

小・中学生を対象とした地震防災教育 ソフトウェアの開発とその評価

瀧本浩一¹・三浦房紀²

¹正会員 工修 山口大学助手 工学部知能情報システム工学科 (〒755-8611宇部市常盤台2557)

²正会員 工博 山口大学大学院教授 理工学研究科環境共生工学専攻 (〒755-8611宇部市常盤台2557)

本研究は、小・中学生を対象に学習効果と学習カリキュラムの適正さを評価できる機能を持った地震防災教育用のコンピュータソフトウェアの開発を行い、その評価を行ったものである。学習とカリキュラムの評価にあたっては、教育工学で利用されるS-P表やS-P曲線、注意係数を導入した。そして、小・中学校の児童・生徒に実際に使用してもらった。その結果、本ソフトウェアを使用することによって小・中学生の学習効果を定量的に評価することが可能であることを明らかにできた。さらに、学習カリキュラム中の不適切な箇所を見い出すこともできた。

Key Words : *earthquake preparedness education, personal computer, computer aided instruction, student-problem curve*

1. はじめに

1995年1月に発生した阪神・淡路大震災により日本国内では、かつてないほどの地震防災に対する意識の高揚がみられたが、時間の経過とともにそれらは徐々に薄れつつある。このように災害に対する知識や備えを風化させないためにも、地震防災教育のための適切な教材が必要である。筆者らはこれまで地震防災教育を支援する教材の一つとして小・中学校の教師を対象にパーソナルコンピュータを用いた地震防災学習ソフトウェアの開発を行った¹⁾。その後、何度か小・中学生にも使用できるように修正を行いながら、その有効性を検討してきた。しかしながら、開発したソフトウェアでは、そのまま小・中学校で利用して学習効果の評価を行うことが困難であることが、以下に述べる理由からわかった。

まず、第1の理由としては、これまで開発されたソフトの地震防災カリキュラムについては、その内容および学習レベルとも開発者の主観にもとづいて作成されていた。また、作成された学習内容が学習者にとって適切なものであるかといった評価ができなかった。

次に、第2の理由としては、従来のソフトによる

学習効果を調べるためには、ソフト使用前後に学習者に対して学習内容に関するアンケート形式の問題を配布して回答してもらい、回収するという方法をとっていた²⁾。しかしながら、この方法では配布や回収等の作業に多くの手間と時間を要することから、多くの小・中学校に対してくり返し長期に渡って調査を行うことは困難であった。

そこで、本研究では、上述の問題点を解消するためにこれまでの地震防災学習ソフトウェアをベースに以下の改良を行った。

- ・ソフト開発に先立ち創造工学の手法を導入して学習カリキュラムの再構築を行った。
- ・地震防災教育の学習とその効果およびカリキュラム内容の適正さを評価するために、教育工学の分野で扱われているS-P曲線³⁾とそれから算出される注意係数³⁾の利用を試みた。

そして、この機能を組み込んだ小・中学生を対象とした地震防災教育ソフトウェアの開発を行った。さらに、開発したソフトを小・中学校の児童・生徒に実際に使用してもらい、開発したソフトの評価を行った。

2. 学習カリキュラムの構築

(1) 学習項目の抽出

筆者らがこれまで開発した地震防災教育ソフトに用いていたカリキュラムの問題点を以下に列挙する。

- ・学習内容を選定するのに小・中学校の教師に対するアンケート調査¹⁾は行っているが、それが必ずしも十分か否かの検討が行われていない。
- ・学習内容やクイズ問題の難易度が適切か否かの検証が行われていない。
- ・小学生と中学生が同じ学習の流れであった。

そこで、これらの問題点を解消するため、創造工学の手法であるブレンライティング法⁴⁾およびKJ法⁵⁾を用いてカリキュラムの再構築を行った。

まず、防災の専門家2名と防災関連の研究室生10名により、「地震防災教育に必要な項目」をテーマにブレンライティングを行った。これは、参加者が地震防災教育に関して必要と思う項目を箇条書きにして紙に書いたり、他者の書いた紙に付け加えたりする手法である。そして、集まった情報を整理し、内容の類似しているものは一つにまとめ、これらを学習項目とした。なお、ここでいう学習項目とは、学習ソフト上で1~3枚の学習画面に相当する学習の基本単位である。

以上の方法で出された項目の総数は480、そのうち有効数は389、最終的にまとめられた学習項目数は113であった。ここで、得られた意見の傾向を以下に列挙する。

- ・地震に関する知識について記したものが少なかった。
- ・ボランティアについては12人全員から何らかの形で意見が出された。
- ・避難場所、電話、災害弱者、衛生、防犯、心のケアなどの意見が多かった。
- ・災害時の情報に関する内容が多く出された。

以上のようにブレンライティング法により出された内容は、地震のメカニズムのような理論的なものよりむしろ、避難場所や情報といった生活に近い意見が多かった。また、ボランティア活動など阪神・淡路大震災で注目を浴びた内容も多かった。

(2) 学習項目の分類と整理

ブレンライティング法により得られた項目をKJ法を用いて分類した。参加者は防災の専門家2名と学生3名である。得られた各項目を内容の近い17の小さなグループに分類し、その性質を表わすグループ名をそれぞれ付けた。表-1にグループごと

の学習内容を示す。この表をみると、地震直後に關する学習項目が20件と最も多く、地震後の状況や被災地で生きていくために必要な知識など、より現実に即した学習が求められている。

次に、KJ法によって分類された項目に小・中学生の理解力や判断力、行動力を考慮に入れてカリキュラムの構築を行った。その際、自治省消防庁の「年少者の防火教育プログラム」⁶⁾を参考にした。このプログラムでは未就学児、小学校低学年、小学校高学年、関連知識の4つのステップに分かれているが、本カリキュラムでは、学習レベルを小学校低学年、小学校高学年、中学生の3段階にレベル分けを行い、指導する際の目標を以下のように設定した。

① 小学校低学年

災害の怖さを知り、災害が発生した時に、先生や保護者など近くの大人の指示に従うなどして、適切な行動ができようとする。

② 小学校高学年

災害の時起こる様々な危険について知り、自ら安全な行動が出来るようにすると共に、日頃の備えの大切さを知り、他の人に気配りができるようにする。

③ 中学生

災害時に起こる様々な現象について理解を深め、自らの確かな行動が出来るると共に、その理由を理解し、日頃の備えとして具体的に必要な物を知る。また、ボランティア活動の大切さについての理解を深める。

なお、未就学児を対象としなかった理由としては、未就学児がパソコンを操作して学習することが困難であること、未就学児の判断能力から地震に対して教育すべき学習内容がほとんどないことである。

