

UARS データに基づく大気微量成分統計量データベースの作成*

中島英彰^{*1}・横田達也^{*2}・飯田隼人^{*3}・笹野泰弘^{*4}

1. はじめに

1996年8月に打ち上げが成功した人工衛星「みどり」(Advanced Earth Observing Satellite: ADEOS)には、環境庁の開発した地球大気観測センサーである、改良型大気周縁赤外分光計(Improved Limb Atmospheric Spectrometer: ILAS)(Sasano *et al.*, 1995; Suzuki *et al.*, 1995; Yokota *et al.*, 1998; Sasano *et al.*, 1999)が搭載された。

我々は、ILASのデータ処理に供する目的で、大気微量成分統計量データベースを作成した。その内容は、オゾン(O₃)、硝酸(HNO₃)、二酸化窒素(NO₂)、亜酸化窒素(N₂O)、メタン(CH₄)、水蒸気(H₂O)、フロン11(CFC₁₁)、フロン12(CF₂Cl₂)、硝酸塩素(クロリン・ナイトレート: ClONO₂)、五酸化二窒素(N₂O₅)の各微量気体成分について、緯度5度おき、高度1kmおきに各月の混合比高度分布の統計量を与えるものである。ここで統計量とは、後で詳しく述べるが、平均値、標準偏差、中央値、10、25、75、および90パーセントイル値のことである。

このデータベースは、対象とする緯度帯をILASの観測する高緯度域に限らず全球について作成してあるので、大気化学に関する他の科学的解析にも広く利用

することが可能と思われる。そこで、今回ここにその概要を紹介することとした。また後で述べるように、このデータは利用を促進するためInternet上のILAS Home Pageからでも取得可能としている。

なお、同様のデータベースとして、NASAの行っているUARS Reference Atmosphere Project(Randel, 1999; <http://hyperion.gsfc.nasa.gov/Analysis/UARS/urap/home.html>)が存在するが、高度を気圧で与えていたり、対象としている気体が異なっていたり、導出している統計量が平均値のみだったりするので、今回我々が作成したデータベースは独立なものとして考えることができる。

2. データ(ソース)について

今回の大気微量成分統計量を作成するに当たって、そのもととなる観測データは、米国のUARS(Upper Atmosphere Research Satellite)衛星(Reber *et al.*, 1993; Reber, 1993)のセンサーであるMLS(Micro-wave Limb Sounder)(Barath *et al.*, 1993; Waters *et al.*, 1993; Harwood *et al.*, 1993)及びCLAES(Roche *et al.*, 1993a; Roche *et al.*, 1993b; Kumer *et al.*, 1993)によって観測されたものを使用した。これらUARS搭載センサーによる各観測大気成分ごとの詳細な検証論文は、Journal of Geophysical Research Vol. 101, Number D6, 1996の“Evaluation of the UARS Data”特集号に詳しく述べられているので、参照されたい。

大気微量成分統計量を作成するに当たっては、UARSセンサーの中でも年間のより多くの月に、幅広い緯度帯にわたって観測が行われたセンサーのデータを使用した。現在の版ではO₃、H₂OについてはMLSのVersion 3のデータを、NO₂、N₂O、CH₄、CFC₁₁、CF₂Cl₂についてはCLAESのVersion 6のデータを、

* Creation of a climatological data base on atmospheric minor constituents based on the UARS data.

