The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	CT検査によるリスクの推定(1979) 第3報 国民線量,個人のリスクおよび集団のリスク
Author(s)	西沢, かな枝; 岩田, 猛男; 古屋, 儀郎 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1981, 41(5), p. 436-441
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20285
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

CT 検査によるリスクの推定 (1979)

第3報　国民線量，個人のリスクおよび集団のリスク

杏林大学医学部放射線医学教室
西沢かな枝　岩田　猛男　古屋　儀郎
放射線医学総合研究所物理研究部
丸　山　隆　司　橋　詰　雅

(昭和55年10月8日受付)
(昭和55年11月14日最終原稿受付)

Estimation of Stochastic Risk from Computed Tomographic Examinations in Japan, 1979

3. Estimation of Population Doses and Stochastic Risks

Kanae Nishizawa*, Takashi Maruyama**, Takeo Iwata*, Yoshiro Furuya* and Tadashi Hashizume**
Department of Radiology*, School of Medicine, Kyorin University, 6-20-2 Shinkawa, Mitaka-shi, Tokyo 181, Japan
Division of Physics**, National Institute of Radiological Sciences, 9-1 Anagawa, 4-chome, Chiba-shi 260, Japan

Research code: *302*
Key words: *Computed tomography, Population dose, Risk estimate, Medical exposure*

The population doses and stochastic risks of hereditary, leukemia and malignant diseases from computed tomographic examinations were estimated on the basis of a 1979 nationwide survey of randomly sampled hospitals and clinics throughout Japan. The organ or tissue doses related to genetic effects and somatic effects were determined with a phantom measurement, using thermoluminescent dosimeters and seven types of computed tomographic scanners.

The resultant annual population doses per person were 0.11 mrad (1.1 μGy) for genetically significant dose, 2.8 mrad (28 μGy) for *per caput* mean bone marrow dose, 2.2 mrad (22 μGy) for leukemia significant dose and 0.72 mrad (7.2 μGy) for malignancy significant dose, respectively.

Assuming that computed tomographic examinations in 1979 will be performed continuously in the future, the population risks for the whole population in Japan were estimated to be 20 persons per year for total risks.

As an example of results, the individual risks was 7.36×10^{-6} for 32 year old male and 8.23×10^{-6} for 32 year old female from clanial computed tomographic examinations and 101.0×10^{-6} for 12 year old male and 257×10^{-6} for 12 year old female from lower abdominal computed tomographic examinations.

1. 緒　言

CT 装置が初めて我が国に導入されたのは1975年であるが，またたく間に全国に普及し1979年には頭部用，全身用を合わせて約700台の CT 装置が臨床診断に利用された．1979年に行った CT 診断に関する全国調査[1]は，我が国で年間約145万件の CT 診断が実施され，約1490万回のスキャンが行われたことを示している．また，1回の CT スキャンから受ける臓器・組織線量は，診断部位によって数 mrad から数 rad のオーダであることがファントム実験[2]から明らかとなった．一方，医療被曝による国民線量に新しくがん有意線量[3]が加えられ，ICRP 26[4]にならってリスク推定法[5]が提唱された．このような実状を踏まえ，CT 診断の正当化と最適化を論ずる基礎とするため，国民線量とリスクの推定を試みたので報告する．

本論文で取扱う国民線量は，a）遺伝有意線量(GSD)，b）1人あたりの平均骨髄線量（CMD），c）白血病有意線量（LSD），および d）がん有意線量（MSD）である．CT 診断による個人のリスクは被検者の子孫が遺伝的影響を受ける確率および被検者自身が致死的白血病やがんになる確率として定義した．また，集団のリスクは国民全体を対象とし，現在の人口から将来生まれてくる子供のうち遺伝的影響が予想される子供の数，および致死的白血病やがんの発生が予想される人数で与えられる．

