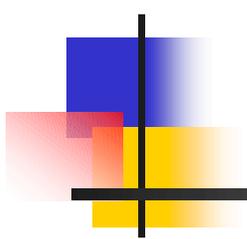


# SPMによる黄砂沈降量の 空間分布の推定



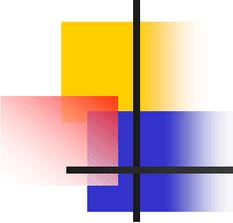
---

金沢工業大学

工学部

情報工学科

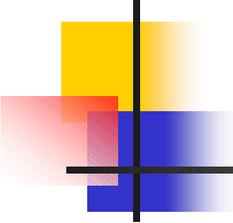
直江 智宏



## はじめに

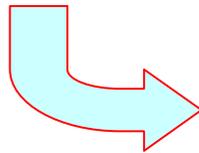
---

- 毎年春先に中国大陸の乾燥地帯では大規模な砂嵐が発生し、巻き上げられた砂が日本上空に飛来してくる。この現象を黄砂現象という。
- 日本では黄砂現象が観測されるときSPM (Suspended Particulate Matter)の値が増加することが確認されている。
- 黄砂とSPMは密接な関係があると考えられ、本研究ではSPMデータを使用して黄砂の飛来状況を把握する。



# 研究背景

- 近年、黄砂の飛来回数が増加傾向であり、以前は年平均20回だった砂嵐が過去数年で35回に増えている。[1][2]（中国の砂漠化の進行が理由）
- 黄砂による主な被害
  - 農作物への被害や車や洗濯物を汚すなどの被害。
  - 視界が悪くなるために交通障害の発生。
  - 呼吸器管への被害
  - その他、空から砂が降ってくるということでいろいろな被害を受けるのは目に見えている。
  - ただし、黄砂は炭酸カルシウムを多く含むので酸性雨を中和させるといううれしい効果も。
- 中国、韓国では発生源から近いため、悪い時は1～2キロほどしか見通しがなくなる。普通の呼吸も困難なくらい。[2]



このまま砂漠化が進み、黄砂の飛来量が増えたと日本も同じような被害が…！？

# 研究目的

砂漠化が  
進む

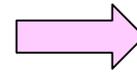


中国、韓国では  
深刻な問題に



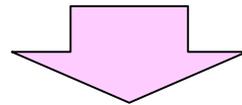
日本にも少しずつ同じ  
ような問題が出てくる

しかし、日本では今のところの黄砂  
被害が少なく、あまり関心が無い？

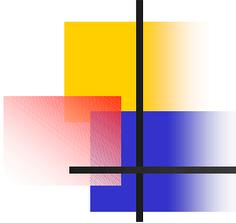


日本での研究数が少ない

まず、日本での黄砂データを明らかにする事が大切



SPMによる黄砂沈降量の  
空間分布の時間的変化の推定を行う



# データの概要

---

## 使用データ[3][4]

測定対象:SPM値

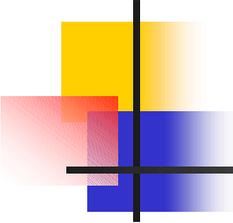
期間:2002年3月1日～5月31日

時刻:1時～24時

測定場所:石川、福井、富山の各観測所

※気象庁のHP[1]で調べた結果、黄砂の観測された日数が一番多かったのが2002年であった。その中で黄砂が一番飛来してくるとされている3月から5月のデータを使用する。

