

J-OFURO3

公式ドキュメント

データセット詳細ドキュメント

富田裕之（名古屋大学宇宙地球環境研究所）

V1.1J (19-Dec-2017)

書類作成者: 富田裕之 (協力: J-OFURO メンバー)

書類管理 ID: J-OFURO3_DOC_002

書類バージョン: V1.1J (2017.12.19)

目次

1. イントロダクション	1
2. J-OFURO3 データセットの概要	
変数リスト	3
海域, 時空間解像度, 提供期間	5
データ提供サイト, ファイル名, フォーマット, バージョン	5
データセットの引用	6
問い合わせ/連絡先	6
3. データセット詳細情報	
大まかなデータフロー	7
海面水温: SST	8
海上風: WND, U/VWND	12
海上大気比湿: QA	15
その他の変数	18
海上気温: TA10	
乱流熱フラックス: LHF, SHF	
乱流運動量フラックス: TAUX/Y	
放射フラックスと正味熱フラックス: SWR, LWR, NHF	
淡水フラックス: FWF	
4. 気候学月平均場の紹介	21

謝辞

参考文献

図表リスト

略語リスト

ドキュメント更新履歴

J-OFURO3 データセット詳細ドキュメント

1. イントロダクション

Japanese Ocean Flux Data Sets with Use of Remote Sensing Observations (J-OFURO) は地球システムにおける海面フラックスについての研究プロジェクトです。J-OFURO では、複数の人工衛星観測データを用いることで、海氷域を除く全球域での熱・運動量・淡水フラックスのデータセットを開発し提供しています。

データセットの最初のバージョンは 2000 年頃に公開され、その後、2008 年には多くの改善点を含めて全球域に拡張された第二世代のデータセット J-OFURO2 が公開されました。最近になり、我々はさらに多くの改善点を含めて第三世代のデータセット J-OFURO3 の開発を行い、2016 年からはデータセットの提供を開始しております。

本ドキュメントでは、J-OFURO3 データセットを研究に利用したいと考えているユーザーに対して、データセットの基本的な情報を提供すると共に、データセットの構築に関する、より詳細な情報を提供することを目的とします。

2 章では、データセットの概要として、提供する変数のリスト、時空間解像度、提供期間、データソース、ファイル名、ダウンロード、引用の方法などが簡潔に記載されます。いち早くデータを利用したいと考えている多くのエンドユーザーにとっては、これらの情報を参照するだけで満足できるかもしれません。3 章では、データセットの構築に関するより詳細な情報が記述されます。ソースとなる衛星観測データから、どの様に J-OFURO3 のデータセットが作成されているのか、また J-OFURO2 からどういった点が変更されたのか、などについて、より詳細な情報がこの章で得られます。

4 章には、参考として J-OFURO3 の海面熱フラックスについての気候学的月平均値の図を示します。

2. J-OFURO3 データセットの概要

J-OFURO3 は、人工衛星観測に基づく大気海洋間の海面フラックスとそれに関連する物理パラメータのデータセットです。J-OFURO としては、第三世代目にあたるデータセットで、これまでのバージョンと比べて様々な点が改善されています。各種の物理量の推定に複数の衛星観測データを利用している点が大きな特徴であり、これにより、海氷域を除くほぼ全ての海洋上における海面フラックスと、関連する海面水温や海上風、海上大気比湿などの物理パラメータの値を日平均、空間 0.25 度格子のデータセットとして提供します。

データセットの主要な特徴をこれまでのデータセットと比較する形で表 1.1 に要約しておきます。もう少し詳しい情報については、この後の各節に示します。

表 1.1 最新 J-OFURO3 を含むこれまでの J-OFURO データセットの特徴

	J-OFURO1	J-OFURO2	J-OFURO3
期間	1992–1993	1988–2008	1988–2013 (現在は 1996–2013 を公開)
時間平均間隔	月平均	日平均	日平均
空間格子間隔	1.0 度	1.0 度 ^{*1}	0.25 度
海面水温 (SST)	Reynolds SST	MGDSST	アンサンブルメディア
海上大気比湿 (QA)	Schlüssel et al. 1995 SSMI	Schlüssel et al. 1995 SSMIs	新アルゴリズム SSMIs, SSMISs, AMSR-E, TMI, AMSR2
海上風 (WND)	SSMI	SSMIs, AMSR-E, TMI ERS1/2, QuikSCAT,	SSMIs, SSMISs, AMSR-E, TMI, WindSat, AMSR2, ERS1/2, QuikSCAT, ASCAT-A/B, OSCAT
海上風ベクトル (U/VWIND)	ERS1/2	ERS-1/2, QuikSCAT	海上風に同じ
潜熱・顕熱フラックス (LHF, SHF)	提供	提供	提供
正味熱フラックス (NHF)	GMS の観測範囲 で提供	提供	提供
淡水フラックス (FWF)	なし	なし	提供
引用文献	Kubota et al. 2002	Tomita et al. 2010	Tomita et al. (準備中)

*1: 高解像度版 2002–2008 は 0.25 度

変数リスト

J-OFURO3 で扱われる変数は表 1.2 にまとめられています。扱われる変数の大部分は、現在一般向けにデータが公開されていますが、中にはまだ一般向けに提供されていないものもあります。尚、変数名は、後に説明する公開ファイルの名称や netCDF で定義される変数の名称にも用いられています。また、こ

の表には各変数のデータソースと推定方法について簡単に記載されています。
より詳細な情報については、3 章を参照してください。

表 1.2 J-OFURO3 変数リスト。公開ステータス（○：公開中，－：公開予定）

変数名	説明	単位	データソース/推定方法	公開
LHF	潜熱フラックス	W/m ²	COARE 3.0	○
SHF	顕熱フラックス	W/m ²	COARE 3.0	○
SWR	正味短波放射フラックス	W/m ²	CERES と ISCCP, CSF 処理	○
LWR	正味長波放射フラックス	W/m ²	ULWR + DLWR	○
NHF	正味の熱(総熱)フラックス	W/m ²	SWR + LWR + LHF + SHF	○
ULWR	上向き長波放射フラックス	W/m ²	SST より計算	－
DLWR	下向き長波放射フラックス	W/m ²	CERES と ISCCP, CSF 処理	－
TAUX	運動量フラックス東西成分	N/m ²	COARE 3.0	○
TAUY	運動量フラックス南北成分	N/m ²	COARE 3.0	○
FWF	淡水フラックス	mm/day	EVAP – RAIN	－
EVAP	蒸発量	mm/day	LHF と SST より計算	－
RAIN	降水量	mm/day	GSMaP (+ GPCP)	－
SST	海面水温	deg.C	複数の全球海面水温プロダクトのアンサンブルメディアン（表 3.1 と 3.2 を参照）	○
WND	スカラー海上風(高度 10m)	m/s	複数のマイクロ波放射計/散乱計より推定 (表 3.3 と 3.4 を参照)	○
UWND	海上風ベクトル東西成分 (高度 10m)	m/s	複数のマイクロ波放射計/散乱計より推定 (表 3.3 と 3.4 を参照)	○
VWND	海上風ベクトル南北成分 (高度 10m)	m/s	複数のマイクロ波放射計/散乱計より推定 (表 3.3 と 3.4 を参照)	○
QA	海上大気比湿(高度 10m)	g/kg	複数のマイクロ波放射計より推定 (表 3.5 と 3.6 を参照)	○
QS	海面飽和比湿	g/kg	Calculated from SST	○
DQ	比湿差	g/kg	QS – QA	○
TA10	気温(高度 10m)	deg. C	NCEP/DOE 再解析の 2m 気温より計算	○
DT	気温差	deg. C	SST minus TA10	○

海域，時空間解像度，提供期間，

J-OFURO3 は、海氷域を除く海洋圏を対象に上記変数の数値データセットを提供しています。格子データセットであり、空間 0.25 度格子、日平均値，月平均値，気候学的月平均値*の 3 種類のデータセットが配布されています。

J-OFURO3 データセットは、マイクロ波放射計が本格的な観測を開始した 1988 年から 2013 年までの作成が計画されています。現在は、このうち 1996 年から 2013 年のデータについて先行的に作成し配布を行っています。その他の期間については、データ処理とフラックスの計算が終わり次第、順次提供され、2017 年度中に全期間のデータ提供をする予定です。

* 気候学的月平均値については 2002 年～2013 年の期間のデータで計算された海面熱フラックスのデータのみが現在公開中です。

データ提供サイト，ファイル名，フォーマット，バージョン

全ての一般向け提供データは、J-OFURO の公式サイト (<https://j-ofuro.scc.u-tokai.ac.jp>) からインターネットを介して配布されます。

配布される J-OFURO3 のデータファイルは変数名 (*VAR*)，データセットのバージョン(*VER*)，時間解像度(*TR*)，空間解像度(*SR*)，そして年 (*YYYY*) 毎に分けられています。データファイルは次のような決まりで名前がつけられています。

ファイル名の規則

J-OFURO3_VAR_VER_TR_SR_YYYY.nc

VAR: variable name

VER: version code

TR: temporal resolution code (DAILY / MONTHLY / CLM)

SR: spatial resolution code (LR: low resolution/ HR: high resolution)

YYYY: four-digit year (e.g. 2013), **TR*がCLMの場合はなし

データファイルのフォーマットは自己記述形式の netCDF です。ファイルの

拡張子は".nc"です。

不具合の修正などの理由で、不定期にデータセットの内容が更新されることがあります。全ての提供ファイルには、バージョンコード (**VER**, version code) が付されそれらの提供ファイルのバリエーションが管理されます。データ提供サイトでは、常に最新のバージョンのデータが配布され、古いバージョンのファイルは特別な理由が無い限り配布されません。

データセットの引用

J-OFURO3 のデータセットを利用して研究を行い、その成果の公表を行う場合には、次の例の様な文章と URL (<https://j-ofuro.scc.u-tokai.ac.jp>) で J-OFURO3 データセットの利用を明示していただきたいと思います。また、査読付き論文雑誌で成果を発表された場合には、次の E-mail 宛にその旨をご連絡いただく様をお願い致します。ご連絡いただきました論文の掲載情報は J-OFURO のウェブサイトのリストに記載されます。

本研究は xxx の解析に J-OFURO3 データセットを利用しました。

This work uses J-OFURO3 dataset for an analysis of xxx.

