

二次宇宙線と 大気中ラドンとの相関

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

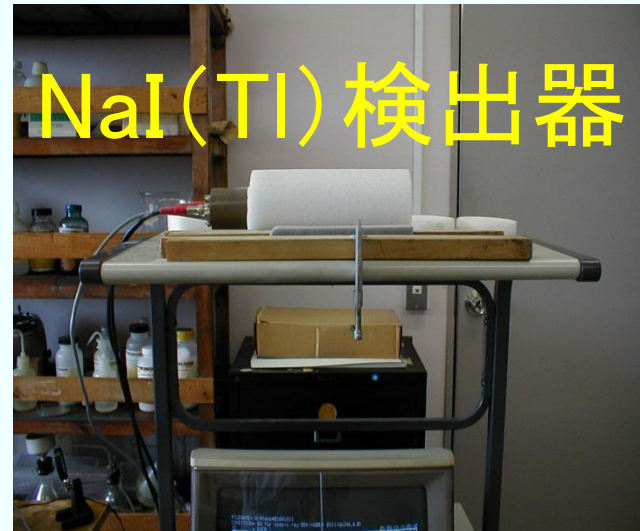
二次宇宙線と大気中ラドンとを比較 2006年1年間の測定結果を利用

- 有意な相関はあるか
- 物理的に意味のある相関か
- 時系列解析による比較

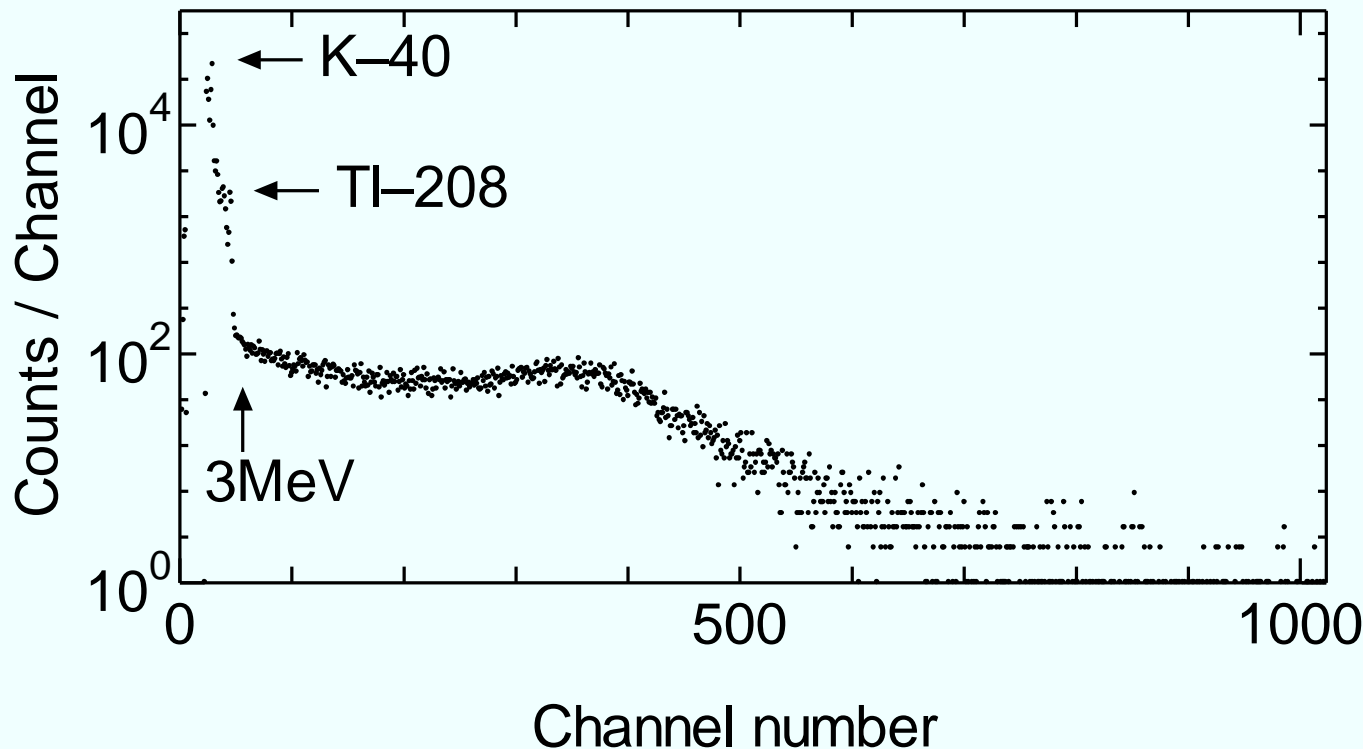
二次宇宙線とは 理化学辞典より

- **一次宇宙線が大気を通過して大地に至るもの**
- **主成分はミュー粒子** (3/4、硬成分) **と電子** (1/4、軟成分)
他に陽電子、中間子、ラムダ粒子をはじめ多くの素粒子が発見され、素粒子物理学の発展に寄与した
- **気圧効果**
気圧が増すと強度は減少する
- **正気温効果**
大気の気温上昇がパイ中間子の崩壊する高度（上空）で起これば硬成分強度が増加する
- **負気温効果**
大気の気温上昇が μ 粒子の崩壊する高度（地上近く）で起これば減少する

