

- トップコラム／NTT東日本関東病院 放射線部長 赤羽 正章
- 低線量被ばくのリスクについて／
〔シリーズ3〕広島・長崎の被爆影響・低線量放射線の影響評価
- 未来を拓く次世代加速器：国際リニアコライダー／
〔その3〕超伝導で粒子を加速する
- お願い／ご担当者・送付先の変更手続きについて
- お年玉クイズ／当選者発表

ト
ッ
プ
コ
ラ
ム
148



赤羽 正章

CTの線量最適化

沈没船のジョークをご存じでしょうか。沈没しそうな豪華客船から各国の男性乗客を早く飛び込ませるために有効な台詞をもって、国民性を表したジョークです。いろいろバリエーションがあるようですが、概ね以下の通りです。

- 「今飛び込めばあなたは英雄になれます」
- 「こんなとき紳士は海に飛び込むものです」
- 「海に飛び込まないでください」
- 「規則ですので飛び込んでください」
- 「美女が泳いでいます」
- 「あっちにウォッカが流れていきました」
- 「みなさん飛び込んでいますよ」

他国の国名はあえて記しませんが、日本人向けはもちろん最後の台詞です。

2004年にLancetへ掲載された診断用X線検査の被ばくによる発癌リスクを推計した論文(Lancet. 2004;363:345-51.)がマスコミによって煽動的に報じられた結果、日本のCTによる被ばくが他国より図抜けて多いことを巡って騒動が起きました。他国とかけ離れた状況が日本人の国民性を刺激したのだと思います。(著者や雑誌の国民性でこの論文を解釈するなら、必要なときにすぐCTが撮影できるとは限らない自国の状況に関するイギリス人お得意の自虐ユーモア、とも受け取れるのですが、蛇足ですね。)

CTの線量最適化に用いられる「診断参考レベル」(DRL: diagnostic reference level)の考え方は、日本人の国民性と大いに通ずるところがあり、興味深いです。CTは線量に比例して画質が向上し情報も増えますが、必要最低限の情報を得るための線量、すなわち最適な線量を解析的に求めることは難しいので、何か工夫が必要になります。そこで定番となるのがDRLを用いた線量管理です。CTのDRLは、多施

設の線量を調査し上位25%の値などを参考に決定されます。自施設の線量がDRLを上回るようであれば、必要な画質を担保しつつ線量を減らせないか撮影条件変更を検討する、という形で運用されます。正解が不明確でも正解の方向へ線量の最適化が進むことになり、巧妙な仕組みといえましょう。この、よそより高線量なのはいかがなものか、という気持ちを利用するところが、実に日本的ではありませんか。

ICRPはDRLを運用して線量を最適化するよう勧告していますが、先行する欧米に対して日本の対応は遅れていました。しかし「みなさんDRLを運用していますよ」ということで、ようやく日本医学放射線学会がDRLの設定へ向けて動き始めたので、近いうちに日本でもDRLの運用が始まるものと期待しております。具体的には、まず検査目的毎にCTの線量を全国調査し、その解析結果を基にDRLの値が設定されます。妥当なDRLを設定するためには、調査結果の偏りをできる限り減らさねばなりませんので、高い回答率が必要です。またDRLを設定しても各施設で運用されなければ意味がありませんので、DRL運用を動機付ける仕組みを併せて構築しなければ企画倒れで終わってしまいかねません。日本のDRL運用は、まさに正念場を迎えているといえましょう。

CTの線量管理には、DRL運用だけでは解決しない面も残されています。まず、DRLは頻度の高い検査目的に対してのみ設定されますので、稀な検査の最適化に適用することは難しいです。また、日勤帯と時間外の違いや操作者間のばらつきについても対処できませんし、不適切な線量で撮影された特定の検査に気付くチャンスも生まれません。こうした不都合に対応するためには、撮影条件や線量情報を蓄積し解析する目的で構築された線量管理システムが必要です。このような線量管理システムはDRLの運用を省力化する上でも役立つものと考えられるので、今後広く普及して欲しいものです。このためには高価で高性能な線量管理システムを恒常的に設置するやり方だけでなく、最低限の機能を備えた廉価な線量管理システムの開発や、一時的にシステムを設置し短期間のデータを解析する業務委託方式など、各施設の状況に応じた選択肢が用意されることを期待します。

日本のCT線量管理は緒に就いたばかりです。今後の発展に向けて、今こそ衆知を集めるときと言えるでしょう。

あかはね まさあき (NTT東日本関東病院 放射線部長)

