

光化学オキシダント濃度監視のための 日最高濃度予測と自動メール送信*

大久保 彰 人**・高橋 洋 子**・宮崎 俊太郎***

キーワード ①光化学オキシダント ②時系列予測 ③ニューラルネット ④自動メール送信

要 旨

光化学オキシダント濃度監視を効率的かつ合理的に行うために、日最高濃度の時系列予測および時間値データの自動メール送信のシステム化を行った。日最高濃度の予測では、ニューラルネットの手法を用いると実測値にかなり近い予測値を出力することができた。

1. はじめに

光化学オキシダント(Ox)濃度の環境基準適合は、時間値で60ppb以下という短期的な評価であり、現状ではほとんど達成されていない。また最近、平均的な濃度はやや増加傾向にあり、光化学反応が盛んな期間には、注意報発令にも備えて、休日にも監視体制をとっている。光化学Oxの高濃度は、気象条件が大きな要因であるので、気象条件を考慮して日間の濃度推移のパターンを把握すれば、濃度推移の予測ができると考えて時系列予測を行った。また、携帯電話のメールを利用すれば、光化学Ox濃度の監視が任意の場所ですべて効率的なので、そのシステム化も行った。

2. 経年的な濃度推移

福岡県においても、光化学Oxの昼間(5時～20時)の平均濃度は、増減しながらも緩やかな増加傾向にある¹⁾(図1)。また、光化学Oxの環境基準達成は短期的な評価で行われており、そのし

きい値である60ppbを超過した時間数で見ると(図2)、1990年代に入って時間数割合が大きくなっていることが分かる。さらに、光化学Ox濃度は、一般に4月から6月に高くなる。ただし、日最高濃度については、7月や8月にも高くなり、注意報のレベルに到達する場合もある。福岡県の「光化学スモッグに係る緊急時対策基本要綱」による光化学Ox注意報は、福岡市において1990年に4回、1996年に1回、北九州市において1997年に1回、それぞれ発令されている。

3. 気象条件と濃度

福岡管区气象台から提供される大気汚染気象通報(表1)は、当日および翌日の気象情報である。その内容を汎用コンピュータにファイル化しているので、年月日を参照して、時間値データを集計することができる。

大気汚染気象通報および常時監視局のデータを用いて、各種の気象条件と光化学Ox濃度との関

*The Estimate of Highest Density and the Automatic Mail Transmission for Photochemical Oxidant Monitoring in the Daytime

**Akito OHKUBO (福岡県保健環境研究所) Fukuoka Institute of Health and Environmental Sciences

***Yoko TAKAHASHI, Shuntaro MIYAZAKI(福岡県環境部環境保全課)Fukuoka Prefectural Government Environmental Conservation Division

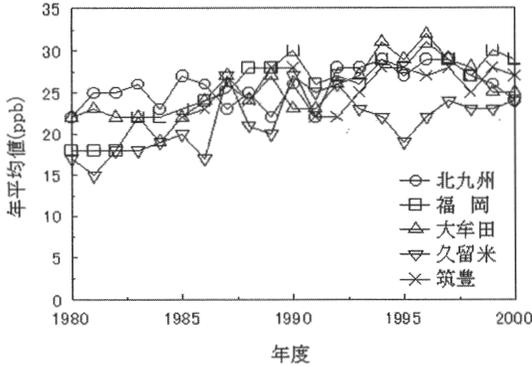


図1 光化学Ox平均濃度(昼間)

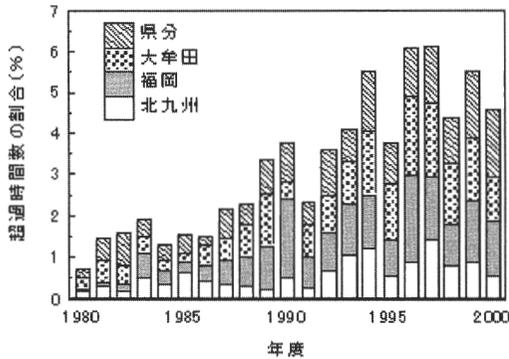


図2 光化学Oxの60ppb超過時間数割合

係を調べてみた。まず、海陸風の有無について、時間値の推移をみると、時間値は海陸風有りのときに大きくなっている(図3)。海陸風によって、光化学Oxが海岸近くの都市部から内陸部に広がっていくことが考えられる。

つぎに、下層逆転層の有無について、時間値の推移をみると、あまり差がないことが分かる(図4)。同じように、接地逆転層の有無も時間値に影響していなかった。接地逆転層は放射性的のものが多いため、逆転層が形成されても、光化学Ox濃度が上昇するまでに、地表が暖められて解消されていると思われる。

