

きめ細かな解説を与えるための支援システム

A system for providing explanation according to learning ability

森田 直樹†
Naoki Morita

田畑 忍‡
Shinobu Tabata

1. まえがき

学習内容を学習者に教授した後で、それが理解できているかどうかを確認するために、演習やテストがよく実施される。テストは、学習者にとっては学習内容を理解した「つもり」ではなく「実際に」理解できているかを確認する機会として、また、講師にとっては学習者の理解の程度を把握する機会として、適切な方法である。

学習者の解答が講師の想定する範囲内の誤りである場合には、講師は学習者の理解の程度に応じた解説を容易に与えることができる。一方、見当違いの解答や無解答である場合には、教授した内容の何が分からないのかを具体的に把握することは困難となる。その結果、教科書どおりの解答例や解説を与えるのみに止まってしまう。本来は、そのような学習者にこそ、理解できている/いない内容を確かめながら解説を与える必要があるにもかかわらず、時間的な制約などから、きめ細かな対応を行うことは容易ではない。

上記の問題を解決する方法の一つに、コンピュータを用いて学習者に個別対応する方法がある。誤答問題に対する類似問題を繰り返し出題することに加えて、学力に応じたヒントを与える方法^[1]や、学力に応じた問題を出題する方法^[2]などがある。これらの方法は、学習者に個別対応する良い方法ではあるが、出題形式は選択式や穴埋め式に限られ、記述式問題には対応していない。

本研究では、記述式の問題を対象とし、講師が学習者にきめ細かな対応を行えるようにするための支援方法を提案する。具体的には、学習者が提出する解答の質をあらかじめ講師の想定する基準にまで高めておくことにより、講師が学習者の理解の程度を把握しやすいように支援する。これにより、講師は学習者の理解の程度に応じた解説を与えることができ、学習者は理解の修正が行われるのではないかと考える。本稿では、上記のアイデアを実現するためのシステムの実装と試用した結果について報告する。

2. きめ細かな対応をおこなうためのアイデア

2.1 対象とする問題

本研究で対象とする問題は、図1に示すような記述式問題とする。記述式の問題は、学習者は、理解したことをもとに解答を自分で表現する必要がある。そのため、講師は、学習者がどのように考えたか、また、どの程度理解できているのかを把握しやすい。図1に示す例題は、葉緑体とデンプン生成との関係が理解できたかを確認する問題であり、判断の基準は、解答を表現するために必要な語句（以下キーワードと記す：本例題ではキーワードは「葉緑体」と「デンプン」となる）を用いて、出題の意図に沿うように

正しく表現することができているかである。

== 植物の光合成の仕組みに関する問題 ==	
教授した内容	<ul style="list-style-type: none"> 葉緑体が、太陽の光を使って、水と二酸化炭素から、デンプンなどの栄養分と酸素を作る。 葉緑体は、葉の緑色の部分に含まれており、ふの部分には、含まれて居ない。
出題した問題	光合成の働きについて調べるため、ふ入りの葉を持つアサガオを用意した。なぜでしょう？
解答例	葉緑体のある部分とない部分で、デンプンのでき方を比べるために用いる。

図1 対象とする問題例

2.2 従来の講師の対応

表1は、図1の問題において学習者が提出した解答と講師が行った指摘をまとめたものである。

誤った理解を修正させるためには、間違っ理解している点を指摘しながら解説を与えると効果的である。学習者BやCの解答は、出題の意図に沿った誤りである。そのため講師は、学習者の誤って理解している点を指摘しながら解説を与えることができる。一方、学習者Dの解答は、その授業内で教えたこととは関係のない解答である。そのため、教えた内容について誤って理解しているのか/ただの勘違いなのか分からない。学習者Eについても同様であり、これらの学習者には、教科書どおりの解答例や解説を与えるのみに止まってしまう。

表1 学習者の解答に対する従来の対応

	提出した解答	間違いの指摘
A	葉緑体で光合成をして、でんぷんを作り出しているか調べるため	※ 必要なし
B	栄養がなくなって、デンプンがなく、葉緑体がなくなっている	栄養がないのでデンプンがないのではなく、葉緑体がないからデンプンがないこと、栄養がないから葉緑体がないわけではないことを指摘する
C	ふの部分にしか光合成をした結果がよく写らないから	ふの部分と葉緑体のある部分の理解が逆であることと、光合成をした結果はどうやって調べることができるかを指摘する。
D	BTB液に反応しやすいため	BTB溶液は関係ないことを指摘する。
E	無回答	

