

# 立体視天体コンテンツの奥行き呈示位置と教材としての有用性

小林秀明<sup>†</sup>

立体視コンテンツは、今後期待される教材である。そこで本研究の目的は、立体視天体コンテンツの教材としての有用性を検討することである。まず、受講生の講義コメントを5つのカテゴリーに分類し、立体視に関する関心度や有用性を探る。さらに、質問紙調査により立体視天体コンテンツへの関心度を調査する。次に、奥行き呈示位置の違いによる立体感覚の実験を行う。最後に自由記述も含め総合的に有用性を検討する。

## Depth Presentation Position and Application as Teaching Material on Stereoscopic Astronomical Contents

HIDEAKI KOBAYASHI<sup>†</sup>

Learning with stereoscopic contents is a prospective learning method in the future. The purpose of this research is to examine the application of stereoscopic astronomical contents as application for teaching material. In this paper, I first classified student's comments into 5 categories to determine their interests and usefulness in stereoscopic contents. Then, I made a survey of their comments on stereoscopic contents from a questionnaire. Secondly, I also experiment on the sense of stereoscopic effect by the examinee with different depth presentation positions. Finally, I discuss the usability of this application in a comprehensive way including their free description.

### 1. はじめに

2010年は3D元年と言われ、画像や映像の呈示においては2次元から3次元へと展開し、家庭用ゲーム機やパソコンを使用して3次元CGを容易に呈示する事が出来るようになった。3次元情報を持つオブジェクトを立体視する事により奥行き感を与える立体視ディスプレイも発売され、現在では一般家庭にも普及し始めている。

国立教育政策研究所の調査[1]によると、中学3年で学ぶ「天体の動きと地球の自転・公転」について、教師の46.3%が「生徒が興味を持ちやすい」としながらも、「生徒にとって理解しやすい」と回答した割合は10.2%であり、77.3%が「生徒にとって理解しにくい」と回答している。生徒の回答では、「よく分からなかった」が33.6%と、3人に1人が理解に苦しんでいることが分かる。指導上の改善点として、天体相互の位置や動きの理解促進のために空間的な思考力を身に付けさせることを必要としている。これは空間認識を補う工夫として、空間に対する視点移動やビデオ、シミュレーション等を活用することも求められている[2]。しかし、宇宙空間では、地上と違い奥行きの手がかりとなる単眼性の手がかりが少なく、奥行きを把握しにくい。奥行きの情報を持つ奥行きが認識できない場合、通常多視点からの観察が必要になる。そこで、立体視呈示が有効であると考えられる。

立体視を扱う上では、違和感のない快適な立体視の実現を図った3DC安全ガイドライン[3]を参考にしてコンテンツを制作する必要がある。このガイドラインは3Dコンソーシアムが発行し、国際ガイドラインISO/IWA3準拠となっている。具体的

には、視聴者向けに視聴姿勢や視聴位置、視聴時間、快適視差範囲が記述されている。ここで言う快適視差範囲とは、立体視コンテンツにおける視覚疲労や不快感の少ない範囲を示している。立体視における快適さとは、輻輳と調節の不一致や、対象物を知覚する際の立体像の歪み、左右の映像がうまく分離できないクロストークなどから引き起こされる視覚疲労や不快感を極力抑えられる呈示方法と考える。また、立体感を損なわず見やすいことが求められる。

そこで本研究では、立体視天体コンテンツを教職科目の受講生に観視させ、立体視への関心度と自由記述から教材としての有用性を検討する。更に、コンテンツの奥行き呈示位置が立体感覚の評価にどのような影響を及ぼすのかを計測し、考察を加える。

### 2. 実験

#### 2.1 実験概要

本実験は、実験1として天体コンテンツを観視して質問紙へ回答する調査と、実験2として制作した立体視天体コンテンツCGを観視させて、立体感覚の評価を行う。実験1では、筆者の行う教職科目の講義において、授業の中で天体コンテンツ「4次元デジタル宇宙ビューワー“mitaka” (ミタカ)」[4]を天体教育への活用事例として10分ほど実演する。内訳は、5分ほどコンテンツを見せた後、アナグリフ方式を用いた立体視呈示で更に5分間コンテンツを見せる。観視環境は、40人ほどのPC教室において、教卓位置に設置されている約100インチのスクリーンへ呈示する。呈示時の教室内は薄暗くした。実験2では、理科ネットワークで視聴できる月の満ち欠け動画を視聴する。5水準の奥行き呈示位置を設定し、月の満ち欠けのコンテンツを100秒間立体視で観視させ、心理要因に基づく立体感覚の評価

