

# I-10 生活環境圏を対象としたCO<sub>2</sub>濃度測定システムデータ利用による変動分析

## Analysis of CO<sub>2</sub> density using CO<sub>2</sub> density measurement system on Living Environment sphere

宮部紀之<sup>1</sup>・桑原祐史<sup>2</sup>・齋藤修<sup>3</sup>・安原一哉<sup>4</sup>・小柳武和<sup>5</sup>

Noriyuki Miyabe, Yuji Kuwahara, Osamu Saito, Kazuya Yasuhara, Takekazu Koyanagi

**抄録:** 地球観測規模で行われるCO<sub>2</sub>濃度観測は通常その地域における平均的な濃度の傾向を捕らえるために生活環境圏から離れた場所で行われる。このため、人間生活などによって時々刻々と局所的に変化するCO<sub>2</sub>の変動を把握するものではない。本研究では生活環境圏を対象としたCO<sub>2</sub>濃度について、定点観測と移動観測という2種類の観測システムによって得られたデータから確認される現象について考察を行った。時間帯による変化、季節による変化の分析によって茨城大学工学部周辺では植物の影響と見られる昼間の時間帯における濃度の低下を確認することができたが、1日の平均濃度を1年分分析してみたところ夏に濃度が高くなる結果となり、地球規模観測では捕らえられていない何らかの要因が関与している可能性が示唆された。

**Abstract:** In this research, it was analyzed that the data having been acquired by the CO<sub>2</sub> density measurement system setting at the living environment sphere. The carbon dioxide concentration in the earth scale is measured in a place left from the residence region. However, amount of carbon dioxide also has the changes by human activity. Therefore, we set a CO<sub>2</sub> observation system at the living environment sphere. In this study, we proposed that the work flow to unite data each observing equipment saves by each format. And, after procedure of the format conversion, it was compared that the change in concentrations of the average on the day, the monthly average, and the annual average Ibaraki University and surrounding. It has been understood that the CO<sub>2</sub> density lowers as a result of the examination in daytime by influence of the photosynthesis of vegetation.

**キーワード:** CO<sub>2</sub>濃度, 生活環境圏, 定点観測, 移動観測, 分析プロセス

**Keywords:** CO<sub>2</sub> density, living environment sphere, fixed-point observation, moving observation, analysis process

### 1. はじめに

CO<sub>2</sub>は18世紀末の産業革命以降の人口増加や産業発展の影響で地球上に急激な勢いで増加してきた温室効果ガスである。NO<sub>x</sub>やSO<sub>x</sub>等他の大気汚染物質に伴って排出されるケースが多い。NO<sub>x</sub>濃度と正の相関性を示すというデータも報告されており<sup>1)</sup>、1997年の京都議定書で日本を含む世界各国で明確な目標が設定されるなどその排出量の削減が重要な課題となっている。大気中のCO<sub>2</sub>の量を示す指標としてCO<sub>2</sub>濃度があり具体的な数値目標に用いられるが、その値も日本国内において地域によって明らかな格差や特性が生じていることが分かっている<sup>3), 4)</sup>。そのため、地域ごとの状態・特性を把握した上でその傾向に応じた対策を取ることが望まれるものの、都市・地域スケールにおいてデータ収集・分析を目的とした長期的・連続的な観測事例は十分とはいえない現状にある。

そこで本研究では比較的簡易に行うことが可能なCO<sub>2</sub>濃度観測システムを構築し、**図-1**に示すフローに従い定点観測と移動観測という2つのアプローチからCO<sub>2</sub>濃度の地域特性把握のための基礎データを蓄積する方法の検討を行ってきた<sup>5)</sup>。本論では、**図-1**において太枠で示した研究ステップに重点を置き、日立市と大学近辺を対象として、以下に示す2点を明らかにすることを目的としてシステム開発とシステム稼働実験・データ分析を実施した。

①取得したデータの長期間アーカイブとその利用を目的としたデータフォーマットの工夫とその分析プロセスを示す

②一つの事例として日立市のデータから読み取ることのできる地域のCO<sub>2</sub>環境分析を行い、システムの効用について検討する

1: 学生会員 茨城大学 大学院 理工学研究科 博士前期課程 都市システム工学専攻

(〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1, Tel : 0294-38-5261, E-mail : 08nm822a@hes.ibaraki.ac.jp)

2: 正会員 博士(工学) 茨城大学 工学部 都市システム工学科 3: 正会員 博士(工学) 茨城大学 地球変動適応科学研究機関

4: フェロー会員 工学博士 茨城大学 工学部 都市システム工学科 5: 正会員 工学博士 茨城大学 工学部 都市システム工学科

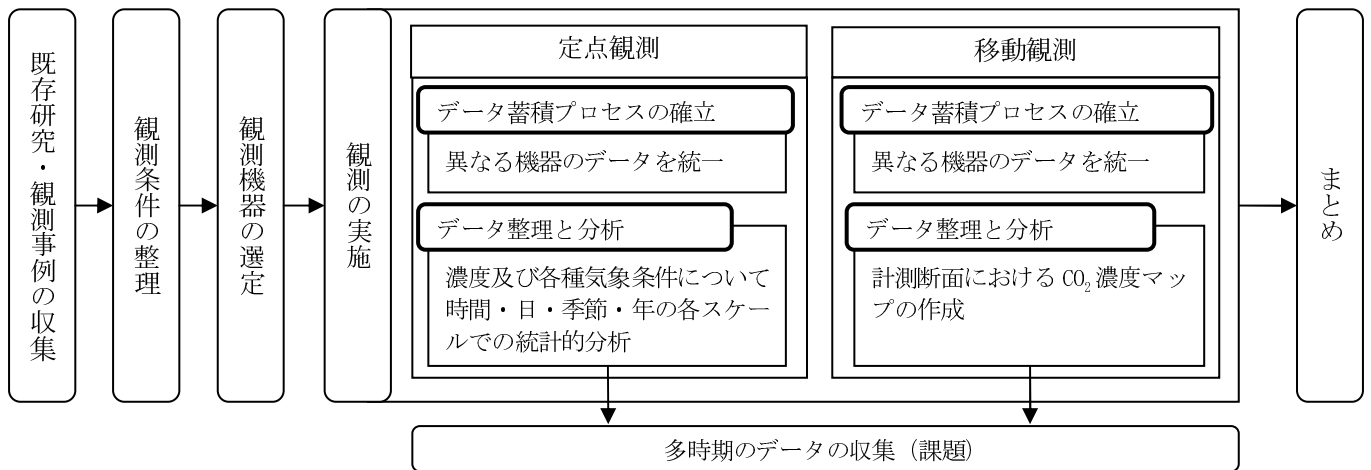


図-1 研究計画

## 2. 使用機材・ソフト

### (1) システムの構成概要

本研究で構築した CO<sub>2</sub> 濃度観測システムは①定点観測、②移動観測という2つの計測型に区分される。①定点観測型は CO<sub>2</sub> 濃度測定器、格納用百葉箱、風向風速計、データ蓄積用パソコン、データ分析ソフトウェアから構成される。ハードウェア構成については本論3章に記載する。②移動観測型は CO<sub>2</sub> 濃度測定器、ハンディタイプ GPS、データ蓄積用パソコン、データ分析ソフトウェアから構成される。ハードウェア構成については本論4章に記載する。

