

労災裁判・放射線疫学・統計学

永井 宏幸

NPO 市民科学研究室／低線量被曝研究会

福岡工業大学談話会

2020.12.25.

労災裁判

梅田 隆亮 さん

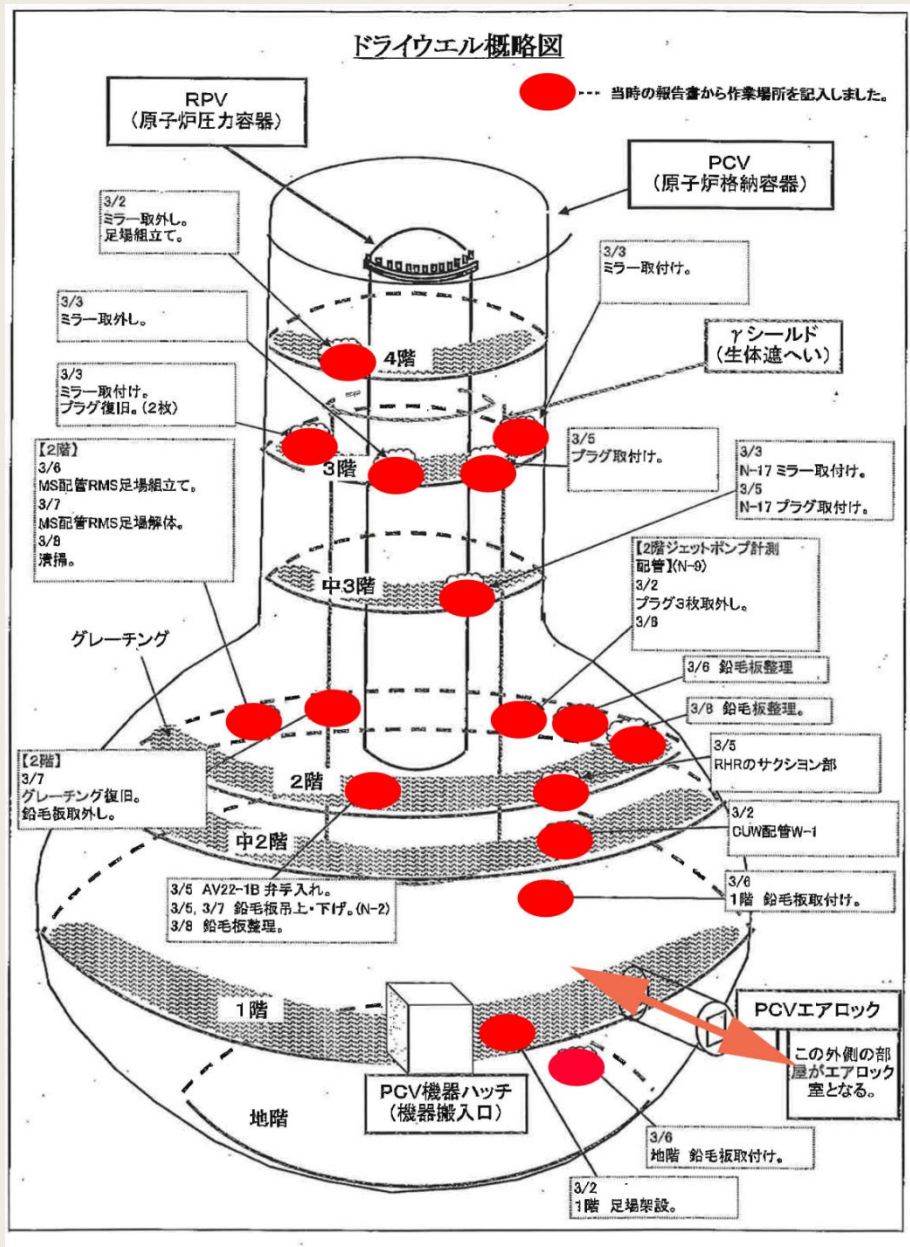


「社会とつながるアカデミック・カフェ」で
話す梅田隆亮さん 2012年7月





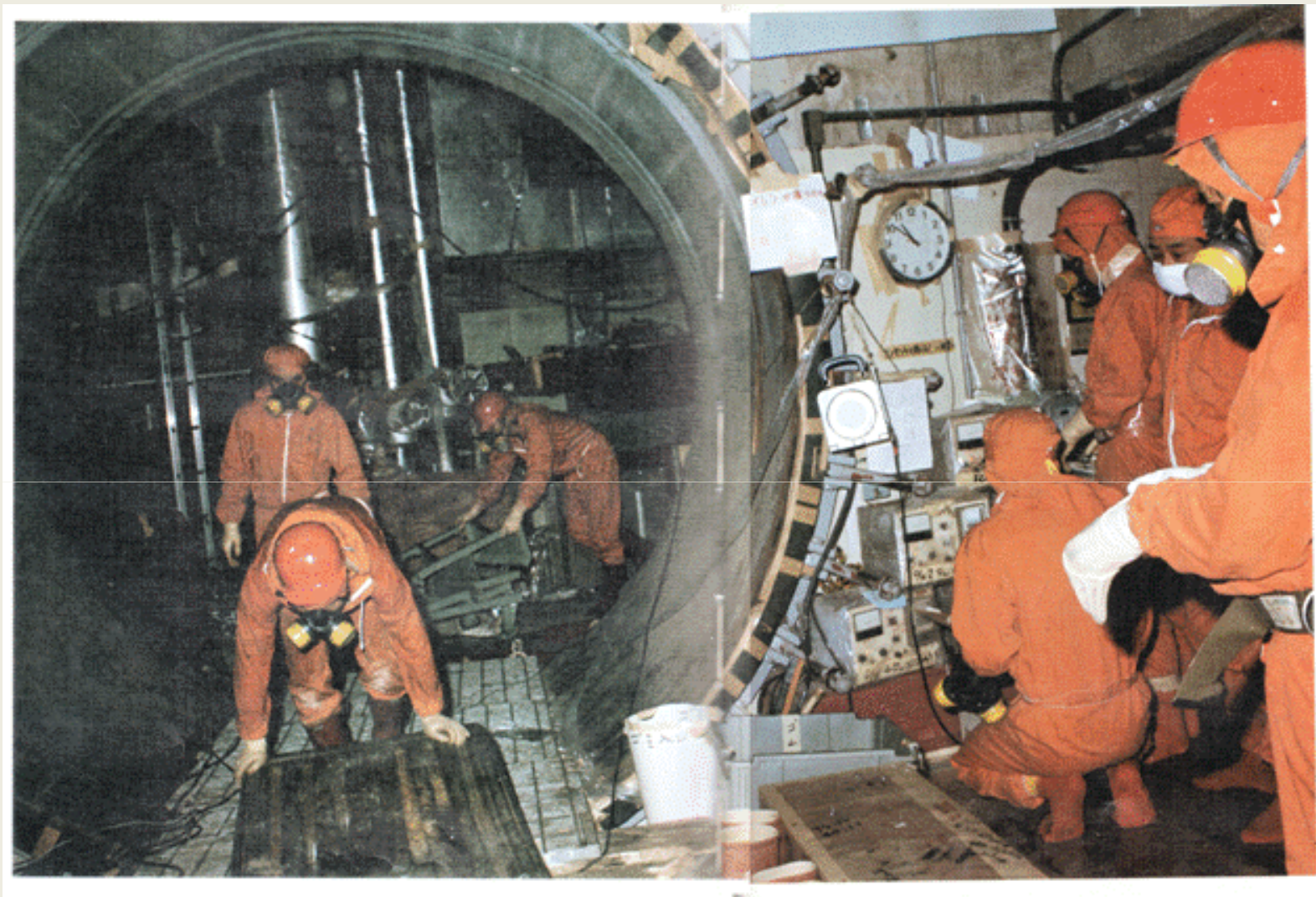
筆者と話をする梅田さん
西南大学 クロスプラザ



島根原発

1979年3月2日から3月6日の
作業場所

乙 第 95 号証の2



樋口健二写真集「原発」から



福岡地裁前集会

2016年4月

裁判にいたる経過

1979年 3月2日-10日 島根原発で作業

同年 5月17日-6月15日 敦賀原発で作業

倦怠感・全身脱力感

病院めぐり

事業閉鎖. 生活保護

2000年 急性心筋梗塞の緊急手術

2008年 労災申請

労基署の労災不交付決定の根拠

梅田隆亮に発症した心筋梗塞の業務上外に関する検討会報告書

本検討会は、梅田隆亮に係る事案について検討を行ってきたところであるが、今般、別添のとおり検討結果をとりまとめたので報告する。

平成22年8月13日

電離放射線障害の業務上外に関する検討会

座長 米 倉 義 晴

明 石 真 言

草 間 朋 子

別 所 正 美

2 業務上外について

(1) 請求人の心筋梗塞と放射線被ばくとの因果関係について

- ③ 広島・長崎の原爆被爆者を対象にした最新の疫学調査（調査期間 1950～2003 年）によると、0.5Sv を超える線量範囲では、心疾患のリスクが高くなることが示唆されているが、0.5Sv よりも低い線量では心疾患のリスクについての有意な増加は明らかでない。
