



時系列のゆらぎとリズム：  
総合科学研究会講演スライド

|       |  |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: Japanese<br>出版者: 福島県立医科大学総合科学教育研究センター<br>公開日: 2017-11-14<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 小林, 恒夫<br>メールアドレス:<br>所属: |
| URL   | <a href="https://fmu.repo.nii.ac.jp/records/2000689">https://fmu.repo.nii.ac.jp/records/2000689</a>                          |

## 時系列のゆらぎとリズム<sup>2</sup>

小林 恒 夫 福島県立医科大学医学部自然科学講座 (物理学)

**時系列のゆらぎとリズム**

第22回総合科学研究会  
2012年3月7日(水)

福島県立医科大学医学部  
自然科学講座(物理学)

小林恒夫

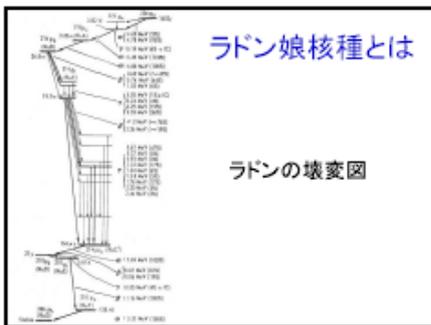
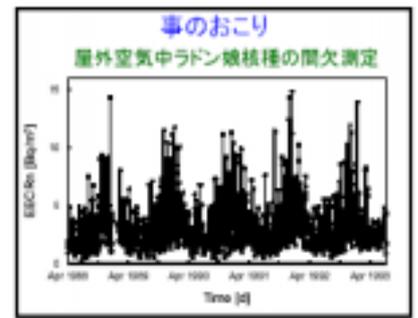
**本日の内容**

時系列データは、つまるところ数値の羅列。いろいろな分野で時系列解析が可能です。

- 空気中ラドン
- 学生実験
- 監視監視データ
- 患者数
- 短歌の解析

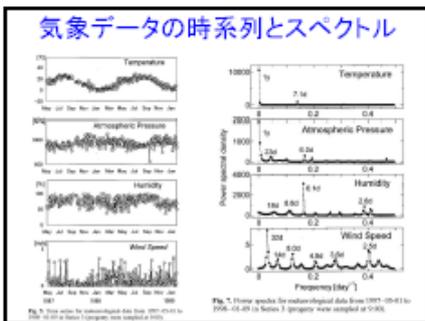
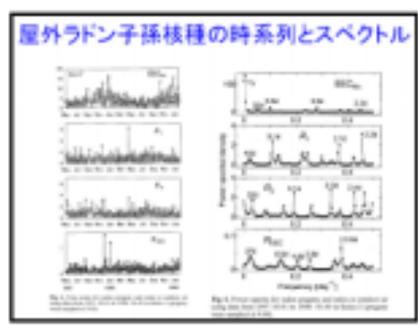
を紹介します。

**途中で面白くなくなったら、どの時点でも止められます。Stopサイン歓迎!**



**時系列解析でもやってみるか...**

- 自己相関関数をフーリエ変換して得られるパワースペクトル(ペリオドグラム)
- 自己回帰モデル(最大エントロピー法と等価)によるパワースペクトル
- 3~5日の周期は気団の移動と一致
- 太陽の自転周期27日に近いピークが現れることもある



