

# 惑星の気象学

森 山 茂\*

惑星大気自身の研究は、そんなに新しいものでもなく、望遠鏡による地上観測によるものを考えれば、数世紀前にまでさかのぼることができる。しかし、宇宙船探査によるまでは、望遠鏡による眼視観測を主体にした、大気の運きの観測や、分光観測による惑星大気の組成や、その分圧の決定が主だったものであった。そして、それらの結果に基づいて、いくつかの先駆的な気象学的なアプローチが、細々とはあるけれども行なわれていた。ところが、1957年のソ連の Sputnik の成功で一躍人類の眼が宇宙へ向き始めた頃から、本格的に惑星大気を論じた論文が出され始めている。地球とは異なった、大気組成、太陽放射、大気圧、重力、自転周期、雲層、地形の下で、惑星の大気の運動や熱的な構造はどうなっているのかという惑星の大気に関する研究は、宇宙船による探査で得られた新しいデータに基づいた議論が展開され、この十数年来、本当に目覚ましい発展を示している。そして、現在では、気象力学、大気放射、熱力学、光化学等、あらゆる分野からの詳細なアプローチがなされ、また、それらを総合した研究も行なわれている。さらに、比較惑星学的見地から、惑星大気の起源と、その進化に関する研究の発展も、近年目覚ましいものがある。こうした意味では、かつての地球の気象学の他の惑星への応用という図式が、逆に、他の惑星から地球へという一種の逆流現象が、一部で起こりつつあると言っても大袈裟ではなくなってきた。これから、地球なみに細分化の進むであろう惑星気象学を本格的に研究しようとする者にとっては、したがって、火星、金星のみならず、木星、土星、天王星、海王星、さらには、タイタン、イオ等の衛星に対しても、自身の持っている専門的な分野を活かし、また、検証し得る場はいくらでも開かれている訳である。

しかし、惑星気象学は、本来、気象学の全分野を総合した観点からその惑星の大気を研究していく訳であるから、これから広く惑星気象学を勉強するためには、気象学の多方面に一応の理解を示しておく必要があるだろう。

特に、未知の惑星へアプローチするためには、その熱的構造や大気の運動の概要を知ることから入って行く訳で、どうしても、気象力学や気象熱力学、大気放射学の知識が先ず必要となるであろう。そうした意味で、本講座で取り上げられる中でも、特に、気象力学、熱力学、気象放射学、回転流体力学、対流論、大気大循環論、高層大気物理学の関連した基礎的素養を積んでおくのが望ましいと思う。これらの参考書の詳細な選択は、それらの講座に譲るが、たとえば、**Greenspan** や **Chandrasekhar, Holton** 等の教科書で力学的な素養を身に付けたり、**Chandrasekhar, Goody, Kondratyev, Van de Hulst, Sobolev** という放射関係の教科書に当たって、実際面への応用の下地を作っておいた方が良いと思う。また、**永田武・等松隆夫：超高層大気の物理学** は、電離大気との結合を考える場合には基本となる教科書になるはずであろう。その他では、**Goody Walker** の教科書を挙げておきたい。これには、わりと新しい成果での惑星大気の基礎的知識も書かれている。

ところで、天文学的な面も含めて、惑星物理学全般に渡っての基礎的知識を身につけようとした場合、まず挙げたいものは、**サイエンスの特集・太陽系の天文学** である。これには、現在最も活躍している第一線の研究者が、各惑星を一つずつ担当して書いている。もちろん、気象学のみではなく、太陽系の起源から始まり、天文学、地質学、惑星の内部物理学まで、多方面に渡って現在の先端の知識をかなり分かり易く吸収できるであろう。時折、この**サイエンス**に最新の興味ある話題が取り上げられる場合が多い。

天文学的な見地を含めて、いろいろな惑星大気の概要を知るに適切な本は多くない。この学問が新しく、かつ、先に述べた如く、数年もすればデータがどんどん書き替えられてしまうので、すぐ古めかしくなってしまう。他に、惑星物理学の現状を知るために、**Exploration of the Planetary System** がある。しかし、われわれにとっては、ここら辺で、ひとつ新しい本格的な惑星物理学の体系だった教科書が欲しいものである。

