



# 屋内空気中ラドンの 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

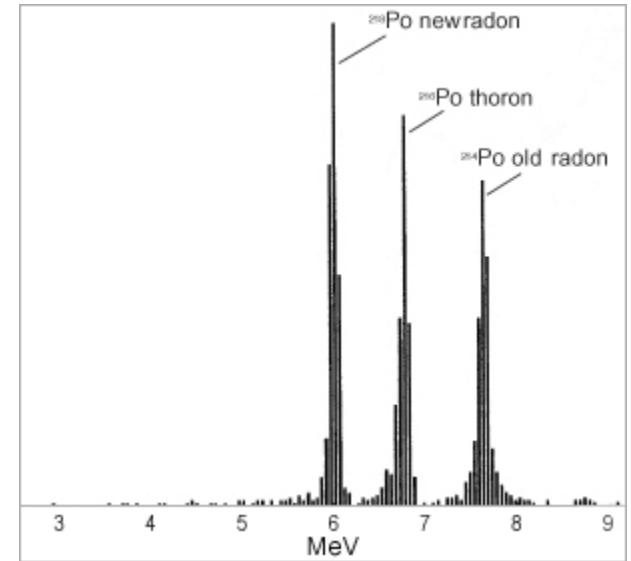
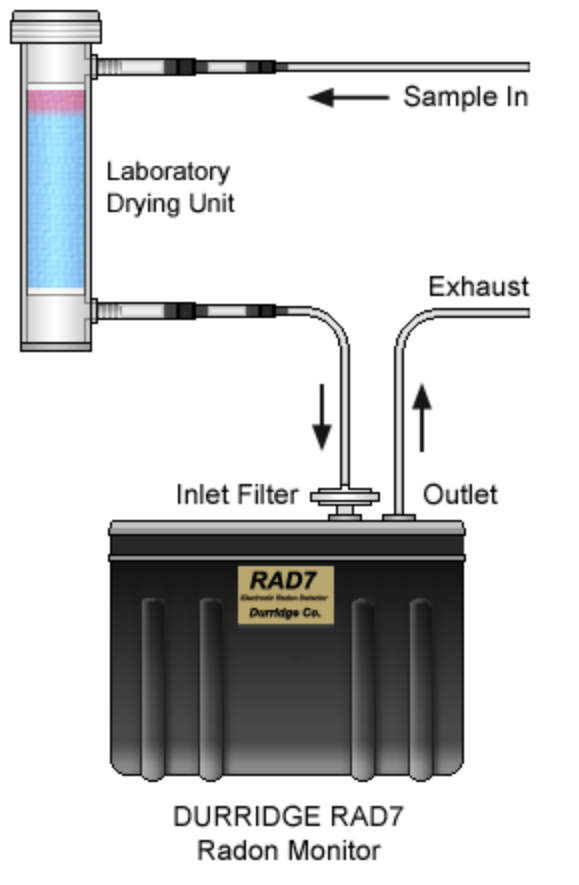
# はじめに

- 2010年10月より2年間の屋内空気中ラドン濃度。
- 筆者の部屋(4号館4階)で連続測定。
- ラドンモニターはバッテリーで4時間の停電も耐える。
- 勤務日の昼間は廊下側の2つのドアを開放。
- 土日は誰も居ないのでドアも閉まり換気も止まる。
- **このような人為的な環境で  $1/f$  ゆらぎがみられるものであろうか？** というのが主たる研究動機であった。屋外測定では  $1/f$  ゆらぎを確認済である。
- 震災・原発事故の影響は有ったか。

# 調べてみたこと

- まず1時間積分のデータを使う。
- 1月毎で  $1/f$  ゆらぎはあるか。
- 1日から2倍日ずつ増やし512日間を含めてみても  $1/f$  ゆらぎはあるか。  
→ フラクタル性の検証
- リズムとして、どのような周期性の時間変動があるか。
- 1日平均のデータではどうか。
- 震災前後で何らかの兆候はみられたか。

