
 報 告

局地的気象監視システム（WINDAS）の運用状況について

観測部観測課観測システム運用室

目 次

1. はじめに	115
2. WINDAS の概要	117
3. WINDAS の運用状況	125
4. WINDAS の観測到達高度とデータ取得率	139
5. WINDAS のデータの品質	166
6. データの利用	180
7. WINDAS の運用における今後の課題	182
8. おわりに	183
資料	185

1. はじめに¹

気象庁のウィンドプロファイラ観測の全国ネットワークである「局地的気象監視システム（WINDAS：Wind Profiler Network and Data Acquisition System）」は、2001年（平成13年）3月に完成し、同年4月から運用を開始した。WINDASは、波長22cm、周波数1357.5MHz（1.3GHz帯）の電波を使用したウィンドプロファイラを全国31地点（運用開始当初は25地点）に配置した高層風の観測網である。運用開始後8年が経過し、この間機器の障害や問題が生じたが、現在ではそれらも解決し安定運用を行っている。WINDASの出力する品質の高い高層風観測データは、数値予報をはじめとする気象庁業務に利用されるとともに、国内外の関係機関に配信され、

¹ 石原 正仁（現 気象研究所）

さらには気象庁のホームページを通じて一般の方々にも利用されている。

気象庁の高層気象観測は1938年（昭和13年）に始まったとされ、1973年に全国18地点のラジオゾンデ観測ネットワークとして完成した。それ以後、WINDASの運用開始まで観測機器などの改良によって高層気象観測は質的な面で進歩してきたものの、気象ロケット観測（1970年～2000年）を除けば量的な面での変化は見られなかった。一方、大雨や台風などによる気象災害に対処するため、メソスケール現象を対象とする数値予報や予報技術が進歩していく中で、高層気象観測網拡張の必要性が求められていた。このような背景の中で、気象庁は1988年に400MHz帯ウィンドプロファイラを気象研究所に設置し、それによりウィ

ンドプロファイラの基本的特性を確認した(小林, 2004).

その後, 1994年から1996年に行った観測部, 気象研究所, 高層気象台による業務化実験(高層気象台ほか, 1998), 1996年の数値予報グループが中心となった新しい高層気象観測データについての調査(気象庁予報部, 1998), 1997年, 1998年の「関東地域メソ解析プロジェクト」(気象庁, 1999)を通して準備を進め, 待望の予算成立をもとに2000年度にWINDASを整備し, 翌2001年度からその運用を開始した(観測部高層気象観測室, 2003).

WINDASの整備が実現された背景には, 京都大学のMUレーダーに代表される大気レーダーによる数々の研究実績(深尾, 2007), 1990年代に始まった米国海洋大気庁やヨーロッパ科学技術連合によるウィンドプロファイラ観測網の長期業務実験, 京都大学や情報通信研究機構による境界層を対象とする1.3GHz帯ウィンドプロファイラ(境界層レーダー)の開発(Hashiguchi *et al.*, 1995; 橋口, 2004; 大野, 2004)があった. さらに, その後の改良により1.3GHz帯ウィンドプロファイラの観測高度の限界が対流圏中層まで広がったことが決め手となり, 気象庁はこの周波数帯のウィンドプロファイラを採用することとした.

2001年4月から運用を開始したWINDASの観測データは, 同年6月から数値解析予報システムに取り込まれて利用が開始された. 特に, 時間分解能, 水平及び高度分解能の高いWINDASの観測データは, メソ数値予報の精度向上に大きく寄与している. ヨーロッパ中期気象予報センター(ECMWF)は, WINDASの観測精度は米国やヨーロッパのウィンドプロファイラ観測網にまさると評価するとともに, そのデータが短時間予報へ正のインパクトを与えていると述べている(ECMWF, 2004).

WINDASの観測精度が評価される背景には, 気象庁職員の努力の積み重ねがあった. 運用開始直後には, 春と秋を中心として地上から高度2~3km付近までの層に渡り鳥を電波の反射体とする誤観測が出現することが認められ, 関係者一同が頭を抱える状況となったが, 気象庁職員によって

渡り鳥による影響を除去するアルゴリズム(小林ほか, 2005)が開発され, システムに組み込まれたことによって問題が解決し, 今日の安定運用に至っている.

現在, WINDASの運用は観測システム運用室と観測課のウィンドプロファイラ担当で行っているが, 運用開始当初は当時の高層気象観測室の現業班が行っていた. 2001年4月, 本庁3階に設置された現業室において現業業務が開始され, その後, 2005年7月からの組織改編に伴い, 新たに設置された観測システム運用室と観測課のウィンドプロファイラ担当が2005年11月からその運用を引き継いだ.

本報告は, 運用開始の2001年から2008年までのWINDASの運用状況を記述(ただし, 機器の運用状況と観測状況の集計については2007年まで)しており, WINDASの運用開始を報じた2003年の測候時報「局地的気象監視システム(WINDAS)による高層風観測業務の開始」の続編である. 本報告をまとめた理由は, 新しい観測システム・ネットワークの運用状況を数値的に記録し, 機器の運用保守から最終データの品質まで, ウィンドプロファイラ観測全般についての品質保証を行う上での基礎資料とするためである. 第2章ではWINDASのシステムや観測データの概要を, 第3章ではシステムの運用状況を, 第4章では観測の状況を, 第5章ではデータの品質に関して, それぞれ図表を多用して記述している. 第6章ではWINDASの観測データが予報業務や調査研究でどのように使われているかを紹介する. 第7章では今後の課題についてまとめた.

本報告は, 高層気象観測室(当時)及び観測システム運用室の現業者と運用担当者が運用開始から毎年作成してきた「ウィンドプロファイラ運用実績報告」がもととなっており, 各担当者の地道な努力のたまものである.

2. WINDAS の概要²

2.1 システムの概要

(1) 観測網

気象庁は、豪雨や豪雪などの局地的災害をもたらす現象に対する監視や予報業務を強化するため、2001年(平成13年)3月に全国25か所のウィンドプロファイラ観測局と本庁の中央監視局を整備し、2001年4月19日から「局地的気象監視システム」として運用を開始した。その後2003年(平成15年)に6観測局を増設し、現在は31観測局で運用を行っている。

2001年4月19日から運用を開始した観測局は、留萌、帯広、室蘭、宮古、酒田、高田、福井、熊谷、水戸、勝浦、河口湖、静岡、名古屋、尾鷲、浜田、高松、高知、清水、巖原、平戸、大分、熊本、延岡、屋久島、与那国島の25観測局で、2003年に運用を開始した観測局は、名瀬(1月17日)、市来(1月24日)、南大東島(1月30日)、鳥取(2月21日)、美浜(3月6日)、八丈島(6月1日)の6観測局である。

これまでのラジオゾンデによる高層気象観測網では、観測点の間隔が300～350kmであったが、WINDASを整備することによって、観測高度や観測時間間隔には相違はあるものの、風に関する高層観測地点は平均して120～150kmの間隔で配置されることとなった。

気象庁の高層気象観測網を第2.1図に、WINDASにおけるデータの流れを第2.2図に示す。

(2) システムの構成

気象庁では、全国に配置したウィンドプロファイラを「観測局」と呼んでいる。観測局には、空中線、モジュール収容架、送受信装置、データ処理部などが設置されており、本庁の「中央監視局」に設置した情報処理装置からの遠隔制御で自動観測を行っている。

中央監視局では、毎正時に各観測局から前1時間分の観測データ(6個の10分平均値)を集めて品質管理を施し、毎時20分ごろにCOSMETS(気象資料総合処理システム)に出力している。



第2.1図 気象庁の高層気象観測網(平成20年度現在)

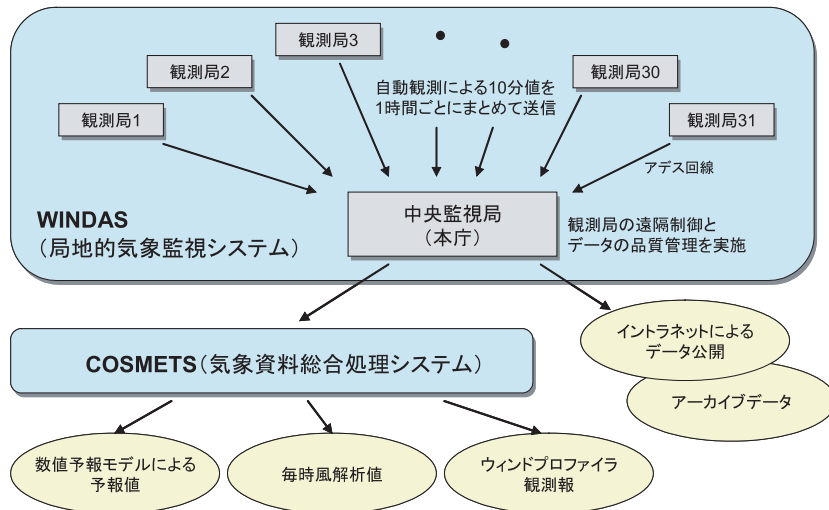
² 加藤 美雄(現 長崎海洋気象台)

ウィンドプロファイラデータは、COSMETSにおいて数値予報や毎時大気解析のためのデータとして利用されるとともに、観測報として気象官署や気象業務支援センターを通じて民間気象会社などに、また、GTS回線を通じて国外の気象機関へ配信されている。

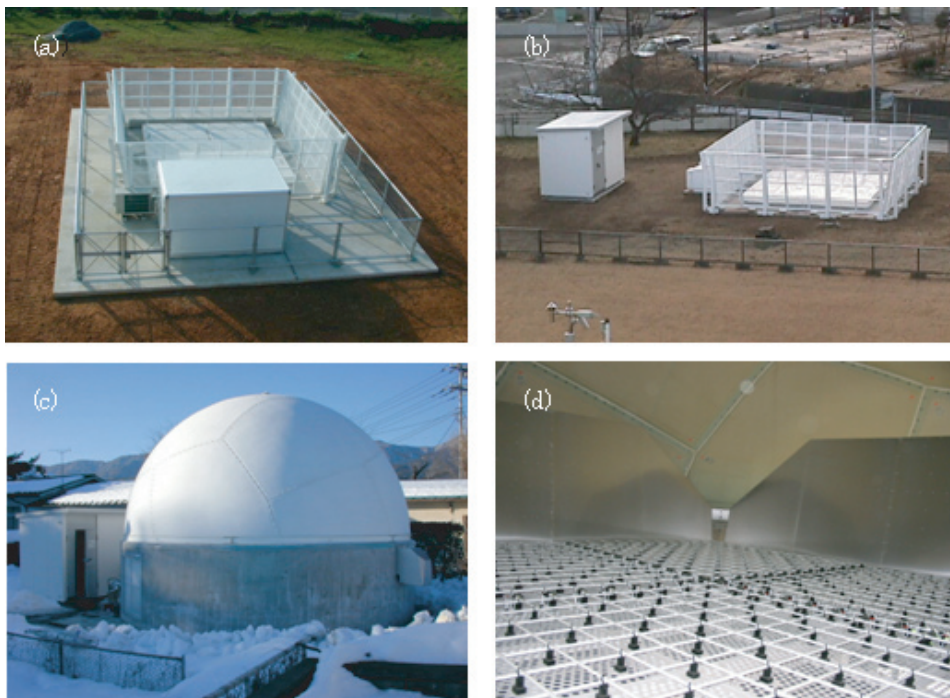
WINDASのハードウェアに関する詳細は、観測部観測課高層気象観測室(2003)を参照のこと。

(3) 観測局

第2.3図は各地に設置された観測局の外観である。ウィンドプロファイラの空中線は、 24×24 個の半波長素子アンテナ2組で構成するアクティブフェーズドアレイアンテナを $4\text{m} \times 4\text{m}$ のパネルに配置しており、この空中線から電波を発射し、また、大気から戻ってくる電波を受信する。なお、多雪地域の9地点(留萌、帯広、室蘭、宮古、酒田、



第2.2図 WINDASにおけるデータの流れ



第2.3図 ウィンドプロファイラ観測局
(a) 与那国島, (b) 水戸, (c) 高田, (d) レドーム内の空中線

高田、福井、河口湖、鳥取) では、空中線を直径7mのFRP製レドームの中に設置している(第2.3図(c)).

モジュール収容架には、高周波信号の増幅を行う24個のアクティブモジュールが収容されており、空中線に隣接させて設置している。なお、海岸に近い8地点(八丈島、美浜、清水、巖原、屋久島、名瀬、南大東島、与那国島)では、塩害対策のためモジュール収容架をシェルターの中に設置している(第2.3図(a)).

送受信装置は、モジュール収容架を介して電波の発射制御や受信信号の信号処理などを行う装置で、データ処理部は、観測局全体の監視制御や中央監視局へのデータ伝送などを行うパソコン(Linux)である(第2.5図).

(4) 中央監視局

中央監視局は本庁3階の観測部現業室にあり、中央監視局には各観測局との通信制御やデータのバッファリングなどを行うサーバ(正・副)をはじめ、各観測局の遠隔監視制御やデータの品質管

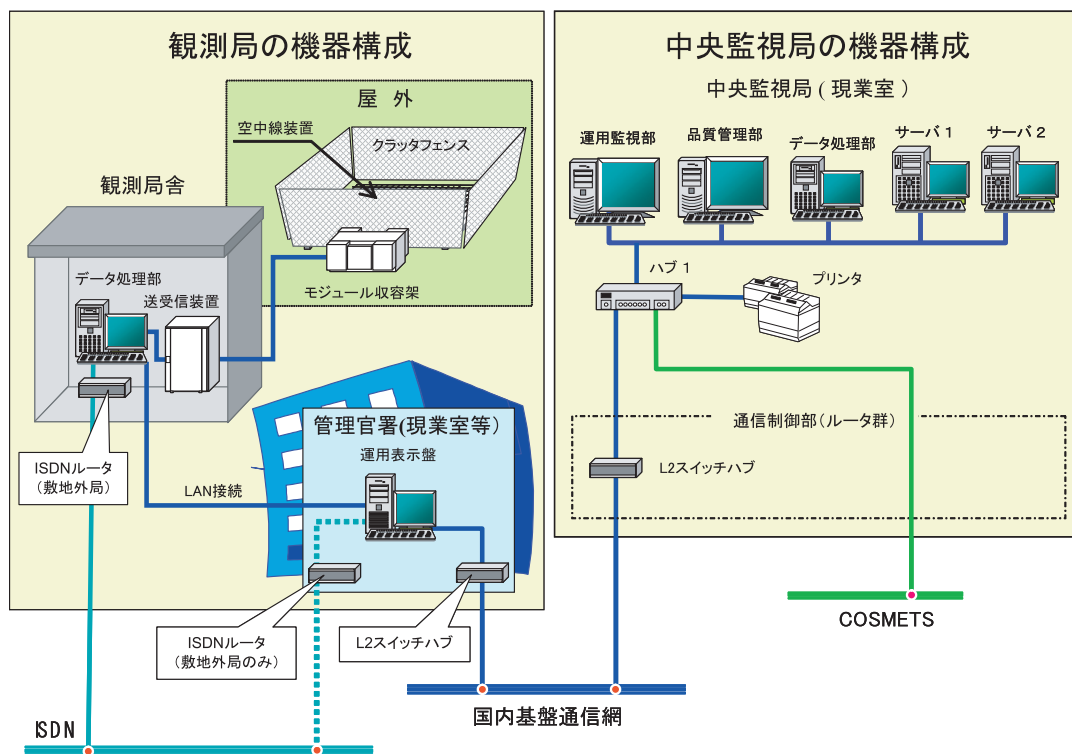
理などを行うパソコン(Linux)群で構成する情報処理装置が設置されている。(第2.4図).

中央監視局と観測局間の監視制御信号や定時データの転送は国内基盤通信網を利用しており、観測局が管理官署から離れた場所に設置されている場合は、その間をISDN公衆回線で接続している。

WINDASの観測機器とネットワーク構成を第2.5図に示す。



第2.4図 中央監視局図(本庁3階 観測部現業室)



第2.5図 WINDASの観測機器とネットワーク構成図

2.2 2003年以降のシステム及びデータに関する主な変更点

2.2.1 モジュール収容架の塩害対策

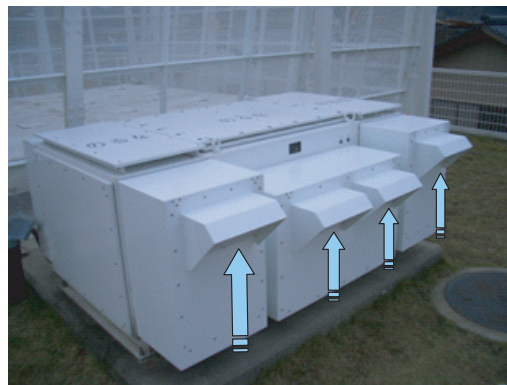
モジュール収容架は、内部に收容されているアクティブモジュールが高熱を発生するため、強力なファンで空気を取り入れる空冷方式を採用している。これまでの運用において、設置1年後の2002年4月から2003年3月までの間に勝浦観測局においてモジュール収容架の電源ユニットが3回故障し、交換修理を行っている。同期間内に他の観測局でモジュール収容架の電源ユニットが故障した事例はなく、勝浦観測局の故障頻度は明らかに高かった。そこで、2003年6月のメーカーによる定期点検に合わせて、点検整備直前のモジュール収容架内部の状態を調査したところ、強制換気用の空気取入口を中心として、白い腐食物のこびりつきと外枠の腐食が確認された（第2.6

図）。白い腐食物は酸化アルミニウムで、勝浦観測局が海岸から約200mと比較的海に近い場所にあることから、塩害により外枠のアルミニウムがさびていたことがわかった。また、電源ユニットの故障についても、電源ユニット内の基板上のパターン回路が酸化による腐食で断絶したことが原因であった。このことから、海岸に近い観測局について追加調査を行ったところ、浜田観測局と平戸観測局についても同様の障害が発生する可能性があることが判明した。

塩害対策として、勝浦、平戸、浜田の3観測局については、2003年12月（勝浦）、2004年5月（平戸）、2004年6月（浜田）の定期点検時に、強制換気用の空気取入口の形状を変更（第2.7図）し、電源ユニットを耐環境性能の優れたものに交換した。



第2.6図 勝浦観測局モジュール収容架空気取入口の状況
（左：外枠に付着した白い腐食物、右：腐食により崩れてしまったフィルター押さえ枠）



第2.7図 勝浦観測局モジュール収容架空気取入口の改修状況
矢印は空気の流れ（左：改修前は空気取入口が下、右：改修後は空気取入口が上方）。

2.2.2 塩害シェルター用空調装置の2重化

海岸に近い観測局のモジュール収容架は、塩害の影響を受けやすいために密閉構造のシェルター（「塩害シェルター」と呼ぶ）内に納めている。このシェルターには、内部に循環空冷を行うための空調装置が設置されており、屋外に設置されているモジュール収容架よりも理想的な状態での運用が可能である。しかし、空調装置が停止すると、アクティブモジュールが発する高熱によって塩害シェルターの内部が高熱となり、モジュール収容架が停止してしまうので、空調装置が起動するまでは観測を再開できないといった欠点もある。

塩害シェルターが整備されている観測局は、2001年に運用を開始した清水、巖原、屋久島、与那国島と、2003年に運用を開始した八丈島、美浜、名瀬、南大東島の8観測局である。なお、前述の勝浦、平戸、浜田の3観測局は、整備の際における塩害シェルターの設置基準外であった。

これまでの運用において、整備後2年目に清水、屋久島、与那国島の観測局で空調装置の障害による観測休止が、その障害復旧から2年後の2005年には再び与那国島で空調装置の障害が発生し、7日間の観測休止となった。このことから、構成部品の耐久年数、主な故障修理に要する日数、交換部品の現地保管などについて調査したところ、次のことが判明した。

- (1) コンプレッサーやモーターなどの重要部品については、時間にして20,000時間（約2年に相当）が交換又は修理を要する目安である。
- (2) 故障修理に要する日数は2～7日である。
- (3) 交換部品の現地保管は困難である。

ウィンドプロファイラデータは、気象庁内外及び国外などでも広く利用されていることから、ウィンドプロファイラの観測休止は必要最小限度にとどめなければならない。以上のことから、2006年の2月から3月にかけて8観測局の塩害シェルターに予備の空調装置を増設した。この空調装置は中央監視局からの遠隔操作による起動と停止が可能であり、既存の空調装置が故障しても観測を休止することなく修理保守が実施できるようになった。

2.2.3 NICT ウィンドプロファイラデータの利用

(1) 独立行政法人情報通信研究機構のウィンドプロファイラデータの入手と配信

観測部は、独立行政法人情報通信研究機構（以下、「NICT」という。）との間で2002年（平成14年）4月から2005年（平成17年）3月まで共同研究契約を締結し、NICT 稚内観測所の50MHz帯を用いるVHF帯大気レーダー（以下、「NICT 稚内」という。）と沖縄亜熱帯計測技術センター大宜味大気観測施設の400MHz帯ウィンドプロファイラ（以下、「NICT 沖縄」という。）の観測データをリアルタイムで入手し、データ評価を行った。NICT 稚内とNICT 沖縄の観測局、及びNICTデータの詳細は第2.1表のとおりである。

観測部では、NICTデータの品質管理手法を開発し、ラジオゾンデデータと数値予報の第一推定値による評価を行い、NICT 稚内とNICT 沖縄の観測精度がWINDASの観測精度とおおむね同等であることを確認した。引き続き2005年4月

第2.1表 観測局の情報

	NICT 稚内	NICT 沖縄
所在地	北海道稚内市	沖縄県国頭郡大宜味村
緯経度	北緯 45.36 度, 東経 141.85 度	北緯 26.68 度, 東経 128.16 度
アンテナの標高	7m	226m
送信周波数	46.5MHz	443MHz
高度分解能	600m（最下層は地上高約500m）	300m（最下層は地上高約700m）

に NICT との間で新たに共同研究契約を締結し、2006 年 6 月 16 日から NICT データのアデス配信を開始した。現在予報部では、WINDAS のデータとともに NICT データも数値予報に利用している。また、NICT の過去データ（2006 年 4 月 11 日分からは、2006 年 7 月 1 日から WINDAS と同様に行政情報ネット（以下、「イントラ」という。）経由での提供を開始しており、調査研究などに活用されている。

(2) 観測原理

① NICT 稚内は、VHF 大気レーダーによる SAD (Spaced Antena Drift) 法と呼ばれる原理を用いて上空の風を観測している。上空に 50 MHz 帯の電波を発射すると、電波は広がりながら上空に伝わり、散乱して戻ってくる電波は地上に干渉パターンを作る。地上に設置した複数の受信機でこの干渉パターンの移動方向と速度を測定することで、水平方向の風向・風速が観測できる。鉛直方向については天頂方向に発射した電波からドップラー速度を求めている。

② NICT 沖縄は、WINDAS と同じ DBS (Doppler Beam Swinging) 法と呼ばれる原理を用いて上空の風を観測している。DBS 法では、上空の 5 方向にビームを走査して、その散乱波からドップラー速度を求めている。しかし、使用している電波の周波数が異なるので、観測データに若干の相違がある。1.3GHz 帯のウィンドプロファイラは、降水粒子がある場合に

は一般に降水エコーの受信レベルが非常に大きくなることから、大気エコーがかき消されることが多い。一方、400MHz 帯のウィンドプロファイラは、1.3GHz 帯よりも波長が長く降水エコーの受信レベルがそれほど大きくなるらないために、大気エコーと降水エコーの両者を受信することが可能である。この性質のため、弱い降水時における 400MHz 帯ウィンドプロファイラの観測データの取扱いには注意が必要である。

(3) NICT データの品質管理

NICT 稚内と NICT 沖縄から提供される 10 分平対し、WINDAS の中央監視局で実施している品質管理を第 2.2 表に示す。なお、各品質管理の閾値は、各ウィンドプロファイラの特徴に合わせているので、WINDAS とは異なる。

その他の品質管理は以下のとおりである。

① NICT 稚内データに対する品質管理

高層データとの比較調査、及び数値予報の領域客観解析の第一推定値との比較によって、高度 12km 以上のデータでは両者の差の分散が大きくなり、相関が低下する傾向にあることがわかったことから、高度 12km 以上のすべての観測データには不良フラグを付加している。また、最下層から数層のデータについては、ばらつきが大きいときがあることがわかった。この場合は、観測者の判断によりデータを不良としている（手動品質管理）。

第 2.2 表 NICT 稚内・沖縄と WINDAS における主な品質管理
(○：自動で実施，△：手動で実施，－：実施しない)

品質管理	NICT 稚内	NICT 沖縄	WINDAS
鉛直シアチェック	○	○	○
二次曲面近似チェック	○ 2 時間 5 層	○ 2 時間 7 層	○ 2 時間 7 層
グラウンドクラッタ除去	－	△	○
風の場の均質性チェック	－	△	○

② NICT 沖縄データに対する品質管理

大気が乾燥して受信強度が小さい場合に、高度 2 ～ 5km 付近で弱風域を示す誤観測が発生する場合がある。これは、地形エコーが東西成分に影響を与えているためである。このため、風の 3 成分から地形エコーによる誤観測と判断された観測データを不良としている（二次曲面近似チェック）。

また、上空で強い降水がある場合に観測データが大きく乱れる場合がある。これは、5 つのビームが発射される領域の降水が不均一なためによるものと考えられている。このような観測データに対しては、観測者の判断によりデータを不良としている。

2.2.4 WINDAS 受信強度データの公開

WINDAS の観測データは、風（風向・風速）、鉛直速度、SN 比（受信強度とノイズレベルの差）の 3 要素からなる。受信信号が得られていても品質管理の過程で風が算出されない場合（第 2.3 表）があるが、この場合であっても鉛直速度と SN 比は得られることがある。現行では、風データが欠測の場合に鉛直速度と SN 比も欠測扱いとし、そ

これらのデータの配信やイントラでの公開はしていない。

(1) 予報業務における SN 比データ（受信強度データ）の有効性

全国予報技術検討会などでは、WINDAS の風が欠測の場合でも、SN 比の情報は降雨の発生と終了、0℃層、強雨時の中層乾燥域の貫入などを見極めるための指標となり、予報業務に有効であることが報告されている。

(2) 受信強度データについて

SN 比 (dB) は、受信強度から受信機の平均ノイズレベルを差し引いたもので、ノイズレベルの変動に伴って変動してしまうが、受信強度はノイズレベルに左右されない絶対量 (dBm) である。

ドップラースペクトルから求められるドップラー速度、エコー強度、平均ノイズレベルの模式図を第 2.8 図に示す。受信強度は、通常 5 ビームの内の鉛直ビームを除いた 4 ビームの平均として求めているが、1 ビームだけでも求まるので、3 ビーム以上のデータを必要とする風向・風速に比較して欠測は少ない。なお、図中にある地形エコーはソフトウェアで除去されるので、大気エコーのピークと誤認することはほとんどない。

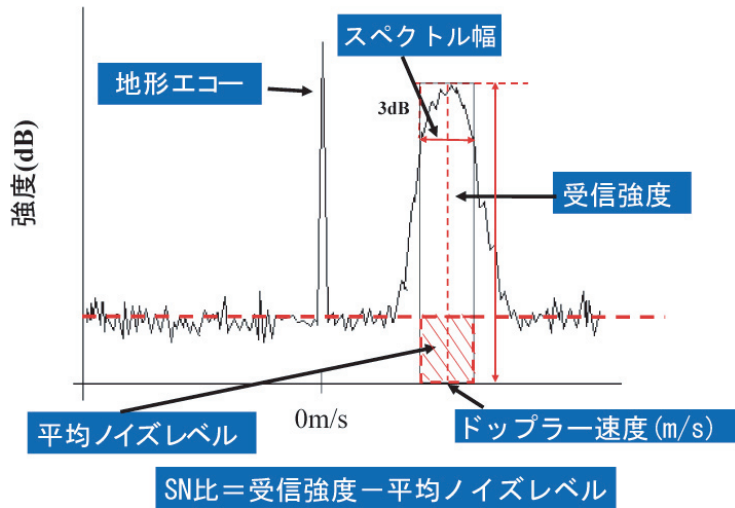
第 2.3 表 WINDAS の不良データに対する品質管理

現 象	風向・風速が算出されない原因	該当する品質管理
対流性降水の開始・終了	散乱体の分布が一様でないため、5 ビームがそれぞれ異なった性質や種類の 大気や降水粒子をとらえることがある。	風の場の均質性チェック
融解層	上空の雪が解けて雨になる融解層では 反射強度が強くなり、また鉛直速度が 急激に増加するためドップラースペク トルをガウス分布にフィッティングさ せてドップラー速度を求めることがで きないことがある。	フィッティング不良
渡り鳥	渡り鳥による受信強度が大きいため、 渡り鳥の移動をとらえることがある。	渡り鳥エコー除去
受信強度が弱い領域	10 分値データを作成する際、1 分値の データ数が不足。	コンセンサスアベレージチェック
	10 分値データが少ないため風の時間・ 空間連続性がチェックできない。	二次曲面近似チェック

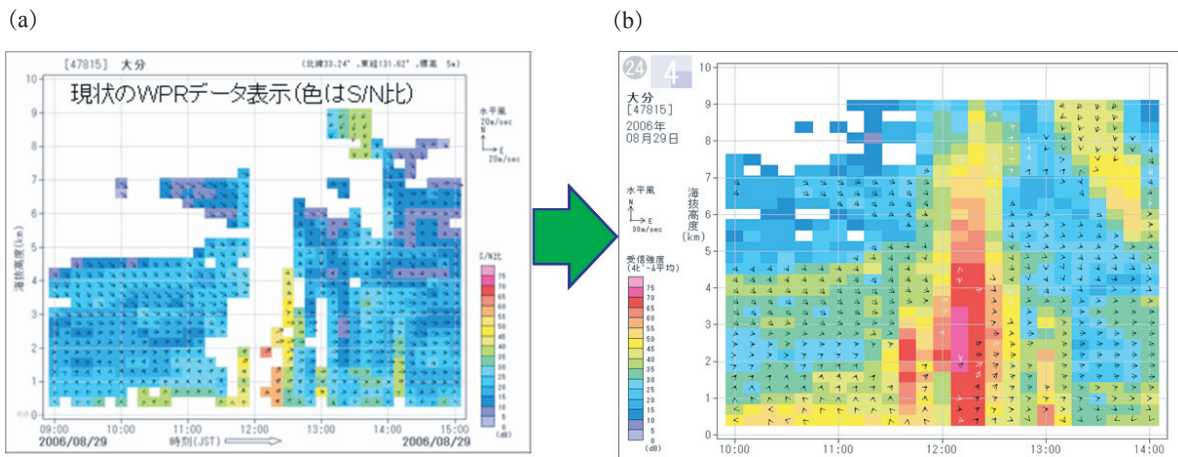
(3) 受信強度データ利用の注意点

受信強度データの観測例を第2.9図に示す。受信強度データは、距離補正を行っていないためにアンテナからの距離が遠くなるほど受信強度が弱くなるので、利用する際には注意が必要である。

なお、非即時的データ（気象庁月報やイントラ還元データ）には引き続きSN比を収録しているが、受信強度データは収録していない。



第2.8図 ドップラースペクトルからドップラー速度，エコー強度，平均ノイズレベルを求める模式図



第2.9図 受信強度データの観測例

- (a) は風が欠測の場合，SN比も欠測とした従来の方式
- (b) は風が欠測であっても受信強度を出力した改良例

3. WINDAS の運用状況³

本章では、2002年1月から2007年12月までの期間中における運用実績を報告する。なお、2001年は機能改修や補修作業などが頻繁に実施されていたので集計期間には含めていない。

3.1 運用時間、障害発生状況

期間中における全観測局の全平均稼働率、計画停止率及び障害停止率を第3.1図に示す。なお、稼働率、計画停止率及び障害停止率は以下により求めたものである。

$$\text{稼働率 (\%)} = \frac{\text{31観測局の1か月の平均稼働時間 (分)}}{\text{延べ時間数 (1か月の日数} \times \text{24時間} \times \text{60分)}} \times 100$$

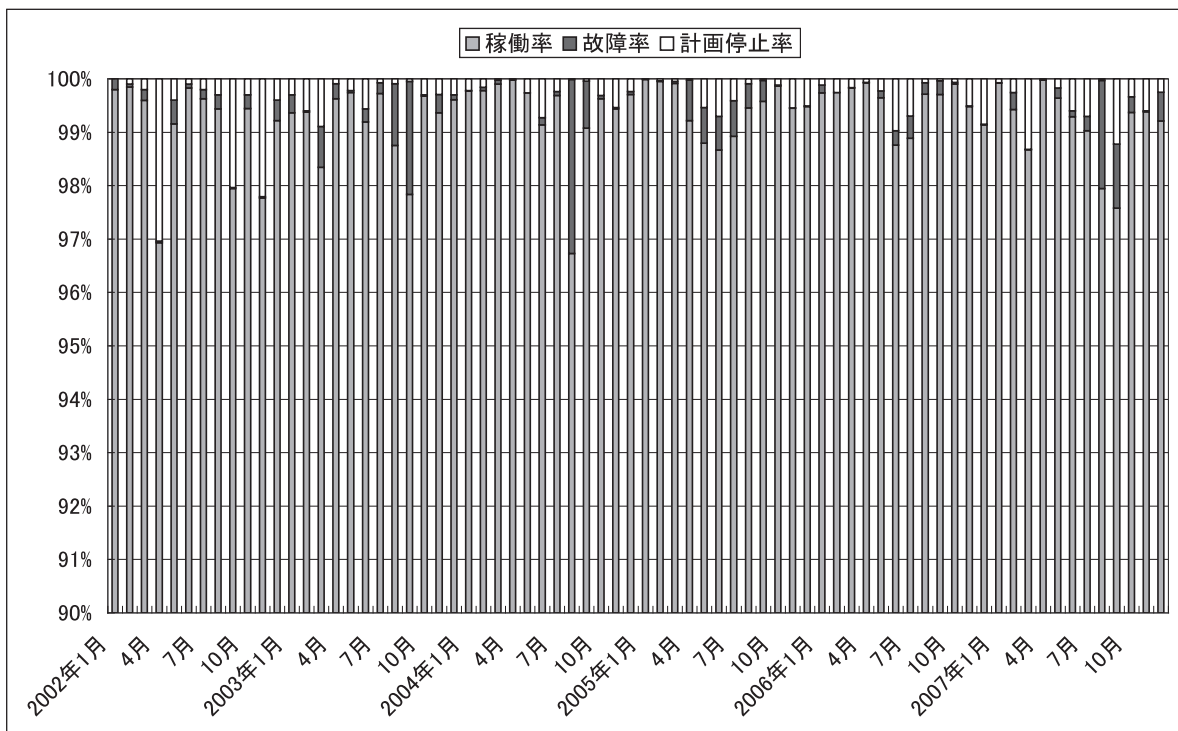
$$\text{計画停止率 (\%)} = \frac{\text{31観測局の1か月の平均計画停止時間 (分)}}{\text{延べ時間数 (1か月の日数} \times \text{24時間} \times \text{60分)}} \times 100$$

$$\text{障害停止率 (\%)} = \frac{\text{31観測局の1か月の平均障害停止時間 (分)}}{\text{延べ時間数 (1か月の日数} \times \text{24時間} \times \text{60分)}} \times 100$$

全期間の平均稼働率は99%以上であり、WINDAS全体としては順調に運用していた。

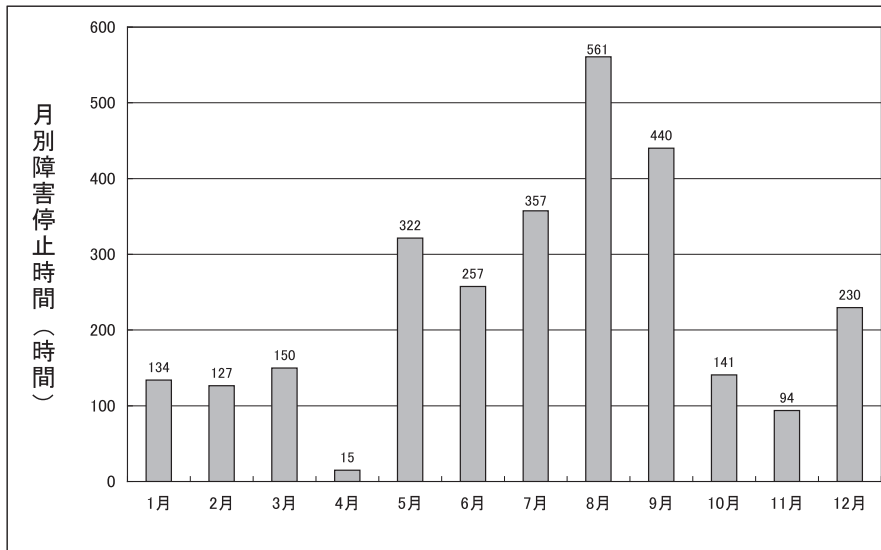
電波停止を伴う障害について、期間中における月別障害停止時間を第3.2図に示す。

障害停止は暖候期に集中しているが、観測局を分類して見ると、レドームが設置されている観測局と塩害シェルターが設置されている観測局を除く観測局、すなわちモジュール収容架が屋外に設置されている観測局に偏っている。モジュール収容架は、暖候期になると空冷効果が低下し、モジュール収容架の内部温度が上昇しやすくなる。また、吸気口フィルターの目詰まり（昆虫やその卵、ほこりや砂、雨による泥水などの付着）によって通風量が低下してしまうことも内部温度上昇の一因となることがある。このことから、アクティブモジュールや電源ユニットなどに負荷がかかり



第3.1図 ウィンドプロファイラ 31 観測局の稼働率・障害停止率・計画停止率

³ 中里 好幸 (現 観測課)
山田 欣一



第3.2図 ウィンドプロファイラ31観測局の月別障害停止時間(2002～2007年)

故障が多くなったものと考えられる。

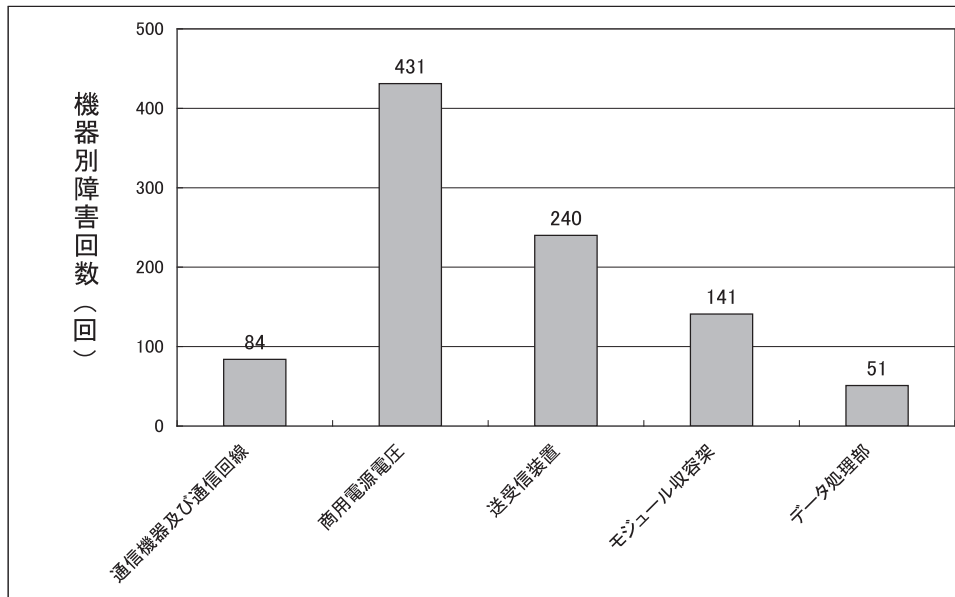
このほか、障害停止には停電による機器の停止も含まれる。特に暖候期に集中する落雷や台風の影響による停電が主な原因となっている。WINDASでは、ウィンドプロファイラに予備電源が接続されている観測局は4観測局のみで、残る27観測局においては、予備電源設備の電源供給容量が不足しているか、ウィンドプロファイラが気象官署以外の場所に設置されているために予備電源が接続されていない。ただし、データ処理部と運用表示盤には突然の停電による動作不良を回避するために無停電電源装置(UPS)を取り付けているが、その他の機器は消費電力が大きいのでバックアップ電源対策を施していない。なお、停電により機器が停止した場合には、立ち上げまでに10分程度の時間を要するので、瞬間停電であっても観測データとしては10分から20分程度の欠測を伴う。