成果情報 連絡先 E-mail アドレス

JOFURO3@google.com

問い合わせ／連絡先

J-OFURO3 データセットを利用されている方、もしくは利用を検討されている方で、データについての問い合わせは、以下のメールアドレスまで遠慮なくご連絡ください。また、データセットを利用して気付かれた不具合や問題点、ご意見などありましたらお知らせいただけたら幸いです。頂いた情報やご意見は今後のデータセットのバージョンアップに利用させていただきます。

連絡先 E-mail アドレス

JOFURO3@google.com

3. J-OFURO3 データセットの詳細情報

本章では、J-OFURO3 データセットに関するより詳しい情報を提供します。各種の海面フラックスの計算方法や物理量の推定方法、データソースなどの情報が記述されます。

大まかなデータフロー

図 3.1 に J-OFURO3 全体のデータフローを示します。大まかな流れとしては、海面乱流フラックスの計算に必要な、海面水温 (SST)、海上風速 (WND)、海上風ベクトル (U/VWIND)、海上大気比湿 (QA) に関わる衛星観測データを取得し、それぞれを処理して、空間 0.25 度格子、日平均値の格子データを作成します。その後、それらの変数の格子データを用いて海面乱流熱フラックス (LHF, SHF) と運動量フラックス (TAU, TAUX/Y) の計算を行います。衛星観測が困難なパラメータや、一部の物理量推定アルゴリズムに必要な初期値などについては大気再解析データも使用されます。

また正味の熱フラックス (NHF) の計算については、先に計算された乱流熱フラックスデータと ISCCP や CERES といった外部プロジェクトで処理された衛星の放射フラックスのプロダクトを利用します。さらに、乱流熱フラックスのうち潜熱フラックス (LHF) をもとに蒸発量 (EVAP) を推定し、衛星観測による降水量 (RAIN) プロダクトを利用して淡水フラックス (FWF) の計算を行います。

各変数の日平均値のデータが揃った後、日平均値から月平均値が計算され、各年の月平均データセットが作成されます。その後、各年の月平均データセットから気候学的月平均値のデータ^{*1}が作成されます。より詳細なデータ処理や計算方法は以下の各節を参照ください。

^{*1} 気候学的月平均値については 2002 年～2013 年の期間のデータで計算された海面熱フラックスのデータのみが現在公開中です。

Data flow

Last update: 2017.12.07

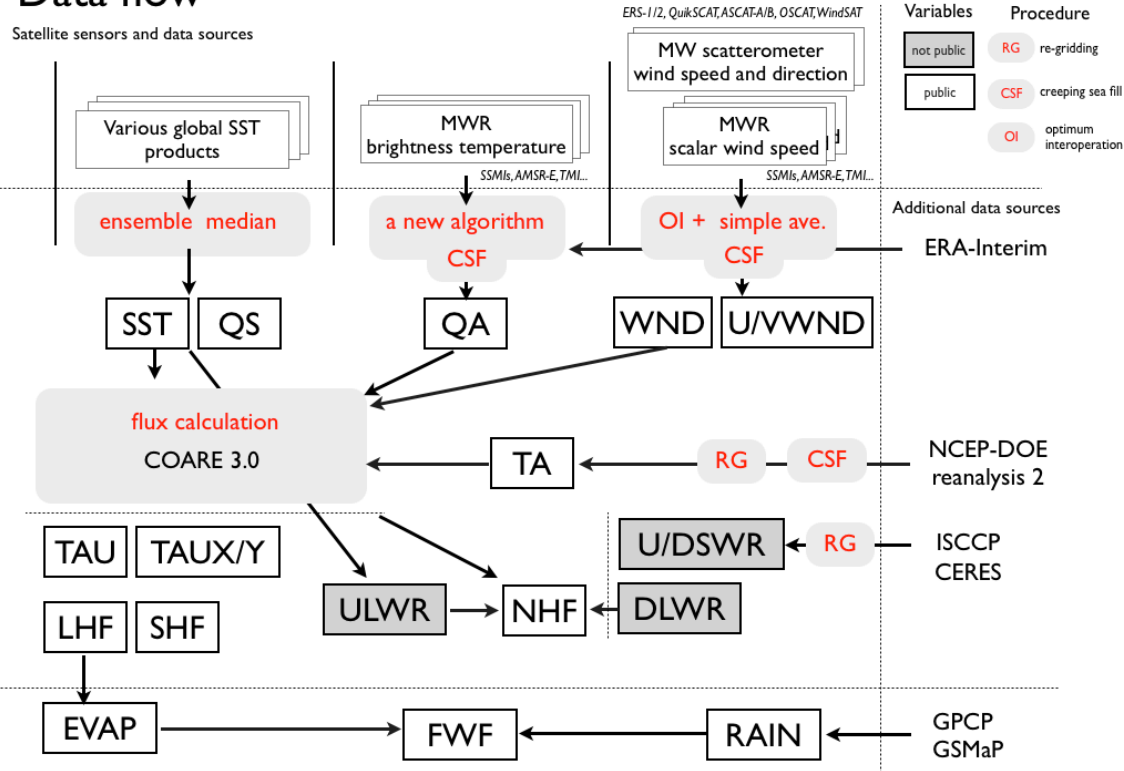


図 3.1 J-OFURO3 データフロー

海面乱流フラックスの計算方法

J-OFURO3 の海面乱流熱フラックス (LHF, SHF) の計算方法に J-OFURO2 からの変更はなく COARE3.0 のバルクフラックスアルゴリズム ([Fairall et al., 2003](#)) が使用されています。全ての入力データは日平均の値を使用しています。COARE3.0 に含まれる表皮水温の推定に関わる修正は行わない設定で計算されています。

海面乱流運動量フラックス (TAU, TAUx/Y) については、J-OFURO2 までは、熱フラックスの計算方法とは別の計算方法が使用されていました。J-OFURO3 では、熱フラックスと同じ COARE3.0 を用いて整合的に運動量フラックスの計算が行われます。

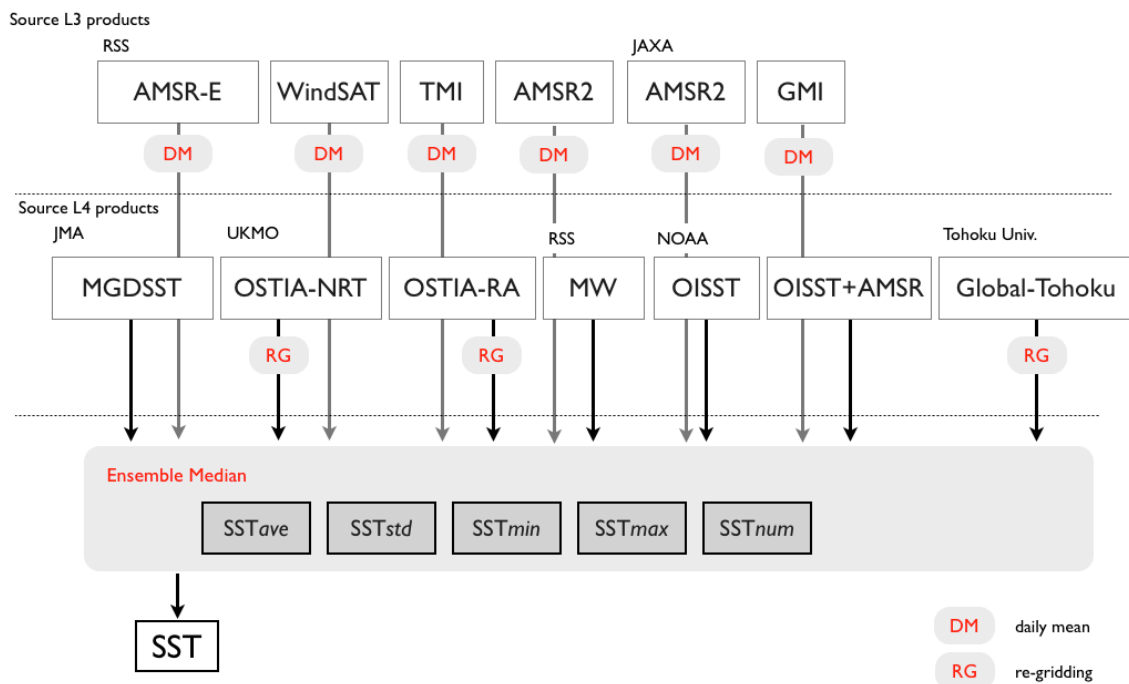
海面水温: SST [°C]

海面水温 (SST) は、海洋の情報としては最も基本的で、その観測にも長い

歴史があります。もちろん、海面熱フラックスを推定する目的においても必要不可欠で、乱流熱フラックス（LHF, SHF）を規定する基本的な物理量の一つです。また、地球からの上向き長波放射フラックス（ULWR）を推定することにも用いられます。現在では、衛星観測を主体とした様々な種類の SST プロダクトが存在します。

J-OFURO3 では、現在、様々な機関が提供し多くの種類が存在する全球 SST プロダクトを収集し、SST プロダクトのアンサンブルメディアン(ensemble median) SST（以下 EMSST）と関連する情報を提供します（図 3.2 参照）。また EMSST の値を基準に各種の海面フラックスの計算が行われます。表 3.1 に J-OFURO3 の EMSST の計算に用いられる全球 SST プロダクト（ソースプロダクト）のリストを示します。