※黄砂沈降濃度の推定には4月9日に北陸地方に黄砂が飛来した時のSPMデータを使用。



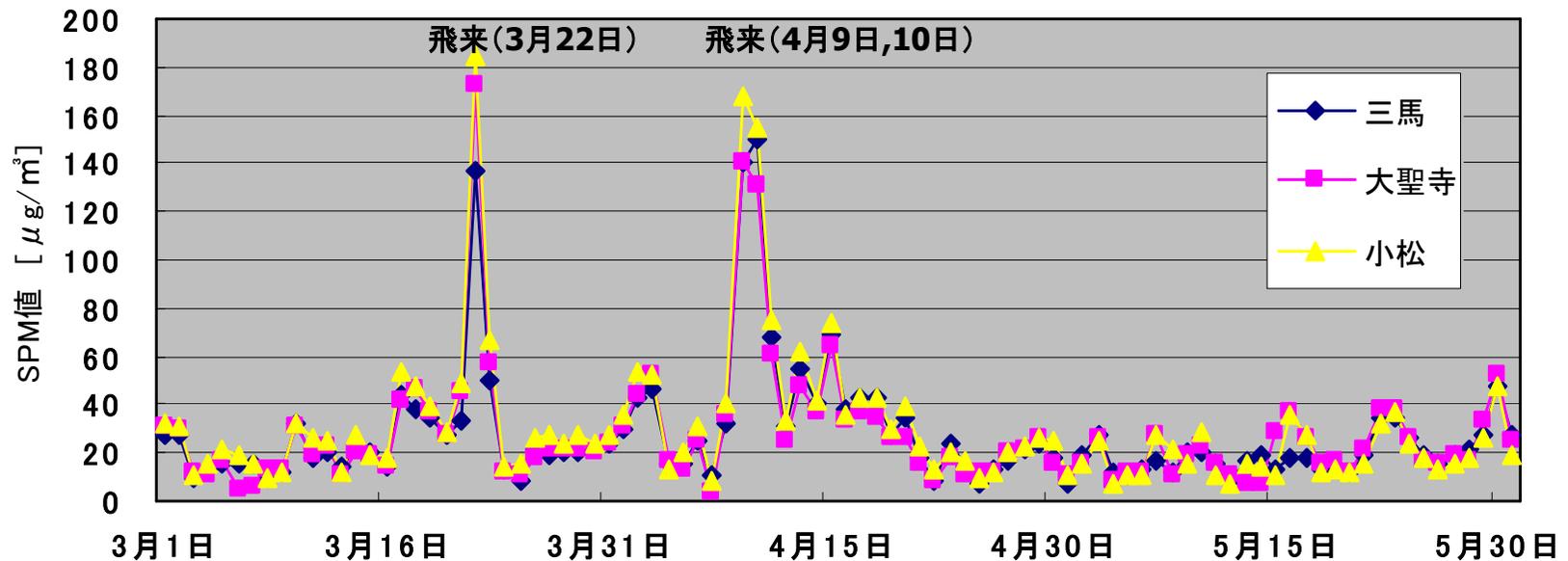
# SPM とは？

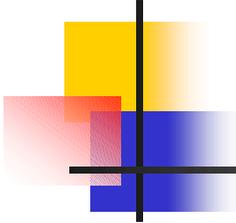
---

- SPMとは大気中に浮遊している粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の粒子状物質である。
- SPMは主に工場や自動車などから発生する生活粉塵と風により地表から舞い上がる土壌粒子(黄砂など)がある。
- SPMの観測は全国の一般環境大気測定局で1時間ごとに行われている。

# 2002年3月～5月のSPM濃度値

2002年3月から5月の石川県における1日の平均SPM濃度値





## 黄砂飛来判定の境界値<sup>[5]</sup>

- SPM値がどのくらい増加したら黄砂が飛来しているかを判断する境界値を求める。
  - 黄砂の飛来している日と、していない日のSPMのヒストグラムから境界値Cを推定する。
  - 推定されたCと黄砂なし日のSPM平均値  $\mu_1$  より、黄砂飛来判定の回帰直線を求める。
  - 北陸三県と日本海側の10ヶ所の測定局のSPMデータを使用。
- 2002年における黄砂飛来判定の回帰直線

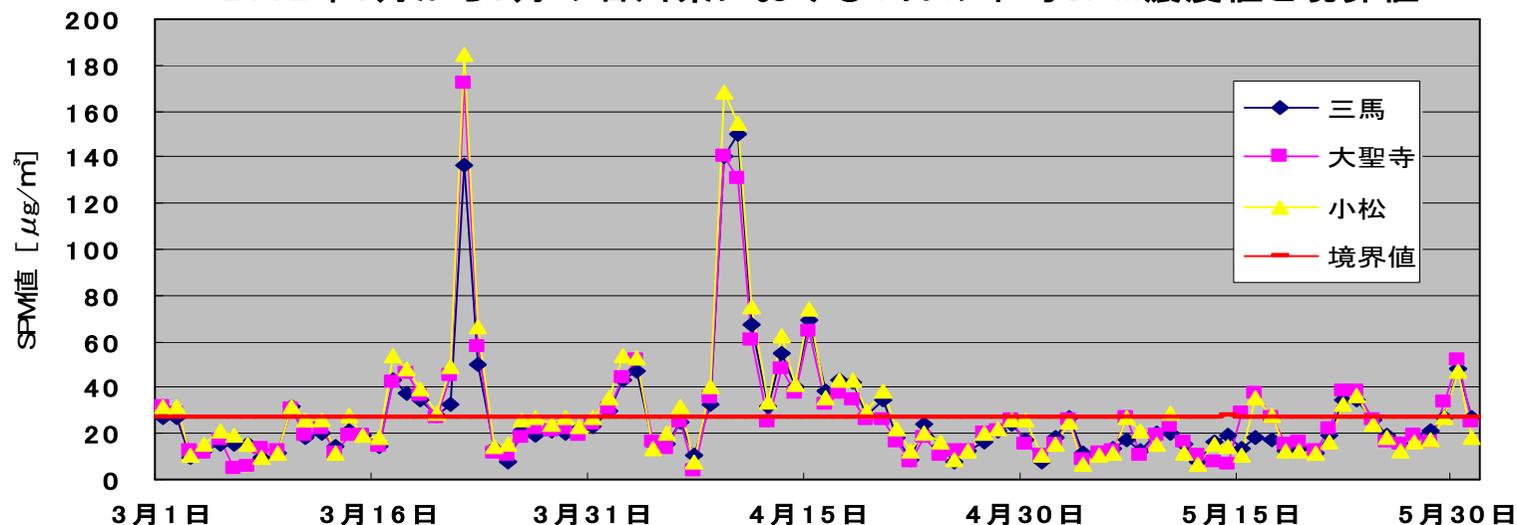
$$C=1.4642 \mu_1+9.3471$$

# 黄砂沈降濃度の推定

2002年北陸3県における境界値[6]

県名	福井県	石川県	富山県
境界値 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	31.18	26.56	30.75