3.2 機器別障害状況

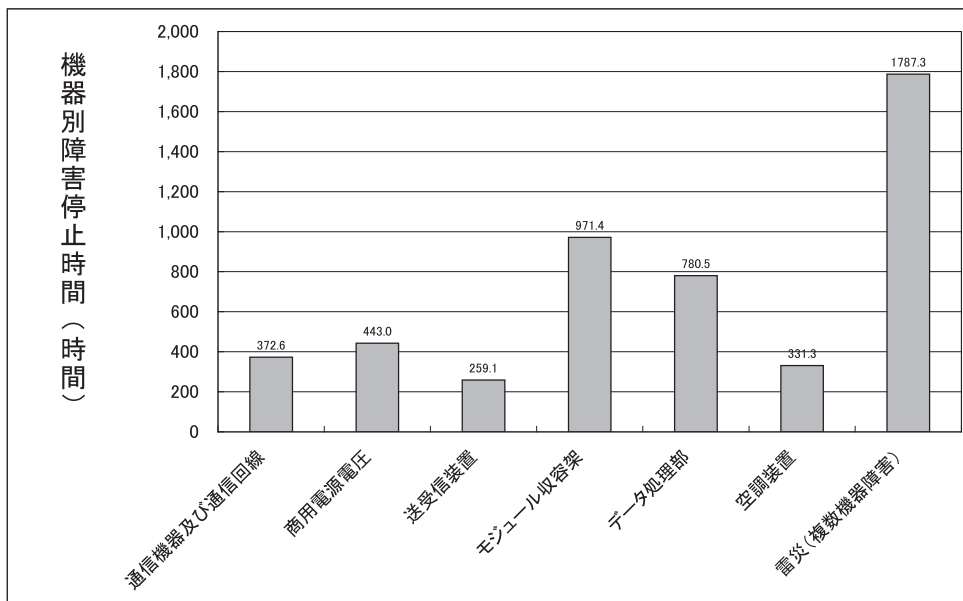
期間中における全観測局の機器別障害回数を第3.3図に、機器別障害停止時間を第3.4図に示す。

本集計では、電波停止を伴わない障害を除外し、通信機器及び通信回線(HUBやルータの故障、通信回線の異常、データ未集信)、商用電源停電(瞬間停電を含む)、送受信装置、モジュール収容架(アクティブモジュール及び電源)、データ処理部に分けて集計した。なお、空調装置の故障については障害回数には含めていないが、空調装置の故障によって電波停止を伴ったものについては機器別障害停止時間に含めている。また、雷災により複数の機器に故障が生じたものは各機器の障害停止時間とは別に表示した。

障害原因として一番回数が多いのは商用電源停電であり、次いで送受信装置の障害、モジュール収容架の障害である。機器別の停止時間で見ると、雷災による障害を除けばモジュール収容架によるものがトータルで一番長く、次いでデータ処理部となっている。これは、一時的に電波が停止する商用電源停電と違い、モジュール収容架やデータ処理部の故障は、メーカーが現地に赴いて修理を行う必要があり、復旧までに時間を要するためである。以下、障害別に詳細を説明する。



第 3.3 図 ウィンドプロファイラ 31 観測局の機器別障害回数 (2002 ~ 2007 年)



第 3.4 図 ウィンドプロファイラ 31 観測局の機器別障害停止時間 (2002 ~ 2007 年)

3.2.1 通信機器及び通信回線

中央監視局と観測局は、1時間ごとの定時データ集信時にNTPプロトコルの透過確認を行っている。

中央監視局は、観測局との接続が確認できないと通信不能として警告を発し、観測局は、中央監視局との接続が確認できた最後の時刻から80分間が経過すると、通信異常と判断して自動的に電波の発射を停止する。

通信機器及び通信回線障害の主な原因は、観測局と管理官署及び中央監視局に設置しているルータやHUBの故障、管理官署から離れている観測局においてはISDN回線の障害によるものである。通信異常による月別障害回数を第3.5図に示す。2003年5月は、宮城県沖で発生した地震の影響により、数箇所の観測局で回線がふくそうし欠測となった。2003年8月は、中央監視局に設置しているHUBが故障し、全観測局が約6時間の欠測となったために障害回数が多くなった。2005年3月は、福岡県西方沖で発生した地震の影響により、九州において管理官署が離れている

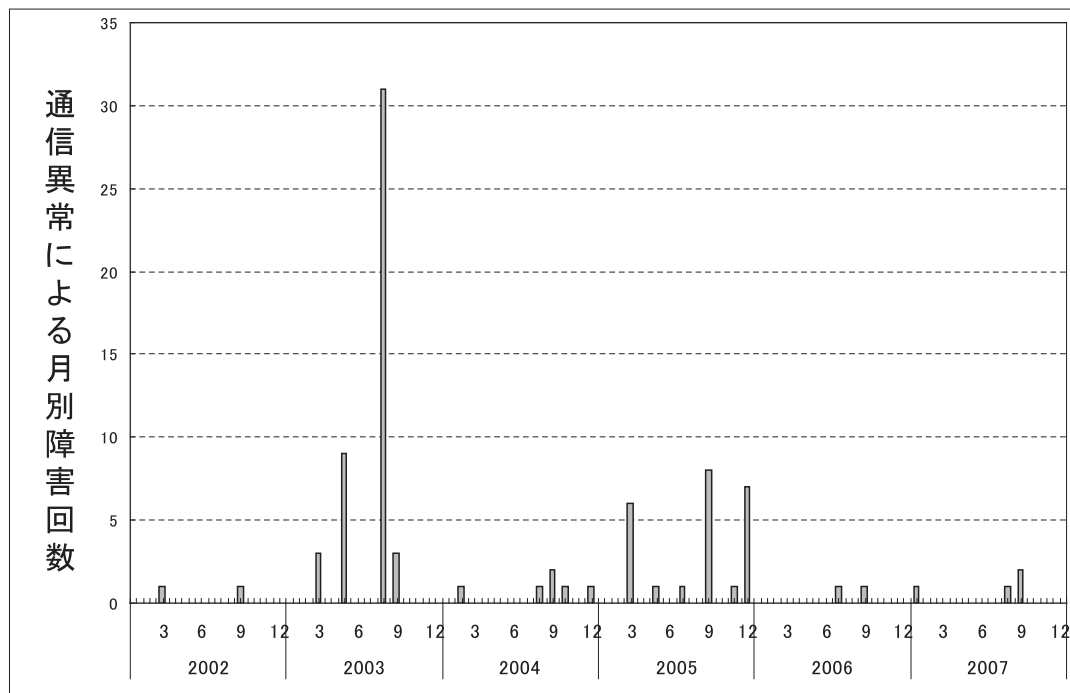
観測局（巖原，平戸，延岡，市来，屋久島）で回線がふくそうし数回の欠測があった。2005年9月は、L/A接続のHUBが故障し、西日本の数箇所欠測となった。なお、東日本は従来ISDN回線のみ接続であったが、2005年12月末までに国内基盤通信網への切替えが完了し、西日本についても2008年3月に国内基盤通信網への切替えが実施された。

3.2.2 商用電源停電

WINDASでは、全観測局の内、高松，大分，福井，南大東島の4観測局が気象官署の予備電源に接続しているが、計画停電や落雷予防のために予備電源への切替えや切戻しを行う際には、瞬停による衝撃からモジュール収容架や送受信装置を保護するために、あらかじめ中央監視局から電波の停止と機器の停止を行っている。

期間中における全観測局の月別商用電源停電回数を第3.6図に示す。

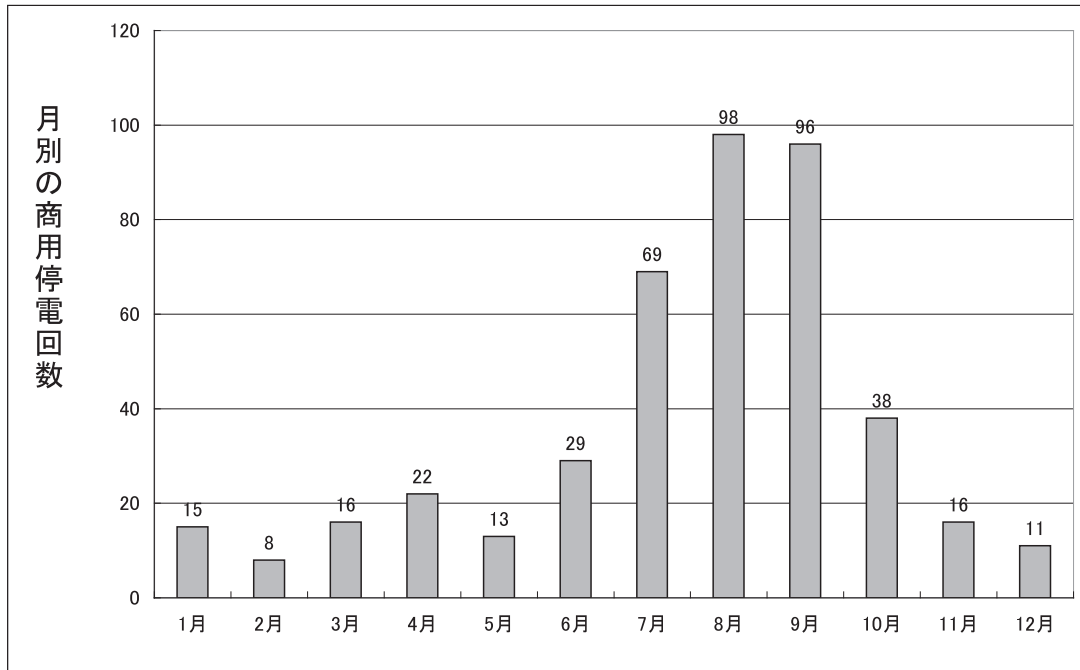
商用電源の停電は8，9月に多く、次いで7月となっており、これらには雷災による瞬間停電が



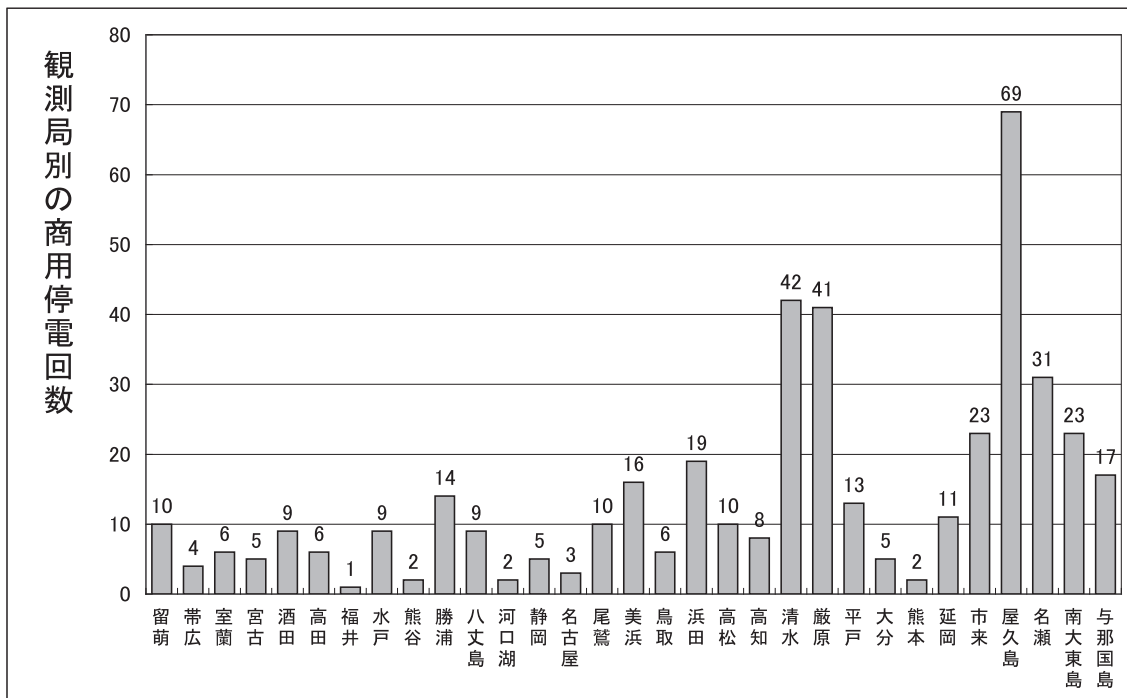
第3.5図 通信異常による月別障害回数 (2002～2007年)

含まれている。観測局別の商用停電回数を第3.7図に、観測局別の商用電源停電により停止した時間を第3.8図に示す。商用停電による停止時間は、厳原、延岡、屋久島、与那国島がほかの観測局と比べて長かった。延岡については、2003年11月

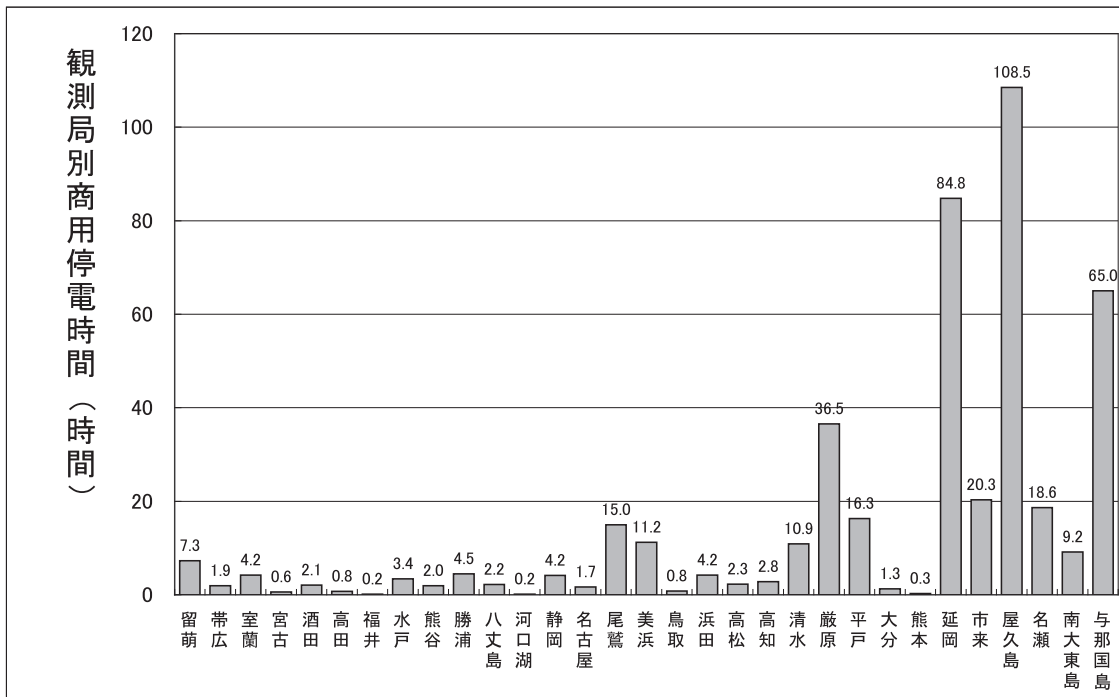
3日に落雷の影響でモジュール収容架が故障し、原因調査に時間を要している。また、厳原、屋久島、与那国島については、島しょ部での電力供給の不安定さが原因のひとつと推察される。



第3.6図 ウィンドプロファイラ31観測局の月別商用停電回数 (2002～2007年)



第3.7図 ウィンドプロファイラ31観測局の観測局別商用停電回数 (2002～2007年)



第 3.8 図 ウィンドプロファイラ 31 観測局の観測局別商用停電時間 (2002 ~ 2007 年)

3.2.3 送受信装置

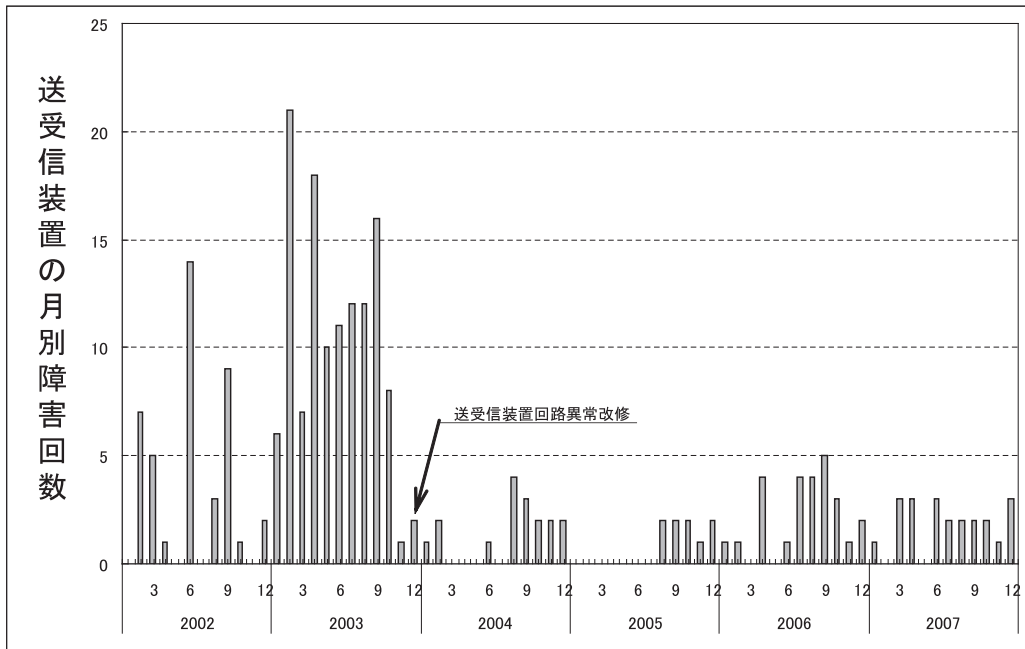
送受信装置は、データ処理部からの制御信号に基づき、観測制御、ビーム走査制御などを行うほか、受信信号の信号処理を行う装置である。送受信装置の月別障害回数を第 3.9 図に示す。

2003 年までに発生している障害のほとんどは、送受信装置回路異常によるものである。原因は、データ処理部からデータを転送する際にタイミング異常が検出されて発生したもので、平均 10 分程度で復旧している。特に、2003 年に増設された 6 観測局においては、設置直後から同様の障害が多発していたが、同年 11 月にメーカーによる改修が実施され、その後、経年劣化などによる障害回数の増加は見られない。そのほか、雷災により送受信装置内基板が故障した事例もあるが、そのようなときにはデータ処理部やモジュール収容架内基板も同時に故障となることが多いため、第 3.9 図にはそれらの障害を含めていない。

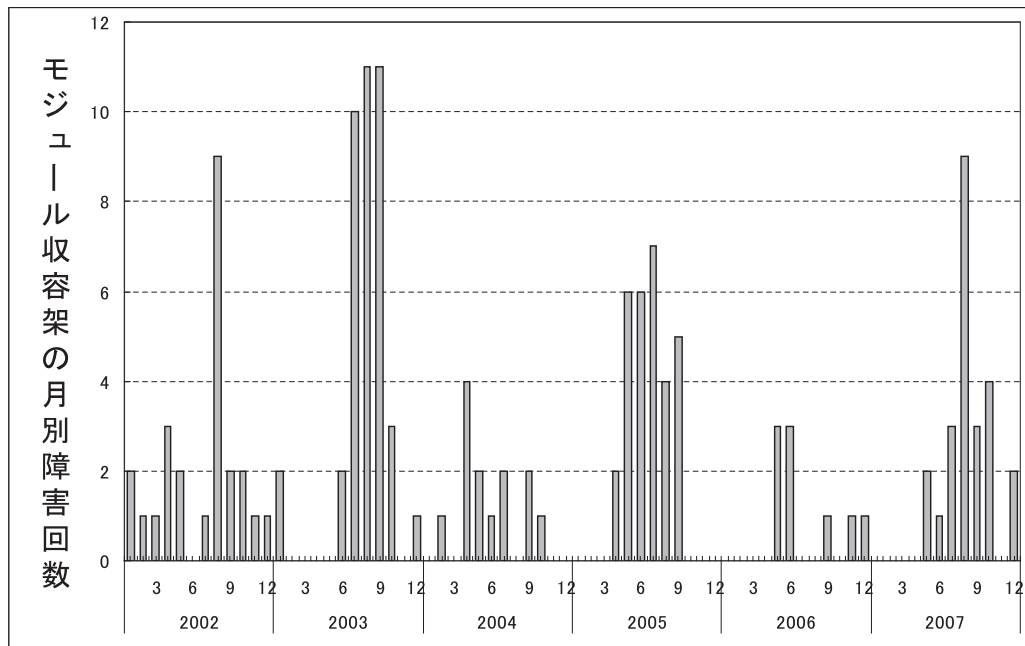
3.2.4 モジュール収容架

モジュール収容架は、24 本のアンテナ素子にそれぞれ位相を変えて給電するためのアクティブモジュール 24 個が収納されており、給電線損失を最小限にするために空中線の近傍に設置している。

モジュール収容架の月別障害回数を第 3.10 図に示す。各年を見ると、傾向として気温が高い暖候期に障害発生回数が多い (3.1)。2003 年に回数が多かったのは勝浦、浜田、平戸で、モジュール収容架の電源部ユニットが故障し、障害復旧が頻繁に繰り返されたためである (2.2.1)。また、2005 年も回数が多くなっているが、これは勝浦で再び電源の故障が頻発したためである。上記 3 官署の電源ユニットについては、メーカーが塩害対策用の基板コーティングを施した電源ユニットにすべて交換している。モジュール収容架の障害回数を年ごとに見ると 2003 年が最も多く、2005 年、2006 年と減少傾向であったが、2007 年になって増加している。



第3.9図 送受信装置の月別障害回数 (2002～2007年)



第3.10図 ウィンドプロファイラ31観測局のモジュール収容架月別障害回数 (2002～2007年)

3.2.5 データ処理部

データ処理部は、送受信装置からスペクトルデータを取得してドップラー速度の1分値データを算出し、さらに同データの品質管理と10分平均値の算出を行っている。また、中央監視局と1分値データや10分平均値及び各機器の状態監視

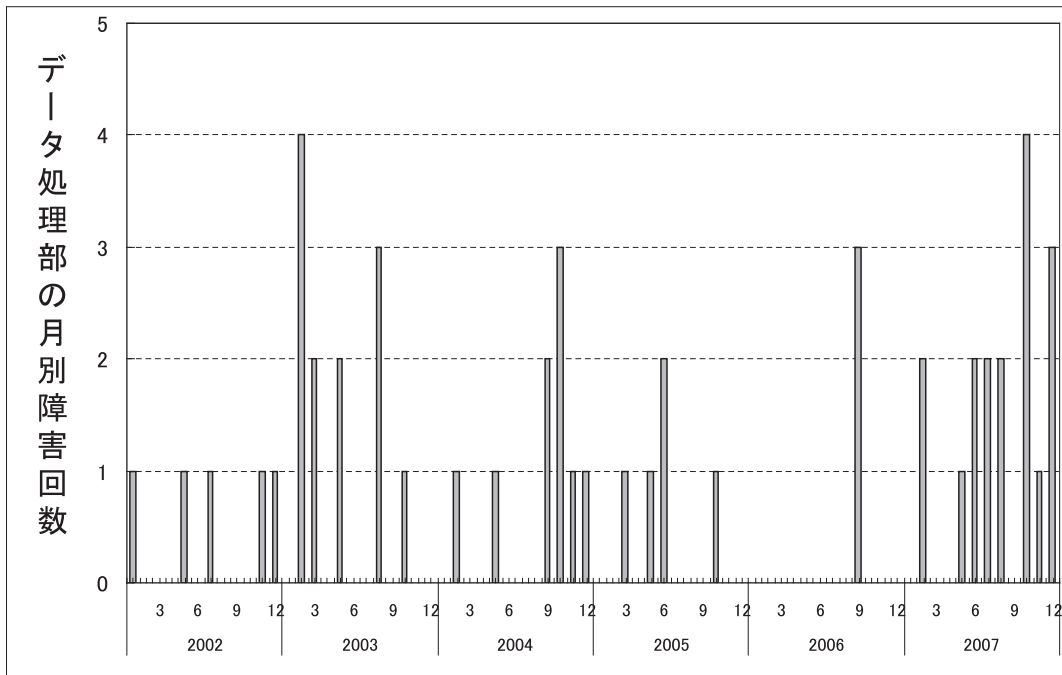
情報や制御信号の受渡しを行っている。

なお、データ処理部にはUPSが接続されており、商用停電を検出した場合には約5分後に自動シャットダウンを開始し、商用電源が復電すると自動起動する。

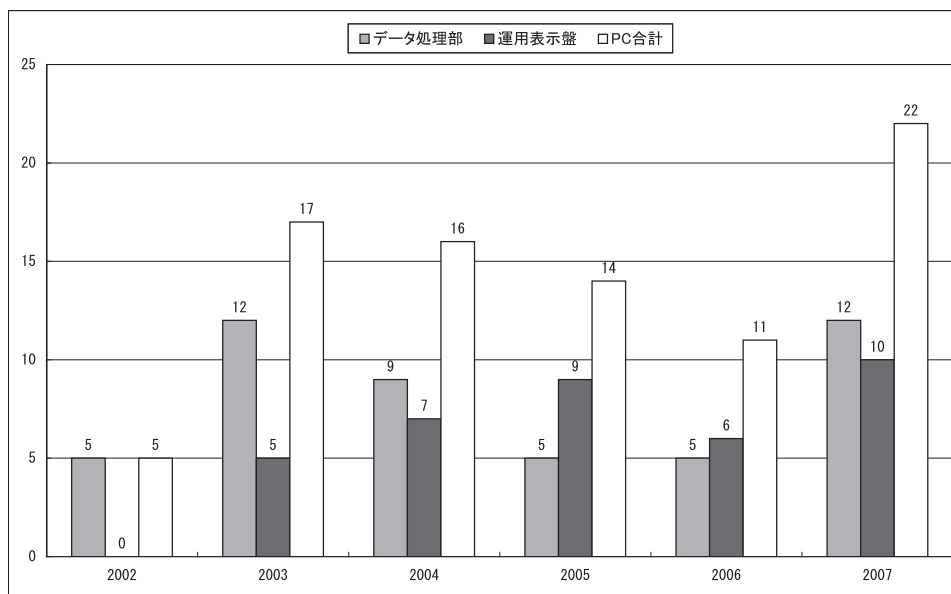
データ処理部の月別障害回数を第3.11図に、

データ処理部及び運用表示盤の年別障害回数を第3.12図に示す。2002年から2006年までの期間中に発生した障害の総回数は、データ処理部が34回で運用表示盤が27回となっており、共に5年に1回程度の頻度であったが、2007年に入り故

障回数が増加傾向にある。主な故障箇所としては、CRTの表示不良、通風ファンの回転異常、マザーボードの故障などとなっている。いずれも経年劣化によるものと考えられることから、2009年度内に更新する予定である。



第 3.11 図 データ処理部の月別障害回数 (2002～2007年)



第 3.12 図 データ処理部及び運用表示盤の年別障害回数 (2002～2007年)

3.2.6 空調装置

観測局舎内及び塩害シェルター内は、空調装置により一定の温度に保たれている。暖候期に空調装置が故障した場合は、内部が高温になり観測局舎にあるデータ処理部や送受信装置及び塩害シェルター内にあるモジュール収容架が故障する可能性があることから、電波を止めて機器を停止させる必要がある。塩害シェルターの空調装置は、内部にあるモジュール収容架内のアクティブモジュールがかなりの熱を発生するので故障する頻度が高い。このため、2005年度にバックアップ用の空調装置を整備し、既設の空調装置が故障した場合には、中央監視局からのリモート操作でバックアップ用の空調装置を起動させて運用を継続させることが可能となった（2.2.2 参照）。

3.2.7 雷災

落雷により複数の機器が障害となった事例を第3.1表に示す。ウィンドプロファイラは、観測の妨げになる地物を避けて設置するので落雷の影響を受ける可能性が高い。WINDASでは、電源アース、信号線アース、きょう体アースを施しているが、運用を開始してから落雷による基板の損傷が相次いだ。

このことから、落雷によって機器が故障した際に迅速に対処できるよう、2005年度末までにすべての基板について予備品を整備し、更なる避雷対策についても検討しているところである。

第3.1表 WINDAS 運用開始からの落雷による複数の機器が障害となった事例

観測局	障害発生日	復旧までに要した時間	障害箇所	処置
巖原	2003年9月11日	19日7時間16分	ISDN ルータ OIF 基板 (送受信装置) CNV 基板 (送受信装置) ETC 基板 (モジュール収容架)	交換 (購入) 交換 (購入) 交換 (購入) 交換 (購入)
清水	2004年8月2日	31日4時間8分	ISDN ルータ CPU 基板 (送受信装置) OIF 基板 (送受信装置) CNV 基板 (送受信装置) RCV 基板 (送受信装置) ETC 基板 (モジュール収容架)	気象庁予備と交換 交換 (購入) 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換 交換 (購入) 気象庁予備と交換
鳥取	2007年2月11日	2日16時間40分	I/F 基板 (データ処理部) CPU 基板 (送受信装置)	PC メーカー修理 気象庁予備と交換
鳥取	2007年8月4日	17日0時間50分	I/F 基板 (データ処理部) CPU 基板 (送受信装置) OIF 基板 (送受信装置) CNV 基板 (送受信装置) TMG 基板 (送受信装置) PSD 基板 (送受信装置) ETC 基板 (モジュール収容架)	PC メーカー修理 交換 (購入) 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換
留萌	2007年9月25日	4日12時間40分	CNV 基板 (送受信装置) OIF 基板 (送受信装置) ETC 基板 (モジュール収容架)	気象庁予備と交換 気象庁予備と交換 気象庁予備と交換

3.3 各観測局の障害停止状況

期間中における全観測局の観測局別障害停止時間を第3.13図に示す。障害停止時間の合計は清水が最も長く、次いで巖原、鳥取、勝浦となっているほか、屋久島や与那国島も400時間以上となっている。故障により長時間電波を停止した事例を以下に列記する。なお、文中のカッコ内は電波停止の継続時間を示す。

2002年

留萌観測局

- ・2002年3月28日06:02～3月29日14:48（1日8時間46分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、電源ユニットを交換し復旧。

勝浦観測局

- ・2002年5月24日15:22～5月27日16:36（3日1時間14分）

データ処理部のファン故障が確認され、データ処理部をシャットダウン。後日、ファンを交換し復旧。

- ・2002年5月31日15:06～6月1日11:14（20時間8分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、電源ユニットを交換し復旧。

- ・2002年10月13日17:52～10月15日15:20（1日21時間12分）

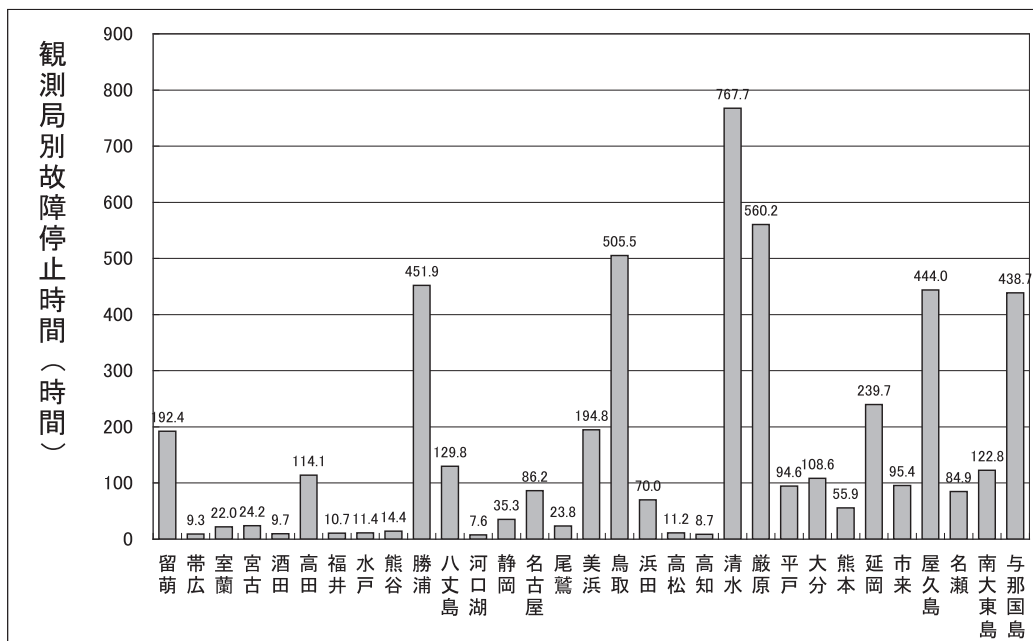
モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、電源ユニットを交換し復旧。

- ・2002年12月1日23:02～12月3日09:38（1日8時間40分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、電源ユニットを交換し復旧。なお、勝浦における電源ユニットの故障は塩害によるものであったことが判明し、後に対策を施した(2.2.1参照)。

屋久島観測局

- ・2002年7月12日09:29～7月13日13:44（1日4時間15分）



第3.13図 観測局別の障害停止時間 (2002～2007年)

落雷の影響でダイヤルアップルータが故障し、定時データ収集不能及び制御不能となる。翌日、ダイヤルアップルータを交換し復旧。

与那国島観測局

- ・2002年8月28日16:15～16:23, 16:27～8月29日13:53, 14:14～22:26, 22:31～8月30日14:37, 15:37～16:40 (1日22時間55分)

送受信装置の高周波発信部が故障し、モジュール収容架の送信電力異常が検出されて電波自動停止。後日、高周波発信部を交換し復旧。

- ・2002年12月19日09:29～12月20日21:43 (1日12時間14分)

落雷の影響でネットワーク基板が故障し、定時データ収集不能及び制御不能となる。翌日、ネットワーク基板を交換し復旧。

2003年

中央監視局

- ・2003年8月16日10:00～8月16日16:10 (6時間10分)

中央監視局のHUBが故障し、全観測局の定時データ収集及び制御が不能となる。HUBのリセットで仮復旧したが、後日、HUBを修理し復旧。

高田観測局

- ・2003年1月27日10:26～1月29日19:36 (2日9時間10分)

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、定時データ収集不能及び制御不能となる。後日、電源ユニットを交換し復旧。

河口湖観測局

- ・2003年4月24日15:31～4月25日15:28 (23時間57分)

無停電電源装置の電圧低下により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、無停電電源装置を交換し復旧。

浜田観測局

- ・2003年4月16日04:24～4月17日15:39 (1日9時間15分)

無停電電源装置の電圧低下により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が

検出されて電波自動停止。翌日、無停電電源装置を交換し復旧。

巖原観測局

- ・2003年9月11日09:22～9月30日16:38 (19日7時間16分)

落雷の影響で送受信装置のOIF基板、CNV基板及びモジュール収容架のETC基板が故障し、定時データ収集不能及び制御不能となる。後日、故障基板を交換し復旧。なお、ETC基板の調達に時間を要したために長期欠測となった。

熊本観測局

- ・2003年3月17日10:03～3月19日09:17 (1日23時間14分)

無停電電源装置の電圧低下により、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、無停電電源装置を交換し復旧。

延岡観測局

- ・2003年11月3日09:58～11月6日14:00 (3日5時間2分)

落雷の影響で局舎漏電ブレーカーが断となり、局舎商用電源電圧異常、送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。なお、モジュール収容架のブレーカーを入れるとメインブレーカーが落ちてしまうという現象が発生したが、原因不明のままその後は再現せず。再発防止策として、後日、モジュール収容架内の電源系統の配線を変更。

屋久島観測局

- ・2003年3月9日07:04～3月12日12:11 (3日5時間7分)

無停電電源装置の電圧低下により、定時データ収集不能となる。後日、無停電電源装置を交換し復旧。

- ・2003年3月29日19:28～3月31日13:05 (1日17時間37分)

定時データ収集不能となる。自然復旧したが原因は不明。

- ・2003年6月28日15:11～6月30日16:00 (2日0時間49分)

モジュール収容架の電源ユニットの故障によ

り、モジュール収容架及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、電源ユニットを交換し復旧。

与那国島観測局

- ・2003年7月27日15:16～7月28日15:59（1日0時間43分）

落雷の影響で帯域制御ルータが故障し、局舎商用電源異常及び送受信装置の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。応急処置として中央監視局との通信回線をISDN回線に変更し復旧。その後、帯域制御ルータを交換し復旧。

- ・2003年8月3日11:05～8月6日09:17（2日22時間15分）

落雷の影響でネットワーク基板が故障し、定時データ収集不能及び制御不能となる。後日、ネットワーク基板を交換し復旧。

2004年

留萌観測局

- ・2004年9月8日13:31～9月8日17:03、9月8日20:18～9月10日09:45（16時間59分）

台風18号の影響で商用停電。この影響でダイヤルアップルータが誤動作し、定時データ収集不能及び制御不能となり電波自動停止。ダイヤルアップルータ再起動で復旧。

清水観測局

- ・2004年8月2日07:40～9月2日11:48（31日4時間8分）

落雷の影響で送受信装置のCPU基板、OIF基板、CNV基板及びモジュール収容架のアクティブモジュール、RCVシャーシ、ETC基板が故障し、定時データ収集不能及び制御不能となる。後日、故障基板を交換し復旧。なお、障害が広範囲に及び故障探求に時間を要したために長期欠測となった。

2005年

勝浦観測局

- ・2005年6月11日22:08～6月13日20:48、6月14日14:44～6月15日14:50（2日22時間46分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架の供給電源電圧異常が検

出されて電波自動停止。

後日、故障した電源ユニットに接続されているアクティブモジュール3個の機能を停止させて仮復旧（アクティブモジュール3個以内の停止であれば観測可能）。その後、電源ユニットを交換し復旧。

- ・2005年8月11日16:20～8月12日13:18（20時間58分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、電源ユニットを交換し復旧。

- ・2005年9月5日20:26～9月7日10:24（1日13時間58分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、電源ユニットを交換し復旧。

浜田観測局

- ・2005年5月1日17:06～5月2日17:36（1日0時間30分）

モジュール収容架のETC基板で接触不良が発生し、モジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、基板の抜き差しで復旧。

延岡観測局

- ・2005年8月2日03:38～8月3日18:54（1日15時間16分）

局舎空調装置が故障。送受信装置及びデータ処理部保護のため電波を停止させた。後日、空調装置のコンプレッサーを交換し復旧。

市来観測局

- ・2005年5月3日03:35～5月4日15:24（1日11時間49分）

モジュール収容架の電源ユニットの故障により、モジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、故障した電源ユニットに接続されているアクティブモジュール3個の機能を停止させて仮復旧（アクティブモジュール3個以内の停止であれば観測可能）。その後、電源ユニットを交換し復旧。

屋久島観測局

- ・2005年5月29日11:08～6月1日18:45(3日7時間37分)

無停電電源装置の故障により観測データ作成されず。後日、無停電電源装置を交換し復旧。

- ・2005年6月24日06:06～6月25日20:42(1日14時間36分)

落雷の影響でデータ処理部が故障。翌日データ処理部を交換し復旧。

- ・2005年7月20日16:24～7月25日17:12(5日0時間48分)

