

空間統計学を用いた常時監視データ解析

久恒 邦裕

Continuous Monitoring Data Analysis using Spatial Statistics

Kunihiro Hisatsune

大気汚染状況の空間自己相関性を検証するため、2013 年度の常時監視データを用いて解析を行った。微小粒子状物質 ($\text{PM}_{2.5}$)、光化学オキシダント (Ox)、一酸化窒素 (NO) および二酸化窒素 (NO_2) のいずれでも、年平均濃度について空間相関性は確認できなかった。しかし、それぞれの項目の時間変動には相関性があり、測定局間の距離が離れるに従い相関性が低下していき、変動には空間的な相関が認められた。そこで、測定値を広域的な変動と、空間自己相関を持つ一定地域の影響と、測定局近傍の影響に分けてそれぞれをベイズ統計により推定した。その結果、測定局の特徴を定量的に評価することが出来た。それぞれの値は、季節変動や自動車排ガスの影響など従来の知見と整合性が確認できた。

はじめに

2013 年度、名古屋市では大気汚染防止法第 22 条の規定に基づき、市内 18 か所（一般環境大気測定局（以下、一般局）11 局、自動車排出ガス測定局（以下、自排局）7 局）に大気汚染常時監視局を設置し、環境基準や環境目標値の定められた汚染物質等 14 項目について、測定を行ってきた。大気汚染が深刻だった 20 世紀中盤、連続自動測定機による大気汚染の調査・監視は、汚染対策を行うための基礎データとして必要不可欠なものであり、監視網体制の確立を背景に得られたデータは、その後の環境行政で一定の役割を果たした。それら環境対策が功を奏し多くの項目について環境基準が達成されつつあり、現在の常時監視測定は“汚染の測定”という意味合いが薄まり、定常的な“環境の測定”の意味を強めている面がある¹⁾。一方、近年では光化学オキシダントの環境基準未達成が再び散見されるようになった。また、2009 年に環境基準が定められた微小粒子状物質($\text{PM}_{2.5}$)については、複雑な成分構成の中でイオン性の成分としては硫酸イオン(SO_4^{2-})や硝酸イオン(NO_3^-)が高濃度時に大きく変動する点が注目されることが多い²⁾。それらの二次生成により形成されたイオン性物質の挙動を探るためには、前駆体と考えられる二酸化硫黄(SO_2)や窒素酸化物(NOx)に関する情報が考慮されることもある³⁾。前述の光化学オキシダントも $\text{PM}_{2.5}$ の二次生成に影響を与えると考えられており、常時監視項目はそれぞれが単独ではなく複雑に相互関連していると捉えることで、常時監視データの持つ意味がより重要になってくる。

常時監視データの評価については、それぞれの項目ごとに定められた環境基準・環境目標値に従って行われるが、達成測定局数や達成率が注目されることが多く、地理的な

要素を考慮した評価は多くない。一般局や自排局といった区別による評価で、汚染物質の主な発生源の一つである自動車の影響をある程度把握することはできる。しかし、近年では「低排出ガス車認定制度」や「自動車 $\text{NOx} \cdot \text{PM}$ 法」等の影響を受け、昨今の自動車の排気ガス周辺部材の性能が向上したことにより、自動車の影響は相対的に低下し、小規模・中規模の工場や越境汚染などの影響が、相対的に増加してきた可能性がある。当該環境においては、一般局と自排局といった区別以外に、測定局ごとの特徴を捉えて評価する必要がある。手法としては、調査項目間の相関を考慮するものや、時系列変動の特徴に注目するものなど様々あるが、本報告では測定局の位置情報と観測値の関連について、空間統計学に従って解析した。

調査方法

1 調査データ

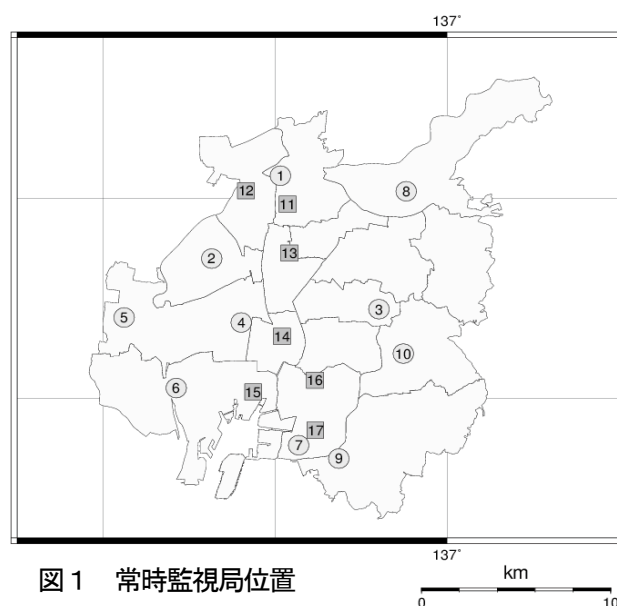


表 1 常時監視測定局名

種類	番号	測定局名	種類	番号	測定局名
一般局	1	愛知工業高校	自排局	11	上下水道局北営業所
	2	中村保健所		12	名塚中学校
	3	滝川小学校		13	テレビ塔
	4	八幡中学校		14	熱田神宮公園
	5	富田支所		15	港陽
	6	惟信高校		16	千竈
	7	白水小学校		17	元塩公園
	8	守山保健所			
	9	大高北小学校			
	10	天白保健所			

