Logoと子供たち

戸塚 滝登

はじめに

「何，オペレーションズ・リサーチだって？ どうしてそれが教育に関係あるっていうの？ まるでお呼びでない分野じゃないか！」

私がOR学会に記事を書くと聞いて，職員室の同僚たちは一斉に驚きあきれたものだ．

確かにその通りかもしれない．「OR」という言葉がまったくの初耳だという先生方も結構たくさんいたくらいである．教育はその本質から言って，「システム」とか「戦略」，そして「有効さ」といった概念にはどうもうまくなじまない．いやひょっとしたら，むしろそれを遠ざける方こそ善し，と考え続けてきたのが教育の世界というものだったかもしれない．「ORと教育はまったくの無縁だ．」そう思われてきても，いたしかたなかったのである．

だが本当はもちろんそれは正しくない．実は子供たちも教師たちも，初等的なORの手法を毎日の教室の中で意識せずに使っているのである．「モデル・ビルディング」や「シミュレーション」などがまさにそれに当たる．特に，算数教育や理科教育の場合，これらはひんぱんに使われ，もはや，なくてはならない存在になってしまっていると言ってもよいほどだ．

実際，筆者の教室では子供たちがコンピュータを使いながら，さまざまのシミュレーションやモデル・ビルディングを楽しんでいる*1．

現実のORの研究対象は，主に社会現象一般やそれをめぐるシステムそのものについてである．だが，子供たちの視点で見た場合，それではあまり複雑高度すぎ，とても適当な題材とは思われない．むしろ，身近な自然現象の中からおもしろそうなトピックを選んで題材にしたほうが子供たちにとってはよりなじみやすく，興味をもって探求できそうである．

以下に，筆者と子供たちが，ともに考え，ともに作り上げた，いくつかのおもしろいシミュレーションやモデル・ビルディングの例をお見せした

とつか たきと 富山県氷見市立湖南小学校
〒935 氷見市幸町18—1

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

い．いずれも，身近な自然の中から題材を選び，教材化したものばかりである．

1. 「ひまわりの葉の成長のシミュレーション」
2. 「星座はどんな動き方をするのか？」
3. 「村の地図を歩いて作るとどうなるか？」
4. 「木星の4つの月はどれがどれ？」
5. 「電気の世界を探検に行こう」

この5つの例について説明する．

なお，私の教室の場合，子供たちが共通して使っているコンピュータ言語は「Logo（ロゴ）」と呼ばれる，子供たちのために設計された，やさしく，かつ強力な言語である*2．

本報告は小学生の子供たちと私が，Logo を使いながらいろいろ試みた，楽しくおもしろいシミュレーション・モデルの紹介である．

1. ひまわりの葉の成長をシミュレーションする

ひまわりの若葉にマジックペンでマークをつけておく．何週間もたったらマークはどう変わっているだろうか？

6年生の子供が思いついたおもしろいアイデアである．若葉はどんどん成長を続けるから，それにつれて表面のマークも変形していくに違いない．その変形のプロセスを毎日追跡すれば，ヒマワリの葉の成長メカニズムについて何かおもしろいヒントがつかめるかもしれない，と考えたわけである．

図 1

さっそく，ひまわりの若葉に，おうぎ形，ます目形，くし形，めがね形など，いろいろバラエティーに富んだ形のマークをいっぱい記してゆく．ちょうど夏休みである．子供たちは毎日学校の庭にやってきては，分度器とものさしで，マークの伸び具合や曲がり具合を詳しく観察し，スケッチしていった．（図1）

ユニークなのは，測定した結果をそのままLogoのプログラムの形に表現してしまい，コンピュータに手続き（procedure）としてどんどん記憶させていく点である．（たとえば，8月1日に観察したデータは図2のように「8ガツ1ニチ」という名前の手続きとして，ただちにLogoのプログラムになってしまう）

2週間も過ぎ，葉の成長が止まった頃，今度は今までコンュピータに記憶させておいた2週間分のプログラム（データ）を一斉に走らせて見る．すると画面にはこの2週間における葉の成長ぶりがコンピュータアニメーションになって再現されてくる．見た目には非常にゆっくりとした葉の変形も，高速に，しかも手にとるような動きになって生き生きと現われてくるのである．（図2）

