

## リモートセンシング

### III. 衛星\*

青木 忠生\*\*

#### 1. はじめに

実験室や大気中において人工光源からの光をサンプル大気に通し分光した上、波長別吸収率からある特定気体の量を測定するという手法がよく用いられる。同様のことを太陽を光源として宇宙で行うとこれはリモートセンシングと呼ばれる。前者をリモセンに対して“in situ”の測定とも言い、あたかも精度の悪い後者に対する“truth”データを与えるものと考えられがちだが、原理は同じなのだから地上でも宇宙でも精度はさほど違うものではない。一方、雲の白さからその下で降っている雨の量を推定するというような手法も多く行われている。

このように一口に衛星観測と言っても直接測定に近いものから、桶屋の儲けの額から風の強さを推察するような間接手法まで、その手法については幅広いものがある。また対象とする物理要素、センサも多様であるが、ここでは紙面の都合上この内のごく限られた範囲について紹介する。1980年くらいまでのレビューとしては、気象研究ノート等に詳細なもの(1, 2, 3, 4)が出ており、ここではその後の発展について主として触れたい。なおリモートセンシング一般の教科書として5, 6, 7, 8, 9, また雑誌では日本リモートセンシング学会誌、米国光学会の Applied Optics, 米国地球物理学連合の Journal of Geophysical Research (JGR) など、さらに学会誌以外に、Remote Sensing of Environment (Elsevier Science Publishing), Remote Sensing Reviews (Harwood Academic Publishers) などがある。また準定期的な研究会として米国光学会の Optical Remote Sensing of the Atmosphere, ERIM (Environmental Research Institute of Michigan) が主催する年2回のシンポジウム、IAMAP 放射委員会が1年半毎に開く ITSC (International TOVS Study

Conference) などが代表的なものである。いずれも分厚い要旨集が発行される。

#### 2. 大気温度

大気温度の測定法としては、①それ自身が放射する熱赤外線がその温度の黒体放射に比例することを利用する方法(3, 4, 8), ②レーザーなどで各層の密度を測り、状態方程式から求める方法(10), ③吸収帯の各吸収線による光の吸収量を測る方法などがある。③の方法は吸収強度がその遷移における低エネルギー側レベルに存在する分子数に比例し、分子数は準熱平衡が成り立てば温度によって規定されるという特性を利用している。この方法はレーザー光のラマン散乱観測で試みられてきたが(10), 1996年打ち上げの ADEOS 衛星搭載の ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer) という成層圏微量気体用センサでも採用され、太陽可視光中の何本かの吸収線から温度を測定する。しかしこれまでの衛星では最初の方法がもっぱら行われており、1978年本格的な現業用極軌道気象衛星 (TIROS-N シリーズ) が打ち上げられ、TOVS (TIROS Operational Vertical Sounder) と呼ばれる3種類のセンサ(計27チャンネル)で、地表から成層圏の全球データがルーチ的に求められている(4, 8)。

温度データの最大のユーザーは各国気象局であり、数値予報モデルの高精度化に伴い、衛星データ精度への要求も1°Cと高いものになっている。これに対して現在の衛星の温度精度は2°Cくらいであり、ソフト、ハード両面での改善が検討されている。

ソフト面においては、雲の影響除去及び算出アルゴリズムの問題が大きなものであろう。雲の影響を除く方法として、より小さい視野の画像を使う方法(11)、マイクロ波チャンネルを使う方法(12, 13)などが考えられている。しかし雲の補正と言うのは、観測された放射を何10%も変更するような大きなものであり、こ

\* Remote Sensing, III. Satellite.

\*\* Tadao Aoki, 気象研究所.