以上の作業過程を経て作成した学習カリキュラムを表-2に示す。この表は、横に学習者のレベルを、縦に学習内容を取り、学習者のレベルごとに表の上から下へ大きく3つの学習の流れで構成されている。なお、各学年にまたがって同じ項目があるが、解説の詳細さや対策、方法についての具体的な説明の有無などによって、それらの内容は異なる。例えば、火災時の行動に関しては、小学校低学年では消火や通報には触れず、避難することのみを教えているが、高学年では通報の仕方についても教えている。また、難しい名称や行動などに対しても、なるべく低年齢層の学習者が理解しやすいように別の表現を用いている。さらに、小・中学校の教科書を参考に学習画面中で使用する漢字も考慮している。

表-1 KJ法により整理された学習項目

項目名	学習項目			特徴
地震	地震の歴史 断層 火山性地震 地震の災害例	マグニチュードや震度 地震予知 地震はいつか起こる プレートテクトニクス	地震の体験談 学校内被災例 都市直下地震	過去に起きた地震や地震についての科学的な知識
自然災害	津波 液状化現象	地形 地盤	近所の地形を知る 崖崩れ	地震によって起こる災害
人工物の被害	建築物の土台 家の建築年代、形式	ライフライン 橋	道路	地震による建築物や構造物の被害
情報	デマ、パニック 連絡方法	正しい情報を得る 情報源	安否情報 情報収集の手段	地震時に正しい情報を得ることの大切さ
地震後の街	交通、車	お金の問題		地震の後の街で起こり得る状況について
火事	消火方法 漏電、通電火災 ガス	火事を防ぐ 煙の性質 火災からの避難	火の性質 周囲に知らせる	火災を防ぐことについて
地震直後	避難場所への行き方 救助方法 慌てない 蛍光灯から離れる 発生時間ごとの地震 現在地の危険性判断 子どもにも出来ないこと	ガラスの危険性 救助の待ち方 建物の倒壊 ブロック塀の危険性 瓦礫 海から離れる 電柱の危険性	非常口 エレベーター エスカレーター 落下物 揺れた時の対応 地震時特有の対処	揺れた時身を守る方法について
場所別対処	特別教室 課外活動中 授業中	外出先 運動場 登下校時	マンション	あらゆる状況で身を守る方法について
防止対策	家具の固定 通路に物を置かない	部屋を片づける プレーカーの確認	カーテンの防火	事前にしておく事で危険を防止する
物	水の確保 救急箱	防災グッズ 非常食		事前に準備する事で地震時役立つ物
危機管理計画	家族会議 危機管理	防災マニュアル作り 危険な箇所の把握	地震防災の重要さ	地震に備えて家庭で行うべき事
助け合う	ボランティア	災害弱者	救援物資、義援金	助け合う事の大切さ
防災意識	防災意識 防災の日	防災意識の向上 消火器	考える	防災意識を高める事について
生きる為に	衛生 応急手当	心のケア 怪我	近所付き合い 命を大切に	地震の後生きていく為に必要なこと
普段から気をつけること	親に行き先を告げる 避難場所	名前住所などが言える ライター	ハンカチ持参	普段の生活の中で注意出来ること
被災	学校が避難所になる	避難生活	被災者の苦勞	被災するとは
人	防犯	医者	警察の役割	様々な人間について

表-2 カリキュラムの構成

	小学校低学年	小学校高学年	中学校
地震に関する知識	地震とはなにか 日本は地震国 地震災害の怖さ 日常生活の崩壊	過去の大地震 地震のメカニズム マグニチュードと震度 地震災害 生活の苦勞	過去の大地震 日本が地震国である理由 マグニチュードと震度 地震災害のメカニズム 生活への影響
地震への対応	揺れから身を守る基本動作 揺れから身を守る応用動作 大人の指示に従って避難 火災時の行動	揺れから身を守る基本動作 揺れから身を守る応用動作 避難時の注意 火災時の注意 地震後の状況	揺れから身を守る基本動作 揺れから身を守る応用動作 避難時の注意 火災時の正しい対処 火災を起こさない 地震後の状況と対策
地震への対策	部屋を片づける 自分や家族のことが言える	地震時に危険な物と対策 非常持ち出し品 家庭内での話し合い	地震時の危険な物と対策 非常持ち出し品 家庭内での話し合い内容
社会性	助け合う 安全な生活を心がける 避難生活	助け合う 避難訓練 下級生の保護 避難生活	ボランティア 避難訓練 応急手当 避難生活 常職を守る

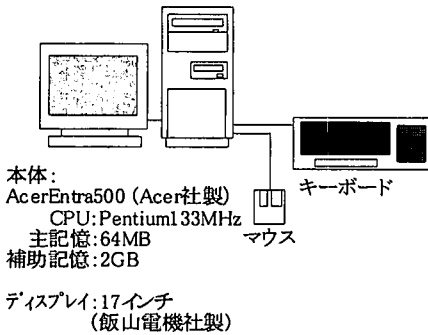


図-1 開発に用いたシステム構成

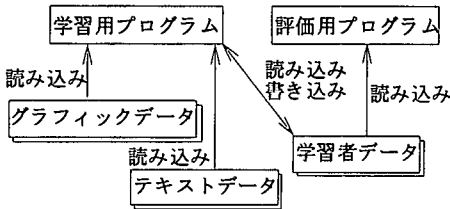


図-2 ファイルシステムの構成

表-3 開発に用いたソフトウェア

名称	内容
WindowsNT4.0 Workstation (Microsoft社製)	オペレーティングシステム
Visual Basic 4.0 (Microsoft社製)	プログラミング言語
Photoshop3.0J (Adobe社製)	画像加工ソフトウェア

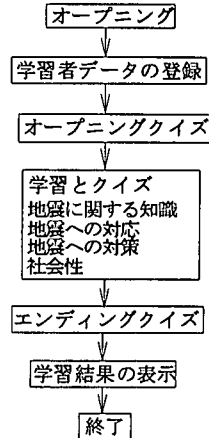


図-3 ソフトを用いた学習の流れ

3. 地震防災教育ソフト「Quake Busters Windows95/NT 版」の概要

(1) 開発の概要

開発に用いたハードウェアの構成とアプリケーションを図-1および表-3にそれぞれ示す。表-3に示すようにソフトの開発に際しては、拡張性や柔軟性を必要とする教育ソフトの観点から考慮して、Windows95/NT(Microsoft社製)上でソフトウェアを開発できる言語 Visual Basic(Microsoft社製)を用いた。以下に Visual Basic を用いる利点を記す。