プロフィール●1968年東京生まれ。1992年東京大学医学部卒。放射線診断専門医、IVR専門医。東京大学医学部附属病院放射線部准教授を経て、2013年10月よりNTT東日本関東病院放射線部長。専門は肝胆膵画像診断～IVR、CTの線量最適化、CTガイド下IVRの術者被ばく低減。趣味は合唱で、特にバッハのカンタータについては100曲以上の演奏に参加している。

低線量被ばくのリスクについて

〔シリーズ3〕 広島・長崎の被爆影響・低線量放射線の影響評価

公益財団法人放射線影響研究所 理学博士 中村 典



原爆被爆者に生じた固形がんに関するまとめを図1に示した。30歳で被爆した人が70歳になったときの相対リスクは1.5倍程度(男女平均)である。この図では縦軸に相対リスクから1を引いた放射線の寄与分(過剰相対リスク)を示している。統計学的な解析によると0.1~0.2Gy(100~200mGy)以上ではリスクは有意に上昇しており、両者は線形関係にあると理解されている。

析によると0.1~0.2Gy(100~200mGy)以上ではリスクは有意に上昇しており、両者は線形関係にあると理解されている。

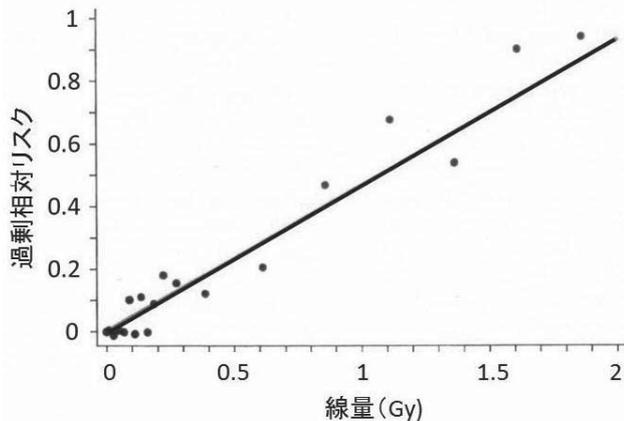


図1 原爆被爆者(30歳被爆、男女平均)が70歳に到達したときのがん発症過剰相対リスクと線量の関係

低線量被ばくで分からないこと

他方100~200mGy以下(このレベルは調査人数や集計の年度などにより影響を受けるのでいつも同じ値とは限らない)では、観察されたリスクは対照群よりも統計学的に有意に高くなっているとは言えない。しかし100~200mGyの点はゼロ点よりも統計学的に有意に上昇している。つまり、200mGy以下では影響がないのではなくて、ゼロ点と200mGyの点をどう結べばよいか分からないということである。

安全な(無害な)線量はあるのか

低線量における線量反応に関する4つの説を図2に示した。

①は、人間の集団の中には少数ではあるが放射線発がんに感受性の高い人がいるので、低線量ではそれらの人が先にがんになると考える。アンジェリーナ・ジョリーさんのニュースで有名になった家族性乳がん(BRCA1という遺伝子に生じた異常)がよい例である。しかしがんを生じ易くする遺伝子の種類や、集団中に含まれる感受性の高い人の割合などは分かっていない。

②は、相対リスクは線量に対して直線的に増加していると考えられるもので、「直線しきい値なし仮説」(LNT仮説)と呼ばれる。放射線作業従事者の防護に関わる多くの委員会ではこの仮説を取り入れて、放射線被ばく管理に応用し

ている。最も矛盾が少ない考えであると思う。

③は、少ない量の放射線は害がない、つまり放射線の影響にはしきい値があると考えられるもの。主たる根拠は、われわれの体は常に活性酸素にさらされており、細胞はそのような傷には対処できるということらしい。活性酸素の作用は、放射線量に換算すると毎日200mGyにも相当するという計算がある。しかし、活性酸素は反応基を一個しか持たない分子なので、通常DNAの1本の鎖しか傷つけない。従ってDNAの2本の鎖がたまたま同じような部位で傷つく確率は大変低い。また昔は結核患者の検査目的で頻繁に胸部の蛍光透視を行っていたことがある。一回の被ばく量は10mGyくらいであったが何度も反復して受けると乳がんリスクが上昇した。また培養細胞でも、毎日10mGyを照射し続けると突然変異頻度が上昇する。従って、少なくとも急性の10mGy(あるいはSv)は無害な線量とは言えない。細胞をあらかじめ少量の放射線(10mGy内外)で「刺激」しておく、次に照射される大線量の放射線に耐性になる現象がある(適応応答現象)。毎晩少量の晩酌をしていると大量飲酒にも耐えられるようになる現象と似ている。しかしもし来たるべき大線量被ばくがなかったらこの10mGyは当たり損になる可能性が高い。しかもこの「刺

