

# 奈良周辺の二酸化炭素濃度

## Atmospheric Carbon Dioxide Concentration around the Nara area

藤原 昇、大原 莊司  
FUJIWARA Noboru , OHARA Soji

世界平均の二酸化炭素濃度の平均は 2009 年で 386.8ppm である。現在の濃度は産業革命以前の値 280ppm に比べて約 100ppm 強増加している。日本の綾里、南鳥島、与那国島における気象庁観測の 2008 年の平均値はほぼ 388ppm である。情報学部プロジェクト演習の一環として大阪を含めた奈良周辺での二酸化炭素濃度の測定結果によるとはほぼ 400ppm で綾里、南鳥島、与那国島での観測結果よりさらに 12ppm 高い値を示している。これらの結果についてその詳細を報告する。

### 1 はじめに

地球の温暖化が指摘されて久しい。その原因は二酸化炭素の増加と言われている。その増加の原因は化石燃料の使用と森林の伐採による。1997 年、京都で開催された第 3 回気候変動枠組条約締結国会議で締結された「京都議定書」によると、2008 年から 2012 年の日本における二酸化炭素放出量の平均値を 1990 年のその 6 % 減まで下げること、が定められている。その期限があと 1 年に迫っている。しかし新興国と先進国との間で大きな考え方の違いがあり、またアメリカのオバマ大統領が温暖化への取り組みを呼びかけているが、アメリカが当初から議定書の締結国になっていないこともあり次の議定書の具体的な内容は未だに詰まっていない。

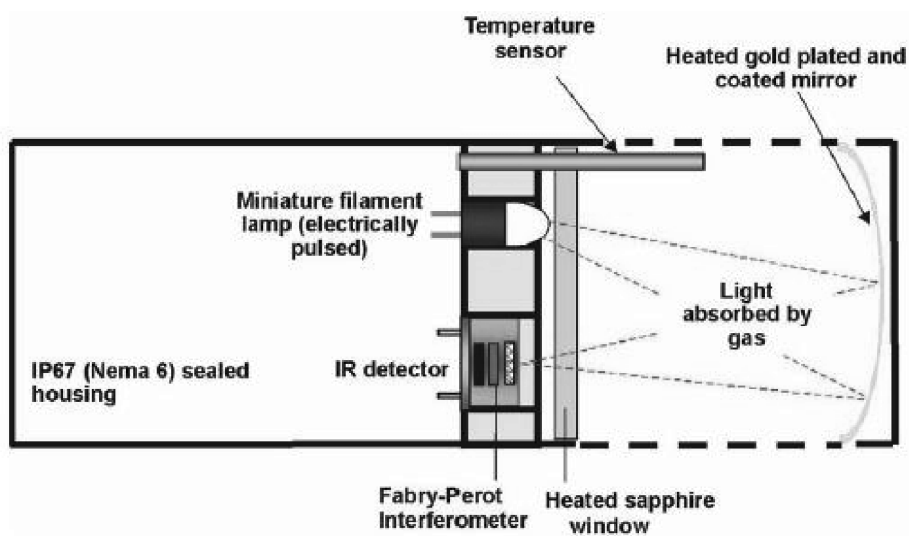
日本の気象庁による綾里、南鳥島、与那国島での経年変化測定<sup>1)</sup>によると、1978 年の年平均が 352ppm、2008 年で 388ppm である。30 年で 36ppm 高くなっている。気象庁は陸の影響を避け海上に浮かんだ島で測定しているが、光合成の盛んな夏とそうでない冬との差はおおよそ 13ppm である。今回の報告は大都市大阪に近い奈良周辺での測定を行い気象庁の上記測定結果と比較検討する。

### 2 二酸化炭素濃度の測定方法

二酸化炭素濃度測定機器は VISARA 製 GMP343<sup>2)</sup> である。測定範囲は 0 ～ 2000ppm で、測定精度は 30 秒間の出力平均で  $\pm 2$ ppm である。測定原理は二酸化炭素による赤外線の吸収を応用した方法で、図 1 にその概要を示す。図の右側が検出器内に拡散した外気で、左側の約半分は信号処理回路等のハード部分である。二酸化炭素の吸収波長（赤外線）と吸収のない波長の赤外線を含んだ波長帯の光が図の小型フィラメントランプから点滅光が出され、右端のミラーで反射され、焦点に合わせてある干渉計に入る。測定波長は干渉計で電気的に交互に変えられ、それらの光の外気による減衰の差より二酸化炭素濃度を算出する。センサー内の気温も同時に測定される。

