

星空ビジョン ～星空を介して情報の記録・共有ができるツールの開発～

蓮 雄一^{*1} 加藤 直樹^{*2}

HOSHIZORA Vision

Development of a tool to record and share handwriting annotations through the starry sky

Yuichi Hasu^{*1}, Naoki Kato^{*2}

Abstract - When observing the starry sky, we often record what you notice about the stars and constellations, and communicate with others. However, it is difficult to record and share the information on paper because the stars are in space and move with time. In this paper, we describe the development of a tool to support stargazing. The tool displays the starry sky on a tablet computer screen according to the direction and altitude, can be written their notices and impressions directly on the screen and enables other users to see their instantly.

Keywords: pen interfaces, tablet computer, communication, information sharing

1. はじめに

星空を観察するとき、誰かと星について話したり、観望会で星について詳しい人から説明を受けたりするなど、人とコミュニケーションを取りながら星を眺めることがある。このような場面で、ある特定の星について共有するには、指で星の方向を指し示し、他の星との位置関係をもとに説明したりすることがある。このように、指差しや言葉での共有はどの星を指しているのかを示す方法が間接的であることから、同じ星について共有することや同じ星を共有できているのかを確認することは難しい。また、観察して気づいたことや感想を言葉で共有するだけでなく、記録しておくことは記憶することや後で振り返るときに有効だと考えられる。しかし、紙媒体に記録した内容を別の機会に改めて確認することは、星の位置は時間とともに移りゆくため難しい。

星や星座の知識や感想を共有することで、自分にはない星の見方を知り、新しい発見に出会うことができる。星に関する知識が十分でなくても、気づきや感想を複数人で共有しながら星空を見ることで、天体観察が容易になり、星への興味関心が高まることが期待される。

本稿では、タブレット端末の画面をかざした方角と高度に対応して星空を画面に表示し、そこに直接書きで気づきや感想を書き込むと、他の観察者もそれを見ることができる星空観察支援ツールの開発について述べる。

本研究は、筆者が所属する研究室で継続的に行われている研究である[1,2]。しかし、特定・不特定の複数人との共有や、過去のアノテーションの保持ができない、十分

な応答性がないなど、実装が不十分であった。そこで本研究では、実装方法の設計に重点を置き、実用性のあるツールを開発する。

2. 既存の星空観察支援ツール

星を観察するとき、ある星が何の星であるかを知るためには他の星との位置関係やその星が見える方角を知る必要がある。しかし、星は時間経過とともに移動するため常に同じ方角にあるとは限らないこと、観察場所や月の明るさなど環境によって見えなくなる星があるため星と星の位置関係を捉えられなくなり、星を観察することに苦手意識を持つことや観察の魅力を十分に楽しむことができない場合がある。これらの問題を解決する手段として、星空観察支援ツールを使用して星を観察することがある。以下、既存の星空観察支援ツールについて調査を行った。

1) 星座早見盤

星空観察支援ツールの1つとして星座早見盤を使うことが一般的である。もっとも普及している星座早見盤は円盤型が多く、北半球用、南半球用の2種類ある。このツールは方位図法を用いて表現されている星図が描かれている母盤と水平線以下の部分を隠す回転盤の2枚の円盤を中心で固定し、回転させることで、日時を設定し、現在向いている方角と円盤に書かれている方位を一致させることで、実際の星空と照らし合わせながら使用することができる。しかし、星座早見盤では星、星座の位置関係がどれくらいのスケールかわからないため実際の星との比較が難しいことや、方位を一致させる方位磁針、夜観察する際に星座早見盤を照らす明かりが必要になるといった問題点がある。

2) 天体観測アプリ

近年では情報技術の発展、スマートフォンやスレート

*1: 東京学芸大学大学院 教育学研究科

*2: 東京学芸大学

*1: Graduate School of Education, Tokyo Gakugei University

*2: Tokyo Gakugei University

型のコンピュータ（以下、タブレット端末と記す）の普及により、デジタル星座盤が普及した。代表的なツールとして、スマートフォン向けアプリの Star Walk 2 や星空早見 AR という天体観測アプリがある。これらのツールは、タブレット端末に内蔵されている方位センサやジャイロセンサを用いて、かざした方向の星空を表示し、星座線やその星の視等級、星の大きさなど星に関する情報を提示することができる。このツールを活用することによって、方位概念や事前知識がなくても容易に星に関する情報を知ることができるようになった。しかし、ツールを用いて観察をしたときの気づきや感想を記録し、誰かと共有することはできない。

