

衛星高度計記録に見る海面上昇

ARGO float観測による熱膨張成分の推定とENSOによる短期的乱れ



北海道大学 理学部 地球惑星科学科 宇宙測地学研究室4年 徳井 雄太

概要 近年、地球温暖化の影響による海面上昇の議論が盛んである。約25年前から衛星搭載型の海面高度計を用いることによって全球の平均海面高度 (Global Mean Sea Level, GMSL) の変化を観測できるようになった。本研究では、海面上昇の主要な要因の一つである海水の熱膨張の量をARGO floatによるその場観測の結果から計算し、海面上昇に占める割合を考察する。また、GMSLの変化にエルニーニョ南方振動 (ENSO) による降雨パターンの変化が与える影響について考察し、過去の海面高度記録からその影響を補正する方法について議論する。

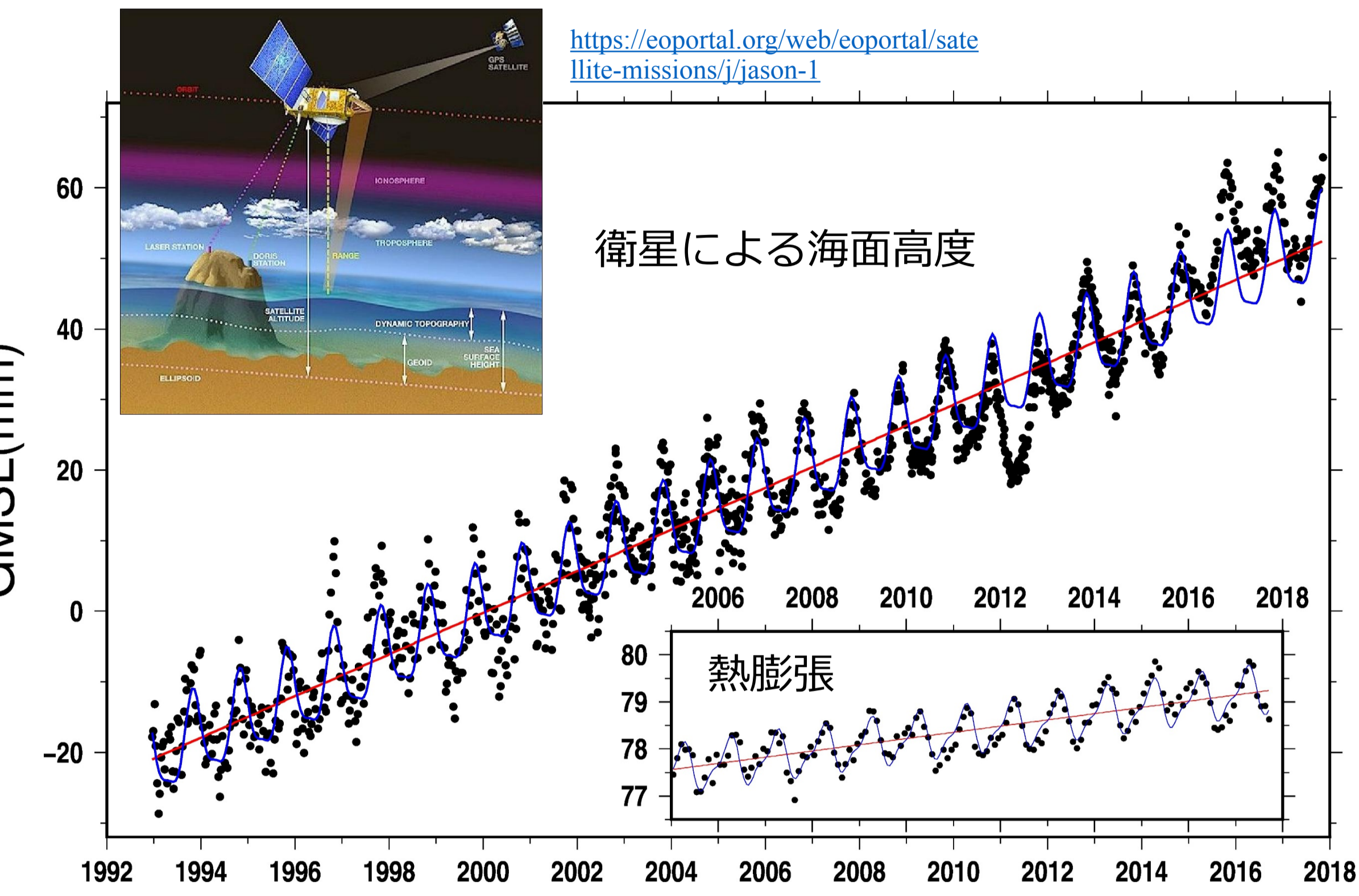


図1 (中央)過去25年の海面上昇の様子を表したグラフ。(mm) (赤:直線近似・青「直線+季節変化」のモデル) (右下) Argo floatデータを用いて過去12年での全海洋での熱膨張量の平均値の推移を表したグラフ。(赤:直線近似・青「直線+季節変化」のモデル) (mm)

2.衛星海面高度計の結果解析 今回はアメリカ海洋大気庁が公開している衛星海面高度計データを1992-2017年の分取得して解析する。直線近似 (図1中央の赤線) では、全海域で平均した海水面は約3.0 mm/年で上昇している。また、NOAA (アメリカ海洋大気庁) の分類に基づく各海域ごとの海面高変化も解析した。(図4) 変化率が大きい海域は赤道~北回歸線のゾーンにある海域がほとんどであり、反対に変化率が小さかったのは北極に近い狭い海域が多かった。季節変化の振幅が大きかったのは日本海などの狭い面積かつ大部分を陸に囲まれた海域であった。