日本人の手になる本格的な惑星大気全般についての教

\* S. Moriyama, 日本大学生産工学部物理学教室

科書はあまり無いが、**大家**、**清水**、**駒林**、**森山**等の著作の中で、それぞれの観点から、金星や火星や木星の話題が提供されている(ただ、近く 太陽系の力学、惑星の気象学、超高層大気物理学、惑星大気の起源と進化、太陽系の起源、内部物理学 等を、恒星社の新天文学講座で、新たに総合的に取り上げて発刊される予定がある)。

惑星気象学についての現在の知識を、さらにもう少し突っ込んで知りたい向きには、**Gierasch** や **Millman** のレビューや **Hide** のレビューを読むと良い。さらに、**Space Science Review** に各惑星大気研究のレビューが良く掲載されるので、気を付けて参照されたい。これらには、力学、放射、熱力学的な専門的な観点から、各惑星毎に解説が加えられ問題点も指摘されている。

惑星の大気物理にのみ関する専門雑誌は無いが、最近この方面の研究発展に伴って、地球物理や天文関係の関連雑誌に惑星大気に関する論文が飛躍的に増えてきた。こうした論文が良く投稿され、掲載されている主要な雑誌をいくつか次に挙げておこう。

**Science** これには、最新の研究成果に関する速報がよく掲載されている。特に、米国の惑星探査機が飛んだあとの最新の情報は、この雑誌が最も早いようである。過去、月、水星、金星、火星、木星と、探査機による成果があがる度に、真っ先にこの雑誌に速報が出され、しばらく後に、再度、別冊として特集号が組まれることが多い。

**ICARUS** Academic Press 社の出している太陽系物理学全般に渡った国際雑誌である。惑星大気研究者としては、**Journal of the Atmospheric Sciences** と並んで、この雑誌には毎月目を通しておくことが必要である。

**Journal of the Atmospheric Sciences** 米国気象学会誌であるが、ここ数年来、目立って惑星大気に関する研究論文が多くなってきた。しばしば、たとえば、金星大気の特集とか、木星大気、火星大気の特集とも言える程、その号全体の大半が、惑星大気の研究に割かれる場合が多い。

先述したように、惑星気象学のみに関する専門雑誌はまだ無いので、論文は雑多な雑誌に載るため、いつも、多くの雑誌に目を通しておく必要がある。しかし、大半の主要な惑星気象学の論文は、最近、**ICARUS** や **Journal of the Atmospheric Sciences** に載ることが多くなった。その他、**Journal of Geophysical Research**, **Nature**, **Planetary and Space Science**, **Sky and**

**Telescope**, **Space Science Review**, **Akad. Nauk. Atmos. Ocean, Astrophysical Journal** 等々にも、惑星大気関係の論文やレポートがしばしば掲載されている。

日本のこの分野の研究雑誌としては、毎年1回、東大宇宙航空研究所で開かれているシンポジウムの報告集**月、惑星シンポジウム報告** (Vol. 1 (1968)—Vol. 10 (1977)) を挙げる事ができる。また、**惑星大気およびプラズマ圏の生成と進化に関する諸問題の検討** (昭和50年度文部省科学研究費補助金、総合研究(B)) も、大気の起源や進化の問題も含めて興味ある人に推薦できる。この方面では、日本もかなり研究が進んでいるので、こうした日本での研究からも十分先端の知識を吸収できるだろう。

マリーナやパイキング、パイオニア等の情報の詳細は、数カ月後に **Science** に特集が必ず生まれ、その後、**Journal of Geophysical Research**, **ICARUS**, **Journal of the Atmospheric Sciences** が、さらにその研究を集大成した特集を組むのが常で、これで全容を知ることができる。しかし、ソ連の宇宙探査機の結果は、ほとんど、数年を待たねばその全容は分からない。(なお、文献欄の末尾に、諸惑星探査の報告、会議、特集号の主なものを載せておく。)

