

人工衛星から地球を診る

奈良女子大学大学院 女性先端科学者セミナーI

H22.8.2

千葉大学環境リモートセンシング研究センター・助教
齋藤 尚子(nsaitoh@faculty.chiba-u.jp)

■ 奈良女子大学・大学院卒業

H10. 理学部情報科学科卒業(情報科学科4期生)

H15. 大学院博士課程修了

■ 千葉大学環境リモートセンシング研究センター(CEReS)

<http://www.cr.chiba-u.jp/indexjp.htm>

「リモートセンシング技術
の確立と環境への応用」
に関する研究を行う全国
共同利用施設として設立。
「リモートセンシング技術」
を利用して、地球環境に
関する学際的な研究を
実施している。



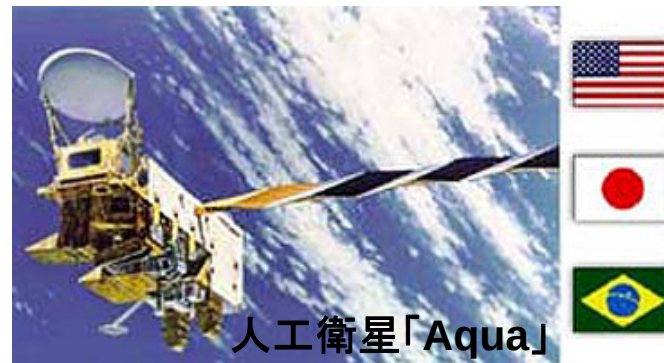
千葉大CEReSホームページより

人工衛星によるリモートセンシング

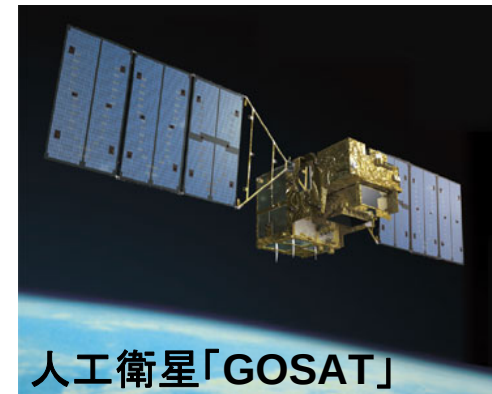
■ リモートセンシング:

対象物を遠隔から観測する手段(= 非接触観測)

地球観測に関しては、航空機や人工衛星(プラットフォーム)に観測装置(センサー)を搭載して、対象物を観測する



JAXA webページより



■ 地球大気のリモートセンシング:

地球大気の温度、気体濃度、エアロゾル濃度、雲や雨が観測対象

プラットフォームが人工衛星(350 km ~ 36,000 km)の場合、広範囲を(地球全体を)観測することができ、地表面付近から飛行機が飛ぶような高度、大気上端まで観測することができる(グローバルデータの取得)

比較的長期間、安定して観測することができる(長期間データの取得)

人工衛星による地球大気環境のモニタリングの例

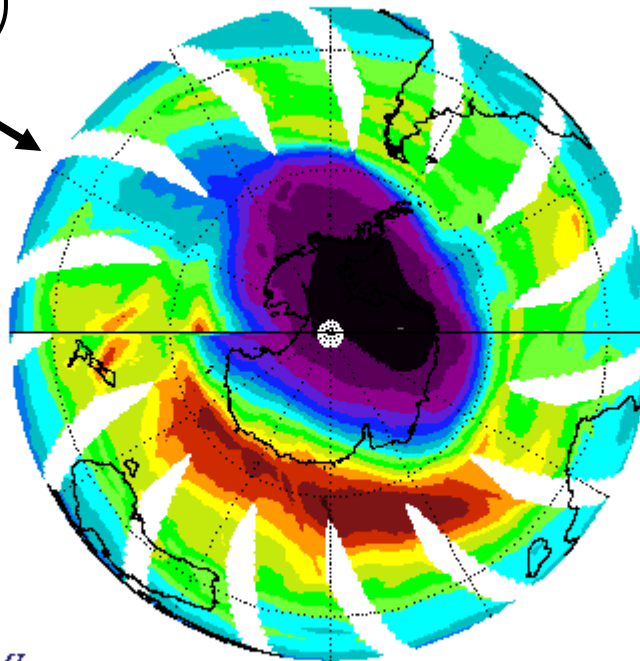


南極オゾンホール(成層圏オゾン層破壊)

TOMSシリーズによるオゾンホール観測

NASAのAura衛星に搭載されたOMIセンサーによって観測された2009年10月1日の南極オゾンホール

OMI Total Ozone for Oct 1, 2009



TOMSセンサーによって「南極オゾンホール」発見
[Stolarski et al., 1986]



衛星による広範囲の
オゾン観測の成果！

NIVR-FMI-NASA-KNMI



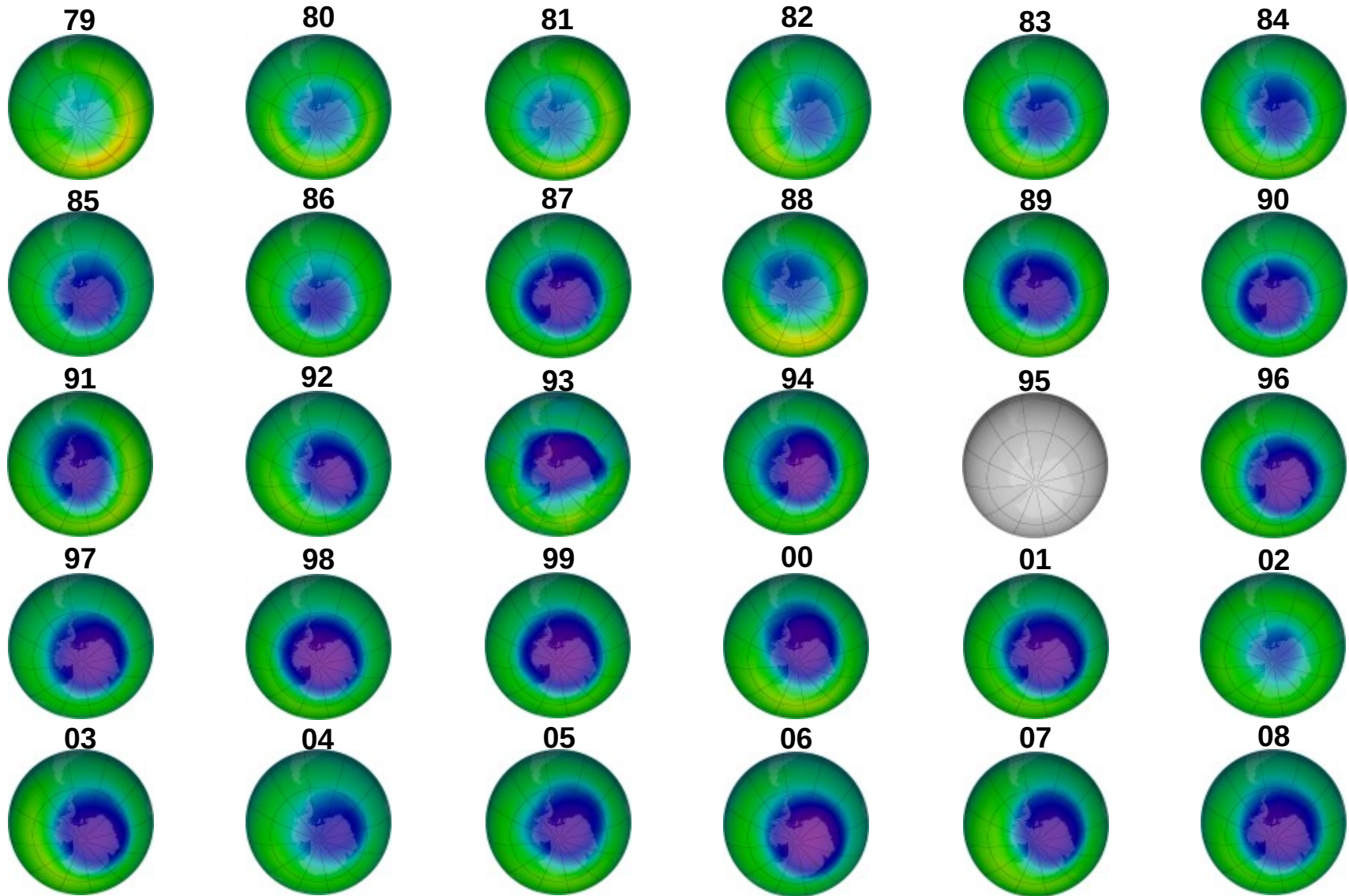
Dark Gray > 100 and > 500 DU

NASA/OMI webページより

GSFC



TOMSシリーズによるオゾンホール観測



「地球温暖化問題」
人工衛星による温室効果ガスの観測をめざす



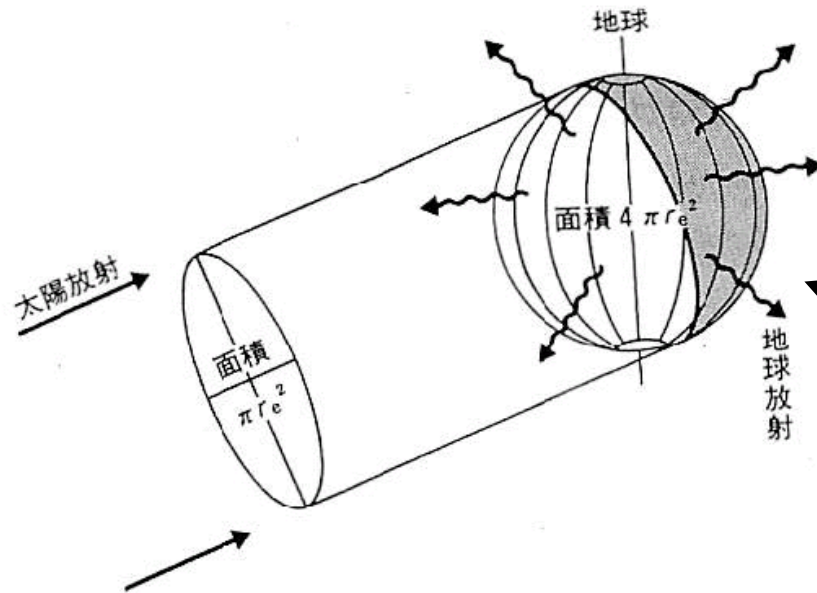
大気の「温室効果」とは何？

地球の放射平衡温度

■ 地球の放射平衡:

地球に入射してくる太陽からの放射(太陽放射)と、地球(固体地球+大気)自身の放射が釣り合って地球の温度が変化しない状態にあること
放射平衡が成り立っているときの温度を放射平衡温度という

◆ 地球の放射平衡温度は?



太陽放射の一部は、大気中の気体分子、エアロゾル、雲や地表面によって散乱・反射される
(反射率 = 惑星アルベドA)

図 5.7 地球の放射平衡 「一般気象学」 P118
地球の半径が r_e .

地球の放射平衡温度

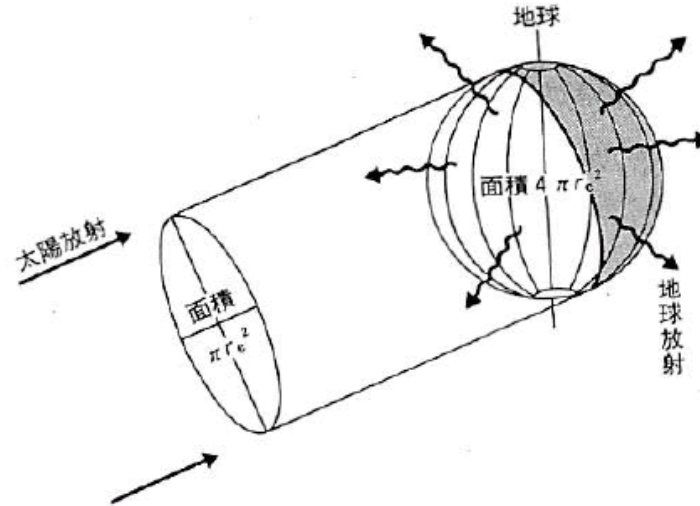


図 5.7 地球の放射平衡 「一般気象学」 P118
地球の半径が r_e .

■ 地球の放射平衡温度 (T_e):

地球の半径を r_e 、地球からの放射強度を I_E [W / m^2]、太陽定数 (太陽光線に垂直な単位面積が単位時間に受ける太陽放射エネルギー) を S_0 [W / m^2] とすると、

$$4\pi r_e^2 \cdot I_E = \pi r_e^2 \cdot (1 - A) S_0$$

地球の放射平衡温度

ここで、 $S_0 = 1370 \text{ [W / m}^2\text{]}$ 、 $A = 0.30$ を代入すると、

$$I_E = 240 \text{ [W / m}^2\text{]}$$

(黒体)放射エネルギーは、絶対温度の4乗に比例するので、

$$\sigma T_e^4 = I_E$$

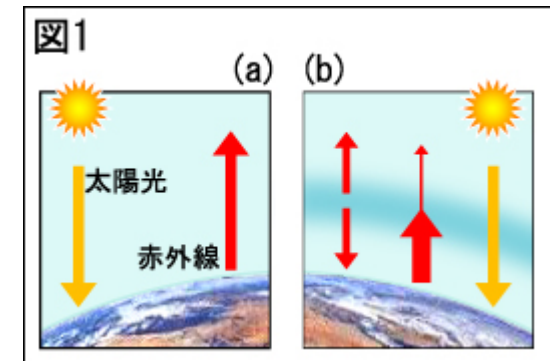
$$T_e = 255 \text{ [K]}$$

$\sigma = 5.6691 \times 10^{-8} \text{ [W m}^{-2} \text{ K}^{-4}\text{]}$: ステファン・ボルツマン定数

■ 地球の放射平衡温度は255 [K](= -18°C):

