



-A web-based CT dose calculator-

WAZA-ARI v2 ユーザマニュアル

Ver. 20190401

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
放射線医学総合研究所
放射線防護情報統合センター

目次

1.	はじめに	1
1.1.	はじめに	1
WAZA-ARI v2 開発の経緯	2	
WAZA-ARI v2 の特徴	3	
2.	ユーザ登録	4
2.1.	ユーザ登録画面	4
2.2.	ユーザ ID の登録内容確認	5
2.3.	ユーザ ID 登録確認	6
3.	線量計算	7
	線量計算条件の設定	7
	線量計算結果の確認	12
	計算結果の登録	13
4.	リストファイルからの線量計算	15
	リストファイルのアップロードと線量計算・登録	15
	撮影条件リストファイルの作成	17
5.	ユーザ撮影条件の設定	18
	ユーザ撮影条件の設定	18
	ユーザ撮影条件の呼び出し	19
6.	線量計算履歴と計算結果の統合	20
	線量計算履歴の表示と印刷及び削除	20
	線量計算履歴の検索	20
	印刷	22
	CSV 形式出力	23
	線量結果の削除	23
	線量計算結果の統合と検査単位の線量評価	24
	線量計算結果の統合	24
	検査単位の線量評価	27
7.	ユーザモデルの設定	28

8. 線量分布の確認	29
9. 撮影条件毎の線量計算方法について	32
線源データ毎の臓器線量データベースの構築	32
臓器線量データベースのデータ範囲と計算可能範囲について	33
線量計算に用いるパラメータ・データ	34
組織線量の計算	35
線量指標の計算	39
謝辞	40
参考文献	41
図表索引	42

1.はじめに

1.1. はじめに

本書は、CT撮影による被ばく線量を評価するWEBシステムWAZA-ARI v2のユーザマニュアルである。
WAZA-ARI v2の利用方法、計算アルゴリズム、CT機種ごとのパラメータについて纏めた。

本書の編集作業等は以下WAZA-ARI開発メンバーで行った。

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構

古場 裕介

松本 真之介

仲田 佳広

赤羽 恵一

高橋 史明

佐藤 薫

小野 孝二

甲斐 優明

吉武 貴康

長谷川 隆幸

勝沼 泰

笠原 哲治

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

東京医療保健大学

大分看護科大学

新別府病院

東海大付属大磯病院

東海大付属病院

千葉大学附属病院

本マニュアルに関する質問は以下のメールアドレスにお問い合わせください。

WAZA-ARI開発グループ : ml-waza-ari@qst.go.jp

WAZA-ARI v2 開発の経緯

近年、医療現場で CT 撮影は有用な診断技術として、広く普及しておりますが、撮影に伴う被ばく線量は、胸部のレントゲン撮影と比較しても高いことが知られています。そのため、IAEA は特に若年層の小児への撮影や同一の患者に対する繰り返し撮影等について、被ばく線量へ注意を払うことを提唱しています。国内の医療分野の学会でも、患者の生涯にわたって医療行為による総被ばく線量を把握して、過剰な被ばくを防止する取組みに着手しています。特に、日本国内の CT 装置の台数は世界的にも多く、撮影件数は年間 2005 年時点の調査で約 2,070 万件を超えると推定されておりますが、実際の医療現場での撮影の状況や受ける総被ばく線量を着実に把握する体制などは確立していません。

以上の課題を解決するため、独立行政法人放射線医学総合研究所（以下、放医研）、独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）及び公立大学法人大分県立看護科学大学（以下、大分県立看護大）は、東海大学医学部付属病院や新別府病院などの診療放射線技師の協力を得て、平成 24 年 12 月に試験運用を開始した WAZA-ARI を改良し、CT 撮影における患者の被ばく線量を評価するシステム WAZA-ARI v2 を開発しました。この開発したシステムは、国内の医療機関がインターネットを介して容易に利用でき、相互の情報交換により被ばく線量の統計データを収集できるよう、放医研の管理の下、平成 27 年 1 月 31 日より、本格的な運用を開始しました。[1][2]

WAZA-ARI v2 の特徴

我々が開発を進めてきた CT 線量評価用システムは、世界的に通用する日本語として、柔道の技ありにちなんで、「WAZA-ARI」と名付けております。今回、本格運用を開始した CT 線量評価用システム WAZA-ARIv2 は、平成 24 年 12 月より試験運用を開始している WAZA-ARI と同様に、以下の 特徴を有しております。

【ブラウザ経由の Web システムとして利用可能】

利用者にインストールやメンテナンス等の負担を生じないよう、インターネットを介して HP ヘアクセスして利用する Web システムとして開発しております。アクセス後にパーソナルコンピュータ（PC）に表示される画面を通じて、利用者は CT 撮影に用いる機種や撮影範囲、患者の年齢・体格・性別等の情報を入力します。システムでは、入力された条件に基づき、患者の受ける臓器線量を計算し、その結果は条件の設定後、十秒以内に PC 画面に表示されます。

また、WAZA-ARIv2 の特徴として以下のような機能が追加されました。

【様々な体格や年齢の患者の被ばく線量計算に対応】

試験運用していた WAZA-ARI では平均的な日本人の成人男女等の線量計算が可能でした。これに対し、WAZA-ARIv2 では、成人では他に日本人 男女の体格に関する統計データに基づき、多くの日本人がその範囲に含まれると考えられる肥満型、痩せ形の患者、未成年の患者も 0 歳、1 歳、5 歳、10 歳または 15 歳から選択して、線量を計算できる機能を追加しました。この線量計算では、新たに開発した日本人平均と異なる体格の成人の人体モデル、フロリダ大学及び米国国立がん研究所の協力を得て入手した未成年の人体モデルを用いて、原子力機構が中心となってシミュレーション計算により撮影で受ける被ばく線量を解析し、その結果に基づき整備して WAZA-ARIv2 に格納した線量データを利用します。

【線量の統計データを構築することにより CT 撮影条件の最適化に利用可能】

利用者は、最初に WAZA-ARIv2 で医療機関名や CT 検査数などの情報を入力して、利用者登録いたします。これにより、登録した利用者は、撮影条件 や患者等の必要な情報を入力することで、線量を計算する他、そのデータを WAZA-ARIv2 を利用して放医研のサーバーに登録することができます。一方、WAZA-ARIv2 のサーバーでは、各機関の線量データの情報を収集することで、国内の線量分布を把握することが可能となります。そのため、各医療 機関では、WAZA-ARIv2 を利用することにより、自施設と収集されている全データの線量レベルを比較して、自施設における CT 撮影条件の最適化による患者の過剰な被ばくの防止を図ることに活用できます。

また、計算結果は利用者が撮影条件の設定で使用する画面の右側に表示し、一目で撮影条件と対比して確認できるレイアウト設計へ変更しました。さらに電子 ファイルで撮影条件と計算結果を保存できる機能を追加するなど、利便性を考慮した改良も行っております。

2. ユーザ登録

WAZA-ARI のすべての機能（線量計算、線量登録、線量分布の確認）を使用するには ID の登録が必要です。登録内容は、氏名、メールアドレス、職種、病床数、年間 CT 検査数、医療機関名、等です。

2.1. ユーザ登録画面

WAZA-ARI ログイン画面から「ID 登録」ボタンを押して ID 登録画面に入ります。全てのフォームに正しい情報の入力が終わりましたら「情報の確認」ボタンを押します。



ID登録		
氏名	<input type="text"/> ※必須	
メールアドレス	<input type="text"/> ※必須	
職種	医師 <input type="button" value="▼"/>	※必須
国名	Japan <input type="button" value="▼"/>	※必須
年度	2014 <input type="button" value="▼"/>	※必須
病床数	<input type="text"/> ※必須	
年間CT検査数	<input type="text"/> ※必須	
組織種別	病院(国) <input type="button" value="▼"/>	※必須
医療機関名等	<input type="text"/> ※必須	

医療機関名等の記載例：「*法人」は記載しない。
(例：「独立行政法人 放射線医学総合研究所」「放射線医学総合研究所」)

新規登録

図 2.1. ユーザ ID 登録画面

2.2. ユーザ ID の登録内容確認

入力した情報を正しいことを確認し、本サイトの利用規定をお読みください。利用規定に同意していただけた場合はチェックボックスにチェックを入れて「登録」ボタンを押します。
入力した情報に誤りがありましたら「修正」ボタンをクリックと入力画面に戻ることができます。

The screenshot shows the 'ID 登録の内容確認' (ID Registration Content Confirmation) page. At the top, it displays the Waza-ari logo and a message: '以下の内容で登録する場合は「登録」ボタンを、修正する場合は「修正」ボタンを、登録をキャンセルする場合には「キャンセル」ボタンを押してください。' (Please press the 'Registration' button if you register with the following content, the 'Correction' button if you want to correct it, and the 'Cancel' button if you want to cancel the registration.) Below this, a table lists registration details:

氏名	放医研太郎
メールアドレス	waza-ari@nir.go.jp
職種	技師
国名	Japan
年度	2014
病床数	100
年間CT検査数	1000
組織種別	病院(公的医療機関)
医療機関名等	WAZA-ARI病院

Below the table, there is a large text area containing the 'Terms of Service' (ご利用規約) and 'Copyright' (著作権について) sections. The 'Terms of Service' section states: 'WAZA-ARIv2 Webサイト(以下「本サイト」という)のコンテンツは、次に定める条件(以下「サイトポリシー」)に従ってご利用いただくことを条件として、放射線医学総合研究所が提供するものです。本サイトにアクセスしてこれを利用された方は、このサイトポリシーに同意されたものとさせていただきます。' The 'Copyright' section states: '本サイトに掲載されているすべてのテキスト、図版、画像などの著作権(もしくは知的財産権)は、特に記載されているもの以外は、すべて放射線医学総合研究所、日本'.

At the bottom, there is a checkbox labeled '上記記載の事項を読んだ上で内容を理解し、これに同意します。' (I have read and understood the above-mentioned items and agree to them.) followed by three buttons: '登録' (Registration), '修正' (Correction), and 'キャンセル' (Cancel).

