

ドローンを用いた風車近傍の風速場分布・輸送量分布の計測

日大生産工（学部）○斎藤 駿佑 日大生産工 佐々木 真
中部大・中部高等学術研究所 杉田 暁 九州大・医学研究院 荒川 弘之
九州大・基幹教育院 山田 琢磨

1. 背景・目的

近年、ドローンによる農薬散布や災害時の調査に用いるなど、ドローンを用いる場面が増えてきている。加えてIT化や産業の発展によって、電力需要の増加とCO₂排出による地球温暖化が問題になっている。

そこで注目されているのが風力発電で、他の発電方法と比べて周辺の環境への負荷が少なく、CO₂が排出されないという特徴がある。しかし他の発電方法と比べて発電効率が低いというデメリットがあり、原因の一つは風車近傍の乱流だと言われている。近年ドローンを用いて乱流を測定するという研究が報告された。⁽¹⁾

地球温暖化を考える際、CO₂の輸送はシステムの発展の重要な要素となる。流れの計測は(1)で報告されている通り可能である。

本研究ではドローンとCO₂センサを用いて風車近傍などの様々な場所でのCO₂の個数や密度に着目し、輸送量を計測することを目的とする。

2. ガスセンサについて

使用したセンサはWinsen社のMH-Z14BとGas Sensing Solutions社のSprintIR-6S-5-Mである。

MH-Z14Bは測定範囲0~5000ppm、測定間隔1s、濃度に対する出力の90%をセンサが示すまでの時間T₉₀⁽²⁾が90sのセンサである。大気中のCO₂濃度の世界平均は約418ppm⁽³⁾なので濃度はこのセンサで十分測定できることがわかる。

MH-Z14Bの応答について確認する。CO₂スプレーを用いてセンサにCO₂を吹きかけたときの応答を確認する。複数回行った結果、吹きかけてから時間が経つと全て指数関数的な値の減少変化が見られ、時定数は平均147sだった。しかし、MH-Z14Bは測定間隔が1sのため、突発的な変化を測定することができない。そのためこのセンサでは、広い空間の定常的な変化を測定することにした。

SprintIR-6S-5-Mは測定範囲0~50000ppm、測定間隔最大0.05sのセンサである。同様にセンサの応答について確認したところ、このセンサもCO₂を吹きかけてから時間が経つと全て指数関数的な値の減少変化が見られ、時定数は平均9sだった。乱流を測定するためには測定間隔が0.1s⁽⁴⁾であることが必要なのでこのセンサで測定することにした。以下にSprintIR-6S-5-Mと記録用のマイコンを組み合わせた装置を示す。



Fig 1 CO₂ 濃度測定装置

3. 定常状態濃度測定

2024年6月19日、MH-Z14Bを用いて、東京都豊島区の池袋駅周辺で測定を行った。測定場所はJR池袋駅南改札、西武池袋9階屋外、東京メトロ池袋駅丸の内線乗り場、東京メトロ池袋駅副都心線乗り場、JR池袋駅東口（北）である。それぞれの場所で測定を行い、全体5分半から6分間のデータの中で、T₉₀を考慮し、最後から4分間のデータを使用しプロットしたものを以下のグラフに示す。

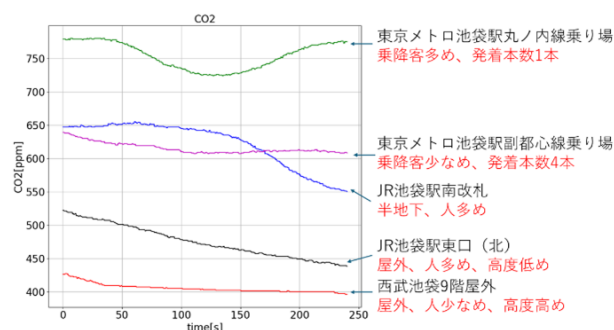


Fig 2 測定場所の違いによるCO₂濃度変化

Measurement of Wind Velocity Field Distribution and Transport Distribution
Near Wind Turbines Using a Drone

Shunsuke SAITO, Makoto SASAKI, Satoru SUGITA, Hiroyuki ARAKAWA and
Takuma YAMADA

Fig 2 右側に記載の黒字は測定場所で、赤字は測定場所の特徴である。

このデータから分かることは、屋外と地下鉄の乗り場で濃度が異なること、屋外でも高度や人の量によって変化すること、地下鉄の乗り場でも乗降客によって変化することである。つまり、空間の密閉度と人の流れによって CO₂ の輸送が変化することがわかった。

