



Tropical Pacific Observing System

第一次報告書

2016

日本語概要

TPOS 2020 第一次報告書

概要

2016 年 12 月

主執筆者: Sophie Cravatte, William Kessler, Neville Smith and Susan Wijffels

貢献執筆者: Lisan Yu, Kentaro Ando, Meghan Cronin, Tom Farrar, Eric Guilyardi, Arun Kumar, Tong Lee, Dean Roemmich, Yolande Serra, Janet Sprintall, Pete Strutton, Adrienne Sutton, Ken Takahashi, and Andrew Wittenberg

主執筆者、貢献執筆者および査読者に関する詳細な情報は付録 C を参照してください。

表紙の写真は、William Kessler 氏により提供されました

概要の日本語訳は、安藤健太郎氏および堀井孝憲氏により提供されました。

このレポートは、GOOS-215、JISAO 貢献番号 2016-03-58、PMEL 貢献番号 4548 です。

レポートの引用の際には以下を使用してください。

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, and Contributing Authors, 2016: First Report of TPOS 2020. GOOS-215, 200 pp. [<http://tpos2020.org/first-report/>より入手可]

概要のみの引用の場合は、以下を使用してください。

Cravatte, S., W. S. Kessler, N. Smith, S. E. Wijffels, and Contributing Authors, 2016: Executive Summary. First Report of TPOS 2020. GOOS-215, pp. i-xii. [<http://tpos2020.org/first-report/>より入手可]

概要

TPOS 2020（熱帯太平洋海洋観測システム2020プロジェクト）は、熱帯太平洋の国際的観測を強化し再設計する一世代に一度の機会です。熱帯太平洋の大気と海洋が強く結合した変動は地球規模の気候に影響し、世界中の経年気候変動の予測可能性の主要な要因となっています。

このプロジェクトの原動力は、2012年～2014年の太平洋における熱帯係留ブイアレー（TMA）の観測能力の低下によるエルニーニョ - 南方振動（ENSO）の予測と関連サービスに対する重大なリスクであると認識されています。今回のTPOSネットワークはこのリスクを軽減するだけでなく、熱帯太平洋の変動やそれがもたらす世界各地の農業、海洋生態系、人の健康、および災害対策など多くの分野への深刻な影響を理解し予測することを目指しています。気候変化や気候変動に関する科学的要望に答えるために、TPOS2020では、重要な観測記録を継続し、主要な上層海洋・海面大気パラメータと現象のモニタリングを海洋生物地球化学パラメータを含めて強化し、更に東西の境界海域にまで拡大しています。

本報告書では、TPOSの再設計と強化の第一歩のための論理的根拠と計画を提示しています。報告書では、資金提供者に対して熱帯太平洋における持続的またはプロセス的な観測手法の両方に対して、現在および将来の投資を正当化し擁護する手段を示すことを目指しています。本報告書では、持続的な観測システム（ここでは、TPOSのバックボーンと呼ぶ）への基本的かつ中核的な貢献に焦点を当て、次の5つの重要な機能を記述します。[1.3]¹：

- (1) ENSOの予測や他の予測システムをサポートし、評価し、検証し、初期化し、そしてその進歩を促進するためのデータの提供
- (2) 海面と亜表層海洋の変化を定量化するための観測の提供
- (3) 校正と検証を含む衛星観測と現場観測の統合の支援
- (4) プロセス研究のための観測システム基盤の提供を通じた、熱帯太平洋における気候システムの理解とモデリングの促進、ならびに
- (5) 熱帯太平洋の気候記録の維持および拡大

この再設計は、1985-1994年の熱帯海洋 - 地球大気（TOGA）プログラムによる基盤と、それ以降の多くの技術革新と強化に基づいています[2.2, 2.3]。ENSOのモニタリングと予測、そしてそれを支える科学研究から生じる多くの公共の利益は、TPOSの主な動機となります。観測網は、また、気象および海洋環境のモニタリングサービスだけでなく、気象および海洋予測の改善のための基礎を提供します。このような公共的なサービスを行うため、信頼性の高い、効果的で持続的な熱帯太平洋海洋観測システムが要求されています[2.1, 2.2, 2.4]。本報告書では、2020年以降において、要求を満たすための初期の勧告と必要な措置の両方を概説します[5, 7]。