*1 Hideaki Nakajima, 国立環境研究所地球環境研究グループ。

*2 Tatsuya Yokota, 国立環境研究所地球環境研究センター。

*3 Hayato Iida, 国立環境研究所地球環境研究グループ。

*4 Yasuhiro Sasano, 国立環境研究所大気圏環境部。

© 1999 日本気象学会

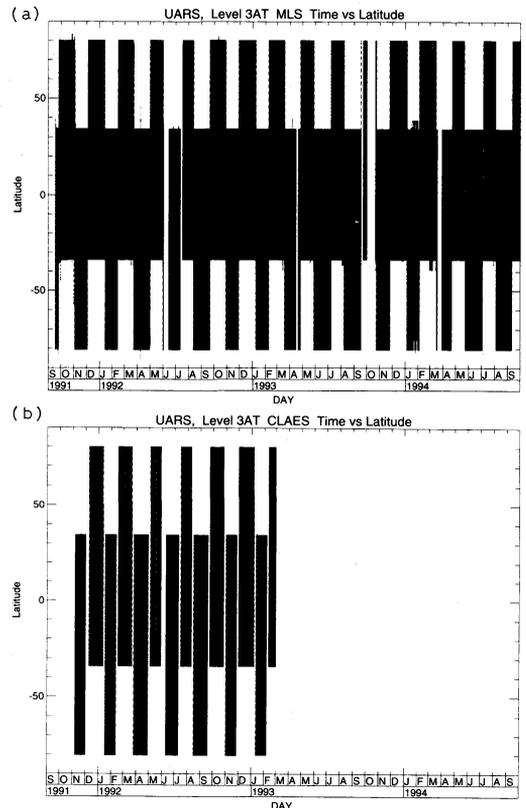
第1表 CLAES Version 7での各観測パラメータごとの導出範囲とその精度.

パラメーター	導出圧力面 高度範囲 (mb)	データに信頼の おける圧力面 高度範囲① (mb)	①における Systematic Error	①における Random Error
CH ₄	100-0.1	46-0.2	15 %	60-22 ppbv
NO ₂	100-0.1	20-0.3 (夜間) 20-2 (昼間)	30 %	1-0.3 ppbv
HNO ₃	100-0.1	70-3.0	10-20 %	1-0.3 ppbv
CFC-11	100-2.0	50-5.0	16-20 %	0.03-0.02 ppmv
CFC-12	100-10	限度有り	-	-
N ₂ O	100-0.15	46-2.0	10-16 %	20-3 ppbv
N ₂ O ₅	46-1.0	3.16-1.0	-	0.1 ppbv
ClONO ₂	100-1.0	68-6.0	20 %	0.2 - 0.1 ppbv

HNO₃, ClONO₂, N₂O₅についてはCLAESのVersion 8のデータを用いている. 同じCLAESでも異なったVersionのデータを用いた理由については, HNO₃, ClONO₂, N₂O₅については最新のVersion 8データの方が, 以前のVersion 6のデータに比べてより信頼がおけるという理由による (Danilin, 1999a ; 1999b). その他の気体種については, CLAESのVersion 6とVersion 8の間の差は大きくないということだったので, 新たにVersion 8を用いての大気微量成分統計量の再作成は行わなかった.

MLSセンサーは, O₃に関しては0.46, 1, 2.2, 4.6, 10, 22, 46, 100 hPa(約5 km おきの高度間隔に相当)の各指定圧力面高度での混合比の値を, Precision 0.2-0.5 ppmv, Accuracy 5-30%の精度で測定する. またH₂Oに関しては, 0.22, 0.46, 1, 2.2, 4.6, 10, 22, 46 hPaの各指定圧力面高度での混合比の値を, Precision 0.1-0.4 ppmv, Accuracy 15-30%の精度で測定する (NASA, 1995). 一方, CLAESセンサーについては, 各観測気体ごとに, 信頼できる対象高度範囲および精度が異なる. 第1表に, それらのうち今回の統計量データベースに用いたものについて, まとめて示す (NASA, 1995).

UARS衛星は, スペースシャトル・ディスカバリーによって, 1991年9月12日に軌道傾斜角57度, 高度585 kmの傾斜軌道に投入された. UARS衛星は, 各観測器が地球大気を観測できるようにするため, 約5週間に1回「ヨー・マヌーバー (Yaw Maneuver)」と呼ばれる姿勢変更を行う. そのため, MLSやCLAESのような大気放射観測型センサーの観測可能な緯度帯も, 約5週間ごとに変化する. 第1図に, 打ち上げ後約3



