

第4章 資料編

数値予報課が所掌する数値予報システムとガイダンスの概要、およびプロダクトの送信時刻に関する情報を以下の表に示す（2022年9月30日現在）。表中の用語については、平成30年度数値予報研修テキスト第II部「数値予報の基礎知識」も参照のこと。

4.1 数値予報システムの概要一覧表

4.1.1 全球数値予報システム（全球モデル（GSM）・全球解析（GA））

数値予報モデル（全球モデル（GSM））	
水平分解能	TL959（格子間隔約20 km：0.1875°） ¹
鉛直層数	128層（最上層0.01 hPa）
初期時刻	00, 06, 12, 18UTC
予報時間	132時間（5.5日）（初期時刻：06, 18UTC） 264時間（11日）（初期時刻：00, 12UTC）
境界値	
地中温度	予測する（初期値は解析値 ² ）
土壌水分	飽和度を予測する（初期値のうち、1～3層は解析値、4～7層は気候値）
積雪被覆	予測した積雪水当量を用いて積雪被覆率を診断する（初期値は全球解析による）
海面水温	全球海面水温解析値（海洋気象情報室作成：0.25°格子）の平年偏差を、予報時間により季節変動する気候値に加えたもの
海氷分布	南北半球ごとの全球海氷密接度解析値（海洋気象情報室作成：0.25°格子）の海氷面積平年偏差を維持するように、海氷密接度の初期偏差固定予測値を気候値で修正したもの

¹ Tは三角形波数切断を、Lは1次格子を、数字は切断波数をそれぞれ表す。

² 観測データは同化されておらず、解析システム内で予測された値が利用されている。

解析（データ同化）システム（全球解析（GA））	
データ同化手法	局所アンサンブル変換カルマンフィルタ（LETKF）を用いたハイブリッド4次元変分法
水平分解能	アウトモデル ³ の水平分解能：TL959（格子間隔約 20 km : 0.1875°） ¹ インナーモデル ³ の水平分解能：TL319（格子間隔約 55 km : 0.5625°） ¹
鉛直層数	128 層（最上層 0.01 hPa）+ 地上 ⁴
アウトループの繰返し回数	2 回
インナーループの繰返し回数	約 35 回
気候学的背景誤差共分散のための制御変数	相対渦度、非バランス発散、非バランス気温、非バランス地表気圧、対数比湿
アンサンブル共分散のための共分散膨張	適合型乗算（adaptive multiplicative）共分散膨張。誤差標準偏差の水平全球平均の鉛直プロファイル、気候学的背景誤差共分散とアンサンブル共分散で整合させるための共分散膨張も追加的に使用。
アンサンブル共分散のための局所化	ガウス関数。局所化スケール（ガウス関数で $\exp(-1/2)$ となる距離）は水平方向は 800km（比湿については 400km）、鉛直方向は 0.8 スケールハイト
ハイブリッド共分散のための重み	50 hPa より下層で気候学的共分散、アンサンブル共分散は共に 0.5 で、それより上層では、それぞれ 1, 0 に近づける。
解析時刻	00, 06, 12, 18UTC
同化ウィンドウ	各解析時刻の 3 時間前から 3 時間後まで
観測の待ち受け時間	速報解析 ⁵ ：2 時間 20 分 サイクル解析 ⁵ ：11 時間 50 分（初期時刻：00, 12UTC） 7 時間 50 分（初期時刻：06, 18UTC）
利用する主な観測（観測データもしくは算出データ）	ラジオゾンデ（気圧、気温、湿度、風）、ウィンドプロファイラ（風）、航空機（気温、風）、地上（気圧 ⁴ ）、船舶・ブイ（気圧 ⁴ ）、地上 GNSS（大気遅延量）、衛星可視赤外イメージャ（大気追跡風）、衛星マイクロ波散乱計（海上風）、衛星マイクロ波サウンダ（輝度温度）、衛星マイクロ波イメージャ（輝度温度）、衛星ハイパースペクトル赤外サウンダ（輝度温度）、静止衛星赤外イメージャ（輝度温度）、衛星 GNSS 掩蔽（屈折角）
台風ポーガス	疑似観測値（海面更正気圧、風）を利用

³ アウトモデルは第一推定値の計算に用いるモデル。インナーモデルは解析修正量を求める計算に用いるモデル。

⁴ 地上観測および船舶・ブイ観測の気温・風・湿度のデータは、2次元最適内挿法による地上解析値作成に利用される。ただし、この地上解析値はモデルの初期値としては使われない。

⁵ 全球解析には予報資料を作成するために行う速報解析と観測データを可能な限り集めて正確な実況把握のために行うサイクル解析の2種類の計算がある。

LETKF 計算の詳細	
水平分解能	TL319 (格子間隔約 55 km : 0.5625°) ¹
鉛直層数	128 層 (最上層 0.01 hPa)
メンバー数	100 メンバー
モデルアンサンブル手法	確率的物理過程強制法
初期値化	地上気圧時間変化率の解析に基づいた水平発散の調節 (Hamrud et al. 2015)
共分散膨張	適合型乗算 (adaptive multiplicative) 共分散膨張
局所化	ガウス関数。局所化スケール (ガウス関数で $\exp(-1/2)$ となる距離) は水平方向は 400km (水蒸気に感度のある観測に対しては 300km)、鉛直方向は 0.6 スケールハイト (地上気圧と GNSS 天頂遅延量観測については、1.2 スケールハイト)、時間方向には 3 時間。衛星輝度温度観測に対しては、規格化 (ピーク値で除算) した荷重関数の平方根と、荷重関数のピーク位置を中心とするガウス関数 (スケールは $0.6\sqrt{2}$ スケールハイト) との最大値を鉛直局所化関数として使用。
リセンタリング	解析アンサンブルは、アンサンブル平均が 4 次元変分法の解析値と整合するようリセンタリングされる。
観測データの利用方法	全球解析に準ずる。但し、衛星ハイパースペクトル赤外サウンダは利用しない。
同化ウィンドウ	4 次元変分法と同じ
積雪深解析の詳細	
データ同化手法	2 次元最適内挿法
水平分解能	TL959 (格子間隔約 20 km : 0.1875°) ¹
第一推定値	モデル予測値を衛星観測から推定した積雪域で補正したもの
利用する観測	SYNOP 積雪深、アメダス積雪深 ⁶ 、衛星マイクロ波イメージャ (輝度温度 ⁷)
解析時刻	18UTC (サイクル解析のみで実施 ⁸)
土壌水分解析の詳細	
データ同化手法 ⁹	2 次元最適内挿法 (地上解析) Simplified Extended Kalman Filter(土壌水分解析本体)
水平分解能	TL959 (格子間隔約 20 km : 0.1875°) ¹
解析対象	土壌第 1-3 層の飽和度
第一推定値	モデル予測値
利用する観測	SYNOP 地上気温、相対湿度
解析時刻	00, 06, 12, 18UTC

