

「内部被ばく線量評価システムの開発」

目次

1. はじめに	1-1
1.1. 目的	1-1
1.2. 作業内容	1-1
2. 計算処理	2-1
2.1. 概要	2-1
2.2. 個人線量計算	2-1
2.2.1. 個人内部被ばく線量計算	2-2
2.2.2. 体内残留量計算	2-3
2.3. 行政界線量計算	2-3
2.4. 地表面大気中濃度データ	2-4
3. システム要件	3-1
3.1. 全体構成	3-1
3.2. ユーザーインターフェース	3-9
3.2.1. 概要	3-9
3.2.2. 起動用のアイコンについて	3-10
3.2.3. メインメニュー	3-10
3.2.4. 個人線量計算に係る機能	3-12
3.2.5. 行動データ入力支援に係る機能	3-15
3.2.6. 行政界別線量計算に係る機能	3-18
3.2.7. パラメータ設定機能	3-20
3.2.8. ユーティリティ機能	3-21
4. ハードウェア・ソフトウェア要件	4-1
4.1. ハードウェア要件	4-1
4.2. ソフトウェア要件	4-2
4.2.1. ソフトウェア	4-2
4.2.2. コンポーネント、サービス	4-2
4.2.3. 地図データ	4-3
4.2.4. 人口データの構成	4-5
4.2.5. 大気中濃度データについて	4-6
5. 終わりに	5-1
5.1. 成果	5-1
5.2. 今後の課題	5-1

1. はじめに

1.1. 目的

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大災害に起因する東京電力福島第一原子力発電所事故により、多量の放射性物質が周辺環境中に放出される事態に至った。当該原発を中心半径 20km 圏内の住民については避難勧告（3 月 12 日）、半径 20km から 30km 圏内の住民については屋内退避の指示（3 月 15 日）が出され、住民に対する放射線防護措置が図られたものの、将来における放射線による健康リスクを判断する上で、住民の個人被ばく線量評価は重要である。現在までに、外部被ばく線量の推計は放射線医学総合研究所（以下、放医研）で進められており、内部被ばく線量の推計は福島県等がホールボディカウンタ（WBC）と呼ばれる機器を用いた検査によって実施されている。しかしながら、後者については、昨年度の 6 月に放医研が先行調査として実施した検査が初めであり、放射性ヨウ素に代表される短半減期核種に対する測定が既に困難な状況であった。したがって、事故初期に存在していた短半減期核種を含めた内部被ばく計算の推計、及びそのための放射性物質の摂取状況に関するモデル化（線量再構築）が急務である。

放医研では、資源エネルギー庁からの委託事業である「平成 24 年度原子力災害影響調査等事業（事故初期のヨウ素等短半減期による内部被ばく線量評価調査）」を受託し、その成果を今年度中に報告することになっている。本作業では、この事業の中核となる周辺公衆の初期内部被ばく線量評価を適切にかつ容易に行うためのシステムを開発した。

1.2. 作業内容

本件の作業内容は以下の通りである。

- (1) 個人線量計算機能の作成
- (2) 集団平均線量計算機能の作成
- (3) パラメータ設定機能の作成

2. 計算処理

2.1. 概要

本システムは、拡散状態を適切に再現した大気拡散シミュレーションによる放射性核種の地表面大気中濃度データに基づき、東京電力福島第一原子力発電所事故（以下、当該事故）の初期段階（事故発生から概ね 1 か月間）における周辺住民の内部被ばく線量を評価するため、事故発生後の個人の行動パターンを反映した吸入摂取による預託実効線量と預託甲状腺等価線量を求める計算、および体内残留量を求める計算処理を持った個人線量計算処理を実現する目的で作成した。また、市区町村行政界別の線量を求めるための行政界別線量計算機能を合わせて作成した。

本システムは、利用者の利便性を確保するために、グラフィカルユーザーインターフェースを兼ね備える設計を採用した。

次節以降では、本システムが処理対象とする物理量とデータについて記載する。

2.2. 個人線量計算

個人線量計算とは、すなわち、国際放射線防護委員会（ICRP）が定義する標準的な生理学的特性を有する代表的個人が任意の行動パターンをした際に受ける内部被ばく線量を計算する。計算対象とする代表的個人は、①乳児、②1 歳児、③5 歳児、④10 歳児、⑤15 歳児および⑥成人とし、それぞれの年齢区分に応じた生理学的パラメータ及び線量係数を用いた内部被ばく線量及び所定の体内残留量の計算を行う。行動パターンは、当事故発生からの経過時刻に対応した滞在場所及び滞在時間ならびにその他放射性核種の吸入摂取量に影響する因子（滞在時間の屋内外及び防護対策）を含む一連のデータセットで与える。このデータセットと、任意時刻における滞在場所の空气中濃度を大気拡散シミュレーション結果から抽出して、個人線量を求める。なお、ブルーム通過時における屋外と屋内の空气中濃度の差を考慮する。

2.2.1. 個人内部被ばく線量計算

個人の内部被ばく線量[Sv]は以下の式で求める。

$$R = \sum_{i=1}^n I_i \cdot r$$

$$I = \sum_{j=1}^m C_j \cdot B \cdot \Delta t_j$$

ここで、

R： 預託実効線量[Sv]または預託甲状腺等価線量[Sv]

i： 計算期間開始日数[d]

n： 計算期間終了日数[d]

I_i： 計算期間の日数分合算した摂取量[Bq]

r： 預託実効線量係数[Sv/Bq]または預託甲状腺等価線量[Sv/Bq]

I： 1日あたりの摂取量[Bq]

j： 開始時間[h]

m： 終了時間[h]

C： 地表面大気中濃度[Bq/m³]

B： 年齢区分別呼吸量[m³/h]

t： 被ばく時間[h]

である。

2.2.2. 体内残留量計算

体内残留量[Bq]は以下の計算式で求める。

$$Q(t) = \int_a^b I(\xi) \cdot q(t - \xi) \cdot d\xi$$

ここで、

Q(t) : 体内残留量[Bq]

a : 摂取開始日[d]

b : 摂取終了日[d]

t : 個人測定日[d]

I(ξ) : 摂取量[Bq]

q(t-ξ) : 1Bq 摂取あたりの残留率[Bq/Bq]

である。

2.3. 行政界線量計算

行政界線量計算とは、すなわち、対象とする地域に居住する代表的個人について、年齢区分毎に算定された代表的個人の内部被ばく線量を求める。集団平均線量計算は市町村単位を基本とした。

行政界線量計算は、以下の式で求める。

$$R = r \cdot b \cdot I$$

ここで、

R=行政界別線量[Sv]

r=預託実効線量係数[Sv/Bq]または預託甲状腺等価線量[Sv/Bq]

b=呼吸量[m³]

I=市区町村行政界別積算濃度[Bq]

である。

2.4. 地表面大気中濃度データ

本システムで実装した個人線量計算処理ならびに行政界線量計算処理で利用する地表面大気中濃度データは、三次元気象モデルによる現実的な気象場計算と、これに引き続く大気拡散モデルによる放射性核種の移流、拡散、地表沈着に関する大気拡散シミュレーションを実施して得られた計算結果である。

本システムでは表 2-1 に示す条件で計算され、放医研より提供された地表面大気中濃度データ一式を利用する。

表 2-1 本システムで利用する地表面濃度分布データの計算条件

項目	設定値
計算対象核種	I-131, Cs-137
計算開始日時	2011年3月11日 6時
計算終了日時	2011年5月1日 0時
中心座標の経度[deg]	139.4
中心座標の緯度[deg]	38.0
メッシュの1辺の距離[km]	3.0
経度方向のメッシュ数[個]	227
緯度方向のメッシュ数[個]	317

