

運動視差を用いた立体視CGシステムの構築と 科学館での活用の検討

塚田 真未^{1,a)} 川島 卓也² 水野 慎士^{1,b)}

概要: 運動視差は奥行き知覚の一つで、立体物を観察するときに観察者が移動することで生じる見え方の変化である。本研究では運動視差を用いた立体視を実現する三次元CG立体視システムを構築する。これは、ユーザの視点位置を追跡しながら、視点に応じた三次元CGを逐次生成することで、特別な眼鏡やディスプレイを使わずに立体視を実現するものであり、対話操作も可能である。そして、このシステムを科学館の展示物として使用することを想定して、立体視天体CGビューアを試作した。これは星座や惑星を様々な位置から観察することで、星座を構成する星の位置関係や惑星形状を直感的に把握することができるコンテンツである。

A Stereoscopic CG System using Motion Parallax and an Application for Science Museums

MAMI TSUKADA^{1,a)} TAKUYA KAWASHIMA² SHINJI MIZUNO^{1,b)}

Abstract: Motion parallax is one of depth cues. As we watch 3D objects and move, the appearance of the objects would be changed. We develop an interactive stereoscopic CG system using motion parallax. This system follow the position of a user's view point, and generate 3DCG images for the view point every moment. As a result, the system can realize stereoscopy without special glasses or a special display. It is possible to operate the stereoscopic images interactively. Based on this system, we develop a CG viewer for astronomical contents, in which we can observe constellations and planets from any positions, and can grasp positional relationships and 3D shapes of them.

1. はじめに

コンピュータ技術の発達により、一般的なパソコンでも高画質の三次元CGをリアルタイムで生成することが可能となった。それに伴って、リアルタイム三次元CGを用いたインタラクティブコンテンツがエンターテインメント、ビジネス、広告、教育など様々な分野で活用されている。一方、近年は映画やエンターテインメント分野で立体視が注目されており、立体視に対応したハードウェアやそのコンテンツが急速に増加している。三次元CGは三次元形状データから生成されるため、容易に立体視に対応させることが

可能である。

人間の三次元知覚の仕組みには様々なものがあるが、立体視コンテンツでは両眼視差を用いたものが多い。両眼視差は両眼の位置の違いから左右の目に映る映像が微妙に異なることであり、両眼視差を用いた立体視コンテンツは非常に高い奥行き感が得られる。そしてリアルタイム三次元CGに立体視を適用することで、臨場感の高いインタラクティブコンテンツを実現することができる。しかしユーザ操作を考えた場合、両眼視差だけでは不十分であったり、適切ではなかったりすることが考えられる。例えばユーザが動き回ることを許す場合には、大きな立体感や奥行き感を得るために、視点の位置によって物体の見え方が変化する運動視差を考慮する必要がある。

そこで本研究では運動視差を用いた三次元CG立体視システムを開発する。このシステムではユーザの視点位置を

¹ 愛知工業大学, Aichi Institute of Technology

² 富士ゼロックス愛知(株), Fuji Xerox Aichi Co., Ltd.

^{a)} x10087xx@aitech.ac.jp

^{b)} s_mizuno@aitech.ac.jp

追跡して、それに合わせた三次元 CG を逐次生成することで、運動視差による立体視を実現している。このシステムはユーザ操作にも対応しており、ユーザは三次元 CG で生成された物体を様々な位置から眺めながら直接操作することが可能である。そして、このシステムを科学館の展示物として使用することを想定して、星座や惑星を様々な位置から観察することが出来る立体視天体 CG ビューアを試作する。これにより、ユーザは星座を構成する星の位置関係や惑星形状を直感的に把握することが期待できる。

本論文では、運動視差の詳細、運動視差立体視システムの概要と実現法、立体視天体ビューアの概要、実験について述べる。

2. 立体視と運動視差

立体視は人間が三次元知覚の仕組みを利用して物体の立体感を感じさせる手法である。人間の三次元知覚には、物体の大きさや重なり、輻輳、焦点距離、視差など様々なものがあるが、一般的な立体視コンテンツでは両眼視差を用いて三次元知覚させるものが多い。両眼視差は両眼の位置の違いから左右の目に映る映像が微妙に異なることであり、人間の脳はその画像の違いに基づいて奥行き感を認識する。両眼視差を用いた立体視コンテンツでは右目用と左目用の映像を用意しておく。そして立体視対応ディスプレイなどを用いてそれぞれの目に各映像を同時に送ることで両眼視差を実現して奥行き感を知覚させている。

