

長期解析値について

1. 長期客観解析の意義

50 年を超える東経 137 度線の各層観測データは、赤道域から日本南岸に至る北西太平洋の様々な海洋構造とその変動を捉えており、エルニーニョ/ラニーニャ現象を始めとする気候変動に関わる海洋変動の解析、監視に有効なデータであり、50 年にわたり定期的に海洋観測を続けた定線は世界でも類を見ない。しかし、長い年月の間には、測定間隔や観測深度などの観測条件が大きく変化している。なかでも 1990 年に観測機器が、ナンセン採水器・転倒温度計から電気伝導度水温水深計 (CTD: Conductivity Temperature Depth profiler)・多筒採水器に替わったことにより、深さによってはデータ間隔が 250m にもなる離散データから 1dbar (約 1m) ごとの連続データへと転じている。加えて、航海によっては天候状況などによる欠測も生じている。

このようなデータの不均一さは長期変動の解析を行う上で大きな障害であり、全期間を通じた客観解析を行うことによってデータの特性の違いを可能な限り低減させる必要がある (Nakano et al., 2007)。こうして求めた均一格子の長期解析値を用いて、気象庁では「海洋の健康診断表」において黒潮流量や北太平洋亜熱帯モード水、北太平洋回帰線水の消長など、北西太平洋の長期海洋変動に関する診断を行なっている。

(http://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/shindan/index_clim.html)

2. 使用データ

気象庁海洋気象観測船、凌風丸、啓風丸によって行なわれた冬季 (1967 年～)、夏季 (1972 年～) の航海で各層観測によって取得された水温、塩分、圧力 (深度) データを主に解析した。欠測となった観測点については、XBT 等の表層水温観測データのほか、東経 137 度付近で同じ時期に他機関により取得された観測データを用いた。使用したデータ、測器の概要を表 1 に、個々の観測での測点位置、最大観測深度を図 1 に示した。

表 1. 解析に用いたデータと測器の概要

| | | 時期 | 観測項目 | 観測深度 |
|---|------------------|------------------------------------|------|---------------------------|
| ① | (ナンセン型採水器+転倒温度計) | 1967年～1989年 | T, S | 通常1200m前後まで5度ごとに海底直上まで |
| ② | CTD | 1990,1991年、1992,1993年夏、1994,1995年冬 | T, S | 通常1250mまで、5度ごとに海底直上まで |
| | CTD | 1992,1993年冬、1994,1995年夏、1996年～ | T, S | 通常2000mまで、5度ごとに海底直上まで |
| ③ | XBT (T-5) | 1993年～1996年 | | 1830mまで(1993年～1996年啓風丸) |
| | XBT (T-6) | 1997年～1999年 | T | 460mまで(1997年～1999年凌風丸) |
| | XBT (T-7) | 1990年、2000年～ | T | 760mまで(1990年凌風丸、2000年～両船) |
| ④ | XCTD | 1999年～2010年 | T, S | 1000mまで |
| ⑤ | DBT | 1986年～1989年 | T | 900mまで |
| ⑥ | 水産試験場のCTDデータ | 2009年夏のみ | T, S | 1000mまで |
| ⑦ | アルゴフロート | 2009年夏のみ | T, S | 2000mまで |

