

原著論文

受付：2010. 9.30

受理：2010.12. 5

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—

宇 野 伸一郎

日本福祉大学 健康科学部

外 谷 渉

エー・アンド・アイ システム株式会社

三 浦 昭・海老沢 研

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

The Astronomical Data Sonification Project 2: Experimental production of sound-based data plot software "splot"

Shin'ichiro Uno

Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

Sho Sotoya

A&I System Co., Ltd.

Akira Miura, Ken Ebisawa

Institute of Space and Astronautical Science, Japan Aerospace Exploration Agency

ABSTRACT: We are developing a sound-based, interactive, data-plotting program to enable the visually impaired to turn astronomical data into meaningful sounds. The sonification software, called "splot", would be available to any scientist to analyze data. Splot reads ASCII data files containing various plotting commands and other data, and then outputs sounds corresponding to the data instead of plotting to a display or a printer. Input data for splot is partially compatible with "qdp", a data-plotting program developed by NASA HEASARC. In this paper, we report the status of development. In the current version, splot only sonifies a one-dimensional histogram and thus remains an experimental production. Before releasing this software, we must extend its functions for a suitable field test and construct a data-analysis environment for the visually impaired.

Keywords: 音声化, 科学衛星, マルチメディア, 視覚障害

1 導入

グラフ表示ソフトウェアは、科学データを解析する上で必要不可欠なものである。しかしながら、音でグラフを表示するようなソフトウェアはあまり開発されていない。これは視覚障害者が科学研究を行う上で大きな障害となっている。

図表は主として視覚情報として認識される。しかし、視覚に障害がある場合、その解読は困難なものとなる。この解決策のひとつとして、コンピュータによるデータの音声化が試みられている ([1, 2] and references there in)。これらの音声化の試みの多くは、既存のデータに音情報を当てはめ、出来た音情報をファイルやウェブ上で提供する形をとっている。

一方、データを図として表示するソフトウェアは、「グラフ作成ソフトウェア」または「プロッタ」と呼ばれ、科学データを扱う上では必要不可欠なものである。これらは、ユーザが取得したデータを直接図表にする役割を担っている。代表的なグラフ作成ソフトウェアには、Igor や gnuplot などがある。グラフ作成ソフトウェアは、データを紙面上やディスプレイ上で確認するように設計されており、データそのものを音により表現する機能をもつものはほとんどない。

「科学データ可聴化プロジェクト」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て立ち上げられた。これまでに、科学衛星の取得したデータの可聴化などを行い、X線パルサーの強度変動等の情報を公開している [2, 1]。

本研究では科学データ可聴化プロジェクトの活動のひとつとして、音による一次元ヒストグラムのグラフ作成ソフトウェアを作成した。これ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ようとする試みである。また本研究は、一般的なグラフの可聴化だけでなく、将来 X線天文衛星のデータ解析において応用することも視野にいたした。これにより、これまで不可能であった X線天文衛星のデータ解析を視覚障害者と共に行うことができるようになることを期待している。

本論文ではまず、2.2章でこれまでの宇宙科学データ可聴化プロジェクトを概説する。2.3章で既存のグラフ作成ソフトウェアを概観し、3章で可聴化する上で必要な機能とその製作について述べる。4章では可聴化した結果と、問題点の整理をし、5章で考察を行う。

2 背景

2.1 視覚障害者のグラフ認識の現状

これまで、視覚障害者がグラフを読むために様々な努力が行われてきた。代表的なものには、点図ドットプリンタや、触図（カプセルペーパーによる立体コピー）、点図プロッタなどがある。これらはどれも指先で図に触れることにより、形を理解するように設計されたものである。

点図ドットプリンタは、点字を紙に打ち出すのと同じように、紙に凹凸をつけて図を表現するものである。図だけでなく点字を同時にプリントできるため解説文字がつけやすい、というメリットがある。また、多くの図を紙に出力する事もできるので、点字書籍などの製作に威力を発揮する。

