

図4 - 1 - 3 : UV-B量に対するエアロゾル(黄砂)の影響例(2002年4月1日鹿児島)
当日は朝から黄砂を観測して、ほとんど雲がなかった。モデル(細線)は当日観測されたオゾン量296 m atm-cmに対しエアロゾルや雲がないと仮定した場合の日変化。

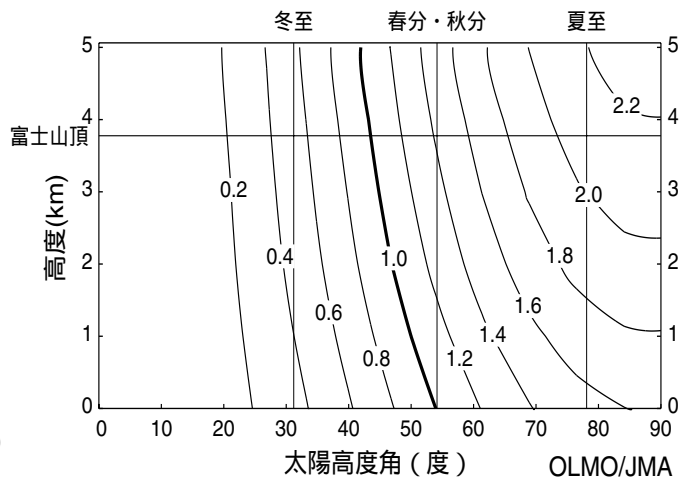


図4 - 1 - 4 : UV-B量と海拔高度の関係

オゾン量、地表面の状態などの要素を同じと仮定して、太陽高度角と海拔高度がUV-B量に与える影響を放射伝達モデルを使って計算した一例。富士山の位置での春分、秋分の日の中時(太陽高度角54.6°)の海拔0メートルにおけるUV-B量を1とした場合の相対値である。例えば、オゾン量などが同じであれば、夏至の日の富士山頂では富士山と同じ緯度の海拔0mの地域の約2倍のUV-B量になることがわかる。

紫外域日射は、大気中のオゾン以外の気体成分によっても吸収される。中でも火山の噴煙等に含まれている二酸化硫黄は、UV-B領域において「のこぎり歯」状の強い吸収帯を持っており、地上到達UV-B量に大きな影響を及ぼす。図4 - 1 - 2に、放射伝達モデル(Aoki et al. 2002)で一定のオゾン全量と太陽高度角で快晴の条件を仮定した時の二酸化硫黄の有無による波長別紫外域日射量の違いの計算結果を示す。これによれば、二酸化硫黄が上空に存在するとUV-B量が減少することがわかる。

次にエアロゾルのUV-B量への影響を示す例について述べる。UV-B量の日変化について、2002年に黄砂が観測された晴天の鹿児島における観測結果と雲やエアロゾルがないと仮定して計算した放射伝達モデルの結果を比較した例を図4 - 1 - 3に示す。観測結果とモデル計算結果が異なっているのは、主としてエアロゾル(黄砂)の影響によるものと考えられる。また、図4 - 1 - 4に、海拔高度と太陽高度角を変え、それ以外の条件を同じにした場合のUV-B量のモデル計算の一例を示す。これによれば、海拔高度が高くなるほど、また太陽高度角が高いほどUV-B量が増加することが分かる。

このほか、紫外域日射は、雲、大気による散乱、地表での反射などにも影響され大気汚染などとも密接な関連がある。

4 - 2 国内の紫外域日射

4 - 2 - 1 2002年のUV-B日積算値の特徴

札幌、つくば、鹿児島、那覇において観測された2002年のUV-B日積算値とその7日移動平均値を図4 - 2 - 1に示す。図に示すように、2002年の紫外域日射量の状況は、札幌では4月後半から6月まで累年平均値に比べ大きな値を示す日が多く、7月から8月は累年平均値に比べ少ない値を示す日が多かったが、年最大値は7月末に記録した。つくばでは1月から5月上旬と7月から9月上旬まで累年平均値に比べ大きな値を示す日が多く、5月中旬から6月中旬は累年平均値に比べ少ない値を示す日が多かった。鹿児島では2月から4月上旬、7月から9月にかけて累年平均値に比べて大きな値を示す日が多く、7月初めに年最大値を記録した。那覇では6月を除いて2月から9月まで累年平均値に比べて大きな値を示す日が多かったことが特徴で、年最大値は7月末に記録した。

2002年のUV-B日積算値の月平均値を参照値(1991~2001年の平均値、但しつくばは1990~2001年の平均値)と比較する(図4 - 2 - 2)と、多かったのは、札幌の4~6、9、10月、つくばの1、3、4、7、8月、鹿児島の2、3、8、9月、那覇の2~5、7月で、少なかったのは、札幌の3、8、11月、つくば、鹿児島の11、12月、那覇の10、12月であった。なお、参照値からの差が標準偏差以内のときを「並」、それよ

り大きいときを「多い」、それより小さいときを「少ない」とした。また各観測地点の月平均値の最大は、札幌が6月に21.97kJ/m²、つくばが7月に27.26kJ/m²、鹿児島が8月に32.56kJ/m²、那覇が7月に35.02kJ/m²であった。このうち鹿児島は、観測開始以来の最も多い記録であったが、これは全天日射量、日照時間などのデータから8月の鹿児島の天候が良かったことが反映されたものと考えられる。

