

金星現象論: 金星の圧力場

地球流体電脳倶楽部

1996年7月22日

目次

1	金星大気の圧力場の観測方法	2
1.1	直接観測	2
1.2	リモートセンシング	2
2	圧力の鉛直分布	2
3	圧力の経度・緯度依存性	5
4	遠心力バランス	7
5	参考文献	8

Abstract

パイオニア・ヴィーナスによる金星大気の圧力場観測の結果について.

ここではパイオニア・ヴィーナス(着陸船)による、金星大気の圧力観測の結果について述べる。

1 金星大気の圧力場の観測方法

1.1 直接観測

この節で並べるデータは直接観測で得られたものである。観測方法は 65 km より上と下で異なる。

- 65 km 以上
金星大気に突入する探査機の加速度(減速度)から ρ を求める。静水圧近似を仮定してその ρ から気圧 p を求める。
- 65km 以下
気圧計で測る。

1.2 リモートセンシング

マイクロ波 掩蔽によって気圧もわかる。手順についてはシリーズ「金星大気の温度場」を参照のこと。

2 圧力の鉛直分布

図 1, 図 2 は 大気中を降下する探査機¹ による気圧データである。図 1 は気圧計による観測で高度は 65km 以下, 図 2 は 減速度から求めた間接的データで高度は 120 km 付近から 65km までである。

¹探査機名はそれぞれ SOUNDER, DAY, NIGHT, NORTH

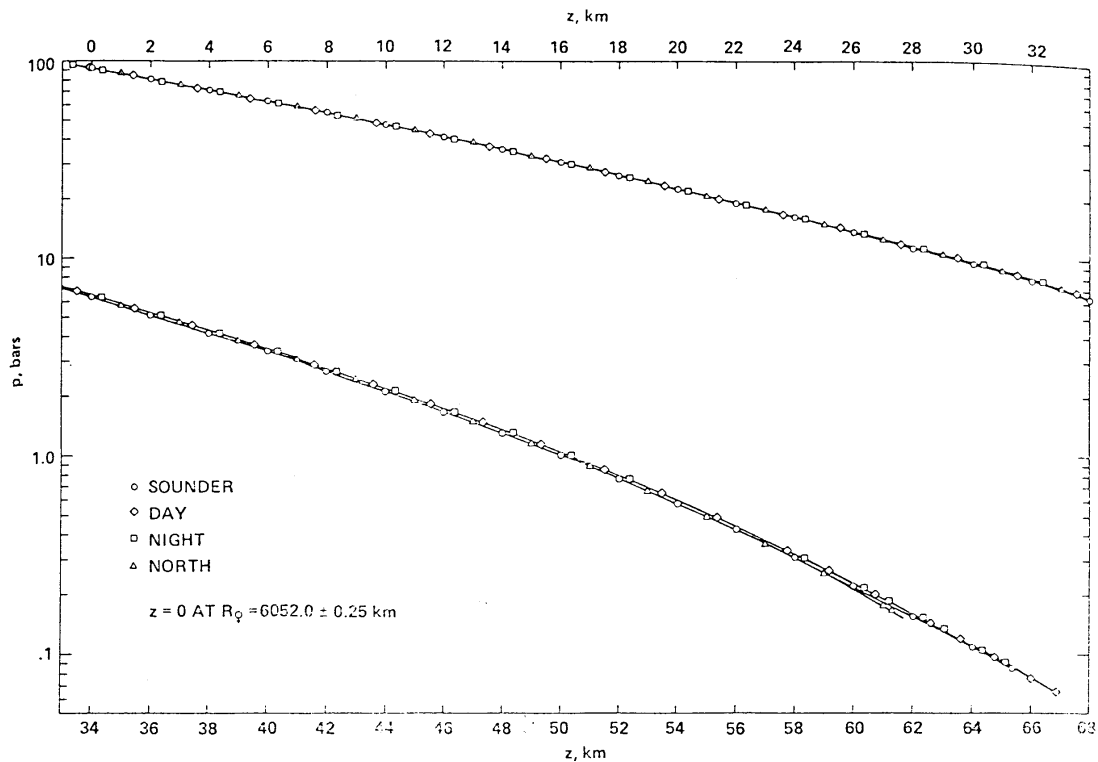


Fig. 7. Pressure profiles in the lower atmosphere of Venus from the four Pioneer Venus probes. Altitudes are referenced to the sounder probe landing site. The four probes define essentially a single profile up to 20 km, then start to diverge and indicate small pressure differences. These differences are smaller in the current analysis than in the preliminary analysis [Seiff *et al.*, 1979b].

