

平成21年6月1日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2007～2009
 課題番号：18300271
 研究課題名（和文） 算数・数学における学習過程評価のための適応型コンピュータテスト開発に関する研究
 研究課題名（英文） Studies on Development of Computerized Adaptive Testing for Evaluation Learning Processes in Mathematics
 研究代表者
 安野 史子 (YASUNO FUMIKO)
 国立教育政策研究所・教育課程研究センター 基礎研究部・主任研究官
 研究者番号：00370081

研究成果の概要：算数・数学における学習過程評価を行うことを考慮した適応型コンピュータテスト(個人の能力に応じて問題項目を順次提示していくコンピュータテスト)の開発のために、本研究において、学習者向け問題交換コミュニティサイトを構築し、学習意欲向上の検討を行うとともに、タブレットPCを利用した数学問題解答Webアプリケーションの開発、およびそのアプリケーションを用いたテストシステムの開発を行った。また、開発システムに適した数学問題項目の評価・検討を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	6,500,000	0	6,500,000
2007年度	6,300,000	0	6,300,000
2008年度	2,500,000	270,000	2,770,000
年度			
年度			
総計	15,300,000	270,000	15,570,000

研究分野：科学教育

科研費の分科・細目：科学教育 教育工学・科学教育

キーワード：CAT, 科学教育, 教育工学

1. 研究開始当初の背景

平成14年度より全面実施された平成10年告示の学習指導要領では、基礎・基本の確実な定着を図り、それを基に自ら学び考える力などの「確かな学力」をはぐくむというねらいが示されている。この学習指導要領のね

らいを実現するため、各学校・学級では、生徒一人一人に応じた指導を充実することが求められている。本研究では、その個に応じた指導の充実のための教材・学習評価・個に応じたフィードバックを支援する環境と指導方法の開発を行うことが大きな目標であ

る。そのために、本研究では、被験者の解答パターンに応じて、異なる問題項目が動的に出題される適応型とし、問題を通して論理的思考力、発見的問題解決能力などを評価することを試みるための数学問題をアイテムプールとして開発を行い、学習評価の検討を行うこととした。

2. 研究の目的

研究の具体的な目的は、算数・数学分野の問題解決の特徴を考慮した以下の新たな手法を具備したインターネットを利用した「適応型コンピュータテスト(Computerized Adaptive Test, CAT)」を開発することである。

- (1) ペーパーテストではできない思考過程を評価。
 - (2) 算数・数学項目の分野・領域・内容に整理されたテスト問題の作成。
 - (3) 被験者(中学・高校生)のコンピュータ利用に対するストレスの軽減を目的としたタブレットPCによるペン入力と指による入力を想定したタッチパネルの利用。
 - (4) 学習者へのフィードバックを教師に明確に示す工夫。
- さらに、実証実験を通じて、学習評価の可能性について検討を行い、システムの改良と指導方法の改善を行う。

3. 研究の方法

学習過程評価のための適応型コンピュータテストに用いる数学項目開発のために、様々な数学問題項目の評価・検討を行った。具体的には、信頼度が高い大規模調査で実施された問題(教育課程実施状況調査の問題)を用いて、項目の弁別性と信頼性の分析、素点別反応率・通過率分析、項目関連の構造分析などを行った。

テストシステムに関しては、テストシステム全体を構成する要素として、テストシステムのフレームワーク、タブレット向け解答アプリケーション、アイテムバンクなどがある。そこで、要素ごとの検討課題を分けて研究を進めた。

(1) テストシステムのフレームワークの検討

テストシステムの汎用性を考慮するため、基本フレームに関する検討を行った。e-learning 向けテストシステムのフレームワークを調査し、本研究のシステムの参考とした。また、先行研究のモバイル端末を用いたクイズ形式の問題集のフレームワークを本研究のテストシステムに応用することを検討した。同様に学習者の提出物の類似性を評価するシステムについても、その判定シス

テムの活用を検討した。また、学習者コミュニティサイトの構築を行い、テストシステム実現に向けた導入を行った。

(2) タブレット PC 向けアプリケーションの開発フレームワークの検討

タブレット PC (図1)でのペン入力、タッチパネルを利用したプログラム開発において必要となるフレームワークに関して検討を行った。Microsoft Windows Vistaにおける開発フレームワークである .Net Framework , また、Microsoft 社の RIA (Rich Internet Application)開発フレームワークである Silverlight2, XBAP(XAML Browser Application), Adobe 社の RIA 開発フレームワークである Flash に関して、各フレームワークにおけるタブレットの機能に関する対応状況や文字認識機能の利用可否, Web アプリケーションを作成した場合の動作等に関して、プログラムを試作し、評価を行った。