3. システム要件

3.1. 全体構成

本システムの全体構成を以下に示す。また、本システムの全体構成図を図 3-1 に示す。

1. 個人線量計算では、行動データファイルを読み込み、行動データに沿った大気中濃度データ[Bq/m³]をもとに摂取率[Bq/h]ならびに 1 日ごとの摂取量[Bq]の計算を実施し、代表個人の内部被ばく線量[Sv]をもとめる。また、必要に応じて、体内残留量[Bq]の計算を実施する。
2. 行政界別線量計算では、市区町村別に年齢区分別の内部被ばく線量[Sv]の計算を実施する。また、利用者が必要とする市区町村別・年齢区分別の人口統計を表示する。
3. インターフェースは、個人線量計算ならびに行政界別線量計算の処理を行うための GUI ならびにパラメータ設定機能をもった画面を指し、利用者はこれらの画面を介して本システムを利用する。
4. パラメータファイルは、個人線量計算ならびに行政界別線量計算に必要なパラメータファイル一式を示す。
5. ユーティリティは、地表面大気中濃度データに関する前処理を行うためのプログラム一式を示す。

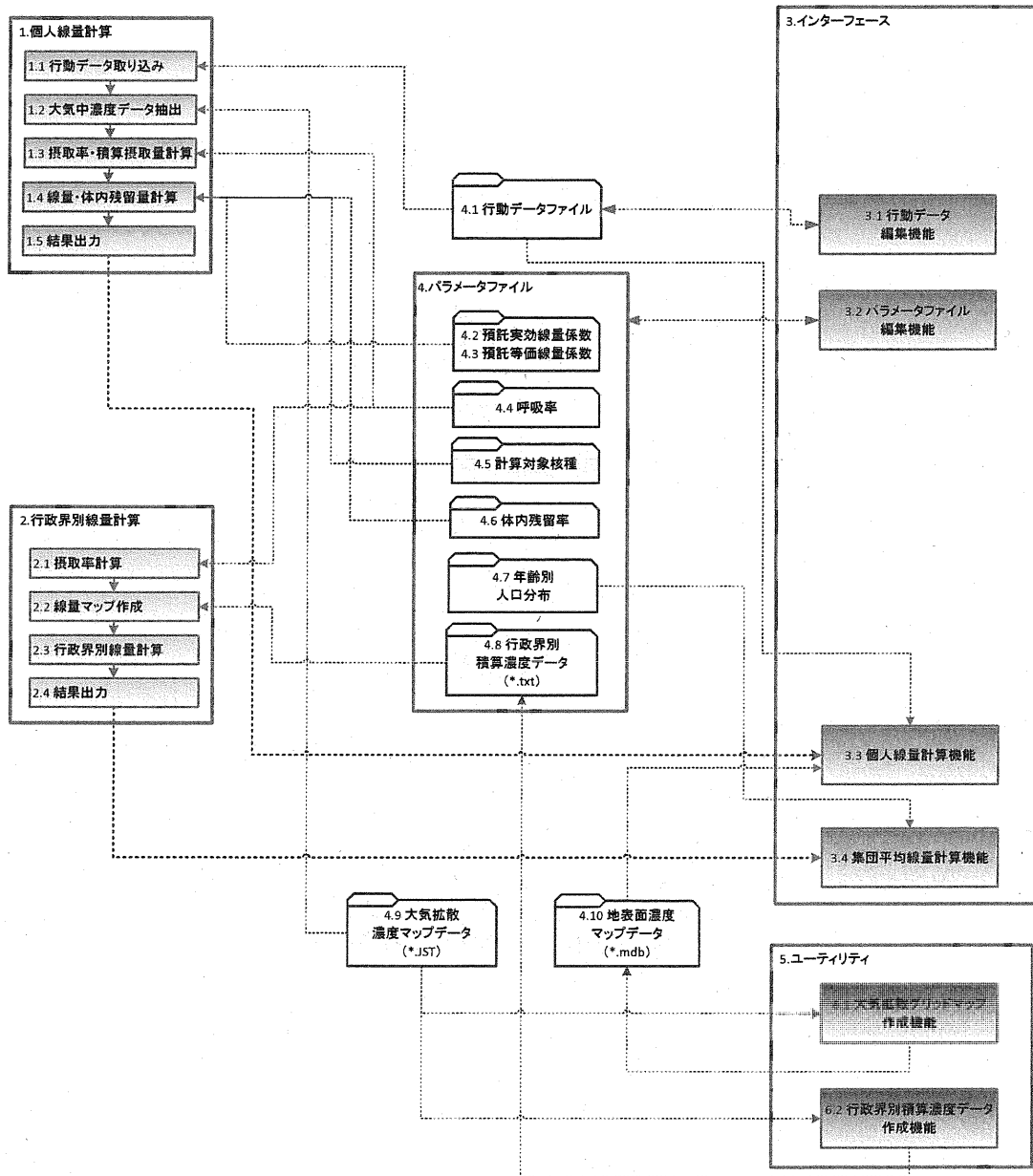


図 3-1 本システムの全体構成

*各項目の番号は、表 3-1～表 3-6 の番号列に一致する。

表 3-1 個人線量計算に関する処理ステップの機能 (1/2)

番号	処理ステップ	仕様	参照データ
1.1	行動データ取り込み	行動データファイルを取り込み、システム画面に表示する。	行動データファイル (4.1)
1.2	大気中濃度データ抽出	行動データとして設定された滞在場所/滞在期間に該当するメッシュに位置する大気中濃度[Bq/m ³]を大気中濃度データファイルから抽出する。抽出条件は緯度・経度とした。 該当するメッシュの大気中濃度データが存在しない場合は大気中濃度をゼロとして扱うものとした。	大気中濃度データファイル (5.1)
1.3	摂取率計算	大気中濃度データが与えられる時間ステップごと (1時間毎) に、個々の評価対象核種に対する摂取率[Bq/h]を計算する。これを当該日で積算して1日摂取量[Bq]を計算する。	大気中濃度データ抽出結果 (1.2) 呼吸率 (4.5)

表 3-2 個人線量計算に関する処理ステップの機能 (2/2)

番号	処理ステップ	仕様	参照データ
1.5	線量・体内残留量計算	<p>1日摂取量[Bq] (1.3) を所定の期間にわたって積算することにより、預託実効線量[Sv]・預託等価線量[Sv]の総量を算出するものとした。ここで、所定の期間とは、2011年3月11日0時から2011年4月30日24時までの間、または放医研が定める期間とするものとした。</p> <p>また、ある個人の体内残留量[Bq] (1.4) について、摂取開始日から2012年3月11日までの任意の個人測定日において、総摂取量[Bq]に対する体内残留量[Bq]を計算するものとした。</p>	<p>預託実効線量係数 (4.3) 預託実効線量係数 (4.4) 計算対象核種 (4.5) 体内残留率 (4.6)</p>
1.6	結果出力	<p>線量・体内残留量計算 (1.5) で実施した計算の結果を、画面上に表示するものとした。</p> <p>(1) 評価核種毎の預託実効線量[Sv]、預託等価線量[Sv]及びこれらの合計値。</p> <p>(2) 指定した個人測定日における体内残留量[Bq] (特に、¹³⁴Cs、¹³⁷Csの全身残留量、および¹³¹Iの甲状腺残留量)。</p> <p>(3) 評価期間の各日における核種毎の1日積算摂取量[Bq]。</p>	

