

# 修士論文

## 記述式小テストの解答入力過程の分析

平成 27 年度修了

三重大学大学院 工学研究科

博士前期過程 電気電子工学専攻

早川 賢治

# 目次

第1章 はじめに	1
1.1 講義における現状	1
1.2 小テスト支援システム	2
1.3 めざすシステムの概要	4
第2章 解答閲覧システム(従来システム)	6
2.1 従来システムの概要	6
2.2 従来システムの問題点	8
第3章 学生のふるまい	9
第4章 解答入力過程の分析	11
4.1 実験目的	11
4.2 解答入力過程の情報取得方法	11
4.3 入力技術が入力過程に与える影響	14
4.4 解答の入力過程の調査内容	17
4.5 解答入力過程の大まかな傾向	22
4.6 解答の進み方と学生の解答への自信の関係	24
4.7 理解が不十分なためによる入力の停滞	24
4.8 アンケート結果のまとめと傾向	25
第5章 システム改良に向けた基本アイデア	28
第6章 おわりに	31
6.1 まとめ	31
6.2 今後の課題	31
参考文献	32
謝辞	34
発表論文	35

## 図目次

図 1	これまでの小テストの手順	2
図 2	システムを取り入れた小テストの手順	4
図 3	解答閲覧システム (従来システム)	7
図 4	解答入力過程を分析するシステム (解答者側インターフェース)	12
図 5	出力された解答入力過程の情報	13
図 6	ローマ字入力時の文字増加の様子	16
図 7	かな入力時の文字増加の様子	16
図 8	かな入力時の入力間隔のヒストグラム	17
図 9	実験条件	19
図 10	分析対象のテスト	20
図 11	分析に使用するアンケート	21
図 12	解答の進み方の例 A	22
図 13	解答の進み方の例 B	23
図 14	解答の進み方の例 C	23
図 15	講師に知らせるとよい記述部分	25
図 16	システムの表示のアイデア	29

## 表目次

表 1	入力間隔の平均時間	15
表 2	自信の有無と解答の進み方	24
表 3	停滞後の記述への自信の有無	25
表 4	問 1 に対するアンケート結果	26
表 5	問 2 に対するアンケート結果	26
表 6	問 3 に対するアンケート結果	26
表 7	問 4 に対するアンケート結果	26
表 8	問 5 に対するアンケート結果	27
表 9	問 6 に対するアンケート結果	27
表 10	問 7 に対するアンケート結果	27

# 第1章

## はじめに

### 1.1 講義における現状

多人数の学生が参加する講義では、講師は学生に対して一方的に説明するだけになる傾向がある。講師からの一方通行の講義では、学生が講義の内容を理解できていなかったとしても、それとは関係なく講義が進んでしまうため、学生はそれ以降の講義についていけなくなってしまう。その結果、学生の講義の内容に対する理解が浅くなってしまう。そこで、講義において、学生の理解を深めるためには、講師が一方的に講義内容を教授するのみでなく、学生の理解状況を把握し状況に応じて適切な授業改善を行うと良い。実際に講師は、学生の理解状況を把握するために、「理解しましたか？」という問いかけを行ったり、学生の様子を観察する机間巡視などを行う。しかし大学の講義では、学生の反応が乏しく学生も多いため、これらの手段は効果的に働かない場合が多い[1]。

こういった問題を解決する方法としては、授業評価アンケートの結果をもとに授業改善を行うことがあげられ、アンケートであれば多人数であっても1人1人の回答を得ることができる。近年では、授業評価アンケートの実施を支援するシステムも開発されている[2][3]。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、アンケートに答えた学生に対する授業改善はできないものであったが、文献[2]のシステムでは、講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ようになった。また文献[3]のシステムでは、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・確認できることを目的に開発が進められている。しかし授業評価アンケートは主に選択式で行われ、具体的に学生の理解不足な箇所を指導するなどの授業改善には繋げづらいと考えられる。

西森は、大学での数学基礎教育に関する調査[4]を行い、これらの問題を解決する方法として小テスト（講義中に行う簡単な演習）を多くの講師が利用していることを示した。小テストは学生1人1人が解答するために学生の理解状況を正確に把握できるといえる。小テストの結果から学生にとって理解しにくかつ

た箇所を見つけ、追加の説明をすることなどにより、より具体的な授業改善が可能になるといえる。しかし、小テストにもデメリットがある。小テストを利用した授業改善の流れは、図 1 に示すように①学生が講師に出題された小テストを解答、②解答を講師が回収、③講師が解答を分析・情報を把握、④講師が理解状況に応じた授業改善を行う、といったような手順で行われる。しかし③の手順は多人数が対象の小テストであると、学生に対する講師からの素早いフィードバックが重要である[5]にもかかわらず、多大な手間がかかってしまう。そのために講師にとって小テストの実施が手軽ではなかったり、学生が理解できなかった内容に関する説明が次回の講義になってしまうという現状がある。

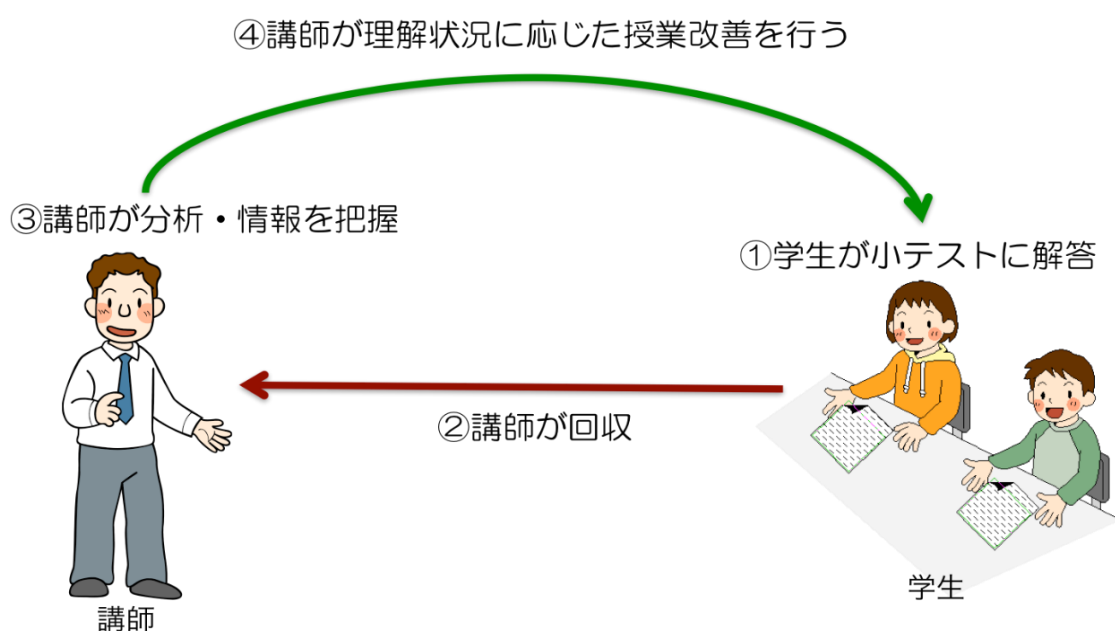


図1 これまでの小テストの流れ

## 1.2 小テスト支援システム

1.1 節で述べた現状をうけて、近年、計算機及びそのネットワークの発達を利用して、小テストを紙ベースではなく、電子端末および計算機を用いて実施する手法が現在注目を集めている。近年では、計算機演習室以外でも、ネットワークに接続可能な電子端末を1人1台利用して講義を進めることができる教室が増えつつある。また、誰でもいつでもどこでもコンピュータネットワークが利用可能なユビキタスコンピューティング社会が到来すれば、教室で各学生が情報端末を利用することは特別なことではなくなると予想され、電子端末を

用いた小テストが広まると予想される。

電子端末および計算機を用いて小テストを実施することで、回収スピードの高速化、分析の自動化をはかることができる。図2は、電子端末および計算機を利用した場合の小テストを利用した授業改善の手順を示したものである。はじめに講師が学生に小テストを出題する。学生は電子端末を用いて小テストに解答する。解答を学生が提出し、提出された解答データから計算機は解答の分析を行う。次に、講師の端末上に分析した情報を表示する。講師は表示された情報を元に、学生の理解状況を把握し、フィードバックを行うことで授業改善につなげることができる。

