

令和 2 年 6 月 14 日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01112

研究課題名(和文) 全天画像用ソフトウェアの開発

研究課題名(英文) Development of Software for the Image Reduction

研究代表者

小澤 友彦 (Ozawa, Tomohiko)

国立天文台・水沢VLBI観測所・特任専門員

研究者番号：00423252

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：星空が写る全天画像の位置校正を行うWEBサービスの構築ならびに投影法の変換を行うプログラムを製作した。

位置校正のWEBサービスでは、WCS(WorldCoordinateSystem)付きのFITS画像の出力や星座線や星座名を上書きした画像、またWEBブラウザ上で赤道座標の値を読み取れるサービスを構築した。

また位置校正された係数を用いて投影法を等立体角投影から心射投影に変換するプログラムをJava言語にて製作した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

天文教育は夜が対象となり体験が困難な教育单元である。全天カメラによる星空の画像は、研究などの目的で近年多数撮影記録され、その多くがインターネットなどで公開されている。これを天文教育に活用することは、体験に代わる実感を伴った教育に有効である。また同時に変光星や流星など突発的な天文現象の科学的な利用にも有効である。

そこで星空を対象とした全天画像を有効活用すべく、画像上のどこに目的の星が写っているのか座標変換を行うための各種ツールを開発するのが本研究の目的である。

研究成果の概要(英文)：We constructed a web service that calibrates the position of an all-sky image of the starry sky, and created a program that converts the projection method.

As a web service for position calibration, we have built a service that outputs FITS images with WCS (World Coordinate System), images in which constellation lines and constellation names are overwritten, and the values of equatorial coordinates can be read on a web browser.

We also created a program in the Java language that converts the projection method from equisolid angle projection to eccentric projection using the position-calibrated coefficients.

研究分野：天文教育

キーワード：天文 全天画像 位置校正 投影法変換 教材開発

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

全天画像は、デジタルプラネタリウムなどで高い臨場感を提供し、実際の星空や天文現象を体験的に伝える有効な手段である。デジタル一眼レフカメラなどの高性能化と低価格化から数多く撮影され公開されている。また定点でインターバル撮影されることも多く、天文教育における星の動きを示す教材開発や変光星や突発天体、流星の研究などにも転用できる可能性を持つ。

全天画像の有効活用に向け、我々はデジタル一眼レフカメラによる全天カメラシステムの構築を行うとともに、星空が写る全天画像の晴天曇天の判断などを行う基礎技術の確立を行ってきた(「基盤研究(C)25350330「HEALPix法を用いた全天画像の有効利用に向けた基礎技術の確立」」)。



写真：本研究にて製作運用された全天カメラによる全天画像の例。星空に加え、天の川と流星が確認できる。

2. 研究の目的

画像に写る天体の測光などを行うには、天体が画像上のどの座標、ピクセルに写るかがわからなければならない。画像上に写る主な恒星を頼りに撮影日時や投影法などと画像上の座標との関係を求める位置校正が必要となる。また位置校正作業により得られた各種係数を用いて、同じ環境で撮影された別日時の画像上の座標を求めるには、専用のライブラリが必要である。

3. 研究の方法

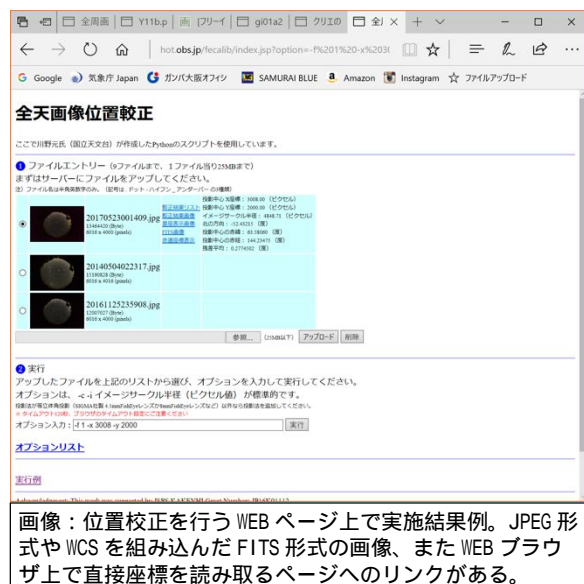
星空を対象として撮影された全天画像を有効活用できるよう画像処理に関わる一連の環境構築を行う。具体的には、以下の通りである。

