

Title	テトリスにおけるT-spin構成力向上のための問題作成
Author(s)	及川, 大志; 池田, 心
Citation	ゲームプログラミングワークショップ2018論文集, 2018: 175-182
Issue Date	2018-11-09
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/16088
Rights	社団法人 情報処理学会, 及川 大志 , 池田心, ゲームプログラミングワークショップ2018論文集, 2018, pp.175-182. ここに掲載した著作物の利用に関する注意: 本著作物の著作権は(社)情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。 Notice for the use of this material: The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof. All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.
Description	

テトリスにおける T-spin 構成力向上のための問題作成

及川大志^{†,1} 池田心^{†,2}

概要: 近年ゲーム AI の研究は対戦相手として強い AI のみならず、ゲームそのものを楽しくするために様々な役割を担うようになってきている。テトリスは落下型パズルゲームとして長年数多くのプレイヤーから愛されているゲームであるが、近年、T-spin と呼ばれる技術の登場により戦略の幅が大きく広がった。一方でこの技術は初心者にとって難解であり、また練習するための環境が十分整っていない。そこで本研究ではこの T-spin を学ぶ上で補助となる「詰めテトリス問題」を自動で生成する手法、さらにその面白さと難しさを教師あり学習で推定する手法を提案した。現時点では 1 手詰めのみを扱っているが、その面白さ・難しさを 5 段階評価の 0.4 ポイント程度の誤差で推測することに成功した。

キーワード: 教育, パズル, テトリス, 問題の自動生成

Procedural Problem Generation of Tetris for Improving T-spin Skill

Taishi OIKAWA^{†,1} Kokolo IKEDA^{†,2}

Abstract: In recent years, the target of research in computer game player is not only focused on strength of the player but also the other roles for entertaining human players. Meanwhile, strategies of the classical famous tile-matching puzzle game "Tetris" has been expanded widely due to the existence of the technique called "T-spin". However, it is hard for beginners to learn the technique and the environment for training is not well-prepared. Thus, we aim at automatic generation of the "Mating Tetris Problem" to help players master the skill of T-spin. We proposed an estimation method for evaluating the playability and difficulty of the problem by supervised learning. As the current result, we successfully generated one-step problems and the estimation method shows 0.4 mean square error in five-grade evaluation.

Keywords: Training, Puzzle, Tetris, Procedural Content Generation

1. はじめに

近年、ゲームのコンピュータプレイヤー（俗に AI）の進歩は目覚ましく、ボードゲームだけでなくビデオゲームも対象とし、様々なゲームで高性能な AI の研究がされている。これまで、対戦相手として人間よりも強い AI の研究が盛んに行われてきた一方で、最近ではプレイヤーを楽しませる AI の研究も注目されてきている[1][2]。また、AI は対戦相手としてだけでなく、ゲームそのものを楽しくするために、マップやストーリーの自動生成、仲間としての役割や教育者としての役割[3]も担うようになりつつある。

プレイヤーを教育する目的の研究として、高橋らによる“ぷよぷよ”を対象とした問題の自動生成[4]がある。この研究は国内でも高い人気を誇る落下型パズルゲームであるぷよぷよを対象に、同ゲーム内で重要な技術的要素である「連鎖」を学ぶ上で補助となる問題を自動生成する手法を提案している。これにより、プレイヤーがより簡単に技術向上を目指せる環境を提供した。単に問題を作るだけでなく、問題の難易度・面白さ・有用性などを教師あり学習で推定してそれらの高いものを選ぶ点が重要である。

ぷよぷよと並んで人気の落下型パズルゲームであるテトリスにも重要な技術として「T-spin」が存在する。T-spin は対戦テトリスにおいて様々な戦略を生み出す重要な技術である。一方で、初心者にとって難解な技術であり、上達の“最初の壁”とされている。T-spin を習得するためには、ぷよぷよの連鎖と同様に「実戦的な」「ただし実戦ではない」練習が不可欠である。にも関わらず、現時点では効率の良い練習の環境が提供されていない。

そこで、本研究ではテトリスにおける T-spin を習得するための方法として、補助となる問題「詰めテトリス」の自動作成法について取り組む。詰めテトリスは詰め将棋や詰めぷよなどと同様に、「2 手で T-spin Double せよ」といった形式の問題である。これらの問題は通常、人間の職人によって作られている。しかし入手できる数に限りがあるうえ、個人の得手不得手や嗜好にあったものが十分あるとは限らない。そのため本研究では詰めテトリスの問題の自動生成法を提案し、さらに、難易度・面白さ・有用性などの観点から、各プレイヤーの習熟度に合った良い問題を選別・提供することでプレイヤーの T-spin 構成力を向上させることを目指す。

[†] 北陸先端科学技術大学院大学
Japan Advanced Institute of Science and Technology, Nomi, Ishikawa,
923-1211, Japan.