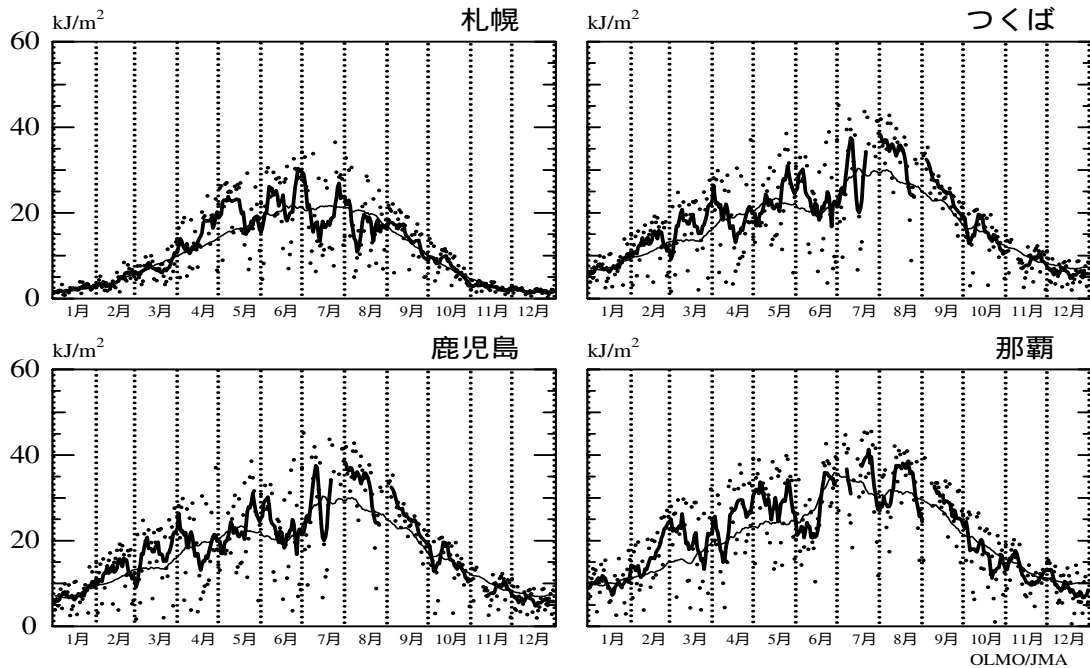


図4 - 2 - 1 : 2002年のUV-Bの日積算値の推移

点は日積算値、太線は日積算値の7日移動平均値、細線は日積算値の観測開始から2001年までの累年平均値の15日移動平均。

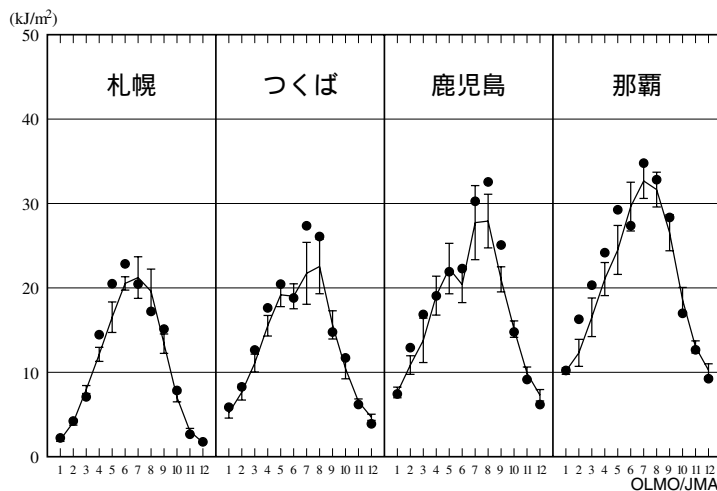


図4 - 2 - 2 : 2002年の月平均UV-B日積算値の推移

印は2002年の月平均値、折れ線は参照値(統計期間:1991-2001年、つくばは1990-2001年) 縦線はその標準偏差。

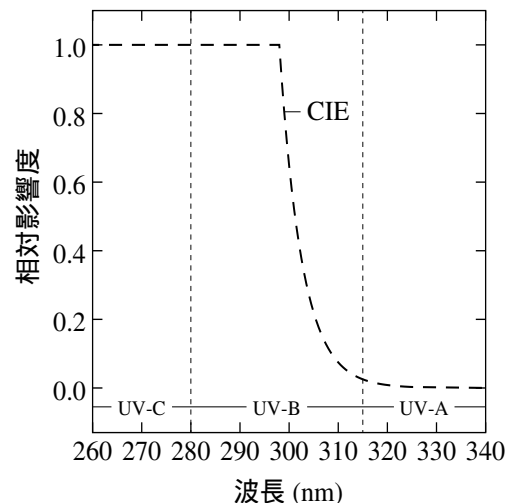


図4 - 2 - 3 : 紫外域日射の作用スペクトル関数

横軸は波長、縦軸はCIE作用スペクトルの相対影響度を示す。

UV INDEX (UV指数)	推奨する対処方法
< 2	
3 - 7	
8 <	

表 4 - 2 - 1 : UV 指数のランク分け
「UV 指数の運用ガイド」より。ただし、説明は日本語に訳した。

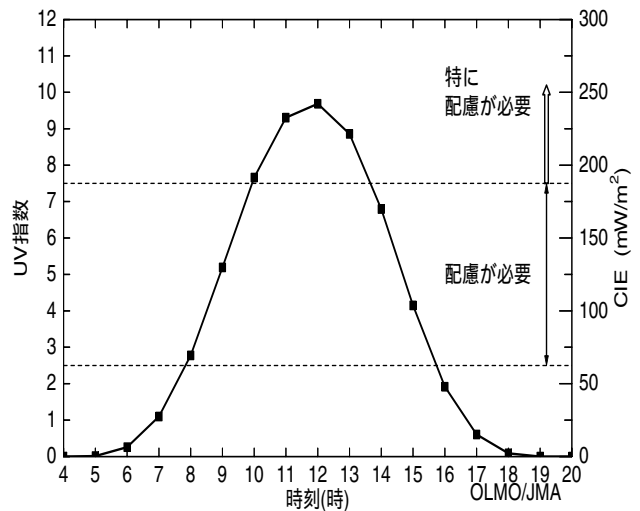


図 4 - 2 - 4 : UV 指数の日変化の例 (2002 年 8 月 8 日つくば)

4 - 2 - 2 UV 指数(UV インデックス)

太陽光に含まれる紫外域日射にさらされること

は、皮膚がん、白内障等の病気や体内免疫力の低下などに強い関連性があると考えられている。特に、メラニン色素の少ない人に皮膚がん、悪性腫瘍が世界的に増加しているという報告があり、日射を浴びることが健康的であると信じられている生活習慣や、紫外域日射をさえぎる役目をするオゾン層が減少することは、その影響を深刻化することにつながると考えられている。これを受けて、2002年7月に、世界保健機構(WHO)、WMO、国連環境計画(UNEP)などが協力して、上記のような危険から一般の人々を守るために、紫外域日射の照射量とそれに対応した対処法の啓蒙を目的とした「UV 指数(UV-index)の運用ガイド」を提示した(http://www.who.int/peh-uv/Solar_UV_Index_Guide_Final.pdf)。

