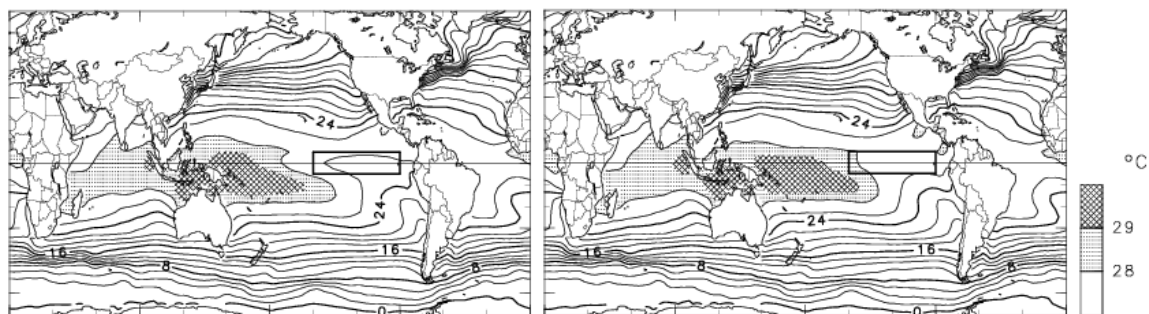


第9週： 相関性の解析

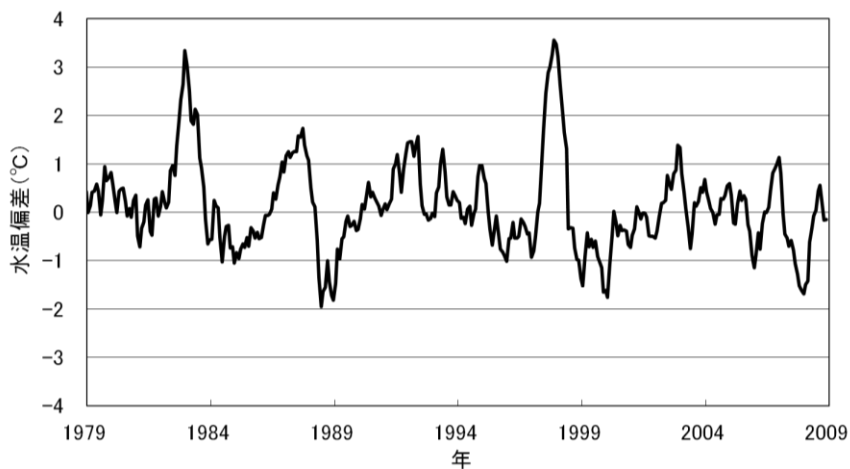
1. はじめに

エルニーニョ現象は、数年に一度程度の頻度で、東部赤道太平洋の海面水温が平年よりも高くなる現象である。また、逆の現象をラニーニャ現象という。下の図を見ると、通常は、赤道太平洋の西部では海面水温が高く、東部で海面水温が低いことがわかる。これは、貿易風という東風によって温かい表面付近の海水が西に吹き寄せられ、東岸のペルー沖では冷たい水が湧き上がっているからである。エルニーニョ現象が発生すると、貿易風が弱くなり、暖水域は東に移動する。このため、下の図で四角形の枠で示したエルニーニョ監視海域の海面水温は上昇する。



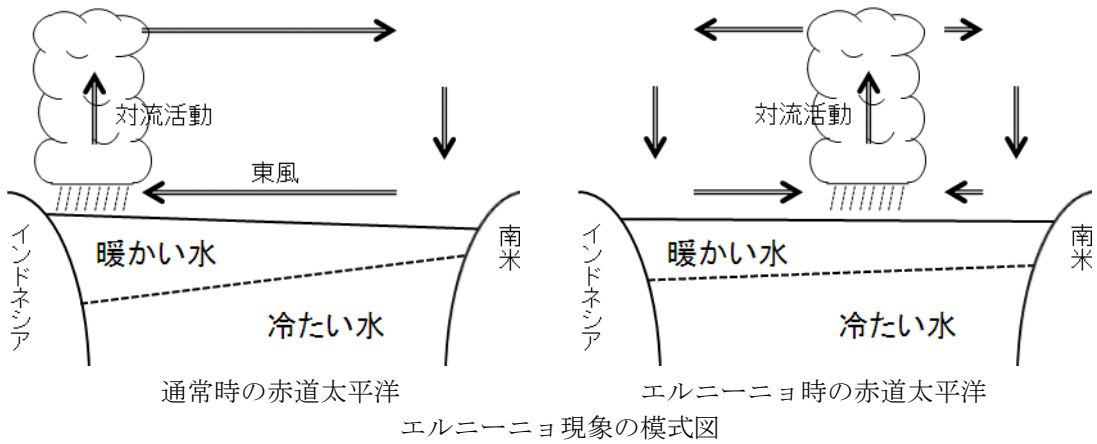
(NOAA のデータより作成)

1月の海面水温（左は平年値、右はエルニーニョ年、枠は監視海域）

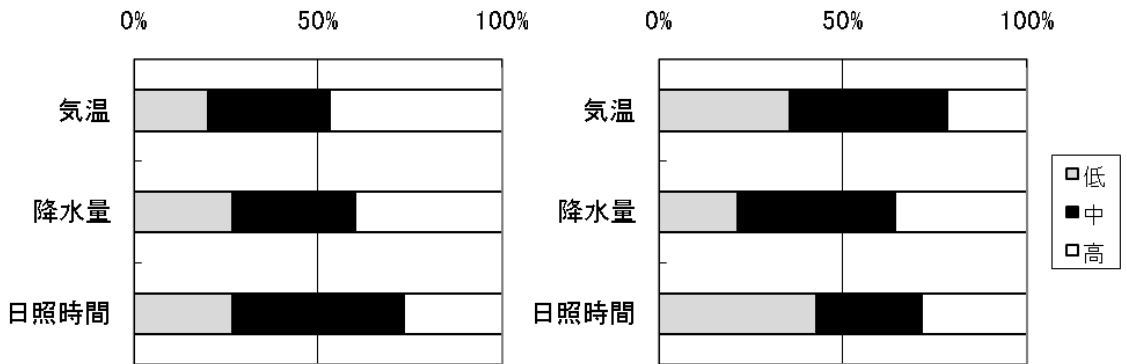


(気象庁のデータより作成)

