

連鎖型パズルゲームにおけるパズル問題の自動創作

山崎隆介^{†1} Reijer Grimbergen^{†2}

連鎖が発生するコンピュータパズルゲームの1種である「パネルでポン」のパズル問題を自動創作するプログラムを作成した。面白い問題を作らせることを目標とし、面白さに関わる要素として「連鎖」の回数に着目した。自動創作プログラムは、問題創作、問題解答の2つの機能を持ち、問題創作、問題解答の機能を順番に使うことで解の存在する問題を創作する。問題創作機能はパネルの配置パターンを6種類用意し、それらをランダムに選択し、配置と調整を繰り返すことでパズル問題を創作する。作成した問題創作プログラムに問題を作らせた結果、長い連鎖を仕込んだ問題を創作させることができた。

Automatic creation of chain type puzzle game problems

RYUSUKE YAMASAKI^{†1} REIJER GRIMBERGEN^{†2}

We have created a program for the automatic creation of puzzle problems for "Puzzle League". Puzzle League is a computer puzzle game where a chain of disappearing panels can occur. Our aim is to automatically create interesting puzzles and as a first step, we have focused on these chains of disappearing panels as a measure of how interesting the puzzle is. To automatically create puzzles, a program to generate possible puzzles and a program to check the correctness of these puzzles is needed. The puzzle generation program uses six types of patterns and arranges these randomly to create chains of disappearing panels. With this approach we were able to generate puzzles with long chains.

1. はじめに

パズル問題をコンピュータに創作させる研究は、数独^[1]やクロスワード^[2]、倉庫番^[3]、詰将棋^[4]など様々なパズルゲームを対象として行われている。コンピュータによってパズル問題を自動創作させるメリットとして、人間よりも速く、多くの問題を作れることが挙げられる。しかし、コンピュータによって作られた問題よりも人間が考えて作った問題の方が面白いという意見もあり、より面白い問題をコンピュータに作らせることはコンピュータに問題を自動創作させる研究の課題である。よって、ただ問題を作らせるだけでなく、面白い問題をコンピュータに作らせる研究がいくつかのパズルゲームを対象に行われている。面白さは人やパズルによって判断基準は異なるが、問題の難しさ、形、意外さ、新しさなど、様々な要素を面白さの基準として、それらの要素を含めることで面白い問題を作らせる方法が提案されている。しかし、まだ人間が作るような面白い問題を作ることができていないパズルゲームは数多く存在している。

本研究では、連鎖が発生するパズルゲームである「パネルでポン」のパズルモードを研究対象として、面白い問題を創作するプログラムを作成した。

2. パネルでポンについて

2.1 パネルでポンの概要

パネルでポンとは、任天堂より発売されたアクションパズルゲームである。盤面の下部から生えるようにせり上がってくる横6列に並んだパネルを盤面最上部に上がるまでに消していきクリアを目指すゲームである。このルールでのゲームとは別に、あらかじめ配置されたパネルを決められた手数以内にすべて消すことが目的のパズルモードが存在する。本研究ではこのパズルモードを研究対象とする。このパズルゲームのルールを以下に記述する。

- あらかじめ配置されているパネルを決められた手数以内にすべて消すことが問題のクリア条件である。
- パネルは横に1つ隣のマスと位置を入れ替えることができる。図1に入れ替えの例を示す。この位置の入れ替えは問題ごとに行える回数が決めてられており、これを手数という。
- パネルは同じ種類のもので縦か横に3枚以上並ぶと消える。図2にパネルの消滅の例を示す。
- パネルは下のマスに他のパネルがない場合、落下する。

^{†1} 東京工科大学大学院 バイオ・情報メディア研究科
コンピュータサイエンス専攻

Tokyo University of Technology, Graduate School of Bionics, Computer and Media Sciences, Computer Science Program