触図（立体コピー）は、熱を加えると膨らむ特性をもつカプセルを塗布したカプセルペーパーと呼ばれるシートに図表を描き、描かれた図の部分の浮き上がらせる手法をとるものである。描かれた図を通常のコピー機でシートに写し、その後専用の機械で加熱することにより比較的容易に図表の描かれた立体的な紙を作ることができる。

点図プロッタは、コンピュータの画面に表示されたものを、点字表示器と同様に図としてプロットする機械である。図1に点図プロッタの一例を示す。点図プロッタはパーソナルコンピュータとの連携が可能で、リアルタイムに画面を表示できるという利点がある。一方で、アクチュエータの数や密度が限られているため、ある程度以上細かい表現ができない、コンピュータ画面のごく一部しか表示できない、といった問題が

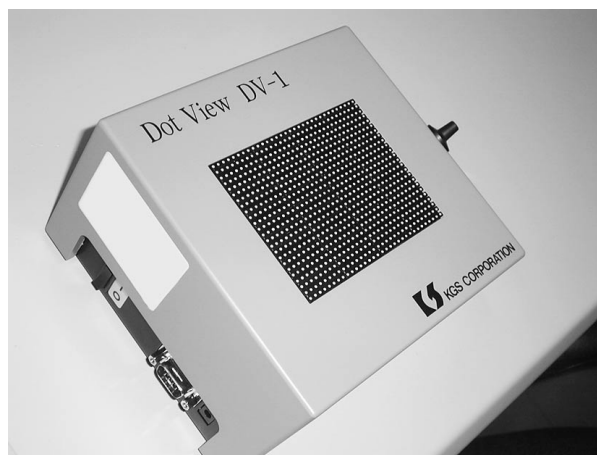


図1：点図プロッタの一例。KGS corporationのDot View DV-1

ある。また、独特のハードウェアで構成されるため高価である、という問題もある。

2.2 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、「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、2010年9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 と記す）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。

プロジェクトは、第一段階として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して公開した [2, 1, 3]。

2.3 グラフ作成ソフトウェア

グラフ作成のためのソフトウェアは数多くある。単純なグラフ作成は表計算ソフトウェアでも可能であるが、専門的な解析や科学技術統計処理などには専用のものが必要となる。グラフ作成ソフトウェアの中にも、グラフ作成機能単体として存在するものも一方で、データ解析ツール的一部分となっている場合など、専門的なソフトウェアとの連携が考慮されているものもある。

グラフ作成ソフトウェアの一例をあげると、有料なものには、IGOR [4] や kareida graph [5] などが、無償で利用できるフリーウェアには Ngraph [7] などが、また、ソースコードが公開され自由に改変再配布などができるフリーソフトウェアには Kchart [6]、gnuplot [8] などがある。これらの他に、各専門分野で使われているソフトウェアも存在する。

ここでは、フリーソフトウェアの代表例として gnuplot と、X線天文学の分野においてよく使われている qdp というグラフ作成ソフトウェアのふたつに

ついて概略を記す。

2.3.1 gnuplot

gnuplot [8] は、高機能なグラフ作成アプリケーションである。gnuplot は 1986年に初版が開発されて以来、Linux, UNIX, Windows, Mac OS X その他多くの OS に移植され、幅広い目的で利用されている。最新版は 2010年3月13日現在、version 4.4.0 である。

gnuplot は、コマンドラインに逐次コマンドを入力してグラフを描く方法と、コマンドを記したファイルからまとめて処理を行わせる方法という二通りの方法で操作する。操作体系自体がコマンドライン上に記述可能なものであるため、テキストデータですべて操作できる。

2.3.2 qdp

QDP (The Quick and Dandy Plotter) 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である [10]。HEASARC は NASA の一部門で、特に高エネルギー天体物理学に関する研究、データアーカイブ、ソフトウェア開発などを行っている。