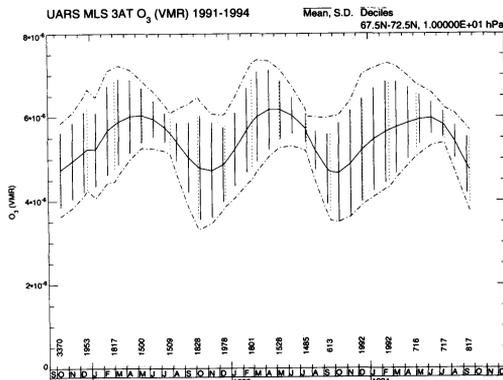
第1図 (a)UARS打ち上げ後約3年間の, MLSセンサーによる観測緯度帯の変化. 黒く塗られた緯度・時期にMLSによる観測データが存在する. (b)同じくCLAESセンサーによる観測緯度帯の変化. CLAESは1993年2月いっぱいまで, 観測を終了した.

年間の、MLS 及び CLAES の観測緯度帯変化の様子を示す。図は、それぞれのセンサーの全観測データをもとに作成したので、所々に見られる点線や細い線も、実際の観測に相当したものである。CLAES の観測が打ち上げ1年半後の1993年2月で終了しているのは、観測に用いる冷媒を使いきったためである。一方、MLSの方は継続的に観測を行っていることが判る。これらのデータを用い、以下に述べるような方法で大気微量成分統計量の作成を行った。

3. 各微量気体種毎の大気微量成分統計量の作成

一般的に観測される物理量の分布の様子を与える基本統計量としては、代表的な値(平均値(μ), 中央値, 最頻値等)と、その変動範囲を与える指標(標準偏差(σ), パーセンタイル値(%値), 平均偏差等)が必要となる。データの出現頻度が正規分布に近いものについては、平均値と標準偏差が最も一般的に分布の様子を表すのに使われる指標であるが、微量気体成分混合比の分布では、頻度は小さいがオーダーが異なるような物理量が出現したりと、必ずしも正規分布を示さない場合が多く見受けられる。このような非正規性の分布に対しては、順序統計量が変動範囲に関する有効な指標となる。順序統計量(パーセンタイル値、以下%値と略)とは、サンプルデータを大きさの順に並べて全体の個数を100%としたときに、X%目の順位に位置するサンプルの値をX%値として定義した統計量である。ちょうどその順位に相当するデータが存在しない場合には、内挿によって値を求める。この場合、50%値は、中央値と同義となる。正規分布している集合に順序統計量を当てはめた場合、10%値および90%値は、平均を μ 、標準偏差を σ としたとき、それぞれ $\mu - 1.28\sigma$ 、 $\mu + 1.28\sigma$ の値に相当する。

今回の大気微量成分統計量データベース作成では、平均値(μ)、標準偏差(σ)、10%値、25%値、中央値(50%値)、75%値、90%値を導出した。まず、上に述べたそれぞれの統計量について、約5週間のUARSの姿勢変更に伴う観測緯度帯の切り替え単位の間ごと、UARSの指定圧力面高度ごとに値を求める。次にこのデータを各月ごと、幾何高度ごとの値に補間する必要がある。平均値については、算出したデータのサンプル数に基づいて補間が可能であるが、50%値を除く順序統計量(10%値、25%値、75%値、および90%値)については、時間的・空間的な補間の確からしさは保証されていない。そこで、平均値と中央値の時間



第2図 UARS搭載MLSセンサーデータに基づいた、70°N、10 hPaにおける、O₃データの時間補間の様子。67.5°N以上、72.5°N未満の範囲の統計量を70°Nの代表値として定義する。カーブした実線および縦の実線で、平均と標準偏差を、一点鎖線で10%値及び90%値を示す。約2か月半おきに存在する縦の点線が、元々の統計期間における平均と標準偏差である。下に書いてある数字は、統計期間内におけるデータの個数を示す。

