

CYCLOCODE マニュアル

周期解析&ライトカーブフィッティングプログラム Ver.3.6

へたくそな日本語訳ですいません編。怪しげな所は青字

このプログラムには2つのパートがあり、ユーザーの選択により別々にも同時に使うことができます。実行時にユーザーはいくつかのパラメーターを入力します。Part 1ではPDMあるいはThe Spectral Analysisを使ったライトカーブの周期解析を行います。周期は日単位で計算されます。Part 2では適切なライトカーブを得るためのデータを作成します。フィッティングカーブの基準値は光度データの平均値にも、相対光度をシフトさせ0等にもすることもできます。フィッティングカーブ/データは最終的に"normalized" magnitude(normag)と呼びます。このドキュメントではプログラムのコンパイル方法や実行方法を説明しません。皆さんは知っているものと思います。

インプットファイル(*.???)は3カラムかつ時間順にソートされていなければなりません。

- カラム 1 時間 JD あるいはその関数
- カラム 2 光度あるいは相対光度
- カラム 3 光度の誤差あるいは相対光度

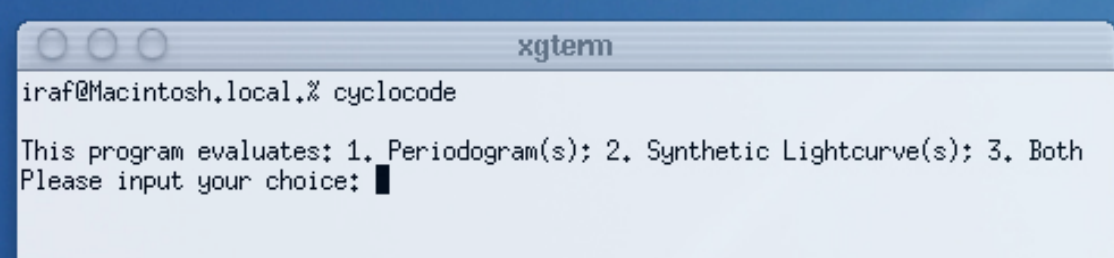
出力されるファイル

- part 1 *.pdm (PDMによる周期解析の結果)
- *.spc (Spectral Analysis-basedによる周期解析の結果)
- part 2 *.pha (実測値および相対光度)
- *.roc (フィッティングカーブのデータ)
- *.fuc (観測時間全域のフィッティングカーブのデータ)
- *.fud (観測時間全域のフィッティングされたデータ)

周期解析&フィッティングカーブの二つのコードはオープンですので自由に改良、配布できます。

★★★★使い方★★★★

このプログラムはインタラクティブになっています。使う時にはいくつかパラメーターを入力しなければなりません。

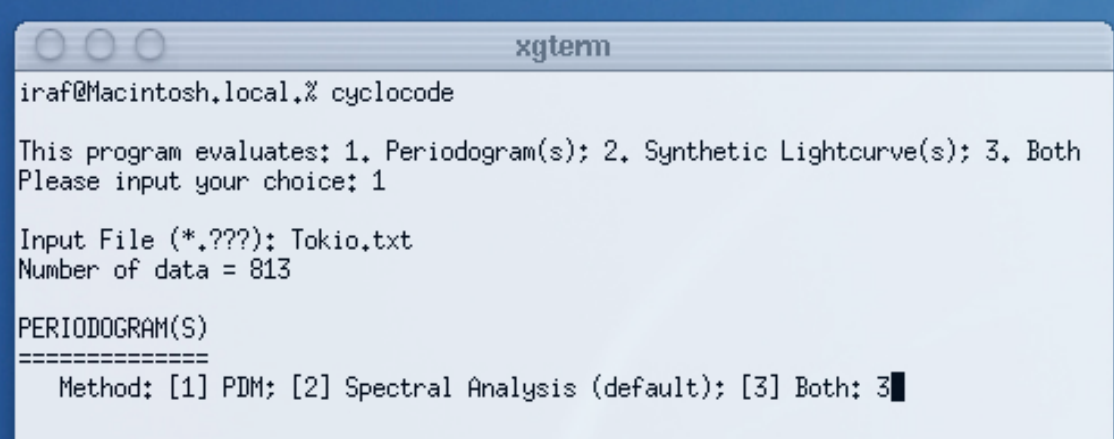


```
iraf@Macintosh.local.% cyclocode

This program evaluates: 1. Periodogram(s); 2. Synthetic Lightcurve(s); 3. Both
Please input your choice: █
```

