

# 航空宇宙技術研究所資料

TECHNICAL MEMORANDUM OF NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

TM-700

NOAA極軌道衛星データに基づく上層大気状態の  
推定について

白水正男・末松俊二・山本一二三

1996年7月

航空宇宙技術研究所  
NATIONAL AEROSPACE LABORATORY

# NOAA極軌道衛星データに基づく上層大気状態の 推定について\*

白水正男<sup>\*1</sup> 末松俊二<sup>\*1</sup> 山本一二三<sup>\*2</sup>

## Estimation of the State of the Atmosphere using NOAA Polar Satellite Data\*

Masao SHIROUZU<sup>\*1</sup>, Shunji SUEMATSU<sup>\*1</sup>, Hifumi YAMAMOTO<sup>\*2</sup>

### Abstract

In flight data analyses, information on the state of the atmosphere (temperature, pressure, and wind) along flight trajectory is necessary for the improvement of accuracy. Estimation of the state of the atmosphere based on NOAA polar orbit satellite remote-sensing data, which was used in HYFLEX flight data analyses, are described. The accuracy of the present estimation is evaluated by comparing, with meteorological rocket observations. It is concluded that temperature and pressure can be estimated by the present method much better than by depending on the U.S. Standard Atmosphere model, and that the error can be much reduced at higher altitudes. However, the accuracy of the estimation of speed and direction of wind were not satisfactory, and are considered to be due to error in pressure estimation.

**Keywords :** NOAA satellite, upper atmospheric state, HYFLEX

### 概 要

飛行データの解析精度の向上には、飛行経路に沿った大気の状態量を知ることが重要である。極超音速飛行実験(HYFLEX)で用いた米国NOAA極軌道衛星の観測に基づく大気状態の推定法について述べる。本推定法の精度は、気象ロケット観測結果との比較により評価した。その結果、温度と圧力はU.S. Standard大気モデルを用いるより精度が相当改善され、特に高高度では誤差が数分の1に減少することが確認された。しかし、風の推定の精度は十分ではなく、これは圧力推定の誤差に因るものと考えられる。

### 1. はじめに

飛行実験では、一般に大気の中を飛行しながら各種データを取得する。飛行中に計測するデータは定量的に大気の状態量に依存するものが多く、結果の一般化(無次元化)のためには、飛行した大気の状態量(圧力、密度、温度)を知る必要がある。また、IMU(慣性センサユニット)やレーダで得られた速度は対地速度であり、それから対気速度を決めるためには風向、風速を知る必要がある。

上空の大気の状態量についてはいくつかのモデル<sup>1),2),3)</sup>が知られており、機体の設計等はそのモデルに基づいて進められることが多い。この場合、モデルに対し一定の幅の誤差を仮定し、それを許容するように設計を行う。しかし、この誤差幅を飛行データ解析の前提とすると、解析結果の精度が相当低下する。このため、飛行実験時の大気の実際の状態を測定することが望ましい。

ピトー管や総温度計は機上において大気状態を計測する装置といえるが、極超音速においては技術的問題(材料の耐熱性)や空力的な問題(静圧計測の困難さ)から

\* 平成8年7月23日 受付 (received 23 July 1996)

\*1 新型航空機研究グループ (Advanced Aircraft Research Group)

\*2 三菱スペース・ソフトウェア株式会社 (Mitsubishi Space Software Co., Ltd.)

実用にはならない。動圧の計測は比較的容易であり、極超音速飛行実験<sup>4)</sup>(以下、HYFLEXと呼ぶ)においてもノーズキャップ上の圧力から動圧を推定する試みを行っている。しかし、大気状態を決定するには独立な量の値をもう一つ知る必要があり、機上計測以外の方法が必要になる。

機上計測以外では、観測ロケットや気球等による実測が考えられ、米国のスペースシャトルの初期の飛行においては経路近傍において多数の観測を実施している<sup>5)</sup>。

HYFLEXにおいては、経費等の理由から観測ロケットによる観測は困難であると判断し、いくつかの手段について調査した結果、米国商務省海洋大気局(National Oceanic and Atmospheric Administration)の極軌道気象衛星(以下、NOAA衛星と略する。なお、この衛星のことをpolar satelliteと通称するため極軌道衛星と記したが、厳密には同衛星は太陽同期軌道を周回している。)観測データに基づき大気状態を推定することとした。

## 2. NOAA衛星データについて

NOAAの気象衛星には、太陽同期軌道で周回するシリーズがある。この衛星には、TOVS(TIROS-N Operational Vertical Sounder)と呼ばれるシステムが搭載されている。このシステムは、大気中のCO<sub>2</sub>の赤外放射の測定から、気圧高度=100kPa~10Pa(高度約100m~65kmに相当)の範囲に分布する40点の高度における大気温度を推定するものである。40点の圧力値については表2-1に示した。推定の原理については文献<sup>6)</sup>に詳しく、本資料の本題ではないので詳細は省略するが、赤外放射の波長と気圧高度の間に図2-1に示すような関係があり、この性質を利用して波長別の赤外放射強度から高度方向の大気温度分布を推算するものであ

