

## 19. 診療放射線技師の疫学的調査データ解析

### 1. 目 的

診療放射線技師の健康調査を実施し、放射線の低線量反復被曝の人体への影響を調査した。本研究の結果と放射線の1回大量被曝である原爆被曝者の解析結果と対比することにより放射線の人体への影響について考察できると考えられる。検査値と年令、職業被曝線量、喫煙、飲酒等の嗜好との関連を調べ、放射線の人体へ及ぼす影響のうち放射線加齢について解釈を求める。

### 2. 方 法

対象は全国の放射線技師約1,000名である。健診実施時期は1980年から1985年までの5年間である。調査実施項目はCMI検査を主とした健康アンケート調査、生化学検査を主とした臨床検査、視力検査、染色体調査、体力検査と被曝線量調査に分れる。このうち、臨床検査(43項目)、体力検査(39項目)、CMI検査(21項目)及び視力検査(8項目)を使用して以下の解析を行なった。

(1) 検査値と職業被曝線量、喫煙、飲酒との関連をみるために職業被曝線量が30rad以下(低線量群)と100rad以上(高線量群)、煙草を現在吸っている群(喫煙群)と吸っていない群(非喫煙群)および酒を毎日飲む群(飲酒群)と飲まない群(非飲酒群)の2群の平均値または出現率(異常、愁訴)について両群の年令構成の違いを考慮し比較を行った。

(2) 各検査値の放射線に対する加齢的感受

性の現れ方をみるために、検査値を目的変数とし、年令、線量、喫煙の有無、飲酒の有無、運動経験の有無を説明変数として含むモデルを考えた。即ち、検査値(Y)が連続量の場合には重回帰モデル、

$$Y = \alpha + \beta_a \cdot Ag + \beta_r \cdot Ra + \beta_t \cdot To + \beta_d \cdot Dr + \beta_s \cdot Sp + \xi$$

を考え、検査値(Y)が離散量の場合には $Y = 0$ (正常または無し)か $Y = 1$ (異常または有り)とし、 $Y = 1$ となる確率をPとする線型ロジスティックモデル、

$$\log \frac{P}{1-P} = \alpha + \beta_a \cdot Ag + \beta_r \cdot Ra + \beta_t \cdot To + \beta_d \cdot Dr + \beta_s \cdot Sp$$

を考えた。ここでAgは年令、Raは職業被曝線量を表す変数であり、Toは喫煙習慣、Drは飲酒習慣、Spは運動経験を表す定義変数(有りが1、無しが0)である。また $\beta_a$ は年令1才当りの効果、 $\beta_r$ は職業被曝線量1rad当りの効果、 $\beta_t$ は喫煙、 $\beta_d$ は飲酒、 $\beta_s$ は運動経験の各効果を示し、 $\xi$ は平均0の正規誤差を示す。各検査値に上記のモデルをあてはめ各検査値における $\beta_a$ 、 $\beta_r$ の推定値 $\hat{\beta}_a$ 、 $\hat{\beta}_r$ を求めた。

(3) 疾患グループに対する放射線の影響をみるために、肝疾患のリスクファクターとして総蛋白、アルブミン、A/G比、ZTT, TTT, Che, GOT, GPT, 総ビリルビン, 総コレステロール, 中性脂肪, LDH, BUN, MAO, 尿ウロビリノーゲンを、循環器疾患のリスクファクターとして総蛋白, A/G比, CPK,

GOT, 総コレステロール, 中性脂肪, BUN, クレアチニン, 尿酸, Na, K, CL,  $\beta$ -リポ蛋白, LDH, CRP, 血圧, 心電図所見 (QS, R, ST, T) を, 腎疾患のリスクファクターとして総蛋白, A/G 比, Che, 総コレステロール, 中性脂肪, BUN, クレアチニン, 尿酸, Na, K, CL, Ca, P,  $\beta$ -リポ蛋白, CRP, 血圧, 尿蛋白, 尿糖, 尿潜血, 血糖を, 糖尿病のリスクファクターとして総蛋白, A/G 比, 血糖, 総コレステロール, 中性脂肪, BUN, Na, K, アミラーゼ, CRP を考え, 異常値の出現割合 (異常値を示した項目数/全項目数) について各疾患ごとに低線量群 (30rad 以下) と高線量群 (100rad 以上) の比較を行った。

