

アメダス地点における風速観測値の経年変化

藤 部 文 昭*

要 旨

20年間の資料を使って全国のアメダス地点における風速観測値の経年変化を調べた。まず観測点の移転や風速計の設置高度の変更をチェックし、それらが無いと判定される482地点を選んだ。これらの地点を平均して、日最大風速は0.41%/年、日平均風速は0.26%/年の率で減少していた。一部の地点では減少率が4~5%/年に達していた。

1. はじめに

地上風速の観測値は、測器の設置状況や観測点周辺の環境に影響される。気象官署についてはそれらの影響がある程度まで調べられてきたが(田村ほか, 1984; 桑形, 1993), アメダスに関してはこの種の検討例は見当たらない。しかし、アメダスの本格運用が始まってから20年が過ぎ、その観測値は実況監視だけでなく、長期間の気候データとしての利用価値が高まっている。そこで、アメダスによる長期間の風速観測値の利用を念頭に置き、その時間的な均質性を評価するため、測器の移設がなかったと見なされる地点を選び出し、その風速観測値の経年変化を見積もった。

なお本稿では「移設」という言葉を、観測点が移転した場合と、観測点の位置は変わらず風速計の設置高度が変わった場合の両方を含んだ意味に使う。

2. 資料と解析方法

2.1 資料

1979年3月~1999年2月のアメダスの毎時資料を使った。風の収録単位は1 m/sである。3月を起点にしたのは、移設の有無を判定するのに使われた資料(次節)が3月現在のものであるためである。

対象要素は、日平均風速、日最大風速および時刻別の風速とした。日平均風速と日最大風速は01~24時の

毎時値から求めた。その場合、24個の毎時値のうち2個までの欠測を許した。この条件下で日平均・最大風速を求められない日が半分以上ある月は欠測月とした。

対象地点は、全期間を通じて地点番号(5けたの番号)に変更がなく、欠測月がないことを条件とした。これにより762地点が対象になったが、この中には期間の途中で移転したものも含まれる。それらの扱いについては2.3節で述べる。

2.2 測器の変更について

アメダス地点の中には気象官署も含まれる。気象官署の測器は風車型風向風速計の旧型装置から、1980年代に「80型装置」に変更され、弱風時を中心として風速観測値の増加が生じた(藤部, 2001)。そこで、本解析では気象官署を他のアメダス地点とは区別して扱った。

気象官署以外のアメダス地点では、当初はJMA-75型有線ロボット気象計が使われたが、1989年度からJMA-89型有線ロボット気象計が整備され、その際に風の感部が変更された。新しい測器は75型と同様に風車型風向風速計であるが、75型の約2/3の大きさ、約半分の重量(3 kg)になった。一般に、感部が小さくなると初動風速が小さくなるため、風が弱い場合には観測値が大きくなる可能性がある。しかし、それ以外の違いは信号伝送系に関わるものであって、上記の変更による観測値への影響は認識されていない。よって、本稿ではひとまずこの問題を考えないでおく。

* 気象研究所予報研究部, ffujibe@mri-jma.go.jp
—2002年11月12日受領—
—2003年4月11日受理—

2.3 移設地点の判別

アメダスの風速計に移設があったかどうかを確認するため、主として観測所一覧表（気象庁，1979）とその後順次発行されている追録を照合し、かつ各気象台から発行されている月報・年報の類を援用した。その際の問題点として、(1) 観測点に移転しても地点番号が変わらない場合があり、地点番号からは移転の有無を判定できないこと、(2) 地点の経緯度や海拔高度、所在地は再測量などによる訂正や地名・地番変更によって変わる場合があり、移転を判定する確実な根拠にはならないこと、が挙げられる。また、風速計の設置高度は気象庁（1979）には記載がないので、各気象台の月報等を使って可能な限り判定したが、再測量などによる見かけの変化があり得ることを考え、変化率が5%以上であるものだけを取り上げた。

これらの事情により、移設の判定は不確定さが残り、風速観測値の経年変化の実態を見て主観的に判断せざるを得ない場合もあった。今回の調査を行った主目的は、長期間の統計解析に利用できる均質な資料を確保する際の参考にすることであるから、疑わしい地点は移設と判断するようにした。