¹ taishi_o@jaist.ac.jp

² kokolo@jaist.ac.jp

2. テトリス・T-spin・詰めテトリス

テトリスは、1984年に公開された落下型パズルゲームの元祖である。日本では1989年に任天堂から発売されたゲームボーイ版のテトリスが430万本を超える大ヒットを記録した。

2.1 テトリスのルール

テトリスにはシリーズによって異なるルールが存在するが、以下に概ね共通する基本ルールを述べる。

- [盤とマス] 盤は縦横 20×10 の 2次元格子からなり、下方向に重力を持つ。左右端、上下端に位相的繋がりはない。1つのマスは、空きであるか、ブロックの一部によって敷き詰められているものとする。
- [テトロミノ] 4つの正方形によって構成されたブロックをテトロミノという(図1(a))。それぞれアルファベットになぞらえて、Iテトロミノ、Lテトロミノ、Jテトロミノ、Jテトロミノなどと呼ばれ、7種類が存在する。
- [配テトロミノ] プレイヤーにはいずれかのテトロミノが概ねランダムに与えられ、将来与えられるものが数手先まで予告されている。予告のことをネクストとも呼ぶ。
- [着手] プレイヤーは、テトロミノを左右に移動・回転(図1(b))・落下させることができる。
- [消滅] 横一列をブロックによって埋めると、その一行は消滅する。消滅したラインよりも上部にあるブロックは、消滅した行数分、そのままの形で落下する(図1(下))。
- [ボーナス] 消滅は、図1の例のように1行から、最大で4行まで起こりえる。一回に多くの行を消すほど、高得点が得られる。あるいは対戦テトリスでは、これにより“お邪魔ブロック”を相手盤面に発生させることができる。

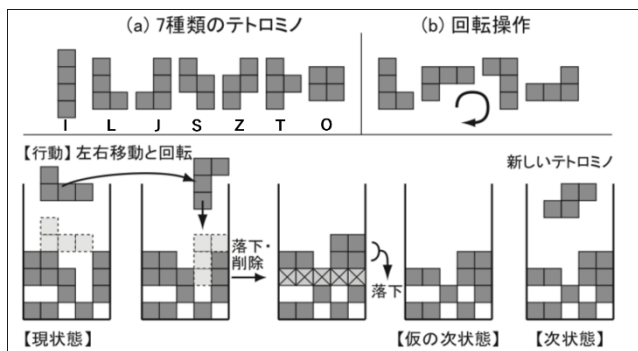


図1 テトリス

2.2 T-spin と詰めテトリスの考案

T-spin とは、通常の落下では入らないような隙間に、Tテトロミノを一度接地させてから回転させ、上手くねじ込む技術のことを指す(図2)。



図2 T-spin Double

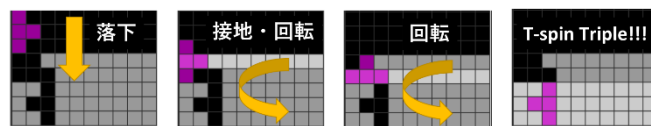


図3 T-spin Triple

対戦テトリスでは、T-spin を用いることで通常の同時消しよりも多くのお邪魔ブロックを送ることができる。中でも T-spin Double は上級者同士の対戦で多用され、定石型も多く生み出されていることから、最も重要な技術の1つである。T-spin Triple (図3) はさらに高度な回転入れを要するが、その分ボーナスも非常に大きい。

実際のプレイでは、配テトロミノを積み上げながら、盤面およびネクストの状況から T-spin の構成が可能か否かを瞬時に判断することが求められる。この点に着目すると、テトリスで T-spin を構成することは「3~5 つ程度の予告テトロミノから T-spin を構成する問題」の繰り返しであると捉えることができる。本研究ではこれに焦点を当て、“実際のプレイに現れるような T-spin の構成課題”を切り取り、「詰めテトリス」として問題を定義する。これは囲碁における詰碁、将棋における詰将棋と似ており、技術向上のために有効であると考えられる点も似ている。詰めテトリスでは相手を倒すという目的がない代わりに、「1手で T-spin Double せよ」「2手で T-spin Double せよ」といった目的が与えられる。

詰めテトリスにおいて、与えられる手数が増えるほど構成可能な組み合わせ数が増加するため、難易度が上がることが予想される。本研究においては実際のプレイで予告されているテトロミノの個数と同じ、少手数の問題を対象とする。テトリスの上級者は使い慣れた定石型に類似する問題であれば、手数が10手以上の詰めテトリスでも即座に解くことができる一方で、ものによってはたった2手の問題に苦戦することがある。本研究では今後これらの問題の難しさの違いの差についても考察を行ってみたい。

3. 関連研究

近年、Procedural Content Generation という文脈での研究が非常に盛んになってきているが、詰碁や詰将棋など、パズル問題を自動作成するという試みは古くから行われており、その目的や手法もさまざまである。通常、プロ棋士やパズル作成家による人手の作成は、作品と呼べるような素晴らしい問題作成には適しているが、大量生産には向かない。多くのレベル・多くの嗜好に対応するためには自動生

成が必要な場合も多く、そのうえでできるだけ質も落とさないための試みが幾つも行われている。

本研究は、高橋らの研究[4]に大きく影響を受けて行われており、ぷよぷよとテトリスで対象は違うものの、目的、手法、参考にした論文などは現時点でかなり近い。以下の関連研究紹介も概ね[4]を踏襲したものである。

