

## 第28回衛星設計コンテスト

### アイデア概要説明書

応募区分 ジュニアの部

#### 1. 作品情報・応募者情報

作品名 うちゅうせん おんせいひょうげん 宇宙線の音声表現
副題 宇宙線は宇宙からのメッセージ、その響きをあなたに！
学校名 金沢大学附属高等学校

#### 2. ミッションの概要

宇宙を紹介する本やサイトの多くは、天体写真や宇宙から見た地球の画像といった視覚的な情報を提供するが、不思議なほどに、宇宙を音声で特徴づける素材は一般的でない。寧ろ、音波を伝える媒質がない宇宙空間には音は存在しないという常識が浸透している。地球の自然を捉える感覚が視覚に限らないように、宇宙にも聴覚による認識を提供できないのか。ここで、宇宙空間を飛び交う宇宙線の音声表現という着想を得た。そこには宇宙線の粒子と波動の二重性という背景がある。

#### 3. 目的と意義

##### (a) 目的

大きな目的は、多くの人に宇宙に興味を持ってもらい、特に聴覚的な理解を広めることである。そのために、宇宙線のエネルギーデータから宇宙線の波動的な性質を導き音に変換すること、またそれを地球上の多くの人に音声として届けることが具体的なプロジェクトの目的である。つまり、人工衛星の利用の目的は、そのための宇宙線に関するデータ収集となる。

このプロジェクトの意義は、多くの人に新しい感覚で宇宙とのつながりを体感できる機会を提供することで、自宅にいながら宇宙の面白さを知り、その神秘性を楽しんでもらうことにある。音声という媒体を利用することで静寂な宇宙のイメージを動的なものへと覆す。これにより、本プロジェクトは宇宙の高エネルギーな活動性を音声で特徴づける試みのパイオニアとなる。

##### (b) 重要性・技術的意義等

宇宙からの画像や映像は、インターネットなどで気軽に手に入るが、宇宙からの観測データを音で表現したものは少ない。これまでに、宇宙のプラズマ波を音にする試みは幾つかあった。それらと今回のプロジェクトの大きく異なる点は、観測対象を宇宙線全般に拡大する点である。プラズマ振動に伴って発生する電波の周波数は、人間の可聴域にそのまま収まる。しかし、陽子線のような宇宙線は振動数を換算すると可聴域を大幅に逸脱してしまう。そのような高エネルギーの宇宙線は激しく振動する天体に由来することが多く、それを音声として表現することで多くの人が認識しやすくなり、宇宙を理解するきっかけになると考え、今回のアイデアに至った。

宇宙空間での観測データを利用する理由としては、多様な放射線のデータを集めるには宇宙空間にて一次宇宙線を観測する必要があることが挙げられる。地上で宇宙線観測を行った場合、地球大気を通過した宇宙線を見ることになるので、認識されるのはミュオンが大半である。そのため、陽子線やX線及びガンマ線のようないろいろな種類の宇宙線を観測可能な宇宙空間を利用する必要がある。さらに、数値データを見る前に直感的に宇宙の異変に気付く新しい方法となるという技術的側面もある。

#### 4. アイデアの概要

■アイデアを端的に説明すると、今回目指すのは、地球の周りを飛び交う宇宙線を波動として捉えたときの波の性質を、音波にプロットして表現することである。ここでは、ド・ブロイ波の考え方がこのア

アイデアの理論的根拠となる。光が波動性と粒子性の両方を持つと同様に、一般に物質粒子は波動性を兼ね備えている。今までエネルギースペクトル分布によって表されてきた宇宙線の状態は、この理論に基づけば容易に様々な振動数の波動の振幅が変化するように捉え直すことが可能である。なお、X線やガンマ線のような電磁波は、電磁波の波長そのものを見ればよい。

そのために人工衛星を打ち上げて行うことは、第一に地球上では観測するのが難しい種々の宇宙線を観測することである。さらに、そのデータから適宜粒子の波動性を抜き出し、それに基づいた音波に変換する。地上のたくさんの人々に音源を公開して、その音を聴いてもらう。