それでは、次に、個々の惑星についての研究の現状、問題点に触れておこう。惑星大気の運動を理解するためのアプローチの仕方は二つある。一つは、実際の個々の惑星の特徴的な現象を追って行くもので、たとえば、火星の砂嵐の問題とか、金星の上層大気の4日周期の循環の問題、木星の大赤点や、木星、土星の縞紋様と関連した大気の運動論等々を通じて、その惑星の特徴を握みながら当該惑星の大気物理を理解しようとする試みであり、他は、惑星大気全般を包括的に取り扱える理論を展開し、それに基づいてその惑星の持つ代表的な状態(たとえば、平均的な風速とか、温度分布等)を導き出そうとする試みである。後者としては、**Golitsyn** の相似理論や、**Stone** の一連の研究が有名である。彼等の仕事は、大循環の数値実験などという大掛りな計算に寄らなくとも、諸惑星の大気力学全体を総合的にまた比較的に理解しようとする時、その効果を発揮している。

#### 金星の気象学について

米・ソの探査機、ヴェネラやマリナーの一連の観測で、大気の詳細が解明されつつある。100気圧近いCO<sub>2</sub>

大気、500°Cに近い表面温度、雲層の組成として、近赤外域の反射能や偏光観測、赤外域での熱輻射スペクトルから、 $H_2SO_4$ 液滴らしいこと、さらに、この雲層の上に $C_3O_2$ の雲があるかも知れない事が議論されている。また、UV領域での写真を見ると、雲層にYマークが見られこれが4日周期で逆行運動している。このUVでのマークは、50km以上の高度での大気が金星自身の自転速度より60倍も速い運動をしていることを示し、その風速が100m/sもあることを意味している。この4日周期の循環を説明するのに、熱源移動モデル、潮汐モデル、対流不安定モデル等が出されている(Schubert, Gierasch, Young・Schubert, Thompson, Lilly, Gold・Soter)。

表面温度の高温の説明とも関連して、金星のぶ厚い大気の深部での熱的構造、深層内での大気大循環に関する研究が進展を見せている(Goody・Robinson, Lacis・Hansen, Stone)。特に、最近、de RivasやChalikov et al.やPollack・Young, Young・Pollack等が、2次元、3次元での数値モデルを使って、4日周期の上層大気の循環も含めて下層大気の循環の研究に成果を上げている。

金星の気象学は、雲層や非常に厚い大気中での放射伝達の問題と共に、243日というゆっくりとした自転周期や、太陽光が僅か1%位しかその表面に到達しないで、熱源が大気の上層に存在する点で、地球の気象学とは決定的に異なった問題を含んでいる訳である。

文献欄に挙げた、Space Sci. Rev.の金星特集に、Hunten et al.やSchubert et al.の優れた論文が載っているの、重ねて紹介しておきたい。

#### 火星の気象学について

火星大気の研究は、他の惑星の研究に比べて最も進んでいる。現在では、研究の細分化が進んできてその研究論文も多岐に渡り、火星の気象学の全分野の論文をフォローするのが次第に大変なものになってきた位である。

主な研究としては、火星大気のスケーラビリティに比して、より大きな高さを持つ山岳、大陸級の斜面が大気の運動に与える力学的・熱的效果に関する研究(Blumsack・Gierasch, Blumsack et al., Pirraglia)、火星の極冠や、表層土中の大量の $H_2O$ や $CO_2$ と、大気現象、気候変動との関連の研究、また、最近では、火星の極冠に見られる堆積層の暗示する気候変動や、水路の残骸の示す気候変動、大気の進化に多大の関心が払われている(Sagan et al. Sagan, Ward et al. Flasar・Goody, Fanale・

Cannon, Anders・Owen)。大循環の数値実験も、Leovy・Mintzによるものを始めとして、最近では、Mass・Sagan, Pollack et al., が山岳分布等まで取り入れて研究している。火星の特徴的な大気現象の一つとして古来有名なダストストームの研究も数多く行なわれている(Gierasch・Goody, Golitsyn, Hess, Leovy et al., Barenblatt・Golitsyn, Gierasch, Conrath)。

