

ノッカノッカの縮小版に対する後退解析

松本優希† 黒田久泰‡

愛媛大学工学部情報工学科† 愛媛大学大学院理工学研究科‡

1. はじめに

NOCCA×NOCCA(以下, ノッカノッカ)[1]はンダノガが開発した, 縦 6 マス×横 5 マスと白黒 5 個ずつのコマを用いたシンプルなボードゲームである. しかし, ゲーム中に取り得る局面数は約 3000 億局面と膨大になる. ノッカノッカは二人零和確定完全情報ゲームであるため, 全ての局面における勝敗が明らかにできるが, 膨大な数の局面の保持が問題になる.

本研究では, ノッカノッカに対して後退解析を行うことを目的とする. ノッカノッカの局面数は膨大であるため, 局面状態の保持をノッカノッカにおいて最適化した手法を用いて, 少ないメモリ使用量での後退解析を実現する. また, ノッカノッカの本来の盤面のマスの数とコマの数を少なくした縮小版に対して後退解析を行う.

2. 関連研究

幼児向けのミニ将棋であるどうぶつしょうぎやアンパンマンはじめてのしょうぎは後退解析を用いて完全解析がなされている[2][3]. どうぶつしょうぎは初期盤面から双方最善手を指した場合 78 手で後手勝ち, アンパンマンはじめてのしょうぎは初期盤面から双方最善手を指すと引き分けであると証明されている.

3. ノッカノッカ

3.1 ノッカノッカのルール

ノッカノッカは縦 6 マス×横 5 マス(以下, 6×5 と表記)の盤面と白黒 5 個ずつのコマを用いる. 各プレイヤーは手番ごとに自コマから 1 つを選択し, 隣接する周囲 8 マスに移動させる. このとき, コマを白黒関係なく 3 段まで乗せることができることが特徴のゲームである. 上にコマがある状態では下のコマは移動できない.

勝利条件は, 自分のコマのうちどれか 1 つが相手側の盤外へ移動する, もしくは全ての相手コマに乗り動かすコマが無い状態にするの 2 つ

である.

本研究では, 盤面の大きさを変化させてそれぞれの場合で解析を行う. その際, 白黒それぞれのコマの数は盤面の横のマス目の数と同じとする.

3.2 ノッカノッカの局面数

ノッカノッカの総局面数を, 盤面の大きさを変化させた場合を含めて表 1 に記す.

表 1 盤面サイズごとの局面数

盤面サイズ(縦×横)	局面数
3×2	1,440
4×2	3,864
5×2	8,460
6×2	16,236
3×3	103,920
4×3	457,600
5×3	1,478,400
6×3	3,914,760
3×4	8,297,520
4×4	59,978,520
5×4	286,043,100
6×4	1,045,492,140
3×5	701,797,824
4×5	8,330,066,640
5×5	58,656,157,560
6×5	295,975,446,984

4. 実験の手法

4.1 ノッカノッカにおける局面保持方法の最適化

ノッカノッカで各マスが取り得る状態は{空, 黒, 白, 黒黒, 黒白, 白黒, 白白, 黒黒黒, 黒黒白, 黒白黒, 黒白白, 白黒黒, 白黒白, 白白黒, 白白白}の 15 種類である. そのため, マスの状態を 4 ビットで表すことができ, 6×5 の盤面であっても 120 ビットで局面状態を保持できる.

後退解析を実行するには, ゲーム中で取り得る全ての局面の状態と全ての局面における勝敗状態が必要である. そのための局面状態の保持だけでも, 6×5 の盤面では約 4TB が, 5×5 の盤面では約 220GB の領域が必要となる. 左右を入れ替えた場合と同じ局面や初期局面から到達不可の局面を省き, 手番の固定を行った場合には局面数が 4 分の 1 程度になるがそれでも 1TB 以

Retrograde Analysis for Reduced Version of NOCCA NOCCA
†Matsumoto Yuki, Department of Computer Science, Faculty of Engineering, Ehime University