⁶ アメダス積雪深のデータは、日本域において積雪深解析の結果を修正する処理でのみ利用される。

⁷ 輝度温度から積雪域を推定し、第一推定値の作成で利用。解析本体では利用しない。

⁸ 速報解析及びサイクル解析の 00、06、12、18UTC において、最新の積雪深解析を最新の日本域の積雪深観測で修正する処理を行い、その結果が全球モデルの初期値となる。

⁹ 土壌水分解析は 2 段階で行われる。まず、地上気温・相対湿度観測を同化した地上解析値を作成する。次に地上解析値を観測値とみなし、地上気温・相対湿度と土壌水分の相関関係を利用して土壌水分を解析する。

4.1.2 全球アンサンブル予報システム (GEPS)

数値予報モデル			
水平分解能	TQ479 (格子間隔約 27 km : 0.25°) ¹⁰ (18 日まで) TQ319 (格子間隔約 40 km : 0.375°) ¹⁰ (18 日以降)		
鉛直層数	128 層 (最上層 0.01 hPa)		
初期時刻	00, 06, 12, 18UTC		
予報時間	132 時間 (5.5 日) (初期時刻 : 06, 18UTC) 264 時間 (11 日) (初期時刻 : 00UTC) 432 時間 (18 日) (初期時刻 : 12UTC) 816 時間 (34 日) (初期時刻 : 12UTC、火曜日・水曜日のみ)		
メンバー数	51 メンバー (50 摂動ラン+コントロールラン) (18 日まで) 25 メンバー (24 摂動ラン+コントロールラン) (18 日以降)		
初期値および摂動作成手法			
初期値	全球解析値を TQ479 へ解像度変換したもの		
初期摂動作成手法	特異ベクトル (SV) 法及び LETKF ¹¹		
モデルアンサンブル手法	確率的物理過程強制法 (摂動ランのみ)		
下部境界摂動作成手法	海面水温摂動 (摂動ランのみ)		
SV 計算の詳細			
SV 計算の対象領域	北半球領域	熱帯領域	南半球領域
	30°N~90°N	30°S~30°N	30°S~90°S
接線形・随伴モデルの分解能	TL63 (格子間隔約 270 km) ¹ 、鉛直層数 40		
接線形・随伴モデルの物理過程	初期値化、水平拡散、境界層過程、地表面フラックス	(左に加えて) 積雲対流過程、重力波抵抗、長波放射、雲水過程、レイリー摩擦、乾燥対流調節	(北半球領域と同じ)
評価時間	48 時間	24 時間	(北半球領域と同じ)
摂動の大きさの評価 (ノルム)	湿潤トータルエネルギー		
初期摂動の振幅	モデル第 15 層 (約 500 hPa) の気温の二乗平均平方根が 0.23 K	モデル第 6 層 (約 850 hPa) の気温の二乗平均平方根が 0.20 K	(北半球領域と同じ)
SV から初期摂動を合成する手法	バリエーションミニマム法		
利用する SV の数	最大 50 個	最大 35 個	(北半球領域と同じ)

¹⁰ T は三角形波数切断を、Q は二次格子を、数字は切断波数をそれぞれ表す。

¹¹ 全球速報解析で LETKF 用に計算された 6 時間予報のアンサンブルを使用している。

4.1.3 メソ数値予報システム（メソモデル (MSM) ・メソ解析 (MA))

数値予報モデル	
水平分解能と計算領域	格子間隔：5 km、計算領域：東西 4,080 km × 南北 3,300 km
鉛直層数	96 層（最上層 37.5 km）
初期時刻	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC
予報時間	78 時間（初期時刻：00, 12UTC）, 39 時間（初期時刻：03, 06, 09, 15, 18, 21UTC）
境界値	
地中温度	予測する（初期値の地表面および地中の第 1 層から第 6 層は解析値、第 7, 8 層は気候値）
土壌水分	体積含水率を予測する（初期値は解析値 ² ）
積雪被覆	旧全球積雪深解析 ¹² （日本域以外）及び観測で修正したオフライン陸面モデル（日本域）の被覆分布に固定
海面水温	北西太平洋高解像度海面水温解析値（海洋気象情報室作成：0.1° 格子）を初期値とし、1 次元海洋混合層モデルにて予測
海氷分布	北半球海氷解析値（海洋気象情報室作成：0.1° 格子）に固定
側面境界	全球モデル予報値 ¹³
解析（データ同化）システム	
データ同化手法	4 次元変分法
水平分解能	アウターモデル ³ の水平格子間隔：5 km インナーモデル ³ の水平格子間隔：15 km
鉛直層数	アウターモデル 96 層＋地上 ⁴ インナーモデル 48 層＋地上 ⁴
解析時刻	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC
同化ウィンドウ	各解析時刻の 3 時間前から解析時刻まで
観測の待ち受け時間	50 分
利用する主な観測（観測データもしくは算出データ）	ラジオゾンデ（気圧、気温、湿度、風）、ウィンドプロファイラ（風）、航空機（気温、風）、地上（気圧 ⁴ 、積雪深）、船舶・ブイ（気圧 ⁴ ）、アメダス（積雪深）、地上 GNSS・船舶 GNSS（可降水量）、空港気象レーダー（ドップラー速度）、気象レーダー（解析雨量、ドップラー速度、反射強度 ¹⁴ ）、衛星可視赤外イメージャ（大気追跡風）、衛星マイクロ波散乱計（海上風）、衛星マイクロ波サウンダ（輝度温度）、衛星マイクロ波イメージャ（降水強度、輝度温度）、静止衛星赤外イメージャ（輝度温度）、衛星二周波降水レーダー（反射強度 ¹⁴ ）、衛星 GNSS 掩蔽（屈折率）
台風ボーガス	疑似観測値（海面更正気圧、風）を利用

