

Retrieval of CO₂ and N₂ in the Martian thermosphere using dayglow observations by IUVS on MAVEN

J.S.Evans, M.H.Stevens, J.D.Lumpe, N.M.Schneider, A.I.F.Stewart, J.Deighan, S.K.Jain, M.S.Chaffin, M.Crismani, A.Stiepen, W.E.McClintock, G.M.Holsclaw, F.Lefevre, D.Y.Lo, J.T.Clarke, F.G.Eparvier, E.M.B.Thiemann, P.C.Chamberlin, S.W.Bougher, J.M.Bell, B.M.Jakosky.

概要

- IUVS発光スペクトルからCO₂,N₂密度鉛直分布(130-200km), 温度鉛直分布(170-220km)を導出
- 高度170kmでCO₂密度が2.5倍に及ぶ大きな変動がある
- N₂/CO₂比の高度変化(高高度に向かい増加;0.042±0.017 at 130km; 0.12±0.06 at 200km)を明らかにした
- Hから温度を導出: 324±22K(LT14)

背景

- 火星大気紫外発光は主に Mariner6-9, SPICAMにより活発に観測されてきた。その励起機構は、光電離/電子衝突/解離再結合/共鳴散乱/SEPなど様々で、大気組成などのリモート観測手法として重要である。

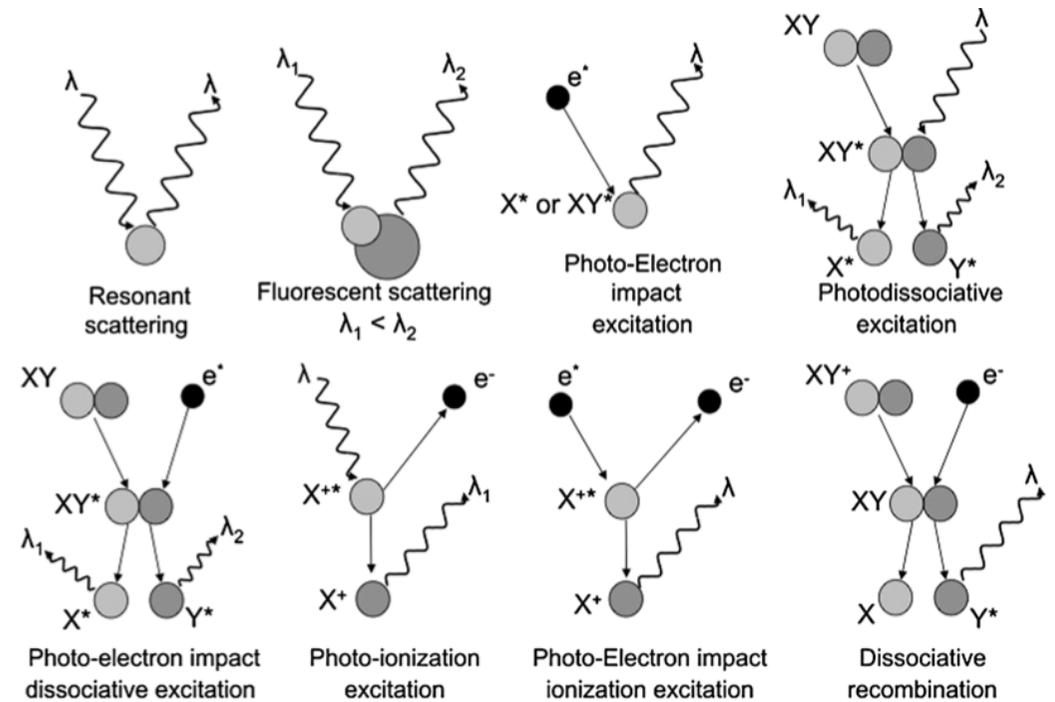


Fig. 2 Schemes of the different mechanisms leading to the dayglow. λ , λ_1 and λ_2 are the wavelength of the incident or emitted photons. X and Y are atoms, and e^- is an electron; X^+ or Y^+ is for a positive ion, and X^* , Y^* , XY^* , or X^{+*} is an atom/molecule/ion in an excited state. From Leblanc et al. (2006)

Fig. Schemes of the different mechanisms leading to dayglow [Leblanc+06].