一方、人間は運動視差によっても三次元知覚を行う。運動視差は立体物を観察するときに観察者または立体物が移動することで生じる見え方の変化である。例えば、図 1 に示すように、ユーザの移動に伴って今まで見えなかった部分が見えるようになったり、近くの物体が遠くの物体に比べて見え方が大きく変化する。Rogers らの研究では、運動視差のみで三次元形状と奥行きに関する十分な情報が得られることを示している [1]。

そこで、ユーザの視点に合わせて運動視差と同様の映像を生成することで、生成される映像から立体感を得られることが考えられる。そのため、三次元 CG での立体視の実現方法について、両眼視差だけでなく運動視差を利用した研究もいくつか報告されている [2]。また、ユーザ視点に応じてロボットアームを制御することで実画像に対する運動視差立体視を提案した研究も報告されている [3]。

3. 運動視差 CG 立体視システム

本研究では前説の述べた運動視差による三次元知覚に仕組みを応用した CG システムを構築する。図 2 に構築するシステムの概要を示す。

システムはテーブルトップスクリーンに表示対象仮想物体を三次元 CG として表示する。図 3 にユーザ視点、仮想物体、スクリーンの位置関係と投影の様子を示す。一般的

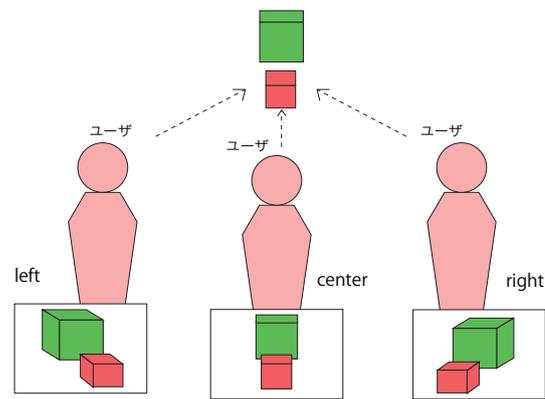


図 1 運動視差の概要。

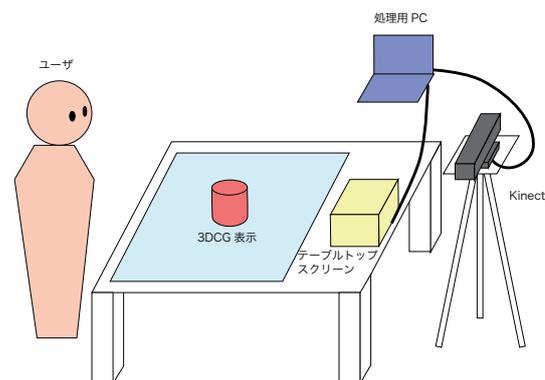


図 2 運動視差に基づく三次元 CG 立体視システムの概要。

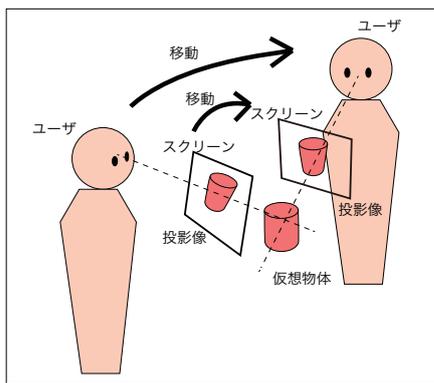
な三次元 CG では図 3(a) のように投影面がユーザの位置に応じて変化するが、本システムでは図 3(b) のように投影面をスクリーンに一致するように固定して、仮想物体をスクリーンに投影する。スクリーンに投影する映像は図 4(a) であるが、ユーザ視点から眺めると図 4(b) のように、仮想物体が実際にその場所に存在するのと同様な見え方となる。

ユーザが動き回りながらこのような投影を実現するには、ユーザの視点位置を追跡する必要がある。そこで、本システムではユーザ視点の追跡のために Kinect を利用する。Kinect を用いてユーザの頭部位置を取得して、それを基にして視点位置を推定する。そして、ユーザの移動に応じて視点位置を追跡しながらスクリーンに投影する三次元 CG を逐次更新することで、運動視差を再現することができ、ユーザは立体感を得られることができる。図 5 にシステムで生成された三次元 CG の様子を示す。

