

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350330

研究課題名(和文) 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

研究課題名(英文) Establishment of a basic technology for effective utilization of a whole sky image using HEALPix method.

研究代表者

小澤 友彦(OZAWA, Tomohiko)

和歌山大学・宇宙教育研究所・客員准教授

研究者番号：00423252

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：全天カメラを構築し撮影された画像を用いて、夜空における晴天域を対象とした検索システムを構築した。

夜空の画像に写る恒星に対して、星表(SAO-J2000)を用いて同定を行った。同定作業は自作のソフトウェアを開発し用いた。画像上の星の位置と星表の赤道座標を対応付け、無料の統計処理ソフトウェアRを用いて投影係数を求めた。求めた投影係数を用いて任意の星を画像上に探すことが出来るようになった。

次に全天画像の星空を小さな複数の領域に分割した。各領域ごとに星が写っているかどうかを判断し、各領域の晴天情報とした。この情報をデータベースに登録し検索することで晴天域を対象とした検索システムを構築した。

研究成果の概要(英文)：We developed the search system for the night sky which cleared up partially in the whole sky image.

We have developed software for identification of stars using the SAO-J2000 catalogue. This software calculates the projection coefficient using star location on image and equatorial coordinate in catalogue. We used free statistical software R for calculate. It's possible to look for any stars on the image using the projection coefficient.

A whole sky image was divided into a lot of small areas. The weather in a small area was judged by looking for star on image using projection coefficient. The weather of every small area was recorded in a data base, searched for the sky which cleared up. We searched for this data base and looked for the part where the sky cleared up. We built a search system for the sky which cleared up partially.

研究分野：天文教育

キーワード：天文 全天画像 HEALPix 星検出 星天域検索 データベース 教材開発

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において高い臨場感を提供し、星空や天文現象を体験的に伝える有効な手段である。昼間の生活が中心の現代、星空など夜間の様子を捉え、体験することは難しい。よって全天画像アーカイブは非常に有益といえる。

全天画像は、デジタル機器の性能の向上と価格の低下により、多くの場面で撮影され、公開されるようになった。しかし定点撮影により蓄積された大量の全天画像から目的の天体が写る画像のみを検索するのは、雲や市街光、月明りなどの影響を含めた判断が必要となり困難である。結果、蓄積された全天画像は、有効利用されていない。

2. 研究の目的

新星・変光星など突発天体、また小惑星・惑星など移動天体の様子を捉えるには、空の広い範囲が曇っていても目的の天体付近が晴れている画像は、非常に重要な情報をもたらす。移動や変光など時間変化を探り、明確にするには少しでも多くの画像を収集することが大切である。

天文学・天文教育の両面において全天画像の効率的な利用には、部分的な晴天情報を定量化し、検索等に用いられるようにすることが必要となる。そこで部分的な晴天情報を数値化し、またデータベース等を用いて目的の天体がある領域が晴れている画像のみを検索できるシステムを開発することは重要と言える。

3. 研究の方法

全天カメラを製作し、昼夜連続して全天画像を撮影、収集する。この画像を元に、夜間の画像に対して、画像の位置較正を行う。地位恒星の結果から任意の日時の画像に対して、星表を用いた星の同定を自動で行い、星の検出によって晴天・曇天の判定を行う。この際、天球を HEALPix 法により分割し、分割された領域ごとで天候を判断する。この結果をデータベースに登録し、天球の任意の場所(目的の星など)の座標を元に検索する。座標を分割されたどの領域に含まれるか求め、その領域の情報から晴天の判定を行った画像のみを結果として得る。これにより、部分的な晴天による画像に対しても有効に検出可能な検索システムを構築する。

4. 研究成果

デジタル一眼レフカメラを用いた全天カメラを開発し、紀美野町みさと天文台に設置し昼夜連続撮影を行った。カメラは Nikon D3200 (一部 Nikon D600)、レンズは SIGMA 4.5mm F2.8 EX DC CIRCULAR FISHEYE HSM を使用し、ハウジング(光学窓付きの防雨防塵ケース)内に制御用ボードコンピュータを入れてカメラの露出制御を行った。制御ソフトには gPhoto2 を使用した。

