

FITS教材の教育効果アンケートの実施と速報

埼玉県立豊岡高等学校
理科 原 正

1. はじめに

これまでいくつかのFITS教材の開発に携わり、それらを実際に授業で使ったりした。しかし、生徒の感想を聞く目的で簡単なアンケートを事後に実施したことがあるが、教育効果を評価するためにそのようなことを行ったことはなかった。そこで、これまで実践の回数が多い、Ia型超新星と距離の教材を対象に、事前事後アンケートによる教育効果の評価を試みた。ここでは、その結果を速報として報告する。

2. アンケートの目的と作成

アンケートの目的は、FITS教材を使う前と後で、生徒の考えにどのような変化が現れるかを把握し、教材が学習内容の理解にどのように役立ったかを見ることを主眼に作成した。質問事項は、PaofitsWGの中から有志で何度か会合を持ちながら決めた。

アンケートの内容は、等級の理解や絶対等級と距離の関係の理解度を確認できるものとした。また、実習の直前と直後で実施するように2種類用意した。ただし、事前事後で全く同じ問題ではないが、上記の理解度を比較できるようになっている。

実際、アンケートを採ってみると、生徒たちは今回あげた項目についてあまり変化が起きていない実体が浮かび上がった。そこで、理解度の変化を追うという最初の目的を断念し、どの項目を理解していれば、この実習の効果があるのかという点を見ることにした。

3. 実習の実施

実習は2006年11月のはじめ、埼玉県立豊岡高校の文系の地学選択クラスで3年生40人を対象に行った。本校の生徒は大部分が大学受験をするが、センター試験で地学を選ぶ生徒はこの中にはいない。この時期は受験を前に焦っている生徒が多く、受験科目でない地学を捨てしまっている生徒も多くなる。また、3学年での数学の授業がないせいで、計算力が落ちているため、簡単な計算でもかなりな時間を要する。対数を含む計算は、丁寧に説明すればできる生徒が数名いる程度である。

授業の中身は、10月から天文の分野に入り、まず、距離測定とそこから見える構造の話をする。次に宇宙の運動に話を移し、ハッブル則やビッグバンへと続く。「Ia型超新星による銀河の距離の実習」は、遠い銀河の距離を測るために、天文学では具体的にどのような手法を用いているのかを実際に体験させることを目的に、毎年授業に組み込んでいる。

この実習に至るまでの学習内容は、見かけの等級、絶対等級、ポグソンの式、分光視差、セファイドの光度周期関係とそれを用いた距離の求め方である。対数表の使い方は、分光視差やセ

ファイドの学習で学んでいる。例年、I a型超新星と距離の教材の1も実施して、I a型超新星の絶対等級を求める活動もやっているのだが、今年はPC教室の使用可能な時期の関係から割愛せざるを得なかった。実習の直前の授業では、I a型超新星についての知識と、その絶対等級がほぼ一定になることを提示した。

今回実習に費やした時間は3時間で、そのうちPC教室での実習は11月2日と7日の2時間を使った。この2時間はPCを一人一台使った一斉授業で行った。機器の不調もあり、この2時間で教材を済ませることができなかったので、普通教室で1時間のまとめの授業を行った。

実習の1日目はマカリのセットアップファイルとデータセットを地学室に設置した校内のWEBサーバーからダウンロードして、セットアップとデータの解凍を行い、超新星を発見して、測光の練習をするところまでを目指した。ところが、この実習の直前に行われた校内のネットワーク機器の変更が原因と考えられるが、昨年まで10分程度で終わったダウンロードに極端に時間がかかり、30分近くロスしてしまった。この日は、超新星の位置は指示して、測光の手順を説明したところで終わりにした。

実習の2日目はダウンロードのやり方を変え、マカリセットアップとデータセットをPC教室内の教員用PCの共有フォルダから自分のパソコンに取っていくように指示をした。本校のPCは電源を切ると、完全に元の状態に戻ってしまうので、情報科の授業で使わないようなソフトやデータはその都度落とす必要があるからだ。ちなみに、CDドライブも使用不可になっている。やることをPC教室でないとできないことに限定し、測光だけは終わらせるように指示した。測光が早く終わった生徒には、等級計算エクセルシートを使って、超新星の見かけの等級を求めさせた。実際には、約2/3の生徒が、この時間内に見かけの等級を求めることができた。