電気信号はデジタル化されパソコンに送られる。一連の測定と演算処理は約 2 秒で行われる。以下の 1 回毎の各データは二酸化炭素濃度及び気温の 30 秒平均をとったものである。測定間隔は任意に選ぶことができる。本測定の殆どは 1 時間間隔で測定した。

図1 測定原理の概要図 (VAISALA GMP343 User's Guide より)

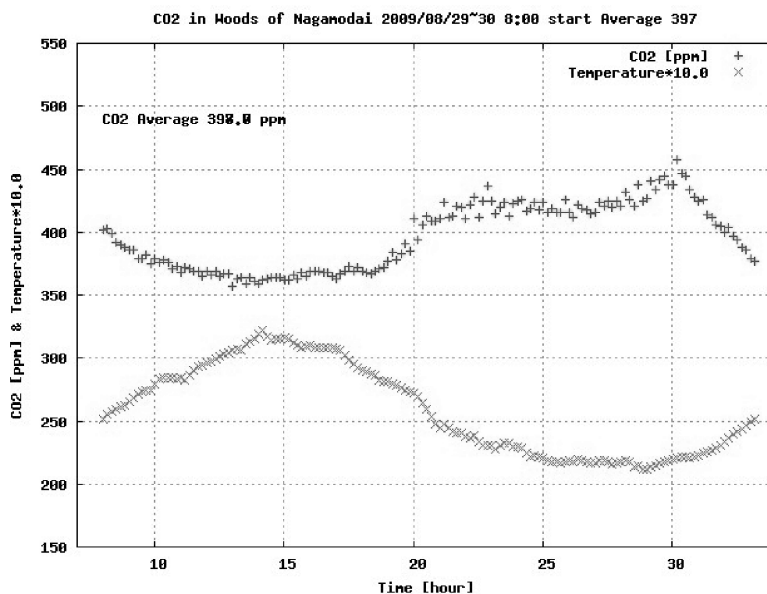


## 2 奈良県周辺の二酸化炭素濃度の測定結果

### 2-1 1日の変化

図2～5はそれぞれ京都府木津川市（旧加茂町）南加茂台住宅地の端（その先は森が続く）、奈良県針インター近くの森、大阪北区の市街地マンション8階のベランダ、奈良産業大学1号館3階北側（広場側）窓の外での1日の二酸化炭素濃度を測定した結果を示す。測定値を+マークで示している。×印は検出器内に取り込んだ外気の温度である。朝8時前後から約24時間測定し、その変化を図示した。

図2 2009年8月29～30日京都府南部での二酸化濃度変化



横軸が時間で、初日の夜中12時を起点0時とした時間を示す。30時は翌日の朝6時である。縦軸は二酸化炭素濃度を表し単位は[ppm]である。×マークは測定器内の空気の温度を10倍したものである。例えば300は30℃で

ある。外気温より多少高めになっている。

図2、図3が示すように午前10時頃から夕方4時頃までが二酸化炭素濃度が下がり、日没とともに二酸化炭素濃度が上がる。それぞれ8月と9月でかつ森林の多い地域なので、周辺の植生による光合成の影響が明瞭に出ている。夜は光合成が行われないので二酸化炭素濃度が上がる。光合成は太陽の光、気温等に強く依存する。

図2は“旧加茂町南加茂台（約2,000戸）”の東南端でその先は谷と杉の山林である。晴天で光合成の影響が大きい。1日の二酸化炭素濃度の平均は398.0ppmである。図3は室生と都祁の境で、周辺は森や田畑である。曇りの天気で昼と夜の二酸化炭素濃度の差が小さい。しかし1日の平均二酸化炭素濃度の平均は372.4ppmで図2に比べて27ppm低い。これは周辺が広い領域に渡って植生地帯であることによると考えられる。1日の最大値と最小値の差は図2（南加茂台）で約90ppm、室生で約50ppmである。夜昼の差は天候に大きく依存する。