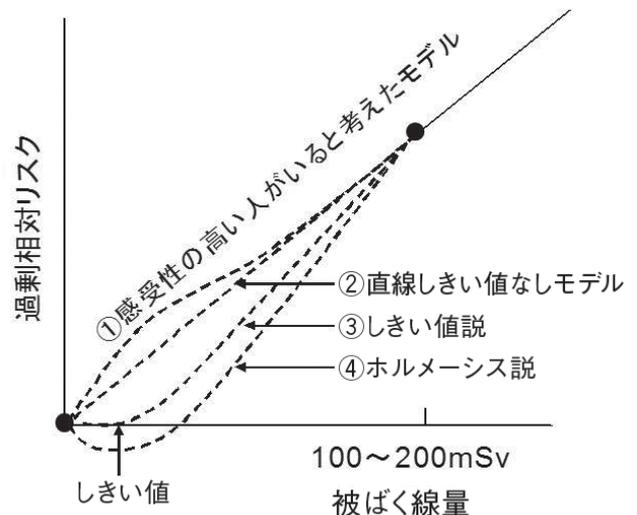


図2 低線量における線量反応をめぐる諸説

激」効果は永続的ではない(限られた期間しか効果は続かない)。

④は、少量の放射線は体に良いという説である(ホルメシス説)。航空機パイロットは宇宙線による被ばくが増えるにもかかわらず、一般公衆と比較して寿命が長いと唱われている。しかし論文検索してみると大半は一般公衆と差がない。また、定職に就いている人は一般公衆と比べて少し健康の度合いが高いことはよくあること(健康な労働者効果)なので、証明とは言えない。

未来を拓く次世代加速器：国際リニアコライダー

〔その3〕 超伝導で粒子を加速する

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 教授 早野 仁司



これまでの2回の連載で、国際リニアコライダー (ILC) の概要と、粒子実験を行う目的についてご説明してきました。ILCを実現するためには、大きな技術的なポイントが2つあります。ひとつが、加速する技術。もうひとつが、衝突させる技術です。今回は、どのように粒子を加速するのか、加速技術についてご紹介しようと思います。

ILCで粒子の加速をする際のキーワードが「超伝導」です。ある種の物質を極低温に冷やすと、電気抵抗がゼロになる「超伝導」状態が生じます。超伝導は、エネルギーや情報通信分野等、さまざまな産業応用



ILCの加速装置 (クライオモジュール)

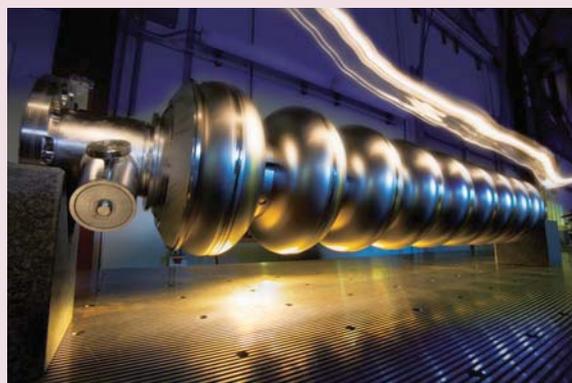
が進んでいます。加速器でも粒子ビームの加速や、粒子ビームの軌道コントロールに使われており、ILCでは、加速装置である「超伝導加速空洞」を用いることによって加速性能を向上させます。

加速空洞とは、串団子のような形をした中空の装置で、超伝導素材のニオブで作られます。粒子を加速する原理は、サーファーが波に乗って押されるのに似ています。この空洞に海の波の代わりにマイクロ波を送り込みます。マイクロ波は波なのでプラスとマイナスの電場を交互に作りますが、プラス(マイナス)の電場は、マイナス(プラス)の電気を持つ電子(陽電子)を前に押しします。空洞の中では、マイクロ波による電場がプラスとマイナスに入れ替っており、電子や陽電子を常に前に押すようにうまくタイミングを合わせることで、どんどんと加速するのです。

加速空洞は、冷凍容器の中で -271°C まで冷却されると、その内表面が超伝導状態になります。超伝導状態では、電気抵抗が生じないため、発熱による電力損失が起こりません。そのため、空洞の中に送り込んだマイクロ波のエネルギーを、きわめて効率よく

