

1 解説

1.1 気候系監視年報について

地球温暖化の進行に伴い異常気象の頻発が懸念される中、異常気象の要因や今後の推移に関する社会的な関心が高まっている。こうした情勢に対応すべく、気象庁は 2007 年 6 月に異常気象分析検討会を設置し、社会的な影響が大きい異常気象が発生した場合は、大学や研究機関の専門家の協力を得て、最新の科学的知見に基づく分析を行い、その発生要因等に関する見解を迅速に発表している。

「気候系監視年報」は、年間の気候系¹の特徴のほか、日本や世界の異常気象・天候の解析結果をまとめた気候系に関する総合的な監視情報である。また、異常気象分析検討会の協力を得て、特定事例に関する分析結果をまとめている。さらに、アジア太平洋地域をはじめとした海外の気象機関との気候系に関する監視・解析情報の交換のため、英語版も公開²している。

今回の報告では、トピックスとして、2016 年春に終息したエルニーニョ現象とその影響(第 3.1 節)、2016 年 8 月の日本の天候(第 3.2 節)を取り上げ、その解析結果をまとめた。

なお、気象庁ホームページには、月々の気候系の特徴の要点を速報としてまとめた「気候系監視速報」³を掲載するとともに、大気・循環・雪氷・海水の図表類や異常気象の状況と要因などより詳細な気候情報を提供しているので、併せてご利用いただきたい。

以下に、本年報の作成に用いたデータソース、計算法、図表類の見方、専門的な用語について解説する。第 3 章のみに掲載した要素や図表については、必要に応じて本文中に解説を記述する。なお、特記しない限り偏差(平年差、平年比)の基準となる平年値には 1981～2010 年の 30 年平均値を用いる。平年値作成の詳細については、気象庁(2011b)を参照のこと。

1.2 日本の天候(主な関連項目:第 2.1 節)

日本の天候については、季節や年の気温・降水量・日照時間の平年差(比)分布図、日本の年平均気温偏差の経年変化図等を掲載し、その特徴を記述する。以下の項では、気温の長期変化を表す年平均気温偏差の計算法、監視対象となる地域区分、平年値と階級区分について解説する。

