

ルール記述語句の整理による学習用ゲーム環境のオーサリング支援

Authoring for Game-Based Learning based on a Card Game Model

梅津孝信*1 東卓弥 平嶋宗*2 竹内章*1
Takanobu UMETSU Takuya AZUMA Tsukasa HIRASIMA Akira TAKEUCHI

*1九州工業大学 *2広島大学
Kyushu Institute of Technology Hiroshima University

We previously implemented an authoring system to generate a learning environment based on a card game expressed in a flowchart. We improved the authoring system to automatically generate a learning environment by using words or sentences drawn from the rules of card games. The improvement is based on a card game model that is a structured representation of words and sentences from the rules of card games. In this paper, the card game model and the improved authoring system are introduced. The experimental evaluation of the improved system is also reported.

1. はじめに

筆者らは、ゲーム形式で学習を行わせる学習用ゲームの作成方法について研究している。本研究では、カードゲームベースの学習用ゲームのルールを記述する語句を整理し、その整理された知識を利用することで、簡易な入力から Web 上で動作する学習用ゲーム環境を生成するオーサリングシステムを開発した。このオーサリングシステムについて、その使用実験について報告する。

筆者らは既に、計算機上で動作する学習用カードゲームのオーサリングシステムを開発している [Umetsu 07]。このシステムには学習用カードゲームの構成要素がパーツとして用意されており、ユーザはそれらを組み合わせてゲームルールを表現したフローチャートを作成し、システムはそのフローチャートから計算機上で動作する学習用ゲームを生成する。

しかしこのシステムは、フローチャートやそれによって表現されるアルゴリズムに不慣れたユーザにとっては入力が困難という問題があった。用意されたパーツは単純で分かりやすい機能を持っているが、それらを組み合わせて複雑なものを作成する作業は、何の知識もないユーザには困難だった。

そこで本研究では、構成要素パーツの代わりに、一般的にカードゲームルールの記述に用いられる日本語語句を用意し、その語句を組み合わせて日本語文章でルールを入力させることを考えた。日本語文章の構成であれば特別な知識は必要なく、また書籍などに日本語文で記載されているゲームルールをそのまま写すような入力も可能となる。

この入力の実現のため、学習用カードゲームの構成要素と、ルールの記述に用いられる語句を、継承関係や部分全体関係などで繋いだ知識を構築した。ユーザによって入力された日本語文は、この知識を用いることでカードゲームの構成要素の組み合わせへと変換できるようになり、オーサリングシステムはその構成要素の組み合わせから学習用カードゲームの実行環境を生成することができる。

本稿では、このルール記述語句と構成要素を整理した知識について、その知識を用いて開発したオーサリングシステムについて報告する。また、このオーサリングシステムの使用実験についても報告する。

2. 研究背景

2.1 プロパティ交換法

ゲーム形式で学習を行わせる学習用ゲームは、古くは論理的・確率論的推論のための学習用ゲーム WUMPUS[Yob 75]などが研究・開発され、そして近年では英語学習用ソフトであるえいご漬け [Plato 02] のように市販される学習用ゲームなども出てきた。学習用ゲームについて纏めた書籍なども出版されている [Prensky 01]。

またその作成方法についても、Half のアドベンチャーゲームの作成法 [Half 05] や林らの FDCA 法 [林 01] をはじめとして様々なものが提案されている。筆者らはその作成方法の一つとして、プロパティ交換法と呼ぶものを提案した。この手法は作成手順の全てが定式化されているため、機械的に学習用ゲームを作成可能という特徴がある。

プロパティ交換法とは、既存カードゲームを、問題解決演習を対象としたドリル型の学習用ゲームへと作り変える手法である [梅津 07]。ここで取り扱える問題解決演習とは、与えられた問題に学習者が解答し、その正誤を得る、という活動である。学習者にはゲームのプレイ中に多数の問題が与えられ、ドリルのように知識の定着や知識を使う技術の向上を目指す。

プロパティ交換法は、既存カードゲームのカードを、演習問題が書かれたカードと交換することで学習用カードゲームへと作り変える手法である。カードゲームは、プロパティというカードの持つ情報を利用しつつカードの位置を特定のルールに従って移動させていくことでプレイされる。しかしプロパティの利用方法は、代入、比較、計算の三種類に限定されているため、これらの操作が可能なプロパティを持つ別のカードを用いてもルールを破綻させずにプレイが可能となる。ここでカードを演習問題が書かれたものと交換して学習用カードゲームを作成するのがプロパティ交換法である。プロパティ交換法のモデル図を図 1 に示す。

