

ゲームの構造と活動の分析に基づく学習ゲーム作成法の検討

Partial Exchange Method based on game's structure and behavior

梅津 孝信*¹
Takanobu UMETSU

平嶋 宗*¹
Tsukasa HIRASHIMA

*¹ 広島大学大学院 工学研究科
Graduate school of engineering, Hiroshima University

Learning games are promising to realize highly motivated learning. The integration of learning and games is the main issue in designing effective and high-motivating learning games. We propose Partial Exchange Method that transforms existing game into learning game with keeping original game's attractiveness. In this method, a game is divided into objects structure and rules structure. The method exchanges the objects structure for another objects structure with keeping rules structure in order to keep original game's behavior. A learner must use the new structure in the new game. If a learner should memorize the structure, using the structure is a learning activity for memorizing it. This paper describes an outline of the method.

1. はじめに

人の学習を促進する計算機ソフトウェアに関する研究において、「学習者の動機付けを高める」ことは重要な問題である。その回答の一つとして、「学習のゲーム化」が注目されている。コンピュータベースの学習ゲームに関する研究の歴史は長く、マルチメディア処理技術が大幅に向上した今日、ますます盛んになってきているといえる。これまでも数多くの学習ゲームが作成されており、学習のゲーム化の有効性は実証済みであるといえる。しかしながら、現在、学習をゲーム化するという作業は多数行われているものの、どのような作業を行ってゲーム化がなされているのかについては十分議論されているとはいえない。そのため、学習ゲーム作成の成否は設計・開発者のセンスに依存し、作成された学習ゲームの意味付けも行いにくく、経験や知見の体系的な蓄積はほとんど行われてこなかったといえる。そこで、質の高い学習ゲームを、容易に設計できるようにするために、ゲーム化のプロセスにはどのような種類があるのか、そしてそのプロセスの具体的な中身は何なのか、さらには、学習のゲーム化において埋めるべき学習とゲームの差は一体何なのかといった、体系的な知識と理論を構築し、最終的には、計算機上で学習ゲームの作成を支援することを目指し研究を行っている [UMETSU 02][UMETSU 03][梅津 05]。

本稿では、学習のゲーム化手法の一つとして、ゲームと学習の構造に着目した「部分構造交換法」を提案する。これは、ゲーム構成要素の一部分を、それと同じ役割を果たすことのできる学習すべき対象物と交換することによって、学習ゲームを作成する方法である。交換前後のゲームの変化を最小限に抑えることで、元のゲームのもつ面白さを高いレベルで保存することが期待できる。さらに、作成された新たなゲームでは、プレイヤーは交換された学習対象を利用しなければならず、そのゲームをプレイすることを通してその学習対象について理解が深まることが期待できる。

2. 学習ゲーム作成法

学習ゲームとは、学習の定義を満たし、かつゲームとしての定義を満たすものである。つまり、学習ゲームの作成とは、学習

とゲームの 2 つの定義を同時に満たすものを作成することであり、その作業は単純なものとはいえない。そのため、学習ゲームというコンテンツの重要性が高まりつつある現在、その作成法についての議論が盛んになりつつある。

Malone は内発的動機付けを与える学習ゲームを作成するため、その構造がどうあるべきかを提案している [Malone 81]。この中で、「学ぶべき skill と Fantasy が相互に依存する構造を作成する」と述べているが、その構造を作成するために具体的に何を行うべき作業については言及されていない。また、矢野、林らは、ゲームの面白さが何の要素から起因するのか調べ、その要素を学習に埋め込むことによって学習ゲームを作成する方法を提案している [矢野 95]。この研究では、面白さの要素を「スピード感」や「物語」といったものとしており、その要素の作成方法や埋め込み方については言及されていない。

