

4.4 マッピング方法

航空機モニタリングの測定器が測定する範囲は、対地高度によって変化するが、対地高度 150～300 m の場合は、航空機下部の地表面を直径約 300～600 m の円内の測定値を平均化したものである。また、前述のように地域によって測線間隔は異なるが、測定器による直接測定ができない範囲をどうしても生じてしまう。精度を良くするためには、単純に測線間隔を短くすればよいのだが、測定期間が大幅に増加し、公表までのスケジュールが遅れてしまう問題もある。

そこで、航空機モニタリングで得られた地点のサンプリングデータから内挿し、未測定範囲を補間した。つまり、“点”から空間線量率や放射性セシウム沈着量の“面”の分布を求めた。Table 4-8 に、航空機モニタリングを実施した地域の測定地点数を示す。また、“面”を生成するためには、あらかじめマスクデータが必要となるため、陸域データは国土交通省国土地理院の「基盤地図情報」を使用した。次に、湖沼についての空間線量率や放射性セシウム沈着量は測定できないことから、国土交通省国土政策局の「国土数値情報」を用いて、さらに、航空法に基づく福島第一原子力発電所近傍の飛行禁止区域や飛行が困難である標高 2000 m 以上の山岳地域を陸域データから取り除いた。Fig. 4-31 にそれらマッピングの手順を示す。

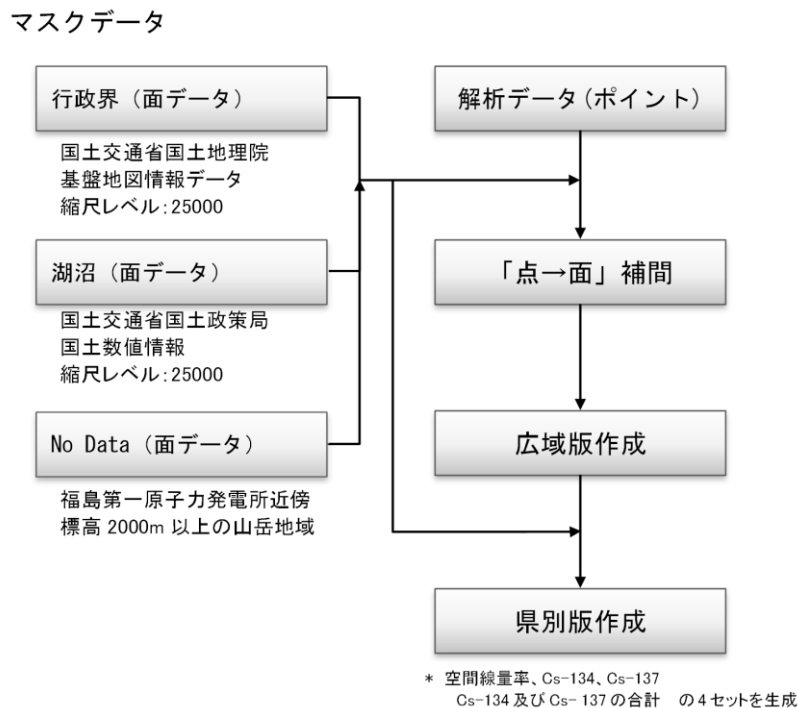
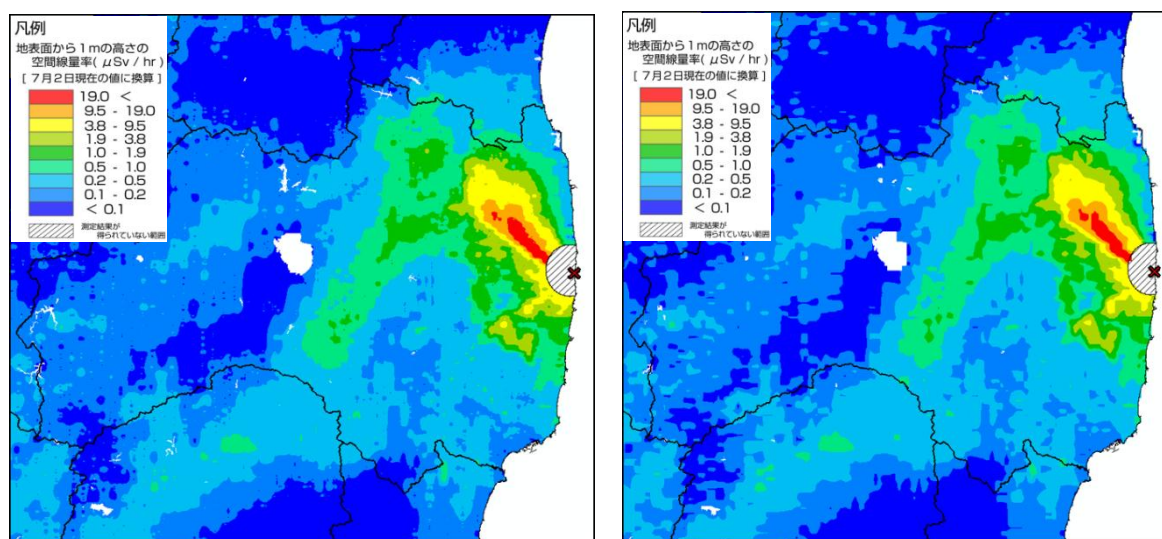