**屋外大気中ラドンの測定**

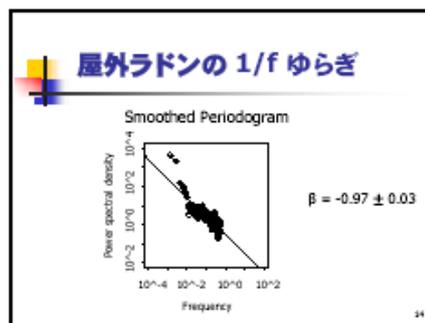
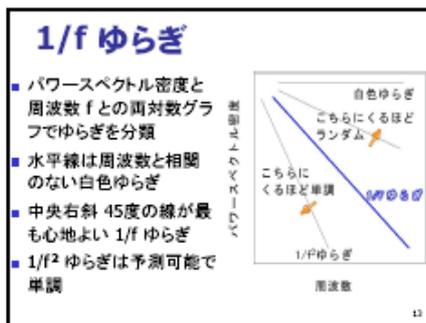
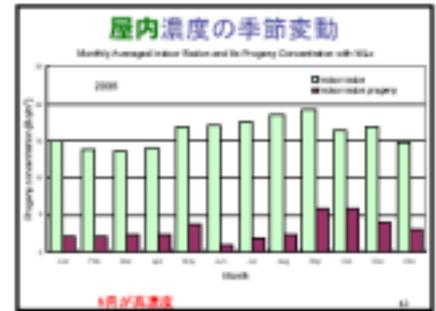
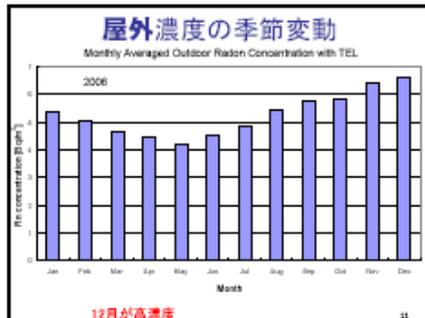
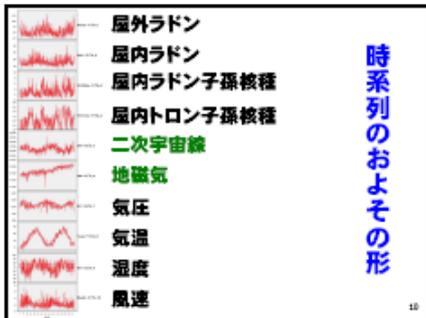
最近の研究から  
医学物理学会等で発表

**はじめて 2年間の測定結果**

屋内データ等他データとの比較

- 1/f ゆらぎ
- AR による周期性探索
- ARIMA によるフィッティングとシミュレーション

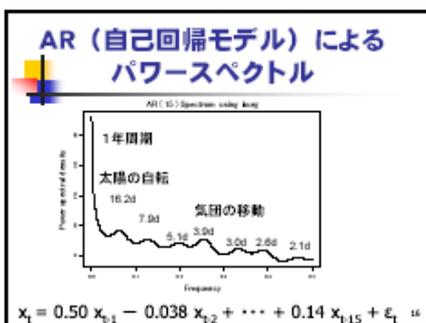
<sup>2</sup> 本稿は、「第22回総合科学研究会(2012年3月7日)」に講演されたものである。



### 1/f ゆらぎの判定結果 $S(f) \propto f^{-\beta}$

| 物理量       | $\beta$ |
|-----------|---------|
| 屋外ラドン     | 0.97    |
| 屋内ラドン     | 0.98    |
| 屋内ラドン子孫核種 | 1.05    |
| 屋内トロン子孫核種 | 1.51    |
| 屋外気圧      | 1.27    |
| 屋外相対湿度    | 0.93    |
| 屋外気温      | 2.20    |
| 屋外風速      | 0.55    |
| 屋外全天日射量   | 0.52    |
| 地磁気       | 4.01    |
| 二次宇宙線     | 1.27    |