(4) 放射線の人体へ及ぼす総合的な影響を示す指標として, ヒトの生物学的年令を考え, 低線量群と高線量群で差があるか否かを検定した。即ち, 両群の年齢分布が重なりあう 50~69 才の範囲で低線量群において臨床検査と体力検査の各項目のうち年令と相関がある項目を説明変数とし, 暦年令を目的変数とする重回帰分析を行ない, 生物学的年令を予測する重回帰式を求めた。次にこの重回帰式を高線量群にあてはめ生物学的年令を推定し, 残差 ( [暦年齢] - [生物学的年令の推定値] ) について低線量群と比較した。

### 3. 結 果

(1) 各検査値について, 年令との相関の有無, 高線量群と低線量群, 喫煙群と非喫煙群, 飲酒群と非飲酒群における出現率の違いについて検定した結果を表 1 に示す。表中で \* は 5% 水準, \*\* は 1% 水準で有意なことを表わしている。また (+) は年令とともに, あるいは高線量群, 喫煙群, 飲酒群で増加することを, (-) は減少することを表している。

111 項目中の 81 項目が年令と相関があることがわかった。高線量群と低線量群で有意な差が認められたのは Che, AL-P,  $\beta$ -リポ蛋白, 中性脂肪, P, アミラーゼ, 平均赤血球色素量, 最高血圧, 遠点視力 (斜位), 体重, 胸囲, 肥満度, 20 代体重, 体重変化量, 皮下脂肪 (背中), 皮下脂肪 (今計), 体脂肪率, ジグザグドリブル, CMI (心臓脈管系) の 20 項目であった。喫煙群と非喫煙群で有意な差が認められたのは血清鉄など 37 項目, 飲酒群と非飲酒群で有意な差が認められたのは閉眼片足立ちなど 33 項目であった。

(2) 表 2 は重回帰モデルまたは線型ロジスティックモデルをあてはめることができた項目について回帰係数比  $\hat{\beta}_a / \hat{\beta}_r$  の昇順に並べたものである。この比が小さいほど加齢に比べて線量の検査値に及ぼす影響が大きい。 $\hat{\beta}_a / \hat{\beta}_r$  は年令 1 才分の影響に相当する放射線量を示し, 年令依存性があり, かつ線量依存性がある項目についてのみ意味をもつ。このような項目 (表中の\*) は AL-P, CMI (A), アミラーゼ, 体重, 体重変化量, K, 最高血圧, ジグザグドリブル, 近点視力 (両眼) の 10 項目であった。それらの回帰係数比は 3.47 から 44.60 の間に分布した。

(3) 表 3 に疾患別の異常値の出現割合について, 年齢との関連及び低線量群と高線量群で比較した結果を示す。各疾患とも年齢と正の相関があり, 循環器疾患と腎疾患について, 低線量群とくらべ高線量群での異常値出現割合が高くなっている。

(4) 低線量群における重回帰分析より, 生物学的年令を推定するために有効な項目は AL-P, 身長, 胸囲, 安静時息こらえ, V Cpred, 垂直飛びであった。その重回帰式は [生物学的年令] = 52.3 - 0.055 [AL-P]

$$+ 1.164 \times [\text{身長}] + 0.0107 \times [\text{胸囲}] \\ + 0.004 \times [\text{安静時息こらえ}] - 0.053 \\ \times [\text{V Cpred}] - 0.011 \times [\text{垂直飛び}]$$

であった。この式をあてはめた場合の残差平均は線量群では-0.12才、高線量群では1.38才であったが、両群の残差に有意な差は認められなかった。

#### 4. 考 察

我々は本研究で放射線への影響のうち、放射線加齢に関する解析を行なった。解析に用いたデータは図1に示すように年齢幅が広く、高線量の被曝者が少ない。解析を行うには年齢幅が狭く、被曝線量が高低にわたり適度に散らばっているのが望ましい。多くの検査値が喫煙及び飲酒の有無と関連があることが示

唆されており、各検査値に対する放射線の影響を調べる際には、年令とともにこれらの項目も考慮する必要がある。

加齢とは、本来非特異的な現象であるが、放射線被曝が一般的に加齢促進の原因となるためには、条件の一つとして「放射線が加齢過程のすべての形態的・機能的变化を、被曝線量に応じて、より早い暦年令で出現・進展させる。」ということである。 $\hat{\beta}_a/\hat{\beta}_r$ は3.47から44.61まで分布しており、異常値の出現割合が各疾患とも年令と正の相関があり、しかも高線量群と低線量群で差があるのは循環器疾患と腎疾患グループのみであった。このことから着目する項目によって、放射線に対する加齢促進の現れ方には差異があることが示唆される (近藤 久義)

