学会誌編集委員会セッション「LNT 仮説への挑戦」

統計モデルとしての LNT 仮説の起源

Origin of linear non-threshold hypothesis as a statistical model

田中　司朗[1]

[1]京都大学

1. 見出し

放射線防護において、低線量放射線の健康影響は中心的な問題である。これまで、広島・長崎の寿命調査、原発作業者、医療被ばく、環境被ばくなど様々な集団を対象に、被ばく線量と疾患発生に関する疫学研究がなされてきた。これらの研究の主な関心の 1 つは、被ばく線量と疾患発生率の関係が、どのような数式（回帰式）で表されるのかという点である。過去の放射線疫学研究の多くで、直線モデル（linear model）・直線二次関数モデル（linear-quadratic model）モデルというこの分野に特徴的な回帰式が、データに当てはめられてきた。

回帰式としての直線モデルと区別して議論すべきなのは、国際放射線防護委員会（ICRP）が勧告する放射線防護体系で用いられている linear non-threshold（LNT）モデルである。これは、被ばくによる健康影響（主にがんの過剰発生）には、しきい値がなく、累積線量に正比例するという想定に基づく線量管理を意味する。累積線量に正比例するという仮説に関する ICRP の言及は、遺伝的影響については 1956 年、非遺伝的影響については 1958 年に見られる。

ICRP が LNT モデルを採用する根拠となった科学的知見は様々なものがある。そのなかで、特に影響力が強かったものとして以下の 3 つが挙げられる。第一に、Muller（1890～1967 年）による X 線照射線量と劣性致死突然変異に関するキイロショウジョウバエ実験である。これは、比例関係を示唆する初めての報告であり、Muller は 1946 年に、X 線による突然変異の発見によってノーベル賞を受賞した。放射線の生体影響に関するメカニズムがあまり知られていなかった 1930～50 年には、放射線が DNA にヒットする回数とがんのイニシエーションの確率が比例するという仮説は、それなりに合理的であった。第二に、1950 年代に原子放射線の生物的影響に関する委員会（BEAR 委員会）とイギリス医学研究会議（MRC）は、それぞれ大気圏内核実験による放射性降下物の生体影響に関する報告書を公表し、これが 1956 年に ICRP が LNT モデルを採用する初期の根拠となった。第三に、電離放射線の生物的影響に関する委員会（BEIR 委員会）による広島・長崎寿命調査を主とする疫学データの解析である。ただし、LNT モデルは、科学的な知見（例えば直線モデルを用いた疫学研究の結果）と完全に一致するものではない。なぜなら、放射線防護の現場における実用性が考慮されているためである。

直線モデル・直線二次関数モデルと LNT モデルの各々の妥当性は、統計解析と放射線防護という異なる次元の問題である。しかしながら、これらは放射線被ばく問題という 1 つの文脈で、相互に影響しあいながら議論されてきた。例えば、1980 年の BEIR III 報告書では、直線モデル・直線二次関数モデルにより疫学データが解析されており、がん死亡数がどの程度増加するかを予測するためにもこれらのモデルが用いられた。これは、ICRP が 1950 年代に LNT モデルを採用したことと、完全に無関係とは考えられない。そして、BEIR III と同様の回帰式は、1990 年の BEIR V、2006 年の BEIR VII でも用いられており、それらの報告書はそれぞれ 1990 年と 2007 年の ICRP 勧告を裏付けるものとして引用された。

このように、統計解析における回帰式の選択（特に直線モデルかどうか）は、放射線防護体系に多大な影響を与えている。そこで問題になるのは、統計解析を行った疫学者・生物統計家が、どのような判断基

準で選択を行ったのかということである。可能性を挙げるならば、統計学の理論、データへの当てはまりのよさ、他分野の科学的知見との整合性、歴史的経緯などが考えられる。また、客観的な判断基準だったのかどうかという点も重要である。なぜなら、経済的・社会的関係性により統計解析がゆがめられることは可能性としてゼロではないからである。このような背景から、本講演では、直線モデルが、なぜ、どのような経緯で放射線被ばくの健康影響を調べるために用いられるようになったのかを、文献レビューを通じて明らかにする。

Shiro Tanaka[1]

[1]Kyoto University