これまでに、さまざまな講師の手間を軽減する小テスト支援システムが構築されている。例えば、Moodle[6]などの e-Learning システムでは、学生は Web を使用して回答することができ、その内容に応じてシステムがコメントを返す。また、クリッカーと呼ばれる装置を用いることで、多肢選択問題に対する学生の解答を講師が即時に得るようになる[7]。このように、計算機システムを導入することで、小テスト実施の手間を減らすことが可能である。クリッカーは多肢選択問題の実施をサポートするが、記述式の解答を扱うシステムも提案されている。例えば、JESS[8]は、日本語の小論文を3つの特徴量（修辞、論理構成、内容）に基づいて、10点満点で採点する。円錐型レポート採点支援マップ[9]は、レポートをDマップと呼ばれる可視化手法により表示する。この表示は使用単語と文章量に応じて行われる。この結果、未採点のレポートと採点済みのレポートとの関係を講師が把握しやすくなるため、採点の助けとなる。しかしいずれの手法も各解答の採点に主眼が置かれており、採点結果だけでは、授業改善等の判断材料には不十分である。

以上のように、これまで開発されてきた小テスト支援システムでは、講師が理解状況を把握するためには十分でない点が残されている。そこで我々の研究グループでは多肢選択式よりも具体的に理解状況が把握でき、レポートほど理解状況把握の把握が困難ではない、短答記述式小テストを支援するシステムの開発を行っている。短答記述式テストとは、学生の解答が1~2文程度の記述式テストである[10]。学生が自分自身の言葉で解答を行うため当て推量で正答することが困難であることから、解答の理解状況を具体的に把握でき、また選択肢を作る必要がないため、問題を作成する手間がかからないというメリットがある。想定しているシステムの働きおよびシステムの概要については次の節で説明を行う。

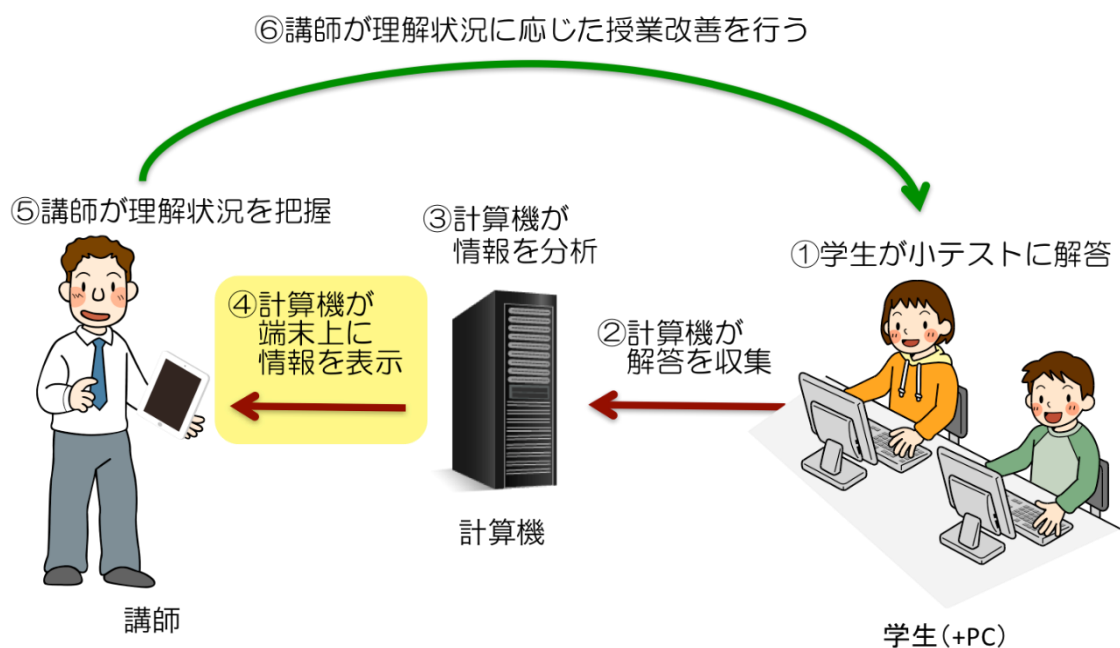


図 2 システムを取り入れた小テストの手順

### 1.3 めざすシステムの概要

我々は、短答記述式テストにおいて講師を支援するシステムの構築をめざす。システムで支援するのは、学生が解答した結果を1つ1つ厳密に採点することではなく、学生全体の理解状況について大まかに把握することとする。さらに講師に対しては、授業前の小テストの問題作成以外の準備も必要なく小テストが実施できるようにする。また、学生が1人1台電子端末を持っているのであれば、コンピュータ以外の特殊な端末を準備することなく、テストが実施できるようにしたいと考えている。

我々の研究グループではこれまでに、多人数の記述式の解答の傾向を講師が即時に把握できるようにするための一手法として、解答を内容ごとに分類し分かりやすい形で提供するリアルタイム小テスト支援システムを構築してきた

(詳細は2.1で説明を行う)。しかし、従来システムでは、講師が解答そのものの分析をしやすくすることの支援までしか行えず、理解状況の把握はすべて講師にゆだねられている。

本論文では、従来の小テスト支援システムにおける、講師が学生の理解状況を把握する際の負担を、さらに軽減することを目的とし、システムでも学生の理解不足な箇所を一部でも把握し情報を提供できるようにすることをめざす。講師が学生の誤りを把握する際には、解答そのものだけでなく、机間巡視を行い、学生のふるまい(動作の変化や解答を進めている様子)も観察しているこ

とに着目し，本論文では，学生のふるまいの分析を行う．特に今回は，情報を収集するのにコンピュータ以外の特殊な端末の準備が必要ない解答入力過程に焦点をあてて分析を行う．

本論文の構成を以下に示す．2章では従来の解答閲覧システムの概要とその問題点について述べる．3章ではシステム強化のために学生のふるまいを分析する狙いと有効性について述べ，4章で学生のふるまいの分析結果と考察を行う．5章でシステム改良に向けた基本アイデアを述べ，最後に6章で本論文をまとめ，今後の課題について述べる．



## 第2章

### 解答閲覧システム（従来システム）

本章では、解答閲覧システム（従来システム）についての概要とその問題点について述べる。2.1節では従来システムの概要について述べ、2.2節で従来システムにおける問題点について述べる。

#### 2.1 従来システムの概要

この節では、解答閲覧システム（従来システム）の概略を示す。このシステムは、電子的に提出された学生の記述式の解答を分析し、学生たちの理解状況を素早く把握することを目的としている。これは、講師に解答群をそのまま提示するのではなく、(1) キーワード、(2) キーワードの周辺、(3) 解答全文の順に提供する。これは、何人かの講師への聞き取り調査の結果得られた知見に基づいている。

以下に、実際にシステムが提供する画面を用い解答を閲覧する流れを説明する。なお以下の例は、理系の大学1年生が受講する計算機基礎に関連した講義において実施した小テスト「機械語について説明せよ」の実際の解答群（79人分）を分析した結果である。このシステムの概略を図3に示す。

まず講師が出題し、学生はそれに対して計算機で解答を入力する。次に、サーバは計算機を用いて入力された学生の解答を、逐次収集し分析する。分析では、受け取った学生の解答から重要語(解答を記述するために重要な語)を自動で抽出し、キーワード提示画面(図3(a))に表示する。ここで各語はそれぞれの重要度に応じて3段階に色分け(高い:赤, 普通:青, 低い:緑)される。また、各語の解答群中での使用頻度に応じてその表示位置が決まる。(頻度の高いものほど上)。講師は、この画面を閲覧し、キーワードと思う語を選択する。講師がキーワードを選ぶと、システムは解答を係り受け解析した結果に基づき、キーワードの前後の文節を図3(b)のように提示する。ここでは、3列構成になっており、中央の列にはキーワードを含む文節を、その文節に係る文節・その文節に係る文節を、それぞれ左・右の列に表示する。さらに講師が注目する文節を選択すると、システムは、その文節を含む解答の全文を図3(c)の

ように表示する．このように，前任の解答の全文をいきなり表示せず，段階的に情報を提示することで講師が解答の内容を素早く把握できるようになる．さらに詳細については文献[11][12]に記載されている．

キーワード一覧 キーワードを直接指定 🔍

言語	機械	実行	直接	命令	CPU
コンピュータ	プログラム	プログラミング	書か	表現	低級
表さ	高級	数字	用い	コード	構成
扱う	信号	表わさ	変換	内部	低い