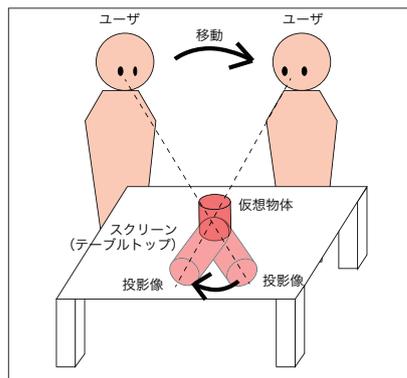
Kinect ではユーザの頭部以外の関節点を取得することが可能である。例えばユーザの手の位置を取得することで、ユーザのジェスチャを認識して、それに依って三次元 CG の表示内容や仮想物体の移動や変形を行うことができる。図 5(b) では、ユーザの手の動作によって面の凹凸を制御している。

4. 立体視天体ビューア

近年、学校や科学館での天体関連の教育や展示へのデジ

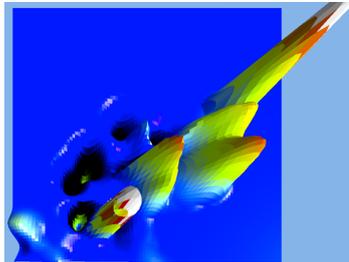


(a) 一般的な三次元 CG のための投影 .

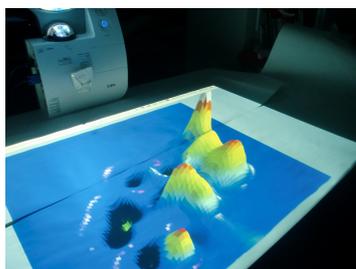


(b) 運動視差立体視 CG のための投影 .

図 3 ユーザ視点, 仮想物体, スクリーンの位置関係と投影の様子 .



(a) スクリーンに投影された映像 .



(b) ユーザ視点から眺めた様子 .

図 4 投影面をスクリーンに一致させた投影とユーザ視点から眺めた様子 .

タル技術の活用が注目されている [4][5][6] . 中には立体視を用いた天体コンテンツに関する研究も紹介されている [7] . その中で筆者らは名古屋市科学館と共同で来館者向けの天体関連デジタルコンテンツの提案や開発を行っている . そして今回は , 本研究で構築した運動視差に基づく三次元

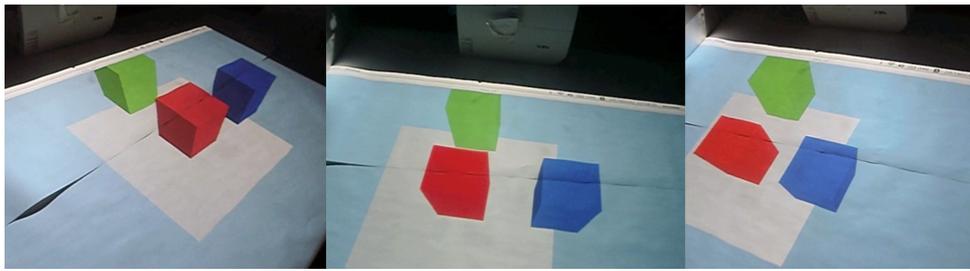
CG 立体視システムで天体映像を表示する天体ビューアを提案する . 天体ビューアでは星座や惑星など様々な天体やその現象を三次元 CG で表示して , これらを運動視差を用いて観察したり , 対話操作を行ったりすることができる .

星座は星同士を線で結び , その形状から人物 , 動物 , 道具などの名前を付けたものである . このとき , 星同士の繋がりは天空上の二次元的な配置で近いもの同士が結ばれているが , 実際の三次元的な配置を考えるとそれぞれの星が非常に離れている場合が多い . 例えば , 夏の代表的な星座として知られるさそり座を例にすると , 最も距離の近い恒星が地球から 65 光年 , 最も距離の遠い恒星が地球から 1792 光年であり , 実際には三次元的な星の配置となっている . 図 6 に示すように , 北斗七星やオリオン座でも近い星と遠方の星が入り交じって構成されている . このような星の三次元的な配置を表現する場合 , 通常の星座早見盤などで不可能なため , 図 7 に示すような 3D 星図が用いられている . また名古屋市科学館でも 3D 星図を展示しており , 星座の三次元的な配置は天体に関する教育でもしばしば取り上げられる .

そこで本研究の天体ビューアでは CG による 3D 星図コンテンツを実現する . このコンテンツでは星座を構成する星を三次元空間に配置しておき , ユーザの視点位置に応じた星の配置を三次元 CG で生成する . 地球を想定した視点から眺めたときには普通の星座の形として観察できるが , それ以外の視点から眺めた場合には星の三次元的な配置に応じて星座の形が変形する . そしてユーザが動き回るにより生成される星座の形状が逐次変形して , 星座を構成する星の三次元的な位置関係を直感的に把握することが可能となる .

