



# 空間放射線量の ゆらぎとリズム

福島県立医科大学医学部  
自然科学講座(物理学)

小林恒夫

# はじめに

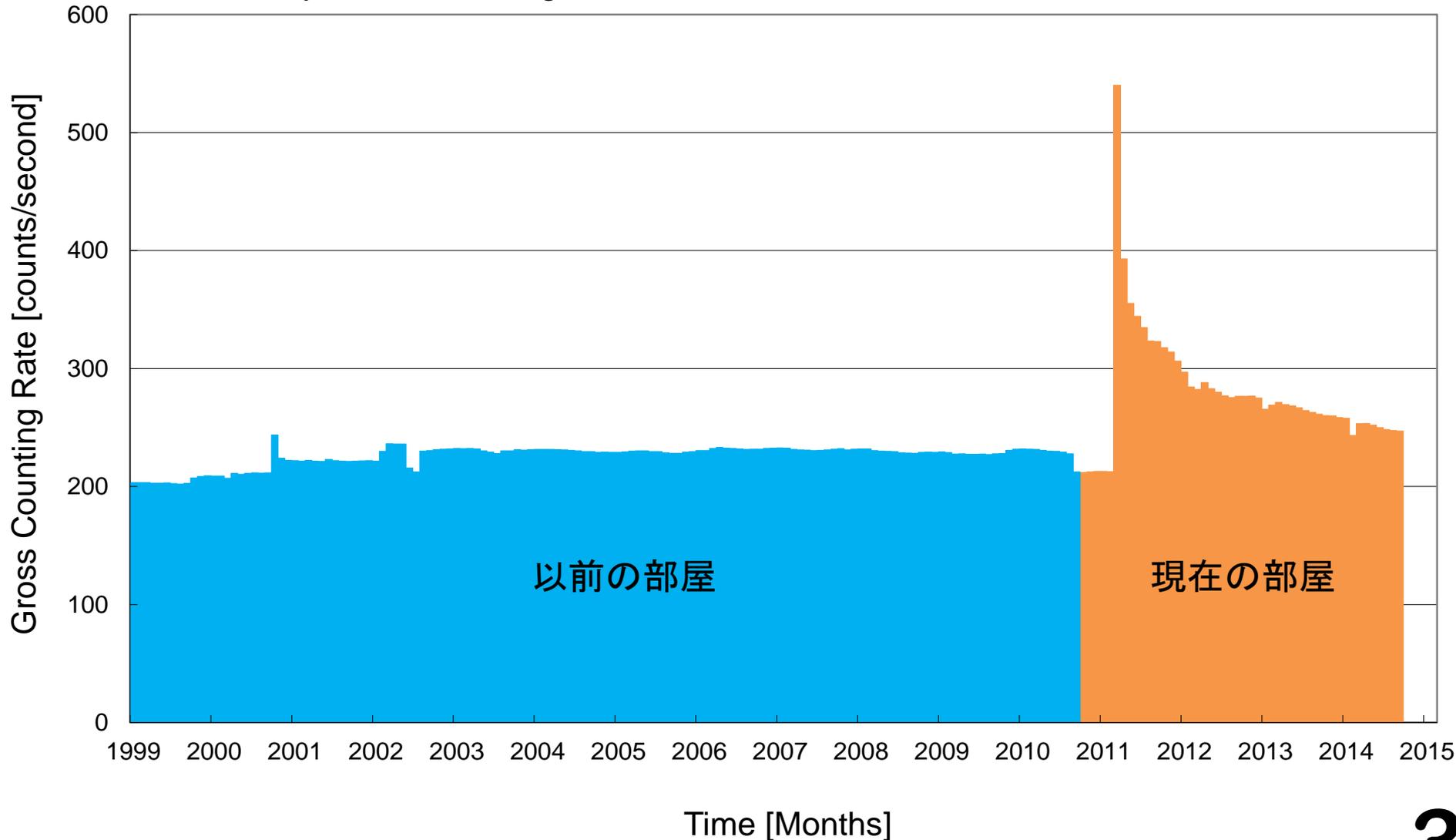
- 1999年より筆者のオフィス(4号館4階、5階建て)に設置のNaIシンチレーションカウンターにより空間放射線量を連続測定。
- 震災前年の2010年9月に現在の部屋に装置を移動。
- 原発事故を部屋から観測できたので情報発信に努めた。
- 前の部屋では人の出入りを抑え換気も抑制していた。現在の部屋では勤務日の昼間は通常換気で、廊下側の2つのドアを開放。土日は誰も居らずドアも閉めてあり換気も止まる。
- 震災前の測定では一見一定に見えた時間変動に、1年～2年のスケールで $1/f$ ゆらぎが確認できたが、震災後は $1/f^2$ ゆらぎとなった。1箇月のスケールでの $1/f$ ゆらぎは震災後消失し、3年半でようやく復活した。

