

音声による天文データ認識

～科学データ音声化システム `splot` (エス・プロット) ～

宇野伸一郎 (日本福祉大学)

1. 導入

筆者らは宇宙科学データ可聴化プロジェクトを立ちあげ、音声グラフ表示ソフトウェア `splot` を開発してきた。本研究会では、`splot` の応用例として「単純な数式」の他、「惑星の軌道運動」「X線スペクトルとフィッティング」などの音声化の事例を紹介し、`splot` を使ったデータ解析の可能性を考察する。

2. 背景

2.1 視覚障害がある場合の図表認識方法

視覚に障害がある場合の図表認識には、複数の方法が用いられている。代表的な例としては、ピンディスプレイや点図・カプセルペーパーなどがある。

ピンディスプレイは、アクチュエータを使って格子状に並んだピンを上下させ文字や図を表現するものである。コンピュータの画面をリアルタイムで点図にすることができるという利点があるが、高価であり、表示できる面積が少ないという問題点がある。また、ハードウェアが重く可搬性に乏しい。

点図は点字プリンタで図表を紙の上に印刷するものである。カプセルペーパーは特殊な用紙の上に図表を描き、紙全体を加熱すると描かれた図の部分だけが膨らんで、立体的に触れることができるようになるものである。これらは安価であるものの、作成に時間がかかり、コンピュータ上の計算結果などを逐次表現していくことは難しい。また、一度作成すると拡大・縮小などを行うことはできない。

2.2 宇宙科学データ音声化プロジェクト

科学データ音声化プロジェクトは、宇宙を

解明する最先端の科学データを、視覚障害のある人と共に扱って行くことを目指したプロジェクトで、日本福祉大学 宇野研究室と 宇宙科学研究所/JAXA が共同で進めている[1,2]。プロジェクトはこれまでに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の音声化や、地磁気擾乱の程度を示す K_p 指数などの音声化を行った[3,4]。また音声グラフ表示ソフトウェア `splot` の開発を行った[5,6]。

2.3 音声グラフ表示ソフト `splot`

`splot` は一次元ヒストグラムを音で表現するソフトウェアである。データの x 軸を時間に、 y 軸を周波数(音程)にそれぞれ対応させることで視覚に頼らずグラフを表現する。入力は X , Y 形式のテキストデータで、一般的なデータのプロットに利用できる。また、`splot` の音再生時間や周波数の上限・下限はユーザが設定可能で、視聴覚の多重障害などの場合にも、聞こえる周波数に音を絞られるように設計されている。

`splot` は、アメリカ航空宇宙局 (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 (HEASARC) が開発、配布するグラフ表示ソフトウェア「`qdp`」と一部互換性を保つように設計されている[7,8]。

今回、`splot` は NASA の配布するデータ解析専用ソフトウェア `xspec` に対応した。`xspec` は、X線天文学に於いてデファクトスタンダードとなっているスペクトル解析ツールである。`splot` が `xspec` に対応したことにより、音声によってスペクトルフィットを行える可能性がある。

3. 天文データの音声化の事例

研究会では、`splot` を使っていくつかの天文データを音声化した事例を紹介した。それらは、1. 数学関数、2. 惑星・彗星の軌道、3. X線スペクトル（実際の解析）などである。また、これらの事例について、我々は小規模な調査を行い、音によるデータ比較・スペクトルフィットはひとつの手段となりうると思われる結果を得た[9]。以下ではその結果を合わせて紹介する。

なお、研究会では音を聞くことにとどまっていたが、`splot` の重要な点は「音を聞いてみる」点ではない。`splot` を使えば、ユーザは聞き直しや図の拡大・縮小、音程を変えて聞き返すことなどが簡単にできる点である。

3.1 数学関数

第一の例は数学関数である。例として $y=x$ および $y=x^2$ というふたつの関数を提示した。

これらのグラフを再現する上で、`splot` の音は、たとえば直線的か下に凸かなどの判断の材料となった。調査では、こういった傾向は、多くの人々が認識可能であった。ただし、 y 切片の位置などの判定は難しく、その判別には訓練が必要であると思われた。

3.2 木星、海王星、ハレー彗星の軌道

第二の例は、惑星・彗星の軌道を用いた。これは、盲学校の教員をされておられご自身も視覚障害の方から、惑星軌道などは音で聞くと分かりやすいのではないかという提言を受けて作成を試みたものである。

図1は楕円形の軌道について、時間を x 軸に、軌道長半径方向の太陽からの距離を y 軸にとったものをプロットしたものである。対象は木星、海王星、ハレー彗星とした。

