

Study of Development and Effective Use of Multi-view VR Teaching Material

瀬戸崎, 典夫
早稲田大学人間科学学術院

<https://doi.org/10.15017/16974>

出版情報：九州大学, 2009, 博士（工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：



第2章

ニーズ調査に基づいた多視点型太陽系 VR 教材の開発

2.1 VR 教材の位置づけ

本研究は、天文分野の課題に着目し、「月の満ち欠けのしくみ」に重点を置いた太陽系 VR 教材を開発することとする。月の満ち欠けのしくみを理解するためには、視点移動を伴う空間的な理解が必要となり、VR 教材を用いることによって仮想空間内で 2 次元では提示できない 3 次元での事象を提示することが可能である。また、VR 教材は、実際に体験できない宇宙空間を提示することが可能である。そこで、天文分野は VR 教材の試験的な題材として適した分野であると判断し、「月の満ち欠けのしくみ」を題材として選定した。

天文分野の課題について述べると、小学 4～6 年生の約 4 割が天動説を支持し、月の満ち欠けの理由を理解していない児童が半数以上を占めている[35]。「地球は年に 1 回、何のまわりをまわっていますか」の問題において、日本の小学 4 年生の正答率は、国際平均値 67.5% を下回る 57.9% であった[36]。また、中学校理科、第 2 分野における、「天体の動きと地球の自転・公転」の単元については理科教員の 77.3% が生徒にとって理解し難いと回答している[37]。

平成 21 年度から施行された学習指導要領では、小・中学校とも理科の授業時間数が増加した。理科の地球領域では、小学校で「月と星」、「月と太陽」、中学校で「天体の動きと地球の自転・公転」、「太陽系と恒星」を学習することとなっている[38][39]。しかしながら、児童・生徒にとって回転相対運動する天体の位置関係を理解することは容易なことではない[40]～[42]。

天文分野の学習において、視点移動能力は重要な役割を果たしている。上下、左右、前後、方位などの方向概念および回転概念は視点移動能力を基にして形成される。天文分野の様々な課題を解決するには、図 2-1 に示すように地球上から見上げるような天動説的な視点と、太陽系を外側から俯瞰するような地動説的な視点の両者を理解し、それらの切り替えを自在に行えることが不可欠である。

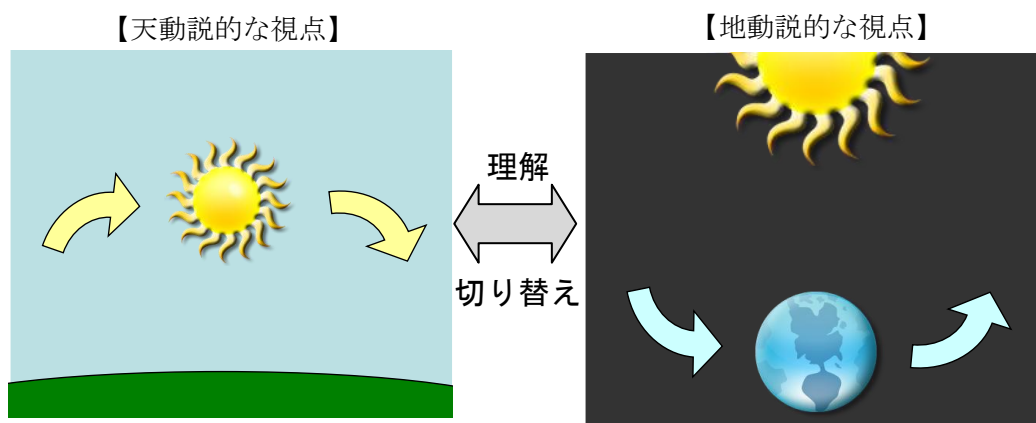


図 2-1 天動説的な視点と地動説的な視点の切り替え

松森(1983)は、視点移動能力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[43]。そして、ⅠA→ⅠB→ⅡA→ⅡBの順に高次な能力であることを示した。さらに、森田ら(2003)は具体的視点移動から心的視点移動への転換を支援するタイプⅢA(仮想的かつ能動的視点移動)、タイプⅢB(仮想的かつ受動的視点移動)を追加した[44]。図2-2に松森が提言した類型に森田らが試作した類型を加えたものを示す。心的視点移動は具体的な教材を必要としないタイプの活動であり、児童・生徒の到達目標として位置付けることができる。本研究で開発するVR教材は、視点移動の転換を支援する仮想的視点移動を促すタイプⅢAおよび、タイプⅢBに位置付けられる。

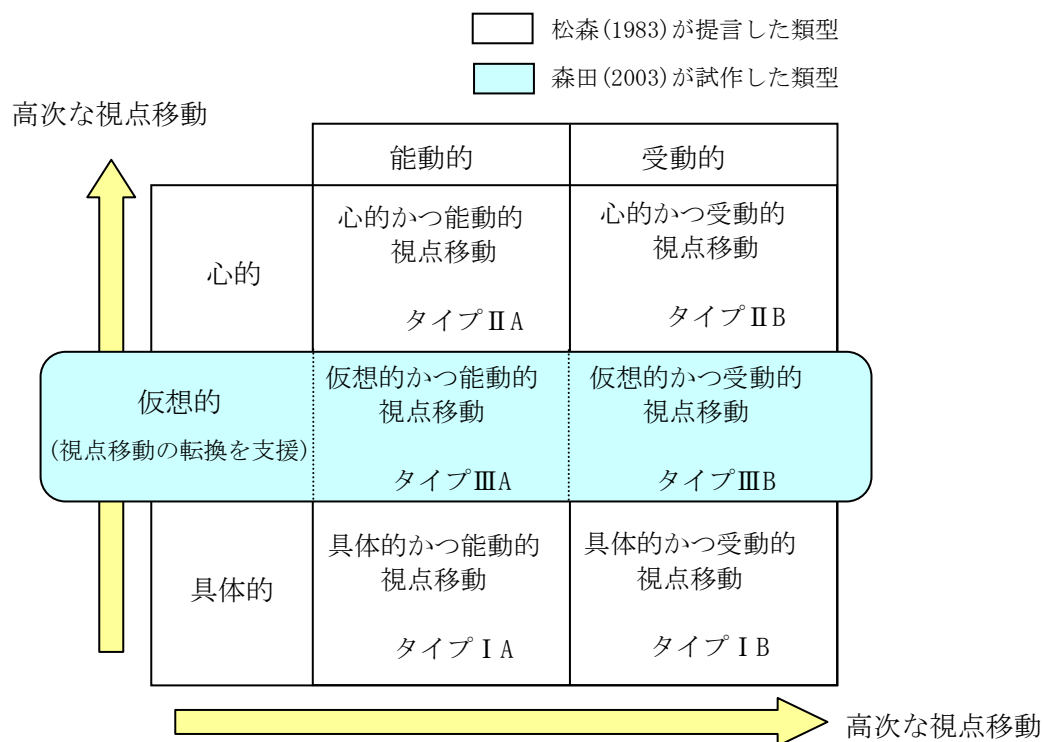


図2-2 視点移動の類型

2.2 立体映像生成について

2次元映像による教材は、理科ネットワークにおいて提供されている映像教材[45]，NHK映像クリップ[46]など，インターネットを介して比較的容易に利用できる．一方，3次元映像は，開発に要するコストが高く，大型の機材を学校に持ち込み設置することが困難である．そのため，3次元映像による教材は発展途上の段階であり，教材が与える学習効果も明らかにされていない．そのため，教育現場における実用化には至っていない．VR教材が与えることができる臨場感を考慮すると，3次元映像は実物を目の前にしたような感覚を与えることができ，重要な要素であると考えられる．そこで，本研究で開発するVR教材は3次元映像による教材とする．

本研究で開発するVR教材は，観察者に3次元立体視を実現させる方法として直線偏光方式を採用する．その他の立体再現方式として液晶シャッターメガネ式や，HMDなどが挙げられるが，「電子機器が不要」，「故障がない」，「安価」という理由から本研究で用いる立体再現方式として採用する．

