

定義の「読解」から始まる数学

新井 紀子



新井 紀子 Arai Noriko

国立情報学研究所情報社会関連研究系教授（社会共有知研究センター長）。一橋大学法学部およびイリノイ大学数学科卒業、イリノイ大学5年一貫制大学院を経て、東京工業大学で博士（理学）を取得。専門は数理論理学等だが、人工知能や教育等、文理融合分野で幅広く活動。2011年から10年間、人工知能プロジェクト「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトディレクタを務める。2016年より読解力を診断する「リーディングスキルテスト」の研究開発を主導。主著に「数学は言葉」（東京図書）、「AI vs教科書が読めない子どもたち」「シン読解力」（東洋経済新報社）など。

新井紀子先生は、リーディングスキルテスト（以下RST、右ページ参照）の研究開発を通して、「多くの生徒が、実は教科書を正しく読めていない」ことを検証、問題提起され、大きな話題を呼びました。

今回は、高校数学における“読みのつまずき”と、読解力を上げるための工夫について伺います。

■ その定義、読めていますか？
——全国的に、生徒の読解力に課題を感じている学校が増えています。高校数学の教科書では抽象的な“定義”から学びを展開する場合がありますが、義務教育のように具体例から学習を導入したほうが、生徒の読解の助けになるのでしょうか。

大学の数学は具体から離れるので、接続を考えると高校で「まず定義から始める」ことは大切だと思います。

一方で、RSTの調査から、読解力

リーディングスキルテスト

RSTとは？

リーディングスキルテスト（RST）は、教科書や辞書、新聞、あるいは仕事のマニュアルなどで使われる『知識や情報を正確に伝えるための文書』を読み解く力に特化した読解力テストで、現在約60万人が受検。テストは、「係り受け解析」「照応解決」「同義文判定」「推論」「イメージ同定」「具体例同定」の6分野の問題で構成される。

【具体例同定】 次の文を読みなさい。

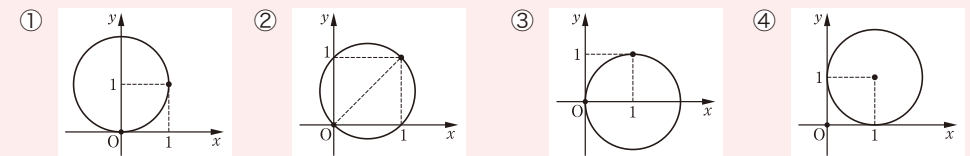
2で割り切れる数を偶数という。そうでない数を奇数という。

偶数をすべて選びなさい。

① 8 ② 110 ③ 65 ④ 0

【イメージ同定】 次の文の内容を表す図として適当なものを、①～④のうちからすべて選べ。

原点Oと点(1, 1)を通る円がx軸と接している。



中学3年生
の正答率
28%

高校2年生
の正答率
30%

RSTにチャレンジ！

【係り受け解析】 以下の文を読みなさい。

アミラーゼという酵素はグルコースがつながってできたデンプンを分解するが、同じグルコースからできていても形が違うセルロースは分解できない。

この文脈において、以下の文中の空欄にあてはまる最も適当なものを選択肢のうちから1つ選びなさい。

グルコースからできているのは、デンプンと（ ）である。

① セルロース ② アミラーゼ ③ 酵素 ④ 形

【同義文判定】 以下の文を読みなさい。

熱硬化性プラスチックはかたく、熱や薬品に強いことから、調理器具などに使用されている。

上記の文が表す内容と以下の文が表す内容は同じか。「同じである」「異なる」のうちから答えなさい。

熱硬化性プラスチックは、調理器具などに使用することから、かたく、熱や薬品に強い。

① 同じである ② 異なる

※答えは次ページ下欄

（編註：ここでは「知識や情報を正確に伝えるための文書を読み解く力」を指す）は中学までは自然に伸びますが、高校以降はそうでないことが分かっています。つまり、中学までの数学の読み方のまま高校数学を読もうとして失敗している子も多いのだらうと考えられます。

