

現用風測器と調査研究用風測器との比較*

高橋 延 男**

要 旨

現用風測器と調査研究用風測器との比較試験を自然風において試み、それぞれの風速値の確かさを調べてみた。その結果は自然風のような乱れた風の場合には、測器の構造による特性の違いが風速値に差異を示すことがわかった。

1. まえがき

最近、大気汚染、原子力、環境保全などで地域の周辺における微気象観測が行なわれ、汚染濃度は風速の弱い程その影響が大きいことから、低風速 1 m/s 以下でも観測できる性能のよい微風速計が望まれている。

筆者は一般気象観測に用いられている現用風測器では、風速 3.0 m/s 以下の風を正確に測定することは困難と思われるので、感部の材質を軽くして慣性能率を1桁小さくした各種微風測器を開発して性能試験を行ってきた(佐貫, 1953; 高橋, 1971, 1972)。

これらの風測器は風洞で較正されて使用されているが、自然風では絶えず向きと速度を変えながら吹いているから、各種風測器を自然風の状態のもとで比較し、その実測値から風測器の性能を調べた。

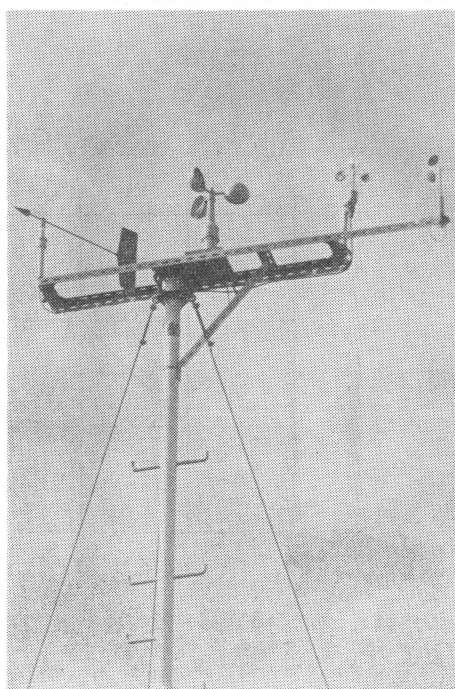
2. 比較風測器の試験および性能

現用風測器と比較対称とした調査研究用風測器は昭和50年2月から8月にかけて自然風において比較試験がなされた。各種風測器の主要性能を第1表に示す。

3. 比較試験および結果

3-1 標準型3杯風速計と3杯型微風速計

つい最近まで一般に使われていた標準型3杯風速計(歯車式)と3杯型微風速計(LED式)の比較は、4月から8月まで気象研究所構内にある8m観測ポール上に架台を取付け、その上に比較風速計を一緒にならべて行なわれた。比較風速計の概観写真を第1図に示す。風速



第1図 標準型3杯風速計(中央)と3杯型微風速計(右側), 気研構内, 8m観測ポール。

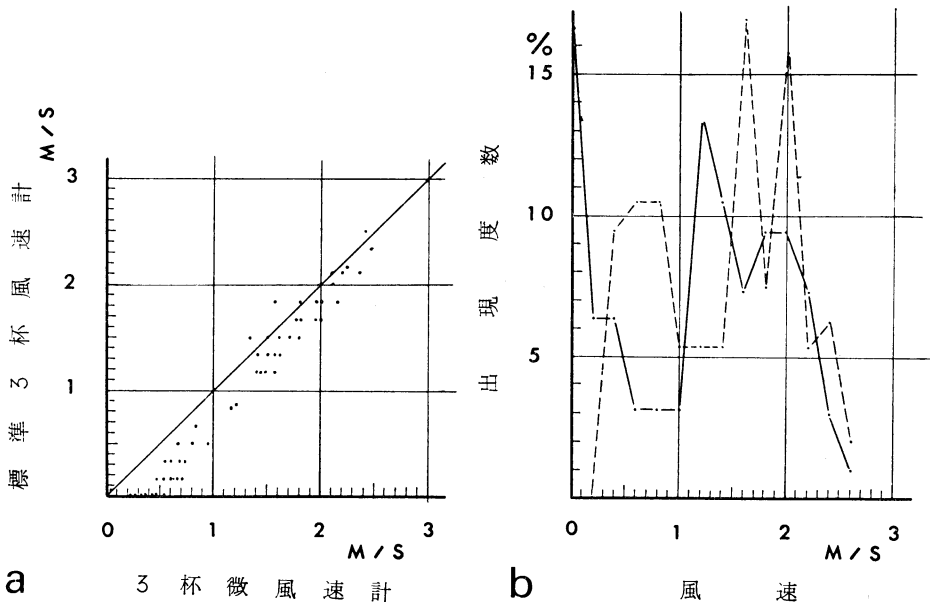
の記録は10点式電接计数器に連続的に記録させた。この風速資料から4月23日10時00分~20時00分(No. 1), 4月30日02時10分~08時00分(No. 2)の風速資料を10分に区切って10分平均風速を求めて対比したものと風速の階級別度数分布折れ線グラフを第2図a, bに示す。これをみると標準型3杯風速計の風速値が零の時、3杯型微風速計は風速を示し、風速 1.0 m/s 以下は大きな差異がみられた。このNo. 1の風速 1.2~2.5 m/sの風速範

* A comparison tests of general and investigation wind instruments.