図 2.2. ユーザ ID の登録内容確認画面

2.3. ユーザ ID 登録確認

入力したメールアドレスに下のような登録完了のメールが届きます。

メールには「ユーザ ID」と「仮パスワード」が記載されています。

パスワードは WAZA-ARI v2 ログイン後に変更ができます

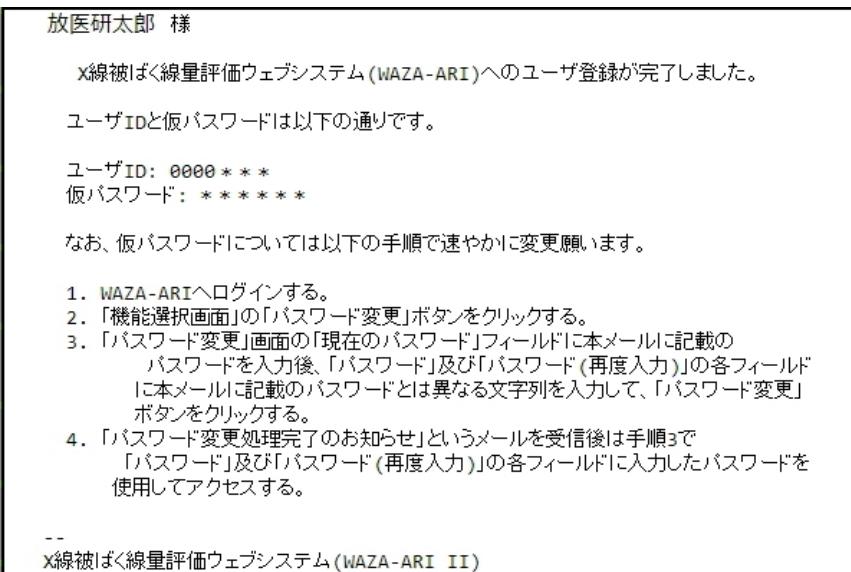


図 2.3. 登録完了のメールのサンプル

3.線量計算

線量計算条件の設定

ログイン後の図 3.1 のユーザ利用システム機能選択画面にて「線量計算」ボタンをクリックと、図 3.2 のような線量計算画面が表示されます。

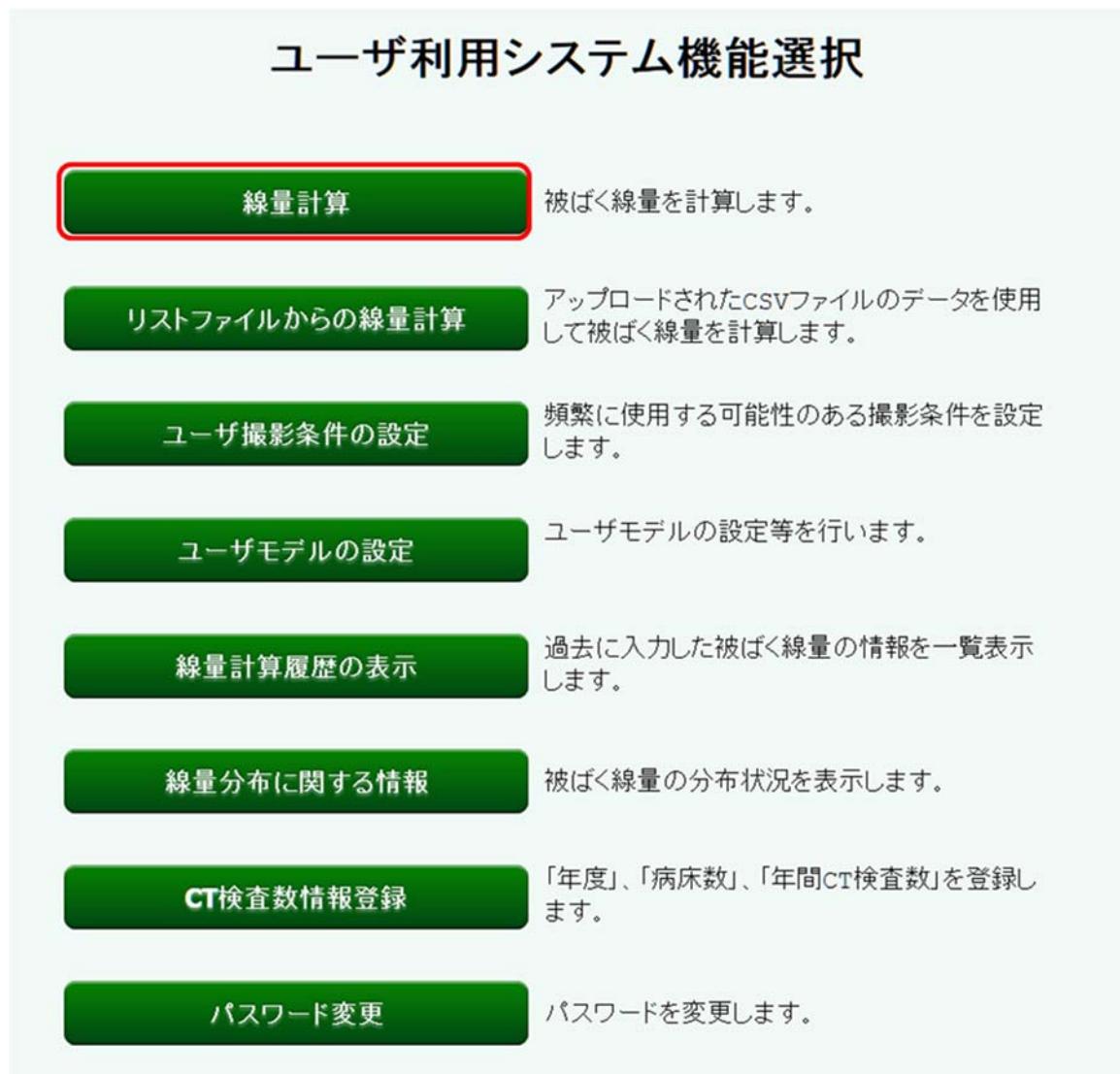


図 3.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量計算）

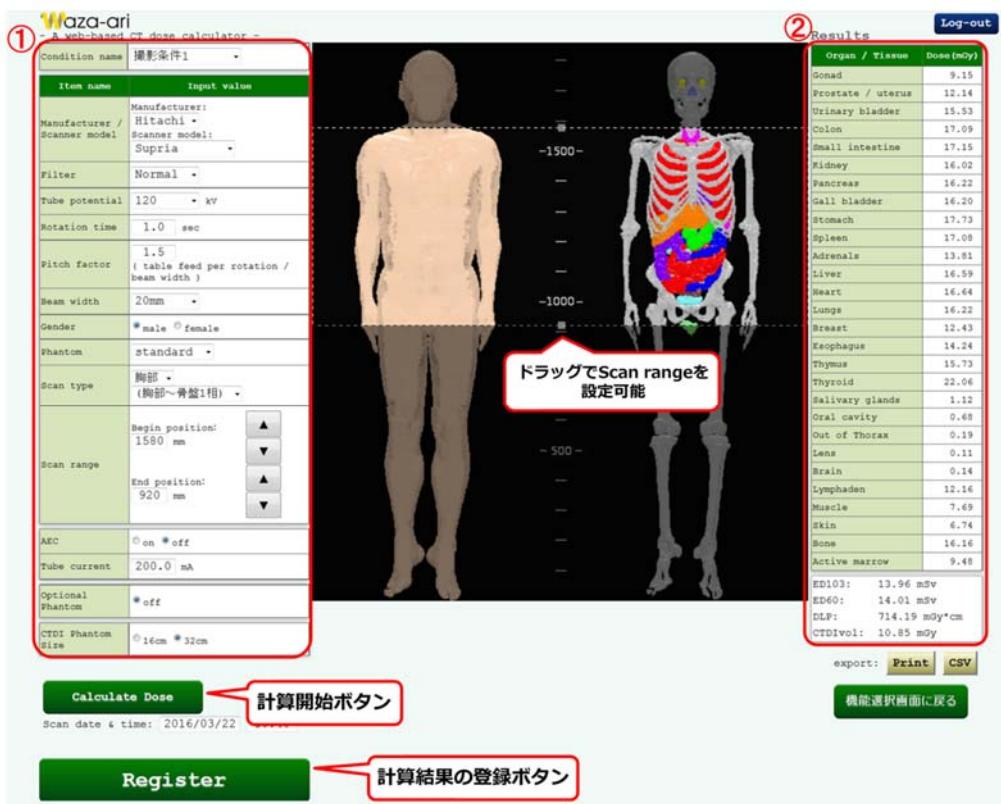


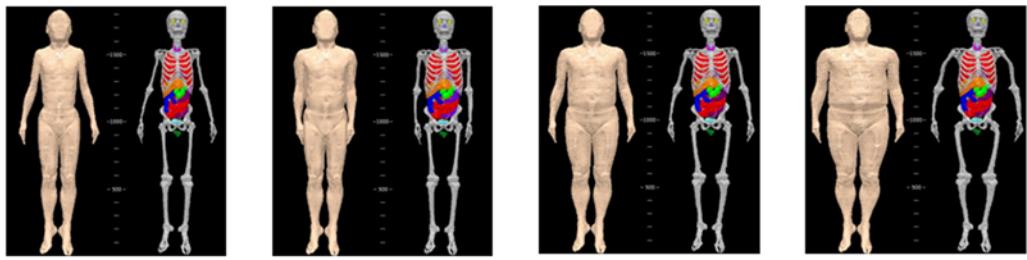
図 3.2. 線量計算画面

線量計算画面の左枠内（図 3.2 の①枠内）にて線量計算条件を設定することができます。各設定項目の内容は表 3-1 のとおりです。また選択可能な CT 機種とスキャンモードについては表 3.2 に、選択可能なファントムの種類を図 3.3 に示します。各ファントムの想定する身長・体重・BMI については表 3-2 に示します。

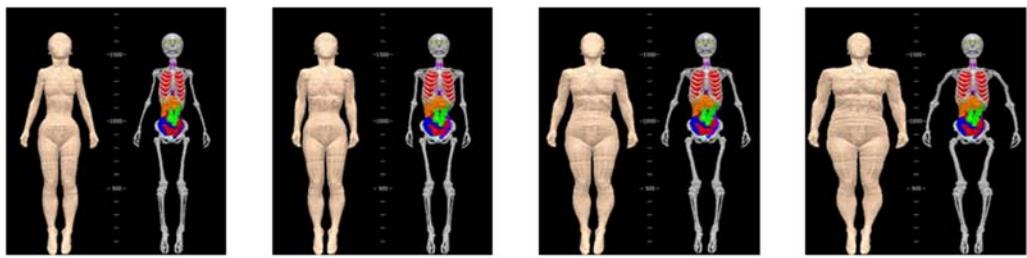
す。

表 3-1. 線量計算条件の設定項目

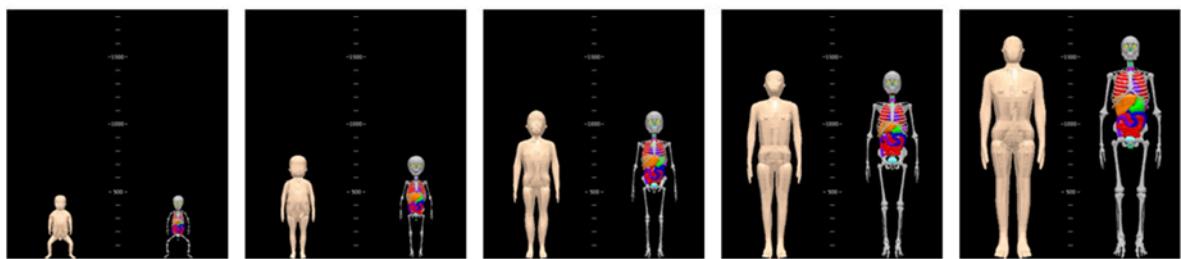
項目	説明
Manufacturer	CT 撮影装置のメーカー
Scanner model	CT 撮影装置名
Filter	FOV 等によって決まる Bow-tie フィルタ名またはサイズ *[Body][Head]などは WAZA-ARI 内の共通プロトコル名で、装置の標準的な体幹部・頭部撮影条件のフィルタに対応しています。
Tube potential	管電圧 [kV]
Rotation time	管球 1 回転に要する時間 [s]
Pitch factor	ヘリカルスキャンモードのピッチ条件 (1 回転あたりの寝台移動距離) / (ビーム幅)
Beam width	体軸方向のコリメーション範囲
Gender	性別
Phantom	体型、年齢に応じたファントムを選択します。 Standard : 成人標準体型 Fat(+2SD), Fat(+5SD) : 成人肥満体型 Thin(-2SD) : 成人痩せ体型 age:0~15 : 0~15 歳児
Scan type	検査種別を選択します。
Scan range	撮影範囲を入力します。 中央のファントム画像上の□部をドラッグすることで撮影範囲を設定することもできます。
AEC (Option)	On にすると AEC(Auto Exposure Control)機能を使用した場合の線量計算が可能です。 示されたスライス位置における管電流を設定する必要があります。
Tube Current	管電流
Optional Phantom (未実装)	体型補正機能を実装する予定です。
CTDI phantom size	CTDI _{vol} 、DLP を計算する際の CTDI ファントムサイズ