図2-3に示すように直線偏光方式のシステムは通常2台のプロジェクタが必要となり，それぞれ右目用，左目用の映像を投影する．そして，左右の眼に対応する映像を同時に投影したプロジェクタレンズの前に偏光軸が互いに直行する直線偏光フィルタを配置する．図2-4に示すように，2重に提示された投影映像を観察者は偏光フィルタのついたメガネを通して見ることで，両方の映像が分離され，3次元立体視を実現させる．

一方，頭を少しでも傾けるとプロジェクタレンズの前に設置した偏光フィルタと偏光メガネの偏光軸の方位角が異なるため，分離状態の低下をまねき，他眼の映像が見えてしまい，立体視ができない．鑑賞者は常に頭を垂直にしておかねばならず，首の筋肉の疲労が大きいという問題がある．図2-5に示す円偏光の場合は右回りか左回りの回転方向によって映像を分離し，鑑賞者の首の角度に関係しないので直線偏光での問題は生じない．しかしながら，直線偏光は円偏光と比較してクロストーク（ゴースト）が発生する割合が少なく，映像の「キレ」がよい．また，VR教材の使用は映画鑑賞と異なり，短時間の利用を想定しているため，首の疲労は軽減される．そこで，本研究では3次元立体視による提示方法として直線偏光方式が適しているとして採用する．

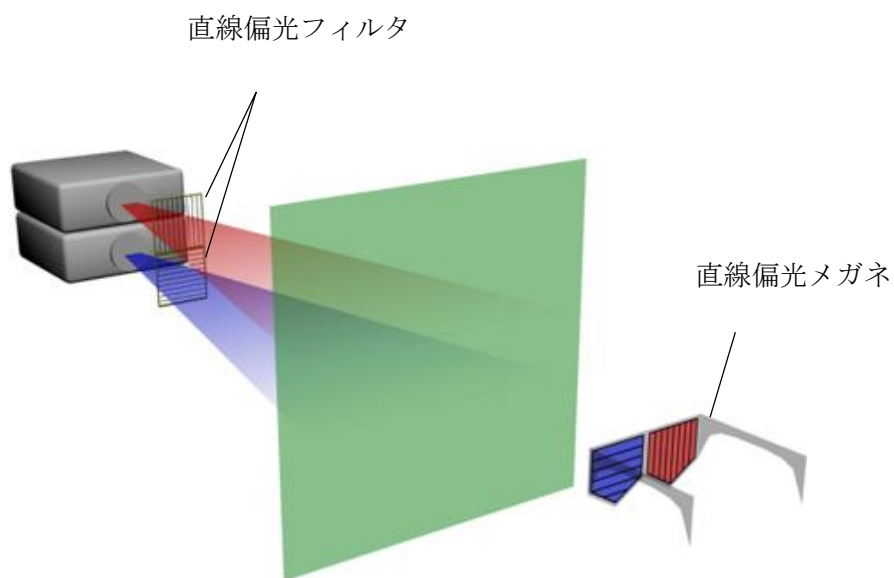


図 2-3 直線偏光方式

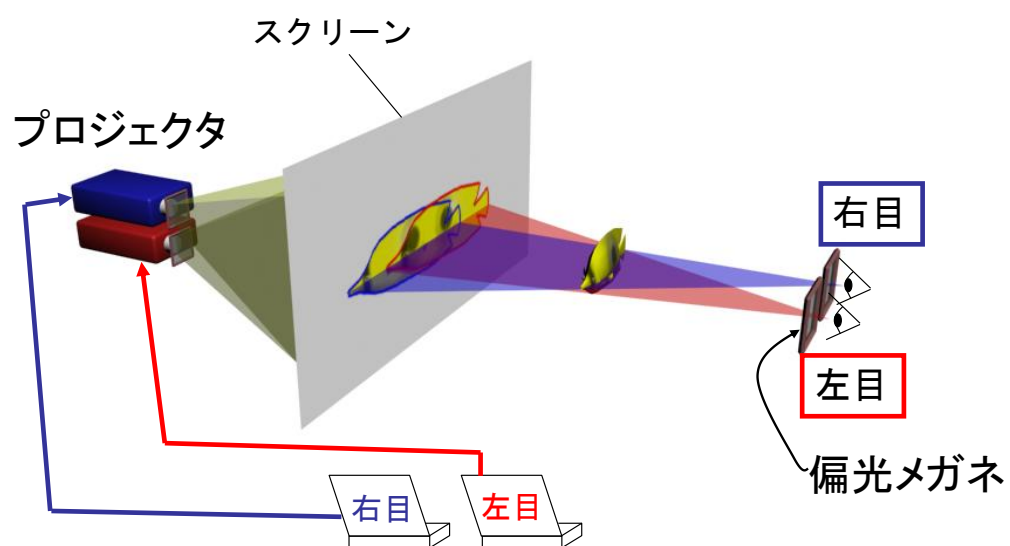


図 2-4 立体映像の提示

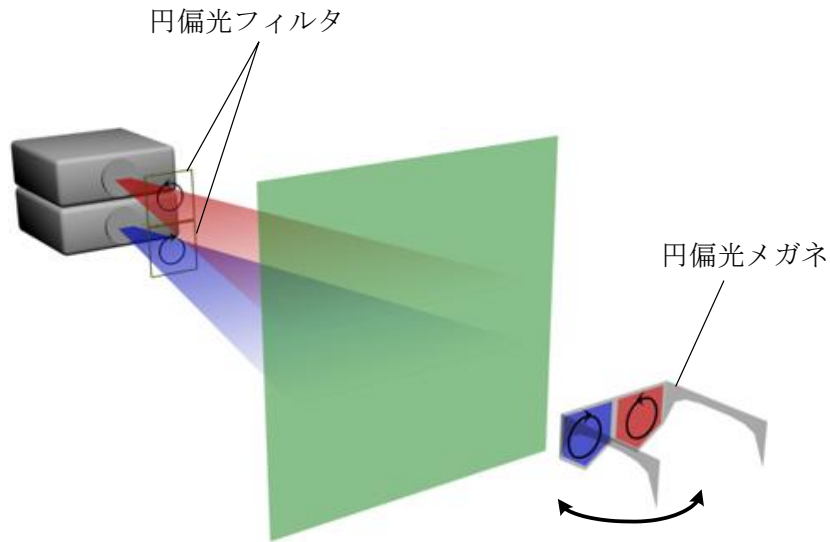


図 2-5 円偏光方式

2.3 教員を対象としたニーズ調査

2.3.1 目的

VR 教材を教育現場に導入するためには、授業実践を通して様々な視点から知見を得る必要がある。一方、現在までに VR 技術が教育現場に用いられた事例はあるが、現場の教員の意向を取り入れて開発されたものはない。また、簡易式没入型提示システムを学校に持ち込んだ授業は成されておらず、どのような VR 教材が学習者や授業者に求められているかの検討もなされていない。したがって、教育現場への導入を視野に入れた VR 教材の開発をするためには、授業者の観点を基に教材開発を行う必要がある。

そこで、教育現場で利用可能な VR 教材の開発のための基礎データを得ることを目的とし、教員を対象としたニーズ調査を実施する。ニーズ調査は、「教材の使用」、「生徒の現状」、「VR 教材に必要な機能」について調査を行う。

「教材の使用」については、現在の教材の使用状況と VR 授業に対する興味を調査することを目的とする。「生徒の現状」については、指導する際に生徒に空間認知させることがどれほど困難であるか調査することを目的とする。「VR 教材に必要な機能」については、VR 教材を開発するにあたって教員が必要とする機能を調査し、教材開発の参考とすることを目的とする。

2.3.2 評価方法

「教材の使用」と、「生徒の現状」についての調査は、研究に関する知識を持たない教員 21 名を対象とした。調査用紙は、筆者が作成し、2006 年 5 月 30 日～2006 年 6 月 13 日に実施した。VR についての説明を調査用紙に記載し、回答時間の指定は行わなかった、教員に調査用紙を配布し、郵送によって回収した。調査の実施詳細を表 2-1 に示す。

