

修士論文

多人数記述式小テストの解答の概要の

早期把握の支援

—解答途中の解答群の可視化—

令和3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

中西 亮介

目次

第1章	はじめに	4
1.1	講師に求められる行動	4
1.2	ICTでの支援	5
1.3	本研究での取り組み	6
第2章	理解状況把握支援システム	7
2.1	理解状況の把握支援システム	7
2.1.1	小久保らのシステム	7
2.1.2	鈴木らのシステム	7
2.1.3	大庭らのシステム	8
2.2	理解状況の把握支援における課題と方針	10
第3章	解答途中の文章における課題	11
3.1	解答途中の文章における問題	11
3.2	分析に用いた解答	12
3.3	抽出する単語	12
3.4	解答内容の変化	13
3.5	単語の変化	14
3.6	使用頻度が高い単語は講師が確認すべき単語であるのか	18
第4章	理解状況の把握の開始を早めるシステム	20
4.1	解答過程から解答の文章群を表示する	20
4.1.1	キーワード表示画面	20
4.1.2	グラフ表示画面	21
4.1.3	フレーズ表示画面	22
4.1.4	全文表示画面	23
第5章	実験	25
5.1	実験条件	25
5.2	実験の結果と考察	27
5.3	実験のまとめ	29
第6章	まとめ	31
	謝辞	32
	参考文献	33

図目次

図 1	キーワード表示（大庭らのシステム）	9
図 2	フレーズ表示（大庭らのシステム）	9
図 3	全文表示（大庭らのシステム）	10
図 4	問(1)の解答途中の単語の使用状況	16
図 5	問(2)の解答途中の単語の使用状況 その1	16
図 6	問(2)の解答途中の単語の使用状況 その2	17
図 7	キーワード表示画面	21
図 8	グラフの表示画面	22
図 9	フレーズ表示画面	23
図 10	全文表示画面	24

表目次

表 1	解答時間ごとの解答の特徴の割合(%)	14
表 2	問(1)の解答途中の単語の使用状況（回数）	18
表 3	問(2)の解答途中の単語の使用状況（回数）	18
表 4	グループ分け	25
表 5	実験結果	27
表 6	アンケート結果	28

第1章 はじめに

講師は自身の講義を改善するため、学習者の理解状況の把握が求められている。これを行うための行動やそれを支援するシステムが多く存在する。第1節では講師が求められる行動と本研究で着目した行動について説明する。第2節では特に ICT によって行われている支援について説明する。第3節では第1節および第2節をふまえ、本研究で行った取り組みについて説明する。

1.1 講師に求められる行動

講師にとって学習者の理解状況をいち早く把握することは重要である。学習者の苦手な箇所やつまづいた箇所に応じて、講義で補足説明を行ったり、課題を実施したりすることができるからである。これらの実施により、講義の改善および学習者の理解を深めることにつながる。宮崎らは学習者の理解度を把握することが学習や教育の向上につながると述べている[1]。また、適切な説明を行うことによって学習者の学習意欲が向上し、講義がよりよいものになる。実際、児島は学習者の学習意欲を高めるためには、不安を減らし、「わかる」という経験を重ね、自信をつけさせることが重要だと述べている[2]。自身がつまづいている箇所について解説や補足説明があることは学習者にとって不安の解消へとつながる。また、溝上らは知識と情報のズレが大きすぎる場合、学習意識は低くなると述べている[3]。つまり、この補足説明が学習者の理解状況に適した内容である必要がある。それに加え、説明までの時間がかかってしまう場合、学習者が不安に思っていた箇所があいまいとなり、不安が解消されず、苦手意識を持ったまま放置されてしまう。松田らは学習する内容には前後のつながりがあることが多いと述べている[4]。苦手意識を持ったまま別の範囲の学習内容を学ぼうとしたとき、以前の知識を活用することができず、苦手意識がほかの分野の学習意欲などに影響し、その内容の理解にも影響が出てしまうことも懸念される。これらのことから、講師は学習者の理解状況をなるべく早く把握し、その状況に応じたフィードバックを行うことが重要である。

本研究では、講義中の理解状況把握支援のための取り組みとして記述式小テストを用いる。理解状況把握のための代表的な取り組みとして、学習者への問いかけや机間巡視、小テストなどが挙げられる。それらの特徴として、問いかけは即座に学習者からの反応を得ることができるが、日本では他者の存在や授業の雰囲気を感じて質問を行わない傾向が強い[5]ことから、反応が薄く、理解状況の把握に対する効果が得られづらいケースが存在する。机間巡視では学習者が多くなると把握が難しくなることや個別対応が必要なケースが増え、時間を要してしまうことが考えられる。そこで、小テストに着目し、その中でも特に学習者自身の言葉で解答を行う記述式小テストに着目する。ほかの小テストの形式としては、選択

式や穴埋め式などがある。Thomas らは選択問題などの形式では意味のわかりづらい選択肢や機能していない選択肢があり、理解状況の把握に用いづらい[6]と述べている。このことから選択肢などを用いない記述式問題を用いる方がよい。加えて、学習者自身の解答である方がより正確に理解状況を把握できる。また、問題作成も特別な準備や工夫を必要とせず、作成に時間がかからない方がよい。記述式問題であれば、問題作成に選択肢の作成などの時間のかかる要素が少なく、ほかの出題形式よりも時間がかかりづらい。ここから、記述式小テストに着目することとした。ただし、記述式小テストから学習者の理解状況を把握するためには多くの解答を読む必要がある。特に多人数クラスとなると読むべき解答が必然的に多くなり、時間がかかってしまう。これはフィードバックを行うまでの時間もかかってしまうことにつながる。記述式小テストを用いる際には、この時間がかかるという問題について考慮する必要がある。なお、ここで小テストは成績を決定するために用いるのではなく、単に理解状況を把握するために用いられる簡単な演習をさす。

1.2 ICT での支援

近年、ICT を用いた教育が推進されている[7]。オンライン授業をはじめとする遠隔授業が普及し、一人一台環境が必要となるケースが増えている。このような普及によって PC 上で問題を掲載し、PC 上に解答を入力および提出も行きやすくなった。ここから PC 上で提出された解答を確認し、理解状況の把握を行うことが可能である。松島らは特にオンライン授業において、自己効力感を促進するために教員のフィードバックや学習者同士の意見交換が重要としている[8]。これを行うことにより、自身の理解状況を把握し自身につながり、学習意欲につながっていく。つまり、これらの IT 技術の利用によって講師がフィードバックを行うための学習者の理解状況の把握を手助けすることで講師の支援へとつながる。そして講師が適切なフィードバックをしたり、意見交換を行ったりすることで自己効力感を促進する講義となっていく。ここから特に ICT を用いた授業や講義において、PC やタブレット上で行える学習者の理解状況把握を支援することによって講義の改善が見込め、学習者の理解の促進につながる。

講師の小テストにおける時間的負担を軽減するための取り組みとして、さまざまなシステムが開発されている。その取り組みとしては多岐にわたり、学習管理システム(LMS)や解答内容からなんらかの情報を抽出し、その情報をわかりやすい形で講師に提供するシステムなどがある。学習管理システムの代表的なものとして Moodle[9]がある。Moodle の小テストに関する支援については、問題の出題や解答の回収を全て同一システム上で行うことができる。これによって解答を配る時間や回収する時間が短縮になる。解答内容から情報を抽出して講師に提供するシステムでは大庭らのシステム[12]などがある。このシステムは提出された解答内容から解答に使用された単語の使われ方を講師にわかりやすい形で提供する。これにより理解状況を把握するための時間が短縮されている。このようにして講師の時

