

SMOKA の教育への活用 教員養成系学部での事例紹介



伊藤

西浦

山縣

伊藤 信成¹・西浦 慎悟²・山縣 朋彦³

〈¹ 三重大学教育学部 〒514-8507 三重県津市栗真町屋町 1577〉

〈² 東京学芸大学広域自然科学講座 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1〉

〈³ 文教大学教育学部 〒343-8511 埼玉県越谷市南荻島 3337〉

e-mail: ¹nitoh@edu.mie-u.ac.jp, ²nishiura@u-gakugei.ac.jp, ³yamagata@bunkyo.ac.jp

天文データアーカイブシステム SMOKA は研究者コミュニティだけではなく、教育利用にも公開されています。多種の天体に対する様々な観測機器、観測方法でのデータが蓄積されているため、天文初学者が体験的アプローチを通して天文現象を理解する際にも活用することができます。本稿では、これまで大学の教育学部の学生に対して行ってきた SMOKA を利用した取り組みの紹介を通して、SMOKA を教育分野で利用する場合のメリット・デメリットについて考えてみます。

1. はじめに

天文・宇宙分野では、すばる望遠鏡や ALMA など大型観測機器を用いた研究成果が報道され、宇宙に関するテレビ番組が作成される等、一般の方々も高い関心を寄せる分野となっています。一方で、学校現場での天文教育については、積極的に教育普及活動を行っている方々がいるものの、天文分野の指導を苦手と感じている教員が多いことも報告されています [1-3]。同様の傾向は、将来理科の教員となる教員養成系学部の学生についても報告されています [4]。国際天文学連合 (IAU) は、天文学を学ぶ意義として、単に専門分野の知識習得にとどまらず、技術開発、歴史認識、国際協力など多方面で天文学的思考の重要性を指摘しています [5]。その観点から見ても、小中高校での天文教育の充実には、次代を担う研究者、技術者の育成だけではなく、宇宙科学を正しく

く理解し、その普及を支える市民を増やすこと、すなわち天文学のすそ野を広げることにつながります。そのような観点から、次代の小中学校教員となる教育学部の学生に対し、SMOKA を活用した取り組みを行ってきました。SMOKA の最大の特長は、登録さえすればいつでも、誰でも利用が可能なこと。新天体の発見など、天文学は一般の方々も参画しやすい分野ではありますが、最先端の装置で取得されたデータに、タイムラグがあるとは言え一般の方がアクセスできることは画期的なことではないでしょうか。SMOKA のシステムや研究利用の状況についての詳細は、本号の中島康氏らの記事をご参照いただくとして、本稿では誰でも使える生データという特長を大学の教員養成の場で活用している事例を紹介し、大学での教員養成の場は、理学部や文学部などの専門学部で主として高校の教員免許を取得するものと、小中学校の教員養成を行う教育学部がありま

表1 高校理科各分野の履修率.

科目	履修率	科目	履修率
物理基礎	58.8%	生物基礎	85.1%
物理	20.3%	生物	19.7%
化学基礎	80.5%	地学基礎	26.2%
化学	26.5%	地学	0.9%

吉田・高木 (2020) [6] から抜粋

すが、本稿では後者を念頭に話を進めます。

2. 教員養成学部での天文教育

2.1 入学時の天文学履修状況

教育学部は入学してくる学生の意識も含め文系の学生が多い学部です。三重大学教育学部の場合、入学者の約6割が小学校教員養成、3割が中学校教員養成のコースに所属しています(残り1割は特別支援教育や幼稚教育希望)。高校までは天文学は地学分野に分類されています。そのため、高校で系統だって天文学の学習をしようとする場合には「地学基礎」および「地学」を履修することになります。しかしながら、高校での地学の履修率は、表1に示すように他の分野に比べると低い状況が続いています[6]。基礎科目は4科目中3科目が必修となるケースがほとんどで、そのため地学基礎の履修率も以前と比べて上昇しましたが、それでも他の3分野と比べて低い状況となっています。また「地学」については1%程度という非常に低い履修率となっています。このため、教育学部に入学する学生は、理科コースへの入学者を含め、中学卒業以降は天文学に触れていないという学生がほとんどです。

