

# ゲーム型学習環境における協調的学習支援手法について

## A design principles and educational control method in game-based learning environment

鷹岡 亮<sup>\*1</sup>  
Ryo Takaoka

霜川 正幸<sup>\*1</sup>  
Masayuki Shimokawa

岡本 敏雄<sup>\*2</sup>  
Toshio Okamoto

<sup>\*1</sup> 山口大学  
Yamaguchi University

<sup>\*2</sup> 電気通信大学大学院情報システム学研究所  
Graduate School of Information Systems, the University of Electro-Communications

The purpose of this study is to propose a framework of educational control that induces and activates interaction between learners intentionally to create a learning opportunity that is based on the knowledge understanding model of each learner. In this paper, we explain the design philosophy and the framework of our game-based learning environment (GBLE) called "Who becomes the king in the country of mathematics?" from a game viewpoint. In addition, we describe the method of collaborative learning support control that incorporates a "learner support agent" to support each learner and a "game control agent" to control the game into the learning environment.

### 1. はじめに

ネットワーク技術、ICT や Web 技術などの急速な発展そして普及によって、多様な学習・教育・訓練形態に対応した学習・教育・訓練支援環境(e-Learning 環境等)が実現可能となっている。このような技術を学習や教育、さらに訓練に利用した e-Learning 環境では、知識獲得のみならずメタ認知力やリフレクション思考力、さらには知識創造さえも目的にした新しい教授・学習行為の実現が求められている。したがって、知識基盤社会を生き抜く主体的な学習者が、協調的かつ社会的な関わりを重視した新しい学習や教育の形態のもとで学ぶ際の新たな教授学や学習支援手法の探求・開発など e-Pedagogy に関する研究が必要とされている。

一方、学習支援システムの研究分野において、学習者の学習意欲を向上させるために、ゲームに内在する楽しさや面白さを組み込んだ多くのシステムや研究が開発されている。しかし、複数の学習者が1台のコンピュータに集まり、ゲーム型学習環境に参加し、そこでゲーム型学習環境が、競争や協調、学習者間による教えあいによる学びのようなインタラクションを制御することによって学習プロセスをデザインする研究はまだ少ない。

そこで、本研究では、各学習者の知識の理解状態に基づいて学習機会を意図的に作り出すために、学習者間のインタラクションを誘発し活性化するための教育的な制御の枠組みを提案することを目的とする。

本稿では、ゲームにおける「面白さ」の観点を組み込んだゲーム型学習環境「王様だ〜れた!」のデザイン原理と枠組みを説明する。さらに、このゲーム型学習環境における教育的な制御手法と協調的学習支援目標・方法について述べる。

### 2. ゲーム型学習環境(GBLE)のデザイン原則

ゲーム型学習環境では、学習者の動機付けの維持や向上のために、教育的ゲームにおいて学習者が感じる「おもしろさ」をいかした支援を展開することが有効である。本研究では、ボードゲーム型学習環境において、小学生と中学生を対象とした設計原則を検討してきた。そして、上述した教育的ゲームにおいて学習者が感じるおもしろさの各タイプ(習得した時の楽しさ、予測できなかったことの面白さ、チャレンジする時の高揚感、プレイ

