

視線誘導による単文統合型作問における適応的誤り修正支援

広田 智也^{*1}, 林 雄介^{*1}, 平嶋 宗^{*1}

^{*1} 広島大学大学院工学研究科

Adaptive Error Correction Support in Problem-Posing by Gaze Guidance

Tomoya HIROTA^{*1}, Yusuke HAYASHI^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*1}

^{*1} Graduate School of Engineering, Hiroshima University

モンサクン Touch では、三文構成モデルに基づき、五～六個の単文の中から三つを使って与えた条件に合う単文統合型の作問をする。ここで学習者が行うのは、条件と単文の認識、問題の構成の2つに分けることができ、誤った作問をした場合はどちらかに原因があると考えられる。本研究では前者に注目し、視線計測によって認識が不十分な場合があることの確認、視線誘導を用いた認識の改善による適応的な誤り修正支援の提案をする。

キーワード: 視線, 作問学習, 学習支援, プロセス分析

1. はじめに

視線測定は人の高次認知処理を外界から観察する手法の一つであるといわれている⁽¹⁾。人の高次認知処理は、100ms 以下の細かい時間で行われているが、視線運動は 100ms と同等かそれ以下の時間で測定可能であるので、高次認知処理の観察が可能であるためである。

この特性を利用して、人間の思考を支援するために視線情報を利用しようとする研究が多く行われている。例えば、操作に至るまでのユーザの迷いを、視線情報を検出しパターンを分析し、迷いの状態を判別させることで、支援を可能にする研究⁽²⁾や、多肢選択問題における学習者の心的状態である正答への確信を、視線情報を用いた分析と検証の研究⁽³⁾⁽⁴⁾がある。これらは活動における動作の間隔や所要時間に比べ視線のサンプリング粒度が細かいことを利用して、より細く支援対象者の観察を行うことを目標としている。

本研究では、単文統合型作問演習環境モンサクン Touch⁽⁵⁾を対象として、学習者が問題を作っていく過程（以下、作問プロセスとよぶ）について視線情報を利用してより適切に支援することを目標とする。このシステムでは、作問を用意された複数の単文の中から3

つの単文を組み合わせることとし、システムが学習者の作成した問題を即時診断・フィードバックできる演習環境となっている。また、いくつかの教育現場で実践的に利用されており、作問活動の増加や問題解決能力向上といった効果も確認されている。さらに学習者の作問プロセスの結果の反映としての作問回答結果の分析⁽⁶⁾と、作問プロセスにおける一つ一つの単文の選択過程の分析⁽⁷⁾から、作問回答結果の分析からは、学習者は考え無しに作問しているのではなく、算数文章題の成立条件を明示的または暗黙的に意識し、学習者が理解している範囲でその成立条件をできるだけ満たすように作問を行っていると考えられるデータが得られている。

本研究の目的は、作問プロセスにおける学習者の視線の注目点と誤答の関係を明確にし、視線誘導による作問学習支援を検討することである。そのために、作問時における視線の計測、正しく作問ができた学習者とできなかった学習者の視線の違いの分析、そして、視線の違いに基づくフィードバックによる視線誘導および誤り修正の効果の調査を行った。

2. 単文統合型作問学習支援環境「モンサクン」

学習者の算数文章題の理解を支援するために、単文統合型作問学習支援環境モンサクンが研究されており、モンサクンTouchと呼ばれるシステムが開発されている。ここで行われる活動は掲示された課題に合わせて複数用意された単文カードから3つの単文カードを組み合わせて算数文章題を作成するというものになっている。演習時のシステムの画面が図1である。

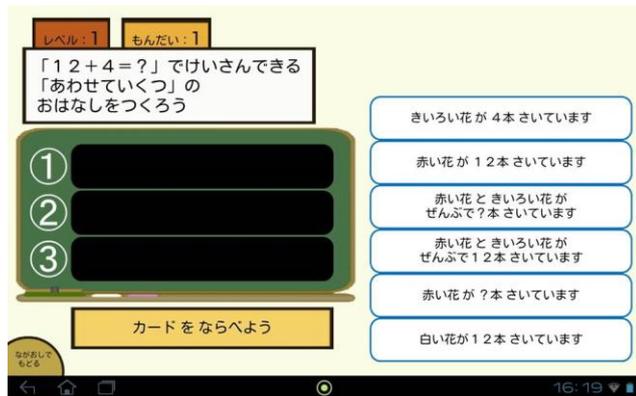


図1 モンサクンTouchのインターフェース

2.1 三文構成モデル

モンサクンでは、三文構成モデルに基づき、1回の四則演算で解を求められる算数文章題は3つの単文から作成可能としている。三文構成モデルでは、単文はオブジェクト、数量、述語から構成されているとし、さらに単文の種類をオブジェクトの存在を示す「存在文」とオブジェクトの関係を表す「関係文」に定義することで、2項演算で計算可能な算数文章題を存在文2つと関係文1つで作成可能としているからである。これを三文構成モデルと呼ぶ。このモデルによりモンサクンTouchでは単文が表示されているカードを操作し、3つ組み合わせて作問を行うことができる。