# 装置

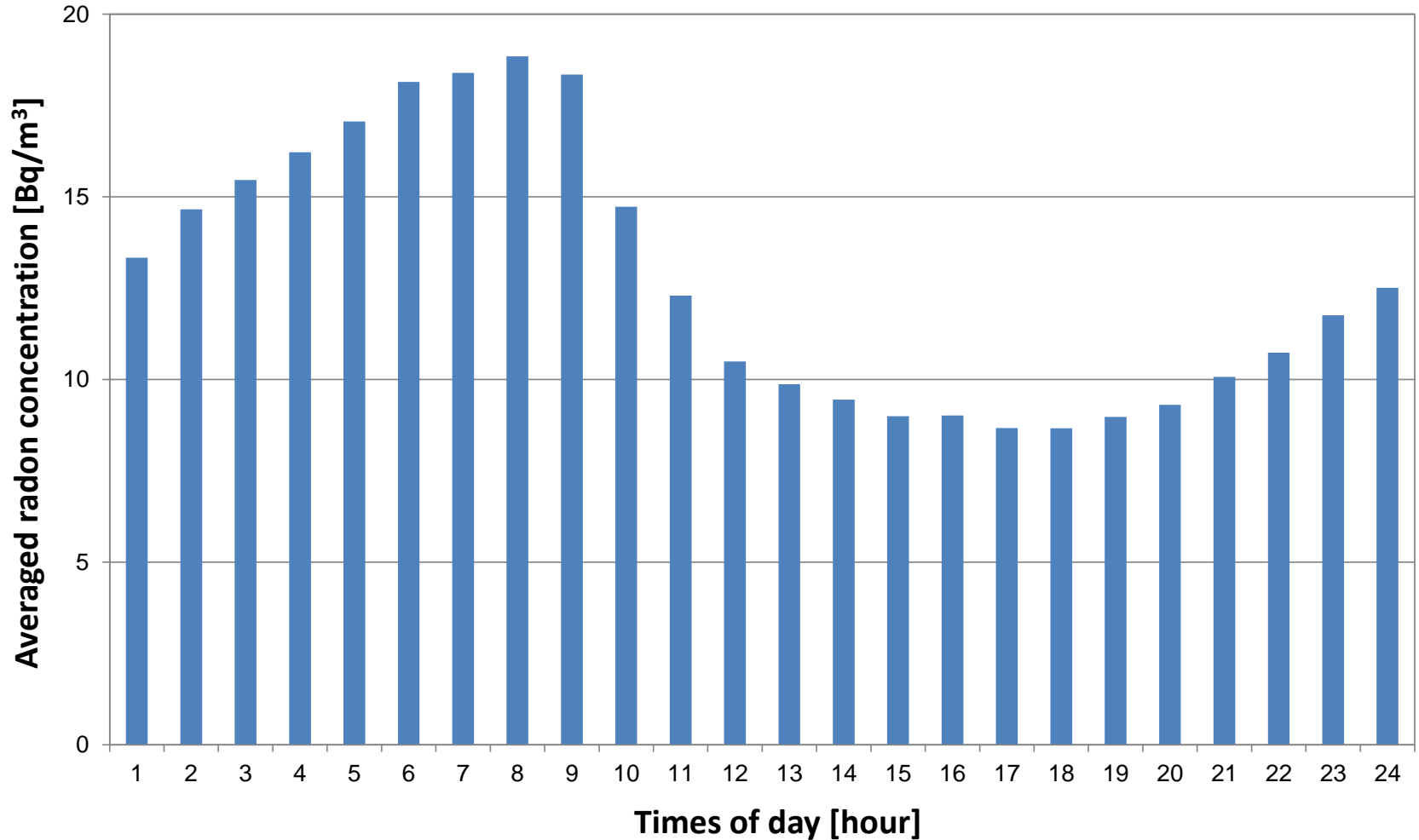


DURRIDGE RAD7 Measures EPA action level of 4 pCi/L (150 Bq/m<sup>3</sup>) in just one hour.

