

地球温暖化防止のための環境教育に関する研究 (6) ～CO₂濃度常時測定ネットワークシステムの運用法～

A Study on the Environmental Education for Solving the Global Warming Problem (6) ～Operation methods for the network system of regular density measurement of CO₂～

岡村 聖・伊藤雅一・坂本 剛・生澤繁樹
OKAMURA Kiyoshi, ITO Masakazu, SAKAMOTO Go, IZAWA Shigeki

Abstract: We showed operation methods for the network system of regular density measurement of CO₂ using two kinds of free software that one could remote-control a client of the network system securely and another one could automate the measurement software requiring handwork. The operation methods reduced delivery failure of the network system dramatically.

Keywords: Global warming solution, Environmental education method, Scientific understanding

1. はじめに

筆者らは2003年度から三重県及び愛知県の小・中学校、高等学校等と連携し、CO₂濃度測定を中心とした体験学習を進めてきた。本年度は、更に岐阜県の中学校と連携を進めた。これらの体験学習のCO₂濃度測定結果を科学的に解釈する上で必要なCO₂濃度常時測定のネットワークを次年度は岐阜県にも広げる予定である。CO₂濃度常時測定ネットワークシステムは2006年度から稼働中であるが、各測定部のCO₂濃度配信を安定的に続けるには人の手による不定期なメンテナンス作業が必要で、特に遠隔地の測定点の管理に難があった。

本報では、CO₂濃度常時測定ネットワークシステムの安定運用と人的負担低減の方法を示す。

2. CO₂濃度測定を取り入れた環境教育の実践 (2009年度)

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、2009)。2009年度は、共同研究校の協力を得て、2008年度に使用したテキストの改訂を行い、それをもとに表1にある愛知県・岐阜県における小・中学校、高等学校で研究授業を行った。

また、津市主催「第4回 つ・環境フェア」に出展参加し、一般の方々への研究授業の紹介の機会を得た(表1)。つ・環境フェアは、環境に対する津市民の自主的、主体的取組みを広げる試みとして津市が開催している行事で、本年は77団体が参加した。筆者らは、愛知県・三重県下の小・中・高等学校で実施している連携授業をパネル紹介すると共に、来場者にCO₂濃度測定実験(目に見えないCO₂の状況把握)、発電実験(CO₂が排出される仕組み)、ドライアイス実験(CO₂の性質の理解)をそれぞれ体験

頂いた。

なお、昨年度に引き続き、CO₂濃度の常時測定を、中学校3校、小学校6校、大学1校、企業3箇所、地球温暖化対策地域協議会1箇所の計14箇所で継続実施した(表2)。CO₂濃度のリアルタイム変化、日変化、月変化、年変化をWEB公開することで、蓄積・変化する環境教材を、測定実施校のみならず一般のWEB閲覧者に対しても提供した。公開からの閲覧数は16000アクセスを超えている¹⁾。

3. CO₂濃度常時測定ネットワークシステム

3.1. システム概要

CO₂濃度常時測定ネットワークシステムの概略図を図1に示す。このシステムは、各測定点(図1では測定PC1及び2)にてデータ測定・保存を行いWEB公開部にデータ送信を行うサブシステムと、各測定点から送信されるデータを受信しWEB公開を行うサブシステム(図1ではWEBサーバー)で構成される。インターネット利用者は常時CO₂濃度データを閲覧することが出来る。2006年度(3測定点)から現在(14測定点)に至るまで、停電等による一時的な中断を除いて、稼働を続けている。

近年WEBページにより様々な情報が発信されるが、情報の更新には通常WEBページ管理者の手作業が伴うため、最新の情報を更新する仕組みが確立されていない場合、更新が煩雑になる可能性がある。本システムはWEBページ更新をPCのソフトウェアが行うため、1分毎という高い頻度の更新を実現している。

