

令和元年6月19日現在

機関番号：13902

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K00958

研究課題名(和文) 視覚障がい者用天体観測システムの開発

研究課題名(英文) Development of the Astronomical Observation System for the Visually Impaired Person

研究代表者

幅 良統 (Haba, Yoshito)

愛知教育大学・教育学部・准教授

研究者番号：60377950

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、天体観測で得られる視覚情報を音声情報へ変換することで、視覚に障がいのある人々に天体観測を身近に感じてもらうことを目的としている。具体的には、光も音も波として伝搬することに着目し、星の光量を音量に、星の色を音階とし反映させることで、視覚に障がいのある人でも天体観測を体感できるシステムの構築を行なった。本システムでは、レンズ付きのカラーCCDにより星空を撮影し(1)星の自動検出、(2)星の光量測定、(3)星の色測定を自動的に行い、得られた光量・色情報に基づいた音量・音階を出力する。これにより、視覚に障がいのある人が、天空上における星の配置と、その星の情報を体感できるシステムが構築できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代社会において、教育のポーターレス化・バリアフリー化は重要なキーワードである。しかしながら、視覚に障がいのある人々にとって、ほぼ100%を視覚情報として取得する「天体観測」には大きなハードルが存在する。本研究の意義は、天体(主に星)が発する光の明るさ・色を、音量・音階といった音声情報に変換することで、視覚に障がいのある人でも天文・宇宙に対する関心を高め、教育のバリアフリー化を促進する点にある。

研究成果の概要(英文)：This study was carried out in order to develop the astronomical observation system for the visually impaired person. This system consists of the lens with 16 mm focal length, and the 1 inch color CCD. Once the CCD captures the image of the night sky, then the stars are automatically detected in order to measure the brightness and color of each star. The brightness of the star is estimated by the amount of the pixel value of the CCD. On the other hand, the color of star is determined from the combination of the R (red), G (green), and B (blue) of the CCD image. These information are output as sound, which reflects the brightness and color of the star as the loudness and the frequency, respectively. Finally, this system demonstrates its usefulness in understanding of the diversity of the brightness and color of the stars and the geometrical position of the stars in the sky.

研究分野：高エネルギー宇宙物理学

キーワード：天体観測 視覚障がい

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

現代社会において、教育のボーダーレス化・バリアフリー化は重要なキーワードであり、初等・中等・大学教育に加え、生涯学習においてもその重要性が認識されつつある。このような背景において、視覚に障がいのある人に対するバリアフリーな天文・宇宙教育の推進策として、点字による宇宙解説本の作成や、星位置を突起状にした星座早見盤の作成などが行なわれてきた。このような取り組みは、天文・宇宙に興味を持つ全ての人が平等に知識を享受するという点において極めて効果的である。一方、「学問への興味の平等性」という視点で考えた場合、天文・宇宙への興味の第一段階として大きなウェイトを占めるのは、星空や天体写真の美しさに触れた時であると考えられる。しかしながら、視覚に障がいのある人が宇宙への関心を膨らませるためには、この第一段階で大きなハードルが存在する。

そこで本研究では、視覚障がい者用の天体観測システムを開発し、それをを用いた観測を実施することで、天文学・宇宙物理学に対する関心を高め、学問の更なるバリアフリー化を目指す。

### 2. 研究の目的

多くの人々にとって、天文・宇宙への興味の入り口となるのは、夜空に広がる満点の星空を観測した時であろう。逆に言えば、視覚に障がいのある人々にとっては、その入り口段階において大きなハードルが存在する。そこで本研究では、研究代表者が長年に渡って携わってきた「スターカメラ」技術を応用することで、天体の明るさ・色といった電磁波情報を、音量・音階といった音波情報へ変換し、視覚的なハンディキャップを持つ人にも星空の美しさを伝えられるような観測システムの開発を行なう。

### 3. 研究の方法

ほぼ 100% を視覚情報として取得する天体観測のバリアフリー化においては、視覚情報を他の知覚情報へと変換することが必須である。視覚情報とは即ち電磁波が運ぶ情報であり、それは振動数(色)と強度(明るさ)である。これらはそのまま、同様の波動現象である「音波」情報へと変換が可能である。つまり、観測した星の色を赤・緑・青の三原色に分光し、それぞれの明るさを記録する。これらの情報を、振動数の異なる 3 つの音の強度として出力をすることで、星の「色」「明るさ」の違いを「音階」「音量」の違いとして認識できる。一方、このような一連の変換処理を実現するためには、撮像画像から効率よく星を検出し、その色と明るさを知ることが必要となる。これらを達成するために、本研究では研究代表者が培ってきた「スターカメラ」技術を応用する。以下では、スターカメラとそれに関連する気球実験について詳しく説明する。