る。この推定による温度の精度は2~3Kである<sup>7)</sup>とされている。

観測点は周回軌道に沿ってその両側にランダムに分布し、観測点の典型的な間隔は80km(軌道直下)~125km

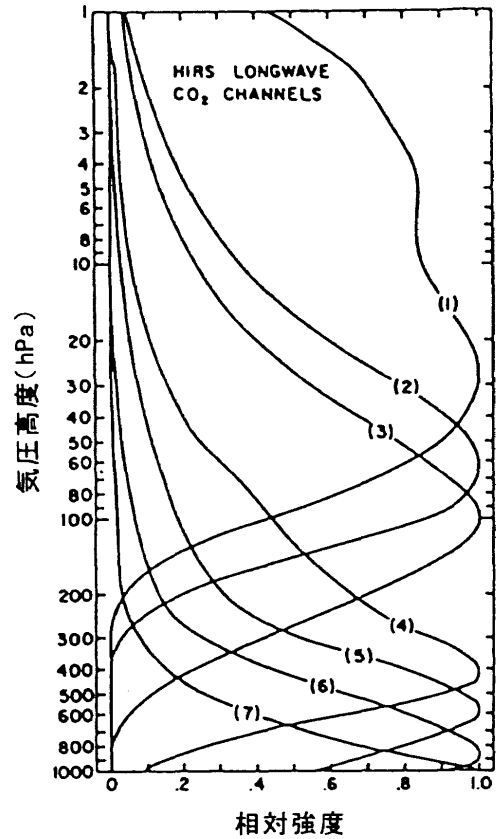


図2-1 赤外線波長の波長と気圧高度の関係の例<sup>6)</sup>

番号	波長	番号	波長
(1)	15.0 μm	(2)	14.7 μm
(3)	14.5 μm	(4)	14.2 μm
(5)	14.0 μm	(6)	13.7 μm
(7)	13.4 μm		

表2-1 NOAA極軌道衛星のTOVS-Nの温度観測高度

気圧高度 (kPa)	幾何高度 (km)	気圧高度 (kPa)	幾何高度 (km)	気圧高度 (kPa)	幾何高度 (km)	気圧高度 (kPa)	幾何高度 (km)
100	0.1	47.5	6.0	10.0	16.2	0.70	33.6
95	0.5	43.0	6.7	8.5	17.3	0.50	36.0
92	0.8	40.0	7.2	7.0	18.5	0.40	37.6
85	1.5	35.0	8.1	6.0	19.5	0.30	39.7
78	2.2	30.0	9.2	5.0	20.6	0.20	42.7
70	3.0	25.0	10.4	3.0	23.9	0.15	45.0
67	3.4	20.0	11.8	2.5	25.1	0.10	48.2
62	4.0	15.0	13.6	2.0	26.6	0.05	53.7
57	4.6	13.5	14.3	1.5	28.5	0.02	60.7
50	5.6	11.5	15.3	1.0	31.2	0.01	65.6

注-気圧高度と幾何高度の関係は U. S. Standard 大気モデルに基づいた。

(周辺部)とされている。極軌道衛星は、本来2個が昇降点引数を90°ずらした軌道を周り、6時間おきに地球上の全ての領域をカバーする計画とされているが、本推定のためにアクセスした時期においては、理由は不明であるが、12時間おきのデータしかない。

HYFLEXにおいては、飛行後のデータ解析等のために早期にデータを入手することが要請されていたため、NOAAに申請して極軌道衛星の観測データが整理されているファイルへのアクセス権を付与されることによりデータを入手する方法をとった。当該ファイルには概ね観測から1日後以内に処理されたデータが掲載され、アクセス可能であった。

### 3. 温度、圧力、風の推算

#### 3.1 温度、圧力の高度分布の推算

NOAA衛星の観測結果は表2-1に示すようなとびとびの高度(厳密には気圧高度)における温度の観測値を与える。このとびとびの値を適切に内挿することにより任意の高度(気圧高度)に対する大気温度を知ることができる。内挿の詳細は巻末の付録に示したが、基本的にはU. S. Standard 大気モデル<sup>1)</sup>の温度分布を観測に合わせて修正するという考え方を採っている。また、温度の高度方向分布が既知であると、静水圧方程式

$$p(h) = p_0 \exp \int_0^h \left[ -\frac{g}{RT} dz \right] \dots\dots\dots (3.1)$$

$R$ : ガス定数  
 $g$ : 重力加速度  
 $T$ : 大気温度  
 $p_0$ : 海面上圧力

を海面上から任意の高度まで積分することによりその高度における大気の圧力 $p(h)$ を求めることができる。海面上圧力は、通常地上天気図から読み取った値を用いた。

このように推定した観測点における温度及び圧力の高度分布から、任意の緯度、経度の組合せの位置における温度、圧力分布は、次のようにして推定した。求めようとする点を取り囲む3点の観測点(この3点の選び方については任意性があるが、圧力、温度の絶対値をみている限りは、誤差に比べて選び方の影響は無視できる。ただし、次節で述べるように圧力勾配に依存する風の評価では3点の選び方の影響は比較的大きくなる。詳しくは4章参照。)における同一高度の圧力及び温度を直線内挿することにより求めている。なお、本推定では、HYFLEXの飛行経路に沿っての推定という狭い地域の推定のみを目的としているため、観測点群に内挿のため