神経衰弱という既存のゲームでは、伏せられたカード群から二枚選び、その二枚に同じ数字が書かれていれば得点できる。このときカードに演習問題、例えば「4-2」のような計算式などが書かれたものを使い、二枚の問題の解答が同じなら得点するゲームとするのがプロパティ交換法である。

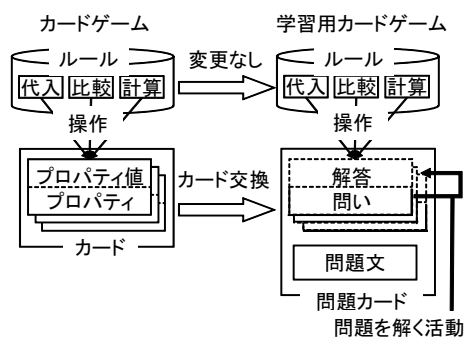


図 1: プロパティ交換法モデル図

2.2 開発したオーサリング環境とその問題点

筆者らは既に、プロパティ交換法を応用した、計算機上で動作する学習用カードゲームを作成するためのオーサリングシステムを開発している [Umetsu 07].

オーサリング支援には様々な種類の研究が存在する。Koedinger らが開発した CTAT (Cognitive Tutor Authoring Tools) は、Cognitive Tutor の構成要素である認知モデル部分の構築を支援する [Alevan 06]. 林らが提案したオントロジーウェアなオーサリングシステムでは、作成する教材を教育者の教育意図に一致させるよう支援する [林 00]. 学習用ゲームの分野では、Zancanaro がゲームの登場人物の AI 作成を支援するシステムを開発している [Zancanaro 01]. また、ゲームシナリオを元にインタラクション可能な形で要素を映像化してシミュレーション形式の実行環境を作成する Greenmind というシステムを Martin が開発している [Martin 08].

それらに対して、筆者らが開発したオーサリングシステムは、プロパティ交換法に則って既存カードゲームを学習用カードゲームへと作り変える作業と、その学習用カードゲームの実行環境を開発する作業を支援する。

このシステムが学習用ゲームを出力するために必要な入力、フローチャート形式で表現された既存ゲームのルール、行わせたい演習問題、学習用ゲームのインターフェース配置の三つである。システムは、まずは既存カードゲームのルール入力から、カードと交換しても実現不可能な操作が発生しない演習問題の制限情報を抽出してオーサラーに提示する。次に制限に従った演習問題の入力をオーサラーから受け、その演習問題と入力されたルールから、プロパティ交換法でカードを交換して学習用ゲームのフローチャートを作成する。最後に、その学習用ゲームのフローチャートをインタプリタで実行することで、学習用ゲームアプリケーションの出力とする。実行画面に表示される情報はフローチャートで決定されており、その情報を画面のどの位置に表示するかは、ユーザがシステムの指示に従い画面上をクリックすることで決定される。

既存ゲームルールの入力についてだが、このシステムには学習用カードゲームの構成要素がパーツとして用意されており、ユーザはそれらを組み合わせてゲームルールを表現したフローチャートを作成して入力する。図 2 の左側は、このシステムで神経衰弱というゲームのルールを入力したものとなっている。

この構成要素は、様々なゲームを過不足なく表現できるように、またオーサラーが簡単にその要素について学ぶことができるように、できる限り単純でかつ種類が少なくなるようにした。184 種のカードゲームを調査して、最も基本的な要素となるまでそのルールを分解して共通要素を取り出すことによって、

3 種類の操作対象パーツと、11 種類の操作命令パーツのみで、184 種のカードゲーム全てを表現できることが判明した。

操作対象はゲームの状態を表現するパーツで、操作命令は操作対象を変更するパーツである。操作命令を特定の順番で実行することにより、カードゲームがプレイされる。具体的な操作対象 3 種と操作命令 11 種は、以下のようになった。

- 操作対象 (3 種): 変数, カード置き場, カードセット
- 操作命令 (11 種): カードの選択, 値の選択, ゲーム開始, ゲーム終了, カード移動, カード裏表変更, カードのシャッフル, 変数への値もしくは計算結果の代入, 値の表示, if-then-else 分岐

