

バーチャル・リアリティ・システム“TEELeX” を利用した月面探査システムの開発 - 科学教育への応用 -

小林 秀明¹⁾・杉本 裕二²⁾

近年教育効果の向上のために視聴覚メディアや情報機器、コンピュータなどに強い関心が寄せられている。1989年に登場したバーチャル・リアリティ（Virtual Reality：VR）も、今日では教育に応用されている。自然科学理解の教育手法研究の一環としてメディア教育開発センターで開発されたVRシステム（TEELeX）上で、月面探査システムの開発を行った。立体提示画像としての有効性や、それがどの程度教育メディアとしての可能性をもつのか検討するために大学生等による評価を行い、本コンテンツの有効性がわかった。今後はVRの特徴といわれる自律性を本コンテンツに組み込むことを考えている。

キーワード

視聴覚メディア、VR、月面、立体提示、CG

1. はじめに

近年のメディアや科学技術の発展はめまぐるしいものがあり、私たちの生活のあらゆる場面で活躍をしている。教育現場においても、そのような流れが多大な影響を及ぼし、教育効果の向上のために視聴覚メディアや情報機器、コンピュータなどに強い関心が寄せられている。そのような視聴覚教育は、感性的な経験を与えさえすればよいという訳ではなく、感性と理性の結びつきによって認識をより深くより豊かに創造的な学習を展開させなくてはならない¹⁾。

今世紀初めには新たな月ミッションが日本で計画されている。1つは、宇宙科学研究所が計画しているLUNAR-A、もう1つは、宇宙開発事業団

と宇宙科学研究所が共同で打ち上げるSELENEと呼ばれるミッションである。これらのミッションでは、月の内部構造を知るためのデータ及び月面地形の詳細なデータが得られると期待されており、日本初の月軟着陸技術による機器投下を行う²⁾。月の起源や進化を理解し、月の利用の可能性を調査する。このように、再び月が注目されてきている。

月までの距離は平均38万km、私達にとって最も身近な天体である。小望遠鏡で眺める月の表面には無数のクレーターや山脈、「海」と呼ばれる平原地帯など、様々な地形を見ることができ、その興味が尽きることはない。そのような月であるが、起源はまだ良く分かっていない。月は月面有人基地構想も出されるなど、宇宙ステーションと並んでこれから人類が宇宙に進出するときの重要な場所になる可能性は高い。

このように社会的関心が高まっている「月」であるが、月面の様子などの教育内容については、通

¹⁾ 総合研究大学院大学文化科学研究科メディア社会文化専攻

²⁾ メディア教育開発センター

常の学習者が実物に触れることは難しく、したがって文字や写真などのメディアを用いることでしか伝えることができない。

1.1 視聴覚メディアと教育方法

ところで近年、視聴覚メディアの教育利用を中心とする流れは、コンピュータ、通信技術、インターネット、テレビ会議システム、通信衛星などが活用されている³⁾。1989年に登場したバーチャル・リアリティ (Virtual Reality : VR) も、今日では教育に活用されている。

VRとは、人間の外界認識を司る視覚、聴覚、触覚等の器官に対して、コンピュータによる合成情報を提示することで臨場感のある仮想的な現実を生成し、体験者へ実際に現実の中にいるかのような感覚を体感させる技術である。VRは人間とマシンとのインタフェースの新しい方式であり、人間の感覚を利用して、臨場感を高めていることに特徴がある。さらに、感性工学や感性情報処理技術をはじめ、人間中心の自動化システムや人間との調和を目指したコンピュータ支援のソフトウェア技術へと発展している⁴⁾。

VR技術を用いた教育メディアの例として、教習所のドライビングシミュレータや、ジェット旅客機のフライトシミュレータ、手術シミュレーションシステムなどがあげられる。VRにより、危険であるとか高度なスキルを有しないと困難であるような状況を現実近似した形での体験が可能になったり、現実には不可能な自由な視点移動による見え方なども再現可能となったりする。

そこで本研究では、このようなVR技術を用いて、月面探査システムの開発を行った。VR技術の利用により、学習者は体験的に「月面」という対象に向かいあえるようになることが期待される。

