

天文航法教育のためのアプリケーション開発と効果的利用法の検討

布目明弘*

Development of Application for Celestial Navigation Education and Consideration of Its Effective Usage

NUNOME Akihiro*

In this study, the author has developed an application for astronomical navigation education that allows intuitive understanding of the movement of celestial bodies on the celestial sphere. Lectures using this application were found to have the effect of improving learners' comprehension. In addition, the educational effects of the application showed that more remarkable for the learners who has learning experiences in the related fields.

キーワード 天文航法, 教育, アプリケーション

1. はじめに

天文航法とは天体を使用して船位等の船舶運航に必要な諸要素を求める技術体系を指し、その習得を通して船員としての素養を身に着けることが出来るため、船員教育でこれを行うことは重要である。天文航法は船員の訓練及び資格証明並びに航海当直に関する国際条約(STCW 条約)に基づき、わが国の船舶職員養成施設の教育の内容の基準としても定められている⁽¹⁾。また、海技試験でも天文航法に関連する問題は毎回出題され、その得点の割合も大きなものとなっている。

一方、船舶の安全運航のために必要な知識は天文航法以外にも数多くあるため、船員教育機関は学生に対しより幅広い知識に触れる機会を創り出すことが重要である。しかし、船員教育機関で天文航法に割り当てられる時間は大きく、天文航法の存在が船員教育機関のカリキュラムの多様性を圧迫していると言える。天文航法に関しては多くの名著が存在するが、日常生活に馴染みのない概念を取り扱うがゆえに初学者がテキストのみを使用して天文航法の概念を理解する

ことは非常に困難である。単純にこれに割く時間を減らすことは学習者の理解が犠牲になることが予想され、これを犠牲にすることなく難易度や学習時間等の学習コストを低下させるための工夫が望まれている。

そこで本研究では、天文航法の学習を効率的に行うことを目的とし、天球の概念に対する理解を促進するための天文航法教育アプリケーション(以下、天球アプリという。)の開発を行った。また、これを取り入れた授業の受講者にアンケート調査を行うことにより、その有効性の評価及び効果的活用法の検討を行った。天球アプリによって導入段階における学習時間の削減が見込める他、より理解が深まることでその後の学習が効率的に行われるようになり、天文航法の学習開始から習得に至るまでの学習コストが全体的に低減することが期待される。

2. 天球アプリの概要

2.1 天球アプリの画面構成と機能

本研究で開発した天球アプリの画面構成を図1に示す。画面中央にはCGで天球を模した球体が表示されており、天の北極及び天の赤道上にそれぞれ北極星、太陽をイメージした天体が1つずつ表示される。画面右上は入力欄であり、観測者の位置(緯度・経度)及び任意の天体の赤緯を入力することが出来る。ここに任意の天体の赤緯を入力することで、天球上に任

* 商船学科
e-mail: nunome2020@nc-toyama.ac.jp

意の天体が新たに表示される。画面左上の再生ボタンで天球を回転させると、天球上の天体もこれに伴い回転するため、赤緯が時間経過によって変化しないと仮定した場合の簡易的な日周運動を表現することが出来る。天球を見るユーザーの視点はマウス操作で任意に変更することが出来るほか、画面右下のボタンで一般的な天球図法(赤道面図・地平面図・子午線面図)の視点に切り替えることが可能である。画面左中央のチェックボックスでは天球上の主要な大圏(地平圏、天の子午線など)の表示・非表示を切り替えることが可能である。画面左下には任意の天体と観測者の位置関係から算出された時角, 方位角, 高度が表示される。天球を停止させた状態で任意の時点における値を確認出来る他, 天球を回転させている状態で時々刻々と値が変化する様子を見ることも出来る。