の三角形を張る作業は自動化せず手作業で行っている。

#### 3.2 風向、風速の推算

HYFLEXで必要とされる高度領域に対し、緯度が30度程度より極側においては、風は地衡風と考えることができる<sup>8)</sup>。地衡風は、風向きは圧力勾配の方向に直交(低圧側からみて左向き)で、風速 $v$ は

$$v = \frac{RT}{2\omega \sin \theta} \frac{\Delta p}{p} \dots\dots\dots (3.2)$$

$R$ : ガス定数  
 $T$ : 温度  
 $\omega$ : 自転角速度  
 $\theta$ : 緯度  
 $\Delta p/p$ : 圧力勾配

に従い、その風向・風速は、緯度と(水平面内の)圧力勾配のみで決まる。

地衡風として風向・風速を決める際、圧力勾配を3.1節で述べた方法で求めた圧力値の勾配として与えると、三角形の境界で風向・風速が不連続に変化してしまう。これを避けるため、まず、各三角形の重心位置における風向・風速を、三角形内部を直線内挿することにより張った平面で決まる圧力勾配から地衡風方程式により決める。任意の点における風は、その点を取り囲む3点の重心における風向・風速から直線内挿(東西及び南北成分をそれぞれ内挿)により決めた。圧力の場合と同様に、この場合も3点の選択に任意性がある。この任意性の影響については、次章で述べる。

### 4. 綾里観測ロケットデータとの比較

#### 4.1 圧力、温度の比較

綾里観測ロケットデータとの比較は、4回のロケット観測に対し7ケースのNOAA衛星観測を比較した。綾里のロケット観測は原則として毎週水曜日の午前9時(日本時間)に行われているが、NOAA衛星の日本上空通過はこの時間とは同期していないため、ロケット観測を挟む前後の通過時の観測との比較を行った。ただし、4回のロケット観測のうち1回に対しては、NOAAデータファイルへのアクセスの関係でNOAAデータが1回分しか得られてなく、合計7ケースの比較となった。

任意の時刻における推定値を、その時刻を挟む2回のNOAA衛星データから内挿することも検討していたが、次に示すように、NOAA衛星から推定した値の12時間の変化の大きさは推定精度以下であると考えられるため、時間方向の内挿は行わないこととし、ロケット観測との比較においてはロケット観測前後の2回の通過時の観測

データそれぞれに基づく推定と独立に比較した。なお、HYFLEXの飛行時の大気状態の推定は、HYFLEXの飛行に最も近い時刻におけるNOAA衛星観測に基づいた。

図4-1に平成8年1月24日のロケット観測に対応するNOAA衛星の観測点の分布(綾里近傍のみ)、図4-2にNOAA衛星観測による温度分布(図4-1に示した全観測点における分布)を示す。これをみると、観測点によるばらつきの方が、次に述べる図4-3(1)に示す12時間における変化より大きいことが分かる。無論、12時間における変化の方が小さくても時間方向に内挿することにより予測精度がそれだけ改善される可能性があるが、空間方向の内挿が直線内挿であること等や、時間

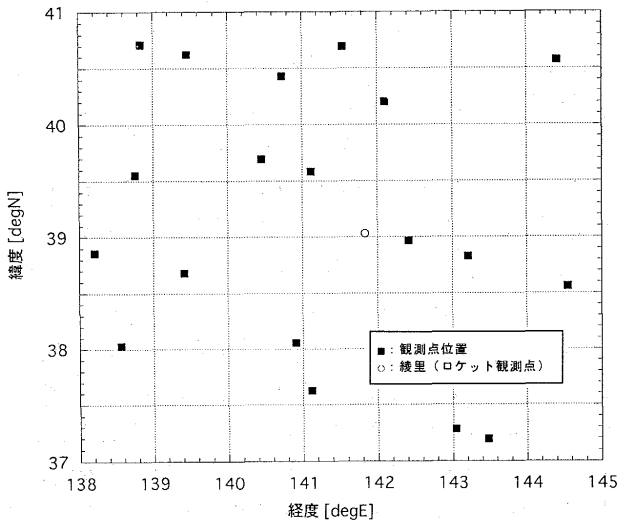


図4-1 NOAA衛星による観測点分布の例  
(1996年1月23日午後(世界時)の観測点の綾里付近の分布)

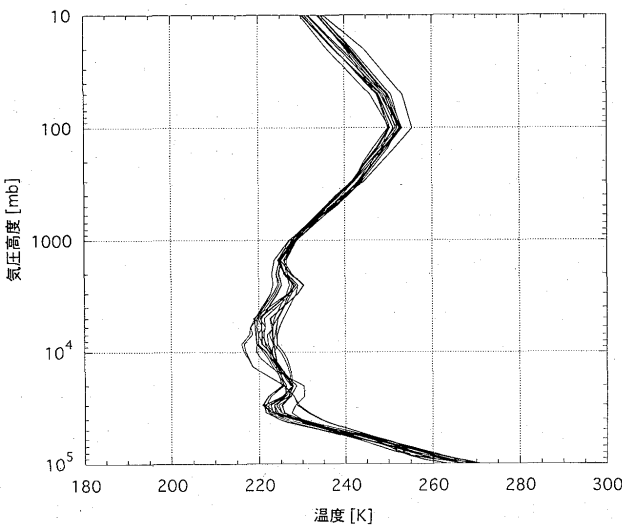


図4-2 NOAA衛星観測による温度観測結果の例  
(図4-1に示す観測点全てに対し、高度方向の40点の観測を線で結んだ。)