間的負担を軽減している。しかし、提出された解答を分析して情報を提供するシステムの多くには問題が存在する。それは時間短縮に限界があり、解答終了直後にフィードバックを開始することは難しいということである。ここで、本研究では解答途中の解答から分析を開始し、講師にその分析結果を早期に提供を開始することによって解答終了直後に理解状況が把握完了できるようになることをめざす。

1.3 本研究での取り組み

これらの背景から本研究では、多人数クラスの記述式小テストにおいて解答内容の概要を把握し、フィードバックをいち早く開始できることを目的とする。これを実現するため、解答途中の解答内容がどのようになっているのかの確認が容易になるシステムを作成する。これによって解答の概要を早期に把握し始めることが可能になり、解答の概要を把握完了する時間が早くなる。把握完了が早期に完了することでフィードバックの検討開始も早くなり、フィードバックもいち早く開始できることが期待される。

第2章 理解状況把握支援システム

従来の理解状況を把握するための支援システムには問題点が存在する。本章ではこれまで学習者の理解状況を把握するために検討されてきたいくつかのシステムを紹介し、それらの本研究との異なる点について説明する。そして、問題点について検討し、本研究における方針について述べる。第1節では、これまで検討された理解状況を把握する支援システムについていくつか紹介し、そのシステムと本研究における違いについて説明する。第2節では、これまでの理解状況の把握支援するシステムにおける問題点について説明し、本研究の方針について述べる。

2.1 理解状況の把握支援システム

解答途中の文章から理解状況の把握を行うための従来研究はいくつか存在する[10][11][12]。本章ではこれらの説明とそれらの本研究の目的と異なる点について説明する。第1項、第2項では、2つの解答途中の情報に着目した理解状況を把握するシステムを説明する。第3項では解答途中でなく、提出された解答であるが、解答内容を把握するシステムについて説明する。

2.1.1 小久保らのシステム

小久保らが提案したシステム[10]は、1対1授業における生徒の修正箇所および停滞箇所を授業から時間が経過しても容易に把握することを支援するシステムである。タブレットを用いて生徒が解答をノートに記入し、修正箇所および停滞箇所から学習者の困っている箇所を特定する。また、タブレットへの記入した筆記データを記録し、任意の位置から再生することで停滞した経緯なども確認できる。このシステムは1対1を前提として考案しているため、本研究の目的である多人数クラスにおいては有効的にはなりづらい。

2.1.2 鈴木らのシステム

鈴木らが提案したシステム[11]は、解答時の文字入力に着目し、入力の停滞箇所から学習者の理解状況を把握することを支援するシステムである。解答の入力が特定の時間以上停滞した場合、その入力箇所が理解し切れていない箇所として講師に提供する。このシステムは停滞した解答のみを抜粋して表示している。これは解答途中の解答に着目しているが、理解状況の把握を開始するタイミングは解答終了後であり、本研究の目的とは異なる。

2.1.3 大庭らのシステム

大庭らが提案したシステム[12]は、提出された解答群から解答の概要把握を支援するシステムである。提出された解答群の文章における単語の使われ方を三段階に分け、わかりやすく表示している。このシステムは提出された解答群を対象にしているため、分析の開始が解答を収集した後になる。しかし、単語の使われ方に着目した解答の概要把握支援システムであるため、閲覧形式が概要の把握に役立つだろう。本研究では、この閲覧形式を採用し、解答途中の解答群でも扱えるように調整する。本研究で参考にしたため、もう少しこのシステムについて説明する。

このシステムは提出された解答を単語に分け、キーワード、フレーズ、全文の三段階に分けて表示するシステムである。すなわち、解答をキーワード表示、フレーズ表示、全文表示の三段階に分けて表示することで、解答の概要を把握しやすい形で表示する。まず、解答の文章を重要そうな単語に分け、その中から使用頻度の高い順に左上から表示を行う(図1)。また、その単語は重要度[13]が高い順に色分けされ、高い順に黄色、緑、青で表示される。そこから講師が確認したい単語をキーワードとして選択する。次に講師が選択したキーワードの使われ方を表示する(図2)。選択した単語を含む文節を中央の列に表示し、使用頻度が高いものから表示する。左右の列には中央の列に該当する文節と修飾・被修飾の関係を持つ文節を表示し、使用頻度が高いものから表示する。また、それぞれの横に使用された回数を表示し、多いものは背景が濃くなるようにしている。これによって、どの程度解答に使用されたのかを確認することができる。最後にキーワード表示とフレーズ表示で選択したそれぞれの文節を含む解答をすべて表示する(図3)。選択した文節は背景に色が付いて表示され確認しやすくなっている。これによって、これまで選択した文節が講師自身の想定していた使われ方になっていたのかを確認することができる。これらの表示画面を用いることで解答の使われ方を確認し、その解答をした解答者数がどのくらいだったのかを確認する。ここからこのシステムを用いることで提出された解答群の内容の概要把握が容易になるということを示した。



図 1 キーワード表示 (大庭らのシステム)

「実行」の周辺

上位3個▶

前	検索語	後
20 直接	実行できる 24	言語であり、 4
6 CPUが		プログラミング言語であり、 3
4 コンピュータが		言語である。 3
12 その他		その他 10
19 直接	実行する 23	ことが 9
6 CPUが		ことの 3
4 命令し		ときに 2
20 その他		その他 9
9 直接	実行可能な 11	プログラムは 2
2 CPUが		プログラミング言語である。 1
1 プログラムに		プログラミング言語であり、 1
		その他 7
その他 37		

図 2 フレーズ表示 (大庭らのシステム)

機械語は、人が扱うことができない言語である。コンピュータの一部であるCPUが直接実行できる言語である。

機械語は、CPUが直接実行できる唯一のプログラミング言語である。人間が直接理解するのは難しい。数字の「0」と「1」で表現される二進数により命令できる。

機械語は、CPUが直接実行できる命令が書かれている言語であるが、中身は0と1のみで構成されている二進数なので人間には理解しにくい。

機械語は、CPUが直接実行できるプログラミング言語であり、二進数など簡単な言語が使用されているのが特徴。また、プログラミング言語のなかでも最も低い言語とされているが機械語である。

機械語は、CPUが直接実行できるプログラミング言語であり、人間では理解しにくい、2進数や16進数を使って作られるプログラミング言語である。

機械語は、CPUが直接実行できるプログラミング言語である。人間が使う場合は数字や英字を使った2進数や16進数で表す。機械語はプログラミング言語のなかで一番レベルの低い言語である。

図 3 全文表示（大庭らのシステム）

2.2 理解状況の把握支援における課題と方針

第1章で述べたように、従来の理解状況を把握するためのシステムでは時間の短縮には限界がある。それは講師が解答の収集や分析をするにはいくらか時間を要するからである。理解状況を把握するためのシステムの流れとして、多くのシステムは学習者の解答の収集を行い、その収集完了後、分析を開始し、解答状況や理解状況を見やすい形へ変換する。その後、講師はシステムを用いて解答状況や理解状況の閲覧を行う。講師が解答の収集や分析をするにはいくらか時間を要するため、これを行う限り時間の短縮には限界がある。ところで、近年、IT技術の利用によってリアルタイムで解答の収集を行うことが可能である。この技術を利用することで解答途中の解答を確認することができる。つまり、解答の収集を小テストの最中に行い、解答途中の解答の段階から講師が解答の概要の把握を開始することで時間を短縮することが可能になる。

ここから、本研究では解答途中の文章から理解状況を把握するために、単語の使われ方に着目し、講師が確認したい解答に用いられた単語がどのように使われているのかを解答途中の段階から確認できるようにする。これによって解答途中の段階から解答の概要把握を開始することができ、把握完了がすばやくなる。

