

GOSAT-2 TANSO-FTS-2 SWIR L2 カラム平均気体濃度プロダクト(Ver.02.00)の検証概要

2022年8月
国立環境研究所 GOSAT-2 プロジェクト

GOSAT-2 の TANSO-FTS-2 SWIR L2 カラム平均気体濃度プロダクト(以下、GOSAT-2 Full Physics プロダクト)の Ver.02.00 の二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、水蒸気(H₂O)、一酸化炭素(CO)の乾燥空気に対する全量平均濃度データ(XCO₂、XCH₄、XH₂O、XCO)を、Total Carbon Column Observing Network (TCCON)で観測された高分解能地上 FTS の観測データ(以下、TCCON データ)と比較して検証を行った。検証結果は以下の通りである。

使用した GOSAT-2 Full Physics プロダクト

GOSAT-2 Full Physics プロダクトは Ver.02.00 を用いた。比較期間は 2019 年 8 月 1 日～2020 年 7 月 31 日である。比較範囲における陸域の割合が 10%以上のものを陸域(Land)データ、10%未満のものを海域(Ocean)データとした。ゲインの区別はしていない。データはそれぞれの品質フラグが「Good」のもののみを用いた。

使用した TCCON データ

アルゴリズム GGG2020 で算出された現在公開されているデータを用いた。TCCON データは GOSAT-2 が各 TCCON サイトの上空を通過する前後 30 分以内に取得された値の平均値を用いた。

TCCON データと GOSAT-2 Full Physics プロダクトとの比較条件

- GOSAT-2 Full Physics プロダクトは、比較範囲として TCCON サイトを中心に緯度・経度が $\pm 0.1^\circ$ 、 $\pm 1^\circ$ 、 $\pm 2^\circ$ 、 $\pm 5^\circ$ 以内で取得されたものを、陸域と海域に分けて TCCON サイトの結果と比較した。TCCON 観測地点が内陸に多いため、海域の比較データ数は陸域に比べて少なくなっている。
- GOSAT-2 Full Physics プロダクトのうち、フットプリント高度と TCCON サイトの高度との差が 500 m より大きいものは比較から除外した。
- カラムアベレーシングカーネルと先験値の影響は、速報的な解析のために考慮していない。

検証結果

表 1 に海陸別に各比較範囲の比較データ数、平均バイアスとその標準偏差、それぞれの相対値を示す。

表 1 GOSAT-2 Full Physics プロダクト(Ver.02.00)の各比較範囲での TCCON データとの平均バイアス(Bias)とその標準偏差(Std)と相対値。Land は陸域データ、Ocean は海域データ、N は比較データ数を示す。なお、絶対値の単位は XCO₂と XH₂O は ppm、XCH₄と XCO は ppb である。

SWFP V02.00 2019/8- 2020/7	Comparison area	Land					Ocean				
		N	Bias [ppm] or [ppb]	Std [ppm] or [ppb]	Bias [%]	Std [%]	N	Bias [ppm] or [ppb]	Std [ppm] or [ppb]	Bias [%]	Std [%]
XCO ₂	±0.1°	408	2.27	1.94	0.55	0.47	0	-	-	-	-
	±1°	1715	2.08	2.08	0.50	0.51	52	2.43	1.74	0.59	0.42
	±2°	2505	1.90	2.21	0.46	0.54	117	2.35	1.59	0.57	0.39
	±5°	5397	1.84	2.38	0.45	0.58	645	2.29	2.46	0.56	0.60
XCH ₄	±0.1°	429	-2.10	8.79	-0.11	0.48	0	-	-	-	-
	±1°	1741	-4.11	10.78	-0.22	0.58	67	1.12	24.10	0.06	1.30
	±2°	2537	-2.96	12.29	-0.16	0.66	172	-0.57	20.44	-0.03	1.10
	±5°	5464	-3.08	14.66	-0.16	0.79	872	-4.15	23.00	-0.22	1.24
XH ₂ O	±0.1°	429	-75.4	97.7	-3.2	4.3	0	-	-	-	-
	±1°	1741	-152.5	344.2	-5.2	14.1	67	517.4	1225.3	68.4	125.3
	±2°	2537	-154.1	447.3	-4.1	18.2	173	347.9	1147.2	64.7	135.3
	±5°	5464	-158.1	723.0	-1.2	32.8	901	176.3	1201.1	49.7	133.2
XCO	±0.1°	429	6.80	5.56	8.41	7.44	0	-	-	-	-
	±1°	1741	5.09	13.23	5.87	9.64	66	8.66	9.10	9.91	9.91
	±2°	2536	4.78	13.65	5.51	10.38	168	9.07	8.36	10.72	9.68
	±5°	5457	5.79	15.27	6.85	12.34	886	7.98	13.01	9.94	12.93

