科学するこころを開く

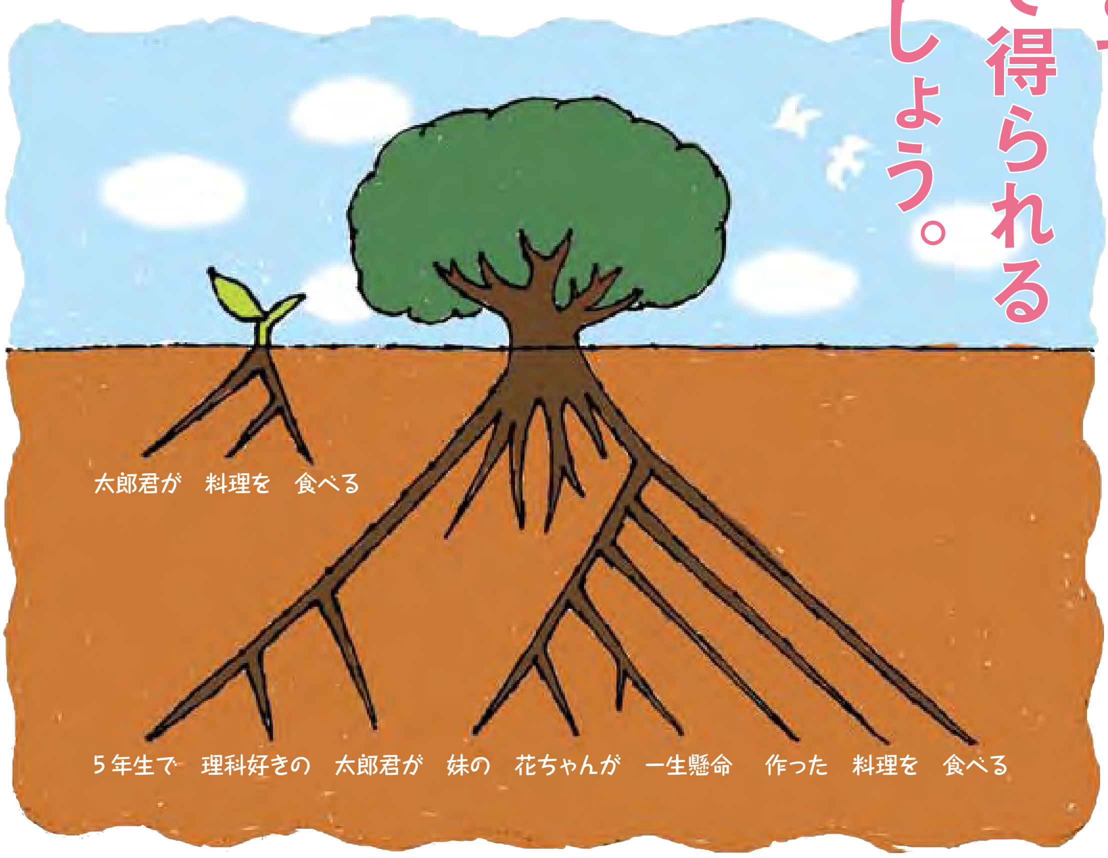
Science Window

4
Apr. 2008

特集 言葉ってスゴい!

分かった！とは、自分のことばで説明できてはじめて得られる感覚でしょう。

人間が文を作るとき、この図のように目的語や修飾語を加えながら、スケールを変えて同じ操作を無限に繰り返せる。この「入れ子構造」は、各言語に共通の文法で、しかも幾何学では「フラクタル」、代数学では「くりこみ群」と呼ぶ重要な理論とも同じ構造。この特性が高度な思考を可能にすると考えられる。



思考の基礎をつくる言葉

脳科学者 酒井邦嘉氏が語る

言語能力は、地球上の生物で人間だけが持ったユニークな能力です。人間に近い遺伝子を持つといわれるチンパンジーは、手にしたリンゴに「リンゴ」という手話の単語を結び付けられても、「私はリンゴを冷蔵庫から取り出して食べた」などという文を作ることはできません。

意外に思うかもしれませんが、人間だけが高度な思考ができるのは、言葉を操る能力があるからです。よく、「言葉の役割はコミュニケーションを取ること」といわれますが、決してそれだけではありません。例えば、沈思黙考するときも言葉を使っています。将棋をするときは、盤面を睨みながら、頭の中では言葉も使いながら次の一手を考えますね。

なぜ、言葉があると高度な思考ができるようになるのでしょうか？ それは、言語の構造が「入れ子」になっているからです。上の図のように、どの国や民族の言語でも、入れ子のように言葉を増やしていけるのです。これが思考力のベースになります。

子どもはみんな母語を完璧に近い形で話していることは、考えてみれば驚くべきことです。親が子どもの言い間違いを直すときはありますが、英語の授業のように動詞の活用や受け身などの表現を教えなくとも、正確に使いこなせるようになるのです。教育で母語の能力を身につけるわけではなく、子どもは自然に言語能力を獲得し、高度な思考をするようになっていくのです。