通気式静電捕集法 エネルギー弁別方式の検出器でトロンの影響を考えなくてよい

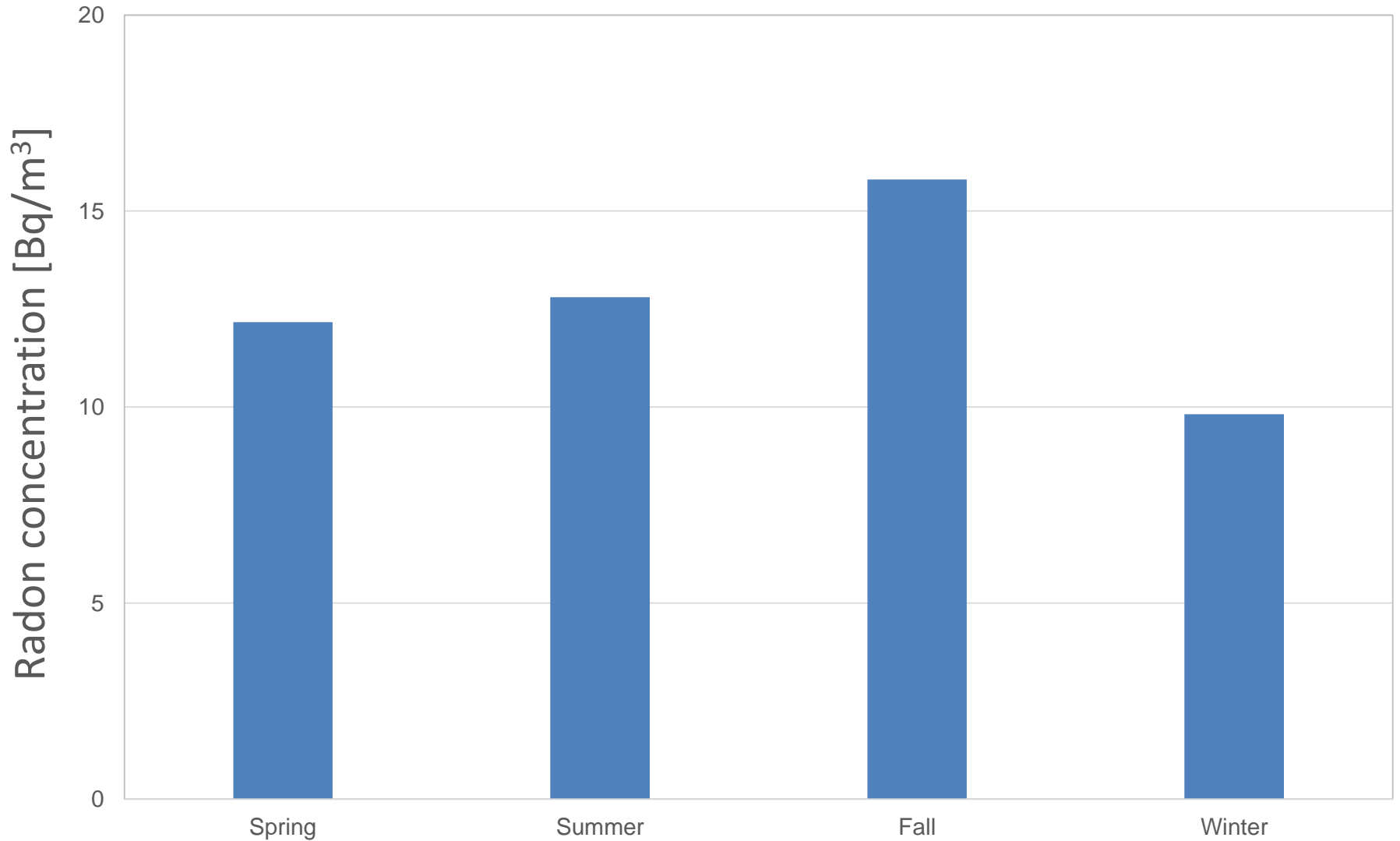
# 日変動

## Time-of-Day Dependence of Radon Concentration



ラドン濃度は 午前8時で最大 午後6時で最低

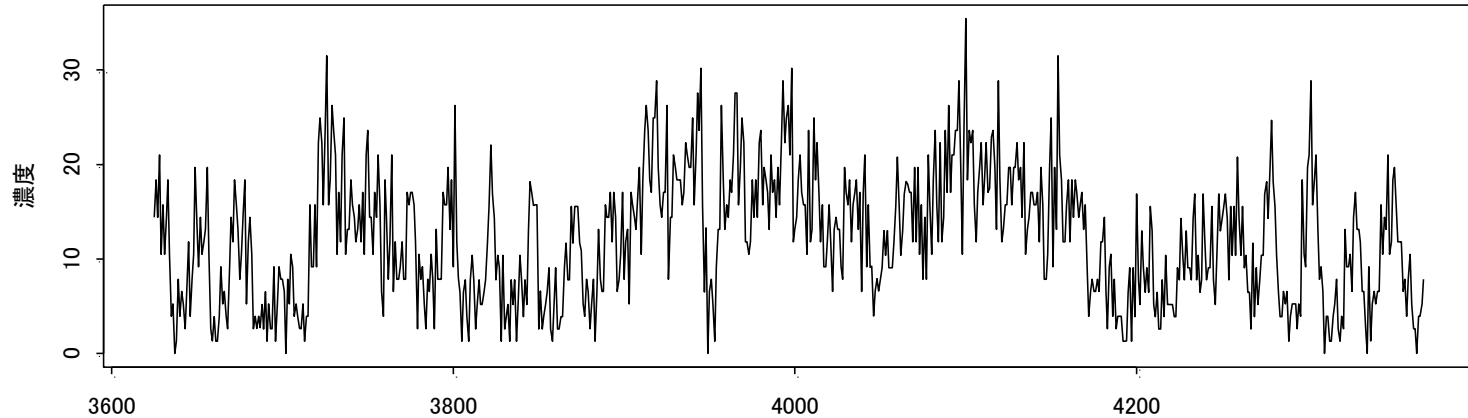