¹主報告書の節の参照文献は角括弧で示しています

TPOSは、TOGA [2. 5]以来20年間、大成功をおさめ、その間に出現した多くのサービスを発展させ、より良い理解の基盤を提供してきています[2. 4]。TPOS 2020は、科学的な問題を念頭において、これまでに新たな理解がもたらされたこと、現在の分析、モデリング、予測システム、さらには、現在整備または開発されているサービスの精巧化をも考慮しながら、要求事項を再検討します[3. 1]。TPOS設計は、衛星観測と現場観測の両方における新しい技術の進歩を利用するために、また観測効率や有効性や信頼性の向上をもたらすために、今後数十年間のニーズに焦点を合わせて再検討されています。この要求事項は、まずはG00SやGCOSで決められてきた主要海洋変数および主要気候変数のために整備され、可能な範囲で、空間的および時間的サンプリング、現象の依存性、正確さ、品質、および継続性の必要性に関して特徴付けられます[3. 1. 1, 3. 1. 2, 3. 1. 3]。この要求事項は、また、気候記録を維持し向上させる必要性によって推進されます[3. 2]。

より深い理解とモデル開発の改善のための新たなターゲットとして、海洋混合層とそれと相互作用する表面フラックス、日変動、赤道域の物理的な大気海洋結合系、太平洋の境界領域、ならびに生物地球化学、特に大きな大気 - 海洋炭素フラックス[3. 3]があります。これらは、持続的、そしてプロセス研究的ネットワークの組み合わせによって満たされます。

新しいTPOS 2020の取り組みは、単一のプラットフォームへの依存を軽減し、最近の技術動向[7. 6]から得られるいくつか効率化できる部分を取り入れます。結合モデルの開発、より優れたシステム全体の格子化されたプロダクト、および一般的な理解の促進に利益をもたらすことなど、TPOSの鍵となる枠組みが初めて包括的に見られるようになるでしょう。TPOSの機能強化により、改善度の定義が難しいことが判明していますが、運用されているモデリングシステムに対する多くの必要な改善が可能となるでしょう。

新しいバックボーンとその実施のための設計を導く原則が定められています[4, 7. 1]。これは、衛星観測と現場観測プラットフォームの一貫した共同検討が含まれ、熱帯太平洋の気候記録の不確実性を低減する能力[5]を活用すること、および2020年までのプロジェクトの進行中と終了後にTPOSを更に洗練するための情報を提供するパイロットプロジェクトとプロセス研究[6]を導入することです。

この要約の次節では、海洋変動の**要求事項**と観測システムに関する**推奨事項**を概説し、次の「実施」の節では鍵となる**行動**に焦点を当てています。ここに推奨事項と行動が記載されている順序は、優先順位を意味するものではなく、場合によっては報告書本文の順序とは異なることもあります。

現段階で可能な限り、TPOS 2020の報告書には重要項目に対する費用の見積りが含まれています。推奨事項と行動は実現可能で実施可能ですが、適切な原価計算はTPOSを実施する責任者とのより深い対話後にのみ可能となります。

要求事項と推奨事項

気候変動のモニタリングと検出には、すべての主要気候変数に対して、説得力のある正確さ、持続時間、連続性が必要です。このような気候記録を提供するには、問題を引き起こす可能性のあるシステムコンポーネントの障害に対する適切な冗長性と弾力性が求められます[3.2.1]。

□ TPOSは、高雨量域や弱風、強風レジームを含む、良好で空間的および時間的な対象範囲の偏りのない正確な**表面風/風応力**²を必要とします。特に、赤道太平洋や強い対流や降水域[3.1.1.2, 3.2.1, 5.1]では、データを相互検証し、気候記録を実証するために、その場所での風の長い時系列を維持することが重要です。前線やその他の小規模なプロセスを監視するには、風ベクトル場が50km以下のスケールの勾配を解像できる必要があります[3.3.2]。風速散乱計の値と現場観測値との間の差異を調整するために、海洋の表層流の値が必要です[推奨事項11参照]。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項1 今後10年以上にわたる熱帯太平洋の90%以上の広範囲で6時間ごとにどのような天候でも風のデータ取得を確実にし、異なる赤道交差時間で日周期サイクルを捕らえることができる、多周波散乱計とマイクロ波センサーによる相補的な風速測定

