

# 宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状

宇野 伸一郎<sup>1</sup>, 外谷 渉<sup>2</sup>, 三浦 昭<sup>3</sup>, 海老沢 研<sup>3</sup>

## Current status of the Astronomical Data Sonification Project

Shin'ichiro UNO<sup>1</sup>, Sho SOTOYA<sup>2</sup>, Akira MIURA<sup>3</sup> and Ken EBISAWA<sup>3</sup>

### Abstract

We report on current status of the Astronomical Data Sonification Project. We have sonified astronomical data sets, including data from X-ray pulsars, Geo-magnetic Kp indices, etc. and have published these results. We also developed a sound-based, interactive, data-plotting program. This software enables the visually impaired to turn astronomical data into meaningful sounds. In this paper we summarize the progress of the project and also discuss future plans.

### 概要

宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状を報告する。宇宙科学データ可聴化プロジェクトでは、日本の科学衛星の取得した X 線パルサーデータや、地磁気の変動を示す Kp 指数などの音声化を行ってきた。また、一般的な数値データを音声によって表示するソフトウェアの開発を行った。このソフトウェアにより、数値の並びであった宇宙科学データを視覚障害者にとって意味のある音に変換することができるようになった。本論文では、宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状と、問題点を報告し、今後の開発方針をまとめる。

## 1 導入

視覚を用いずに図表を理解することは非常に困難な作業である。このことは、視覚障害者が科学情報を扱う上でのボトルネックとなっている。我々は、2006 年より宇宙科学データ可聴化プロジェクトを立ち上げ、視覚によらない科学データの表現方法を模索してきた。本論文では、宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状を概説し、これまでに得られた知見をまとめると共に、今後の開発について述べる。

## 2 宇宙科学データ可聴化プロジェクト

我々は、図表、特にグラフに頼ることの多い宇宙科学データを視覚に障害のある人達に伝えることを目指し、2006 年に「宇宙科学データ可聴化プロジェクト」を立ち上げた。本プロジェクトは、2011 年 7 月現在、日本福祉大学健康科学部宇野研究室と宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所科学衛星運用・データ利用センター（以後 C-SODA）の 2 機関が共同で推進している。

本プロジェクトは、宇宙科学データを音声化する表現手法の検討、簡易な宇宙科学データの可聴化方法の開発、聴覚によってデータ解析を行う手段の模索、などを目標としている。これらの目標のため、本プロジェクトは 1. 実際のデータ、特に最先端の科学の現場で使われているデータを用いる、2. 科学的情報を極力失わないで音声化する、3. 図の音声化ではなくデータの音声化を目指す、などの点を特徴としている。

---

<sup>1</sup> 日本福祉大学健康科学部 (Faculty of Health Science, Nihon Fukushi University)

<sup>2</sup> エー・アンド・アイ システム株式会社 (A & I System Co., Ltd.)

<sup>3</sup> 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所 (Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency)

プロジェクトは、宇宙科学データを音声化する表現手法の検討を行い、X線パルサーやバーストのデータを音声化<sup>1)</sup>や、地磁気擾乱の程度を示すKp指数などの音声化を行った(<http://handy.n-fukushi.ac.jp/pub/uno/music/>, <http://darts.isas.jaxa.jp/music/>)。また、プロジェクトは音声グラフ表示ソフト splot の試作<sup>2)</sup>を行った。

## 2.1 音声化の方法

本プロジェクトでは、複数の音声化の方法を試みている。まず、音源の利用方法で大別すると、midi音源を用いる方法と、サイン関数によって数値的に生成された音データを音源ボードに直接入れる方法の二通りがある。X線パルサーの音声化や、グラフ表示ソフトウェア splot は、後者の方法を採用している。

さらに、この後者の方法は、以下の2通りのやり方を用いている。ひとつは、「数値の高低を周波数に割り当てる方法」で、もうひとつは「数値の高低を音量に割り当てる方法」である。

