

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：17104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2017

課題番号：26730175

研究課題名(和文)自動生成される学習用ゲームへの学習者の学習状況に応じた学習支援機能の自動付与

研究課題名(英文)Automatic Generation of Learning Support Function According to Individual Understanding for Automatically Generated Educational Games

研究代表者

梅津 孝信(UMETSU, Takanobu)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：80432954

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：過去の研究で実現した学習用ゲームを自動生成するオーサリングシステムを拡張し、生成される学習用ゲームに学習者の理解状況に応じた学習支援機能を自動で追加実装する機能を開発した。低正答率の問題を優先出題、種別毎の正答率提示、低正答率問題の解説提示、ゲーム中の低正答率問題の強調表示といった支援機能が自動実装される。学習者の理解状況は、ゲームプレイ中に学習活動が発生するタイミングで、プレイヤーが選んだ手が良手か悪手かで推測する。支援機能を持つ学習用ゲームを実際に利用してもらったところ支援機能の有無で連続誤答率に有意な差が見られた。

研究成果の概要(英文)：We present an automatic generation of learning support function according to individual understanding for automatically generated educational games. The support function selects problems in which a learner is weak, calculates correct answer rate for each type of problem, and highlights problems in which a learner is weak in playing generated games. Learner's understanding is assumed from player's move is good or bad when players solved the problems in playing generated game. Therefore, we clarified the why and when players solved the problems in playing generated game. We confirmed that there was a significant difference in number of successive incorrect answers between presence and absence of support function.

研究分野：情報学

キーワード：学習支援システム 学習コンテンツ開発支援 学習用ゲーム オーサリング

## 1. 研究開始当初の背景

ゲーム形式で学習を行う学習用ゲーム環境は動機づけ効果が高く、自学自習を狙った e-learning では特に需要が高い。

しかしその作成には学習とゲーム両方への深い理解が必要であり、無数に存在する学習対象・分野をカバーしきれず、供給が不足していた。また、いかにゲーム形式とするかに注力されることが多く、e-learning で重視される、学習者の理解状況に応じた学習支援まで考慮されたものは少なかった。

この問題を解決する第一歩として、科学研究費助成を受け、課題番号 22700816 にて、計算機上で動作する学習用ゲームを自動生成する研究成果を報告した。

この成果により様々な分野へ学習用ゲームを供給できるようになったが、生成される環境は、学習者への支援機能を持ち合わせていなかった。解答の正誤を学習者へと伝えるのみであり、出題に関しても教育的な戦略なく行われていた。

そこで本研究課題では、この社会的情勢と課題番号 22700816 の成果を背景とし、自動生成された学習用ゲーム環境へ、理解状況に応じた支援を行う機能を自動で追加実装する手法の確立を目指した。

## 2. 研究の目的

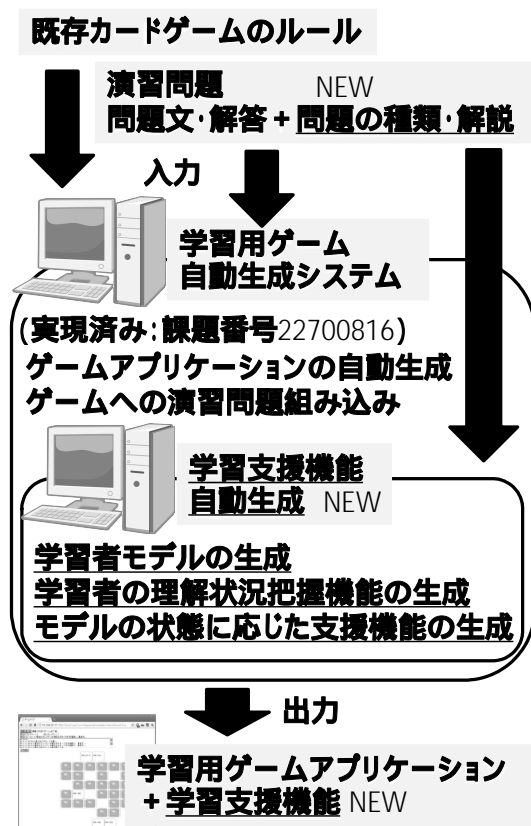


図1 システム概略図

本研究では、過去に実現した学習用ゲーム自動生成システムの拡張として、生成される学習用ゲームへと、学習者の理解状況に応じた支援機能を自動で追加実装する改良を行った。

またこの改良を通して、学習用ゲームにおける学習支援手段の考案や、学習用ゲームにおける学習活動とはなにか、いつどのようにして学習活動が発生するのか、を明らかにすることも、研究の目的とした。

背景とした過去の研究成果と、その発展として本研究で実現を目指したシステムの概略を図1に示す。図1のうち、下線部分が本研究課題で目的としたもの、それ以外が過去の研究成果にあたる。