# 季節変動



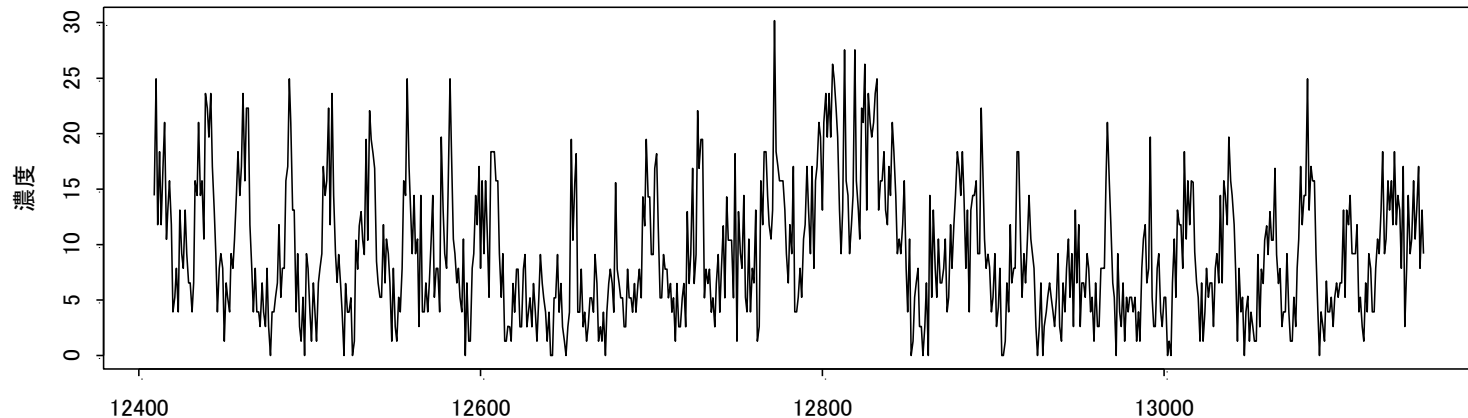
ラドン濃度は 秋に高く冬に低かった 冬は開け放ったドアによる換気効果が大となる

# 時系列の例

2011年3月



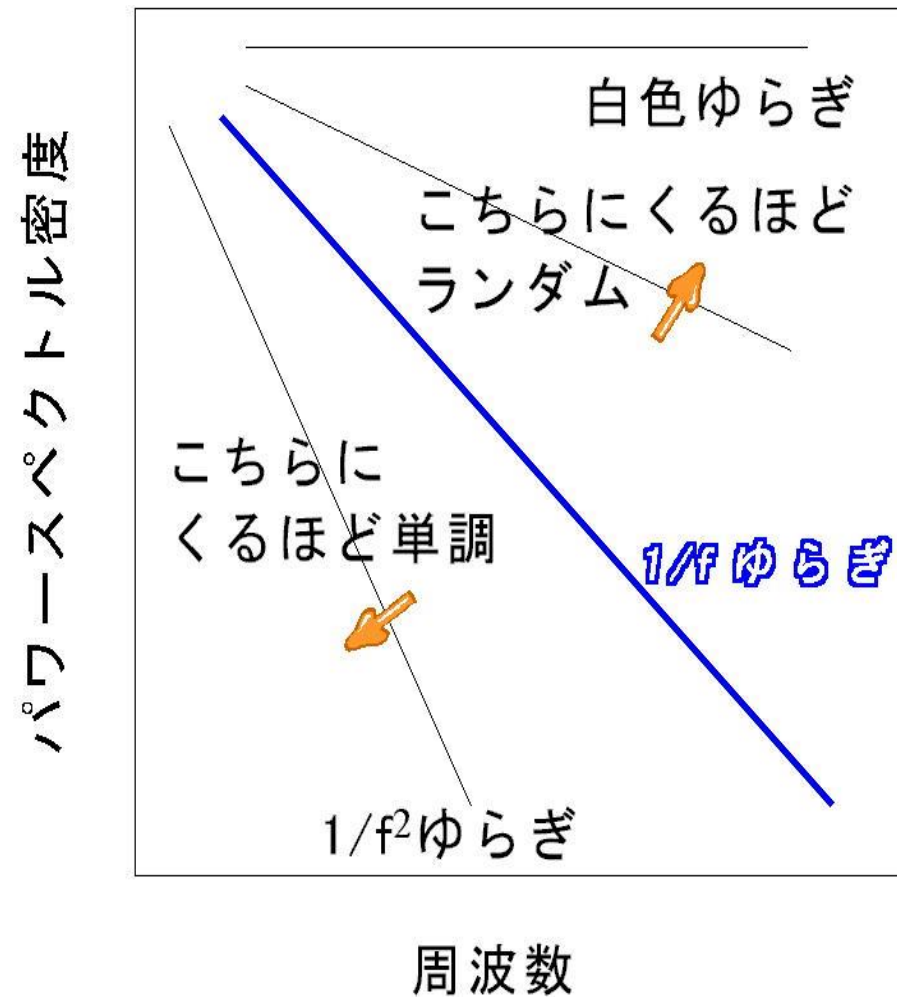
2012年3月