QDP は、gnuplot と同じように、コマンドラインやバッチファイルからデータ、コマンドを読み込んで表示するソフトウェアである。QDP は、HEASARC の配布する高エネルギー天体物理学分野でよく使われている解析ソフトウェア群「heasoft」や、スペクトル解析を行う上でのデファクトスタンダードとなった「xspec」との親和性が高い。ただし、より専門的なソフトウェアとなっているため、一般の認知度は高くない。

3 製作

本研究では、音によるグラフ表現ソフトウェアの作成を試みた。要求された事項は以下の通りである。

- ・パーソナルコンピュータ上で可動すること。
- ・テキストで書かれたデータを音程で表現できること。
- ・コマンドライン上で操作可能で、バッチ処理にも対応していること。

- ・視覚障害者が作成したデータを、そのまま晴眼者がプロットできること。
- ・データ解析ができるように既存のデータ解析ソフトウェアとの親和性が高いこと。

また本試作では、一次元ヒストグラムのみに対応した。これは X-Y 平面の散布図や、同心円状のグラフなどは、音の割り当て方法などが異なるためである。グラフ作成ソフトウェア自体は多くの機能を必要とされるが、まずは単純なグラフを音でインタラクティブに表現できることを第一とした。

3.1 音声化の方法

音声化の方法については宇宙科学データ可聴化プロジェクトの初期論文 [2] に記した。その中でも今回は、「数値の高低を周波数に割り当てる」方法を採用した。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。出力音継続時間 t_{\max} の初期値は 3 秒、周波数の最小値 f_{\min} , 最大値 f_{\max} の初期値は 220 Hz 及び 1760 Hz とした。これらの値はオプションにより変更可能である。

3.2 準 qdp 互換

コマンド体系、入力ファイルなどは、独自形式のものを設定することも可能であるが、その場合、限られたユーザ、特に音声プロットが必要なユーザのみを対象とするものになってしまう。これは、製作者の意図するものではない。このため、他のソフトウェアとの互換性を検討することとした。

2010 年現在、グラフ作成ソフトウェアとして統一された規格や、デファクトスタンダードとして認知されるに至ったコマンド体系は存在しない。このため、何かひとつよく使われているソフトウェアを選択する事となる。

そこで、本研究では将来 X 線天文学において利用できることを想定するため、いくつかの要求事項について、qdp (2.3.2 章) との互換性を極力目指すものとした。ただし、後に記す通り全ての機能の互換性を担保できるわけではなく、また qdp の仕様には `splot` を合わせると無理が生じることもあるため、完全互換とまではせず、1. qdp ファイルを本ソフトウェアが極力誤りなく音声化できること、2. 本ソフトウェアで製作したデータファイルを qdp でもプロットできること、とした。

3.3 開発環境

開発は複数の PC を用いて行われた。表 1 に開発に用いられたパーソナルコンピュータの諸元を記す。な

表 1 : 開発 PC 諸元

	IBM	Apple
PC	Think Center S50	PowerMac G5
CPU	pentium 4 / 2.6 GHz	PowerPC G5, 2 x1.8GHz
memory	4 G byte	2GByte
hard disk	1 T byte	160GByte
OS	debian GNU/Linux ver 5.0 (lenny) kernel ver 2.6.26-2-686	Mac OS X Panther (ver. 10.3)

お、昨今の個人用コンピュータの高性能化により、本研究程度のソフトウェアであれば、通常市販されているコンピュータはどれも十分な機能を有しているようになった。

音声化ファイルの作成には、主に C 及び Perl を用いた。WAV ファイルの試聴には xmms, alsaplayer 及び totem を用いた。

4 結果

本研究により入力データを音で表示する機能を持つソフトウェアの製作ができた。コマンド名は `splot` とした。現在ソフトウェアはまだ試作段階で、単純な機能しか実装していないが、現在公開に向けて追加開発が行われている。以下に現時点で実装されている機能を記す。