(a) キーワード提示画面

「命令」の周辺 上位3個▼

前	検索語	後
5 CPUによる	命令を 20	2 実行できる
2 プログラムの		2 出す
1 コンピュータの		1 実行できるように、
5 その他		15 その他
4 CPUに	命令する 12	2 ために
2 使って		1 言語である。
1 実行内容を		1 言語の
10 その他		6 その他
8 CPUが	命令し 11	4 実行する
1 コンピュータに		2 実行できる
1 機械語で		1 実行する。
3 その他		4 その他
その他 32		

(b) フレーズ提示画面

## 「命令し」と「実行する」Qを含む解答

×

機械語は、二進数のみでつくられており、低級言語の中の1つである。そのため、機械語はコンピュータに命令し直接実行することができる。

機械語は、CPUが命令し直接実行するプログラミング言語の一つである。人間には、数字や一部英字を使い二進数や十六進数で表現される、最も低いレベルの言語である。

機械語は、二進数で構成されているオブジェクトコードのことである。コンピュータの命令できる言語であり、機械語で構成されていないプログラムを直接実行をすることを命令することはできない。またCPUが命令しプログラムを実行することができる。

機械語は、CPUが読み取ることができ二進数で表記されCPUが命令し実行することができる言語のことを言う。

(c)全文提示画面

図3 解答閲覧システム（従来システム）

## 2.2 従来システムの問題点

従来システムを使用することで、講師は、特別な準備をすることなくキーワードを中心として解答を閲覧し、すばやく解答群の主要な内容を把握できる。しかし、システムが提供する情報は学生の解答のみに基づいており、解答を見やすくすることで、講師が分析をしやすくする手助けをするにとどまる。そのため、学生の状況の判断は全て講師にゆだねられており、その点において講師の負担は軽減されていない。従来システムは習熟した講師が使うことを想定しており、講師がある程度学生の間違えやすそうなことを把握していることや、各語に重要度を負荷することでキーワードが選択しやすいようにはなっているが、システムでも学生の理解状況を一部でも把握することができればさらに講師を支援することができるようになる。

## 第3章

### 学生のふるまい

小テストで学生の理解状況を把握する際に講師が行うのは、収集した解答を読むだけではない。例えば、机間巡視などをすることで学生のふるまい(動作の変化や解答を進めている様子)を観察したり、学生の閲覧ページを観察し考慮に入れたりする。実際に学生の学習履歴に着目した研究もある[13]。しかし、この研究は学習中に教材内のページ遷移履歴を可視化し講師が学生の学習スタイルを把握することで、それに合わせた授業改善、教材の提供を促進することを目指しており、今回の我々の研究への応用は期待できない。そのため、学生の閲覧ページを分析するよりも、学生のふるまいを分析し、学生の理解状況を把握できるようにすることが有効だと考える。

学生のふるまいにもさまざまあり、例えば、問題解答時における学生のライティング動作を分析した研究[14]では、“紙と鉛筆”を用いてライティングを行う際の、顔方向とペン先の動きを映像解析することで、学生が解答を進めている状態であるのか、解答を中断している状態であるのか、ノートを参考にしていない状態であるのかの分類を可能にしている。またペンタブレットによる筆記状態においても浅井等は、活性、試行錯誤、非活性の状態に分類し、学生のつまづき状態を検出するための手法を提案している[15]。これらのように顔の向きや視線の動き、手の動きに着目した研究がおこなわれているが、いずれも、学生が自らペンや鉛筆を動かすため、そこに視線が移ることを利用したものであり、前提として視線を感知する装置が必要であり、コンピュータなどの電子端末以外の装置を1人1人に準備しなければならない。

本研究では、PC・タブレットを利用した授業環境での講師の支援をめざしているため、解答の入力方法をキーボードから行うものと仮定する。この環境下で、追加の機器を利用することなく、学生の理解状況に関する情報を収集・分析することをめざす。その第一歩として、解答の入力過程に着目する。

ここで、解答の入力過程と学生の理解状況との関係について検討する。ここで、筆者は学生の自信の有無が、入力の進み方に影響していると考えられる。例えば、学生が解答に自信を持っている場合、解答はスムーズに入力されるだろう。一方で、学生が解答に自信を持っていない場合は、以下の理由により、解

答の入力中に停滞や削除などが頻繁に行われる。

- (1) 理解できていないため、そもそも解答を記述できない。
- (2) 理解が不十分なため、作成した解答に満足できず、考え直したり、書き直したりする。

ここでは、これらの状況は、おおよそ学生の不十分な理解により起こるものだと考え、これを検知することを試みる。

次章では、実際に学生が行った小テストの解答入力過程を収集・分析し、学生の解答の進み方と解答への自信の関係について調査をおこなう。

## 第4章

### 解答入力過程の分析

本章では、実際の小テストにおける解答入力過程を収集し分析する。本実験は、被験者の問題解答時の解答入力過程とアンケート結果から分析を行う。

4.1 節では、実験目的を述べる。4.2 節では、解答入力過程の情報の取得方法を述べる。4.3 節では、解答の入力過程に与える学生の入力技術の影響を調査する。4.4 節では、解答の入力過程と自信の有無の関係について調査する実験の内容を説明する。4.5 節以降では、収集した結果を分析する。

#### 4.1 実験目的

本実験では、さまざまな問題における学生の小テストの解答入力過程を分析することで、解答の進み方と、理解状況と直接関係があると思われる解答への自信の有無の関係性を明らかにする。自信の有無は被験者が解答後アンケートを行うことで調査する。

#### 4.2 解答入力過程の情報の取得方法

解答の入力過程を収集するため、Web を用いて入力過程収集ツールを実装した。被験者は、図 4 に示すインターフェースを用いて解答を入力する。図 4 に示すように入力過程収集ツールは、上部の問題提示部分と、下部の解答入力部分から成る。ここで入力した情報は、逐次 Web サーバに送出され、図 5 に示すように、入力者・入力時刻・その時点の入力内容などを、サーバが記録する。このシステムにより、小テストの解答をキーボードから入力する過程を記録できる。

## 🔄 機械語について説明せよ

機械語について説明せよ。

===

- ・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： 「機械語は、」で文章をはじめること
- ・指定用語： 「直接実行」「二進数」「命令」
- ・禁止用語： 「アセンブラ」「アセンブル」「コンパイラ」「コンパイル」「リンカ」「リンク」

### 解答

解答はここに入力する

提出 (残り 12分)

図 4 解答入力過程を分析するシステム (解答者側インターフェース)

typing_process_id	user_id	quiz_descri...	timestamp	action	text
68	1	3	2015-12-21 15:00:32.039392	type	機械語はm
69	1	3	2015-12-21 15:00:32.147883	type	機械語はま
70	1	3	2015-12-21 15:00:32.347201	type	機械語はまい
71	1	3	2015-12-21 15:00:32.373971	type	機械語はまいお
72	1	3	2015-12-21 15:00:32.562198	type	機械語はまいおp
73	1	3	2015-12-21 15:00:33.314798	type	機械語はまいお
74	1	3	2015-12-21 15:00:33.490953	type	機械語はまい
75	1	3	2015-12-21 15:00:34.034842	type	機械語はまいk
76	1	3	2015-12-21 15:00:34.217907	type	機械語はまいく
77	1	3	2015-12-21 15:00:34.354459	type	機械語はまいくr
78	1	3	2015-12-21 15:00:34.482092	type	機械語はまいくり
79	1	3	2015-12-21 15:00:35.350081	type	機械語はまいく
80	1	3	2015-12-21 15:00:35.601204	type	機械語はまいくr
81	1	3	2015-12-21 15:00:35.777483	type	機械語はまいくろ
82	1	3	2015-12-21 15:00:36.017506	type	機械語はまいくろp
83	1	3	2015-12-21 15:00:36.201537	type	機械語はまいくろぶ
84	1	3	2015-12-21 15:00:36.402254	type	機械語はまいくろぶr
85	1	3	2015-12-21 15:00:36.505750	type	機械語はまいくろぶる
86	1	3	2015-12-21 15:00:36.738025	type	機械語はまいくろぶるs
87	1	3	2015-12-21 15:00:36.970461	type	機械語はまいくろぶるせ
88	1	3	2015-12-21 15:00:37.411371	type	機械語はまいくろぶるせs
89	1	3	2015-12-21 15:00:37.579559	type	機械語はまいくろぶるせっs
90	1	3	2015-12-21 15:00:37.675581	type	機械語はまいくろぶるせっさ
91	1	3	2015-12-21 15:00:37.890817	type	機械語はまいくろぶるせっさg
92	1	3	2015-12-21 15:00:37.987259	type	機械語はまいくろぶるせっさが
93	1	3	2015-12-21 15:00:38.118100	type	機械語はマイクロプロセッサが
94	1	3	2015-12-21 15:00:38.282012	type	機械語はマイクロプロセッサが
95	1	3	2015-12-21 15:00:38.804531	type	機械語はマイクロプロセッサがt
96	1	3	2015-12-21 15:00:38.914685	type	機械語はマイクロプロセッサがty
97	1	3	2015-12-21 15:00:39.009795	type	機械語はマイクロプロセッサがちよ
98	1	3	2015-12-21 15:00:39.189622	type	機械語はマイクロプロセッサがちよk
99	1	3	2015-12-21 15:00:39.386328	type	機械語はマイクロプロセッサがちよく
100	1	3	2015-12-21 15:00:39.442633	type	機械語はマイクロプロセッサがちよくs
101	1	3	2015-12-21 15:00:39.642198	type	機械語はマイクロプロセッサがちよくせ
102	1	3	2015-12-21 15:00:39.826727	type	機械語はマイクロプロセッサがちよくせt
103	1	3	2015-12-21 15:00:39.946478	type	機械語はマイクロプロセッサがちよくせつ
104	1	3	2015-12-21 15:00:40.057722	type	機械語はマイクロプロセッサが直接
105	1	3	2015-12-21 15:00:40.235810	type	機械語はマイクロプロセッサが直接
106	1	3	2015-12-21 15:00:40.263006	type	機械語はマイクロプロセッサが直接「
107	1	3	2015-12-21 15:00:41.155555	type	機械語はマイクロプロセッサが直接
108	1	3	2015-12-21 15:00:46.776812	type	機械語はマイクロプロセッサが直接k
109	1	3	2015-12-21 15:00:46.921715	type	機械語はマイクロプロセッサが直接か