<sup>†</sup> 神奈川大学  
Kanagawa University

を行う。コンテンツは、太陽の光が右方向から当たり、月が地球の周りを回るように設定されている。

## 2.2 実験1

### 2.2.1 調査1

私立大学に在籍する教職科目受講生、大学生3年生以上90名(男31名、女59名)を調査対象とした。本講義終了前に講義コメントを自由に記述させた。講義内容は、天体以外のCGに関する講義も行なっている。特に立体視に関して記述するように指示はしていない。講義コメントの記述から、疲労度、教材としての有用性、教材困難、興味・関心、知識の獲得・効果の5つのカテゴリーに分類し、該当する記述を1ポイントとして計算した。

### 2.2.2 調査2

調査1と同様の講義において、2週間後の講義時に調査1の対象者の中から、立体視可能であった受講生と今回の講義への出席者68名(男19名、女49名)を対象に質問紙調査を実施した。質問項目は、立体視コンテンツへの関心度を4件法(1:無関心, 2:それほど関心はない, 3:どちらかというに関心がある, 4:関心がある)で回答を求めた。更に、立体視コンテンツに関して自由記述の設問を設けた。自由記述の内容から、疲労度、教材としての有用性、教材困難、興味・関心、知識の獲得・効果の5つのカテゴリーに分類し、該当する記述を1ポイントとして計算した。

## 2.3 実験2

### 2.3.1 観視環境設定

立体視コンテンツの呈示範囲は、画面の高さ(H)の3倍の距離から視聴することを想定して呈示した。3Dプロジェクター(ソリッドレイ研究所製 Sight3D U25)の解像度はXGAである。上記の観視環境を図1に示す。スクリーンへの呈示画面高さHは100cmに設定した。

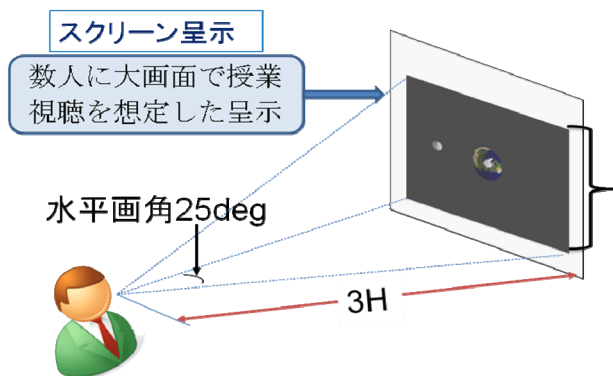


図1 観視環境設定

本実験では、比較的多く利用されている立体視方式は液晶シャッター(フレームシーケンシャル)方式のアクティブシャッターメガネ(NVIDIA製3D Vision)を使用した。立体視映像の視差角に関する主観評価実験では、2天体コンテンツの奥行き呈示位置(視差角で計算)を画面上(視差角0min)に設定し、コ

ンテンツの飛び出し量(マイナスは引っ込み量)は5水準

(-40min, -20min, 0min, 20min, 40min)の呈示位置条件を設定した。この5水準は、3DC安全ガイドラインに目安として示されている快適視差範囲の最大視差角60min(1deg)以内にした呈示位置である。視差角とは、ディスプレイ上の一点を見たときの輻輳角と両眼視差により決まる立体を見たときの輻輳角の差である。なお、実験室は薄暗い環境であった。

### 2.3.2 被験者

私立大学に在籍する教職科目受講生、大学生3年生以上27名(男14名、女13名)を対象とした。被験者は、全員視力正常または矯正視力正常である。また、被験者27名の瞳孔間距離を測定した結果、平均約63.2mmであった。なお、事前調査から、被験者は全員立体視初心者であった。

### 2.3.3 手続きと評価方法

被験者へ実験の手順説明を行う。まず、理科ねっとわーく(2013)宇宙と天文「小学校用/C月の動き」[5]から月の満ち欠けに関する動画を視聴させる。各被験者には、制作した立体視コンテンツを教材であると想定して観視するように教示する。立体指標は地球と月とし、地球と月の奥行き呈示位置に関して心理要因に基づく立体感覚[6]を参考に評価を実施した。評価項目は、立体感、奥行き感、実在感、迫力感、一体感、自然らしさ、好ましさ、厚み、大きさに臨場感を加えた10項目とした。全く感じない(1)から非常に感じる(5)の5段階評価とした。事後調査として、自由記述を含む簡単な質問紙調査を行った。問題なく立体視コンテンツを観視できていたか、飛び出しと引っ込みで好みがあったのかなどを質問した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 実験1