- ④ 国際放射線防護委員会 (ICRP) は、2007 年勧告 (Publication103) において、広島・長崎原爆被爆者の疫学調査結果では、線量反応関係に関しては、非がん疾患（心疾患、脳卒中、消化器系疾患、および呼吸器疾患）による死亡のリスクにはしきい線量がないことと、約 0.5Sv のしきい線量があることの両方を適合することができるとし、非がん疾患の細胞および組織レベルでのメカニズムが不明であり、現在入手できるデータからでは、約 100mSv を下回る放射線量による影響の推定には、非がん疾患を含めることはできないと判断する旨の見解を示している。

上記の情報を下に、本検討会では、ICRP の心疾患を含む非がん疾患に対する見解を尊重し、請求人の心筋梗塞の発症と、放射線被ばく (8.60mSv) との間には因果関係はないと判断する。

(2) 結論

以上、総合的に勘案すると、請求人に発症した「心筋梗塞」は原子力発電所の業務に起因したとは言えないと判断することが妥当である。

裁判にいたる経過

2012年

裁判

2016年 4月

高裁上告

2017年 8月7日

最高裁上告

2018年 7月11日

判決確定

被曝労働と心筋梗塞の因果関係

要旨 1 梅田氏の作業現場の空間線量から推定した被曝線量の最低値は22mSvであり記録された8.6mSvは信用性がない.

要旨 2 500mSv以下の被曝で心臓疾患のリスクが増加することは放射線影響研究所の研究と国際的統合分析によって明らかである.

三好永作 (九州大学名誉教授 理論化学)

森永 徹 (元純真短期大学講師 医学・薬剤毒性)

永井宏幸 (理学博士 理論物理学)

岡本良治 (九州工業大学名誉教授 原子核物理学)

豊島耕一 (佐賀大学名誉教授 原子核物理学)

統計学

仮説検定と統計的有意

問題

ある試料の質量を何度も測定して

測定値 1.0 mg

95%信頼区間 (0.9 ; 1.1) mg

の結果をえた.

これを「真値は95%の確率で (0.9 ; 1.1) mgの間に存在する」と記述するのは正しいか？

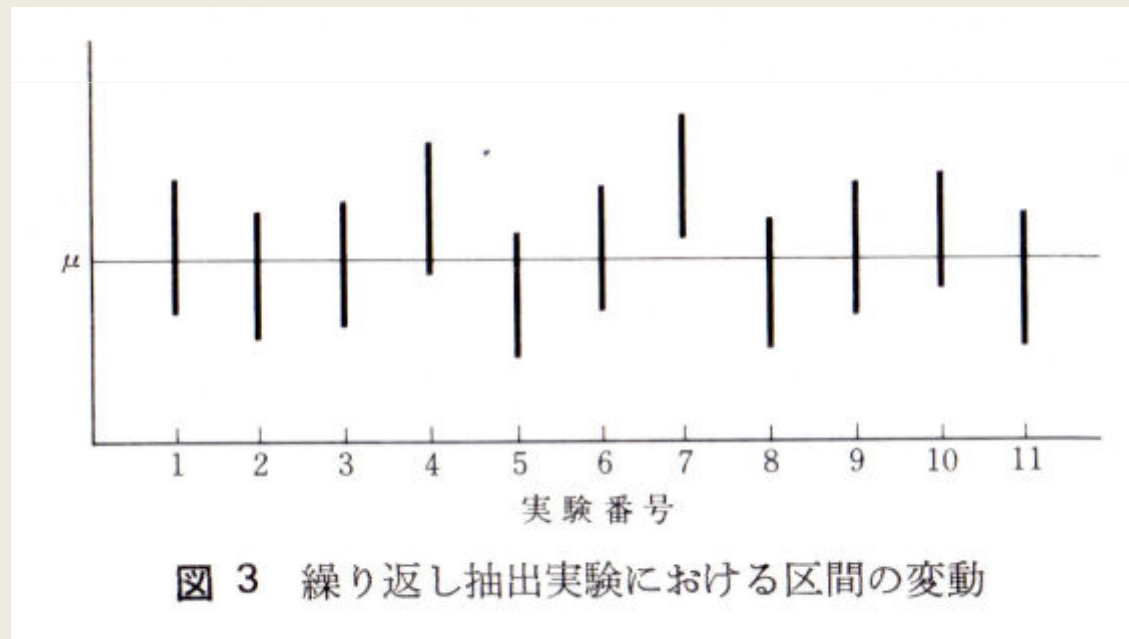
区間推定

$$P(\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2) = \gamma \quad 0.95$$

