



## 超深地層研究所計画に関する情報提供活動へのVR技術の適用

齊藤 宏 川瀬 啓一 杉原 弘造  
山本 純太

東濃地科学センター

資料番号 : 7 - 10

Application of Virtual Reality Technology to Activities for Offering Information to the General Public in the Mizunami Underground Research Laboratory Project

Hiroshi SAITO Keiichi KAWASE Kozo SUGIHARA  
Junta YAMAMOTO  
Tono Geoscience Center

東濃地科学センターでは、これまでの地層科学研究を一層拡充するために超深地層研究所計画を進めており、その推進に当たっては、地域をはじめ、一般の方々の理解を得る必要がある。そこで、超深地層研究所計画をより深く理解していただくため、バーチャルリアリティ（VR）技術を適用している。今回は、小人数の見学者を対象として、研究所で実施予定の研究について紹介することを目的としたソフトウェアの開発を行った。また、東濃地域の特色である陶土とウラン鉱床を有する地史や、温泉掘削シミュレーションといった娯楽性のあるソフトウェアも開発した。今後は、より臨場感のあるシステムを開発していく予定である。

*The Tono Geoscience Center is carrying out the Mizunami Underground Research Laboratory Project (MIU Project), as part of its scientific research program, in Mizunami City, Gifu Prefecture. We believe that the public and especially the local residents should have a precise understanding of the MIU project. Therefore, to provide information we have used virtual reality (VR) technology in the project since 1996.*

*Software to introduce both the MIU Project and the geology of the Tono district has been completed. The Tono district is characterized by uranium ore deposits, and by clay deposits which are used by the pottery industry. Software with some amusement value, such as hot spring drilling, has also been completed. We plan further software development of VR technology to increase the feeling of realism.*

キーワード

バーチャルリアリティ（VR） 超深地層研究所計画、地層科学研究、情報提供活動

*Virtual Reality, Mizunami Underground Research Laboratory (MIU) Project, Geoscience Research, Activities for Offering Information to the General Public*

### 1. はじめに

原子力委員会は、平成6年6月に『原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画』（以下、原子力長計）を決定し、『地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究を着実に進めること』との指針を示した。サイクル機構は、この『深部地質環境の科学的研究』を「地層科学研究」として、東濃地科学センターを中心に進めている。さらに原子力長計では、地層処分研究に共通の研究基盤となる施設であり、我が国の深地層についての学術的研究にも寄与できる総合的な研究の場

として、『深地層の研究施設』を複数設置するとしている。この『深地層の研究施設』の一つに相当するのが、超深地層研究所である<sup>1)</sup>。これについては、一般の人々が深地層の環境を実際に見て体験でき、研究者と直接的な対話を持つことにより深地層の環境について科学的な理解を深めることができるという社会的な観点からも、極めて重要な役割を持つとされている<sup>2)</sup>。

このような国の方針に基づき、平成8年度以来、東濃地科学センターが実施している超深地層研究所計画（以下、MIU計画）では、岐阜県瑞浪市に

あるサイクル機構用地内に地上施設及び地下約1,000mに至る研究坑道からなる「超深地層研究所」を建設し、従来、東濃地科学センターにおいて実施してきた地層科学研究をより一層拡充していく予定である。

MIU計画では、本研究所に類似する、地下深部を体験できる施設が身の回りになく、当計画が対象とする地下深部が一般にはなじみが少ないという理由から、一般の方々には、その必要性、研究内容、成果を理解し、明確なイメージを持てただくことが難しい。そのため、平成9年よりVR（Virtual Reality）技術を、情報提供活動の手段として当計画に適用している。

ここでは、新たな情報提供手法の必要性、MIU計画の情報提供活動へ適用したVR技術の概要、これまで行ってきた適用の具体的な内容及び今後の予定について報告する。

## 2. 超深地層研究所計画

### 2.1 計画概要

MIU計画では、岐阜県瑞浪市のサイクル機構用地（14ha）に、地上施設及び地下数百mから千mに至る研究坑道により構成される超深地層研究所を設置し（図1）、従来、東濃地科学センターにおいて実施してきた地層科学研究をより一層拡充していく予定である。