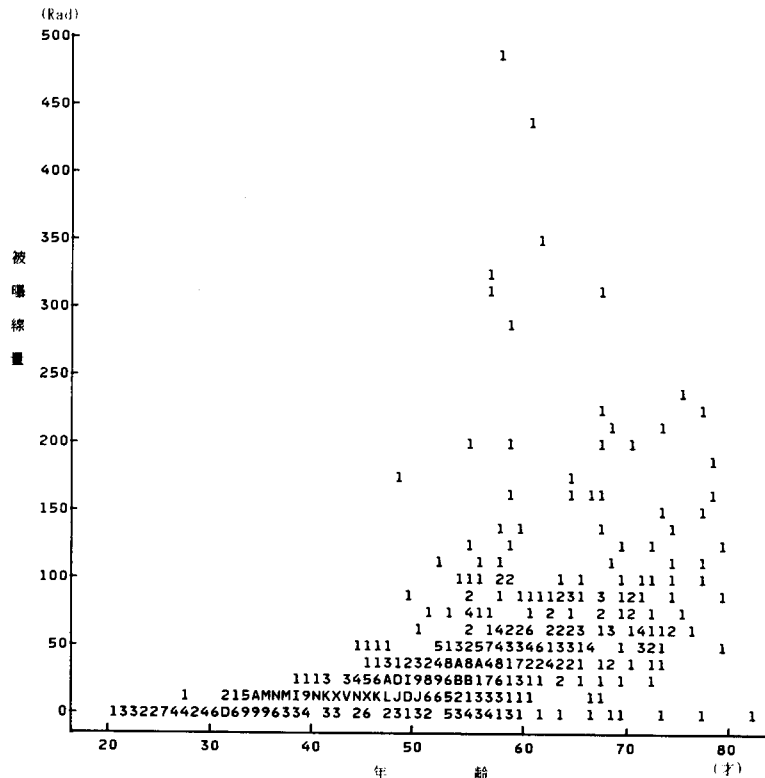


図1. 年齢と被曝線量の分布

表1. 年齢, 職業被曝線量, 喫煙, 飲酒との関連

項目	項目との相関の有無			
	年齢	線量	喫煙	飲酒
総蛋白	* (-)	N. S.	** (-)	** (-)
A/G	** (-)	N. S.	** (+)	N. S.
アルブミン	** (-)	N. S.	* (-)	N. S.
血糖	** (+)	N. S.	N. S.	N. S.
血清鉄	N. S.	N. S.	** (+)	N. S.
ZTT	N. S.	N. S.	** (-)	N. S. S.
Che	** (-)	* (-)	N. S.	N. S.
TTT	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
CPK	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
LDH	** (+)	N. S.	** (-)	** (+)
GOT	** (+)	N. S.	N. S.	N. S.
GPT	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
LAP	* (-)	N. S.	N. S.	** (+)
γ-GTP	N. S.	N. S.	* (+)	** (+)
総ビリルビン	* (-)	N. S.	** (-)	N. S.
コレステロール	** (+)	N. S.	* (-)	N. S.
AL-P	** (+)	* (+)	* (+)	** (-)
β-リポ蛋白	** (+)	* (-)	N. S.	N. S.
中性脂肪	* (+)	* (-)	N. S.	N. S.
BUN	** (+)	N. S.	** (-)	N. S.
クレアチニン	* (+)	N. S.	** (-)	** (-)
Na	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
Cl	** (+)	N. S.	** (+)	N. S.
K	** (+)	N. S.	N. S.	** (+)
P	** (-)	** (+)	N. S.	N. S.
アミラーゼ	** (+)	** (+)	** (-)	N. S.
尿酸	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
Ca	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
MAO	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
WBC	N. S.	N. S.	** (+)	N. S.
RBC	** (-)	N. S.	N. S.	** (-)
Hb	** (-)	N. S.	** (+)	N. S.
Hct	** (-)	N. S.	** (+)	N. S.
平均赤血球容積	** (+)	N. S.	** (+)	** (+)
平均赤血球 Hb	** (+)	* (-)	** (+)	** (+)
平均赤血球濃度	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
尿蛋白定性	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
尿糖定性	** (+)	N. S.	N. S.	N. S.
尿ウロビリノーゲン	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
尿潜血反応	* (+)	N. S.	N. S.	N. S.
最高血圧	** (+)	** (+)	N. S.	** (+)
最低血圧	** (+)	N. S.	* (-)	** (+)
心電図総合所見	N. S.	N. S.	.	.
遠点視力 (右)	* (-)	N. S.	N. S.	* (+)
遠点視力 (左)	N. S.	N. S.	N. S.	* (+)
遠点視力 (両眼)	* (-)	N. S.	N. S.	* (+)
遠点視力 (斜位)	* (+)	* (+)	N. S.	N. S.
近点視力 (右)	** (-)	N. S.	N. S.	** (-)
近点視力 (左)	** (-)	N. S.	N. S.	** (-)
近点視力 (両眼)	** (-)	N. S.	N. S.	** (-)
近点視力 (斜位)	N. S.	N. S.	N. S.	N. S.
身長	** (-)	N. S.	N. S.	N. S.
体重	** (-)	* (-)	N. S.	N. S.
胸囲	** (-)	* (-)	N. S.	N. S.
腹囲	** (+)	** (-)	N. S.	N. S.
肥満度	* (+)	** (-)	** (-)	N. S.

