

協調的な学習のための複数人参加可能なクイズシステムの開発

Development of A Multiple User Quiz System on A Shared Display

嵯峨 正規*2 森 幹彦*1 池田 心*1 上原 哲太郎*1 喜多 一*1 納谷 陽平*1
Masaki Saga Mikihiko Mori Kokoro Ikeda Tetsutaro Uehara Hajime Kita Yohei Naya

永田 奈緒美*1 上田 寛人*1 元木 環*1 奥村 昭夫*1 大野 照文*3
Naomi Nagata Hiroto Ueda Tamaki Motoki Akio Okumura Terufumi Ohno

*1 京都大学 学術情報メディアセンター *2 京都大学 大学院情報学研究所
Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University Graduate School of Informatics, Kyoto University

*3 京都大学 総合博物館
The Kyoto University Museum, Kyoto University

In this paper, the authors takes quiz as learning material, and develops multiple user quiz system named MultiMouseQuiz (MMQ) for collaborative learning along the concept of Socialized Computer (SC). With the MMQ, a comparative experiment was conducted to find differences of users' interaction between environment of SC and that of personal using. As a result, in the environment of SC, users talked more interactively than the environment of personal use. In personal using, users could do collaborative work less smoothly than that of SC. MMQ along with concept of SC enables to support collaborative learning more smoothly in face-to-face environment than other quiz systems, and keep a user's motivation of learning through users' collaboration.

1. はじめに

クイズとは出題者が既知の事実に対して質問をし、解答者がその質問に答える行為である。クイズは単なる遊びとして活用されるだけでなく、学校などの教育現場において学習活動の一環としてもしばしば実施されている。小学校の科目授業において、授業の始めに指導者がこれから学習する内容に関する問題を提示することで、学習者に興味を持たせたり、調べ学習を実施するきっかけに用いたり、授業の終わりに獲得した知識を確認するために実施したりなど、クイズを活用する方法は様々である。

一方、情報化社会の発展に伴い、教育現場においてもさまざまな情報端末が普及し始めている。小中学校・高等学校などの教育機関においては、教科を問わずさまざまな授業においてパーソナルコンピュータ(PC)やデジタルカメラなどの情報機器が用いられるようになり、学習の道具として定着しつつある。PCなどの情報端末を用いて学習を支援する e-learning 教材が数多く開発されており、そうした教材は、小中学校、高等学校や大学のほか、博物館など社会的な教育施設においても導入され始めている。

クイズを学習方法として取り入れるため、クイズを用いた e-learning 教材が開発されている。クイズを用いた e-learning システムでは多くの場合、学習者が個別にシステムを利用しているため、一人で正解について考え解答することになる。そのため、小学校での授業で実施されるクイズのような教室内の生徒が意見を出し合いながら正解について考える授業形態をこのようなシステムで支援することが困難である。

そこで本研究は、対面環境での協調的な作業に適したコンピュータの概念であるソーシャライズドコンピュータ(SC)[1]を採用し、それに基づいたクイズシステムを提案する。これにより、協調学習に適したクイズシステムの設計が容易になることが期待される。

2. クイズによる協調学習と SC

協調学習とは、学習者間の協力的な関係に基づくグループ学習法である。協調学習では、互恵的な相互依存関係の構築や対面的で促進的な相互交流の保障などが大きな影響を及ぼすことが示されている [5]。このような効果が協調学習にはあるため、学習者の共同体への参加と、他のメンバーとの相互作用をコンピュータが支援することは学習において効果的である。

協調学習の活動が多い小・中学校の教育現場では、教室内で大きな紙を広げて絵を描いたり、指導者が出題した問題にひとつのグループ内で話し合い、解答を決定して発表したりするなど、対面環境において複数人が協力して作業をする機会が多い。したがって、ひとつの入力機器を共有するのではなく人数分の入力機器を用意し、利用者ごとに操作できることが活動の効率に影響を及ぼす。しかし、現在の PC は、個人で使用することを想定しており、このままでは複数人が同時に入力機器を使用することができないため、PC を用いて同一空間における協調作業を行うことは難しい。

クイズを用いた e-learning 教材として、Web ベースの教育支援システム“NOBASU”では学習者が Web 上にアクセスすれば、指導者がアップロードしたクイズを解答することができる。Web クイズ機能が実装され、学習者の授業後の個別学習の支援を実現している [7]。さらに、指導者の問題作成の負担軽減にも配慮したクイズシステムも開発されている。高木らは、学習者がクイズの問題を作り、学習者同士で相互評価を行った後の問題を指導者がシステム上にアップロードして、学習者が解答するという学習方法と、システムを提案している [9]。また、PDA を用いた協調学習支援システムである Musex [8] は、博物館のインタラクティブ性の低い展示物に対しても学習者が意欲的に学習できることを目的として開発された。学習者は展示物を見学しながら PDA 上に問題されるクイズに解答する。しかし、これらの研究は、PC や PDA は単独利用を前提としていることから、クイズ解答時は他の学習者とのインタラクションは困難であった。

