研究ノート

和歌山大学における学部横断的な天文教材開発活動

A Space-Education Material Development Promoted by Cross-Faculty Members in Wakayama University

貴島 政親[1]，津村 明寿[2]，平尾 千紗都[3]，寺本 東吾[4]，尾久土 正己[1,4,5]

[1]和歌山大学宇宙教育研究所，[2]和歌山大学システム工学部，[3]和歌山大学経済学部，
[4]和歌山大学学生自主創造科学センター，[5]和歌山大学観光学部

和歌山大学の独自制度である『自主演習プロジェクト』『自主演習科目』を活用し，異なる学部・組織に所属する学生・教員が協力し，自ら撮影した天体写真による教材開発を開始した。活動内容について紹介すると共に，初期成果として月・木星について作成した教材について報告する。

キーワード：天文教材開発，天体写真，学部横断，課外活動

1．学部横断的事業による人材育成について

人は社会生活をするにおいて，様々な困難に直面する。その際の一つの解決パスとして，困難の要素・原因を分析し問題点を洗い出し，それらへの改善策を検討し，投資できるファシリティ（時間・人・金）を鑑みて優先順位を決定し，改善策を実行し，解決していくことが挙げられる。そこでは，理系や文系・学部などの個人の専門に執着せず，他分野へも興味と理解を示し，問題解決のためにその知識・技能を自らに取り入れるスキルが必要と考えられる。またチームでの活動となると，構成員が人間である故にコミュニケーション能力によって人『を』動かすことが重要と考えられる。これらの能力と経験を有した人材を育成するには，社会に出る前の学校教育の際に多くの他分野・他世代と共同活動することが一つの手段と考える。

我々のチームは，和歌山大学独自の科目制度を活用し，学部横断的な学生・教員によって結成し，自らが撮影した天体写真を活用した教育教材開発を開始した。学部横断的であるが故に，共通の資材・活動であっても活用アプローチが多岐になり，各自の専門性を活かした活動の立案が為される。また，各人のコネクションによって教育実践現場の確保の機会も多い。以上の利点を活かし，教材開発・試験・実践の一連を運用することで，メンバー自身が個人としても指導者としても成長し，あらゆる地域・世代への教育効果をもたらす活動になればと期待し，ここに報告する。

2．体制

2.1 自主演習プロジェクト『天体継続観測プロジェクト（天文会）』

和歌山大学学生自主創造科学センター（愛称クリエ）[1]は，学内共同利用施設として2001年04月に設置された学部に属さないセンターである。その目的は，学生および青少年の自主的創造的科学活動を促進し，人材育成を行なうことである。学生の自主性の開拓・ものつくりによる大学の個性化・地域連携の３つを柱とし，制度と設備整備などの事業を行なっている。

自主演習プロジェクト制度では，学生が自らプロジェクトチームを立ち上げ，予算申請・審査を経て運用することができる。『天体継続観測プロジェクト』[2]はシステム工学部修士１年生の津村によって2012年度始めに立ち上げられた。結成メンバーチームは『天文会』と云う。指導教官は尾久土教授（観光学部）と寺本客員教授（クリエ）である。

津村は，高校時代に天体写真撮影の経験があり，環境省主催の『全国星空継続観測スターウォッチング・ネットワーク』（以下スターウォッチング）[3]活動を個人で行なってきた経験がある（4.1参照）。寺本はカメ

ラ会社勤務経験があり光学に詳しく，また和歌山県の『西貴志天文サークル』にて天体撮影会・観望会イベントなどを行なっている。また，尾久土は日食ライブやデジタルドームシアター[1)]などの天文普及活動を専門にし，可視光天文学及び教材開発に詳しい。またクリエのセンター長でもある。

2.2 自主演習科目

自主演習科目制度は，学生個人または複数人が教員と相談してテーマを決定し履修申請を行う。特定の時間割を持たない課外活動的な制度であり，単位も認定できる。予算審査などを経る必要はなく，運用の簡便な点が自主演習プロジェクトと異なる。