Data flow for sea surface temperature



Last update: 2017.12.07

図 3.2 J-OFURO3 海面水温データフロー

表 3.1 J-OFURO3 アンサンブルメディアン SST のソースプロダクト一覧

オリジナル								V1.0
ID	データセット 名	データ提 供元	空間格子 サイズ	レベル	SST タイプ	データ期間	バー ジョン	での 使用
JMA								
(NEAR-G								
1	MGDSST	OOS)	0.25	L4	depth	–2015	–	o
2	OSTIA-NRT	UKMO	0.05	L4	foundation	2006.04.01–current	V1	o
3	AMSR-E	RSS	0.25	L3	sub-skin	–2011.10.04	V7	o
4	MW	RSS	0.25	L4	foundation	2002–current	V4	o
5	OISST	NOAA	0.25	L4	depth	–current	–	o
OISST +								
6	AMSR	NOAA	0.25	L4	depth	–2011.10.04	–	o
7	WindSAT	RSS	0.25	L3	sub-skin	2002–current	V7.0.1	o
8	TMI	RSS	0.25	L3	sub-skin	1997–2014	V7.1	o
Global_Tohok TOHOKU								
9	u_SST	UNIV.	0.1	L4	foundation	2003–2014	V7.0.3	o
10	AMSR2	JAXA	0.25	L3	sub-skin	2012.07–current	V2.1	o
11	AMSR2	RSS	0.25	L3	sub-skin	2012.07–current	V7.2	o
12	GMI	JAXA	0.25	L3	sub-skin	2014–current	V1.0	–
13	OSTIA-RA	UKMO	0.05	L4	foundation	–2007	–	o

現在の J-OFURO3 アンサンブルメディアン SST プロダクトは V1.0 が最新です。V1.0 では、12 種類のソースプロダクトのデータを利用しています。ソースプロダクトの種類は様々ですが、全て格子データで、いずれも衛星搭載の熱赤外放射計とマイクロ波放射計の観測データが利用されたプロダクトです。プロダクトには、単一の衛星観測データの格子プロダクト (L3) と、複数の衛星観測やその他の観測情報をマージするように解析によって生成されたプロダクト (L4) に分類されます。空間格子サイズは、多くのプロダクトが 0.25 度ですが、OSTIA と東北大学の SST プロダクトは、それぞれ 0.05 度と 0.1 度のデー

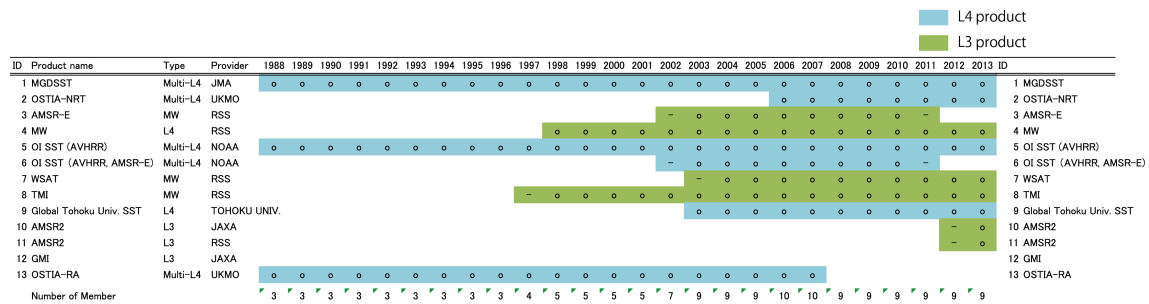
タを提供しています。J-OFURO3 の EMSST を計算する際には、これらの高解像度プロダクトは、一度 0.25 度格子に平均された後、他のソースプロダクトと一緒に利用されます。また L3 のプロダクトは各衛星の Ascending と Descending で分けられた一日の観測データが提供されるため平均して日平均値を得た後、アンサンブルメディアンの計算を行っています。

SST のタイプについては少し説明が必要です。一概に SST といっても、実際には、その観測深度によって、いくつかのより細かな種類に区別して利用されます。これは表層付近に強い水温成層が存在する場合に、観測深度により SST の値に系統的な差が生じるためです。J-OFURO3 EMSST のソースプロダクトは、foundation, depth, sub-skin の 3 種類に分類されます。foundation は、最も深い深度を対象としており、表層の SST の強い成層の影響を受けない深度です。sub-skin は、マイクロ波放射計が観測する深度で、実際には 1mm から数 μm のごく浅い深度に相当し、強い水温成層の影響を強く受けています。depth は、現場ブイなどの観測で行われる数 m の深度の水温に対応し、foundation と sub-skin の間の深度の水温であるため成層の影響も受けます。

海氷域のデータについても言及しておきます。海氷域の SST の値の取り扱いは、それぞれのソースプロダクトで異なります。まずマイクロ波放射計の L3 プロダクトでは、海氷域は欠測として扱われています。L4 プロダクトのうち、MGDSST, OSTIA-NRT, OISST, OISST+AMSR については、海氷密接度を考慮し、海氷が存在する場合でもその格子の海面水温の値を提供しています。ただし、海氷密接度が 1 の場合（格子が全て海氷に覆われている状態）では -1.8°C の値がおさめられています。これらの L4 プロダクトのうち、OISST と OISST+AMSR, OSTIA-NRT は海氷密接度の情報も同時に提供しています。RSS が提供する L4 プロダクト MW と、東北大学のプロダクトでは、海氷域は欠測値としてあつかわれています。

表 3.2 に各年のソースプロダクトの提供／利用の有無について、J-OFURO3 でデータ作成を計画する期間を含む 1988～2013 年について示しています。マイクロ波放射計があまり存在しない前半の期間(1988-1996)は、L4 の 3 種類のデータのみでアンサンブルメディアンが計算されます。その後 TRMM/TMI による観測がはじまり 1997-2001 の期間では 4～5 のプロダクト、2002 年以降では 8～10 のプロダクトを利用して計算されます。

表 3.2 J-OFURO3 アンサンブルメディアン SST ソースプロダクトの Availability



以前のバージョンである J-OFURO2 の海面フラックスの計算には、日本の気象庁が AVHRR と AMSR-E の観測値を最適内挿法によって統合解析することで作成された MGDSST という単一の SST プロダクトが用いられていました。これは主にブイ観測データとの比較から良い一致を示したためですが、一方で MGDSST のデータはフィルターの影響で短周期の SST 変動をとらえにくいという問題もありました (Iwasaki et al. 2008)。J-OFURO3 EMSST は、このような SST の短周期変動についても、これまでよりも適切にとらえることができるようになりました。

海上風: WND, U/VWND [m/s]

J-OFURO3 の海上風データは、スカラー風速(WND)とその東西成分と南北成分 (U/VWND) の 3 種類の変数があります。これらのデータは衛星搭載のマイクロ波放射計とマイクロ波散乱計の観測データを用いて作成され、いずれも海上 10m の値として、緯度経度ともに 0.25 度格子間隔の日平均値データを提供します。J-OFURO3 の海上風データは、乱流熱フラックス (LHF と SHF) および運動量フラックス (TAU, TAUX, TAUY) の計算のほか、蒸発量 (EVAP) の推定にも用いられています。

表 3.3 と表 3.4 に、海上風データ作成に用いられているマイクロ波放射計とマイクロ波散乱計とそのデータの一覧を示します。全部で 18 種類の衛星センサーによる観測データが用いられます。衛星の観測期間との兼ね合いで、年によって使用している衛星の数は異なります。1988 から 1998 年までの期間は、衛星の数が 1~4 基と比較的少ないですが、1999 年以降は 6~9 基の衛星センサーに

よる観測データが用いられています。

表 3.3. J-OFURO3 海上風データセットの作成に用いられている衛星搭載マイクロ波放射計(MWR)とマイクロ波散乱計 (SCAT) のデータ一覧

センサー	種類	データ提供元	レベル	データ期間	バージョン
SSMI F08	MWR	RSS	L3	1988.01-1991.12	V7
SSMI F10	MWR	RSS	L3	1990.12-1997.11	V7
SSMI F11	MWR	RSS	L3	1991.12-2000.05	V7
SSMI F13	MWR	RSS	L3	1995.05-2009.11	V7
SSMI F14	MWR	RSS	L3	1997.05-2008.08	V7
SSMI F15	MWR	RSS	L3	1999.12-2006.08	V7
SSMIS F16	MWR	RSS	L3	2003.10-2013.12	V7
SSMIS F17	MWR	RSS	L3	2006.12-2013.12	V7
TMI	MWR	RSS	L3	1997.12-2013.12	V7.1
WindSAT	MWR	RSS	L3	2003.02-2013.12	V7.0.1
AMSR-E	MWR	RSS	L3	2002.06-2011.10	V7
AMSR2	MWR	RSS	L3	2012.07-2013.12	V7.2
ERS-1/AMI	SCAT	CERSAT/IFREMER	L2B	1991.08-1996.06	-
ERS-2/AMI	SCAT	CERSAT/IFREMER	L2B	1996.03-2001.01	-
QuikSCAT	SCAT	PO.DAAC NASA/JPL	L2B	1999.10-2009.11	V3
ASCAT-A	SCAT	PO.DAAC NASA/JPL	L2	2007.03-2013.12	Operational/NRT
ASCAT-B	SCAT	PO.DAAC NASA/JPL	L2	2012.10-2013.12	Operational/NRT
OSCAT	SCAT	PO.DAAC NASA/JPL	L2B	2010.01-2013.12	V2