第3章 解答途中の文章における課題

解答途中の文章はそのまま扱うことが難しい。それは、解答途中の時点では文章として成立していない場合が考えられるからである。この章では解答途中の解答を扱うために考慮しておく必要のある項目について検討する。第1節では、解答途中の文章における課題についてまとめる。第2節では、それらの課題について分析を行うために用いる問題について説明する。第3節では分析に用いるために使用した単語について述べる。第4節、第5節、第6節では、第1節でまとめた課題について、それぞれ分析した結果を述べる。

3.1 解答途中の文章における問題

解答途中の文章について扱うためにはいくつかの問題がある。それは、解答途中の解答群と解答終了後の解答群との関係がどのようになっているのかということである。ほとんどの解答群が解答途中で確認した文章が解答終了後に全く関係のない解答になっていた場合、早期に確認することによる有効性がなくなるからである。本研究では、その問題を以下の3項目とし、検討を行った。

- (1) 解答内容がどの程度変化するのか
- (2) 解答に使用される単語が時間によってどの程度変化するのか
- (3) 使用頻度が高い単語は講師が確認すべき単語であるのか

(1)について、学習者が解答内容を頻繁に変えるのであれば、解答途中の解答を閲覧しても効果がない得づらい。そのため、多くの学習者が頻繁に変更しないということの確認が必要である。(2)について、本研究では学習者の使用単語の使用数に着目するが、学習者の使用単語が上位のものが頻繁に入れ替わったり、突然上位からなくなったりする場合、これも確認の必要性がなくなってしまう。そのため、解答時間による使用単語の推移について確認の必要があるといえる。(3)について、(2)と同様に使用頻度の高い単語と確認すべき解答内容に関係があるというもとに作成している。使用頻度の高い単語を用いた解答が確認する必要のない解答であれば、それらを表示する必要がなくなってしまう。ここから、この項目について確認する必要がある。

3.2 分析に用いた解答

前節の問題について確認するため、次の問題の解答群を分析した。

本日の講義内容をふまえて、以下の問に答えなさい。

- (1) ハーバードアーキテクチャの長所・短所（ノイマン型と比べて）
- (2) RISC の長所・短所（CISC と比べて）

これは三重大学工学部の 2 年生で実施された計算機のハードウェアに関する講義の中で行われた小テストの問題であり、解答者は 100 人であった。その日の講義で説明した内容について確認をするという目的で、講義内容の説明が終了してからその講義の授業時間が終了するまでの間（おおむね 30 分以上）に各自で解答の開始から提出までを行うという形で行われた。解答時間はその問題に対して解答ページに遷移した段階から開始し、解答の提出を行った時間までを計測した。提出した内容を修正するなどの目的のために解答を再度行う際には、同様の手順でその都度時間の計測を行った。今回、使用した解答は解答時間が 6 分以上を経過したものを扱い、解答ページに複数回遷移した解答者に関してはそれらの時間の合計を解答時間として扱った。これは解答入力時間が短い場合、解答途中の解答を閲覧する段階で解答終了している状態と同じ解答内容だったり、解答の変化が少ない解答が多くなったりするといった事項を懸念したからである。6 分とした理由は参考にした大庭らのシステム[12]の解答内容の概要把握平均時間がおよそ 3 分であり、それを 2 回行ったときに 6 分となるからである。これで提出解答を含め 3 回確認できるようになる。9 分以上ではその段階で提出された解答が多く、解答の変化がほとんどなかったために分析に用いなかった。そして、解答の変化がわかりやすくするため、1 回目と 2 回目の間となる 4.5 分の解答も確認することとした。

3.3 抽出する単語

解答群から抽出する単語について検討する。次節以降、解答途中の文章について分析を行う。そこで単語の観点からも分析を行う。その際に明らかに解答の理解状況把握に必要な単語について考える必要はない。そこで解答の理解状況を把握するために用いられる単語について検討する。大庭らのシステムでは、表示する単語は重要そうな単語を抽出し、そこから使用頻度の高いものから表示している。しかし、表示する単語には確認の必要があまりない単語があった。たとえば「する」といった単語が表示されている。これは「名詞+する」が「する」の部分だけ抽出され、表示されている。これらはその名詞部分を確認する必要がある場合が考えられるが、「する」を確認する必要はない。また、名詞についても確認する必要性が薄い名詞も存在する。たとえば、文頭になりやすい名詞はフレーズ表示画面で

確認すると、前の文節が表示されない、もしくは簡単な修飾語が表示される。また、名詞の後ろの文節は動詞になることが多い。このことから、その名詞を確認するよりもその単語に用いられるだろう後ろの文節の表現を確認の方が良い。こうすれば、前の文節にその名詞が表示され、その名詞に用いられやすい表現が選択したキーワードと後ろの文節に表示される。同様のことが多くの名詞に適用されると考え、本研究では抽出する単語は動詞を意図した単語とした。すなわち、「する」を省いた動詞と、学習者が解答において「名詞+する」という表現として用いた「名詞」とした。

3.4 解答内容の変化

解答途中の解答の内容が時間によってどの程度変化するのか確認する。解答途中の解答の前後の内容に変化が多い場合、確認の必要性が薄くなり、内容の把握が困難になる。これを確認することで解答途中の解答を確認する重要性について検討する。伊藤らは解答過程を時間に着目し、「課題理解時間」「解答時間」「見直し時間」の3つに分け、解答の分析を行った[14]。この分析では解答時間にかかる時間が長く、内容に対して確認が行いづらい。今回、分析を行った問題は説明問題であり、解答内容の変化を確認したいため、この分析をさらにいくつかに分けた。本研究では解答の特徴を解答時間の前後と比較して、「文章の追加」「表現の変更」「内容の変更」「内容の削除」「内容の維持」「無回答」の6項目とこれらの組み合わせによって表現する。

各項目について説明する。

- 「文章の追加」は解答がそのまま記述されたものを指す。「AはBで(解答途中)」だった解答が、「AはBでCとして使用される。」となれば、これに該当する。つまり、文章が単純に追加されている解答のことである。
- 「表現の変更」は解答の意図として変化がないが、文章の推敲や不自然な表現を相応しい表現に変更した場合を指す。「AはBで使用される。」だった解答が、「AはBで用いられる。」となれば、「使用される」が「用いられる」に変化したことがわかるが、それらの意味に大きな違いはない。そのため、このような場合に「表現の変更」とされる。
- 「内容の変更」は解答内容の意図が明らかに変更されている場合を指す。「AはBでCとして使用される。」が「DはBでCとして使用される。」となった場合、解答者の主張がAについての説明から、Dについての説明に変化している。そのため、解答の内容が変化したと判断し、「内容の変更」とする。
- 「内容の削除」は解答の一部もしくは全体を削除した場合に該当する。これは解答の内容が過剰、不必要といった場合にそれらを削除するといったことが考えられる。例えば「AはBでCとして使用される。」が「AはCとして使用される。」となった場合、解答の一部を削除したことがわかるため「内容の削除」とされる。
- 「内容の維持」は解答に変化がなかった場合を指す。つまり、解答の前後において内容

や表現が変化していない場合、「内容の維持」となる。

- 「無回答」は解答の文章が存在しない場合に該当する。解答の入力がない状態はもちろん、解答の入力、削除を繰り返し行っている場合で解答欄に記入がなくなっている状態もこれに該当する。
- 加えて、「表現の変更」、「内容の変更」については「文章の追加」が同時に行われることもある。これらから、解答がそれぞれのどの項目に該当するのかを筆者が判断した。