3.2. 各測定部におけるサブシステム

3.2.1. ソフトウェア

測定用PCでは、3種類のソフトウェアがフォアグラウンドで実行される(表3)。一つ目はCO₂濃度・温度・湿度・気圧・時刻のデータを3秒毎1日分の

表1 CO₂濃度測定を取り入れた環境教育の実践

分類	実施場所	科目等	実施状況	時間数	備考
高校	名古屋市立若宮商業高等学校	環境経済	2009/11/5~12/17	6時間	独立行政法人 科学技術振興機構 SPP 事業として実施
中学校	尾張旭市立旭中学校	総合的な学習の時間	2009/6/25~10/31	14時間	
	大垣市立上石津中学校	総合的な学習の時間	2009/10/21	2時間	
	大垣市立西部中学校	総合的な学習の時間	2009/11/24	2時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施
小学校	尾張旭市立旭小学校	理科	2009/11/12~18	6時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施
	瀬戸市立東山小学校	理科	2009/12/17	2時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施
一般	旭台第2公園 (尾張旭市)	環境研修	2009/7/23	2時間	気球による CO ₂ 濃度測定実験 中日新聞掲載 ²⁾
	みのかも文化の森 (美濃加茂市)	第2回岐阜県地球温暖化防止活動推進員等研修会	2009/9/8~9	12時間	地球温暖化防止活動推進員を対象とした研修 (座学、CO ₂ 濃度測定実験)
	津競艇場	第4回つ・環境フェア (津市主催)	2009/12/6	5時間	小・中学校、高校との連携授業内容のパネル紹介 CO ₂ 濃度測定等来場者体験実験の実施
	ソフトピアジャパン (大垣市)	岐阜県主催エコドライブ講習会	2009/12/7	2時間	文部科学省 GP プロジェクトとして実施
	大垣城ホール	第10回環境市民フェスティバル (大垣市環境市民会議主催)	2010/3/13	6時間	小・中学校、高校との連携授業内容のパネル紹介 CO ₂ 濃度測定等来場者体験実験の実施 中日新聞掲載 ³⁾

csv ファイルとしてこの PC に保存するためのもので、常時実行される。また、測定状況を PC ディスプレイで確認できるように、速報値及び時刻変化グラフが更新表示される。二つ目は先の五種類の測定データの速報値を 1 分毎に WEB 表示させるために FTP (File Transfer Protocol) によりサーバーにアップロードするためのもので、常時実行される。三つ目は先の 3 秒毎 1 日分の csv ファイル (2MB 程度) を WEB 公開するためにサーバーにアップロードするためのもので、1 日に一度任意の時間帯に実行される。実行時間はネットワーク回線速度によるが 1 分程度である。

3.2.2. ハードウェア

CO₂濃度常時測定システムの各測定部においては、24 時間 365 日、CO₂濃度測定器を制御し、サーバー

にデータを送信するための PC が必要である。PC 上では、常時フォアグラウンドで実行されるソフトウェアがあり、ユーザーがこの PC を日常利用した場合、このソフトウェアを予期せず停止させてしまう等のトラブルが発生する可能性がある。このため測定用 PC は通常無人で使用される。また、表 4 に示す通り、測定を制御するために必要な PC の要件は高くない。従って、筆者らが設置した 11 測定点については、廃棄予定 PC を再利用したのを使っている。

3.3. WEB 公開部におけるサブシステム

3.3.1. ソフトウェア

CO₂濃度・温度・湿度・気圧・時刻のデータを各測定点から受信し WEB 公開するためのソフトウェアが、オペレーティングシステムである Windows Server

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¹⁾

分類	設置場所	分類	設置場所
小学校	津市立大里小学校	中学校	尾張旭市立旭中学校
	津市立明小学校		津市立橋北中学校
	津市立片田小学校		津市立美杉中学校
	津市立辰水小学校		ユー・ドム (水戸)
	津市立大三小学校		ユー・ドム (東京)
	津市立養正小学校	企業	オーガニック・ランド (福岡市)
自治会	尾張旭市地球温暖化対策地域協議会	大学	名古屋産業大学

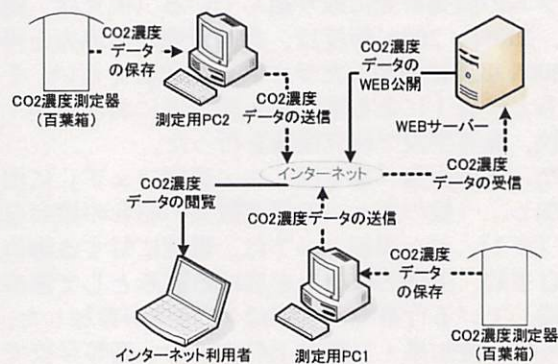
図1 CO₂濃度常時測定ネットワークシステムの概略図

表3 CO₂濃度常時測定ネットワークシステムにおけるソフトウェア

	ソフトウェア
各測定部のサブシステム	測定データ (3秒毎) のPCへのリアルタイム保存 (フォアグラウンド)
	測定データ (速報値) のサーバーへの一分毎アップロード (フォアグラウンド)
	測定データ (3秒毎1日分) のサーバーへの1日毎アップロード (フォアグラウンド)
WEB公開部のサブシステム	各測定データ (速報値) の一分毎の受信 (バックグラウンド、OS標準機能)
	WEBページの公開 (バックグラウンド、OS標準機能)
	CO ₂ 濃度時間変化グラフ (最短間隔1時間) の作成と各測定データ (3秒毎1日分) の圧縮 (フォアグラウンド)