表 3.4 J-OFURO3 海上風データセットに用いられているマイクロ波放射計とマイクロ波散乱計のデータ Availability

Satellite sensor	Provider	Version	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013				
SSM/F08	RSS	V7		o	o	o	-																						SSM/F08			
SSM/F10	RSS	V7				-	o	o	o	o	o	o	-																SSM/F10			
SSM/F11	RSS	V7				-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	SSM/F11			
SSM/F13	RSS	V7					o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-				SSM/F13			
SSM/F14	RSS	V7					o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	SSM/F14			
SSM/F15	RSS	V7					o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	SSM/F15			
SSMIS F16	RSS	V7					o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	SSMIS F16			
SSMIS F17	RSS	V7					o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	SSMIS F17			
TMI	RSS	V7.1										-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	TMI			
WindSAT	RSS	V7.0.1																-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	WindSAT			
AMSR-E	RSS	V7																	-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	AMSR-E			
AMSR2	RSS	V7.2																									-	o	AMSR2			
ERS-1/AMI	CERSAT	-				-	o	o	o	o	o	o	-																ERS-1/AMI			
ERS-2/AMI	CERSAT	-											o	o	o	o	o	o	-										ERS-2/AMI			
QuikSCAT	PODAAC	V3													-	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-				QuikSCAT			
ASCAT-A	PODAAC	NRT																					-	o	o	o	o	o	ASCAT-A			
ASCAT-B	PODAAC	NRT																									-	o	ASCAT-B			
OSCAT	PODAAC	V2																									o	o	OSCAT			
Number of satellite			1	1	1	1	4	3	3	3	3	3	5	5	5	7	6	6	6	6	8	8	8	9	9	9	9	7	7	7	8	8

図 3.3 は、J-OFURO3 の海上風データセット作成に関わるデータ処理のフローを示します。主なデータソースとなる衛星観測データは、RSS より提供されるマイクロ波放射計の L3（格子データ）です。一方、マイクロ波散乱計については、L2（瞬間値）の観測データを PO.DAAC から取得し、独自に格子化を行っています。

スカラー風速については、これら全ての衛星から得られる格子値 (WND_{Sat}) を平均して複数衛星スカラー海上風速 (WND_{Multi}) を得ます。その後 Creep Sea Fill (CSF) の手法 (Kara et al. 2007) により、沿岸域付近の欠測格子が外挿処理され、最終的なスカラー海上風 (WND) を得ています。

また海上風ベクトル ($U/VWND$) については、以下の手順で処理されています。まず、風向を観測可能な衛星（すなわち、マイクロ波散乱計と WindSAT）から、海上風の東西成分 ($UWND_{Sat}$) と南北成分 ($VWND_{Sat}$) の格子化データをそれぞれ求めます。その後、これらを平均し、複数のマイクロ波散乱計と WindSAT による $U/VWND_{Multi}$ を得ます。 $U/VWND_{Multi}$ は、 WND と比べると衛星の観測数が少なく欠測値が多いので、2 次元の最適内挿法(OI: optimum interpolation)を用いて欠測値を補間します。そしてこの処理の後、日平均風向 (DIR) を求め、前述したスカラー風速 (WND) と合わせることで、最終的な海上風ベクトル ($U/VWND$) の格子データを得ています。

Data flow for wind vector

Last update: 2017.12.07

Satellite sensors and data sources

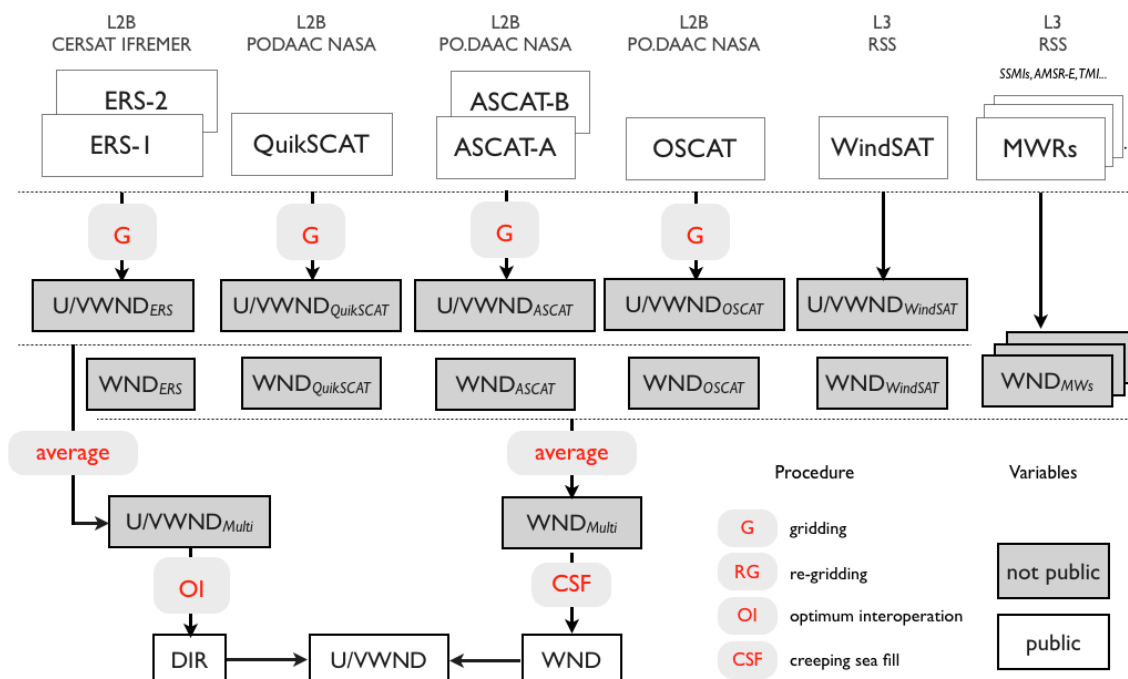


図 3.3 J-OFURO3 海上風データフロー

海上大気比湿: QA [g/kg]

J-OFURO3 の海上大気比湿(QA)データは、複数の衛星搭載のマイクロ波放射計の観測データに基づく海上 10m における推定値をもとに、空間 0.25 度格子間隔の日平均値の格子データセットとして提供されます。J-OFURO3 の海上大気比湿データは、主に乱流潜熱フラックス (LHF) と蒸発量 (EVAP) の推定に関係します。

マイクロ波放射計による輝度温度の観測データから海上大気比湿の推定を行う新しいアルゴリズム (Tomita et al. 2017, 投稿中) を用いています。これまでの J-OFURO (J-OFURO1 および 2) では Schlusser et al. (1995) によって提案された SSMI 用のアルゴリズムが用いられていました。一方、J-OFURO3 で用いられている新しい推定アルゴリズムは SSMI の他、SSMIS, TMI, AMSR-E, AMSR2 用に開発されました。さらに、新しいアルゴリズムでは、輝度温度と海上大気比湿の関係を見いだす際に、これまでは考慮していなかった水蒸気の鉛

直プロファイルに関連する情報（水蒸気スケールハイト、[Kanemaru and Masunaga 2013](#)）を考慮している点が特徴です。これらにより、これまでよりも高精度かつ高頻度に全球域の海上大気比湿を推定することが可能となりました。アルゴリズムについてのより詳しい情報は [Tomita et al. 2017](#) を参照ください。

海上大気比湿推定のデータフローを図 3.4 に示します。アルゴリズムは、各衛星マイクロは放射計による複数チャンネルの輝度温度データの瞬間値（L1 データ）から海上 10m の大気比湿を推定します。その際、アルゴリズムは、別途用意された水蒸気スケールハイト(HV)のデータを水蒸気の鉛直プロファイルの指標として参照します。水蒸気スケールハイトデータは、複数のマイクロ波放射計観測より得られた積算水蒸気量(WV)の格子データ（日平均, 0.25 度格子間隔）と ERA interim より得られた海上 2m の大気比湿(QA2m)の格子データ（日平均, 0.75 度格子間隔）から計算されます。アルゴリズムによって得られた瞬間値の海上大気比湿は空間 0.25 度格子、日平均値として衛星センサー毎に格子化され、さらにそれらを平均することで複数衛星海上大気比湿の格子値 QA_{Multi} を得ます。その際、NOAA OISST で提供される海氷密接度の日毎の値を用いて海氷域の値をマスクします。これは現在のアルゴリズムが海氷域の海上大気比湿の推定に対応しないための処理です。また、各衛星センサーによる海上大気比湿の値には系統的な差（全球平均において最大 1 g/kg 程度）があるます。これは複数衛星間の輝度温度データのキャリブレーションの不足が一つの原因と考えられます。そのため、複数衛星海上大気比湿の格子値を得る際に、各衛星センサーによる海上大気比湿の値を調整しています。J-OFURO3 では、現場観測との比較などから SSMI F13 の海上大気比湿を基準に、他のセンサーの海上大気比湿の値を補正する方法で、センサー間の推定値の系統的な差を小さくするように処理をしています（より詳細については、別途ドキュメント”マイクロ波放射計海上大気比湿プロダクトのセンサー間補正, Tomita (2017)”を参照のこと）。その後 Creep Sea Fill (CSF)の手法 ([Kara et al., 2007](#))により沿岸域付近の欠測格子が外挿処理され最終的な海上大気比湿（QA）の格子値を得ます。