の補正が悪ければいくら高精度のセンサで放射を測定しても何の意味もない。このことを考えるとこれまでの対流圏リモートセンシングの技術開発は雲補正への力の配分が不十分であった。また温度データは晴天域より擾乱の強い曇天域こそ欲しいわけであるので、次世代の極軌道衛星 NOAA-K, L, M では赤外線より雲の影響を受けにくいマイクロ波20チャンネルのセンサ, AMSU (Advanced Microwave Sounding Unit) を搭載する (14)。また温度場 (または晴天域放射場) の水平方向の連続性を保持するような制約条件を付けることによって雲補正の誤差を極力小さくしようとする解析方法 (15, 16) などが開発されてきている。この方法は次に述べる解の制限方法の1つでもある。

1980年代前半まではほとんどの国で、ゾンデと放射の同時観測データから回帰式を作りそれを使って温度を求めていた。しかしその後この方法の将来性に対する疑問が出始め、最近では、放射伝達式に基づいた物理的手法が用いられるようになってきている (17)。ただ物理的手法を使うといっても、放射観測だけから1~2°Cの精度で温度を出そうとすると解は著しく不安定になる (3, 4)。放射測定以外に何らかの情報 (または制限事項) を加えないと解が大きく発散する。解の制限事項として、これまでは実測のゾンデデータの平均値や共分散といった統計的性質が用いられてきたが (3, 4)、最近では典型的分布関数なるものを用いて高度分布の不安定解を制御する一方、観測誤差等の影響を除くため、放射の場にもこの方法を適用し全体の安定化を計る方法 (18) なども開発されている。もう1つは多数の初期値を非常に細かく分類し用意しておく方法がある。仏のグループは全球の鉛直分布の統計データを1800に分類し、初期値等に利用している (19)。

さて、解析ソフトをどんなに精巧にしても、元々の観測データの質が悪ければ精度改善にもおのずと限界がある。最も大きい問題点が高度分解能である。対流圏について、数値予報モデルが10層くらいに分割しているのに対して、放射データの高度分解能は2, 3層に分割できる程度である。この原因の主たるものは大気中放射伝達特性から来る原理的なものであるため、分解能を上げるには一定の限界がある。しかし、まだ多少改善の余地は残されている。その1つがスペクトルの分解能を上げることで、現在、日、米、欧で0.1~0.5 cm<sup>-1</sup> 程度の分解能のセンサを開発または計画中である。このうち90年代後半の米国 EOS-PM 衛星に搭載される AIRS (Atmospheric InfraRed

Sounder) は回折格子にリニアアレイ検出素子を組み合わせたもので (20, 21)、その他はマイケルソン型干渉計を使っており、例としては静止衛星搭載を検討している HIS (High resolution Interferometer Sounder) (22) や ADEOS 衛星搭載の IMG (Interferometric Monitor for Greenhouse Gas) (23) などがある。

0.1~0.5 cm<sup>-1</sup> の高分解ということはチャンネル数も数千くらいに増えることになり、これまでの2桁から一気に4桁になる。これにより、温度のみならずその他の気体の情報量が増えるという効果と、測定回数が増加するのと同等の効果も加わり、温度および気体成分の精度向上が見込まれている。シミュレーションおよび航空機実験等では一応その効果が認められた (17)。このように将来の衛星センサには2桁程度の分解能の向上、及びチャンネル数の増加が見込まれているが、それによるデータ量の増大は伝送、地上システムに大きなインパクトを与える。またセンサ自身も全体を冷却する必要性などから大型化する。

以上述べたソフト、ハードに関する改良の問題は温度だけでなく以下に述べる水蒸気や他の物理量の測定においてもほぼ共通して言えることである。

### 3. 水蒸気

前述の TOVS には対流圏 H<sub>2</sub>O 測定用の赤外チャンネルも含まれており、精度は地表近くで20~30%、700 hPa では50%くらいに落ちる (24)。これは H<sub>2</sub>O の濃度が高度とともに急速に低くなることにも因る。この精度は数値予報の要求する精度 (10%くらい) にはほど遠い。この解決のために考えられているハードおよびソフトの方策は温度の場合と全く同じであり、17によればチャンネル数の増加で露点温度の誤差は2~3°Cくらいになる。また AMSU の中にも5チャンネルほど H<sub>2</sub>O 用が含まれており、これにより雲のある地域でも10%程度の精度が得られる予定になっている。しかし、大気-海洋間の水蒸気交換などを見積もるためには、高度分解能がまだ不十分である。この目的のためには原理的な意味では DIAL 方式のライダー (25) が最も有望と思われる各国で検討中である。