** N. Takahashi, 気象研究所気象衛星研究部
—1976年3月23日受領—
—1976年7月5日受理—

第1表 各種風測器の主要性能

比較測器	感部の寸法 mm	始動風速 m/s	距離定数 m	慣性能率 kg・m・S ²	対数減衰 率	耐風速 m/s
現用 標準型3杯風速計 (太田, No. 15)	100φ:100	約1.5 以下	9.3	2.6×10 ⁻⁴		90
〃 風車型風向風速計 (気象庁標準型, KL-100, 光進)	175 ^γ	約1.5 以下	7.5	2.73×10 ⁻⁴		90
調査用 3杯型微風速計 (気研型, CC-100, 光進)	50φ:56	約0.25以下	1.5	3.9×10 ⁻⁵		40
〃 複合型微風向風速計 (気研型, CS-100, 光進)	50φ:56	約0.25以下	1.5	3.9×10 ⁻⁵	0.98	40
〃 風車型微風向風速計 (MV-100, 光進)	150 ^γ	約0.4 以下	4.5		0.75	60
〃 超音波型微風向風速計 (KSS-110, 光進)	300	0				90



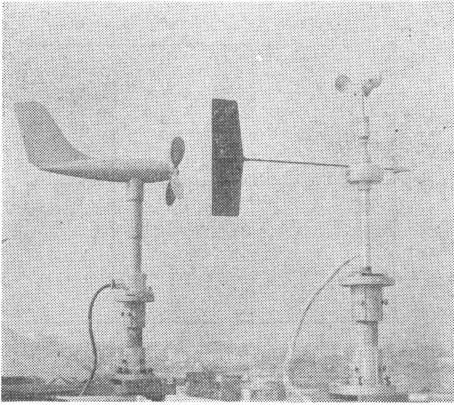
第2図 a. 風速計の比較, b. 風速の階級別度数分布折れ線グラフ, 風速は10分平均風速, 実線は標準型3杯風速計, 破線は3杯型微風速計.

図における両者の10分平均風速の個々の風速比を求めて、47個の相加平均値を比較してみると標準型3杯風速計は3杯型微風速計と較べて8%程度風速を小さく見積もっている。同じ風杯型でも標準型3杯風速計は減速歯車を使って風杯の回転数を検出しているの、回転軸の摩擦損失は大きい。一方、3杯型微風速計は減速歯車の代わりに発光ダイオードとフォトトランジスタを使って風杯の回転数を検出しているの、軸の摩擦損失は小さい。更に、風杯の材質は耐蝕性アルミニウム軽合金を使

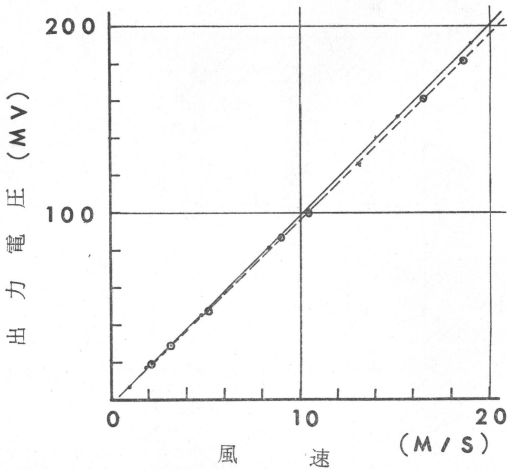
って慣性能率を一桁小さくしたことなどから、このような差異が現われた。

3-2 風車型風向風速計(気象庁標準型)と複合型微風向風速計

現在、一般に使われている方向性のある風車型風向風速計と調査研究用として開発された複合型微風向風速計(高橋, 1974)の比較は、1月から2月にかけて光進電気測風台を利用して行なわれた。比較風速計の概観写真を第3図に示す。この風測器の風速指示値は瞬間風速であ

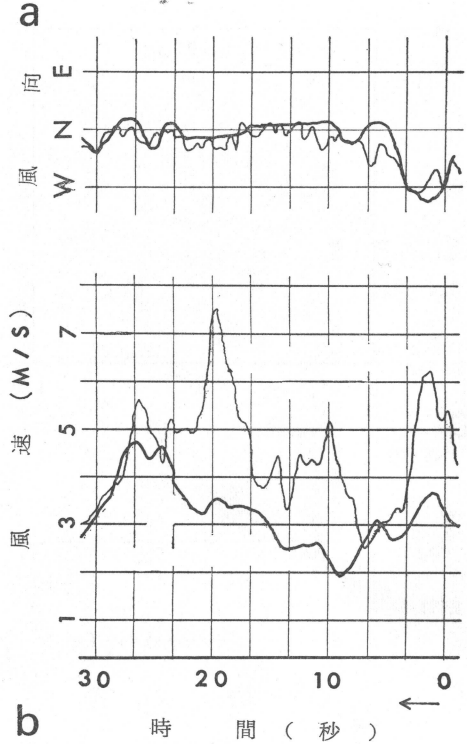


第3図 風車型風向風速計(左)と複合型微風向風速計(右), 光進測風台.