しかしこのシステムは、フローチャートやそれによって表現されるアルゴリズムに不慣れなユーザにとっては入力が困難だという問題があった。用意されたそれぞれのパーツは単純で分かりやすい機能を持っているが、それらを組み合わせて複雑なものを作成する作業は、何の知識もないユーザには困難である。次章では、この困難さを解決するために構築した知識について説明する。

3. カードゲームモデルとシステムの改良

フローチャートやそれによって表現されるアルゴリズムに不慣れなユーザへの対処として、本研究では、構成要素パーツの代わりに、一般的にカードゲームルールの記述に用いられる日本語語句を用意し、その語句を組み合わせて日本語文章でルールを入力させることを考えた。日本語文章の構成であれば特別な知識は必要なく、また書籍などに日本語で記載されているゲームルールをそのまま写すような入力も可能となる。

その実現のために、カードゲームルールの記述に用いられる日本語語句を整理した。184 種のカードゲームルールの記述に用いられている日本語文章から単語を切り出して列挙し、それら単語間の関係を is-a 関係や part-of 関係などを用いて整理した。さらに、それら日本語語句が表すルールを計算機上で動作させるためには 2.2 で挙げた学習用カードゲームの構成要素をどのように組み合わせればよいかを整理した。

本稿では、この知識をカードゲームモデルと呼ぶ。このカードゲームモデルの一部を図 3 に示す。このモデルの全体像は巨大なため、紙面の都合上詳細を削除したものを記載する。概略だけ簡単に説明するが、カードゲームルールは操作対象とプロシージャから構成されており、操作対象はカードセット、プレイヤー、ゲーム情報の三つから構成され、プロシージャは操作命令と命令の実行順序から構成されている。操作命令はカード移動命令やカード裏表変更命令などに詳細化されていき、どの操作対象をどのように変更するかといった情報が整理されている。以下同様に、ゲームルール表現に出てくる語句が整理説明されており、このモデルにある語句を組み合わせただけで、ゲームルールが日本語で表現できるようになっている。

また、語句で表現されたルールを計算機上で動作させるための学習用カードゲーム構成要素の組み合わせが書かれているため、この知識があれば、このモデルにある語句の組み合わせで作られた日本語文章のカードゲームルールを、カードゲーム構成要素の組み合わせへと変換できるようになる。オーサリングシステムはその構成要素の組み合わせから学習用カードゲームの実行環境を生成することができるため、この知識があれば日本語文章のルール入力を実現できる。

