

CO₂濃度マップ自動作成システムの開発

Development of system for the automatic generation of CO₂ concentration map

岡村 聖・村上健太郎・伊藤雅一・坂本 剛・岩瀬真寿美

OKAMURA Kiyoshi, MURAKAMI Kentaro ITO Masakazu, SAKAMOTO Go and IWASE Masumi

Abstract: In this study, we developed a system to generate CO₂ concentration map automatically, without any manual operations. The developed system is designed to automatically generate CO₂ concentration map by using both Google map and Microsoft Excel. We were able to verify the effectiveness of this system with data logger of CO₂ concentration measurement and GPS.

Keywords: CO₂ concentration, Google map, Microsoft Excel, automatic generation

1. はじめに

筆者らは2003年度から愛知県、三重県、岐阜県の小・中学校、高等学校等と連携し¹⁾²⁾³⁾、環境保全のような効果が表面化するまでに多くの時間を要する取組みに対して、短期間の体験でもその変化を実感し意欲的に取り組むことができる人材を育てるためのプログラム開発を念頭に、CO₂濃度測定を取り入れた体験学習プログラムの開発・改訂及び実践を行っている。

岡村ら(2015)では、高解像度の航空写真を用いたCO₂濃度マップを作成するための手順を示した。具体的には、教育機関で最も普及しているMicrosoft Excelを使って、任意の学校周辺の高解像度の航空写真を格子状に区切ったり、CO₂濃度の高低を色付けしたり、風向風速を記入したりする手順を示した。

格子状に区切った航空写真を使えば、児童生徒がCO₂濃度調査を行ったり、色鉛筆で色付けしたりするためのワークシートにもなる。Excelを使って航空写真上にCO₂濃度の高低を色付けしたり、風向風速を記入したりできれば、それらをプロジェクターや大型モニターに表示して授業で活用することができる。また、授業後に行う各種報告の機会に再利用可能である。CO₂濃度測定のみならず、学校周辺で調査を行って、それらをパソコンにより地図上に表示したいという教員の実務に対して役立ちがあったと考えている。

Excelを使ったCO₂濃度マップについては、格子状に区切った航空写真を作成するのに手間がかかるが、一度作成したものを繰り返し利用するのに適している。一方、短い体験学習の中で、下準備することなく、任意地点のCO₂濃度調査結果を直ちに航空写真上に色付けしたい場合もある。専用のGISソフトウェアを使えば可能であるが、あらゆる教育機関で利用できるわけではない。

そこで、本研究では、使用許諾契約を順守した上でインターネットを通して自由に利用可能な

Googleマップを使って、任意の調査地点のCO₂濃度を自動的に色付けする方法(CO₂濃度マップ自動作成システム)を開発する。また、その活用方法について検討する。