CG による 3D 星図では , 地球からの距離に基づいて星座を構成する星を三次元空間に配置して , 星座線に従って星同士を直線で結ぶ . ただし , 星座に含まれる星の距離が極端に異なる場合には対数的距離に基づいて星を三次元空間に配置する . そしてシステムで三次元 CG を生成すると , あらかじめ設定した初期視点は地球上を表しており , この視点から CG-3D 星図を眺めた場合には通常の星座の形として観測される . そして視点位置が変化すると , 地球外から観測した場合に対象星座がどのように観測されるかを確認することができる . そしてユーザが移動しながら観測することにより , 運動視差によって星座の構成を立体的に把握することが可能となる .

また , 天体の中には土星 , 小惑星 , 銀河系 , 太陽フレアなど , その三次元的形状や動きに特徴を持つものが多い . そこで , 本研究の天体ビューアでは特徴的な形状を持つ天体や天体現象を三次元 CG で生成する . これらを運動視差に基づく立体視で観測することにより , 天体を様々な視点から観測することでその三次元形状をより直感的に把握することが可能となり , ユーザの天体に関する興味や知識も

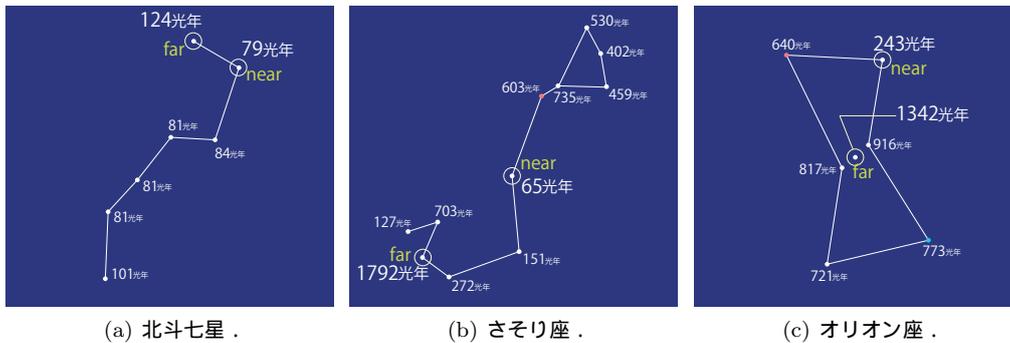


(a) 運動視差の様子 .



(b) ユーザ動作による面の凹凸の制御 .

図 5 運動視差による三次元 CG 立体視システムで生成された映像 .



(a) 北斗七星 .

(b) さそり座 .

(c) オリオン座 .

図 6 星座を構成する星の地球からの距離 .



図 7 3D 星図 .

深まることが期待される .

5. 実験

本論文で提案した運動視差による三次元 CG 立体視システムを構築して、天体ビューアを試作した。使用した PC は MacBook Air (Core i7 2GHz) で、映像提示はプロジェクタによってテーブルトップや床に投影している。また三

次元 CG 表示のために OpenGL, Kinect の制御のために OpenNI と NITE を利用している。図 8 に構築したシステムを示す。

天体ビューアのコンテンツとして、まず CG-3D 星図を作成した。図 9 に北斗七星を CG-3D 星図で表示した例を示す。北斗七星を構成する星の地球からの距離は 79 光年から 124 光年の範囲で、比較的狭い範囲に収まっている。従って、実際の距離の比率に基づいて星を三次元的に配置することが可能であった。そしてユーザが視点を移動することで、運動視差に基づく立体視によって北斗七星の三次元的な位置関係を直感的に把握することができることを確認した。

図 10 にさそり座を CG-3D 星図で表示した例を示す。さそり座の構成する星の地球からの距離は 65 光年から 1792 光年と非常に広い範囲に渡っている。そのため実際の距離の比率に基づいて星を三次元的に配置するのが困難である。代わりに対数距離に基づいて星を三次元的に配置することで、さそり座の三次元的な位置関係をだまかに把握することが可能となる。オリオン座の例についても図 11 に示す。