そこで、これまで単独利用に限定された PC の新たな利用方法として提案されたのが Stewart らが提案した Single Display Groupware (SDG) [3] である。SDG は、同時使用が可能な複数の入力機器とひとつの画面を持つコンピュータの周りでは、そ

の周囲にいる複数のユーザーによって共同作業が可能なコンピュータプログラムと定義される。

一方、萩原らは「ソーシャライズドコンピュータ (SC)」という概念を提案した [1]。SC とは、実空間と仮想空間とが隔たりにくくつながった環境を提供することで、実空間での活動の社会性に適したコンピュータを意味する。SC は、学校の教室にある黒板に例えられる。黒板は複数の利用者が並行して利用する (描画する) ことが可能であり、黒板の情報は利用者全員で共有することができる。これにより、黒板は対面環境での円滑な協調作業を支援する。

SDG と SC は、技術的には共通している。しかし、SDG が PC の従来の活用方法を拡張した概念であり、PC を活用しているフィールドのひとつである教育現場へその応用が試みられているのに対し、SC は教育現場など対面環境において社会的な相互作用が生まれるフィールドにコンピュータを活用することを目的に提案された概念である。

我々は、SC の概念に基づいたクイズシステムのプロトタイプシステムを構築し、利用者が互いに正解に関して意見を出し合うなど協調的な作業を通して意欲的な学習を実現する環境を実際の教育現場に提供してきている。このシステムを用いることで、協調的なインタラクションが多く見られ、利用者の学習意欲が高く維持できていることがわかってきている [2]。

3. マルチマウスクイズ

マルチマウスクイズ (以下、MMQ と略す) とは、複数のマウスを用いたクイズシステムである。MMQ は、クイズを用いた e-learning における学習意欲の維持・向上のメリットに着目し、学習者の意欲的かつ効果的な学習環境を提供する目的で開発したシステムである。利用対象者として、小学生を想定する。

MMQ は、SC を採用し、対面環境での協調的な学習を支援する。SC の採用により、複数のマウスカーソルをひとつの画面上で操作可能となり、1 台の PC 上において複数の利用者が同時にクイズに回答できるようになる。MMQ の各画面を図 1 に示す。MMQ の画面線は次のとおりである：まず、学習指導者がシステムを起動すると、タイトル表示画面になる。ここで、スタートボタンを誰か一人が押すと参加登録画面に移る。学習者が参加登録を行うとクイズが開始される。学習者は問題表示画面に表示される問題を解答し、一定時間後に正解確認画面が表示されるので、そこで正解を確認する。予め設定した出題数に達するまで、学習者は表示される問題を繰り返し解答する。設定した出題数に達するとクイズは終了し、結果確認画面が表示される。その後、システムは初期化されてタイトル表示画面に戻るため、学習者は繰り返しクイズを実施することができる。タイトル表示画面以降は、タイマにより画面遷移を実行する。

MMQ の実装上の要件として、一般的に容易に利用できる PC 上に実現することとした。OS は、多くの人が使える Windows を選択した。このような環境でシステムを実現するために、本システムは Visual C# と SDGT [4] を用いて実装した。SDGT は、SDG を実装するためのライブラリである。SDGT により、複数個のマウスをシステムが識別し、独立したマウス入力を認識する。

MMQ を同時に利用できる人数は、1 人から 4 人とする。技術的には 4 個以上のマウスを同時認識可能であるが、標準的な PC のディスプレイ解像度では、4 人より多い利用者を対象にする単一画面上での円滑な操作が困難であると考えたため、上述の制限を設けた上でシステムを実装した。

我々はこれまで、MMQ のプロトタイプシステムを博物館の活動の一環として提供し、実践を通じて研究を進めてきた [2]。このプロトタイプシステムに対する利用実験から、ユーザーインタフェースにいくつかの問題点を確認できた。問題には、複数人で 1 つのディスプレイを共有するという SC の概念を採用していることによる要因と、利用対象者が普段 PC の操作に慣れていない小学生であることによる要因があると分析し、図 1 の画面のように改善した。