1年間のデータでは気温や二次宇宙線も 1/f ゆらぎを示していた。



### ARによる周期性探査の結果

| 物理量       | 周期性 [days] |      |     |     |     |     |     |
|-----------|------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 屋外ラドン     | 16.2       | 7.8  | 5.1 | 3.9 | 3.0 | 2.6 | 2.1 |
| 屋内ラドン     | 19.2       | 11.4 | 7.0 | 5.1 | 3.5 | 2.9 | 2.7 |
| 屋内ラドン子孫核種 | 15.9       | 7.2  | 4.9 | 3.6 | 2.8 |     |     |
| 屋内トロン子孫核種 | 14.3       | 7.8  | 3.4 | 2.7 |     |     |     |
| 屋外気温      | 13.0       | 5.7  | 2.3 |     |     |     |     |
| 屋外相対湿度    | 24.3       | 11.2 | 8.2 | 5.8 | 4.6 | 3.9 | 3.2 |
| 気圧        | 19.2       | 9.1  | 5.2 | 3.2 | 2.1 |     |     |
| 屋外風速      | 13.5       | 7.6  | 5.0 | 3.7 | 2.6 | 2.1 |     |
| 屋外全天日射量   | 19.7       | 9.5  | 6.0 | 4.8 | 3.8 | 3.1 | 2.7 |
| 地磁気       | 27.0       | 13.5 | 9.0 | 6.7 | 5.3 | 4.5 | 3.9 |
| 二次宇宙線     | 12.2       | 5.0  | 3.5 | 2.5 |     |     |     |

### まとめ

- 1/f ゆらぎが顕著
- 3~5日周期 ← 気団の移動
- 16日周期 ← 太陽の自転に近い
- ARIMA(0,0,2) ← 2次の移動平均がよく合う

# 生体のゆらぎとリズム

医学部 3 年生対象  
医学物理学の授業

## 生体のリズム



オシロイバナ (hour-of-day flower)  
オシロイバナは、午後4時開花し、朝まで閉じます。

## 生体のリズム

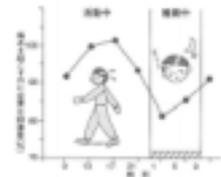


図3 人の体温は昼夜にわたって変動する。体温は約36.5℃から37.5℃の間で変動する。体温は約36.5℃から37.5℃の間で変動する。体温は約36.5℃から37.5℃の間で変動する。

## 生体のリズムをつくり出す体内時計

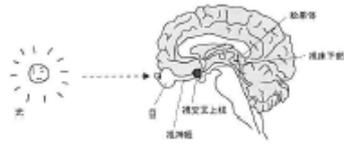


図7 生体リズムをつくり出す体内時計のしくみ  
私たちが生活の中に時計を仕掛けており、脳の視床下部にある「視交叉上核(しこうきょうかく)」というところは時計を動かす役割を持っています。例えば、朝日を浴びることでより早く入った光の体内時計を調節するよう促される。必要な役目を果たしています。

## ヒトのフリーラン実験

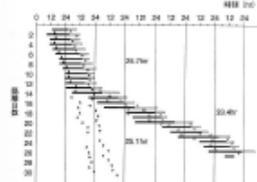
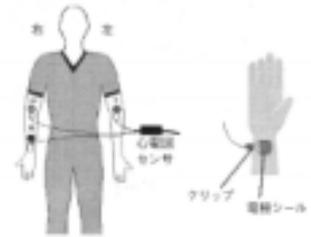
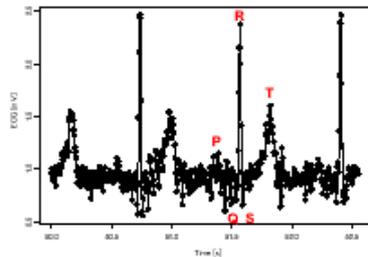


図8 ヒトの体内時計のリズム  
●: 観察, ○: 推定  
●: ●: 実験室での自由ランの実験結果、自由ランの周期を推定する。自由ランの周期は約25.5時間、自由ランの周期は約25.5時間、自由ランの周期は約25.5時間。