調査データは、名古屋市の HP ⁴⁾で公開されている平成 25 年度の大気汚染常時監視結果の確定値を用いた。確定値は市内 18 か所の常時監視局のうち、国設名古屋大気環境測定所（県管理）を除く 17 か所のデータを使用した。期間は平成 25 年 4 月 1 日から平成 26 年 3 月 31 日とし、1 年分のデータをすべて用いた。項目は、PM_{2.5}、オキシダント（Ox）、一酸化窒素（NO）および二酸化窒素（NO₂）を用いた。常時監視測定局の名古屋市内における配置については、図 1 に示した。番号を記した地点に常時監視測定局があり、それぞれの番号の測定局名は表 1 に示した。図 1 で、丸印が一般局を、四角印が自排局を示す。

2 データ処理

空間相関に関するデータ処理については統計ソフト R(ver 3.1.0)を使用した。

結果と考察

1 隣接関係の定義

空間相関を検討するために、隣接関係を定義する必要がある。空間相関では、「近い場所にある調査地点のデータは似た挙動を示す」かどうかを検討する。その際、調査地点ごとの距離のみを近さの指標とするのではなく、距離に加えて重みづけを考慮することで、地点ごとの近隣関係を定義することが求められる。この重みづけの定義については様々な方法が提案されており、主に用いられるのが(1)ドロネー三角網(2)最近隣 k 地点での定義(3)距離による定義、の 3 つである⁵⁾。(1)のドロネー三角網は、任意の地点から近い点同士を結び、三角形を形成する方法である。(2)

の最近隣 k 地点での定義は、任意の k を定め、最も近い k 地点を近隣地点と定義する方法である。そのため、k の値の定義によって近隣地点の定義は異なる。(3)の距離による定義は、一定の距離 r を設定してそれより近い距離にある地点を、近隣であると定義する方法である。本検討では距離 r の単位として緯度経度の度(degree)を用いている。そのため、r=0.2 の定義とは、任意の点から半径 0.2 度(degree)の範囲にある地点を近隣だとみなす定義に相当する。

図 2-1 ~ 2-3 に、それぞれの定義で指定した隣接関係を図示したものを示す。線で結ばれた測定局が近隣関係にあると定義されていることを示す。それぞれの方法や、定数(k や r)の数字による違いが明らかであり、以降ではこの隣接関係を用いて空間相関性の指標を計算するため、結果にも影響すると考えられる。近隣関係の定義について、どの手法を採用するかは実際に多くの図を描いて選択するのが、最も適切な方法であると考えられる。ドロネー三角網による隣接関係は比較的バランスが取れているように見える。ただし富田支所(地点番号 5、以降同じ)と名塚中学校(12)を隣接関係としているのは、ドロネー三角網以外では、隣接関係を広範囲に指定した距離による定義(r=0.1)であり、ドロネー三角網では遠方についても隣接関係としてしまう場合がある。本検討の測定局の配置は、東西方向の広がりや南北方向の広がりがほぼ均等であり大きな問題はないが、例えば日本地図を用いて県庁所在地の隣接関係をドロネー三角網で定義すると、札幌市と福岡市が日本海を通して結ばれてしまい、不適切な隣接関係が定義されてしまう。今回は、図 2-1~2-3 から、ドロネー三角網（以下、ドロネー）、最近隣 k 地点(k=4)（以下、最近隣(k=4)）、距離による定義(r=0.075)（以下、距離(r=0.075)）をそれぞれの手法の代表として採用し、空間自己相関の変化について検討した。

