

4. 高精度漁海況予測

同様に、S-CTD 観測データ（20m 以深）との比較においても、2016 年版 DR_D の相関係数は水温で 0.899、塩分で 0.770 であったが、2020 年版ではそれぞれ 0.931 と 0.858 へと上昇した。RMS 差は水温で 1.137℃から 0.944℃へ、塩分で 0.363psu から 0.285psu へと低下した。誤差分散として評価すれば、いずれも 30～40%の改善率である。

図 45-2 と 3 に水温と塩分の観測データと数値モデルの月間鉛直プロファイルを並べているが、2つのバージョンで大きな違いはない。強いていえば、50m 深付近の水温（塩分）の標準偏差が小さく（大きく）なった、つまり 2016 年版と比べて 2020 年版では亜表層水温（亜表層塩分）の変動が弱まった（強まった）といえる。基本的な DR_D モデルの統計的な性質はほとんど維持したまま、データ同化によって微小スケールの変動が適切に調整されたと判断される。

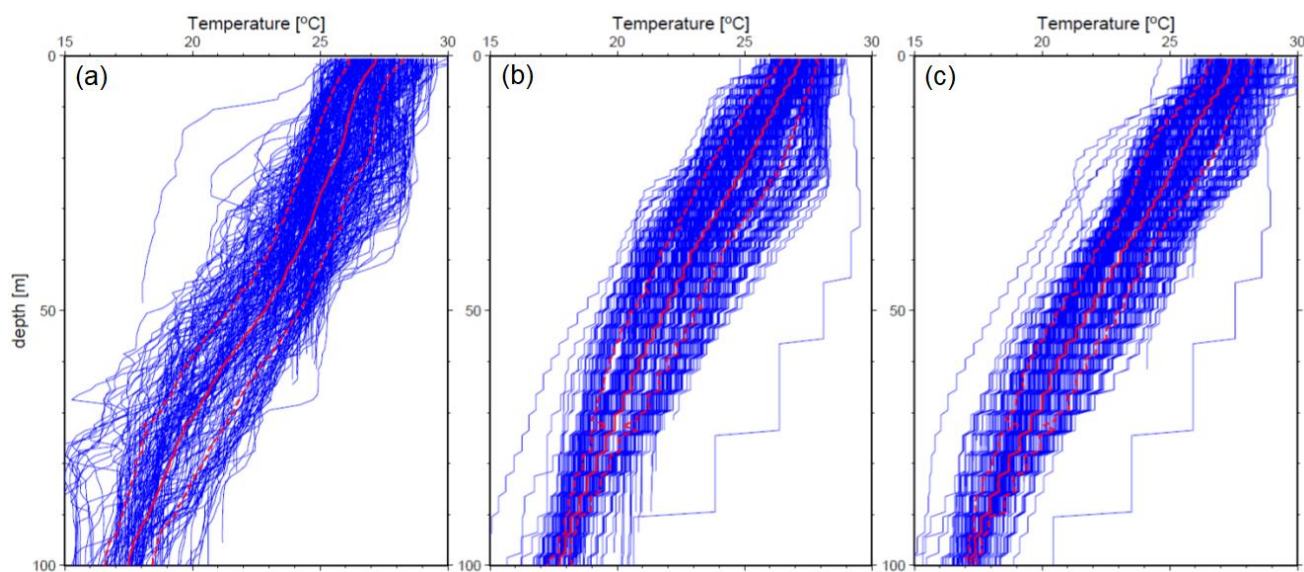


図 45-2 (a) 2019 年 8 月の漁船 S-CTD によって観測された水温プロファイル。赤線と赤点線はそれぞれ各層平均値と標準偏差の範囲を示す。(b) (a)と同地点かつ同時刻における 2016 年版 DR_D モデル結果。(c) (b)と同様、ただし 2020 年版。