的な内挿値をスプライン補間により求め、10%値、25%値、75%値、および90%値については、中央値からの偏差の内挿値を線形補間で求めて、補間した中央値にその偏差を加えることによって算出した。このように複雑な処理を行ったのは、内挿によって%値に大小の逆転現象(例えば10%のほう中央値よりも大きくなるなど)が生じるのを避けるためである。このような10%値や90%値の内挿値は、あくまでも変動幅の変化の目安として作成したものである。高度方向の補間は、すべての統計量についてスプライン補間により求めた。

第2図に、70°N、10 hPaにおける、O₃データの時間補間の様子を示す。図中約2か月半おきに見られる縦の点線が、UARSの約5週間の観測単位ごとに南北各半球について求められたO₃混合比の平均値と $\pm\sigma$ である。それらの値をスプライン補間して求めた各月ごとの平均値(μ)および標準偏差($\pm\sigma$)を実線で示す。また、上に述べた方法で求めた各月ごとの10%値及び90%値は、一点鎖線で示してある。今回提供するこれら統計量の値には、CLAESが丸1年間観測を行った唯一の年である、1992年のものを代表として与えてある。この期間は、1991年6月15日に噴火したフィリピン・ピナツポ火山(15.13°N, 120.35°E, 1600 m)の噴

UARS MLS 3AT O3_205 (ppmv) 1991-1994

O3_205 (ppmv)

ALTITUDE (km)

12 93

67.5N-72.5N, 1992.01.01-1992.01.31

```

6.00000E+00 8.66041E-02 1.04276E-02 9.04850E-02 5.76431E-02 8.97770E-02 9.08999E-02 9.11979E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 1
7.00000E+00 1.36866E-01 2.27452E-02 1.44870E-01 7.65355E-02 1.42059E-01 1.46931E-01 1.48543E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
8.00000E+00 1.74546E-01 3.61230E-02 1.86897E-01 8.36206E-02 1.81370E-01 1.91170E-01 1.94584E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
9.00000E+00 1.86214E-01 4.30384E-02 2.00266E-01 8.28876E-02 1.93531E-01 2.05495E-01 2.09679E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.00000E+01 2.26769E-01 5.40958E-02 2.44624E-01 9.55052E-02 2.35694E-01 2.51559E-01 2.57109E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.10000E+01 3.71965E-01 8.74847E-02 3.97206E-01 1.67107E-01 3.64975E-01 4.21612E-01 4.40478E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.20000E+01 6.85089E-01 1.65834E-01 7.15721E-01 3.65427E-01 6.02716E-01 8.05121E-01 8.75570E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.30000E+01 1.09612E+00 3.09932E-01 1.12502E+00 6.69252E-01 8.82998E-01 1.32670E+00 1.49049E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.40000E+01 1.44914E+00 5.00206E-01 1.48325E+00 8.59187E-01 1.15345E+00 1.76793E+00 1.99907E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.50000E+01 1.75582E+00 5.80225E-01 1.79292E+00 1.01523E+00 1.38331E+00 2.15663E+00 2.45208E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.60000E+01 2.08268E+00 4.78280E-01 2.12384E+00 1.34071E+00 1.71361E+00 2.47253E+00 2.74871E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.70000E+01 2.44738E+00 3.88332E-01 2.49366E+00 1.82783E+00 2.13844E+00 2.77311E+00 2.98807E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.80000E+01 2.83885E+00 4.03704E-01 2.88793E+00 2.31840E+00 2.57362E+00 3.12564E+00 3.31139E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.90000E+01 3.22472E+00 4.89407E-01 3.26975E+00 2.62025E+00 2.92363E+00 3.54906E+00 3.78522E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
2.00000E+01 3.55032E+00 5.28288E-01 3.58991E+00 2.87245E+00 3.21901E+00 3.90607E+00 4.18975E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
2.10000E+01 3.80316E+00 4.90179E-01 3.80146E+00 3.13987E+00 3.41282E+00 4.18076E+00 4.47705E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
2.20000E+01 4.05368E+00 5.08392E-01 4.00959E+00 3.41084E+00 3.60303E+00 4.45282E+00 4.75940E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 1
...
9.50000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0
9.60000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0
9.70000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0
9.80000E+01 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0.00000E+00 0
67.5N-72.5N, 1992.02.01-1992.02.28
6.00000E+00 8.59389E-02 1.01912E-02 8.96712E-02 5.71540E-02 8.90097E-02 9.00443E-02 9.03141E-02 0.00000E+00 0.00000E+00 1
7.00000E+00 1.36174E-01 2.20405E-02 1.43942E-01 7.55309E-02 1.41316E-01 1.45827E-01 1.47334E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
8.00000E+00 1.73940E-01 3.56398E-02 1.85989E-01 8.21380E-02 1.80823E-01 1.89909E-01 1.93117E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
9.00000E+00 1.85128E-01 4.39437E-02 2.09856E-01 8.08454E-02 1.92557E-01 2.03639E-01 2.07580E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1
1.00000E+01 2.23644E-01 5.48011E-02 2.49973E-01 9.21688E-02 2.32690E-01 2.47243E-01 2.52431E-01 0.00000E+00 0.00000E+00 1

