

コリドールの解析

岩永拓朗^{1,a)} 坂本真人² 伊藤孝夫³ 池田諭⁴

概要: コリドールは2人または4人で行う完全情報ゲームである。このクラスに分類されるゲームは「先手必勝」、「後手必勝」、「引き分け」のいずれかに分類できることが知られている。本研究の目的は、コリドールを「先手必勝」、「後手必勝」、「引き分け」に分類することである。本研究では分類の手法として後退解析を利用する。後退解析を用いるのは将棋やチェスのような同一局面が繰り返すような問題に対して後退解析が有効であるためである。また、このゲームの正規版は膨大な計算が必要であるため、本研究ではフェンスの枚数や盤面の数を減らした縮小版を用いた結果を紹介する。

受付日 2022年2月14日、採録日 2022年2月14日

キーワード: 2010212 離散最適化, 2130103 探索と推論, 2130702 ゲーム木探索

Analysis of Quoridor

IWANAGA TAKURO^{1, a)} MAKOTO SAKAMOTO²
TAKEO ITO³ SATOSHI IKEDA⁴

Abstract: Quoridor are game with perfect information played by two or four players. It is known that games classified in this class can be classified as either "must win first", "must win later", or "tie". The purpose of this study is to classify the Quoridor into "must-win", "must-win", and "tie". In this study, we use regression analysis as a method of classification. The reason for using retrograde analysis is that retrograde analysis is effective for problems in which the same phase is repeated, such as shogi and chess. In addition, since the regular version of this game requires a large amount of computation, we present results using a reduced version with fewer fences and boards.

Received: February 14, 2022, Accepted: February 14, 2022

Keywords: 2010212 Combinatorial optimization, 2130103 Search and reasoning, 2130702 Solving game trees

1. はじめに

コリドールは Mirko Marchesi がデザインし、1997年に Gigamic Games*から発売されたボードゲームで、同年メンサゲームアワードに選ばれている[1]。コリドールは9x9のボードを用いて、2人または4人(ローカルルールで3人で行うこともある)でプレイする。2人用のコリドールは、図1の初期位置から1人10枚のフェンスを持った状態でスタートする。自分の手番が来るたびに「自分のコマを1つ動かす」、または「フェンスを1枚設置」のどちらかを行い、順番に手番を進めていく。その後、先にスタート地点と反対側の列に到達した方が勝利となる。

このゲームを二人で行う場合二人零和有限確定完全情報

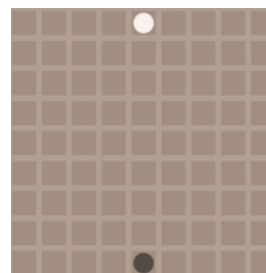


図1 2人でプレイするときの初期盤面
Fig 1. Initial position of Quoridor for two-player.

ゲームに分類される [2,3].このゲームの特徴としてお互いに最善手を打っていくと、必ず「先手必勝」「後手必勝」「引き分け」のいずれかに分類される(最善手を打ち続けた手を

1 宮崎大学工学部
Graduate School of Engineering, Miyazaki University, Japan

2 宮崎大学工学部
Faculty of Engineering, University of Miyazaki,

3 広島大学大学院先進理工系科学研究科
Graduate School of Engineering, Hiroshima University Higashi-

Hiroshima, Hiroshima, Japan
4 宮崎大学工学部

Faculty of Engineering, University of Miyazaki, Miyazaki-City,
Miyazaki, Japan,

a) hm17008@student.miyazaki-u.ac.jp

*フランスのボードゲーム制作会社

パーフェクトプレイと呼ぶ)。しかし、このゲームはボードゲームとしてはまだ歴史が浅く、先行研究も少ないため「先手必勝」「後手必勝」「引き分け」のどれに分類されるのか明確になっていない。そこで本論文ではフェンスの枚数やボードの大きさを減らした、縮小版のコリドールに対して後退解析を用いて分類する。

2. コリドール

本論文では縮小版のコリドールを扱う。これはフェンスの枚数と盤面の大きさ以外は正規品と同じルールである[4]。以下に縮小版のルール説明をする。

(1) ゲームの目的

ゲームの目的は正規品と同じで初期盤面での自分のコマを反対のラインに到達することである。

(2) ゲームの流れ(二人の場合)