† 東京工業大学 教育工学開発センター 特別研究員

‡ 皇學館大学 文学部

2.3 理想的な対応をとるためのアイデア

理解が不十分な学習者に対して、本来は、図2に示すようにきめ細かな対応を行うことが望ましい。しかしながら、これらの活動には多くの時間と労力を必要とするため、容易に行うことはできない。通常は、講師から学習者へのフィードバックは1回となることが多く、その内容は、教科書どおりの解答例や解説となる。特に、対面ではなくメディアを用いた場合は、この傾向は顕著となる。

1回のフィードバックで、間違っ理解している点を指摘しながら解説を行うためには、学習者が提出する解答があらかじめ講師の想定する基準以上である、すなわち、学習者Cの質以上である必要がある。本研究では、学習者の解答の質を講師が想定する基準まで引き上げるために、図2に示す講師が行う活動をシステムが代行する方法を提案する。

表2は、講師が行う活動と本研究でシステムが代行するための基準をまとめたものである。本研究では、より簡単な問題を出題する代わりに、学習者の解答中に講師が想定するキーワードが抜けている場合にはヒントとしてキーワードを提示する手法をとる。キーワードは、解答を表現するために必要な語句であり、解答する行動の一つに、出題の意図に沿うように足りない語句を組み合わせながら文章化する作業がある。キーワードの提示は、理解の程度が不十分なため解答できなかった学習者にたいして解答を作成する機会を与えることができるのではないかと考える。また、キーワードの提示によって、学習者の解答が誤答の場合でも、問題の意図に沿った間違いに近くなるのではないかと考える。

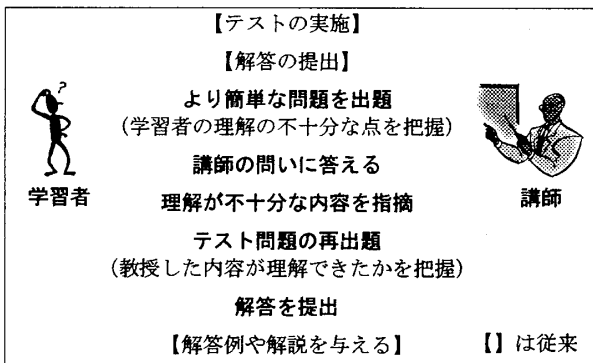


図2 理想的な講師と学習者のやりとり

表2 講師の活動とシステムの動作との対応

講師の活動	システムの動作
出題の意図に沿った間違いであるかを確認する	講師が解答中に含まれるべきだと考えるキーワードの出現の有無により判断する
より簡単な問題を出題する	① 解答中に必要と思われるキーワードが抜けていることを指摘し、再提出を促す ② ヒントの要求に応じてキーワードを一つずつ提示する ③ ヒントの要求に応じてキーワードの使い方を提示する
理解が不十分な内容を指摘する	システムは、学習者から解答を送られてくるごとに解答を再分析し、学習者の解答中に不足しているキーワードがなくなる、または、学習者が解答を終了するまで支援を行う
テスト問題の再出題	

3. 提案するシステム

3.1 システム構成

上記のアイデアにもとに、Web上で実施可能なテストシステムを実装した。システムは、図3に示すように、学習者支援部と講師支援部から構成される。

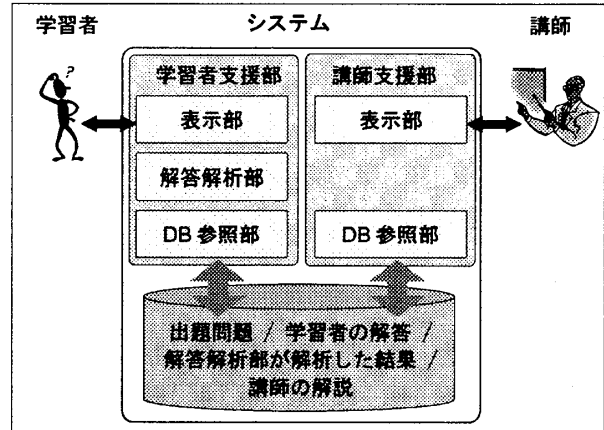


図3 システム構成図

《学習者支援部》

学習者支援部は、3つのモジュールから構成され、各モジュールの機能は、以下の通りである。

表示部

- ・ 出題問題を表示する
- ・ 解答解析部から受け取った情報を表示する
- ・ 講師からの解説を表示する

解答解析部

- ・ 学習者が解答を送られてくるごとに、表2の①から③を繰り返し、表示部とDB参照部に情報を渡す

DB参照部

- ・ 出題問題の読込、学習者の解答の保存、解答解析部が解析した結果の保存、講師の解説の読込を行う。

《講師支援部》

講師支援部は、2つのモジュールから構成され、各モジュールの機能は、以下の通りである。

表示部

- ・ 出題問題準備画面を表示する。
- ・ 学習者の最終解答を問題番号ごとに一覧表示する
- ・ 指定された学習者の最終解答とその解答を導き出すまでの過程を表示する
- ・ 学習者へのコメント入力画面を表示する。