赤外域にせよマイクロ波域にせよ、水蒸気量についての情報が存在するのはもっぱら大気に温度勾配があることによる (26)。これに対して成層圏大気で行われているような太陽を直接観測し、その吸収から水蒸気量等を出す太陽掩蔽 (えんぺい) 法 (27, 28, 29) では、

温度の影響をほとんど受けないため高精度のものが得られる。同じことが太陽の地上反射光を観測する手法にも言える。

TOVS 27 チャンネルから得られるデータは水平方向にせいぜい数 10 km 間隔である。しかし海洋のように表面温度が事前に分かっているならば、ひまわりの赤外画像から数 km 毎の可降水量を推定することもできる (30)。また NOAA の AVHRR のように 2 チャンネルのデータがあれば両者を同時に推定することも可能となる (31)。

#### 4. オゾン

オゾンに関してはオゾンホールを観測ですっかり有名になった Nimbus 7 の TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) (28) がある。これは、太陽紫外線の散乱光中のオゾンの吸収から算出するもので、多くの波長で観測することで高度分布まで出すのが SBUV (Solar Backscatter Ultra Violet) (28) である。こちらは NOAA 衛星にも搭載され現業観測を行っている (32)。太陽遮蔽法による高精度観測も行われている (33) が、大気を透かして太陽光を直接見る手法のため、データが得られる場所は限られている。そのほか TOVS でもオゾン用チャンネルを  $9.6 \mu$  に 1 つ持っている。同様に Nimbus 7 にも LIMS (Limb Infrared Monitor of the Stratosphere) (28) が赤外線地球縁辺観測を利用して、高度に関して高分解の観測を行っている。これら熱赤外放射による観測は TOMS に比べあまり知られていないが、太陽光の届かない場所では唯一の情報である (34)。

#### 5. その他の微量気体

衛星から下を見たとき、 $H_2O$  や  $CO_2$  以外の微量気体のスペクトルはこれら 2 つの気体のスペクトルに埋もれてなかなか見えにくい。しかし成層圏だけなら  $H_2O$  の影響は著しく減少するし、吸収線がシャープになるため、高分解能分光を用いれば各気体毎の吸収線を分離することも容易になる。また雲の影響がないことも有利である。このため、成層圏における各種微量気体の測定はこれまで多く行われてきた。LIMS による  $O_3$ ,  $H_2O$ ,  $HNO_3$ ,  $NO_2$  や SAMS (Stratospheric and Mesospheric Sounder) による  $CO$ ,  $NO$ ,  $CH_4$ ,  $N_2O$ ,  $H_2O$  などが行われている (35)。1991年 9 月に打ち上げられた UARS (Upper Atmosphere Research Satellite) は 10 km から 100 km までの高層大気の温

度、風および  $O_3$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $N_2O$ ,  $HNO_3$ ,  $N_2O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CH_4$ ,  $CO$ ,  $CF_2Cl_2$ ,  $CFCl_3$ ,  $HCL$ ,  $CLO$ ,  $CLONO_3$ ,  $HF$  などの微量気体の測定を行う。このためのセンサはマイクロ波から可視まで 6 種類あり (8, 36)、かつてないほど大がかりで意欲的なものである。

これに対して対流圏の微量気体リモートセンシングはこれまでほとんど行われていない。わずかにガスセル相関放射計による  $CO$  の測定がスペースシャトルによって行われた例がある程度である (37)。同様の原理のものが MOPITT (Measurements of Pollution In The Troposphere) として EOS-AM 衛星に搭載される予定になっている。前出の IMG や AIRS, HIS 等でも対流圏微量気体の測定が予定されている。