図5 出力された解答入力過程の情報



### 4.3 入力技術が入力過程に与える影響

学生の解答の進み方と学生の自信の有無について検討する前に、学生の入力技術が解答の入力過程に与える影響について検討する。これは、解答の入力過程は、学生の自信の有無だけでなく、学生の入力技術にも大きく影響されると考えたためである。

そこで筆者は、両者を区別する方法を見つけるために、タイピングが問題なくできる場合と、タイピング技術の不足により入力がうまく進まない場合で実際に入力過程を分析した。被験者には、ローマ字入力と仮名入力の二通りの方法で所定の文章を入力してもらった。被験者は、理系の大学4年生または大学院生8名であり、日常的にPCでローマ字入力をおこなっている。そのため、ローマ字入力した場合は入力技術に問題が無い場合の、かな入力した場合は入力技術に問題がある場合の入力過程を得ることができる。

入力してもらったのは、次の二つの記述である。Aがローマ字入力・Bが仮名入力するタイピングテストである。

#### タイピングテスト

A 以下の文章をローマ字入力でタイピングしてください。漢字変換も行ってください。

電気電子工学科は、電子工学と電気工学に関する分野を教育研究する、大学、高等専門学校および専門学校等の学科のひとつ

B 以下の文章をひらがな入力でタイピングしてください。漢字変換も行ってください。

電気電子工学科は

図6, 7に収集した結果を視覚化したもののグラフを示す。これらのグラフは、横軸を入力開始からの時間、縦軸を各時点での入力した文字数として、入力過程を示したものである。ただし、漢字変換などによる文字数の減少は処理を行うことで除いてある。

図からも明らかなように、ローマ字入力ではスムーズに入力が行われる。一方で、かな入力では明らかに一回の入力にかかる停滞時間が長い。そこでかな入力時のキー間隔のヒストグラムをとり分析した。そのグラフを図8に示す。

全被験者のキー操作回数は178回あり、そのうちの9割程度(160回)は10秒以内の停滞であった。10秒以上の停滞も18回見られたが、テスト中のタ

イピングの様子を観察していると、全くキーの位置がわからなくなってしまい完璧に停滞してしまうというパターンが全被験者に一度は見られた。そういった場合には、かなり長時間の停滞が起こりえる。しかし、そういったケースは頻出するとは考えづらく、そういったことを考慮しても、ほとんどの場合でタイピング技術の影響は10秒以下であるといえる。この結果および文献[16]より、10秒未満の入力の停滞は、入力技術の影響を受けている場合が含まれているといえる。

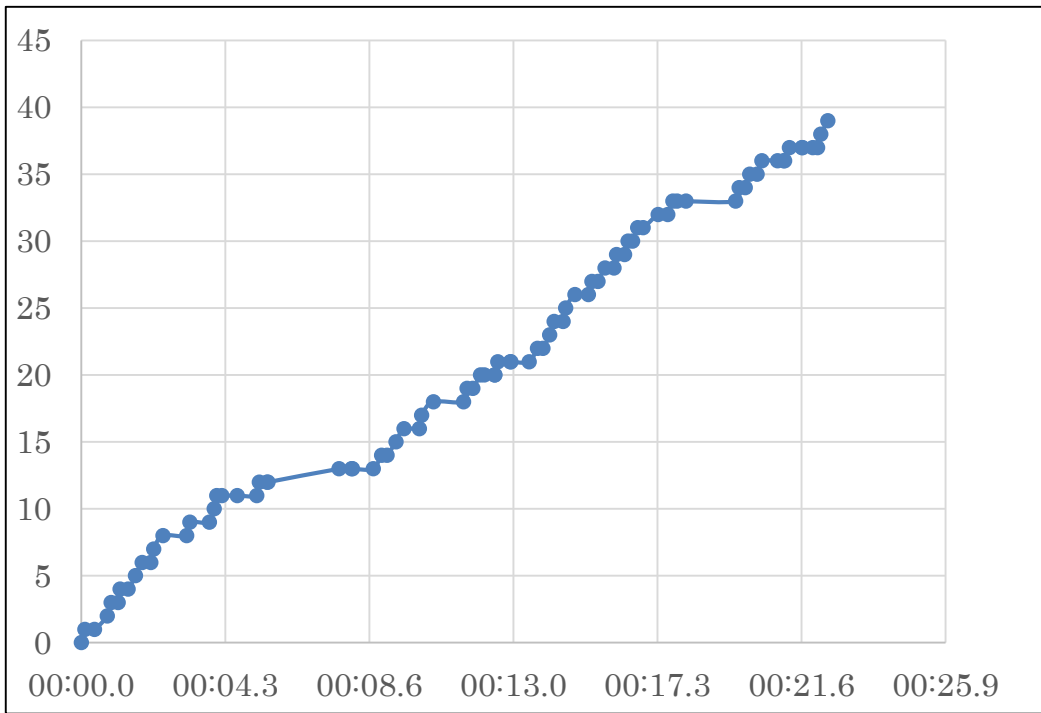
また、入力の停滞が、学生の入力技術が原因かそれ以外の学生のトラブルであるのか判断するために、入力間隔の平均時間に着目する方法も有用であると考えられる。表4はローマ字入力およびかな入力時の入力間隔の平均時間を示す。表から明らかのように、入力間隔はローマ字では、全被験者とも0.3秒前後であるのに対し、かな入力時では、4秒前後の時間がかかっており、これは全被験者一律に言えることである。このことから入力間隔の平均時間を考慮することにより、その学生の入力技術が不足しているかそうでないかの判断は容易にできるのではないかと考えられる。

