

卒業論文要旨

近赤外レーザーメタン検知器を用いたオープンパス観測システムとデータ解析手法の開発

1140284 山崎奈摘

Development of open-path monitoring system using near-infrared laser methane detector and data analysis methods

1140284 Natsumi Yamasaki

背景・目的

メタンは二酸化炭素に次いで影響の大きな温室効果ガスであり、近年増加傾向にある。メタンの発生量・発生源の把握を効率的に行うためには、オープンパスのリアルタイム観測が適しているが、そのような要件を満たすメタン測定機器は高価であり、普及することが困難である。そこで、本研究において、ガス漏れ検知用として開発された比較的安価な近赤外レーザーメタン検知器（東京ガスエンジニアリング製、SA3C05A）を用いて、100～200m 程度の光路長のオープンパス観測によって、バックグラウンドレベル（～2ppm）からのメタンの変動を高精度で測定するシステム及びそのためのデータ解析手法を開発した。

観測システム及び性能評価のための実験

反射体として有効径 2.5cm のリトロリフレクターを用いた、オープンパス観測システムを構成した。レーザーメタン検知器の最小目盛が 1 ppm・m であるため、有効数字 3 桁を確保する観点から片道光路長を 100m 以上（100m、200m）とした。コヒーレント（可干渉）なレーザー光を用いた際のオー

ポンパス測定で問題になる光路雑音（スペックル、エタロンフリンジ）を軽減するために、反射体の裏に振動モーターを取り付け、反射体を振動モーターによって振動させ、干渉・回折の影響を平均化し、光路雑音を軽減させるようにした。性能評価のための実験においては、0.33 秒のサンプリング時間の測定を約 20 分間行った。

データ解析手法のシステム化

(1) データの取り込みと解析用ファイルの作成、(2) 異常値除去（図 1）、(3) 観測データのトレンド成分、周期成分、ランダム成分への分解（図 2）、(4) グラフ作成の全てを自動化するために、R 言語を用いたプログラムによる解析システムを開発した。

結果・考察

典型的な観測データ（メタン濃度の時間変化）を図 2 の一番上に示した。振動モーターによって反射体を振動させた場合には、振動を与えなかった場合に比べて標準偏差が約 0.3%程度減少することを確認したため、

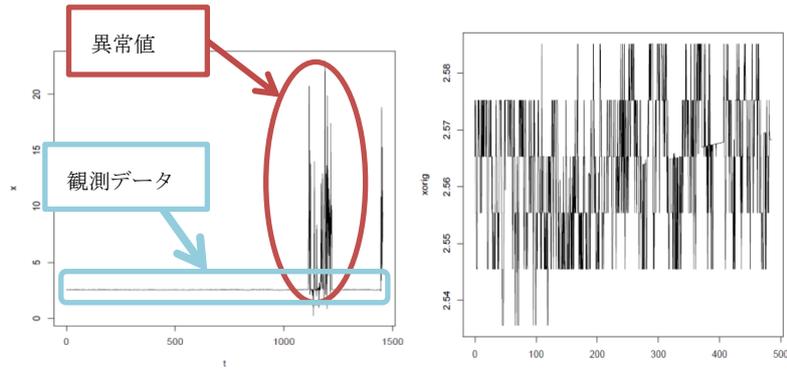


図 1 異常値除去によるデータ補正

(左：除去前の観測データ、右：除去後の観測データ)

通常、反射体を振動させて観測することとした。観測データには、トレンド、周期的な成分、ランダム成分が現れるため、これらの成分を分解し、それぞれの大きさ、その変動の特性から、メタン濃度の変動によるものか、雑音あるいは装置に起因する変動かを検討する必要がある。図2の上から2段目にはトレンド成分、3段目には周期成分、最下段にはランダム成分を示した。トレンド成分はメタンの濃度変動の可能性が高いが、装置に起因するドリフトである可能性を否定することはできないため、更に確認する必要がある。メタン濃度に明瞭な周期成分があるとは考えにくいため、装置に起因する変動と考えられるが、その大きさは表1に示す通り、片道光路長 100m で 0.21%、200m で 0.17%と小さい。ランダム成分は 0.3~0.4%であったが、変動要因は雑音、あるいは乱流によるメタン濃度変動によると考えられるので、更に検討が必要である。全体の標準偏差にはトレンド成分の寄与が最も大きいので、現時点では、周期成分とランダム成分を誤差と見なすことが妥当と考えている。すなわち、100m、200m のいずれの片道光路長でも 2~2.5ppm のメタン濃度において、誤差は 0.3~0.4%になり比較的高精度での観測が可能である

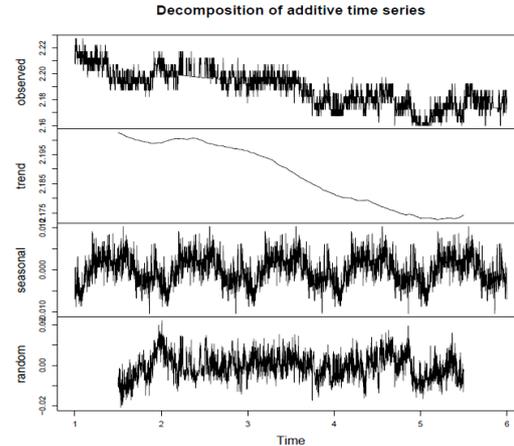


図2 観測データの各成分への分解
(上より観測データ、トレンド成分、
周期成分、ランダム成分)

と判断できる。

表 1 片道光路長 100m、200m の各標準偏差

片道光路長	100m	200m
平均濃度 (ppm)	2.56ppm	2.19ppm
全体の標準偏差 (%)	0.54%	0.65%
周期成分の標準偏差 (%)	0.21%	0.17%
ランダム成分の標準偏差 (%)	0.36%	0.3%

まとめ

観測システムについては、有効数字 3 桁を確保するために、片道光路長を 100m 以上とした。また、反射体に振動を与えることによって光路雑音を抑制できることを確認したため、反射体を振動させて観測を行うこととした。データ解

析については、R 言語によるプログラムによってデータ解析を自動化・システム化し、解析時間を短縮すると共に、解析過程を追跡しやすくした。典型的な観測データについて解析したところ、わずかではあるが周期成分が見られたため、スペクトル解析を行い周期成分を除去すると共に、トレンド成分及びランダム成分を抽出した。トレンド成分はメタン濃度の変化によって生ずると考え、周期成分、ランダム成分をノイズと見なして評価したところ、その大きさは 0.3~0.4%となり、有効数字 3 桁の観測が行われていることを確認することができた。