#### 6. エロゾル

成層圏エロゾルは Nimbus 7 の SAMS (28) や 1979年打ち上げの SAGE I (Stratospheric Aerosol and Gas Experiment I), 1984年打ち上げの SAGE II (38) によって本格的に行われた。紫外から近赤外の 4 つの波長を使うことで 10~40 km 程度までの広い範囲の高度分布を得ている。この間エルチヨン火山の噴火などがあり、成層圏エロゾルの研究に重要なデータを提供した。これに対して対流圏のための本格的センサーはまだない。しかし CZCS (Coastal Zone Color Scanner) (28) など可視画像データからある程度の精度で推定可能であり、AVHRR の可視チャンネルを使った全球のエロゾル分布がルーチ的に求められている (39)。静止衛星画像は刻々と変わる森林火災や火山噴火を捉えるのに有用である (40, 41)。ひまわりはピナツボ火山の噴煙が急速に成長し、成層圏まで拡大する様子を見事に捉えている (41)。

#### 7. 雨

第 1 節で述べたように、静止衛星の可視、赤外画像の雲の輝度を使い対流性降雨強度がルーチ的に求められている (42)。精度は 30% 程度である。可視や赤外では、雨粒子からの直接的な信号は衛星には届かないが、マイクロ波なら雲による吸収が小さいため、粒子が出す放射が観測される。このため Nimbus 7 (28) や SEASAT (43) 衛星搭載の SMMR (Scanning Multi-frequency Microwave Radiometer) によって観測が行われている (44)。ただしデータ解析は粒子によるマイクロ波の散乱過程も考慮する必要があり多少複雑になる。

地上の降雨レーダを衛星に搭載し、主として熱帯域の降雨およびその熱源としての役割を研究するために、TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) 衛星計画が1997年打ち上げの予定で進行している(36, 45)。センサは日本が提供し、衛星およびその他の可視赤外画像センサ、マイクロ波放射計等は米国が提供するという今までにないタイプの日米共同事業であり、大気大循環の駆動メカニズム解明等に重要な貢献をするものと期待されている。

## 8. 風

風はこれまで主として静止衛星によって測定されてきた(3)。雲の時間毎の移動ベクトルから、風速、風向を出すわけであるが、雲の形が変わること、形の移動がかならずしも風速に一致しないこと、雲の存在する地域および高度だけのデータしか得られないことなどの問題がある。このため、レーザー光を大気中のエアロゾルに照射し、散乱光のドップラー変位から、風向、風速を高い高度分解能できめ細かく測ろうという計画がある。センサはLAWS (Lidar Atmospheric Wind Sounder) (46) と呼ばれ日米などで開発を進めようとしているが、まだ搭載衛星等は具体的に決まっていない。

海上の風向、風速についてはSEASATに搭載されたSASS (SEASAT-A Satellite Scatterometer) (43) によって実験が行われた。1996年打ち上げのADEOSにはSASSと同様の原理のNSCAT (NASA Scatterometer) が搭載される。なお風速についてはマイクロ波の海面放射率が、風によって大きく変化することを思いSMMRのような放射計によっても推定することができる(43)。

## 9. むすび

ここ30年くらいの間に各国で様々な衛星、様々なセンサを打ち上げ、ここで取り上げたもの以外にも土壌水分、植生、海流、海面水温、塩分、雲量、雲頂、雲水量、大気上端や地表の放射収支、雪氷、海水等枚挙にいとまがないほどの物理量測定について実験が行われてきた。二次的の製品まで加えればその数はもっと増えるはずである。このうちかなりの部分がルーチン化されている。これらについてここでは紹介できなかったが、一部は2, 5, 8などにその手がかりを得る事ができると思う。