以下の節では、10秒以上キー操作がされない状態を停滞と定義する。

表1 入力間隔の平均時間

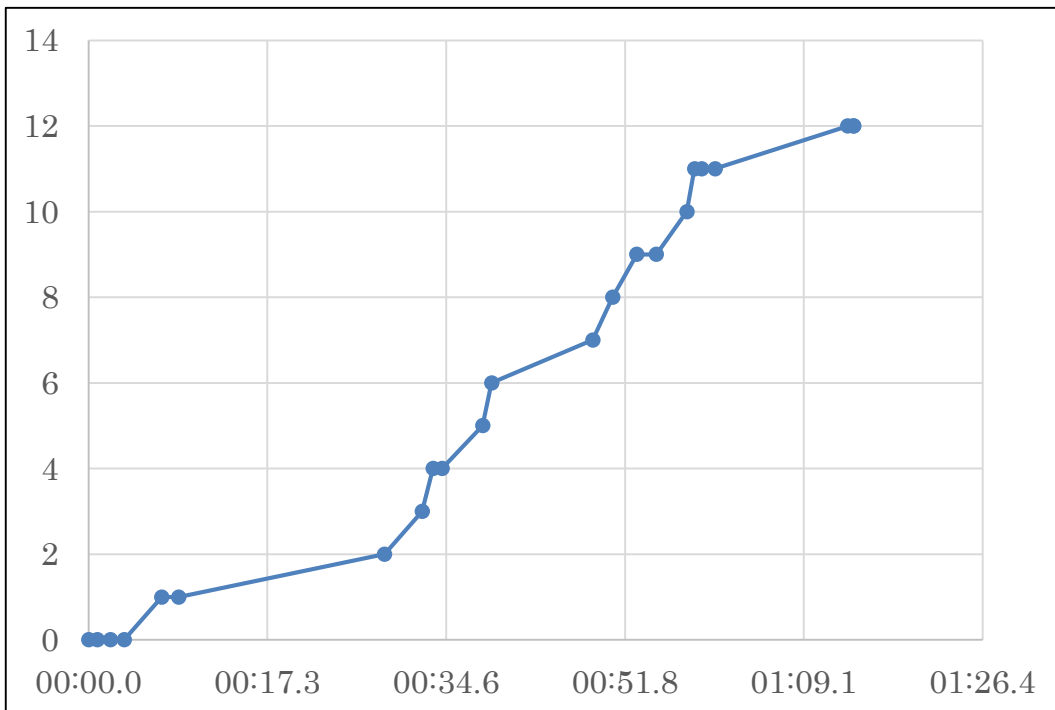
ローマ字平均	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4
かな平均	3.4	3.3	3.9	4	4.1	4.1	3	3.8

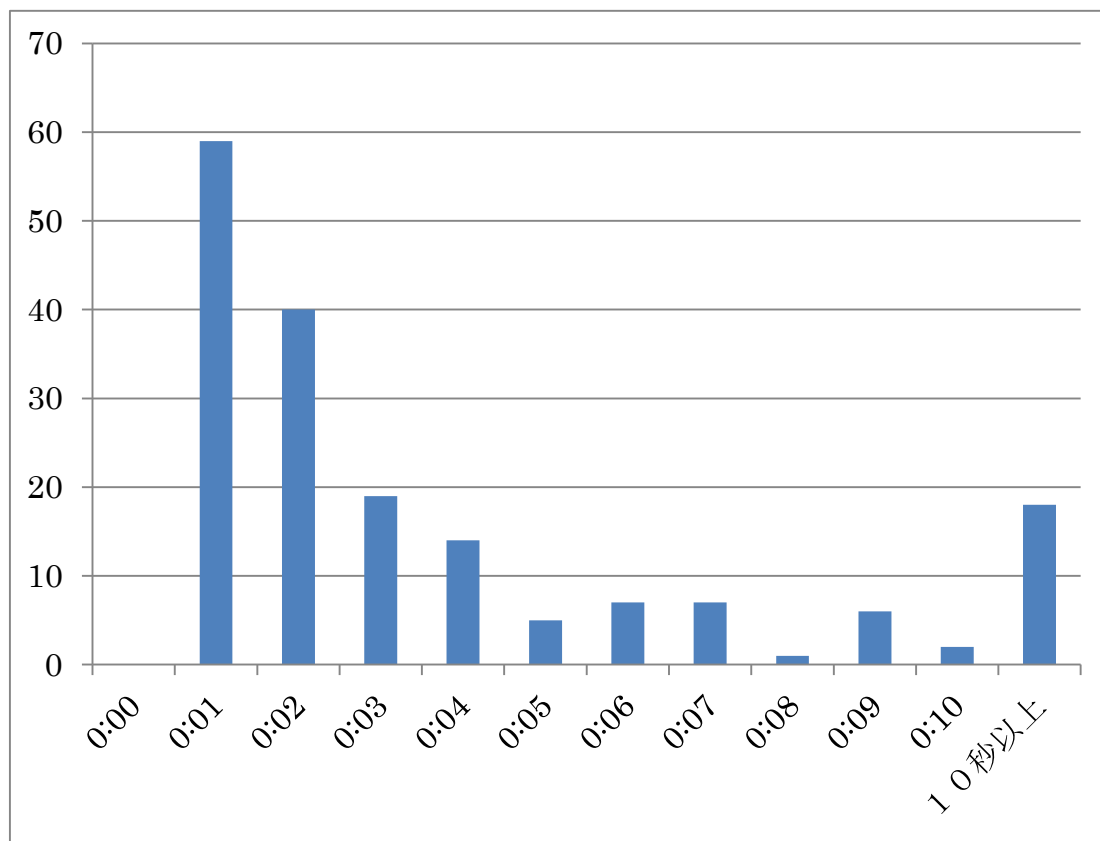
(秒)



(秒)

図 6 ローマ字入力時の文字増加の様子





(秒)

図8 かな入力時の入力間隔のヒストグラム

#### 4.4 解答の入力過程と自信の有無の関係の調査

この節では、4.2節で示したシステムを用いて収集した解答の入力過程と、併せて行ったアンケートの結果をもとに、入力過程と自信の有無について検討する。

実験は、三重大学工学部の学生8人を対象におこなった。図9のような条件を設定し、図10に示す問題7問に1問ずつ解答してもらった。また、1問解答するごとに図11に示すアンケートを行った。

分析対象にしたテストは、さまざまな難易度や種類の問題を準備し、さらに被験者が全く解答を行えないということ为了避免のため、問1, 2, 3については高校で習う基本的な問題、問4, 5については日常で発生する科学的な問題で少し難易度の高い問題、そして問6, 7は図と式が示されており、内容よりも専門用語や、内容の理解力を試す問題を用意した。難易度としては、問1, 2, 3, 6, 7は基本的な問題、問4, 5がつまづきやすい問題と想定した。

テストを行う際の条件としては提出ボタンを押してから解答の修正は受付

けず、途中保存して次の解答に進むこともできなくなっている。実験条件⑨については、分析を行いやすくするために設けた条件であり、解答する際には影響のないものである。

アンケートの項目については、被験者の解答への自信について主に調査を行っている。3章で述べたように、学生が解答に正解しているか、正解していないかに関わらず、解答に自信がない場合、講師は解答についての解説を行う必要があると考え、また解答の入力の進み方と解答への自信は相関関係があると考えられるからである。

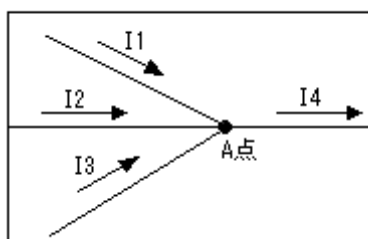
## 実験条件

- ① テスト中の会話，参考書やインターネットを使った検索をしないでください。
- ② 解答が始まってからトイレへ行く、他ごとをしないでください。
- ③ 解答が終了したら提出ボタンを押して終了の合図としてください。
- ④ 解答の正誤をみるものではないのでこだわりすぎず、知っている知識を答えてください。
- ⑤ ほかに人にも行ってもらいますので、問題文は読み上げずに黙読してください。
- ⑥ 指示があるまで次の問題を見ないようにしてください。
- ⑦ 解答の途中保存などの機能はありません。
- ⑧ わからなかった部分についてあとから聞くのでできるだけ覚えておいてください（毎テスト終了時にアンケート）。
- ⑨ 英文字を使うときは大文字で入力してください。

図 9 実験条件

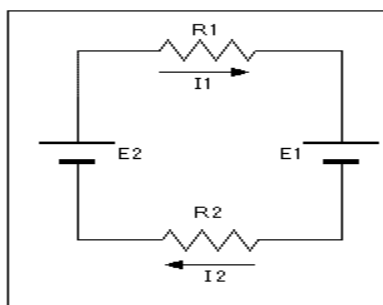
## 分析対象のテスト

1. 慣性の法則はこういった法則か説明してください。
2. 普段の生活で慣性の法則が起こる場面の例を記述してください。
3. ドップラー効果について説明してください。
4. 虹が七色に見える理由を 1 行以上の文章で説明してください。
5. 雷が発生する理由を 1 行以上の文章で説明してください。
6. 以下はキルヒホッフ第 1 則について図と式を用いて説明したものです。この図と式を参考に、キルヒホッフ第 1 則を言葉で説明してください。



$$I1+I2+I3=I4$$

7. 以下はキルヒホッフ第 2 則について図と式を用いて説明したものです。この図と式を参考に、キルヒホッフ第 2 則を言葉で説明してください。



$$I1 \cdot R1 + I2 \cdot R2 = E1 + E2$$

図 10 分析対象のテスト

## アンケート

名前 \_\_\_\_\_

Q1. 解答があっている自信はありますか？

- ① ある
- ② どちらともいえない
- ③ ない

Q2. 何をするのにてこずりましたか？（複数回答可）

- ① タイピング
- ② 文章構成
- ③ 内容を考えること
- ④ 言葉の表現
- ⑤ 問題文の理解
- ⑥ 文章量の調整
- ⑦ その他

Q3. 以下のうち解答するなかで一番近い手順はどれでしたか？

- ① 解答がすべて頭の中で決まってからタイピングをはじめた.
- ② ぼんやりだがある程度解答内容を決めてタイピングした.
- ③ とりあえずタイピングをはじめて解答を考えていた.
- ④ その他

Q4. 自信のない部分はありますか？あればその部分を指摘してください.