Fig. 4-31 Methods of mapping

4.4.1 補間方法

線量率や放射性物質のマッピングについては、IAEA から標準的な方法が示されている¹⁴⁾。今回、補間方法には、IDW (Inverse Distance Weighted : 逆距離加重法)、クリギング (Kriging)、スプライン (Spline)、Natural Neighbor 等の多くの方法が存在する。本事業では、2011年4月6日～29日にかけて実施された第1次航空機モニタリングの解析を担当した米国エネルギー省 (DOE) が用いた IDW を踏襲し、それ以後の解析を行った。IDW は、補間する地点の近傍にある複数の

地点の測定値を平均し、推定する方法である。補間する条件として「測定地点からの距離が遠くなるにつれて、影響が小さくなること」が前提になる。そのため、各地点の測定値が局所的影響をもち、推定する（平均）値は、対象となる測定値の最高値より大きくなり、最低値より小さくならない。また、IDWには複雑なパラメータ設定が不要である。必要となるのは、距離に応じて影響度を制御する乗数と内挿処理の対象となる地点数の2つである。本事業では、乗数 2.3、対象となる地点 180 を採用した。ちなみに、第3次航空機モニタリングの空間線量率の RMS 誤差 (Root Mean Square: 二乗平均平方根) は 0.208 であった。Fig. 4-32 にパラメータ設定の異なる場合の空間線量率マップを示す。一般的に、乗数が大きいくほど、近傍データの影響力が大きくなり、推定値の詳細度が高くなる。Fig. 4-32 の a) と b) を比べると、両者とも概ねの分布傾向は一緒であるが、福島第一原子力発電所から北西に延びる高線量地域をみると a) の方が詳細にマッピングされていることがわかる。