### 2.1.1 数値の高低を周波数に割り当てる方法

これは、データ点それぞれに対応する周波数の音を割り当て、X軸を時間軸とみなしてy軸のデータに相当する音を順に鳴らしていくものである。

それぞれのデータ点に対応する音は以下のように定義した。データ点 $(x_n, y_n)$ がある場合、 $x_n$ に対応する時刻 $t_n$ は

$$t_n = \frac{(x_n - x_{\min})}{(x_{\max} - x_{\min})} \times t_{\max}$$

である。ここで、 $x_{\min}$ ,  $x_{\max}$  はそれぞれX軸プロット範囲の最小値、最大値、 $t_{\max}$  は出力音継続時間である。y軸の表示範囲を $y_{\min}$  から $y_{\max}$  として、これに対応させる周波数を、 $f_{\min}$  から $f_{\max}$  までとしたとき、出力音の周波数 $f_n$  は、

$$f_n = f_{\min} \times 2^{\left(\frac{(y_n - y_{\min})}{(y_{\max} - y_{\min})} \times D\right)}$$

となる。ここで、 $D$  は、

$$D = \log_2 \frac{f_{\max}}{f_{\min}}$$

である。

x軸の表示範囲は出力音継続時間に相当し、各データのyの値は周波数に相当する。模式図を図1(a)に示す。図では、「1, 3, 2」という3つのデータ点がエラーバー付きのデータ点として表示され、それに対応する音の形が正弦波で模式的に描かれている。実際に出力される音の周波数とは一致していない。図1(a)では、左端の「1のデータ点」は中央の「3のデータ点」より周波数が低い。

### 2.1.2 数値の高低を音量に割り当てる方法

これは、データ点それぞれに対応する音量を割り当てるものである。X軸を時間軸とみなし、数値の高低を周波数に割り当てる方法と同様に、 $t_n$ を算出する。

y軸の表示範囲を $y_{\min}$  から $y_{\max}$  とすると、出力音の強度 $I$ は

$$I = \frac{(y_n - y_{\min})}{(y_{\max} - y_{\min})} \times \sin(t_n)$$

となる。模式図を図1(b)に示す。図1(b)では、左端の「1のデータ点」は中央の「3のデータ点」より振幅が少ない(音量が小さい)。

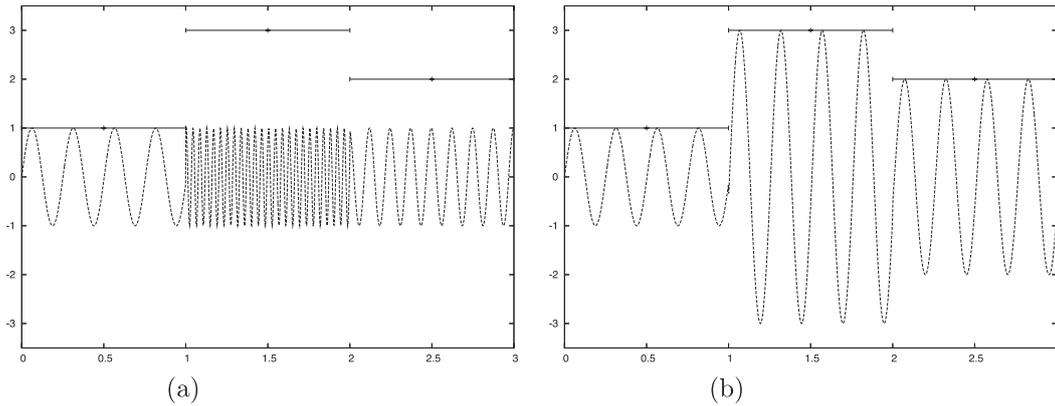


図1: データ音声化の模式図。波線は音の形を、直線はデータ点を示している。(a): データを周波数に対応させる方法。(b): データを音量に対応させる方法。

## 2.2 パルサーの音声化

宇宙科学データ可聴化プロジェクトでは、上記二通りの方法を試みながら、複数のデータについて、音声化を行い、webでの公開を行った。

音声化のうち、X線パルサーの音声化においては、データを音量/音高の変化それぞれに対応させたものを試作した。対象としたのは、1E1048.1-5937, 4U1626-67, GRO\_N3-01, CEN\_X-3, her\_x-1などのX線パルサーで、これらのデータはX線天文衛星「あすか」<sup>3)</sup>が取得したものをを用いている。これらのパルサーのデータは、観測された光度曲線をパルサーの自転周期で折りたたみ、明るさの変化をわかりやすいようにしたものを、音声化している。データの一例として、音声化したher\_x-1の光度曲線を図2に示す。

