

解答の入力停滞からの学生の自信がない語の検出の試み —停滞の判定基準に関する検討—

鈴木公貴・木村聖・高瀬治彦・北英彦・川中普晴

Email: 418M217@m.mie-u.ac.jp

三重大学大学院工学研究科電気電子工学専攻

◎Key Words 演習支援, ふるまい解析, 入力過程

1. はじめに

講師が効果的に講義を進めるためには、学生の状況に応じたフィードバックが不可欠である。近年、大学への進学率の増加⁽¹⁾により、さまざまな関心や学力を持つ学生が同じ教室で受講している状況がしばしば生じている。その結果、大学などにおいて講師が効果的なフィードバックを行うことが困難な場面が増加している。これは、効果的なフィードバックのために必要な学生の理解状況の把握が、多様・多数の学生が同席する大学の教室では困難なためである。

学生の理解状況を把握する一番簡単な方法として、講師が学生に問いかける方法があるが、学生は消極的であるため、問いかけに対して反応が乏しく、この方法では学生の理解状況をほとんど把握することができない。そこで、講師は机間巡視をしながら学生のふるまいを観察し、提出された学生の解答を読んで理解状況を把握する。しかし、多人数授業においては、小テストの時間内に机間巡視が終わらないことや全学生の解答を読むのに時間を要することなどの問題が生じ、授業時間内に学生の状況を網羅することが困難である。このため、学生の理解状況を把握することに時間を要し、フィードバックが遅れてしまうことが多い。

一方で、近年のコンピュータとネットワークの発達に伴い、ICTが教育現場にも普及し始めている⁽²⁾⁽³⁾。この普及により、学生自身のPCやタブレットで教材を閲覧し、授業を行う状況が大学を含む高等教育機関に広がっている。また、学習管理システムが導入され学生の解答の収集・分析がすばやくできるようになった。しかし、先に述べたように講師は解答だけでなく、学生のふるまいからも学生の理解状況を把握している。この点において、解答のみに重きをおいている学習管理システムには、ふるまいの分析・収集が不足している。そのため、これらのシステムでも学生のふるまいを収集・分析することの支援が必要であると考えた。

本研究では学生の理解状況を把握する方法の一つとして、小テストに着目した。ここでの小テストは、理解度を測ることを目的とした成績に関係のない簡単な演習問題を指す。小テストにもさまざまな種類があるが、本研究ではフィードバックを必要とする学生の理解状況を測ることを目的としているため、現段階でどの程度教育目標を達成できているかを確認できるものがふさわしいはずである。そこで、選択式や穴埋め式などの小テストよりも具体的に学生の学びを捉えることができる記述式小テ

ストに着目した。

本研究では記述式小テストにおいて学生達の解答から自信がない語を検出し、講師に提示できるようにすることをめざす。このシステムを用いて、記述式小テストに取り組んでいる学生のふるまいの収集・分析を試みる。その中で、今回は学生の解答の作成過程(入力過程)に着目し、それを分析することにより学生達が自信に欠ける内容に関する語を検出する。このために、入力過程の中でも入力した文字数の時間変化(以降、タイピングプロセスと呼ぶ)に特に着目する。近年ではカメラやペンデバイスなどの特殊機器を用い、学生のふるまいを観察することが試みられているが、そのような機器を用いると学生が緊張してしまい、あまり心地よく思わないかもしれない。そのため、いくらかの学生は普段どおりに解答をすることができないだろう。そのため今回は、学生自身のPCやタブレットを用いて小テストを解答する状況で特殊な機器を用いること無く、これを行う。

2. 講師に提示する情報

本研究では、講師に学生の理解が不十分な箇所および理解が不正確な箇所を提示することをめざしている。これをふまえて本章では、講師に提示する具体的な情報について検討する。まず、どのような情報を提示するのかを検討する。その後、どのような形で提示するのかを検討する。

2.1 講師に提示する内容

まず学生が解答を作成する過程について述べる。文章構築は非常に複雑なプロセスから成る作業であることが知られ、これに関するさまざまなモデルが提案されている⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。この一つとして、勝間らは文章構築する場合、もやもやとしたアイデアやメモを基に文章を書き始め、文章を書きながら新たなアイデアを追加することで、人は文章を構築してゆくと述べている⁽⁷⁾。