本章では計測データを解釈する上で参考とする計測条件を把握できるように、濃度測定器及び風向風速計の詳細を以下に整理した。

### (2) CO<sub>2</sub> 濃度測定器

本研究では屋外での連続的かつ長期的な CO<sub>2</sub> 濃度観測が不可欠となる。そのため、使用する CO<sub>2</sub> 濃度測定器は以下に挙げる要件を満たすことが望まれる。

- ①観測した長期的・連続的なデータを保存することができること
- ②本体が丈夫であり屋外での長期連続観測に耐えられること
- ③気温や湿度等の気象データを同時に観測できること
- ④小型で比較的安価であること
- ⑤バッテリーで稼働し携帯することができること

以上の点を勘案し、本研究では株式会社ユー・ドム製「CO<sub>2</sub> デテクタシリーズ」を使用した。図-2 は設置型測定器 (型式: C2D-E01) である。設置型 CO<sub>2</sub> 測定器は測定された値を専用の受信機でパソコンと接続することでデータを格納することが可能である。バッテリーによる稼働は不可能だが他の全ての条件を満たしており本研究では定点観測用センサとして使用した。



図-2 設置型濃度計



図-3 可搬型濃度計

表-1 赤外線センサ概要

測定項目	範囲	備考
二酸化炭素濃度	0~9,999ppm(※1)	測定精度: ±30ppm ±読み値5%
気温	-40~+120°C	測定器内の通過大気温度
湿度	0~99%RH	測定器内の通過大気湿度
大気圧	800~1,100hPa	外気圧(オプション)

(※1)但し、5,000~9,999ppmは拡張測定範囲となり、表記精度外となる

図-3 は同シリーズの可搬型測定器 (型式: C2D-H10) である。設置型測定器に比べデータ取得間隔は長くなるが、単三電池による稼働が可能であり大掛かりな機材を運び込めないような場所での観測や頻りに観測地点が移動する観測に適しているため本研究で移動観測に使用した。

両測定器は CO<sub>2</sub> 濃度センサに赤外線センサ(サンプルガスに赤外線を通させ、それによる赤外線減衰を読み取る仕組み)を用いている。測定精度は表-1 に示す通りである。データの取得間隔は設置型計測器で3秒、可搬型計測器で約5秒となる。

### (3) 風向・風速計

都市スケールの大気観測では、微小な CO<sub>2</sub> 排出源の分布や風向条件によって測定値が左右されるため、ローカルスケールの風の影響を考慮することが重要である<sup>6)</sup>。本観測で用いる風向風速計に求められる性能として以下に挙げるものが考えられた。

- ①観測した長期的なデータを保存することができること

- ②本体が丈夫であり屋外での長期連続観測に耐えうる  
こと
- ③小型であり設置に際し大規模な工事を必要としない  
こと

そこで、本研究ではこれらの条件を全て満たす有限会社ダイワシステム製「ワイヤレス（無線）風向、風速データ管理システム Model PWS-2010-15」を併設させ、同時にデータの収集を行った。風向・風速計測システムは図-4 に示すようなセンサ部と PC インターフェイスとで構成され、センサで測定されたデータは、パソコンに接続された PC インターフェイスにワイヤレスの方法でデータを送信することが可能である（本体とインターフェイス間の通信距離は直線無障害で約 40m だが、中継器（PWS-2010-12）を使用することで約 80m まで延長することが可能）。

表-2 は基本スペックをまとめたものである。風速は 1/10(m/s)、風向は 5° ) 単位まで計測され、5 分毎にデータが蓄積される。なお、この計測データは後に記載する移動計測のデータ分析の際にも利用する。

#### (4)ソフトウェア構成

各センサのデータを分析するにはそれぞれのデータを同一のファイルフォーマットにまとめて数値分析することのできるソフトウェアが必要不可欠である。本研究では最も一般的な表計算ソフトの一つである Microsoft 社の Microsoft Excel 2003 を利用して分析を行うこととした。

また、マッピングのために ESRI 社の ArcGIS 9. 2、ハンディ GPS データの取り込み用としてフリーの 3D 地図ナビゲーターソフトである KASHIMIR3D を使用した。

### 3. 定点観測

#### (1)観測手法

本研究における定点観測は、ある定められた 1 点において長期的な CO<sub>2</sub> 濃度観測を行い、経時変化を捉えることによって土地情報・気象情報との関連性を考察することを目的とした。そのため、

- ①全方位からの風を受けやすい
- ②人や車といった人工物による直接的影響を受けにくい
- ③付近(半径 20~30m 程度)に高層建築物がなくビル風等の影響を受けにくい
- ④ 測定データの回収が行いやすい

といった条件を満たす地点を考慮した結果、本研究の観測点は図-5 の矢印に示す茨城大学工学部都市システム工学科西棟屋上(3F)を選定した。屋外での観測を行うためには CO<sub>2</sub> 濃度計を百葉箱に入れた上で設置する必要がある。このため百葉箱には

- ①雨の振込み、浸水を防ぐ
- ②台風レベルの風に耐える耐久性を有する
- ③FAN が搭載されており箱内の空気の滞留をおこさない

といった性能が求められる。これらの条件を踏まえた上で作成した百葉箱を図-6 に示す。周囲は強風によって飛ばされることのないようブロックで支え、ブロック同士は結束バンドで連結させた。

観測されたデータは RS-232C ケーブルを通して図-7 に示す様な実験室内のパソコンに接続し、データを蓄積する。

#### (2)データフォーマットの変換プロセス

観測された CO<sub>2</sub> 濃度計のデータは 1 日毎に 1 つの csv 形式のファイルに、風向・風速計のデータは指定した期間について exp 形式のファイルで保存される。exp ファイルとは VisualC++ のプログラムによって作成されるエクスポートファイルであり、観測された風向風速データがセミコロン区切りで列挙されている。また、他に CO<sub>2</sub> 濃度に影響を与えると考えられる日照時間と降水量については本システムでは観測できない気象要素であるため、気象庁の観測データ<sup>9)</sup>を援

