

フーリエ変換型赤外分光計を用いた地上観測によるつくば上空メタン高度分布の精度検証

Validation of methane profile observed with FTIR at Tsukuba

代 友輝²、*村田 功¹、中島 英彰³、森野 勇³

Yuki Dai², *Isao Murata¹, Hideaki Nakajima³, Isamu Morino³

1. 東北大学大学院環境科学研究科、2. 東北大学大学院理学研究科、3. 国立環境研究所

1. Graduate School of Environmental Studies, Tohoku University, 2. Graduate School of Science, Tohoku University, 3. National Institute for Environmental Studies

メタンは地球温暖化において二酸化炭素に次いで重大な影響を及ぼす気体である。CH₄濃度は年々変動が大きく、場所による違いも大きい。排出源が多様であることもありその原因がよく理解されていない。東北大学と国立環境研究所ではつくばの国立環境研究所内に設置されているフーリエ変換型分光計（FTIR）を用いた大気微量成分の観測を1998年から行っている。FTIRは地上から太陽を光源として測定することで大気微量成分の全量を観測でき、本研究で使用しているFTIRは波数分解能が0.0035cm⁻¹と高いため、インバージョン法により各微量成分の高度分布を求めることもできる。しかし、FTIR観測の全量の検証はある程度行なわれているものの、高度分布についての検証はまだ不十分であるのが現状である。また、CH₄のスペクトルフィッティングの誤差要因の一つに水蒸気量がある。日本のように水蒸気量が多く、季節変化を伴う場合、H₂Oの変動がCH₄の解析精度に影響を与える。

そこで、本研究ではFTIRから導出されるつくば上空CH₄の対流圏のパーシャルカラムの精度検証を行った。精度検証の基準としては東北大学大学院理学研究科大気海洋変動研究センターによる航空機観測のCH₄サンプリングデータを用いた。また、解析に使用するCH₄高度分布の初期値、波数領域、水蒸気高度分布の初期値を検討することによって、解析の精度が向上するか比較した。

FTIRの解析にはスペクトルフィッティングプログラムSFIT4を用いた。SFIT4はRinsland et al. [1998]を基に開発されており、リトリーバルの方法としてはOptimal Estimation Method [Rodgers, 2000]を用いている。解析には3μm 付近の吸収線を用い、本研究では、つくばの観測データのうち2012-2017年の観測スペクトルについての解析を行った。

まず、CH₄高度分布の初期値依存性を調べたところ、解析期間内に実際に起こりうる10%程度のCH₄濃度変化に対して求められたパーシャルカラムの変化量は0.02%程度となり、初期値依存性は無視できるほどであることが分かった。

次に、水蒸気の影響を考慮するために解析手法の最適化を行なった。解析に用いる波数領域について2通り（Sussmann et al. [2011]で湿度の高い地域での解析に推奨されている3つの波数領域を用いて解析した結果（3MW）と通例使われる5つの波数領域で解析した結果（5MW））、初期値の水蒸気高度分布について2通り（モデルで求められる月平均の水蒸気高度分布を初期値に用いる場合（v1）とFTIRの観測から求めたその日の水蒸気量を用いる場合（v5））の組み合わせで合計4通りの解析手法について、2012年の全観測の解析結果をフィッティングの良否の指標である残差二乗平均（RMS）と高度情報の量を表す指標（DOFs）の年間平均値を用いて比較検証した。

その結果、まず水蒸気高度分布の初期値に関しては、3MWv1と3MW v5の比較ではともにRMS年間平均0.176、DOFs年間平均3.18と3桁目まで一致しており、3MWでは水蒸気による影響は少なくv1、v5による違いは無視できる程度であった。一方、5MW v1と5MW v5を比較したところ、RMS年間平均ではv5の方がv1よりも0.05低く、DOFs年間平均でもv5の方がv1よりも0.03大きく、いずれの指標でもv5の方が良い結果となった。次に、波数領域の比較に関しては、3MW v5と5MW v5の比較では、DOFs年間平均は5MW v5の方が0.19大きいものの、RMS年間平均は3MW v5の方が0.04低かった。そのため、5MW v5は高度情報が多いものの、フィッティングは3MW v5 良いことが分かった。3MWv1と5MWv1の比較でも同様の結果であった。以上から、3MW v1、3MW v5、5MW v5は上記の比較だけでは優劣をつけることができないと判断し、5MW v1のみ

水蒸気の影響を受けやすく他の3つより若干劣ると考え、この段階で5MW v1の解析結果は検証対象から外すこととした。

残った3MW v1、3MW v5、5MW v5について航空機観測と比較検証を行なった。まず、解析期間内の全てのFTIR観測結果を用いた比較では、3つの解析手法いずれも5-10%程度の不一致が夏季を中心に生じており、十分な精度で航空機観測と一致しているとは言えなかった。次に、FTIRのRMSが0.15以下の解析結果だけを用いると、FTIRが航空機観測よりも2.9%過小評価する一定のバイアスを除けば、月々のFTIR／航空機CH₄パーシャルカラム比の標準偏差はどの解析手法でも1.6-1.7%程度であり、どの解析手法でもFTIRと航空機のCH₄パーシャルカラムの相対精度2.3%の範囲内でFTIRの結果が航空機観測と一致することがわかった。また、この場合も3つの解析手法間に特に有意な差はみられなかった。

以上から、検証に用いた4つの解析手法のうち5MW v1は水蒸気の影響を受けやすいものの、他の3MW v1、3MW v5、5MW v5の3つの解析手法には有意な違いはなく、FTIR解析時のRMSを0.15以下に制限することによって同程度の精度で航空機観測と一致する解析結果が得られることが分かった。

キーワード：フーリエ変換型分光計、メタン、高度分布、精度

Keywords: FTIR, Methane, Height profile, Accuracy