

NIRS とインタビューに基づく解決タスクと作問タスクの 思考負荷の差異の分析 —算数文章題を対象として—

Analysis of Difference in Thinking Load of Problem-solving Task and Problem-posing Task by NIRS and Interview -The Case of Arithmetic Word Problem-

山元 翔^{*1}, 平嶋 宗^{*2}

Sho YAMAMOTO^{*1}, Tsukasa HIRASHIMA^{*2}

^{*1}近畿大学工学部

^{*1}Faculty of Engineering, Kindai University

^{*2}広島大学大学院工学研究科

^{*2}Graduate School of Engineering, Hiroshima University

Email: yamamoto@hiro.kindai.ac.jp

あらまし: 筆者らは算数文章題を対象として単文統合型の作問を提案しており、演習支援システムの実践利用から、従来の演習より学習効果が高いことを確認している。本研究ではこの効果のより詳細な分析のため、従来演習である問題解決演習、作問、本提案演習について、NIRSによる脳機能の計測と被験者のインタビューを実施した。その結果から、各演習の学習関連負荷の違いと、本研究で提案する算数文章題のモデルの妥当性について検証した。

キーワード: 算数文章題, 認知負荷, 問題解決, 作問, NIRS

1. はじめに

筆者らはこれまでに算数文章題を対象とした単文統合型の作問学習支援システムを開発してきている。システムは小学校等での実践利用から、問題解決能力の向上や、過剰問題解決課題により問題の構造を捉える能力を向上できることを確認している⁽¹⁾。

ここで、システムは提案した算数文章題のモデルに基づき開発されており、従来の演習である問題解決などと比較も行っている。しかし実践利用の結果は、問題解決や過剰問題解決といった課題解決の成績で確認できたものであり、各演習の学習プロセスについて詳細な検証が行えていたわけではない。

そこで本研究では、NIRS 脳機能計測装置を用いて、問題解決演習、従来の作問演習、本研究で提案している単文統合型の作問学習における脳血流の変化を調べることで、それぞれの演習の思考負荷の差異を、モデルに基づいて分析する。この結果から、各演習の学習関連の負荷の違いや、本研究で提案するモデル検証の可能性を検討する。

2. 問題解決タスクと作問タスクの差異

対象とするのは算数文章題でも一回の和差で解決できる文章題の、問題解決、従来作問、提案作問(単文統合型の作問)である。まず一般的な問題解決は、「りんごが3個あります。りんごを5つもらいました。りんごはいくつあるでしょう」のような問題の未知数を求める課題である。これは一般的に、初学者はキーワードに着目して解決すると言われる。例えば、「もらう」という単語があれば、たし算で解決

できるという思考である。これはキーワードが反転する(もらう、だがひき算で解決する)問題も同様であると考えられる。

一方、従来作問は「○±△で計算できるいろんな問題を作ろう」のように、制約に基づいて問題を作る課題である。よって問題解決よりは問題の構造を思考する必要があるが、オブジェクトや数量の設定に負荷がかかる。また、色々な問題というのを、オブジェクトの異なる課題と考えると、非常に容易な課題になってしまう側面もある。

最後に本研究で提案している単文統合型の作問は、数量と物語を制約として、与えられる単文カードを選択、並び替えて問題を作る。カードにはダミーも混ざっているため、オブジェクトや数量の対応、三文構成などを詳細に考えさせることが可能である。課題には例示した問題を作成する順思考順演算、「3+?=8」でりんごをもらった数が未知数の逆思考問題を作成する順思考逆演算、そして「8-3」で逆思考問題を作成する逆思考の3種類の課題がある。従ってこの順番で思考の負荷は高くなるといえる。

3. 評価実験

3.1 実験環境

実験機器は日立製作所のウェアラブル光トポグラフィ WOT-220 を用いた。被験者はテーブルに座り、機器を装着して各演習を行う。問題解決と従来作問は紙で、単文統合型の作問は開発システムを用いてタブレット上で行った。なお、演習スペースには事前に書見台のような傾斜のある台を用意した。これ

により被験者は台に問題用紙やタブレットを置いて演習を行えるため、頭部の移動による血流の変化を低減した。また、脳部位が賦活した場合、その時の演習問題をインタビューで振り返るため、被験者の背後から、演習スペースが映るようにビデオ撮影も行っている。前頭前野（額のあたり）の計測を行った理由は、この部位がワーキングメモリー、プランニング、推論といった認知・実行機能を担っていると考えられており⁽²⁾、学習という性質上適切だと判断したためである。