¹² 令和 2 年度数値予報解説資料集「4.1.1 全球数値予報システム（全球モデル (GSM) ・全球解析 (GA) ・全球積雪解析)」、及び中村 (2009) を参照。

¹³ 例えば、初期時刻 00UTC の全球モデル予報値を初期時刻 03, 06UTC のメソモデルの側面境界値として利用する。

¹⁴ 反射強度から相対湿度プロファイルを推定して、相対湿度として同化している。

4.1.4 メソアンサンブル予報システム (MEPS)

数値予報モデル	
水平分解能と計算領域	格子間隔：5 km、計算領域：東西 4,080 km × 南北 3,300 km
鉛直層数	96 層（最上層 37.5 km）
初期時刻	00, 06, 12, 18 UTC
予報時間	39 時間
メンバー数	21 メンバー（20 摂動ラン + コントロールラン）
初期値および摂動作成手法	
初期値	メソ解析値
初期摂動作成手法	特異ベクトル (SV) 法：水平格子間隔 40 km のメソ SV (MSV40) + 水平格子間隔 80 km のメソ SV (MSV80) + 全球モデルに基づく全球 SV (GSV)
モデルアンサンブル手法	なし
側面境界摂動作成手法	SV 法 (GSV)
下部境界摂動作成手法	なし
SV 計算の詳細	
SV 計算の対象領域	MSV: 125° E-145° E, 25° N-45° N において 925 hPa の渦度によりターゲット域を動的に変更 (35° N 以南、130° E 以東の格子点において、MSV40 では 925 hPa の渦度が $10 [10^{-6} s^{-1}]$ 以下、MSV80 では渦度が $0 [10^{-6} s^{-1}]$ 以下の領域を対象領域から除外)、GSV: 120° E-170° E, 25° N-45° N
接線形・随伴モデルの分解能	MSV40: 水平格子間隔 40 km, 鉛直層数 38, MSV80: 水平格子間隔 80 km, 鉛直層数 38, GSV: 全球アンサンブル予報システム (GEPS) と同じ
評価時間	MSV40: 6 時間、MSV80: 15 時間、GSV: 45 時間
摂動の大きさの評価 (ノルム)	MSV: 湿潤トータルエネルギー, GSV: 乾燥トータルエネルギー
初期摂動の振幅	SV の絶対値の領域平均が基準値 (南北風・東西風 1.8 m/s, 温位 0.7 K, 水蒸気 0.001 kg/kg となるように倍率を定めた後、上限値 (南北風・東西風 5.4 m/s, 温位 3.6 K, 水蒸気 0.0054 kg/kg) により倍率を修正
SV から初期摂動を合成する手法	バリエアンスミニマム法
利用する SV の数	MSV40: 10, MSV80: 10, GSV: 20

4.1.5 局地数値予報システム（局地モデル (LFM) ・ 局地解析 (LA)）

数値予報モデル	
水平分解能と計算領域	格子間隔：2 km、計算領域：東西 3,160 km × 南北 2,600 km
鉛直層数	76 層（最上層 21.8 km）
初期時刻	毎正時
予報時間	10 時間
境界値	
地中温度	予測する（初期値は解析値 ² ）
土壌水分	体積含水率を予測する（初期値は解析値）
積雪被覆	メソモデルで利用している積雪被覆の内挿値に固定
海面水温	北西太平洋高解像度海面水温解析値（海洋気象情報室作成：0.1° 格子）に固定
海氷分布	北半球海氷解析値（海洋気象情報室作成：0.1° 格子）に固定
側面境界	メソモデル予報値 ¹⁵
解析（データ同化）システム	
データ同化手法	ハイブリッド 3 次元変分法 ¹⁶
水平分解能	格子間隔：5 km
鉛直層数	48 層（最上層 21.8 km）＋地上
解析時刻	毎正時
同化ウィンドウ	各解析時刻の 3 時間前から解析時刻まで
観測の待ち受け時間	30 分
利用する主な観測（観測データもしくは算出データ）	ラジオゾンデ（気圧、気温、湿度、風）、wind profiler（風）、航空機（気温、風）、地上（気圧、湿度）、船舶・ブイ（気圧）、アメダス（気温、風）、地上 GNSS（可降水量）、空港気象レーダー（ドップラー速度）、気象レーダー（ドップラー速度、反射強度 ¹⁴ ）、衛星可視赤外イメージャ（大気追跡風）、衛星マイクロ波散乱計（土壌水分）、衛星マイクロ波サウンダ（輝度温度）、衛星マイクロ波イメージャ（輝度温度、土壌水分）、静止衛星赤外イメージャ（輝度温度）
台風ボーガス	利用しない