紫外域日射の生物に与える影響度が波長によって異なることを考慮して、波長別の紫外域日射量に国際照明委員会(CIE)が定義した皮膚に対する波長別相対影響度を表したCIE作用スペクトル(McKinlay and Diffey, 1987)(図4-2-3)の重みをかけて波長積分すると、影響度を考慮した紫外域日射量が得られる。これをCIE紫外域日射量(紅斑紫外域日射量)と呼び、このCIE紫外域日射量を40倍し、指標化したものが、UV指数である。運用ガイドでは、公衆衛生の観点から、もっとも影響を受けやすい人々(メラニン色素の少ない人や子供達)を基準にして、UV指数を強さでランク分けし、対処法などをわかりやすく人々に

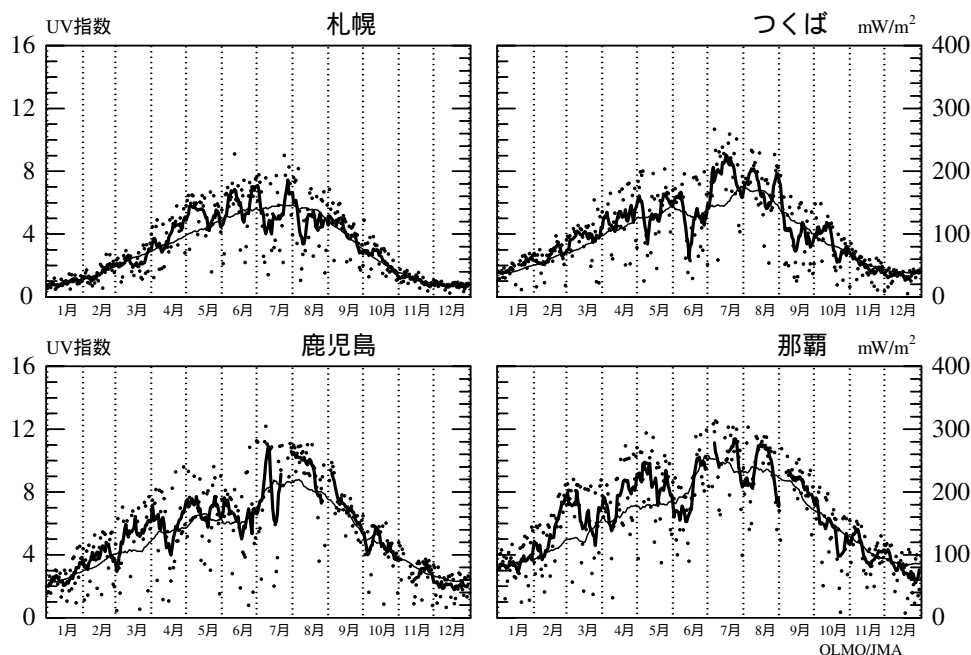


図 4 - 2 - 5 : 2002 年の国内 4 地点における UV 指数日最大値の推移
点は日最大値、太線は 7 日移動平均値、細線は累年平均値の 15 日移動平均値。縦軸右側の目盛は CIE 紫外域日射量。

