

テーマ2「最先端研究報告（学生、若手研究者による）」



放射線生体影響の数理モデルによる研究

大阪大学 大学院工学研究科・D3

衣川 哲弘

放射線被ばくによる健康リスクの定量的評価は科学的・社会的に重要であり、発表者は数理モデルの観点からの評価が重要と考え、この課題に取り組んでいる。本発表では放射線による「がん発生」と「寿命短縮」を結ぶ数理モデル(寿命モデル)の紹介を通して、数理モデルを用いる本研究手法の特徴を説明する。また、寿命モデルの実験データへの応用例にも触れ、寿命モデルによる解析から得られる結果を紹介する。

放射線生体影響の数理モデルによる研究

大阪大学大学院 工学研究科 環境エネルギー工学専攻

衣川 哲弘

1. はじめに

ヒトにおける放射線被ばくによる健康リスクの定量的な評価を実現することは、社会的に重要な課題である。放射線による健康影響(がん、遺伝的影響など)は、DNA レベルの突然変異から個体レベルの健康影響まで多くの複合要因が存在し[1]、動物実験や疫学調査により様々なエンドポイントで調べられている(例えば、遺伝子変異、染色体異常、寿命短縮)。しかし、個々の影響と健康影響の定量的関係や、DNA レベルと健康影響の定量的関係の統一的理解はまだなされておらず、上に挙げた放射線影響は個々の現象に対して別々に解析が行われていることが現状である。そのため現行の手法では、個体レベルの事象に対する放射線影響の解明には個体レベルの実験である動物実験を行う必要があるが、動物実験を行うためには膨大なコスト・時間がかかる。さらに現在、倫理的観点より世界的に動物実験を可能な限り減らす流れが起きている。DNA レベルの事象と個体レベルの事象を定量的に結びつけることは重要であり、社会的・学術的・倫理的側面からその関係の解明が急がれている。

2. 数理モデルによるアプローチ

本研究手法において用いる数理モデルは、現象をその機序に基づいて時間微分方程式として抽象化するものである。上にも述べたように、各エンドポイント間における放射線影響は関係している(例としてがんを挙げると、DNA が放射線により損傷し、突然変異が発生→突然変異の蓄積によりがんが発生 etc...)が、機序に基づいた数理モデルはこれらを定量的に結びつけること可能とする。ここで、ヒトにおける放射線影響が生じる機序は、他動物種、少なくとも哺乳類においても同様であると考えられ、数理モデルによる解析は生物種を超えて有効である。本モデルにおいて、生物種間の違いは時間微分方程式を成立させる係数(パラメータ)の違いとして表現されるが、本研究を続けることによりパラメータの生物種依存性が理解され、ヒトにおける健康影響を、動物実験データを基に正確に定量化可能であると考えている。

機序に基づいてエンドポイント間を結ぶ本研究は、細胞レベルでの実験が進み、低線量・低線量率被ばく影響に対する精度の良いデータが得られた際、そのデータを基に健康影響を精度良く評価することを可能にする。影響評価の妥当性検証には実験的裏付けが必要不可欠であるが、上記予測は最適な実験設計を可能とする。本研究は、従来の生物学的視点から個別の現象をそれぞれ独立に解析してきた流れとは異なり、生物データを種や階層を超えて理解する独自の取り組みである。すなわち、個別に解析されてきた実験データを、機序に基づく数理モデルで記述し、連鎖としてつなぐことで、被ばくから個体の健康影響への道筋を解明する。本研究は、階層ごとの生物学的な原因と結果を、機序に基づく数式(数理モデル)という物理学的手法でつなぐもので、物理・生物の学際的アプローチである。