これまで述べたように衛星はかくも様々な物理量の

“観測”をやっている。しかしいろいろできるということは、一つ一つの測定値の信頼性が落ちる危険性も高いと言う事である。今後地上、航空機等の観測網が充実する一方、数値気候モデルや数値予報モデルの性能も向上していくものと思われる。その時衛星データの中にはこれらとの価格、品質競争に耐えられなくなり、脱落していくものもあるかもしれない。ただ少なくとも当面数十年は衛星データ抜きで地球科学を推進することは不可能であろうし、90年代後半はその観測網が爆発的に拡大する時期である。この膨大なデータをどう利用するのか、まだ先が良く見えていない。多くの人の参加を期待するところである。

## 参考文献

- 1) 日本気象学会, 1982: 気象の遠隔測定, 気象研究ノート, 144号, 116 pp.
- 2) 日本気象学会, 1982: 衛星資料の利用, 気象研究ノート, 145号, 381 pp.
- 3) 日本気象学会, 1983: 気象の遠隔測定(II), 気象研究ノート, 148号, 177 pp.
- 4) 気象衛星センター, 1983: TOVS データ処理システムの概要, 気象衛星センター技術報告, 特別号 156 pp.
- 5) 土屋 清編, 1990: リモートセンシング概論, 朝倉書店, 327 pp.
- 6) Deepak, A., H. E. Fleming and M. T. Chahine, 1985: Remote Sensing Retrieval Method, A. Deepak Publishing, 737 pp.
- 7) Houghton, J. T., F. W. Taylor and C. D. Rodgers, 1984: Remote Sensing of Atmospheres, Cambridge Univ. Press, 335 pp.
- 8) Rao, P. K., S. J. Holmes, R. K. Anderson, J. S. Winston and P. E. Lehr, 1990: Weather satellites: Systems, Data, and Environmental Applications, Amer. Meteor. Soc., 503 pp.
- 9) Ulaby, F. T., R. K. Moore and A. K. Fung, 1986: Microwave Remote Sensing: Active and Passive, Vol. III: From Theory to Applications, Artech House, 2162 pp.
- 10) 日本気象学会, 1973: ライダ(レーザーレーダー)と気象観測, 気象研究ノート, 116号, 149 pp.
- 11) Aoki, T., 1982: An improved method to retrieve the clear radiance from partially cloudy spots of radiometer on board satellite, J. Meteor. Soc. Japan. 60, 758-764.
- 12) Chedin, A., N. A. Scott, C. Wahiche and P. Moulinier, 1985: The improved initialization

