

Makali`i と SalsaJ

2つの教育用解析ソフトの授業での使い勝手の比較

原 正(埼玉県立豊岡高等学校)

概要 国際天文年のガリレオ教員訓練プログラムで使われる教育用の天体画像解析ソフトはEUで開発されたSalsaJというソフトになりそうです。そこで、以前から国内で使われているマカリとの違いは何なのか、特に授業で使った場合の違いを調べてみました。その結果、マカリの優位な点がいくつかあきらかになりました。

1. はじめに

2009年は国際天文年です。その企画のひとつとしてガリレオ先生訓練プロジェクト(Galileo Teacher Training Project、以下GTTPと略す)があります。アジア地区では東京大学の半田利弘氏を中心に進められています。詳細は半田氏の寄稿をお読みいただければと思います。このGTTPで使われる教育用の天文データ解析ソフトとしてヨーロッパHOU協会(以下、EU-HOUと略す)が開発したSalasaJがあります。EU-HOUは公式ソフトとしてこのSalsaJを使いたい意向です。一方、国内には国立天文台が開発したMakali`i(以下マカリと書く)という教育用解析ソフトがあります。Paofitsワーキンググループの教材はこのマカリを前提に作られています。天文学会のジュニアセッションの発表でもマカリが使われたものが多くあります。マカリには日本語版以外に英語版がありますが、その他の言語に対応したものはありません。もちろん、Paofitsの教材は日本語で書かれており、英語版もありません。EU-HOUが推しているSalsaJはJavaベースで開発されたソフトで、いろいろな言語に少ない労力で対応できるのが特徴です。EUでは、SalsaJを国際標準にしようという方向性が強く打ち出されていますが、FITSを使った教材や解析ソフトの開発実績は日本の方が古く、授業で使うことについてはマカリの方が操作性や機能が洗練されているように感じています。

そこで、SalsaJとマカリはどこがどう違うのかを実際の授業で使ってみて確かめることにしました。今年は3年生の地学 I の授業を3講座(選択者をまとめた合併クラスを含む)受け持っています。文系ですが、超新星による距離測定の教材ならば、これまでのマカリによる豊岡高校での実践の経験から十分実習の課題を達成できると判断できました。3講座担当していますので、人数の少ない1クラスは従来通りマカリを使い、その他の2クラスはSalsaJを使ってみることにしました。また、授業の事前と事後に知識に関する調査を行い、事後には感想を聞くアンケートを実施しました。この稿では特に感想の部分を紹介したいと思います。これらの実践を元にマカリとSalsaJ、2つの教育用解析ソフトの授業での使用感の報告をします。

2. マカリとSalsaJの違い

マカリとSalsaJの違いを簡単な表にしてみました。すべての機能を確認したわけではなく、既存の教材を指導する際によく使う機能を試してみた程度のもので、その点ご注意ください。

マカリはMSWindowsで動作する事を前提に作られたもので、他のOSでは動きません。著者が試したところ、LinuxにWINEというWindowsのアプリケーションを動かすソフトを入れると、setupも動作し、多少フォントに問題があるものの、測光などの機能も使えることがわかりました。これに対し、SalsaJはJAVAをベースに作られているので、OSには関係なく動くことがうたい文句です。EU-HOUのウェブサイト(<http://www.euhou.net/>)を見ると、インストーラはOS毎に用意されています。

ソフト	マカリ (Makali`i)	SalsaJ
開発	国立天文台、アストローツ (PaofitsWGによる開発支援) 2003年より	EU-HOU 2005年より(WEBサイトから)
OS	Windows98以降 Linux+WINEで動作した	Win, Mac, Linux (Java) それぞれ個別にインストーラがある
GTPP	国内標準か?	世界標準になりそう
その他	スペクトル波長測定可 絵が描けない プラグイン不能 日本語、英語のみ ブリンクができる バグは少ない	スペクトルデータの波長表示は不可 絵や文字が書ける プラグインで多機能化 多言語化が容易 ブリンクがない 時にフリーズする(バグか?)