これをふまえて、記述式小テストにおいて、学生の理解が不足しているもしくは不正確な箇所として、講師に提供するべきはその根底にあるアイデアであると考えられる。解答内の問題がある記述を講師に提供しても、それらは学生一人ひとり記述が異なる。そのため、講師がこれらを読み解く必要があり、講師の負担となるだろう。そこで、学生の理解が不足しているもしくは不正確な箇所の根底にあるアイデアを検出し講師に提供することをめざす。以下、このアイデアを「不完全なコンセプト」と呼ぶ。特に、多くの学生に共通する不完全なコンセプトを

講師に提供する。これにより講師は指導のポイントを絞ることができ、不完全なコンセプトに関わる記述を読むことで、各学生の抱える問題を明らかにできるだろう。

2.2 不完全なコンセプトの提示方法

学生が文章にうまく表現できていないものや、文章につなげられなかった記述を不完全なコンセプトとしてみなすことには問題がある。不完全なコンセプトは、学生の思考の中にあるものであり解答文の中に容易に現れるとは限らない。そのため、不完全なコンセプトそのものを検出することは困難である。そこで、講師が不完全なコンセプトを類推しやすい情報を解答群から抜き出すことを考える。

前節で述べたとおり、不完全なコンセプトにより引き起こされた解答文は、学生間での表現の違いが大きい。そこで表現の違いによる影響を小さくするために、不完全なコンセプトに関係する語を提供する。高瀬らの調査によると、講師は解答群を読む際にキーワードを起点として解答群に目を通している⁸⁾。注意が必要な語を提供することは、講師の解答群を読む手順とも親和性が高い方法であるといえる。

3. 不完全なコンセプトの検出

この章では、講師に提供する不完全なコンセプトに関係する語を検出する方法について検討する。まず、従来研究について簡単に説明しその後、その改良法について検討する。

3.1 従来研究

学生に不完全なコンセプトがあるとき、どのような現象が現れるのだろうか。第1に解答の記述が、あやふやなものになるだろう。これは、解答文を自然言語処理技術で分析することで、そのような記述を検出できるだろう。第2に解答の記述が停滞しがちになるだろう。これは、学生の解答作成過程(ふるまい)を観測することで停滞箇所を検出できるだろう。本稿では、第2の点に関して検討する。

学生の解答作成過程から学生の状況を推定する試みは、いくつかされている。木村らは、e-Learning システム等を使い、計算機を用いて解答を入力する際に、長時間解答の入力が長時間中断した箇所の近辺に、不完全なコンセプトと関係が深い語が存在すると考えた。この考えに基づいて、多くの学生に共通して現れるそのような語を検出する方法を提案した⁹⁾。以下にその手順を簡単に示す。

1. すべての解答を文節ごとに区切る。
2. 停滞が生じた箇所 N_s を検出する。
3. (停滞が生じた文節 N_s - 停滞が生じた文節から前の N 文節目 N_b) から (停滞が生じた文節 N_s + 停滞が生じた文節から後の N 文節目 N_a) まで区間から文節を抽出する。この操作をすべての停滞と前解答に対して行う。
4. その区間からすべての単語(名詞, 動詞, 形容詞)を取り出し、その単語を数える。
5. 検出された単語をキーワードとして、頻度の高い順に検出する。

木村らの他に、飯山らはペンストロークの分析において、解答の作成過程の停滞・遅れに着目した¹⁰⁾。

3.2 停滞の判定基準

前節で示した木村らの手法では、アンケートによって学生が自信がないと回答したキーワード(語)の上位のグループのうちいくらかが、支援システムで検出することができ、検出漏れもあったが結果として学生の自信がない語の抽出が可能と示された。しかし、木村らの手法では手順2において、「10秒以上の停滞」に着目していた。この基準はかなり大まかなものであり、学生の細かい兆候に関する不完全なコンセプトを抽出することができないと考える。ここでの細かい兆候とは、アイデアやメモを文章にするとときに時間がかかり、解答の平均作成時間よりも遅れる兆候のことである。

その兆候に関して、前節で述べた飯山らは解答の作成過程の停滞・遅れに着目した研究を報告している¹⁰⁾。飯山らは、ペンストロークの分析において、全答案の平均より2秒以上遅れている箇所を解答停滞箇所として検出し、その箇所と学生がたずついた箇所との評価を行った。その結果として、停滞箇所はたずついた箇所だけでなく、授業で指導したとおりに丁寧に思考した箇所も関係があると述べている。

本研究では、木村らの手法における停滞の判断基準として、飯山らの解答作成過程の停滞・遅れから学生の状況を推定する方法を導入する。提案法として、木村らの手法における手順2での停滞の判断を、解答の平均の入力に対し入力が2秒以上遅れた瞬間とする。