(筆者らの環境では WindowsServer2003) に付属する FTP サーバー機能および WEB サーバー機能によってバックグラウンドで実行される (表3)。概要で述べた通り、一般的には WEB サーバー機能のみを使って手作業により WEB ページを更新していくケースが多いが、CO₂濃度常時測定ネットワークシステムでは FTP 機能を併用し各測定値点から送られてくるデータを1分毎に更新表示する (参照データが一分毎に上書き更新される) 点に特徴がある。また、1時間毎の24時間履歴、1日毎の1ヶ月履歴、1ヶ月毎の1年履歴の CO₂濃度時間変化グラフを作成すると共に、容量を節約するために、同年1ヶ月以前については月単位 (1測定点 10MB程度) に、前年以前については年単位 (1測定点 40MB程度) に、データを LZH 形式で圧縮するためのソフトウェアが、当該更新時刻にフォアグラウンドで実行される。

CO₂濃度は、気象、季節、土地利用等の影響を受けダイナミックに変化する。これらの影響を“見える化”させることになる CO₂濃度のグラフ表示には多くの WEB 閲覧者の関心が集まる。実際、夏休みの時期には小学生の自由研究として使いたい等の問い合わせが寄せられる。

3.3.2. ハードウェア

WEB 公開部にかかる負荷としては、前述のソフトウェアを実行させるためのものであり、表5の通り必要なPCの要件は高くない。筆者らは各測定部と同様に、廃棄予定PCを再利用したのを使っている。

表4 CO₂濃度測定に必要なPCの要件

オペレーティングシステム	Microsoft Windows (Windows 2000 以降が望ましい)
インターフェース	RS232C ポート1基
ネットワーク	常時接続環境 (パケット定額によるデータ通信環境でも可能)
メモリ	256 MB 以上の RAM
データ容量	1年間で 700MB 程度
ディスプレイ	VGA (640 × 480) 以上の解像度のモニタ (ただし、初期セットアップ時以外は不要、ディスプレイ無しでリモート接続によるメンテナンス作業が可能)

表5 サーバーに必要なPC要件

オペレーティングシステム	Microsoft WindowsServer (筆者らは WindowsServer2003 を使用)
インターフェース	必要なし
ネットワーク	常時接続環境
メモリ	256 MB 以上の RAM (筆者らは 512MB を使用)
データ容量	14 測定部を 1 年間保存した場合 560MB 程度 (筆者らはオペレーティングシステム用に 40GB、データ保存用に 250GB のハードディスクを使用)
ディスプレイ	VGA (640 × 480) 以上の解像度のモニタ (ただし、初期セットアップ時以外は不要、ディスプレイ無しのリモート接続によるメンテナンス作業が可能、筆者らはディスプレイを撤去)

4. システム運用上の問題と対策

4.1. 仕様上と運用上の違い

CO₂濃度常時測定ネットワークシステムは、停電やネットワーク停止のような設備的な中断要因がない限り、継続稼働する仕様となっている。また、各測定部あるいは WEB 公開部のサブシステムのいずれかが中断した場合でも、当該サブシステムが復帰すれば他のサブシステムを再起動することなく、全システムが正常化する。従って、仕様上では、設備的な中断要因がない限り、CO₂濃度常時測定ネットワークシステムはメンテナンスフリーシステムである。ところが、現実の運用上では不定期に想定外のシステム中断があり、安定的なシステム稼働を継続することが難しかった。

4.2. 各測定部におけるサブシステム運用上の問題

CO₂濃度常時測定ネットワークシステムの各測定部は遠隔地にある。これらを運用する上で起こった問題は3つに大別される。一つ目はソフトウェアに関するもの、二つ目は各測定部の担当者に依存するもの、三つ目は設備的なものである。

ソフトウェアトラブルとしては、各測定部の不定期なフォアグラウンドソフトウェア (表3) の停止があった。これは単純なバグによるものではなく、インターネット経由で測定データの送信を続けるうちに原因不明で不定期に発生するもので、測定部サブシステムの再起動により正常化する⁴⁾。一般的なネットワークシステムでも、定期的なシステムの再起動によりトラブルを未然に防ぐのでおかしなことではないが、本システムは各サブシステムを専用線ではなく一般のインターネットを使っていることもあり、その不安定さから高頻度に再起動が必要になる場合がある。

各測定部の担当者に依存するものとしては、測定部サブシステムを起動するためには複数ステップの GUI (グラフィカルユーザーインターフェイス) 操作が必要で負担が大きいこと、通常業務と関連性の低い担当者があること、特に学校では単年度で担当変更になる場合が多いこと、日常的に行う作

業がないため熟練しないこと、等があった。特に不定期に高頻度でサブシステムを再起動しなければならない場合に担当者にかかる負担が大きい点が問題である。

設備的なトラブルとしては、PC 電源の切断、停電、ネットワーク環境の変更によるものがあった。特に学校では、夏期や春期休業期間中の施設更新の際に発生する可能性が高かったが、頻度が高いものではないため、大きな問題ではなかった。