第5図 風速計の較正結果(気象庁風洞, 昭和50年2月28日), 実線は複合型, 破線は風車型を示す.

るから, あらかじめ風車型の出力電圧を複合型の出力電圧に合わせて較正しておいた. 第4図a, bは自然風における風車型と複合型の実際の風向風速記録の一例を示す. a図には両者の風向記録をb図には風速記録を同時に記録させ, 記録ペンのズレを考慮して写図したものである. 風向記録をみると風向変動に対して風車型は緩慢であるのに, 複合型は鋭敏に追隨している. 一方, 風速記録の複合型は忠実に風速に追隨しているのに, 風車型は風速の最終速度に到達しないうちに減速状態に入り, 風速は大きな差異が現われている. このように自然風にはa図のように風向変動があつて, 方向性のある風車型

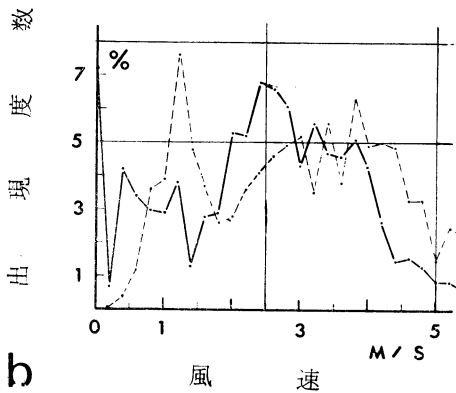
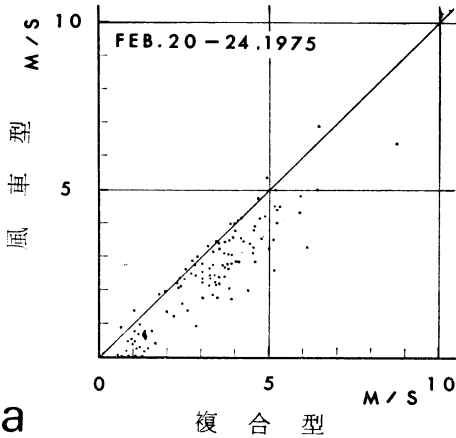


第4図 風向風速の記録例(昭和50年2月24日), a. 風向記録, b. 風速記録, 実線は風車型, 細線は複合型を示す.

は風向翼の遅れにより風車が風向に正対しないから, 風速値は小さく見積もることになる. 野外試験が終わってから風速計の分解手入れをしないで, 気象庁風洞を用いて風速と出力電圧を確かめてみたが, 第5図のように較正曲線には差異はみられなかった.

2月20日~24日の風速資料を1秒毎に読取り, 10秒平均風速として求めて対比したものと風速の階級別度数分布折れ線グラフを第6図a, bに示す. この結果はa図に示すとおり風車型は風速値が零の時, 複合型は風速を示している. b図の比較では風車型は風速1.4m/s以下と2.4m/s前後に出現度数が高くなっているのに, 複合型は風速0.2m/s付近から出現度数が増し風速1.2m/s付近に度数が高くなっている. 両者の出現度数は一致していない. 一般に自然風は複合型で観測したように風速零は少ないものと考えられる.

この風速資料(No. 8)の風速2.5~6.88m/sの範囲における両者の10秒平均風速の個々の風速比を求め, 30個の相加平均値を比較してみると風車型は14.9%程度風

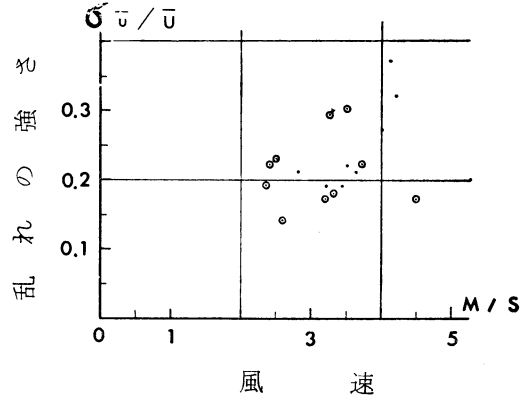


第6図 a. 風速計の比較, b. 風速の階級別度数分布折れ線グラフ, 風速は10秒平均風速, 実線は風車型, 破線は複合型を示す.