たとえば、もし $\gamma=95\%$ を選ぶなら、われわれが得る標本のうちの約 **95%** が、値 θ を含む信頼区間を構成するであろうが、残りの **5%** はそうでないだろうと期待してよい。それゆえ、“**信頼区間は θ を含む**” という言い方は、20回のうち約 **19** 回には正しく、残りの場合に対しては正しくないだろう。

解答

その命題は正しくない.信頼区間は確率変数であり試行ごとに動く.



非ベイズ統計学

ベイズ統計学

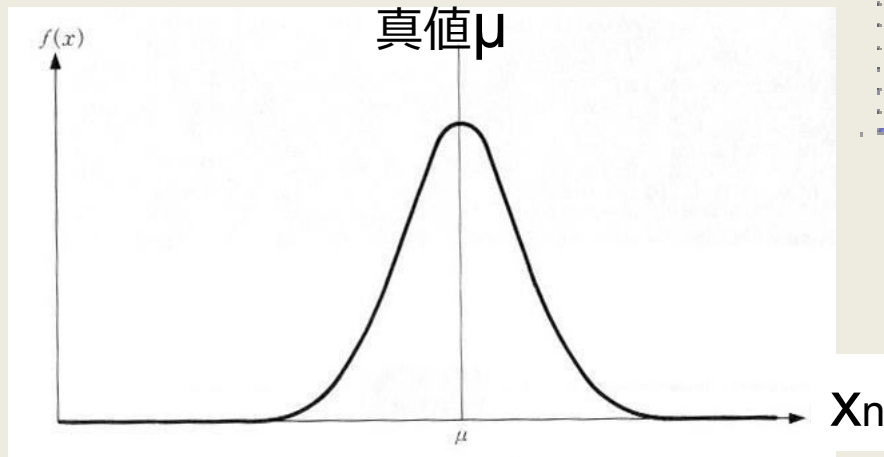
フィッシャー

ネイマン-ピアソン

フィッシャー対ネイマン-ピアソンの論争

既知の母集団から抽出された標本の分布

標本数 n の平均値 \bar{x}_n



母集団から標本を

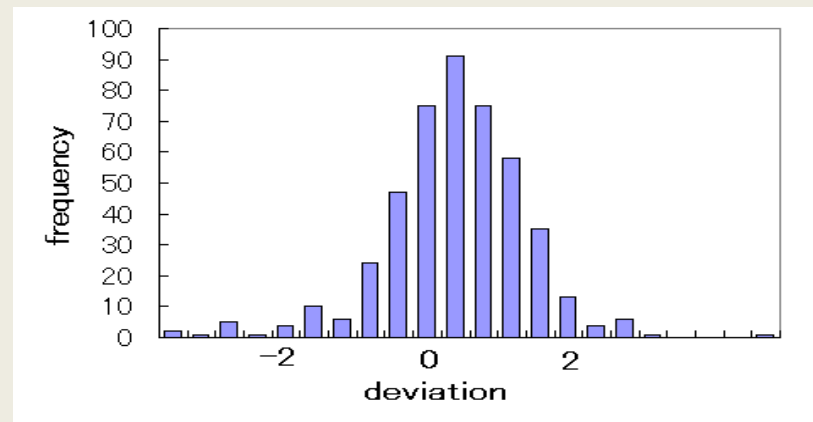
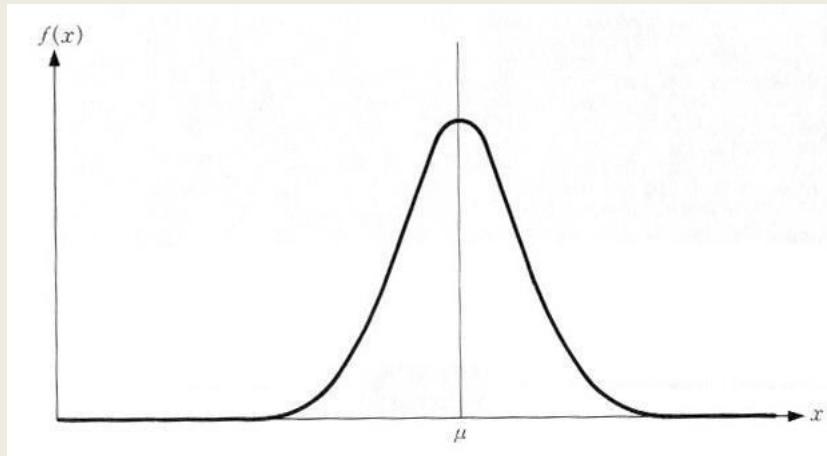
母集団

