

論理的思考力育成のための教育プログラム開発  
～カードゲーム“UNO”を用いた札捨てアルゴリズムの作成と実践～

Development of Educational Programs for Training of the Logical Thinking

上坂 博亨・吉牟田 裕

UESAKA Hiroyuki, YOSHIMUTA Yutaka

1. はじめに

高等学校における情報教育は、かつては商業高校や工業高校において算盤・計算尺に替わる道具のリテラシ教育として位置づけられ、情報というよりはむしろ「パソコン活用技術」の色合いが強い教科であった。しかし 2003 年度までに施行された新しい学習指導要領によって普通教科「情報」が設けられ、普通高校においても情報教育が開始されるとともに、パソコン活用技術だけではなく情報教育としての内容が盛り込まれた<sup>1</sup>。普通教科「情報」には目的・内容の異なる 3 つの教科があり、情報 A では「情報活用の実践力」の育成、情報 B では「情報の科学的理解」、情報 C では「情報社会に参画する態度」をそれぞれ中心とする。ここで情報 A は従来のなコンピュータ活用技術の習得を中心としており、「コンピュータを用いた読み・書き・そろばん」と言われる技能教育に相当する。これに対して情報 B と情報 C はそれぞれ、情報の科学的側面および倫理・社会的側面を網羅し、いわゆる技能教育にとどまらず新しい「情報教育」としての重要な部分を担うものである。しかし一般に高等学校の現場においては、さまざまな理由からコンピュータ活用技能の習得を中心とする「情報 A」だけを履修する生徒が多く、また「情報 A」だけを開講している高等学校が多いことが報告されている<sup>2</sup>。このことは現在の情報教育が、「情報の取り扱い」の段階でとどまっており、その根底にある情報処理の理解にまで行き届かないことを表している。情報社会を生きるための真の意味での情報力を育成するためには、「情報の理解」と同等、あるいはそれ以上に「情報処理の理解」を促進すること重要であることが指摘されている<sup>3</sup>。

富山県立大門高等学校（富山県射水市）は開校以来 20 年に渡りコンピュータを活用した先進教育を行ってきた全国有数の情報教育推進校である<sup>4</sup>。同校の情報コースの特徴は、まず同校の全生徒が 1 年次に「情報 C」を履修することでネットワーク社会に参画する態度を培い、また併せてコンピュータの基本的な操作技術の習得と情報の科学的な理解を養っている。さらにコンピュータに関心を持つ理科系の生徒は 2 年次より情報コースを選択することができ、「情報科学」、「情報物理」、「情報化学」、「情報数学」などの教科を受講できるシステムになっている。文科系志望の生徒においても「情報メディア」の教科を選択でき、コンピュータを利用して自己表現力や発表

力などの育成を行うこともねらっている。

我々は2005年より同校との高大連携事業の一環として、1年生を対象とする体験学習「カードゲーム”UNO”のロジックを考える」を実施してきた。本プログラムでは高校生になじみのあるカードゲームを題材として、手札の中から最も自分に有利になるためのカードを選び出す手順をフローチャートに記述する作業を行わせる。これによって頭の中で無意識に実行されている札捨ての手順を明文化することができる。また論理そのものが正しいことを、ゲームの中で実践しながら検証する。もし作成した論理に矛盾があればカードを正しく捨てることができないためゲームが破綻する。これらの実習をとおして論理的に矛盾なく情報処理をすることの緻密さと単純さを生徒に学ばせ、情報処理に対する理解を深めさせることを目的としている。なお、本プログラムはフローチャートを製作するための基本的知識を有していることを前提としている。