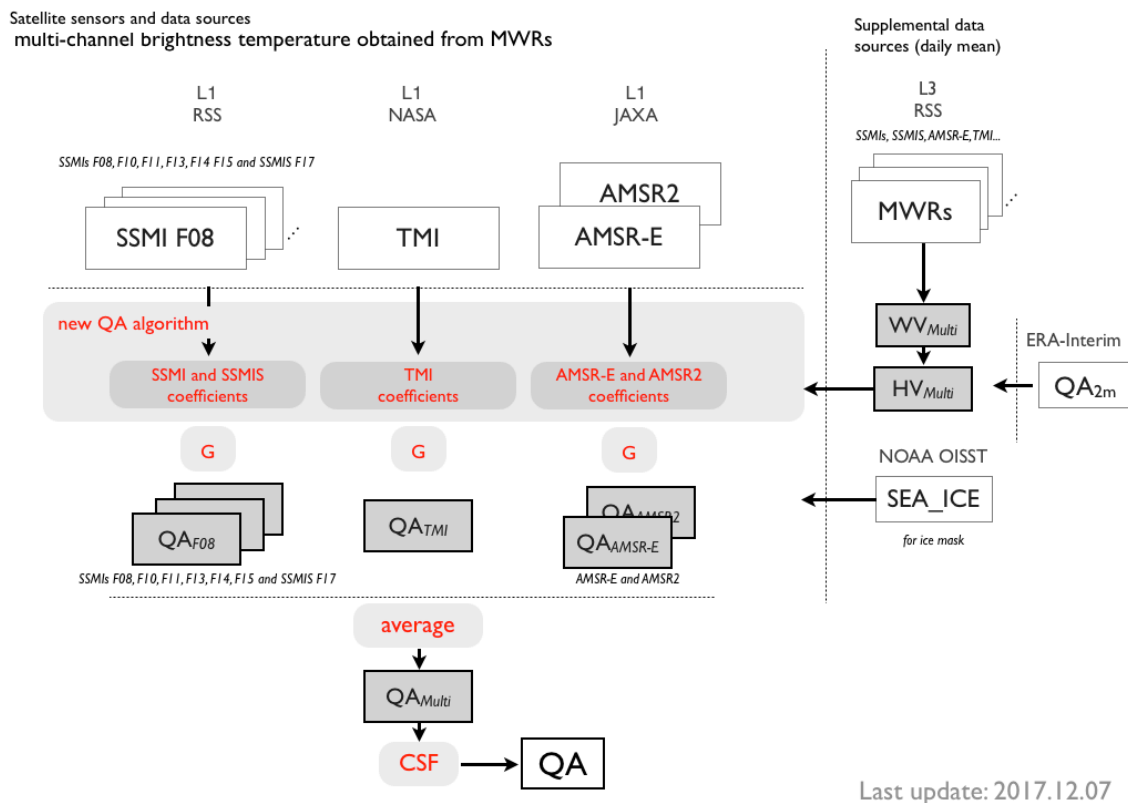


図 3.4 J-OFURO3 海上大気比湿データフロー

表 3.5 と表 3.6 に、海上大気比湿データの作成に用いられているマイクロ波放射計の輝度温度データの一覧を示します。全部で 9 種類の衛星センサーの輝度温度データが用いられています。SSMI と SSMIS シリーズの観測データについては、RSS が提供する FCDR version7 の輝度温度データを用いています。TMI については、NASA GES DISC が提供する輝度温度データ（1B11）version 7 を用いています。AMSR-E と AMSR2 については、JAXA が提供する L1B データで、バージョンはそれぞれ Version 3 と Version 2.1 のデータを用いています。

表 3.6 に示す通り、衛星の観測期間との兼ね合いで、年によって使用している衛星の数は異なります。1988 から 1996 年までの期間は、衛星の数が少なく 1～2 基、1997 年から 2001 年までで 3～4 基、2002～2008 年の期間は最も多く、5～6 基の衛星センサーによる観測データが用いられています。2009 年以降は、再び衛星の数が少なくなり、3～4 基の衛星観測データが用いられています。

表 3.5 J-OFURO3 海上大気比湿データセットの作成に用いられるマイクロ波放射計(MWR)の輝度温度データ一覧。

衛星		データ				
センサー	タイプ	提供元	プロダクト名	レベル	データ利用期間	バージョン
SSMI F08	MWR	RSS	FCDR	L1	1988.01-1991.12	V7
SSMI F10	MWR	RSS	FCDR	L1	1990.12-1997.11	V7
SSMI F11	MWR	RSS	FCDR	L1	1991.12-2000.05	V7
SSMI F13	MWR	RSS	FCDR	L1	1995.05-2009.11	V7
SSMI F14	MWR	RSS	FCDR	L1	1997.05-2008.08	V7
SSMI F15	MWR	RSS	FCDR	L1	1999.12-2006.08 ^{*1}	V7
SSMIS F17	MWR	RSS	FCDR	L1	2007.01-2013.12 ^{*2}	V7
TMI	MWR	NASA	1B11	L1B	1997.12-2013.12	7
AMSR-E	MWR	JAXA	-	L1B	2002.06-2011.10	V3
AMSR2	MWR	JAXA	-	L1B	2012.07-2013.12	V2.1

*1 SSMI F15 は 2006 年 8 月 14 日以降、レーダー校正のためのビーコンが稼働したため、その影響を受けて主に 22GHz の輝度温度観測データの質が低下したことが RSS によって報告されている。従って J-OFURO3 では 2006 年 8 月 14 日以降の SSMI F15 のデータは使用していない (<http://www.remss.com/node/3871>, Hilburn and Wentz, 2008)。*2 2006 年 12 月の SSMIS F17 の輝度温度データは RSS より提供されていないため J-OFURO3 では使用していない

表 3.6 J-OFURO3 海上大気比湿データセットに用いられるマイクロ波放射計出データ Availability

Satellite sensor	Provider	Version	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
SSMI F08	RSS	V7	o	o	o	-																						
SSMI F10	RSS	V7	-			o	o	o	o	o	o	-																
SSMI F11	RSS	V7				-	o	o	o	o	o	o	o	o	-													
SSMI F13	RSS	V7														o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-		
SSMI F14	RSS	V7														o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-		
SSMI F15	RSS	V7														o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	-	
SSMIS F17	RSS	V7																										
TMI	NASA	V7																										
AMSR-E	JAXA	V3																										
AMSR2	JAXA	V2.1																										
Number of satellite			1	1	2	3	2	2	2	2	3	3	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3

その他の変数: 海上気温: TA10 [°C]

J-OFURO3 では海上気温のデータは大気再解析データを用いています。大気再解析データの選定は暫定的で、現在の J-OFURO3 のバージョンでは

NCEP-DOE Reanalysis 2 データを利用していますが、今後 JRA-55 ベースのデータセットを利用する計画です。ここでは NCEP-DOE Reanalysis 2 のデータ処理について記述しておきます。NOAA/OAR/ESRL PSD より提供される 6 時間毎、ガウシアン格子の海上 2m の気温データを取得した後、日平均値を計算します。さらに、空間 2 次元の線形内挿法によって、J-OFURO3 の 0.25 度格子に内挿されたデータを作成します。その際、同じく NCEP-DOE Reanalysis 2 で提供される land-sea mask データを用いて陸と海の格子を判別し、陸域のデータは内挿処理から除外されます。その後、CSF によって沿岸域付近のデータが内挿されます。この様にして作成された 0.25 度格子の日平均の海上 2m の気温データ(TA2m)が、乱流フラックスの計算に用いられます。J-OFURO3 の海上気温の公開データは、乱流フラックスの計算と共に得られる高度 10m の値の気温(TA10)となります。

乱流熱フラックス: LHF, SHF [W/m^2]

乱流熱フラックスは潜熱フラックス(LHF)と顕熱フラックス(SHF)があります。いずれも海面水温(SST)、スカラー海上風(WND)、海上大気比湿(QA)、海上気温(TA2m)を入力データとしてバルク法で計算された値です。バルク法による計算方法については「乱流フラックスの計算方法」を参照ください。

潜熱/顕熱フラックスは、海洋から大気への熱輸送を正の値としています。多くの場合、海上では正の値を示しますが、負の潜熱/顕熱フラックスも存在します。

乱流運動量フラックス: TAU, TAUX, TAUY [N/m^2]

乱流運動量フラックスは、スカラー海上風に対する風応力(TAU)がバルク法により計算されます。バルク法による計算方法については「乱流フラックスの計算方法」を参照ください。風応力の東西成分(TAUX)と南北成分(TAUY)は、TAU の計算後に、風向データを用いて成分分解によって得られた値です。

放射フラックス: LWR, SWR [W/m^2]

放射フラックスは、正味長波放射フラックス(LWR)と正味短波放射(SWR)があります。それぞれの放射フラックスは、上向きと下向きの成分 (U/DLWR, U/DSWR)があり、それらを足し合わせることで正味の値が計算されています。

上向きの長波放射フラックス (ULWR) は、海面水温データ(SST) から計算されます。下向きの長波放射と短波放射フラックスのデータは、ISCCP (Rossow and Schiffer 1991)と CERES のデータセットの海上での値が用いられます。それぞれのデータセットの空間格子サイズは 2.5 度と 1.0 度であるため 0.25 度格子に内挿されています。その際、陸域付近の格子は CSF により海上の値だけで計算されています。

正味の熱フラックス (総熱フラックス) : NHF [W/m²]

正味の熱フラックス (総熱フラックス) は、式[1]で表される様に潜熱フラックス(LHF), 顕熱フラックス(SHF), 長波放射フラックス(LWR), 短波放射フラックス(SWR)を足し合わせた海面熱フラックスの値です。全てのフラックスは上向き (海洋から大気) の熱輸送を正の値としています。

$$\text{NHF} = \text{LHF} + \text{SHF} + \text{LWR} + \text{SWR} \quad [1]$$

淡水フラックス: FWF [mm/day]

淡水フラックスは、式[2]で表される様に海洋からの蒸発量(EVAP)から、海上での降水量(RAIN)を引いた値です。J-OFURO2 までは提供していなかった変数です。

$$\text{FWF} = \text{EVAP} - \text{RAIN} \quad [2]$$

EVAP は、潜熱フラックスと海面水温(SST)から式[3]で計算される蒸発フラックス E [mm/s]に 60×60×24 秒を乗じて mm/day に換算した値です。

$$E = \text{LHF} / (\rho \text{ Le}) \quad [3]$$

$$\text{Le: 水の蒸発の潜熱} = (2.501 - 0.00237 \times \text{SST}) \times 10^6$$

降水量データ(RAIN)データは、現在のところ暫定的で、GPCP (Adler et al. 2003)を用いていますが、JAXA が提供する GSMaP データを用いたバージョンも公開予定です。