```

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

...

第3図 今回作成した大気微量成分各統計量のアスキーファイルの内容の一例. 図は70°NにおけるO₃の統計量(1月, 高度6~22 km, 95~98 km分, および2月, 高度6~10 km分). 内容については, 本文中を参照.

煙に起因する硫酸エアロゾルが依然として成層圏に多く残っており, 微量成分間の分配率, 特に窒素酸化物間の分配率が通常の年とはかなり異なっていることが指摘されている (Koike *et al.*, 1994) ので, 今回作成したデータセットの中でも HNO₃, NO₂, ClONO₂ 及び N₂O₅ データを使用する場合には特に注意する必要がある.

4. データの所在と使用上の注意

データは, 国立環境研究所内 ILAS プロジェクトの Web server の以下の場所から取得することができる.

<http://www-ilas.nies.go.jp/UARS-clim/>

このページの下には, 以下の3つのサブディレクトリが存在している.

data/

lat-bin/

mon-bin/

このうち data/の下には, o3/, hno3/ など各対象気体名のサブディレクトリの下に, 今回作成した大気微量成分各統計量が, 緯度5度おきのそれぞれのファイルに, 第3図に示したようなアスキー形式で, 入っている. このうち, 第1行目には統計量計算に使用した

センサー名と対象気体名, データ期間を, 第2行目には対象気体名とその単位を, 第3行目には第1カラムのパラメータ(高度)名を, 第4行目にはその後のデータ部分で出てくる月ごとの繰り返し数(月数)と, 高度数を, 第5行目にはデータの緯度帯とそのデータ作成に用いたデータ期間を示している. 第6行目以降が実際の統計データとなる. データはそれぞれ11カラムからなっており, それぞれのカラムの意味は以下の通りである.

第1カラム: 高度

第2カラム: 平均値 (μ)

第3カラム: 標準偏差 (σ)

第4カラム: 中央値 (50%)

第5カラム: 10%

第6カラム: 25%

第7カラム: 75%

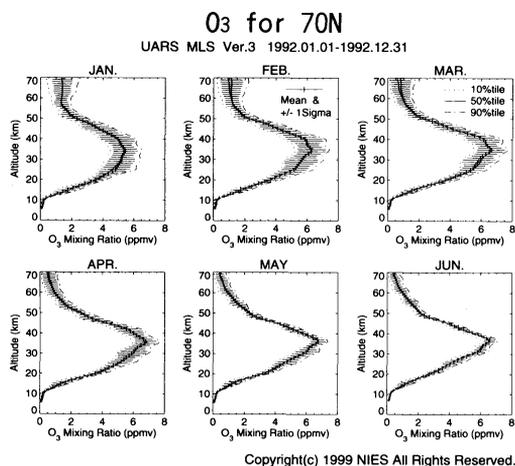
第8カラム: 90%

第9カラム: 0 (固定)

