

局地異常気象観測解析装置について

中島暢太郎・光田 寧・田中正昭・中村 武

UJIGAWA METEOROLOGICAL TOWER FOR BOUNDARY LAYER MONITORING

By Chotaro NAKAJIMA, Yasushi MITUTA, Masaaki TANAKA
and Takeshi NAKAMURA

Synopsis

Ujigawa Meteorological Tower (40 m in height) is a multi-purpose boundary layer instrumented tower for the study of atmospheric environment near the ground especially for the study of thermodynamic behavior of boundary layer in case of fog, frost formation and other disastrous phenomena. The main instrumentations on this tower are the sensors for the mean state and the turbulent fluxes of momentum, sensible heat and water vapor at the two levels (15 m and 40 m), radiation sensors (40 m and 1.5 m), visibility sensor at 26 m, air quality sensors and thermometers for surface and soil temperature measurements. The record is reprocessed and recorded on magnetic tape at 2 min. intervals continuously.

1. ま え が き

地表面と自由大気との熱交換の過程において、気温の日変化は地表面近くがもっとも大きく、夜間には逆転層が形成され日の出直前には気温が最低となる。この間、異常低温による農業その他の災害、さらに大気汚染物質の境界層内での蓄積、あるいは霧、霜といった現象の発生によって災害の原因となることもある。このような現象については、古くから関心がもたれ、いろいろな面から研究されてきた。しかし、現象の局地性が強いこと、実験条件をコントロールすることが困難なことなどから、ややもすればその場限りの断片的な状況の記述か、または非常に単純化された理論による考察に止まっていることが多い。最近になって数値計算による放射霧発生のシミュレーションなどが行われるようになってきたが、その結果と対比させるための現実に野外で進行している現象の総合的な知識がほとんど得られていない。プラネタリー境界層で発生する現象は身近なものにもかかわらず観測に基づいた詳細な知識の欠けていることが、現象の解明の進まない原因となっていると言わなければならない。

われわれは境界層内で発生し、災害をもたらす、濃霧、異常低温、降霜、大気汚染の蓄積などの気象現象を研究する目的で、防災研究所附属宇治川水理実験所構内にある旧送電線鉄塔を利用し、風、気温などの観測を1975年から続けてきた。その結果、この地域の風、気温、大気安定度の年変化日変化の様子がはっきりしてきた¹⁾²⁾。しかし、濃霧、異常低温、スモッグなどの現象を把握するには、さらに多くの気象要素について平均的な量のみならず、変動量までを総合的に立体的に観測し、その4次元の挙動を明らかにしなければならないことが痛感された。幸い、ここに述べる総合的な観測装置の構想が認められ1977年度から宇治川水理実験所構内に局地異常気象観測解析装置が建設され1978年6月に一応の完成をみた。

われわれが新設した装置の基本的な考え方は、

- 1) 境界層内のもろもろの現象を研究対象として、大気の勢力学的運動学的挙動を把握するため、通常の気象要素はもちろん、運動量、熱量、水蒸気量の鉛直輸送量の測定、大気質の分析測定なども総合的にできる装置であること、
- 2) 短期間の特別集中観測用ではなく、原則として常時連続して測定できる装置であること、

3) 拡散実験など特別な実験にも利用し得ること、であった。

現在一般に行なわれている境界層の観測研究は、

1) 観測場所および気象条件をえらんでコントロールされた条件下に定常と考えられる条件の下で短期間の高精度な測定を数日間、長くとも数10日間くり返し、乱流特性と平均場との関係を探ること³⁾⁴⁾を主目的にしたものか、

2) 観測の内容を限定して、不足する知識については、別の研究成果によって作られたパルクな考えで補うことによって、長期間連続した観測資料から時間的・空間的な変化を広範囲に研究しようとするもの⁵⁾、の2種類に分類できるように思われる。われわれの意図するところは現在短期間づつしか行われていない観測手法をできるだけそのまま長期連続観測に拡張することである。このことは気象測器の進歩とともにデータ収録装置が改良されたことによって可能となった。

今回の装置を設置した宇治川水理実験所の位置は、**Fig. 1**に示したが、京都盆地のほぼ中央部宇治川に接した京都市伏見区横大路下三栖にあり、海拔は約10 m、周辺は民家などが点在するが、大まかにみれば平坦な田園地帯である、**Fig. 1**で影をつけた部分が市街地である。しかし実験所近傍については、南は宇治川が東から西へ流れ、約7 mの高さの堤防が東西に広がっている、また実験所構内にも既設の実験装置がいくつかあり、必しも理想的な環境条件ではない。しかし諸般の事情により立地条件の良い位置を望めなかった。したがって、この場所での観測においては水平一様性は望めず、輸送量と勾配との関係を研究するというはとうてい望めない。

われわれがこのデメリットを承知の上で、ここにこの装置を設置した理由は、この地域が盆地気候の特性をもつと同時に淀川沿いに霧がしばしば発生する位置にあること、この種の装置はいまだにその保守管理に手間のかかることが多く、常に人が近くにいる場所を利用することが大きな意味を持っていること、そのような点からここでは先きに述べたような現象の発生時の気象環境についての研究に重点を置くこととし、水平方向の非一様性はむしろ観測によって調べようということを考え、水平輸送の測定や周辺の衛星観測所の記録により空間的な分布を調べ、地形の複雑な日本において問題となる地表面の非一様性の効果をむしろ調べることを考えたからである。

2. 装置の概要

局地異常気象観測解析装置は、観測測器を設置する気象観測用鉄塔と観測用露場、および計測装置とデータ収録装置を収納する観測解析室よりなっている。その配置は**Fig. 2**に示した、また装置全体を東南から写したものが**Photo 1**である。

気象観測用鉄塔本体の設計条件、構造については次節であらためて詳述するが、観測専用の鉄塔としての配慮がいくつかなされている。鉄塔での基本的な風、気温、湿度などの観測高度は、15 m、40 mで、その高度では測器感部の取付台を8台有する観測デッキが三方に張り出している、測器取付台はデッキ先端とデッキの中間にあり測器が十分その機能をはたし得るように、できるだけ塔体の影響、振動が小さくなるよう配慮してある。この取付台は30 m、22.5 m高度にも3台づつ設けられている。計測に必要な電源(AC 100 V)、測器感部からの信号線を接続する端子盤は測器取付台のある各高度に必要に応じて利用できるように設置されている。塔体自身は航空法の規制に準じて赤白に塗装されたが測器取付台の高度はすべて白になるよう配慮した。

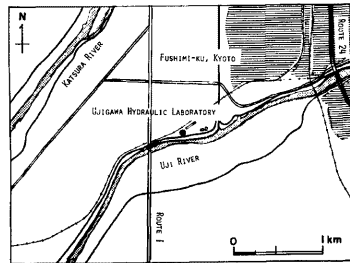


Fig. 1. Location of the Ujigawa Hydraulic laboratory.