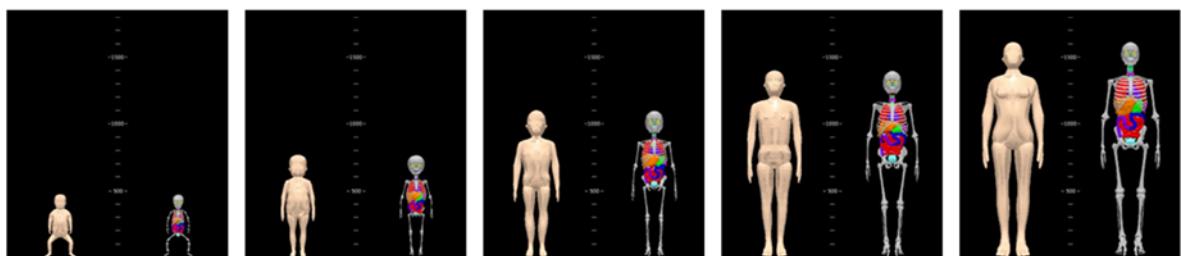
成人男性: 左から瘦型(-2 σ)、標準、肥満型(+2 σ)、肥満型(+5 σ)



成人女性: 左から瘦型(-2 σ)、標準、肥満型(+2 σ)、肥満型(+5 σ)



男児: 左から0歳、1歳、5歳、10歳、15歳



女児: 左から0歳、1歳、5歳、10歳、15歳

図 3.3. 選択できるファントムの種類

表 3-2. 各ファントムの想定する身長・体重・BMI[3][4]

	男性			女性		
	身長[cm]	体重[kg]	BMI*	身長[cm]	体重[kg]	BMI*
標準 : Standard	171	65.1	22.3	155	52	21.6
肥満型+2σ : Fat(+2SD)	171	82.2	28.1	155	66.9	27.8
肥満型+5σ : Fat(+5SD)	171	118.1	40.4	155	89.5	37.3
痩せ型-2σ : Thin(-2SD)	171	54.1	18.5	155	43	17.9
0歳 : age:0	47.5	3.5	15.5	47.5	3.5	15.5
1歳 : age:1	76.4	10.2	17.5	76.4	10.3	17.6
5歳 : age:5	110.2	19.7	16.2	110.2	19.7	16.2
10歳 : age:10	139.8	34.3	17.6	139.8	34.3	17.6
15歳 : age:15	165.7	59.9	21.8	161.1	56.6	21.8

* BMI = (体重[kg])/(身長[m])²

線量計算結果の確認

適切な条件を設定後「Calculation Start」ボタンをクリックと線量計算が開始され、図 3.2 の②枠内に線量計算結果が表示されます。表 3-3 に線量計算結果として被ばく線量が表示される臓器と線量値の説明を示します。各臓器に表示値は吸収線量[mGy]、ED103, ED60, DLP, CTDIvol の表示値は実効線量の値[mSv]が示されます。

表 3-3. 線量計算結果として被ばく線量が表示される臓器と線量値

表示名	説明	表示名	説明
Gonad	生殖腺	Thymus	胸腺
Prostate/Uterus	前立腺/子宮	Thyroid	甲状腺
Urinary bladder	膀胱	Salivay Glands	唾液腺
Colon	結腸	Oral cavity	口腔粘膜
Small Intestine	小腸	Out of Thorax	胸壁外領域
Kidney	腎臓	Lens	眼（水晶体）
Pancreas	胰臓	Brain	脳
Gall bladder	胆嚢	Lymphaden	リンパ節
Stomach	胃	Muscle	筋肉
Spleen	脾臓	Skin	皮膚
Adrenals	副腎	Bone	骨
Liver	肝臓	Active marrow	赤色骨髓
Heart	心臓	ED103	実効線量 (ICRP103)
Lungs	肺	ED60	実効線量 (ICRP60)
Beast	乳房	DLP	Dose Length Product*
Esophagus	食道	CTDIvol	スキャン範囲の平均 CTDI volume*

*DLP, CTDIvol の算出

CTDI phantom size で設定したファントムサイズにおける値

吸収線量・等価線量・実効線量について

ある放射線による各臓器の等価線量 $H_T[\text{mSv}]$ は放射線荷重係数 w_R と吸収線量 $D_{TR}[\text{mGy}]$ により以下の式で与えられます。

$$H_T = w_R \times D_{TR}$$

X 線 CT の場合、放射線荷重係数 $w_R = 1$ であることから各臓器の吸収線量[mGy]=等価線量[mSv]となります。また実効線量 E は各臓器の組織加重係数 w_T と等価線量 $H_T[\text{mSv}]$ の積を全ての臓器に対して足し合わせることで計算されます。

$$E = \sum_T w_T H_T$$

各臓器の組織加重係数 w_T は ICRP103[5]と ICRP60[6]によって定義されている値が異なるため、それぞれ ED103 と ED60 として表示しています。

計算結果の登録

計算結果を放医研のサーバーに登録することにより登録したデータの統計情報を確認できるほか、WAZA-ARIV2 に登録された全データと自施設の被ばく線量の統計上情報を比較することができます。

登録後、この撮影タイプ毎に統計情報を確認することができます。図 3.2 の Scan date & time の欄をクリックするとカレンダーが表示されますので撮影日時を選択します。登録後、この撮影期間ごとに統計情報を確認することができます。「Register」ボタンをクリックすると線量情報登録の内容確認画面（図 3.4）に進みます。計算条件等に間違いがなければ「登録」ボタンを押して線量データを登録します。

線量情報登録の内容確認

以下の内容で登録する場合は「登録」ボタンを、修正する場合は「修正」ボタンを、登録をキャンセルする場合は「キャンセル」ボタンを押して下さい。

Condition		Results	
Item name	Input value	Organ / Tissue	Dose (mGy)
Date and Time	2017/08/22 17:42	Gonad	6.56
Scan type	胸部(胸部～骨盤1相)	Prostate / uterus	9.12
Manufacturer / Scanner model	Manufacturer: Siemens Scanner model: Sensation 64	Urinary bladder	11.49
Filter	Standard	Colon	12.48
Tube potential	120 kV	Small intestine	12.62
Rotation time	1.0 s	Kidney	11.89
Pitch factor	1.2	Pancreas	12.07
Beam width	19.2mm	Gall bladder	11.95
Gender	male	Stomach	12.95
Phantom	standard	Spleen	12.37
Scan range	Begin position: 1580 mm End position: 920 mm	Adrenals	10.34
AEC	OFF	Liver	12.19
Tube current	120.0 mA	Heart	12.35
Optional Phantom	OFF	Lungs	11.86
CTDI Phantom Size	16cm	Breast	8.73
		Esophagus	10.65
		Thymus	11.66
		Thyroid	16.02
		Salivary glands	0.86
		Oral cavity	0.54
		Out of Thorax	0.16
		Lens	0.09
		Brain	0.11
		Lymphaden	8.82
		Muscle	5.55
		Skin	4.72
		Bone	11.73
		Active marrow	7.11
ED103: 10.19 mSv ED60: 10.23 mSv DLP: 954.89 mGy*cm CTDIvol: 14.47 mGy			

登録

再計算

キャンセル

図 3.4. 線量情報登録の内容確認画面

4. リストファイルからの線量計算

WAZA-ARIv2 ではリストファイルを用いることによって複数件数の撮影条件の入力・計算・登録を一度に行うことができます。図 4.1 のユーザ利用システム機能選択画面から「リストファイルからの線量計算」を選択すると図 4.2 のような撮影条件リストファイルからの線量計算と登録画面が表示されます。

リストファイルのアップロードと線量計算・登録

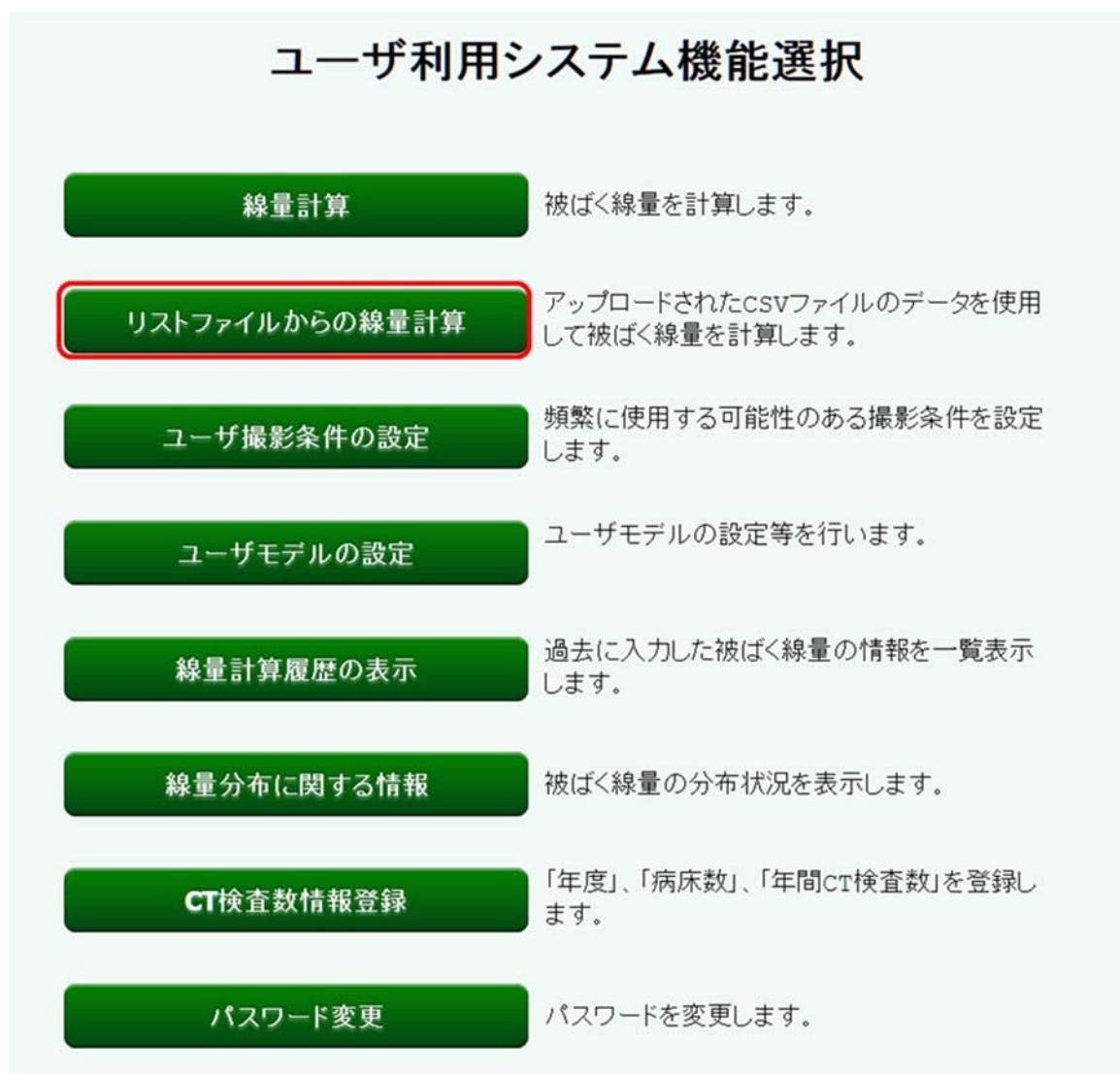


図 4.1. ユーザ利用システム機能選択画面（リストファイルからの線量計算）



図 4.2. 撮影条件リストファイルからの線量計算と登録画面

撮影条件リストファイルを選択し、「アップロードデータの確認」ボタンをクリックすると図 4.3 のようなアップロードデータの内容確認画面が表示されます。この際、計算ができない不適切な条件が含まれていると図 4.4 のような警告文が表示されてアップロードに失敗します。