¹⁵ 局地モデル実行開始時の最新のメソモデル予報値を側面境界値として利用する。初期時刻、日々の計算時間によって変動するものの、通常、局地モデル初期時刻の 1～4 時間前を初期時刻とするメソモデル予報値を利用する。

¹⁶ 解析時刻の 3 時間前を、メソモデル予報値を第一推定値として 3 次元変分法により解析する。その後、その解析値からの 1 時間予報値を推定値として 3 次元変分法により解析する。これを 3 回繰り返す。3 次元変分法の背景誤差には、メソモデルから作成された気候学的な値とメソアンサンブル予報システムの予報値から求めた気象場に応じた値を混ぜて用いる。なお、第一推定値として用いるメソモデル予報値は、通常 FT=0, 1, 2 を利用する。例えば、初期時刻 00UTC のメソモデル予報値を、FT=0 は 03UTC の、FT=1 は 04UTC の、FT=2 は 05UTC の局地解析の第一推定値にそれぞれ利用する。

¹⁷ メソモデル予報値を第一推定値として、3 次元変分法により解析する。なお、第一推定値として用いるメソモデル予報値は、通常 FT=2, 3, 4 を利用する。例えば、初期時刻 00UTC のメソモデル予報値を FT=2 は 02UTC の、FT=3 は 03UTC の、FT=4 は 04UTC の毎時大気解析の第一推定値としてそれぞれ利用する。

¹⁸ 地上と上空を独立に解析した後、境界層内については地上と上空の修正量の線形結合をとり、これを修正量とする。

¹⁹ 特にアメダス観測については、解析値を観測値に強く寄せる設定を用いている。また、海岸付近のアメダス観測の強い影響が海上に及ばないよう、解析を実行した後にフィルタを適用している。

4.1.6 毎時大気解析

解析（データ同化）システム	
データ同化手法	3次元変分法 ¹⁷
水平分解能と計算領域	格子間隔：5 km、計算領域：東西 3,600 km × 南北 2,880 km
鉛直層数	48層（最上層 21.8 km）+地上 ¹⁸
解析時刻	毎正時
観測の待ち受け時間	18分
利用する主な観測（観測データもしくは算出データ）	ウィンドプロファイラ（風）、航空機（気温、風）、アメダス ¹⁹ （気温、風）、空港気象レーダー（ドップラー速度）、気象レーダー（ドップラー速度）、衛星可視赤外イメージャ（大気追跡風）
台風ボーガス	利用しない
備考	出力要素：風、気温

4.1.7 季節アンサンブル予報システム（季節 EPS）

数値予報モデル	
水平分解能	大気: TL319 ¹ （格子間隔約 55 km : 0.5625°） 海洋: 格子間隔約 25 km : 0.25° × 0.25°
鉛直層数	大気: 100層（最上層 0.01 hPa） 海洋: 60層
初期時刻	00UTC
予報時間	240日間
モデル領域	全球
メンバー数	5メンバー（4摂動ラン+コントロールラン）
初期値および摂動作成手法	
初期値	大気: JRA-3Q（遅延解析）、全球速報解析（速報解析） 陸面: オフライン地表面解析値 海洋: MOVE/MRI.COM-G3 (Global version 3) 4D-Var 海氷: MOVE/MRI.COM-G3 (Global version 3) 3D-Var
初期摂動作成手法	大気: 熱帯・北半球・南半球 成長モード育成 (BGM) 法 海洋: 海洋解析誤差摂動
モデルアンサンブル手法	確率的物理過程強制法

4.1.8 波浪モデル（全球・沿岸）

モデル名称	全球波浪モデル (GWM)	沿岸波浪モデル (CWM)
モデル種類	第三代波浪モデル MRI-III	
モデル領域	極域を除く全球 75°N - 75°S 0°E - 180° - 0°W	日本近海 50°N - 20°N 120°E - 150°E
水平分解能（格子点数）	0.5° × 0.5° (720 × 301)	0.05° × 0.05° (601 × 601)
タイムステップ (移流項) (ソース項)	10 分 30 分	1 分 3 分
初期時刻	00,06,12,18UTC	
予測期間 (00UTC, 06UTC, 18UTC) (12UTC)	132 時間 264 時間	132 時間 132 時間
周波数成分	900 成分 25 周波数 (0.0375 ~ 0.3 Hz、対数分割) 36 方位	
初期値	最適内挿法による解析	
側面境界値	-	全球波浪モデル
大気外力	GSM 台風周辺では藤田の式に基づく台風ボーガスを使用	
浅海効果	屈折、海底摩擦を考慮	

4.1.9 波浪アンサンブル予報システム

モデル名称	波浪アンサンブル予報システム
モデル種類	第三代波浪モデル MRI-III
モデル領域	極域を除く全球 75°N - 75°S 0°E - 180° - 0°W
水平分解能（格子点数）	0.5° × 0.5° (720 × 301)
タイムステップ (移流項) (ソース項)	10 分 30 分
初期時刻	00,12UTC
予測期間	264 時間
周波数成分	900 成分 25 周波数 (0.0375 ~ 0.3 Hz、対数分割) 36 方位
アンサンブルメンバー数	51 メンバー
初期値	最適内挿法による解析
大気外力	GEPS
浅海効果	屈折、海底摩擦を考慮