「教材の使用」の調査では、表 2-2 に示す設問項目を用いた。調査の対象となる単元は指定せず、現在の教材の使用と VR 教材についての興味についての回答を得た。

「生徒の現状」の調査では、7 つ因子に対して指導することが困難であるか質問した。7 つの因子とは心理学者サーストンが挙げた知能の基本因子の「言語力」、「数、計算」、「空間的關係」、「記憶」、「推理、推論」、「語の流暢性」、「知覚認識」である[47]。

調査は、「非常にそう思う」、「そう思う」、「そう思わない」、「まったくそう思わない」の 4 段階の選択肢を設けた。

表 2-1 「教材の使用」、「生徒の現状」についての調査について

対象：教員 21 名（小学校，中学校，高等学校）
実施日：2006 年 5 月 30 日～2006 年 6 月 13 日
回答時間：指定なし
調査方法：調査用紙を学校に配布し、郵送による回収
調査用紙作成：筆者

註 調査用紙を付録 2（調査用紙 1）に掲載

表 2-2 「教材の使用」についての質問項目

具体的な事例を用いた教材が必要だ
教科書や黒板以外の教材が必要だ
立体映像コンテンツを使用したい
VR 授業を取り入れたい
現在十分な教材がある
教材を準備する時間は十分ある
立体映像コンテンツを利用して授業している

「VR教材に必要な機能」についての調査は、研究に関する知識を持たない教員35名を対象とした。調査用紙は、筆者が作成し、2006年6月27日～2006年6月30日に実施した。VRについての説明を調査用紙に記載し、回答時間の指定は行わなかった。教員にeメールにて調査用紙を送付し、電話による口頭回答を行った。調査についての実施詳細を表2-3に示す。

「VR教材に必要な機能」は、表2-4に示す機能に対する必要性について回答を求めた。必要であると考えられる機能を「コンテンツ要素」、「システム要素」、「教育的要素」について10項目挙げた。なお、VR教材についての科目や単元については、指定しなかった。

調査は、「無回答」を除外し、「非常にそう思う」、「そう思う」、「そう思わない」、「まったくそう思わない」の4段階の選択肢を設けた。

表2-3 「VR教材に必要な機能」についての調査について

対象：教員（小学校，中学校，高等学校）
実施日：2006年6月27日～2006年6月30日
回答時間：指定なし
調査方法：eメールにて送付および、電話による口頭回答
調査用紙作成：筆者

註 調査用紙を付録2（調査用紙2）に掲載

表2-4 「必要な機能」についての調査項目

【コンテンツ要素】

VTR機能
ズームイン，ズームアウト機能
仮想空間での移動
多視点

【システム要素】

3次元立体視
タッチパネル操作
感覚へのフィードバック

【教育的要素】

単元によるおすすめコース
実物とディフォルメの切り替え
問題形式のコース

2.3.3 結果

「教材の使用」、「生徒の現状」について、教員 21 名(小学校 5 名, 中学校 5 名, 高等学校 11 名)から回答を得た。教員の職務経験は, 5 年未満が 5 名, 6~10 年が 2 名, 11~20 年が 6 名, 21 年以上が 8 名であった。中学校, 高等学校教員の専門教科は, 理科 6 名, 数学 2 名, 情報 1 名, 社会 3 名, 保健体育 2 名, 家庭科 1 名であった。調査は多様な職務経験と教科の教員からの回答を得た。

VR 教材を用いた授業を見たことがある教員は 11 名, 見たことがない教員は 10 名であった。「非常にそう思う」を 4 点, 「そう思う」を 3 点, 「そう思わない」を 2 点, 「まったくそう思わない」を 1 点として, 「VR 教材を用いた授業を見たことがある教員」と「VR 教材を用いた授業を見たことがない教員」の平均値を算出し, 被験者間比較による分散分析によって評価した。その結果, すべての設問項目に対して有意な差はなかった(具体的な事例を用いた教材が必要だ: $F(1, 19)=.36$, n. s. 教科書や黒板以外の教材が必要だ: $F(1, 19)=1.10$, n. s. 立体映像コンテンツを使用したい: $F(1, 19)=.36$, n. s. VR 授業を取り入れたい: $F(1, 19)=.35$, n. s. 現在十分な教材がある: $F(1, 19)=.62$, n. s. 教材を準備する時間は十分にある: $F(1, 19)=2.01$, n. s. 立体映像コンテンツを利用して授業している: $F(1, 19)=2.90$, n. s.)。結果から, VR 教材による授業を見た経験によって質問に対する回答に影響を及ぼさなかった。そこで, VR 授業体験の有無に関わらず, 分析した。

「教材の使用」の調査における結果を表 2-5 に示す。21 名の教員の回答を肯定的な回答と否定的な回答に分類し, 二項検定を行った。「具体的な事例を用いた教材が必要だ」, 「教科書や黒板以外の教材が必要だ」, 「立体映像コンテンツを使用したい」, 「VR 授業を取り入れたい」の質問項目に対して肯定的な回答をした教員が 1%水準で有意に多かった。一方, 「現在十分な教材がある」, 「教材を準備する時間は十分ある」, 「立体映像コンテンツを利用して授業している」の質問項目に対して否定的な回答をした教員が 1%水準で有意に多かった。

表 2-5 「教材の使用」についての調査結果

質問項目	肯定(人)	否定(人)	P
具体的な事例を用いた教材が必要だ	21	0	.00
教科書や黒板以外の教材が必要だ	21	0	.00
立体映像コンテンツを使用したい	21	0	.00
VR授業を取り入れたい	19	2	.00
現在十分な教材がある	3	18	.00
教材を準備する時間は十分ある	0	21	.00
立体映像コンテンツを利用して授業している	1	20	.00

※P=人数の偏りが偶然下で出現する確立(両側検定)

「生徒の現状」の調査における結果を図 2-6 に示す。「指導することが困難だ」の設問に対して、教員の 85.7%が「空間的關係」について「非常にそう思う」「そう思う」と回答した。その結果、知能の 7 因子の中の「空間的關係」は他の因子に比べ、教員にとって指導することが困難な因子であることが明らかになった。

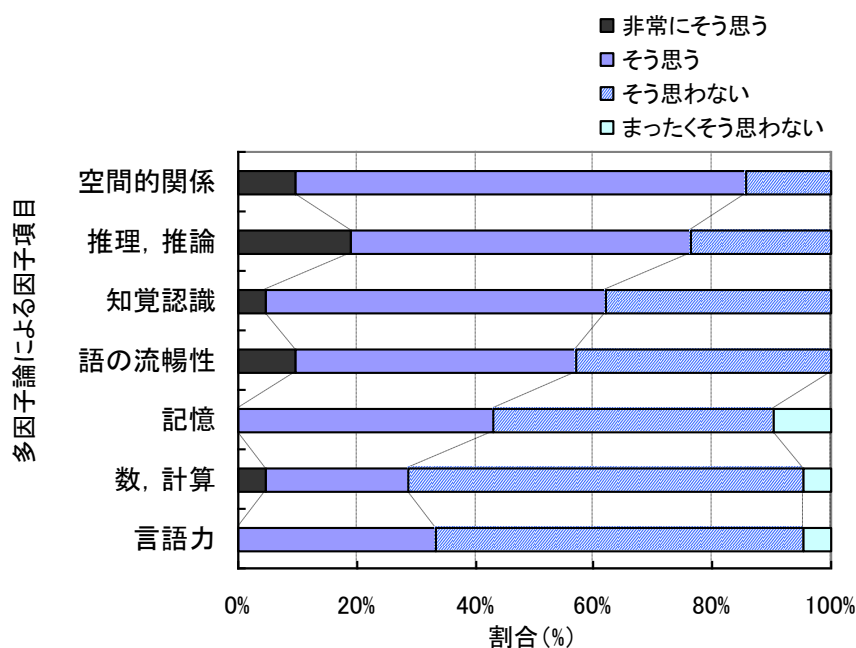


図 2-6 「生徒の現状」についての調査結果

「VR 教材に必要な機能」について教員 35 名(小学校 14 名, 中学校 11 名, 高校 9 名, 養護学校 1 名)から回答を得た。教員の職務経験は、5 年未満が 18 名, 6～10 年が 3 名, 11～20 年が 8 名, 21 年以上が 6 名であった。中学校, 高等学校教員の専門教科は、理科 6 名, 数学 6 名, 社会 1 名, 英語 2 名, 技術 2 名, 保健体育 1 名, 情報 1 名, 商業 1 名, であった。調査は多様な職務経験と教科の教員からの回答を得た。VR 教材を用いた授業を見たことがある教員は 2 名, 見たことがない教員は 33 名であった。

