

放射線障害の疫学研究における＜有意性依存症＞

永井 宏幸 (NPO 市民科学研究室)

【キーワード：仮説検定 統計的有意 ベイズ統計】

文科省の放射線副読本の旧版は、放射線総合医学研究所の「早見図」を引用して、「(100mSv以下の放射線で)がん死亡が増えるという明確な証拠がない」と記述していた。研究所によれば、これはがん死亡が統計的に有意でないという意味であったという。統計的に有意でないことを「明確な証拠がない」と言い換えているのである。さらには、統計的に有意でないことを「リスクが存在しない」ことであるかのように説明していることもよく見かける。原発作業で被曝して労災の認定を求めている労働者の裁判で、国が提出した専門家の意見書は、こう書いてある。「95%信頼区間の値からすべて有意差なしです。これらの結果から言えることは、どの線量域でも死亡数に有意な変化はなく被曝線量と死亡率にも一定の傾向はなしです。」被曝で心筋梗塞が発症すると主張する労働者に対して、統計的有意のないことが、反論材料として突きつけられるのである。

**統計的有意とは何を意味するのか** 広島・長崎の原爆被爆者の循環器疾患死亡率を分析した論文を使って具体的に考えてみる。この論文には、線量域を変えて線形モデルで算出した心臓疾患の過剰相対リスク(1Gyあたり)  $\beta$  が報告されている。以後は  $\beta$  とだけ表記する。(この論文は上記の専門家が解説したのと別のものです。)

線量域	点推定	95%信頼区間	
0-4.0 Gy	0.14	0.06	0.23
0-2.0 Gy	0.14	0.04	0.25
0-1.0 Gy	0.18	0.03	0.33
0-0.5 Gy	0.20	-0.05	0.45

著者はこの結果から、リスクが被曝線量とともに線形的に増加することが明らかであると結論付けるとともに、0.5Gy以下の線量域ではリスクの増加が統計的に有意でなかったと説明している。ここでの統計的有意であるとは、これを  $\beta=0$  の仮説検定とみなしたとき

$\beta=0$  が棄却されることを意味する。(95%信頼区間の下限値が正であることでそれを判定しているので、詳しくは有意水準 2.5%の片側検定を行ったことになる。) 論文は、放射線が心臓疾患による死亡率を大きくすることを明らかにした功績をもつが、0.5Gy以下で有意でないとのコメントは、0.5Gy以下で明らかなリスクの証拠はないという論調を助ける余地を残している。

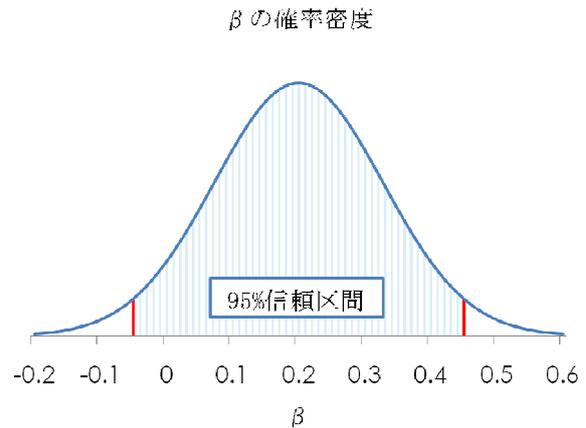
考えてみれば、統計的有意性は信頼区間の下限値のみで決めるものだから、データの情報の全体を伝えているはずがない。切り捨てられた情報があるはずである。その情報を拾い上げるのがこの講演の目的である。そのためにベイズ統計学の助けを借りることにする。

ベイズ統計学では、データから得た統計量から  $\beta$  の確率分布を知ることができる。この点がベイズ統計の最大の特徴であり有利な点である。そのため、ベイズ統計学では 95%信頼区間は素直に「95%の確率で真値がその範囲にある」ことを意味する。フィッシャー統計学との違いとして、この二点だけを頭に入れておいてほしい。

説明をする余裕はないので結果だけを述べると、ベイズ統計学では  $\beta$  の信頼区間から  $\beta$  の確率分布を求めることができる。グラフは信頼区間から計算した 0-0.5Gy 線量域の  $\beta$  の分布を示している。(  $\beta$  の分布は正規分布であるとしている。) これからわれわれは  $\beta > 0$  の確率を計算することができる。

94.2%になる。リスクが増加していると推定できる確率が 94.2%であるにもかかわらず、仮説検定を使えば「一定の傾向なし」という結論になるのである。

では、統計的に有意になるのはどういときか。 $\beta > 0$  の確率が 97.5%以上 ( $\beta < 0$  の確率が 2.5%以下) のときなのである。被害を訴える者にとっては実に厳しい条件であり、加害者には極端に寛大な基準だといわざるをえない。統計的有意に依拠してリスクを判断している専門家には、それが社会正義に適うかどうかを考えていただきたい。



**リスクの推定と決定** リスク管理にはリスクの推定と、リスク制御についての決定を分けて考えることが必要である。天気予報でいえば、降水確率が 20%であると教えるのは気象庁だが、傘を持って出かけるかどうか決めるのは私である。決めるときに考慮することはいろいろある。降水確率だけで自動的に決まるものではない。放射線被曝のリスクも同じだ。疫学研究者が社会に伝えることはリスクの確率であって、リスクについての決定ではないはずだ。有意水準を使ってリスクに関する情報を 2 値化してしまうことが、ひろく社会にリスクについての誤った理解を助長し、かつリスクに関する決定を硬直させる原因になっているのではないだろうか。

私は、ベイズ統計学の考え方を取り入れて、たとえば、「 $\beta > 0$  の確率が (50%→94.2%) となった」というように要約するのがいいのではないかと考えている。(この 50%は、事前に  $\beta$  に関する情報を持っていなかったことを表している。ベイズ統計学は、 $\beta$  の分布に対する情報がデータ(標本)の新たな情報により信頼性の高いものに更新されるという考え方で構築されている。)

**有意による判定は切り捨て思考** 研究雑誌に掲載される疫学研究のレビューでは、メタナリシス(統合分析)を行ったものが主流になっているが、行政機関や研究機関の報告書では、有意かどうかで論文を評価しているものが多い。有意でない論文が何本かあれば、「結果はまちまちで明らかな証拠はなかった」と結論している。これは、研究成果の重要な情報を切り捨てることになっている。メタナリシスで、有意でない複数の論文を統合して有意な結果をえた例は疫学の分野で少なくない。

前述の裁判の福岡地裁判決に次のような論述がある。「科学論文のうち、複数の論文では、(中略)低線量の放射線被曝で発症率・死亡率に有意差がなかったとの結論が得られている」ことからすれば、「低線量によって心筋梗塞の発症・憎悪が促進されるか否かは不明である」。原告が法廷に提出したメタナリシスによるレビュー論文を無視して、単に有意差のない論文が存在することを理由にリスクを認めないとした判決は、日本の科学裁判に汚点を残すものであると考える。

**欧米諸国の動向** 欧米では、有意性だけに頼る統計分析が科学に大きな弊害をつくっていると警告する論文や声明が相次いで発表されている。研究者には、信頼区間や仮説検定の p 値を論文に書くこと、メタナリシスをおこなうこと、ベイズ統計学の考え方を取り入れることなどで是正を図るよう求めている。

(終)