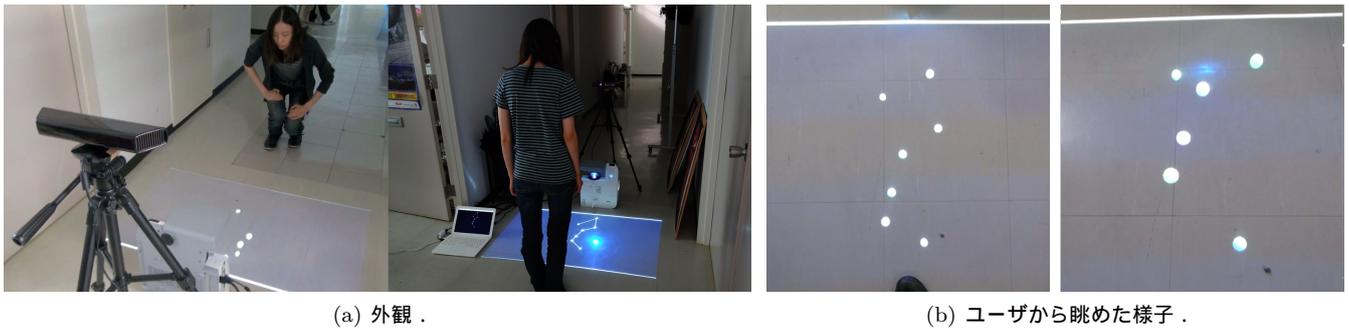


図 8 運動視差立体視 CG システムを用いた天体ビューア .

その他の天体ビューアのコンテンツとして図 12 に土星の三次元 CG を作成した様子を示す .

6. まとめ

本研究では運動視差を用いた三次元 CG 立体視システムを開発した . Kinect を用いてユーザの視点位置を追跡して , それに合わせた三次元 CG を逐次生成することで , 運動視差による立体視を実現した . そして , このシステムを科学館の展示物として使用することを想定して , 星座や惑星を様々な位置から観察することが出来る立体視天体 CG ビューアを試作した .

三次元 CG 立体視システムは , 運動視差に基づく立体視に対応しているが , 3D ディスプレイや 3D 対応プロジェクタを用いることで容易に両眼視差に対応させることも可能である . 両眼視差と運動視差の両方に対応した立体視を行うことで , 臨場感の向上や三次元形状のより容易な把握などが期待できる .

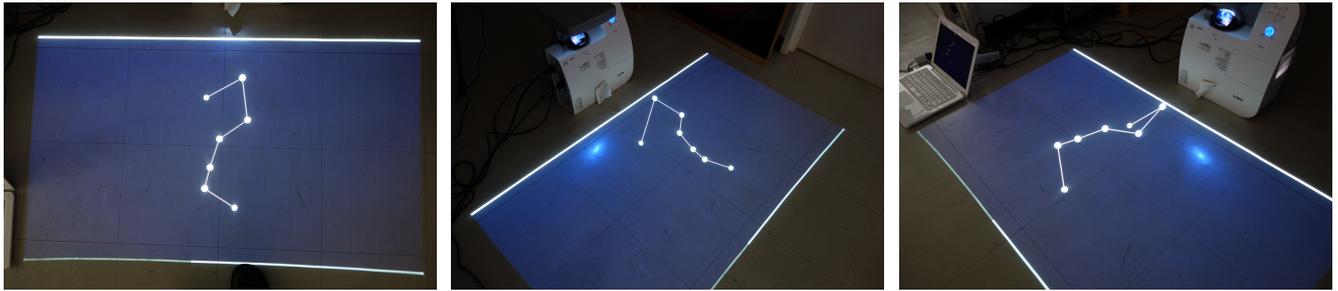
今後の課題としては , ジェスチャ操作に対応した天体ビューアの開発 , より多彩な天体形状や天体現象に関するコンテンツの作成 , 科学館で一般の人に使用してもらうためのシステムの改良や拡張などが挙げられる .

謝辞 本研究を遂行するにあたり , 適切な助言を頂いた名古屋大学安田孝美教授 , 名古屋市科学館毛利勝廣氏 , 金城学院大学岩崎公弥子准教授 , 中京大学遠藤守准教授に感謝する . 本研究の一部は科研費基盤研究 (C)(23500139) , 基盤研究 (B)(25280131) による .

参考文献

- [1] Rogers, B. J., Graham, M. : Motion Parallax as an Independent Cue for Depth Perception, *Perception*, No. 8, pp. 125-134 (1979).
- [2] 原田一馬, 菅野祐介, 佐藤洋一 : 運動視差を用いたマルチタッチインタラクション, *Interaction 2012 論文集*, pp. 795-800 (2012).
- [3] 玉井康之, 末永剛, 栗田雄一, 松本吉央, 小笠原司 : 運動視差提示による実画像 3 次元ディスプレイの提案, 第 25 回日本ロボット学会学術講演会論文集, 1H-12 (2007).
- [4] 上田晴彦, 成田堅悦, 林良雄 : プレゼンテーションソフトを利用した星座学習教材の開発とその教育実践について, *情報処理学会研究報告*, 2008-CE-97-3 (2008).