棘のように見えるのは土日に換気が止まり高濃度となるため

# 1/f ゆらぎ

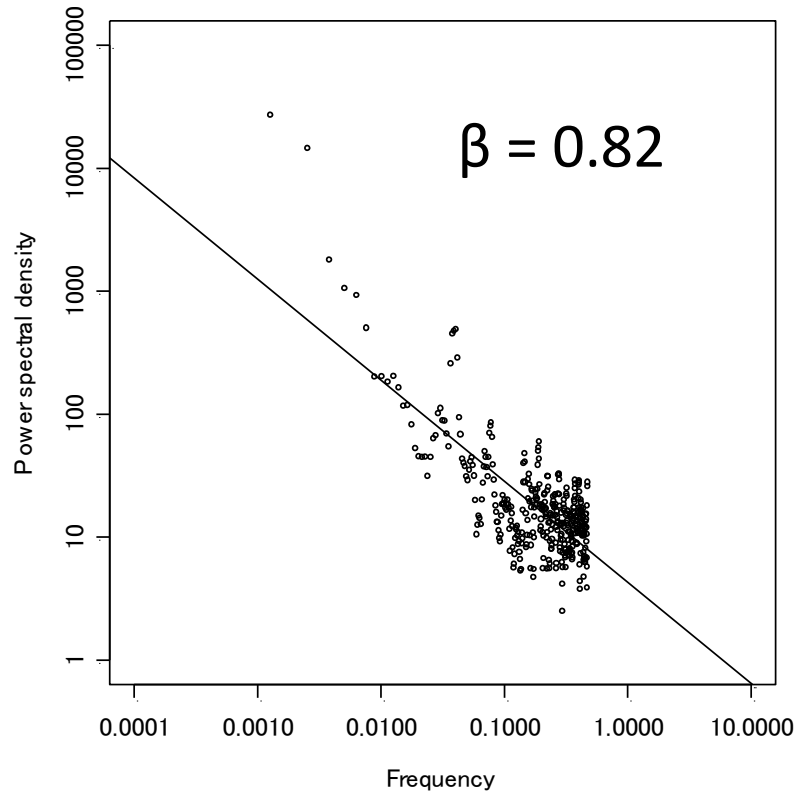
- パワースペクトル密度と周波数  $f$  との両対数グラフでゆらぎを分類
- 水平線は周波数と相関のない白色ゆらぎ
- 中央右斜 45度の線が最も心地よい  $1/f$  ゆらぎ
- $1/f^2$  ゆらぎは予測可能で単調