3日目は光度曲線、最大光度の読みとり、距離の計算を普通教室で行った。ネットワークのトラブルがなければ、求めた距離についてそれぞれの生徒が検討をする時間となる予定だった。

事前アンケートは直前の11月1日に10分程度の時間をとって行った。事後アンケートは実習の3時間の授業の次の時間に、同じく10分程度で行った。

4. 事前事後アンケートの集計結果と簡単な分析

質問と集計結果は、後ろに付した資料を参照して欲しい。事前事後の結果から注目すべき点についてのみ紹介する。

1) 正答率の変化

正答率があまり向上しているとは言えない。数値の左が事前アンケートで、()がついているのは、設問が自由記述で、事後の選択肢をもうけたものと単純に比較できないが、参考までに掲載したものである。

等級での明るさ比較	64%	56%
見かけの等級差	(7%)	70%
光量で何倍	(0%)	34%
絶対等級定義	29%	33%
遠いほう(計算なし)	39%	44%
ラッセルの法則	8%	6%
天体までの距離	0%	8%

2) 事後の全問正解者

事前事後とも全問正解者はいなかった。事前も事後も同様なので、事後のみ紹介する。設問のどこで正解者がいなくなるのか調べてみた。絶対等級の定義で躓いていることがわかる。

等級での明るさ	20人
等級差	18人
光量で何倍	10人
絶対等級定義	3人
絶対等級の差	1人
遠いほう(計算なし)	0人

このように、今回の教材の使用によって何が変化したか追うことは困難である。そこで、観点を変えて、生徒の課題の達成度とアンケートの事項の理解度について調べてみることにする。

3) ワークシートの達成度

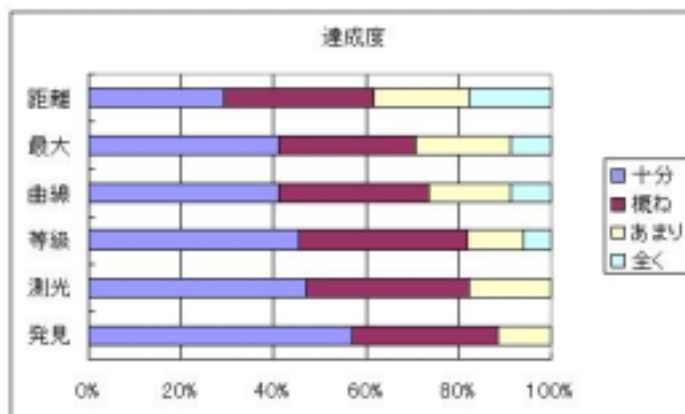
達成度を生徒の提出したワークシートから読んでみる。距離を導くことができた生徒は27人で、67.5%である。値の平均は30.9、最大は33.1 Mpc、最小は30 Mpcであった。まずまず教材で目指した数値の範囲に収まっている。

ワークシートの作業段階を「超新星発見」、「測光」、「見かけの等級計算」、「光度曲線」、「最大光度の読みとり」、「距離計算」に分け、測光ミスや計算ミス、光度曲線の描き方などをチェックし、つぎのように達成度A-Dを設定した。参考までに期末の当該内容の問題の得点も入れておく。満点は6点である。

段階	内容	人数	割合	期末の点数
a	ほぼ問題なし	13	33%	3.2
b	軽い問題あり	9	23%	2.6
c	問題箇所が多い	7	18%	1.7
d	最後までできない	5	13%	1.5

ここで、「軽い問題あり」とは、1~2カ所の測光ミスや計算ミスがあり光度曲線の形に現れているものである。「問題箇所が多い」とはそのようなミスが多く、最大光度の読みとりに支障が出ているものである。