Condition Number	Date and Time	Scan type	Manufacturer	Scanner model	Scan mode	Tube potential	Rotation time	Pitch factor	Beam width	Gender	Phantom	Scan Begin position	Scan End position	AEC	Tube current	Begin Position cur	Za
1	2015/7/6 14:03	すべて(すべて)	GE	lightspeed16	body	120 kV	1 sec	1.5	1.25mm	male	standard	1835mm	835mm	OFF	100 mA		
2	2015/7/6 14:03	頭部(頭部単純ノンヘリカル)	Siemens	definitionFlashhead	head	120 kV	0.8 sec	1.6	128x0.6mm	female	Fat (+2SD)	1660mm	1560mm	OFF	101 mA		

図 4.3. 線量情報登録の内容確認画面

図 4.4. 不適切な条件があった場合の線量情報登録の内容確認画面

撮影条件リストファイルの作成

ホームページの詳細説明のページ下部から撮影条件リストファイルのサンプルとリストファイル作成用 Excel ファイルをダウンロードし、撮影条件リストファイルを作成します。

撮影条件リストファイルは以下の順番にカンマで区切られた csv 形式のファイルとなります。計算可能な条件を入力するためにリストファイル作成用 Excel ファイルを用いて csv 形式ファイルを作成することを勧めます。

(撮影条件項目の順番)	説明
<<Date and Time>>,	: 撮影時間 (例 : 2015/7/6 14:03)
<<CT scan type>>,	: 検査種別
<<Manufacturer>>,	: CT 撮影装置メーカー
<<Scanner model>>,	: CT 撮影装置名
<<Filter>>,	: FOV サイズに対応するフィルター
<<Tube potential>>,	: 管電圧 [KV]
<<Rotation time>>,	: 管球回転時間 [s]
<<Pitch factor>>,	: ピッチファクター
<<Beam width>>,	: ビーム幅
<<Gender>>,	: 性別 (male or female)
<<Phantom>>,	: ファントム
<<Scan range Begin position>>,	: スキャン範囲 [mm]
<<Scan range End position>>,	: スキャン範囲 [mm]
<<AEC>>,	: ON or OFF
<<Tube current>>,	: AEC オフ時に入力
<<Begin position>>,	: AEC オン時に入力
<<Za>>, <<Zb>>, <<Zc'>>,	: AEC オン時に入力 (Zc'の値は不要)
<<Zc>>, <<Zd>>, <<Ze>>,	: AEC オン時に入力
<<End position>>,	: AEC オン時に入力
<<Optional Phantom>>,	: OFF を入力
<<Height>>, <<Weight>>,	: 使用しません
<<AP>>, <<Lateral>>	: 使用しません
<<CTDI Phantom Size>>	: 線量指標の計算に使用するファントムサイズ (16 or 32)

5. ユーザ撮影条件の設定

WAZA-ARIV2 ではユーザ毎によく使用する撮影条件を 5 つまで登録しておくことが可能です。

ユーザ撮影条件の設定

図 5.1 のユーザ利用選択画面において「ユーザ撮影条件の設定」を選択すると、図 5.2 のようなユーザ撮影条件登録画面が表示されます。



図 5.1. ユーザ利用システム選択機能画面（ユーザ撮影条件の設定）

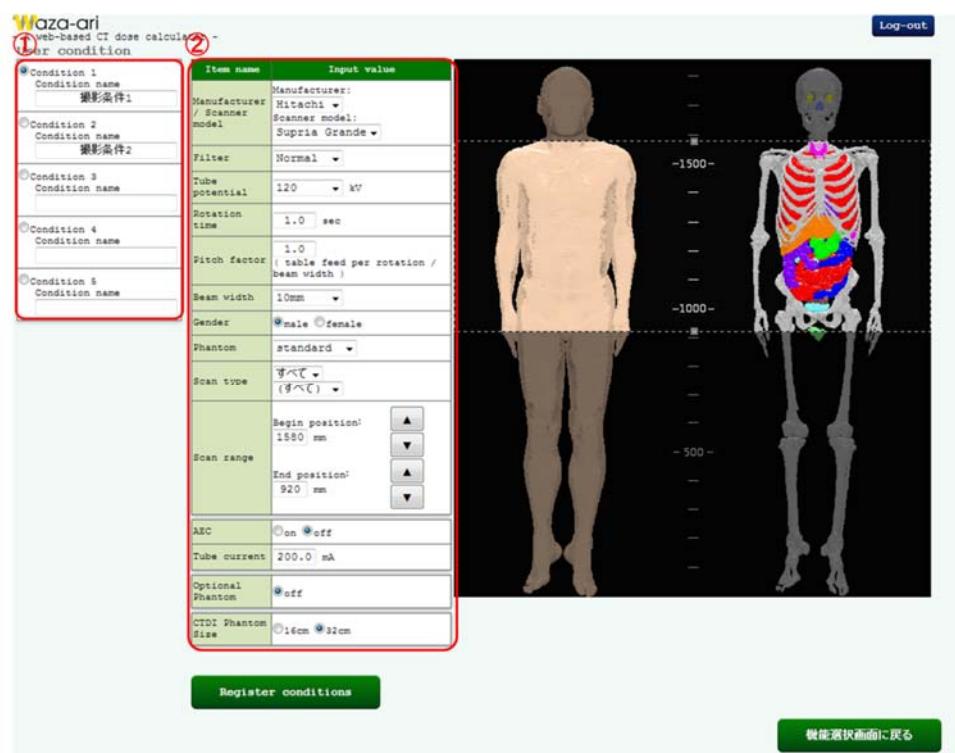


図 5.2. ユーザ撮影条件登録画面

図 5.2 の①枠内から設定したい撮影条件の番号を選択します。また、それぞれの撮影条件には名前を入力する必要があります。選択した撮影条件番号の条件詳細が②枠内に表示されますのでよく使用する撮影条件を入力してください。これらの撮影条件項目は全て選択または入力されている必要があります。撮影条件を設定したら「Register conditions」ボタンを押します。登録する撮影条件の確認画面が表示されるので、条件を確認した後、「登録」ボタンをクリックするとユーザ撮影条件が登録されます。

ユーザ撮影条件の呼び出し

線量計算画面においてユーザ撮影条件を呼び出すには図 3.2 の左上の「Condition name」から設定した撮影条件の名前を選択します。

6.線量計算履歴と計算結果の統合

WAZA-ARIV2 では線量計算画面及びリストファイルからの線量計算によって登録した線量計算結果に対して検索表示、削除、統合、印刷、csv 形式出力を行うことができます。

線量計算履歴の表示と印刷及び削除

線量計算履歴の検索

この機能では過去にユーザがシミュレート計算した結果について、登録された情報のすべてが表示されます。また登録された情報の印刷や削除、さらには CSV 形式のデータとしても出力可能です。

- (1) ユーザ利用システム機能選択画面から「線量計算履歴の表示」ボタンをクリックすると線量計算履歴の画面が表示されます。

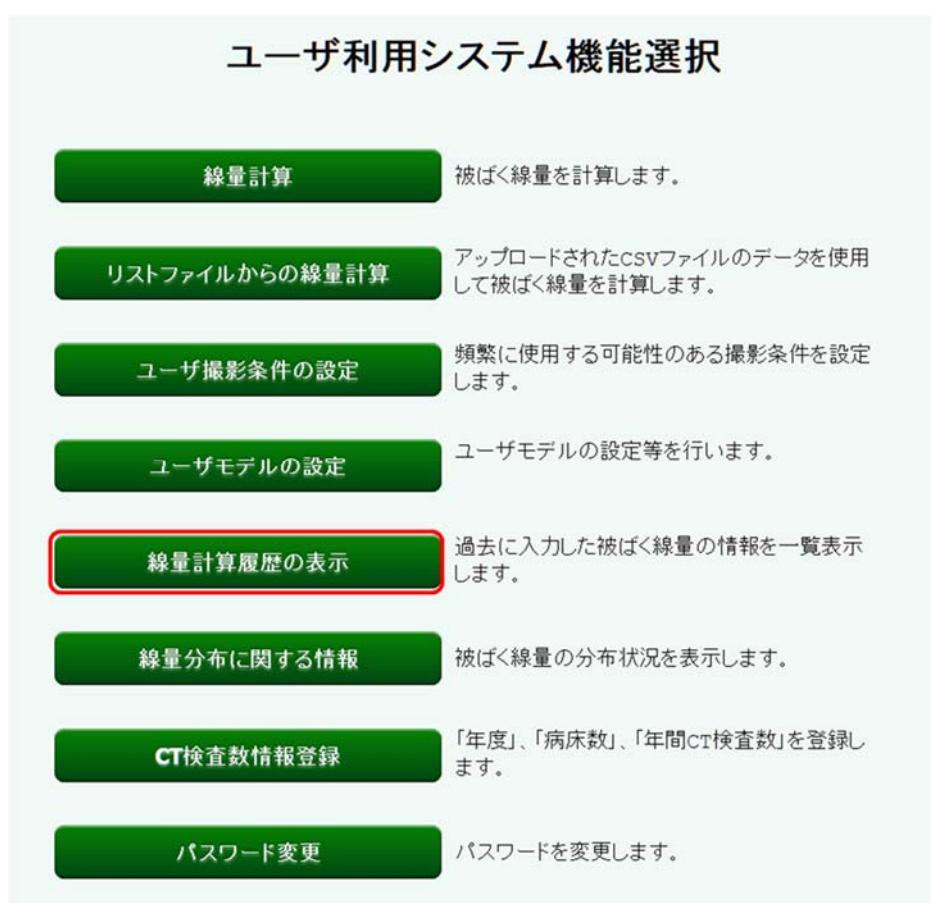


図 6.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量計算履歴の表示）

線量計算履歴画面には10件ごとの計算結果が表示されます。計算結果が多数ある場合には、“期間指定有り”から登録された年月日を指定することで、限定された期間の結果を表示させることができます。また、各計算結果の左のチェックボックスにチェックを入れることによって、計算結果の削除・統合・選択したもののだけの印刷が可能です。

