

運動視差立体視を用いた三次元 CG 天体ビューアの開発

塚田 真未¹⁾(非会員) 水野 慎士²⁾(正会員)

1) (株)フォイス 2) 愛知工業大学 情報科学部

Development of a 3DCG Astronomical Viewer using Stereoscopy with Motion Parallax

Mami Tsukada¹⁾ Shinji Mizuno²⁾

1) FOIS Inc. 2) Faculty of Information Science, Aichi Institute of Technology

概要

本研究では星座や惑星の三次元 CG を立体的に表示する CG 天体ビューアを開発する。この天体ビューアは運動視差立体視システム上に構築されており、ユーザは CG 物体がまるでそこに存在するような感覚で様々な位置から観察することが可能である。運動視差立体視を実現するため、システムでは Kinect を用いてユーザの視点位置を追跡して、その視点にあった映像を逐次生成する。本研究では天体ビューアを科学館で展示することを想定して、立体的な構造を持つ星座と、特徴的な三次元形状を持つ土星などを CG コンテンツとして作成した。そして星座や惑星を立体感を感じながら様々な位置から観察することで、星座の立体的な構造や惑星形状を直感的に把握することが可能であることを確認した。

Abstract

In this paper, we develop a 3DCG astronomical viewer which synthesizes various stereoscopic 3DCG of constellations and planets. This viewer is implemented on a stereoscopic 3DCG system with motion parallax. The user can observe 3DCG objects from any points as if they were there. The system follows the position of a user's viewpoint with Kinect for motion parallax, and generates 3DCG images for the view point every moment. We produce 3DCG contents with constellations and Saturn for the astronomical viewer which have 3D structures and shapes. The user can observe stereoscopic 3DCG of constellations and planets from any viewpoints, and can realize the 3D structures and shapes intuitively.

1 はじめに

コンピュータ技術の発達により、高画質の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普及しており、その活用範囲もエンターテイメント、ビジネス、広告、教育など様々な分野に拡大している。これはミュージアム関連の展示でも例外ではなく、実際には困難な体験を仮想的に体験したり、展示物との対話操作を行ったりするなど、従来は困難であった展示やワークショップが行われるようになってきた [1][2]。

このような背景の中、筆者らは現在名古屋市科学館などと共同で科学館の天文関連のデジタル展示物に関する研究を行っている。ここでは、科学館の歴史をまとめたデジタルタイムカプセルや、タブレット端末を利用した展示物解説システムの開発などを行ってきた [3][4][5]。科学館では多くの人が興味を持って楽しく学

ぶことができる展示物や教材が必要とされており、天文や科学を楽しく学ぶためのデジタル技術の活用例は他にもいくつか報告されている [6][7]。

そこで、本研究では新しい科学館用のリアルタイム三次元 CG を用いたデジタル展示物の開発を行う [8]。具体的には、星座や惑星を三次元 CG で表示することで、その立体的な構造や三次元形状を学ぶことができる CG 天体ビューアを提案して開発する。ここで、科学館の展示物は子供から高齢者まで様々な人に対応させる必要があるため、複雑な操作を行うことはできない。そして、直感的に星座や惑星の事柄を理解してもらう必要がある。そこで、本研究では運動視差立体視を用いた三次元 CG の表示を行う。これにより、ユーザは目の前にある星座や惑星の模型を移動しながら見るような感覚となり、星座の三次元 CG を様々な方向から立体感を感じながら観察することを可能とする。そし

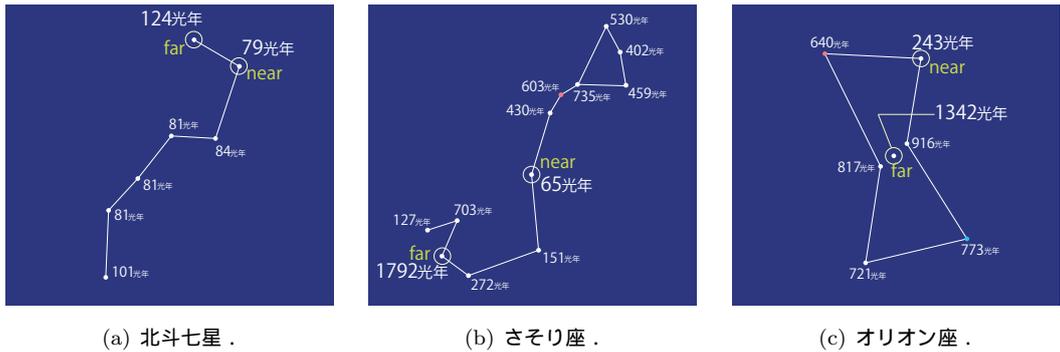


図 1: 星座を構成する星の地球からの距離 .

て、ジェスチャ操作によって星座中の星を選択して情報を確認したり、表示する星座の切り替えを行うことも実現する .