研究代表者はこれまで硬 X 線観測気球実験に携わってきた。気球実験とは、直径 100 m にもなる大気球に吊るされたゴンドラに、観測機器を搭載し、高度 40 km で天体観測を行なう実験である。遠赤外線や硬 X 線といった電磁波は、大気吸収により地上での観測が不可能であるため、このような気球を用いた観測実験が極めて有効である。気球実験では、特定の天体を数時間～数日に渡って 1 分角以下の指向精度で観測し続けることが一般的である。即ち、気球ゴンドラの「姿勢制御性能」が観測の質を決定する上で最も重要な要素の一つとなる。気球ゴンドラには様々な姿勢センサが搭載されるが、その中で、ゴンドラの絶対姿勢を数秒角の精度で検出できる唯一の装置が「スターカメラ」である。

スターカメラとは、レンズと CCD から構成されており、以下のような流れで絶対姿勢を検出する。

- (1) 気球ゴンドラの指向方向の星空を撮像
- (2) 撮像画像から星の点像を検出
- (3) CCD 画像上での星位置と星の明るさを記録
- (4) 星の配置と明るさ情報を使い、全天の星空マップとパターンマッチングを実行
- (5) 視野中心の赤道座標(絶対座標)を算出

これらの処理を 1 Hz 程度の頻度で自律的に実行する。算出した絶対座標を姿勢駆動系へフィードバックすることで、気球ゴンドラの姿勢を数秒角の精度で制御している。

本研究では、1～3 の処理を応用することで、星が放つ電磁波情報を取得し、リアルタイムで音声情報へと変換することで、視覚に障がいのある人々にとって、天体観測が身近なものとなるような観測システムの構築を実施した。

### 4. 研究成果

本研究の観測システムは、焦点距離 16 mm、F1.8 のレンズ(RICOH 製)に 1 インチフォーマットのカラー CCD(Proci lica GT2750C)を組み合わせたもので、およそ 38 × 25 平方度をカバーしている。CCD は LAN ケーブルを経由してノート型 PC に接続され、画像処理・音声変換および音声出力を行なう。

#### (1) 露光時間の最適化

星の光量を正しく見積もるためには、CCD の露光時間と受光量の関係性を調べる必要がある。

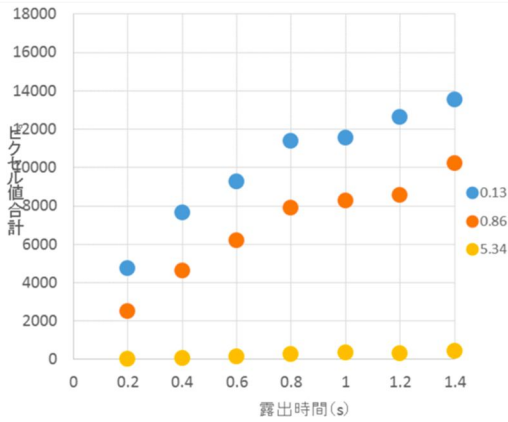


図 1

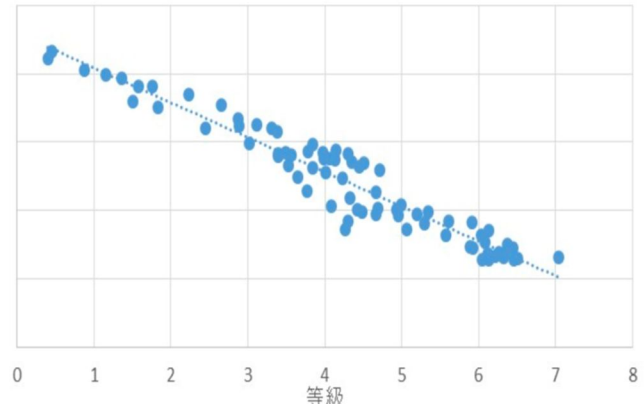


図 2

図 1 は、露光時間を変化させた時の受光量の変化を表しており、データ点の色の違いは星の等級の違いを反映している。これを見ると、1 等級よりも明るい星においては露光時間が 0.8 s を超えたところから線形関係の傾きが変わっていることが分かる。これは CCD のピクセル値が飽和していることが原因であり、光量を正しく測定できていないことを表している。従って、本観測システムでは露光時間を 0.8 s とした。