選択	Date and Time	Study ID	Series ID	Scan type	Manufacturer	Scanner model	Scan mode	Tube potential	Rotation time	Pitch factor	Beam width	Gender	Phantom	Scan Begin position	Scan End position	AEC	Tube current	Begin Position	End Position
<input type="checkbox"/>	2015-04-14 09:22	00002067	00002067	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	ON		149.0 mA	176. (z=)
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:14	00002067	00003630	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	OFF	250.0 mA		
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003640	00003640	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	OFF	250.0 mA		
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003641	00003641	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	ON		149.0 mA	176. (z=)
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003642	00003642	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	OFF	250.0 mA		
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003643	00003643	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	ON		149.0 mA	176. (z=)
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003644	00003644	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	OFF	250.0 mA		
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003645	00003645	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	ON		149.0 mA	176. (z=)
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003646	00003646	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	OFF	250.0 mA		
<input type="checkbox"/>	2015-07-29 16:16	00003647	00003647	胸部(胸部～骨盤1相)	Siemens	sensation64	body	120.0 kV	0.5 sec	1.2	19.2mm	male	standard	1580mm	920mm	ON		149.0 mA	176. (z=)

図 6.2. 線量計算履歴画面

印刷

登録された線量情報を印刷し、紙による保存や資料として配布する場合などに使用します。

(1) 選択した計算結果のみのを印刷する場合はチェックボックスにチェックを入れて「Print(by selection)」を選択します。検索表示されている全ての計算結果を印刷する場合は「Print」を選択します。

(2) 印刷には下図のように WAZA-ARI に入力した“撮影条件”、“ファントムシミュレーション範囲”、“臓器吸収線量”、“実効線量”が印刷されます。

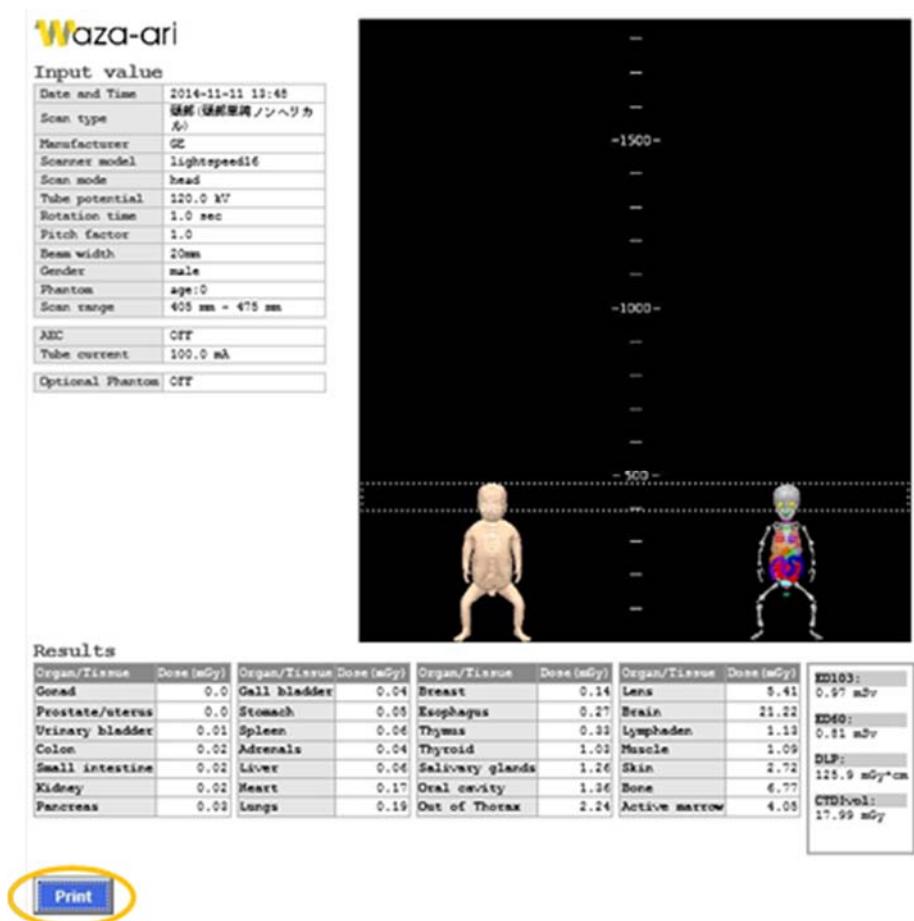


図 6.3. 線量計算結果印刷用画面

(3) 印刷状態を確認後、最後のページに “ ” が表示されているのでクリックすると印刷が開始されます。

CSV 形式出力

登録された線量情報を電子保存する場合や表計算ソフトなどで詳細に解析する場合などに使用します。

“線量計算履歴”から “**CSV**” をクリックしてください。保存先を指定して、保存します。

線量結果の削除

登録された線量情報を削除する場合に使用します。通常は“選択したデータを削除”ボタンは暗く、使用できないようになっております。

(1) “線量計算履歴”に表示された表の一番左の項目に“選択”があります。

(2) 削除したい項目を“”にして、“選択したデータを削除”ボタンをクリックすると、確認画面に移行します。

Item name	Input value
Date and Time	2014-11-08 08:24
Scan type	MDCT-Neck+骨盤(頭)
Manufacturer	GE
Scanner model	lightspeed16
Scan mode	head
Tube potential	120.0 kV
Rotation time	1.0 sec
Pitch factor	1.0
Beam width	20mm
Gender	male
Phantom	age:0
Scan range	Begin position: 370 mm End position: 150 mm
AMC	OFF
Tube current	50.0 mA
Optional Phantom	OFF

図 6.4. 線量計算履歴画面と削除対象の確認画面

(3) 確認画面において削除対象データを確認後“削除”をクリックするとデータは削除されます。

(4) “変更”をクリックすると前画面の“線量計算履歴”に戻ります。

(5) “キャンセル”をクリックすると、最初の“ユーザ利用システム機能選択”に戻ります。

※注意 削除したデータは復旧できませんので、選択は慎重にお願いいたします。

線量計算結果の統合と検査単位の線量評価

登録された線量計算結果には Study ID と Series ID が自動で採番されます。WAZA-ARIV2 では同一患者に対する複数撮影時の線量を評価する際、それらを同じ検査（同じ Study ID）として統合することにより合算線量を評価することができます。

線量計算結果の統合

図 6.5 のように統合したい線量計算結果のチェックボックスにチェックを入れます。2 件以上の線量計算結果のチェックボックスにチェックが入っている場合、「選択したデータを統合」ボタンがアクティブになります。「選択したデータを統合」ボタンをクリックすると図 6.6 のように線量情報統合の内容確認画面が表示されます。「統合」ボタンを押すと図 6.7 のように選択していた線量計算結果の Study ID が統一されます。

選択	Date and Time	Study ID	Series ID	Scan type	Manufacturer	Scanner model	Scan mode	Scan mode po
<input checked="" type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004214	00004214	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12
<input checked="" type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004217	00004217	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12

選択したデータを削除選択したデータを統合

図 6.5. 線量計算履歴画面（線量計算の統合）

Waza-ari
- A web-based CT dose calculator -

Log-out

線量情報統合の内容確認

以下の計算結果を統合する場合は「統合」ボタンを、統合の対象となる情報を変更する場合は「変更」ボタンを、統合をキャンセルする場合は「キャンセル」ボタンを押してください。

統合対象1			
Condition		Results	
Item name	Input value	Organ / Tissue	Dose (mGy)
Date and Time	2014-11-19 15:32	Gonad	7.06
Scan type	腹部(上腹部～骨盤)用	Prostate / uterus	6.23
Manufacturer / Scanner model	GE Scanner model: lightspeed64	Urinary bladder	7.73
Scan mode	body	Colon	9.5
Tube potential	120.0 kV	Small intestine	8.79
Rotation time	0.4 sec	Kidney	9.77
Pitch factor	0.984	Pancreas	9.72
Beam width	40mm	Gall bladder	8.76
Gender	female	Stomach	9.88
Phantom	age:15	Spleen	9.14
Scan range	Begin position: 1215 mm End position: 789 mm	Adrenals	8.6
AEC	ON	Liver	9.53
Begin Position	190.0 mA	Heart	4.67
Za	mA (z=1345.5mm)	Lungs	9.09
Zb	mA (z=1269.5mm)	Breast	9.91
Zc'	233.0 mA (z=20.0mm)	Esophagus	9.09
Zc	203.0 mA (z=1144.5mm)	Thymus	0.82
Zd	163.0 mA (z=975.5mm)	Thyroid	0.27
Ze	190.0 mA (z=818.5mm)	Salivary glands	0.06
End Position	233.0 mA	Oral cavity	0.07
Optional Phantom	OFF	Out of Thorax	0.13
		Lens	0.01
		Brain	0.01
		Lymphaden	3.87
		Muscle	3.79
		Skin	2.97
		Bone	3.99
		Active marrow	4.18

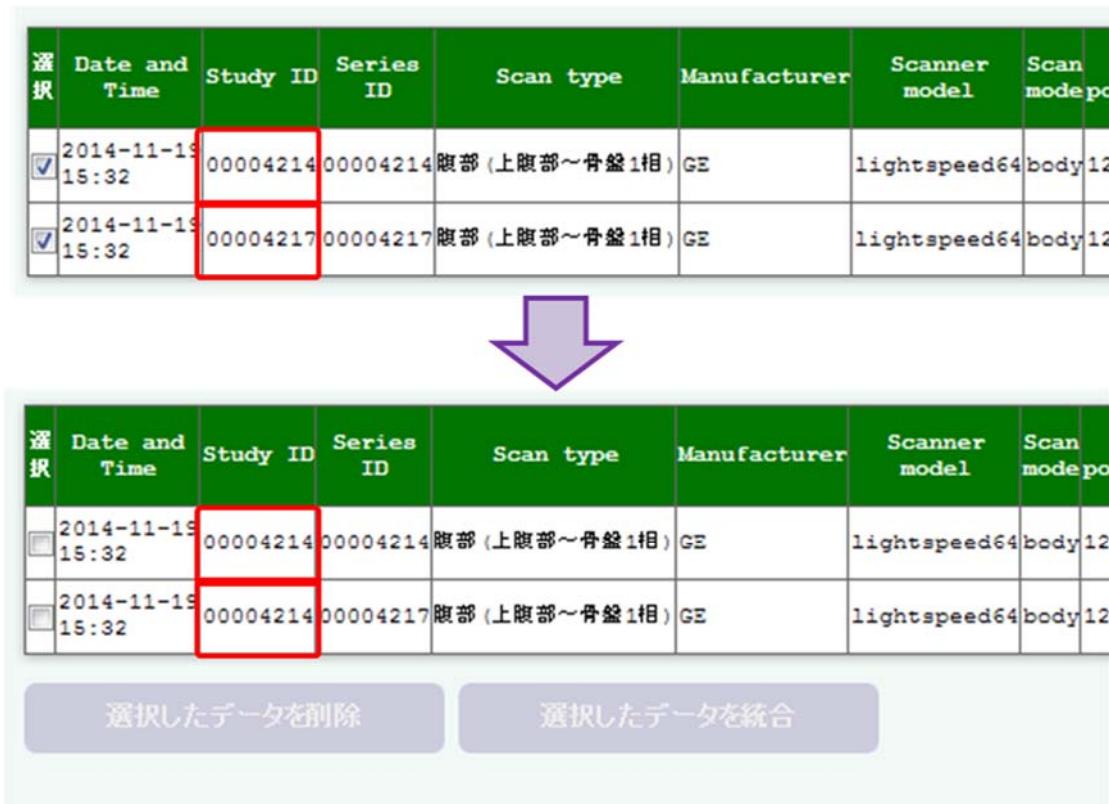
ED103: 6.04
ED40: 6.32
DLP: 297.96
CTDIvol: 6.99