運動視差を実現するには、ユーザ視点を逐次追跡しながら、その視点にあった三次元 CG をリアルタイムで生成する必要がある . そこで、本研究では Microsoft 社の Kinect を用いる . Kinect は RGB カメラと深度カメラを搭載したセンサで、ユーザの主な骨格を追跡したり、三次元形状を取得することができる . 本研究では骨格追跡機能を用いてユーザの視点位置を追跡する . ジェスチャ操作のためのユーザの関節点の取得も Kinect の骨格追跡機能によって行う .

本研究で提案する天体ビューアで星座を観察することで、星座の立体的な構造を理解したり、地球から見える星の明るさが各星の本来の明るさと地球からの距離によって決まることなど、一般的な星座の展示では感じる事が難しい星や星座の性質を直感的に理解することができる .

2 星座の立体構造

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、星同士の繋がりに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、実際には星座は地球からの距離が様々な星によって構成される三次元的な構造となっている . 図 1 に星座を構成する星の地球からの距離の例を示す . 例えば、さそり座では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 光年となっている . その他の星座でもほとんどの場合で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の表現は通常の星座早見盤などで不可能なため、図 2 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は図 3 に示すように、いくつかの星座について展示室の天井付近に星の三次元座標に合わせて LED 灯が配置してあり、

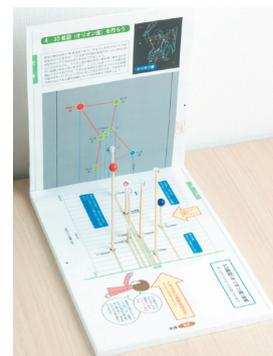


図 2: 3D 星図 .

特定の位置から眺めると星座として観察することができるという星座の立体展示を行っている . このように、星座の三次元的配置は天体に関する教育でしばしば取り上げられている . しかし、3D 星図を作成するには、各星の三次元座標に相当する位置に星を表す球を棒や糸を用いて空間中に配置する必要があり、作成には手間が掛かるため多くの星座を対象とすることはできない . また星座によっては距離の差が大きすぎるために、実距離ではなく対数距離で代用しなければならない場合がある .

そこで本研究の天体ビューアでは、様々な星座の立体構造をより直感的に感じる事ができ、関連する事柄も学ぶことができるような展示を目指す .

3 運動視差立体視 CG システム

3.1 運動視差立体視について

人間は様々な三次元知覚によって物体の立体感や奥行き感を認識することができる . 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 .

立体視コンテンツは、このような人間の三次元知覚を人工的に再現することで立体感を認識させている . 一般的な立体視コンテンツでは様々な三次元知覚の中で



図 3: 名古屋市科学館の星座立体展示 .

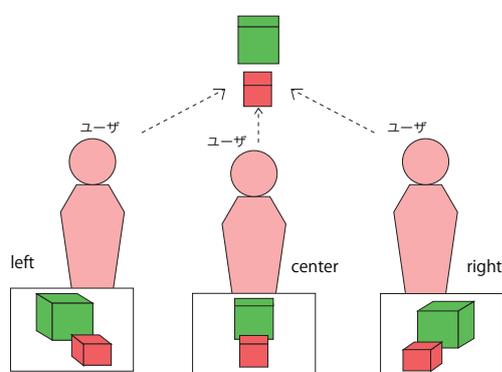


図 4: 運動視差の概要 .

も両眼視差を用いて立体感を認識させるものが多い。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、人間の脳はその映像の違いに基づいて立体感や奥行き感を認識する。

一方、運動視差も重要な三次元知覚である。運動視差は図 4 のように、立体物を観察するとき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。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は知られており [9]、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。そして、運動視差を利用した立体視に関する研究もいくつか報告されている [10][11][12]。また本研究と同様に天体コンテンツへの適用を検討している研究も行われている [13]。

3.2 CG による運動視差立体視の実現

本研究では運動視差による三次元知覚の仕組みを応用した CG システムを構築する。図 5 に構築する運動視差立体視 CG システムの概要を示す。このシステム

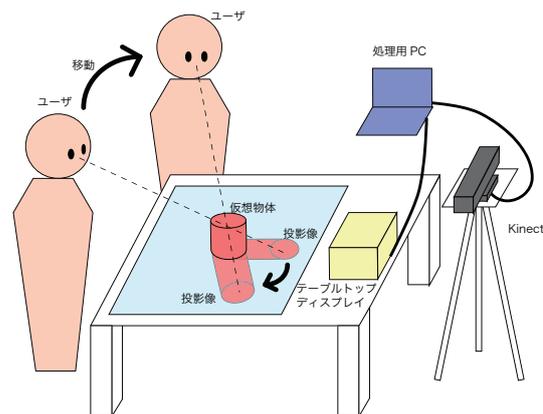


図 5: 運動視差に基づく三次元 CG 立体視システムの概要 (テーブルトップディスプレイ) .