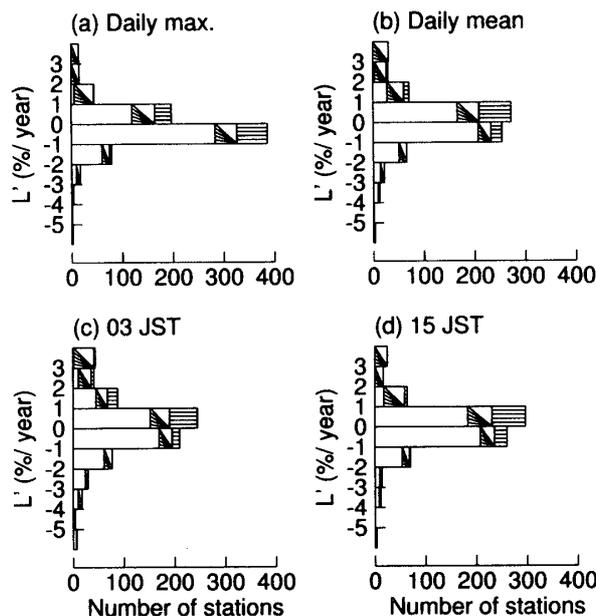
以上の手順により、2.1節に述べた762地点は、気象官署98地点、気象官署以外で移設があるか疑われる182地点（うち135地点は移転をほぼ確認でき、33地点は移転はないが風速計の設置高度が変化し、14地点は風速変化等から移設が疑われる）、およびそれ以外の482地点に分けられた。気象官署の数が少ないのは、官署の移転によって地点番号の変わった地点がすでに2.1節の処理の中で除かれているからである。

2.4 経年変化率の求めかた

地上風速は、観測場所の地形や立地条件（地表面粗度など）に依存し、観測点ごとにその平均値は大きく異なる。従って、風速の経年変化量そのものよりも、長期的な平均値に対する相対的な変化すなわち変化率のほうが、実用上重要である。そこで、経年変化率を以下の最小2乗条件を使って計算した。

$$\sum_n [\log u(n) - \{L + L'(n - n_0)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (1)$$

ただし u は風速の年平均値（3月～翌年2月の平均）、 $\log u$ はその自然対数、 n は年であり、 n_0 は対象期間の中央すなわち $n_0 = 1988.5$ 年である。 L と L' が最小2乗係数であり、 L' は「平均値に相対的な変化率」を表す。



第1図 風速の経年変化率 L' の度数分布。棒グラフのうち白い部分は非移設地点、三角に塗った部分は気象官署、縞に塗った部分はそれ以外の移設地点を表す。

また同時に、次の最小2乗条件による計算も行った。

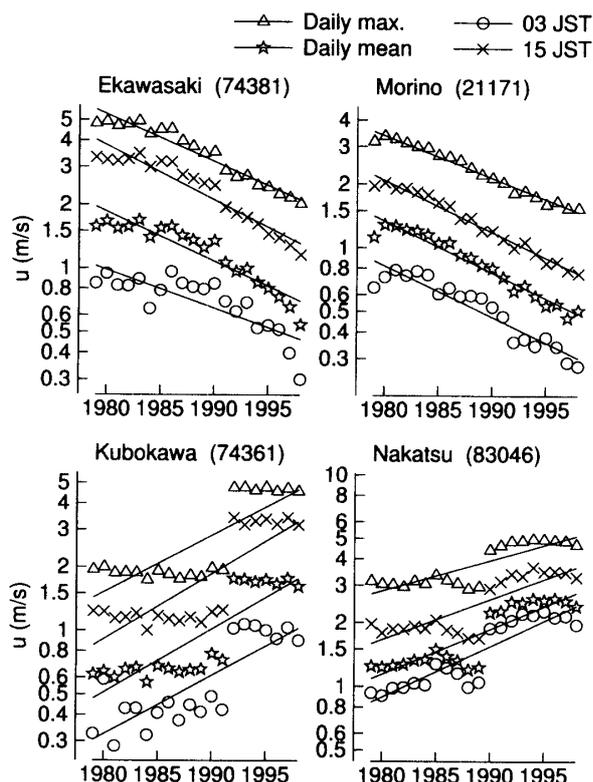
$$\sum_n [u(n) - \{U + U'(n - n_0)\}]^2 \rightarrow \text{最小} \quad (2)$$

ここで最小2乗係数は U と U' である。得られた結果によると、 L' と U'/U との間には0.999以上の相関があり、その差は多数地点を平均すれば0.01%/年程度に過ぎない。従って、(1) と (2) のどちらを使っても実際上問題はない。本稿では主として L' を示すが、 U'/U の値も随時併記する。