さて，このシミュレーションをしていた1人の子供は不思議な現象に気づいた．成長の様子を現

---

*1 小学校の子供たちである．コンピュータで知識の詰め込み教育をしたい教師は別として，いたいけな子供たちにあまりに早期からコンピュータ教育を実施するのはどうかと思われる．筆者の場合，子供たちにコンピュータをあまり使わせない．「コンピュータから一歩離れるコンピュータ教育」をモットーにしている．

*2 「Logo」は1970年代後半に，米MITで，S. Papert（パパート）らによって子供たちの教育用に開発されたコンピュータ言語である．パソコンでも使えるようになったのはつい最近のことであるが，まもなく市販されているパソコンのほとんどすべてに走るようになると思われる．なお，LogoはLispと同じくリスト処理言語としても使え，3次元C.G.専用のLogoや，オブジェクト指向プログラミングのためのLogoなど，現在どんどん拡張が続けられている．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

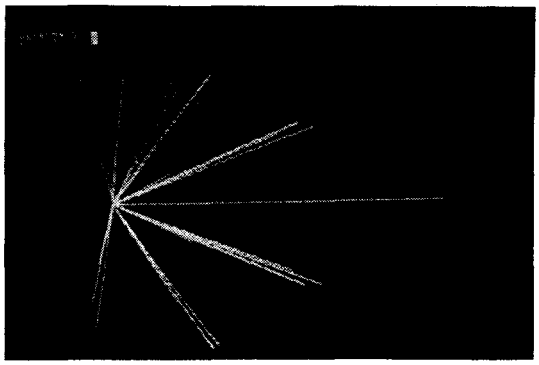


図 2

わすアニメの動きに，予想もしなかったゆれが見られるのだ．すなわち，初め葉の上のマークはみんな葉の軸に沿って平行にどんどん伸びてゆくのに，突然，その動きが止まったかと思うと，今度は葉の軸に対して垂直方向に伸びだすのだ．まるで，あらかじめ計画されていたみたいに，2段がまえになって成長が起こっているように見えるのだ．

なぜ，このような「不思議なリズム」が発生するのだろうか？　この子は次のように推理した．「葉の軸から，伸びる力みたいなものが出てきてるんじゃないかなぁ？」と．彼の考えたモデル(仮説）によると，

(1) 成長の初期の段階では伸びる力はひまわりの3本の葉の軸自身を成長させるために使われる．(だから，成長は葉軸に対して平行になる)

(2) やがて，葉軸の長さが必要な長さに達したら，今度は葉を垂直方向に成長させるために力は分散される．(したがって葉は広がりはじめる)

と，2つのステップをふんで葉が成長してゆくというのである．

ここまで考えて，この子は急に叫んだ．「あっ，先生．ぼく，なぜ，ひまわりの葉があんな形をしていなくちゃならないのか，わかったよ．……ひまわりの葉はね，あれは，ふつうの葉がちょうど3枚分，たし算された形なんだよ．きっと！」

彼の思いついた考えとは図3のようになる．(小学生の行なったモデル・ビルディングの例とお考えいただきたい．ちなみに，この子は小学6年生である)