表 3-3 行政界別線量計算に関する処理ステップの機能

番号	処理ステップ	仕様	参照データ
2.1	摂取率計算	表 3-1、番号 1.3 に準ずる。	
2.2	線量マップ作成	1 日摂取量 (2.2) を所定の期間にわたって積算することにより、預託実効線量・預託等価線量の総量を算出するものとした。ここで、所定の期間とは、2011 年 3 月 11 日 0 時から 2011 年 4 月 30 日 24 時までの間、または放医研が定める期間とする。 上記の線量マップは、評価核種毎、年齢別毎に作成するものとした。	預託実効線量係数 (4.2) 預託実効線量係数 (4.3) 計算対象核種 (4.5)
2.4	行政界別線量計算	市区町村行政界中に含まれる地表面大気中濃度 [Bq/m ³] ならびに年齢区分別の呼吸量 [m ³] を用いて、市区町村ごとの代表線量 [Sv] を計算するものとした。	行政界別積算濃度データ (4.8) 計算対象市区町村 (宮城、福島、茨城)
2.5	結果出力	行政界別線量計算 (2.4) の計算結果を以下の画面に表示する。 (1) 地図画面 (色分け表示) (2) 一覧表示	行政界別線量計算 (2.4)

表 3-4 インターフェースに関する機能

番号	機能	仕様	参照データ
3.1	行動データ編集機能	ある個人の行動パターンを設定する。画面は 3.2.4 項を参照。	行動データファイル (4.1)
3.2	パラメータファイル編集機能	表 3-5 に示すパラメータファイルの閲覧ならびに編集するものとした。	
3.3	個人線量計算機能	個人線量計算に関する機能を利用するための画面を表示するものとした。画面は 3.2.4 項を参照。	行動データファイル (4.1) 大気拡散濃度マップデータ (4.9) 大気中濃度データファイル (4.10)
3.4	行政界別量計算機能	行政界別線量計算に関する機能を利用するための画面を表示するものとした。画面は 3.2.6 を参照。	線量マップ (2.2) 年齢別人口分布 (4.7)

表 3-5 パラメータファイル

番号	機能	仕様	出典
4.1	行動データファイル	滞在場所/滞在時間（開始時刻～終了時刻）の時系列情報及びこれに付随する情報（屋内外、防護措置など）を含むデータ。最大レコード数は500件以上。	行動データ入力支援機能。
4.2	預託実効線量係数	個人線量計算における線量、ならびに行政界別線量計算における線量マップ作成時に用いる預託実効線量係数[Sv/Bq]。	ICRP Publication 72 または ICRP CD ROM1
4.3	預託等価線量係数（甲状腺）	個人線量計算における線量、ならびに行政界別線量計算における線量マップ作成時に用いる甲状腺の預託等価線量係数[Sv/Bq]。	同上。
4.4	呼吸率	個人線量計算の摂取率を計算する際に用いる。	ICRP Publication 66 または ICRP Publication 72
4.5	計算対象核種	^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I 、 ^{133}I 、 ^{132}Te の5核種とする。 なお、本件作業で扱う拡散シミュレーションの結果は ^{131}I および ^{137}Cs のみであり、 ^{134}Cs は ^{137}Cs 、 ^{133}I 、 ^{132}Te は ^{131}I の大気中濃度マップデータを1:1の存在比で利用するものとした。	
4.6	体内残留率	体内残留量[Bq]を求める際に利用するデータ一式。 ^{134}Cs 、 ^{137}Cs 、 ^{131}I について、放医研様より提供されたファイルを利用する。	放医研様で開発したMONDAL(Monitoring to Dose Calculation)
4.7	年齢別人口分布	市区町村別の年齢区分別の人口一式を取りまとめたデータ。	国勢調査（総務省統計局；平成22年度）
4.8	行政界別積算濃度データ	行政界別線量[Sv]を求める際に使用する、行政界別に1日ごとの地表面大気中濃度[Bq/m ³]を積算した結果一式を持つデータ。作成には行政界別積算濃度データ作成機能を利用する。	大気拡散濃度マップデータ（4.9） 行政界別積算濃度データ作成機能（6.1）
4.9	大気拡散濃度マップデータ	大気拡散シミュレーションの結果として放医研様より提供された、地表面大気中濃度[Bq/m ³]データファイル。1時間毎にカンマ区切りでデータを収録する。	
4.10	地表面濃度マップデータ	濃度マップを地図上に表示する際に利用するMDB形式の濃度マップデータファイル。作成には大気拡散グリッドマップ作成機能を利用する。	大気拡散濃度マップデータ（4.9） 大気拡散グリッドマップ作成機能（6.2）

表 3-6 計算結果ファイル

番号	機能	仕様	出力する処理
5.4	大気拡散グリッドマップ	大気拡散濃度マップデータを変換して、地図上に表示可能とした大気中濃度分布の平面分布図データ。	大気拡散グリッドマップ作成機能 (6.2)
5.5	行政界別積算濃度データ	市区町村行政界データと上記大気拡散グリッドマップデータから作成した、ある日時における市区町村別の積算濃度データ。	

表 3-7 ユーティリティ機能

番号	機能	仕様	利用データ
6.1	大気拡散グリッドマップ作成機能	大気拡散濃度マップデータを変換して、地図上に表示可能な大気中濃度分布の平面分布図データを作成する。	大気拡散濃度マップデータ (4.9)
6.2	行政界別積算濃度データ作成機能	市区町村行政界データと上記大気拡散グリッドマップデータから、ある日付における市区町村別の日当たりの積算濃度データを作成する。	大気拡散濃度マップデータ (4.9) 市区町村行政界地図データ

3.2. ユーザーインターフェース

3.2.1. 概要

本作業において、計算処理に使用する行動パターン・パラメータ設定ならびに計算結果を実行・表示するための Graphical User Interface (GUI) を作成した。本節では GUI の画面ならびに機能について記す。

各インターフェースは、メインメニューを基準としてボタンで呼び出すものとした (図 3-2)。

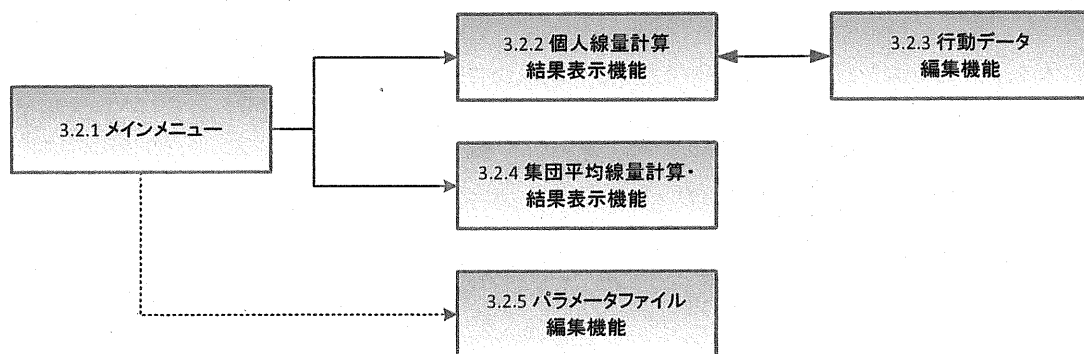


図 3-2 GUI 全体のインターフェースのつながり

3.2.2. 起動用のアイコンについて

画面上に配置された起動用のアイコンをダブルクリックすることで、本システムを起動することができるものとした（図 3-3）。



図 3-3 内部被ばく線量評価システムのショートカットアイコン

3.2.3. メインメニュー

各機能を利用するためのインターフェースの呼び出しを行う（表 3-8、図 3-4）。

表 3-8 メインメニューの機能一覧

番号	機能	内容
1	個人線量計算機能	個人線量計算機能に関する画面を表示する。
2	集団線量平均線量計算機能	集団平均線量計算機能に関する画面を表示する。
3	パラメータ設定	3.2.7 項のパラメータファイル編集機能に関する画面を呼び出す。