図 1. 金星大気の鉛直圧力分布 (高度 0~67km). 探査機が降下中に気圧計で測ったもの (Seiff *et al.* 1980).

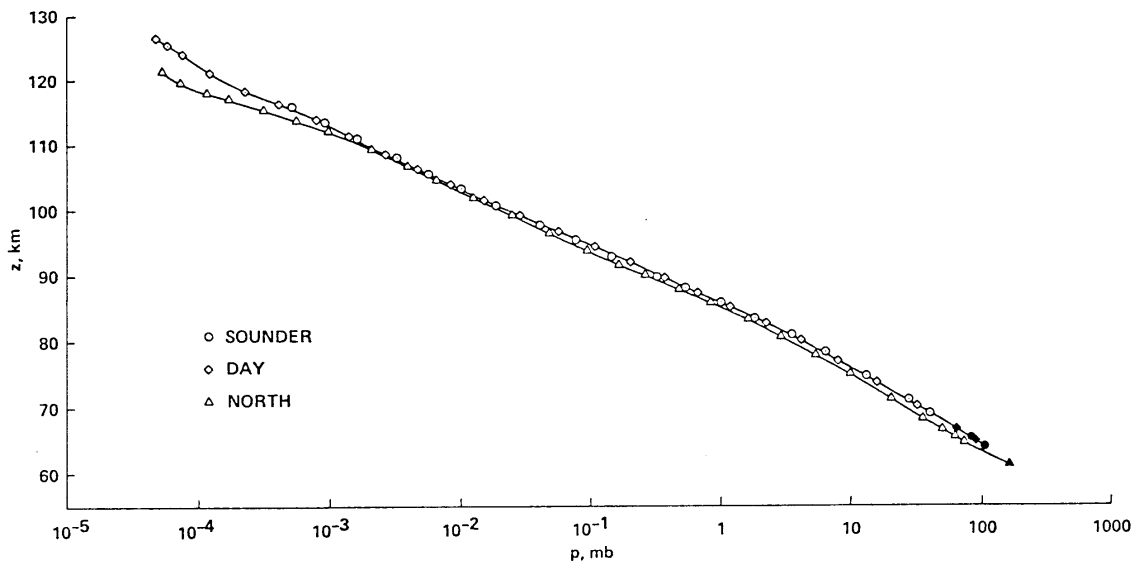


Fig. 11. Atmospheric pressures above 65 km from probe deceleration measurements. Filled symbols from pressure sensing in descent are included for comparison. The lower north probe pressures are in a direction to provide cyclostrophic balance of zonal winds up to an altitude of 105 km. Above 110 km, the temperature data (Figure 6) indicate the presence of wave phenomena, which are probably responsible for the pressure differences as well.

図 2. 金星大気の鉛直圧力分布 (高度 65 km~120 km). 探査機の減速率から求めたもの (Seiff et al. 1980).

3 圧力の経度・緯度依存性

図3は各探査機の気圧データの差を取って、DAY探査船のデータで規格化したものである。横軸は高さで70 kmから表面まで取ってある。右の方が高度が高い。

上段の図は緯度はほぼ同じだが、経度が異なりそのため昼と夜に分かれている地点のデータの差を表す。中段は経度も緯度も異なる地点間の差、下段はほぼ緯度のみ異なる地点間の差を表す(図4)。