目的

- IUVS大気光データから火星熱圏の CO_2 , N_2 密度を初めて導出。
- M-GITM, in-situと比較し, 違いを明らかにする。

データ・手法

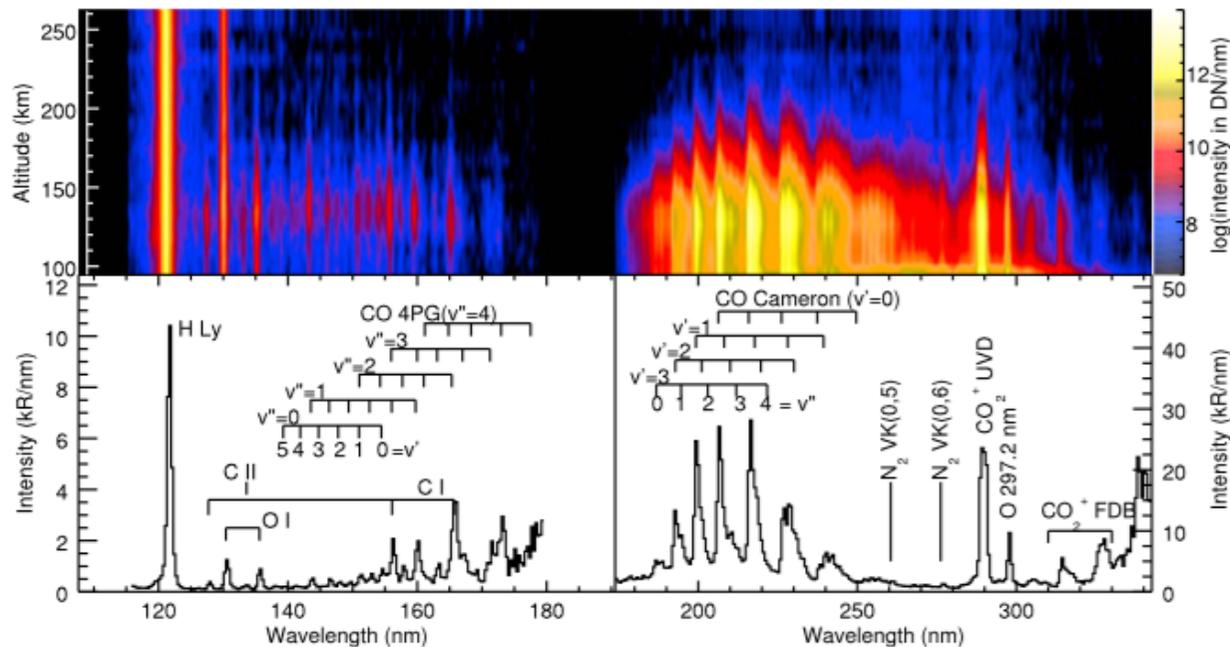


Fig. FUV and MUV composite and vertical scan [Jain+15]

- 波長域: 110-190km($\Delta 0.6$ nm), 180-340($\Delta 1.2$ nm)
- 82リムスキャン(鉛直分解能5km \rightarrow 物理量10km)
- 2014年10-11月:SZA $<60^\circ$;LT14&11;LAT- $5^\circ\sim 35^\circ$
- CO₂はCO₂+UVD(288-289nm), N₂はN₂VK(258-287nm)より.