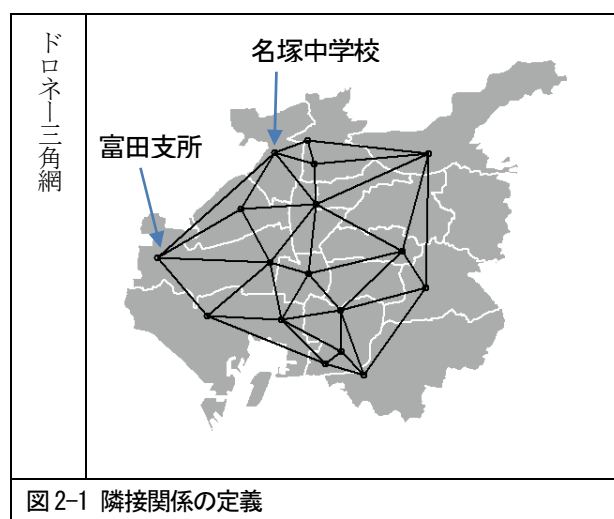
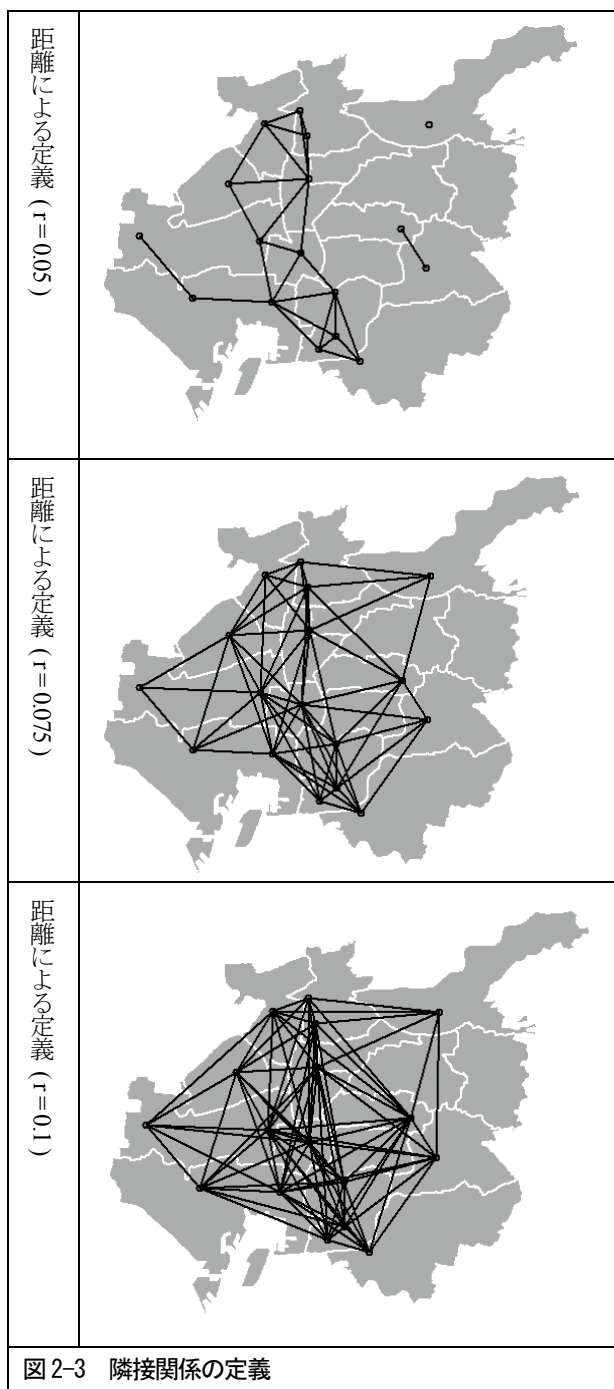
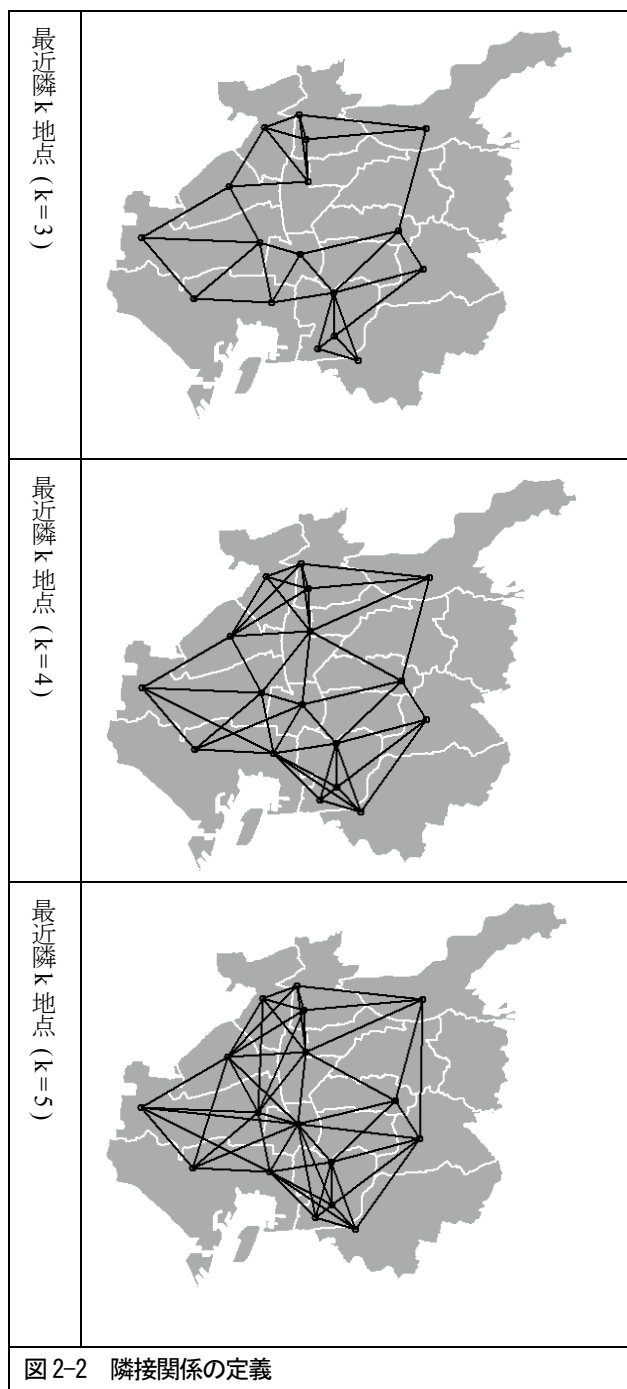