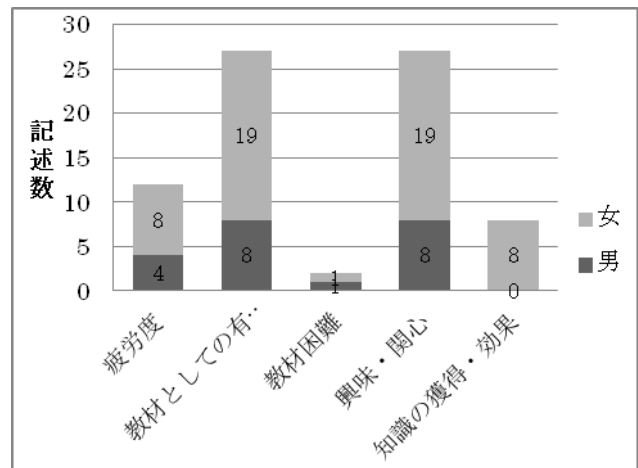


図2 立体視コンテンツに関する記述数1

調査1において、受講生90名中51名(男18人、女33人)が立体視天体コンテンツに関するコメントを記述した。講義コメントから読み取った立体視コンテンツに関する記述数を図2に示す。

受講生の半数以上が立体視コンテンツに関するコメントを記述していた。疲労度に関しては記述数12あった。立体視初心者者がほとんどで、わずか5分程度の観視であったが、慣れが必要であると感じた。

教材としての有用性の記述数は27であり、興味・関心の記述数も27であった。しかし、興味・関心はあるが、同時に有用性の記載があったのは16名であった。

調査2において、立体視コンテンツへの関心度の結果を図3に示す。無関心：1名、それほど関心はない：23名、どちらかかというに関心がある：24名、関心がある：20名であった。約65%の受講生が関心を示している事が分かった。

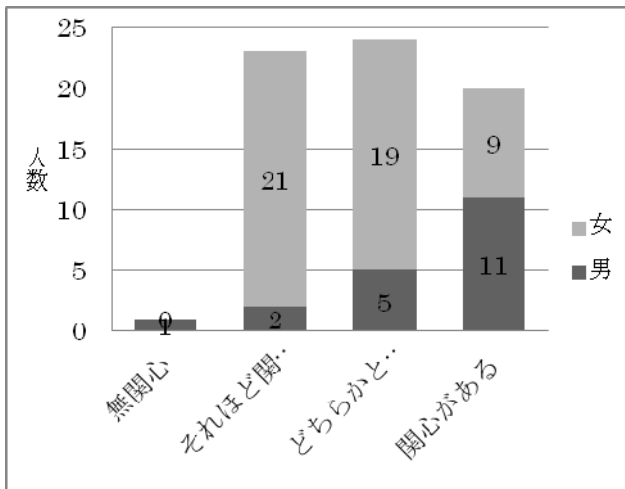


図3 立体視コンテンツへの関心度

自由記述の内容から、読み取った立体視コンテンツに関する記述数を図4に示す。受講生全員を対象に立体視コンテンツに関する記述を促した結果、興味・関心の記述数は37で全体の約54%、知識の獲得・効果に関する記述数は34で全体の50%

と、多数の記述が確認できた。本講義の受講生は文科系学生であり、教職としての理科を専門とする学生が居ないため、教材として考えるよりも、自分が見てどう感じたのかを記述していたのだと考えられる。また、講義直後の記述と比べると、興味・関心や知識の獲得・効果の記述が増える事が分かった。

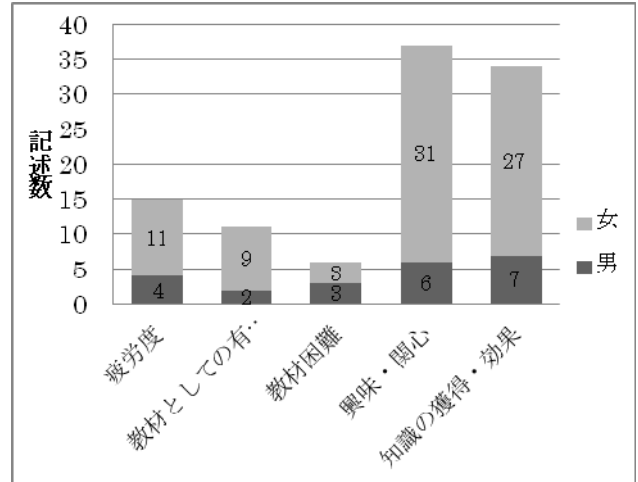


図4 立体視コンテンツに関する記述数2

立体視に関する眼球疲労の問題は、取り去れない問題の一つである。輻輳と調節の不一致から疲労を感じると言われているが、井上ら[7]によると視差量が60min以内であれば、視覚系にあまり負担とならないと結論付けている。また、3DC安全ガイドラインでは快適視差範囲の最大視差角1度を目安として示している。今後立体視を観視する際には、慣れることも重要である。また、視差角1度以内で観視させることを前提に、立体視コンテンツを教材として活用できるのではないかと考える。