このように、現在提案されている議論のほとんどは、学習ゲームがどうあるべきかについての提案を行っているものとなっている。そのため、どのような手続きをもって学習ゲームを作成するか、また、ゲームがどのような構成になっており、その構成のどの部分を変化させるか、そしてその変化の影響として何が起こり、なぜ学習ゲームとなるのかについての知識が提示されていない。また、暗黙的な部分が大きいので、学習ゲーム作成についての知識の共有や、さらなる知識の積み上げによる発展が困難になっている。

我々はこのような問題意識の元で、さまざまな学習のゲーム化手法を考え、どのように定式化されるのかを明らかにしようとしている。本稿では、ゲームの構成要素はどのようなものかを考え、その一部分を特定条件のもとで改変することで学習ゲームを作成する方法、部分構造交換法を提案する。

3. 部分構造交換法

3.1 概要

部分構造交換法は、既存のゲームから学習ゲームを作成する方法で、既存のゲーム活動をもつ動機付け能力をできるだけ低下させないように、既存のゲームの構造をできる限り保存しながら学習ゲームへと作り変えることを指向したものである。

部分構造交換法では、高い動機付けでプレイされるゲームの一部分を、それと同等の役割を果たすことのできる学習すべき対象物と交換することによって、新しいゲームを作成する。この

ようにして作成されたゲームでは、学習すべき対象物を利用しながらゲームが行われるため、プレイヤーは、対象物がどのようになっているかを確認するという作業を行いながらゲームを進めていくことになる。これは、対象物を記憶するための活動と一致しており、この新しいゲームは対象物を記憶するための学習ゲームであるということが出来る。この部分構造交換法のモデル図を図 1 に示す。この図の詳細については、次項以降に説明していく。

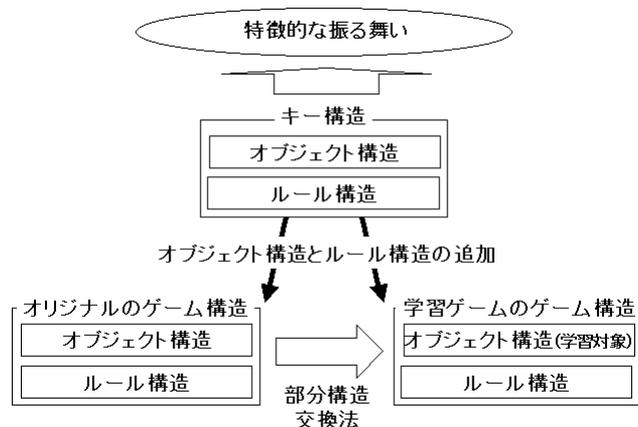


図 1. 部分構造交換法のモデル図

3.2 キー構造

トランプを使ったゲームに、ラミーと呼ばれるゲームがある。このラミーの一部を変更したものと、ジン・ラミー、500 ラミー、セブンカード・ラミー、セブンブリッジといった様々なゲームが存在する。これらは、どれもラミーのバリエーションの一種としてとらえられており、全てに共通するラミー的特徴・面白さというものがある。日本でも有名な将棋というゲームにおいても、飛車・角の無い将棋もやはり将棋の一種であるし、4人で対戦する4人将棋というものもある。これらはオリジナルの将棋と細部が違っているが、やはり将棋として認められるものであり、将棋としての特徴・面白さがあるゲームとなっている。このように、細部は違うが、どれも一つのゲームのバリエーションとして認知され、オリジナルと同じ特徴をもつゲームが存在する。

これは、それぞれのゲームには特徴的な振る舞いといったものがあり、その振る舞いがゲームの特徴・面白さを感じさせる要因となっているからではないかと考えられる。その振る舞いさえ発生するゲームになっているのであれば、そのゲームは細部が違ったとしてもバリエーションの一種として認知され、同じような面白さをもつことになるのではないかと考えた。つまり、ある特定のゲームにはそれを特徴付ける振る舞いというものがある。そのゲームの一部には特徴的な振る舞いを発生させる本質的な構造とでも言うべきものが存在するのではないかと考えた。この本質的な構造のことを本稿ではキー構造(key structure)と呼ぶことにする。このキー構造は、特徴的な振る舞いを発生させるための構造しか持たず、それだけで実際のゲームを行うことができるものにはなっていない。このキー構造に対してルール等の追加を行い、はじめてゲームとしての構造となる。しかし、このキー構造の一部でも失われれば、そのゲームは特徴的な振る舞いを発生することがなくなってしまい、このキー構造が違うゲームは別のゲームとして認知されるといった性質のものとなっている。部分構造交換法は、このキー構造を保存しながら既存のゲーム