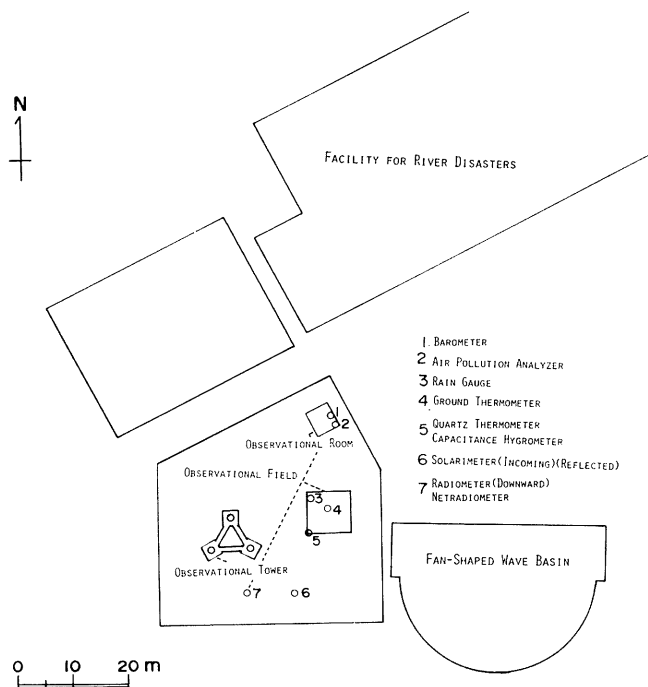


Fig. 2. Arrangement of the observational tower, field, room and measuring instruments on the field.

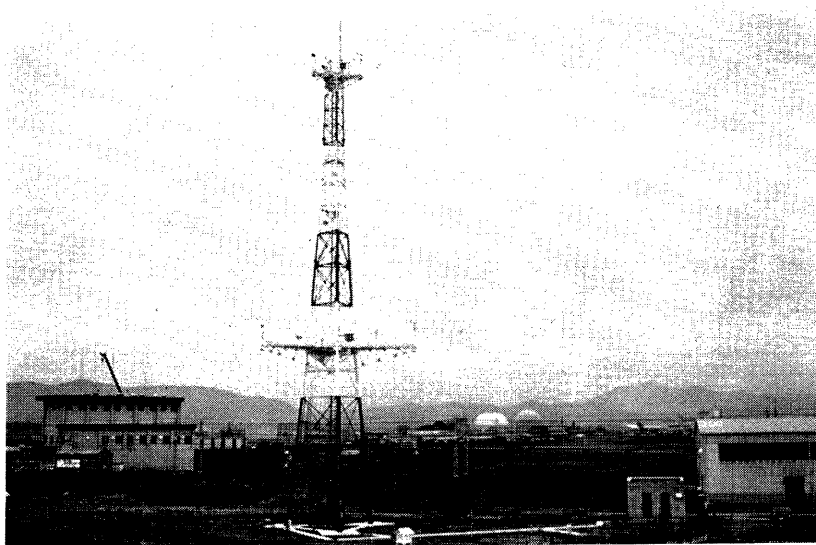


Photo 1. General view of Ujigawa Meteorological Tower for boundary layer monitoring from the south-east side.

観測用露場は鉄塔を中心に約 $40\text{ m} \times 35\text{ m}$ の平地でクローバーが植えられている。**Fig. 2** に示したように、雨量計、地中温度計、湿度湿度計、日射計、放射計が設置され、計測に必要な電源、信号線、水道が必要な個所に配置されている。また地中温度計の設置してある部分は、 $8\text{ m} \times 8\text{ m}$ 深さ 1 m を均一な粒子の土に入れ変えた。

観測解析室は塔の北東約 20 m のところにあり、 $4.5\text{ m} \times 5\text{ m}$ の広さの部屋で、各計測器の変換装置を収めた $535\text{ mm} \times 1700\text{ mm} \times 770\text{ mm}$ のパネル3台、データ収録解析装置、気圧計、大気汚染測定装置が設置されている。

避雷対策として鉄塔の最先端 46 m 高度に避雷計を設け、各計測器からの信号線には、鉄塔の端子盤と観測解析室内の端子盤にアレスターを、電源にはアイソレイショントランスを入れた。なお観測解析室の接地端子と鉄塔とは接続されており、第一種アースがとられている。

3. 気象観測用鉄塔の設計

3. 1 設計条件

鉄塔の設計に当たり、気象観測用鉄塔としての機能上の要求が検討された。そのうち、構造設計にかかわる観測研究者の希望条件を掲げると次の通りである。

- (1) 観測塔の高さは、最低でも地上 40 m とし、 40 m 位置での観測が可能なこと。
 - (2) 地上 40 m 及び 15 m 位置に継続観測用デッキを持ち、地上 30 m 及び 22.5 m 付近に臨時観測用デッキを持っていること。
 - (3) 各観測用デッキには、観測用測器の感部が十分その機能をはたし得るように取り付けられる取付け台を有すること。
 - (4) 鉄塔は風速 60 m/sec 以下では部分的にも破壊を生じないこと。また、測器取付け部の取付け台が風速 30 m/sec 以下で傾きが $1/10$ 度以上にならないこと及びその部分が速度 1 cm/sec 以上で動かないこと。これは鉛直乱流輸送の測定においては風速の鉛直成分測定装置の鉛直軸からの許容誤差が 0.1 度以内であること、および取付ける予定の超音波風速計の分解能が 1 cm/sec (10 Hz) であることによる。
 - (5) 研究者、観測者が高部観測用デッキに比較的容易かつ安全に昇降できる昇降梯子を有すること。
- が主な要求であった。