## 2. 教育プログラムの概要

情報を学ぶ上で大切な能力のひとつに「論理的に理解する力」がある。複雑に見える事柄も、整理し順序立てて考えることで単純で明快な規則性をもって理解することが可能となる。論理的に理解する力は、プログラム作成やシステム構築、トラブルシューティングなどの様々な場面における「考え方の基本」となっている。本プログラムではカードゲームとして有名なUNOを題材として、プレイヤーが手札の中から捨て札を選択する際の思考手順を、単純で明快なアルゴリズムとして再構築する実習を行う。そして構築したアルゴリズムを用いてゲームの実践をおこない、アルゴリズムの適切性を検証する。

### 2.1. ルールの確認と予備研究

UNO (マテル・インターナショナル社<sup>5)</sup>) は比較的単純なルールのカードゲームであるが、ルールが単純なゆえに地域的に付け加えられた特殊ルール (ローカルルール) が多数存在する。そこでゲームを開始するにあたってはルールの統一化を行う必要がある。本プログラムでは統一ルールとして「国際ルール」を使用することとし、ルールブックは製品に添付されるリーフレットを使用する。実習は全体を通して5人～6人のグループワークとして進める。

実習を始めるにあたっては、メンバー全員がUNOゲームを理解する必要がある。また国際ルールを熟知し、メンバー全員が正しくゲームを進行できる必要がある。そこで本プログラムでは実習などの開始に先立って、グループでUNOゲームを実践する時間を設けている。これによってゲームの理解を深めることは言うまでもなく、メンバー間の相互理解を深め、また「難しいアルゴリズムの勉強」への抵抗感を減らす効果を期待している。

本実習では最終的にアルゴリズムをフローチャートで記述する。そこで予備研究として必要に応じてフローチャートの書き方を復習しておく必要がある。

### 2.2. アルゴリズムの構築

札捨てアルゴリズムとは、手札の中から1枚の捨て札を選び出すためのロジックを実現する手順である。アルゴリズムは、プレイヤー自身のターン (順番) が到来した時点を「開始」とし、


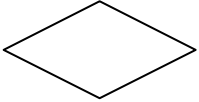
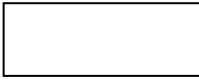
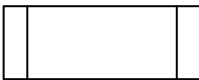
ターンが終了した時点を「終了」として記述する。

アルゴリズムはタクティクス（戦術）の集合体として記述される。タクティクスとはプレイヤーの頭の中で意識的あるいは無意識的にはたらく、手順化される前の個々の札選択ルールである。たとえば「同じ色のカードを選択する」、「最も数字の大きなカードを選択する」などがある。アルゴリズムを作成するに当たってはまずこのような個々のタクティクスを抽出する必要がある。そこで生徒はUNOを実践しながら、自分が札を捨てる際に考えたタクティクスを書き留めていく方法で抽出を行わせる。

最初のタクティクスは捨てる札候補の抽出である。このタクティクスは今回のプログラムでは「定義済み処理」として扱うことにしている。その後に出現するタクティクス群には「スイッチ」と「フィルタ」がある。「フィルタ」は捨てる札候補の中から1枚の捨てる札を絞り込むタクティクスで、フローチャートの記号では「処理」で表される。実践ではひとつ以上のフィルタを組み合わせて1枚の捨てる札を絞り込むことになる。「スイッチ」は場札と捨てる札候補の条件から必要なフィルタ群を選択するタクティクスで、フローチャートの記号では「条件分岐」で表される。タクティクスの抽出段階では、スイッチ毎にフィルタ群を箇条書きにしていく形で作業をすすめる。この段階ではできるだけたくさんのタクティクスのリストアップを目指す。

次に、明文化したタクティクスを、フローチャートを用いてアルゴリズムとして記述する。タクティクスの一つ一つが「条件分岐」と「処理」を構成する。最終的に出来上がったフローチャートは、第三者がそれを見てゲームを実行可能な処理手順として作成することを目指す。

