法が有効であることが示されている。ここで、モンテカルロ法においてもヒューリスティックを考案し、ランダムシミュレーションの効率化を行うことは有効な手法であると思われる。

3. 研究の方法

多人数不完全情報ゲームに対するアルゴリズムとその分類および特徴を明らかにする。特に以下の点について研究を行う。

- (1) コンピュータ大貧民におけるプレイヤーアルゴリズムの構築
- (2) コンピュータ大貧民における上がり順と場の流しやすさの調査
- (3) 手札提出時期によるコンピュータ大貧民プログラムの分類
- (4) お邪魔者における妨害カード提出戦略とその評価関数、および通路作成ヒューリスティックの検討
- (5) お邪魔者における妨害タイミングの勝率への影響調査
- (6) お邪魔者における公平なラウンド勝率とプレイヤーアルゴリズムの評価

ここで、コンピュータ大貧民は多人数で行うゲームであるが、プレイヤーはそれぞれ独立しており利害関係に差はない。したがって、それぞれのプレイヤーが独自に勝利を目指すゲームである。それに対してお邪魔者はプレイヤーが二つの役割に分かれて対戦するような形で進められるゲームであり、同じ多人数不完全情報ゲームでもコンピュータ大貧民とは特徴が違う。このように特徴の違うゲームに対する分析は、より応用の可能性を広げるために必要な分析である。

4. 研究成果

- (1) コンピュータ大貧民におけるヒューリスティックによるプレイヤーアルゴリズム

この研究では、コンピュータ大貧民におけるヒューリスティック戦略について、複数の戦略を考案し、その有効性の実験的検証を行った。考案した戦略はkou および kou2 として実装し、UEC コンピュータ大貧民大会(UECda)における2014年と2015年のライト級優勝プログラムとなった。文献[1]では2015年版の改良を含め、アルゴリズムの厳密な記述と評価を行った。評価実験においては、ヒューリスティック戦略を用いたプログラムとモンテカルロ法を用いたプログラムの双方に対する対戦を行い、対戦相手の違いによりヒューリスティック戦略の有効性にどのような差が生じるかについても分析を行った。

その結果、場を流せそうな組の判断、しぼりに関する戦略、自分が親のときの着手選択の3つ

の戦略に有効性があると判断できた。また、場を流せそうな組の判断についてはヒューリスティック戦略との対戦において強さに影響することが判明した。評価実験として、コンピュータ大貧民に対する 3 種類の評価値を用いたヒューリスティック戦略を提案した。さらに提案した戦略の中で 4 つのヒューリスティックについて、その効果を実験的に調べた。その結果、場を流せそうな組の判断、しばりに関する戦略、自分が親のときの着手選択の 3 つの戦略に有効性があると判断できた。

また、あがれそうな場面での場を流せる提出が妨害される割合を調べ、相手がヒューリスティック戦略を用いている場合には、本論文で提案した手法がモンテカルロ法の相手よりも効果的である可能性を示した。

以下の表に開発した 4 種類のプログラムとの 2000 試合 3 セット対戦のスコアの比較を示す。

	平均	1 セット	2 セット	3 セット
kou2	6359.3	6342	6416	6320
w75	6341.0	6216	6309	6498
w95	6293.3	6357	5995	6528
w100	6134.7	6051	6200	6153
single	5998.7	6016	6182	5798
weak	6222.0	6218	6240	6208
rev-	6324.7	6258	6364	6352
rev+	6262.7	6401	6172	6215
lock-	6266.0	6472	6162	6164
lock+	6118.3	6150	6107	6098
use2	6207.0	6259	6178	6184
useA	6461.3	6452	6396	6536
useA+2	6417.3	6476	6546	6230

(2) お邪魔者における妨害カード提出戦略とその評価関数、および通路作成ヒューリスティックの検討

お邪魔者とよばれるボードゲームに着目した。「お邪魔者」は、金鉱山をモチーフとしたドイツ発祥のボードゲームであり、3~10 人でゲームを行う。1 試合につき 3 ラウンド行い、各プレイヤーは、2 つの役割「金鉱堀」と「お邪魔者」となり、ゲームを進行する。各役割の勝利条件を満たすことで報酬の金が配布される。この金を最も多く獲得したプレイヤーが勝利するゲームである。2 つの役割は非公開情報となっており、人狼ゲームとは違い自然言語処理を必要とせず、各プレイヤーの行動により役割の推定を行えることが特徴である。

この論文では、「お邪魔者」が「金鉱堀」の妨害を行う際、妨害の方法のひとつである破壊カードの提出の評価関数を作成し、その評価関数の評価を行った。

評価関数の評価方法として、不完全である情報を公開情報として扱い完全情報ゲームとしたとき、その時の破壊カードに対する評価を最適解とし、最適解が提出したかどうかと作成した評価関数が使用したかどうかの情報をを用いて、再現率、適合率、F 値を求め評価を行った。

その結果、ゲーム中盤に差し掛かったぐらいの時に破壊カードを使用することが最も良い評価であることが分かった。さらに、通路カードによる通路作成に着目した複数の評価関数を用いたプログラムを作成し、それらの勝率を比較することで戦略の評価と考察を行った。