表 2-6 に「VR 教材に必要な機能」についての結果を示す。質問に対して肯定的な回答と否定的な回答に分類し、二項検定を行った。「感覚へのフィードバック」は肯定的な回答が 5%水準で有意であり、その他の項目において肯定的な回答が 1%水準で有意であった。例として挙げた機能は全て必要であることが明らかになった。この結果、今回例として挙げた 10 項目の機能を全て備えた VR 教材を開発することが望ましいことが示唆された。

表 2-6 「VR 教材に必要な機能」についての調査結果

	肯定(人)	否定(人)	P
コンテンツ要素			
VTR機能	35	0	.00
ズームイン, ズームアウト機能	33	2	.00
仮想空間での移動	33	2	.00
多視点	30	4	.00
システム要素			
3次元立体視	31	4	.00
タッチパネル操作	28	7	.00
感覚へのフィードバック	24	10	.02
教育的要素			
単元によるおすすめコース	32	2	.00
実物とディフォルメの切り替え	28	6	.00
問題形式のコース	27	7	.00

※P=人数の偏りが偶然下で出現する確立(両側検定)

2.3.4 考察

「教材の使用」についての調査結果から、教員は黒板や教科書以外の具体的な事例を用いた教材を必要としており、VR 教材について興味を持っていることが明らかになった。しかし、現状として十分な教材がなく、準備する時間もないことが示唆された。現場の教員は、部活やクラブ活動、保護者や PTA の対応等、授業以外の業務の負担が大きいことが要因として考えられる。

「生徒の現状」についての調査結果から、児童・生徒にとって空間認知は困難な課題であり、インタラクティブな操作によって様々な視点から観察できる VR 教材の必要性が示唆された。松森 (1981) の報告によると、ピアジェが用いた三つ山問題と類似した視点移動に関する課題において、正答率は小 3～小 6 では 40%に満たず、中 1～中 3 においても 50～60%と低率であった [48]。荒井 (2000) は、中学生において心的に視点移動する能力が

乏しいと述べ、透明半球を利用した班学習用教具によって視点移動の訓練と習得の場を提供したと報告した [49].

以上の先行研究からも空間認知は児童・生徒にとって理解困難な課題であることが推察される。また、実物の提示や教具の使用によって空間的な理解を向上させる可能性がある。VR 教材は、立体的な具体物を目の前にしたような体験が可能である。したがって、調査結果と先行研究から VR 教材を開発する意義があると考え、教材開発の根拠とした。

「VR 教材に必要な機能」についての調査結果から、今回例として挙げた 10 項目の機能を全て備えた VR 教材を開発することが望ましいことが示唆された。一方、「感覚へのフィードバック」については、否定的な回答が最も多かった。感覚へのフィードバックには、PHANTOM などの力覚を生成する装置などがあり [50]、よりリアルな仮想体験を可能にする。しかしながら、本研究で開発する教材は学校の教室に持ち込み、一斉授業を実施することを想定した教材である。よって、参加できる学習者の人数が限定されること、システムが複雑化して機材の数が増加してしまうことを考慮し、本教材の機能から除外することとした。

2.3.5 ニーズ調査から得られた知見

教員を対象としたニーズ調査から以下の項目が明らかになった。

- ・ 教員は教材を必要としているが、十分な教材があるとはいえず、準備する時間がない。
- ・ 知能の 7 因子の中で、「空間的關係」は教員にとって指導することが困難な因子である。
- ・ VR 教材に必要な機能に挙げた 10 項目に対して教員は全て必要と感じた。特にコンテンツ要素では「VTR 機能」、システム要素では「3 次元立体視」、教育的要素では「単元によるお勧めコース」の機能があることが好ましい。

以上の結果を設計指針とし、天文分野を例とした多視点型太陽系 VR 教材の開発を行った。

2.4 教材開発と装置の構成

2.4.1 多視点型太陽系 VR 教材の開発

教員を対象としたニーズ調査から得た知見を基に、多視点型太陽系 VR 教材を開発した。CG 制作に関して、3 次元コンピュータグラフィックスのソフトウェアである 3d Studio Mx7 を用いた。地球、月などのモデルに惑星や衛星のテクスチャには、NASA (National Aeronautics and Space Administration) が公開している画像を使って[51]、より正確なデータを提供することとした。図 2-7 に 3ds Mx7 による制作画面を示す。地球には、衛星による写真に加えて大気の様子を表したテクスチャを貼り付けることで、表面に再現性を高めるように制作した。

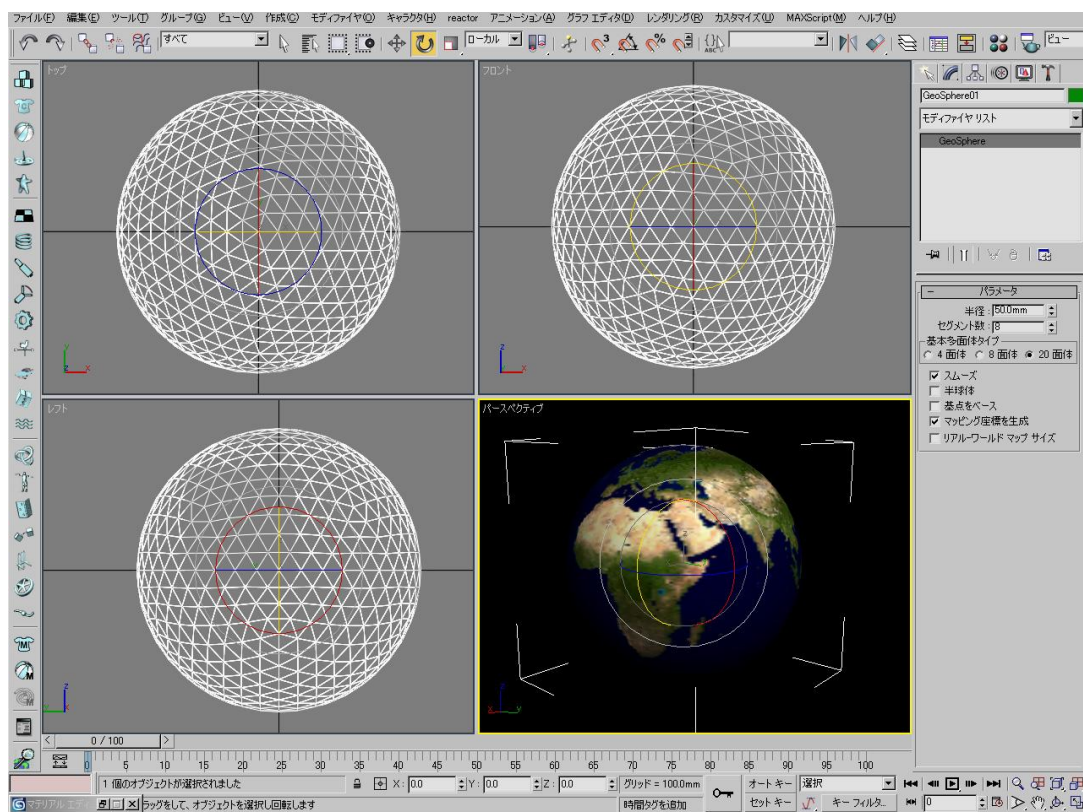


図 2-7 3ds Mx7 による CG 製作画面

2.4.2 多視点型太陽系 VR 教材の特徴と操作方法

多視点型太陽系 VR 教材は、「月の満ち欠けのしくみ」を教授する内容に重点をおいた教材である。そのため、仮想空間に太陽系を配置し、インタラクティブに操作しながら太陽、地球、月の位置関係を観察することができる教材とした。また、地球と月の相對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。一方、各天体の正確な大きさや距離をシミュレーションすることで、学習者の理解を妨げると判断し、抽象化して制作した。本教材において、実際の現象を重要視し、正確にシミュレーションした箇所を表 2-7 に示す。