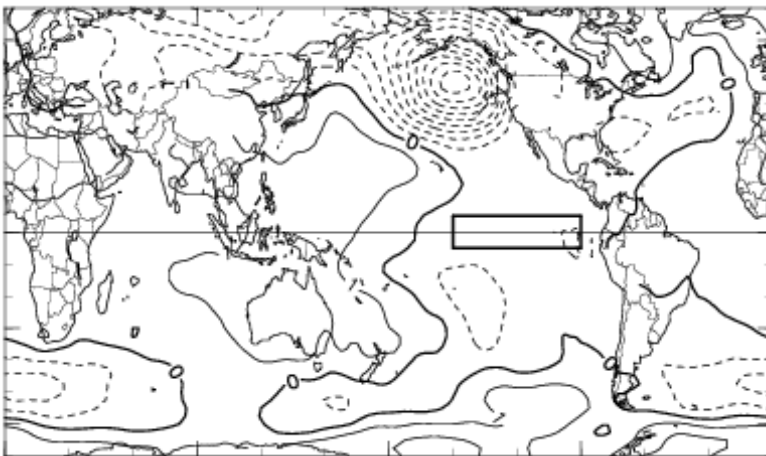
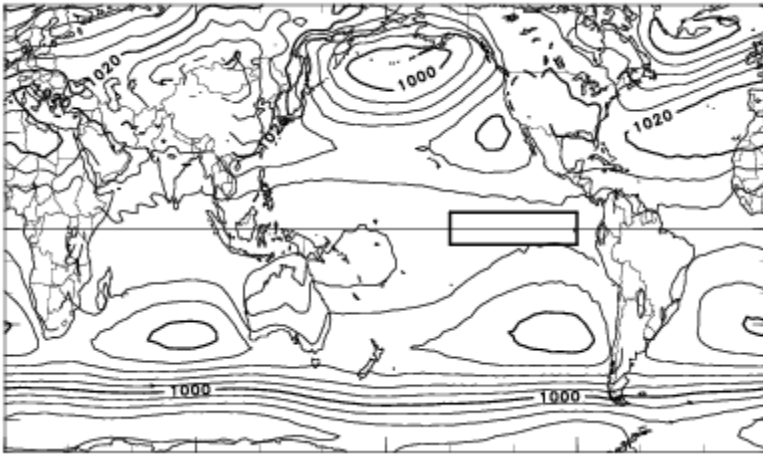
エルニーニョ監視海域の水温偏差（平年値からのずれ）



エルニーニョ現象は赤道太平洋での大気海洋結合系の変動であるが、熱帯域の積雲対流などの変動を通して、中緯度域の天候にも影響を与える。たとえば、エルニーニョ現象が発生すると、日本は暖冬や冷夏になりやすいと言われることがある。



(気象庁のデータより作成)
 エルニーニョ年の東京の気温、降水量、日照時間
 (左は1月、右は8月)



(NCEP/NCAR の客観解析データより作成)

1月の海面気圧

(上は平年値、下はエルニーニョ年と平年との差)

本実験では、気象庁による観測データを用いて、エルニーニョ現象が日本の天候に与える影響を調べる。エルニーニョ監視海域の月平均水温と、東京の月平均気温、月降水量、月日照時間のデータが、テキスト形式の電子ファイルで与えられている。

☞ 高等学校の地学でエルニーニョ現象を取り上げる。日本の天候に与える影響にも言及する。

データ解析は自分でプログラムを書いて行なうこと。表計算ソフトを用いてはいけない。

グラフや散布図は紙に印刷し、課題(4)と(8)はレポート用紙等を書いて提出しなさい(手書きでもワープロでもよい)。適切なタイトルと学生番号、氏名を記載した表紙をつけ、ホッチキスでとじて提出すること。サイズはA4とする。

2. 用意するもの

筆記用具、レポート用紙、ノートパソコン

3. データファイル

使用するデータファイルは以下の4個である。

1. nino3.txt エルニーニョ監視海域 (N i n o. 3) (北緯5度～南緯5度、西経90～150度) の水温データ
2. t662.txt 東京の気温データ
3. r662.txt 東京の降水量データ
4. s662.txt 東京の日照時間データ

単位は℃、mm、時間である。

4. 課題

【時系列データの概観】

(1) エルニーニョ監視海域の月平均海面水温 (sea surface temperature; SST) の時系列 (1949～2008年) をグラフに示しなさい。

ヒント：たとえば次のようにデータを整理してからグラフを作成するとよい。

1949.042	25.0
1949.125	26.3
1949.208	26.8
1949.292	27.6
1949.375	27.3
1949.458	25.2