具体的に、ド・ブロイの理論で粒子性と波動性を結びつける関係は、粒子の持つ運動量  $p$  とエネルギー  $E$  について、

$$p = h/\lambda = E/c \quad (h \text{ はプランク定数、} c \text{ は光速})$$

という式である。これより、

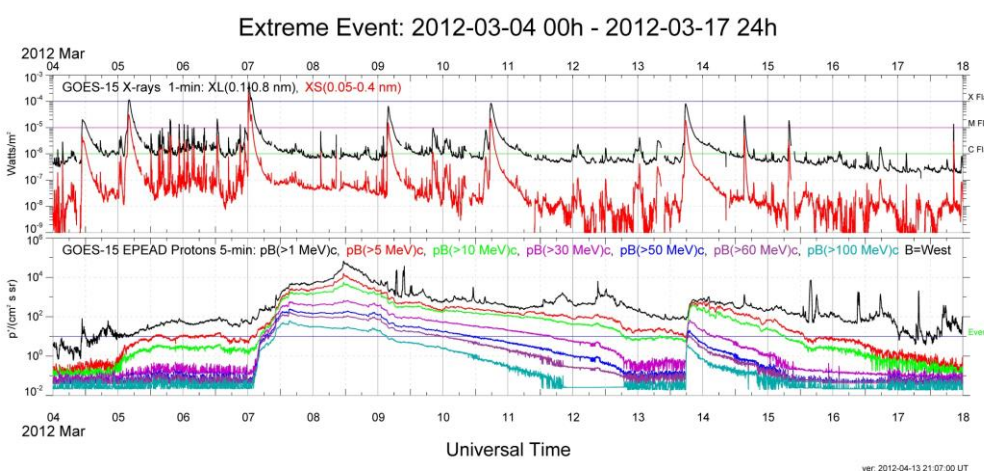
$$\lambda = hc/E$$

という関係を見出せる。粒子線のエネルギーが分かることで、その粒子の持つ波動性の波長を導けることが分かる。

つまり、具体的に人工衛星上で行うべき観測は、粒子線のエネルギー分布の時間的変化、及びX線やガンマ線の波長と強度変化の測定である。このデータを一定のアルゴリズムで処理することで、波動の特徴から音波に変換可能である。

■具体的には、主に観測を目指すのは、常時地球周辺を飛び交う様々な宇宙線（一次宇宙線であって、陽子線が中心である。）及び太陽フレアに伴う高エネルギーの宇宙線に絞ることとする。一次宇宙線に主に含まれる陽子は、地球大気に大量に含まれる窒素などの原子核に衝突することで、ほとんどが地表に到達せず、ミュオンなどを生じる。このことから、宇宙空間でよく見受けられる陽子のような粒子線の様子を地球に届けるためには、人工衛星利用は必須であることが分かる。人工衛星は太陽-地球系のラグランジュ点に常に位置させ、地球周辺の宇宙線と太陽からの宇宙線やその異変を常時モニターできるようにする。地磁気の影響を除けるメリットも考えられる。さらに具体的に目的の宇宙線を指定すると以下の通り。

- ・ 陽子線：太陽フレアでは、1MeV~100MeVの陽子線がよく観測される。
- ・ アルファ線      ・ ベータ線      ・ 種々の原子核（プラズマ状態を含む）
- ・ 電磁波（X線、ガンマ線）
  - ・ X線：宇宙空間においては、太陽フレアによるものも含め、数keV~数百keVのエネルギー帯を観測できると見られる。
  - ・ ガンマ線：フェルミ衛星によれば、0.1GeV~300GeVほど



左図は、米の衛星GOES-15が観測した2012年3月4日から3月17日までの、太陽活動に関連した宇宙天気の変化である。具体的にはX線と陽子線の様子である。ここに示されるように、宇宙でのイベントに合わせて宇宙線の状態が大きく変化する。これを「音楽」として表現する。

図1. GOESの観測データ Solar flar-Wikipedia より引用

■宇宙線のデータを実際に音波に投影するメソッドは、次のようにする。音波を特徴づける三性質（：

波形、振幅、振動数)を意識してデータを対応させる。

- ・ 波形 (=音色)

宇宙線の種類ごとに異なる波形を当てる。コンピュータで特定の波形を作り出すようにプログラムする。人が聞いた際に、音色で宇宙線の種類を識別できるようにする狙いである。

- ・ 振幅 (=大きさ)

強度(単位時間、単位立体角当たりの粒子数やエネルギーフラックスを割り当てる)を割り当てる。

- ・ 振動数 (=高さ)