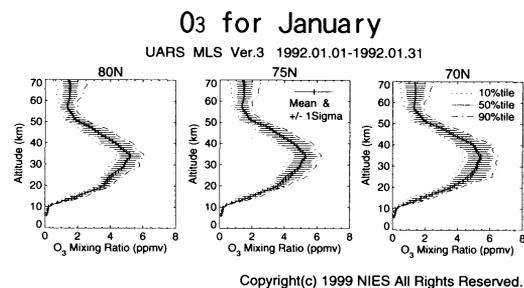
第10カラム: 0 (固定)

第11カラム: フラグ (0 or 1)

ここで第11カラムのフラグには, 元データに該当する高度領域のデータが含まれており統計量の作成が可



第4図 緯度5度(±2.5°)おきの各緯度帯における、毎月の大気微量成分統計量変化の様子。図は、70°NにおけるO₃の各月の統計量を、1月から6月分について示す。平均、標準偏差、10%値、50%値、90%値が示してある。



第5図 各月の、緯度5度おきの各緯度帯における大気微量成分統計量変化の様子。図は、1月のO₃の各緯度帯の統計量。図は例として、80°N~70°Nの分についてのみ示す。平均、標準偏差、10%値、50%値、90%値が示してある。

ら5度おきに南緯80度までの統計量をプロットした図(3枚一組)をおいてある。今回は、それらの図のうち一部についてのみ掲示している。それぞれの図の中で、縦線と横の実線で平均値(μ)および標準偏差(σ)を、破線、実線、一点鎖線でそれぞれ10%、50%、90%値を示している。第4図及び第5図のオゾン为例で言うと、平均値と50%値が必ずしも一致しないことや、季節によってデータの絶対値に加えて、そのばらつき具合も異なることなどが見て取れる。

本データを営利的な目的で使用することは禁止する。また本データを学術・研究等の目的で用いた場合は、本報告を引用すると同時に、謝辞において以下のような一文を記述していただきたい。「本研究に用いた大気微量成分統計量データは、国立環境研究所 ILAS プロジェクトのもと、ILAS データ処理運用施設において作成したものである。」英文の場合は、以下の通りである。The climatological data used in this study were created by the ILAS Data Handling Facility of the National Institute for Environmental Studies under the ILAS project.また、このデータを用いた論文・報告等を出版された場合には、その別刷りを2部、以下に送っていただきたい。「〒305-0053 つくば市小野川16-2 国立環境研究所 ILAS プロジェクト事務局宛」

5. 謝辞

ここで用いた UARS 衛星の各センサーデータは、UARS Project (Code 916) によって取得・解析され、NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) の中の Distributed Active Archive Center (Code 902.2) から提供を受けたものである。これらは、NASA の Mission to Planet Earth Program のもとに行われている。ここにその提供を感謝する。

今回作成した大気微量成分統計量データセットは、国立環境研究所内の ILAS Data Handling Facility (ILAS/DHF) によって作成された。

参考文献

Barath, F. T., M. C. Chavez, R. E. Cofield, D. A. Flower, M. A. Frerking, M. B. Gram, W. M. Harris, J. R. Holden, R. F. Jarnot, W. G. Kloezeman, G. J. Klose, G. K. Lau, M. S. Loo, B. J. Maddison, R. J. Mattauca, R. P. McKinney, G. E. Peckham, H. M. Pickett, G. Siebes, F. S. Soltis, R. A. Suttie, J. A.

能な場合に1を、データがなく統計量の作成が不可能な場合に0が入っている。高度1kmごとにこのようなデータの並んだ行が繰り返し、最高高度までのデータが並んだ後、次の月に関して同様のデータが繰り返されている。

また、/lat-bin 及び /mon-bin 以下の各対象気体名のサブディレクトリ以下には、上記の代表的な統計量を図化した PostScript ファイルが入っている。/lat-bin 以下には第4図に例を示したように、各緯度帯ごとに12か月分をプロットした図を、/mon-bin 以下には第5図に例を示したように、各月ごとに北緯80度か