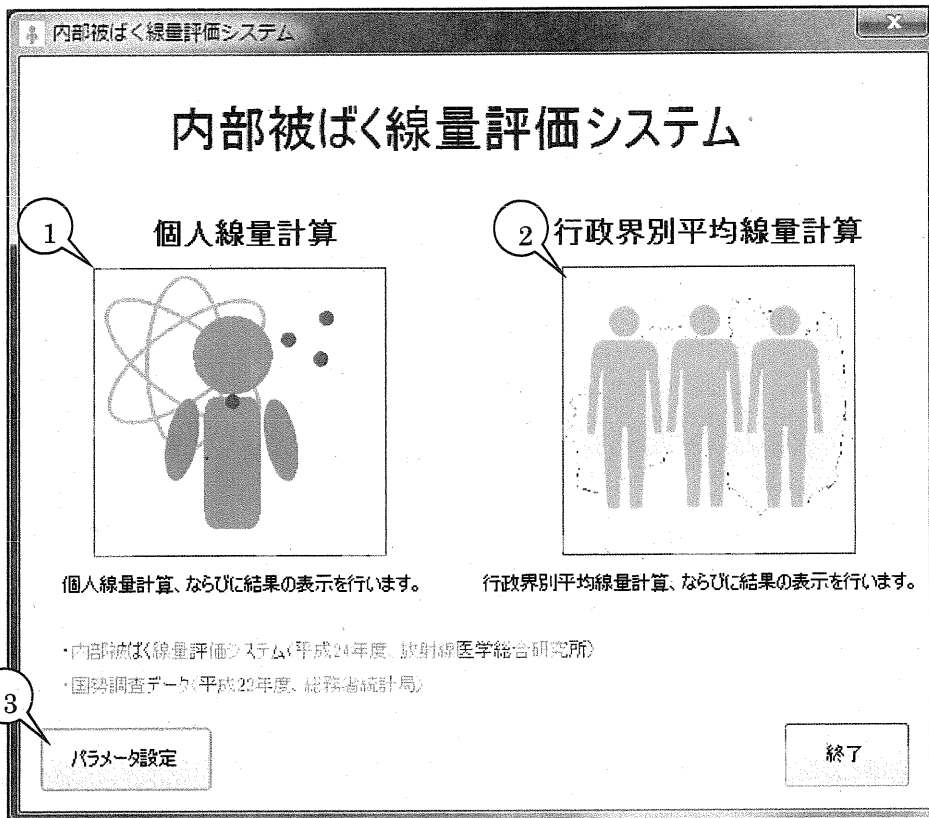


図 3-4 内部被ばく線量評価システム メインメニュー

3.2.4. 個人線量計算に係る機能

個人線量計算機能は、個人の行動パターンをもとに算出した内部被ばく線量計算の結果を GUI 画面上に表示する（表 3-9、表 3-10、図 3-5）。

表 3-9 個人線量計算に係る機能一覧（1/2）

番号	機能	内容	備考
1	地図表示機能	(1) 計算エリアの背景地図表示。 (2) 行動データの表示。 (3) 大気中濃度データ	行動データは、行動データの全体開始日から選択した日付までを図示する。 大気中濃度データは、選択した日付のデータを用いて平面分布図を表示する。 *時間が必要なので、地図表示機能専用の日付設定機能を用意する。全体の日付設定機能と連動する。
2	核種選択	以下の機能において、表示する核種を選択する。 (1) 大気中濃度分布 (2) 地点別濃度トレンド (3) 摂取率・積算接種率トレンド	
3	線量係数の種類選択	吸入による核種摂取率[Bq/h]および積算摂取量[Bq]の計算に用いる線量係数の種類として、預託実効線量係数または甲状腺等価線量係数のいずれかを選択する。	
4	評価対象年齢区分選択	吸入による核種摂取率[Bq/h]および積算摂取量[Bq]の計算に用いる評価対象の年齢区分を以下の中から選択する。 (1) 乳児 (2) 1歳児 (3) 5歳児 (4) 10歳児 (5) 15歳児 (6) 成人	

表 3-10 個人線量計算に係る機能一覧 (2/2)

番号	機能	内容	備考
5	全体の日付設定バー	以下の内容を、ドロップダウンメニューの表示に合わせて変更する。 (1) 大気中濃度分布 (2) 行動パターン (3) 地点別濃度トレンド (4) 接種率・積算接種率トレンド	
6	地点別濃度トレンド	設定した行動データならびに大気中濃度分布データをもとに、ある日付のある滞在場所における時刻推移の濃度トレンドグラフ(1日分)を表示する。	
7	摂取率・積算摂取量の表示	現在選択中の核種について、計算結果から得られた摂取率と、当該摂取率から求めた積算摂取量(1日分)を時刻推移で表示する。	・摂取率は棒グラフで表示する。 ・積算摂取量は折れ線グラフで表示する。
8	行動データ一覧	現在対象としている人物の行動データの一覧を表示する。	
9	線量計算結果一覧	線量計算で得られた実効線量ならびに等価線量を核種別に一覧表示する。	
10	線量計算結果円グラフ表示	線量計算結果により算出された実効線量ならびに等価線量の円グラフを表示する。9.線量計算結果一覧と同じ欄に、タブ切り替えで表示する(図 3-6)。	
11	体内残留量計算ボタン	別画面で、体内残留量の計算を実施する。	