- 平均値 (真値) μ
- 標準偏差

標本

- 標本値 x
- 標本標準偏差

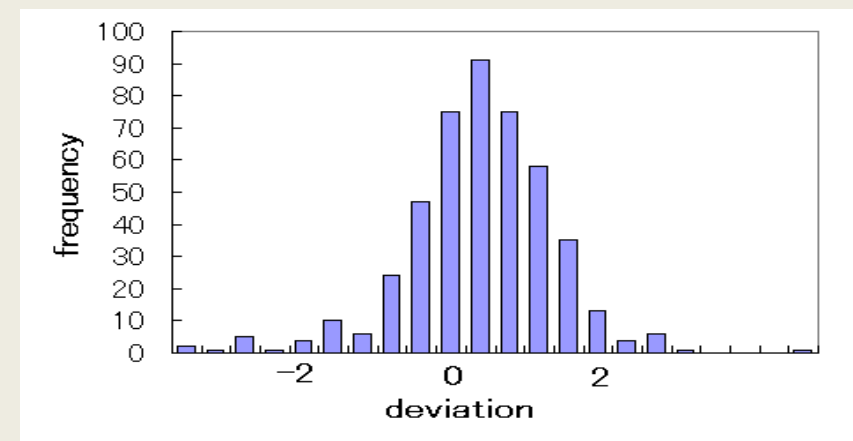
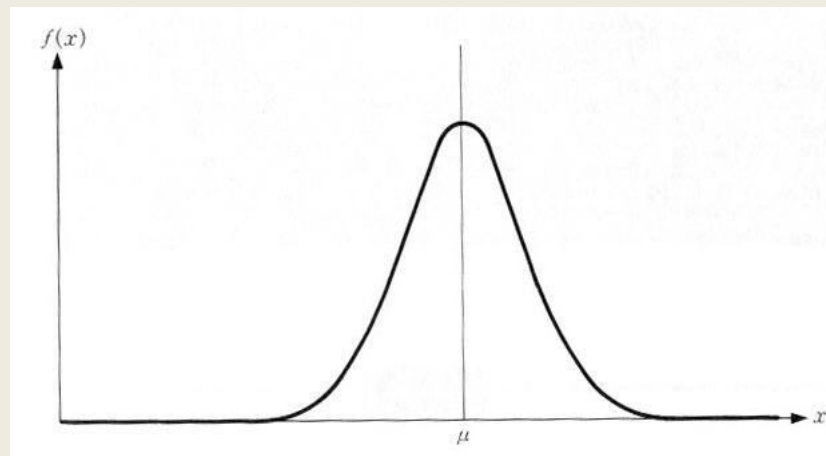
シミュレーションできる



標本から母集団を推定するのは苦手

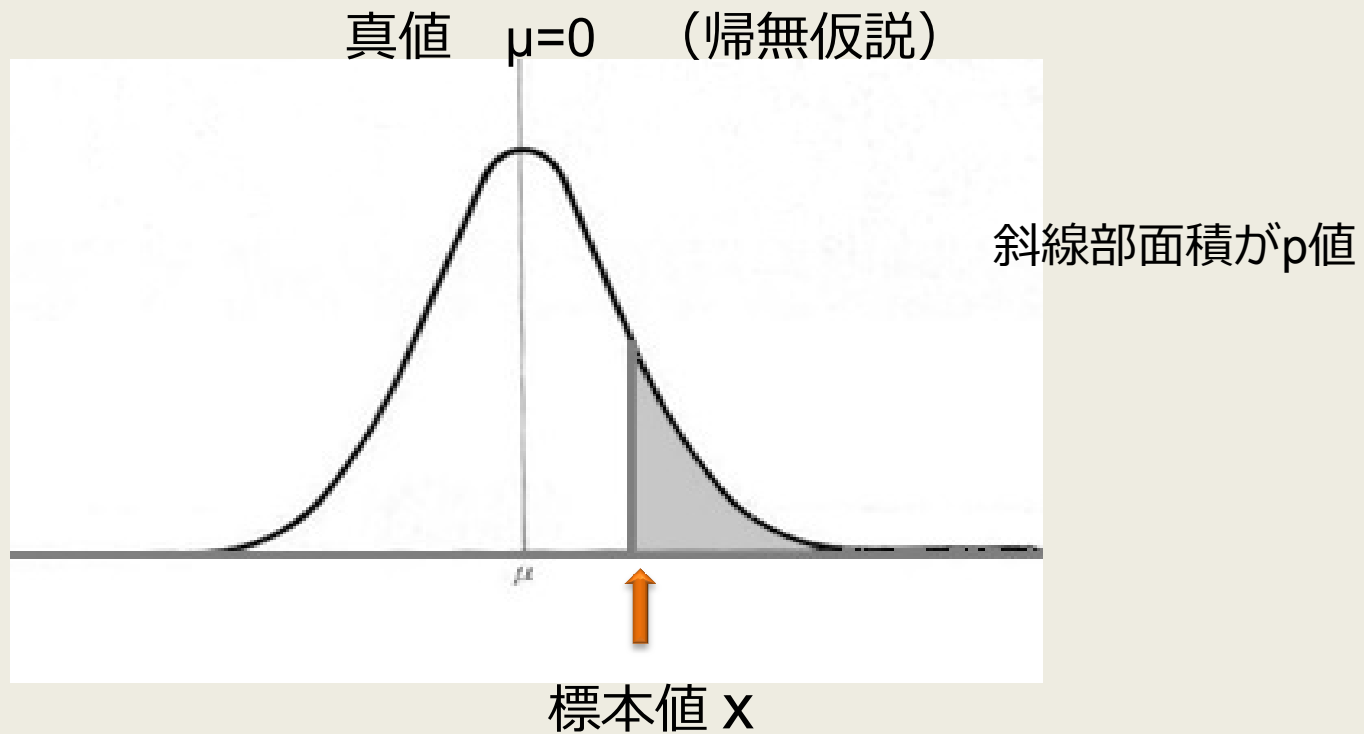
母集団 μ

標本 x



仮説検定

母集団を仮定すれば標本までの「距離」は決められる。



仮説検定(2)

有意水準を0.05とする.

$p < 0.05$ のとき (帰無) 仮説が間違いであると判定して,
「統計的に有意であった」という.

$p > 0.05$ のとき「統計的に有意でなかった」という.

ネイマン-ピアソンこのとき統計学は仮説が正しいと判定するが, フィッシャーは「仮説の否定がなされなかった」と解釈する. 数理統計学の教科書ではこの点がまちまちである.

放射線疫学

放射線疫学の論文

- Shimizu et al. 2010

心疾患の死亡率 ; 500mGy以下で被曝の影響は有意でなかった.

- Ozasa et al. 2012

固形がんの死亡率 ; 200mGy以下で被曝の影響は有意でなかった.

Shimizu et al.

Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003

Yukiko Shimizu, visiting research associate,¹ Kazunori Kodama, chief scientist,² Nobuo Nishi, assistant department chief,¹ Fumiyoshi Kasagi, assistant department chief,¹ Akihiko Suyama, department chief,³ Midori Soda, assistant department chief,³ Eric J Grant, associate senior scientist,¹ Hiromi Sugiyama, research scientist,¹ Ritsu Sakata, research scientist,¹ Hiroko Moriwaki, research assistant,¹ Mikiko Hayashi, research assistant,¹ Manami Konda, research assistant,¹ Roy E Shore, vice chairman and chief of research²

Heart disease

ERR/Gy:

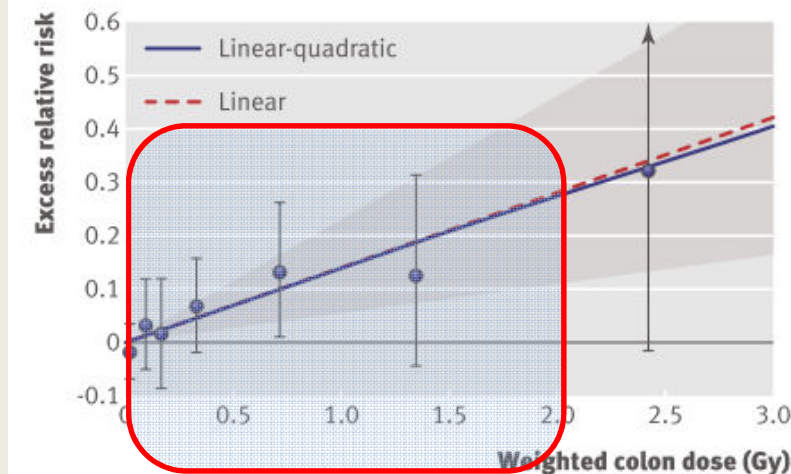
18% (3% to 33%), and 20% (-5% to 45%).

Although our results below 0.5 Gy are not statistically significant, the additional cases occurring with further follow-up time should provide more precise estimates of the risk at low doses.

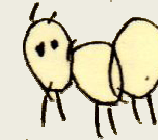
Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003

Yukiko Shimizu, visiting research associate,¹ Kazunori Kodama, chief scientist,² Nobuo Nishi, assistant department chief,¹ Fumiyoshi Kasagi, assistant department chief,¹ Akihiko Suyama, department chief,³ Midori Soda, assistant department chief,³ Eric J Grant, associate senior scientist,¹ Hiromi Sugiyama, research scientist,¹ Ritsu Sakata, research scientist,¹ Hiroko Moriwaki, research assistant,¹ Mikiko Hayashi, research assistant,¹ Manami Konda, research assistant,¹ Roy E Shore, vice chairman and chief of research²

Although our results below 0.5 Gy are not statistically significant, the additional cases occurring with further follow-up time should provide more precise estimates of the risk at low doses.



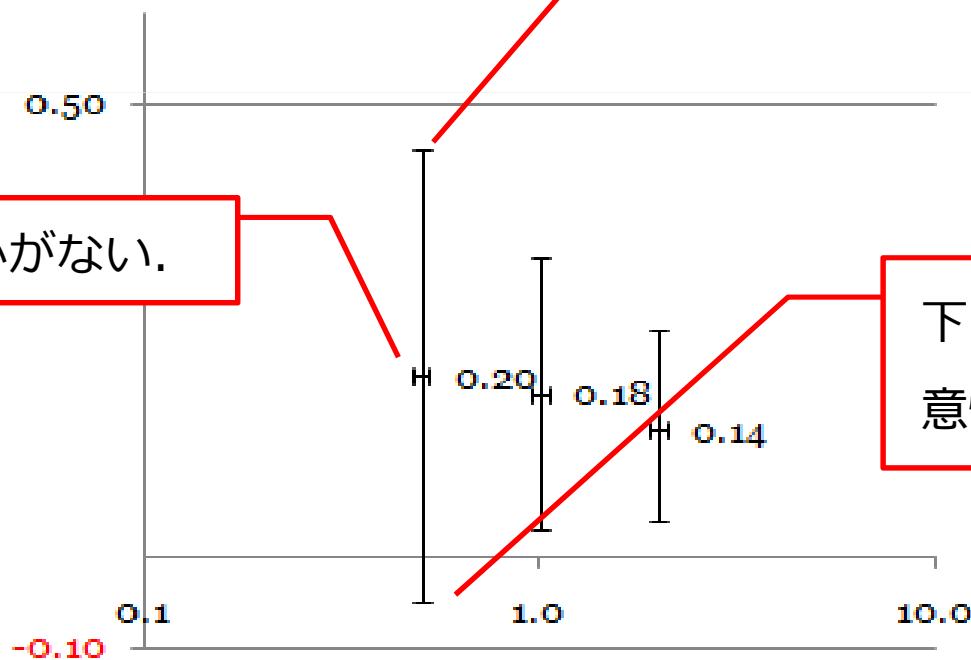
線量域(Gy)	ERR係数の最確値	95%信頼区間	
0-2.0	0.14	0.04	0.25
0-1.0	0.18	0.03	0.33
0-0.5	0.2	-0.05	0.45



上限にも関心がない。

点推定に関心がない。

下限のみを見るのが有意性判定



Ozasa et al.

RADIATION RESEARCH **177**, 229–243 (2012)
0033-7587/12 \$15.00
©2012 by Radiation Research Society.
All rights of reproduction in any form reserved.
DOI: 10.1667/RR2629.1

Studies of the Mortality of Atomic Bomb Survivors, Report 14, 1950–2003: An Overview of Cancer and Noncancer Diseases

