

視点移動能力の育成を支援する WBL コンテンツの開発 ：地球と月の相対運動

森田 裕介* 尾上亜衣子**

(平成15年3月14日受理)

Development of Web-Based Learning Contents to Support Cultivating
the Locomoting Viewpoint Ability : Relative Rotation of Earth and Moon

Yusuke MORITA*, Aiko ONOE**

(Received March 14, 2003)

1. 研究の背景

中学校理科における「相対運動」概念は、天体運動の理解だけでなく、日常の様々な現象の理解に必要とされる重要な概念である。ここでいう「運動」とは、物体が時間の経過につれてその空間的位置を変えることと定義する。「運動」は、観察者の視点と関係していることから、すべてが「相対運動」であるといえる。例えば、自転車や車の運転、サッカーなどで行うボールのパス、人工衛星、天気予報、GPSなどの科学技術、海外旅行における時差など、物体の速度・相対的な位置関係・方向の変化を時間経過とともに認識するためには相対運動を理解している必要がある。

しかし、児童生徒にとって相対運動の理解は容易ではない(松森ほか 1981a, 川守 1995, 荒井 2000)。空間における物体間の相対的な位置関係を認識するためには、視点移動能力が不可欠だからである。

ピアジェによれば、子どもの空間概念は、まず、トポロジー的に、次に射影空間的に、そしてユークリッド空間的に発達する(森 1992)。そして、いわゆる“三つ山問題”などを解く視点移動の能力は、9～10歳(第IV期B)で習得されると述べられている(木村ほか 1986)。ところが、Bishop (1976)は、プラネタリウムを用いた天文学習における順次性の研究から、中学1年に至ってはじめて地球や他の地点から月の運動などの学習が可能となり、太陽中心にながめる視点と地球中心のプラネタリウムの視点を合致できるようにすると述べている。

日本では、松森ら(1981b)が小学校1年生から高等学校1年生までを対象とした視点

* 長崎大学教育学部数学講座(情報)

**長崎大学教育学部情報文化教育課程情報メディアコース

	受動的	能動的
心的	心的かつ受動的 視点移動 タイプⅡB	心的かつ能動的 視点移動 タイプⅡA
仮想的	仮想的かつ受動的 視点移動 タイプⅢB	仮想的かつ能動的 視点移動 タイプⅢA
具体的	具体的かつ受動的 視点移動 タイプⅠB	具体的かつ能動的 視点移動 タイプⅠA

松森(1983)が試作した類型
 本研究で提案する類型

図1 視点移動の類型

移動能力に関する縦断的な調査を行っている。その結果，“三つ山問題”と類似した課題の正答率は、小学3年生11%，小学4年生23%，小学5年生37%，小学6年生33%，中学1年生52%，中学2年生49%，中学3年生64%，高等学校1年生83%であることが明らかになった。また、川守（1995）は、小学5年生～中学3年生まで1093名を対象に調査を行い、視点移動能力の発達には個人差があることを示した。荒井（2000）は、中学生を対象に調査を行った結果について触れ、心的に視点移動して月面に立ったことを想定して地球の満ち欠けをイメージするという問題の通過率が15%であったと述べている。

これらの先行研究は、中学校第二分野「地球の自転・公転」を学習する時点で、約半数の生徒が視点移動能力を習得していない可能性があることを示唆している。このような現状を改善するため、近年、視点移動能力の育成を目的とした教材開発や教育実践がなされている。

例えば、荒井（2000）は、理論的・実践的研究として、新たに視点移動能力の指導を単元目標や授業目標に捉え、それを支援する班学習教具開発を行った。そして、従来の学習指導に即応させることを前提に組み入れた実践的カリキュラムを作成し、授業実践を通して教育効果を検証した。学習指導要領や教科書などに系統的な取り扱いがされていない視点移動能力の訓練と習得という単元の設定は、単元「地球の自転」の学習に対して有効な手立てであり、その単元の本質的な理解を促したと述べている。

また、中高下ら（2002）は、小型カメラを地球儀に搭載した教材製作を行い、その教材を用いて視点移動能力や方位認識能力の育成と天体現象のイメージ化を目標とした授業を実施した。小型カメラの映像には、生徒たちの通う学校も映し出されるようになっており、太陽の一日の動きという日常的な現象を忠実にシミュレーションすることができる。中高下らは、この教材を用いることで現象を視覚的に捉え、視点の融合を容易にすることがで