- ・近年、小・中学校に導入されているパソコンにおいても、Windows95/NTが主流になりつつある。
- ・本研究で開発するソフトウェアに関しては、グラフィックデータおよび、操作のためのボタンを多く使用するため、これらをオブジェクトデータとして作成、保存できる。
- ・他のアプリケーションとのリンクが可能で、将来のバージョンアップが容易である。
- ・グラフィックユーザインターフェイスの環境下でプログラミングができる。
- ・プログラミング習得が容易であり、短時間で高度なプログラミングが可能である。

(2) ソフトウェアの構成とプログラムの流れ

開発したソフトウェアの構成を図-2に示す。ソフトウェアの構成は、プログラム部分(学習用プログラム、評価用プログラム)と各種データ(グラフィックデータ、テキストデータ、学習者データ)に大きく分けられる。まず、学習プログラムは学習者データの登録や学習画面の制御を行う機能を持つ。グラフィックデータおよびテキストデータは学習する際に使用されるデータで、学習プログラムによって読み込みが行われる。評価プログラムは学習プログラムによって保存された学習データを使って、後述する学習者の学習結果の評価や学習内容の適正さを評価する。

次に、開発したソフトによる学習の流れを図-3に沿って以下に述べる。まず、ソフトを起動するとオープニングを経て学習者氏名や学習レベル、性別等の登録を行う。ここで、登録した情報はデータファイルに格納され、後に述べる学習効果等の評価に用いられる。

学習者の登録を終了すると、オープニングクイズと呼ばれる地震防災に関連した問題を解答してもらう。これは、学習終了後に行うエンディングクイズと対になっており、両者の解答結果を比較することで、学習効果の評価を行う。問題の内容としては、表-2の学習カリキュラムの中で特に重



図-4 学習画面の構成

要と思われる問題を選んだ。なお、オープニングクイズの問題とエンディングクイズのそれとは、問題文や選択肢を若干変えて出題している。問題数は小学校低学年で10問、小学校高学年で15問、中学生で20問と、小学校低学年から中学生になるに従って問題数も増やしている。

オープニングクイズが終了すると、学習が始まる。以下に学習方法について述べる。これまで開発してきた学習ソフトでは、ディスプレイに表示される解説用のコンピュータグラフィックスとテキストから構成された学習画面を1枚ずつめくりながら学習を行っていた。しかし、この方法では学習画面を読み飛ばして学習を進める学習者がいた等の問題点があった。したがって、開発するソフトでは、問題駆動型CAI⁷⁾を参考に図-4に示すように学習画面中にその画面の学習内容に関する問題を設け、問題に答えなければ先に進めないようにした。この方法の利点としては、学習画面と問題を一体化することで、問題の解答結果を用いて後に述べる注意係数やIRSグラフにより、それぞれの学習画面の内容の適切さや学習者がその学習画面の内容を理解できたかどうかを評価することができる。

次に、学習の終了後に各学習画面で行ったクイズ問題の解答結果を用いて正答率を表示し、それに応じたコメントを表示すると、本ソフトウェアは終了する。そして、学習終了後、保存されている学習者のデータを用いてS-P表、S-P曲線、注意係数を用いた学習評価を行うが、これらについては次の4.で述べる。

問題	
A君	0 1 1 0 1 0 0 1
B君	0 0 1 0 0 0 1 0
Cさん	1 1 1 1 1 0 1 1
Dさん	1 1 1 1 1 1 1 1
1:正解 0:不正解	

(a)縦方向に学習者、横方向に問題をとりクイズの解答結果を1, 0で記入

問題	
Dさん	1 1 1 1 1 1 1 1
Cさん	1 1 1 1 1 0 1 1
A君	0 1 1 0 1 0 0 1
B君	0 0 1 0 0 0 1 0
1:正解 0:不正解	

(b)得点の高い学習者から順に上から並び替える

問題	
Dさん	1 1 1 1 1 1 1 1
Cさん	1 1 1 1 1 1 1 0
A君	1 1 1 1 0 0 0 0
B君	1 0 0 0 1 0 0 0
1:正解 0:不正解	

(c)正答率の高い問題から順に左から並び替える

問題	
Dさん	1 1 1 1 1 1 1 1
Cさん	1 1 1 1 1 1 1 0
A君	1 1 1 1 0 0 0 0
B君	1 0 0 0 1 0 0 0
1:正解 0:不正解	

(d)行と列それぞれ正答数、正答者数を数えて仕切り線を入れる

図-5 S-P曲線の作成手順

4. 学習者データの評価

評価プログラムでは学習者の学習効果や学習内容の妥当性の評価を行う。具体的には3.(2)で説明した学習プログラムによって得られた解答データをもとに、以下に述べる教育工学の分野で使われるS-P曲線とそれより算出される注意係数の利用を試みた。

(1)S-P曲線の概要

S-P曲線とは生徒たちに的確な学習をさせるために教師が授業方針を決定する際に用いられるものであり、実力テストや授業の終わりに行われる小テストなどの評価を行うのに適している³⁾。

以下にS-P曲線の作成手順を図-5に沿って述べる。

- ・図-5(a)に示すように表の縦方向に学習者を、横方向にその学習者の各問題での解答結果(正解:1, 不正解:0)を記入する。
- ・図-5(b)のように高得点した学習者の順に上から並び替える。その際、同じ正答数の学習者がいた場合には、その学習者が正解した問題を正解した全正答者数を比較して多い方から順に並べる。
- ・図-5(c)のように正答率の高い問題の順に左から並び替える。その際、同じ正答者数の問題が合った場合には、その問題を正解した学習者が正解した全正答数の多い方から順に並べる。
- ・図-5(d)中の破線矢印で示すように各々の学習者について左から問題の正答数を数えてその数のところに区切り線を入れる。この区切り線をなめらかに結ぶと得点の累積分布曲線となる。これをS曲線と呼ぶ。
- ・図-5(d)中の実線矢印で示すように各々の問題に