塩害シェルターの空調装置故障。モジュール収容架保護のため電波停止させ、モジュール収容架への供給電源をOFFとした。後日、空調装置を修理し復旧。

与那国島観測局

- ・2005年4月22日14:11～4月29日14:25(7日0時間14分)

塩害シェルターの空調装置故障。モジュール収容架保護のため電波停止させ、モジュール収容架への供給電源をOFFとした。後日、空調装置を修理し復旧。

2006年

名古屋観測局

- ・2006年1月17日04:46～1月18日15:33(1日10時間47分)

送受信装置のTMG基板故障により、送受信装置の回路異常が検出されて電波自動停止。翌日、TMG基板を交換し復旧。

美浜観測局

- ・2006年7月11日13:27～7月12日16:23, 7月25日20:39～7月26日05:56, 7月29日08:19～8月1日17:26, 8月4日08:12～8月5日17:48(5日6時間55分)

モジュール収容架の送信電力が警告を繰り返した後に異常となり電波停止。

モジュール収容架のETC基板やRCVシャーシの交換及びデータ処理部のリポートによりいったんは復旧するが障害再発。後日、送受信装置のTSGシャーシを交換し復旧。

浜田観測局

- ・2006年5月22日11:15～5月23日15:24(1日

4時間9分)

モジュール収容架の電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、再起動で復旧。

延岡観測局

- ・2006年6月28日18:43～7月1日14:59(2日20時間16分)

ダイヤルアップルータの故障により定時データ収集不能及び制御不能となり電波自動停止。後日、ダイヤルアップルータを交換し復旧。

2007年

留萌観測局

- ・2007年9月25日06:20～9月29日19:00(4日12時間40分)

落雷の影響で送受信装置のCNV基板、OIF基板及びモジュール収容架のETC基板が故障。後日、故障基板を交換し復旧。

高田観測局

- ・2007年9月14日17:23～9月16日12:55(1日19時間32分)

NTT回線切替え工事の際に回線の極性が逆になってしまったために、定時データ収集不能及び制御不能となる。原因判明後にルータの設定を変更し復旧。

八丈島観測局

- ・2007年12月7日17:00～12月12日16:10(4日23時間10分)

データ処理部動作せず。後日、OS及びアプリケーションの再インストール、並びにパラメータの再設定で復旧。

鳥取観測局

- ・2007年2月11日03:20～2月13日20:00(2日16時間40分)

落雷の影響でデータ処理部のI/F基板と送受信装置のCPU基板が故障。データ処理部修理及び送受信装置のCPU基板交換で復旧。

- ・2007年8月4日17:10～8月21日18:00(17日0時間50分)

落雷の影響でデータ処理部のI/F基板と送受信装置のCPU基板、OIF基板、CNV基板、TMG基板、PSD基板、モジュール収容架のETC基板が故障。後日、故障基板を交換し復旧。

なお、障害が広範囲に及び故障探求や修理に時間を要したために長期欠測となった。

- 2007年9月19日13:27～9月20日16:10（1日2時間43分）

商用停電により電源局舎商用電源電圧異常が検出されて電波自動停止。この影響でモジュール収容架の供給電源電圧ステータス検出回路が故障。翌日、メーカー修理で復旧。

巖原観測局

- 2007年8月21日09:10～8月23日13:32（2日4時間22分）

巖原測候所設置のダイヤルアップルータが故障し通信異常発生。後日、ダイヤルアップルータを交換し復旧。

平戸観測局

- 2007年5月17日16:24～5月18日22:39（1日6時間15分）

モジュール収容架の電源ユニットとアクティブモジュールの故障によりモジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。翌日、電源ユニットとアクティブモジュールを交換し復旧。

- 2007年7月19日08:47～7月20日20:35（1日11時間48分）

送電線切断事故のため商用停電。復電後、データ処理部自動起動せず。再起動で復旧。

大分観測局

- 2007年9月6日19:40～9月10日14:41（3日19時間1分）

モジュール収容架の供給電源電圧異常が検出されて電波自動停止。後日、メーカー修理で復旧。

3.4 WINDAS 各機器の MTBF (平均故障間隔時間)

期間中における各機器の MTBF を第 3.2 表に示す。平均では送受信装置の MTBF がメーカーの計算値より若干低いほかは、おおむね同等か上回っている。以下に、メーカーの計算値より極端に低くなっている故障について補足する。

(1) 通信異常

2003 年は、5 月に宮城県沖で発生した地震の影響で、ISDN 回線を使用している数箇所が欠測となった。また、8 月には中央監視局の HUB が故障し、全観測局が 6 時間程欠測した。

2005 年は、3 月に福岡県西方沖で発生した地震の影響で、ISDN 回線を使用している巖原、平戸、延岡、市来、屋久島で数回欠測となった。また、9 月には L/A 接続用の HUB が故障し、西日本の数箇所が欠測となった。

(2) 送受信装置

2002 年と 2003 年の MTBF がメーカーの計算値より極端に低くなっている。障害のほとんどがデータ転送のタイミング異常によるもので、送受信装置の回路異常が原因であったが、2003 年 11 月にメーカーによるプログラム改修を行ってから改善している。

(3) モジュール収容架

例年、気温が高い暖候期に集中して障害が発生しやすいが、MTBF は年度ごとにバラツキがある。

(4) データ処理部

2007 年の MTBF がメーカーの計算値より極端に低くなったのは、前述のようにデータ処理部の老朽化に起因すると思われる。

第 3.2 表 WINDAS 各機器の MTBF

	計算値 (メーカー)	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年	2006 年	2007 年	平均
通信機器及び通信回線	51,360	109,500	5,903	45,384	11,315	135,780	67,890	62,629
送受信装置	17,044	5,214	2,190	16,018	30,173	10,445	12,344	12,731
モジュール収容架	12,879	8,760	6,789	22,692	9,052	30,173	11,315	14,797
データ処理部	42,600	43,800	22,630	30,256	54,312	90,520	15,974	42,915
空調装置	43,800	109,500	135,780	90,768	90,520	135,780	90,520	108,811

4. WINDAS の観測到達高度とデータ取得率⁴

4.1 観測到達高度

本節では、2001年6月から2007年12月までの期間中に得られた観測データをもとに、観測到達高度を集計した結果について報告する。

観測到達高度は、観測データの10分平均値で風データが得られた最上層の高度（観測局からの高度）とし、観測局ごとに10分ごとの観測到達高度から日平均値を求め、日平均値から月平均値を求めた。さらに各年の月平均値をもとに、2001年から2007年までの7年間の平均を求めた。

4.1.1 全国の観測到達高度

観測状況の季節変化を見るため、全観測局の観測到達高度の月平均値から求めた月別の全国平均値を第4.1.1図に示す。なお、観測到達高度は、全平均、非降水時、降水時別に平均値を求めた。

降水時の判別は、10分平均値において最下層（約400m）から20層（約6km）までの各層の観測データの内、鉛直速度 -2.0m/s 以下のデータが10層以上ある場合とし、この条件に当てはまらないものを非降水時とした。この結果を見ると、全平均では7月の月平均観測到達高度が約6.4kmと最大で、1月の月平均観測到達高度が約4.0km

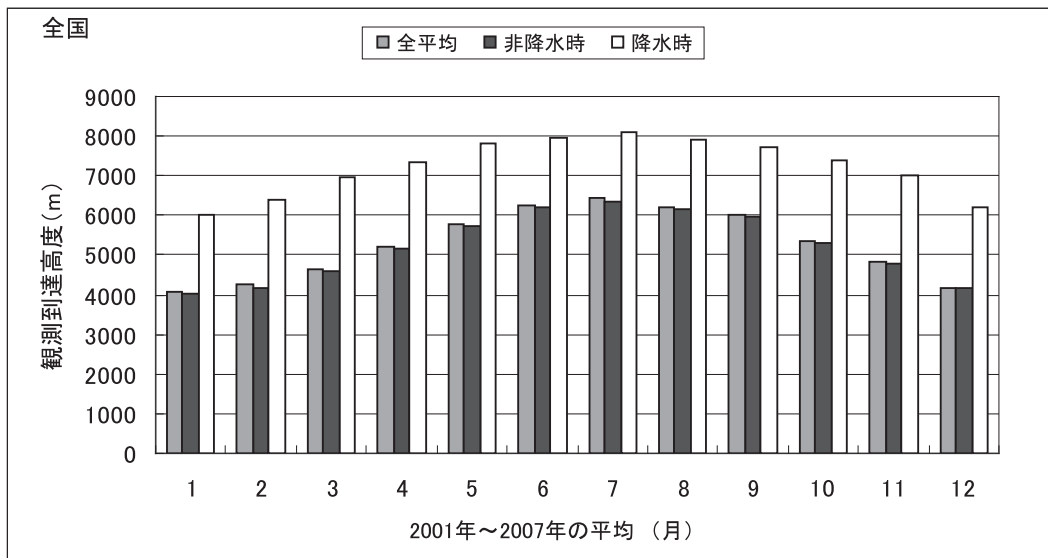
と最小であった。また、降水時は明らかに観測到達高度が高くなっていることがわかる。一般に、観測到達高度は上空での電波の散乱状態に依存する。

非降水時における大気からの散乱よりも降水時における雨粒からの散乱の方が強く、より高い高度まで観測できる。また、大気中の水蒸気量が多い夏季の方が、水蒸気量の少ない冬季よりも散乱が強く、より高い高度まで観測できる。第4.1.1図の結果は、このことと一致している。

4.1.2 観測局別の観測到達高度

観測局別の観測到達高度について、通年平均値を第4.1.2図に、季節別（春3、4、5月、夏6、7、8月、秋9、10、11月、冬1、2、12月）平均値を第4.1.3図に、月平均値（降水時と非降水時の比較）を第4.1.4図に示す。

通年平均値（第4.1.2図）では、留萌、帯広、室蘭、宮古、水戸、勝浦、八丈島、河口湖、尾鷲、鳥取、浜田、高松、厳原、平戸、大分で観測到達高度が全国平均に比べて低くなっている。これらの観測局のうち、留萌、室蘭、宮古、水戸、八丈島、河口湖、尾鷲、鳥取、厳原では、周辺の山岳などで散乱して戻ってくる電波（地形エコー）が弱い風



第4.1.1図 ウィンドプロファイラ31観測局の観測到達高度の月平均（降水時と非降水時の比較）

⁴ 白野 和浩・澤田 睦子

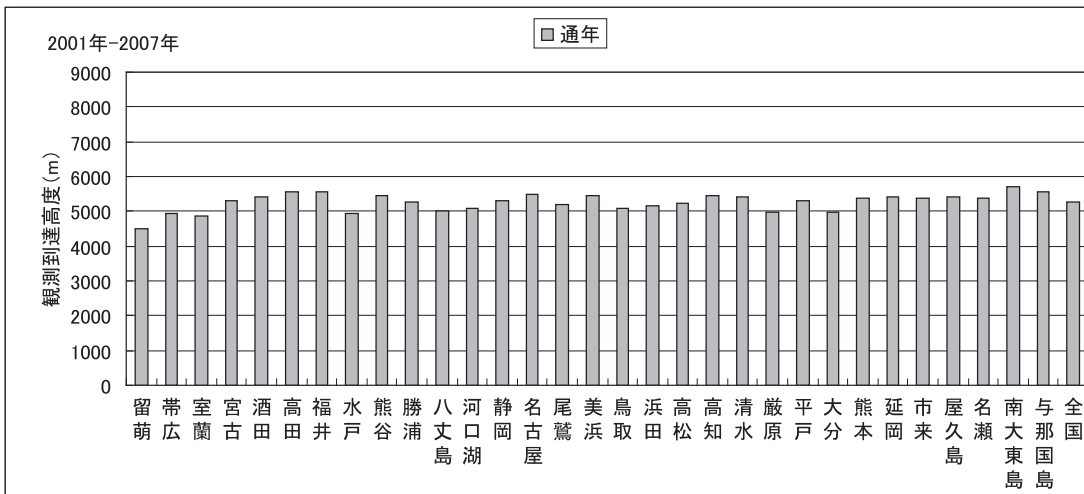
の成分として観測されてしまうことがあるため、観測に影響を与える可能性のある山岳までの距離に応じて、弱い風成分のデータを排除するグラウンドクラッタ除去パラメータが強化されている。これにより誤観測データを大幅に排除することができるが、上空の風が弱いときには、実際の大気エコーも地形エコーと同様に除去されてしまうために観測データが得られにくくなる。このことから、他の観測局に比べて観測到達高度が低くなっているものと考えられる。

季節別平均値（第4.1.3図）では、すべての観測局で、水蒸気量の豊富な夏季（6～8月）に観測到達高度が高くなり、空気の乾燥する冬季（12～2月）に低くなっている。また、他の観測局よ

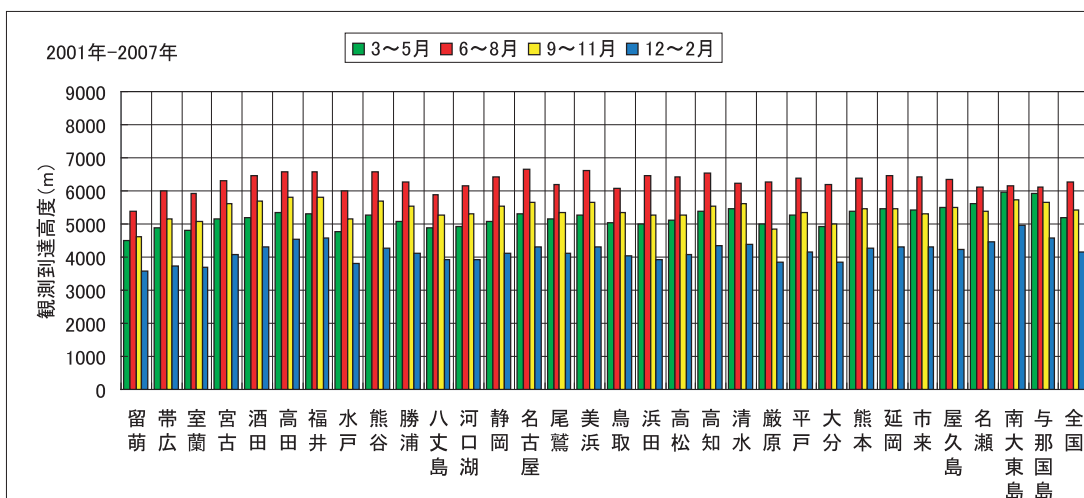
りも南に位置する南大東島と与那国島では、観測到達高度の季節変化が小さくなっている。

月平均（第4.1.4図）では、全平均のピークは留萌から室蘭が8月、宮古から市来が7月、屋久島から与那国島が6月となっている。なお、ピークの時期が異なるのは梅雨前線の訪れに伴うものである。梅雨前線上では上空の水蒸気量が豊富になり、より高い高度までの観測が可能となるので、南の観測局ほどピークの現れる時期が早くなっている。

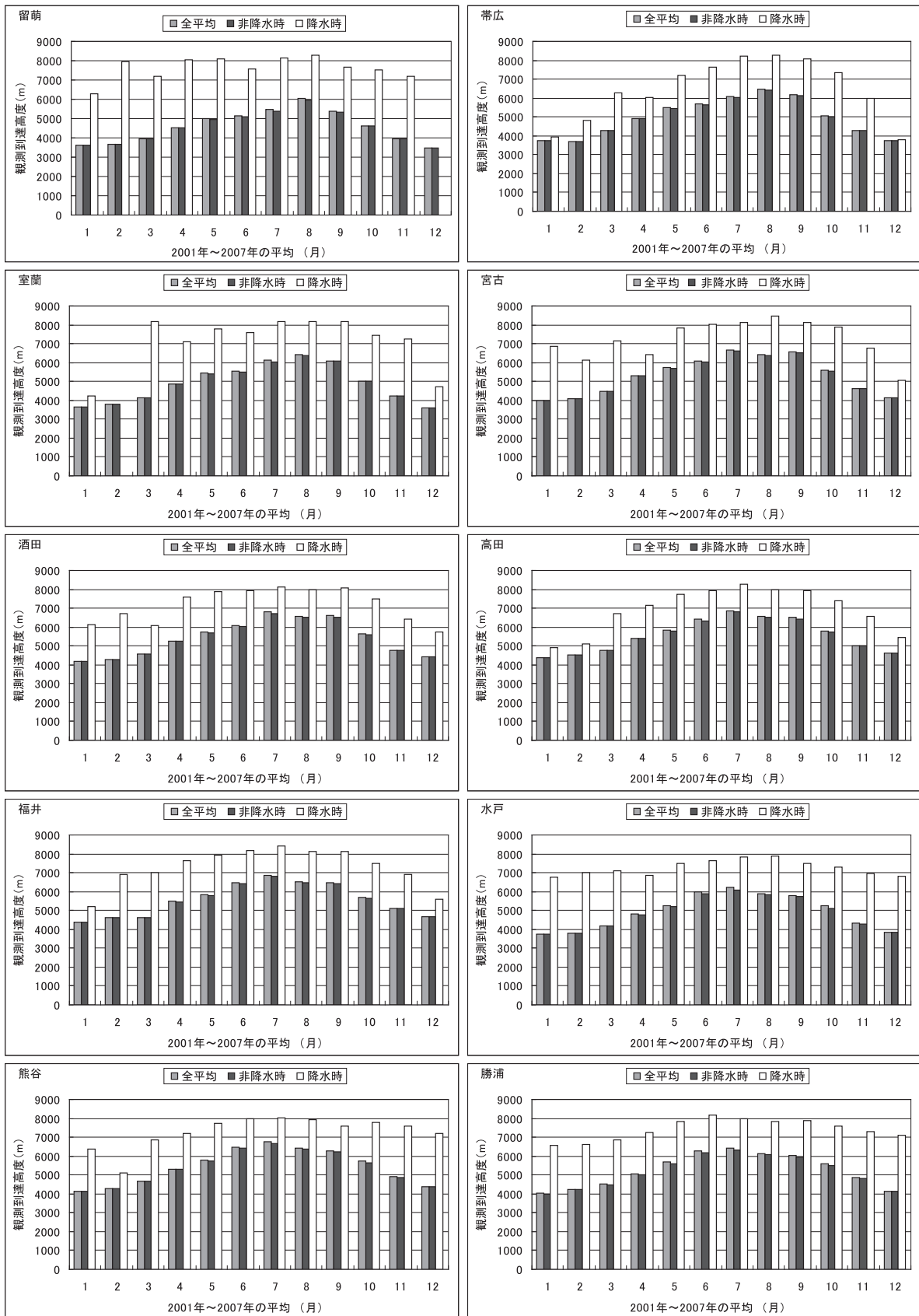
なお、観測局別の観測到達高度の月平均において、室蘭の2月で降水時がない事例がある。これは、前項で説明した降水時の判別方法において、雪を降水時と判断できなかったためである。



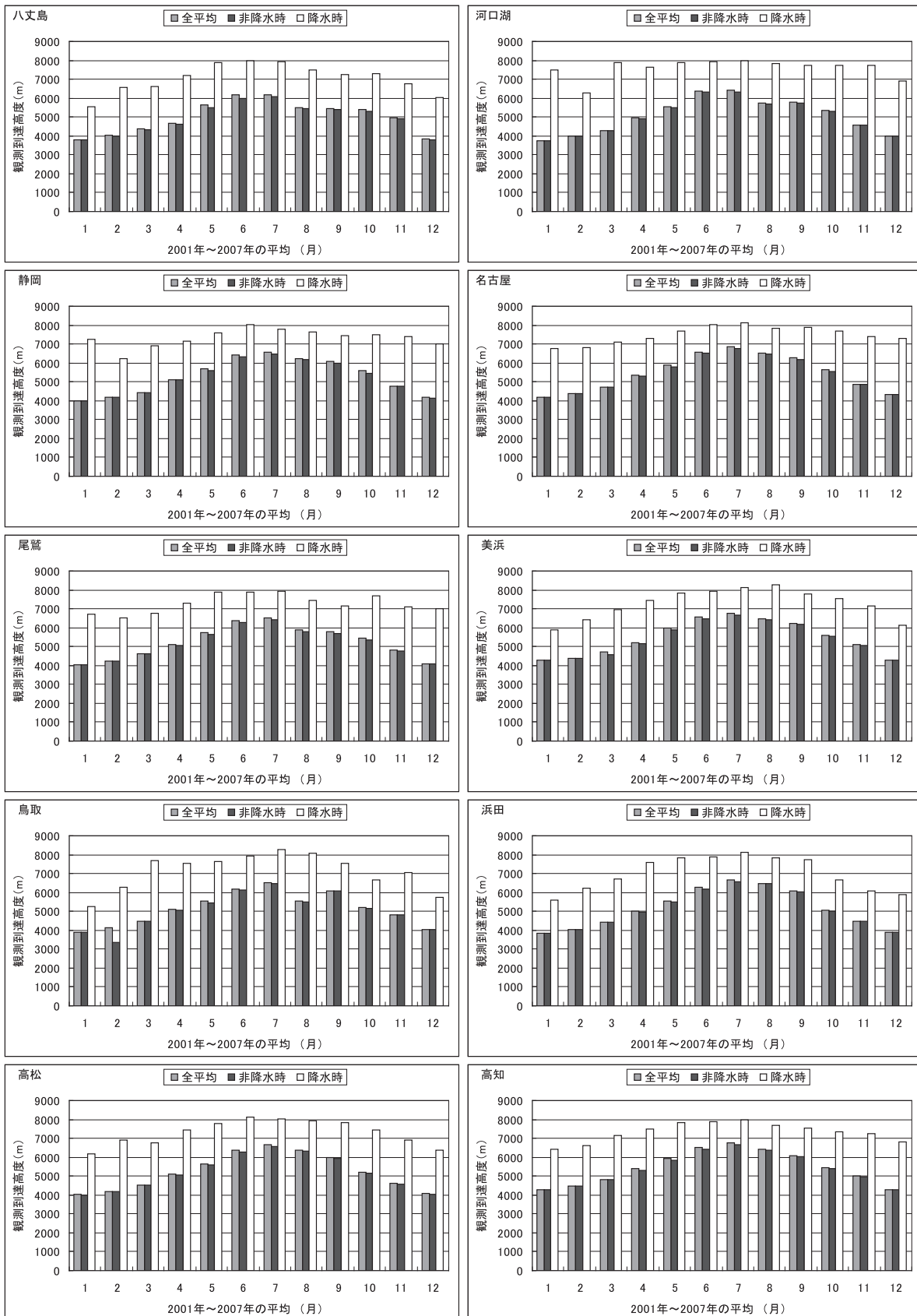
第 4.1.2 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の通年平均



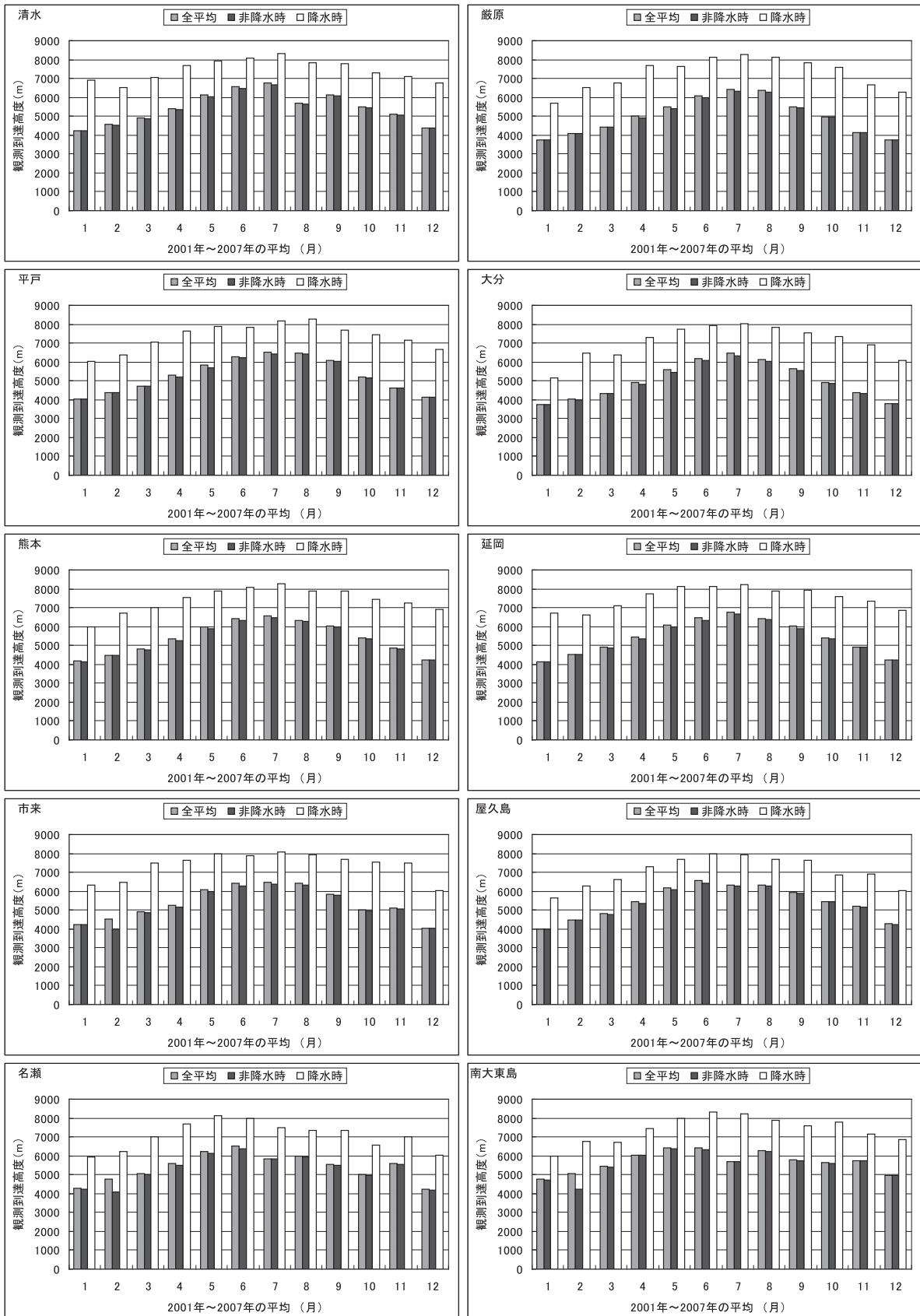
第 4.1.3 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の季節別平均



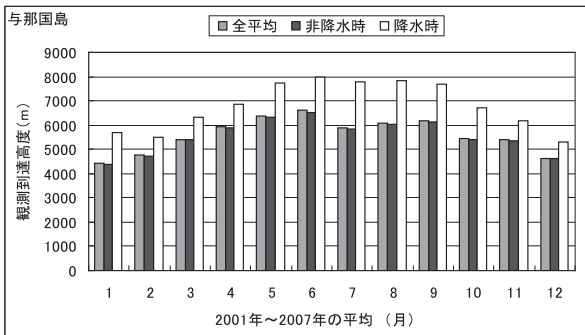
第 4.1.4(1) 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の月平均 (降水時と非降水時の比較)



第4.1.4(2) 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の月平均（降水時と非降水時の比較）



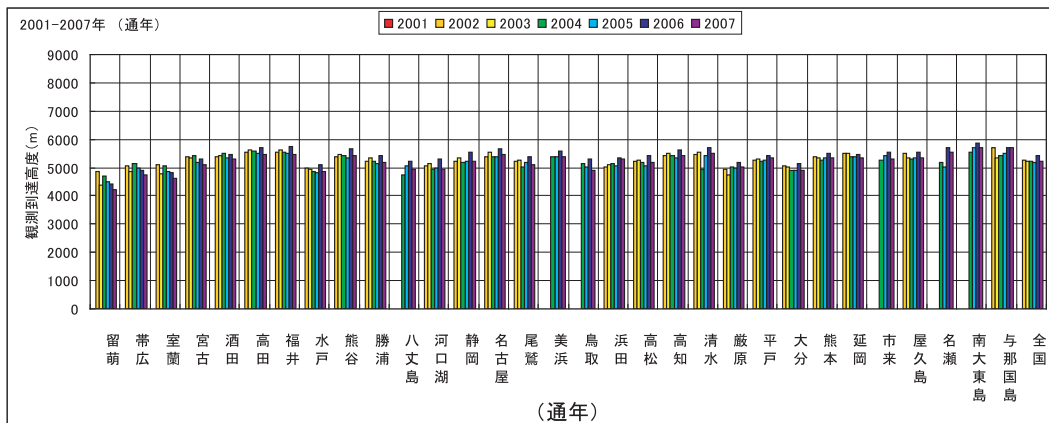
第4.1.4(3) 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の月平均 (降水時と非降水時の比較)



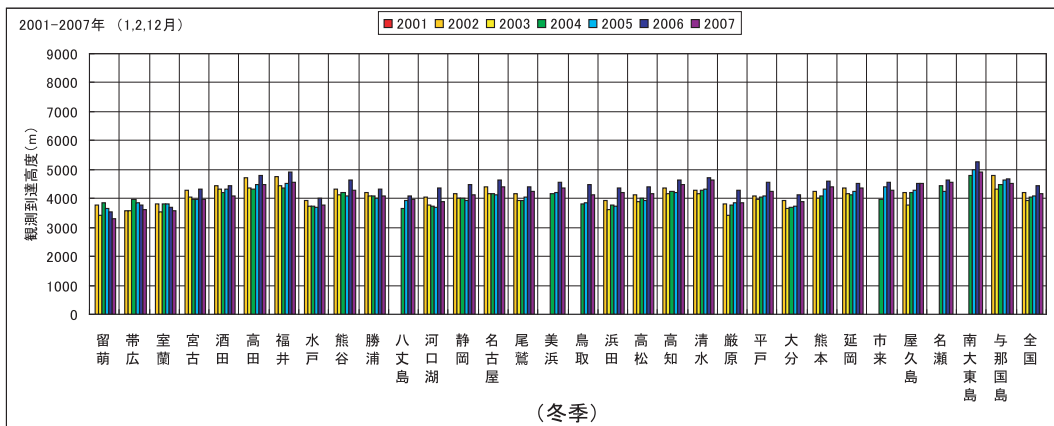
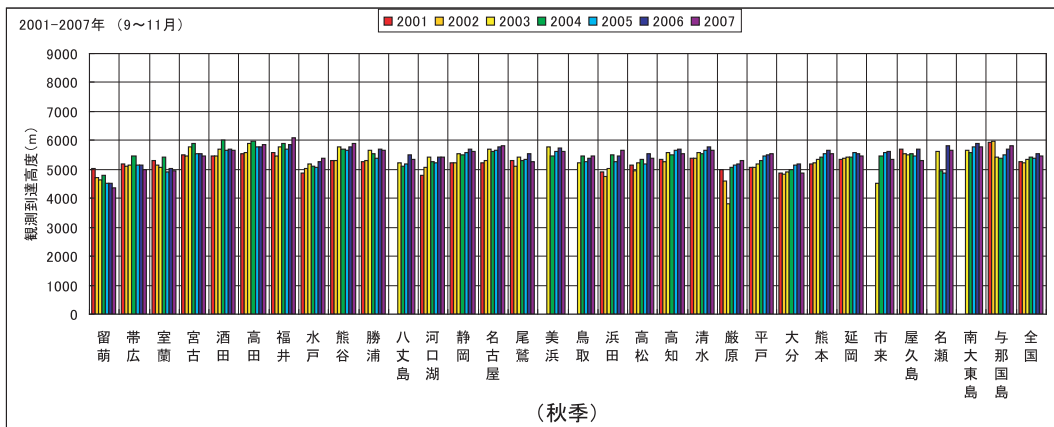
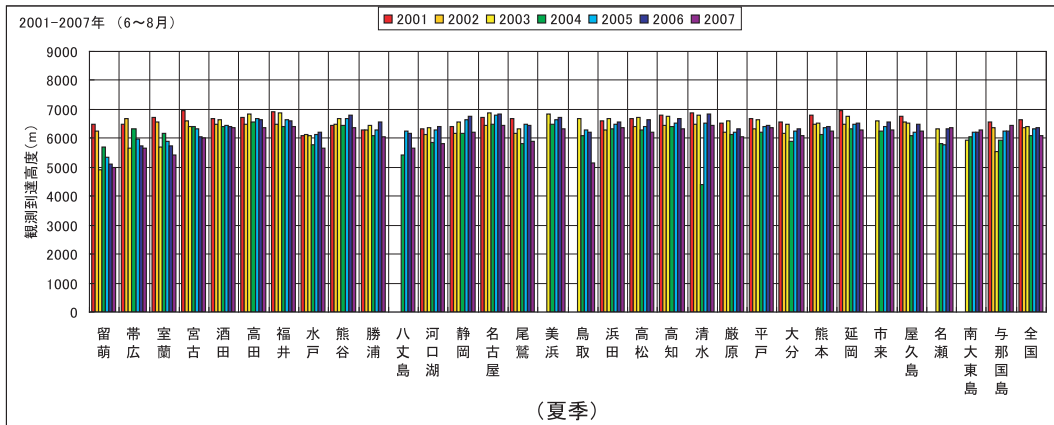
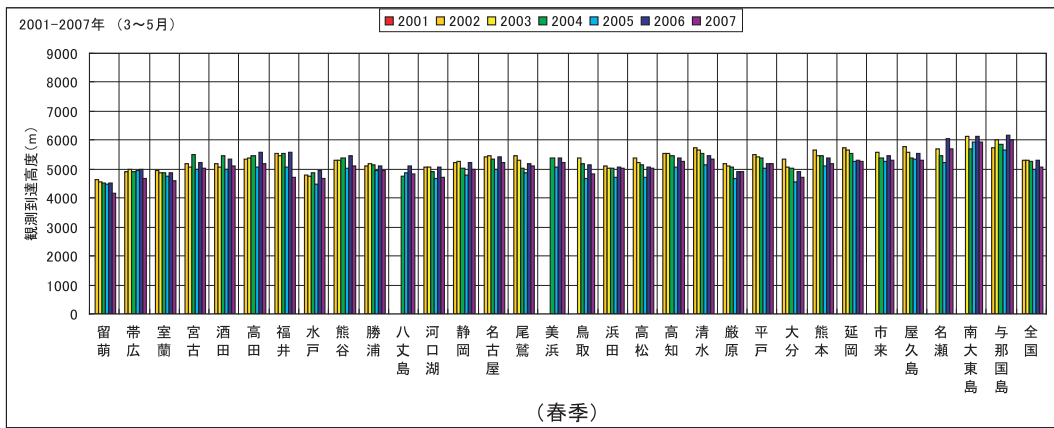
第 4.1.4(4) 図 ウィンドプロファイラ観測局別の観測到達高度の月平均（降水時と非降水時の比較）

4.1.3 2001 年から 2007 年までの観測到達高度の比較

2001 年から 2007 年までの観測到達高度の変化を比較するため、年ごとの通年平均値を第 4.1.5(1) 図に、年ごとの季節別平均値を第 4.1.5(2) 図に示す。なお、2001 年から運用を開始した 25 観測局は、2001 年 6 月からの集計なので 2001 年の通年と春季及び冬季の観測到達高度を求めている。また、2003 年から運用を開始した 6 観測局については、鳥取、市来、名瀬、南大東島は 2003 年 2 月から、美浜は 2003 年 3 月から、八丈島は 2003 年 6 月からの集計なので、2003 年の通年と冬季（八丈島、美浜、鳥取、市来、名瀬、南大東島）、春季（八丈島、美浜）、夏季（八丈島）の観測到達高度を求めている。観測局別に傾向を見ると、その年の気候の違いによるものと思われる多少のばらつきはあるが、通年の観測到達高度に大きな差はない。鳥取の 2007 年夏季、清水の 2004 年夏季、巖原の 2003 年秋季で例年より観測到達高度が著しく低下しているが、これらは落雷による機器の故障により長期間観測休止となったためである。



第 4.1.5(1) 図 観測局別の観測到達高度の年ごとの通年平均



第 4.1.5(2) 図 観測局別の観測到達高度の年ごとの季節別平均

4.2 データ取得率

本節では、2001年6月から2007年12月までの期間中に得られた観測データをもとに、データ取得率を集計した結果について報告する。

データ取得率は、上記の期間における10分平均値から、ウィンドプロファイラの観測対象となる最下層(394m)から最上層(約8,966m)までの全30層と、実際に風データが得られた層数との比率を、観測局別、高度別、月別に求めた。

4.2.1 全国のデータ取得率

観測状況の季節変化を見るために、全観測局の各観測高度におけるデータ取得率の月平均値から求めた月別の全国平均値を第4.2.1図に示す。

データ取得率を季節別で比較すると、全体的には夏季に向けて高くなり冬季にかけて低くなっているほか、春季と秋季には高度2km付近以下の層で低くなっている。

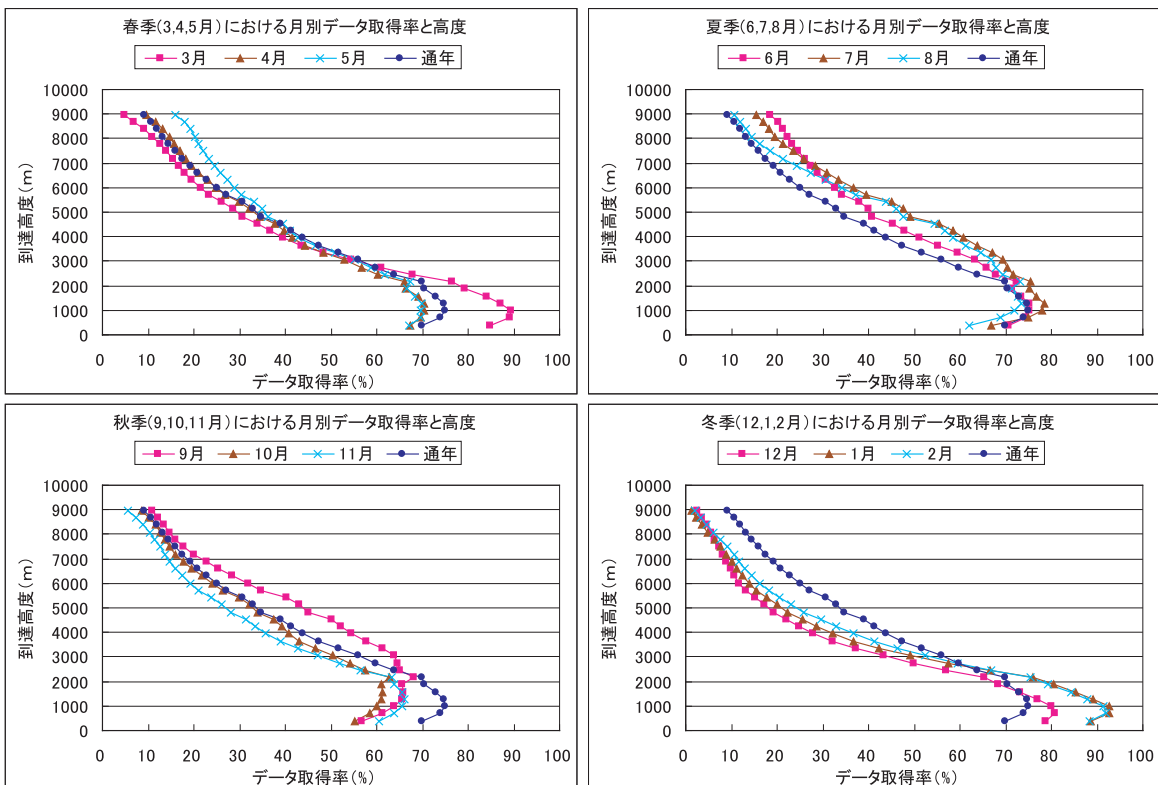
通年のデータ取得率の特徴としては、高度1km付近をピークとした曲線となっている。下層付近

