

GOSAT データのモデル適用：レベル4 プロダクト

レベル4 プロダクトには、全球を二酸化炭素では 64、メタンでは 43 に分割した亜大陸規模（数千キロ四方）の地域における月毎の正味の吸収排出量データ（L4A）と、それにもとづいて大気輸送シミュレーションにより求めた 3 次元濃度分布データ（L4B）があります。これらのプロダクトも公開されています。

レベル4A プロダクト（CO₂ と CH₄ の全球月別吸収排出量）とレベル4B プロダクト（3次元濃度分布）

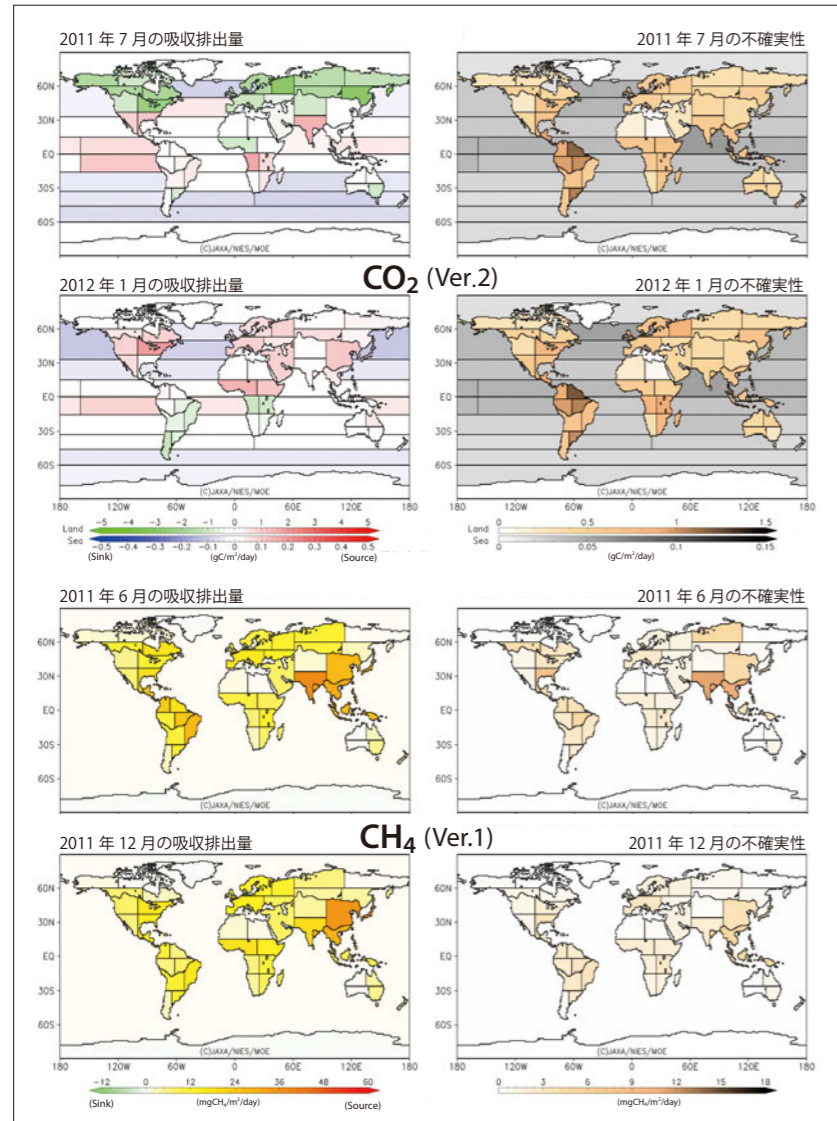


図6 各気体の地域別吸収排出の推定とその不確実性（L4A）

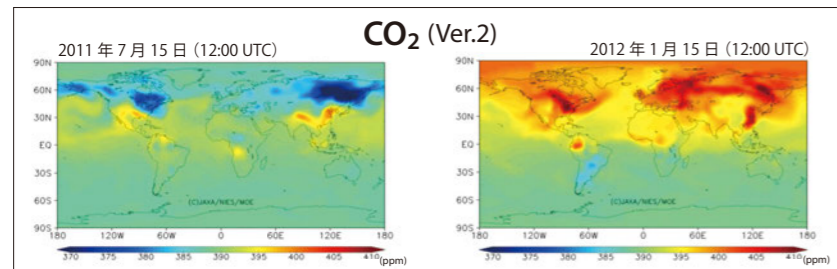


図7 大気輸送シミュレーションにより求めた高度約 800m（気圧 - σ ハイブリッド座標系で 0.925 レベル）における濃度分布例（L4B）

二酸化炭素とメタン（以下 GHG と記す）の地域別の正味吸収排出量（L4A）は、GOSAT の L2 データと地上観測データから推定されます。

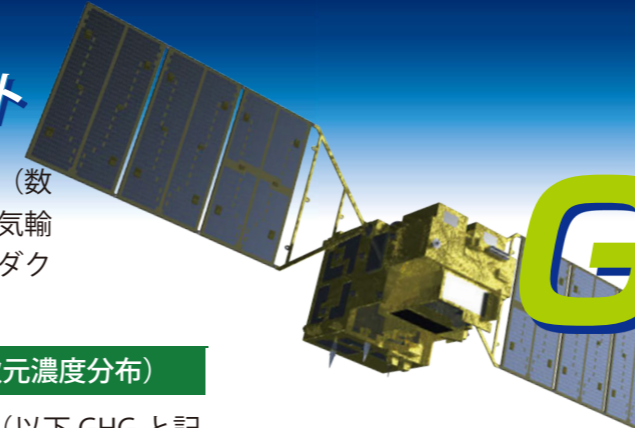
推定プロセスは 2 段階から成っています。まず地上と GOSAT の観測点での GHG 濃度を大気輸送シミュレーションにより予測します。このシミュレーションでは、初期値の GHG 吸収排出量データが入力値として使用されます。入力されるのは、人為的排出・森林火災のデータ、陸上生態系と大気間、および海洋と大気間における GHG の交換量です。