

修士論文

作成途中の解答に着目した  
短答式記述テストの  
支援システムに関する研究



平成21年度修了

三重大学大学院 工学研究科

博士前期課程 電気電子工学専攻

今井 拓真

# 目次

第1章	はじめに	1
第2章	短答式記述テストを用いた授業改善とその問題点	3
2.1	授業改善の手段	3
2.2	授業改善の支援システム	6
第3章	短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握するための支援方法	8
3.1	短答式記述テストの支援方法	8
3.2	提案法	11
第4章	提案システム	13
4.1	学習者側インターフェイス	15
4.2	教師側インターフェイス	16
第5章	実験	19
5.1	実験内容	19
5.2	実験結果	24
5.2.1	問1の実験結果	24
5.2.2	問2の実験結果	25
5.2.3	問3の実験結果	25
5.3	アンケート結果	26
5.3.1	提案法が解答の傾向の把握に与える影響	28
5.3.2	各方法の利点・欠点	29
5.4	考察	30
5.4.1	提案法の有効性の考察	30
5.4.2	提案法の負担の考察	32

5.5 今後の方針 .....	33
<b>第6章 まとめ</b>	<b>38</b>
<b>謝辞</b>	<b>39</b>
<b>参考文献</b>	<b>40</b>
<b>発表論文</b>	<b>41</b>

# 第1章 はじめに

授業において、学習者の学習状態を把握することは、教師にとって重要である。ここで学習状態とは、思考・理解や関心・意欲などの状態を指し、教師は学習状態を読み取って、次の手だて（対応行動）を考える [1]。つまり、学習者の学習状態を把握することで、教師は学習状態に応じて、授業ペースや難易度を調整したり、学習者の理解が不足している箇所についての補足説明をしたりするなどの改善を行うことができる。本論文ではこれを授業改善と呼ぶ。

学習者の学習状態を把握する一手段としてテストが挙げられる。テストを実施することにより教師は、学習者の学習状態、特に学習者が授業の内容をどれくらい理解しているか、すなわち理解度を把握することができる。具体的には、どのような内容の解答がどれくらいあるか、すなわち学習者の解答の傾向をもとに、教師は学習者の理解度を推測する。そして学習者の理解度に応じて授業改善を行う。このような授業改善を目的としたテストのことを形成的テストと呼ぶ。授業改善は素早く行うのが望ましいため、教師は、学習者の解答の傾向を速やかに把握する必要がある。そこで本論文では、形成的テストにおいて学習者の解答の傾向を速やかに把握することができるように、コンピュータシステムを用いて教師を支援することを試みる。

テストにはさまざまな形式があるが、本論文では短答式記述テストに着目する。短答式記述テストとは、学習者の解答が1~2文程度の記述式テストで、多肢選択式テストの代わりに用いられることがあるテストである [2]。短答式記述テストが多肢選択式テストの代わりに用いられる理由は、短答式記述テストの方が学習者の解答の信頼性が高いからである。具体的には、多肢選択式テストの場合、学習者が当て推量で正答できる可能性があるのに対し、短答式記述テストの場合は、学習者が自身の文章で答えなければならないため、当て推量で正答することが困難であるためである。また、短答式記述テストの方が問題を作成する手間がかから

ないという理由もある。多肢選択式テストの場合、学習者が当て推量で正答することができないようにするには、教師が精巧に選択肢を作る必要があり、どのような選択肢を作るかを考える手間がかかる。それに対して短答式記述テストの場合、教師は問題文のみを作成すればよく、多肢選択式テストよりも問題の作成に手間がかからない。その分、授業中にテストを実施したいと思ったときに、柔軟に実施できると考えられる。しかし、短答式記述テストの場合、教師が学習者の解答の傾向を把握するのに時間がかかる。その結果、授業改善を素早く行うことができない。そこで本論文では、短答式記述テストにおいて学習者の解答の傾向を速やかに把握できるように、コンピュータシステムを用いて教師を支援することを目的とする。

本論文では、学習者が提出した解答だけでなく、作成途中の解答も教師に提供することを提案する。提案法によって教師は、学習者が解答を作成している間に、解答の傾向を把握し始めることができる。その結果、解答の傾向の把握が早まる。しかし、作成途中の解答を提供することによって情報量が多くなり、教師の負担が増加する恐れがある。本論文では、提案法をシステムに実装し、評価実験を行うことで提案法の利点・欠点を探り、今後の支援の方向性について検討する。

本論文の構成を以下に示す。2章では短答式記述テストを用いた授業改善とその問題点を述べる。3章では短答式記述解答の傾向を速やかに把握するための支援方法について提案し、4章で提案法に基づいて構築したシステムについて述べる。5章では実験を通じて提案法を評価し、最後に6章で本論文をまとめる。

## 第2章 短答式記述テストを用いた授業改善とその問題点

本章では、短答式記述テストを用いた授業改善とその問題点について述べる。2.1節では、授業改善の手段について述べる。2.2節では、授業改善を支援するためのシステムについて述べる。

### 2.1 授業改善の手段

授業において、学習者の学習状態を把握することは、教師にとって重要である。ここで学習状態とは、思考・理解や関心・意欲などの状態を指し、教師は学習状態を読み取って、次の手だてを考える [1]。つまり、教師が学習者の学習状態を把握することで、学習状態に応じて授業改善を行うことができる。ここで授業改善とは、授業ペースや授業難易度の調整、学習者の理解が不足している箇所に対する補足説明などのフィードバックのことを指す。教師がこのような授業改善を行うことで、学習者の理解度を向上させることができる。

学習者が100人にもおよぶような多人数の授業は、教師が学習者一人一人に対応することができないため、教師から学習者への一方向授業になりがちである。その結果、教師は授業改善を行うことができず、学習者の理解度が低いまま授業が進むといった問題が生じる。このような多人数の授業において授業改善を行うためには、学習者全体の学習状態を教師は把握する必要がある。学習者全体の学習状態を把握するための方法として代表的なものに、授業評価アンケートやテストが挙げられる。これらの方法は、学習者全員がアンケートやテストに答えるため、学習者全体の学習状態を把握することができる。本論文では、学習者全体の学習状態を把握する手段としてテストに着目する。その理由は、テストを実施することにより、学習者全体に対して適切な授業改善を教師は行うことができるからで

ある。具体的には、学習者に課題を解かせることにより教師は、学習者全体の学習状態、特に理解度を、解答を通して具体的に把握できる。これにより教師は、学習者の理解が不足している箇所に対する補足説明などの授業改善を適切に行うことができる。その結果、学習者の理解の誤りを修正させることができ、理解度が向上する。このような授業改善を目的としたテストのことを、形成的テストと呼ぶ。文献 [2] によると、形成的テストとは、次のように定義される。

教育現場で学習者、教師の日々の改善のために行われるテストで、授業で配布される演習問題プリントなどをさす。テスト結果より教師は個々の学習者の知識状態を確認したり、授業ペースや授業難易度の適切性の確認を行い、問題があれば学習者自身への指導、および授業方法の改善を行う日常的に継続して行われるべきテストである。

テストにはさまざまな形式がある。代表的な形式として、多肢選択式テスト、記述式テストが挙げられる。多肢選択式テストとは、図 2.1 のように、問題に対する複数の選択肢のうちどれが正解であるかを、学習者が選択する形式のテストである。記述式テストとは、図 2.2 のように、問題に対して学習者が自由記述で解答する形式のテストである。記述式テストの中でも、学習者の解答が 1~2 文程度であるテストのことを短答式記述テストと呼ぶ。短答式記述テストは、多肢選択式テストの代わりに用いられることがある。その最大の理由は、短答式記述テストの方が解答の正誤の信頼性が高いからである。具体的には、多肢選択式テストの場合、学習者が当て推量で正答できる可能性があるのに対し、短答式記述テストの場合は、学習者が自身の文章で答えなければならないため、当て推量で正答することが困難であるためである。また、短答式記述テストの方が問題を作成する手間がかからないという理由もある。多肢選択式テストの場合、学習者が当て推量で正答することができないようにするには、教師が精巧に選択肢を作る必要があり、どのような選択肢を作るかを考える手間がかかる。それに対して短答式記述テストの場合、教師は問題文のみを作成すればよく、多肢選択式テストよりも問題の作成に手間がかからない。その分、授業中に柔軟に実施できると考えられる。本論文では、形成的テストの形式として短答式記述テストに着目する。