4.1.10 高潮モデル（日本域高潮モデル・日本域台風時高潮確率予報システム・アジア域高潮アンサンブル予報システム）

モデル名称	日本域高潮モデル	日本域台風時高潮確率予報システム ²⁰
支配方程式	二次元浅水長波方程式	
離散化手法	有限差分法	
格子	スタaggerド格子 (Arakawa-C)	
モデル領域	20°N - 50°N, 117.4°E - 150°E	
水平分解能	約 1, 2, 4, 8, 16 km (アダプティブメッシュにつき可変)	
タイムステップ	4 秒	
初期時刻	00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21UTC	
予報時間	78 時間 (00, 12UTC) ²¹ 39 時間 (03, 06, 09, 15, 18, 21UTC)	132 時間 (00, 06, 12, 18UTC) 39 時間 (03, 09, 15, 21UTC)
メンバー数	台風時: 6 通り (MSM + 台風ボーガス 5) 非台風時: 1 通り (MSM のみ)	21 通り (気象庁の台風発表予報の進路 + この進路を中心として進行方向に直交する方向に左右にそれぞれ 10 メンバー)

モデル名称	アジア域高潮アンサンブル予報システム	
支配方程式	二次元浅水長波方程式	
離散化手法	有限体積法	
格子	スタaggerド格子 (Arakawa-B)	
モデル領域	0° - 50°N, 95°E - 180°E	
水平分解能	約 1.5 km～約 50 km	
タイムステップ	4 秒	
初期時刻	00, 06, 12, 18UTC	
予報時間	132 時間	
メンバー数	台風時: 52 通り (GSM + GEPS51 メンバー) 非台風時: 1 通り (GSM のみ)	
大気外力	GSM, GEPS 台風周辺では藤田の式に基づく台風ボーガスを使用	

²⁰ 非台風時には動作しない

²¹ 一部試験運用中で、今後正式運用となる見込み

4.1.11 日本沿岸海況監視予測システム

モデル名称	日本沿岸海況監視予測システム（解析）
支配方程式	プリミティブ方程式（自由表面あり）
離散化手法	有限差分法（水平方向、鉛直方向）
モデル領域	GLB ²² ：全球 NPR ²² ：15°S - 63°N, 99°E - 75°W
ネスティング	GLB：なし NPR：GLBからの単方向オフラインネスティング
水平分解能	GLB: 東西 1° × 南北 0.3 - 0.5° NPR: 東西 1/11° × 南北 1/10°（日本周辺。他領域では粗い格子を使用）
鉛直層	60 (GLB は海底境界層 1 層を追加)
格子点数	GLB: 364 × 366 × 61 = 8, 126, 664 NPR: 1334 × 578 × 60 = 46, 263, 120
移流スキーム	QUICK
鉛直混合スキーム	GLS
海氷モデル	5 カテゴリ海氷モデル 熱力学過程 力学過程
大気外力	熱フラックス、降水量、海上風、海面気圧、気温、湿度 遅延解析: JRA-3Q 速報解析: GSM
河川水流入	JRA55-do (Tsujino et al. 2018) 気候値
データ同化手法	GLB: 3D-Var（データ同化ウィンドウ 5 日） NPR: 4D-Var（データ同化ウィンドウ 10 日）
解析変数	水温、塩分（2000 m 以浅）
海氷同化手法	ナッジング
同化に使用する観測データ	現場観測水温・塩分 衛星海面高度計観測 (Jason-3, Cryosat-2, Saral) 海面水温 (MGDSST)、海氷密接度 (マイクロ波放射計)

²² GLB: 全球モデル、NPR: 北太平洋モデル

モデル名称	日本沿岸海況監視予測システム（予報）
支配方程式	プリミティブ方程式（自由表面あり）
離散化手法	有限差分法（水平方向、鉛直方向）
Model domain	GLB: 全球 NP ²³ : 15°S – 63°N, 99°E – 75°W JPN ²³ : 20° – 52°N, 117° – 160°E
ネスティング	GLB-NP 双方向オンラインネスティング JPN: NP からの単方向オフラインネスティング
水平分解能	GLB: 東西 1° × 南北 0.3 - 0.5° NP: 東西 1/11° × 南北 1/10° JPN: 東西 1/33° × 南北 1/50°
鉛直層	60 (GLB は海底境界層 1 層を追加)
格子点数	GLB: 364 × 366 × 61 = 8, 126, 664 NP: 2049 × 784 × 60 = 96, 384, 960 JPN: 1423 × 1604 × 60 = 136, 949, 520
移流スキーム	Second-Order Moment
鉛直混合スキーム	GLS
海氷モデル	5 カテゴリ海氷モデル 熱力学過程 力学過程
潮汐力	主要 8 分潮
大気外力	熱フラックス、降水量、海上風、海面気圧、気温、湿度 11 日予報: GSM 12-31 日予報: GEPS・JRA-55 気候値
河川水流入	JRA55-do 気候値
初期値化	GLB-3DVAR、NPR-4DVAR 解析結果を IAU にて同化 (IAU 期間: 3 日)
海氷初期化	GLB, NP: マイクロ波放射計に基づく海氷解析にナッジング JPN: 気象庁海氷速報解析にナッジング
予測期間	GLB, NP: 31 日 JPN: 11 日

²³ NP: 北太平洋モデル、JPN: 日本近海モデル

4.1.12 黄砂解析予測システム（全球エーロゾルモデル）

モデル名称	全球エーロゾルモデル
力学フレーム	全球スペクトルモデル
気象モデル	MRI-AGCM3(GSMUV)
水平分解能	TL479（格子間隔約 40km : 0.375°）
鉛直総数	40 層（最上層 0.4hPa）
予報時間	96 時間（初期時刻：12UTC）
気象場のナッジング	全球解析値及び全球予報値（u, v, T）
エーロゾルモデル	MASINGAR mk-2 rev.3
予測エーロゾル変数	10 種類の粒径の球状石英（0.2～20 μ m）、10 種類の粒径の海塩（0.2～20 μ m）、硫酸塩、黒色炭素、有機炭素
黄砂発生過程	粒径、植生、地表面状態（土壌水分、積雪）、地上風速に依存する
沈着過程	重力落下（乾性沈着）、雲粒に吸収・降水による除去（湿性沈着）
黄砂解析システム	
エーロゾル同化手法	2DVAR
利用する観測（観測データ）	ひまわり 8 号・9 号（光学的厚さ）