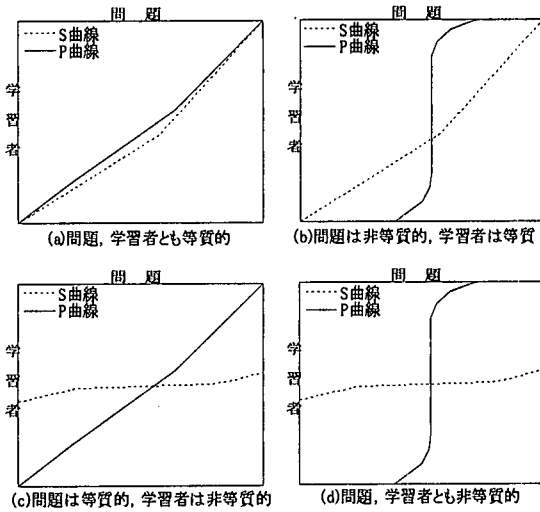


図-6 典型的なS-P曲線の例

ついて上から正答者数を数えてその数のところに区切り線を入れる。この区切り線をなめらかに結びと正答者数の累積分布曲線となる。これをP曲線と呼ぶ。

上記の手順で得られたS-P曲線の概形を以下の点から考察し、学習者全体のクイズの正答率や、学習者あるいは問題が等質か非等質であるかを判断する。

- ・ S曲線とP曲線の位置
- ・ S曲線とP曲線の形
- ・ S曲線とP曲線とのズレ

図-6に典型的なS-P曲線の一例を示す。まず、S-P曲線の位置からは図-6(a)に示す通り学習者のクイズ問題の正答率の良し悪し分かる。即ち、S曲線とP曲線が45度の傾きのときに正答率50%であり、それより左上に両曲線が描かれると学習者全体の正答率は低く、逆に右下に描かれると正答率は高いことを表している。次に、S曲線とP曲線の形および両曲線のズレからは、学習者や問題が等質か非等質かについておおまかに判断できる。ここでいう学習者が等質とは、正答率の高い学習者から低い学習者までが一樣に分布している状態をいう。逆に非等質とは問題が解ける学習者とそうでない学習者が2つの集団にはっきりと区別される状態をいう。また、問題が等質とは簡単な問題から難しい問題までが一樣に出題されている状態をいう。その一方、非等質とは極端にやさしい問題と極端に難解な問題が混在している状態をいう。図-6(a)のように両曲線とも45度の傾きをなし、ほぼ重なっている場合は、学習者と問題の両方とも等質である。図-6(b)ではS曲線の傾きからクイズが解けた学習者からそうでない学習者ま

でがほぼ一樣に分布していることから、学習者全体としては等質であることがわかる。一方、P曲線はその中央部の傾きが大きいため非等質、即ち易しすぎる問題と難しすぎる問題が混入していることが分かる。図-6(c)からは、S曲線の傾きが小さくなっており、問題がよく解ける学習者とほとんど解けない学習者の2集団に分かれ、学習者全体としては非等質であることが分かる。また、P曲線は曲線の傾きから難易度の低い問題から高い問題までが一樣に出題されたことがわかり、等質である。なお、S曲線はP曲線、即ち出題された問題に対する学習者の感度と捉えることができるので、図-6(d)のようにS曲線とP曲線のズレが極端に大きい場合は、学習者、問題とも非等質で、学習方法や学習内容の難易度、学習者の学習能力に見直しが必要とされるケースである。

このようにS-P曲線によって学習者の理解状況および問題の等質性を視覚的に把握することができるが、さらに、学習者の個人レベルで詳細に評価するために次に述べる注意係数を用いた。

(2) 注意係数の概要

注意係数とは、問題あるいは学習者が持つ異質性を見出す数値であり、他の学習者、問題との異質性が高ければ高いほど数値が高くなる³⁾。学習者に対する異質性が生じる原因の例としては、体調が悪かったため思考力が鈍っていたり、解答を不真面目に行ったなどが考えられる。このように難易度とは無関係な解答結果を示す場合、注意係数が大きくなる。また、問題の注意係数が高くなる原因としては、問題の内容が不適切で学習者が解答できなかつたり、極端に難易度の高い問題が出題されたなどが考えられる。具体的には次式により注意係数は計算される。

$$C.S_i = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{問題}S_i\text{のS曲線から左の"0"に} \\ \text{対応する問題の正答者数の和} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{問題}S_i\text{のS曲線から右の"1"に} \\ \text{対応する問題の正答者数の和} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{問題}S_i\text{のS曲線から左の} \\ \text{問題の正答者数の和} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{問題}S_i\text{の正答数} \\ \times (\text{平均正答者数}) \end{array} \right)} \quad (1)$$

$$C.P_i = \frac{\left(\begin{array}{l} \text{問題}I_i\text{のP曲線から上の"0"に} \\ \text{対応する学習者の正答数の和} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{問題}I_i\text{のP曲線から下の"1"に} \\ \text{対応する学習者の正答数の和} \end{array} \right)}{\left(\begin{array}{l} \text{問題}I_i\text{のP曲線から上の} \\ \text{学習者の正答数の和} \end{array} \right) - \left(\begin{array}{l} \text{問題}I_i\text{の正答数} \\ \times (\text{平均正答数}) \end{array} \right)} \quad (2)$$

ここに

$C.S_i$: 問題に関する注意係数
 $C.P_i$: 学習者に関する注意係数

なお、注意係数が以下の不等式を満足した時の問題や学習者は要注意となり、問題の見直しや学習者への指導が必要となる。

$$\text{正答率} > 85\% \quad \text{かつ} \quad \text{注意係数値} > 0.75 \quad (3)$$

以上、述べた処理と表示を先に述べた評価プログラムで自動的に行うようにした。

5. 開発したソフトウェアの評価

(1) 評価の概要

開発したソフトウェアの評価を行うため、山口県宇部市内の小・中学校の児童・生徒にソフトを実際に使用してもらった。そして、評価プログラムを用いて以下の観点から調べた。

- ・S-P 曲線による学習効果の検討
- ・注意係数の高い問題の検討
- ・注意係数の高い学習者の検討

また、ソフト使用後に開発したソフトの操作性等に関してアンケート調査も併せて行った。

ソフトの評価は、表-2の3つの学習者レベルごとに小学校低学年生10名、小学校高学年生10名、中学生11名の計31名に対して行った。

(2) 評価結果

得られたS-P曲線および注意係数を考察し、本ソフトによる学習効果があったか否か検討した。

a) S-P 曲線について

小学校低学年生および高学年生、中学生より得られたオープニングクイズとエンディングクイズのS-P曲線を図-7、図-8、図-9にそれぞれ示す。ここで、図中のS、P曲線の右側および下側に表示してある○印と□印は注意係数が高く、式(3)を満たした要注意問題および要注意学習者をそれぞれ表す。注意係数の結果については次のb)で述べる。まず、S-P曲線の概形をみると、小学校低学年生については、図-7(a)のオープニングクイズに比べ、図-7(b)のエンディングクイズの方がS曲線、P曲線とも右下に変化し、全体的に正答率が上がっていることが分かる。実際に平均正答率は80%から97%に上昇した。また、S曲線とP曲線とのズレについてみると、オープニングクイズで若干のズレがみられるが、エンディングクイズではそのズレが減っていて、被験者および出題した問題は等質であったことがわかる。これは、被験者がオープニングクイズの段階では、クイズの意味が分からずに解答したため、S曲線とP曲線がズレ、その後の学習でクイズ問題の意味を理解して解答したことで、そのズレが減少したものと考えられる。