問(1)、(2)について解答途中の解答の内容がどの程度変化するのか判断した結果、以下の表のようになった(表 1)。各行はそれぞれの解答の特徴を示している。各列はそれぞれの前後の解答時間を示し、3~4.5 の場合には解答時間が3分から4.5分間に解答の特徴がどの割合で変化したかを示している。ここから、各解答について「内容の変更」についてどちらの問題についても多くないことがわかった。つまり、解答内容を把握できた部分について、その内容が変化するという事は考えづらいということである。また、先ほどの例で用いた「AはBで…(解答途中)」だった解答が、「AはBでCとして使用される。」といったものは「文章の記述」として判断した。しかし、「AはBでありCとして使われない」といった記述だとしても「文章の記述」として判断した。このように解答内容が明らかに不十分な解答は内容の意図がすべて同じになることはないということを考慮に入れつつ、解答の内容が判断できる箇所のみを判断した。

表 1 解答時間ごとの解答の特徴の割合(%)

解答時間(min)	問(1)			問(2)		
	3~4.5	4.5~6	6~提出	3~4.5	4.5~6	6~提出
文章の追加	65	46	77	68	62	75
表現の変更	0.0	14.6	2.1	7.0	5.6	4.2
かつ文章の追加	4.2	0.0	0.0	2.8	1.4	5.6
内容の変更	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	0.0
かつ文章の追加	0.0	4.2	2.1	0.0	1.4	1.4
内容の削除	2.1	2.1	4.2	0.0	2.8	0.0
内容の維持	8.3	21	15	8.5	17	14
無回答	21	13	0.0	13	8.5	0.0
合計(人)	48	48	48	71	71	71

3.5 単語の変化

解答途中の文章の単語が時間によってどの程度変化するのかということを確認する。これによって解答に使用される単語の上位のものが、実際に確認すべき解答につながるの

かを評価できる。この使用頻度の高い単語が低かった単語に頻繁に使用頻度が追い抜かれたり、急に使用頻度が低くなったりした場合、この単語の使用数の変化について確認の必要はないだろう。これによって、解答途中の単語から理解状況の把握を始めることができることを確かめる。

図 4, 5 および表 2, 3 は問(1), (2)に用いられた各解答時間における単語の使用数である。図 4, 5 について、横軸には解答時間を示し、縦軸にはその時間に対応する解答時間のタイミングで使用された単語の使用数であり、それぞれ上位 10 語を表示している。表 2, 3 は解答に使用された単語が時間ごとにどの程度変化しているのかを示している。これらの「提出」には最終的に提出された解答に対して分析を行った結果を表示している。問(1)について、図 4 から分かるように上位 2 語が常に高くなっている。同様に問(2)について、図 2 から上位 1 語が常に高い。ここで、表 3 を確認すると、問(2)の上位 2 語である「命令」と「処理」は解答者数よりも多くなっており、一人の解答者につき複数回解答に使用していることが考えられる。今回は長所と短所を説明する問題だったため、それぞれの説明に使用したのだろう。そこで、この 2 語を省いたものが図 6 である。ここからも先ほどの 2 語を除いた上位 2 語も常に上位になっていることがわかる。つまり、ある程度上位のものは常に上位であり、そうでない単語はある程度の使用回数に落ち着くことがわかる。解答の文末になりやすい単語なども存在するため、最終的な解答の使用単語など若干は入れ替わることも考えられるが、使用頻度が上位の単語はそのまま使用頻度が高い状態で最終的な解答として提出されることがわかる。すなわち、解答途中の解答群から理解状況把握を始めた際にその時間帯における使用頻度は最終的な解答の使用頻度と近い結果となるため、その使用頻度を参照して解答内容の確認を行っても問題ないといえる。