以後、変化率の「大小」という言葉はその絶対値を指すものとする。また、要素や時刻を指定する場合には $L'_{(日最大)}$ のように表記する。

3. 結果

第1図は L' の度数分布を示す。日最大風速については482の非移設地点中、357地点（74%）で $L' < 0$ （すなわち風速減少）、74地点（15%）で $L' < -1\%/年$ であり、 $L' < -2\%/年$ の地点も14地点（2.9%）ある。非移設地点全体の L' の平均値は $-0.41\%/年$ である（ U'/U の平均値も同じ値）。一方、移設地点では $L' > 0$ のところも多く（114地点＝移設地点の63%）、 L' の平均値は $+0.64\%/年$ である。気象官署を含めた全762地点では L' の平均値は $-0.12\%/年$ である。

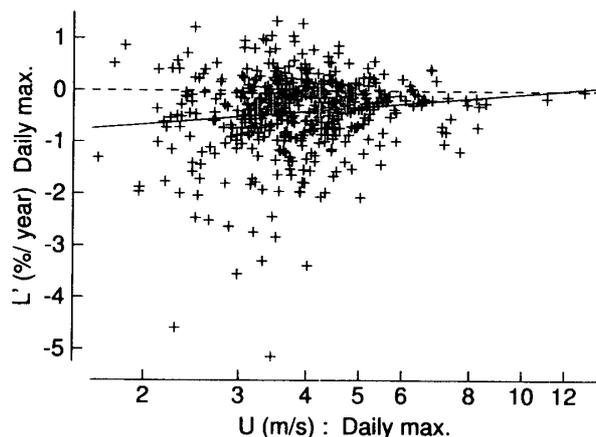


第2図 風速の経年変化の例 (各要素あるいは時刻の年平均値と、式(1)による1次回帰).

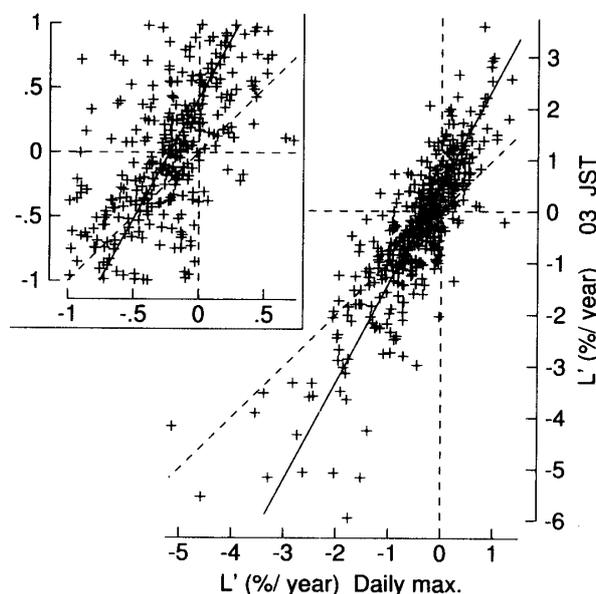
日平均風速や03時, 15時の風速に関しても, 日最大風速と同様の特徴があるが, 非移設地点の風速減少傾向は日最大風速に比べてやや弱く, L' の平均値はそれぞれ $-0.26\%/年$, $-0.29\%/年$, $-0.26\%/年$ である (U'/U はそれぞれ $-0.26\%/年$, $-0.29\%/年$, $-0.25\%/年$).

第2図は, 非移設地点のうち風速の減少率が特に大きい例として江川崎 (高知県西土佐村) と森野 (北海道白老町) を, 移転した地点の例として窪川 (高知県窪川町) を, 風速計の設置高度が変化した例として中津 (大分県中津市) を取り上げ, 日最大風速, 日平均風速および15時と03時の風速の経年変化を示したものである. 江川崎と森野では風速はほぼ連続的に減少し, $L'_{(日最大)}$ は江川崎では $-5.1\%/年$, 森野では $-4.6\%/年$ である ($U'/U_{(日最大)}$ はそれぞれ $-4.8\%/年$ と $-4.5\%/年$). 一方, 窪川と中津の場合は移設による不連続的な増加が明らかであり, (1) を当てはめて経年変化率を計算すると, $L'_{(日最大)}$ はそれぞれ $6.2\%/年$, $3.3\%/年$ という値になる.