また、温度の影響を調べてみると(図5)、散布図では無相関の状態であるが、四角で囲んだように、気温が20℃以上でなければ、高濃度(80ppb以上)にならないことが分かる。平均風速との関係(図6)では、風速が3m以下でなければ高濃度にならない。日射の影響をみるために、午前10時までの日射積算量と時間値との関係を調べると

表1 大気汚染気象通報の内容

分類	項目
共通	年, 月, 日, 曜日
当日及び翌日	天気型, 最高温度, 平均風速, 最大風速 海陸風の有無, 下層逆転層の有無 接地逆転層の有無, 最大混合層高度など

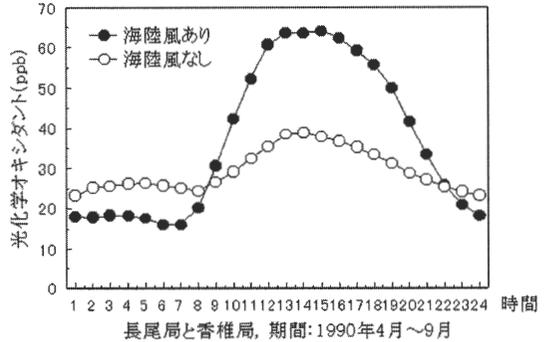


図3 海陸風の有無と時間値濃度の推移

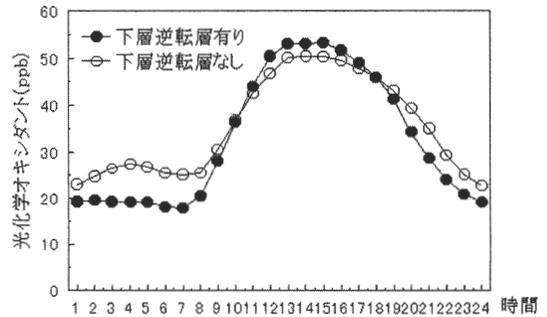


図4 下層逆転層の有無と時間値濃度の推移

(図7), 積算量が約4 MJ/m²以下であれば高濃度にならないことが分かる。

さらに、天気型と時間値濃度との関係を調べてみると(図8)、南高北低型、北高南低型、移動性高気圧後面型といった気圧配置のときに、光化学Ox濃度が上昇している傾向が明らかである。

以上のように、各種気象条件と時間値との散布図をみると、それらの気象条件がある一定の範囲になれば、高濃度にならないことが分かる。つまり、各種気象条件が高濃度出現の要件を満たした場合でなければ、高濃度にならないことが過去データから分かる。したがって、光化学Oxが高濃度になるこれらの気象条件の要件がそろえば、日間の時間値濃度の推移は、過去の濃度上昇の過