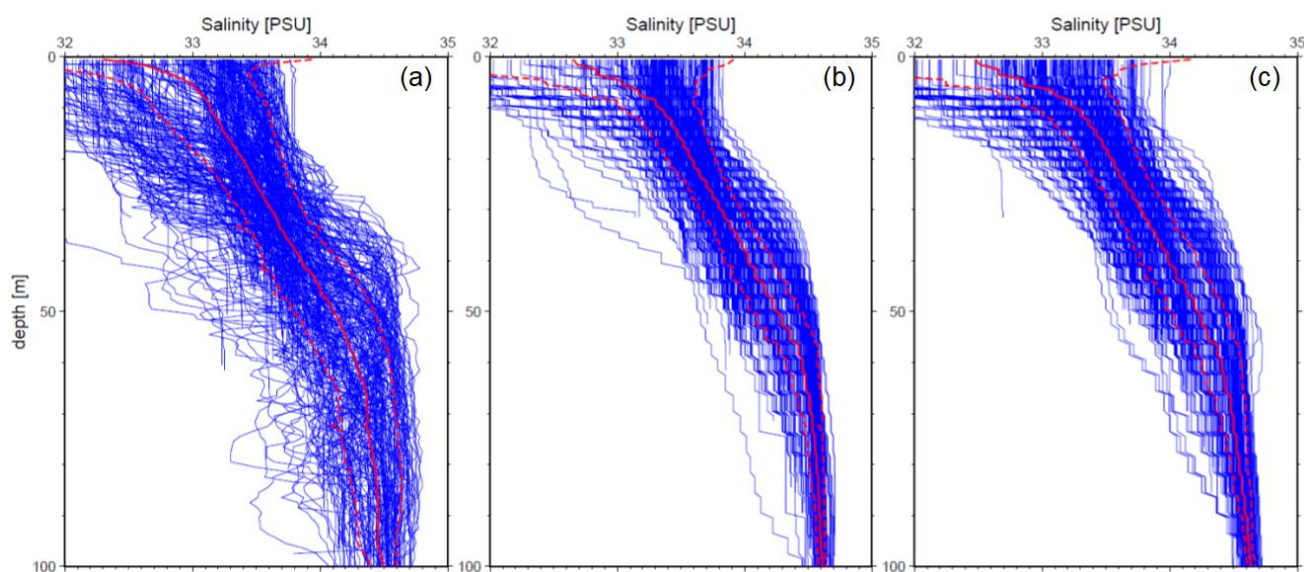


図 45-3 前図と同様、ただし塩分。

なお、データ同化直後(measurement update)の「解析値」の統計では異常に高い再現性が得られる場合があるため、当節での検証では、データ同化直前(dynamic update)の統計値を示している。つまり、ここで示す精度向上は、継続的な漁船データの同化と数値モデルの各種パラメーターや計算条件の改善によって得られる「予報値」の評価結果とみて差し支えない。

3年間の成果としては十分評価できる結果だが、誤差の絶対値としてはまだ満足できるものではない。観測誤差を想定したとしても、現状では（変動が強い夏季の）モデル流速の誤差は約 10cm/s (約 0.2knot)、水温誤差が 0.8~0.9℃、塩分誤差が約 0.25psu 程度であろう。潮流が弱いとき、あるいは水温や塩分の変動が小さい海域では、相対的にモデル予測が信頼できないことを意味する。図 45-2 および 3 から、70m 以深における DR_D モデルの水温・塩分の時間変化は小さ過ぎる。漁業者からも「潮流が弱いときに九大の予測が外れている。潮流計の流向が頻繁に変わるので、モデル予測も難しいのかな」との意見が寄せられている。現場での賢察に感服するとともに、さらなる改善の必要性を痛感するところである。

4.5.2. 沿岸潮位計データとの比較

前述の潮汐・潮流成分の最適化の検証として、沿岸潮位データを利用することができる。図 45-4 に、大潮時における対馬海峡の南部と北部の沿岸潮位変化を示す。従来の計算条件では、沿岸潮位の振幅以上にモデル振幅が強めとなる傾向もあったが、当該修正を経て、適切な範囲に収束することを確認した。