3. 星空ビジョンの提案

3.1 基本コンセプト

本ツールでは、タブレット端末の画面を観察したい方角、高度にかざすとその先に見える星空を画面に表示する。また、その表示された画面上の星空に手書きで自由線を描き、記録・蓄積することを可能とする。さらに、その記録した手書きアノテーションを特定の複数人で共有し、気づきや感想を伝え合うことを可能とする。

これらにより、同じ場所で観察している人同士で、その時刻に見える星や星座について視覚的な情報で共有することや、異なる場所で観察している人同士でも、星空を介して情報のやり取りをすることができる。

3.2 基本設計

本節では基本コンセプトを実現する機能を述べる。

3.2.1 天体表示機能

タブレット端末の画面上に星空を表示する機能を提供する。星空を観察するとき最初に着目するのは星と星の位置関係を表す星座や星座を構成する星だと考えられる。また、肉眼では、空気が澄んでいて街の光が少ない地域で 5,6 等星まで観察することができる。そこで、88 星座に使用されている全ての恒星、5 等星までの恒星を合わせた 3215 個の恒星を表示することとする。画面に表示する星は、タブレット端末の画面をかざした方角と高度を検出し、それに対応する星を表示する。

これにより、タブレット端末をかざす動作に合わせて、どの方角・高度にも対応する全天球星空観察をすることが可能となる。また、実際には観察することができない地平線の下の見えない星やその地域では見ることができない南半球にある星がどの位置にあるのか表示することが可能となる。

3.2.2 最微光星調整機能

観察できる星は、観察地域の街の光、大気中の塵、月の明るさなどによって変化する。画面上に実際に見えている星よりも暗い星が大量に表示されていると見えていない星や星座を補完して確認することができ、明るい星のみを限定して表示すると、画面に表示されている星や

星座と実際の星を一致させることができる。そこで、画面上に表示する星の明るさの上限・下限を調整できるようにすることで、観察している星がタブレット端末に表示されているどの星と対応しているのか確認しやすくする。

3.2.3 星座線の表示・非表示機能

実際の星を観察するとき、星座を見つけることで、その星座から他の星や星座の位置関係を確認することがある。そこで、どの星が星座を構成する星であるか表すために星座線を表示する機能を提供する。星座に着目せず星を観察することや実際の星から自分で星座を見つけ記録することが考えられるため、星座線の表示・非表示を任意に選択できるようにする。

3.2.4 拡大縮小機能

星空を観察するとき、俯瞰して全体を観察したいときと一部の星座など細かい部分を観察したい時がある。タブレット端末上で見ることのできる星の範囲は限定されてしまうため、タブレット端末に表示される星空の範囲を拡大、縮小できる機能を提供する。

3.2.5 手書きアノテーション機能

観察して気づいたことを記録・共有するために、星空を表示している画面上にペン入力やタッチ入力による手書きでのアノテーションができる機能を提供する（図 1、以下手書きアノテーションとする）。手書きアノテーションは星空に対して描くものであるため、たとえば時間経過やタブレット端末をかざす方向を変えるなどして表示される星空が移動した場合、手書きアノテーションも結びついて動くようにする。手書きでアノテーションができることにより、文字によるコメントだけでなく、矢印で指し示したり、囲って一つの星座を示したり、見つけた星座の星座線を記録したりすることで、言葉だけでは説明しにくい内容も記録し、伝えることが可能となる。なお、描き間違えたところを描き直したいことがあるため、UNDO 機能を提供する。

3.2.6 観察視点固定機能

タブレット端末に表示する星空は、画面をかざす方角、高度の星空を表示し続ける。そのため、手書きアノテ

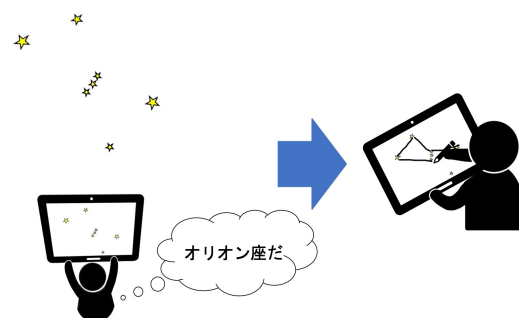


図1 手書きアノテーションのイメージ

Fig.1 Image of Hand-drawn Annotations.