- inversion method : A high resolution physical method for temperature retrievals from the TIROS-N series, *J. Clim. Appl. Meteor.*, **24**, 124-143.
- 13) Zhou, S. S., L. McMillin, S. K. Yang, 1991 : An improved cloud retrieval algorithm using HIRS/MSU radiance measurements. *Tech. Proc., Sixth Int. TOVS Study Conf.*, May 1-6, 1991, Airlie, Virginia, 561-567.
  - 14) McMillin, L., H. Fleming, D. Gray, N. Grody, A. Reale, C. M. Hayden, W. L. Smith and J. Susskind, 1987 : The complementary roles of microwave and infrared instruments in atmospheric sounding. *NOAA Tech. Rep.*, **29**, 27 pp.
  - 15) Eyre, J. R., 1989 : Inversion of cloudy satellite sounding radiances by nonlinear optimal estimation, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **115**, 1001-1037.
  - 16) Amato, U., V. Guomo, G. Panese, R. Rizzi, C. Serio and V. Tramutoli, 1991 : Cloud clearing with radial basis functions, *Tech. Proc., Sixth Int. TOVS Study Conf.*, May 1-6, 1991, Airlie, Virginia, 1-16.
  - 17) Smith, W. L., M. Woolf and H. E. Revercomb, 1991 : Linear simultaneous solution for temperature and absorbing constituent profiles from radiance spectra, *Appl. Opt.*, **30**, 1117-1123.
  - 18) Uddstrom, M. J., 1988 : Retrieval of atmospheric profiles from satellite radiance data by typical shape function maximum a posteriori-simultaneous retrieval estimators, *J. Appl. Meteor.*, **27**, 515-549.
  - 19) Scott, N. A., A. Chedin, V. Achard, B. Bonnetk, F. Cheruy, C. Claud, J. Escobar, N. Husson, H. Rieu, Y. Tahani and B. Tournier, 1991 : Recent advances in the 3D thermodynamic analysis of the earth system through the "3I" algorithm : Extension to the second generation vertical sounder. *Tech. Proc. Sixth Int. TOVS Study Conf.*, May 1-6, 1991, Airlie, Virginia, 425-467.
  - 20) NASA, 1989 : *Earth Observing System, Reference Handbook*.
  - 21) Chahine, M. T., N. L. Evanas, V. Gilbert and R. D. Haskins, 1984 : Requirements for a passive IR advanced moisture and temperature sounder, *Appl. Opt.*, **23**, 979-989.
  - 22) Smith, W. L., H. E. Revercomb, H. B. Howell, H.-L. Huang, R. O. Knuteson, E. W. Koenig, D. D. LaPorte, S. Silverman, L. A. Sromovsky, and H. M. Woolf, 1990 : GHIS-the GOES high-resolution interferometer sounder, *J. Appl. Meteor.*, **29**, 1189-1204.
  - 23) 財団法人資源探査用観測システム研究開発機構, 1992 : 平成3年度環境審査等調査 (広域環境モニタリング調査), 調査報告書. 平成4年3月.
  - 24) Timchalk, A., 1986 : Satellite derived moisture profiles. *NOAA Tech. Rep., NESDIS 24*.
  - 25) NASA, 1987 : *LASA Lidar Atmospheric Sounder and Altimeter. Earth Observing System, Vol. II g : Instrument Panel Report*, 91 pp.
  - 26) Aoki, T., M. Fukabori, T. Aoki, 1993 : Trace gas remote sounding from near IR sun glint observation with tunable etalons. *High Spectral Resolution Infrared Remote Sensing for Earth's Weather and Climate Studies*, Springer-Verlag, 309-322.
  - 27) Hansen, R. and G. D. Robinson, 1989 : Water vapor and methane in the upper stratosphere : An examination of some of the Nimbus 7 measurements, *J. Geophys. Res.*, **94**, 8474-8484.
  - 28) NASA, 1978 : *The Nimbus-7 Users' Guide*. Goddard Space Flight Cent., Greenbelt, Md.
  - 29) Rinsland, C. P., R. Zander, C. B. Farmer, R. H. Norton and J. M. Russell III, 1987 : Concentrations of ethane (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) in the lower stratosphere and upper troposphere and acetylene (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) in the upper troposphere deduced from atmospheric trace molecule spectroscopy/Spacelab 3 spectra. *J. Geophys. Res.*, **92**, 11951-11964.
  - 30) Aoki, T. and T. Inoue, 1982 : Estimation of the precipitable water from the IR channel of the geostationary satellite, *Remote Sens. Environ.*, **12**, 219-228.
  - 31) Jedlovec, G. J., 1989 : Precipitable water estimation from high-resolution split window radiance measurements, *J. Appl. Meteor.*, **28**, 863-877.
  - 32) Planet, W. G., 1990 : NOAA-9 Solar Backscatter Ultraviolet (SBUV/2) instrument and derived ozone data : A status report based on a review on January 29, 1990, *NOAA Tech. Rep., NESDIS 53*.
  - 33) Cunnold, D. M., W. P. Chu, R. A. Barnes, M. P. McCormick and R. E. Veiga, 1989 : Validation of SAGE II ozone measurements, *J. Geophys. Res.*, **94**, 8447-8460.
  - 34) Lefevre, F., D. Cariolle, S. Muller and F. Karcher, 1991 : Total ozone from the TIROS operational vertical sounder during the formation of the 1987 ozone hole, *J. Geophys. Res.*, **96**, 12893-12911.
  - 35) American Geophysical Union, 1984 : *Nimbus 7*