4. 実験

この章では、提案法によって検出されたキーワードを実際にアンケートによって被験者が回答したキーワードと比較し、提案法の有効性について議論する。

4.1 実験条件

実験に用いる解答の入力過程と自信が無い箇所は、以下の条件で収集した。まず、各被験者に対して1問5分の制限時間のもとで、小テストを模した簡単な間に、解答の入力過程を記録できるシステムを用いて解答してもらった。解答終了後、アンケートを実施し、解答に自信が無かった箇所とその理由を示してもらった。実際の実験では、被験者は本学の電気電子工学科の学部生10名、同所属の電気電子工学専攻の大学院生10名の計20名とした。問として「右ねじの法則を大学1年生に対してわかるように言葉で説明してください。」のような問を6問用意した。

提案法では、停滞の判定のために、解答入力の際の平均の過程が必要である。多くの学生は、制限時間まで入力を続けるのでは無く、ある時刻以降までに入力を終える。そのため、多くの学生が入力を終える時刻までの入力速度を基準にする。今回の実験では、被験者のほとんどが200秒以内に入力を終えていた。そのため以下の分析では、0秒から200秒の間の平均入力速度をもとに、停滞を判断した。なお、文字数のカウントはローマ字単位で収集した。

また、停滞箇所近辺の注目範囲を決定するパラメータ N_a, N_b はともに2とした。

4.2 検出したキーワード

実際に被験者がアンケートにより回答したキーワードと、提案法により検出された語とで評価をし、次に木村らの10秒以上停滞した箇所を停滞箇所とした場合とでの検出結果を比較することでどちらがより効果的か検討をする。

どの問題に関しても同様の結果が得られたため、本論文では次の2問の小テストについて述べる。

問3: 右ねじの法則を大学1年生向けに言葉で説明してください

この解答例は、「十分に長い直線状の導線に電流を流すと、電流を中心とする同心円状の磁界ができる。この磁界の向きは、電流の向きに右ねじを進めたとき、右ねじの回す向きと同じになる。」である。

問6: フックの法則を「弾性」と「近似」という語を使って大学3年生向けに説明してください。

この解答例は、「フックの法則は、力学や物理学における構成則の一種で、ばねの伸びと弾性限度以下の荷重は正比例するという近似的な法則である。」である。

表1と表2は問3と問6についてのアンケートによって被験者が回答した語をまとめた表である。これらの語が、本論文で検出を目指している不完全なコンセプトに関係する語である。この中から、多くの被験者が解答した語をできるだけ多く抽出すれば良い。

まず、提案法の結果を述べる。問3において、アンケートで2人以上が自信がないと回答したキーワードは、表1に示した9種類である。また同様に問6では、表2に示した7種類であった。問3において提案法により抽出されたキーワードのうち、頻度が2以上のものは25種類であった。そのキーワードを表3に示す。同様に問6の解答から22種類の語を抽出した。そのキーワードを表4に示す。

実際に、被験者が回答したキーワード(表1, 2)と、提案法により抽出したキーワード(表3, 4)を比較する。まず、問3に関して比較する。多くの被験者が回答したキーワードの結果の「方向」、「電流」、「向き」と「磁界」に関しては、上位1/3以内で検出することができた。表1の他のキーワードについても、低い順位ではあるが検出できた。また、問6に関して比較する。被験者が回答したキーワードの結果の「弾性」、「近似」、「力」と「係数」に関しては、同じく上位1/3以内で検出することができた。また表2の他の語については、「比例」以外は検出できた。

以上をまとめると、実際には多くの余分な語を含むものの、被験者が回答したキーワードのほとんどは検出できた。

4.3 それぞれの停滞で検出したキーワードの比較

次に、木村らの手法と提案法とを比較する。これらの違いは、3.1節で示した手順の2における停滞の判断基準のみにある。木村らの手法による検出結果を問3につ

表1 問3で被験者が回答したキーワード

キーワード	人数	キーワード	人数
方向	7	右	3
電流	7	ねじ	3
磁界	6	締める	3
向き	5	導線	2
磁場	3		

表2 問6で被験者が回答した語

キーワード	人数	キーワード	人数
弾性	11	距離	2
近似	11	伸び	2
力	4	比例	2
係数	4		

表3 問3で提案法により検出された語

キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度
方向	16	ねじ	6	対し	3	指	2
電流	15	こと	5	磁束	2	締める	2
向き	13	流れ	5	流す	2	導線	2
法則	9	ある	4	磁場	2	右手	2
右	9	生じる	3	進む	2		
発生	6	回転	3	コイル	2		
磁界	6	親指	3	ネジ	2		