ヤーに対する名誉)に対応した教育的ゲームデザインと学習支援機能デザインの設計原則を下記の通り設定した。

- 習得した時の楽しさ
  - [原則 1-1] 様々なタイプのマスの存在
  - [原則 1-2] マスのイベントをクリアした時の褒美の設定(賞やパラメータ値の増加 等)
  - [原則 1-3] 学習者の状況に応じた学習課題の選択と提示
  - [原則 1-4] 学習者の状況に応じた問題数の設定
  - [原則 1-5] 学習者の状況に応じた学習課題回答の制限時間の設定
  - [原則 1-6] 習得した時の楽しさに対する動機づけ
  - [原則 1-7] 協調的あるいは競争的な学習形態の設定
- 予測できなかったことの面白さ
  - [原則 2-1] 特別なイベントが起きるマスの設定
  - [原則 2-2] 学習マスにおける新たな学習形態(タイムトライアル、答えあわせ等)の選択
  - [原則 2-3] 新しい学習課題の選択と提示
- チャレンジする時の高揚感
  - [原則 3-1] 問題数の増加の設定
  - [原則 3-2] 難易度が上げられた学習課題の設定
  - [原則 3-3] 回答時間の短縮の設定
  - [原則 3-4] 課題に失敗した場合のペナルティの設定
  - [原則 3-5] チャレンジに対する動機づけ
  - [原則 3-6] 協調的な学習形態の設定
- プレイヤーに対する名誉
  - [原則 4-1] エンディング時に順位を設定すること
  - [原則 4-2] 優勝を目指すための動機づけ

本研究では、これらすべての設計原則に基づいてゲーム型学習環境における教育ゲームデザインを作成した。さらに、設計原則と文献や資料において参照した支援要素に基づいて学習支援の機能と機構を 5 章で述べる教育的制御として設計し実装した。なお、組み込まれる具体的なデザインの原則は、ゲーム型学習環境の対象領域や学習形態の違いに応じて、異なる場合もあると考えている。異なるゲーム形式や学習形態におけるデザイン原則の検討は、今後の課題である。

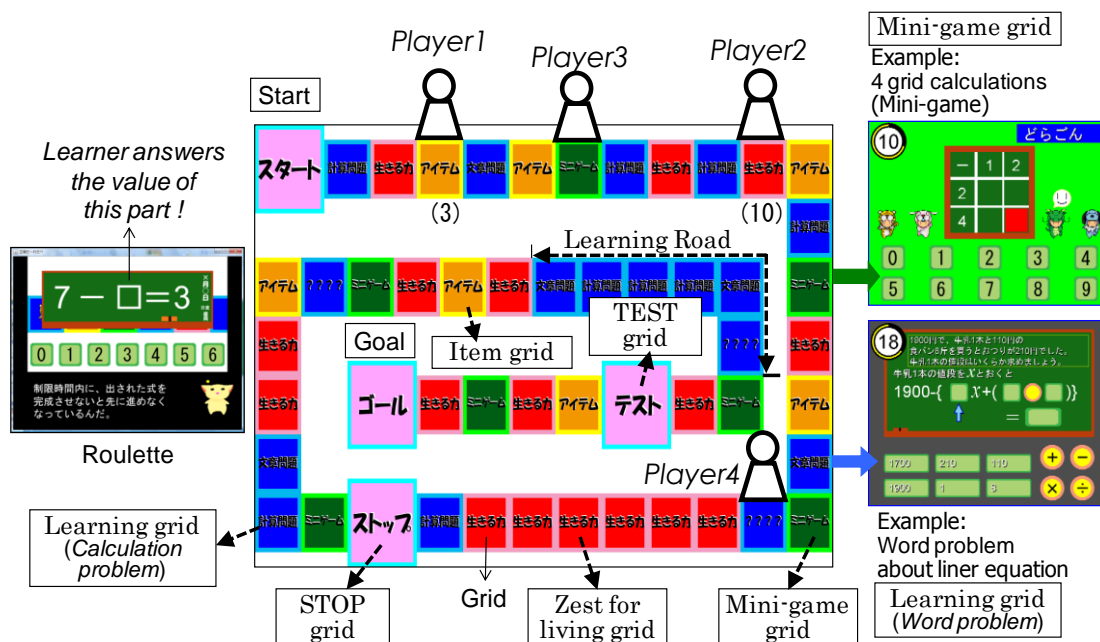


図 1 : ゲーム型学習環境「王様だ〜れだ!」のゲーム構成イメージ

### 3. GBLE のデザイン原則

ゲーム型学習環境「王様だ〜れだ!」は、4人のプレイヤー(学習者)で実施するすごろく形式のボードゲームである。ゲームに参加している学習者は、数学王国の次期王様になることを目指して戦うことになる。

