



# FITS画像を利用した教育の効果

五島正光（東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科・  
私立巣鴨高校）

## 1. はじめに

現在、世界中の天文台での光学観測は冷却 CCD を用いて撮像されている。この画像データは FITS 形式で保存されており、世界中のどの天文台で撮像されたデータでも同じように扱うことができる。

近年、この FITS 画像を中学校や高校での天文教育に利用しようという動きが盛んになりつつあり、HST をはじめとする研究用の大型望遠鏡のデータを利用する動きが目立ち始めている。また、すばる望遠鏡による FITS データの公開が始まり、その教育利用が期待されている。そこで、FITS 画像を利用した教育の効果を一明らかにすることを目的として、質問紙により、次の 2 点について調査した。

- 1) 天文への関与度による興味・関心の違い
- 2) FITS 画像を利用した教育活動による天文に対する興味・関心の変化

## 2. 天文への関与度と興味・関心

### 2-1. 目的

天文への関与度が異なると考えられるさまざまなグループに対して [天文学者感覚] の尺度を適用してその結果を比較検討する。その際に具体的な天文経験の程度も調べて関連を検討したい。

### 2-2. 方法

質問紙による調査を 2002 年 7 月から 8 月にかけて行った。表 1 の 6 グループ 385 名に対して質問紙を配布してそれぞれ集団で実施した。質問は以下の内容であった。

- (1) [天文経験数] 表 2 の ①～⑨で経験のあるものに○をつけることを求めた。
- (2) [天文学者感覚] 表 3 の ①から⑤の 5 項目

表 1. 本調査の対象者 ([ ] は本調査で用いる略称)

① 天文天体物理若手の会夏の学校 「天文学と社会」分科会	[院生]	71 名
② 「君が天文学者になる 4 日間」	[天 1]	13 名
③ 「JAHOU 太陽観測 2002」	[天 2]	14 名
④ 「JAHOU 教室」	[天 3]	8 名
⑤ 埼玉県立豊岡高校 3 年地学 II	[普 1]	8 名
⑥ 東京都私立巣鴨高校 1 年	[普 2]	271 名

表 1. 本調査の対象者 ([ ] は本調査で用いる略称)

表 2. [天文経験数] の質問項目

- ① 夜空を見て星座をさがす
- ② 流星群をみる
- ③ 日食や月食をみる
- ④ 宇宙に関する TV 番組を見る
- ⑤ インターネットで宇宙のことを調べる
- ⑥ プラネタリウムをみる
- ⑦ 天文雑誌を読む
- ⑧ 天体望遠鏡で星を見る
- ⑨ 天体写真をとる

表 2. [天文経験数] の質問項目

表 3. [天文学者感覚] の質問項目

- ① 天文学上の発見をなしうるのはえらい学者だけではなく、自分にも可能である
- ② 天文学において、何がまだ明らかになっていないのかわかることは、自分にとって意味がある
- ③ 天文学者がどのように研究をしているのかわかることは、自分にとって意味がある
- ④ 自分も天文学の発展の役に立てるかもしれない
- ⑤ 天文学上の新発見はできなくても、かつて発見されたことを、自分が改めて再発見できるかもしれない

表 3. [天文学者感覚] の質問項目

に対して「1. 思わない」～「5. そう思う」の 5 段階で回答を求めた。

なお、記入漏れがあったものについては、集計の対象には含めなかった。

### 2-3. 結果と考察

#### (1) [天文経験数] の違い

9 項目中○がついた個数を [天文経験数] と名づける。各群の平均値 (図 1 の横軸) の差は、分散分析の結果、有意 (0.5% 水準) だっ

た。多重比較を行ったところ、[院生] > [普1]、[院生] > [普2]、[天1] > [普1]、[天1] > [普2]、[天2] > [天3]、[天2] > [普1]、[天2] > [普2]、[天3] > [普2]、[普1] > [普2] であった。以上の結果から天文経験の程度は大まかに、[院生・天1・天2] > [天3・普1] > [普2] の3つに大別できる。各項目別に見ると、「①星座を探す」「④テレビ番組を見る」「⑥プラネタリウム」はどの群でも多くの者が経験しており差がない。これに対して自ら積極的に情報を集めるような「⑤インターネットで調べる」「⑦天文雑誌」では[院生][天1][天2]の経験率は高いが[普2]では低い。院生の結果は当然であろうが、天文プログラムに自発的に集まる中高生もそれなりの天文経験を持っており、その点でいわゆる普通の高校生とは異なることが裏付けられた。