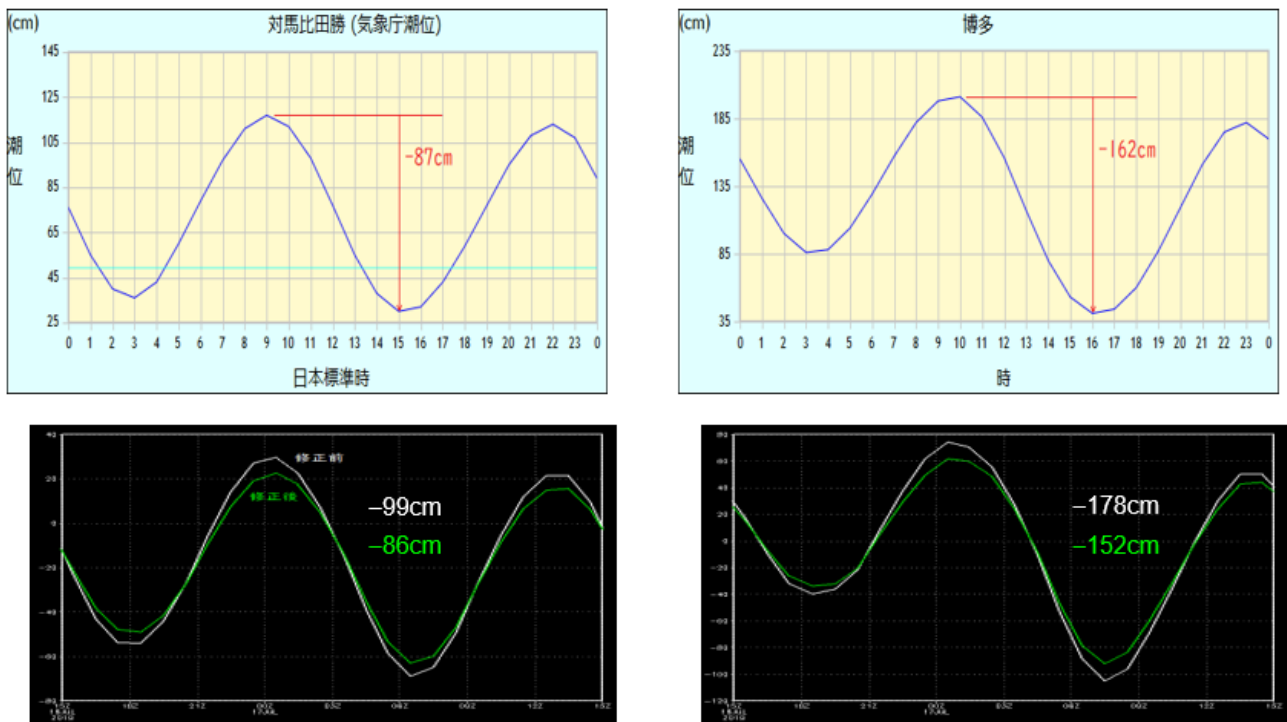


図 45-4 対馬比田勝と博多における潮位変化。上段が観測データ（調和推定値）、下段がモデル計算結果を示す。白線と緑線が潮流変化の修正前と修正後に対応する。

4. 高精度漁海況予測

有限差分の数値モデルでは、沿岸付近の分解能が不足し、特に内湾の変化を過小評価する傾向がある。DR_D モデルのメッシュ幅（約 1.5km）から判断すると、1 波長分となる 3km 以内の波動は、モデル分解能を下回っており、特に浅い内湾では振幅が低下しやすい。従来モデルにおける潮位振幅の過大傾向はこうした差分モデルの一般的理解からも外れており、やはり日周潮を弱める修正は妥当なものであったといえる。位相もより観測値と整合する方向に修正されたことを確認した。

4. 5. 3. モデル (DREAMS_Dash)と衛星データ (MODIS)との比較

本節と次節では DREAMS_Dash と MODIS との比較に加え、DREAMS_Squid と GCOM-C 搭載 SGLI による水温との比較を行う。また、事業の目標として、24 時間後の予測値で精度 0.5℃としているので、計算時刻から 1 日後の予測水温との比較を行う。