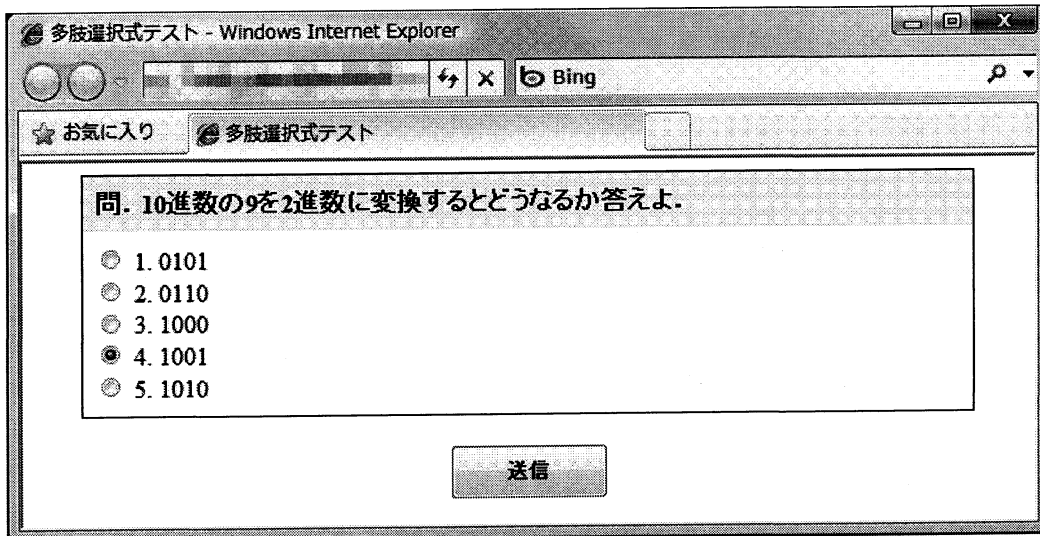


図 2.1: 多肢選択式テストの例

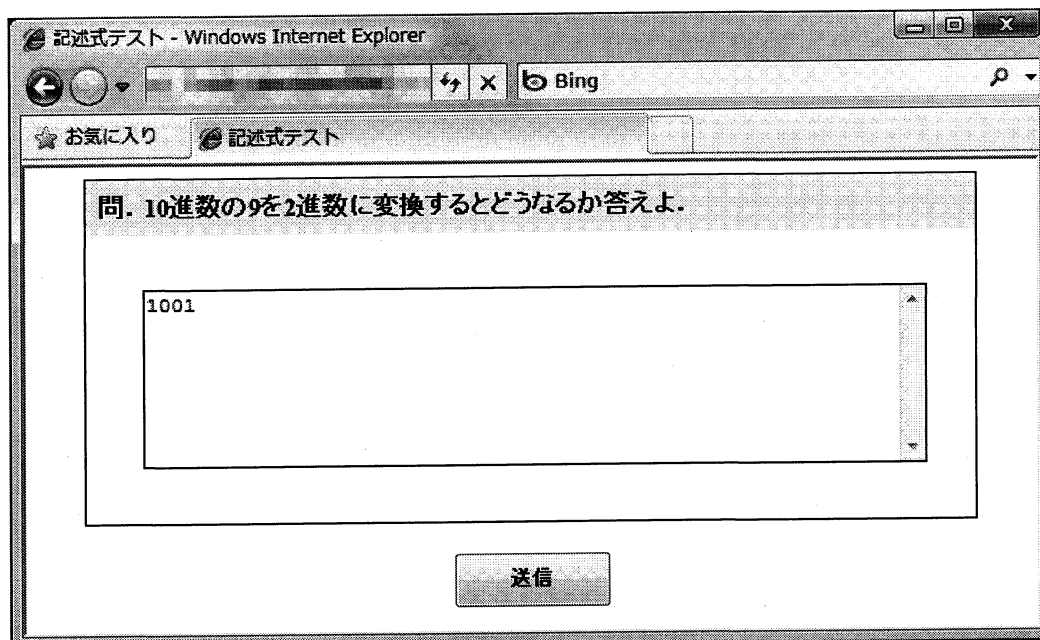


図 2.2: 記述式テストの例



## 2.2 授業改善の支援システム

学習者全体の学習状態を把握するための方法としては、授業評価アンケートやテストが代表的である。一般にこれらの方法は、アンケート用紙やテスト用紙を配布し、実施したあとにそれを回収し、集計・分析を行い、その結果をもとに学習状態を把握し、授業改善を行う。この一連の作業には非常に手間がかかる。その結果、授業改善が遅れる。学習者に対する教師からの素早いフィードバックは重要である [3] ため、これは問題である。この問題に対して、コンピュータシステムを用いた支援が数多くなされている [4-9]。コンピュータシステムを用いることで、用紙の配布・回収の手間を省くことができる。また、場合によっては、集計・分析をシステムによって自動で行うことができるため、アンケートやテストの結果を教師に速やかに提供することができる。その結果、教師は学習者全体の学習状態を速やかに把握でき、授業改善を素早く行うことができる。

例えば、授業評価アンケートを支援するシステムが開発されている [4,5]。一般に授業評価アンケートは、授業がすべて終了した学期末に実施される。教師はアンケートの結果を、次学期の授業を改善するために用いる。そのため、アンケートに答えた学習者に対する授業改善には役に立たないといった問題が指摘されている。この問題に対して文献 [4] のシステムでは、教師は毎回の授業で授業評価を行い、評価結果をすぐに集計することができるため、評価結果を次回の授業に利用することができる。文献 [5] のシステムは、授業時間内に授業評価アンケートを実施し、随時、評価結果を集計・確認を可能にすることを目的としており、システムの評価については今後の課題としている。これらのシステムは授業評価アンケートを対象としている。授業評価アンケートは主に選択式で行われる。筆者らが着目する短答式記述テストは記述式であるため、これらの手法を用いることはできない。

また、レスポンスアナライザと呼ばれる装置を用いたシステムが開発されている [6,7]。レスポンスアナライザとは、教師の質問に対して、学習者がどの選択肢を選択したかをリアルタイムで集計・分析することができるものである [6]。文献 [7] のシステムでは、学習者がクリッカーと呼ばれる装置を用いて授業中に理解度を送信するため、教師は学習者が授業のどのポイントを理解できたかそうでないか

をリアルタイムで把握することができる。これらの手法も学習者の回答方式は選択式である。そのため、システムは学習者からの情報を処理しやすいが、短答式記述テストには適用できない。

テストを対象としているシステムとしては、文献 [8] のシステムがある。文献 [8] のシステムでは、学習者が携帯電話を用いてテストに解答し、システムが学習者の解答を自動採点することにより、教師が学習者の理解度を即座に把握できる。この手法も対象としている形式が、選択式や、解答が一言程度の簡単な記述式であるため、筆者らの目的を達成するためには適用できない。

その他にも、学習者の学習状態を速やかに把握する試みがなされている [9-11]。文献 [9] のシステムでは、教師は、授業中の学習者が閲覧した Web 履歴や検索履歴から、学習者の Web を用いた学習活動をリアルタイムで把握することができる。しかし、学習者全体へ適用するのは難しいといった課題が残っている。文献 [10] のシステムは、端末教室において学習者の端末の画面を小さく並べたものを教師の端末の画面に表示するため、教師は学習者全体の端末の画面を監視しながら授業を進めることができる。文献 [11] のシステムは、ATN Transmitter と呼ばれる装置により、学習者がノートやプリントにデジタルペンで記述した筆記情報を取得し、これを並べたものを教師に提供する。学習者全員の筆記情報が並べられた画面を見ることができ、教師は学習者の進捗状況を把握しながら授業を進めることができる。テストであれば、学習者の解答状況を把握しながら授業を進めることができる。しかし、教師側の閲覧インターフェイスの一覧性や利便性について工夫する必要があるとしている。これらのシステムにより、さまざまな観点から学習者の学習状態を速やかに教師は把握することができる。しかし学習者の学習状態を速やかに把握するという観点からは、短答式記述テストを対象とした支援はほとんどなされていない。

そこで本論文では、短答式記述テストを対象に、学習者の理解度を速やかに把握できるようにコンピュータシステムを用いて教師を支援する。

# 第3章 短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握するための支援方法

本章では，短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握するための支援方法について議論する．3.1節では，短答式記述テストの支援について述べる．3.2節では，短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握するための方法を提案する．

## 3.1 短答式記述テストの支援方法

形成的テストを用いた授業改善の流れを以下に示す（図3.1）．

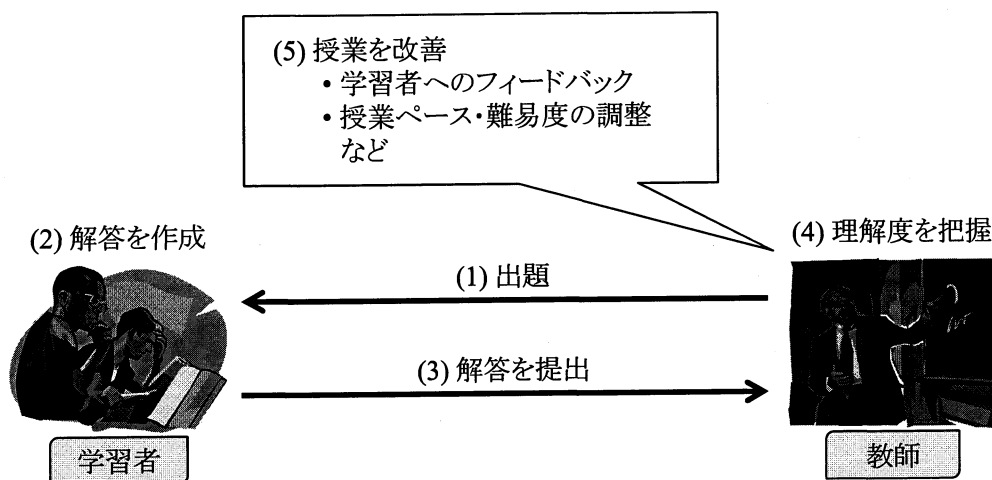


図 3.1: 形成的テストにおける授業改善の流れ

- (1) 教師は、学習者に対して出題する。
- (2) 学習者は、出題に対する解答を作成する。
- (3) 学習者は、作成した解答を教師に提出する。
- (4) 教師は、どれくらいの学習者がどのような解答をしているか、すなわち解答の傾向を把握し、それをもとに学習者の理解度を把握する。
- (5) 教師は、学習者の理解度をもとに授業を改善する。

形成的テストにおいて教師は、学習者の解答の傾向をもとに、学習者の理解度を把握する。しかし、短答式記述テストを用いる場合、教師が解答を読む必要があるため、解答の傾向を把握するには時間がかかる。その結果、学習者の理解度を速やかに把握できない。そこで本論文では、短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握できるように、コンピュータシステムを用いて教師を支援する。具体的には、図 3.2 のように教師と学習者の間にシステムを設置することで支援を行う。