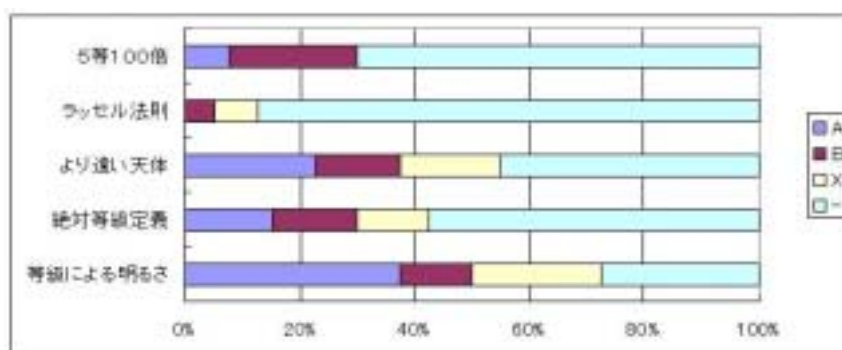
このワークシートの達成度と生徒のアンケートによる申告と比較する。右のグラフは生徒の申告による達成度であるが、距離を出すことができた生徒についてみれば、ワークシートの達成度a,bを十分、cを概ね達成と考えると、まずまずよい一致が見られる。



4) 事前事後アンケートの5項目の比較

つぎに、事前事後アンケートで容易に前後の比較ができる項目を5つ選び、それを「5項目」と呼ぶことにする。「5等差が100倍であること」、「等級で明るさの比較ができること」、「絶対等級の定義を把握していること」、「遠い天体を判断(計算せずに)できること」、「距離と明るさの関係(ラッセルの法則)を言えること」である。この5項目の解答結果を「事前事後とも正答した者」をA群、「誤答から正答に変化した者」をB群、「正答から誤答に変化した者」をX群、「事前事後とも誤答の者」を-群に分類した。

ここで、各群の意味について考察しておく。A群は事前事後とも正答していて、実習以前の学習活動の段階で、項目の学習内容をよく理解している生徒と思われる。B群は、事後に正答しているので、実習によって何らかの学習をしていると考えられる。それと、ランダムに答えてたまたま事後に正答した者も含まれていると考えられる。X型は事後に誤答になった者で、事前の正答はまぐれである可能性が高い。事前事後とも誤答の-群とX群を併せて、内容の理解に至っていない者と判断できる。



4) 5項目の理解度とワークシート達成度

この5項目の理解度と先の達成度の関係を見てみたい。ここに用いた表の行はワークシートの達成度を表し、列はアンケートによる理解度を表す。

まず、「5等級100倍」の関係の理解とワークシートの達成度の関係を見る。この両者にはあまり関係が見られない。事後に改善したものが多くいることから、課題の達成によって、この関係を理解する事に成功しているとも考えられる。

達成度	A	B	-
a	2	5	6
b	1	4	4
c			7
d			5

次に、「等級と明るさ」の理解とワークシートの達成度の関係だが、このことへの理解が進んでいる生徒ほど、達成度が高い傾向が見える。理解が改善した傾向ははっきりしない。

達成度	A	B	X	-
a	6	2	4	1
b	7	1	1	
c		2	2	3
d	2			3

「絶対等級の定義」の理解とワークシートの達成度の関係を見る。もともと理解できている生徒の達成度が高くなっている。ただ、定義は知っていなくても課題を高いレベルで達成している生徒がおり、教材の示す手順通りのことができた生徒であると思われる。このような生徒を理解につなげることができれば、実習の成果はより高くなると思う。

絶対等級定義と達成度				
達成度	A	B	X	-
a	4	1	2	6
b	2	2	1	4
c		1		6
d		1	1	3

「ラッセルの法則」の理解とワークシートの達成度との関係を見ると、この法則の理解に教材が全く役立っていないことがわかる。また、ラッセルの法則を理解していなくとも、教材の課題はこなせるということもできる。

ラッセルの法則と達成度			
達成度	B	X	-
a	1	1	11
b			9
c	1	1	5
d			5

最後に、「直感で遠いものを選ぶ」ことができることと、達成度を見てみよう。この項目については理解が進むほど達成度も高くなっていることが顕著に現れている。理解の改善が進んでいることも読みとれる。

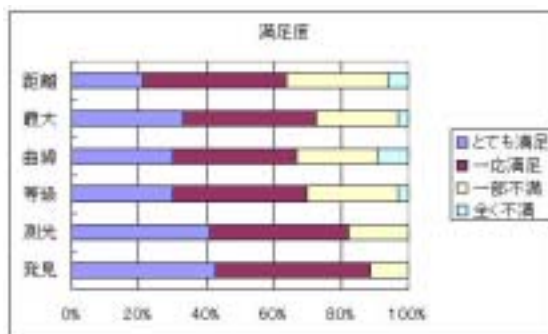
直感遠いと達成度				
達成度	A	B	X	-
a	6	3	1	3
b	2	2	2	3
c	1		1	5
d		1	1	3