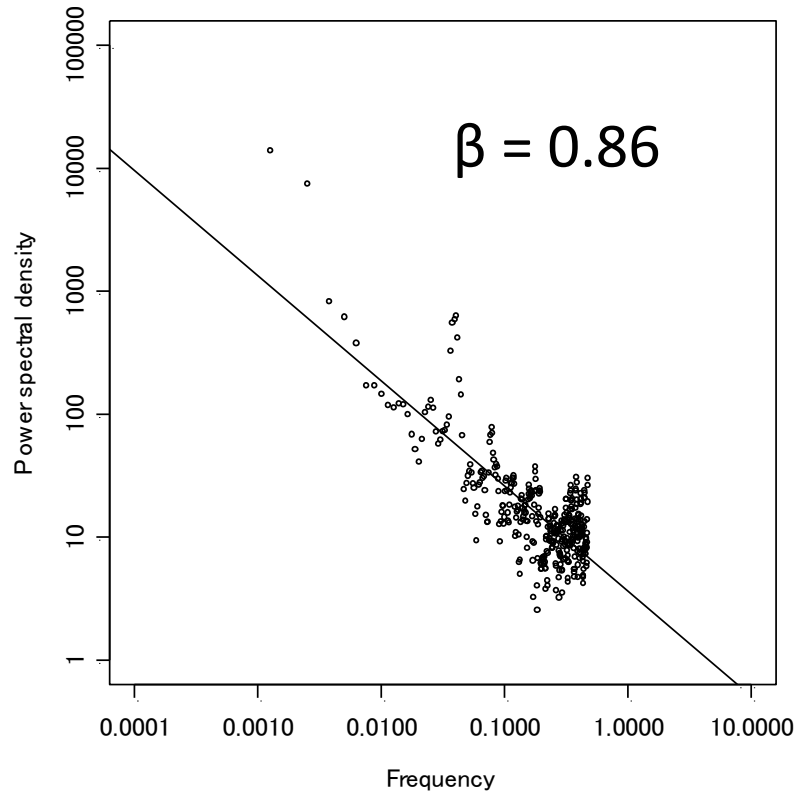


# ゆらぎの例 1/f ゆらぎかどうか

2011年3月

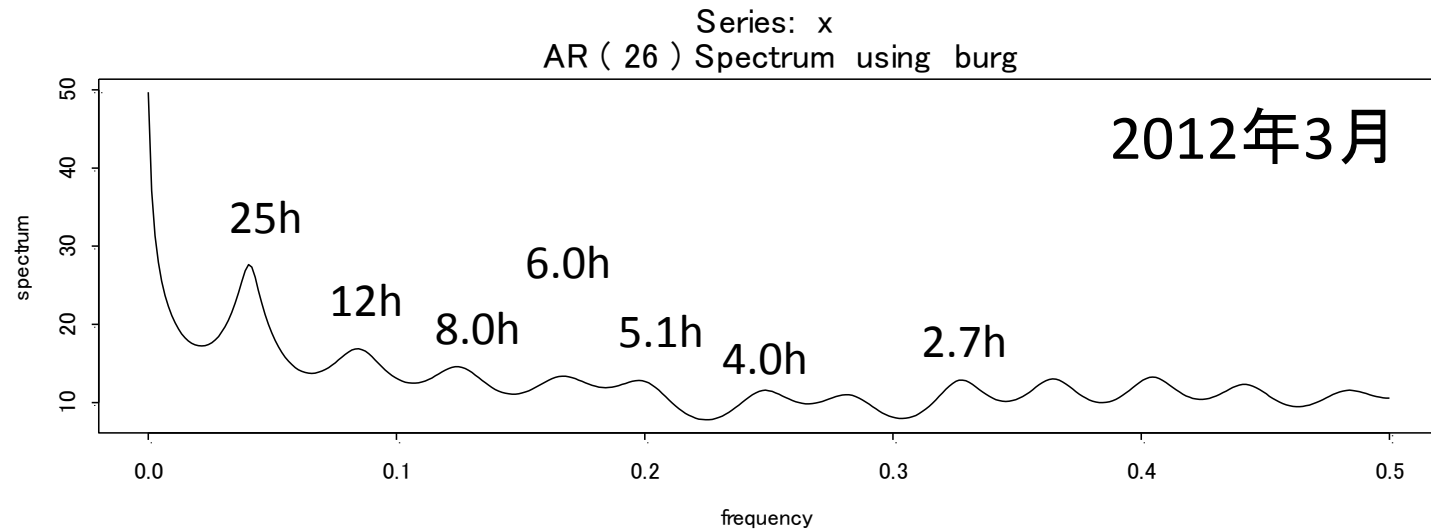
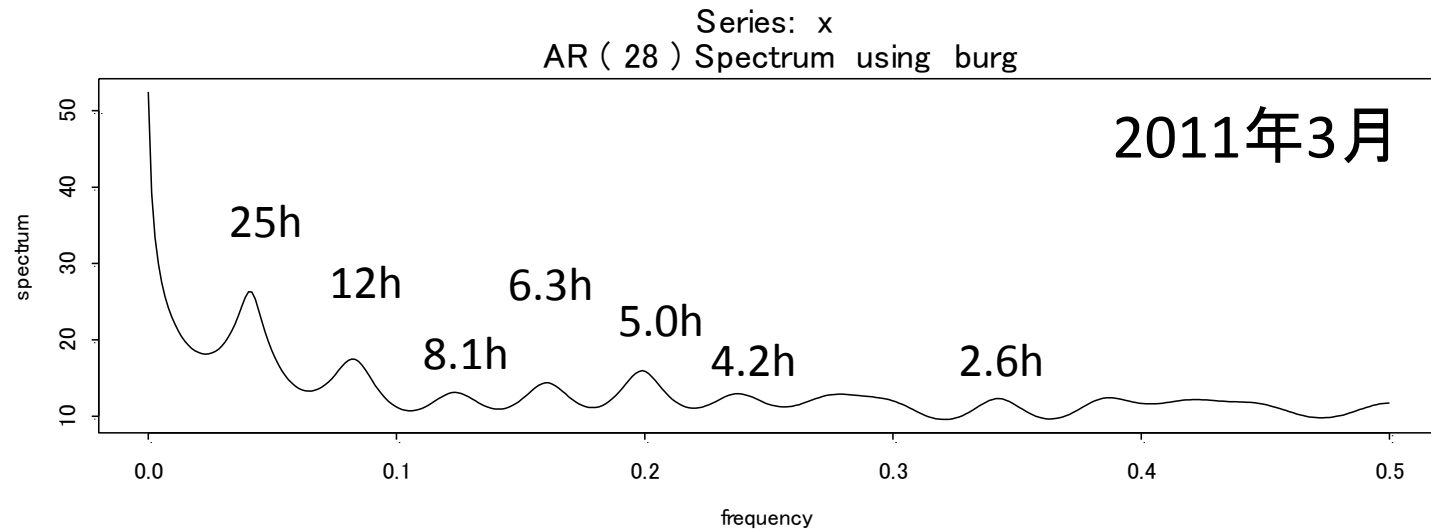