# 震災前後の連続測定の様子



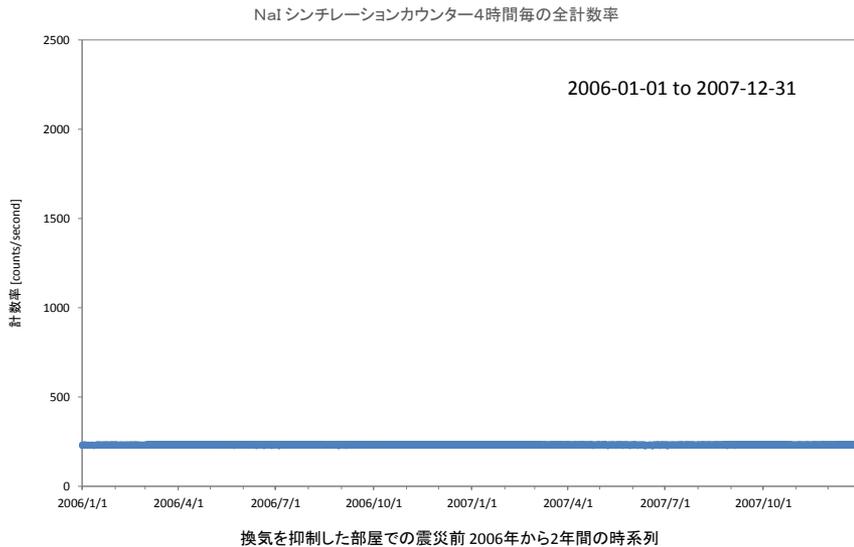
# NaIシンチレーションカウンターの長期変動履歴

Monthly Gross Counting Rate of Gamma Radiation in Lab2 and Prof.'s Room



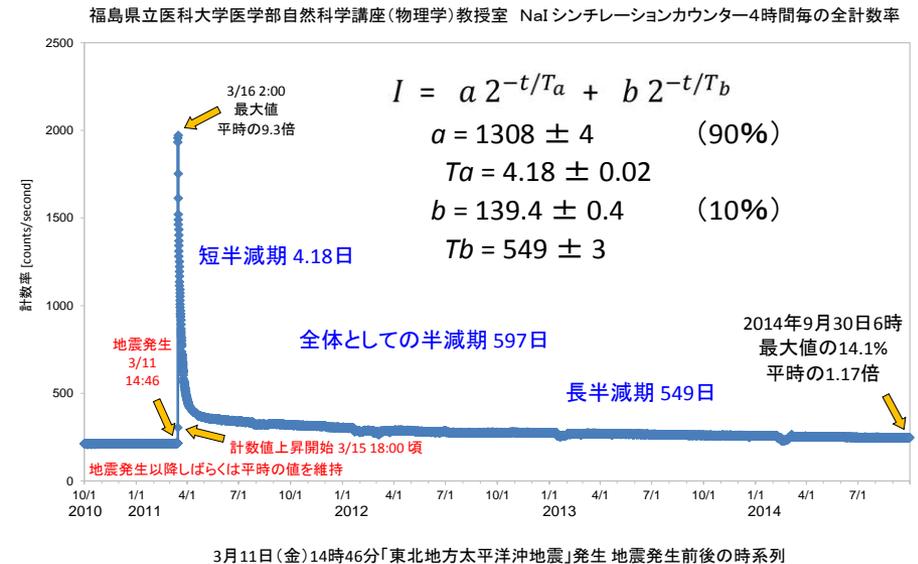
# 時系列と震災の影響

震災以前で換気を抑えた部屋  
で2006年1月からの2年間



平時はあまりにも平時

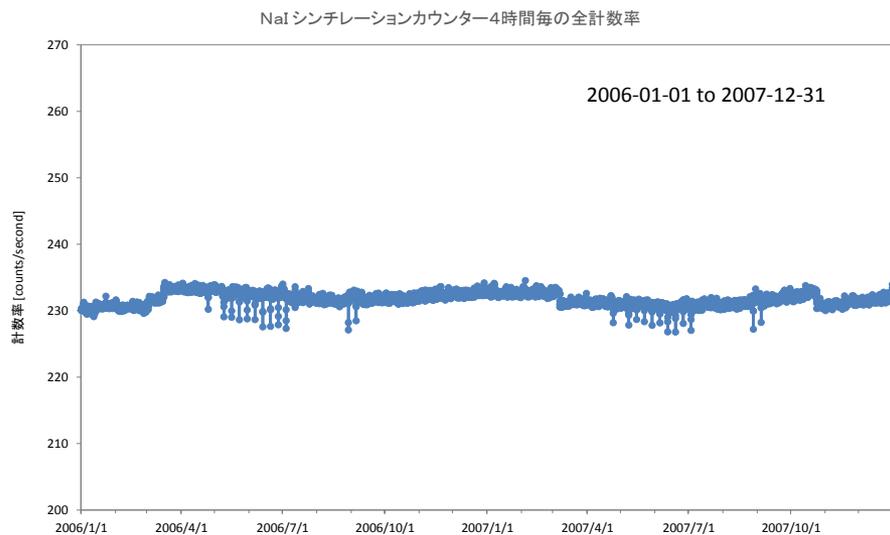