図 2-1 隣接関係の定義



2 Moran' s I 統計量の計算

空間自己相関の指標の一つに、Moran' s I 統計量⁹⁾がある。これは、データが得られた全域に空間自己相関があるかどうかを判断する指標で、式1のように定義される。

$$\text{Moran's I} = \frac{N}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij}} \cdot \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad \dots\dots (式1)$$

ここでNは地点数を示し、地点iのデータ（属性）を x_i

とし、全体のデータ（属性）の平均値を $\bar{x}$ とし、地点 i, j の空間重みづけ行列の要素を w_{ij} として計算する。Moran' s I は一般に-1 から1 の値を取り、-1 のときには負の自己相関を、0 のときには無相関を、1 のときには正の自己相関があることを示す。

表 3-1～3-4 に、主な測定項目について、Moran' s I の計算結果を示した。アスタリスク(*)が一つついたものは p 値が 0.05 以下であったことを意味する。いずれにおいても、統計的に有意な結果が得られたものは少なく、傾向を述べるのは難しい。

表 3-1 Moran' s I 統計量(PM _{2.5})			
	ドロネー	最隣(k=4)	距離(r=0.075)
4 月	0.08	-0.10	-0.10
5 月	0.10	-0.09	-0.10
6 月	0.12	-0.06	-0.06
7 月	0.09	-0.11	-0.09
8 月	0.07	-0.13	-0.10
9 月	0.09	-0.11	-0.09
10 月	0.09	-0.09	-0.09
11 月	0.08	-0.10	-0.09
12 月	0.12	-0.08	-0.06
1 月	0.04	-0.05	-0.13
2 月	0.07	0.02	-0.12
3 月	0.05	-0.06	-0.10

表 3-3 Moran' s I 統計量(Ox)			
	ドロネー	最隣(k=4)	距離(r=0.075)
4 月	-0.06	-0.01	0.08
5 月	-0.10	-0.19	-0.19
6 月	-0.31	-0.25	-0.26
7 月	-0.32	-0.44	-0.36
8 月	-0.27	-0.44	-0.32
9 月	-0.18	-0.11	-0.10
10 月	-0.10	-0.03	0.04
11 月	0.04	0.04	0.21
12 月	0.17	0.05	0.14
1 月	0.06	0.04	0.06
2 月	0.02	0.00	0.13*
3 月	0.16*	-0.08	-0.08

表 3-2 Moran' s I 統計量(NO)			
	ドロネー	最隣(k=4)	距離(r=0.075)
4 月	0.05*	0.00	-0.07
5 月	0.06*	0.03	-0.05
6 月	0.05	-0.01	-0.10
7 月	0.02	-0.04	-0.12
8 月	0.05	-0.03	-0.10
9 月	0.04	-0.03	-0.10
10 月	0.04	-0.03	-0.09
11 月	0.03	-0.03	-0.10
12 月	0.04	-0.03	-0.10
1 月	0.07*	0.03	-0.04
2 月	0.06*	0.02	-0.04
3 月	0.08	0.04*	-0.06

表 3-4 Moran' s I 統計量(NO ₂)			
	ドロネー	最隣(k=4)	距離(r=0.075)
4 月	0.13*	0.06	-0.08
5 月	0.13*	0.08	-0.08
6 月	0.13	0.07	-0.09
7 月	0.08	0.03	-0.12
8 月	0.05	0.02	-0.14
9 月	0.13*	0.03	-0.11
10 月	0.12	0.06	-0.05
11 月	0.04	-0.02	-0.09
12 月	0.14*	0.08	-0.01
1 月	0.16*	0.11*	0.00
2 月	0.13*	0.10*	-0.01
3 月	0.13*	0.09	-0.07

NO₂では、ドロネー三角網で近隣を定義した場合に、冬季を中心としたデータで p 値が低かった。当該時期の Moran' s I 統計量は 0 付近であり、空間自己相関は認められなかった。

月ごとの平均濃度については、ほとんどの地点で有意な結果を得ることが出来ず、また有意な結果が得られた場合にも空間自己相関は認められなかった。

3 時間変動の相関

次に、濃度の変動に空間的な相関があるかどうかを調べた。年間の時間値変動を用いて、地点ごとに相関係数 R_1 を取ったのが表 4 である。表 4 の右上部分は、右端に示し

た項目について、左下部分については下端に示した項目についての相関係数 (R_1) である。なお、PM_{2.5}については、時間値は参考値扱いとなっているが、本検討ではそのまま用いた。表 4 では、多くの地点間・項目において高い値が示され、濃度変動は多くの地点間・項目で相関があることが示された。さらに、この R_1 と地点間距離について調べるため、地点ごとの R_1 と地点間距離をプロットして相関係数 R_2 を計算し、まとめたのが表 5 である。おおむね、負の相関を示し測定局間の距離が離れるに従い、相関係数 (R_1) が低くなることが分かった。一部、相関係数 (R_2) が低い組み合わせもあったが、グラフで確認することで、距離と相関係数 (R_1) の逆比例の傾向は確認された。