平尾（経済学部１回生）は自主演習プロジェクト『和歌山宇宙開発プロジェクト（WSP）』[〔2,4〕]にて活動し，特に2012年09月の成層圏バルーン放球実験[2)]にてその準備段階から実験報告までの徹頭徹尾において大きく貢献したやる気ある学生である。宇宙・天文への興味があり，天体写真と人工衛星受信の２つを目標に自主演習履修申請を行なった（指導教官は宇宙教育研究所貴島である。2.3参照）。これまでに天体写真撮影経験はない。

2.3 宇宙教育研究所

和歌山大学宇宙教育所（以下IfES）は，「宇宙」をテーマとした『まかせられる人材育成』のための教育プログラムを開発･実施している[3)]。クリエと同様に学部に属さないセンターである。

貴島は，2012年04月に特任助教として着任した。2012年03月までの学生時代に電波天文学，特に超長基線電波干渉計（VLBI）を専門にしており[4−5)]，04月よりハイブリッドロケット・成層圏バルーン実験などの宇宙工学的な教育を担当してきた。これまでに天体写真撮影経験はない。

2.4 宇宙教育リーダー養成プログラム（SELTP）

『宇宙教育リーダー養成プログラム（SELTP）』[〔2〕]は，教育学部修士１年生の宇田らと秋山演亮IfES所長により，2012年04月に学校の履修制度とは関係なくボランティアベースで発足した。活動趣旨は『宇宙をテーマにしたあらゆる企画を提案・実行していく』ことである。教育学部学生・教育関係職の社会人の計６名によって構成されており，IfESが主催する事業の一部を担当し，教材化・指導実践を行なうことで，当人らが受講者としても指導者としても成長していくプログラムとして期待される。

2012年05月には，和歌山大学新入生を対象としたＡ４用紙で作成する『紙モデルロケット』[〔5〕]の製作・打上を担当した。また，2013年01月～03月に開講されているIfES主催の高校生対象事業『ロケットガール&ボーイ養成講座2012』[3)] [〔6〕]でも指導を行なっている。

本教材開発にはまだ関与していないが，開発された教材の試験・推敲や教育現場での活用について貢献が期待できる。

3．資材について

『天体継続観測プロジェクト』の予算にて，カメラ，Ｔリングを購入した。記録メディア（SDカード），天体望遠鏡，赤道儀，三脚はクリエから借用している（図１，２，表１）。モータードライブなどはないため，長時間露出に耐えるシステムではない。

図１．撮影機材（カメラ）

図２．撮影機材（天体望遠鏡）

表１．機材一覧

部品名	メーカー	品名	価格
天体望遠鏡	Vixen	アクロマート屈折式天体望遠鏡 GP2	43000
アダプタ	Vixen	拡大撮影カメラアダプター	12600
Tリング	Vixen	Tリング(N)ニコン用	2310
カメラ	Vixen	D5100	75000
三脚	Nikon	SXG-AL130三脚	20000
赤道儀	Vixen	赤道儀シリーズ GP2-A80Mf(N)39502-(	38000
リモートレリース	Nikon	MC-DC2	3500
星空雲台	Vixen	ポラリエ	47000

4．活動内容

4．1 スターウォッチング

スターウォッチング[3]とは，全国各地の光害の度合いを調査するために環境省が実施している天体観測である。環境省が各地から参加者を募集し，その参加者が行った観測のデータを集計することで，その目的が達せられる。各参加者は，夏季と冬季それぞれの指定期間中に，倍率が７倍で口径が50mmの双眼鏡を用いて夜空のある特定の箇所を観察し，そこに見られる最高等級（一番暗い）の星を調査する。また，高度（仰角）が異なるある特定の３ヶ所を肉眼で観察し，そこに天の川が見られるか否かも調査する。さらに，デジタル一眼レフカメラを所持している参加者は，カメラを天頂に向け，一定時間シャッターを開けた写真を撮る。なお，写真観測の場合は，撮影した写真データファイルを環境省に提出し，環境省が写真を解析して，感光度を求める。