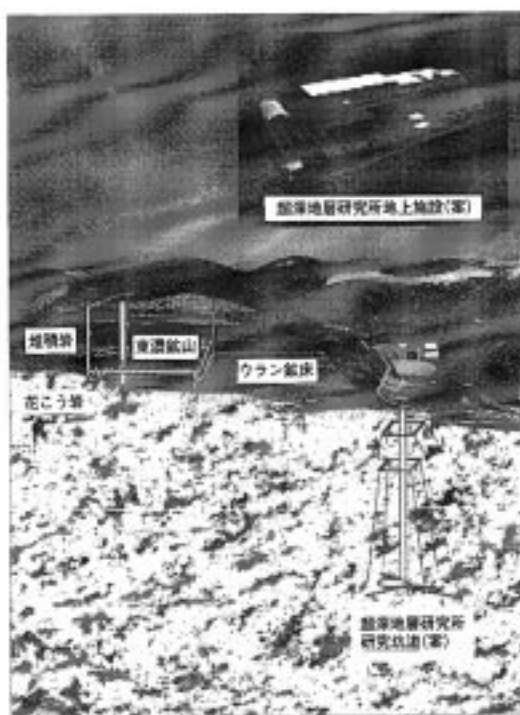


図1 超深地層研究所 概念図

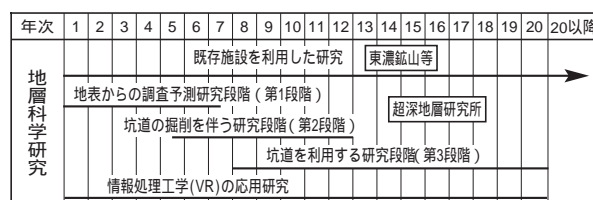


図2 超深地層研究所計画における研究のスケジュール

当計画における地層科学研究は、約20年にわたり3段階に分けて実施される。第1段階と第2段階、第2段階と第3段階はそれぞれ一部、時期を重複して行われる（図2）。

#### (1) 第1段階

（地表からの調査予測研究段階：5～6年間）

ボーリング調査や物理探査などの地表からの調査により、深地層の岩石や地下水の様子についての情報を取得し、それを基に深地層の姿を予測する。また、次の第2段階での坑道掘削に伴い生じる変化を予測する。

#### (2) 第2段階

（坑道の掘削を伴う研究段階：7～8年間）

研究坑道を掘削し、第1段階での予測の妥当性を確認する。さらに、研究坑道の掘削が深地層に与える様々な影響やその経時変化などを確認する。

#### (3) 第3段階

（坑道を利用する研究段階：12～13年間）

研究坑道を利用して、深地層において岩石や地下水を長年にわたって研究する。又、深地層で起きる現象の理解を深めるための試験を実施する。

超深地層研究所では、地層科学研究だけでなく、地震研究や地下空間を利用する研究を行う計画であり、これを通じて、地元大学や研究機関を含めた国内外の機関に研究及び活用の場を提供することとしている。

### 2.2 新たな情報提供手法の必要性

MIU計画には、超深地層研究所に類似するような施設が身の回りがない、地下深部が一般にはなじみが少ない、という理由から、一般の方々には理解しづらく、明確なイメージを持つことが極めて困難であるという特異性がある。そのため、分かりやすい情報の提供、情報伝達手段の多様化・充実が必要となってくる<sup>2)</sup>。

従来、MIU計画においては、パンフレット、新聞への折り込み広告、インターネットのホームページの利用、職員による地元の方々への説明会など

で情報を提供してきたが、より情報伝達手段を多様化し、より多くの人々が必要な情報を入手できるようにするため、平成9年よりVR技術をMIU計画における情報提供活動の手段として用いている。