^{†2} 東京工科大学 コンピュータサイエンス学部

Tokyo University of Technology, School of Computer Science

図3 にパネルの落下の例を示す。

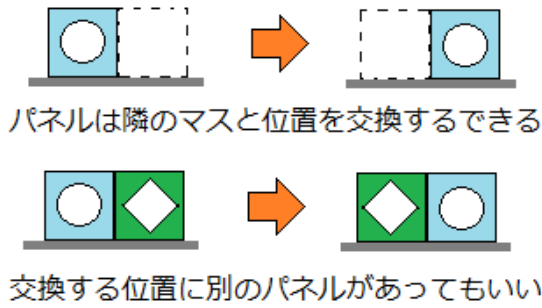


図1 パネルの入れ替えの例

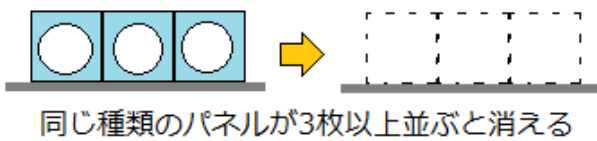


図2 パネルの消滅の例

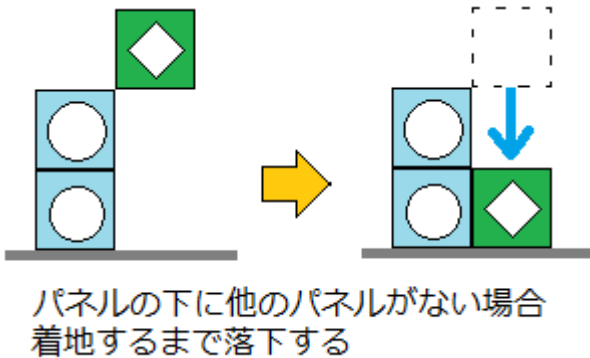


図3 パネルの落下の例

同じ種類のパネルを3枚以上並べて消したあと、消したパネルの上にあったパネルが落下して、新たに同じ種類のパネルが3枚以上並びそれらも消えるといった状況が発生させることができる。これを連鎖という。本研究ではこの連鎖をパズル問題の面白さに関わる要素として着目した。

2.2 連鎖について

パネルでポンにおける連鎖とは、盤面上のある一部分のパネルを消すことで、他の部分のパネルも消える条件を満たし、連続して消えていく状況をいう。パネルでポンでの連鎖の例を図4に示す。図4では(a), (b), (c), (d)の順番で状況が進行している。連鎖が発生するパズルゲームはパネルでポンだけに限らず、複数のゲームがある。例えば、「ぶよぶよ」や「コラムス」、最近有名なものでは「パズル&ドラゴンズ」というパズルゲームなどがある。中でもぶよぶよは研究対象としてもよく扱われており、より長い連鎖をコンピュータで作らせる研究などがある[5]。この連鎖

がパネルでポンの特徴であり、面白さに関わる要素である。

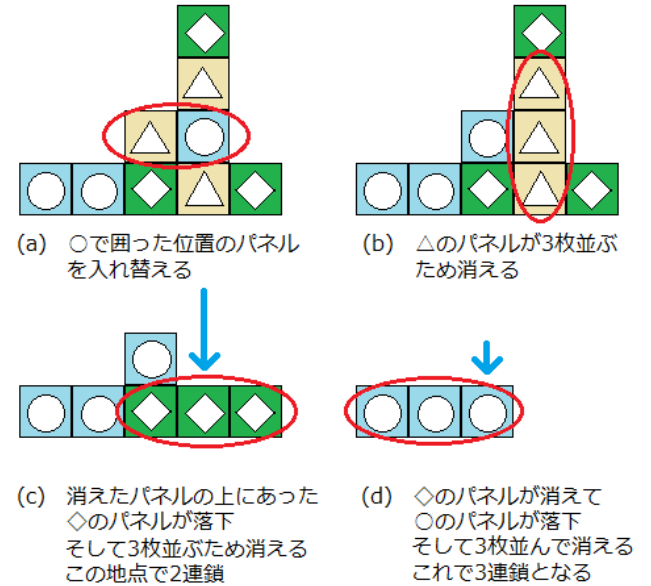


図4 パネルでポンにおける連鎖の例

3. パズル問題創作プログラムの作成手法

パネルでポンのパズル問題をコンピュータで作らせるプログラムには、「問題創作」、「問題解答」の2つの機能を実装した。「問題創作」の機能でパズル問題を作り、「問題解答」の機能で作られた問題を解き、解の個数を調べ問題として成立しているかどうかを判断する。

3.1 問題創作機能

問題創作の機能では、乱数及び6種類のパネルの配置パターンを用いてパズル問題を創作させる。面白さの要素として連鎖の数に着目し、より長い連鎖が発生するパズル問題の創作を目指す。単一のパネルをランダムに配置していくだけでは、解がある問題を作らせるのは難しいため、パネルが消える条件を満たしている状態を配置パターンとして用意し、これを配置していくことで問題の創作を行う。図5に6種類の配置パターンを示す。なお、パズル問題の創作を始める前に、問題の手数と問題の中に仕込む連鎖の回数を設定することができる。