推奨事項2 特に現場気候データの記録継続を念頭に置いた現場ベクトル風の測定、および特に赤道太平洋および熱帯多雨域における異なる衛星風センサーとの相互検証

□ 永続的な曇りや雨の多い海域ならびに東部赤道太平洋の冷水舌域における急な水平勾配に特に重点を置いた偏りがなく正確な高解像度の長期**海面水温 (SST)** サンプリングが必要です。理想的には、海面付近のプロセスの理解を深めるために、日変動が大きい海域では日周期を分解し海面近傍の水温プロファイルの特性を明らかにすることができるサンプリングが必要です [3.1.1.1, 3.3.1, 3.3.2, 5.2]。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項3 より高い時間空間サンプリングのための赤外線センサー、雲天時の欠測を埋めるマイクロ波センサー、および相互校正に貢献するさまざまな種類の衛星および現場観測のプラットフォームを使用した、SSTの衛星観測の維持

推奨事項4 現在のレベルのSST現場観測の維持と漂流ブイによるSST品質の改良。両方とも、SSTの気候記録のための基準となる独立したデータセットを提供するだけでなく、SSTの校正と検証に貢献します。特に対流活発域や多雨域を対象とし、同時に赤道域の係留系によるSSTの現場測定を維持します。

²主要気候/海洋変数は**太字のイタリック体**で示されます。

□ 海洋予測モデルの初期化のため、空間スケールが小さな観測（サブメソスケールまで）と同時に、高精度かつ広域の海面高度（SSH）の観測が必要です。海洋質量（重力または海底圧力）の観測もまた維持されるべきです [3. 1. 2. 1, 3. 1. 2. 2, 3. 3. 4, 5. 3]。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項5 大規模なSSHをモニターのためのJasonシリーズの衛星高度計による高精度SSH測定継続、および西岸境界を含む重要な海域で特に活発なメソスケールおよびサブメソスケールのSSH変動を測定するための広い帯幅の高度計測技術の継続的な開発

推奨事項6 衛星によるSSHの校正と妥当性検証のための現場での潮汐測定維持、リファレンス用の全地球測位衛星システムのアップグレード、および持続的な水温および塩分プロファイルの測定（下記参照）による補完。

推奨事項7 衛星観測もしくは海洋プロファイルから求める海面高度を校正および検証するための海洋質量測定継続、ならびに衛星観測による推定を検証するための現場の海底圧力計測継続

□ 多様な気候レジームの現場データに対して評価された衛星降水量測定が必要です。降雨率の計測と並置された風速と風向の計測は、西赤道太平洋の対流活発域と熱帯収束帯、南太平洋収束帯[3. 1. 1. 2, 3. 1. 1. 5, 5.4]において特に重要です。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項8 熱帯域における降水量測定の時間空間サンプリングを維持するための国際協力の下での衛星降水量測定システムの継続および強化

推奨事項9 特に長期の気候記録を提供するために、衛星から作成されたプロダクトの評価と改善のための海洋の現場降水量測定継続と拡大。

□ 赤道域の大きな勾配を持つ塩分前線の特徴を明らかにするのに十分な解像度でかつ広範囲の海面塩分（SSS）観測が必要です[3. 1. 1. 6]。重要なプロセスや現象を理解するために、より高解像度の塩分サンプリングが西太平洋の暖水プールや前線領域で特に重要です [3. 3. 1, 3. 3. 2, 5. 5]。現場および衛星観測は互いに相補的で、TPOSのニーズを満たす観測を提供します。現場測定は、正確な海面付近の塩分測定を提供します。Argoはより大きな空間スケールの対象範囲を提供します。熱帯の係留系は高頻度の観測を提供し、VOS（Voluntary Observing Ships：篤志観測船）は航路に沿った高い空間解像度の測定値と長い気候データ記録を提供します。衛星は、沿岸海域や周辺海域により良い対象範囲を提供するだけでなく、SSSの空間勾配が把握可能なほぼ均一なサンプリングを提供します。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項10 衛星精度の向上に重点を置いた相補的な衛星および現場SSS測定ネットワークの維持。