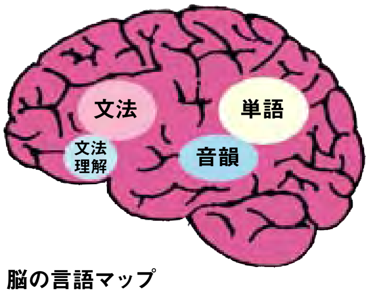
これが可能なのは、人間の脳に言語を自然に生み出す仕組みが最初からあるからなのですね。脳の活動を調べる装置で人間の言語活動を調べていくと、左脳に文法、文章理解、単語、音韻に関係する部位があることが分かりました。心臓を動かす仕組みがどんな人間でも共通するように、言語を生み出す能力も共通して脳に備わっているのですね。

「国語」と母語の能力は異なる

人間は、健常であれば、ほぼ同程度の母語の能力を身に付けられます。しかし、学校に入った途端、国語の成績に差が出てしまいますね。これはなぜかというと、国語で養われる能力は母語を操る本能的な能力と異なるからです。算数などの他の教科で養われる能力と似て、学校で習うことは、すべて母語の言語能力の上に築き上げる特別な能力だといえます。

母語: 幼い子どもが言葉を獲得するとき、その言語の種類は周囲の言語環境によって決まる。これを「母国語」ともいうが、必ずしも国とは関係ないので、ここでは「母語」を使う。

言葉ってスゴい!



脳の言語マップ
fMRI（機能的磁気共鳴映像法）という計測装置を使って脳を調べると、文法、文章理解、単語、音韻に関係する部位が左脳にあることが分かった。言葉を操る能力を生み出す脳を人間だけが持っている。

文字の読み方や文章の書き方などは、学校などで誰かに教わる必要がありますね。書いてある言葉とは違う意味を連想したり想像力を養ったりすることも大切です。算数で数字を習い計算する方法を教わる必要があるのと同じです。どちらも言語能力をベースにして脳内に新しい思考回路を作っていくことで身に付く特別な能力なのです。

国語で習う漢字と同じように、算数で習う数字も、理科で習う記号も、音楽で習う音符も、すべて言語能力を土台にして作られた特別な言葉だと言えるでしょう。どの科目も、結局は高度な思考を可能にする言葉を習っているのです。だから、国語で養った連想力や想像力が、時には理科で習う熱や力などの見えないものを想像し言葉にするときに役立つこともありますね。算数で学んだ思考が、文章を論理的に書くことに役立つこともあります。すべての教科は基礎的なところで同じ言語能力でつながっているのです。

見えないものを理解する思考のプロセス

科学者の仕事も、自然の事象を言語能力に基づいてモデル化することなのです。使っている能力には、擬人化や比喩も含まれます。例えば、「月は地球に引かれている」という言い方をしますが、地球から手や腕が出ているわけではありません。比喩を使わないと、見えないものを理解できないし、他人にも説明できないわけです。そこに働く見えない力を分かるためには、新しい想像力を持つ必要があります。言語能力の観点から言えば、科学で使う言葉も詩で使う言葉も、同じ人間の言葉であることには変わりありません。

私は「質量」という言葉を聞くと、まるで美しい詩の言葉を耳にしたような感動を覚えます。人間が「質量」という言葉を獲得するまでには、膨大な知の積み重ねがありました。物質を「重さ」ではなく「質量（m）」と考えたときに、それまでは説明できなかった現象がニュートンの運動法則（$F=ma$／力=質量×加速度）やアインシュタインの式（$E=mc^2$／エネルギー=質量×光の速度の二乗）などで表現できるようになったのです。「質量」という概念を獲得するまでに流れた時間や人々の努力に思いを馳せると、感動せずにはいられません。

理科の先生には、ぜひこういう科学の言葉の背景にある歴史や科学者の苦労を子どもたちに伝えてほしいのです。

ただ、科学の言葉と詩の言葉は性格的に違うところもあります。詩では「この美しい自然は神が創った」という思考の飛躍が許されるのですが、科学では許されません。科学は、概念と思考の積み重ねの上に成り立ちます。数や「+」という概念を作り、「1+1=2」という思考方法を作り、それをさらに飛躍することなく、繰り返し計算をするように一つひとつ高めていくのが科学なのです。言語能力に加えて想像力や論理力が身に付けば、誰でも理解できるようになるし、その知識を共有できるのです。

「分かった」という感覚を子どもたちに覚えさせる

小学生も科学者も不思議な現象や解けない問題を前にして「理解したい」という気持ちは同じで、それは人間がもともと持っている言語能力を使って「きちんと説明しきってみたい」という気持ちでもあるのですね。本能的な欲求と言ってもいいでしょう。

学校の先生の重要な役割のひとつは、「分かった！」という理解の感覚を子どもたちに覚えさせることです。高度な思考や抽象的な考え方のヒントを子どもたちに与え、自ら言語能力を使って考え、きちんと自分の言葉で説明できるまで理解して初めて、「分かった」と思えるようにする。その理解の基準（スタンダード）がしっかりとできないと、中途半端な理解なのに「分かった」と思ってしまうようになり、知識が定着しなくなります。