なおゲームの構成要素を整理する類似研究として、Zagal らはデジタルゲームに共通して存在する属性 (特徴) を階層的に

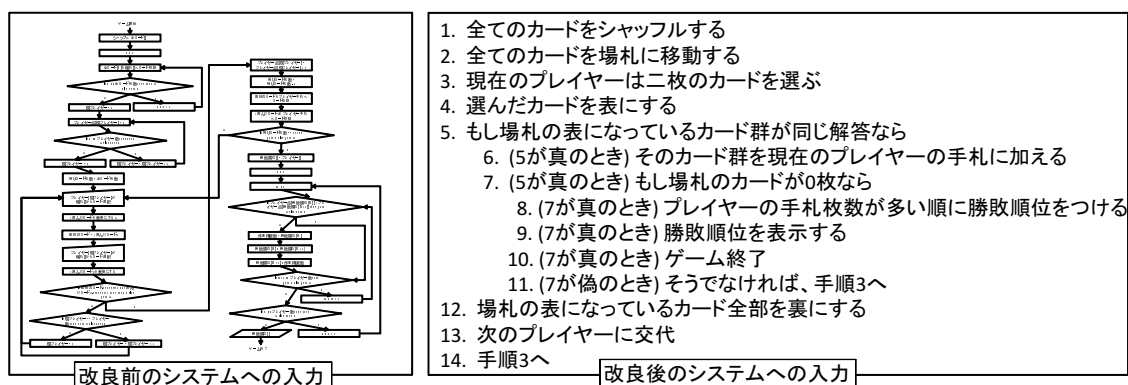


図 2: ルール入力の比較

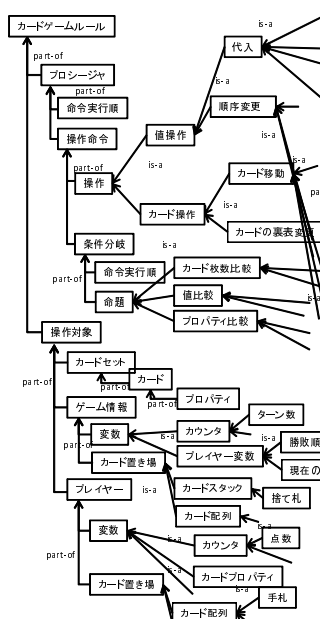


図 3: カードゲームモデル

整理したオントロジーを提案している [Zagal 05] が、これはゲームについて記述、説明、分析を行うためのものであるため、ゲームに存在する全ての構成要素を列挙しているわけではない。そのため、このオントロジーに出てくる構成要素を組み合わせても、パーツが不足しゲームを組み立てることはできない。本研究で提案するモデルには、カードゲームの組立に必要な要素がモデル中に全て含まれているという特徴がある。

このモデルを用いて、図 2 の左に示すようなフローチャートによる入力が必要だったオーサリングシステムを、図 2 の右に示すような日本語文章での入力を可能とするよう改良した。どちらも神経衰弱という同じゲームルールの入力であるが、改良後は日本語文章で簡単に入力することができる。

ユーザにはこのカードゲームモデルが提示されており、モデル中の語句をクリックやドラッグで選択して組み合わせることができる。例えば、モデル中から「< カード置き場 > にある < カード > を < カード置き場 > へと移動する」という操作命令を選択し、操作対象のプレイヤー情報「自分」のカード置き場から「手札」を、プレイヤー情報のカードから「自分

が選択したカード」を、ゲーム情報のカード置き場から「場札」という語句を操作命令文中の <> で囲まれた部分と組み合わせ、「自分の手札にある自分が選択したカードを場札へと移動する」といったルール文を作成することができる。このルール文はカードゲームモデルを用いて 2.2 で挙げた 14 種類のカードゲーム構成要素で構成されたフローチャートへと変換することができる。変換以降の動作は旧オーサリングシステムと変わらない。

4. 評価実験

改良したオーサリングシステムの評価のため、二つの実験を行った。ひとつは、システムが多種多様な学習用カードゲームを作成できるかを検証する実験で、もうひとつは、改良前のシステムと比べて簡単に学習用カードゲームを作成できるかを検証する実験である。

まず、システムが多種多様な学習用カードゲームを作成できるかを調べるために、筆者らは 103 個のカードゲームと 8 種の演習課題を入力して、487 個の学習用ゲームを開発した。この 487 個のうち 8 個の学習用ゲームに関しては、全く同じものをオーサリングシステムを利用せずに開発したことがあり [梅津 08]、既に実験的使用を通して学習効果と動機付け効果を兼ね備えていることが確認されている。

二つ目の実験として、改良前より簡単に学習用ゲームが作成できるか確かめるために、8 名の被験者に改良前と改良後、両方のオーサリングシステムを利用してもらった。作成してもらった学習用ゲームは、神経衰弱と呼ばれるカードゲームと四則演算の演習問題をベースとしたもので、8 名の被験者は全員が神経衰弱と四則演算の両方を熟知していた。

8 名のうち 4 名は、まず旧システムで学習用ゲームを作成し、その後新システムで同じ物を作成した。残り 4 名は、まず新システムで学習用ゲームを作成し、その後旧システムで同じ物を作成した。その際システムは、作成にかかった時間と、テストプレイを通してデバッグ修正を行った回数を記録した。なお、作成開始から 90 分以上が経過していた場合に限り、被験者がどうしても学習用ゲームを作成できない場合は、作成の断念を認めた。

表 1 に実験結果を示す。表中の A から H は被験者を示しており、A から D は旧システムを先に使用した 4 名を、E から H は新システムを先に使用した 4 名を示している。旧システムでは 4 名が作成断念しているが、新システムでは全員が学習用ゲームを作成できていた。また、両システムで作成に成功

表 1: 作成にかかった時間

被験者	旧システム		新システム		
	作成時間 [min]	デバッグ回数	作成時間 [min]	デバッグ回数	
旧システム→新システム	A	断念 (90)	0	141	8
	B	断念 (117)	0	173	4
	C	566	11	152	5
	D	312	5	126	2
新システム→旧システム	E	510	35	210	22
	F	断念 (161)	3	203	4
	G	断念 (110)	0	133	4
	H	491	10	191	3