次に、この予測した GHG 濃度値と観測値を比較し、両者の差が最小となるように、上記シミュレーションで使用した初期値の GHG 吸収排出量を計算により調整します。二酸化炭素の吸収排出量の推定では、大気と陸上生態系、大気と海洋との交換量に関してのみ調整がなされます。メタンの場合、調整は全ての入力値について行われます。

二酸化炭素の吸収排出量推定値は、北半球の多くの地域で、夏は正味でマイナス（吸収源）となりますが、冬は正味でプラス（排出源）になっています（図6上段）。

L4B プロダクトは、地上と GOSAT による濃度観測データから推定された吸収排出量分布にもとづき、GHG の大気輸送シミュレーションを実行することで得られます。L4B プロダクトでは全球濃度分布を 6 時間毎に、2.5 度格子で地表付近から大気上端までの 17 階層で 3 次元データ化しています。全球の二酸化炭素分布の例を図7に示します。他の高度、日時、またメタンの濃度分布については、下記サイトをご覧ください。

<http://data.gosat.nies.go.jp/>（「ログイン」→「L4 ブラウズ画像」）

人工衛星による温室効果ガスの全球観測



GOSAT



から得られた最新の成果（2015年7月）

2009年1月23日に打ち上げられた GOSAT（温室効果ガス観測技術衛星、Greenhouse gases Observing SATellite、愛称「いぶき」）は、計画された5年間の定常観測期間を過ぎた現在も順調に観測を行っており、主要な温室効果ガスである二酸化炭素（CO₂）やメタン（CH₄）のカラム平均濃度*の、全球の晴天域における観測データが、日々蓄積されています。