統合対象2			
Condition		Results	
Item name	Input value	Organ / Tissue	Dose (mGy)
Date and Time	2014-11-19 15:32	Gonad	7.06
Scan type	腹部(上腹部～骨盤)用	Prostate / uterus	6.23
Manufacturer / Scanner model	GE Scanner model: lightspeed64	Urinary bladder	7.73
Scan mode	body	Colon	9.5
Tube potential	120.0 kV	Small intestine	8.79
Rotation time	0.4 sec	Kidney	9.77
Pitch factor	0.984	Pancreas	9.72
Beam width	40mm	Gall bladder	8.76
Gender	female	Stomach	9.88
Phantom	age:15	Spleen	9.14
Scan range	Begin position: 1215 mm End position: 789 mm	Adrenals	8.6
AEC	ON	Liver	9.53
Begin Position	190.0 mA	Heart	4.67
Za	mA (z=1345.5mm)	Lungs	9.09
Zb	mA (z=1269.5mm)	Breast	9.91
Zc'	233.0 mA (z=20.0mm)	Esophagus	9.09
Zc	203.0 mA (z=1144.5mm)	Thymus	0.82
Zd	163.0 mA (z=975.5mm)	Thyroid	0.27
Ze	190.0 mA (z=818.5mm)	Salivary glands	0.06
End Position	233.0 mA	Oral cavity	0.07
Optional Phantom	OFF	Out of Thorax	0.13
		Lens	0.01
		Brain	0.01
		Lymphaden	3.87
		Muscle	3.79
		Skin	2.97
		Bone	3.99
		Active marrow	4.18

ED103: 6.04
ED40: 6.32
DLP: 297.96
CTDIvol: 6.99

統合 **変更** **キャンセル**

図 6.6. 線量情報統合の内容確認画面



The figure shows two tables of study data, likely from a PACS or similar system. The first table has two rows selected (indicated by checked checkboxes). The second table shows the result after a merge operation, where the two rows have been combined into a single row.

Top Table (Initial Data):

選択	Date and Time	Study ID	Series ID	Scan type	Manufacturer	Scanner model	Scan mode	po
<input checked="" type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004214	00004214	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12
<input checked="" type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004217	00004217	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12

Bottom Table (Result of Merge):

選択	Date and Time	Study ID	Series ID	Scan type	Manufacturer	Scanner model	Scan mode	po
<input type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004214	00004214	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12
<input type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004214	00004217	腹部(上腹部～骨盤1相)	GE	lightspeed64	body	12

Buttons at the Bottom:

- 選択したデータを削除 (Delete selected data)
- 選択したデータを統合 (Merge selected data)

図 6.7. 線量情報統合後の Study ID の変化

検査単位の線量評価

図 6.8 のように線量計算履歴画面において一覧の表示方法を「スタディ単位」として検索表示した場合、同じ Study ID の線量計算結果を合算した臓器線量を評価することができます。Series ID の欄には統合された線量計算結果の Series ID が列記されます。また、撮影条件の項目は表示されず、合算された線量情報のみが表示されます。

The screenshot shows a search interface for dose calculation history. At the top left, there is a dropdown menu labeled '一覧表示の方法' with two options: 'シリーズ単位' (selected) and 'スタディ単位'. Below it is a search section for '検索期間' with two radio button options: '期間指定無し' (unchecked) and '期間指定有り' (selected), followed by date inputs '2014/10/31 から 2014/12/01 まで'. There are two green buttons at the bottom: '検索' and '機能選択画面に戻る'. Below these are navigation buttons: '<<最初', '<前の10件', '次の10件>', '最後>>', and '1/1 page'. The main content area displays a table of dose data. The table has columns for '選択' (checkbox), 'Date and Time', 'Study ID', 'Series ID', 'Gonad', 'Prostate / uterus', 'Urinary bladder', 'Colon', 'Small intestine', 'Kidney', 'Pancreas', 'Gall bladder', 'Stomach', 'Spleen', 'Adrenals', and 'Liver'. Two rows of data are shown:

選択	Date and Time	Study ID	Series ID	Gonad	Prostate / uterus	Urinary bladder	Colon	Small intestine	Kidney	Pancreas	Gall bladder	Stomach	Spleen	Adrenals	Liver	
<input checked="" type="checkbox"/>	2014-11-19 15:32	00004214	00004214; 00004217		14.12	12.46	15.46	19.0	17.58	19.54	17.44	17.52	19.76	18.28	17.2	19.06

At the bottom, there are two buttons: '選択したデータを削除' and '選択したデータを統合'.

図 6.8. 線量計算履歴画面（スタディ単位表示）

7.ユーザモデルの設定

準備中

8.線量分布の確認

この機能では過去にユーザがシミュレート計算した結果について、登録された情報のすべてが表示されます。また登録された情報の印刷や削除、さらには CSV 形式のデータとしても出力可能です。

図 6.1 のユーザ利用システム機能選択において「線量分布に関する情報」ボタンをクリックすると線量分布に関する情報の画面が表示されます。

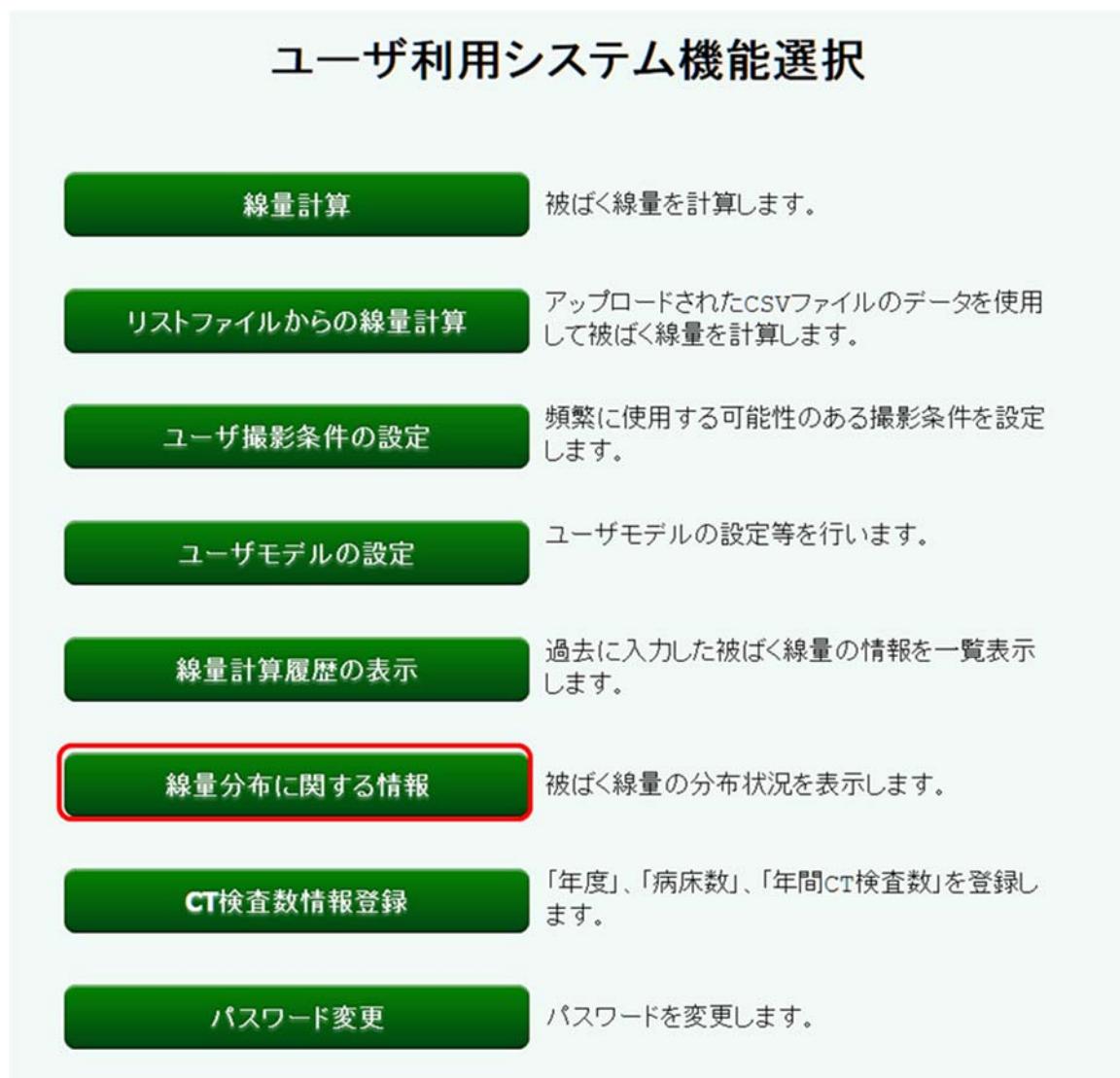


図 8.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量分布に関する情報）

図 8.2 の条件設定画面において各条件を指定して「グラフ表示」ボタンをクリックすると図 8.3 または図 8.4 のような線量分布がヒストグラムとして表示されます。検索対象と線量情報を「すべて」とすると
 薄緑 : WAZA-ARIV2 の蓄積した線量の全データ
 濃緑 : 各機関の登録した線量データ
 としてヒストグラムを示します。ヒストグラムの統計レベル値としてそれぞれのデータの中央値が表示されます。
 また、検索対象となる線量情報の組織種別、CT の検査種別は複数選択することができます。キーボードの「Ctr」を押しながらクリックすることで選択・解除を行うことができます。

線量分布に関する情報

表示条件指定

一覧表示の方法
 シリーズ単位
 スタディ単位

年度 : 2015 ▼
 国名 : Japan ▼

検索対象となる線量情報:
 すべて
 組織種別 :
 すべて
 病院(国)
 病院(公的医療機関)

ユーザーが入力した線量情報に限定

臓器または実効線量の項目名 : ED103 ▼
 CTの検査種別 :
 すべて(すべて)
 頭部(頭部単純ノンヘリカル)
 頭部(頭部単純ヘリカル)