した被験者は、システム使用の順番にかかわらず、新システムを用いた場合の方が、作成時間が短くデバッグ回数も少ない。

これらの実験より、改良したシステムは、多種多様な学習用カードゲームを作成可能で、その作成作業は改良前に比べて簡単であると言える。

5. おわりに

本研究では、学習用カードゲームのルールを記述する語句を整理し、その整理された知識を利用することで、以前開発した学習用カードゲームオーサリングシステムを改良した。

改良前のシステムは、学習用カードゲームの構成要素をパーツとして用意しておき、ユーザはそれらを組み合わせてゲームルールを入力するものだったが、フローチャートやそれによって表現されるアルゴリズムに不慣れなユーザにとっては入力に困難という問題があった。

そこで、学習用カードゲームの構成要素とルールの記述に用いられる語句を、継承関係や部分全体関係などで繋いだ知識を利用することで、構成要素パーツではなく、一般的にカードゲームルールの記述に用いられる日本語語句を用意し、その語句を組み合わせて日本語文章でルールを入力できるよう改良した。

このオーサリングシステムを使用してみた結果、487個と多数の学習用カードゲームを作成することができ、作成したもののうち8個は学習効果と動機付け効果を兼ね備えていることが以前に確認できているものだった。また作成作業については、改良前のものより簡単であることが確かめられた。

謝辞

本研究は科研費(22700816)の助成を受けたものである。

参考文献

- [Umetzu 07] U. Takanobu, K. Yoshinori, H. Tsukasa, T. Akira,; Automatic Generation of Computer-Based Learning Games for Problem Solving, Proceedings of ICCE2007, pp. 65-66 (2007).
- [Yob 75] Yob, G.: Hunt the wumpus, Creative Computing, September/October, pp.51-54 (1975).
- [Plato 02] プラト株式会社製品情報: えいご漬け, <http://www.plato-web.com/software/index.html> (2002).
- [Prensky 01] Prensky, M.: Digital game-based learning, McGraw-Hill (2001).
- [Halff 05] Halff, H. M.: Adventure games for science education: generative methods in exploratory environments, Proceedings of AIED05 WORKSHOP5: Educational Games as Intelligent Learning Environments, pp.12-20 (2005).
- [林 01] 林敏浩, 織田好洋, 澤田公寛, 林田行雄: 漢字の字画を学習するためのゲーム型ドリルシステムの開発, 教育システム情報学会誌, Vol.18, No.1, pp.7-15 (2001).
- [梅津 07] 梅津孝信, 平嶋宗: プロパティ交換法とそれに基づく学習ゲーム設計システム支援システムの開発, 人工知能学会論文誌, Vol22, No.1, pp19-28 (2007).
- [Aleven 06] Aleven, V., McLaren, B. M., Sewall, J. and Koedinger, K.: The cognitive tutor authoring tools (CTAT): preliminary evaluation of efficiency gains, Proceedings of the 8th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, pp.61-70 (2006).
- [林 00] 林雄介, 山崎龍太郎, 瀬田和久, 池田満, 角所収, 溝口理一郎: オーサリング支援環境におけるオントロジーの効用—設計意図に基づく教材検証支援—, 人工知能学会知的教育システム研究会報告, Vol.SIG-IES-A001, pp.71-78 (2000).
- [Zancanaro 01] Zancanaro, M., Cappelletti, A., Signorini, C., Strapparava, C.: An Authoring Tool for Intelligent Educational Games, Lecture Notes in Computer Science 2197, Springer Verlag, pp.61-68 (2001).
- [Martin 08] Martin, B.: Authoring Educational Games with Greenmind”, Lecture Notes in Computer Science 5091, Springer Verlag, pp.684-686 (2008).
- [Zagal 05] Zagal, J., Mateas, M., Fernandez-Vara, C., Hochhalter, B. and Lichti, N.: Towards an Ontological Language for Game Analysis, Proceedings of the Digital Interactive Games Research Association Conference (2005).
- [梅津 08] 梅津孝信, 垣屋良式, 平嶋宗, 竹内章: 問題解決演習を対象とした学習ゲーム作成法, 電子情報通信学会論文誌, J91-D(2), pp293-302 (2008).