その結果、金鉱堀の通路作成において、配置場所からゴールまでの x 座標の距離を用いた評価と最短経路を構成する通路カードの残り枚数による評価が有効であることが分かった。

(3) お邪魔者における公平なラウンド勝率とプレイヤーアルゴリズムの評価

この研究では多人数不完全情報ゲームのひとつである「お邪魔者」について、プレイヤーの役割や参加人数による状況の違いごとに公平な勝率を求め、基本的なプレイヤーアルゴリズムがその勝率とどの程度違うか実験的に求めた。その結果、公平な得点を得るための理想的な勝率とは傾向が違ったが、得られる得点のばらつきに大きな違いが無いことが明らかとなった。特に、お邪魔者と金鉱堀どちらの役割になっても得られる金塊の期待値が等しくなる勝率を求めた。その勝率およびそのときの金塊獲得期待値がプレイヤーアルゴリズムを作成する際に安定した強さであるかどうかの目安として利用できるかを検討し、実験による比較を行った。

引用文献

- (1) 田頭幸三,但馬康宏,コンピュータ大貧民におけるヒューリスティック戦略の実装と効果, 情報処理学会論文誌, vol.57, no.11, pp.2403--2413, Nov. 2016.
- (2) 大田観,但馬康宏,菊井玄一郎,コンピュータ大貧民における上がり順と場の流しやすさの調査, 第68回電気・情報関連学会中国支部連合大会, 発表番号:R17-25-05, Oct. 2017.
- (3) 但馬康宏,手札提出時期によるコンピュータ大貧民プログラムの分類, 情報処理学会, ゲーム情報学研究会報告, vol.2018-GI-40, no.4, pp.1--4, June 2018.
- (4) 伊藤那智,大畑佳介,但馬康宏,お邪魔者における妨害カード提出戦略とその評価関数, 情報処理学会, ゲーム情報学研究会報告, vol.2019-GI-42, no.1, pp.1--6, July 2019.
- (5) 大畑佳介,伊藤那智,但馬康宏,「お邪魔者」における通路作成ヒューリスティックの検討, 情報処理学会, ゲーム情報学研究会報告, vol.2019-GI-42, no.2, pp.1--6, July 2019.
- (6) 但馬康宏,お邪魔者における妨害タイミングの勝率への影響調査, 情報処理学会, ゲーム情報学研究会報告, vol.2020-GI-43, no.25, pp.1--6, Mar. 2020.
- (7) 但馬康宏,お邪魔者における公平なラウンド勝率とプレイヤーアルゴリズムの評価, 情報処理学会, ゲームプログラミングシンポジウム2020(GPW2020), pp.81--84, Nov. 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 田頭幸三, 但馬康宏	4. 巻 57
2. 論文標題 コンピュータ大貧民におけるヒューリスティック戦略の実装と効果	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 2403-2413
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	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11件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 但馬康宏
2. 発表標題 お邪魔者における妨害タイミングの勝率への影響調査
3. 学会等名 情報処理学会, ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡田龍人, 但馬康宏
2. 発表標題 分散表現を用いた献立調理時間の学習
3. 学会等名 第21回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 伊藤那智, 大畑佳介, 但馬康宏
2. 発表標題 お邪魔者における妨害カード提出戦略とその評価関数
3. 学会等名 情報処理学会, ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大畑佳介, 伊藤那智, 但馬康宏
2. 発表標題 「お邪魔者」における通路作成ヒューリスティックの検討
3. 学会等名 情報処理学会, ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川本悠人, 但馬康宏
2. 発表標題 コンピュータ大貧民のニューラルネットワークによる着手評価における入力要素の比較
3. 学会等名 第20回IEEE広島支部学生シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡田龍人, 但馬康宏
2. 発表標題 ニューラルネットワークによる献立調理時間の推定
3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラムFIT2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 但馬康宏
2. 発表標題 手札提出時期によるコンピュータ大貧民プログラムの分類
3. 学会等名 情報処理学会, ゲーム情報学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuhiro TAJIMA
2. 発表標題 A text mining of school lunch recipes in Japan and correlation between lunch dishes and nutrition balance
3. 学会等名 Proceedings of the International Conference on Computer Application (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大田観, 但馬康宏, 菊井玄一郎
2. 発表標題 コンピュータ大貧民における上がり順と場の流しやすさの調査
3. 学会等名 第68回 電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 但馬康宏, 菊井玄一郎
2. 発表標題 レシピの材料表における語の出現頻度とその特徴
3. 学会等名 情報処理学会, 数理モデル化と問題解決研究会報告
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山肩洋子, 難波英嗣, 大須賀智子, 原島純, 但馬康宏, 森信介, 大山敬三
2. 発表標題 料理レシピデータセットを用いた料理用語辞書の自動構築 ~フローグラフから得られる加工履歴に基づく食材名の分布類似度計算に関する検討~
3. 学会等名 信学技報, 食メディア研究会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔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
---------	---------