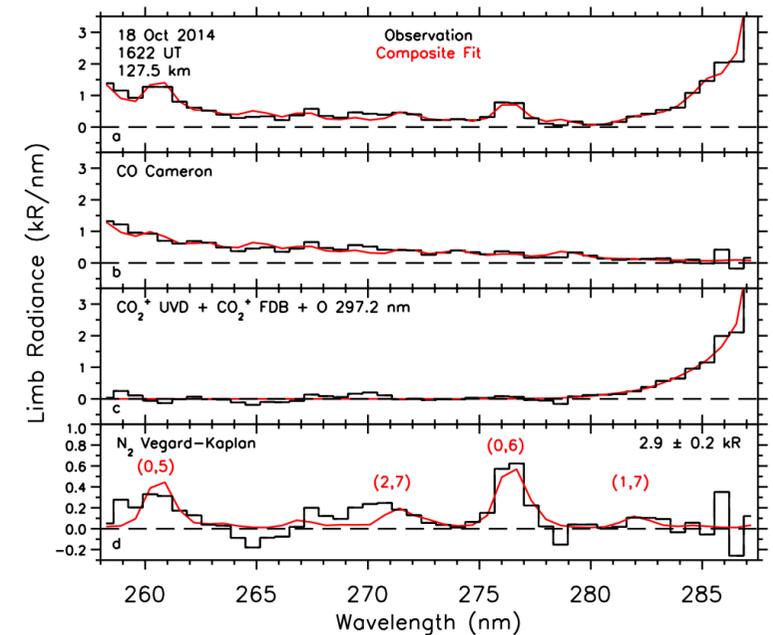
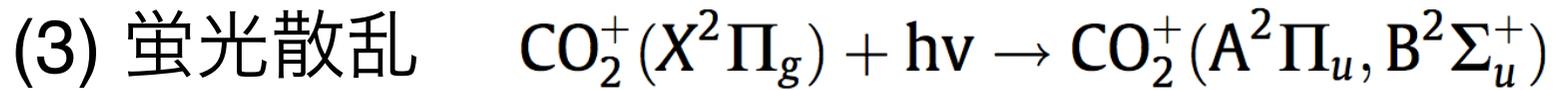
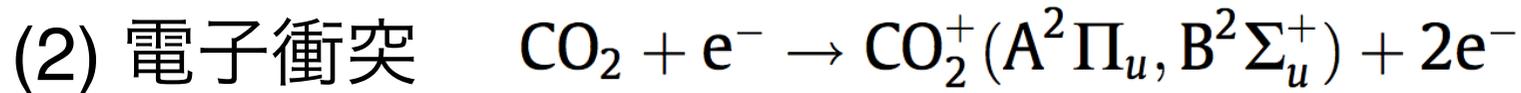
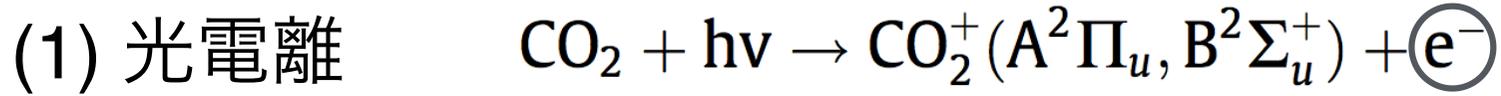


Fig. The N₂ VK emission [Steven+15]



$$\pi F(\lambda_i, z_i, \mu_s) = \pi F_0(\lambda_i) \exp[-\tau(\lambda_i, z_i, \mu_s)] \quad (\text{太陽フラックス})$$

$$\tau(\lambda_i, z, \mu_s) = \sum_l \tau_l(\lambda_i, z, \mu_s) = \sum_{lk} \sigma_{lk}^{photo}(\lambda_i) \int n_l(s) ds \quad (\text{光学的厚さ})$$

$$\delta p_{lki}(z, \mu_s) = n_l(z) \pi F(\lambda_i, z_i, \mu_s) \sigma_{lk}^{photo}(\lambda_i) \quad (\text{CO}_2\text{+生成率})$$

$$\delta p S_{lki}(z_i, \mu_s, h\nu_i - l_{lk}) = n_l(z) \pi F(\lambda_i, z_i, \mu_s) \sigma_{lk}^{photo}(\lambda_i) \quad (\text{電子生成率})$$

放射モデル計算

- フォワードモデルAURIC (Strickland+99)を使用
- CO₂+UVD発光は240km以下で(1)が支配的. (3)は10%以下.
- N₂VK発光は(2)が支配的.
- リトリバーバル:Rodgers2000参照
- 発光最大高度(130km)以下及び220km以上に感度無し; 密度導出可能な高度域は130~220km
- IUVS較正誤差±30%;断面積誤差±25%;紫外線誤差±32%
- モデルスケールファクタ:0.6±0.1(CO₂), 1.02±0.24(N₂)

結果

SZA=44;F10.7=65;Lat=12°N;Lon=131°E;s/c alt=320km.

