

ボードゲームを題材としたアルゴリズム教育の実践

A Practice of Algorithmic Education Using Board Game as Teaching Materials

山田 耕太郎

Kotaro YAMADA

比治山大学現代文化学部

Faculty of Contemporary Culture, Hijiya University

Email: kyamada@hijiya-u.ac.jp

あらまし：文系大学生を対象に，論理的思考力の涵養やプログラミングへの動機付けを行う目的で数理パズルを使ったアルゴリズム教育を実践している．前回はハノイの塔や石取りゲームといった数理パズルよりもボードゲームの方が好まれる傾向にあることを報告した．そこで今回は，前進ゲームやペグ・ソリティア，三目並べ，リバーシなどのボードゲームを使った授業実践を行ったので，その成果と課題を報告する．

キーワード：ボードゲーム，アルゴリズム，数理パズル，情報教育，プログラミング

1. はじめに

筆者は文系の大学生を対象にプログラミング教育やアルゴリズム教育を行っているが，総じて「正しい順序で操作を進める力」が弱くなっていると感じている．そこでハノイの塔や石取りゲーム，ジェルゴンのトランプマジックなど，いくつかの数理パズルを導入してアルゴリズム教育を行ったところ，学習者の興味関心が集まる題材はハノイの塔のような知育玩具遊びでもトランプマジックでもなく，将棋に似た盤面上でコマを進める前進ゲームであることが昨年度のアンケート結果から明らかとなった⁽¹⁾⁽²⁾．前進ゲームはボードゲームの一種であり，見た目もルールも将棋に近いことから，教育効果を上げるためには学習者の既知のゲームに近いボードゲームの利用が有効であると考え，今年度は前進ゲームに加え，ペグ・ソリティアや三目並べ，リバーシなどのボードゲームを主たる題材として授業を展開した．

2. ボードゲーム

ボードゲームには，使う道具(コマやカードなど)やプレイヤーの人数によって様々な種類があるが，本講演では「碁盤の目状の盤面とコマを使い，1人または2人で行うゲーム」のことを指すものとする．教育実践で使った主なゲームを以下に述べる．

2.1 前進ゲーム (Northcott's game)

前進ゲームは図1に示すコマの配置でスタートし，2人が交互に自分のコマを右または左に移動させて相手の全てのコマが移動できない状態まで追い込むと勝ちとなるゲームである⁽³⁾．コマの移動は相手のコマを飛び越えない限りは1度に移動できるセル数に制限はない．ただし，1度に移動できるコマは3つのうちの何れかひとつだけである．

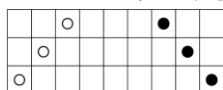


図1 前進ゲームの初期配置

前進ゲームは一般にノースコットのゲーム (Northcott's game) と呼ばれるものであり， $m \times n$ の盤面上で対戦を行う⁽⁴⁾．このゲームの必勝法は各行で自分のコマと相手のコマとの間の空白セルを数え，その数を全ての行について排他的論理和を取り，それがゼロになるようにコマを移動させる，というものである．例えば図1の初期配置では，空白セル数の排他的論理和が $3 \oplus 5 \oplus 7 = 1$ となっているため，先手が何れかのコマを1セル分だけ相手方向に移動させることで排他的論理和の総和がゼロになる．そしてその後も，相手のコマの移動に応じて排他的論理和がゼロとなるようにコマを移動させれば，自動的に相手を追い込むことができ，先手は必ず勝てる．

2.2 ペグ・ソリティア

ペグ・ソリティアは図2に示すように，33個のセルからなる盤面に32個のコマ(●)を配置した状態でスタートし，コマを移動させながらコマの数を減らしていく一人遊びゲームである⁽⁵⁾．コマの移動は縦方向または横方向のみ可能で，空白セルに隣接する連続した2つのセル内にコマ存在するときのみ許される．移動できるコマは空白セルから遠い側のものであり，それを空白セルへ移動させるとともに空白セルの隣にあったコマを取り除く．そして最終的にどのコマも移動ができない状態(以下，この状態を「手詰まり状態」と呼ぶ)になると終了となる．

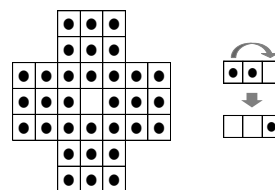


図2 ペグ・ソリティアの初期配置(左)と移動(右)

ペグ・ソリティアはコマを1回移動させるごとに1つのコマを取り除くため，理想的には31手目に1

つのコマが残った状態で終了することになるが、多くの場合、いくつかのコマを残したまま手詰まり状態に陥る。この状態には一見規則性がないように見えるが、図3のように盤面にA, B, Cの文字を割り振り、コマの移動を排他的論理和として記述すると規則性が見えてくる。