音声化されたデータを聞き比べると、個々のパルサーによる音の違いから、その特徴を感じとることができるようになってきている。これらのデータは、日本福祉大学宇野研究室のウェブ([http://handy.n-fukushi.ac.jp/pub/uno/music/index\\_ja.html](http://handy.n-fukushi.ac.jp/pub/uno/music/index_ja.html))より視聴が可能である。このデータは、宇宙科学研究所の一般公開の折などに紹介され、見学者より意見をいただくことができた。科学データ信号の音声化の面白さだけでなく、音量や音高をユーザが調整できることの利便性や、他データへの応用などのコメントをいただいた。また、音量変化よりも音高変化の方が変動を感じとりやすい、との意見が多かった。

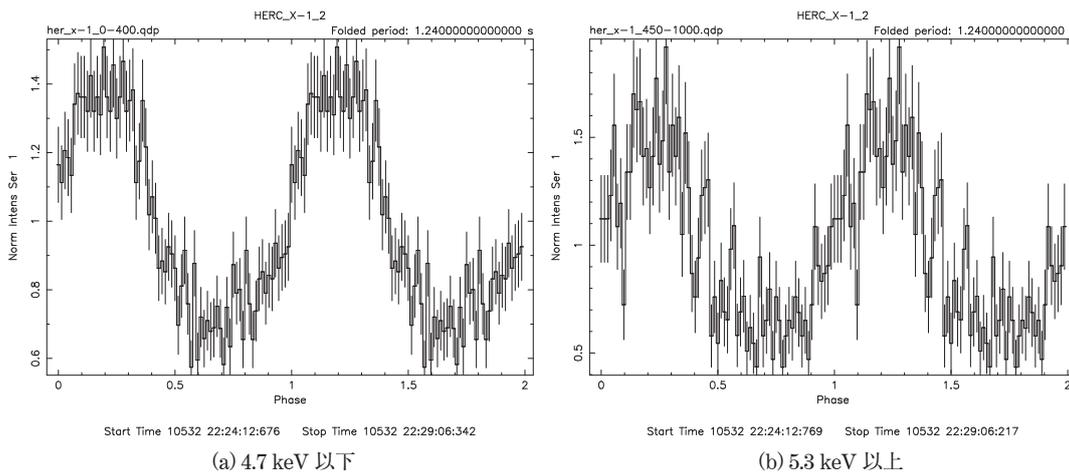


図2: フォールディングを行った Her X-1 のライトカーブ。(a) は低エネルギーバンド (0.7 ~ 4.7keV), (b) は高エネルギーバンド (5.3 ~ 10.0keV) のデータ。

## 2.3 音声グラフ表示ソフトウェア splot

Splot は宇宙科学データ可聴化プロジェクトで試作した音によるグラフ表示ソフトウェアである<sup>2)</sup>。図表を視覚障害者に伝える試みは複数行われてきているが<sup>(2)</sup>及びそこで引用されている文献)、科学データを直接音声により表現することは、これまであまり行われてきていなかった。splot は入力されるデータ点に対応する周波数の音を出力することにより、グラフ