きたと述べている。

一方、現在の学習指導要領は最低限の基礎的内容であると位置づけられ、発展的な学習で子どもの力をよりよく伸ばすことが求められている。学習指導要領に示された内容を基礎的な必須事項として学習した後に、発展的に学習を実施するための教材が不足しているのである。学校のインターネット接続が100%となった今日、学習者が能動的に視点移動できるインタラクティブ性を有し、かつ Web 上で配信可能なコンテンツを開発することは意義がある。

そこで、本研究では、視点移動能力の育成を支援する WBL コンテンツの設計および開発を行った。

2. 方法

2.1 コンテンツの設計

松森（1983）は、視点移動を機能的特質から、タイプIA（具体的かつ能動的視点移動）、タイプIB（具体的かつ受動的視点移動）、タイプIIA（心的かつ能動的視点移動）、タイプIIB（心的かつ受動的視点移動）に分類した。そして、IB → IA → IIA・IIBの順に、より高次の能力であることを示した。

図1は、松森（1983）が試作した視点移動の類型に、本研究で新たに提案した仮想的視点移動の類型を追加したものである。本研究では、松森（1983）の試作した視点移動の類型化のうち、具体的視点移動から心的視点移動への転換について、動画像やコンピュータグラフィックスを用いることでより効果的に支援できると考えた。動画像やコンピュータグラフィックスによる視点移動を仮想的視点移動と呼ぶことにする。今回作成した「地球と月の回転相対運動」コンテンツは、仮想的かつ能動的視点移動（タイプIIIA）に属する。

中学校理科第二分野「地球と宇宙」では、天体の日周運動が地球の自転による相対運動であることをとらえさせることを目的としている。またモデル実験やコンピュータシミュレーションを用いて視覚的にとらえさせる工夫が必要であると述べられている。本コンテンツでは、地球の自転周期と月の公転周期をシミュレーションさせ、日本からの視点と月からの視点、宇宙からの視点を切り替えられる内容を取り入れた。公転する移動物体から

表1 地球と月の相対運動 CG 素材におけるモデリング要件

カテゴリー	要件
地球	地軸を公転面に対して23.4度傾けて自転する。 北極星から見て、時計と反対方向に自転する。 北極星から見て、時計と反対方向に公転する。
月	北極星から見て、時計と反対方向に自転する。 北極星から見て、時計と反対方向に公転する。 地球が27回自転する間に地球の周りを1回公転する。 地球の周りを1回公転する間に1回自転する。
視点	北極上空、南極上空、地球の赤道上空・日本・月の位置に視点移動できる。

みた自転移動物体, またはその逆を, コンピュータグラフィックスを用いて様々な視点から自由に眺めることができるようコンテンツを設計した。

2.2 コンテンツの開発

自転する地球とその地球を公転する月の相対運動について, まず, 3DCGソフトウェアを用いモデリングを行った。モデリングにおける要件を表1に示す。地球と月の相対運動に関しては, 実際の現象をシミュレーションするよう配慮した。ただし, 相対運動にかかる実時間, 地球と月の距離, 太陽や他の惑星の存在, 背景となる外宇宙の恒星については, 理解の妨げになると判断し, 適切と思われるものを用いた。次に, コンピュータグラフィ