は、水蒸気量が多く高度も低いので水蒸気からの散乱波を受信しやすく、比較的データ取得率は高くなる。しかし、最下層付近では地形エコーの影響を受けやすく、風が乱れた場合には品質管理で欠測としているので、データ取得率は若干低下する。また、高度2km付近以下の層では、日本列島を春季に北上して秋季に南下する渡り鳥が電波の反射体(渡り鳥エコー)となってしまうことから、大気エコーよりも強い渡り鳥エコーが観測を妨害し、極端にデータ取得率を低下させる場合がある。

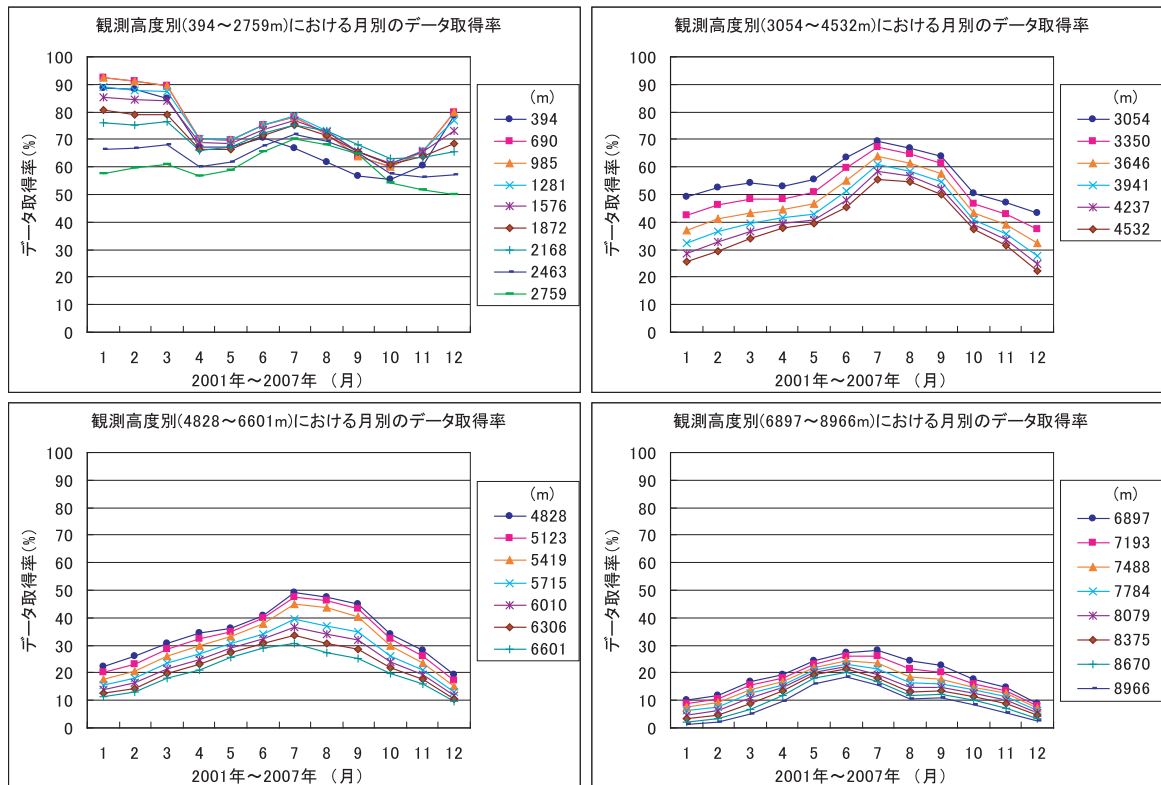
一方上層は、上空に向かうほど水蒸気量が減少するので散乱波が弱くなり、また、伝播損失も大きくなっていくので、散乱波を受信することが困難となっていく。したがって、データ取得率は高度に比例するように低くなる。

月別の全国平均値から求めた観測高度別の月別データ取得率を第4.2.2図に示す。

観測高度394~2759mでは、データ取得率のピークが1月と7月にある。1月から3月と12



第4.2.1図 全国平均の季節別データ取得率



第 4.2.2 図 観測高度別の月別データ取得率

月の方が7月よりもデータ取得率が高く、春季（4月、5月）と秋季（9、10、11月）は渡り鳥の影響でデータ取得率が低くなっている。

冬季と夏季は渡り鳥の影響が少なく、特に冬季のデータ取得率は90%前後と高くなっているが、夏季は、太平洋高気圧に覆われて弱風となることが多いので、地形エコーによる影響が大きい観測局ではデータ取得率が低下する。したがって、全国平均値としては冬季よりも夏季のデータ取得率が低くなっている。

なお、データ取得率の向上を図るため、2003年から渡り鳥エコーを除去するアルゴリズムを採用している。本アルゴリズムは、渡り鳥エコーと大気や雨粒からのエコーを自動的に判別し、渡り鳥エコーを除去した後の正常なエコーのみで風データを計算する処理であるが、渡り鳥の飛来が顕著なときにはほとんどのデータが除去されてしまうので、結果として渡り鳥の影響を受ける高度2km付近以下の層ではデータ取得率が低くなっている。

観測高度 3054m 以上でのデータ取得率は、夏

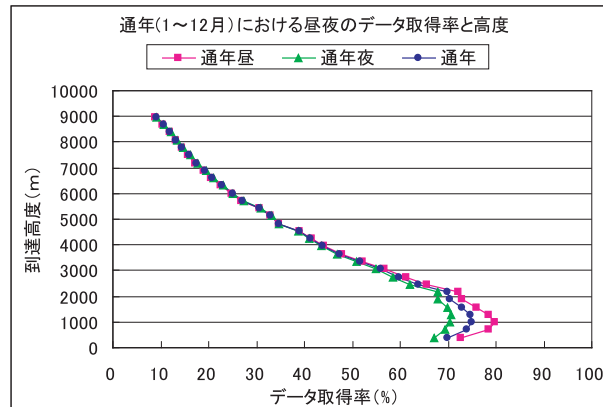
季が最も高く冬季が低くなっている。

夏季は、太平洋から温かい湿った空気が入り込むので比較的高い高度まで水蒸気量が多く、また、背の高い積乱雲が発達しやすいため、高い高度からの観測データが取得しやすい。

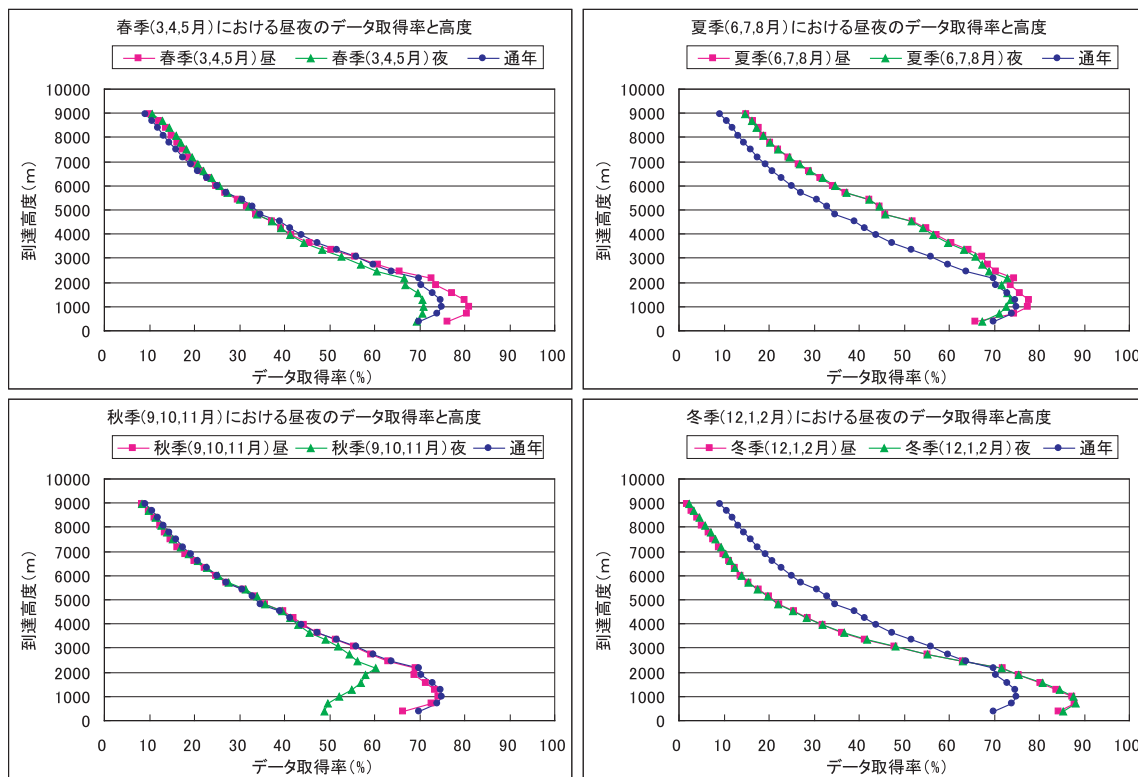
冬季は、大陸からの乾燥した空気に覆われるために水蒸気量が少なく、また、積乱雲も発達しにくいので、高い高度からの観測データは取得しにくい。

データ取得率の昼夜による違いを比較するために、昼を 06:10 ~ 18:00、夜を 18:10 ~ 06:00 とし、全観測局の各観測高度におけるデータ取得率から求めた通年における昼夜のデータ取得率と高度を第 4.2.3 図に、季節別における昼夜のデータ取得率と高度を第 4.2.4 図に示す。

昼夜に分けて見ると、冬季については昼夜のデータ取得率の差はあまりないが、春季と秋季の夜間において2km付近以下のデータ取得率が低くなっており、特に秋季のデータ取得率が低いことがわかる。これは、渡り鳥が夜間に集中して渡るという性質を顕著に表している。



第 4.2.3 図 通年の昼夜のデータ取得率



第 4.2.4 図 春季 (左上), 夏季 (右上), 秋季 (左下), 冬季 (右下) の昼夜のデータ取得率

4.2.2 観測局別のデータ取得率

昼夜のデータ取得率を季節別にした観測局別のデータ取得率を第 4.2.5(1 ~ 31) 図に示す。

各観測局のデータ取得率を見ると、観測地点ごとに特徴があることがわかる。

勝浦、八丈島、南大東島、与那国島の 4 観測局を除く 27 観測局 (留萌、帯広、室蘭、宮古、酒

田、高田、福井、水戸、熊谷、河口湖、静岡、名古屋、尾鷲、美浜、鳥取、浜田、高松、高知、清水、巖原、平戸、大分、熊本、延岡、市来、屋久島、名瀬) では、春季と秋季の夜間において 2km 付近以下のデータ取得率が低くなっており、特に秋季のデータ取得率が低くなっている。これは、前述の渡り鳥の影響によるものである。なお、留

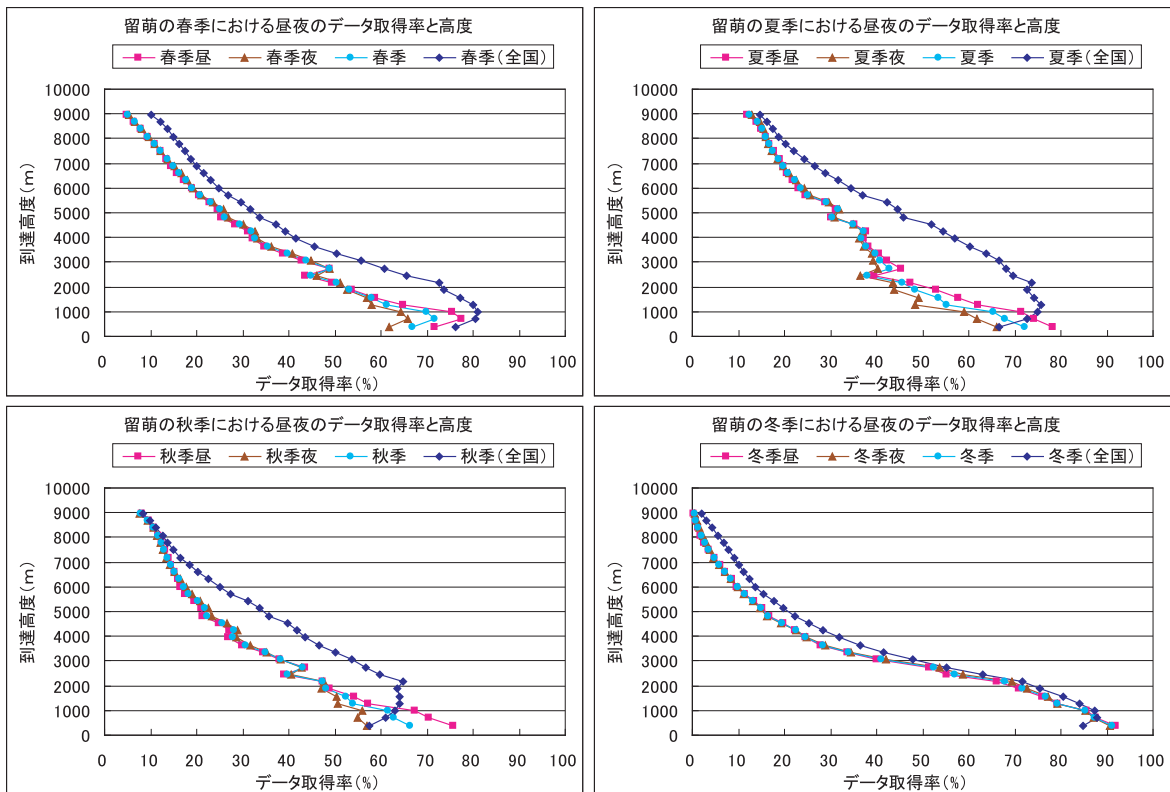
萌, 帯広, 室蘭, 及び宮古, 酒田, 高田, 福井では, 夏季になっても夜間のデータ取得率が低くなっている。これは, 北陸から東北, 北海道方面では, 北上する渡り鳥の影響が初夏まで続いているためである。一方, 勝浦, 八丈島, 南大東島, 与那国島では, 渡り鳥による影響はほとんど見られない。

また, 留萌※, 室蘭※, 宮古※, 福井※, 水戸, 八丈島, 河口湖※, 尾鷲, 鳥取※, 高知, 巖原, 延岡, 名瀬, 南大東島 (※はレドーム設置観測局) では, 高度 2km から 5km 付近までの層のデータ取得率が低下している。これは, 地形特性により発生した地形エコーの影響により, 大気エコーが品質管理で除外されてしまったためにデータ取得率が低下したものである。

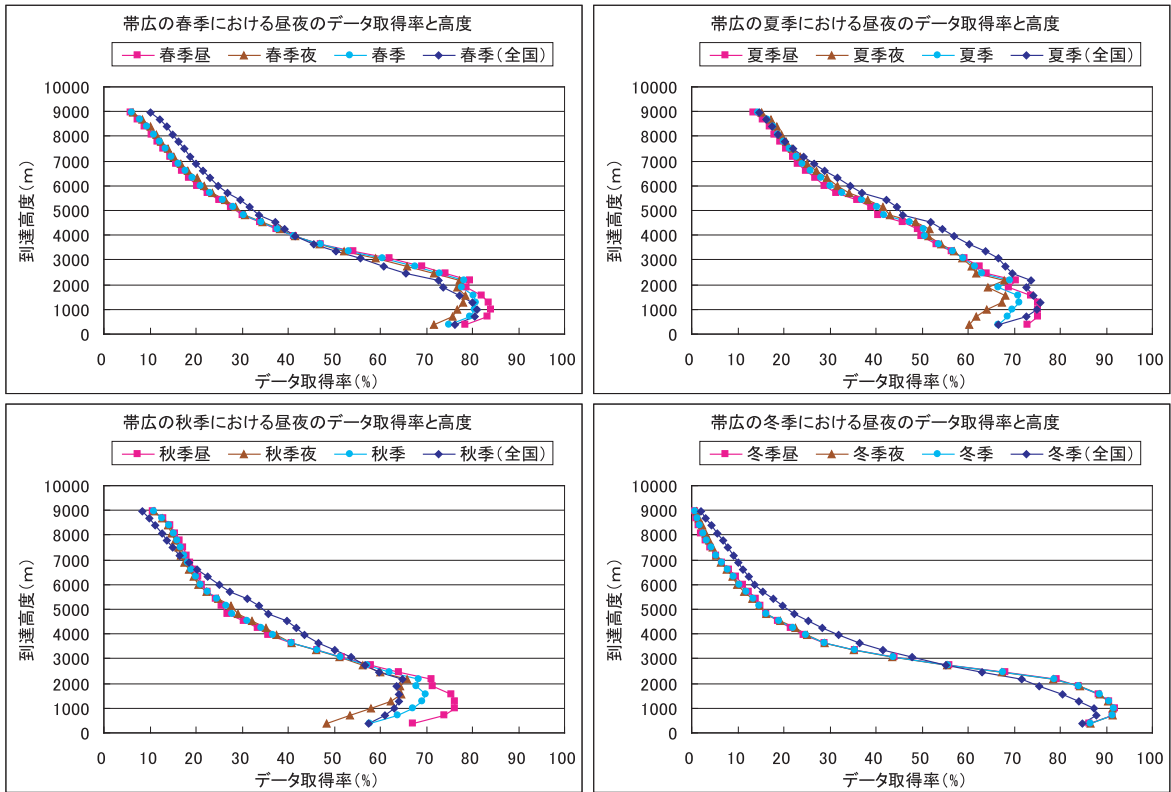
夏季 (6, 7, 8 月) から秋季 (9, 10, 11 月) にかけてのデータ取得率が低下しているのは, 上

空の風が弱いため大気エコーが地形エコーと重なりやすくなり, 大気エコーと地形エコーとの分離が難しくなることから, データ取得率が低下しているものである。特に, 鳥取では年間を通して高度 1km から 3km 付近までの層のデータ取得率が低い。

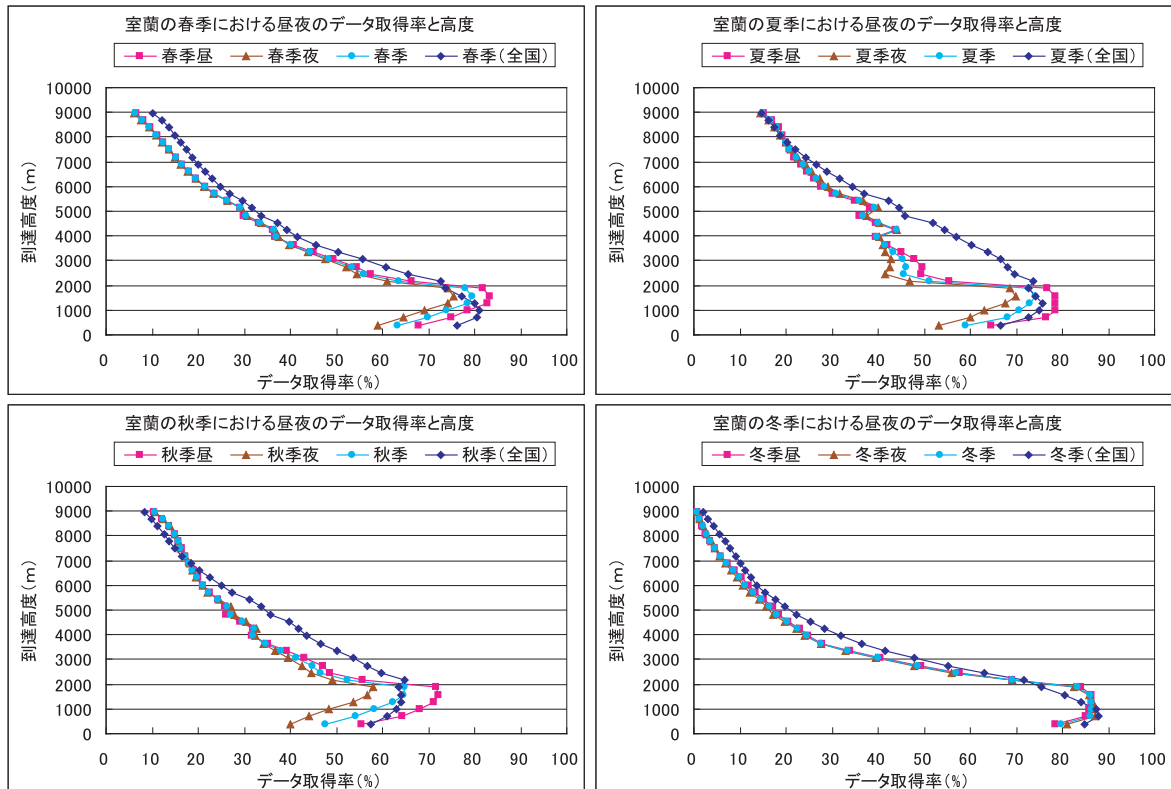
地形エコーの影響はレドームを設置している観測局に多く見られるが, これは, レドームとクラッタフェンスの構造によるものではないかと考えられる。レドームを通過する電波は, レドーム表面との入射角度によって屈折する場合がある。また, レドーム内に設置されているクラッタフェンスは, 限られたスペースに設置する必要があり, 野外設置型に比べてやや小型になっている。このことから, 野外設置型よりも地形エコーが混入しやすくなっているものと考えられる。



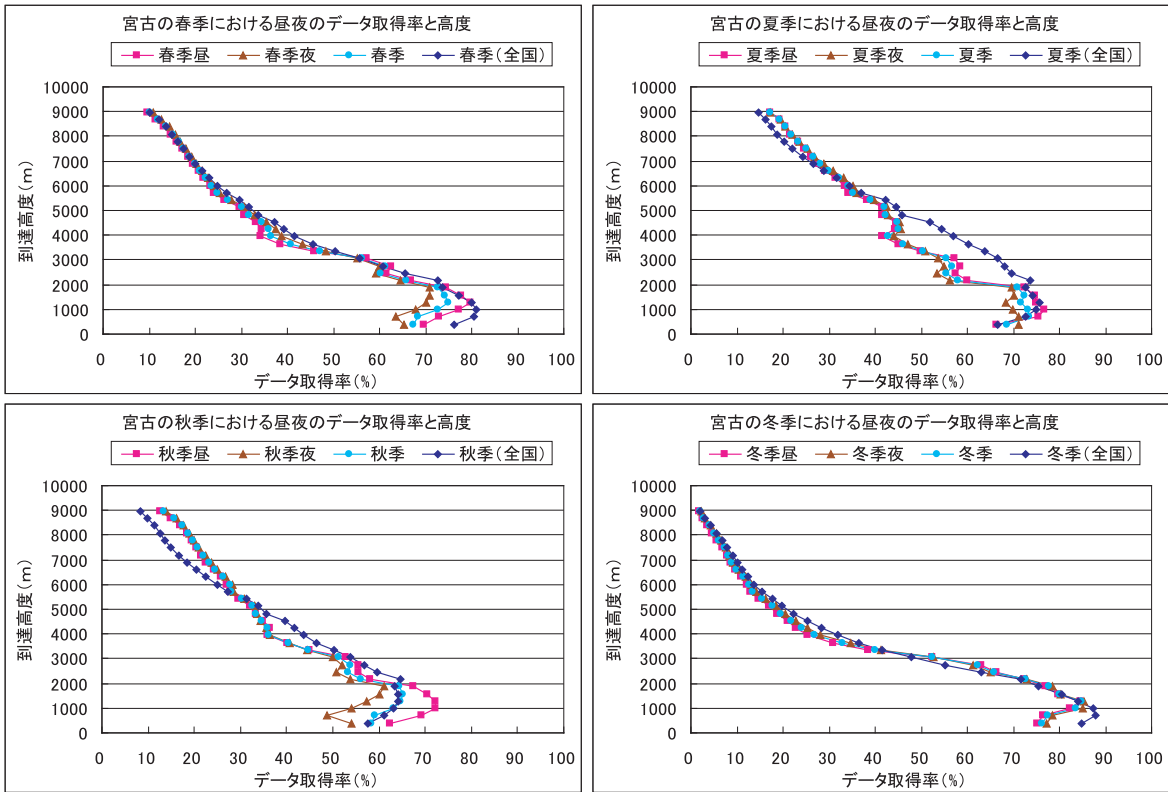
第 4.2.5(1) 図 観測局別のデータ取得率 (留萌)



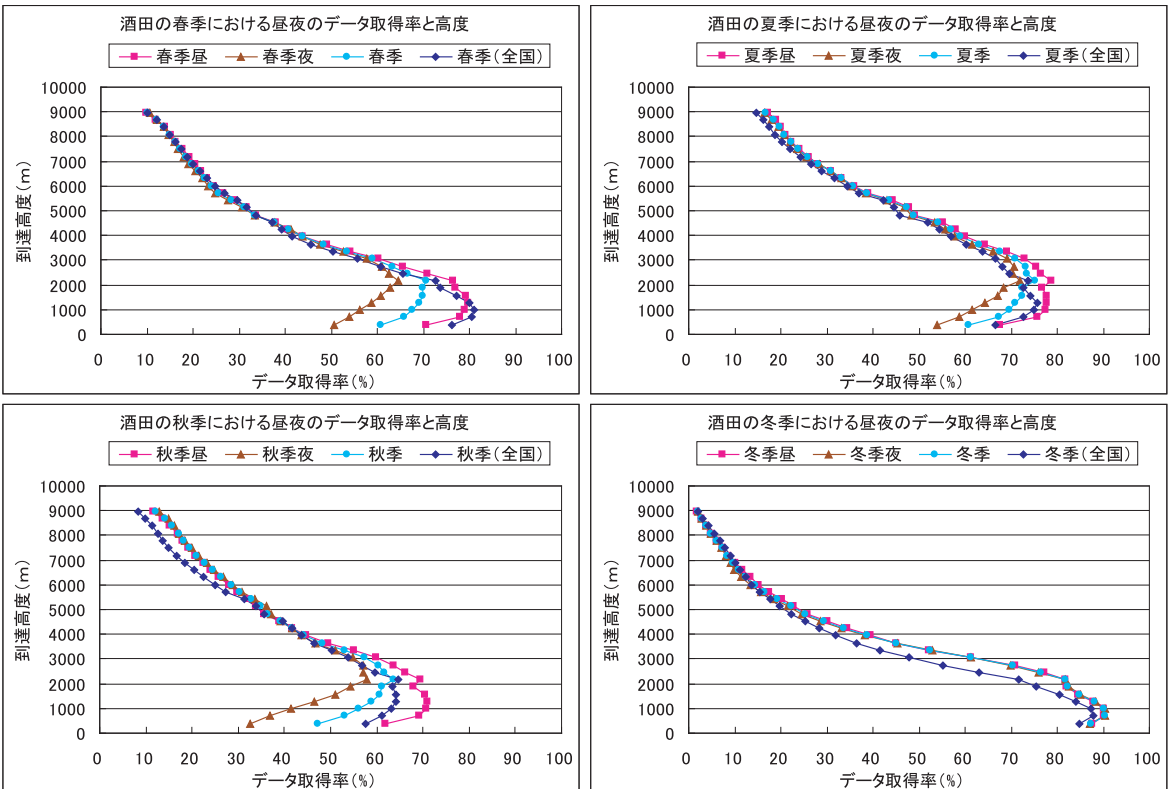
第 4.2.5(2) 図 観測局別のデータ取得率 (帯広)



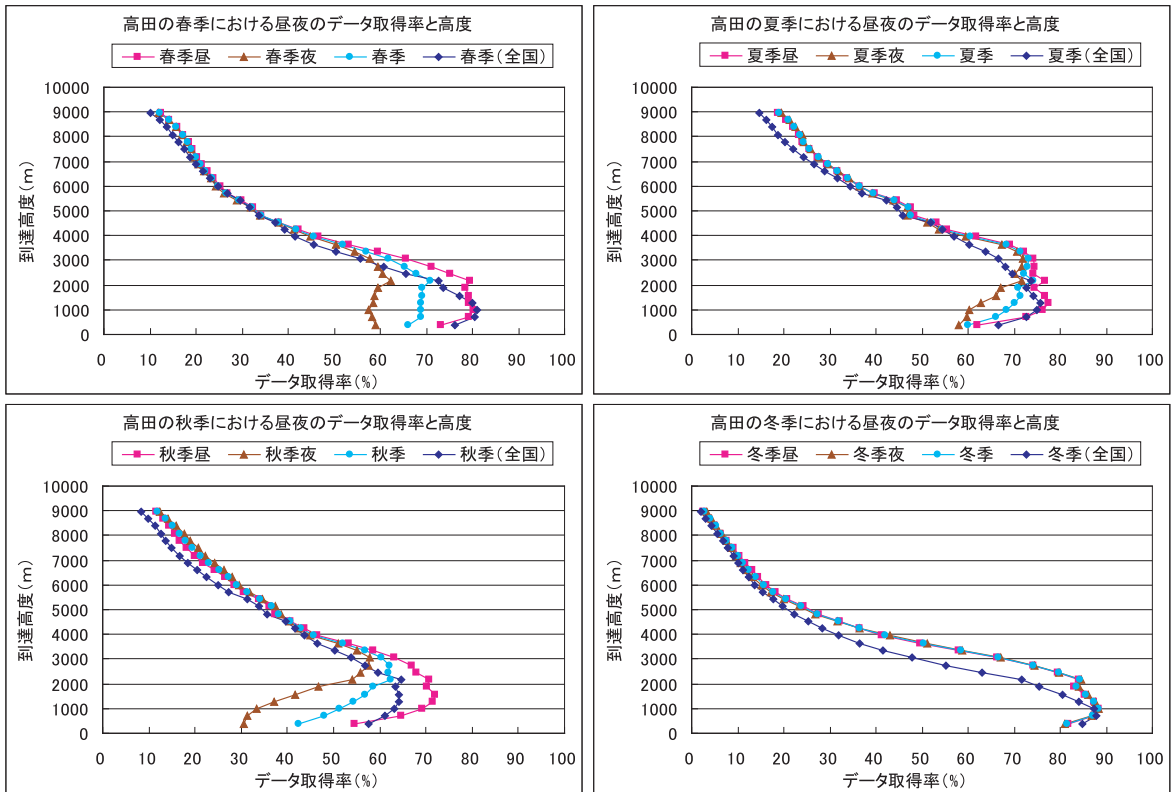
第 4.2.5(3) 図 観測局別のデータ取得率 (室蘭)



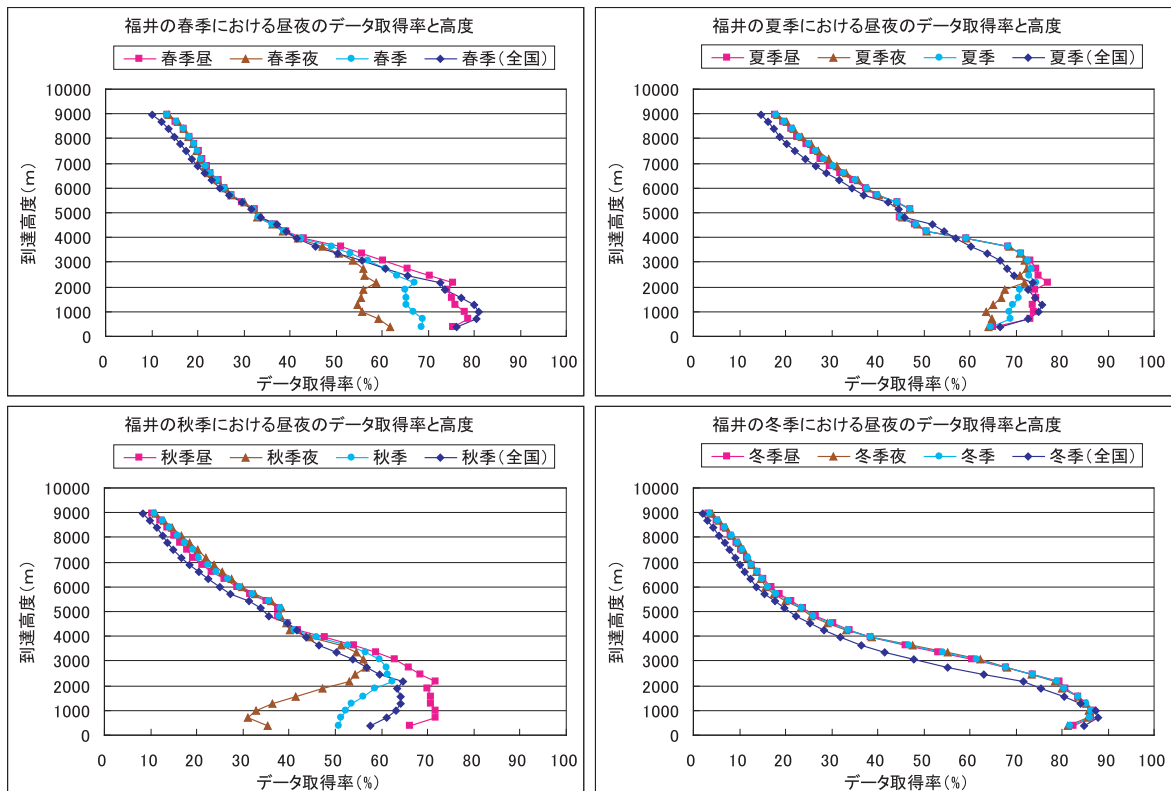
第 4.2.5(4) 図 観測局別のデータ取得率 (宮古)



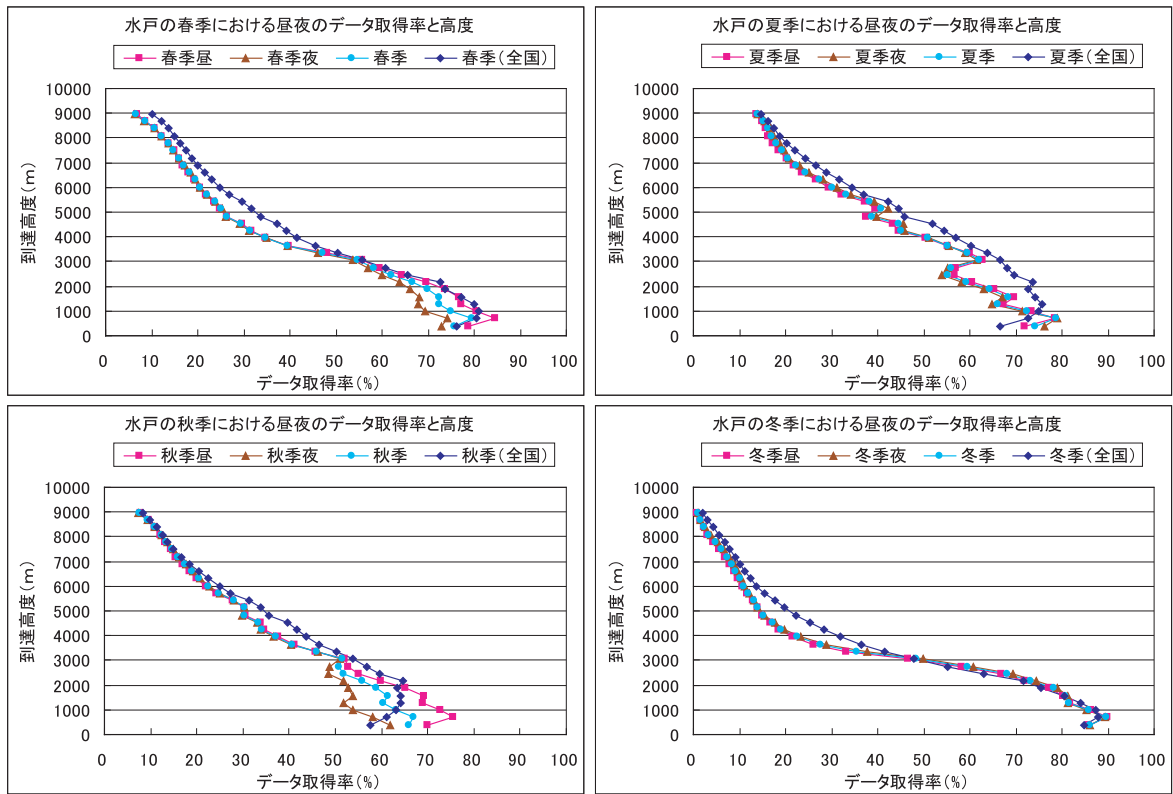
第 4.2.5(5) 図 観測局別のデータ取得率 (酒田)



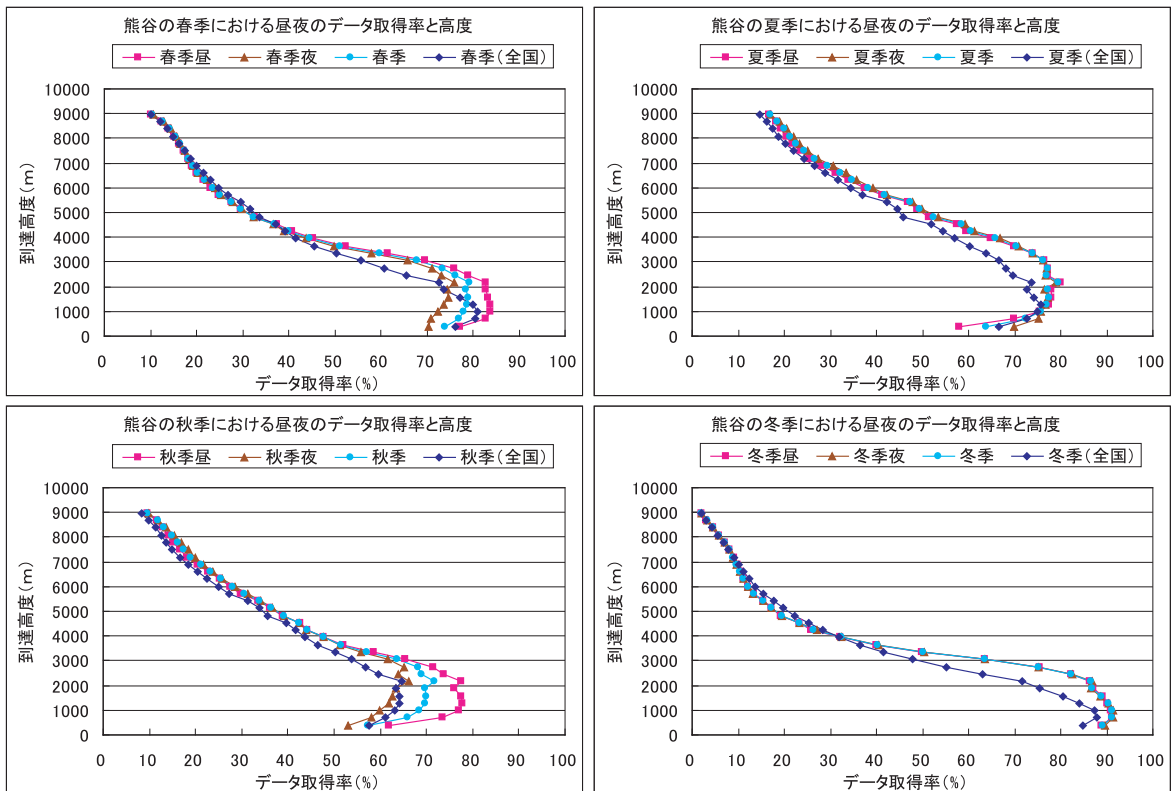
第 4.2.5(6) 図 観測局別のデータ取得率 (高田)