二次宇宙線測定システム



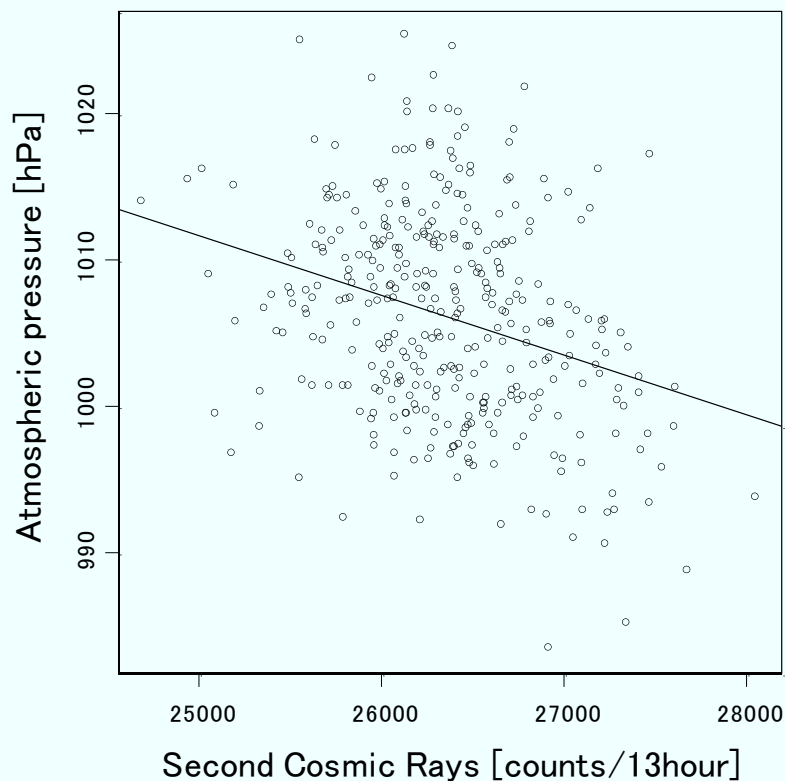
二次宇宙線のエネルギースペクトル と二次宇宙線の簡易測定法



3 MeV 以上 50 MeV 迄をカウントする

TI-208 は大地からのガンマ線の最大エネルギーのもの

二次宇宙線と大気圧の相関



有意な負の相関

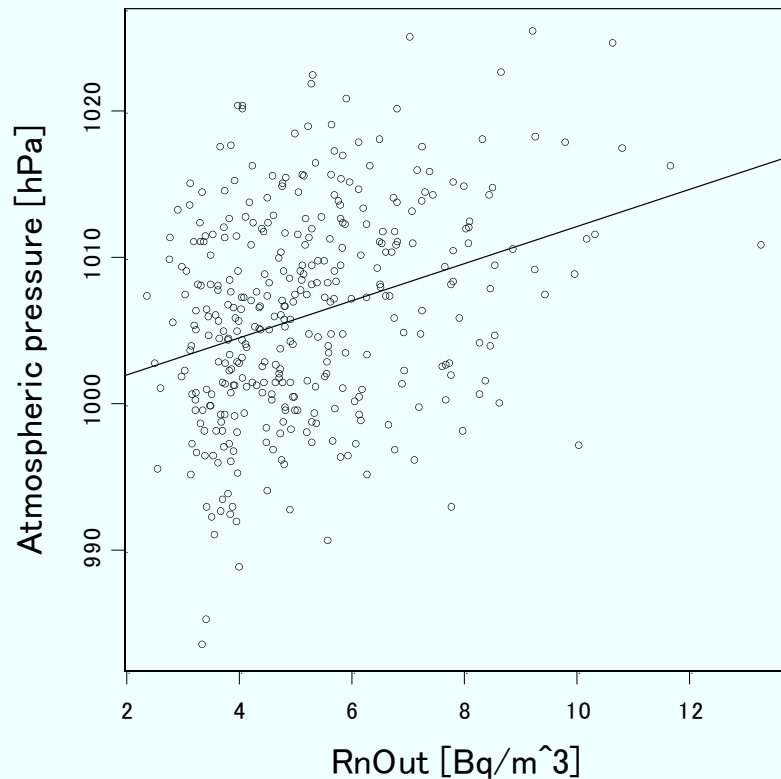