震災を挟んだ3年半で  
現在の部屋



原発事故の影響が顕著

# 縦軸を拡大した時系列

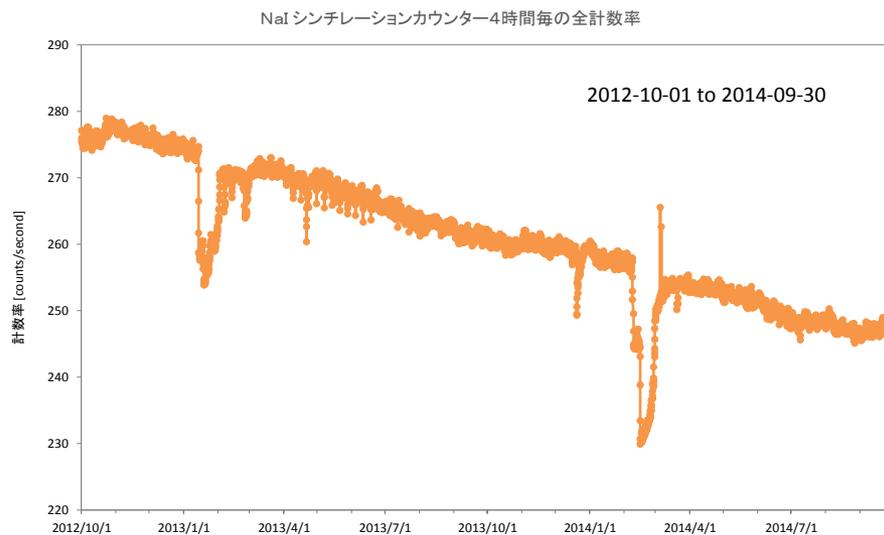
震災以前 換気を抑えた部屋  
で2006年1月からの2年間



換気を抑制した部屋での震災前 2006年から2年間の時系列

平時でもなにか変動がある

震災後 現在の部屋で  
2012年10月からの2年間

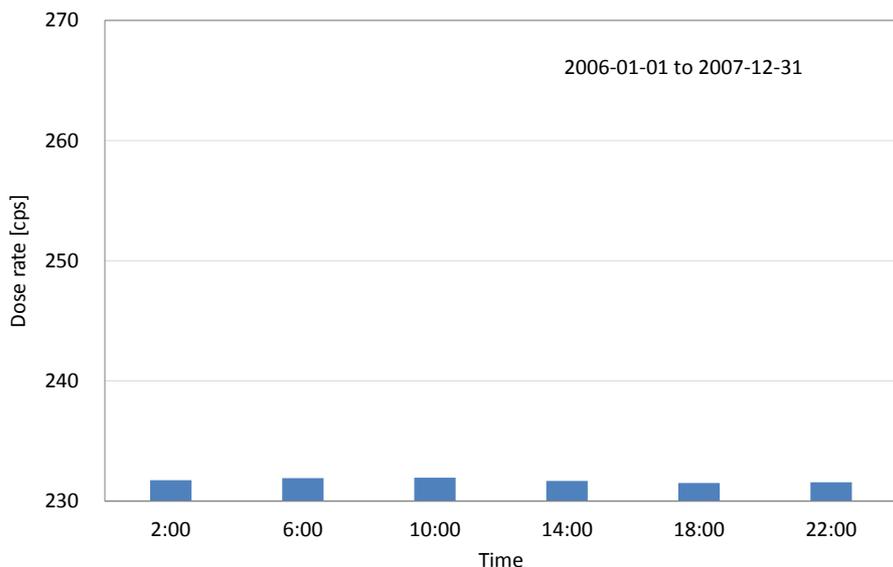


現在の部屋での震災後 2012年から2年間の時系列