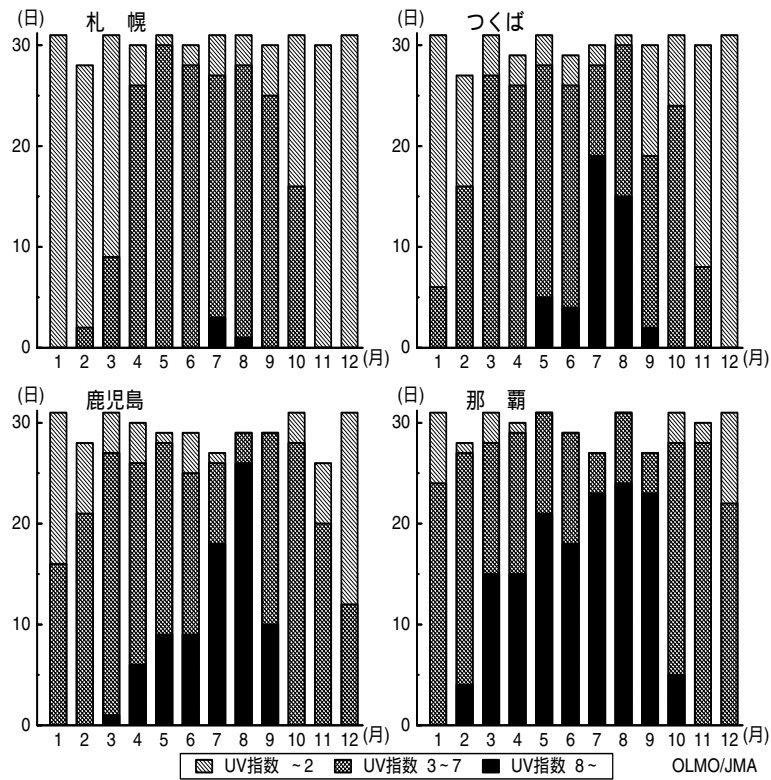


図4 - 2 - 6 : 2002年の国内4地点におけるCIE日最大値をUV指数の範囲で分類した月別日数
ただし、台風、障害等による欠測を除く。

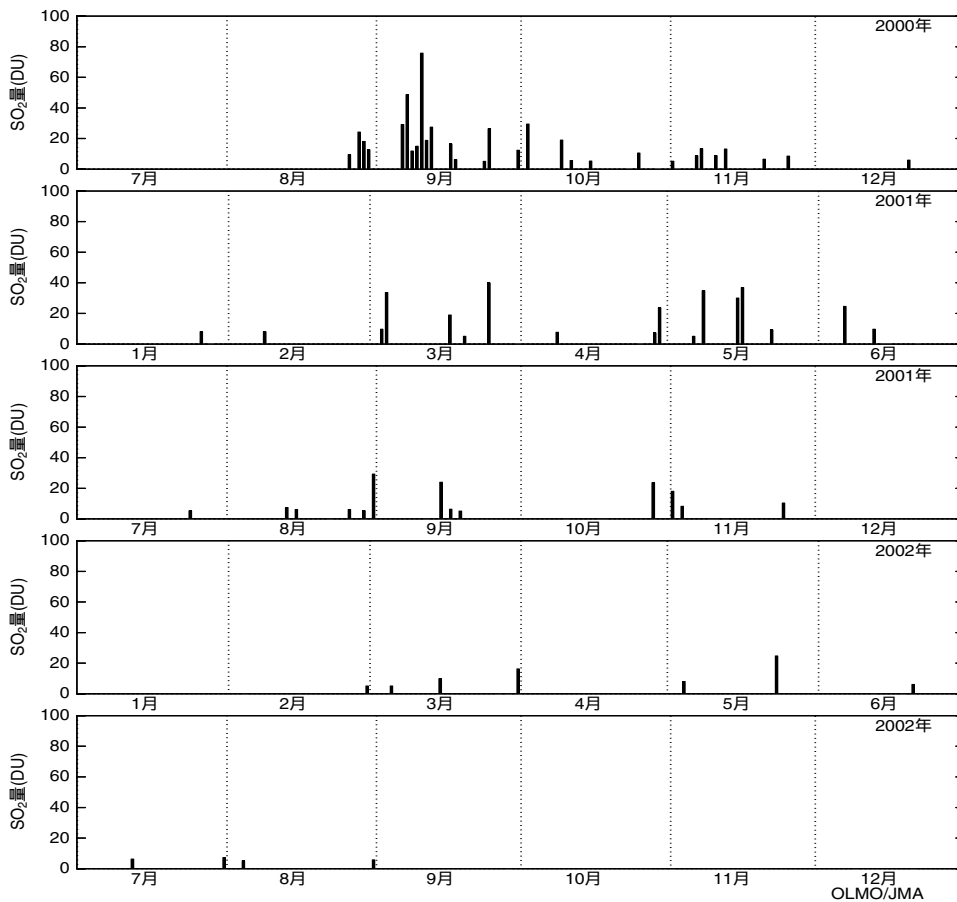


図4 - 2 - 7 : つくばにおける上空の二酸化硫黄(SO₂)気柱量の推移
図中用いられている二酸化硫黄量の単位DUは、p.4の解説「オゾン全量」の単位と同じ。

伝えるよう提唱している(表4-2-1)。ランク分けされたUV指数と実際の観測で得られた結果との対応関係の例として、図4-2-4に2002年8月8日のつくばにおけるUV指数の日変化を示す。正午を中心として太陽高度角の高い時間帯にUV指数の高い値を示すことがわかる。図4-2-5に2002年の各観測地点における日最大UV指数(CIE日最大値)を示す。図4-2-6は、運用ガイドの中で、特に配慮が不要なUV指数2以下、肌の露出を避けるなど配慮が必要なUV指数3~7、外出時に日に当たることを避けるなど特に配慮が必要なUV指数8以上の月別日数を、2002年の各観測地点での記録に基づいて示す。これによれば、UV指数8以上の日は、札幌では7、8月に数日あるだけであるが、つくばでは5月から9月、鹿児島では3月から9月、沖縄では2月から10月にかけて観測され、特につくば、鹿児島の7、8月、那覇の3月から9月には月の半分程度の高い頻度で観測されている。なお、波長別紫外域日射観測値をもとにCIE紫外域日射量を計算するにあたっては、325nmから400nmまでの測定していない波長域は、モデルで補間した値を用いた。

4-2-3 三宅島火山噴火による影響

2000年の7月に伊豆諸島の三宅島雄山が噴火し、活動が活発化した8月以後、噴火に伴うとみられる二酸化硫黄の混じった空気塊が南風により関東地方を中心に流れてきた。これ以降、つくばにおける紫外域日射観測において、図4-1-2のような二酸化硫黄の影響による「のこぎり歯」状のスペクトルが見られ、最も影響が大きかったと推定される観測時にはUV-B量が半分近く少なくなった。図4-2-7に、観測した紫外域日射スペクトル(290nm~325nm)から二酸化硫黄量を推定する手法(Fioletov et al., 1998)を用いて得られた、図4-2-7につくば上空における二酸化硫黄の推移を示した。これによれば、大きな噴火が起きた2000年8月以降、冬型の風系に変わる12月まで断続的に二酸化硫黄が観測され、翌2001年に入ってから南からの風が変わった3月以降、三宅島火山起源と見られる影響が再び確認されるようになった。2002年も同様に3月以降に二酸化硫黄が観測されたが、前年、前々年に比べ、頻度、量ともに明らかに低下している。

4-2-4 紫外域日射量の長期変化の特徴

図4-2-8~図4-2-13に各観測地点におけるUV-B量、CIE紫外域日射量、波長300nmの紫外域日射強度の3種類の諸量の毎時値の日最大と日積算値について、それぞれ観測開始から2002年までの推移を示す。UV-AとUV-Bの領域では波長が短いほどオゾンに強く吸収され、強度は波長が長いほど急勾配に増えることなどから、これら3量はオゾン、太陽高度角等の変化によりそれぞれ違った振る舞いをする。これら紫外域日射の諸量の推移を詳細に比べると、緯度が低いほど紫外域日射量も多くなっている。また、緯度の違いによる変化の割合は波長300nmの紫外域日射強度、CIE紫外域日射量、UV-B量の順に大きくなっている。

図4-2-14~図4-2-16にUV-B量、CIE紫外域日射量、波長300nmの紫外域日射強度それぞれの日積算値の月平均の観測開始から2002年までの推移を示す。この図から札幌、つくばは7、8月、鹿児島は3~9月、那覇は2~9月に変動が大きいことがわかり、これは梅雨、台風など天候状態の影響と考えられる。また、つくば、鹿児島の夏季において、ここ数年月平均値に比べて大きくなっており、梅雨明けが早いなど夏季の日射量が多いことに対応していると考えられる。

前章のオゾン層の長期変化傾向との対応で見ると、日本国内(那覇を除く)のオゾン全量には、長期的には減少傾向が見られるが、最近10年間は年々の変動はあるものの明瞭な変化傾向が見られない状態である。また、紫外域日射は天候の状態などに大きく影響される。このようなことから、気象庁が紫外域日射観測を行っている最近10年間については、オゾンに関連した紫外域日射に明瞭な変化傾向は見られていない。しかし、現在のオゾン全量は低緯度を除き1970年代と比較すると明らかに減少している事実と、図4-1-1に示したオゾン全量と紫外域日射の関係から、日本国内では、観測地点、季節によってはUV-B量は1970年代に比べ、最大で6~7%増加していると考えられる。また、WMOの報告によれば、現在の南北両半球中高緯度の10箇所以上の観測点において、1980年代前半よりUV放射量が6-14%増加したとしている(WMO, 2002)。

