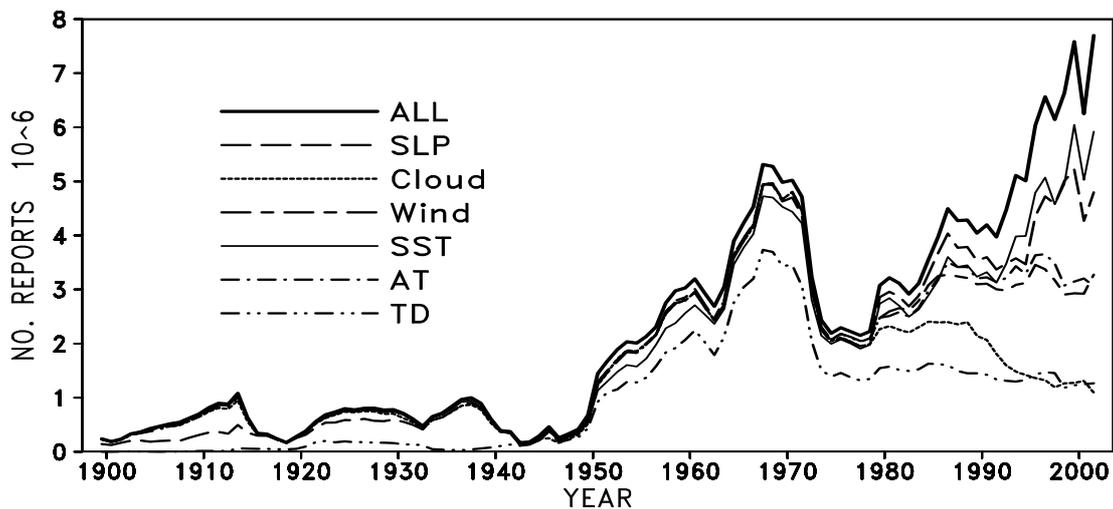


歴史的海面水温ならびに海上気象要素の解析

気象研究所・気候研究部 石井正好

1 はじめに

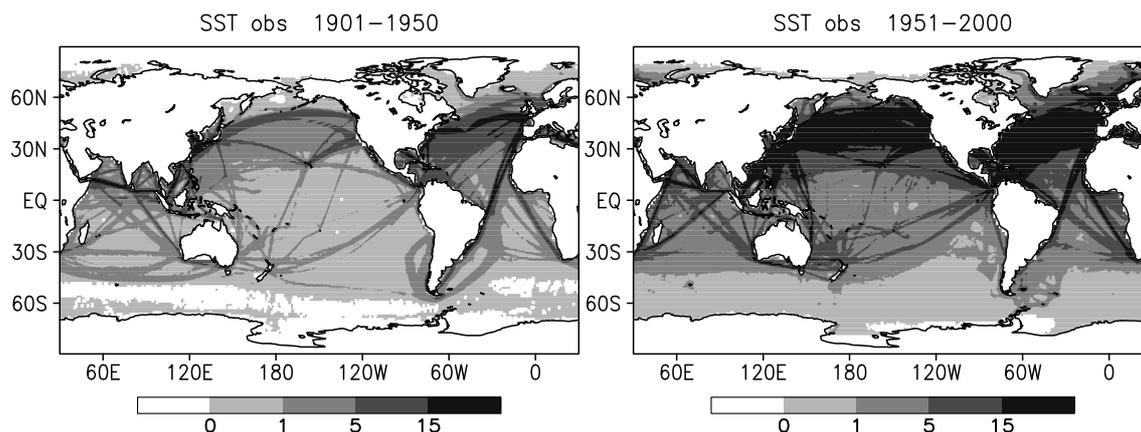
気象測器による長期的な観測による海上気象要素は、大気と海洋の間の運動量や熱などの交換の実態を知るための重要な物理量として注目される。とりわけ海面水温は、気候を把握するための基本的な状態量であり、力学モデルを積分する際には重要な境界条件であり、長期的予測の対象である。20世紀100年間に亘る海上気象要素のデータベースの整備や客観解析データベースは、気候研究の基盤整備に貢献することが期待される。加えて、力学モデルを使用した、解析データベースの応用も可能となる。歴史的データの時間分布(第3図)を見ると分かるように、戦前の観測データは乏しい。解析結果の品質に、戦前戦後の間の偏りを無くすために、経験的直交関数を用いて、一度求めた解析結果を再構成することを試みる必要がある。このようなデータベースは、力学モデルによる応用に利するものであると考えられる。本稿では、紙幅の都合により、解析値を再構成した場合の結果については紹介しない。



第1図. 観測データの時間的分布. 縦軸はデータ数(100万単位)、横軸は年次. 線種と要素との対応は本文参照.