火星の気象学では、山岳による力学的・熱的效果、 $CO_2$ の凍結とそれによる大気の減少、浮遊ダストの重要性(Moriyama)、砂嵐、大気と表層土間での $H_2O$ 、 $CO_2$ の交換、大気潮汐(Pirraglia・Conrath, Zurek)等が重要な研究問題であり、気候変動や大気進化の研究という重大な課題と共に、それらすべてを含蓄した形で、火星の気象学が進展していくことと思われる。

#### 木星の気象学について

パイオニア10、11号の探査などで、近年、太陽になり損ねた、この巨大な惑星もかなり詳しいことまで分かってきた。木星は、気象学の問題として考慮する時、次の二点で決定的に地球のケースと異なっている。すなわち、一つは、木星が相当な内部エネルギーを有してそのエネルギーの大気に対する寄与が、おそらく、太陽エネルギー以上に大きいであろうという事、それから、木星が地球型惑星のような固体表面を持たない、巨大な水素のグローブだということである。木星の大赤点のような大気現象、大気の運動・熱的構造を考える時、これらを、 $H_2O$ や $NH_4HS$ 、 $NH_3$ のような木星の雲の生成時に放出される潜熱エネルギー同様、常に考慮に組み込む必要があるだろう。

木星の気象学は、現在、次の三点にその関心が集まっている。一つは帯や帯の象徴する紋様と深く関連する大気の運動論、二つ目は大赤点の謎の解明、それにもう一つは雲の構造をも含めた垂直・水平方向の大気の温度構造の研究である。こうした問題に対し、近年、多くの研究論文が書かれている。それぞれの問題をここで論ずる余地はないが、HideやStone, Ingersol, Ingersol・Cuzzi, Barcilon・Gierasch, Maxworthy, Busse, Titman et al., Williams・Robinson, Williams, Gierasch等のレビューや研究論文に、先端の流れを見取ることができるだろう。

#### その他の惑星と衛星の気象学

土星以遠の惑星や衛星の大気についての情報は、今のところ極端に少ないため、まだほとんどヴェールに包ま

れた状態にある。分光観測をもとにした大気組成の研究、大気の熱的構造の計算が、時折、**JAS** や **ICARUS** 等の雑誌に掲載されている (**Danielson, Tokunaga・Cass, Macy**)。しかし、今飛行中のパイオニア11号やマリナー11、12号による探査で、土星を初めとして木星、土星の衛星の大気に関する情報が多く入ってくることだろう。こうした、太陽から気の遠くなる程遠い惑星や衛星の気象学が、われわれのかつて経験したことの無いものをもたらす可能性を十分に秘めている。今のところ、それが、太陽からは遙かに遠い寒冷の世界でのアンモニアやメタンやダストを中心とした大気物理学になりそうな気配を見せている。特に、現在、土星の衛星の一つでかなり厚い大気を持っていると思われるタイタンの大気の研究に大気物理学者の眼が向いている (**Hunten, Gross**)。

先述した如く、火星など、もはや初期の研究段階を終えて、今後ますます気象学的には、研究の細分化が進み、地球なみに詳しい議論・研究が行なわれていくものと思われる。しかし、これらの惑星大気物理学への展望を想う時、われわれは単に気象学に留まるを得ず、天文学、宇宙化学、生物学、惑星内部物理学との学際領域を展望した形で研究を進まざるを得ないであろう。現に、比較惑星学的見地からの研究が始まっている現在、われわれは、もはやある一分野でのみの視点からの狭い研究に留まることは許されないだろう。その星の大気物理学を知るためには、特に、46億年という長い時と条件の異なった多くの星々を考えると、どの分野からでも広い展望で研究を進めて行かねばならなくなってきた。ますます地球がこの世の中心でなくなってきた現在、広大な宇宙空間の中で、改めて「自然とは何だったのか？」という根源的な問い掛けへ、再びわれわれが帰ろうとしているからである。おそらく、そうした視点からのみわれわれの惑星の気象学は単に気象学たるを超えて、太陽系の生成の秘密へ、地球大気の生成の秘密へ、その将来へ、あるいは、生命の発生と進化の秘密へと、人類の何千年来の命題に迫る、壮大な謎解きに貢献し得るかも知れないのだ。そうしたことに仄かにでも哲学的な夢を賭け得るところに、惑星の大気を研究するおもしろさがあるのではないであろうか。