これらの要求のうち、「測器感部が風速 30 m/sec 以下で、速度 1 cm/sec 以上で動かない。」の要求は Massive な剛構造では可能であるが、柔な鉄塔構造を想定する限り無理な条件であると考えられたが、それ以外の要求条件は可能な限り満すことを前提とした。但し、変形制限の数値については、Order を検討することにし、要求された数値は目標値の目安とするに留めた。

3. 2 構造設計

鉄塔の形式として、支線式鉄柱構造、トラス鉄塔、トラス構造と支線支持の併用型などが検討されたが、昇降の容易さ、施工性を配慮してトラス鉄塔とすることとした。四角形平面及び三角形平面をもつ形式が検討されたが、鉄塔の平面形が変形しないための材が不要で、部材数、接合数の少い三角形平面をもつトラス構造を選んだ。また構成部材は、風に対する抗力係数の小さい鋼管構造とした。

構造仕様の概略を列記しておく。

- (1) 塔本体、観測用デッキ支持部及び手摺りは、総じて JIS G 3444-1974 一般構造用炭素鋼管を用いる。鋼管は STK 41 材とする。またガセット・プレート、ベース・プレート、リブ・プレート等は JIS G 3101-1973 一般構造用圧延鋼材の鋼板 SS 41 材とする。
- (2) 塔本体及び観測用デッキ支持部はできるだけ大きなユニットに分けて工場製作、接合し、建方時の現場接合部はできるだけ少くする。
- (3) 鋼管の接合部は、トラス節点となる接合部の工場製作部分は原則として、溶接による分岐継手とし、

管同志の継手は工場製作部分は原則として溶接による突合せ継手とする。また、現場接合部はトラス節点では高力ボルトを用いた、ガセットプレート割込み方式による重ね継手、管同志の継手はフランジ継手とする。

- (4) 基礎は、支持層を G.L. - 9.000 m 付近とする既成鉄筋コンクリート杭を用いた杭基礎とする。
 - (5) 観測用デッキの床はエキスパンドメタル張りとする。
 - (6) 塔本体のトラス構面で囲まれた、内側空間に昇降用梯子を設置する。梯子は、山形鋼と丸鋼を用いたものとし、昇降者保護用安全柵を全長をわたって設ける。
 - (7) 観測機器用電力線、信号線の保護管及び実験用吸・排気管は、取付け金物を用いて塔本体の構造部材に取り付ける。取り付けられる管の継手、接合部及び取り付け金物は、塔体の外力による変形に追隨できる構造とする。
 - (8) 塔には避雷設備を用ける。
- 構造設計時に設定された外力は次の通りである。
- (1) 仮定された塔体自重は **Table 1** の通りである。

Table 1. Assumed dead load and live load.

Range of Height (m)	Dead Load (t)			Live Load (t)
	Steel Tube	Joint Plate	Ladder, Deck etc.	
35~40	0.70	0.27	0.30	0.30
25~35	0.77	0.34	0.30	0.30
19~25	0.82	0.32	0.30	0.30
6~19	3.05	1.11	1.50	0.30
0~ 6	1.05	0.41	0.24	0.30
Total (t)	6.39	2.45	2.64	1.50
	13.0			

- (2) 風荷重は日本建築学会「建築物荷重規準案・同解説」により、次の通りとした。

$$P = C \times q \times A$$

P : 設計用風荷重

$$q = q_0 \times Z_W \times L \times I$$

q_0 : 基準速度圧 (荷重規準案・表 6.1 による), ただし環境係数 $E = 1.00$ とする

Z_W : 地域係数 $= 0.85$ (荷重規準案・表 6.2 による)

L : 受圧面係数 $= 0.9$ (荷重規準案・表 6.3 による)

I : 用途係数 $= 1.0$ とする

C : 風力係数 $= 2.0$ とする, ただし充実率 δ による低減を行い, 設計風力係数は $2.0 \times 0.8 = 1.6$ となる

A : 受風見付け面積

以上により計算される風荷重は **Table 2** のようになる。

- (3) 地震力は、風力に比して小さいので設計荷重とはならない。雪荷重としては、観測用デッキ上に、50 cm までの積雪があっても安全のように配慮されている。但し、積雪と暴風による応力の組合せは考慮していない。