表4 問6で提案法により検出されたキーワード

キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度
バネ	19	フック	4	長さ	2	特性	2
弾性	18	エネルギー	3	式	2		
力	12	引っ張っ	3	時	2		
近似	11	大き	3	距離	2		
法則	9	定数	2	発生	2		
係数	6	ある	2	変化	2		
伸び	4	関数	2	ばね	2		

表5 問3で木村法により検出されたキーワード

キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度
法則	9	右	4	流れる	2
電流	9	ねじ	3	握っ	2
方向	7	こと	2		
向き	7	磁界	2		
発生	5	回転	2		

表6 問6で木村法により検出されたキーワード

キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度	キーワード	頻度
パネ	11	フック	5	表し	2	引っ張った	2
弾性	11	ばね	4	もの	2	発生	2
近似	9	係数	3	おもり	2		
力	9	定数	3	変化	2		
法則	8	F=KX	2	大き	2		

いては表5, 問6については表6に示す。

問3については, 提案法では検出した25語に, 表1の9語をすべて含んでいた。それに対し, 木村法では検出した12語に表1の6語のみを含んでいた。問6については, 提案法で検出した22語に, 表2の6語を含んでいた。それに対し, 木村法では検出した17語に, 表2の4語を含んでいた。

これらの結果より, 提案法は検出する語が多くなるものの, 検出漏れが少ない傾向があった。検出漏れは, 指導の漏れにつながることを考えると, 木村法による結果より, 提案法による結果の方が好ましいと言える。ただし, 提案法では検出数そのものが多いので, 講師が見落とす可能性が高い。この点については, さらなる改良が必要であろう。

5. まとめ

本論文では, 記述式小テストにおける学生の状況の分析・把握の支援が解答のみに依存している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試みた。その中で, 記述式小テスト中の学生のふるまい, 特に解答の作成過程に着目することで, 講師が指導すべき内容につながる情報が得る手法について検討した。特に, 学生が解答を入力する際に, 入力停滞する近辺にそのような情報があると考え, 停滞と判断する条件について検討した。その結果, 平均的な解答の入力過程と比べ遅れた箇所の前後から, 多くの学生が自信をもてない語を検出することができた。

検出結果をもとに, 学生の自身が無い内容を講師に分かりやすく提供すれば, 講師の授業改善の大きな助けとなるだろう。

参考文献

- (1) 文部科学省: “平成29年度学校基本調査について(報道発表)”, http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa01/kihon/kekka/k_detail/1388914.htm, (2018/05/22 参照).
- (2) 京都大学: “京都大学 ICT 基本戦略 パンフレット 2016年度版”, http://www.iimc.kyoto-u.ac.jp/kihon_pamphlet_201703.pdf, (2018/05/23 参照).
- (3) 総務省: “クラウドで教育をより良く教育 ICT ガイドブック Ver.1”, http://www.soumu.go.jp/main_content/000492552.pdf, (2018/05/23 参照).
- (4) W.Kintsch, T.A.van Dijk: “Towards a model of text comprehension and production”, *Psychological Review*, Vol.85, No.5, pp.363-394, (1978).
- (5) J.R.Hayes, L.S.Flowers: “Writing research and the writer”, *American Psychologist*, Vol.41, No.10, pp.1106-1113, (1990).
- (6) W.J.Hunter, J.Begoray: “A Framework for the Activities Involved in the Writing Process”, *The Writing Notebook*, Vol.8, No.1, (1990).
- (7) 勝間友久, 山本恭裕, 高田真吾: “文章構築時における様々な Representation の統合に関する研究”, *情報処理学会研究報告*, 99 卷, 35 号, pp.55-60, (1999).
- (8) 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治: “多人数で行う記述式小テストの解答からの重要語の抽出”, 第28回 日本知能情報ファジィ学会ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.970-974, (2012).
- (9) Satoru Kimura, Haruhiko Takase, Hiroharu Kawanaka, Shinji Tsuruoka: “Supporting System for Descriptive Quiz—Extract Keywords Causing Student’s Lacking Self-confidence—”, 2017 IEEE 10th International Workshop on Computational Intelligence and Applications (IWCI), pp.129-133, (2017).
- (10) 飯山将晃, 中塚智尋, 森村吉貴, 橋本敦史, 村上正行, 美濃導彦: “ペンストロークの時間間隔を用いた解答停滞箇所の検出”, *教育システム情報学会誌*, Vol.34, No.2, pp.166-171, (2017).