2002年3月から5月の石川県における1日の平均SPM濃度値と境界値

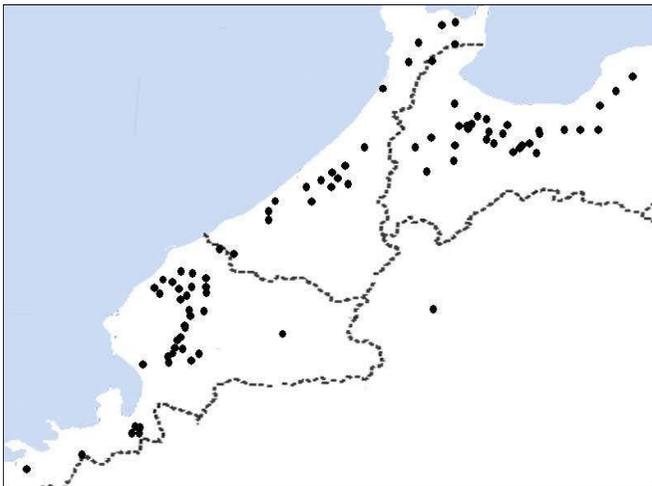


- 実際の黄砂沈降濃度値を推定するために、測定局のSPM値から境界値を引き、黄砂のみの値を取り出す。

$$\text{黄砂沈降濃度値} = \text{SPM値} - \text{境界値}$$

# 黄砂沈降濃度の面的分布の推定

●はSPMの観測場所

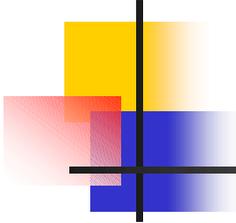


観測場所は点でしかない。

面的にとらえる事が必要

クリギング法による  
面的分布解析

- 面的な濃度分布図を作るために補間法としてクリギング法を使用する。
- クリギングを行うためにバリオグラムを推定する。



# S-PLUS6による解析手順

---

- S-PULS6[7]及びS+SPATIALSTATS[8] による解析手順を次に示す
  1. 使用するデータをS-PLUS6にセットする
  2. 求める時間ごとのバリオグラムを算出する
  3. 求めたバリオグラムを理論バリオグラムに当てはめる
  4. 3.で求めた値を使用してクリギングを行う
  5. クリギングの結果を配列に格納
  6. 格納したデータの等高線を表示
  7. 2～6までを繰り返し、求めたい時間のデータを全て抽出する

# SPMデータの整理

- S-PULUS6に入力しやすいように各観測所の名称、座標、時間ごとの順にSPMデータをExcel形式に書き直す。

SPMデータの整理の例(福井) 4月9日の黄砂データ

	A	B	C	D	E	F	G	H
48	福岡	136.92	36.7073	167.25	169.25	153.25	164.25	269.25
49	三国	136.145951	36.18802056	126.82	148.82	218.82	264.82	171.82
50	芦原	136.1982907	36.21828916	92.82	96.82	206.82	200.82	105.82
51	金津	136.2313889	36.20916667	108.82	128.82	143.82	216.82	131.82
52	中川	136.2708407	36.19369479	35.82	59.82	63.82	90.82	62.82
53	丸岡	136.2711679	36.14027408	46.82	32.82	86.82	84.82	76.82
54	北丸岡	136.2699366	36.16158009	36.82	38.82	63.82	81.82	75.82
55	春江	136.191946	36.15270418	71.82	101.82	105.82	118.82	88.82
56	坂井	136.2286683	36.16193891	73.82	93.82	60.82	90.82	98.82
57	清明	136.2086551	36.0184695	106.82	163.82	113.82	121.82	116.82
58	福井	136.225333	36.05360564	97.82	157.82	148.82	216.82	177.82
59	センター	136.2649427	36.07099342	38.82	82.82	68.82	73.82	95.82
60	大宮	136.2213836	36.07734365	99.82	148.82	143.82	194.82	143.82
61	河合	136.1966667	36.11638889	172.82	205.82	200.82	277.82	211.82
62	神明	136.1876109	35.96599543	58.82	69.82	121.82	143.82	118.82
63	鯖江	136.1798772	35.93648833	30.82	26.82	72.82	84.82	70.82
64	鯖江東	136.2021872	35.93369408	28.82	51.82	85.82	98.82	84.82
65	武生	136.1607476	35.90576917	27.82	26.82	62.82	76.82	55.82
66	武生南	136.1627187	35.88378427	45.82	70.82	90.82	134.82	120.82
67	敦賀	136.0652613	35.65045074	53.82	37.82	62.82	118.82	178.82
68	気比	136.0794838	35.64662698	56.82	52.82	48.82	131.82	174.82
69	和久野	136.0557418	35.62527044	38.82	32.82	14.82	88.82	170.82
70	御幸	136.1963889	35.97805555	43.82	45.82	99.82	103.82	76.82
71	大野	136.4911111	35.98833333	11.82	0	0	24.82	26.82
72	小浜	135.7530556	35.49361111	34.82	35.82	21.82	98.82	88.82
73	武生西	136.0883333	35.87611111	11.82	20.82	45.82	46.82	84.82
74	武生北	136.1747222	35.91777778	31.82	41.82	63.82	77.82	61.82

( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

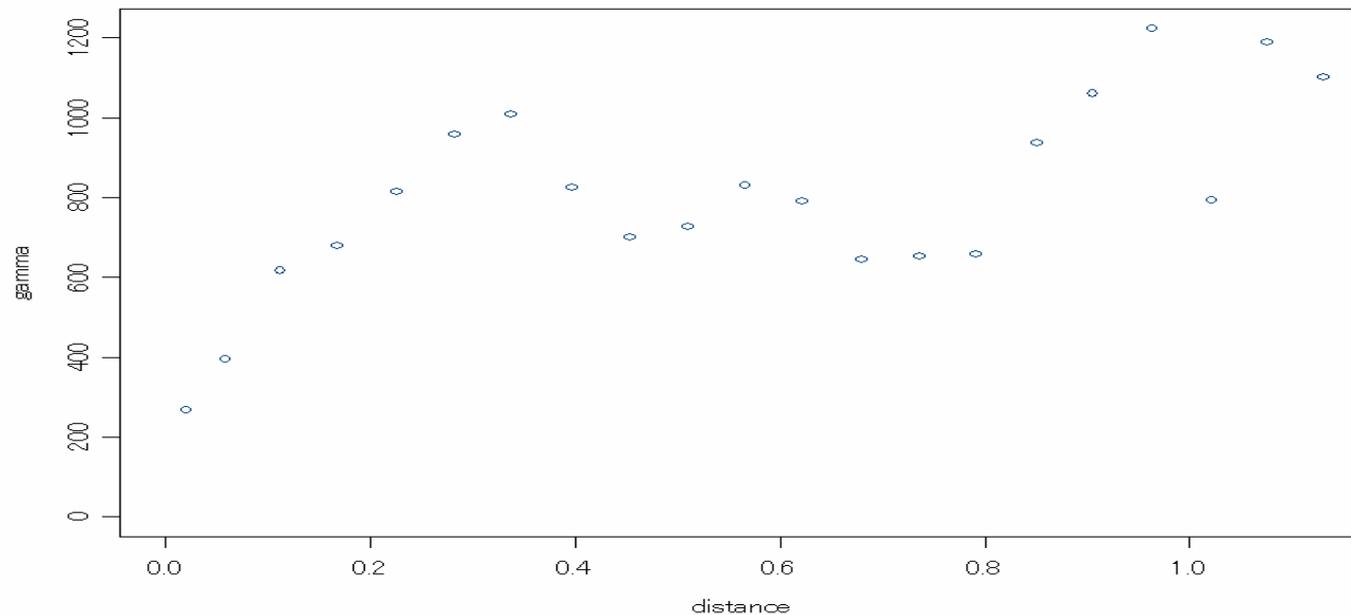
\* 上記データはすでに境界値を引いた値

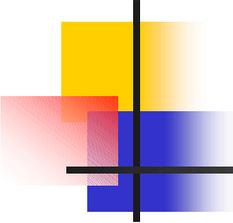
# バリオグラム<sup>[9]</sup>

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} (z(x_i + h) - z(x_i))^2$$

ここで、 $N(h)$ はペアの組数、 $x_i$ は観測点座標で $Z(x_i)$ は $x_i$ におけるSPM値である。  
 $h$ は2地点の間隔である。

