

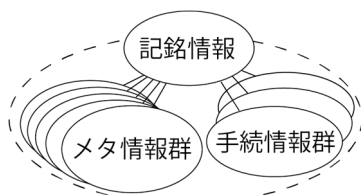
スキーマに「自販機(メタ)」情報が直接接続される、接続の組み替えが起きるだろう。

%の課題が苦手な子と対話する中で、数学的文章課題を解くための処理過程を考察した。%課題を解ける者が無意識に行っている思考的処理過程は、かなり込み入った言語・数学的な下位過程の集合体であり、そのことがつまずきの多様性につながっていると推定した。

●「スキーマ」とは

自動販売機を思い浮かべると、それを起点として、「コインを入れて・・・」といった実行手続に関する情報のほか、どんな形をしていて、どんな所にあつて、どんなものを売っているのかなど、関連する取り巻き情報が紐付いてくる。その一連の情報を一括りにして、動作・知識として活用できる集合体としたものをスキーマと呼ぶ。

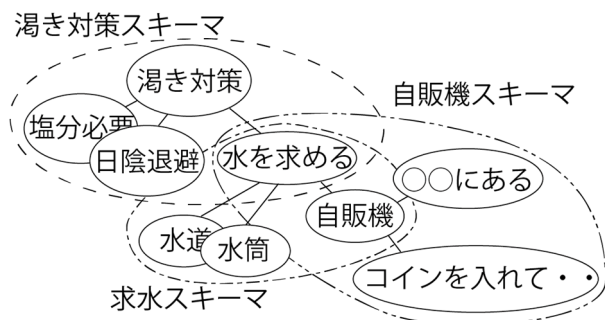
スキーマを構成する情報群のうち、言葉でも、イメージでも、旋律でも、匂いの記憶でもよいのだ



スキーマの構造

が、一連の情報群全体を想起させる端緒となる意識の焦点を「記銘情報」と記すこととする。そして、記銘情報の中身である、具体的な実行手順を「手続情報」と記し、適用条件など、手続情報以外の、その他取り巻き情報を「メタ情報」と記す。

スキーマは、単独で使われるより、他のスキーマと接続して使用される。喉が渇いたとき、自販機を使う思考経路は次のようになるだろう。



「自販機」は自販機スキームを想起させる記銘情報でもあるが、「求水」スキームのメタ情報の一つでもある。ある情報が、記銘情報、メタ情報、手続き情報のどれになるかは相対的である。

また、経験を積み、自販機を使い慣れるに従い、「水を求める」を飛ばして、「(記銘) 渴き対策」

つまりスキーマは、意識が何に焦点を当てるかで構成範囲が変化する、そして、経験により接続する情報が変化する、動的な情報群である。

●比例計算スキーマ

では、「比例計算」スキーマは何から構成されているだろう。「手続情報」としては、内々外々と掛けて式を立てる実行過程がある。この情報は「かけ算」などの下位スキーマから構成されている。「メタ情報」としては、同じ形状で全体の大きさが違う課題や%計算で使うなどの、適用範囲の情報群や、数式で「=」結ばれた変数は比例を意味するなどの、意味や構造に関する情報群がある。

こういった一連の情報群がひとまとまりのセットとして自由に扱えるとき、我々は、比例計算を一つの「スキーマ」として、色々な課題を解くための「思考の道具」に使うことができる。

●統合スキーマ

%課題では、比例計算スキーマ以外に、数学的な用語理解にかんする言語スキーマや、数直線上に読み取った数値を並べて、どこを100%とするか解釈するイメージスキーマが必要になる。

かけ算スキーマなどを組み合わせて比例計算スキーマを構成するのと同じように、典型的な%課題であれば、習熟者は、各種の典型に応じて複数のスキーマを組み合わせた、%計算スキーマという、統合スキーマにより処理するだろう。

このように、スキーマは階層的であり、構造や処理経路、接続範囲や階層規模は、経験に伴い絶えず変化し、個人差が大きい。

●統合スキーマの個人差

「地図を利用して目的地に到達するスキーマ」は統合スキーマの一つだ。その中核をなす下位スキーマは、ある者は「経路分岐点の選定スキーマ」から構成されており、別の者は「方位と距離を判断するスキーマ」から構成されている。この二人は同じ目的地に到達できるが、下位スキーマが異なるため、相手の実行過程を、言葉(テキストベース)だけでは理解できない。相互理解のためには、二人が共通して持つ「地図のルール理解スキ

