

狭帯域赤外カメラを用いた二酸化炭素ガス排出量の計測

Quantification of CO₂ gas emission based on a narrow-band infrared camera

NIMS¹, 東大工² °宮崎 英樹¹, 笠谷 岳士¹, 木本 一也¹, 對木 雄太郎¹, 豊島 慶大^{1,2},
齋藤 正浩¹, 落合 哲行¹

NIMS¹, Univ. Tokyo² °H. T. Miyazaki¹, T. Kasaya¹, K. Kimoto¹, Y. Tsuiki¹, K. Toyoshima^{1,2},
M. Saito¹, T. Ochiai¹

E-mail: MIYAZAKI.Hideki@nims.go.jp

熱放射やガス固有の吸収スペクトルが現れる中赤外光 (2.5~25 μm) は、温度やガス濃度の計測に重要な波長域である。メタンなどの可燃性ガスについては、石油・天然ガスプラントなどでガスの吸収波長に合わせた冷却狭帯域フィルタ(コールドフィルタ)を取り付けた中赤外カメラを用いてガスが可視化されており[1]、定量計測の試みも進んでいる[2]。我々は、二酸化炭素 (CO₂) 排出への関心の高まりを受け、CO₂ 吸収波長 (4.26 μm) に合わせたコールドフィルタにより CO₂ を高いコントラストで可視化できる狭帯域 InSb カメラを(株)フォトニクスラティスと共同開発し[3]、CO₂ 排出量の画像計測の可能性を検討してきた。

CO₂ の定量計測においては、これまでのメタンなどとは異なる問題に直面する。第1に、CO₂ は大気中に普遍的に存在する(約 400 ppm)。その中で、特定の排出源から放出される CO₂ だけを選択的に計測できねばならない。第2に、CO₂ は燃焼に伴い排出される場合が多いので、大気よりも高温のガスが放出され、それが徐々に冷えていく過程の画像から排出量を計測することとなる。しかし、ガスの見え方は、濃度だけでなく温度にも依存するため(高温のガスは明るく、低温のガスは暗く見える)、濃度や排出量の計測にはガスの温度の考慮が重要になる。

本研究では、ガスの排出を 2 次元的と近似し、排出源を取り囲む閉曲線に連続の式を適用し、画像の輝度から求めた濃度(柱密度、単位: ppm・m)とオプティカルフローから求めた流速ベクトルから CO₂ 排出量を画像計測するシステムを開発した。大気中に含まれていた CO₂ の流れは閉曲線での積分によりキャンセルされるため、排出源から湧き出した CO₂ だけを計測できる。また、ガス温度の影響は輻射輸送方程式を通して考慮し、輝度と濃度の関係を補正する。閉曲線を排出直後の領域に設定すれば、ガスの温度が大きく変わる前に計測を終えることができる。

煙突から排出される CO₂ の計測例を FIG. に示す。色は柱密度、左上の数値と下のグラフは CO₂ 流量、右上の数値は CO₂ 積算排出量を示す。

ガス温度の簡易的な計測方法、他の計測方法との結果の比較についても、時間が許せば紹介したい。
謝辞 PRISM、NIMS センサ・アクチュエータ研究開発プロジェクト、市村清新技術財団、JSPS 科研費 (JP22K18990, JP23K26576)、NEDO 先導研究プログラム/未踏チャレンジ、鉄鋼環境基金、(株)フォトニクスラティス、福井大学医学部眼科教室、NIMS 施設企画管理室に感謝します。

参考文献 [1] M. Vollmer and K.-P. Mollmann, *Infrared Thermal Imaging, 2nd Ed.* (Wiley, 2018), pp. 561-613. [2] N. Hagen, *J. Opt.* **22**, 103001 (2020). [3] <https://www.youtube.com/watch?v=fcmFokliq2Q>.

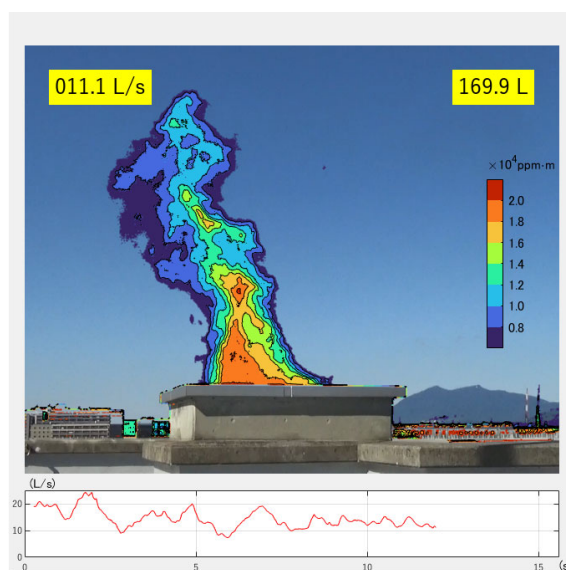


Fig. Quantified CO₂ gas emission from a chimney based on a single-wavelength infrared image. Superimposed on a visible image.