「本当かな，本当に正しいのかな？」

私も一緒になって野山を歩きまわり，いろんな植物の葉を手あたりしだいに裏返しては観察し，葉の形状と葉軸との関係を詳しく調べてみること

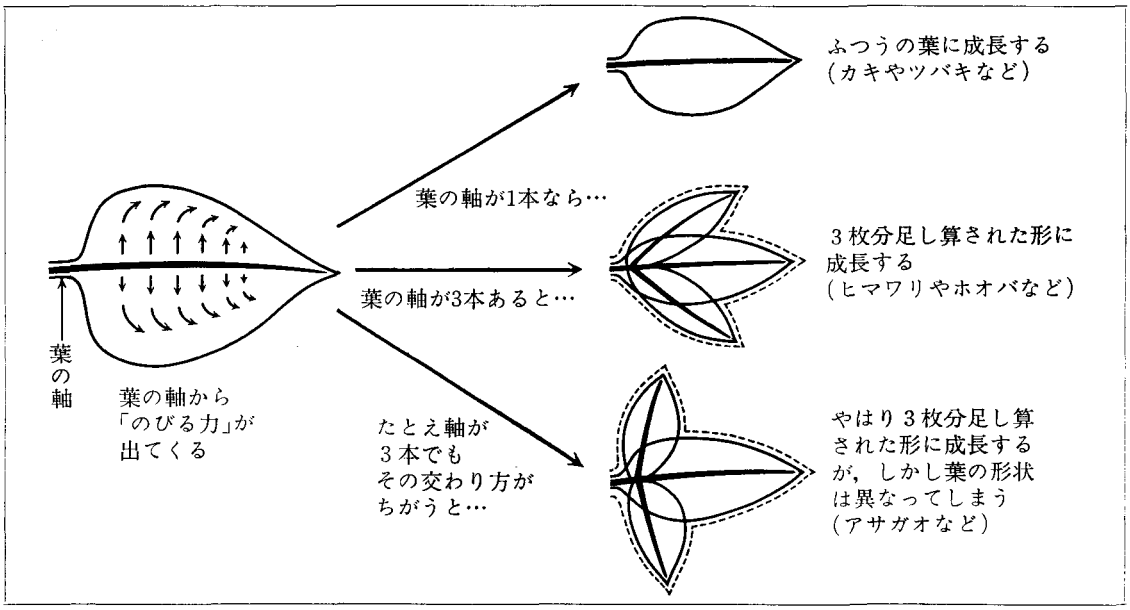


図 3　子供の考えた葉の成長モデル

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

にした.

すると驚いたことに，ほとんどの場合，彼のモデルでうまく説明がついたのである．すなわち，彼の言う「たし算モデル」は，ひまわりだけでなく，その他多くの植物の葉の場合にさえうまくあてはまる，正しいモデルだったのである！

「何だかね，自然のひみつを1つだけ解いちゃったみたいな気がした．ほんと，ゾクゾクしたよ」と，後でこの子は話してくれた．

2. 星座はどんな動き方をするのか？

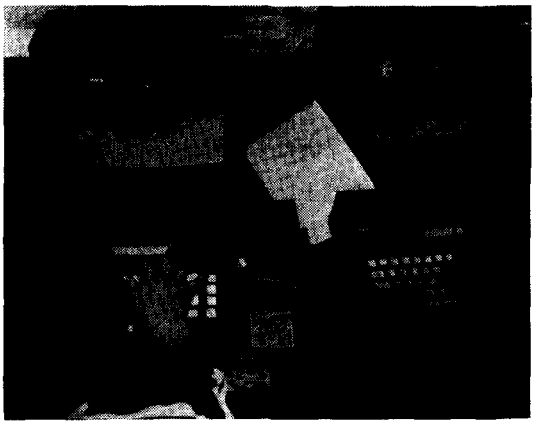
小学5年生の理科教材に「星の動き方」というのがある．星や星座の動きを観察して，その動きの中からいくつかの決まり（法則）を見いだし，全天の星の動きはどうなっているかを導き出すというのがねらいである．

私のクラスの子供たちも夜空を観察し，星座の動きを追いながら，その観察結果をスケッチにまとめた．

いちばんスケッチが多く集まったのはカシオペア座であった．ところが，このスケッチ，どうもおかしいのだ．本来1つしかいないはずのカシオペア座の動きが，見る子供たちによってまちまちになっているではないか．ある子供の観察ではカシオペア座は夜空をジグザグに動きまわり，またある子の観察ではカシオペア座は夜空を真っすぐに運動していたりするのだ！

私たち大人は，星はあたかもレコード盤の溝みたいに反時計まわりに夜空をめぐっていることをイメージとして知っている．が，10歳の子供たちはそれをまだ知らない．観察場所が一定しないこと，見まちがいによる誤差，そして子供自身がもっている先入感，それらがみんな入り込み，こんな結果を生んだのだった．

整理してみると何と8通りものカシオペア座の動き方モデルが出てきた．「みんな，この8つの考えのうち，いったいどれが本物のカシオペア座の動きだと思う？」とたずねてみる．が，議論百出でなかなか決着がつかない．悪いことに誰もが自分のモデルが絶対に正しいとばかり主張して，なかなかゆずろうとしない．