学習者は、簡単な一次方程式形式のルーレットを利用して、コマを進める数を決める。学習者は、コンピュータが提示したルーレット計算式の未知数部分を回答する。その際、学習者が正解すれば、学習者はその回答の数だけ進むことができる。そして、止まったマスにおいて学習やゲームなどのイベントが発生し、学習者が挑戦する。学習者はイベントをクリアすることによって、学習者が操作するキャラクターのパラメータ(学習力と生きる力)の点数を上げることができる。全ての学習者がゴールした時点で、総合点数(学習力×生きる力+ボーナスポイント)の最も点数の高いプレイヤーが勝者となる。ゲームのエンディングでは、1位の学習者は数学王国の「王様」になる。2位、3位、4位の学習者には、各学習者の総合点数と2つのパラメータの点数に応じた役職が与えられる。

ゲーム学習環境のマスの種類として、「学習マス」、「生きる力マス」、「アイテムマス」、「ミニゲームマス」、「特別マス」が存在する。「学習マス」は、対象領域に関する問題を解くためのマスである。本学習環境では、1次方程式を対象に「学習マス」を作成し、5つの学習項目が準備されている。各マスには、計算問題あるいは文章問題が設定されている。学習者が「学習マス」に止まった時、学習者の学習状況に応じて、学習形態が設定される。「生きる力マス」は、知力、体力、徳力に関連した問題を解くためのマスである。学習者が「生きる力マス」に止まった時、学習者の学習形態の状況に応じて、選択された問題のストーリーが発生し、課題(例えば、情報モラルの課題や食育に関する問題など)が提示される。学習者はその課題を指示された方法で解かなければならない。「アイテムマス」は、書かれた数字だけ前へ進むことができるアイテムカードを与えられるマスである。学習者は、次の順番以降でアイテムカードを利用することができる。「ミニゲームマス」は、学力や生きる力に関するゲームを行うマス

である。学習者は、「4マス計算」や「遊びに行こう」などのゲームを一人で、あるいは他の学習者と競争・協調しながら実施する。「特別マス」は、全ての学習者が強制的に止まらなくてはならないマスである。開発されたゲーム環境では、「STOP マス」と「TEST マス」が存在する。「STOP マス」では、学習者がコンピュータとじゃんけんを行い、学習者が勝った時には、ランダムにボーナスポイントが与えられる。また、「TEST マス」では、学習者はすべての学習項目に関する問題に対して正解しなければならない。もし、学習者が1問でも間違えた場合には、コンピュータに指定されたあるマスまで戻らなければならない。

### 4. GBLE における学習支援制御の方法

ゲーム型学習環境「王様だ〜れだ!」、学習ゲームの一種である。したがって、学習者間の相互作用を活性化し、また学習者の知識やスキルを獲得させるために、教育的にゲームを制御する必要がある。本研究では、グループ学習を支援する本ゲーム環境の拡張として、グループ間の相互作用や個人学習者への直接的支援、そして教師への授業支援を研究している。このような環境では、個人学習者やグループを支援して、他の支援者とインタラクションが可能なシステム構成が必要とされる。そこで、本研究ではエージェントを活用したシステム構成で開発を行う。このゲーム型学習環境の学習制御は、2種類の学習支援エージェント(各学習者に学習者支援エージェント、ゲーム環境1つにゲーム制御エージェント)によって行なわれている。これらの学習支援エージェントは、3章で述べられた教育的ゲームにおいて学習者がおもしろさを感じるためのデザイン及び学習支援機能デザインの原則に基づいて学習支援の機能を設計され、実装している。

#### 4.1 マスコンテンツレポジトリの概観

マスコンテンツレポジトリは、マスコンテンツを蓄積し管理している場所である。各マスコンテンツには、コマのタイプ、名前や様々な属性データが付加されている。さらに、マスコンテンツ間には関係構造を導入することが可能である。例えば、開発され