図3 2009年9月5～6日室生での二酸化濃度変化

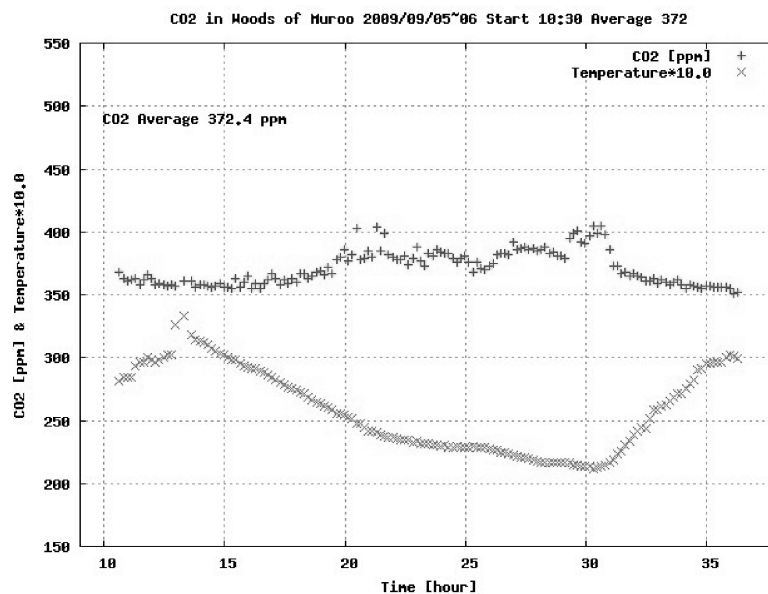


図4は大都市の真ん中、大阪市北区西天満マンション8階のベランダでの測定結果である。二酸化炭素濃度の昼夜の差は小さくおよそ20ppmほどである。周辺に緑が少なく光合成の影響がほとんどない。二酸化炭素濃度の1日の平均は398.7ppmで室生よりは20ppm程高いが、南加茂台住宅地の平均値と変わらない。

図5は奈良産業大学1号館3階北側（広場側）の研究室から測定器を屋外に出し、測定器と研究室は完全に遮断して測定が行われた。この日は晴れていたが、二酸化炭素濃度の昼夜の変化が非常に小さくおよそ30ppm程である。大阪の1日の変化とあまり変わらない。周辺は緑の多い環境であるが、大都市に近く大気の流れで平均化された結果と思われる。1日の平均二酸化炭素は397.5ppmで、この値も大阪とほとんど変わらない。

加茂、三郷、大阪の1日の平均値はほぼ同じで398ppm程である。室生は周辺が森林地帯であり、平均値は372ppmと低い値である。加茂と室生で森林による光合成の影響が強く出ている。

図4 2009年9月25～26日大阪北区での二酸化濃度変化

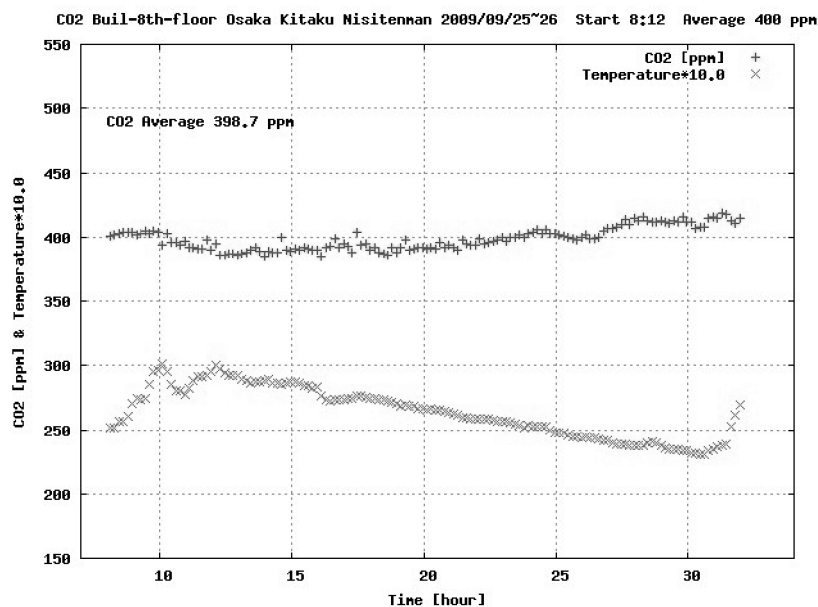
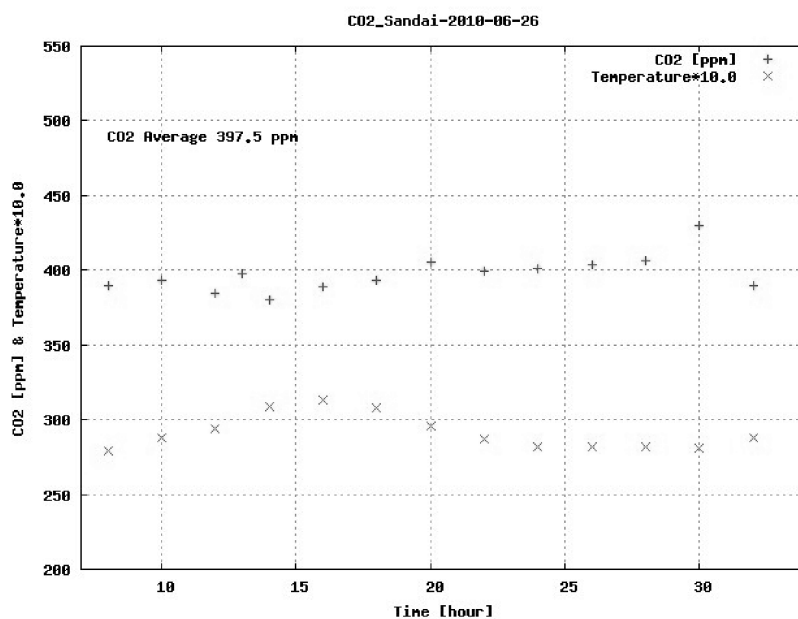