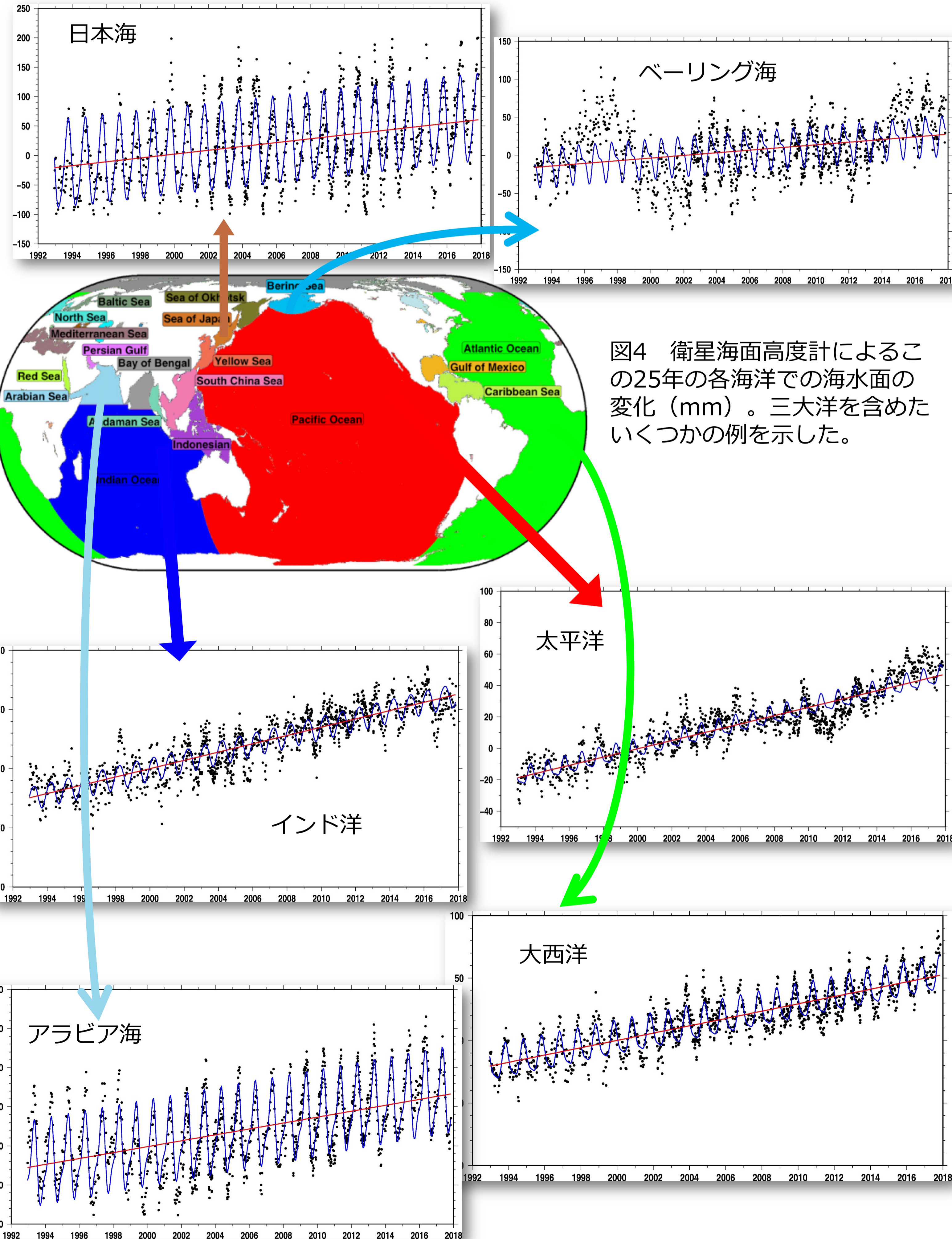


図4 衛星海面高度計によるこの25年の各海洋での海水面の変化 (mm)。三大洋を含めたいくつかの例を示した。

1.はじめに 衛星搭載型海面高度計はレーダー高度計で測った衛星-海面間の距離と衛星高度の差から海面高度を求めるものである。(左下図) ARGO floatは海中を上昇、沈降して水温や塩分濃度を計測する器具 (図2) であり、現在世界中の海に3862個配備されている。(図3) 本研究では世界中にARGO floatが配備された2005年以降のデータを用いる。海面上昇の主な原因に、陸域からの氷の融解水の流入 (海水の量の増加) と海水の熱膨張による体積増加がある。過去25年の海面高は計測開始以来、ほぼ単調な増加を見せている (図1の赤直線) が、2010-2011にはラニーニャに伴って海水が陸水としてオーストラリア大陸に貯留されることで一時的に海面が低下した (Fasullo et al., 2013)。このようなENSOに伴う陸水貯留量の増減 (Morishita & Heki, 2008) (図6) は海面上昇やその加速度を論じる上で誤差源となる。特に、限られた時間幅のデータから海面上昇の加速度を求める際に、陸水の適切な補正が重要となる。