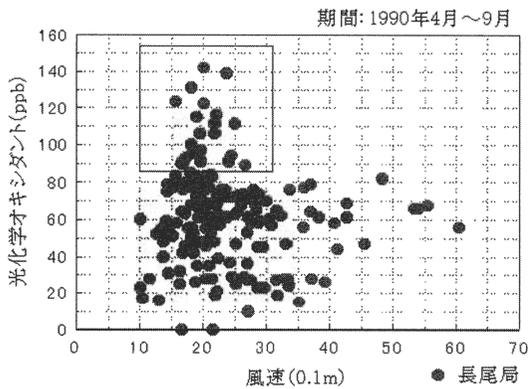


図5 温度と時間値濃度

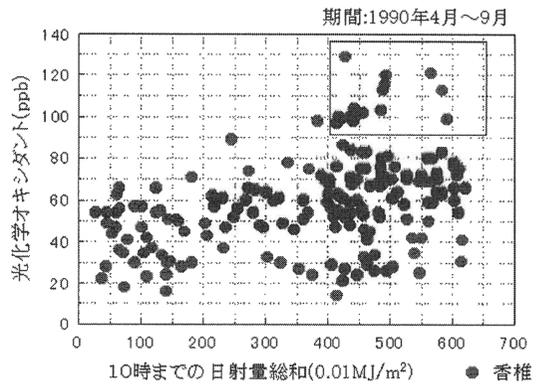


図7 10時までの日射積算量と時間値濃度

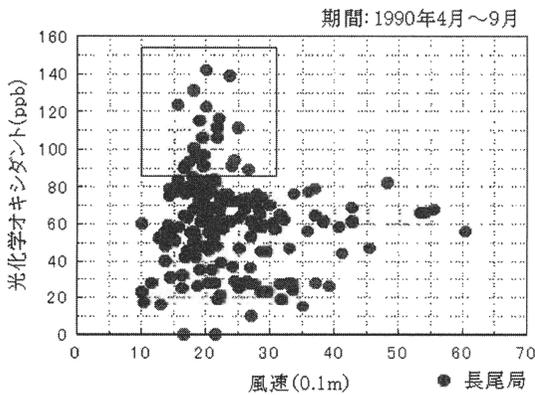


図6 平均風速と時間値濃度

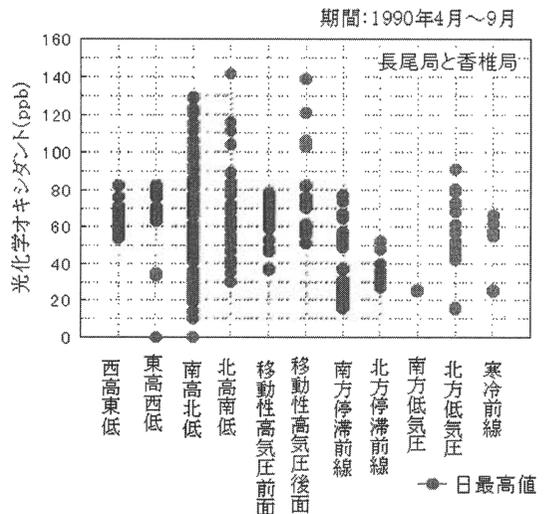


図8 天気型と時間値濃度

程を参考にして、推測できるのではないかと考えられる。

4. 日最高濃度予測

ここでは、光化学Ox濃度の午後の日最高濃度を、午前中に予測することが目的である。従来の重回帰式では、他の汚染物質および気象条件を説明変数として、午後2時～3時頃のピーク濃度を予測するものである。しかし、濃度上昇は、ピーク値に向かって直線的に上がるのではなく、ピーク付近では上昇率は落ちてくる。そのことから、ピーク値とともに時間値の経過もあると、各時間に濃度上昇率をチェックできるというメリットもある。

また、前項の気象条件の影響を調べた結果から、気象条件が一定の範囲にないと、高濃度にならないことが分かった、そこで、そのような気象条件で過去に高濃度(120ppb以上)になった場合の時

間値推移を参照しながら、未知の午前中の時間値データに対して、ピーク値に達するまでの時間値の推移を予測することを試みた。

4.1 高濃度の時間値推移

福岡県で1990年度以降に注意報を発令した当日およびその前日の濃度推移(図9)をみると、前日にやや高く当日になってさらに高濃度になるというパターンである。このことは、5例のうち1例を除いて、ほぼ同様の傾向である。また、そのときの各種気象条件は、高濃度になるときの要件を満たしており(接地逆転層の有無は関係なかった)、これらの時系列推移をもとに、時系列(時間値)を予測することを考えた。

4.2 ニューラルネットによる予測

時系列解析として、ニューラルネットによる予測を行った。ニューラルネットの構造(図10)は、n個の連続した時間値データにおいて、連続したN|x_i, i=1, 2, ..., n|個の時間値データを入力して、次のN+1番目の時間値を予測して出力するように決定する。

入力: {x_i, x_{i+1}, ..., x_{i+N}}
 →出力: x_{i+N+1}

ニューラルネットは、入力層、隠れ層及び出力層からなるフィードフォワード型と呼ばれるものである。それぞれの層のユニットで人間の神経を模倣したシグモイド関数(式(1))を通して出力され、各層間の結合加重を調整することにより、いろいろな関数を近似できる

