

## 第12回 バイナリデータを用いた演算

### 目標

- ・ バイナリデータの解析を学ぶ

### 0. 準備

今日の作業をするディレクトリを作成し、移動いなさい。

```
% mkdir 20151224
```

```
% cd 20151224
```

### 1. バイナリデータを用いた演算

今回は以下の月探査データを使用する。

- 1) 月面の鉄量 (FeO 量) マップデータ [Otake et al. 2012]

■ファイル名 : FeO\_720x360.raw

画像サイズ : 720 (横) x 360 (縦) x 1 (バンド数)

バイト数 : 2 (16 bit)

ヘッダーサイズ : 0

バイト順序 : intel

[http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~morota/FeO\\_720x360.raw](http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~morota/FeO_720x360.raw)

- 2) 月面のチタン量 (TiO<sub>2</sub>量) マップデータ [Otake et al. 2012]

■ファイル名 : TiO2\_720x360.raw

画像サイズ : 720 (横) x 360 (縦) x 1 (バンド数)

バイト数 : 2 (16 bit)

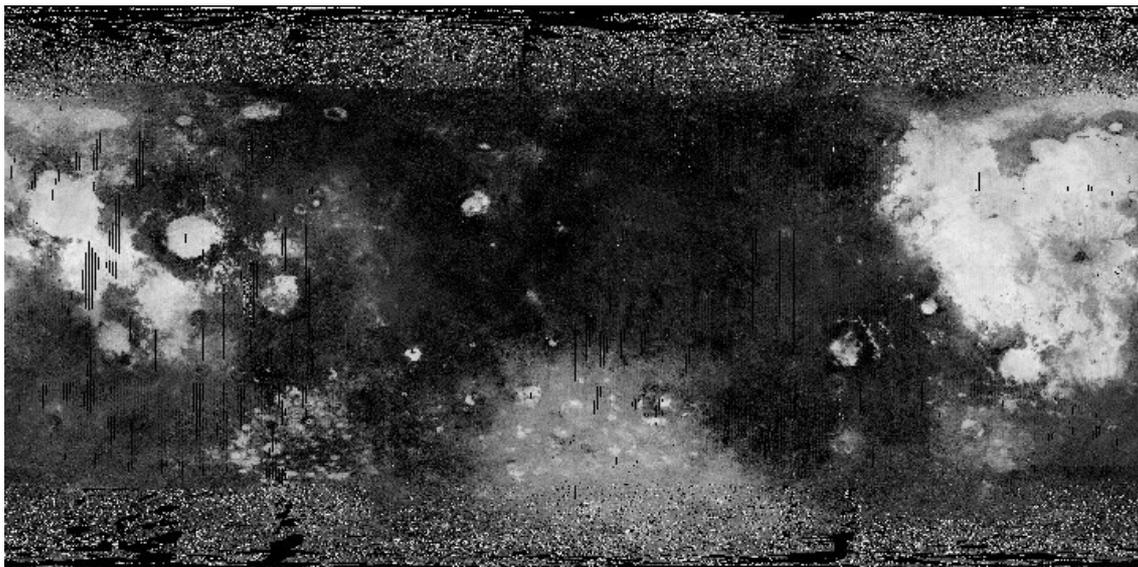
ヘッダーサイズ : 0

バイト順序 : intel

[http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~morota/TiO2\\_720x360.raw](http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~morota/TiO2_720x360.raw)