周期解析を行いたいのであれば 1
ライトカーブを作りたいのなら 2
両方なら 3
をタイプし enter
enter だけ入力すると 3 が選択されます。

★例として 1 を入力したとします。

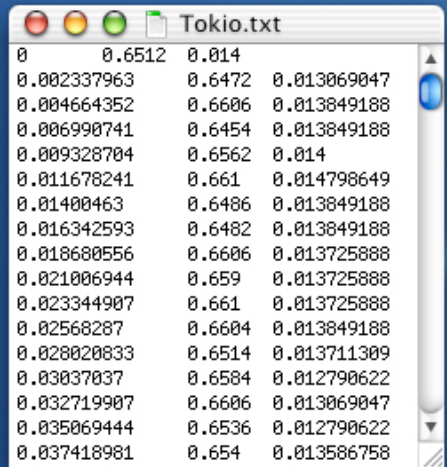


```
iraf@Macintosh.local.% cyclocode

This program evaluates: 1. Periodogram(s); 2. Synthetic Lightcurve(s); 3. Both
Please input your choice: 1

Input File (*.???): Tokio.txt
Number of data = 813

PERIODOGRAM(S)
=====
Method: [1] PDM; [2] Spectral Analysis (default); [3] Both: 3█
```



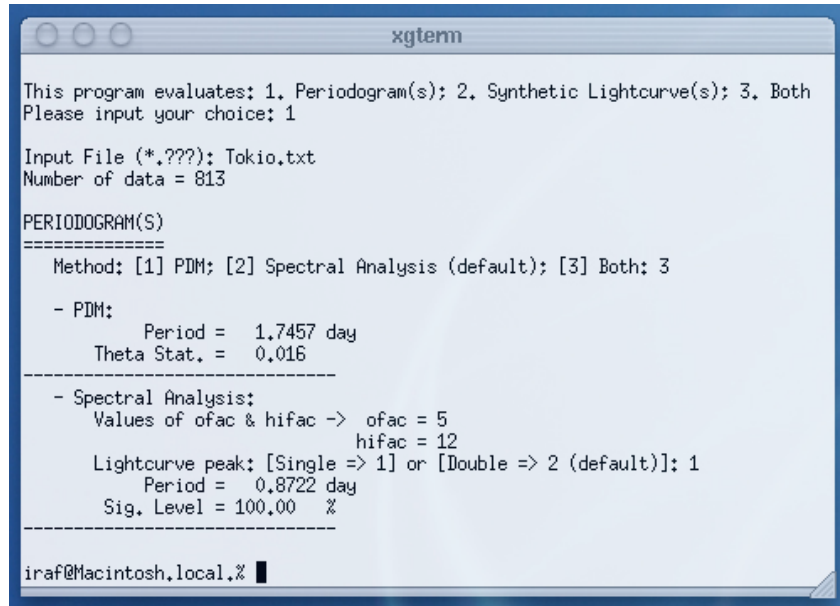
| 0 | 0.6512 | 0.014 |
|-------------|--------|-------------|
| 0.002337963 | 0.6472 | 0.013069047 |
| 0.004664352 | 0.6606 | 0.013849188 |
| 0.006990741 | 0.6454 | 0.013849188 |
| 0.009328704 | 0.6562 | 0.014 |
| 0.011678241 | 0.661 | 0.014798649 |
| 0.01400463 | 0.6486 | 0.013849188 |
| 0.016342593 | 0.6482 | 0.013849188 |
| 0.018680556 | 0.6606 | 0.013725888 |
| 0.021006944 | 0.659 | 0.013725888 |
| 0.023344907 | 0.661 | 0.013725888 |
| 0.02568287 | 0.6604 | 0.013849188 |
| 0.028020833 | 0.6514 | 0.013711309 |
| 0.03037037 | 0.6584 | 0.012790622 |
| 0.032719907 | 0.6606 | 0.013069047 |
| 0.035069444 | 0.6536 | 0.012790622 |
| 0.037418981 | 0.654 | 0.013586758 |