ですから、定義のあとに具体例や例題を並べて帰納的に定義を理解させようとするだけでなく、定義そのものを自力で読めるようにする、数学の読み

方をアップデートしてあげることが、重要ではないかと思います。定義が読めるようになれば、ほかの数学の文章や問題文などの意味も取れるようになっていきます。

■ 機能語が読解を左右する
——定義を読む際のつまずきとなっているのは、どういった箇所でしょうか。

数学で読み方を規定しているものは、実は内容語（用語などの具体的な意味をとまなう言葉）ではなく機能語（助詞

や接続詞、指示語など）なんです。

よく見られるのは、「0で割ってはいけない」と「0を割ってはいけない」の混同です。「0」と「割ってはいけない」ことだけをふわっと覚えている。そうすると「0は2で割ってはいけないから偶数ではない」といった誤概念が出てきてしまう。

これは問題文を数式に訳するときも同じで、例えば算数の割り算でつまづく子が多いのは、順序が重要だからです。最初こそ大きい数を小さい数で割

ればよいですが、それが拡張されたとき、機能語の読み取りが弱いと正しく立式できないわけです。

一方で、日常会話は、助詞が無くてもだいたい通じてしまいます。LINEなどでも、「風呂 まだ」といった単語だけのやり取りが多く、助詞は意識されません。

——機能語に意識を向けてもらうには、どういった工夫がありますか。

まずは、黒板に提示した定義などの文章をノートに書き写す視写が大切です。ある程度の速さで写すには、単語の単位では間に合わず、文節や文の単位で意味を把握する必要があります。ですから、意味がつかめるようになると、顔が上がる回数が減っていくのが見てとれます。地道なトレーニングですが、著書『シン読解力』（東洋経済新報社）で紹介した相馬市の小学校の実践事例でも、読解力の向上に大きく寄与しました。

また、授業で穴埋めの学習プリントを使うことがあると思いますが、多くの場合は用語の箇所が穴になっています。これを助詞や代名詞などの機能語の箇所を穴埋めにしてあげれば、文章の意味を考える機会が生まれます。

機能語穴埋め問題にチャレンジ！

編集部作

① 次の文章の□に適切な助詞を入れよ。

多項式の各項□共通な因数□あるとき、分配法則を用いて、その共通な因数□括弧の外□くり出すことで多項式□因数分解することができる。

② 次の文章の（ ）に「どの、その、これらの」のいずれかを入れよ。

3つ以上の事象については、（ ）中の（ ）2つの事象も互いに排反であるとき、（ ）事象は互いに排反であるという。

逆に、証明で用いる接続詞は全部「よって」に揃えてしまい、文章としては不格好にはなりますが、「よって」だけで推論が成立することを見せてあげてもよいのではないのでしょうか。

——確かに、「よって」「ゆえに」「したがって」などに厳密な使い分けがあるのではないかと立ち止まってしまう生徒はいるかもしれませんね。

■ 生活言語とは違う「学習言語」——数学の独特な言い回しが読解の際のつまずきになっている、という指摘もあります。どうでしょうか。

実は私も、高校生まで数学の文章を

読むのが大の苦手で悩んでいました。それは、数学の学習で用いられる学習言語と普段の生活言語は異なるものと理解していなかったからです。

例えば、「いくつかの円」であれば円が0個の場合も含んだり、「どの2つの円も」という条件は円が1つしかない場合を自動的に満たしたりと、これらは生活言語における意味とかなり異なります。さらに、「,」（カンマ）は文脈によって「かつ」であったり「または」であったりするわけです。こういったことは、きちんと指導してもらわないと習得できません。同時に、英語などと同じで、学習言語はト