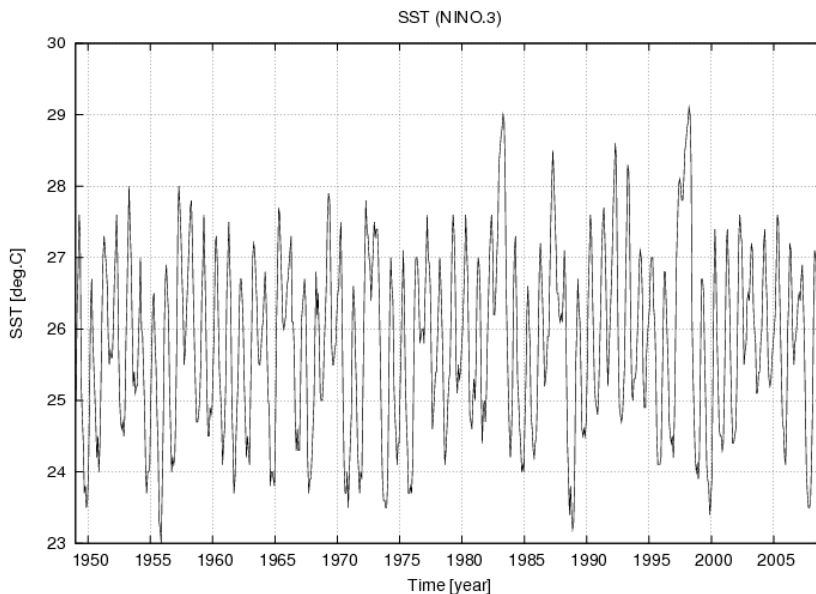


図1 エルニーニョ監視海域の月平均海面水温

【偏差の計算】

(2) エルニーニョ監視海域の月平均海面水温の基準値との差(偏差(anomaly))を計算しなさい。ここでは海面水温の基準値を、その年の前年までの30年間の各月の平均値と定義する。たとえば、1979年1月における基準値は、1949年から1978年の1月の海面水温の平均値である。1979年1月から2008年12月までの結果をグラフで示しなさい。

【移動平均の計算】

(3) 課題(2)で計算した海面水温偏差の5か月移動平均値(running mean)を求めなさい。5か月移動平均とは、その月の2か月前から2か月後までの5か月間の平均である。1979年3月から2008年10月までの結果をグラフで示しなさい。

※課題(2)と(3)の結果は、別々のグラフに示すのではなく、1枚のグラフに重ねて示しなさい。どの線がどのデータを指しているか明確になるように、必要に応じて線の色や種類を変え、凡例をつけること。

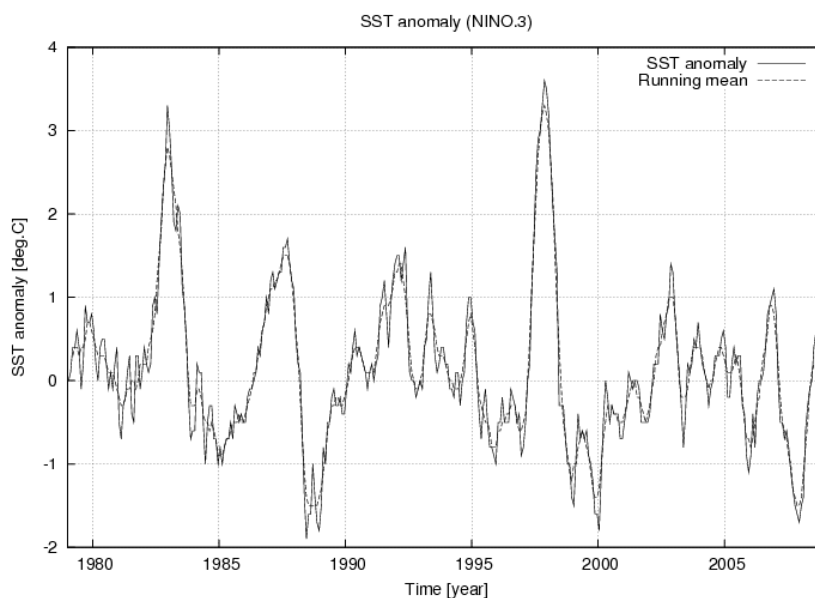


図2 エルニーニョ監視海域の月平均海面水温偏差
実線は月平均海面水温偏差、破線は5か月移動平均。

(4) 課題(3)で計算した海面水温偏差の5か月移動平均が6か月以上連続して+0.5℃以上であったとき、+0.5℃以上であった期間をエルニーニョ現象の期間と定義する。この定義に従い、エルニーニョ現象の期間を○年○月～○年○月というような形ですべて指摘しなさい。自分でプログラムを書いて自動的に期間を抽出してもよいし、(3)で得られたデータファイルを見て抽出してもよい。

(5) 東京の8月の月平均気温(air temperature)の時系列(1876～2013年の全期間にわたる年々変動)をグラフに示しなさい。

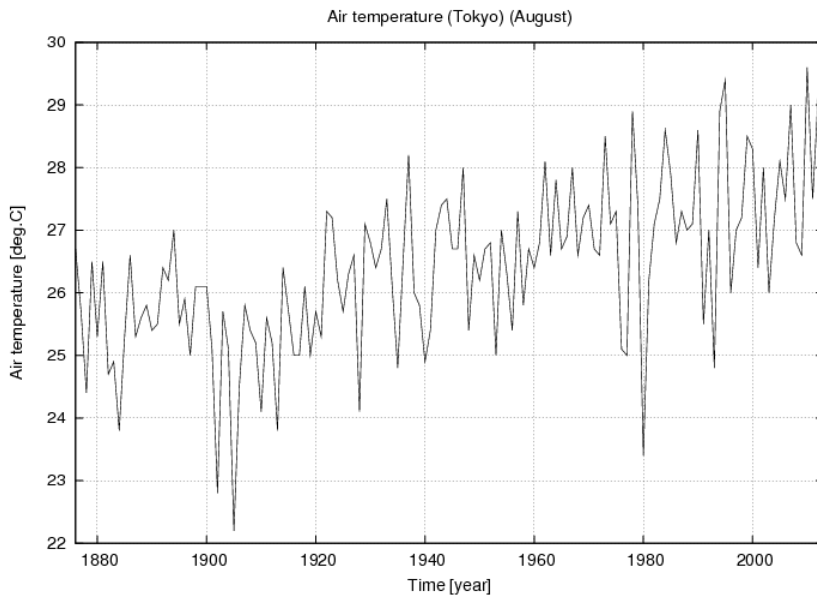


図3 東京の8月の月平均気温

【相関性の解析】

(6) 課題(3)で計算した海面水温偏差の5か月移動平均(8月における値)と、東京の8月の月平均気温との間の関係を散布図に示しなさい(横軸を水温偏差、縦軸を気温とする)。また、相関係数(correlation coefficient)を求めなさい(有効数字は小数点第3位まで)。相関係数は図中に適切に書き入れること(手書きでもよい)。解析期間は1979~2008年とする。