図 1 タブレット PC

(3) 解答者向けインタフェースの設計

テストシステムで解答者が入力を行うインタフェース仕様と機能に関して検討を行った。問題を想定し、図形をペンにより描画する機能や、ペンによるジェスチャーで図形に対して角度や長さを入力する機能、分数やルートなどの通常のフォントを利用した場合、描画が困難な数式に対する表現方法、ペンで入力された情報の文字認識の方法、思考を行った書き込みの順序や内容の記録方法に関して検討を行った。

(4) アイテムバンク構築に関する検討

テストシステムのアイテムバンクを構築するために、数値の大小比較など単純な問題に関しては、テスト問題として有効である数値を考慮しながら問題を大量に生成する必要がある。そのため、問題のテンプレートを用意し、数値的な変更を行うことで問題を作成する方法に関して検討を行った。

また、問題データを格納するデータ形式とデータベースへの格納方法に関して検討を行った。

(5) 問題難易度の算出方法の検討

適応型コンピュータテストでは、被験者の解答や解答に要した時間などの応答に対応し、次のテスト項目を決定する必要がある。そのためには、各問題項目に対して各種パラメータを設定する必要がある。その中でも、難易度の算出は重要である。そこで、各問題項目に対する各種パラメータに関しての情報の収集方法及び算出方法に関して調査を行った。

(6) システムの全体の設計

システム実現のためには、Web サーバでのプログラムの動作、データベースとの連携が必要となる。また、クライアントであるタブレット PC と接続し、各種情報の通信を行う。そのため、サーバで動作させるプログラムの実行環境、データベースサーバの仕様、また、サーバ・クライアント間におけるデータの通信仕様に関して調査し、システム全体の設計に関して検討を行った。

4. 研究成果

研究成果として、本研究で開発を行った学習者向けコミュニティサイト、解答 Web アプリケーション、テストシステムについて報告する。

(1) 学習者向けコミュニティサイト

学習者同士のコミュニケーションを図り、円滑に学習を進めることが出来るように、SNS(Social Network Service)サイトを構築した。(図 2) 学習者が、簡易な問題を作成することができ、それらを公開しメッセージを交換することにより学習意欲の向上を目指した。また、PC からだけではなく、モバイル端末でのアクセスに対応した。



図 2 学習者向けコミュニティサイト

(2) タブレット PC を利用した数学問題解答 Web アプリケーション

各問題の種類に応じて、解答用インタフェースのテンプレートを切り替える事により様々なタイプの設問に対応することができる解答アプリケーションを作成した。(図 3) また、数式などの表現は、あらかじめ決められた記述法で登録された数式情報を、サーバ側で画像の生成を行い、画面上に表現している。

アプリケーションの開発フレームワークには、XBAP, Silverlight2 を採用した。これらのフレームワークを採用した理由として、タブレットの高解像度な座標空間の仕様が可能な点、ペンによる入力をストロークと呼ばれるベクトル情報で保持する事が可能であり、それらをシリアル化し情報を XML に変換することも容易である点が挙げられる。

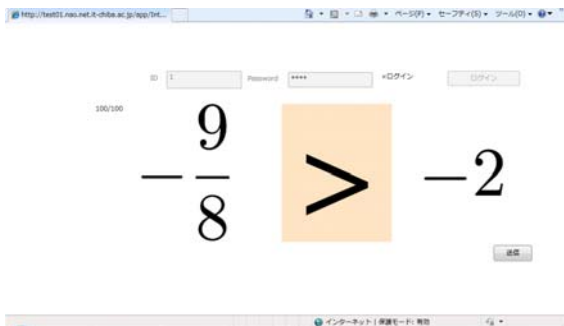


図 3 解答 Web アプリケーション

(3) テストシステム

本システムでは、Web サーバ、データベースサーバ、サーバ側でのプログラム実行環境として Tomcat JSP サーブレットサーバを使用した。システム構成の概要を図 4 に示す。

サーバと解答用のアプリケーションの間の通信は、HTTP または、HTTPS という通常の Web 通信で用いられるプロトコルを使用する。問題の情報、解答アプリケーションのインタフェースの情報等は、XML (eXtensible Markup Language) と呼ばれるマークアップ言語を使用して情報のやり取りを行う。

ユーザーは、テストシステムに Web ブラウザを使用して接続しログイン作業を行う。ユーザーに対して割り当てられたテストがある場合、ブラウザ内で(2)で述べた Web アプリケーションが起動する。ユーザーは、ペンで問題に対する解答を行う。