1.2.1 日本の年平均気温偏差

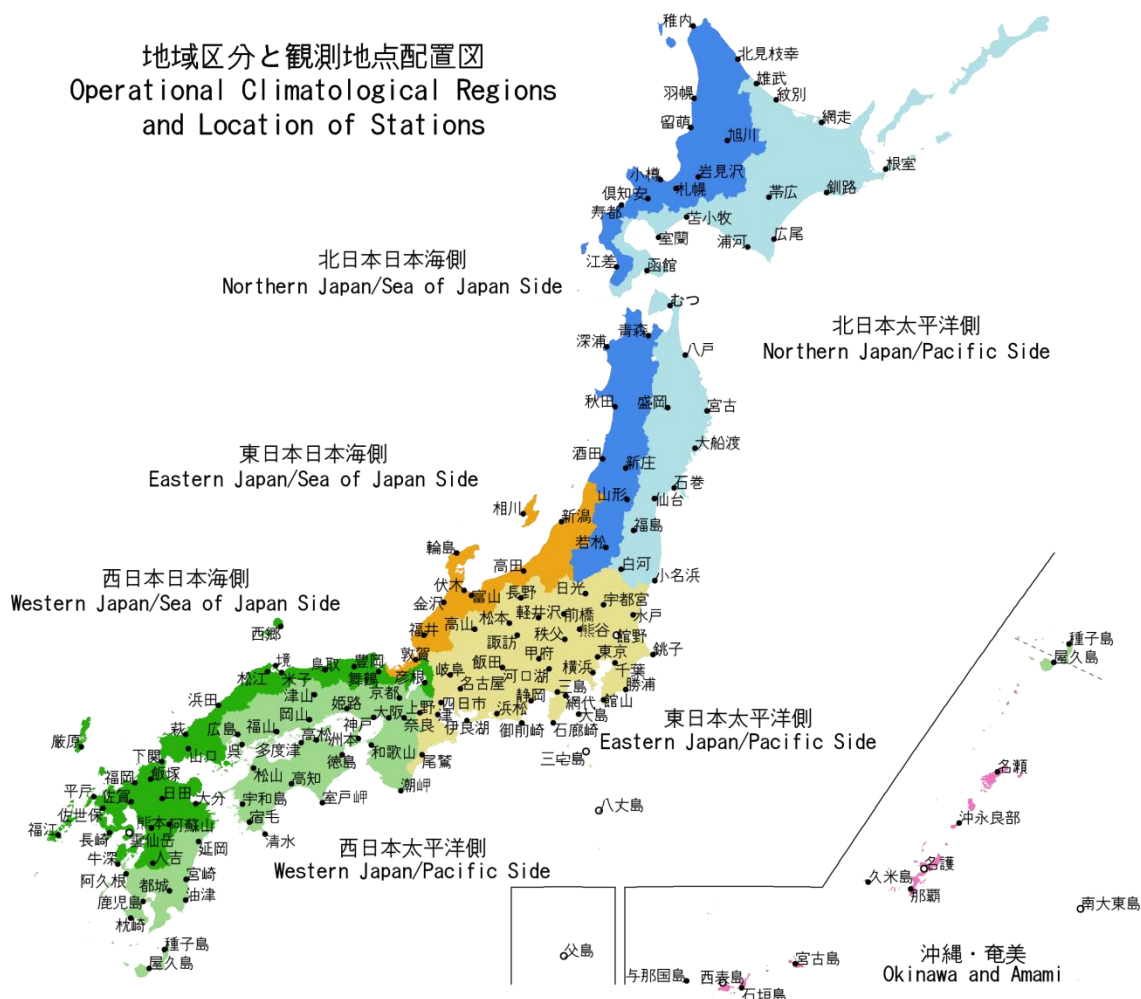
第 2.1 節に、1898 年以降の日本の年平均気温偏差の経年変化図を掲載する。各年の値は、都市化による影響が小さいと考えられる 15 の気象観測地点(網走、根室、寿都、山形、石巻、伏木、飯田、銚子、境、浜田、彦根、宮崎、多度津、名瀬、石垣島)における気温の観測値を用いて算出している。まず上記の各地点で、観測された月平均気温から 1971～2000 年の 30 年平均値を差し引いて月平均気温の偏差を求め、これを年平均して年平均偏差を求める。そして 15 地点の年平均偏差を平均することで日本の年平均気温偏差(1971～2000 年基準)を求める。最後に、この偏差における 1981～2010 年の 30 年平均が 0 となるように補正した値を、日本の年平均気温の偏差(1981～2010 年基準)とする。なお、宮崎は 2000 年 5 月、飯田は 2002 年 5 月に観測場所を移転したため、移転による観測データへの影響を評価し、その影響を補正した上で利用している(大野ほか, 2011)。

