

単文統合型算数文章題作問学習支援システム利用時における 脳機能の NIRS を用いた計測

Brain function measurement using NIRS of learners using a learning environment for problem-posing as sentence-integration

松本達海, 岩井健吾, 林雄介, 平嶋宗

Tatsumi MATSUMOTO, Kengo IWAI, Yusuke HAYASHI, Tsukasa HIRASHIMA

広島大学大学院先進理工系科学研究科

Hiroshima University Graduate School of Advanced Science and Engineering

Email: matu-t@lel.hiroshima-u.ac.jp

あらまし：算数文章題の解法の定着において作問学習が有効であるとされているが、学習者による解答や教授者による評価のコストから教育現場での実施が困難である。この問題を解決し、学習者が多くの作問学習を行えるように開発されたのが単文統合型作問学習環境モンサクンである。本研究では近赤外分光法を用いて学習者の脳機能を測定し、筆算や虫食い算、算数文章題の解決と比較することで単文統合型の作問がどのような問題なのかを調査する。

キーワード：作問学習、脳機能、NIRS

1. はじめに

学習者が問題を作ることで学ぶ作問学習は、算数文章題の解法の定着において学習者の問題解決を向上させる方法および学習内容の理解を測定する方法、問題構造を理解させる方法として有効であるとされている。一方で、教授者にとって作問学習は学習者が作成した問題の評価が困難なため、教育現場で十分に実施されていない⁽¹⁾。

学習者がより多くの作問学習が実行できるようにするために開発されたのが単文統合型作問学習環境モンサクン⁽²⁾である。モンサクンはこれまでの実践利用から多くの作問課題を行えること、問題解決への効果が示されている⁽³⁾。また、モンサクンにおける作問プロセスを単文の組み合わせ探索として、操作ログから実際に行われている探索活動が分析されている。

本稿では、比較の算数文章題を対象として、近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy : NIRS)を用いて脳機能を測定し、筆算や虫食い算、算数文章題の解決と比較することで、学習者が単文統合型作問を実際にどのように認識しているかを調査する。

2. 問題解決と単文統合型作問の差異

対象とするのは、一回の和差で解決できる比較の算数文章題であり、例えば「りんごが5こあり、みかんが3こあります。りんごはみかんより何個多いでしょう?」といったものである。問題解決はこの未知数を求める演習である一方、単文統合型作問とは数量と物語を制約として、与えられる単文を選択、並べ替えて問題を作る演習である。単文にはダミーも混ざっているため、学習者はオブジェクトや数量の対応、文構成などを詳細に考える必要がある。

本研究で仮定する問題解決と単文統合型作問の差異は、単文統合型作問は探索が必要なために合理的

で反省的な思考⁽³⁾が必要であることに対して、問題解決は決定的な解法が定まっているために合理的で反省的な思考は必要でないということである。この仮説を検証するために、合理的で反省的な思考が必要な課題と必要ではない課題の特徴をそれぞれ筆算と虫食い算で調査し、それと問題解決と単文統合型作問を比較するという2段階にわたって実験した。

3. 脳機能測定

3.1 実験環境

実験機器は島津製作所の研究用ポータブル光脳機能イメージング装置 LIGHTNIRS を使用した。被験者は椅子に座り、機器を装着して机に置かれた課題を行う。問題解決演習は紙で、単文統合型の作問はモンサクンを用いてタブレット上で行った。脳の計測部位は前頭前野とした。前頭前野の計測をした理由は、思考や判断などの高次の活動を司る⁽⁴⁾ので、学習という性質上適切だと判断したからである。

3.2 実験1(筆算と虫食い算学習時の測定)

被験者は工学部学生3名で行った。実験1の目的は、使用している機器の信頼性を測るため、そして、モンサクンでの学習活動の特徴づけるための基準を得るためである。1つ目の目的のために実験の設定は先行研究における筆算と虫食い算における脳機能の測定実験と同じ設定⁽⁴⁾を用いて、同じような結果が測定できるかを検証する。実験1では、虫食い算を合理的で反省的な思考を必要とする課題とし、筆算を必要としない課題として、それぞれの測定結果を基準とする。虫食い算を合理的で反省的な思考が必要とする課題とした理由は、虫食い算を解く際にも探索的な思考が必要とされるからである。逆に筆算は既定の手順に沿って問題を解くことができるので合理的で反省的な思考を必要としない課題とした。

タスクはまず3桁×3桁=6桁の筆算, その後3桁×3桁=6桁の虫食い算(空欄の数は6つとし, 3試行とも空欄の位置は同一)を行った。

実験の流れとしては, 閉眼・安静状態の後, 実験者の「始め」の合図とともに開眼し, 筆算5問(虫食い算は1問)を解き始める。筆算5問解答後, 被験者は「できました」といい, 閉眼・安静状態で60秒休憩する。この流れで筆算を3回試行する。虫食い算の場合も上記と同様である。1試行につき, 筆算は5問, 虫食い算は1問とした理由は, 予備実験において筆算5問の所要時間が虫食い算の1試行目の解決時間と概ね同様となる傾向にであったからである。結果に掲載しているCHは先行研究⁽⁴⁾で対象としていたCH(左前額部に位置)に相当するCHである。