以上の簡単な分析から、この教材は「等級と明かさ」「直感で距離がわかる」といった数理的な関係性を含まないような基本的なことを理解すれば、文系の生徒でも課題の達成をしやすいことがわかる。また、「絶対等級の定義」「5等差が100倍」の事柄は、理解しているにことたことはないが、そうでなくても課題の達成はできるようだ。また、「5等差が100倍」の項目については、事後の改善傾向が特徴的にあらわれているが、この設問は事前では自由記述で、事後には選択肢を使ったので、設問がよりわかりやすくなった効果が強いものと思われる。「ラッセルの法則」については、この教材の底辺にある法則ではあるが、そのことが教材の前面に出ているわけではないので、理解の改善につながらないと判断できる。また、それを理解していなくとも教材の出順を踏めば、課題の達成はできると判断してよい。

5. 生徒の感想

この教材を用いた生徒の感想を教材のステップごとにきいてみた。

今回は時間の余裕がなく、超新星の所在をこちらで指示をしたので、「発見」についてはあまり意味がないだろう。結果に「一応満足」している数も含めると、どのステップも6割を越えている。先にあげた生徒の申告による

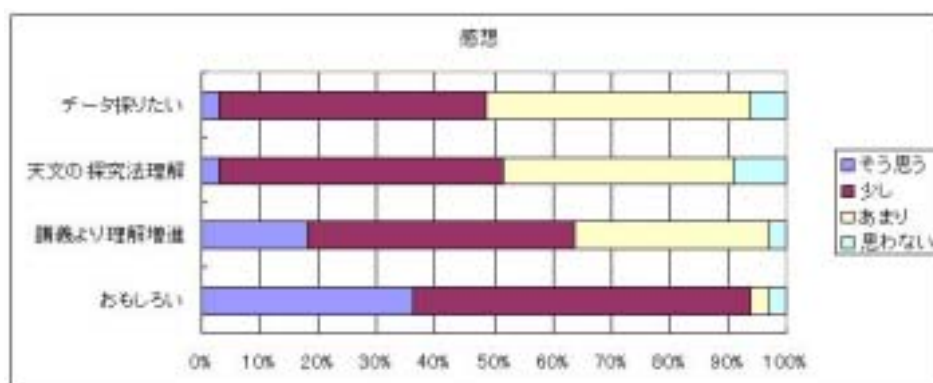


達成度と比較的よく似た傾向といえる。

ワークシートの達成度と満足度をクロス集計してみると、達成度が高いほど満足度も高い相関関係がよくわかる。

達成度	とても満足	一応満足	一部不満足	全く不満足
a	5	8		
b	1	4	4	
c	1	1	4	
d		1	2	1

この教材については、「おもしろい」と感じている生徒がほとんどで、「講義よりも理解が進む」と答えたものが半数以上いる。

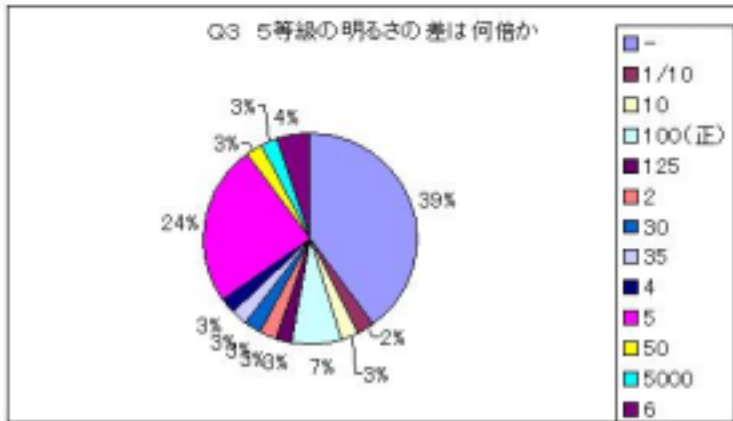


6. まとめ