実際の地球の平均気温(~288 K)よりかなり低いのは、地球大気の赤外放射の吸収による温室効果を考慮していないため

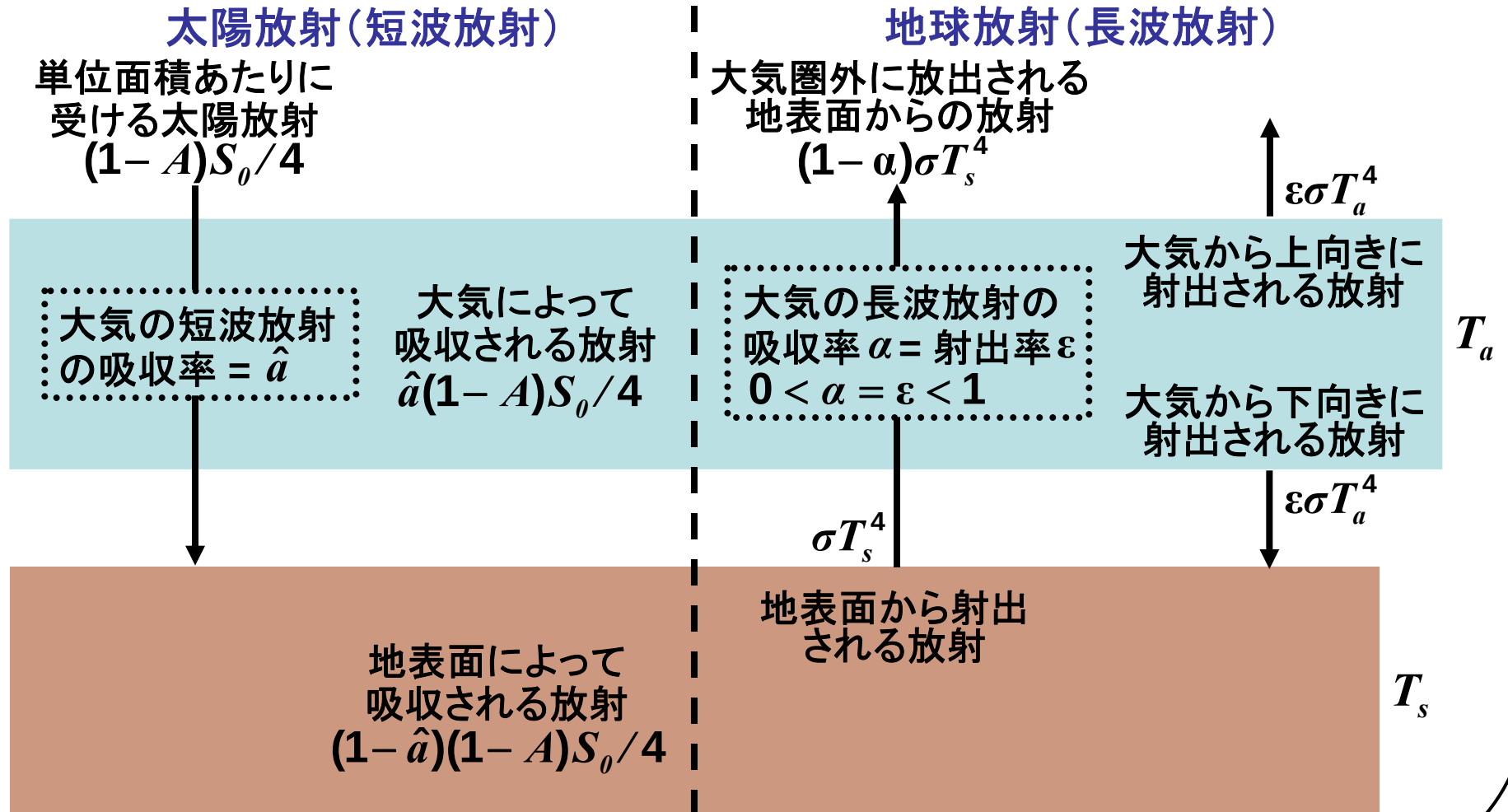
H_2O 、 CO_2 、 CH_4 などの気体(温室効果ガス)は、赤外放射を吸収し、地表面を暖める効果がある



地球大気の温室効果

$$4\pi r_e^2 \cdot I_E = \pi r_e^2 \cdot (1-A)S_0$$

1層の等温大気、地表面を黒体(射出率=1)として地球の放射平衡を考える



地球大気の温室効果

地表面における放射平衡は、

$$(1 - \hat{a})(1 - A)S_0/4 + \varepsilon\sigma T_a^4 = \sigma T_s^4$$

大気における放射平衡は、

$$\hat{a}(1 - A)S_0/4 + \alpha\sigma T_s^4 = 2\varepsilon\sigma T_a^4$$

よって、地表面温度 T_s と大気温度 T_a は、

$$T_s = \left\{ \frac{(1 - A)S_0}{4\sigma} \right\}^{1/4} \left\{ \frac{(2 - \hat{a})}{(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} = \left\{ \frac{(2 - \hat{a})}{(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e$$

$$T_a = \left\{ \frac{(\hat{a} + \varepsilon - \varepsilon\hat{a})}{\varepsilon(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} \left\{ \frac{(1 - A)S_0}{4\sigma} \right\}^{1/4} = \left\{ \frac{(\hat{a} + \varepsilon - \varepsilon\hat{a})}{\varepsilon(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e$$

地球大気の温室効果

簡単化のため、大気の太陽放射(短波放射)の吸収率を0とすると、

$$\hat{a} = 0$$

$$T_a = \left\{ \frac{(\hat{a} + \varepsilon - \varepsilon \hat{a})}{\varepsilon(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e = \left\{ \frac{1}{(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e$$

$$T_s = \left\{ \frac{(2 - \hat{a})}{(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e = \left\{ \frac{2}{(2 - \varepsilon)} \right\}^{1/4} T_e$$

$0 < \alpha = \varepsilon < 1$ の場合は、 $T_s > T_e > T_a$ となる(実際は $\hat{a} \approx 0.2$)

$T_s = 288 \text{ K}$ とすると、 $\hat{a} = 0.2$ のとき $\varepsilon = 0.9$

■ 大気の温室効果:

地表面に向かう $\varepsilon \sigma T_a^4$ の存在によって、正味として地表面から出て行く長波放射量が減り、地表面の放射強制力が抑制されて T_s [地表面温度] $>$ T_e [大気を考慮しない放射平衡温度]となる

大気分子による吸収

■ 地球放射の気体分子による吸収

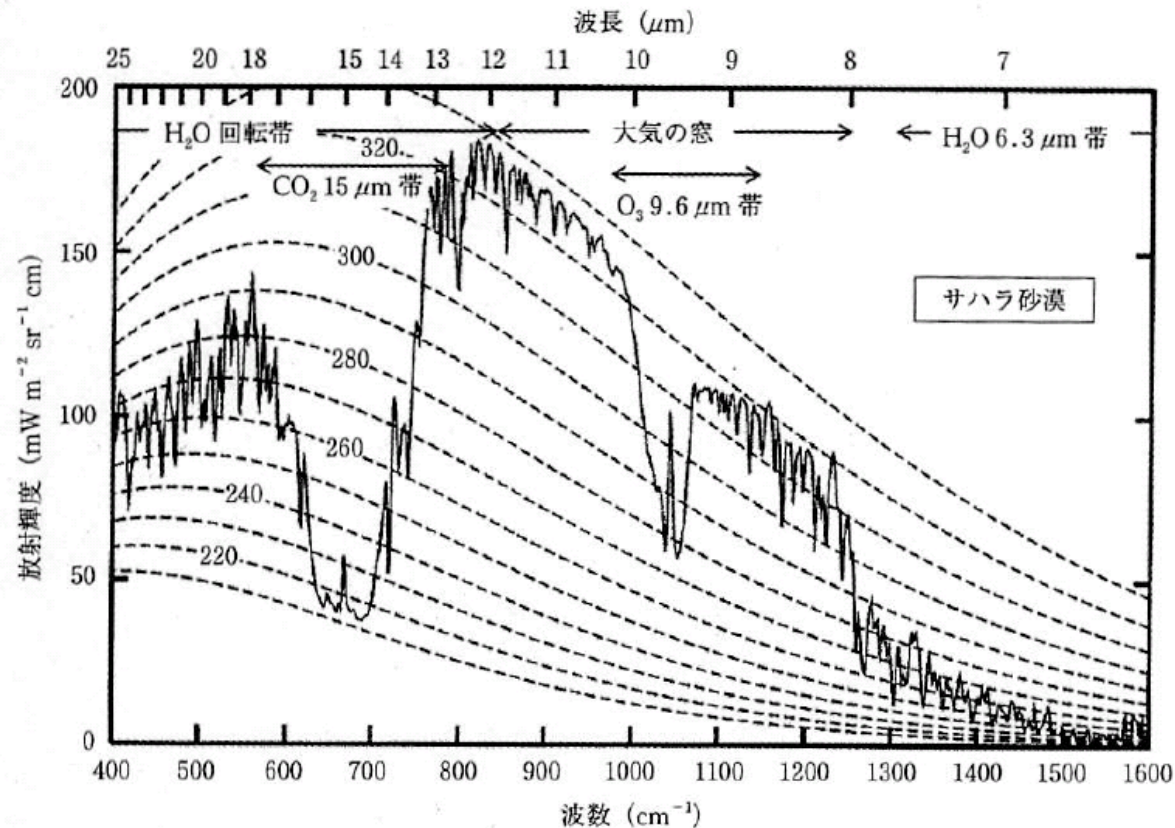


図4.1 サハラ砂漠上空で Nimbus-4 衛星搭載の赤外干渉分光放射計 IRIS (infrared interferometer spectrometer) で測定された地球放射の中分解能スペクトル (Petty, 2004, Fig. 8.3a を一部改変) 波線は、いろいろな温度の黒体放射スペクトルを表す。大気の間領域では高温の地表面からの放射が、また、 H_2O や CO_2 、 O_3 などの吸収帯の存在する波数域では、吸収の強さに応じて、波数により異なる高度 (温度) からの放射が卓越している様子が示されている。

大気中の二酸化炭素(CO₂)

- 4.3 μm 、15 μm (10 μm) (赤外波長)に吸収帯がある
- 主要な温室効果ガスのひとつ

ハワイのマウナロアでのCO₂観測(1957/58~)

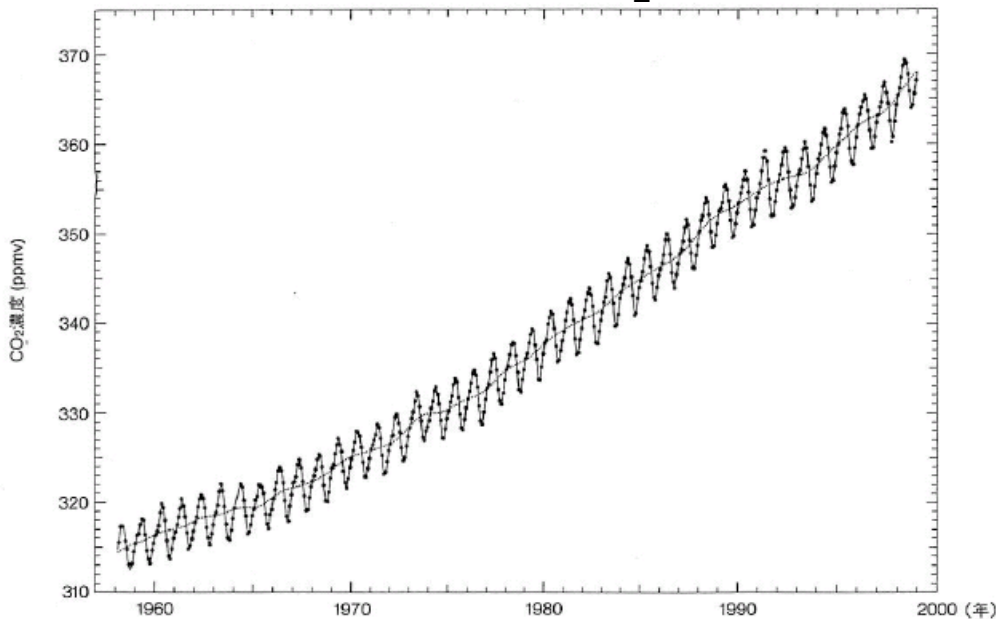


図 1-2-1 ハワイのマウナロアで観測された大気中の CO₂ 濃度の変動。●は観測から得られた月平均濃度、実線は月平均濃度へフィットさせたカーブ、点線は季節変化を除去した CO₂ 濃度を表す。

氷床コア分析によるCO₂濃度

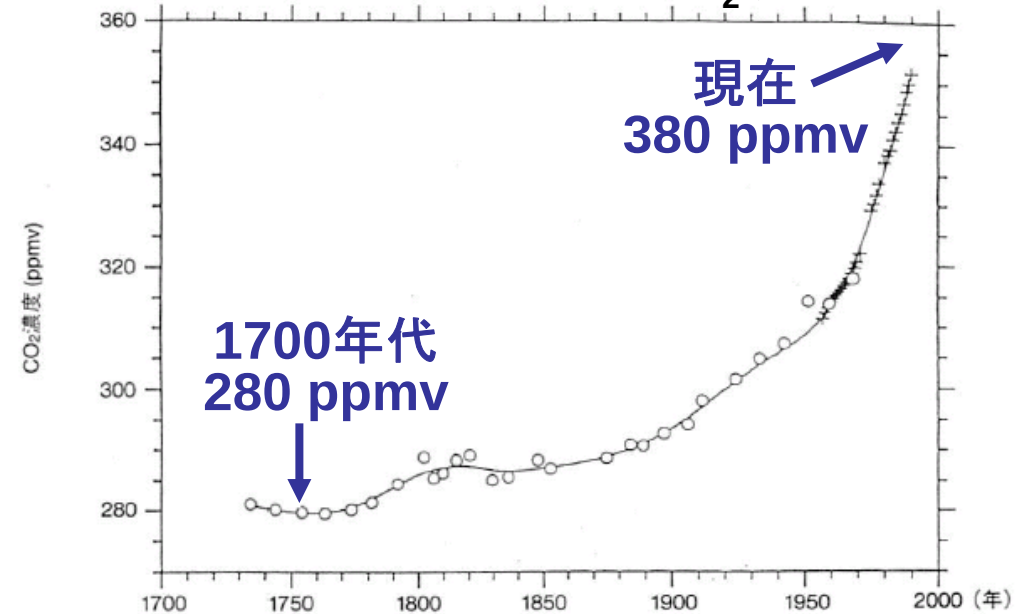


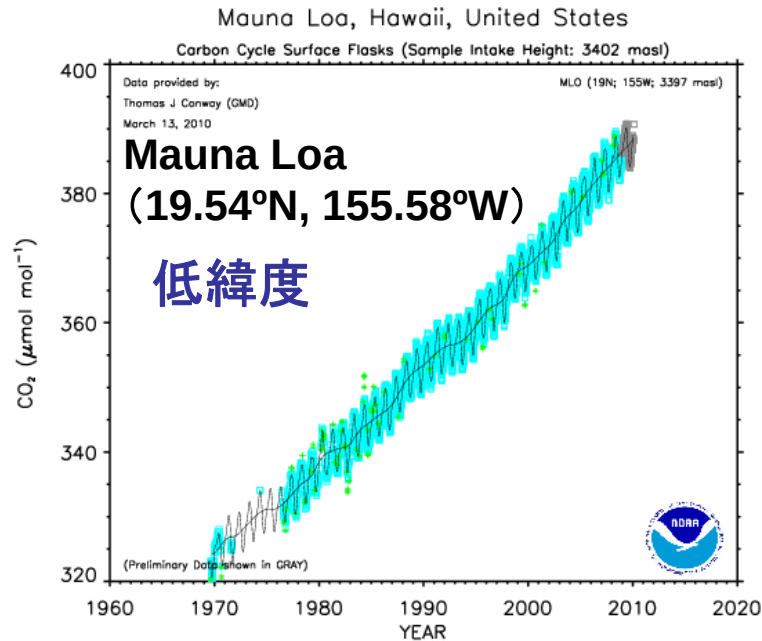
図 1-2-2 南極 H15 氷床コアを分析することによって推定された過去 250 年間の CO₂ 濃度の変動(○)、南極点での系統的観測から得られた年平均濃度も+で示してある [Nakazawa *et al.*, 1993b].

