

我が国における PM2.5 に関する包括的解析

理学専攻・情報科学コース 2040638 小川 公子

1 はじめに

近年の急速な経済発展に伴い、大気汚染物質問題が世界中で問題視されている。PM2.5 はその中でも最も有害な物質の一つであり、粒径 $2.5\mu\text{m}$ 以下と小さいため、呼吸器系の奥深くまで入り込みやすいことから健康への影響が大きい [1]。急速に経済発展した中国では世界の中でも大気汚染物質排出量が多く、また大気汚染を死因とする数が年々増加しているため、大気汚染に関する研究は多く行われており、PM2.5 濃度は排出量だけでなく気象要素と大きく関連がある事が報告されている。本研究の目的は、日本における PM2.5 濃度と気象要素の関係を包括的に解析することである。

2 データと方法

2.1 本研究で使用するデータ

本研究で使用する PM2.5 のデータは、国立環境研究所が提供するデータを欠損値がない測定局に絞って使用した (出典：環境省ホームページ)。ほとんどの地域は西に位置しているが、65 地点は日本全土に広がっており、地域差の分析が可能になっている。また気象データは気象庁の気象観測データにより、PM2.5 測定局から最も距離が近い地点のデータを使用した。気象要素としては、相対湿度 (RH)、気温 (TEM)、風速 (WS)、地表面気圧 (PS) の 4 つを解析した。調査期間は 2010 年 1 月から 2017 年 12 月の 8 年間、すなわち 96 カ月である。また、回帰図、相関図の作成に当たっては、ERA-Interim のデータを使用し、使った変数は気圧、南北風、東西風、また使用した期間は 2010 年から 2017 年の 8 年間である。また今回解析に用いたデータの空間解像度は、緯度経度ともに 1° である。

2.2 データの前処理

本研究の研究プロセスは、3 つの部分に分けられる。まず、前述のようにデータの前処理を行った。次に、PM2.5 濃度の空間的な分布パターンの簡単な解析を行った。第三に、都市、地域、季節、年の複数のスケールで相関分析を行った。また PM2.5 濃度と気象要素との相関係数は、2 つの変数の分布について何も仮定せず、変数の間の関係が任意の単調関数によってどの程度忠実に表現できるかを評価し、相関係数と違いノンパラメトリックな指標である、スピアマンの順位相関係数を用いて測定した。

3 解析結果

3.1 空間的変動

Fig. 2.1 に PM2.5 濃度の偏差と相対湿度、気温、風速、気圧の各偏差から算出した相関関係を空間分布で示す。

PM2.5 と相対湿度は大部分が負の相関を示すが、太平洋ベルト沿いの都市部では正の相関を示す。要因は都市部と郊外のエアロゾルの種類の違いと湿度の違い

の 2 点が知られている [2]。

気温は強い相関は多く見られず、東日本で正の相関、西日本に負の相関が分布している傾向がある。例えば九州で見られる強い負の相関の理由は、気温が高いと空気の対流が促進され大気汚染物質の希釈と分散が起こるためであると知られている [2]。

風速では主に正の相関が見られるが、太平洋ベルト沿いの地点に限り負の相関を持つところも多く、PM2.5 を多く排出する地点では風が弱いほど周辺地域に運ばれず PM2.5 をため込むことが推測される。