表1 フローチャートで使用する記号

記号	意味と使い方
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 処理の開始 (START) と終了 (END)</li> <li>● UNO 実習では、自分のターンの開始と終了を表す記号として使用する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 条件分岐を表す。</li> <li>● UNO 実習では、捨てる札候補の中から特定のカードを選び出す手続きの選択条件 (スイッチ) を記述する記号として使用する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 単一の処理を表す。</li> <li>● UNO 実習では捨てる札候補の中から特定のカードを選び出す手続き (フィルタ) として、またカードを引く、カードを捨てるなどの動作を表す記号として使用する。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 定義済み処理を表す。</li> <li>● UNO 実習では「捨てる札候補の中で最大の数字カードを抽出する」等のまとまった処理を表す記号として使用する。</li> </ul>

### 2.3. 勝つためのアルゴリズムの検討

たとえばゲームの序盤では危険を承知で役札を温存したり、終盤では上がり直前のプレイヤーに集中して妨害をしたりするなど、ゲームに勝利するためには状況に応じた複雑な判断が要求される場合がある。そこで本プログラムでは表2に示すレベルに分けて、段階的にアルゴリズムの難易度を向上して行くことにした。

レベル1 (L1) は、場札と手札の種類だけを条件にして矛盾無く札を捨てることのできるアルゴリズムで、これが正しく構築できなければゲームが進行しないレベルである。本レベルでは自分の手札の残り枚数を考慮することもできる。レベル2 (L2) は、レベル1に加えて他人の手札枚数を参考にしながら捨て札を選択するアルゴリズムである。たとえば自分の次のプレイヤーがUNOを宣言した場合などに、プレー順を逆にする(リバーズ)などの戦略を実行することができる。レベル3 (L3) では考えうるすべての条件を使用することができるものとする。たとえば場に捨てられたカードの種類と枚数をすべて記憶しておくなどの高度な処理が考えられる。

表2. アルゴリズムの3つのレベル

略称	呼び名	定義
L1	ロジック1	場札と手札だけを条件にタクティクスを策定するレベル
L2	ロジック2	他人の手札枚数も参考にタクティクスを策定するレベル
L3	ロジック3	考えうる全ての条件を参考に最強のタクティクスを策定するレベル

### 2.4. ゲームの実践

作成したアルゴリズムを用いて他のグループとの対戦を行い、アルゴリズムの正確さを評価する。対戦は作成したタクティクスあるいはアルゴリズムにのっとして、プレイヤーの判断を入れることなく、機械的に実行されなくてはならない。プレイヤーはアルゴリズムどおりに行動(思考)していることを表すために、自分の動作をいちいち声に出しながらプレーすることが重要である。その状況はグループ員が相互にチェックして、アルゴリズムに沿った動作が行われていることを確認する。もしこの段階でプレイヤーの判断を必要とする点が発生した場合やゲームが進行できなくなった場合などには「論理エラー」としてメモし、その後のアルゴリズムの修正に役立てる。

ゲームを何度か繰り返すことでアルゴリズムの間違いなどが修正され、正しく動作するアルゴリズムが得られていく。この段階まできたら、次には他グループとアルゴリズムを交換して相互評価を行う。まず他グループのアルゴリズムを読み詳細な手順を理解する。対戦の実行中には借用したアルゴリズムにのっとして正確に処理をする。

### 2.5. シミュレータによる評価

生徒が作成したアルゴリズムを用いてUNOのゲームを行わせ、アルゴリズムの優劣を評価す

るためにはコンピュータによるゲームシミュレータが必要である。その理由として以下の2点が挙げられる。まずフローチャートに記述されたアルゴリズムを人が正確に実施することは難しく、特に自作のアルゴリズムとなるとさまざまな思いが介入してしまうため客観的な実行が保障されない。次に、生徒が考えるアルゴリズムはどれも類似しており、ゲームの勝敗にはアルゴリズムの優劣よりもむしろ配られた初期カードの運・不運の影響が効いてくる。このことから人手で行う事ができる数回のゲームではアルゴリズムそのものの優劣の評価は困難である。これらの問題を解決するために、図1に示す表示機構をもつアプリケーションをJava言語で開発した。本シミュレータには、生徒が作成するアルゴリズムを短時間でインプリメントできるよう、あらかじめメソッド化された処理ブロックが用意されている。これによってJava言語に卓越した教員が約半日で全グループのアルゴリズムをプログラムに変換できる。アルゴリズムの評価の際には2万回～5万回のゲームを実行し、最終時点での得点を用いて優劣を求めた。