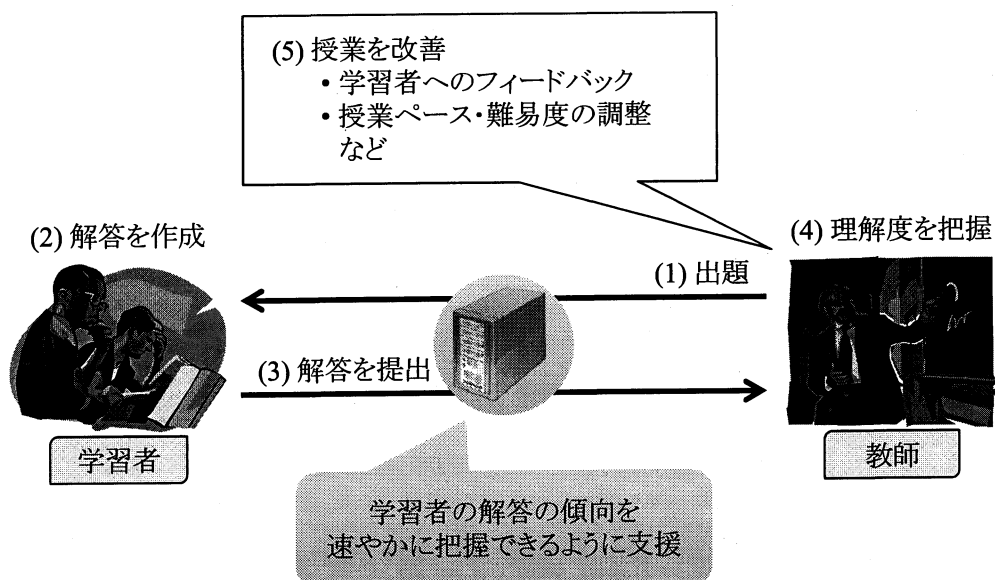


図 3.2: 目的とする支援システム

テストを支援するためのシステムについてさまざまな研究が行われているが、学習者の解答の傾向を速やかに把握することができる支援システムのほとんどが、多肢選択式テストを対象としている [6,8]. 記述式解答を対象としたシステムとしては、小論文の自動採点システム [12] やレポートの採点支援システム [13] などがある。これらのシステムは、採点の誤差を排除したり、人が採点する際の負担を軽減したりすることを目的としていることや、対象としている解答文の長さが数百文字にわたるなど、短答式記述テストの解答の傾向を速やかに把握するという筆者らの目的とは異なるため適用が難しい。このように、短答式記述テストにおいては、学習者の解答の傾向を速やかに把握するための支援は不十分である。

短答式記述テストの支援が不十分な理由は、短答式記述テストの解答をコンピュータで常に適切に分析することが困難なためであると考えられる。例えば記述式解答をコンピュータで分類するためには、各解答に出現する単語の頻度などを特徴として抽出し、各解答の特徴を比較することで類似度を測る手法がしばしば用いられる。しかし、短答式記述テストの解答は1~2文程度であるため、解答中に出現する単語の頻度にあまり差がなく、特徴に違いが出にくいことが多い。このような理由から、短答式記述テストの解答をコンピュータにより常に適切に分析することは難しい。

そのため本論文では、解答の傾向を把握するための情報として、解答の分析結果を用いずに支援を行う。具体的には、解答の内容を予測するための情報を速やかに教師に提供することで支援を行う。これは、教師は学習者の解答の内容を少ない手がかりから予測できると考えたためである。同じ授業を何年間も担当しているような熟練した教師は、過去の学習者の解答の内容を知っている。これは、学習者がどのような解答を記述する傾向にあるのかを知っていることを意味する。そのため、解答中の何らかの記述をもとに、解答の内容を早期に予測できる。熟練した教師に対して、解答の内容を予測するための情報を速やかに提供すれば、予測が速やかに働く。その結果、解答の傾向を速やかに把握できると考える。

## 3.2 提案法

本論文では、解答の内容を予測するための情報として、解答をそのままの形で教師に提供する。これは、熟練した教師に対しては、解答をそのまま提供した方が良いと考えたためである。その最大の理由は、解答に何らかの加工を施すなどして情報量を削減すると、教師が解答の内容を予測するための記述が失われるためである。解答をそのまま提供することによって、教師の負担が大きくなる可能性が考えられるが、予測が働かなくなる恐れをなくすためにあえてこの方法をとる。また今後の展望として、学習者が記述した解答のみを扱うため、教師が欲する予測のための記述が明らかになった場合に、その記述を強調するなどの改良を行いやすいといった理由もある。

本論文では以上をふまえて、学習者が提出した解答だけでなく、作成途中の解答も教師に提供することを提案する。一般に教師は、学習者の解答が集まった時点で解答を読み始める。言い換えれば、学習者が解答を作成・提出するまで、教師は解答を読むことができず、手が空いている。これに対して提案法では、学習者の作成途中の解答も提供するため、学習者が解答を提出する前から解答を読み始めることができる。さらに熟練した教師であれば、作成途中の解答からその内容を予測することができる。その結果、解答の傾向を速やかに把握することができる。また、解答をそのまま提供することで情報量が多くなり、教師の負担が増加する恐れがあるため、解答を提供する頻度を数秒ごとにすることで負担を軽減しようとする。

提案法による解答内容の予測例を図 3.3 に示す。この例は、「狭義のコンパイラについて説明せよ。」という問に対する、ある学習者の解答の時間変化を示している。この問に対する正解例は、「狭義のコンパイラは、高級言語で書かれたプログラムをアセンブリ言語で書かれたプログラムに変換するプログラムである。」である。図 3.3 中の学習者の解答を見ると、ある時点で「狭義のコンパイラは、高級言語で書かれたプログラムを機械語」と入力している。この時点で教師は、この学習者の解答が「機械語で書かれたプログラムに変換する」という内容の誤りであることを予測できる。このように、従来であれば学習者が提出するまで知ることができない解答の内容を、提案法によって早い時点で予測することができる。

**問:** 狭義のコンパイラについて説明せよ.

**正解例:** 狭義のコンパイラは, 高級言語で書かれたプログラムをアセンブリ言語で書かれたプログラムに変換するプログラムである.

**学習者の解答:**

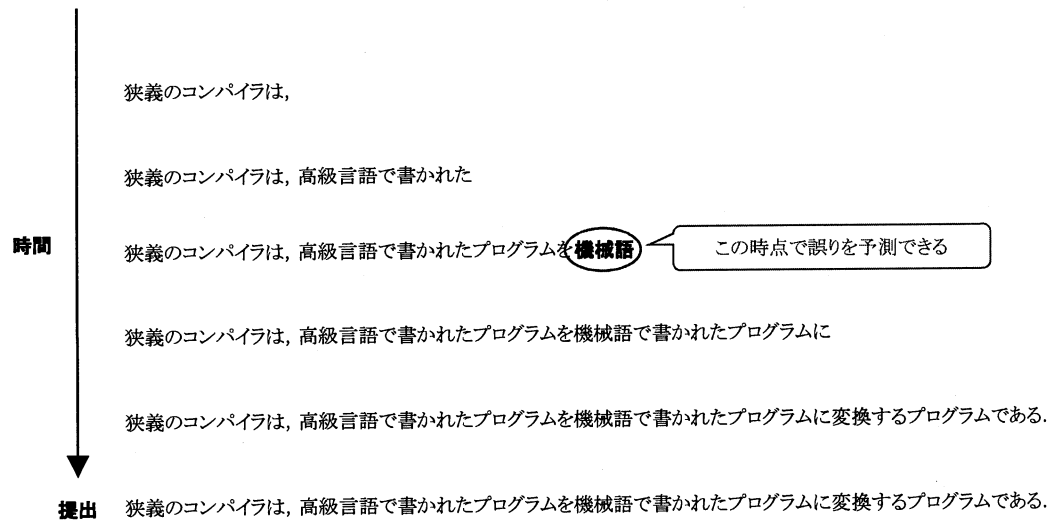


図 3.3: 解答の時間変化の例

## 第4章 提案システム

提案法に基づいて構築するシステム（提案システム）を用いたテストの流れを以下に示す（図4.1）。

- (1) 教師は，学習者に対して出題する。
- (2-1) 学習者は，出題に対する解答を作成する。
- (2-2) 学習者側インターフェイスが，学習者の解答を数秒ごとに自動送信する。
- (2-3) 教師側インターフェイスが，学習者の解答を数秒ごとに教師に提供し，教師は学習者の解答の傾向を把握する。
- (3) 教師は，把握した学習者の解答の傾向をもとに，学習者の理解度を把握する。
- (4) 教師は，学習者の理解度をもとに授業を改善する。

本論文で構築するシステムは，ウェブアプリケーションシステムとする。これにより，インターネットに接続できる環境であれば，ウェブブラウザを用いてどこからでも使用することができる。また，Ajax技術を用いることで各インターフェイスとサーバの非同期通信を実現する。これにより，学習者の解答を自動でやりとりすることができる。本章では各インターフェイスの実装について述べる。4.1節では，提案システムが学習者に提供するインターフェイスについて述べる。4.2節では，提案システムが教師に提供するインターフェイスについて述べる。



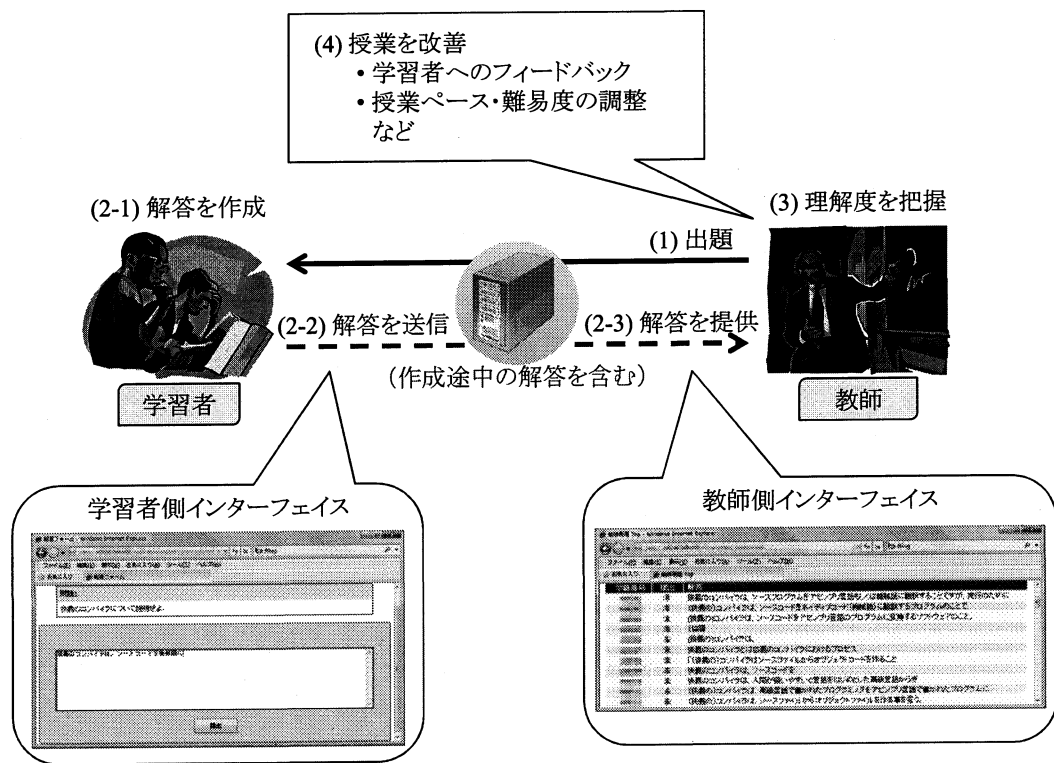


図 4.1: 提案システムを用いたテストの流れ

## 4.1 学習者側インターフェイス

本節では、提案システムが学習者に提供するインターフェイスについて述べる。本システムは学習者に対して、図 4.2 のように解答を作成・提出するためのインターフェイスを提供する。学習者側インターフェイスは、解答を入力するためのテキストエリアと、解答を提出するためのボタンからなる。学習者は解答を入力し、完成した後にボタンを押して提出する。つまり、学習者にとっては一般のシステムの操作と変わりはない。一般のシステムと異なる点は、学習者側インターフェイスがテキストエリア内の文章を、自動送信する点である。本システムは、Ajax 技術を用いることで、解答の自動送信機能を実現している。これにより、サーバは学習者が入力している解答を取得することができる。なお、解答の自動送信の間隔は、サーバの負荷を考え 5 秒ごととしている。