### 3. VR技術の概要

VR技術とは、一般的には「人間の外界認識をつかさどる五感に対してコンピュータによる合成情報を提示し、それによってその人間の周囲に仮想的な世界を作り上げるための技術、又はそうして作り上げられた環境」と定義されている<sup>3)</sup>。

VR技術を成立させる要素の中で最も重要とされているのが、以下の3要素である。

#### 臨場感 (presence)

体験者の目前にリアルな感覚情報を提示する。単にシステムと向かい合うだけでなく、体験者もその世界に没入する。

#### 対話性 (interaction)

体験者から仮想世界への入力があり、その結果がリアルタイムで体験者にフィードバックされる双方向の関係がある。

#### 自律性 (autonomy)

仮想世界においては、体験者の関与の有無に関係なく、現実世界と同様、物理原理に従って自動的に物事が進む。

VR技術の利点は、上記の3要素により、現実には存在しない物体や環境をコンピュータによって、あたかも現実であるかのように表現することができることにある。産業的にも、人為的に実現できない分野(例：自動車事故の危険性教育、巨大地震)、体験可能であるが実施するには費用が大きい分野(例：ビルの耐震実験、パイロット訓練)などのような、通常の技術では表現・評価が行えない分野に対しても、優れた利用価値が期待されている。また、これらの利点から、VR技術は、当計画のための新たな情報提供活動の手段として最適であると思われる。

### 4. VR技術を適用したこれまでの実施内容

まず最初に、VR技術の最新の動向について調査し、MIU計画の情報提供活動への適用の可能性について検討した。その結果、適用が可能であるとされたもののうち、MIU計画用地内の仮設現場事務所に、パソコン上で動作するVRシステムを設置した。そのうえで、試作ソフトウェアの製作・改良、さらにはヘッド・マウント・ディスプレイ(以下、HMD)の設置、アミューズメント性のある

ソフトウェアの製作を行った。現在は、従来の研究成果のソフトウェア製作、将来的に超深地層研究所へ適用するVRシステムの検討を行っている。

以下に、具体的な実施内容それぞれについて説明する。

#### 4.1 MIU計画へのVR技術の適用可能性への検討

VR技術の最新動向については、ディスプレイシステム(コンピュータから人間への情報の流れを制御する部分)、センサシステム(人間からコンピュータへの情報の流れを制御する部分)及びシミュレーションシステム(仮想世界を作り上げる部分)に分けて調査を行った(図3)。

ディスプレイシステムとしては、体験者の視覚に訴えるものとして、体験者の周囲のみを映像で囲むHMD(写真1)、システムを大型化し体験者の全周囲を映像で囲む全天周スクリーン(図4)、触覚に訴えるものとして、体験者の腕に装着した