ションをする際に、タブレット端末を支えている手が動いてしまうことにより、星空が移動してしまい、本来入力したい場所に記録することができなくなってしまうことが危惧される。そこで、画面をかざす方位、高度に合わせた画面への表示を止め、表示する星を固定する機能を提供する。これにより、タブレット端末を安定した姿勢で持つことができ、手書きアノテーションがしやすくなる。

3.2.7 共有機能

描かれた手書きアノテーションを複数人でリアルタイムに共有できる機能を提供する。リアルタイムで手書きアノテーションを共有することで、観察者と同じ星、星座を観察しながら星空を介した情報のやり取りをすることができる。先に記した通り、アノテーション情報は天球に紐づけるので、同じ場所で観察している人同士だけでなく、緯度経度が異なる場所の人同士でも天球表示に対応した位置に手書きアノテーションを表示するため、同じ星や星座に対して共有することができる。手書きアノテーションをリアルタイムに他のユーザのタブレット端末に反映させるため、常にサーバとデータの送受信を行い更新する。

また、本ツールを利用する全ての人の全ての手書きアノテーションを共有し表示すると、画面が手書きアノテーションで埋まってしまう。また、長期間記録し続けると画面に手書きアノテーションが溜まってしまい描きたい場所に手書きアノテーションをすることができなくなる。そこで、共有する人を限定し、手書きアノテーションできる空間を複数用意して切り替えることができる機能（ルーム機能）を提供する。これにより、観察する視点や用途によって記録するルームを分けることが可能となる。また、ユーザごとに手書きアノテーションの表示・非表示を選択できる機能を提供する。どの手書きアノテーションがどのユーザが書いたかを識別できるように、ユーザごとにアノテーションの色を変えて表示する。そして、その色と対応付けたユーザリストを表示し、タップ操作によって表示・非表示の切り替えを行えるようにする。これらにより、手書きアノテーションを共有する

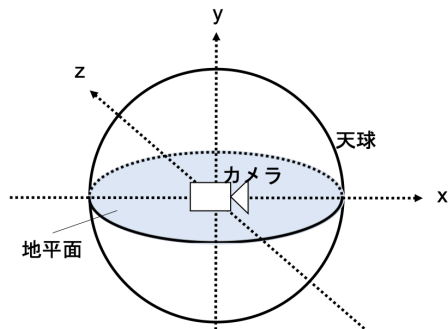


図2 天球、カメラの設置

Fig.2 Putting The Celestial Sphere And Camera.

ユーザを限定することや観察する視点や用途によってルームを切り替えて記録、共有を行うことができる。

4. 実装方法の設計

4.1 天体表示機能の設計

本ツールでは、3次元空間を生成する SceneKit を用いて、星空の高速表示を実現する。星は地球から見ると、大きな球（天球）に張り付いて動いているように見える。地球の大きさは天球の大きさと比べると極端に小さいため、地球の大きさを無視することができ、地球上の観察地点は天球の中心点と一致する。

天球を表現するために原点を中心とする球を置き（星はこの球の内面に描く）、地球から見た視線方向の切り取った一部の星空をタブレット端末に表示するために、SCNCamera オブジェクトをその中心に設置する（図2）。天球の初期位置は真上に北極点があるように配置しており、観察している位置（緯度、経度）と時刻に合わせる必要がある。そこで、観察している緯度に合わせて天球を傾け、時刻と観察している経度に合わせて天球を回転させることで観察地点から見える星空と一致させる（図3）。また、タブレットをかざす方位、高度に合わせて、視線方向（SCNCamera の向き）を変えることで視線方向の一部分の星空を表示することを可能とする（図4）。

4.2 表示範囲の拡大縮小機能の設計

前節4.1で設置した SCNCamera の視野角を調整することで拡大縮小を実現する。タブレット端末上で2本指を画面に置いたまま、指の距離を小さく・大きくする操作

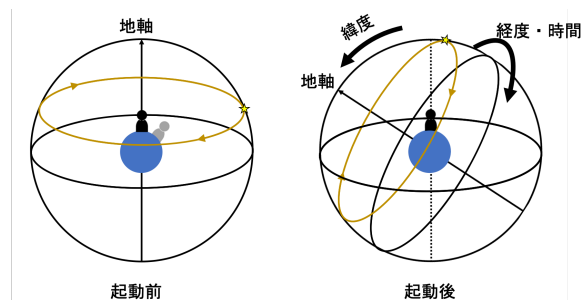


図3 天球の調整

Fig.3 Adjusting of The Celestial Sphere.

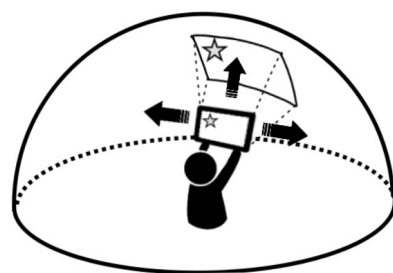


図4 視線方向の星空の表示

Fig.4 Starry Sky Display of Line of Sight.