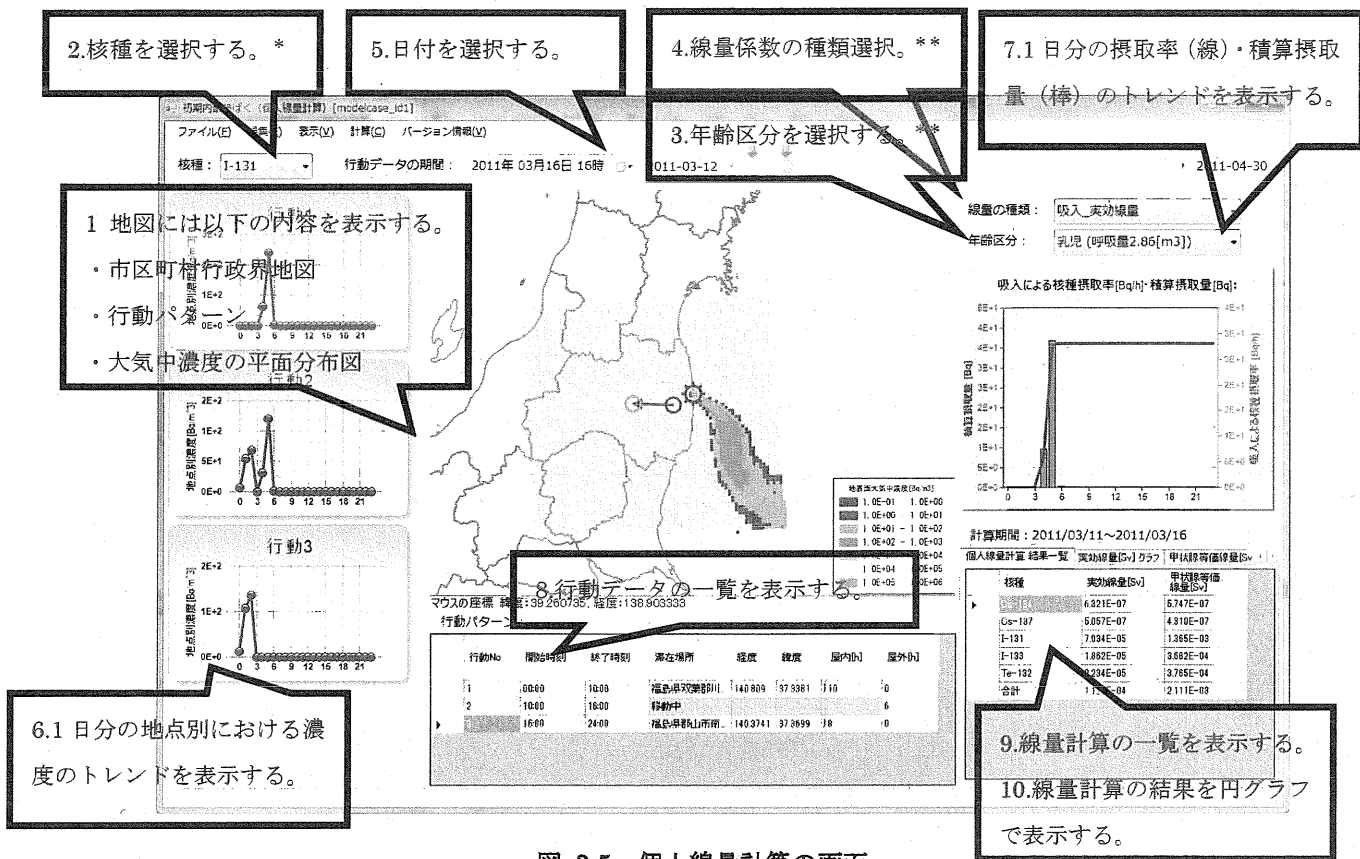


図 3-5 個人線量計算の画面

- * 大気中濃度分布、地点別濃度トレンド、摂取率・積算摂取量トレンドで使用する。
- ** 摂取率・線量計算で使用する。

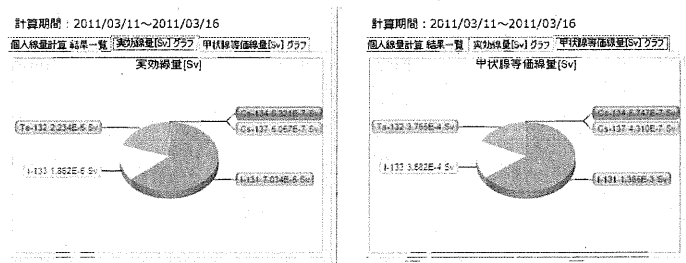


図 3-6 個人線量計算の結果 グラフ表示画面

3.2.5. 行動データ入力支援に係る機能

行動データを入力するための機能を持つ GUI を作成した（表 3-11、表 3-12、図 3-7）。

表 3-11 行動データ入力支援に係る機能一覧（1/2）

番号	機能	内容	備考
1	地図表示機能	地図上に以下のデータを表示する。 (1) 計算エリアの背景地図として、都道府県界ならびに市区町村界を表示する。 (2) 編集した行動データについて、選択中の日付に関する行動パターンを読み、滞在場所を○、移動を矢印で表示する。	行動データの表示は、行動データ一覧表の編集状況に合わせてリアルタイムに変更するものとした。
2	行動データ一覧表示	行動データに関して、以下のデータを一覧表示する。 (1) 日付 (2) 開始時刻 (3) 終了時刻 (4) 滞在場所（住所） (5) 緯度・経度（deg） (6) 屋内・屋外時間（h）	滞在場所で「移動中」を選択した場合、屋外時間のみ設定可能とした。 建物造りは、通常非表示にしておくものとした。
4	行を追加する(A)	行動データ一覧表において、現在選択中の行の後ろに、新規の行を 1 件追加する。	
5	行を削除する(D)	行動データ一覧表において、選択中の行を削除する。	
6	行を上へ移動する(U) 行を下へ移動する(B)	選択中の行を上あるいは下に移動する。	

表 3-12 行動データ入力支援に係る機能一覧 (2/2)

番号	機能	内容	備考
7	ファイルを読み込む (O)	過去に保存した行動データファイル (TSV 形式) を読み込む。	
8	ファイルを保存する (S)	GUI 画面上で設定した行動データファイルを、行動データファイル (TSV 形式) に出力する。	
9	ポイント指定(P)	地図上で、ユーザーが選択した地点を、選択中の行の緯度・経度に反映する。	「移動中」の行には適用しない。
9	住所検索(G)	ユーザーが指定した住所あるいは郵便番号から、緯度・経度を求める。	GoogleAPI を使用しているため、1日に2500回までの利用制限がある。
10	行動データを更新して閉じる(R)	当該フォームを呼び出した元のフォーム (個人線量計算機能) に、編集した行動データ一覧表の内容を反映する。	
11	閉じる(X)	当該フォームの設定を破棄して、個人線量計算機能に戻る。	

3.2.6. 行政界別線量計算に係る機能

行政界別線量計算機能は、地表面付近大気中濃度に基づき算出した行政界別線量の一覧を GUI 画面上に表示する（表 3-13、図 3-8）。

表 3-13 行政界別線量計算に係る機能一覧

番号	機能	内容	備考
1	行政界別線量計算結果の表示用地図画面	条件設定（番号 2～7 の内容）にあわせて、行政界別線量[Sv]の表示を行う地図画面。	市区町村単位の集団線量を表示する。なお、計算対象の県は福島県を中心とした 3 県（宮城・茨城・栃木）とした。
2	核種選択	表示する核種を選択するものとした。	
3	表示線量選択	実効線量あるいは等価線量から選択可能とした。	
4	年齢区分	表示する年齢区分を以下の中から選択する。 (1) 乳児 (2) 1 歳児 (3) 5 歳児 (4) 10 歳児 (5) 15 歳児 (6) 成人	
5	呼吸率	4.年齢区分に合わせて、呼吸率[m ³]を表示するものとした。	
6	計算期間の設定	計算開始日ならびに計算終了日を設定可能とした。	
7	行政界別線量の計算を実行する。	設定した計算期間に合わせて、行政界別線量を再計算するものとした。	
8	人口構成比表示	以下の操作を行うことで、該当する市区町村の人口構成比を表示するものとした。 ・上記結果表示用地図上で、任意の市区町村にマウスカーソルを合わせてクリック。 ・計算結果一覧で行を選択。	
9	集団平均線量計算結果一覧表	集団平均線量計算結果について、以下のデータを一覧表示する。 (1) 都道府県名 (2) 市区町村名 (3) 年齢区分別の集団平均線量。順番は 4.年齢区分の順とする。	

2.核種を選択する。

6.計算期間を設定する。
7.行政界別線量の計算を実行する。

3.線量の種類は以下の2種類から選択する。
(1) 吸入_実効線量
(2) 吸入_甲状腺等価線量

4.年齢区分を選択する。*

5.呼吸量を設定する。

8.地図上、あるいは計算結果一覧で選択した市区町村の人口構成比を表示する。

9.上記の条件に基づき計算した行政界別線量[Sv]の結果を市区町村別年齢区分別に表示する。

1.地図には以下の内容を表示する。
市区町村行政界地図
行政界別線量計算結果

市区町村	市区町村コード	乳児	1歳児	5歳児	10歳児	15歳児
福島市	7201	0.00	0.01	0.07	0.06	0.05
会津若松市	7202	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
郡山市	7203	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03
いわき市	7204	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03
白河市	7205	0.04	0.07	0.07	0.06	0.05
須賀川市	7206	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
喜多川町	7208	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
相馬市	7209	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
二本町	7210	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02
田村市	7211	0.37	0.64	0.63	0.57	0.48
南相馬市	7212	0.55	0.54	0.54	0.49	0.41
伊達市	7213	0.02	0.04	0.04	0.03	0.03
本宮市	7214	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
桑折町	7301	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
国現町	7303	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
川原町	7308	0.34	0.74	0.74	0.66	0.56
大内町	7321	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
碓氷町	7324	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
天栄町	7344	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
下郷町	7366	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
檜枝岐町	7364	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
只見町	7362	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
南会津町	7361	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
北会津町	7402	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
西会津町	7401	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
猪苗代町	7407	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
猪苗代町	7408	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02
会津坂下町	7421	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01
会津若松市	7400	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01