マカリにあってSalsaJにない機能の違いの大きなところでは、スペクトル波長データの表示、ブリンク機能があります。逆にSalsaJにあって、マカリにない機能は描画、文字の埋め込みです。もちろん、起動したときの雰囲気はマカリは一般的なウィンドウズのアプリケーションの雰囲気ですが、SalsaJはコマンドを実行する度にウィンドウが開いていくところなど、いかにもUnixを基盤にしていることを感じさせます。

3. 授業の実施

今回報告する授業までの流れを簡単に紹介しておきます。2学期の9月下旬から天文の分野を始めました。主に位置情報から得られること、色情報(主にスペクトル)から得られること、明るさ情報から得られることのくくりで授業を進めています。今回のIa型超新星を用いて距離を測る実習は明るさ情報を主に用いる内容となっています。

Ia型超新星について簡単にご紹介しておきます。この型の超新星は連星系を構成する恒星進化の進んだ白色矮星に、もう一方の進化の遅れた巨星から徐々にガスが流れ込んで起きます。ガ

すが白色矮星に降り積もることで、やがて白色矮星の質量がチャンドラセカールの限界を越え、電子縮退状態を維持できなくなり、爆発を起こすのです。従って、Ia型超新星であればどの超新星でも、核反応に使われる物質の量が同量ですから、最も明るくなったとき(極大光度という)の絶対等級がほぼ一定となります。その値は、超新星が現れた銀河までの距離をハッブル定数を60 km/s/Mpc として見積もったとき-19.5等級となります。明るさが一定ということは「見かけが暗いほど遠い」というとてもわかりやすい性質だと言えます。

教材はSN2003duという約32Mpc離れたところにある銀河に現れたIa型超新星のFITSデータを使います。これは名寄市立木原天文台の佐野康男氏から提供していただいたデータです。およそ2ヶ月にわたる期間のうち、10夜分のデータがあります。この画像データから超新星の明るさを測定(測光という)してグラフを描き、極大光度を求めて、距離を計算するという内容です。この活動に必要な知識は、みかけの等級、絶対等級、これらと距離の関係を表す公式です。最後の公式の使い方は、HR図やケフェウス型変光星を用いて絶対等級を知り、距離を測るやり方と基本的には同じです。授業では、実習までにこのいずれも学習済みです。必要な数学(対数)は2年次に学習していますが、大半は忘れていました。先のケフェウス型での学習で対数表の扱いも含めて復習できるようにしています。使う公式等、詳しくは教材のティーチャーズガイドをご覧ください。

PCを使った授業は視聴覚教室で行いました。この教室ではノートPCを一人一台使うことができ、校内LANを通してインターネットも利用できます。ただし、セキュリティ上の理由で、生徒がソフトをインストールすることができないようになっています。また、このPCは電源を落とすと、すべて最初の状態に戻るよう設定されています。あらかじめはいているアプリケーションはMSOfficeです。本稿で言う表計算ソフトとは、MSExcelです。

生徒用PCの主なスペック
CPU Celeron 1.86GHz
メモリ 2G
OS VISTA
画面 15.4インチWXGA
MSOffice 導入済み

PCを使うのは、超新星の明るさを測定する測光、測光値から見かけの等級をもとめること、超新星までの距離を計算することの3点です。超新星の明るさの変化を表す光度曲線の作成と極大光度の読みとりは手作業でワークシート上にやります。いままでの何回かの実施経験によれば、PC教室を使うのは2時間で、遅くとも光度曲線を求めるところまで進めることができるはずでした。今年の生徒たちはケフェウス型変光星を使って距離を求めたりする活動をすでに経験しているので、今回は時間の節約も考えて距離計算は表計算のワークシートの距離計算をそのまま使うことにしました。このことにより、いつもよりもずいぶん時間短縮になりました。

(1) 事前準備

教材のワークシートは、ブリンク機能のないSalsaJに不利にならないように、ブリンクを使わずに超新星を探すスタイルに一部を書き換えました。

解析ソフトは教員用のPCでインストールしたフォルダを校内の教育用サーバーにコピーしておきます。これらのフォルダごと生徒がコピーできるようにしました。幸い、マカリもSalsaJもこの方法

で動きます。同様に、超新星の画像データも解凍した状態でフォルダを作っておきます。

(2) 授業

授業は11月中旬にそれぞれのクラスの進度の順におよそ2週間にわたって実施しました。Salsa Jを使ったクラスがA組とB組、マカリはC組のみ使用しました。クラスの名称は仮称です。

教室の仕様上、生徒が教室に入ってから機器をセッティングし、ネットワークにログオンし終わるまでおよそ5分はかかります。初回はIDやPWの確認も同時にしていますので、10分程度かかっています。この実習での生徒の作業手順は次のようです。後の表は各クラスの実習の時間経過です。