月面を立体提示して評価することは、「月」という教育内容についての新しい教育方法について考察するだけでなく、より広くVR技術が教育一般に与えるインパクトを検討する材料ともなるだ

ろう。また、本システムは、月面活動の事前訓練システムの一部ともなりうる可能性を持つのである。

1.2 没入型ディスプレイ

没入型ディスプレイの利点の1つは、利用者の周囲を取り囲む大型スクリーンを配置することにより、広視野が得られることである。そこに提示される高臨場感仮想環境は多くの人々の興味を惹きつけ、様々な分野での応用や研究がなされるようになった。没入型ディスプレイが注目される理由には、高品質と安定性の良さがある。TEELeXは高性能プロジェクタによって高解像度と高輝度が提供される。また、HMDと比較した場合、利用者が頭部回転運動を行ったときの映像変化が小さいので、安定した映像の提示が可能である。

1.3 VRシステム

立体提示にはTEELeX (図1) を使用する。TEELeXは箱形の5.5面スクリーンを備え、CGや実写のリアルタイム映像を提示することができる。正面、左右面、背面、天井面はリア投影を、床面に対してはフロント投影を行う。スクリーン面の1辺長は3 m、スクリーン面上の解像度は各面で1000×1000ドット。臨場感が損なわれずにシームレスな映像空間を造り出すために、スクリーン間境界隙間を50mm以内としている。明るい映像を投影するため、液晶プロジェクタ (1000 ANSIルーメン) を利用している。これに伴い、立

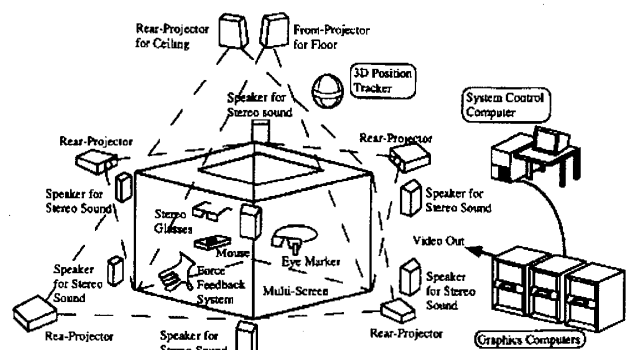


図1 Multi-Screen Display System

体視のための右眼左眼映像は円偏光方式により分離している。円偏光眼鏡はシャッタ眼鏡よりも軽量であるため、利用者の負荷を軽減している。位置・空間情報入力デバイスとして、間接型ポインティングデバイスであるジョイスティックを用いている⁵⁾。

1.4 研究目的

本研究では、月面の標高データを用いて現実のような月面をTEELeXに立体提示できるコンテンツを制作。また、提示画像の有効性や臨場感及び教育への効果を探査する。

2. システムの提案及び構築

アポロ計画時に収集された月面データを、国立宇宙科学データセンター (National Space Science Data Center)、米国航空宇宙局 (NASA) Planetary data system 及び宇宙開発事業団 (NASDA) {月利用推進研究室} より入手する。

次に、入手したアナログデータ (図2) をデジタルデータに変換をする。さらにCADデータとしての変換を加え、提示させる画像 (図4) を標高データ上に貼付させるための加工作業を行う。光源調整や提示位置調整を行いTEELeXへ提示する (提示範囲: 15×15km)。

現実感の高い仮想世界を構築するためには、CG (コンピュータ・グラフィックス) 技術が必要不可欠である。現実感の高いCG画像を作製するためには、高度なレンダリング手法や精密なモデリングが必要となってくる。このような高度なレンダリングや精密なモデリングには、専門的な莫大な時間が必要になり、仮想世界を容易に構築することは困難である。

以下、今回のデータ処理に関して述べる。入手したデータは月面の写真に立体視により等高線が引かれたものである。場所はアポロ17号着陸地点 (タウロス・リットル峡谷 (20.1908N, 30.7717E)) である (図5)。NASAより入手した