「対流圏大気の化学と地球環境」P18, 19

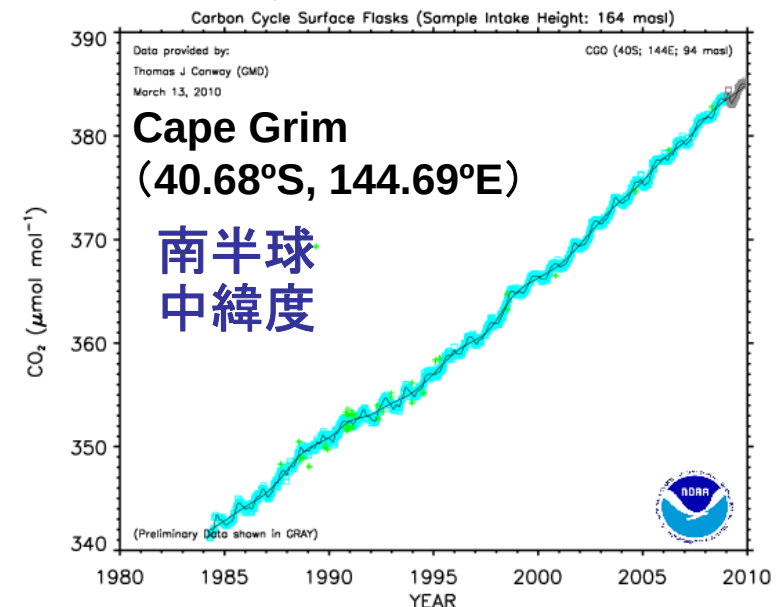
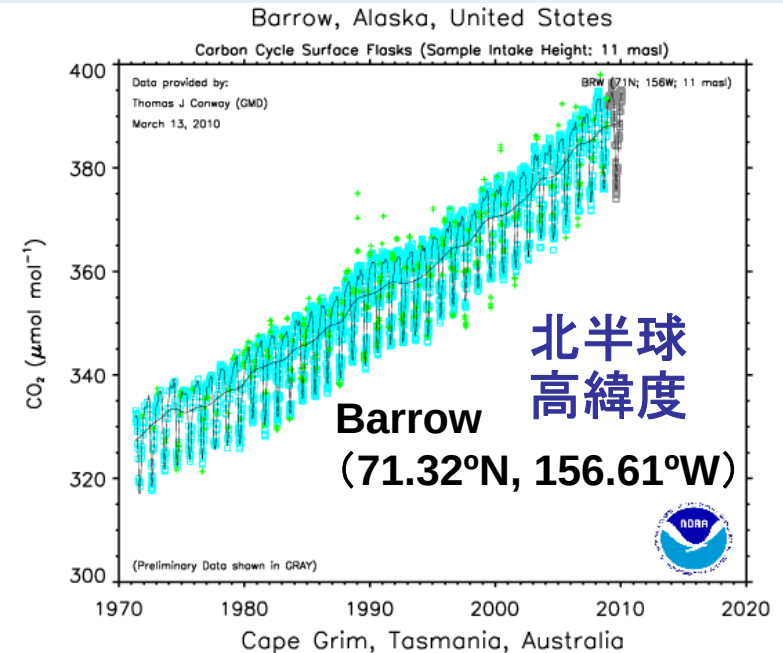
CO₂濃度は~1.5 ppmv / 年
程度の割合で増加している

CO₂濃度人間活動によって
およそ100 ppmv増加

大気中のCO₂濃度の特徴

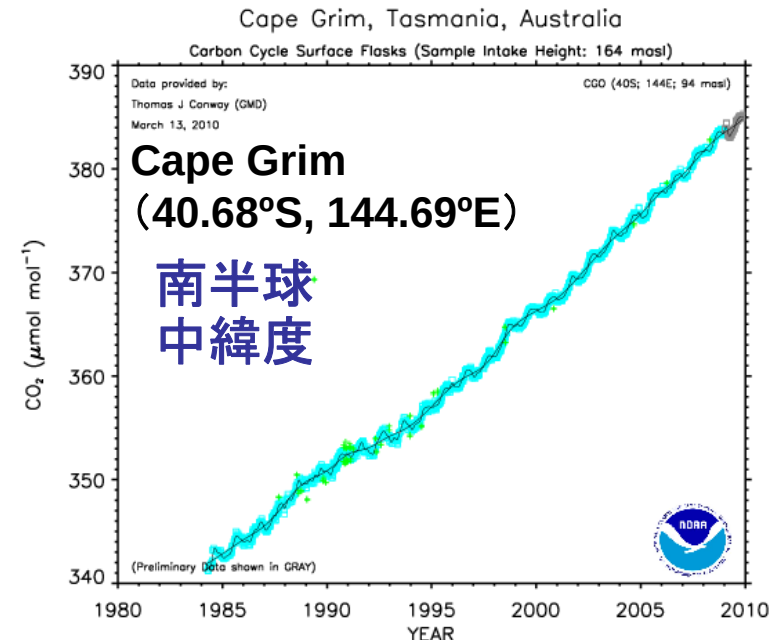
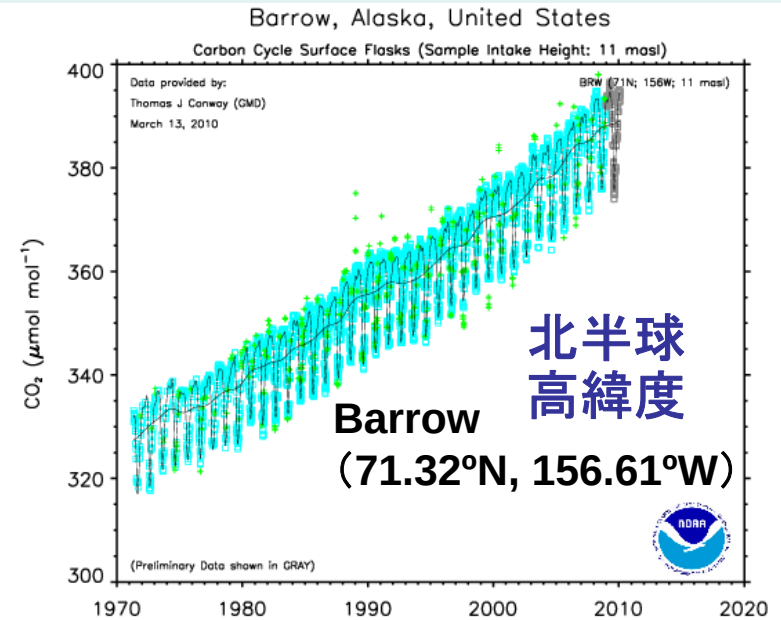
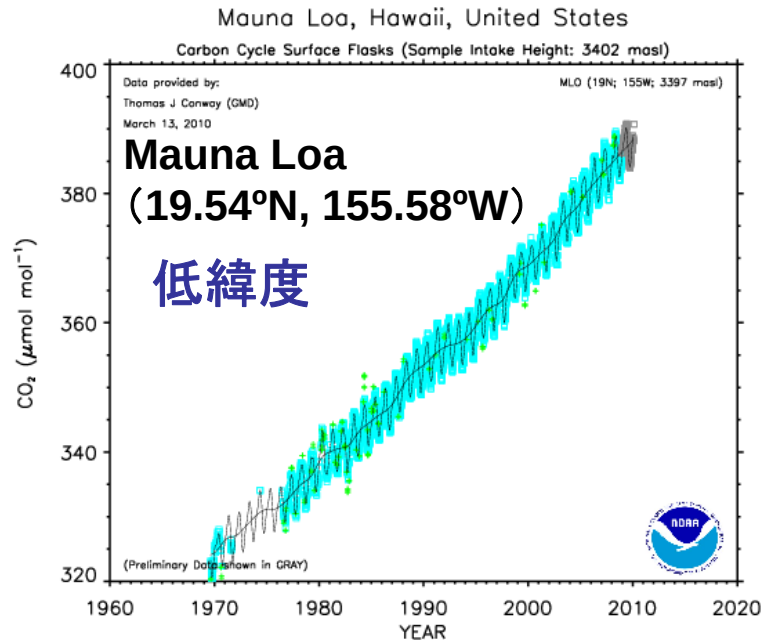


NOAA ESRL GMD webページより



CO₂濃度の季節変化の要因は？
CO₂濃度の特徴は？

大気中のCO₂濃度の特徴



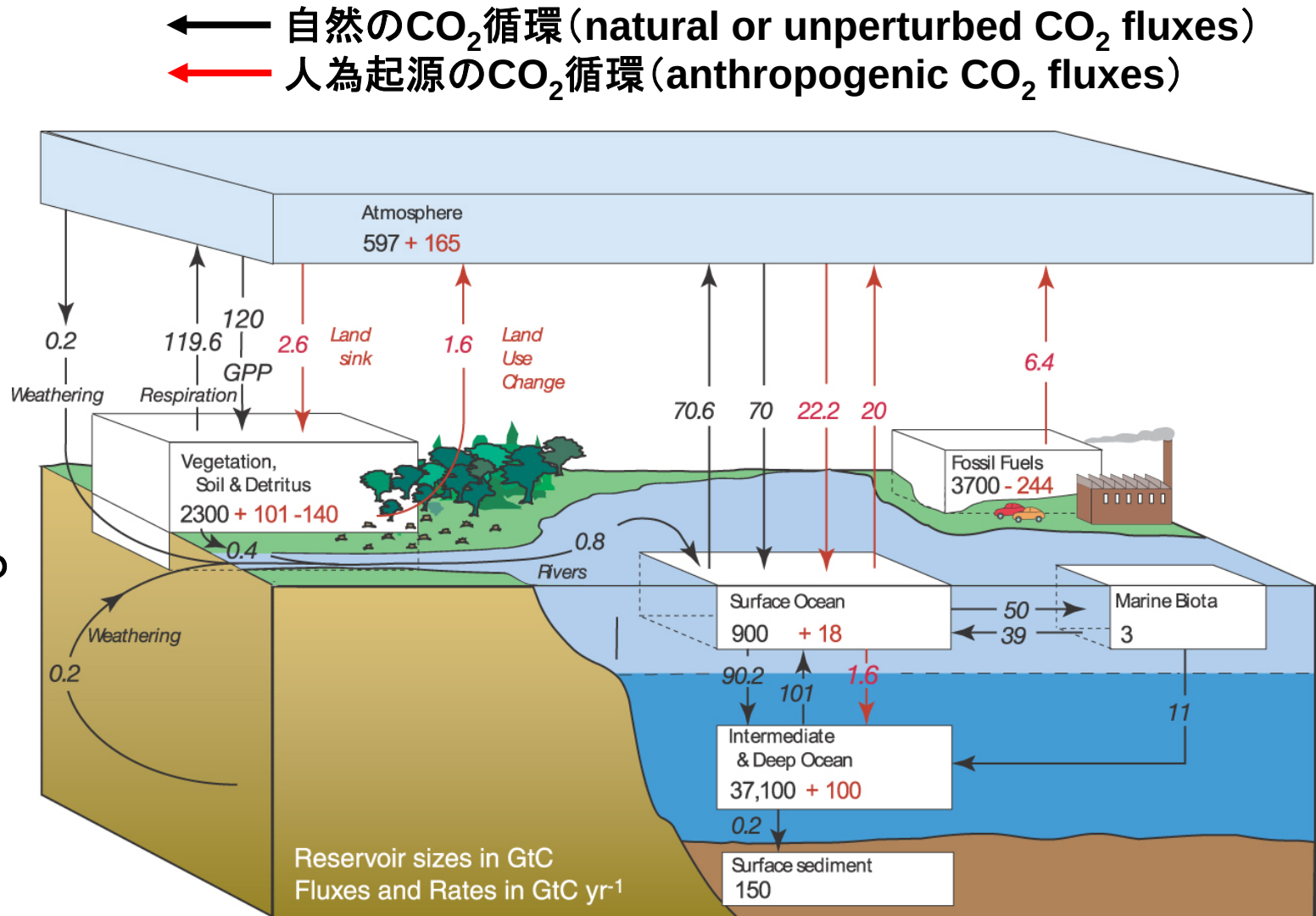
- 大気中CO₂の季節変化:
 - 主に大気-陸上生物圏間のCO₂交換による
 - 夏季(光合成が活発)には正味として減少
 - 冬季には呼吸と土壌有機物の酸化で増加
 - 陸域の割合が多い(陸上生物が多い)
 - 北半球の方が季節変化の振幅が大きい
- 大気中CO₂の濃度:
 - 北半球 > 南半球
 - CO₂放出源が北半球に多く存在するため

炭素循環 (carbon cycle)