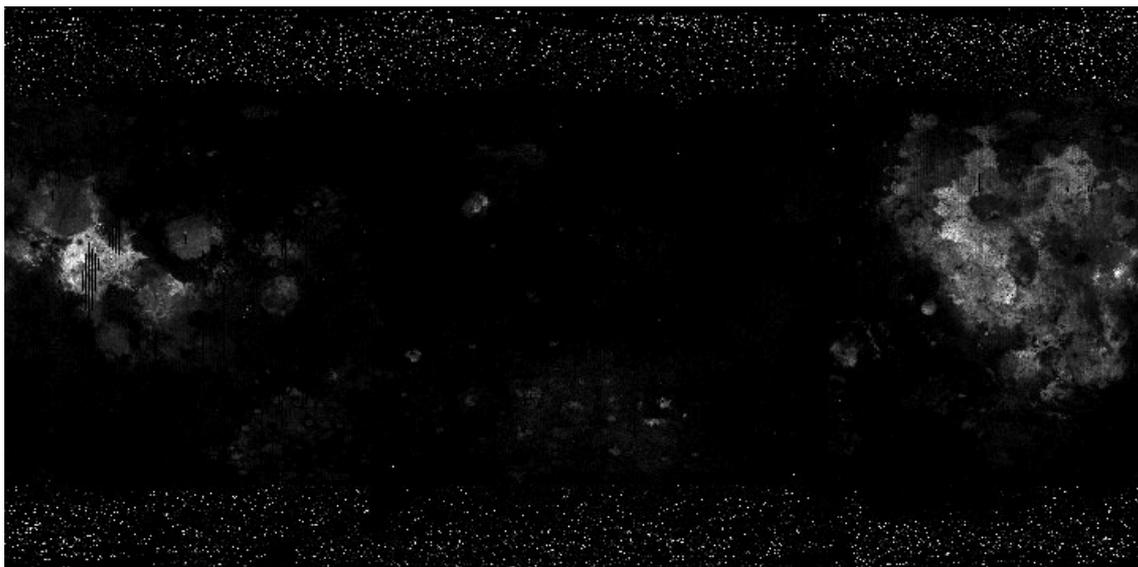
これらは、緯度方向は-89.75度を始点として0.5度おき(180度÷360ピクセル=0.5度/ピクセル)に89.75度まで、経度方向には0.25度から0.5度おき(360度÷720ピクセル=0.5度/ピクセル)に359.75度までのデータとなっている。

それぞれの値の単位は [wt%] であり、ファイルにはその100倍の値が格納されている。また、データの欠落領域には0の値が入っている。



■月面の鉄量 (FeO 量) マップデータ (FeO\_720x360.raw)

「かぐや」衛星に搭載された多バンドカメラのデータから算出された鉄量のマップ。白い領域が鉄量が高く、黒い領域が鉄量が低い。



■月面のチタン量 (TiO<sub>2</sub> 量) マップデータ (TiO2\_720x360.raw)

「かぐや」衛星に搭載された多バンドカメラのデータから算出されたチタン量のマップ。白い領域がチタン量が高く、黒い領域がチタン量が低い。

下記に鉄量とチタン量の赤道のプロファイルをテキストデータとして出力するプログラムを以下に示す。

```
!   program01
      implicit none
      integer size1,hdr_size,line,sample,poi1,p,q
      integer*2 FeO(360,720),TiO2(360,720)
      real*8 long,dlong,FeO_equ,TiO2_equ

      hdr_size=0           !*** ヘッダーサイズ
      sample=720          !*** 画像の横サイズ
      line=360            !*** 画像の縦サイズ
      size1=2             !*** データバイト数
      dlong=0.5D0         !*** 経度のデータ間隔 [deg]

      open(10,file='./FeO_720x360.raw', &
           form='unformatted',access='direct',recl=size1)
      open(20,file='./TiO2_720x360.raw', &
           form='unformatted',access='direct',recl=size1)
      open(1,file='FeO_profile01.dat')
      open(2,file='TiO2_profile01.dat')

      poi1=hdr_size+1     !*** データ部の頭を初期詠込位置に設定
      do p=1,line
        do q=1,sample
          read(10,rec=poi1) FeO(p,q) !*** データの読み込み
          read(20,rec=poi1) TiO2(p,q) !*** データの読み込み
          poi1=poi1+1
        enddo
      enddo

      long=0.25D0
      do q=1,sample
!         緯度-0.25 度と 0.25 度の値の平均を赤道の値とする.
!         ファイルに格納されている値は 100 倍されているので 0.01 倍する
          FeO_equ=dble((FeO(180,q)+FeO(181,q)))/2.D0*0.01D0
          TiO2_equ=dble((TiO2(180,q)+TiO2(181,q)))/2.D0*0.01D0
          write(1,*) long,FeO_equ
          write(2,*) long,TiO2_equ
          long=long+dlong
        enddo

      end
```

上記のプログラムは以下よりダウンロード可能.

<http://www.eps.nagoya-u.ac.jp/~morota/20151224/program01.html>

### 練習問題 1

上記のプログラムの出力結果を gnuplot でグラフにせよ. 前回使用した全球マップデータと比較して, 月の海と高地ではどちらが鉄量, チタン量が高いか調べよ.