### 3.2 実験2

心理要因に基づく立体感覚に関する評価を図5に示す。事後

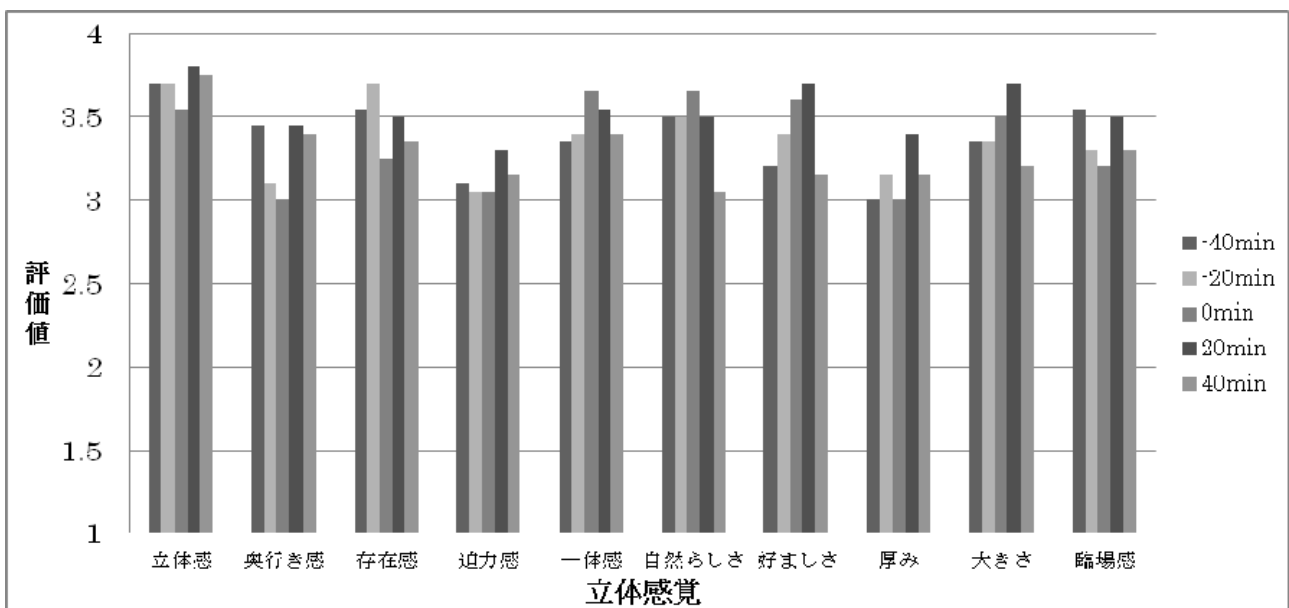


図5 奥行き呈示位置別立体感覚に関する評価

調査により、視力が極端に低い被験者や、実験中立体視が見えたり見えなかったりしたと答えた被験者、データ取得に関し不具合が生じていると分かった被験者のデータを除いて処理した。有効なデータの被験者は、20名（男性9名、女性11名）である。

まず、立体感覚について考察をする。図5から、立体感や奥行き感、存在感、臨場感については、視差角 0min のスクリーン上の奥行き呈示位置が最も評価が少ない。つまり、この4感覚においては、対象物が飛び出したりは引っ込みの奥行き呈示位置である方が高い評価を得ている。スクリーン上の位置でも対象物が球体で立体視されているため、多少の飛び出しは感じていると思われるため、低い評価でもなかった。それぞれ奥行き呈示位置の違いによる有意差は確認できなかった。逆に一体感や自然らしさ、好ましさ、大きさについては、飛び出し量や引っ込み量が大きくなると評価が下がっている。これは、飛び出し量や引っ込み量が大きくなるということは、視差角も大きくなり、輻輳と調節の差が大きくなることなど違和感が少なからずとも発生し、自然らしさに影響が出ていると推測される。またそれに伴い好ましさなども低下すると考えられる。これらは、立体視に慣れると解消できる可能性もあり、今後継続的な測定が必要となる。迫り感や厚みに関しては、奥行き呈示位置 20min の飛び出し量の評価が高かった。飛び出し量が一番大きい方が迫りもあるのではと考えられるが、本実験の被験者には視差角が大き過ぎてしまったのかもしれない。これも、慣れにより解消できる可能性がある。対象物である球体の中心が 40min であるため、実際はそれ以上に飛び出て感じていたのかもしれない。