写真 (図2) をスキャナで取り込み、等高線のみを抜き出し (図3)、標高の数値を打ち込んで数値化 (デジタルデータ化) した。

- 1) VISTAPRO 地形作成ツール Visual Explorer を用い作成データを DXF (AutoCAD 互換ファイル形式) データへ export し、データを加工処理する。
 - 2) DXF データを SOFTIMAGE3D (TEELeX コンテンツ開発用モデリングソフト) へ import し、コンテンツを制作する。
 - 3) 月面実写をスキャンし、2のベキ乗の画像サイズ等に加工処理をする。
 - 4) CAD 上のデータに加工した画像を貼り付ける。
 - 5) TEELeX へ提示させる為の Convert を行い、表示させたコンテンツを検討、微調整を行う。
- 月面の立体提示はTEELeXへの提示はできた (図6) (図7)。

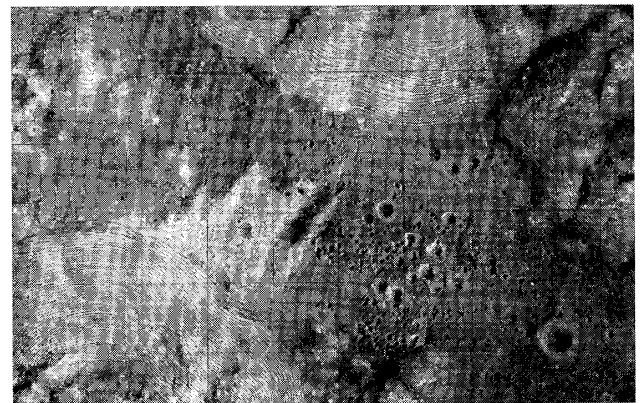


図2 Lunar Topographic Photomap (Taurus-Littrow)⁷⁾

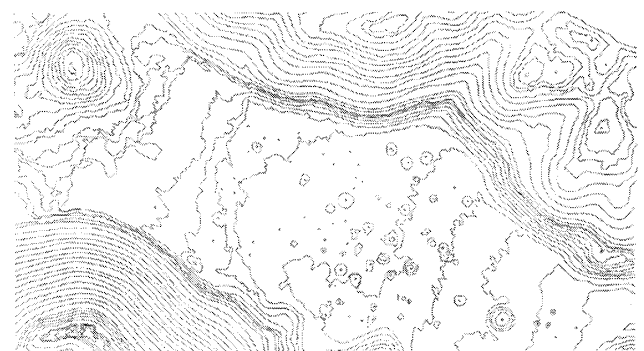


図3 Taurus-Littrow 等高線データ

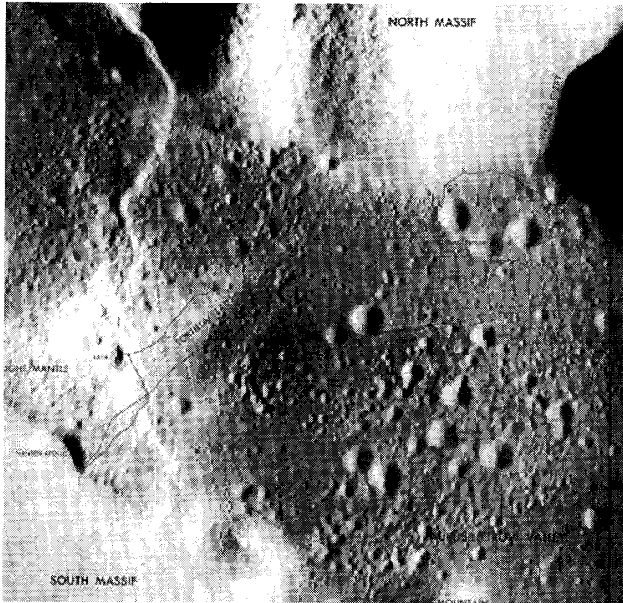


図4 Lunar Photomap Apollo 17 Traverses⁸⁾ (PT43D1S02*25*01)