気圧効果

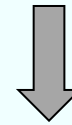
よく知られた現象

Pearson, Kendall, Spearman 全てで $p < 0.01$

屋外ラドンと気圧の相関



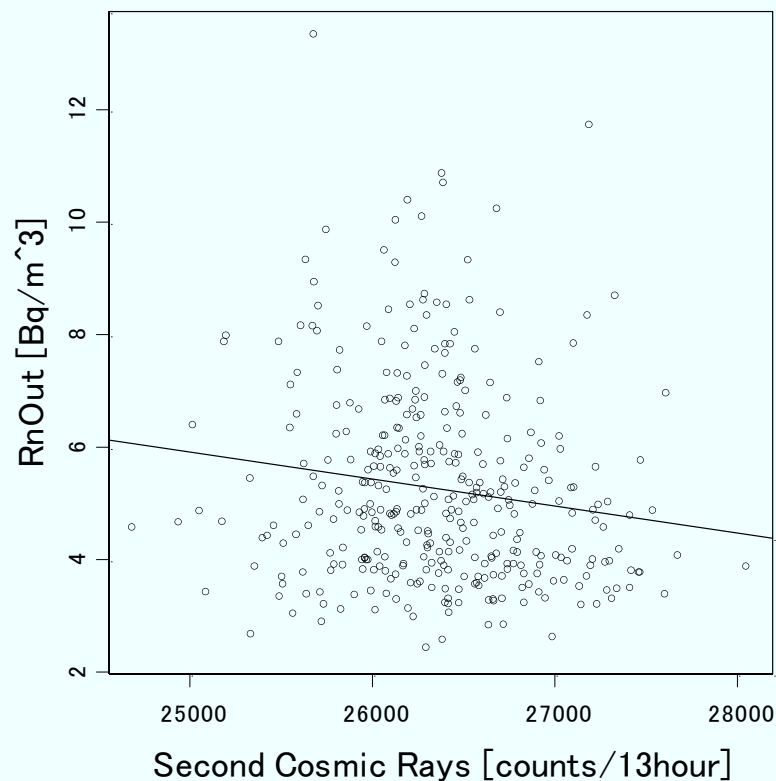
有意な正の相関



二次宇宙線とラドン
とは同じ傾向