□ 衛星および現場の風の測定データの同化および統合を容易にするために、特に赤道域において高い空間時間的解像度を有する**表層流**（流速および方位）が必要です[3. 1. 1. 2]。赤道域の**亜表層流**の時系列は、モデルの検証と開発に広く使われており、将来のモデルデータ同化[3. 1. 3. 2]に引き続き必要となります。TPOS 2020はプロセスや現象の理解を深めるため、海面付近の流速シアを理解するための海流計測の鉛直解像度の向上、赤道域の南北循環を解像するための南北のサンプリング、および低緯度西岸境界流や中層流などの重要な部分のモニタリング [3. 3. 1, 3. 3. 3, 3. 3. 4. 1, 3. 3. 4. 2, 5. 6] の改善の必要性を認識しています。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項11 表層流を衛星から測定し、特に赤道付近の海面および海面付近の海流を現場観測するため、ならびに風および表層流の同一位置における測定値を収集するための技術開発の継続、そして

推奨事項19 既存の赤道域の係留系における海流の鉛直構造の観測深度範囲の維持および将来的な拡張、ならびに対象に沿って赤道域の南北に拡張した係留装置による南北の解像度の強化。

□ 大気 - 海洋二酸化炭素 (CO_2) フラックスの必要性は、既存の高品質海面分圧の CO_2 ($p\text{CO}_2$) サンプリングによって部分的に説明されています。これらの観測は、ENSOの影響を受ける CO_2 フラックスの季節ごとの経年変化を定量化し、そして人間が引き起こす変化の状況における自然変動の理解を深めます[3. 1. 1. 4, 3. 3. 5]。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項12 10°S から 10°N まで太平洋を横切る高頻度の定点時系列および広域空間スケールで実施している海洋表面 $p\text{CO}_2$ 観測の継続。

□ 海域の境界を診断するのに十分な解像度で、かつ季節変化を解析するのに十分な正確さで、広範囲の海面の海色を測定することが必要です。衛星から測定された海色の測定値を検証するためにクロロフィルaの現場サンプリングを追加で行う必要があります[3. 1. 1. 4, 5. 7]。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項13 測定の一貫性のため相互検証を容易にする適切な重複が確保された海色衛星への支援の継続。衛星の海色測定値を検証するためにクロロフィルaと光学特性の現場測定が必要です。

□ 季節的な生物地球化学的プロセスを理解するために、熱帯太平洋を 10°S から 10°N まで半年毎に、重点観測域でより高頻度に設定して、観測する必要があります [3. 3. 5]。 CO_2 の力学を正しく把握するために、有機物（植物性プランクトンなど）の再循環時に深部で消費され海面で生成される酸素の変動を把握する必要があります。酸素極小層の拡大は、海洋生物にとって重大な意味を持ちます。TPOS 2020の推奨事項：

推奨事項14 10° Sから10° Nまで、クロロフィル濃度、微粒子後方散乱、酸素および栄養素を含む海面下の生物地球化学的特性の観測が必要です。暖水プールの東縁と東太平洋の冷水舌は、より着目する必要があります。

□ 乱流熱フラックスを推定するための状態変数（SST、気温、湿度、風および表層海流）および放射フラックスのための変数（下向き太陽光放射、下向き長波放射、放射率）の両方の計測が、気候/気象レジームと主要な海洋レジーム全体において必要です。[3.1.1.3, 5.8]。これらは、大気再解析、衛星データによる海面フラックス推定、および結合データ同化システムの評価と改善に、またこれらの異なるレジームにおける大気と海洋の相互作用に関する理解の向上に不可欠です。TPOS 2020の推奨事項:

推奨事項15 海面熱・淡水フラックスを推定するための状態変数の現場観測を鍵となる海域において強化すべきである。鍵となる海域は、西太平洋の暖水プール、赤道沿い、SPCZや季節的に南半球で見られるITCZからの幾つかの南北測線、および東部太平洋の南風領域を含むものである。

□ TPOS 2020は、海面気圧を測定する海面漂流ならびに係留観測の数を増やす努力を支援します。[3.1.2.4, 7.4.1]。

□ 海面波浪（シーステート）は低風速での海面応力を変化させ、沿岸の海面やそれに関連する影響に重要です。熱帯太平洋のいくつかの固定式方向検知波浪ブイは衛星波データを補完しかつ検証します[3.1.2.3]。