2.2 授業科目での天文学の扱い

教育学部の学生は、卒業までどの程度天文学に触れる機会があるのでしょうか。天文学を専門とする教員の研究室に配属になり、卒論に取り組む場合もありますが、もう少し広い範囲で捉えてみます。小中高校の教員になるためには所定の単位を取得しなければなりません、全ての教科を

教えなければいけない小学校教員と特定の教科の授業を担当すればよい中学校教員では免許取得のための履修科目が異なります[7]。三重大学の場合、天文学に関する授業の開講状況は次のようになっています。

- ・小学校免許希望者：
 - 小学校専門理科(選択: 全15回中4回)
- ・中学校(理科)免許希望者：
 - 基礎地学A(必修: 半期15回)
 - 地学講義I(選択: 半期15回)
 - 理科実験(地学)(必修: 半期15回中7回)
 - 地学実習I(選択: 集中講義)
 - 地学実験(選択: 通年15回)

小学校免許希望者については、わずか4回分の座学(太陽の日周・年周運動, 星の日周運動, 月の満ち欠け, 望遠鏡操作)しか時間を割くことができていません。

中学校免許希望者については、基礎地学Aで高校「地学」の内容を扱った上で、地学講義で基礎科目で扱った現象の宇宙物理学側面からの理解を目的として座学を行っています。実験・実習については選択科目もありますが、幸いなことに理科コースのほとんどの学生が履修する状況となっています。一方で三重大学では十分な観測施設がないため、SMOKAのアーカイブデータを活用する機会が多くなっています。

3. SMOKAの教育面での活用

3.1 三重大学での活用例

三重大学教育学部では、中学校(理科)免許および高校(理科)免許取得のための実験・実習として3種の科目を開講しており、各々にSMOKAを利用しています。活用するデータや内容は毎年少しずつ異なっていますが、ここでは具体的な事例2つを紹介します。

恒星の温度推定: 恒星の色は等級と並び最も基本的な観測量で、恒星の色に違いがあることは小学校4年生で学習します[8]。一方で、恒星の色

と表面温度の関係については、高校「地学」で扱うこととなりますので [9]、「地学」の履修をしていない多くの学生にとっては、恒星の表面温度と色の関係については暗記の類になってしまいがちです。そこで恒星の色と温度の関係を推定する実験を行っています。一般的に恒星の表面温度の推定の際にはスペクトルの取得が必要となりますが、学生実験であり、厳密な測定よりは推定原理の理解を優先し、B, V, R_C, I_Cバンドでの測光結果と黒体放射の式を比較することで表面温度を推定する実験としています。この実験では、恒星の等級を求めるための測光についての理解、同じ星でもバンド毎に等級が異なることの認識、等級から flux に変換する方法の確認、星の放射スペクトルが黒体放射で近似できることへの理解、など、天文学で基本となる複数の事柄を1つの実験の中に詰め込むことができるため、効果的なものだと考えています。観測領域としては Landolt の測光標準星領域 [10] を利用しています。厳密には大気補正、カラー補正が必要ですが、同じ領域に測光標準星があるため等級のゼロ点が決めやすく、標準星以外の星も多数写っているため、学部の実験には適当なデータと考えています。図 1a はデータの 1 例で SA104 領域の V バンド画像です (Kiso 2KCCD の撮像データ)。図 1a で示した領域に写っている星の色指数 (B-V) の分布は図 1b に示すようになっており、OB 型星はないものの A-M 型星が存在し、幅広い表面温度に渡る星に対し測定を行うことができます。

