

# 眼科における固視監視データの時系列解析

小林恒夫、吉田 宏、小澤 亮、石龍鉄樹<sup>1)</sup>、飯田知弘<sup>1)</sup>  
福島医大・医・物理、眼科<sup>1)</sup>

## Time Series Analysis for Fixation Data in Ophthalmology

T. Kobayashi, H. Yoshida, R. Ozawa, T. Sekiryu<sup>1)</sup> and T. Iida<sup>1)</sup>  
Departments of Physics and Ophthalmology<sup>1)</sup>,  
Fukushima Medical University School of Medicine

### はじめに

眼科における診断装置のひとつである眼底直視下ペリメトリーによる、固視監視データについて、時系列解析<sup>1)</sup>を試みた。

### 方法

データ取得に使用した装置は、ニデックのマイクロペリメータMP-1である。被験者に標的を見続けてもらい、固視監視データを40 msごとの2次元データとして記録した。今回解析したのは14人の被験者による39データである。解析にはS-Plus 6.2Jを使用した<sup>2)</sup>。

### 結果と考察

以下では、解析内容を示すため、ひとつの固視データのX座標についての解析を例として説明する。

#### 時系列プロット

Fig. 1の左上に示したのが、固視データのX座標の時系列プロットである。上に太く固まっている水平部分が、固視の中心であるが、所々でそこからは大きくはずれることのある様子が見られる。

#### 自己相関と偏自己相関

Fig. 1の下段左は、X座標の時系列に対する標本自己相関関数、下段右は同じく標本偏自己相関関数である。自己相関の方ははじめのいくつかのラグで95%信頼区間をはずれているが、すばやく減衰しており、なんらかのトレンドなどを示すものではない。偏自己相関の方は1つめのラグで大きなスパイクを見せているがあとはほぼ95%信頼区間に収まっている。このスパイクはほとんどすべてのデータで観られるため、40 msごとのサンプリングによる周期性の表れかもしれない。Y座標についてもほぼ同様の結果となった。

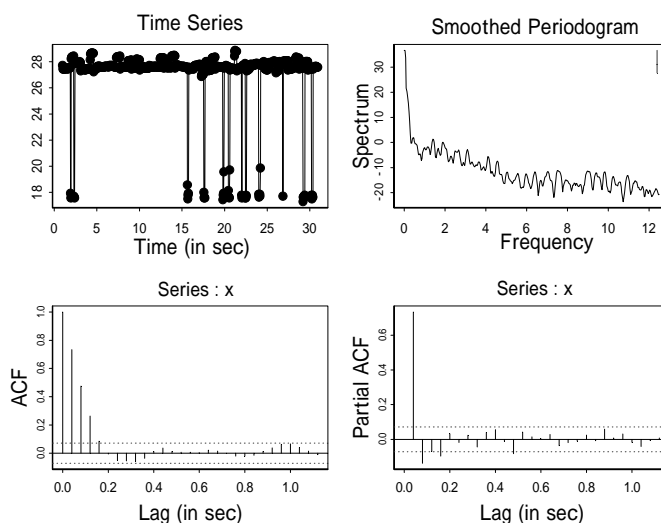


Fig. 1: Time series of the x-component of fixation data (left of upper), autocorrelation (left of lower), partial autocorrelation (right of lower) and the power spectrum by smoothed periodogram (right of upper).

このスパイクはほとんどすべてのデータで観られるため、40 msごとのサンプリングによる周期性の表れかもしれない。Y座標についてもほぼ同様の結果となった。

## ピリオドグラムによるパワースペクトルと $1/f$ ゆらぎ

Fig. 1 の右上は、標本自己相関関数をフーリエ変換したピリオドグラムを平滑化して得られるパワースペクトルである。横軸は周波数  $f$ 、縦軸はパワースペクトル密度  $S(f)$  である。ここでは、平均値差し引きもトレンド除去も行っていない。 $S(f)$  を  $S(f) = f^{-\beta}$  のようにべき乗の形で表すことにより時系列の特徴を表す方法がある。 $\beta = 1$  となるのが有名な  $1/f$  ゆらぎ<sup>3)</sup> である。 $\beta$  を  $f$  と  $S(f)$  の両対数グラフの傾きから求めてみると  $\beta = 1.69 \pm 0.04$  となり、 $1/f$  ゆらぎよりはむしろ  $1/f^2$  ゆらぎに近い結果となった。Y 座標については  $\beta = 1.37 \pm 0.05$  となり、X 座標よりは  $1/f$  ゆらぎに近かった。

