

原発作業員との出会い そして統計学

永井 宏幸 nagai.koko

保健物理学会 会員

NPO 市民科学研究室／低線量被曝研究会 会員

放射線疫学の統計学

低線量リスクの根拠論文

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

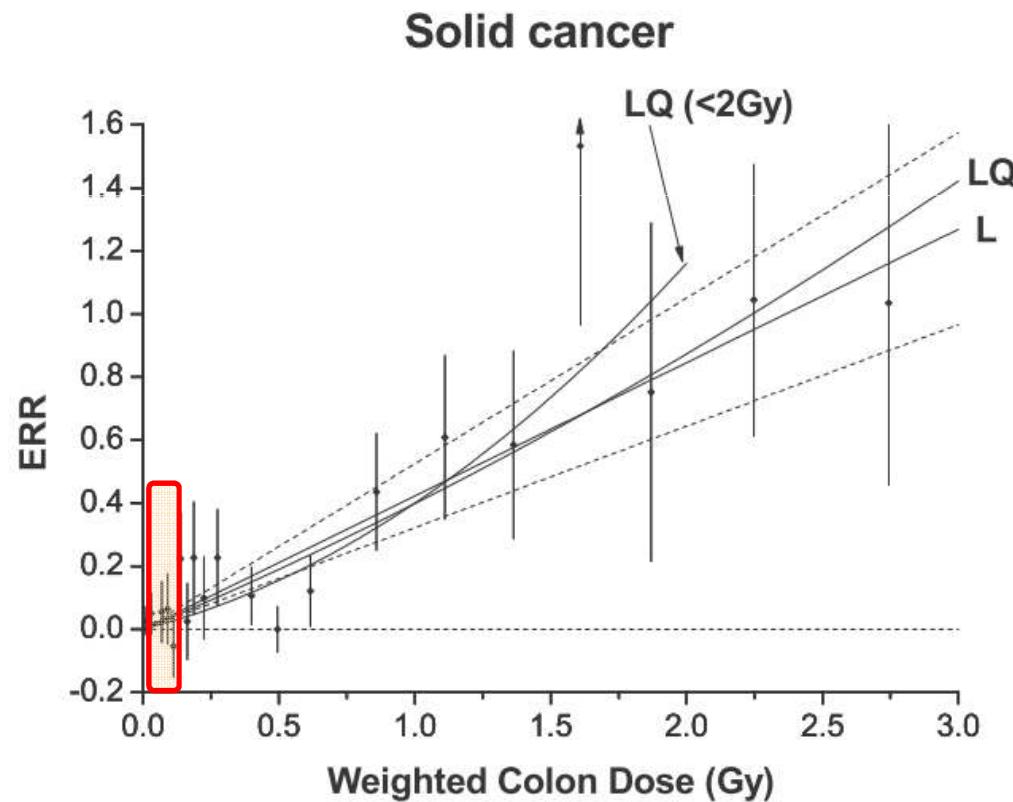
Kotaro Ozasa,^{a,1} Yukiko Shimizu,^a Akihiko Suyama,^a Fumiyo Shiota,^{a,b} Midori Soda,^a Eric J. Grant,^a Ritsu Sakata,^a Hiromi Sugiyama^a and Kazunori Kodama^c