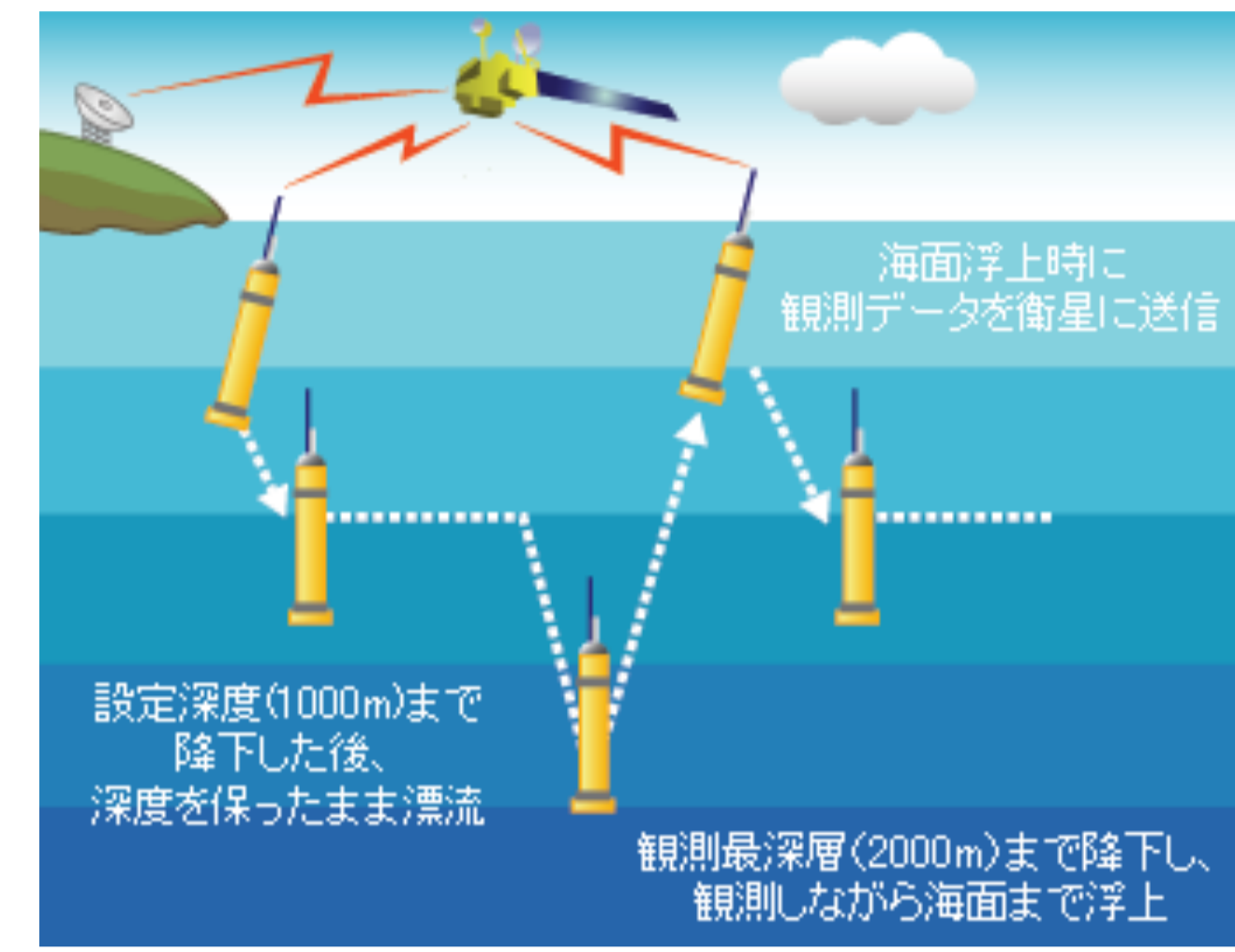


図2 ARGO floatの観測サイクル図。(www.jamstec.go.jp/J-ARGO/overview_3.html)