① 解析ソフトとデータのダウンロードと動作確認

用意したフォルダを生徒のPCにコピーします。解析ソフトを起動し、画像を一つ開きます。ここまでできればこの段階はOKです。PCの仕様から、この操作は授業のたびに必要です。

② 画像調整

ファイルを読み込み、必要ならば画像調整をして銀河が現れるようにします。

③ 超新星探し

ワークシートはPaofitsのウェブサイトにおいてある物を少し変更し、超新星のない銀河のみの画像を埋めこんで、PCの画像と比較しながら超新星を同定する作業をさせました。画像データには宇宙線によるホットピクセルも多く、なかなか見つけられないです。あまり時間がかかるようならば、どれか教えます。今回は15分ほど時間をとりました。

④ 比較星

見かけの等級を決めることができる比較星が2つあるので、初日のデータの位置情報を使って比較星を見つけてワークシートに記入させる。等級も一緒に記入するように指示します。

⑤ 測光

超新星と比較星の測光をします。マカリでは測光ボタンをクリックするだけですが、SalsaJではコマンドバーのAnalisys>Photometryとたどり、測光値であるIntensityをワークシートに記録します。マカリは測光済みの星にマークがつきますが、SalsaJではつきません。

⑥ 見かけの等級計算

表計算ソフトのワークシートに組み込んだ式をそのまま利用させました。ほぼ全員が問題なく換算することができます。時間も短時間で終わります。

⑦ 光度曲線の作成

求めた見かけの等級を使って、光度曲線を描きます。ここはワークシートに方眼を印刷した部分があるので、目盛りを打たせデータをプロットします。上に凸ななめらかな曲線を引くように指示します。すべてPC任せにせず、このような作業を残すのも大事と考えています。

⑧ 極大光度の読みとり

光度曲線の最も明るくなる部分の見かけの等級を読みとります。グラフの目盛りの荒さから、小数

第一位までしか読みとれないはずですが、生徒は5月9日のプロットした見かけの等級13.22を使ってしまう。ほぼ極大に近い値なので、問題はあまり生じませんが、有効数字の正しい取り扱いといった問題は残ります。

⑨距離の計算

これも表計算のワークシートに組み込んだ式を使いました。この授業以前になんかが手計算をやらせているので、「そのことだ。」と、断った上で使わせました。したがって、計算間違いはありませんでした。

授業では①から⑨の段階が1時間に収まるわけではありません。実際には3つのクラスで下の表のような時間を使っています。段階①は各時間の最初に必ず入ることになります。測光に手間取ったクラスは、計5時間も使ってしまった。この点はこの後に考察します。

時間	A組40人 SalsaJ	B組30人 SalsaJ	C組20人 Makalii
1	画像調整 発見	アンケート 画像調整、発見	画像調整、発見、測光
2	測光	測光	測光、等級、光度曲線 極大光度、距離
3	測光、等級、光度曲線 極大光度、距離	測光	アンケート
4	アンケート	測光、等級 光度曲線	
5		極大光度、距離 アンケート	

4. 解析ソフトの指導の際の使い勝手の差

今回は特にSalsaJを使ったクラスで測光に時間がかかる傾向が強く見られました。マカリで正味1時間で済むところを2～3時間かかっています。このあたりを中心に比較検討してみました。