本論文では黒を先行とする。

各プレイヤーは順番に、自分のコマを動かすか、フェンスを1枚立てるかを選んでいく。手持ちのフェンスがなくなったら、プレイヤーは自分のコマを移動させなければならない。

最初は自分のコマを選んで、ボードのいちばん手前の列中央に置き、相手は別のコマを取って、相手から見て同様に配置する。その後、フェンスを1枚ずつ(正規版は10枚ずつ)取る。

(3) コマの動き

コマは基本的には前後左右に1マスずつしか移動できない。コマの進行方向にフェンスが置いてあった場合迂回しなければならない図2のコマの位置では黒い四角が黒コマの移動可能位置で白い四角が白いコマの移動可能位置となっている。

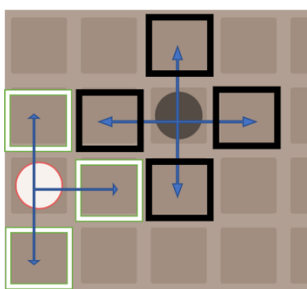


図2 コマの移動可能位置.

Fig 2. How to move pawn.

(4) フェンスの配置

フェンスは2マスの間におく。フェンスは自分の駒の進行を進めるため、あるいは相手の駒の進行を遅らせるためにおくが、自分または相手の駒をゴールできるような板の配置をすることはできない。

(5) コマが向かい合った場合

2つのコマが向かい合った場合フェンスに阻まれていなかったら相手のコマを飛び越えて移動することができる。また、フェンスが相手の駒の背後に置いてあった場合右または左に斜め移動することができる。

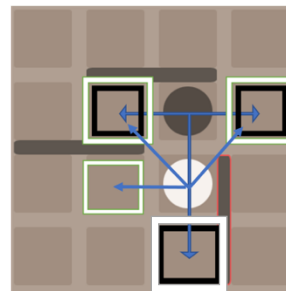


図3 コマが向かい合ったときの動き方

Fig 3. When two pawns are next to each other or when the path is blocked by a wall.

(6) ゲーム終了

最初に向かい側のラインのマス目に到達したプレイヤーが勝利になる。

3. 後退解析

本研究では後退解析を用いた[5,6]。この手法の利点は同じ局面を繰り返す千日手が起きるような対象でも「引き分け」にすることで有限性が保証されることにあります。

この手法は勝敗の決定した最終局面から最初の手まで一手ずつ前の手に遡っていく方法である。その際、勝敗情報を前の手に伝えていく。具体的には図4で黒いノードを黒の勝利局面、白いノードを白の勝利局面とすると左の図のように黒の勝利局面にしか繋がっていない手は黒の勝利局面とし、白黒両方ある場合はその手を選ぶ側が勝利とする。中央の図のように黒が選べる場合は黒の勝利情報を、右の図なら白の勝利情報を伝える。これを繰り返していき、初期盤面にまで情報が伝達したらその盤面の勝利情報がわかるのでそのゲームの勝敗がわかる。また勝ち負けの確定していないノードと負けの確定したノードにしか繋がっていない場合、そのノードは未確定のノードに遷移する。遷移先のノードも同様な状態で元のノードに戻ることを繰り返した場合千日手として引き分けの情報を入れる。これによって確実に「先手必勝」「後手必勝」「引き分け」のどれかに分類できる。

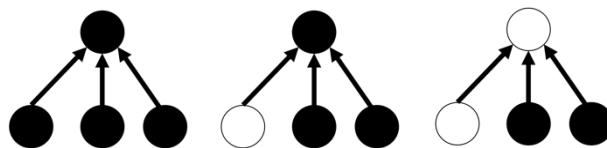


図4 後退解析

Fig 3. Retrograde Analysis

4. 盤面の列挙

後退解析を行うために盤面を事前に列挙しておく. 盤面の情報は以下の通りである.

- コマの位置
- フェンスの位置と向き
- 手持ちのフェンスの枚数
- 先手後手
- 勝敗情報

コマの位置は図 5 のように羅列した数字に対応させている. 白は 2 から, 黒は 22 からスタートし, 白は 20 から 24 の間を, 黒は 0 から 4 をゴールとする (両方のコマがゴールしているような局面は用意しない).