の一部を交換することにより、オリジナルゲームの動機付け能力を保存したまま学習ゲームへと作り変える方法である。

3.3 交換対象

部分構造交換法にて、ゲームのどの部分を交換するのかについて説明する。ゲームは、実際の操作対象となるゲームのオブジェクトの情報である(1)オブジェクト構造と、そのオブジェクトを操作するためのルールの情報である(2)ルール構造の2つに分類することができる。操作対象となるオブジェクトとは、たとえば、ポーカーや七並べでのトランプ、花札の札やカルタの札などといったものである。それぞれのオブジェクトは属性というパラメータを複数持っている。トランプのハートの3というカードは、数・スート・色などの属性を持っており、その値はそれぞれ3・ハート・赤となっている。これらのオブジェクトの間には、ゲームによって、様々な関係が定められている。例えば、七並べにおいては、ハートの4とハートの5はスートという属性の上で同類関係にあり、数字という属性の上で前後順の関係にある。

ルール構造は、ゲームの初期状態と終了状態、終了状態の評価、そしてゲーム中に行うことの出来る行為によって構成されている。「行為」とは、ゲームの局面を変更する遷移ルールであり、行為を適用可能な前提条件と適用後状態がどのように変化するかを表すものである。一つのゲームにはいくつかの行為が定義されているが、そのうちいくつかは必ず、オブジェクト構造の一部を利用したものとなっている。例えば七並べには、カードを出すという行為に対して、前提条件として「すでに出されているカードの、数字の前後順序でかつ同じ種類のスートのカードしか出せない」というものがある。これは、トランプの数字という属性の、順序関係が存在するという性質と、スートという属性の、同類関係が存在するという性質を利用したものである。実際は、属性値である数字の7やハートといった情報を使って、7並べはプレイされることになる。また、カルタでは、カードを取るという行為に対して、「読み上げられたカードの文と、一対一対応関係にある絵のカードしか取れない」という前提条件がある。これは、カルタの札は絵と文といった属性の、一対一対応関係が定義できるといった性質を利用している。カルタの読み札には五十音どれかから始まる文が書いてあり、その文と対応する絵札にはその文を表す絵が表記されている。この情報を用いて、カードを取るという行為が行われることになる。この、オブジェクト構造とルール構造の2つの組み合わせによって、ゲームの構造は構成されている。

部分構造交換法は、ゲームの一部を変更しつつ特徴的な振る舞いを発生させる部分は保存するという方法である。この変更の際、ルール構造を変更することによって学習ゲームを作成しようとした場合、ゲーム中に行われる行為が大きく変更されてしまい、オリジナルと同じ振る舞いを期待するのは難しい。また、無理に学習を行わせるルールを追加した場合、ゲームとあまり関係のない活動を増やすことになってしまい、動機付けの面で問題が出てしまう。そこで、ルール構造にはできるだけ手を加えず、オブジェクト構造を学習すべき構造と交換することによって、振る舞いは保存しつつ新しいゲームを作成する方法を考える。この交換が成功した場合、ルール構造はほとんど変化することがなく、新しく作成されたゲームはオリジナルに近い面白さを持っていると思われる。さらにこのゲームは、学習すべき構造を用いながらゲームがプレイされることになる。もし、この構造を利用することが学習活動となる場合には、この新しいゲームを学習ゲームとしてみなすことができる。例えば、構造を暗記するといった学習はその典型例である。ここでの学習すべき構造とは何かについての詳細は、次項にて説明する。