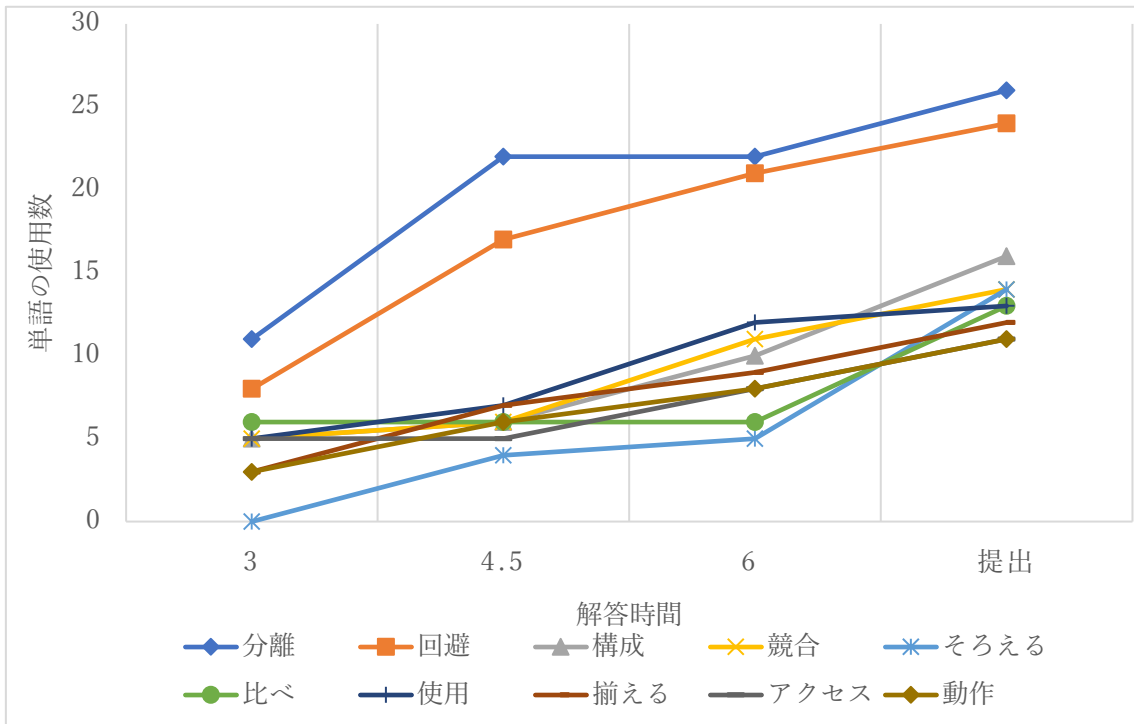


図 4 問(1)の解答途中の単語の使用状況

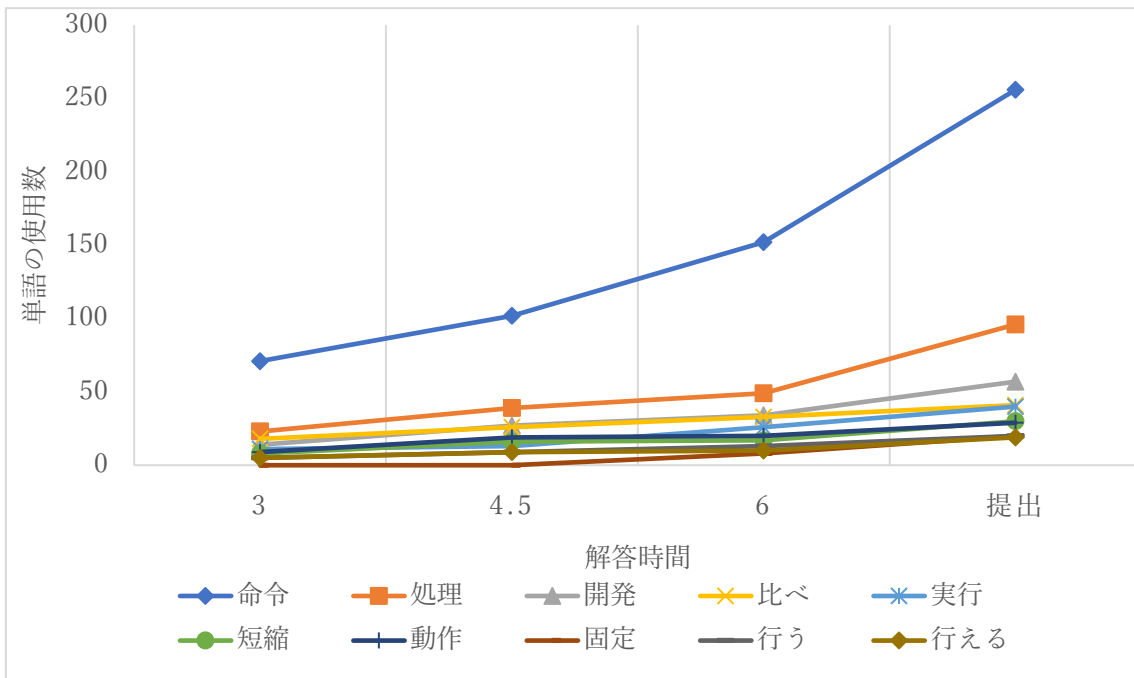


図 5 問(2)の解答途中の単語の使用状況 その1

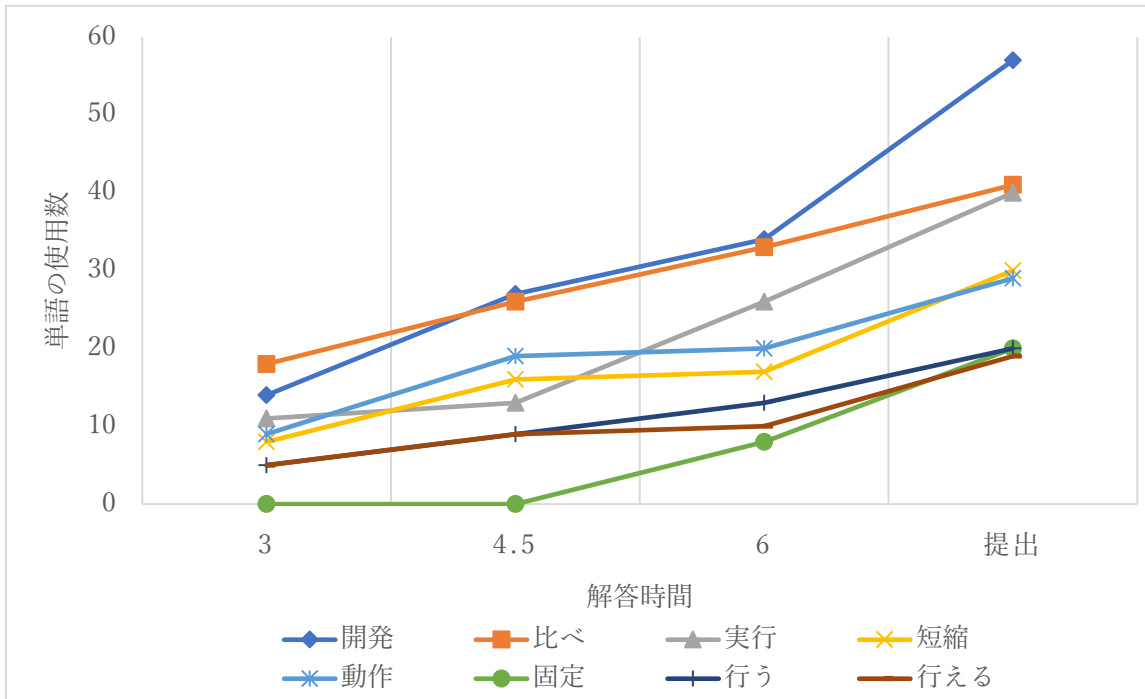


図 6 問(2)の解答途中の単語の使用状況 その2

表 2 問(1)の解答途中の単語の使用状況 (回数)

解答時間 (min)	使用単語									
	分離	回避	構成	競合	そろえる	比べ	使用	揃える	アクセス	動作
3	11	8	5	5	0	6	5	3	5	3
4.5	22	17	6	6	4	6	7	7	5	6
6	22	21	10	11	5	6	12	9	8	8
提出	26	24	16	14	14	13	13	12	11	11

表 3 問(2)の解答途中の単語の使用状況 (回数)

解答時間 (min)	使用単語									
	命令	処理	開発	比べ	実行	短縮	動作	固定	行う	行える
3	71	23	14	18	11	8	9	0	5	5
4.5	102	39	27	26	13	16	19	0	9	9
6	152	49	34	33	26	17	20	8	13	10
提出	256	96	57	41	40	30	29	20	20	19

3.6 使用頻度が高い単語は講師が確認すべき単語であるのか

使用頻度が高い単語について必ずしも講師が確認したい解答になるとは限らない。実際、問(1)について講師自身が把握したい内容に「そろえる」「揃える」などが含まれていなかった。そのため、使用頻度が高い単語の多くが講師自身の把握したい内容に含まれているのか確認しておく必要がある。先ほどの問題を出題した講師が、実際の解答を閲覧し、どれくらいの学生が記述しているのかを確認したい解答内容は、問(1)の長所が「動作を高速にできる」「フォン・ノイマンのボトルネックを解消できる」「パスの競合を回避できる」の3点であり、短所は「回路が複雑になる」ということであった。問(2)の長所が「処理が高速」「回路が簡単」「開発期間が短い」の3点であり、短所は「(プログラムの)命令数が増える」「1つの命令でできることが少ない」の2点であった。早期に見たい解答内容の単語から、動詞を意図した単語を取り出すと、問(1)では、動作 (動作する)、解消 (解消する)、競合 (競合する)、回避 (回避する) であり、問(2)では、処理 (処理する)、増える、命令 (命

令する)であった。これらの単語がすべて表2と表3に含まれていることから、これらの単語を含む解答においてがどのような単語の使われ方をしているのか確認することもできる。また、その単語の使用状況を確認することでどのくらいの学習者がその解答をしたのか確認できる。これらから、今回の問題形式では解答途中から解答を閲覧することに効果があるといえる。

第4章 理解状況の把握の開始を早めるシステム

いち早く解答内容の把握を行うために解答途中の時点から解答を単語レベルに分け、単語の使われ方を表示するシステムを提案する。これによって解答内容の把握を開始する時刻が早くなり、結果として理解状況の把握が完了する時刻も早くなる。この章では、各表示画面についての説明を行う。

4.1 解答過程から解答の文章群を表示する

本研究では、解答途中の解答群を分析し、単語の使われ方を表示するシステムを提案する。これによって最終的な提出解答の内容把握の完了が早くなる。なお、システムの表示画面については大庭らのシステム[12]の表示画面を参考に作成した。これは解答群を単語、フレーズ、全文表示として三段階に分け、表示している。単語を表示し、解答の全文を表示することについて、効果があることがわかったからだ。しかし、このシステムは提出解答のみを扱っているため、解答文章の文章を扱うためにいくつかの工夫が必要になる。この工夫について4.1.1から4.1.3にわたって説明する。

4.1.1 キーワード表示画面

解答の文章が読みづらくなることを軽減するために解答の文章を単語で表示することで解消する。前章において、解答途中に多く使用されている単語は解答終了後にも多くなる傾向にあることがわかった。ここから、解答途中の時点から単語の使用頻度が高いものから表示することで確認する必要がある解答が上部に表示されることで確認しやすくなる。また、抽出する単語をより詳細にしたことによって解答の意図が伝わりやすいキーワードが増え、確認しやすくなる。