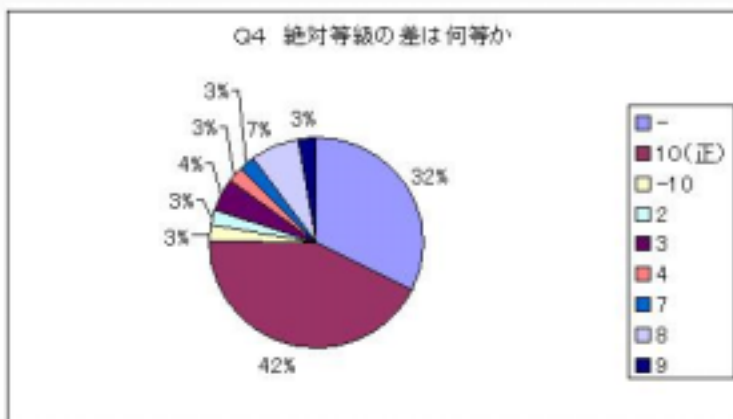
数理的なことをきちんと理解していなくても、本教材に取り組むことは可能で、それは手順がきちんと記述されていることによると思う。このことをきっかけに、授業中になんらかのアプローチによってより高い理解のレベルにつながられればと思う。また、教材の達成度が高いほど、満足度が高いことははっきりしている。今回実習を行った生徒に書いてもらった1年間の最後の授業の包括的な感想でも、PCを使って実習したことがとても印象深いか、よいことだ、と報告してくれた生徒が数名いた。このように、生徒に長く印象として残るよい教材だといえるだろう。

今後の課題としては、このような荒い分析で見たことが統計的にも意味のあることなのかどうか、また、このアンケートを、他の学校で実施したらどうなるのか、興味のあるところである。

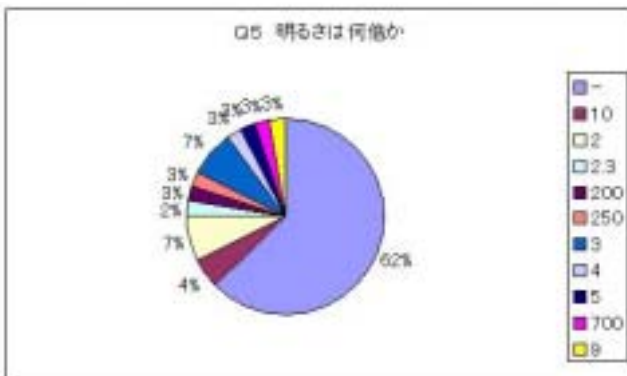
3. 差が5等級（例えば1等星と6等星）の時、明るさは何倍異なるでしょうか。
 () 倍



4. 恒星Aと恒星Bの絶対等級の差は、何等ですか。
 () 等差



5. 恒星Aの本当の明るさは、4)の等級差から考えると、恒星Bの何倍でしょうか。
 () 倍



6. 天体までの距離を自由に変化させることができたとして、その天体のみかけの明るさと距離の関係について正しいものはどれでしょうか。なお、 のときにはカッコの中に記しなさい。

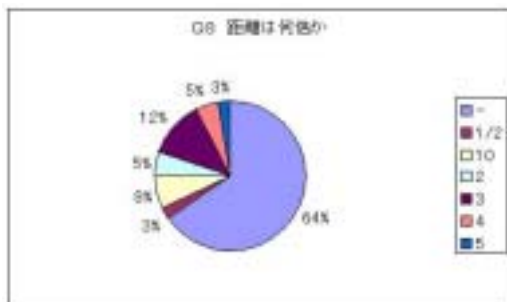
- 天体の明るさは距離の2乗に比例する
- 天体の明るさは距離に比例する
- 天体の明るさは距離と無関係
- 天体の明るさは距離に反比例する
- 天体の明るさは距離の2乗に反比例する
- 上記の選択肢以外の関係にある()
- わからない