ーマ」に基づき、実行イメージを地図上に投影して(紙や頭の中に経路を描き)、各自が持つ下位スキーマで読み直す必要がある。

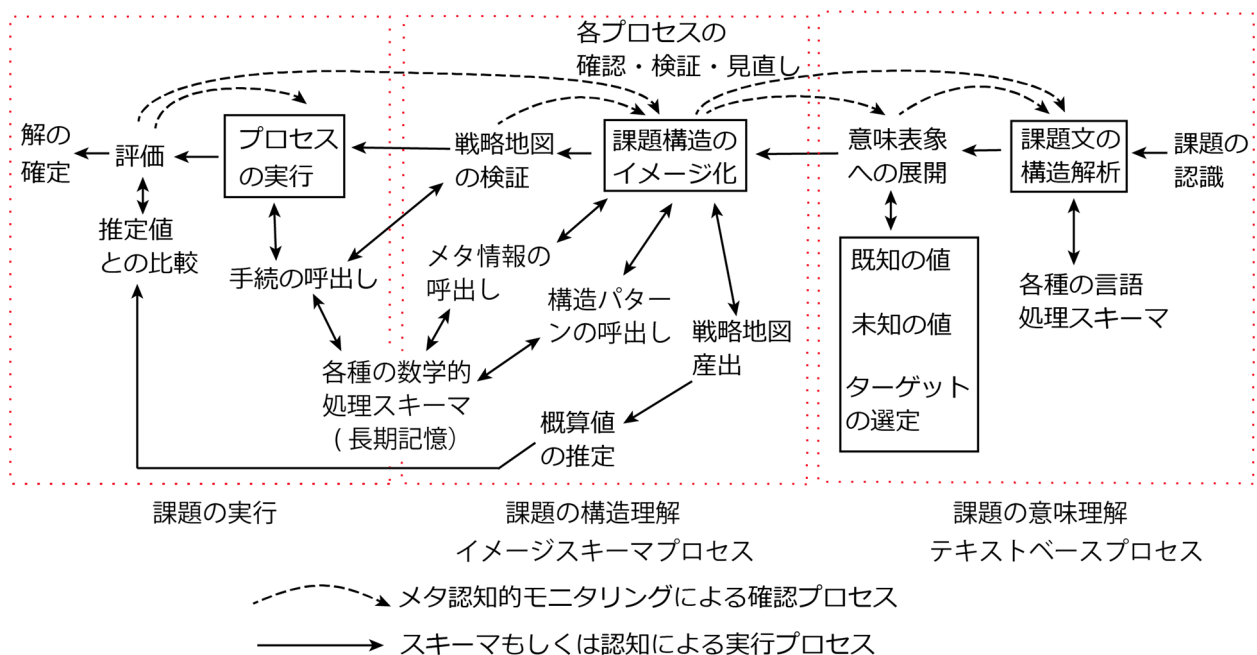
相互理解や学習には、下位スキーマの違い補う緩衝手続が必要で、共通スキーマと、イメージに展開するスキーマが、その役を担う。

●認知処理のステージ

かけ算はどうやって修得しただろう。初めは、「 4×3 は4が3回足された物なので4,8,12・・・答

え12」と、大人に教わったことを内言(心の声)で再生しながら行なっただろう。教わったことを声に出して思い出すなど、認知をサポートする活動は「メタ認知活動」と呼ばれる。

やがてサポートは不要になり、 4×3 を見て「4,8,12・・・」と「認知活動」だけで処理できるようになり、最後は 4×3 を「シサン」と読み、考えずに12と「自動処理」、つまり九九スキーマで答えを出せるようになる。



●数学的文章課題の構造

数学的文章課題を解くプロセスの例を上に示す。まず各文の意味を、言語スキーマを使い理解する。例えば希釈課題であれば、助詞に注目して5倍「に」水で薄めると、5倍「の」水で薄めるとの違いを判別する。つぎに文同志の関係から、解答ターゲットが何で、既知の情報が何かを整理し、問題の意味を理解する。ここまでは言語操作による(テキストベース)処理で実施可能である。

%課題であれば、次に、抜き出した数値の意味を数直線やリボン図(あるいは帯グラフ)上に展開し、全体は何で、どの部分を求めるかを視覚化する。そして言語情報を頼りに、基準の100%が何なのかを判定する。ここでは文字列を、リボンや帯の長さ(=量)という視覚的な理解に変換して処理がなされる。こういった手続の流れをイメージスキーマプロセスという。

%課題では、どこを100%とするかが鍵となる。通常はリボン図の全体を100%とするパターンであるが、税金など外割課題の100%はリボン

図の内側部分にある。希釈課題の時は、希釈前と希釈後の二つのリボン図を用意し、各図それぞれに100%を設定しなければならない。

習熟すると、各種の課題パターンの意味と構造とをイメージとして長期記憶に収納し、言語上のキーワードを元に、適切なパターンを長期記憶から瞬時に呼び出せるようになる。

複数の未知数があるときは、どの手順で比例計算を適用すれば良いか、戦略を練るプロセスに移る。脳内で同時に意識保持できる変数や手続には限りがある。それら多数の手順を、紙などの外部記憶媒体に略地図のように記すイメージスキーマプロセスは、複雑な課題を解く上で必須である。

課題を解く戦略地図が描ければ、答えの範囲が絞り込まれ、概算値が推定できる。次いで、地図に沿って手続を実行し、算出した値を予想と比較検証し、解が確定する。

一連の流れがうまく行かない場合は、その理由を前段階に求めるなど、メタ認知的モニタリングを使いながら試行錯誤を行う。

●思考とは何か

%課題の場合、たとえば消費税を計算で求める課題であれば、消費税という記銘情報に紐付いているメタ情報「外税」と、100%がリボン図の内側にある課題構造パターン図に紐付いているメタ情報「外割計算用」には、「外」という一致点がある。「外」「割合」というキーワードを元に、いくつかの課題構造パターンや各種のスキーマのメタ情報を検索し、一致するものを見つけることで、適切な課題構造パターンと必要なスキーマが呼び出される。