レーニングすれば必ず身に付くスキルだという認識も大事です。

また、数学の用語は、まるでデータをZIPで固めたかのように圧縮率が高いように、厳密です。例えば、無理数の定義を忘れてしまったら、実数と有理数の定義に戻る。有理数の定義も忘れてしまっていたら、整数やら分数やらの定義に…と解凍していかななくてはならない。でも、そんなことをしていたら、認知負荷が高すぎて目の前の課題に取り組むどころではありません。ですから、直感的な認識だけではやはり厳しくて、内容語の意味はきちんと理解しておく必要があります。

機能語の扱いと学習言語が身に付き、定義に戻って考えることができれば、和文を数式に訳すること（和文数訳）ができるようになります。式になってしまえば、あとは式が考えてくれるとライブニッツも言っていますね。

■ 理解は“エッジ”に宿る——定義が読めているかを確認するには、どうしたらよいでしょうか。

私が授業をするときは、定義を取り上げたら、まず具体例を3つ、当てはまらない例を1つ挙げることを、クラス全員に課します。

例えば無理数の例を3つ挙げてくださいと聞くと、必ず $\sqrt{2}$ と π が挙げられます。賢い生徒だと、そこに $-\sqrt{2}$ も挙げます。逆に、「0、+0、-0」や「 i 」と答えた生徒もいました。定義に戻らず、0の特別感や「無理」という言葉のイメージで答えてしまったりします。ですから、先生が例を示すの

ではなく、生徒自身に例を挙げさせるのは、すごく大事です。

有理数の定義でも、「有理数は分数に表せる」から「 $\frac{\sqrt{2}}{2}$ は有理数」といった、うろ覚えのキーワードによる誤答が出てきます。こういう理解の怪しい、境界になるような“エッジ”の部分は、いくらほかの例を積み上げても分からなくて、定義に戻って考えるしかありません。他教科や生活の中ではなかなか経験しないことで、RSTで出題しても一番引っかかりやすい部分です。

ですが、数学を自由に、へっちゃらで使うためには、このエッジのぎりぎりのところが分かっていないと怖いですよ。微妙な例は生徒が混乱するからあまり取り上げたくないかもしれませんが、クラスの半分ぐらいがつまづいて、それをクラス全員で話し合えば、むしろ印象に残ると思います。

あとは、小テストや中間テストで定義について問うのも手です。やっぱり授業でもテストでも定義のことを聞かれると分かれれば、生徒も定義の読みを意識したり、定義を大事にしたりしてくれます。

■ 今の時代にこそ「読解力」——改めて、定義が読めることのよさ、読解力を養うことのよさについて教えてください。

実は、RST受検者の読解能力値と入学した高校の偏差値の間には、相関係数が0.8を上回る相関があることが調査で分かっています。数学の模試や学力テストとの間にも、高い相関があります。これは、遺伝や通塾の有無と

いった要因よりも、読解力が数学の学力を左右しているということです。

ですから、問題をたくさん解いて帰納的に理解するよりも、定義をきちんと読めるようになるほうが、実は早道なのではないか、と思っています。

定義が読めれば、自分一人で勉強できます。この先、ビジネスで様々な文章を読んだり、新たなことを学んだりする場面においても、それはとても重要な資質です。

また、何かの値を求めたり、パターン認識で問題を解いたりすることは、生成AIが台頭する今の状態だと、価値を見出しにくくなっています。であれば、定義が読めるとか、自分の頭の中のものを命題として出力することができるか、その精度の高さとか、そういった部分に価値が出てくるのかなと思います。

——大学で数学を学ぶ生徒にとっても、高校で数学の学習を終える生徒にとっても、普遍的で大切なことですね。

数学のよさは、定義をするよさでもあります。そういう、万人にとって、もっと根本的なところで、数学を学ぶことのよさの話をしたいなと思っています。



「教える」という行為を、「教科書を読んで、なるほど、とわかるようになるよう支援する」と捉え直してはどうでしょう。



※答え
1問目 ①
2問目 ②