4. 高速応答濃度測定

2024年10月8日、10月9日に自宅で測定を行った。10月8日は窓から30cm離れたところに SprintIR-6S-5-Mを設置し、窓を閉め切ったときと測定時から窓を開けたときの30分間の濃度の変化を調べた。その時の時間変化のグラフと濃度分布のヒストグラムを以下に示す。

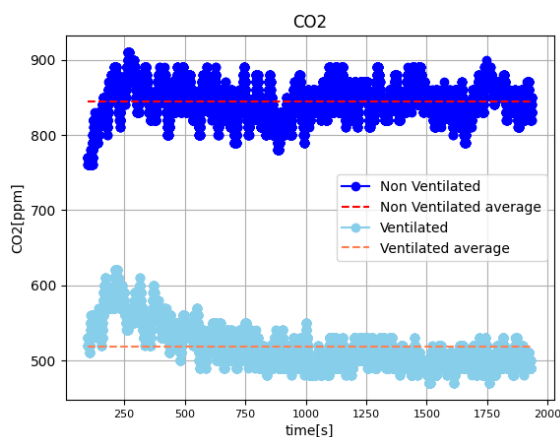


Fig 3 換気をしたときの CO₂ 濃度の変化

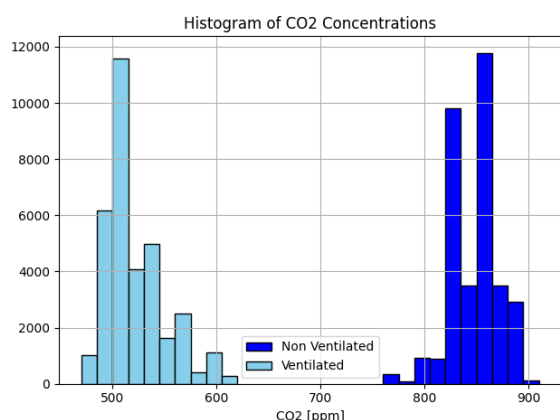


Fig 4 換気をしたときの CO₂ 濃度分布

10月9日は10月8日の測定と同様の場所にセンサを設置し、30分間の測定の中で1分間窓を開けるのを5回行った。その時の時間変化のグラフと濃度分布のヒストグラムを以下に示す。

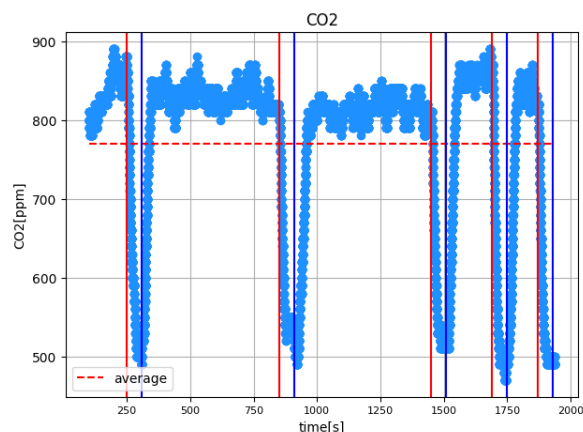


Fig 5 窓を開けたときの CO₂ 濃度の変化

Fig5 の赤の縦実線は窓を開け始めたときの時間を示し、青の縦実線は窓を閉めたときの時間を示している。

これらのデータから分かることは、窓を開けたときと窓を閉めたときの濃度の明確な差と高速応答によって窓を開けたときにスムーズに変化しているところが見られるようになったことである。つまり、高速応答できるセンサでも CO₂ の輸送の変化が見れることが分かる。

5. まとめ

今回は新たなCO₂センサを用いた濃度測定を行い、CO₂濃度の変化を調べた。高速応答ができたことによってスムーズに変化していく様子がわかった。

今後はドローンを用いて風車近傍などの突発的に輸送量が変化する環境での測定を行うための準備を進めていく。

参考文献

- 1) 坂口雄大, ドローンを用いた風車近傍乱流構造推定手法開発, 日本大学卒業論文 (2024)
- 2) 応答時間の『T90』とはどういう意味ですか? - 根本特殊化学 » ガスセンサ, <https://sensor.nemoto.co.jp/faq/zenpan005-2/>, (参照 2024-10-11)
- 3) 気象庁 | 大気中二酸化炭素濃度の経年変化, https://www.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/co2_trend.html, (参照 2024-10-11)
- 4) 松浦孝, ドローンを用いた直接待機風速測定のための応答特性評価, 島根大学大学院修士論文(2022) p.34