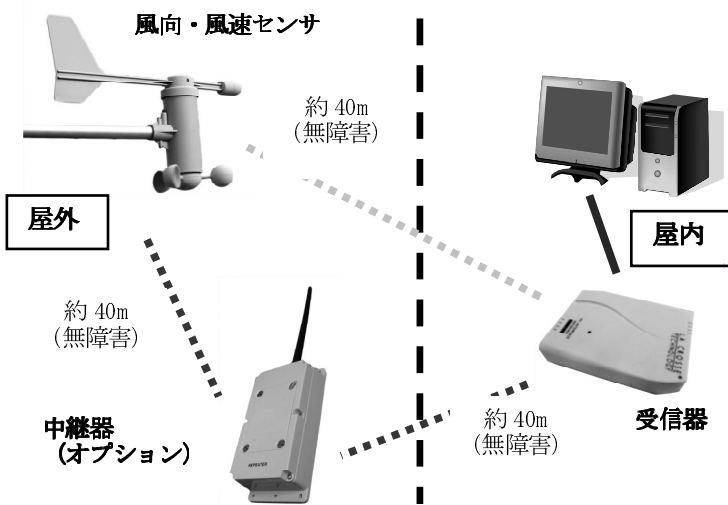


図-4 風向・風速計概要

表-2 風向・風速計概要

測定範囲	風向: 16方位(22.5°) 風速: 0~60m/s
分解度	風向: 数値5° 図形22.5° 風速: 0.1m/s
対応OS	Win NT(66MHzで32Mb以上) Win 95・98・2000・Me・Xpの場合は16Mb以上
プリンター	Win環境で動作
インターフェイス	32Kb
記憶容量	9600Ps(データ吸上げ時)
通信速度	9600Ps(データ吸上げ時)
インターフェイス	シリアル通信(RS232C)
送・受信距離	約40m(無障害)
無線方式	微弱電波
電源	風向、風速発信器(太陽電池) インターフェイス(アルカリ電池 単3×2)

用することを考えた。しかし、これらのデータはファイルフォーマットが不統一であり、かつ書式も様々でない。このため観測データは図-8に示すフローに基づき、データ取得時刻に注意した上でExcelによってデータの統合を行った。経年的に蓄積したデータの確認が簡易となるよう、統合されたデータは1日分毎に図-9に示すようなグラフシートにまとめた。それぞれのグラフの対応は表-3に示すものである。このグラフシートでは予めグラフで必要となるデータ参照範囲が指定されており、所定のセルに計測値を入力すると自動でグラフが作成できるよう関数設定を施している。

以上のフォーマット変換プロセスに基づき、現在継続してデータの蓄積・分析を行っている。以下、これまでの観測データに関する考察をまとめる。

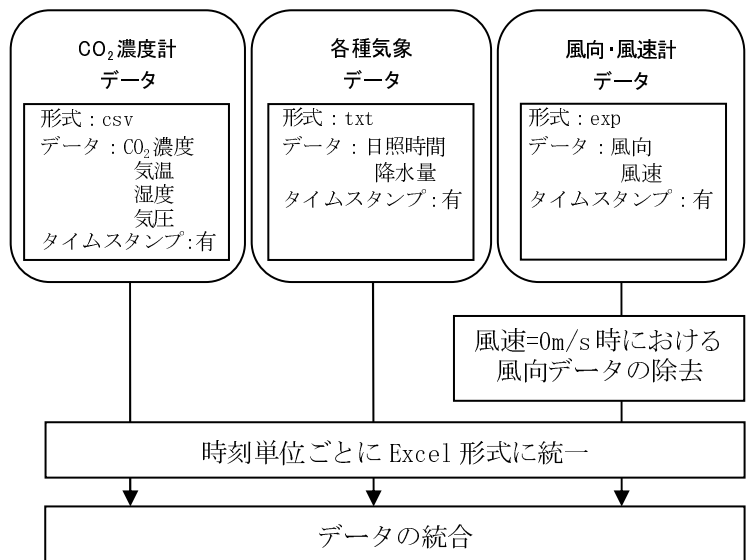


図-8 定点観測データフォーマット変換プロセス



図-5 観測地点

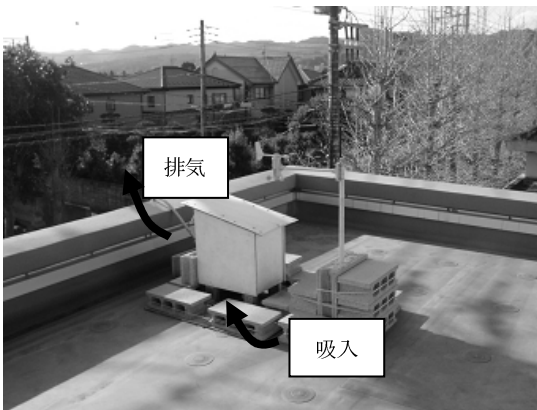


図-6 観測用百葉箱



図-7 データ蓄積用パソコン

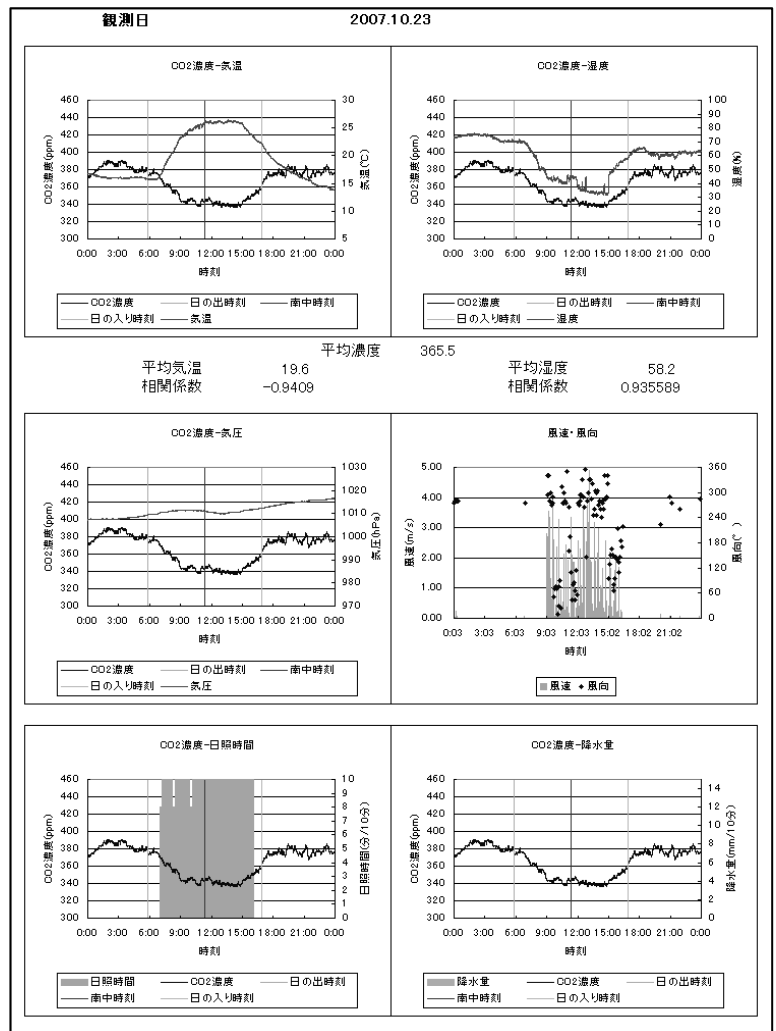


図-9 濃度観測データ(2007年10月23日)