3 カラムでできているファイル名を入力

最初のカラムが JD/MJD あるいはその関数、2 番目が光度、3 番目が光度の誤差。カラムとカラムの間はスペースかタブにすること。ユーザーはプログラム実行前にこのファイルを用意しなければいけません。プログラムは入力後データの解析にかかります。

Part 1 では PDM と Spectral-Analysis という二つの方法を用意しています。ユーザーはひとつを選択することもできますし、両方使うこともできます。デフォルトでは 2 が選択されています。3 を選択する

と両方で周期解析をします。



```
This program evaluates: 1. Periodogram(s); 2. Synthetic Lightcurve(s); 3. Both
Please input your choice: 1

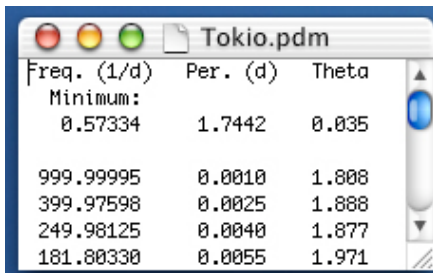
Input File (*.???): Tokio.txt
Number of data = 813

PERIODOGRAM(S)
=====
Method: [1] PDM; [2] Spectral Analysis (default); [3] Both; 3

- PDM:
  Period = 1.7457 day
  Theta Stat. = 0.016

-----
- Spectral Analysis:
  Values of ofac & hifac -> ofac = 5
                           hifac = 12
  Lightcurve peak: [Single => 1] or [Double => 2 (default)]: 1
  Period = 0.8722 day
  Sig. Level = 100.00 %

-----
iraf@Macintosh.local.% █
```



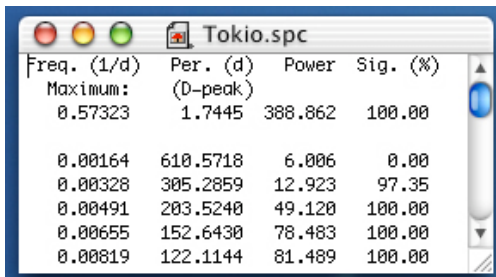
| Freq. (1/d) | Per. (d) | Theta |
|-------------|----------|-------|
| Minimum: | | |
| 0.57334 | 1.7442 | 0.035 |
| 999.99995 | 0.0010 | 1.808 |
| 399.97598 | 0.0025 | 1.888 |
| 249.98125 | 0.0040 | 1.877 |
| 181.80330 | 0.0055 | 1.971 |

PDMでは1.5分から10日の範囲で適切な周期を計算します。ディスプレイに周期とtheta statisticsが表示され、同時に*.pdmに結果が保存されます。theta statisticsが最小になる所が最適な周期を意味します。

Spectral-Analysisを使用する時は、ofacとhifacの値を入力します。ofacはオーバーサンプリングの係数で4以上を入力するのがいいでしょう。一方hifacは高周波の係数です。

これらは

$np = ofac * hifac * n / 2$ np; number of frequency?? n ; データの数
という関係があります。



| Freq. (1/d) | Per. (d) | Power | Sig. (%) |
|-------------|----------|---------|----------|
| Maximum: | (D-peak) | | |
| 0.57323 | 1.7445 | 388.862 | 100.00 |
| 0.00164 | 610.5718 | 6.006 | 0.00 |
| 0.00328 | 305.2859 | 12.923 | 97.35 |
| 0.00491 | 203.5240 | 49.120 | 100.00 |
| 0.00655 | 152.6430 | 78.483 | 100.00 |
| 0.00819 | 122.1144 | 81.489 | 100.00 |

またユーザーはライトカーブがシングルピークかダブルピークかを選択します。(デフォルトはダブルピーク) 周期と有意水準が表示されます。sig.levelが99%以上かつ有意水準の最大値のところを最適な周期を意味します。結果は*.spcに保存されます。