\* P<0.05    \*\* P<0.01  
 (+): 高齢, 高線量, 喫煙, 飲酒群で増加, (-): 減少

表1. (続き)

項目	項目との相関の有無			
	年齢	線量	喫煙	飲酒
20代体重	**(-)	*(+)	N.S.	N.S.
体重変化量	**(-)	**(-)	**(-)	N.S.
皮下脂肪(上腕)	N.S.	N.S.	N.S.	**(-)
皮下脂肪(背中)	*(+)	**(-)	**(-)	*(-)
皮下脂肪(計)	N.S.	*(-)	**(-)	**(-)
体脂肪率	N.S.	*(-)	**(-)	**(-)
安静時心拍数	N.S.	N.S.	**(+)	N.S.
安静時息こらえ	**(-)	N.S.	*(-)	N.S.
VC	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
FVC	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
FEV 1.0	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
FEV 1.0%	**(-)	N.S.	**(-)	N.S.
Air Trapping	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
MEFR	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
V Cpred	**(-)	N.S.	N.S.	**(-)
% V C	**(-)	N.S.	N.S.	*(+)
FEV/VC pred	**(-)	N.S.	N.S.	*(+)
垂直飛び	**(-)	N.S.	N.S.	*(-)
立位体前屈	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
上体そらし	**(-)	N.S.	N.S.	**(-)
握力(右)	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
握力(左)	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
握力(平均)	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
背筋力	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
ジグザグドリブル	**(+)	**(+)	N.S.	N.S.
反復横飛び	**(-)	N.S.	**(-)	N.S.
閉眼片足立ち	**(-)	N.S.	N.S.	*(-)
腕立て伏せ	**(-)	N.S.	**(-)	N.S.
上体起こし	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
棒反応	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
急歩	**(+)	N.S.	**(+)	*(+)
得点	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
体力年齢	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
体力変化量	**(+)	N.S.	**(-)	*(+)
CMI (A)	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (B)	N.S.	N.S.	N.S.	*(+)
CMI (C)	**(+)	**(+)	N.S.	N.S.
CMI (D)	*(+)	N.S.	**(+)	N.S.
CMI (E)	*(+)	N.S.	*(+)	N.S.
CMI (F)	*(+)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (G)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (H)	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (I)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (J)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (K)	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (L)	N.S.	N.S.	**(+)	**(+)
CMI (CIJ)	**(+)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (身体計)	**(+)	N.S.	**(+)	N.S.
CMI (M)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (N)	N.S.	N.S.	N.S.	*(-)
CMI (O)	**(-)	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (P)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (Q)	**(-)	N.S.	*(+)	N.S.
CMI (R)	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
CMI (精神計)	*(-)	N.S.	N.S.	N.S.