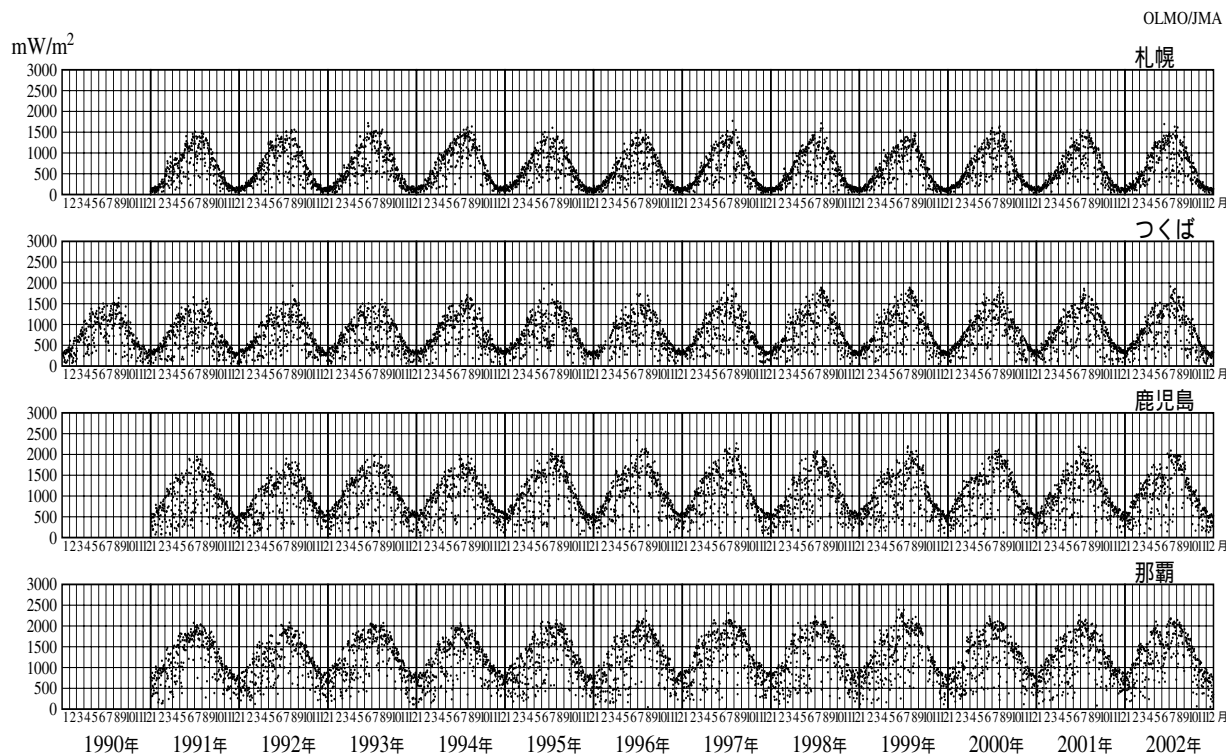


図 4 - 2 - 8 : 観測開始から 2002 年までの UV - B 日最大値の推移

札幌、つくば、鹿児島、那覇における観測値。

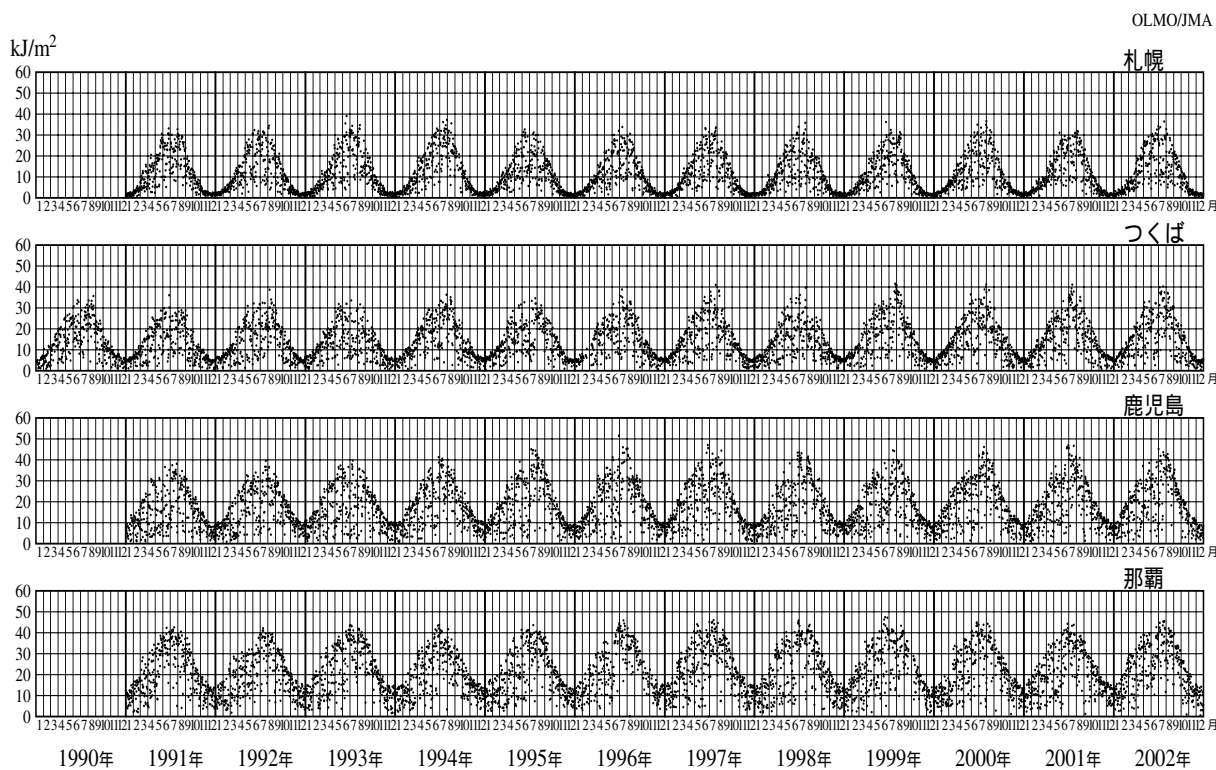


図 4 - 2 - 9 : 観測開始から 2002 年までの UV - B 日積算値の推移

UV - B 日積算値の推移であるほかは図 4 - 2 - 8 と同じ。