2. 国民線量の推定

GSD，CMD，LSD，および MSD を次式[3]により推定した．

$$\mathrm{GSD}=\frac{\sum_j\sum_k\left(N_{jk}^{(F)}\cdot W_{jk}^{(F)}\cdot {}_gD_{jk}^{(F)}+N_{jk}^{(M)}\cdot W_{jk}^{(M)}\cdot {}_gD_{jk}^{(M)}\right)}{\sum_k\left(N_k^{(F)}\cdot W_k^{(F)}+N_k^{(M)}\cdot W_k^{(M)}\right)}$$

$$\mathrm{CMD}=\frac{\sum_j\sum_k\left(N_{jk}^{(F)}\cdot {}_mD_{jk}^{(F)}+N_{jk}^{(M)}\cdot {}_mD_{jk}^{(M)}\right)}{\sum_k\left(N_k^{(F)}+N_k^{(M)}\right)}$$

$$\mathrm{LSD}=\frac{\sum_j\sum_k\left(N_{jk}^{(F)}\cdot L_{jk}^{(F)}\cdot {}_eD_{jk}^{(F)}+N_{jk}^{(M)}\cdot L_{jk}^{(M)}\cdot {}_eD_{jk}^{(M)}\right)}{\sum_k\left(N_k^{(F)}+N_k^{(M)}\right)}$$

$$\mathrm{MSD}=\frac{\sum_j\sum_k\left(N_{jk}^{(F)}\cdot M_{jk}^{(F)}\cdot {}_eD_{jk}^{(F)}+N_{jk}^{(M)}\cdot M_{jk}^{(M)}\cdot {}_eD_{jk}^{(M)}\right)}{\sum_k\left(N_k^{(F)}+N_k^{(M)}\right)}$$

N_{jk}：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の年間総数

N_k：k 年齢層の人口

W_{jk}：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の相対子供期待率

W_k：k 年齢層の人口における相対子供期待率

${}_gD_{jk}$：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の生殖腺線量

L_{jk}：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の白血病有意因子

${}_mD_{jk}$：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の平均骨髄線量

M_{jk}：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者のがん有意因子

${}_eD_{jk}$：j タイプの部位の CT 検査を受けた k 年齢層の被検者の実効線量

CT 検査部位は，頭部，頸部，胸部，上・下腹部に大別した．上・下肢の CT 検査による国民線量への寄与は，今回の調査では上・下肢の CT 検査数が全 CT 検査数の0.2%[1]にすぎなかったため無視した ${}_gD_{jk}$，${}_mD_{jk}$，${}_eD_{jk}$ となる臓器・組織線量は，次のように決定した．成人の頭部，上・下腹部スキャン時の臓器・組織線量はランドファントムを用いて測定し[2]，頸部，胸部スキャン時の臓器組織線量はランドファントム中でのX線の減弱曲線から推定した．子供の場合は身長130cmと仮定して成人の場合の臓器，組織線量から距離の補正により推定した．成人の場合のそれぞれの部位における臓器・組織線量の，日本全国に1979年10月の時点に普及していた CT 装置の機種別の普及率により重みづけした，平均的な1スキャン当りの値を Table 1 に示す．Table 1 中の実効線量(${}_eD$)[5]は，致死的がんの，リスク係数で加重した平均の臓器・組織線量で，次式で定義される．

$${}_eD=\sum_T W_T D_T$$

D_T はがんのリスクに関係する臓器・組織Tが CT 検査によって受けた線量，W_T はTの発がんのリスクの，がんのリスク全体に対する荷重平均で，Table 2 に示す値を用いた．Tには第2報[2]で線量を報告した臓器・組織の内から Table 2に掲

Table 1. Gonad dose, Mean bone marrow dose and Effective dose for adult per scan by scan site and sex (mrad)

	Sex	Head	Neck	Chest	U. Abdomen	L. Abdomen
Gonad Dose	Male	0.06	0.12	0.27	2.1	22
	Female	0.06	0.11	0.24	2.2	119
Bone Marrow Dose	Male Female	21	21	21	22	32
Effective Dose	Male	4.2	29	47	53	23
	Female	4.5	32	71	75	24

Table 2. Weighting factor for calculation of effective dose

Organ or tissue	Weighting factor (W_T)
Lungs	0.2
Stomach	0.3
Large Intestine	0.06
Other digestive organs	0.14
Urinary organs	0.08
Lymphatic and hematopoetic	0.08
Thyroids	0.02
Breasts	(0.12)*
Total	1.00

* The figure in the parenthesis is used only for female.