DB参照部

- ・ 出題問題の保存、学習者の解答の読込、解答解析部が解析した結果の読込、講師の解説の保存を行う。

3.2 テストの準備

講師は、テストの準備として以下の情報をあらかじめシステムに登録する。

- ・ テスト問題
- ・ 解答中に含まれるべきキーワードとその類似語
- ・ キーワードに対する解説

3.3 テストの実施

図4は、ある学習者が図1の問題を解答している最中を再現したテスト画面である。

1. 学習者が「BTB 液に反応しやすいため」と解答を入力し「解答を提出する」をクリックする。
2. システムが「必要と思われるキーワードが2つ書けていません」と表示する。
3. 学習者が「ヒントをみる」をクリックする。
4. システムが「葉緑体」を表示、学習者の必要に応じて葉緑体の解説を表示するために「解説をみる」のリンクを表示する。

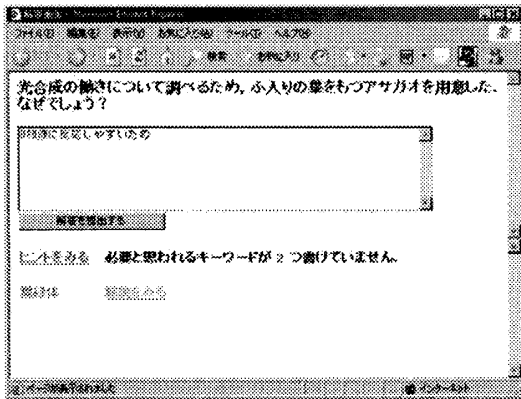


図4 テスト画面

3.4 テスト結果の提示

図5は、図4の学習者の最終解答とその解答を導き出すまでの過程を表したものである。

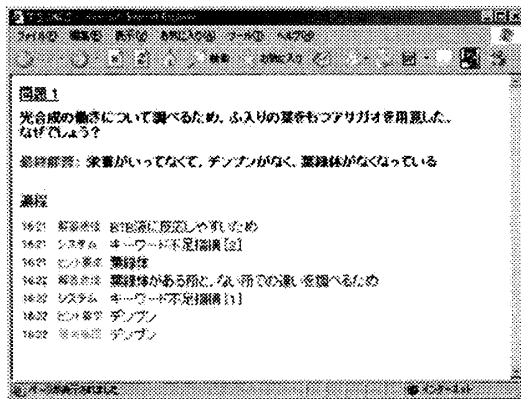


図5 解答把握画面

4. 試行実験

4.1 実験協力者

実験協力者は、I市の塾に通う中学生1年生18名とその教師である。塾生の特徴として、実験を担当した講師は、「塾生の学力はさまざまだが、記述式問題を解答させると白紙解答が目立つ傾向がある。塾生の多くは白紙解答のまま答え合わせをし、解説集に載っている解答を丸写ししている。なぜそのような解答になるのかまで考える塾生は少なく、再テストを行っても定着率が低いのが現状である。」と述べた。

4.2 実験

実験に用いた問題は、図1に示す問題ほか類似問題5問の計6問³⁾を用意した。

① 第1回テスト

6つの問題は、1人の学習者に対して、3問を解答作成の支援あり(表2の動作を行う)で出題し、3問を解答作成の支援なし(表2の動作を行わない)で出題した。なお、出題した問題は、解答作成の支援の有無が同じになるように、ラテン方格に基づき出題した。

② 答え合わせ

第1回テストを終えた段階で、講師は、学習者に解説を与えた。また、講師は、学習者に「解説をみて自分の解答を書きなおす必要があると感じた場合には解答を書きなおし再提出するよう」指示した。

③ アンケートの実施

本システムの利用をどのように感じているかを把握するために、実験協力者に対してアンケートを実施した。

④ 第2回テスト

講師が与えた解説と理解の定着率との関係を調べるために、第1回テストの1週間後に再テストを実施した。再テストでは、すべての問題を解答作成の支援なし(通常のテスト)とした。

4.3 結果と考察

・ 解答を把握するために必要な時間

表3は、講師が学習者の解答を把握するために費やした時間をまとめたものである。

表3 費やした時間

	支援あり	支援なし
最小時間	4秒	1秒
最大時間	28秒	22秒
平均時間	11.72秒	8.78秒

システムが講師に与える情報量は、解答作成の支援ありの方が支援なしに比べて、学習者が解答を導き出すまでの過程を表示している量だけ多くなる。そのため、講師は、学習者の解答結果を把握するために、平均で3秒程度余分に時間がかかる結果となった。