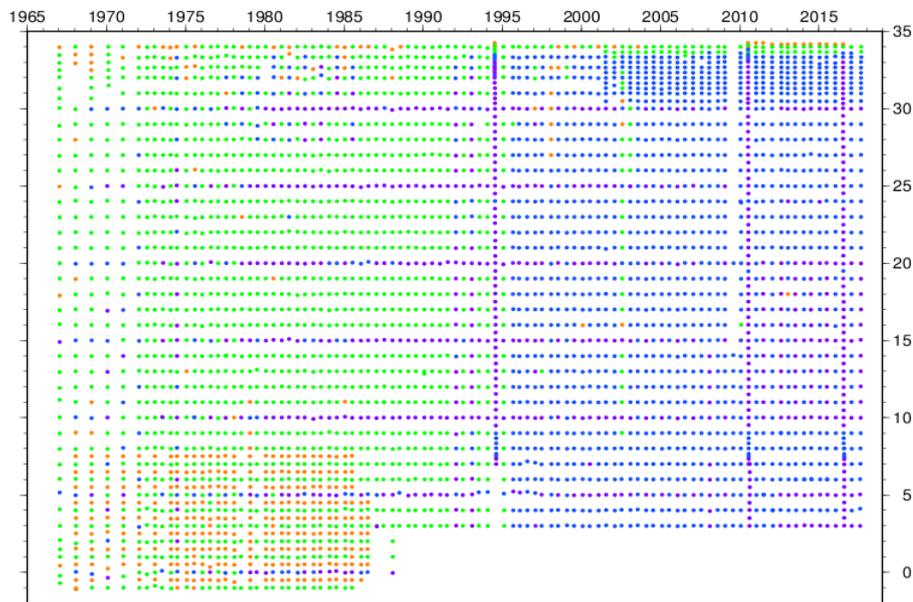


図 1. 観測点の緯度・最大観測深度分布

(● : 1000m 未満、● : 1000m から 2000m 未満、● : 2000m から 4000m 未満、● : 4000m 以深)

最大観測深度や観測点緯度の主な変更点は、以下の通りである。1990年以前のナンセン採水器・転倒温度計による各層観測では表層の10mから深度とともに間隔は大きくなり1000m以深では約250m間隔となっている。また、5度ごとの測点では4000m以上の観測に対し他の測点では最大観測深度は1250mまでと異なっている。赤道域では1980年代末から南北解像度を粗くし、南限も南緯1度が北緯3度となっている。また、1992年以降は最大観測深度が2000m以深となり、2000年代に入ってから、黒潮の高解像解析のために北緯30度以北の測点間隔が緯度20分間隔になっている。

3. 客観解析の具体的な処理内容

客観解析の流れの概略を図2に示す。

まず、各測点ごとに最大観測深度まで鉛直方向の補間を行ない 1dbar 単位の分布を求める。基準層にしか観測値がない離散的データであるナンセン採水器・転倒温度計の観測の場合、秋間法 (Akima, 1970) を用いた内挿により 1dbar ごとに補間する。ただし、混合層の底部や躍層付近で逆転層のような不自然な値や勾配が生じた場合は修正を行なっている (図 3a)。一方、CTD 観測で得られている 1dbar ごとの細密な測定値には内部波などにもなう微細構造やスパイクノイズが含まれていることから、フィルターにより平滑化する (図 3b)。今回は 10dbar のガウシアンフィルターを用いた。

次に、この鉛直補間済みデータのうち、最大観測深度が 2000m に至る連続測定データが取得されている CTD 観測期間、即ち 1992 年から 2017 年について季節別の平均値を求める。これにより、欠測であった格子点、あるいは未取得であった深度に対しても平均的な分布構造が担保されることになる。