4. SC 環境と個別利用環境との比較実験

MMQ のプロトタイプシステムの利用実験から、問題表示画面や正解確認画面において、様々なインタラクションが頻繁に交わされ、多くの利用者間で協調的關係が構築されることが確認できた [2]。また実験後のアンケート結果から、利用者は問題の難易度が高いと感じながらも、意欲的に楽しく利用する傾向があることが明らかになった。しかし、それらの協調的なインタラクションや学習意欲の誘発は、SC に基づいた実装の MMQ (以下、SC 環境と呼ぶ) において協調的に作業したことで生まれたとは明確に立証できない実験設定であった。そこで、SC 環境と単一ユーザが使う従来の PC 環境 (以下、個別利用環境と呼ぶ) を比較し、利用者間で交わされるインタラクション及び学習に対する意欲・態度の差異を明らかにする目的で、比較実験を実施した。

4.1 実験の設定

SC 環境には、1 台の PC にディスプレイ 1 台と 4 個のマウスを接続した。一方、個別利用環境は、従来のクイズシステムのように 1 台の PC を 1 個のマウスで操作する個人で利用する環境にして MMQ を実行した。個別利用環境をた PC を 2 台用意し、2 台とも同じ問題セットで同じ問題順に設定した。2 台の PC の同期をとるためスタートボタンを同時に押してから実験協力者に利用させた。

本実験は、京都大学総合博物館の「週末こども博物館」の活動の一環として、2008 年 12 月 13 日と 12 月 27 日の 2 日間の博物館の閉館中に実施した。

本実験では、1 回の利用で十分にクイズ問題を楽しめる量として 10 問と決めた。クイズのテーマは理科にしぼった。クイズは、クイズシステム 5TQ の小学生用の問題 [6] を参考にし、複数のマウスが表示された環境での操作性に配慮し三者択一の問題を作成した。クイズの難易度は、全体的に小学校低学年以上が回答できる程度としたが、難易度が高いほうが利用者間のインタラクションが活発化されると仮定したため、小学校高学年以上の知識が必要となる問題も数問盛りこんだ。

実験現場の特性上、実験協力者が参加する時刻や人数を予め把握できないため、実験協力者の参加人数に関係なく、実験を開始してから 1 時間経過するごとに実施環境を入れ換えた。

利用前に利用者から許諾が得られた場合のみ、ビデオカメラおよびデジタルカメラを用いて利用の様子を記録した。また、利用者の学習意欲や、意識的にインタラクションを行ったかの確認と、システムの改善点を把握するため、事後アンケートを実験後に記入してもらった。文字の読み書きに不慣れた小学校低学年の利用者に対しては、インタビュー形式で著者がアンケート内容に関して利用者質問し、利用者の答えを記録した。

4.2 実験結果

本実験で分析の対象にした小学生の実験協力者は、両日合わせて 20 名が参加した。1 年生 3 名、2 年生と 3 年生が 2 名ずつ、4 年生が 4 名、5 年生が 8 名、6 年生が 1 名であった。分析の対象外とした実験協力者は、幼稚園児が 1 名、中学生が 3 名、大学生が 1 名、保護者が 6 名であった。実験の回数は 2 日合わせて、SC 環境が 11 回、個別利用環境が 8 回あった。このうち、2 人以上で利用したのは、SC 環境で 2 名が 3 回、3 名が 6 回あり、個別利用環境で 2 名が 5 回、3 名が 1 回であった。ただし、3 名の回は 1 名が傍観者となっている。

実験協力者間のインタラクションを分析するため、表 1、表 2 のように実験協力者の発言と行為のパターンを分類した。ビデオログを用いて実験協力者の発言内容とその頻度を求めたものを図 2 に示す。

問題表示画面においては、実験協力者自身が正解と思う選択肢について発言するが、その頻度は、個別利用環境のほうが多い。一方で、正解と考えた根拠についての発言や、他の実験協力者の正解についての意見に対する返答に相当する発言については SC 環境でのみ確認でき、個別利用環境では他の実験協力



図 1 改良版 MMQ の画面

表 1 発言の分類

記号	発言のパターン
TC	正解と思う選択肢を提案
DW	不正解と思う選択肢の否定
RT	他の実験協力者の発言に対する返答
TI	問題の理解度についての発言
TR	正解の根拠についての発言
AC	正解について他の実験協力者に質問
TD	解説内容に関する発言
RA	再度クイズをすることを希望する発言