データ質の向上のため、国立環境研究所（NIES）では XCO₂** と XCH₄** を導出するアルゴリズムの改訂、及び高精度地上観測データとの比較を進めてきました。これらの比較作業による検証済みデータは、GOSAT レベル2 プロダクトとして世界の研究者と一般ユーザに提供されています。最新のデータは Ver.2 のアルゴリズムにより処理されています。

レベル2 データから CO₂ と CH₄ の地域別収支の月別推定量などの高次プロダクトが生成されます。また、この収支推定にもとづいたシミュレーションにより、CO₂ と CH₄ の 3 次元濃度分布が得られます。これらは L4A（収支推定）、L4B（3次元濃度分布）の各プロダクトとして公開されています。

*「カラム平均濃度」は、地表面から大気上端までの鉛直の柱（カラム）の中にある乾燥空気全量に対する対象気体量の比率を示す平均濃度のこと。

** CO₂ と CH₄ のカラム平均濃度は、このように分子式の前に「X」を付けて表す。

地上設置高分解能 FTS による検証結果

レベル2の濃度データを科学的に利用するには、その不確かさ（バイアスとばらつき）を明らかにする必要があります。この検証作業には TCCON（Total Carbon Column Observing Network, <https://tccon-wiki.caltech.edu/>）の地上設置高分解能フーリエ分光計（FTS）や航空機による高精度の観測データを使用しています。

図1に GOSAT のレベル2 データ（XCO₂ と XCH₄）を TCCON データと比較検証した結果を示します。二酸化炭素とメタンのいずれについてもカラム平均濃度のバイアスとばらつきは 1% 未満であり、TCCON データとの高い整合性が示されました。（現時点のバイアスとばらつき（1 σ ）は、XCO₂ が -0.5 と ± 2.2ppm、XCH₄ が -4 と ± 13ppb*** です。）

*** 1 ppb = 1/1000 ppm。

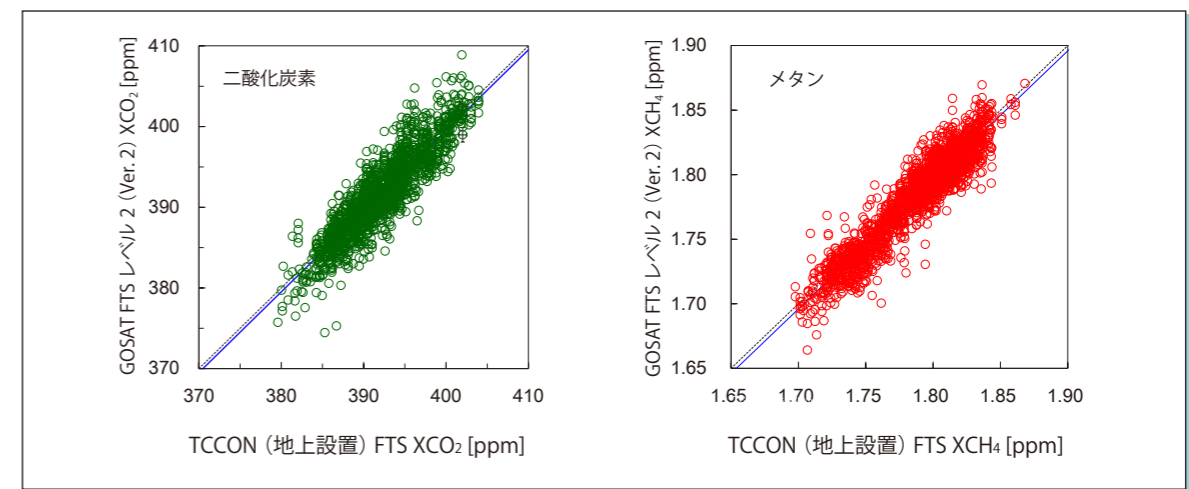


図1 TCCON データを用いた GOSAT レベル2 プロダクト（Ver.2）の検証結果

検証の期間は 2009 年 4 月～ 2014 年 5 月。TCCON データは GOSAT が上空を通過した前後 30 分間の観測データの平均値、GOSAT データは TCCON 地点を中心とした ± 2 度の正方形内で算出された陸域観測データ。破線は $y=x$ の直線（両者が一致した場合）、実線は $y=x+b$ の回帰直線（ b はバイアス）。（左：XCO₂ 右：XCH₄）