原発事故の影響が残っている

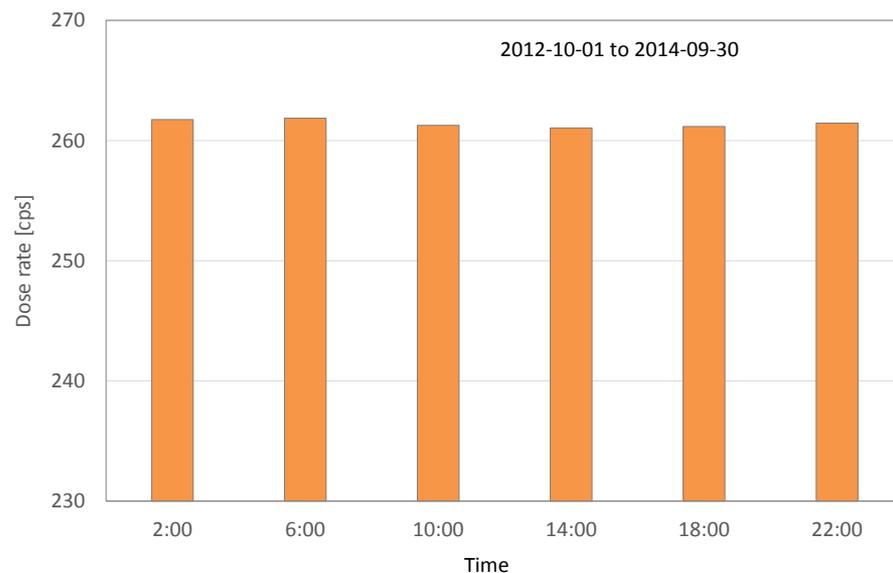
# 空間放射線量の日変化

震災以前 換気を抑えた部屋  
で2006年1月からの2年間



午前10時で最大午後6時で最少

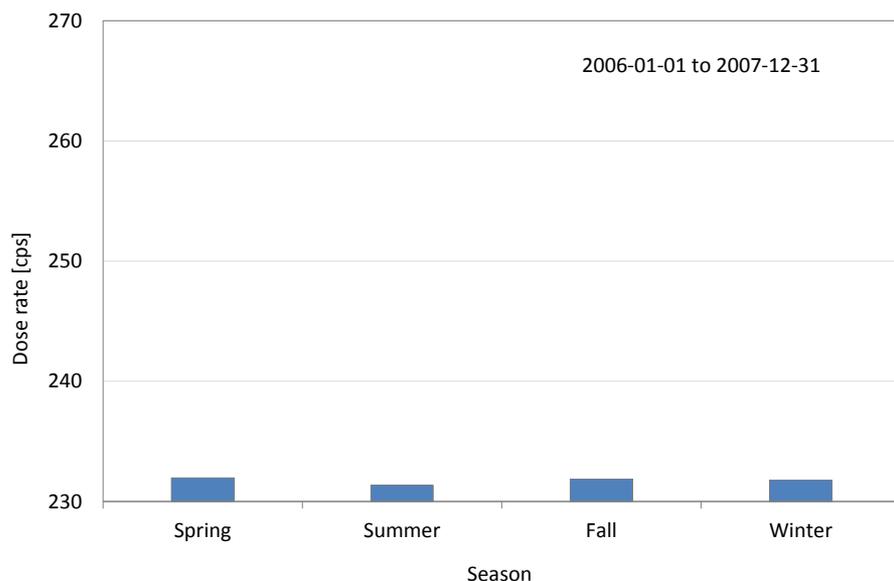
震災後 現在の部屋で  
2012年10月からの2年間



午前6時で最大午後2時で最少  
平時に似て来てはいる

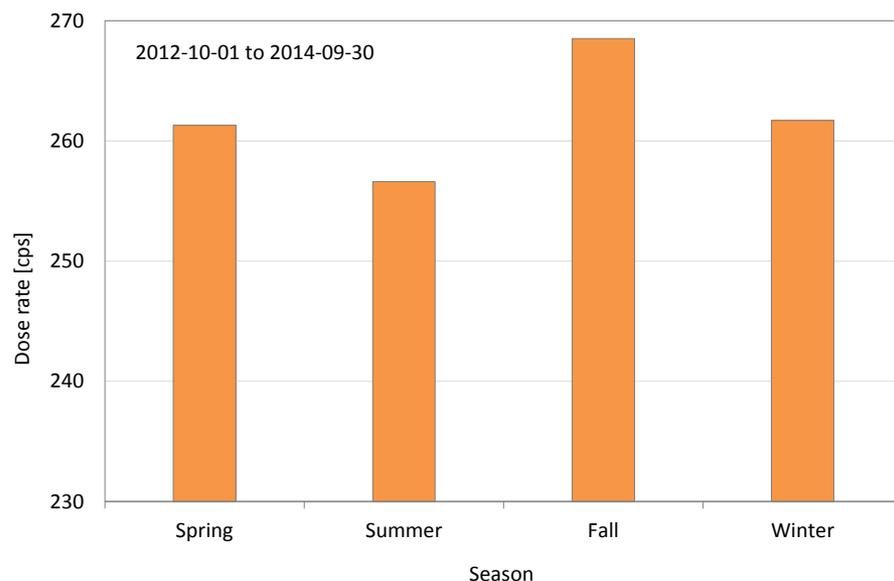
# 空間放射線量の季節変化

震災以前で換気を抑えた部屋  