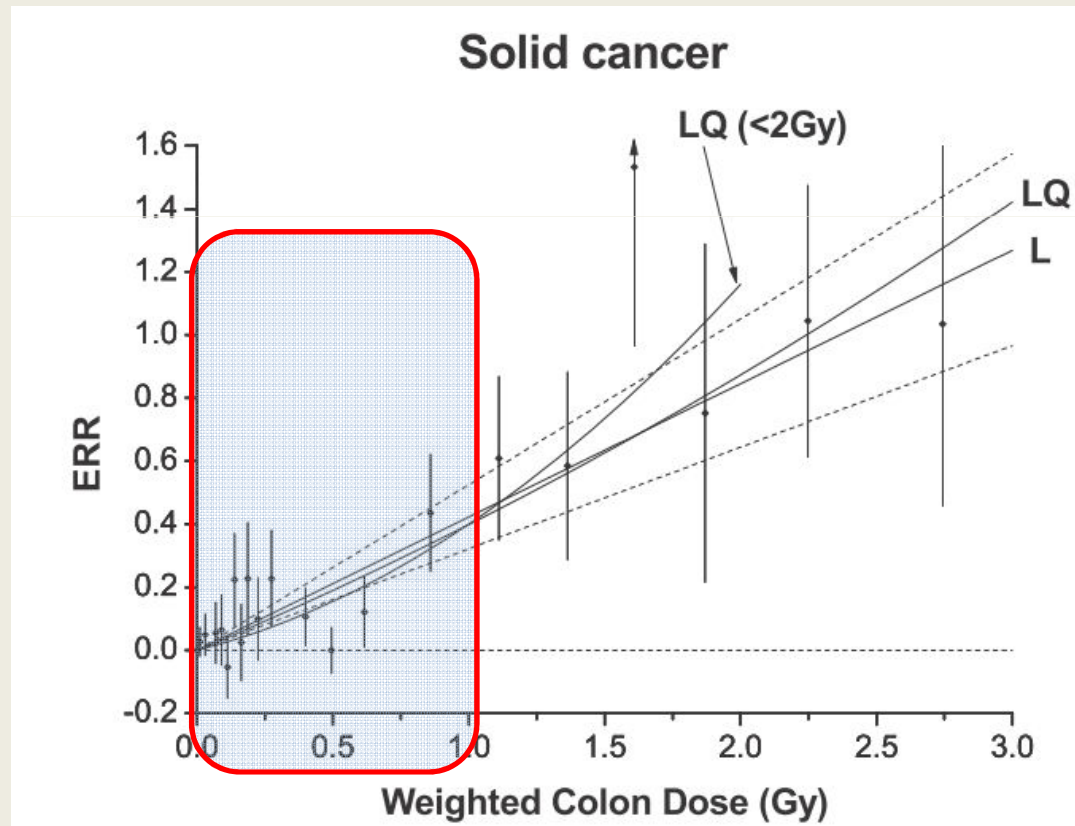
Kotaro Ozasa,^{a,1} Yukiko Shimizu,^a Akihiko Suyama,^a Fumiyoshi Kasagi,^{a,b} Midori Soda,^a Eric J. Grant,^a Ritsu Sakata,^a Hiromi Sugiyama^a and Kazunori Kodama^c

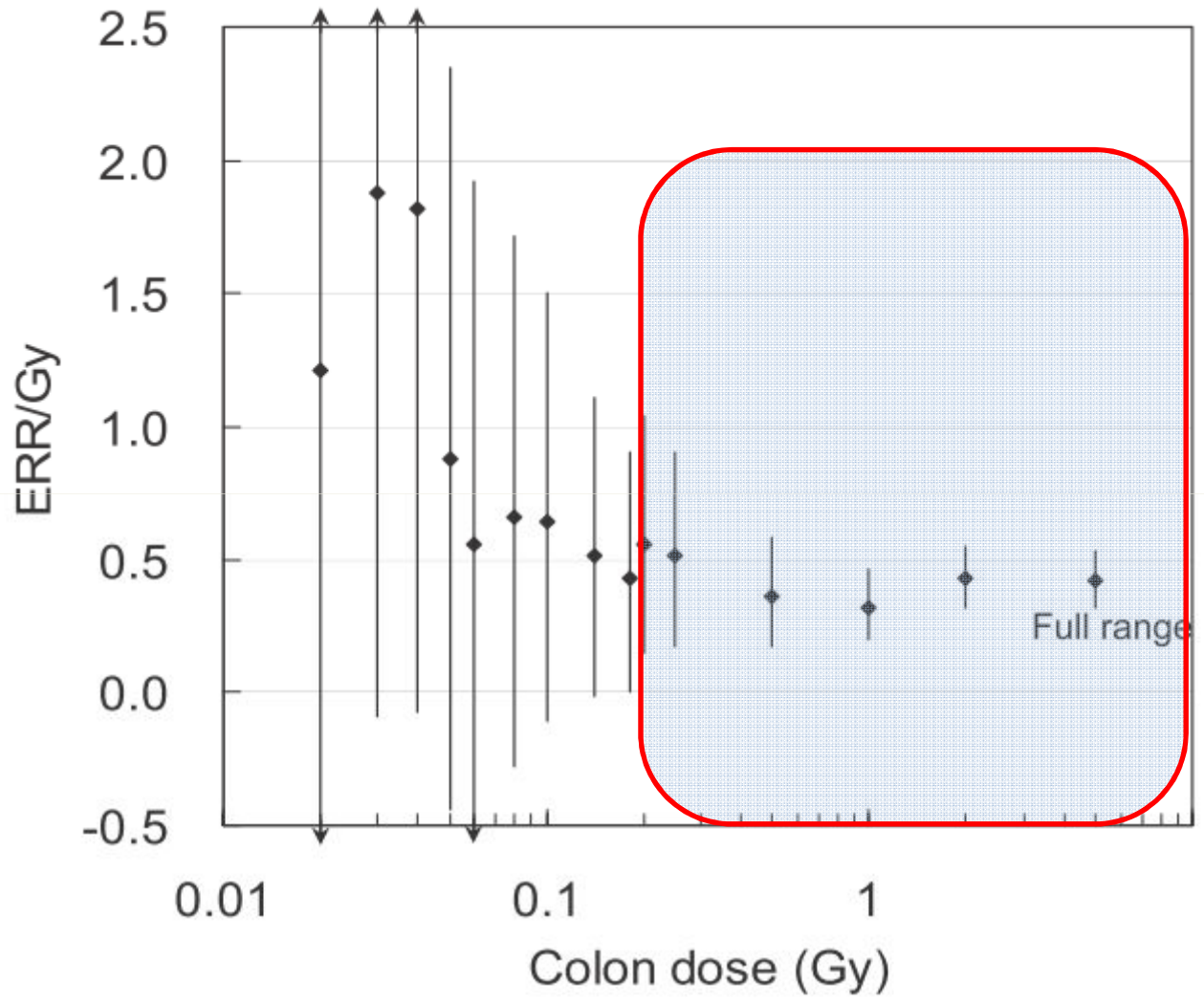
^a Department of Epidemiology and ^cChief Scientist, Radiation Effects Research Foundation, 5-2 Hijiyama-koen, Minami-ku, Hiroshima, 732-0815, Japan; and ^b Institute of Radiation Epidemiology, Radiation Effects Association 1-9-16, Kaji-cho, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-0044, Japan

The estimated lowest dose range with a significant ERR for all solid cancer was 0 to 0.20 Gy, and a formal dose-threshold analysis indicated no threshold; i.e., zero dose was the best estimate of the threshold.

固形がんの過剰相対リスク

The sex-averaged excess relative risk per Gy was 0.42 [95% confidence interval (CI): 0.32, 0.53] for all solid cancer at age 70 years after exposure at age 30 based on a linear model.