2012年3月



$S \propto f^{-\beta}$  の形で  $0.8 < \beta < 1.2$  となり いずれも 1/f ゆらぎ といえる

# リズムの例 パワースペクトル



24時間周期とその倍振動で同じような形である

# ゆらぎとリズム 1時間積分1箇月毎

	$\beta$	正規性	対数正規性	ピーク周期 [hours]																	ピーク個数		
				26	25	24	12	10	9	8	7	6	5	4	4	3	3	2	2	2			
2010-10	1.05	×	×	25.7			11.6			7.9	5.9	4.9	4.1		3.1								7
2010-11	1.00	×	×	25.7					8.8		6.2	4.8	3.9									2.2	6
2010-12	0.97	×	×		24.8		12.1			8	6	4.8			3	2.7	2.4				2.2	9	
2011-01	0.90	×	×		24.8		12.4			8.2	6.6	5.2			3.2	2.9	2.6	2.3	2.1			10	
2011-02	0.91	×	×			24	12			8		5.9		4.4			2.9	2.6	2.3	2.2		9	
2011-03	0.82	×	×		24.8		12			8.1	6.3	5				2.9	2.6	2.4				8	
2011-04	1.10	×	×		24.8			9.9			6.3		4.3	3.6							2.1	6	
2011-05	1.07	×	×	25.7			12.2			8.1	6.2	5			3.2	2.9	2.6	2.3	2.1			10	
2011-06	1.06	×	×		24.8		12			9.3	5.9	5.1			3.1	2.9	2.6	2.3	2.2			10	
2011-07	1.01	×	×			24	11.8			7.9	6.1	4.9				2.9	2.5	2.3	2.1			9	
2011-08	1.04	×	×			24	12.2			8	6.1	4.9			3.2	2.8	2.5	2.3	2.1			10	
2011-09	0.91	×	×		24.8		11.6			8	6.2	4.7			3		2.6	2.3	2.1			9	
2011-10	0.98	×	×	26.6			11.8			7.8	6		4.1			2.7	2.5	2.3	2.1			9	
2011-11	0.98	×	×	26.7			11.6			8	5.5		4.4				2.5		2.2			7	
2011-12	0.86	×	×			24	12.4			8.1	6	4.7			3.1	2.8		2.3	2.2			9	
2012-01	0.84	×	×		24.8		11.4				7.3	5.7		4.2			2.5		2.2			7	
2012-02	0.80	×	×			24	11.6			7.6	5.6	4.6				2.9		2.4	2.1			8	
2012-03	0.86	×	×		24.8		11.8			8	6	5.1			3	2.7	2.5	2.3	2.1			10	
2012-04	0.99	×	×			24	11.8			7.9	6	4.9			3.1		2.5		2.2			8	
2012-05	1.05	×	×		24.8		11.2				7.4	5.8	4.7			2.8		2.4	2.2			8	
2012-06	1.21	×	×			24	12			7.9	6.4		4.3			2.7	2.4	2.3	2			9	
2012-07	1.03	×	×			24	11.8			8	5.8		4.4				2.6	2.3	2.1			8	
2012-08	0.96	×	×			24	11.4			8.2	6.2	5.1				2.7		2.3	2.1			8	
2012-09	0.91	×	×	25.7				10.1			7.1	5.1	4						2.2			6	

ゆらぎ: すべて  $1/f$  ゆらぎ

リズム: 圧倒的な24時間周期とその倍振動ですべて説明可能

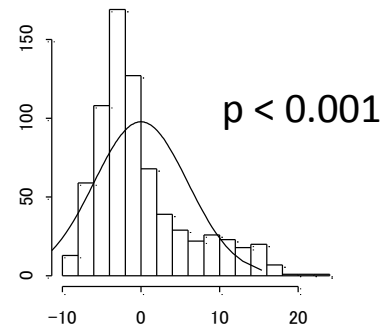
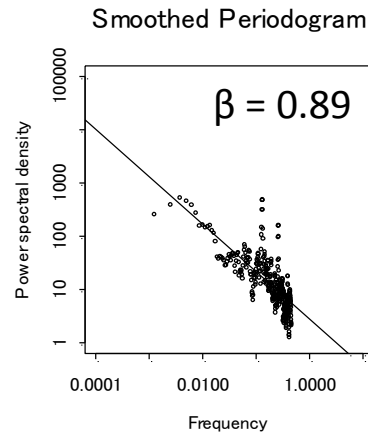
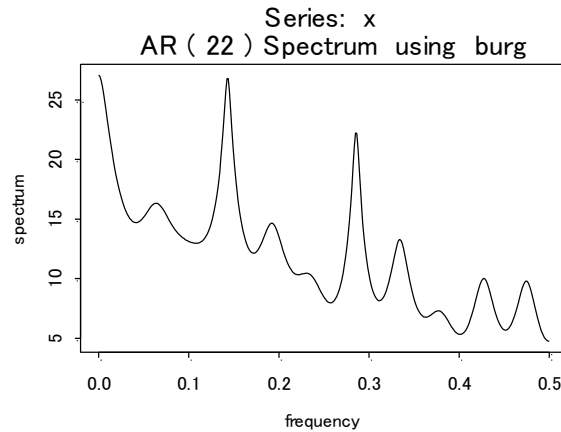
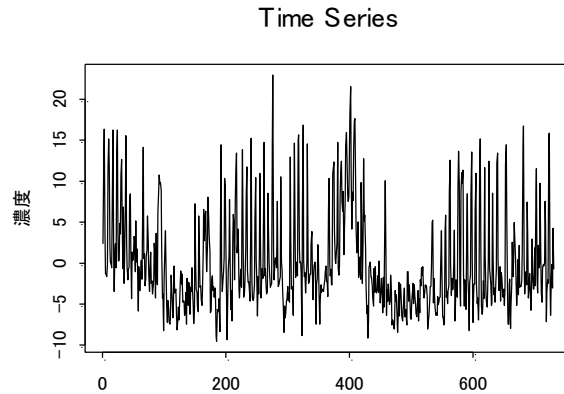
統計分布: 正規分布でも対数正規分布でもなかった

# 1/f ゆらぎのフラクタル性

- 2010年10月1日から1日分、2日分、4日分と2倍ずつデータを加えてゆき、1/f ゆらぎかどうかをしらべた。
- $\beta$  の値は、1日 1.41、2日 1.51、4日 1.26、8日 1.20、16日 1.03、32日 0.91、と8日分くらいから1/f ゆらぎとなり、以下、512日分まで1/f ゆらぎであり、フラクタル性(自己相似性)が示された。

days	date	hours	beta
1	2010/10/1	24	1.42
2	2010/10/2	48	1.51
4	2010/10/4	96	1.26
8	2010/10/8	192	1.20
16	2010/10/16	384	1.03
32	2010/11/1	768	0.91
64	2010/12/3	1536	0.82
128	2011/2/5	3072	0.80
256	2011/6/13	6144	0.81
512	2012/2/24	12288	0.79