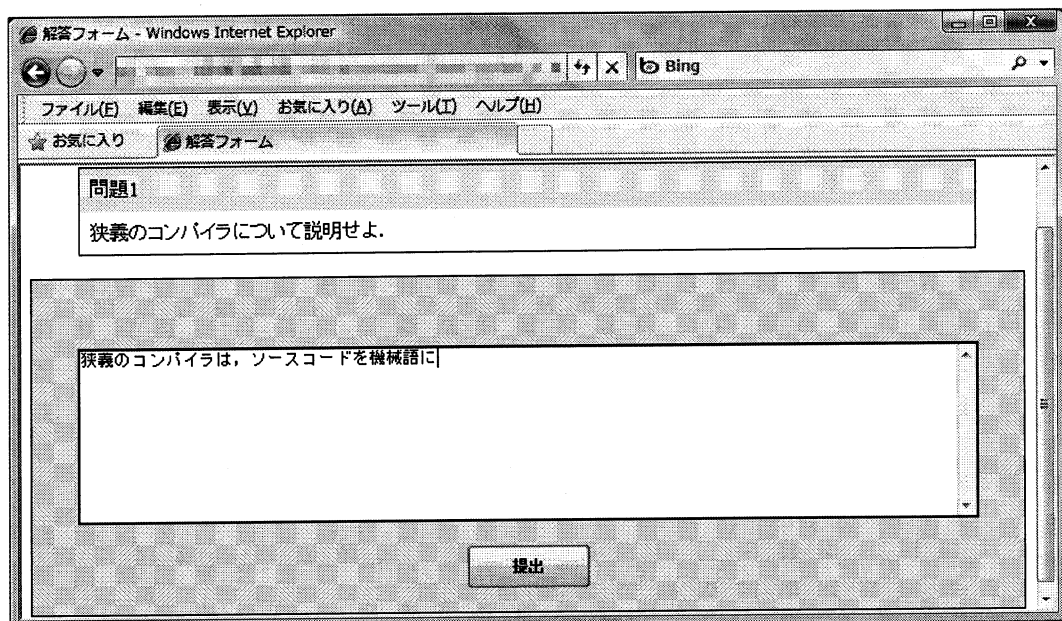
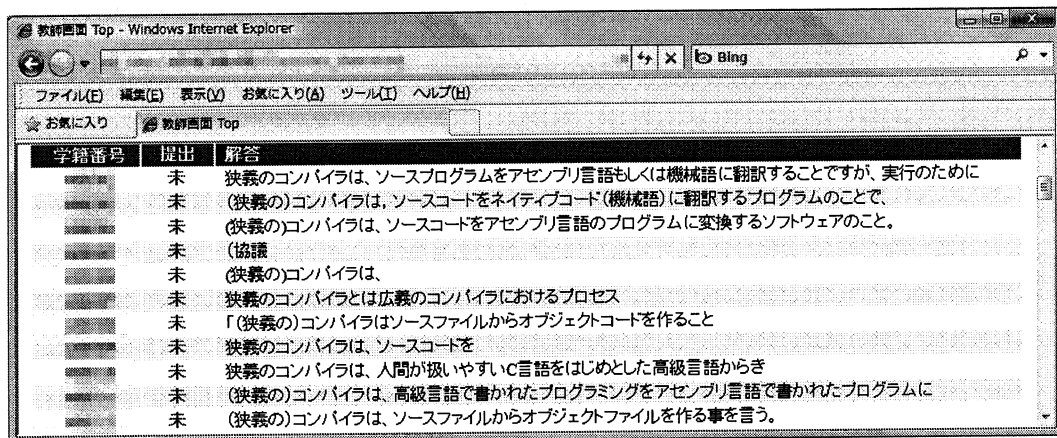


図 4.2: 学習者側インターフェイス

## 4.2 教師側インターフェイス

本節では、提案システムが教師に提供するインターフェイスについて述べる。本システムは教師に対して、図 4.3 のように、学習者の解答を閲覧するためのインターフェイスを提供する。教師側インターフェイスは、学習者全員の解答を表形式にしたものからなる。表の各列は左からそれぞれ、学籍番号・解答の提出状況(未または済)・解答を表す。教師側インターフェイスは Ajax 技術によって、学習者の解答を自動更新する。これによって教師は、学習者が提出した解答だけでなく、作成途中の解答も読むことができる。なお、自動更新の間隔は 5 秒ごととした。これは、自動更新の頻度が高すぎると、画面のさまざまな箇所での表示の変化が頻繁に起こり、教師が表示の変化に追従できなくなる恐れがあるためである。



学籍番号	提出	解答
■■■■■	未	狭義のコンパイラは、ソースプログラムをアセンブリ言語もしくは機械語に翻訳することですが、実行のために
■■■■■	未	(狭義の)コンパイラは、ソースコードをネイティブコード(機械語)に翻訳するプログラムのことで、
■■■■■	未	(狭義の)コンパイラは、ソースコードをアセンブリ言語のプログラムに変換するソフトウェアのこと。
■■■■■	未	(協議
■■■■■	未	(狭義の)コンパイラは、
■■■■■	未	狭義のコンパイラとは広義のコンパイラにおけるプロセス
■■■■■	未	「(狭義の)コンパイラはソースファイルからオブジェクトコードを作成すること
■■■■■	未	狭義のコンパイラは、ソースコードを
■■■■■	未	狭義のコンパイラは、人間が扱いやすいC言語をはじめとした高級言語からき
■■■■■	未	(狭義の)コンパイラは、高級言語で書かれたプログラミングをアセンブリ言語で書かれたプログラムに
■■■■■	未	(狭義の)コンパイラは、ソースファイルからオブジェクトファイルを作る事を言う。

図 4.3: 教師側インターフェイス

提案システムの動作例を図 4.4 に示す。これは、「狭義のコンパイラについて説明せよ」という問題に対する動作例である。この問題に対する正解例は、「狭義のコンパイラは、高級言語で書かれたプログラムを、アセンブリ言語で書かれたプログラムに変換するプログラムである。」である。図 4.4 を見ると、テスト開始直後は学習者が解答を入力していないため、解答は表示されていない。その後、学習者が解答を入力し始める。数秒後、教師側インターフェイスが画面を自動更新し、

画面にはその時点の学習者の解答が表示される。このように画面が自動更新されるため、任意の時点で教師は学習者の解答を読むことができる。上から三番目の学習者の解答に着目すると、三つ目の画面の時点では解答は未提出であるが、この時点までは正解に沿った解答を作成していることがわかる。このように提案法によって、解答が提出されていないにもかかわらず、教師は解答の内容を把握することができる。その結果、早い時点で多くの解答の内容を把握できるため、解答の傾向を速やかに把握できると考える。

**問題**

狭義のコンパイラについて説明せよ。

**正解例**

狭義のコンパイラは、高級言語で書かれたプログラムをアセンブリ言語で書かれたプログラムに変換するプログラムである。

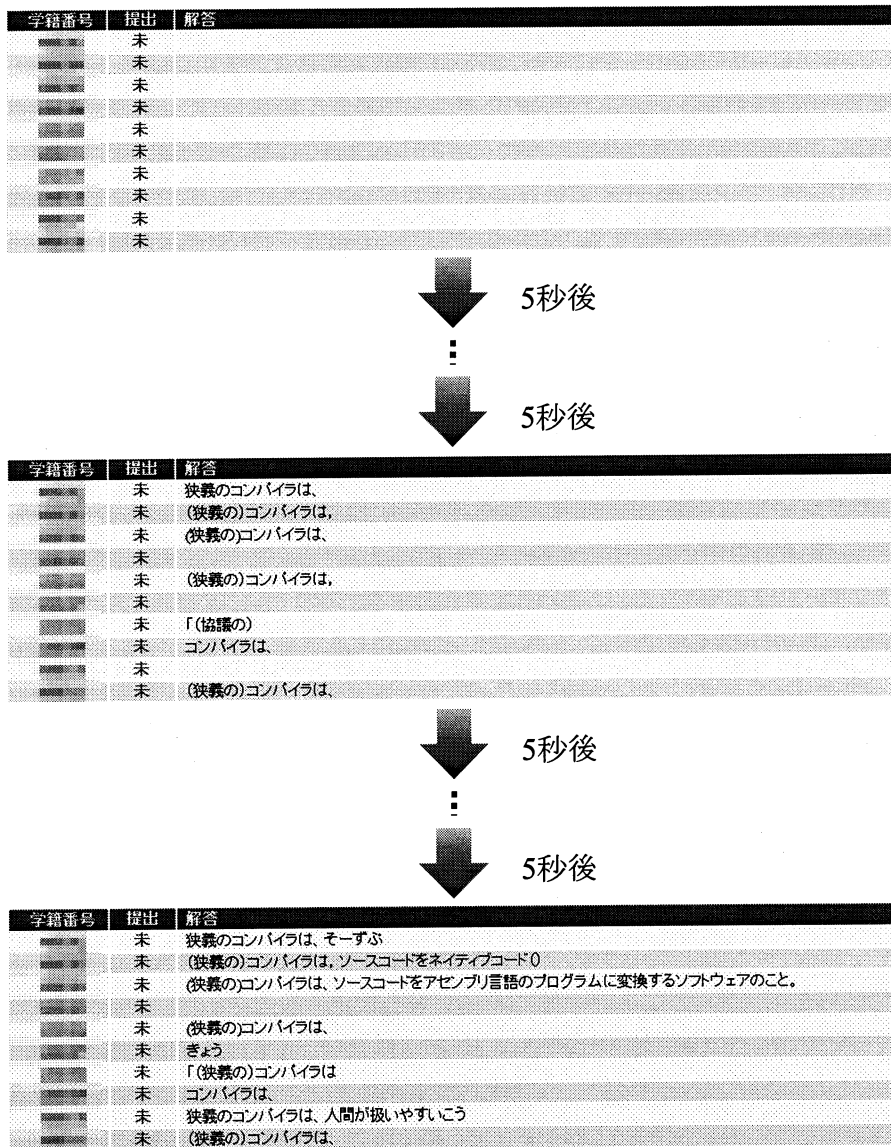


図 4.4: 提案システムの動作例

## 第5章 実験

本章では、提案法によって解答の傾向を速やかに把握できるかどうかを実験によって調べる。本実験は、システムの評価実験と、システムに関するアンケートからなる。5.1節では、実験の内容について述べる。5.2節では、評価実験の結果について述べる。5.3節では、アンケートの結果について述べる。5.4節では、評価実験の結果とアンケートの結果をもとに、提案法の利点・欠点について考察する。5.5節では、考察をもとに今後、提案システムをどのように改良するかについて検討する。