3.4 学習の種類

化学の周期表や、数学の公式など、一定の分野内で成り立つ関係を構造としてあらわしたものがある。これらの構造は、適切な方法で利用することによって、何らかの問題を解くことができるため、記憶することが求められることがある。例えば周期表は、電子配置を元にして元素を配置したものであり、似た性質の元素が族というグループに分類されているものである。この周期表の構造を記憶しておくことによって、元素がどのような性質を持っているかを簡単に導き出すことができる。このような、一定の分野内で成り立つ関係を構造としてあらわしたものを、ここでは表層構造と呼ぶこととする。このような表層構造を、高い動機付けの下で学習活動を行わせるための学習ゲームを作成する方法が、部分構造交換法である。既存のゲームの一部を、それと同等の役割を果たすことのできる表層構造と交換することによって、学習ゲームを作成する。この学習ゲームを通して表層構造を利用することは、表層構造がどのようにになっているかを確認する活動であり、表層構造の記憶につながる。

4. 実際のゲームにおけるキー構造

部分構造交換法は、既存のゲームに対して、そのゲームに特有な振る舞いを保存しながら学習ゲームへと作り変える方法である。振る舞いを保存するためには、変更の際に、そのゲームのキー構造を保存しなければならない。その際には、オリジナルのルール構造はできる限り保存し、オブジェクト構造を交換することによって学習ゲームへと変更する。ここで重要となる要素は二つある。一つは、あるゲームにおいて、特徴的な振る舞いが何であるか、またそれを発生させるキー構造は何であるかである。もう一つは、そのキー構造を保存しつつオブジェクトを交換するにはどうすればよいかである。そこで、トランプを使った幾つかのゲームを調査し、それぞれのキー構造と、オブジェクトを交換するための条件がどういったものであるかを考えた。日本において有名で、ルールも簡単な「神経衰弱」と「スピード」、セブンブリッジなどの数多くのバリエーションが存在し、世界的に有名である「ラミー」の3つについて、キー構造とオブジェクトを交換するための条件を説明する。

4.1 神経衰弱のキー構造

神経衰弱の特徴的な振る舞いは、「オブジェクトの属性値がプレイヤーに分らないようにする」「選んだオブジェクトの属性値を一時的に教える」「オブジェクトでペアを作らせる」といったものである。神経衰弱のゲーム構造の中で、この振る舞いを発生させているものは以下の構造である。

【神経衰弱のキー構造(ルール構造部分)】

<初期状態>

オブジェクトを属性値が分らないよう配置する

<終了状態>

場札が全て無くなった

<終了状態の評価>

手札が多いプレイヤーが勝利

<行為>

- ・ カードをめくる

前提条件:手番 場のカードが全て裏向き

効果:選んだ場のカード2枚が表向きになる

- ・ カードを取る

前提条件:表向きの2枚のカードが同じ数字

効果:2枚のカードを手札に移す

- ・ 手番を移る

前提条件:2枚のカードが表かつ属性Aで同類ではない

効果:場カードを全て裏向きにする 手番を次の人に移す

このキー構造に対し、ラベルの変更、もしくは初期状態・終了状態・終了状態の評価の追加や、前提条件・効果の追加、新しい行為の追加を行ったとしても、振る舞いの保存の上で問題は無い。しかし、ラベルの変更以外でこのキー構造の一部であっても欠けてはならない。このキー構造が全て欠けずにゲームに存在するためには、オブジェクト構造に以下の情報が必要となる。

【神経衰弱のキー構造(オブジェクト構造部分)】

同じオブジェクト数=偶数(同じオブジェクト数=4)

属性数=1

属性1

性質=同類

同じ属性値の数=偶数(同じ属性値の数=4)

属性値の種類数= $X \geq 2$ (属性値の種類数=13)

