

地球大気動態シミュレーション装置の紹介

烏谷, 隆
九州大学応用力学研究所

大屋, 裕二
九州大学応用力学研究所

鵜野, 伊津志
九州大学応用力学研究所

辰野, 正和
九州大学応用力学研究所

他

<https://doi.org/10.15017/6768395>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所所報. 120, pp.35-39, 2001-02. 九州大学応用力学研究所
バージョン :
権利関係 :

地球大気動態シミュレーション装置の紹介

鳥谷 隆^{*1}, 大屋 裕二^{*1}, 鶴野 伊津志^{*1}, 辰野 正和^{*1}, 内田 孝紀^{*1}
深町 信尊^{*1}, 渡辺 公彦^{*1}, 石井 幸治^{*1}, 杉谷 賢一郎^{*1}

(2000年11月30日受理)

Properties of the New Wind Tunnel Designed to Simulate the Behavior of the Atmospheric Boundary Layer

KARASUDANI Takashi, OHYA Yuji, UNO Itsushi, TATSUNO Masakazu, UCHIDA Takanori
FUKAMACHI Nobutaka, WATANABE Kimihiko, ISHII Kouji and SUGITANI Kenichiro
E-mail of corresponding author: karasu@riam.kyushu-u.ac.jp

Abstract

A closed-circuit type boundary layer wind tunnel has been constructed. The working section of the wind tunnel is 2.0m in height, 3.6m in width and 15.0 m in length. The range of wind speed is from 0.5 to 30m/s for normal arrangement, 0.5 to 60m/s for high-speed arrangement in which a second contraction is settled in the test section. The uniformity of mean wind speed and the turbulence intensity in the test section are within $\pm 1.0\%$, 0.3% respectively.

Key words: *wind tunnel, closed circuit*

1. はじめに

近年人類の生産活動の拡大は地球規模での気候変動や大陸規模での異常気象を引き起こしている。また、こうした気候変動や異常気象は観測記録を塗り替える異常突風や超大型台風を引き起こしている。さらに、都市や山岳地域では大規模構造物や地物間の空力的相互作用によりさらに強い風が発生し、その結果、交通輸送機関の事故や家屋、樹木、送電鉄塔の倒壊を引き起こしている。

九州では、特に、台風災害の問題は深刻であり、応用力学研究所では昭和45年に津屋崎海洋災害実験所に台風災害実験用風洞装置を建設して各種構造物の空力特性の研究を行ってきた¹⁾。その成果は、本四連絡橋建設、吊り橋、高層建築物、鉄塔送電線等の耐風設計に生かされている²⁾。また、優れた高速・低乱性能を生かして、流体力学に関する様々な基礎的実験研究も積み重ねられてきた³⁾。

この、世界的にも数例しかない、我が国唯一の台風災害実験用風洞装置も建設以来数十年をへて老朽化が著しく、研究にも支障を来すようになってきた。このよう

な状況を解消するため、平成10年3月、応用力学研究所(筑紫地区)に地球大気動態シミュレーション装置(大型境界層風洞)が建設された。大型境界層風洞は、強風災害対策に関する研究を引き継ぐと共に、複数の構造物あるいは地物間の空力相互作用に関する研究や大気境界層の挙動、地面に近い大気の運動、異常気象の力学的機構に関する研究に資することを目的に建設された。研究所では、大気と海洋からなる地球の力学システムの解明および自然災害の防止技術や自然と調和のとれた開発技術の確立をめざした研究を行っており、新設の風洞はこれらの課題を実験的に研究する強力な手段となっている。

本論文は、新風洞の設計理念、基本性能、付帯設備などについて紹介するものである。

2. 設計理念

次のような考え方と要望を基に設計を行った。

- ・ 強風災害対策に関する研究に必要な高速流(最大50m/s)が得られること。
- ・ 広域規模の大気運動、異常気象の研究に対応するため、風洞の測定胴は充分な大きさの断面と長さを有すること。