ヒント:たとえば次のようにデータを整理してからグラフを作成するとよい。

0.4	27.4
0.1	23.4
0.0	26.2
1.5	27.1
0.9	27.5
-0.6	28.6

相関係数に関しては、下記の解説を参考にしてよい。

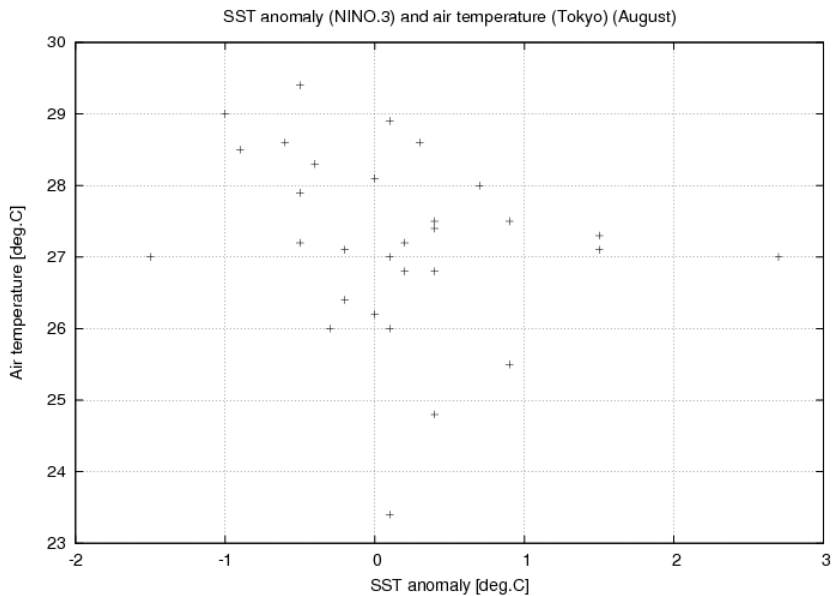


図4 8月におけるエルニーニョ監視海域の月平均海面水温偏差と東京の月平均気温との関係

(7) 課題(6)と同様の解析を、月平均気温の代わりに、月降水量 (precipitation) と月日照時間 (sunshine duration) についても行ないなさい。データの開始年に注意すること。

(8) 以上の結果に基づいて、エルニーニョ期間中の夏季の天候の傾向について考察しなさい。

相関係数とは

相関係数はふたつの確率変数の関係性を定量的に表す統計学的な指標である。相関係数は-1から+1までの値をとる。相関係数が正であるということは、一方の確率変数が大きくなるほど、もう一方の確率変数も大きくなる傾向があることを示している。負の場合はこの逆であり、ゼロの場合は相関がないということになる。2組の数値からなるデータ列 $(x_i, y_i)(i=1, 2, \dots, n)$ における x と y の相関係数 r は、

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

で定義される。ただし、

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \quad \bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}$$

である。

課題の解答は、学生番号と氏名の記入を確認のうえ、次回の実験の開始時まで提出してください。

プログラムの例：

【時系列データの概観】

[FORTRAN]

```
C 配列の大きさ： immax は 1 年の月数 (=12)、  
C      期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。  
      PARAMETER (IMX=12, IY1=1949, IY2=2008)  
  
C 配列(入力データ)の宣言：  
C      SST (IMX*(IY2-IY1+1))： 海面水温 [°C]。  
      REAL SST (IMX*(IY2-IY1+1))  
  
C データを読みこむ。  
  
C ファイルを開く。  
C 機番は 10 以降の番号を指定する。  
C STATUS は読みこみの場合は 'OLD' を指定する。  
C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。  
      OPEN(10, FILE=' nino3. txt', STATUS=' OLD',  
      +     FORM=' FORMATTED')  
  
C ここからデータを読みこむための DO ループが始まる。  
C データの個数 (=IMX*(IY2-IY1+1)) だけ反復する。  
      DO 11 IY=IY1, IY2  
  
C READ 文でデータを読みこむ。  
C 機番 10 を指定する。*は書式を指定しないことを示す。  
C データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が  
C 書かれている。  
      READ(10, *) IYY, (SST (IMX*(IY-IY1)+IM), IM=1, IMX)  
  
C ここで DO ループ 11 が終了する。  
11  CONTINUE  
  
C ファイルを閉じる。  
      CLOSE(10)  
  
C データを書き出す。  
  
C 出力ファイルを開く。  
C 機番は 10 以降の番号を指定する。  
C STATUS は書き出しの場合は 'UNKNOWN' を指定する。  
C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。  
      OPEN(10, FILE=' sst. txt', STATUS=' UNKNOWN',  
      +     FORM=' FORMATTED')  
  
C ここからデータを書き出すための DO ループ 21 と 22 が始まる。
```