図 3-8 集団平均線量計算機能の画面

*地図に表示する集団線量計算結果を切り替えるための条件

3.2.7. パラメータ設定機能

計算に使用するパラメータファイルならびに GUI に表示する背景地図の設定を行うためのパラメータ設定機能を作成した。

表 3-14 パラメータ設定機能で編集可能なパラメーター一覧

番号	項目	内容
1	年齢区分別呼吸量設定	年齢区分別の 1 日あたりの呼吸量[m ³]を設定する。
2	核種別線量寄与比設定	内部被ばく線量を求めるための核種別線量寄与比[Sv/Bq]を設定する。
3	残留率設定	体内残留量[Bq]を求めるための残留率[Bq/Bq]を設定する。
4	市区町村別人口区分データ設定	市区町村別における年齢区分別の人口を設定する。対象の県は宮城県、福島県、茨城県の 3 県とした。
5	市区町村別積算線量データ設定	行政界別線量を求める際に利用する、1 日単位の市区町村別積算線量のデータを設定する。対象の県は宮城県、福島県、茨城県の 3 県とした。
6	背景地図設定	GUI に表示する大気中濃度分布図の表示範囲、ズーム可能範囲、初期ズーム位置を設定する。

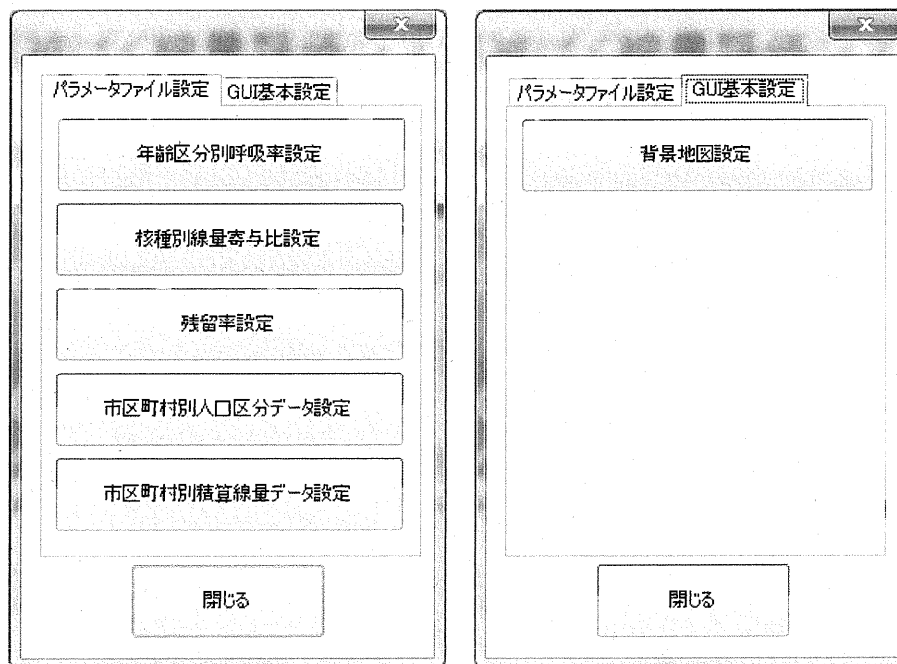


図 3-9 パラメータファイル編集画面例

3.2.8. ユーティリティ機能

本システムでは、地図表示ならびに集団平均線量計算に必要な地図データを前もって作成するための機能（以下、ユーティリティ機能）を以下の通り実装した。

ユーティリティ機能は、スタートメニューの[内部被ばく線量評価システム]→[ユーティリティ]から選択可能とした（図 3-10）。



図 3-10 ユーティリティ起動用メニュー

(1) 大気拡散マップデータ変換機能

個人線量計算画面では、核種の大気拡散濃度マップデータを平面分布図として表示する。大気拡散濃度の平面分布図のデータを検索する際には検索に速度が求められるため、テキスト形式の大気拡散濃度マップデータファイル (*.JST) を MDB 形式のデータベースファイル (*.MDB) に変換したデータを利用するものとした。

本件作業では、核種別の大気拡散濃度マップデータ (*.JST) を本システム用の地表面濃度マップデータ (*.MDB) に変換するためのユーティリティ機能として、大気拡散グリッドマップ作成機能を実装した（図 3-11）。

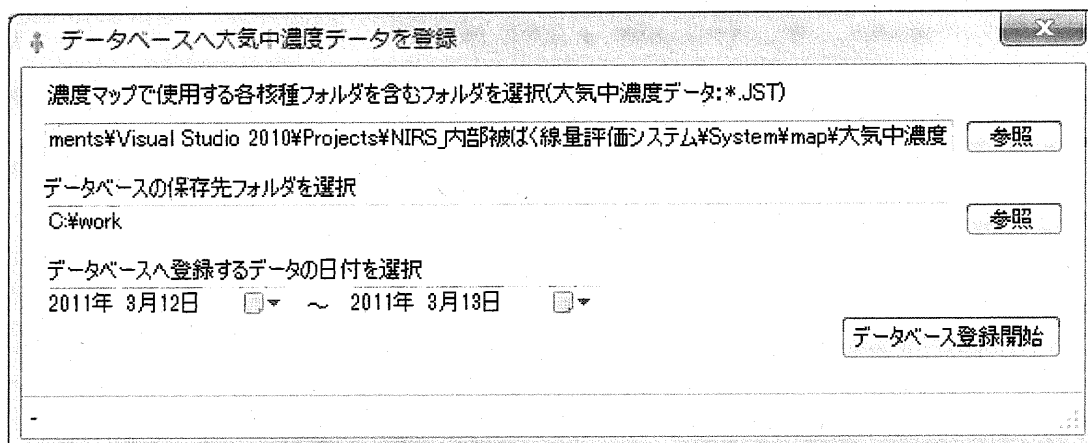


図 3-11 大気拡散濃度マップデータ変換ユーティリティ画面

(2) 行政界別積算濃度データ作成機能

行政界別線量を計算する際、市区町村毎に重なる大気中濃度データを積算し、1日毎の積算濃度データを必要とする。

ここで、行政界別線量計算の実行速度向上を図るため、本システムでは市区町村別の1日当たりの積算濃度データを前もって準備しておくものとし、その処理を実施するための行政界別積算濃度データ作成機能を作成した。

行政界別積算濃度データ作成ユーティリティプログラムの実行速度は、濃度マップデータの点数ならびにファイル数に左右される。開発時において、ひとつの核種に関する行政界別積算濃度データを統計した状況は表 3-15 の通りである。

表 3-15 行政界別積算濃度データの統計に関する状況

項目	内容	備考
メッシュ数	71959 メッシュ	X 方向 227 点 Y 方向 317 点
ファイル数	1195 個	2011年03月12日06時から 2011年05月01日00時まで
計算時間	約3日	核種数1つ