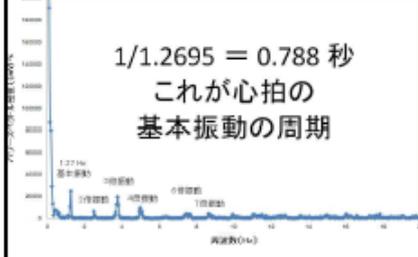
## 心電図センサーによる測定



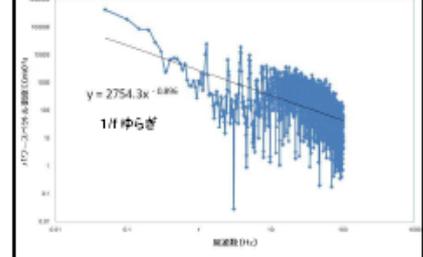
## 三点法による典型的な心電図



## 心電図のパワースペクトル(横軸を拡大)



## 心電図のパワースペクトル



# 固視監視データ

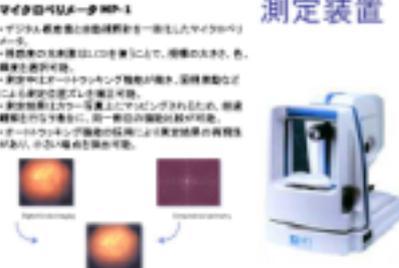
眼科学講座石龍先生より  
医学物理学会で発表

## はじめに

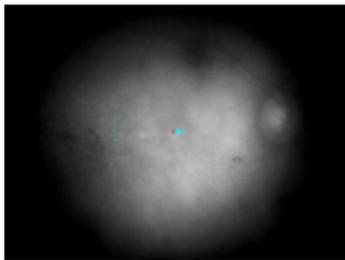
- 固視監視データの時系列解析
- 自己相関、偏自己相関、
- パワースペクトル、
- 1/f ゆらぎ、
- はずれ値除去

測定装置

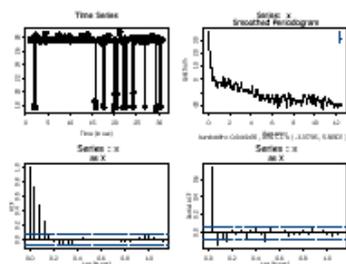
測定装置の概要図と写真。写真には「測定装置」としての装置が写っており、その左側には「測定装置の概要図」が示されています。概要図には「測定装置」の各部が示されています。



## 固視監視データ例

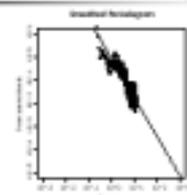


## X方向データ例



## 1/f ゆらぎの可能性

スペクトル密度関数  $S(f) \propto f^{-\beta}$



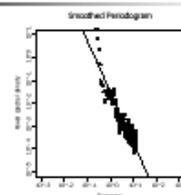
$\beta = -1.69 \pm 0.04$

## はずれ値の除去

固視をしているつもりが、突然、固視点から大きくはずれてしまう。それらのはずれ値を除去してみる。

## 1/f<sup>2</sup> ゆらぎへ近づく

スペクトル密度関数  $S(f) \propto f^{-\beta}$



$\beta = -2.23 \pm 0.05$

## 結論

- 固視監視データの時系列解析を試みた。
- 1/f<sup>2</sup> ゆらぎに耐えかねて、固視点から視線をそらす結果、はずれ値を生じ、1/f ゆらぎに近付こうとしている。