7. 恒星Aと恒星Bで、地球から遠いのはどちらでしょうか。
 恒星A 恒星B 同じ わからない

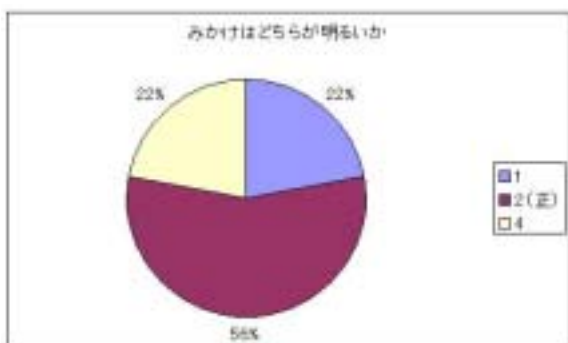


8. 地球から恒星Aまでの距離は、恒星Bまでの距離の何倍ですか。
 () 倍

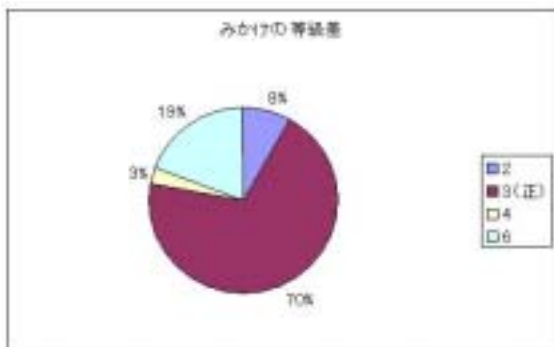


事後アンケートの結果

1. 銀河Aの超新星と銀河Bの超新星のうち、みかけが明るいのはどちらでしょうか。
 銀河Aの方 銀河Bの方 同じ わからない

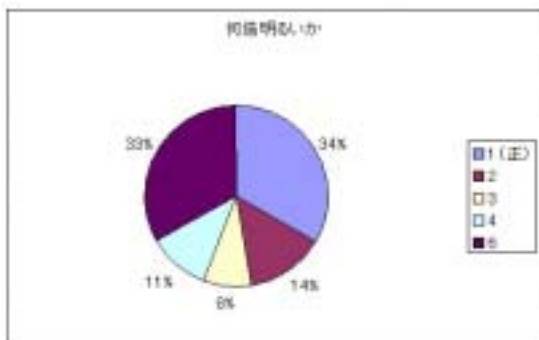


2. 銀河Aの超新星と銀河Bの超新星の見かけの等級の差は、何等ですか。
 1 0 0 等 2 3 等 5 等 1 等 おなじ わからない



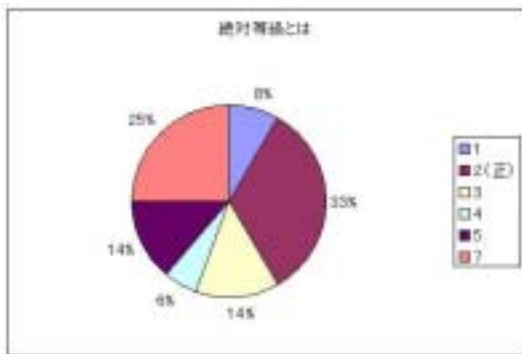
3. 1等星は6等星の100倍の明るさです。銀河Aの超新星は、2)の等級差から考えて、銀河Bのものの何倍の明るさでしょうか。

1 0 0 倍 1 0 倍 5 倍 2 . 5 2 倍 おなじ わからない



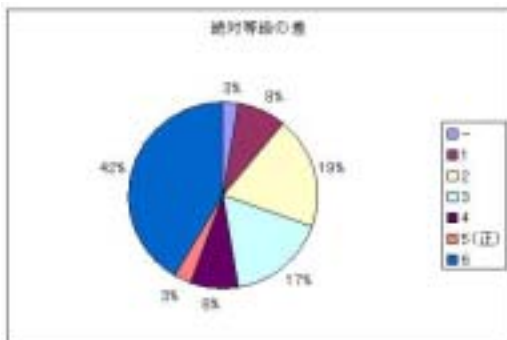
4. 絶対等級とは何ですか。次の ~ のうち、最も適するものを1つ選び、その記号を丸で囲みなさい。なお、 のときにはカッコの中に記しなさい。

- 天体から届いた光子の数を等級で表したもの
- 基準とする距離に天体を置いたとして、その明るさを等級に直したもの
- 国際的に決められた特別な測定装置で測った天体の明るさ
- 地球から見たままの天体の明るさを示している
- あらかじめ指定された基準の天体と比較して、どのくらいの等級になるか決めたもの
- 上記の選択肢以外の決め方()
- わからない



