

The Total Carbon Column Observing Network (TCCON)

*森野勇, 内野修(NIES), 大山博史, 川上修司(JAXA), Debra Wunch, Coleen Roehl, Janina Messerschmidt, Gretchen Keppel-Aleks, Paul O. Wennberg (Caltech), Rebecca A. Washenfelder (Caltech, 現在 NOAA), Geoffrey C. Toon, Jean-François L. Blavier (JPL), Nicholas M. Deutscher, Thorsten Warneke, Justus Notholt (Univ. Bremen), Vanessa Sherlock, John Robinson (NIWA), Ronald Macatangay, David W. T. Griffith (Univ. Wollongong), Brian J. Connor (BC Consulting Ltd.), Ralf Sussmann, Markus Rettinger (IMK-IFU), Esko Kyrö (FMI), Rodica Lindenmaier, Joseph Mendonca, Kimberly Strong (Univ. Toronto)

1. はじめに

地球大気中に存在する CO_2 , CO , CH_4 , N_2O 等の大気微量成分によって近赤外領域の吸収をうけた太陽直達光を観測する、地上設置高分解能フーリエ変換分光計 (FTS) による全球観測網 TCCON (Total Carbon Column Observing Network)¹⁾が 2004 年に設立された。TCCON は、装置、観測法、データ処理、校正に対して厳しい条件を課すことにより、リモートセンシング観測では前例のない不確かさ(CO_2 : 0.25 % 以上)を達成している。TCCON データは、近赤外衛星観測による CO_2 カラム全量等との直接比較が可能であり、更に炭素循環の研究にも利用されつつある。本発表では、TCCON の観測網、装置と観測法、データ解析、データの科学利用について紹介する。

2. 観測網

TCCON における最初の観測は米国 Park Falls で開始され、現在 18 サイトが加盟し、15 サイトが運用中である(加盟数、運用数は変動する)。TCCON サイトは、熱帯から極域、大陸及び沿岸、汚染及び清浄大気の地域を網羅しているが、南アメリカ、アフリカおよび東アジアを除くアジア域には存在しない。今後これらの地域に新規に設置されることが期待されている。

日本国内ではつくばサイトが、国立環境研究所の大気観測用 FTS を用いて、2008 年 12 月から東アジアの最初の TCCON サイトとして観測を開始した。更に JAXA のコンテナに搭載された地上設置高分解能 FTS が佐賀大学に移設され、2011 年 6 月からアジア 2 番目の佐賀サイトとして観測を開始している。

3. 観測装置、観測法、データ解析

前例のない小さな不確かさのデータ質を実現するために、TCCON では以下の条件を課している。

(a) 共通の装置、データ取得手順、観測条件、(b) 共通のデータ処理解析ソフト、(c) WMO gas scale に対する校正。具体的には下記の通りである。

TCCON では、市販品の中で最も安定な高分解能 FTS である Bruker IFS 125 HR を推奨装置としている。近赤外領域 $3900\text{--}15500\text{ cm}^{-1}$ を、波数分解能 0.02 cm^{-1} で、

InGaAs 及び Si 検出器を用いて観測を行う。1 回の観測時間は約 1 分で、FTS の装置関数を低圧 HCl ガスセル測定によりモニタしている。太陽追尾装置は 3 arcmin より高い精度のものを使用することになっている。更に、地表面気圧、地表面温度/湿度、風向風速、日射等の気象データの観測を行い、データ解析の初期値として利用され、TCCON データの付随データとしても提供されている。

データ解析は、共通ソフトである GFIT を用いて共通の解析条件(解析波数領域、分光パラメータ等)で行い、 CO_2 , CH_4 , O_2 等のカラム量が導出される。更に、カラム平均濃度 X_Y は、 $X_Y = 0.2095 \times (Y \text{ カラム量}) / (\text{O}_2 \text{ カラム量})$ で計算される。

WMO gas scale の直接測定装置を搭載した航空機により TCCON サイト上空の鉛直濃度分布を測定し、カラム平均濃度はこれに対して校正する。環太平洋の TCCON サイトに対して各校正係数(CO_2 : 0.989 ± 0.002 , CH_4 : 0.978 ± 0.004)を決定し²⁾、これらは他サイトと一致しているため、現在これらを TCCON の校正係数としている。

4. TCCON データの科学利用

TCCON データは、他の観測データや気象データ等を用いた大気化学的研究に從來から使用されている。最近は大気輸送モデルの評価に利用されつつある³⁾。更に、SCIAMACHY⁴⁾や GOSAT⁵⁾等の衛星観測による近赤外カラム全量の検証に盛んに利用されるようになってきている。一方、TCCON は高精度高分解能スペクトルを取得しているため、新たな分光学的問題が発見され、これを解決する研究も行われている⁶⁾。

参考文献

- 1) D. Wunch et al., Phil. Trans. R. Soc. A, 369, 2087-2112 (2011), <https://tccon-wiki.caltech.edu/>
- 2) D. Wunch et al., AMT, 3, 1351-1362 (2011).
- 3) S. Houweling et al., ACP, 10, 9981-9992 (2010).
- 4) e.g. M. Reuter et al., JGR, 116, D04301 (2011).
- 5) e.g. I. Morino et al., AMT, 4, 1061-1076 (2011); A. Butz et al., GRL, 38, L14812 (2011); D. Wunch et al., AMTD, 11, 20899-20946, (2011).
- 6) e.g. H. Tran et al., JQSRT, 111, 1344-1356 (2010).