^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

LSS-14report

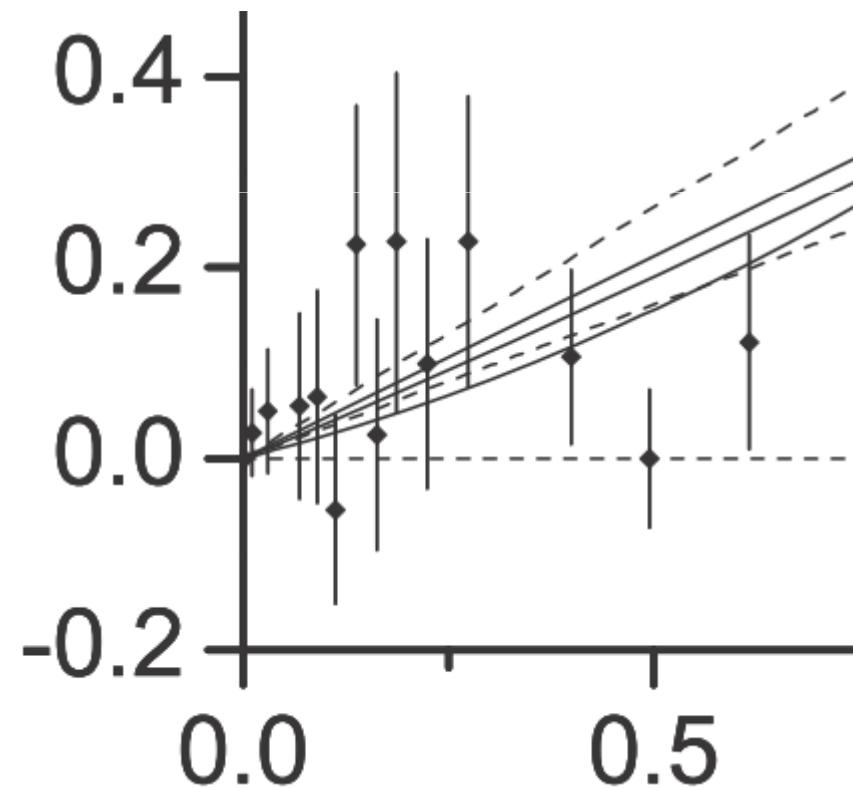
固形がんの死亡リスク

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.



続き

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.