表-3 グラフシートの対応

CO2濃度-気温	CO2濃度-湿度
CO2濃度-気圧	風向-風速
CO2濃度-日照時間	CO2濃度-降水量

**a) 人間活動による濃度変化**

人々の活動による濃度の変化を考察するため1日を通して人間活動に顕著な変化が出ると推察される平日と土日祝日のCO<sub>2</sub>濃度の傾向の分析を試みた。

CO<sub>2</sub>濃度は連続的な値でありその日の濃度値は前日の値に大きく関係すると考えられる。そこで、単に平日と土日祝日に分けて値を比べるのではなく、日平均濃度についてその前後3日間(計7日間)の平均濃度データの平均値との差をとった値を平日と土日祝日とで比較した。2008年1月1日から2008年12月31日のデータにおいて分析した結果を図-10に示す。

色が濃い茶になるほど7日間の中でその日の濃度が高く、青が濃くなるほど低い傾向にあることを示している。これを見ると平日が土日祝日より1日の平均濃度が高くなる日がいくらか多い傾向にあることが分かる。天候等によって濃度は変わるため、ばらつきを含むデータで

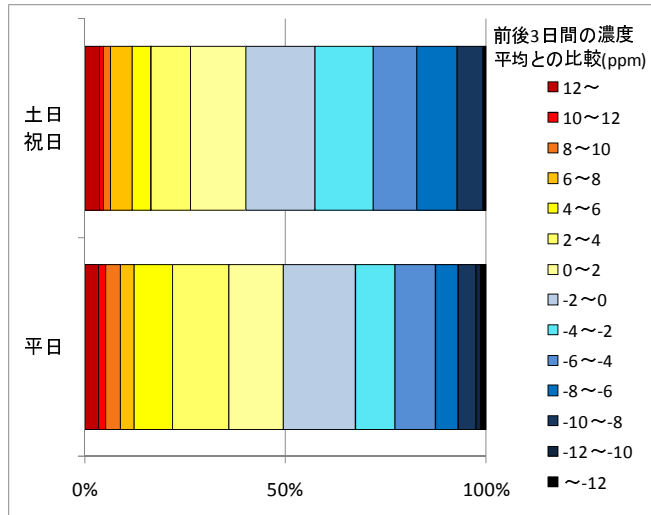


図-10 平日・休日のCO<sub>2</sub>濃度傾向の分布

はあるが、人間活動によるCO<sub>2</sub>排出パターンの可視化方法のひとつとして重要であると考えられる。

**b) 日間の濃度変化**

図-11は2007年10月23日のCO<sub>2</sub>濃度(時間変化)を表したグラフである。日の出と日の入りを境に、朝と夜で濃度が高く昼間に低くなっていることが分かる。この傾向は他の日の結果でも多く見ることができた。そこで2008年1月1日~2008年12月31日までの計366日分のCO<sub>2</sub>濃度データのグラフの形について目視判読によって図-12に示すi~viiまでのタイプに分類を行った結果、表-4に示すような結果となった。なお、ivについては今回分類を行ったデータの中には該当する日はなかった。表-4におけるiiiのようなタイプに分類された日が多く、この結果からCO<sub>2</sub>濃度が朝・夜に高く昼間に低くなる傾向があることが明らかになった。同時に、日照に関連した傾向であるため、植物による光合成・呼吸が原因の一つ

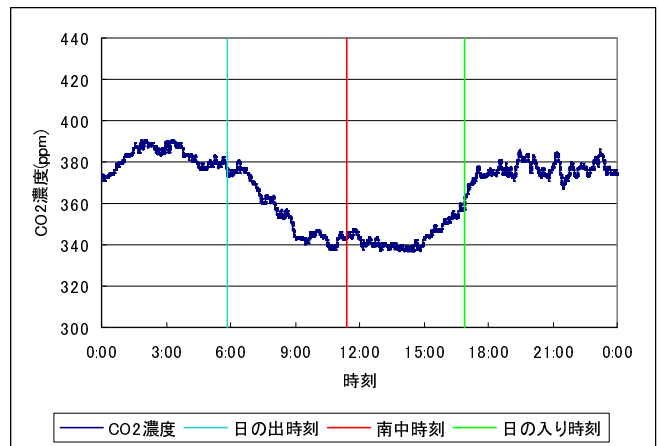


図-11 濃度観測データ(07年10月23日)