¹ 「気候系」とは、大気・海洋・陸地・雪氷など気候の形成に関与する要素を総合したシステムを指す。

² <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/arcs.html>

³ <http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/diag/sokuho/>

地域区分と観測地点配置図 Operational Climatological Regions and Location of Stations



第 1.2-1 図 地域区分と日本の観測地点配置図

●は地域平均の算出に用いる地点、○は地域平均の算出に用いない地点

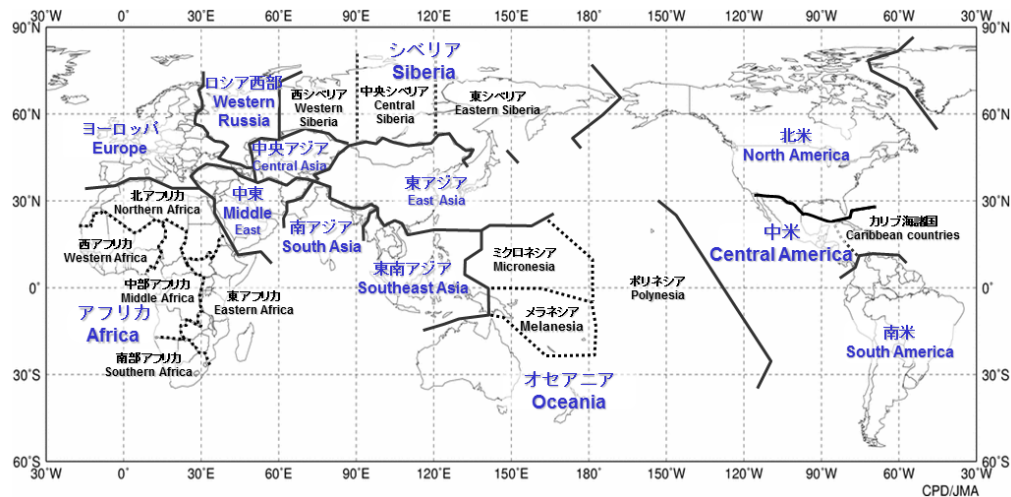
1.2.2 日本の天候の地域区分

第 2.1 節では、各季節や年間の日本の天候の特徴をまとめる。天候の特徴は日本を大きく 4 つの地域（北日本、東日本、西日本、沖縄・奄美）に分けてまとめる。また、必要に応じてそれぞれの地域を太平洋側と日本海側に分けて（沖縄・奄美を除く）記述する。平均気温平年差、降水量平年比、日照時間平年比の分布図や階級一覧表は、全国 154 の気象官署及び特別地域気象観測所の観測値に基づいて作成した。各気象官署及び特別地域気象観測所を合わせた観測地点配置図と地域区分は第 1.2-1 図のとおりである。

1.2.3 日本の天候の平年値と階級区分値

階級は、低い（少ない）、平年並、高い（多い）の 3 つの階級に分けられており、階級を決める際のしきい値は平年値算出期間における各階級の出現頻度が等しくなるように決めている。また、この期間に出現した上位（下位）10%を分けるしきい値を上（下）回った場合は、かなり高い（かなり低い）あるいはかなり多い（かなり少ない）と表現し、一覧表には階級の横に＊を付加した。なお、統計方法に関する詳細については、「気象観測統計指針」⁴を参照のこと。

⁴ <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/kaisetu/index.html>



第 1.3-1 図 世界の主な地域区分と地域名

1.3 世界の天候(主な関連項目:第 2.2 節)

世界の天候については、気温・降水量平年差(比)分布図、世界の年平均気温偏差の経年変化図等を掲載し、その特徴を記述する。以下に、年平均気温偏差の計算方法、監視に用いているデータや平年値、分布図の作成方法について解説する。本年報で用いる主な世界の地域区分と地域名を第 1.3-1 図に示す。

1.3.1 世界の年平均気温偏差

第 2.2 節に、1891 年以降の世界の年平均気温偏差の経年変化図及び、年平均気温偏差の分布図を掲載する。各年の値は、陸域における地表付近の気温と海面水温のデータから算出している(石原, 2006)。陸上気温には、2000 年以前は米国海洋大気庁(NOAA)により整備された地上気象観測データセット(Global Historical Climatology Network (GHCN) version 2)、また 2001 年以降は世界各国の気象機関から通報された地上月気候値気象通報(CLIMAT 報)を用い、海面水温には緯度・経度それぞれ 1 度格子ごとの海面水温解析データ(COBE-SST)(気象庁 2006)を用いている。ただし、海氷域における海面水温は使用していない。まず、月ごとに陸域の各観測点のデータ及び 1 度格子の海面水温データについて、陸域の観測地点数が最も多い 1971~2000 年の 30 年平均値を基準とした偏差を求め、緯度 5 度×経度 5 度格子ごとに平均した偏差を計算する。これに緯度に

よる面積の違いを考慮した重みを与えて、世界全体で平均する。この世界平均について、1981~2010 年の 30 年平均が 0 となるように補正し、世界の月平均気温の偏差(1981~2010 年基準値からの差)を求める。この偏差を年で平均することにより、世界の年平均気温偏差を求めた。各年の値には、格子ごとの観測データの密度の違いに由来する誤差を評価した 90%信頼区間を表示する(石原, 2007)。

1.3.2 世界の天候に用いるデータと平年値

年平均気温偏差に続いて、地域ごとの天候の特徴を掲載する。世界の天候の分布図の作成には、CLIMAT 報のデータを用いた。月平均気温や月降水量の平年値算出には、GHCN データ及び CLIMAT 報データ(1982 年 6 月以降)を使用し、両方のデータがある場合は、CLIMAT 報データを優先して用いた。

なお、第 2 章、第 3 章の気象災害の記述で引用している災害による死者数などの値は、国連・各国政府機関及び研究機関の災害データベース(EM-DAT⁵)等に基づいている。

⁵ 米国国際開発庁海外援助局とルーベンカトリック大学災害疫学研究所(ベルギー)が共同で運用するデータベース

1.3.3 異常気象

気象庁では、気温や降水量などの異常を判断する場合に、ある場所(地域)・ある時期(週、月、季節)において 30 年間に 1 回以下の頻度で発生する現象を「異常気象」としている。月と季節の気温と降水量について、異常高温・異常低温及び異常多雨・異常少雨を次のように定義しており、この定義に基づいて主な異常気象・気象災害を選出し、その概況を掲載する。