なお、実験に参加する学生にとって測定結果を黒体放射の式でフィッティングを行う作業は少々ハードルが高いので、実験の際には図 2 に示すような Excel のマクロを用意しています。また、SMOKA には Landolt の測光標準星領域の撮像データが多数アーカイブされているため、学生が共通で解析するデータとともに学生毎に異なるデータを付与することで、同じ手法を異なる領域に適用し、結果の同異を議論することが可能にな

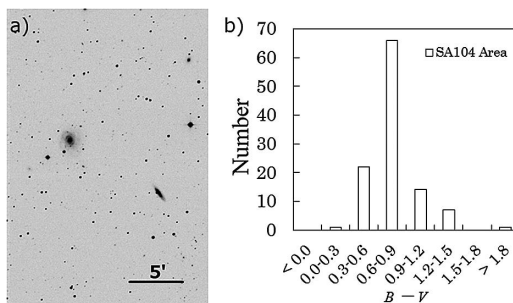


図1 表面温度推定のデータ例。a) SA104領域の画像、b) 当該領域に写っている星の (B-V) の分布。

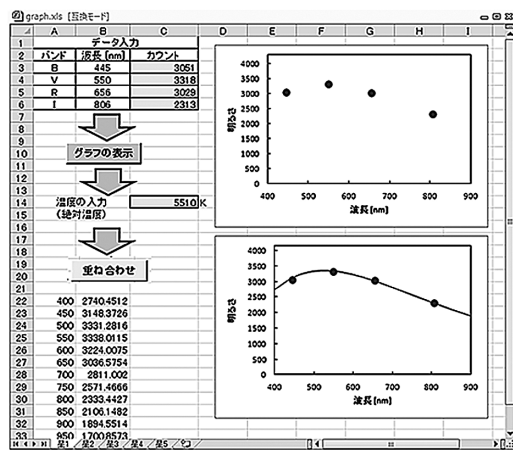


図2 表面温度推定のための Excel マクロの例。

ります。

渦巻銀河の回転速度の推定: スペクトルデータを用いた例として、渦巻銀河の回転曲線を作成する実験を紹介します。この実験では、連続光と輝線の比較、スペクトル画像上での波長方向と空間方向の区別、スペクトル画像上の位置から波長への変換、波長シフト量から速度への変換、銀河内での位置の違いによる回転速度の同異の確認、など、こちらも天文学で基本となる複数の事柄を1つの実験の中に詰め込むことができるため、効果的なものだと考えています。

実験用に利用しているデータは、国立天文台岡山天体物理観測所で利用されていた Spectro-Nebular-Graph (SNG) [11] のスペクトルデータです。

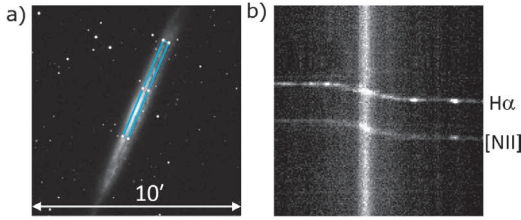


図3 銀河回転速度推定用データの例。a) NGC5907測定時のスリット位置, b) SNGのスペクトルデータ。

銀河の回転速度の測定のような基本的な測定は近年ではあまり行われていませんが、過去のデータが利用できるのもSMOKAの特徴の1つと言えます。SNGのデータは取り扱いが比較的容易であり、視野も広く、近傍銀河の観測例も多数あります。データの例としてNGC5907のケースを図3に示します。図3aはNGC5907の可視撮像画像で、図中の矩形枠はスリットの位置を示しています。アーカイブされているNGC5907のスペクトルを図3bに示します。垂直方向が波長方向、水平方向が空間方向で、水平方向に2本の屈曲した輝線が見えますが、上の輝線がH α （波長656.3 nm）、下の輝線が[N II]（波長658.3 nm）です。2本の輝線とも、銀河内の天体の回転運動によるドップラー効果により波長がシフトしており、図中で銀河中心より左側の輝線は短波長側、右側は長波長側にずれているので、左側に相当する円盤部は観測者に近づき、右側は観測者から遠ざかる運動をしていることがわかります。