各宇宙線のエネルギー(により換算した振動数)を割り当てる。

■具体的なデータの収集、処理方法は次のようにする。

- ・ 宇宙線の種類とそのエネルギー、強度を測定可能な観測機器を搭載した人工衛星から各種宇宙線のエネルギースペクトラムの時間変化の観測データをリアルタイムで地球に送信する。

- ・ 粒子線は、地上局で受信した各宇宙線のエネルギーデータを、ド・ブロイ波の理論に基づいて波長[nm]に変換する。

- ・ 観測した電磁波の波長[nm]、及び求めた粒子線の波長[nm]をどの種類の宇宙線も統一した倍率で可聴域に含まれるように伸縮し、各宇宙線を表現する音波の波長とする。この処理によって、各々の宇宙線の振動数が決定している。

- ・ 波長の処理と同時に各波長の宇宙線の強度を観測し、エネルギー強度[観測機器に依存]と音圧レベル[dB]をある特定の基準を設けて対応付け、音圧レベルの値に変換する。ここまでで宇宙線を表現する音波の音色、振動数、振幅の全てが決定する。

- ・ 上原理をもとに、各波長をもった宇宙線のエネルギー強度の時間的変化を時追い、音声の音色、大きさ、高さの時間的変化とリンクさせる。

- ・ 時間変化の記録を地上でインターネットを使い、多くの人に音声データとして公開する。

■機械系の技術に関しては、ミッションの性格上宇宙天気予報などの観測技術の応用が考えられる。それぞれの宇宙線を別々の尺度で音波化するのではなく、統一した視点から変換を行いたい。具体的には、各宇宙線の強度を観測する単位は単一にすること、強度を音圧レベルに対応付ける規則の統一、波長の伸縮倍率の統一である。現在までに行われた様々な宇宙線を全て統一した強度軸で観測の文献は見つからず、シミュレーションは難しい。逆にこのプロジェクトを遂行することで、新しくそのようなデータを生み出すことにもつながる。 ※補足説明資料にて、図など用いて端的に方法を示す。

## 5. 得られる成果

第一に、可聴域を超える周波数の電磁波や、そのような周波数に相当するエネルギーをもつ宇宙線を、聴覚的に認識する方法が得られる。今までは星空を見上げたり、コンピュータで補正した色鮮やかな天体写真を見たりといった、画像的な宇宙へのイメージが一般に広まっていたが、新しい観点として宇宙の音的な解釈を広めることができる。また、膨大な数値データを音声という直感的に理解可能な形にすることによって、データに目を通さずとも、宇宙の変化にいち早く気づくことが可能になると考えられる。また、電磁波と粒子線の到達時間の差を利用し、電磁波の音声をいち早くキャッチした上で粒子線変化を予測することが可能となる。

## 6. 主張したい独創性または社会的な効果

このプロジェクトの独創性は、そもそも宇宙線の様子を音声によって表現しようとする点にある。スペクトル分布をグラフで表すような視覚的アプローチによらない、従来にないような方法で宇宙線を認識する。この過程で、波長が可聴域に含まれない電磁波を、波長を伸縮することで音波で表現する試みは今までになかった。さらに、粒子線においてエネルギーの値から波長を換算し、可聴域に収まるように伸縮して音声表現するという着想も独自のものである。

色彩だけの既存の宇宙へのイメージを打破し、聴覚で一般の人に宇宙への新しい関心を持ってもらえることに社会的効果を見出す。宇宙が大衆に確実に身近になってきている現代において、多くの人に多角的に宇宙について知ってもらうことは、さらなる宇宙利用へのきっかけになると考える。目の不自由な人に対しても宇宙への門戸を開放する画期的技術となる。