例えば藤原ら[5][6]は、ナンプレ(数独)の問題を自動作成するプログラムを公開・販売している。これは、人工知能と知識工学を活かしてパズル作家が問題を手作りする際の思考を取り入れた“良質な”問題を生成できるようになっている。藤原は、“良質”の定義を「対称性がある美しいデザインで、25個以下の少量の数字、解き味がよく、レベル分けと技術が身につく問題が、本当の意味での良質。この傾向はむしろ初心者向けの問題に現れる」と述べている[7]。良問の普及で、「パズルの楽しさを知ってもらうこと」を目指している。

例えば広瀬ら[8]は、逆算法を用いて詰将棋の問題の生成を試みた。逆算法とは、ある詰将棋の詰め手順の最後の方を基本として、詰め手順の最初の方に手を肉付けしていくものである。詰将棋の一つに、曲詰めと呼ばれる詰めあがり趣向を凝らしたもので詰め上がりが決まっているものがあり、逆算法を使うことで曲詰めの創作が可能になる。広瀬らは「内容の良さ」、「完成度の高さ」、「解き難さ」を評価値の要素とし、曲詰めの問題の作成を行った。実際に生成された問題は、専門誌において好評だった。

例えば山崎ら[9]は、「パネルでポン」と呼ばれるパズルゲームでコンピュータに面白い問題を作らせることを試みた。面白さに関わる要素として連鎖回数のみに着目しており、長い連鎖が行えるほど面白い問題としている。問題創作手順は、まず同じ種類のパネルが3枚以上並んでおり、パネルが消える条件を満たしている6種類のパターンのパネルを用意する。パターンのどれかを盤面の最下段に配置し、直前に配置したパターンに食い込ませるように新たなパターンを配置していき、これらを設定した連鎖回数、手数を満たすまで繰り返すことで問題を作っていく。次に解の個数を調べて問題として成立しているのかを判断している。実験では100問中43問がパズル問題として成立していた。この手法も逆算法の一種である。

例えば大町ら[10]は、上海ゲームのやりがいのある問題の生成を試みた。上海ゲームは不完全情報性があるため、“本来クリア確率が最も高くなる手”を選択したとしても、それがゆえにクリア不可能(裏目に出る)ことが生じ得る。このようなことが頻繁に生じては面白くない。大町らは、問題をランダムに生成したあと、上級者エージェントと初級者エージェントにプレイさせ、「初心者のほうが上級者よりも高い確率でクリアできる問題」を、好ましい行動が裏目に出る問題と解釈、棄却するアプローチをとった。

例えば石飛ら[11]は、詰将棋の面白さを推測するために、

各問題を証明数探索で解いた場合のノード数や証明数・反証数を用いることを提案している。そしてそれらが面白い条件を満たすように駒を追加・削除することでより面白い問題を生成するという試みを提案している。

そして高橋ら[4]は、なぞぷよ問題の作成にランダム生成法と逆向き生成法を使用し、大量の問題を自動生成した。また、盤面から得られる特徴量と被験者実験の感性評価から回帰分析を行い、盤面の特徴が問題の面白さにどのような影響を与えるのかを分析し、面白いと思われる問題を選択出題するという試みを行っている。

4. 適用手法(アプローチ)

2章で述べた通り、T-spinを実戦で構成するためには、盤面とネクストの状況から素早く判断する技術が要求されるため、容易に扱えるようになるまで多くの練習を要する。我々は本研究で、プレイヤーの実力に合わせた詰めテトリスの問題生成に取り組みたい。実力といっても上から下までさまざまであるが、大まかに言って以下のような区分がありうる。

1. 一手問題でT-spinが構成可能
2. 二手以上の問題でT-spinが構成可能
3. T-spin実施後の地形の良さや後続手段まで考慮してT-spinが構成可能

本稿では、初級者の多くが初めに目指すべきである1のレベルに到達するための問題生成法について提案する。一手問題の中にも簡単な問題と難しめの問題はある。プレイヤーのレベルに合わせた問題実現のためには、単に問題を自動生成するだけでなく、計算可能な地形の特徴量から問題の面白さや難しさの推定を行える必要がある。

プレイヤーを1のレベルまで到達させるための問題生成には、以下のステップが必要になると考える。

- ① 詰めテトリスの一手問題の自動生成
- ② 問題の面白さ及び難しさの評価
- ③ 面白い、難しい問題の自動生成
- ④ 問題の有用性の評価
- ⑤ 有用性の高い問題および“問題群”の自動生成
- ⑥ 個人の弱点の特定と教育

現在、我々は③まで済んでいる。①については5章、②については6章、③については7章で主に述べる。将来的には④、⑤について面白さ、難しさと同様に地形から得られる特徴量を用いて有用性の推定に取り組む。教育においては一つ一つの問題に有用性が定義できるだけでなく、問題のセットとして「バラエティ豊か」「基本から応用へ」といった効率的な技術向上のための要素が求められる場合もあり、これも考えて行きたい。またプレイヤーによっては苦手なT-spinの構成方法があることも考えられるため、それ

