

低学力児童・生徒の認知特性に応じて演習課題を提供する学習支援システムの開発

—授業のユニバーサルデザイン化に向けて ICT への期待—

特定非営利活動法人 CE センター 野田弘一

抄録

低学力児童・生徒の底上げは、教育・福祉に関わる者にとって重要な課題である。彼らは、不登校・非行などに陥るリスクが高いことが知られている。また「子どもの貧困」といった社会問題を鑑みても急務と言える。私たちが関わった約 200 名の低学力児童・生徒は、知能検査 (WISC - III・IV) で IQ70~90 に集中していたことから、算数・数学教科を使いそのつまずきとの関連性に着目した。まず検査結果からその認知特性 (言語・視知覚・運動系) を抽出し、一方で学校の授業と教材 (教科書・問題集など) の内容・構成などを検証。学習過程でのつまずきの原因を教科単元ごとに整理し、タブレット端末を使って最適な演習困難を提供する学習支援システムの開発を試みた。

◎Key Words 特別支援教育, 低学力児童・生徒, アダプティブラーニング, ICT

Title

Development of a Learning Support System for Students With Low Academic Abilities: Offering Problems Based on Their Cognitive Characteristics

Koichi Noda

Abstract

Raising the level of students with low academic abilities is an important task for those involved in education and social welfare. Considering both that such individuals are at a high risk of truancy and delinquency as well as in light of societal problems like child poverty, it is urgent that this be addressed. The approximately two hundred students with low academic abilities with whom we have been involved had IQ scores primarily in the 70–90 range on the Wechsler Intelligence Scale for Children (III, IV). Thus, we focused on the relationship between their intelligence and the setbacks in arithmetic / mathematics that they experience. From the results of the aforementioned intelligence test we extracted their cognitive characteristics (verbal, visual perception, and motor system), and also examined the content and composition of school classes and learning materials (textbooks, workbooks, etc.) We categorized the causes of their setbacks in the learning process for each subject unit, and attempted to develop a learning support system that uses tablet devices to offer problems that are most suitable for them.

Keywords: special needs education, students with low academic abilities, adaptive learning platform, ICT

連絡先: 野田弘一 192 - 0363 東京都八王子市南大沢 2 - 27 フレスコ南大沢 5F

Contact : noda@npo-cecenter.org

1 はじめに

低学力の児童・生徒の底上げは、授業スタイルを一斉授業から少人数指導や習熟度別クラスへと、その効果についての議論とともに現場での導入が進んできたが、効果があったという例は少ない。不登校や非行の原因にもつながっていることは議論の余地はなく、貧困が教育格差を生み世代間伝達へ向かう問題も重ね合わせると、もはや先送りは許されないであろう。

そして今、ICT の普及とともにアダプティブラーニング¹⁾という言葉聞くようになった。これは「個々の子どもの習熟度等に応じた学習」を意味するが、従来教師が経験等で判断していた子どもの見取りを、課題の正誤結果、解答時間、進捗状況などをデータ化して分析することができるようになり、どの単元を実施し、どの程度の問題レベルや問題数が必要かななどを自動で選択し課題を提供しようとするものである。

ところが、特に低学力の児童・生徒には、アダプティブラーニングの恩恵に与っているケースは、今のところ少ないようである。当センターで相談を受けるケースは、既に民間の補習塾やタブレット教材を利用したものの、続けることが難しかったり成果がなかったということが残念ながら多い。限られた範囲ではあるが、「アダプティブラーニング」を謳っている複数のコンテンツを見ると、能力の優れた子どもがスキップできるという点でアダプティブであることに注力が注がれている傾向があり、できない子どもに提供されている課題が相変わらず反復練習を中心としたものに偏り、モチベーションが下がってしまう可能性が高いものであった。

もともと算数・数学の学習では、主に発達障害児の困難の一つとして先行的研究がすすめられてきた。その中でも、WISC - III/IV などの知能検査を使った研究では、認知特性を踏まえた個別的な学習支援方略を組み入れることを強調している²⁾。そ

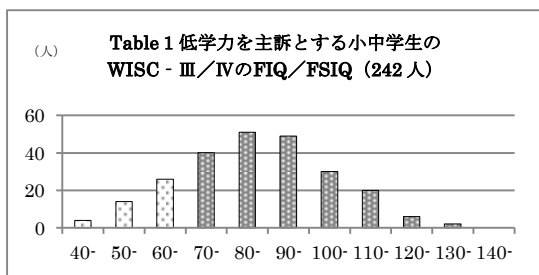
ここで、アダプティブラーニングを採用したコンテンツの精度を上げるためにも、低学力児童・生徒にとって、なぜその単元・その課題でつまづくのかなどを、脳の統合的な働きである認知特性から、誤答傾向や書字の特徴などを分析して、より最適な演習課題を提供するシステムの開発を試みた。