4.1.13 紫外線予測システム（全球化学輸送モデル）

モデル名称	全球化学輸送モデル
力学フレーム	全球スペクトルモデル
気象モデル	MRI-AGCM3(GSMUV)
水平分解能	TL159（格子間隔約 110km : 1.1°）
鉛直総数	64 層（最上層 0.01hPa）
予報時間	120 時間（初期時刻：12UTC）
気象場のナッジング	全球解析値及び全球予報値（u, v）
化学モデル	MRI-CCM2
取り扱う大気微量成分	オゾン及び関連化学種
化学過程	光解離反応、気相反応、不均一反応
オゾン解析システム	
オゾン同化手法	ナッジング
利用する観測（観測データ）	衛星観測（オゾン全量）

4.1.14 大気汚染気象予測システム（領域化学輸送モデル）

モデル名称	領域化学輸送モデル	高解像度版領域化学輸送モデル
力学フレーム	非静力学モデル	
気象モデル	JMA-NHM	asuca
モデル領域	東アジア域	日本域
水平分解能	20km	5km
鉛直層数	18 層（最上層 約 10km）	19 層（最上層 約 10km）
予報時間（初期時刻）	72 時間（12UTC）	51 時間（12UTC）
オゾン解析システム		
オゾン同化手法	ナッジング	
利用する観測（観測データ）	地上観測（オゾン濃度）	

4.1.15 二酸化炭素解析システム（二酸化炭素輸送モデル）

モデル名称	二酸化炭素輸送モデル（GSAM-TM）
力学フレーム	全球スペクトルモデル
水平分解能	TL159（格子間隔約 110km : 1.1°） ¹
鉛直層数	60 層（最上層 0.1hPa）
気象場のナッジング	JRA-55 (u, v)
二酸化炭素同化手法	ベイズ統合逆解析
利用する観測（観測データ）	地上観測、船舶観測、航空機観測（二酸化炭素濃度）