は壁面ディスプレイまたはテーブルトップディスプレイを持ち、ユーザはディスプレイの周りを移動しながら観察する。そして、このシステムでは実空間と CG 空間の座標系を一致させて、ディスプレイに表示対象物体を三次元 CG として表示する。つまり、三次元 CG 生成用の視点はユーザ視点に一致しており、仮想物体投影面はディスプレイに一致している。そして実空間と同じ視点とディスプレイの位置関係で三次元 CG を生成する。図 6 に地形の凹凸を表した CG 生成例を示す。図 6(a) に示すようにテーブルトップに生成された映像は歪んでいるが、図 6(b) に示すようにユーザ視点から眺めた場合にはディスプレイ上に地形の凹凸が存在しているように感じる。さらにユーザの視点位置移動に応じて三次元 CG を逐次更新することで運動視差を再現して、三次元 CG 物体の立体感を感じることができる。

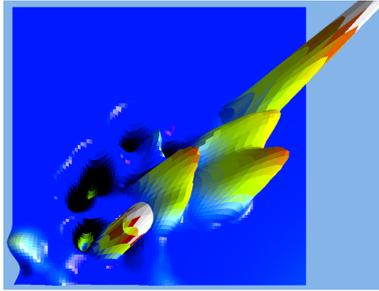
これらを実現するには、ユーザ視点を常に追跡する必要がある。本システムでは Kinect を利用してユーザの頭部位置を取得して、それを基にして視点位置を推定する。そして、ユーザの移動に応じて視点位置を追跡しながらディスプレイに投影する三次元 CG を逐次更新することで、運動視差を再現してユーザは立体感を得られることができる。

運動視差による立体視は立体的な構造や三次元形状の直感的な把握に適しているため、本研究の天体ビューアでは初めに星座の三次元 CG の表示を試みる。

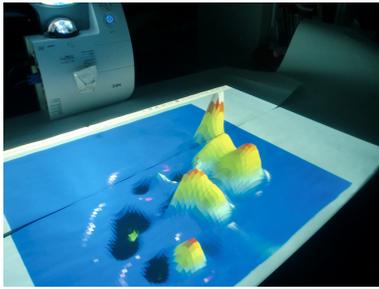
4 CG 天体ビューア

4.1 概要

本研究では、前章で述べた運動視差に基づく三次元 CG 立体視システムを用いて天体映像を表示する天体ビューアを構築する。天体ビューアでは星座や惑星な



(a) テーブルトップディスプレイに生成された映像。



(b) ユーザ視点から眺めた様子。

図 6: 投影面をディスプレイに一致させた投影とユーザ視点から眺めた様子。

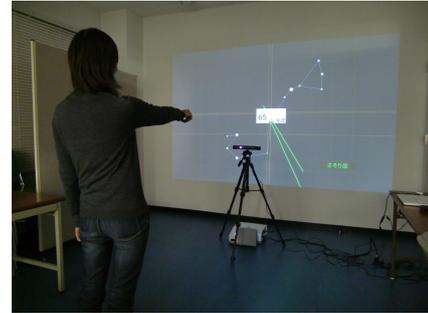
ど様々な天体やその現象を三次元 CG で表示して、これらを運動視差を用いて観察したり、対話操作を行ったりすることが可能である。図 7 に天体ビューアの外觀を示す。

CG 天体ビューアのコンテンツとして、始めに CG による 3D 星図コンテンツを実現する。これ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見え方を三次元 CG で再現する。星座の各星は星座線で結ばれており、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こと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。また星座の各星の明るさもユーザの位置によって逐次計算して変化させることにより、星の見かけの明るさである視等級は星が本来持つ明るさである絶対等級と星までの距離によって決まることを体験を通じて学ぶことができる。なお、星間距離や観察位置を把握しやすくするため、100 光年間隔で三次元グリッドも表示する。

また、天体の中には土星、小惑星などの単体の星の他、太陽系や銀河系、木星の衛星群、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。天体ビューアはリアルタイム三次元 CG で表現可能な物体であれば表示を行うことができる。本研究では土星



(a) 床面投影。



(b) 壁面投影。

図 7: CG 天体ビューアの外觀。

に着目して、土星を様々な位置から眺めることのできるコンテンツも制作する。

映像は用途やコンテンツに応じて壁面または床面に投影する。壁面に投影した場合にはユーザは CG 物体に対して自由に近づいたり遠ざかったりすることができる。床面に投影した場合には CG 物体をディスプレイ周囲 360 度から観察することが可能となる。

4.2 3D 星図コンテンツにおける星座中の星の配置方法

本研究の 3D 星図コンテンツにおいて、星座中の各星は球で表現しており、ヒッパルコス星表 [14] に基づいて CG 空間中に配置してから各星を星座線で結ぶ。ヒッパルコス星表は星の座標を地球から観察した赤経、赤緯、そして年周視差で表現したもので、本研究の天体ビューアでは年周視差から光年距離を求めている。また、色や視等級、星座線に関する情報も持っており、絶対等級も計算可能である。従って、提案システムの 3D 星図コンテンツに必要なほぼ全ての情報が含まれており、コンテンツ用データを容易に生成することができる。