夏季の観察箇所は，双眼鏡観測がこと座のベガを含む３つの星の作る三角形の内部，肉眼観測がはくちょう座付近とたて座付近，いて座付近の３ヶ所である。また，冬季の観察箇所は，双眼鏡観測がプレアデス星団（スバル），肉眼観測がペルセウス座付近とふたご座付近，いっかくじゅう座付近の３ヶ所である。

津村は，2008年度冬季（2009年01月）からこのスターウォッチングに参加し，和歌山大学における光害の度合いを調査している。デジタル一眼レフカメラがなかったため，写真観測は行っていない。今までの肉眼観測結果では，いずれも天の川は見られなかった。また双眼鏡観測の結果を表２に記す。なお，2011年夏季は天候不順のため観測できなかった。概ね，夏季は8.4等級まで，冬季は8.0等級まで見られることがわかった。最近では2013年01月に行った。

スターウォッチングは，和歌山大学における光害の変化を知る上で重要である。今までは主に個人で観測を続けてきたが，今後の継続観測に耐える体制を整えるべく，クリエの自主演習プロジェクトチームとして天文会を設立し，天体継続観測プロジェクトを立ち上げた。天文会は，これまでと同様に，年に２回のスターウォッチングに参加して，双眼鏡観測と肉眼観測を行っている。また，デジタル一眼レフカメラを購入したことから，今後は写真観測も行っていく予定である。その他，天文会ではこのカメラを利用して，天体写真の撮影にも取り組んでいるところである。

表２．スターウォッチングの結果

	最高等級	観 測 日
2008年度冬季	8.0	2009年01月20日
2009年度夏季	8.4	2009年08月17日
2009年度冬季	8.6	2010年01月14日
2010年度夏季	8.4	2010年08月07日
2010年度冬季	8.0	2011年02月04日
2011年度夏季	－	2011年08月02日
2011年度冬季	8.0	2012年01月26日
2012年度夏季	8.4	2012年08月23日
2012年度冬季	8.0	2013年01月11日

４．２ 自主演習

平尾は，本活動を通して星座・天文の基礎知識を習得すると共に，天体望遠鏡・カメラを扱えるようになり，各教材開発に協力している。フリーのプラネタリムソフトStellarium，スマートフォンのアプリgoogleSky等を利用して，今の季節どのような星座が観測することができるのかを調べ，その撮影に挑戦している。また，図書館の本を利用して関係する知識を習得してきた。

４．３ 教材開発の初期成果

自らが撮影した天体写真を活用した独自教材開発を行なっている。2013年01月現在までには，主に月・木星の撮影を行なっている。特に木星については衛星に注目した高頻度モニタ観測を行なっている。メンバーが機材慣れしていないため，測光・色などの較正が必要な測定，ダーク・フラット・Aperture測光などを用いたデータ解析はまだできないが，撮像や運動計測には支障がないと判断して進めている。ここでは現在開発中の教材について初期成果を報告する。

４.３.１ 月

天体望遠鏡で月をみると，欠け際にあるクレーターのダイナミックさに魅了される。個々のクレーター，海・山脈の名前を調べたくなるが，月齢が変わると月のどの場所を目印にすれば良いのかわかりにくい。従来の満月時のガイドマップでは初心者にはなかなかわかりにくい。そこで，様々な月齢での月を撮影し，ガイドマップを作成している。図３に作成したガイドマップの一例を掲載する。2012/12/25（月齢12）に撮影した。８cm光学望遠鏡とカメラを使い，アイピースは用いない直焦点撮影である。ISOは6400，露光時間は1/1250秒である。現在はISO500，露光時間１/500秒程度で撮影を行っている。

また今後は，低仰角と南中（高仰角）時の月を撮影して，地球半径寄与による月視直径変化を測定する教材を作成したいと考えている。低仰角時に比べて南中時には，観測点は地球半径分だけ月に近づくため視直径に変化がでる。