- (4) 暴風時水平力による、塔の転倒に対しては、鉄筋コンクリート基礎の自重によって抵抗するように設計した。

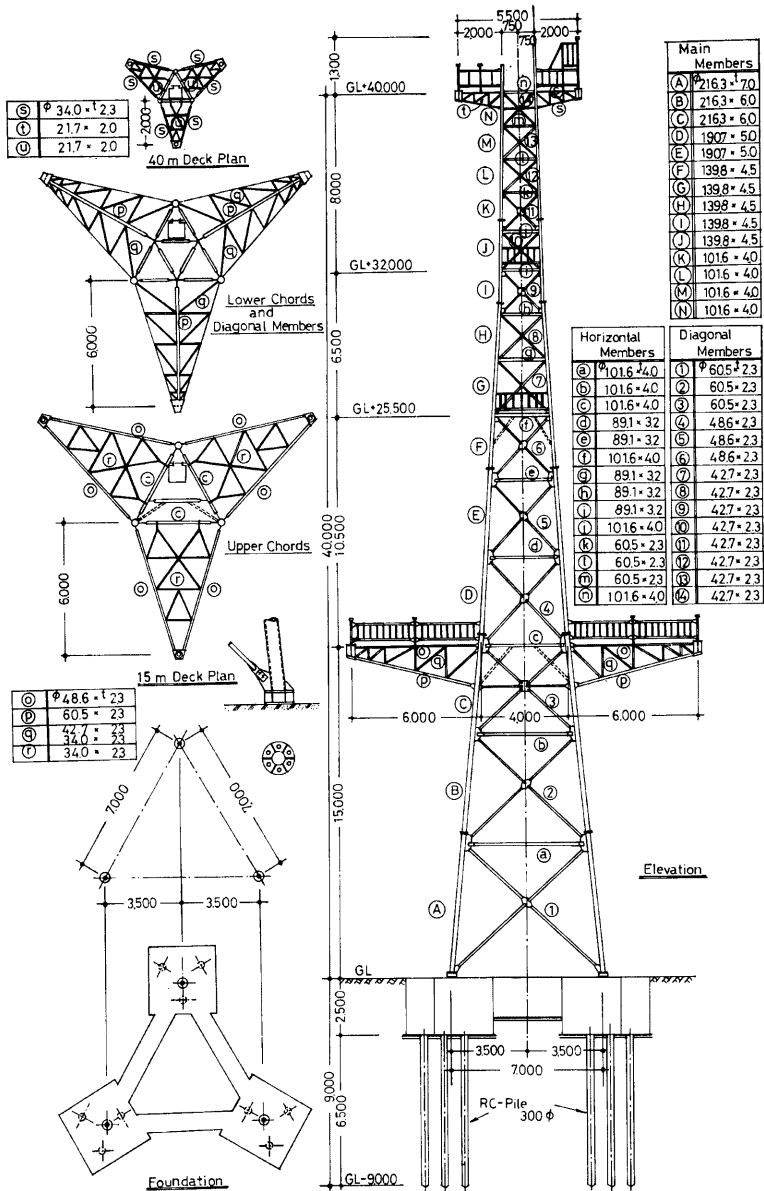


Fig. 3. Dimensions of the tower.

Table 2. Wind load.

Level h (m)	Dynamic Pressure		Pressure Coefficient C	Projected Net Area A (m ²)	Reduction due to Solidity Ratio ϕ	Wind Load		Over-Turning Moment M (t·m)
	q_0 (t/m ²)	q (t/m ²)				P (t)	ΣP (t)	
40	0.291	0.223	2.0	7.76	0.80	2.77		
32	0.283	0.217	2.0	10.04	0.80	3.49	6.26	22.2
22.5	0.220	0.169	2.0	7.95	0.80	2.15	8.41	81.7
15	0.160	0.125	2.0	25.93	0.80	5.19	13.60	144.8
0								348.8

以上に対して設計された、観測塔の形状、主要部材の寸法を Fig. 3 に示す。この骨組の設計用暴風時水平力による静的たわみは、塔頂部で約 20 cm、たわみ角は、約 0.01 rad. また塔体の自由振動の一次固有周期は約 0.6 秒と試算されている。

実際に作られた構造物が設計時に計算した通りの特性を有するものかどうかについては、今後の観測結果の解析の上でも重要な意味を持つので、実際に人工的な荷重および自然の風荷重を利用した試験に近い将来に行う予定である。

4. 計測用装置

計測用装置は鉄塔、露場および観測解析室に取付けられた測器感部、変換器によって構成される気象観測装置と、そこからの出力を取り入れ必要な計算処理をほどこし、その結果を収録する気象データ収録解析装置とに大別できる。

4.1 気象観測装置

この観測装置を構成する測器の測器名、型式、設置場所、測定項目、記号、測定範囲、単位、精度、出力形態をとりまとめて Table 3 に示した。測器は他の場所での観測結果との対比を可能とするために、すべて商品化されすでに多くの場所で使われ実績のあるものを用いている。したがって詳しい説明は省略するが比較的新しく開発された温度湿度計、霧濃度計の構造および測定原理は次のようなものである。

温度湿度計：温度は特別なカットの水晶振動子の振動数が温度変化に対して、ほぼ直線的に変化することを利用して測定するもので、発振周波数は 7°C で約 20,000 KHz、温度 1°C の変化で約 1 KHz の周波数が変化する。精度分解能共に非常に高く、その特性の経年変化も小さいことが長所である。湿度の感部はポリマーの薄い膜を水蒸気の分子を通すような極めて薄い金属の電極にはさんで形成するコンデンサーで、これが水分を吸収すると、静電容量が変化する性質を利用したものである。これは Visala 社製で Humicap という商品である。

霧濃度計：投光源の LED 素子から発射した光が大気中の浮遊粒子によって後方散乱される強度を測定するものである。

基本的な観測の行われる高度は鉄塔 42 m、17 m と露場 1.5 m で温度湿度については 3 高度に、風については上部 2 高度に放射関係は 42 m と 1.5 m 高度に同一の測器を設置し、その勾配が計れるようにした。また 42 m と 17 m 高度には、風速、気温、湿度の変動特性および、運動量、熱量、水蒸気量の乱流輸送量を測定できる超音波風速温度計、熱電対乾湿球温度計を設置した。超音波風速温度計による風速の変動成分の長期連続観測はすでにかなりの実績があるが、熱電対乾湿球温度計を用いた湿度変動の測定は、その銅コンスタンタンの感部が破壊されやすいこと、湿球への給水にトラブルが生じやすいことなどから、長期間連続してこれを行うことは困難であるとされてきた。しかし現在他に湿度の変動成分を測定する適当な測器が無いので、これを用いることにした。平均量を測る測器（プロベラ風速計、温度湿度計）と変動成分を測る測器（超音波風速温度計、熱電対乾湿球温度計）を同一高度に併列して設置したのは、変動成分から直接求めた鉛

Table 3. Specification of the instruments constructed the meteorological measuring system.