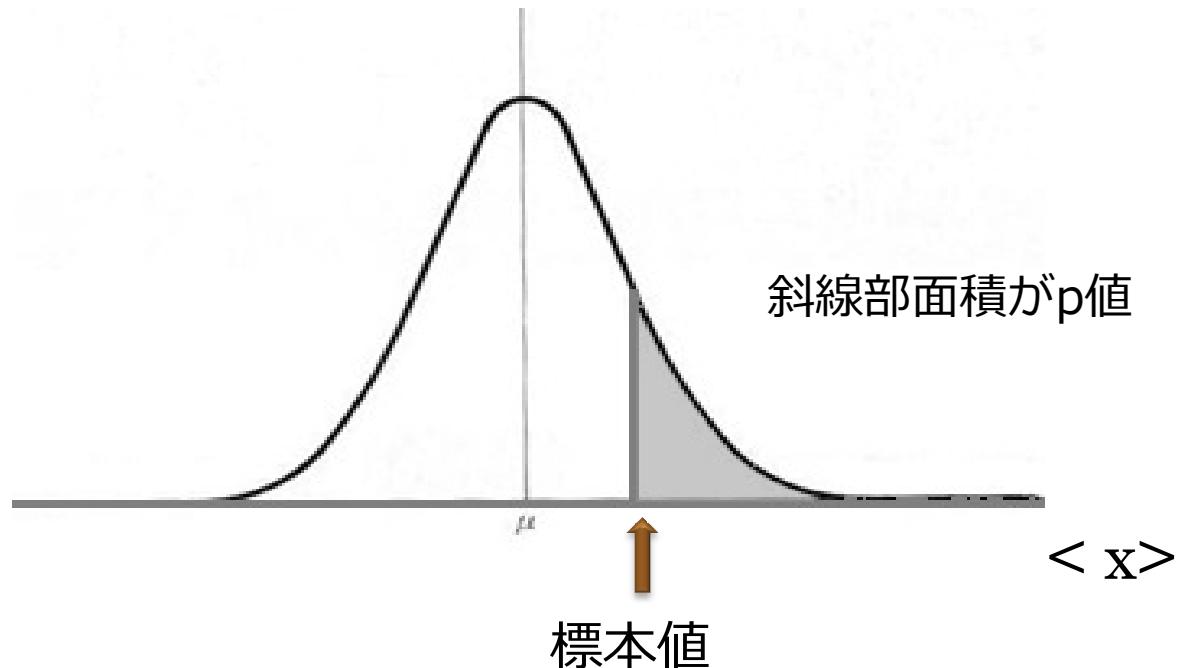


仮説検定と統計的有意

仮説検定

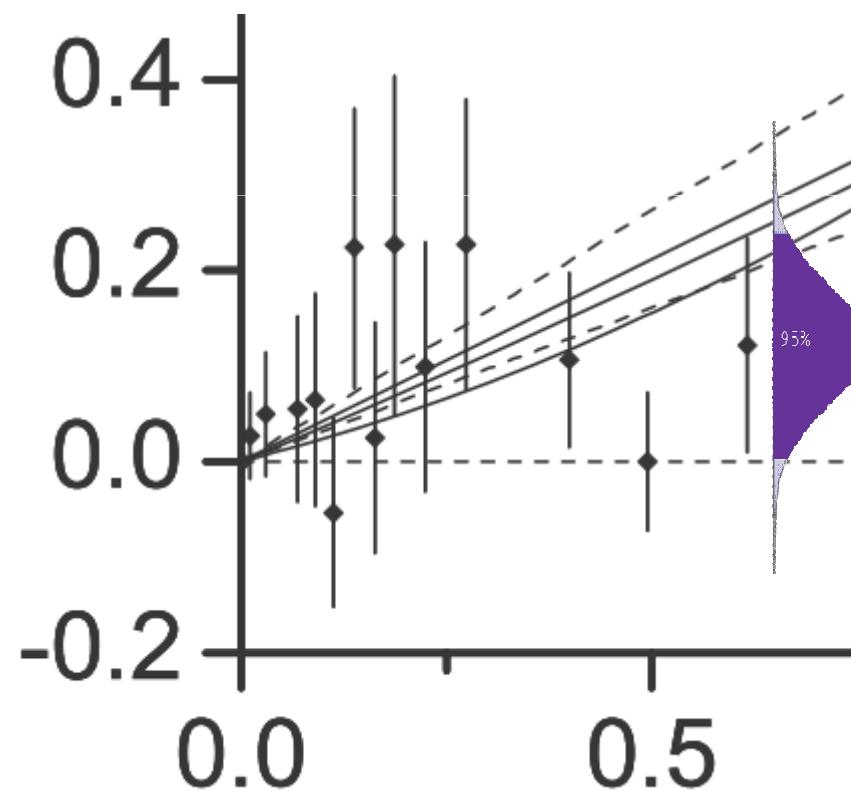
母集団を仮定して標本までの「距離」を決める方法
p値が距離の代用

真値 $\mu=0$ (帰無仮説)