*1 九州大学応用力学研究所

- ・ 流れの観察に便利のように、測定胴の天井と左右の壁はアクリル製とする。
- ・ 煙発生装置を利用する流れの可視化や移流・拡散実験に対応するため、煙の排出と空気の入りのための装置を備えること。
- ・ 近くに研究施設や高等学校があるため、騒音は条令(境界線上で60ホン以下)を満たすこと。

3. 基本構成

Fig.1に風洞実験施設の概観図を示す。実験施設はおよそ20m×40mの敷地に建設されている。風洞形式は回流型境界層風洞であり、機械室、風路、計測室の3部分からなっている。このほか、高風速を得るために、計測室内に設置する第2縮流胴がある。

機械室には、出力132KWのACサーボモータが2台とその制御装置および電源設備が設置されている。2台の電動機はVベルトを介してそれぞれ直径1.8mの送風ファンを駆動している。駆動装置を2つに分けることにより、電動機出力の最大定格を抑制することが可能となった。

風路は日射による気流温度の上昇を防ぐため、屋外部の風路材に、断熱性および耐候性に優れたALC

(Autoclaved Light Weight Concrete)板を使用した。鉄板製の整流部と縮流部はALCで覆い日射の影響を防ぐようにした。整流部に入る直前で風路を急拡大していることによる剥離を押さえるために案内板を設けている。縮流部の大きさは幅7.2m高さ4mであり、絞り比は4である。

測定胴の大きさは幅3.6m高さ2.0m長さ15mである(Photo.1)。測定胴は鉄骨を骨組みとし、床は厚さ15mmの合板製である。天井と側壁は厚さ15mm広さ1.8m×1.8mのアクリル板を鉄骨で縁取りしてパネルを作り、それをはめ込む形式になっている。このため、任意の部分の側板を容易に取り外すことができる。測定胴の床は計測室の床から1.2mの高さにある。また、天井へ上がるための階段を設けている。

この測定胴における最大風速は30m/sであり、強風対策の研究に必要な強風を得ることが出来ない。そのため、測定胴内に第2の縮流胴を設け、断面積を半分にする事により強風実験に必要な風速を得ることが出来るようにしている。Photo.2は測定胴に第2縮流胴を設置したときの様子を上流から見たものである。