## 文 献

Greenspan, H.P., 1968: The Theory of Rotating Fluid, Cambridge Monographs on Mechanics and Applied Mathematics, Cambridge Univ.

- Press, 327 p.  
 Chandrasekhar, S., 1961: Hydrodynamic and Hydromagnetic Stability, Oxford, Clarendon Press, The International Series of Monographs on Physics, 625 p.  
 Holton, J.R., 1972: An Introduction to Dynamic Meteorology, Academic Press, 319p., 約 ¥5000.  
 Chandrasekhar, S., 1960: Radiative Transfer., Dover Publications, 393 pp., \$ 4.00.  
 Goody, R.M., 1964: Atmospheric Radiation, I, Theoretical Basis, Oxford Univ. Press, 436p.  
 Kondratyev, K. Ya., 1969: Radiation in the Atmosphere, Academic Press, 912 p.  
 Van de Hulst, H.C., 1957: Light Scattering by Small Particles, John Wiley, 470 p.  
 Sobolev, V.V., 1975: Light Scattering in Planetary Atmospheres, Pergamon Press, 256 p., ¥ 9250.  
 永田 武, 等松隆夫: 超高層大気の物理学, 裳華房, 453 p. 3500円.  
 Goody, R.M. and J.G.G. Walker, 1972: Atmospheres, Prentice-Hall Inc., 150 p., ¥ 1140.  
 小尾信彌 (編), 1977: 別冊サイエンス, 特集太陽系の天文学, 惑星の素顔, 日本経済新聞社, 160 p., 1200円.  
 Wozsczyk, A and C. Iwaniszewska (ed.), 1974: Exploration of the Planetary System, D. Reidel Publ. Co.,  
 大家 寛, 1975: 自然, 2月号, 28-39.  
 清水幹夫, 1976: 自然, 1月号, 39-50.  
 駒林 誠, 1976: 気象研究ノート, 128, 164-185.  
 森山 茂, 1977: 天気, 24, 1-15.  
 Gierasch, P.J., 1970: Earth and Extraterrestrial Sci., 1, 171-184.  
 Millman, P.M., 1973: Icarus, 20, 346-355.  
 Hide, R., 1976: Quart. J. Roy. Met. Soc., 102, 1-23.  
 Golitsyn, G.S., 1970: Icarus, 13, 1-24.  
 ———, 1971: Atmos. and Oceanic Phys., 7, 974-978.  
 Stone, P.H., 1968: J. Atmos. Sci., 25, 644-677.  
 ———, 1972: J. Atmos. Sci., 29, 405-417.
- ## 金 星
- Schubert, G., 1969: J. Atmos. Sci., 26, 767-770.  
 Gierasch, P.J., 1970: Icarus, 13, 25-33.  
 Young, R.E. and G. Schubert, 1973: Planet. Space Sci., 21, 1563-1580.  
 Thompson, R.O.R.Y., 1970: J. Atmos. Sci., 27, 1107-1116.  
 Lilly, D.K., 1971: J. Atmos. Sci., 28, 827-828.  
 Gold, T. and S. Soter, 1971: Icarus, 14, 16-20.  
 Goody, R.M. and A.R. Robinson, 1966: Astrophys. J., 146, 339-355.