実際の画面は図7である。使用頻度の高い単語は上部に表示されている。ここから講師が閲覧したい解答に含まれる単語や特定の気になった単語を選択することでフレーズ表示画面へと遷移する。色分けについては重要度[13]を参照し、高いものからを黄、緑、青とした。これは、未完成な文章が多い文章群を対象にしているため、正確とはいかないが、ある程度の参考となると考え表示した。この重要度は解答の時間が経つにつれ、解答の文章が出来上がるため、精度が上がり、最終的に実際の重要度として表示される。

図7からある程度意味の取れる単語が増えていることがわかる。「できる」や「なる」といった単語は意味が取りづらいが、今回は「する」と比較して多くはならないと考え、これ以上の表示の調整は行わなかった。



図 7 キーワード表示画面

4.1.2 グラフ表示画面

グラフ表示では解答に使用した単語がどのように推移していくのかを表示する。キーワード表示では該当する単語しか表示されない。キーワード表示画面のみを表示すると、前回の閲覧と比較して確認されるべき単語がわかりづらい。解答過程を表示しているのにも関わらず、前回の閲覧から使用された単語がどの程度変化したのかを判別できないからである。そのため、今回はグラフを表示することで解答に使用した単語の変化を確認できるようにした。これで前回の閲覧からどの程度解答が増えているのかを確認できる。前回、閲覧した単語の増加量が少ないのであれば、その単語を用いた解答に変化は少ない。つまり、前回の閲覧の解答状況と類似していると考えられるため閲覧する優先度は下がる。増加量が多いのであれば、その単語を用いた解答の解答状況には変化があると推測できる。特に解答者の増加の場合が多い。そのため、その単語を用いた解答はこれまでの閲覧において確認していない解答が多いと推察できる。そのため閲覧する優先度が上がる。図 8 では 5 回に分けて表示したものをグラフとして表示した。ここで表示されているものはキーワード表示において上位 3 語に表示されているものである。この表示する単語数は変更の余地があるが、今回は見やすさも兼ねてフレーズ表示で基本的に表示される語数に合わせて 3 語とした。

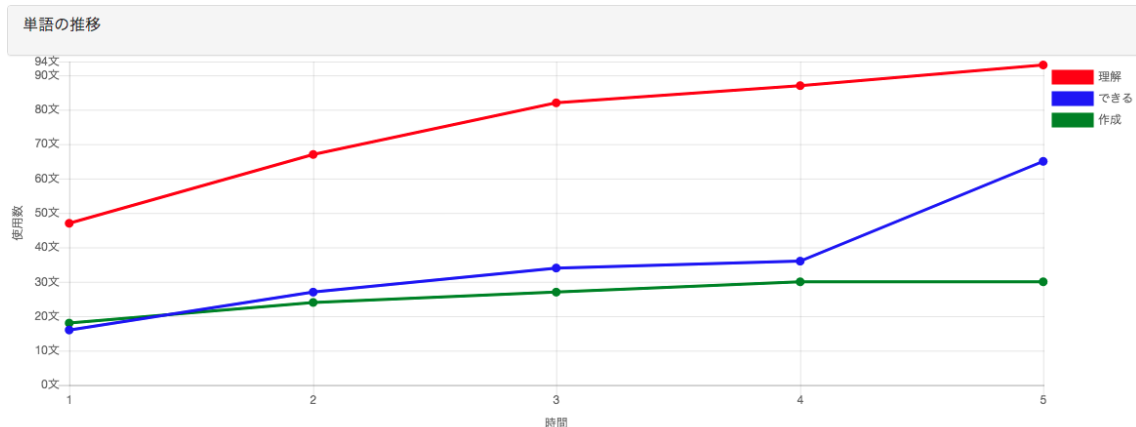


図 8 グラフの表示画面

4.1.3 フレーズ表示画面

フレーズ表示画面ではキーワード表示画面において講師が選択した単語の使われ方を確認できる。表示画面は大庭らのシステムを踏襲し、表示上の違いはない。解答の文章を各文節に分け、講師が選択した単語を基準に修飾・被修飾の関係を表示する。これによって講師が閲覧したい単語が解答でどのように使われているのかを確認することができる。中央の列に選択した単語を含む文節が、左右の列にそれぞれ選択した単語を含む文節と修飾・被修飾の関係を持つ前の文節と後ろの文節が表示される。選択した単語を含む文節が多いものほど上部になり、次に前後の文節が多いものほど上部になる。使用頻度が高い単語ほど色が濃くなるようにしている。また、それぞれの文節の隣にはその文節で使用された回数が表示されている。これで講師が閲覧したい単語がどの程度使われているのか、どのように使われているのかを確認できる。実際は解答が途中のために分析結果が正しくない文節が存在しているが、図9ではその他で丸められ、表示されていない。ここから、解答途中において文章がおかしくなっている状態のものは表示されづらく、影響が少ないことがわかる。

「理解」の周辺				上位3級
前	検索語	後		
7	人間が	理解する 23	ことは	3
3	機械語を		ことが	3
4	直接		ことの	1
17	その他		その他	2
5	人間が	理解できる 10	高級言語から	1
3	人間にも		言語は	1
1	CPUが		言葉で	1
10	その他	その他	12	12
5	人間が	理解しやすい 12	言語である	1
3	人が		高級言語が	1
1	読みやすく		C言語のような	1
10	その他		その他	9
その他 202				

図 9 フレーズ表示画面

4.1.4 全文表示画面

フレーズ表示画面で文節を選択すると、それらの単語を含む実際の全解答が表示される。表示画面については大庭らのシステムを踏襲し、表示上の違いはない。図 10 では「理解できる」と「人間にも」を選択した結果である。それらを含む解答が表示されている。これによって現状の解答状況を確認し、講師が閲覧したい事項がそのような解答方針になっているのかを確認できる。この時点で指摘したい内容と解答に齟齬が生じているのであれば、その内容は効果的な指摘でないことが考えられる。また、この画面に表示される文章は実際の解答であるため、最も解答途中の文章であるという影響が大きい。しかし、すでに解答を終了している解答やある程度解答が完成しているものに関しては、先に解答を閲覧することができる。これによって、解答終了後に新たに閲覧すべき解答が大幅に減り、解答内容の概要把握が簡単になる。

高級言語が使われる理由としては、プログラムを実行させるための文書は人間にはわかりにくい2進数で表される機械語だからです。それを解決するために、まず人間にも理解できる高級言語から機械言語に移行させていこうと考えたためです。

機械語のプログラムは、二進数によって表わされている為、コンピュータには解読できても人間にとっては難しすぎる。高級言語のプログラムならば、人間にも理解できる為、プログラムの内容もわかりやすく、間違いも見つけやすい。

・高級言語が必要とされる理由は、二進数で表現された機械語を人間が理解することはとても難しい。そこで人間にも理解できる形でプログラムを書き表し、またCPUに依存した処理を書かなくてよいということで高級言語と呼ばれるものが生まれた。

図 10 全文表示画面

第5章 実験

本章では、提案システムが解答の概要の早期把握に役に立っているのかを確認するために実験とアンケートを通して検討する。4章で提案した内容をプログラミング言語 Perl およびその Web フレームワークである Mojolicious を用いて実装した。被験者に実装した提案システムと大庭らのシステムである三段階表示システムをそれぞれ使用してもらい、特定の記述を意図した解答を行った解答者の提出時の人数を解答してもらうことで解答内容の概要把握がいち早く行えたのかを確認する。この判断がすばやく行うことができるのであれば、各解答がどのような内容であったのか把握できたといえる。これを解答途中の解答群から把握を開始し、解答終了直後に判断した結果を解答させる。これによって、解答途中でも解答の概要把握を開始することが可能であり、その結果から、解答の概要の早期把握ができることを確認する。