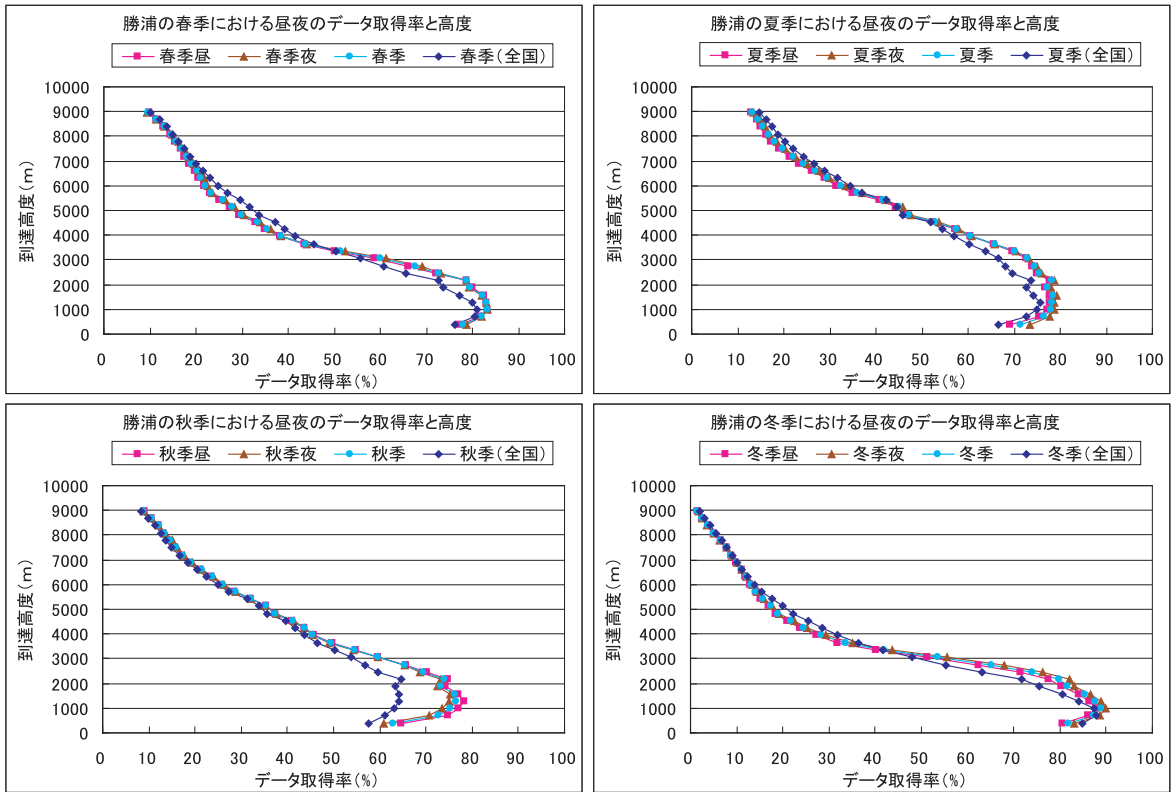
第 4.2.5(7) 図 観測局別のデータ取得率 (福井)



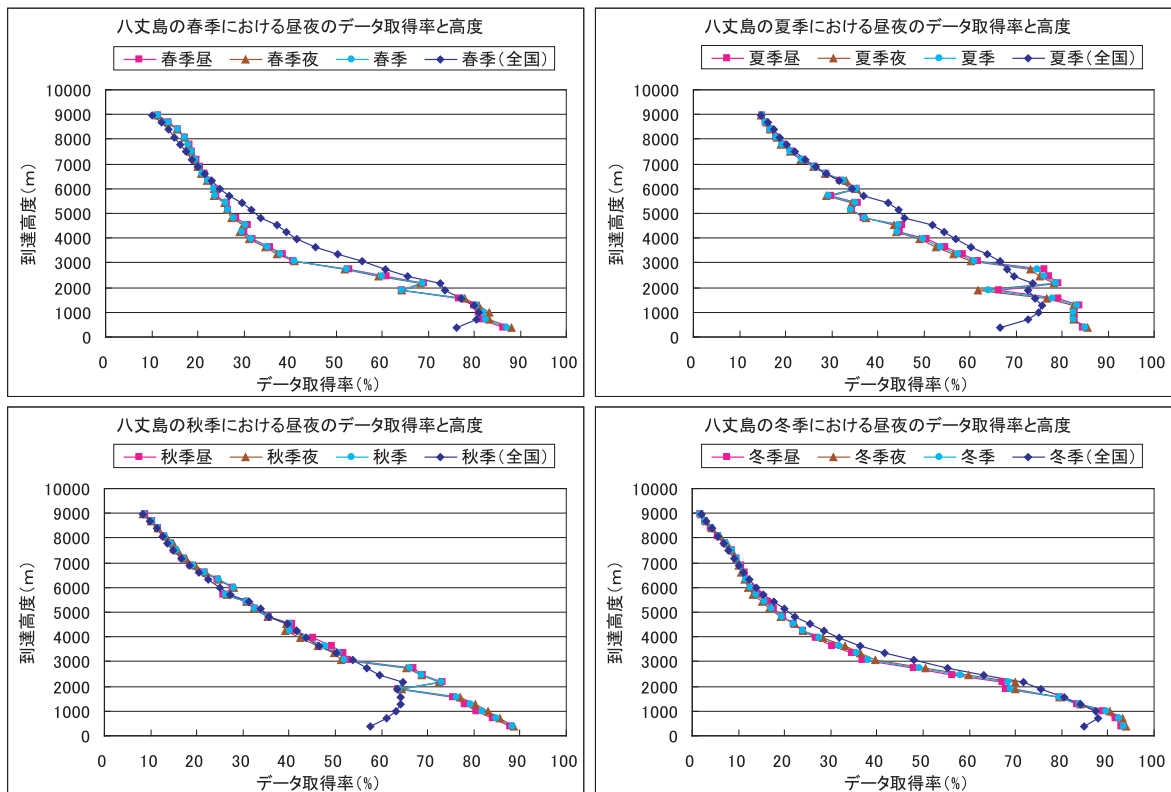
第 4.2.5(8) 図 観測局別のデータ取得率 (水戸)



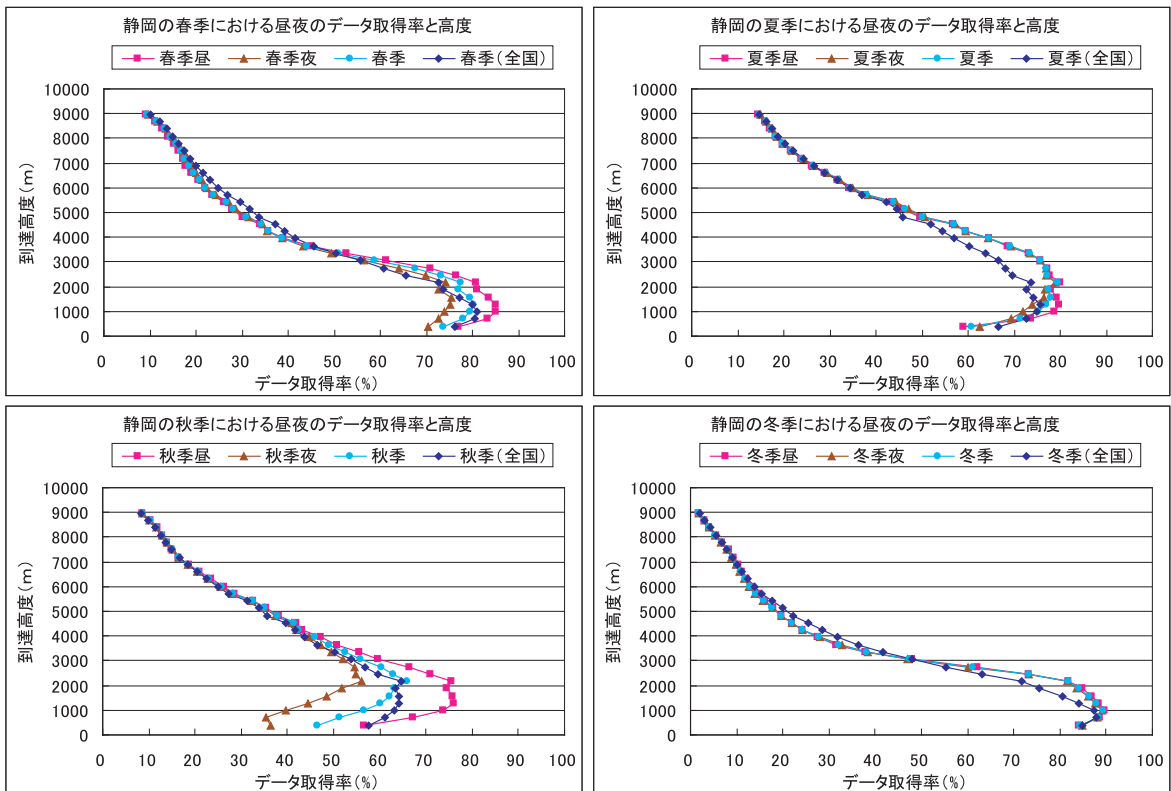
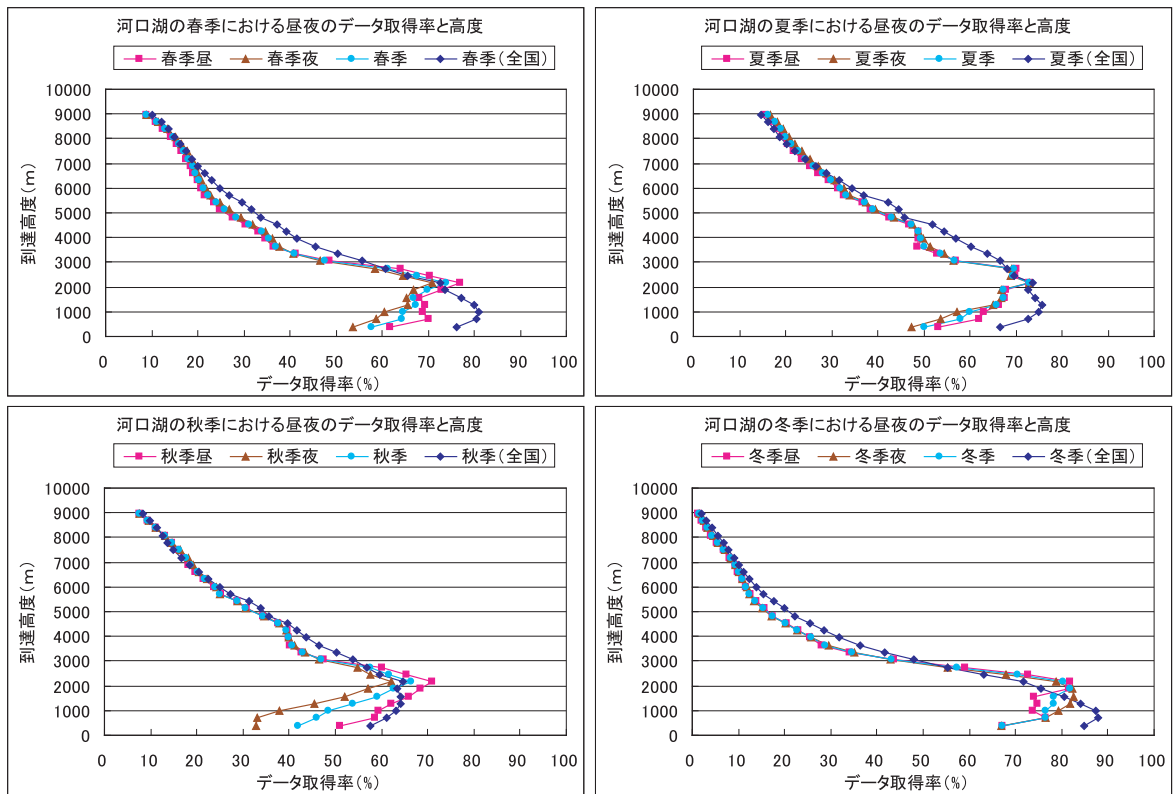
第 4.2.5(9) 図 観測局別のデータ取得率 (熊谷)

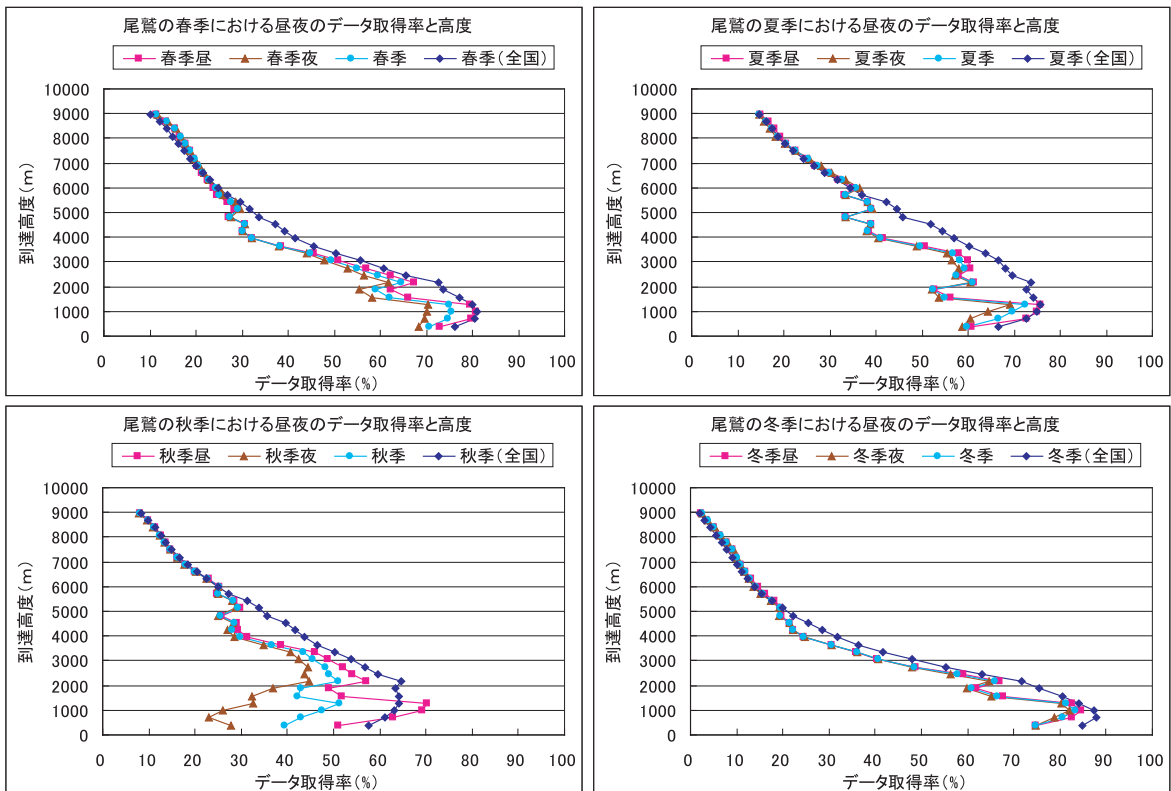
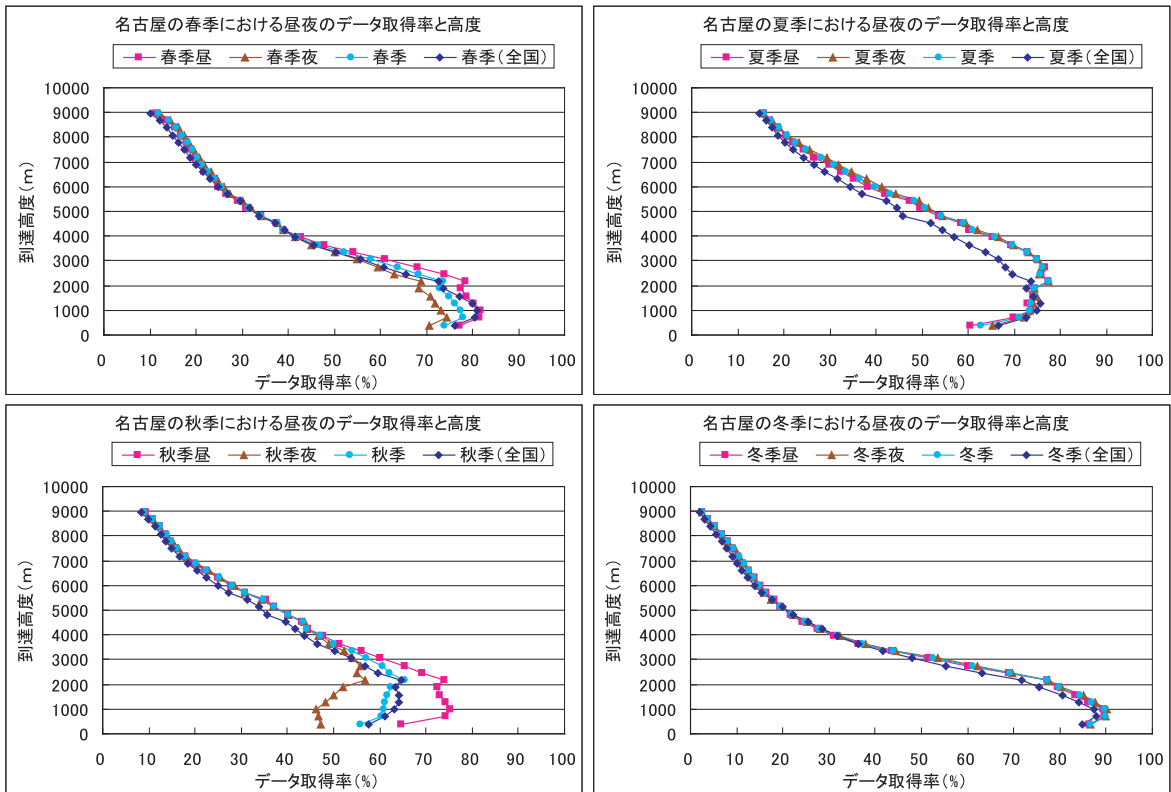


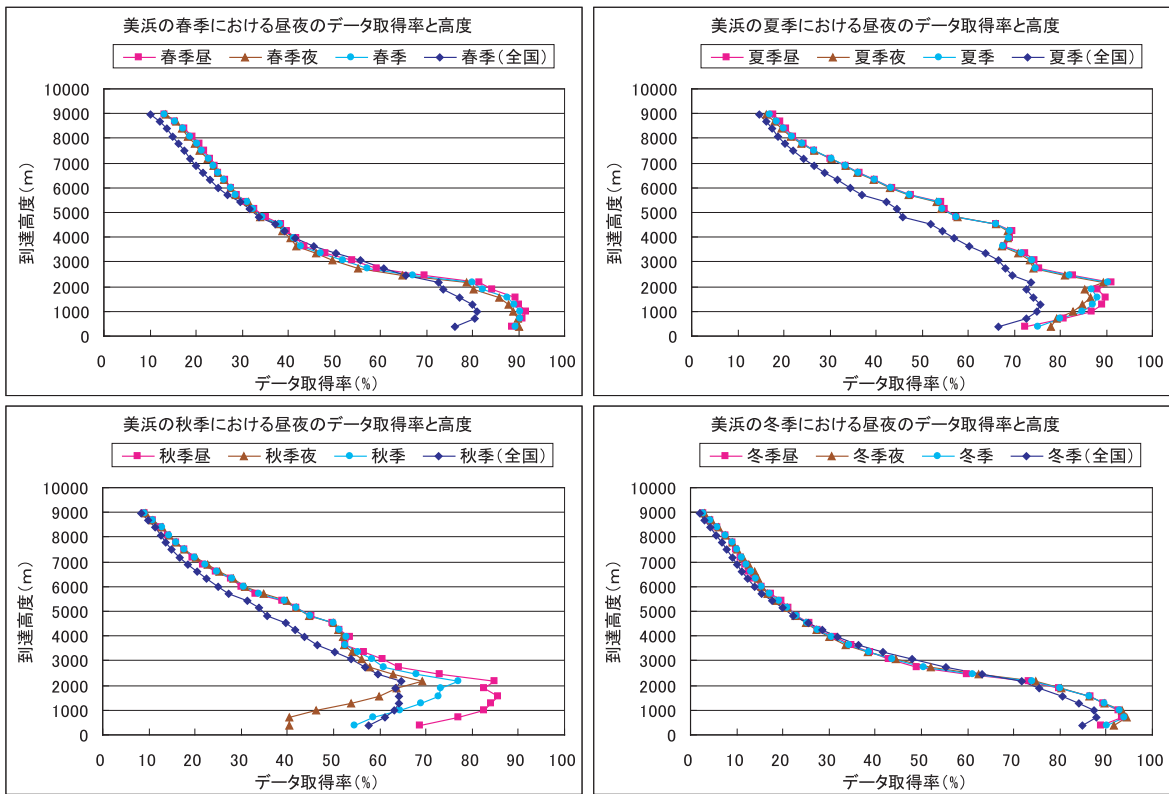
第 4.2.5(10) 図 観測局別のデータ取得率 (勝浦)



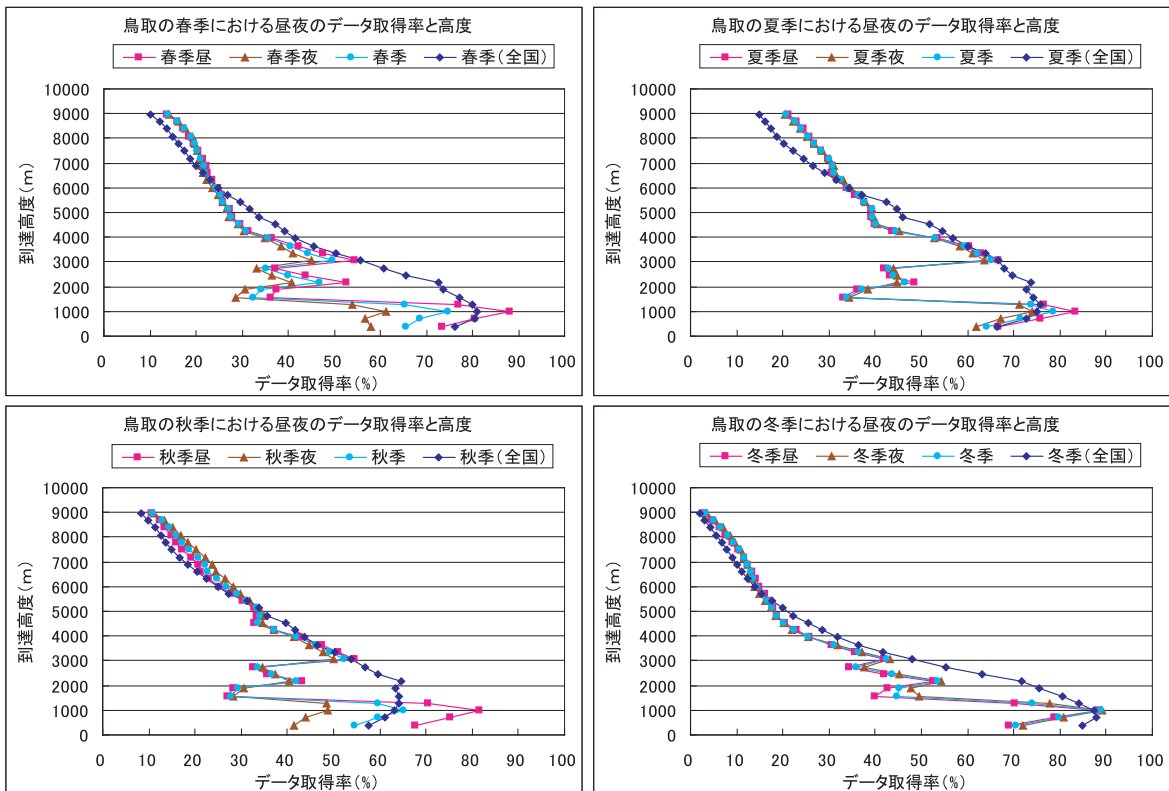
第 4.2.5(11) 図 観測局別のデータ取得率 (八丈島)



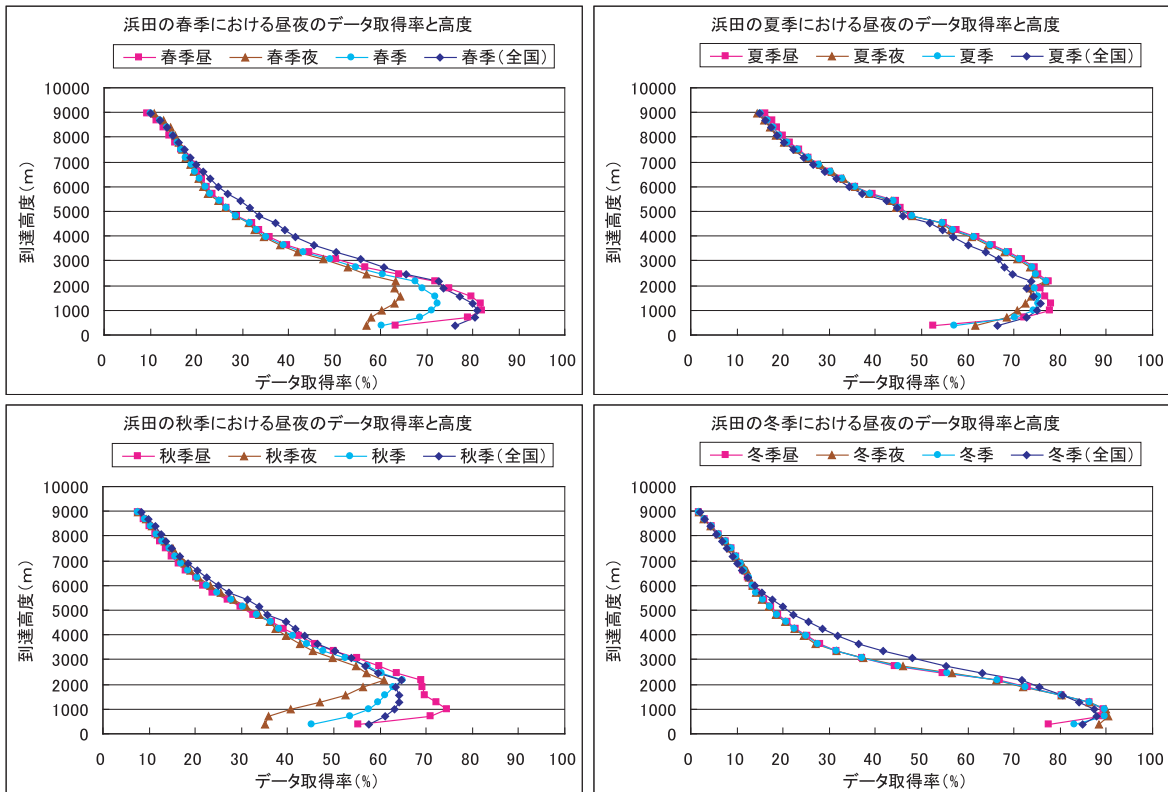




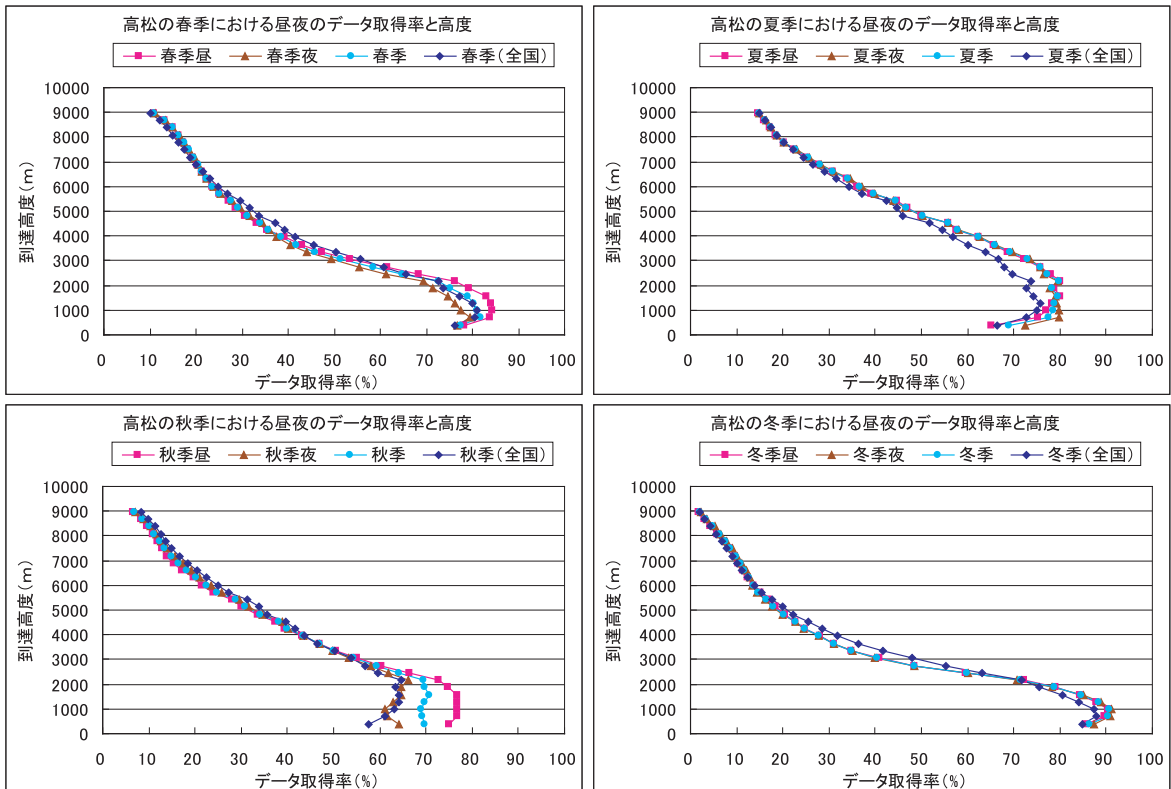
第 4.2.5(16) 図 観測局別のデータ取得率（美浜）



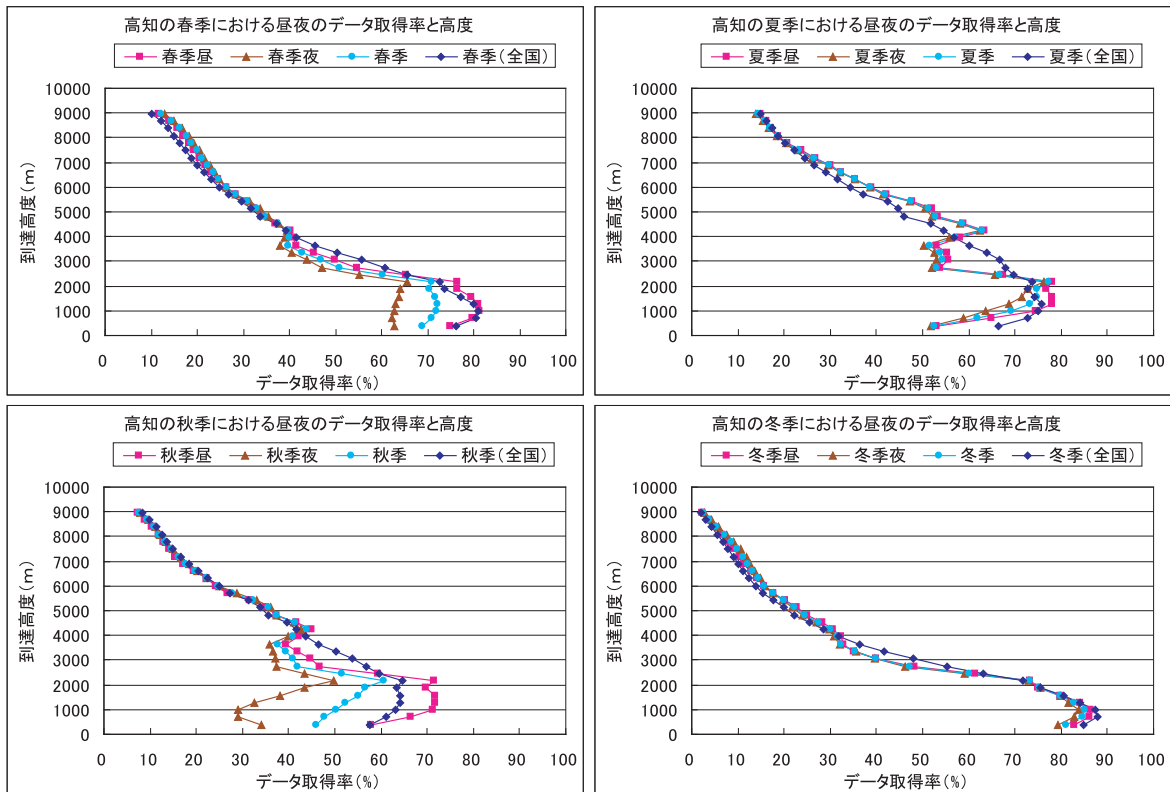
第 4.2.5(17) 図 観測局別のデータ取得率（鳥取）



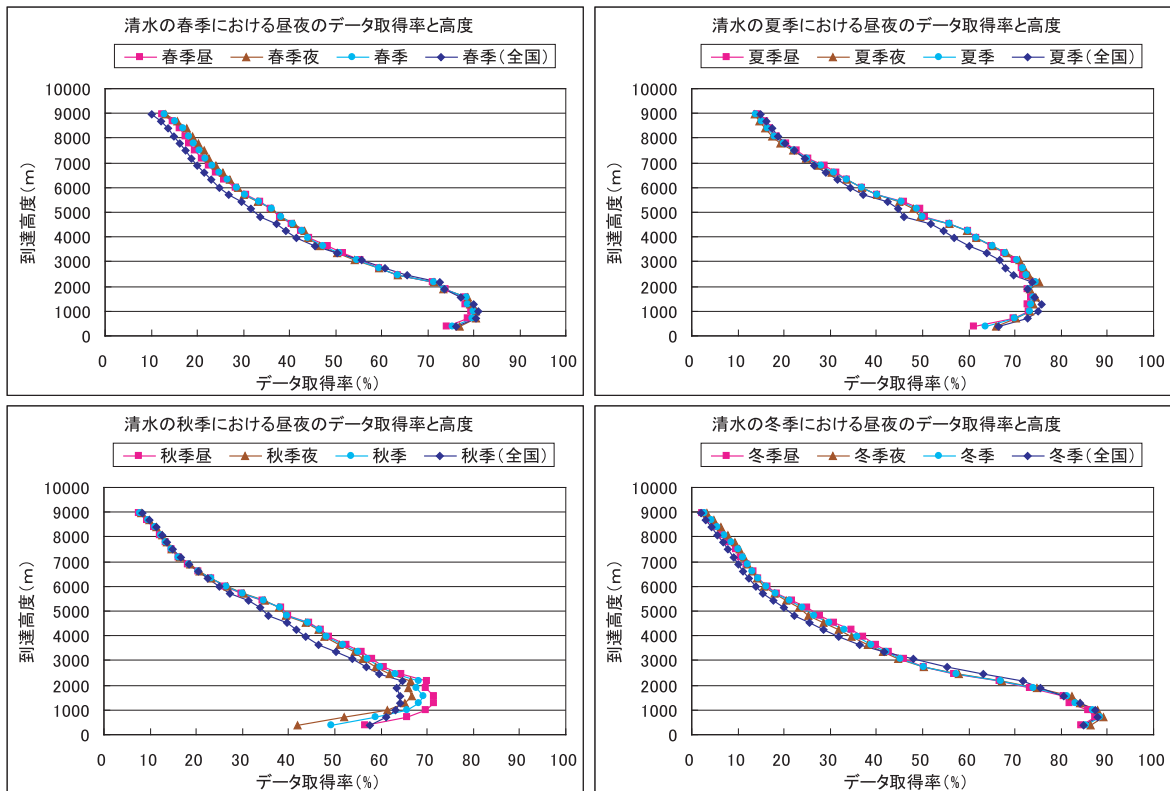
第 4.2.5(18) 図 観測局別のデータ取得率 (浜田)



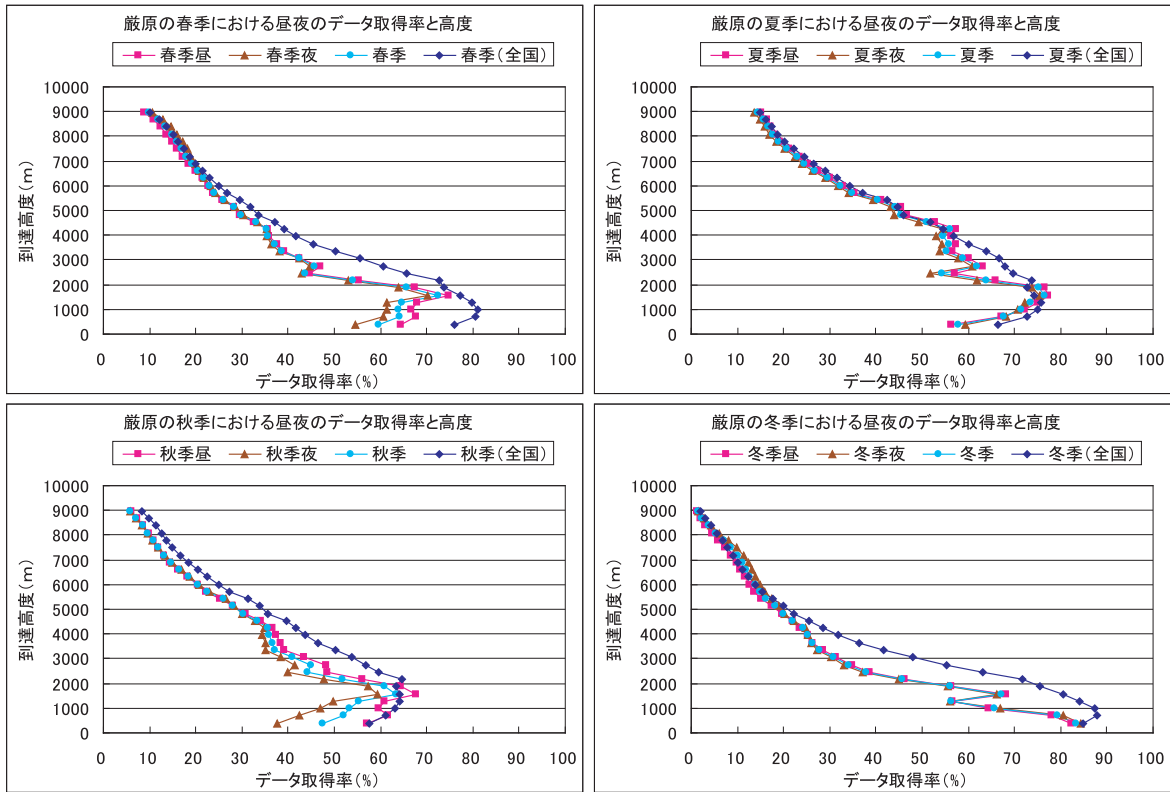
第 4.2.5(19) 図 観測局別のデータ取得率 (高松)