## 2002年4月9日13時におけるバリオグラム





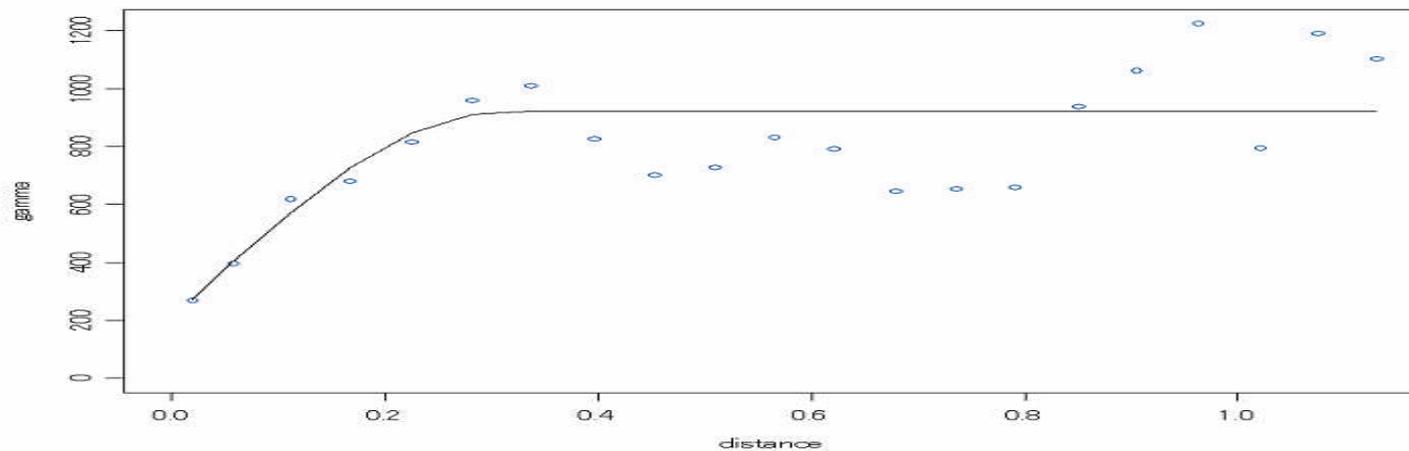
## バリオグラムの当てはめ<sup>[8]</sup>

---

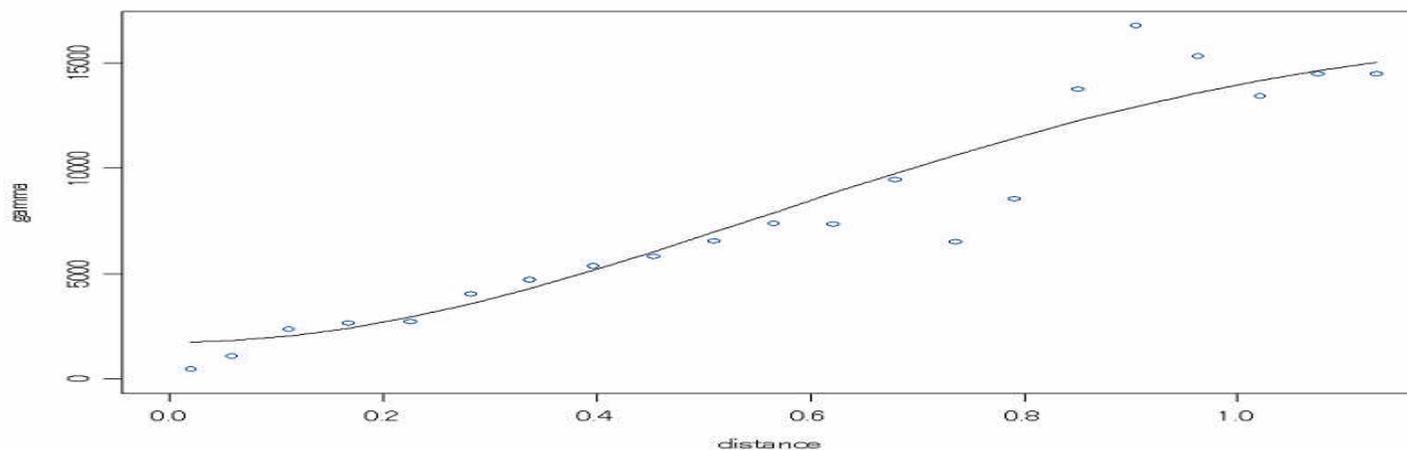
- 先に示した経験バリオグラムのデータではクリギングには使えない。
  - クリギングに使用できるデータにするためには経験バリオグラムを、理論バリオグラムに当てはめなければならない。
- 本研究では球型 (spherical) モデル, ガウス型 (gaussian) モデルの2つの理論バリオグラム関数を使用した。

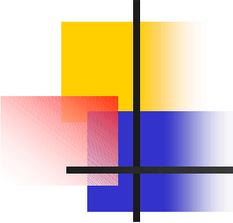
# 理論バリオグラムへの当てはめ<sup>[6]</sup>

4月9日6時のバリオグラムを球型で当てはめたもの



4月9日13時のバリオグラムをガウス型で当てはめたもの





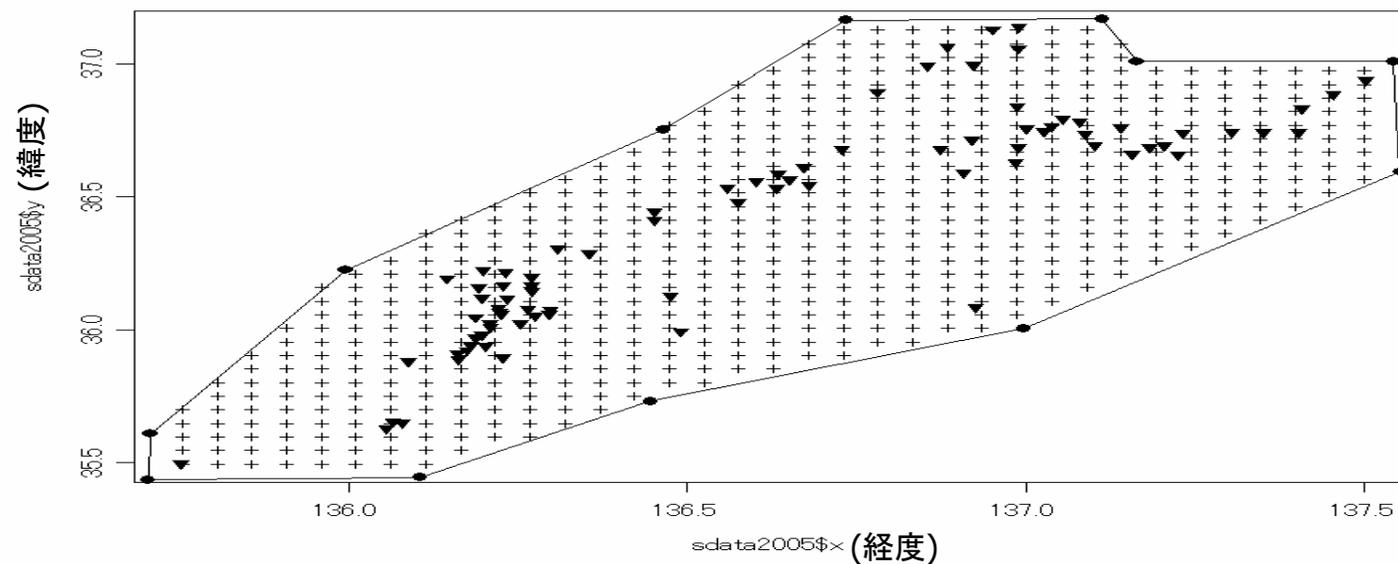
## クリギング<sup>[9]</sup>

---

- クリギングとは、既にデータの分かっている点から、任意のポイントの特性値を推定する補間法である。
- ほかの補間法にはない注目すべき特徴として、推定位置の周辺に位置する標本の背後に別の標本が存在する時、その背後の標本の影響を遮断する事ができる。