### 3. プログラムの実践

#### 3.1. 予備学習

本プログラムは県立大門高等学校の1年生(約20名)を対象に、夏季休業期間中の2日間を用いて実施した。生徒達は本プログラムの実施にあたりフローチャートの書き方に関する十分な教育を受けていないため、まず簡単な例題を用いてフローチャートの書き方に関するトレーニングを行った。約半日をかけての予備研究の後、1日目の午後から本格的なアルゴリズムの構築に取り掛かった。

#### 3.2. UNO 札捨てロジックのアルゴリズム化

1日目の午後および夕食後の時間を利用して、生徒達はほぼ全員がレベル1のアルゴリズムを

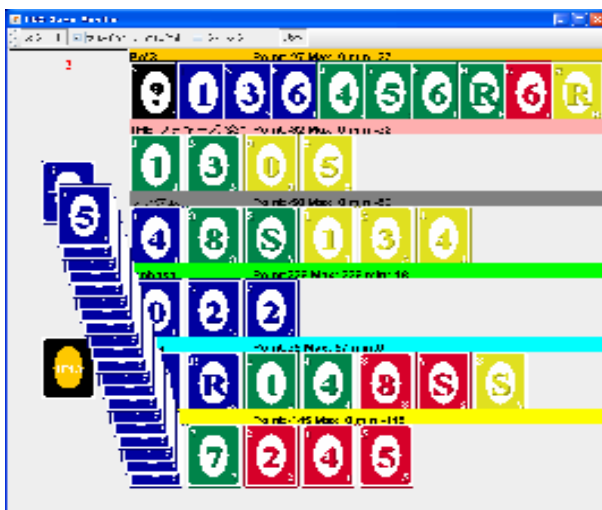


図1 UNO シミュレータの動作画面↑

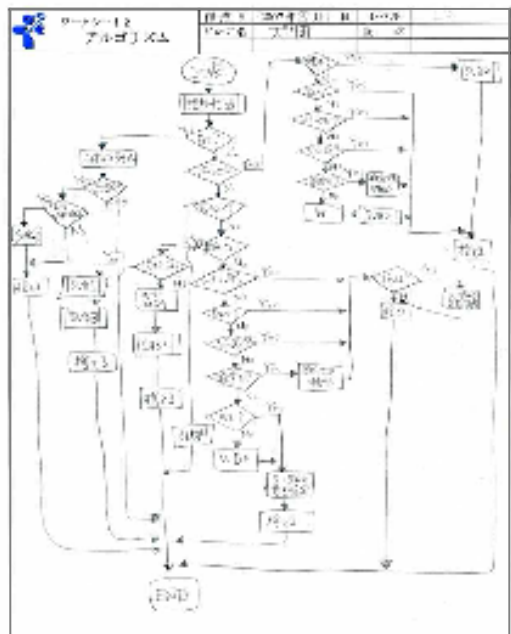


図2 作画されたフローチャートの例 →

完成させることができた。レベル1のアルゴリズムでは自分の手札の枚数を参考にしながら捨て札を選択するので、ゲームの序盤ではドロー2、ドロー4、リバーズ、スキップ、ワイルドカードなどの役札を手元に残しながら数札の大きいものから捨てるという戦術が見られた。しかしゲームの中盤以降では、自分以外のプレイヤーあがることを想定して役札などの高得点札を積極的に捨てる方針に切り替えていた。このとき序盤と中盤を区別するものは手札の枚数であり、多くのケースでは、残り枚数が3~4枚になったときを境に、タクティクスを切り替えることが有効であると捕らえていることがわかった。