4. 気候学的月平均場の紹介

図 4.1～4.5 に海面熱フラックスの気候学的月平均値の分布図を示します。これらの図は、J-OFURO3 V1.0 の 2002～2013 年の気候学的月平均値のデータセットから作成されています。

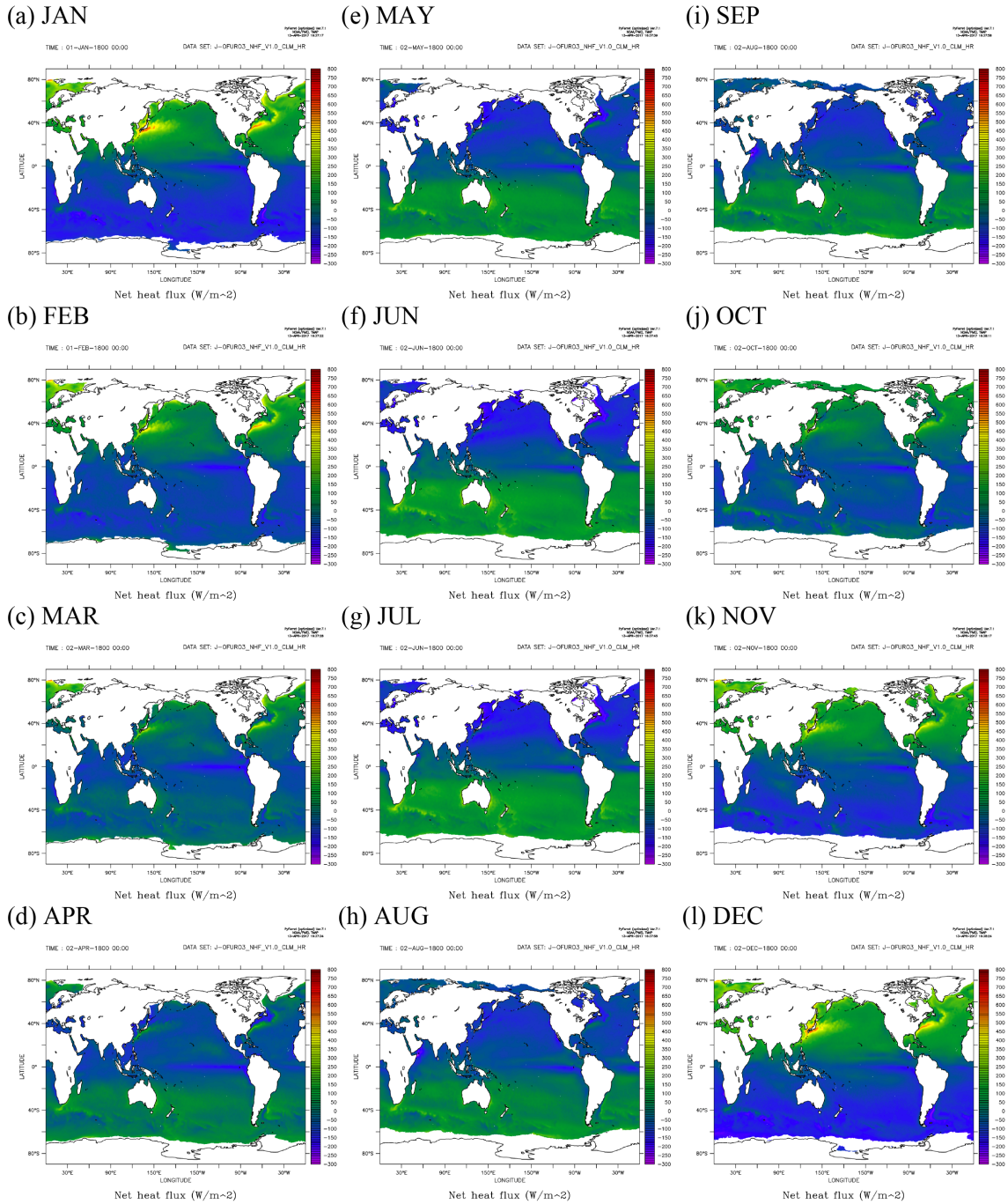


図 4.1 総熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出

を示す。単位は W/m^2

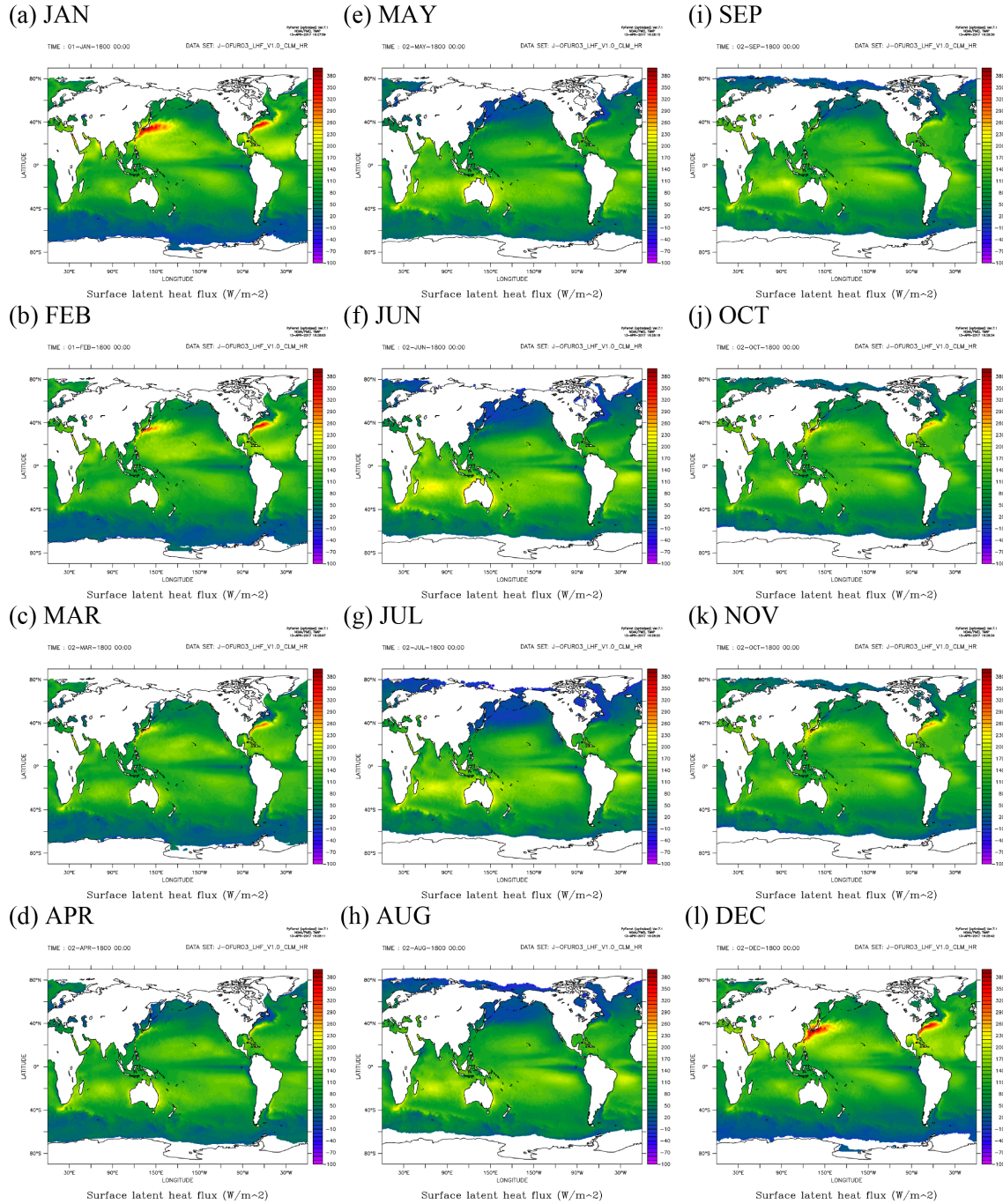


図 4.2 潜熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2

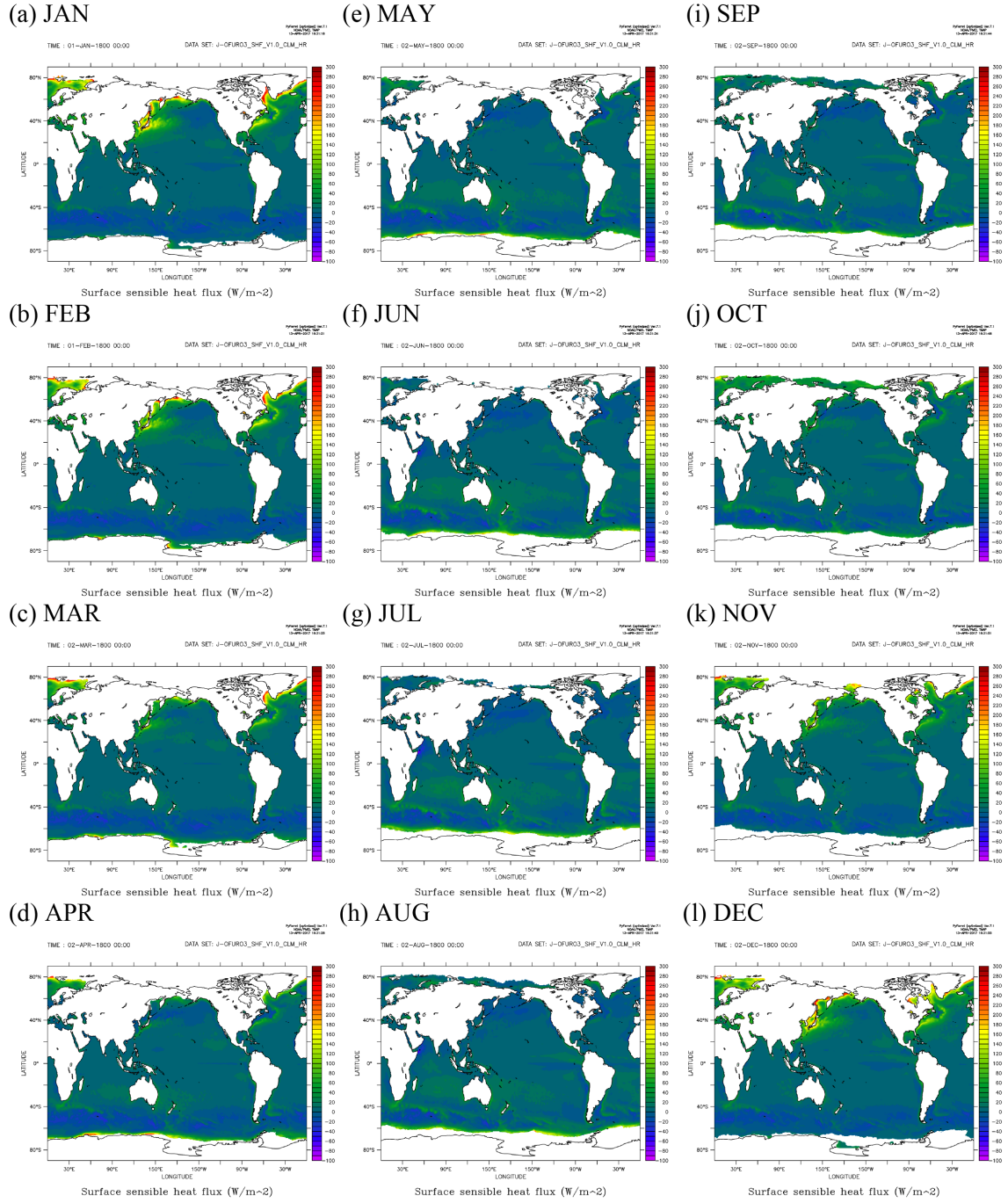


図 4.3 顕熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2