本プロジェクトで作成される客観解析データは、COADS (Woodruff et al. 1987) や Kobe Collection (Manabe 1999) などの歴史的海上気象観測データの品質や実態を把握のための作業効率を高めることができる。その理由は、客観解析データが、時空間に不規則に分布する観測データとは違って、一様な空間で定義されていることに他ならない。今回の客観解析では、あらかじめ求めておいた気候値からの偏差を、観測データのみを使用して統計的に最適となるように求める。観測データに何らかの問題があれば解析結果に反映されることになり、その問題に対応した品質管理手順や客観解析方法の改訂が求められる。以上のような手続きを繰り返すことで、歴史的観測データに適應する品質管理手続きと客観解析が確立していく。以下に紹介する結果は、上記のような地道な作業の結果である。

今回作成する解析データベースの総称として、我々は COBE (Centennial in-situ Observation-Based Estimates of variability of SST and marine meteorological variables) を採用することに



第2図. データの空間的な分布. 左が1900年から1950年までの平均的な分布で、右が1951年から2000年までの平均的な分布。凡例の数値については本文参照。

する。

2 客観解析の概要

全球海洋上で定義された1度×1度の格子を用いた客観解析を行なう。解析の対象となる海洋と大気要素は、海面水温、海面気圧、海上風、気温、露点、雲量である。これら要素の日別解析値を平均化した月平均量を客観解析の最終プロダクトとする。ただし、各要素の変動の分散を十分再現するためと、大気要素の時間的なコヒーレンスが小さいことを考慮して、先ず日別の客観解析を行ない、次に日別解析値を月平均するという手順をとることにする。また、不確定量の尺度として、解析誤差を併せて推定する。