# 予測範囲

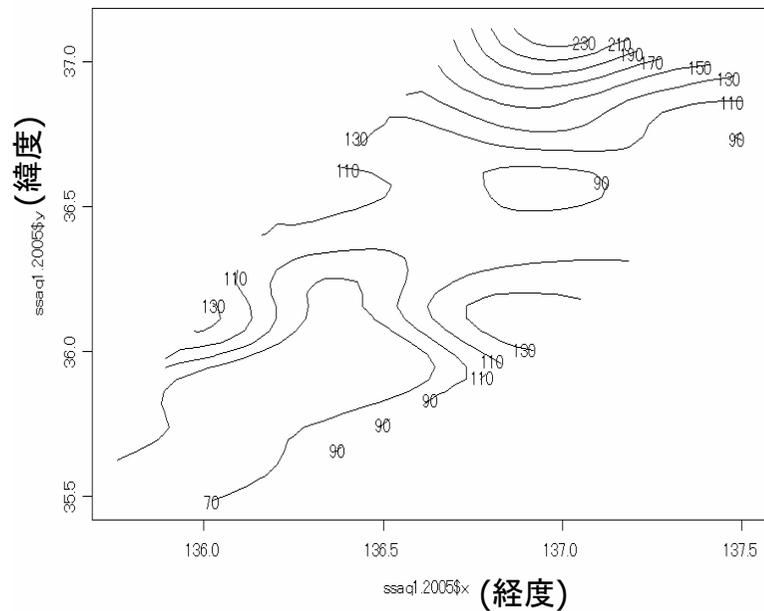
- 線で囲われている中が今回クリギングを用いて予測する範囲である。観測局がそばに無い場所、海の上はなるべく除外した。[6]
- 予測ポイントは0.05度間隔である
- X軸に経度、Y軸に緯度をとる



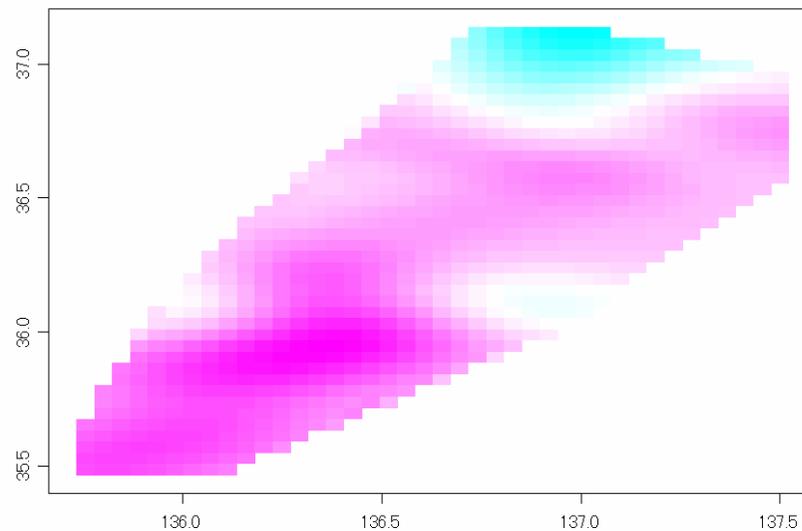
# 解析結果

2002年

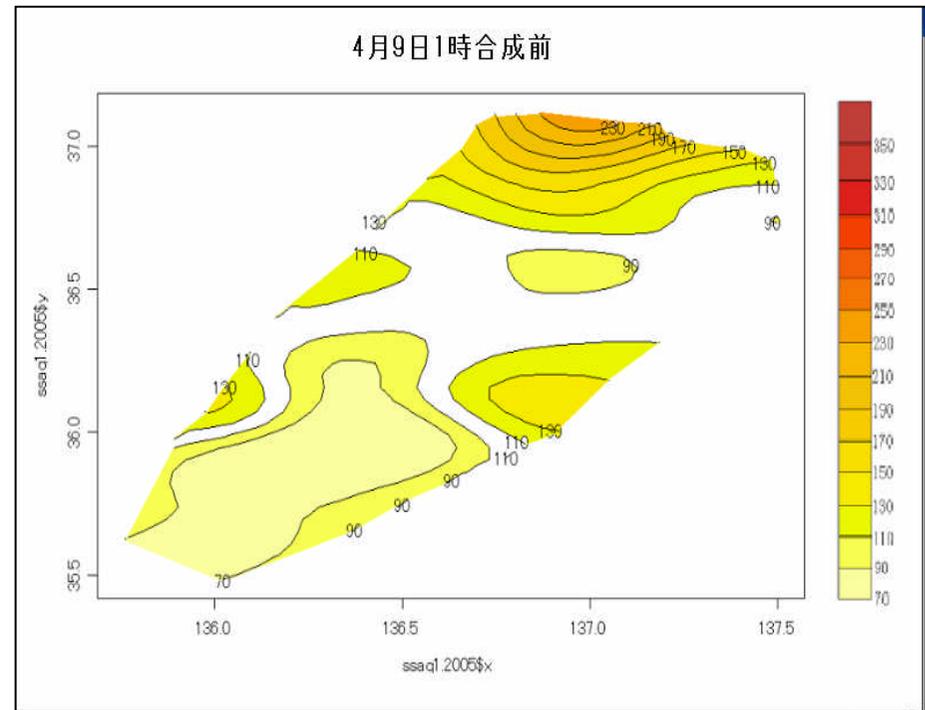
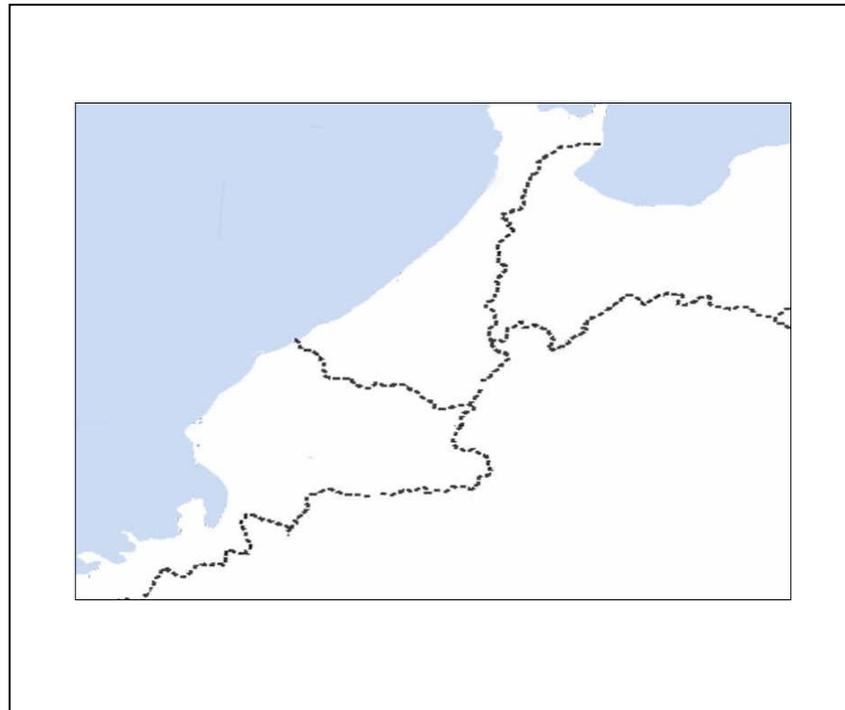
4月9日1時等濃度図