実験では、画像上でのH α , [N II]の輝線位置を測定した後、1画素あたりの波長幅および空間分解能、および銀河までの距離の情報をもとに、測定地点の実距離（銀河中心からの距離）と回転速度を推定していきます。回転速度および実距離の算出は、さほど難しい計算ではないのですが、実験の効率化も加味し、マクロを組み込んだExcelシート（図4a）を利用しています。図4bは測定

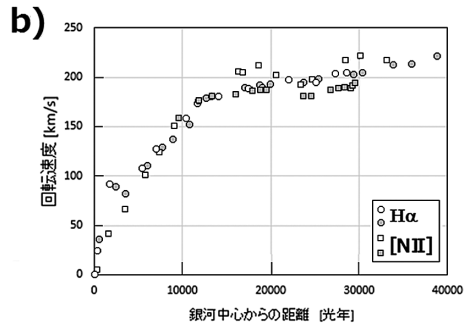
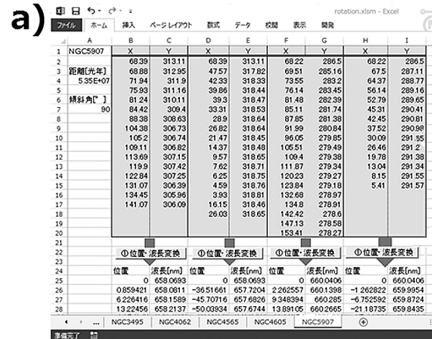


図4 回転曲線作図例a) 測定結果まとめ用のExcelシート例, b) 回転曲線の測定結果例 (NGC5907)。

結果の1例です。Flat Rotationの特徴が現れていることがわかります。NGC5907以外にも複数の銀河に対して測定ができるようにしています。

3.2 他大学との共同実習での活用

三重大学教育学部では、例年、夏の時期に東京大学附属木曾観測所において東京学芸大学、文教大学、日本女子大学と合同の天体観測実習を行っています*1。この実習は、木曾観測所の105 cmシュミット望遠鏡を用いた観測、取得データの解析、解析結果の考察、成果の発表という科学研究における一連の活動を体験するものとなっています。自分たちで観測したデータを用いて解析するのが理想ですが、天候に恵まれないことも多く、その場合にはアーカイブデータを用いた解析を行っています。本実習の参加者には教育学部の学生が多く、同じ理科教員を目指す他大学の学生との合同実習となります（図5）。また、大学混合

*1 2019年度からは大妻女子大学も参加。



図5 木曽観測所での5大学共同実習の様子（成果発表の場面）。

のグループ編成をした上で、グループ毎に異なるテーマに取り組みます。同じ大学の仲間にも頼れない状況の中での実習となるため、学生にとっても刺激が多い実習となっているようです[12]。実習テーマは年度によって若干の変化はありますが、球状・散開星団のHR図作成、小惑星の検出と距離推定、楕円and/or渦巻銀河の光度分布、銀河団内の銀河の形態毎の分布などです。

この実習ではデータの1次処理から行うことを重要視しています。高校までの理科の実験、あるいは大学での初年次の実験等では、あらかじめ教員が予備実験を行い、教科書の内容に則った結果が得られるように実験条件が整備された環境下での実験が多くあります。一方で、本来の観測・実験は仮説検証のために行うものであり、様々な要素が入り込んでいる生データから本来取得すべきデータを得るためにデータ処理を行う必要があります。研究者にとっては当たり前のことですが、それを経験したことがない学生にとって、生データに触れること、そしてデータ処理を進めることでデータの品質が改善されていくことを経験することは大切です。特に教育学部の学生は将来小中高校の教員になる場合が多いので、最終結果までのプロセスをブラックボックス化せず、各段階での妥当性を評価しながらデータ処理を進めていく