さらに2日目の午前中を利用して、レベル2のアルゴリズムを完成させることができた。レベル2のアルゴリズムでは他人の手札枚数も参考にすることができる。図2にレベル2のアルゴリズムのフローチャートの実例を示す。この事例ではまず自分の次のプレイヤーの手札枚数が2枚以下かどうか、ついで自分の前のプレイヤーの手札枚数が5枚以上であるか、そして自分の手札枚数が3枚以下かどうかの3つの場合に分けて処理をしている。条件の優先度は条件の出現順となっており、最も優先度が高い条件は「自分の次の人が2枚以下である」という条件である。すなわちまもなく「UNO」になるケースを特異例として取り扱っていることがわかる。またアルゴリズムが複雑になるためA4用紙1枚では書ききれなくなり、サブルーチンを記述するなどして見やすさの確保に努力が見られた。

### 3.3. アンケートによる生徒の感想

本プログラム実施後に生徒達にアンケート調査を実施し、プログラムに対する感想を調査した。アンケートは自由記述式としたが、はからずも類似した回答が多かったため表3~5にまとめることができた。プログラム中で最も難しかった作業として「フローチャートに表すこと」とする回答が最も多く見られた(表3)。論理的に考え、それをチャートに整理する作業はほとんどの生徒にとって初めての体験であり難しく感じたものと思われる。しかしその一方で最も面白くなかった作業として、「特に無い」とする回答が最も多く、次いで予備研究、実習説明、発表準備と続いた。とりわけフローチャートを考えることが面白くなかったとした回答は1件だけであった。さらに最も達成感のあった作業として、「アルゴリズムを考えること」、「フローチャートを考えること」とする回答が多数を占めており、これらの作業は難易度が高いが、興味を持って取り組む事のできる作業

表3 最も難しかった作業

回答内容	回答数
フローチャートに表すこと	15
タクティクスを考えること	6
予備研究	1

表4 面白くなかった作業

回答内容	回答数
特に無い	6
予備研究	4
実習説明	3
発表準備	2
フローチャート作成	1
その他	6

表5 最も達成感のあった作業

回答内容	回答数
アルゴリズムを考えること	8
作ったアルゴリズムで対戦すること	6
フローチャートを作成すること	6
まとめの発表をすること	2

であり、やり遂げた後の満足感も大きいと見ることができる。また達成感のあった作業として自分達の作ったアルゴリズムで対戦することをあげた回答も多かった(6回答)。回答だけからは判然としないが、UNOのシミュレータを用いてコンピュータに実戦させるデモンストレーションは、アルゴリズムを作成した生徒にとっては一種の達成感につながっている可能性がある。またさらに、自グループの対戦結果が好成績であればアルゴリズムの正しさ(強さ)をシミュレーション結果として実感できることから、達成感も大きくなると期待できる。

## 4. 考察

### 4.1. 情報処理の理解

現在はハードウェアが進歩しソフトウェアが高機能になることで、大量のデータが自動的に処理され、我々が細部を気にすることなく画期的な効率で高品質の情報が得られるようになった。やがてその効率と品質になれてしまうと、詳細な原理を理解しなくても、操作ができるだけで必要以上の情報を手にすることができるようになる。この様な状況が続くことによって、処理されたデータの本質を理解せぬまま、不適切な範囲にまでデータを適用してしまう危険性が今の情報社会には多数あると指摘されている<sup>3</sup>。

本プログラムでは最後の発表の時間を除いては一貫してコンピュータに触れること無く実習をすすめる。しかし本プログラムを通して生徒達が学ぶものは、情報処理の本質的な要素の一つであるアルゴリズムである。生徒達はアルゴリズムの1ステップ1ステップを確認しながら実行することで、データがどのような過程を経て形を変えていくかについて身を持って体験できていると期待できる。このことは、コンピュータの本質が「手順的な自動処理」であることを体験的かつ具体的に理解すべきであると主張する「日本の情報教育・情報処理教育に関する提言2005」の趣旨に沿ったものであると考える。