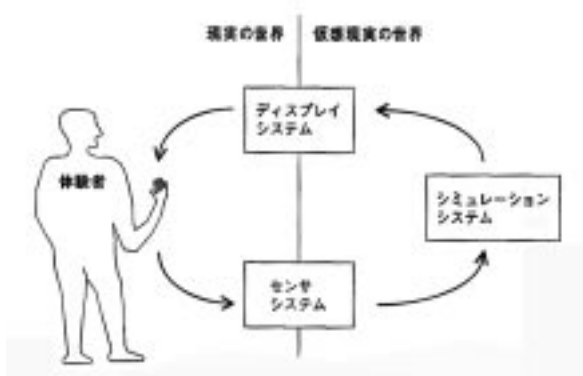


図3 VRシステムの構成



写真1 HMDの一例

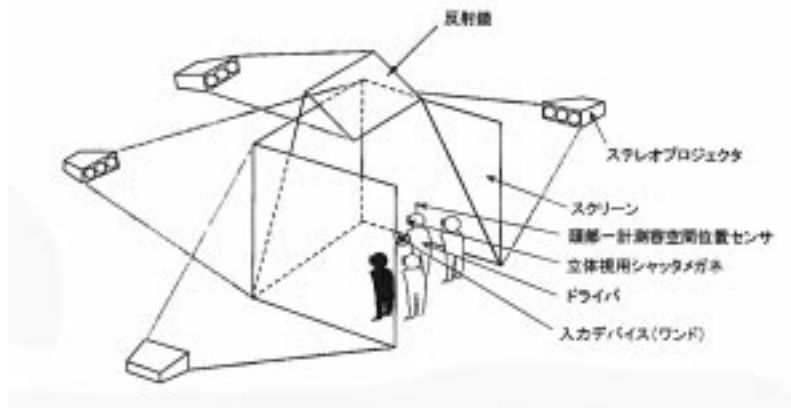


図4 全天周スクリーンの一例

VR機器に振動や空気圧により抵抗感覚、重量感覚などを伝えるものなどがある。また、体験者自身に加速度を与え前庭感覚（体の回転運動や加速度を感じる感覚）に訴えるものとして、体験者の乗った装置自身を動かすモーションシステム（図5）などがある。

センサシステムとしては、体験者の空間位置を正確に入力するための、磁気・超音波及び光学式センサを用いた空間位置センサ、また、体験者の動きを正確に入力するためのジェスチャー入力デバイスについて調査した。例として、体験者の手や全身の動きの把握のため、グローブやスーツにセンサを設置したデータグローブ（図6）やデータスーツがある。

シミュレーションシステムとしては、情報を解釈し合成するコンピュータ、ソフトウェアについて調査を行い、既存のソフトウェアの内容を把握した。

これらのVR技術の最新動向を踏まえ、HMDを使用したシステム、システムを大型化し体験

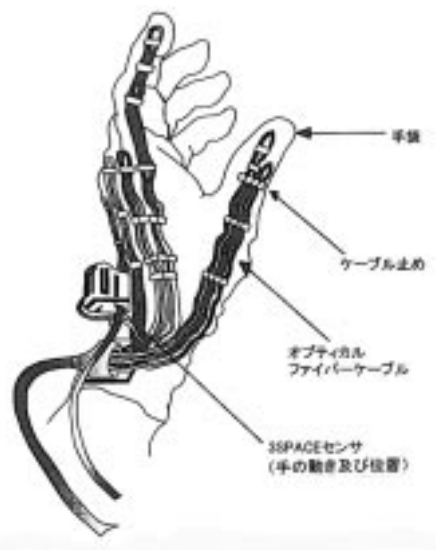


図6 データ・グローブの一例

者の全周囲を映像で囲む全天周スクリーンを用いた大型システム、体験者の乗った装置自身を動かすモーションシステムを用いたシミュレーション・シアターなどが、MIU計画に適用可能なVR技術として考えられた。

#### 4.2 試作ソフトウェアの製作

VRシステムの設置場所については、暫定的に、MIU計画用地内の仮設現場事務所（約35m<sup>2</sup>）としたため、施設の規模を考慮すると1回当たりの来訪者数は比較的小規模でほぼ通年での使用となることが予想された。