教材の特徴として、太陽系を俯瞰する映像だけではなく、地球からの視点を同時に提示することができ、学習者の視点移動を支援する教材として開発した。また、天文分野に対する学習者の興味・意欲を引き付けることを目的に、太陽、地球、月以外の天体として、水星、金星、火星、木星、土星を配置した。金星や火星は月の満ち欠けの応用として惑星の満ち欠けのしくみを学習することが可能である。以下の（１）～（６）に VR 教材の特徴について述べる。

表 2-7 正確なシミュレーションを要した項目

カテゴリー	シミュレーション項目
地球	・自転周期 ・公転周期 ・地軸の傾き(公転面に対して23.4度傾ける) ・地球画像のマッピング
月	・自転周期 ・公転周期 ・月画像のマッピング
他の惑星	・公転周期 ・惑星画像のマッピング

（１）時間軸の制御

地球の自転、公転周期を基準とした時間の制御が可能である。「時間」、「日」、「月」の単位で操作し、時間の変化による太陽、地球、月などの位置関係を把握することができる。また、VTR 機能を取り入れた。天体の自転速度や公転速度を制御することによって、学習者は惑星や衛星の自転と公転の様子を観察することができる。

(2) 教材の抽象化

前述したように、本教材は月の満ち欠けのしくみを理解させることに重点をおいているため、不必要であると判断した部分は抽象的に表現した。しかし、大きさや距離感などは学習者に誤った知識として定着させる恐れがある。そこで、学習者に抽象的に表現していることを理解させるために、実際の距離や大きさで配置したコンテンツに切り替えることが可能である。

(3) 天体を選択することによる仮想空間の移動

宇宙空間には、上下左右の概念がないため、仮想空間を自由に探索する作業において、地球や月などの天体の位置を把握することが困難である。そこで、授業者が提示したい場所に移動するのに要する時間を短縮するために、観察者の視点を選択した天体に瞬時に移動できる機能を搭載した。選択可能な天体は図 2-8 に示す 8 つである。

また、天体を複数選択することが可能であり、図 2-9 に示すように選択した天体の中間地点に視点を設定することができる。月の満ち欠けの様子を観察する場合に地球と月を同時に提示したい場合に使用する。例えば、地球と月を同時に提示したい場合には、複数選択のボタンを ON にして、地球と月の二つを選択する。

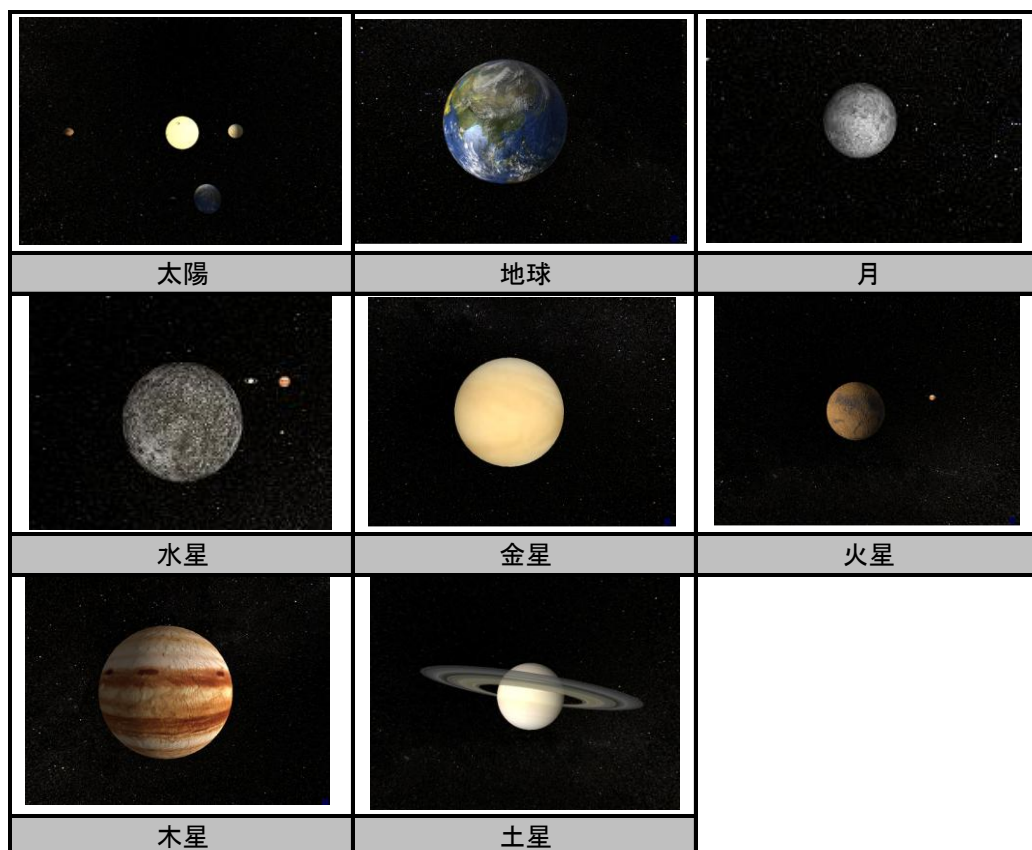


図 2-8 選択可能な天体

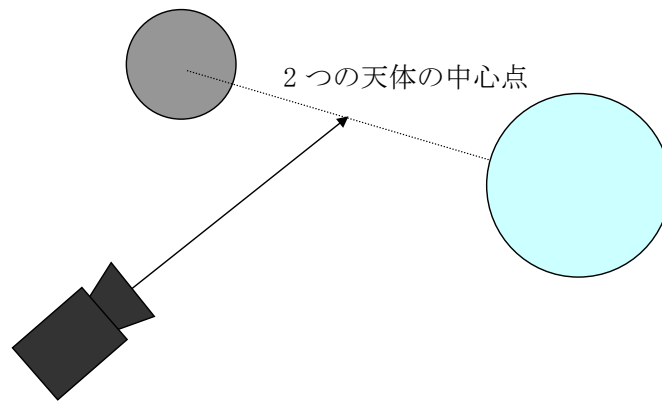


図 2-9 天体の複数選択

(4) 仮想空間の移動

前述したように、宇宙空間を自由に探索する作業は、上下左右の概念がないため、非常に困難である。そこで、本教材では図 2-10 に示すように仮想空間に上下左右の軸を設けた。2 つの軸を操作することによって指定した天体を宇宙空間のどの視点からも観察することができる。なお、対象となる天体を選択し、ズーム機能を操作することでも移動可能である。