図 1 に GOSAT-2 Full Physics プロダクト(Ver.02.00)の海陸別の比較範囲±2° での TCCON データに対する散布図を示す。図 2 に海陸別の比較範囲±2° でのバイアスの時系列図を示す。図 3 に各比較範囲での平均バイアスを示す。

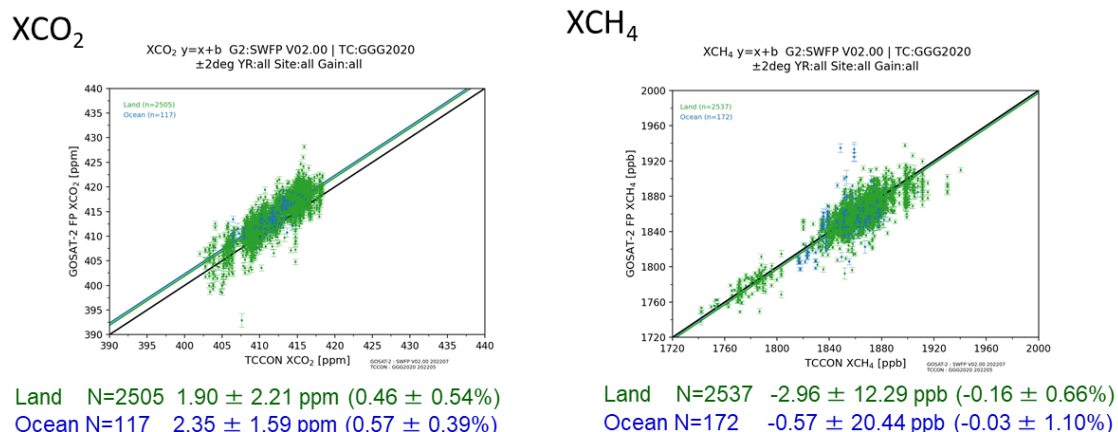
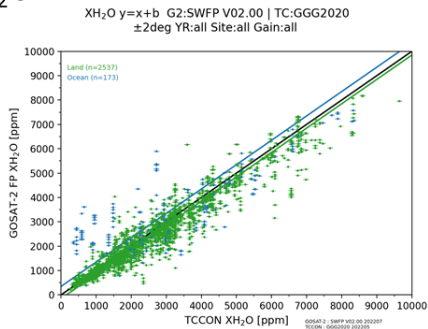


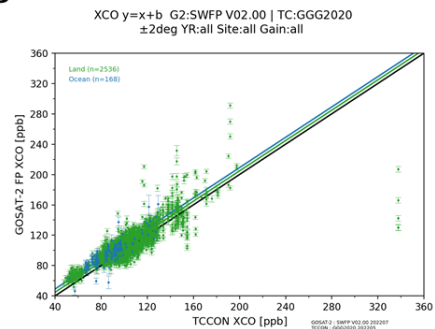
図 1 GOSAT-2 Full Physics プロダクト(Ver.02.00)の海陸別の比較範囲±2° での TCCON データに対する散布図(緑:陸域データ、青:海域データ)

XH₂O



Land N=2537 -154.1 ± 447.3 ppm ($-4.1 \pm 18.2\%$)
 Ocean N=173 347.9 ± 1147.2 ppm ($64.7 \pm 135.3\%$)