4.1 入力データ形式

入力にはふたつのデータ形式を想定した。ひとつは、単純なテキストデータで、 X 、 Y の値が順に並んでいるものである。

もうひとつは X 線天文衛星「あすか (ASCA)」[11] や X 線天文衛星「すざく (Suzaku)」[12] などのデータで用いられている形式である。これら衛星からのデータは、解析プロセスの中で光度曲線、スペクトルなど一次元ヒストグラムとして表示されるものが多い。現行の標準的な解析方法では、これらはテーブル形式のテキストデータとして保存できる。こちらのデータは複数のカラムから成っている。例えば、「すざく」衛星の光度曲線は順に「時刻、時刻の誤差、 X 線カウント数、 X 線カウント数の誤差」という順に記されている。これらサンプルデータは、共に `gnuplot` や `qdp` で表示できる形式をしている。

`splot` は初期状態では入力の 1 番目のカラムを X 軸、2 番目のカラムを Y 軸としてプロットを行う。

4.2 ユーザインタフェース

ユーザインタフェースは、`qdp` 同様に対話型、バッチ処理生成型の両方を実装した。

対話型インタフェースは、ターミナルエミュレータなどのコマンドラインから操作可能で、このような操作体系は音声読み上げソフトウェアとの親和性が高いため、視覚障害者向けソフトウェアには適している。また GUI が不要であるため、多くのリソースを必要

とせず、ディスプレイをもたない PC でも稼働できるという利点もある。この場合の出力は、生成された音情報を直接音源デバイス (`/dev/dsp` など、オプションにより変更可能) に入れる方法をとる。

バッチ処理型は、コマンドラインから直接音源デバイスにデータを送り込むことや、一回のコマンドで音声ファイルを生成することなどができる。例えば、wav 形式のファイルを生成する場合は、コマンドライン上で

```
% splot -o out.wav input.dat
```

とすれば、一度のコマンドで変換できる。これらの挙動は `qdp` がファイルを読み込めば画面に図を表示するのと同様である。音声ファイルの出力をすることは晴眼者が `postscript` や `pdf` 形式で図表を保存する場合に相当する。これらのファイルは `splot` がインストールされていないコンピュータでの図の確認や、複数の図を比較する場合などに利用できる。

4.3 コマンド形態

`splot` のコマンドとそのフォーマットは `qdp` に準ずるものとした。実装した `qdp` 互換コマンドを表 2 に記す。

`qdp` コマンドは

```
range x 0 10
```

のように、「あるコマンド及びそれに付随する引数」という形をとる。上記の例は X 軸の表示する範囲を 0 から 10 の間とする、というものである。

`qdp` には多くのコマンドが用意されており、それと同じコマンドを実装することは不可能であり、また不要であることもあるので、`splot` では必要最低限のコマンドのみを解釈し、それ以外のコマンドは無視するように設定した。取り込まなかった `qdp` コマンドの例を表 3 に示す。

一方 `qdp` にはないが周波数の上限下限や出力音継続時間の設定など音出力のための設定を行う必要もあ

表 2 : 実装した `qdp` 互換コマンド

<code>read [serr/terr] [N]</code>	: エラーカラムの判定
<code>range [x/y] [min max]</code>	: プロット範囲の設定
<code>log [x/y] [on/off]</code>	: 対数表示の有無
<code>plot</code>	: 音声出力の実行

表 3 : 本試作で取り込まなかった qdp コマンドの例

csize [n]	: フォントサイズ指定
label [x/y/top/..]	: ラベル (軸, タイトルなど) 設定
time [on/off]	: 製作時刻の表示
font [roman,..]	: フォント設定
line [step,..]	: 出力する線の形状指定
color [n...]	: 線の色指定
skip	: 複数データ系列読み込みの際の特殊コマンド

表 4 : splot 特有のコマンド

set duration [n]	: 出力音継続時間 [sec]
set frange [min ax]	: 出力周波数上限, 下限 [Hz]
set output [device]	: 出力デバイス
set show	: 各種設定値の表示