方向内挿でさらに作業量が増えることを考え、すでに述べたように時間方向の内挿は行わないこととした。

これらのNOAA衛星観測データに基づき推定(以下、NOAA推定と略記する)した綾里上空の温度分布を、観測ロケットによる測定結果と比べた例を図4-3(1)に示す。図中に参考として点線で示したU.S. Standard大気モデルによる温度分布に比べると、NOAA推定の方がはるかにロケット観測結果に近いことが分かる。また、この図からも、12時間の変化の方が、図4-2の観測点によるばらつきやロケット観測との差より小さく、

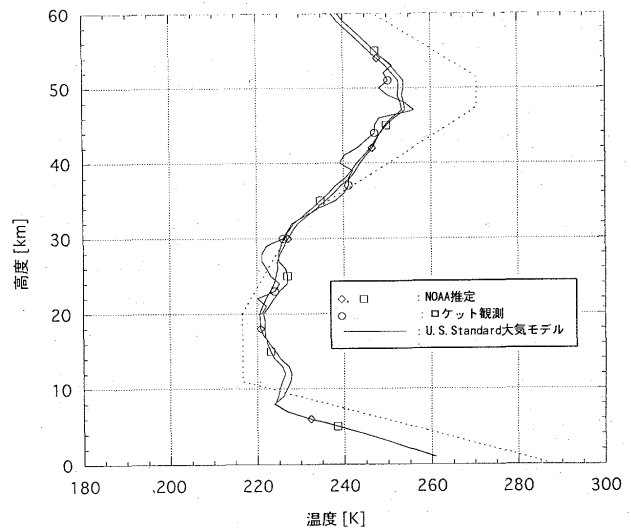


図4-3 NOAA推算による温度、圧力分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月24日のロケット観測分)  
(1)温度

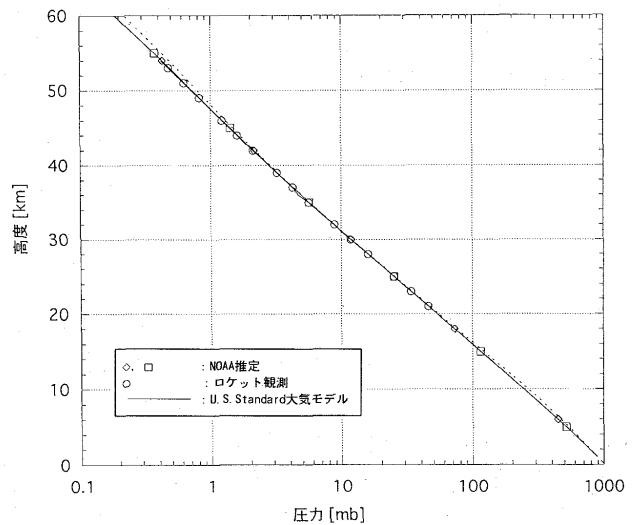


図4-3 NOAA推算による温度、圧力分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月24日のロケット観測分)  
(2)圧力

時間的内挿の意味が小さいことが確認できる。

図4-3(2)に、同様に圧力分布を比較したものを示す。圧力に関しても、温度と同様にU. S. Standard 大気モデルに比較して著しい改善がある。

NOAA 推定による温度、圧力推定精度の定量的な把握のため、上述の7ケースについて、ロケット観測とNOAA 推定の比較を統計処理した結果を図4-4に示す。ここでは、ロケット観測を真値とみなし、それに対する分散の平方根 (Error Mean Square) を温度と圧力について示した。また、参考のため、ロケット観測に対するU. S. Standard 大気モデルの差も示した。