露出制御は太陽高度(高度計算には IAU SOFA Libraries^(注1)を使用)に応じて自作のソフトにて行い、計算によって得られた露出値(ISO 感度, シャッタースピード, 絞り)などを gPhoto2 にて制御し撮影した。撮影された画像はネットワークを経由してファイルサーバーに保管した。

なお本研究で撮影された画像は、2016年4月末時点で 692,260 枚(うち Nikon D3200 は 400,941 枚)である。



図1: 紀美野町みさと天文台に設置した全天カメラによる星空。右下にオリオン座が見える。この画像は、コントラストアップ処理済み。

天候の良い暗夜の画像を選択し、位置較正を行った。恒星の同定はグラフィカルユーザーインターフェースを持つ自作のソフトウェアにて行い、同定後、統計処理言語 R にて記述されたレーベンバーグ・マーカート法を用いて非線形最小二乗法を解き求めた。

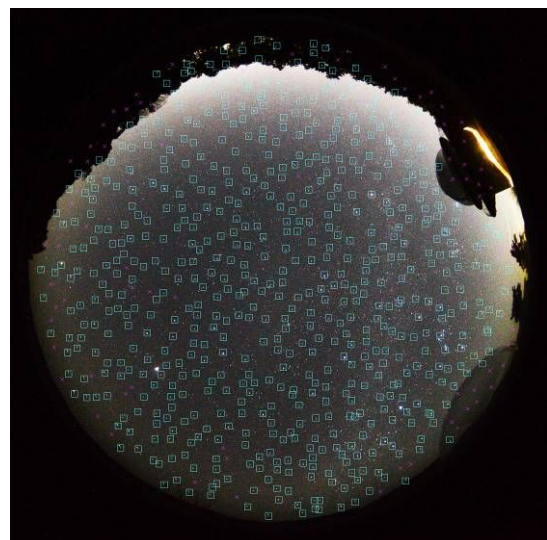


図2: SAO-J2000 カタログによる恒星の自動検出。水色の四角が検出した星の印、ピンク色の×は検出に失敗した星の印。

得られた投影係数を用いて SAO-J2000 星表から全ての画像の恒星を検出した。検出には星表から2度以上離れた6.0等以上の星を選択して使用した。また地上付近での障害物や市街光の影響を考慮し天頂角83度以内で検

出し、走査範囲は 40 ピクセル²とした。
 検出対象とした星の数は 1 画像あたり平均 774 個である。図 3 は、夜間の画像にて星検出率 6 割以上において、残差の方向成分を色で大きさを長さで重ね書きしたものである。



図 3 : 検出した星の残差分布。残差の方向に応じ左上の通り色付けした。地平付近は地上物の影響で検出不可、または誤検出が見られる。

検索用の天候情報を構築する。検索用の天候情報は、天球を複数の領域に分割し構築する。分割には HEALPix 法^(注2)を用いた。分割された領域ごとで星の検出結果を用いて晴天・曇天の判定とした。なお、1つの領域に複数の星が含まれる場合は、過半数の星を検出した場合に晴天としている。今回用いた領域の分割数は、以下の 3 通りである。