Logoでカシオペアのシミュレーションをしている

そこで，Logoでシミュレーションを持ちかけてみることにした．

「あなたの考えが正しいとするなら，今晩10時ごろには夜空のどこ辺りにカシオペア座が光っていなければならないの？」

びっくりし急に押し黙ってしまった子供たちに，さらにたたみかける．

「予想した動き方をかめ君（Logo）に教えてやってごらん．そして，今晩のカシオペア座の『見え方予報』を作ってごらん」

そこで，8通りの考え方を代表するグループから，それぞれ1人ずつが選ばれ，子供たちは自分が考えるモデルにもとづいて，カシオペア座の動きをコンピュータ・アニメーションに表現していった．

さあ，いよいよ出来あがったアニメーションをお互いに発表し合う番だ．子供たちは真剣になって友だちの発表に聴き入る．コンピュータ・アニメの動きがかなりリアルなため，見ている子供たちには，どれもこれもますます本当らしく思えてきて，いったいどのモデルが正しいのか議論は決着するどころか，かえってより油をそそがれる結果になってしまった．もう教室中は大議論のうずである．

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

「よーし，それでは，どれが本当に正しいのか，今夜，実際にカシオペア座を探して確かめてみようじゃないか！」

その晩，多くの子供たちが野外に飛び出し，夜空のカシオペアを見上げた．すると……

信じられないことに，カシオペア座は北の空で子供たちの誰1人として予想もしなかった姿——横倒しになった姿で——輝いていたのだった！

子供たちの考えた8つのモデルと，それにもとづく8つのシミュレーションはすべてくずれてしまった．

だが，その代わり——いや，そのおかげでと言った方が正しいのだが，——子供たちは，自然の大切な法則を1つ発見した．それは，「星は時計と反対方向にあたかも円を描くようにして夜空をめぐっている」という事実だった．

3. 村の地図を，歩いて作ったらどうなるか？

小学校低学年の社会科の大切な教材の1つに「わたしたちの町や村」という単元がある．自分たちの住んでいる村や町の様子について子供なりに詳しく観察し，調べて見るという学習である．

もちろん，まだ7～8歳の子供たちである．自分たちの周囲の環境がどうなっているかについては，まったく素朴で幼稚な知識しか持ちあわせていないことが多いものだ．

ところが，こんな子供たちを驚かせ，びっくりさせ，興味を引きつけるおもしろい学習の展開方法があるのだ．それは「歩いて地図を作らせる」方法である．

江戸時代末期に伊能忠敬という地理学者がいたことをご記憶だろうか．彼は日本で最初の正確な「日本地図」を，全国津々浦々を測量しながら，文字通り，歩いて測って作り上げた人物として有名である．この忠敬が使った方法を現代の子供たちにも追体験させてみようというのである．

「えっ，そりゃ大変．そんなにしんどい仕事，子供たちにとうてい出来るはずないじゃないか？」

と思われるかもしれない．大丈夫，ちゃんと子供たち向けに次のようにやさしくアレンジしてあるのだ．

① 作る地図の範囲は自分たちの村や町の一部の，ごく狭い範囲に限定しておく．

② 歩いて測った結果（データ）を地図に描き出すしんどい仕事はすべてコンピュータにまかせる．すなわち，Logo で地図の作図を行なう．

さて，子供たちはプラスチック製の大きな丸い手作り分度器を持って，教室の外へ出かけてゆく．2人ずつペアを組み，1人が測定係，もう1人が記録係になる．

(i) まず，1人がこれから測ろうとする道のずっと前方へ歩いて行き，「ここよ」と手をあげて待っている．

(ii) もう1人の子は地面に分度器を置き，その方向へねらいをつけ，角度を測って記録しておく．（たとえば「右へ20度」）

(iii) 次に，歩数を数えながら歩きはじめる．「1，2，3，……」というわけである．先の子が持ってる場所にたどり着いたら，かかった歩数を記録する．（たとえば「前へ48歩」）

こうして，直線コースが続く次の地点まで，また分度器でねらいをつけ，歩数を測りながら，(i)～(iii)の手順をくりかえすのである．

私の教室の子供たちの場合，今週はこの道，来週はあの道という具合に，暇を見つけては村のすべての道を調べまわり，結局1カ月ほどかかった．

ところで，子供たちが歩いて測った道の記録データは，たとえば次のような形をしているはずだ．

$$\begin{pmatrix} \text{みぎ} & 20 \\ \text{まえ} & 48 \\ \text{みぎ} & 34 \\ \text{まえ} & 64 \\ \cdots\cdots & \end{pmatrix}$$