(2)[天文学者感覚]の違い

5段階で求めた回答を便宜的にそのまま点数化した(点数が高いほど[天文学者感覚]が強いことを示す)。5項目の平均値(図1の縦軸)の差を分散分析で検定したところ有意(0.5%水準)だった。多重比較を行ったところ、[院生] > [天2]、[院生] > [普1]、[院生] > [普2]、[天1] > [普1]、[天1] > [普2]、[天2] > [普2]、[天3] > [普2] であった。以上の結果から[天文学者感覚]の

程度は大まかに、[院生・天1] > [天2・天3] > [普1・普2] の3つに大別できる。

(3)天文学者感覚と天文経験の関係

各群の[天文経験数]の平均値と[天文学者感覚]の平均値を図1に示す。群単位で見ると両者の間には強い正の相関関係が認められた。次に各個人の[天文経験数]と[天文学者感覚]との相関係数を求めたところ0.55という高い値であった。何の経験もなしに[天文学者感覚]が強くなるということは考えにくいので、両者の間に見られる因果関係としては、天文に関する経験が増えるほど[天文学者感覚]が強くなるという方向を想定することは妥当であろう。もしそうだとすれば、学校の天文の授業においても、教科書を中心とした授業を行うのではなくて、天文経験を重視することによって[天文学者感覚]を育成できる可能性がある。以下の3では、FITS画像を用いて生徒に活動を行わせる天文授業に即してこの点を検討したい。

3. FITS画像を利用した教育活動による天文への興味・関心の変化

3-1. 目的

FITS画像を利用した教育活動による学習者の[天文学者感覚]の変化を調べ、FITS画像を効果的な教材として利用する方法を考察す

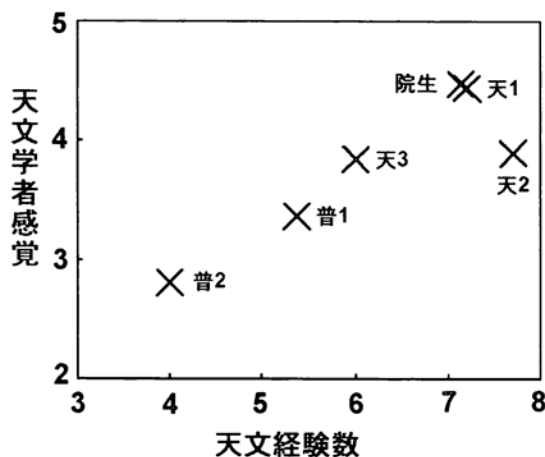


図1 天文学者感覚と天文経験

表4. FITS画像を利用した教育の概要

[天1]	「君が天文学者になる4日間」
	場所：国立天文台三鷹キャンパス
	期間：2002年8月，3泊4日
	生徒：高1～3，参加16名（集計は11名）
[天2]	JAHOU太陽観測2002
	場所：葛飾区郷土と天文の博物館
	期間：2002年8月，1日のプログラムを4回
	生徒：中1～高2，数名ずつ4回，14名
[天3]	科学技術館JAHOU教室
	場所：科学技術館
	期間：2002年7月，3日間
	生徒：小5～中3，8名
[普1]	埼玉県立豊岡高校3年理系地学
	期間：2002年10～11月，週3時間
	PC教室での画像解析は5時間
	生徒：高3，10名（集計は8名）

表4. FITS画像を利用した教育の概要

る。

### 3-2. 方法

FITS 画像を利用した教育活動を行った4つのグループに対して、その活動の前後での[天文学者感覚]の変化を調べた。

調査は2002年7月から11月にかけて実施した。表4の4グループ41名に対し、FITS 画像を利用した教育活動の前後に質問紙を配布して、それぞれ集団で実施した。事前の調査は2で述べたものである。事後の質問内容には、事前のものから[天文経験]を問うものを省き、それぞれの教育活動に対する意見や感想を自由記述で回答させる項目を加えた。

なお、記入漏れのあったものについては、集計の対象には含めなかった。

### 3-3. FITS 画像を利用した教育活動の内容

#### (1)「君が天文学者になる4日間」[天1]

応募時の希望テーマで4組に分かれ、小惑星や銀河を口径50cm反射望遠鏡で撮像し、小惑星の形状・軌道、銀河の星形成領域、宇宙膨張などについて調べた。

#### (2)JAHOU 太陽観測 2002 [天2]

太陽望遠鏡と高分散分光器でスペクトル

を撮像し、太陽の自転速度と黒点磁場強度を求めた。

#### (3)科学技術館 JAHOU 教室 [天3]

米国で開発された中学生用 FITS 教材。(月のクレーター、彗星・小惑星の動きなどを調べた)