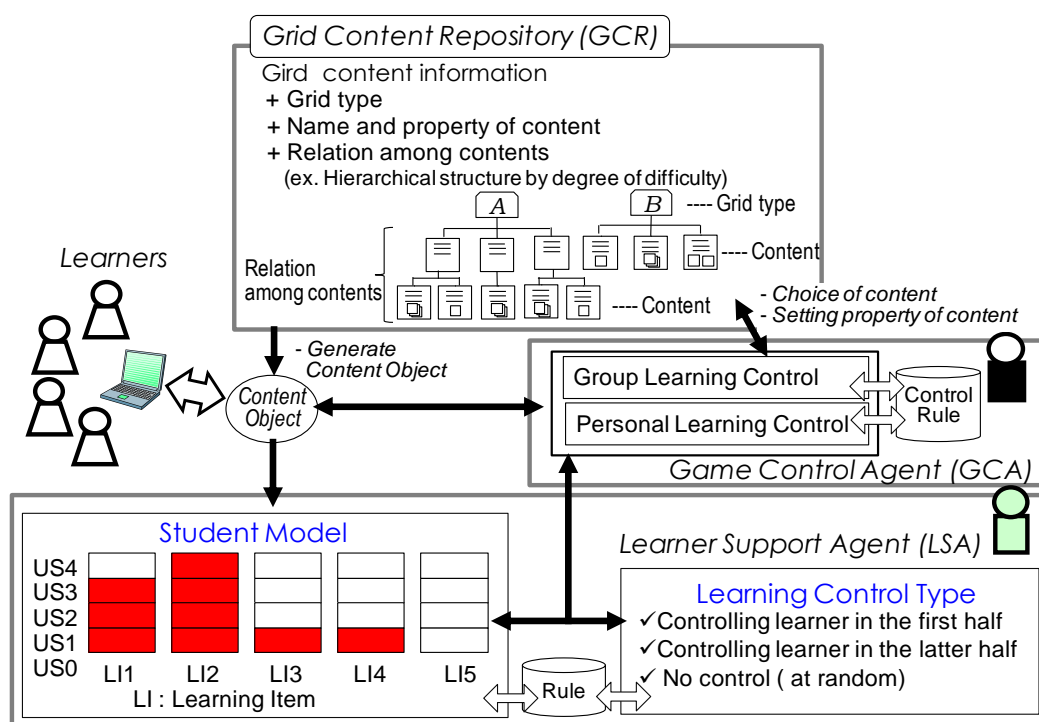


図 2 : コンテンツレポジトリと各エージェントのタスクと関係

たゲーム環境では、難易度によって学習マスに対応する学習項目に構造化を行っている。学習項目内の学習課題コンテンツには番号が割りふられ、難易度によって配点が決定される。

コマコンテンツレポジトリは、ゲーム制御エージェントからのマスコンテンツオブジェクトの要求に応じて、マスコンテンツオブジェクトを作り、学習者に提供する。マスコンテンツオブジェクトからの学習者の回答情報は学習者支援エージェントやゲーム制御エージェントに報告される。

#### 4.2 学習者支援エージェントのタスクと役割

学習者支援エージェントには、[原則 1-3, 1-6, 1-7, 2-2, 2-3, 3-2, 3-5, 3-6, 4-1] に基づいて学習者の支援機能が実装されている。このエージェントは、2つのタスクを有している。1つは、学習者の学習意欲を維持し向上させるための方法として学習者の学習制御タイプを決定することである。学習支援エージェントは、ゲームを開始する前に、学習者に対して4つの質問をランダムに与え、学習者は「はい」「いいえ」の二者択一で回答する。そして、エージェントは、回答された4つの項目の点数を合計して、その合計値によって3つの制御タイプ(前半学習制御型、後半学習制御型、制御なし)に分類する。また、学習者支援エージェントは、学習者の理解状態を診断し、その時点で効果的な学習課題を決定する役割を持っている。このエージェントは、学習者診断ルールを利用して学習者の各学習課題の理解状態を次の5段階で認識している。