- Lacis, A.A. and J.F. Hansen, 1974: *Science*, **184**, 979-982.
- Stone, P.H., 1974: *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1681-1690.
- , 1975: *J. Atmos. Sci.*, **32**, 1005-1016.
- Rivas de, E.K., 1973: *J. Atmos. Sci.*, **30**, 763-779.
- , 1975: *J. Atmos. Sci.*, **32**, 1017-1024.
- Chalikov, D.V., A.S. Monin, A.S. Safray, V.G. Turikov and S.S. Zilitinkevich, 1975: *Icarus*, **26**, 178-208.
- Pollack, J.B. and R.E. Young, 1975: *J. Atmos. Sci.*, **32**, 1025-1037.
- Young, R.E. and J.B. Pollack, 1977: *J. Atmos. Sci.*, **34**, 1315-1351.
- Hunten, D.M., G.E. McGill and A.F. Nagy, 1977: *Space Sci. Rev.*, **20**, 265-282.
- Schubert, G., C.C. Counselman, III, J. Hansen, S.S. Limaye, G. Pettengill, A. Seiff, I.I. Shapiro, V.E. Suomi, F. Taylor, L. Travis, R. Woo and R.E. Young, 1977: *Space Sci. Rev.*, **20**, 357-387.
- 火星**
- Blumsack, S.L. and P.J. Gierasch, 1972: *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1081-1089.
- Blumsack, S.L., P.J. Gierasch and W.R. Wessel, 1973: *J. Atmos. Sci.*, **30**, 66-82.
- Pirraglia, J.A., 1976: *Icarus*, **27**, 517-530.
- Sagan, C., O.B. Toon and P.J. Gierasch, 1973: *Science*, **181**, 1045-1049.
- , 1977: *Nature*, **269**, 224-226.
- Ward, W.R., B.C. Murray and M.C. Malin, 1974: *J. Geophys. Res.*, **79**, 3387-3395.
- Flasar, F.M. and R.M. Goody, 1976: *Planet. Space Sci.*, **24**, 161-181.
- Fanale, F.P. and W.A. Cannon, 1974: *J. Geophys. Res.*, **79**, 3397-3402.
- Anders, E. and T. Owen, 1977: *Sciences*, **198**, 453-465.
- Leovy, C.B. and Y.H. Mintz, 1969: *J. Atmos. Sci.*, **26**, 1167-1190.
- Mass, C. and C. Sagan, 1976: *J. Atmos. Sci.*, **33**, 1418-1430.
- Pollack, J.B., C.B. Leovy, Y.H. Mintz and W.V. Camp, 1976: *Geophys. Res. Letters*, **3**, 479-482.
- Gierasch, P.J. and R.M. Goody, 1973: *J. Atmos. Sci.*, **30**, 169-179.
- Golitsyn, G.S., 1973: *Icarus*, **18**, 113-119.
- Hess, S.L., 1973: *Planet. Space Sci.*, **21**, 1549-1557.
- Leovy, C.B., R.W. Zurek and J.B. Pollack, 1973: *J. Atmos. Sci.*, **30**, 749-762.

- Barenblatt, G.I. and G.S. Golitsyn, 1974: *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1917-1933.
- Gierasch, P.J., 1974: *Rev. Geophys. and Space Phys.*, **12**, 730-734.
- Conrath, B.J., 1975: *Icarus*, **24**, 36-46.
- Moriyama, S., 1976: *J. Met. Soc. Japan*, **54**, 52-58.
- Pirraglia, J.A. and B.J. Conrath, 1974: *J. Atmos. Sci.*, **31**, 318-329.
- Zurek, R.W., 1976: *J. Atmos. Sci.*, **33**, 321-337.

**木星**

- Hide, R., 1969: *J. Atmos. Sci.*, **26**, 841-847.
- Stone, P.H., 1973: *Space Sci. Rev.*, **14**, 444-459.
- Ingersol, A.P., 1973: *Science*, **182**, 1346-1348.
- and J.N. Cuzzi, 1969: *J. Atmos. Sci.*, **26**, 981-985.
- Barclon, A. and P.J. Gierasch, 1970: *J. Atmos. Sci.*, **27**, 550-560.
- Maxworthy, T., 1973: *Planet. Space Sci.*, **21**, 623-641.
- , 1975: *Planet. Space Sci.*, **23**, 1223-1233.
- Busse, F.H., 1973: *Astron. and Astrophys.*, **28**, 27-37.
- Titman, C.W., P.A. Davies and P.M. Hilton, 1975: *Nature*, **255**, 538-539.
- Williams, G.P. and J.B. Robinson, 1973: *J. Atmos. Sci.*, **30**, 684-717.
- , 1975: *Nature*, **257**, 778.
- Gierasch, P.J., 1976: *Icarus*, **29**, 445-454.