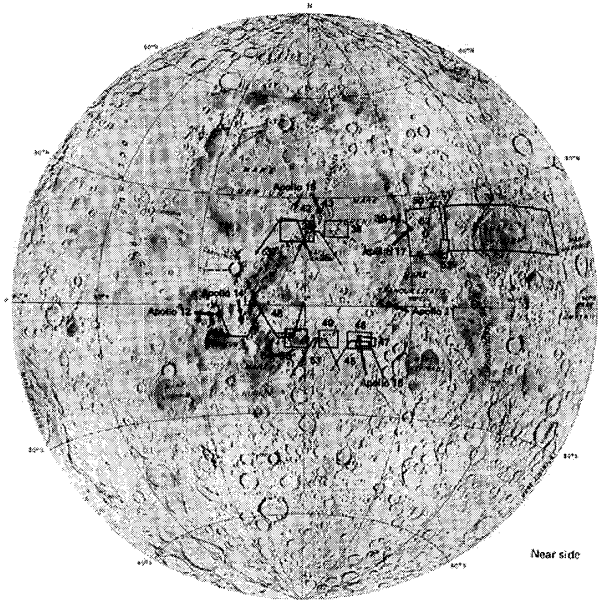


図5 Near side of Lunar 「イラスト：NASA」

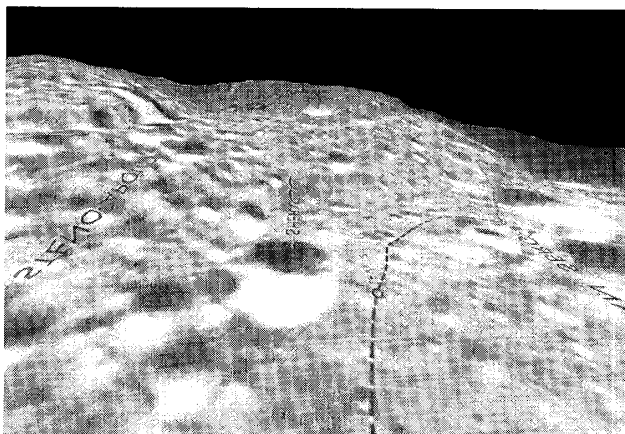


図6 TEELeX提示 (1面)

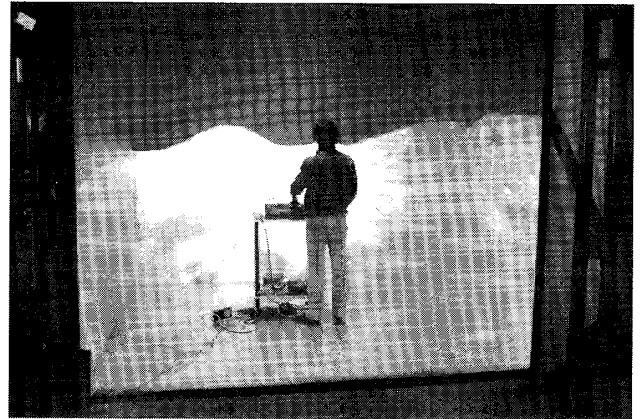


図7 月面探査実行中 (TEELeX)

3. 評価実験及び考察

3.1 評価デザイン

平面提示として19インチCRTモニター(1280×1024ドット)(図8)を使用した。立体提示はTEELeXを用い、両者の評価を比較した。被験者は、教育系の大学生・大学院生計21名(男11名、女10名)である。月に関する知識を均質にするため、被験者には月に関する基礎知識を文書にて教示した。その後同一の月面画像を各10分間提示して、その間インタフェースにより自由に月面を探索するように教示した。探索後、立体視の心理的要因である10項目(立体感、奥行感、実在感、迫力感、一体感、疲労感、自然らしさ、好ましさ、厚み・深み、大きさ)に、本コンテンツでの実現が期待される臨場感を加えた11項目の質問紙に5段階(感じた、少し感じた、どちらとも言えない、あまり感じない、感じない)で評価させた。また、探索中に考えたことやシステムへの感想等について自由記述をさせた。2つの提示条件の画像をどちらから見せるかは男女、人数とも半数ずつランダムに設定した。

3.2 評価結果と考察

評価はt検定を用いて行った。5段階の評価を5点(感じた)~1点(感じない)で得点化した結果は表1の通りである。平均得点の差を対応ありのt検定で調べた。

表1 評価結果 (t検定)