を特定し重点的に練習させる方法について⑥で取り組む。

5. 問題生成

本研究では、ランダムな問題生成と、問題としての質の良さの推測による選別を組み合わせる。本章では問題生成について述べるが、これは広瀬ら[8]や高橋ら[4]が用いた逆算法を基本とする。すなわち、T-spin Double 可能な“完成形”をまず作成し、その上で“n手でその完成形に至ることのできる盤面”をn手問題として作成する。本論文では対象を初級者のみに絞り1手問題のみ扱うこととする。高橋ら[4]はなぞぶよの問題を「ランダム生成法」と「逆向き生成法」によって生成していた。ぶよぶよではある程度適当に配置したとしても偶然連鎖が発生する場合が存在するため、ランダム生成法はある程度の効果を示した。しかしテトリスにおいては、テトロミノを適当に配置してもT-spin 可能な地形となり得る可能性は極めて低い。そこで、本研究では逆向き生成法に焦点を当て、問題生成に取り組んだ。また、T-spin 可能な地形にノイズを加えることで、問題に多様性をもたせた。

5.1 T-spin 可能な地形の自動生成

我々はT-spin Double 可能な地形を以下のようなアルゴリズムによって生成した。図4に手順を示す。

- ① すべてが空きマスの1行とすべてが埋まっている2行の計3行を用意する
- ② 2行目のうち、端の2つを除いた8つのマスのいずれかを“中心”とする
- ③ 中心、中心の左右および中心の下を空きマスとする
- ④ 中心の右上か左上のどちらかを1マス埋める

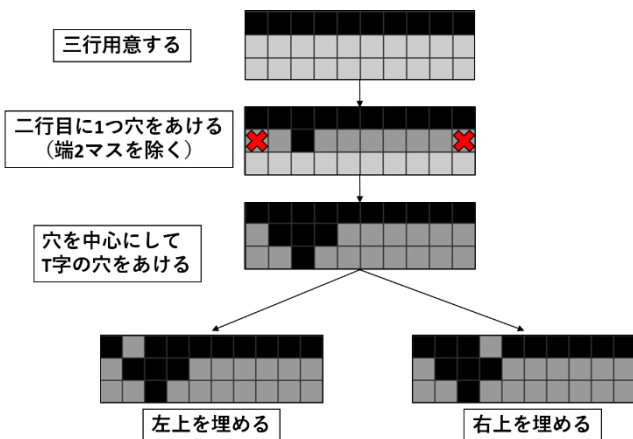


図4 T-spin 可能な地形の自動生成法

上記の手順によって生成されたT-spin Double 可能な地形は、T-spin Double を行う上で最小の地形である。本稿ではこれを“ベースの地形”とする。実際の対戦で現れるT-spin Double 可能な地形は、ベースの地形のような最小限なもの

であることはごく稀であり、大抵はいくつかの凹凸を含んでいる。これを考慮し、我々はベースの地形に対してノイズ地形を追加していくことにより、より実践に近い地形を表現した。まず、ベースの地形の一番上の行に対して、T-spin 可能な条件を崩さないように、ランダムにマスを埋めた。次に、ベース地形の1行上には「真下のマスが埋められていた場合20%の確率で埋める」、2行上には「真下のマスが埋められていた場合10%の確率で埋める」という条件でノイズ地形を追加した。またベース地形の1行下には1~9個の穴をランダムに含むような地形を追加した。図5はその例である。

なお、このような生成法他、強いプレイヤー同士の対戦から、T-spin 直前の盤面を直接持ってくるということも考えられる。それぞれ一長一短があると思うため、今後考えていきたい。

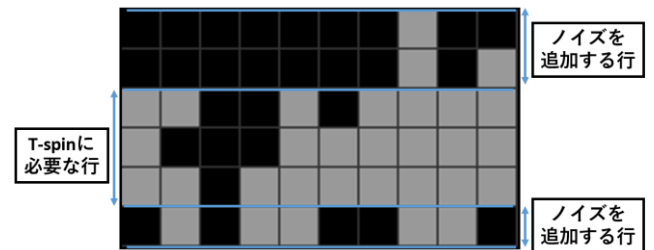


図5 ノイズが追加された完成図

5.2 逆向き生成法

我々は、T-spin 可能な地形から任意のテトロミノを1つ抜くことで詰めテトリス問題を生成する方法を考案した。図6に生成方法を示す。

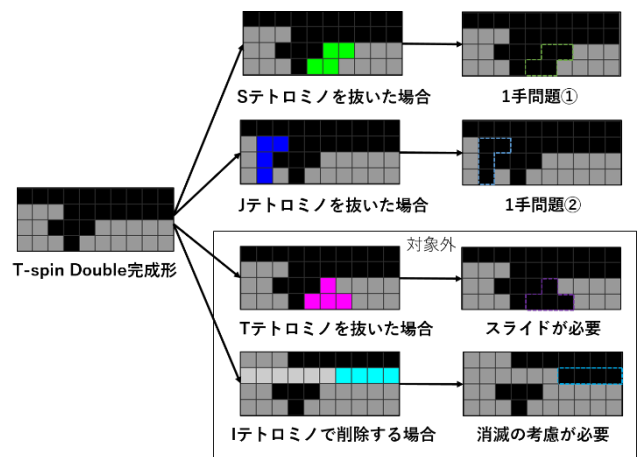


図6 逆向き生成法による1手問題の生成

この手法を5-1の方法で生成されたT-spin 可能な地形に適用することで、様々な1手問題を大量に生成した。また、1手問題の地形から同様にテトロミノを抜き取ることで、2手問題およびそれ以上も容易に作成できるが、難しい問題になるために今回は扱わない。