ベイズ統計学

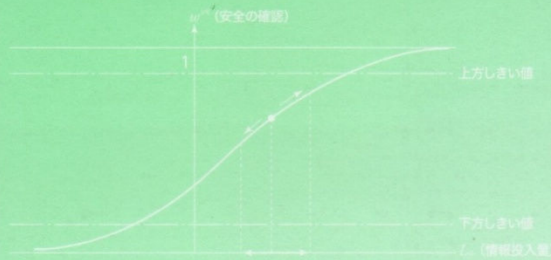


入門 — 意思決定の理論と発展

松原望 著

ベイズ統計

いまなぜベイズ統計なのか？ ふうつに使われている統計学は数学的、技術的でややもすると無味乾燥のものであるのに対して、ベイズ統計は結果から原因を探ろうとする、より人間の感覚に近い、幅広く理念的側面をもっているのが特徴である。18世紀の数学者Thomas Bayesが提唱したこの考え方は、いま統計的意思決定の理論として幅広い応用を得て、近ごろますます注目を浴びている。本書は、理論の理解はもとより幅広い応用例まで、初心者向けにわかりやすく解説したものである。



東京図書

ベイズの定理

θ が連続的に動くなら，ベイズの定理 (1.7.1) は積分を用いて

$$w'(\theta | z) = \frac{w(\theta) \cdot p(z | \theta)}{\int_{\Theta} w(\theta) p(z | \theta) d\theta} \quad (1.7.2)$$

の形となる．ここで， Θ は θ 全体の集合である． w, w' は「事前分布」(prior distribution), 「事後分布」(posterior distribution) とよばれている．

主役は条件付き確率

$$w'(\theta | z) \propto w(\theta) \cdot p(z | \theta) \quad (1.7.3)$$

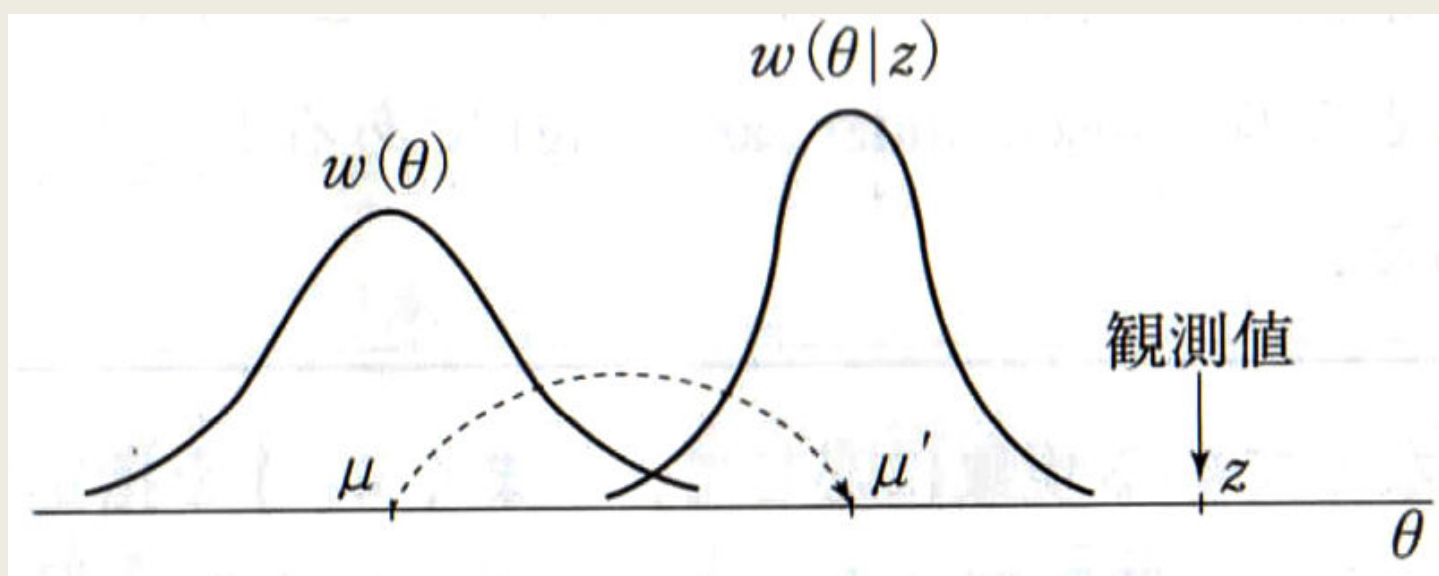
ということであって，わかりやすくいえば

事後に有する情報 = (事前に関する情報) × (標本の出方の情報)

ということである．これはまた 1.5 節のベイズ更新を式で示している．

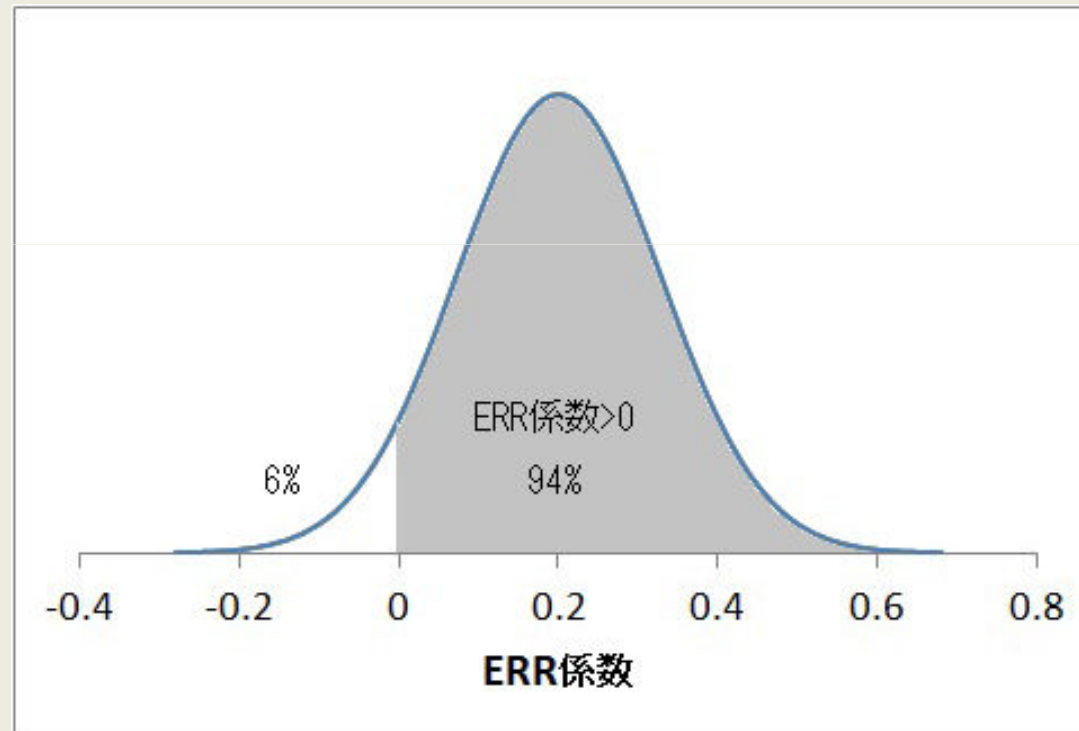
$$\frac{1}{\tau'^2} = \frac{1}{\tau^2} + \frac{n}{\sigma^2}$$