URL: <http://www.gosat.nies.go.jp/index.html>



温室効果ガス濃度の季節変動、年々変動および植生指数

GOSAT から得られた最新の成果 (2015年7月)

GOSAT

でこれまで6年以上にわたり観測されたデータの蓄積により、二酸化炭素やメタンのカラム平均濃度分布の季節変動や年々変動を、全球的、地域別に捉えることが可能になりました。

図2は2013年から2014年にかけての四季の代表月における二酸化炭素カラム平均濃度 XCO₂ (Ver.2) の月平均値マップです。青から黄、赤になるにつれて濃度が高くなることを示します。7月の図を見ると、夏季には盛んな植物の光合成により、北半球高緯度で二酸化炭素カラム平均濃度が低いことがわかります。一方、1月(冬季)と4月(春季)には、その濃度は南半球に比べて高いことがわかります。

図3は2009年から2014年の各7月における、二酸化炭素カラム平均濃度 XCO₂ の月平均値マップです。二酸化炭素濃度の地域間の差や、年々上昇している濃度の推移が読み取れます。

* マップ中に茶色のイタリックで示した季節は北半球における季節です。

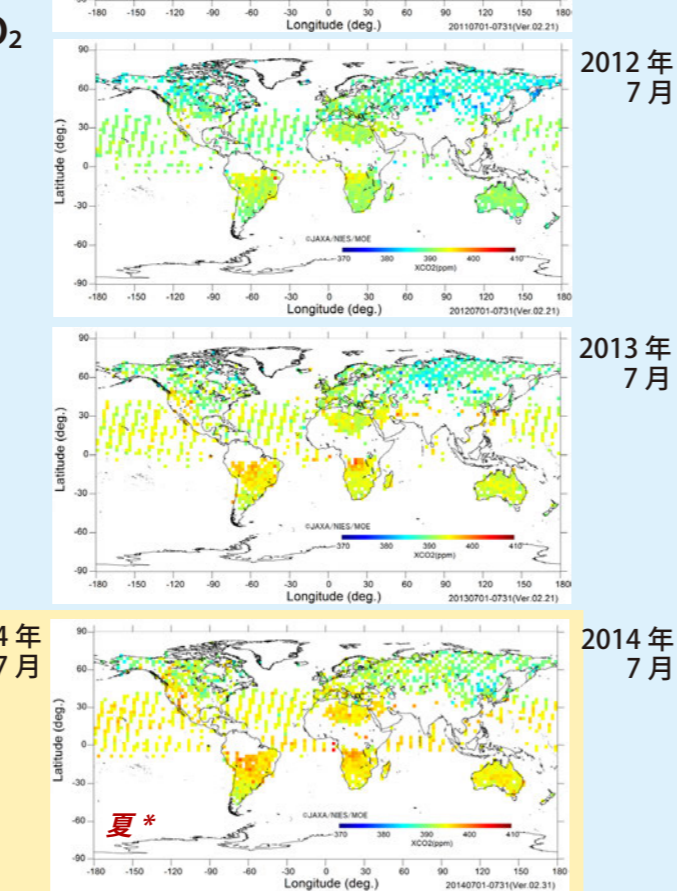
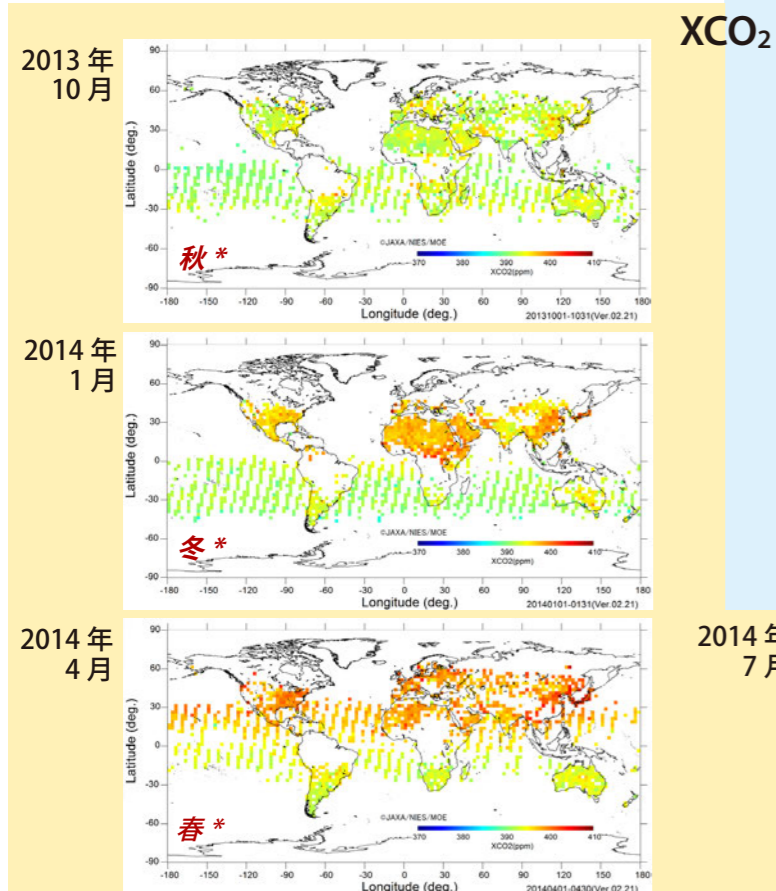