## 福島医大附属病院 における患者数

病院年報より

医学物理学会で発表

### はじめに

病院年報に記載の患者数データ

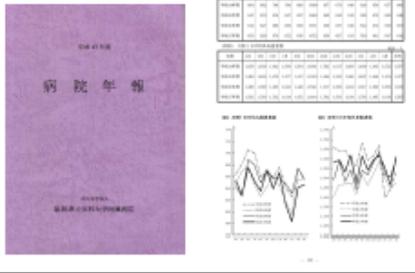
- 基本統計・統計分布
- 相関解析
- 季節変動
- AR による周期性探索

### 動機

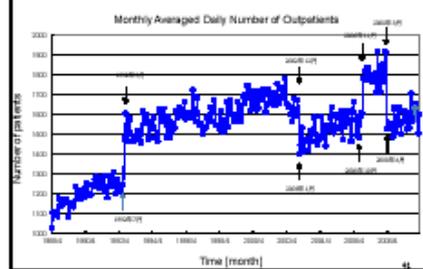
時系列解析-ライフワーク

- 自然放射線  
ラドン族等の時間変動
- 眼科データ  
1/f ゆらぎをめざす人体
- 和歌  
ひらがなの出現順序

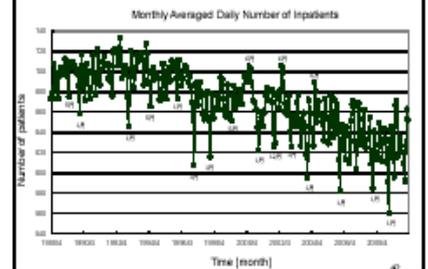
### データ入手先



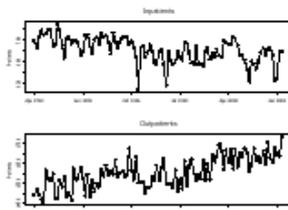
### 月別1日平均外来患者数



### 月別1日平均入院患者数



### 今回解析両患者数の時系列 1993年4月～2002年3月の9年間

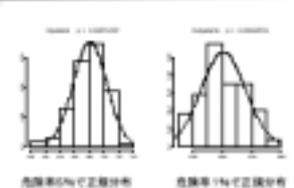


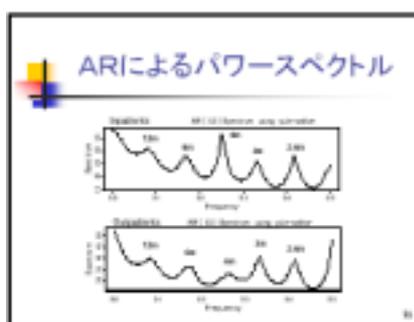
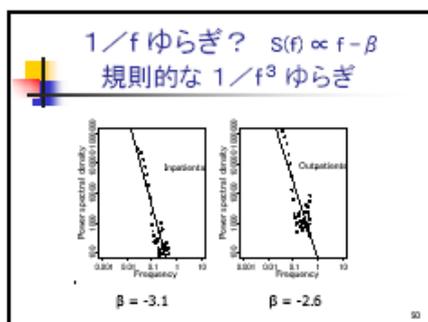
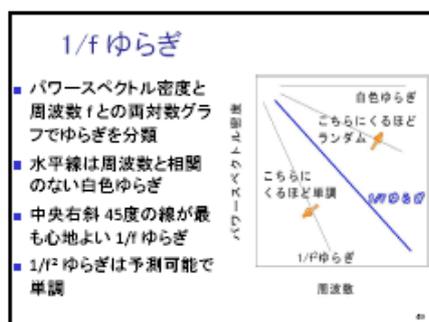
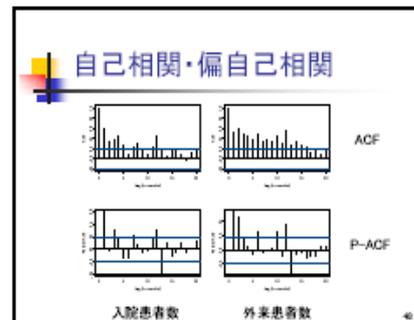
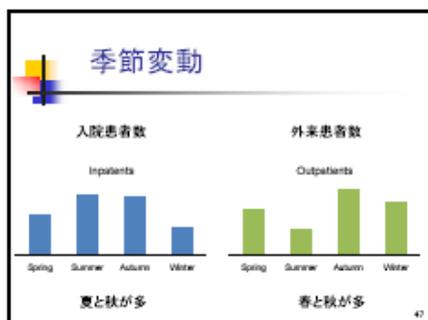
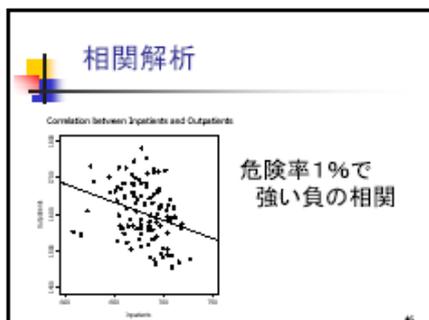
### 基本統計

|       | 平均値  | 標準偏差 | メディアン | 最小   | 最大   |
|-------|------|------|-------|------|------|
| 入院患者数 | 681  | 23   | 684   | 608  | 727  |
| 外来患者数 | 1604 | 75   | 1596  | 1455 | 1781 |