４.３.２ 木星

プラネタリウムソフトと天体写真を用いることで，

図３．作成した月ガイドマップ

簡便に光速を導出する教材を開発している。フリーのプラネタリウムソフトStellariumの光速考慮機能をオフにし，木星と衛星の食などのイベント時刻（木星系での時刻）を知っておく。実際に観測して計測したイベント時刻と，プラネタリウムソフトのイベント時刻の差から光速を導出する。

木星の衛星イオの外合について試験観測を2013/01/05夜に８cm光学望遠鏡とカメラを用いて直焦点撮影を行なった。プラネタリウムソフト（光速考慮OFF）では2013/01/05 01：36：53に28等級で外合から脱する。通常は５等級程度であるが，暗いのは木星の影によるものと考えられる。02：23：44に増光を開始し，02：27：39に5.49等級に達する。一方観測結果は，02：27：40に出現せず，02：58：56に出現した（図４，５）。よって31分17秒の時刻差が計測されたこととなる。当日の木星・地球間の距離は4.24［AU］であり，光の到達時間は35分18秒である。時間差を光速だけの効果にするにはまだ４分も差異があるが，今後観測技術を向上して計測精度を上げていきたい。この教材の良い点は，１回のイベント（衛星の外合，木星面通過）を観測するだけで光速導出を体験できる簡便さにある。その後2013/01/05 20時にイオの木星面通過（入），23時に木星面通過（出）を観測したが，天候不良のため有益なデータは得られなかった。更に2013/01/12には高頻度（最短で数秒間隔）の撮影を行なった。天候も快晴であり，決定版として現在解析を行っている。更に，アイピースを使った高分解能撮像も行い精

度を向上させてみたい。

図４．木星(2013/01/05 02：58：08)

図５．木星(2013/01/05 02：58：56)

また，ほぼ毎日撮影をし，木星衛星周期を導出する教材開発を画策している。ガリレオ４衛星は1.7～17日周期であり，特に衛星イオの1.7日周期導出には１日よりも短い観測頻度が必要であることがわかるような教材にしたい(アナログデジタル変換におけるナイキストの定理に相当)。その補助として，イオについては30分頻度で12時間撮影した。また衛星が外合を脱し木星の影に入り暗い(28等級程度)ためしばらく見えなく，その後影を抜けて増光し通常の明るさまで回復(５等級程度)し，木星から離れた位置に突如衛星が出現する写真も撮影し，受講者に考えてもらう教材にしたい[7]。

4.3.3 光学干渉計

ステファンの絞りを用いた光学干渉縞撮像について，寺本によって検討と試験観測が進められている。２つのスリットを対物レンズ前に実装する簡単な手法で干渉縞を得る。９cm光学望遠鏡(寺本所有)に実装して試験し，干渉縞を得ることができた(図６，７)。今後は干渉縞の撮影手法，解析手法の確立を行い，最終的には惑星視直径測定や二重星・二連星の離角・方位角測定などができればと思う。干渉計はカメラなどの画素を利用した撮像とは異なる原理であり，理解が難しいが，わかりやすい教材が開発できればと思う。