げたものを用いたが，リンパ組織での線量には同様に全身に分布している骨髄の線量を代用した．Table 2中の，その他の消化器には肝臓と舌下腺を用いた．

N_{jk} は第1報[1] に示した一年間の，年齢群別，性別による検査件数である．ΣN_k は1979年の日本の総人口116×10^6人[6]を用いた．

W_{jk}, L_{jk} および M_{jk} は，橋詰らの計算による値[7)8)9)]で Table 3 に示す．CT 検査は5年生存率を問題とする病気であるとは限らないため Table 3 の値は正常人に対するものである．

以上により国民線量を推定した結果を Table 4 に示す．国民1人当り，年当りの遺伝有意線量

Table 3. Significant factors

Age group	Relative Child Expectancy		Leukemia Significant Factor		Malignancy Significant Factor	
	Male	Female	Male	Female	Male	Female
0—4	1.00	1.00	0.99	0.99	0.93	0.94
5—9	1.00	1.00	0.99	0.99	0.91	0.93
10—14	1.00	1.00	0.99	0.99	0.87	0.91
15—19	1.00	1.00	0.99	0.99	0.80	0.87
20—24	0.97	0.92	0.98	0.99	0.74	0.82
25—29	0.72	0.47	0.98	0.98	0.65	0.74
30—34	0.34	0.12	0.97	0.98	0.54	0.65
35—39	0.092	0.007	0.95	0.97	0.45	0.54
40—44	0.019	0.003	0.93	0.95	0.34	0.45
45—49	0.0045	0.0001	0.90	0.93	0.26	0.34
50—54	0.0015	—	0.87	0.90	0.18	0.26
55—59	0.0007	—	0.80	0.87	0.10	0.18
60—64	0.0001	—	0.69	0.80	0.05	0.10
65—69	—	—	0.56	0.69	0.02	0.05
70—74	—	—	0.38	0.56	0.004	0.02
75—	—	—	0.23	0.38	—	0.004

Table 4. Population dose from computed tomographic examinations

Genetically significant dose. (10^{-2}mrad person^{-1} year^{-1})

Age group	Male	Female	Total
0—14	1.18	1.80	2.98
15—29	0.62	6.05	6.67
30—44	0.19	0.94	1.13
45—	0.01	0.00	0.01
Total	2.00	8.79	10.79

per Caput mean bone marrow dose (mrad person^{-1} year^{-1})

Age group	Male	Female	Total
0—14	0.18	0.10	0.28
15—29	0.16	0.11	0.27
30—44	0.28	0.18	0.46
45—	1.03	0.71	1.74
Total	1.65	1.10	2.75

Leukemia significant dose (mrad person^{-1} year^{-1})

Age group	Male	Female	Total
0—14	0.18	0.10	0.28
15—29	0.16	0.11	0.27
30—44	0.26	0.18	0.44
45—	0.67	0.53	1.20
Total	1.27	0.92	2.19

Malignancy significant dose (mrad person^{-1} year^{-1})

Age group	Male	Female	Total
0—14	0.08	0.06	0.14
15—29	0.06	0.06	0.12
30—44	0.09	0.09	0.18
45—	0.12	0.14	0.26
Total	0.35	0.35	0.70

は0.11mrad (1.1μGy)，平均骨髄線量は 2.8mrad (28μGy)，白血病有意線量は2.2mrad (22μGy)，がん有意線量は0.70mrad (7.0μGy) であった．

3. 個人のリスクの推定

CT 検査を受けることにより個人の受ける遺伝的影響のリスク ${}_{G}R_{ik}$ 白血病のリスク ${}_{L}R_{ik}$ および，がんのリスク ${}_{M}R_{ik}$ を次式[5] により推定した．

$${}_{G}R_{ik}={}_{g}R\cdot{}_{g}D_{jk}\cdot W_{ik}$$

$${}_{L}R_{ik}={}_{l}R\cdot{}_{m}D_{jk}\cdot L_{ik}$$

$${}_{M}R_{jk}={}_{m}R\cdot{}_{d}D_{jk}\cdot M_{ik}$$

ここで ${}_{g}R$，${}_{l}R$，${}_{m}R$ は遺伝的影響，白血病，がんの発生に関するリスク係数で，それぞれ，1ラド当り100×10^{-6}，20×10^{-6}，165×10^{-6} [5]とした．