□ 赤道域では、熱帯域における十分な解像度（約2° × 2°）で、十分な南北の間隔（100 km）、かつ強化された鉛直解像度（10m以上）における垂表層の水温と塩分の広範囲なサンプリングが必要です。安定した正確で深いプロファイルが必要です。さらなる目標は、特に暖水プール域、その東縁部および持続的な降雨帯の下で、海面付近の塩分成層を解像することです。

現象やプロセスの理解を深めるために、海面から100mまでのさらに細かい鉛直解像度が必要です。2° S~2° N以内のサンプリングは南北勾配を解像するのに十分でなければなりません。赤道域中央部と西部の水温と塩分の鉛直構造の時系列データは、5日以内のタイムスケールを持つ現象を解像する必要があります。[3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4.1]。

物理場のより良い解像度は、生物地球化学プロセスの解釈とモデリングに役立ちます。水温と塩分測定に使用される強化されたプラットフォームのほとんどは、生物地球化学的な現場観測に対応することができます[3.3.5]。

ENSOの多様性と将来の変化の把握には、ENSOの時間空間パターンに従う熱帯太平洋環境のサンプリングとENSO予測とモデル予測技術の強化を必要とします。

TPOS 2020の推奨事項[4, 5.9] :

推奨事項16 亜表層水温および塩分観測の持続的な必要事項を満たすための、定点の係留観測、プロファイリングフロートおよび船舶観測の連携。必要な格子を作成するには、データの同化と統合が必要です。

勧告事項17 (a) 赤道付近への係留系の追加と (b) 赤道域におけるArgoプロファイルの強化 (約2倍の密度) を組み合わせることによる、赤道域の水温と塩分の南北解像度の強化。

推奨事項18 上層観測を拡充した係留系による上部水温躍層から海面までの鉛直方向の水温と塩分の解像度の強化、およびArgoによる海面から100 dbarまで1 dbarの解像度 (もしくは可能な限り) による水温と塩分のプロファイルを計測。そして

推奨事項20 西太平洋と赤道域から開始し、1週間のタイムスケールでより良いシグナル/ノイズ比 (4:1以上) を提供するために、熱帯域 (10°N~10°S) におけるArgoの水温と塩分プロファイル観測の倍増。

□ 他の既存の現場観測は引き続きサポートされるべきです。これらには、海面ドリフターネットワーク、ボランティア観測船航走時に回収されたデータ (サービス船による補助的な測定を含む)、高解像度のXBT (投下式水深水温計) による航路上の水温横断観測、高精度の海盆横断観測 (GO-SHIPとして知られている)、OceanSITES下の固定点のリファレンスサイト、および海面水位の変化の監視とそれを校正するための潮位計が含まれます [3.1.1.1, 3.1.1.3, 3.1.1.4, 3.1.1.6, 3.1.2.4, 3.1.3]。TPOS 2020の推奨事項 :

推奨事項21 ドリフター、船舶、潮位計、および基準となる係留観測を用いて現場観測を継続的に支援する。

□ モデリングとデータ同化は、TPOS設計の基本的な構成要素であり、予測や統合された格子フィールドを含み、利害関係者へ価値ある統合されたプロダクトを提供する上で重要です。我々は、TPOS 2020の設計のためさらなるガイダンスを提供するための作業を概説し、結合モデルに生じるバイアスの原因を特定し、観測データが海洋の解析および他のプロダクトに及ぼす影響を評価します[3, 4, 6.1.6, 6.1.7, 7.5]。TPOS 2020の推奨事項 :

推奨事項22 (a) TPOSバックボーン設計の有効性を評価するためのデータ同化研究と、(b) 海洋解析システムの適切な連携における観測データの利用と影響に関する研究を、調整したプログラム

本報告書は、ここまでの勧告と推奨に一致する形で、プラットフォーム、およびその他の技術的側面に関する短期的な実執行動について、スポンサーへの助言を提供します。

近い将来に焦点を絞るため、一般的に衛星観測に関連する特定の実行活動を除外します。読者は関連する項目への助言と考えてください。

既存の利害関係者の関わりや実行能力を考慮して、TPOS 2020のすべての勧告および行動が実施前に慎重に考慮されるべき点は重要です。現在、存在するTPOSから将来の構成への移行は、運用されている予測のためのデータストリームを維持し、継続的な気候記録を確保しつつ、サンプリング方法の変更を考慮に入れるために効果的な管理および調整がなされなければなりません[3.2, 7.1 7.7]. リスクが適切に管理されるように、移行に対する進行的な評価が必要です。