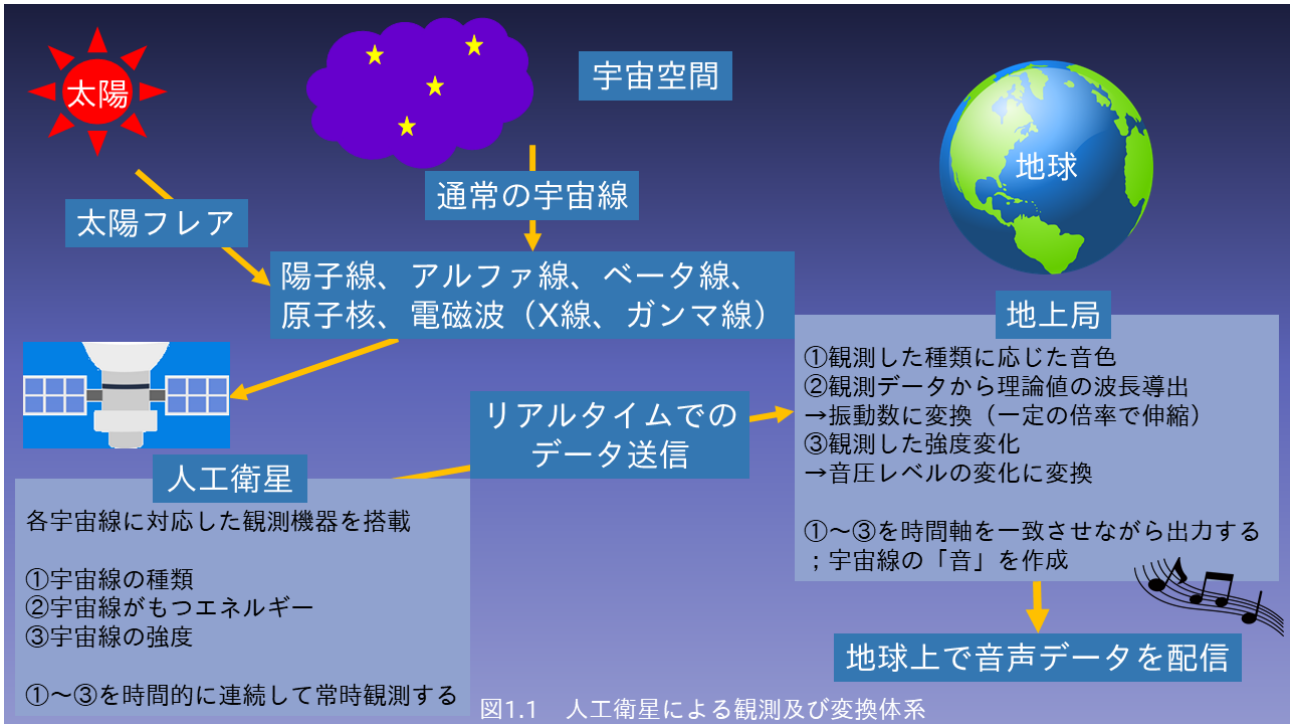
## 第28回衛星設計コンテスト

### 補足説明資料

作品名：宇宙線の音声表現  
うちゅうせん おんせいひょうげん

#### 1° 観測と変換体系の概要

今回試みる観測の内容自体とそのデータ変換を行う体系について図解すると以下のようなものである。衛星では純粋なデータ回収のみを行い、変換処理は地上局でプログラムを動かす。



#### 2° 変換アルゴリズムの概要

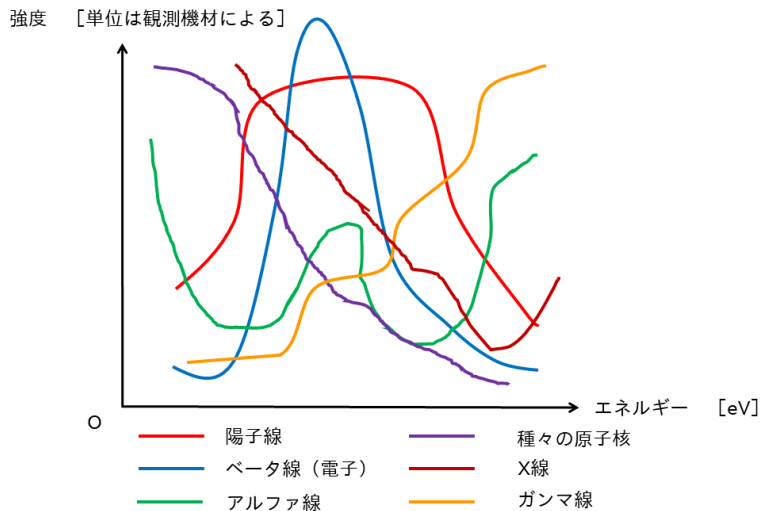


図2.1 観測される宇宙線の強度スペクトルの例

各宇宙線を統一した強度スケールで観測することが可能になった場合、観測データのある一瞬を切り取ると、図2.1のようなエネルギー分布が得られると考える。重要なのは、全ての宇宙線を一つの強度軸