第1報[1]に示したように CT 検査時の平均的な1検査当りの，エンハンス数を含めたスキャン数は，頭部検査の場合で9回，胸・下腹部検査の場合で16回であった．平均的な CT 検査を1検査受けることによって個人の受けるリスクを，検査部位別にいくつかの年齢の人について推定した．結果を Table 5に示す．Table 5 から明らかなように，例えば上腹部検査時の女性の total リスクは12歳で194×10^{-6}，52歳で58×10^{-6}で，年齢によりかなりの差がある．また，検査部位によってもリスクは大きく違った．

4. 集団のリスクの推定

CT 検査によって国民全体に起るかも知れない遺伝的影響 ${}_{G}R_{p}$，白血病のリスク ${}_{L}R_{p}$，および，がんのリスク ${}_{M}R_{p}$ を次式[5]によって推定した．

${}_{G}R_{p}=(GSD)\times{}_{g}R\times$将来生まれてくる子供の期待数

${}_{L}R_{p}=(LSD)\times{}_{l}R\times$人口

${}_{M}R_{p}=(MSD)\times{}_{m}R\times$人口

この場合の ${}_{g}R$ は将来の子孫への遺伝的影響(平衡時)を考えて，185×10^{-6}/rad[5] とした．

推定した結果を Table 6に示す．1979年度に全国で行なわれた CT 検査による遺伝的影響を受けるのは将来生まれてくると期待される子供のうちの2名，また白血病および，がんの身体的影響のリスクは全人口で18名と推定された．

5. 考　察

1) 遺伝有意線量は年当り，国民1人当り0.11 mrad (1.1μGy) であった．現在の所，CT 検査は頭部の検査が最も多く，今回の調査では全体の85%を占めており，また年齢別では45歳以上の被検者が60%を占めている．これにより他の一般

Table 5. Individual risk from computed tomographic examinations by age, sex and scan site

Body site examined	Age	12		32		52	
		Male	Female	Male	Female	Male	Female
Head (9.12 scans)*	GR	0.052	0.058	0.0178	0.0070	0.0000079	0.0
	LR	3.8	3.8	3.7	3.7	3.3	3.4
	MR	5.5	6.2	3.4	4.4	1.14	1.76
	TR	9.4	10.1	7.1	8.1	4.4	5.2
Upper Abdomen (16.26 scans)	GR	3.4	3.6	1.14	0.43	0.00050	0.0
	LR	7.0	7.0	6.9	7.0	6.2	6.4
	MR	124	183	77	131	26	52
	TR	134	194	85	138	32	58
Lower Abdomen (15.88 scans)	GR	35	188	11.8	23	0.0052	0.0
	LR	10.1	10.1	9.9	10.0	8.9	9.2
	MR	53	56	33	40	11.0	16.0
	TR	98	254	55	73	20	25

GR: Genetic Risk, LR: Leukemic Risk, MR: Malignant Risk, TR: Total Risk
*: Average number of scans per examination included additive scan for contrast enhancement

Table 6. Population risk for whole population of Japan from computed tomographic examinations

Type of risk	sex	Risk
Genetic	Male	0.34
	Female	1.52
	Total	1.87
Leukemia	Male	2.95
	Female	2.13
	Total	5.08
Malignant	Male	6.74
	Female	6.62
	Total	13.36
Total	Male	10.03
	Female	10.27
	Total	20.3

のX線検査による遺伝有意線量に比べて非常に少ない．

白血病有意線量の，CT 検査によるものと一般のX線検査によるものとの比は0.023であった．検査数の比は0.015である[3]．これは一般のX線検査に比べて CT 検査の方が一検査当りの平均骨髄線量が多いためと考えられる．

2) CT 検査による個人の受けるリスクは年齢の若い方が大きいのは当然であるが，一般に男性より女性の方が大きいという結果を得た．これは，女性の場合，乳がんのリスクを考慮するため，発がんのリスクが男性に比べて多いためである．また，若年層において，下腹部に近い位置の検査では生殖腺に対する線量が，女性の受けるリスクに大きく影響してくる．年齢別では，子供期待率，白血病有意率，がんの有意率の差によって，大きく異っている．部位別には，胸部検査の場合が個人の受けるリスクとしては最も多かった．

吉沢ら[10]は胸部検査の場合の個人の遺伝的影響のリスクを，男女共，4.8×10^{-7} と報告している．今回の我々の推定の方が約2倍以上大きいが，これは推定の基礎となる CT 検査時の臓器・組織線量の決定方法が，吉沢らは1機種のみからであること，また1検査当りの平均スキャン数の違いなどによるものと思われる．白血病のリスクに関しても同様であった．