これで part 1 は終了です。最初にこのタスクのみを選択した場合はここで終了です。

★次にライトカーブ合成を選択した場合（２）

ファイル名を入力します。（前の説明を見て下さい）するとプログラムはデータ数を表示します。これでプログラム Part2 が始まります。

```

xgterm
This program evaluates: 1. Periodogram(s); 2. Synthetic Lightcurve(s); 3. Both
Please input your choice: 2

Input File (*.???): tokiu.txt
Number of data = 813
Base-level of the mag. data is zero mag. [y/Y (default) or n/N]: n

SYNTHETIC LIGHTCURVE(S)
=====
Known period (day): 1.7445

Least-squares Fitting:
Range of Fourier-harmonics' order: Lower = 3
                                   Upper = 8

Order  Base  Chi-Square
-----
3      0.7171  1.658E+03
4      0.7182  1.375E+03
5      0.7193  1.260E+03
6      0.7183  9.724E+02
7      0.7182  9.608E+02
8      0.7184  7.251E+02

iraf@Macintosh.local.%

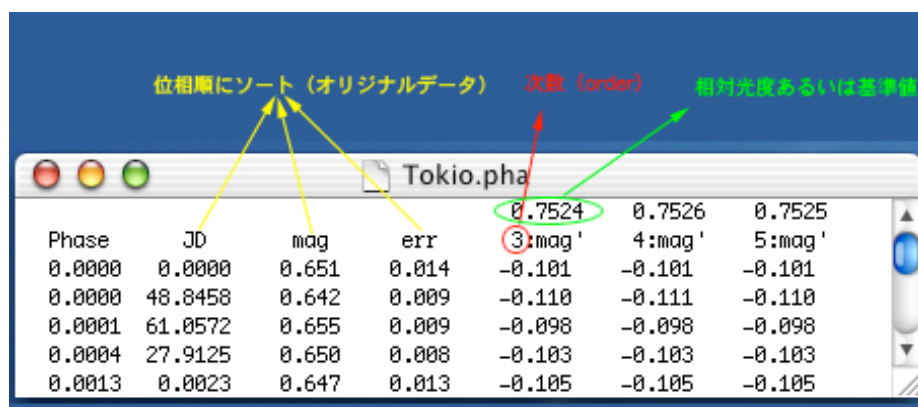
```

データから得られた周期を入力します。この周期はシングルピークでもダブルピークでも好きな方でかまいませんが、日を単位にして下さい。最小 2 乗法による解析のために、フーリエ解析の次数（最小値、最大値）を入力します。

ライトカーブの base-level とそれぞれの次数についての χ^2 の値が表示されます。通常は χ^2 が最小になるのが適切なライトカーブなのですが、次数が増えるにつれ、ライトカーブにおかしな構造が現れるかもしれません。そこでライトカーブを実際に描いて“適切な”ライトカーブかどうか見極めます。