つまり、思考とは、言語的あるいは数学的手続(スキーマ)に関するメタ情報の、キーワード横断検索による、一致点の検出によって、複数の手続を接続させる操作である。

「その時なぜ気がつかなかったのだろう」というのは、紐付けされているメタ情報の範囲が狭く、適切なスキーマや課題構造パターンが検索にかか

らなかったと解釈できる。

●学習の転移

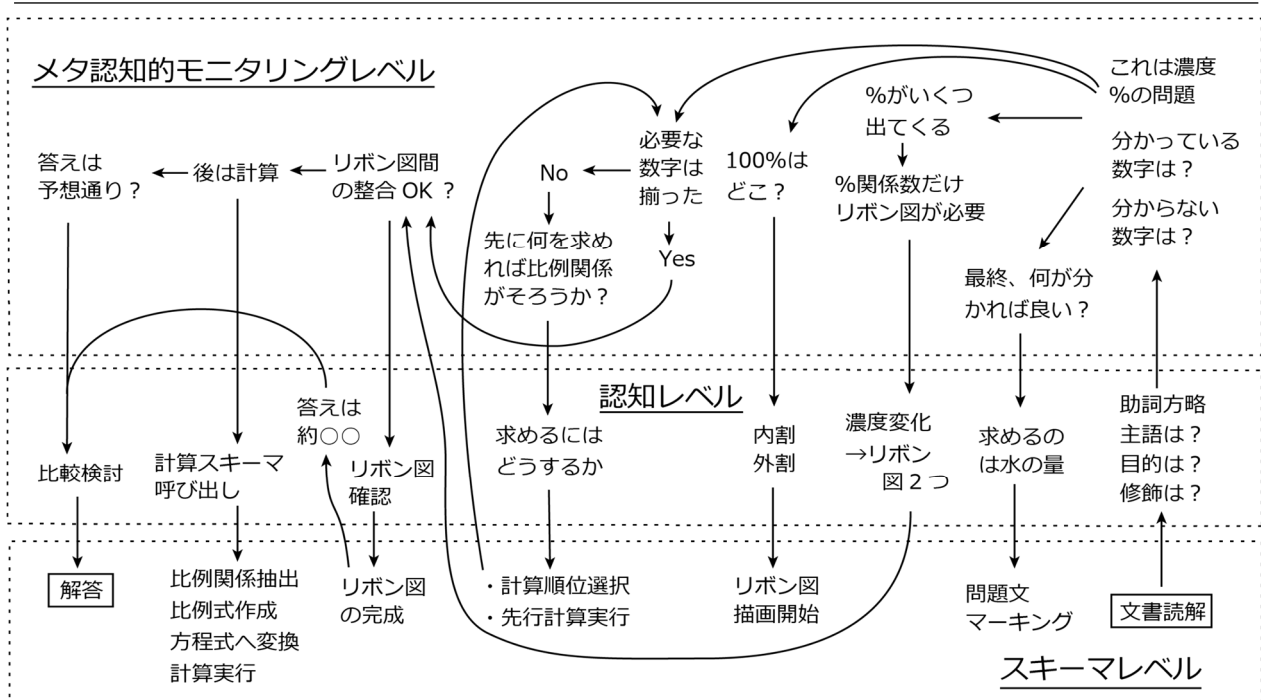
ある分野で習ったことを他の分野に応用できるようになることを「学習の転移」という。

次の放射線課題をすばやく解ける人は少ない。しかし、類似の別の課題(課題と解説は後述)は、解決方法を実生活で見て知っている。にもかかわらず多くの人は、「あの課題と同じやり方だよ」と教わるまで、その知識を応用できない。

この例のように、学習の転移は、ヒントなしには、実現が難しいのだ。

※放射線課題

「放射線治療は、通常細胞より細胞分裂が激しい癌細胞の方が、放射線で死滅する確率が高いことを利用した治療法である。ただし癌細胞が死滅する強度の放射線を浴びせると、通常細胞も大きく傷ついてしまう。体内深部にある癌細胞のみを、確実に死滅させるには、どうしたらよいか。」



●%課題解決の流れ図 (%課題の構造パターン)

では、%課題を行うとき、具体的にどの程度の手続が必要なのだろうか。例を上に示す。

上の流れ図(戦略地図)は、比例計算や、数字を図に直すことまでが自動(スキーマ)化できている者が、%課題を学ぶ場合を想定している。習熟して、いくつかの手続をスキーマレベルに落とし込むまで、多くの認知レベル処理が必要になる。

しかし、手続を丁寧に追い、各スキーマの接続を図れば、やがて実行経路が確立し、%課題構造

の全体イメージを獲得できる。

認知、メタ認知を使い、下位スキーマを組み合わせてゆく「過程」を重視した学習は、自力で応用問題を解けるようになる第一歩なのだ。

●注意リソースあるいはワーキングメモリ

いくつかの手続を必要とする課題を遂行する上で重要なことは、課題全体の中の、どの部分をやっているのかを、途中で忘れないことだ。

二桁×一桁のかけ算を暗算でする過程を考えよう。まず、下一桁同志のかけ算処理し、結果を記

憶する。次に、記憶の保持に注意(意識)を払いながら、同時に二桁目のかけ算処理をし、その結果も記憶する。そして最初のかけ算結果と足し合わせる。記憶保持への注意が低下すると、途中計算の値を忘れて、始めからやり直しになる。

このように、処理の途中で必要になる一時的な記憶、もしくは記憶保持のための注意を、注意リソースあるいはワーキングメモリという。注意リソースは、意識の焦点でもあるので、記憶保持のほか、計算・論理処理にも必要となる。リソースが不足すると、思考は止まる。

利用できる注意リソースの数は、平均的な大人で11程度だが、個人差がある。二桁×一桁のかけ算の場合、途中の繰り上げ計算の有無によって、6~9の注意リソースを要する。注意リソース数が7以下の者は、途中繰り上げを含む「 34×4 」を暗算できない。

●記憶の単位、チャンク

注意リソースは、記銘情報単位で消費される。この単位をチャンクという。3.14は、予備知識が無ければ、独立した4文字からなるので4チャンク消費する。円周率スキーマを持っているなら、3.14を自動再生できるので1チャンクの消費で済む。情報群をスキーマに統合する最大の利点は、注意リソースの消費を、記銘情報1チャンクに圧縮できることだ。

●なぜ%課題が難しいのか

%課題の初学者は、課題文から処理イメージを構成する過程でメタ認知に注意リソースを使うため、比例計算などの下位プロセスに注意リソースを回す余裕は無い。だから下位プロセスがスキーマ化していなければ、消費チャンク数が膨大になり、%課題をイメージに展開できないのだ。

●基礎的学習に必要な条件

%課題が苦手な子に、%の基礎的な課題をいくら与えても、習熟化は望めない。

特定の構造を持った課題があり、その学習に困難を抱える子に必要な、学習を下支えするための基礎的学習課題は、次のように選定する。

- 1：課題の構造分析を行い、構成する下位プロセスを推定する。
- 2：学習者の実行過程を観察する。対話を通じ、

課題実行中の内言を、外言化してやる。

3：下位プロセスの習熟度を判定する。

自動化されていない下位プロセスを見つけ出し、これを、基礎的学習課題とする。

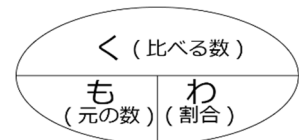
4：下位プロセスの基礎的学習が実行困難な場合、下位プロセスを困難にしている、未習熟の孫プロセスを見つけ出す。