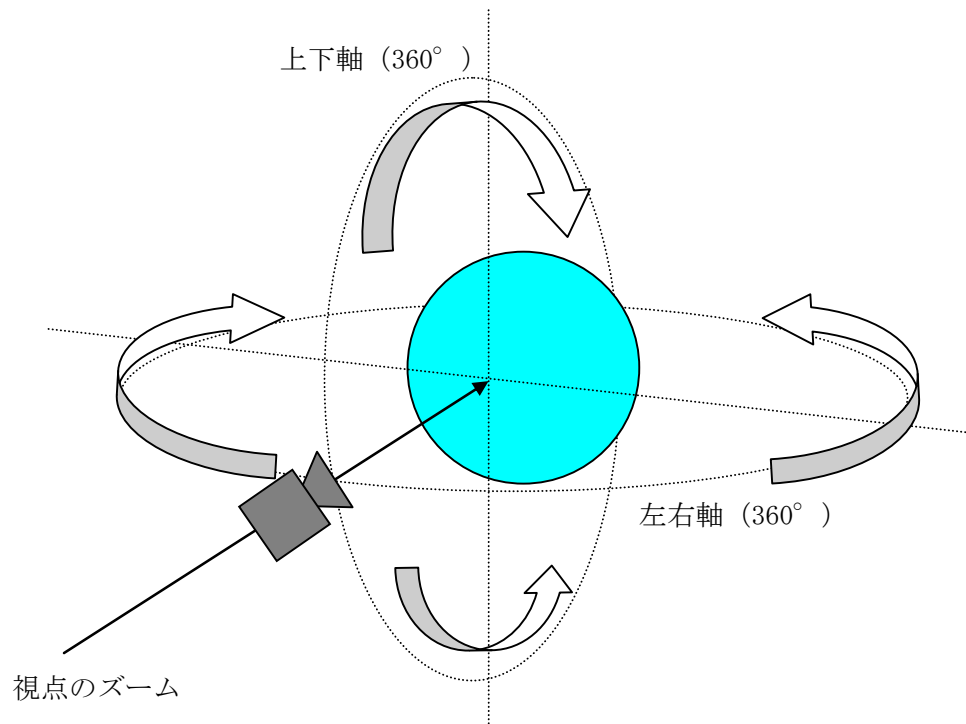


図 2-10 仮想空間内の移動

(5) サブウィンドウの表示

本教材は太陽系を俯瞰する視点だけではなく、地球からの視点を設けることで月の満ち欠けの理解を促す教材である。そこで、図 2-11 に示すようにサブウィンドウを設置することで地球から見た視点を提示した。

サブウィンドウの提示サイズは操作可能であり、授業者の判断により画面から隠すこともできる。授業者は地球から見た月の満ち欠けの様子を学習者に問題形式として出題することにより、授業を進行することができる。また、その際に重要となってくるのが地球における観察者の位置である。本教材は地球からの観察地点を日本に設定し、必要に応じて図 2-12 に示すように提示することが可能である。



図 2-11 サブウィンドウの搭載

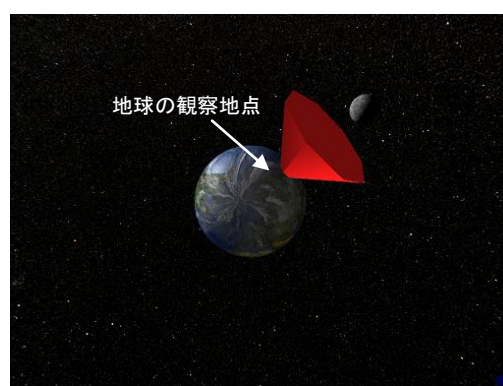


図 2-12 観察地点の提示

(6) 液晶ペンタブレットによる操作

ICT (Information and Communication Technology) に不慣れな教員でも比較的操作が容易になるように本教材は、図 2-13 に示す液晶ペンタブレット DTI-520 U Model (15 型) を使用した。操作方法は、図 2-14 に示す操作画面に対してタッチペンを用いて直感的に操作する。操作画面の解説を表 2-8 に示す。



図 2-13 液晶ペンタブレット DTI-520 U Model (15 型)

(資料元 : <http://tablet.wacom.co.jp/products/cintiq/dti520/>)

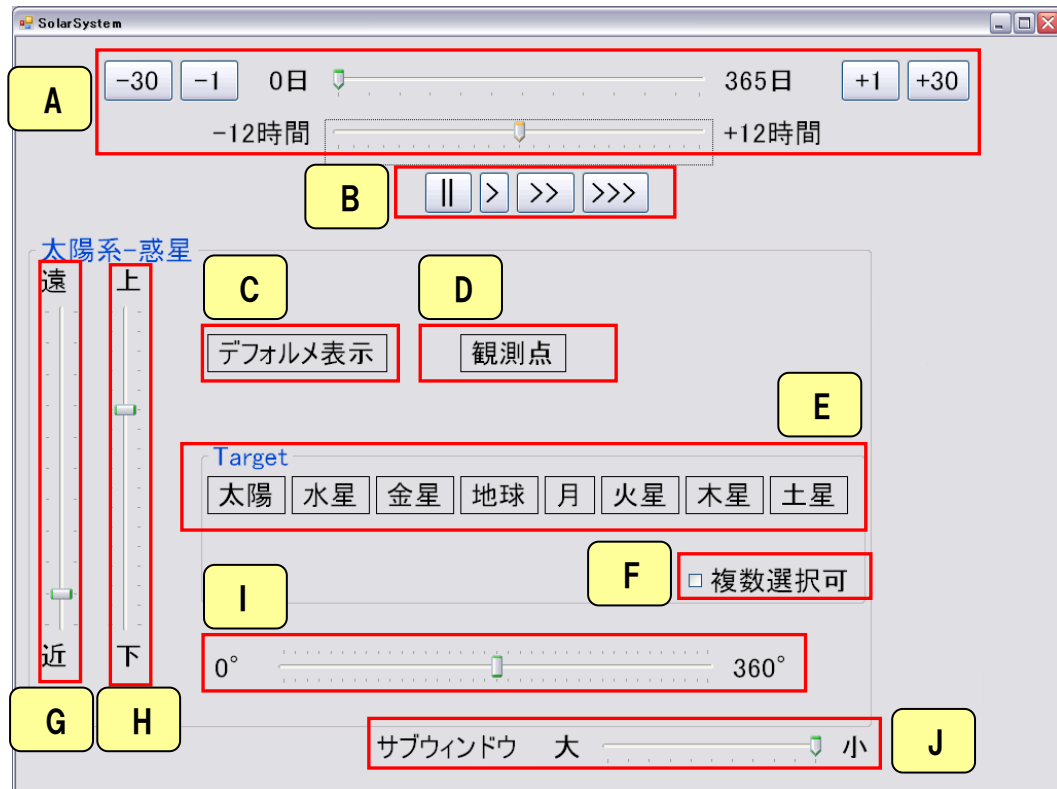


図 2-14 操作画面

表 2-8 VR 教材の機能と操作箇所

操作箇所	名称	機能
A	時間コントロールバー	時間, 日, 月の単位で時刻を操作
B	VTRボタン	停止, 再生, 早送りの操作で天体の自転・公転速度を変更
C	デフォルトボタン	実物比とデフォルト比の切り替え
D	観察点ボタン	地球上のどこから観察しているかを表示
E	Targetボタン	画面の中心となる天体を選択
F	複数選択ボタン	画面の中心となる惑星を複数選択するモードへの切り替え
G	ズームバー	選択した惑星を中心にズームイン, ズームアウト
H	上下アングルバー	選択した惑星を中心に上下の軸を基準に視点を移動
I	左右アングルバー	選択した惑星を中心に左右の軸を基準に視点を移動
J	サブウィンドウバー	サブウィンドウのサイズを変更

2.4.3 スクリーン提示システムの構成

図 2-15 にスクリーン提示システムの構成を示す。

スクリーン提示システムは、リア・プロジェクションの方式を採用した。フロント・プロジェクション方式では、教員や生徒の影が障害になってしまう。影が映りこまないように設置するためには、天吊りによって投影する方法があるが、設置のための機材の数、設置に要する時間、安全面を考慮すると移動可能な装置としては問題が生じる。そこで、影を気にせずに教授できるようにスクリーン背後から映像を投影するリア・プロジェクション方式を採用した。実際に設置した様子を図 2-16 に示す。

また、スクリーンは偏向タイプソフトスクリーンを U 字に湾曲させたものを使用した。平面スクリーンと比較して、視野角が増加し、没入感を向上させることが可能である。また、設置に関しても塩化ビニールをフレームとして使用することで容易に設置することが可能である。