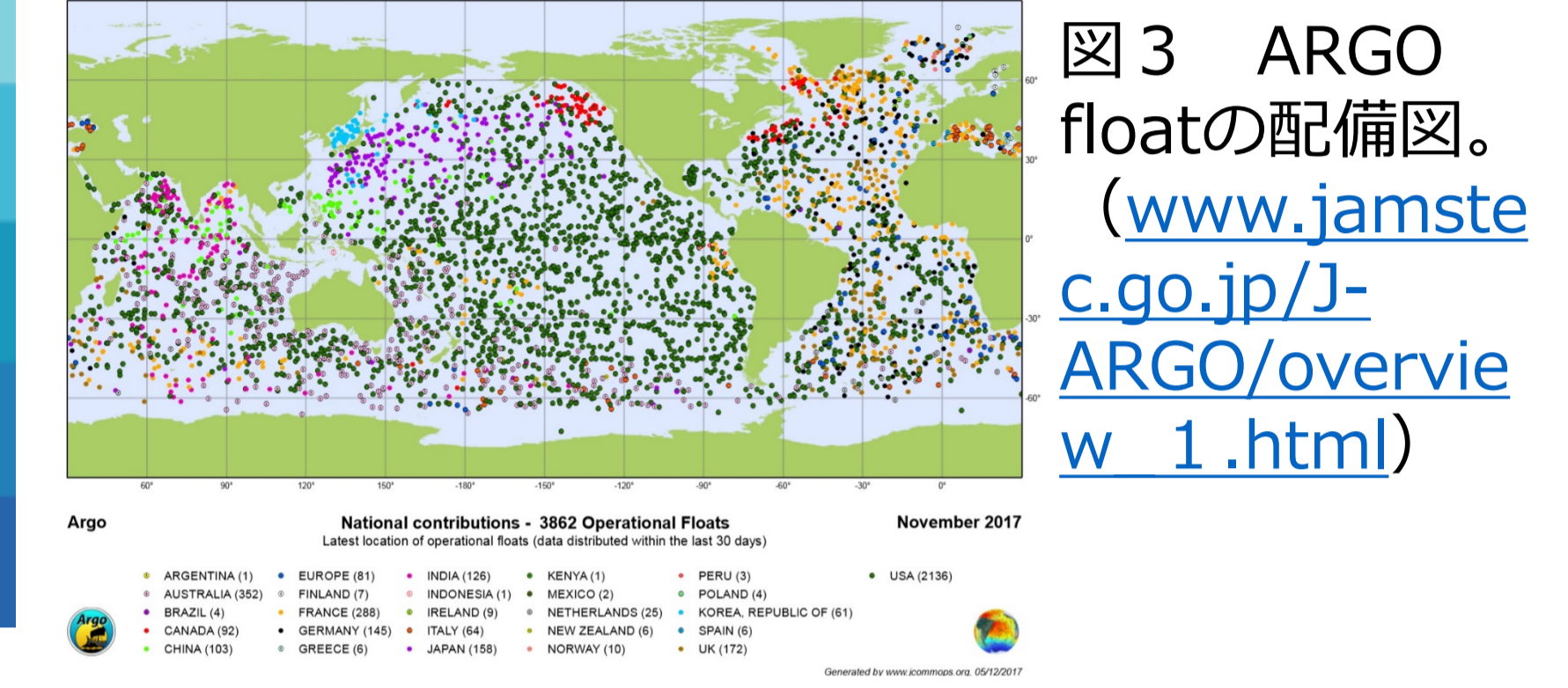


図3 ARGO floatの配備図。(www.jamstec.go.jp/J-ARGO/overview_1.html)

3.ARGO float観測の結果解析 本研究では以下の仮定の下に海面の熱膨張による海面高の上昇量を計算する。

- 海水がすべて真水で4℃だった場合に対する、熱膨張による海面上昇を計算
 - 2000m以深 (ARGO float観測の最深部)の温度プロファイルはないので考慮しない
- 得られた各月・グリッド点ごとの値から、この12年での全海洋の熱膨張による海面上昇率を計算した。図1右下にある赤線は「直線+季節変化 (年周・半年周)」で近似したモデルである。このモデルの傾きは 1.36 ± 0.04 (mm/yr) である。これはここ12年のGMSL上昇の約2割を占める。また図5に示すように、この値は一樣ではなく海域によってまちまちである。太平洋、北大西洋でのはっきりとした東西のコントラストが目立つ。これらの違いはENSOに代表される気候変動等によるものと考えられる。