3) 国民全体に対する CT 検査によるリスクは，遺伝有意線量では女性の方が男性の5倍高く

なっているが，身体的リスクでは男性の方が高いかほぼ同じであった．これは国民線量推定の結果と同様の傾向である．身体的リスクの，白血病とがんのリスクの割合は，2.5倍程がんのリスクの方が高かった．これは白血病のリスク係数 ($20\times10^{-6}rad^{-1}$) よりがんのリスク係数 ($165\times10^{-6}rad^{-1}$) の方が関係する臓器が多いため約8倍大きい事による．

4) Table 4 でも明らかなように CT 検査によって受ける個人のリスクは若年であるほど大きく，又，頭部検査時よりも体幹部検査時の方が大きい．現在全X線検査中，CT 検査の占める割合は数%にすぎず，又体幹部の検査は更に少ない．しかし，個人のX線検査により受けるリスクは，CT 検査によるものが最も大きい．従って，今後，全身用 CT 装置の普及と，スキャン時間の短縮などの機械的な改良により，体幹部の検査が増加してゆくことが考えられる為，これからの国民線量，集団のリスクへの寄与が注目される．

5) ここで用いたリスク係数は長崎の原爆被爆者のデータによるものであり，CT 検査時の線量について適用することには多少問題が残る．これについては今後の UNSCEAR などの動向をみていきたい．

6. まとめ

CT 検査による国民線量，集団の受けるリスクおよび個人の受けるリスクを推定した．

国民線量は GSD が 0.11mrad (1.1μGy) で，ほとんど問題にならない．LSD は 2mrad (20 μGy)，MSD は0.70mrad (7.0μGy) であった．

個人のリスクは一般的には胸部検査の場合が最も大きく，若年層の場合は，下腹部検査によるものが最も大きかった．

国民全体での身体的リスクは18人であった．これは一般のX線検査による国民全体のリスクの約2%である．遺伝的影響は2人であった．

本稿を終るに当り，アンケート調査に御協力頂いた各病院・施設の先生方に深甚の謝意を表します．また，アンケート集計に御協力頂いた放医研・電子計算機室の福久健二郎室長及び武田栄子女史に深く感謝致します．

参考文献

1) 西沢かな枝，岩田猛男，古屋儀郎，丸山隆司，橋詰　雅：CT 検査によるリスクの推定．第1報．スキャン回転および検査件数，日本医放会誌，41：45—49，1981
2) 西沢かな枝，丸山隆司，岩田猛男，古屋儀郎，橋詰　雅：CT 検査によるリスクの推定．第2報．CT 検査による臓器・組織の線量，日本医放会誌，41：242—249，1981
3) 橋詰　雅，丸山隆司，野田　豊，岩井一男，福久健二郎，西沢かな枝：診断用X線によるリスクの推定．第3報．X線診断による国民線量と集団のリスク，日本医放会誌，41：132—143，1981
4) ICRP: Recommendations of the international commission on radiological protection, Publication 26, Oxford, 1977
5) 橋詰　雅，丸山隆司：医療被曝のリスク推定法について．日本医放会誌，40：1175—1182，1980
6) 厚生の指標，27：特集号国民衛生の動向，厚生統計協会，東京，1980
7) 橋詰　雅，松沢秀夫，丸山隆司，河内清光，白貝彰宏，野田　豊，舘野之男：遠隔放線射治療による国民線量の推定．第2報．遺伝有意線量，平均骨髄線量および白血病有意線量，日本医放会誌，40：466—475，1980
8) Hashizume, T., Kato, Y., Kumamoto, Y., Kawachi, K., Nishizawa, K. and Yamaguchi, H.: Population mean marrow dose and leukemia significant dose from beam therapy in Japan, 1979. Health Phys., 26: 461—467, 1974
9) 橋詰　雅，丸山隆司，舘野之男：がん有意因子について，日本医放会誌，40：815—822，1980
10) 吉沢康雄，草間萠子，田原隆志，河村直樹，後藤　順，坂本裕彦，柴田　宏，竹下達也，中堀豊，西本育夫，久田哲哉：全身 CT スキャンの正当性について—利用の現状と放射線被曝に伴うリスク—，日本医事新報，No. 2905：24—27，1979