表示方法の指定:
 行わない
 行う 最小値: [] 最大値: [] 刻み幅: []
 絶対表示 相対表示

グラフ表示
機能選択画面に戻る

図 8.2. 線量分布に関する情報の条件設定画面



図 8.3. 分布状況のヒストグラム表示（絶対表示）

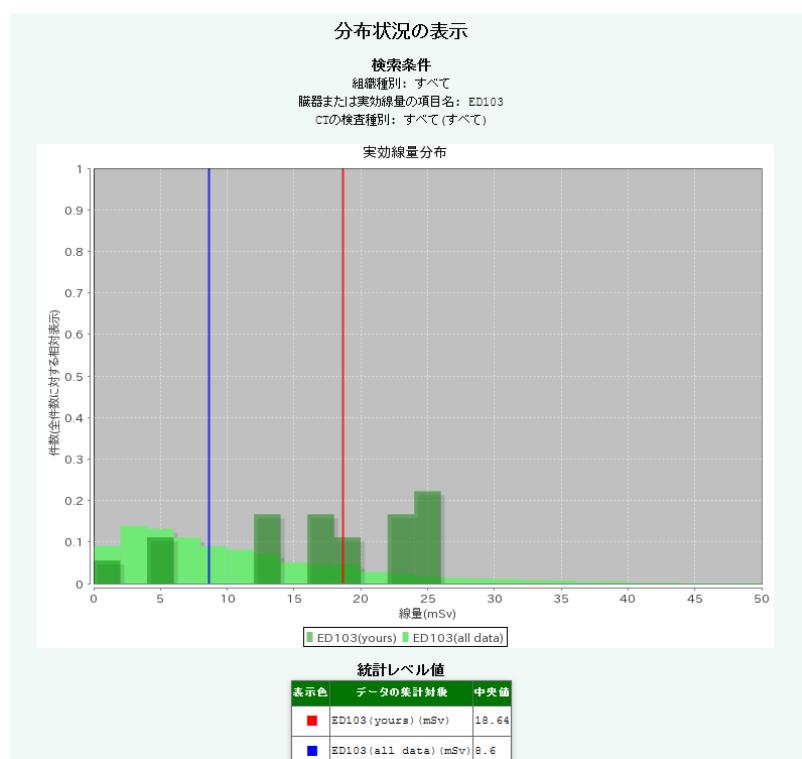


図 8.4. 分布状況のヒストグラム表示（相対表示）

9.撮影条件毎の線量計算方法について

線源データ毎の臓器線量データベースの構築

WAZA-ARI では CT 機種・管電圧・Bow-tie フィルタ・ファントム毎に用意された臓器線量データベースを用いて被ばく線量を計算しています。この臓器線量データベースは日本原子力研究開発機構が開発を行っている汎用の粒子・重イオン輸送計算コードと様々な人体 Voxel ファントムを利用して構築しています。

まず、CT 機種・管電圧・Bow-tie フィルタ毎の線源データ（半価層・線量分布など）を実測し、その測定結果に基づいた X 線のエネルギースペクトル、発生分布をモデル化し、PHITS に X 線発生源として組み込みます。その後、PHITS と人体 Voxel ファントムを用いて照射スライス毎の各臓器被ばく線量を計算します。
[1,2]

上記のようにして CT 機種・管電圧・Bow-tie フィルタ・ファントム毎にあるスライス位置 k で発生させた X 線ビームに対する発生光子あたりの組織の吸収線量 $qD(T, k)$ [mGy/photon] 及び発生光子あたりの回転中心点における空気カーマ qK_{air} [mGy/photon] (=発生光子あたりの $CTDI_{free\ air}$ に相当) を計算します。これよりスライス位置 k で発生した X 線ビームに対して $CTDI_{free\ air}$ あたりの組織 T の吸収線量 $nD(T, k)$ [mGy/mGy] を求めます。

$$nD(T, k) = \frac{qD(T, k)}{qK_{air}}$$

CT 機種・管電圧・Bow-tie フィルタ・ファントム毎に $nD(T, k)$ を臓器線量データベースとして WAZA-ARI システムに用意しています。

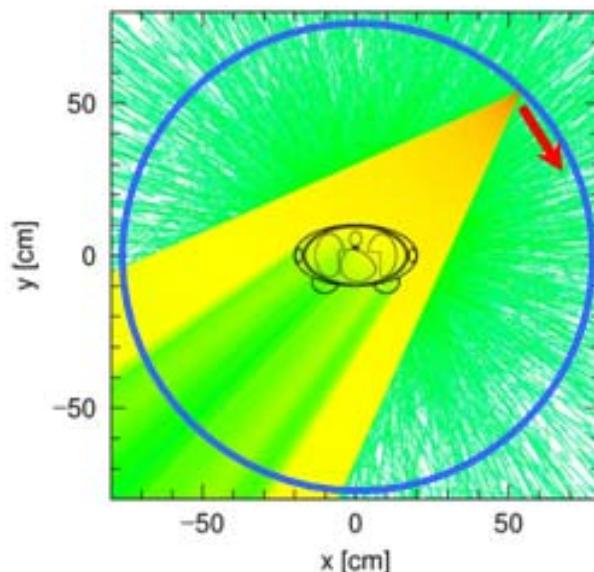


図 9.1. PHITS を用いた CT 装置から放出される X 線の挙動解析の例

WAZA-ARI では似た線質・分布と想定される CT 機種については同一の線源データを用いた臓器線量データベースを使用して計算しています。ただし、 $CTDI_w$ や $CTDI_{free\ air}$ 等の線量情報は各機種固有の数値を利用しています。

臓器線量データベースのデータ範囲と計算可能範囲について

臓器線量データベースは各ファントム・撮影条件に対して、用意されているデータ範囲が異なります。格納しているデータは X 線発生範囲 5mm 毎 (=1slice) の各臓器の被ばく線量のデータです。表 9-1 に格納されている臓器線量データベースの範囲を示します。

表 9-1. 格納されている臓器線量データベースの範囲

ファントム	男性	女性
standard	0 – 1835 (367 slice)	0 – 1666 (334 slice)
Fat(+2SD)		
Fat(+5SD)		
Thin(-2SD)		
age:0	0 - 475 mm (95 slice)	0 - 475 mm (95 slice)
age:1	0 - 765 mm (153 slice)	0 - 765 mm (153 slice)
age:5	0 - 1105 mm (221 slice)	0 - 1105 mm (221 slice)
age:10	0 – 1400 mm (280 slice)	0 – 1400 mm (280 slice)
age:15	0 – 1660 mm (332 slice)	0 – 1615 mm (323 slice)

線量計算に用いるパラメータ・データ

撮影条件毎の臓器線量計算には以下のパラメータを利用しています。

スキャン開始位置 z_{start} [mm]、終了位置 z_{end} [mm]
足方向の端を位置 $z = 0$ mm として定義しています。

管電流 I [mA]

回転時間 t [s]

ビームピッチ pit [-]

規格化した CTDI free air ${}_nCTDI_{free\ air}$ [mGy/mAs]

${}_nCTDI_{free\ air}$ は mAs 値あたりの CTDI free air です。管電圧・Bow-tie フィルタ・ビーム幅の条件毎に
 ${}_nCTDI_{free\ air}$ は異なります。

規格化した Weighted CTDI 値 ${}_nCTDI_w$ [mGy/mAs]

$CTDI_w$ は CTDI 測定用アクリルファントム（頭部用 16 cm ϕ 、体幹部用 32 cm ϕ ）の中心線量 $CTDI_{center}$ および 周辺線量 $CTDI_{peripheral}$ をそれぞれ重みづけし加算したものです。

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_{center} + \frac{2}{3} CTDI_{peripheral} \quad (1)$$

${}_nCTDI_w$ は mAs 値あたりの $CTDI_w$ です。
管電圧・ビーム幅の条件毎に ${}_nCTDI_w$ は異なります。

組織線量の計算

AEC (Auto Exposure Control) : off の場合

ビームが 1 回転する間に間に寝台が移動する距離は $w \cdot pit$ であり、その間にビーム幅 w の範囲が照射されます。よってスキャン範囲の両端以外では (X 線が 360° 方向から入射し得る範囲) 、直接線が入射する体表面の割合は以下のように表すことができます。

$$\frac{w}{w \cdot pit} = \frac{1}{pit}$$

$\frac{1}{pit} > 1$ となる場合は、同一部位が複数回照射されることを意味します。

したがって、 k 番目のスライスの照射に伴う組織 T の吸収線量 $D(T, k)$ [mGy] は

$$D(T, k)[\text{mGy}] = {}_n D(T, k)[\text{mGy}/\text{mGy}] \cdot {}_n CTDI_{free air}[\text{mGy}/\text{mAs}] \cdot \frac{I \cdot t}{pit} [\text{mAs}] \quad (2)$$

と表されます。

${}_n D(T, k)$ は CT 機種・管電圧・Bow-tie フィルタ・ファントム毎に用意されていて、 $\Delta s = 5$ mm 刻みのデータとなっています。

図 9.2 のように撮影範囲が $z_{start} \sim z_{end}$ ($z_{start} < z_{end}$) [mm] であったとき、このスキャン範囲における組織 T の吸収線量 $D(T)$ は以下のように計算されます。

$$D(T) = \int_{z_{start}}^{z_{end}} \frac{D(T, k)}{\Delta s} dz = \frac{z_{i+1} - z_{start}}{\Delta s} D(T, i) + \sum_{k=i+1}^{j-1} D(T, k) + \frac{z_{end} - z_j}{\Delta s} D(T, i) \quad (3)$$

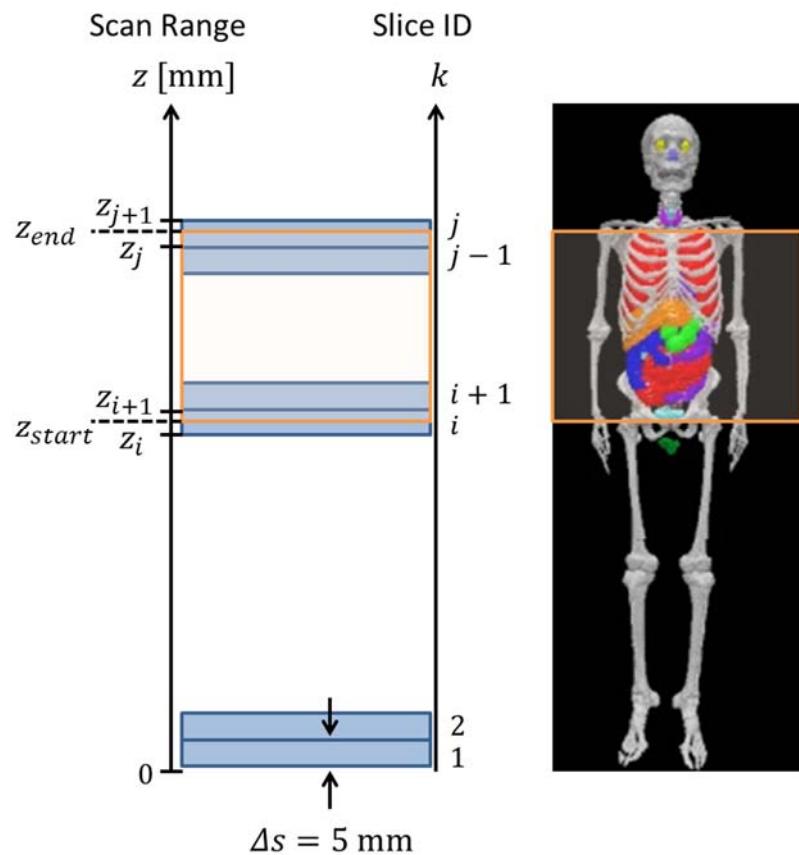


図 9.2. 撮影範囲 $z_{start} \sim z_{end}$ と臓器線量データのスライス番号 k の関係図

AEC (Auto Exposure Control) : on の場合

AEC を on にした場合、管電流 I [mA]は照射位置の z 座標に応じて図 9.3 のように変化するものと仮定します。スキャン開始/終了位置 z_{start}, z_{end} 、境界位置 $z_a, z_b, z_c, z_c, z_d, z_e$ における管電流値 $I_{start}, I_{end}, I_a, I_b, I_c (= I_b), I_c, I_d, I_e$ をユーザは指定することができます。管電圧の入力値に基づいて、スキャン範囲内の各スライス ($\Delta s = 5$ mm) の中心の 座標における電流値 I_k を算出します。各境界位置を表 9-2、表 9-3 に示します。

k 番目のスライスの中心の座標 $z_k + \frac{\Delta s}{2}$ が隣り合う境界位置 z_l, z_m の間にある場合、電流値 I_k は以下の式のように線形補間の値で表されます。

$$I_k = I_l + \frac{I_m - I_l}{z_m - z_l} \left(z_k + \frac{\Delta s}{2} - z_l \right) \quad \left(z_l < z_k + \frac{\Delta s}{2} < z_m \text{ の場合} \right) \quad (4)$$