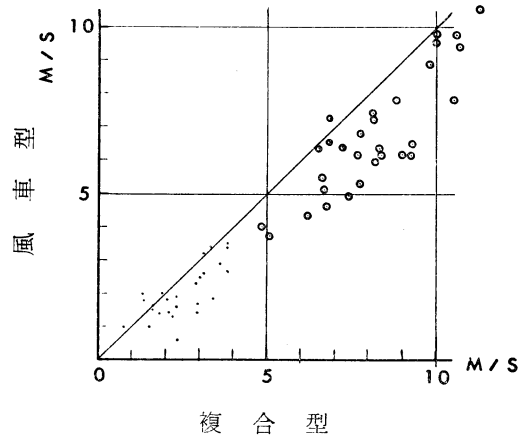
速を小さく見積もっている。この観測時の風の乱れの強さ $\sigma\bar{u}/\bar{u}$ は第7図に示すように0.14~0.37の範囲であった。瞬間風速(資料, No. 6, 7, 8)の比較は1分間に起きた最大値と最小値を対比したものが第8図に示してある。両者の瞬間風速の個々の風速比を求め、相加平均値を比較すると風車型の最大値は複合型と較べて20%程度小さく、最小値は12%程度小さく見積もられている。これらの差異は測器の構造による特性の違いと自然風には通常 15° 前後の風向変動があるから、方向性のある風車型は風向に正対しないと風速値を小さく見積もりがちになる。

3-3 風車型微風向風速計(クリーンペーン)と複合型微風向風速計

この風車型は慣性能率を小さくした風車と減衰係数を



第7図 観測時の乱れの強さ, 風速は1分平均風速, \odot は風車型, \bullet は複合型を示す.

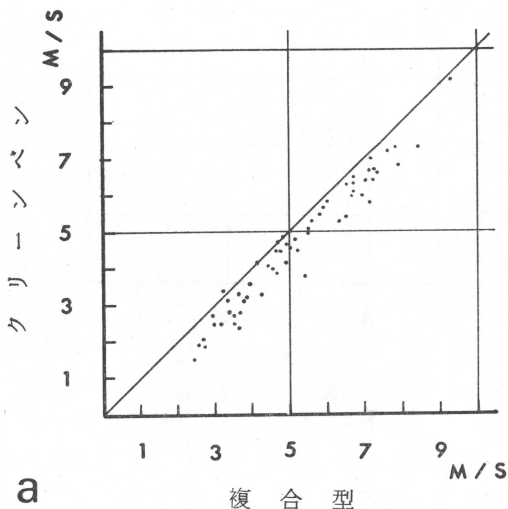


第8図 1分間に起きた瞬間風速の比較, \odot は最大風速, \bullet は最小風速を示す.

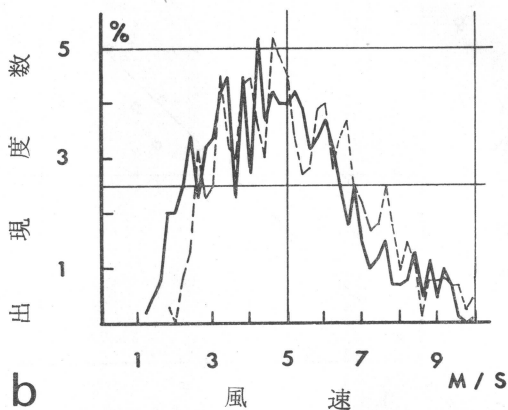
大きくした風向翼を備えた微風速用で、大気汚染の監視、大気拡散などの調査研究用の目的のために開発された。比較風速計の概観写真を第9図に示す。第10図a, bは自然風におけるクリーンペーンと複合型の実際の風向風速記録の一例を示す。a図は両者の風向記録を、b図には風速記録を同時に記録させ、記録ペンのズレを考慮して写図したものである。これを見ると第4図と同様に風車型は風向に対して緩慢であるのに、複合型は鋭敏に追随している。一方、風速記録をみると両者の風速値は類似している。風速の減速状態では複合型は風速を大きく指示し、風車型は見掛上減速状態によく追随しているようにみうけられる。しかし、風向記録をみると風車型は風向翼のおくれが風速値を小さく見積もっているよ



第9図 超音波型微風向風速計(左), 複合型微風向風速計(中央), 風車型微風向風速計(クリーンペン, 右), 光進測風台.