尚, 天球アプリは共有場所からダウンロードすることで, ノートパソコンやスマートフォンなど, 手持ちの端末で操作することが可能である。

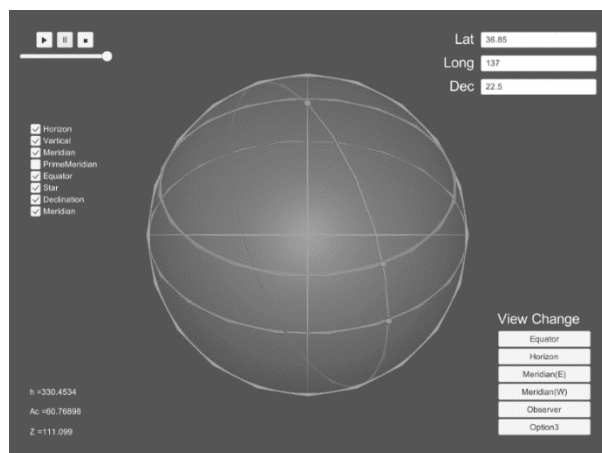


図1 天球アプリの画面構成

2.2 天球アプリの利用場面

天球アプリは船員教育機関における講義で利用する他, 学習者が各自の端末上で操作することで家庭学習で利用することも出来る。

講義での利用法としては, 天球アプリの画面を教室のスクリーンに投影し, 操作を加えながら解説を行う方法が考えられる。従来, 天球図法等の平面図によって解説されていた内容が立体的に把握出来るようになるため, 学習者の理解が促進されることが期待できる。

家庭学習での利用法としては, 天文航法の計算問題を行う際, 問題で与えられた条件を天球アプリにて再現することで, 計算結果を視覚的に確認することが考えられる。また, 手元の端末で気軽に立ち上げられる状態となることで, 空き時間にゲーム感覚で学習を進めることも可能となる。

3. 天球アプリを使用した講義とアンケート調査

天球アプリの教育効果および問題点の確認のため, 2020年10月29日, 富山高等専門学校商船学科航海コース第3学年の学生19名を対象とした航海測位論IIIの講義時間中に, 天球アプリを取り入れた講義を実施し, 受講者に対してアンケート調査を実施した。

3.1 天球アプリを取り入れた講義

講義は2つのステップに分けて実施した。1つ目のステップではシラバスにて講義資料として指定されているホームページをスクリーン上に表示し, 天球図法及び天文航法に関する用語について口頭での説明を行った。2つ目のステップでは天球アプリの画面をスクリーン上に表示し, 教員側で操作を行い, 天球図法の諸要素に関する説明を行った。受講者からの質問に対しては適宜対応した。

3.2 講義に関するアンケート調査

講義中に実施したアンケート設問を表1に示す。また, 各設問の選択肢を表2から表4に示す。設問1から設問5は受講者の基本的な情報を問うもので, 特に天文航法に関連する分野の学習経験を把握するために設定した。設問6から設問9はそれぞれ天文航法の用語や天球図法に関する理解度を問うもので, アプリの使用前と使用後を比較するために設定した。設問10から設問13は理解度向上に寄与すると思われる事項について複数選択式にて問うもので, 理解度が変化した要因もしくは変化しなかった要因を検討するために設定した。設問14及び設問15は今後の天測アプリの改善のため, 今回使用した天球アプリの課題をユーザー視点でのフィードバックを得るために設定した。

アンケート回答のタイミングは3段階に分けて実施した。設問1から設問5は講義開始時に回答を依頼し

た。設問 6 から設問 7 は前述の 1 つ目のステップの説明が終了した段階で回答を依頼した。設問 8 以下は 2 つ目のステップの説明が終了した段階で回答を依頼した。

表 1 アンケートの設問

番号	内容	回答方式
1	あなたの性別を教えてください。	選択式
2	海技試験の筆記試験合格状況を教えてください。	複数 選択式
3	今回の授業を受ける前に、海技士(航海)国家試験の航海に関する科目についての試験対策をしたことはありますか？	選択式
4	今回の授業を受ける前に、天体を使った船位の求め方について学習したことはありますか？	選択式
5	今回の授業を受ける前に、天球図法について学習したことはありますか？	選択式
6,8	天球図法について、理解できましたか？	選択式
7,9	天文航法の用語について、理解できましたか？	選択式
10	設問 6 と設問 8(天球図法)で回答が異なる方は、その理由として当てはまるものを全て選んでください。	複数 選択式
11	設問 6 と設問 8(天球図法)で回答が同じ方は、その理由として当てはまるものを全て選んでください。	複数 選択式
12	設問 7 と設問 9(天文航法の用語)で回答が異なる方は、その理由として当てはまるものを全て選んでください。	複数 選択式
13	設問 7 と設問 9(天文航法の用語)で回答が同じ方は、その理由として当てはまるものを全て選んでください。	複数 選択式
14	アプリや、アプリを使った授業に対する感想を書いてください。	自由 記述式
15	最後に、アプリで改善した方が良くと思うことや、実装してほしい機能などがあれば書いてください。	自由 記述式