また現在、MIU計画は2.1で述べた第1段階の4年目であり、施設についても順次整備していく計画である。このため、当計画において今後必要

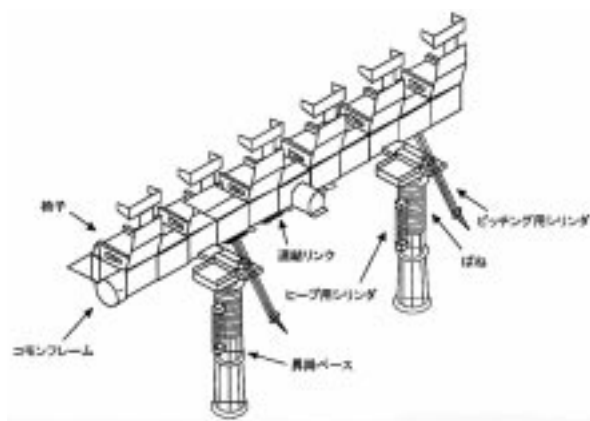


図5 モーション・システムの一例

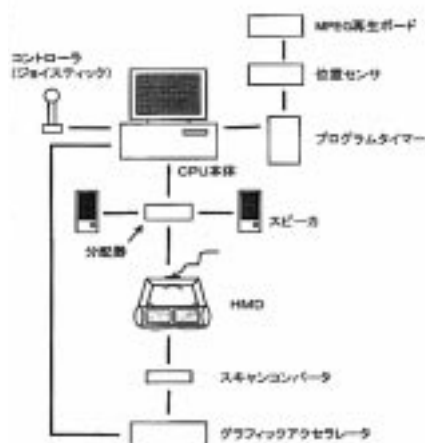


図7 仮設現場事務所に適用しているVRシステム

となっていくVR技術は、計画の進展に伴い変化していくものと思われる。これらのことから、設置するVRシステムについては、多人数対応のものである必要はなく、コンパクトであり来所者が独力で操作・体験ができるものであり、保守管理の容易なものである必要がある。そこで、HMDを用いることが可能な、パソコン上で動作するVRシステム(図7)を採用することとし、試作ソフトウェアを製作した(図8)。内容は、3次元コンピュータ・グラフィックで作成したMIU計画の紹介であり、完成した超深地層研究所の地上施設、地上から地下へ通じるエレベータ、研究坑道等を仮想的に訪問する(これを“ウォークスルー”と呼ぶ)ことができるというものとした。

#### 4.3 試作ソフトウェアの改良

上記の試作ソフトウェアを用いて仮設現場事務所においてVRシステムを運用したが、次の段階として、試作ソフトウェアに改良を加えたもの(以下、ソフトウェア改良版)を製作した。改良点は、施設及び施設内の実験室に関する説明箇所及び内容の追加等であり、MIU計画について、一般の方々により理解していただくことが目的である。

MIU計画は、進展に伴いその内容が変更されることがあるため、その場合、製作したソフトウェアにおける内容に修正すべき箇所が生じてくる。今回の改良では、当計画用地内のレイアウト変更に伴う景観の修正、地上施設の設計変更に伴う外観の修正などを行い、情報の最新化に努めた。

また試作ソフトでは、地上施設の一部のみウォークスルーができたが、すべての施設においてウォークスルーが可能となるよう、同時に、施設の内部において施設及び研究内容の説明を体験できるよう改良した。例えば、岩石・鉱物試験室、地下水分析室及びコンピュータルームの3つの部屋で、図表等の表示により研究成果の説明が体験できるようにした。また研究坑道においても、トロッキへの乗車や、研究内容の説明を体験できるよう改良を加えた。その他、地下深部をイメージしていただくため工夫した点として、地上から地下へ立坑を移動する場合に使用するエレベータの壁を透明にした。また、立坑の壁面をコンクリートで覆わず岩石が露出しているような設定とし、エレベータの下降を視覚的に確認できるようにした。同様の目的で、エレベータの中に深度表示を行った。

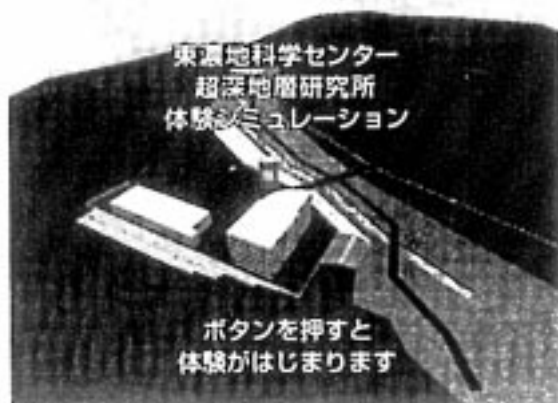


図8 試作ソフトウェアの画面の一例

#### 4.4 HMD設置

MIU計画用地内の仮設現場事務所に暫定的に設置したVRシステムは、体験者がパソコンのディスプレイを見ながら操作レバー(ジョイスティック)を用いて体験するものであり、体験者の目前に提示される感覚情報の「臨場感(Presence)」(3.参照)が十分でないという欠点が存在した。