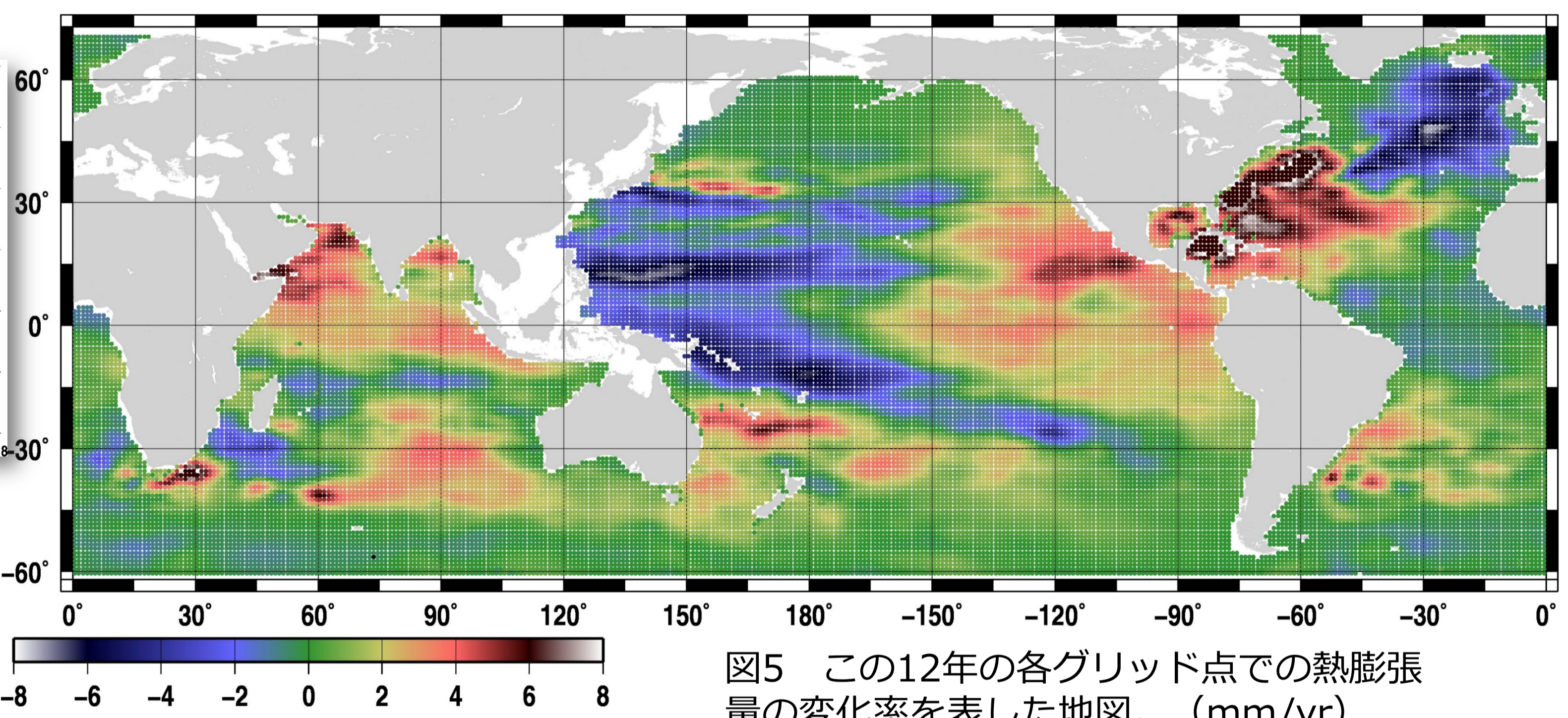


図5 この12年の各グリッド点での熱膨張量の変化率を表した地図。(mm/yr)

4.ENSO指標を用いた陸水補正 図1の「直線+季節変化 (年周・半年周)」で近似したモデル (青) からの残差を、D-SST (ペルー沖の海水温の偏差、エルニーニョ時に正、ラニーニャ時に負) と比較した (図7)。NINO.3の海面水温は気象庁HPから取得した。赤線が示す正の相関が顕著である。GMSLのデータに「(D-SSTの値) × 1.7を加える」という条件でENSO補正を行った。図8で補正前の青と補正後の赤のGMSLデータを比較する。長周期の変動がかなり小さくなっている。