Instrument	Model	Location	Measuring Factor	Symbol	Measuring Range	Unit	Accuracy	External Out put
Propeller Anemometer (Koshin Denki)	KL-111	Tower 42, 17 m	Wind Speed Wind Direction	PU PD	0~60 0~540	m/s Degree	±5% ±5%	1V/60m/s 1V/540°
Sonic Anemometer Thermometer (Kaijo Denki)	DAT-300	Tower 42, 17 m	Wind Speed (A) Wind Speed (B) Vertical Temp.	SA SB SW ST	0~±30 0~±30 0~±30 -10~+40	m/s m/s m/s °C	±1% ±1% ±1% ±1%	±1V/±10m/s ±1V/±10m/s ±1V/±10m/s ±0.2~+0.8V/50°C
Sonic Anemometer (Koshin Denki)	KSA-101	Tower 17 m	Wind speed (X) Wind speed (Y) Vertical	KE KN KW	0~±20 0~±20 0~±10	m/s m/s m,s	±3% ±3% ±3%	±1V/±20m/s ±1V/±20m/s ±1V/±10m/s
Quartz Thermometer Capacitance Hygrometer (Ogasawara Keiki)	TH-450	Tower 42, 17 m Field 1.5 m	Temperature Humidity	TQ RH	-10~+40 0~100	°C %	±0.1°C ±3%	B.C.D. TTL level 1V/100%
Thermocouple Psychrometer (Kaijo Denki)	PY-100	Tower 42, 17 m	dry bulb temp. Wet bulb temp. Reference temp.	TD TW TR	-10~+40	°C °C °C	±0.7°C	766mv/°C 766mv/°C ±1V/50°C
Solarimeter (Eiko Seiki)	MS-42	Incoming: Tower 42 m, Field 1.5 m Reflected: Field 1.5 m	Solar Radiation	SR BRS	0~2 0~2	cal/cm² min cal/cm² min	±5% ±5%	1V/2 cal/cm² min 1V/2 cal/cm² min
Radiometer (Eiko Seiki)	CN-11A	Downward: Tower 42 m, Field 1.5 m	Radiation Adapter Temp.	RA RT	-0.4~+1.6 -10~+40	cal/cm² min °C	±5% ±0.5°C	1V/2 cal/cm² min 1V/50°C
Net Radiometer (Eiko Seiki)	CN-11	Field 1.5 m	Net Radiation	RN	-0.4~+1.6	cal/cm² min	±5%	1V/2 cal/cm² min
Fog Detector (Meisei Denki)	TZE-2	Tower 26 m	Visibility	V1	10,000~100	m	—	0-1V
Rain gauge (Ogasawara Keiki)	TE-200	Field	Precipitation	PR	0.5	mm/pulse	0.03%	1V/100mm
Ground Thermometer (Kaijo Denki)	TE-300	Field: 0, 25, 50 cm	Ground Temp.	GT	-30~+70	°C	±0.7°C	±1V/100°C
Barometer (Ogasawara Keiki)	BR-800	Observing Room 0.5m	Atmospheric Press.	BR	940~1040	mb	±0.3mb	1V/100mb
Air Pollution Analyzer (Denkikagaku Keiki)	GRH-73	Observing Room 2 m	SO ₂ Dust	— —	0~1.0 0~10	ppm mg/m³	±10% ±10%	0-1V 0-1V

直輸送量と平均量との対比を容易にできるようにするためと、どちらかの測器にトラブルが生じても基本的な観測が遂行でき、しかも広範囲な現象を解析するため他の気象観測点での記録と比較することを考えたからである。

Photo 2 は測器の鉄塔への設置状況を示すため、塔の東、下方から写したものである。40 m, 15 m 高度の観測デッキの取付け台の上 (42 m, 17 m) にプロベラ風速計, 温度湿度計シュルター, 40 m デッキに日射計, 放射計, 25.5 m のサブデッキに霧濃度計が設置されている。**Photo 3** は 15 m 高度の北西デッキの先端に真北を向いて設置された超音波風速温度計と熱電対乾湿温度計感部を写したもので 40 m 高度の北西デッキの先端にも同一の測器がある。露場と観測解析室では **Fig. 2** で示したように温度湿度 (1.5 m), 日射 (入射光, 反射光) (1.5 m) 放射 (下方, 正味, 1.5 m) 雨量, 地中温度 (0 cm, 25 cm, 50 cm) 気圧 (地上), SO_2 濃度 (2 m), Dust 濃度 (2 m) が測定される。

これらの測定値を総合することによって地表面の熱収支, 42 m と 17 m 高度間の運動量, 熱量, 水蒸気量の鉛直方向の flux およびその divergence などを求めることができる。観測解析室の近く 2 m 高度で大気質, SO_2 濃度と Dust 濃度が常時測定されているが, 上空の大気質をも観測室で測定できるように 40 m と 15 m の観測デッキに空気吸引口が設けられ, そこから塩化ビニールライニング鋼管が観測解析室までつないである。また, この装置を用いて拡散実験ができるよう鉄塔高度 33 m にガス排出口が設けてある, その様子は **Photo 2** に示されている。

4. 2 気象データ収録解析装置

気象データ収録解析装置は, Micro Computer を内蔵し, 気象観測装置からの各要素のアナログ, およびデジタル信号を Multiplexer を用いて取り入れ, 2 分間毎の平均値, 最大 (小) 値はもちろん分散値, 共分散値, その他必要な計算を実時間で前処理し, その結果を数値としてカセットテープに収録するものである。**Table 4** に装置のハードウェア構成を示した。

この装置には **Table 3** に示した測器のうち大気汚染測定装置を除く 23 測器からのアナログ 39 ch., デジタル 3 ch. が入力される。測器と収録装置に入力する信号との関連を図で表わすと **Fig. 4** のようになる。アナログ入力 39 ch. は **Table 3** でわかるように, 通常の測定範囲は $\pm 1 \text{ V}$ である, 一方この装置のもつ A-D 変換器の分解能は $\pm 10 \text{ V}/12 \text{ Bit}$ であるから, Programable gain controller により, 各チャンネル毎に **Table 5** に示す倍率により信号を入力範囲に適合するように各々適当に 8 倍まで増巾してから A-D 変換している。変換した値は 1 度 memory に記録し, それを前処理プログラムによってデータの取り込みと同時

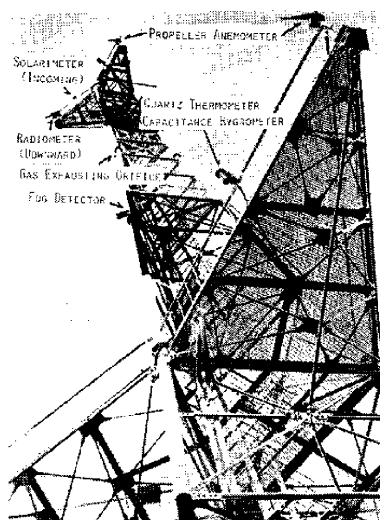


Photo 2. Measuring instruments mounted on the observational tower.