(1) SalsaJの英語表記の問題

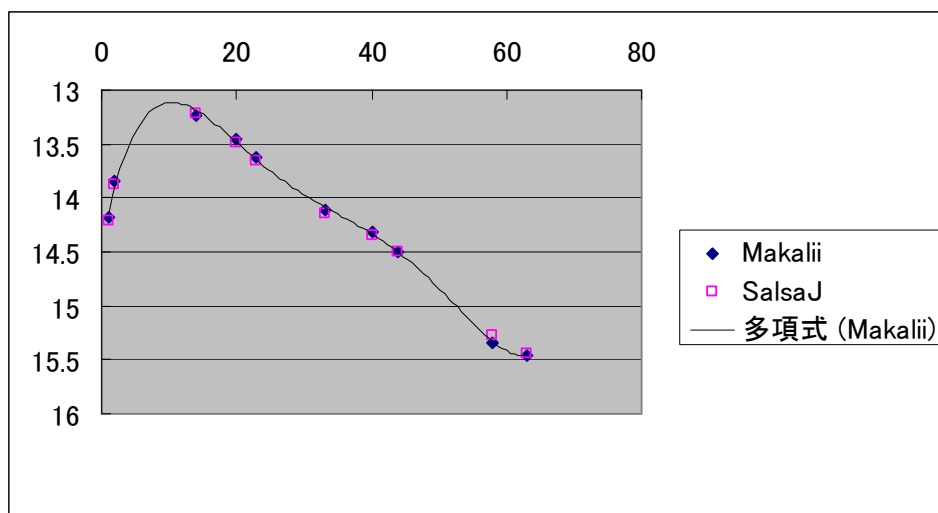
手順のところで述べたように、手本として画像調整や測光を指導する場合にはほぼ問題ないです。ところが、生徒が自力で実習を開始すると、普段見慣れない単語、たとえばAnalysisやIntensity、Photometry にとまどってしまうケースが多く見られました。単純な単語でも、「明るさ」ならばすぐわかりますが、「Brightness」では何のことかわからないといったことが起きました。どれが操作上必要なものなのか直感的にわからず、教員に助けを求めることが操作に慣れるまでしばらく続きました。これも時間を要した理由の一つと考えています。

(2) SalsaJの画像調整の問題

画像データを開いたとき、マカリでは表示の最大値、最小値は教材側で最初に設定した値で開くので、銀河があわく見える状態です。ところが、SalsaJでは初期値をどう読んでいるのかわからないのですが、最小値の設定が異常に小さくなり、すべて真っ白に表示されてしまいます。これを画像調整のウィンドウを開いて調整するのですが、調整のためのバーの動きがおかしく、なかなか銀河はうまく現れてくれません。結局、授業では適正な値を指示して、入力ボックスに入力させました。画像調整に成功して天体が現れたときには喜びの歓声上がるのですが、できれば開いたときから天体が見える状況の方が望ましいです。SalsaJを使ったクラスで測光に時間がかかった大きな理由はこれです。

(3) 測光値がマカリとSalsaJで異なること

マカリとSalsaJでデフォルトのまま測光すると、SalsaJの方の値が1割ほど小さく出ます。これは、測光に使う半径がねSalsaJの方が小さいために起きることで、使うソフトを首尾一貫していれば、見かけの等級に換算すれば問題はなくなります。下のグラフは2つのソフトで測定した見かけの等級を使った光度曲線です。ほとんどソフトによるずれはないことがわかります。ちなみに光度曲線はマカリで測定した値を5次関数で近似したものです。



(4) SalsaJの動作の不安定さ

今回OSとしてMSVistaを使わざるを得なかったので、ひょっとしたらOSとの相性があるかもしれないですが、SalsaJは一クラスで2~3人ほどフリーズしてしまう現象が起きました。また、測光しようとして天体をクリックしても測光ウィンドウに値が表示されないといった現象も見られました。画像を閉じるだけで解決する場合もありましたが、たいていはSalsaJの再起動が必要でした。それでもだめで、OSから起動し直した例が1件あります。これも時間をとられた理由です。

一方、マカリでは人数が少ないので一概に比較はできないのかもしれませんが、このような現象は起きませんでした。

5. 生徒の感想

授業の後に、感想を聞くアンケートを実施しました。ここでも、マカリを使ったクラスとSalsaJを使ったクラスで差が出ましたので、このことを報告します。

(1) 達成感

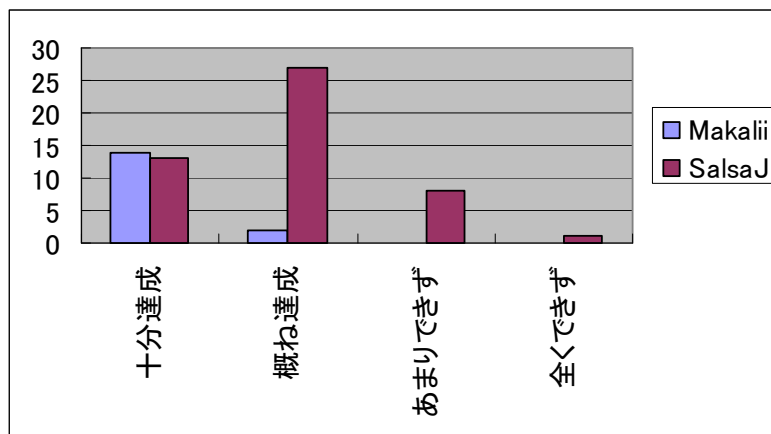
ワークシートに沿った作業手順の各段階について、生徒が感じる達成感を尋ねてみました。ここでは、ソフトの違いがはっきりする「測光」作業について取り上げます。設問は次の通りです。