∴ 二次宇宙線とラド
ンには負の相関が
有ってもよいのでは

二次宇宙線と屋外ラドンの相関



有意な負の相関

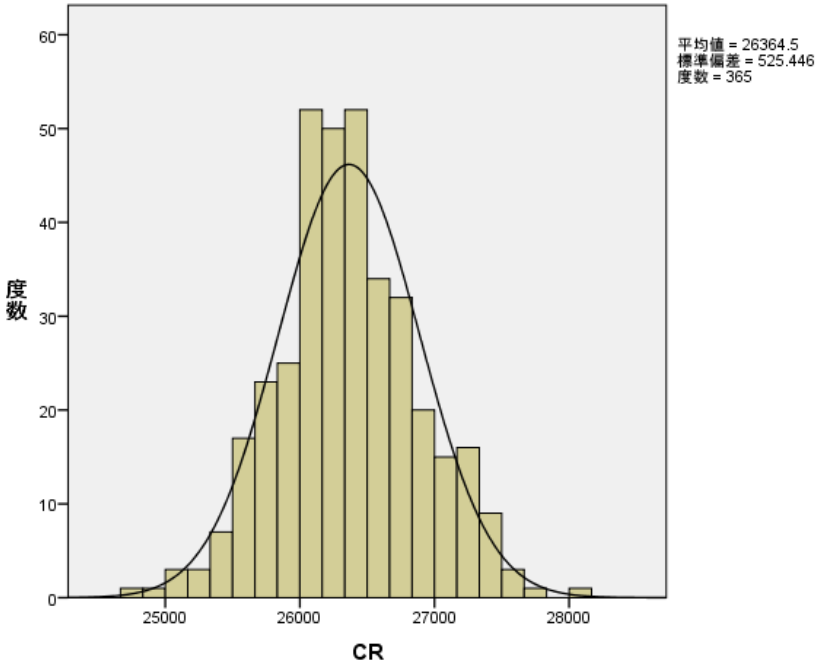


ラドンも二次
宇宙線と同様に

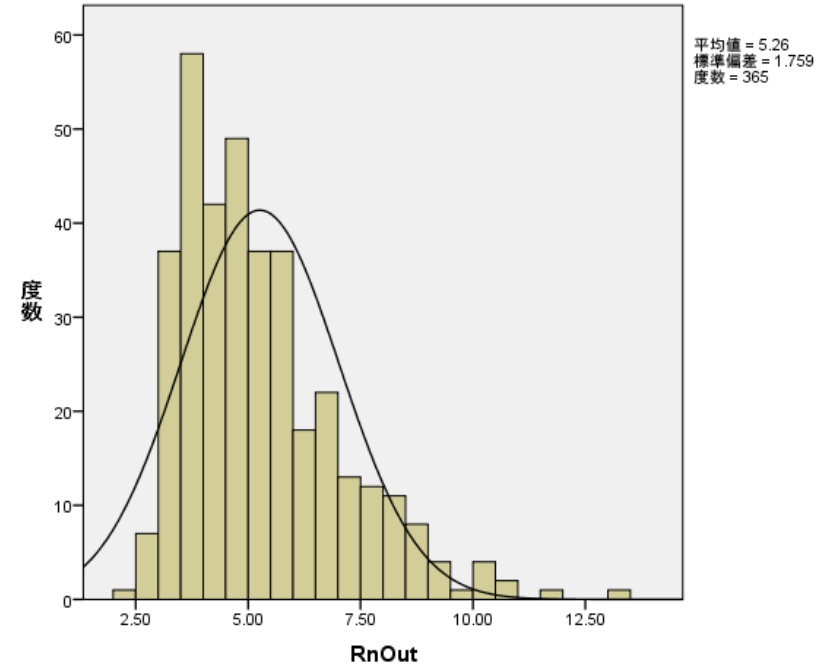
気圧効果
を受けている

二次宇宙線と屋外ラドンの統計分布

CR