図5 2010年6月26～27日奈良産業大学屋外での二酸化濃度変化



## 2-2 1ヶ月の変化

図6と図7はそれぞれ2010年の2月と7月の二酸化炭素濃度の1ヶ月の変化を示す。横軸縦軸は前の図と同じであるが、温度については同じ縦軸のスケールに合わせ、かつグラフが重ならないようにするために図6の2月のデータではその値を10倍して100を加えている。従って例えば200は10℃である。一方図7は7月のデータで温度を10倍して100を引いている。従って例えば200は30℃である。

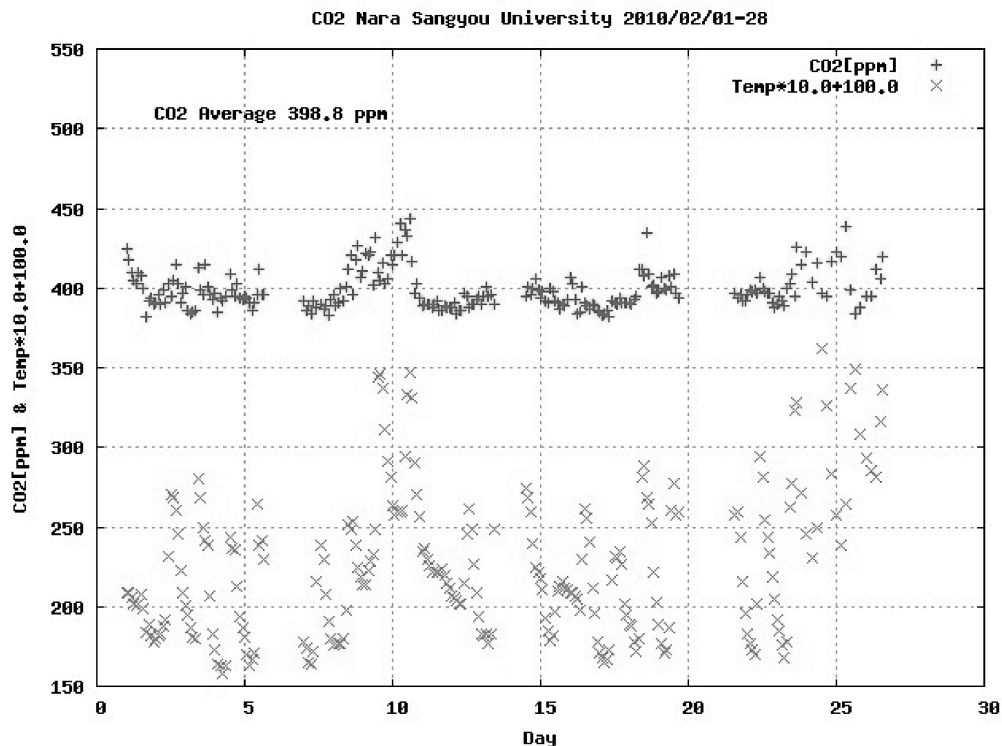
図6、図7はともに奈良産業大学10号棟3階の研究室から南側の屋外に測定器を出し、研究室内部と空気を遮

断して測定が行われた。図6が2月、図7が7月である。いずれも1日当たりの測定頻度は12ポイントである。

図6で明らかなように冬でも天気具合によっては昼夜の二酸化炭素濃度の差が50ppmほどある。周辺の植生は針葉樹が多いため冬でも気温が高ければ光合成を行っていることを示している。濃度の平均値は298.0で図4、図5の結果とほぼ同じである。1ヶ月の時間のスケールで見ると気温の変化は激しい。気温の高い日の昼に二酸化炭素濃度が低くなる。