2 低学力児童・生徒の認知特性

2.1 低学力児童・生徒の実態

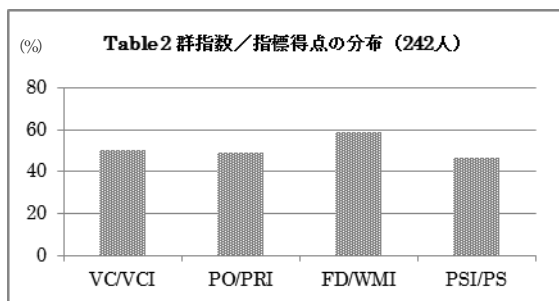
当センターで関わった通常学級に在籍する児童・生徒ケースの中で、学力の問題が主訴を中心に、242人のWISC-III/IVのFIQ/FSIQごと分布をTable 1を使って紹介したい。

特別支援学級や特別支援学校への転籍・転校が選択肢に上がるFIQ/FSIQ 69以下の児童・生徒を除くと、境界域から平均以下(FIQ/FSIQ 70~99)に位置する児童・生徒が最も多いことがわかる。



2.2 群指数/指標得点

これらの中から、群指数/指標得点である「言語理解」「知覚統合/知覚推理」「注意記憶/ワーキングメモリ」「処理速度」を使い、これらを構成する下位検査の評価点で8以下⁴⁾があるもの集めたのがTable 2である。



なお、算数・数学教科の視点でみた「言語理解」とは、主に数処理に必要な概念理解と音韻処理、文章理解のための推論などの認知能力である。また「知覚統合/知覚推理」は主に視機能(数字の構成把握、図の理解、書字など)、「注意記憶/ワーキングメモリ」では主にワーキングメモリ(教授理解、論理的思考力、問題解決のためのプランニング)、「処理速度」では主に手の微細運動機能(作図、書字)である。

ところで、Table 2から、低学力児童・生徒の多くに、いくつかの認知特性の特徴があることがわかった。まず、FIQ/FSIQと4つの群指数/指標得点の関係をみると、FIQ/FSIQ 50~89の児童・生徒の80%が4つの群指数/指標得点の複数において低く⁴⁾、FIQ/FSIQ 90~119の児童・生徒になると60%以下になり、FIQ/FSIQ 120を超えると「知覚統合・知覚推理」と「処理速度」のみが低い傾向があった。以上のことから、IQが90未満の場合は主に認知特性の偏りに原因がある

可能性が高く、IQが高くなるにつれて認知特性以外の原因(例えば、学級崩壊、生活習慣、精神疾患など)である可能性が高いと考えられる。ただし、FIQ/FSIQ 90以上の中にも、群指数/指標得点の一部が有意に低いケースもあり、FIQ/FSIQが高くても、低学力の原因として認知特性の問題も無視できないことは留意したい。

3 システムの基本理論

3.1 認知的負荷理論

近年の教授理論のひとつに、認知的負荷理論(cognitive load theory)がある。認知的負荷とは、学習課題を遂行する上でどれだけ認知的エネルギー(主にワーキングメモリ)が必要であるかを指す概念である。認知的負荷理論では、この認知的負荷を、課題内在性負荷(Intrinsic Load)、課題外在性負荷

(Extraneous Load)、課題潜在性負荷(Germane Load)の三つに分けている⁵⁾⁶⁾。

課題内在性負荷とは、演習課題そのものの難しさからくる認知的負荷である。課題外在性負荷は、課題のねらいと直接関わりはないものの、決められたルールに従って書くことなど課題を遂行する上で必要な認知的負荷である。そして課題潜在性負荷は、課題の遂行を経て学習の目標を身につけるための認知的負荷である。課題潜在性負荷には、子ども自身に十分な認知能力が備わっている必要がある。もしこれが不十分であれば、課題内在性負荷が子どもの認知能力の限界を超えてしまうので演習課題を遂行することができない。また、課題内在性負荷が限界内であっても、課題外在性負荷が加わることで限界を超えてしまと、やはり課題を遂行できない。