表 5 : splot 起動時のオプション

-l [n]	: 出力周波数下限 [Hz]
-h [n]	: 出力周波数上限 [Hz]
-t [n]	: 出力音継続時間 [sec]
-q [file]	: 入力ファイル指定
-o [file]	: 出力デバイスの設定
-help	: ヘルプの表示
-version	: バージョンの表示
-license	: ライセンスの表示

る。これらのコマンドを表 4 に示す。これらは、

set PARAM ***

のように、「set」の引数として設定する。qdp には「set」というコマンドは存在しない。なお、これらのパラメタは、splot 起動時にオプションで設定することもできる。起動時のオプションを表 5 に示す。

4.4 データファイルのヘッダ

qdp の入力ファイルはデータ部分の他にヘッダ部分があり、そこにコマンドを記すことができる。これらのコマンドは、対話的にソフトウェアを使う場合と同じものが用いられ、プロットする軸の範囲や、ラベル、表示線の種類など様々な情報が記される。これにより、qdp 用のファイルひとつで各種設定を適用した図表を生成できる。qdp のサンプルファイル例を表 6

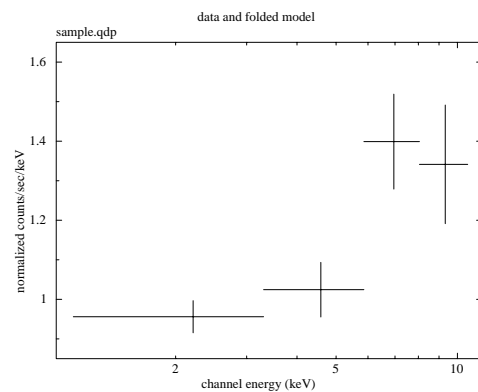


図 2 : qdp により作成された図の例

表 6 : qdp ファイルの例

```

READ SERR 1 2 3
SKIP SINGLE
COLOR 1 ON 2
LINE STTEP 2
LABEL T data and folded model
LABEL Y normalized counts/sec/keV
RANGE X 1.01114988 11.51
RANGE Y 0.85 1.65
LABEL X channel energy (keV)
LOG X ON 1 2
TIME OFF
LABEL ROTATE
FONT ROMAN
CSIZE 1.2
!
2.209997 1.09500885 0.9560584 0.0406236821
4.582500 1.27749443 1.0244814 0.0690781839
6.955003 1.09500885 1.39895332 0.12
9.327506 1.27749443 1.34141529 0.15
    
```

に記す。また、このサンプルファイルを表示した結果を図 2 に示す。

splot も qdp と同じようにコマンドとデータがひとつのファイルの中に共存できる。これにより、4.3 章に記したコマンド形態と併せ、qdp 用のファイルを直接読み込むことができる。ただし splot 特有の set コマンドは qdp と互換性がないため、qdp と共有する

ファイルにこれらのコマンドを記述することは推奨されない。

なお、コマンドとデータの区別は、行頭が数字で始まる場合はデータ、それ以外の場合はコマンド、という判断を行っている。

5 考察

我々は、テキストデータを読み込んでその情報を音声化するソフトウェアを作成した。現状は試作段階ではあるものの、情報を音声でプロットする基本的な機能は実現できている。

本研究により、音声グラフ作成ソフトウェアに必要な機能の概略がまとめられた。また、現状のソフトに対し、実際の公開に向けて必要な機能なども見えてきた。現時点で、以下のような機能が検討項目として挙げられている。

1. 出力音継続時間とリアルタイム表示への対応
2. 誤差の表示方法
3. 入力ファイルの互換性
4. ヒストグラム以外のデータへの対応

今後はこれらの項目について順次開発を行っていく予定である。以下、各項目について詳細を記す。

5.1 出力音継続時間 [1]

出力音継続時間はユーザの設定により変更できる。デフォルトでは1プロットを3秒で表現する。X線のスペクトルを音声で表現したところ、1プロットはせいぜい1秒、長くて数秒で足りるように感じられた。逆にそれ以上長いと最初に鳴った音との比較がやりづらくなると感じられた。ただし、これは現在想定している入力スペクトルなどであるため、利用形態によってはもっと長く時間をとる必要があるかもしれない。例えば、光度曲線のデータをリアルタイムで聞きつづける、といった利用法が想定される。最大出力時間の延長、もしくはリアルタイム入力の受付、などは今後の課題である。