C データの個数(=IMX*(IY2-IY1+1))だけ反復する。
 DO 21 IY=IY1, IY2
 DO 22 IM=1, IMX

C 経過時間を年単位で計算する。
 $TIME = REAL(IY) + (REAL(IM) - 0.5) / REAL(IMX)$

C SST(I)の値を機番 10 で指定されたファイルに書き出す。
 C 書式は'(1X, F8. 3, 1X, F5. 1)'を指定する。
 C '1X'は1文字の空白、
 C 'F5. 1'は全体が5ケタで小数点以下が1ケタの実数という意味である。
 $WRITE(10, '(1X, F8. 3, 1X, F5. 1)') TIME, SST(IMX*(IY-IY1)+IM)$

C ここで DO ループ 21 と 22 が終了する。
 22 CONTINUE
 21 CONTINUE

C ファイルを閉じる。
 CLOSE(10)

STOP
 END

[C]

```
#include <stdio.h>

int main( void )
{
/* 配列の大きさ: immax は 1 年の月数 (=12)、
   期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。 */
   int immax=12, iy1=1949, iy2=2008;

/* 配列(入力データ)の宣言:
   sst [immax*(iy2-iy1+1)]: 海面水温 [°C]。 */
   float sst[immax*(iy2-iy1+1)];

   int im, iy, iyy;
   float month, year, time;

/* ファイルポインタ fp を宣言する。 */
   FILE *fp;

/* データを読みこむ。 */

/* ファイルを開く。
   モードは"r"(テキストファイルの読みこみ)を指定する。 */
   fp = fopen( "nino3.txt", "r" );

/* ここからデータを読みこむための for ループが始まる。
   データの個数 (=immax*(iy2-iy1+1)) だけ反復する。 */
   for (iy=iy1; iy<=iy2; iy++)
   {

/* 関数 fscanf でデータを読みこむ。
   ファイルポインタ fp を指定する。
   書式は"%d %f ... %f"(整数 1 個、浮動小数点 12 個)を指定する。
   データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が
   書かれている。
   関数から変数の値を返すときは、変数の値そのもの(たとえば iyy)ではなく、
   その変数へのポインタ(たとえば&iyy)が返ってくることに注意。 */
   fscanf( fp, "%d %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f",
           &iyy,
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 0], &sst[immax*(iy-iy1)+ 1],
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 2], &sst[immax*(iy-iy1)+ 3],
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 4], &sst[immax*(iy-iy1)+ 5],
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 6], &sst[immax*(iy-iy1)+ 7],
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 8], &sst[immax*(iy-iy1)+ 9],
           &sst[immax*(iy-iy1)+10], &sst[immax*(iy-iy1)+11] );
```

```

/* ここで for ループが終了する。 */
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

/* データを書き出す。 */

/* ファイルを開く。
   モードは"w"(テキストファイルへの書き出し)を指定する。 */
fp = fopen( "sst.txt", "w" );

/* ここからデータを書き出すための for ループが始まる。
   データの個数(=imax*(iy2-iy1+1))だけ反復する。 */
for (iy=iy1; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=imax; im++)
    {

/* 経過時間を年単位で計算する。 */
        year = iy;
        month = im;
        time = year + (month-0.5) / imax;

/* sst[i]の値をファイルポインタ fp で指定されたファイルに書き出す。
   書式は"%8.3f %5.1f"を指定する。
   "%5.1f"は全体が5ケタで小数点以下が1ケタの浮動小数点という意味である。 */
        fprintf( fp, "%8.3f %5.1f\n", time, sst[imax*(iy-iy1)+im-1] );

/* ここで for ループが終了する。 */
    }
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

return 0;
}

```

[gnuplot]

```
set style data lines
set title 'SST (NINO.3)'
set xlabel 'Time [year]'
set ylabel 'SST [deg. C]'
set xrange [1949:2009]
set yrange [23:30]
set xtics 5
set grid
plot 'sst.txt' title ''
```

タイトルをなしにすれば凡例は表示されない

【偏差の計算】

[FORTRAN]

```
C 配列の大きさ: immax は 1 年の月数 (=12)、  
C                期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。  
C                偏差の解析期間は iy11 年 (=1979 年) から iy2 年 (=2008 年) である。  
C                PARAMETER (IMX=12, IY1=1949, IY2=2008, IY11=1979)  
  
C 配列(入力データ)の宣言:  
C    SST (IMX*(IY2-IY1+1)): 海面水温 [°C]。  
C    REAL SST (IMX*(IY2-IY1+1))  
  
C 配列(出力データ)の宣言:  
C    SSTA (IMX*(IY2-IY11+1)): 海面水温偏差 [°C]。  
C    REAL SSTA (IMX*(IY2-IY11+1))  
  
C データを読みこむ。  
  
C ファイルを開く。  
C 機番は 10 以降の番号を指定する。  
C STATUS は読みこみの場合は 'OLD' を指定する。  
C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。  
C    OPEN (10, FILE=' nino3. txt', STATUS=' OLD',  
C        +   FORM=' FORMATTED')  
  
C ここからデータを読みこむための DO ループが始まる。  
C データの個数 (=IMX*(IY2-IY1+1)) だけ反復する。  
C    DO 11 IY=IY1, IY2  
  
C READ 文でデータを読みこむ。  
C 機番 10 を指定する。*は書式を指定しないことを示す。  
C データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が  
C 書かれている。  
C    READ (10, *) IYY, (SST (IMX*(IY-IY1)+IM), IM=1, IMX)  
  
C ここで DO ループ 11 が終了する。  
C 11 CONTINUE  
  
C ファイルを閉じる。  
C    CLOSE (10)  
  
C 偏差を計算する。  
  
C ここから DO ループ 21 と 22 が始まる。  
C 各月について、海面水温の基準値との差を計算する。  
C    DO 21 IY=IY11, IY2  
C    DO 22 IM=1, IMX
```