化石燃料消費によるCO₂放出量
= 6.4 Gt C / 年
森林破壊によるCO₂放出量
= 1.6 Gt C / 年

海洋によるCO₂吸収量
= 2.2 Gt C / 年
陸域生態系によるCO₂吸収量
= 2.6 Gt C / 年

大気中の
残留CO₂量
= ~3.2 Gt C / 年



IPCC AR4-WG1 Fig. 7.3

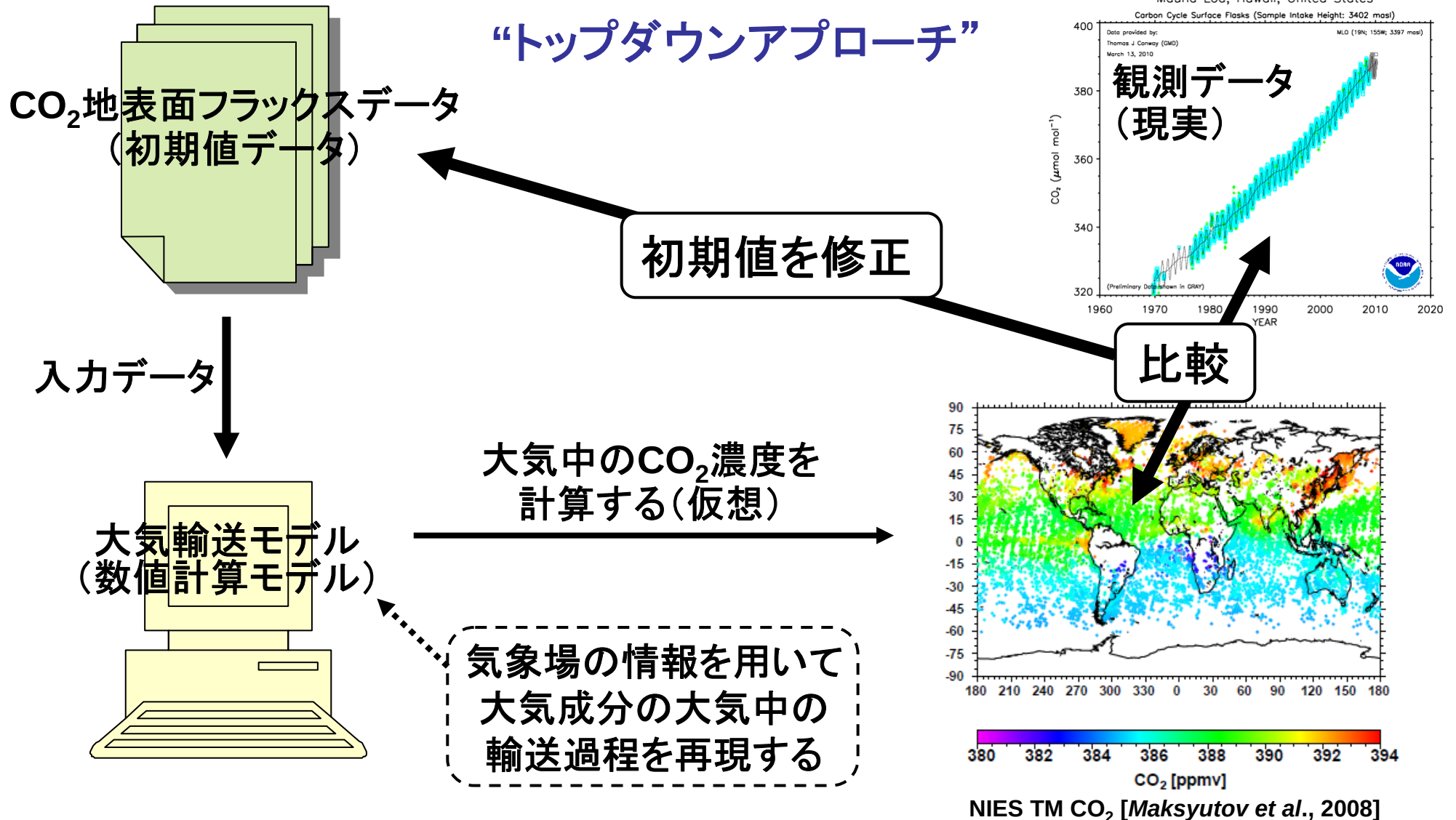
大気中の二酸化炭素はどこで放出される？吸収される？



二酸化炭素の放出源・吸収源の推定

CO₂の放出源・吸収源解析

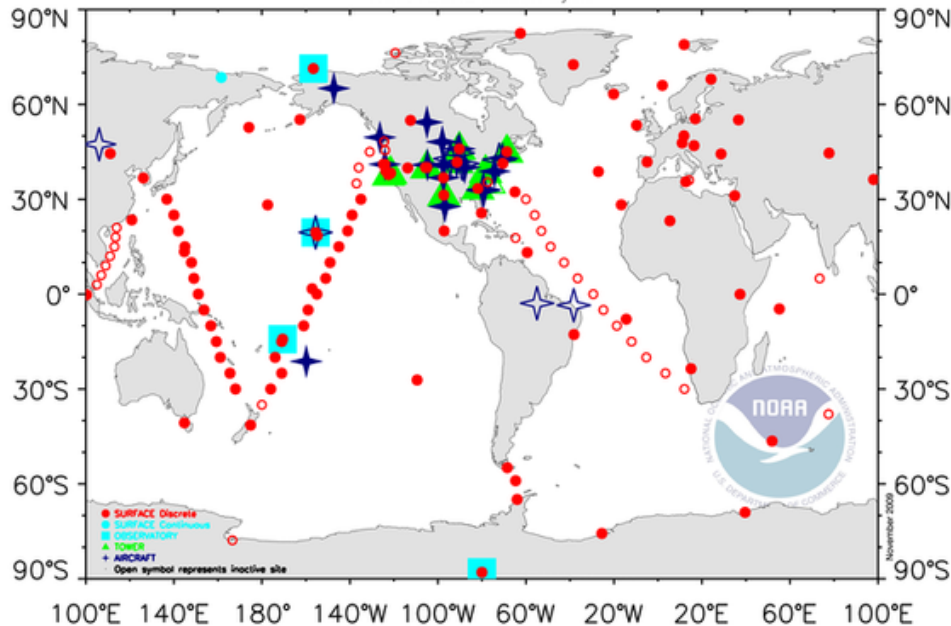
■ CO₂地表面フラックス推定のためのインバージョン解析法(概念図)



温室効果ガスの地上観測サイト

NOAAが主導する地上の温室効果ガス観測地点

Cooperative Measurement Programs
NOAA ESRL Carbon Cycle



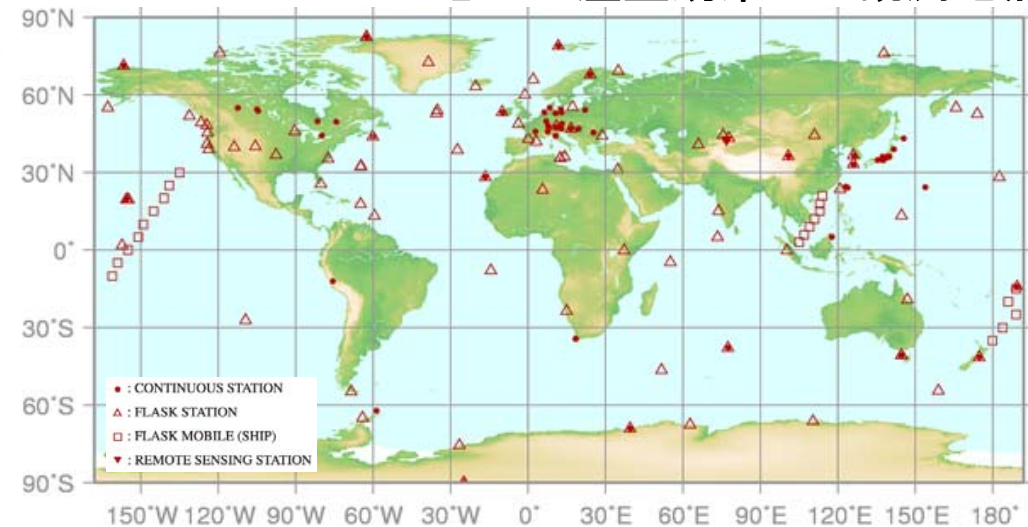
NOAA ESRL Carbon Cycle operates 4 measurement programs. Semi-continuous measurements are made at 4 baseline observatories, a few surface sites and from tall towers. Discrete surface and aircraft samples are measured in Boulder, CO. Presently, atmospheric carbon dioxide, methane, carbon monoxide, hydrogen, nitrous oxide, sulfur hexafluoride, the stable isotopes of carbon dioxide and methane, and halocarbon and volatile organic compounds are measured. Contact: Dr. Pieter Tans, NOAA ESRL Carbon Cycle, Boulder, Colorado, (303) 497-6678, pieter.tans@noaa.gov, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>.

NOAA/ESRL GMD webページより

■ 地上観測だけでは不十分

- 観測サイトが北半球に偏っている
- 海上の観測データが少ない

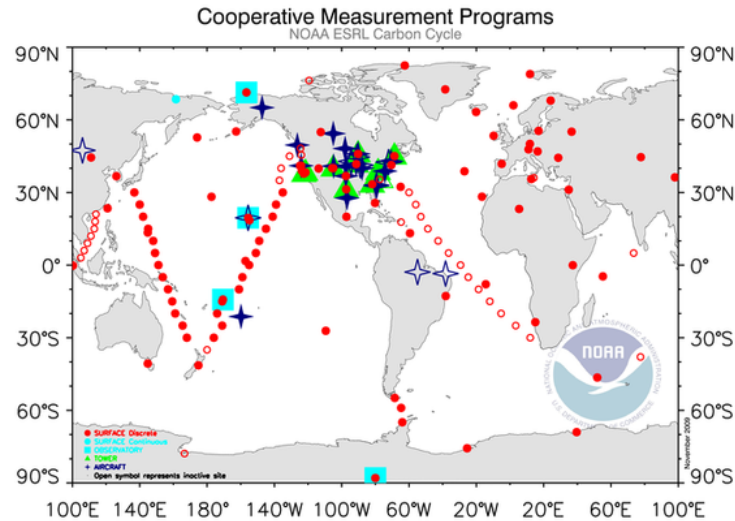
WMO/WDCGGの地上の温室効果ガス観測地点



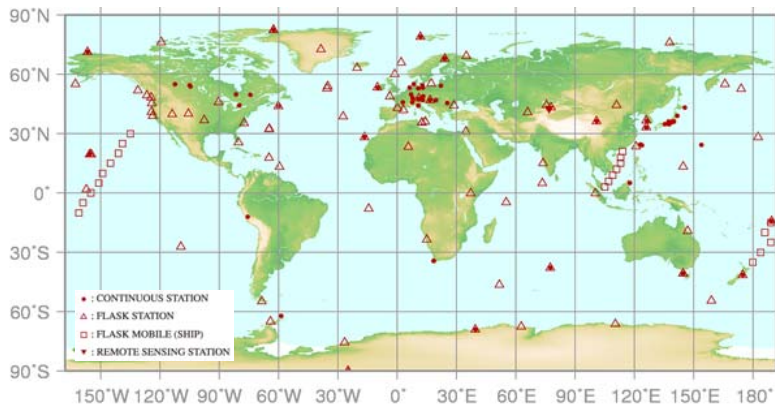
WMO/WDCGG (気象庁内) webページより

温室効果ガス-地上観測 & 衛星観測-

地上観測

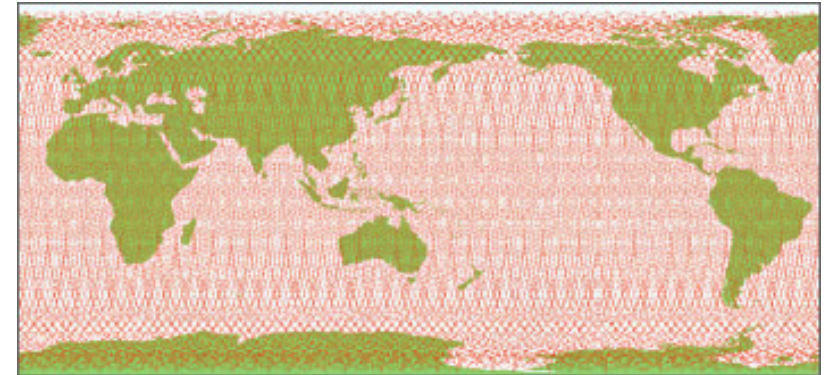


NOAA ESRL Carbon Cycle operates 4 measurement programs. Semi-continuous measurements are made at 4 baseline observatories, a few surface sites and from tall towers. Discrete surface and aircraft samples are measured in Boulder, CO. Presently, atmospheric carbon dioxide, methane, carbon monoxide, hydrogen, nitrous oxide, sulfur hexafluoride, the stable isotopes of carbon dioxide and methane, and halocarbon and volatile organic compounds are measured. Contact: Dr. Pieter Tans, NOAA ESRL Carbon Cycle, Boulder, Colorado, (303) 497-6678, pieter.tans@noaa.gov, <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/>.



衛星観測

(例) GOSAT観測点



JAXA いぶき webページより

+



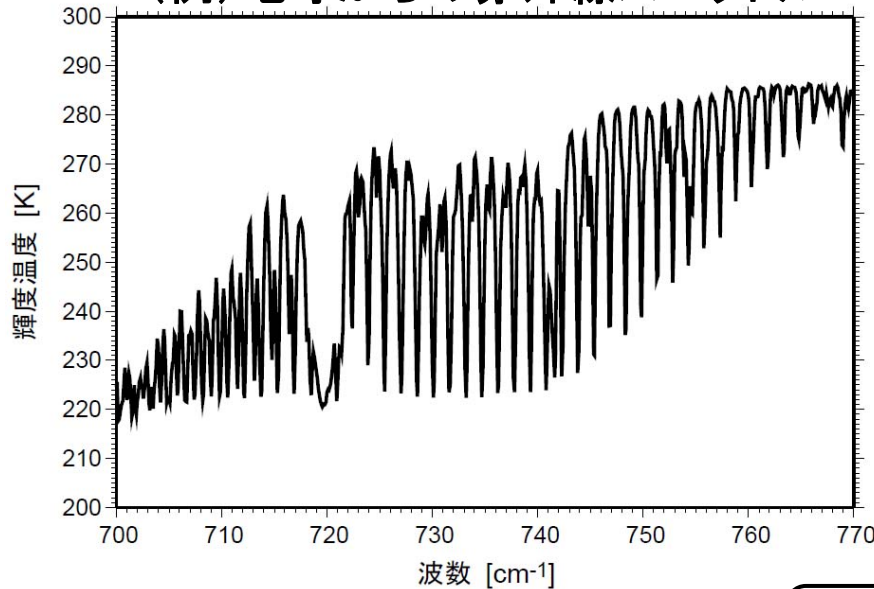
温室効果ガス観測データ数を
飛躍的に増やすことが可能！

衛星から気温や気体濃度を”測る”とは

[衛星で観測されるもの]

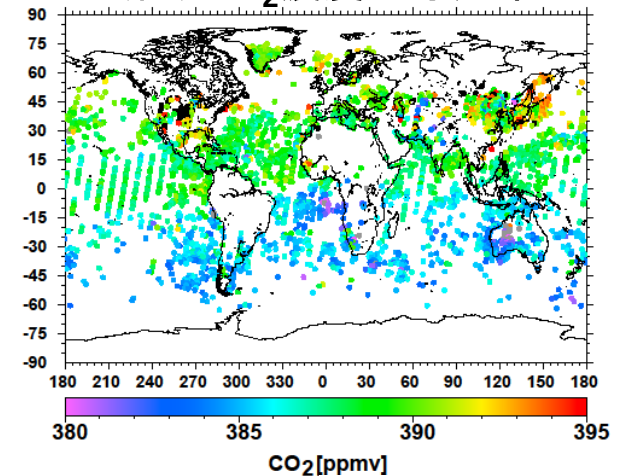
地球からの放射(主に赤外)スペクトル
太陽からの放射(主に紫外・可視)スペクトル

(例) 地球からの赤外線スペクトル

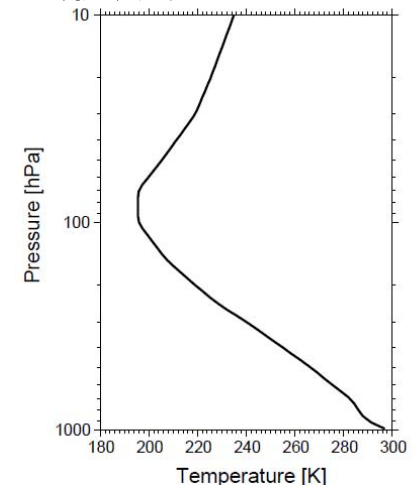


[わかるもの]

大気中の気温や気体・エアロゾル濃度
(例) CO₂濃度全球分布



(例) 気温プロファイル



リトリバル

物理学: 大気放射伝達(吸収、射出、散乱、...)