木星と海王星は共に円軌道に近いが周期が約14倍違う(木星 11.9年、海王星 164.8年)。これは音声でも認識しやすかった。

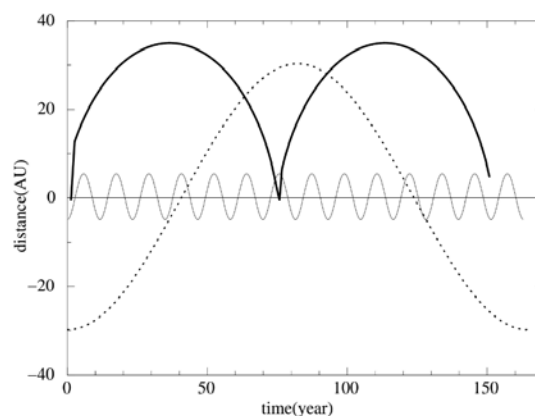


図1 惑星と彗星の軌道長半径方向の距離を表したグラフ。木星（細線）、海王星（点線）、ハレー彗星（太線）。

一方で木星などの円軌道とハレー彗星の長楕円軌道の違いは認識しづらかったようである。

3.3 データ解析の実例

第三の事例として、実際のデータ解析のデータを扱う例を紹介する。以下は、X線天文衛星「すざく」のデータを用いて解析を行う事例である。

X線天文学のデータ解析では、主に画像・光度曲線・スペクトルの3種類のデータを取り扱う。このうち画像は2次元情報であるため、今回は扱わない。光度曲線は、対象天体の光度変動を扱うものである。スペクトルは光をエネルギーに分解したものである(白色の光をプリズムに通して分解し、七色の虹を観察することに似ている)。今回の発表ではスペクトル解析に焦点を絞った。

(1) スペクトル(データとモデルが合っている場合)

スペクトル解析では、データとモデルの比較を行う。データ解析ソフトウェア `xspec` では、図2のようにデータ、モデル及びデータとモデルの差分が画面に表示される。図では上の段にデータ(太字+印)とモデル(実線)

が、そして下の段にデータとモデルの差分(+印)が表現されている。

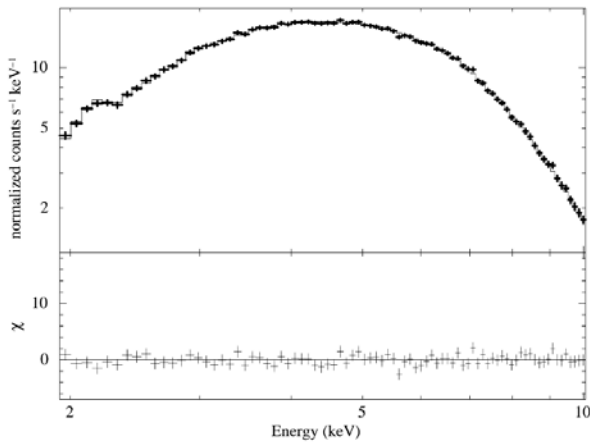


図 2 データ (太字+印) とモデル (実線) が合っているスペクトルの例。データは実際の観測値、モデルは理論から予測される値。下の段はデータとモデルの差 (+印)。

これらを音声で認識するためには、それぞれの音を順次音声化して聞いていくことになる。その際、目的はデータとモデルの比較であるため、音を聞きながらデータと理論の音に差があるかという点に気づくことができるかどうかポイントとなる。

実際に音を聞いてみると、データの音とモデルの音はほとんど差がないが、それを「差がない」と意識することは難しい。双方とも上に凸の山形をしていることは想像しやすいが、それらが一致しているという積極的な理由はふたつの音を聞いているだけでは感じづらいためと思われる。一方で、データとモデルの差については、ほぼ一定のノイズのように聞こえる。

(2) スペクトル(データとモデルが合っていない場合)

これに対して、データとモデルがずれている場合が次の例になる。図 3 では、上の段のデータ (太字+印) とモデル (実線) が一致していないことがすぐにわかる。また、下の

段のデータとモデルの差 (+印) も、波打っていることが見える。

これらを音声化したものを聴き比べてみると、まずデータとモデルについては、両方とも上に凸であることが聞き取れるが、それらが違うのか否かについては、慣れなければ判定が難しいと思われた。一方で、差分を聞くと、明らかに音が変わるため、データとモデルが合っていないことがよくわかる。