階層 (Nside)	全球の分割数	1 領域の立体角 (平方度)
2	48	859.44
4	192	214.86
8	768	53.71

一部が曇天である画像にて分割された領域ごとでの晴天・曇天の判定結果を示す。図 4 は、判定結果として用いた元画像である。

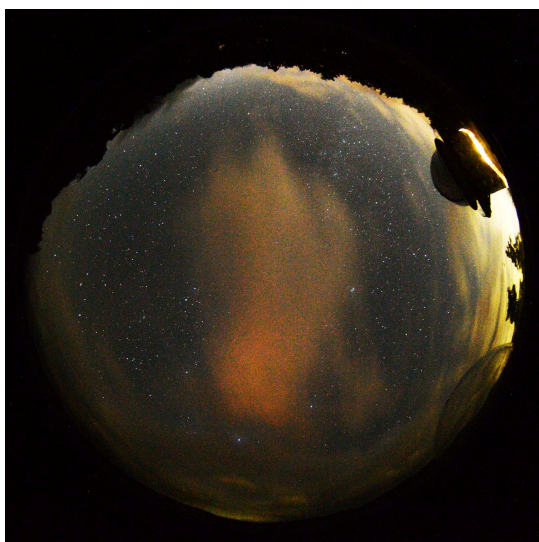


図 4 : 分割された領域ごとでの晴天・曇天の判定について、サンプルとして用いた元画像。中央と地平線付近に雲がある。

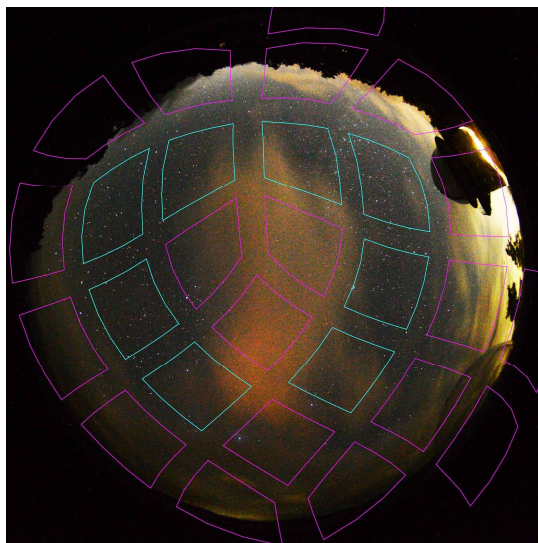


図 5 : Nside=2 分割数 48 の領域で分割された天球。水色の領域は晴れ、ピンク色が曇りと判定。隙間は作図によるもので実際には存在しない。

図 5 は、Nside=2 (分割数 48 領域) の結果。

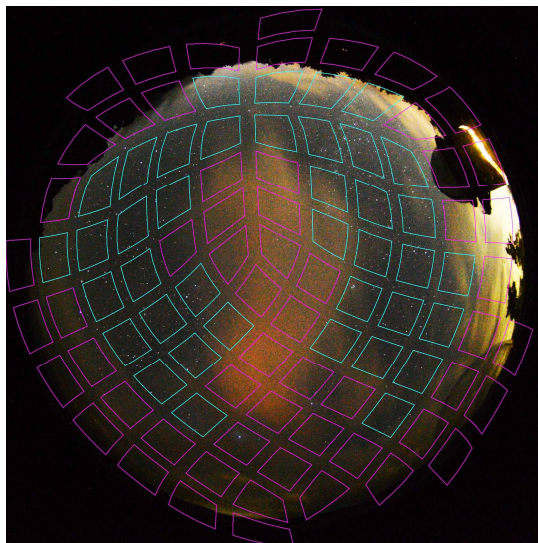


図 6 : Nside=4 分割数 192 の領域で分割された天球。Nside=2 と同様、より細かく雲の範囲が判定できている様子がわかる。

図 6 は、Nside=4 (分割数 192 領域) の結果。

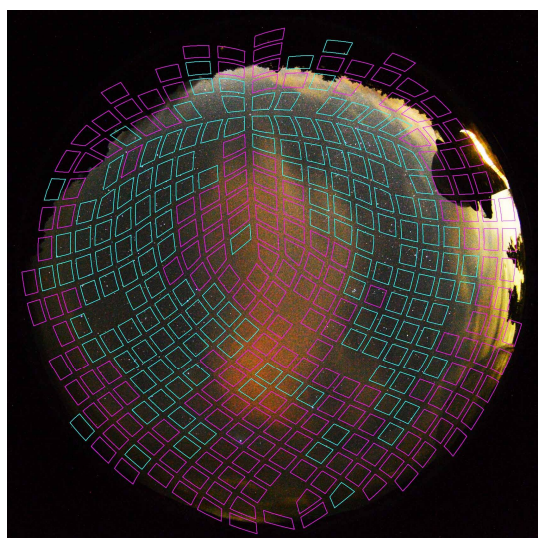


図 7 : Nside=8 分割数 768 の領域で分割された天球。Nside=2 と同様、晴天・曇天の判定が行われていない領域があるのがわかる。

図7は、Nside=8(分割数768領域)の結果。
 天候の判定結果をデータベースに登録し、検索に用いた。使用したリレーショナルデータベースソフトウェアはPostgreSQLであり、データベーステーブルは3通りの分割数それぞれに構築した。構築したデータベーステーブルの構造は以下の通りである。例はNside=2, 分割数48の場合である。

カラム名	変数型	Nullの許容
filename	varchar(32)	not null
Path	varchar(256)	not null
npix000	char(1)	
npix001	char(1)	
npix002	char(1)	
:	:	:
npix046	char(1)	
npix047	char(1)	
areain	small int	not null
discovery	small int	not null

分割数により、npix###(###には数字が入る)のカラム数は異なり、Nside=4の場合は最大が191(192個)、Nside=8の場合は最大が767(768個)となる。晴天・曇天の判定結果は、それぞれ晴天の場合はo、曇天の場合はxの文字を入れた。なお画像に領域が存在しない場合は、nullとした。

このデータベーステーブルを対象として検索することで、晴天域の検索を達成した。HEALPixを用いて検索する目的の天体の赤道座標(赤経・赤緯)を分割した領域の番号に変換し、その領域番号を示すカラム(例えばnpix033)がoとなっているファイル名を抽出して結果を得た。