次に、小学校高学年生についてみると、小学校低学年生と同様に図-8(a)のオープニングクイズのS曲線、P曲線に比べ、図-8(b)のエンディングクイズのそれは、わずかに右下に変移しているこ

とがわかる。また、S曲線とP曲線とのズレについては、オープニングクイズにおいてもあまりズレはみられず、被験者や問題とも等質であるといえる。これは、被験者が出題された問題の意味を理解して解答しており、オープニングクイズに関しては、やや問題が易しかったことが考えられる。

次に、図-9の中学生の結果をみると先の図-7や図-8とは異なり、オープニングクイズとエンディングクイズを比較すると、S曲線およびP曲線にはあまり変化は見られない。特にP曲線の位置がほとんど変わっていないことから、エンディングクイズの難易度が高かったことが考えられる。また、S曲線とP曲線のズレも大きく、エンディングクイズにおいてもそれはあまり減っていない。したがって、被験者、問題とも非等質であり、クイズ問題や学習内容に不備な点があること、中学生のカリキュラムでは学習効果が得られないことが確認できた。なお、これら不備な点についての詳細は5.(3)で述べる。

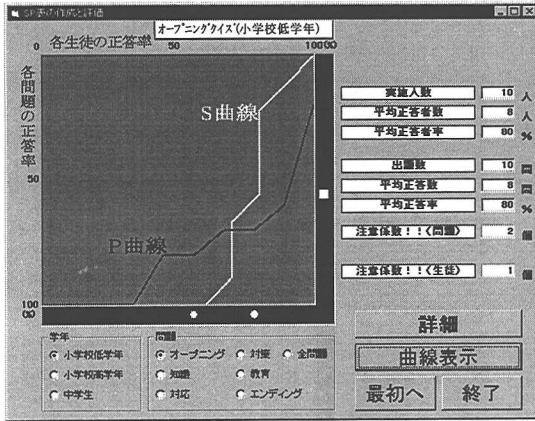
b) 注意係数について

オープニングクイズとエンディングクイズにおける注意係数についてみる。図-7および図-8ではそれぞれオープニングクイズにおいて要注意となっていた被験者、問題は、エンディングクイズでは0となっている。このことから、被験者、問題とも異質性はないことがわかる。なお、オープニングクイズで要注意となった理由としては、先にも述べた通り学習前であるため、被験者が問題の意味を理解せずに解答したからである。

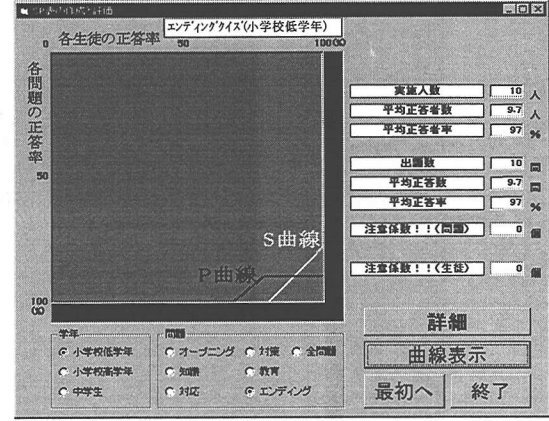
次に、図-9についてみると、要注意となった被験者はオープニングクイズで9人、エンディングクイズで4人とあまり減っていない。この原因として、解答する際にクイズの同じ選択肢番号を選んで解答するなど、不真面目に解答した被験者がいたことが解答データからわかった。また、問題の注意係数に関してはオープニングクイズでは0問だったものが、エンディングクイズでは3問と増加しており、学習内容に不備があったことを示唆している。

c) 学習効果について

小学校低学年生については、S曲線、P曲線の位置が学習前のそれと比較すると、ともに正答率の高い方へ推移している。さらに、エンディングクイズでのS曲線とP曲線のズレが減少していることや学習後に学習者の注意係数が0になっており、要注意の学習者がいなくなっていることから、被験者が学習後の問題の意味を理解して解答している。したがって、これらより小学校低学年生で