$$f(t) = \frac{1}{1 + e^{-at}} \quad (1)$$

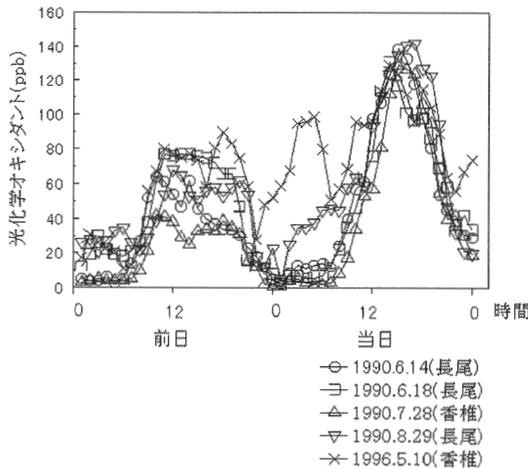


図9 高濃度時の前日と当日の光化学 Ox 濃度

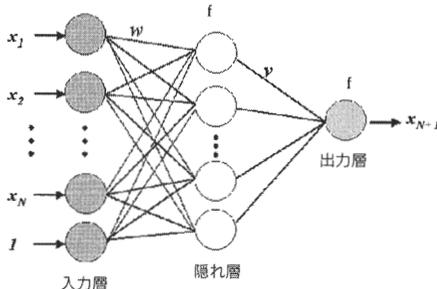


図10 ニューラルネットの構造

ニューラルネットの入出力をまとめると、次式(2)のとおりである。

$$x_{i+N+1} = f \left(\sum_{j=1}^H v_j f \left(\sum_{k=1}^N w_{jk} x_k + b \right) \right) + c \quad (2)$$

ただし、i=1, 2, ..., n-N-1

N個の収集時間値(訓練データ)を式(2)に代入したときの出力とN+1番目の時間値との誤差がなるべく小さくなるように、{w_{jk}}, {v_j} 結合加重を定める。このニューラルネットの学習法²⁾は誤差逆伝播法と呼ばれ、最急降下法と同じ計算の手続きをとる。

実際に時系列予測を行うために、「信号処理プログラム neuro10」³⁾を使って、過去に高濃度で注意報レベルになった日間の時間値(香椎局, 1990年7月28日)を訓練データとして、ニューラルネットの結合加重を求めた。

入力ユニット数Nを3、隠れユニット数Hを3、学習係数とシグモイド関数の傾きaを0.5として、初期の結合荷重に乱数を与えて、学習回数1000回までの反復で誤差が減少したので、そのと

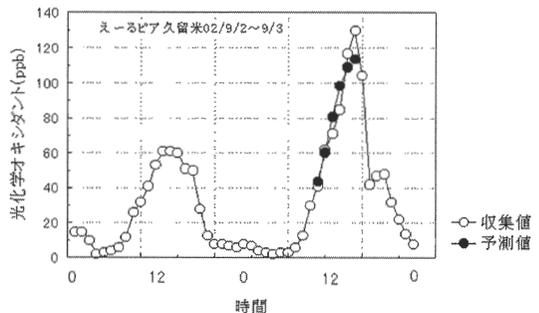


図11 ニューラルネットによる予測

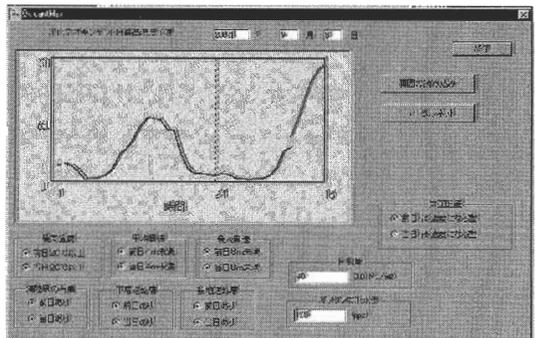


図12 日最高濃度予測のWindowsアプリケーション

きの $\{w_{jk}\}$, $\{w_j\}$ 結合荷重を求めた。

その学習結果をもとに、未知のデータとして、えーるピア久留米局のデータ(2002年9月3日、速報値)に対して、時系列予測を行った。濃度上昇の過程が実測値とかなり一致しており、時間値が上昇していく過程を予測できた(図 11)。

この予測方法について、気象通報データが入ってくる午前10時にデータを入力して、日最高濃度を予測するために、Microsoft Visual C++を利用して、Windows アプリケーションを作成した(図 12)。ニューラルネットによる予測は、過去の高濃度日の時間値推移を訓練データとしているため、気象条件が高濃度になる要件を満たす場合がその適用範囲である。

5. 時間値データの自動メール送信

光化学 Ox 濃度の上昇期には、休日にも環境部の監視担当課において、パソコンのオンライン画面により常時監視を行っている。しかし、携帯電話のメール(図 13)で光化学オキシダントの時間値データを受信できれば、自宅のみならず任意の場所で監視を行うことができる。また、監視担当の数人が対象なのでメールで十分であり、効率的な監視体制への試みとして、時間値データの自動メール送信システムを作成した。