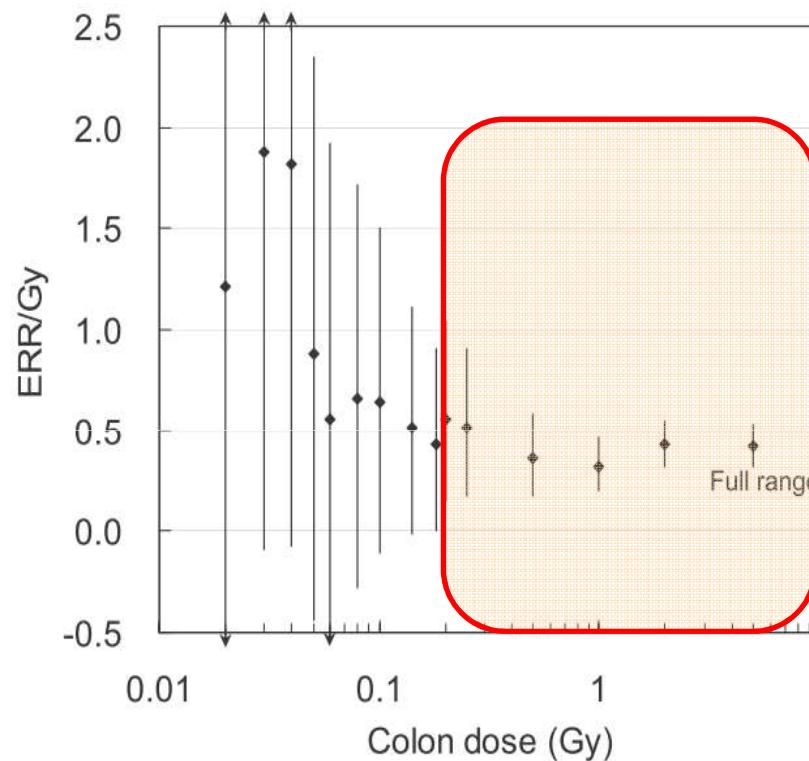


信頼区間と統計的有意

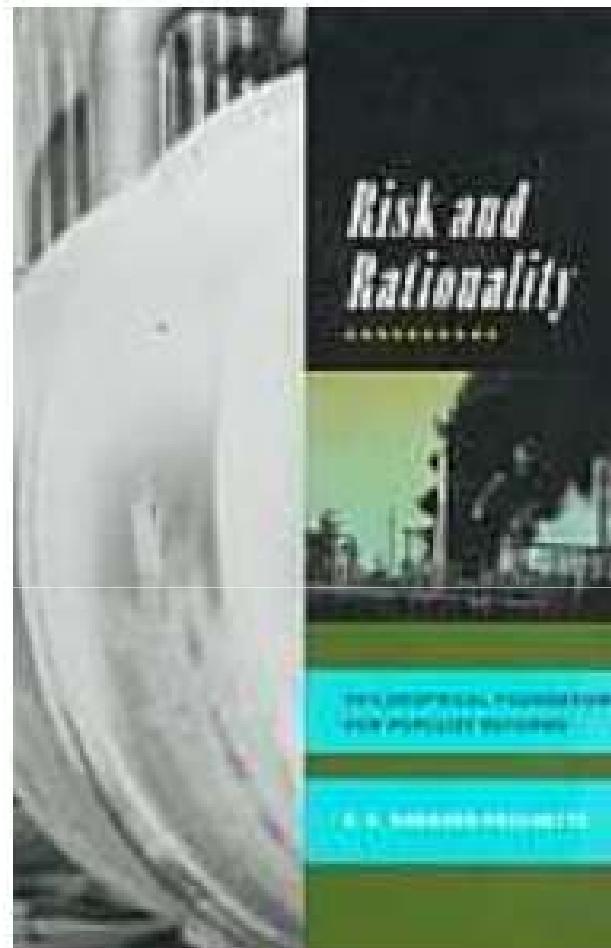
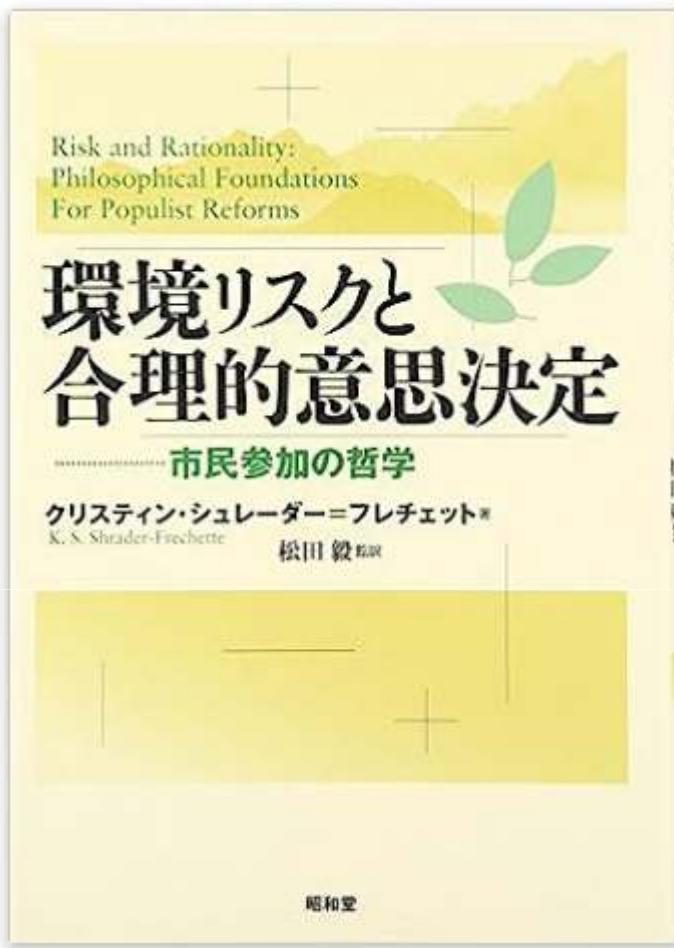
The sex-averaged excess relative risk per Gy was 0.42 [95% confidence interval (CI): 0.32, 0.53] for all solid cancer at age 70 years after exposure at age 30 based on a linear model.



200mGy以上で統計的有意



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.



RISK AND RATIONALITY *Philosophical Foundations for Populist Reforms*, 1991

K. S. SHRADER-FRECHETTE

<http://publishing.cdlib.org/ucpressebooks/view?docId=ft3n39n8s1;brand=ucpress>

仮説検定批判 by Frechette

- 確率を用いたエラー タイプ I とタイプ II.
- これは産業リスクと 公共リスクと言える.
- リスクゼロを帰無仮説とした仮説検定は，産業リ
スクを最小限にすることを保証している.

仮説検定の弊害

- リスクの疫学的証明は統計的有意性しかないという主張.
- 信頼区間の下限だけが問題で点推定と上限値は無視する.
- 帰無仮説の選び方で結果の印象が大きく変わる.
 - ❖ リスクなし ($\beta=0$)
 - ❖ LNTモデル ($\beta=0.42$)
- 極端な情報劣化の方法であるがゆえに誤った判断をもたらしやすい. 天気予報でさえ確率を多くの情報を伝えている.

ASA声明 (米国統計学会) 2016年

The ASA Statement of Statistical Significance and P-Values, 2016

科学的な主張や結論を正当化するために、データ解析や科学的推論を機械的で明白なルール（「 $P < 0.05$ 」といった）に貶めるようなやり方は、誤った思いこみと貧弱な意思決定につながりかねない。二分割された一方の側で、結論が直ちに「真実」となったり、他方の側で「誤り」となったりすることはありえない。

ASA声明 (続き)

「統計的有意性」は、科学的結論を主張するための保証として広く用いられているが、科学のプロセスを著しく損ねている。

ここで扱った問題は、研究だけではなく、研究資金、科学雑誌の慣行（査読、nagai注）、昇進、科学教育、公共政策、ジャーナリズム、法律に影響を与える。

ASA声明前夜 2010年

2010年，欧洲食品安全機関は「統計学的有意性と生物学的関連性に関する科学的意見書」公表。

「統計学的有意性の報告にはあまり重点を置かず、統計学的な点推定及び関連した区間推定にもっと重点を置くことが望ましい」

2010年， Tom Siegfried (ScienceNews)