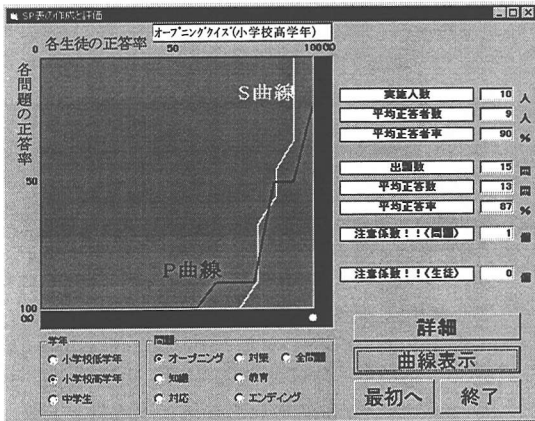


(a) オープニングクイズ

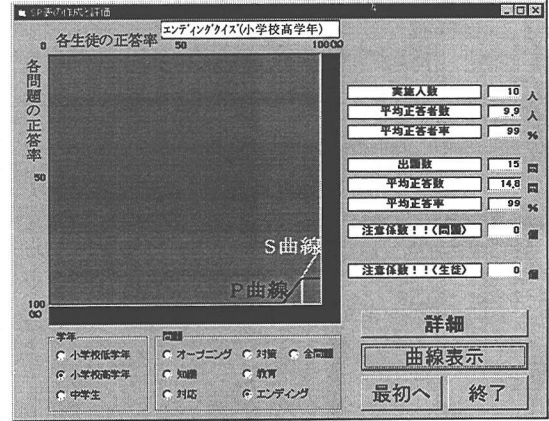


(b) エンディングクイズ

図-7 小学校低学年生の結果

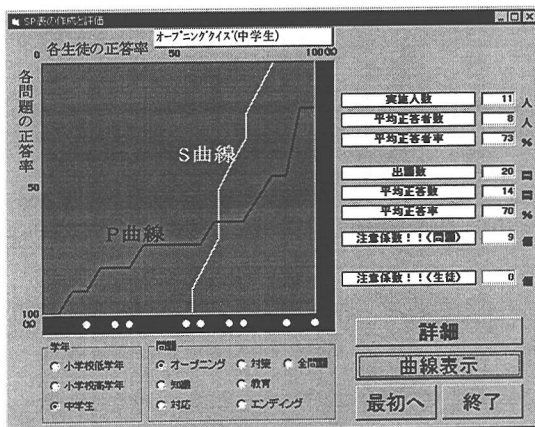


(a) オープニングクイズ

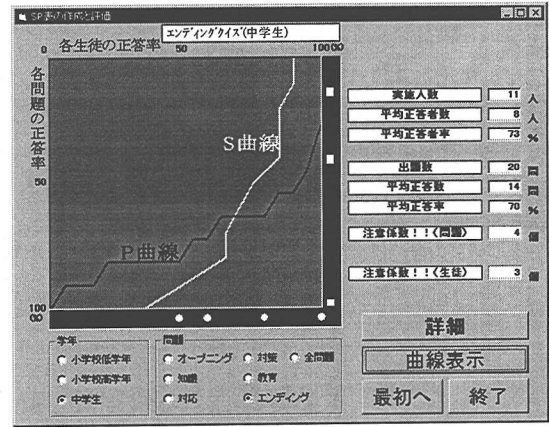


(b) エンディングクイズ

図-8 小学校高学年生の結果

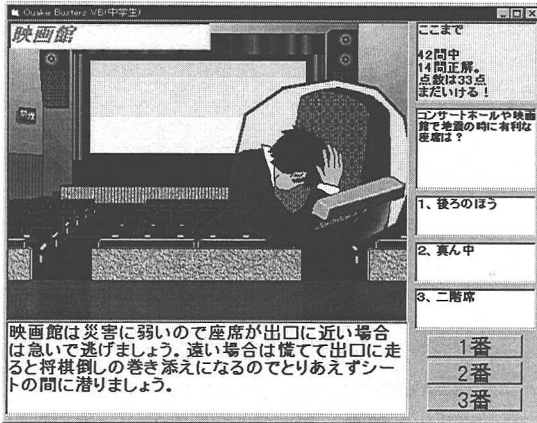


(a) オープニングクイズ

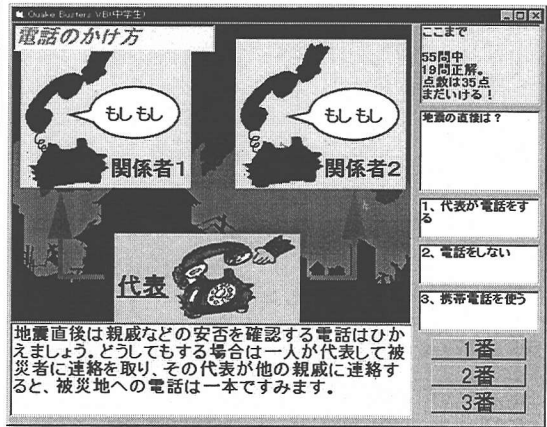


(b) エンディングクイズ

図-9 中学生の結果



(a) 誤っている選択肢を正解としていた例



(b) 選択肢が紛らわしかった例

図-10 注意係数の高かったクイズ問題の例

は学習効果があったものと考えられる。

次に、小学校高学年生についてみると、オープニングクイズの問題の難易度が低かったものの、学習前後においてS曲線、P曲線とも、わずかに正答率の高いほうへ変化している。これより小学校低学年生ほどではないものの、学習効果があったものと考えられる。

中学生については、S曲線、P曲線とも学習前後であまり変化がなかったことや学習者の注意係数が学習後に増加したことを考慮すると、学習効果はなかったといえる。

d) 学習内容の検討

a)~c)までの結果をうけて、学習内容の不備な部分の検討を行った。

小学校低学年生では学習内容やクイズ問題に不備な点はなかったが、小学校高学年生では先にも述べた通りクイズ問題の難易度が適切ではなかった。中学生ではクイズ問題だけではなく、学習内容にも不備があったことが考えられることから、特に学習中のクイズ問題で注意係数のついた学習内容を検討したところ、以下に示す不備が見つかった。

- ・ 図-10(a)に示すように回答の選択肢において本来正解となるべき選択肢を不正解としていた。この例では正解は選択肢の3番であるのに1番を正解としていた。
 - ・ 図-10(b)に示すように設問が紛らわしく、選択に困るような表現がみられた。この例では左の解説文を読むと、選択肢の1番、2番とも正解となってしまう。
 - ・ 解説文が分かり難い
- 以上、不備のあったそれぞれの箇所の修正を

行った。

次に、中学生で問題の注意係数があまり減らなかった理由として学習内容の不備だけではなく、学習が学習者にとって理解し難い順序で行われたことも考えられる。したがって、学習者が学習した項目をどのような順で理解したかを検証する必要が生じてきた。

そこで、先に得られたS-P曲線より学習者の理解の順序を明らかにするために5.(3)で説明するIRS分析⁸⁾を用いて検討した。

(3) IRS分析の概要と本研究への適用

IRS (Item Relational Structure Analysis) 分析とは、学習者の問題に対する理解の順序を取り出し、問題の関連構造を構成する技法である⁸⁾。S-P表は問題の得点一覧表をチャート法で表現しているのに対して、IRS分析ではIRSグラフというグラフ法で表現している。ここで、IRSグラフの説明をS-P表と対比しながら行う。図-11(a)のS-P表では問題1の正答者は必ず問題4を正答している。このとき、4→1と順序をつける。その一方、4の正答者は必ずしも2を正答していないので、2から4へは矢印“→”を結ばない。以下、同様の手順で順序関係を調べ、下から順に正答率の高い問題から並べると図-11(b)を得る。図-11(b)から、出題された問題は、問題1、問題2、問題3と問題1、問題4、問題5、問題6の2つに系列化され、それぞれの系列で学習者が矢印の順で理解したことがわかる。このようにIRS分析によって、学習者がより理解しやすいように、学習させる順番を変更することが可能である。

本研究では、表-2に示した学習者レベルごとの

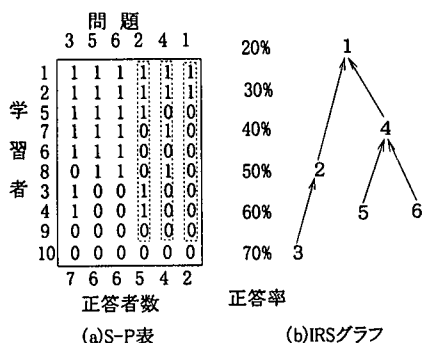


図-11 IRSグラフの作成方法

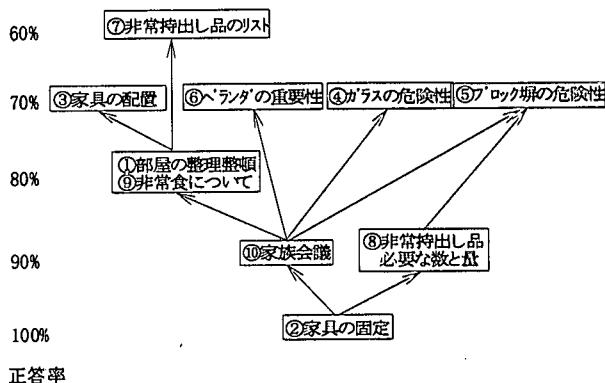


図-12 得られたIRSグラフの一例(地震への対策)