$$\mu' = \frac{\left(\frac{1}{\tau^2}\right)\mu + \left(\frac{n}{\sigma^2}\right)\bar{x}}{\frac{1}{\tau^2} + \frac{n}{\sigma^2}}$$



事後分布

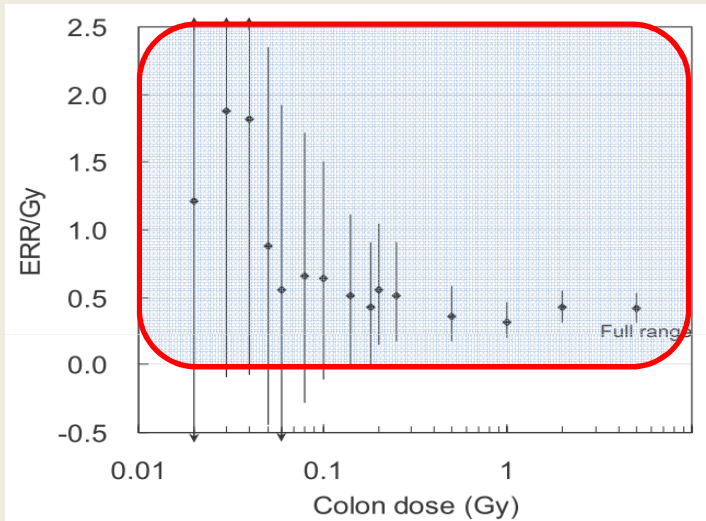
標本の情報により $P(\mu > 0)$ が94%になった



$P(\beta > 0)$ の事後確率

線量域	β	$P(\beta > 0)$
0-0.5	0.2	94%
0-1	0.18	99%
0-2	0.14	100%

$P(\beta > 0)$ の事前確率を50%とした。



線量域	β	$P(\beta > 0)$
0-0.02	1.21	73%
0-0.03	1.88	97%
0-0.04	1.82	97%
0-0.05	0.88	90%
0-0.06	0.56	81%
0-0.08	0.66	92%
0-0.10	0.64	95%
0-0.14	0.51	97%
0-0.18	0.43	98%
0-0.20	0.56	100%
0-0.25	0.51	100%
0-0.50	0.36	100%
0-1.00	0.32	100%
0-2.00	0.43	100%
全域	0.54	100%

結局、仮説検定とはなになのか？

ベイズ統計学からみると

- 非ベイズ統計で不得手な母数推定を、なんとかそれらしくやるための**苦肉の策**.
- 「第2種の誤謬（偽陰性）」の議論は、統計的有意による判定が偽陽性を避けることに重きを置いているという批判に抗弁する**苦しい言い訳**.
- ベイズ統計を受け入れれば楽になるよ.

END



參考資料

P 値と有意性の使用に関する論文・声明

- 1999 The Insignificance of Null Hypothesis Significance Testing, J.Gill <http://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/106591299905200309>
- 1999 The Significance of Statistical Significance Testing, Douglas H.Jhonson <http://digitalcommons.unl.edu/usgsnpwrc/225/>
- 2010 医学雑誌編集者国際委員会(International Committee of Medical Journal Editors)統一投稿規定 (2010年改訂版) <http://www.icmje.org/recommendations/>
- 2011 Statistical Significance and Biological Relevance, EFSA Scientific Committee <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/j.efsa.2011.2372/abstract>
- 2011 欧州食品安全機関(EFSA)の意見書, 厚生労働省資料 <http://www.fsc.go.jp/fsciis/foodSafetyMaterial/show/syu03451040149>
- 2014 P values, the 'gold standard' of statistical validity, are not as reliable as many scientists assume. ,R.Nuzzo NATURE,VOL506,2014,REGINA NUZZO
- 2015 Psychology journal bans P values, Basic Appli.Soc .Psych <https://sciencebasedmedicine.org/psychology-journal-bans-significance-testing/>
- 2016 統計的有意性とP値に関するASA声明 <http://biometrics.gr.jp/news/all/ASA.pdf>
- 2016 Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing, and Publication of Scholarly Work in Medical Journals Updated December 2016 <http://www.icmje.org/recommendations/>
- 2016 The ASA's Statement on p-Values: Context, Process, and Purpose, R.Wasserstein & N.Lazar <http://amstat.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00031305.2016.1154108#.WhTTTnlpGic>
- 2017 統計的有意性と P 値に関する ASA 声明(米統計学会声明の紹介), 日本計量生物学会 biometrics.gr.jp/news/all/ASA.pdf

v. AR5における「可能性」の表現

- 「可能性」とは、不確実性を定量的に表現する用語であり、観測、モデル結果の統計的解析や専門家の判断に基づいて確率的に表現される

(参考 IPCC AR5 WG1 TS Box TS.1)

IPCCの要約用語

	原語	和訳	発生確率	
可能性が高い	Virtually certain	ほぼ確実	99～100% の確率	
	Extremely likely	可能性が極めて高い	95～100% の確率	
↑	Very likely	可能性が非常に高い	90～100% の確率	
	Likely	可能性が高い	66～100% の確率	
	More likely than not	どちらかといえば	50～100% の確率	
	About as likely as not	どちらも同程度	33～66% の確率	
	Unlikely	可能性が低い	0～33% の確率	
	Very unlikely	可能性が非常に低い	0～10% の確率	
	Extremely unlikely	可能性が極めて低い	0～5% の確率	
	↓	Exceptionally unlikely	ほぼあり得ない	0～1% の確率
	可能性が低い			

有意水準0.05の片側検定で有意なのは上二つ。

作成