

携帯型二酸化炭素濃度測定デバイスの試作

井上誠斗, 田中康一郎
(九州産業大学理工学部情報科学科)

1 はじめに

近年, 地球温暖化の進行に伴い気温が上昇し, 熱中症の発症リスクが高まっている. また, CO₂ 濃度が高いと体調不良の原因になる. そのため, 温度や CO₂ 濃度は屋内の状態を評価する重要な指標であり, 日常的かつ容易なモニタリングが求められている. 本研究室では体調不良予防を目的とし室内 CO₂ 濃度を計測するマイコンを試作し, 実際に使用している [1]. しかし, これらは大型で平均消費電力は約 500 mW と大きく, 携帯型デバイスとしての利用には適さない. 携帯型デバイスとして使用する場合, サイズの制約上, 搭載可能なバッテリー容量は 360 mAh と限られており, 外でも使用することを考慮すると最低 12 時間以上の駆動が求められる. その場合, 平均消費電力は約 111 mW 以下である必要がある. 本研究では, 将来的に Apple Watch のようなウェアラブル機器として気温や CO₂ 濃度をリアルタイムに計測できるデバイスの実現を目指し, その第一段階として CO₂ 濃度測定に特化した平均消費電力は約 111 mW 以下の携帯型デバイスを試作した.

2 測定機器

図 1 に本研究で試作したデバイスを示す. マイコンとして Seed Studio 製 XIAO ESP32C6 (ESP32C6) を採用した. ESP32C6 は, 低消費電力モード (モデムスリープ, ディープスリープ) を備え, Wi-Fi 通信が可能な小型マイコンである. CO₂ 濃度の測定には Sensirion 製 SM03-SCD40 センサ (SCD40) を使用した. 本センサは非分散型赤外線吸収法 (NDIR 方式) を採用し, 高精度な測定が可能である. また温度および湿度の同時計測も行える.

図 2 に現在研究室で使用中のデバイスを示す. マイコンとして Arduino MKR WiFi 1010 を採用し, CO₂ 濃度の測定には MH-Z19C センサを使用していた.

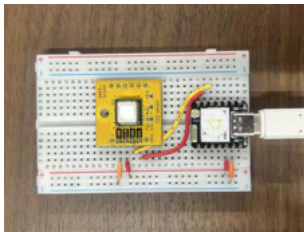


図 1: 試作したデバイス



図 2: 使用中のデバイス

3 測定方法

ESP32C6 と SCD40 を用いて屋内環境の CO₂ 濃度を 5 分間隔で測定し, その時の消費電力を測定した. ESP32C6 はセンサからのデータ取得および Wi-Fi 通信機能を備えており, 測定後に取得したデータをサーバに送信するよう設定した. 省電力化の観点から, 以下の 3 種類のモードで動作させ, それぞれにおける消費電力と測定結果を比較した. アクティブモードではマイコンを常時稼働させ, 測定とサーバ送信を継続的に行う. モデムスリープでは Wi-Fi モジュールを 5 分間停止し, 測定を行った後のみ Wi-Fi と接続し送信を行うことで通信時の消費電力を抑える. ディー

プスリープでは, 測定後に CPU, RAM の大部分, および APB-CLK からクロックされるすべてのデジタル周辺機器を電源オフの状態に移行させ, 5 分後に自動で再起動して次の測定, データ送信を実施する. ディープスリープは測定後にほぼ全機能をオフにするため, 計測値への影響を確認しつつ実施した.

4 測定結果

ESP32C6 と SCD40 を用いて屋内環境の CO₂ 濃度を 5 分間隔で測定した結果, 全体として CO₂ 濃度は比較的安定しており, 大きな変動は認められなかった. アクティブモードでは, マイコンを常時稼働させる. モデムスリープでは, Wi-Fi 通信を停止することで消費電力を抑えつつ測定が可能であり, 測定値に大きな変化は見られなかった. ディープスリープでは, 各測定後にマイコンを低消費電力状態に移行させ, 5 分後に自動で再起動して次の測定を行った. この結果, アクティブモードに比べて消費電力を大幅に低減できることが確認されたが, 測定値自体には顕著な差は認められなかった. 表 1 に, 各電力管理モードにおける消費電力の比較を示す. アクティブモードでは約 124 mW の電流を常時消費していたのに対し, モデムスリープでは待機時の電流が約 107 mW まで低下した. さらにディープスリープでは, 待機時に 2 mW 未満まで抑えることが可能であった.

表 1: 各モードにおける平均電力値の比較

電力管理モード	待機時	動作時	平均
アクティブ	124 mW	300 mW	127 mW
モデムスリープ	107 mW	300 mW	110 mW
ディープスリープ	1 mW	300 mW	6 mW

このように, 現在研究室で使用中のデバイスではバッテリー容量 360 mAh で 12 時間駆動させるための条件を達成できず, ESP32C6 のモデムスリープやディープスリープを活用することで, 目標としていた平均消費電力 111 mW 以下を達成し, 理論上は 360 mAh バッテリーでの 12 時間以上の駆動が可能となった.

5 まとめ

本研究では, ESP32C6 と SCD40 を用いた携帯型デバイスを試作し, 省電力化を目的として 3 つの電力管理モードの消費電力を比較した. CO₂ 濃度の結果にはモード間で大きな差はなかった一方, スリープ機能の活用により消費電力を大幅に削減できた. 特にディープスリープでは, 長時間駆動の実現可能性を確認した. 今後は小型化や温湿度測定追加, 通信方式の最適化を進め, ウェアラブル機器への応用を目指す.

参考文献

- [1] Abe, M. and Tanaka, K.: Design and Application of CO₂ Sensor Systems for Enhanced Indoor Air Quality Management, in *2024 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers, and Communications (ITC-CSCC 2024)*, pp. 1 – 6, Okinawa Institute of Science and Technology (2024).