#### (4)埼玉県立豊岡高校3年理系地学 [普1]

岡山188cm鏡による銀河の分光画像を解析し、後退速度からハッブル定数を求めた。HSTによる球状星団の画像から色等級図を描き、星団の年齢を推定した。

### 3-4. 結果

各群の平均値は図2のように、[天1]は0.2ポイント上昇、[天2]は変化なし、[天3]は0.1ポイント上昇した。[普1]のみ0.4ポイント低下した。

次に図3に個人ごとの変化を示す。[天1]と[天3]では上昇した人数は低下した人数より多かった。これに対して[天2]では1名は大きく上昇したが他の大部分はわずかではあるが低下した。また[普1]では大部分が低下した。

### 3-5. 考察

各群や個人によって[天文学者感覚]の変化は異なっていた。ここでは特に[天1]と[普1]に注目したい。

[天1]の活動内容は天文学者の研究活動と類似したものであり、[天文学者感覚]が高まることは当然である。しかしながら、[天1]の参加者は応募時点ですでに[天文学者感覚]が相当高かったにもかかわらず、さらに上昇した。これは天文学者に近い活動を行うことにより、高校生にも[天文学者感覚]が育まれることを示す。

[普1]では[天文学者感覚]の上昇が全く見られなかった。さらに半数の4名が3未満の値であった。したがって、活動内容の吟味と、改善策の検討が重要である。

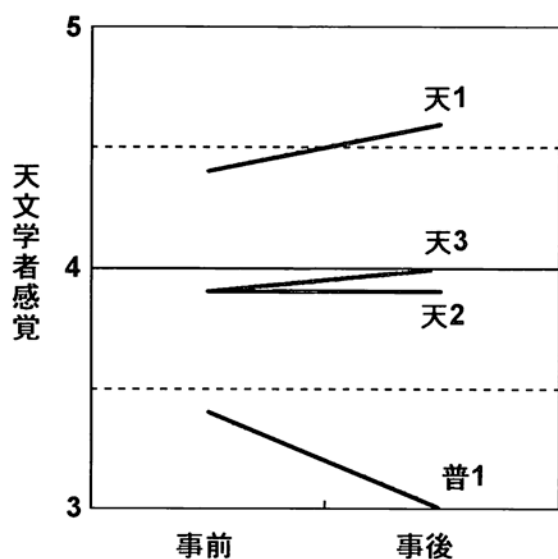


図2 天文学者感覚の変化

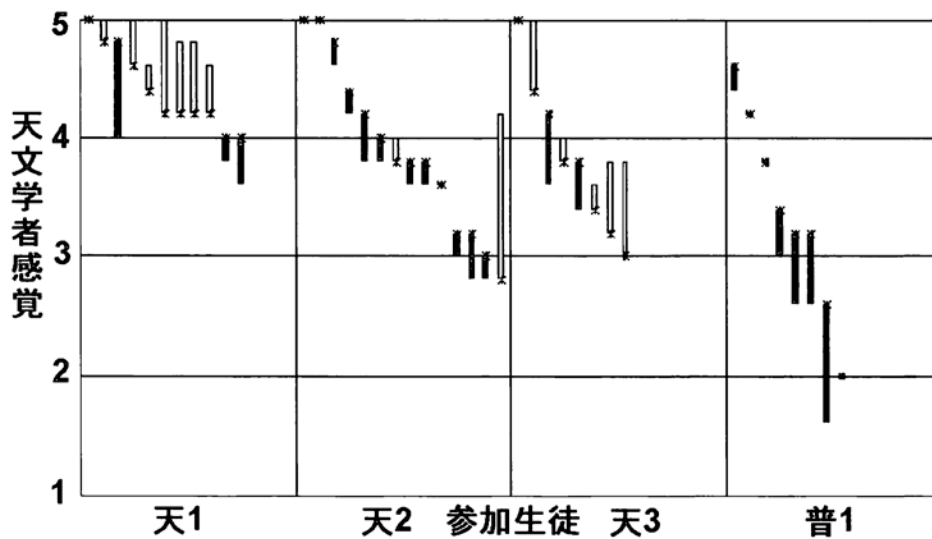


図3 天文学者感覚の変化 (\*は事前の値、白線は上昇、黒線は下降)