- 理解状況0 (US0) :  
全ての学習者がその学習課題の問題を実施していないので、エージェントは学習者の理解状態を認識できない。
- 理解状況1 (US1) :  
他の学習者がその学習課題を実施しているので、その学習者は、その状況を観察することによって、その学習課題を理解しているかもしれない。
- 理解状況2 (US2) :

その学習者がその学習課題の問題を実施したけれども、問題を1問以上間違ったため、エージェントは学習者がその学習課題を理解していないと認識している。

- 理解状況3 (US3) :  
その学習者がある学習課題のある問題を全て正解しているので、エージェントは学習者がその学習課題を理解していると認識する。
- 理解状況4 (US4) :  
その学習者がタイムライアルや答え合わせのような学習形態に挑戦し成功した場合、エージェントは学習者がその学習課題に対する理解の定着が図られていると認識する。

学習者支援エージェントは、学習者の次の学習課題を決定してから、その学習課題をゲーム制御エージェントに要求する。

#### 4.3 ゲーム制御エージェントのタスクと役割

ゲーム制御エージェントは、ゲーム学習を行っている4人の学習者の教育的な制御を行う役割を担っている。そして、その教育的制御の機能は、[原則 1-2-1-5, 1-7, 2-2, 2-3, 3-1-3-4, 3-6, 4-1] に基づいて実装されている。このエージェントは、次のような大局的な戦略を持っている。

- 学習者は、TEST マスの前までに、すべての学習項目の値を2以上になるように制御する。
- エージェントは、学習者が、学習項目の値が US1 以下のすべてのマスに停まるように制御する。
- エージェントは、学習者がゲームのなかで様々な学習形態を経験するように制御する

これらの戦略のもとで、ゲーム制御エージェントは問題出題、個別学習、グループ学習についての制御ルールを利用しながらゲームを進める。

具体的には、ゲーム制御エージェントは、各学習者支援エージェントから学習者の理解状態の通知と次の学習課題の要求を受け取り、次の順番の学習者の学習課題を決定し、そのターンを実行する。その学習者が学習制御を必要とする場合には、エージェントはルーレットを制御して、計算式及びその解答を決定する。エージェントは、学習者自身が学習課題を行う個人学習、他者と協力や競争する協調学習、他人の課題解決から学ぶ観察学習という3つの学習形態を持っている。エージェントは、次の順番の学習者や他の学習者の理解状態に基づいて学習形態を選択する。

## 5. 協調的学習支援目標と方法

学習支援システム内に複数の学習支援エージェントが存在する場合、学習者に対して次のような利点を提供できる。

- 学習課題に対する学習者の多面的な理解の促進
- 仲間学習者の問題解決等による観察学習の促進

そして、このような利点をいかし、下記のような協調的な学習支援目標と方法ケースを設定することができる。ここで、A や B は学習支援エージェントを示す。

- 学習者の知識や解法の定着
  - A が質問をして、B がさらに質問をする
  - A の説明に、B が説明を補足する
- 学習者の知識や解法の多面的な理解
  - A, B が異なる解法/回答/意見を述べる
  - A, B が異なる解法/回答/意見を述べ、学生が解答する
- 学習者のメタ知識/問題解決制御知識の獲得
  - A が概念/解法レベルを教え、B がメタ知識/問題解決制御知識を教える
- 学習者の観察学習による知識や解法の獲得・習得
  - A, B の2人でインタラクションをして観察させる
- 学習者の関心・意欲の向上
  - A が主に指導を行っている間に B が意欲づけを行う