4.1.16 数値予報モデル（全球モデル、メソモデル、局地モデル）の鉛直層と対応する気圧

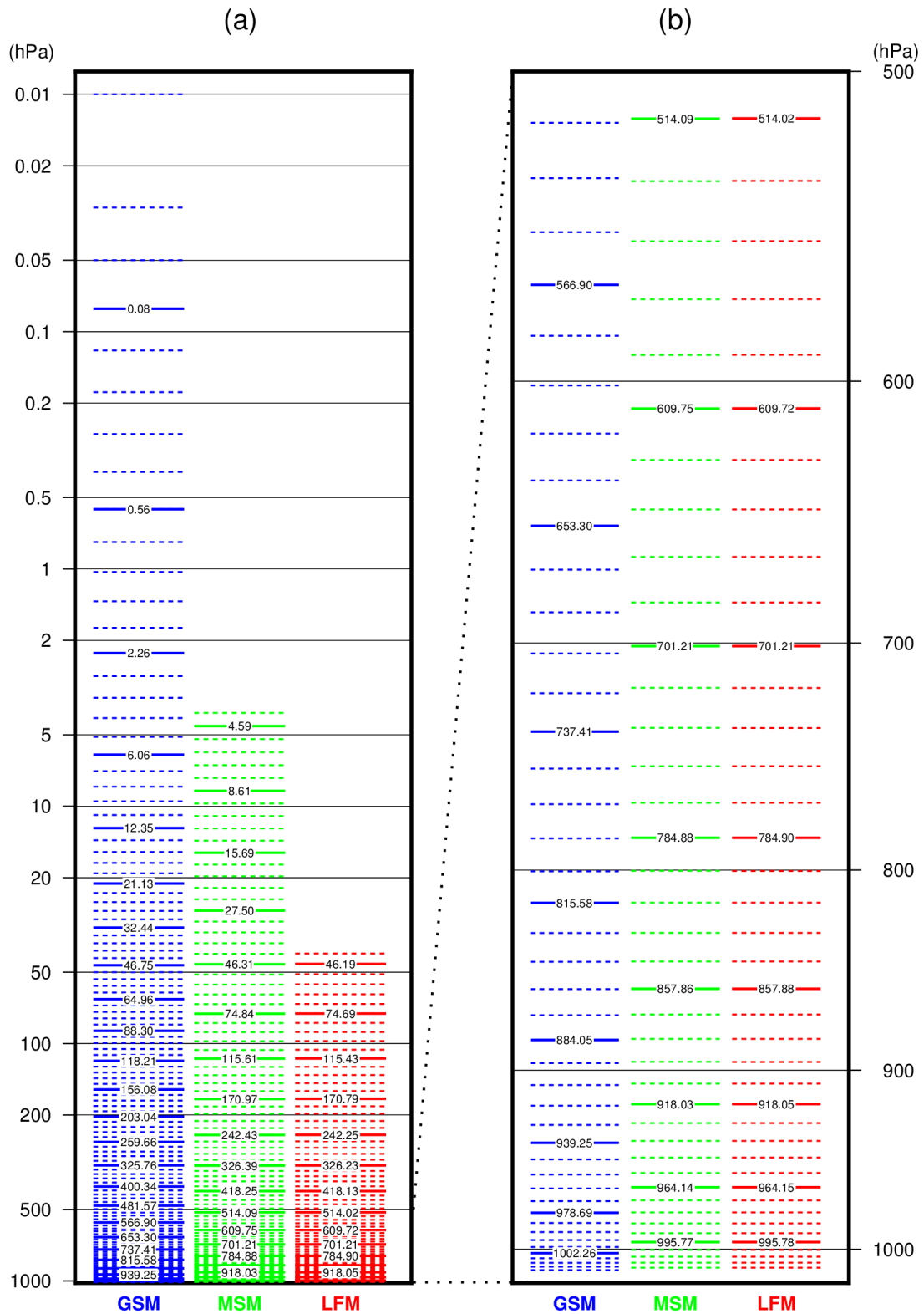


図 4.1.1 数値予報モデルの鉛直層（全球モデル GSM 128 層、メソモデル MSM 96 層、局地モデル LFM 76 層）と対応する気圧。縦軸は気圧 (hPa)。図中の値は、標準大気を仮定した場合の数値予報モデルの鉛直層と気圧であり、気圧の値は 5 層刻みで表示。(a) GSM, MSM, LFM について最下層気圧から 0.01 hPa までを示した図、(b) 最下層気圧から 500 hPa までを拡大した図。GSM は下部境界の気圧を参照する σ - p ハイブリッド座標での気圧の値を示しており、MSM, LFM は幾何高度を参照するハイブリッド座標で下部境界が 0 m (平均海面) の場合の幾何高度を気圧に変換した値を示している。全球アンサンブル予報システムと GSM、メソアンサンブル予報システムと MSM は、それぞれ同じ鉛直層を使用している。

表 4.1.1 全球モデル GSM の鉛直 128 層と対応する気圧と高度。標準大気を仮定した場合の鉛直層と気圧、高度を表示。

層番号	気圧 (hPa)	高度 (m)	層番号	気圧	高度	層番号	気圧	高度	層番号	気圧	高度
128	0.01	79302.24	96	29.96	23857.17	64	213.58	11367.28	32	704.27	2964.22
127	0.03	73368.19	95	32.44	23344.16	63	224.52	11050.66	31	720.94	2779.67
126	0.05	70062.03	94	35.04	22848.30	62	235.84	10737.16	30	737.41	2600.76
125	0.08	66860.46	93	37.77	22367.82	61	247.56	10425.91	29	753.64	2427.57
124	0.12	63759.47	92	40.62	21901.12	60	259.66	10116.69	28	769.60	2260.14
123	0.18	60764.72	91	43.61	21446.78	59	272.14	9809.69	27	785.26	2098.54
122	0.27	57880.41	90	46.75	21003.52	58	285.00	9505.12	26	800.60	1942.83
121	0.39	55109.34	89	50.05	20570.23	57	298.23	9203.19	25	815.58	1793.08
120	0.56	52453.05	88	53.50	20145.91	56	311.82	8904.09	24	830.17	1649.34
119	0.77	49918.09	87	57.13	19729.08	55	325.76	8608.01	23	844.34	1511.67
118	1.03	47547.84	86	60.95	19319.29	54	340.05	8315.14	22	858.07	1380.13
117	1.37	45354.02	85	64.96	18915.42	53	354.66	8025.64	21	871.31	1254.79
116	1.77	43354.76	84	69.17	18516.92	52	369.59	7739.70	20	884.05	1135.68
115	2.26	41529.77	83	73.60	18123.33	51	384.82	7457.47	19	896.25	1022.86
114	2.83	39860.66	82	78.26	17734.28	50	400.34	7179.10	18	907.90	916.37
113	3.49	38331.13	81	83.15	17349.46	49	416.13	6904.73	17	918.96	816.22
112	4.25	36926.70	80	88.30	16968.60	48	432.16	6634.52	16	929.42	722.44
111	5.10	35634.51	79	93.71	16591.53	47	448.43	6368.60	15	939.25	635.02
110	6.06	34443.08	78	99.39	16218.09	46	464.91	6107.09	14	948.45	553.94
109	7.11	33342.13	77	105.36	15848.18	45	481.57	5850.13	13	956.99	479.16
108	8.27	32322.49	76	111.63	15481.74	44	498.40	5597.83	12	964.88	410.61
107	9.53	31373.82	75	118.21	15118.74	43	515.37	5350.28	11	972.11	348.19
106	10.89	30485.44	74	125.10	14759.18	42	532.46	5107.58	10	978.69	291.76
105	12.35	29650.90	73	132.33	14403.10	41	549.65	4869.82	9	984.61	241.17
104	13.91	28865.16	72	139.90	14050.53	40	566.90	4637.08	8	989.90	196.18
103	15.57	28123.61	71	147.81	13701.55	39	584.20	4409.44	7	994.59	156.53
102	17.32	27422.01	70	156.08	13356.25	38	601.52	4186.97	6	998.69	121.89
101	19.17	26756.51	69	164.72	13014.70	37	618.82	3969.73	5	1002.26	91.89
100	21.13	26123.57	68	173.73	12677.03	36	636.10	3757.79	4	1005.34	66.06
99	23.18	25519.97	67	183.11	12343.33	35	653.30	3551.21	3	1007.99	43.88
98	25.33	24942.77	66	192.88	12013.73	34	670.42	3350.05	2	1010.28	24.74
97	27.59	24389.31	65	203.04	11688.34	33	687.42	3154.37	1	1012.30	7.92

表 4.1.2 メソモデル MSM の鉛直 96 層、局地モデル LFM の鉛直 76 層と対応する気圧と高度。標準大気を仮定した場合の鉛直層と気圧、高度を表示。