「それは科学上の汚ない秘密。仮説検定という「科学手法」には薄弱な基盤しかない」

2010年， 医学雑誌編集者国際委員会統一投稿規定を改訂。

「重要な情報を伝えることができないP値などの統計的仮説検定のみに依存することは避けてください」

2016年

統計的有意性と P 値に関する ASA 声明



732 North Washington Street, Alexandria, VA 22314 • (703) 684-1221 • Toll Free: (888) 231-3473 • www.amstat.org • www.twitter.com/AmstatNews

AMERICAN STATISTICAL ASSOCIATION RELEASES STATEMENT ON STATISTICAL SIGNIFICANCE AND P-VALUES

Provides Principles to Improve the Conduct and Interpretation of Quantitative

Science

March 7, 2016

2015年

nature

Explore content ▾ About the journal ▾ Publish with

Published: 26 February 2015

Psychology journal bans *P*values

[Chris Woolston](#)

[Nature](#) 519, 9 (2015) | [Cite this article](#)

A controversial statistical test has finally met its end, at least in one journal. Earlier this month, the editors of *Basic and Applied Social Psychology* (BASP) announced that the journal would no longer publish papers containing *P* values because the statistics were too often used to support lower-quality research¹.

SOCIAL SELECTION

Popular articles
on social media

Psychology journal bans *P*values

A controversial statistical test has met its end, at least in one journal. Earlier this month, the editors of *Basic and Applied Social Psychology* (BASP) announced that the journal would no longer publish papers containing *P* values, because the values were too often used to support lower-quality research.

Authors are still free to submit papers to BASP with *P* values and other statistical measures that form part of 'null hypothesis significance testing' (NHST), but the numbers will be removed before publication. "Basic and Applied Social Psychology just went science rogue and banned NHST from their journal. Awesome," tweeted Nerisa Dozo, a PhD student in psychology at the University of Queensland in Brisbane, Australia. But Jan de Ruiter, a cognitive scientist at Bielefeld University in Germany, tweeted: "NHST is really problematic", adding that banning all inferential statistics is

2016年

Eur J Epidemiol (2016) 31:337–350
DOI 10.1007/s10654-016-0149-3



ESSAY

Statistical tests, *P* values, confidence intervals, and power: a guide to misinterpretations

Sander Greenland¹ · Stephen J. Senn² · Kenneth J. Rothman³ · John B. Carlin⁴ ·
Charles Poole⁵ · Steven N. Goodman⁶ · Douglas G. Altman⁷

we join others in singling out the **degradation** of *P* values into "significant" and "nonsignificant" as an especially **pernicious** statistical practice.

P値で「有意」と「非有意」に情報劣化するのは**非常に有害な**
統計手法だという見解にわれわれは同意する。

2019年

さようなら、統計的有意性

800人を超える科学者が、誇大な主張で深刻な影響を及ぼすのを終らせるよう呼びかける。



Valentin Amrhein, Sander Greenland, Blake McShane and more than 800 signatories call for an end to hyped claims and the dismissal of possibly crucial effects.

日本 2016年

JF03

教心第58回総会 (2016)