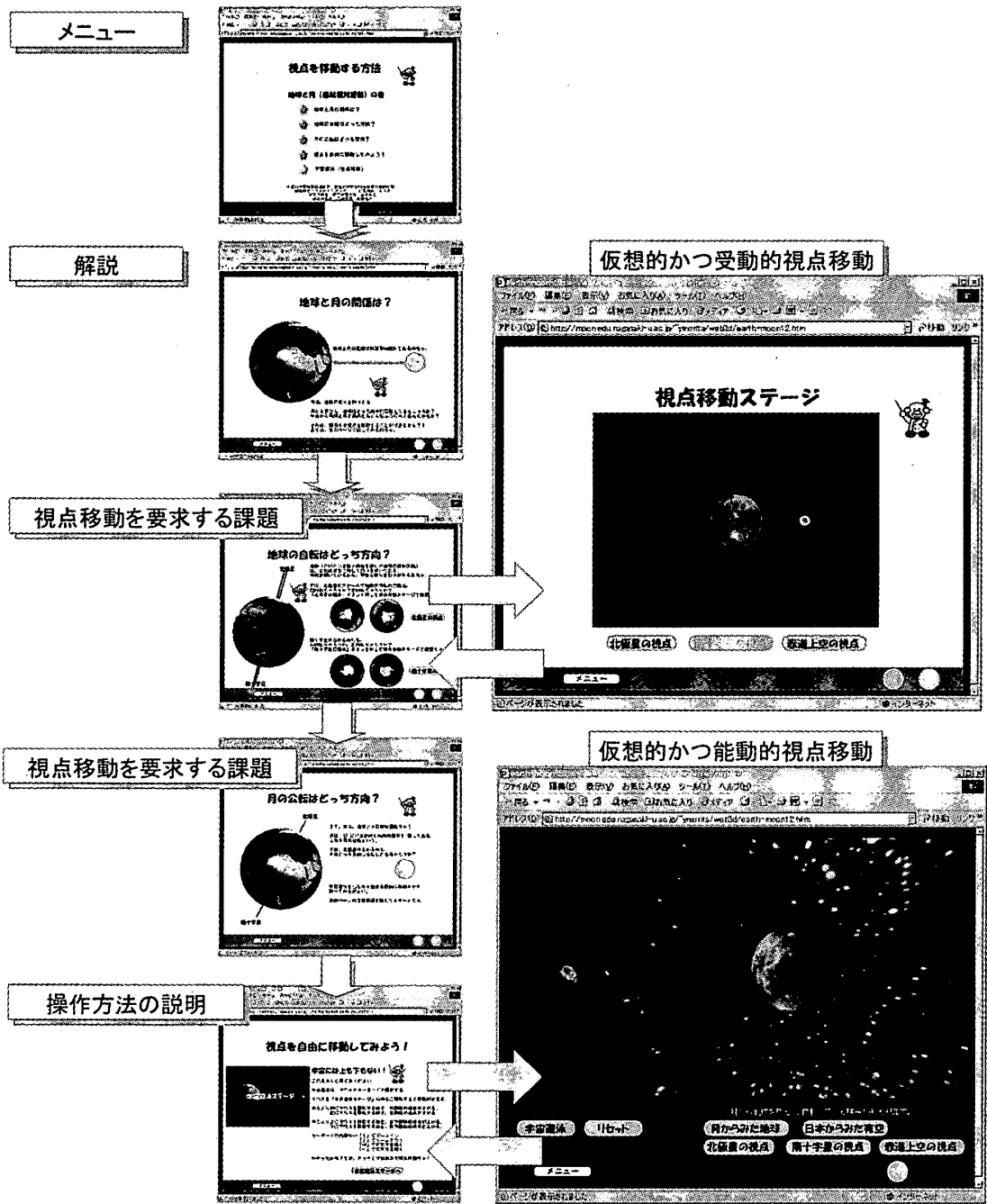


図2 地球と月の相対運動コンテンツ

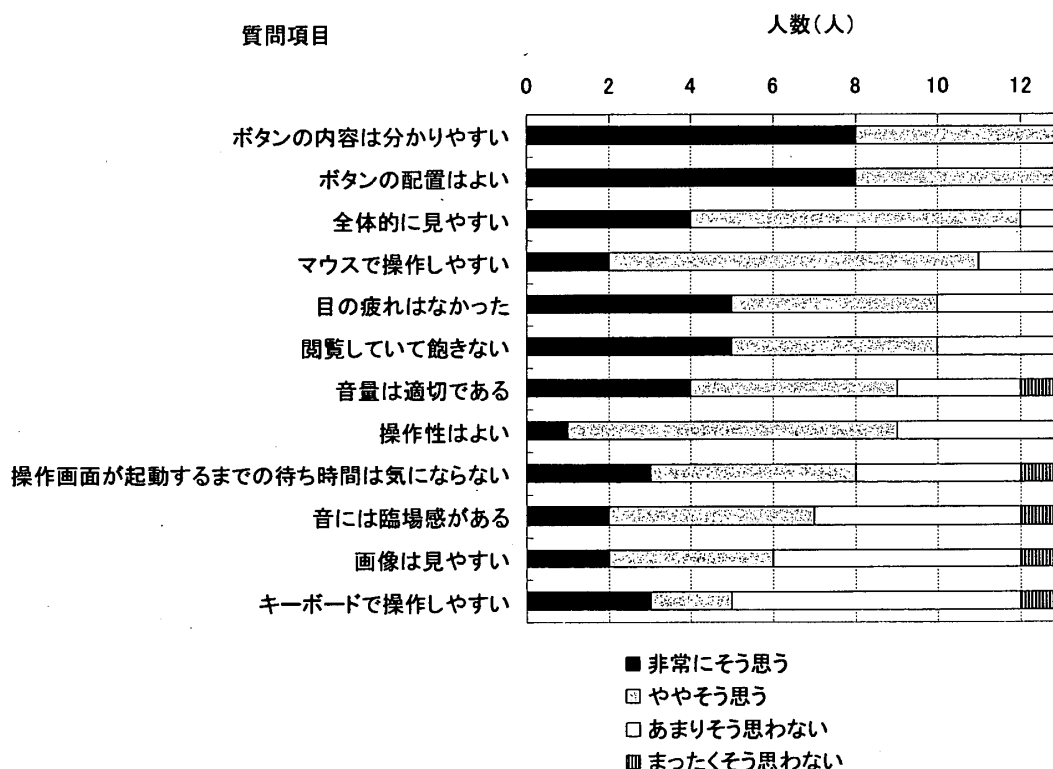


図3 インターフェイスに関する主観評価の結果

ックスの素材を Shockwave3D としてエクスポートし、Web 上にストリーミング配信可能で、かつ、インタラクティブに操作可能なコンテンツを作成した。

2.3 主観評価

開発したコンテンツについて主観評価を行った。評価者は、教育学部生12名（教員養成課程1名、情報文化教育課程12名）、工学部生1名、計13名であった。評価項目は、インターフェイスに関する項目（操作性、見やすさ）とコンテンツの有用性とした。

3. 結果及び考察

3.1 開発したコンテンツ

開発した「地球と月の相對運動」コンテンツの構造を図2に示す。コンテンツ開発においては、[視点移動を要求する課題]→[仮想的かつ受動的視点移動]、もしくは、[視点移動を要求する課題]→[仮想的かつ能動的視点移動]の順とし、課題を与えその課題を遂行する際に視点移動を行うよう配慮した。仮想的かつ能動的視点移動を行う画面では、地球は自転し、月は自転しながら地球の周りを公転している様子がCGアニメーションでエンドレスに提示される。インターフェイスについては、ボタンによる視点の切り替え以外に、「宇宙遊泳」として、マウスを使って自由かつ滑らかに視点を移動できるよう工夫した。そして、インターネットを経由してこのコンテンツにアクセスできるように、Webサーバを設置し、公開した^{注1}。

注1 URL : <http://sun.edu.nagasaki-u.ac.jp/tokutei2002/> (2003年3月15日現在)

3.2 インターフェイスの評価結果

図3にインターフェイスの「操作性」と「見やすさ」の評価結果を示す。図の質問項目は、「非常にそう思う」と「ややそう思う」の回答数合計の多い順にソートしてある。集計の結果、「画像は見やすい」「キーボードで操作しやすい」の項目が低い評価を得ていることがわかった。また、自由記述の結果から、「地球と月の相対運動」における宇宙遊泳の評価が低いことがわかった。この結果を受け、キーボードで行う操作である視点のズームイン、ズームアウトの速度が上がるよう改善を行った。

3.3 有用性に関する評価結果

図4に有用性に関する評価の結果を示す。「教育に利用できるか」という質問に対して、13名中10名が中学校の教材として「非常にそう思う」「ややそう思う」と回答し、残り3名は「あまりそう思わない」という評価をした。自由記述の結果から、ダウンロードに時間がかかることが理由として挙げられていた。13名同時アクセス時にかかるサーバの負荷とネットワークのトラフィックについては、今後検討していく必要がある。