本件の結果としてはNside=4、192分割での検索が目的を十分達成したものとなる。Nside=2、48分割は雲の存在を詳細に再現しておらず、またNside=8、768分割は判定用の星が欠損し判定できない場合が発生した。

今後、用いる星表の見直しや星の選択方法の変更により、Nside=8やより多い分割数での実現可能性について調査を進める。

注1) IAU SOFA Libraries(Standards of Fundamental Astronomy)

<http://www.iausofa.org/>

注2) HEALPix(Hierarchical Equal Area isoLatitude Pixelation of a sphere)

<http://healpix.sourceforge.net/>

注3) PostgreSQL

<https://www.postgresql.org/>

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

小澤友彦、野田祥代、古澤順子、吉田鉄生、樋口祐一、市川伸一、全天モニタ画像公開システムの開発、国立天文台報、査読有、

第17巻, 2015, pp.1-17,

<http://www.nao.ac.jp/contents/about-naoj/reports/report-naoj/17-1.pdf>

〔学会発表〕(計 5件)

小澤友彦, HEALPix法を用いた全天モニタ画像検索システムの開発, 日本天文学会2016年春季年会, 2016年3月14日, 首都大学東京(東京都・八王子市)

小澤友彦, 全天モニタ画像の位置較正, 日本天文学会2016年春季年会, 2016年3月14日, 首都大学東京(東京都・八王子市)

小澤友彦, 全天モニタ画像用座標校正ソフトウェアの開発, 日本天文学会2015年秋季年会, 2015年9月9日, 甲南大学(兵庫県・神戸市)

小澤友彦, 全天モニタ画像公開システムの開発, 日本天文学会2014年春季年会, 2014年3月20日, 国際基督教大学(東京都・三鷹市)

小澤友彦, みさと天文台全天モニタの開発, 日本天文学会2014年春季年会, 2014年3月20日, 国際基督教大学(東京都・三鷹市)

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

科研費25350330成果(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)

<http://hot.obs.jp/skymonitor/kaken25350330.jsp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小澤 友彦 (OZAWA, Tomohiko)
和歌山大学・宇宙教育研究所・客員准教授
研究者番号：00423252

(2) 研究分担者

尾久土 正己 (OKYUDO, Masami)
和歌山大学・観光学部・教授
研究者番号：90362855

(3) 連携研究者

()

研究者番号：