5.2 誤差の表示方法 [2]

誤差の表示方法も課題のひとつである。本試作では、まだ誤差の表示方法は取り込んでいないため、入力デー

タに誤差がある状態であっても、音声でそれを知ることはできない。30+/-1.5というデータがあったとして、 $y=30$ という値に相当させる音が400 [Hz]であった場合、現状では、400 [Hz]の単音が出力され、 ± 1.5 という情報は失われている。

しかし例えば中心の音を400 [Hz]として、 ± 20 [Hz]でランダムにデータを変動させる、などの方法により、データの誤差が聴覚的に理解できるのではないかと期待している。その場合、データの中心値が変動している場合と区別をする必要がある。これにしても、利用者が「同じデータ範囲を同じ出力音継続時間で」誤差つきの音と誤差なしの音を聞き比べる、ということをするれば、認識可能なものだと考える。晴眼者がグラフ表示ソフトウェアを使う場合も、全体像をラフに見る場合と一部分を拡大して見る場合では、グラフを描き直している。それならば、視覚障害者が誤差を認識するためにプロットを行う場合と、データの中心値を知るためにプロットを行う場合で二通りの音声出力があっても問題はないと思われる。

なお、ここで記した方法ではX軸方向の誤差を表示することはできない。しかしこれは、そもそもプロットする対象を一次元ヒストグラムに限定している事によるためであるので、別の対処方法が必要となる事だと考えている。

5.3 入力ファイルの互換性 [3]

spot 開発当初 qdp と入力ファイルを完全に互換性をもたせる事が検討されたことがあった。spot 自身が多くのコマンドを持っておらず、音声化に不要な qdp 側のコマンドを無視する、ということで対応できることが多かったためである。特に、フォント設定のコマンドや、軸ラベル設定のコマンドなどは、コメントと同様に扱うことができた。しかし、複雑な入力ファイルの場合は互換性を保つことは困難であった。特に、qdp は離散データや3次元グラフも表現できるように設計されているため、それらのデータを選別するプロセスなどが必要となるなどした。

spot は現時点では一次元ヒストグラム専用であり、離散データや3次元グラフに対応するには解決しなければならない問題が多く残されている。このため、入力ファイルの互換性を持たせることは不可能であった。

5.4 一次元ヒストグラム以外のデータへの対応 [4]

試作版は、まだ一次元ヒストグラムしか音声化することができない。

今後必要とされると思われるデータのひとつに、散布図がある。散布図では、不連続な X の値に対し、Y の値があり、X のデータが重なっていないという保証はない。

本研究のようなソフトウェアを散布図への拡張を考えると、1. X の値が同じで、y の値が違うデータが複数ある場合に、複数あるとわかるような表現が難しい、2. X 軸方向に誤差がない（もしくは幅をもたせる事ができない）場合、音の継続時間がゼロになってしまう、といった問題点が発生する。

後者の点については、最短音の継続時間を定義すれば、回避は可能と思われる。しかし、前者については簡単ではない。音色を変えて複数のデータ点を同時に音表現する、ということも考えられるが、聞き分けのしやすさなど、検討しなければならないことが多い。これについては、次期バージョンへの課題と考えている。

散布図以外にも、同心円や $x = y^3 - 5y$ のように X 軸方向に重複するデータをもつものは、spot には表示できない。y 軸方向に重複する音を合成して出力する事自体は難しくはないが、利用者がその音から図の形を想像することがどこまでできるか、疑問に思われる。これらの点は、音声化の方法の検討と平行して調査していく必要がある。

5.5 X 線天文衛星のデータ解析への応用

現時点では、データ解析に spot を利用するにはまだ開発しなければならない事が多く、実用的ではない。しかし、どのような場合にこのソフトウェアが利用可能であるかを考察することは、今後の開発をするうえで重要である。