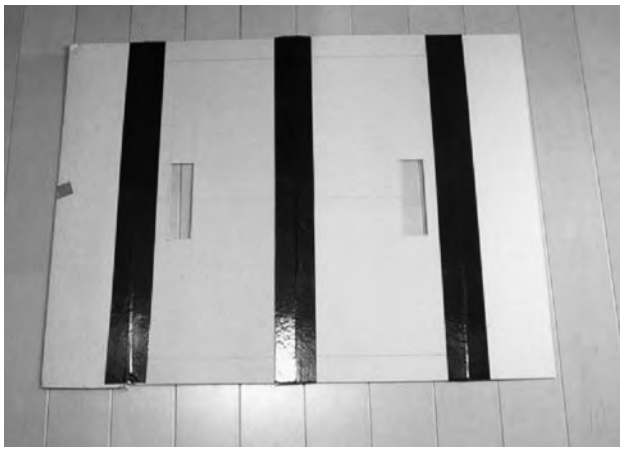

図６．手作りのステファンの絞り

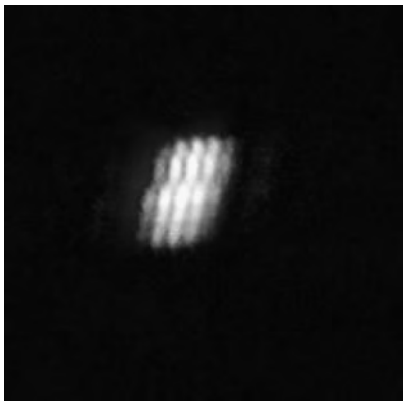

図７．撮影した干渉縞

5．2012年度活動のまとめと今後

津村が個人的に進めていたスターウォッチングに端を発し，天体写真撮影という共通活動について，学部横断的に人員が集い活動を行なってきている。各人の目的や知識・技能レベルは様々である中，互いの活動に理解を示し協力して成長しながら，12月より撮影活動を行ってきた。現在は各人の知識・技能習得と共に，教材開発素材を入手している段階にある。

初期成果として，スターウォッチングを2013年01月に行い，天体写真を用いた教材開発として月ガイドマップ・木星を用いた光速導出という二つの教材ができつつある。また他の天体撮影についても企画があり，干渉計という研究課題もある。更に和歌山大学教育学部60cm光学望遠鏡を使用している研究室とも連携したいと考えている。

我々の活動によって得られた素材を更に洗練し教材化し，教育現場で実践するにおいては，教育学部学生が多く所属するSELTPから助言・補助が頂けると考える。実践現場としてはIfESの事業を考えている。IfESではすでに宇宙カフェ[6)](小学生～一般)，コズミックカレッジ(小学生～中学生)，パラボラガール&ボーイ養成講座(高校生)などと企画が検討・予定されており，我々の教材の使用とその教育的効果を評価する場は充分にある。

6．謝辞

学部横断的活動ができる制度事業を行なっているクリエに謝意を表す。素晴らしい機会を得ることができた。また，西貴志コミュニティーセンター及び西貴志天文サークルに謝意を表す。また教育学部富田研究室の「天文雑誌会」(理科教育に関する論文輪講ゼミ)にもお邪魔し，良きヒントを得ることができたためこの場で謝意を表す。

注

[1] http://www.crea.wakayama-u.ac.jp/

[2] http://www.crea.wakayama－u.ac.jp/i－study/matching.html

[3] http://www.env.go.jp/kids/star.html

[4] http://wspblog.blog134.fc2.com/

[5] http://www.wakayama－u.ac.jp/blog_koho/2012/05/post-98.php

[6] http://www.wakayama－u.ac.jp/ifes/rgb2012/index.html

[7] 2013/01/22に衛星イオにて撮影成功した。

引用・参考文献

1）吉住千亜紀，尾久土正己(2012)：教育科目「宇宙プロジェクトマネジメント入門」における観光デジタルドームシアターの活用，和歌山大学宇宙教育研究所紀要，１，29-34

2）横山佳紀，他(2013)：和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP)における2012年度成層圏バルーンバルーンサット放球実験報告書，submitted

3）秋山演亮(2012)：宇宙教育研究所の役割と活動方針，和歌山大学宇宙教育研究所紀要，１，１－９

4）M Honma et. al.（2008)：Dual－Beam Delay Calibration for VERA，Publications of the Astronomical Society of Japan，60，935-950

5）M A. Kijima，N Kawaguchi，Koji S. Kawabata (2013)：An Application of Archival Geodetic VLBI Data for Astrophysical Long－Term Light Curve Analysis，Journal of the Geodetic Society of Japan，accepted

6）後藤千晴，吉住千亜紀(2013)：地域と大学をつなぐ「宇宙カフェ」，submitted