そのようなプロセスを促進するために利用可能な既存のメカニズムが数多くあり、TPOS 2020のパートナーはアドバイスと指導に貢献することができます。地域の仕組みを利用する機会もあります。[7.7.1, 7.7.2, 7.7.3]

行動15 GOOS、JCOMM、WMO/WIGOS、GCOSを含む主要な関係者と協議の上、TPOS 2020の勧告と行動の実施を監督するためのTPOS2020への移行と実行グループの設置を含んで、移行プロセスを開始すべきです。

- 最も緊急的な活動は、西部太平洋で劣化したTMAの回復に取り組むことです。ここでの対応は、最も重要な観測能力の回復と持続的取り組みの実現に重点を置いています[1.2, 7.2, 7.4.3]。

行動1 2° S~2° N以内の西部太平洋の6つのTMAサイトを維持もしくは再整備すべきです。

行動2 Argoの展開は、亜表層水温と塩分のサンプリングを維持し、減少しているTMAを補うために西部太平洋（特にTMA観測域の外側）の南北緯度10° の赤道ですぐにでも倍にすべきです。

- 熱帯域（10° S~10° N）全でのArgoプロファイリングの強化が推奨されます[推奨事項 17, 20]。展開は、3度×3度あたり5日ごとにひとつの観測プロファイル、または、2度×2度あたり10日ごとにひとつの観測プロファイルを目的にします。この増加は西部太平洋における過去の研究に基づきます。赤道の近くでは、より高い頻度のTMAサンプリングが依然として重要であり、Argoが提供する優れた鉛直解像度を補完します[勧告 18, 19; 7.4.3]。

行動3 Argoフロートの展開は、熱帯全域10° S~10° Nで倍増し、上層の鉛直解像度を上げる必要があります。

- 海洋の変動、背景のノイズ（例えば、渦および総観擾乱の影響）、および異なる現象（熱帯不安定波やバリアレイヤー）のスケールは、熱帯太平洋の中でも地域によって異なります。フロートアレイの計画的な配備の改良は、TPOSにさらなる利点をもたらすかも知れません[3, 5.9]。

行動4 TPOS 2020バックボーン・タスクチームとArgoステアリング・チームを通じて、TPOSの目標達成のためにフロートの配備と役割を最適化する方法をさらに探ります。

□ TPOS 2020は、TMAの現在の 8° S \sim 8° Nの間の格子的な構造から、熱帯太平洋の多様な海域の特徴的な現象をサンプリングし[3.1.1.3]、海面から亜表層まで、海盆スケールの変動を観測するような、より機能的な係留系への移行を開始するための説得力のある事例があると結論付けています[3.1]。そのような変化は気候記録を維持するために慎重に実施され、GCOSの観測の原則に従って評価されます。行動5と6では、これらの変更を開始します。

赤道付近の現在のサンプリング能力は、赤道を横切る大きな南北勾配の計測に要求される必要な空間スケールの条件を満たしていません [3.1.3, 3.3.3, 3.4, 5.9.1; 勧告17]。利用可能なプラットフォームの能力を考えれば、これを行う最も効果的な方法は、選択されたひとつまたはいくつかの経度で赤道を縦断する定点観測の南北方向の解像度を高めることです。

行動5 赤道付近の海洋力学の解像度を向上させるために、選択された経度での 1° Sと 1° Nの係留位置を追加する必要があります。可能な速度プロファイルを含め、これらの経度で 2° Sおよび 2° Nにまたがるすべての係留系の計測を強化する必要があります。

□ 高解像度プロファイル（行動3）を提供するArgoの能力、および貿易風を捕捉するための散乱系およびモデル[3.1.1.2, 5.1]が与えられれば、TMAによる観測を他の優先事項に変更させることができます。

行動6 TMAの段階的な再構成は、重要なレジームの観測強化を強調すべきです。

□ 特定のレジームでは、混合層において相応に強化された観測を用いて、より完全な海面フラックスの測定を推奨します[3.1.1.3, 5.8; 推奨事項15]。定点（係留）観測は、ターゲットとする現象に対してこれらのプロセスを高頻度（日周期）で観測する能力があるため特に適しています。