「同じオブジェクト数」とは、全ての属性値、ここでは属性1のみではあるが、それら全てがまったく同一であるオブジェクトがゲーム中にいくつ必要かの範囲を示したものである。「属性数」はこのゲームにおいて必要な属性の数を示す。そして、それぞれの属性に対して、属性値同士の間で定義できなければいけない関係を「性質」に、同じ属性値を持つオブジェクトの数がいくつ必要かを「同じ属性値の数」に、その属性値は何種類必要なのかを「属性値の種類数」に示す。なお、同じオブジェクト数・同じ属性値の数・属性値の種類数といった3つの数は、ゲームのバランスに密接に関わる場合が多く、そのバランスを保存したいのであればできる限りオリジナルの数に近づけたほうがよい。そこで、参考として括弧書きでオリジナルの数を示している。

神経衰弱はトランプを用いたゲームであるが、この条件を満たすオブジェクト構造をなんらかのオブジェクト群から見出すことができれば、そのオブジェクト群をトランプの代わりに使用しても、特徴的な振る舞いを発生させる構造は保存され、神経衰弱のバリエーションとして成立する。例えば、「平安京遷都」「平治の乱」「本能寺の変」「太閤検地開始」「島原の乱」「生類憐みの令」というオブジェクト群があったとする。これらには「時代」という属性があり、それぞれ前から属性値が「平安時代」「平安時代」「安土桃山時代」「安土桃山時代」「江戸時代」「江戸時代」となっている。この時代という属性は、オブジェクト間に、同じ時代であるという同類関係を定義可能であり、同じ属性の数は全て2つ、属性値の種類数は3つとなっており、前述の条件を満たすことができるオブジェクト群となっている。そのため、これら6つの歴史的イベントを用いて神経衰弱のバリエーションゲームを成立させることが可能である。また、この6つの歴史的イベントが、時代という属性において、どれとどれが同時代に起こったかという関係を記憶することは学習目的となることがあり、この歴史的イベント神経衰弱をプレイすることは、このイベント間の関係を記憶する学習活動を含んでいるといえる。

4.2 スピードのキー構造

スピードの特徴的な振る舞いは、「手札の中から場札と前後順となるオブジェクトをすばやく出させる」といったものである。スピードのゲーム構造の中で、この振る舞いを発生させているのは以下の構造である。

【スピードのキー構造(ルール構造部分)】

<初期状態>

各プレイヤーに同数の手札を配る

<終了状態>

誰か一人の手札が全て無くなった

<終了状態の評価>

手札が無くなったプレイヤーが勝利
 <行為>
 ・ カードを出す
 前提条件:場のカードと属性 A に関して順序関係で前後になる属性値を持つカード A が手札にある
 効果:カード A が手札から無くなる 場のカードをカード A に変更

この構造を保存するよう考慮すると, ラミーのオブジェクト構造は以下のようなものでなければならない.

【スピードのキー構造(オブジェクト構造部分)】
 同じオブジェクト数= $X \geq 1$ (同じオブジェクト数=4)
 属性数=1
 属性 1
 性質=順序
 同じ属性値の数=自由 (同じ属性値の数=4)
 属性値の種類数= $X \geq 2$ (属性値の種類数=13)

この条件を満たすオブジェクト群として, 例えば, 中学理科の実験手順などを使うことができる. 手順には前後の順番があり, 実験手順を使ったスピードというゲームを考えることができる.

4.3 ラミーのキー構造

ラミーの特徴的な振る舞いは, 簡単に表現すると「手札でメルドを作らせる」「レイオフさせる」「手札をなくさせる」といったものである. そのため, 手札の増減・変化とメルド・レイオフ関係の構造が保存すべき重要な構造となる. 具体的には以下のものが保存すべき構造である.