‡Kuroda Hisayasu, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

上の局面情報を高速化のためにはメモリ上へ保持しておく必要がある。

メモリ使用量を削減するために、局面のコマの配置の状態とコマの色を別に保持する方法を使用する。

ノッカノッカで、コマの白黒を無視した際の局面数は 6×5 の盤面では約 11 億通りである。この場合でマスがとりうる状態は {空, 1 段, 2 段, 3 段} の 4 通りであるため 2 ビットで表すことができ、 6×5 の盤面であっても 60 ビットで状態を保持できる。これは約 9GB で保持できる。左右を入れ替えた場合と同じ局面を省き、手番の固定を行った場合には約 2.2GB で保持できる。これとは別に白黒のコマ 10 個の並び方 252 通りを用意することで、それぞれから盤面の状態を作成することができるため、局面保持に必要な情報量を大幅に削減できる。コマの配置とコマの色から局面を生成する方法を図 1 に示す。

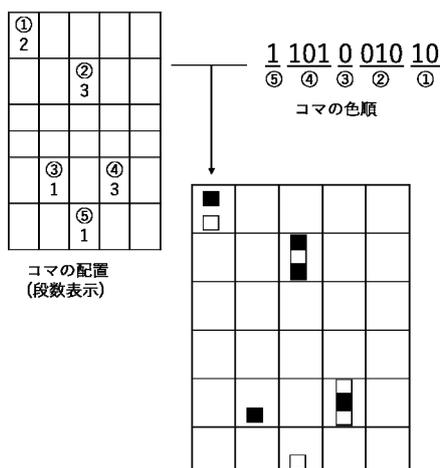


図 1 コマの配置と色順からの局面生成

4.2 後退解析

後退解析は以下のように行う。

1. 勝敗の確定していない局面集合から 1 つを選択する。
2. その局面から遷移する全ての局面を求める。
 - ・ 遷移先の局面に次の手番の負け局面があれば、選択した局面は手番の勝ち局面
 - ・ 遷移先の局面が全て次の手番の勝ち局面であれば、選択した局面は手番の負け局面
3. 操作を繰り返して、勝ち局面の数も負け局面の数も増えなくなれば終了する。

本研究では、盤面を 5×5 , 4×5 , 3×5 , 5×4 , 4×4 , 3×4 , 5×3 , 4×3 , 3×3 , 5×2 , 4×2 , 3×2 に縮小した盤面において後退解析を行い、初期盤面に置ける勝敗を求めた。また、それぞれの局面でお互いが最善手を打った場合の勝ち負けに要する手数も求めた。

4.3 計算機環境

計算機環境を表 2 に示す。

表 2 計算機環境

CPU	Intel Xeon E5-2670 v2 (2.50GHz, 10 コア) × 2
メモリ	128GB
OS	Ubuntu 18.04.3 LTS
コンパイラ	gcc ver 7.5.0
コンパイラオプション	-O3 -fopenmp

5. 結果

初期盤面における勝敗状態と初期盤面から勝ち負けに要する手数を表 3 に示す。

表 3 初期盤面における勝敗状態

盤面サイズ	初期盤面の勝敗状態	必要手数
5×5	先手勝ち	33
4×5	先手勝ち	23
3×5	先手勝ち	15
5×4	引き分け	—
4×4	先手勝ち	21
3×4	先手勝ち	13
5×3	引き分け	—
4×3	先手勝ち	17
3×3	先手勝ち	9
5×2	引き分け	—
4×2	引き分け	—
3×2	先手勝ち	11

6. まとめ

本研究では、ノッカノッカの縮小盤面を用いて、局面のコマの状態とコマの色を別に保持する手法での局面保持が可能であることを確かめた。 5×5 の盤面では局面状態と全局面の勝利情報の保持に約 220GB が必要であったが、約 15GB で実行することが可能であった。

この方法を用いれば約 3000 億の局面数を持つ 6×5 盤面のノッカノッカの解決も、現実的なメモリ量で計算可能であると考えられる。

7. 参考文献

- [1] ノッカノッカ公式ホームページ, <https://www.undanoga.com/>.
- [2] 田中 哲郎: 「どうぶつしょうぎ」の完全解析, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-GI-22 No. 3, pp. 1-8 (2009).
- [3] 塩田好, 石水 隆, 山本 博史: 「アンパンマンはじめてのしょうぎ」の完全解析, 2013 年度情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, Vol. 2013, No. B-04, pp. 1-2 (2013).