全ての結果は*.pha,*.roc,*.fuc,*.fud に保存されます。

*.pha

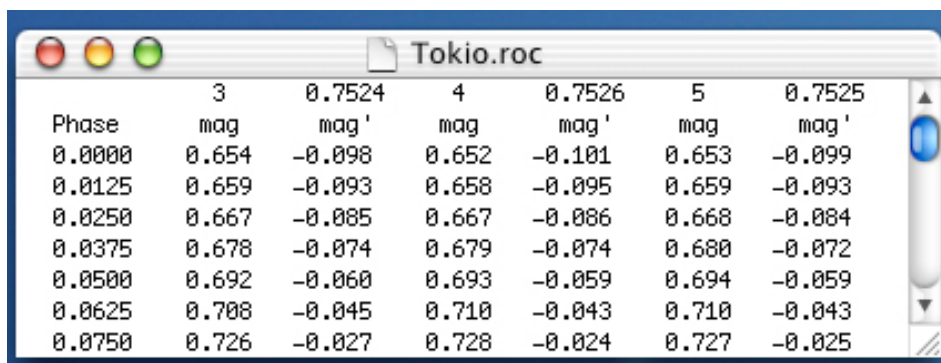


Phase と JD は周期に同期しています。

$$\text{normag} = \text{mag} - \text{deltamag}$$

deltamag は光度を 0 レベルにシフトさせるか基準値をオリジナルデータに変換します。

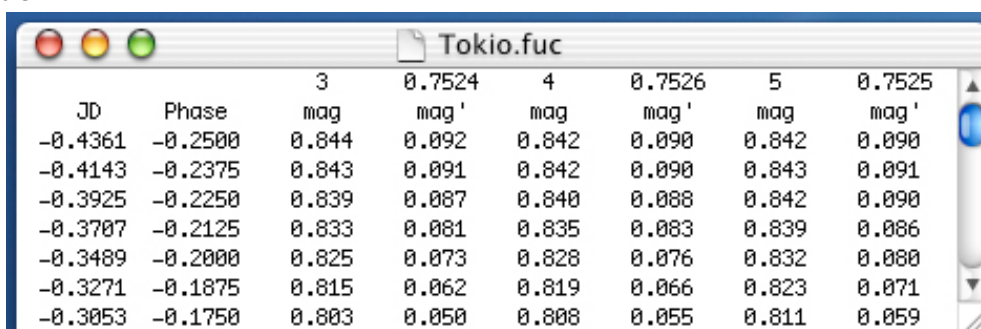
*.roc



| | 3 | 0.7524 | 4 | 0.7526 | 5 | 0.7525 |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Phase | mag | mag' | mag | mag' | mag | mag' |
| 0.0000 | 0.654 | -0.098 | 0.652 | -0.101 | 0.653 | -0.099 |
| 0.0125 | 0.659 | -0.093 | 0.658 | -0.095 | 0.659 | -0.093 |
| 0.0250 | 0.667 | -0.085 | 0.667 | -0.086 | 0.668 | -0.084 |
| 0.0375 | 0.678 | -0.074 | 0.679 | -0.074 | 0.680 | -0.072 |
| 0.0500 | 0.692 | -0.060 | 0.693 | -0.059 | 0.694 | -0.059 |
| 0.0625 | 0.708 | -0.045 | 0.710 | -0.043 | 0.710 | -0.043 |
| 0.0750 | 0.726 | -0.027 | 0.728 | -0.024 | 0.727 | -0.025 |

phase は 0 から 1 を 80 分割した値です。mag, normag のフィッティングカーブを描くことができます。

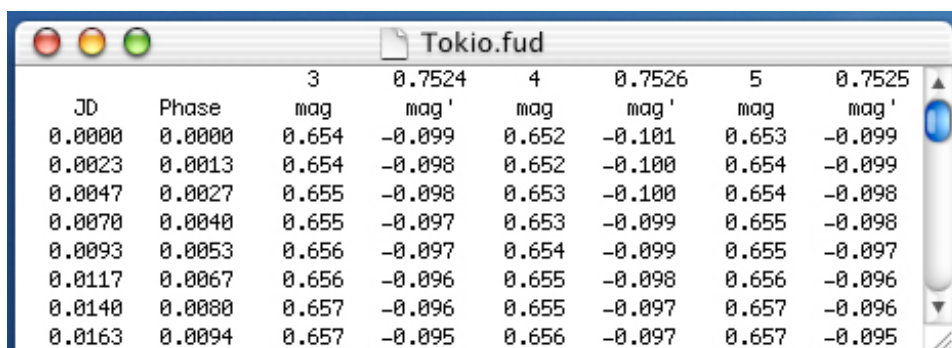
*.fuc



| | | 3 | 0.7524 | 4 | 0.7526 | 5 | 0.7525 |
|---------|---------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| JD | Phase | mag | mag' | mag | mag' | mag | mag' |
| -0.4361 | -0.2500 | 0.844 | 0.092 | 0.842 | 0.090 | 0.842 | 0.090 |
| -0.4143 | -0.2375 | 0.843 | 0.091 | 0.842 | 0.090 | 0.843 | 0.091 |
| -0.3925 | -0.2250 | 0.839 | 0.087 | 0.840 | 0.088 | 0.842 | 0.090 |
| -0.3707 | -0.2125 | 0.833 | 0.081 | 0.835 | 0.083 | 0.839 | 0.086 |
| -0.3489 | -0.2000 | 0.825 | 0.073 | 0.828 | 0.076 | 0.832 | 0.080 |
| -0.3271 | -0.1875 | 0.815 | 0.062 | 0.819 | 0.066 | 0.823 | 0.071 |
| -0.3053 | -0.1750 | 0.803 | 0.050 | 0.808 | 0.055 | 0.811 | 0.059 |

JD と Phase は 1 周期 80 分割のタイムスパンで、ギャップがあるとしてもそれをうめるように、またタイムスパンオフセットを $\pm 1/4$ 周期として計算します。得られた mag, normag に基づきライトカーブを描くことができます。