表 45-1 MODIS/Aqua の水温とモデルの水温（1 m 深）の比較。

年/月/日	時刻 (UTC)	バイアス (℃) MODIS-DR_D	バイアスを引いたあ との差の RMS (℃)
2019/01/03	04:06	0.99	0.90
2019/03/17	04:00	0.54	0.76
2019/04/17	16:58	1.17	0.54
2019/04/20	17:28	1.31	0.51
2019/05/01	17:10	0.90	0.60
2019/05/02	17:54	0.98	0.59
2019/05/03	16:58	0.92	0.56
2019/05/10	17:04	0.73	0.57
2019/05/22	17:28	0.26	0.53
2019/05/23	16:33	-0.10	0.59
2019/05/29	17:34	0.38	0.62
2019/06/24	16:33	0.45	0.52
2019/07/31	04:49	1.20	0.58
2019/08/16	04:49	0.34	0.57
2019/08/16	16:51	-0.20	0.56
2019/08/17	0353	0.51	0.60
2019/09/17	04:49	0.07	0.71
2019/10/09	17:53	0.32	0.64
2019/11/14	17:28	0.62	0.66
2020/01/03	17:16	0.44	0.77

Aqua 衛星搭載 MODIS で測定した海面水温と DREAMS_Dash の 1 m 深水温との比較を行った。期間は 2019 年 1 月から 2020 年 1 月の間、海域は 32.4°~34.9°N, 127.75°~130.8°E の範囲とした。比較結果を表 45-1 に示す。ここでバイアスは MODIS 水温からモデル水温を引いた差の平均である。表 45-1 ではバイアスを除去したあとの RMSD（差の二乗平均の平方根）が小さいものを選んだが、各月に 1 つの事例は入るようにした（2019 年 2 月及び 12 月は晴れた日が少なかったのを除いた）。

バイアス（差の平均）はおおむね 0~0.6°C 程度で、MODIS より低めとなる傾向があった。前年度の比較結果ではバイアスは 0.5~1.5°C 程度だったので、本年度の研究開発の結果、精度が向上したことが示唆される。衛星データはバイアスを含むが、全体的に低めで夜間のデータの比較でも低めとなっており、モデルの結果も低めとなっている可能性がある。ただし、衛星が測定する水温はごく表面の水温であり、漁業者への配信を考えると大きな問題とはならない。バイアスを除去したあとの RMSD は 0.5~0.7°C 程度となった。これも前年度の比較結果より低い値である。

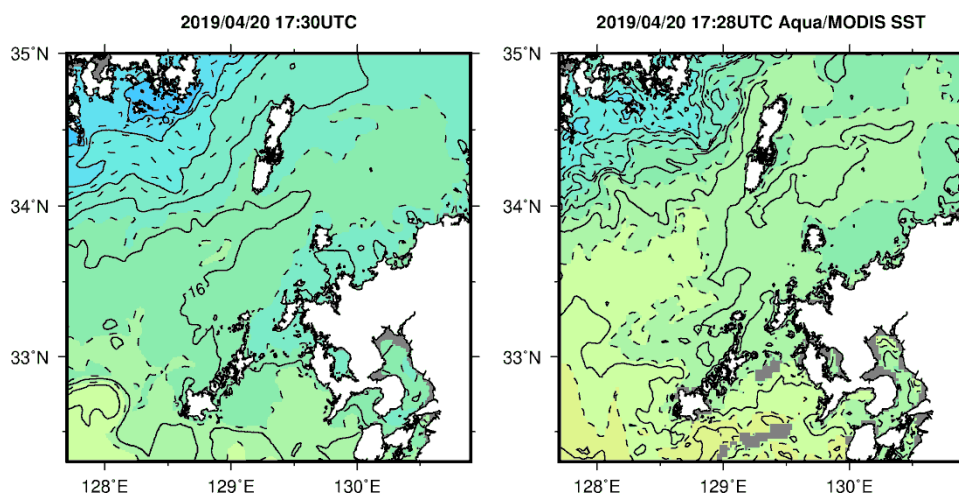


図 45-5 モデル水温と MODIS 水温の比較(左) モデル水温
(2019 年 4 月 20 日 17:30UTC)、(右) MODIS 水温 (2019 年 4 月 20 日 17:28UTC)。

