

特集

人工衛星電波受信実験のための

Arduino と Processing を使った方位・仰角計の製作

増田光希、内山秀樹（静岡大学）

1. はじめに

人工衛星電波受信実験は人工衛星の速さを実感し、遠心力と万有引力の物理を学べる教材である。この実験を定量的に扱うためには人工衛星の天球上での位置を記録する必要がある。そこで、Arduino と Processing を使い、人工衛星の動きを記録するための方位・仰角計の製作を我々は行っている。

2. 方位・仰角計の製作

アンテナの向いている方位と仰角を知るためには、アンテナに対しての地磁気と重力加速度の向きを測定する必要がある。今回は、Arduino に取り付けられたセンサで地磁気と加速度を測定し、それを Processing で方位と仰角に計算して、パソコンに画面に表示と、ファイルへの保存を行う。

2.1 Arduino

Arduino とはマイコンボードの一種である [1]。価格は正規品で三千円弱と安価である。プログラムを書く環境をインターネット上から無料で入手可能であり、USB でパソコンにつなぐだけですぐに使える。また、デジタル・アナログ入出力を持ち、その利用が簡単である。よって、多様なセンサの読み出しやモーター等の制御が、初心者でも簡単に行なえ、教育用途にも適している。

今回は、慣性計測ユニット (IMU) を接続した Arduino をアンテナに取り付け、重力加速度と地磁気を測定した。Adafruit 社の 10-DOF IMU の 3 軸磁気センサと 3 軸加速度

センサと、その Arduino 用ライブラリ ArduSat SDK を利用した [2]。このライブラリを使ったプログラムにより、Arduino で IMU から磁気と加速度のデータを読み取り、USB シリアル通信でパソコンに送った。

2.2 Processing

Processing とは主にデジタルアート用に開発されたプログラミング言語である [3]。無料の開発環境がインターネットでダウンロードできる。USB シリアル通信の利用が容易なことから Arduino との連携が簡単に行える。

今回は、この Processing で、Arduino からパソコンに送られた磁気と加速度のデータを方位と仰角に計算して、画面に表示し、ファイルに保存した。

3. 人工衛星電波受信実験

仰角計が完成したので、アンテナに取り付け、実際に衛星電波を受信しつつ、その仰角変化を測定した。観測日時は 2017 年 4 月 27 日 15 時 7 分からの約 13 分間である。観測した人工衛星は、イスタンブール工科大学製作の超小型衛星 ITUpSAT-1 であり、高度約 710 km で地球を周回している。

図 1 が製作した仰角計で測定した、アンテナ仰角の時間変化である。実際に衛星電波を受信できた時間を、観測した順番に①～③として示している。この測定結果と物理学を関連づけて定量的に扱うために、それぞれの時間での角速度を求めた。具体的には時間①～③それぞれでの変化を 1 次関数で近似し、そ

の傾きを求めた。結果、それぞれの時間での角速度の測定値は① 0.11 deg/s、② -0.46 deg/s、③ -0.16 deg/s となった (表 1)。

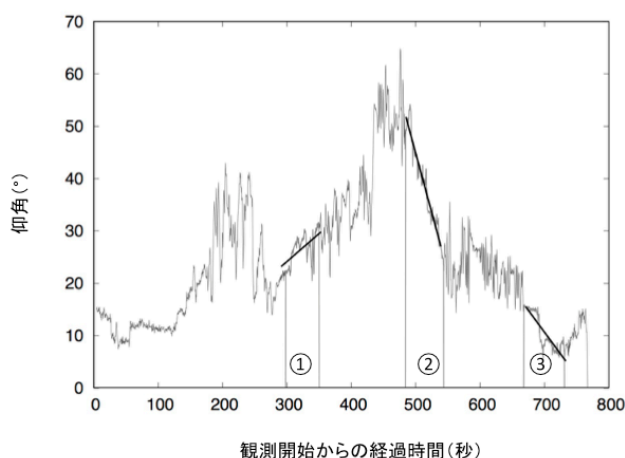


図 1 測定したアンテナ仰角の時間変化

①～③が衛星電波を受信できた時間を表す。直線は衛星の角速度を計算するために近似した 1 次関数を表す。

表 1 衛星の角速度の測定値と理論値

	測定値	理論値
地平線付近	① 0.11 deg/s	①' 0.14 deg/s
	③ -0.16 deg/s	
天頂付近	② -0.46 deg/s	②' 0.60 deg/s

上記の測定結果と比較するために、高校物理の内容から、理論的に衛星の角速度を計算する。遠心力と万有引力の釣り合いから、高度 710 km の ITUpSAT-1 の速さは秒速 7.5 km と求めた。人工衛星と観測者の距離は、人工衛星が地平線付近では約 3100 km (三平方の定理で計算できる) であり、天頂付近では距離約 710 km である。ここから、地平線付近①'と天頂付近②'の角速度を計算すると、①' 0.14 deg/s、②' 0.60 deg/s となった(表 1)。

測定値は、高校物理で計算した理論値と比べると、誤差の検討は今後必要であるが、妥当な値になっていることが分かった (表 1)。

4. まとめと今後

このように人工衛星電波受信実験に方位・仰角計を用いることで、人工衛星の動きを定量的に知ることができた。測定した実際の人工衛星の動きを、高校の物理で学習する内容でも計算できると知ることは、学習の動機づけになるのではと考える。

今回の内容を報告した、天文教育普及研究会中部支部 天文教育研究集会までには、仰角計の製作までしかできなかった。今後は、方位も計算・記録できる様にしたい。また、教材として使用しやすい様に、パソコンの表示画面等のユーザーインターフェースを改良していきたい。

文 献

[1] Arduino 公式サイト

<https://www.arduino.cc/>

[2] Github / ArduSat SDK

<https://github.com/ArduSat/ArduSatSDK>

[3] Processing 公式サイト

<https://processing.org/>