表 2 設問 6 から設問 9 の選択肢

得点	選択肢
5	よく理解できた
4	まあまあ理解できた
3	どちらでもない
2	あまり理解できなかった
1	全く理解できなかった

表 3 設問 10 及び設問 12 の選択肢

番号	選択肢
A	立体的だったから
B	CG に動きがあったから
C	色が着いていたから
D	視点が自由に動くから
E	1 つの画面に表示されるから
F	混乱してしまったから
G	今まで勘違いしていた事に気付いたから
H	その他

表 4 設問 11 及び設問 13 の選択肢

番号	選択肢
A	講義を受ける前から理解していたから
B	アプリを使う前に理解していたから
C	アプリを使っても理解できなかったから
D	アプリを使わない説明と、アプリを使った説明とで違いを感じなかったから
E	天球図法の説明と、アプリを使った説明との関係がわからなかったから
F	その他

4. アンケート結果の考察

アンケートの集計結果の一部を図 2 から図 7 に示す。図中の A~H もしくは A~F の記号は表 3 及び表 4 に示す記号と対応している。

4.1 天球アプリによる理解度の変化

図 2 及び図 3 に設問 6 から設問 9 の集計結果を示す。天球アプリの使用前と使用後と比較すると、「よく理解できた」「まあまあ理解できた」と回答した人数は天球図法については 3 人から 7 人に、天文航法の用語については 4 人から 9 人に増加している。一方、「全く理解できなかった」「あまり理解できなかった」と回答した人数は天球図法については 11 人から 8 人に、天文航法の用語については 10 人から 8 人に減少している。また、受講者全体の理解度天球図法の平均点は天球アプリ使用前が 2.32 だったのに対し使用後は

2.89で0.57増加, 天文航法の用語の平均点は天球アプリ使用前 2.42 だったのに対し仕様後は 3.05 と 0.63 増加している。これらのことから, 天球図法, 天文航法の用語ともに天球アプリが理解度の向上に寄与している様子がわかる。天球アプリを使用した後で受講者からの質問が活発に行われたことも理解度向上の要因の 1 つと考えられ, 天球アプリには学習者の興味を引き付ける効果があったものと思われる。

4.2 学習者の理解に影響を与える要素

図4及び図6に示す設問10及び設問12に対する回答より, 「A 立体的だったから」という回答が最も多く, 「B CG に動きがあったから」がこれに続いている様子がわかる。従来のように平面上では天体の運動のような立体的かつ時間変化のある概念を表現することに制約があったが, 天球アプリではその制約が小さくて済む。これにより直感的な理解が可能になったと言える。