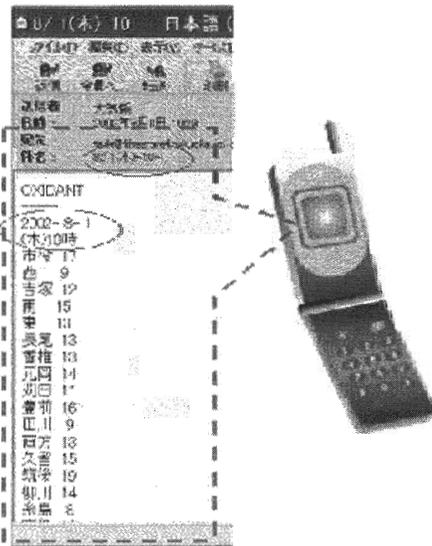


図13 携帯電話へのメール送信

5.1 毎時のタイムスケジュール

福岡県の大気常時監視システムでは、汎用コンピュータ(NEC ACOS i・PX7600)により、大気時間値データを、毎時のタイムスケジュールにしたがって、たえず収集している。その他、環境省の大気汚染物質広域監視システム(通称、「そらまめ君」)へのファイル転送などの定時処理も行っている。

このような既存の定時処理に配慮しながら、自動メール送信のスケジュール(表 2)を組み入れて、各種の処理を定まった時間に実行している。

自動メール送信処理の概要(図 14)は、自動測定局から収集された光化学 Ox の時間値データを汎用コンピュータでファイル化し、そのファイルをパソコン側に転送して、毎時32分に、メール送信している。つまり、汎用コンピュータとパソコンで処理を分担して運用している。

5.2 汎用コンピュータ側の処理

メール送信以外の主な処理は、汎用コンピュータにより処理している。具体的には、「現在時刻を判定して、光化学 Ox データをファイル化する」「ファイルは、携帯の画面で1行に入るように短いレコードに編集する」「メールの題名で、日時及び曜日を変更する」および「配信先アドレスの

表 2 自動メール送信のタイムスケジュール

時間帯	処理内容
45~00分	・送信
15分	・メール題名(日時・曜日)の編集 ・設定ファイルの編集
25分	・設定 ・Ox ファイルの作成
30分	・Ox ファイルを PC 側に転送
32分	・メール自動送信

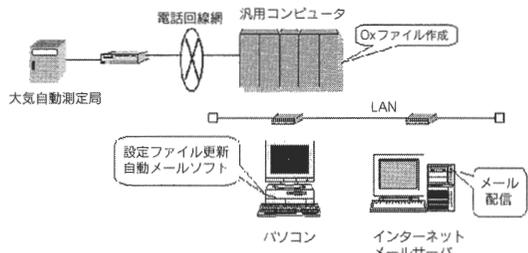


図14 自動メール送信の概要



図 15 アドレス設定の Windows アプリケーション

追加と削除の設定を有効にする」という処理を行うために、汎用コンピュータにおいて、それぞれに FORTRAN プログラムを作成した。

これらの処理では、8時から18時のそれぞれの自動実行が終わると、つぎの時間の実行ジョブを待ちの状態にしておき、指定時刻がくると自動実行するようにした。

5.3 パソコン側の処理

パソコン側では、光化学 Ox ファイルの受信、メールの自動送信および送信先アドレスの設定を行っている。これらの定時の自動実行は、タスクスケジューラで管理している。

また、メールの送信先、題名などを設定ファイルに記述できて、本文に時間値ファイルを書き込める機能をもつ「自動メール送信ツール MailTo」⁴⁾を利用した。

さらに、メール送信先アドレスの設定を便利にするために、Microsoft Visual C++を利用して、Windows アプリケーションを作った(図 15)。これにより、ダイアログ画面でアドレスをチェックするだけで、設定ファイルを更新できるようになった。

6. まとめ

光化学 Ox 濃度が上昇する日の気象は、経験的にも分かっているが、その濃度の経過やそのピーク値の予測は難しい。ここでは、気象条件の要件を過去のデータから明らかにして、時系列予測の手法として、ニューラルネットの関数近似能力を利用した。また、常時監視体制を補完または効率化するために、携帯電話のメールを利用することを考えて、自動メール送信システムを作った。これらの解析及び開発は、常時監視体制を、合理的かつレベルアップすることを目標に実施したものである。

— 参 考 文 献 —

- 1) 濱村研吾, 大久保彰人, “福岡県における大気環境の変遷”, 第28回九州衛生環境技術協議会要旨集, pp. 21-22, 2002.
- 2) 阿部重夫, “ニューラルネットとファジシステム”, 近代科学社, 242pp, 1995.
- 3) 信号処理プログラム (neuro10), <http://rd.vector.co.jp/soft/dl/win95/edu/se232075.html>
- 4) 自動メール送信ツール (Mailto), <http://www.vector.co.jp/soft/win95/net/se085397.html>