・ 学習者に実施したアンケート

表4は、学習者に実施したアンケート項目(思う:5~思わない:1)と、その結果(上段:平均,下段:分散)をまとめたものである。

質問項目1~3において、解答作成の支援ありの方が高評価であった。このことから、学習者の解答の質を講師が想定する基準まで引き上げておくことにより、講師は学習者の理解の程度に応じた解説を与えることができたためではないかと考える。

また、システムが学習者に対して解答作成の支援を行うことは、再解答するのに困ったと答えた学習者はいるものの、自分の理解が不十分であった点に気付くことができたという多くの学習者が感じる結果となった。

表4 アンケート項目とその結果

質問項目	支援あり	支援なし
1. 先生の解説は、分かりやすかったですか？	4.56 (0.52)	4.27 (0.60)
2. 先生の解説は、自分の学力に適しているものだと思いますか？	4.30 (0.67)	4.03 (0.63)
3. 解説をもとに解答を書き直したら、理解が深まったと感じましたか？	4.16 (0.73)	3.81 (0.73)
4. システムから解答が不十分であると指摘されたとき、再解答するのに困りましたか？	3.21 (0.72)	—
5. システムから提示されるヒントは、分かりやすかったですか？	3.95 (1.22)	—
6. システムから提示されるキーワードなどを見ながら解答を書き直した時、自分の理解が不十分だった点に気づくことができましたか？	4.53 (1.35)	—

・採点結果

図6は、解答作成の支援ありと支援なしの場合で解答した問題の採点結果の割合を示したものである。凡例のアルファベットは、表1のA~Eに対応している。

第1回テストの結果は、解答作成の支援ありの方が、全体的に正答率が高い結果となった。答え合わせ後の結果は、解答作成の支援の有無に関係なく、正答率の割合にあまり差は見られない結果となった。

1週間後に行った第2回テストの結果は、第1回目に解答作成の支援を行ってテストを実施した方が、正答率が高い結果となった。この結果について実験を担当した講師からは、「テスト中のキーワードの提示が、概念を構造化して覚えるために有効に働いたのではないかとコメントを頂いた。学習者の定着率の向上に関する詳細な分析については、今後の課題とする。

5 まとめ

本研究では、記述式の問題を対象とし学習者にきめ細かな対応を行うために、学習者と講師との両者への支援を試みた。学習者には、解答中に講師が想定するキーワードが含まれていない場合には、それを指摘し再提出を促した。講師には、学習者の最終解答と、システムと学習者とがやり取りを行った過程を提供することで、学習者の理解の程度を把握するための支援を試みた。今後、長期的に実験を行うことで、本システムの有効性と学習者の理解の定着率との関係について分析を行う予定である。

参考文献

[1] 中川正, CAI ヒント研究(1), 日本教育工学雑誌, Vol.3 : 153-165, 1979
 [2] 斉藤昇・中浦将治, 最適問題レベル選定方式を採用した個別学習支援システムの開発, 日本教育工学会論文誌, Vol.22(4) : 215-225, 1999
 [3] ㈱文理, 中学新テキスト WinPass 理科1, 2001

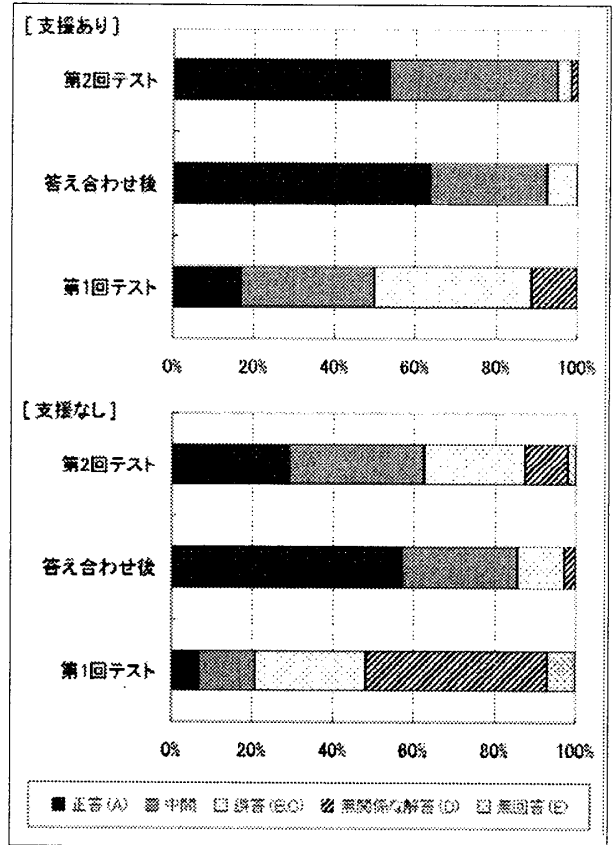


図6 採点結果の比較