異常高温・異常低温:月／季節の平均気温の平年差が平年値算出期間の各月／各季節の標準偏差の 1.83 倍を超えた場合に異常高(低)温とする。

異常多雨・異常少雨:月／季節の降水量が平年値算出期間における各月／各季節の最大値を上回った(最小値を下回った)場合に異常多(少)雨とする。

1.3.4 分布図

年平均気温規格化平年差階級分布図では、年平均気温の平年差を年平均気温の標準偏差で割った値を緯度 5 度×経度 5 度格子ごとに平均し、図説で示すしきい値に応じた階級で表示する。年降水量平年比階級分布図では、年降水量の平年比を緯度 5 度×経度 5 度格子ごとに平均し、図説で示すしきい値に応じた階級で表示する。異常高温・異常低温出現頻度分布図では、緯度 5 度×経度 5 度格子ごとに月平均気温の異常高温・異常低温の年間の総数を全データ数で割って、1 格子当たりの出現頻度とし、半円の大きさで表す。格子内のデータ総数が 10 個未満の格子は表示しない。異常高温・異常低温の定義(第 1.3.3 項)から、出現頻度の期待値は約 3%であり、出現頻度が 10%以上の場合、異常高温または異常低温が平年より多かったと判断する。異常多雨・異常少雨出現頻度分布図では、月降水量の異常多雨・異常少雨を対象とする以外は、異常高温・異常低温出現頻度と同様である。

1.4 大気循環(主な関連項目:第 2.3 節、第 2.4 節、第 2.6 節～第 2.8 節、第 3 章)

大気循環場データには、気象庁 55 年長期再解析(JRA-55; Kobayashi et al., 2015)による解析値(解析時刻は 00、06、12、18UTC)を用いる(準リアルタイム

でデータの作成を継続しており、そのデータも含めて JRA-55 と呼ぶ)。以下、中・高緯度の循環、熱帯の循環及び各種監視指数について解説する。

1.4.1 中・高緯度の循環

第 2.3 節では、主に季節ごとの中・高緯度の気象循環の特徴についてまとめる。

中・高緯度の気象循環場において、主に注目される現象は以下のとおりである。

- ・ジェット気流
- ・ブロッキング(ジェット気流が南北に大きく蛇行あるいは分流し、その状態が長時間続く現象)
- ・テレコネクション(遠く離れた地域の気象要素、例えば 500hPa 高度偏差が同時期に同じあるいは逆の符号となるような変動)
- ・北極振動(Arctic Oscillation: AO;大規模な気圧(高度)偏差パターンの一つで、北極域と中緯度域で逆符号となるほぼ同心円状の偏差パターン)
- ・移動性高低気圧の活動
- ・準定常ロスビー波の波束(エネルギー)伝播(ロスビー波の解説は、例えば気象庁(2012)を参照)

準定常ロスビー波の波束伝播の解析には、主に Takaya and Nakamura(2001)の波の活動度フラックスを利用する。また、異常気象などの天候の偏りの背景となっている熱帯の対流活動や海面水温の変動(例えばエルニーニョ・南方振動(ENSO))等による中・高緯度大気への影響等について解析を行う。

1.4.2 熱帯の循環と対流活動

第 2.4 節では、主に季節ごとの中・高緯度の気象循環や対流活動(熱帯の積雲対流群の活動)の特徴及び台風経路の特徴についてまとめる。

熱帯域の大気循環の特徴で主に着目するのは、Madden-Julian 振動(MJO;赤道域を 30～60 日の周期で対流活動活発域が東進する現象)等の赤道季節内変動、夏季及び冬季モンスーン、数年周期で変動する ENSO に伴う循環場及び対流活動活発域の変動などである。

対流活動を推定するデータとしては、米国の極軌道衛星 (NOAA シリーズ) により観測され、NOAA より提供された外向き長波放射量 (OLR; 単位: W/m^2) を利用する。熱帯域においては、OLR の値が小さいほど対流活動が活発であると推定される。一方、冬季の中・高緯度や標高の高いところ (例えばチベット高原など) では、対流活動が活発でなくても地表面温度の低い状態が反映され、放射量が少なく (値が小さく) なっているため注意が必要である。

ベクトル解析におけるヘルムホルツの定理により、水平方向の風は、回転成分 (非発散風) と発散・収束成分 (発散風) に分けることができる。風の回転成分は以下の式を満たす流線関数を用いて表現される。

$$u_{\psi} = -\frac{\partial \psi}{\partial y}, v_{\psi} = \frac{\partial \psi}{\partial x}$$