## 自己回帰モデルによるパワースペクトル

ピリオドグラムでは時系列の周期性をはっきりとえられないことが多い。そこで、自己回帰モデル (AR) によるパワースペクトルを Fig. 2 に示す。Fig. 2 の上段は Burg 法、下段は Yule-Walker 法のアルゴリズムによって得られたパワースペクトルである。AR の次数は赤池の情報量基準 AIC が最低となる条件に選んだ。

AR(Burg) で得られたパワースペクトルの主なピークの周波数は 1.07、1.97、2.91、4.18、7.25、9.19、10.03、11.16 (単位は 1/秒すなわち Hz) であった。心拍は 1 秒に 1 回程度なので、周波数はおよそ 1 Hz であり、AR(Burg) ではおそらくこの心拍が原因とみられる周波数 1.07 Hz で少なくとも

4.18 Hz まではそのハーモニクスと考えられる。一方、AR(Y-W)からは、1.24 Hz の周波数のみがピークとなっており、これも 1 Hz に近い。いずれにせよ心拍の周期性がこの固視データには色濃く反映されているものと考えられる。Y 座標についても同様な結果を得た。

## はずれ値の除去

試みに、Fig. 1 左上のところどころにみられるスパイク状の変動 (統計学的にいうところのはずれ値) をある程度取り去って見たところ、パワースペクトルをべき乗で表すと X 座標について  $\beta = 2.23 \pm 0.05$ 、Y 座標について  $\beta = 2.20 \pm 0.06$  となり、どちらもより  $1/f^2$  ゆらぎに近い結果となった。生体にとって快適な変動は  $1/f$  ゆらぎであり、 $1/f^2$  ゆらぎのように規則正しい変動はおそらく苦痛に近いものであろう。固視という  $1/f^2$  ゆらぎ的な変動を強いられ、それに耐えかねて時々大きなはずれ値を生ずることによって、より  $1/f$  ゆらぎに戻ろうとしているのではないかと考えられる。

## 参考文献

- 1) 例えば、尾崎 統, 北川 源四郎: “時系列解析の方法”, 朝倉書店, 1998.
- 2) (株)数理システム <http://www.msi.co.jp/splus/>
- 3) 武者利光: ゆらぎの発想. 日本放送出版協会, 1996.

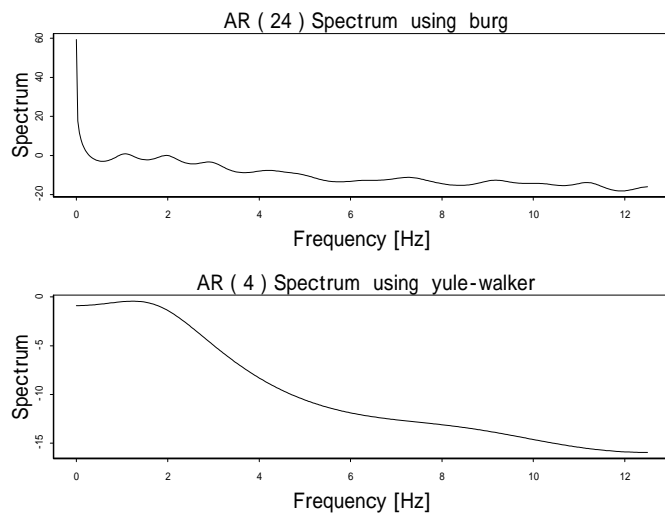


Fig. 2: Power spectra for the x-component of fixation data by autoregressive model with two types of algorithm, i.e., Burg (upper) and Yule-Walker method.