行動10 すべての赤道の係留点は、フラックスの観測点にアップグレードする必要があります。

□ 赤道の 8° 以内に制限されている既存のTMAは、主要な気候変動現象に対して部分的であり[3.1]、一般的にすべての主要なフラックス項目を決定するのに適切な観測ではありません。

行動11 南北のフラックスサイトは、南太平洋収束帯および西部の熱帯収束帯の両方と交差するように赤道から延長し、熱帯収束帯、冷水舌、および東部と中部太平洋の季節的な熱帯収束帯を横切るよう拡張すべきです。

□ これらの主要レジームからは優先度が低い水平方向の観測の縮小は、亜表層、海面フラックス（風応力を含む）、船舶からの航送時のデータ収集、特に pCO_2 データ[7.4.4.2, 7.4.6]への評価が伴われるべきです。

西太平洋に対する前述の行動1と2は、ここでの行動の価値ある参照となるものです。

我々は、熱帯地域における海上風および海面フラックスデータセット間の大きな差異や、TMAの不足による海面気象データの天気予報、関連する再解析データ、ならびに結合モデルへの影響に関する研究に注目します[3. 1、4]。

行動7 気候変動シグナルの検出への応用を含む、現業の解析、再解析、および風応力プロダクトに対する観測された風および風ベクトルデータの利用に関する感度と影響の調査を促進し、支援します。雨のメタデータ・フラグの有効性と衛星散乱計の相互校正に対する様々なアプローチも考慮しなければなりません。

行動8 観測の影響に焦点を当てた既存の研究活動を含む気象予報、大気再解析および大気海洋結合モデルにおけるTMA観測による大気海洋フラックス変数の感度を理解し影響を診断する努力を連携させ新たなものにするのを支援します。

下記の行動13も参照してください。

- 係留されているTMAブイへの破壊行為は、特に最近、2015年から16年のエルニーニョの間の観測数を減少させる結果となっていて、特に95° Wの係留観測線で多発する問題です。地域的な活動は、この重要なレジームでの観測を維持する上で有益です。

行動9 移行と実施グループ（7.7節参照）は、特にTMAへの貢献が必要な西部および東部太平洋地域での明確な実施上の問題に対する持続可能な解決策を議論するため、TPOSの利害関係者との協議を開始すべきです。

- TMAによる新たな観測において、特に海面フラックスの変数について、これらのいくつかは、係留ブイによる測定のための代替案がないため観測ができないというリスクが生じます。これらのリスクを軽減するために、ボランティア観測船や他の現場観測システムは、これらの変数に焦点を当てるよう奨励されるべきです。再解析と気候のプロダクトの試験と検証のための、新たな観測技術または改善は、海面フラックスの要求事項を満たすための追加的の道筋を提供します[7. 4. 6]。

行動13 TPOS 2020 は、TMAの変化に伴う海面フラックスの必要条件を満たすためのリスクを軽減するため、(a) ボランティア観測船気候船団プロジェクト(VOSCLIM)によるサンプリングの強化、およびフラックス変数の他の現場観測システムの強化、(b) 関連する新技術開発への支援、(c) 出力補正/フラックス調整技術を用いて、再解析の現実性やリアルタイムの数値天気予報フラックスデータセットを改善する努力を奨励します。

生物地球化学および生態系データの必要条件、勧告および行動は、今後の報告書においてTPOS 2020の主要な焦点となるでしょう。本報告書では、確立された持続的かつ実験的な生物地球化学的システムの社会的関連性と有用性が強調されています [2. 6. 7, 3. 3. 5]。係留系、フロート、調査および整備用の船舶など、既存のプラットフォームを都合に合わせて利用することが重要な戦略です。特に係留のためのクルーズの利用を最大限にすることは、バックボーン生物地球化学的観測にとって重要な要素です。観測船は、CO₂フラックスの記録の連続性を確保するためにpCO₂の測定を継続し、係留された測定と新しい技術の検証と

して機能し、係留された観測点の間の空間的変動を補完しなければなりません。東太平洋の酸素極小層の範囲をマッピングすることも、TPOS [3.3.5]がとりうる初期の行動です。