表 4 測定局間の濃度変動の相関係数 (R _i)																		
	高校 愛知工業	所 中村保健	校 滝川小学	校 八幡小学	富田支所	惟信高校	校 白水小学	所 守山保健	学校 大高北小	所 天白保健	所 局北営業	上下水道	校 名塚中学	テレビ塔	公園 熱田神宮	港陽	千電	元塩公園
愛知工業高校		0.81	0.69	0.81	0.73	0.74	0.72	0.75	0.66	0.73	0.87	0.88	0.79	0.76	0.79	0.65	0.47	
中村保健所	0.85		0.69	0.91	0.82	0.85	0.69	0.72	0.62	0.72	0.78	0.87	0.78	0.83	0.79	0.57	0.35	
滝川小学校	0.79	0.79		0.7	0.57	0.62	0.74	0.87	0.84	0.88	0.68	0.65	0.79	0.73	0.7	0.74	0.47	
八幡小学校	0.85	0.91	0.81		0.79	0.86	0.73	0.72	0.65	0.75	0.81	0.84	0.81	0.84	0.83	0.62	0.37	
富田支所	0.77	0.84	0.7	0.82		0.86	0.62	0.64	0.54	0.65	0.71	0.75	0.63	0.72	0.71	0.48	0.3	
惟信高校	0.76	0.84	0.72	0.85	0.86		0.68	0.65	0.57	0.7	0.73	0.78	0.69	0.77	0.77	0.52	0.3	
白水小学校	0.76	0.73	0.77	0.79	0.69	0.75		0.72	0.78	0.77	0.72	0.71	0.73	0.77	0.81	0.75	0.57	
守山保健所	0.82	0.78	0.85	0.79	0.71	0.7	0.72		0.81	0.84	0.73	0.7	0.77	0.74	0.71	0.72	0.5	
大高北小学校	0.72	0.71	0.81	0.74	0.64	0.68	0.84	0.77		0.83	0.64	0.61	0.71	0.68	0.7	0.78	0.56	
天白保健所	0.77	0.76	0.88	0.8	0.7	0.74	0.77	0.83	0.83		0.71	0.7	0.76	0.75	0.73	0.72	0.48	
上下水道局北営業所	0.78	0.72	0.68	0.78	0.64	0.7	0.69	0.68	0.62	0.69		0.83	0.8	0.75	0.79	0.66	0.45	
名塚中学校	0.89	0.88	0.77	0.87	0.81	0.82	0.75	0.78	0.7	0.77	0.78		0.76	0.78	0.79	0.57	0.37	
テレビ塔	0.82	0.81	0.8	0.84	0.7	0.76	0.77	0.75	0.73	0.79	0.78	0.81		0.77	0.78	0.7	0.43	
熱田神宮公園	0.81	0.86	0.8	0.88	0.77	0.78	0.78	0.79	0.74	0.78	0.7	0.82	0.81		0.81	0.64	0.44	
港陽	0.79	0.81	0.78	0.86	0.76	0.83	0.87	0.73	0.77	0.79	0.75	0.81	0.83	0.83		0.69	0.5	
千電	0.68	0.61	0.72	0.68	0.51	0.6	0.77	0.67	0.76	0.72	0.68	0.63	0.77	0.66	0.75		0.68	
元塩公園	0.6	0.51	0.59	0.56	0.42	0.48	0.72	0.58	0.7	0.58	0.57	0.53	0.61	0.56	0.64	0.81		
項目 : NO ₂																		

	愛知工業高校	中村保健所	滝川小学校	八幡小学校	富田支所	惟信高校	白水小学校	守山保健所	大高北小学校	天白保健所	局北営業所	上下水道局	名塚中学校	テレビ塔	熱田神宮公園	港陽	千電	元塩公園
愛知工業高校		0.86	0.78	0.89	0.81	0.85	0.79	0.76	0.85	0.83	0.7	0.88	0.83	0.8	0.82	0.75	0.77	
中村保健所	0.85		0.86	0.91	0.9	0.89	0.84	0.79	0.83	0.86	0.76	0.88	0.87	0.88	0.9	0.85	0.83	
滝川小学校	0.86	0.89		0.78	0.8	0.75	0.79	0.81	0.79	0.9	0.7	0.74	0.85	0.72	0.78	0.83	0.73	
八幡小学校	0.83	0.87	0.85		0.83	0.88	0.81	0.78	0.85	0.85	0.69	0.87	0.85	0.82	0.86	0.76	0.79	
富田支所	0.84	0.91	0.89	0.86		0.84	0.76	0.76	0.78	0.84	0.7	0.79	0.83	0.72	0.79	0.79	0.71	
惟信高校	0.82	0.91	0.87	0.87	0.92		0.77	0.74	0.83	0.82	0.68	0.85	0.81	0.76	0.81	0.73	0.75	
白水小学校	0.82	0.86	0.86	0.84	0.85	0.88		0.77	0.82	0.86	0.65	0.77	0.81	0.75	0.86	0.78	0.77	
守山保健所	0.86	0.89	0.91	0.84	0.86	0.86	0.85		0.78	0.87	0.66	0.76	0.81	0.78	0.81	0.77	0.77	
大高北小学校	0.82	0.86	0.88	0.82	0.84	0.86	0.88	0.87		0.86	0.67	0.82	0.82	0.79	0.81	0.78	0.82	
天白保健所	0.85	0.9	0.93	0.86	0.88	0.9	0.89	0.93	0.9		0.72	0.83	0.86	0.86	0.88	0.86	0.85	
上下水道局北営業所	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0.66	0.72	0.61	0.66	0.68	0.61	
名塚中学校	0.88	0.91	0.88	0.87	0.88	0.88	0.85	0.89	0.85	0.89	-		0.82	0.79	0.8	0.7	0.73	
テレビ塔	0.86	0.91	0.91	0.85	0.88	0.87	0.86	0.89	0.87	0.9	-	0.89		0.85	0.86	0.87	0.81	
熱田神宮公園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0.78	0.71	0.78	
港陽	0.84	0.91	0.89	0.87	0.89	0.92	0.91	0.87	0.88	0.91	-	0.88	0.91	-		0.76	0.75	
千電	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		0.71	
元塩公園	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
項目：PM _{2.5}																		
項目：0x																		