3.2 実験手順

被験者は大学4年生4名で、事前に算数が得意かどうかを5件法で回答してもらった。その後、レストとの時間として、WOT-220を接続した上で、深呼吸と数字のカウントを行ってもらった。各演習の間には、必ずこの作業を設けた。演習は、まず問題解決演習として、順思考問題8問、逆思考問題8問に取り組みさせた。次に従来作問として8問の作問を行い、単文統合型の作問として、順思考順演算12問、順思考逆演算12問、逆思考12問、の計6つの演習を行った。なお、レストは酸化ヘモグロビン変化が落ち着くのを目視で確認できるまで行わせた。計測が終わると、全体的に賦活した箇所に該当する演習での思考を、ビデオを見ながらインタビューした。

3.3 NIRSによる計測結果

特に変化の大きかったチャンネルの1つとして、CH7の酸素化ヘモグロビンの濃度について述べる。図1は算数の苦手な被験者の各時間に取得した値を、加算平均してグラフ化したものである。縦軸が変化量で、横軸が時間（秒）を表す。薄く色を付けているのがレストの時間帯である。CH7は脳としては左脳に位置する。

グラフから、より難度の高い演習になるにつれ、徐々に値が増加している。また、各演習における酸素化ヘモグロビン濃度の加算平均を取り、各演習の直前のレストの加算平均との差を取ることで、ベースからの変化量も確認した。その結果、逆思考、順思考逆演算、順思考問題、従来作問、順思考順演算、逆思考問題、順思考問題の順に数値が高かった。これは概ね仮定と一致する。他に、算数が得意と答えた被験者は常に一定量で、時折蹶いた課題で増加が見られた。これは被験者が既にスキーマを持っている

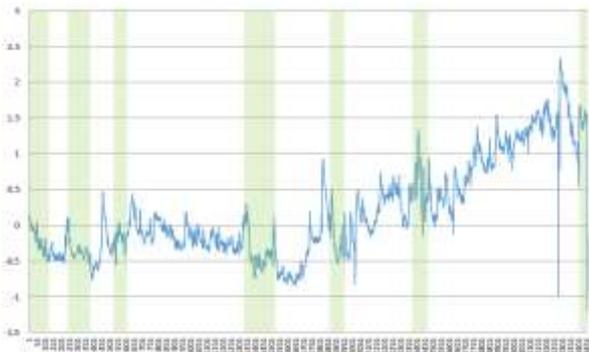


図1 酸素化ヘモグロビン濃度の変化例

るため、いずれの課題も同一の思考を用いたためであると考えられる。

また、従来作問のCH16の値でレストとの差分をとった値を確認すると、3名の学生は値が下がっていた。これらの学生はいずれもオブジェクトの選定などに思考を費やしている。唯一値の上昇した学生は、どのような分類がありうるかを思考していたため、課題外の思考も検出できる可能性がある。

3.4 インタビューの結果

全被験者に対するインタビューをまとめた結果について述べる。インタビューは各演習における基本思考と、特に値の増加した課題の思考に対して行った。まず基本思考として、順思考の問題解決についてはほぼ自動的に、キーワードに基づく解決を行っていた。逆思考もほぼ同様に、演算を逆にすることで解けると考えている被験者もいた。特に値の増加した課題を確認したところ、一般的に困難とされる比較の問題であった。

従来作問については思いつく問題を作る程度で、特に詳細には考えていなかった。賦活した箇所については、全ての学生がオブジェクトの決定など学習に関係のない内容に思考を割いていた。他にも物語としておかしくないか、現実的なお話になっているかを確認していた。

最後に単文統合型の作問は、順思考問題は課題の設計上、2名が逆思考と同程度の値だった。順思考逆演算では、「?」の位置の変化を考察したり、時系列を意識して解決したりしていたため、多少高い値を保っている。逆思考は問題の場面を強く考えたということで、大きく値が増加していた。

4. まとめ

本研究のモデルの検証のため生体情報を用いて検証するという手法を試みた。NIRSを用いて従来演習との比較を行ったところ、CH7の酸素化ヘモグロビンの変化量を確認することで、各演習タスクにおける思考の程度や種類の検出や、モデルの妥当性を検証できる可能性が示唆された。また、CH16のような右脳に位置するチャンネルも分析を進めることで、より厳密にモデルに即した説明が可能になる可能性も確認できた。今後は他のチャンネルのデータの検証によるより詳細な分析や、今回生データに近い形で分析したため、アーティファクト除去などのデータ処理により、より正確な分析を行う。

参考文献

- (1) 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.96, No.10, pp.2440-2451 (2013)
- (2) 渡邊正孝: “脳科学辞典 (前頭前野)”, <https://bsd.neuroinf.jp/wiki/前頭前野> (Accessed on 30 May 2017)