2.2 作問演習時における学習者への制約

モンサクンの作問課題は課題に掲示された条件を満たすように算数文章題を作ること、そして算数文章題を作るために複数用意された単文から課題に沿うように3つ選択することといえる。このことからモンサクンの演習において学習者に課せられる制約として算数文章題を正しく作ることと、課題の条件と一致していることとなる。

算数文章題を正しく作るためには、三文構成モデルに基づき、文構成とオブジェクト構成、数量構成の3つの制約を満たす必要がある。文構成を満たすためには選択した3つのカードのうち2つが存在文で、残りの1つが関係文である必要があり、作成する文章題の物語の種類によって単文カード間に時系列が発生するため、単文の順序の制約が関わる場合がある。オブジェクト構成を満たすためにはオブジェクトの関係が正しく構成されるようにする必要がある。数量構成を満たすためには、選択した3つの単文の数量関係を正しく構成する必要がある。

課題の条件には作成した算数文章題の答えを求める計算式を指定する計算式の条件と物語を指定する物語の条件の二つがある。これを満たさなければ算数文章題を正しく作成できたとしても、課題とは一致しておらず目的の文章題とは別のものを作成したことになる。

学習者には算数文章題を作成する際に文構成、オブジェクト構成、数量構成、計算式条件との一致、物語条件との一致の計五つの制約が課されている。以上の制約がモンサクンの演習課題に存在し、課題に正解するためにはこの制約を満たすように考える必要がある。

3. 単文統合型作問学習支援環境における学習者の理解の推定

学習者の作問演習時における思考を分析推定するためには学習者から情報を取得する必要がある。モンサクンでは学習者から算数文章題を作成した回答結果と算数文章題を作成する過程のカード操作選択過程をログとして取得することができる。本研究ではさらに、学習者の視線情報を取得することを考えている。以下に、回答結果と視線情報のそれぞれから推定できる誤答の原因について整理し、それぞれの範囲情報において、推定分析可能な内容について述べる。

3.1 回答結果

回答結果には学習者が与えられた作問課題に対してどんな単文カードや条件があるか認識し、どんな算数文章題を考える必要があるか思考する、その結果が反映されている。よって、学習者が最終的にどんな思考に至ったのかが推定分析可能である。

3.2 視線情報

視線情報を用いることで、カード操作よりもさらに細かく学習者を観察できるので、単文カードの構成要素単位で思考の様子を検出でき、カード選択、回答に至るまでの認識過程の推定の情報源とできると考えられる。

3.3 視線情報からの誤答原因の推定

モンサクンの演習における誤った作問とは3章で述べた制約を満たせなかった場合に起こる間違いである。制約を満たせない場合、対応した要素の正しい関係を作ることが出来ないと捉えることが可能であるが、必要な要素への認識も重要な点である。正しい関係を作る際、必要な要素の認識、要素の正しい組み合わせ方を考えるという順序で学習者は考えているはずである。なので、単文カード、条件の認識段階と問題の構成を考える段階の二つに分けることが出来、この二つのうちどちらかで誤りが起きていると考えられる。本研究では、認識段階について、十分か不十分かを視線情報のうちの視線量を正解者と比較することで推定する。この時、誤りが発生した際、制約を満たすために必要な要素への視線量が正解者と比べて少ない場合と多い場合が存在すると考えられる。

少ない場合では、3章で述べた制約を満たせなかったものについてそれに関する要素へ視線による認識が欠けていたと考えられる。例えば、オブジェクトの制約を満たしていない際、演習構造の要素であるオブジェクトに対して視線量が少なく、認識が欠けている可能性があると考えられる。よって、その認識を埋めるための支援が必要になると考えられる。

多い場合では、制約に必要な要素に対して認識はできていた可能性があり、問題の構成を考える段階で失敗していると考えることが出来る。つまり、この状況になったとき、学習者は三文構成モデルをよく理解しておらず、正しい組み合わせを考えることが出来なかったと推定できる。この際、三文構成モデルを理解するための支援が必要になってくると考えられる。