表5 濃度変動の相関と測定局間距離の相関係数(R_2)																	
	愛知 工業 高校	中村 保健所	滝川 小学校	八幡 小学校	富田 支所	惟信 高校	白水 小学校	守山 保健所	大高北 小学校	天白 保健所	上下水道 局北営業 所	名塚中学 校	テレビ塔	熱田神宮 公園	港陽	千竜	元塩公園
PM2.5	-0.29	-0.61	-0.61	-0.49	-0.64	-0.53	-0.52	-0.49	-0.46	-0.68	-0.56	-0.4	-0.37	-0.44	-0.35	-0.38	-0.46
Ox	-0.78	-0.62	-0.77	-0.79	-0.76	-0.77	-0.8	-0.78	-0.74	-0.75	—	-0.72	-0.61	—	-0.73	—	—
NO	-0.79	-0.76	-0.73	-0.51	-0.72	-0.4	-0.39	-0.7	-0.46	-0.55	-0.77	-0.75	-0.72	-0.35	-0.21	-0.62	-0.64
NO2	-0.76	-0.71	-0.63	-0.52	-0.67	-0.48	-0.65	-0.69	-0.65	-0.53	-0.78	-0.71	-0.75	-0.35	-0.45	-0.73	-0.71

以上のことから、濃度の平均値については有意な空間自己相関性は見られなかったが、濃度変動は測定局間で連動しており、かつ測定局間距離が長くなるにつれて濃度変動の相関が低下する傾向が確認できた。各測定局とも、＜一定範囲に共通する変動＞と＜測定局近傍の影響＞の二つを受けていることが示唆された。濃度変動では測定局間に相関関係が認められたことから、一定範囲に共通する変動の影響が支配的であると考えられた。

4 ベイズ推定による空間自己相関解析

前述の通り、常時監視データの変動にはおおむね、測定局の距離との相関関係が認められた。ただし、その関係は単純ではなく、データへの影響が複雑であることが示唆された。空間的な広がりを持つデータの統計的な解析として、空間自己相関性を考慮した条件付自己回帰 (CAR) モデルがある。しかし複雑な影響を受ける環境データなどの解析には、従来用いられる統計的手法では限界がある。そのため、常時監視データを解析するためには、この CAR モデルに対してより柔軟なモデルを組み込む必要がある。筆者らは柔軟な統計モデリングを可能とするベイズ統計