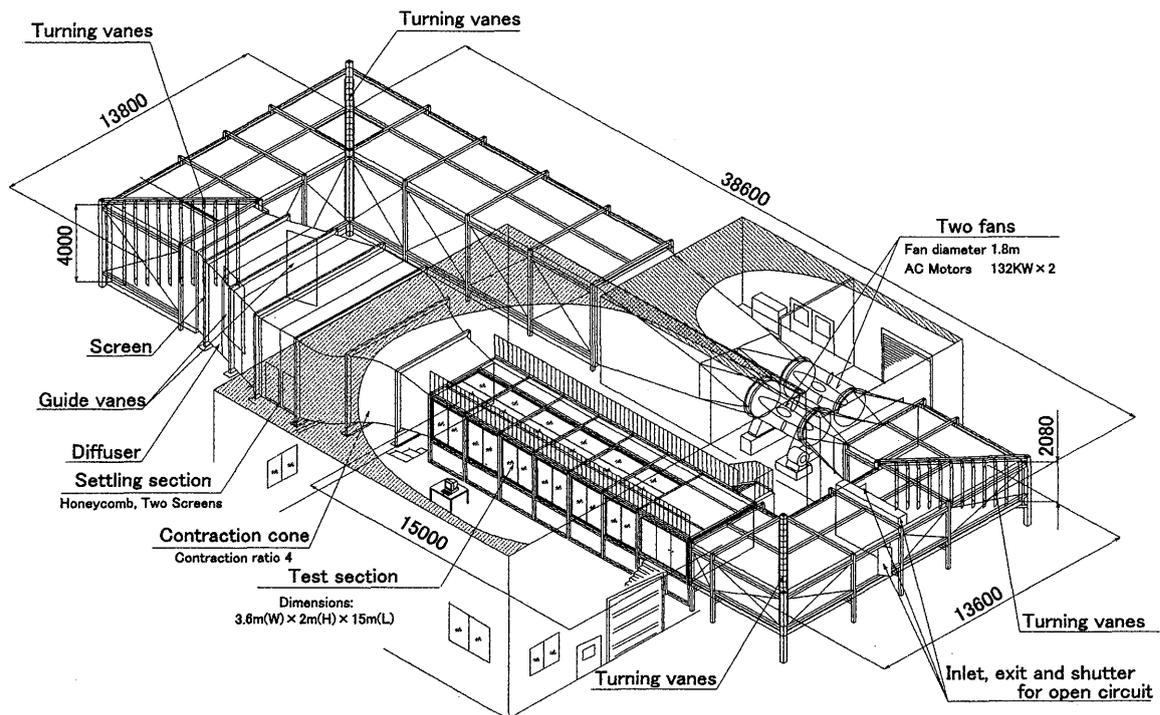


Fig.1 General view of the wind tunnel and the research building.

測定胴内にはトラバース装置を設置している。トラバース装置は高さ方向に1.1m 横方向に2.6m 流れ方向に11m 可動できる。

測定胴とファンとの風路の中間部に、空気の入れ換えをするための装置が設けてある。装置は、風路を遮断するためのシャッターとその前後の側壁に備えられた排出扉と吸入扉で構成されている。

計測室は鉄骨骨組み ALC 壁板構造で出来ている。縮流部出口付近の計測室の床は掘り下げており、測定胴内を観察する際に容易に向かい側へ移動できるようになっている。計測室には風洞を制御するためのパソコン、データ処理のための機器、風速計などの計測機器などがある。溶接機やボール盤などの工作機器もあり、簡単な工作が出来るようになっている。また、天井には最大荷重 1.0t のクレーンを配備している。

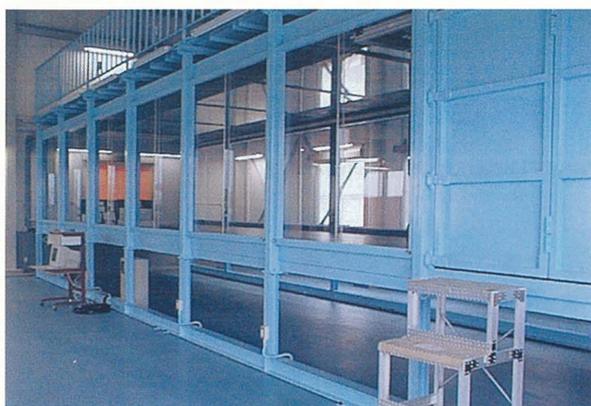


Photo.1 External appearance of the test section in the research room.



Photo.2 Appearance of the second-contraction system settled in the test section.

4. 風洞制御・データ計測システム

風洞の制御には2台のパソコンを使用している。一台のパソコンで、電動機、風路を遮断するシャッター、排出扉、吸入扉を制御している。このパソコンは気流のモニターも兼ねている。モニターしている項目は測定胴内の気流の

速度、温度(上中下の3点)、湿度である。また、計測室内の気圧もモニターしている。もう一台のパソコンには A/D コンバータを装備しており、トラバース装置の制御とデータ収録装置をかねている。

風速の制御には、超音波風速計を測定胴に配置し、風速計からの出力と設定風速を比較することにより設定風速になるように電動機を PID 制御している。一定の回転数を維持したい場合のために、PID 制御による定風速制御と回転数を指定する制御とを自由に切り替えられるようになっている。風速計は任意の場所に配置することが可能で、第2縮流胴を設置したときは、第2縮流胴の平行胴へ配置することにより平行胴の風速を指定の風速に制御することが出来る。

シャッター、吸・排出扉の開閉は画面上のボタンをマウスでクリックすることにより容易に制御できる。

トラバース装置は3軸を独立に同時に制御することが出来る。トラバースを制御するプログラムと A/D 変換ボードを制御するプログラムは互いに連携させることが出来るようになっている。このため、エクセルシート上で座標位置を指定しておく、トラバースを指定位置に移動させ A/D 変換を行い、変換データをシート上に記録することが自動的に出来る。

風洞の主要性能諸元と計測機器類を Table1 にまとめて示す。

Table1 Main specifications of the wind tunnel and incidental equipments.