本稿では、観測データの品質管理と客観解析の詳細は省略する。

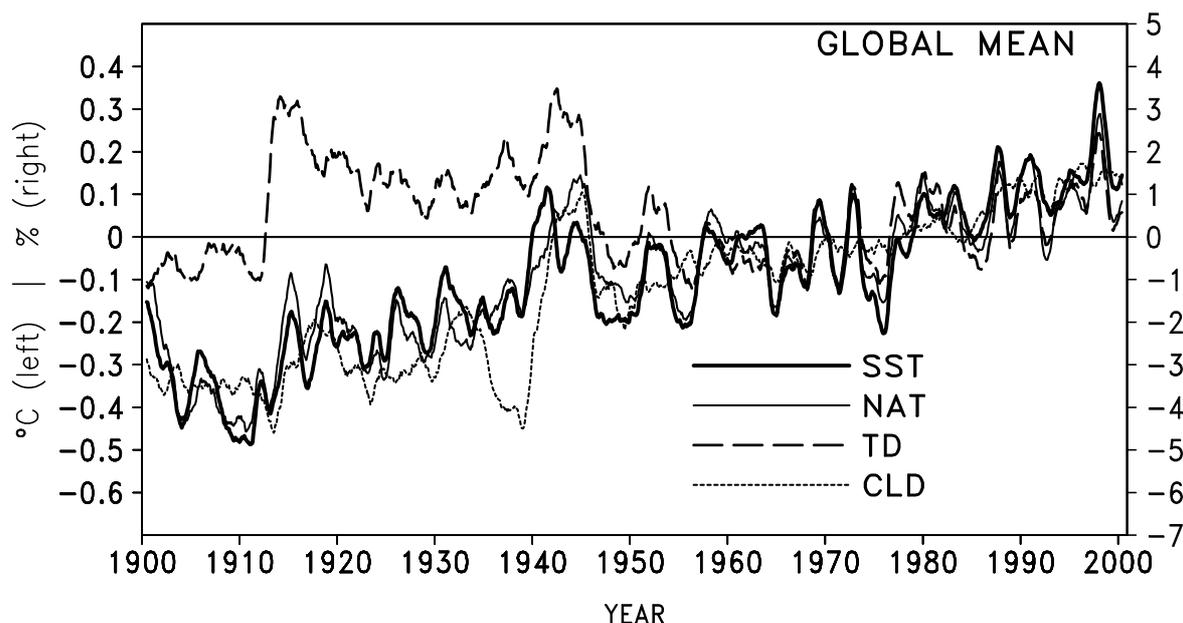
3 客観解析結果の紹介

本節では、客観解析の結果を示すが、主に、全球平均値の時系列について議論する。時系列は、2億点の観測データを1200点のデータに縮約したものであり、歴史的観測データの問題を検出するのに十分な情報を含んでいる。以下、平年偏差は1961年から1990年からの差とする。

第3図は、海面水温 (SST; $^{\circ}\text{C}$)、夜間気温 (NAT; $^{\circ}\text{C}$)、露点 (TD; $^{\circ}\text{C}$)、全雲量 (CLD; %) の全球平均値の時系列である。各要素とも、月平均偏差の13ヶ月移動平均である。全球平均海面水温は、1910年から1940年ごろまで上昇し、その後1980年ごろまで平坦な変動パターンをとり、1980年以降には再び上昇トレンドが現れる。100年間で凡そ、0.6 $^{\circ}\text{C}$ 程度の上昇が認められる。解析方法の違いがあるが、英国ハドレーセンターの海面水温解析値である HadISST (Parker, Rayner, Horton, and Folland 1999) (細線) との対応は良く (図略)、両者の差も概ね0.1 $^{\circ}\text{C}$ 以内におさまっている。

夜間気温の変動は、全期間に亘り、海面水温のものとはほぼ同じパターンをとっている。1960年以降の露点の時系列についても同様である。縦軸のスケールは変わるが、全雲量の場合も他の要素と同様に上昇トレンドをとり、6%/100年程度増加しているのが分かる。

1960年以前の露点偏差は、気温や水温の偏差に比べて0.1 $^{\circ}\text{C}$ から0.5 $^{\circ}\text{C}$ 高い。このような「低気温で湿潤な気候」という事実はやや不自然であり、該当期間の露点データは湿球の乾燥や不十



第 3 図. 海面水温 (SST; ; 太実線)、夜間気温 (NAT; ; 細実線)、露点 (TD; ; 破線)、全雲量 (CLD; %; 点線) の全球月平均偏差の 13ヶ月移動平均。温度の目盛は左側、雲量の目盛は右側にそれぞれ示す。

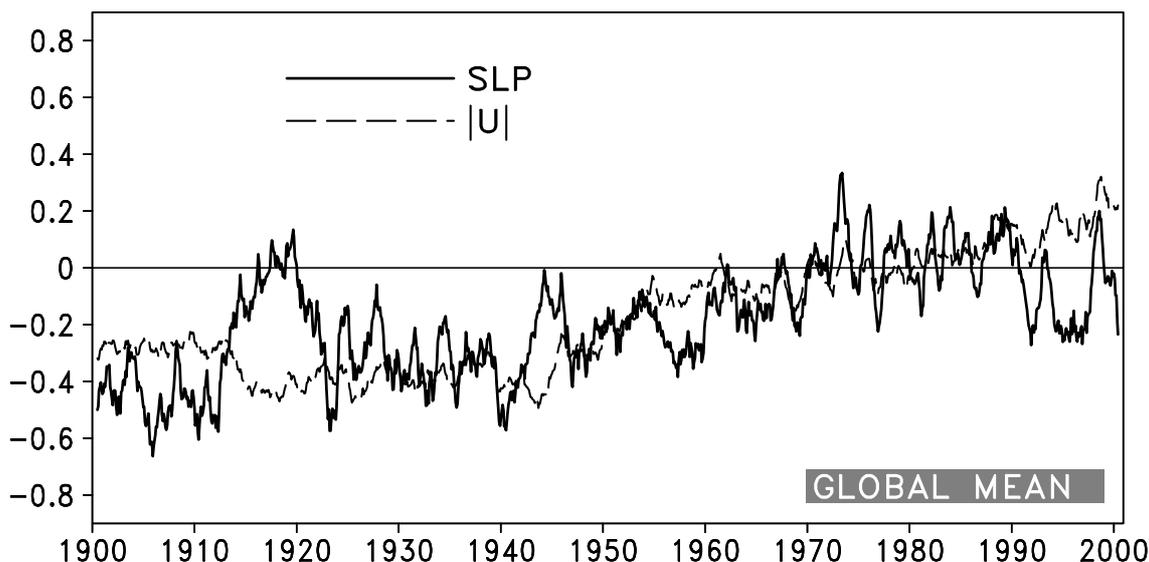
分な通風などによる観測誤差の混入があると推察される。1960 年以降の観測データを十分にサンプリングした上で気温偏差と露点偏差の対応をみると、これらの平均的な差は零に近い、あるいは一定の値に収束する傾向が見られ、平均的にみて、露点偏差の大きさは気温偏差のものより若干小さい (図略)。つまり、前述のような観測誤差が混入していないと仮定した場合には、露点のトレンドは気温と類似するものになるのが妥当であると考えられる。