よって、認識が欠けてしまっている可能性があるため、誤った学習者に対して認識改善のための支援を行い、認識は十分な可能性があるにも関わらず誤った学習者に対して構造を理解するための支援を行うべきで

ある。本研究では、前者の認識不足の可能性を持つ学習者に対する支援に取り組む。

4. 視線誘導による適応的誤り修正支援

4.1 演習構造に基づく視線情報の取得

4章で述べたように、認識不足の可能性を持つ学習者は満たせなかった制約に関する要素への視線が正解者よりも不足していると考えられる。学習者にこれを気づかせるために、言語情報と視覚情報の2種類で視線の誘導と誤答の修正これを検出するために要素ごとに視線情報を取得する。

4.2 言語情報による視線の誘導

認識改善のための視線誘導として、従来のモンサクンに実装されていた誤りの原因に気づかせるための文章によるヒント機能が実装されているものを、言語情報による視線の誘導として扱う。

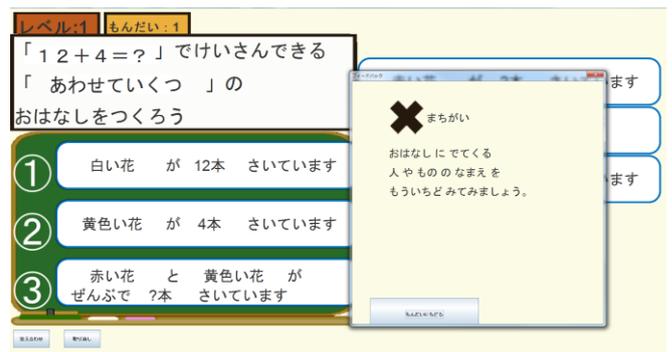


図2 オブジェクト間違い時の文章によるフィードバック

4.3 視覚情報による視線の誘導

認識改善のための視線誘導として、要素を強調し、注目させるためのハイライトを行う方法を提案する。これは、作問結果から満たせなかった制約を診断し、対応した要素をシステムで自動ハイライトすることが出来る。ハイライトによるフィードバックの画面が図2である。この方法による視線誘導を検証するために、言語情報による視線の誘導を比較の対象とする。どちらも作問結果の誤りに基づき、フィードバックが返されるので、支援に至る原因は等しく、支援内容が異なったものとして考える。

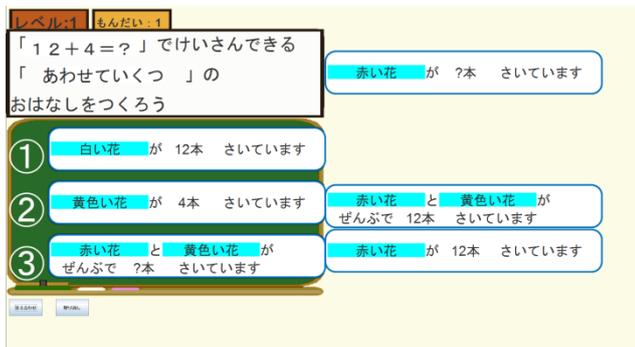


図3 オブジェクト間違い時にハイライトされた画面

5. 実験

本研究で提案した支援方法を実験により検証する。以下に、実験内容について述べる。

5.1 実験内容

誤答の原因に注目の不十分さが関係するか、言語情報や視覚情報によるフィードバックによって視線の誘導ができるのか、視線の誘導によって誤答の修正ができるのかについて調査するために実験を行った。実験の対象者は工学系大学生 17 名である。実験手順としてまず、作問演習がどのくらいできるか調査するため、システムを用いた作問(計 16 問)とアンケートを行った。次に作問テストの結果から成績が等しくなるよう 17 名を A 群と B 群に分け、異なる仕様の作問システム(計 16 問)を行い、誤った作問結果に対するインタビューを 1 問だけ行う。その後アンケートを行う。前半のシステムと後半のシステムはそれぞれ仕様が少し異なるが、課題内容はすべて同じである。

5.2 課題内容と実験に用いるシステム

課題内容は練習問題とレベル 1、レベル 2 を用意している。練習問題は学習者にシステムの操作に慣れてもらうことを目的としているため、1 問のみであり、レベル 1 とレベル 2 の内容を検証対象としている。レベル 1 は順思考の作問課題、レベル 2 は逆思考の作問課題となっており、レベル 2 のほうが難しい設定となっている。