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

もうお分かりかもしれないが，これはまさに，Logo の procedure そのものの形に他ならない．後は，記録データをそのままコンピュータに入力してゆくだけで，求める地図はすぐに出来あがるわけである．

さて，子供たちがたどたどしい手つきで，やっとのことでデータを入力し終わり，かたずをのんで見守るうちに，パソコンの画面には，ついに待ちに待った村の地図が現われはじめた．

ところが，この地図，どうも変なのだ．子供たちはもちろん，先生も予想していなかったような，まるで「意外な」形をしているではないか．

「まさか，村がこんな形してるはずないだろう？」

念のため図書室から村の航空写真をひっぱり出し，比べてみる．何と，驚いたことに，ピッタリ一致していた！　子供たちが Logo で描き出した村の地図は航空写真なみにきわめて正確だったのである．

教師はこの後，この地図を大きく拡大し，たたみ1枚ほどもあるダンボール紙に写しとって，子供たちに与えた．子供たちはこれに色をぬり，村の家々のミニチュアを作りその上に散りばめた．山や谷，そして森や田畑を次々に書き入れて，ついに村の小さな箱庭地図に仕上げたのだった．

もちろん，後の「わたしたちの町や村」の学習が，この箱庭地図を中心にして展開していったことは言うまでもない．

歩いて地図を作るという方法を通して，子供たちは自分の住んでる村について，単なる地図以上のリアリティと迫真性をもった地図――「箱庭地図」という村の小さなモデル――を手に入れたのだった．コンピュータを使って…….

4.　木星の月はどれがどれ？

木星には4つの大きな衛星がある．ボイジャー探査機でおなじみの，イオ，エウロパ，ガニメデ，そしてカリストがそれだ．これらの月は小さな望遠鏡や双眼鏡でもよく見えるのだが，おもしろいことに，決してその位置にとどまっていることがなく，毎夜ひんぱんにその位置を変えてしまうのだ．

4つの月は木星の周囲をかなり速いスピードで公転しているため，地球の私たちから眺めると，それぞれの月がまるで木星のまわりで，抜きつ抜かれつのスピード競争をしているようにさえ見える．おまけに4つの月はどれもまったく似たりよったりの明るさと色で輝いているから，ちょっと見た目には，いったいどれがエウロパでどれがイオやら，さっぱり見当がつかないことが多い．

たとえ1つの月を追跡していても，しばらくするうちに他の月の配列の中にまぎれ込んで見失ってしまったり，木星の影の部分に隠れて姿を消してしまったりで，専門家でもとまどうことが多いくらいである．

ところで約400年前，ガリレオが手作り望遠鏡で木星の4つの月を発見した時，彼が最初に考えた問題は次のようなものだったらしい．

「あの4つの星，あれは恒星のはずがない．あれはきっと月だ．木星の周囲をまわっている月に違いない．もし月ならば，きっと一めぐりしてまた元の位置に戻ってくるはず．とすると……この次，同じ場所に光って見えるのはいつになるのだろうか？　もし，それに要する時間が測れたら，私は地動説を証明する1つの重要な証拠を手に入れられるのだが！」

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

(1610年当時，世界はまだ天動説を信じていた．コペルニクスが地動説を唱え出してから，まだほんの70年しかたっていなかったのだ)

ガリレオは4つの月の公転周期を知りたかったわけだ．彼は熱心にこの問題にとりくみ，何年間も観測を続けたのだったが，さすがにそのすべての周期を見いだすことまではついに出来なかったようである．

さて，ガリレオがあきらめたこの問題．400年後の現代，今度は小学5年生たちがコンピュータを使って挑戦することになった．Logo で月の動きをシミュレーションしながら公転周期を見つけだそうというのだ．

子供たちが行なった手順はだいたい次のようになる．

(i) 木星を毎晩時刻を決めて観察し，月の配列をスケッチする．

(ii) 1カ月ほどスケッチが集まったらデータを並べて整理し，動きの速い月に注目しながら，日ごとの位置を追う．この過程で，月の動きに対して幾通りものモデル（仮説）を作り出す．

(iii) 部屋の床いっぱいに大きな木星系のミニチュアを作る．小さなピンポン玉を衛星，バスケットボールを木星と見立てて，それらを互いにゆかの上で移動しながら，データと一致する位置はどこになるかを捜し出す．うまく行くモデルはこの段階でいくつかにしぼりこまれてしまう．