C 和の値にゼロを代入する。

$$S = \boxed{?}$$

C ここから DO ループ 31 が始まる。

C 各月について、30 年前から 1 年前までの海面水温を合計する。

DO 31 IYY=IY-30, IY-1

$$S = \boxed{?}$$

C ここで DO ループ 31 が終了する。

31 CONTINUE

C 基準値との差を計算して SSTA に代入する。

$$SSTA(IMX*(IY-IY11)+IM) = \boxed{?}$$

C ここで DO ループ 21 と 22 が終了する。

22 CONTINUE

21 CONTINUE

C データを書き出す。

C 出力ファイルを開く。

C 機番は 10 以降の番号を指定する。

C STATUS は書き出しの場合は 'UNKNOWN' を指定する。

C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。

OPEN(10, FILE='sst_anom.txt', STATUS='UNKNOWN',
+ FORM='FORMATTED')

C ここからデータを書き出すための DO ループ 41 と 42 が始まる。

C データの個数 (=IMX*(IY2-IY11+1)) だけ反復する。

DO 41 IY=IY11, IY2

DO 42 IM=1, IMX

C 経過時間を年単位で計算する。

$$TIME = REAL(IY) + (REAL(IM) - 0.5) / REAL(IMX)$$

C SSTA(I) の値を機番 10 で指定されたファイルに書き出す。

C 書式は '(1X, F8.3, 1X, F5.1)' を指定する。

C '1X' は 1 文字の空白、

C 'F5.1' は全体が 5 ケタで小数点以下が 1 ケタの実数という意味である。

WRITE(10, '(1X, F8.3, 1X, F5.1)') TIME, SSTA(IMX*(IY-IY11)+IM)

C ここで DO ループ 41 と 42 が終了する。

42 CONTINUE

41 CONTINUE

G ファイルを閉じる。

CLOSE(10)

STOP

END

[C]

```
#include <stdio.h>

int main( void )
{
/* 配列の大きさ: immax は 1 年の月数 (=12)、
   期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。
   偏差の解析期間は iy11 年 (=1979 年) から iy2 年 (=2008 年) である。 */
  int immax=12, iy1=1949, iy2=2008, iy11=1979;

/* 配列(入力データ)の宣言:
   sst [immax*(iy2-iy1+1)]: 海面水温 [°C]。 */
  float sst[immax*(iy2-iy1+1)];

/* 配列(出力データ)の宣言:
   sst_anom [immax*(iy2-iy1+1)]: 海面水温偏差 [°C]。 */
  float sst_anom[immax*(iy2-iy1+1)];

  int im, iy, iyy;
  float month, year, time, sum;

/* ファイルポインタ fp を宣言する。 */
  FILE *fp;

/* データを読みこむ。 */

/* ファイルを開く。
   モードは"r"(テキストファイルの読みこみ)を指定する。 */
  fp = fopen( "nino3.txt", "r" );

/* ここからデータを読みこむための for ループが始まる。
   データの個数 (=immax*(iy2-iy1+1)) だけ反復する。 */
  for (iy=iy1; iy<=iy2; iy++)
  {

/* 関数 fscanf でデータを読みこむ。
   ファイルポインタ fp を指定する。
   書式は"%d %f %f ... %f"(整数 1 個、浮動小数点 12 個)を指定する。
   データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が
   書かれている。
   関数から変数の値を返すときは、変数の値そのもの(たとえば iyy)ではなく、
   その変数へのポインタ(たとえば&iyy)が返ってくることに注意。 */
   fscanf( fp, "%d %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f",
           &iyy,
           &sst[immax*(iy-iy1)+ 0], &sst[immax*(iy-iy1)+ 1],
```



```

        &sst[imax*(iy-iy1)+ 2], &sst[imax*(iy-iy1)+ 3],
        &sst[imax*(iy-iy1)+ 4], &sst[imax*(iy-iy1)+ 5],
        &sst[imax*(iy-iy1)+ 6], &sst[imax*(iy-iy1)+ 7],
        &sst[imax*(iy-iy1)+ 8], &sst[imax*(iy-iy1)+ 9],
        &sst[imax*(iy-iy1)+10], &sst[imax*(iy-iy1)+11] );

/* ここで for ループが終了する。 */
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

/* 偏差を計算する。 */

/* ここから for ループが始まる。
   各月について、海面水温の基準値との差を計算する。 */
for (iy=iy11; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=imax; im++)
    {

/* 和の値にゼロを代入する。 */
        sum = 

/* ここから for ループが始まる。
   各月について、30 年前から 1 年前までの海面水温を合計する。 */
        for (iyy=iy-30; iyy<=iy-1; iyy++)
        {

            sum = 

/* ここで for ループが終了する。 */
        }

/* 基準値との差を計算して sst_anom に代入する。 */
        sst_anom[imax*(iy-iy11)+im-1] =
            

/* ここで for ループが終了する。 */
    }
}

/* データを書き出す。 */

/* ファイルを開く。
   モードは"w"(テキストファイルへの書き出し)を指定する。 */

```

```

fp = fopen( "sst_anom.txt", "w" );

/* ここからデータを書き出すための for ループが始まる。
   データの個数(=imax*(iy2-iy11+1))だけ反復する。 */
for (iy=iy11; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=imax; im++)
    {

/* 経過時間を年単位で計算する。 */
        year = iy;
        month = im;
        time = year + (month-0.5) / imax;

/* sst_anom[i]の値をファイルポインタ fp で指定されたファイルに書き出す。
   書式は" %8.3f %5.1f"を指定する。
   "%5.1f"は全体が5ケタで小数点以下が1ケタの浮動小数点という意味である。 */
        fprintf( fp, " %8.3f %5.1f¥n",
                time, sst_anom[imax*(iy-iy11)+im-1] );

/* ここで for ループが終了する。 */
    }
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

return 0;
}