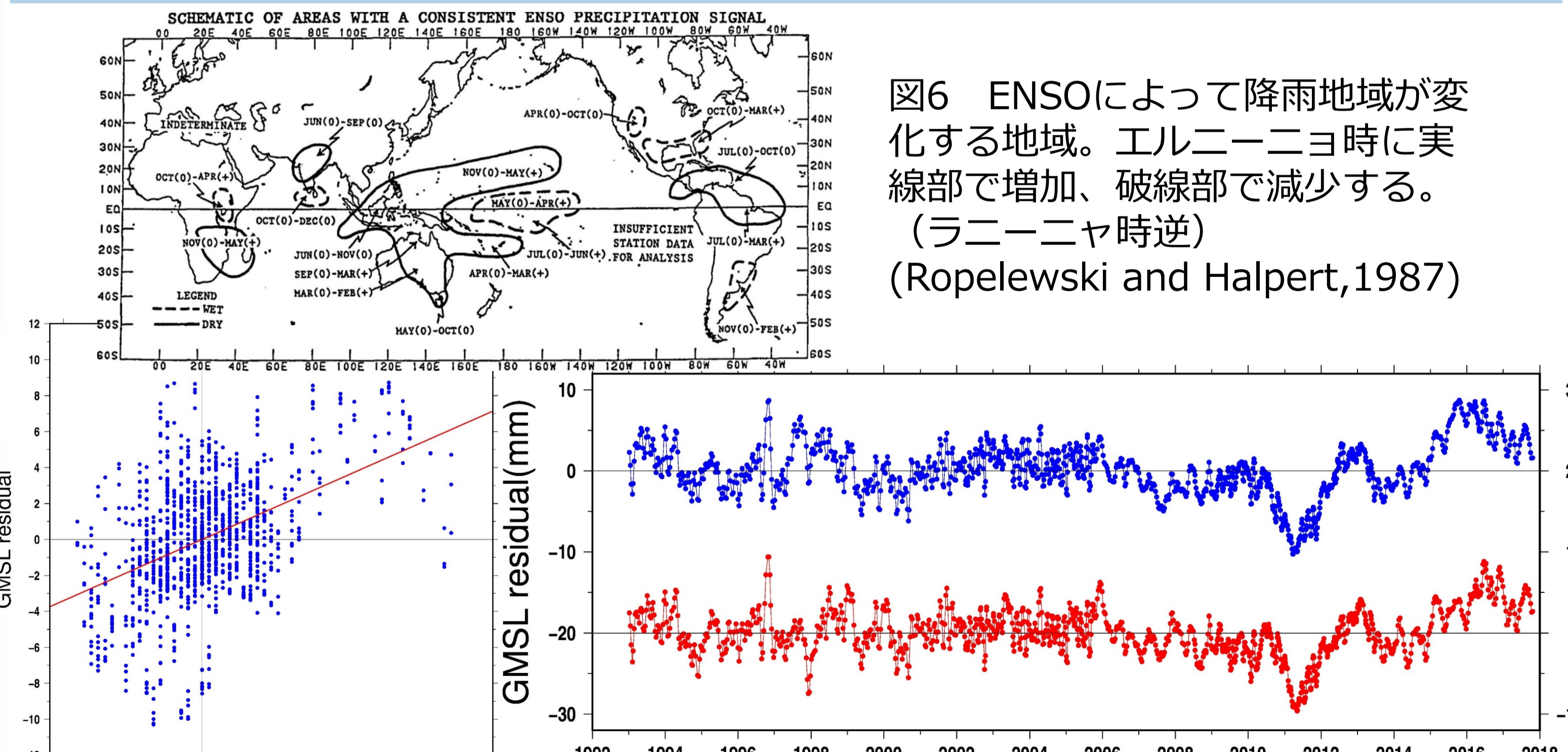


図6 ENSOによって降雨地域が変化する地域。エルニーニョ時に実線部で増加、破線部で減少する。(ラニーニャ時逆) (Ropelewski and Halpert, 1987)

図7 GMSLのモデル残差とENSO指標のD-SSTの相関についてのグラフ。赤線で最も適した直線モデルを示した。図8 元のGMSLデータ残差 (青) とENSO補正を行なったGMSLデータ残差 (赤) の比較

5.考察と今後の展望 ARGO floatでの観測結果からは、全海面上昇における熱膨張の占める割合が計算できた。残りの大部分を占めると考えられる海水の量の増加をGRACEなどの衛星の観測結果から計算していきたい。また、ARGO floatのデータも各海洋ごとに分類を行って、海域ごとに海水面の変化と熱膨張量のかかわりを調べていきたい。また海面高度計のデータも個々の海域毎に解析し、グリッド点毎の海面高、熱膨張、重力変化の三者を比較したい。また ENSO指標とGMSLの比較から、エルニーニョ/ラニーニャ時に海面高が上昇/下降する関係が確認されたが、2011年のラニーニャ時の海面降下は単なるENSO指数では補正が難しい。これはラニーニャ以外の気候変動の影響が大きかった (Fasullo et al., 2013) ためである。

参考文献
 Fasullo et al. (2013), Australia's unique influence on global sea level in 2010-2011, Geophys. Res. Lett.,
 Morishita, Y. and K. Heki (2008), Characteristic precipitation patterns of El Nino / La Nina in time-variable gravity fields by GRACE, Earth Planet. Sci. Lett., 272, 677-682.
 Ropelewski, C.F. M.S. Halpert (1987): Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation, Month. Weather Rev., 115, 1606-1626
 気象庁HP <http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/data/elnino/index/nino3abs.html>
 アメリカ海洋大気庁 https://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lsa/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries_regional.php
 JAMSTEC http://www.jamstec.go.jp/ARGO/argo_web/argo/?page_id=83&lang=ja
 JFEアドバンテック (株) <http://ocean.jfe-advantech.co.jp/sensor/img/density.pdf>