経験は、小中高校で行う実験に先立って予備実験を行う重要性を再確認することにもつながります。

SMOKAでは観測データと合わせて、バイアス、フラット等のキャリブレーション用のデータも公開されているため、上記目的のために利用する際には重宝しています。加えて、観測データを選択した後にキャリブレーション用のデータも自動で収集してくれる機能があるため、データ収集の時間的・精神的ストレスが軽減されます。この機能は地味にありがたい機能です。

3.3 教材開発

先にも述べたように高校での「地学」の履修率は低い状況ですが、一方で天文学会での春季年會時に開催されているジュニアセッションは、年を追うごとに発表数が増加し、近年は高い水準で推移しています。この状況を鑑みると、天文学に対する高校生の潜在的興味は高いものと考えられます。銀河学校[13]や「君が天文学者になる4日間」[14]をはじめとして、全国の天文施設で高校生が研究体験をする機会も増えてはいますが、全国に多く存在するであろう高校生が天文学に触れる機会は、まだそれほど多くはありません。また、高校「地学」での授業で使える教材も物理・化学・生物分野に比べれば十分とは言えません。

私たちのグループでは、上記で述べたように教員養成学部の学生に対して天体観測・解析実習を行ってきましたが、その経験を基に、宇宙に興味・関心を持つ高校生～大学生に対してICTを用いた体験型教材は有効であり、また高校で地学の学習経験がなくとも内容に対する理解を得られるとの確信を得るに至りました。その考えに基づき、高校生自身が興味を持ったテーマについて独力で実習を行うことができる自主学習型の天文解析体験教材の開発を進めています(図6a)[15]。教材はWebで公開し、いつでも、どこでも、誰でも利用できることを目指しています。上記で紹介した恒星の表面温度の推定[16]や銀河の回転



図6 自学習型天文解析体験プログラム。a) 表紙、b) 星の表面温度推定の教材ページ。

曲線 [17] も教材に含まれています。図6bは恒星の表面温度の推定の教材ページの一部です。自主学習型と銘打っていますので、教材用のデータだけでなく、測定原理の説明、具体的な解析手順、解析支援のためのExcelシート（マクロ組み込み済）をセットにして公開しています。それ以外にも多様な教材の作成を進めています [18, 19]。

これらの教材用のデータとしてSMOKAのデータを利用しています。自主学習を進めるにあたっては、1つの天体に対して行った解析方法を別の天体にも適用してみることで理解が深まりますので、テーマに適したデータを膨大なアーカイブから抽出することもSMOKAの利点と言えます。作成した教材については、SSH*2で高校生に試行してもらっていますが、おおむね良好な反応を得

ています。

また筆者の1人（伊藤）は、学校教員の研修の際にSMOKAの広帯域および狭帯域撮像データを用いたカラー合成実習を実施し、天体の色の背景にある物理過程の解説を通した天文現象の理解の促進を進めています。このような事例からも、目的に応じて様々なレベルでのSMOKAの教育利用が図れるものと考えています。

なお、我々の教材開発以外にも、これまでに観測データを用いた教材として、銀河スペクトルを用いたハッブル=ルメートルの法則の検証 [20]、星団のHR図の作成教材 [21] など、SMOKAのデータを利用した教材開発が行われています。また、SMOKA利用ではありませんが、PAOFITSグループによる教材開発も行われています [22]。

3.4 全天モニター画像の活用例

SMOKAでは観測データとは別に、国内4ヶ所の天文施設（岡山，東広島，明野，木曾）に設置されている全天カメラの画像を公開しています。この画像はデジタル一眼カメラに魚眼レンズを付けて撮像したもので、昼夜を問わず多くの場合1分間隔で画像撮影されています。魚眼レンズで撮影され天球を平面に投影した画像となっていますので、小中学生を含む天文初学者が、天球上での天体の動きを理解するのに有効な画像データとなっています。画像検索においては、撮影日時の指定を日本標準時だけでなく恒星時で行えることや、画像上での月・惑星の有無による条件付けができるため、恒星の日周運動や年周運動、惑星の順行や逆行といった現象に関する画像収集を簡易に行うことができます。検索ページに検索実例集も載っていますし、jpeg画像の利用もできるので、初学者にも扱いやすいものとなっています。