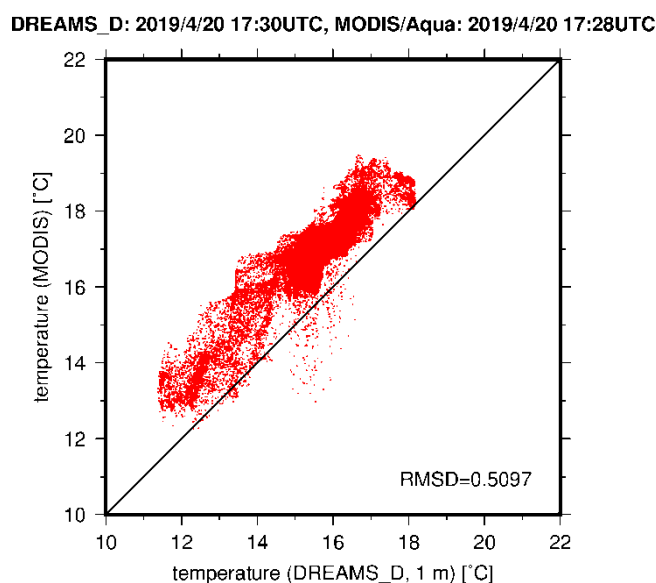


図 45-6 モデル水温と MODIS 水温の比較 (2019 年 4 月 20 日の事例)

4. 高精度漁海況予測

図 45-5、図 45-6 に 2019 年 4 月 20 日の事例を示す。MODIS 水温よりも低い傾向があるが、MODIS 側が正のバイアスが含まんでいる可能性もあるので、ここでは問題にしない。両者は全体的にはよくあっているものの、細部に差異がある。対馬の西側はうまく再現できない傾向があり、この事例においても、対馬西側の暖水の北上流が弱く、また、朝鮮半島南側の複雑な前線構造が再現できていない。

次に、図 45-7 に 2019 年 11 月 14 日の事例を示す。この事例においても、朝鮮半島周辺で大きな差異があった。朝鮮半島周辺の再現性は日本の漁業者にとって支障はないが、この事例のように冷水が対馬に接岸するような現象がモデルで再現できないので、注意が必要となる。

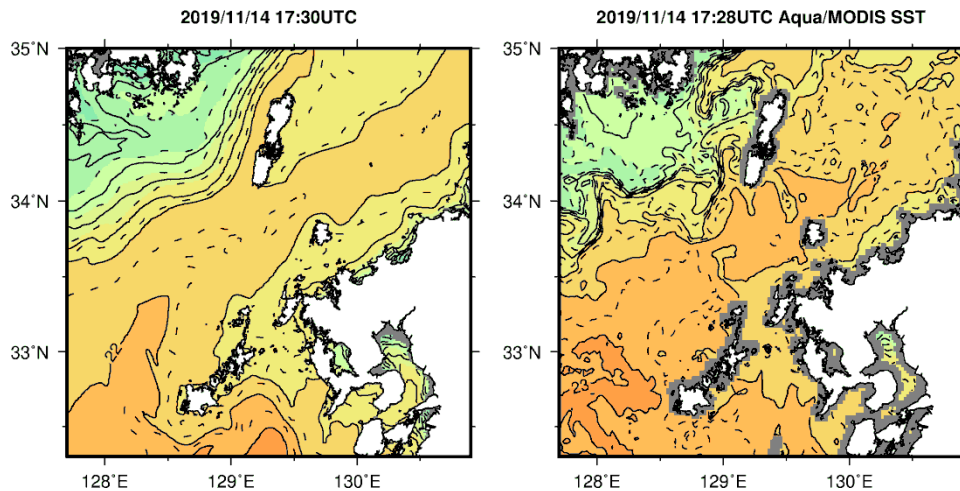


図 45-7 モデル水温と MODIS 水温の比較(左) モデル水温
(2019 年 11 月 14 日 17:30UTC)、(右) MODIS 水温 (2019 年 11 月 14 日 17:28UTC)。