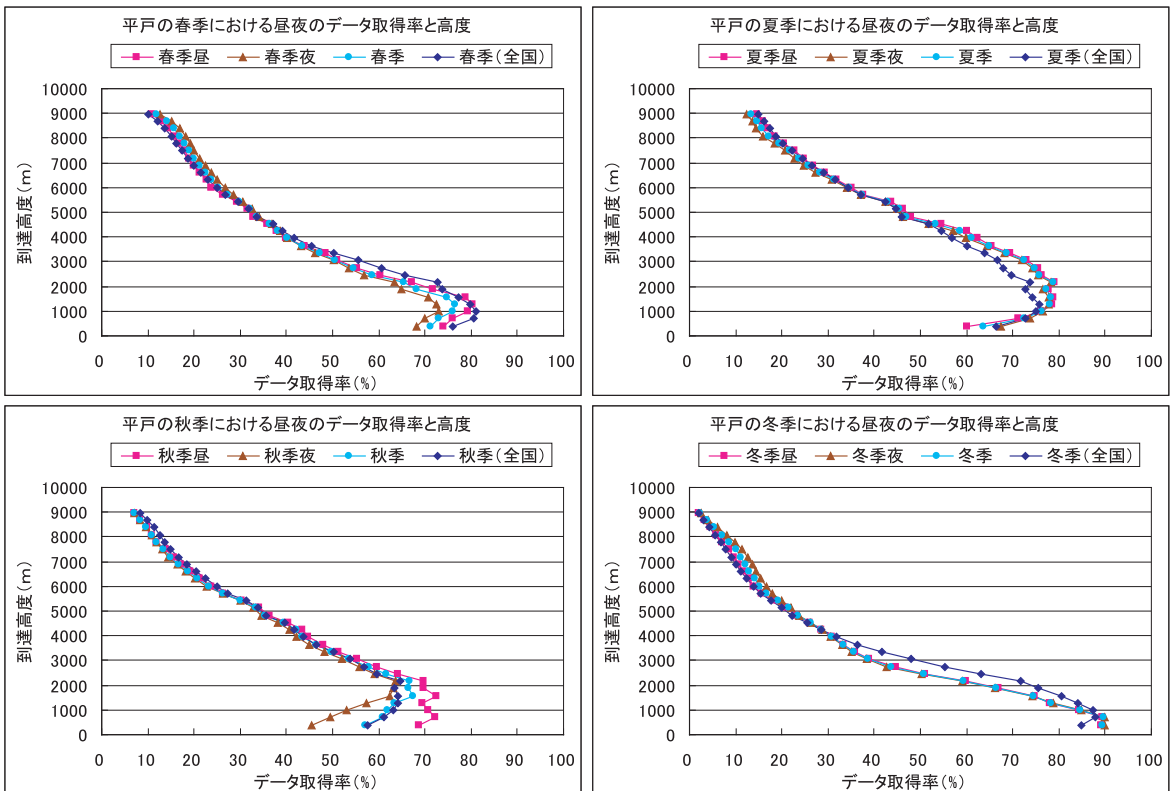
第 4.2.5(20) 図 観測局別のデータ取得率 (高知)



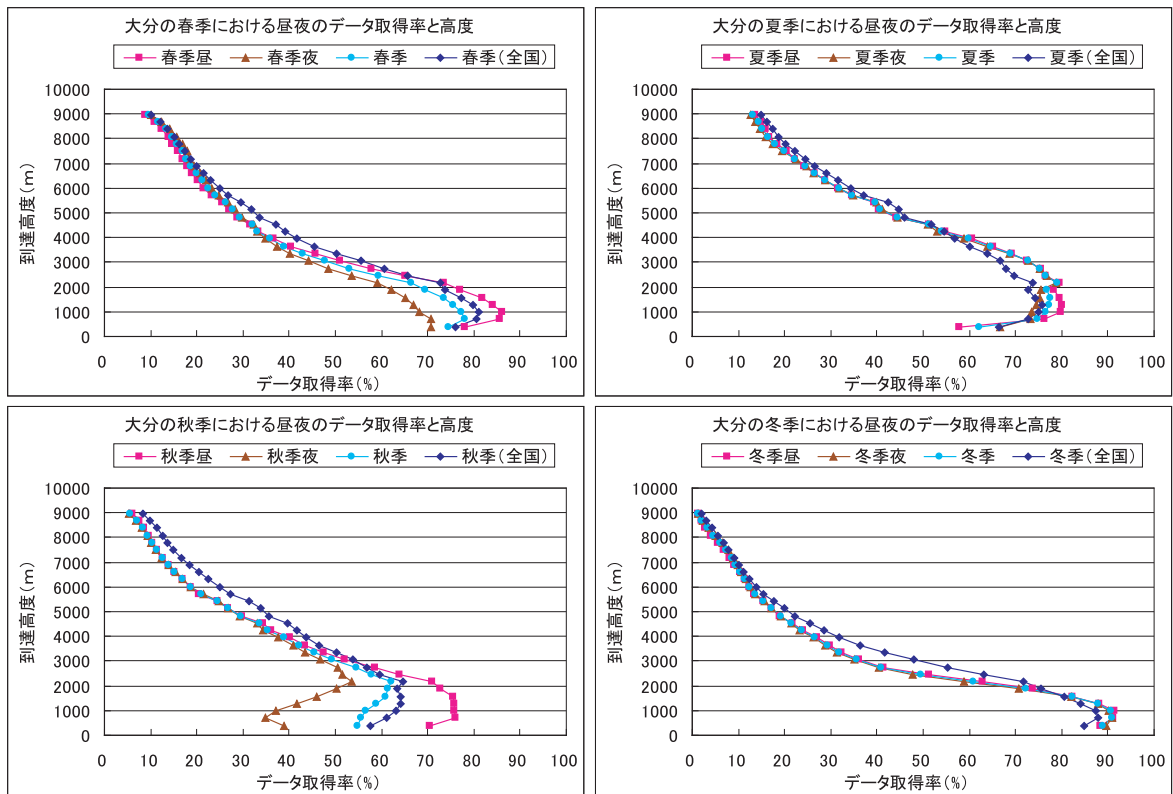
第 4.2.5(21) 図 観測局別のデータ取得率 (清水)



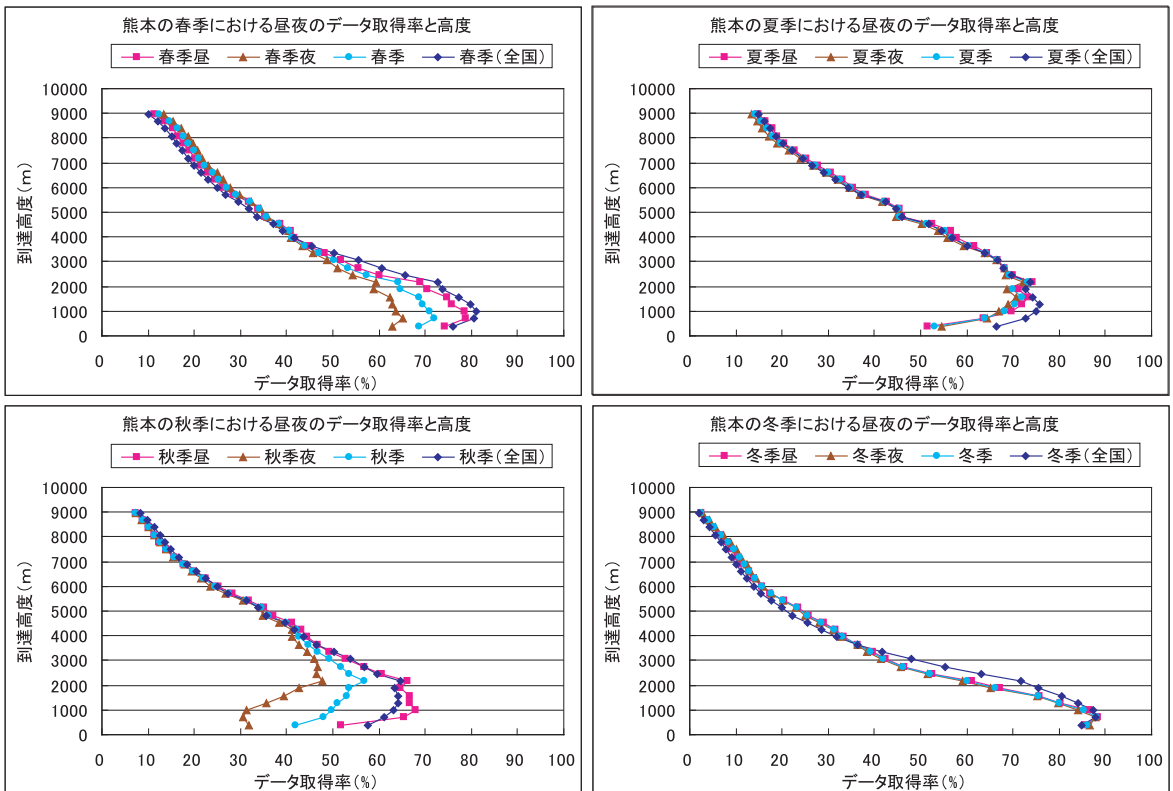
第 4.2.5(22) 図 観測局別のデータ取得率（厳原）



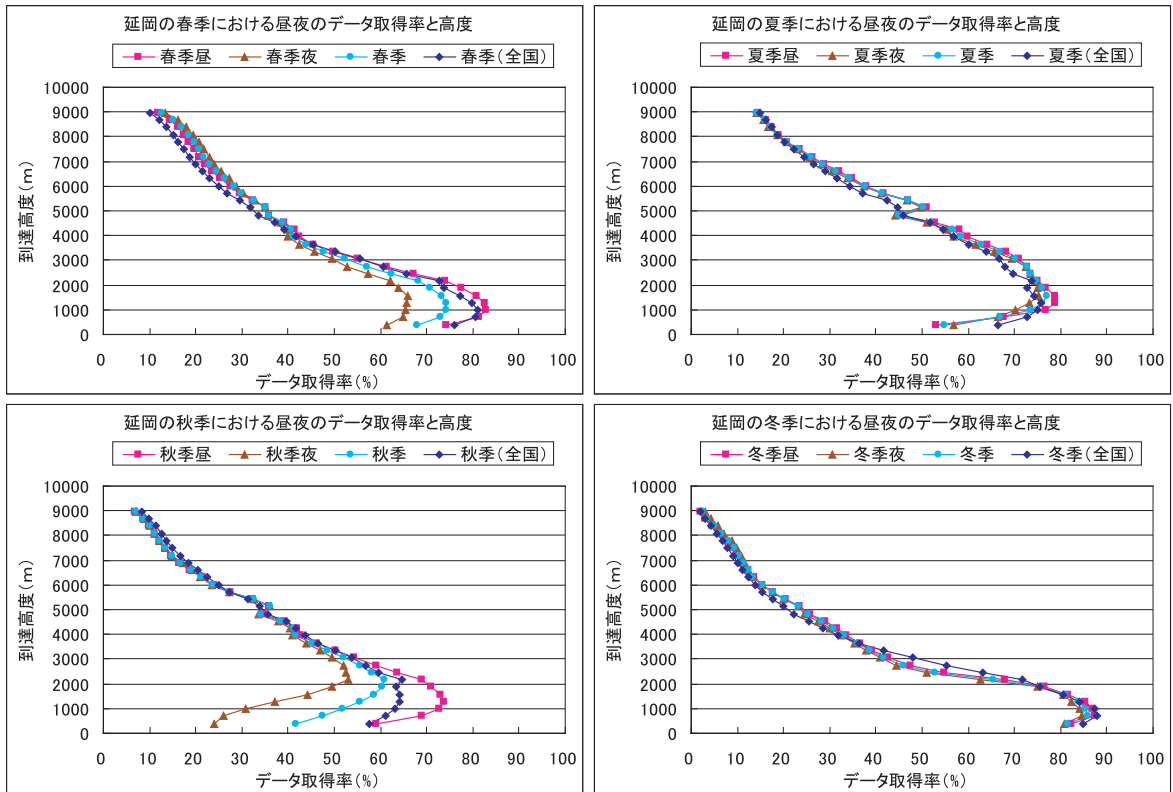
第 4.2.5(23) 図 観測局別のデータ取得率（平戸）



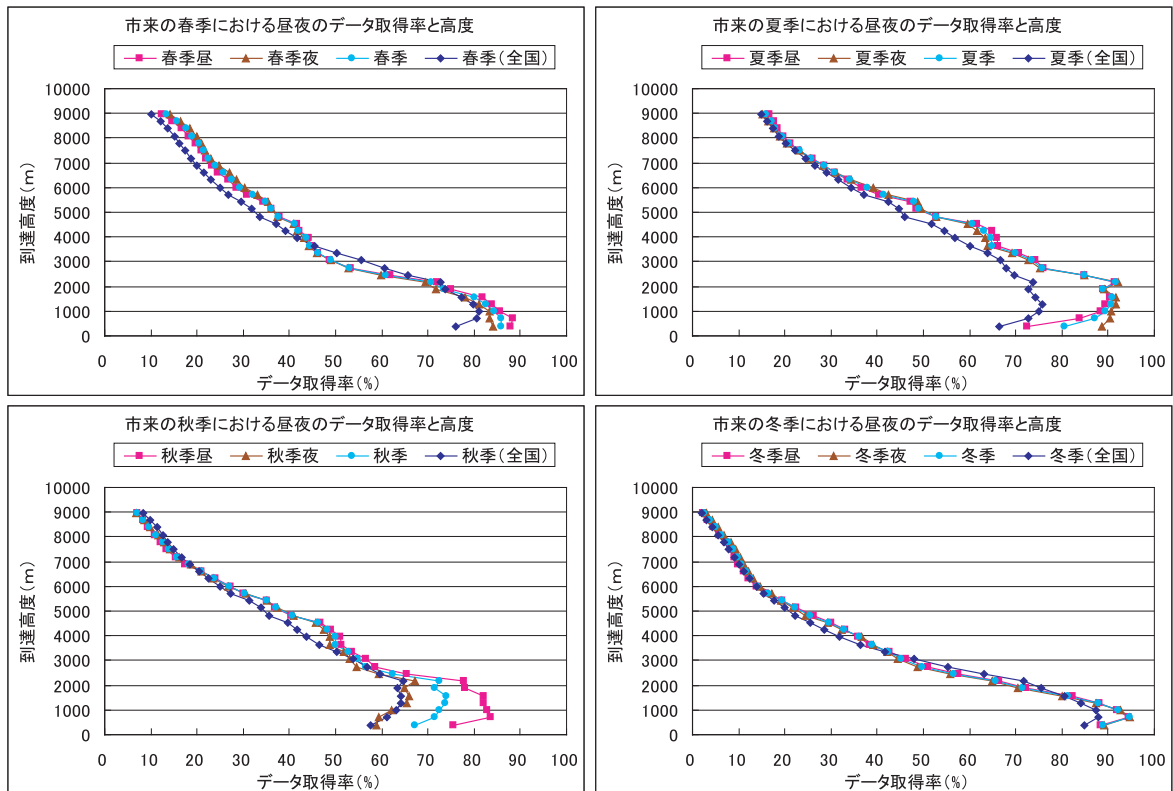
第 4.2.5(24) 図 観測局別のデータ取得率 (大分)



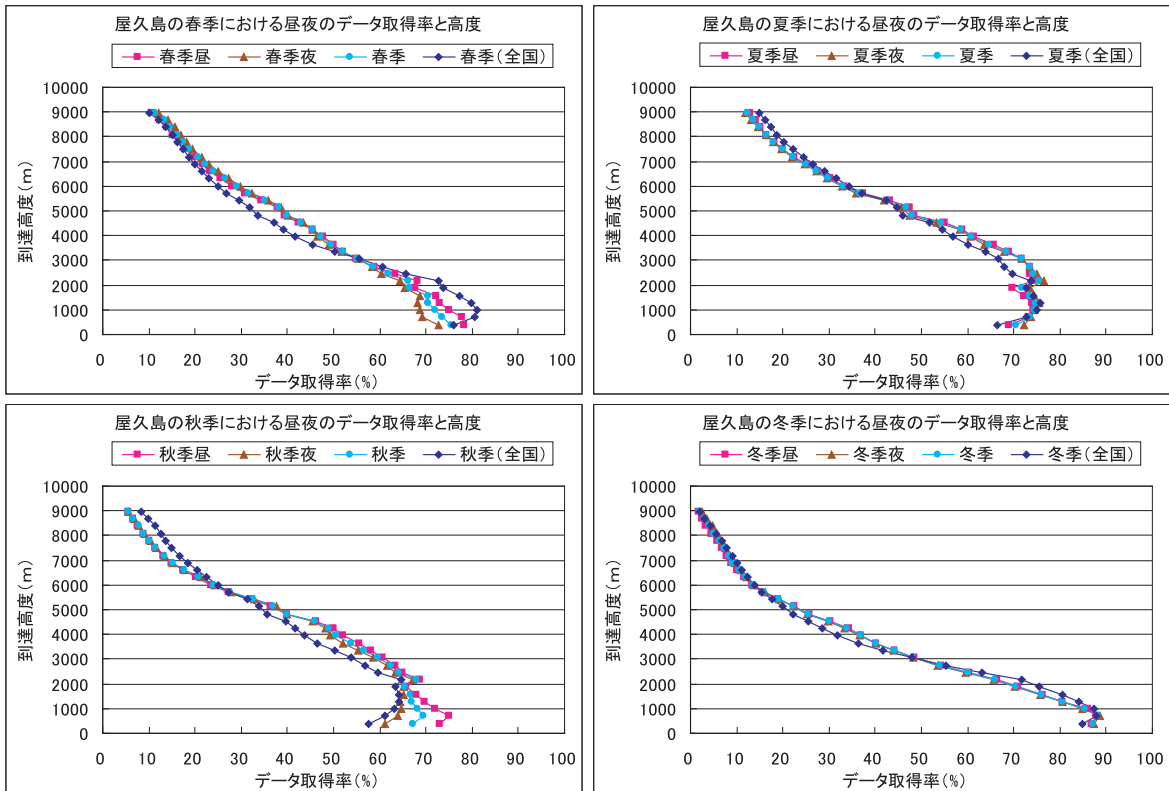
第 4.2.5(25) 図 観測局別のデータ取得率 (熊本)



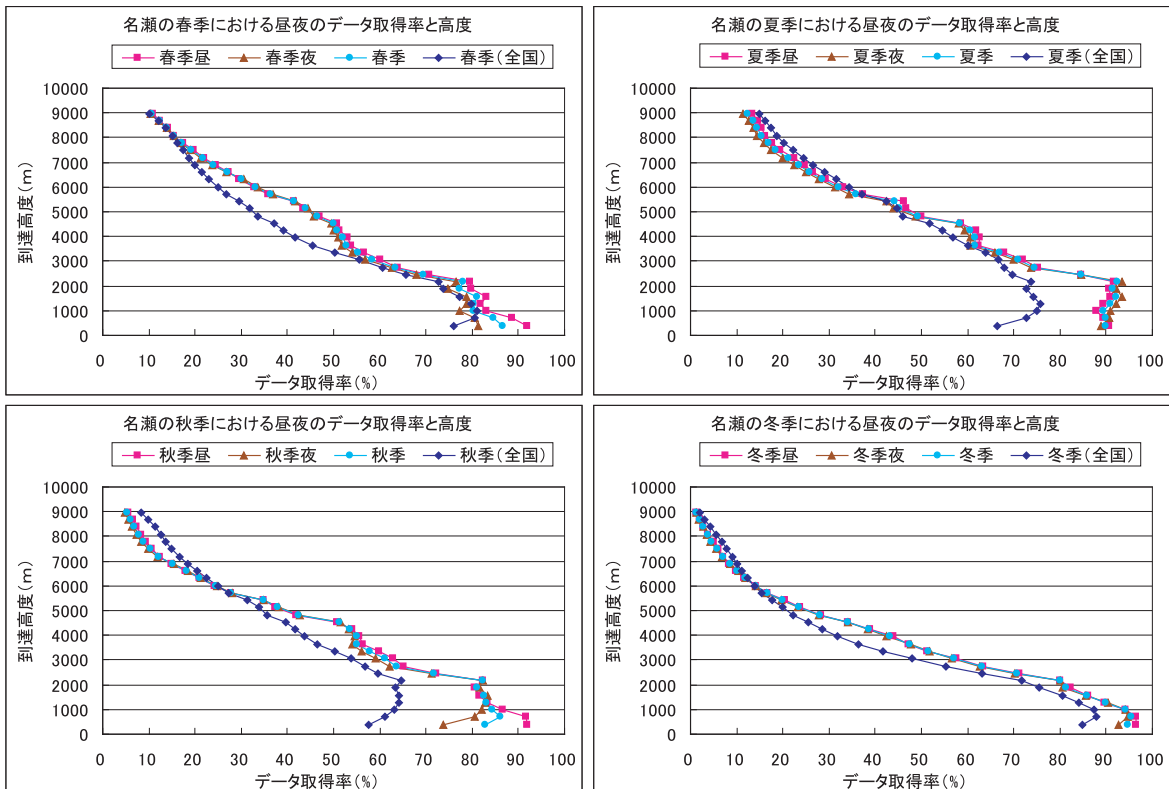
第 4.2.5(26) 図 観測局別のデータ取得率 (延岡)



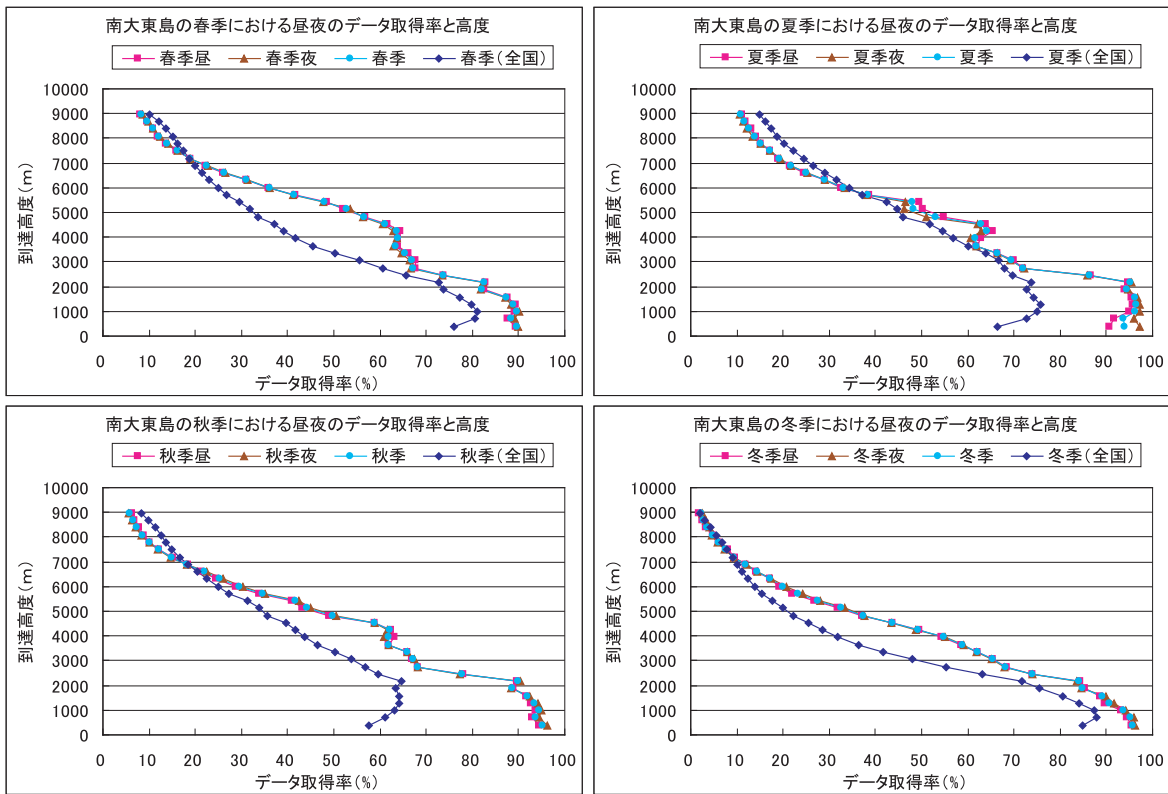
第 4.2.5(27) 図 観測局別のデータ取得率 (市来)



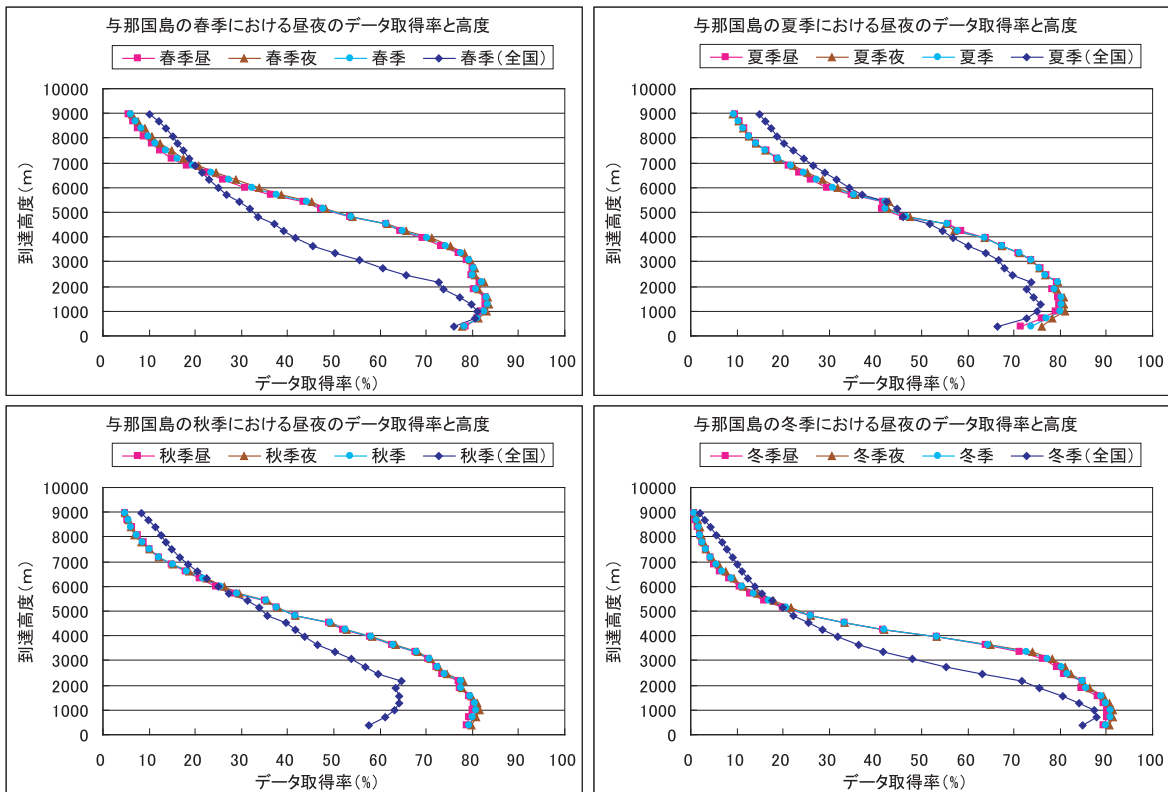
第 4.2.5(28) 図 観測局別のデータ取得率 (屋久島)



第 4.2.5(29) 図 観測局別のデータ取得率 (名瀬)



第 4.2.5(30) 図 観測局別のデータ取得率 (南大東島)



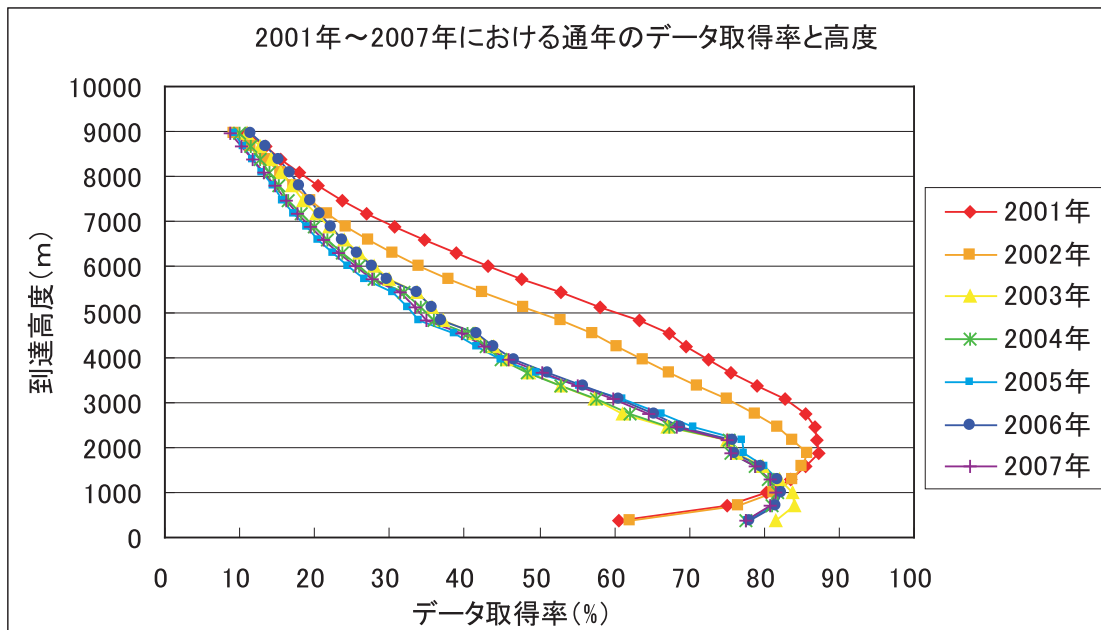
第 4.2.5(31) 図 観測局別のデータ取得率 (与那国島)

4.2.3 2001年から2007年までのデータ取得率の比較

2001年から2007年までのデータ取得率の変化を比較するために、全観測局の通年のデータ取得率を平均した年別のデータ取得率を第4.2.6図に示す。

グラフを見ると、2002年までのデータ取得率と2003年以降のデータ取得率に明らかな違いが

見られる。これは、運用開始から2002年末までの間のデータ処理（高度内挿付加処理※）に不具合があったためである。不具合改修以降は、1km付近までのデータ取得率が高くなり、逆に1kmより上空でデータ取得率が下がったように見られるが、2003年から2007年までのデータ取得率は本来のデータ取得率を示しており、年別による変化はほとんど見られない。



第4.2.6図 年別のデータ取得率 (31観測局平均)

※高度内挿付加処理

通常10分平均値が求められない場合には欠測（データなし）となるが、暫定的に欠測となった上下層の観測値から内挿値（高度内挿値）を求め、次の観測値を求めるための初期値として使用している。この内挿値は観測値としては使用しないので、正常な観測値と識別するための高度内挿フラグをQC結果情報に付加している。しかし、運用開始から2002年にかけて観測値に不自然な部分があることが判明し調査したところ、内挿値であることを示す高度内挿フラグが適切にQC結果情報に付加されず、内挿値が正常な観測値として使用されていることがわかった。このように、正常な観測値として処理されてしまった内挿値は、過去にさかのぼってこれを識別しフラグを付加することができないため、第4.2.6図では2001年、2002年のデータ取得率が高いように見えるが、実際のデータ取得率はグラフよりも低い。この不具合については、2002年10月から11月にかけて中央監視局の情報処理装置を改修した。

5. WINDAS のデータの品質⁵

5.1 ウィンドプロファイラデータとラジオゾンデデータの比較

八丈島観測局、南大東島観測局では、同一地点においてラジオゾンデによる高層気象観測を実施しており、また、名瀬観測局から東に約 5km 離れた本茶峠（名瀬測候所高層分室）でもラジオゾンデによる高層気象観測を実施している。

本節では、この 3 地点について、ウィンドプロファイラとラジオゾンデ（以下、本章では「WPR」と「ゾンデ」という。）の観測値を比較した結果について報告する。

(1) 調査期間

八 丈 島：2004 年 1 月 1 日から 2007 年 12 月 31 日

南大東島：2005 年 3 月 1 日から 2007 年 12 月 31 日

名 瀬：2007 年 3 月 1 日から 2007 年 12 月 31 日

なお、調査期間は GPS 方式のゾンデによる高層気象観測に移行した後とした。

(2) データセット

WPR データ：気象庁月報掲載の 10 分平均値（風向・風速）データを利用。

ゾンデデータ：気象庁月報掲載の風観測点データと付属情報を利用。

(3) 比較前のデータ整理

WPR データとゾンデデータを比較するためには、高度と時間を合わせる必要がある。

高度については、ゾンデの風観測点データを直線内挿して WPR の観測高度における値を求め、時間については、ゾンデの平均上昇速度を 6m/s と仮定し、ゾンデが通過した時刻に近い WPR の観測データを抽出した。整合処理の概要を第 5.1 表に示す。

(4) 比較方法

① WPR とゾンデの風の東西成分と南北成分の相関。

② WPR とゾンデの風の東西成分の差と南北成分の差。

③ 風向差（WPR-ゾンデ）の頻度分布。

④ 風速差（WPR-ゾンデ）の頻度分布。

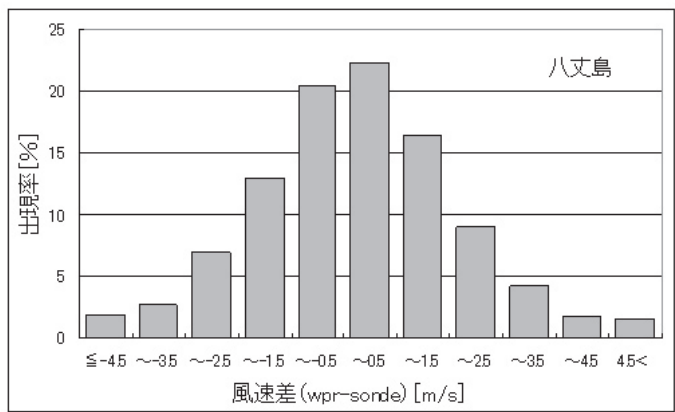
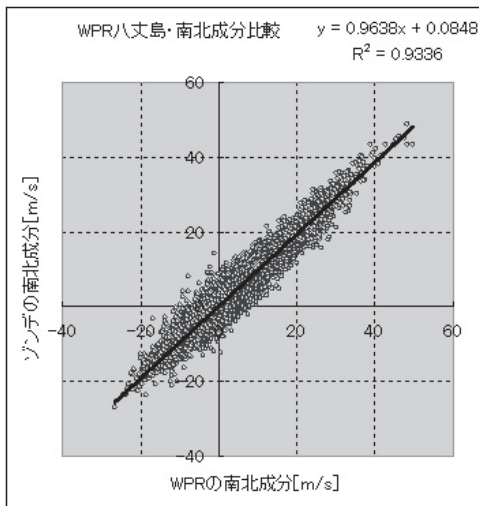
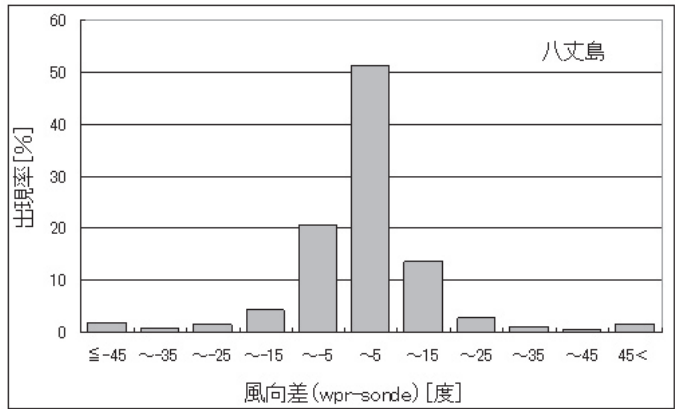
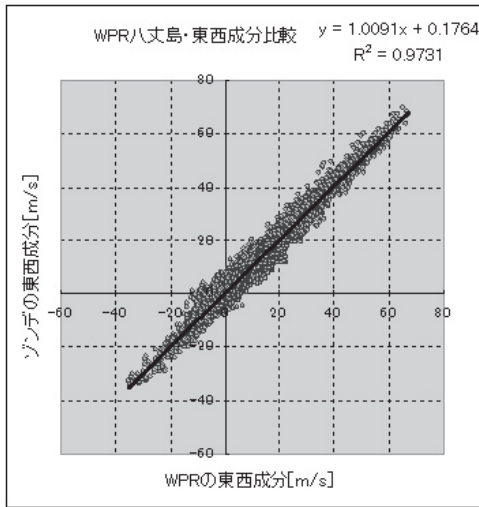
(5) 比較結果

八丈島（第 5.1 図）、名瀬（第 5.2 図）とも東西成分、南北成分の分散、及び風向差、風速差、相関係数は同じような傾向を示しており、WPR とゾンデとは差が小さいといえる。南大東島（第 5.3 図）については、台風通過の影響により対応の悪い部分があった。台風の影響については後述するが、この影響を取り除くと（第 5.8 図）、八丈島、名瀬と同様の結果となった。このように WPR とゾンデの比較では、3 観測地点とも相関係数が東

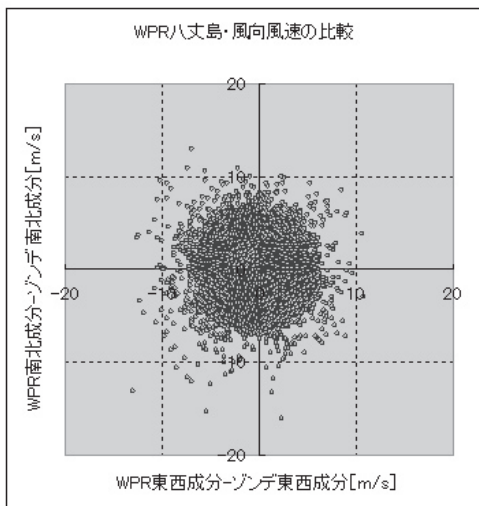
第 5.1 表 WPR データとゾンデデータの整合方法

	WPR データ	ゾンデデータ								
高度の整合	WPR の観測高度を基本	WPR の観測高度を挟む上下のゾンデ観測点から、高度-風向、高度-風速の関係による直線内挿入により求める。								
時刻の整合	WPR10 分値データは、前 10 分間の平均風である。 また、気球の計画上昇速度が 6m/s であることから、以下の時刻のデータを使用した。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td>地上からの高度</td> <td>観測時刻</td> </tr> <tr> <td>地上～ 3600m</td> <td>08 : 40, 20 : 40</td> </tr> <tr> <td>3601～ 7200m</td> <td>08 : 50, 20 : 50</td> </tr> <tr> <td>7201～10800m</td> <td>09 : 00, 21 : 00</td> </tr> </table>	地上からの高度	観測時刻	地上～ 3600m	08 : 40, 20 : 40	3601～ 7200m	08 : 50, 20 : 50	7201～10800m	09 : 00, 21 : 00	08 時 30 分、20 時 30 分飛揚の観測のみ使用した。再観測などで飛揚時刻が異なる観測は使用しない。
地上からの高度	観測時刻									
地上～ 3600m	08 : 40, 20 : 40									
3601～ 7200m	08 : 50, 20 : 50									
7201～10800m	09 : 00, 21 : 00									