3. 「がんの発生」と「がんによる死亡」を結ぶ数理モデル ---寿命モデル---

本発表では上記数理モデルによるアプローチの一例として、「がんの発生」と「がんによる死亡」の関係を取り扱う数理モデルである「寿命モデル」[2]を紹介する。寿命モデルの概要を図1に示す。このモデルは、がん関連死の早期化がこの寿命短縮の主要因だと考えるもので、「がんの発生」と「がんによる死亡」を数式により結びつける。このモデルは放射線による「がんによる死亡」の早期化が、(1)がん発生の早期化と、(2)発生したがんが成長・悪化する速度の加速、の二つの要因によると考える。前者の影響は定期的ながん検診で直接観察できる一方で、がんの進行を生体内で直接観察することの困難さから、後者を評価することは難しいが、このモデルを用いることで、実験的に観測が困難な「がんの成長」に対する放射線影響が評価可能である。また、本発表ではこのモデルをマウス実験データ[3]に適用した結果についても紹介する。

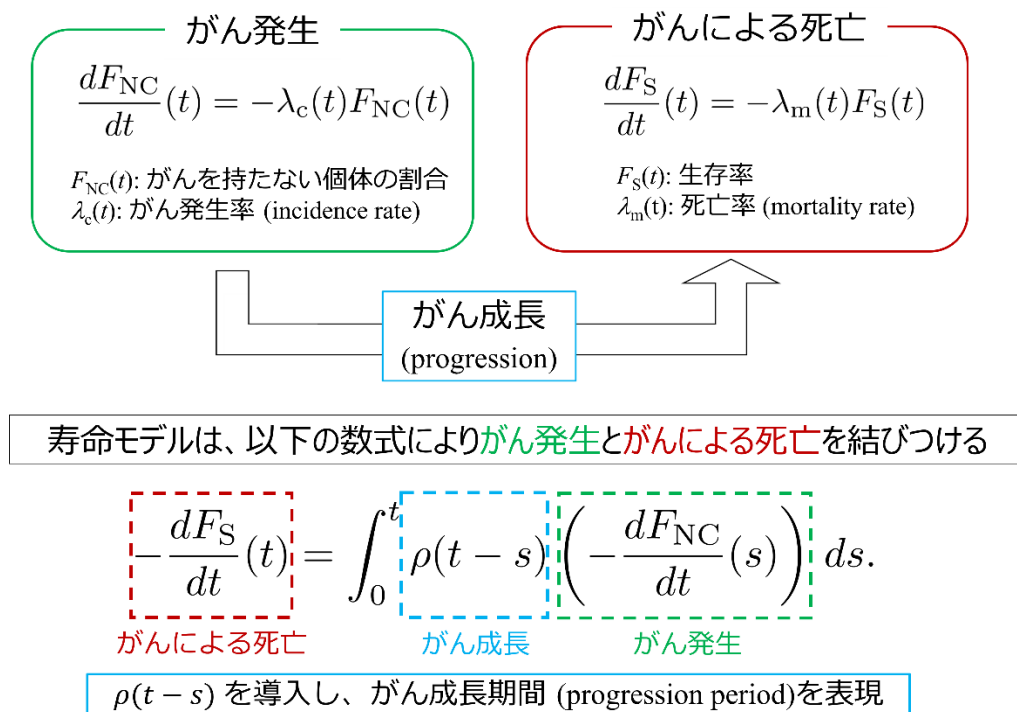


図1 「がん発生」と「がんによる死亡」を結びつける寿命モデル

参考文献・資料

- [1] Stratton, M. R. et al. (2009). Nature, 458(7239), 719-724.
- [2] Kinugawa, T. et al. (2020). Radiat. Prot. Dosim., 198(13-15), 1160-1164.
- [3] Tanaka, I. B. III et al. (2017). Radiat. Res., 187(3), 346-360.

講演者略歴



衣川 哲弘 (きぬがわ てつひろ)

所 属 大阪大学大学院工学研究科 環境エネルギー工学専攻 D3

住 所 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

連 絡 先 TEL : 06-6105-6930、E-mail:kinugawa@qb.see.eng.osaka-u.ac.jp

学 職 歴 2018年 関西大学 システム理工学部 物理・応用物理学卒業
2018年 大阪大学大学院 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
博士前期課程 入学
2020年 大阪大学大学院 工学研究科 環境・エネルギー工学専攻
博士前期課程 修了
2020年 大阪大学大学院 工学研究科 環境エネルギー工学専攻
博士後期課程 進学

研究・活動 現在、博士後期課程3年。放射線による生体影響を、数理モデルを用いて研
分野など 究している。