図2 2013年～2014年の四季の代表月における二酸化炭素カラム平均濃度 (Ver.2) の月平均値マップ

図3 2009年～2014年の7月における二酸化炭素カラム平均濃度の月平均値マップ

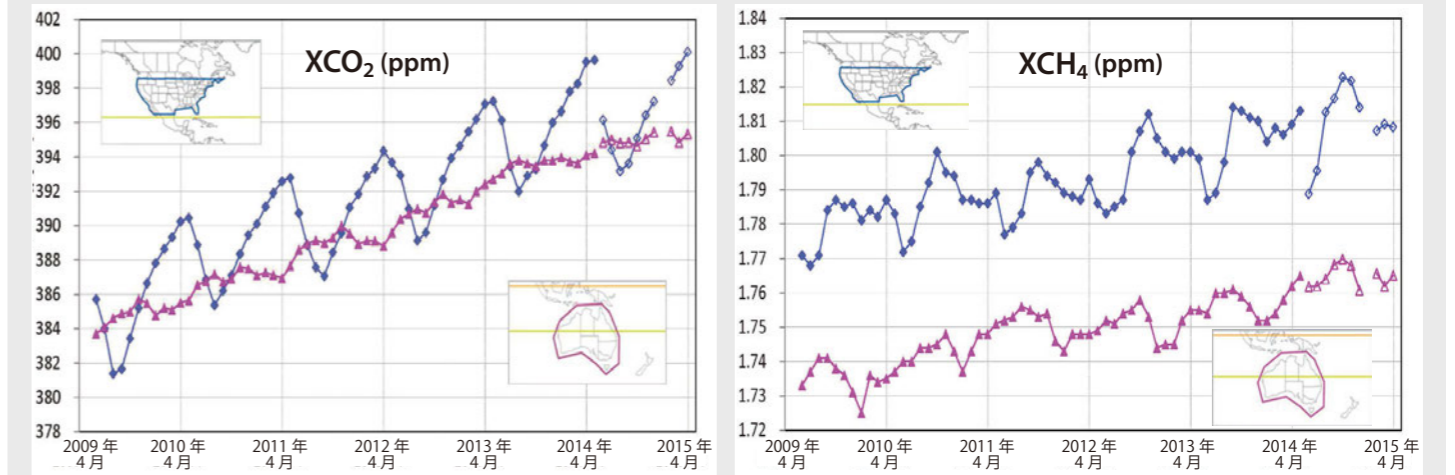


図4 北米(青)とオーストラリア(赤紫)における二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度月平均値の推移 (グラフは領域別の各月平均値を直線で連結したもので、いずれもバイアスは未補正)

図4は、北アメリカの南半分とオーストラリアの全域(グラフ内に図示)における二酸化炭素とメタンのカラム平均濃度の月平均値の推移を示します。データは6年以上にわたって蓄積してきたレベル2プロダクトから算出したもので、どちらも年々増加していることが分ります。

北半球にある北米のXCO₂の季節変動は、南半球のオーストラリアに比べて大きく、またこれら領域における季節変動の山と谷は、おおよそ逆のパターンを示しています。

XCH₄の季節変動はXCO₂に比べてより複雑です。これはメタン放出源の分布が複雑であり、またその放出時期が地域によって様々であることが原因のようです。