⁵ 阿保 敏広・中里 好幸（現 観測課）
河野 沙恵子

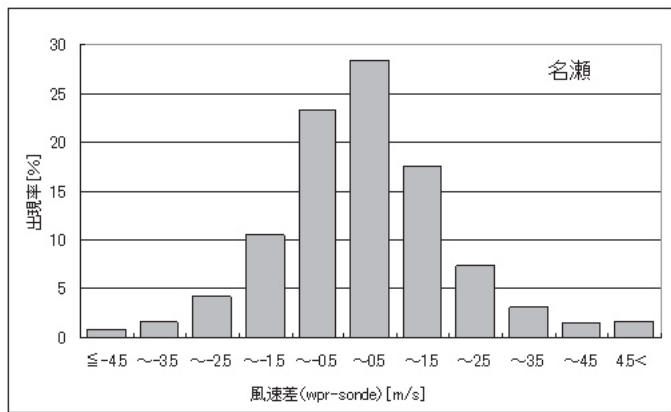
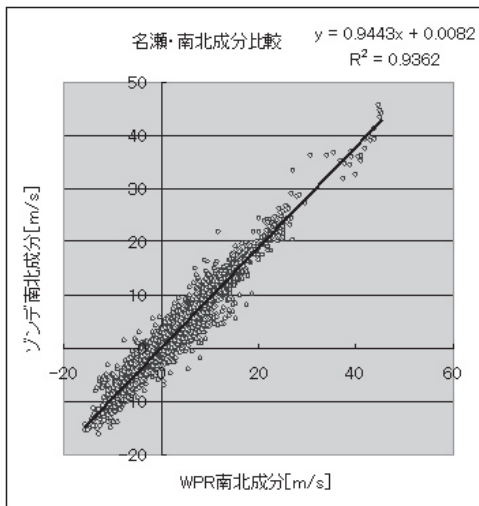
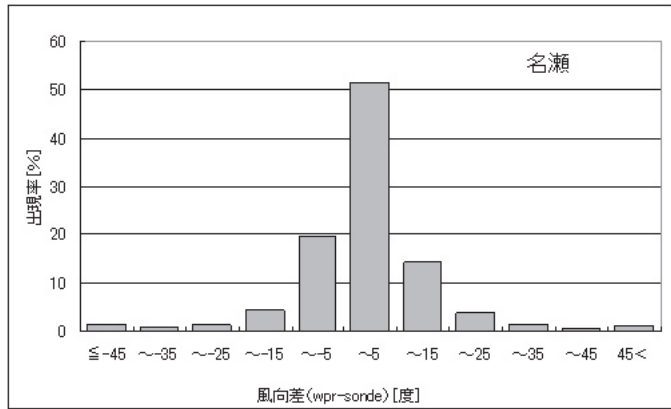
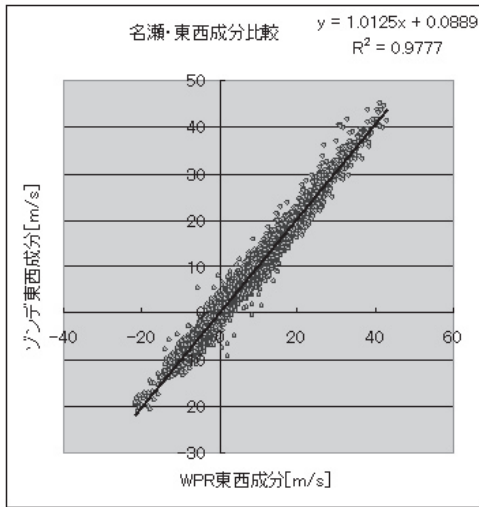


八丈島	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.2802	0.022288	-0.84341	-0.254
標準誤差	0.011808	0.011983	0.112904	0.01178
標準偏差	2.021809	2.051746	19.33226	2.017112
分散	4.087712	4.20966	373.7362	4.068743
標本数	29319	29319	29319	29319

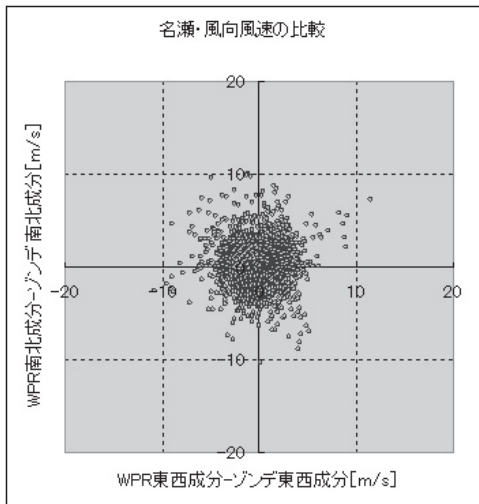


	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9864	0.9662	y: sonde
回帰式	y=1.0091x+0.1764	y=0.9638x-0.0848	x: wpr

第 5.1 図 八丈島における WPR とゾンデの風観測値比較

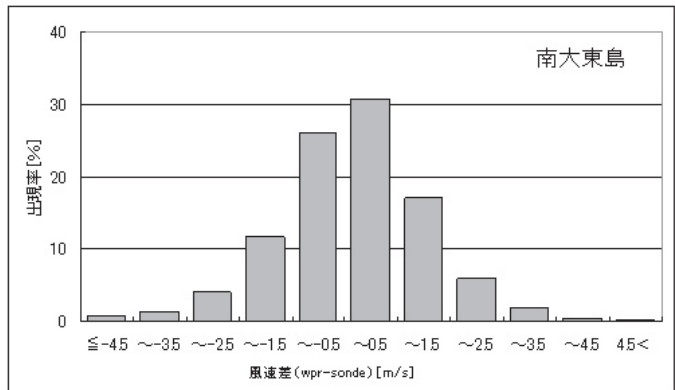
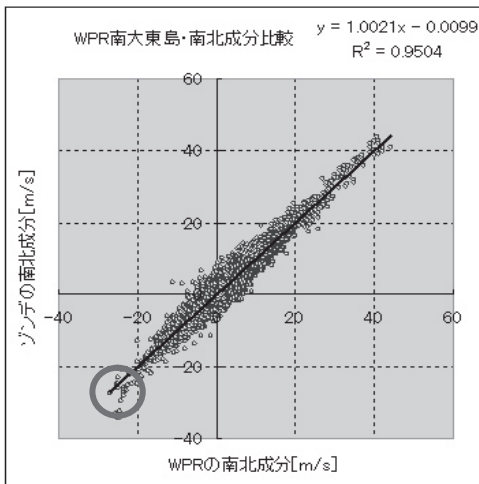
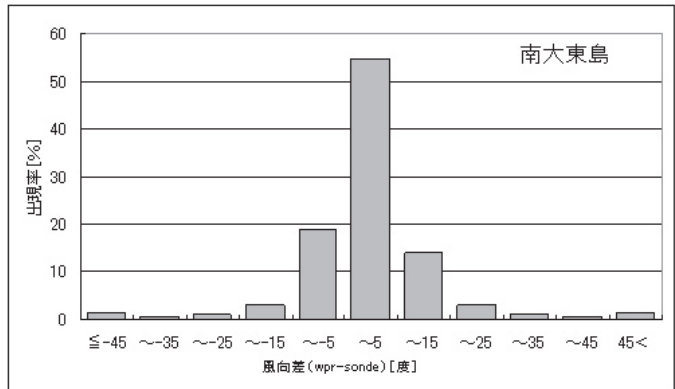
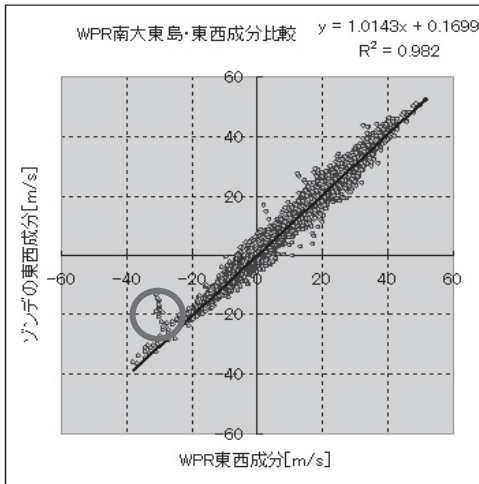


名瀬(GPS)	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.17652	0.148379	-0.67136	-0.11295
標準誤差	0.023678	0.025294	0.246296	0.025623
標準偏差	1.658288	1.771517	17.24953	1.794511
分散	2.749919	3.138272	297.5462	3.220271
標本数	4905	4905	4905	4905

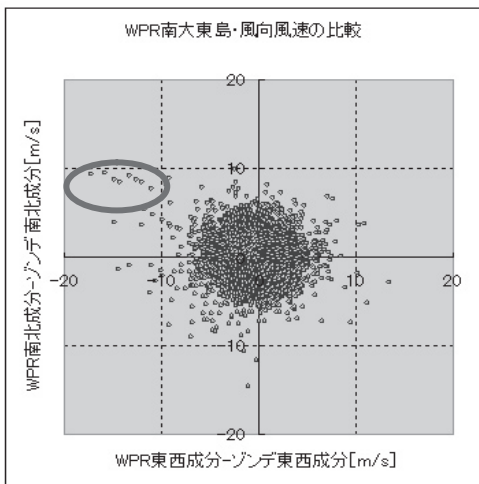


	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9888	0.9676	y: sonde
回帰式	y=1.0125x+0.0889	y=0.9443x-0.0082	x: wpr

第 5.2 図 名瀬における WPR とゾンデの風観測値比較



南大東島	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.245924	0.0068076	-0.029764	-0.333009
標準誤差	0.0094205	0.0089468	0.1116998	0.0090537
標準偏差	1.5405898	1.4631243	18.266923	1.4806083
分散	2.3734169	2.1407326	333.68046	2.1922008
標本数	26744	26744	26744	26744



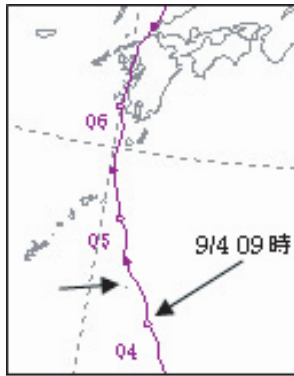
	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9909	0.9749	y: sonde
回帰式	$y=1.0143x+0.1699$	$y=1.0021x-0.0099$	x: wpr

第 5.3 図 南大東島における WPR とゾンデの風観測値比較

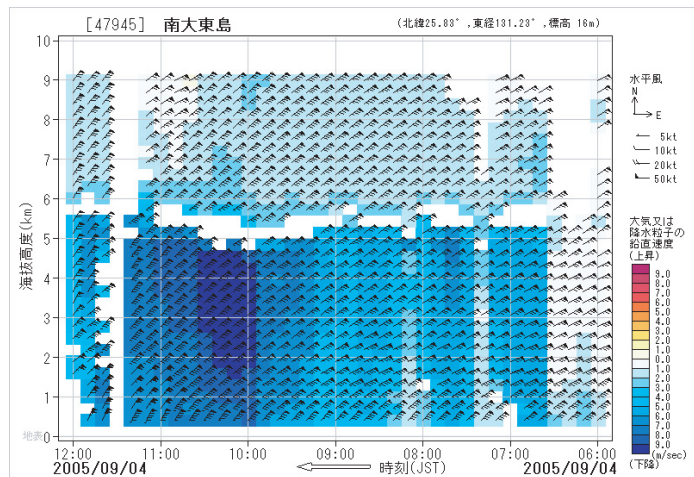
西成分では 0.98 以上，南北成分では 0.96 以上と高い相関を示している。この事実は，WPR とゾンデのデータを数値予報の第 1 推定値を用いて比較し，WPR とゾンデの風の精度は同程度であるとした気象庁予報部（2001）の結果と符合する。

第 5.3 図の南大東島の散布図を見ると，明らかに相関が低い部分（○印）があり，この部分について調査を進めた。このデータは，2005 年 9 月 4 日の 09 時の観測で，当日は第 5.4 図のように台風第 14 号が接近中であり，第 5.5 図に示すとおり，地上付近から上層まで 40m/s 近い風が吹いてい

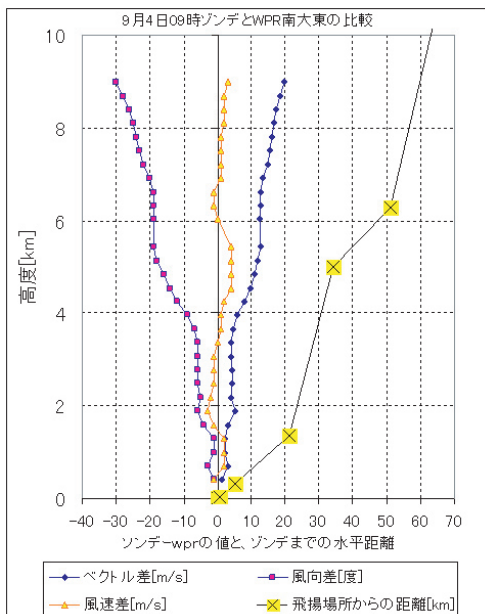
る。強い風が吹くほどゾンデは風に流されて観測地点から遠く離れる。09 時のゾンデデータから，上昇速度を 6m/s と仮定して，ゾンデの水平方向への移動距離を計算した結果を第 5.6 図（×印）に示す。また，同図に，ゾンデデータと WPR データとの差を表してみると，風速差には顕著な差はないが，風向差は高度が高くなるほど，すなわち，ゾンデとの距離が離れるほど差が大きくなっていることがわかる。この高度約 4km 以上の観測データが第 5.3 図で差の大きなデータとなった。風向差が負であることから，WPR の風向の方が大きい。ゾンデが台風縁辺の反時計回りの流れによって移動したことにより，WPR との風向に差が生じたものと考えられる（第 5.7 図）。



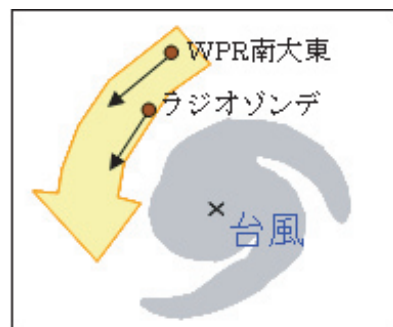
第 5.4 図 台風 14 号 (T0514) の経路図
南大東付近を 4 日の深夜通過。



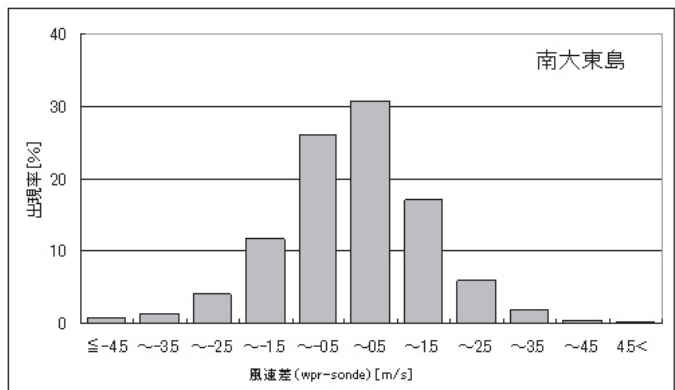
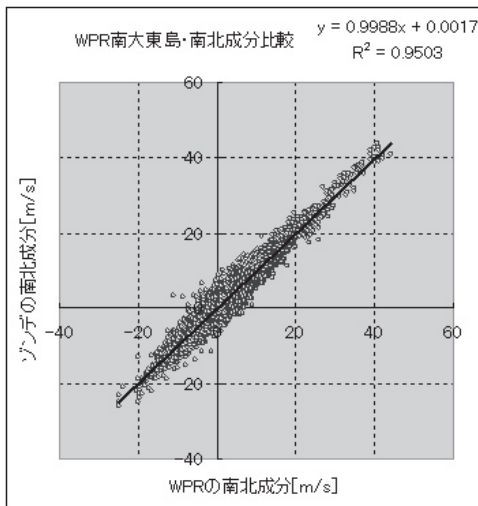
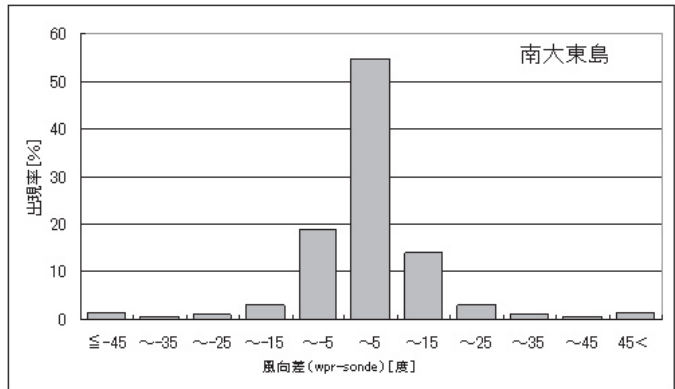
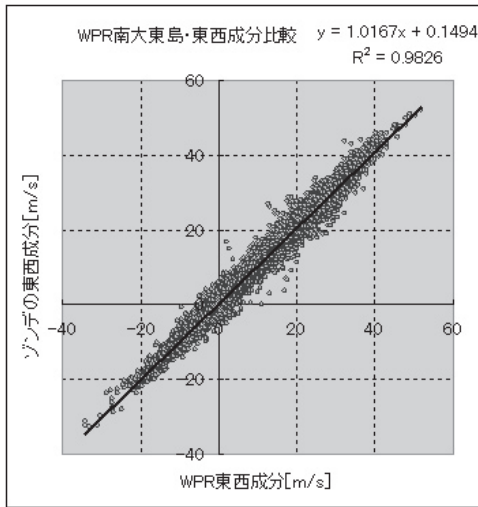
第 5.5 図 当日の WPR 観測 (時間-高度断面図)



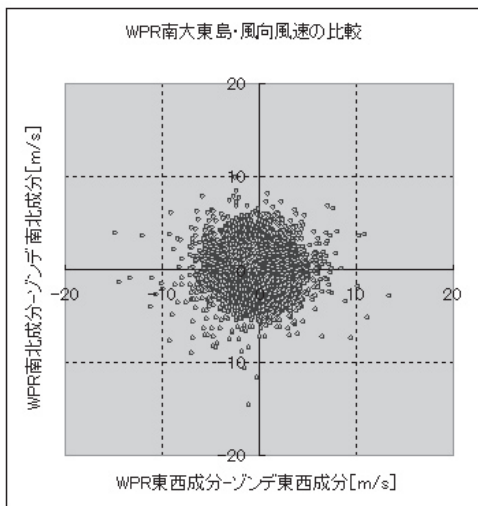
第 5.6 図 高度との関係図



第 5.7 図 WPR との差が大きくなった模式図



南大東島	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.246332	0.0057957	-0.04315	-0.333732
標準誤差	0.0094151	0.0089449	0.1116557	0.0090475
標準偏差	1.5405444	1.4635978	18.259722	1.4803978
分散	2.3732771	2.1421184	333.41745	2.1915776
標本数	26773	26773	26773	26773



	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9910	0.9749	y: sonde
回帰式	y=1.0143x+0.1701	y=1.0023x-0.0092	x: wpr

第 5.8 図 南大東島における WPR とゾンデの風観測値比較 (2005 年 9 月 4 日を除く)

5.2 WPR観測とゾンデ観測の比較(天候の違い)

WPRは、降水粒子が存在する場合には、降水粒子からの信号強度が大気からの信号強度より強いいため、降水粒子の動きを測定する。降水粒子はその場の風に流されているので、水平方向の風速が測定できる。ただし、鉛直方向は降水粒子の対地速度(鉛直流と降水粒子の落下速度の和)となる。

本節では、降水の有無に分けたWPR観測とゾンデ観測の比較について調査を行った。観測地点としては、WPRが設置されている高層気象官署の内、WPR観測と方向探知方式によるゾンデ観測を平行して行ったことのある名瀬と南大東島のデータを利用した。なお、自動放球装置によるゾンデ観測では飛揚時の天気や雲などの目視情報がないので、この期間については調査対象から除外している。調査は、現在天気から雨、過去雨、雨なしの事例に分類し、WPRで観測データが得られた全層についての比較調査と、降水粒子の落下速度が最も早くなる高度3000m以下のデータについて比較調査を行った。

(1) 調査期間

名瀬：2006年1月1日から2006年12月31日

南大東島：2004年3月1日から2005年2月28日

データセット、比較前のデータ整理、比較方法は5.1と同じ。

(2) 天気の場合分け(数値は地上実況気象通報式)

雨：現在天気60以上

過去雨：現在天気21, 25

雨なし：現在天気49以下(21, 25は除く)

結果を見ると、風向差、風速差の大きさの出現率の0付近への集中度は現在天気が雨の場合(第5.9図)が最も悪く、次いで過去雨(第5.10図)、雨なし(第5.11図)の順となっている。過去雨と雨なしでは差は小さい。平均値や分散、相関係数も同様の傾向である。しかしいずれの場合もWPRとゾンデの観測値の差は小さく、降水があっても良好な観測値が得られていると考えられる。

次に、降水の落下速度が大きくなる3000m以下の高度のデータのみを抽出して求めた結果(第

5.12図, 第5.13図, 第5.14図)は、それより高い高度のデータも使用したときとほぼ同じか、現在天気が雨の場合は0付近への集中度などがやや良くなっている。これは、雨や雨雲が存在することによる影響よりも、ゾンデ観測では上空に行くほど観測地点との水平距離が離れることの影響のほうが大きいことによると思われる。

5.3 中央監視局における手動品質管理の状況

WPRは微弱な電波を受信して風を測定するため、大気以外の散乱体や機器ノイズなどの影響を受けやすく、得られる観測値には誤った値が混入する可能性が少なくない。このため、観測値が妥当な値かどうかを判断し、明らかに不良と思われる値に対しては“不良”の品質情報を付加する作業、すなわち観測データの品質管理が重要となる。

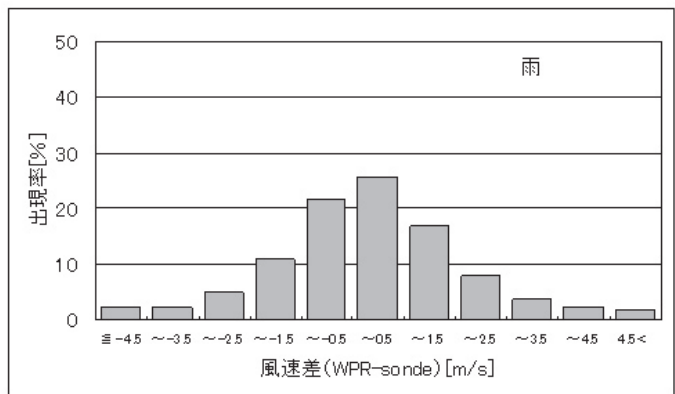
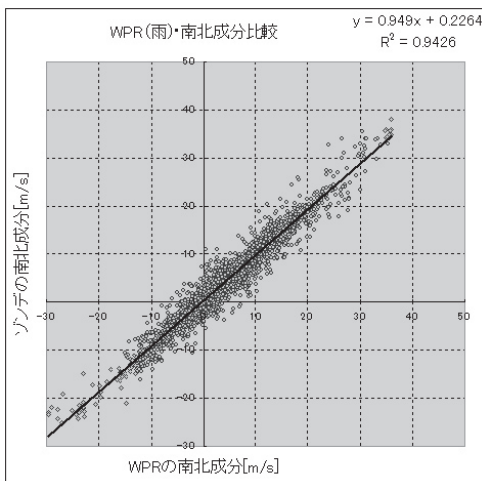
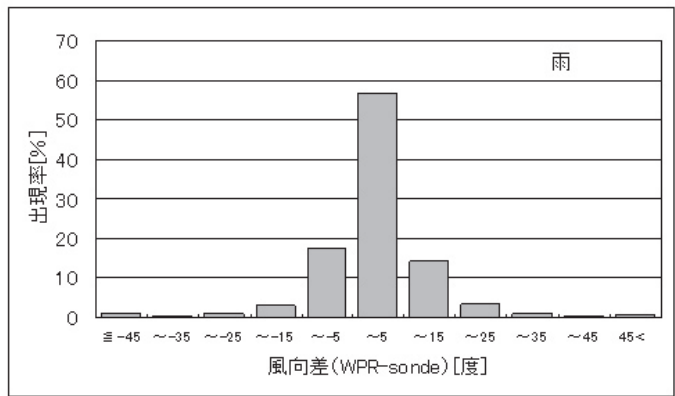
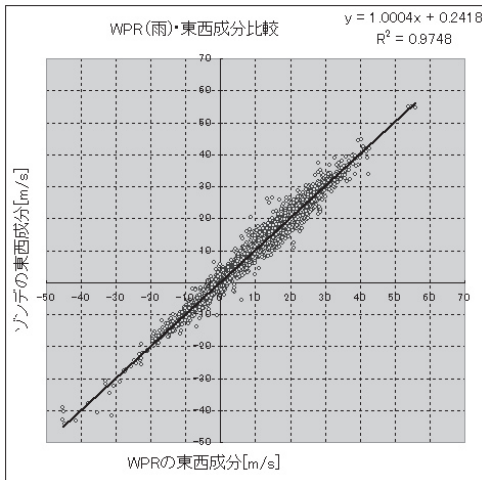
WINDASにおける観測データの品質管理は、観測局における品質管理と中央監視局における品質管理に分けられる。観測局では、1分ごとに得られた値(ビーム視線方向のドップラー速度、受信強度、スペクトル幅)に対して品質管理を行っている。その品質管理の結果、すべての項目で“良好”と判断した1分値のみを使って10分平均値を作成する。その際、コンセンサスアベレージと呼ばれる手法を用いてさらに品質管理を行う。

中央監視局では、観測局で作成された10分平均値に対して二次曲面近似チェック、鉛直シアーチェックなどの自動品質管理を行い、“良好”と判断した10分平均値のみを最終的な観測値とする。

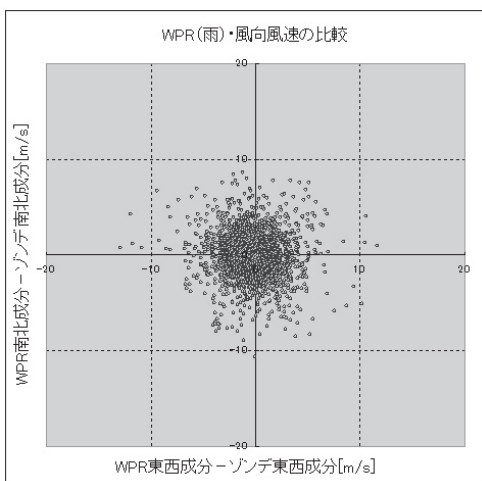
中央監視局においては、自動品質管理を行った後、実施結果を観測者が目視により確認しており、必要に応じて手動により品質管理情報の書換え(手動品質管理)を実施している。

手動品質管理は、以下の観点で行っている。

- (1) ゾンデなどの他の観測データや数値予報の結果などをもとにして、WPRの観測値が大局的に総観場と整合しているかを判断する。
- (2) 観測値が急激に変化するとき(例えば、前線や積乱雲などのじょう乱が観測地点を通過する場合)には、自動品質管理によって正常な値が除去されてしまうことがある。そのよ

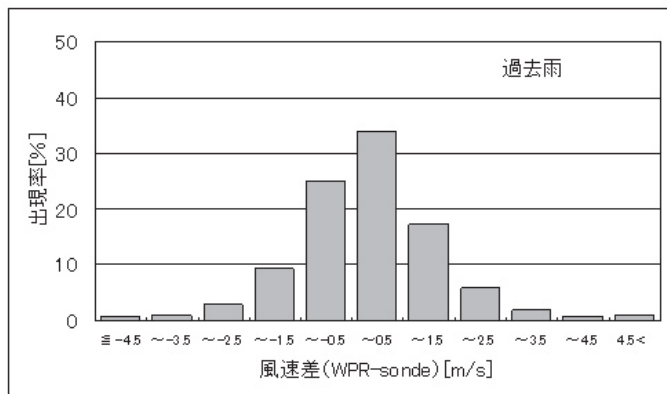
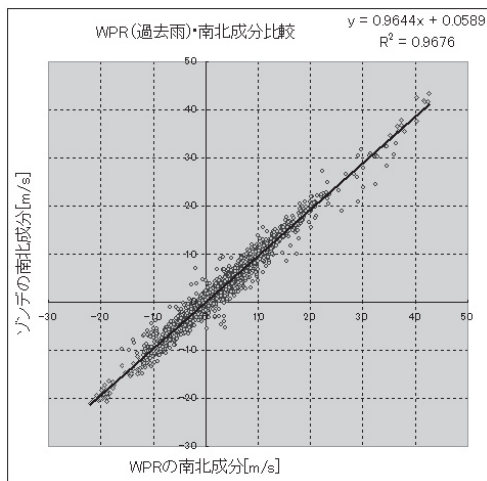
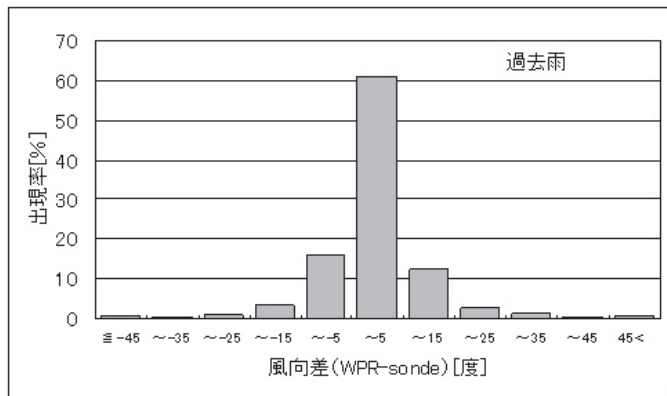
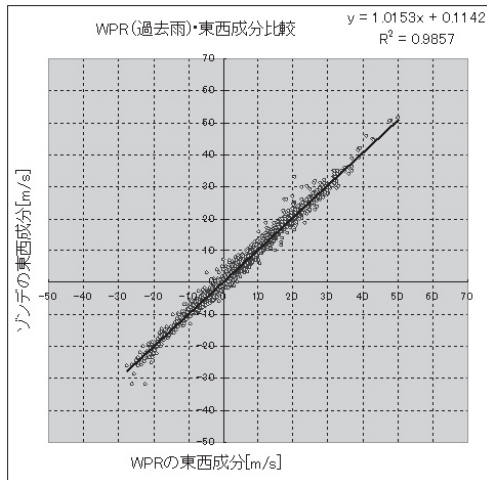


雨	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.24552	-0.01864	-0.13145	-0.17232
標準誤差	0.036123	0.036452	0.274411	0.036249
標準偏差	2.02964	2.048126	15.41836	2.036744
分散	4.119439	4.194821	237.7258	4.148324
標本数	3157	3157	3157	3157

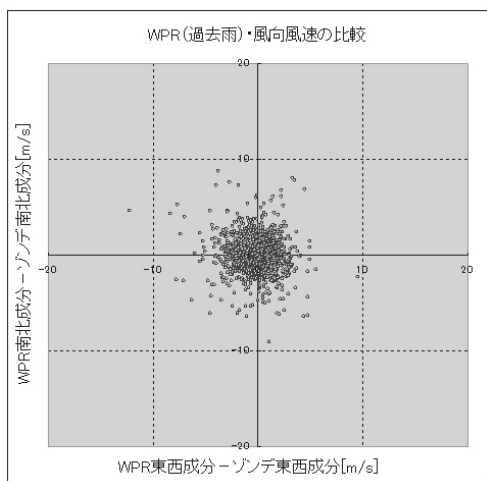


雨	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9873	0.9709	y: sonde
回帰式	$y = 1.0004x + 0.2418$	$y = 0.9490x - 0.2264$	x: wpr

第 5.9 図 現在天気が雨の場合の WPR とソンの風観測値比較

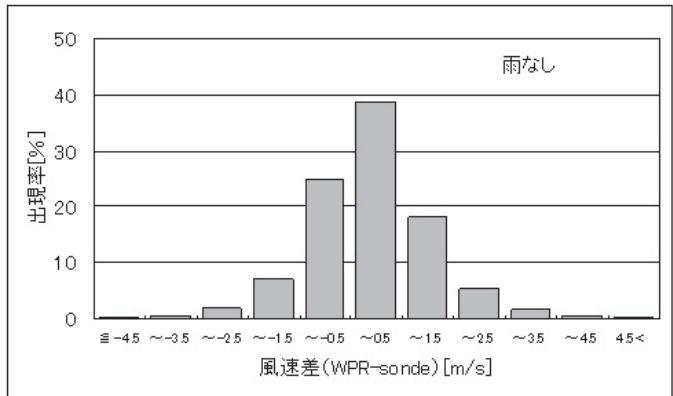
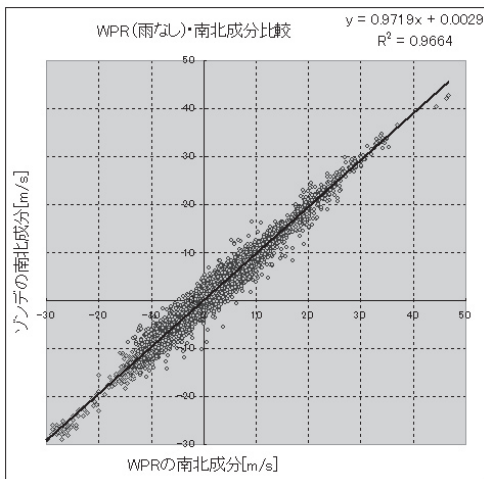
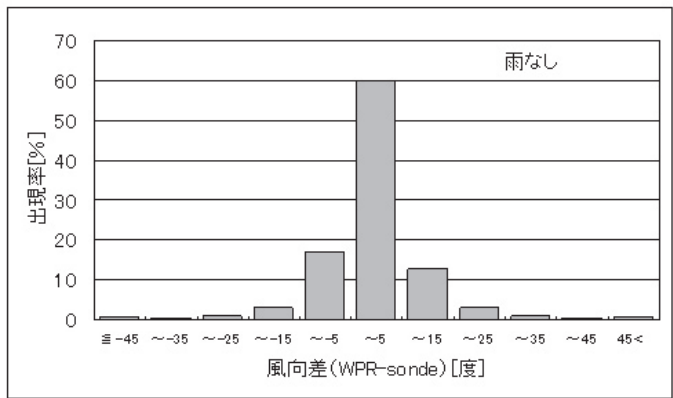
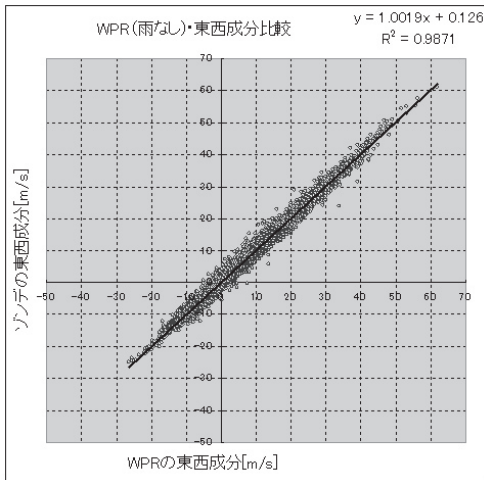


過去雨	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.18821	0.028241	0.32656	-0.17997
標準誤差	0.032783	0.034344	0.302438	0.033501
標準偏差	1.490435	1.561413	13.75011	1.523093
分散	2.221396	2.438012	189.0656	2.319812
標本数	2067	2067	2067	2067

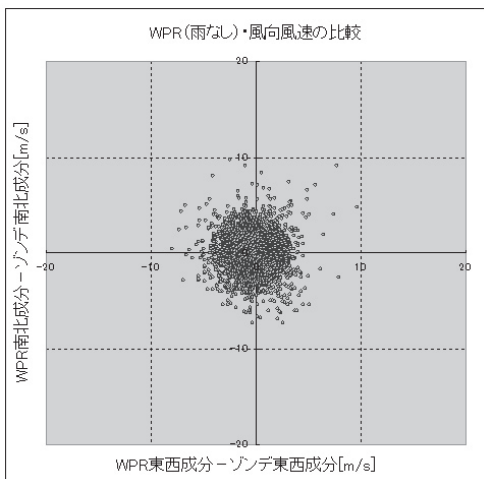


過去雨	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9928	0.9837	y: sonde
回帰式	y=1.0153x+0.1142	y=0.9644x-0.0589	x: wpr

第 5.10 図 現在天気が過去雨の場合の WPR とゾンデの風観測値比較

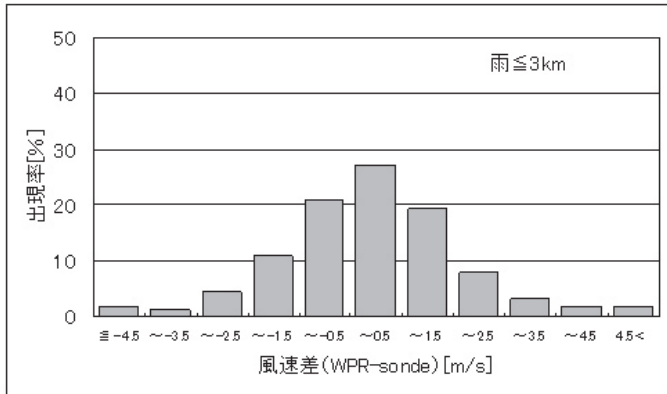
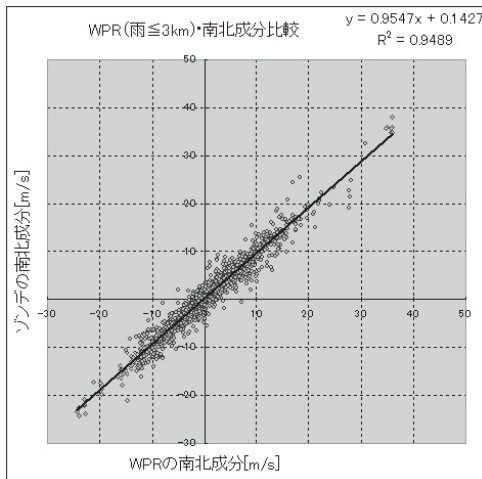
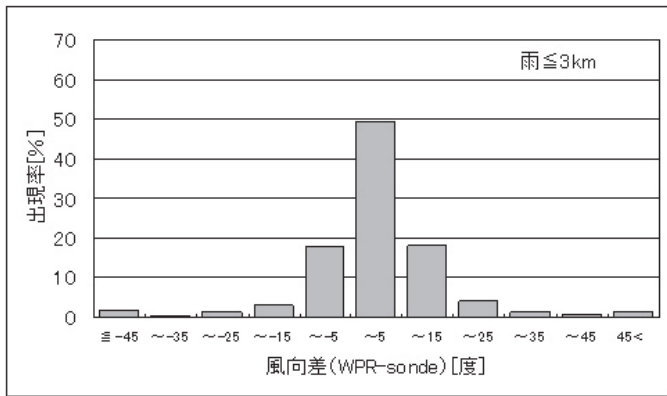
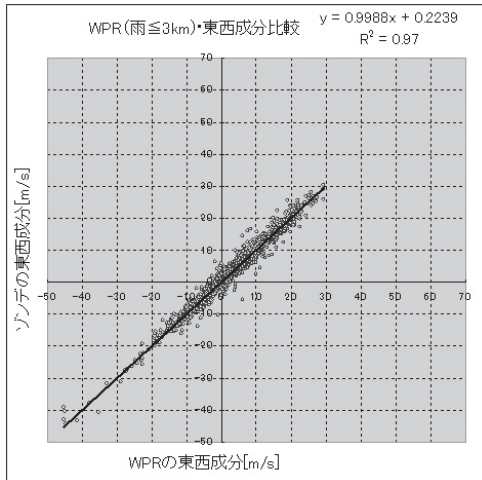


雨なし	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.13594	0.033804	-0.00745	-0.12239
標準誤差	0.010476	0.010899	0.124546	0.011265
標準偏差	1.195184	1.243442	14.20919	1.28523
分散	1.428465	1.546149	201.9012	1.651816
標本数	13016	13016	13016	13016

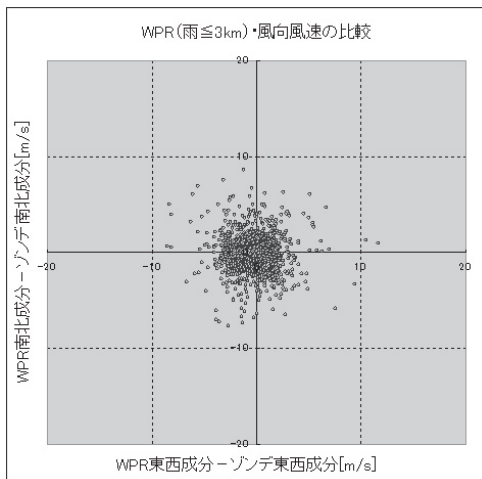


雨なし	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9935	0.9831	y: sonde
回帰式	y=1.0019x+0.1260	y=0.9719x-0.0029	x: wpr