[普1]では事後に個々の活動内容の難易度を「1. 難しい」～「5. 易しい」の5段階で回答を求めた。

[普1]は2つの活動からなるが、双方ともFITS画像の解析が難しかったようである。[天1]と[天3]では解析の難易度が平均で4ポイントを超えており、[普1]と対照的である。また、[天2]では難易度の回答を数値では求めなかったが、自由記述には難しさを示す表現が見受けられた。

特に分光画像から波長を求める作業について、8名の平均で2.3ポイントと大変低い値の回答であった。これは銀河の分光画像から吸収線の波長を読み取り、ドップラー効果に基づいて後退速度を算出し、ハッブル定数を求めるものである。作業そのものは面倒ではないものの、何本もの吸収線から目的のものを見つけることが難しかったと思われる。授業中に解析処理のできた課題の数をみると、回答ポイントが3未満の6名は、時間内に1つか2つの課題にしか答えることができなかった。他の2名は3つの課題を終えており、難易については「3. どちらでもない」と回答した。

また、色一等級図を描く作業では平均で3.5ポイントと低い値の回答であった。さらに事

後の[天文学者感覚]が3未満の4人が平均4.3ポイント、高い4人が平均2.8ポイントであった。これは、測光の操作を単にマウスをクリックするだけと生徒たちがとらえており、解析方法としての理解は不十分であった可能性を示唆している。

さらに、[天文学者感覚]の低下した5名は、全員ともこの一連の活動について、高校1年生が行うには難しいと回答した。

以上のことから、生徒たち自身が解析するには難しい内容であり、このことが[天文学者感覚]の低下に結びついたと考えられる。しかし、FITS画像からデータを取得することには、平均4.5ポイントの回答であった。これらのことから同様の教育活動を行う際には、細かい点までも説明を加え、実際に解析する様子を全生徒に見えるように投影するなどの工夫をすることが必要であると思われる。

#### 4. まとめと今後の課題

今回の調査では、大学院生とFITS教育に自主的に参加する中学生・高校生の[天文経験数]と[天文学者感覚]には大きな違いが見られない反面、普通の高校生との間には大きな違いのあることが示された。

また、FITS画像を利用した教育活動によ

り、高校生に「天文学者感覚」が育まれることが示された。同時に理解の難しい活動の場合には「天文学者感覚」の育成が難しいことも示された。

本調査で用いた質問紙には、「宇宙に関する夢の度合い」をたずねる項目も含まれていた。今後、「天文学者感覚」と「宇宙に関する夢の度合い」の関係について、分析を進める予定である。

謝辞：アンケートの作成、実施、解析までの調査全体わたくし、千葉大学教育学部教授の麻柄啓一氏にご指導いただいた。アンケートの実施に際しては、国立天文台の縣秀彦氏、東京大学大学院生の鴈野重之氏、埼玉県立豊岡高校の原正氏、「君が天文学者になる4日間」関係者ならびに日本ハンズオンユニバー

ス協会関係者に協力していただいた。また、本報で取り上げたものの他にも数箇所アンケートを実施した。この調査は、上記の方々のご協力の下に行われたものである。ここに感謝申し上げる。

☆ちょっと気になる天文用語☆ 福江 純（大阪教育大学）

#### 43 光球 (photosphere)

太陽系現象の用語に続けて、太陽本体の用語をみていこう。

おおざっぱに言って、可視光でみえる太陽の表層が「光球 (photosphere)」。そもそも太陽は全体がガスでできているので、地球のようなはっきりとした固体あるいは液体の表面はない。そこで便宜上、500nmの光に対して不透明になる場所を、太陽の表面（太陽本体と太陽大気の境目）と定義している。このように定義した太陽の表面が、光球の“底”で、そこより内部の太陽本体は不透明で見えない。光球の領域では、上空にいくにつれ、高度と共に温度は減少する。では、どこまでが光球かというと、温度が減少している領域範囲で、上層に向かって温度が上昇し始めたらそこは光球ではなくなる。光球の底での温度は約6400Kで、最上部では約4300K。また光球の厚味は400km程度。太陽本体の半径は70万kmもあるのだから、光球はほんの薄皮にすぎない。

英語は光を表す photo と球を表す sphere の合成語。したがって、光球は photosphere の直訳だ。ただ、上の定義からわかるように、光球は太陽本体を表すのではなく、太陽本体を覆う薄い球殻状の領域を表している。だから、中身の詰まった“球”の意味はあまり適当ではない。大気圏 (atmosphere) などのように、sphere は“圏”と訳して、“光圏”とした方がよかったかも。実際、ほくは、学生の頃は、光球は太陽本体を含むと思っていました！

形容詞は photospheric で、photospheric phenomena（光球現象）のように使う。