(ψ : 流線関数、 u_{ψ} 、 v_{ψ} : 東西、南北風の回転成分)

このとき、風の回転成分は流線関数の等値線に平行で風下に向かって左手に小さい値を見て流れ、その強さは流線関数の勾配に等しい (等値線の混んでいるところほど風が強い) という性質がある。流線関数の平年偏差は平年と比べた高気圧性循環あるいは低気圧性循環の強さを表しており、平年の循環が高気圧性循環なのか低気圧性循環なのかで意味が異なる。例えば、平年の循環が高気圧性循環のところが高気圧性循環の平年偏差が現れれば、高気圧性循環が平年より強いことを表す。一方、平年の循環が低気圧性循環のところが高気圧性循環の平年偏差が現れれば、低気圧性循環が平年より弱い、あるいは平年と異なり高気圧性循環となっていることを示す。

一方、風の発散・収束成分は以下の式を満たす速度ポテンシャルを用いて表現される。

$$u_{\chi} = \frac{\partial \chi}{\partial x}, v_{\chi} = \frac{\partial \chi}{\partial y}$$

(χ : 速度ポテンシャル、 u_{χ} 、 v_{χ} : 東西、南北風の発散・収束成分)

このとき、風の発散・収束成分は速度ポテンシャルの等値線に直角に、かつその値の小さいところから大きいところに向かって吹き、その強さは速度ポテンシャルの勾配に等しいので、速度ポテンシャルの値が負で絶対値が大きいほど、大規模な発散が強いことを

意味する。一般に、熱帯域での上層発散 (収束)、下層収束 (発散) 域は、大規模な対流活動の活発な (不活発な) 領域に概ね対応している。

MJO は、半月 (5 日) 移動平均した速度ポテンシャルの経度・時間断面図などから解析する。

1.4.3 熱帯の大気及び海洋の監視指数

第 2.4 節では、ENSO に伴う海洋と大気の変動の状況を把握するため、南方振動指数 (SOI)、各領域での OLR 指数 (OLR-PH, OLR-MC, OLR-DL)、赤道域 200hPa 東西風指数 (U200-IN, U200-CP)、赤道域 850hPa 東西風指数 (U850-WP, U850-CP, U850-EP) を掲載する。それぞれの指数の算出に利用する領域は、指数を掲載する表の下部に示す。

領域平均海面水温偏差は平年偏差を表し、その他の指数は規格化偏差 (平年偏差を平年値算出期間で求めた標準偏差で割った値) である。なお、南方振動指数は、タヒチとダーウィンにおける各々の海面気圧の規格化偏差の差を求め、求めた差をさらに標準偏差で規格化した値である。また、東西風指数の領域平均を算出する際には、領域の縁に当たる格子点に 1/2 の重みを、四隅に当たる格子点には 1/4 の重みをかけた。OLR 指数は、領域平均した平年偏差の符号を逆にしていないため、正の値は対流活動が平年より活発、負の値は不活発であることを示す。

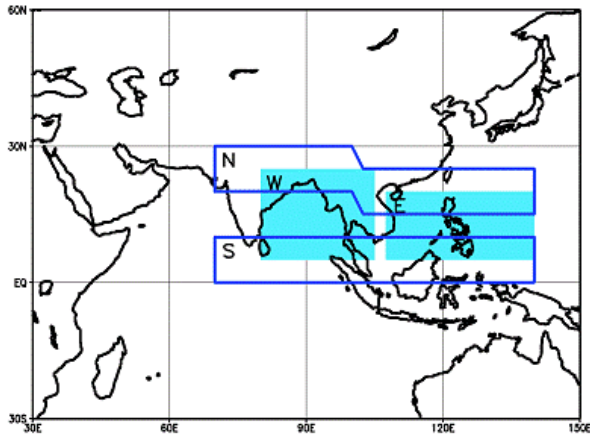
また、夏のアジアモンスーンの活動状況を示す指数 (Summer Asian Monsoon OLR Index: SAMOI) を、第 2.7-1 表に掲載する。夏 (6~8 月) の OLR を ($5^{\circ}\text{S} \sim 35^{\circ}\text{N}$, $60^{\circ}\text{E} \sim 150^{\circ}\text{E}$) の領域で主成分分析して、第 1.4-1 図に示す東西あるいは南北方向にシーソー的な変動をするパターンを抽出し、その結果から、全体の活動度を示す SAMOI(A)、北偏度を示す SAMOI(N)、西偏度を示す SAMOI(W) を以下のように定義している。