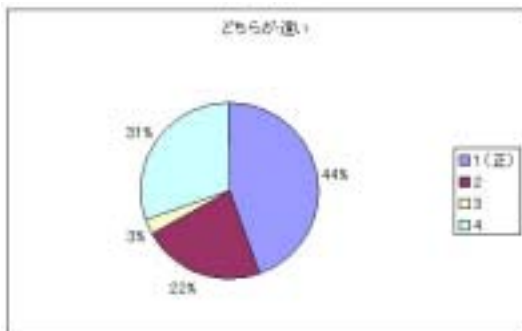
5. それぞれの超新星の絶対等級の差はどのくらいですか。

- 100倍
- 10倍
- 5倍
- 2.52倍
- おなじ
- わからない



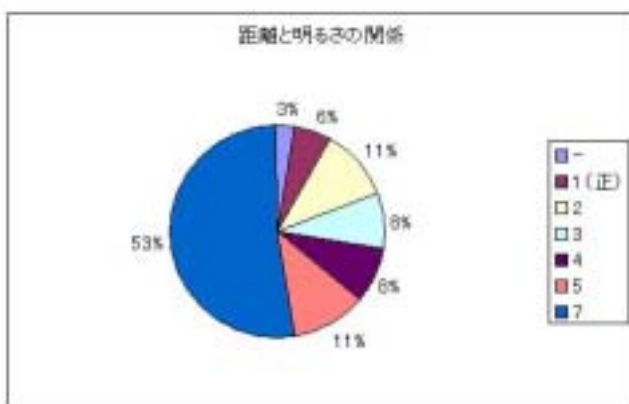
6. 銀河Aと銀河Bで、地球から遠いのはどちらでしょうか。

- 銀河A
- 銀河B
- 同じ
- わからない

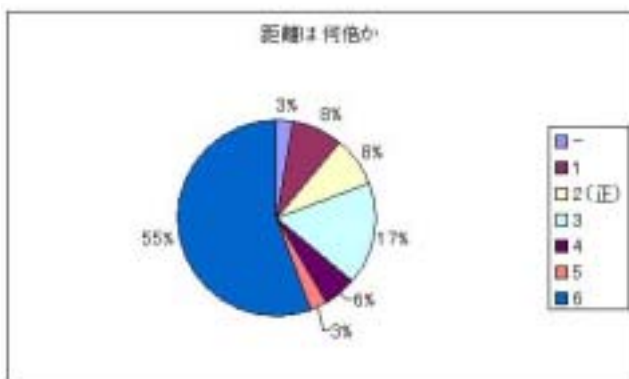


7. 天体までの距離を自由に変化させることができたとして、その天体のみかけの明るさと距離の関係について正しいものはどれでしょうか。なお、 のときにはカッコの中に記しなさい。

- 天体の明るさは距離の2乗に反比例する
- 天体の明るさは距離に反比例する
- 天体の明るさは距離と無関係
- 天体の明るさは距離に比例する
- 天体の明るさは距離の2乗に比例する
- 上記の選択肢以外の関係にある()
- わからない



8. 地球から銀河Aまでの距離は、銀河Bまでの距離の何倍、あるいは何分の1ですか。
 100倍 10倍 5倍 2.52倍 おなじ わからない



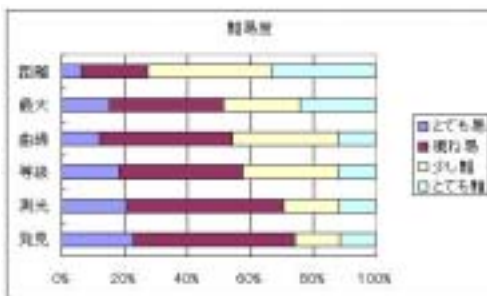
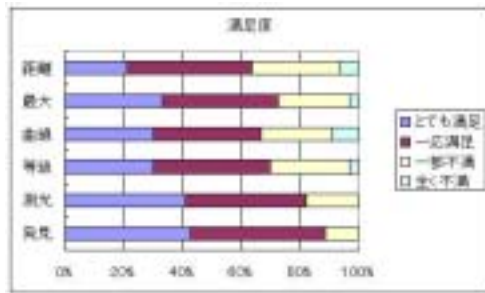
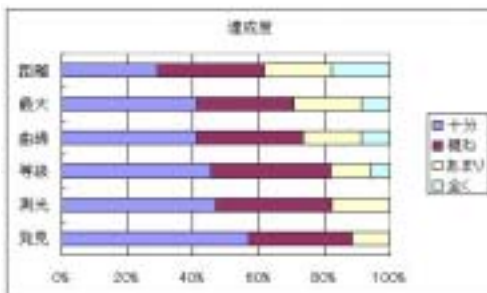
・ 研究用のデータ (FitsData) を用いた実習について