3.2 なぜICTが必要か

課題内在性負荷と課題外在性負荷は、教科単元ごとに既に決まったものなので、低学力児童・生徒は課題潜在負荷を増加させて対応しなければならない。しかし課題潜在負荷は、そもそも課題の遂行と習熟することでしか増加させることができない。

したがって、教授者が課題内在性負荷と課題外在性負荷に工夫や操作をおこなう以外ない。しかし、単元ごとに課題内在性負荷と課題外在性負荷の内容やその程度は異なる。さらに子どもの認知特性も様々なので、適切な演習課題を提供するには、個々の学習状況をタブレット端末等から様々な点で分析し、その特性を把握し適切な学習環境を提供する視点が重要で、どうしてもICTの力が必要になる。

4 認知適応学習システムについて

4.1 単元と認知特性の調査概要

そこで、認知的負荷理論の考え方を借りながら、四つの群指数/指標得点の低さが、算数・数学教科のどのようなつまづきにつながっているのかを調査した。当センターで療育を受けている児童・生徒48人と当センター作成の算数・数学教材を使って補習授業⁷⁾を受けている児童・生徒11人について、WISC-III/IVを含む複数の検査をおこなった。また、この59人について、のべ327回(学校での)行動観察、療育を受けている48人については個別指導の中でも行動観察をおこなった。また教科書⁸⁾の分析から、単元ごとに課題内在性負荷と課題外在性負荷を抽出した。

4.2 認知適応学習システムの概要

このシステムでは、主に課題内在性負荷と課題外在性負荷の工夫に特徴がある。例えば、課題外在性負荷として「知覚統合／知覚推理」に困難がある場合は、小さいマスが大きくなることや、「注意記憶」には、簡潔な指示でわかる範囲の課題にするなどである。一方課題内在性負荷では、「言語理解」には、最初に計算などのスキルを身につけてから日常生活に関連した学習

(文章題)をする演繹的な展開にすることや、「注意記憶／ワーキングメモリ」には、スモールステップで展開するなどである。

課題外在性負荷への工夫は、学習課題の達成に必要な配慮であり、成功体験を積み重ねることで自己評価を高める効果が期待できる。また課題内在性負荷への工夫は、エネルギーを課題潜在性負荷にまわす余裕を生み、学習のねらいや目標を達成することで、論理的な思考力に必要な注意記憶能力の向上や問題解決能力に必要な問題解決スキーマの獲得が期待できる。

ふたつの関係では、課題外在性負荷への工夫によって認知機能向上は期待できないが、課題内在性負荷にとって、課題外在性負荷への工夫が補完的な役割を果たしている。例えば、演繹的な展開の中でマスを大きくすることや、スモールステップの初期段階で簡単な指示による課題の提示などである。

4.3 単元ごとの演習課題の提供例 (システムの具体例)

各学年・各単元においてどのようなつまずきを示し、それが四つの群指数／指標得点のうちどの認知的負荷によるものなのか、そして、その認知的負荷にどのように配慮した演習課題を提供するのかを例示したい。

4.3.1 「10までのかず」

一年生の最初に学習する「10までのかず」では、数字・数詞・数概念(ブロックなど)の対応を通じて、これからの単元においても10までの数を用いることができるようにするのが目標である。実際には就学前にある程度練習を積んでいて、数字や数詞に初めて触れたというケースはない。しかし、その詳細を観察すると下記の2点でつまずく子どもがいて、それぞれの認知特性が明確に影響していることがわかった。

4.3.1.1 数字・数詞・概念(ブロック)の三角関係が成立していない

これは、「言語理解(主に音韻認知)」と「知覚統合／知覚推理」の困難から、数字から数詞への読み(「1」を「イチ」と読むこと)がうまくいかない場合と、数詞から数字への書き(「イチ」と聞いて「1」が書けること)がうまくいかない場合のふたつのつまずきがあった。さらにこのつまずきが原因で、数概念(ブロックの数)の判断までたどり着かないことがわかった。

4.2.1.2 書字のつまずき。

これは、「知覚統合／知覚推理」に困難があり、形を見てその構成や部分の詳細を正確に把握できない場合と、「処理速度(主に手の微差運動)」に困難があり鉛筆を器用に動かすことができず思った通りに書けない場合があった。ひとりの子どもが、「知覚統合／知覚推理」と「処理速度」どちらの認知機能にも困難がある場合もあった。さらにこの「書くこと」のつまずきは、FIQ /FSIQが高い児童・生徒にも認められ低学力につながっ