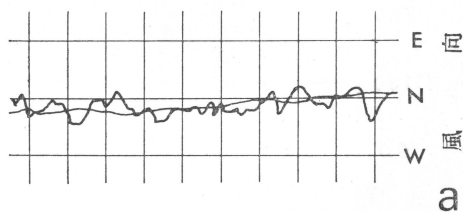


a 複合型

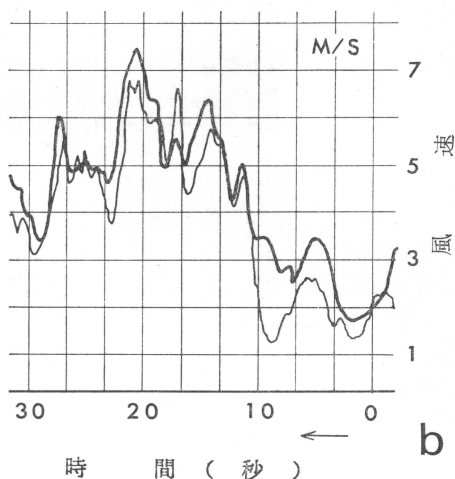


b 風速

第11図 a. 風速計の比較, b. 風速の階級別度数分布折れ線グラフ, 風速は10秒平均風速, 実線はクリーンペン, 破線は複合型を示す.



a

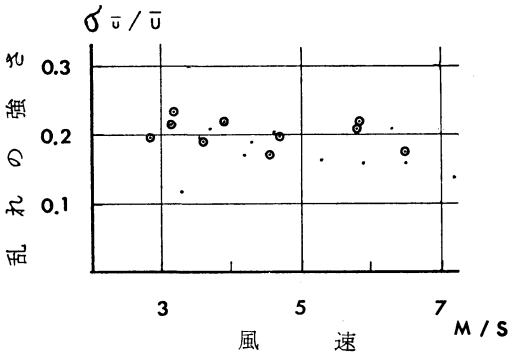


b

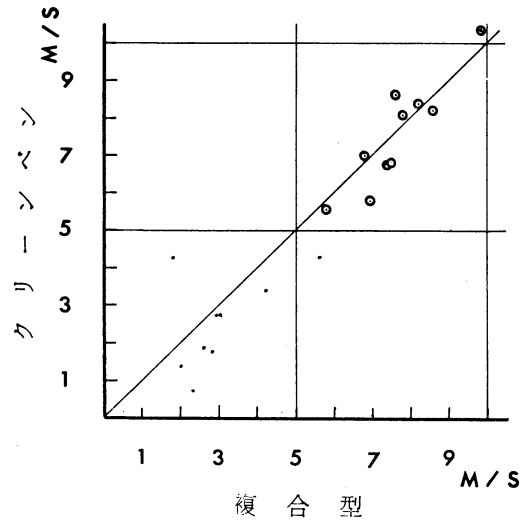
第10図 風向風速の記録例(昭和50年2月26日), a. 風向記録, b. 風速記録, 実線は複合型, 細線はクリーンペンを示す.

うである.

2月26日の風速資料(No. 5)の風速2.5~6.88 m/sの範囲における風速値を1秒毎に続取り, 10秒平均風速として求めて対比したものと風速の階級別度数分布折れ線グラフを第11図a, bに示す. この結果を第6図a, bと比較すると風速のバラッキ度合は小さく, 出現度数はかなり一致している. 両者の10秒平均風速値の個々の風速比を求め, 30個の相加平均値を比較してみると風車型は複合型とくらべて9.7%程度風速を小さく見積もっている. この観測時の風の乱れの強さ $\sigma\bar{u}/\bar{u}$ は第12図に示すとおり0.14~0.23の範囲であった. 瞬間風速の比較は



第12図 観測時の乱れの強さ、風速は1分平均風速、●はクリーンペン、・は複合型を示す。

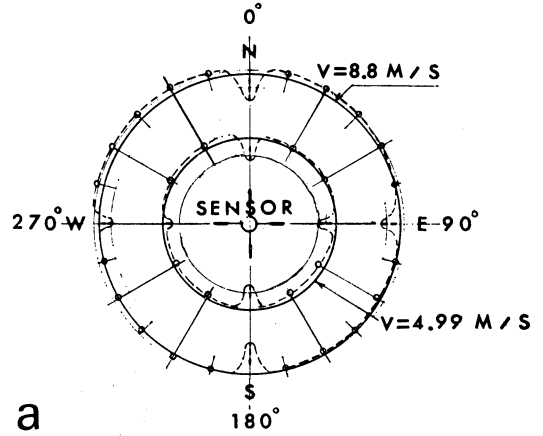


第13図 1分間に起きた瞬間風速の比較、●は最大風速、・は最小風速を示す。

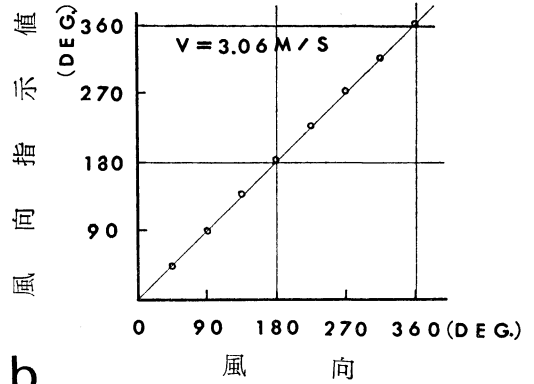
1分間に起きた最大値と最小値を対比したものが第13図に示してある。両者の瞬間風速の個々の風速比を求め、相加平均値を比較すると風車型の最大値は複合型とくらべて1%程度小さく、最小値は23%程度小さく見積もっている。