- (1) 画像上の座標について位置校正を行うソフトウェアの製作かまたはホームページなどのサービスの構築
- (2) 座標変換または投影法変換を行うソフトウェアの製作かまたはホームページなどのサービスの構築

また以上で構築された環境を用いて変換された画像を用いて、天文教育などの活動を行う。

4. 研究成果

全天画像に写る恒星など天体の位置を求めるための位置校正作業を行うWEBサービスを構築した。サイトの概要は以下の通りである。ユーザはWEBサイトで自身の所有する画像(JPEG形式)をアップロードし位置校正を行う。アップロードにはHTMLのPOSTメソッドを採用し、サーバ上の一時領域に保存した。解析時に設定可能なオプションをフォームから入力できるようにし、多種に渡る投影法や初期値の設定に対応した。画像ファイルの容量を判断しアップロードの完了として、位置校正の解析を実行する。解析処理は別プロセスとすることでマルチプロセッサを持つサーバ上では、同時に複数の処理を行い応答速度の向上を図った。また実行されるプロセス数を制限することで、サーバの負荷をコントロールし、サーバダウンなどの障害を防ぐ仕組みを構築した。サーバ内において自動位置校正の結果は、テキストファイルとして生成される。結果には同定された星の情報や位置校正の係数などが含まれ、これをHTMLに表示した。またこの結果を用いて、同定した星の確度を表示した画像や、画像上に星座名や星座線、恒星名を表示し、そのまま教育的活動に用いることが出来る画像提供の仕組みを構築した。



画像：位置校正を行うWEBページ上で実施結果例。JPEG形式やWCSを組み込んだFITS形式の画像、またWEBブラウザ上で直接座標を読み取るページへのリンクがある。

位置構成された画像の有効利用の方法として

WCS(WorldCoordinateSystem)をくみこんだFITS形式へ変換し、座標の変換式や係数を自己記述させ提供できる仕組みを構築した。NASAが開発し公開してるPureJavaライブラリのnom.tam.fitsを使用し、JPEG形式からFITS形式への変換ならびにWCSの挿入を達成した。また生成された画像は、Javaの標準ライブラリでjava.util.zipパッケージのgzip圧縮をかける機能を付加した。JPEG形式に比べファイル容量が増大する傾向にあるFITS形式での提供においてファイル容量を圧縮し、サーバ上での一時領域への影響やネットワーク越しの画像のダウンロードによる負荷を少なくした。この機能を用いた教育実践例として、高校生による変光星の測光に関する研究を題材として行った(日本天文学会ジュニアセッション第19回 No.17「全天スカイモニター映像を用いた変光星の観測」, 北村文里,

<http://www.asj.or.jp/jsession/old/2017haru/yokou2017/17.pdf>)。

位置構成の係数も画像も不要だが、画像に写る天体、例えば流れ星などの発光点と消滅点の赤道座標系を調べることが目的とし、Webサービス上で座標を読み取る仕組みを構築した。JSP(Java Server Pages)により投影係数や座標変換の式をJavascriptに組み込んで出力した。Webブラウザにおいてマウスの指示す座標はJavascriptにて取り込み、投影係数にて計算された赤道座標をブラウザ上に表示し目的を達成した。