## 3. 研究の方法

以下の四点を実現することで目的を達成した。それぞれの説明と研究方法を示す。

### (1) 学習活動の発生タイミング診断

学習者の理解状況同定や、学習支援を行うためには、自動生成された学習用ゲームにて、いつ、どのように学習活動が行われているかを明らかにしなければならない。

被験者に学習用ゲームをプレイしてもらい、学習活動があった場合にキー入力をさせて記録し、ゲームルールと学習活動の関係性を分析した。

また、その分析から得られた法則を用いて、ゲームルールの入力から、いつ学習活動が発生するかを計算機が診断する手法を考案し、実装を行った。

### (2) 学習者の理解状況の同定

学習者の学習用ゲームプレイ中の振る舞いを入力とし、計算機が学習者の理解状況を同定し、理解状況のモデル化を行う機能の開発を行った。

前項(1)にて学習が発生する状況を計算機が把握可能となっているので、その状況での学習者の振る舞いから理解状況を同定する。ただし自動生成される学習用ゲームでは、学習者が問題を解くのは頭の中だけで行われ、システムはそれを陽に把握することはできない。解答の正誤も把握できない。そこでゲーム展開を分析することで、学習者が正答した場合に取ると思われる行動、誤答した場合に取ると思われる行動をそれぞれ推定し、理解状況の同定を行う手法を考案した。

### (3) 支援機能生成機能の開発と実践的評価

まず、どのようにして学習支援を行うか、その方法を考案した。これについては他の学習支援環境で採用されている一般的な手法を利用することとした。

そしてその支援機能を、学習用ゲームの自動生成時に、(1)(2)にて考案した手法を用いて

自動で追加実装する機能を開発した。また、実際にシステムを被験者に利用してもらい、その評価を行った。

評価項目は、学習発生タイミング検出能力、理解状況同定能力、自動生成した支援機能の学習効果、の三点を調査した。

学習発生タイミングについては、実際に学習用ゲームをプレイしてもらい、実際に学習活動を行ったタイミングと計算機が推定したタイミングを比較して検出能力を調査した。

理解状況同定能力については、被験者にペーパーテストを解いてもらって調査した理解状況と、ゲームをプレイして計算機が推定した理解状況を比較することで調査した。

支援機能の学習効果については、支援機能がある学習環境とない学習環境で実験群と統制群に分けて大学生と小学生に実際に利用してもらい、同じ種類の問題を連続で間違える率に差があるかを調査した。

#### (4)理解状況同定の機能向上

前項(3)の実践的調査により、理解状況同定能力に、精度の低さと同定にかかる時間という二点の問題が明らかになった。

実践的評価で得られた実プレイデータを調査し、同定精度低下につながる判断を実施してしまっている部分、同定判断の実施頻度の低い部分等を見つけ出し、原因を分析した。

その結果、どちらもゲーム展開の都合により引き起こされる問題だと推測し、ゲーム展開を同定に都合がよいものへと操作することで問題の解決をはかった。

## 4. 研究成果

### (1)学習活動の発生タイミング診断

自動生成された学習用ゲームにおいて、学習者が問題を解く理由に以下の三つがあることが判明した。(i)視界に問題が入ったため理由なく解く、(ii)問題の解答がゲーム中に使われるため解く、(iii)選択結果を推論するために解く、の三種類である。このうち(i)と(ii)に関しては一部の被験者にしか現れない学習理由であり、(iii)に関しては全ての被験者に共通する学習理由であった。よって本研究全体で、(i)(ii)については取り扱わず、(iii)のみを取り扱った。

続いて、理由(iii)を誘発するゲームルールの条件について整理した。ゲーム中に学習者が選択をする場面で、選択結果でゲームの状態遷移先が変わる可能性がある、かつ問題の解答次第で状態遷移先が変わる可能性がある、状態遷移先の決定に関わる情報が学習者に公開されている、状態遷移が起こるまでに別の操作で状態遷移に関わる情報が変更されない、という条件をすべて満たした場合に理由(iii)を誘発する。なおこの条件で発生するのはあくまで学習機会であり、その機会に

学習活動を行うかどうかは学習者次第である。

ゲームルールを入力すると、この発生条件を満たす部分を検出するシステムを開発した。また、自動生成された学習用ゲームのプレイ中に、発生条件を満たした展開となった際に、それを計算機が検出する機能を自動実装するよう、自動生成システムを拡張した。