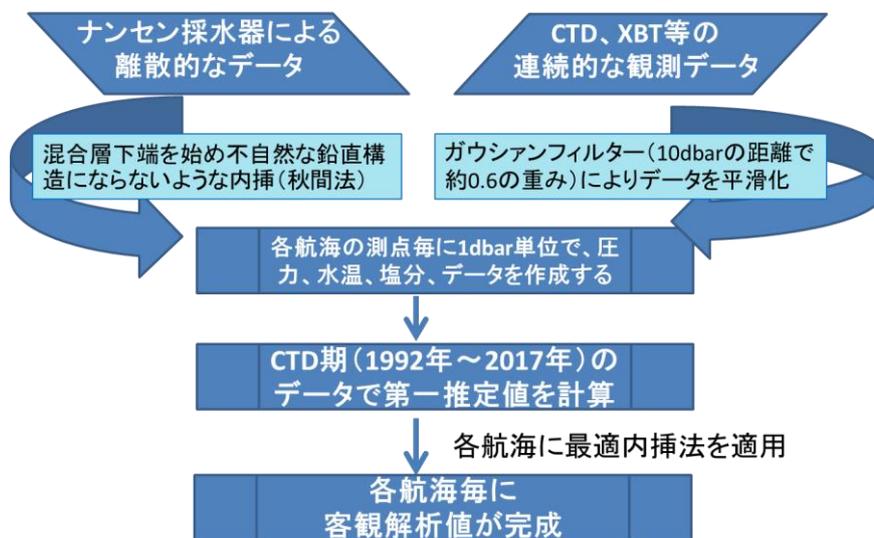


図2. 客観解析処理の流れ

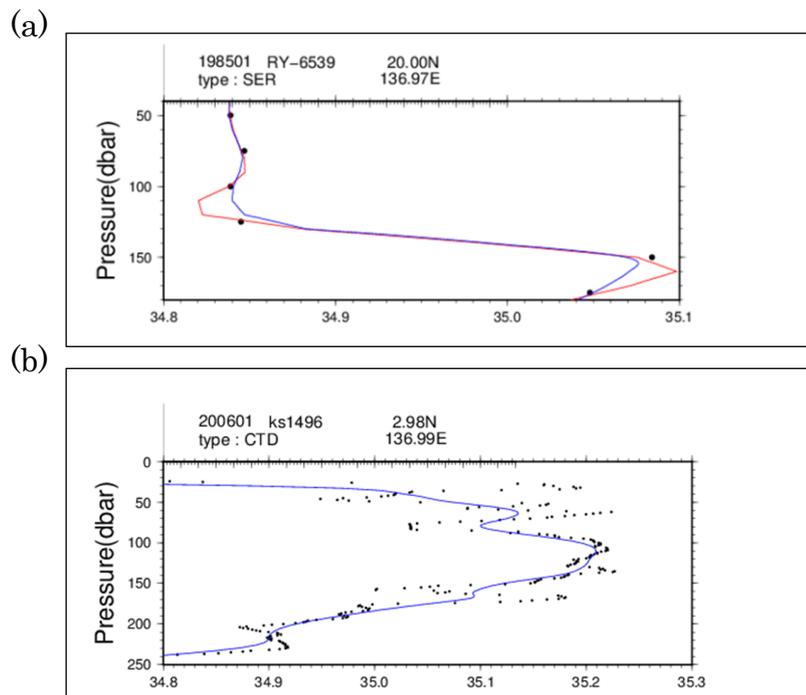


図 3. (a)離散的測定値の内挿における修正の例
 (●：測定値、赤線：旧解析値、青線：新解析値)、
 (b)連続測定値の平滑化の例
 (●：1dbar 間隔の測定値、青線：解析値)

最後に、この第一推定値に対し各測点の鉛直補間済みデータを入力値とする最適内挿法 (Roemmich, 1983) を施し、南北間隔が北緯 31-34 度は 20 分、北緯 30-31 度は 30 分、それ以南は 1 度で、鉛直間隔が 1dbar という均一格子の最終的な解析値を得る。今回公開する解析値では、89 年以前の南北 1 度、深さ最大 250 m という観測分解能、また黒潮域の解像度を勘案して、相関距離のパラメーターとして南北 160 km、鉛直 400 dbar という値を採用している。なお、91 年以前は、2000 m 以上の観測は 5 度ごとにしか行っていないため、客観解析によっても適切な解析値を求めることはできない。そのため 91 年以前の解析値は 1250 m までにとどめ、それ以深については欠測として扱っている。

今回の解析値が Nakano et al. (2007) と比べて大きく違う点は、離散的なデータに対する鉛直補間において、混合層底部や躍層付近で不自然な鉛直構造に修正を加えたことと、XBT 他表 1 ③~⑦のデータを新たに追加したこと、さらに最適内挿法の水平補間距離を 300km から 160km に減じたことである。

4. 利用にあたって

東経 137 度線の各層観測データに客観解析を施し、水温、塩分について均一格子の長期解析値を作成した。この解析値を用いることで、より容易に長期変動を理解するための統計処理（例えば、平年値や偏差の導出のみならず主成分解析、気候指数との相関解析など）や、水塊解析（水塊の断面積や海水特性の変化など）を効率よく行なうことができる。また、地球温暖化予測モデル等における海洋内部の変動の再現性検証等にも利用しやすくなる。ただし、今回の解析値は比較的簡便な処理によるものであり、離散的測定値から連続測定値への移行を始めとする測定データの特性の変化を完全に解消できているわけではない。また、今回公開する解析値は平滑化されたデータなので微細な海洋構造の解析は、これまで通り 1dbar ごとの CTD データを使用していただきたい。これらの点について、留意したうえで、これまで以上に東経 137 度線のデータが利用されることを希望する。

5. 参考文献

- Akima H (1970) : A New Method of Interpolation and Smooth Curve Fitting Based on Local Procedures. Article in Journal of the ACM 17(4):589-602.
- Nakano T, Kaneko I, Soga T, Tsujino H, Yasuda T, Ishizaki H, Kamachi M (2007) : Mid-depth freshening in the North Pacific subtropical gyre observed along the JMA repeat and WOCE hydrographic sections. Geophys Res Lett 34:L23608. doi:10.1029/2007GL031433.
- Roemmich D (1983) : Optimal Estimation of Hydrographic Station Data and Derived Fields. J. Phys. Oceanogr., 13, 1544-1549.