U 字に湾曲させた 5000×2000 [mm] の偏光タイプソフトスクリーンに、図 2-17 に示すように設置された 2 台の DLP プロジェクタを用いて映像を提示する。制御 PC から分配器を通して 2 台のプロジェクタに接続されており、視点が異なる 2 つの映像をスクリーンに提示する。また、制御 PC から LAN ケーブルによって操作 PC に接続されている。さらに、操作 PC は液晶ペンタブレットに接続されており、タッチペンを用いて簡単に操作できるようになっている。図 2-18 に示すように授業者は、制御 PC の一方の映像が提示された教師用モニターをみながら授業を進行する。スクリーンに投影された映像は、偏光メガネを用いることによって、3 次元立体視できる。

表 2-9 に制御 PC の仕様、表 2-10 にプロジェクタの仕様、表 2-11 に液晶ペンタブレットの仕様をそれぞれ示す。

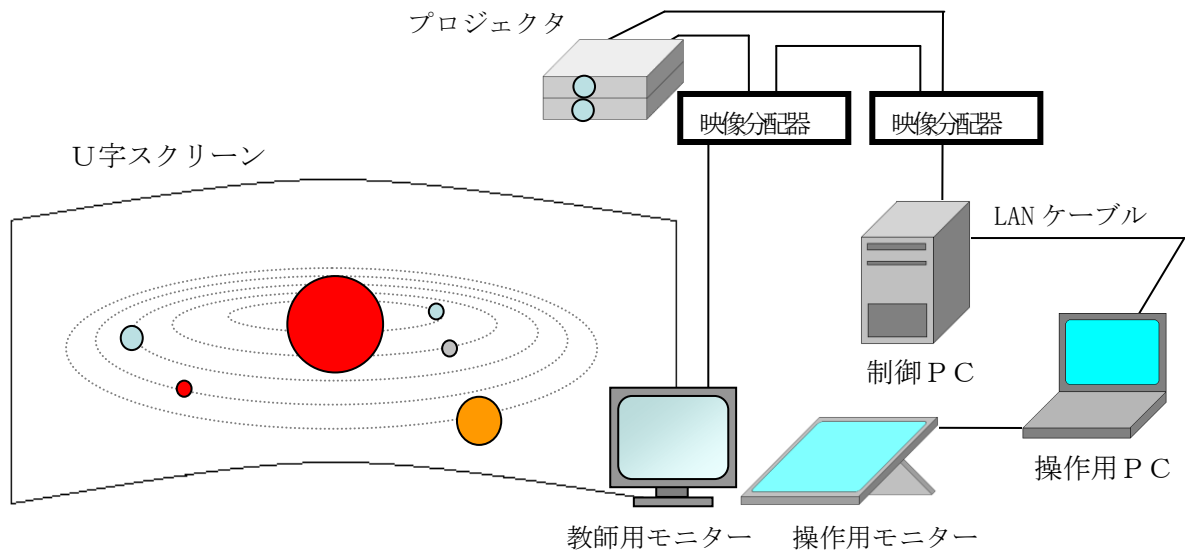


図 2-15 スクリーンシステムの構成



図 2-16 スクリーン提示システムの設置図

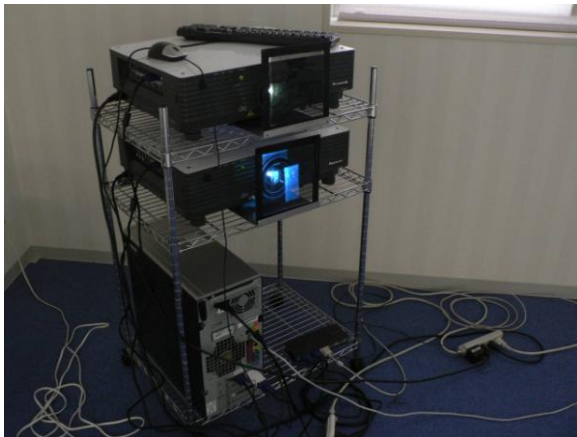


図 2-17 プロジェクタ

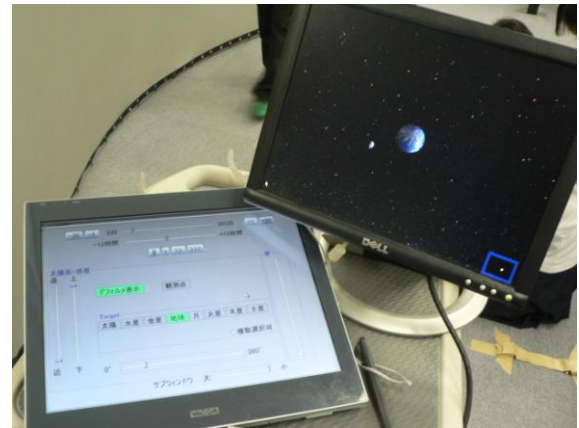


図 2-18 タッチパネルと教師用モニター

表 2-9 制御 PC の仕様

DELL DIMENTION 9100

OS	Windows XP home Edition Ver2002 service Pack2
CPU	Pentium(R)4 3.00GHz
メモリ	1 GB
グラフィックボード	NVIDIA GeForce 6800

表 2-10 プロジェクタの仕様

Panasonic TH-D5500L

使用電源	AC100V 50Hz/60Hz
消費電力	770W
光源ランプ	300W UHMランプ × 2灯
光出力	5000lm
投射画面サイズ	50～600型
画面アスペクト比	4:3
コントラスト比	1600:1
外形寸法	横幅:530mm 高さ:167mm 奥行:425mm
質量	12.9kg

表 2-11 液晶ペンタブレットの仕様

Wakom DTI-520 U Model

モニターサイズ	15インチ
消費電力	23W
コントラスト比	500:1
外形寸法	横幅:344mm 高さ:49mm 奥行:300mm
質量	4.6kg
詳細機能	USB HUB, タッチパネル

2.4.4 スクリーン提示システムの組み立て

スクリーン提示システムの仕様と組み立て手順について述べる。本システムは、簡易式没入型提示システム（Portable Immersive Projection Technology System: P-IPTS）を自立可能にし、運搬や組み立てを容易にしたものである。スクリーンは偏光タイプのソフトスクリーン（スチュワート社製 投影部サイズ 5000×2000[mm]）を使用し、塩化ビニールのパイプをフレームとして使用している。塩化ビニールは軽量で加工しやすく柔軟性があるため、本スクリーンのフレームとして採用した。図 2-19 に示すようにフレームは分解することができ、15 本のパイプから構成される。最長で 4000mm のパイプがあるが塩化ビニールのパイプは柔軟に曲げることができるため、荷室が 3m 以上の車両であれば積み込むことができ、運搬することが可能である。本スクリーンは 2 名で 20 分程度あれば組み立てることができる。表 2-12 に必要な塩化ビニールパイプとジョイントチーゾの詳細を示す。塩化ビニールのパイプは差し込むだけで連結することができるため、特別な工具や技能は必要としない。



図 2-19 フレームの構成

表 2-12 塩化ビニールパイプとジョイントチーゾ

【塩化ビニールパイプ（内寸 20mm，外寸 30mm）×15】
4000mm×1，3320mm×2，2800mm×2
2100mm×2，1900mm×1，1700mm×1
1670mm×2，1150mm×4
【T 型ジョイントチーゾ（内寸 30mm，外寸 40mm）×10】
【I 型ジョイントチーゾ（内寸 30mm，外寸 40mm）×3】

外枠のフレームは、図 2-20 に示すように 8 本の塩化ビニールパイプで構成されており、8 つの T 字型ジョイントチーゾによって連結する。図 2-21 に示すように塩化ビニールを連結するには道具を必要としない。