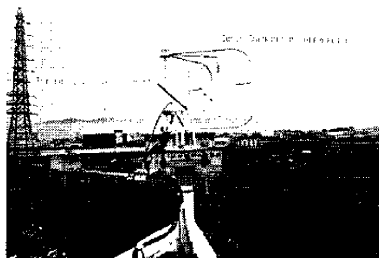


Photo 3. Sensors of the sonic anemometer thermometer and thermocouple psychrometer mounted on the north-west side of the 15 m height deck.

Table 4. Hardware of the data logger.

Instrument	Specification
Programable Gain Controller	gain: $\times 2, \times 4, \times 8$
Amalog Input System	A-D Converter 64ch. 12 Bit/ $\pm 10V$
Personal Computer	16 Bit. Memory: Core 4K RAM 12K ROM 8K
Consult Terminal	CRT Display, Keyboard
Cassette Tape Driver (3 tracks)	Tape: ISO-3407
Digital Watch	Display: Year, Month, Day, Hour, Minute, Second Accuracy: 10^{-4} Battery backup: 10 hours
Paper Tape Reader	Speed: 480 words/sec

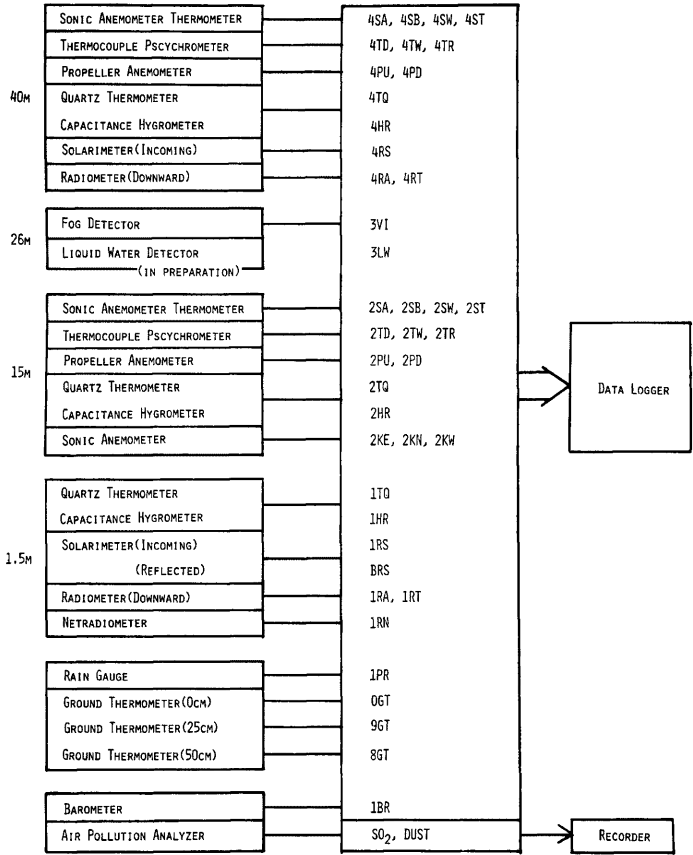


Fig. 4. Block diagram of the measuring and recording system.

Table 5. Gain, limited value, calibrated equation for each input channel.

No.	Input Symbol	Gain	Limit (V)		Calibrated eq.	Idast Symbol	Note	No.	Input Symbol	Gain	Limit (V)		Calibrated eq.	Last Symbol	Note
			Upper	Lower							Upper	Lower			
0	4SA	2	8.0	-8.0	linear	4UA	$VE = \left\{ \frac{1}{\sqrt{3}}(UA - UB) \right\}$ $VN = UA + UB$ 16 directions	21	2TR	8	8.5	-8.5	linear	2TR	}
1	4SB	2	8.0	-8.0	"	4UB		22	2HR	8	8.5	0	"	2HR	
2	4SW	8	8.0	-8.0	"	4VW		23	1HR	8	8.5	0	"	1HR	
3	4PU	8	8.5	0	"	4PU		24	0GT	8	8.5	-8.5	"	0GT	
4	4PD	8	8.5	0	"	4PD	16 directions	25	9GT	8	8.5	-8.5	"	9GT	}
5	2SA	2	8.0	-8.0	"	2UA		26	8GT	8	8.5	-8.5	"	8GT	
6	2SB	2	8.0	-8.0	"	2UB		27	4RS	8	8.5	0	"	4RS	
7	2SW	8	8.0	-8.0	"	2VW		28	4RA	8	8.5	0	"	4RA	} → 4RA*(2)
8	2PU	8	8.5	0	"	2PU	16 directions	29	4RT	8	8.5	0	"	4RT	
9	2PD	8	8.5	0	"	2PD		30	1RS	8	8.5	0	"	1RS	
10	2KE	4	8.0	-8.0	"	2KE		31	BRS	8	8.5	0	"	BRS	
11	2KN	4	8.0	-8.0	"	2KN	}	32	1RA	8	8.5	0	"	1RA	} → 1RA
12	2KW	8	8.0	-8.0	"	2KW		33	1RT	8	8.5	0	"	1RA	
13	4ST	8	4.0	-4.0	"	4ST		34	1RN	8	8.5	0	"	1RA	
14	4TD	8	8.0	-2.0	"	4TD'		35	1BR	8	8.5	0	"	1BR	(in preparation)
15	4TW	8	8.5	-8.5	"	4TW'	} TD = TD' + RT TW = TW' + RT → 4SH*(3)	36	1PR	8	8.5	0	"	1PR	
16	4TR	8	8.5	-8.5	"	4TR		37	3VI	8	10.0	0	*(3)	3VI	
17	4HR	8	8.5	0	"	4HR		38	3LW	—	—	—	—	—	
18	2ST	8	4.0	-4.0	"	2ST	} → 2SH	39	4TQ	—	—	—	parabolic	4TQ	(in preparation)
19	2TD	8	8.0	-2.0	"	2TD'		40	2TQ	—	—	—	"	2TQ	
20	2TW	8	8.5	-8.5	"	2TW'		41	1TQ	—	—	—	"	1TQ	

*(1) Specific humidity (SH) ~ 0.622E, $E \sim Es - 0.665(TD - TW)$, $Es = 8.42926609 - 1.82717843(10^3/TW + 273.15) - 0.721208271(10^3/TW + 273.15)^2$ *(2) Radiation (RA) ~ $RA - 0.81247 \times 10^{-10}(RT + 273.15)^4$ *(3) Visibility (VI) ~ $(a/VI) + b$, if $VI < 0.04$, $VI = \infty$, (Experiment formula)

Table 6. List of the meteorological data recorded on the cassette magnetic tape.