気圧では九州に強い正の相関が見られる。気圧が高いと大気境界層が低くなり、大気汚染物質の鉛直拡散が妨げられることなどが原因として考えられる [2]。

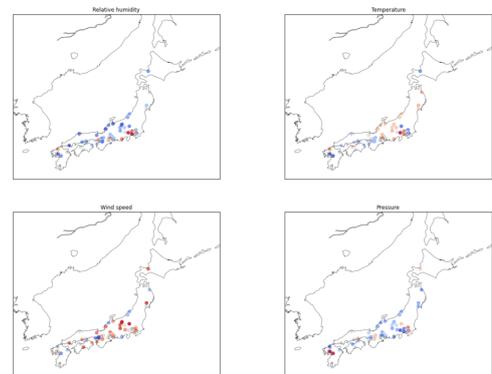


Fig. 2.1: PM2.5 と気象要素の相関関係の空間的変動。赤色が濃いほど強い正の相関、青色が濃いほど強い負の相関を表す。

3.2 季節的変動

前節で行った解析は、概略を捉えるのに有益な一方、季節の影響を大きく受けると考えられる。そこで次に季節的に分けた解析を行い、結果を Fig.2.2 に示す。

たとえば相対湿度の季節変化は、Fig. 2.2 の 1 列目に示すように春と夏に正の相関をもつ都市の数が増え、季節で大きく変化している。一方 1 年を通して、太平洋ベルト沿いには正の相関が分布する。高湿度は NO_3 の生成を促進し、気温が低いことによりガス-粒子平衡が粒子側に偏り、生成した NO_3 が焼失しづらいとされる [3]。

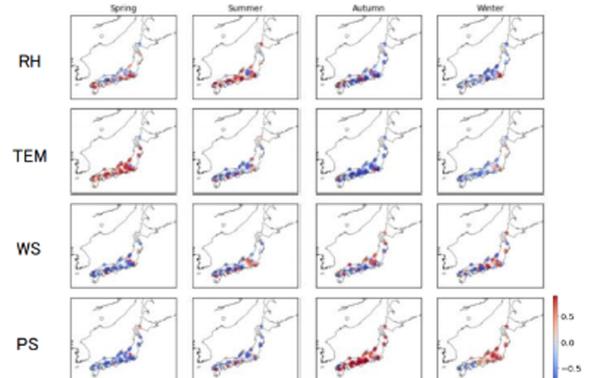


Fig. 2.2: PM2.5 と気象要素の相関関係の季節的変動。

3.3 気象場

大陸からの越境汚染の影響を考察するため、気圧がPM2.5にもたらす影響を気象場によって調べた結果を以下に示す。ここで、PM2.5のデータは最もサンプル数の多い関東地方の平均を用いることとする。

Fig.2.3では関東地方のPM2.5と気圧の回帰図、Fig.2.4では関東地方のPM2.5と気圧の相関図について、北半球全体の結果を示す。関東のPM2.5が多いときは日本、中国付近の中緯度で低気圧偏差が広がり、高緯度付近では高気圧偏差が広がっている。中緯度では、風は高気圧を右に見て吹くため、偏西風ジェット気流が弱まっていることを意味するが、高気圧が広がるのは日本の緯度よりも北の部分である。

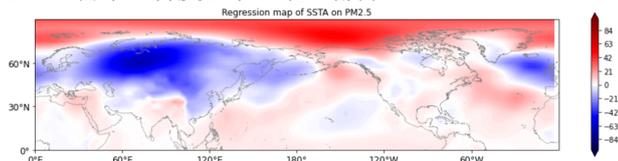


Fig. 2.3: 関東地方のPM2.5と気圧の回帰図。北半球を示す。(単位 Pa/(μm³))

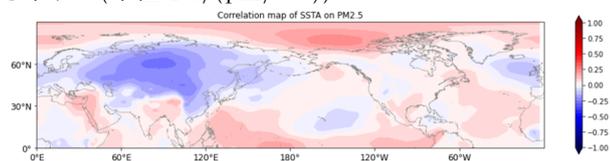


Fig. 2.4: 関東地方のPM2.5と気圧の相関図。北半球を示す。(単位 Pa/(μm³))

Fig. 2.5では関東地方のPM2.5と東西風の回帰図、Fig. 2.6では関東地方のPM2.5と南北風の回帰図を日本と中国に焦点を当てて示す。両図を見ると、関東地方のPM2.5が多いときに日本付近の緯度において東西風は強まり、南北風はわずかに弱まっている。これは、偏西風ジェットが南に降りてきたときに、日本よりも北側の風が弱まって、かわりに日本付近の緯度で大陸からの風が強まり、PM2.5の増加に影響していると考えられる。