●公式適用型スキーマの利点と問題点

単純な%課題の場合、右のような機械的な処理で解答する方法がある。これを「くもわ式」と呼ぼう。

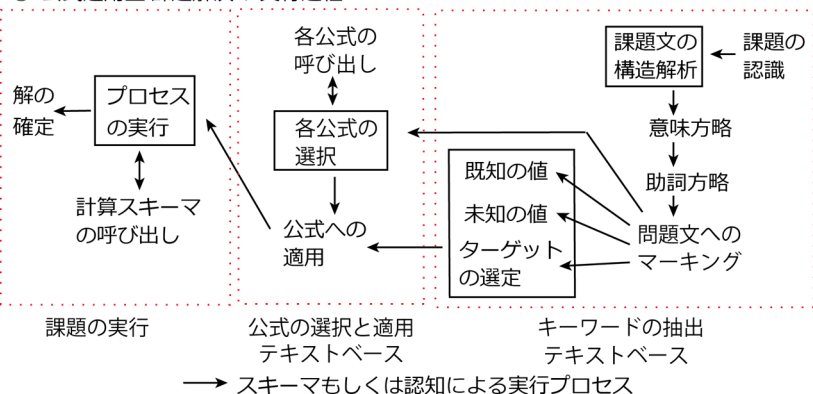
くもわ式を始めとする

公式適用型スキーマの実行過程を次に記す。くもわ式では、全てがテキストベースで処理できる。経路も簡潔で、効率よく結果が得られる。



「くもわ」のTO マップを描いて、例えば「割合」を求めるなら「割合」を指で隠し、比べる数 ÷ 元の数 と計算させるやり方。

○ 公式適用型 課題解決の実行過程



しかしイメージプロセスを経ないため、%に関する数量的関係の全体像を見渡せない。そのため、まず、混合課題のように多段階で実行する課題には対処できない。次に、イメージによる概略推定が出来ないので、的外れな答えが出て、それに気付かない。

最も大きい問題は、くもわ式に依存すると、考える過程に価値を置かない、結果や効率重視の学習観に落ち入ることだ。

「地図を利用・・・スキーマ」の例の通り、イメージ展開は、スキーマが異なる者同士の相互理解を助ける緩衝手続となる。イメージ展開できない手続は、他者にはブラックボックスだ。教えられた本人は、なぜそのやり方で答えが出せるのか、その経過や理由を、そもそも理解できない。

下位スキーマを獲得する労力や、課題の全体像を理解しようとする労力を捨て去って、定型化手続で結果を出すのがくもわ式の本質である。

だから、%課題に困難を抱えている子に、簡単な%課題を、くもわ式解法と共に与えることは、イメージプロセスを作り上げる機会を奪い、%の概念形成を妨害し、応用的%課題を解くことを、いっそう困難にする。

公式適用型実行過程は、課題イメージの理解が進んだ後に、下位処理を自動化させる目的に限定して使うと威力を発揮する。適切な自動化は注意リソースの解放をもたらす、リソースを認知やメタ認知プロセスに回すことが可能になるからだ。

●イメージプロセスを阻害する要因

植坂らは、数学で「図表を使った解き方の工夫」を例示しても、結果重視の学習観を持った子は、それを教師が説明するための道具として認識し、自分では使おうとはしないことを報告した。

ただ、「図表は面倒。答えが出せたら良いのだろう」と言うのは、図表読解スキーマの未成熟とそれに伴う注意リソース枯渇による実行困難を繕う、情動焦点型コーピング(心の傷を防ぐ行動)の側面があることに留意しなければならない。

●学び落とし

ある簡単な方法でうまく行った経験を積むと、その経験に捕らわれ、手間のかかる別の行動を取り入れようとはしない。DV等の暴力行為に染まった者が一人で立ち直れないのは、暴力によって人間関係を支配できた経験から逃れられず、うまく行かないときに積極的に暴力を選んでしまうからと解釈される。弊校では、くもわ式の成功体験者が、これと同様の抵抗を示した。

やめようと論しても自主的にやめることは決し

てない。やめさせるためには次の三つを順次与えて、二度と使わないと心に刻みつける「学び落とし」が必要になる。

- 1：それを使ったことで自尊心を傷つけ、あるいは信用を失うくらい、しまったと思う体験。
- 2：別の方法を使ったことで、これまで困難だったことが自分で解決できたという成功体験。
- 3：別の方法の実行困難を除くサポート

だから、イメージプロセスの導入には、くもわ式で解けないことが、イメージプロセスで解ける成功体験だけでは不足で、イメージプロセスを使わない解法が全く評価されない経験も必要になる。

そして、イメージプロセス阻害の原因となる未習熟の下位プロセスを見つけ、別途自動化させてやる補助学習も適宜与えなければならない。

●「主体的に学習に取り組む態度」評価の利用

高校では令和4年度生より、「知識」「思考」「主体的に学習に取り組む態度」の3観点による評価が実施された。そのうち「主体的に学習に取り組む態度」は、メタ認知を駆使して「自らの学習を調整しようとする」観点であり、Zimmermanの「self-regulated learning」に準拠している。

本来は「見通しをつける力」と題するべきだが、文科省が「態度」の語を使ったため、メタ認知の活用度合いでは無く、真面目さで評価する誤解が、教育現場に広く生じた。ここでは本来の意味に拠り、メタ認知の活用度を評価対象とする。そうすれば、学習者は、否が応でも、「図表を使った解き方の工夫」(イメージプロセス)の実現度合いなど、過程に価値を置かざるを得なくなる。