表-4 学習順序の変更

	学習順序
変更前	①→②→③→④→⑤→⑥→⑦→⑧→⑨→⑩
変更後	⑩→⑧→⑨→⑦→②→③→①→④→⑥→⑤

4つの学習項目それぞれについてIRSグラフを作成し、問題の出題順序、即ち学習順序を決定した。なお、オープニングクイズおよびエンディングクイズについては、学習者の知識レベルの変化を調べるための問題であるので、IRS分析は行わなかった。

図-12にIRSグラフ化した一例として中学生対象の地震への対策に関する学習項目について示す。

なお、図中の数字は学習画面中に設けられた問題の出題順である。これより、家具の固定や家族会議、必要な非常持出し品の数と量に関する学習項目についてはグラフの下の位置にあるので、最初に学習者の理解が得られたことがわかる。その一方、非常用持出し品リストが理解し難かったこともわかる。また、「家族会議」の項目から多くの矢印が出ていることから、「地震への対策」を学習する上で、単に家族会議の重要性のみを説くだけではなく、家族会議を通して様々な事前対策を説明するのが効果的であることがわかる。

そこで、これら得られた結果を踏まえ、以下に述べる点を考慮に入れて学習順の変更を行ったものを表-4に示す。

- ・学習順の大まかな流れとしては、全体として正答率が高かった家具の固定や配置など家庭内の対策についての学習を前半に行い、後半にガラスやブロック塀の危険性といった家庭周辺の対策の学習を行う。
- ・1番目にくる学習項目としては、先に述べた理由から家族会議から学習させるのが望ましいと考え、⑩とした。

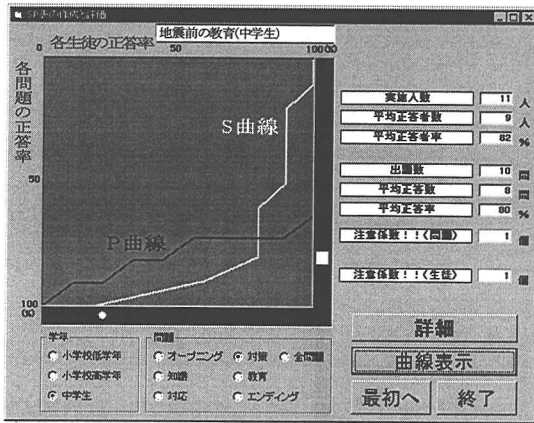
- ・家族会議を学習させた後は、非常用持出し品とそれに関連した非常食についての学習項目を正答率の高い順から並べた。(⑧→⑨→⑦)
 - ・家具の固定と配置についての学習項目を正答率の高い順に並べ、次いで部屋の整理整頓についての項目を入れた。(②→③→①)
 - ・家庭周辺の対策についてはガラスの危険性、ベランダの重要性、ブロック塀の危険性といったように屋内、屋外とも関係する項目から屋外のみに関係する項目の順に並べた。(④→⑥→⑤)
- 以上、カリキュラムの変更を行った後、再度小・中学生に対して学習ソフトの再評価を行った。

(4)再評価結果

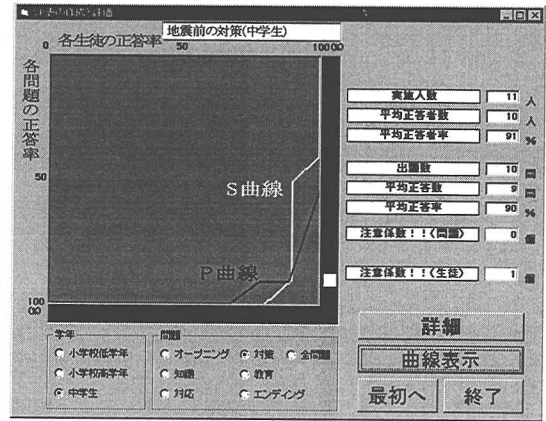
学習内容修正後の評価に際しては、最初の評価の被験者と異なる小学校低学年生10名、小学校高学年生10名、中学生11名の計31名に対して行った。

図-13に結果の一部として中学生対象の地震前の対策の学習項目のS-P曲線を示す。図-13(a)はIRSグラフによりクイズ問題の出題順を変える前の評価結果であり、図-13(b)は出題順を変更した後の結果である。図-13(a)ではS曲線の概形から、多くの生徒があまり学習内容を理解できずに学習を行ったことがわかる。さらに、S曲線とP曲線とのズレが大きいことから、生徒が学習の流れに沿って理解できていなかったこともわかる。その一方、図-13(b)ではS曲線、P曲線とも右下へ変移しており、両曲線のズレも少なくなっている。このことから、学習者の理解度が上がり、また学習の流れに沿って学習できたと考えられる。

次に、再評価より得られた中学生レベルでのオープニングおよびエンディングクイズの結果を図-14(a)、図-14(b)にそれぞれ示す。図-14(a)は先の評価とは被験者が異なることから図-9(a)に比

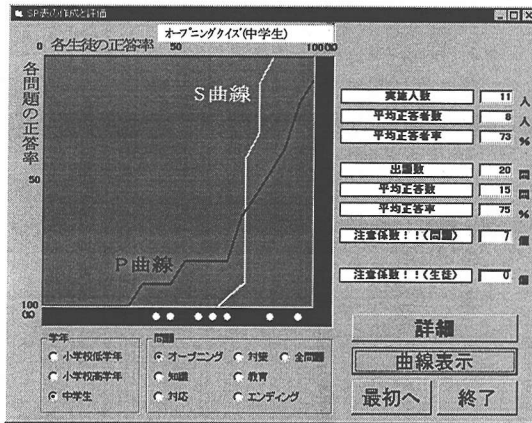


(a) 学習順序変更前

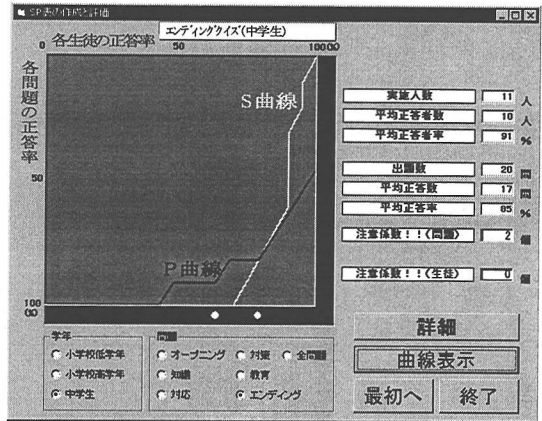


(b) 学習順序変更後

図-13 「地震前の対策」における学習評価



(a) オープニングクイズ



(b) エンディングクイズ

図-14 中学生の結果(再評価)