```

【移動平均の計算】

[FORTRAN]

```
C 配列の大きさ: immax は 1 年の月数 (=12)、
C              期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。
C              偏差の解析期間は iy11 年 (=1979 年) から iy2 年 (=2008 年) である。
C              PARAMETER (IMX=12, IY1=1949, IY2=2008, IY11=1979)

C 配列(入力データ)の宣言:
C      SST (IMX*(IY2-IY1+1)): 海面水温 [°C]。
C      REAL SST (IMX*(IY2-IY1+1))

C 配列(出力データ)の宣言:
C      SSTA (IMX*(IY2-IY11+1)): 海面水温偏差 [°C]。
C      SSTAR (IMX*(IY2-IY11+1)): 移動平均 [°C]。
C      REAL SSTA (IMX*(IY2-IY11+1)), SSTAR (IMX*(IY2-IY11+1))

C データを読みこむ。

C ファイルを開く。
C 機番は 10 以降の番号を指定する。
C STATUS は読みこみの場合は 'OLD' を指定する。
C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。
C      OPEN(10, FILE=' nino3. txt', STATUS=' OLD',
C      +     FORM=' FORMATTED')

C ここからデータを読みこむための DO ループが始まる。
C データの個数 (=IMX*(IY2-IY1+1)) だけ反復する。
C      DO 11 IY=IY1, IY2

C READ 文でデータを読みこむ。
C 機番 10 を指定する。*は書式を指定しないことを示す。
C データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が
C 書かれている。
C      READ(10, *) IYY, (SST (IMX*(IY-IY1)+IM), IM=1, IMX)

C ここで DO ループ 11 が終了する。
11  CONTINUE

C ファイルを閉じる。
C      CLOSE(10)

C 偏差を計算する。

C ここから DO ループ 21 と 22 が始まる。
C 各月について、海面水温の基準値との差を計算する。
C      DO 21 IY=IY11, IY2
```

DO 22 IM=1, IMX

C 和の値にゼロを代入する。

$$S = \boxed{?}$$

C ここから DO ループ 31 が始まる。

C 各月について、30 年前から 1 年前までの海面水温を合計する。

DO 31 IYY=IY-30, IY-1

$$S = \boxed{?}$$

C ここで DO ループ 31 が終了する。

31 CONTINUE

C 基準値との差を計算して SSTA に代入する。

$$SSTA(IMX*(IY-IY11)+IM) = \boxed{?}$$

C ここで DO ループ 21 と 22 が終了する。

22 CONTINUE

21 CONTINUE

C 移動平均を計算する。

C ここから DO ループ 41 と 42 が始まる。

C 各月について、海面水温の移動平均を計算する。

DO 41 IY=IY11, IY2

DO 42 IM=1, IMX

C 最初の 2 か月と最後の 2 か月は除外する。

$$I = IMX*(IY-IY11)+IM$$

IF ((I. GE. 3). AND. (I. LE. IMX*(IY2-IY11)+IMX-2)) THEN

C 和の値にゼロを代入する。

$$S = \boxed{?}$$

C ここから DO ループ 51 が始まる。

C 各月について、2 か月前から 2 か月後までの海面水温偏差を合計する。

DO 51 IMD=-2, 2

$$S = \boxed{?}$$

C ここで DO ループ 51 が終了する。

51 CONTINUE

C 移動平均を計算して SSTAR に代入する。

$$SSTAR(IMX*(IY-IY11)+IM) = \boxed{?}$$

C ここで ID 文が終了する。

ENDIF

C ここで DO ループ 41 と 42 が終了する。

42 CONTINUE

41 CONTINUE

C データを書き出す。

C 出力ファイルを開く。

C 機番は 10 以降の番号を指定する。

C STATUS は書き出しの場合は 'UNKNOWN' を指定する。

C FORM はテキストファイルの場合は 'FORMATTED' を指定する。

```
OPEN(10, FILE='sst_anom_rm.txt', STATUS='UNKNOWN',  
+ FORM='FORMATTED')
```

C ここからデータを書き出すための DO ループ 61 と 62 が始まる。

C データの個数 (=IMX*(IY2-IY11+1)) だけ反復する。

DO 61 IY=IY11, IY2

DO 62 IM=1, IMX

C 最初の 2 か月と最後の 2 か月は除外する。

I = IMX*(IY-IY11)+IM

IF ((I. GE. 3). AND. (I. LE. IMX*(IY2-IY11)+IMX-2)) THEN

C 経過時間を年単位で計算する。

TIME = REAL(IY) + (REAL(IM)-0.5) / REAL(IMX)

C SSTAR(I) の値を機番 10 で指定されたファイルに書き出す。

C 書式は '(1X, F8. 3, 1X, F5. 1)' を指定する。

C '1X' は 1 文字の空白、

C 'F5. 1' は全体が 5 ケタで小数点以下が 1 ケタの実数という意味である。

```
WRITE(10, '(1X, F8. 3, 1X, F5. 1)') TIME, SSTAR(IMX*(IY-IY11)+IM)
```

C ここで ID 文が終了する。

ENDIF

C ここで DO ループ 61 と 62 が終了する。

62 CONTINUE

61 CONTINUE

C ファイルを閉じる。

CLOSE(10)