数学: リトリバルアルゴリズム

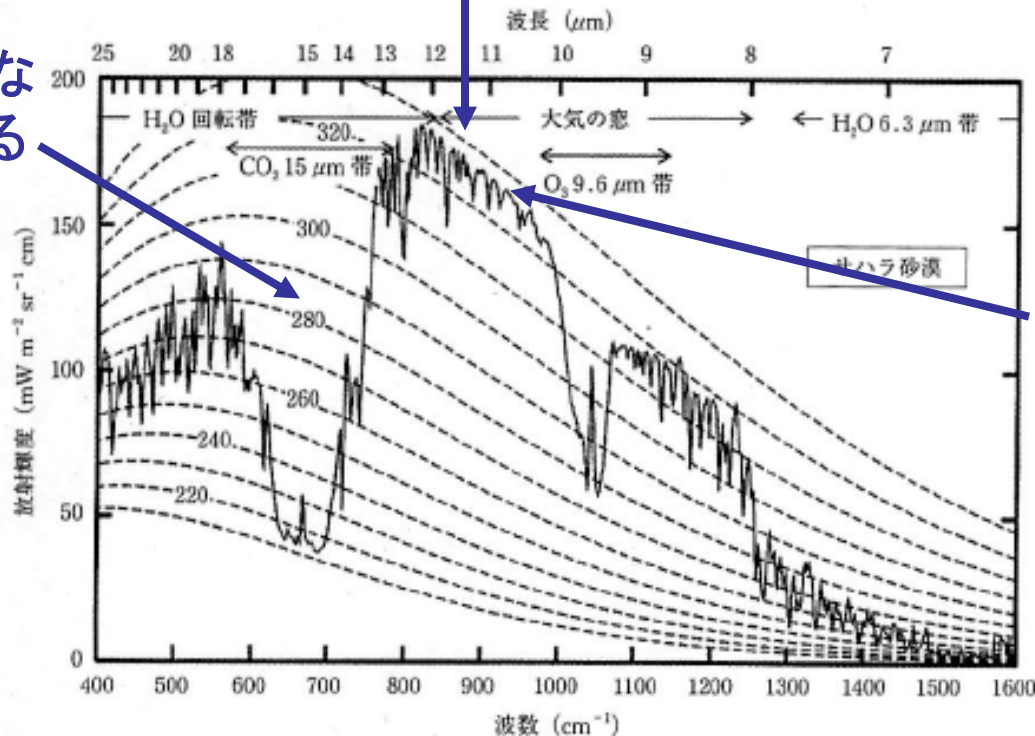
膨大なコンピュータ計算が必要!

衛星で気温を”測る”原理

地球からの赤外線スペクトルを利用した気温の測定

①気体による吸収がないと、およそ300 Kの黒体放射に近い放射スペクトルが衛星で観測されるはず

③実際には、大気中の様々な高度に存在する気体によって吸収される



②およそ300 Kの黒体放射に近い放射スペクトルが衛星で観測されている波長
= 大気窓
= 地表面を”見ている”
→ 地表面温度の推定

図4.1 サハラ砂漠上空でNimbus-4衛星搭載の赤外干渉分光放射計IRIS (infrared interferometer spectrometer) で測定された地球放射の中分解能スペクトル (Petty, 2004, Fig. 8.3a を一部改変) 波線は、いろいろな温度の黒体放射スペクトルを表す。大気窓領域では高温の地表面からの放射が、また、H₂OやCO₂、O₃などの吸収帯の存在する波数域では、吸収の強さに応じて、波数により異なる高度(温度)からの放射が卓越している様子が示されている。

衛星で気温を”測る”原理

④吸収が起こると、同じ波長で、絶対温度に応じた射出が起こる

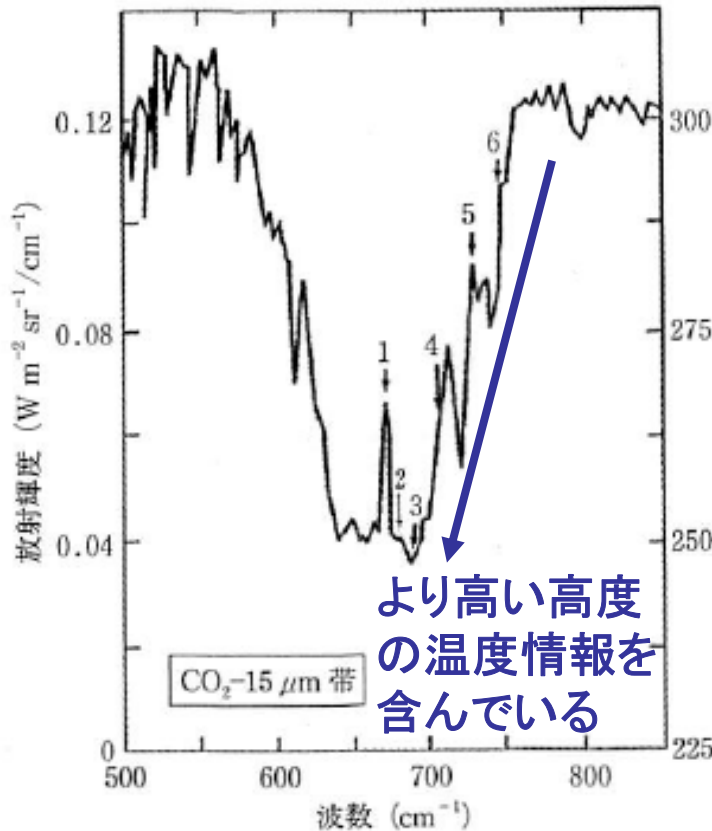


図 7.6 Nimbus-4 衛星搭載の IRIS 放射計で測定された CO_2 -15 μm 吸収帯における地球放射スペクトルの放射輝度および輝度温度の波数分布 (Liou, 2002, Fig. 7.14)

図中の番号は、図 7.7 の NOAA-2 衛星搭載の VTPR のチャンネル番号に対応する測定波数を示す。

輝度温度(°K)

⑥衛星で得られる放射スペクトル(輝度温度スペクトル)は各高度の温度情報を持っている
→ 気温の高度情報が得られる

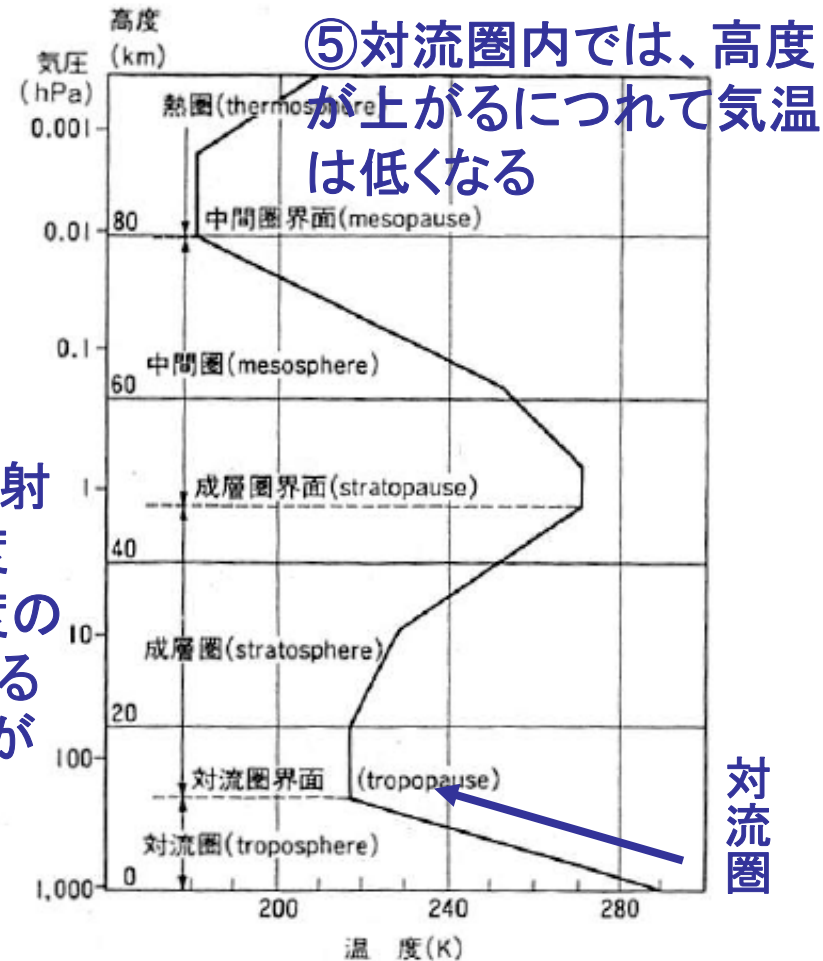
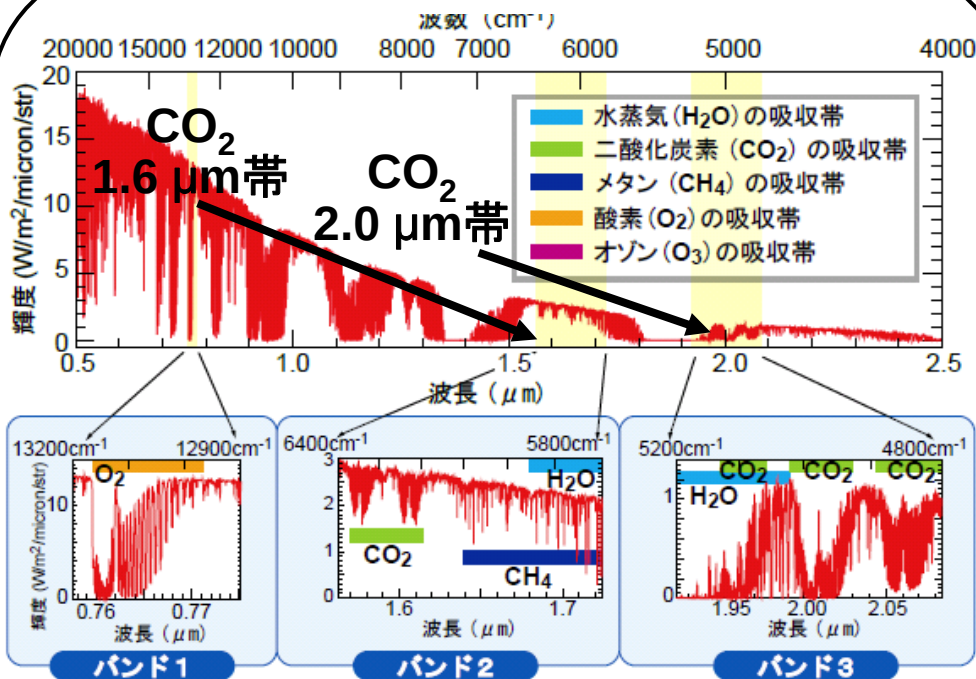


図 2.1 温度の高度分布(米国標準大気)と大気層の区分

大気中のCO₂を衛星で”測る”難しさ

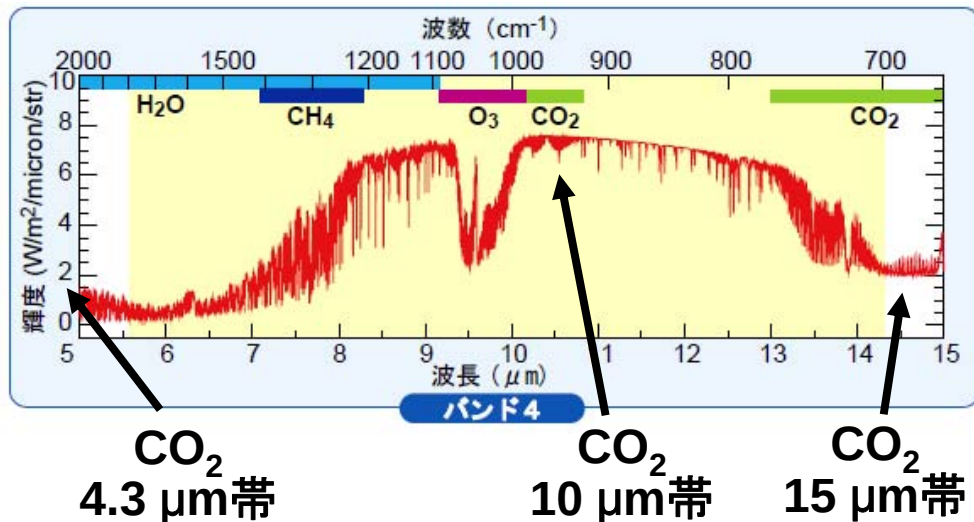
- 衛星から本格的にCO₂を”測る”ようになったのは2000年代から
 - 特に、4.3 μmや15 μmのCO₂の熱赤外波長域の吸収帯は、CO₂の濃度を既知として気温の導出に利用してきた波長帯

太陽放射(可視~近赤外)



下層のCO₂濃度に感度(カラム量)