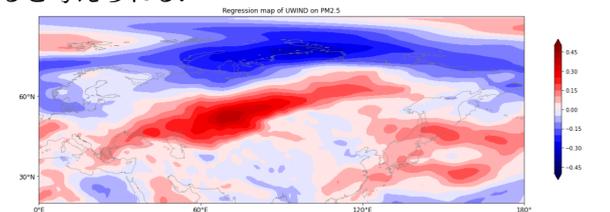


Fig. 2.5: 関東地方のPM2.5と東西風の回帰図。日本と中国付近を示す。(単位 (m/s)/(μm³))

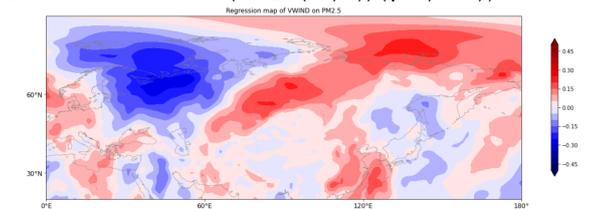


Fig. 2.6: 関東地方のPM2.5と南北風の回帰図。日本と中国付近を示す。(単位 (m/s)/(μm³))

4 まとめと今後の課題

本研究の解析結果で注目すべき点は大きく2点ある。

まず一点目に、PM2.5と湿度の相関関係では太平洋ベルトに沿って正の相関が見られることである。この現象は先行研究における中国でも同様に見られ、正の相関を持つ地域と負の相関を持つ地域の違いは、エアロゾルの種類の違いであると結論付けている [2]。太平洋ベルト沿いは重工業地域であり、エアロゾルの種類は都市工業型であるため、PM2.5の成分のうち硝酸塩と硫酸塩が大きな割合を占める。一方その他の地域ではエアロゾルの種類は清浄海洋型であり、PM2.5の主成分の一つはNaClである。NaClは高湿度状況下では多量の水分を吸収して地上に落ちやすいが、硝酸塩と硫酸塩は吸湿が弱く、乾燥状況下では地上に落下せず重くなる。さらに高湿度は硝酸アンモニウムの形成を促進させる事でPM2.5濃度を上昇させる可能性もある。これらの理由と結果から日本でも中国同様、太平洋ベルト沿いにおいては高湿度がPM2.5濃度を上昇させていると推論した。

二点目は、PM2.5濃度は1年単位の分析ではPSとあまり相関がなかったが、季節ごとの分析では相関係数が大きく変動しており、反対に1年単位の分析ではTEMは相関があるが、季節ごとの分析では変動が見られなかったという点である。このスケールによる差異はPM2.5と気象要因の相関が時間スケールによって異なることを表しており、分析する期間によって異なる結果がでるため、4つの季節と1年間の分析結果は、今後の研究で留意する必要があるスケール変動の証拠と見ることができる。

また本研究では、湿度を除く気象要素では中国と同じ傾向がみられなかったため、今後の展望として、国内で観測されるPM2.5のうち日本国外からの越境汚染の割合が大きい日本では、中国とは異なる手法、視点で気象要素との関係を解析する必要があると推測される。今後は中国のデータとの相関により越境汚染の影響を明らかにし、さらにPM2.5の成分量やPM2.5の主要な発生要因であるバイオマス燃料の発生量、石炭燃焼量などを含めたより多くの解析を行う必要がある。

参考文献

- [1] 環境省：微小粒子状物質県境影響評価検討会報告書、2008.
- [2] Yang, Q et al. (2017) *Int. J. Environ. Res. Public Health*. **14**, 1510.
- [3] Hasegawa S. (2017) *J. Jpn. Soc. Atmos.* **53(1)**, pp.44-45.