- Tarsala, J. W. Waters and W. J. Wilson, 1993 : The Upper Atmospheric Research Satellite Microwave Limb Sounder instrument, *J. Geophys. Res.*, **98**, 10, 751-10, 762.
- Danilin, M. Y., J. M. Rodriguez, W. Hu, M. K. W. Ko, D. K. Weisenstein, J. B. Kumer, J. L. Mergenthaler, J. M. Russell III, M. Koike, G. K. Yue, N. B. Jones and P. V. Johnston, 1999a : Nitrogen species in the post-Pinatubo stratosphere : Model analysis utilizing UARS measurements, *J. Geophys. Res.*, **104**, 8247-8262.
- Danilin, M. Y., 1999b : private communication.
- Harwood, R. S., E. S. Carr, L. Froidevaux, R. F. Jarrot, W. A. Lahoz, C. L. Lau, G. E. Peckham, W. G. Read, P. D. Ricaud, R. A. Suttie and J. W. Waters, 1993 : Springtime stratospheric water vapour in the southern hemisphere as measured by MLS, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 1235-1238.
- Koike, M., N. B. Jones, W. A. Matthews, P. V. Johnston, R. L. McKenzie, D. Kinninson and J. Rodriguez, 1994 : Impact of Pinatubo aerosols on the partitioning between NO_2 and HNO_3 , *Geophys. Res. Lett.*, **21**, 597-600.
- Kumer, J. B., J. L. Mergenthaler and A. E. Roche, 1993 : CLAES CH_4 , N_2O and CCl_2F_2 (F12) global data, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 1239-1242.
- NASA Goddard Space Flight Center/Distributed Active Archive Center (DAAC), 1995 : Upper Atmosphere Research Satellite CD-ROM distribution document.
- Randel, W., 1999 : Climatologies of stratospheric constituents derived from UARS data, *SPARC Newsletter*, No. **12**, 6-7.
- Reber, C. A., 1993 : The Upper Atmosphere Research Satellite (UARS), *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 1215-1218.
- Reber, C. A., C. E. Trevathan, R. J. McNeal and M. R. Luther, 1993 : The Upper Atmosphere Research Satellite (UARS) Mission, *J. Geophys. Res.*, **98**, 10, 643-10, 647.
- Roche, A. E., J. B. Kumer, J. L. Mergenthaler, G. A. Ely, W. G. Uplinger, J. F. Potter, T. C. James and L. W. Sterritt, 1993a : The Cryogenic Limb Array Etalon Spectrometer (CLAES) on UARS : Experiment description and performance, *J. Geophys. Res.*, **98**, 10, 763-10, 775.
- Roche, A. E., J. B. Kumer and J. L. Mergenthaler, 1993 b : CLAES observations of ClONO_2 and HNO_3 in the Antarctic stratosphere, between June 15 and September 17, 1992, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 1223-1226.
- Sasano, Y., M. Suzuki, T. Yokota and H. Kanzawa, 1995 : Improved limb atmospheric spectrometer (ILAS) project : ILAS instrument, performance and validation plan, *SPIE*, **2583**, 193-204.
- Sasano, Y., M. Suzuki, T. Yokota and H. Kanzawa, 1999 : Improved Limb Atmospheric Spectrometer (ILAS) for stratospheric ozone layer measurements by solar occultation technique, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 197-200.
- Suzuki, M., A. Matsuzaki, T. Ishigaki, N. Kimura, N. Araki, T. Yokota and Y. Sasano, 1995 : ILAS, the Improved Limb Atmospheric Spectrometer, on the Advanced Earth Observing Satellite, *IEICE TRANS. Commun.*, **E78-B**, **12**, 1560-1570.
- Waters, J. W., L. Froidevaux, G. L. Manney, W. G. Read and L. S. Elson, 1993 : MLS observations of lower stratospheric ClO and O_3 in the 1992 southern hemisphere winter, *Geophys. Res. Lett.*, **20**, 1219-1222.
- Yokota, T., M. Suzuki, O. V. Duvobik and Y. Sasano, 1998 : ILAS (Improved Limb Atmospheric Spectrometer)/ADEOS data retrieval algorithms, *Adv. Space Res.*, **21**, 393-396.