4.3. WEB 公開部におけるサブシステムの運用上の問題

各測定部と同様、不定期なフォアグラウンドソフトウェア (表 3) の停止が大きな問題であった。各測定部にトラブルが起こる場合は当該測定部のみデータ配信が止まるが、WEB 公開部にトラブルが起こるとシステム全体のデータ配信が止まる点で影響度が大きい。

また、各測定部のトラブルの有無を管理者が WEB ページの閲覧により判断していたため、その発見が遅れる場合があった。

4.4. システム運用上の対策

システム運用上重要度の高い課題は、ソフトウェアの安定稼働と人的な負担軽減である。これらの二つを同時にフォローするために、PC 操作の自動化ソフトウェアとリモート接続ソフトウェアを活用した (共にフリーソフト)。

PC 操作の自動化ソフトウェアは、UWSC⁵⁾を使用した。特徴としては、マウスやキーボード操作をスク립ト形式で記録、再生できる点にある。先に述べたとおり、CO₂ 濃度常時測定ネットワークシステムにおけるソフトウェアは GUI で作成されている。直感的にわかりやすく操作できるので PC 操作に不慣れたユーザーにも扱いやすい反面、安定性を向上させるためにタスクスケジューラーで定期的にソフトウェアを再起動してもマウスやキーボード操作を行わないとシステムが稼働しないため人的な負担が大きい。このマウスやキーボード操作を UWSC による実行に代えることによって、1 日分の測定データをアップロードする前に、システムを再起動する仕組みを人的負担無しに実現した。また、各測定部から送信されるデータを UWSC により自動確認させることで、トラブル発生時の再起動と管理者へのメール連絡を自動化した。

UWSC によるマウスやキーボード操作の自動化により、CO₂ 濃度常時測定ネットワークシステムは人的負担の無いほぼメンテナンスフリーな状態になるが、各測定部の PC を直接操作しなければならないケースも残る。例えば、インターネットに接続された PC は通常自動時刻合わせ機能を利用できるが、セキュリティ設定の関係でこれを利用できないケースが多い。PC の時刻はどうしても標準時よりずれてしまう

ので、この場合手動による時刻合わせが必要である。リモート接続ソフトウェア^{6,7)}を使えば、人的な負担をかけずに、各測定部の PC を遠隔操作可能である。オペレーティングシステム標準のリモート機能もあるが、ネットワーク管理者に設定変更の許可を受けなければならないなど、利用者だけの判断で使用できるものではない。しかしながら、TeamViewer や Logmein を使えば、WEB 閲覧が可能な PC であれば特別な設定変更なしにセキュアに遠隔操作できる。TeamViewer は独自クライアント上で、Logmein は WEB ブラウザ上で、測定部の PC を操作できる。TeamViewer には独自クライアントソフトウェア形式のため PC 上で使用されるメモリが少なく遠隔操作時のレスポンスが若干良い点に、Logmein には WEB ブラウザ上で起動するソフトウェアのため独自クライアントをインストールする必要が無く、サーバー OS への接続もできる点にそれぞれメリットがある。TeamViewer は 27MB 程度、Logmein は 60MB 程度その実行にメモリを使用するため、OS 稼働も含めて PC 全体のメモリ使用量は 180MB 程度になる。256MB とかなり控えめなメモリを搭載した PC でもこの程度であれば両者による接続ができるように同時稼働しても問題はない。

5. おわりに

本報では CO₂ 濃度常時測定ネットワークシステムの安定運用と人的負担低減の方法を示した。今後は、演習林の CO₂ 濃度測定を主とした高大連携授業プログラムに関する知見を報告する予定である。

補注

- 1) 「CO₂ 濃度常時測定ネットワークシステム」
<<http://211.125.168.199/CO2/top.asp>>
(2010/03/29 アクセス)
- 2) 『中日新聞 なごや東版』2009 年 7 月 24 日朝刊
「気球実験で環境学ぶ」
- 3) 『中日新聞 西濃版』2010 年 3 月 14 日朝刊「二酸化炭素測定実験の写真記事」
- 4) WEB 公開部と測定部が学内 LAN で結ばれている名古屋産業大学では、システムを再起動することなく継続稼働している
- 5) 「UWSC」<<http://www.uwsc.info/>>
(2010/03/29 アクセス)
- 6) 「TeamViewer」<<http://www.teamviewer.com/>>
(2010/03/29 アクセス)
- 7) 「Logmein」<<http://logmein.biglobe.ne.jp/>>
(2010/03/29 アクセス)

参考文献

岡村聖、伊藤雅一、坂本 剛 (2009) 「地球温暖化防止のための環境教育に関する研究 (5) ～簡略化温室効果モデルの活用～」『環境経営研究所年報』第 8 号 pp.64-67.