なお本稿では初級者を対象としているため、図6の下部

2つに示したような“横すべりやライン消去などの高度な技術を要するような問題”は対象外とし、単純な落下のみで構成可能な問題のみを対象とした。

6. 面白さ、難易度の推定

逆向き生成法によって大量に生成した問題の中には、T-spin Double を学ぶ上で「適切な難易度で面白いもの」「簡単すぎでつまらないもの」など、たくさんの種類がある。初級者のモチベーション持続のためには、可能な限り面白く、適切な難易度の問題を出題する必要がある。しかしながら問題から感じる面白さや難しさには個人差があり、何が影響を与えるのかも自明ではないため、ルールベースによる一般化は困難であると考え。そこで我々は、問題の面白さや難しさを推測できるようにするために被験者実験を行い、教師あり学習によって問題の特徴量から問題の「面白さ」「難しさ」を推測するモデルを獲得することを試みる。

6.1 被験者実験

「ゲームはほぼ毎日やる」「テトリスには熱中したことがない」「22歳～26歳」「男性」10人を対象に、問題の特徴が人間の評価にどのように影響を与えているのか調べるために、被験者実験を行った。実験の全体の手順は以下のとおりである。

1. T-spin の概要を説明
2. 出題される一手問題を解く
3. 各問題に対して「面白さ」「難しさ」の評価を付ける
4. 2, 3 を 42 問分行う。

「難しさ」「面白さ」について 5 段階で評価を行った。「難しさ」は答えを導き出すのにどれだけ悩んだか、「面白さ」は答えに意外性があるか、解けて爽快感があったかの度合いを評価してもらっている。

実験は図 7 のようなツールを用いて行った。

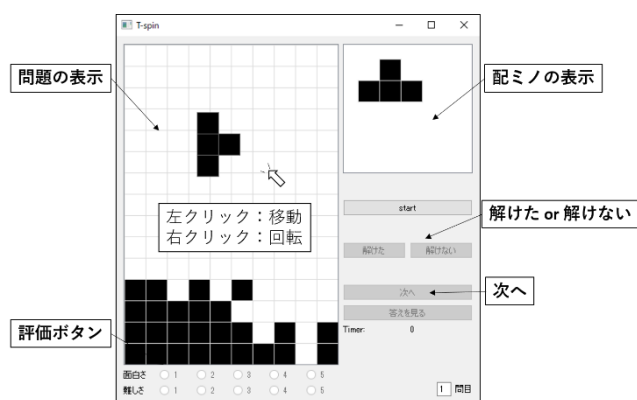


図 7 被験者実験に用いたツール

ツールを用いた実験は、問題は 1 問解いたら元の問題に戻ることはできず、どの問題も 1 分以内に解いてもらった。また、ドラッグ&ドロップと回転で問題の表示画面で配置ミノを操作してもらい、正解の配置を見つけたら解けたボタンを押してもらった。1 分経っても解けなかった場合、解けないボタンを押してもらった。そのうち、面白さと難しさについて 5 段階で評価をつけてもらった。

6.2 特徴量

各問題について、地形や着手から得られる以下の特徴量を計算した。各々の詳細や、導入しようと思った理由については今回は割愛する。もう少し難しい問題になった場合や、より高い精度を得る必要がある場合にはさらに特徴量をリッチにする、あるいは盤面を CNN で処理するなどの必要があるかもしれない。

- exist1 : 問題に既に埋められているマス数
- Range : 地形の最大高さで最小の高さの差
- bumpy : 地形に存在する 1 つの穴の数
- con2next : 地形に存在する 2 つ続きの穴の数
- con3next : 地形に存在する 3 つ続きの穴の数
- Mino : 置くテトロミノの種類
- TJL_flag : 置くテトロミノが T, J, L であるかどうか
 - T, J, L は回転によって 4 つの形状を取りうる
- SZI_flag : 置くテトロミノが S, Z, I であるかどうか
 - S, Z, I は回転によって 2 つの形状を取りうる
- O_flag : 置くテトロミノが O であるかどうか
 - O は回転しても 1 つか形状を持たない。
- around1 : 正解位置が周囲の地形と接している辺の数
- under0 : 正解位置の 1 つ下にある穴の数
- under1 : 正解位置と 1 つ下の地形が接している数
- underHole : 正解位置の下にある全ての穴の数
- aroundT : 正解位置が T-spin の構成に必要な地形に接している辺の数