図4-4(1)の温度分布の比較において、高度35kmまでは、NOAA推定とU. S. Standard 大気モデルに有意

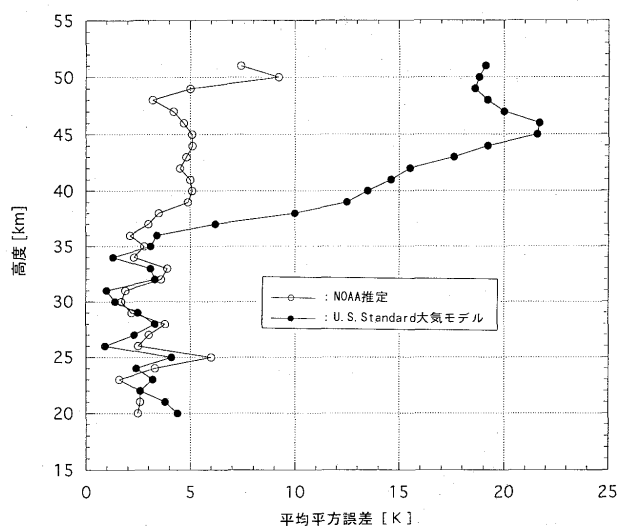


図4-4 ロケット観測に対するNOAA推算による温度、圧力の誤差  
(1) 温度

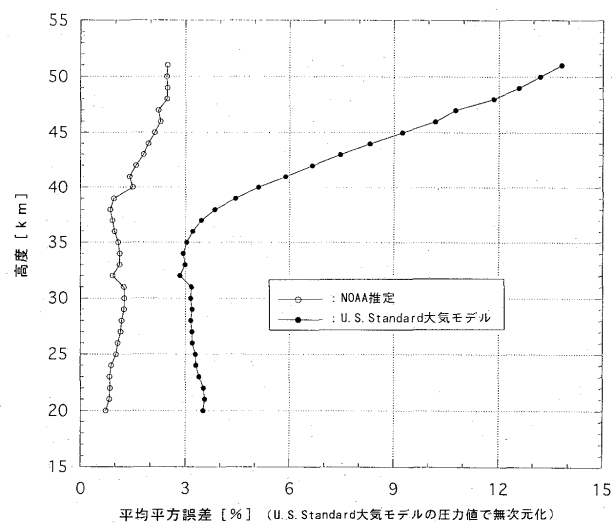


図4-4 ロケット観測に対するNOAA推算による温度、圧力の誤差  
(2) 圧力

な差はないが、35km以上ではNOAA 推定が35km以下とあまり変わらず5K程度の誤差に留まっているのに対し、U. S. Standard 大気モデルによる温度はロケット観測に対し最大で20K程度の誤差が生じている。また、圧力についての統計処理結果を図4-4(2)に示した。圧力は、高度35km以下においてもNOAA 推算の方が優れた精度を示しており、高度35km以上においても、U. S. Standard 大気モデルの場合の最大15%程度の誤差に比べてNOAA 推定では2, 3%の誤差に留まっており、その改善度は大きい。

観測ロケットによる温度計測の精度の詳細は不明であるが、2~3KであるとされるNOAA 衛星観測値の誤差を考えると、図4-4(1), (2)の結果は概ね満足できるものであり、本推定の目標は概ね達成できたと考えている。

しかし、温度、圧力とも高度の上昇とともに精度が低下する傾向がみられ、観測ロケットのデータがない高度50km以上については、十分な精度評価ができていない。

## 4. 2 風の比較

図4-3のケースについて、観測ロケットによる測定風とNOAA 推算の比較を図4-5に示した。風は、風向/風速ではなく東西/南北成分として比較した。この1月24日のケースについていえば、東西成分はある程度推定できるといえなくもないが、南北方向についてはほとんど一致していない。一方、図4-6に1月17日の観測に対するものを示したが、この場合は偶然とは考えられないような程度でロケット観測とNOAA推定が一致している。ここに示した以外のケースにおいての一致の

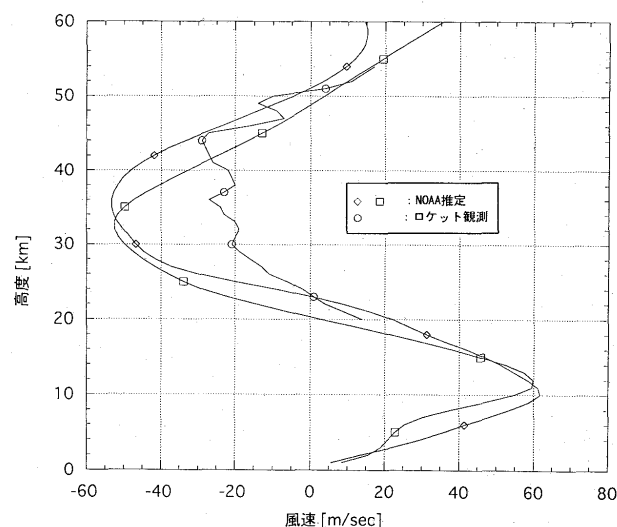


図4-5 NOAA推算による風速成分分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月24日のロケット観測分)  
(1) 東西成分

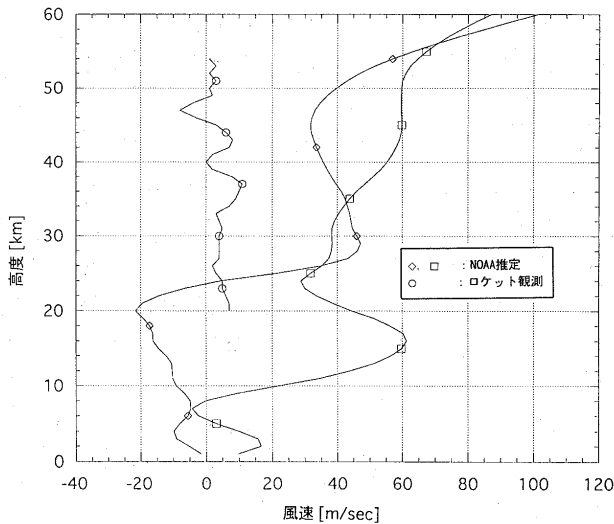


図4-5 NOAA推算による風速成分分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月24日のロケット観測分)  
(2) 南北成分

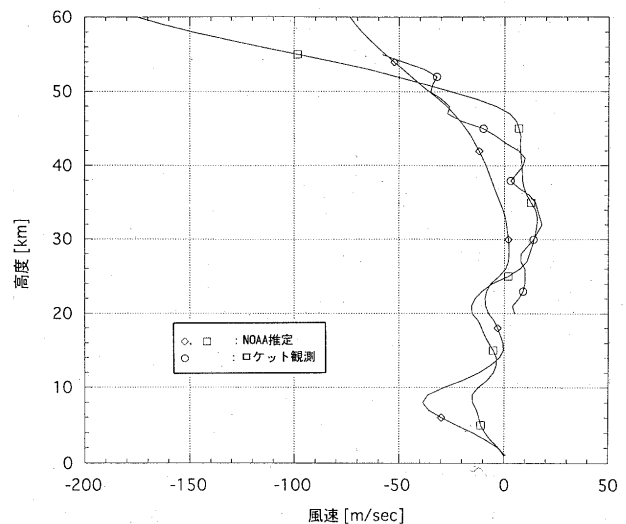


図4-6 NOAA推算による風速成分分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月17日のロケット観測分)  
(1) 東西成分