5.1 実験条件

実験は、以下に述べる問題について、講師役をする被験者に、三段階表示システムと提案システムの両方のシステムを用いて特定の誤答を含む記述を行った人数を解答させた。被験者は本大学の大学生 4 人と大学院生 4 人の計 8 人であった。また、被験者を以下の表 4 の通りにグループ分けを行った。

表 4 グループ分け

	問 1	問 2
グループ A	提案システム	三段階表示システム
グループ B	三段階表示システム	提案システム

出題した問題は三重大学工学部電気電子工学科の講義「計算機基礎及び演習 I」で行われた 2 問の小テストの解答群を一部改変して使用した。解答者はどちらの問題ともに 80 人であった。問 1 は「デバッガとはなにか説明せよ。ただし『ステップ』を用いること。」であり、被験者に判断させる記述は「デバッガ自体がバグを修正・削除を行う」という意味のとれる記述であった。また、この記述の解答をした人数は 80 人のうち 15 人であった。問 2 は「機械語とはなにか説明せよ。ただし『命令』を用いること。」であり、被験者に判断させる記述は、「機械語は CPU が直接実行できるプログラミング言語である」という意味の記述であった。また、この記述の解答をした人数は 80 人のうち 20 人であった。これらの問題をグループ分けに応じた被験者に提示し、解答させた。それぞれのシステムの使用後、アンケートにより調査を行った。実験の手順は以下の通りである。

1. 対象となる小テストの内容，模範解答，判断を行う解答（誤答），各システムの使用方法及びそれぞれのシステムの違いを説明する．
2. 問1について，グループに応じたシステムで解答群を表示し，指定した記述を行っている解答がどの程度あったのかを解答させる．なお，解答は5の倍数で答えることとする．解答の表示手順については後述する．
3. 問2についても同様に解答させる．
4. アンケートに回答させる．

解答の表示手順は次のようにする．まず，解答状況を再現するために，学習者の解答過程の文章を時間ごとに分ける．今回の実験では最も解答の記述が多かった時点の解答から3分おきに分割し，5回に分けて表示する．今回，5回目に表示する解答は解答内容の変化が乏しいため，最終的に提出した解答とした．被験者には最初の解答から3分おきに解答を更新し，5回に分けた解答を閲覧してもらう．5回目の解答を閲覧開始した後，1分後に最終的な解答を解答してもらう．また，被験者が3分で分析が完了していない場合を考慮し，更新の有無は被験者に任せた．そして，しなかった場合でも，いつでも次の時間の解答を閲覧できるようにした．このような手順において解答を表示した．これの解答がどの程度正しいかによって解答過程の段階から解答を閲覧することに対して効果があるのか確かめる．次にアンケートの内容は以下の通りである．

- (1) 単語の増減を示したグラフは役に立ちましたか．
- (2) 表示する単語（キーワード）の量は適切でしたか．
- (3) 判別に用いた解答がどこにあったかすぐに見つかりましたか．
- (4) 解答の更新間隔はどうでしたか．
- (5) 3分おきに提供されたそれぞれの解答についてどの程度役に立ちましたか．
- (6) 自由記述

これらのアンケートについて1から5段階で評価してもらった．(1)では1を役に立たなかった，5を役に立ったとし，(2)では1を非常に少ない，5を非常に多いとした．(3)では1を当てはまらない，5を当てはまる．(4)では1を長かった，5を短かったとした．(5)ではそれぞれの解答時間について1を見なかったとしたとし，2から5の4段階で評価した．2を役に立たなかった，5を役に立ったとした．それぞれの質問意図としては，(1)は追加したグラフがどの程度役立ったのかを確かめる．(2)と(3)はキーワード表示の量や内容を確認する．(4)はそれぞれの解答の表示までの時間が適切だったかを確認する．(5)は特にどの解答が解答内容の把握に役立ったのかを確認する．これらのアンケートからそれぞれの表示画面に対して効果があったのかを確認する．

5.2 実験の結果と考察

実験の結果，どちらも指示した解答内容をした学習者の人数が概ね把握できていることがわかった．以下の表に結果を示す（表 5）．被験者の行った解答を「解答」に実際に著者が事前に数えた人数を「正解」として示す．

表 5 実験結果

	問 1		問 2	
	解答	正解	解答	正解
提案 システム	15	15	25	20
	20		15	
	15		50	
	35		25	
三段階表示 システム	10	15	20	20
	5		60	
	10		20	
	20		75	

この結果から，解答の誤差が 5 以内のものに着目すると今回の提案システムの方がわずかに良かった．しかし，これは有意差があるとは言えない程度の差である．正解から大きく外れたものに関して解答数の重複が含まれることが考えられる．つまり，解答を何度か確認するうちに，誤って一度数えた解答をもう一度数えてしまうことである．これは特に問 2 で発生したことがわかる．この問題の原因や考察については後述する．

次にアンケートの結果を表 6 に示す．平均値には各アンケートの結果の値をスコアとし，平均値を算出した．同様に最頻値には最も多かった値を表示した．この結果から，解答途中の解答を閲覧することで解答内容の把握に役立っていることがわかった．特に解答の 2 回目から提出解答までにかけて，評価が高くなっている．ここから，解答終了まで待つことなく，解答閲覧を開始することで，いち早く解答の内容を把握することができるということがわかった．しかし，そのほかの項目について特に有効的であった結果が得られなかった．それぞれの結果について考察する．

表 6 アンケート結果

アンケート項目	平均値	最頻値
(1)	3.1	4
(2)	3.8	4
(3)	3.3	3
(4)	3.0	3
(5), 1回目	3.1	4
(5), 2回目	3.9	4
(5), 3回目	3.9	3
(5), 4回目	3.9	5
(5), 5回目	4.3	5

(1)のグラフの効果について、平均値が3.1で最頻値が4であった。ここから把握のためにグラフを必ずしも必要としていないことがわかった。今回、グラフを見やすさのために上位3語を表示して行った。しかし、上位3語では少なかったのではないかと考えられる。そのため、グラフがあまり活用できなかった場合があったのだろう。また、自由記述において後述するが、解答が時間経過したときに一度閲覧した解答かどうかがわかりづらいという意見があった。ここから、閲覧する単語が増加したとわかり、その単語を閲覧する際に、新たに追加された解答内容と元々存在していた解答内容とが混在し、見づらい状態になってしまい、結果的にあまり活用できなかったと考えられる。

(2)の結果について、平均値は3.8で最頻値が4であった。ここからキーワード表示画面の情報量が多くなったと考えられる。この項目において最も多い意見が「多い」という結果だったが、これについては概ね想定通りである。大庭らのシステムの問題点について、表示する単語の量が多く、その上、表示する必要のない単語が表示されていたことがあった。今回の提案では必要のない単語を減らしたが、その分表示される単語の特徴が変化した。ここから、表示する量の変化はなかったが、表示される解答の情報量に変化した結果、「多い」が最も多くなったのではないかと考える。今回、表示するキーワードの量を減らすことで、必要な単語が表示されなくなるということが起きないように表示の量は変化させなかった。これから、このような結果となったと推察する。

(3)について、平均値は3.3で最頻値は3であった。ここからキーワードの表示内容による差は生まれなかった。この理由は(1)でも説明した一度見た解答内容かどうかわかりづらかったからだろう。キーワード表示では不必要な単語の表示が減り、判別に用いた解答を閲覧しやすくなっている。しかし、この評価となっていないことから、フレーズ表示や全文表示に関わる箇所が問題となっているのではないかと推察する。

