異なる CO_2 濃度測定器によって取得された濃度値の比較

茨城大学大学院　学生会員　徐　宇陽
茨城大学地球・地域環境共創機構　正会員　桑原　祐史

1. はじめに

地球温暖化は 20 世紀後半から世界的な共通問題になっている．近年，地球温暖化の進化に従い，猛暑や厳寒などの異常気候や自然災害が増加しており，人々の生活に様々な悪影響をもたらしている．IPCC（国連気候変動に関する政府間パネル）の第 5 回報告書により，地球温暖化の主因として温室効果ガスの中では，二酸化炭素（CO_2）の影響が最も大きい．また、20 世紀半ば以降の二酸化炭素の増加は人為起源の可能性は極めて高いと報告された [1)]．それにより，温暖化の緩和・適応策を支持するため，生活環境圏の CO_2 濃度長期間観測が必要になる．

その中で，茨城大学は 2007 年から，茨城県内生活環境圏 10 か所に設置型 CO_2 測定器を設置し，大気中の CO_2 濃度を観測してきた [2)]．温暖化の進行と共に，新しい観測地点に極端な温度差や照度，オゾンなどといった観測要件も生じている．それに対して，秦ら（20）が使用幅広い Raspberry Pi に基づいて自作 CO_2 測定器を開発した [3)]．だが，観測データを確認すると，取得したデータには多くのノイズが含まれていることが伺える．

そこで，本研究が適切なノイズリダクション方法を検討し，長期使用安定性が優れた従来の設置型 CO_2 測定器で計測された濃度値と同様の安定性を指向することを目的とした．

2. 実験の概要

2.1 観測地点

本研究における実験は，CO_2 濃度に人間活動の影響をなるべく抑えるため，茨城大学日立キャンパスの S3 棟屋上に実施した（約 10m 高さ）．

2.2 使用機材

2.1.1 Raspberry Pi に基づいた測定器

本研究では，秦らが Raspberry Pi 3 Model B+に基づき，作成した CO2 測定器を使用している．この測定器が NDIR 方式の CO2 センサ（SCD30）と高精度温湿度センサ （SHT31）を搭載され，同時に CO2 濃度値，40 ℃～℃～+125 ℃範囲の温度，湿度が測定できる．設置により，データを 10 秒間隔で保存されている．

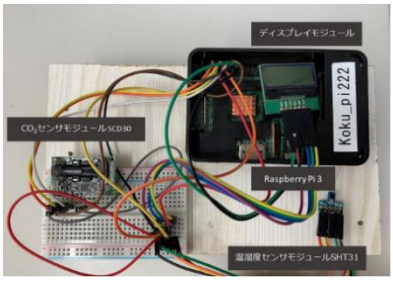

図-1 Raspberry Pi に基づいた測定器外観

2.1.2 設置型 CO_2 測定器（C2D-E01）

本研究では，ユードム社の CO2 濃度の定点観測向け製品の設置型 CO_2 測定器を使用している．Sense Air 社製の NDIR 式の CO_2 センサモジュールを搭載し，CO_2 濃度、温度、湿度および気圧が同時に測定できる．データは約 3 秒間隔に CSV 形式ファイルで記録され，測定器本体（RS-485）から，受信器（RS232C）でパソコンに記録されている．

図-2 設置型 CO_2 測定器（C2D-E01）外観

2.1.3 電子百葉箱

CO_2 測定器の正常稼働が外部環境から保障するため，または空気を定量的に入れ替えられように，電子百葉箱を使用している．本研究で対比した 2 つ測定器を百葉箱の中に同じ高度で設置されている．

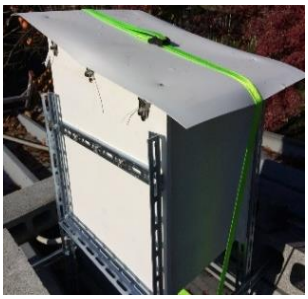

図-3 電子百葉箱外観

© Japan Society of Civil Engineers

2.1 研究手法

図-6 は両測定器の元 C02 濃度データで作成したグラフである．こちらの図から見ると，時間に従い，両センサの推移変化の勢いは同じく見えるが，Raspberry Pi に基づいた測定器が短い時間内の上下変化が激しくため，変化を判明しにくい．そこで，本研究はノイズを軽減するには最も使われているフーリエ解析及び低周波通過型フィルタ処理を使用している．

ノイズが周波数の高いほどパワースペクトルで，値が小さくなる特性を利用して，元データに快速フーリエ変換（FFT）を行う．両測定器のパワースペクトル分析により，適切な係数で低周波の成分を通過させ，主にノイズを含めた高周波成分を除く処理という手法でデータの安定性実験を行った．