RnOut



**二次宇宙線は
正規分布**

**大気中ラドンは
対数正規分布**

二次宇宙線と気温の相関

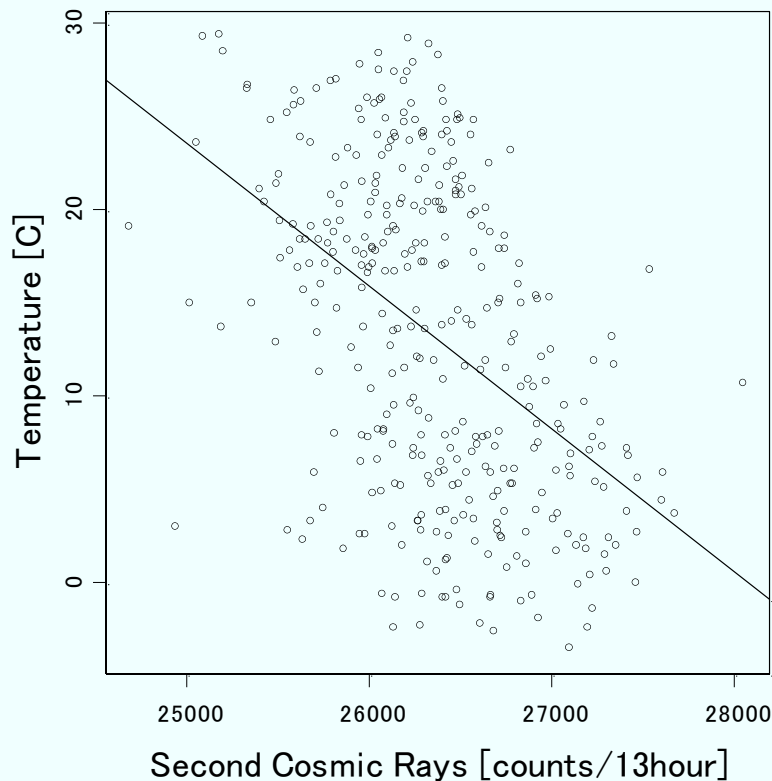
有意な負の相関



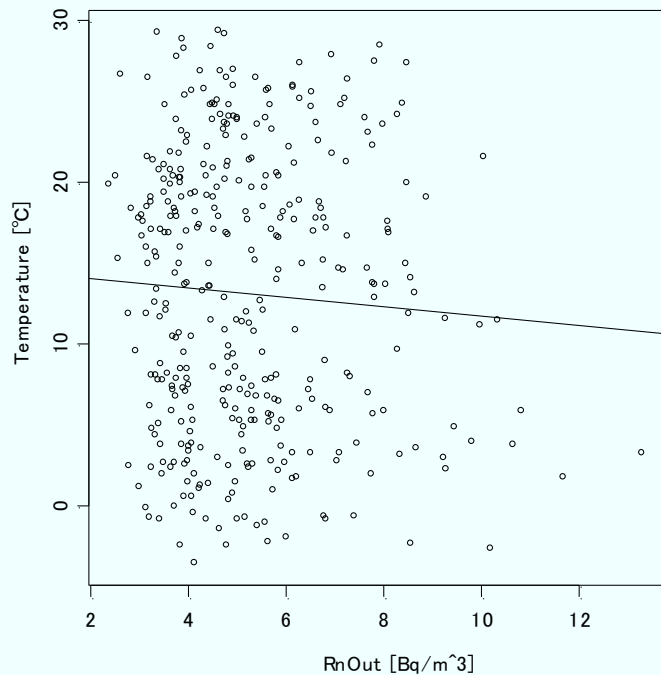
負気温効果

地上付近はミューオンの崩壊しやすいところ

その温度が上がって
ミューオンが減少