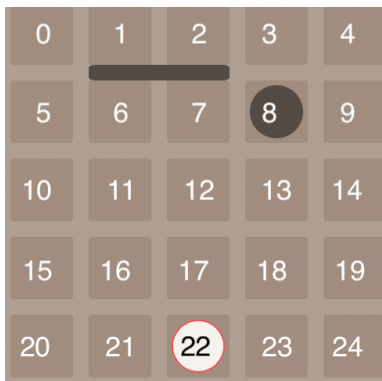


図 5 コマの位置

Fig. 5. Pawn position number

フェンスの位置も図 6 のように羅列した数字に対応させている. 図 6 のフェンスは 1 に横向きに置いてあると表す.

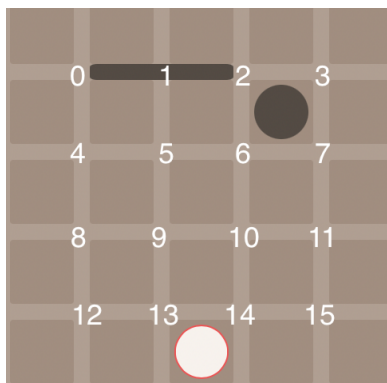


図 6 フェンスの位置

Fig. 6. Fence position number

上記のような条件で, 設置している板の枚数ごとに分割して表記した (正規版の局面数は $3.9905 \cdot 10^{42}$ [7]). 板が 0 枚設置されているときで 960 パターン, 1 枚設置されているときで 61440 パターン, 2 枚設置されているときで 436864 パターン用意した (どちらかがゴールに到達した時点で最終局面としているので, 手番は到達したほうのプレイヤーのみ用意した).

5. 結果

図 7 に 5x5 版でフェンスの枚数一枚ずつの後退解析の結果を初期盤面から 2 手目まで表記した. この図の「W」は先手必勝を意味し, 「L」は後手必勝を意味する. また「P」はコマを動かしたときを表し, その横の数字は動かす前の位置と動かした後の位置を図 5 の数字で表す. 「F」はフェンスを配置したときを表している (パターンが多いので省略している). この条件においては後手必勝であることがわかった.

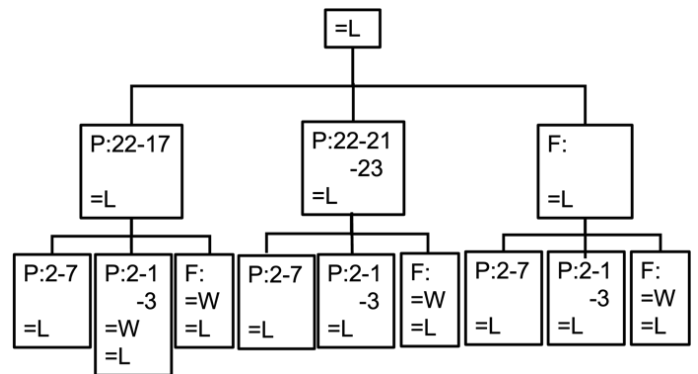


図 7 後退解析の結果

Fig 7. Some of the results of the regression analysis

このときのパーフェクトプレイの一例を図 8 で示した. この結果をみると後手側が相手のコマを飛び越えているため 1 手分有利になっている. 先手側はこれを避けようとする一手損をするためどの動きを選んだとしても後手勝ちになることがわかる.

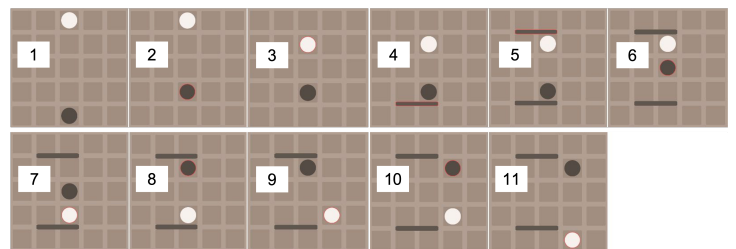


図 8 5x5 版でフェンス 1 枚ずつのときのパーフェクトプレイ

Fig. 8 A perfect plays of Quoridor with a 5x5 board and one fence each.