1930 年代後半の雲量偏差は、前後の期間に比べて 1~2% 小さい。これは同期間にもみ存在する、UKMO が編集した一観測データセットの雲量が低いことによるものと考えている。この件については、COADS の管理を行なっている米国気候診断センター (CDC) と英国気象局 (UKMO) の担当者に照会し、問題の相互確認を行なっている。問題のデータセットを使用せずに客観解析を行なうと、図のような低雲量バイアスは大きく低減することを確認している。

今回の解析から、以上の 4 つの要素の全球平均値は、互いに類似する変動パターンをとることが分かった。データが比較的十分に分布する北太平洋域や北大西洋域での領域平均にも、類似の上昇トレンドが存在していることを確認した。このような 4 要素のトレンドの符合は非常に興味深い。1950 年以前は観測データが十分ではない (第 2 図参照) ことによる、量的な過小評価があることに注意する必要がある。

残りの要素である海面気圧と風速の全球平均時系列を、第 4 図に示した。気圧のものに正のトレンドが見られるが、図示しないが、両半球の高緯度側に顕著に現れている。もしこのように海洋上の気圧が次第に大きくなっているのであれば、陸上で平均した海面気圧は、逆に小さくなっていなければならない。しかも、海洋と陸の面積比を考えると、陸上での振幅は海洋の約 2 倍とならなければならない。しかしながら、これを支持する他の結果はない。観測データに含まれる誤差、データのサンプリング、解析方法の問題と考えているが、さらなる調査が必要である。

風速の高度補正 (Kutsumada 1998) を行なっているものの、1950 年以降 0.3m/s 程風速が大



第4図. 海面気圧 (SLP; hPa; 実線) と風速 ($|U|$; m/s ; 破線) の全球月平均偏差の13ヶ月移動平均。

きくなっている。1994年5月、ドイツのKiel大学で開催されたInternational COADS Winds Workshopで多面的に海上風の問題が議論されているが、図に示されたようなトレンドの存在は否定されていない。1950年以前の風速は、1950年以後のものに比べて $0.3m/s$ 程低下している。気圧の場合と同様に、観測データや解析方法に起因する問題として調査が必要であると考えている。興味深いことに、風速に見られた正のトレンドは、東西成分と南北成分に分離した場合には、いずれの成分にも存在しない(図略)。

4 おわりに

20世紀の歴史的海上気象観測データを使用した客観解析データベースについて簡単に紹介した。本文では紹介しなかったが、客観解析結果には、エルニーニョ現象に伴う海面水温の変動や海面気圧の変動もよく表現されていた。

参考文献

- Kutsuwada, K., 1998: Impact of wind/wind-stress field in the North Pacific constructed by ADEOS/NSCAT data. *J. Oceanogr.*, **54**, 443–456.
- Manabe, T., 1999: The digitized Kobe Collection, Phase I: Historical surface marine meteorological observations in the archive of the Japan Meteorological Agency. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **80**, 2703–2715.
- Parker, D. E., N. A. Rayner, E. B. Horton, and C. K. Folland, 1999: Development of the Hadley Centre sea ice and sea surface temperature data set (HadISST). *WMO workshop on Advances in Marine Climatology-CLIMAR99*, pp. pp. 194–203.
- Woodruff, S. D., R. J. Slutz, R. L. Jenne, and P. M. Steurer, 1987: A comprehensive ocean atmosphere data set. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **68**, 1239–1250.