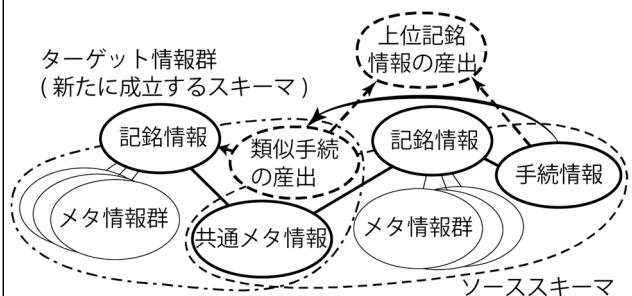
※放射線課題のヒントとなる課題構造を持つ課題

「中層オフィスビルで火災が発生した。最初に一台の大型放水車が到着したが、ビルの窓はいずれも小さく、消火に必要な量の水を、いずれの窓からも投入することが出来なかった。消防隊長はどうやってこの難局を解決しただろうか。」

●学習の転移とスキーマとの関係

消火課題では、複数の消防車を見た経験から、「多方向から同時に放水する」の解を得やすい。放射線課題も消火課題も、「問題の中心を外から眺めている」「一つでは解決困難」といった共通メタ情報を持つ。共通メタ情報から、同じ課題構造を類推できれば、多方向から同時に放射線を当てるという解にたどり着き、学習転移が成立する。

▶ 焦点が当たっている情報群を「ターゲット」、そのヒントになる既存の知識の集合体を「ソーススキーマ」と呼ぶなら、学習の転移とは、共通メタ情報を介して、記銘情報を接続させ、類似手続情報の産出を実現し、ターゲット情報群を、新たなスキーマとして成立させることと説明できる。



「共通メタ情報の存在」への気づきを介した、記銘情報の接続と、ターゲットスキーマの成立あるいは、上位記銘情報の産出

●上位概念の獲得

ところで、消火課題と放射線課題は同じ課題構造を持つ。それに気付けば、「ほかに同様の構造を持った課題がないか」探することが可能になる。そしてその構造に、「収束型」と命名することができる。いくつものスキーマを貫いて存在する、核となる情報を「ものごとの本質」というなら、本質や意味などの上位概念は、上位記銘情報の下に多数のスキーマが関連付けられることで形成されて

→ 行くものと推察される。

●%概念の獲得

第2章に例を挙げたが、%課題にはいろいろなパターンがある。スキーマ化は、パターン毎に生じる。学習転移の困難さは、あるパターンを別のパターンに応用することを困難にする。適切なヒントを与える際に、前のパターンと同じ部分、違う部分を確認させよう。その積み重ねが、%共通の約束、つまり%概念の獲得につながる。

●第2章：%課題克服のための教材例

弊校では比例計算ができない子が多い。課題文から「○：◎＝▽：△」の関係を抜き出す以前の段階でつまづく。そこで、まず比例計算のイメージ処理をスキーマ化することから始めている。

◎ステップ1：リボン図の使用

目的：以下を自動(スキーマ)化する。

- 1：リボン図の使用、マーキングの使用
- 2：比例対応関係の抜き出し
- 3：単位を含む計算
- 4：比例計算(式の移項)

例題1：見本のリボンと同じ割合で、長さの違うリボンを切り分けたい。どう切り分けたらよいか計算しなさい。

対応関係が分かるように、マーキングさせる

途中計算は全部書かせる

比例関係を、上下左右そろえて書かせる

単位は必ず書かせてから消させる

単位の消え方を確認させる

「単位が消えなかったら、比例式の作り間違い」

→ %課題が100%を基準にした比例計算であると認識させ、%の関係図を描けるようにする。
%も単位の一つとして認識させる。

※ 次のことを採点基準にする、と伝える

- ・「式の展開」「答え」・・・「技能」で各1点
- ・「比例関係」「式の端緒」・・・「思考」で各1点
- ・「単位」「マーキング」「上下そろえる」・・・「態度」で各1点

→ 答えを出すことの価値を30%以下に下げる。

→ 間違わない工夫の価値を40%程度に高める。

「このテストは、あなたがどんな風に考えたかを

私に伝えるためのレポートです。考えた経過を、採点者に伝えられなかったら、レポートとして失敗です。」と日頃より宣言しておく。

◎ステップ2：基本の%課題

例題2：30人中女子は18人です。女子の割合は何%ですか。

おおよそで良いから見当をつけて境界を書かせる

表題、部分名を必ず書かせる

単位別に上下に分けて書かせる

人同士、%同士で割り切れて消えることを確認させる。

「単位が消えなかったら、比例式の作り間違い」

→ %課題が100%を基準にした比例計算であると認識させ、%の関係図を描けるようにする。
%も単位の一つとして認識させる。

→ %課題が100%を基準にした比例計算であると認識させ、%の関係図を描けるようにする。
%も単位の一つとして認識させる。

◎ステップ3：先行計算や後計算が必要な課題

例題3：粘土(鉱物+水)500gを乾燥させたら、420gになりました。はじめの粘土に含まれていた水分は、何%ですか。

先行計算式を必ず採点する

先行計算式を必ず採点する

80g × 500g × 100% = 80 × 100 ÷ 500 = 16

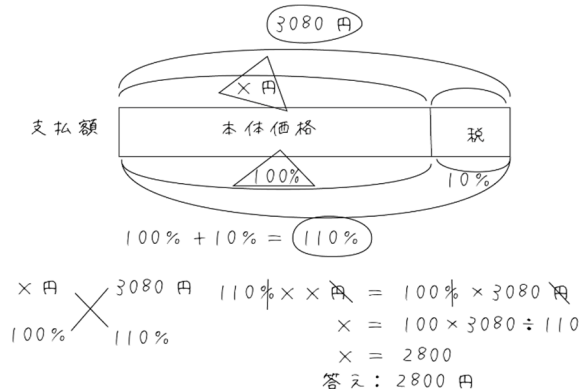
答え：16%

→求める水のx%に△マークを描かせ、対応する水のgが未知であることを認識させる。

未知数を含む課題は、リボン図にマーキングさせる経験をしっかり積ませてから行う。

◎ステップ4：外割

例題4：税は、本体価格の10%です。支払額は、本体価格+税です。3080円支払ったとすると、本体価格はいくらだったのでしょうか。



※外割で、つまづく子が多い。全体を100%とする内割%課題の典型図から外れるので、内割イメージを自動化出来た子が、典型図を流用しようとして失敗する。日本語(文章語)が十分な子は、言葉からイメージを修正できるが、それでも『本体価格の10%』です。100%はどこになるか考えましょう」と、誘導が必要。