2.2 パワースペクトル分析

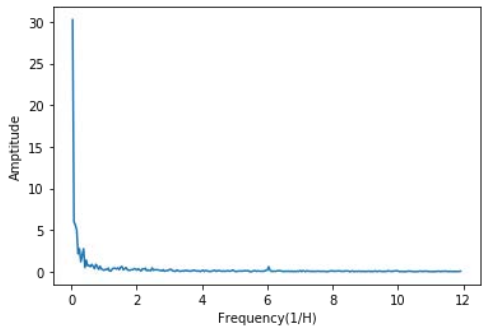

図-4 Raspberry Pi に基づいた測定器の周波数スペクトル

こちらの図を見ると，空間周波数（1/時間）(グラフはナイキスト周波数表示)は約 6 のところ，振幅のピークが表れた．本研究は 6 から高周波成分に除く処理を行った．

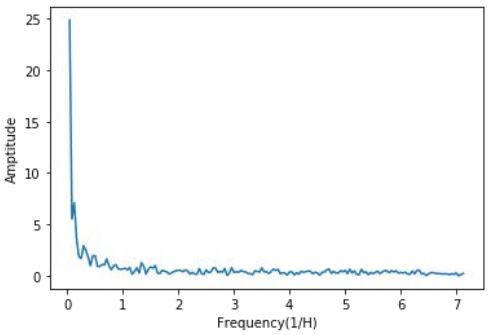

図-5 C2D - E01 の周波数スペクトル

設置型 CO2 測定器のスペクトルグラフに対して，ばらつきが多いため, 比較的に空間周波数が高い約 1.3 のところから高周波成分に除く処理を行った．

3. 実験結果と考察

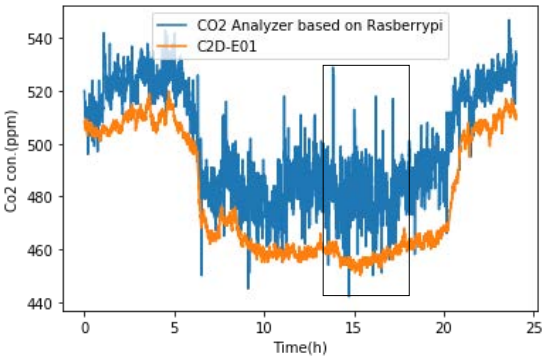

図-6 処理前一日の CO_2 濃度データ

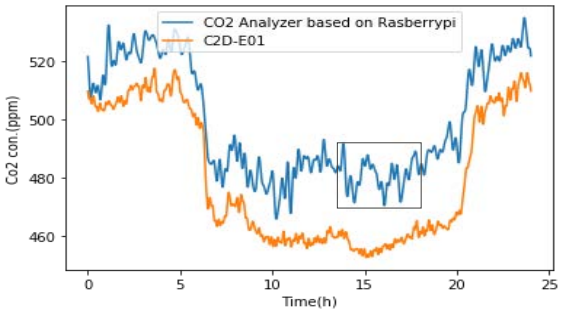

図-7 処理後一日の CO_2 濃度データの結果

データ処理を行う前後の CO_2 濃度データを対比することで，考察を以下に示す．

① ノイズ処理をした２つの測定器データを比較すると，一日の中でわずかな高低差があった．

② ２つの測定器濃度値は 12 時~16 時の間で高低差が最も高いことが分かった，特に，5 時~8 時の間では両測定器のデータは同様である．

③ **図-6** 及び**図-7** 中の□部分に注目すると，ノイズ処理前の**図-6** を比べて，ノイズ処理後の**図-7** のデータ変動がスムーズになり，ノイズ低減効果が確認された．

4. 今後の展望

両センサの変化特性を把握したいため，長期的な観測を続けていくと考える．また，精度向上を考えるため，現在 Raspberry Pi に基づいた CO_2 測定器は校正機能がついてないため，今後は校正機能を追加すると検討していきたい．

参考文献
(1) 環境省：IPCC 第５次評価報告書の概要 <https://www.env.go.jp/earth/ipcc/5th/pdf/ar5_wg1_overview_presentation.pdf>, (2020.07.29 参照)．
(2) 加瀬秀征，飯田大貴，桑原祐史：茨城県の生活環境圏における CO_2 濃度変動に着目した環境評価指標の検証,Vol.73, No.2, pp164-172, 2017.
(3) 秦 冉，桑原祐史：簡易センシングを用いた内モンゴル自治区における長期 C02 濃度計測の試み, 令和２年度土木学会全国大会第 75 回年次学術講演会，IV-31，2020.

© Japan Society of Civil Engineers