4月9日1時の濃淡図

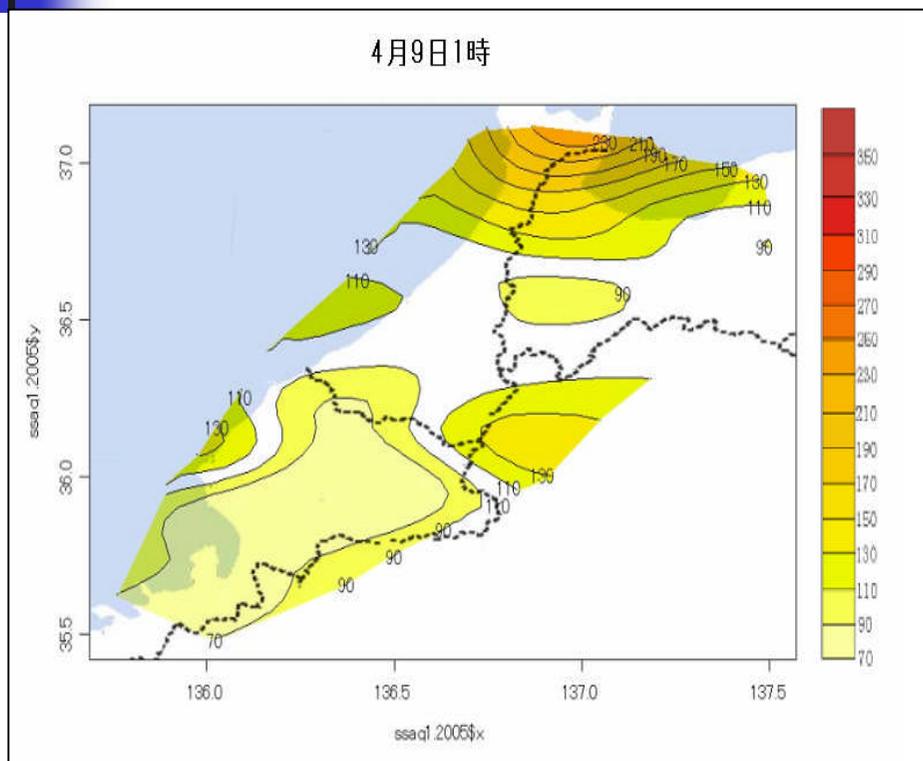


# 地図との合成



Adobe Photoshop6で  
編集 & 合成[6]

# 地図との合成結果



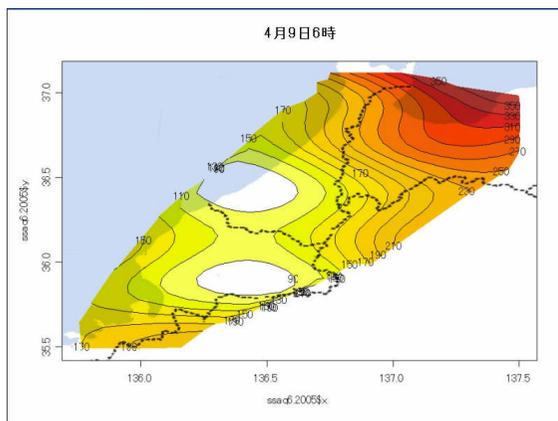
左図のように合成した  
画像を1時～24時まで  
次々に表示するアニ  
メーションを作成する。