層番号	MSM		LFM		層番号	MSM		LFM	
	気圧 (hPa)	高度 (m)	気圧 (hPa)	高度 (m)		気圧 (hPa)	高度 (m)	気圧 (hPa)	高度 (m)
96	4.04	37500.00			48	362.39	7886.52	362.25	7889.19
95	4.59	36584.14			47	380.80	7540.48	380.67	7542.90
94	5.21	35682.59			46	399.43	7203.77	399.30	7205.95
93	5.92	34795.25			45	418.25	6876.28	418.13	6878.24
92	6.71	33922.02			44	437.23	6557.91	437.12	6559.65
91	7.60	33062.79			43	456.34	6248.56	456.24	6250.10
90	8.61	32217.45			42	475.54	5948.11	475.45	5949.47
89	9.74	31385.91			41	494.80	5656.47	494.72	5657.66
88	11.00	30568.05			40	514.09	5373.54	514.02	5374.57
87	12.40	29763.78			39	533.37	5099.20	533.31	5100.08
86	13.96	28973.00			38	552.61	4833.36	552.55	4834.10
85	15.69	28195.59			37	571.77	4575.91	571.73	4576.53
84	17.61	27431.45			36	590.83	4326.75	590.79	4327.25
83	19.73	26680.49			35	609.75	4085.77	609.72	4086.17
82	22.08	25942.59			34	628.50	3852.88	628.48	3853.17
81	24.66	25217.65			33	647.06	3627.95	647.04	3628.16
80	27.50	24505.57			32	665.38	3410.90	665.36	3411.03
79	30.62	23806.24			31	683.44	3201.62	683.43	3201.68
78	34.03	23119.57			30	701.21	3000.00	701.21	3000.00
77	37.77	22445.44			29	718.67	2805.94	718.68	2805.89
76	41.86	21783.75	41.75	21801.00	28	735.80	2619.34	735.81	2619.24
75	46.31	21134.41	46.19	21150.83	27	752.55	2440.09	752.57	2439.95
74	51.15	20497.29	51.03	20512.93	26	768.92	2268.09	768.94	2267.92
73	56.41	19872.31	56.28	19887.18	25	784.88	2103.23	784.90	2103.03
72	62.10	19259.36	61.96	19273.48	24	800.41	1945.42	800.44	1945.20
71	68.23	18658.33	68.09	18671.73	23	815.49	1794.54	815.52	1794.30
70	74.84	18069.12	74.69	18081.83	22	830.11	1650.49	830.13	1650.25
69	81.93	17491.62	81.78	17503.66	21	844.23	1513.18	844.26	1512.93
68	89.53	16925.74	89.37	16937.13	20	857.86	1382.48	857.88	1382.23
67	97.67	16371.36	97.50	16382.12	19	870.97	1258.31	870.99	1258.07
66	106.35	15828.39	106.18	15838.55	18	883.55	1140.56	883.58	1140.32
65	115.61	15296.72	115.43	15306.29	17	895.59	1029.12	895.62	1028.89
64	125.45	14776.24	125.27	14785.26	16	907.09	923.90	907.11	923.67
63	135.89	14266.86	135.71	14275.33	15	918.03	824.77	918.05	824.57
62	146.95	13768.46	146.77	13776.42	14	928.40	731.65	928.42	731.46
61	158.64	13280.95	158.45	13288.41	13	938.20	644.43	938.22	644.25
60	170.97	12804.22	170.79	12811.20	12	947.42	563.00	947.44	562.84
59	183.96	12338.16	183.77	12344.69	11	956.07	487.26	956.09	487.13
58	197.60	11882.68	197.41	11888.77	10	964.14	417.11	964.15	416.99
57	211.91	11437.67	211.72	11443.34	9	971.62	352.44	971.63	352.34
56	226.89	11003.02	226.71	11008.29	8	978.53	293.15	978.54	293.07
55	242.43	10578.64	242.25	10583.52	7	984.85	239.14	984.86	239.07
54	258.42	10164.41	258.24	10168.92	6	990.60	190.29	990.60	190.25
53	274.84	9760.23	274.66	9764.40	5	995.77	146.52	995.78	146.48
52	291.66	9366.00	291.49	9369.84	4	1000.38	107.70	1000.38	107.68
51	308.85	8981.62	308.69	8985.15	3	1004.42	73.75	1004.42	73.74
50	326.39	8606.99	326.23	8610.21	2	1007.91	44.55	1007.91	44.54
49	344.25	8241.98	344.10	8244.92	1	1010.85	20.00	1010.85	20.00

4.1.17 数値予報モデル（全球モデル、メソモデル、局地モデル）の陸面過程における地表面からの土壌の深さ

表 4.1.3 数値予報モデル（全球モデル、メソモデル、局地モデル）の陸面過程における地表面からの土壌の深さ（m）。全球アンサンブル予報システムと全球モデル、メソアンサンブル予報システムとメソモデルは、それぞれ同じ土壌層を使用している。

	GSM	MSM	LFM
地表層	—	0.0025	0.0025
第1層	0.010	0.0085	0.0085
第2層	0.045	0.0173	0.0173
第3層	0.130	0.0309	0.0309
第4層	0.340	0.0536	0.0536
第5層	0.740	0.0936	0.0936
第6層	1.490	0.1681	0.1681
第7層	2.740	0.3146	0.3146
第8層	—	0.6076	0.6076

参考文献

- Hamrud, M., M. Bonavita, and L. Isaksen, 2015: EnKF and hybrid gain ensemble data assimilation. Part I: EnKF implementation. *Mon. Wea. Rev.*, **143**, 4847–4864.
- Tsujino, H., S. Urakawa, H. Nakano, R. J. Small, W. M. Kim, S. G. Yeager, G. Danabasoglu, T. Suzuki, J. L. Bamber, M. Bentsen, C. W. Boning, A. Bozec, E. P. Chassignet, E. Curchitser, F. B. Dias, P. J. Durack, S. M. Griffies, Y. Harada, M. Ilicak, S. A. Josey, C. Kobayashi, S. Kobayashi, Y. Komuro, W. G. Large, J. Le Sommer, S. J. Marsland, S. Masina, M. Scheinert, H. Tomita, M. Valdivieso, and D. Yamazaki, 2018: JRA-55 based surface dataset for driving ocean-sea-ice models (JRA55-do). *Ocean Modelling*, **130**.
- 中村 貴, 2009: 全球積雪解析. 数値予報課報告・別冊第 55 号, 気象庁予報部, 11-14.