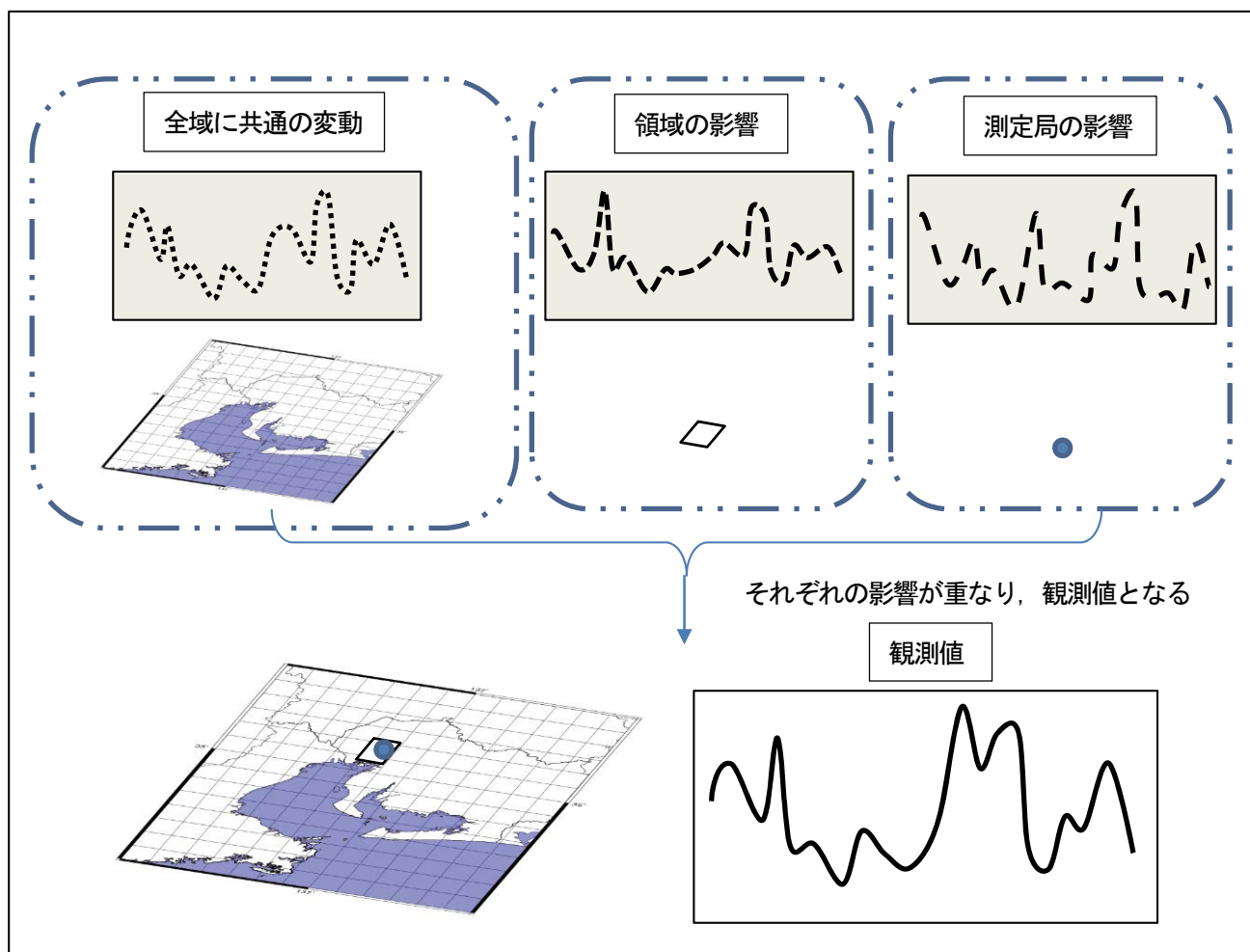


図3 ベイズ統計によるモデルの概念図

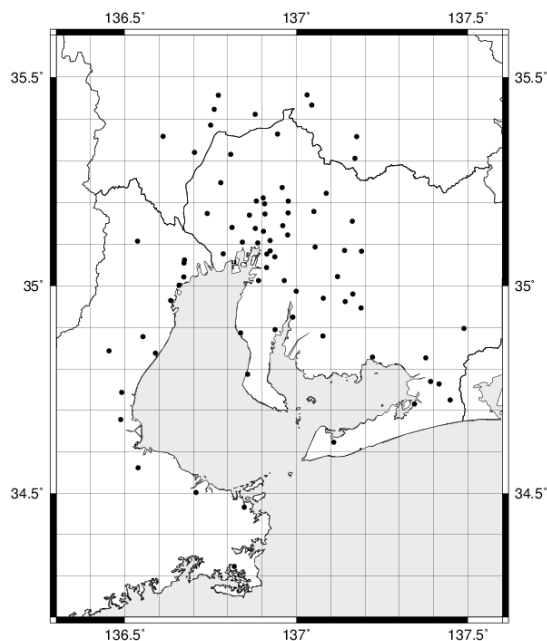


図4 ベイズ統計で推定計算した領域

にCAR モデルを組み込むことで、PM_{2.5}の常時監視データに影響を与える空間的な要因を抽出した⁷⁾。以下に、そのモデルの式を示す。また、図3にはモデル式の概念を示した。

$$\begin{aligned} \text{観測値} \\ = & \text{全域に共通の変動} \\ & \times \text{領域の影響} \times \text{測定局の影響} \end{aligned}$$

解析対象は愛知・岐阜（一部）・三重（一部）の測定局77局とし、図4に示した。期間は、2012年4月1日から2014年3月31日までとし、2年間のデータ（速報値）を用いた。モデルでは、説明変数を3とし、上記の測定局に共通の濃度変動に対して、一定の領域ごとや測定局近傍ごとの影響がどれだけ影響しているかを表した。

全域に共通の変動は広域で共通の濃度変動を意味しており、越境汚染や気候の影響などを反映する。全域に共通の変動は、月ごとの値を計算し、質量濃度の単位で示す。領域の影響は世界測地系で0.1°×0.1°に区切られた部分を一つの領域とし、当該領域で共通の変動（高濃度になりやすい低濃度になりやすい、影響がない）を示す。土地利用状況や大規模な発生源の影響を反映すると考えられる。この、領域の影響は、近隣の領域と空間自己相関を持つと定義した。測定局の影響は測定局ごとのごく近傍の発生源の影響や、装置の傾向などを反映する。上記の影響を定量的に評価することで、濃度変動への寄与をより具体的