		C	A	B		
		B	C	A		
B	C	A	B	C	A	B
A	B	C	A	B	C	A
C	A	B	C	A	B	C
		A	B	C		
		C	A	B		

図3 文字を割り振った盤面

図3では盤面の中央をAとし、それ以外は縦または横方向のどの3つの連続したセルについてもA, B, Cの3文字が必ず含まれるようになっている。このようにしておく、例えばゲームの一手目で中央列の下から2番目(B)のコマを中央(A)に移動させ、その間(C)のコマを取り除くという操作は排他的論理和を使って $B \oplus C = A$ のように表すことができる。その他の移動についても同様に $A \oplus B = C$ や $C \oplus A = B$ と表すことができるため、結局 $A \oplus B \oplus C = 0$ と書ける。従って初期配置でコマが置かれている全てのセルについての排他的論理和はAであり、その後どのようにコマを移動させてもコマが置かれているセルについての排他的論理和は保存されるため、手詰り状態でコマが残っているセルについての排他的論理和を調べると、ゲームの途中で間違った移動をしていないかどうかを簡単に確認することができる。この仕組みは、情報通信における誤り検出の理解にも役立つと思われる。

2.3 三目並べ・リバーシ

三目並べとリバーシはゲームとしてではなく局面の推移を考察するために使った。その目的は総当たり法で全ての局面を漏れなく調べ尽くすことであり、例えば「三目並べで2手目の局面は何パターンあるか」という問題を考えさせた(答えは12)。このとき回転対称や反転対称の関係にあるものは1パターンとして数える。なお三目並べはコマを使わないゲームであるが、○と×の記号を広義のコマとしてボードゲームに分類した。リバーシは本来8×8の盤面で行われるものであるが、パターンが膨大になるため4×4の盤面を使った。

3. 実践結果

実践結果については、頁の都合で前進ゲームを中心に記し、その他は講演で述べることにする。

前進ゲームは学生同士で対戦させるよりも、ルールだけを示して教員が対戦相手になると効果的である。理由は、学生同士で対戦させると必勝法がなかなか見出せず、先手と後手のどちらが有利なのかさえ掴めないままゲームへの興味関心を失い、学習意

欲の低下を招く危険性があるためである。教員が相手であれば学生に先手を取らせても対戦の途中でほぼ必ず教員側が必勝法に持ち込める局面が来るため、学生の挑戦を何度か退けているうちに勝ちパターンに気付く学生が現れる。筆者は盤面をホワイトボードに投影し、掲示用のカラーマグネットをコマにして全ての履修者が対戦を観戦できるようにしたところ、普段は教室の後方の席で受講している学生が一番前の席まで移動して対戦に参加し、負けると手元で攻め方を振り返ったり新たな戦略を練るなど、授業への積極的な参加行動が見られた。また戦略に行き詰まりそうな雰囲気となったときは、対戦しながら「今なら貴方が勝ってます」や「今、私に勝ちが移りました」など、一手ごとに実況を加えることで教室全体が活性化し、活発な学習活動が展開された。そしてその結果、相手コマとの間のセル数を(1, 2, 3)の組合せ(排他的論理和 $1 \oplus 2 \oplus 3 = 0$)に持ち込むと勝てることを学生自らが見出し、その後(1, 4, 5)の組合せも見つけることができた。

ただ、その組合せが必ず勝ちに結びつくことを確かめるには、全ての移動の可能性を総当たりで調べる必要があるが、全ての移動を漏れなく列挙できなかつたり、場当たりの思いっきりで列挙する学生が存在している。このことは三目並べやリバーシの局面を調べる問題でより顕著に表れている。

4. まとめ

本稿執筆時点では授業実践を行っているところであるため、詳細な結果は講演で紹介するが、現在のところを概ね以下のような結果と課題が得られている。

ボードゲームの導入によって学習意欲の向上が見られたが、その一方で「局面を系統的に調べる力の不足」という課題が見えてきた。このことは条件分岐を考える際に、全ての条件を網羅し尽くせないことを意味している。アルゴリズム教育やプログラミング教育において試行錯誤は不可欠であるが、それが系統的か場当たりのかは結果に影響するため、試行錯誤の質も考慮する必要があると考えている。

謝辞

本研究の一部は科研費(基盤研究(C) 課題番号18K02921)の助成を受けたものである。

参考文献

- (1) 山田耕太郎, 有吉優菜: “数理パズルを題材とした情報教育の実践”, 第42回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.71-72 (2017)
- (2) 山田耕太郎, 有吉優菜: “数理パズルを使ったアルゴリズム教育の実践と評価”, 比治山大学現代文化学部紀要第24号, pp.67-73 (2018)
- (3) 上野富美夫: “数学マジック辞典”, 東京堂出版(2015)
- (4) 佐藤文広: “石取りゲームの数学ーゲームと代数の不思議な関係”, 数学書房(2014)
- (5) 秋山仁, 中村義作: “ゲームにひそむ数理”, 森北出版(1998)