a) 乗数 2.3 対象地点数 180

b) 乗数 2 対象地点数 12

*第3次航空機モニタリングの測定結果を使用

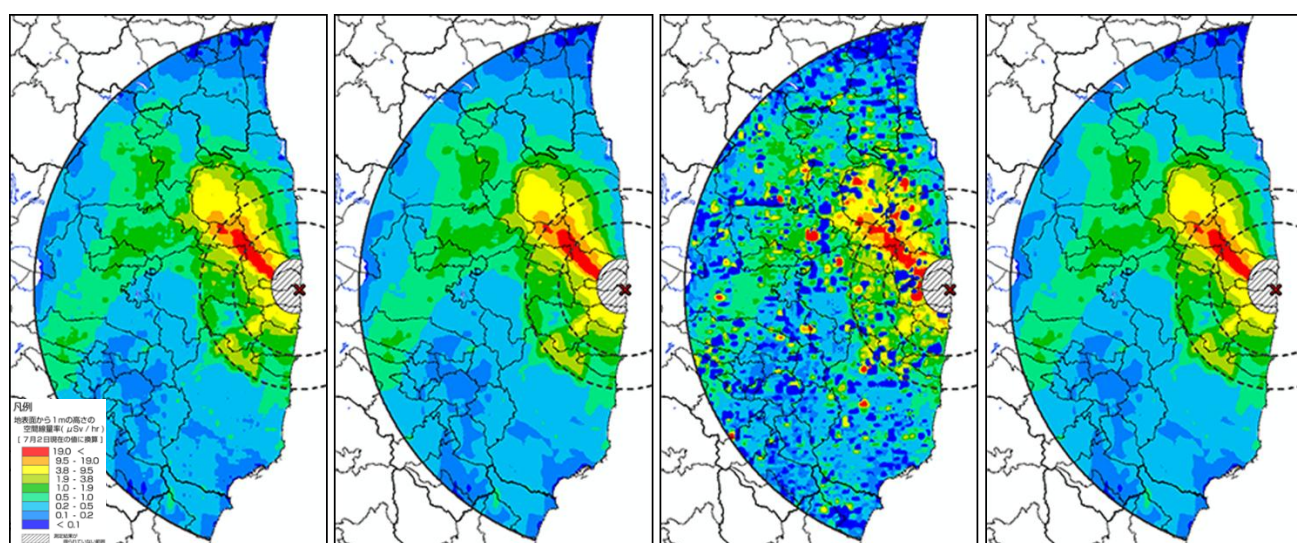
Fig. 4-32 Parameter of IDW method

4.4.2 他の補間法との比較

Fig. 4-33 に他の補間方法との比較を行った。IDW は、処理する各セルの近傍にあるサンプルデータポイントの値を平均することによりそのセルの値を推定する方法であり、推定するセルの中心にポイントが近いほど、平均化処理への影響、つまり加重が大きくなる。また、Kriging は、Z 値を持つ散らばったポイントセットから推定サーフェスを作成する高度な地球統計学的手法である。他の内挿法よりも高度であるため、出力サーフェスを作成する最適な推定方法を選択する前に、Z 値によって表される現象の空間的な振舞いを徹底的に調査する必要がある。Natural Neighbor 内挿法は、検索ポイントに最も近い入力サンプルのサブセットを検出し、検出された入力サンプルに値を内挿するために比例エリアに基づいて重みを適用する。スプライン (Spline) は、サーフェス全体の曲率を最小にする数学関数によって値を推定する内挿法を使用して、入力ポイントを正確に通過するスムーズなサーフェスが得られる。

IDW、Kriging、Natural Neighbor に大きな分布傾向の違いは生じなかった。その理由として、航空機モニタリングが規則正しく、非常に多くの地点を測定しているからではないかと考えられる。一方、スプラインは推定値全体の曲率を最小化するようなスプライン曲線を用いて補間する。その際、全測定地点を通過するように補間するため、分布が滑らかではなく、場合によっては不自然な地域が生じてしまう。

現在、最適な方法は、Kriging と考えられるが、パラメータ設定の煩雑さにより、設定値によっては、マップが大きく変わってしまう可能性がある。航空機モニタリングは、測定点が規則的であるため、今回は、IDW を採用することとした。



IDW

Kriging

Spline

Natural Neighbor

Fig. 4-33 Comparison of map by approximate interpolation method

Table 4-8 Number of measurement point

80 km圏内 (測線間隔：1～2 km)	第1次	167,726	第2次*1	236,158 (68,432)
	第3次	140,122	第4次	142,129
	第4.5次*2	27,796		
東日本 (測線間隔：3 km)	青森県	76,672	岩手県	181,147
	宮城県*3	41,312	秋田県	68,908
	山形県*3	54,107	福島県*3	30,761
	茨城県*3	36,913	栃木県*3	38,241
	群馬県	31,196	埼玉県	47,124
	千葉県	51,138	東京都	24,854
	神奈川県	23,937	新潟県	93,205
	富山県	24,840	石川県	46,967
	福井県	45,549	山梨県	25,991
	長野県	98,586	岐阜県	105,138
	静岡県	81,359	愛知県	34,986
西日本・北海道 (測線間隔：5 km)	三重県	24,738	滋賀県	14,810
	京都府	24,054	大阪府	14,314
	兵庫県	36,640	奈良県	24,483
	和歌山県	34,182	鳥取県	14,698
	島根県	28,690	岡山県	33,348
	広島県	38,706	山口県	30,201
	徳島県	11,884	香川県	30,517
	愛媛県	35,530	高知県	48,063
	福岡県	24,839	佐賀県	12,851
	長崎県	22,431	熊本県	30,291
	大分県	24,816	宮崎県	28,725
	鹿児島県	39,662	沖縄県	12,505
	北海道	356,636		

*1 第2次は80～100km（福島第一原子力発電所の南側については、120 km程度）の範囲内を測定。80 km圏内は、第1次の結果を減衰補正した値を使用。

() 内の数字は、80～100km 圏内で取得した測定地点数。

*2 警戒区域及び計画的避難区域のみを測定。

*3 第1次から第4.5次に含まれる測定地点は除く。