これらの図から、気圧は経度より緯度による違いの方が大きいと推測される。

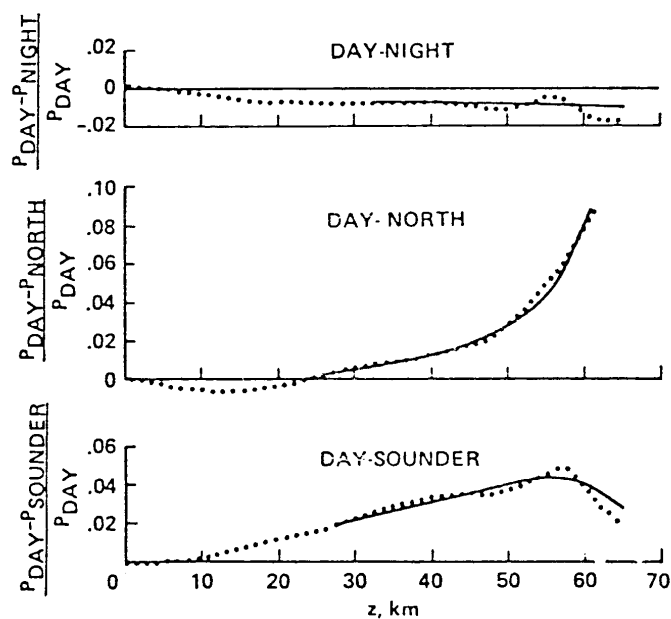


Fig. 15. Pressure differences among the four soundings in the lower atmosphere. Each of the difference curves exhibits a slow variation with an oscillation superimposed. The oscillation is 90° out of phase with the temperature waves of Figure 14.

図3. 各探査機間の気圧差. 横軸は高さを表す.

上段は経度がほぼ同じ探査機, 中段は経度緯度とも異なる場合, 下段は経度は異なり緯度がほぼ同じ探査機間のものである (Seiff et al. 1980).

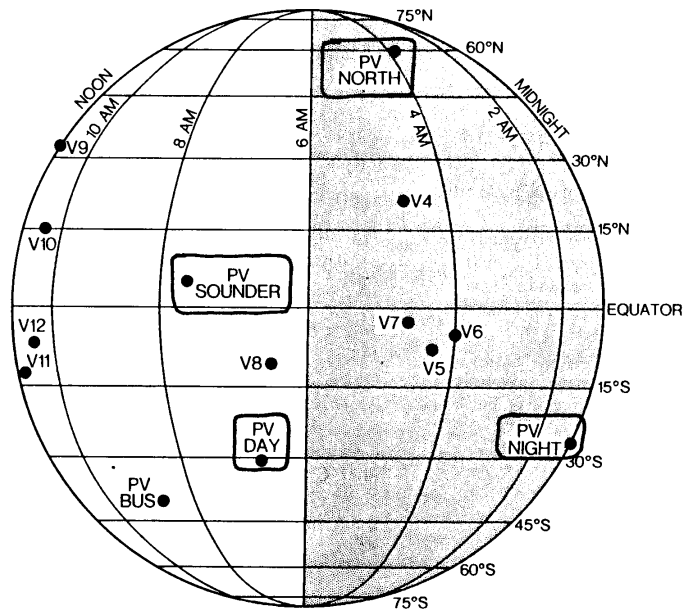


図 4. 各探査船の着陸位置. PV がパイオニア・ヴィーナスを表す (Schubert. 1983).

4 遠心力バランス

遠心力バランスとは, 緯度方向の気圧傾度力と東西方向の風速による遠心力がつりあうことをいう. 東西風速を u , 圧力を p , 密度を ρ , 緯度を ϕ とすると, 遠心力バランスの ϕ 成分の式は,

$$0 = -\frac{1}{\rho R} \frac{\partial p}{\partial \phi} - \frac{u^2}{R} \tan \phi$$

である. この関係が金星上で成り立つと仮定して, 気圧のデータから東西風速を計算して風速の実測値と比べたのが図 6 である.

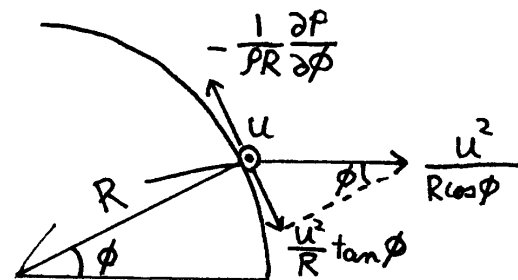


図 5. 遠心力バランス.

この計算では, 経度方向に気圧は変わらないと仮定して, 経度の違いを気にせず, 緯度の差だけを考慮して気圧の差を取った. 計算値と実測値がよい一致を見せている. これより金星大気の流れは遠心力バランスしているといえる. このバランスが成り立つときには, 低緯度の方が気圧が高くなければならない. 図 3 下段を見ると赤道付近の SOUNDER 探査機の気圧データが中・高緯度の気圧より低くなっており (図 3 下段), 赤道付近の東西風は, 遠心力バランスしていないと予想される.