それぞれのスライスの中では I_k は一定であるすると、 k 番目のスライスの照射に伴う組織 T の吸収線量 $D(T, k)$ は以下のように計算されます。

$$D(T, k)[\text{mGy}] = n D(T, k)[\text{mGy}/\text{mGy}] \cdot n CTDI_{free air}[\text{mGy}/\text{mAs}] \cdot \frac{I_k \cdot t}{pit} [\text{mAs}] \quad (5)$$

スキャン範囲における組織 T の吸収線量 $D(T)$ は AEC off の場合と同様に式(3)で計算されます。

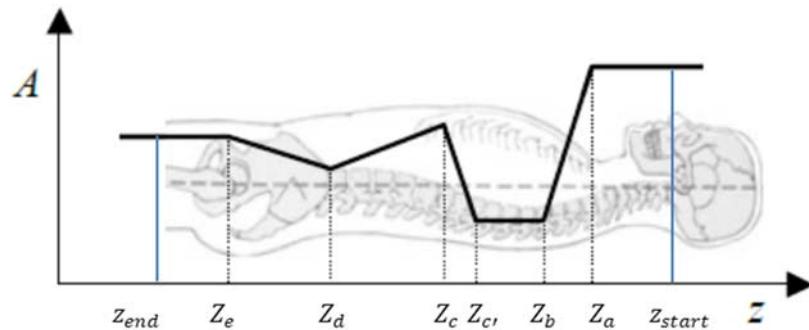


図 9.3. AEC における管電流変化

表 9-2. AEC 計算機能を利用した際の男性ファントムの境界位置

z	解剖学的 定義	成人	0 歳	1 歳	5 歳	10 歳	15 歳
		男	男児	男児	男児	男児	男児
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Z_a	肺尖 1 スライス目	1542.5	337.5	575.5	885.5	1156.5	1394.5
Z_b	気管部岐部	1452.5	319.5	550.5	843.5	1100.5	1324.5
$Z_{c'}$		1322.5	297.5	493.5	774.5	1019.5	1190.5
$(Z_{c'} - Z_c)$		(50)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)
Z_c	肝門部 (左肺野最終スライス)	1272.5	277.5	473.5	754.5	999.5	1170.5
Z_d	腸骨上縁	1150.5	200.5	377.5	614.5	823.5	1010.5
Z_e	恥骨上縁	987.5	164.5	306.5	517.5	686.5	849.5

表 9-3. AEC 計算機能を利用した際の女性ファントムの境界位置

z	解剖学的 定義	成人	0 歳	1 歳	5 歳	10 歳	15 歳
		女	女児	女児	女児	女児	女児
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
Z_a	肺尖 1 スライス目	1404.5	337.5	575.5	885.5	1156.5	1345.5
Z_b	気管部岐部	1311.5	319.5	550.5	843.5	1100.5	1269.5
$Z_{c'}$		1181.5	297.5	493.5	774.5	1019.5	1164.5
$(Z_{c'} - Z_c)$		(50)	(20)	(20)	(20)	(20)	(20)
Z_c	肝門部 (左肺野最終スライス)	1131.5	277.5	473.5	754.5	999.5	1144.5
Z_d	腸骨上縁	1028.5	200.5	377.5	614.5	823.5	975.5
Z_e	恥骨上縁	861.5	164.5	306.5	517.5	686.5	818.5

線量指標の計算

WAZA-ARI では線量指標として DLP (Dose Length Product)と撮影範囲の平均の $CTDI_{vol}$ が計算されます。

AEC (Auto Exposure Control) : off の場合

$$CTDI_{vol}[\text{mGy}] = {}_nCTDI_w \cdot \frac{I \cdot t}{pit}$$

$$DLP[\text{mGy} \cdot \text{cm}] = CTDI_{vol}[\text{mGy}] \cdot (z_{end} - z_{start}) [\text{mm}] \cdot \frac{1}{10} [\frac{\text{cm}}{\text{mm}}]$$

AEC (Auto Exposure Control) : on の場合

k 番目のスライスの照射条件に対する $CTDI_{vol}$ を $CTDI_{vol}(k)$ とすると以下のように表されます。

$$CTDI_{vol}(k)[\text{mGy}] = Rel_CTDI \cdot {}_nCTDI_w \cdot \frac{I_k \cdot t}{pit}$$

図 9.2 のように撮影範囲が $z_{start} \sim z_{end}$ ($z_{start} < z_{end}$) [mm] であったとき、 DLP [mGy · cm] は以下のように表されます。

$$DLP[\text{mGy} \cdot \text{cm}] = \left\{ (z_{i+1} - z_{start}) \cdot CTDI_{vol}(i) + \Delta s \cdot \sum_{k=i+1}^{j-1} CTDI_{vol}(k) + (z_{end} - z_j) \cdot CTDI_{vol}(j) \right\} [\text{mGy} \cdot \text{mm}] \\ \cdot \frac{1}{10} [\text{cm/mm}]$$

また、平均の $CTDI_{vol}$ [mGy] は以下のように表されます。

$$CTDI_{vol}[\text{mGy}] = \frac{DLP[\text{mGy} \cdot \text{cm}]}{(z_{end} - z_{start})[\text{mm}]} \cdot 10[\text{mm/cm}]$$

謝辞

モンテカルロ計算に用いる線源モデル構築のための測定や CTDI 値の取得にご協力いただきましたご施設とその職員・関係者の方々に感謝いたします。

測定協力または測定値を提供頂いた施設

CT 機種	協力施設
GE LightSpeed 16	大分県立三重病院
GE LightSpeed 64	大分アルメイダ病院
GE Discovery CT750HD	みやぎ県南中核病院
GE Revolution CT	北九州市立八幡病院
Siemens SOMATOM Sensation16	東海大学医学付属病院
Siemens SOMATOM Sensation 64	東海大学医学付属病院
Siemens SOMATOM Emotion 6	東海大学医学付属病院
Siemens SOMATOM Definition Flash	東海大学医学付属病院、放医研病院
Siemens SOMTAOM Force	東海大学医学付属大磯病院
Toshiba Aquilion 16	新別府病院
Toshiba Aquilion 64	別府鶴見病院、千葉大学医学部附属病院
Toshiba Alexion Access Edition	九州大学医学部保健学科
Toshiba Aquilion Prime TSX-302A	大分三愛メディカルセンター
Toshiba Aquilion ONE TSX-301A	札幌医科大学附属病院
Toshiba Aquilion ONE Genesis Edition TSX-305A	広島大学医学附属病院
Toshiba Aquilion Precision TSX-304A	広島大学医学附属病院
Hitachi Eclos	日立製作所ヘルスケア柏工場
Hitachi Supria	日立製作所ヘルスケア柏工場
Hitachi Senaria	日立製作所ヘルスケア柏工場
Philips Brilliance iCT	熊本中央病院
Philip IQon Spectral CT	熊本中央病院

参考文献

- [1] N. Ban, F. Takahashi, K. Ono, T. Hasegawa, T. Yoshitake, Y. Katsunuma, K. Sato, A. Endo, and M. Kai, "WAZA-ARI: Computational dosimetry system for x-ray CT examinations II: Development of web-based system," *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 146, no. 1–3, pp. 244–247, 2011.
- [2] F. Takahashi, K. Sato, A. Endo, K. Ono, T. Yoshitake, T. Hasegawa, Y. Katsunuma, N. Ban, and M. Kai, "WAZA-ARI: Computational dosimetry system for x-ray CT examinations. I. radiation transport calculation for organ and tissue doses evaluation using JM phantom," *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 146, no. 1–3, pp. 241–243, 2011.
- [3] K. Sato, H. Noguchi, Y. Emoto, S. Koga, and K. Saito, "Japanese adult male voxel phantom constructed on the basis of CT images," *Radiat. Prot. Dosimetry*, vol. 123, no. 3, pp. 337–344, 2007.
- [4] C. Lee, D. Lodwick, J. Hurtado, D. Pafundi, J. L. Williams, and W. E. Bolch, "The UF family of reference hybrid phantoms for computational radiation dosimetry," *Phys. Med. Biol.*, vol. 55, no. 2, pp. 339–363, 2010.
- [5] ICRP, "The 2007 recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103," *Ann. ICRP*, vol. 37, pp. 1–332, 2007.
- [6] ICRP, "1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 60.," *Ann. ICRP*, vol. 21, no. 1–3, 1991.

図表索引

図 2.1. ユーザ ID 登録画面	4
図 2.2. ユーザ ID の登録内容確認画面	5
図 2.3. 登録完了のメールのサンプル.....	6
図 3.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量計算）	7
図 3.2. 線量計算画面.....	8
図 3.3. 選択できるファントムの種類.....	10
図 3.4. 線量情報登録の内容確認画面.....	14
図 4.1. ユーザ利用システム機能選択画面（リストファイルからの線量計算）	15
図 4.2. 撮影条件リストファイルからの線量計算と登録画面	16
図 4.3. 線量情報登録の内容確認画面.....	16
図 4.4. 不適切な条件があった場合の線量情報登録の内容確認画面	16
図 5.1. ユーザ利用システム選択機能画面（ユーザ撮影条件の設定）	18
図 5.2. ユーザ撮影条件登録画面	19
図 6.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量計算履歴の表示）	20
図 6.2. 線量計算履歴画面	21
図 6.3. 線量計算結果印刷用画面	22
図 6.4. 線量計算履歴画面と削除対象の確認画面	23
図 6.5. 線量計算履歴画面（線量計算の統合）	24
図 6.6. 線量情報統合の内容確認画面.....	25
図 6.7. 線量情報統合後の Study ID の変化	26
図 6.8. 線量計算履歴画面（スタディ単位表示）	27
図 8.1. ユーザ利用システム機能選択画面（線量分布に関する情報）	29
図 8.2. 線量分布に関する情報の条件設定画面.....	30
図 8.3. 分布状況のヒストグラム表示（絶対表示）	31
図 8.4. 分布状況のヒストグラム表示（相対表示）	31
図 9.1. PHITS を用いた CT 装置から放出される X 線の挙動解析の例	32
図 9.2. 撮影範囲 $zstart\simzend$ と臓器線量データのスライス番号 k の関係図	36
図 9.3. AEC における管電流変化	37