この全天モニター画像を使った教育実践としては、東京経済大学の榎基宏氏が文系学生のゼミ（2-4年生）において、恒星や惑星の日周/年周

*2 Super Science Highschool. 高等学校等において、先進的な理数教育を実施するとともに、高大接続の在り方について大学との共同研究や国際性を育むための取組みのこと

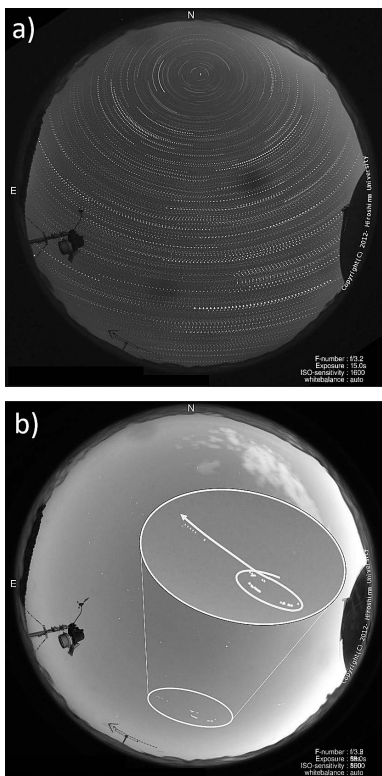


図7 全天モニター画像を利用した画像例。a) 星の日周運動 (2019/1/4 0:00-4:00), b) 火星の逆行の様子 (2018/6/13-11/5)。いずれも東広島天文台の画像を利用。

運動の動画作成や流星群期間中に映った流星画像の検索等の活動を通じて、天文学の基礎的知識の習得を図る活動をされています。また筆者の1人(伊藤)は教員免許状更新講習^{*3}において、小中学校の教員の方に恒星の日周運動(図7a)や惑星の逆行(図7b)の動画/静止画の作成、季節による日の出位置の比較といった実習を行っています。天体の位置変化の画像を教員自身が撮影するためには、ある程度の技術がいります。また年周運動の撮影には長期に渡る撮影が必要となりますので、日々教育の現場で児童・生徒に対応している教員の方々が自前で画像を撮影するのは大変です。このような方々にとって、いつでも利用で

きる全天モニター画像は重宝するものと思います。図7aで示した星の日周運動画像については、思いのほか簡単に作成できるため講習に参加された方々が感嘆の声を上げることもあります。

ちなみに、昼間の画像は太陽の動きや雲の動きを把握するのにも役立ちます。特に東広島天文台と岡山天体物理観測所は直線距離で80 km程しか離れていないため、東広島を覆った雲が時間をおいて岡山の空にかかってくる様子がわかります。

4. SMOKA利用の利点と課題

SMOKAの教育利用の活動を通じて感じている利点と課題について考えてみます。

4.1 利点

SMOKAを教育利用する利点としては、

- 1) 長期に渡る膨大なデータを利用できること、
- 2) データ処理(1次処理, 較正)のプロセスを経験できること、
- 3) 多波長データが利用できること、
- 4) データ検索の体験ができること、

が挙げられます。1) および2) の利点については3節で触れましたので、3), 4) について若干の説明を加えます。3) については、学生が普段目にはしているのは多波長合成され着色された天体画像がほとんどです。色の違いは領域毎の放射スペクトルの違いを表しているのですが、それを理解するにはある程度の知識習得が前提となります。SMOKAでは同一天体を多波長で撮影したデータが多数あるため、波長間での天体像の違いを比較的簡単に比較でき、波長毎の天体形状の同異を視覚的に確認できます。図8は惑星状星雲M27のV, H α , I_Cバンド画像の比較例です。惑星状星雲は輝線放射ですので、I_Cバンドではほとんど写っていないことがわかります。同様のことはJVO[23]でもできますが、SMOKAのThumbnail