### 5.1 実験内容

本節では、提案法の評価実験の手順について述べる。本実験の目的は、提案法によって解答の傾向を速やかに把握できるかどうかを調べることである。本実験では、被験者は熟練した教師役、つまり例年の解答の傾向を知っている教師役となる。そして、今年の解答の傾向が、例年の解答の傾向を基準にどのように変化したかを把握する。また、実験後にアンケートを実施する。そして、解答の傾向を把握するまでの時間・把握の正確さ・アンケート結果をもとに、提案法の有効性を検証する。本実験の手順を以下に示す。

- (1) 教師役の被験者に対して、出題内容・正解例・被験者に対する質問事項を提示する。被験者はそれを熟読する。ここで質問事項とは、学習者の解答がどのような傾向にあるかについての質問を指す。なお、被験者は実際の教師ではないため、解答の傾向として、ある内容の解答が、ある個数を基準に「少ない」・「同程度」・「多い」という三択で質問する。
- (2) 被験者に対して、従来法・提案法のいずれかの方法で学習者の解答を提供する。ここで、従来法・提案法とは次に示す方法である。

**従来法** 学習者が提出した解答のみを随時提供する方法。

**提案法** 従来法に加え，作成途中の解答も随時提供する方法。

- (3) 被験者は提供された解答の傾向を把握する。このとき，質問事項に対する回答を把握したと判断した時点で回答を申告する。
- (4) 10分経過するか，被験者が終了を申告した時点で終了する。
- (5) (1)，(2)を問1～3の計3問に対して行う。
- (6) アンケートに答える。

被験者は三重大大学の学部4年生および博士前期課程学生，特に計算機を日常的に扱う研究室から計12名を選んだ。また，用いた解答は，2008年度後期に三重大学工学部電気電子工学科で開講された「計算機基礎II及び演習」において実施したテストの解答3問分である。実験は被験者6名を1セットとし，2セット分を行った。なお，解答の提供方法は表5.1のようにした。表5.1は各被験者が，各問をどの順序・どの手法で実験するのかを示したものである。これは，問1～3の実施順による交互作用を打ち消すために，各問における実施順と解答の提供方法の組み合わせが被験者によって異なるように調整した。

表 5.1: 実験の組み合わせ

問	被験者					
	a	b	c	d	e	f
1	1(P)	1(C)	3(C)	3(P)	2(P)	2(C)
2	2(C)	2(P)	1(P)	1(C)	3(P)	3(C)
3	3(P)	3(C)	2(P)	2(C)	1(C)	1(P)

※ 数字は実施順，()内は解答の提供方法を表す。  
P：提案法 C：従来法

手順(1)で使用した出題内容・正解例・被験者に対する質問事項のセットを，問1～3の各問について以下に示す．また，各問に対する解答の提出数の時間変化を図5.1に示す．

## 問1

### 出題内容

狭義のコンパイラについて，50～70文字で説明せよ．「(狭義の)コンパイラは，」で文章を始めること．

### 正解例

狭義のコンパイラは，高級言語で書かれたプログラムを，アセンブリ言語で書かれたプログラムに変換するプログラムである．

### 質問事項

「～を機械語に変換(翻訳)する」または「～をコンピュータが実行できる形式に変換(翻訳)する」ということを答えている解答が4分の1(20個)を基準にどれくらいあるか(三択)．

- (1) とても少ない(10個以下)
- (2) 20個程度
- (3) とても多い(30個以上)

なお，質問事項に該当する解答数は22個であるため，正解は「(2) 20個程度」である．



## 問2

### 出題内容

デバッガについて説明せよ。

- 文字数： 60字～160字で
- 制限： 解答の途中で「改行」しないでください。ひとつに連なった文字列として解答してください。
- 文頭： 「デバッガは、」で文章をはじめること
- 指定用語： 「ステップ」「ソースコード」「ツール」「バグ」
- 禁止用語： 「IDE」「統合開発環境」「ブレーク」

### 正解例

デバッガは、ソースコードに含まれるバグの発見や修正を支援するツールである。デバッガには、ソースコードを一段階ずつ実行することができるステップ実行機能などがある。

### 質問事項

「ステップ実行＝（ソースコード・命令・プログラムなどを）一段階ずつ実行する」ということを答えられている解答が4分の1（20個）を基準にどれくらいあるか（三択）。

- (1) とても少ない（10個以下）
- (2) 20個程度
- (3) とても多い（30個以上）

なお、質問事項に該当する解答数は8個であるため、正解は「(1) とても少ない」である。

### 問3

#### 出題内容

Webを用いた情報収集において気をつけるべきことのうち、自分が実践していることをひとつのみ記せ. 具体的に書くこと. 詳細に書くこと.

#### 質問事項

「複数のサイトで情報収集する」や「多くの情報を集める」といった「複数の情報源を利用する」ということに関する解答が半数（40個）を基準にどれくらいあるか（三択）.

- (1) とても少ない（30個以下）
- (2) 40個程度
- (3) とても多い（50個以上）

なお、質問事項に該当する解答数は63個であるため、正解は「(3) とても多い」である.

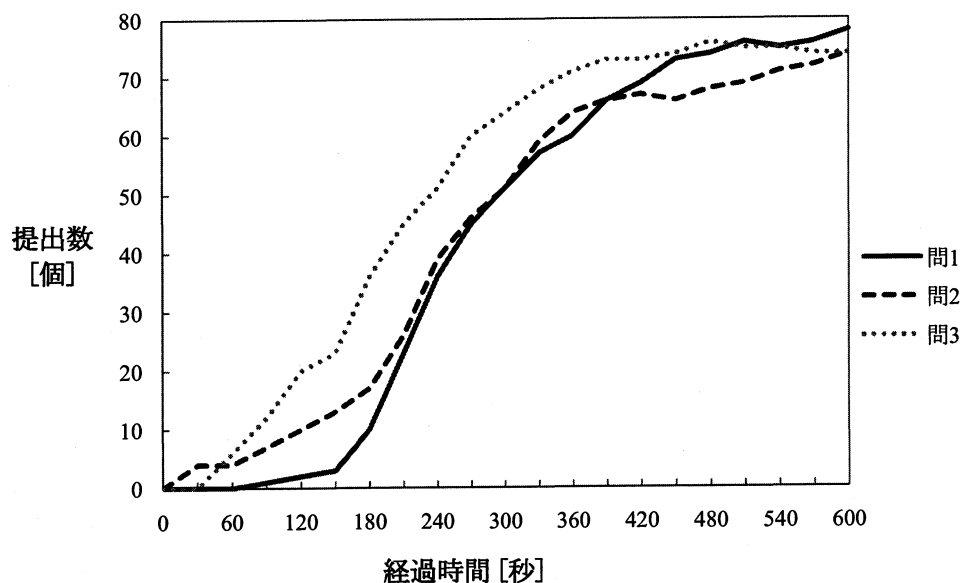


図 5.1: 解答の提出数の時間変化

## 5.2 実験結果

本節では実験結果を示す。問1, 2, 3に対する実験結果をそれぞれ5.2.1節, 5.2.2節, 5.2.3節で示す。

### 5.2.1 問1の実験結果

実験結果を5.2に示す。ここで選択は、質問事項について被験者が申告した解答の傾向であり、「少ない」・「同程度」・「多い」のいずれかである。この問において、質問事項に該当する解答数は22個/80個であったため、選択としては「同程度」が正しい。

表 5.2: 問1の実験結果

従来法		提案法	
把握までの時間 [秒]	選択	把握までの時間 [秒]	選択
437	同程度	339	多い
414	多い	193	少ない
450	同程度	131	多い
568	多い	253	多い
374	多い	285	少ない
221	多い	246	多い
平均：411	正解：2人	平均：241	正解：0人

まず、被験者が解答の傾向を把握するまでの時間を見る。表5.2より、従来法・提案法において、被験者が解答の傾向を把握したと判断するまでの時間の平均はそれぞれ、411秒、241秒であった。マン・ホイットニーのU検定の結果、 $p < 0.05$ となり、両方法間の平均に有意差が見られた。つまり、提案法によって解答の傾向を把握する判断が早まったことを示唆している。しかし、質問事項に該当する解答が「多い」と判断した被験者が両方法とも6人中4人で、「少ない」と判断した被験者が提案法では2人おり、両方法とも正確に把握できているとはいえない。

### 5.2.2 問2の実験結果

実験結果を5.3に示す。この問において、質問事項に該当する解答数は8個/80個であったため、選択としては「少ない」が正しい。

表 5.3: 問2の実験結果

従来法		提案法	
把握までの時間 [秒]	選択	把握までの時間 [秒]	選択
203	少ない	120	少ない
471	同程度	358	多い
169	少ない	238	少ない
507	少ない	133	少ない
370	少ない	243	少ない
245	同程度	111	多い
平均：328	正解：4人	平均：201	正解：4人

まず、被験者が解答の傾向を把握するまでの時間を見る。表5.3より、従来法・提案法において、被験者が解答の傾向を把握したと判断するまでの時間の平均はそれぞれ、328秒、201秒であった。マン・ホイットニーのU検定の結果、 $0.05 < p < 0.10$  となり、両方法間の平均に有意差傾向が見られた。これは、提案法によって解答の傾向を把握する判断が早まったことを示唆している。また、質問事項に該当する解答が「少ない」と判断した被験者が両方法とも6人中4人おり、ある程度正確に把握できたといえる。

### 5.2.3 問3の実験結果

実験結果を5.4に示す。この問において、質問事項に該当する解答数は63個/80個であったため、選択としては「多い」が正しい。

まず、被験者が解答の傾向を把握するまでの時間を見る。表5.4より、従来法・提案法における把握までの時間の平均はそれぞれ、206秒、220秒であった。マン・

表 5.4: 問3の実験結果

従来法		提案法	
把握までの時間 [秒]	選択	把握までの時間 [秒]	選択
333	多い	114	多い
185	多い	421	多い
217	多い	296	同程度
116	多い	261	多い
117	多い	140	同程度
266	多い	87	多い
平均：206	正解：6人	平均：220	正解：4人

ホイットニーのU検定の結果,  $p > 0.10$  となり, 両方法間の平均に有意差は見られなかった. つまり, 提案法によって解答の傾向を把握する判断が早まることはなかった. また, 質問事項に該当する解答が「多い」と判断した被験者が従来法では全員で, 提案法では6人中4人おり, ほぼ正確に把握できたといえる.