$\text{SAMOI(A)} = ((-1) \times \text{OLR(W+E)})$ を規格化

$\text{SAMOI(N)} = (\text{規格化 OLR(S)} - \text{規格化 OLR(N)})$ を規格化

$\text{SAMOI(W)} = (\text{規格化 OLR(E)} - \text{規格化 OLR(W)})$ を規格化

ここで、OLR(S)等は、第 1.4-1 図に S 枠等で示された各領域で平均した OLR である。夏のアジアモンスーンの活動が活発 (SAMOI(A)が正)な場合、亜熱帯ジェット気流が極側にシフトする、チベット高気圧が強い、日本付近で高気圧が強くと北日本を中心に高温となる傾向が見られる。



第 1.4-1 図 夏のアジアモンスーン OLR 指数 (SAMOI) の領域

1.5 海況(関連項目:第 2.5 節)

第 2.5 節では、エルニーニョ現象をはじめ気候に大きな影響を与える海洋の状況を把握するため、海面水温 (SST)、表層水温などの実況や時間推移などの資料を掲載し、海況の特徴について主に季節ごとにまとめた年間の特徴を記述する。

海面水温平年偏差図は、気象庁の海洋気象観測船や漂流型海洋気象ブイロボットによる観測に加え、国内外の観測船、一般船舶、海洋データブイによる観測データから作成された緯度・経度 1 度格子の海面水温解析 (COBE-SST) を用いたものである。COBE-SST については気候系監視報告別冊第 12 号 (気象庁, 2006) を参照のこと。

表層貯熱量偏差の経度・時間断面図は、気象研究所海洋・地球化学研究部で開発された全球海洋データ同化システム (MOVE/MRI.COM-G2) を用いて計算した半旬平均値を使用し作成した。MOVE/MRI.COM-G2 の詳細は、Toyoda et al. (2013) を参照のこと。

1.6 海氷・積雪(関連項目:第 2.8 節、第 2.9 節)

海氷(第 2.8 節)の解析には、Nimbus 衛星(米国)に搭載されたマイクロ波放射計 (SMMR)、米国国防気象衛星プログラム (DMSP) 衛星に搭載されたマイクロ波放射計 (SSM/I・SSMIS) により観測されたデータを用いた。

積雪域の状況(第 2.9 節)は、DMSP 衛星に搭載された SSM/I・SSMIS の観測データを、気象庁が独自に開発した手法に基づいて解析している(気象庁 2011a)。

参考文献

- 石原幸司, 2006: COBE-SST を用いた全球平均気温平年差の算出. 測候時報第 73 巻, S19-S25.
- 石原幸司, 2007: 全球平均気温における標準誤差の評価. 測候時報第 74 巻, 19-26.
- 大野浩史, 吉松和義, 小林健二, 若山郁夫, 諸岡浩子, 及川義教, 平原翔二, 池田友紀子, 齋藤仁美, 2011: 気温の時系列データから気象官署の移転にともなう影響を補正する手法について. 測候時報第 78 巻, 31-41.
- 気象庁, 2006: 気候解析用全球海面水温解析データ (COBE-SST) の特徴. 気候系監視報告別冊第 12 号.
- 気象庁, 2011a: 衛星データによる積雪域解析. 気候系監視資料 2010.
- 気象庁, 2011b: 1981~2010 年平年値. 気候系監視資料 2011.
- 気象庁, 2012: 季節予報作業指針~基礎から実践まで~. 平成 24 年度季節予報研修テキスト, 気象庁地球環境・海洋部. 361pp.
- Kobayashi, S., Y. Ota, Y. Harada, A. Ebita, M. Moriya, H. Onoda, K. Onogi, H. Kamahori, C. Kobayashi, H. Endo, K. Miyaoka, and K. Takahashi, 2015: The JRA-55 Reanalysis: General Specifications and Basic Characteristics. *J. Meteorol. Soc. Japan*, **93**, 5-48.
- Takaya, K. and H. Nakamura, 2001: A formulation of a phase-independent wave-activity flux for stationary and migratory quasigeostrophic eddies on a zonally varying basic flow. *J. Atmos. Sci.*, **58**, 608-627.
- Toyoda, T., Y. Fujii, T. Yasuda, N. Usui, T. Iwao, T. Kuragano, and M. Kamachi, 2013: Improved Analysis of Seasonal-Interannual Fields Using a Global Ocean Data Assimilation System, *Theoretical and Applied Mechanics Japan*, **61**, 31-48.