- scientific results, *J. Geophys. Res.*, 189, No. D4 (special issue).
- 36) 日本気象学会, 1990: 地球監視のための人工衛星計画, 気象研究ノート, 169号, 120 pp.
  - 37) Reichle, H. G., Jr, S. M. Beck, R. E. Haynes, W. D. Hesketh, J. A. Holland, W. D. Hypes, H. D. Orr III, R. T. Sherrill, H. A. Wallio, J. C. Casas, M. S. Saylor and B. B. Gormsen, 1982: Carbon monoxide measurements in the troposphere, *Science*, 218, 1024-1026.
  - 38) American Geophysical Union, 1989: JGR Special section: SAGE II aerosol and ozone data validation and initial data use, *J. Geophys. Res.* 94, 8335-8446.
  - 39) McClain, E. P., 1989: Global sea surface temperatures and cloud clearing for aerosol optical depth estimates, *Int. J. Remote Sens.*, 10, 763-769.
  - 40) Sefak, M., J. Weaver and J. F. W. Purdom, 1989: Some effects of the Yellowstone fire smoke plume on northeast Colorado at the end of summer 1988, *Mon. Wea. Rev.*, 117, 2278-2284.
  - 41) 日本リモートセンシング学会, 1991: 速報火山噴火とリモートセンシング, 日本リモートセンシング学会誌, 11, 481-537.
  - 42) Scofield, R. A., 1987: The NESDIS operational convective precipitation estimation technique, *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1773-1792.
  - 43) American Geophysical Union, 1982: SEASAT 1, *J. Geophys. Res.*, 87, No. C5 (SEASAT special issue).
  - 44) Alishouse, J. C., R. R. Ferraro and J. V. Fiore, 1990: Inference of oceanic rainfall properties from the Nimbus 7 SMMR, *J. Appl. Meteor.*, 29, 551-560.
  - 45) 通信総合研究所, 1990: 熱帯降雨観測衛星 (TRMM) 計画, 通信総合研究所季報, 36, 特集号.
  - 46) NASA, 1987: LAWS Laser Atmospheric Wind Sounder. Earth Observing System, Vol. IIg: Instrument Panel Rep., 55 pp.

### 平成5年度(第15回)沖縄研究奨励賞推薦の応募について

- 沖縄研究奨励賞(以下奨励賞)の推薦にあたっては奨励賞規定にもとづき実施します。
- 推薦候補者(以下候補者)の年齢は原則として50歳以下(7月15日現在)とします。
- 対象者がグループの場合はその1グループを1名とみなします。なお、グループの代表者(1人)を決めて下さい。
- 対象者の国籍または出身地などは問いません。
- 対象となる研究は継続中のものでも結構です。
- 応募の際は別紙「沖縄研究奨励賞推薦応募用紙」を使用して下さい(学会事務局にあります)。
- 選考資料として、①候補者の論文や著書などの研究成果物、②研究内容の要旨、および③研究業績目録を必ず添付して下さい。なお、選考審査資料の返却のご要望には応じかねます。ただし、再度の応募に当たっては、著書に限り、以前に提出したもの(沖縄協会内の事務局に保管)を利用できますので、ご一報下さい。
- 候補者の研究の分類(自然科学, 人文科学, 社会科学)を推薦者の方で示して下さい。二つ以上の分野を指示しても構いません。
- 応募の締切りは9月30日ですが、郵送の場合当日消印も有効とします。9月28日以降の郵送は速達でおねがいたします。
- その他推薦応募に関して疑問の点がありましたら、沖縄協会・沖縄研究奨励賞事務局(Tel. 03-3580-0641~3)までお問合せ下さい。