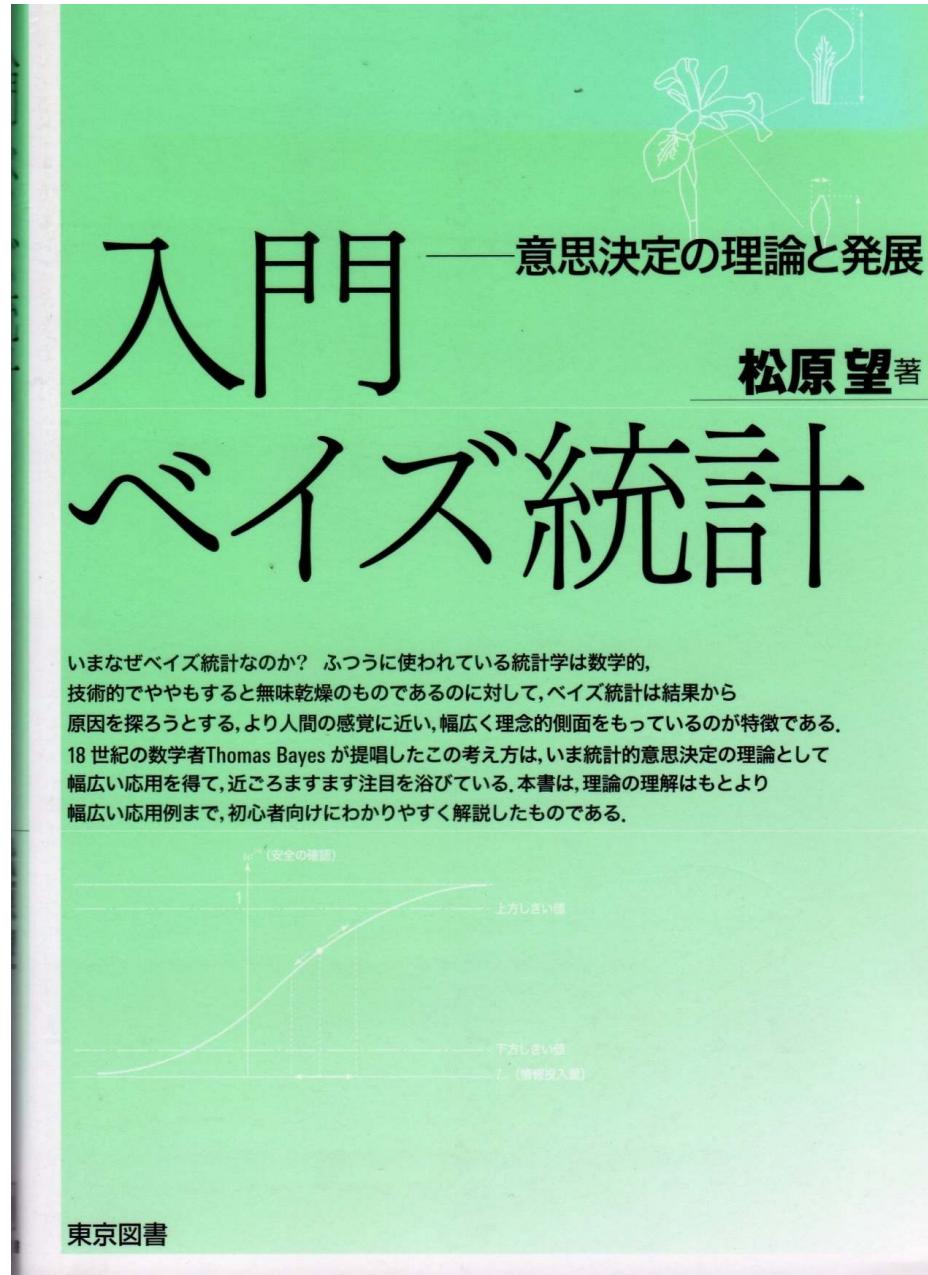
〈ポスト p 値時代〉の統計学 — t 検定、 F 検定、 χ^2 乗検定相当の分析をどうするか—

企画：秋山 隆（早稲田大学）
話題提供：豊田秀樹（早稲田大学）
指定討論：向後千春（早稲田大学）

司会：久保沙織（早稲田大学）
指定討論：楠見 孝（京都大学）

統計的方法を学ぶことは、これまで、すなわち
有意性検定を学ぶことでした。長期に渡りこの大
前提是ゆるぎなく盤石で、無条件に当たり前で、
無意識的ですらありました。しかし、ときは移り、
有意性検定や p 値の時代的使命は終わりました。

頻度統計学とベイズ統計学



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 = (事前に有する情報) \times (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。

◆ 例：女の子が生まれる確率 ◆
ある両親から、連続して男の子が 3 人生まれた。次の子が女の子である確率はどれほどか。

次は女の子かではなく女の子の確率は何ほどかとたずねている。決定とまではいっていないが、それに近いところまではいっている。

いま、 w_i ($i = 1, \dots, n$)、は独立な確率変数で、 $x_i = 1$ (確率 θ)、 $x_i = 0$ (確率 $1 - \theta$) であるとする。 $z = (x_1, \dots, x_n)$ の尤度は

$$p(z | \theta) = \theta^{\sum x_i} (1 - \theta)^{n - \sum x_i} \quad (1.8.1)$$

となる。この形に合わせて、 $w(\theta)$ を母数 α, β のベータ分布

$$w(\theta) \propto \theta^{\alpha-1} (1 - \theta)^{\beta-1} \quad (1.8.2)$$

の形にとる。この分布 $Be(\alpha, \beta)$ と表す。比例定数は、 $\int_0^1 w(\theta) d\theta = 1$ とすればよいから、きちんと書き下すことが必要ならば

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 u^{\alpha-1} (1 - u)^{\beta-1} du \quad (\text{ベータ関数}) \quad (1.8.3)$$

として $1/B(\alpha, \beta)$ とすればよい。

だから、(1.7.3) の計算はきわめてスムーズとなり

$$w'(\theta | z) \propto \theta^{\alpha'-1} (1 - \theta)^{\beta'-1} \quad (1.8.4)$$

ここに

$$\alpha' = \alpha + \sum x_i, \quad \beta' = \beta + n - \sum x_i \quad (1.8.5)$$