本研究では、様々な星座において各星を自動的に観察しやすい位置に配置するとともに、地球を想定した位置から観察した場合には実際に地球から見える星座の形と一致させるため、以下の方法で CG 空間中の星の座標を決定する。まず、ヒッパルコス星表の赤経、赤緯、および光年距離から各星の宇宙空間での座標が決定する。次に、あらかじめ定めている CG 空間中で地球を想定した座標 p_e 、および CG 空間中で 1 光年に相

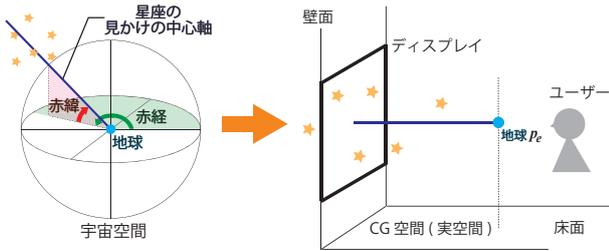


図 8: 天体ビューアにおける星の配置方法 .

当する長さから，宇宙空間の星の座標を p_e を中心とした CG 空間中の座標に変換する．次に，星座を構成する各星の赤経赤緯の平均値から，星座の見かけの中心軸を求める．そして，この軸が p_e からディスプレイ中心に向かう直線に一致するように各星に回転移動を施すことで，各星の最終的な CG 空間座標が決定する．図 8 に配置の様子を示す．

4.3 星の表現方法

星座中の各星は球で表現しているが，3D 星図コンテンツで星座を立体感を感じながら適切に表示するためには球のサイズの制御が重要となる．実際の夜空の星は点のように見えるが，天体ビューアで星の距離感および明るさの違いを表現するには星にある程度の大きさが必要となる．また，星座の表現のためには星のサイズがある程度揃っている必要があるが，立体感を感じるには視点の位置によってサイズが適切に変化する必要もある．

星を表現する球のサイズの決定法としては，全て同じサイズにしたり，実サイズに基づいたりする方法が考えられる．しかし，これらの方法では各星の視点からの距離や実サイズによって星の見かけサイズが大きく変化してしまい，星座を表現するには不適切である．一方，視点からの距離に関わらず見かけのサイズが一定となるように球のサイズを逐次変化させる方法も考えられる．この方法はユーザが移動しない場合には星座らしく観察できるが，ユーザが移動した場合に星座に近づくほど各星のサイズが小さくなるような錯覚が生じて，大きな違和感が感じられる．

そこで，本研究の 3D 星図コンテンツでは，星の基本的サイズは，地球を想定した座標 p_e から観察したときにすべての星の見かけの大きさが一定になるように球の直径を決定している．すなわち，遠方の星ほど大きなサイズの球で表現する．そして，ユーザの視点移動による球の実サイズの変更は行わない．そのため，ユーザが星に近づくほど星の見かけのサイズは大きくなる．これにより，ユーザは星座の立体感を感じながらすべての星を適切なサイズで観察可能となる．



図 9: 輝度値とサイズによる星の明るさの表現 ($\alpha = 0.5$) .

星の見かけの明るさである視等級は，星が本来持つ明るさである絶対等級と星までの距離によって決まる．天体ビューアにおいても星を表現する球の明るさは星の絶対等級に基づいており，星とユーザ視点との距離に反比例するように決定する．すなわち，星の見かけの明るさはユーザが近づくほど明るく，遠ざかるほど暗くなり，地球を想定した座標 p_e から観察した場合には視等級に相当する明るさとなる．

ここで，星の等級は 1 等級の違いにより明るさが $100^{1/5} \doteq 2.5$ 倍変化するように定義されている．本研究の 3D 星図コンテンツで取り扱う星の視等級は，最も明るい星が 0 等星，最も暗い星が 4 等星であり，明るさが約 40 倍異なる．そのため，一般的なディスプレイの 256 階調で星の明るさの変化を表現することは困難である．

明るさは単位面積あたりの輝度値と面積との積で表現できる．そこで，本研究では星の見かけの明るさに基づいて球の大きさも変化させる．すなわち，星の明るさを v_{mag} とした場合，球を表示する輝度値を v_{mag}^α に比例するように決定し，球の見かけの面積を $v_{mag}^{1-\alpha}$ に比例するように決定する ($0 < \alpha < 1$)．従って，球の半径は $v_{mag}^{\frac{1-\alpha}{2}}$ に比例するように決定する．その結果，輝度値と面積に基づく球全体の明るさは星の見かけの明るさに比例するとともに，輝度値のみで明るさを表現するのに比べて，より明確に星の明るさの違いを表現することが可能となる．図 9 に $\alpha = 0.5$ の場合の 3D 星図コンテンツでの等級別の星の表示例を示す．