屋外ラドンと気温の相関

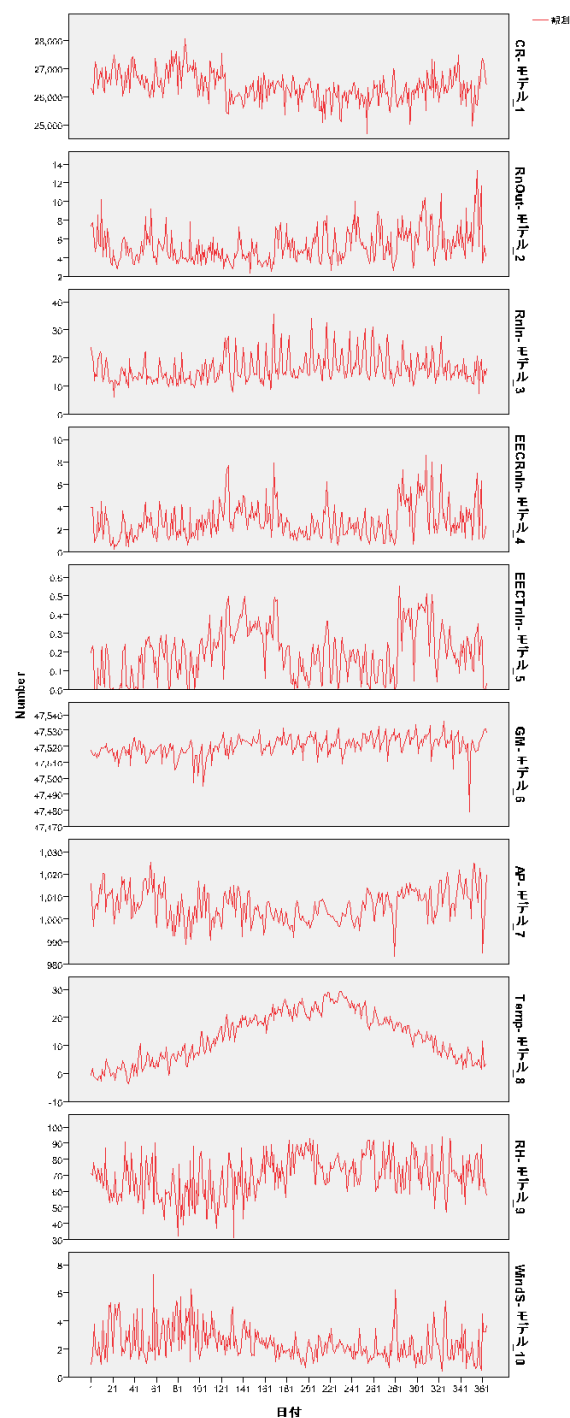


有意ではないが
負の相関



屋外ラドンも二次
宇宙線と同様に
負の気温効果を受
ける 傾向にある

時系列のおよその形



二次宇宙線

屋外ラドン

屋内ラドン

屋内ラドン子孫核種

屋内トロン子孫核種

地磁気 (12/14~12/15に磁気嵐が観測されていた)