で2006年1月からの2年間



春高く夏低い

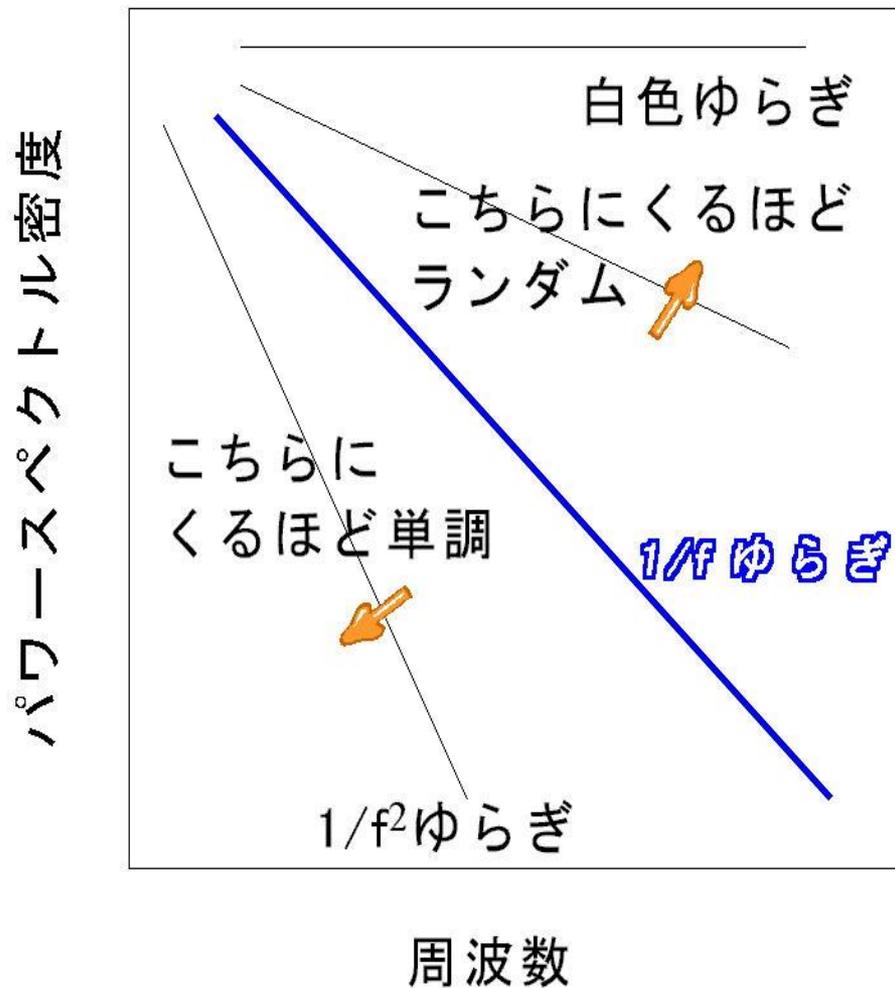
震災後現在の部屋で  
2012年10月からの2年間



秋高く夏低い  
平時に似て来てはいる

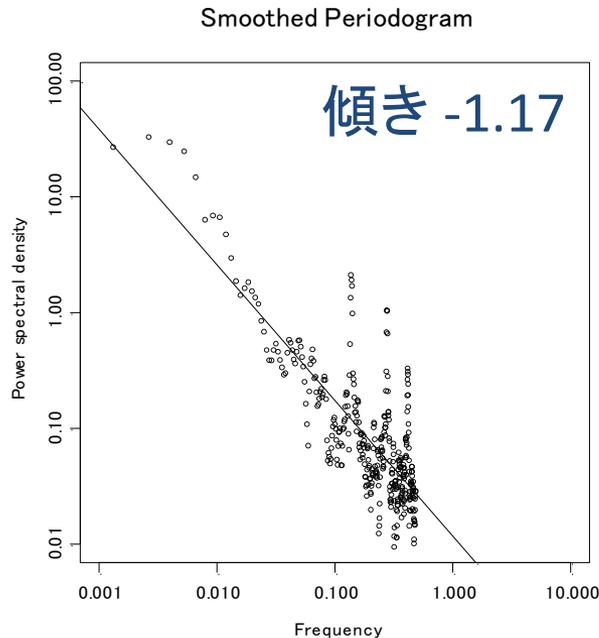
# 1/f ゆらぎ

- パワースペクトル密度と周波数  $f$  との両対数グラフでゆらぎを分類
- 水平線は周波数と相関のない白色ゆらぎ
- 中央右斜 45度の線が最も心地よい  $1/f$  ゆらぎ
- $1/f^2$  ゆらぎは予測可能で単調