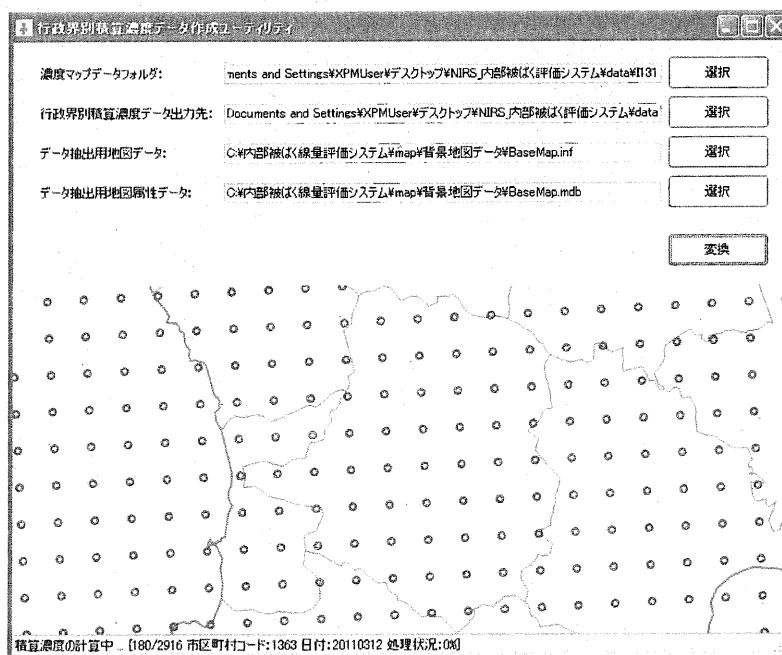


図 3-12 行政界別積算濃度データ作成ユーティリティ画面

4. ハードウェア・ソフトウェア要件

4.1. ハードウェア要件

本システムは、4-1 に示すハードウェア仕様に相当する端末機（PC）で運用する。

4-1 ハードウェア仕様

項目	仕様
機種	h9-1290jp/CT (日本 HP)相当。
OS	Windows® 7 Professional (64bit) Service Pack 1
プロセッサ	インテル® Core™ i7-3820 プロセッサ
筐体	ミニタワー型
メモリ	8GB
ハードディスクドライブ	1TB
オプティカルディスクドライブ	DVD スーパーマルチドライブ
グラフィックス	NVIDIA® GeForce® GTX550Ti ビデオメモリ 1GB
外部インターフェース	ネットワークコントローラ : 10/100/1000 Mbps オンボード ネットワークコネクション USB ポート : USB3.0 ポート×2 以上
モニタ	23 型 LED 液晶×2

4.2. ソフトウェア要件

4.2.1. ソフトウェア

内部被ばく線量評価システムにおけるソフトウェア要件を以下に示す。

表 4-2 ソフトウェア仕様

項目	仕様
OS	Windows® 7 Professional (64bit) Service Pack 1 日本語版
データベース	必要に応じて、PostgreSQL、MySQL などのオープンソースデータベースを使用する。
開発言語	Visual C# .NET 2010

4.2.2. コンポーネント、サービス

本システムを開発するにあたり使用したコンポーネントおよびサービスを表 4-3 に示す。

表 4-3 使用するコンポーネント、サービス一覧

番号	種類	名称	バージョン	ランタイム ライセンス	目的
1	地図コンポーネント	MapQuest	1.0	必要	各画面における地図の表示に用いる。
2	グラフコンポーネント	ChartDirector	5.1	不要	各画面におけるトレンドグラフ、円グラフの表示に用いる。
3	逆ジオコーディングサービス	Google Maps API		不要	行動データ入力支援機能における、住所および郵便番号から緯度・経度を推定する。 なお、1日に2500件の使用制限あり。

4.2.3. 地図データ

本システムでは、計算結果を地図データとして表示する。その時に用いる地図データを以下の通り準備した。

表 4-4 地図データ一覧

番号	名称	内容	出典
1	市区町村行政界	各都道府県における市区町村の行政界形状を持つ。	「基盤地図情報（縮尺レベル 25000）、代表区画の境界及び代表点（基盤地図情報 ダウンロードサービス、国土地理院）（平成 22 年度版）」。 ならびに MapQuest より無償提供される BaseMap 一式。BaseMap には、上記ダウンロードサービスから変換したマップデータ一式を持ち、本件作業では当該 BaseMap を利用して背景地図の描画ならびに行政界別線量計算の結果表示に用いる。
2	人口データ	各市区町村における、年齢別人口の統計データ。	総務省統計局 平成 22 年国勢調査人口等基本集計「第 3-2 表 年齢(各歳), 男女別人口, 年齢別割合, 平均年齢及び年齢中位数(総数及び日本人) - 全国※, 都道府県※, 市町村※・旧市町村」。*当該データは、すべての市区町村に対応する年齢別の人口統計がひとつの CSV ファイルに収録されている (図 4-1)。**

* 国勢調査データの本件作業における利用については、統計局国勢統計課審査発表係の担当者に確認したところ、出展を明記する（例：国勢調査（総務省統計局））ことで利用可能であることを確認した。

** 本システムでは、必要箇所のみ抽出して専用の人口データファイルを作成した（図 4-2、4.2.4 項）。

Figure 4-1 shows a screenshot of an Excel spreadsheet containing population data. The table lists municipalities (e.g., 2102, 2103, 2104) and their corresponding population statistics across different age groups (1歳, 2歳, 3歳, 4歳, 5歳, 6歳, 7歳). The data is organized into columns for gender (男, 女) and age groups.

図 4-1 総務省統計局 平成 22 年国勢調査、人口等基本統計 (男女・年齢・配偶関係、世帯の構成、住居の状態など)「第 3-2 表 年齢(各歳), 男女別人口, 年齢別割合, 平均年齢及び年齢中位数(総数及び日本人) - 全国※, 都道府県※, 市町村※・旧市町村」の例

Figure 4-2 shows a screenshot of an Excel spreadsheet with a table of population data for various municipalities. The table has columns for '地域コード' (Area Code), '地域識別コード' (Area Identification Code), '市区町村名' (Municipality Name), and population counts for different age groups: '乳児の人口' (Infant population), '1~4歳児の人口' (1-4 years old), '5~9歳児の人口' (5-9 years old), '10~14歳児の人口' (10-14 years old), '15歳児~成人未満の人口' (15 years old and under 18), and '成人の人口' (Adult population).

図 4-2 人口等基本統計データから、本システム用に変換した人口データ

4.2.4. 人口データの構成

本件作業でとりまとめた人口データの構成を示す。

項目名	型	内容	備考
地域コード	整数	最大 5 桁で、ある都道府県のある市区町村を示す。	書式：#pccc ここで #p：都道府県コード* ccc：市区町村コード である。 *「#」は1ケタの場合は空文字とする。
地域識別コード	整数	地域の種類を示す。	1：政令指定都市及び東京都特別区部 2：政令指定都市以外の市 3：町村
市区町村名	文字列	市区町村の名称。	平成 22 年現在までに合併されたもの。
乳児の人口	整数	人口統計データから、0 歳の列を抽出した値。	
1～4 歳児の人口	整数	人口統計データから 1～4 歳の列を合算して抽出した値。	
5～9 歳児の人口	整数	人口統計データから 5～9 歳の列を合算して抽出した値。	
10～14 歳児	整数	人口統計データから 10～14 歳の列を合算して抽出した値。	
15～成人未満の人口	整数	人口統計データから 15～成人未満の列を合算して抽出した値。	
成人の人口	整数	人口統計データから、成人～100 歳以上の列を合算して抽出した値。	

人口データの抽出にあたり、以下の条件を設定した。

- ・成人は 20 歳以上とした。
- ・人口統計の大項目（日本人のみか、外国人を含む総計か）は、総計を選択した。
- ・各地域の人口は「男女合計（地域名と同じ行）」の値を利用した。