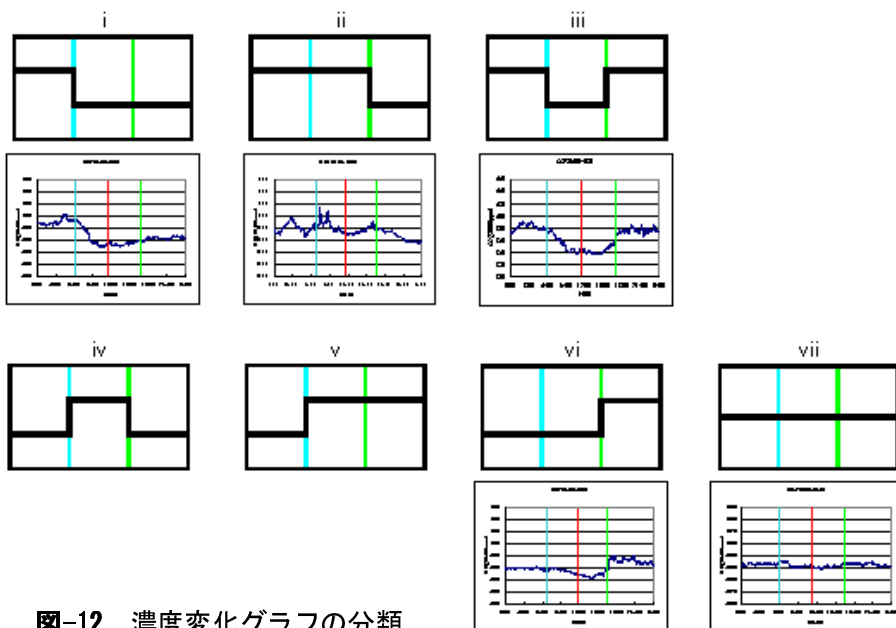


図-12 濃度変化グラフの分類

表-4 グラフの分類結果

グラフタイプ	日数
i	35
ii	4
iii	214
iv	0
v	1
vi	33
vii	63

ではないかと推測された。そこで具体的な日照時間のデータを組み合わせられた検討を行った。図-13は縦軸に表-4のデータ観測日に対する日照時間を示し、図-12で分類されるi~viiのパターンの濃度変化傾向を示す日がそれぞれの程度の割合で現れるかを示したものである。風や降雨によって多少のばらつきはあると思われるものの、日照時間が長いほどパターンiiiに分類される日が多いことが確認できた。加えて、パターンviiのように一日を通して濃度変化の少ない日は日照時間の少ない日に多く現れており、これは日照時間が長いと植物の光合成活動が活発になるという知見から推測される結果とも一致する。また、iやviのようなパターンを示す日は日照時間が朝や夕方時間帯に偏った日に表れやすいことが推察される。

### c) 季節間の濃度変化

一般的に光合成は夏になると特に活発になると考えられるため、時間スケールを広げ季節による傾向の違いの検討を行った。季節ごとの平均的なCO<sub>2</sub>濃度の時間変化グラフを作成するために、1時間毎に観測値の平均をとり、そのデータを表-5のようにして集めることでまず各月の各時間帯における平均的なCO<sub>2</sub>濃度の値を計算した。各季節の代表として2008年の1年分のデータについて1月(冬)、4月(春)、7月(夏)、10月(秋)のグラフを作成したものを図-14に示す。いずれの季節においても昼間に濃度が下がる傾向にあることが読み取れる。また、夏にかけてその差が大きくなっていることから、1日のうち濃度が朝・夜に高く、昼に低くなるという傾向は植物の光合成による影響である可能性が高いと考えられる。以上のことから、図-12の分類においてパターンiiiとなった日の多い日立市は周辺山地や都市部の植生による影響を受けていることが伺える。

### d) 通年の濃度変化

次に1日の平均CO<sub>2</sub>濃度について植物活動の影響の確認を行った。グローバルスケールで行われる観測においては、CO<sub>2</sub>濃度は夏に下がり冬に上がるという傾向がある。図-15は温室効果ガス世界資料センター(WDCGG)における観測データであるが、濃度のグラフがほぼ一定の周期で上下しているのもそのためである。図-16は1日の平均CO<sub>2</sub>濃度について、本研究によって観測された2008年1月1日から2008年12月31日までの1年間分の日平均CO<sub>2</sub>濃度のデータをグラフにしたものである。青い点が日毎の平均CO<sub>2</sub>濃度、赤い線が月の平均濃度、黄色ハッチングは月の標準偏差の範囲を表している。

時間平均の濃度変化では明らかに見受けられた植物活動の影響は日平均の濃度変化を対象とした際には確認することは難しく、他の要因が影響している可能性が示唆された。百葉箱は建物の屋上に設置されており、付近を通った人や車などの突発的な影響は極力受けないよう場

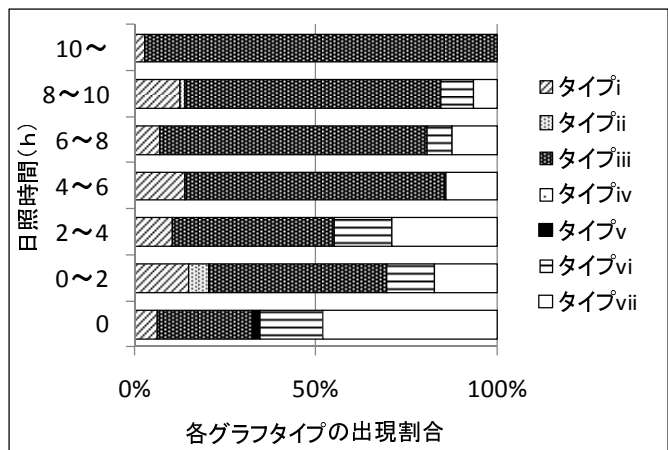


図-13 日照時間と濃度変化グラフの分類

表-5 各月の1時間平均濃度の計算例

2008年10月							
時刻\日付	1	2	3	4	29	30	平均
0	376.7	371.2	361.8	371.7	360.2	364.6	369.0
1	374.3	369.6	363.0	369.9	365.8	363.2	369.2
2	371.7	374.8	365.9	369.9	...	361.3	363.7
3	371.8	372.0	363.2	369.8	360.2	364.6	370.5
4	372.2	374.9	364.3	370.1	363.0	367.4	370.7
			.				
			.				
			.				
22	370.5	362.4	372.4	387.7	...	364.1	375.3
23	371.4	362.7	372.2	382.2	...	363.4	376.0

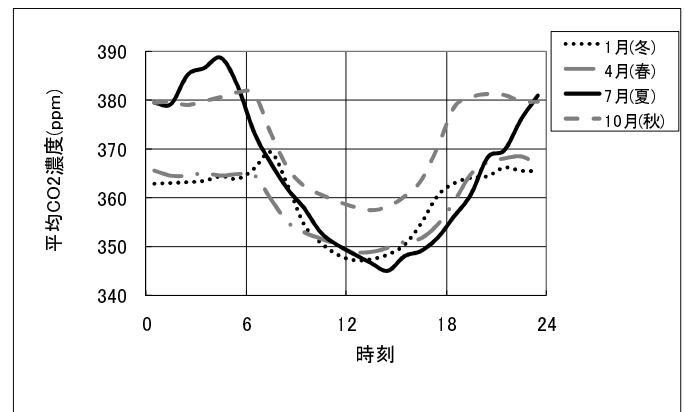


図-14 各季節における濃度変化グラフの平均化

所を選定しているため、瞬時的な人間活動の影響を受けるとは考えにくい。季節による風向や人間活動の違い、海水によるCO<sub>2</sub>吸収の影響、地形特性などが推測されるものの、現段階では明確な原因の解明には至っていない。

この点を解決するための展開として、現在、茨城県古河市および茨城県守谷市に百葉箱を設置している。設置に至る場所および設置方法(施工法を含む)の検討の結果、既存施設に手を加える等の頑強な施設の設置認可を得ることは現実的ではなかった。このため、安価であり、かつ数人で設置することのできる本システム構成が有利と判断した。提案したシステムを多地点に設定し、今後、数十年単位で観測を続けることにより、残された濃度値変動の原因を追及していきたい。