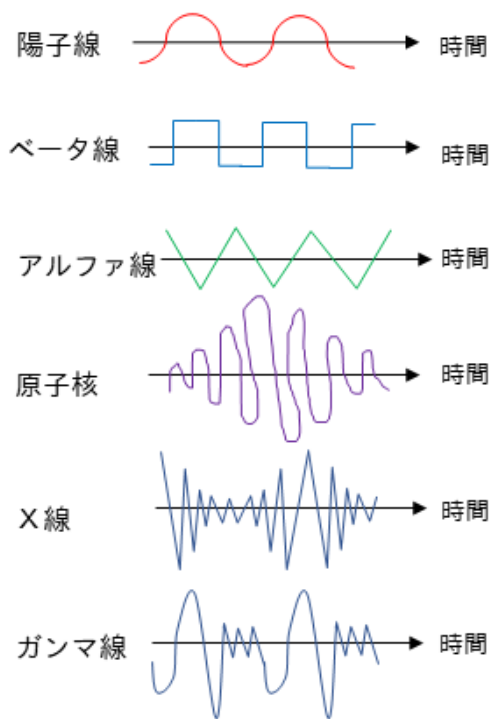


図2.2 宇宙線に割り当てる波形の例

で捉えている点にある。時間的に連続して観測すると、スペクトルの曲線が動いて見えるはずである。観測される強度の範囲の最小値が観測によって分かったとする。その最小値の少し下に音圧レベルの基準を設ける。強度単位を仮に \$ とするとき 1 \$ を 1dB に対応させる。

振動数については、人間の可聴域は 20Hz~20,000Hz であることを留意し、観測される波長の最大と最小がこの範囲に収まるような倍率を定義し比例計算する。

各宇宙線の種類を示す波形は、図 2.2 のように特徴的なものを用意しておく。図はその一例である。プログラムの出力時に、宇宙線の種類に対応した波形の音波を出せるようにプログラムを組む。

### 3° 音声ファイルの作成について

衛星の観測機器から取得したデータを地上局で音声加工するさらに具体的な方法について検討する。Python で記述したコードを示す。

```
import numpy as np
from matplotlib import pyplot as plt
import librosa
import wave
import struct
A=1#振幅
fs=44100#sampling frequency
f0=740#basic frequency
sec=10#sec
print("Hello, Python",A,fs,f0,sec)
#sin 波
#-----
def create_wave(A,f0,fs,t):#A:振幅,f0:基本周波数,fs:サンプリング周波数,再生時間[s]
    #n ポイント
    #-----
    point = np.arange(0,fs*t)
    sin_wave =A* np.sin(2*np.pi*f0*point/fs)
```

```

sin_wave = [int(x * 32767.0) for x in sin_wave]#16bit 符号付き整数に変換
#バイナリ化
binwave = struct.pack("h" * len(sin_wave), *sin_wave)
#サイン波を wav ファイルとして書き出し
w = wave.Wave_write("440Hz(4).wav")
p = (1, 2, fs, len(binwave), 'NONE', 'not compressed')#(チャンネル数(1:モノラル,2:ステレオ)、サンプルサイズ(バイト)、サンプリング周波数、フレーム数、圧縮形式(今のところ NONE のみ))
w.setparams(p)
w.writeframes(binwave)
w.close()
create_wave(A, f0, fs, sec)

```

このコードのアルゴリズムをもとに、時間的に連続して観測した、各宇宙線及び各エネルギー帯での時刻と強度のデータを音声データに変換できると考える。

上記のプログラムに加えて検討が必要な点は、

- ・ 振動数の変換倍率をどうするか、どのタイミングで変換を施すか  
これは、実際に統一した尺度でのエネルギースペクトルデータが得られ次第決定される。
- ・ 宇宙線ごとの波形の違い  
これは、それぞれの宇宙線に対して与えられた波形をフーリエ級数で書かれる関数で与え、宇宙線の種類に合わせて関数形を別々に出力することで実現できると考える。具体的には、sin\_wave に代入する関数の形を変化させる。
- ・ 音圧レベルをどのように振幅に反映させるのか

以上 3 ページ