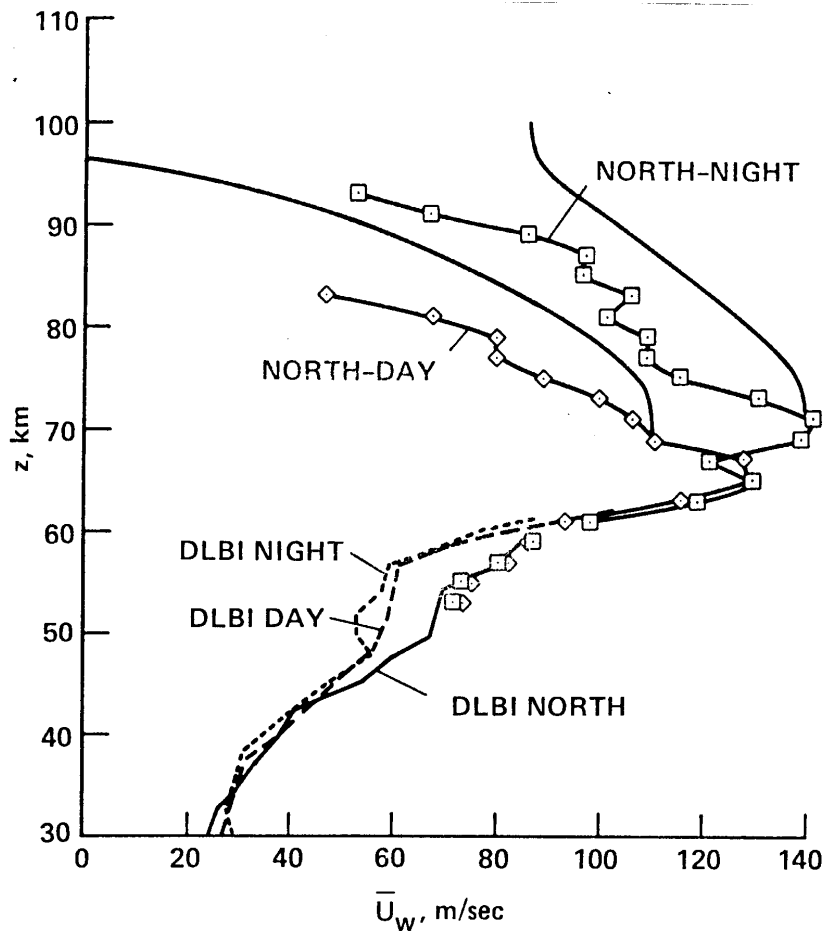


Fig. 7. Comparison of winds measured by radio tracking of probes below 60 km with winds estimated from the measured pressures by means of the assumption of cyclostrophic balance. Above 60 km, the winds are inferred entirely from measured pressures.

図6. 遠心力バランスを仮定して計算した東西風と、東西風の実測値. 計算値は記号を結んだ線の方で、差を取るのに使ったふたつの探査機の名前が書いてある. DLBIは differential long baseline interferometry の略 (Seiff, 1983).

5 参考文献

Moroz, V. I., 1981: The atmosphere of venus. *Space Sci. Rev.*, **29**, 3-127.

Schubert, G., 1983: General circulation and the dynamical state of the Venus atmosphere. in *VENUS*, The university of Arizona press, 684-685.

Seiff, A., et al., 1980: Measurements of thermal structure and thermal contrasts in the

atmosphere of venus and related dynamical observations. *J. Geophys. Res.*, **85**, 7903-7933.

Seiff, A., 1983: Thermal structure of the atmosphere of venus. “*VENUS*”, The university of Arizona press, 215-279.

謝辞

本稿は 1989 年から 1993 年に東京大学地球惑星物理学科で行われていた, 流体理論セミナーでのセミナーノートがもとになっている. 原作版は野村竜一による「金星現象論」(90/05/04) であり, 高木征弘によって地球流体電脳倶楽部版「金星現象論」として書き直された(96/07/22). 構成とデバッグに協力してくれたセミナー参加者のすべてにも感謝しなければならない.