特に分かりづらい bumpy, con2next, con3next について、図 8 に概略を示す。

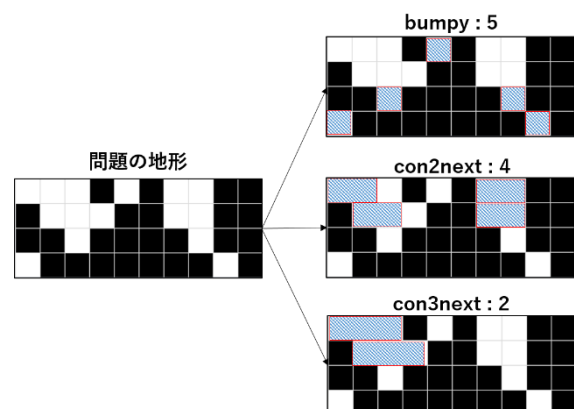


図 8 bumpy, con2next, con3next の例

7. 学習結果と選別した問題への評価

被験者実験で得られた「面白さ」「難しさ」の評価値に対して分析を行った。これらの評価には個人差があることを考慮して、得られた420個のデータをすべて用いるのではなく、各問題に対して10人分の平均評価値を用いた。今回よりも問題数を増やせるならば、個人ごとの分析・比較なども可能だろう。その結果は、苦手克服のための専用問題作成にも有用となるだろう。

7.1 面白さと難しさの相関

教師あり学習の前にまず、横軸を「面白さ」、縦軸を「難しさ」とし、それぞれの平均評価値をプロットしたものを図9に示す。また、 $y = x$ の直線グラフを青線で示した。すると、面白さと難しさに強い正の相関が見られた。これは1手問題が全体的に難易度が低く、「相対的に難しい問題でやっと面白く感じる」という人が多かったからであると解釈している。

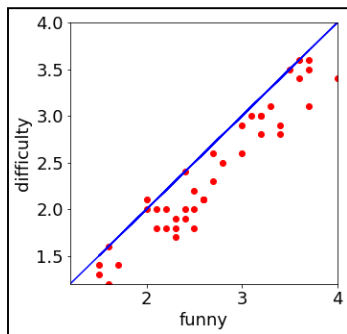


図9 面白さと難しさの相関

二手、三手問題と手数が増えていくにつれて問題の難易度が上がっていくと予想され、そうするとそこで初めて「難しすぎて面白くない」、「簡単だけど面白い」といった、図9とは異なる複雑な評価の関係が現れると予想している。

7.2 LightGBMによる面白さ推定

説明変数に「問題から計算可能な特徴量ベクトル」を、目的変数に「被験者実験によって得られた平均評価値」を用いて、決定木ベースのアンサンブルモデルであるLightGBMで学習を行った。生成したモデルに対して3-Folds交差検証を行った。面白さの推定精度は平均絶対誤差が0.401、SMAPE:15.65%であった。難しさについては0.400、15.53%でほぼ同じであった。

横軸を予測値、縦軸を実値としたプロットを $y = x$ の直線グラフと共に図10に示す。多少誤差があるものの、実測値の高いものは高く、低いものは低く推定できている傾向がみられる。

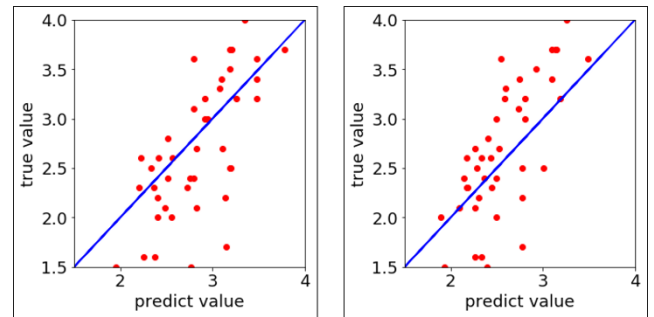


図10 予測値と実値の相関(左:面白さ 右:難しさ)

生成されたLightGBMのモデルに対して、どの特徴量が大きく寄与しているかを示す「寄与度」を図11、12に示す。

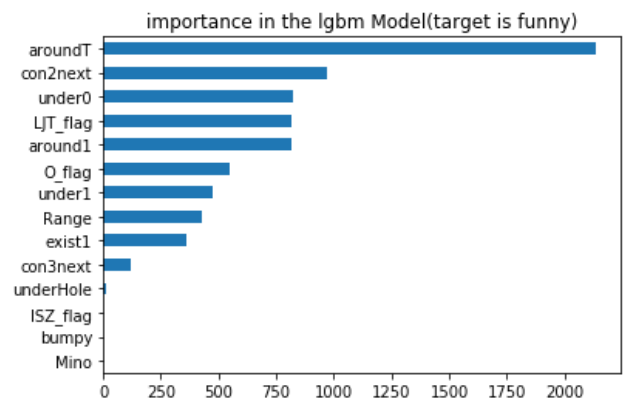


図11 面白さへの特徴量の寄与度

最も面白さに寄与しているのは「T-spin に関する辺の数」で、次いで「2連続の穴の数」、「正解位置の真下の空きマス数」、そして「L,J,T テトロミノが使われているかどうか」などといった特徴量が多く寄与していることが分かる。