4.4 ジェスチャ操作

天体ビューアは科学館での展示を想定している．そのため，ユーザ自身の選択で星座中の星に関する情報を提示したり，ユーザ自身が星座などの表示コンテンツを切り替えたりすることができることが求められている．そこで，ジェスチャ動作によって天体ビューアの実操作を行う拡張を行った．ジェスチャ動作は Kinect から人体のいくつかの関節点の座標を取得して実現する．

まず，右手をディスプレイに向けて伸ばすと仮想レーザーポインタが出現する．これは，ユーザの右肩と右手の

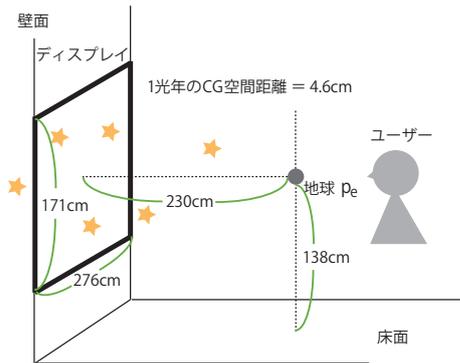


図 10: 実験での CG 天体ビューア各設定値.

座標を通る直線を描画することで実現している．これを運動視差立体視で観察することにより，ユーザは自分の右手からレーザー光が伸びているように感じる．そして，ユーザは観察する星座中から任意の星を選択することが可能となる．星の選択時には星の上部に情報パネルが出現し，選択した星の地球からの光年距離を表示する．ユーザは運動視差により立体的に観察するだけでなく，星の実際の距離を数値で確認することができる．また，天体ビューアのディスプレイ右下に表示している星座名パネルを仮想レーザーポインタで選択することで，星座中の最も手前に位置する星と最も遠方に位置する星を示す．

表示している星座の切り替えもジェスチャで行う．両手を揃えて右または左へ伸ばす動作を行うことで，ビューアに表示される星座がさそり座，北斗七星，オリオン座と次々と切り替わっていく．

5 実験

5.1 実装と動作実験

運動視差による三次元 CG 立体視システムを構築して，提案した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．星の明るさを表現する輝度値と面積を決めるパラメータは， $\alpha = 0.33$ としている．

始めに CG 天体ビューアを壁面に投影して 3D 星図コンテンツを制作した．図 10 にシステム設置設定の詳細を示す．この設定により，地球からの距離が 50 光年未満の星はディスプレイから飛び出したように観察される．そして，オリオン座，さそり座，北斗七星，カシオペア座，ペガサス座，夏の大きな三角形をコンテンツとして制作した．

CG 天体ビューアで表示したオリオン座を図 11 に示す．地球を想定した視点からは，地球から観察した場合と同等の形状と明るさでオリオン座が表示されていることが確認できた．そしてユーザが移動することによって，見かけの形状が大きく変化していることがわかる．また，運動視差によって星座の立体感を感じることができるため，星座の立体構造を直感的に把握することが可能であった．

図 12 にさそり座を表示した例を示す．地球を想定した視点からは，地球から観察した場合と同等の形状と明るさでさそり座が表示されている．そして，ユーザがディスプレイに近づいたり離れたったりして視点と各星との距離が変化すると，星の絶対等級と視点からの距離に基づいてそれぞれの星の輝度値とサイズが自動的に調整され，その視点における適切な見かけの星の明るさが得られていることを確認した．例えば地球から遠方にある星はユーザの多少の移動に対してそれほど明るさは変化しないが，地球から近い星はユーザの移動による距離変化の割合が大きく，見かけの明るさも大きく変化することが確認できる．

その他の星座を CG 天体ビューアで表示した例を図 13，図 14，図 15 に示す．

天体ビューアでは星座以外の天体の表示も可能である．図 16 にディスプレイを床面にして土星を表示した例を示す．運動視差によってディスプレイ上に土星の模型があるような立体感を感じながら，様々な位置から土星の 3DCG を観察することが可能であった．土星から見て地球と太陽はほぼ同じ方角にあるため，地球からは土星の輪が土星表面に作る影は観察しづらい．しかし，天体ビューアでは仮想的に地球以外の場所から土星を観察できるため，土星表面にできる影を観察することが可能である．