単位はすべて〔人〕

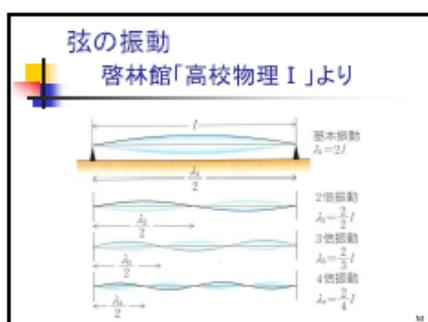
### 統計分布-正規性検定





### ARによる周期性探索の結果

|            | 周波数 [1/months] | 周期 [months] | モード  |
|------------|----------------|-------------|------|
| $f = f_1$  | 0.08333        | 12          | 基本振動 |
| $f = 2f_1$ | 0.1666         | 6           | 2倍振動 |
| $f = 3f_1$ | 0.25           | 4           | 3倍振動 |
| $f = 4f_1$ | 0.3333         | 3           | 4倍振動 |
| $f = 5f_1$ | 0.4166         | 2.4         | 5倍振動 |



### まとめ

- 規則正しい年変動と強い負の相関
- 12箇月周期を基本振動とする2倍振動、3倍振動、4倍振動、5倍振動がみられた
- 規則正しい1年変化が季節を生みだしている?



### 万葉集 短歌 字余り字足らず

| 出だし   | 字数 | 詠み人         | 出典   | いろは  | 五十音  |
|-------|----|-------------|------|------|------|
| あきのつば | 32 | 藤原正         | 万葉集  | 1.43 | 0.92 |
| あきのつば | 32 | 藤原正         | 万葉集  | 0.87 | 1.06 |
| あきのつば | 32 | 伊賀野伊呂(鹿野の人) | 万葉集  | 1.41 | 0.99 |
| よきつば  | 32 | 万葉集         | 0.97 | 0.96 |      |
| いしつば  | 32 | 高野村人        | 万葉集  | 1.04 | 1.19 |
| あきのつば | 32 | 柿本人麿        | 万葉集  | 0.99 | 1.09 |
| あきのつば | 32 | 柿本人麿        | 万葉集  | 0.87 | 1.15 |
| あきのつば | 32 | 柿本人麿        | 万葉集  | 0.86 | 1.14 |
| あきのつば | 32 | 柿本人麿        | 万葉集  | 1.05 | 0.93 |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 0.94 | 1.13 |      |
| あきのつば | 32 | 萬葉集         | 1.22 | 1.02 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.15 | 0.98 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 0.99 | 1.02 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.06 | 0.99 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.29 | 1.08 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.43 | 0.94 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.34 | 0.94 |      |
| あきのつば | 32 | 万葉集         | 1.19 | 0.98 |      |

19首中1/fは  
いろは 15  
(79%)  
五十音 18  
(95%)

### 万葉集 長歌

| 出だし  | 字数  | 詠み人  | 出典  | いろは   | 五十音   |
|------|-----|------|-----|-------|-------|
| こもつば | 96  | 雄略天皇 | 万葉集 | -0.78 | -0.03 |
| やまつば | 78  | 新明天皇 | 万葉集 | -0.08 | -0.05 |
| やまつば | 104 | 真人息足 | 万葉集 | -0.93 | -0.54 |
| かぐつば | 61  | 天智天皇 | 万葉集 | -0.75 | -0.89 |
| ふゆつば | 110 | 額田王  | 万葉集 | -0.98 | -0.56 |
| みよつば | 78  | 天武天皇 | 万葉集 | -0.86 | -0.77 |
| たまつば | 223 | 柿本人麿 | 万葉集 | -0.50 | -0.47 |
| やまつば | 103 | 柿本人麿 | 万葉集 | -0.98 | -0.56 |
| やまつば | 196 | 柿本人麿 | 万葉集 | -0.78 | -0.49 |
| やまつば | 278 | 藤原巨勢 | 万葉集 | -0.53 | -0.30 |
| やまつば | 245 | 作者未詳 | 万葉集 | -0.49 | -0.24 |
| おほつば | 198 | 作者未詳 | 万葉集 | -0.57 | -0.31 |