	立体提示		平面提示		有意差
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	
立体感	4.95	0.22	3.14	1.11	6.92***
奥行感	4.24	1	2.38	1.2	2.79**
実在感	4.1	0.94	2.29	1.15	1.81*
迫力感	4.33	0.73	2	0.84	5.69***
一体感	4.33	0.73	2.48	1.17	2.62**
疲労感	3	1.41	2.1	1.18	0.03
自然らしさ	3.33	0.91	1.9	0.7	1.29
好ましさ	3.95	0.59	2.86	0.85	1.98*
厚み・深み	4.05	1.15	2.48	1.03	2.71**
大きさ	4.33	0.91	2.19	1.21	9.95***
臨場感	3.76	1	2	0.89	4.23***

*** 1%水準で有意差あり ** 5%水準で有意差あり *10%水準で有意差あり

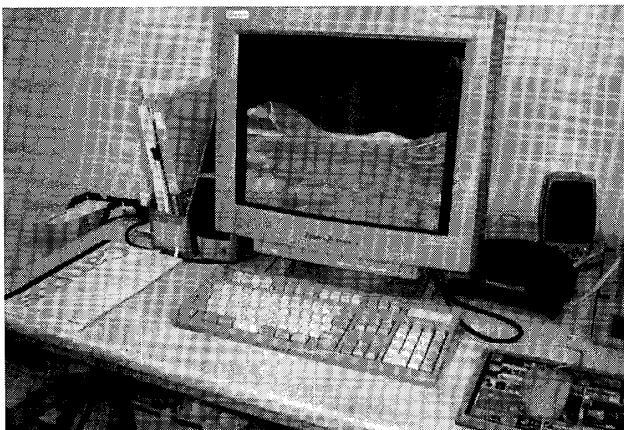


図8 CRTモニター

立体感、迫力感、大きさ、臨場感については、1%水準で有意差が認められた。没入型ディスプレイは周囲をスクリーンに囲まれているため、迫力感を強く感じていると考えられる。奥行感、一体感、厚み・深みについては、5%水準で有意差が認められた。また、実在感、好ましさについては、10%水準で有意差が認められた。これは解像度の限界があり、妥当な結果であると思われる。疲労感、自然らしさについては、有意差は認められず、平面提示における学習に立体提示を導入するにあたり、容易にシフト可能である。

次に質問紙の自由記述結果を示す。

移動について

「移動の自由度が高く、前後進の際に遠影の移動や側面のスクリーンをみることによって速度を感じた。自分の周りが全て月面の画像なので操作をしなくても自分が動いて後方を見ることができ、前面だけでなく側面も視線を自由に動かして見ることができた。さらに上下に動くことができるので周囲全てを見渡せることができた。」等と被験者の記述から、ジョイスティックの操作性の良さや周囲をスクリーンで囲っている事による利点分かる。

感覚について

「全方向に月面が感じられた。高い山に登って見下ろすとその位置の高さが実感でき、山の斜面の前に立って見上げると迫力を感じた。月面が押し迫ってくる様子が現実味を感じさせた。」と言うような、従来の平面画像提示にはみられなかった感想を考えることができた。

教育メディアとして

TEELeXのような没入型ディスプレイでは、周囲をスクリーンが覆っているため、前面だけでなく、側面や背面へ視線を変えることにより自由に周囲を観察することができる特徴をもつ。それにより体験者は現実の世界と変わらない視線移動が可能であり、教育現場における体験学習の1つのコンテンツとして有効と考えられる。今回のように月面は実際に行くことが困難な場所であるが、VR技術により体験を可能とすることができる。学習者の興味、関心が高まり理解度も良くなるのではないかという記述もみられた。

システムについて

被験者の望む全ての感覚を実現出来ない事は残念であった。それは前庭感覚や体性感覚であった。体性感覚は、体全身の任意の場所で発生するため、この感覚を人工的に合成することは極めて難しい。それゆえ、今日普及している電子メディアは体性感覚に訴える情報を与えることが困難なのが現状である。被験者の記述の中には、重力などを体感できれば良いという意見が多数あった。人間は、移動していることを視覚情報や、前庭感