に対応して SCNCamera の視野角を小さく・大きくすることでタブレット端末に表示される星空の範囲を拡大、縮小できる機能を実現した。

4.1 手書きアノテーション機能の設計

天球の内側にひとまわり小さい透明な球を設置する。タブレット端末の画面上で指をなぞる動作をすると、その先に表示されている透明な球面上の座標を取得し、認識した点と点に直線を引くことで、手書きアノテーションを表示する。透明な球と天球が重なり、あたかも天球上に線を描いているように見える。

球面上に線を描くためには、表示画面上の座標に対応する球面上の座標を取得する必要があるため、その変換を行う。表示画面座標に対応する天球面座標は、現在時刻、現在位置、タブレット面が向いている方位と高さから算出できる。

タブレット端末上でなぞりはじめから終わりまで連続的にタップした点を取得し続け、取得した点と点を直線で結び透明な球面に設置する。なぞりはじめから終わりまでを一つの線として保存し、Undo 機能を使用するときは一つの線ごとに削除することができる。

5. 試作

5.1 開発環境

本ツールは、Xcode (version 11.6) で開発を行い、Apple 社が提供する swift 言語を用いて実装した。天体を表示するために 3 次元空間を生成する SceneKit ライブラリを使用した。また、ユーザ同士の手書きアノテーションをリアルタイムに共有するため Google 社が提供している Firebase Realtime Database を用いて通信の実装を行なった。

5.2 実行環境

本ツールでは、タブレット端末の画面をかざした方角と高度に対応して星空を画面に表示するため、位置情報の取得、方位の取得、姿勢情報の取得の規格が統一されている iOS10.3 以降の iPad, iPhone のタブレット端末を実行環境とした。

5.3 キャリブレーション

方位センサはタブレット端末の上部の方位を取得することができる。しかし、星空を観察する場面では、タブレット端末で取得する方位は観察している方向と 180 度反転した方位が取得される (図 5)。また、起動時は星空にかざさない姿勢をとっていることタブレット端末を下に向けているときと上に向けているときで方位が反転してしまうため、常に正しい方位を取得することができない。そこで、デバイスを北の方位に合わせ、事前にキャリブレーションを行い、基準となる北に SCNCamera が向くように設置し、起動後の方位変化をジャイロセンサ、加速度センサを用いた姿勢情報から正しい方位を表示する。方位の取得は、北 0 度を基準として反時計回りに西、南、東と数値が増加し、360 度になると再び 0 度の数値で

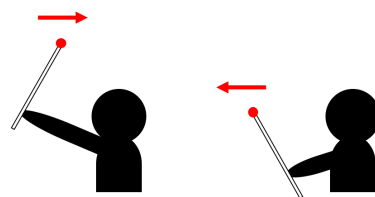


図5 タブレット端末の取得方位の反転
Fig.5 Reversal of Device Direction.

表される。数値で取得しただけでは方位がわかりにくいいため、方位磁針がアニメーションで回転するコンパス画面で、数値とともに針を回転するアニメーションで表示した。表示したコンパス画面で、方位磁針を北に合わせると星空観察画面に自動で遷移する。

タブレット端末によっては方位センサが正常に作動せず、方位を取得できない場合や周囲にある磁気の影響で正確な方位に調整できないことがある。そこで、方位センサで調整する方法と任意の方向を北として観察画面へ遷移する方法を採用した。切り替えボタンで 2 つのモードを切り替え、任意の方向を北とする場合、方位磁針のアニメーションが北で固定される。任意の方向に調整し、起動するボタンを押すことで星空観察画面に遷移する。

6. おわりに

本稿では、タブレット端末の画面をかざした方角と高度に対応して星空を画面に表示し、そこへ直接手書きで気づきや感想を書き込んだ手書きアノテーションを、他人と共有できるツールの開発について述べた。

開発したツールでは、観察する位置、日時、方角、高度に対応した星空を表示する機能、表示した画面に自由線を描く機能、それを複数人で共有できる機能を提供した。また、線を描き共有することができる空間を複数用意して切り替えを行う機能 (ルーム機能) を提供することで、共有する人を変えたり、限定したり、用途に分けて使用できるようにした。また、特に実装方法の設計に重点をおき、応答性に優れた実用性のあるツールとすることができた。

今後は小学校の授業での活用、地域の観望会での活用など幅広い使い方を提示し、星空ビジョンというツールの有用性を検証するとともに、今ある機能の改善、新たな機能の提案、開発することが課題である。

参考文献

- [1] 金子他:星空ビジョン:星空を介してコミュニケーションを可能とするツールの開発, 情報処理学会第 73 回全国大会講演論文集, vol.1, pp.197-198 (2011).
- [2] 谷田川他:星空ビジョン:星空を介してコミュニケーションを可能とするツールの開発, 情報処理学会第 75 回全国大会講演論文集, vol.1, pp.205-206 (2013).