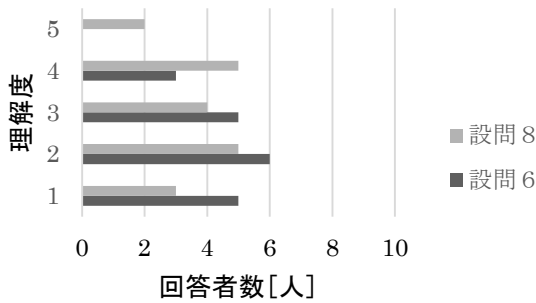


図2 天球図法に関する理解度

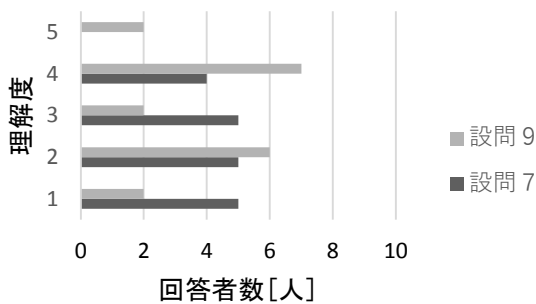


図3 天文航法の用語に関する理解度

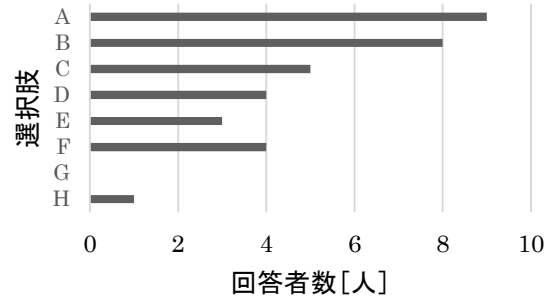


図4 設問10の集計結果

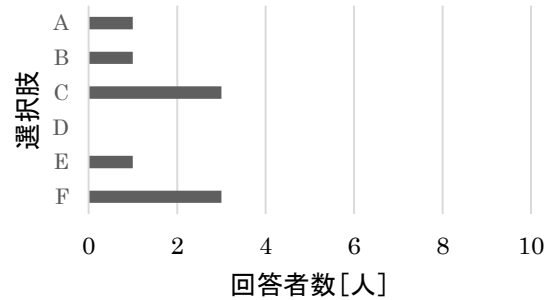


図5 設問11の集計結果

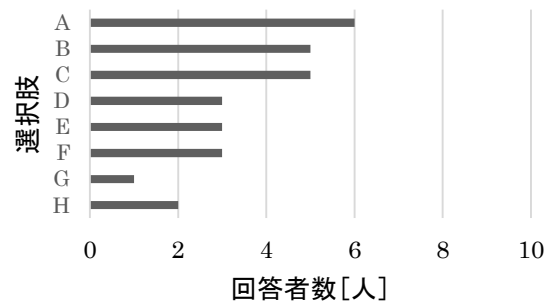


図6 設問12の集計結果

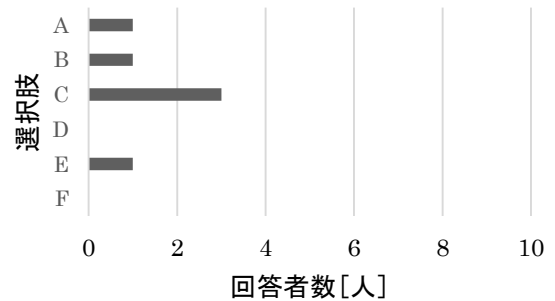


図7 設問13の集計結果

4.3 自由回答より

設問 14 及び設問 15 の自由記述によって得られた回答の一部を抜粋し、文体を整えたものを表 5 及び表 6 に示す。設問 14 の回答のうち、好意的な感想が 11 件、批判的な感想が 2 件、好意的なものど批判的なもの両方、もしくはどちらでもない感想が 3 件であった。このことから、受講者には概ね好意的な感想を持たれたと言える。好意的な感想の内容を見ると、立体感や動きなどの見やすさについて言及している回答が多く、天体の運動という 3 次元空間上の現象を直感的に把握することの有効性を示していると言える。設問 15 の改善に関する回答では、天球アプリで表示される各線と、天球図法で使用される各用語の関連がわかりにくかったことが示唆されている。画面左側のチェックボックス操作で各線の英語名称を確認する方法はあるものの、スクリーン上に表示した場合は受講者自身での操作が出来ないため、この機能の教育効果は不十分であった。各線の名称が直感的に認識出来る表示や、各用語の解説の表示があった方が、学習者の理解に寄与するものと思われる。

表 5 設問 14 の回答の一部

回答
<ul style="list-style-type: none"> ・現代的で視覚的にとても理解し易かった。 ・とても見やすく良かった。教科書の図や文章を見て理解するより圧倒的にいい。 ・見やすく分かりやすいが、用語を理解していないと分からない。 ・見ていてとても面白かった。 ・図と用語を合致させるのが難しかった。 ・CGの動きでわかりやすかった。 ・分かりやすくいいと思う。 ・CGに動きがあったのはよかったが、あまり理解が深まらなかった。 ・立体的に表現されていて分かりやすかった。 ・分野が難しい。 ・動きや立体的の方がイメージがわいた。言葉だけと比べてとても分かりやすかった。 ・新しく楽しく学べた。 ・イメージがわかりやすいので良かった。アプリを使う前に HP で一度説明を受けていたのでアプリを使ったときに「なるほど!」と思った。 ・すごく難しい。

表 6 設問 15 の回答の一部

回答
<ul style="list-style-type: none"> ・天球の裏側の本来見えない線を点線表示、重なった線が分かりにくいので各視点モードに 5 度くらいずらした視点モード、この 2 つの実装をお願いします。 ・パッと見て何がどの点か、線か、すぐわかるようにしたらいいと思う。だが、他の線やオブション表示の邪魔にならない程度でいいと思う。 ・グラフ上（立体の）に名前など等の書き込みがあると初心者にとっては嬉しい。 ・どの線が何の線なのかわからなくなるため線を色分けをするか、名前を線の近くに表示してほしい。 ・App Store に入れてほしい。 ・色が見にくかった。背景なども変えてほしい。また、要素をクリックしたときに名称等が出るようにしてもらえれば、忘れた時にすぐ確認出来るので実装してほしい。 ・それぞれの線に色をつけたら分かりやすくなると思う。