2. 方法

開発したCO₂濃度マップ自動作成システムの概要を図1に示す。システムは、1.CO₂濃度測定器、2.GPSロガー、3.ネット接続PCで構成される。

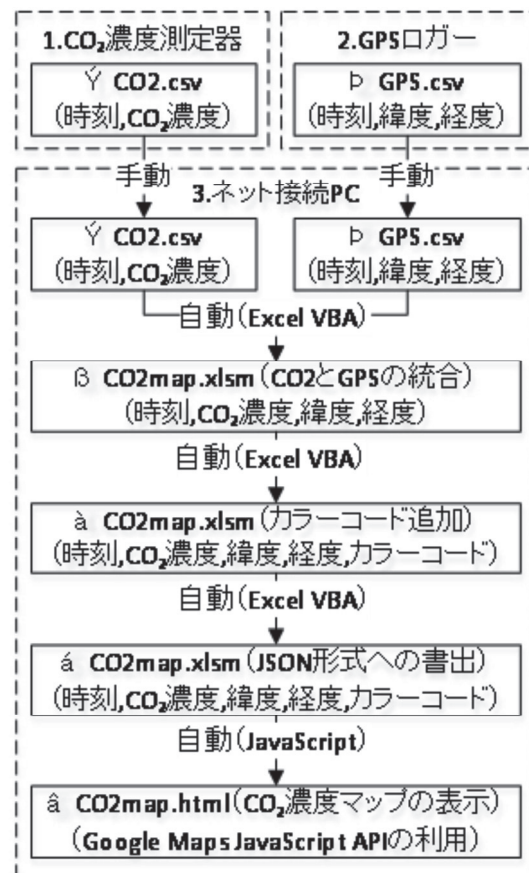


図1: CO₂濃度マップ自動作成システム

CO₂濃度マップ自動作成システム(図1の①～⑥)に関連する5つのファイルを図2に示す。

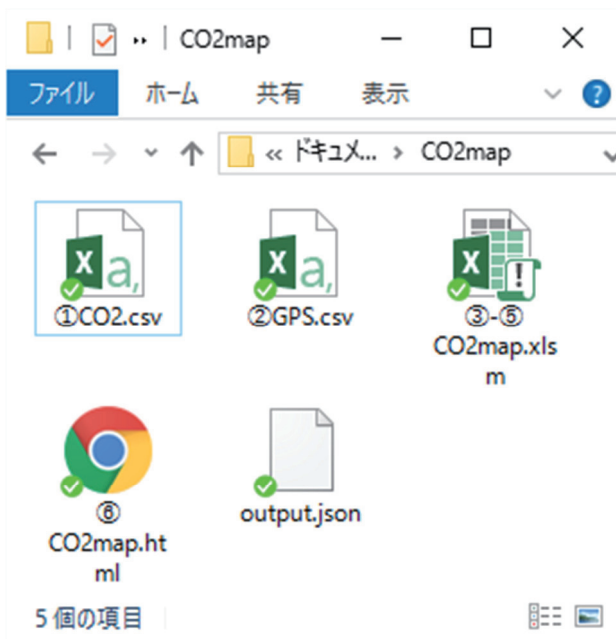


図2: CO₂濃度マップ自動作成システム(図1の①～⑥)に対応する5つのファイル

2.1. CO₂濃度測定器

CO₂濃度測定器に求められる仕様は、CO₂濃度及び時刻を測定器単体で記録できるロガー機能を持つことである。仕様を満たすCO₂濃度測定器として、ユードム製C2D-W02TR⁴⁾を使用した。特徴は、測定器単体でmicroSDカードに最短10秒毎にCO₂データや時刻等をCSV(Comma-Separated Values)ファイルとして記録できること、及び、USB接続のモバイルバッテリー2700mAhで2日間程度の連続記録ができること、である。Googleマップの徒歩ルート検索では、不動産の広告基準と同様、1分間に80m程度の移動速度とされている。この速度でCO₂濃度測定を行った場合、10秒毎にロギングしたデータでCO₂濃度の色付けを行うと、13m程度の間隔になる。



写真1左: ユードム製C2D-W02TR⁴⁾
右: アイ・オー・データ機器製GPSLOG⁵⁾

2.2. GPSロガー

GPSロガーに求められる仕様は、CO₂濃度測定器よりも短い間隔で記録できるロガー機能を持つことである。GPSロガーにはアイ・オー・データ機器製GPSLOG⁵⁾を使用した。特徴は、測定器単体で内蔵メモリに最短1秒毎に緯度経度や時刻等を記録し、PC

用の付属ソフトウェア⁶⁾を使ってCSVファイルとして取り出せること、及び、単3電池1本で10時間程度の連続記録ができること、である。GPSロガーを準備できない場合は、スマートフォンとGPSロガーアプリにより、代替することも可能である。

2.3. インターネット接続PCでの処理の流れ

2.3.1. CO₂濃度測定器からPCへのCSVファイルのコピー

CO₂濃度測定器のSDカードを取り外して、PCのSDカードスロット等に装着する。PC標準のファイル操作ソフトウェアを使って、手動でCSVファイルをPCのハードディスクにコピーする(図2の①CO2.csv)。図3にCO₂濃度測定器で記録されたCSVファイルの例を示す。時刻、CO₂濃度、温度、湿度、露点温度の並びで、10秒毎に記録されたものである。

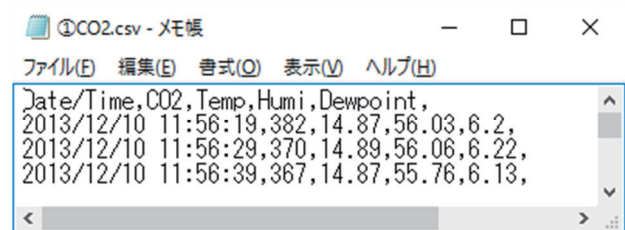


図3: CO₂濃度測定器で記録されたCSVファイルの例

2.3.2. GPSロガーからPCへのCSVファイルのコピー

GPSロガーをUSBケーブルA-miniBタイプで接続する。付属ソフトウェアを用いて、手動でCSVファイルをPCのハードディスクにコピーする(図2の②GPS.csv)。図4にGPSロガーで記録されたCSVファイルの例を示す。インデックス、トラックナンバー、協定世界時(日付)、協定世界時(時刻)、地方時(日付)、地方時(時刻)、緯度、北緯南緯、経度、東経西経、高度、速度の並びで、1秒毎に記録されたものである。