なお、位置校正サービス用のWEBは、現職のネットワーク環境下においては、セキュリティ等の理由から再開困難と判断したため停止中である。

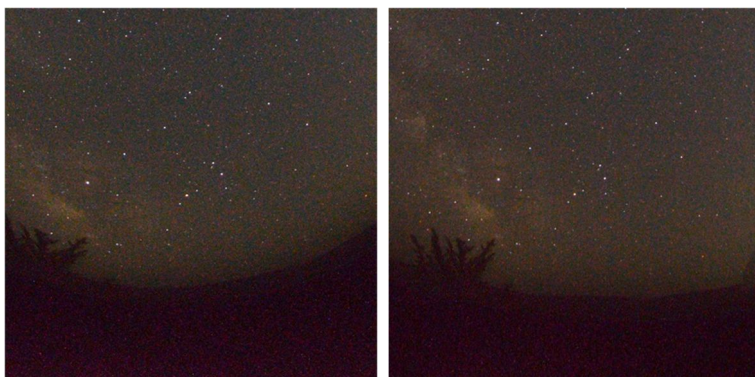
続けて投影法の変換ツールを開発した。基本を成す座標変換の式や係数は既にあり、ソフトウェアやアプリの開発が目的である。元となる全天画像は、画像の中心がおおむね天頂となる半球(空)が映し出されている。全天画像の投影法には様々なものがあるが、デジタル一眼レフカメラのレンズでは現在等立体角投影が多く採用されている。そこで全天画像の投影方法は、等立体角投影の画像を対象とした。出力される画像は、一般的なカメラレンズで撮影されたような画像とする為、投影法は心射投影を採用した。また心射投影の場合、半球全てを変換し描くことはできない為、一部分を切り出すものとなる。なお、変換前ならびに変換後の投影法は式の変更にて他の投影法にも対応可能である。Java言語にて開発を行うことで、Windows, Mac, Linuxなど多様な環境に対応したコマンドラインで実行するプログラムとして完成した。さらに画像の高精細化に伴い処理速度の向上を目的として、マルチコアに対応した並列化を採用したが、並列化に伴う前処理に要する時間から有効性が見出せていない(計算機性能によるが、実行時間は6000x4000ピクセルの元画像から投影法変換後の1500x1500ピクセルの画像を切り出すのにおよそ2秒である)。なお、投影法変換ツールのGUI(グラフィカルユーザインターフェース)化において、バグが確認されており、安定したバージョンのリリースが果たせていない。これらの障害からソフトウェアの配布や広報に注力することを諦めチラシ等の作成は中断し、データ提供依頼(相談)などの問いに対して、ローカルのネットワーク環境で検索選出した画像の提供に留めた。マルチプロセッサによる並列化ならびにGUI化は、今後も継続して進めてゆく予定である。



画像上：FITS形式の画像をds9にて表示した例。冬のオリオン座が表示されている。gzipにて圧縮されたFITS画像を出力可能としネットワーク負荷に配慮している。



画像上：WEBブラウザ上で画像を表示し、赤道座標を読み取る機能の例。マウスカーソルを当てたピクセルに該当する赤道座標(赤経赤緯)の値が読み取れる。

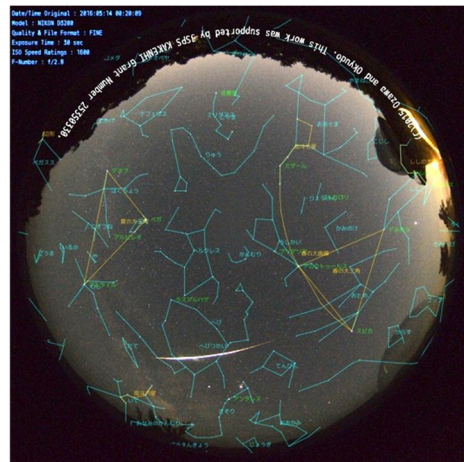


画像：投影法の変換例。左が元となる等立体角投影。右が変換後の心射投影画像。夏の星座さそり座付近。中心に見える明るい星がアンタレスである。

教育普及における実践例は、以下の2例を行った。

自身が所属する水沢VLBI観測所VERA小笠原観測局の特別公開であるスターアイランド18（2019年2月10日 東京都小笠原村父島字旭山）にて星座線や星座名を表示した星空の写真で黄道12星座の説明パネルを製作し展示した。来場者とのやり取りから、風景などが写り込む星野写真に星座線を描くなど、季節の星座が見やすく、見つけるポイントがわかりやすいなどの意見が寄せられた。

また奥州市との連携事業による出前授業において、全天画像による星座の動き（日周運動など）を動画で示すなど、児童の反応を確認した（2019年9月30日 奥州市立衣川小学校 5・6年生、テーマ：季節の星と星座）。アンケートでは、星の動き（東から昇り、子午線上を東から西に向かって動き、西に沈む）などが手に取ってわかる、またとてもきれいな星空で興味をそそられた。など児童からの意見が得られている。



画像：教育活動で頻繁に使用した星座線を描いた画像。星座線の他に星座名や恒星の固有名なども表示できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 小澤友彦
2. 発表標題 全天モニタ画像用投影法変換ツールの開発
3. 学会等名 日本天文学会2019年春季年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小澤友彦、川野元聡、尾久土正己
2. 発表標題 全天モニタ画像座標較正サービスの改良
3. 学会等名 日本天文学会2017秋季年会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小澤友彦、尾久土正己
2. 発表標題 全天モニタ画像の残差の評価と補正について
3. 学会等名 日本天文学会2016年秋季年会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 小澤友彦、川野元聡、尾久土正己
2. 発表標題 全天モニタ画像座標較正Webサービスの構築
3. 学会等名 日本天文学会2017年春季年会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	尾久土 正己 (Okyudo Masami) (90362855)	和歌山大学・観光学部・教授 (14701)	