項目	仕様
風 洞	
形 式	単回路回流式
駆動電動機	132[KW]AC サーボモーター2台、インバータ制御
測定部* 風速範囲 付属装置	3.6[m]幅×2.0[m]高×15[m]長 0.5~30 [m/s] 風路切り替え装置
トラバース装置	X方向11[m], Y方向2.6[m], Z方向1.1[m]の範囲内で移動可能
付 属 計 測 機 器	
超音波風速計	5[cm]スパン(WA(T)-395 海上電気製)
熱線風速計	4チャンネル(MODEL-1011 カノマックス製)
圧力変換器	最大圧力各 70, 200[mmAq] (東京航空計器製)
分力計	二次元用 3 分力検出器 (最大荷重 10[Kgf]) (DAS-100 日章電気製)
計算機	トラバース制御・データ収録用(12ビットAD変換器付)
管路切替器	スキャンングバルブ 48チャンネル 4台 (SVC-101 九州計測器製)
分析計	2chFFT アナライザー (CF-970 小野測器製)
フィルター	ハイローパス各 3ch (FV-812N F製)

*計測室には天井走行クレーン(最大荷重 1.0t)を配備

5. 基本性能

5.1 測定洞内気流の特性

風速制御を行い、風洞内風速を 10m/s に設定したときの平均風速分布と乱れの分布を求めた。測定洞入り口より 3m 下流位置で測定した。平均風速の測定には超音波風速計、乱れの測定には熱線風速計を使用した。Fig.2 に平均風速分布を示す。分布は風洞中央(1800,1000)の風速を基準にして規格化してある。図の原点は上流に向かって左側下隅である。左上隅の付近を除いて±1%以内に納まっている。Fig3.は乱れの強さの分布を示している。乱れは、壁近くの一部分を除いて、ほぼ全領域で 0.3%以下である。

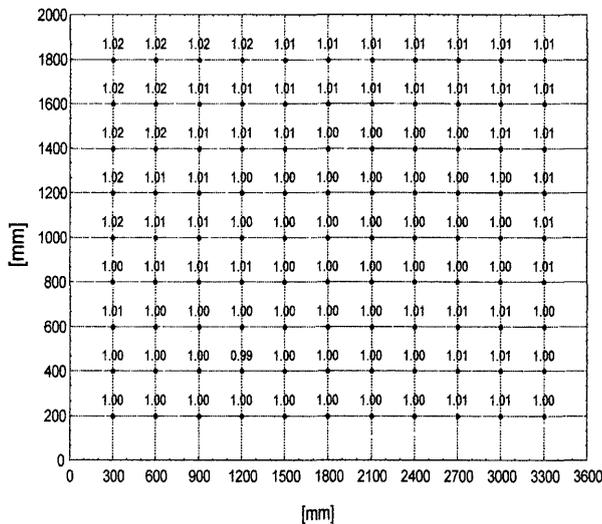


Fig.2 Distribution of mean wind speed ratio. Values are normalized with respect to the speed at the center.

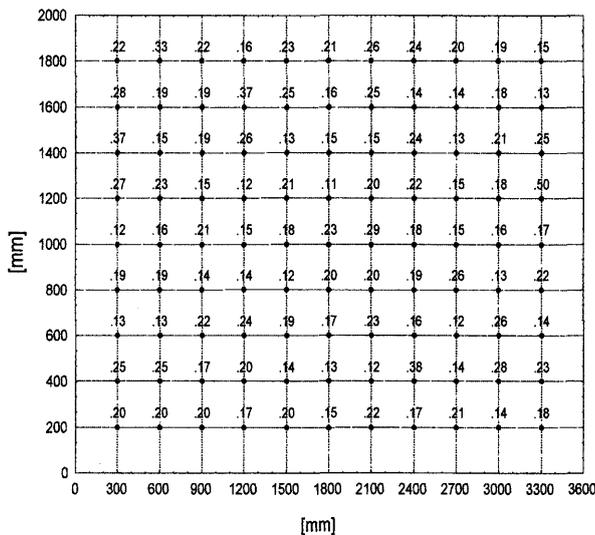


Fig.3 Distribution of turbulence intensity (%).