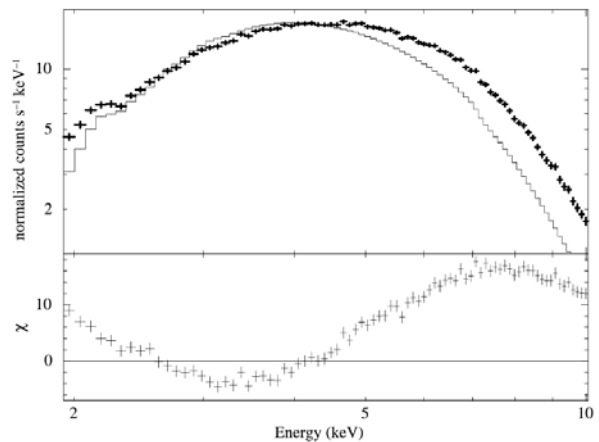


図 3 データ (太字+印) とモデル (実線) が合っていないスペクトルの例。x=5~10 (keV) の範囲でデータ (太字+印) がモデル (実線) より大きい値を示している。下の段のデータとモデルの差分 (+印) も、x=5~10 (keV) の範囲でグラフが盛り上がっている。

(3) スペクトル(輝線構造)

もうひとつ、データとモデルがずれている事例として、一部のデータのみがモデルとずれている例を紹介する。図 4 ではグラフの一部 (x=6.4 近辺) でデータだけが盛り上がっている。

この場合、x=6.4 近辺以外ではデータとモデルが合っている場合と同様の音が発音される。モデルとデータがほぼ合っているように聞こえる一方、データの音については x=6.4 近辺で何か構造があるようにも感じられる。

データとモデルの差を聴き比べると、さらにそれを顕著に認識することが可能であった。ただし、それが x 軸のどのあたりにあるのかは推測することは困難と思われた。

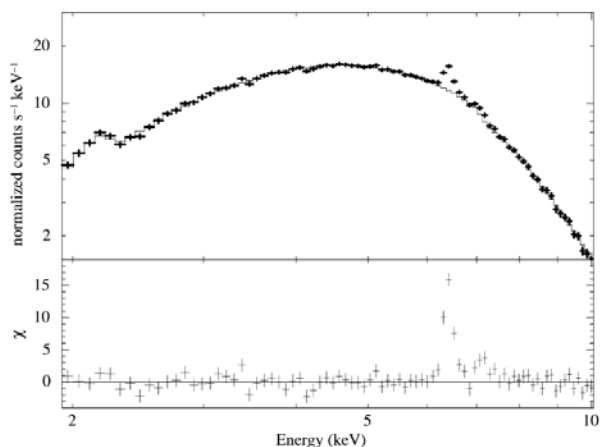


図 4 データの一部だけがモデルと合っていないスペクトルの例。データ (太字+印) には、 $x=6.4$ (keV) 近辺にモデル (実線) には無い盛り上がりがある。下段のデータとモデルの差分 (+印) でも $x=6.4$ (keV) 近辺に山があり、それ以外はほぼ一定であることがわかる。

4. 考察

本研究会では `splot` でいくつかのデータについて、音声化を行い、その認識の可能性を探った。理解しやすいと期待されるデータもある一方で、詳しい形を理解するには慣れが必要であると思われた。ただ、聴覚による判断に慣れている人の場合や、ある程度の訓練を行った人の場合には、より詳細な形を認識できる可能性があることもわかってきている。研究会では同じ音を 1-2 回しか発音していないが、`splot` は、繰り返し聞くことや、拡大・縮小をすること、`grid` をいれてみるなど、ひとつのグラフを認識するのに何度も試すことができる。これにより認識率が向上することを期待している。

5. 結論

科学データ音声化プロジェクトでは、音声データプロットソフトウェア `splot` を開発している。今回は、スペクトル解析ツールである `xspec` と `splot` が連携できるようになった。小規模なフィールドテストを行い音声によるグラフ認識の可能性を模索した。今後さらなるフィールドテストを行うと共に、データ解析環境全体の構築を行っていく予定である。

文献

- [1] 宇宙科学データ音声化プロジェクトウェブサイト 1
<http://handy.nfukushi.ac.jp/pub/uno/music/>
- [2] 宇宙科学データ音声化プロジェクトウェブサイト 2
<http://www.isas.jaxa.jp/home/showcase/music/>
- [3] 宇野伸一郎ら (2007) 「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
- [4] 三浦昭ら (2012) 「宇宙科学データの可視化・可聴化: 教育・広報利用」, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 1 巻, pp.13-22
- [5] 宇野伸一郎ら (2011) 「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
- [6] 宇野伸一郎ら (2012) 「宇宙科学データ可聴化プロジェクトの現状」, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 1 巻, pp.7-11
- [7] HEASARC website
<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/>
- [8] The QDP/PLT User's Guide
<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/software/ftools/others/qdp/qdp.html>
- [9] 宇野伸一郎ら (2016) 宇宙科学情報解析論文誌, 印刷中

宇野 伸一郎