4. 5. 4. モデル (DREAMS_Squid)と衛星データ (SGLI/GCOM-C)との比較

DREAMS_Squid で計算された水温と SGLI で測定された水温との比較を行った。期間は 2019 年 4 月から 2020 年 1 月の間とした。SGLI データは JAXA で準リアルタイム QC されたものを用いる。比較結果を表 45-2 に示す。ここでバイアスは SGLI 水温からモデル水温を引いた差の平均である。表 45-2 ではバイアスを除去したあとの RMSD (差の二乗平均の平方根) が小さいものを選んだが、各月に 1 つの事例は入るようにした。前年度事業において、SGLI との比較は 1 例しかできず、その RMSD は 0.46°C であった。今回の比較ではおおむね 0.6°C 以下で、 0.45°C 以下の事例も多くあり、精度が向上したことが示唆される。

図 45-8、図 45-9 に 2019 年 4 月 3 日の事例を示す。モデルは衛星よりやや低めの温度だが、前述したようにここでは問題にしない。バイアス除去後の差の RMS は 0.3°C 程度と小さく、対馬暖流の流軸の位置などおおまかな特徴は捉えられている。しかし、流軸から離れて暖水が波及する経路(壱岐の北から対馬に向かう流れ等)の位置のずれなど、細部に差異が見られる。

さらに、2019 年 10 月 31 日の事例を示す(図 45-10)。対馬暖流の中の暖水の分布が SGLI でよく捉えられた事例であるが、このような細かい構造はモデルでは再現できていない。

表 45-2 SGLI/GCOM-C の水温とモデルの予測水温（1 m 深）の比較。

年/月/日	時刻 (UTC)	バイアス (°C) SGLI-DR_S	バイアスを引いたあ との差の RMS (°C)
2019/04/03	13:08	0.35	0.29
2019/04/14	13:17	0.42	0.42
2019/04/17	13:38	0.71	0.45
2019/05/03	13:15	0.33	0.34
2019/05/07	01:54	0.68	0.39
2019/05/22	01:57	0.40	0.38
2019/05/22	13:12	0.09	0.36
2019/05/23	12:45	-0.06	0.34
2019/05/29	13:27	-0.50	0.31
2019/06/24	13:39	0.23	0.42
2019/06/25	01:58	0.62	0.53
2019/07/30	12:46	1.02	0.60
2019/08/17	01:56	0.19	0.52
2019/09/24	13:07	-0.82	0.79
2019/10/31	02:12	0.28	0.54
2019/10/31	13:28	-0.04	0.50
2019/11/05	12:55	-0.12	0.52
2019/11/15	13:31	-0.01	0.49
2019/12/13	12:50	-0.06	1.11
2020/01/03	13:35	-0.14	0.64