No.	Element	Data	Unit	byte	No.	Element	Data	Unit	byte	No.	Element	Data	Unit	byte
1	4VE	± 99.99	m/s	2	21	2KW	± 9.99	m/s	2	41	2TQ	± 99.9	°C	2
2	4 σ_u	9.99	m/s	2	22	2 σ_{kw}	9.99	m/s	2	42	2T $_{\max}$	$+9.9^*$	°C	1
3	4VN	± 99.99	m/s	2	23	4PD	0~15	—	1	43	2T $_{\min}$	-9.9^*	°C	1
4	4 σ_v	9.99	m/s	2	24	2PD	0~15	—	1	44	2HR	99	%	1
5	4VW	± 99.99	m/s	2	25	4ST	± 99.9	°C	2	45	1TQ	± 99.9	°C	2
6	4 σ_w	9.99	m/s	2	26	4 σ_{ST}	9.9	°C	1	46	1T $_{\max}$	$+9.9^*$	°C	1
7	4PU	99.99	m/s	2	27	4TD	± 99.9	°C	2	47	1T $_{\min}$	-9.9^*	°C	1
8	4U $_{\max}$	$+9.9^*$	m/s	1	28	4 σ_{TD}	9.9	°C	1	48	1HR	99	%	1
9	2VE	± 99.99	m/s	2	29	4SH	99.9	g/kg	2	49	0GT	± 99.9	°C	2
10	2 σ_u	9.99	m/s	2	30	4 σ_{SH}	9.9	g/kg	1	50	9GT	± 99.9	°C	2
11	2VN	± 99.99	m/s	2	31	4TQ	± 99.9	°C	2	51	8GT	± 99.9	°C	2
12	2 σ_v	9.99	m/s	2	32	4T $_{\max}$	$+9.9^*$	°C	1	52	4RS	1.99	cal/cm 2 ·min	1
13	2VW	± 99.99	m/s	2	33	4T $_{\min}$	-9.9^*	°C	1	53	4RA	1.99	cal/cm 2 ·min	1
14	2 σ_w	9.99	m/s	2	34	4HR	99	%	1	54	1RS	1.99	cal/cm 2 ·min	1
15	2PU	99.99	m/s	2	35	2ST	± 99.9	°C	2	55	1RA	1.99	cal/cm 2 ·min	1
16	2U $_{\max}$	$+9.9^*$	m/s	1	36	2 σ_{ST}	9.9	°C	1	56	BRS	1.99	cal/cm 2 ·min	1
17	2KE	± 99.99	m/s	2	37	2TD	± 99.9	°C	2	67	1NR	± 1.99	cal/cm 2 ·min	2
18	2 σ_k	9.99	m/s	2	38	2 σ_{TD}	9.9	°C	1	58	1BR	1999.9	mb	2
19	2KN	± 99.99	m/s	2	39	2SH	99.9	g/kg	2	59	BR $_{\max}$	$+12.0^*$	mb	1
20	2 σ_{kv}	9.99	m/s	2	40	2 σ_{SH}	9.9	g/kg	1	60	BR $_{\min}$	-12.0^*	mb	1
														122

* Difference from the mean value.

に平行処理して行き、2分単位で Cassette tape に書き込む。

この装置のソフトウェアは入力信号を計測処理して結果を収録する計測タスクの他に進行中の計算の内容、状態を表示させたり、計算内容を変更させたりする指令タスク、および停電時などに対処するための非常処理タスクがある。

計測タスク

計測計算処理を順番に記すと次の通りである。

- 1) 観測装置から受信した42個の信号を1秒毎にチャンネル毎に **Table 5** で示した倍率で増巾したのち計測し、定められた上限、下限内 (**Table 5**) にあるかチェックする、もし範囲外にあれば欠測とする。
- 2) 入力信号から定められた式 (**Table 5**) により気象要素単位に変換し、内部にファイルする。変換式は式の形だけがプログラムされていてその係数は可変である。
- 3) 2分毎すなわち各要素の測定値を120個取り込む毎に全要素について平均を、いくつかの要素については最大(小)値、分散値、共分散値を計算する、この場合欠測が一つの場合は前後の値から直線で補間し、2つ以上続くときは、分散、共分散の計算は行わず、欠測とする、ただし平均値、最大(小)値は欠測が半分以上にならない限り求める。
- 4) このようにして求められた75要素の値を **Table 6** の形式でカセットテープに収録する。カセットテープのデータ形式は **Fig. 5** のようになる。

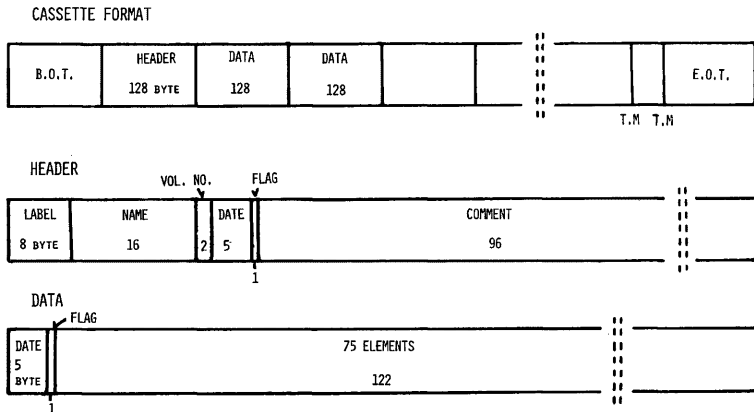


Fig. 5. Cassette format.