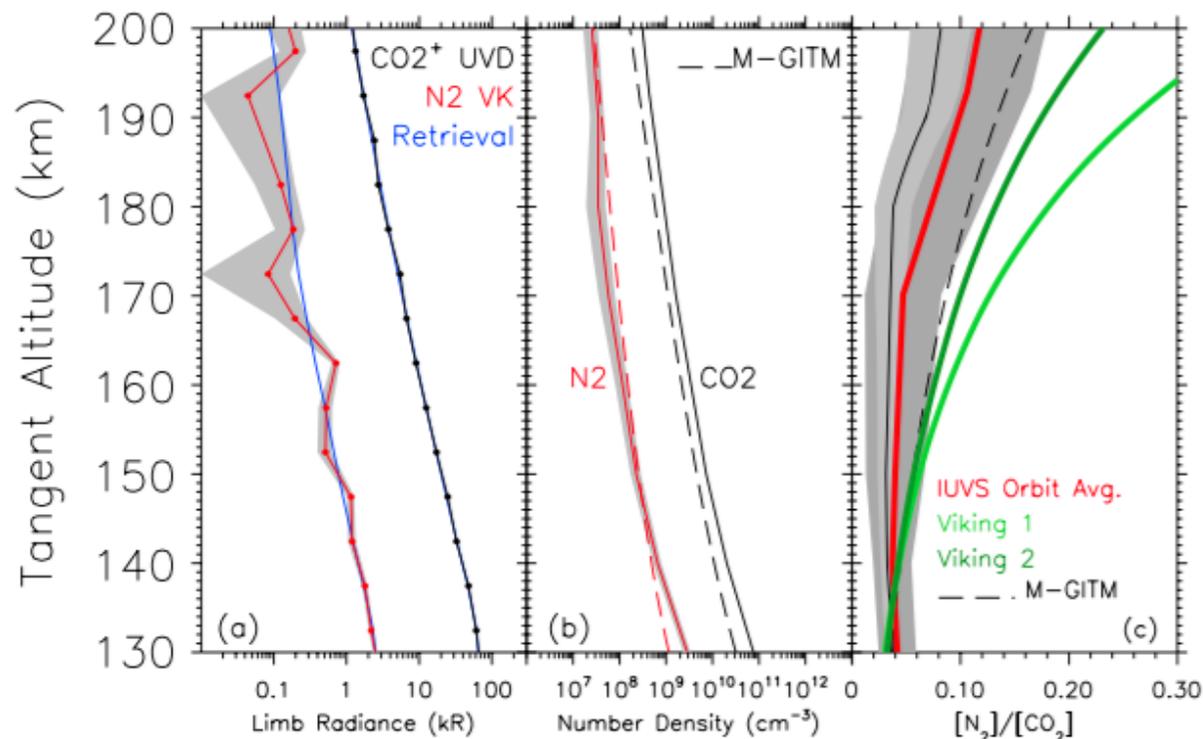


Fig. Brightness profiles (a), Density profiles (b), N₂/CO₂ profiles.

- 得られたCO₂密度はGCMより2-3倍高い(130-200km).
- N₂はGCMが150km以下で過小評価,150km以上で過大評価
- N₂/CO₂:130kmで合致, 200kmでGCM約2倍過大評価.
- 分子拡散による高高度でのN₂割合の増加が見られる
- GCM予測に比べて一様に混合. いずれもVikingと不一致.