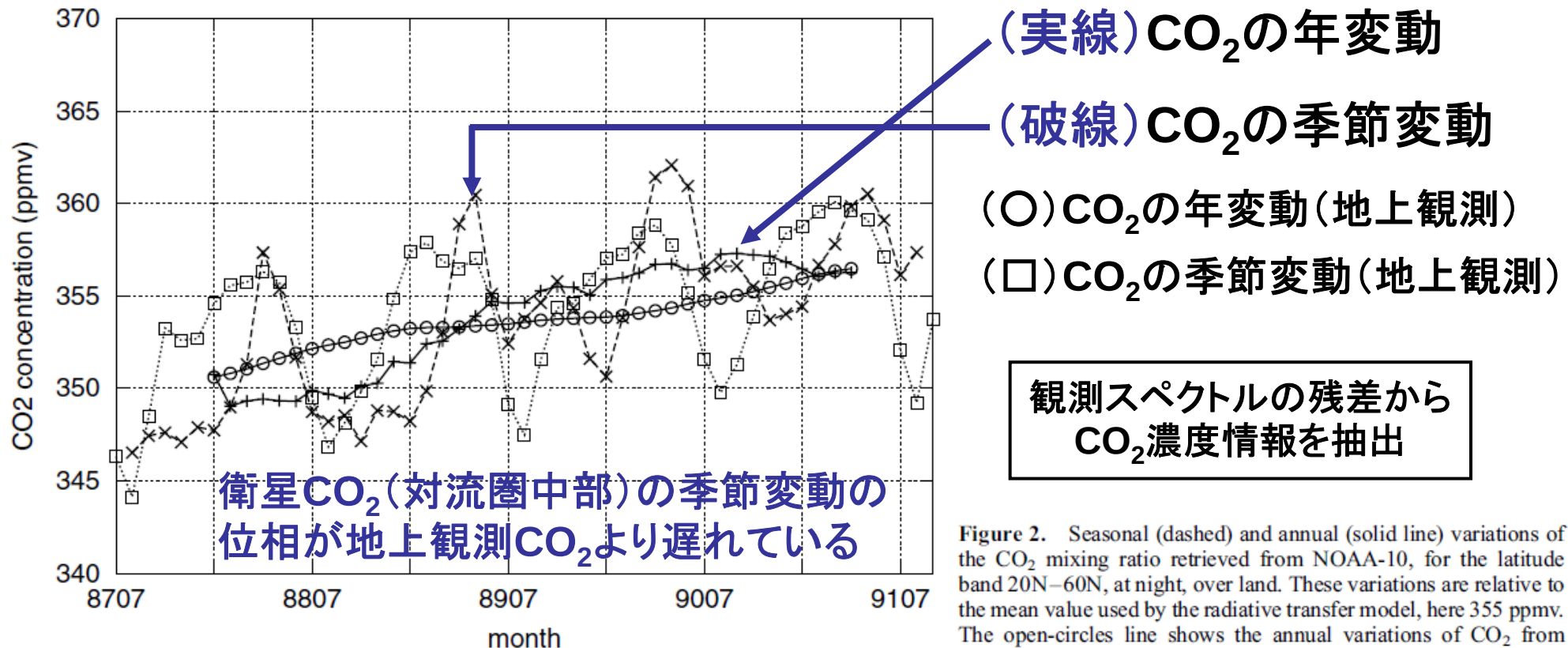
地球放射(熱赤外)



対流圏中層以上の
CO₂濃度に感度(プロファイル)

中部対流圏のCO₂の年変動、季節変動

- Chédin et al., *J. Climate*, 2002; *GRL*, 2002; *J. QSRT*, 2003
- CO₂の年変動、季節変動のシグナルを衛星から初めてとらえる
- NOAA-10 TOVS/HIRS-2 (High Resolution Infrared Radiation Sounder)

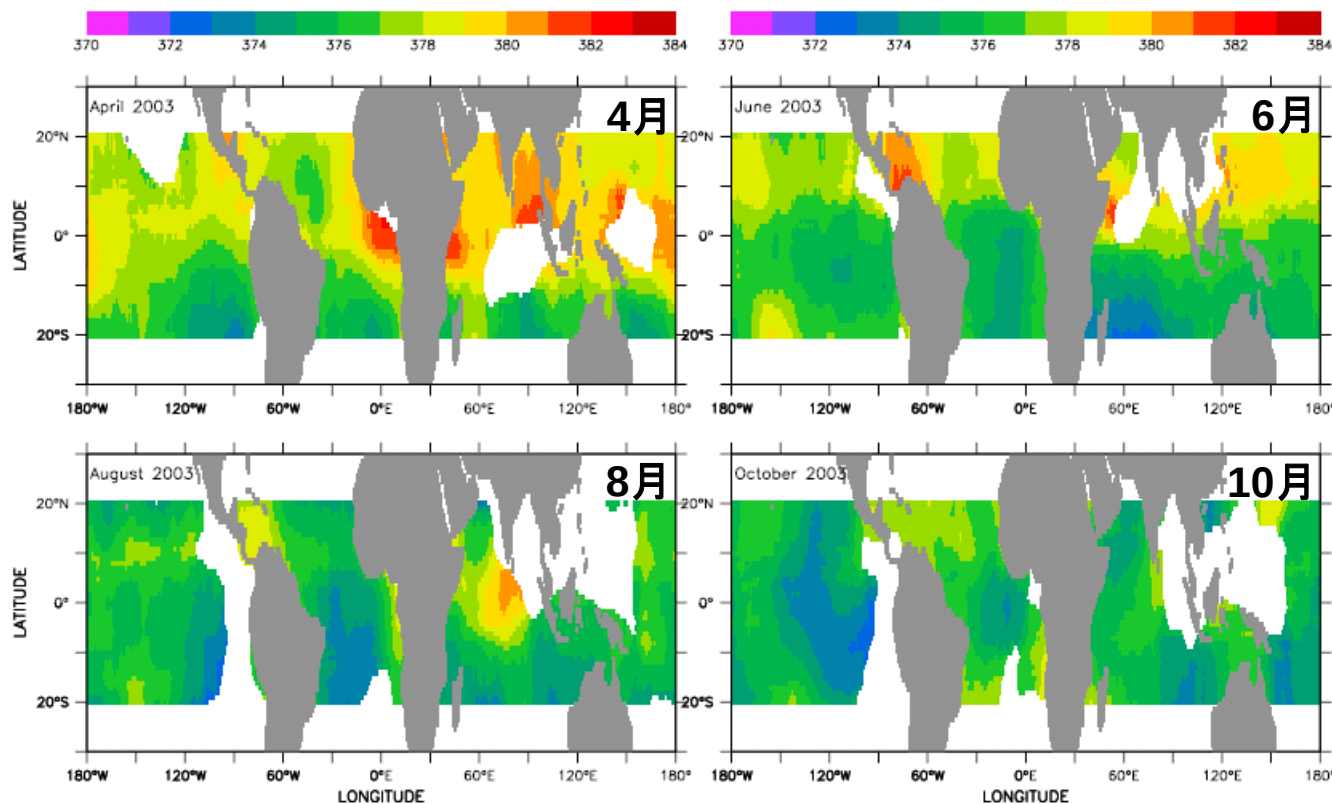


[Chédin et al., *GRL*, 2002, Figure 2]

Figure 2. Seasonal (dashed) and annual (solid line) variations of the CO₂ mixing ratio retrieved from NOAA-10, for the latitude band 20N–60N, at night, over land. These variations are relative to the mean value used by the radiative transfer model, here 355 ppmv. The open-circles line shows the annual variations of CO₂ from GLOBALVIEW-CO₂. The open-squares line shows the seasonal variations of CO₂ as measured at Cape Meares land site (45.48N, 123.97W). As expected, HIRS retrieved cycle is delayed by 1–2 months with respect to surface measurements.

中部対流圏のCO₂濃度分布(詳細)

- *Crevoisier et al., GRL, 2004*
- 衛星からCO₂グローバルマップ(対流圏中部)
- Aqua/AIRS (Atmospheric Infrared Sounder) ←高波長分解能センサー



AIRSの高波長分解能
を生かしたHIRS-2より
詳細なCO₂濃度情報

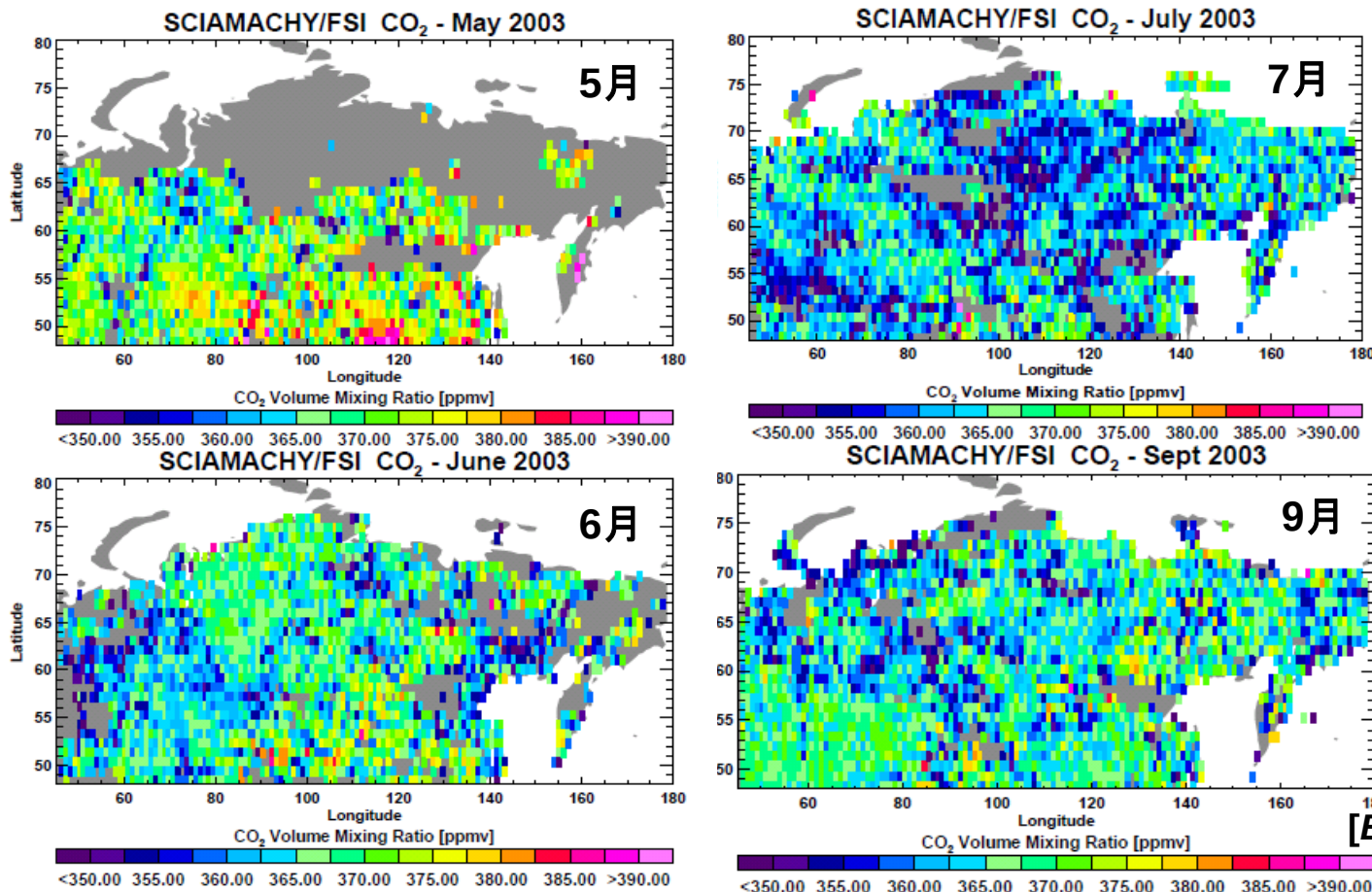
ニューラルネットワークを
用いて観測スペクトルの
残差からCO₂を導出
気温はマイクロ波観測
最適な波長を選択

[*Crevoisier et al., JGR, 2004, Figure 3*]

Figure 3. Monthly midtropospheric CO₂ as retrieved from AIRS observations for April, June, August, October 2003 at a resolution of 15° x 15° (1° x 1° moving average). Blank areas denote rejections due to persistent cloudiness.

CO₂カラム平均濃度(XCO₂)の導出

- *Buchwitz et al., ACP, 2005; Barkley et al., ACP, 2006*
- 衛星からCO₂カラム平均濃度(XCO₂、下層の濃度情報を含む)導出
- ENVISAT/SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Chartography) ←高波長分解能フーリエ分光計



シベリア域の夏季で
植生のCO₂吸収による
濃度減少が見られる

WFM-DOAS手法

Figure 14. Normalized CO₂ columns, retrieved over the Siberian test region for the summer of 2003, averaged on to a 1° x 1° grid.

[Barkley et al., ACP, 2006, Figure 14]

人工衛星による温室効果ガス観測が本格化



日本の温室効果ガス観測衛星は？

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

温室効果ガス観測衛星「いぶき」



国立環境研究所(NIES)、環境省(MOE)、
宇宙航空研究開発機構(JAXA)共同プロジェクト

2009年1月23日いぶき打ち上げ成功！



<http://www.gosat.nies.go.jp/>

- Greenhouse Gases Observing Satellite (GOSAT 和名:いぶき)
 - 温室効果ガス観測に特化した世界初の衛星
 - 観測対象(CO₂カラム量、CH₄カラム量、温室効果ガス高度分布)
 - 3日間でおおよそ56,000点の全球観測(太陽同期準回帰軌道)
 - 2009年1月23日打ち上げ

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

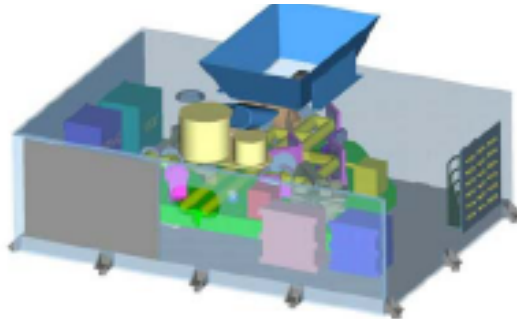


JAXA いぶき webページより

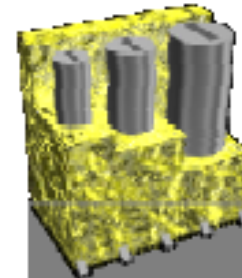
GOSAT観測点(5点モード、56,000点/3日)

■ Thermal And Near infrared Sensor for carbon Observations (TANSO): GOSAT(いぶき)に搭載されているセンサー

TANSO-FTS
(CO₂やCH₄など気体を測る)



TANSO-CAI
(雲やエアロゾルを観測する)