# 1日平均2年間のゆらぎとリズム



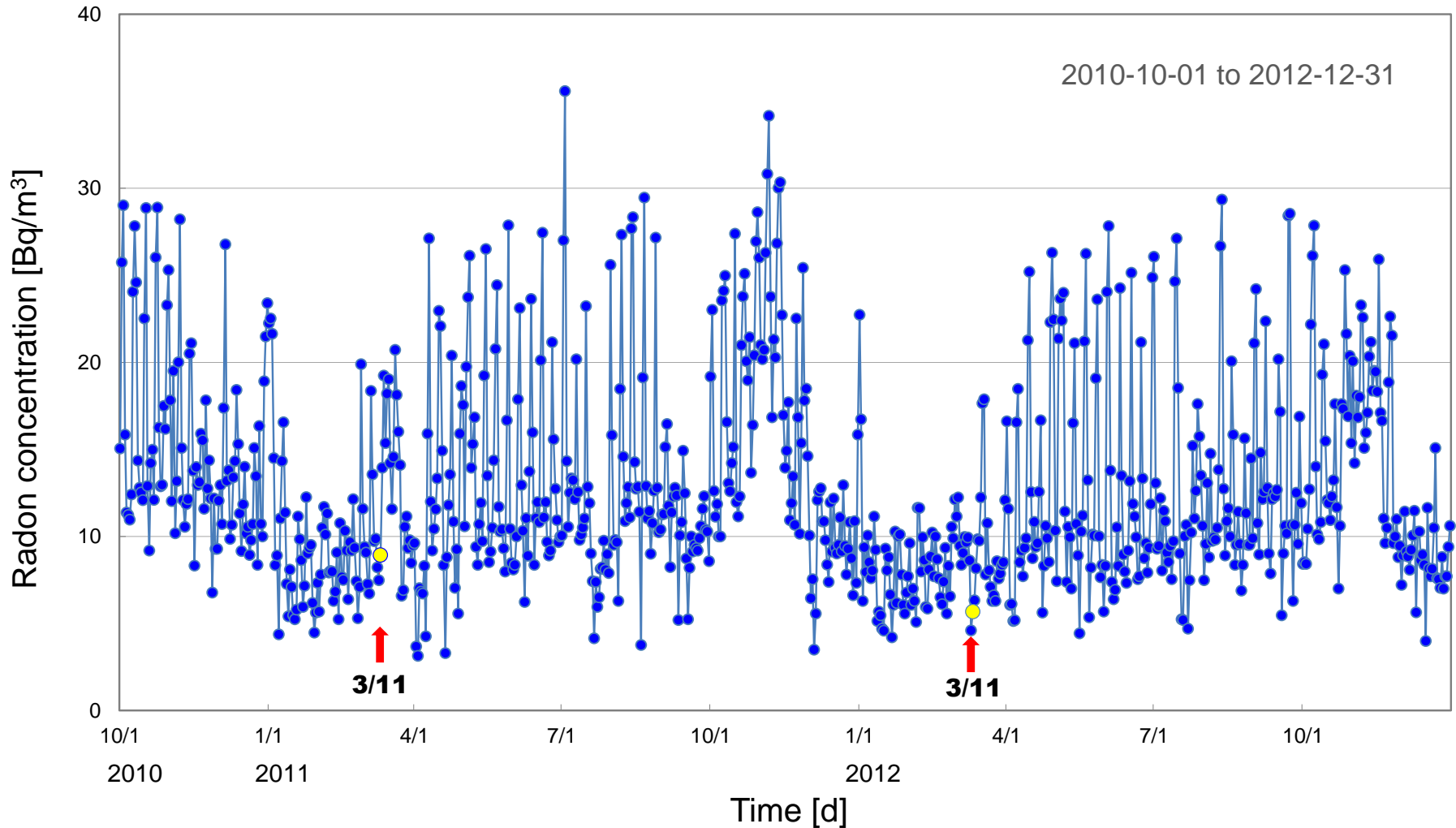
ゆらぎ:  $1/f$  ゆらぎ フラクタル性は1年間程度から現れる

リズム: 7日間周期とその高調波が顕著

気団の移動と思われる周期性もみられる

# 震災前後

Measurement of Atmospheric Radon in Pofessor's Room with RAD7



震災から1年後と比べてみても特には震災の影響は認められない

# 結論

- 人為的な環境にもかかわらず、極めて典型的な  $1/f$  ゆらぎがみられ、7日間から2年間という長期にわたるフラクタル構造も確認された。
- リズムとしては、換気のオンオフに起因する24時間周期とその倍振動が圧倒的であった。
- 1日平均のデータでも  $1/f$  ゆらぎがみられた。
- 分布は正規分布でも対数正規分布でもなかった。
- 原発事故の影響は認められなかった。