アニメーションは、gifア  
ニメを作成するフリーソ  
フト(Giam)を使用した。

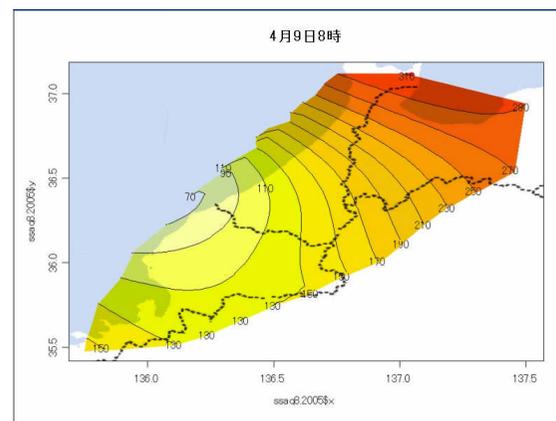
# 黄砂沈降水量の時間変化

2002年4月9日 6時～12時間でのアニメーション結果[6]

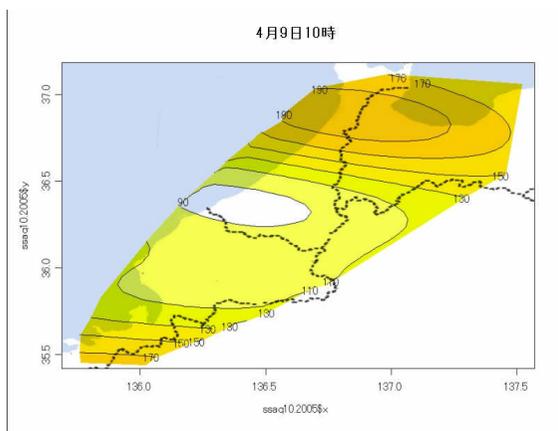
6時



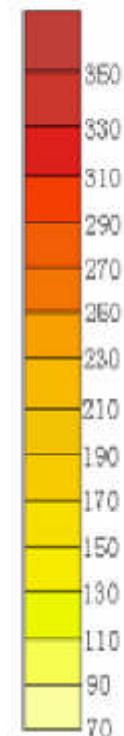
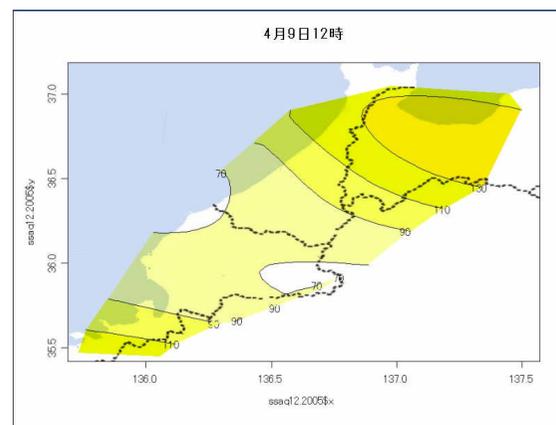
8時

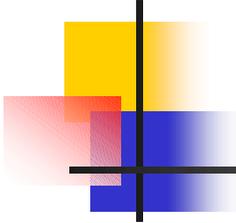


10時



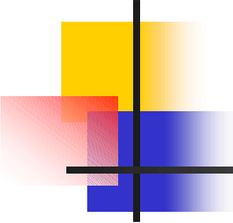
12時





# 黄砂沈降アニメーションの結果

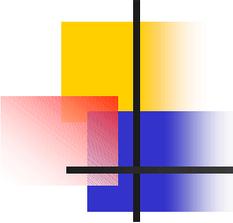
- 2002年4月9日において、6時には北陸三県に飛来し、黄砂は北東に向かって移動していることが読み取れる。
  - 6時から12時にかけて、北陸地方の黄砂沈降量が減少していることが読み取れる。  
特に石川、福井において、12時には $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ の濃度の少ない範囲が広くなり、黄砂が通過したということがわかる。
- 
- 黄砂沈降濃度値を地図と合成し、アニメーションすることで、黄砂がどこに飛来し、どのように流れていくのかを把握しやすくなった。



## 今後の課題

---

- 北陸三県から日本海側全域を含む広範囲で、黄砂沈降濃度分布を求める必要がある。
- この研究では、黄砂飛来日の雨、風等の気象データを使用しなかったため、飛来量と沈降量との関係をはっきりと繋げることにはできないので、今後は気象データもふまえた研究をしなければならない。



# 参考文献

---

- [1]気象庁ホームページ “黄砂に関する基礎知識”  
(<http://www.data.kishou.go.jp/>)
- [2]フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia)』  
(<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)
- [3]環境省ホームページ “環境省大気汚染物質広域監視システム”  
(<http://w-soramame.nies.go.jp/>)
- [4]福井県環境情報総合処理システム (<http://www.erc.pref.fukui.jp/>)
- [5]川口和男, SPMデータによる黄砂エアロゾル飛来現象の解析, 放送大学修士論文 2004
- [6]豊田健吾, 畑克典, 山崎一男, SPMデータによる黄砂の飛来判定と空間分布の解析 工学設計Ⅲプロジェクトレポート, 金沢工業大学 2005
- [7]S-PLUSによる統計解析 伊藤幹夫・大津泰介・戸瀬信之・中東雅樹[訳], シュプリンガー・フェアラーク東京 2004
- [8] S+SPATIALSTATS ユーザーズマニュアル, 数理システム
- [9]Hans Wackernagel原著 “地球統計学” 森北出版 2003