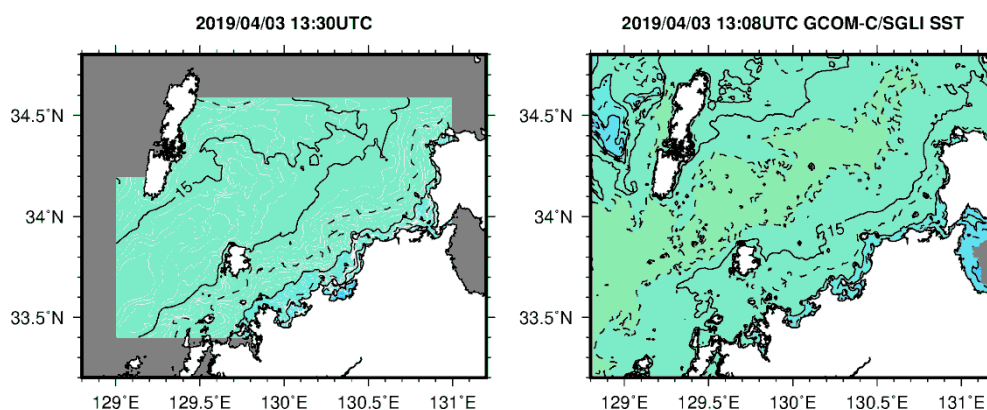


図 45-8 モデル水温と SGLI 水温の比較。

(左) モデル水温 (2019 年 4 月 3 日 13:30UTC)、(右) SGLI 水温 (2019 年 4 月 3 日 13:08UTC)。

4. 高精度漁海況予測

DR_S: 2019/04/03 13:30UTC, SGLI/GCOM-C: 2019/04/03 13:08UTC

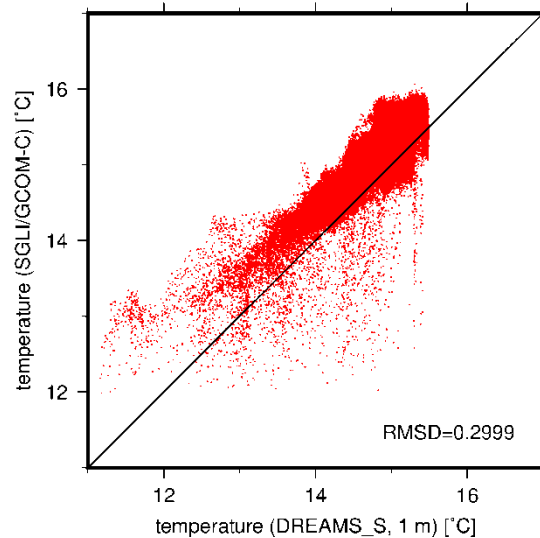


図 45-9 モデル水温と SGLI 水温の比較 (2019 年 4 月 3 日の事例)。

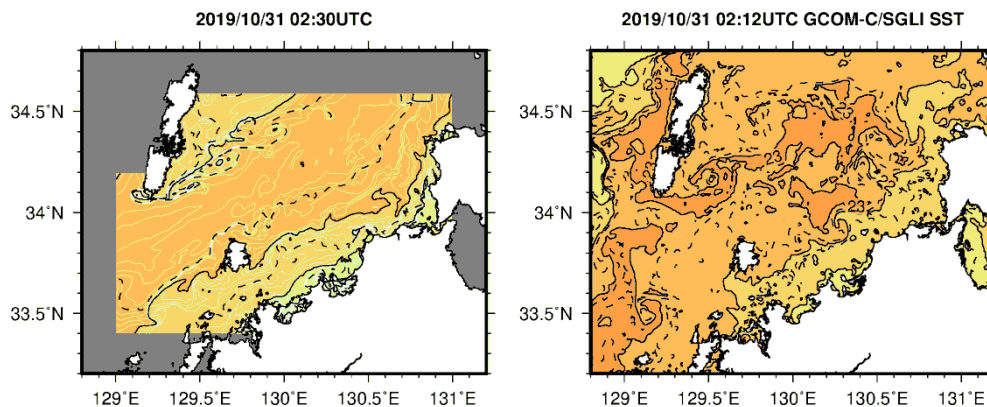


図 45-10 モデル水温と SGLI 水温の比較。

(左) モデル水温 (2019 年 10 月 31 日 2:30UTC)、(右) SGLI 水温 (2019 年 10 月 31 日 2:12UTC)。

4.5.5. まとめ (衛星データ)

モデル (DREAMS_Dash, DREAMS_Squid) の計算結果と人工衛星 (MODIS/Aqua, SGLI/GCOM-C) による水温観測データとの比較による精度検証を行った。DREAMS_Dash と Aqua 衛星搭載 MODIS との比較では、バイアス (差の平均) はおおむね $0\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 程度、バイアスを除去したあとの差の RMS はおおむね $0.5\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ 程度、DREAMS_Squid と GCOM-C 衛星搭載 SGLI との比較では、バイアス (差の平均) はおおむね $0.1\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 、バイアスを除去したあとの差の RMS はおおむね $0.2\sim 0.6^{\circ}\text{C}$ 程度となった。統計値上ではよい一致をしており、目標の精度を達成しているか近い精度となっていることが示唆される。水温パターンがずれる、対馬西側から朝鮮半島南にかけての複雑な前線構造が再現されない、SGLI のスケールで見られる細かい構造が再現されないといったことがあるので、注意が必要となる。