ゲーム型学習環境「王様だ〜れだ!」では、上記の学習の場を各マス上で表現し、A、B の役割をゲーム制御エージェント及び学習支援エージェントでもあるアバタ(キャラクター名:もふもふ)と各プレイヤー(学習者)が担うことになる。したがって、ゲーム制御エージェントが、各学習支援エージェントからの学習者情報及びリクエストから協調的学習支援目標を設定し、該当する学習支援エージェント間と協調しながらゲームを進め、学習者の学習目標の達成を目指すことになる。

## 6. おわりに

本稿では、ゲームにおける「面白さ」の観点を組み込んだゲーム型学習環境「王様だ〜れだ!」のデザイン原理と枠組みについて報告した。さらに、このゲーム型学習環境における教育的な制御の方法を説明し、最後に協調的学習支援目標とその目標達成のための具体的なケース方法を述べた。

今後の課題として、異なるゲーム形式や学習形態に対して、今回提案した教育的ゲームデザインや学習支援機能デザインの原則が適応可能かどうかを検討し、それらの原則を精練化していく必要がある。また、ゲーム学習環境における新たな生徒

間の関係性を築くための、あるいは、生徒間の知識共有が促進するための学習支援機能を検討する必要がある。

## 参考文献

- [Baylor 2004] A.L. Baylor, and A. Kim: Pedagogical Agent Design: The Impact of Agent Realism, Gender, Ethnicity, and Instructional Role, Proc. ITS2004, pp.592-603, 2004.
- [Bourgonion 2009] J. Bourgonion, M.Valcke, R. Soetaert, and T. Schellens: Exploring the Acceptance of Video Games in the Classroom by Secondary School Students, Proc. ICCE2009, pp.651-658, Nov. 2009.
- [Bruton 1979] R. Burton, and J.S. Brown: An Investigation of Computer Coaching for Informal Learning Activities, Int. Jour. of Man-Machine studies, no.11, pp.5-24, 1979.
- [Cheng 2009] H.N.H. Cheng, C.M.W. Wu, Y.C.C. Liao, and T.W. Chan: Equal Opportunity Tactic: Balancing Winning Probabilities in a Competitive Classroom Game, Proc. ICCE2009, pp.713-717, 2009.
- [Fong-Lok 2006] L. Fong-Lok, and H.M. Jimmy: WorkShop: Pedagogical Design and Educational Games, Proc. ICCE2006, 2006
- [Girard 2010] S. Girard, and H. Johnson: What Do Children Favor as Embodied Pedagogical Agents?, Proc. ITS2010, pp.307-316, 2010.
- [Hayashi 1994] T. Hayashi, Y. Hayashida, and Y. Yano: Embedding game's attractiveness into CALL system, Proc. ED-MEDIA'96, pp. 138-145, 1994.
- [Koster 2005] R. Koster: A Theory of Fun for Game Design, Scottsdale, Arizona, Paraglyph Press, 2005.
- [Lazzaro 2004] R. Lazzaro: Why We Play Games: 4 Keys to More Emotion?, Proc. Game Developers Conference 2004, 2004.
- [Matsuda 2010] N. Matsuda, V. Keiser, R. Raizada, A. Tu, G. Stylianides, W.W. Cohen, and R.K. Koedinger: Learning by Teaching SimStudent: Technical Accomplishments and an Initial Use with Students, Proc. ITS2010, pp.307-316, 2010.
- [Mulder, 2010] K.Mulder, W. Burleson, V.V. Sande and K. Vanlehn: An Analysis of Gaming Behaviors in an Intelligent Tutoring System, Proc. ITS2010, pp.184-193, 2010.
- [Seelhammer 2009] C. Seelhammer, and M.H. Niegemann: Playing Games to Learn – Does it actually work?, Proc. ICCE2009, pp.675-681, 2009.
- [Takaoka 2010] R. Takaoka, M.Shimokawa and T.Okamoto: A Development of Game-based Learning Environment for Linear Equation, Proc. CATE2010, pp.41-48, 2010.