これを改善するために、HMDを設置した。これにより体験者は、従来は得られなかった広い視野での視覚情報を常時供給され、より高度な臨場感を得ることができるようになった。

#### 4.5 アミューズメント性のあるソフトウェアの製作

従来、MIU計画を紹介するためのソフトウェアを製作してきた。しかし、それだけでは一般の方々には、MIU計画の必要性、研究内容、成果を理解し、明確なイメージを持っていただくことが難しいと思われる。そのため、まずはMIU計画が進められている東濃地域を身近に感じていただき、引いては、東濃地科学センターが実施している地層科学研究について興味を持っていただくことが必要と考えた。そこで、東濃地域の特性である、陶器(美濃焼)が身近なものであり、陶器の原料である粘土が産出する、日本最大のウラン鉱床が存在することを考慮し、これらがどのような地質学的歴史(地史)を経てきたかという内容のソフトウェア「東濃地域の地史」を製作することとした。

また、MIU計画において実施する地層科学研究の中で用いる地下深部の調査手法について、一般の方々には比較的なじみのある温泉調査を例にして、地下深部の調査手法を楽しみながら知っていただき興味を持っていただくことを目的として、ソフトウェア「温泉掘削シミュレーション」を製作した。また、内容をアミューズメント性に富むものとし、より親しみやすいものとした。

#### 4.6 これまでの研究成果のVRソフトウェア製作(実施中)

平成9年度以来、MIU計画における情報提供活動にVR技術を用いてきたが、地層科学研究の研究成果についてはこの中に含まれていない。そこで、研究成果を紹介し、研究への理解を進めるためのVRソフトウェアを現在、製作中である。この中では、これまでの文献調査、ポーリング調査などにより得られた研究成果を、VR技術により一般の方々に理解しやすく紹介する予定である。

#### 4.7 超深地層研究所に設置するVRシステムの検討

現在は仮設現場事務所に暫定的なVRシステムを使用しているが、今後は、超深地層研究所の地上施設の具体的な設計が開始されることから、この地上施設に設置するVRシステムについて検討する必要がある。そこで、地上施設に設置するVRシステムについて、適切なシステム内容、規模、想定される対象層などについて、具体的に検討を進めている。

#### 5. 今後のVR技術適用予定

MIU計画へのVR技術適用の今後の展望としては、以下のようなものが想定される。

##### (1) 地上施設での研究成果紹介用VRシステム

超深地層研究所の地上施設において地層科学研究の成果を紹介するためにVR技術を適用する。

##### (2) 展示館でのVR技術の利用

将来、設置される地上施設に、現在利用しているVRシステムと比較して大型のVRシステムを設置し利用する。現在のVRシステムは、先に述べたように、多人数対応のものではなく、コンパクトであり体験者が独力で操作ができる、保守管理の容易な、パソコン上で動作するVRシステムである。展示館に適用するVRシステムは、例えば、ディスプレイを大型化して体験者の周囲を物理的に映像で囲むというような大規模なVRシステムが考えられる。

##### (3) 研究坑道ロボットカメラの導入

研究坑道において坑道を掘削中、あるいは掘削ののち、地下にレール等で移動するロボットカメラを設置し、地上から操作できるようなシステムを設置する。このようなシステムにより、研究坑道の状況を地上の見学者がリアルタイムに体験することが可能となる。

##### (4) VR技術開発

これまでは、MIU計画の紹介を中心とした情報提供活動へ既存のVR技術を適用していたが、今後は、当計画の進展に伴い必要となってくるVR技術の開発を行う。

#### 参考文献

- 1) 原子力委員会：原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画(1994)。
- 2) 原子力委員会 - 高レベル放射性廃棄物処分懇談会：高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について(1998)。
- 3) 株式会社ブイ・アール・テクノセンター：“超深地層研究所計画へのVR技術活用の調査報告書”，サイクル機構技術資料，PNC TJJ726 98-001(1998)。