1 . 今回実施した銀河までの距離を測る実習について、a~fの段階別にあなたの考えをたずねます。下の選択肢の記号を使って回答欄に記入してください。

- 1) 各段階の課題をどの程度達成できましたか。
 十分達成できた 概ね達成できた あまり達成できなかった 全く達成できなかった
- 2) 各段階の課題についてあなたが感じた難易度を教えてください。
 とても簡単だった 概ね簡単だった 少し難しい とても難しい
- 3) 各段階の課題について自分が求めた結果をどのように感じましたか。
 とても満足できる 一応満足できる 一部不満足 まったく不満足

回答欄

	設問 1)	設問 2)	設問 3)
a 超新星を見つけることができた。			
b 測光してカウント値を求めることができた。			
c みかけの等級を出すことができた。			
d 光度曲線を描くことができた。			
e 最大光度を出すことができた。			
f 距離を出すことができた。			



2. 今回の実習は主に研究用にいろいろな天文台で観測された実際のデータを使っています。このような試みをどのような感じましたか。自分の考えに近いものを選んで を付けてください。理由の選択肢は複数選んでもかまいません。

1) 研究用データを使った実習はおもしろかったと思いますか。

	1. と思う	2. 少しはと思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 特別教室での授業だったから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学の研究のやり方がわかったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 0. その他 ()	15 25 8 6 0 2 0 ()	1. 特別教室での授業だったから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータはわかりにくかったから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 0. その他 ()	0 0 1 1 0 1 1 ()

2) 講義だけの授業よりも法則などの意味がわかりやすくなったと思いますか。

	1. と思う	2. 少しはと思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 特別教室での授業だったから 2. 時間をかけて課題に取り組むことができたから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学の研究のやり方がわかったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 8. 実験や実習が得意だから 0. その他 ()	6 6 12 6 1 0 0 0 0 ()	1. 特別教室での授業だったから 2. 時間に追われて何をやっているかわからなかったから 3. データよりも本に書いてある方がわかりやすいから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 8. 実験や実習は苦手だから 0. その他 ()	0 8 0 2 1 2 6 0 ()

3) この実習で天文学の探究方法を理解することができたとと思いますか。

	1. と思う	2. 少しはと思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 時間をかけて課題にとりくむことができたから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータを使うことができたから 4. 画像からデータがとれたから 5. 天文学に以前から興味があったから 6. パソコンを使うのが得意だから 7. 数字やグラフを扱うのが得意だから 0. その他 ()	5 4 8 4 0 0 0 ()	1. 手順に追われて何をやっているかわからなかったから 2. 講義ではなく実習だったから 3. 本物のデータはわかりにくかったから 4. 画像の意味がよくわからなかったから 5. 天文の研究といわれても自分には関係がないから 6. パソコンを使うのが苦手だから 7. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 0. その他 ()	12 0 0 2 2 4 2 ()

4) 誰かが取ったデータではなく、自分でもデータが取れるといいと思いますか。

	1. と思う	2. 少しはと思う	3. あまりそうは思わない	4. そうは思わない
理由	1. 教材は誰が撮ったものかわからないから 2. 天体観測もやってみたいから 3. 天文の研究のすべての段階を体験してみたいから 4. 自分だけのデータで何か結果が出せるから 5. 課外授業が楽しそうだから 0. その他 ()	4 9 3 4 0 ()	1. 機械を操作して自分でデータがとれる自信がないから 2. 天体観測はやりたくないから 3. 天文は自分には必要ないから 4. 自分のデータで結果が出せるとは思えないから 5. 授業以外で時間をとりたくないから 0. その他 ()	16 0 3 7 3 ()