### 4.2. アルゴリズムとプログラミング

理工系の大学から見た場合には情報Bは、将来的に情報処理の専門分野に進むことを念頭においた教育内容と考えてよい。しかし情報業界(教育も含めて)に進んだ技術者の「いろは」とも言うべきプログラミングが情報Bには含まれていない。またプログラミングを学ぶにはアルゴリズムの理解は避けられない要素であり、またアルゴリズムの正当性を確認する手段としてプログラミングは欠かせない。このことから「アルゴリズムとプログラミングは一体でありセットで教えずには意味が無い」という主張もある<sup>6</sup>。この点で、今回の実習プログラムは、プログラミング言語による実習を含んでおらず、ある面では片手落ちとも言える。しかし十分な経験のない高校生が数時間の解説だけでプログラミングを習得することははなはだ困難で現実的ではない。このことから本題材は、そのままプログラミングとのセットで考えることは困難であった。

今回開発したUNOシミュレータはその意味で、アルゴリズムと表裏一体となるプログラミングを補完するツールとしても有効であったと考えられる。実際に生徒達の意見を見ても、開発したアルゴリズムで対戦できることに達成感を感じている回答が6件あった。本プログラムに関してアルゴリズムとプログラミングのセット化を推進していくためには、あらかじめブロック化した

ライブラリ等を準備し、できることなら GUI を用いてブロックを組み合わせることでアルゴリズムの実装が可能なツールを準備することが望ましい。

アルゴリズムの正当性を確認する手段として今回用いた方法は、フローチャートを見ながらプレーヤーが処理手順を音読し、その内容に従って自らが動作してゲームを進めるというものである。この方法では生徒達は、始めのうちはフローチャートを見ながら1ステップずつ興味を持って処理を実行するが、やがてすでに記憶してしまったお決まりの手順をいやいやながら何度も繰り返すことになる。要領よく手を抜いて処理を飛ばそうとする生徒も出てくるが、そのときにはグループのメンバーにたしなめられ、しゅしゅ単純な動作に戻ってくる。この作業を通して生徒達は、コンピュータが（文句も言わずに）単純な作業を繰り返すことで処理を行っていることを体験的に学ぶ。またエラーが発生した場合にも機転を利かせて処理を続行しようすれば指導者から指摘を受ける。すなわちコンピュータには自律的な判断力が無く、エラーが発生するとただ処理が停止するだけであることを体験する。このような「コンピュータ体験」を通して生徒達は、アルゴリズムの正当性の確認ばかりではなく、コンピュータによる逐次処理を体験することができた。この方法はプログラミングに変わる簡便な情報処理の教育法として有効性があると考えられた。

## 5. 謝辞

本プログラムの実施にあたり、高等学校の立場からさまざまな助言とアイデアを提供して下さった県立砺波高等学校の江守恒明先生（元大門高等学校）、ならびに県立大門高等学校の松江明先生に深く感謝の意を表します。また本プログラムの実践とアンケートに協力して下さった大門高等学校の生徒諸君に感謝の意を表します。

## 6. 参考文献

- 1) 「高等学校学習指導要領第10節」、文部科学省、  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/990301d/990301k.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301d/990301k.htm), Jan, 2008
- 2) 佐藤義弘, 「高等学校における教育実践事例」, 情報処理 48 巻 11 号 pp1196, 2007
- 3) 日本の情報教育・情報処理教育に関する提言 2005」, 情報処理学会情報処理教育委員会, 2005
- 4) 富山県立大門高等学校, <http://www.daimon-h.tym.ed.jp/>, Jan. 2008
- 5) マテル・インターナショナル株式会社, <http://www.mattel.co.jp/>, Feb, 2008
- 6) 高下義弘, 「実態は『町のパソコン教室』以下」, 日経コンピュータ, No.624, 2005