行動12 進行中の $p\text{CO}_2$ 観測はすべての係留観測船で継続または再開され、係留系で実施されている $p\text{CO}_2$ 測定現在のネットワークは維持され、場合によっては延長されるべきです。船舶で実現可能であれば、海面から約1500mまでの溶存酸素の測定が必要であり、各係留観測で酸素センサーを考慮する必要があります。

□ 本報告書には、いくつかのパイロットおよびプロセス研究、ならびにTPOS 2020タスクチームが率いる進行中の研究が概説されています。これらの研究の中には、観測戦略をさらに導き、持続的な実行のために導入し、コスト、適合性をテストし改善するために必要な先駆的な研究が含まれます。他の課題は、現象やプロセスの理解を向上させることを目標としており[3.3]、そのうちのいくつかは上記の推奨事項と行動によって部分的にまたは全体的に言及されています。

以下に推奨されるプロジェクトの先導に加えて、太平洋周辺のいくつかのグループは、TPOS 2020 [7.5.2]の追加モニタリングの機会に向けた最近の技術開発を活用した研究プロジェクトにすでに従事している。

新しい観測技術もまた考慮されます。これはTPOSの開発における幅広い関与の機会を提供し、効率性を高め、観測システムの関連性および影響を強化するからです。

推奨プロジェクトとサポートされる取り組みには、[6.1, 6.2, 10]が含まれます。

バックボーンのパイロットスタディ/プログラム

- 西岸境界流の観測システム：パイロット研究[6.1.1]
- 東太平洋赤道沿岸の波浪ガイドと湧昇系[6.1.2]
- TPOSにおける生物地球化学観測の時空間スケールの決定[6.1.3]
- 大気-海洋フラックス、波、ならびに大気 - 海洋相互作用の役割の直接測定[6.1.4]
- 東太平洋のITCZ研究のためのClipperton島のパイロット的気候観測[6.1.5]
- TPOSバックボーンの変化の影響の評価[6.1.6]
- TPOS観測の解析と利用の比較[6.1.7]

プロセス研究

- 太平洋の湧昇と海洋混合の物理[6.2.1]
- 西太平洋暖水プールの北縁での大気 - 海洋相互作用[6.2.2]
- 暖水プールの東縁における大気海洋相互作用[6.2.3]
- 東太平洋ITCZ /暖水プール/冷水舌/層雲システム[6.2.4]

実施中もしくは実施予定の新技術プロジェクトの例

- 降雨、風速、生物地球化学センサーを搭載したフロートのプロファイリング (NOAA) [10. 2. 1]
- 低コストTPOSプラットフォーム (NOAA) としての自律型船舶[10. 2. 2]
- フラックス海面グライダー実験 (JAMSTEC) [10. 2. 3]
- NDBC TAO係留 (NOAA) 機器による海洋境界層観測の強化[10. 2. 4]
- NDBC TAOブイ (NOAA) [10. 2. 5]による直接 (渦相関) 乱流フラックスの測定法の開発と試験

行動14 TPOS 2020リソースフォーラム、TPOS 2020への移行、および実行グループを通して、研究プログラムと資金提供者との連携によりTPOSバックボーンの洗練と進化に貢献するパイロット研究とプロセス研究の支援を提唱すべきです。

これは、TPOS 2020による一連の報告書の中で最初のもので、最初の推奨と行動は、より能力が高く、弾力性があり、より効果的な観測システムへの変換と変更のプロセスの始まりです。統合された設計は、単一のプラットフォームへの依存を少なくし、その実施に際しては、最近の技術開発から得られるいくつかの能力も獲得します。広範囲にわたる海洋と海面状態がより正確に観察されます。主要なレジームが包括的に観測され、進化する熱帯太平洋気候と結合モデル開発の指針を明確にかつ継続的に示します。TPOSの機能強化により、今後数十年間の科学的課題に対処するために、予測モデルの大幅な改善が可能になります。

後続レポートには、進化する技術とパイロット/プロセス研究から追加的に得られた洞察に起因する改良点が含まれます。生物地球化学および生態系の観測、ならびに物理的システム観測の改善点における意味が、主な焦点となるでしょう。すべてのTPOS観測の価値は、同化および整合による統合によって高められるため、将来の設計では、高度なモデル・パラメータ化およびデータ同化システムの有効性を高めるためのニーズに言及することになる。