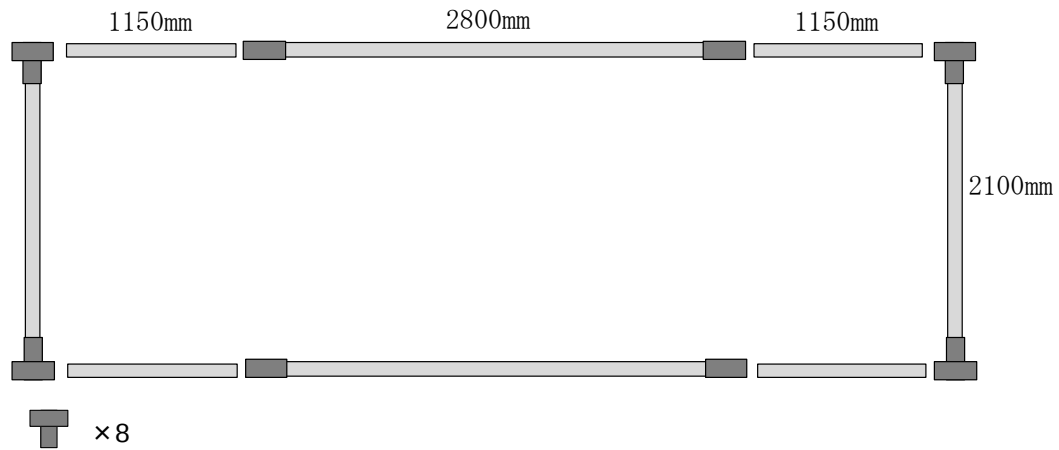


図 2-20 フレームの構成



図 2-21 フレームの連結

さらに、図 2-22 に示すように偏光タイプのソフトスクリーンを設置する。ソフトスクリーンの外周にはリングが接着されており、図 2-23 に示すように結束ロックにてフレームと結合させる。結束ロックによって、閉め具合を調整できるためスクリーンの形状に伴った柔軟な対応が可能である。

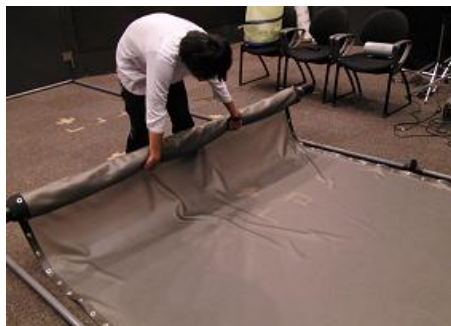


図 2-22 スクリーンの設置



図 2-23 結束ロックによる結合

ソフトスクリーンの重量を塩化ビニールのフレームで支えることが困難なため、図 2-24 に示すように 3320mm の塩化ビニールパイプを弓形に曲げ、テンションバーとした。図 2-25 に示すようにスクリーンの背面部分に差し込み、テンションバーの反発力を利用してソフトスクリーンを上を押し上げる。

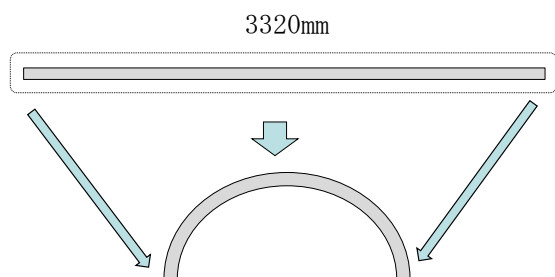


図 2-24 テンションバー



図 2-25 テンションバーの差し込み

さらに、中央部分が垂れてしまわないように、図 2-26 に示すように、5 本の塩化ビニールパイプを接続し、背面のテンションバーを組み立てる。図 2-27 に示すように、背面テンションバーとスクリーンフレームの上部、弓型に設置したテンションバーを結束させ、上に押し上げる。

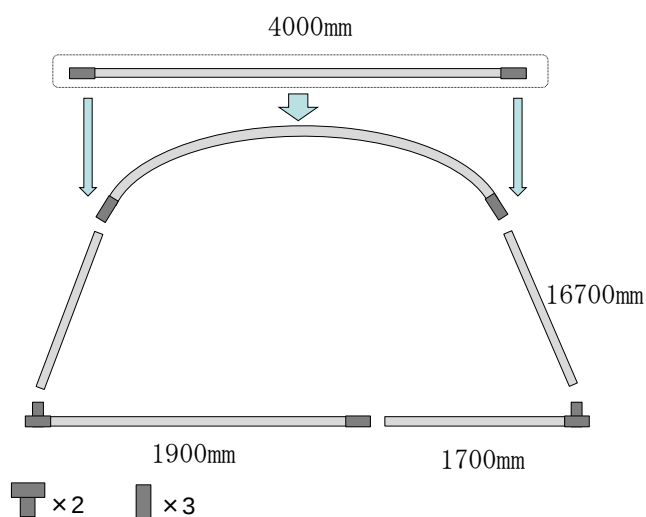


図 2-26 背面のテンションバー



図 2-27 中央部分の押し上げ

没入感を向上させるために図 2-28 に示すようにスクリーンの前方上下の塩化ビニールパイプの両端部分に S 字フックを用いて針金を張ることで U 字の形状を保つ。

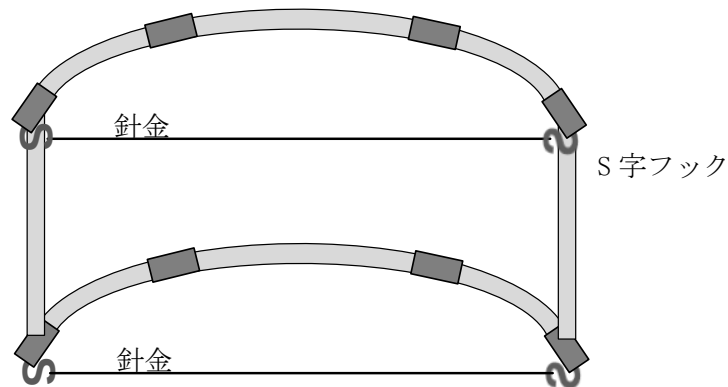


図 2-28 S 字フックと針金の設置

スクリーンシステムを構成する機器を図 2-29 に示す。必要となる機器はプロジェクタ 2 台、制御 PC (キーボード、マウス)、操作 PC (ノート型 PC)、ペンタブレット、教師用モニター、映像分配器に加えて立体視を可能にする偏光フィルタ、プロジェクタ台、教卓、偏光メガネを入れたメガネ BOX、各種ケーブルである。



図 2-29 スクリーンシステム構成機器

2.5 まとめ

本章では、教育現場で利用可能な VR 教材の開発を目的とし、教員を対象としたニーズ調査を実施した。調査の結果、教員は教材を必要としているが、十分な教材があるとはいえず、準備をする時間もない。また、教員にとって天体などの空間的関係を指導することは困難であり、VR 教材のような仮想空間を自由に移動でき、空間的な観点から教授する教材の必要性が示唆された。さらに、VR 教材において必要な機能について調査した結果、VR 機能を備えていることや、3次元立体視が可能な教材が求められていることが明らかになった。

以上のニーズ調査の結果を基に、多視点型太陽系 VR 教材を開発した。多視点型太陽系 VR 教材は、「月の満ち欠けのしくみ」を教授する内容に重点をおいた教材である。そのため、仮想空間に太陽系を配置し、インタラクティブに操作しながら太陽、地球、月の位置関係を観察することができる教材とした。また、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。教材の特徴として、太陽系を俯瞰する映像だけではなく、地球からの視点を同時に提示することができ、学習者の視点移動を支援する教材として開発した。

システムの構成について、5000×2000 (mm) の偏光タイプのソフトスクリーンを用い、スクリーンの背面から映像を投射するリア・プロジェクション方式を採用した。学習者は偏光メガネを用いることで 3 次元立体視できる。フレームに塩化ビニールのパイプを使用し、2 人で 20 分程度あれば設置可能である。操作方法としては、液晶ペンタブレットを用い、授業者はタッチペンによって直感的に操作することが可能である。

一方、開発した VR 教材について教育現場での有用性は検討されておらず、授業者や学習者による評価が必要である。また、開発した VR 教材は 5000×2000 (mm) の大型スクリーンを使用しているが、スクリーンサイズの検討はなされていない。スクリーンの小型化が可能であれば、設置時間の短縮や軽量化、1 人でも設置可能な構造への改善などができる。そこで、大型スクリーン使用の必要性を確認すべく、多視点型太陽系 VR 教材に適したスクリーンサイズを検討する必要がある。