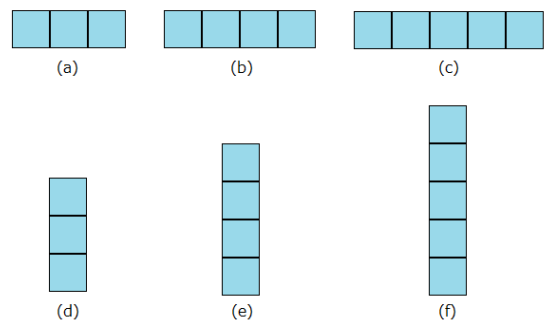


図5 配置パターン

問題創作機能の手順を以下に記述する。

- (1) 図5のパターンのどれかを盤面の最下段に配置する。ここで配置したパターンは問題を解いたときに最後に消えるものとなる。
- (2) 直前に配置したパターンに食い込ませるように新たにパターンを配置する。食い込ませた位置にあったパネル及びそのパネルよりも上にあるパネルは、横軸ごとに用意したスタック方式の保管場所に上のパネルから順番に移動する。図6にこの様子を示す。

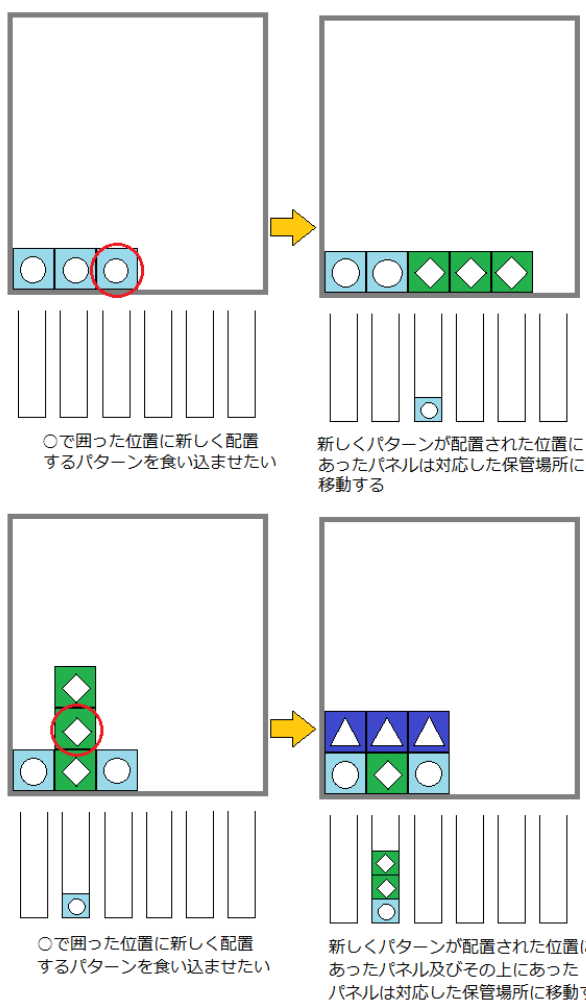


図6 (2)の手順におけるパターンの配置とパネルの移動

この手順により配置されたパターンのパネルが消える条件を解消し、盤面に残すことができるようになる。これを繰り返すことで創作させるパズル問題に連鎖を仕込ませる。パターンからパネルを移動するとき、位置によってはパネルが消える条件を残したままになってしまう場合がある。例えば図5の(c)のパターンでは中央のパネル以外を移動すると、パターンに同じ種類のパネルが3枚並ぶというパネルが消える条件を残したままになってしまう。図7にこの様子を示す。このような状況になるのをできる限り

避けるために、パターンごとに移動できるパネルの位置を設定し、その条件をもとに移動させるパネルを判定してその中からランダムに決定する。



図7 消える条件が残る移動させるパネルの選択の例

- (3) 設定した連鎖の回数を満たせるまで(2)を繰り返す。
- (4) 移動したパネルを貯めているスタック方式の保管場所から、後に入れたパネルから順番に盤面の上部から降らすように戻す。図8にその様子を示す。

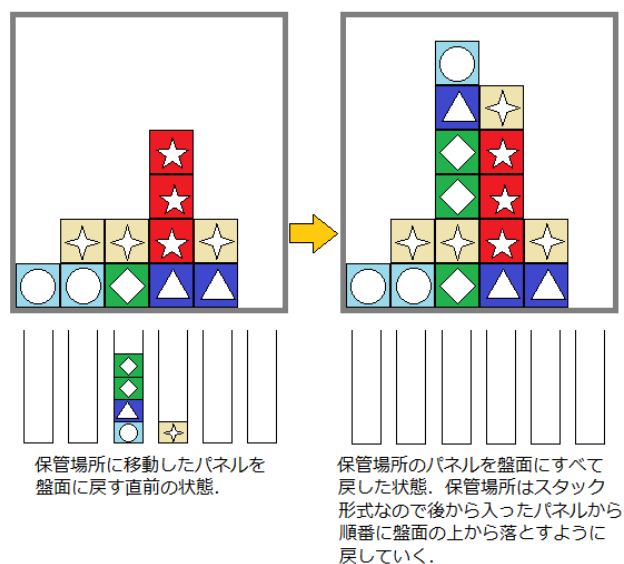


図8 パターンの配置の際に移動したパネルの戻し方

- (5) 最後に配置したパターンから1カ所選び横のパネルと位置を交換する。この段階で手数1の問題ができる。
- (6) 手数2以上の問題を創作させる場合は、盤面上に配置されたパネルがある場所からランダムに位置を選んで、隣のパネルと交換する。これを設定した手数を満たすまで繰り返す。