図7では1日毎の昼夜の変化が二酸化炭素濃度及び温度変化に顕著に表れている。平均値は398.0ppmで図4、図5、図6の結果とほぼ同じである。昼夜の差は大きいところで80ppmである。

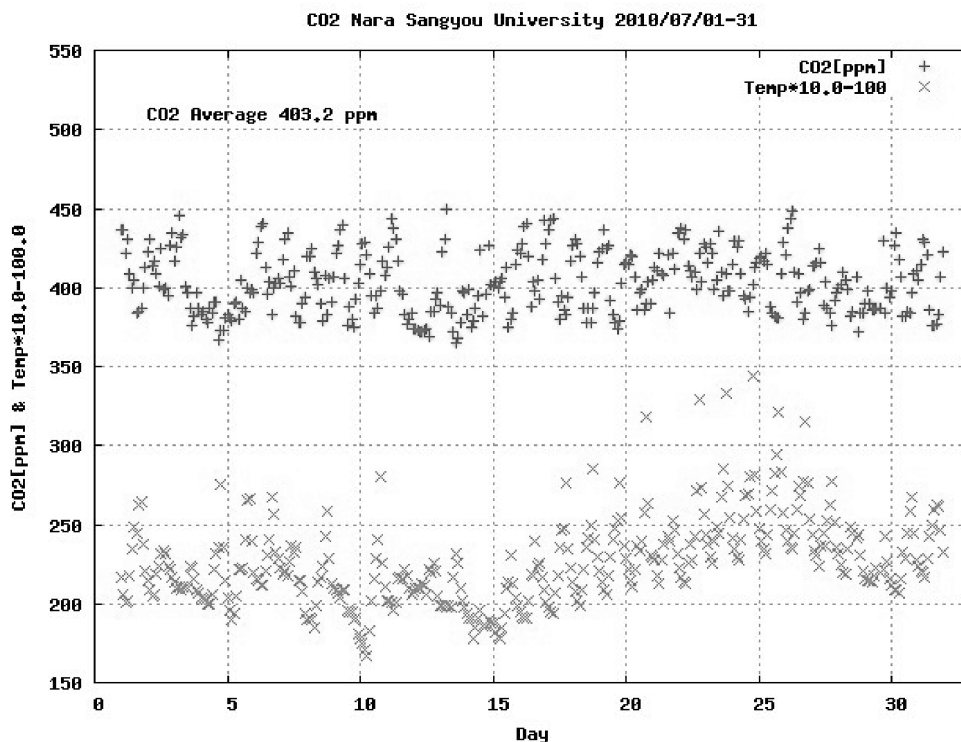
図6 2010年2月1～28日の奈良産業大学屋外での二酸化濃度変化



結果として、室生での測定を除いて、二酸化炭素濃度の平均は大阪、産業大学、加茂それぞれについてほぼ同じ値を示すこと、また平均値については冬も夏も同じ値である。通常、冬は二酸化炭素濃度が高くなり、夏は光合成の影響で低くなると予想されるのだが、測定結果はほぼ同じ値を示している。二酸化炭素濃度の1ヶ月の平均は奈良産業大学キャンパスと大阪との間で殆ど差が無いにもかかわらず、奈良産業大学キャンパスでの昼夜の差は最大80ppmと大きな差を示す。