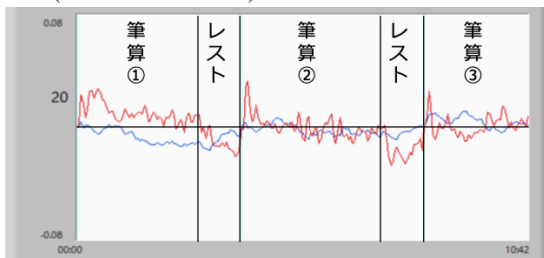


図1 筆算の測定結果例

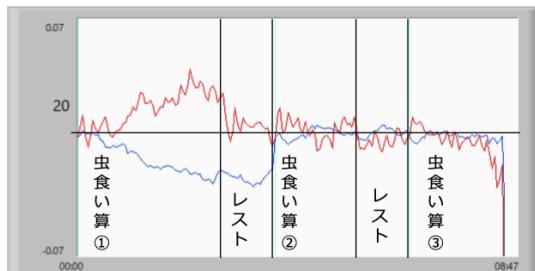


図2 虫食い算の測定結果例

筆算の波形の傾向としてはどの試行でも赤線のoxyHb濃度に大きな変化がなく, 同じような変化をしていることがわかる。一方, 虫食い算の波形の傾向は最初の試行でのoxyHb濃度変化が顕著であり, そのあとの試行では最初の試行ほどの変化が見られないことがわかる。

以上の傾向を合理的で反省的な思考を必要とする課題と必要としない課題の判断基準として仮定する。また, もう1つの目的の使用する機器でのデータの信頼性については先行研究⁽⁵⁾でのデータと測定したデータが類似した波形の傾向を示しているため一定の信頼性があることが確認できた。

3.3 実験2(文章題とモンサクン学習時の測定)

被験者は工学部学生1名で行った。実験2の目的は実験1で得られた合理的で反省的な思考を必要とする課題と必要としない課題を判断する基準をもとに問題解決演習とモンサクンの学習時の影響を調査することである。タスクはまず問題解決演習として文章題の逆思考問題(比較)8問×3試行を行わせた。次にモンサクンとして逆試行問題(比較)1問×3試行を行った。実験1で得られた基準を用いて調査する都合上, 実験の流れは実験1と同様である。

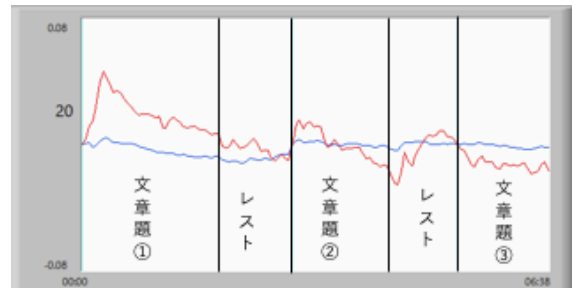


図3 文章題(比較)の測定結果

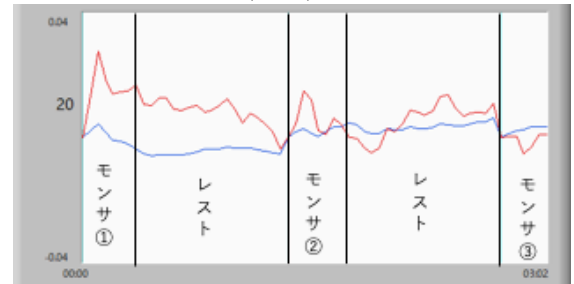


図4 モンサクン(比較)の測定結果

文章題(比較)では比較の問題は難易度が高いこともあり, 最初の試行で解法の探索をする必要があったため, 虫食い算の波形の傾向に近いデータが得られた。そして, モンサクン(比較)では虫食い算の波形の傾向と類似した波形が得られた。

今回報告した比較の物語だけではなく, モンサクンでの単文統合型作問では増加の物語でも実験1で得られた基準と類似した波形の傾向が得られており⁽⁶⁾, モンサクンの利用時には一貫して合理的で反省的な思考が必要であると示唆された。

4. まとめ

本研究では, 単文統合型作問学習環境モンサクンを利用時の脳機能を計測した。結果としてモンサクン利用時に合理的で反省的な思考が必要とされると判明した。今後は一般性を得るためにより多くの被験者で実験を行いたい。

参考文献

- (1) 中野 明, 平嶋 宗, 竹内 章: “「問題を作ることによる学習」の知的支援環境”, 電子情報通信学会論文誌, D-I, Vol.J83-D-1, No.6, pp.539-549, (2000).
- (2) 横山琢郎, 平嶋宗, 岡本真彦, 竹内章: 単文統合による作問を対象とした学習支援システムの長期的利用とその効果, 日本教育工学会論文誌, 30(4), pp.333-341 (2007)
- (3) Supianto, A.A, Hayashi, Y. & Hirashima, T.: Visualizations of problem-posing activity sequences toward modeling the thinking process. Research and Practice in Technology Enhanced Learning (2016) 11:14
- (4) 道田 泰司: “批判的思考教育の展望”, 教育心理学年報 第52集, p128-139, (2013)
- (5) 岡本尚子 “脳活動計測による問題解決過程の分析と教育への応用”, 大阪大学 p61- p87(2010), 博士論文.
- (6) 松本 達海, 岩井 健吾, 林 雄介, 平嶋 宗: ”NIRSを用いた単文統合型算数文章題作問学習支援システム利用時の脳機能計測”, JSiSE 学生研究発表会(2020)