^{*3} 文部科学大臣の認定を受けて大学などが開設する、最新の知識技能の修得を目的とする講習のこと。教員免許保持者は10年毎に免許更新のために講習を受講する必要があります。

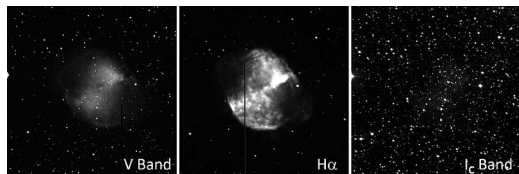


図8 異なる波長でのM27の撮像例。

機能がQuick Lookとして使えて便利です。

4) については1) とも関連しますが、学生が自身のテーマに適合する天体を探する場合、天体名がわかっている（あるいは指導教員等から指示されている）場合を除いて、複数の候補の中から条件に合致するデータを選択する必要があります。また同じ天体のデータであっても露出時間や天頂距離等の観測条件の違い、seeing sizeやbad pixelの影響などデータ品質にも着目した上で利用するデータを選定する必要があります。これらは研究者としては当然のことですが、一般の学生が研究者と同じデータを用いてこれらの体験ができることは教育効果も高く、データの質の吟味については天文分野以外での応用も期待できます。

また、教育面での利点の本質ではありませんが、これまで使ってきて利点として感じる部分を2つ挙げておきます。1つは直感的な検索が可能であることです。中島氏らの記事にもありますが、SMOKAにはシンプル検索、アドバンスド検索、カレンダー検索など、多様な検索方法があるとともに、ユーザーインターフェースが直感的にわかりやすくなっているのも、初めてでもそれほど困難なく検索できる点は1つの利点であると感じます。もう1点は国内で運用していること、もう少し端的に言うと日本語での対応が可能なことです。この部分については英語が苦手な学生が、説明が英語というだけで“天文は難しい”という拒否反応を起こすことを回避しているという点で、隠れたメリットと感じています。

4.2 課題

SMOKAを教育利用する際の課題としては以下

の点が挙げられます。

- 1) 他者が観測したデータであるためデータ取得時の状況がわかりにくいこと、
- 2) 生データには観測装置の特徴が強く反映されている場合があるため、装置固有のリダクションが必要な場合には対応が難しいこと。

いずれも上記で述べた利点の4) と表裏一体なのですが、データの品質評価という観点を持たずにデータ検索すると、必ずしも適当ではないデータを集めてしまう可能性があります。

まず1) についてですが、わかりやすい例は天候です。観測時の情報はSMOKAの検索ページには掲載がありますしヘッダーにも記載されていますが、慣れないと（あるいは指摘を受けないと）確認を忘れがちです。多数のデータがある中で、天体が写っている・写っていないという単純な基準で候補リストの上位にあるファイルを選択すると、より条件のよいデータを見逃してしまうことになります。

2) については、観測装置によっては一般的な画像処理プロセスとは別に装置固有のリダクションが必要となる場合があります。テーマによってどこまで装置固有の補正をするのかも変わってきますが、この点は研究者も同じですので、教育利用としてのデメリットというよりは生データ配信故の課題と言えます。

上記2点のどちらについても、ある程度の天文観測およびデータ解析に関する知識を持っていないと対応が難しい事柄であり、まったくの初学者がSMOKAを使う際のハードルとなります。SMOKAの教育利用を進めるためには、利用初期のこの課題をどうクリアするかを検討する必要があります。

5. おわりに

筆者の1人（伊藤）が三重大学に着任以来、学生実験・実習でSMOKAのデータを活用してきました。実験・実習の履修者総数は300名（重複

除く) に上りますが, この内の約6割 (176名) が三重県内で中学校教員となっています. 三重県内の中学校数は168校 (国立・私立含む) であり [24], 数字の上では三重県内の各中学校に1人はSMOKAのデータを扱ったことがある教員がいることになります! この数字はインパクトがあるものではないかと個人的には思っています.