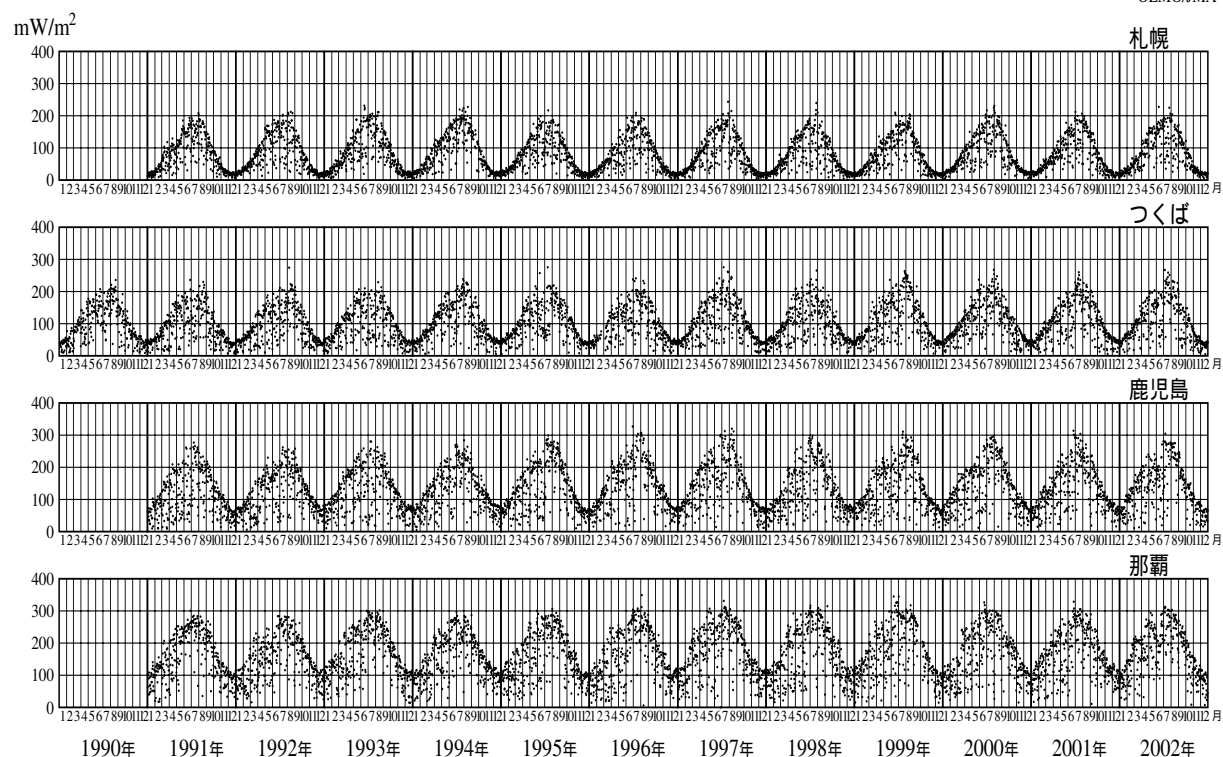


図4 - 2 - 10 : 観測開始から2002年までのCIE日最大値の推移

CIE日最大値の推移であるほかは図4 - 2 - 8と同じ。

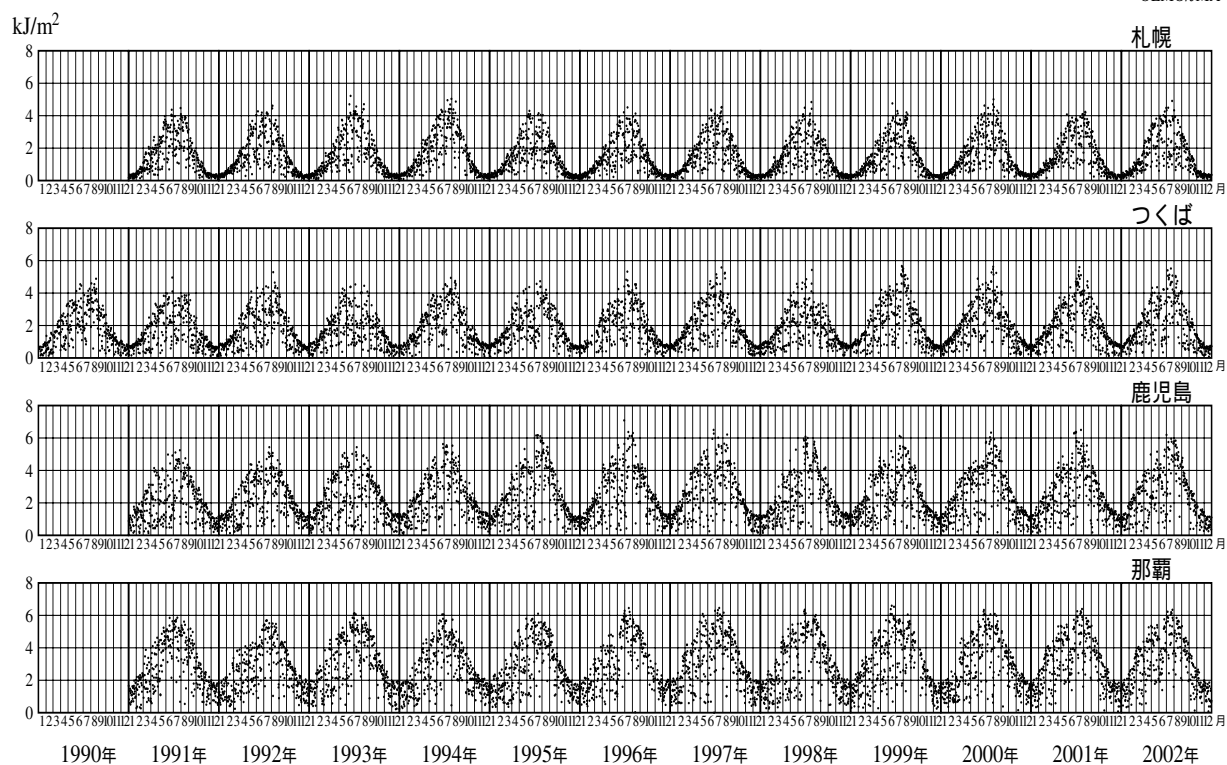


図4 - 2 - 11 : 観測開始から2002年までのCIE日積算値の推移

CIE日積算値の推移であるほかは図4 - 2 - 8と同じ。

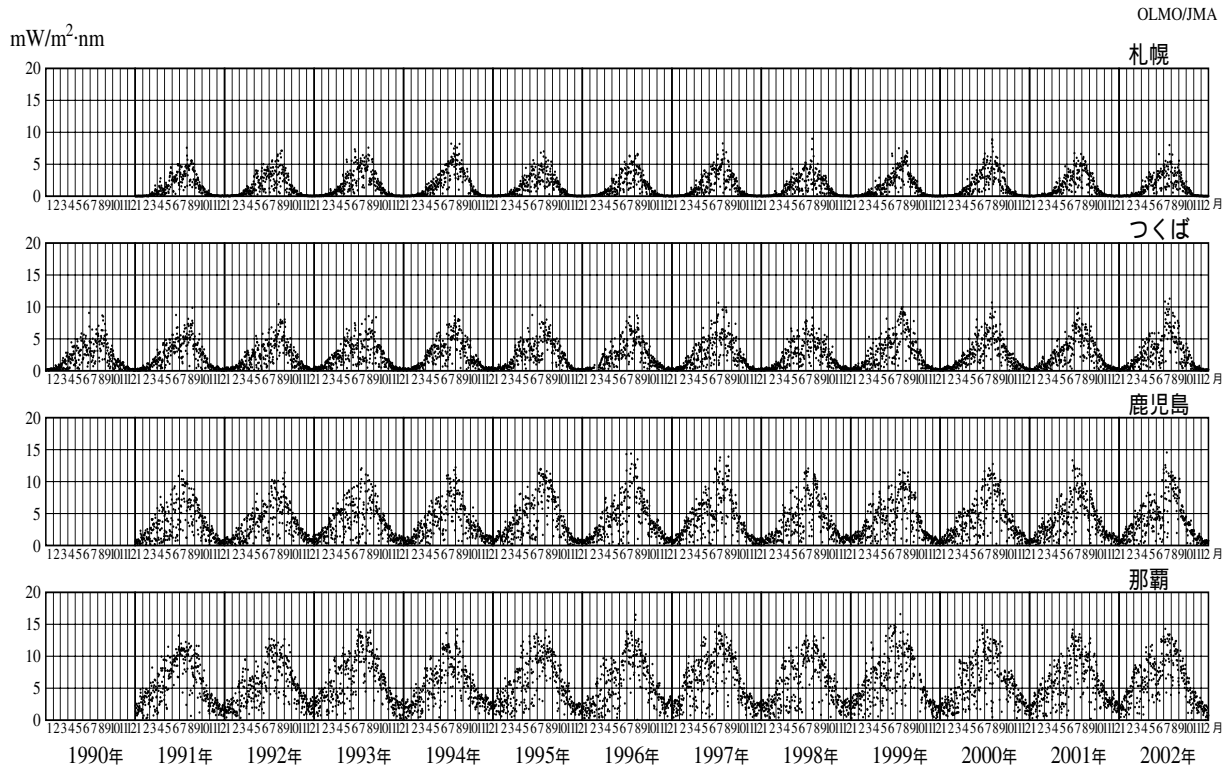