前半のシステムでは、1 問あたりに 30 秒の時間を設けて取り組んでもらう。このとき、作問回答結果に対する正誤判定や支援のためのフィードバックは一切返さず、1 問あたり 1 回だけ作問回答を認めている。

後半のシステムでは、前半のシステムと同様に 1 課

題あたりに 30 秒の時間を設けて取り組んでもらうが、このとき作問回答結果に対して正誤判定や誤り修正支援のためのフィードバックを行う。ただし、最初の誤った作問の後、次の作問結果には正誤判定は返すがそこから再回答は認めない。よって 1 問あたり最大 2 回まで回答を行うことが出来る。また、それぞれのレベルで前半の 4 問と後半の 4 問でハイライトと文章によるヒント機能フィードバックを変更しており、A 群に用いたシステムは前半をハイライト、後半を文章によるフィードバックを行っている。B 群に用いたシステムはその逆である。

5.3 検証内容

この実験により、視線誘導支援の効果と視線誘導後の誤り修正の 2 つを検証する。

視線誘導支援として、誤った作問結果に対して、誤りに対応したフィードバックを行うので、誤りを修正するために必要な要素への視線量が有意に増えることが確認されたとき支援効果があったと考える。このとき、本研究では、認識改善による誤り修正を目指しているため、最初の回答時に誤りに関する要素への視線量を正解者と比較し、認識不足の可能性がある場合に視線誘導の効果があればよい。誘導後の誤り修正については、誘導後の正解率をもとに検証する。また、ハイライトによるフィードバックと文章によるフィードバックにおいて、それぞれの視線誘導後の正解率を調べ、どちらが高いか検証する。

6. 実験結果と考察

6.1 視線情報と誤答原因の関係

1 問ごとの最初の回答結果について、70 個の誤りが発生し、その中で誤りに関する要素に対する認識について図 4 のような結果が得られた。これは、例えばオブジェクトの誤りが発生したとき、誤りの要因となるオブジェクトの要素に対する正解者と比較し、視線情報が欠けていたことからオブジェクトへの認識が不十分であった、といったような、誤りの種類と関連した要素への認識が欠けていて、誤った作問を行ってしまう層がある程度存在し、ごく少数の事例ではないことがわかった。

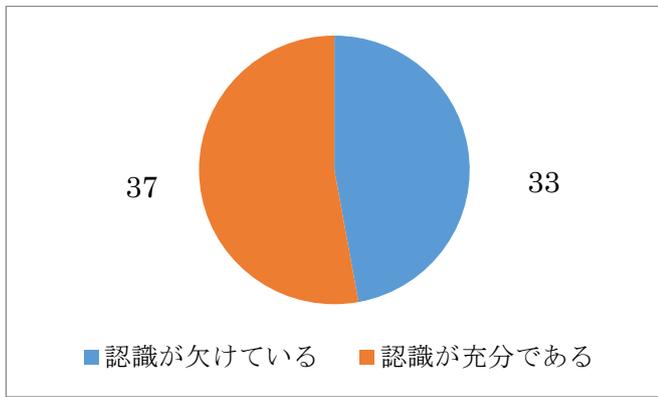


図4 最初の回答時の誤りにおける認識の分布

6.2 視線誘導支援の効果

認識が欠けている誤りにおける視線誘導効果と認識が充分だった誤りにおける視線誘導効果はそれぞれ図5となり、フィードバックによる認識が欠けている誤りに対する視線誘導効果を確認できた。対して、図6のように誘導効果が確認されても正解に至らない層が存在することもある程度存在することが判明した。

