

1P071 オープンパスFTIR - CT法を用いた2次元ガスマッピング - 新規光学系を用いた分布画像歪みの改善 -

(東農工大院農¹・東農工大院共生科学技術²)

小林 大起¹、吉村 季織²、高柳 正夫²、山田 晃²

<緒言> 人間活動や植物の成長、その他の自然現象により発生するガスの中には、ダイオキシンやNO_xなど人体に影響を及ぼすガスや、CO₂やN₂Oなど地球温暖化につながるガスが存在する。一方、室内空気汚染も大きな問題になっている。このような問題に対処するためには、問題の原因となっているガスの状況を正確に把握することが非常に重要である。大気中に分布しているガスの測定方法として従来は、実際にその場に測定機器を持ち込んで観測を行うか、サンプリングしたガスを分析していた。これらの方法では情報を「点」として得るために、局所的な情報しか得ることができない。近年、赤外光を分光光度計から取り出して装置外部の空間の赤外吸収を測定するオープンパスFTIR (OP-FTIR) 分光法により、大気の一次元測定が行われている。OP-FTIRで得られるのは、大気中のガスの一次元積算濃度でしかない。しかし、ある空間を様々な方向から観測して得られたデータをComputed Tomography (CT)の手法により処理すれば、目的のガスのその空間における二次元分布を算出することができる。前回の報告¹⁾では縦5光路、横5光路、斜め10光路の計20光路の光学系(図1、図中の黒線は、測定に用いた光路を表す)を組み、得られたデータのCT処理によりガスの二次元分布を算出し、その性能を評価した。算出された二次元ガス分布画像はおおむね現実のガス分布を再現したが、多少の歪みが見られた。実験結果を良く再現するシミュレーションを用いて、この歪みの原因を検討した。その結果、測定に用いた光学系の光路配置の空間的な偏り等が原因であることがわかった。光路配置の偏りを少なくすることで再現画像の歪みが改善されることがシミュレーションにより予測されたので、今回は、光路配置の空間的な偏りが今までの光学系よりも少ない22光路からなる光学系(図2)を用いた測定を行い、再現ガス分布の歪みが改善されるかどうかを検証することを目的とした。

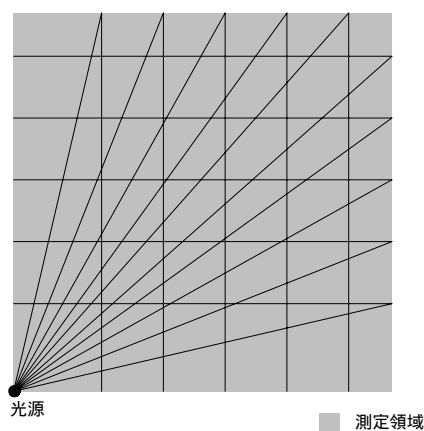


図1 20光路光学系

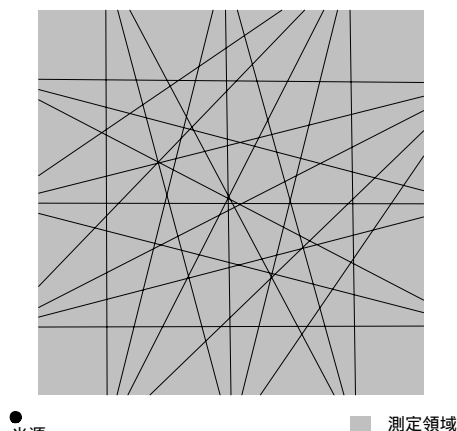


図2 22光路光学系

<実験> 測定領域(170 cm × 170 cm)内の二次元ガス分布の観測を試みた。測定には、フーリエ変換型赤外分光光度計(日本分光、VIR-9500)を用いた。この分光光度計には首振りのできる潜望鏡型の赤外光取り出し装置が取り付けられており、これによって水

平面上の任意の方向へ赤外光を射出できる。この分光光度計、回転ステージ上に取り付けた可動式の平面ミラー（2個）、位置固定のコーナーキューブミラー（6個）を用いてこの測定領域全体を計 22 の光路でカバーする光学系を作製し、各光路で赤外吸収スペクトルを測定した。

ポリエチレンフィルムを側面に張った半径 15 cm の円柱状のセルを自作した。このセルにエタノール蒸気を封入し、測定領域内の種々の場所に置いて測定を行った。今回作製した光学系による測定結果に CT 法を施して得られた再現二次元ガス分布画像と、以前の 20 光路光学系での実験結果を元に再現された二次元ガス分布画像を比較した。

CT には、経路平滑化 ART 法を用いた。

<結果と考察> セルを測定領域の中心部に設置したときには、二つの光学系での測定結果から得られる再現ガス分布画像には大きな差がみられなかった。しかし、セルを測定領域の外縁近くに設置したときは、二つの光学系での測定結果から得られる再現ガス分布画像

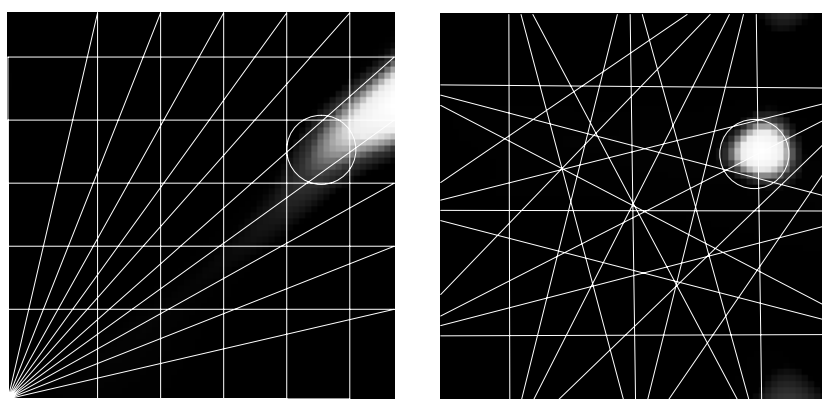


図3 それぞれの光学系において同位置にセルを置いたときの再現分布の比較
(白丸は実際にセルを置いた場所を示している)

に大きな差が出ることがわかった。図3の白い丸で囲った場所にセルを設置した場合、20 光路光学系では再現ガス分布の形が大きく歪んでしまうだけでなく、測定範囲外にまで伸びてしまった（図3左）。これに対し 22 光路光学系では、精度良くガス分布を再現することができた（図3右）。22 光路光学系で結果が改善されたのは、単純に光路の数が増えて情報量が増加したためだけではない。光路の配置を見ると、20 光路光学系では画面右上にかけて光路の密度が低くなっていることがわかる。光路がない部分については、CT アルゴリズムがガス濃度を任意に決定できてしまう。従って 20 光路光学系では、測定領域の右上で再現画像の歪みが顕著になる。一方 22 光路光学系では、20 光路光学系に比べて光路の密度が測定領域全体で比較的均一になっている。光路の密度が特に低い部分がないために、CT アルゴリズムが任意にガス分布を決めてしまうようなことが起きにくく、20 光路光学系での結果とは大きく異なった結果が得られたものと考えられる。従って、22 光路光学系では、測定領域のどの位置にセルを設置しても、同じような精度で再現ガス分布画像を得ることができる。

今回、20 光路光学系から 22 光路光学系に組み替えることで、二次元ガス分布画像の歪み等の問題が軽減されることが明らかになった。この手法は、今回のような室内規模での測定だけではなく、屋外大気中のガス分布の正確な測定にもスケールアップできるものと期待される。