図7 2010年7月1～31日の奈良産業大学屋外での二酸化炭素変化濃度

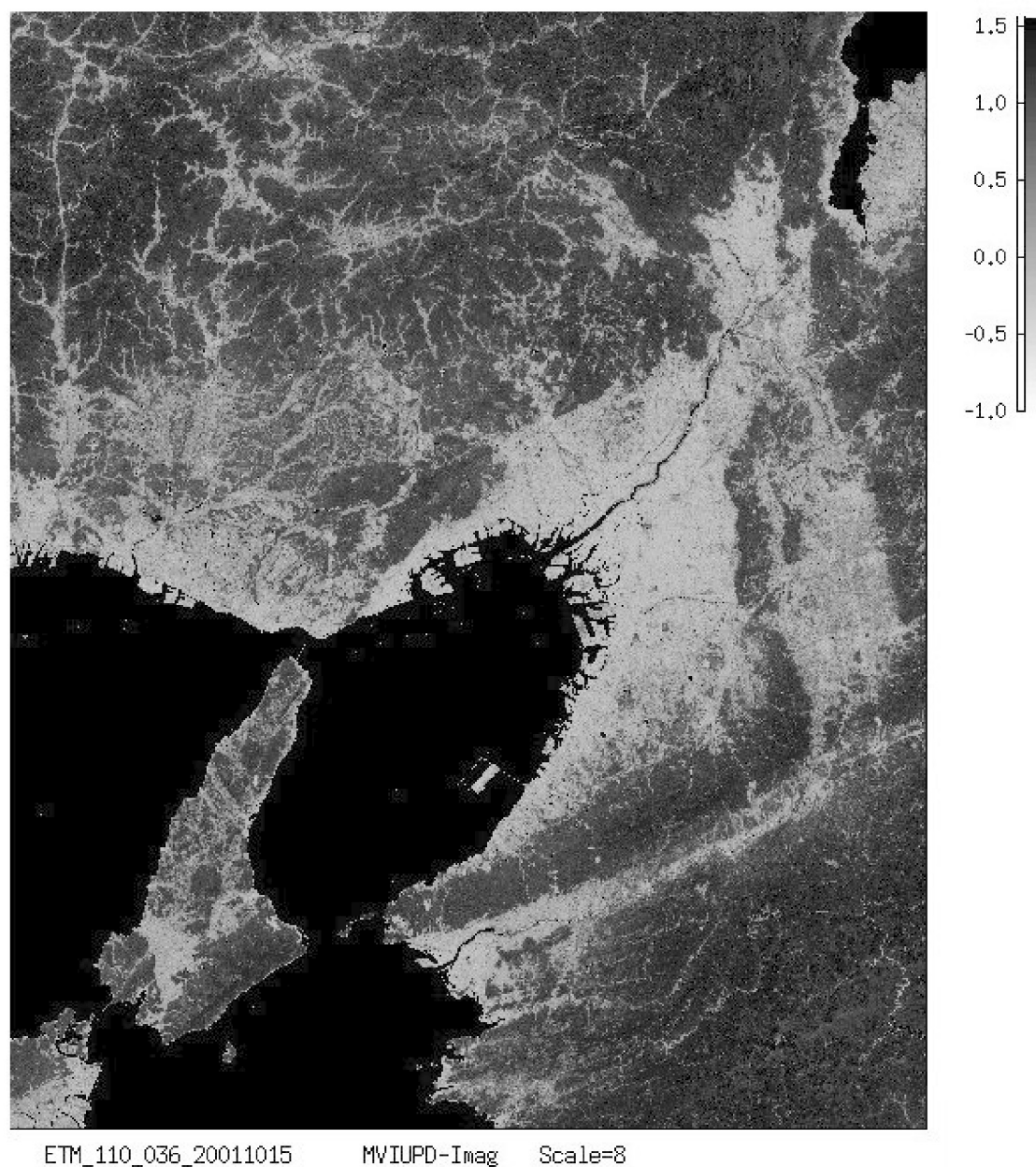


尚、当然のことながら人間及び動物は呼吸によって車同様二酸化炭素を放出する。従って測定器の傍に人間が居るとその呼吸が敏感に影響する。例えば研究室内で測定した場合、室内に誰も居なければ400ppm程の二酸化炭素濃度であるが、部屋に一人が入ると15畳程の部屋では2時間程で800ppmを超える。呼吸によって排出される二酸化炭素は周りの二酸化炭素濃度に大きな影響を与える。測定器を置く場所、置き方などに注意しないとイケない。本測定で研究室の外に測定器を設置する場合、室内と測定器のある窓の外とを完全に遮断したのはそのためである。

### 3 関西の植生

図8は2001年10月15日11時前後の関西地方の衛星観測データを解析し画像処理したものである。上が北、右が東である。地球観測衛星は米国で打ち上げたLANDSATである。LANDSATは可視光線の波長から熱赤外（遠赤外）波長を含めて7つの波長に関する電磁波を観測している。地表面での分解能は30mである。これらのデータを処理して次元パラメータである植生指標を導入し<sup>3)</sup>、その値を白、灰色、黒の濃淡で画像表示した。植生指標値と灰色の濃さとの対応を図の右上に示す。指標の値の大きい場所は植生活動の活発な部分を示す。植生指標の高い部分を濃い黒で、植生指標の低い部分を薄い灰色から白で表示している。但し海、湖沼、川などは陸と区別しやすいように黒で表示している。土壌や市街のコンクリートは白っぽい色で表現されている。大阪湾東の白っぽい区画は関西国際空港である。右端上下中央のやや明るい灰色の部分が奈良盆地で、生駒金剛山系を超えた西側が大阪である。奈良盆地の局部的に明るい部分が市街で、薄い灰色の部分は田圃である。