ユーザーの行った記述は、ベクトル情報で保存され、同時に文字認識を行う。サーバでは、クライアントから送信された解答データの保存と同時に、正誤判定や解答に要した時間、問題の難易度に応じて、次の設問を決定する。

テストの実施者は、管理用ページから解答者に対するテストの割り当てや成績の管理を行う事が出来る。また、解答者が問題項目に解答する過程で、どのような記述を行ってきたかを確認することが出来る。

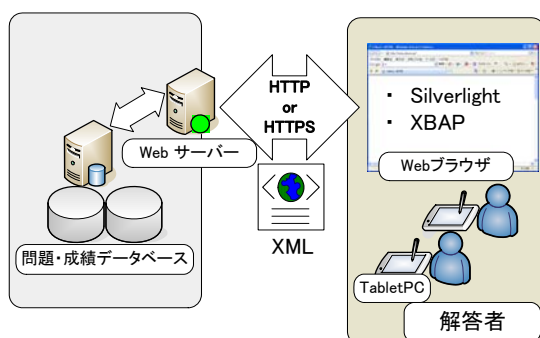


図 4 テストシステムの概要

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 遠西 学・中村 直人, TabletPC を用いた数学図形問題の入力方法の検討, 電子情報通信学会技術研究報告 信学技報, 査読無, Vol.108 No.315, 2008, pp.33-36.
- ② Manabu Tonishi, Hideki Seki & Naoto Nakamura, Community Website of Quiz Exchange Using Mobile Device, The Second Int. Conf. on Science and Mathematical Education, 査読有, 2007, CDROM(ページなし)
- ③ 安野 史子, "高等学校教育課程実施状況調査における数学項目の特性について -平成 14 年度調査と平成 17 年度調査の同一問題を中心として-", 査読有, 第 40 回 日本数学教育論文発表会論文集, 2007, pp.67-72.
- ④ 安野 史子, 調査項目の統計情報に関する事後的分析 -平成 14 年度高等学校教育課程実施状況調査の数学項目について -, 査読有, 第 39 回 数学教育論文発表会論文集, 2006, pp.91-96.

[学会発表] (計 6 件)

- ① 遠西 学・中村 直人, TabletPC を用いた数学図形問題における入力インターフェースの設計, 電子情報通信学会 2009 年総合大会, 2009 年 3 月 18 日, 愛媛大学
- ② 遠西 学・中村 直人, e-Learning におけるレポート評価支援システムの開発, 電子情報通信学会 2008 総合大会, 2008 年 3 月 19 日, 北九州学術研究都市
- ③ 遠西 学・関 秀樹・中村 直人, モバイル端末を活用した問題交換コミュニティサイト構築の試み, 教育システム情報学会 研究報告, 2008 年 1 月 25 日, 八王子学園都市センター

- ④ 安野 史子, 高等学校教育課程実施状況調査における数学項目の特性について -平成 14 年度調査と平成 17 年度調査の同一問題を中心として-, 第 40 回 日本数学教育論文発表会, 2007 年 11 月 4 日, 東京理科大学
- ⑤ 関 秀樹・遠西 学・中村 直人, モバイル端末を活用した問題交換コミュニティサイトの構築, 情報科学技術フォーラム FIT2007, 2007 年 9 月 5 日, 中京大学
- ⑥ 安野 史子, 調査項目の統計情報に関する事後的分析 -平成 14 年度高等学校教育課程実施状況調査の数学項目について-, 第 39 回 数学教育論文発表会, 2006 年 10 月 7 日, 広島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安野 史子 (YASUNO FUMIKO)
 国立教育政策研究所・教育課程研究センター
 基礎研究部・主任研究官
 研究者番号: 00370081

(2) 研究分担者

中村 直人 (NAKAMURA NAOTO)
 千葉工業大学・情報科学部・教授
 研究者番号: 20201676

辻 宏子 (TSUJI HIROKO)
 北海道教育大学・教育学部・准教授
 研究者番号: 20374754

(3) 連携研究者

釈氏 孝浩 (SYAKUSHI TAKAHIRO)
 文教大学・情報学部・教授
 研究者番号: 00216144

佐久間 拓也 (SAKUMA TAKUYA)
 文教大学・情報学部・准教授
 研究者番号: 10255060

萩原 康仁 (HAGIWARA YASUHITO)
 国立教育政策研究所・教育課程研究センター
 基礎研究部・研究員
 研究者番号: 30373187

(4) 研究協力者

遠西 学 (TONISHI MANABU)
 千葉工業大学大学院・情報科学研究科・大学院生(博士課程後期)