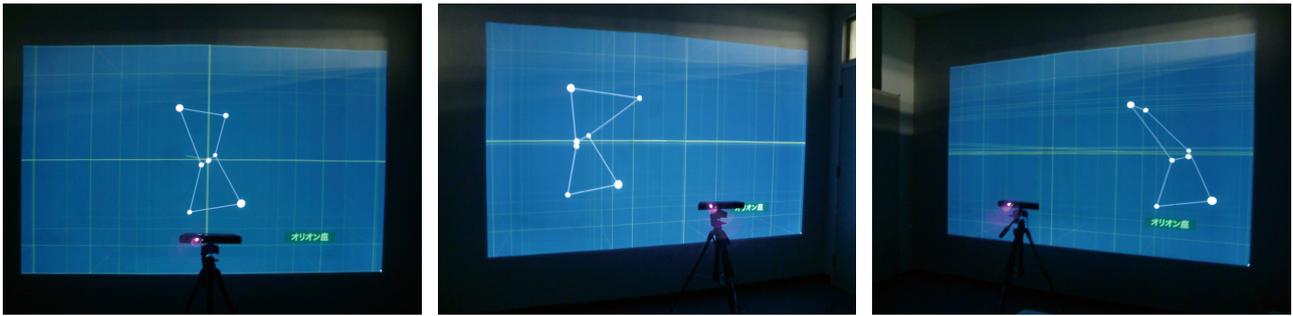
ジェスチャによって仮想レーザーポインタを操作する例を図 17 に示す．右手から仮想的なレーザー光が伸びて，選択された星の距離に関する情報が表示されている．

5.2 科学館での展示実験

2014 年 3 月 28 日に名古屋市科学館において実装したシステムの実験的な展示を行った．実験展示は科学館開館中に約 2 時間行い，著者らがシステムの使い方を説明しながら，小学 1 年生から 70 歳代まで約 30 名の来館者に実際にシステムを体験してもらった (図 18)．

体験者からは以下のような感想や意見が聞かれた．

- 星座は平面的ではなく，実は立体的なものだということが実感できた．



(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 .



(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 12: 天体ビューアで観察したさそり座 .

- 自分が動くことで星座を様々な場所から見る事ができ、大宇宙を飛び回るような感覚でとても楽しい .
- 星座の立体感をすごく感じる .
- 二人同時にできると嬉しい . でも、傍から見ていても星座の立体感がわかる .
- より多くの星座を表示して欲しい . 少なくとも黄道 12 星座には対応して欲しい .
- 誰が認識されているかわかるといい .

中学 3 年生男子 4 名のグループは 15 分以上システムを体験するなど、非常にシステムとその展示内容に非常に興味を持っていた . また、何度も名古屋市科学館に来ている小学 1 年生男子もシステムに夢中になり、黄道 12 星座などもっと多くの星座を見たいという意見をもらった .

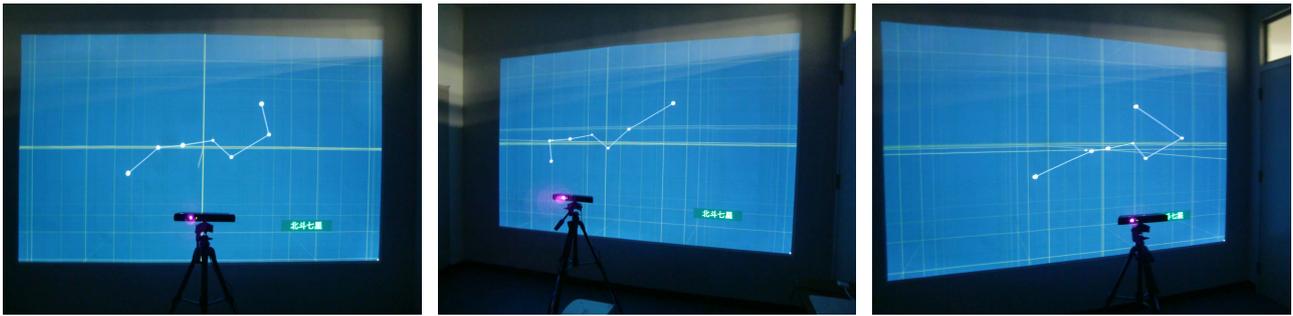
名古屋市科学館の毛利勝廣学芸員は、提案した天体ビューアは他にはない非常に面白い星座の表示方法を実現でき、しかも星座の立体構造が直感的に理解できるため、来館者が興味を持って星座を理解できる意義のあるシステムであると評価した . そして、科学館で常設展示を行う場合には、係員がいない状態でも来館者が体験できるように、システムの使用方法を説明する

待ち受け画面や、体験者をシステムにスムーズに導入するチュートリアル機能などの追加して欲しいという意見を頂いた . また、ビューア自体の機能として、様々な身長 of 体験者が自然な姿勢で星座を観察できるための改良や、体験者が立っている位置に関する情報の表示などの要望があった .

展示実験で得られた意見のうち、いくつかはシステムに反映させた . まず、星座は黄道 12 星座をすべて追加した . また、Kinect で認識した人物の頭部付近の画像を切り取って表示することで、現在は誰が観察対象になっているか確認できるように改良した (図 19) . さらに、Kinect で認識した人物の頭部位置に基づいて身長を推定して、地球を想定する座標 p_e の床面からの高さを自動調整することで、身長の低い子供から身長の高い大人まで、自然な姿勢で地球を想定した視点から星座を観察できるような改良を行った . 今後の常設展示に向けて、実験展示で得られたその他の意見も反映させるシステム改良を続けるつもりである .