現在, 文部科学省主導でGigaスクール構想が進められており, 学校現場でのICT活用が急速に進むことが期待されます. これまでは難しかったデジタルデータへのアクセスが学校現場でも可能となりつつあります. SMOKAには膨大なデータ蓄積がありますので, それを研究資産としてだけでなく教育資産として活用することの意義は今後益々高まるのではないかと考えます.

謝 辞

本稿の執筆に当たり, その機会をいただきました天文データセンター 市川伸一氏, SMOKAの情報提供をいただきました天文データセンターの中島康氏, 東京経済大学の榎基宏氏, 原稿作成支援をいただきました天文月報編集部に感謝いたします.

参 考 文 献

[1] 科学技術振興機構, 2013, 中学校理科教育実態調査
 [2] 土田理, 林眞平, 2005, 鹿児島大学教育学部教育実践研究紀要, 15, 57
 [3] 田口瑞穂ほか, 2012, 秋田大学教育文化学部教育実践研究紀要, 34, 45
 [4] 下井倉ともみほか, 2014, 科学教育研究, 38(4), 238
 [5] https://www.iau.org/public/themes/why_is_astronomy_important/ (2021.4.20)
 [6] 吉田幸平, 高木秀雄, 2020, 地学雑誌 129(3), 337
 [7] https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/attach/1337063.htm (2021.4.20)
 [8] 文部科学省, 2018, 小学校学習指導要領 (理科編)
 [9] 文部科学省, 019, 高等学校学習指導要領 (理科編, 理数編)
 [10] Landolt, A. U., 1992, AJ, 104, 304

[11] Kosugi, G., et al., 1995, PASP, 107, 474
 [12] 山縣朋彦ほか, 2013, 文教大学教育学部紀要, 47, 171
 [13] 大木健, 2008, 日本航空宇宙学会誌 56(654), 189
 [14] 室井恭子ほか, 2003, 天文月報, 96, 14
 [15] 伊藤信成ほか, 2013, 三重大学教育学部研究紀要 64, 35
 [16] 伊藤信成ほか, 2015, 地学教育 68(1), 13
 [17] 伊藤信成ほか, 2017, 三重大学教育学部研究紀要 68, 13
 [18] 西浦慎悟ほか, 2013, 東京学芸大学紀要. 自然科学系 65, 23
 [19] 西浦慎悟ほか, 2016, 東京学芸大学紀要. 自然科学系 68, 73
 [20] 原正ほか, 2009, 地学教育 62(5), 151
 [21] 原正ほか, 2011, 地学教育 64(5), 131
 [22] 古荘玲子ほか, 2004, 天文月報, 97, 149
 [23] <https://jvo.nao.ac.jp/index.html> (2021.4.20)
 [24] 三重県, 2020, 学校基本調査 (速報)

Utilization of SMOKA for astronomical education

Nobunari ITOH¹, Shingo NISHIURA², Tomohiko YAMAGATA³

¹Mie University, Faculty of Education, 1577 Kurimamachiya-cho, Tsu, Mie 514-8507, Japan

²Department of Astronomy and Earth Sciences, Tokyo Gakuji University, 4-1-1 Nukuikitamachi, Koganei, Tokyo 184-8501, Japan

³Astronomy & Planetary Science Department, Bunkyo University 3337, Minami-Ogishima, Koshigaya, Saitama 343-8511, Japan

Abstract: The astronomical data archive system SMOKA is available not only for research but for educational purposes. The utilization of SMOKA data which were obtained with various types of observation methods and instruments helps novice learners to comprehend astronomical phenomena through experiences of data analysis. We would like to discuss strengths and weaknesses of SMOKA data for the use of astronomical education through the introduction of our efforts in teachers' training courses.