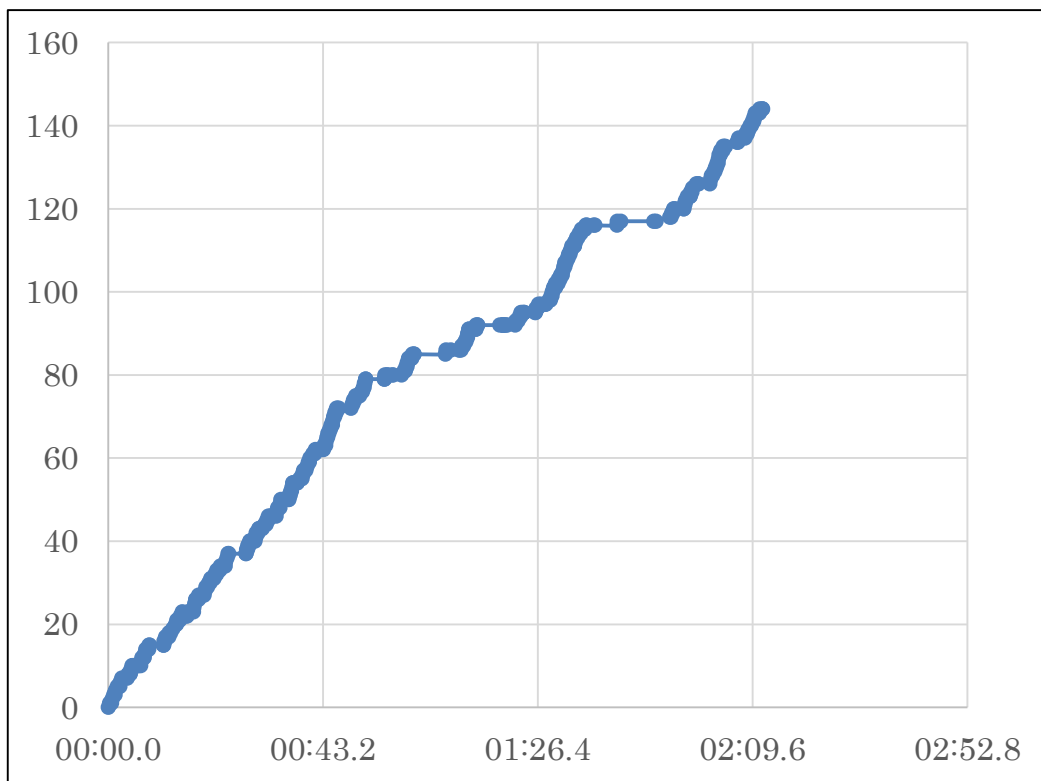
図 11 分析に使用するアンケート



## 4.5 解答入力過程の大まかな傾向

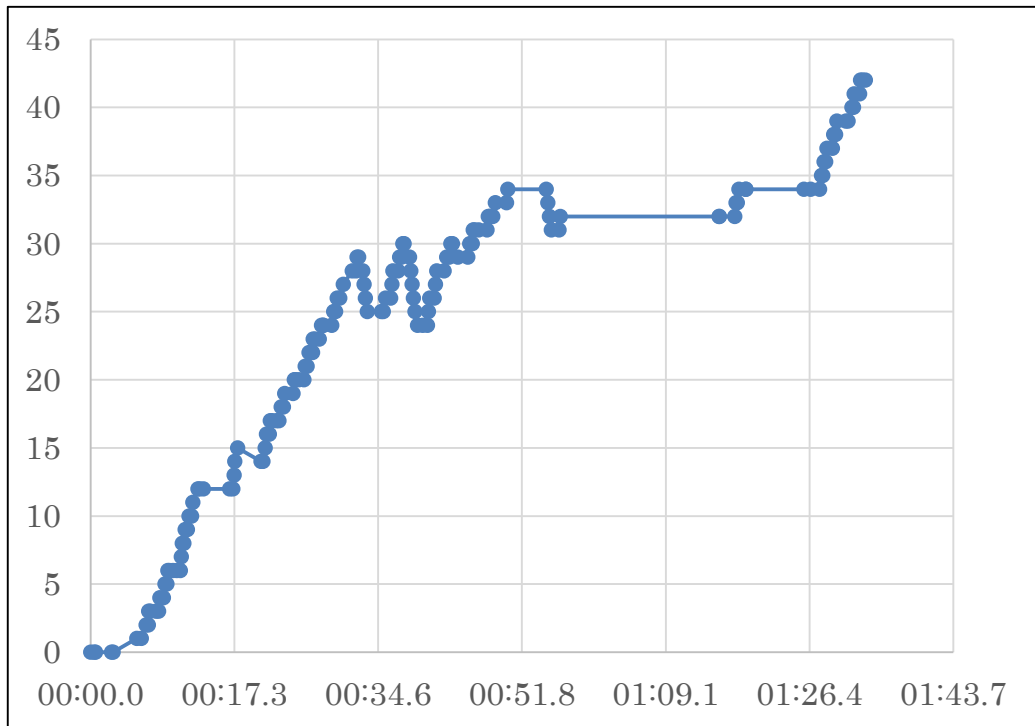
図 12, 13, 14 に被験者の解答の進み方の例を示す. 図からわかるように, 解答の進み方は様々なパターンが見られ, 一貫して共通する解答のされ方はないといえる. 一貫して共通する進み方は見られないが, 部分的な変化は共通している. それぞれの解答は, 大きく 3 種類の変化の組み合わせで進められており, 書き込み, 停滞, 削除の動作から解答されている.

実際に収集したデータでは, 書き込みのみで進められた解答が 22 件, 停滞をして入力された解答が 20 件, 削除を行って入力された解答が 14 件見られた.



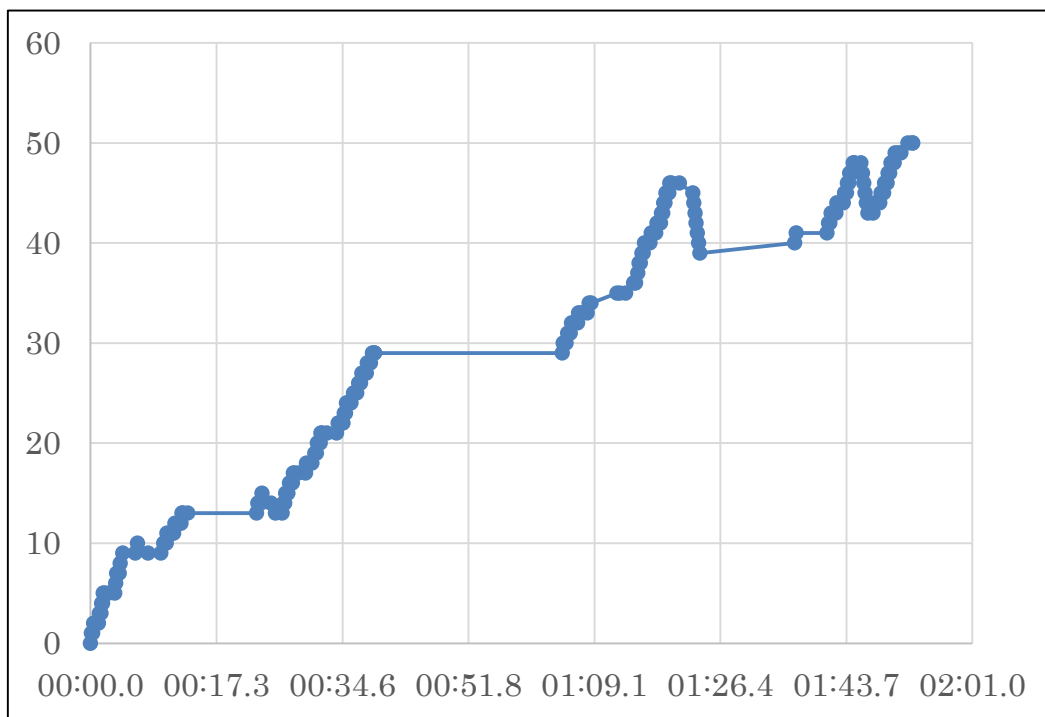
(秒)