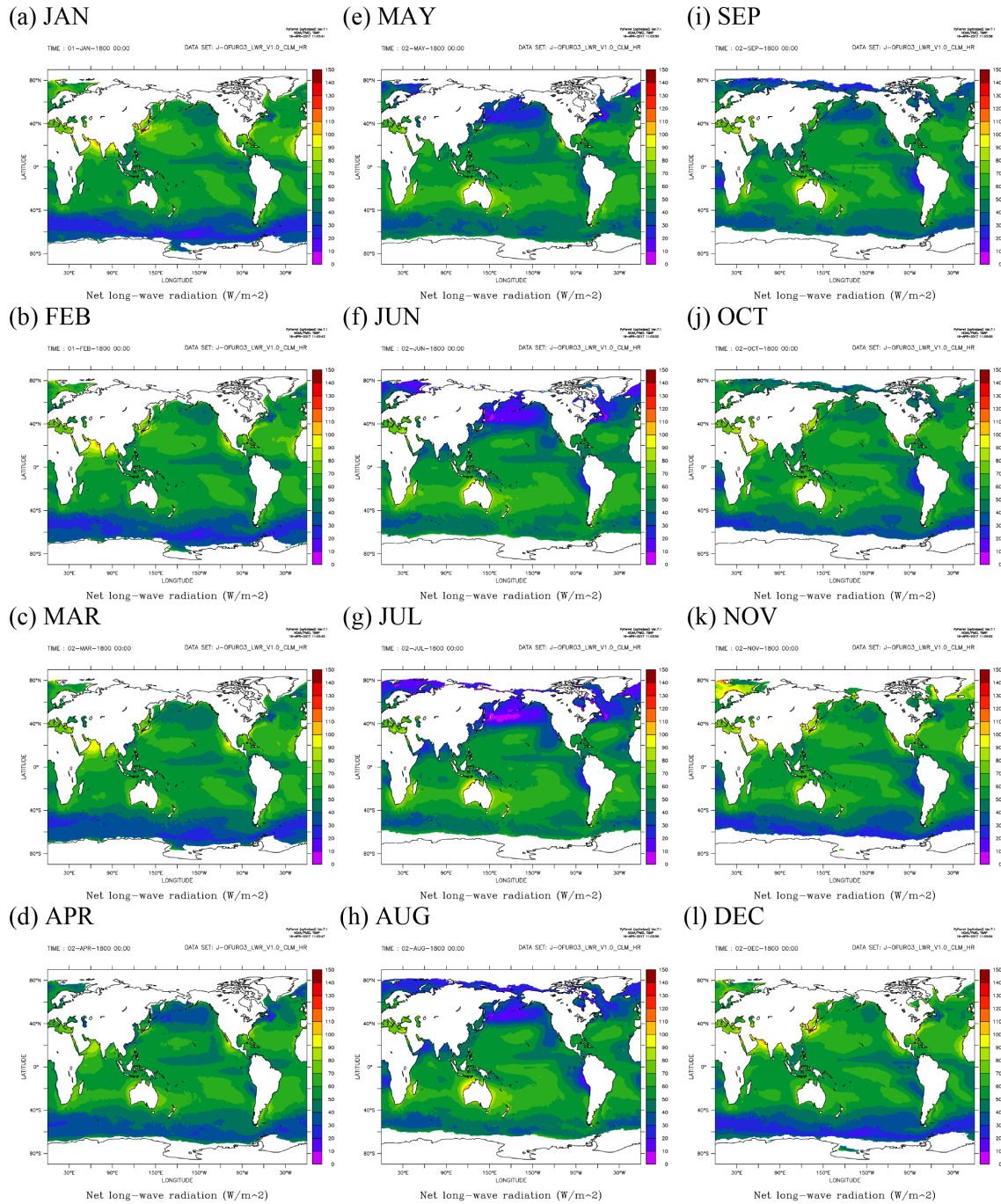


図 4.4 長波放射フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2

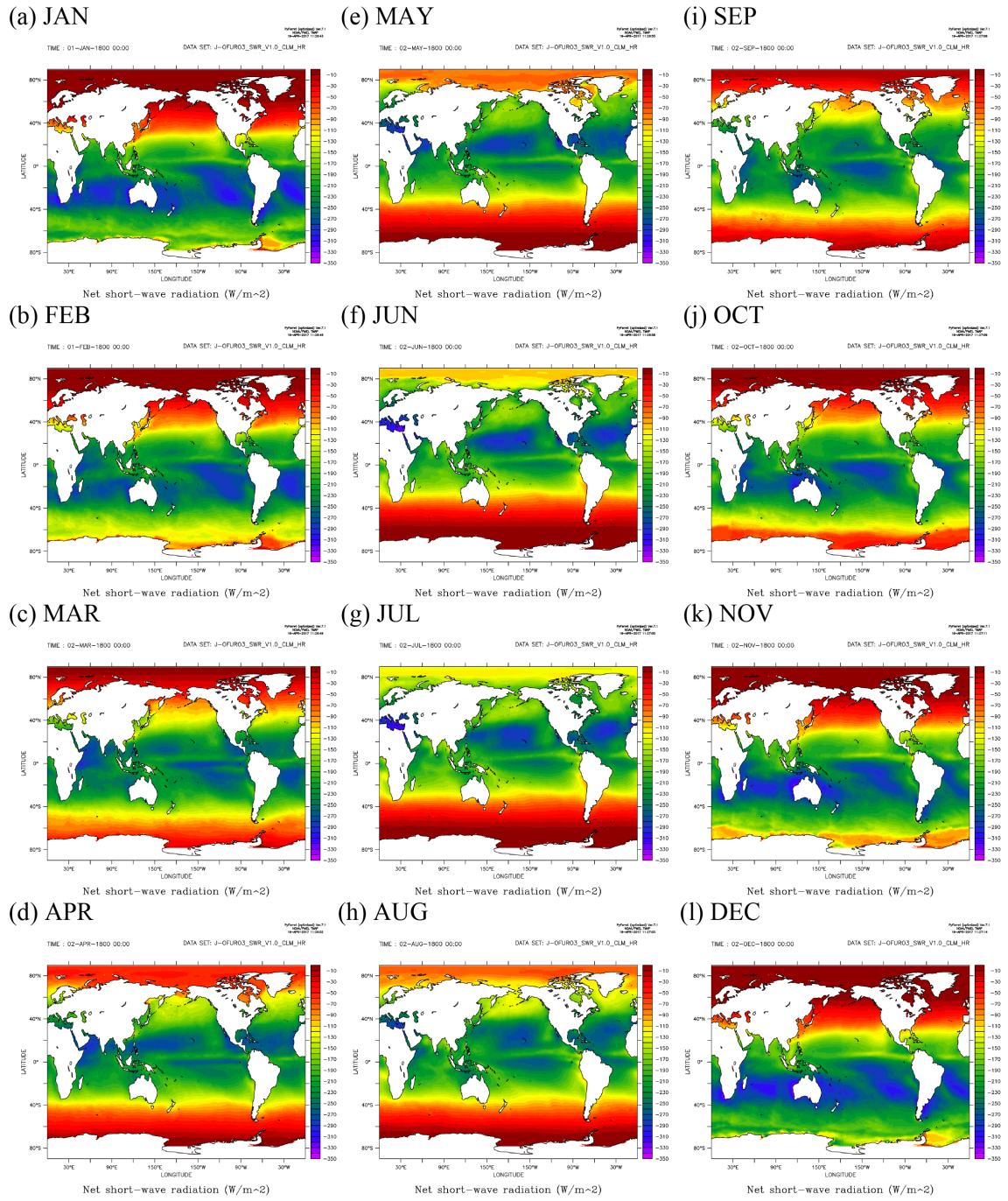


図 4.5 短波放射フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2

謝辞

J-OFURO の研究プロジェクトは、海面フラックスの推定やデータセット作成・検証のために、他の研究プロジェクトの研究成果やデータセットを利用しています。特に、J-OFURO3 のデータセットは、人工衛星観測に基づく海面フラックスのデータセットであり、JAXA, NASA, ESA が打ち上げ、運用をする人工衛星による観測データを利用して構築されています。これらの航空宇宙機関の地球観測に対する努力に感謝申し上げます。また、研究の遂行には科研費をはじめとする研究費の援助をうけております。ここにそれらをリストして謝意を示します。