次に事後調査について結果と考察を述べる。事後調査により、立体視の奥行き呈示位置において飛び出しと引っ込みに好みがあることが分かった。20人中14人は飛び出した方が良かったと回答している。残り6人は引っ込みの方が好みであった。立体感覚の評価に関しては男女の差はあまり無い事が多いが、飛び出しと引っ込みに好みは分かると示唆される。データ分析において、予め飛び出しを好む被験者と引っ込みを好む被験者に分けて行う事も有効ではないかと考えられた。

最後に、自由記述から、教材として立体視コンテンツをどのように感じているのかを検討する。立体視コンテンツは、興味をもたせられると言う意見が多かった。「天体などは他の星との距離や奥行きが立体的など教科書で見るとより分かりやすい」や、「天体も自転、公転などの現象があり、平面では伝わりにくい場合もありますが、3D ならばよりわかりやすく説明ができる」、「立体的に見たほうが想像しやすかった」など、好評価であった。また、注意を促す意見として、「長時間見ていたため目の疲れが多少あった」や、「生徒たちの目に対する安全性などの配慮をした方が良いと感じた」など、目に対する違和感などが記載されていた。これらは、より見やすい提示装置の開発

や立体視への慣れである程度解決できるのではと考えている。発展的な意見として、「映像に解説などの音声に乗せ、わかりやすくすることができれば生徒たちの興味・関心を引きやすく、理解もしやすくなるのでとてもいいと思った」や、「短時間で効果的に使用するためには使い方の工夫が必要」と、今後の活用に期待する記述もあった。

実験2のまとめとして、奥行き呈示位置の違いから心理要因に基づく立体感覚を測定したが、試行回数が少ないことや慣れの問題もあり、有効と言えるデータでは無いかもしれない。しかし、実際に立体視を呈示する場面では、様々な人が観視するという事を想定すると、立体視初心者や低視力者、あるいは立体視不可能な場合も多々あると思われる。呈示方法の改善やコンテンツの作り込みなど、教材として活用出来るよう今後さらに研究を進めたいと思う。

#### 4. おわりに

本研究では、立体視天体コンテンツにおいて、実験1ではその有用性と関心度を調査した。約65%が関心を示していた。講義コメントにおいては、有用性に関する記述が多く確認できた。2週間後、改めて調査すると、興味・関心や知識の獲得・効果の記述が増える事が分かった。実験2では、奥行き呈示位置の違いから心理要因に基づく立体感覚の評価を行い、有用性について考察した。自由記述には、発展的な意見もみられ、立体視コンテンツは今後教材として活用できる可能性は十分あると分かった。

#### 参考文献

- 1) 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2005) 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査質問紙調査集計結果(一部修正版)―理科―  
[http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/0300104000007003.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/0300104000007003.pdf) (accessed 2011.03.27)
- 2) 国立教育政策研究所教育課程研究センター (2003) 平成15年度小・中学校教育課程実施状況調査 教科別分析と改善点―[中学校]理科―  
[http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei\\_h15/H15/03001040030007004.pdf](http://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/H15/03001040030007004.pdf) (accessed 2012.03.27)
- 3) 3D コンソーシアム (2011) 3DC安全ガイドライン。  
[http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt\\_wg\\_rep/3dc\\_guideJ\\_20111031.pdf](http://www.3dc.gr.jp/jp/scmt_wg_rep/3dc_guideJ_20111031.pdf) (accessed 2011.11.11)
- 4) mitaka  
<http://4d2u.nao.ac.jp/html/program/mitaka/> (accessed 2012.05.5)
- 5) 理科ネットワーク (2013) 宇宙と天文「小学校用/C月の動き(月の満ち欠け)」  
[http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0040a/contents/es/fs\\_c04.html](http://rikanet2.jst.go.jp/contents/cp0040a/contents/es/fs_c04.html)
- 6) 泉武博:3次元映像の基礎, pp.37-42, オーム社 (1995)
- 7) 井上ら:視覚機能からみた立体映像の呈示条件, テレビジョン学会誌, Vol.48, No.10, pp.1301-1305, 1994