4.2.5. 大気中濃度データについて

大気中濃度分布図に利用する元データは、大気拡散シミュレーションによりランベルト座標系で計算されているため、本件作業で用いる緯度経度座標系で表示すると図 4-3 の通り北側が広く南側が狭い扇形で表示される。また、一つの核種につき平成 23 年 3 月 11 日 6 時から平成 23 年 5 月 1 日 0 時まで (1,195 個) の結果があるため、個人線量計算画面におけるリアルタイムでのデータ抽出は困難であると予測される。このため、本システムでは以下の方法で大気中濃度分布図の地図描画用データを作成するものとした。

- (1) 各計算地点を中心として、周辺 8 点の計算地点を利用して 4 つの矩形を作成する。これらの中点を結んだ矩形を作成し、当該計算地点の値を代表とする (図 4-4)。なお、端のポイントを中心とした矩形は作成しないものとした。
- (2) 上記の矩形作成を必要範囲分作成する。
- (3) 上記の矩形を持った地図データに対してレンジ主題図を作成し、大気中濃度分布図の地図描画用データとして用いる。

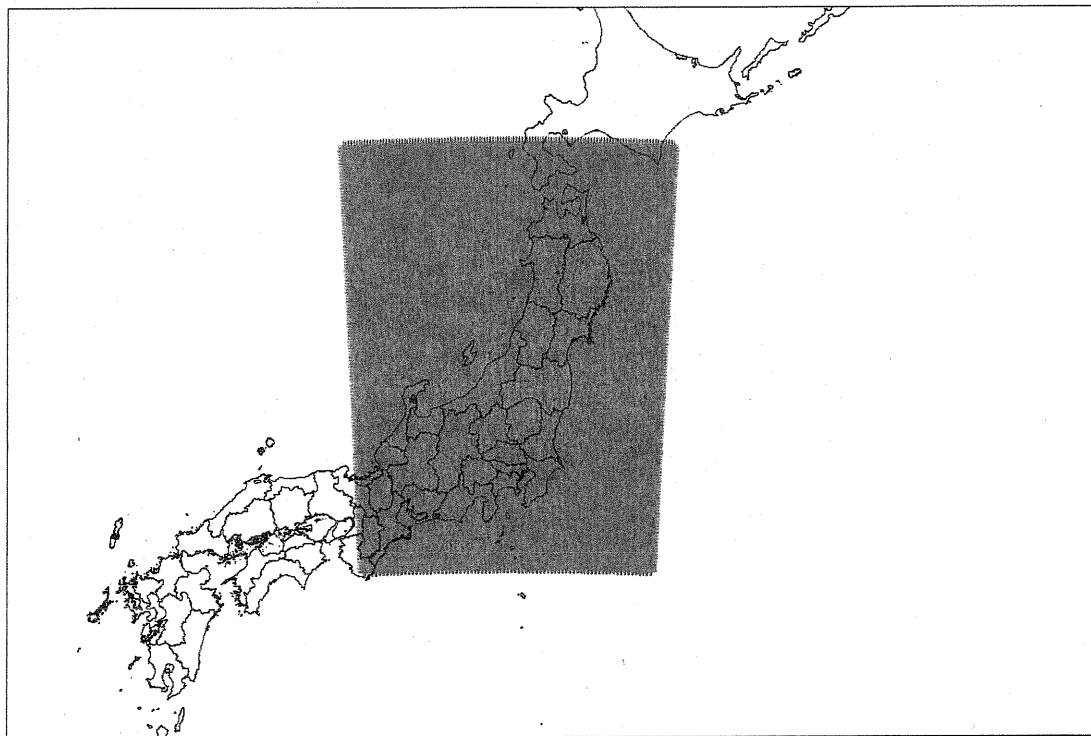


図 4-3 濃度分布図の元データの描画例

*ランベルト座標系のため、緯度経度座標系に乗せると扇状になる。

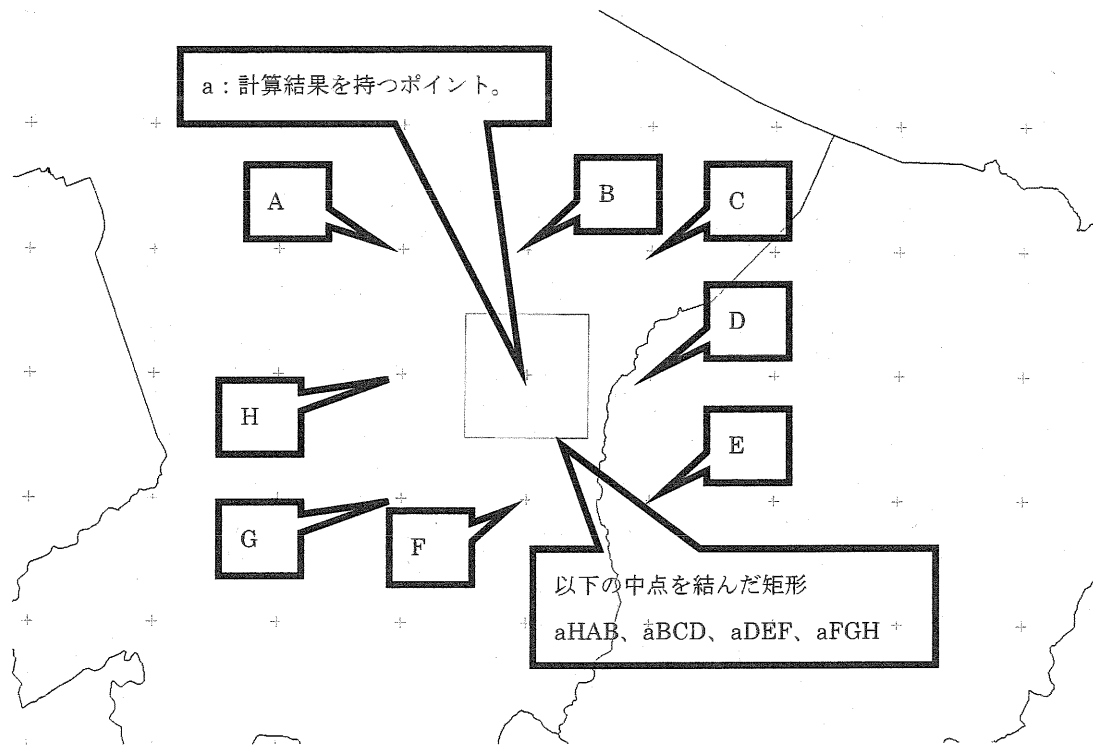


図 4-4 各計算地点における、値を代表する矩形の作成方法

5. 終わりに

5.1. 成果

本作業で得られた成果を以下に示す。

- (1) 個人線量計算機能を実装することで、ある個人の行動パターンを元とした内部被ばく線量の計算を簡便に実施することが可能となった。また、地表面大気中濃度の分布図を画面上に表示することで、地表面大気中濃度の広がりを見視的に確認可能とした。
- (2) 行政界別線量計算機能を実装することで、市区町村別の内部被ばく線量の計算結果を簡便に閲覧可能とした。
- (3) 行動データ入力支援機能を実装することで、個人線量計算で利用する行動データの作成を簡便に実施可能となった。

5.2. 今後の課題

今後の課題について、以下に記す。

- (1) 放射線医学総合研究所では、外部被ばく線量の計算システムが構築されている。今後、実際の行動データに応じた解析が検討される場合、それらに対応するため外部被ばくの計算システムで利用している行動データファイルを読み込めるようにプログラムを拡張することで、既に運用されている実績のあるデータを透過的に処理可能となる。
- (2) 実際の行動データを本システムで解析するにあたり、個人情報保護や大量のデータ処理を前提とした作業を効率的に処理するための機能の実装が必要となる。

以 上