J-OFURO3 で利用している外部データセットやプログラムの提供元

海面乱流フラックスの計算プログラム	COARE 3.0 Dr. Christopher W. Fairall (NOAA)
DMSP/SSM/I および SSMIS シリーズの輝度温度データ	Remote Sensing Systems
Aqua/AMSR-E および GCOM-W/AMSR2 の輝度温度データ	JAXA EORC
TRMM/TMI の輝度温度データ	NASA
衛星マイクロ波放射計による積算水蒸気量の格子データ	Remote Sensing Systems
衛星マイクロ波放射計による海上風格子データ	Remote Sensing Systems
QuikSCAT/SeaWinds による海上風データ	PO. DAAC NASA/JPL
ASCAT による海上風データ	PO. DAAC NASA/JPL
OSCAT による海上風データ	PO. DAAC NASA/JPL
衛星による全球降水データセット	JAXA Global Satellite Mapping of Precipitation (GSMaP) プロジェクト
衛星による全球降水データセット	NASA/GSFC Global Precipitation Climatology Project (GPCP)
全球海面水温データ	気象庁 Merged satellite and in situ data Global Daily Sea Surface Temperatures (MGDSST)
全球海面水温データ	UKMO Operational Sea Surface Temperature and Sea

	Ice Analysis (OSTIA)
全球海面水温データ	東北大学
衛星マイクロ波放射計による海面水温 格子データ	Remote Sensing Systems
GCOM-W/AMSR2 による海面水温データ	JAXA EORC
GPM/GMI による海面水温データ	JAXA EORC
衛星による放射フラックスデータ	NASA Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES)
衛星による放射フラックスデータ	International Satellite Cloud Climatology Project

研究費の援助

予算	題目	代表	期間 (年度)
科研費 基盤 B	衛星淡水フラックス変動と海洋表層 塩分変動の統合的理解の研究	富田裕之	2014-2017
JAXA GCOM RA	AMSR2 海洋プロダクト検証システム の構築	富田裕之	2014-2016
東海大学海 洋研究所プ ログラム	全球海面乱流フラックスの長期間プ ロダクトの構築と解析	轡田邦夫	2016
名古屋大学 宇宙地球環 境研究所	複数衛星観測データを用いた全球海 上風ベクトルデータセットの構築	加古真一郎	2016-2017

参考文献

- Adler, R. F., G. J. Huffman, A. Chang, R. Ferraro, P. P. Xie, J. Janowiak, B. Rudolf, U. Schneider, S. Curtis, D. Bolvin, A. Gruber, J. Susskind, P. Arkin and E. Nelkin (2003), The version-2 global precipitation climatology project (GPCP) monthly precipitation analysis (1979-present), *J. Hydrometeorol.* 4(6): doi: 10.1175/1525-7541(2003)004<1147:tvgpscp>2.0.co;2.
- Fairall, C. W., E. F. Bradley, J. E. Hare, A. A. Grachev and J. B. Edson (2003), Bulk parameterization of air-sea fluxes: Updates and verification for the COARE algorithm. *J. Climate* 16(4), 571-591.
- Hilburn, K. A. and F. J. Wentz (2008), Mitigating the impact of RADCAL beacon contamination on F15SSM/I ocean retrievals, *Geophys. Res. Lett.* 35(18): Artn L18806, doi 10.1029/2008gl034914.
- Iwasaki, S., M. Kubota and H. Tomita (2008), Inter-comparison and evaluation of global sea surface temperature products, *Int. J. Remote. Sens.* 29(21), 6263-6280.
- Kanemaru, K. and H. Masunaga (2013), A satellite study of the relationship between sea surface temperature and column water vapor over tropical and subtropical oceans, *J. Climate*, 26(12): 10.1175/jcli-d-12-00307.1.
- Kara, a. B., A. J. Wallcraft and H. E. Hurlburt (2007), A correction for land contamination of atmospheric variables near land-sea boundaries, *J. Phys. Oceanogr.* 37(4), 803-818.
- Kubota, M., N. Iwasaka, S. Kizu, M. Konda and K. Kutsuwada (2002), Japanese Ocean Flux Data Sets With Use of Remote Sensing Observations (J-OFURO), *J. Oceanogr.*, 58(1), 213-225.
- Schlüssel, P., L. Schanz and G. Englisch (1995), Retrieval of latent-heat flux and longwave irradiance at the sea-surface from SSM/I and AVHRR measurements, *Adv Space Res.* 16(10), 107-116.
- Tomita (2017), J-OFURO3 マイクロ波放射計海上大気比湿プロダクトのセンサー間補正, J-OFURO3公式ドキュメント, J-OFURO3-DOC-005, V1.0J, 7pp.

- Tomita, H., M. Kubota, M. F. Cronin, S. Iwasaki, M. Konda, and H. Ichikawa (2010),
An assessment of surface heat fluxes from J-OFURO2 at the KEO and JKEO
sites, *J. Geophys. Res –Oceans*, 115(C3), doi:10.1029/2009jc005545.
- Tomita et al. (2017), Improved satellite estimation of near-surface humidity
using vertical water vapor profile information, 投稿中

図表リスト

図

- 図 3.1 J-OFURO3 データフロー
- 図 3.2 J-OFURO3 海面水温データフロー
- 図 3.3 J-OFURO3 海上風データフロー
- 図 3.4 J-OFURO3 海上大気比湿データフロー
- 図 4.1 総熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2
- 図 4.2 潜熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2
- 図 4.3 顕熱フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2
- 図 4.4 長波放射フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2
- 図 4.5 短波放射フラックスの気候学的月平均場。正の値が海洋から大気への熱放出を示す。単位は W/m^2

表

- 表 1.1 最新 J-OFURO3 を含むこれまでの J-OFURO データセットの特徴
- 表 1.2 J-OFURO3 変数リスト。公開ステータス (○: 公開中, -: 公開予定)
- 表 3.1 J-OFURO3 アンサンブルメディアン SST のソースプロダクト一覧
- 表 3.2 J-OFURO3 アンサンブルメディアン SST ソースプロダクトの Availability
- 表 3.3 J-OFURO3 海上風データセットの作成に用いられている衛星搭載マイクロ波放射計(MWR)とマイクロ波散乱計 (SCAT) のデータ一覧
- 表 3.4 J-OFURO3 海上風データセットに用いられているマイクロ波放射計とマイクロ波散乱計のデータ Availability
- 表 3.5 J-OFURO3 海上大気比湿データセットの作成に用いられるマイクロ波放射計(MWR)の輝度温度データ一覧
- 表 3.6 J-OFURO3 海上大気比湿データセットに用いられるマイクロ波放射計出データ Availability

略語リスト

AMSR2	Advanced Microwave Scanning Radiometer 2
AMSR-E	Advanced Microwave Scanning Radiometer –Earth observing system
ASCAT	Advanced Scatterometer
COARE	Coupled Ocean Atmosphere Response Experiment
CERES	Clouds and the Earth's Radiant Energy System
CERSAT	Centre ERS d'Archivage et de Traitement
CSF	Creep Sea Fill
DOE	Department of Energy
EMSST	Ensemble median SST
ERA-Interim	ECMWF Reanalysis Interim
ERS1/2	ESA Remote-Sensing Satellite 1/2
ESA	European Space Agency
ESRL	Earth System Research Laboratory
GMI	GPM Microwave Imager
GOOS	Global Ocean Observing System
GPCP	Global Precipitation Climatology Project
GPM	Global Precipitation Measurement
GSMaP	Global Satellite Mapping of Precipitation
IFREMER	French Research Institute for Exploitation of the Sea
ISCCP	International Satellite Cloud Climatology Project
JAXA	Japan Aerospace Exploration Agency
JMA	Japan Meteorological Agency
J-OFURO	Japanese Ocean Flux Data Sets with Use of Remote Sensing Observations
JPL	Jet Propulsion Laboratory
MGDSST	Merged satellite and in situ data Global Daily Sea Surface Temperatures
MW	Microwave
MWR	Microwave Radiometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NEAR-GOOS	North-East Asian Regional GOOS
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration

NRT	Near Real Time
OAR	Oceanic and Atmospheric Research
OI	Optimum Interpolation
OISST	Optimum Interpolation Sea Surface Temperature
OSCAT	Oceansat-2 Scatterometer
OSTIA	Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis
PO.DAAC	Physical Oceanography Distributed Active Archive Center
PSD	Physical Science Division
RA	Re-Analysis
RG	Re-gridding
RSS	Remote Sensing Systems
SCAT	Microwave Scatterometer
SST	Sea Surface Temperature
SSMI	Special Sensor Microwave Imager
SSMIS	Special Sensor Microwave Imager/Sounder
TMI	TRMM Microwave Imager
TRMM	Tropical Rainfall Measurement Mission
UKMO	Unite Kingdom Meteorological Office

ドキュメント更新履歴

V1.1J (19-Dec-2017)

- ・ データ提供期間についての情報を更新
- ・ 略語リストを追加
- ・ ドキュメント更新履歴を追加
- ・ 図 3.1, 3.2, 3.3, 3.4 の修正
- ・ 表 1.1, 1.2, 3.1, 3.3 の修正
- ・ その他（日本語の修正, 参考文献の追加など）

V1.0J (01-May-2017)

初版