GOSAT データによる植生のモニタリング

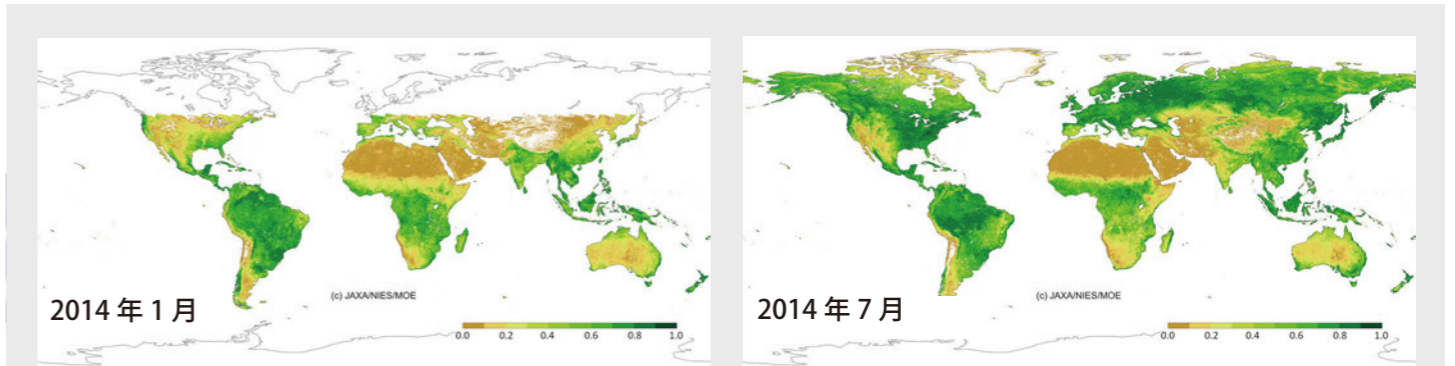


図5 2014年1月と7月の全球の正規化植生指数 (NDVI: Normalized Difference Vegetation Index) のマップ (CAI レベル3 NDVI プロダクト (Ver.1))

植生の密度と相関のあるNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) は、GOSATに搭載されている雲・エアロゾルセンサ (CAI: Cloud and Aerosol Imager) が収集するデータから得られます。NDVIデータは、過去30日間の晴天時のCAIデータから計算され、3日毎に更新されます。

CAIデータはNDVI計算だけでなく、山火事による煙、火山の噴煙流、砂塵等の拡がりの検出にも利用されます。このような画像は、他にも <http://data.gosat.nies.go.jp/> 内の「ギャラリー」のページで参照可能です。