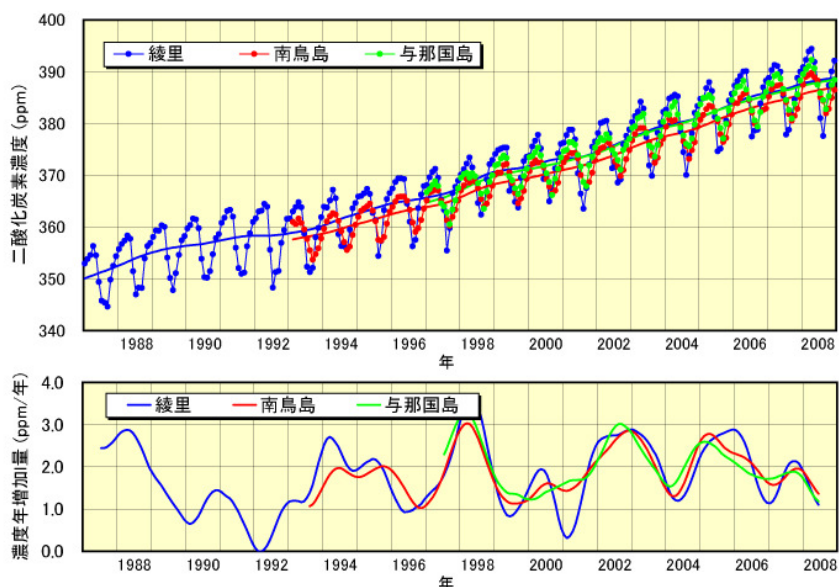


図-15 WDCGGによる観測結果(参考文献10)より引用)

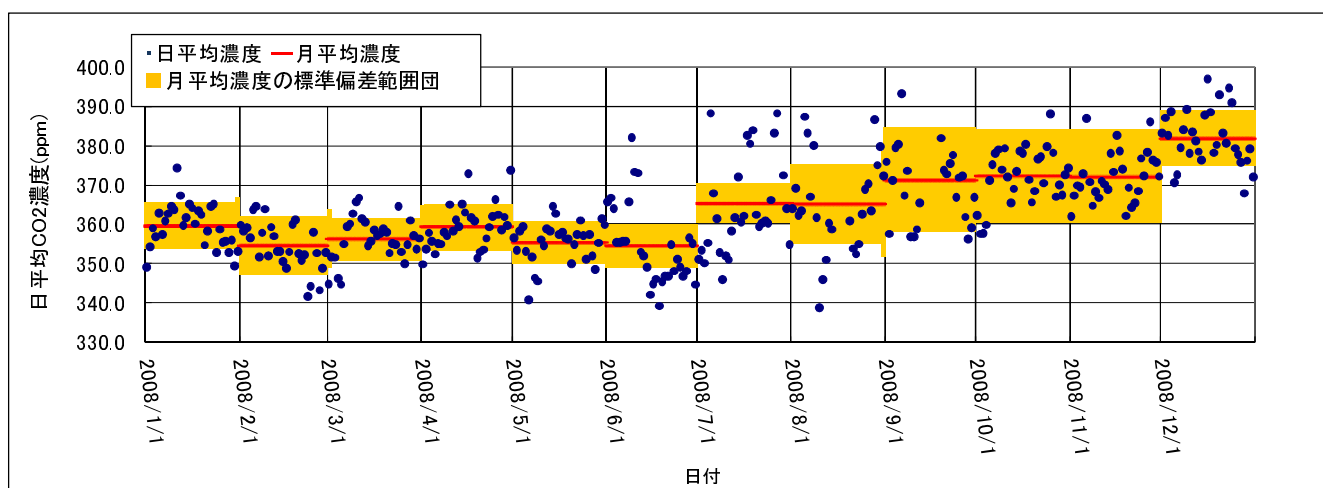


図-16 日平均CO<sub>2</sub>濃度の推移

#### 4. 移動観測

##### (1) 観測手法

CO<sub>2</sub>濃度の分布を面的に把握するにはCO<sub>2</sub>濃度計測機の他に位置情報のデータが必要である。本研究における移動観測ではCO<sub>2</sub>濃度計とハンディGPSを持って都市内を移動することによってCO<sub>2</sub>濃度計データとGPSデータの融合による計測断面濃度分布マップを作成し、その有用性を検討することとする。図-17に使用するハードウェアの構成、図-18に観測の流れを示す。

##### (2) データフォーマットの変換プロセス

今回使用したハンディGPS(GARMIN社製e-trex vista)は計測を行うとアクティブログ(軌跡データと時間を共に保存したデータ)が記録され、KASHMIR 3Dによってcsv形式にて取り込むことが可能である。そこで、CO<sub>2</sub>濃度計データと観測時刻を照合させることで濃度データを持っ

た座標データを作成することができると考えた。

しかしGPSのデータは時刻が世界標準時で表記されるなど、定点観測と同様に単位や書式がCO<sub>2</sub>濃度計と違っており、さらに衛星との通信状態等の理由から保存される時間間隔が一定でない。そこで、GPSの時刻データに近い時間(今回は濃度計の測定間隔である5sを考慮し、2.5s以内と条件付けた)に取得された濃度計のデータを探索して書き出すプログラムを作成し、データを統合する作業を行った。変換プロセスのフローを図-19に示す。図-20に、2007年12月5日および6日に行った観測を基に作成した濃度分布マップを示す。それぞれの計測ポイントには図-21のように座標以外にもCO<sub>2</sub>濃度や測定時刻といったデータが付与されている。図-20によると国道6号、245号線沿いで濃度が高い傾向が示されており、茨城大学キャンパス内では低い傾向になっていることが見て取ることができる。また、図-20中の国道6号線南部には都市緑