3-4 超音波型微風向風速計と複合型微風向風速計

超音波パルス伝播時間差法の超音波風速計 (Kaimal, 1963; 光田, 1971) は、回転型風速計のような可動部分がなく、2組の相対する受送波器から超音波パルスを同時に発振させ、空気中の伝播速度を利用してx方向とy方向の風速を電氣的にベクトル合成して風向と風速を求



a

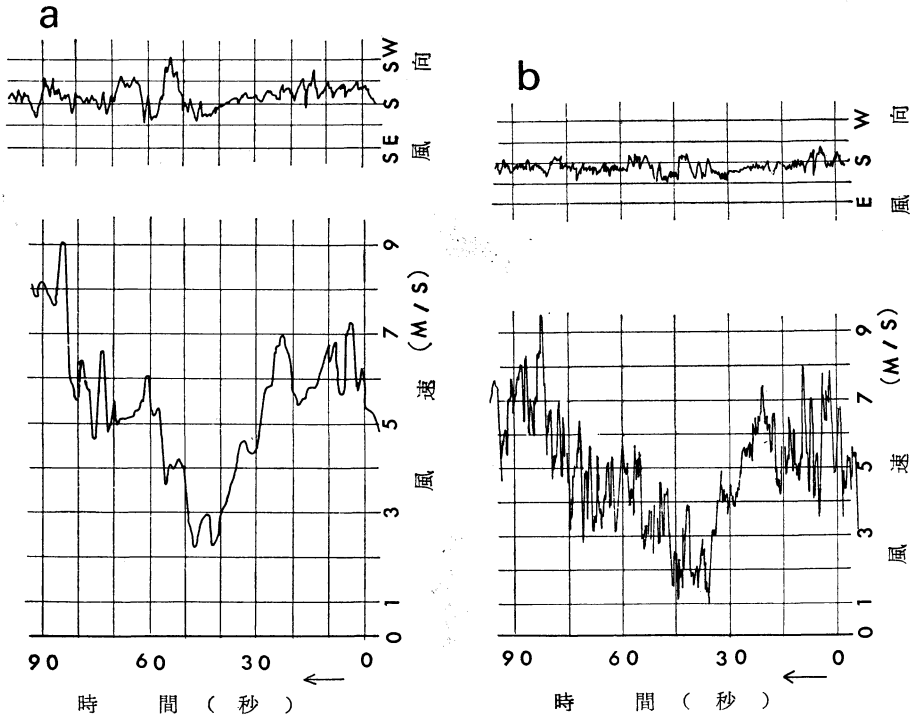


b

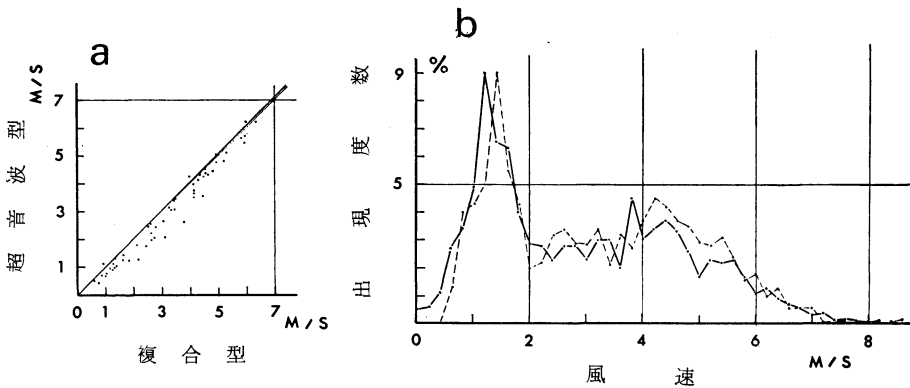
第14図 超音波型微風向風速計の較正結果、a. 方向特性 (気象庁風洞, 昭和50年7月3日), b. 風向の応答特性 (防大風洞, 昭和50年1月30日)。

める方法である。超音波型微風向風速計 (光進電気製) と複合型の比較は、5月から8月にかけて前述した試験方法で行なわれた。比較風速計の概観写真を第9図に示す。この超音波型の性能は風速と出力電圧との関係は直線性があり、風速±4%以下、風向±5%以下、応答速度約0.1秒である。

第14図 a, b は風洞試験による風向風速の応答特性を示す。a 図は風洞測定室内に回転方位台を置き、その上に感部を水平に固定してから一定風速に設定する。つぎに感部軸と気流方向を合わせてN方向(0°)とし、15°づつ廻して風速指示値を続取り全方位の風速図が示してある。感部軸と風向が気流方向に一致した時、低風速で15