結果2

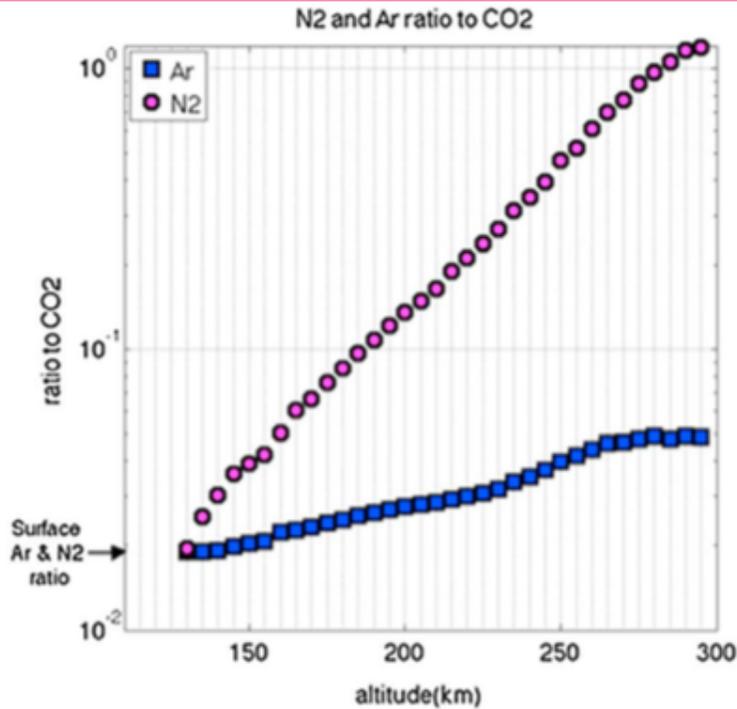


Fig. Ar/N₂ density profiles by NGIMS [Mahaffy+15]

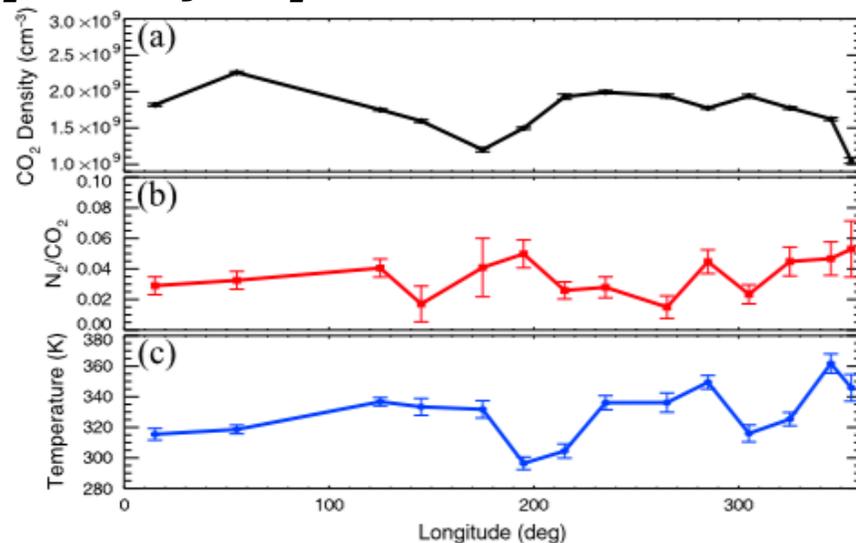


Fig. Longitudinal variations of (a) density. (b) N₂/CO₂. (c) T.

- MSLによる地表面値
(0.02 ± 0.0003) (Franz+15) に比べ, NGIMSは高度125kmで同程度を計測. \Leftrightarrow IUVS/GCMは2倍.
- 高度200kmではNGIMSもIUVSも0.12で合致.
- CO₂密度: 経度に2倍程度の変動(tides?; Lo+15)
- CO₂密度(170-220km)Hから温度導出: $324 \pm 22\text{K} \Leftrightarrow$ NGIMS Arより $285 \pm 21\text{K}$ (合致?)

誤差

- CO₂密度誤差は, 主にポインティング精度が起因.
- N₂密度誤差は, 主に絶対値較正精度が起因(30%).
- #密度リトリバルに太陽放射輝度は寄与しない.

結論(Key findings)

- 170km高度CO₂密度は期間中に2.5倍もの変動を示した.
 - N₂/CO₂は分子拡散により130kmで0.042・200kmで0.12.
 - 平均的な超高層大気温度は 324 ± 22 K.
-
- 今後CO₂, N₂の季節変化, そして他分子の導出に期待.