4.4 受講者の学習経験が天球アプリによる教育効果に与える影響

設問 3 から設問 9 の回答を基に、受講者の学習経験と天球アプリを使用する前後における理解度の変化の関係を比較した。理解度の変化は設問 6 から設問 8 もしくは設問 7 から設問 9 の点数が増加したものを「理解度向上」、同じだったものを「理解度変わらず」、低下したものを「理解度低下」とした。

図 8 及び図 9 はそれぞれ海技試験(航海に関する科目)または天測計算の学習経験の有無と、天球図法に関する理解度の変化の関係を示したものである。それぞれの学習経験「あり」と回答した受講者は、天球アプリの使用により理解度が向上している様子がわかる。一方、各々の学習経験「なし」と回答した受講者については「理解度変わらず」と回答した人数が最も多く、アプリの使用により理解度の向上に繋がっていない様子がわかる。このことから、関連分野の学習経験が天球アプリの教育効果に影響を与えていることが示唆されるため、天文航法の導入段階のみならず学習がある程度進んだ段階でも天球アプリを使用することで、より高い教育効果を得ることが出来る可能性が示唆されている。

図 10 は天球図法の学習経験の有無と、天球図法に関する理解度の変化の関係を示したものである。これに関しては、天球図法の学習経験「あり」と回答した受講者が1名のみであったため、学習経験による比較は出来なかった。

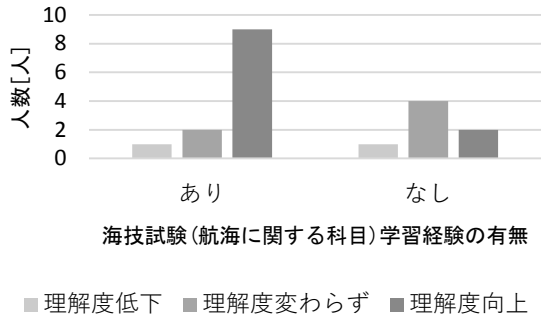


図 8 海技試験(航海に関する科目)の学習経験の有無と天球図法に関する理解度の変化

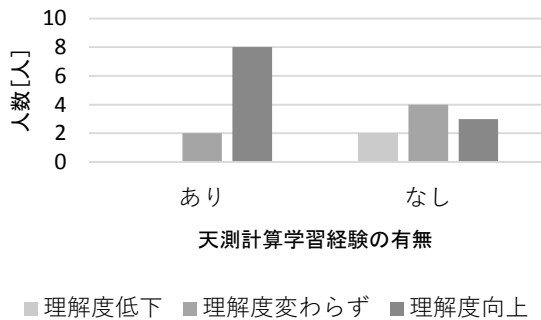


図 9 天測計算の学習経験の有無と天球図法に関する理解度の変化

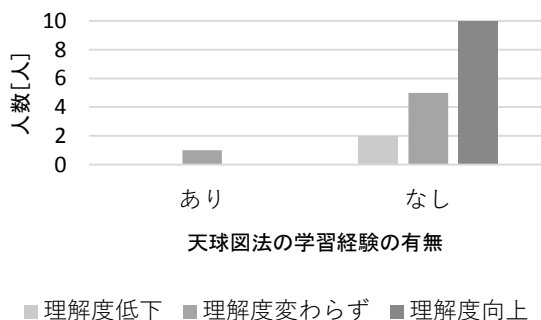


図 10 天球図法の学習経験の有無と天球図法に関する理解度の変化

5. 結論

天球アプリを天文航法の講義における導入段階で

使用することで、天文航法の用語及び天球図法に関する理解度をアンケート形式で調査した。この結果から、天文航法の用語や天球図法の説明の際に天球アプリを使用することで、学習者の理解度向上に一定の効果があることが示された。また、関連する分野の学習経験の有無によって天球アプリ使用による理解度の変化に差が生じる様子が見られたことから、導入段階のみならず計算問題等に取り組んだ後の段階で使用することで、より効果的に使用できる可能性が示された。

6. 今後の課題

今回のアンケート結果を基に天球アプリの機能及びデザインの改善を行う。また、天球アプリをスクリーン上に投影した場合の教育効果のみならず、本来は受講者自身が手元の端末で操作することを志向して作製したものであるため、学習者自身が操作した場合の教育効果を測定することも今後の課題としたい。

7. 参考文献

- (1) 船舶職員及び小型船舶操縦者法施行規則第五十七条第四号等の規程に基づく船舶職員養成施設の教育の内容の基準等, 国土交通省告示第六百六十一号, 平成 15 年 5 月 27 日