### 5.3 アンケート結果

本節ではアンケート結果を示す. アンケート内容を以下に示す. 被験者には, 3問の評価実験の後に続けて, 図 5.2 に示すページを提示し, アンケートに回答してもらった.

1. どちらの方が質問事項を把握しやすかったですか?  
(従来法・提案法・同程度の三択)
2. 把握するうえで, どちらの方が負担に感じましたか?  
(従来法・提案法・同程度の三択)
3. 従来法の良かった点・悪かった点をそれぞれ1点以上挙げてください.  
(自由記述)
4. 提案法の良かった点・悪かった点をそれぞれ1点以上挙げてください.  
(自由記述)

提案法は、学習者が提出した解答だけでなく、作成途中の解答も教師に提供する。これにより早い時点から学習者の解答を見ることができると、従来法に比べて解答の傾向を把握しやすいという利点を期待する。一方で、教師が目にする情報が多いため、従来法に比べて負担が大きいという欠点が予想される。アンケートの設問1, 2では、これらの予想が正しいかを検証するために、被験者がどちらの方が解答の傾向を把握しやすいと感じているか、把握時の負担の大きいと感じているかを問うている。この結果は5.3.1に示す。設問3, 4では、各方法の利点・欠点を洗い出すために、各方法の良かった点・悪かった点を自由記述で問うている。この結果は5.3.2に示す。

アンケート - Windows Internet Explorer

ファイル(F) 編集(E) 表示(V) お気に入り(A) ツール(T) ヘルプ(H)

お気に入り アンケート

1. どちらの方が質問事項を把握しやすかったですか？  
 従来法  提案法  同じくらい

2. 把握するうえで、どちらの方が負担に感じましたか？  
 従来法  提案法  同じくらい

3. 従来法の良かった点・悪かった点をそれぞれ1点以上挙げてください。  
良かった点  
悪かった点

4. 提案法の良かった点・悪かった点をそれぞれ1点以上挙げてください。  
良かった点  
悪かった点

送信

図 5.2: アンケート内容

### 5.3.1 提案法が解答の傾向の把握に与える影響

設問1, 2のアンケート結果をそれぞれ図5.3, 5.4に示す. 図5.3より, 提案法の方が把握しやすいと答えた被験者が多いことがわかる. 特に, 従来法の方が把握しやすいと答えた被験者はいなかった. また, 図5.4より, 提案法の方を負担に感じている被験者数と, 従来法の方を負担に感じている被験者数は同数であった.

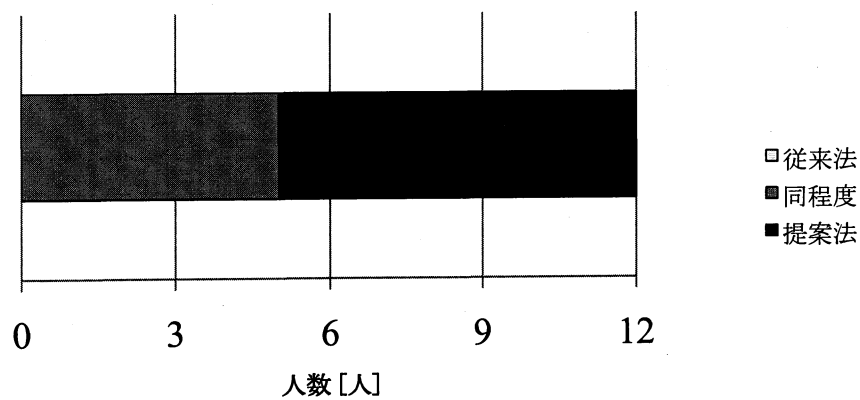


図 5.3: 把握のしやすさ

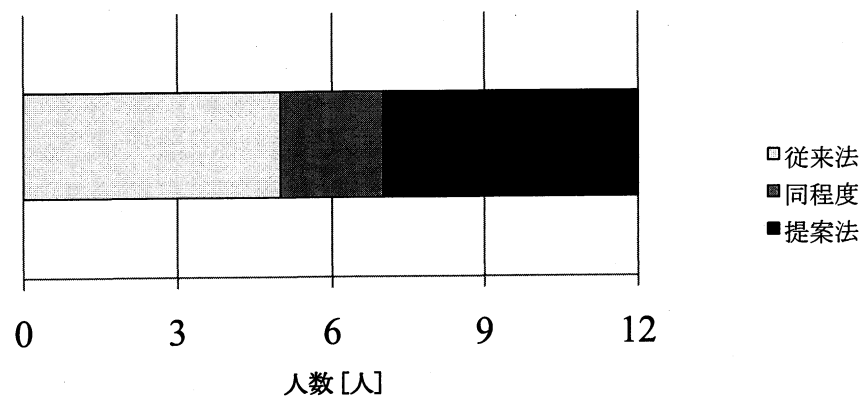


図 5.4: 把握時の負担

### 5.3.2 各方法の利点・欠点

本節では，設問3, 4のアンケート結果を示す．従来法の良かった点・悪かった点についての意見を内容別にまとめたものを表5.5に示す．また，提案法の良かった点・悪かった点についての意見を内容別にまとめたものを表5.6に示す．

表 5.5: 従来法の良かった点・悪かった点

	内容	数
良かった点	① 完成した解答のみを見ることができるので把握しやすい	8
	② 画面の更新頻度が低いので疲れない	2
	その他	3
悪かった点	③ 解答が見えるまでに時間がかかる	9
	④ 一度にたくさん提出されると把握しにくい	5
	その他	3

表 5.6: 提案法の良かった点・悪かった点

	内容	数
良かった点	⑤ 解答の内容を予測できる	11
	⑥ 早く解答を見ることができる	4
	その他	2
悪かった点	⑦ 画面の更新頻度が高い	10
	⑧ 内容を判断できない解答に着目してしまうことがある	3
	⑨ 提出済みなのかそうでないのかがわかりにくい	2
	⑩ 時間がたつと解答の内容が変わる可能性がある	2
	その他	3



## 5.4 考察

本節では、5.2節と5.3の結果について考察する。具体的には、学習者の解答の傾向を速やかに把握することに対する提案法の有効性と、把握する際の負担について、5.2節と5.3節より考察する。5.4.1節では、提案法の有効性について考察する。5.4.2節では、提案法の負担について考察する。

### 5.4.1 提案法の有効性の考察

学習者の解答の傾向を速やかに把握することに対して、提案法が有効に働いたかどうかについて考察する。まず、5.2節の実験結果について考察する。表5.7に、実験結果のまとめを示す。表5.7は、被験者が解答の傾向を把握したと判断するまでの速さと、解答の傾向を正確に把握できたかどうかを示したものである。なお、把握したと判断するまでの速さは、従来法と提案法に有意差傾向が見られた場合は不等号を、有意差が見られなかった場合は等号を示す。また、把握の正確さは、被験者の過半数が正確に把握できた場合は正確であるとみなし○を、そうでない場合は正確でないとみなし×を示す。表5.7より、問1では提案法の方が把握までの判断が速かった。しかし、両方法ともに正確には把握できなかった。問2では、提案法の方が把握までの判断が速く、両方法ともに正確に把握できた。問3では、両方法間で把握までの判断の速さに差はなかった。また、両方法ともに正確に把握できた。以上より、解答の傾向を把握するまでの判断は提案法の方が速い傾向にあることがわかる。また、両方法ともに正確には把握できない場合があることがわかる。次に、これらの理由について考察する。

まず、解答の傾向を把握するまでの判断の速さについて考察する。解答の傾向を把握するまでの判断の速さに影響を与える要因として、学習者が解答を提出する時間が考えられる。5.1節の図5.1より、問1,2と比較して問3は、早い時点で解答が多く提出されていることがわかる。つまり、問1,2は解答が提出されるまでに時間がかかる傾向にあるため、提案法の方が早い時点で多くの解答を見ることができると考えられる。その結果、解答の傾向を把握する判断が速くなったと考えられる。一方で問3は、解答が提出されるまでの時間が比較的早いため、従来法でも早い時点で多くの解答を見ることができると考えられる。

表 5.7: 実験結果のまとめ

問	把握したと判断するまでの速さ	把握の正確さ	
		従来法	提案法
1	提案法 > 従来法	×	×
2	提案法 > 従来法	○	○
3	提案法 = 従来法	○	○

次に、両方法ともに解答の傾向を正確に把握できない場合があることについて考察する。解答の傾向を正確に把握できない要因として、被験者が予想する解答数と実際の解答数のずれが考えられる。実験では解答の傾向として、ある内容の解答が基準の個数（予想する解答数）に対してどれくらいあるかということを選択で被験者に質問した（5.1 参照）。表 5.8 に、問 1, 2, 3 における、被験者が予想する解答数と実際の解答数、把握の正確さを示す。なお、被験者の過半数が正確に把握できていれば○、そうでなければ×を表記する。表 5.8 より、問 2, 3 のように、被験者が予想する解答数と実際の解答数のずれが大きいと正確に把握できるといえる。一方で問 1 のように、予想する解答数と実際の解答数が同程度の場合、正確に把握できないといえる。