電子の加速に利用できます。電力消費を抑えることができるのと同時に、短い距離で大きなエネルギーを粒子に与えることができるのです。ILCの目指す衝突エネルギーは5千億電子ボルトです。電子ボルトは素粒子のエネルギーを表す単位ですが、このILCの衝突エネルギーは、私たちの実生活では一匹の蚊が飛んでいる時の運動エネルギーよりもずっと小さなものです。ところが20年前の技術では、研究に必要なエネルギーを電子一個に集中して与えるには、100kmを超える距離が必要でした。今回開発された超伝導技術によって、それが30kmまで「短縮」されたというわけです。

ILCでは電子や陽電子を200億個程度の塊として加速します。この200億個の塊が電子ビームの正体です。ILCの超伝導加速空洞には、口径が大きい、という特徴があります。船が水面を進むとき、かき分けられた水は整然としたパターンをつくります。これが「航跡場」。加速空洞内でも、進むビームが航跡場をつくります。この航跡場は、次に来るビームを



ILCの加速空洞

破壊することもあります。しかし、超伝導加速空洞では、口径が大きいため航跡場でマイクロ波による電場が乱されることが少なく、高品質なビームをそのまま加速することができます。

このように、効率良くかつ品質を保って加速された粒子のビームは、測定器の中で衝突し、様々な新しい素粒子を産み出します。一言で「衝突させる」と言いますが、粒子ビームの大きさは高さわずか6nm (ナノメートル) ($n=10$ 億分の1) という小ささ。

今回は、そんな極小サイズの粒子ビームを衝突させる技術についてご紹介します。

お願い

カスタマーサービス課より

ご担当者・送付先の変更手続きについて

当社では、バッジサービスにおいて次の3つの送付先別にご担当者と送付先を登録しております。

- ・ バッジ送付先
- ・ 測定報告書送付先
- ・ 請求書送付先

人事異動等でご担当者や送付先住所等に変更が生じた場合は、バッジに同封しております「登録変更依頼書」の通信欄に、変更事項をご記入の上、Fax（または郵送）にてご連絡ください。

ご担当者変更の場合はフリガナを、住所変更の場合は郵便番号も併せてご記入ください。

なお、「登録変更依頼書」の最上段「ご記入者名」欄に新しいご担当者名をご記入いただいても変更の処理は行われませんのでご注意ください。

登録内容に変更が生じた場合はお早めにお手続きくださいますようお願い申し上げます。



お年玉クイズ 当選者発表

NLだより1月号「お年玉クイズ」へご応募ありがとうございました。応募総数678通のうち、正解者数653通（A賞335通、B賞150通、C賞168通）で各賞の中から厳正な抽選の結果、下記の方々が当選されました。

おめでとうございます。抽選は、茨城県土浦土木事務所つくば支所の稲葉喜則様に来社していただき、当社の中井社長と二人でハガキをひいて当選者を決定いたしました。

答え **富士山**



右から二人目 稲葉喜則様 左から二人目 中井社長

当選者

A賞 ダイソン掃除機 (DC48TH)

秋田県 齋藤様 兵庫県 宮崎様

B賞 Panasonic空気清浄機コードレス

岐阜県 中平様 熊本県 宮本様
青森県 福島様 新潟県 小野塚様

C賞 東北応援特集 選べるギフト

広島県 山崎様 鹿児島県 中嶋様 大分県 小濱様
北海道 杉浦様 愛知県 篠木様 島根県 月森様

*編集担当から：今回は不正解が2名、また例年同様、重複応募および氏名、商品名の無いハガキが多く見られました。残念ながら無効票といたしました。

編集後記

春光うらかな季節となりましたが、みなさまいかがお過ごしでしょうか。そしてこの度、お年玉クイズに当選された方々おめでとうございます!! 最近は軽量コンパクトな便利家電が多いですね! 花粉症の私は、この季節、空気清浄機が大活躍です。そんな私は、商品選びをするとき、とことん情報収集するタイプな

のですが、サイズや性能はもちろん、やはり“売れ筋”“口コミ”が気になります。「ヒット商品!」「評価★★★★★」は惹かれますねー。今回のトップコラムに国民性を表したジョークがありますが、私は典型的な日本人のようです(笑)。

季節の変わり目ですので、みなさまも体調管理にはお気を付けください。便利グッズや家電も上手に取り入れつつ…。(佐久間 美香)

長瀬ランダウア(株)ホームページ・Eメール

<http://www.nagase-landauer.co.jp>
E-mail: mail@nagase-landauer.co.jp

■当社へのお問い合わせ、ご連絡は
本社 Tel.029-839-3322 Fax.029-836-8441
大阪 Tel.06-6535-2675 Fax.06-6541-0931

NLだより No.436 平成26年<4月号>
毎月1日発行 発行部数：35,700部

発行 長瀬ランダウア株式会社
〒300-2686
茨城県つくば市諏訪C22街区1
発行人 中井 光正