X 線天文衛星「あすか」や「すざく」の場合（そして、多くの海外の衛星や、日本の次世代の衛星 Astro-H も含む）、一次データは、「イベントファイル」という形式で提供される。これは、観測した X 線光子ごとに時刻、位置情報 (X, Y)、入射エネルギー（パルスハイト）などが記録されたテーブルの形をしている。記録される項目は検出器によって異なるが、項目数 n カラムからなる表形の n 次元データである。

解析で最もよく使われるのはスペクトル、光度曲線、そしてイメージの3つであるが、これらは、n 次元の入力データを、どのデータを基準にして投影したもので考えるか、ということに尽きている。横軸に時刻、縦軸に X 線光子数（この例では単位時間当りのデータ数）をとるようにデータを投影したものは、光度曲線と呼ばれる X 線時間変動を表す。また、入射エネルギーを横軸にとり、縦軸に単位エネルギーあたりの光子数をとればスペクトルとなる。イメージは X-Y の 2 次元平面への投影である。

このうち、光度曲線、スペクトルは一次元ヒストグラムの形式をしているので、本研究で作成した spot で表現可能である。一方、イメージは 2 次元なので表現できないが、もう一次元、X 軸もしくは Y 軸方向へ投影すれば表現は可能となる。これらの方法は、多次元データをいかに一次元ヒストグラムの形にするか、という手法に集約される。このため、spot は現時点で散布図などの表現ができないものの、一次元ヒストグラムの音声化ができたこと自体は、有意義なものであると考えている。

6 結論

我々は、宇宙科学データ可聴化プロジェクトの一環として、音声によるグラフ表示ソフトウェアを試作した。単純な一次元ヒストグラムのテキストデータを音声化し、発音、もしくは音声ファイル保存ができるようになった。本試作は、データ解析を音声で行うことを可能とすることを目的とするため、実際のデータ解析の場面での利用のフィードバックを受けて、初期版の公開につなげたいと考えている。

参考文献

- 1 “日本福祉大学宇野研究室 music from space. ~ 科学データ可聴化プロジェクト ~ ”
http://handy.n-fukushi.ac.jp/pub/uno/music/index_ja.html
- 2 宇野伸一郎, 亀山哲也, 堀畑昌希, 浅野仙久, 海老沢研, 田村隆幸, 笠羽康正, 篠原育, 宮下幸長, 三浦昭, 松崎恵一, 村上弘志, 古澤 (秋元) 文江: “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)

- 3 “ JAXA DARTS 宇宙からのメッセージを聞いてみよう ” <http://darts.isas.jaxa.jp/music/>
- 4 "WaveMetrics - scientific graphing, data analysis, curve fitting & image processing software" <http://www.wavemetrics.com/>
- 5 "KaleidaGraph - scientific graphing, curve fitting, data analysis software" <http://www.synergy.com/>
- 6 "KOffice.org" <http://www.koffice.org/>
- 7 "Ngraph website" <http://www2e.biglobe.ne.jp/~isizaka/>
- 8 "gnuplot homepage" <http://www.gnuplot.info/>
- 9 "The GNU General Public License v3.0 - GNU Project - Free Software Foundation (FSF)" <http://www.gnu.org/licenses/gpl.html>
- 10 "The QDP/PLT User's Guide" <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/others/qdp/qdp.html>
- 11 Tanaka, Yasuo, Inoue, Hajime, & Holt, Stephen S.:The X-ray astronomy satellite ASCA. *Publicatoin of Astronomical Society of Japan*, Vol. 46 (No. 3), pp. 37-41 (1994)
- 12 Mitsuda, K., Bautz, M., Inoue, H., Kelley, R. L. et al.: The X-Ray Observatory Suzaku. *Publicatoin of Astronomical Society of Japan*, Vol. 59 (No. SP1), pp. 1-7 (2007)