6 まとめ

本研究では科学館での新しい対話的展示物として、星座や複雑な形状を持つ天体などを直感的に体感できる CG 天体ビューアを開発した . これは運動視差立体視



(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 13: 天体ビューアで観察した北斗七星 .



(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 14: 天体ビューアで観察したペガスス座 .

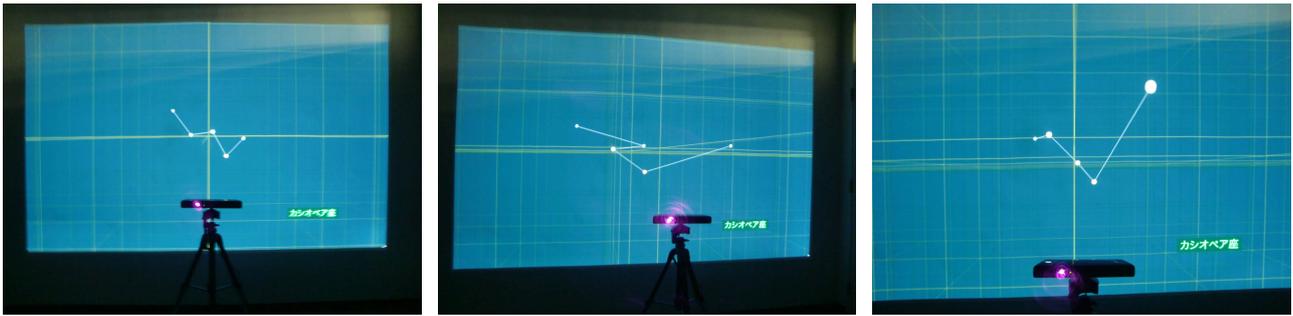
を用いており、ユーザの視点移動に合わせて適切な三次元 CG をリアルタイムで投影することで運動視差による立体感が得られる。そして、CG 天体ビューアのコンテンツとして 3D 星図と土星を制作した。3D 星図では、地球からの観察やプラネタリウム、通常の資料では理解困難な星座の立体的な構造を、星座を仮想的に様々な位置から眺めることで直感的に理解したり、星同士の距離を体感したりすることが可能となった。また、視点位置に応じて各星の明るさを物理現象に基づいて変化させることで、星の絶対等級と視等級との関係を理解することも容易となった。土星のコンテンツでは、土星の模型が目の前に置かれているような感覚で、土星を様々な位置から観察して立体構造を認識することが可能となった。

本研究で提案した天体ビューアは名古屋市科学館で常設展示を行う予定である。そのため、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などを行う予定である。また、様々な年代の来館者に合わせたコンテンツの開発なども今後の課題である。

なお、本研究の一部は科学研究費補助金 (26330420) による。

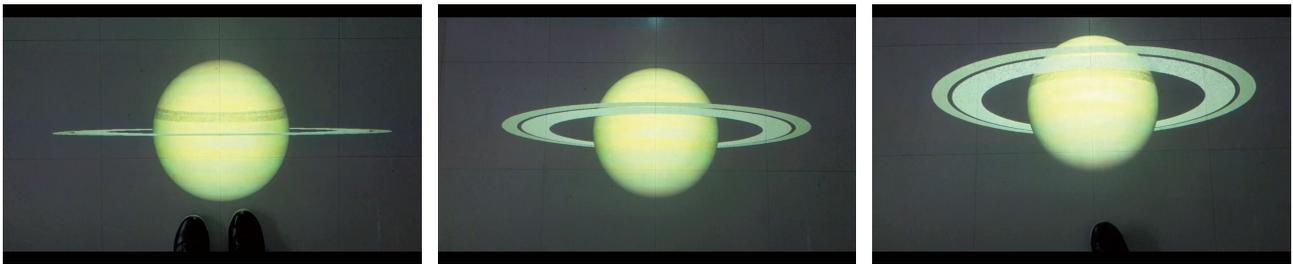
参考文献

- [1] 鈴木浩, 佐藤尚, 速水治夫: デジタル表現とアナログ工作を併せ持つ“惑星づくり”ワークショップの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2013-DCC-4, No. 4, 6pages (2013).
- [2] 北田大樹, 和田孝志, 白井暁彦: RFID とプロジェクションマッピングを活用した科学館向けエンタテインメント VR システム, エンターテインメントコンピューティング 2012, O2-02 (2012).
- [3] S. Mizuno, R. Hirano, Y. Tsutsumi: GAYAIT: An Interactive Video and Sound Art System handling a Large Number of Video Clips and its Applications, 芸術科学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 149–156 (2012).
- [4] 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).
- [5] 岩崎公弥子, 遠藤守, 水野慎士, 浦田真由, 高木英輔, 後藤昌人, 毛利勝廣, 安田孝美: 科学館と大学・来館者の「つながり」がもたらす可能性とその試



(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 15: 天体ビューアで観察したカシオペア座 .