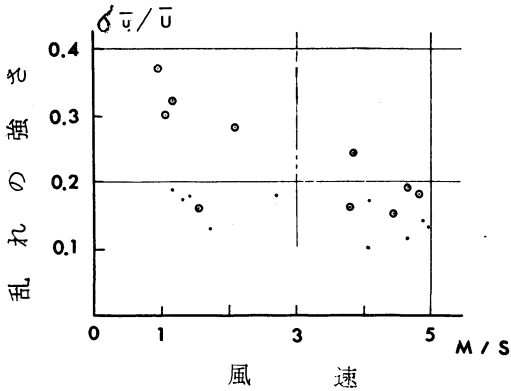
第15図 風向風速の記録例 (昭和50年5月29日), a. 複合型微風向風速計, b. 超音波型微風向風速計.



第16図 a. 風速計の比較, b. 風速の階級別度数分布折れ線グラフ, 風速は10秒平均風速, 実線は超音波型, 破線は複合型を示す (昭和50年7月24日16時22~27分, 8月4日09時19~24分).

%程度風速値が低下する。全体に5%程度風速値が小さい。b図は風速を3.06 m/s に設定し風向と風向指示値を対比してみると直線性はよい。感部軸と風向が一致した場合でも低風速の場合、風向の乱れは小さくその誤差は±3%程度である。感部を僅かばかり回転させると

風向の乱れは更に小さくなる。いま、エフェル型小型垂直風洞 (測定断面0.3×0.3m) 内に超音波型の感部の模様を固定し、上部から煙線を流して受送波器部の流れの模様を撮影して調べると形状による影響は音波伝播路内に現われていることがわかる。



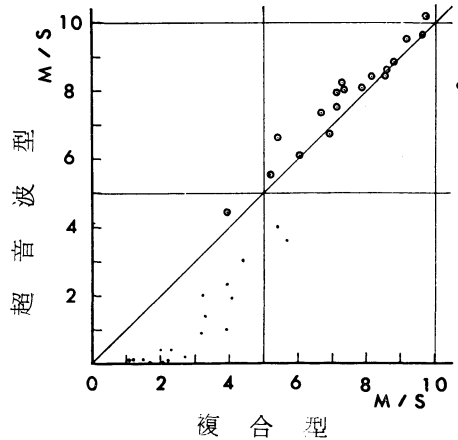
第17図 観測時の乱れの強さ、風速は1分平均風速、●は超音波型、•は複合型を示す。

第15図 a, b は自然風における複合型と超音波型の実際の風向風速記録の一例を示す。両者の瞬間風速の追従性は増速状態のもとでは、複合型は超音波型とくらべて 8.8% 程度風速を小さく見積もり減速状態のもとでは逆に 29% 程度風速を大きく見積もられている。7月24日16時22分~27分, 8月4日09時19分~24分の風速資料を0.5秒毎に続取り, 10秒平均風速として求めて対比したものと風速の階級別度数分布折れ線グラフを第16図 a, b に示す。この結果は a 図のように両者とも風速零はみられない。b 図の比較では両者はよく一致し, 分布のズレは風速計のオクレの差異と考えられる。この風速資料の風速 2.5~6.27 m/s の範囲における10秒平均風速の個々の風速比を求め, 30個の相加平均値を比較してみると複合型は超音波型とくらべて 8.7% 程度風速を大きく見積もられていることになる。この観測時の風の乱れの強さ $\sigma \bar{u} / \bar{U}$ は第17図に示すとおり, 超音波型は 0.15~0.37 の範囲にあって複合型は 0.5~0.6 倍小さい。

瞬間風速 (No. 6, 7) の比較は1分間に起きた最大値と最小値を対比したものが第18図に示してある。両者の瞬間風速の個々の風速比を求め, 相加平均値を比較すると複合型の最大値は超音波型とくらべて 5% 程度風速を小さく見積もり, 最小値は 1.9 倍程度風速を大きく見積もられている。これらの結果は前に述べたように回転型風速計は起動と減速の時定数が対称的でないために, 減速時に感部は廻り過ぎて風速は大きく見積りがちになる。一方, 超音波型は感部に可動部分がないから回転型のよるような廻り過ぎるような問題はない。

4. 結語

一般気象観測に用いられている現用風測器と調査研究



第18図 1分間に起きた瞬間風速の比較、●は最大風速、•は最小風速を示す。

用風測器との比較試験を自然風において試みた。その結果はつぎのとおりである。

(1) 風の変動に対する追従速度の早い超音波型微風向風速計 (光進製) の10秒平均風速値を基準とすると, 複合型微風向風速計 (気象研究所製, 光進製) の廻り過ぎ量は風速 2.5~6.27 m/s の範囲では 8.7% 程度風速を大きく見積もっていることになる。この廻り過ぎ量を比較対象とした風速計の比率から差し引くと, 風車型風向風速計 (光進ペーン) は -7.5%, 風車型微風向風速計 (クリーンペーン) は -1.9% 程度平均風速を小さく見積もっていることになる。