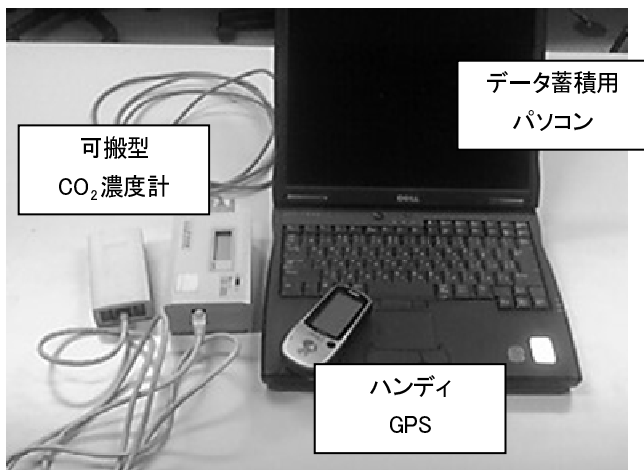


図-17 移動観測ハードウェア構成

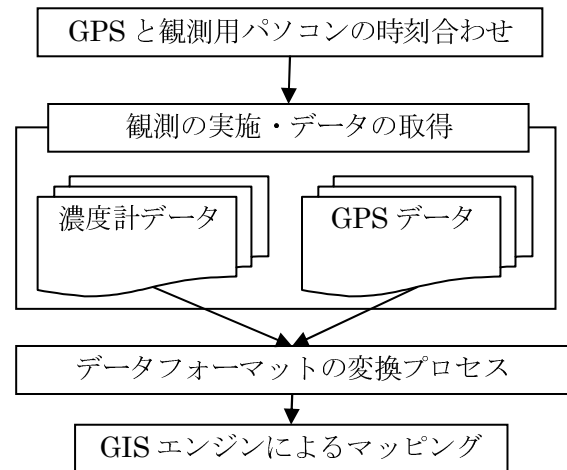


図-18 移動観測フロー

地が広がっており道路沿線に比べて濃度が低くなっている様子が確認できる。都市内に分布する小規模な緑地の効果が反映されている点は、今後の都市計画に活かせるものと考えられる。各ポイントを中心として描かれている円は、風速とデータの測定時間間隔から測定空気の平面移動可能性エリアを2次元的に計算したものである。風速は、移動計測を大学付近で行った点を考慮し、観測時刻における定点観測点における風向・風速計のデータの平均値で代表させた。GPSの通信状態が悪い状態が続くと座標点の欠損によって移動距離間隔が広がり、逆にゆっくり移動する等、移動距離間隔が狭いポイントではその地点における濃度データの信頼性が高まるものと考えられる。また、図-22に示すように地図上にGPSカメラで撮影した現地の写真をリンクさせた。この工夫により、土地勘が無くても土地利用との関係のある程度把握することが可能となった。

## 5. まとめ・今後の展望

本研究の成果は以下の3点である。

①CO<sub>2</sub>濃度観測システムによる計測データのデータフォーマットを整えるプロセスを提案した。現在までの観測データに対する処理には問題がなく、継続的なデータ蓄積に耐えうると考えられる。

②CO<sub>2</sub>濃度定点観測システムによる計測データのデータフォーマットを整えるプロセスを確立し、1日中の濃度変動は朝・夜に高く昼に低い傾向が確認された。その傾向が夏に顕著に現れることも確認され、植物活動による影響が観測データに現れている可能性が高いことを確認した。

③移動観測において、データフォーマット・時間間隔の違うCO<sub>2</sub>濃度計とGPSの両測定データをまとめたデータをプロットするまでの手順を確立し、茨城大学近傍での

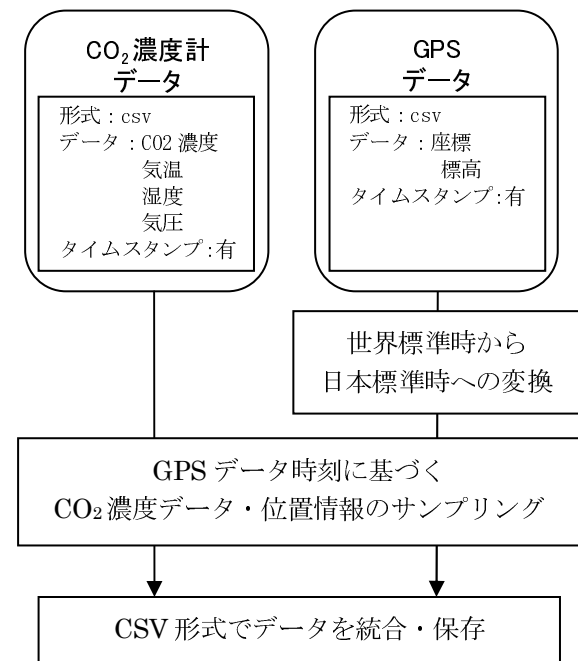
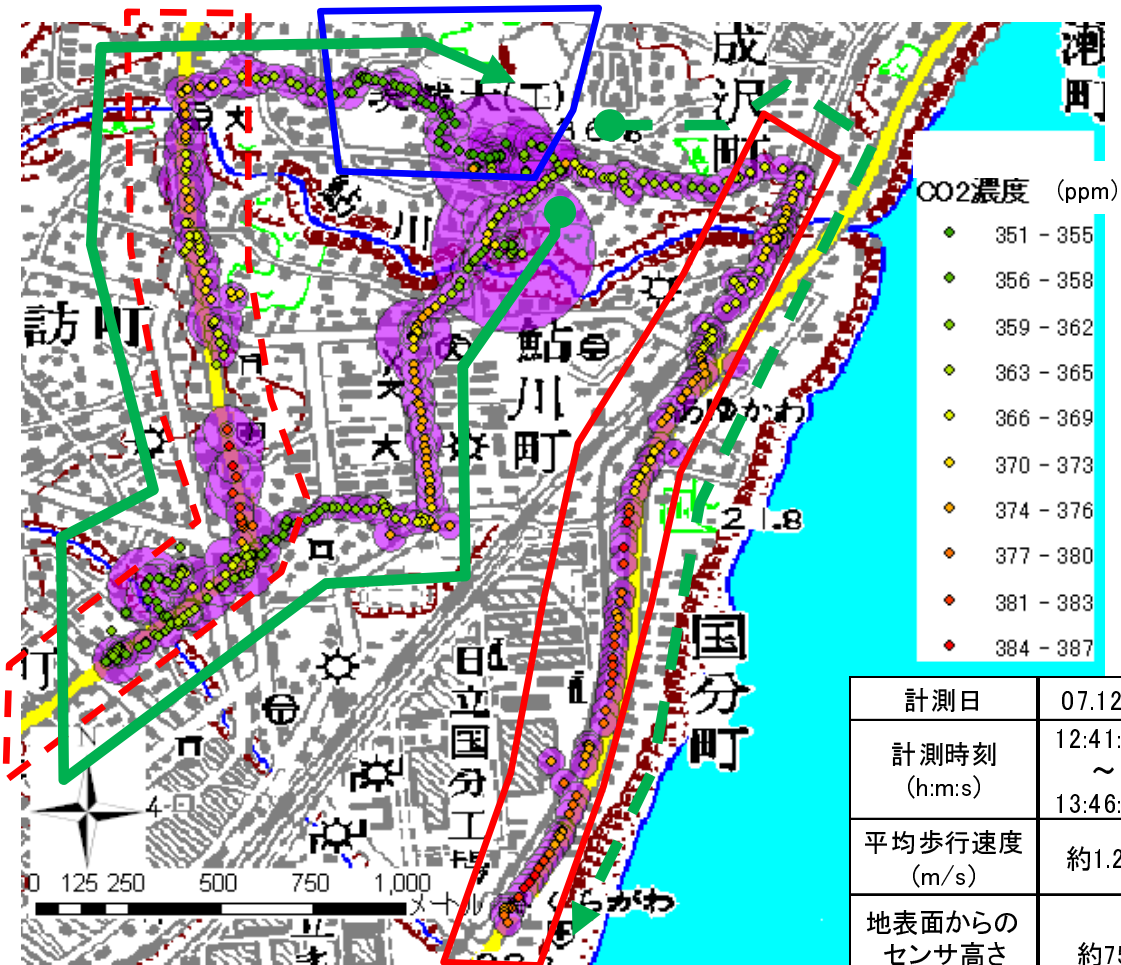