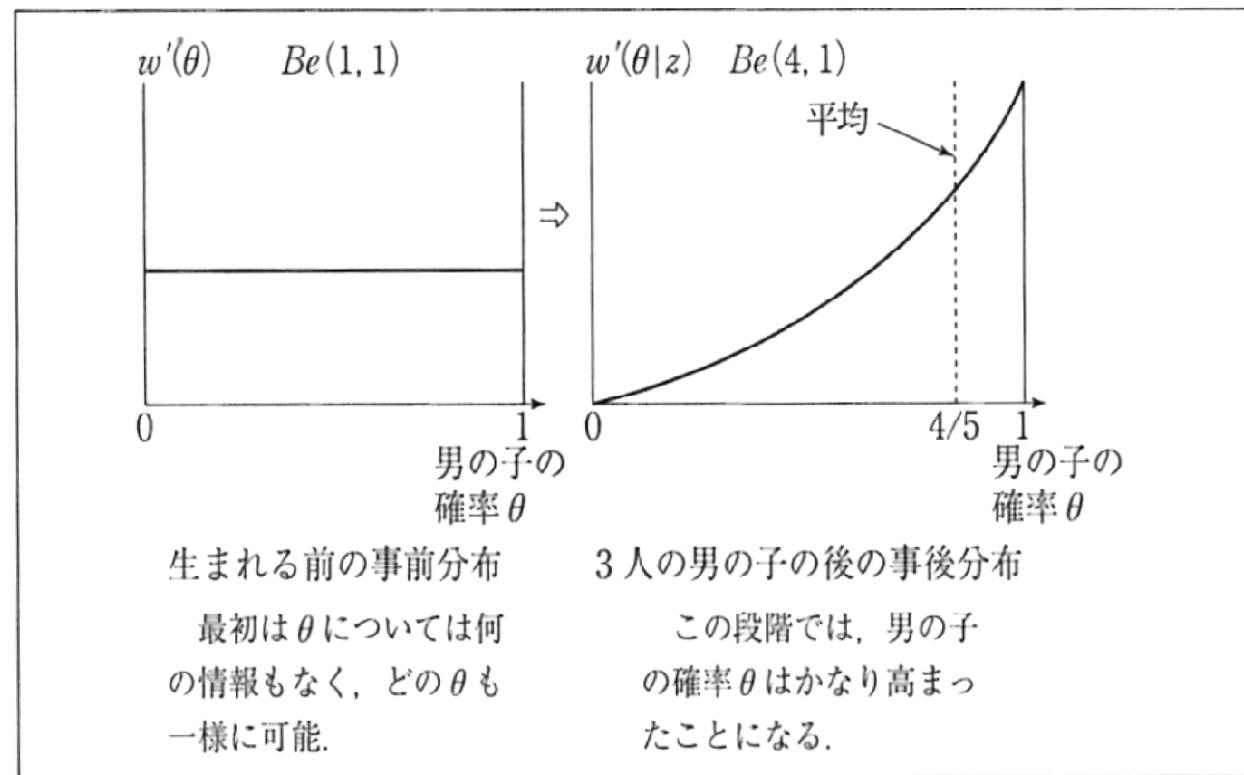
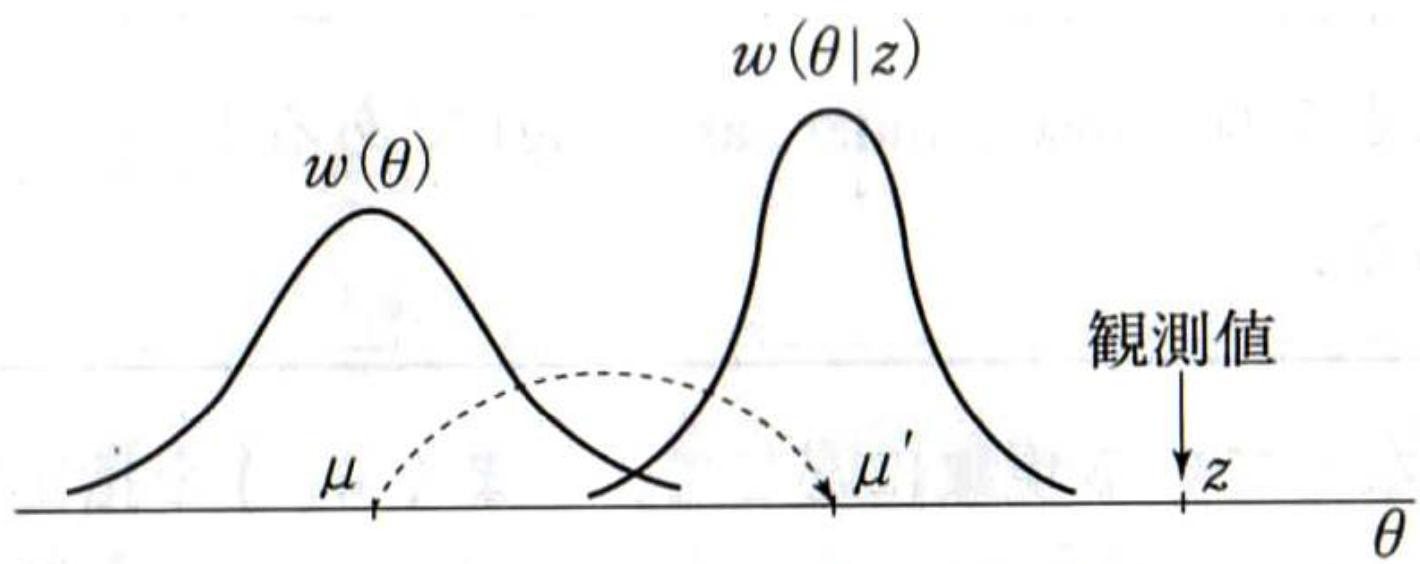