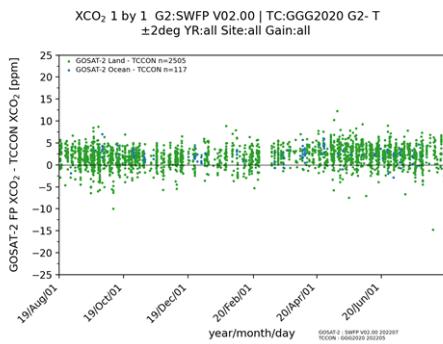
XCO



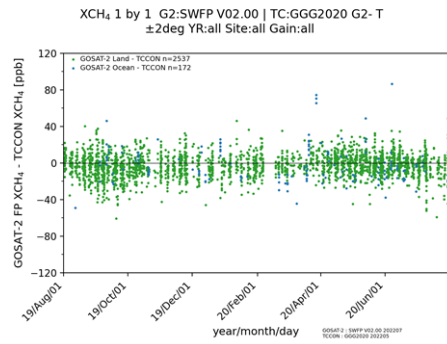
Land N=2536 4.78 ± 13.65 ppb ($5.51 \pm 10.38\%$)
 Ocean N=168 9.07 ± 8.36 ppb ($10.72 \pm 9.68\%$)

図1 GOSAT-2 Full Physics プロダクト (Ver.02.00) の海陸別の比較範囲 $\pm 2^\circ$ での TCCON データに対する散布図 (緑: 陸域データ、青: 海域データ) (続き)

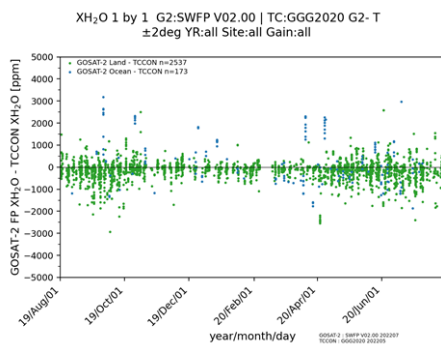
XCO₂



XCH₄



XH₂O



XCO

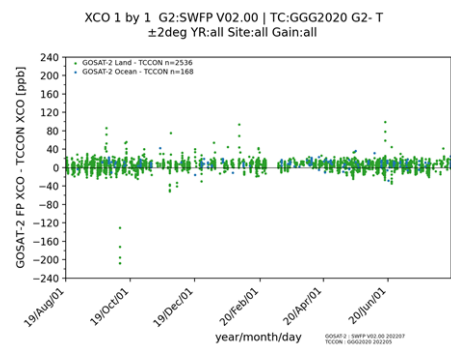
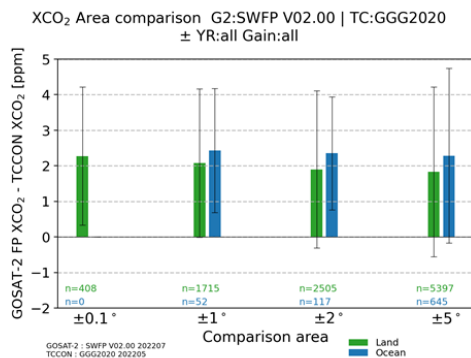
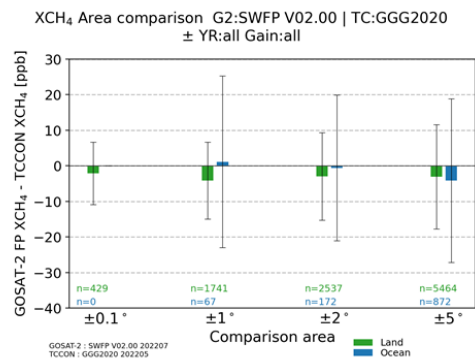


図2 GOSAT-2 Full Physics プロダクト (Ver.02.00) の海陸別の比較範囲 $\pm 2^\circ$ でのバイアスの 2019 年 8 月からの時系列図 (緑: 陸域データ、青: 海域データ)