ていることから、算数・数学教科の理解を遅らせている大きな原因になっていると考えられる。

4.2.1.3 システムの概要⁹⁾

①数字が書けるだけ読めるだけにならないよう、数概念を身につけることを重視し「数字・数詞・概念の三角関係」をひとつのテーブルにまとめて表示。

②数字の「1」は、書くこと読むことにおいては難しくないが、数概念を理解するうえでわかりにくいいため、「3」からはじめるようにした。これは、数系列(心的数直線)を身につける上では誤学習につながるため、後で順序数を意識したものを演習課題に盛り込んで補っている。

③認知的な負担を軽減するために、数概念→数字→数詞の順に提示するようにした。

④「知覚統合／知覚推理」または「処理速度」の困難からくる負担に配慮して、マスに点線を記し左右上下の位置と中心の位置がわかるようにした。それでも数字をうまくかけない場合は、次のパレットでマスの大きさを1.2倍になるようにした。

⑤「知覚統合／知覚推理」の困難から、斜めの線や弧を書くことが難しい場合は、始点から順に光が点滅しながら誘導するようにした。

4.3.2 「□をつかった式」

計算はできるのに、□を使った文章題ができない子どもは多い。例えば、「みかんが14こありました。後から8こもらったら、全部で何こになるでしょう。」という文章題があると、最初の14個に、後からの8個を足すと、全部の個数を求めることができる。問題文の意味を「言語理解」でおこない、左から順番に計算するのを「知覚統合／知覚推理(主に視空間認知)」でおこない、ふたつを統合することで解法がわかり答えを出すことができると考えられる。

ところが、□を使った文章題は、例えば次のようになる。

「かごに みかんがありました。後から8こ もらったら、22こになりました。はじめに みかんは 何こ あったでしょう。」

ひとつひとつの言葉の意味は理解できても、これまで活用してきたスキーマ(左から順にあてはめて計算するという視空間情報)は使えないので、混乱してしまう。

そこでこの単元では、視空間情報を補うためにテープ図を使って解くことをねらいとしているが、問題文の視空間情報が曖昧なまま(これまでのスキーマが使えないことの不全感を無視して)、別の視空間情報(テープ図)で補うことは難しいことがわかった。特に「知覚統合／知覚推理(主に視知覚の恒常性¹⁴⁾)」に困難があると、全体を表すものと部分を表すものの位置関係で混乱してしまうと考えられる。

4.3.2.1 システムの概要

①テープ図のみに着目して、視知覚の恒常性困難を補うために、全体と部分を視覚的に把握する練習だけを最初におこなう。

②上記がクリアできた段階で、これまでのスキーマ(左から順にあてはめて計算する)に準じる形の文章で、視空間情報を形成する練習をおこなう。

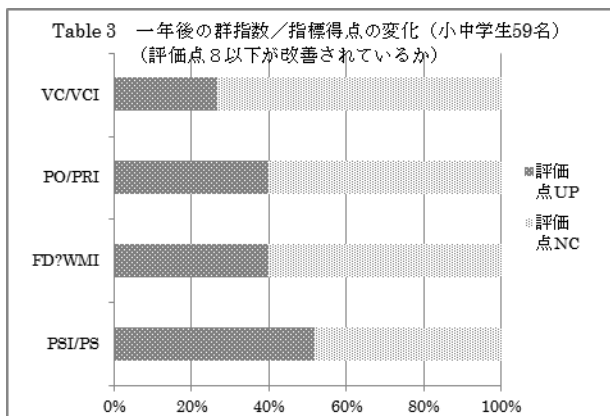
③上記がクリアできた段階で、作った視空間情報を頼りに演習問題をおこなう。

④上記がクリアできた段階で、これまでのスキーマが使えない文章とテーブル図を照らし合わせながらできる演習問題をおこなう。

5 効果と課題

5.1 効果の予想（認知能力の向上）

4.1の調査で対象になった59人の児童・生徒について、WISCの検査を二回（実施前と療育または補習授業一定期間後）実施した結果はTable4の通りである。



群指数/指標得点を構成する下位検査の値が8以下があったものが、一年以上の期間を経て向上した割合は、「知覚統合/知覚推理」で40.0%、「注意記憶/ワーキングメモリ」で40.0%、「処理速度」で52.0%であった。一方、「言語理解」は26.9%にとどまった。週一回のペースの療育であったことや学校での補習授業の実施が行事などの都合で不安定であったことから、学習の絶対量の問題も考えられる。しかし、算数・数学教科の場合どうしても言語の質の面で制約があることも挙げられる。数字・数詞・概念の三角関係の理解や数行程度のまとまりのある文章から求められていることを推量したりすることだけでは、抽象的な言語の理解などにまではつながらなかったと考えられる。この点については国語教科などで補うことも必要であろう。