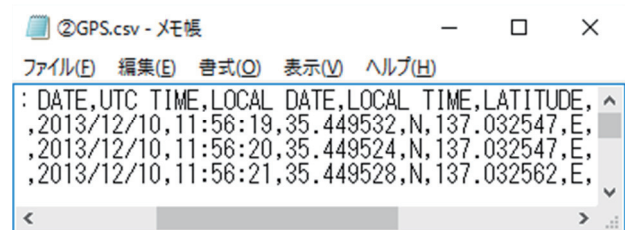


図4: GPSロガーで記録されたCSVファイルの例(地方時(日付)、地方時(時刻)、緯度、北緯南緯、経度、東経西経のデータを拡大表示)

2.3.3. CO₂とGPSのデータ統合

Excelを自動処理させるための機能であるVisual Basic for Applications(以下、Excel VBA)を利用して、CO₂濃度データとGPSデータを統合する。Excelシートへのデータ統合の例を図5に示す。CO₂濃度のCSVファイル(図2の①CO2.csv)とGPSロガー

の CSV ファイル (図 2 の②GPS.csv) を読み込み、CO₂濃度の CSV ファイルと一致する時刻の GPS データのみを抽出したうえで Excel シートの各列に、時刻、CO₂濃度、緯度、経度の並びで書き出すための Excel VBA コードを作成した。

	B	C	D	E	F
1	LOCAL TIME	CO2	LATITUDE	LONGITUDE	COLOR
2	11:56:19	382	35.449532	137.032547	
3	11:56:29	370	35.449543	137.032562	
4	11:56:39	367	35.449535	137.032669	

図 4 : Excel シートへのデータ統合の例

2.3.4. Excel シートへのカラーコードの追加

Google マップに CO₂濃度の高低の着色を行うためには、カラーコードを Excel シートに追加する。カラーコードは Google マップへの着色にそのまま利用できる HTML のカラーコードとして出力すると共に、利用者にはわかりやすいようにセルを着色する。Excel シートへのカラーコードの追加例を図 5 に示す。CO₂濃度の列を降順に並び替え、濃度が高い 1/5 のデータ群を赤 (#FF0000)、次いで濃度が高い 1/5 のデータ群を黄色 (#FFFF00)、同様に、緑 (#00FF00)、水色 (#00FFFF)、青 (#0000FF) に色分けを行うための Excel VBA コードを作成した。

	B	C	D	E	F
1	LOCAL TIME	CO2	LATITUDE	LONGITUDE	COLOR
2	11:56:19	382	35.449532	137.032547	#FFFFFF00
3	11:56:29	370	35.449543	137.032562	#0000FF
4	11:56:39	367	35.449535	137.032669	#0000FF

図 5 : Excel シートへのカラーコードの追加例

2.3.5. JSON 形式への書出

図 5 の様な表形式のデータ群は、Google マップでは、JSON(JavaScript Object Notation)形式で扱われる。JSON 形式の例を図 6 に示す。表形式の Excel シートのデータ群を JSON 形式に変換してファイル出力する (図 2 の output.json) ための Excel VBA コードを作成した。

```
citymap =
[41818.4974421296: {strokeColor: "#FFFFFF00",fillColor: "#FFFFFF00",center:[lat: 35.449532, lng: 137.032547],co2: 382},
41818.4975578704: {strokeColor: "#0000FF",fillColor: "#0000FF",center:[lat: 35.449543, lng: 137.032562],co2: 370},
41818.4976736111: {strokeColor: "#0000FF",fillColor: "#0000FF",center:[lat: 35.449535, lng: 137.032669],co2: 367}]
```

