

報告番号	※甲	第	号
------	----	---	---

主論文の要旨

論文題目 Smartphone AR Supported Ubiquitous Observation Learning Environment Based on Planetarium Education Method for Astronomy Education
(天文教育におけるプラネタリウム学習法に基づくモバイル学習環境の開発 -ARを用いたユビキタス環境による天体観測の支援-)

氏名 田 科

論文内容の要旨

プラネタリウムは天文学の知識を学ぶための理想的な環境である。天文現象に関する概念の中で、様々な投影学習プログラムが実装されている。一方、プラネタリウムの学習環境は、シミュレート学習の場面に制限されており、野外天文環境との真の相互作用を満たしているとはいえない。この結果、学習者らは完全にシミュレートした環境のみから知識を得る傾向にある。

プラネタリウム活用の利点は、時間や場所、天気などにより天体学習が制限されることから解放することにある。反面、プラネタリウムでの学習後に学習者らが得られた知識を実世界での天体観察にいかにして繋げるかが、科学館学芸員らが直面している課題といえる。

ここで一つの解決策は、拡張現実 (AR) 技術を天文学習の場で活用することである。AR技術はカメラから得られた映像にコンピュータグラフィックス技術を用いて情報を重畳表示することにより現実世界を拡張するものである。天文学分野におけるAR技術の活用事例として、スマートフォンやタブレット端末を活用したGoogle SkyMapやStarWalkなどが挙げられる。しかしこれらのアプリケーションは、天文学の知識や天文現象を学ぶことを目的とした設計がなされていないため、以下の問題点がある。

- (1) 実世界における天文現象を観察し、また天文学的な概念を学習するために必要な、直感的かつ容易に操作可能なインタフェースを備えていない
- (2) 端末を星空に向けてかざすだけで、その方向に見える星空をリアルタイムに表示することが可能であるが、科学教育を目的とした学習目標を満たすことが可能な機能を実装していない。加えて天文現象のメカニズムを説明する機能を提供していない。
- (3) 平易なユーザマニュアルは存在するが、学芸員や教員らにとって、これらのアプリケーションを活用した適切な教育方法が確立されていない。

以上の問題点を解決することを目的として、本研究では、スマートデバイスとARおよび2D / 3Dコンテンツによるプラネタリウム学習法に基づいたユビキタス観測学習環境 (SARUOLE : Smartphone AR Supported Ubiquitous Observation Learning Environment) を提案する。SARUOLEは、プラネタリウム学習モデルに基づいた天体の直接観察を可能とする。また時間や場所、天気などによる制限を受けることなく学習が可能である。さらにプラネタリウム学習の現場と実際の天体観測との直接的な接続が可能であることから、学芸員や教員らによる屋外での天体学習における活用の可能性を広げることが可能である。

SARUOLEの実装にあたり、本研究では以下の項目について調査検討および開発、評価実験を実施した。

(1) プラネタリウム学習に用いられるインタフェース/コンテンツの利活用のための調査と検討

天文現象を学習する上で、高度な専門知識を有する学芸員のノウハウは貴重である。そこで名古屋市科学館学芸員によって制作されたプラネタリウム投影の天文学習に関するノウハウについての調査を行った。具体的には天文学習についての一般学習者に関する現状とプラネタリウムでの学習方法や教材についての成果を整理した後、**Virtual Reality** を利用した天文学習の事例およびARの教育への応用に関する先行研究や実サービスを調査した。これらにもとづき、本研究では名古屋市科学館のプラネタリウムで活用されているインタフェース/コンテンツに基づいた天文学習のためのシステム開発の基本概念と、これらを実現する基本機能を設計した。

(2) 多視点インタフェース機能の開発

天文現象を理解する上で、恒星や太陽・地球・月などの位置関係の概念を理解することが重要である。そこで、コンピュータグラフィックス技術を応用して天文現象を多面的に表現することにより、学習者への理解を促進させることを目的とした2種類のインタフェースの開発を行った。地球からの視点インタフェースではAR技術を応用することで、スマートフォンのカメラからのライブ映像に情報を重畳表示することによって、惑星や星の方位角、仰角、形状の変化、および動きを観察可能であり、直感的な学習を可能とした。また宇宙からの視点では、2次元によるコンピュータグラフィックス技術およびアニメーション技術の導入により、太陽や惑星・その他の恒星の位置関係を俯瞰的に示すことができる。学習者はこれらのインタフェースの活用を通じて天文現象のメカニズムを理解することが可能となった。

(3) 天体運動の効果的な理解を促す時空間表現モデルの導入

天体は時々刻々とその位置を変えて運動しているため、高度な専門知識を持たない学習者が自力でその運動を即座に理解し予測することは難しい。本研究では天体運動の理解を促進するため、観測者の場所や観測日時、特定の天体などといった任意の項目に絞り込み、過去や未来における特定の天体の位置や動きをディスプレイ上に仮想的に表現することが可能なモデルを提案し実装した。例えば、ある観測者からみた月の位置が、同時刻の前後2週間、またはその時間の前後12時間をそれぞれ、AR画面上で確認することが可能である。

(4) タスク学習に基づく教育アプローチの導入

本研究では、科学館学芸員らによるプラネタリウムを基盤とした学習法は、屋外での天体学習の場面でも有効であると仮定した。そこで天文現象を観察しながら、参加者はSARUOLEを利用し、さまざまなタスクを完成させる「タスク学習」のモデルを提案した。本モデルの設計により、例えば実際の月の満ち欠けを観測させ、空を横切って移動する月の軌道を利用者に記録させる。その軌道軌跡を確認することで、学習者自身の理解度の確認や天文現象に関する新たな興味を引き出すことが可能となる。

本研究では以上の特徴を有する3つのシステムを開発した。具体的には、1)月の満ち欠けを学習するシステム、2)太陽・地球・月の位置関係と動きを学習するシステム、最後に3)季節の星座を学習するシステムである。本システムの有効性と、天文学習活動における学習者への影響を調査するための実験を設計し、検証した。

実験は名古屋大学の学生を対象に実施したほか、中国の中学生および高校生を対象に実施した。その際、実験は対照群と実験群に分けて行った。対照群に属する生徒には伝統的な教室でのメソッドによって月の位相と太陽の動きなどの天文現象を学ばせ、また実験群に所属する生徒には、SARUOLEを利用し同様の天文現象を観測し、観測タスクに基づく学習を行う実験を行った。

実験の結果から、SARUOLEが天文現象を学習する生徒の学業成績の向上に有効であることを示した。また、生徒に天文学の学習への興味を向上させることを可能にした。さらに、生徒が天体を観測する際に伝統的な教育方法よりもSARUOLEを利用する傾向が高くなることを確認した。

以上、本論文では、生涯学習向け天文教育を支援するため、プラネタリウム学習を基盤とするモバイルAR学習システムを開発し、天文学習の新たな可能性を示すと共に、実証実験によりその有効性を明らかにした。