- 「T-spin に付近の着手かどうか」は「自分自身の着手によってT-spin 可能な地形にしなければならないか」に関わっていることが予想され、値が大きいほど面白い方向に寄与しているようである。
- 「2連続の穴の数」は、増えるほど見た目に凹凸を増やす一方で、T-spin 可能な地形は増加させないため、面白い印象を受けたのでと考えられる。
- 「正解位置の真下の空きマス数」が多いほど、「置いたときに空きマスを作らない」というテトリス一般のセオリーに反する配置となるため、意外性を生み、問題を面白くしているようである。
- 「L, J, T テトロミノが使われているかどうか」については、これら3つのテトロミノは回転によって4種類の形状を取り、これら以外の4つのテトロミノよりも考えなければならないパターンが多くなることで、面白さに影響を与えているようである。

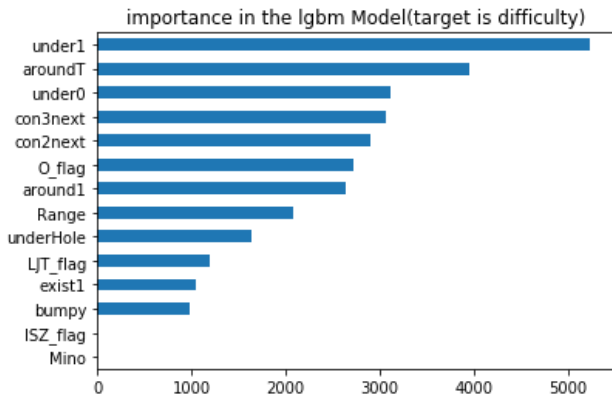


図 1.2 難しさへの特徴量の寄与度

難しさに対しては、「正解位置の真下の埋まっているマス
の数」, 「T-spin に関する辺の数」, 「正解位置の真下の空
きマスの数」, 「2, 3つ連続の穴の数」といった特徴量が寄
与していることがわかる。面白さの寄与度で上位に現れな
かった「正解位置の真下の埋まっているマスの数」は、増
えるほど地形に対してぴったりはまる着手であることが考
えられるため、この数が大きいほど「難しくない」と負の
影響を与えたようである。「3つ連続の穴の数」は、数が増
えるほど当然空きマスの数が増え、見た時の印象で難しそ
うに見えることや、S, Z, L, Jといったミノによる問題が
答えになる可能性が上がり、難しくなっているのかもしれ
ない。

7.3 面白い, 難しい問題の選別

学習したモデルに対して、被験者実験の問題と同じ条件
でランダムに生成した 490 個の問題の特徴量を入力し、面
白さ、難しさに対するそれぞれの予測値を得た。そして予
測値の平均値を算出し、平均値よりも高い、すなわち「面
白いと推測される」問題を列挙した。図 1.3 は 4 つの例で
あり、赤色で示す部分は正解位置を表す。いずれも、T-spin
に固有の形を自分の一手によって作らなければいけない問
題であり、一手問題とはいえ手ごたえのある面白い問題で
あると言える。

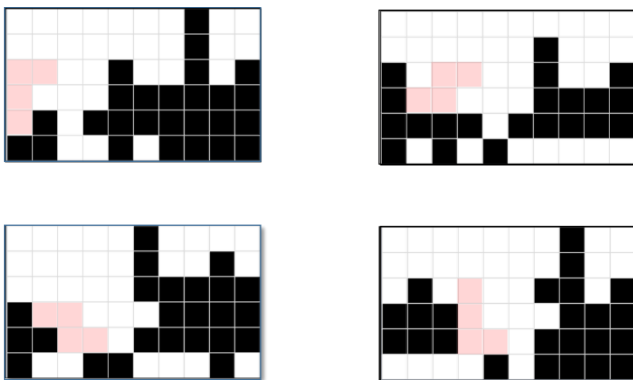


図 1.3 面白い問題

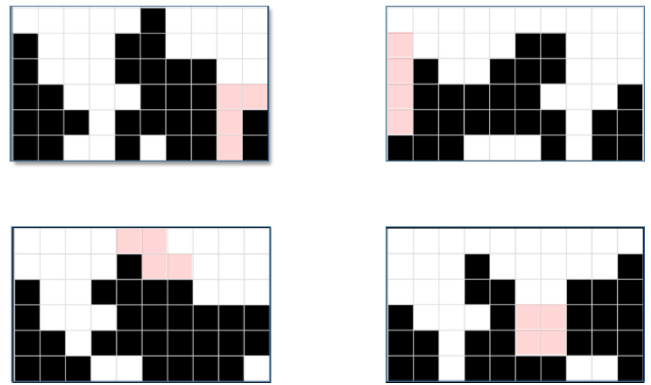


図 1.4 面白くない問題

反対に、平均値よりも値の低い問題、すなわち「面白く
ない」問題も列挙した。図 1.4 がその例であり、着手が綺
麗にはまりすぎていたり、既に解として成立していたりと、
「考える必要がなくて面白くない」問題が多く出力された。

7.1 で説明した通り、面白さと難しさの評価値には相関
があり、予測値もほぼ同様の値を示しているため、面白い
問題と難しい問題に大きな違いはなかったため、ここでは
省略する。

