

「マインドストーム-子供、コンピューター、そして強力なアイデア」  
シーモア パパート (著), Seymour Papert (原著), 奥村 貴世子 (翻訳), 未来社(1995/03)  
「第5章 マイクロワールド:知識の培養器」- 横川耕二(koji.yokokawa@yengawa.com)

子どもは新しい知識を古いもののなかへ吸収し、それを積極的に用いるうちに自分の知識を作り上げていくことで自発的に学習していく。ピアジェはこの過程を同化と呼んだ。同化の過程で古い知識と新しい知識が矛盾することがあり、障害となる。

たとえば、ニュートン力学は日常の観察とは矛盾する。そこでコンピュータを使うと、その法則を身近に感じることができるような材料をつくれる。

タートルにニュートンの質点の性質を持たせたダイナタートルを考える。これにより学習者は現実の物理法則とは異なるようなマイクロワールドを過渡的につくり、ピアジェ式の学習を行うことができる。

ダイナタートルは日常では体験しにくい等速直線運動を直感的に理解できる。さらに、ダイナタートルで遊ぶことで方程式の理解という長い道を経ずに微積分に親しむことができる。

そして、「ニュートンの運動の法則」だけではなく、「運動を記述する法則」という一般的な概念を自分のものにする方法を見つけることができる。

ニュートンの運動の法則のような記述を学ぼうとすると以下のような障害がある。  
(1)それに似たものが他に見つからない。  
(2)それを応用できるような活動が見つからない。  
(3)必要な概念が他で定義されている。

マイクロワールドは、学習者が自分で似たような法則を作り出し、ゲームや美術などの活動に利用でき、必要な概念をすべてその世界の経験の中で定義できるように設計された。

マイクロワールドで物理を学ぶ生徒は、いくつもの世界を考案し、それに合ったいくつもの物理学を作り出すような自由をあたえられる。このようにしてマイクロワールドは知識の培養器として機能し、ピアジェ式の学習ができる。

まず、タートルの世界をニュートンの法則風に記述することで、既に知っているものと比較し、タートルの世界にニュートンの法則を実質的に直感的に形作ることができる。

幾何学のタートルには位置を操作する前進と回転の2つの操作があるが、物理学には力と呼ぶ操作がひとつだけある。これを幾何学のタートルは位置と方向の2つの命令、ニュートンのタートルは運動量という1つの命令を「理解」として表現すると、子どもをマイクロワールドへ効果的に導くことができる。

速度のタートル  
位置と速度の状態をもち、速度によって位置は常に変化する。速度を指定することだけでタートルを操作する。



加速度のタートル  
位置と速度の状態をもち、速度によって位置は常に変化する。現在の速度をどれだけ変化させるかを指定することだけでタートルを操作する。これは質量を変えられないニュートンの質点のように行動する。

この幾何学とニュートンの間に位置するマイクロワールドで、生徒は事物に動きを与え、テレビやゲームセンターなどの動画にも個人的な関連が生まれる。従来の教育にはない「なぜ世界はこのように動くのか」という問いかけが課題となる。異なる運動の法則を試みることで、ニュートンの法則が物体を動かす上で最も無駄がなく優れたものだということがわかる。

ニュートンの第三の法則では、複数のタートルのあるマイクロワールドを想定する。

タートル同士が互いに命令を与え合う連結したタートルを考える。まず、「鏡のタートル」という鏡に映ったように振る舞う連結された二つのタートルのマイクロワールドが考えられる。次に、この鏡の関係を速度のタートルに応用する。これをつくる過程は、連結された物体の作用と反作用について考えることを学ぶ過程となる。

運動の法則という「一般的な概念」を習得した人は問題解決の新しい強力な道具を持ったことになる。

「猿の問題」は物理学で良い成績を取った大学生でも3/4以上が間違ふ。大抵の学生は「エネルギー保存の問題か」「てこの腕の問題か」と考えるが、「運動の法則の問題か」とは考えない。「運動の法則」をマイクロワールドで習得した人は「運動の法則の問題か」と正しく問いかけることができる。

我々は皆、構想し、探求し、理論を作り上げることによって学ぶ。私は教授すべき必須の知識はなにかという問題に対する解答として、「間違った(過渡的な)理論」の構成に適した状況というマイクロワールドを提唱した。

ピアジェは子どもが誤った理論を持つのは、覚えることを学ぶ過程にとって必要な部分であることを示した。子どもの誤った理論を退ける学校教育は、本来の学び方を退ける。

子どもが構成した独自の理論を正すと、大抵の子は自分で理論構成をするなどということは無駄だと思ってしまうだろう。正否の基準に支配されることの少ない知的環境を作り出すことが必要だ。マイクロワールドは真偽や正誤が決定的な基準とはならないような環境の中で数学と科学を学ぶことができる。

美術の教室と同じで、マイクロワールドによって子どもたちは独創的な、個人的に定めた目的を達成するための「方法」として技術的な知識を学んでいる。計算の練習と違い、教師も子どもも心からそれに夢中になることができる。

小学5年生のロゴ教室で円は実際には多角形なのだという議論が起こっているのを聞けば、理論の真偽などは、その理論が学習に何を寄与するかということに比べて、二義的なものにすぎないとわかるはずだ。