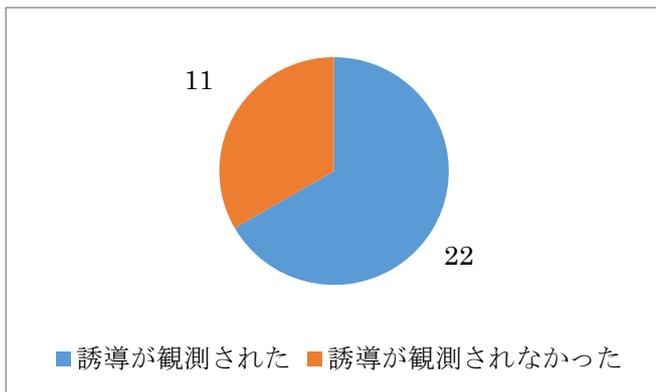


図5 認識が欠けている誤りにおける視線誘導効果

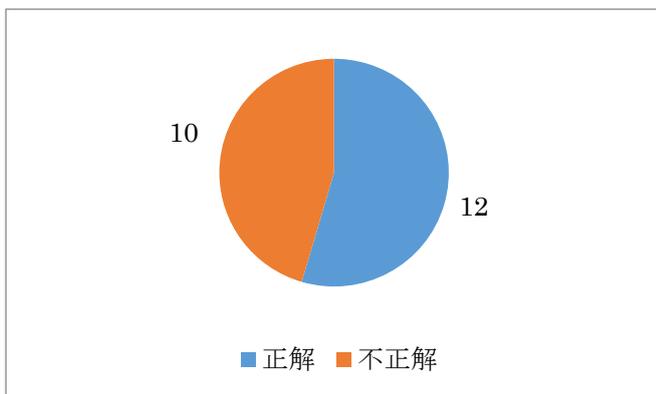


図6 認識欠如に対して誘導が確認された時の正解率

6.3 視線誘導の誤答修正への影響

誘導後に起きる誤り修正には学習者の作問理解にも依存されると考えられる。学習者が正しく三文構成

モデルを理解していれば、誤りを修正できるが、もし正しく理解できていなければ、誤りに関する要素を認識しても正解にたどり着くことは困難である。図5における不正解にはそんな学習者が多くいるのではないかと考える。そこで、前半の作問結果をもとに被験者を上位、中位、下位に分け、認識欠如に対する誘導が確認された時の分布を調べた。視線誘導支援の効果は群に関わらず確認され、下位について誘導されても正解率が低いことが確認されたが、下位群は三文構成モデルについて正しく理解できていないと推定できるため、想定通りの結果であったといえる。また、図7の不正解の中で下位群は上位群、中位群に比べ大きく占めていることが確認できた。その割合を図6に示す。先に述べたように三文構成モデルを正しく理解できていないために誘導に従い修正に必要な要素を認識しても不正解となってしまった人が多いと考えられる。また、上位群では認識が欠けており、誘導効果があった例が3件あり、そのうち1件が正解、2件が間違いとなっていた。このことについては、異なるフィードバックの点から考察する。



図7 図6の不正解内の各群の分布

6.4 ハイライトと文章によるフィードバックの比較

今回の実験では、上位群と中位群においてハイライトによるフィードバックを受けたときの修正失敗、つまり不正解になった件が確認されず、文章によるフィードバックには不正解が確認された。データ数が少ないため一般性を示すことが出来なかったが、この実験で得られたデータから、ハイライトと文章を比較し、上位群と中位群でハイライトのほうが、正解率が高いと確認が出来た。

7. まとめと今後の課題

本研究では、単文統合型作問演習において学習者の認識改善のための方法を考え、支援が可能なシステムを作成した。そして、視線情報による実験的検証を行い、視線誘導の効果と、支援方法の効果を確認した。

視線には視線量のほかに、いくつかの特徴が確認されているので、今後の課題として視線の特徴を用いて誤りに対応した修正支援方法の考察があげられる。

参 考 文 献

- (1) 大野健彦: “視線から何が分かるかー視線測定に基づく認知処理の解明”, 認知科学, 9(4), pp. 565-579 (2002)
- (2) 高木啓伸: “視線の移動パターンに基づくユーザの迷いの検出・効果的な作業支援を目指して”, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 5, pp. 1317-1327, 2000
- (3) 村松慶一, 小島一晃, 松居辰則: “多肢選択問題に対する学習者の視線と心的状態に関するオントロジー記述の試み”, 第 27 回セマンティックウェブとオントロジー研究会, SIG-SWO-A1201-04, 2012
- (4) 小島一晃, 村松慶一, 松居辰則: “多肢選択問題の回答における視線の選択肢走査の実験的検討”, 教育システム情報学会誌, Vol.31, No.2, pp. 197-202, 2014
- (5) [山元 13] 山元翔, 神戸健寛, 吉田祐太, 前田一誠, 平嶋宗: “教室授業との融合を目的とした単文統合型作問学習支援システムモンサクン Touch の開発と実践利用”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J96-D, No.10, pp. 2440-2451, 2013
- (6) [Nur 15] Hasanah, N., Hayashi, Y. and Hirashima, T.: “Investigation of Students' Performance in Monsakun Problem Posing Activity based on the Triplet Structure Model of Arithmetical Word Problems”, Proc. of ICCE2015, pp. 27-36, 2015
- (7) Supianto, A.A., Hayashi, Y., Hirashima, T.: “Trap-States Found in Problem-Posing Activity Sequences Based on Triplet Structure Model”, 人工知能学会第 75 回先進的学習科学と工学研究会 (SIG-ALST), pp. 9-16 (2015).