●日本語の問題

助詞を読みこなせる子は、想像以上に少ない。5倍「に」水で薄めると、5倍「の」水で薄める、との違いが分かる子は、弊社では2割程。口語では語順方略や近接方略が重用され、助詞なしでも意味が通じる。そのため「助詞を手がかりとした理解」(助詞方略)の、修得不足は気付かれにくい。

○語順方略優先の原則

例：「花子 書いた 太郎 手紙」

まず働くのは、意味方略。

「書いた」は動詞、 他は名詞

次に働くのは、語順方略

動詞の前の名詞は主語

名詞並列は、前が後を修飾

→「花子」が書いた 太郎の手紙」は易読。

「花子へ書いた 太郎の手紙」は難読。

※ 語順方略推定に合わない助詞は、誤読を招きやすい。助詞方略が未熟な子は、後者も「手紙を書いたのは花子」と誤読する。

○近接方略の影響

「花子、 太郎 書いた 手紙」

「花子 太郎、 書いた 手紙」

→前者は太郎が書き、後者は花子が書いたように感じやすい。

※「花子が、太郎へ書いた手紙を…」手紙を書いたのは花子ではないと感じる余地が残る。

○複文構成とワーキングメモリ

「花子」が書いた太郎の手紙」は、「花子」が書いた」という文が、後の「手紙」を修飾する「入れ子構造」になっている。これを「複文」という。

複文の意味理解には、次のような認知プロセスが必要となる。

- 1：「花子 書いた」・・・単純な意味・語順方略で読んでいる。
- 2：「書いた」の後ろに「太郎」(名詞)が出てきて、「意味・語順方略」に矛盾が発生する。
- 3：「花子 書いた」「太郎」を、ワーキングメモリ(一時的な記憶)に収納。
- 4：「手紙」が出てきて、「書いた 手紙」と意味・語順方略が正常にもどる。
- 5：「花子 書いた」が、後続の「手紙」を修飾している文(複文構成)であると理解。

※複文は、いくつかの単語を一時的に記憶させながら、文の理解処理をしなければならない。繰り上がりのある暗算と同じように、一時記憶と理解処理を同時に行うため、多くの注意リソースが必要で、負担が大きい。

→%に関する数字の読解と同時にやるのは、初学者にとって大きなハードルになる。

→複文は、いくつかの単文に分けるべき。

◎ステップ5：日本語のイメージ化訓練

日本語をリボン図に直すだけの練習課題。

例題5：文章をリボン図に直しなさい。100%の場所、文章中の数字は全てリボン図に書き込みなさい。求める値はXとしてリボン図に書きなさい。文章中の単位はすべて書きなさい。