図 6 : JSON ファイルへの Excel シートの書出例

2.3.6. CO₂濃度マップの表示

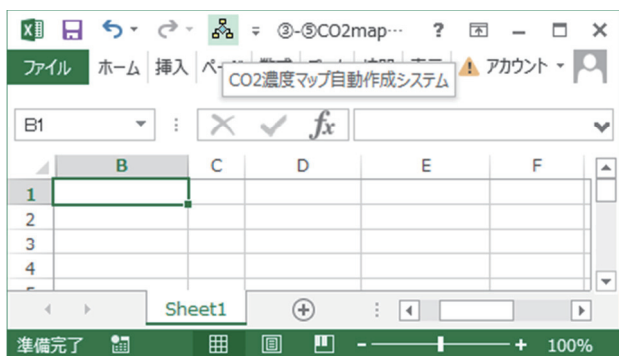
Google マップに CO₂濃度の高低の着色を行うためには、Google Maps JavaScript API を利用する。JavaScript は WEB ブラウザ上で動作するプログラミング言語である。CO₂濃度マップを表示させるための JavaScript の例を図 7 に示す。図 6 の様な JSON 形式データを読み込み、CO₂濃度測定を行った位置座標において赤・黄・緑・水色・青のいずれか 5 色に着色された円を Google マップ上に作成するための JavaScript コードを作成した (図 2 の⑥CO2map.html 内に記述)。

```
<script src="output.json"></script>
<script>
function initMap() {
  // Create the map.
  var map = new google.maps.Map(document.getElementById("map"), {
    zoom: 18,
    center: {lat: 35.450324, lng: 137.031115},
    mapTypeId: google.maps.MapTypeId.HYBRID
  });
  // Construct the circle for each value in citymap
  // Note: We scale the area of the circle based on (var city in citymap) {
  // Add the circle for this city to the map.
  var cityCircle = new google.maps.Circle({
    strokeColor: citymap[city].strokeColor,
    strokeOpacity: 0.8,
    strokeWeight: 2,
    fillColor: citymap[city].fillColor,
    fillOpacity: 0.35,
    map: map,
    center: citymap[city].center,
    radius: citymap[city].co2*1e-2
  });
}
</script>
```

図 7: CO₂濃度マップを表示させるための JavaScript コードの例

3. 結果

システム利用者は 2.3 の一連の処理を、図 8 の上部にある CO₂濃度マップ自動作成システムのアイコンをクリックすることで実行できる。エクセルファイルによる処理が終わった後に、図 2 の⑥CO2map.html を開くと、CO₂濃度マップが出力される。2013/12/10 に岐阜県立加茂農林高等学校で実施された CO₂濃度調査時のデータを使った出力例を図 9 に示す。

図 8 : CO₂ 濃度マップ自動作成システムの実行用アイコン図 9 : CO₂ 濃度マップ自動作成システムの出力図の例
(地図データ©2016ZENRIN 画像©2016,DigitalGlobe)

4. 考察

開発した CO₂ 濃度マップ自動作成システムでは、図 2 内の、③-⑤CO2map.xlsxm 及び⑥CO2map.html を USB メモリ等に保存して持ち歩けば、インターネットと Excel が利用可能な環境であれば、CO₂ 濃度測定器と GPS ロガーから PC へのデータコピーの時間も含めて 5 分程度あれば、図 9 のような CO₂ 濃度マップを作成できる。PC 教室が利用可能であればもちろん、ノート PC を持参してスマートフォン経由

でインターネットに接続してプロジェクター表示すれば、どこでも利用が可能である。この点で、授業で利用しやすいシステムを開発することができたと考えている。

本システムはプロトタイプであり、CO₂ 濃度に応じた色をつけるだけの簡素な作りである。濃度幅を示すカラースケールを加えたり、測定地点ごとに補足のテキスト情報を加えたり、カスタマイズの余地は大きい。

本システムに必要なファイルは図 2 に示す 5 つである。最終的に CO₂ 濃度マップを表示するために必要なファイルは、CO2map.html 及び output.json の 2 つである。システム利用者がファイルを修正して上書き保存するような機会は Excel ファイル (図 2 の③-⑤CO2map.xlsxm) 以外はない。継続調査等で複数の CO₂ 濃度マップを管理する場合は、一つの CO₂ 濃度マップ毎に 1 つのフォルダを作成する方法が、ファイルの混同等のケアレスミスが無いやり方と考えられる。

本研究では CO₂ 濃度測定器と GPS ロガーをそれぞれ 1 台使って 1 枚の CO₂ 濃度マップを作成する例を示した。複数の CO₂ 濃度測定器と GPS ロガーを使って、1 枚の CO₂ 濃度マップを作成することに応用可能である。具体的には、図 1 の流れの中で、①から④のステップを測定器の使用者が担当し、それぞれエクセルシートを作成する。その後、代表者が手動で 1 枚のエクセルシートにそれぞれのエクセルシートの内容を追記していき、複数台の CO₂ 濃度データを含む 1 枚のエクセルシートを作成する。⑤以降の処理では、1 台の場合と違いはない。測定地点が多い CO₂ 濃度マップへの適用も容易である。