状況も大同小異であり、推定可能なケースがないとはいえないものの、一定の誤差で安定的に予測できるという評価はくたせない。

この原因の究明及び可能ならば改善することを目指して、前章で述べた三角形の選び方の任意性の影響を評価した。三角形群の選び方(圧力の直線内挿を行う三角形群の選び方も含む)をいくつか変えてその影響をみたものが、図4-7である。三角形群の選び方による風速の変化は比較的大きいが、この例では南北風のロケット観測値はいずれにせよ三角形群の選び方によるばらつきの外にあることがわかる。この推測において地衡風を発生させている水平面内の圧力勾配は、典型的には100km(典型的な観測点間隔)当たり1%程度以下であり、圧力の推定そのものの誤差が風の予測精度を悪化させている原因の一つであると考えられる。

圧力推定手法の改善等により、NOAA衛星データから風向、風速を推定することができるようになる可能性は否定できないものの、例えば、より広い範囲で総合的な流れ場として解くなどの方法を必要とする恐れがある。一方、HYFLEXの飛行データ解析においては、姿勢制御飛行がマッハ2までで終了していることや飛行の主要部分は極超音速域であることを考えると、風の影響は比較的小さいといえるため、時間的理由もありこれ以上の推定の試みは行っていない。

## 5. HYFLEX 搭載 ADS データとの比較

HYFLEXでは、ADS(エア・データ・センサ)と呼ぶノーズキャップの表面圧力計測システムを搭載しており、動圧を推定している<sup>9)</sup>。このADSによる飛行中の動

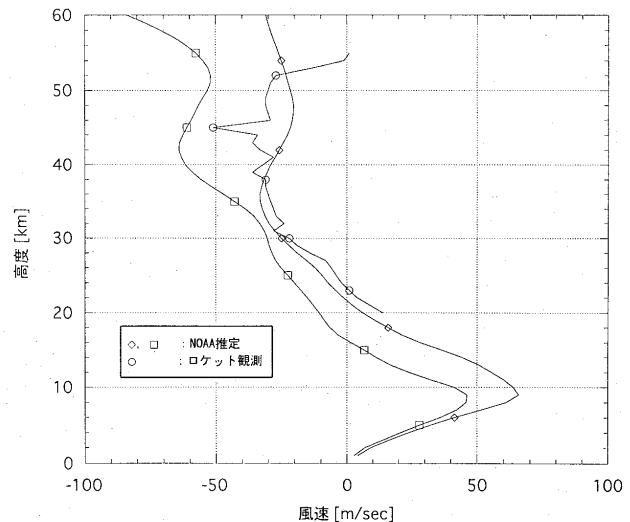


図4-6 NOAA推算による風速成分分布と観測ロケットによる測定結果の比較  
(平成8年1月17日のロケット観測分)  
(2) 南北成分

圧履歴(暫定値)とNOAA衛星観測に基づく密度分布と飛行経路(高度、対地速度)から計算した動圧履歴を図5-1に比較した。両者に5%程度の差がみられる。この差の原因については、次に述べるようないくつかの原因が関係していると考えられるが、現時点では詳細は不明である。すなわち、同図に示したADSによる動圧推定では考慮していない振動励起による実在気体効果の影響や、ニュートニアンによる圧力係数を前提としている点等の影響があり得る。いずれにせよ、図5-1の比較から現時点でいえることは、U.S. Standard大気モデルでみられるような10数%にもなるような誤差は両者の