図 1.4 男の子の予想確率

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

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



ベイズ統計による事後確率 $P(\beta > 0)$

ベイズ統計を使った分析

0.02Gy以下のデータ

$\beta > 0$ の信用確率 73%

$\beta \leq 0$ の信用確率 27%

仮説検定との対応関係

$\beta = 0$ が棄却され仮説 $\beta > 0$ が統計的に有

意になる条件は

$P(\beta > 0) > 0.975$

固形がん死亡率	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%

事前分布を $P(\beta > 0) = 0.5$ とした。

「100mSv以下の放射線は安全」は真っ赤な嘘

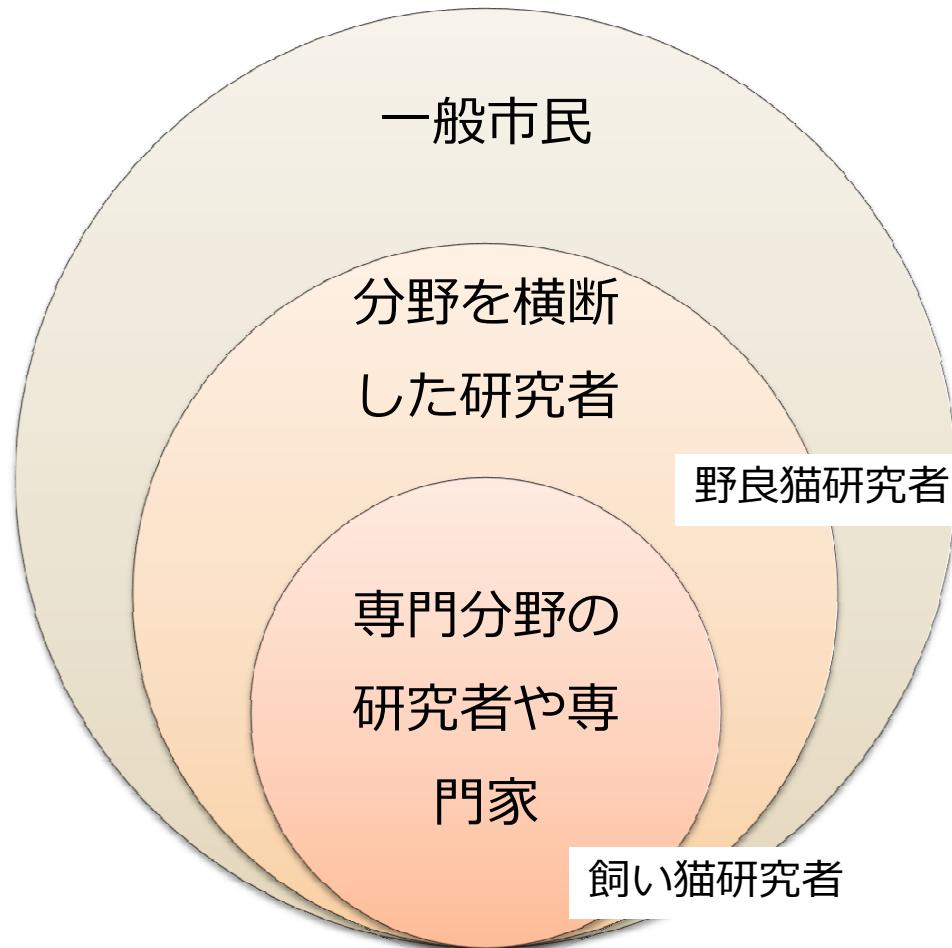
- ✧ 科学的権威のある国際機関がそういうている.
- ✧ 専門家にしかわからない.

ベイズ統計がリスクコミュニケーションに適切.

ただし アルゴリズムが透明であることが大切.



余談 「知の越境」



科学の分業が国民の科学不信
をうむ一因では.