これにより、学習者の理解状況を把握するために観察すべき部分が明らかになった。また、ゲームプレイ中に学習支援をする場合、支援すべきタイミングが明らかになった。

またこの研究で得られたもう一つの成果として、生成する学習用ゲームの学習活動発生頻度等、学習効果の高低を推測する手がかりを得ることができた。

### (2)学習者の理解状況の同定

本研究では学習者の理解状況を、問題の種類毎の正答率で表現した。問題をどのように種別分けするかはオーサーが自由に設定することができる。

ただし問題解決は学習者の頭の中のみで行われるため、正答率の取得は、特殊な方法を用いた。学習者は自分の選択結果を推論するために問題を解くので、その選択肢と選択結果を計算機が診断することで、学習者が問題を解き正答したかそうでないかの推定を可能とした。ただし学習者の頭の中で導き出された数多の解答のうち、ゲームに利用されるのはその一部でしかなく、推定が可能なのはその使われた一部のみとなる。

推定方法は二種類用意した。二つを併用することで、より早く正確に理解状況を同定することができる。片方はオーサーの負担なく完全自動で追加実装されるが、しかしもう片方は入力をひとつ増やさなければ実装されない。

ひとつ目の方法は、学習者の行動がルール上正しいか否かで判断する。前項(1)にて明らかにした学習タイミングにおいて学習者は選択を迫られるが、このときルールに沿った正しい行動をとるには、問題の解答を知らなければならない。よって正しい行動をとれた場合は正しい行動に必要な解答を持つ問題を正答した、誤った行動の場合は誤答した、と判断する。なおゲームの状況によっては正しい行動、誤った行動どちらかのみしか行えないことがあるため、選択肢を計算機が診断し、両方の行動がとれる場合のみ判断する。

もうひとつの方法は、学習者が有利な選択をしたか否かで判断する。選択肢を計算機が診断し、有利な状態遷移と不利な状態遷移の両方が存在する場合のみ、有利な状態遷移をした場合は有利な選択に必要な問題を正答した、不利な状態遷移をした場合は有利な選択に必要な問題を誤答した、と判断する。この際、状態遷移の有利不利情報が必要となる。この機能を使う場合オーサーは、条件分岐ルールを入力する際、その遷移が有利か不利か

のチェックボックスにチェックしなければならぬ。

### (3) 支援機能生成機能の開発と実践的評価

学習用ゲームが自動生成される際に、学習支援機能が追加で自動実装されるよう、オーサリングシステムを拡張した (1)(2) の成果を用いて学習者の問題種別正答率を取得し、以下の四つの支援を行う。正答率の低い問題を優先してゲームに使用する、問題種別毎の正答率を学習者に提示して自分の学習状況を把握させる、正答率の低い種別についての解説を提示する、ゲーム中に正答率の低い問題を強調表示して正答率向上を目指させる、の四つの支援機能が自動実装される。

これを実際に利用してもらい、学習発生タイミング検出能力、理解状況同定能力、自動生成した支援機能の学習効果、の三点を調査した。

学習発生タイミング検出能力について、生成した 56 個の学習用ゲームを被験者 5 名に時間を制限せずプレイしてもらい、調査した。その結果、56 個のうち記憶ゲームと呼ばれる形式の 2 個についてはこの手法で検出できないことが判明した。残り 54 個について、人手で数え上げた学習機会数は 30599 件、計算機が検出した総機会数は 29485 件、そのうち実際に学習機会であった件数は 28426 件であった。適合率 96.4%、再現率 92.9% となり、実用的なものとなっている。なおあくまで機会であり学習するかは学習者次第であるが、検出した正しい機会 28426 件のうち 20182 件にて被験者は実際に問題を解いていた。

理解状況同定能力について、ペーパーテストで調査した理解状況と計算機が推定した理解状況を比較したところ、傾向は似通ったものの、一致度が高いとは言えなかった。また、長時間のプレイ後でなければ同定に必要な情報が集まらなかった。

支援機能の学習効果について、支援機能がある学習環境を大学生 6 名と小学生 4 名に、支援機能がない学習環境を大学生 6 名と小学生 4 名に 60 分間利用してもらい調査した。同じ種類の問題を連続で間違えた回数を支援機能の有無でマン・ホイットニーの U 検定にて比較すると、 $P < 0.05$  の限界値 23 に対して U 値 20 となり、有意な差があった。

### (4) 理解状況同定の機能向上

理解状況の同定には、全種別の問題がそれぞれ十分な回数、正誤判定されなければならない。しかしプレイデータを分析したところ、正誤判定される問題が偏ったり、正誤判定が可能な展開になりにくかったりすることが判明した。

この対策として、プレイヤーにばれないようゲーム的には不正に状況を操作し、同定に不足している情報が取得できるゲーム状況を作り出すことで解決をはかった。裏面を向いているカードの中身を書き換えることで

実現しているため、ゲームとしてはアンフェアであり、また裏面を向いているカードの中身まで考慮してプレイする学習者にとっては、操作されていることを理解してしまう問題がある。よってこの機能は利用するかを選べるようにした。

これにより同定の精度と所要時間は短くなると思われるが、効果の検証は今後の課題である。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

梅津 孝信 (UMETSU, Takanobu)

九州工業大学・大学院情報工学研究院・助教

研究者番号：80432954