\* P &lt; 0.05      \*\* P &lt; 0.01

(+) : 高齢, 高線量, 喫煙, 飲酒群で増加, (-) : 減少

表2. 項目別係数比リスト

項 目	$\hat{\beta}_a$	$\hat{\beta}_r$	$\hat{\beta}_a / \hat{\beta}_r$	相関関係の有意水準	
				年 齢	線 量
WBC	0.0014	0.0021	0.66	0.82	0.13
CMI (F)	0.0025	0.0017	1.46	0.79	0.38
遠点視力 (両眼)	-0.0056	-0.0022	2.52	0.73	0.55
尿酸	0.0029	0.0009	3.09	0.57	0.42
胸囲	-0.0319	-0.0093	3.43	0.18	0.08
AL-P *	0.0158	0.0046	3.47	0.06	0.01
CMI (K)	0.0163	0.0042	3.92	0.08	0.08
CMI (A) *	0.0795	0.0189	4.21	0.00	0.00
CPK	-0.1699	-0.0396	4.29	0.59	0.58
CMI (E)	0.0018	0.0018	4.39	0.36	0.35
アミラーゼ *	0.8920	0.1890	4.72	0.00	0.00
血清鉄	-0.0793	-0.0153	5.20	0.64	0.69
CMI (D)	0.0145	0.0022	6.64	0.05	0.09
$\gamma$ -GTP	0.2045	0.0302	6.78	0.36	0.55
CMI (J)	-0.0079	-0.0012	6.79	0.50	0.68
体重 *	-0.1288	-0.0149	8.65	0.00	0.06
体重変化量 *	-0.0748	-0.0086	8.68	0.00	0.08
K *	0.0045	0.0005	9.75	0.00	0.10
Ca	-0.0019	-0.0002	9.87	0.46	0.74
立位体前屈	-0.1215	-0.0096	12.70	0.03	0.26
Che	-0.0218	-0.0017	13.13	0.01	0.37
CMI (身体計)	0.1399	0.0095	14.68	0.00	0.68
最高血圧 *	0.6148	0.0418	14.70	0.00	0.01
CMI (Q)	-0.0295	-0.0020	14.74	0.00	0.32
CMI (H)	0.0437	0.0027	15.95	0.00	0.20
総ビリルビン	-0.0021	-0.0001	15.98	0.09	0.64
遠点視力 (右)	-0.0060	-0.0004	16.46	0.72	0.92
CMI (C)	0.0354	0.0018	20.16	0.00	0.15
CMI (I)	-0.0079	-0.0004	20.98	0.43	0.87
ジグザグドリブル *	0.2554	0.0118	21.59	0.00	0.00
急歩	2.2861	0.0790	28.95	0.00	0.26
アルブミン	-0.0092	-0.0003	33.59	0.00	0.34
握力 (右)	-0.2502	-0.0074	34.02	0.00	0.23
最低血圧	0.3424	0.0099	34.57	0.00	0.41
A/G	-0.0045	-0.0001	37.48	0.00	0.53
近点視力 (左) *	-0.2335	-0.0056	41.98	0.00	0.06
近点視力 (両眼) *	-0.2419	-0.0054	44.61	0.00	0.06
近点視力 (右)	-0.2446	-0.0038	64.21	0.00	0.18
握力 (平均)	-0.2529	-0.0039	65.05	0.00	0.51
上体そらし	-0.5429	-0.0083	65.59	0.00	0.29
背筋力	-0.7081	-0.0100	70.70	0.00	0.64
反復横飛び	-0.3273	-0.0046	71.56	0.00	0.40
得点	-1.2203	-0.0169	72.14	0.00	0.17
平均赤血球容積	0.1038	0.0013	77.42	0.00	0.83
体力年齢	0.7995	0.0085	94.37	0.00	0.29
平均赤血球濃度	-0.0373	-0.0003	111.71	0.59	0.98
CMI (CIJ)	0.0362	0.0003	118.34	0.00	0.93
身長	-0.2024	-0.0014	141.03	0.00	0.80
垂直飛び	-0.5533	-0.0038	145.00	0.00	0.53
握力 (左)	-0.2565	-0.0005	495.08	0.00	0.93
V C pred	-22.3379	-0.0423	528.23	0.00	0.76

\* 年齢および線量との間に有意な相関がある項目

表 3. 疾患グループ別のリスクファクターの異常出現率と  
年齢および被曝線量との関連

疾患グループ	異常値出現率と年齢		被曝線量の異常値出現率		
	相関係数	有意水準 <sup>1)</sup>	低線量群	高線量群	有意水準 <sup>2)</sup>
肝 疾 患	0.128	P < 0.01	0.107	0.109	N. S.
循環器疾患	0.214	P < 0.01	0.098	0.139	P < 0.01
腎 疾 患	0.235	P < 0.01	0.083	0.127	P < 0.01
糖 尿 病	0.065	P < 0.05	0.144	0.159	N. S.

注 1) 異常値出現率と年齢との相関係数の有意水準

2) 低線量群と高線量群の異常出現率の差の有意水準