以上の結果から、地形や着手から得られる特徴量による
「面白い」「難しい」問題の大量生成を実現できたと考える。

一方で、評価基準が曖昧であることにも起因して、問題
ごとの評価に“人によるばらつき”が大きく出ている問題
もある。これらについて注目すると「面白くない」と言わ
れている問題であっても、実際のプレイでは思いつきづら
い重要な要素を含む問題もいくつかあった(図 1.5 左のよ
うな O テトロミノを穴の上に置く問題など)。これは、被
験者にテトリス経験がなく、実戦の感覚を持ち合わせてい
ないためある意味当然であるが、今回の出題形式で「必ず
正解がある」ことを前提にしていたことにも原因があると
考えられる。問題の中に正解がない問題も用意し、「正解が
ある」「正解がない」などの選択肢を与えるべきだった。

図 1.5 の右に示した問題は T テトロミノが配ミノである
場合、答えが 2 通りある。この 1 手問題の解答および T-spin
Double による消滅が発生した後の地形を図 1.6 に示す。

図 1.6 の消滅が発生した後の地形を左右比較したとき、
右の地形には塞がれた穴が発生してしまっているが、左の
地形には穴が存在しない。よって図 1.6 左のように T テト
ロミノを配置したほうが、消滅後の形を考えたより実戦的
な着手といえる。



図 1.5 面白くない問題のうち、本当は重要な問題

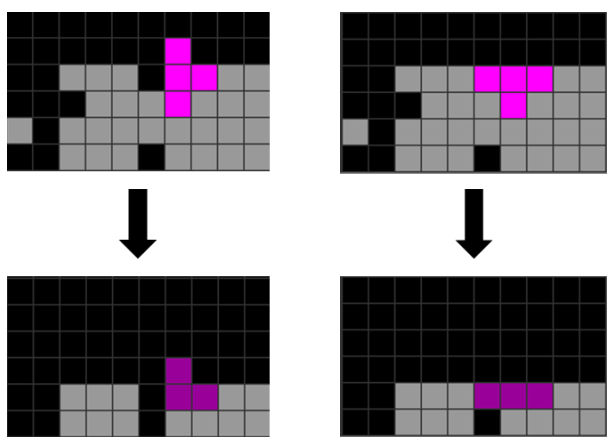


図 1 6 図 1 5 右問題の 2 通りの解答 (上 2 つ) と
消滅後の地形 (下 2 つ)

- [9] 山崎隆介, Reijer Grimbergen, 連鎖型パズルゲームにおけるパズル問題の自動創作, 第 18 回ゲームプログラミングワークショップ, pp.118-121, 2013-11.
- [10] 大町洋, 佐藤直之, 池田心, 複数ソルバを用いた上海ゲームのインスタンス生成, 第 18 回ゲームプログラミングワークショップ, 2013-11.
- [11] 石飛太一, Deep 証明数探索と詰将棋の美観評価, 北陸先端科学技術大学院大学博士論文, 2016-03.

8. おわりに

本論文では, テトリス T-spin の完成図を作成し, テトロミノを抜くことで詰め問題を作成する手法を提案した. さらに, その地形と正解着手から得られる特徴量から, 面白さや難しさを推定する手法を提案し, 単純な問題においてはかなり正確な推定ができることを確かめた.

今後の展望として, さらなる特徴量の追加などを行いたい. また, 一手問題では面白い/難しい問題が概ね似通った感覚だと思われているが, 二手よりも多い問題では「難しすぎて面白くない」という評価も現れると考えられるため, そこについても研究していきたい. また, 完成に削除が必要な問題や, 削除後の地形の良さや後続手段を考慮した問題にも手を付けていきたい. 今後, 初心者だけでなく上級者の習熟度向上にも効果的な問題生成を行っていききたい.

参考文献

- [1] 池田心, Simon Viennot, モンテカルロ碁における多様な戦略の演出と形成の制御~接待碁 AI に向けて, 第 17 回ゲームプログラミングワークショップ, pp.47-54, 2012-07.
- [2] 藤井叙人, 佐藤祐一, 若間弘典, 片寄晴弘, 生物の基本原則の導入によるビデオゲーム COM プレイヤーの『人間らしい』振る舞いの自動獲得, IPSJ EC 研究会, Vol. 2013-EC-27 No.16, 2013.
- [3] Kokoro Ikeda, Simon Viennot and Naoyuki Sato, Detection and Labeling of Bad Moves for Coaching Go, IEEE Conference on Computational Intelligence and Games (CIG2016), pp.395-401, 2016-09.
- [4] 高橋竜太郎, 池田心, 連鎖力向上のためのぷよぷよの問題作成, 第 39 回ゲーム情報学(GI)研究発表会, 2018-02.
- [5] TIMEINTERMEDIA-パズル自動生成エンジン, <http://www.timedia.co.jp/service/ai/puzzle-engine/> (アクセス 2018-10-16)
- [6] パソコン初心者の館, <http://www.pro.or.jp/~fuji/> (アクセス 2018-10-16)
- [7] PCwatch - 高品質なナンプレ問題を自動生成する人工知能システム, <https://pc.watch.impress.co.jp/docs/2006/0906/yajiuma.htm> (アクセス 2018-10-16)
- [8] 広瀬正幸, 佐藤琢巳, 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, No.3, pp.452-460, 1998-05.