

TCCON (Total Carbon Column Observing Network)の現状と今後

*森野勇, 井上誠, 町田敏暢, 内野修(国立環境研究所), 大山博史(名古屋大学太陽地球環境研究所), 川上修司(宇宙航空研究開発機構), Paul O. Wennberg (Caltech), Justus Notholt (U. Bremen), David W. T. Griffith (U. Wollongong), Debra Wunch (Caltech), Geoffrey C. Toon (JPL), TCCON partners

1. はじめに

炭素循環の理解や温室効果ガス観測衛星データの検証のために、地球大気中に存在する CO₂、CO、CH₄、N₂O 等の大気微量成分によって近赤外領域の吸収を受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・補正・校正に対して厳しい条件を課すことにより、分光リモートセンシング観測では前例のない不確かさ(2σで CO₂: 0.8 ppm, CH₄: 7 ppb)を達成している。前回の気象学会²⁾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した。その後 TCCON は、サイト数が増加し、解析プログラムも 2 回の大きなバージョンアップを行った。現在 TCCON データは炭素循環等の研究に幅広く利用され、GOSAT や OCO-2 等の温室効果ガス観測衛星データの検証標準としての地位を確立している。講演では TCCON の現状と今後について発表する。

2. 観測網

TCCON における最初の観測は米国 Park Falls で開始され、加盟数は 2011 年では 18 サイトであったが、2014 年には 26 サイト(数は変動する。運用中: 21 サイト、準備中: 5 サイト)に増加した。TCCON サイトは、熱帯から極域、大陸、沿岸及び島嶼、汚染及び清浄大気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。現在、南アメリカ Manaus に TCCON サイトが設置されようとしている。また、シベリア Yekaterinburg の FTS や 2015 年打上予定の中国の二酸化炭素観測衛星 TanSat の検証のために中国国内に FTS が設置されており、TCCON への加盟が期待されている。更に空白地域を埋めるように設置が期待されているが、TCCON は個々のサイトが自助努力により資金を獲得して活動を行っているため、すべての要請を受け入れることは困難である。

日本国内では、つくばサイトが 2008 年 12 月から日本で最初の TCCON サイトとして、佐賀サイトが 2011 年 6 月から 2 番目の TCCON サイトとして観測を開始した。更に、国立環境研究所は陸別に FTS を移設して、2013 年 11 月から 3 番目の TCCON サイトとして観測を開始した。2014 年 1 月には、つくば及び陸別サイトの検定の

ための航空機観測を行った。

3. 観測装置、観測法

TCCON 共通の FTS として Bruker IFS 125 HR 及び同等品が用いられている。波長安定化した He-Ne laser を用いて干渉計のフリンジを計測しているが、前回発表以後 laser sampling error が発生していることが明らかとなった。Bruker optics 社の協力により、その原因は解明され、TCCON の FTS は改善された部品にすべて交換された。新規 FTS を入手する際、この問題を解決したものが納入されている。更に、HCl ガスセルを用いて定期的には大気観測と同時に装置関数を測定している。

4. データ解析

データ解析は、共通プログラムである 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、先験値等)で行い、まず CO₂、CH₄、O₂等のカラム量が導出される。次に、カラム平均濃度 X_Yは、 $X_Y = 0.2095 \times (Y \text{ カラム量}) / (O_2 \text{ カラム量})$ で計算される。更に、airmass 依存性を補正し、WMO gas scale に準拠した航空機観測による鉛直分布データを用いて校正されている。現在公開中のバージョンは GGG2012 である。今年 5 月に GGG2014 がリリースされ本プログラムを用いた再処理が行われている。GGG2014 では、laser sampling error により O₂ カラム量の導出に誤差を与えていたスペクトルを修正する処理が組み込まれ、分光パラメータや先験値も最善のものに変更されている。これにより、airmass 依存性の補正值、航空機観測による校正値も幾分変わっている。

5. 今後

解析プログラムの次期バージョンでは装置関数による影響等の新しい機能が組み込まれる予定である。さらなる高精度化を目指し、高緯度における airmass 依存性と TCCON の校正観測の高頻度化について検討が行われている。更に、TCCON で用いられている FTS が高価であるため、より安価な低分解能 FTS 等を用いた観測手法の検討が行われている。また、今後計画されている温室効果ガス観測衛星プロジェクトの検証活動の一環として、新規 TCCON サイトの設置も計画されている。

参考文献

- 1) D. Wunch et al., Phil. Trans. R. Soc. A, **369**, 2087-2112 (2011), <https://tcon-wiki.caltech.edu/>
- 2) 森野他、日本気象学会秋季大会予稿集、p175 (2011).