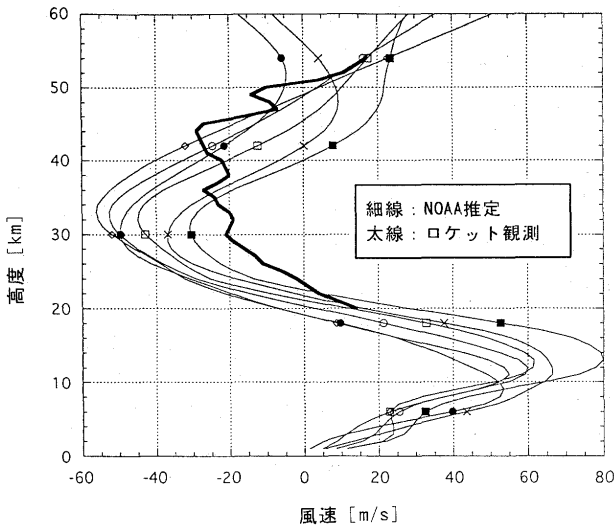


図4-7 圧力勾配を推算するための三角形群の選び方を変えた場合の風速の変化例 (平成8年1月24日のロケット観測対応分) (1)東西成分

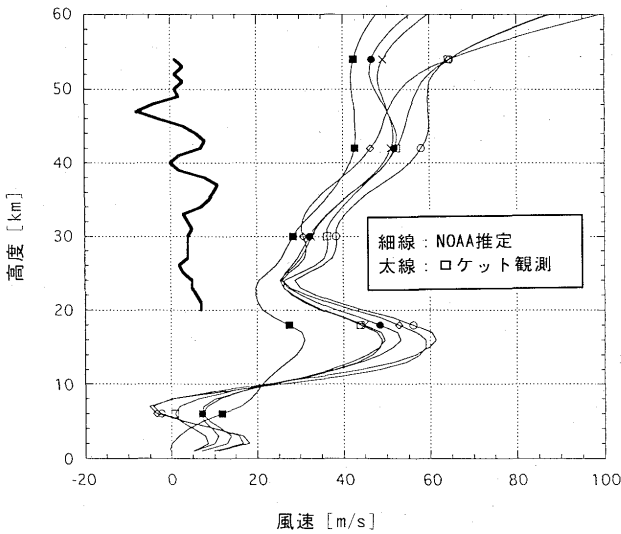


図4-7 圧力勾配を推算するための三角形群の選び方を変えた場合の風速の変化例 (平成8年1月24日のロケット観測対応分) (2)南北成分

間にはみられず、その範囲では両者は整合しているということである。ADSによる動圧とNOAA衛星データと飛行経路による動圧の最終的な比較/評価は、現在作業中の解析を待つ必要がある。

## 6. まとめ

極超音速飛行実験 (HYFLEX) の飛行データの解析のために、NOAA 極軌道衛星のTOVSシステムの温度観測データに基づき、上空の大気状態 (温度、圧力、風)

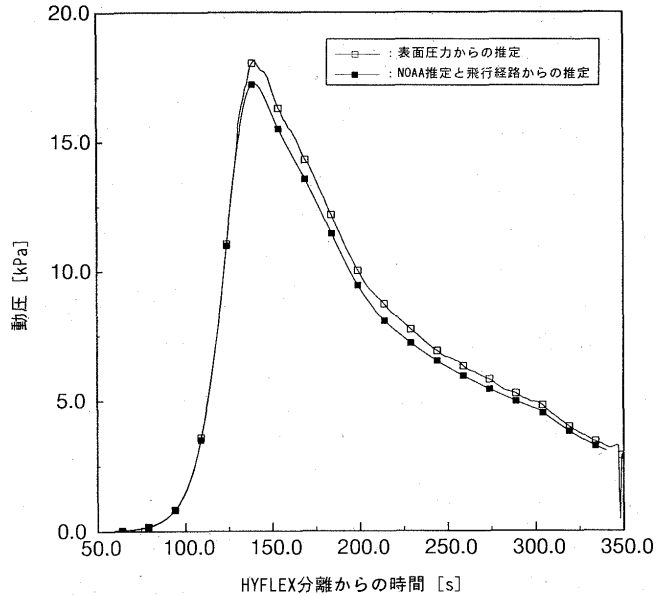


図5-1 NOAA推算と飛行経路から推定した動圧とADSから推定した動圧の比較<sup>9)</sup>

の推定を行った。観測ロケットによる実測値との比較により、温度及び圧力については、U. S. Standard 大気モデルを用いる場合より高精度で実際の飛行時の状態を知ることができ、特にU. S. Standard 大気モデルによる推定精度が低下する高度 35km 以上においては効果が大きく、高度によっては誤差を数分の1にできることが確認された。しかし、風 (風向、風速) に関しては満足できる精度での推定はできなかった。

NOAA 衛星観測データに基づくこの推定値を用いることにより、HYFLEX 飛行データ解析結果の定量的精度を向上することができた。

## 謝 辞

NOAA 気象観測衛星データは、米国商務省海洋大気局のデータファイルへのアクセス権を付与されることにより提供いただいた。また、綾里気象観測ロケットデータは、気象庁観測部高層課から、特段の御配慮により観測後極めて早期に提供いただいた。また、大気状態の推算方法についての重要な助言や、NOAA衛星データ、観測ロケットデータについての情報は、気象庁予報部数値予報課の平隆介予報官 (当時) にいただいた。この場を借りて感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) National Oceanic and Atmospheric Administration / National Aeronautics and Space Administration: "U. S. Standard Atmosphere 1976", Washington D.C., (1976).
- 2) Committee on Space Research: "COSPAR Interna-



- tional Research Atmosphere 1965", North-Holland Pub. Co., (1965).
- 3) Justus, C. G., Alyes, D. M., Cunnold, D. M., Jefferies, W. R. and Johnson, D. L.: "The NASA/MSFC Global Reference Atmospheric Model-1990 Version (GRAM-90)", NASA TM-4268, (1991).
- 4) Shirouzu, M., Kai, T., Akimoto, T., Watanabe, S. and Shimoda, T.: "HYFLEX Project for the Development of HOPE", ISTS 94-g-12, 19th. International Symposium on Space Technology and Science, (1994).
- 5) Prince, J. M.: "Atmospheric Definition for Shuttle Aerothermodynamic Investigations", J. of Spacecraft vol.20 No.2 PP.133-140 (1983).
- 6) Smith, W. L., et al.: "The TIROS-N Operational Vertical Sounder", Bulletin of American Meteorological Society, vol.60, No.10 (1979) pp.1177-1187.
- 7) Brodrick, H. J., Watkins, C. and Gruber A.: "Statistical and Synoptic Evaluations of TIROS-N and NOAA-6 Retriensals" NOAA Technical Report NESS 86, (1981).
- 8) 平隆介: 私信(1995).
- 9) 高木亮治, 滝沢実: "HYFLEXにおけるADS計測", HYFLEX/HOPE シンポジウム, (1996).