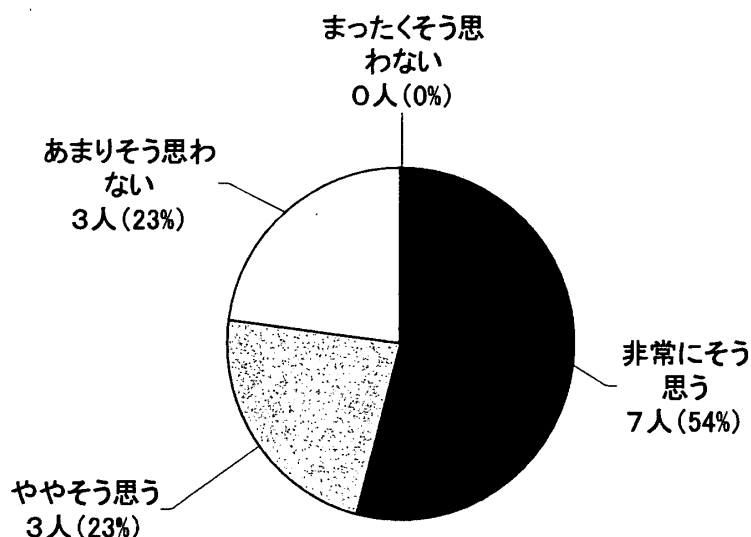


図4 有用性に関する主観評価の結果

4. まとめ

本研究では、視点移動を必要とする物体の運動や天体運動に着目した学習支援コンテンツを作成した。そして、インターフェイスに関する評価を行った。コンテンツはWeb上に配信できるようWeb3Dで構成した。現在、日本には視点移動能力の育成に関するカリキュラムは存在しない。松森(1983)によれば、アメリカでは、SCIS (*Science Curriculum Improvement Study*) などのプロジェクトで「相対的位置と運動」がカリキュラムに取り入れられていたという。また、SAPA (*Science - A Process Approach*) では、「自分自身の位置と相対的に観察された物体の位置変化を記述できる」、「自分以外の観察者と相対的に、観察された物体の位置変化を記述できる」、といった行動目標が小学3年生に課せられ、MAPS (*Modular Activity Program in Science*) では、基準となる物体、直線運動、回転運動、運動の合成といった分類で系統的に学習するプログラムが組まれていたという。これら過去のプロジェクトがすべて成功したとはいえないが、松森(1983)が述べるよう

に、視点移動能力の育成に関する系統的なカリキュラムの編成は必要であろう。今後の課題は、実際の教育現場における利用並びに検討を行うことである。

付 記

本研究は、平成14年度科学研究費補助金〔特定領域研究〕「新世紀型理数科教育の展開研究」（課題番号：14022238，研究代表者：鳴門教育大学学校教育学部 益子典文）の支援を受けた。

引 用 文 献

- [1] 荒井豊：理科における視点移動能力の習得に関する一考察～「地球の自転」の指導において～，理科教育学研究，41(1)，25-35，2000.
- [2] Bishop, J.E. : Planetarium methods based on the research of Jean Piaget, *Science and Children*, 5-8, 1976.
- [3] 河守博一：子どもの空間認識における視点移動能力と論理的思考力の比較，理科教育研究誌，7，31-40，1995.
- [4] 木村允彦・伊藤恭子：空間の概念，ピアジェの認識心理学（波多野完治編），40-57，1986.
- [5] 松森靖夫・関 利一郎：児童・生徒の空間認識に関する考察～回転・対象概念を中心として～，日本理科教育学研究紀要，21(3)，19-26，1981a.
- [6] 松森靖夫・関 利一郎：児童・生徒の空間認識に関する考察（Ⅱ）～方向概念を中心として～，日本理科教育学研究紀要，22(2)，61-71，1981b.
- [7] 松森靖夫：児童・生徒の空間認識に関する考察（Ⅲ）～視点移動の類型化について～，日本理科教育学研究紀要，24(2)，27-34，1983.
- [8] 森一夫：基本的科学概念についての理解の実態，理科教育学講座第2巻「発達と科学概念形成」（日本理科教育学会編），東洋館出版，32-34，1992.
- [9] 中高下亨・前原俊信・永田邦生・荒森圭子：中学校天体学習に関する一考察～自作モデル教材の導入と生徒の方位認識～，理科教育学研究，43(2)，35-42，2002.
- [10] Nussbaum, J. (大辻永訳)：天体としての地球，子ども達其自然理解と理科授業(Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. 編)，東洋館出版，210-235，1993.