【ラミーのキー構造(ルール構造部分)】

<初期状態>
 手札数は $3n+1$ で各プレイヤー同数
 <終了状態>
 誰か一人の手札が無くなった
 <終了状態の評価>
 手札を全部無くしたプレイヤーが勝利
 <行為>
 ・ 山札からカードを 1 枚引く
 前提条件:手番の最初
 効果:山札の一番上が手札に入る
 ・ 捨て札からカードを 1 枚引く
 前提条件:手番の最初 捨て札がある
 効果:捨て札の一番上が手札に入る
 ・ メルドを置く
 前提条件:手番でカードを引いた後 メルドが手札にある
 効果:メルドが置かれる 置いた分のカードが手札から減る
 ・ レイオフする
 前提条件:手番でカードを引いた後 置かれているメルドに手札から 1 枚加えてもメルドが作成できる
 効果:対象メルドが新しいメルドになる 置いた分のカードが手札からなくなる
 ・ 手札から 1 枚捨てる
 前提条件:手番でカードを引いた後
 効果:手札から捨てたカードが減る 手番が次の人に移る
 ・ シークエンスからメルドを作る
 前提条件:3 枚以上のカード 全てのカードが属性 A に関して同種類 全てのカードが属性 B に関して続き順番
 効果:3 枚以上のカードによるメルドができあがる
 ・ グループからメルドを作る
 前提条件:3 枚以上のカード 全てのカードが属性 B に関して同じ順序

効果:3 枚以上のカードによるメルドができあがる
 この構造を保存するよう考慮すると, ラミーのオブジェクト構造は以下のようなものでなければならない.

【ラミーのキー構造(オブジェクト構造部分)】
 同じオブジェクト数= $X \geq 1$ (同じオブジェクト数=1)
 属性数=2
 属性 1
 性質=順序
 同じ属性値の数=自由 (同じ属性値の数=4)
 属性値の種類数= $X \geq 3$ (属性値の種類数=13)
 属性 2
 性質=同類
 同じ属性値の数=自由 (同じ属性値の数=13)
 属性値の種類数= $X \geq 3$ (属性値の種類数=4)

この条件を満たすオブジェクト群として, 例えば, 元素などが挙げられる. 元素には最外殻電子数と周期という二つの属性があり, 最外殻電子数はその多寡で順序を定義することができ, 周期が同じかどうかも定義可能である.

5. おわりに

本稿では, ゲームの一部を交換して学習ゲームを作成する部分構造交換法を提案した. この方法は, ゲームの特徴的な振る舞いを発生させる構造であるキー構造を保存しつつ, オブジェクト構造を学習すべき表層構造と交換することによって学習ゲーム化するものである. そのため, この方法を用いればオリジナルゲームの特徴的な振る舞いを保存したまま学習ゲームへと作り変えることができる. その結果, オリジナルゲームに近い動機付け効果を持った学習ゲームを容易に作成することが可能となる. この部分構造交換法の概要に加え, この手法において重要となるキー構造の記述形式と, その事例としていくつかのゲームのキー構造を示した.

参考文献

- [UMETSU 02] T. UMETSU, T. HIRASHIMA, A. TAKEUCHI, : Fusion Method for Designing Computer-Based Learning Game, Proc. of ICCE2002, pp.124-128, 2002.
 [UMETSU 03] T. UMETSU, T. HIRASHIMA, A. TAKEUCHI, : A Computer-Based Learning Game Designed by Fusion Method, The Journal of Information and Systems in Education, pp.7-13, 2003.
 [梅津 05] 梅津孝信, 平嶋宗, 竹内章, : 学習ゲーム作成のための部分構造交換法とその実践例, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J88-D- I, No. 1, pp. 36-44, 電子情報通信学会, 2005
 [Malone 81] Malone, T.W. : Toward a Theory of Intrinsically motivating instruction, Cognitive Science, Vol.5, pp.130-145, 1981
 [矢野 95] 矢野米雄, 林敏浩, : ゲーム型 CAI ビデオゲームの教育への応用, bit, Vol.27, No.4, pp. 29-37, 共立出版, 1995