## 付録 NOAA 衛星観測温度からの温度分布の内挿法

とびとびの気圧高度に対して与えられている温度から、温度の高度分布は次のようにして決めたが、この決め方が適切であるという根拠は特にはない。以下に述べるように、分布は U. S. Standard 大気モデルの温度分布を補正するという形で決めたため補正量は高度方向に比較的なめらかで大きさも小さいため、その補正法の如何には結果としての分布はあまり依存しない。

$i$  番目の気圧高度  $h_i$  における NOAA 衛星観測による温度を  $T_i$  と表すと、 $h_i \sim h_{i+1}$  間の平均温度  $\bar{T}_i$  を

$$\bar{T}_i = \bar{T}_i^{\text{USSA}} + 1/2 \{ (T_i - T_i^{\text{USSA}}) + (T_{i+1} - T_{i+1}^{\text{USSA}}) \} \quad \text{..... (A.1)}$$

$\bar{T}_i^{\text{USSA}}$  :  $h_i \sim h_{i+1}$  間の U. S. Standard 大気モデルの平均温度

$T_i^{\text{USSA}}$  :  $h_i$  における U. S. Standard 大気モデルの温度

で与える。区間  $h_i \sim h_{i+1}$  における温度分布は、両端では  $T_i$ ,  $T_{i+1}$  であり、その間の平均温度が (A.1) 式で与えた平均値と一致するような 2 次式で与える。

## 既 刊 報 告

TM-690	内挿式六分力天秤の較正について 第二報. 複合荷重式自動天秤較正装置の開発 On the Calibration of Six-Component Internal Balances Part 2. Development of an Automatic Balance Calibration System using Combination Loading	1996年3月	河本 巖, 鈴木 弘一 中村 正剛, 小國 保男 飯島 由美
TM-691	ファスナ結合した分岐を有する構造要素の熱伝導試験 Experimental Study of Heat Conduction for the Fastener- Jointed Aeroframe Structure with a Branch Member.	1996年4月	大竹 邦彦, 遠藤 修司 田中 太, 内田 伸宏
TM-692	2台のAGARD-B標準模型による並列二段式往還機の 超音速空力特性試験 Aerodynamic Characteristics of Parallel Two-Stage-To- Orbit Vehicles using Two AGRAD-B Standard Models in Supersonic Flows	1996年4月	野田 順一, 石田 清道 関根 英夫, 原 巨利 榊原 盛三, 河本 巖
TM-693	超音速フラッタ停止装置の開発 Development of a Flutter Emergency Stopper for the Supersonic Wind Tunnel	1996年5月	峯岸 正勝, 安藤 泰勝 松崎 雄嗣, 江尻 宏 野田 順一, 関根 英夫 楯 篤志, 渡辺 光則
TM-694	航技研 1m×1m 超音速風洞のノズル修理後の気流特性 The flow characteristics of the repaired NAL's 1m×1m supersonic wind tunnel	1996年7月	関根 英夫, 野田 順一 渡辺 光則
TM-695	後退・前進翼型結合翼機の低速風洞試験 Low-speed Wind Tunnel Tests on the Joined-Wing Aircraft Models	1996年7月	藤枝 郭俊, 伊藤婦美子 岩崎 昭人, 藤田 敏美 滝澤 直人
TM-696	極超音速飛行実験 (HYFLEX) 機の搜索・回収における Dornier-228 の飛行について A Search and Watch Flight of the Dornier-228 for the Hypersonic Flight Experiment Vehicle (HYFLEX)	1996年7月	鈴木 弘一, 稲垣 敏治 白井 正孝, 中村 勝 鎌田 幸男, 照井 祐之 寺岡 謙
TM-697	内挿式六分力天秤の較正について 第三報. 複合荷重式自動天秤較正装置による初期較正試験結果 On the Calibration of Six-Component Internal Balances Part 3. Initial Balances Calibration Results with the Automatic Balance Calibration System using Combination Loading	1996年7月	河本 巖, 鈴木 弘一 中村 正剛, 小國 保男 飯島 由美
TM-698	2m×2m 遷音速風洞用補助送風機設備の更新 Renewal of the Auxiliary Blower System NAL 2m×2m Transonic Wind Tunnel	1996年8月	唐澤 敏夫, 末永 尚史 鈴木 正光, 小松 行夫 戸田 亘洋
TM-699	ドルニエ機用飛行データ収集システム及びダウンリンク・ システムの飛行評価実験 Flight Test Evaluation of Flight Data Acquisition and Down-Link System for Do-228	1996年9月	稲垣 敏治, 増位 和也 井之口 浜木, 岡田 典秋 石川 和敏, 小野 孝次

---

### 航空宇宙技術研究所資料700号

平成8年7月発行

発行所 航空宇宙技術研究所  
東京都調布市深大寺東町7-44-1  
電話 三鷹(0422) 47-5911(大代表) 〒182  
印刷所 株式会社 共 進  
東京都杉並区久我山5-6-17

---