*.fud



| | | 3 | 0.7524 | 4 | 0.7526 | 5 | 0.7525 |
|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| JD | Phase | mag | mag' | mag | mag' | mag | mag' |
| 0.0000 | 0.0000 | 0.654 | -0.099 | 0.652 | -0.101 | 0.653 | -0.099 |
| 0.0023 | 0.0013 | 0.654 | -0.098 | 0.652 | -0.100 | 0.654 | -0.099 |
| 0.0047 | 0.0027 | 0.655 | -0.098 | 0.653 | -0.100 | 0.654 | -0.098 |
| 0.0070 | 0.0040 | 0.655 | -0.097 | 0.653 | -0.099 | 0.655 | -0.098 |
| 0.0093 | 0.0053 | 0.656 | -0.097 | 0.654 | -0.099 | 0.655 | -0.097 |
| 0.0117 | 0.0067 | 0.656 | -0.096 | 0.655 | -0.098 | 0.656 | -0.096 |
| 0.0140 | 0.0080 | 0.657 | -0.096 | 0.655 | -0.097 | 0.657 | -0.096 |
| 0.0163 | 0.0094 | 0.657 | -0.095 | 0.656 | -0.097 | 0.657 | -0.095 |

JD と Phase はオリジナルデータです。得られた mag, normag は同 JD において計算されたものです。これで part2 は終了です。

★次は最初に both(3)を選んだ場合です。
入力されるファイルは合成されたデータです。日ごとに光度の基準値をきめ、
その後に合成することをおすすめします。??? (同じ次数のものを参照する
といいでしょう。)

この画面ではタスクの選択をし、ファイルの選択をします。

```
iraf@Macintosh.local.% cyclocode

This program evaluates: 1. Periodogram(s); 2. Synthetic Lightcurve(s); 3. Both
Please input your choice: 3

Input File (*.???): tokiot.txt
Number of data = 813
Base-level of the mag. data is zero mag. [y/Y (default) or n/N]: y

PERIODOGRAM(S)
=====
Method: [1] PDM; [2] Spectral Analysis (default); [3] Both: 3

- PDM:
    Period = 1.7457 day
    Theta Stat. = 0.016
-----
- Spectral Analysis:
    Values of ofac & hifac -> ofac = 5
                           hifac = 12
    Lightcurve peak: [Single => 1] or [Double => 2 (default)]: 2
    Period = 1.7445 day
    Sig. Level = 100.00 %
-----

The obtained period used for developing synthetic lightcurve(s)
.....
[1] PDM; [2] Spectral Analysis (default); 2

SYNTHETIC LIGHTCURVE(S)
=====
Least-squares Fitting:
Range of Fourier-harmonics' order: Lower = 2
                                   Upper = 9

Order  Base  Chi-Square
-----
  2    0.7172  1.722E+03
  3    0.7170  1.663E+03
  4    0.7182  1.381E+03
  5    0.7193  1.267E+03
  6    0.7182  9.787E+02
  7    0.7182  9.673E+02
  8    0.7184  7.304E+02
  9    0.7180  7.253E+02

iraf@Macintosh.local.% █
```

プログラムがデータ数、1日以上を認識します。データの基準値を0にするかどうか確認する必要があります。実際にはプログラムは基準値に関係なく動きます。しかし、基準値を0とした時は出力ファイルのヘッダはPart2のものとは違います。(たとえば normag は mag')データの基準値を0とした時は光度のシフトは必要ありません。合成するための part2 で計算した基準値は正確に0ではありません。

PDM, Spectral Analysis による周期は値が違いますし、シングル、ダブルピークによっても違います。そのためどちらが適当かユーザーが選択しなければいけません。Spectral Analysis のほうが PDM よりもよいかもしれません。

以上

あとがき

Tokio のライトカーブ観測で、ブティさん作成の CYCLOCODE を試してみました。マニュアルを見ずにいろいろいじっていたのですが、やはりマニュアルをじっくり読まないとう理解できませんでした。日本語のメモがたまり、何となくほとんど訳してしまっただので、これからこのプログラムを使われる方の参考になればと思って公開いたします。ただし、私もよく理解できていない場所もありますし、間違いなど多数あると思いますので、おかしいと思われる箇所は必ずもとのマニュアルを見て下さい。

何かお気づきの点がありましたら、下記までお知らせ下さい。

土川 啓

mail tsuchy@po.incl.ne.jp