壁面の境界層の厚さを評価するために、壁面からの距離による乱れの強さの分布を測定した。結果を Fig.4 に示す。この図から、測定洞入り口より 3m の地点で境界層の厚さはおよそ 90mm あることが分かる。

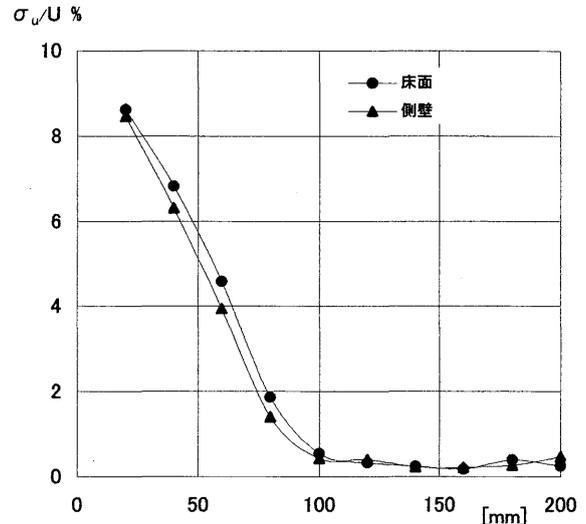


Fig.4 Turbulence intensity as a function of distance from the walls.

5.2 第二縮流洞の特性

第2縮流洞は測定洞の横幅を半分にする部分と、それに続く平行洞(第2測定洞)および拡散洞から成っている。材質は木製で、測定洞の中に側壁を立てることにより実現している。全体が測定洞の中に収まっている。第2縮流洞の平面図を Fig.5 に示す。

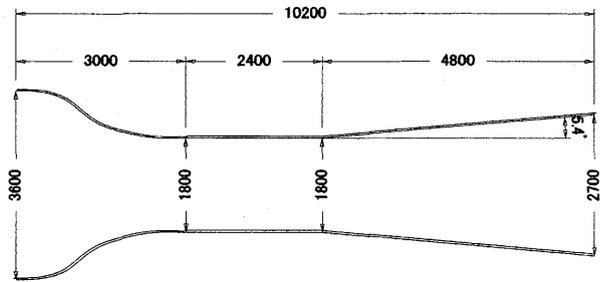


Fig.5 Plane of the second contraction system

第2縮流洞を設置したときに風速がどのように変わるかを Fig.6 に示す。風速の測定は平行洞の中央で行った。図の横軸は2つの電動機の回転数、縦軸は風速である。第2縮流洞を設置することにより、同じ回転数に対して第2縮流洞がないときのほぼ2倍の風速が得られることがわかる。

Fig.7 は縦方向と横方向それぞれの中心線上の平均風速分布を示している。風速を 15 と 30m/s に設定して

測定した。流れの一様性は $\pm 0.5\%$ 以内である。しかし、上部にいくほど流れが速くなる傾向が見られる。これは、上部が少し狭くなっていたためと思われる。測定胴内に胴壁を建てる時、互いに平行になるように充分注意を払う必要がある。乱れ強度は第2縮流胴がないときと同程度の0.2-0.3%の大きさであった。