図-19 移動観測データフォーマット変換プロセス

計測を行った。その結果CO<sub>2</sub>濃度が大学キャンパス付近で低く、主要幹線道路沿いで濃度が高くなっている傾向があることを確認すると同時に、都市内緑地による効果が反映されていると考えられる点を確認した。

以上の成果は、茨城大学とその近傍を対象とした知見となる。本研究を通して必ずしも明らかにできなかった現象もあったが、継続的な観測と共に更なるデータ分析手法の実践を今後も展開することを検討している。加えて、窪地や谷といった地形的特徴点を移動観測で実施し、生活環境圏の平均的な濃度を計測している定点観測によるCO<sub>2</sub>濃度値と比較することで、地形や被覆によるCO<sub>2</sub>濃度値の現況を深く考察することも今後の課題として興味深い。



—茨城大学キャンパス周辺 —国道245号沿線 --国道6号沿線

← 12月5日行程 ← 12月6日行程

図-20 CO<sub>2</sub>濃度分布マップ

属性: 07\_12\_5

FID	Shape *	FX	FY	時刻_GPS	時刻_速度	CO2濃	高さ	日付
0	Point	140.64542	36.56922	0.522905	0.522917	811	8.3	2007/12/05
1	Point	140.64542	36.56922	0.52294	0.522917	811	11.7	2007/12/05
2	Point	140.64542	36.56922	0.52294	0.522975	817	11.7	2007/12/05
3	Point	140.64542	36.56922	0.523611	0.523611	614	8.3	2007/12/05
4	Point	140.64542	36.56922	0.523762	0.523785	604	10.2	2007/12/05
5	Point	140.64542	36.56922	0.523877	0.523843	640	7.3	2007/12/05
6	Point	140.64542	36.56922	0.523877	0.5239	716	7.3	2007/12/05
7	Point	140.64542	36.56922	0.524005	0.524016	825	4	2007/12/05
8	Point	140.64542	36.56922	0.524641	0.524653	698	0.6	2007/12/05
9	Point	140.64542	36.56922	0.524664	0.524653	698	2.5	2007/12/05
10	Point	140.64617	36.56925	0.52522	0.525231	481	2.1	2007/12/05
11	Point	140.64622	36.56922	0.525382	0.525347	446	3	2007/12/05

図-21 ポイントの属性テーブル

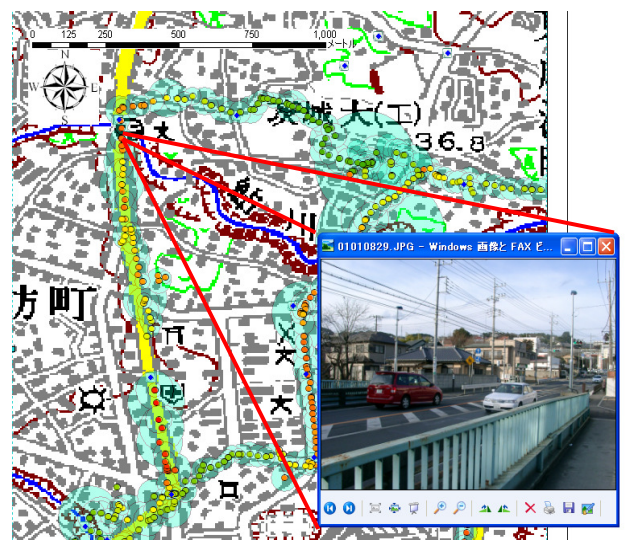


図-22 GPSカメラ写真とのリンク

## 謝辞

研究を行うにあたり、株式会社U-DOMの中嶋紀夫氏から多くの助力・助言を頂いた。また、本研究は科学技術振興調整費(戦略的拠点育成)事業のフラッグシッププロジェクト(茨城大学担当分である持続可能な温暖化対策研究)の一環として行われたものである。記して深甚なる謝意を表します。

## 参考文献

- 1)立野英嗣, 恵花孝昭, 山本優, 吉田卓爾, 菊地由生子: 都市大気中の二酸化炭素濃度について-二酸化炭素濃度と窒素化合物濃度の関連性について-, 札幌市衛研年報 23, pp.84-87, 1996.
- 2)岡村聖, 伊藤雅一, 龍崎忠, 坂本剛: 地球温暖化防止のための環境教育に関する研究(2)-CO<sub>2</sub> 濃度常時測定ネットワークシステム-, 環境経営研究所年報, pp.38-47, 2006.
- 3)早福正孝, 古明地哲人, 岩崎好陽, 小峰美奈子: 二酸化炭素濃度の地域格差に関する検討, 東京環境科学研究年報, pp.231-236, 2002.
- 4)坂本友子, 由比頭之介: 北部九州の都市における道路沿い大気中二酸化炭素濃度の分布と要因, 九州女子大学紀要第 33

巻4号, pp.31-40, 1997.

- 5)齋藤修, 桑原祐史, 安原一哉, 宮部紀之: 茨城県 CO<sub>2</sub> グリッド構想に関する検討, (社)土木学会情報利用技術論文集, Vol.17, pp.219-224, 2008.
- 6)河村 武, 橋本 道夫: 環境科学 III 測定と評価, 朝倉書店 1990.
- 7)株式会社 U-DOM: 自社製品, < <http://www.udom.co.jp/jisha/jisha01.html>> , (2009.4.18.入手).
- 8)株式会社シロ産業: 商品案内, <<http://www.webshiro.com/syouthinsetumei/wpws2015.htm>>, (2009.4.18.入手).
- 9)気象庁: 過去の気象データ検索, <<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>>. (2009.4.18.入手).
- 10)気象庁: 二酸化炭素濃度の経年変化, <<http://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/21co2.html>>. (2009.4.18.入手).