**その他の惑星・衛星**

- Danielson, R.E., 1977: *Icarus*, **30**, 462-478.
- Tokunaga, A. and R.D. Cess, 1977: *Icarus*, **32**, 321-327.
- Macy, W., 1977: *Icarus*, **32**, 328-347.
- Hunten, D.M., 1974: *Icarus*, **22**, 111-116.
- , (ed.) 1974: *The Atmosphere of Titan*, NASA SP-340, U.S. Government Printing Office.
- Gross, S.H., 1974: *J. Atmos. Sci.*, **31**, 1413-1420.

**惑星探査の報告, 会議等, 特集号****○金星**

- J. Atmos. Sci.*, **32**, No. 6, 1975.
- The Atmosphere of Venus*, 1975, NASA SP-382, Hansen, J.E.(ed.), 198 p.
- Space Sci. Rev.*, **20**, No. 3 and 4, 1977.
- Keldysh, 1977: *Icarus*, **30**, 605-625.

**○火星**

- Icarus*, **17**, No. 2, 1972.
- Icarus*, **18**, No. 1, 1973.

Science, 193, No. 4255, 1976.

Science, 194, No. 4260, 1976.

Science, 194, No. 4271, 1976.

J. Geophys. Res., 82, No. 28, 1977.

### ○木星

The Atmosphere of the Jovian planets: Papers from the third Arizona Conference on Planetary Atmospheres, 1969: J. Atmos. Sci., 26, 795-1001.

Science, 183, No. 4122, 1974.

J. Geophys. Res., 79, No. 25, 1974.

Science, 188, No. 4187, 1975.

Hunt, G.E. and T.R. McDonough, 1976: Icarus, 27, 171-180.

Gehrels, T.(ed.), 1976: Jupiter: Studies of the Interior, Atmosphere, Magnetosphere and Satellites, Univ. of Arizona Press, Tucson, 1254 pp., \$ 38. 50.

### ○その他の惑星・衛星

Icarus, 24, No. 3, 1975.

Newburn, R.L. Jr. and S.Gulkis, 1973: Space Sci. Rev., 14, 179-271.



## 続 気象学入門講座

### これからの予定

(太字は既に掲載されたもの、カッコ内は掲載された巻号)

- 気象学へのガイダンス (25. 4)
- [基礎コース]
- 気象解析の手引き (25. 5)
- 気象力学・気象熱力学 (25. 6)
- 気象放射学
- 高層大気物理学入門 (25. 5)
- 雲物理学・降水物理学
- 大気電気学・大気化学
- 気象観測と気象器械
- 気象統計について (25. 7)
- 気候学
- 生活と気象 (25. 6)
- [アドヴァンスト・コース]
- 気象予測論 (25. 7)

- 回転流体力学を学ぶために(25. 6)
- 対流論 (25. 6)
- 中小規模現象の気象学
- 大気大循環論
- ユーロゾルの気象学
- 気候変動論
- 熱帯気象学
- 高層大気力学の諸問題
- 高層大気物性
- 大気境界層の物理
- 衛星気象学
- レーダ気象学
- 惑星気象学 (25. 7)
- 自動気象観測(隔測)・通報システム

- 応用気象学
- 大気汚染の気象学
- 実験気象学
- 天候・気候変化の気象学
- 海洋気象学
- 極気象学
- 気象災害論
- 気象教育論
- 気象データ処理法
- [研究のすすめ方]
- 最近の気象資料
- 論文の書き方
- 気象学教科書・参考書のリスト