の概形を音で伝えることができる。

音声化は X 軸のデータを時間、y 軸のデータを周波数に変換して表現する方法 (2.1 章に記した音声化の方法のうち、数値の高低を周波数に割り当てる方法) で行われている。入力データは X,Y 形式のテキストデータを受け付け、複数カラムのデータも扱うことができる。また、入力ファイルは、アメリカ航空宇宙局 (the National Aeronautics and Space Administration: NASA) 高エネルギー天体物理学科学アーカイブ研究センター (The High Energy Astrophysics Science Archive Research Center :HEASARC) が開発、配布するグラフ表示ソフトウェア QDP (The Quick and Dandy Plotter)<sup>4)</sup> と、一部互換性を保つように設計されている。

splot は、2011 年 7 月現在、一次元ヒストグラムについて、音声表示、グリッド、周波数調整などの機能が実現されている。

### 3 考察

これまでの開発の中で見えてきた点、改善点、特に、視覚障害者の図表理解に関する問題点などを以下にまとめる。

#### 3.1 聞き取りの容易さ

X 線パルサーの音声化、音声グラフ表示ソフトの開発を通じて、作成した音によってある程度のグラフの外形を判断できることはわかってきた。また、それらの音が、単に音楽的な楽しみとしてだけでなく、実際にデータの内容を伝えることができるということもわかってきた。ただし、それらについて、音声によってデータを表示する場合どこまで表現が可能か、周波数、時間分解能など、どこまでの情報をどこまで細かく表現するのが適切か、など検討すべきことは多い。今後はこれらの評価方法を考えていく必要がある。特に、定量的な評価をするには、被験者数、実験方法などがネックになってくると思われる。

また、このような開発においては、視覚障害者の聴覚能力を十分活用できているか、という点は常に考えておかなければならない。一部の視覚障害者は非常に聴覚が優れており、その能力については、晴眼者があまり想定していない場合がある。例えば、読み上げソフトウェアを使ってパーソナルコンピュータを操る一部の視覚障害者は、非常に早い音声情報を聞き分ける能力をもっている。

「障害者にも聞けるデータを作る」というのではなく、「優れた聴覚に対応できるレベルのデータ表現方法を開発する」という発想が必要である。「障害」になっているのはデータ表現の方法論である。

#### 3.2 宇宙科学データ音声化の意義

我々が肉眼で見ているのは、空間領域でみても宇宙のごく一部でしかない。また、波長で考えてみても可視光線による情報は非常に狭い範囲のものでしかない。さらに、ダークマター、ダークエネルギーといったものまで考えれば、肉眼で得られる情報は、天文学においては非常に限られたものでしかないということがわかる。

一方、近代天文学のほとんどのデータは、電子化されたものである。それならば、電子化された情報の表現方法を整備しさえすれば、視覚障害は観測天文学を行っていく上でハンディキャップとならなくて済むはずである。

宇宙科学データ可聴化プロジェクトが研究に用いるデータを直接扱っているその理由は、本プロジェクトが「音にして聞かせる教材を作る」事を目標とするのではなく、データ解析プロセスを視覚障害者と共有する方法を模索することを目指しているためである。また一方で、本プロジェクトは、「視覚ばかりに頼っていた宇宙科学データの解析に、新たな視点 (聴点) を加えることができたならば、宇宙科学はもっと進歩できるのではないか」といった希望を含んでいる。

表現方法の模索やソフトウェアの開発など、行わなくてはならないことは多いが、我々は視覚障害者のデータ解析環境を整えていくことは不可能ではないと考えている。本研究が、視覚障害者の科学研究への道を開く一助となれば幸いである。

### 4 まとめ

宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状をまとめた。プロジェクトではこれまでに、データ音声化の試みや、音声グラフ表示ソフトウェアの開発などを行った。音声によるデータ表現はまだ開発の余地が多い。今後もデータ表現方法の改良、評価方法の検討などをすすめていく予定である。

## 参考文献

- [1] 宇野伸一郎, 他: “宇宙科学データ可聴化プロジェクト～プロジェクト立ち上げと初期データ公開～”. 日本福祉大学健康科学論集, 第 10 巻, pp.1-9 (2007)
- [2] 宇野伸一郎, 他: “宇宙科学データ可聴化プロジェクト (2) ～音声グラフ表示ソフトウェアの試作～”. 日本福祉大学健康科学論集, 第 14 巻, pp.1-9 (2011)
- [3] Tanaka, Yasuo, Inoue, Hajime, & Holt, Stephen S. 1994, *Publications of Astronomical Society of Japan*, 46, 37
- [4] “The QDP/PLT User’s Guide” <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/others/qdp/qdp.html>