STOP

END

[C]

```
#include <stdio.h>

int main( void )
{
/* 配列の大きさ: immax は 1 年の月数 (=12)、
   期間は iy1 年 (=1949 年) から iy2 年 (=2008 年) である。
   偏差の解析期間は iy11 年 (=1979 年) から iy2 年 (=2008 年) である。 */
   int immax=12, iy1=1949, iy2=2008, iy11=1979;

/* 配列(入力データ)の宣言:
   sst [immax*(iy2-iy1+1)]: 海面水温 [°C]。 */
   float sst[immax*(iy2-iy1+1)];

/* 配列(出力データ)の宣言:
   sst_anom [immax*(iy2-iy11+1)]: 海面水温偏差 [°C]。
   sst_anom_rm [immax*(iy2-iy11+1)]: 移動平均 [°C]。 */
   float sst_anom[immax*(iy2-iy11+1)], sst_anom_rm[immax*(iy2-iy11+1)];

   int im, iy, iyy, imd, i;
   float month, year, time, sum;

/* ファイルポインタ fp を宣言する。 */
   FILE *fp;

/* データを読みこむ。 */

/* ファイルを開く。
   モードは"r"(テキストファイルの読みこみ)を指定する。 */
   fp = fopen( "nino3.txt", "r" );

/* ここからデータを読みこむための for ループが始まる。
   データの個数 (=immax*(iy2-iy1+1)) だけ反復する。 */
   for (iy=iy1; iy<=iy2; iy++)
   {

/* 関数 fscanff でデータを読みこむ。
   ファイルポインタ fp を指定する。
   書式は"%d %f %f ... %f"(整数 1 個、浮動小数点 12 個)を指定する。
   データファイルの各行には年、各月の月平均海面水温が
   書かれている。
   関数から変数の値を返すときは、変数の値そのもの(たとえば iyy)ではなく、
   その変数へのポインタ(たとえば&iyy)が返ってくることに注意。 */
   fscanff( fp, "%d %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f %f",
            &iyy,
```

```

        &sst[immax*(iy-iy1)+ 0], &sst[immax*(iy-iy1)+ 1],
        &sst[immax*(iy-iy1)+ 2], &sst[immax*(iy-iy1)+ 3],
        &sst[immax*(iy-iy1)+ 4], &sst[immax*(iy-iy1)+ 5],
        &sst[immax*(iy-iy1)+ 6], &sst[immax*(iy-iy1)+ 7],
        &sst[immax*(iy-iy1)+ 8], &sst[immax*(iy-iy1)+ 9],
        &sst[immax*(iy-iy1)+10], &sst[immax*(iy-iy1)+11] );

/* ここで for ループが終了する。 */
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

/* 偏差を計算する。 */

/* ここから for ループが始まる。
   各月について、海面水温の基準値との差を計算する。 */
for (iy=iy11; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=immax; im++)
    {

/* 和の値にゼロを代入する。 */
        sum = 

/* ここから for ループが始まる。
   各月について、30 年前から 1 年前までの海面水温を合計する。 */
        for (iyy=iy-30; iyy<=iy-1; iyy++)
        {

            sum = 

/* ここで for ループが終了する。 */
        }

/* 基準値との差を計算して sst_anom に代入する。 */
        sst_anom[immax*(iy-iy11)+im-1] =
            

/* ここで for ループが終了する。 */
    }
}

/* 移動平均を計算する。 */

/* ここから for ループが始まる。

```



```

    各月について、海面水温の移動平均を計算する。  */
for (iy=iy11; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=imax; im++)
    {
/* 最初の2か月と最後の2か月は除外する。  */
        i = imax*(iy-iy11)+im;
        if (i >= 3 && i <= imax*(iy2-iy11)+imax-2)
        {

/* 和の値にゼロを代入する。  */
            sum = 

/* ここから for ループが始まる。
各月について、2か月前から2か月後までの海面水温偏差を合計する。  */
            for (imd=-2; imd<=2; imd++)
            {

                sum = 

/* ここで for ループが終了する。  */
            }

/* 移動平均を計算して sst_anom_rm に代入する。  */
            sst_anom_rm[imax*(iy-iy11)+im-1] = 

/* ここで if 文が終了する。  */
        }

/* ここで for ループが終了する。  */
    }
}

/* データを書き出す。  */

/* ファイルを開く。
モードは"w"(テキストファイルへの書き出し)を指定する。  */
fp = fopen("sst_anom_rm.txt", "w");

/* ここからデータを書き出すための for ループが始まる。
データの個数(=imax*(iy2-iy11+1))だけ反復する。  */
for (iy=iy11; iy<=iy2; iy++)
{
    for (im=1; im<=imax; im++)
    {

```

```

/* 最初の2か月と最後の2か月は除外する。 */
    i = immax*(iy-iy11)+im;
    if (i >= 3 && i <= immax*(iy2-iy11)+immax-2)
    {

/* 経過時間を年単位で計算する。 */
        year = iy;
        month = im;
        time = year + (month-0.5) / immax;

/* sst_anom_rm[i]の値をファイルポインタ fp で指定されたファイルに書き出す。
書式は" %8.3f %5.1f"を指定する。
"%5.1f"は全体が5ケタで小数点以下が1ケタの浮動小数点という意味である。 */
        fprintf( fp, " %8.3f %5.1f¥n",
                time, sst_anom_rm[immax*(iy-iy11)+im-1] );

/* ここで if 文が終了する。 */
    }

/* ここで for ループが終了する。 */
}

/* ファイルを閉じる。 */
fclose( fp );

return 0;

}

```

[gnuplot]

```
set style data lines
set title 'SST anomaly (NINO.3)'
set xlabel 'Time [year]'
set ylabel 'SST [deg. C]'
set xrange [1979:2009]
set yrange [-2:4]
set xtics 5
set grid
plot 'sst_anom.txt' title 'SST anomaly', 'sst_anom_rm.txt' title 'Running mean'
```

【相関性の解析】

[gnuplot]

```
set title 'SST anomaly (NINO.3) and air temperature (Tokyo) (August)'  
set xlabel 'SST anomaly [deg.C]'  
set ylabel 'Air temperature [deg.C]'  
set xrange [-2:3]  
set yrange [23:30]  
set grid  
plot 'corr.txt' title ''
```

corr.txt の中身 :

0.4 27.4 — 1979年8月

0.1 23.4 — 1980年8月

0.0 26.2

1.5 27.1

⋮

海面水温偏差

月平均気温