月の表面を構成している鉱物は主に斜長石 (密度 $\sim 2700 \text{ kg/m}^3$ ), 輝石 ( $\sim 3300 \text{ kg/m}^3$ ), かんらん石 ( $\sim 3300 \text{ kg/m}^3$ ), チタン鉄鉱 ( $\sim 4700 \text{ kg/m}^3$ ) である. FeO は主に, 輝石, かんらん石, チタン鉄鉱に,  $\text{TiO}_2$  は主にチタン鉄鉱に多く含まれており, それらの鉱物は相対的に密度が高い. このことから, 月の岩石の密度と FeO 量,  $\text{TiO}_2$  量の間には関係性が見出せるように思われる. ここでは第 10 回の追加宿題で算出した下記の関係式を用いて, 月面の密度を求めてみる.

$$\rho \text{ [kg/m}^3\text{]} = 2772.6 + 29.3 \text{ FeO [wt\%]} + 5.85 \text{ TiO}_2 \text{ [wt\%]} \quad (1)$$

### 練習問題 2

上記の関係式を用いて, 鉄量 (FeO 量) マップデータ, チタン量 ( $\text{TiO}_2$  量) マップデータから月面密度マップを算出し, 2 バイト整数のバイナリデータとして出力せよ. 赤道の密度プロファイルをファイルに出力し, 前回使用した全球マップデータと比較して, 月の海と高地の岩石でどの程度の値になっているか調べよ.

出力結果を下記の Imagemagick のコマンドを使用して, RAW ファイルから JPEG ファイルへの変換し, 密度の分布がどのようになっているか調べよ.

鉄量, チタン量のファイル内のデータは **100 倍された値**であることに注意.

```
convert -depth 16 -size 720x360 -auto-level gray:(RAW ファイル名) (JPEG ファイル名)
```

## 2. 相関関係

2 変量の関係の強さを表わす指標として相関係数が使われる. 相関係数は以下のように与えられる.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (2)$$

これは  $x$  と  $y$  の共分散を  $x$  と  $y$  のそれぞれの標準偏差で割ったものである。または  $n$  次元における2つのベクトル  $\mathbf{x} = (x_1 - \bar{x}, x_2 - \bar{x}, \dots, x_n - \bar{x})$ ,  $\mathbf{y} = (y_1 - \bar{y}, y_2 - \bar{y}, \dots, y_n - \bar{y})$  のなす角の余弦である。

相関係数は1から-1の値をとり、一般的には相関係数の絶対値が0.7より大きいと高い相関、0.4~0.7は相関があるとされる。しかし実際に有意であるか否かはデータ数によっても異なる。そのため、得られた相関係数からデータ間に相関があるか否かの判断をする際には無相関検定を行う必要がある。無相関検定とは、母集団の相関係数が0（無相関）であると仮定したとき、観測データの相関係数が起こりえる確率から仮定の妥当性を評価する検定法である。

有意水準ごと（10%、5%、2%、1%）のデータ数と相関係数の関係は滋賀大学の中川雅央氏のHPなどを参照。

<http://www.biwako.shiga-u.ac.jp/sensei/mnaka/ut/rtable.html>

例えば、10個の2変数の観測データの相関係数が0.7であったとき、5%の有意水準での相関係数は表より0.63であることから、相関関係は95%の確率で有意であると言える。

天体衝突によって天体の表面にクレータがつくられる際には、その領域の物質は掘削され、地殻が薄くなり、深部物質が露出する。このことから、もし天体の地殻厚の分布が天体衝突による掘削だけでつくられているとすると、地殻の薄い地域の表面ほど、より深部に起源をもつ物質が露出していると考えられる。つまり、地殻の厚さと表面の密度の関係を調べることで、地殻内の深さ方向の密度分布が推定可能である。

### 練習問題3

密度マップと先週使用した地殻厚マップを用いて、月の裏側（経度90度~270度）の地殻厚と密度の相関係数を調べよ。両者の間には有意な相関関係はあるだろうか。

鉄量、チタン量マップでデータ欠損領域であったピクセルには、密度マップで2772または2773 [kg/m<sup>3</sup>] の値が入っている。このピクセルは計算に入れないこと。

### 3. 宿題

練習問題3の答えと考察、プログラムを下記アドレスに送ること.

宿題の提出先: 城野 (sirono@eps.nagoya-u.ac.jp)  
諸田 (morota@eps.nagoya-u.ac.jp)  
加藤 (katou.shinsuke@h.mbox.nagoya-u.ac.jp)

宿題のしめきり: 1月12日(火曜日)

### 4. ログアウト

作業が終了したら必ずログアウトすること.

・ログアウト

「マーク」=>「…をログアウト」

### 5. 追加の宿題

次の問題の答えとプログラムを送ること.

宿題のしめきり: 1月12日(火曜日)

月の表側の地殻厚  $CT$  と密度  $\rho$  に最小二乗法で下記の一次式をフィッティングすることを考える.  $a$  と  $b$  を求めよ.

$$\rho = a CT + b \quad (3)$$