図4 - 2 - 12 : 観測開始から2002年までの波長300nmの紫外域日射の毎時値の日最大値の推移
波長300nmの紫外域日射の日最大値の推移であるほかは図4 - 2 - 8と同じ。

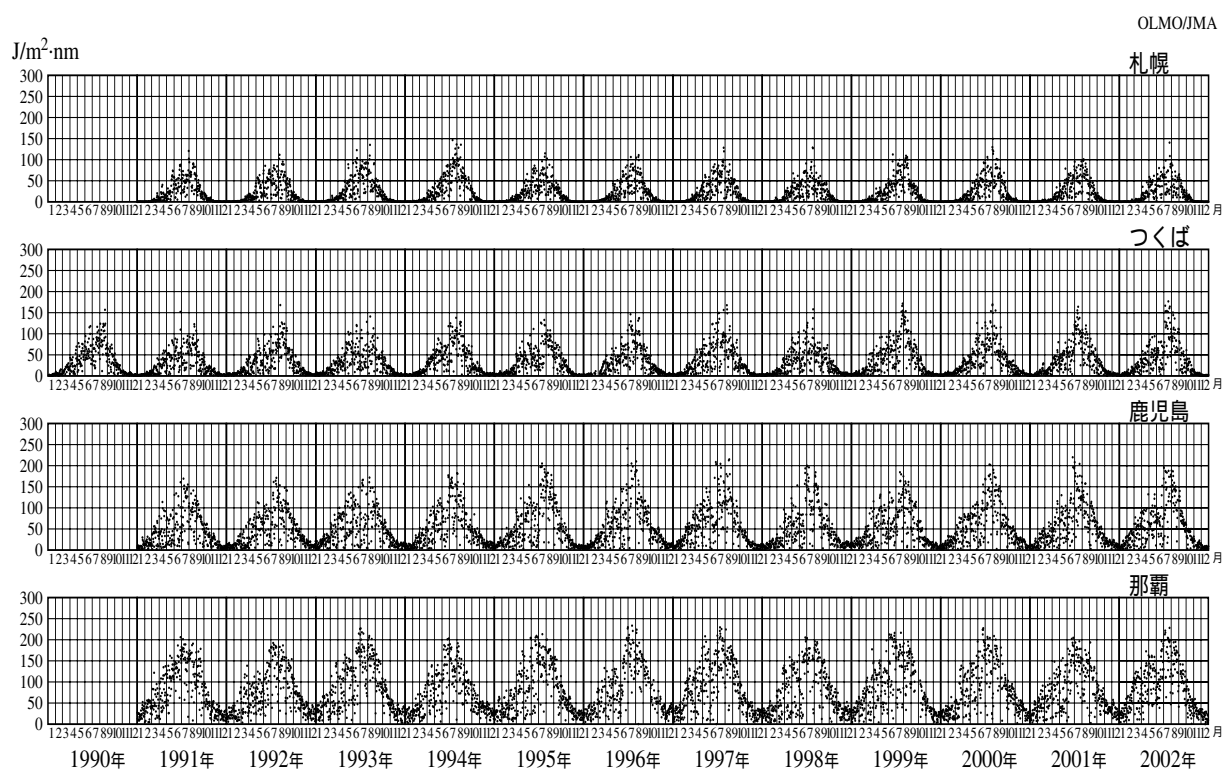


図4 - 2 - 13 : 観測開始から2002年までの波長300nmの紫外域日射量の日積算値の推移
波長300nmの紫外域日射の日積算値の推移であるほかは図4 - 2 - 8と同じ。