本装置はカセットトランスポートが3台あり、1台のカセットの収録が完了すると自動的に次のカセットに移るようになっている。ISO規格のカセットテープ一巻で約2.5日3台で一週間の記録が収録される。

指令タスク

次に示す12項目があって、任意の時刻にコンソールキーボードから入力することができ、また必要なものは表示できる。

1. MEASUREMENT START (計測開始)
2. MEASUREMENT STOP (計測中止)
3. STATE (収録中のカセットの番号、収録内容の等の表示)
4. CASSETTE CHANGE (収録カセットの変更)

- | | |
|--------------------------------|----------------------|
| 5. CHANNEL & GAIN SET | (入力各チャンネルの増十倍率の設定) |
| 6. DATA CHECK SCALE SET | (各データの上下限の設定) |
| 7. CALIBRATED SET | (各データの変換式の係数の設定) |
| 8. LABEL | (カセットのラベルの記入) |
| 9. SOURCE DATA | (A-D 変換後の数値の表示) |
| 10. CALIBRATED DATA | (気象要素単位に変換後の数値の表示) |
| 11. LATEST METEOROLOGICAL DATA | (最終処理された最新のデータの表示) |
| 12. METEOROLOGICAL DATA | (すでにテープに収録されたデータの表示) |

停電等緊急時の非常処理

局地異常気象観測解析装置本体はすべて商用電源で稼動し、停電その他緊急用の電源供給装置を持っていない。したがって電源が切れた場合、その期間計測処理は停止される、しかし、停電によってソフトプログラムは何ら影響を受けず、電源が回復するとただちに計測処理は再開されるようになっている。停電が10時間以内であった場合は、時計はバッテリーによってバックアップされてテープに停電の始めと終りの時刻が記入され、以後全く正常に計測処理収録が続けられる。またこの停電の状態はキャラクターディスプレイに表示される。停電が10時間を越えると回復後計測処理収録そのものは正常に稼動するが時刻は不正確となる、この状態は、手動操作により時計が再セットされるまで続く。

5. あ と が き

われわれがこの局地異常気象観測解析装置によって行なう観測は総合的立体的な境界層の常時連続観測で、しかもそれは気象要素を平均量として把握だけでなく、その変動量(分散, 共分散)をも同時に把握しようとするものである。これは災害をもたらす霧, 霜など異常時の現象を、その場かぎりの特殊現象として把握のではなく、平常時の大気の大熱力学的挙動を正しく認識した上で、その発生, 発達, 消滅の過程を正確に知り、その本質をみようとする場合当然の帰結であった。

結果として観測項目、計測データ数は必然的に増大する、したがって原始データ(生データ)の収録はやめ Table 6 に示したように一次処理した75要素のデータのみを収録することにした。測定時間と評価時間については前者を通年の観測であり処理可能な資料数として2分、後者についてはデータ処理装置の制約から1秒とした。この値は今後観測研究が進むとともに検討されるべきであるが、この装置では簡単に変更することは不可能である。

この装置は1977年度に建設し1978年6月に第一期工事を完了したが、その後も最初に取り付けることのできなかった測器を取付けたり、計測用のソフトウェアの改良を進めており1979年度にはほぼ最終的な形に完成した。

設置した測器は、熱電対乾湿球温度計を除いて、多少の初期トラブルはあったが、正常に稼動している。熱電対乾湿球温度計は、感部が2ヶ月程度で切断された、現在その対策として互換性のある予備の感部を別に用意してとり変える方策を考えているが、近い将来には、できるだけ性能をそこなわずに感部を強固なものに改良していくことを検討するつもりである。高い塔に測器を取り付けた場合の問題として、特に都市部においてそうであるが、高周波の雑音が信号線に混入してくる問題がある、ここでもかなり高いレベルの雑音が見られることがある。現在 SN の一層の改善のために必要な対策を検討中である。

1978年6月からの一部の測器で測定された平均量だけの観測記録の中にも、たとえば冬季の霧発生時から発達, 消滅の過程, 早朝の冷え込み過程の立体的構造などを知る興味ある事例をいくつか扱っている。またこの装置を用いて1978年7月大気拡散実験を、1979年3月早朝の冷え込みの観測を行った。このときは変動成分を測定し分散, 共分散の値も計算された。これらの結果をみると、42m 高度では夏冬とも昼間上昇流で、その大きさは数10 cm/s、ときには1 m/s にも達する、17m 高度もやはり上昇流であるが、その大きさ

は約半分である、運動量の鉛直フラックスの大きさは 17 m と 42 m 高度では大きく異なるときがしばしば生ずる。このような事実は観測塔の存在に起因した誤差か、それともこの周辺の小地形の関係、たとえば巾の広い水面および堤防の横にあることとの関係で生じるのか現時点では何んとも言えないが、今後さらに研究を進める予定である。

この観測の発端は宇治川水理実験所構内で不用になった送電線鉄塔を利用することからであった、観測塔の構想が持ち上がってから装置の一応の完成をみるまで10年程が経過した。関西電力KKより鉄塔の寄贈を受けるに当っては村山朔郎元所長に、この装置が新たな構想のもとに局地異常気象観測解析装置として1977年度から建設されたことについては当時の所長石原安雄教授に御努力頂いた。観測用鉄塔の設計は著者の一人、中村武が担当したが、基本設計の段階で、石崎澄雄、若林実両教授に専門の立場から御検討と御助言を頂いた。その他建設および測器取付において多くの人々の助力を得ている。これらの方々にここで深く感謝し、御礼を申し上げたい。

参 考 文 献

- 1) 中島暢太郎, 田中正昭: 宇治川水理実験所気象観測用鉄塔による観測と解析(1), 京都大学防災研究所年報, 第19号B, 1976, pp. 423-430.
- 2) 田中正昭, 中島暢太郎, 多河英雄: 宇治川水理実験所気象観測鉄塔による観測と解析(2), 風と気温鉛直分布の季節変化日変化, 京都大学防災研究所年報, 第20号B, 1977, pp. 571-583.
- 3) Mitsuta, Y., T. Hanafusa, N. Monji, O. Tsukamoto and T. Hayashi: Mesurments of Turbulent Fluxes over a Lake Surface, Contri., Geoph., Inst., Kyoto Uni, No. 13, 1973, pp. 35-52.
- 4) Mitsuta, Y., T. Hanafusa, O. Tsukamoto and H. Kawanishi: A Study of Budget at the Air-Ground Interface, Bull. of DPRI, Kyoto Uni., Vol. 22, 1973, pp. 249-257.
- 5) 田中正昭, 中島暢太郎: ひうち難の海面における熱収支, 京都大学防災研究所年報, 第18号B, 1975, pp. 589-595.