(a) 視点 (1) . (b) 視点 (2) . (c) 視点 (3) .

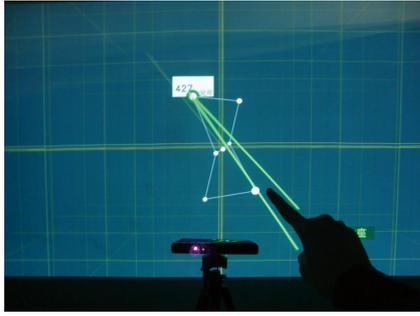
図 16: 天体ビューアで観察した土星 .

み - 名古屋市科学館開館 50 周年記念イベントにおける展示開発と実践 -, 情報文化学会誌, Vol. 20, No. 1, pp.10-17 (2013).

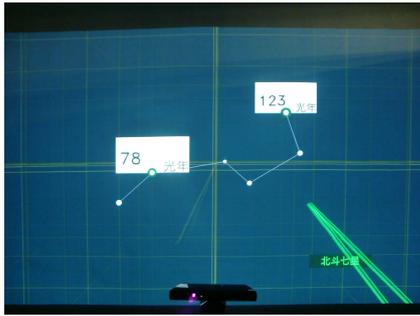
- [6] 上田晴彦, 成田堅悦, 毛利春治, 高田淑子, 長島雅裕, 亀谷光 : インターネット天文台の情報教育への応用及び教育的観点からの改善についての研究, 情報処理学会研究報告, 2009-CE-102-18 (2009).
- [7] 上田晴彦, 成田堅悦, 林良雄 : プレゼンテーションソフトを利用した星座学習教材の開発とその教育実践について, 情報処理学会研究報告, 2008-CE-97-3 (2008).
- [8] 塚田真未, 水野慎士 : 運動視差立体視を用いた三次元 CG 天体ビューアの提案, NICOGRAPH 2013 論文集, pp. 73-80 (2013).
- [9] B. J. Rogers, M. Graham : Motion Parallax as an Independent Cue for Depth Perception, *Perception*, No. 8, pp. 125-134 (1979).
- [10] 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).
- [11] 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).

- [12] 上原悠永, 水野慎士 : 擬似的三次元コピー機の提案, エンターテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2013), pp. 188-193 (2013).
- [13] 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 (2008).
- [14] “The Hipparcos Space Astrometry Mission by ESA”, <http://www.rssd.esa.int/index.php?project=HIPPARCOS>



(a) 星を選択 .



(b) パネルを選択 .

図 17: 仮想レーザーポインタでの操作 .

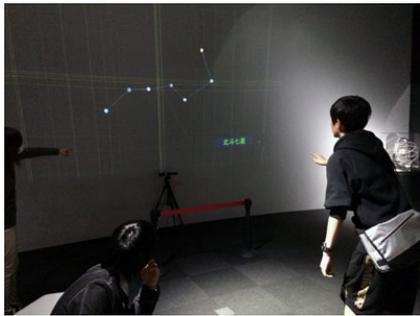


図 18: 名古屋市科学館での展示実験のようす .

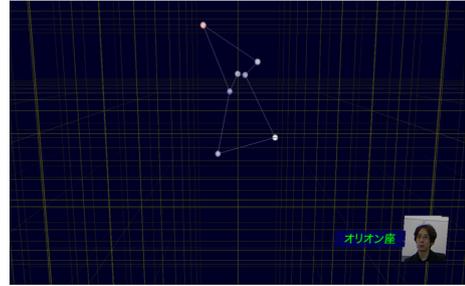


図 19: システム画面での観察対象者の表示 .

水野 慎士



平成 5 年名古屋大学工学部情報工学科卒業，平成 7 年同大学大学院博士前期課程修了，平成 10 年同大学大学院博士後期課程修了．博士（工学）．平成 11 年豊橋技術科学大学情報処理センター助手，平成 21 年愛知工業大学情報科学部講師を経て，平成 22 年同准教授，平成 26 年同教授，現在に至る．コンピュータグラフィックスや画像処理に関する研究やそれらを応用したデジタルコンテンツの開発に従事．画像電子学会奨励賞，インタラクシオン 2005 プログラム委員特別賞，DICOMO2012,2013,2014 野口賞受賞．情報処理学会，画像電子学会，芸術科学会，日本バーチャルリアリティ学会各会員．

塚田 真未



平成 26 年愛知工業大学情報科学部情報科学科メディア情報専攻卒業．在学中は三次元 CG のミュージアム展示物への応用に関する研究に従事．