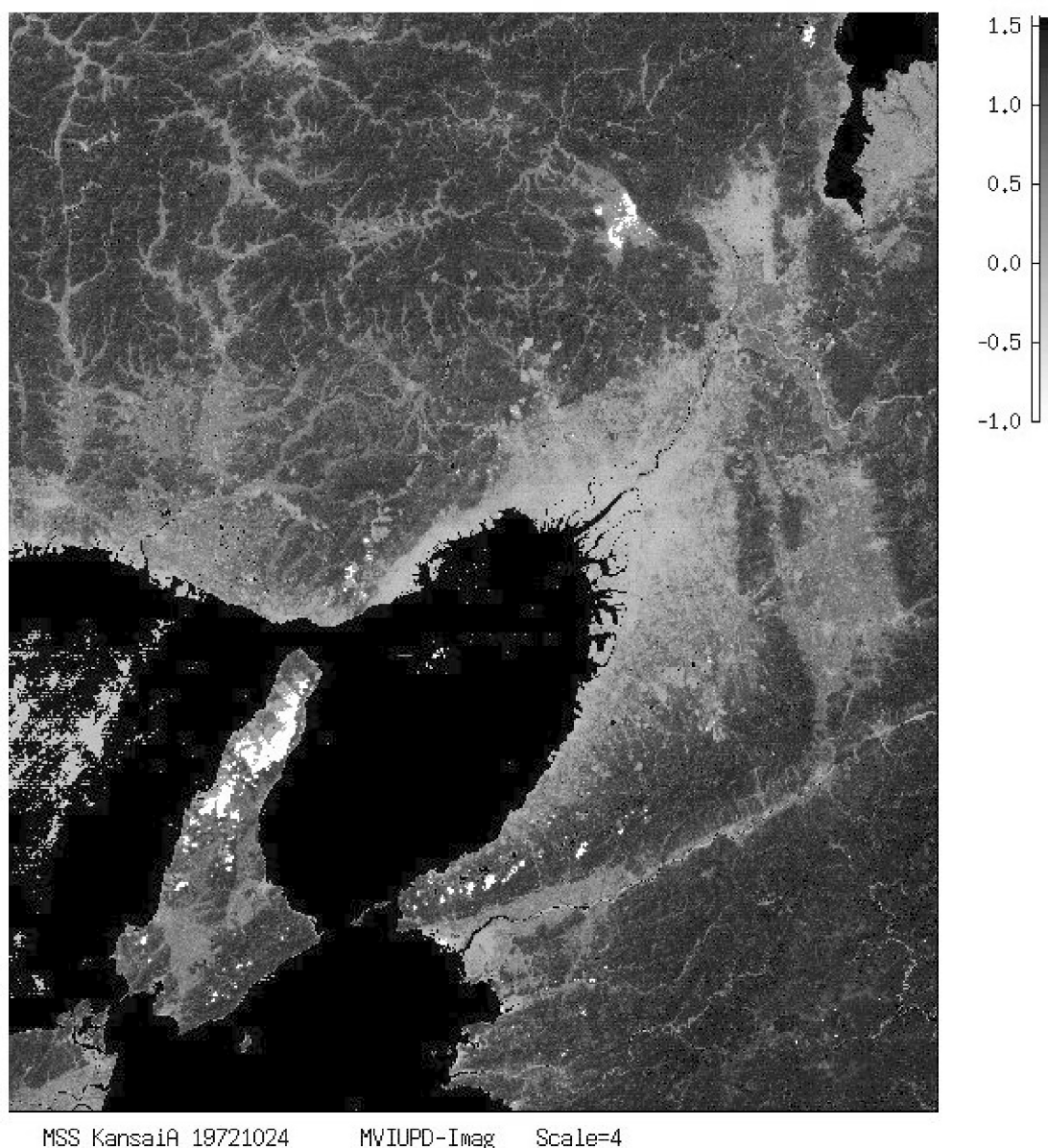
図8 2001年10月15日の関西（Landsat 衛星の観測）



図の右下の続きが紀伊半島でその殆どが植生（人工林）である。また図右に続くのは三重県で、やはり植生地域である。室生の二酸化炭素濃度が低いのはこの植生地帯の中にあるためである。三郷地域の二酸化炭素濃度の平均値が大阪市街と変わらないのは大阪市街に隣接しており大気の流れで大阪と奈良は平均化されと考えられる。尚衛星観測データを利用した奈良県の土地被服分類及び植生純一次生産量（CO<sub>2</sub> 換算）の解析結果<sup>4）、5）、6）</sup>によると森林は総面積の78%、植生純一次生産量は  $10.2 \times 10^6$  [t-CO<sub>2</sub>/年] である。大気二酸化炭素濃度の視点から見れば奈良盆地及び木津川市周辺は大阪の続きと考えて良い。