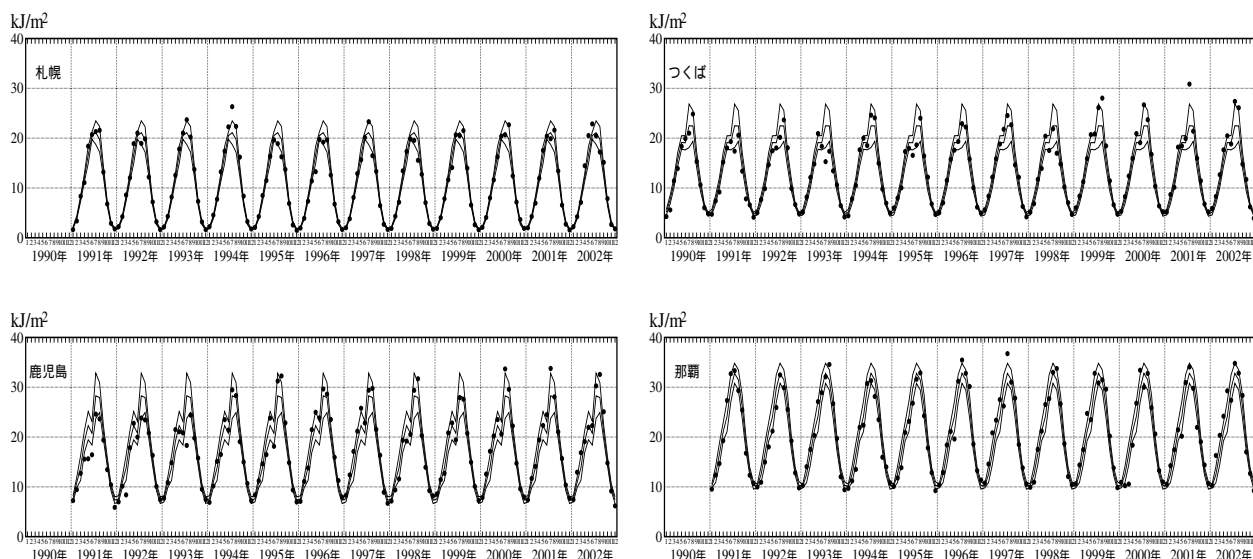


図4 - 2 - 14 : UV - B 日積算値の月平均値の推移

札幌、つくば、鹿児島、那覇における観測値。印は月平均値。3本の線のうち、中央が参照値（観測開始から1999年までの累年平均値）、上下がその標準偏差を示す。

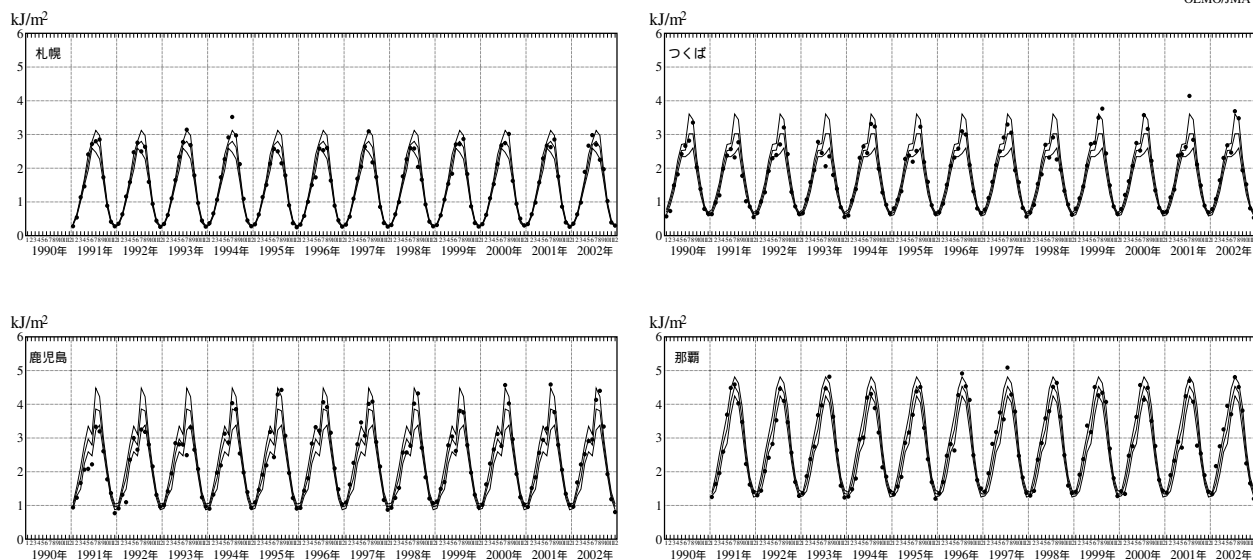


図4 - 2 - 15 : CIE 日積算値の月平均値の推移

CIE 日積算値の月平均値の推移であるほかは図4 - 2 - 14と同じ。

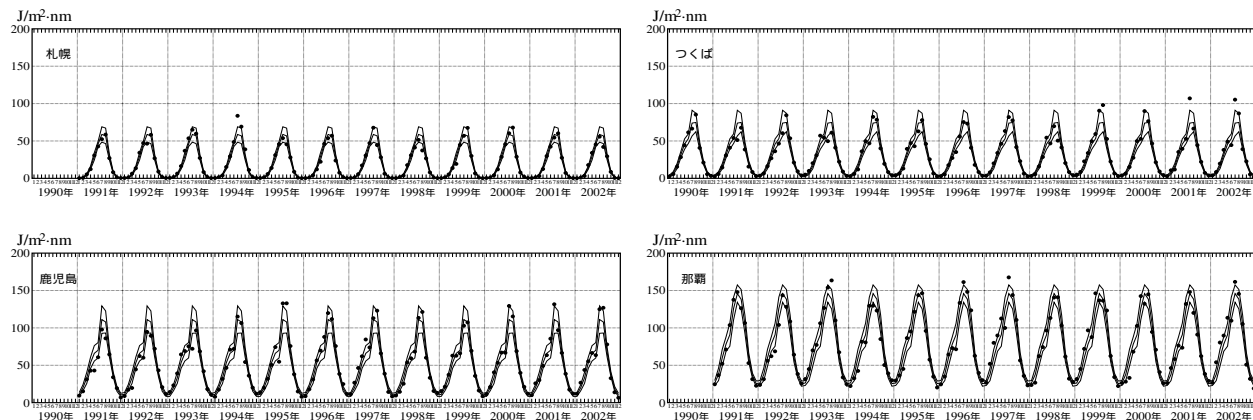


図4 - 2 - 16 : 波長300nmの紫外域日射量（日積算値）の月平均値の推移

波長300nmの紫外域日射量（日積算値）の月平均値の推移であるほかは図4 - 2 - 14と同じ。