12首中1/fは  
いろは 6  
五十音 4

12首中1/√fは  
いろは 4  
五十音 5

### 百人一首

| 出だし    | 字数 | 詠み人   | 出典   | いろは   | 五十音   |
|--------|----|-------|------|-------|-------|
| はなのいろは | 32 | 小野守町  | 古今集  | -1.39 | -0.89 |
| たまのいろは | 32 | 式子内親王 | 新古今集 | -1.01 | -1.14 |
| たごのいろは | 32 | 山部赤人  | 新古今集 | -0.99 | -1.05 |
| みよのいろは | 32 | 阿蘇左大臣 | 古今集  | -0.81 | -1.14 |
| ひよのいろは | 32 | 紀貫之   | 古今集  | -1.07 | -1.24 |
| あきのいろは | 32 | 天智天皇  | 後撰集  | -0.79 | -0.93 |
| あしのいろは | 32 | 柿本人麿  | 拾遺集  | -1.25 | -1.10 |
| おくのいろは | 32 | 紫丸大夫  | 古今集  | -1.13 | -1.17 |
| かきのいろは | 32 | 中納言藤原 | 新古今集 | -0.83 | -0.98 |
| はるのいろは | 32 | 神代天皇  | 百人一首 | -1.06 | -0.89 |

10首中1/fは  
いろは 10 (100%)  
五十音 10 (100%)

### その他の短歌

| 出だし    | 字数 | 詠み人  | 出典     | いろは   | 五十音   |
|--------|----|------|--------|-------|-------|
| どろのいろは | 31 | 石川啄木 | 一握の砂   | -1.28 | -1.25 |
| このあじが  | 32 | 依 万知 | サラダ記念日 | -1.13 | -0.71 |
| ねがはくは  | 31 | 西行法師 |        | -1.10 | -1.08 |
| しきしまの  | 31 | 本居宣長 |        | -1.38 | -1.82 |

4首中1/fは  
いろは 3  
五十音 3

### 漢詩

| 出だし        | 字数  | 詠み人 | 出典   | いろは   | 五十音   |
|------------|-----|-----|------|-------|-------|
| こうはみどりして   | 65  | 杜甫  | 送句   | -0.81 | -0.14 |
| しゅんみんあふつきを | 51  | 孟浩然 | 春曉   | -0.88 | -0.51 |
| ぐにやぶれて     | 120 | 杜甫  | 奉簡   | -0.51 | -0.35 |
| わねに        | 81  | 李白  | 山中答俗 | -0.69 | -0.63 |
| りよに        | 75  | 李白  | 山中答俗 | -0.61 | -0.62 |
| ちゅうさいにして   | 117 | 王維  | 入山寄俗 | -0.68 | -0.50 |
| くうさんあらたに   | 130 | 王維  | 山居秋暝 | -0.49 | -0.59 |

7篇中1/fは  
いろは 2  
五十音 1

7篇中1/√fは  
いろは 3  
五十音 5

### 結論

1/fゆらぎになっているか

- いろはが歌が五十音表のどちらかの基準で1/fゆらぎとなっているものが多い
- 長歌や漢詩では1/√fゆらぎが多い
- 乱数を基準にしても1/fゆらぎがある

特徴的なピークがあるか

2~4文字圏域が多い

ご清聴ありがとうございました

時系列データは、つまるところ数値の羅列。いろいろな分野で時系列解析が可能です。自然放射線、学生実験、固視監視データ、病院患者数、短歌の解析を紹介しました。

何か数字の羅列を、解析してみたいなったら、声をおかけください。お力になれることがあるかもしれません。