1) 各段階の課題をどの程度達成できましたか。

- ①十分達成できた ②概ね達成できた ③あまり達成できなかった
④全く達成できなかった

この設問に対する生徒全体の回答は、①②を合わせて85%を越えています。マカリを使ったクラスとSalsaJを使ったクラス

での回答の分布は下図のようになりました。縦軸は人数です。マカリを使ったクラスでは達成感が強い①の割合が非常に多く、達成感の低い③や④は皆無です。マカリの組では短時間に課題をこなしている割には達成感が強いことがわかります。



SalsaJの組で達成感が低い方に全体の分布がずれていることについて、測光までの手順が複雑になるので、出てきた結果に自身が持てないなどの状況があるのではないかと推測できます。

(2) 難易度

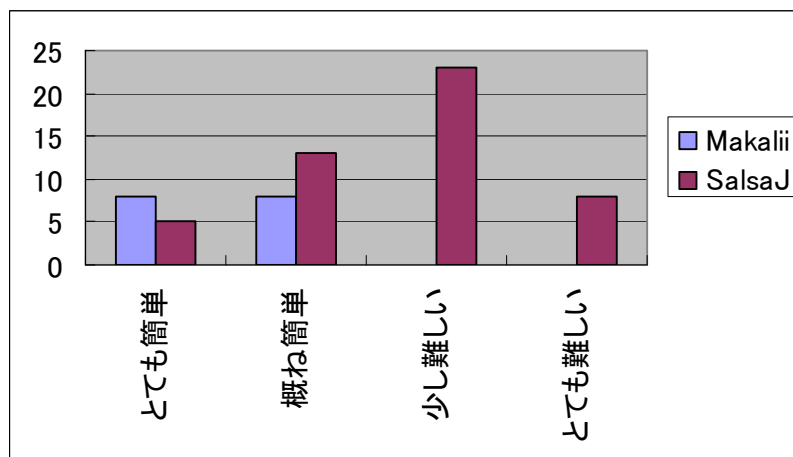
達成感と同様各段階について、生徒が感じる難易度を尋ねてみました。やはり「測光」作業について取り上げます。設問は次の通りです。

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。

- ① とても簡単だった ② 概ね簡単だった ③ 少し難しい ④ とても難しい

全体では①②の割合と③④の割合はほぼ半々です。マカリ組とSalsaJ組で人数の分布を比較す

るとマカリ組では「簡単である」とする①②のみですが、SalsaJでは「難しい」の方に分布が偏っていて、「少し難しい」にピークがあることがわか



ります。(1)の達成感と同様、手順の複雑さや英語表記が影響しているかもしれません。

(3) 満足感

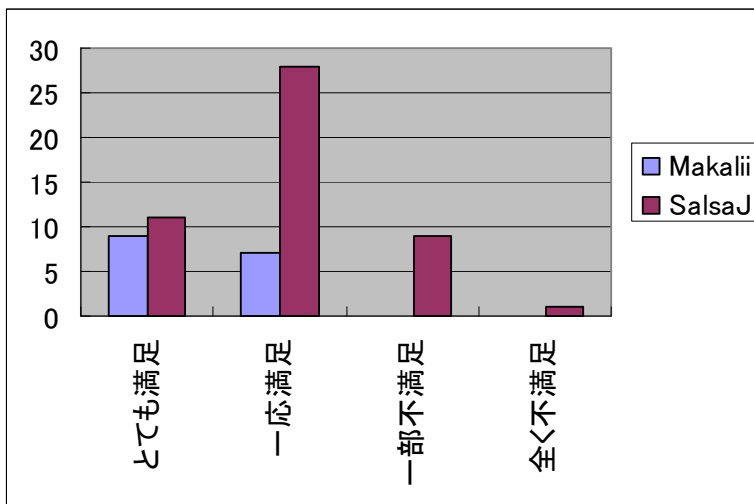
同様に満足感を尋ねてみました。「測光」作業について取り上げます。設問は次の通りです。