べると注意係数が少なくなっているが、やはり学習前であることから S 曲線と P 曲線の位置やズレからクイズを理解して解答していないことがわかる。一方、学習後の図-14 (b) では S-P 両曲線とも右下に変化しており、学習効果があったことがわかる。また、IRS 分析を行っていない図-9 (b) と比較すると図-14 (b) の S-P 両曲線の方が右下に位置し、さらに両曲線のずれが少なくなっていることがわかる。このことから、IRS 分析を行うことで、学習者がより理解しやすいカリキュラムの構成へ変更することができることがわかった。

以上の評価から、S-P 曲線と IRS 分析を用いることで地震防災に関して学習者の理解度を視覚的に捉え、その結果から地震防災を学習する上で適切なカリキュラムの構成と内容を検討することができる。

(5) ソフトに関するアンケート調査結果

被験者の学習終了後にソフトの操作性等に関してアンケート調査を行った。

図-15 にその結果を示す。なお、中学生に関しては最初の評価と再評価の結果を平均したものである。これより、多くの被験者がとても使いやすかったと回答していることがわかる。また、被験者の学年が高いほど使いにくいという回答が増している。これは、小学校低学年生でも容易に扱えるようにソフトの操作を単純にしまったため、かえって中学生には使いづらいものになったと考えられる。

次に、ソフトに対する被験者の意見や感想を自由回答の形式で尋ねた結果のうち多かったものを以下に列挙する。

① 同じような問題が繰り返し出題されるので、飽

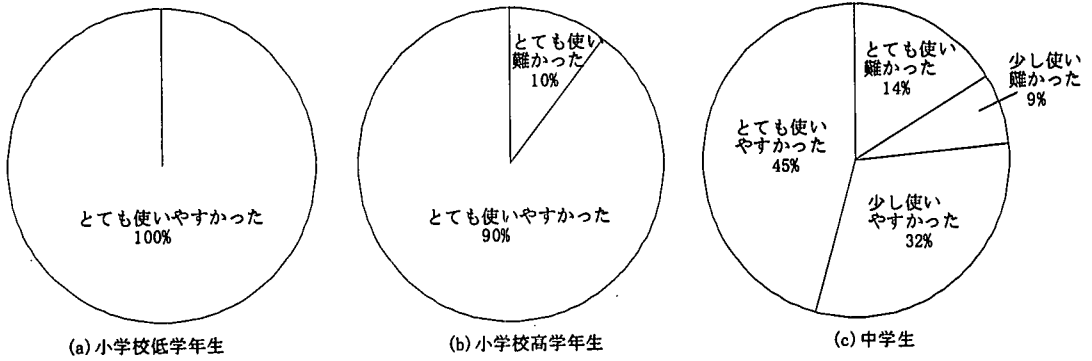


図-15 ソフトウェアの操作性について

きてしまう。

- ②もっと学習に緊迫感があってもよい。
- ③学習画面中の選択肢と解答ボタンを同じにすべきである。
- ④解説文中に読めない字が若干あった。

①については、今後評価方法も含め検討する必要がある。また、②に関しては、地震時の対応といった命に関わる内容など解説する際には単に写真やグラフィックを用いるだけでなく、動画や音声、地震体験者の体験談等を加えていく必要がある。最後に、③と④についてはバージョンアップする際に改良を行う予定である。

6. 結論

本研究は、パーソナルコンピュータを用いて学習効果や学習内容を評価するプログラムを組み込んだ地震防災教育ソフトウェアの開発を行い、それを小・中学生に使用してもらい、ソフトの評価を行ったものである。その結果、以下の知見を得ることができた。

- ・学習者の学習効果を定量的に把握することができる。
- ・学習内容の不備な点を見出すことができる。
- ・学習者にあった学習構成と内容を検討できる。

今後の課題としては、効果的な地震防災教育を行うために、学習者の地震防災に関する知識形成過程を考慮に入れたカリキュラムの作成や学習効果をより定量的に把握できる方法を導入する必要があることがわかった。

の評価に際し、山口県宇部市立東岐波小学校ならびに西岐波中学校の先生方、児童、生徒の皆様には貴重な時間を割いてご協力いただいた。そしてプログラム開発に関しては平成9年度修了生の瀬戸口啓治君ならびに平成9年度卒業生の井手端恵子さんの努力に負うところが大きい。この場を借りて各氏に深謝を表す次第である。

参考文献

- 1) Kouichi Takimoto, Fusanori Miura and Kazuo Sakao : Software for Earthquake Education of School Teachers Developed with a Personal Computer, Journal of Natural Disaster Science, Vol. 15, No. 1, pp. 29-38, 1993.
- 2) 藤田章弘, 瀧本浩一, 野田 茂, 三浦房紀 : 地震防災に関する学生の意識と学習効果, 土木学会 第49回 年次学術講演会, 1-B, pp. 1484 - 1485, 1994.
- 3) 佐藤 隆博 : S-P 表の作成と解釈 ～授業分析・学習診断のために～, 明治図書, p. 9, 1991.
- 4) 寺野寿郎 : システム工学入門 - あいまい問題への挑戦 -, 共立出版株式会社, pp. 62-63, 1985.
- 5) 半澤孝雄 : 実践システム開発の技法, オーム社, p. 40, 1989.
- 6) 消防庁予防課 : 年少者の防火教育プログラム, 年少者の防火教育推進方策検討報告書, p. 31, 1997.
- 7) 松本哲也他 : 問題駆動型 CAI における認知プロセスの記述, 電子情報通信学会 情報・システムソサエティ大会講演論文集, p. 266, 1995.
- 8) 竹谷 誠 : 新・テスト理論 ～教育情報の構造分析法, 早稲田大学出版部, pp. 152-157, 1991.

(1998. 7. 29 受付)

謝辞 : 本研究に際し、(財)東濃地震科学研究所の太田 裕氏には貴重なご意見を頂いた。また、ソフト

DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREPAREDNESS EDUCATION SOFTWARE FOR AN ELEMENTARY AND JUNIOR HIGH SCHOOL STUDENTS AND ITS EVALUATION

Kouichi TAKIMOTO and Fusanori MIURA

To evaluate the effectiveness of earthquake preparedness education visually, we improved software "Quake Busters" which we had developed before, by introducing S-P curves, Caution Index and Item Relational Structure Analysis (IRS). When users such as elementary and junior high school students answer quizzes which are given by improved "Quake Busters", the score to these quizzes are stored in the software and S-P curves are made automatically from the score. Furthermore we examined appropriate contents to be learned about earthquake preparedness by using IRS. We could judge improvement in understanding earthquake preparedness by comparing the shapes of S and P curves and Caution Index before and after the use of Quake Busters.