### (2) 感度特性

一般的な日本の夜空においては、条件が良い場合、肉眼で 6 等星程度まで観測が可能である。そこで本システムにおいて、前節で決めた露光時間(0.8 s)における検出感度を調べた。図 2 は、検出された星のカタログ等級と受光量 (ADU) の対数値の関係を示しており、7 等級までの星が検出可能であること、および両者の間には線形関係があることが分かった。

### (3) 星の色情報

星は表面温度によって大きく O, B, A, F, G, K, M のスペクトル型に分類される。これらの違いを定量化するため、スペクトル型と観測された R, G, B 値との相関を調べた。図 3 は、検出された星の全光量に対する R, G, B の割合をスペクトル型毎に平均した関係を示している。

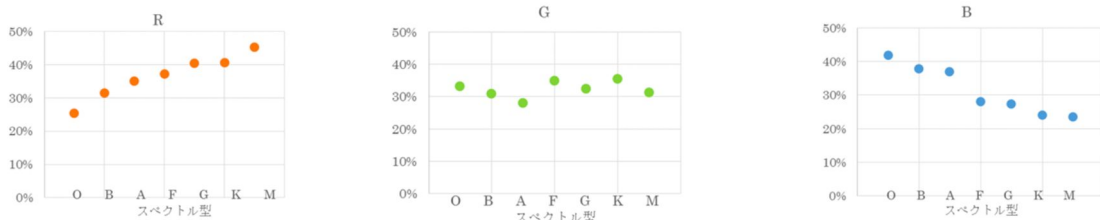


図 3

これを見ると、スペクトル型によらず G はほぼ一定の値を示しているが、R の割合は表面温度の減少に伴い増加し、逆に B の割合は減少していることが分かる。そこで、本システムにおいては B の割合を星の色情報を表す指標とすることにした。各スペクトル型における典型的な表面温度を  $T$  とすると、B の割合  $r_B$  との関係は、 $r_B = 0.036 \times T^{0.235}$  となった。

### (4) 音声情報への変換

前節までの検証により、星の明るさと色情報を CCD による観測から得られることが分かった。本節ではこれらの視覚情報と音声情報との関係について述べる。

音声出力は汎用性の観点から WAV フォーマットとし、音声波形は単純な三角関数とした。三角関数の振幅が音量を反映しており、その最大値は 32767(16bit の半値)となるため、0 等級以上の光量を振幅の最大値とした。一方、三角関数の振動数が音の高低を反映するため、前節で述べた B の割合  $r_B$  から、以下のように振動数を求めた。前節の関係式  $r_B = 0.036 \times T^{0.235}$  を用いて、 $r_B$  から星の表面温度を見積もる。一般に星は黒体輻射で輝いており、その温度と強度が最大となる光の振動数の間には、ヴィーンの変位則と呼ばれる比例関係が成り立っている。光の振動数と音の振動数との間に比例関係を認めると、 $r_B$  と音の振動数の間に、図 4 のような関係が得られる。ただし、音の振動数の範囲は、500 から 1500 Hz 程度とした。この理由は、物理的に同じ音圧であっても感じる音の大きさが振動数によって異なり、このような人間の聴覚感度の差異を極力減らすため、等ラウドネス曲線が平坦になる振動数帯を選んだからである。

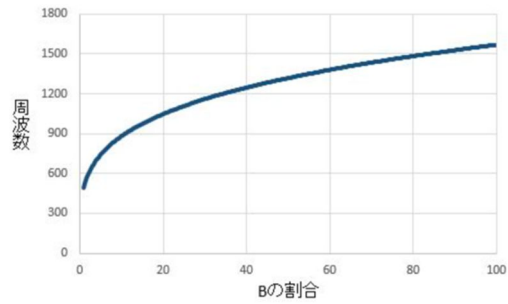


図 4

#### (5)観測テスト

以上のようなハードウェア・ソフトウェアを用いて、実際に星空観測を実施した。二人でペアを作り、一方(以下 A)が目を閉じ、もう一方(以下 B)が観測のサポート役とした。CCD が取得した星空を画面に映し出し、検出された星の明るさ順にシステムが出力する音声情報に従って、B が A の手を取って画面上の星位置をガイドした。これにより、天空上における星座の配置と、それを構成する星情報を体感できることが分かった。

#### 5. 主な発表論文等

なし。

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。