表 5.8: 被験者が予想する解答数と実際の解答数

問	予想する解答数 [個]	実際の解答数 [個]	把握の正確さ
1	20	22	×
2	20	8	○
3	40	63	○

次に、5.3 節について考察する。5.3.1 節の設問 1 の結果より、提案法の方が質問事項を把握しやすいと答えた被験者が多かった。また、5.3.2 節の表 5.6 より、提案法の良かった点として⑤解答の内容を予測できる点や、⑥早く解答を見ることができ点が多く挙げられた。加えて、5.3.2 節の表 5.5 より、従来法の悪かった点として③解答が見えるまでに時間がかかる点や、④一度にたくさん提出されると把握

握しにくい点が挙げられたことから、作成途中の解答を提供することが、解答の傾向を速やかに把握することに対して有効であることを示唆している。

以上より、提案法によって解答の傾向を速やかに把握することができた。特に、学習者が解答を提出するのが遅く、実際の解答の傾向が教師の予想と大きく異なる場合に提案法は有効であった。また、解答の傾向を正確に把握するには、正確な解答数の把握に対する支援を別途する必要があることがわかった。

#### 5.4.2 提案法の負担の考察

提案法によって教師の負担が増えるかどうかを調べるために、5.3節について考察する。まず、5.3.1節の設問2の結果より、提案法の方を負担に感じている被験者数と、従来法の方を負担に感じている被験者数は同数であった。このことから、提案法固有の負担が存在すると考えられる。具体的にどのような負担があるのかを、5.3.2をもとに考察する。5.3.2の表5.6より、提案法の悪かった点として⑦画面の更新頻度が高い点が多く挙げられた。筆者らは、提案法によって教師が目にする情報量が多くなり負担が増加する恐れがあるため、解答を提供する頻度を5秒ごとに抑えることで負担を軽減しようと考えた。しかし、この方法では負担を軽減することができなかつたといえる。画面の更新頻度が高いことによる具体的な欠点としては、解答を見失うことや見づらいこと、疲れることなどの意見が挙げられた。これらの欠点は、画面が頻繁に更新されることで、被験者が意図しないにもかかわらず画面のスクロールが生じて視点が移動してしまうことに原因があると思われる。この問題に対しては、教師が意図しない画面のスクロールを抑える必要がある。

また、表5.6より、⑧内容を判断できない解答に着目してしまう点が、提案法の悪かった点として挙げられた。さらに、⑨提出済みなのかそうでないかがわかりにくい点と、⑩時間がたつと解答の内容が変わる可能性がある点が挙げられた。これらは、着目した解答が提出済みの解答と未提出の解答を、被験者は区別して見たいということを示唆している。今後、解答が提出済みかどうかや、内容を判断できる状態かどうかなどを区別できるように表示を工夫する必要があると考える。

## 5.5 今後の方針

本節では、5.4をもとに、今後どのように提案システムを改良するかについて検討する。5.4より、改良すべき点として次に示す問題点が挙げられる。

- (1) 解答数を正確に把握できない。
- (2) 教師が意図しない画面のスクロールが生じる。
- (3) 提出済みかそうでないかがわかりにくい。

システムの評価実験の結果、(1) 解答数を正確に把握できないという問題がわかった。これを解決する方法として、コンピュータによって自動集計する方法が考えられる。しかし、コンピュータによって短答式記述解答を適切に分析・集計するのは困難なため、精度の面で問題がある。そこで本論文では、教師が解答を閲覧する際の効率を上げるという方針で改良案を考える。これは、解答を閲覧する際の効率の悪さが、解答の傾向を正確に把握できない要因の一つであると考えたためである。今回は、上記の問題点(2)、(3)を解決するための改良案を考える。この改良案により、解答を閲覧する際の効率の向上を狙う。

まず問題点(2)は、教師が意図しない画面のスクロールが生じることによって視点が移動し、教師が解答を見失うといった問題につながる。これを解決するために、画面のスクロールを抑える方法として、以下の2点について考える。

- (2-1) 教師の意志に応じて画面を更新できるようにする。
- (2-2) 画面に表示される解答数を減らす。

まず(2-1)について、教師が任意のタイミングで画面の更新を停止できるようにする。図5.5上図のように、教師が一時停止ボタンをクリックすると画面の更新が停止する。これにより教師は、任意のタイミングで画面の更新を停止できるため、解答を見失わなくなる。また一時停止後、再生ボタンをクリックすると、停止している間に追加された文章が図5.5のように強調される。これにより教師は、画面の更新を停止中に追加された箇所とそうでない箇所を区別することができる。

次に(2-2)について、画面に表示される解答数を減らすことについて考える。これについても、教師が任意の解答を減らすことができるようにする。図5.6は、教師が提出済みの解答を読み終え、不要であると判断した場合の例である。まず教師は、ソート機能を用いて提出状況の順に解答をソートする。その後教師は、解答の一番左にあるマスク機能用のチェックボックスをチェックする。そして、マスクするためのボタンを押すことでチェックされた解答が別のタブに移動する。こうすることで、メイン画面に表示される解答数が減り、教師の負担を軽減することができる。また、マスクした解答は、タブを移動することで再び見ることができる。

最後に(3) 解答が提出済みかそうでないかがわかりにくいという問題点については、解答のソート機能によって解決する。これも、教師の任意のタイミングでソートできるようにする。教師は図5.7のように、表の項目名をクリックすることで、クリックした項目に沿って解答がソートされる。図5.7では、「提出」の項目をクリックしたため、解答が提出状況の順にソートされた。この機能によって教師は、提出状況別に解答を見ることができる。また、教師が解答をソートした後に、ソートした時点では未提出であった解答が提出される可能性がある。これを自動的にソートの結果に含めると、教師が意図しない画面のスクロールが生じ、解答を見失うといった問題につながる恐れがある。そのため、教師がソートの操作を行ったときにのみソートを実行する。

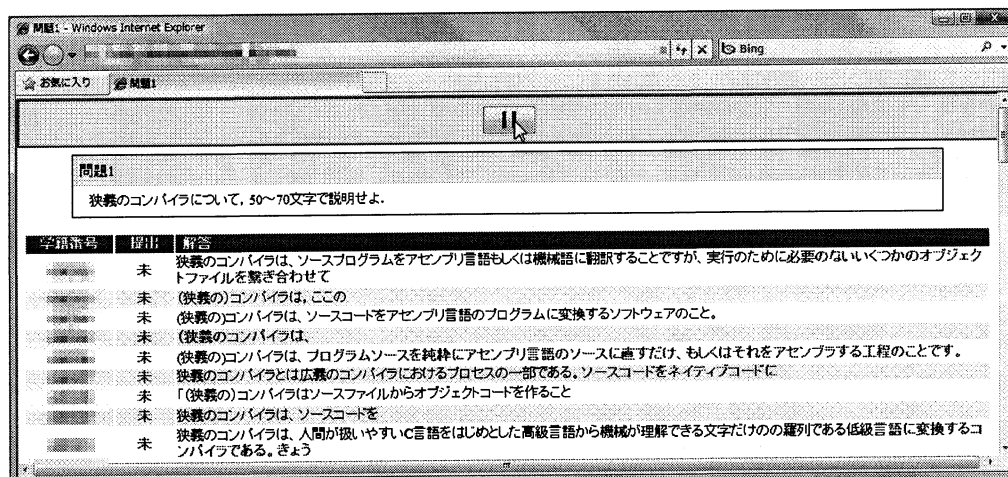
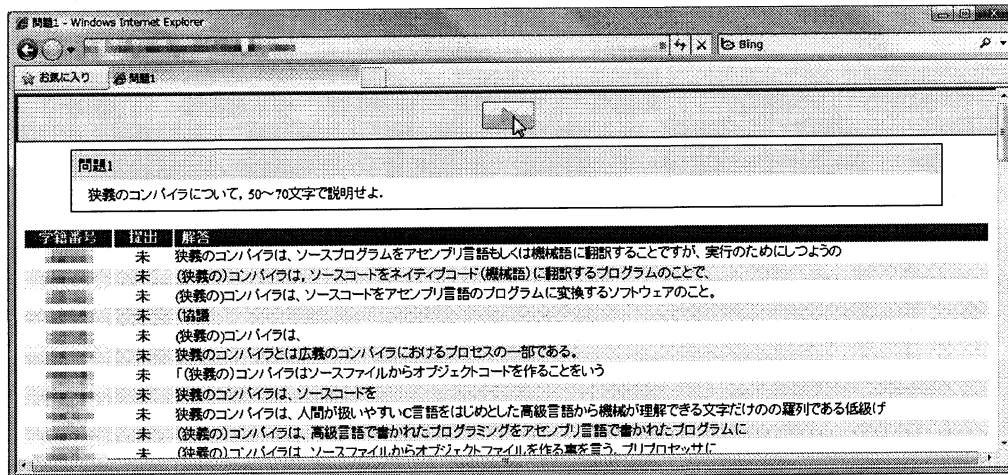