子どもたちに、理解したことを自分の言葉で説明できる喜びを伝えてほしいですね。それは、人間だけが持つ本能的な満足感でもあるのです。（談）

酒井邦嘉（さかい くによし）
言語脳科学者　東京大学大学院総合文化研究科准教授。アインシュタインに憧れて物理を志し、87年に東京大学理学部物理学科卒業。しかし、物理の法則性だけでなく生物や脳にも興味がわき、大学院や医学部助手時代には分子生物学や神経の研究にも従事。その後、渡米してMITなどで言語学者ノーム・チョムスキーに師事するなどし、言語の問題を科学的に扱うようになった。97年から現職。著書：『言語の脳科学』『科学者という仕事』（ともに中公新書）など。
URL http://mind.c.u-tokyo.ac.jp/

取材・文／宇津木聡史　イラスト／北住ユキ

言葉ってスゴい!

比喩表現と理科 metaphor

さいたま市立大宮東小学校４年４組の担任、千明勉先生の
「もののあたたまり方を調べよう」の理科の授業のワンシーン。
実験は、金属板にロウを塗り、
その端にアルコールランプを置き、熱して
ロウのとける様子を調べるというもの。
実験後、先生は「どんなふうに見えた？」と問いかけた。
ある生徒が「ロウは逃げるようにとけっていった」と表現。
子どものその表現に対して、４人の先生がコメントした。

子どもの表現の奥にある科学の言葉を見つけてほしい

酒井邦嘉先生（P8-9参照）

子どもの比喩表現は、科学的な直感をうまく言語化していることがある。表現が擬人的だからと正すのではなく、「いつもそう見えるの？」「なぜロウに意志があるように見えるの？」「逃げる方向は？」などと問いかけたい。子どもに「自分の言葉」で説明させることが最も大切。その上で熱は常に温めた所を中心に外側に広がって伝わることを、子どもが「科学の言葉」で分かるようになればよいだろう。

すぐれた比喩表現は、クラスの仮説にもなり得る

八嶋真理子先生（P15参照）

この「逃げるように」や、P10の「水が満腹になった」は、子どもが知っている言葉での最大限の表現だと思う。大切なのは、この言葉の背景に込められているものを本人に説明させて、クラス中が、その言葉の意味を共有できるか否かを、先生が問い直して導くことである。全員が合意すれば、例えば「満腹説」などと、クラスの仮説として定着させてもいいだろう。これが、科学の言葉「熱伝導」や「飽和」につながっていくのである。

理科の授業は、言葉の使い方で血が通う

井上一郎先生（P15 参照）

この生徒が自ら事象を把握しようと、自然に出てきた表現だろう。生活で身につけた言葉を駆使して自分の言葉で説明しようとしたこの子どもは、「熱伝導」という科学の言葉と出会ったときに、事象と熱伝導の言葉の意味が自分のものになるはずである。先生が、「みんなだったらどう表現する？　○○さんは自分でこんな言葉を考えたよ」などの言葉かけをしていくと、授業に血が通いはじめ、熱い「学び」が展開できるだろう。

子どもから、科学の言葉を引き出すのは難しい

この授業を担当した **千明先生**

授業終了間際のまとめに入ろうという矢先の発言だった。内心、早くまとめなければ……と、「熱が伝わる」などの科学の言葉を子どもたちから引き出そうと焦っていたように思う。授業後、子どもたちのカードを読んだら「波が引いていくように～」などの比喩表現が多かったので驚いた。国語教育に力を注いできて、読書量も多い本校の子どもたちは、やはり、表現力も豊かになっていたのだと知り、後でうれしくなった。

理科の授業で比喩表現!? それって、いいの?

理科の観察事象を発表したり、レポート記述をする場合、比喩（ゆ）表現（メタファー）のような、いわば文学的な描写表現は推奨しないというのが教育現場の一般的なスタンスだろう。科学には科学の、例えば「飽和」「膨張」「熱伝導」などの言葉があり、こういった表現を子どもから引き出すことが望ましいと考えられているからだ。

ところが、こういった事象と初めて向き合う子どもたちは、食塩水が塩をもうこれ以上とかすことができないと気付いても、「飽和」という言葉は、知らないので当然出てこない。

ある子どもはやっとの思いで「水が満腹だ」と言い、ある子どもは熱が伝導していく様子を「ロウが逃げるようにとける」と表現した。対象を人物にたとえた擬人表現である。

井上教科調査官（国語科）は、「これらの比喩表現は子どもが思考の過程で用いたもので、生活の基盤から出た主体的な言葉です。先生方には、子どもの豊かな表現を上手に取り入れて、科学の言葉に結びつけてあげてほしいですね」と話す。

最近では、メタファーを効果的に取り入れた理科授業を研究している教員活動の事例が、横浜市などで見られる。