図9 1972 年 10 月 24 日の関西 (Landsat 衛星の観測)



参考のために今から約 40 年前 1972 年 10 月 24 日の同じ地域の画像を図 9 に示す。図 8 のおよそ 30 年前の関西である。関西空港はまだ着工されていない。白の部分は雲で、海の灰色の部分は霧である。大阪平野や奈良盆地の田んぼの領域が図 8 に比べてかなり広い。つまり市街地が少ない。2001 年と 1972 年のデータについて同じ領域をくり抜いているが、一部に雲や霧があり、残念ながら数値で土地被覆分水の結果を示すことができない。当時の二酸化炭素濃度の観測値がないのが残念である。

#### 4 まとめ

1) 1 日の変化：6 月から 9 月の区間の測定で、奈良県室生村、京都府木津川市南加茂台では、光合成の行われる昼は夜に比べて 50 ～ 90ppm 二酸化炭素濃度が下がる。一方、大阪及び奈良県生駒郡三郷奈良産業大学キャンパス



では夜と昼の変化が小さく 20 ～ 30ppm である。産業大学キャンパスは緑に囲まれているが衛星画像でわかるように大都市大阪市街と隣接しておること、またキャンパス内の測定であることによると考えられる。

1 日の平均は奈良県生駒郡三郷奈良産業大学キャンパス、京都府木津川市南加茂台及び大阪北区ではほぼ同じ値を示し約 400ppm である。奈良県室生村では 372ppm で約 30ppm 低い。このことは山林地帯であるか、大都市に近いかの差と考えられる。奈良盆地及び関西学園都市の二酸化濃度の平均値は大都市大阪に近い値である。

2) 1 ヶ月の変化：冬の 1 ヶ月（2 月）と夏の 1 ヶ月（7 月）の二酸化炭素濃度の変化とその平均値を奈良県生駒郡三郷奈良産業大学キャンパスで測定し比較した。予想に反して平均値は 2 月と 7 月ではほぼ等しく 398ppm である。この値は 2009 年の世界の平均値 386ppm より 12ppm 高い。また日本の綾里、南鳥島、与那国島での測定値 388ppm より 10ppm 高い値を示している。大都市の影響が出ている結果と思われる。

3) 夏は二酸化炭素濃度の昼夜の差が大きい時で 80ppm にもなる。夏だけでなく冬も天候により夜と昼の差が 40ppm 程出ている、つまり光合成が行われていることを測定結果は示している。周辺に針葉樹が多いためである。

都市と森林地帯の二酸化炭素濃度の違い、大都市周辺地域の二酸化濃度に対する大都市の影響等を調べるために紀伊半島森林地帯の十津川村、大都市周辺の奈良県生駒村三郷キャンパス及び大阪市街地中心部の 3 ヶ所での 1 年を通した長期同時測定が望まれる。

## 5 終わりに

二酸化炭素濃度の測定及び地球観測衛星データの処理は奈良産業大学情報学部のプロジェク演習として、現 4 回生の佐藤、鶴田、宮崎、金谷君達の努力により遂行されたものです。学生諸氏に深く感謝します。

## 参考文献

- 1) 気象庁の気象統計情報（平成 22 年 11 月 25 日更新）による
- 2) GMP343 User' s Guide（2005 年 4 月）
- 3) A new vegetation index based on the universal pattern decomposition method Lifu ZHANG, S. FURUMI, K. MURAMTSU, N. FUJIWARA, M. DAIGO and Liangpei ZHANG International Journal of Remote Sensing 2007, Vol.28, January 2007, 107-124
- 4) A Study of Algorithm for Estimation of Global Terrestrial Net Primary Production Using Satellite Data Yan XIONG Doctor Thesis, Nara Women' s University 2005
- 5) 普遍パターン展開法による衛星データ解析のためのソフトウェア—  
藤原 昇、張立福、村松加奈子、古海 忍、醍醐元正  
奈良産業大学情報学部 2005, 1-250
- 6) 衛星観測データを用いた奈良県の植生による二酸化炭素吸収量の見積もり  
藤原 昇  
奈良文化女子短期大学紀要 第 38 号（平成 19 年 11 月）1 ～ 8