5.2 自己評価が低い児童・生徒の底上げの限界

自己評価が低い児童・生徒の場合、認知的特性に配慮した学習環境を提供するだけでは難しい面があった。例えば中学生になって、小学校の学習まで遡らなければならない場合、「中学生にもなって小学校の勉強をしている」ことに本人が劣等感・抵抗感を感じ継続が難しくなることである。また家庭や学校での補習的な環境を整えても、他からの目を気にする思春期特有の問題や皆一緒でなければならないと考える教師や保護者の同調圧力的な文化的素地が、モチベーションを下げ学習機会そのものを奪ってしまうケースが一定の割合で起きた。

6 まとめ

ICTを使った認知適応学習は、子どもたちの膨大なデータを収集・分析し自動的に適切な演習課題を提供できることが、大きな強みである。仮に教師個々が認知特性に配慮した授業を行うおうにも、現状では子ども個々の認知特性を測ることそのもの

が難しい。教師個人が必要と考えWISCなどの検査実施を提案しても、学校内の共通理解を図ることの難しさや保護者の理解を得ること（場合によっては障害受容）が難しいことは、全国の教育相談や特別支援の担当教師は経験していることである。また、仮に必要な児童・生徒すべての認知特性を把握できたとしても、一斉授業の中でそれぞれの特性に応じて授業をアナログで展開できるのかという物理的な問題もある。これが、今回のシステムを導入したタブレットがあれば、ある子どもが書字の傾向から「知覚統合/知覚推理」の困難があると、タブレットが速やかに光が点滅して誘導するページを用意できる。別の子どもが「言語理解」に困難があり、音韻処理でつまづいているとわかると、演繹的な演習課題を提供できる。さらに認知特性に困難がある子どもが取り組んでいる間、できている子どもにはよりレベルの高い演習課題を提供しながら、子どもたち全体の目標到達地点をコントロールすることも可能になるかもしれない。

関名(2004)は「一番よくできたユニバーサルデザインは気づかずに通り過ぎてしまうことと定義しているんです」と述べている^[3]。子どもたちが、教師や親の顔をうかがうことがなく、他の子どもたちの目を気にすることもなく、どんな子どもでも気がついたら基礎学力がしっかりついていた。そんなコンテンツが生まれるよう貢献できれば幸いである。

参考文献

- [1] 文部科学省, 「2020年代に向けた教育の情報化に関する懇談会 第1回文部科学省資料3」, 2016,
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/detail/_icsFiles/afie1dfile/2016/04/08/1069516_03_1.pdf
- [2] 伊藤一美, 「算数のアセスメントの検討」, LD研究, 17, 2008, 295 - 302.
- [3] 子どもの認知特性を把握する場合、群指数/指標得点の値で分析することが多いが、群指数/指標得点の値に埋もれてしまう詳細な特性を把握するために、下位検査の値で分析した。
- [4] 統計的にFIQ/FSIQの値は群指数/指標得点に依存しているので、FIQ/FSIQが低ければ群指数/指標得点も当然低くなる。
- [5] Van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. 「Cognitive load theory in health professional education」, Medical Education, 44, 19-31.
- [6] Germane Load (Germane cognitive load) についてはいくつかの解釈があり、筆者も迷っているところである。「課題潜在性負荷」としたが、これを機会に様々なご意見を拝聴したい。
- [7] 多摩市の全小中学校では、平成20年度から27年度まで低学力の児童・生徒向けに補習授業を実施。当センターの算数・数学教材を使用した。
- [8] 一松信, 他48名, 『みんなと学ぶ 小学校算数』, 学校図書, 2009.
藤井齊亮, 他41名, 『新しい算数』, 東京書籍, 2009.
- [9] 認知特性に配慮した演習課題の提供タブレット(デモ版)を参照。
- [10] 視知覚の恒常性には「大きさ」「形」「向き」などがあるが、ここでは主に「(2) 数間の量的な」大きさを指している。
- [11] 関名千佳, 「ユニバーサルデザインの時代を目指して」, コンピュータ&エデュケーション, 16, 2004, pp.3-8