第 5.11 図 現在天気が雨なしの場合の WPR とゾンデの風観測値比較

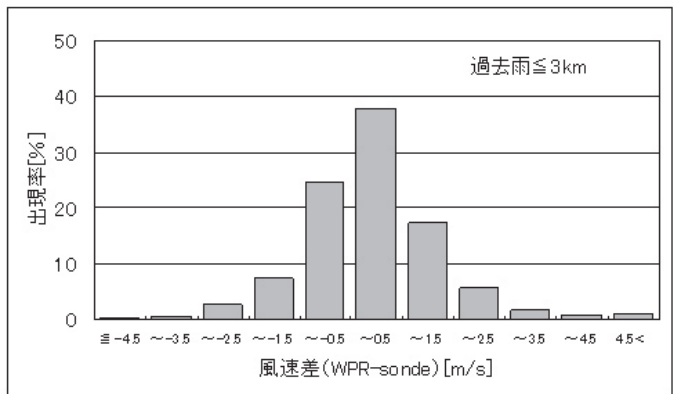
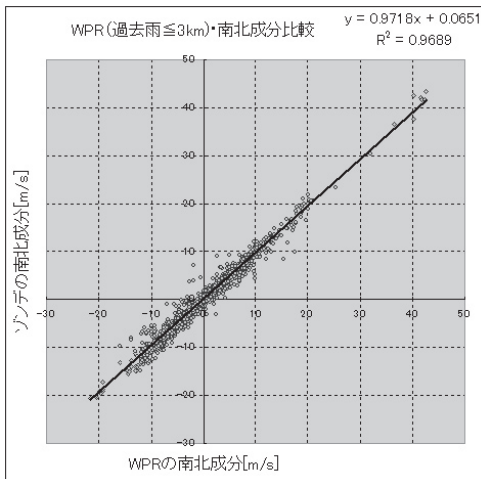
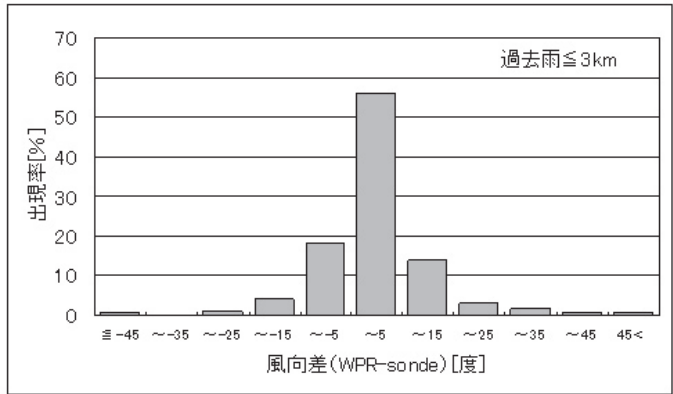
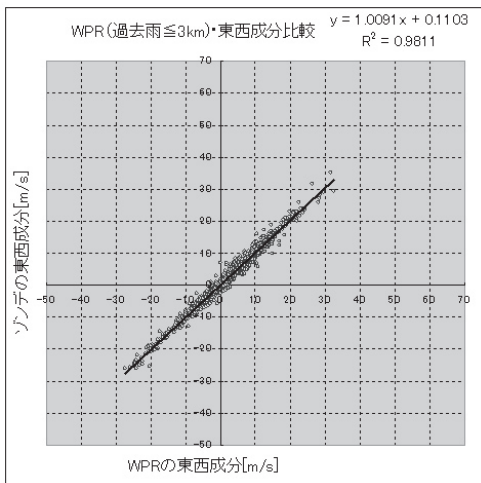


雨3km≦	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.22055	-0.09047	0.168185	-0.11493
標準誤差	0.047521	0.048578	0.518277	0.050617
標準偏差	1.795153	1.835065	19.57824	1.912074
分散	3.222576	3.367462	383.3074	3.656028
標本数	1427	1427	1427	1427

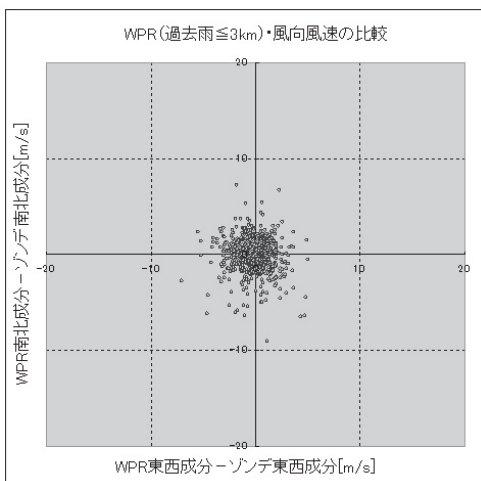


雨3km≦	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9849	0.9741	y: sonde
回帰式	$y=0.9988x+0.2239$	$y=0.9647x-0.1427$	x: wpr

第 5.12 図 現在天気が雨の場合の高度 3000m 以下の WPR とゾンデの風観測値比較

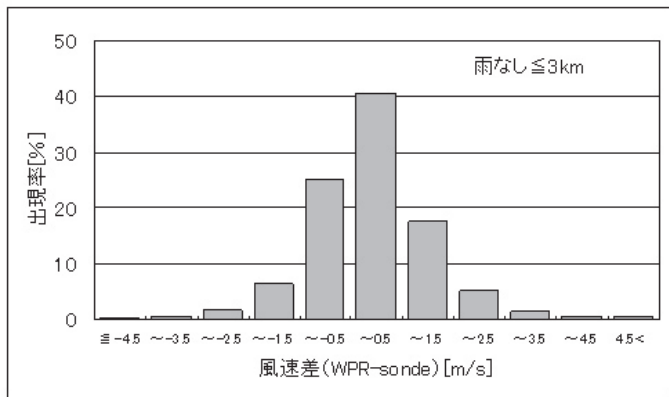
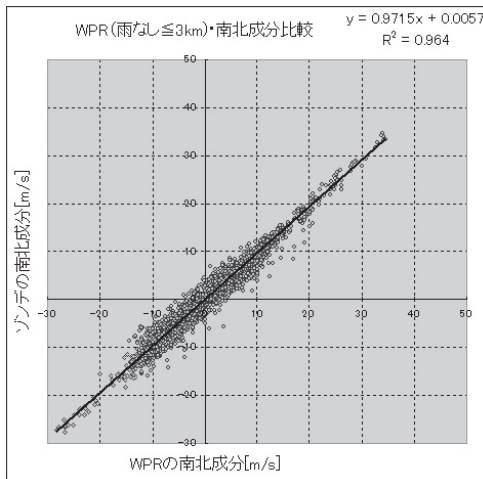
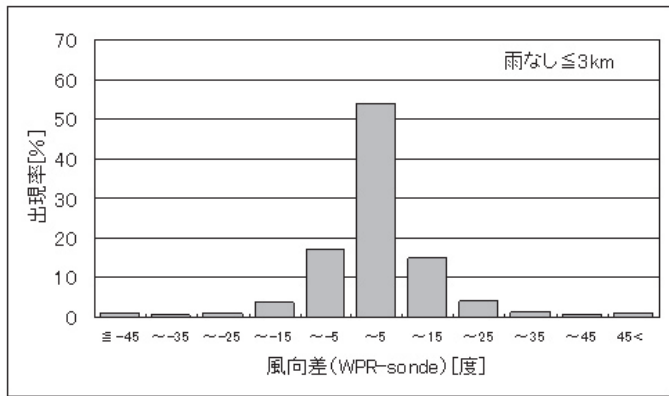
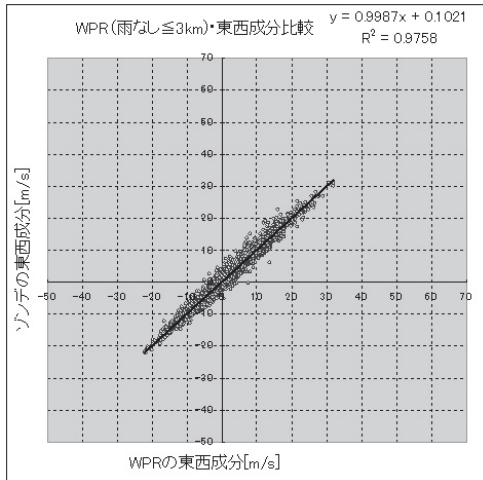


過去雨3km≤	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.12225	-0.05628	0.227741	-0.08997
標準誤差	0.039892	0.044375	0.431473	0.042199
標準偏差	1.303086	1.449513	14.09406	1.378426
分散	1.698034	2.101088	198.6426	1.900059
標本数	1067	1067	1067	1067

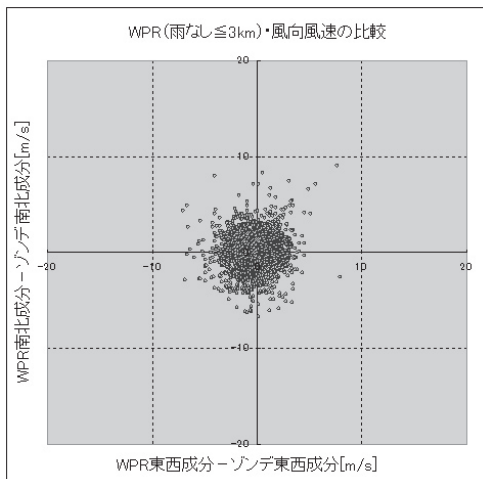


過去雨	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9905	0.9843	y: sonde
回帰式	y=1.0091x+0.1103	y=0.9718x-0.0651	x: wpr

第 5.13 図 現在天気が過去雨の場合の高度 3000m 以下の WPR とゾンデの風観測値比較



雨なし3km≦	東西成分の差	南北成分の差	風向差	風速差
平均値	-0.10009	-0.00087	0.278141	-0.09823
標準誤差	0.013492	0.014252	0.19551	0.014739
標準偏差	1.143836	1.208211	16.57462	1.249497
分散	1.308361	1.459773	274.7181	1.561242
標本数	7187	7187	7187	7187



雨なし	東西成分の相関	南北成分の相関	
相関係数	0.9878	0.9818	y: sonde
回帰式	y=0.9987x+0.1021	y=0.9715x-0.0057	x: wpr

第 5.14 図 現在天気が雨なしの場合の高度 3000m 以下の WPR とソンドexの風観測値比較

うな場合の WINDAS の観測データは利用者にとっては有用であることが多いので、明らかに誤除去とわかる場合には手動により“良好”の品質管理情報を付加する。

(3) 前後の時刻のデータや上下の高度のデータと連続性がなく、周辺のデータと比べて値が極端に異なるデータが自動品質管理によって除去されずに残っている場合には、手動により“不良”の品質管理情報を付加する。

(4) 手動品質管理において“良好”、“不良”の判断に迷った場合には、通報時間前（毎正時19分まで）に不良のフラグを付加し、その後、観測局から1分値データを取得し、ドップラースペクトルの状況、ドップラー速度算出時におけるガウス分布のフィッティング状況などを確認しつつ、他の観測データや数値予報の結果などを基に把握した当該時刻における総観的状况などと照らし合わせて判断する。

2003年4月1日から2007年12月31日までの期間中に実施した品質管理の実施状況を第5.15図に示す。なお、現在の自動品質管理手法がおおむね確立されたのが2003年3月であったことから、2003年3月以前については統計から除外した。

統計は以下の3事例に分けてそれぞれの割合を求めた。

- ・自動で不良にした（自動品質管理で“不良”とした）
- ・手動で不良にした（自動品質管理で“良好”としたデータを手動品質管理で“不良”にした）
- ・手動で良好にした（自動品質管理で“不良”としたデータを手動品質管理で“良好”にした）

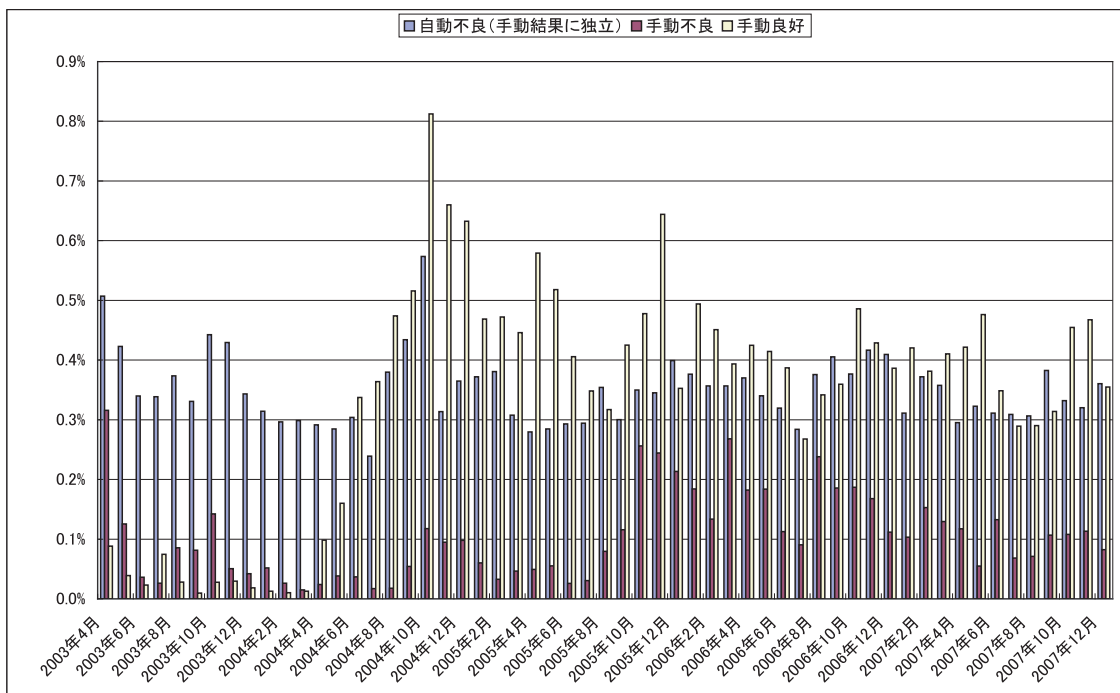
第5.15図のグラフは期間中における月ごとの平均を表しており、各カテゴリの全データに対する割合の平均値は以下のとおりであった。

“自動で不良にした”：0.7%

“手動で不良にした”：0.1%

“手動で良好にした”：0.3%

自動品質管理で修正が行われているものが過半数を占めるが、一般的に観測データの品質が悪い日などは手動で結果を修正している。日によって“不良”としたデータの割合に増減があるのは、気象状況や観測状況の違いによる影響も含まれている（大気が乾燥しているとき、あるいは不安定性の降水があるときなどは、データが“不良”となりやすい）。



第5.15図 WINDAS31観測局における2003年4月から2007年12月までの品質管理の実施状況(全観測データに対する割合を%で示す)

6. データの利用⁶

6.1 予報業務における利用

本節では、2006年（平成18年）度全国予報技術検討会及び2007年（平成19年）度全国予報技術検討会中間報告から、ウィンドプロファイラデータの利用状況を調査した。本検討会では、ウィンドプロファイラデータを利用した顕著な気象現象の事例解析例や、予報現場での実況監視活用例が数多く報告されている。10分ごとに得られるウィンドプロファイラデータは前線解析及びじょう乱の立体構造把握には有効なツールであり、局地的なメソスケールの顕著現象に対してもじょう乱発生兆候を事前にとらえることがあること、また、実況監視手法の一例として事例検証において求めたウィンドプロファイラデータによる風の基準値（閾値）から、注・警報などの防災気象情報発表へ利用できる可能性があり、予想シナリオと実況の経過から注・警報レベルの変化に対応できる利点があることといった報告のほか、顕著な気象じょう乱の立体構造解析には、将来的に予想資料のほかにSATAID、ウィンドプロファイラ、レーダーなどのデータを融合させたポテンシャル解析が必要である旨の意見が上げられている。

主な地域におけるウィンドプロファイラデータを用いた事例調査、及び予報業務における利用状況を以下に紹介する。

(1) 本庁

熊谷のウィンドプロファイラデータを用いて、下層の寒気流入及び前線解析を行い、北東気流時における関東甲信地方の最高気温予想資料の検証を行った。

(2) 札幌

アメダスとレーダーの鉛直積算雨水量（VIL）及びウィンドプロファイラデータを用いて、大雨注意報基準以上となった地点の検証を行った。

(3) 水戸

水戸のウィンドプロファイラデータを用いて、注・警報のリードタイムを検証し、監視要素の改良などについて検討を行った。

(4) 銚子

水戸と勝浦のウィンドプロファイラデータに「高度1500m以下で15KT以下」などの閾値を設け、シアラインなどの実況監視を行っている。

(5) 横浜

ウィンドプロファイラデータを用いて、メソじょう乱の通過に伴う下層ジェットの風向変化の確認、及びS/N比と衛星水蒸気画像の暗域から上空の乾燥域を把握した。

(6) 甲府

河口湖のウィンドプロファイラデータなどを用いて、高温域や収束域などの動向を把握した。

(7) 長野

ウィンドプロファイラなどの実況データを用いて、高ポテンシャル地域予想、及び前線解析の検証を行った。

(8) 名古屋

名古屋のウィンドプロファイラデータを用いて、強風帯の動向を確認するとともに、大気不安定場の形成や発生した積雲対流の継続についての検証を行っている。

(9) 大阪

ウィンドプロファイラデータとSATAID実況資料を用いて、MSMなどの予想資料における収束域の検証を行っている。

(10) 高松

ウィンドプロファイラデータを用いて、大雨などのポテンシャルの検証を行っている。

(11) 福岡

ウィンドプロファイラデータを用いて、下層風の確認と前線解析を行っている。

(12) 沖縄

ウィンドプロファイラデータを用いて、注・警報基準に達する下層の南西流の強化を監視している。また、ウィンドプロファイラなどの実況データから、各種予想資料の検証を行っている。

⁶ 加藤 卓郎（現 気象測器検定試験センター）

6.2 WINDAS を利用した調査研究

WINDAS のデータを利用した主な調査研究の概要を以下に示す。

- (1) WINDAS のウィンドプロファイラを用いた水蒸気量の鉛直分布算出の試み (山本 ほか, 2004)

数値予報精度向上に資する目的で, WINDAS から水蒸気量の鉛直分布を算出する手法を検証した。

ウィンドプロファイラによる水蒸気量算出には温度の鉛直プロファイルが必要不可欠であるため, 基礎調査として WINDAS とラジオゾンデが併設された南大東島の WINDAS データとラジオゾンデデータとの相関を統計的に調査した。

- (2) ウィンドプロファイラが捉えた台風第 0416 号の風の変化 (山下・石原, 2004)

2004 年 8 月 29 日から 31 日にかけて各地に大きな被害をもたらした台風第 0416 号に伴う上空の風の変化を, WINDAS を構成する各地のウィンドプロファイラが観測したデータによって解析した。九州では直立していた台風の中心付近の回転軸が緯度の増加とともに進行方向前方に傾斜し, さらに北海道では中緯度トラフとの結びつきが強まるといった, 温帯低気圧化に伴う中心付近の風の場の構造の変化をとらえることができた。

- (3) 気象庁 WINDAS を用いた台風の立体構造に関する研究 (手柴, 2005)

台風の観測にかかわるものとして WINDAS による観測のほか, 台風の 2 重眼, PRESSURE DIP, 台風に伴うメソ前線など, 新しい知見が得られつつあることが示された。また, シミュレーションで眼の構造や降雨帯の強化プロセスなどの細かい構造, 台風の発生からアンサンブル予報を行う新しい試みが THORPEX の枠組みの中で行われようとしていることが報告された。本研究では, 気象庁 WINDAS を用いて 2002 年 10 月 1 日～2 日に関東地方に上陸し北上した台風第 0221 号に伴う風速変動を調べた。

- (4) 台風に伴うスーパーセル竜巻の予測可能性について (柴田, 2006)

2001 年 8 月 22 日に台風第 11 号に伴って埼玉県羽生市で発生したスーパーセル竜巻について,

空港気象ドップラーレーダーやウィンドプロファイラのデータを中心に解析を行い, 親雲の発生環境・特徴と竜巻の予測可能性について調べた。ウィンドプロファイラのデータから計算した「ストームに相対的なヘリシティ」の推定値はメソサイクロンの発生との対応がよく, 関東南部でのスーパーセル発生のポテンシャルをとらえていた。ドップラーレーダーは竜巻発生約 45 分前からメソサイクロンを観測しており, 竜巻が発生したのは, 高度 2500m 以下の大気下層でメソサイクロンの渦度がピークを過ぎて弱まりつつあるときだった。これらの情報を組み合わせることで, 竜巻の発生を予測し, 対象となる地域に警戒を呼びかけられる可能性がある。

- (5) 黄砂の到達とウィンドプロファイラ高層風観測との関係について (宮田, 2007)

WINDAS のウィンドプロファイラによる高層風観測において, 比較的乾燥した大気中でも観測到達高度が急激に増加する現象が春先にしばしば発生する。黄砂予報モデルやライダー観測によると, このときの黄砂は高度約 5km 付近を中心として, 2～3km 程度の厚みを持った層として日本上空へ流入していた。これらのことは, 上空を浮遊している黄砂の移動をウィンドプロファイラがとらえた可能性を示唆している。一方, 黄砂の粒径分布に基づく計算では, ウィンドプロファイラが黄砂を観測するとはいえなかった。

7. WINDAS の運用における今後の課題⁷

WINDAS の今後の課題としては、以下のことが考えられる。

(1) ウィンドプロファイラデータの高度利用

ウィンドプロファイラデータには、ドップラー速度（風）のほかに水蒸気量と密接な関係がある受信強度や、大気の乱れの状態を示すスペクトル幅などが含まれている。さらに、風の鉛直分布からは竜巻発生の指標のひとつであるヘリシティや気温移流などが算出できる。これらの情報については、2006年4月からイントラによる予報現場への提供方法の検討をはじめ、受信強度データについては2007年10月4日から、ウィンドプロファイラデータから算出したヘリシティについては2008年3月26日から提供を開始した。また、ウィンドプロファイラデータには、前線や風の収束域など局地的な気象現象の把握に有効な情報を含んでいる。新たなデータの高度利用としては、気温移流の表示（ただし、空間スケールを考慮する必要がある）、前線面の特定、雲層の推定などが考えられる。

また、ドップラーレーダーやGPS可降水量と組み合わせた利用も有効であろう。これらの実現のために、気象研究所や情報通信研究機構などの研究機関と協力して検討を進める必要がある。

ウィンドプロファイラデータは、数値予報の初期値及び予報現場での実況監視になくてはならないものとなっており、より効果的な利用のため現在の1時間配信から10分配信とする必要がある。この件に関しては、航空ユーザーへのデータ提供も含めて2009年度内に実現させる予定である。

今後の課題としては、スペクトル値データによる水蒸気の鉛直分布の算出、雨雪判別などの実用化に向けた検討が考えられる。

(2) ウィンドプロファイラデータの取得率の向上

WINDAS のウィンドプロファイラは、地上から高度9kmまでを300mの分解能で観測できる基本性能を有するが、大気で散乱した微弱な電波を利用するために、常に上空9kmまでの風データが観測できるわけではなく、これまでの観測成

果による平均的な観測高度は、夏季で6～7km、冬季で約4kmである。ウィンドプロファイラのデータ取得率は、その場の大気の状態に左右されるほか、大気からの信号を受けていてもデータ処理アルゴリズムにおける品質管理処理の段階で不良データとして除外されてしまう場合がある。これまで行ってきた調査では、スペクトル値を用いたフィッティング手法の改善、渡り鳥エコー除去機能の評価閾値の見直し、平均値作成時における品質管理の処理方法の見直しなどを行うことにより、データ取得率を改善できることが明らかとなっている。データ処理アルゴリズムについては、常にその効率性と有効性を再評価し、データ取得率の改善に努める必要がある。

(3) 計算機類の老朽化

WINDAS は整備後8年が経過し、中央監視局のサーバ、各観測局のデータ処理部、管理官署の運用表示盤などの計算機類やルータの障害が増えている。2007年度には29件の障害が発生し、それ以前に比べ約2倍の障害件数となった。障害復旧の際は予備器を使用しているが、故障した機器の修理が完了しないうちに他の観測局において新たに障害が発生することもあり、計算機類の老朽化が課題となっていた。計算機類の更新については2009年度内に実施する予定であるが、更新に当たっては操作性の向上や監視項目の強化、最新の情報処理技術によるネットワークの再構築、データ処理アルゴリズムの改善などを含めて実施する予定である。

(4) 予備電源への接続

WINDAS では、27観測局が予備電源に接続されておらず、これら観測局では商用電源の休止により運用休止をせざるを得ない状況が発生する。このため、2006年4月から予報部の予備電源更新計画においては、ウィンドプロファイラの接続も考慮した予備電源に更新することになったが、気象官署以外の場所に設置されているウィンドプロファイラの取扱いについても引き続き検討を行う必要がある。

(5) 観測局の増設

ウィンドプロファイラは、集中豪雨などの観測

⁷ 加藤 美雄（現 長崎海洋気象台）

を目的として1999年（平成11年）度の第2次補正予算で23局、2000年（平成12年）度の一般会計予算で2局の計25局が認められ、九州、四国、東海、関東地方の高層気象観測網を重点的に強化するように設置した。その後、台風の監視と豪雪に対する観測体制や予報体制の強化を目的として2001年（平成13年）度の補正予算で6局が認められ、島しょ部及び日本海側に増設したが、全体的な配置から見ると北日本がやや疎となっている。

近年、ウィンドプロファイラで使用する電波の多重化技術に関する検討が進められており、より高密度な観測網による竜巻監視などの可能性も視野に入れ、増設の必要性については引き続き検討を行っていく必要がある。

(6) 実験局から実用局への移行

WINDASのウィンドプロファイラは、現在のところ電波法上実験局として運用している。WINDASの観測データは既に実用に供されており、実用局への移行が望ましい。そのため、2000年（平成12年）度（25局）及び2002年（平成14年）度（6局）に設置したウィンドプロファイラ実験局の更新期限（5年）である2005年（平成17年）度及び2007年（平成19年）度に、総務省に対し実用局として開局できるよう要請した。その際には、気象業務におけるウィンドプロファイラ観測の有効性、安定運用の実績、観測高度の改善状況、他の無線局への混信は発生していないことなどを説明した。総務省としては、気象庁以外の機関からもウィンドプロファイラ設置の要望が増えていることから、今後の対応について検討を進めているところである。しかしながら、ウィンドプロファイラの技術的条件や同一周波数帯で業務を行っている無線標定局（航空路監視レーダーなど）との共用条件など数多くの課題を解決する必要があり、実用局となり得るためには時間を要するが、引き続き実現に向けて関係機関との協力体制を継続していく必要がある。

8. おわりに⁸

本報告では、運用開始から2007年までの期間中におけるWINDASの運用状況と観測状況の集計結果、期間中に行ったラジオゾンデによる観測データとの比較結果、ウィンドプロファイラデータの利用状況、及び今後の課題などについて記述した。

なお、WINDASの整備の背景から運用の開始、システムの概要、観測データの品質などについては、観測部観測課高層気象観測室（2003）、加藤ほか（2003）、石原ほか（2004）で報告しているので、本報告と並行して参照していただきたい。また、英文ではIshihara *et al.*（2006）がWINDASを紹介している。

WINDASは、2001年4月に運用を開始してから8年が経過するが、運用開始直後に発生した機器の初期トラブル対応や、地形の影響、渡り鳥の影響などによる誤観測の問題に適宜対応し、現在の安定運用に至っている。

期間中における全観測局の平均稼働率は99%とおおむね順調に運用されており、平均的な観測到達高度は、夏季で6km前後、冬季では4km前後と十分な観測成果が得られている。

期間中に行った調査では、ウィンドプロファイラデータは降水でも良好な観測値が得られているほか、精度に関してもラジオゾンデによる風データと相関が良いことが確認できた。また、本集計によって、一部の観測局を除き、春季と秋季に移動する渡り鳥の影響により高度約2km以下の層でデータ取得率が顕著に低くなることや、上空の風が弱くなる夏季に地形エコーの影響により、高度約6km以下の層でデータ取得率が顕著な低下が見られる観測局があることなど、季節変化や地域特性などが把握できた。さらにハードウェア面では、避雷対策や停電対策及び塩害対策など、機器更新の際に検討すべき課題が明確になった。

当初、ウィンドプロファイラデータは数値解析予報システムへの取込みと国内外への通報のみであったが、現在では気象庁月報をはじめ、イントラや気象庁ホームページ上でも公開しており、庁

⁸ 山本 義勝

加藤 美雄（現 長崎海洋気象台）

内のみならず様々な分野でも活用されるようになった。最近では、予報現場における局地的な気象現象の把握のための追加情報として、受信強度とヘリシティの提供を開始するとともに、GPS可降水量などの他の観測データと組み合わせた新たなプロダクトの提供も検討を進めている。なお、2010年度は情報処理装置の更新に合わせて航空ユーザーへの情報提供を開始する予定である。

おわりに、WINDASの運用にあたりご尽力をいただいている独立行政法人情報通信研究機構、並びに総務部、予報部、観測部計画課、気象研究所、各管区・沖縄気象台及び各管理官署の方々に、この紙面をお借りして深く感謝いたします。

参 考 文 献

- ECMWF (2004) : Two new cycles of the IFS: Cycle 26r3 and Cycle 28r1. ECMWF Newsletter, 102, 26-27.
- Hashiguchi, H., M. D. Yamanaka, T. Tsuda, M. Yamamoto, T. Nakamura, T. Adachi, S. Fukao, T. Sato, and D. L. Tobing (1995) : Diurnal variations of the planetary boundary layer observed with an L-band clear-air Doppler radar, Bound-Layer Meteor., 74, 419-424.
- Ishihara, M., Y. Kato, T. Abo, K. Kobayashi and Y. Izumikawa (2006) : Characteristics and performance of the operational wind profiler network of the Japan Meteorological Agency. J. Meteor. Soc. Japan, 84, 1085-1096.
- 深尾昌一郎 (2007) : MU レーダーが拓く気象と大気の科学. 気象研究ノート, 125 周年特別号.
- 橋口浩之 (2004) : 京都大学宙空電波科学研究センターにおける開発・観測. 気象研究ノート, 205, 109-119.
- 石原正仁・加藤美雄・阿保敏広・小林健二・泉川安志 (2004) : 気象庁におけるウィンドプロファイラー観測業務. 気象研究ノート, 205, 169-202.
- 観測部観測課高層気象観測室 (2003) : 局地的気象監視システム (WINDAS) による高層風観測業務の開始. 測候時報, 70, 63-118.
- 加藤美雄・阿保敏広・小林健二・泉川安志・石原正仁 (2003) : 気象庁におけるウィンドプロファイラー観測業務. 天気, 50, 891-907.
- 気象庁 (1999) : 関東地域メソ解析プロジェクト. 気象庁技術報告, 第 120 号.
- 気象庁予報部 (2001) : 新しい数値解析予報システムの検証. 数値予報解説資料, 34 号, 4-8, 9-12, 55-63.
- 気象庁予報部 (1998) : メソ数値予報の実用化に向けて. 数値予報課報告, 別冊第 44 号.
- 小林健二・泉川安志・阿保敏広・石原正仁・若山俊夫・松田知也 (2005) : 気象庁のウィンドプロファイラ観測における渡り鳥エコーの影響と対策. 天気, 52, 11-23.
- 小林久隆 (2004) : ウィンドプロファイラー概論. 気象研究ノート, 205, 1-10.
- 高層気象台・観測部・気象研究所 (1998) : ウィンドプロファイラによる風観測の定常化に関する業務実験. 測候時報, 65, 137-228.
- 宮田和孝 (2007) : 黄砂の到達とウィンドプロファイラ高層風観測との関係について. 気象庁研究時報, 59, 75-84.
- 大野裕一 (2004) : 通信総合研究所における開発・観測. 気象研究ノート, 205, 97-108.
- 柴田のり子 (2006) : 台風に伴うスーパーセル竜巻の予測可能性について. 天気, 53, 197-205.
- 手柴充博 (2005) : 気象庁 WINDAS を用いた台風の立体構造に関する研究. 天気, 52, 197-198.
- 山下順也・石原正仁 (2004) : ウィンドプロファイラが捉えた台風第 0416 号の風の場の変化. 天気, 52, 539-547.
- 山本浩嗣・福田正人・泉川安志・小林健二・石原正仁 (2004) : WINDAS のウィンドプロファイラを用いた水蒸気量の鉛直分布算出の試み. 測候時報, 71, 11-19.

資料¹

年 表

網掛けの項目はシステム改修に関連することからであることを示す

2000年7月5日	WINDAS 製作者決定
12月7日	名古屋観測局電波検査
12月21日	水戸、熊谷観測局電波検査
2001年1月18日	勝浦、与那国島観測局電波検査
1月25日	静岡、尾鷲観測局電波検査
2月1日	河口湖、高松観測局電波検査
2月8日	平戸、大分、熊本観測局電波検査
2月15日	浜田観測局電波検査
2月22日	帯広、酒田、清水観測局電波検査
3月1日	留萌、高田、延岡観測局電波検査
3月8日	宮古、福井、巖原観測局電波検査
3月15日	高知、屋久島観測局電波検査
3月27日	室蘭観測局電波検査
3月28日	中央監視局電波検査
4月1日	高層気象観測室にWPR 現業班(7名)配置
4月9日	24時間運用開始
4月19日	WINDAS 正式運用開始、運用開始式
6月1日	気象庁次長表彰
6月12日	NAPS 配信開始(データの提供開始)
7月16日～9月4日	6か月点検
7月17日～19日	中央監視局のソフトウェア改修(二次曲面近似チェック, 鉛直シアチェックの改修)
7月31日	WINDAS 名称決定(庁議幹事会)
9月26日～27日	中央監視局のソフトウェア改修(L/A 配信機能追加)
11月9日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」発足, 第1回打合せ
11月21日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」第2回打合せ
11月26日～27日	観測局のソフトウェア改修(地形エコー除去機能の拡張)
11月29日	観測局ごとの渡り鳥エコー除去モードを設定し観測開始(17時～)
12月5日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」第3回打合せ
12月6日	WINDAS データL/A 配信
12月20日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」第4回打合せ
2002年1月16日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」第5回打合せ
1月16日	下層風速報解析(WINDAS データ使用)配信開始
1月30日	「WINDAS 異常エコー対策プロジェクトチーム」第6回打合せ
2月19日～21日	中央監視局のソフトウェア改修(GTS 電報作成機能追加, 渡り鳥エコー除去機能追加)
2月22日	中央監視局による渡り鳥エコー除去開始, 観測局での除去を終了
3月11日	与那国島観測局をISDN 回線からL/A 回線に切换え
3月27日	データ部外配信開始

¹ 澤田 睦子

3月29日	独立行政法人通信総合研究所，稚内 VHF レーダーのデータ利用に関する共同研究締結
4月10日～12日	観測局のソフトウェア改修（地形エコー除去の機能拡張）
4月11日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（留萌，室蘭，宮古，水戸，河口湖，高田，福井，厳原）
4月15日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（河口湖）
4月18日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（高知）
4月24日～25日	観測局のソフトウェア改修（電源ノイズ除去機能追加）
4月25日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（宮古，尾鷲）
4月26日	GTS 配信開始
5月8日～6月26日	6か月点検
7月8日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（厳原）
7月16日	WINDAS 新規整備6台の製作業者決定
7月30日	独立行政法人通信総合研究所，沖縄 WPR のデータ利用に関する共同研究締結
10月1日	平成14年度情報化月間推進会議議長表彰
10月3日～4日	高知観測局のソフトウェア改修（渡り鳥エコー除去機能追加）
10月9日	高田観測局のソフトウェア改修（渡り鳥エコー除去機能追加）
10月15日～12月20日	6か月，2年点検
10月17日	酒田観測局のソフトウェア改修（渡り鳥エコー除去機能追加）
11月8日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（延岡）
11月11日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（留萌，宮古，福井）
11月11日～12日	観測局（酒田，高田，高知を除く）及び中央監視局のソフトウェア改修（渡り鳥エコー除去機能追加）
12月8日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（尾鷲）
12月26日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（高田）
2003年1月16日	名瀬観測局電波検査
1月23日	市来観測局電波検査
1月30日	南大東島観測局電波検査
2月3日～6日	観測局及び中央監視局のソフトウェア改修（風算出アルゴリズム変更，風の場の均質性チェック機能追加等）
2月17日	名瀬，市来，南大東島観測局 NAPS 配信
2月20日	鳥取観測局電波検査
2月21日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（鳥取）
2月27日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（鳥取）
2月28日	鳥取観測局 NAPS 配信
3月1日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（鳥取）
3月3日	観測局及び中央監視局のソフトウェア改修（渡り鳥エコー除去全天候自動運用機能追加）
3月6日	美浜観測局電波検査
3月7日	美浜観測局 NAPS 配信
3月10日	中央監視局電波検査
3月12日	名瀬，市来，南大東島，鳥取，美浜観測局運用開始，L/A，部外，GTS 配信開始
4月4日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（水戸）
5月8日～7月2日	6か月点検，2年点検
5月22日	八丈島観測局電波検査
5月23日	中央監視局電波検査
6月1日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更（八丈島）

6月2日	八丈島観測局 NAPS 配信
6月10日	八丈島観測局 L/A, 部外, GTS 配信開始
9月16日	Web 形式によるイントラ配信開始
9月25日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (八丈島)
10月14日~12月17日	6か月, 2年点検
10月15日~10月28日	美浜, 八丈島, 鳥取, 南大東島, 名瀬, 市来観測局送受信装置改修
12月11日	勝浦観測局モジュール収容架のダクト構造変更
2004年2月6日	NICT 沖縄データ取得開始
2月13日	測候時報 (WINDAS 特集) 刊行
5月12日~7月13日	6か月, 2年点検, 重点検
9月1日	NICT 沖縄 NAPS 配信開始
9月17日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (八丈島)
9月20日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (八丈島)
10月15日~12月23日	6か月, 2年点検
11月26日	NICT 稚内データ取得開始
12月5日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (八丈島)
12月20日	グランドクラッタ除去パラメータ設定をデフォルトに変更 (美浜, 市来, 名瀬, 南大東島)
2005年3月16日	NICT 沖縄 Web 形式によるイントラ配信開始
5月10日~8月5日	6か月, 2年点検, 重点検
8月4日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (尾鷲)
8月25日	グランドクラッタ除去パラメータ設定変更 (尾鷲)
10月20日~12月22日	6か月, 2年点検
11月8日~12月22日	国内基盤通信網への接続変更に伴う設定変更 (東日本管内)
2006年3月7日	2001年整備の25観測局無線局免許更新 (留萌, 帯広, 室蘭, 宮古, 酒田, 高田, 福井, 水戸, 熊谷, 勝浦, 河口湖, 静岡, 名古屋, 尾鷲, 浜田, 高松, 高知, 清水, 厳原, 平戸, 大分, 熊本, 延岡, 屋久島, 与那国島)
4月1日	NICT 稚内, NICT 沖縄データ利用に関する共同研究締結 (2回目)
4月1日	NICT 稚内 NAPS 配信開始
5月18日~7月27日	6か月, 2年点検, 重点検
6月16日	NICT 稚内, NICT 沖縄の ADESS 配信開始 (13時~)
6月22日	NICT 稚内, NICT 沖縄の毎時大気解析利用開始 (09時~)
7月11日	NICT 稚内, NICT 沖縄の数値予報への利用開始 (全球モデル00UTC~, メソモデル: 03UTC~)
7月18日	NICT 稚内 Web 形式によるイントラ配信開始
11月7日~12月27日	6か月, 2年点検, 重点検
2007年5月18日~7月31日	6か月, 2年点検, 重点検
9月4日~26日	特別地域気象観測所への移行に伴う通信経路の変更と運用表示盤の移設 (高田, 宮古, 勝浦, 尾鷲, 浜田, 清水, 高知)
10月4日	WPR 受信強度 Web 形式によるイントラ配信開始
10月16日~12月12日	6か月点検, 2年点検, 重点検

なお、観測局別の年表は観測部観測課観測システム運用室のホームページを参照のこと。