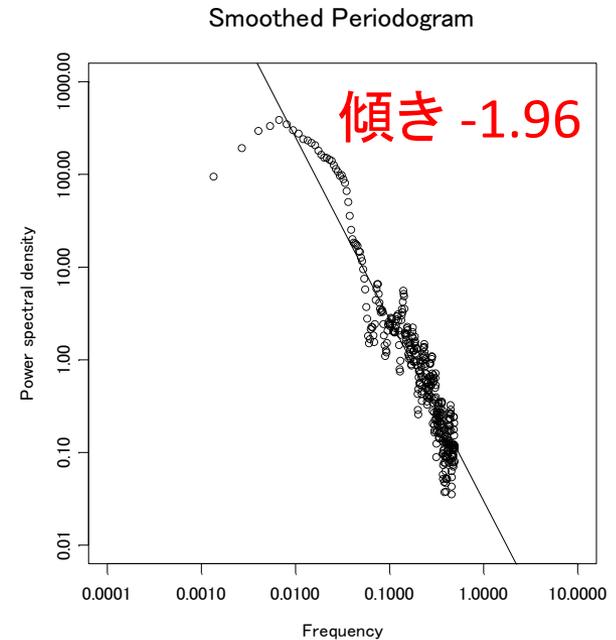
# 1/f ゆらぎと 1/f<sup>2</sup> ゆらぎ (1日積分)