(2) 1分間に起きた瞬間最大風速の比較では複合型微風向風速計は超音波型微風向風速計とくらべて -5% 程度小さく見積もっているから, この比率を比較対象とした風速計の比率から差し引くと風車型風向風速計は -24%, 風車型微風向風速計は -6% 程度瞬間最大風速を小さく見積もっていることになる。

以上の野外試験から回転型風速計の軸摩擦損失や慣性エネルギーを小さくすれば, いままでの風速計より始動風速と増速時定数はよくなる。その反面, 減速時定数の廻り過ぎ量は依然として取り除くことはできないから風速値を大きく見積もることになる。一方, 方向性のある風車型風向風速計や軸摩擦損失の大きい風速計は風速値を小さく見積もることになる。したがって, 風測器にはそれぞれ特徴があるので使用目的によって風速計を選び, 取付ける際はなるべく周囲に障害物のない場所をえらんで観測する必要がある。

謝 辞

終りに、この比較試験にあたって種々の御指導をうけた小平気象衛星研究部長、天野第4研究室長に心から感謝の意を表す。また、休暇を利用して野外試験並に風速資料の整理には協協大学の学生弦間稔技術補佐員に手伝って戴いた。各種微風測器の製作ならびに比較試験にあたって協力して戴いた光進電気工業株式会社、栗原二郎氏に謝意を表す。

文 献

Kaimal, J.C., and J. A. Businger., 1963: A con-

tinuous wave sonic anemometer-thermometer, J. Appl. Met 2, 156-164.

光田 寧, 1971: 超音波風速温度計とその大気境界層研究への応用, 天気, 18, No. 8, 377-385.

佐貫亦男, 1953: 地上気象器械, 共立出版, 13-49.

高橋延男, 1971: 微風速計の傾斜風特性と6ヵ月間の耐久試験, 測器技術資料, No. 4621, 1-11.

—, 1972: 風の垂直成分を測る発電式微風計, 気象集誌, 50, No. 5, 494-496.

—, 1974: 複合型微風向風速計の性能と実用試験結果, 測器技術資料, No. 4922, 1-13.

—, 1974: 微風測器(調査研究用)を利用して得た観測例, 測器技術資料, No. 4923, 1-12.

第18期第17回常任理事会議事録

日時 昭和51年6月28日 14.00~17.00

場所 東京管区気象台会議室

出席者 磯野, 小平, 浅井, 朝倉, 奥田, 神山, 河村
高橋, 野本, 各常任理事

報告

〔庶務〕 1. 6月8日東京大学海洋研究所長事務代理から海洋研究の将来像に関するシンポジウム開催についての通知がきた。(7月1日~2日, 於東京大学海洋研究所)

2. 小平理事から6月22日日本学術会議と学協会との懇談会の報告があった。

(1) 第70回総会の報告, (2) 基本法の制定, (3) 日本学術会議会員の選挙。

日本学術会議会員選挙の有権者登録は, 来年3月までに, 資格審査は従来通り。住所変更の方は忘れないで届出ること。2回(9期, 10期)郵送しても戻ったものは名簿から削除する。

3. 水資源に関するシンポジウム開催計画について

(1) 昭和52年10月に4日間東京で開催予定, 日本気象学会を含め6学会主催。

(2) 目的は, 水の使用量が増大し, 水資源が足りない現在, 水の有効利用に関する研究討論を行ない, 水問題に対する関心を喚起する。

(3) 主題 ア. 水需給の長期展望, イ. 水資源の有効利用, ウ. 水資源の利用と環境

〔会計〕 野本会計理事から5月分について会計報告, またページチャージについて本庁の中で支払わない会員がいる。

〔講演企画〕 夏季講演を9月3日「モーネックス」について開催計画。夏季大学は, 現在のところ80名を超えている。

〔地物研連〕 環境問題の小委員会ができた。

議題 1. 次期役員への申し送り事項について。

(1) 集誌, 問題点をメモにして申し送る。

(2) 会計

ア. ページチャージを支払わない件。規準の点をはっきりし, 払えない人について, 編集委員会で判断することを了承。イ. 外国文献等の収支。ウ. 天気広告の収入。エ. 理事および委嘱した編集委員には, 旅費支給の検討。

(3) 天気, 現在のシステムを続けて欲しいこと。

(4) 理事会の構成を知らせる。

(5) 理事長の互選の方法は新しい理事会で決める。

2. その他。

(1) 水の有効利用に関するシンポジウムについては, 共催とすることを了承。

(2) 第16回全日本科学機器展後援の件承認。

(3) 天気のアンケート受取人払は予備費から支出する。

(承認事項) 高野精秀ほか24名の入会を承認。