(iv) 残った仮説をもとに，「その仮説が正しいとすると，月はいったい何時間で一めぐりしてくることになるか，その周期を予想してみる．ここでLogoを使う．3次元空間が扱えるよう工夫された特殊なLogoに，予想した周期を与えてみて，月の動きをパソコンの中でシミュレーションしてみるのである．そして，最終的に現実の観測スケッチとうまく一致するシミュレーションが得られたなら，そのモデルこそ求める答えに他ならないというわけである．

ちょっと複雑に思えるかもしれないが，いざやってみると，子供たちでも意外と簡単に周期が求まってしまうものである．

たとえば，子供たちは，衛星エウロパの場合，次のような単純なprocdureを作ってうまくいった．

```
(おしえる　エウロパ
　　まえ　1
　　ひだり　4
おわり)                    (a)
```

〔くりかえし　エウロパ　89〕 (b)

ここで(b)の「89」とはエウロパの周期が89時間という意味である．(a)，(b)をLogoで実行したのが，図4である．

子供たちは試行錯誤のすえ，いちばん速く動くイオについては48時間，次に速いエウロパについては89時間と割り出した．

さて，この値が本当に正しいのなら，今晩観察したスケッチをもとに，明日や明後日の木星の月の位置予報だって，Logo のシミュレーションを使って予測できるはずである．図5は実際に行なってみた結果である．

さて，子供たちのモデルによる位置予想と比べて，現実の木星の月たちは，はたして次の日どこに輝いていただろうか？

図6をご覧いただきたい．結果はほとんど，どんぴしゃりの位置にイオとエウロパが光っていたのだった！　子供たちがどんなに喜んだことか，ご想像願いたい．

「ガリレオもコンピュータ持っていたらよかったのにね」とは，実験に参加した1人の子供の感想である．

5. 電気の世界を探検に行こう

「もし，自分が小さな電気のつぶになったとしたら，いったい，まめ電球とかん電池の世界はどう見えるだろうか？」

こう空想してみたことはおありだろうか．昔のＳＦＸ映画「ミクロの決死圏」ではないが，もし

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

自分がミクロの大きさになり，リンパ球や赤血球と一緒に体内の血管の中を探険したなら世界はどう見えるのだろうか．もし，自分が光の粒だったとしたら，凹レンズや凸レンズの世界ではいったいどうふるまえばよいのだろうか．もし，自分が空気の分子なら，お湯で暖められ，温度が急上昇したフラスコの内部では，どのように動けばよいのだろうか．……

これはとてもファンタジックであり，「考えるだけでも楽しい！」とおっしゃる方もいるかもしれない．すごく興味をそそられる，おもしろくて大変ユニークなアイデアなのだが，もし，「この発想を使って子供たちに理科を教えてみたい？」と言い出す人がいたとしたら，あなたはどうお思いになるだろうか？

「馬鹿らしい．1つのおもしろい可能性として，空想のたねぐらいにはなるかもしれないけど，SFじゃあるまいし，現実にそんなこと出来っこない．第1，教室の中にどうやって，そんなミクロの世界を作り出せるというのかね？」
と，答える人がほとんどに違いない．

ところが……，ところがである．どうやら，それが出来そうなのだ！　今までの教室では想像もつかなかった新しい道具，――3次元のLogo――を使って．

小学4年生の理科には『まめ電球とかん電池』

図 4

という教材がある．「直列」とか「並列」といった概念を通じながら，子供たちに回路の考え方や，電流の不思議な性質を学ばせるのがねらいである．

私の教室では，子供たちが自由に実験しながら，自分たちで考えをまとめてゆくための手助けとなる道具として，普通の実験道具に混じって，Logo（3D-LOGO）も使わせることにした．

実はこれは，最近，認知心理学やコンピュータ・サイエンス（特に，知識表現）の分野で話題になっている，「心的イメージ(mental imagery)」や「メンタル・モデル(mental model)」と大いに関係がある話なのだが，この年ごろの子供たちは，「電流」といった概念に対して大変あいまいな概念しか持ってはいない．というよりは，ほとんどの子供たちは，電気の流れ方について，奇想天外といってよいほどの大変おもしろいイメージを持っているものなのである．