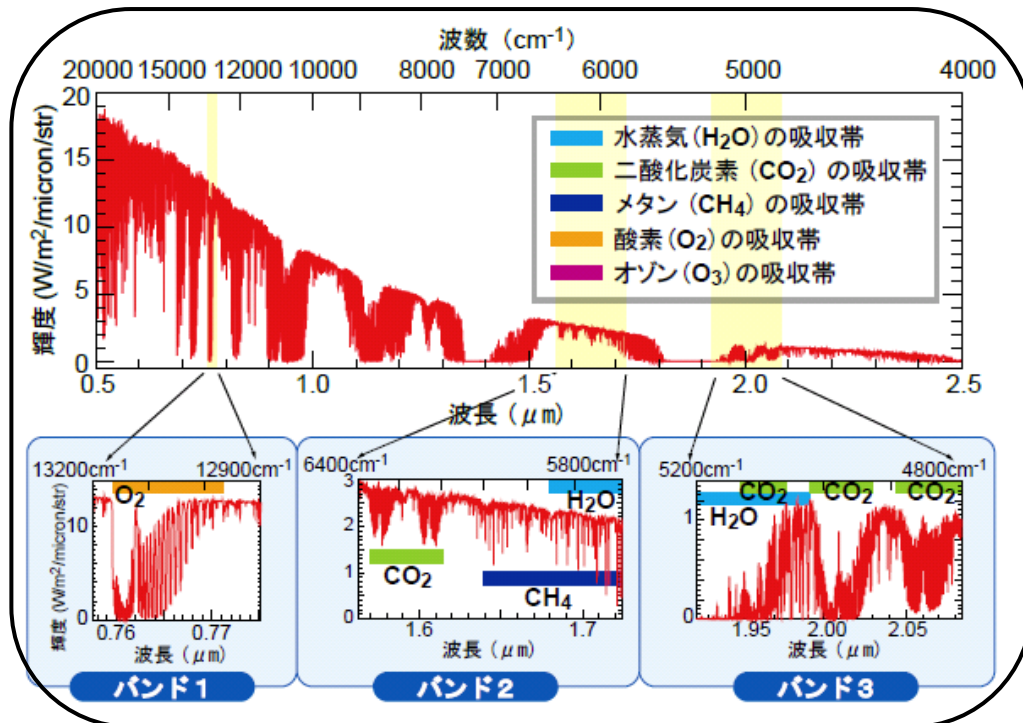
GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

■ GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測の特色:

- 温室効果ガスを観測することに特化したセンサー設計
- 温室効果ガスのカラム量と高度分布を同時に観測することができる

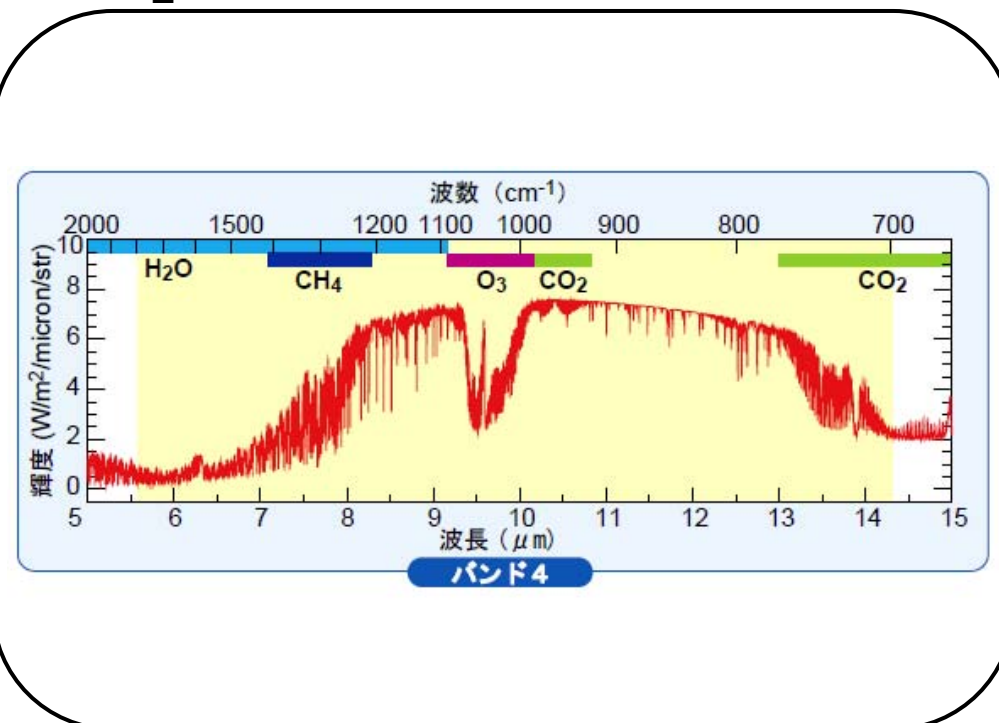
太陽放射(短波長赤外)

CO₂カラム量(下層の情報含む)



地球放射(熱赤外)

CO₂高度分布(対流圏中部以上)



ベイズ理論に基づいたリトリバーバル

事前推定、状態ベクトル空間に写像された観測、事後推定の関係

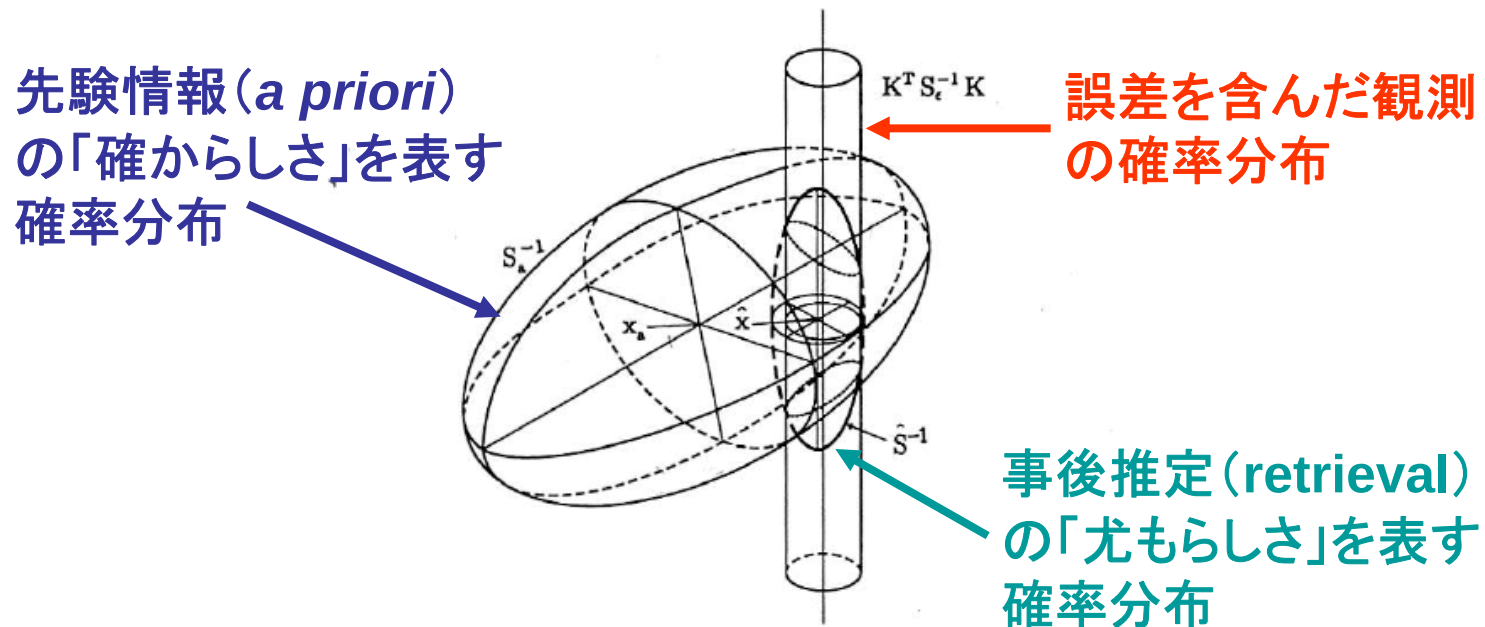


Fig. 2.4 Illustrating the relationship between the prior state estimate, the measurement mapped into state space, and the posterior estimate, for a three-dimensional state space and a two-dimensional measurement space. The large ellipsoid is a contour of the prior *pdf*, the cylinder is a contour of the *pdf* of the state given only the measurement, and the small ellipsoid is a contour of the posterior *pdf*.

線形写像付き非線形最大事後確率推定法

Maximum A Posteriori Method [e.g., Rodgers, 2000]

ベイズ理論に基づくリトリーバル手法

- 状態ベクトル $\mathbf{x}$ (放射伝達計算用のグリッドで定義)と、リトリーバルベクトル $\mathbf{z}$ (リトリーバル用のグリッドで定義)の間の線形写像用の行列は、

$$\mathbf{x} = \mathbf{W}\mathbf{z}$$

$$\mathbf{z} = \mathbf{W}^* \mathbf{x}$$

- $i+1$ 回目繰り返し計算時の濃度 $\mathbf{z}_{i+1}$ は、

$$\mathbf{z}_{i+1} = \mathbf{W}^* \mathbf{x}_a$$

$$+ (\mathbf{W}^T \mathbf{K}_i^T \mathbf{S}_\varepsilon^{-1} \mathbf{K}_i \mathbf{W} + (\mathbf{W}^* \mathbf{S}_a \mathbf{W}^{*T})^{-1})^{-1} \mathbf{W}^T \mathbf{K}_i^T \mathbf{S}_\varepsilon^{-1} (\mathbf{Y} - \mathbf{F}(\mathbf{x}_i))$$

$$+ \mathbf{K}_i \mathbf{W} (\mathbf{W}^* \mathbf{x}_i - \mathbf{W}^* \mathbf{x}_a)$$

観測スペクトル
誤差分散・共分散

a priori 誤差
分散・共分散

観測スペクトル フォワードスペクトル

ヤコビアン行列

i 回目の濃度プロファイル

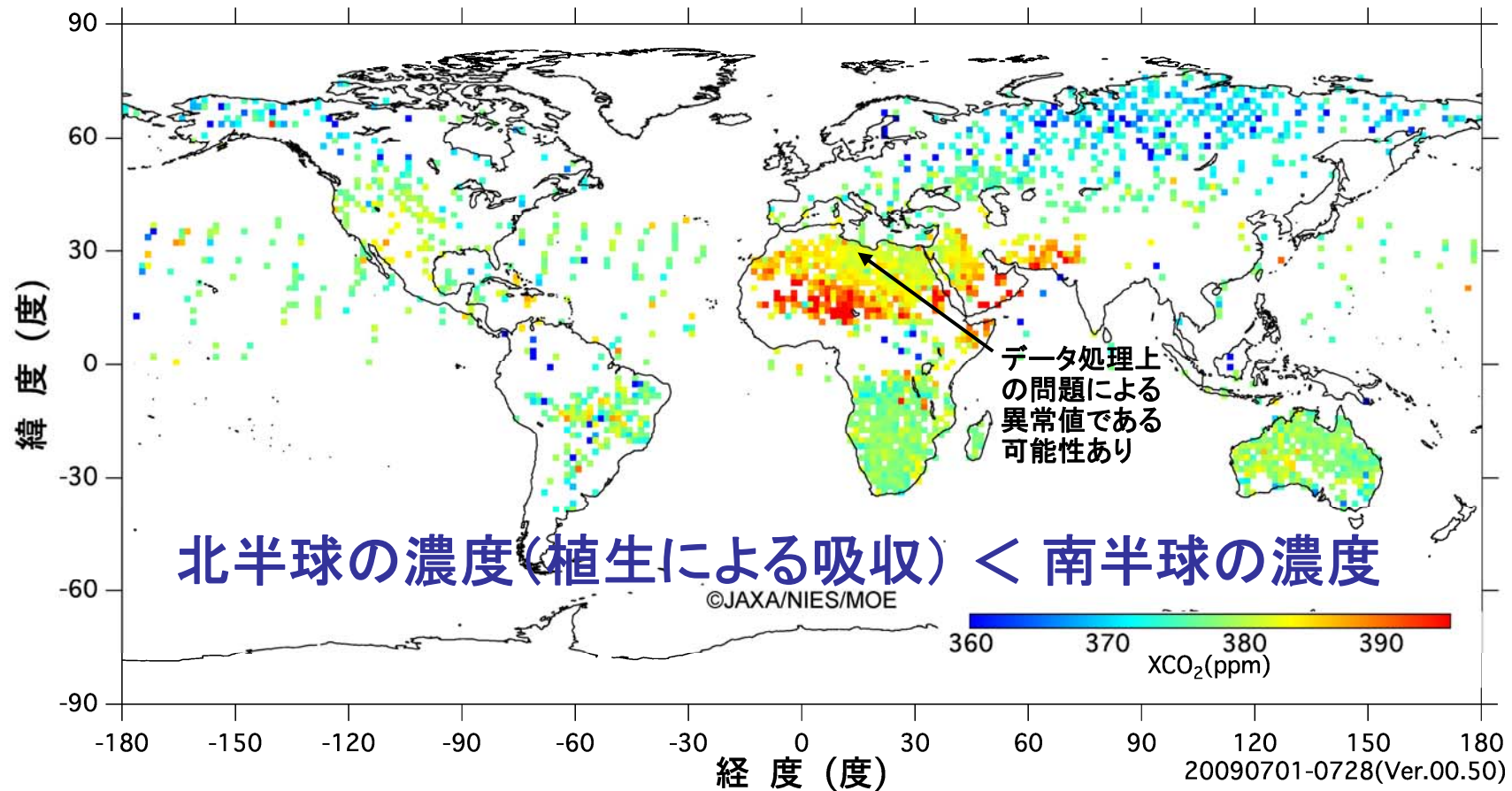
- リトリーバル誤差 $\hat{\mathbf{S}}$ は、

$$\hat{\mathbf{S}} = (\mathbf{W}^T \mathbf{K}^T \mathbf{S}_\varepsilon^{-1} \mathbf{K} \mathbf{W} + (\mathbf{W}^* \mathbf{S}_a \mathbf{W}^{*T})^{-1})^{-1}$$

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

短波長赤外(太陽放射)