図 12 解答の進み方の例 A



(秒)

図 13 解答の進み方の例 B



(秒)

図 14 解答の進み方の例 C

## 4.6 解答の進み方と学生の解答への自信の関係

本節では、被験者の解答の進み方と解答への自信の関係について調査を行う。

スムーズに解答を行った被験者、停滞しながら解答した被験者、修正しながら解答した被験者、それぞれの被験者の解答への自信を図 11 に示したアンケートの Q1 の回答から調査した。結果を表 2 に示す。表 2 から、自信をもって解答を行った被験者はスムーズに解答が行われるケースが 17 人中 12 人（約 71%）に見られる。一方で、解答に自信がもてないと答えた被験者の場合は、停滞や修正をしながら解答が行われるケースが 25 人中 21 人（約 84%）に見られる。

このことから、自信がある場合、スムーズに解答が行われ、自信がない場合には、停滞や修正をしながら解答が行われる傾向があり、解答の進み方と学生の解答への自信の有無には関係がある。

表 2 自信の有無と解答の進み方

	スムーズに解答	停滞しながら解答	修正しながら解答
自信がある	12	5	0
どちらともいえない	6	3	5
自信がない	4	12	9

## 4.7 停滞後の記述部分への自信の有無

4.6 節の分析結果より、自信がなく解答を行った場合には、停滞や修正をしながら解答することが多いことがわかった。そこで、停滞や修正が行われた場合には、講師に知らせることで有用な情報となり得るが、より具体的に自信が持っていない記述部分を講師に伝えることができればより有用である。

筆者は、「解答に自信がない」という回答は、多くは停滞前の解答に自信がないのではなく、停滞後の記述部分に自信がないから起こるのではないかと考える。学生の自信がない内容を具体的に講師に伝えることができれば、講師は学生の理解状況把握に役立てることができる。具体例を図 15 に示す。

A の段階で解答が「機械語は、CPU が直接実行できるプログラムのことで、」とあり、長時間の停滞後、次に B の段階で、「機械語は、CPU が直接実行できるプログラムのことで、二進数を用いて記述されている。」と記述されている場合、その学生は「二進数を用いて記述されている。」という記述をするのにつまずいたと判断できるのではないだろうか。

そこで、実際に停滞があった被験者のテストを抽出し、停滞した後に記述された箇所と自信のない箇所が一致しているのかを調査した。

調査を行った結果、解答数 56 個の中で、32 回停滞が見られた。そのうちで、停滞後の記述箇所に「自信がある」と回答されたのはわずか 5 件のみであった。一方で、解答全文に対して「自信がない」と回答されたのは 6 件、停滞した後に記述された箇所と自信のない箇所が一致しているのは 21 件見られた。この結果から、高い確率で入力が停滞した後の記述には自信がない記述が含まれていることがいえ、停滞後の記述部分を講師に知らせることで、学生の自信のない記述を知らせられる可能性がある。

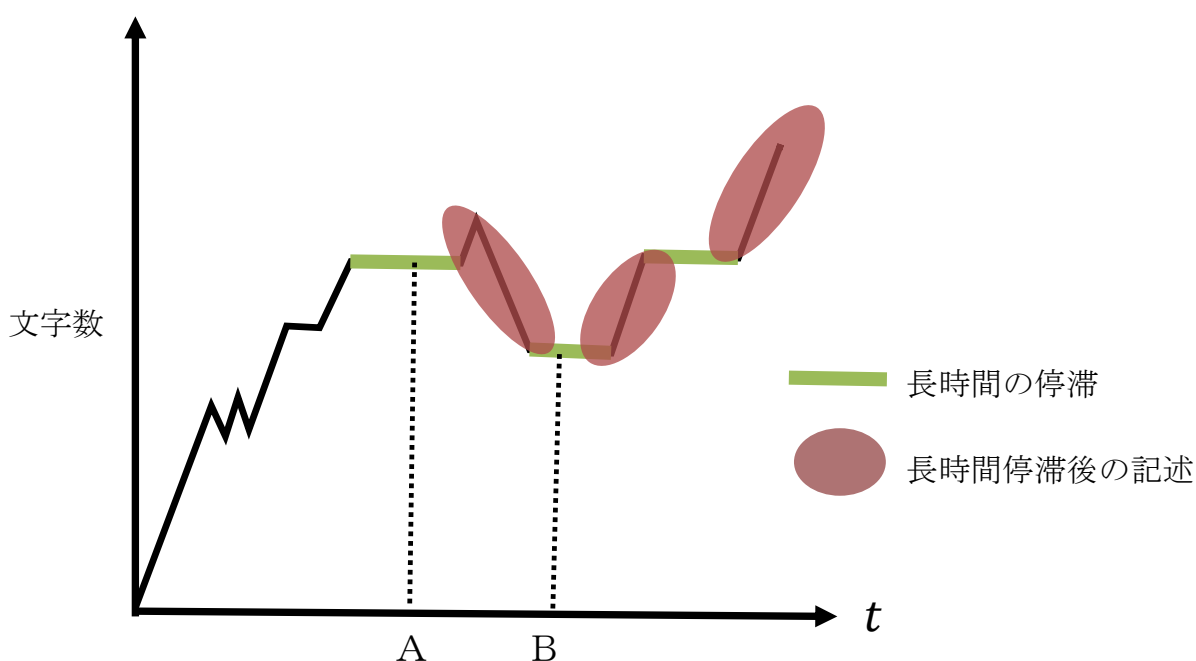


図 15 講師に知らせるとよい記述部分

表 3 停滞後の記述への自信の有無

停滞のあった回数	「自信がある」	「自信がない」	
		解答全文	停滞後のみ
32	5	6	21

## 4.8 アンケート結果のまとめと傾向

アンケートにより収集した結果を表 4～10 に示す.

表 4 問 1 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	0	2	6			
Q2	0	3	5	4	2	0
Q3	0	7	1			

(人)

表 5 問 2 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	6	1	1			
Q2	0	1	3	2	1	0
Q3	2	6	0			

(人)

表 6 問 3 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	2	2	4			
Q2	0	3	5	4	1	0
Q3	2	3	3			

(人)

表 7 問 4 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	1	2	5			
Q2	0	4	6	2	0	3
Q3	0	4	4			

(人)

表 8 問 5 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	1	3	4			
Q2	0	4	6	1	0	2
Q3	0	6	2			

(人)

表 9 問 6 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	6	1	1			
Q2	1	4	3	3	0	0
Q3	2	5	1			

(人)

表 10 問 7 に対するアンケート結果

	選択肢					
	A1	A2	A3	A4	A5	A6
Q1	1	3	4			
Q2	1	3	5	5	2	0
Q3	1	4	3			

(人)

アンケート Q3 に対する結果より、被験者は、解答がすべて頭の中で決まってからタイピングをはじめめることは少なく、ぼんやりだがある程度解答内容を決めてからタイピングをしたり、とりあえずタイピングをはじめて解答を考えるという傾向がある。問題のタイプ別に分析しても、常識問題（問 1~3）では 24 件の回答のうち 20 件、つまりきやすい問題（問 4, 5）ではすべての回答が、また、専門用語や内容の理解力を問う問題（問 6, 7）では、16 件の回答のうち 13 件が、解答がすべて頭の中で決まる前に入力が進められている。このことから、ぼんやり解答をはじめて長時間停滞してしまった場合は、専門用語が記述できない、内容がしっかり理解できていない、文章が浮かばないという状態が考えられ、十分な理解ができていないケースを抽出することができるのではないかと考えられる。また、解答前にきっちりとした解答を固めるわけではないので、解答中での停滞は他の問題に対しても十分起こりえる。

## 第5章

### システム改良に向けた基本アイデア

2.2 節で述べたように，従来システムは学生の解答を見やすくすることで，講師が分析をしやすくする手助けをするにとどまり，学生の状況の判断は全て講師にゆだねられている．そこで，第4章の結果をもとに，学生の理解状況を一部でも把握することができるようなシステム化に向けた基本アイデアを示す．