震災以前で換気を抑えた部屋  
で2006年1月からの2年間



1/f ゆらぎ

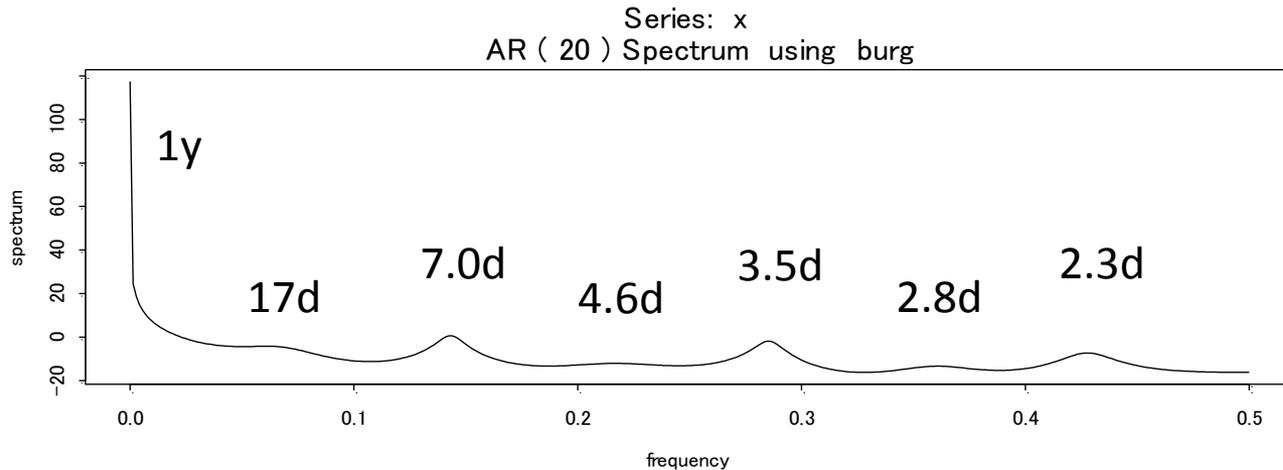
震災後現在の部屋で  
2012年10月からの2年間



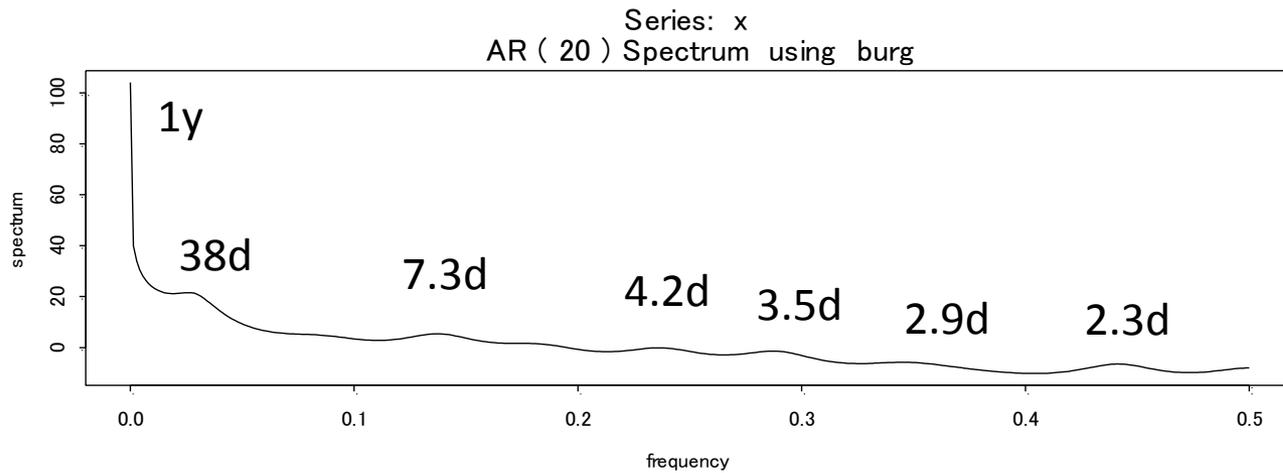
1/f ゆらぎとはいえない  
むしろ1/f<sup>2</sup> ゆらぎ

# リズムの例 (1日積分)

周期性の候補 **1年**周期 太陽の自転 **27日** 1週間の**7日** 気団の移動 **3~5日**



震災以前で換気を抑えた部屋  
2006年1月からの2年間



震災後現在の部屋  
2012年10月からの2年間

震災から1年後から3年後までの2年間を解析してみると  
平時と同じリズムが現れてきている

# 4時間積分でのゆらぎとリズム

- 前3枚のスライドでは、1日積分で2年間のデータについて、ゆらぎとリズムを述べた。1年間程度でもほぼ同様なゆらぎとリズムがみられる。
- ところで、4時間積分でも1箇月ずつであれば、ゆらぎやリズムをみることができることが分かってきた。そこで4時間積分で1箇月毎にデータを解析した結果を次の2枚のスライドに示す。
- 震災前の2006年からの2年間は83%の月で $1/f$ ゆらぎがみられたが、震災後の2年間では4%の月にと激減した。震災後1年半からの2年間でようやく25%の月へと回復した。
- 震災後は放射性物質の指数関数的減衰による放射線の減少が支配的で、 $1/f$ ゆらぎが消えてしまったのであろう。1日積分のときと同様に、 $1/f^2$ ゆらぎとなっている月も多い。