また盤面の大きさを変化させた場合のパーフェクトプレイを以下に示す. 縦の長さを偶数にした 5x6 番では先ほど述べた飛び越えを先手が行えるようになったため先手必勝となる.

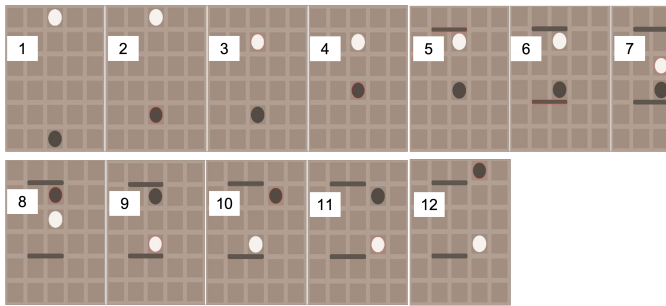


図 9 5x6 版でフェンス一枚ずつのときのパーフェクトプレイ

Fig. 9 A perfect plays of Quoridor with a 5x6 board and one fence each.

そして正規版と同じ大きさである 9x9 番では 5x5 版と同様に後手必勝となった。

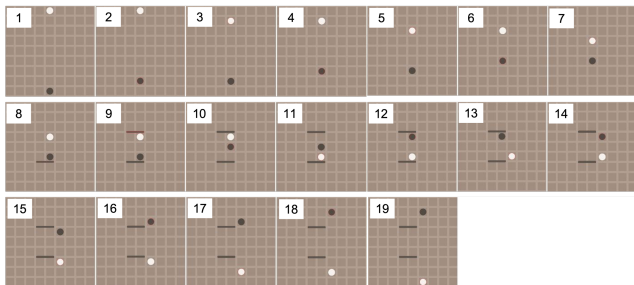


図 10 9x9 版でフェンス一枚ずつのときのパーフェクトプレイ

Fig. 10 A perfect plays of Quoridor with a 9x9 board and one fence each.

互いのフェンスの枚数が一枚以下の場合に縦横の長さを変えた結果を図 11 に示した。このとき横の長さはコマを中央向かい合わせに置く必要があるため奇数に固定してある。この結果から縦横ともに奇数のときは後手必勝となり、縦が偶数となるときは逆転し、先手必勝となる。

互いのフェンスの枚数 0,1		横の長さ		
		5	7	9
縦の長さ	5	後手必勝	後手必勝	後手必勝
	6	先手必勝	先手必勝	先手必勝
	7	後手必勝	後手必勝	後手必勝
	8	先手必勝	先手必勝	先手必勝
	9	後手必勝	後手必勝	後手必勝

図 11 ボードサイズを変えたときの結果

Fig. 11 Results for different board sizes.

6. 考察

今後フェンスの枚数を増やしていても図 11 の結果と似

たようなものになると予想できる。また、この結果から先手必勝、後手必勝が入れ替わるとしたらボードサイズの小さなところから変化していくと思われるので確認していこうと思う。

参考文献

- [1]日本コリドール協会
<https://quoridor.jp/#> (参照 2022-2-14)
- [2]田中 哲朗”「どうぶつしょうぎ」の完全解析”
情報処理学会研究報告. GI, [ゲーム情報学] 22, C1-C8, 2009-06-26
- [3]J. Romein and H. Bal: Solving the Game of Awari using Parallel Retrograde Analysis. IEEE Computer, Vol. 36, No. 10, pp. 26 – 33(2003).
- [4] <https://www.ultraboardgames.com/quoridor/game-rules.php>
- [5]Schaeffer, J., N. Burch, Y. Bjornsson, A. Kishimoto, M. Mueller, R. Lake, P. Lu, and S. Sutphen, Checkers is solved, Science, 317, 1518–1522, 2007.
- [6]H. E. Bal and L. V. Allis. Parallel Retrograde Analysis on a Distributed System. In Supercomputing '95, San Diego, CA, December 1995.
- [7]Victor Massague Respall, Joseph Alexander Brown and Hamna Aslam, "Monte carlo tree search for quoridor", 19th International Conference on Intelligent Games and Simulation GAME-ON 2018, 2018.