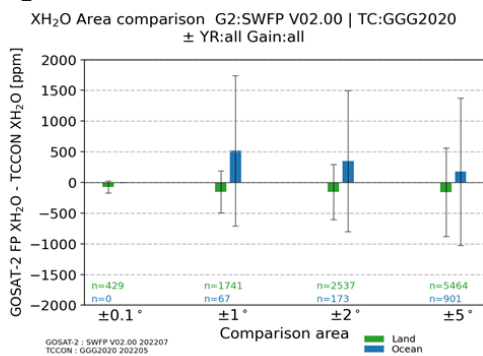
XCO₂



XCH₄



XH₂O



XCO

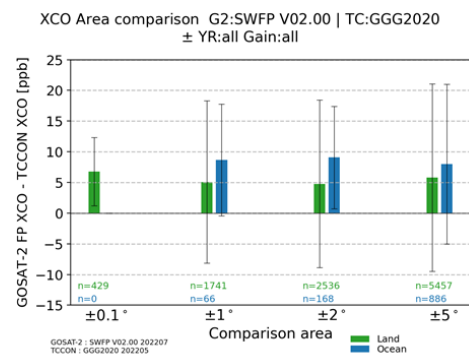


図3 GOSAT-2 Full Physics プロダクト(Ver.02.00)の海陸別の各比較範囲での平均バイアス図(緑:陸域データ、青:海域データ)

検証結果のまとめ

GOSAT-2 Full Physics プロダクト(Ver.02.00)のXCO₂、XCH₄、XH₂O、XCOをTCCONデータ(GGG2020で算出)と比較した。比較範囲±2°での平均バイアスは以下の通りである。

- 陸域と海域でのXCO₂の平均バイアスとその標準偏差は、それぞれ1.90±2.21 ppm(0.46±0.54%)と2.35±1.59 ppm(0.57±0.39%)である。
- 陸域と海域でのXCH₄の平均バイアスとその標準偏差は、それぞれ-2.96±12.29 ppb(-0.16±0.66%)と-0.57±20.44 ppb(-0.03±1.10%)である。
- 陸域と海域でのXH₂Oの平均バイアスとその標準偏差の相対値は、それぞれ-4.1±18.2%と64.7±135.3%である。ただし、それらの標準偏差は比較的大きい。
- 陸域と海域でのXCOの平均バイアスとその標準偏差は、それぞれ4.78±13.65 ppb(5.51±10.38%)と9.07±8.36 ppb(10.72±9.68%)である。
- 観測期間におけるバイアスのトレンドについて、顕著な変動は見られない。

それ以外の条件での平均バイアスの特徴は以下の通りである。

- XCO₂ では、全ての比較範囲で平均バイアスが正である。±0.1° と±1° の陸域と、±1° と±2° の海域で平均バイアスは標準偏差よりも大きい。
- XCH₄ では、海域の±1° を除いて平均バイアスは全て負であるが、その標準偏差は非常に大きい。
- XH₂O は陸域では負の値、海域では正の値である。
- XCO については、すべての平均バイアスが正である。海域の平均バイアスは陸域より大きい。

前バージョンの GOSAT-2 Full Physics プロダクト (Ver.01.04/01.07、2019/03-2021/11、TCCON は GGG2014 で算出)との比較結果は以下の通りである。

- XCO₂ について、陸域上空の平均バイアスは大きな変化はない。海域上空の平均バイアスは Ver.01.04/01.07 のものより大きい。ただし、標準偏差は陸域と海域ともにやや小さい。
- XCH₄ について、全体の特徴には大きな変化はない。
- XH₂O について、陸域上空では多くの比較範囲で平均バイアスの符号が逆であるものの、大きな変化はない。海域上空では平均バイアスが半分以下に減っている。
- XCO について、陸域上空と海域上空の両方で平均バイアスは半分以下に減っている。この改善は陸域上空の方が著しい。