2010年2月18日に一般公開されたCO₂カラム平均濃度(XCO₂)
2009年7月の1.5° x 1.5°メッシュ平均値

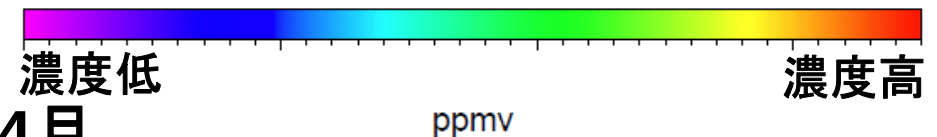
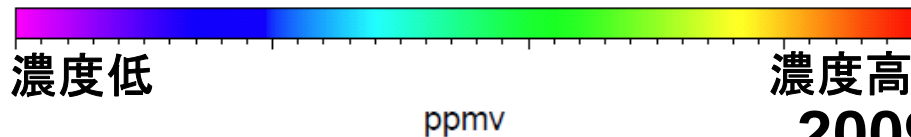
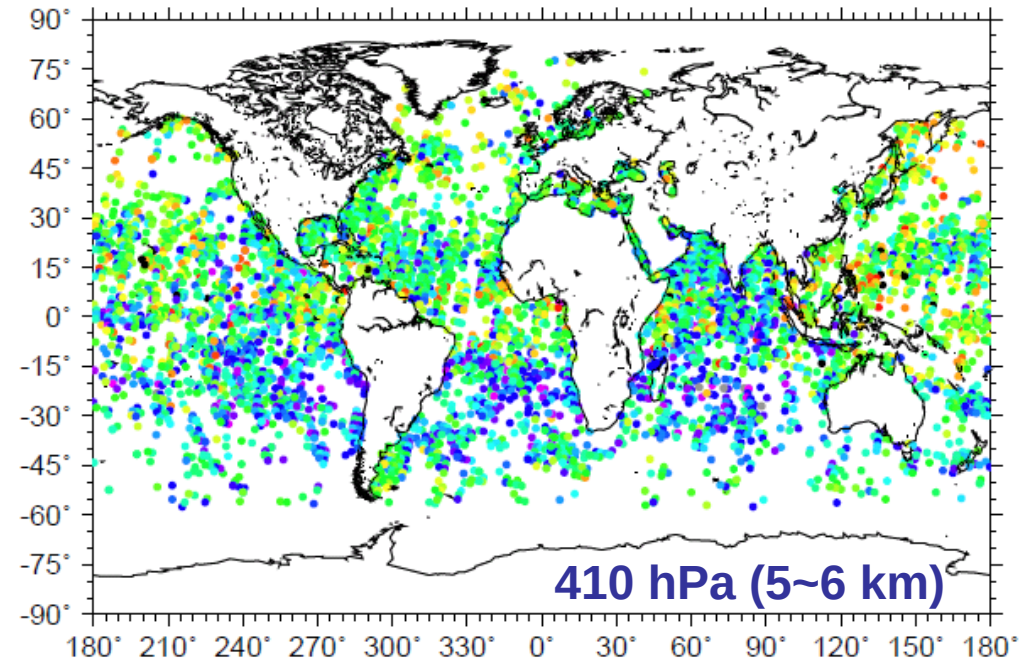
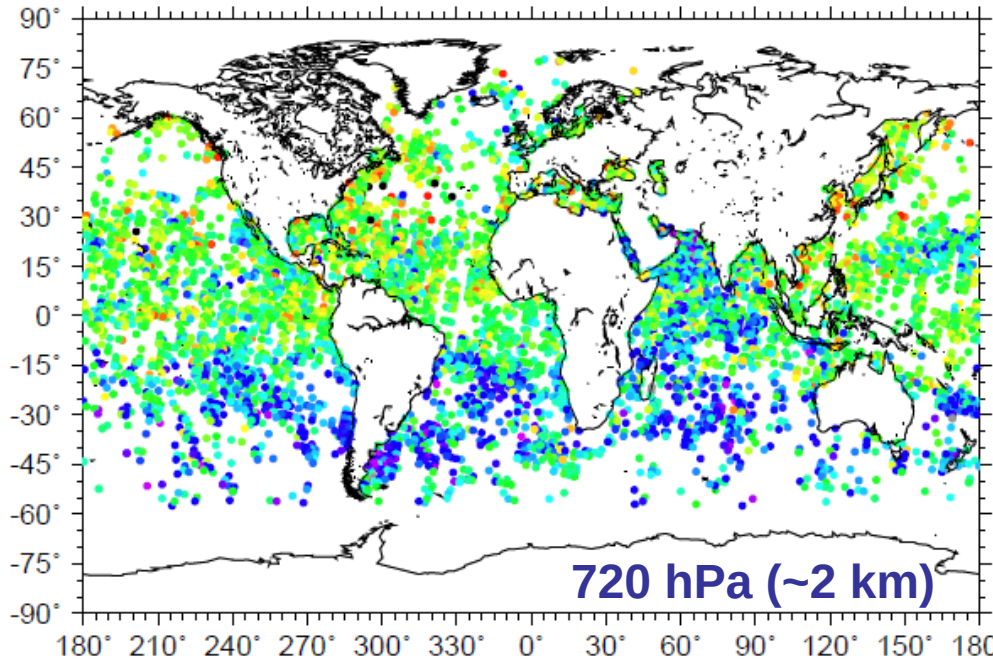


NIES GOSAT webページ(ニュース「2/18 レベル2プロダクトの一般提供を開始しました」)より

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

熱赤外(地球放射)

2009年4月の高度別CO₂濃度分布(未公開データ)



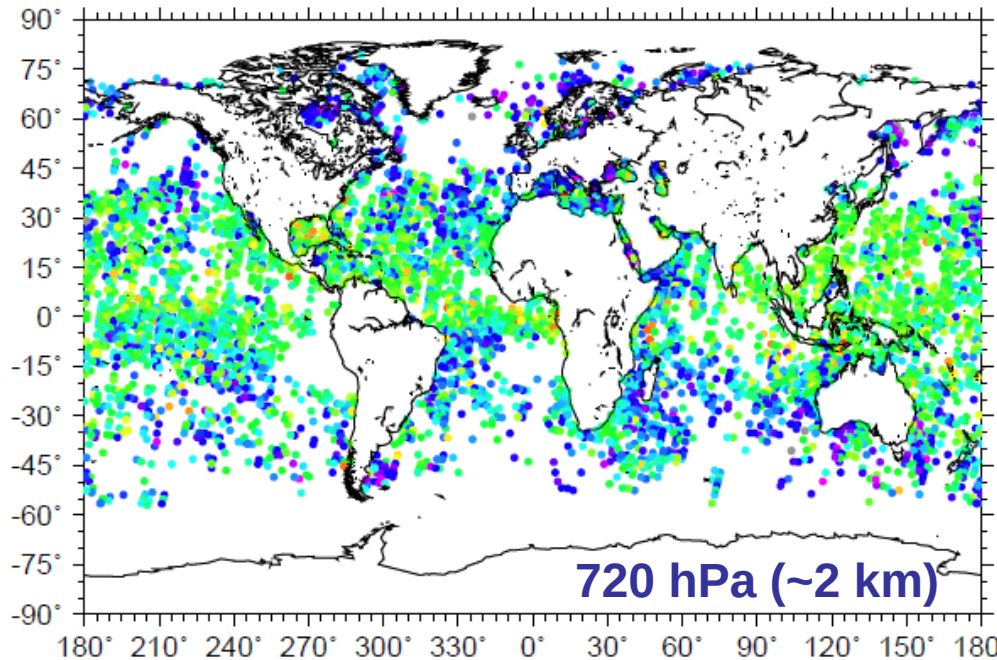
2009年4月

下層(720 hPa)の方が上層(410 hPa)よりもCO₂の緯度濃度勾配が大きい

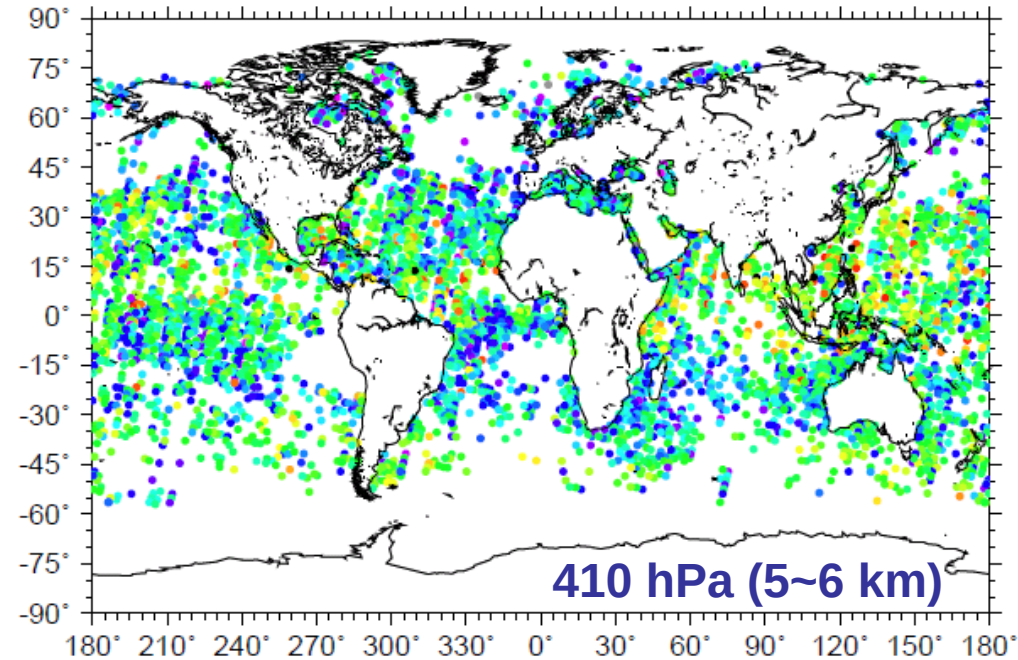
GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

熱赤外(地球放射)

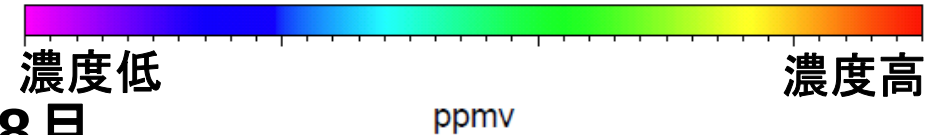
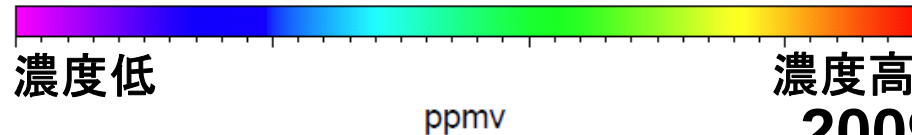
2009年8月の高度別CO₂濃度分布(未公開データ)



720 hPa (~2 km)



410 hPa (5~6 km)



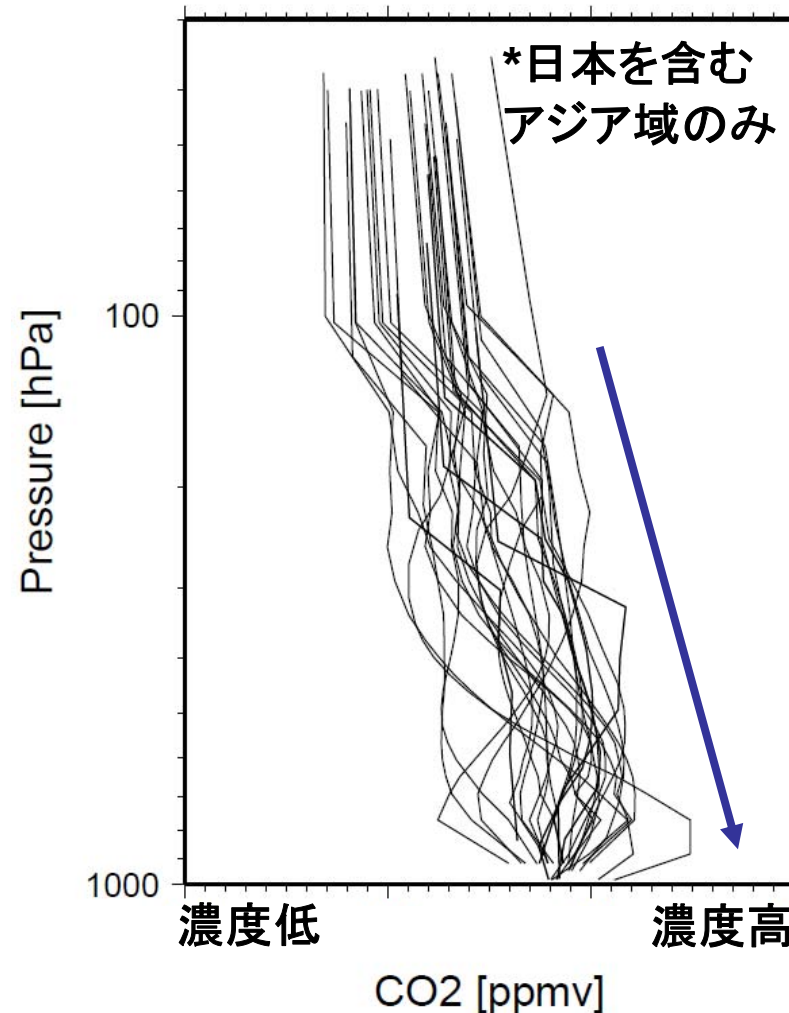
2009年8月

北半球の下層(720 hPa)では植生によるCO₂吸収による低濃度域が見られる

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

熱赤外(地球放射)

2009年4月の北緯30~60°NのCO₂高度プロファイル(未公開データ)



地上付近の濃度大
= CO₂の発生源

GOSAT(いぶき)による温室効果ガス観測

人工衛星データからの気体濃度リトリバルは“一筋縄”ではいかない

- 人工衛星データには観測誤差はつきもの
 - センサーのハードウェアに起因する誤差(打ち上げ後は直せない!)
 - 過酷な宇宙空間での観測に起因する誤差(想定外の誤差も)
- 人工衛星データに十分な情報が含まれているとは限らない
 - データからできる限りの情報を抽出するための数学的工夫が必要
- リトリバルした気体濃度が確からしいかどうか要検証
 - 得られた濃度分布の妥当性を他データと比較することで検証

気体濃度の
誤差の原因

—— 私がいま取り組んでいる研究 ——

GOSATによる温室効果ガス観測結果の信頼性の向上のため
データ質の調査やリトリバル手法(アルゴリズム)の改良

研究との出会い

H.06-10

奈良女子大学理学部情報科学科

H.10-15

奈良女子大学大学院

(情報科学専攻、複合領域科学専攻)

H.15-17

独立行政法人 国立環境研究所

NIESポスドクフェロー

H.17-21

東京大学気候システム研究センター

産学官連携研究員、特任助教

H.21-

千葉大学環境リモートセンシング研究センター
助教

成層圏オゾン層破壊を
促進する極成層圏雲の
研究、人工衛星を利用
したグローバルな大気
環境研究に出会う

成層圏オゾン層
に関する研究

大気中の温室効果
ガスに関する研究

以降、地球観測衛星プロジェクトに関わる

女性研究者を取り巻く状況

- 国・地方・各組織での男女共同参画社会実現に向けた取り組み
→ 予算措置、各種制度、意識改革（重要！）
- 各大学での女性のキャリアデザインに関する取り組み
→ 「ワークライフバランス」の実現に向けた仕組み作り
- 教員・研究員採用の際の女性優遇
→ 女性研究者の積極的な採用、女性限定の採用も
- 日本学術振興会・科学研究費補助金
→ 出産・育児等で中断した研究への復帰を支援
- 企業の女性研究者へ助成制度
→ 女性研究者を対象とした研究助成金の支給

各種制度や環境は整いつつある

もっと制度を利用する“前例”を増やして「当たり前のこと」に！

研究・仕事を続けること

■ 20代:

主に研究や仕事の基礎を身に着ける時期

■ 30代:

多くの研究者にとって本格的な「職探し」の時期、
重要な仕事を任され始めるような時期

女性にとっては、

(結婚)・出産・育児を経験する年代

⋮
⋮

やりたい研究・仕事に出会ったら、

たとえ、一時的に研究・仕事に100%専心できない
時期があっても、とにかく「続けること」が大事