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。

- ① とても満足できる ② 一応満足できる ③ 一部不満足 ④ まったく不満足

測光に関する全体の満足感の回答は①②の計で85%を越えています。④全く不満足は2%程

度でした。マカリ組とSalsaJ組を比較すると、マカリ組は①②の回答のみで、不満足を表す③や④の回答はありません。一方SalsaJでは②にピークがあり、マカリ組に比べて満足感が低いように見えます。特にマカリ組では、「とても満足」の方が「一応満足」よりも多い人数となっています。



(4) 興味関心

最後に研究用データ、つまりFITS画像を使った実習授業についての興味関心について尋ねました。ここでは興味を持った理由、持てなかった理由も下記のように尋ねました。

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. ソフトウェアが使いやすかったから 7. パソコンを使うのが得意だから 8. 数字やグラフを扱うのが得意だから 0. その他 ()		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. ソフトウェアが使いにくかったから 7. パソコンを使うのが苦手だから 8. 数字やグラフを扱うのが苦手だから 0. その他 ()	

全体的には1. 2. を選択しておもしろいと答えた割合は85%を越えています。おもしろい、おもしろくないの理由に解析ソフトをあげる生徒の数がマカリ組とSalsaJ組で異なるのかどうか調べてみ

ました。結果は次の表のようになり、はっきりとした差は見られませんでした。

おもしろい理由	Makalii	SalsaJ
肯定(ソフトが使いやすい)	7	7
否定(ソフトが使いにくい)		1

6. まとめ

今回、同じ文系の生徒に対して同じ教材で異なる解析ソフトで授業実践してみたわけですが、生徒が求めることができた結果そのものは差がなく、どちらを使っても問題ないことを確かめることができました。

使い勝手の面では、やはり、マカリが優れていると感じました。教材がPaofitsの開発で、マカリを前提としているから当然かもしれませんが、それ以上の差を感じます。開発にかけた時間が多いことからくる安定感がそうさせているのかもしれませんが。

慣れればどうということない事なのかもしれませんが、授業を展開する上でいくつか気づいたことを述べておきます。まず、SalsaJは動作が不安定なこと。これは授業の中身とは関係のないところで授業の流れが止まってしまうので、ありがたくないことでした。つぎに、測光マークが画像につかないことで、生徒に説明する時に不便を感じました。また、ウィンドウズのソフトウェアに慣れた目には、起動時に突然開くコマンドプロンプトが気になります。同様に何かしようとするたびにウィンドウが開くのも気になりました。また、操作のためのアイコンに説明がついていればいいのですが、そうっていないのでそれも不便でした。また、画像調整がわかりにくいのも問題でした。

また、アンケートを通じて、SalsaJは生徒にとって少し扱いにくいソフトで難しく感じていることがわかりました。それに伴い、課題達成の満足感が低くなってしまうこともわかりました。これらには、英語表記であることも多少影響していると思います。

私なりに総合的に評価すると、開発開始からの年数が経っているマカリの方が、授業という場ではアドバンテージがあるように思います。今のところ、教材でも勝っていると思います。ただ、慣れないせいで、SalsaJの良さを見落としているかもしれません。今後も慎重に両者の発展を見守りたいと思います。

日本発「マカリ」とヨーロッパ発「SalsaJ」という2つの天文教育用ソフトが互いに刺激し合って、よりよいソフトウェアとして発展してゆくと思います。どちらかがどちらかを駆逐してしまうというのは望ましい姿ではないと思います。科学の発展の歴史を見ても、ある仮説や発見が全く別の観点からチェックされることによって、しだいに正しい概念として定着するといった現象がよく見られます。生徒たちの科学的態度を養う上で、このことは非常に大事なことだと思っています。そのような観点からも、複数の解析ソフトがそれぞれの特徴をうまく出して、共存していく道があればいいなと思います。

7. 謝辞

今回の実習に際しては、豊岡高校の視聴覚室のPC教室化を推進された情報科教諭・小島正順氏に機器の調整や教材の置き場所等について有益なアドバイスをいただき、また、授業のためのデジタルな環境整備のためにご尽力をいただきました。ここに感謝いたします。

また、今回の授業につきあってくれただけでなく、前後のアンケートにも快く協力してくれた88人の豊岡高校の地学選択の3年生たちにも感謝します。