いま仮に，いちばん単純な回路，すなわち，豆電球1個と乾電池1個をビニール線でつないだだけの回路を目の前に示して，子供たちにこうインタビューしたとする．

「ねえ，このコードの中を

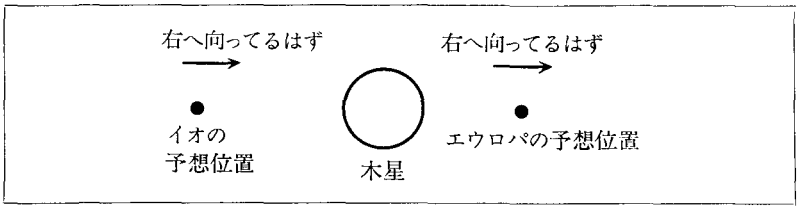


図 5　子供たちがLogoでシミュレーションで予想した木星の月の予報位置　1984年9月6日の予想位置

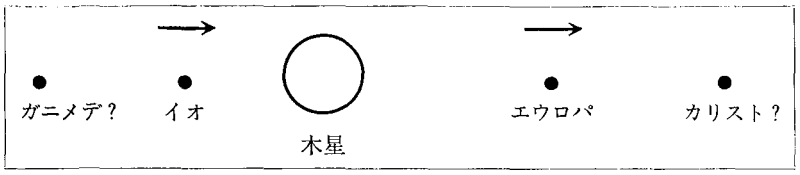


図 6　実際に望遠鏡で見た木星の月の配置．予報位置とほとんどちがわなかった 1984年9月6日19時30分

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

電気はどんなふうに通って，まめ電球を光らせるんだと思う？」

すると，大人の私たちには想像もつかない話なのだが，ほとんどの子供たちは，次のどれかのような答え方をするに違いない．

① 電気は＋極と－極の両方から出てくる．そして互いにまめ電球の所で衝突して光をつける．
→（衝突モデル）

② 電気は＋極だけからしか出ない．電気はまめ電球の光をつけると，また同じ道（コード）を通って，元の＋極に戻ってくる．
→（片道モデル）

③ 電気は＋極と－極の両方から出てきて，光をつけ終わると＋の電気は－極へ，－の電気は＋極へと向かい，お互いにコードの中を往復するみたいに，行ったり来たりする．
→（往復モデル）

④ 電気は＋極から2つずつ出てくる．そして電球の光をつけるとエネルギーが無くなり，互いにくっついたまま「かす」となって，極に帰ってゆく．
→（双子モデル）

⑤ 電気は＋極からだけしか出ない．光をつけながら－極へ向かい，ぐるり一めぐりしてくる．
→（めぐりモデル）

もちろん，正しいモデルは最後の「一めぐりモデル」のみであり，残りはすべてとんでもない誤りである．にもかかわらず，子供たちはこれらの素朴で幼稚で誤った「原始的モデル」を，文字どおり「正しいと信じて」疑わないことが多いのだ．しかも，その「原始的モデル」は容易に子供たちの認識に染みついたまま，なかなかとれないことが多いのである．

こんな話がある（これは理科の先生方なら経験的によくご存じの例ではあるが）．ある理科の先生が「電気は＋から－へ流れる」という事実をやっきになって子供たちに教え込んだという．そして，その時点で子供たちも口をそろえて「わかった」と言い，またテストでも理解していることが確かめられたという．

ところがである．1年ほどたって，先ほどとまったく同じ質問を，同じクラスの子供たちにしてみたところ，子供たちの多くが，またあの「原始的モデル」を持ち出して電流の説明をはじめたというのである．いつのまにか元のもくあみに，つまり，「先祖がえり」してしまっていた，というわけである．

この話は，せっかく教えたつもりの理科が実は何の役にもたっていないのではないか，ということを示すためによく引き合いに出される有名な例なのだが，では，なぜ，このような「先祖がえり」が生じるのだろうか？

なぜ，このような「認識まちがい(バグ)」が，「誤ったメンタル・モデル」が，子供たちの思考にいつまでも残るのだろうか？（大人になってもまだ，そのままだという人たちだって結構いるに違いない）

その原因として1つ考えられるのは，私たち教師が指導にさいして，今まで実験なり観察なりをいつも「ただ1つの視点」からのみ見るように，意識的にせよ無意識的にせよ，子供たちに絶えず