図 5.5: 教師の意志に応じた画面の更新

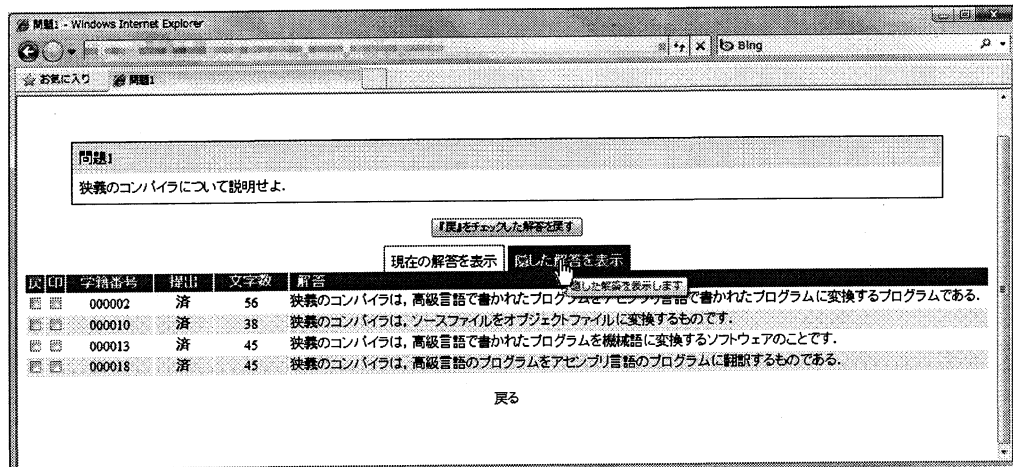
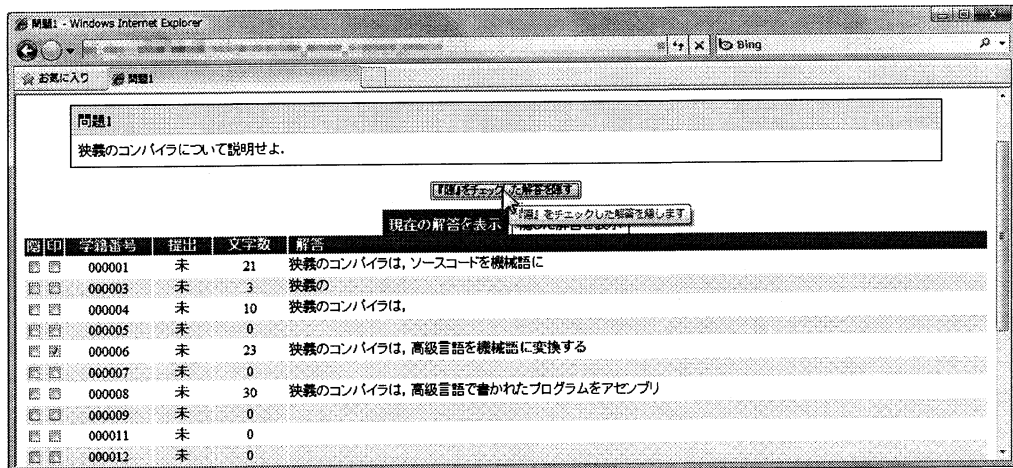
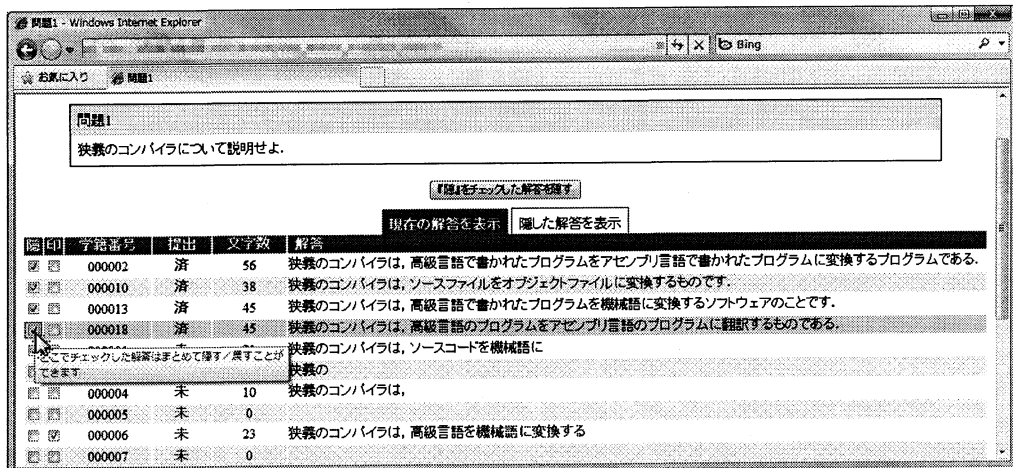


図 5.6: マスク機能

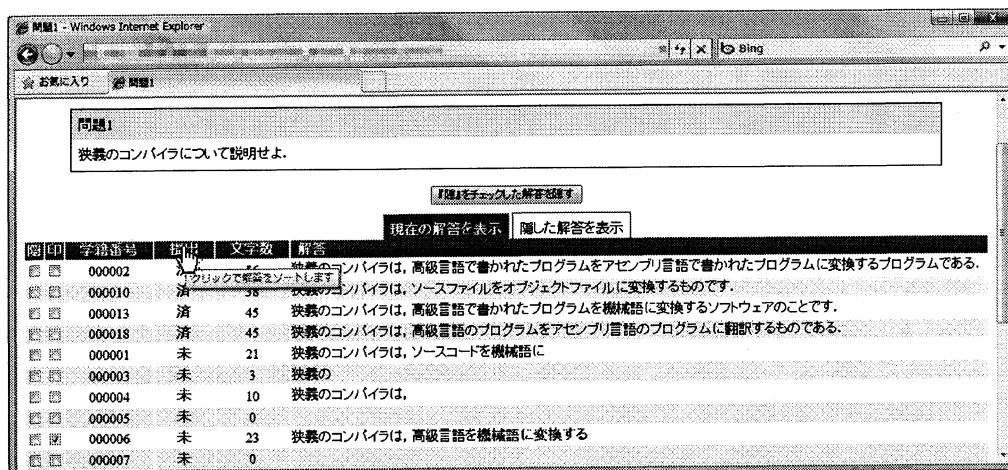


図 5.7: ソート機能



## 第6章 まとめ

本論文では、短答式記述テストにおいて、学習者の解答の傾向を速やかに把握できるように、コンピュータシステムを用いて教師を支援することを目的とした。目的に対して、熟練した教師は解答中の何らかの記述をもとに解答の内容を予測できると考え、学習者が提出した解答だけでなく、作成途中の解答も教師に提供することを提案した。そして提案システムを構築し、システムの評価実験を通じて提案法の有効性を検証した。その結果、提案法により解答の傾向の速やかに把握することができた。一方で、解答の傾向を正確に把握するためには支援が不十分であることがわかった。また、提案法による負担が存在することがわかった。そのため、これらの問題を解決するための改良案をいくつか示した。今後の課題として、改良案が有効に働くかどうかを検証していくことが挙げられる。

## 謝辞

本論文は、筆者が三重大学大学院工学研究科博士前期課程に在学中に行った研究をまとめたものである。本研究を進めるにあたり、懇切丁寧なご指導とご督励を賜った三重大学鶴岡信治教授、林照峯教授、高瀬治彦准教授、北英彦准教授、川中普晴助教、東海大学森田直樹専任講師に深く感謝いたします。また、日頃熱心に討論して頂いた情報処理講座の皆様方にお礼申し上げます。

最後に、本論文をまとめるにあたり、助言、討論、その他お世話になったすべての方々に感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 日本教育工学会, 教育工学事典, 実教出版, 2000
- [2] 植野真臣, 永岡慶三, e テスティング, 培風館, 2009
- [3] 中島英博, 中井俊樹, 優れた授業実践のための7つの原則に基づく学生用・教員用・大学用チェックリスト, 大学教育研究ジャーナル, Vol. 2, pp. 71-80, 2005
- [4] 大塚一徳, 八尋剛規, 光澤舜明, Web を利用したリアルタイム授業評価システムの開発と運用, 日本教育工学雑誌, Vol. 24, pp. 109-114, 2000
- [5] 河野竜治, 喜久川政吉, P2P ネットワークを利用した即時授業評価システム, 広島工業大学紀要 研究編, Vol. 40, pp. 309-312, 2006
- [6] 小坂武史, 平山亮, 生徒状況把握のためのレスポンスアナライザ, 2002 PC Conference 論文集, pp. 1-2, 2002
- [7] 中島平, レスポンスアナライザによるリアルタイムフィードバックと授業映像の統合による授業改善の支援, 日本教育工学論文誌, Vol. 32, No. 2, pp. 169-179, 2008
- [8] 大曾根匡, 携帯電話を用いた授業支援システムの開発, 情報科学研究, Vol. 26, pp. 11-36, 2005
- [9] 渡邊貴志, 矢吹太郎, 佐久田博司, Web 利用履歴のリアルタイムモニタリングによるクラスの学習状況把握ツールの開発, 信学技報, Vol. 109, No. 335, pp. 37-42, 2009
- [10] 松下 博幸, 山守 一徳, VNC を用いた教室端末監視システムの実現, 電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, O-214, 2005

- [11] 三浦元喜, 國藤進, 志築文太郎, 田中二郎, デジタルペンと PDA を利用した実世界指向インタラクティブ授業支援システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 9, pp. 2300-2310, 2005
- [12] 石岡恒憲, 亀田雅之, コンピュータによる小論文の自動採点システム Jess の試作, 計算機統計学, Vol. 16, No. 1, pp. 3-19, 2003
- [13] 椿本弥生, 柳沢昌義, 赤堀侃司, レポート内容とその評価を可視化する円錐形レポート採点支援マップの開発と評価, 日本教育工学会論文誌, Vol. 31, No. 3, pp. 317-326, 2007

## 発表論文

- [1] 今井拓真, 高野敏明, 森田直樹, 高瀬治彦, 北英彦, 林照峯, 記述式小テストの解答の途中経過を講師に提供するシステム, 2008 PC Conference 論文集, pp. 228-231, 2008 (2008 PC Conference 最優秀学生論文賞)
- [2] IMAI Takuma, TAKASE Haruhiko, KITA Hidehiko, HAYASHI Terumine, MORITA Naoki, Assist Teachers with Immediate Comment from Descriptive Answers using SOM, Proceedings of the SCIS & ISIS 2008, pp. 650-655, 2008
- [3] 今井拓真, 高瀬治彦, 森田直樹, 川中普晴, 北英彦, 林照峯, 鶴岡信治, 解答の途中経過を講師に提供する演習支援システム, 2009 PC Conference 論文集, pp. 51-52, 2009
- [4] Takuma Imai, Haruhiko Takase, Naoki Morita, Hiroharu Kawanaka, Hidehiko Kita, Shinji Tsuruoka, Terumine Hayashi, Exercise supporting system to bring teacher's awareness, Proceedings of the IWAC 2009, pp. 600-603, 2009
- [5] Takuma Imai, Haruhiko Takase, Hiroharu Kawanaka, Hidehiko Kita, Shinji Tsuruoka, Terumine Hayashi, Exercise supporting system for teachers to find student misunderstandings quickly, Proceedings of the IWRIS 2009, pp. 67-70, 2009