○語彙力不足で困難になる例

・この店では、希望小売価格の30%引きで販売しています。販売価格は630円です。希望小売価格はいくらですか。

→ 言葉から意味を抜き出せない。

→ [希望小売価格 = 販売価格 + 値引き額] の関係がイメージできず、思考が止まってしまう。

○メジャーパターンに吊られて間違え例

- ・仕入れ値に、仕入れ値の80%の利益を加えて、販売価格を決めました。販売価格は900円でした。利益はいくらですか。

仕入れ値問題のメジャーパターン

売値	仕入れ値	利益
----	------	----

「利益は仕入れ値より十分小さい」とのバイアスがかかる

誤りの例：仕入れ値の80%の利益を見込んで売値を決めた

売値	仕入れ値	利益
80%		

- ・助詞方略未熟のため、「仕入れ値が80%」と誤読することも、上記を強化する要因になる。

○複文構成でつまずく例

- ・小麦粉に水を、小麦粉の重さの20%加えて、生地を作りました。生地は1320g出来ました。小麦粉は何g使いましたか

→助詞方略が不完全だと、「小麦粉に」「小麦粉の重さの20%」と、小麦が二つ出てきて、それぞれ何がどこにかかるのか混乱してしまう。

○何がどこにかかっているか、整理させる。

○基準=100% がどこか、助詞方略で考えさせる。

小麦粉に水が加わる

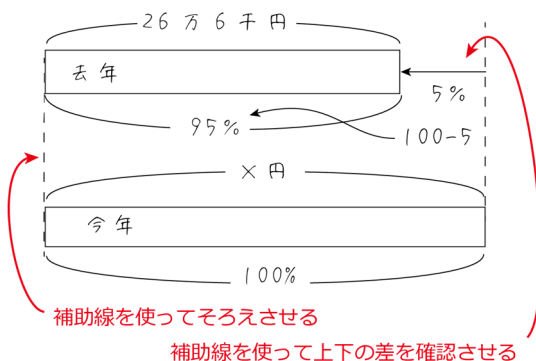
小麦粉に水を、小麦粉の重さの20%加えて、

「小麦粉の」なので、小麦粉が100%

→ 同じ意味の問題で、単語、語順、読点の位置を変え、何がどこにかかっているか、かかり線を引かせ、助詞方略のパターンに慣れさせる。

○ステップ6：複数のリボン図

例題6：去年の給料は、今年の給料より5%少なかった。去年の給料は26万6千円だった。今年の給料はいくらでしょう。



→ リボン図を二つ描いて比較すれば良い事に、

1：気付かない。

2：教えても面倒くさがって描かない。

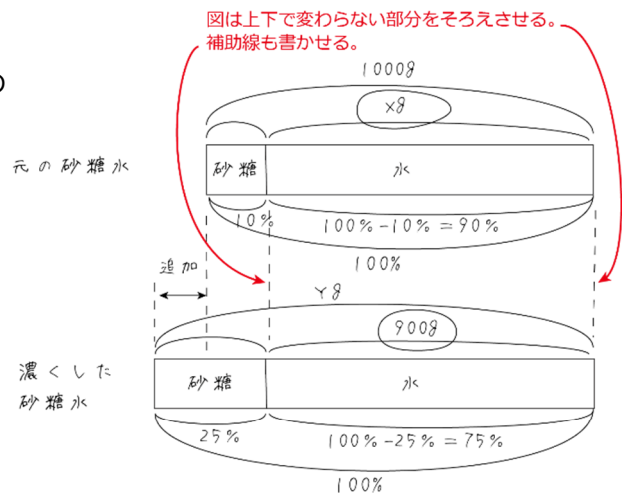
それで、手こずる。

→ 比較内容を入れ子構造で描きにくいときは、複数のリボン図を描いて比較させる。このことに、数をこなさせ、抵抗を減じておく。

○ステップ7：「混合」の問題

例題7：10%の砂糖を含む砂糖水があります。これに砂糖を加えて、25%の砂糖水にします。10%の砂糖水は1000gあります。砂糖を何g加えたらよいでしょう。

やり方：必ず、砂糖を加える前のリボン図と、加えた後のリボン図を上下並べて描きなさい。前後でどこのgは変化して、どこは変化しませんか？。変化しない部分の大きさを変えないように上下そろえてリボン図を描きなさい。



水は加えないので、量は変化しない。まず、水の重さを求める。

$$\begin{array}{rcl} 1000g & \times & 90\% \\ 100\% & \times & 90\% \end{array} \quad \begin{array}{l} 100\% \times x = 1000g \times 90\% \\ x = 1000 \times 90 \div 100 \\ x = 900 \end{array}$$

濃くした砂糖水の重さは、

$$\begin{array}{rcl} 900g & \times & 100\% \\ 75\% & \times & 100\% \end{array} \quad \begin{array}{l} 75\% \times y = 900g \times 100\% \\ y = 900 \times 100 \div 75 \\ y = 1200 \end{array}$$

追加した砂糖の重さは

$$\text{追加} = 1200g - 1000g = 200g \quad \text{答え：200g}$$

※ 濃度問題で、初期値と最終値で、全量が変わる場合は、一つの全体量ごとに、一つのリボン図が必要になる。

・2溶液の混合 → 「溶液1」「溶液2」「混ぜた後」の三つの図が必要 → かなり複雑

ステップ4まで完全スキーマ化できていなければ、解くのはまず無理。

2液混合問題を中学で出すのは、教育よりも『生徒の選別』を目的にしているのではないかと勘ぐるくらい無謀なこと。

→まずは、溶媒（溶質）追加レベルで止める。

◎最終ステップ：%変換課題

化学系の科目では、調合、濃度などの場面で、mol%と質量%との相互換算、体積%と質量%との相互換算を要求する。これにはg/molやg/cm³などを操る単位操作スキーマが必要。

例：ピーナッツ入り月形おかき(柿の種)

のピーナッツは、質量で30%、おかきは70%です。ただし一粒あたりの重さはピーナッツの方が2倍重いです。では、ピーナッツは、個数で何%でしょう？

※数量を含む日本語を、g/個などの「単位付きの数字」に直せるかが鍵。直すことができれば単位操作によって、gを個数に変換できる。

→これが出来ないのでは、論理的な式の組み立てが出来ず、思考停止に至る。

●「単位を含む数字は、数量関係を簡潔に記した言語だ」との意識を植え付けるための訓練。

◎ステップ1：「○○あたり(で)●●」の日本語を、数式「●●/○○」に変換する練習

例：3秒あたり15m進む

→ 15m/3秒 → 5m/秒

・ 3人あたり9本のペン

→ 9本/3人 → 3本/人

・ 100本のジュースを10人で5日で飲む

→ 100本/10人5日 → 2本/人日

◎ステップ2：同じ価値のものは、約分すると1になることに慣れさせる練習

・ 1分は60秒です→1分=60秒

→ 1分/60秒 = 60秒/分 = 1

・ 1ワット秒(Ws)は1ジュール(J)です

→ 1Ws=1J → 1J/Ws = 1Ws/J = 1

◎ステップ3：公式を使わず、単位だけ見て、分数を組み合わせる練習

変数の一次結合の現象は、単位操作だけで、確実に解けることを利用する。公式適用型解法だが、利用可能範囲が広いので、スキーマ化する価値がある。ただし、単位の意味や、それぞれの変数の関係が比例なのか反比例なのかをイメージ理解させる課題を、別途与えること。

例：時速120km/時で車が走ります。36km走るのに必要な時間は何分でしょう

使える値は、36km、 $\frac{120\text{km}}{\text{時}}$ 、 $\frac{60\text{分}}{\text{時}}$ の3つ

答えは「分」だから、「分」だけが残るように組み合わせる

$$\frac{60\text{分}}{\text{時}} \times \frac{\text{時}}{120\text{km}} \times 36\text{km} = 18\text{分} \quad \text{答え：18分}$$

①最初に、「分」が分子に来るように置く

②邪魔な「時」が割り切れるように配置

③邪魔な「km」が割り切れるように配置

※少々難しく、意味が分からなくとも、確実に計算できるのが単位操作の利点。

→数字のある日本語を自在に操作できる感覚を涵養し、数字への苦手意識を除かせる。

例：メタンの発熱量は360,000kJ/m³です。メタン1m³を10時間で燃焼させた時の熱量は、何Wに相当するでしょう。なお1Jは1W秒です。

使える値は $\frac{360000\text{kJ}}{1\text{m}^3}$ 、 $\frac{1\text{m}^3}{10\text{時}}$ 、 $\frac{3600\text{秒}}{\text{時}}$ 、 $\frac{1\text{J}}{\text{W秒}}$ の4つ