新着図書案内コーナー

非線形システムの最適化

坂和　正敏 著

特長　非線形システムの最適化をとり扱ったもので，先に出版された線形システムの最適化『一目的から多目的へ』の続編である．理論のみならず，計算方法も網羅しており，さらに多目的計画法やファジィ計画法などの最近の研究成果もとり入れてある．

キーワード　非線形計画法，最適性の条件，最適化手法，多目的計画法，ファジィ計画法

主な内容　1. 序論　2. 数学的予備概念　3. 最適性の条件　4. 双対性と感度解析　5. 制約のない問題の最適化手法　6. 制約のある問題の最適化手法　7. 多目的計画法　8. ファジィ計画法

出版社名　森北出版社　**定価** 2300円

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．

強制し続けてきた結果ではないか，ということである．

つまり，1つの現象をいろんな側面から立場を変えて解釈し，視点を変えて吟味するといった「問い直し」や「わかり直し」をどこかにうっちゃっておいて，子供たちにひたすら知識を詰め込むことのみ急ぎすぎた結果ではないか，と考えられるのである．

つまり，「視点をうつして考える」という行為は，子供たちの認識の発達にとっては，このうえなく大切なファクターなのである．

さて，先ほどの電気の世界の話にもどる．私の場合，この「視点のうつしかえ」を，まめ電球とかん電池を教える場合にぜひとも使ってみなければと考えた．子供たちが生得的にいつの間にか抱いてしまってる頑固な「原始的モデル」を修正するためには，あるいは，壊すためには，1つの方法として，彼らをミクロの世界においてみたらどうだろうか？

すなわち，「もし，自分が小さな電気の粒だったとしたら，まめ電球とかん電池の世界ではどのように動いたらよいのだろうか？」という視点で考えさせてみるのである．

もちろん，実際には電気の世界は見ることも，触れることも出来ない．そこで，3次元の Logo を使ってパソコンの中に「架空の世界」という形で，電気の世界を――回路の世界――作り上げ，その中で子供たちが自由に実験でき，また自分の「原始的モデル」が正しいか誤ってるかどうかを自由にシミュレーションして確かめることが出来るミクロコスモス的な環境を与えてみようというわけである．

このために作成したシミュレーションのためのプログラムは「DISCOVERY」と呼ばれ，3D-LOGO で書かれている．おもしろいことに，先に述べた「原始的モデル」の①～⑤や，その他，子供が電流に対して抱くいろいろな認知モデルが，内部知識ベースの中にルール表現の形をとって「知識」として埋め込まれている．(これらの知識は筆者が理科の先生方に直接インタビューしながら集めたもの)

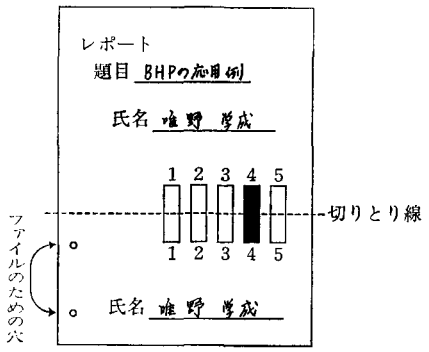
現在，教室の子供たちはこれを使って，電気の世界を文字どおり「探検」中であり，大変おもしろい結果が出つつある．

●ミニミニ●　　●OR●

ワン・ライティング・システム

提出されたレポートを採点して返却する．レポートの点数は表紙に書かれるのが普通だが，この点数は採点簿にも転記しなければならない．返却は早くしなければならないものが，ものがものだけに，転記ミスは許されない．こういうとき，絶対に確実な記録があれば助かる．

レポートの表紙として，図のようなフォーマットを印刷配布し，提出者には上下2個所に氏名をかいてもらう．(誰にとっても，自分の名前は書き慣れたものだから，それほど苦にならない．)そして，成績に該当する個所にフェルト・ペンでタテに太く線を引く．返却にさいしては，表紙の下側を切り取り，この線の下半分が手元に残るようにする．



こうしておけば，後でゆっくり転記することができるし，その作業も容易である．原資料も手元にのこる．　(からくり堂主人)

© 日本オペレーションズ・リサーチ学会．無断複写・複製・転載を禁ず．