(4)について、平均値は3.0で最頻値は3であった。更新間隔は「適切だった」が多いため、被験者はある程度自身で確認しながら解答を閲覧できたと考えられる。

(5)について、今回のアンケートには1の「見なかった」と解答した人はおらず、平均値には1の評価は含まれていない。つまりこの結果は使用した被験者の解答しか表示されていないこととなる。1回目の平均値が3.1、最頻値が4、2回目の平均値が3.9、最頻値が4、3回目では平均値が3.9、最頻値が3、4回目では平均値が3.9、最頻値が5、5回目では平均値が4.3、最頻値が5という結果となった。ここでは各時間の解答が役に立ったのかを確認したが、概ね「役にたった」ということがわかった。1回目が低い評価となっているが、実際使用するのであれば、解答状況や解答時間などから閲覧するタイミングを調整すればよい。つまり、今回の問題のケースでは、1回目のタイミングでは解答内容が確定していない学習者やまだ解答していない学習者の存在のため、解答が揃いきっておらず、確認するには早すぎたが、それ以降は解答内容の把握に役立っているといえる。

最後に、自由記述の項目について、最も気になった記述は一度見た解答内容かどうかわかりづらかったということである。実際、この問題について、ほかの項目にも影響を与えてしまっている。そのため、対策する必要があるといえる。対策としては、該当の文章の背景に色を付けることや、各学習者に学籍番号や出席番号など、固有の番号や名称を付けるなどがある。しかし、各配色によって明度差が大きいほど文字が読みやすいとされている[15]。背景の色が増えることで、背景に配色されている色との明度差が小さくなることで背景の色が見づらくなってしまう可能性がある。また、見づらい表示では使用者に負担がかかることも示唆されている[16]。固有の番号や名称を付与することについては過去に閲覧した解答の番号や名称を覚えておく必要が生じる。これらの対策を行った際における閲覧時の負荷がどのように影響するのか検討する必要がある。つまり、解答が閲覧済み・未閲覧かどうか判断が行いづらいという問題およびその対策における影響について検討していく必要がある。

5.3 実験のまとめ

実験の結果から、解答途中の解答群から解答の概要をわかりやすく表示し、閲覧を開始することで、学習者の理解状況を早期に把握することができることがわかった。しかし、提案システムと大庭らのシステムによって、把握結果には大きな差が出なかった。どちらのシステムも解答を幾度か閲覧することによって見づらくなるという問題があるため、この問題を解決する必要がある。グラフに表示する単語について、有効的だとはいえない結果となった。この原因として、表示する単語数が影響したのか、そもそも講師が閲覧するのを感じなかったのかについては検討していく必要がある。解答時間や表示する単語の内容については問題がなかった。表示する単語の量については多い結果というなった。これを減らすことで講師が確認したい単語も同時に減らしてしまう可能性があり、表示する単語の量を変化させなかった。そのため、このような結果となったのだろう。解答途中の解答を確認する

ことは効果があることがわかった。学習者の解答数が多くなった時点での解答はまだ揃っていないために、理解状況把握には効果的でなかったが、その時点から少し時間が経てば解答が揃い始め、より効果的に理解状況の把握ができることがわかった。

第6章 まとめ

本研究は、解答内容を把握し、フィードバックをいち早く開始できることを目的とした。そのために解答途中の解答内容がどのようになっているのかの確認が容易になるシステムを作成した。しかし、解答途中の文章は扱うことに対していくつかの問題点が存在する。その問題について検討し、それを考慮したうえでシステムを作成し、実験を行った。実験の結果、実験に使用したそれぞれのシステムについて類似の結果ではあるが、どちらも把握できているという結果となった。実験とアンケートの結果から最も大きな課題として一度閲覧した解答かどうかの判断が行いづらいということが挙げられた。これからの展望としてこの問題について検討を行い、対処する必要がある。具体的には該当の文章の背景に色付けすることや学習者ごとに固有の番号や名称を与えることなどが考えられる。

謝辞

本論文は、著者が三重大学大学院工学研究科電気電子工学専攻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。本研究を進めていくにあたって、懇切丁寧なご指導とご督励を賜った本学の高瀬治彦教授、北英彦准教授に感謝いたします。

最後になりますが、本論文をまとめるにあたり、助言や討論をしてくださった方々をはじめとする、お世話になりましたすべての方々へ感謝いたします。

参考文献

- (1) 宮崎佳典, 相馬あおい, 厨子光政, 法月健:「英単語並べ替え問題における機械学習による学習者の迷い検出の試み」Computer & Education, vol. 45, pp. 31-36 (2018)
- (2) 児島千珠代:「学習意欲と授業についての考察」, 清泉女子大学紀要, vol. 64, pp.33-48 (2017)
- (3) 溝上慎一:「大学生の学習意欲」, 京都大学高等教育研究, vol. 2, pp. 184-197 (1996)
- (4) 松田健, 大谷康介, 中野美知子:「学習履歴取得システム開発に関する一考察」, 情報処理学会, vol. 79, pp. 469-470 (2017)
- (5) 藤井利江, 山口裕幸:「大学生の授業中の質問行動に関する研究—学生はなぜ授業中に質問しないのか?—」, 九州大学心理学研究, vol. 4, pp. 135-148 (2003)
- (6) Thomas Puthiaparampil, Md Mizanur Rahman:「Very short answer questions: a viable alternative to multiple choice questions」, BMC Medical Education, vol. 20, pp. 1-8 (2020)
- (7) 総務省:「教育 ICT ガイドブック Ver. 1」
https://www.soumu.go.jp/main_content/000492552.pdf, 2022/1/20 参照
- (8) 松島るみ, 尾崎仁美:「大学生のオンライン授業に関する評価と自己調整学習方略および学習特性との関連」, 日本教育工学論文誌, vol. 45, pp. 1-4 (2021)
- (9) Moodle:「Moodle - Open-source learning platform」, <https://moodle.org/>, 2022/1/20 参照
- (10) 小久保綾子, 村田和義, 渋谷雄:「問題解答時の修正および停滞箇所を容易に把握可能なペン入力型 1 対 1 授業支援システム」, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 15, pp. 141-150 (2013)
- (11) 鈴木公貴「記述式テストにおいて自信に着目した学生の理解状況把握の支援」, 令和元年度, 三重大学院工学研究科電気電子工学専攻修士論文(2019)
- (12) 大庭知也, 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治:「多人数クラスにおける記述式小テストを支援するシステム—学生の理解状況をすばやく把握するためのインターフェイス—」, Computer & Education, vol. 39, pp. 86-91 (2015)
- (13) 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治, 森田直樹:「記述式小テストの解答群の分析手法—解答群からのキーワード自動抽出—」, コンピュータ&エデュケーション, vol. 34, pp. 46-49 (2013)
- (14) 伊藤春樹, 岩山絵理, 西和久:「タブレットを用いた学習過程の分析方法—学習における時間の概念—」, 愛知淑徳大学論集—福祉貢献学部篇—, vol. 9, pp. 1-12 (2019)
- (15) 槇究, 田中奈苗, 留目真由香「読みやすさと配色の良さの両立: 文字色と背景色の組み合わせの評価」, 日本色彩学会誌, vol. 29, pp. 2-13 (2005)
- (16) 馬燁唯, 岡田明, 山下久仁子「ディスプレイの図と地の配色が操作特性および生理・心

理に及ぼす影響」, ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 23, pp. 349-358(2021)