3.2 問題解答機能

問題創作機能によって作られたパズル問題を解き、解の個数を調べることで、作られたパズル問題が問題として成立しているかを調べる。解が1個なら問題として成立している、解が0個なら成立していないと判断でき、また、解が複数個ある場合は問題の質が悪いと判断できる。ただし解が複数ある場合でも、入れ替える順番が違うだけの場合は成立していると判断する。この機能によって問題として成立している判断されることで、パズル問題の完成とする。

問題解答機能の実装は、盤面全体を手数の深さまで総当

たりで入れ替えていく単純な探索的手法を用いた。この問題解答機能の性能を調査するために既存のパズル問題を60問解かせた。なお、解かせた問題の手数の内訳は、手数1が16問、手数2が19問、手数3が15問、手数4が10問である。結果、すべての問題を解くことができた。しかし、問題の手数が3までの問題では長くても10秒以内には解くことができたが4の問題では解答時間が大幅に長くなり、問題によっては5分以上かかる場合もあった。

4. 問題創作実験

作成したパズル問題創作プログラムを用いてパネルでポンのパズル問題を創作させる実験を行った。ランダムに手数、連鎖回数を設定し、問題創作を100回行わせた。手数は1から4まで、連鎖回数は2から10までの範囲である。その結果100回中43回パズル問題として成立しているものができた。中には10連鎖を仕込むことができた問題もあった。この問題を創作されたパズル問題の例として図9に示す。この問題の手数は1である。

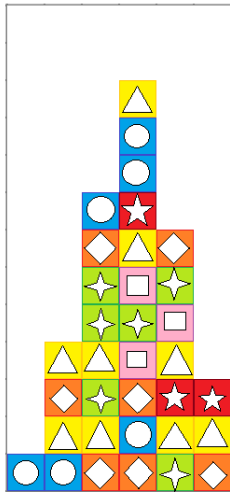


図9 創作できたパズル問題の例

10連鎖の問題を作らせることはできたが、問題の創作成功率が43%であり問題創作に失敗する可能性も十分にあるという結果だった。失敗したときは設定された連鎖回数が7以上と多い場合であった。盤面の高さは無限ではなく13マスなので、パターン配置時、スタック形式の保管場所に移動したパネルを盤面に戻すとき、盤面の最上部以上の高さになってしまい、戻しきれなくなることがある。連鎖回数の数値を増やすと、その分長い連鎖を問題に仕込むために多くのパターンを配置していくことになる。すると盤面上で積みあがるパネルの数および保管場所に移動されるパネルの数も増える。そのためパネルを戻せなくなる可能性が高くなり、パズル問題の創作に失敗する可能性も上がる。

5. まとめ

本研究では、連鎖が発生するパズルゲームであるパネルでポンのパズル問題をコンピュータに自動創作させるプログラムを作成した。このプログラムを使って、連鎖回数が10回の長い連鎖が仕込まれたパズル問題を創作させることができた。しかし、パネルでポンのパズル問題には多くのパネルを同時に消す、「同時消し」というものを問題に仕込んだものがある。本研究で作成したパズル問題自動創作プログラムでは同時消しを狙って問題に仕込むことはできない。より面白い問題を作らせるためには同時消しを行わせる方法を考える必要があるだろう。

また、問題解答機能は、手数が4の問題から解答時間が爆発的に増えている。問題の創作に時間がかかりすぎるのは問題があるため、手数が4以上の問題を創作させるにはこの機能も改善する必要がある。

参考文献

- [1] 前田一貴, 奥乃博, 数独の問題作成支援システムの設計と開発, 第70回全国大会講演論文集 vol.4, pp.799-800, 2008
- [2] 加部通明, 生方俊典, クロスワードパズルの遺伝的アルゴリズムによる作成, 第52回平成8年前期全国大会講演論文集 vol.2, pp.133-134, 1996
- [3] 村瀬芳生, 松原仁, 平賀譲, 「倉庫番」の問題の自動作成, 情報処理学会論文誌 vol.39(3), pp.567-574, 1998
- [4] 広瀬正幸, 伊藤琢巳, 松原仁, 逆算法による詰め将棋の自動創作, 人工知能学会誌 vol.13(3), pp.452-460, 1998
- [5] 富沢 大介, 池田 心, 橋本 隼一, 関連性行列を用いたぶよぶよの定型連鎖構成法, ゲームプログラミングワークショップ 2011 論文集, pp.9-16, 2011-10-28