覚情報、体性感覚情報を総合して知覚している。この感覚を自己運動感覚というが、視覚情報のみでどの程度まで自己運動感覚を生起させることができるのか等を探ることができれば、より現実味のあるコンテンツの制作に活用できる⁶⁾。

月面のコンテンツは高臨場感を表現し、あたかも月面に居る感覚を与えていることが分かり、当初の目的は達成された。

4. おわりに

本研究はVR技術を利用して、実際に行くことの困難な月を取り上げ、実際の標高データを用いて月の一部を再現した。制作したコンテンツの有効性を計るために同一の月面画像を平面提示させて、VRへの立体提示と比較を行った。被験者に質問紙への記述をしてもらい、記述の内容から今後の教育への有効性を確認した。

今後はVRの特徴といわれる自律性を本コンテンツに組み込むことを考えている。月面上をローバーが走行したり、大きさの認識ができる比較対象物を組み込むことや、宇宙飛行士を歩かせるようなことも考えられる。宇宙空間に地球が見えるように位置させたりして、地球外にいるという認識を起こさせることも考えられる。

教育現場としては、学校の体験学習や総合的な学習の時間などに、このようなシステム体験を取り入れるなどの授業計画が、今後できるのではないかと考える。ゲーム感覚で楽しめる視覚的な体験は、興味・関心を持たせる良い機会となると思われる。

謝辞

筆者は13年度メディア教育開発センター特別共同利用研究員として本研究に着手した。データ入手にご協力していただいた宇宙開発事業団の金森洋史氏、平田成氏、出村裕英氏、月に関する助言等いただいた日本宇宙フォーラムの寺藺淳也氏に感謝いたします。指導、助言をいただいた浅井紀久夫助教授、鈴木一史助手、三尾綾子技術補佐員に感謝致します。被験者の分析等ご協力をしていただいた翁長優美氏に感謝いたします。被験者実験にご協力して下さった筑波大学、千葉大学の学生の皆様に感謝いたします。

<参考及び引用文献>

- (1) 野津良夫 (1998) 「視聴覚教育の新しい展開」 東信堂
- (2) 宇宙開発事業団,
<http://moon.nasda.go.jp/ja/index.shtml>
- (3) 日本教育工学会編 (2000) 「教育工学事典」 実教出版
- (4) 藤本英雄 (1994) 「人口現実感の展開」 コロナ
- (5) メディア教育開発センター,
<http://www.nime.ac.jp/teelex-w/jpn/index-j.html>
- (6) 長谷川大・久米祐一郎 (2000) 「加速度と視覚情報提示による鉛直方向自己運動感覚」 日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集、pp.93-94、2000
- (7) The Defence Mapping Agency Topographic Center, Washington D.C. (1972)
“Lunar Topographic Photomap Taurus Littrow”
縮尺：1：25,000 地図番号：なし
- (8) The Defence Mapping Agency Topographic Center, Washington D.C. (1975)
“Lunar Photomap Apollo 17 Traverses”
縮尺：1：25,000 地図番号：43D1S2 (25)
(2002. 10. 8受稿 2003. 3. 20受理)

Development of Lunar Surface Inquiry System using Virtual Reality System, “TEELeX”

—Applying Science Education—

Hideaki Kobayashi¹⁾ · Yuji Y. Sugimoto²⁾

In recent years, we are having strong interests to audiovisual media, information machines and equipment, and a computer for improving the educational effect. Virtual reality (VR) technology appeared in 1989, and today finds applications in the field of education. The lunar surface inquiry system has been developed using the TEELeX VR system, designed for educational research at National Institute of Multimedia Education. We developed a lunar surface inquiry system, conducted a subject experiment, verified the content validity and examined its potential in the field of educational media.

Key Word

Audiovisual media, Virtual Reality, Lunar Surface, Three-dimensional,
Computer Graphics

¹⁾ Department of Cyber Society and Culture, The Graduate University for Advanced Studies

²⁾ National Institute of Multimedia Education