答えは「W」だから、「W」だけが残るように組み合わせる

$$\frac{\cancel{\text{W秒}}}{1\cancel{\text{J}}} \times \frac{360000\cancel{\text{kJ}}}{1\cancel{\text{m}^3}} \times \frac{1\cancel{\text{m}^3}}{10\text{時}} \times \frac{\text{時}}{3600\cancel{\text{秒}}} = 10\text{kw} \quad \text{答え：10kw}$$

※ 個数%→質量%などの、%変換課題は、これから単位操作に慣らしてから行う。

● 結言

基礎学力が不足する生徒に対して、教員は、次のことを実行せねばならない。

- 1：闇雲に基礎問題を与えると、生徒を思考停止に陥らせることを認識する。
- 2：課題の構造を分析し、どこを自動化させ、どこを認知・メタ認知処理させるか計画する。
- 3：構造の下位の部分から自動化させられるよう、課題を与える手順を計画する。
- 4：図などを使ってイメージ化させる際には、ポイントを絞り、注意リソースが残るよう、生徒の注意リソースの容量、下位プロセスの自動化の進行具合をモニタリングしておく。
- 5：文章語、とりわけ、助詞の理解が、不十分な生徒がいることを認識する。
- 6：日本語と数式との関係に慣れさせる課題を、色々な場面で与え続ける。
- 7：学習困難の原因分析を行なった後、他科目の教員と、原因の推定に関する情報交換を行う。
なお、原因過程の推定なく、現状を共有しても、生徒の学習意欲について否定的な印象を強

化するだけとなり、問題解決を遠ざける。

● メタ認知を育むためには

学習・認知活動の発育は、メタ認知の成長と共に進む。メタ認知の成長を含め、心の成長には、Vygotskyの最近接理論が示すとおり、子が感じ、考えている過程を大人がすぐ傍で言語化してやり、気づきを促し、やり方を提案して一緒にやってみることが基盤となる。そして、大人と共に見て、感じて、考えて、表現した、その過程を、子が自らの頭の中で思い返し、真似て自ら再現しようとするのが、スキーマや心を作っていく。

この過程は、一斉授業ではうまく機能しない。スキーマの構造は個人差が大きく、子の数だけ異なるアプローチと時間を要し、子の数だけ異なる途中の結果が生じるからだ。心の形成過程に価値を置く教育は、大人が期待する標準の結果を棚上げにした、効率化とは対極の教育活動だ。従来これは、家庭・地域・学校の各所で、身近な大人と子との、個対個の対話を通じて養われてきた。

一方、新自由主義経済に飲まれた政策は、メタ認知の成長に重要な幼少期の子の傍に、保護者がいない環境を増やした。教育への悪影響を緩和するには、多くの大人が子と関わってやれる環境整備が重要で、それを学校教育で実現するには、少人数クラスを選択するしかない。ところが、教育行政は、費用のかかるこれを探らず、安価に形だけ整うコース改編やハイテク教材、あるいは教員の力量向上、職務の分別といった、学習や業務の効率化を打ち出した。

文科省がメタ認知の育成の重要性を、3観点評価の理論解説の中で説いているにもかかわらず、なぜ、「態度」観点を、メタ認知の活用状況ではなく、真面目さで評価することが広まったのだろうか。メタ認知の使用と能力の涵養には、結果優先観を学び落とさせるため、効率を否定する教育が必要にもかかわらず、教育行政は、教員数を現状のままにし、評価を通じて「効率的に」メタ認知を成長させる結果を求めた。その基本姿勢が、虚構だからだ。その結果、「態度」は、真面目さという、学校共有の物差しで、効率よく評価された。

●最後に

どのような教育的アプローチが適切かを判断することは、目の前の子を直接観察し、子の理解度を把握している者にしかできない。だから教育する権利義務を、教育者本人が所有していないと、適切な教育内容を選択することができない。

ところで、学習指導要領は本来、現在の文化環境の中で一般教養として身につけた方がよい学習内容を整理し、学習の発達段階に応じてそれらをどのような時系列で与えればよいか、教育権を持った教員に、そのガイドラインを示したものに過ぎない。しかし2006年の教育基本法改定により、教育を決める主体が個人から行政に変更された。さらに教育委員会から教育職が排除され、決定権が行政職に集約された。そして君が代日の丸を象徴とする、内心にかかる問題をどう教育するかをめぐり、実際に教員の地位が脅かされた。

行政が学習指導要領を聖域化し、教育権を囲い込んだ歪みは、学校現場に、教科書の全項目をなぞる教育を誘引した。その結果、理解に時間がかかる子の多くは、取り残され、もしくは、見かけの学習成果をとり繕う「くもわ式」の濫用により、メタ認知活用の訓練が不十分となった。そして、過程より結果を重視する学習観を強化し、他者が定めた手続の奴隷と化した。公式適用型課題が解けるのに、文章・応用課題がお手上げの子の数が、その歪みを象徴している。

情報過多の時代、批判的思考を持てないことは、民主的な意見集約を困難にする。批判とは、過程を検証することであるから、効率・結果しか追わない学習観を持つ者の手に余る。だから、教育をコストと見る思想は、権力の暴走に抗う力を削ぎ、民主的な社会形成の実現を妨害する。

我々は、行政の無理解から精神的に独立し、無理な命令に毅然として対峙する覚悟を持とう。そして、子が民主社会を形成し、将来を生き抜くために必要な力を得られるよう、力を尽くそう。

学習指導要領の枠組みを相対化し、割愛することを恐れず、重点課題に十分な時間をかける教育を行うことが、その第一歩となる。