# 震災を挟んだ3年半でのゆらぎとリズム

2010年10月より3年半 4時間積分 1箇月ずつ

|         | β      | ±      | 正規性 | ピーク周期 [hours] |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | ピーク回数 |    |
|---------|--------|--------|-----|---------------|------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|----|
|         |        |        |     | 62            | 48   | 35 | 34   | 30   | 26   | 25   | 24   | 23   | 20   | 19   | 17   | 15   | 14   | 13   | 12   | 11   |       | 10 |
| 2010-10 | 1.7142 |        | ×   |               |      |    |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      | 12.2 |      |      |       | 2  |
| 2010-11 | 1.3096 | 0.1252 | ○   | 103           |      |    |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      | 16.7 |      | 12.2 |      | 9.9  |       | 5  |
| 2010-12 | 1.1009 |        | ○   |               |      |    |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      | 12.4 |      |      |       | 2  |
| 2011-01 | 1.2650 | 0.1063 | ×   | 372           | 67.6 |    | 35.4 |      |      |      |      |      |      |      | 20.1 |      |      | 13.5 |      | 11.4 | 9.9   | 9  |
| 2011-02 | 1.2191 | 0.1341 | △   | 112           |      |    |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 12   |      |      | 9.1   | 4  |
| 2011-03 | 1.7857 |        | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2011-04 | 2.2778 |        | ×   |               |      |    | 36   |      |      |      |      |      |      |      | 20.6 |      |      | 12.2 |      |      |       | 3  |
| 2011-05 | 1.5773 |        | △   |               |      |    |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 1  |
| 2011-06 | 1.5260 |        | ×   |               |      |    |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 12.2 |      |      |       | 2  |
| 2011-07 | 1.5866 |        | ×   |               |      |    |      |      | 25.7 |      |      |      |      |      |      |      |      | 12.8 |      |      |       | 2  |
| 2011-08 | 2.0123 |        | △   |               | 62   |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 12.4 |      | 10.3 |       | 4  |
| 2011-09 | 1.7630 |        | ×   |               |      |    |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 12.2 |      |      |       | 2  |
| 2011-10 | 1.5284 |        | ×   |               |      |    |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      | 12.6 |      |      |       | 2  |
| 2011-11 | 1.7841 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      | 23.2 |      |      |      |      |      |      |      | 11.4 |       | 2  |
| 2011-12 | 1.4190 | 0.0895 | ×   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      | 14.3 |      | 10.9 |       | 3  |
| 2012-01 | 2.5754 |        | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2012-02 | 2.4107 |        | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 11   |       | 1  |
| 2012-03 | 2.5375 |        | ×   |               | 62   |    |      | 33.8 |      |      |      |      |      |      | 22.5 | 19.1 | 15.2 |      | 12   | 10.5 | 8.9   | 8  |
| 2012-04 | 1.2559 | 0.0912 | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 23.2 |      | 15.3 |      | 11.8 |      | 9.6   | 4  |
| 2012-05 | 1.4052 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      | 24   |      |      | 12.8 |      |      |       | 2  |
| 2012-06 | 1.6844 |        | ×   |               |      | 51 |      | 32.7 |      |      |      |      |      |      | 24   |      |      | 18.5 |      | 13.8 | 12    | 8  |
| 2012-07 | 1.3321 | 0.0722 | ×   |               |      |    |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2012-08 | 1.5350 |        | ×   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2012-09 | 1.6467 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 9.2   | 3  |
| 2012-10 | 1.4244 |        | △   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2012-11 | 1.3395 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2012-12 | 1.3908 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2013-01 | 2.7692 |        | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      | 23.3 |      |      |      | 15.8 |      |      | 12.2 | 9.5   | 4  |
| 2013-02 | 2.0383 |        | ×   | 224           |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 12.4 |       | 3  |
| 2013-03 | 1.4836 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2013-04 | 1.7423 |        | ×   |               |      | 48 |      |      |      |      |      |      |      |      | 24   |      |      | 16   |      | 12.2 |       | 4  |
| 2013-05 | 1.4928 |        | △   |               |      |    |      |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      |      | 12.4 |       | 2  |
| 2013-06 | 1.4404 |        | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 12   |       | 2  |
| 2013-07 | 0.9847 |        | ×   |               |      |    |      |      | 25.7 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 1  |
| 2013-08 | 1.4278 |        | ○   | 186           |      |    |      |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      |      | 12.2 |       | 3  |
| 2013-09 | 1.2797 | 0.0956 | ○   | 240           |      |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 11.8 |       | 3  |
| 2013-10 | 1.3687 | 0.1160 | ○   |               |      |    | 35.4 |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      | 15.2 |      |      | 11.6 |       | 5  |
| 2013-11 | 1.4353 | 0.0929 | △   | 360           |      |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      | 13.1 |      |       | 3  |
| 2013-12 | 2.0518 | 0.0831 | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      | 23.3 |      |      | 16.2 |      |      |      |       | 3  |
| 2014-01 | 1.6088 | 0.1008 | ×   |               | 68   |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 11.6 | 10.1  | 4  |
| 2014-02 | 2.9338 | 0.0920 | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2014-03 | 0.4899 | 0.1017 | ×   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2014-04 | 1.3337 | 0.1033 | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      | 24.8 |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 2  |
| 2014-05 | 1.2396 | 0.1076 | ○   |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 12   |       | 0  |
| 2014-06 | 1.2802 | 0.0968 | ○   |               | 72   |    |      | 34.3 |      |      |      | 24   |      |      |      |      | 18   |      | 13.8 | 12.2 | 10.1  | 7  |
| 2014-07 | 1.2454 | 0.0864 | ×   |               | 74   |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      |      | 12   | 10.1  | 5  |
| 2014-08 | 1.3863 | 0.0626 | ○   |               | 68   |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      | 17.5 |      | 16.5 | 12   | 10.1  | 7  |
| 2014-09 | 1.3232 | 0.1185 | △   |               |      |    |      |      |      |      |      | 24   |      |      |      |      |      |      | 15.7 | 12   |       | 4  |
| 2014-10 |        |        |     |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2014-11 |        |        |     |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2014-12 |        |        |     |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2015-01 |        |        |     |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |
| 2015-02 |        |        |     |               |      |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |       | 0  |

7 7 2 3 2 2 2 8 25 5 2 4 3 6 4 4 31 5 10 9

ゆらぎ: 震災前5箇月中4箇月で 1/f ゆらぎ 震災後3年半でようやく 1/f ゆらぎ が戻って来た

リズム: 12時間周期、24時間周期が多

統計分布: 24箇月中正規分布だったのは3箇月のみであった

# 結論

- 原発事故は筆者の部屋の空間放射線量を大きく変え、それをNaIシンチレーションカウンターで捉えることが出来たので、関係各位への情報発信に努めた。
- 1日積分のデータでは原発事故前の  $1/f$  ゆらぎは、原発事故後は  $1/f^2$  ゆらぎへと変化した。いずれにおいても、気団の移動に相当するリズム等がみられた。
- 4時間積分のデータで、原発事故前に観測されていた  $1/f$  ゆらぎは原発事故後に消失してしまっていたが、3年半後に復活してきた。また、換気のオンオフに起因する24時間周期とその倍振動のリズム等がみられた。