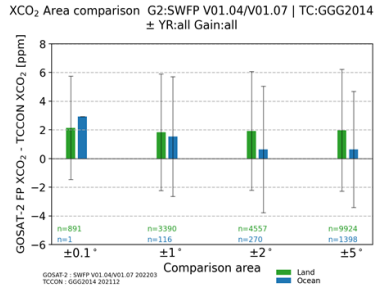
GOSAT プロダクト (Ver.02.90/02.91、2009/04-2022/03、TCCON は GGG2020 で算出)との比較結果は以下の通りである (比較数が大幅に異なることに注意)。

- XCO₂ について、陸域上空では GOSAT-2 の平均バイアスの方が大きい。
- XCH₄ について、海域上空では GOSAT-2 の平均バイアスの方が小さい。
- XH₂O について、海域上空では GOSAT-2 の平均バイアスの方が小さい。

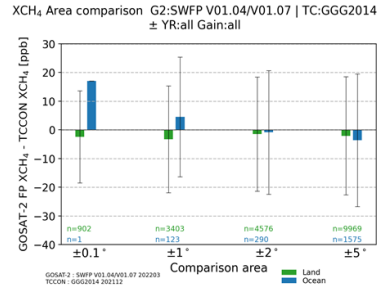
今後も、GOSAT-2 Full Physics プロダクトの質を向上させるために、校正・アルゴリズム改善・検証を継続する必要がある。

参考資料

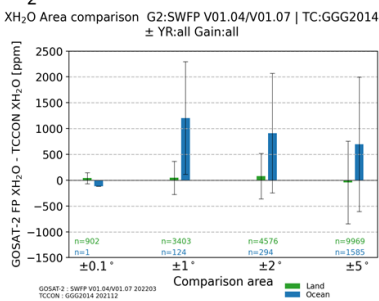
CO₂



CH₄



H₂O



CO

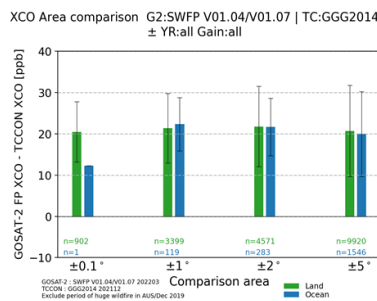
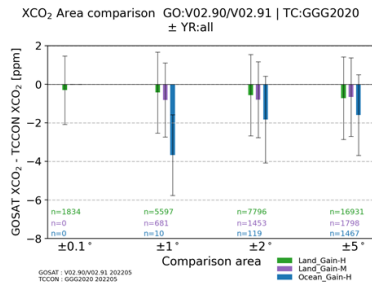
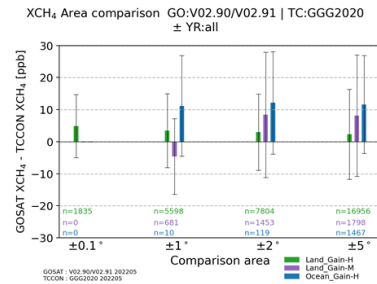


図 A1 GOSAT-2 Full Physics プロダクト (Ver.01.04/1.07) での各比較範囲での平均バイアス図 (2019.03-2021.11、TCCON は GGG2014 で算出) (緑:陸域データ、青:海域データ)

CO₂



CH₄



H₂O

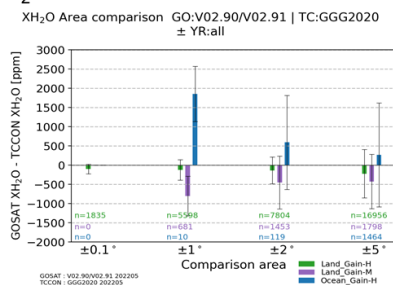


図 A2 GOSAT プロダクト (Ver.02.90/02.91) での各比較範囲での平均バイアス図 (2009.04-2022.03、TCCON は GGG2020 で算出) (緑:陸域データ H ゲイン、紫:陸域データ M ゲイン、青:海域データ H ゲイン)