表 2 行為の分類

記号	行為のパターン
SS	他の実験協力者と同じ選択肢を選択する
SD	他の実験協力者と異なる選択肢を選択する
PS	PC の画面を指差す

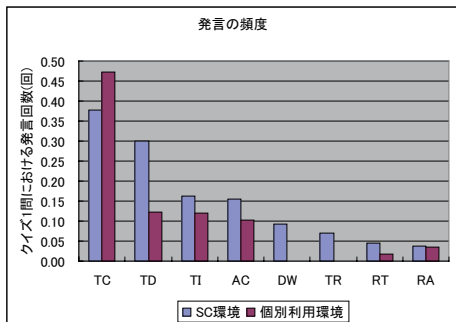


図 2 発言内容とその頻度

者の意見を否定する返答だけがわずかに確認された。また実験協力者自身の理解度を示す発言や、他の実験協力者に正解について意見を求める発言についても SC 環境ではしばしば確認された。正解確認画面においては、正解の選択肢の復唱や、解説文に関する感想や意見に相当する発言は、SC 環境の方が頻繁に確認された。

問題表示画面と正解確認画面において、「これ、それ」などの指示代名詞と、設問の選択肢として表示された具体的な名詞とを実験協力者の発言内容から抽出し、その頻度を比較した。SC 環境では、発言数に対して指示代名詞と具体的な名詞がともに 41% の頻度で現れるのに対し、個別利用環境では、指示代名詞が 18% で具体的な名詞が 69% の頻度で現れ、具体的な名詞の出現が顕著であった。指示語が指し示す内容は、個別利用環境ではクイズの問題自体を指す場合がほとんどであるが、SC 環境ではそのほかに個々の選択肢を指すことがビデオログから判断できた。

次に、実験協力者間でのインタラクションを見る。ここで、ある実験協力者が発言しその発言に関して他の実験協力者が発言した場合、それを 1 往復として会話数をカウントし、1 往復以上の発言をインタラクションのある会話と見なす。

SC 環境では、個別利用環境よりも 1 つの問題に対してより長

く会話が続いた。個別利用環境でも1往復は確認できたが、SC環境ではさらに長く実験協力者間で意見交換が行われることがしばしばあった。意見の確実性について返事だけでなく意見を裏付ける根拠についての発言はSC環境でのみ確認された。また、解説内容に関しての会話はSC環境でのみ確認された。

一方、個別利用環境においては、他の実験協力者の回答が直感的に把握できないため、正解について他の実験協力者に質問するだけでなく、その選択肢がどこに表示されているかも質問する発言があった。

双方向的なインタラクションの他に、SC環境では実験協力者の特徴的なインタラクションが確認された。それらは画面上のアバタの操作と、実空間における行為の2種類に大別できる。

SC環境の実験協力者は、画面上のアバタを操作を我々の想定外の目的に利用していた。まず、画面に表示された選択肢上に自身のアバタをかざして発言し、視覚的に他の実験協力者に選択肢を特定させる行為が確認された。次に、小学校低学年の実験協力者は、アバタで解説文をなぞりながらその内容を音読していた。PCに不慣れた利用者でも画面上を自由に動かせるアバタを用いて長い文章を音読していた。最後に、アバタ同士を重ねる、表示されている写真にアバタを重ねるといった2種類の行為が確認された。アバタ同士を重ねる際には、実験協力者は「握手握手」という発言をしていることから、前者は握手を想定した行為であると考えられる。また(花の)写真にアバタを重ねる行為を行う際、実験協力者は「こんな花やねんな、ほら」と発言していることから、手のアバタと写真を合成させて楽しんでいると判断できる。こうしたアバタを用いた遊びは、個別利用環境ではまったく見られなかった。

また、SC環境では問題表示画面において画面上の選択肢を指差すとともに指示語を用いて正解について発言したり、正解確認画面において写真を指差しながら解説内容について会話したりする行為が確認された。

4.3 考察

SC環境は、個別利用環境と比べて協調して正解を選ぶためのインタラクションが生じた。1つのディスプレイを実験協力者全員が共有することによって、アバタで選択肢を指したり、画面を指差したりなどの行動によって、他の実験協力者と容易に、直感的に認識が共有できる。その際に具体名が必要なく、指示語を用いることにより他の実験協力者と意見交換を円滑に行える。このため、ただ正解の選択肢を聞く、答えるといった発言だけでなく、正解の根拠も正解の返答に加えたり、正解を発言した実験協力者に対してその確実性を尋ねたり、他者の選択の間違いを指摘したり、正解が明言できなくても不正解と考える選択肢について否定したりなど、多様なインタラクションが生じたと考えられる。またそうした他者と意見交換しやすい点や、他者も確実に同じ画面表示を見ているという認識から、正解確認画面においても解説文に関して理解度を確認するインタラクションが多く生じたと考えられる。