なお、これまでの CO₂ 濃度マップでは、CO₂ 濃度マップの領域外の状況を考慮した考察が難しかった。本システムによる CO₂ 濃度マップは、拡大縮小や移動が自由な Google マップを用いているため、調査地点からは離れた航空写真の情報を簡単に参照できる。例えば、調査地点の風上側を詳細に検討する等、より深い CO₂ 濃度マップの考察が可能になると考えている。

5. おわりに

本研究では、使用許諾契約を順守した上でインターネットを通して自由に利用可能な Google マップを使って、任意の調査地点の CO₂ 濃度を自動的に色付けする方法 (CO₂ 濃度マップ自動作成システム) を開発した。また、その活用方法について考察を行った。今後、研究授業での活用報告を行いたい。

補注

- 1) 筆者らは、2003 年度より、大学と小・中学校、高等学校との連携による研究授業の実践を通じて、CO₂濃度測定を取り入れた参加体験型の環境教育プログラムの開発研究に取り組んでいる（例えば、岡村ら、2015）。2015 年度は、共同研究校・機関の協力を得て、表 1 の通り活動した。
- 2) 2005 年度より研究連携校等をステーションとした CO₂濃度の常時測定ネットワークシステムを構築している。本年度のステーションの構成は表 2 の通りである。
- 3) 「CO₂濃度常時測定ネットワークシステム」
< <http://CO2.nagoya-su.ac.jp/CO2/top.asp> >
(2016/03/29 アクセス)
CO₂濃度のリアルタイム変化、日変化、月変化、年変化を WEB 公開中である。公開からの閲覧数は 26,000 アクセスを超えている。
- 4) 「ユーダム社製 CO₂濃度測定器 C2D-W02TR」
<http://www.udom.co.jp/products/co2/c2d-w02tr.htm>
- 5) 「アイ・オー・データ機器製 GPSLOG」
<http://www.iodata.jp/product/tsushin/gps/gpslog/>
- 6) I-O DATA 旅レコプレーヤー v1.12

参考文献

岡村 聖・村上健太郎・伊藤雅一・坂本剛・岩瀬真寿美 (2015) 「高解像度の航空写真を用いた CO₂濃度マップの作成プロセス」『環境経営研究所年報』第 14 号 pp.34-43.

表 2：CO₂濃度常時測定ネットワークシステムに参加している学校、企業等（2015 年度）

分類	設置場所
高校	三重県立久居農林高校
	愛知県立稲沢高校
	岐阜県立岐阜農林高校
	私立菊華高校
	名古屋市立若宮商業高校
大学	名古屋産業大学
	台湾育達科技大學
企業	ユー・ドム(水戸市)
	ユー・ドム(東京都新宿区)
行政	台湾政府苗栗県環境保護局

表 1：CO₂濃度測定を取り入れた環境教育の実践（2015 年度）

分類	実施対象	科目等	実施時期	時間数	備考
大学	台湾育達科技大學・台湾体育運動大学	交換留学生授業（5 名）	7/9～7/24	17 時間	
高校	岐阜県立加茂農林高校	のうりん講座企画協力（3 年生・2 名）	6/13	2 時間	この授業の内容を踏まえて、「のうりん講座」で高校生が中学生を指導した
		課題研究（3 年生・10 名）	8/17～12/18	9 時間	
	岐阜県立岐阜農林高校	課題研究（3 年生・8 名）	7/24～3/26	5 時間	文部科学省スーパーサイエンスハイスクール事業として実施した名古屋産業大学主催高大連携フォーラム発表の企画及び実施協力を行った
	台湾大同高校	特別授業（1～2 年生、5 名）	9/2～10/3	8 時間	三重県教育委員会・第 15 回地域が応援するキャリアアップセミナー発表の企画及び実施協力を行った
	三重県の中・高校生	第 15 回地域が応援するキャリアアップセミナー（79 名）	10/3	2 時間	「CO ₂ 濃度調査コース」を担当した
	愛知県立緑丘商業高校	総合学習（3 年生・11 名）	11/13～11/27	4 時間	
小学校	瀬戸市立東明小学校	理科（5 年生 15 名、6 年生・15 名）	7/14	1 時間	コンソーシアムせと事業として実施
	瀬戸市立下品野小学校	理科（6 年生・67 名）	1/20～1/23	4 時間	コンソーシアムせと事業として実施
一般	台湾苗栗県の小・中学校、高校の教員	環境教育国際フォーラム（88 名）	10/23	4 時間	平成 26 年 3 月～平成 27 年 3 月まで台湾の小中学校・高校において、台湾政府事業として実施した「CO ₂ 濃度調査を取り入れた環境学習」の成果報告を行った