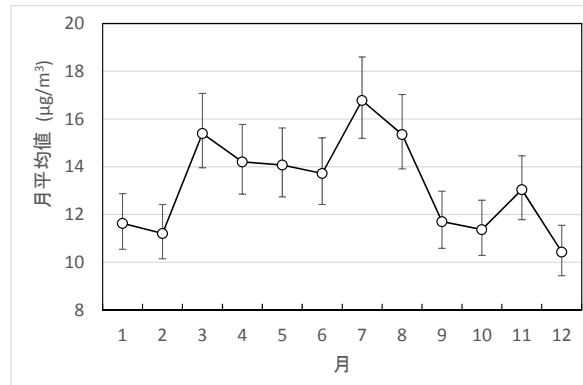


図5 全域に共通の変動

表6 ベイズ統計で推定された影響値

種類	番号	測定局名	領域の影響	測定局の影響
一般局	1	愛知工業高校	1.08	1.00
	2	中村保健所	1.18	0.95
	3	滝川小学校	1.11	1.01
	4	八幡中学校	1.18	1.00
	5	富田支所	1.18	0.98
	6	惟信高校	1.18	1.09
	7	白水小学校	1.21	1.04
	8	守山保健所	1.08	0.97
	9	大高北小学校	1.21	0.97
	10	天白保健所	1.11	0.97
自排局	11	上下水道局北営業所	1.11	1.12
	12	名塚中学校	1.23	1.16
	13	テレビ塔	1.11	1.08
	14	熱田神宮公園	1.11	0.95
	15	港陽	1.18	1.00
	16	千竈	1.11	1.04
	17	元塩公園	1.21	1.24

に評価することが出来る。上記条件でベイズ推定したそれぞれの測定局ごとの影響値を表に示した。

全域に共通する変動は、春から夏にかけて高く、冬に低いことが示された（図5）。これは、春の黄砂の影響や夏の二次生成の影響が表れたと考えられる。このように、全域に共通する変動は遠方からの越境輸送や気候条件に影

響される変動を反映している。領域の影響、および測定局の影響については、表 6 に示した。領域の影響はいずれの地点でも 1 以上の値を取り、図 4 に示した全域の中ではいずれの地点も領域的な影響により、質量濃度が高くなる傾向があることが確認された。名古屋市内を含む範囲において、もっとも値が高くなる領域は名塚中学校が含まれる東経 136.8~136.9、北緯 35.2~35.3 の領域であった。測定局ごとの影響は元塩公園が最も高くなり、測定局近傍の国道 23 号からの影響が表れていると考えられる。他の地点においても、傾向として一般局に比べて自排局の測定局ごとの影響が高くなっており、近傍道路の影響が結果に反映されている。平均値の比較のみでは分からないこのような測定局ごとの特徴をとらえることが、高濃度時の原因をよりの確に解明することにつながる。

まとめ

空間相関を用いた統計的な手法により、常時監視データの解析を行った。

Moran's I を用いて平均値の空間自己相関性を検討したが、PM_{2.5}、Ox、NO および NO₂ について空間自己相関性は確認できず、名古屋市内において上記項目の地理的な傾向は認められなかった。しかし、時間値の変動についてはいずれも相関係数が高く、連動して変動していることが確認された。またその連動の相関は、測定局間の距離が長くなるにつれて低下する傾向が明らかとなった。PM_{2.5} 濃度についてさらに複雑な影響を解析するため、ベイズ統計を用いた空間統計解析を行った。その結果、測定値に「領域的な影響」と「測定局の影響」の影響があることが明らかとなり、それぞれの影響を定量的に評価した。名古屋市内のいずれの測定局においても、領域の影響は高く、また測定局ごとの影響は一般局と比較して自排局の方が高いことが示された。このように、濃度の特徴について空間相関を考慮して解析することで、測定局の特徴を明確に把握することが出来た。

謝辞

地図データについては「国土数値情報（行政区域データ）国土交通省」を使用して作成しました。

文献

- 1) 紀本 岳志：汚染測定から環境測定へ、大気環境学会誌, **44**, 417(2009)
- 2) 山神真紀子 et al.：2011 年 2 月上旬に観測された広域的な PM_{2.5} 高濃度エピソードの要因推定, 大気環境学会誌, **48**, 196-205(2013)
- 3) 内藤季和：関東甲信静における PM_{2.5} のキャラクターション（第 5 報）、第 55 回大気環境学会年会講演要旨集, p.381(2014)
- 4) 名古屋市：平成 25 年度 大気汚染常時監視結果について（最終更新日 2014 年 6 月 16 日）、
<http://www.city.nagoya.jp/kankyo/page/0000059773.html>
- 5) 古谷知之：R による空間データの統計分析, 朝倉書店（東京）(2011)
- 6) Moran, P. A. P.: The interpretation of point data sets, *International Journal of Geographical Information Systems*, **1**, 335-358 (1948)
- 7) 久恒 邦裕 et al.：ベイズ統計を用いた PM_{2.5} 常時監視データの解析, 大気環境学会誌（印刷中）