- [5] 上田晴彦, 成田堅悦, 毛利春治, 高田淑子, 長島雅裕, 亀谷光 : インターネット天文台の情報教育への応用及び教育的観点からの改善についての研究, *情報処理学会研究報告*, 2009-CE-102-18 (2009).
- [6] 浦正広, 遠藤守, 山田雅之, 宮崎慎也, 岩崎公弥子, 毛利勝廣, 安田孝美 : 天文教育に向けたスマートフォンの活用による対話型の星座検索モデルの提案, *情報文化学会誌*, Vol. 19, No. 2, pp.42-49 (2012).
- [7] 小林秀明 : 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, *情報処理学会研究報告*, 2008-CG-150, pp. 1-4 (2013).



(a) 地球から見た様子 .

(b) 地球外から見た様子 (1) .

(c) 地球外から見た様子 (2) .

図 9 天体ビューアで観察した北斗七星 .

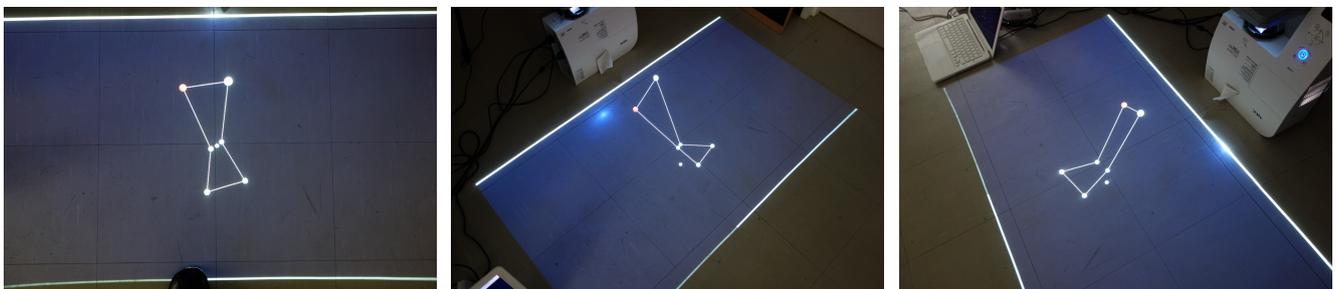


(a) 実距離に基づく配置 .

(b) 対数距離に基づく配置 .

(c) 地球から見た様子 .

図 10 天体ビューアで観察したさそり座 .

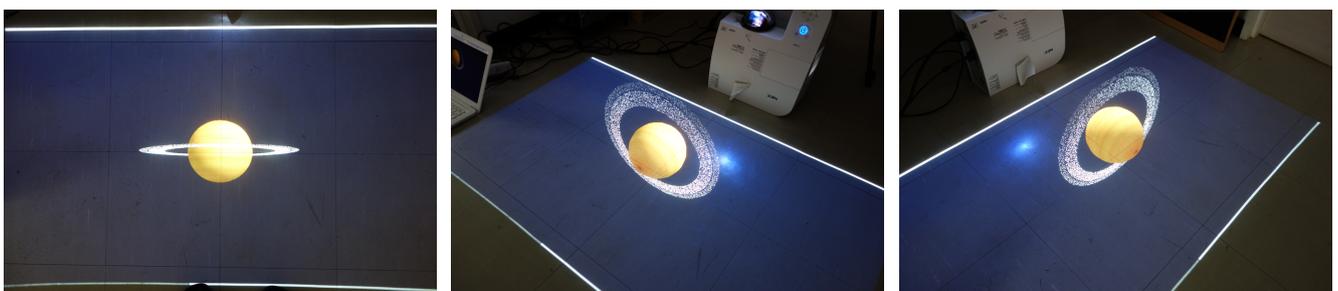


(a) 地球から見た様子 .

(b) 地球外から見た様子 (1) .

(c) 地球外から見た様子 (2) .

図 11 天体ビューアで観察したオリオン座 (対数距離) .



(a) 視点 (1) .

(b) 視点 (2) .

(c) 視点 (3) .

図 12 天体ビューアで観察した土星 .