4章の結果より，解答への自信の有無と解答の進み方には関係性があり，自信のない学生は，停滞や削除が行われやすい．また，停滞した後に記述された箇所と自信のない箇所は一致する傾向にある．そこで，システム上で，停滞が見られた学生の解答は，色の表示を変えたり，マークをつけるなどすることで講師が理解不十分な学生やその解答を見つける手助けになると考えられる．さらに停滞後の記述部分についても，強調して表示することでより手助けになる．

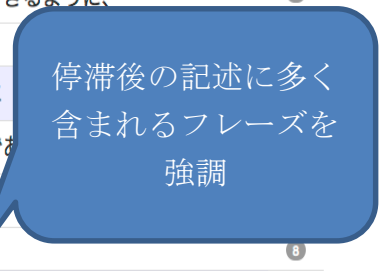
また，キーワードおよびフレーズ提示画面においては，停滞後に記述されることの多かった単語やフレーズを提示することにより，キーワードやフレーズをより選択しやすくなり，分析をする際の手助けになると考えられる．

ただし，従来システムではすでに色分けがされているため，画面を切り替えることで，停滞がされた解答のみを表示する機能をつくることも有効なのではないかと考える．表示の仕方の一アイデアを図16に示す．



(a) キーワード提示画面

前	検索語	後
5 CPUによる	命令を 20	実行できる 2
2 プログラムの		出す 2
1 コンピュータの		実行できるように、 1
5 その他		その他
4 CPUに		ために
2 使って	命令する 12	言語で
1 実行内容を		言語の
10 その他		その他
8 CPUが		実行する ☆ 4
1 コンピュータに		実行できる 2
1 機械語で	命令し 11	実行する。 1
3 その他		その他 4
		その他 32



(b) フレーズ提示画面



## 「命令し」と「実行する」Qを含む解答

×

機械語は、二進数のみでつくられており、低級言語の中の1つである。そのため、機械語はコンピュータに命令し直接実行することができる。

機械語は、CPUが命令し直接実行するプログラミング言語の一つである。一部英字を使い二進数や十六進数で表現される、最も低いレベルの言語である。

停滞後の記述  
を下線で強調

機械語は、二進数で構成されているオブジェクトコードのことである。コンピュータが命令できる言語であり、機械語で構成されていないプログラムを直接実行することを命令することはできない。またCPUが命令しプログラムを実行することができる。

機械語は、CPUが読み取ることができ二進数で表記されCPUが命令し実行することができる言語のことを言う。

(c)全文提示画面

図 16 システムの表示のアイデア

## 第6章

### おわりに

#### 6.1 まとめ

本研究では、解答閲覧システム（従来システム）における理解状況の把握・判断がすべて講師にゆだねられているという問題点を解決するために、解答情報のみでなく学生のふるまいの情報も分析することを提案した。さまざまある学生のふるまいの中でも、解答入力過程に着目することで理解状況把握につながる情報が得られると考え、実際の解答入力過程の情報の収集・分析を行った。分析の結果、解答の進み方と解答への自信の有無には関係性があり、今回の検証では自信のない被験者のうち約84%には停滞や修正が見られた。さらに停滞したあとに記述された箇所と被験者の自信のない箇所が高い確率で一致することがわかり、解答入力過程における学生の長時間停滞後の記述に着目することで、学生の自信がない記述を抽出できる可能性があることを見出した。

#### 6.2 今後の課題

本研究では、理系の大学生にしか調査を行っておらず、理系の学生に特化した結果である可能性も考えられるので、今後は分野を問わない傾向が得られるように他のサンプルを収集し、分析する必要があると考える。

また、本論文でまとめた結果が理系に特化した結果でないのであれば、解答の長時間停滞後の記述部分を抽出し、その結果を講師に提供することで実際に理解状況把握に役立てることができるかどうかを検証していく。具体的には、多人数の学生の解答において、長時間停滞後に記述される語句を学生の理解があやしい語として講師に知らせたり、また停滞後の記述部分そのものを講師に知らせることも有用なのではないかと考えられる。

## 参考文献

- [1] 山本洋雄, 中山実, 清水康敬: ICT活用学習環境での学習活動と学習成績との関連, 電子情報通信学会技術研究報告 ET, 109(335), pp.25-30, 2009
- [2] 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
- [3] 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
- [4] 西森敏之: 大学生の授業における態度と数学教師の対策-日本数学会のある調査より-, 高等教育ジャーナル, Vol.6, pp.1-31, 1999
- [5] 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
- [6] Moodle.org: open-source community-based tools for learning, <http://moodle.org>, 2016年取得
- [7] Jane E. Caldwell: Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips, CBE-life Sciences Education, Vol.6, No.1, pp.9-20, 2007
- [8] 石岡恒憲: 記述式テストにおける自動採点システムの最新動向, 行動計量学, Vol.31, No.3, pp.67-87, 2004
- [9] 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型レポート採点支援マップの開発と評価
- [10] 植野真臣, 永岡慶三, eテストィング, 培風館, 2009
- [11] 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治: 記述式小テストの解答群の分析方法—解答群からのキーワードの自動抽出—, Computer&Education, Vol.34, pp.46-49, 2013
- [12] 大庭知也, 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治: 記述式小テスト支援システム—キーワードの用いられ方の可視化—, 2014PCカンファレンス講演論文集, pp.54-57, 2014
- [13] 堀越泉, 山崎公明, 田村恭久: ページ遷移履歴の分析による学習スタイルの推定, 電子情報通信学会技術研究報告 (IEICE), ET2015-52, pp.49-54, 2015
- [14] 渡邊英治, 尾関孝史, 小濱剛: 問題解答時における学習者のライティング動作の分析, 電子情報通信学会 (IEICE), ET2015-23, pp.1-5, 2015

- [15] 浅井洋樹, 野澤明里, 宛田翔吾, 山名早人: 筆記情報と時系列モデルを用いた学習者つまずき検出, 信学技報, ET2012-49, pp.65-70, 2012
- [16] 小久保綾子, 村田和義, 渋谷雄: 問題解答時の修正及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 15(1-4), pp.477-486, 2013

## 謝辞

本論文は、著者が行った研究をまとめたものである。本論文を進めるにあたり、懇切丁寧な御指導と御督励を賜った三重大大学の鶴岡信治教授、高瀬治彦准教授、川中普晴助教授に深く感謝いたします。また、日頃熱心に討論していただいた情報処理研究室の皆様方に厚く御礼申し上げます。

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。

# 発表論文リスト

## 国際会議発表

- (1) Kenji Hayakawa, Haruhiko Takase ・ Hiroharu Kawanaka ・ Shinji Tsuruoka, “Automatic keyword extraction from descriptive answers of quiz-effectiveness of database to extract keyword-“, proc. of the sixth international workshop on regional innovation studies(IWRIS), pp.55-58, 2014
- (2) Kenji Hayakawa, Haruhiko Takase ・ Hiroharu Kawanaka ・ Shinji Tsuruoka, ”Analysis of typing process to answer descriptive quiz-a discussion of reason for suspension of typing process”, proc. of the sixth international workshop on regional innovation studies(IWRIS), pp.77-80,2015
- (3) Haruhiko Takase, Kenji Hayakawa, ・ Hiroharu Kawanaka ・ Shinji Tsuruoka, ”Extract students’ incomplete misunderstandings by quiz-Detect Misunderstandings from Typing Process-“,Proc. of the 5<sup>th</sup> International Symposium for Sustainability by Engineering at Mie Univ.(Research Are C)(IS2EMU2015-C) ,A12,2015

## 国内会議発表

- (1) 早川賢治, 高瀬治彦・川中普晴・鶴岡信治,“記述式小テストの解答からの重要語の自動抽出-自動抽出に用いるデータベースに関する検討-“,第 36 回東海ファジー研究会,pp.8-9,2014
- (2) 早川賢治, 高瀬治彦・川中普晴・鶴岡信治,記述式小テストの解答からの重要語の自動抽出-抽出に用いるデータベースと抽出性能の関係-“,第 30 回ファジィシステムシンポジウム(FSS),pp.642-647, 2014

- (3) 早川賢治, 高瀬治彦・川中普晴・鶴岡信治, “記述式小テスト支援システム,”-解答の入力過程の解析-”, 電子情報通信学会技術研究報告(IEICE Technical Report), Vol.115, pp.1-7, 2015
- (4) 早川賢治, 高瀬治彦・川中普晴・鶴岡信治, “記述式小テストにおける解答の入力過程の分析—理解が不十分なことに関する記述の抽出法—”, I2-4, 20