個別利用環境では、SC環境に比べ実験協力者間の協調的なインタラクションは生じにくかった。個別利用環境では他の実験協力者が何を選択したのかが自身のディスプレイを見ているだけでは把握できないことから、実験協力者はまず自発的に正解について考えて選択し、選択した選択肢について発言していたと考えられる。実験協力者が正解をしほれず他者に正解を尋ねる場合に、個別利用環境では正解の選択肢の表示場所まで質問するケースがあったことから、他の実験協力者の選択が見えないために円滑な協調作業ができないことが分かった。そのため、他者との会話は必要最低限にとどまり、協調するというよりも個別にシステムを利用している傾向があった。

事後アンケートの結果でも、両環境とも肯定的な回答が集中し、わずかにSC環境のほうがより肯定的な結果となっていたが、大きな差は見られなかった。一方で、発言の頻度では、正解についてだけでなく不正解と思う選択肢を否定する発言や、正解と考えた根拠についての発言などは個別利用環境に比べSC環境で頻りに確認されたほか、SC環境では正解について、より

継続的に利用者間で話し合い、正解確認画面においても頻りに解説に関して会話をしていた。SC環境では利用者はクイズを解く際に他の利用者と意見を交わす中で考えを深め、正解表示画面においても新たな知識に対して他の利用者と理解したり、教え合うことにより学習活動を通して積極的に意欲的な態度をとると考えられる。これらのことから、SC環境を採用したMMQは、個別利用を前提とした従来のクイズシステムと比べ利用者の学習意欲を向上、維持することができると思う。

5. おわりに

本研究では学習活動におけるクイズの効果に着目し、対面環境での協調活動を円滑に支援することができるSCの概念を採用したMMQを紹介した。プロトタイプを改善し、ユーザビリティの向上、協調の促進を目的としてシステムを改良した。

MMQを用いて、個別利用環境とSC環境との比較実験を実施した結果、個別利用環境では協調作業が煩雑になるケースが確認されたのに対し、SC環境では円滑な協調的インタラクションが確認できた。MMQはディスプレイを共有することにより、従来のクイズシステムと比べより円滑な意見交換が可能であり、協調的な学習を実現することがわかった。

クイズデータはデータフォーマットに従えば出題者でも問題を作ることができるため、小学生だけでなく中学生や大学生、社会人が対象の学習にも適用することができる。したがってMMQは学校教育や社会教育などの学習環境を問わず、協調的に意欲的な学習活動を支援することを実現するシステムとなることが期待される。

今後は、様々な学習環境へのMMQの適用、インターフェースの改善、コンテンツデザインの方法論の確率についてさらに研究を進めていく必要がある。

参考文献

- [1] Gaku Hagiwara, Kokoro Ikeda, Mikihiro Mori, Tetsutaro Uehara, and Hajime Kita. On socialization of personal computing. In *Proc. C5 2007*, pp. 62–65, 2007.
- [2] Masaki Saga, Hajime Kita, Tetsutaro Uehara, Kokoro Ikeda, Mikihiro Mori, Yohei Naya, Naomi Nagata, Hiroto Ueda, Akio Okumura, and Terufumi Ohno. Development of a multiple user quiz system on a shared display. In *Proc. C5 2009*, 2009.
- [3] Jason Stewart, Benjamin B. Bederson, and Allison Druin. Single display groupware: A model for co-present collaboration. In *Proc. CHI 99*, pp. 286–293, 1999.
- [4] Edward Tse and Saul Greenberg. Sdgtoolkit: A toolkit for rapidly prototyping single display groupware. In *Poster in CSCW '02*, 2002.
- [5] D.W. ジョンソン, R.T. ジョンソン, K.A. スミス. 学生参加型の大学授業—協同学習への実践ガイド. 玉川大学出版部, 2001.
- [6] 5TQ教材. 小学校中間試験. <http://www.vector.co.jp/soft/data/edu/se025969.html>, 2002.
- [7] 岡田源也, 船曳信生, 中西透, 天野憲樹. Webベースの教育支援システム“nobasu”の拡張と評価. 電子情報通信学会技術研究報告, 第107巻, pp. 75–80, 2007.
- [8] 矢谷浩司, 大沼真弓, 杉本雅則, 楠房子. Musex: 博物館におけるpdaを用いた協調学習支援システム. 電子情報通信学会論文誌, Vol. J86-D-I, No. 10, pp. 773–782, 2003.
- [9] 高木正則, 田中充, 勅使河原可海. 学生による問題作成およびその相互評価を可能とする協調学習型wbtシステム. 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 3, pp. 1532–1545, 2007.