第3図は非移設地点を対象にして, 日最大風速の長期平均値と経年変化率すなわち $U_{(日最大)}$ と $L'_{(日最大)}$ の値をプロットしたものである. U が小さいほど L' 値



第3図 風速 U と経年変化率 L' の関係. 実線は1次回帰.



第4図 $L'_{(日最大)}$ と $L'_{(03時)}$ の関係. 実線は式(3)による回帰直線. 左上の図は, 原点付近を2.5倍に拡大したもの.

のばらつきの幅が大きくなる. 言い替えると, 風速観測値の小さい地点の中には, 正負いずれにせよ経年変化率の大きい地点が含まれる傾向がある.

第4図は x 軸に $L'_{(日最大)}$ を, y 軸に $L'_{(03時)}$ を取り, 各非移設地点のデータをプロットしたものである. 両者の間には 0.83 の正相関があるが, データの分布は $y=x$ よりも上下方向に立っている. また, 原点付近の拡大図 (第4図の左上部) から分かるように, データの分布はわずかながら原点の左上 (第2象限側) にずれている. 第4図に描き込んだ直線は, 各データ点からの距離の2乗和を最小にする条件

$$\sum_{i=1}^N \frac{\{y_i - (Ax_i + B)\}^2}{A^2 + 1} \rightarrow \text{最小} \quad (3)$$

を使って引いたもので、その傾きは $A=1.90$, y 切片は $B=0.50\%/年$ である。

図は省略するが、 $L'_{(日最大)}$ と $L'_{(15時)}$ はもっと相関が高く (0.97), データは $y=x$ の線の近くに分布する。しかしそれでも、分布の傾きは1より大きく、わずかではあるが原点の左上に偏る ($A=1.20, B=0.24\%/年$)。

4. おわりに

以上で示したように、アメダス地点の中には移設したところがかかなりあり、移設のない地点でも風速が大幅に減少したところがある。アメダスの風速資料を利用する場合、その目的次第ではこのような特性を理解しておく必要がある。しかし、移設がなく経年変化の小さい地点も少なくないので、地点を注意深く選べばアメダス資料を気候データとして使える可能性がある。

なお、こうした経年変化や観測環境の変化について気象庁は調査し実態を把握している。その上でアメダス以外の観測データも合わせて総合的に気象を監視し、予警報の発表を行っている。観測環境が著しく悪化した場合には移設等により改善を図っており、今回の事例についても検討が進められている。また、経年変化率の大きな地点の多くが風速観測値の小さい地点

であること (第3図) から、防災上留意すべき強風 (例えば10 m/s 以上の風) が頻繁に観測される地点では、経年変化の問題は比較的少ないと言えよう。

風速観測値の経年変化の理由については、今後の検討課題としたい。 $L'_{(日最大)}$ と $L'_{(03時)}$ の分布が $y=x$ の線からずれる事実 (第4図) は、変化率が風速や大気安定度に依存することを示唆する。このことを念頭に置きながら、地表面粗度の変化など物理的理由のほか、今回考慮しなかった測器変更の影響の可能性も視野に入れて考えていく必要がある。

謝 辞

気象庁観測課の石原正仁課長補佐ほか観測部の方々から有益な助言を頂きました。ここに感謝します。アメダス資料は気象庁統計室作成のCD-ROMを利用した。

参 考 文 献

- 藤部文昭, 2001: JMA-80型地上気象観測装置の導入に伴う気象官署の風速観測値の変化, 天気, 48, 219-226.
- 気象庁, 1979: 地域気象観測所一覧表 (第4版), 88pp.
- 桑形恒男, 1993: 大型台風にもなった気象官署の突風率の長期変化, 天気, 40, 91-97.
- 田村幸雄, 須田健一, 松井源吾, 1984: 建物密度の永年変化を考慮した年最大風速の均質化, 第8回風工学シンポジウム論文集, 47-54.

Long-term Changes in Wind Speed Observed at AMeDAS Stations

Fumiaki FUJIBE

Meteorological Research Institute, Tsukuba 305-0052, Japan. E-mail: ffujibe@mri-jma.go.jp

(Received 12 November 2002 : Accepted 11 April 2003)

Abstract

An analysis was made on long-term changes in wind speed at AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System) stations using data for twenty years from March 1979 to February 1999. On the average over 482 stations, which were judged to be free from changes in site and/or anemometer height, daily maximum wind speed and daily mean wind speed showed a decrease of 0.41%/year and 0.26%/year, respectively. At some stations, wind speed was found to have decreased at a rate of 4-5%/year.