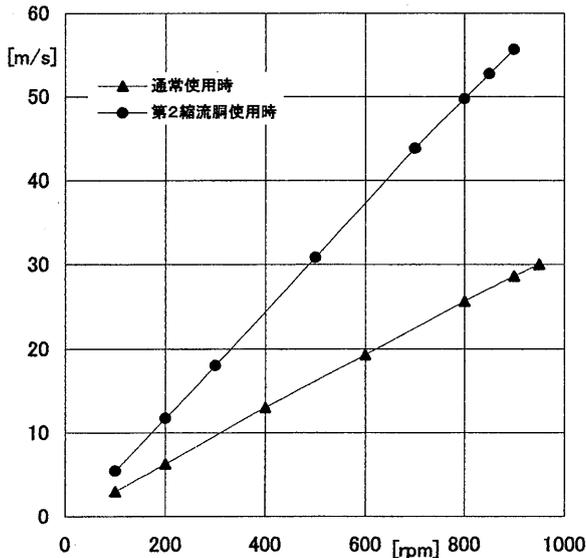


Fig. 6 Wind speed vs. revolution of the servo motors.

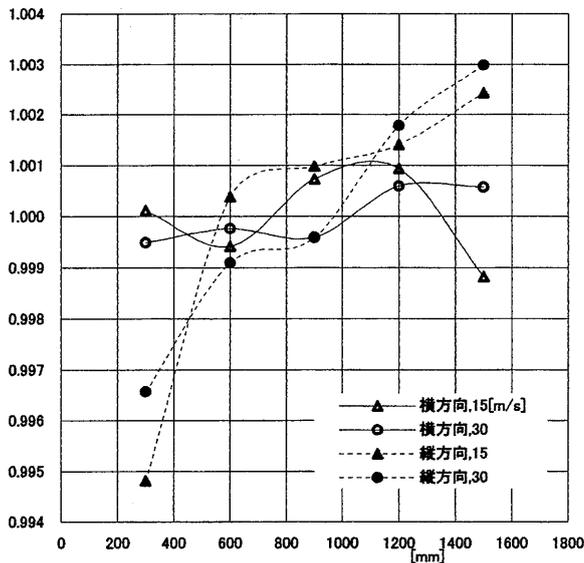


Fig. 7 Distribution of mean wind speed ratio in the second test section.

6. あとがき

風洞は様々な流体運動のメカニズムを解明することに大きな役割を果たしてきた。工学分野では、風洞は巨大な建造物に対する風の影響や高速に運動する車両や航空機などの運動物体に対する空力特性を調べるための主要な手段となっている。また、近年では、汚染物質や廃熱の振る舞いを調べるなど、環境の評価や風力エネルギーの利用に関する研究を行うためにも利用されている。

強風による災害の防止や地球環境に関する研究に資するため、平成10年3月、地球大気動態シミュレーション装置(大型境界層風洞)が設置された。風洞は回流式で2機のファンで駆動されている。測定胴の大きさは縦2m横3.6m長さ15mあり、このときの最大風速は30m/sである。さらなる強風が必要なときには、測定胴の内部に第2の縮流胴・測定胴・拡散胴を設け1/2に縮流することにより、60m/sの最大風速を得ることができる。

本風洞の完成により、津屋崎の台風災害実験用風洞装置はその役目を終え、本年度取り壊すこととなりました。台風災害実験用風洞装置は多くの諸先生方が様々な研究に利用され、輝かしい成果を上げられました。この度の新風洞は全国共同利用施設でありますので、全国の多くの研究者に利用されることにより、より一層の成果を上げることが期待されます。また、我々もこの装置を利用して強風災害対策や大気運動の解明に寄与していく所存です。

謝 辞

本装置を建設するに当たり、文部省および九州大学事務局からは格別の援助をいただきました。また、応用力学研究所の元所長大楠丹教授ならびに現所長高橋清教授のご援助に深く感謝いたします。総合理工学研究科等事務部、その他研究所内の方々のご協力に深く感謝いたします。最後に、建設に当たった(株)西日本流体技研の全面的な協力を頂いたことに感謝いたします。

参考文献

- 1) 建設実行委員会: 応用力学研究所台風災害実験用風洞装置について, 九州大学応用力学研究所所報, 第36号, 71-90, 昭和47年
- 2) 応用力学研究所所報第78号, i - xxiv, 平成7年10月など
- 3) 応用力学研究所所報第66号, i - xxvi, 昭和66年10月など