気圧

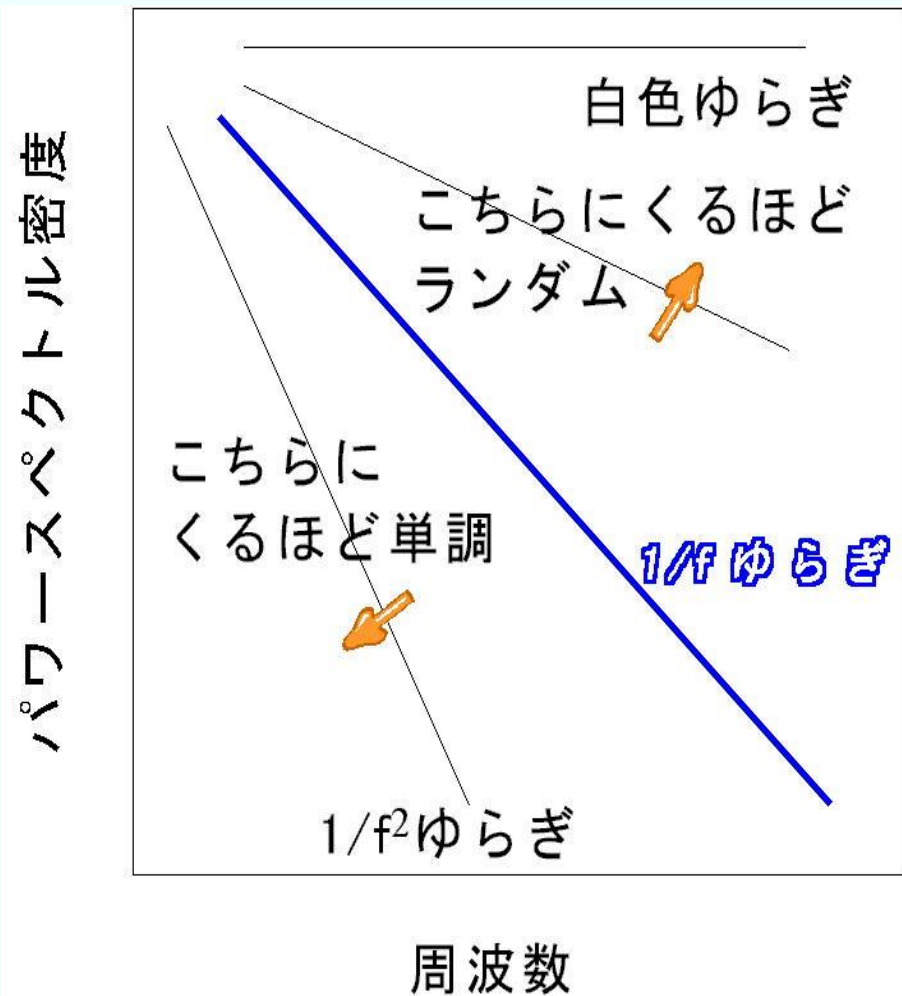
気温

湿度

風速

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 ゆらぎの判定結果

$$S(f) \propto f^{-\beta}$$

物理量	β
二次宇宙線	-1.81
屋外ラドン	-1.05
屋内ラドン	-1.08
屋内ラドン子孫核種	-1.04
屋内トロン子孫核種	-1.43
地磁気	-2.13
屋外気圧	-2.81
屋外気温	-1.23
屋外相対湿度	-1.12
屋外風速	-0.78

ラドン族は
1/f ゆらぎ

二次宇宙線
も気圧も
1/f ゆらぎで
はない
地磁気も

AR(自己回帰モデル) による周期性探索

物理量	周期性 [days]										
二次宇宙線	10.1	5.1	3.4	2.4							
屋外ラドン	21.4	9.3	6.6	4.5	3.2	2.7	2.1				
屋内ラドン	14.0	7.0	4.7	3.5	2.7	2.3					
屋内ラドン子孫核種	15.8	7.1	4.7	3.5	2.7	2.2					
屋内トロン子孫核種	7.4										
屋外気温	13.5	7.9	5.5	4.2	3.4	2.9	2.4	2.2			
屋外相対湿度	9.1	4.7	3.0	2.4							
地磁気	26	13	8.9	6.5	5.0	4.2	3.3	2.9	2.5	2.2	2.1
気圧	19.2	9.1	5.9	4.6	3.2	2.6	2.2				
屋外風速	14.6	7.9	4.9	3.6	2.6	2.2					
屋外全天日射量	20.2	9.3	6.0	4.9	3.9	3.1	2.7	2.3			

まとめ

- **二次宇宙線と大気中ラドンには有意な負の相関があった**
- **二次宇宙線の気圧効果で説明可能な相関であった** 負気温効果の傾向も見られた
- **1/f ゆらぎは二次宇宙線と気圧が同傾向**
周期性は気圧とラドンが同傾向なので
時系列解析からも二次宇宙線と大気中ラドンとの相関が示せた