幅3色数3の一人ぷよぷよの必勝性

菊地　翔　　武永康彦
電気通信大学大学院　情報理工学研究科

1　はじめに

ゲーム、パズルには本質的に難しい問題が多く、計算量や必勝戦略を理論的に解析する研究が行われている。本研究では代表的な落ち物ゲームであるぷよぷよを題材にして、一人プレイの場合の必勝性について研究を行う。必勝とはどのような入力でも一定の高さで永久にプレイできることをいい、必敗とはどのように操作をしても一定の高さにとどめられない場合があることをいう。

一人ぷよぷよの必勝性に関する従来研究として盤面の幅を固定した場合の必敗となる色数の条件、色数を固定した場合の必勝となる盤面の幅の条件を明らかにする研究が行われている [1]。さらにプレイヤーが次に落ちてくるブロックをいくつか知ることが出来る、先読みを用いた場合の必勝性も研究がなされている [2]。従来では幅 3 の場合、色数 4 で必勝であることが明らかにされていた。著者は先読みを用いることで先読みの個数 4 の場合、幅 3、色数 3 で必勝であることを示していたが、先読みなしでも幅 3、色数 3 の一人ぷよぷよは必勝であることを示す。

2　ぷよぷよのルール

ぷよぷよでは盤面に配置されるピースをぷよと呼ぶ。ぷよが 2 個組になった組ぷよが画面上部から落下し、回転や左右移動をして盤面の床や他のぷよの上に着地させることで組ぷよを配置することができる。組ぷよを着地させたときに、その中に他のぷよや床の上に乗っていないぷよがある場合は、ちぎれて床か他のぷよの上まで落下する。ぷよは上下左右に同じ色のぷよが 4 つ以上繋がると消える。消えたぷよの上に乗っていたぷよは落下し、さらに消える条件が成立しているならば連鎖が発生する。

3　幅 3 色数 3 のぷよぷよの必勝性

定理 1. 色数 3、幅 3 の一人ぷよぷよは必勝である。

証明の概要.
各列の列の中で異なった色のぷよが縦に隣接している箇所の数を交替回数と呼ぶことにする。

戦術: 1．盤面の各列に置く色を決める。置かれている一番上のぷよと同じ色を置いていく。空ならばその列に置く色を他の列の色と重複しないように一つ決める。左列と右列に対応する組ぷよは左列に左列の色が置かれるように左列と中列に横に置く。それ以外は対応する色の列にそれぞれ置いていく。これを左列に対応する色が一度消えるまで続ける。消えた直後に中列の交替回数が 2 以上になった場合、戦術 2 に移る。
2．左列に置く色を中列の一番下の色、右列に置く色を中列の下から二番目の色、中列に残りの一色を置く列に変更する（図 1 参照）。左列と右列に対応する組ぷよは 2 列目の色と連結されるように 1 列目か 3 列目に盤面の配置に応じた適切な順序で縦に置く。それ以外の組ぷよは対応する列に置く。中列の交替回数が 1 以下になった場合、戦術 1 に移る。

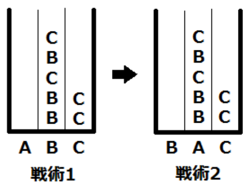

図 1: 列に対応する色の決め方

各戦術を行っている時の各列の交替回数が一定以下であることを示す。戦術 1 は左列に対応する色が一度消えるまでしか実行されないので中列の交替回数が増加し続けることはない。また戦術 1 を実行する時に左列と右列には戦術 2 によって置かれたぷよが存在する可能性があるが特定の一色しか置かれないので交替回数は高々1 しか増加しない。次に戦術 2 の実行中には中列には特定の一色しか置かれないので交替回数は高々 1 しか増加しない。左列と右列は一時的に左列と右列に対応する組ぷよが置かれるが、交替回数は高々2 しか増加しない。左列か右列でぷよが消えた時は中列のぷよも一緒に消えるので、中列の交替回数は中列に対応するゾロの組ぷよが連続して来る場合を除いて減少し続ける。 □

参考文献

[1] Y.Takenaga and Y.Shimada, Strategies for Single-Player PuyoPuyo, ICGA Journal, vol. 39, no. 2, pp. 87-101, 2017.
[2] Y.Takenaga, M.Katsuno and H.Quan, On Winning Strategies for Tetris Type Games, The 20th Korea-Japan Joint Workshop on Algorithms and Computation,WAAC, 2017.

謝辞　本研究は JSPS 科研費 JP18K11601 の助成を受けたものです。