

火星現象論：火星大気の潮汐

地球流体電脳倶楽部

1996年5月24日

目次

1	モードの種類	2
2	潮汐波の計算例	2
3	参考文献	6

Abstract

火星の大気潮汐を概観する.

1 モードの種類

火星では dust が大気中に存在して太陽からの放射を吸収して大気を強く加熱する。このため熱潮汐が顕著にあらわれる。火星大気の潮汐のモードの主なものは次の4つであると考えられている。(Leovy,1979)

- Vertically propagating diurnal component(鉛直伝播する1日周期成分)
低緯度のみが生じる。鉛直方向の波長は約30km。上空で振幅が大きくなる。
- Vertically trapped diurnal component(鉛直伝播しない1日周期成分)
高緯度で顕著。鉛直方向には波の形をしていない。
- Semidiurnal tidal component(半日周期成分)
あらゆる緯度帯に存在する。鉛直波長は約200km。
- Tidal components produced by topographic and nonlinear coupling
上の3つの成分と地形による forcing との相互作用により生じる。

2 潮汐波の計算例

火星大気の潮汐については以下のような計算例がある。

- Zurek(1976)

Zurek(1976) は火星における潮汐波の計算を行った。図1はその結果の一例である。この計算は $L_s = 270^\circ$ におけるダストの無い火星大気における潮汐について行ったものである。図1に示したのは潮汐による気温の変動である。縦軸は

$$z \equiv \ln \frac{\pi_0}{p}$$

であらわされた鉛直軸である。 π_0 は表面気圧で、 p は各高度における気圧である。この図には赤道における潮汐波 ($\theta = 0$), 北緯19度における潮汐波 ($\theta = 19$), 北緯30度における潮汐波 ($\theta = 30$), 北緯55度における潮汐波 ($\theta = 55$) の4つの場合が示されている。図1の左図はそれぞれの緯度における潮汐波の振幅を z の関数としてあらわしたものであり、図1右図は潮汐波の振幅が最大になる時間を z の関数としてあらわしたものである。この図から潮汐波の振幅は最大で50Kに達することがわかる。

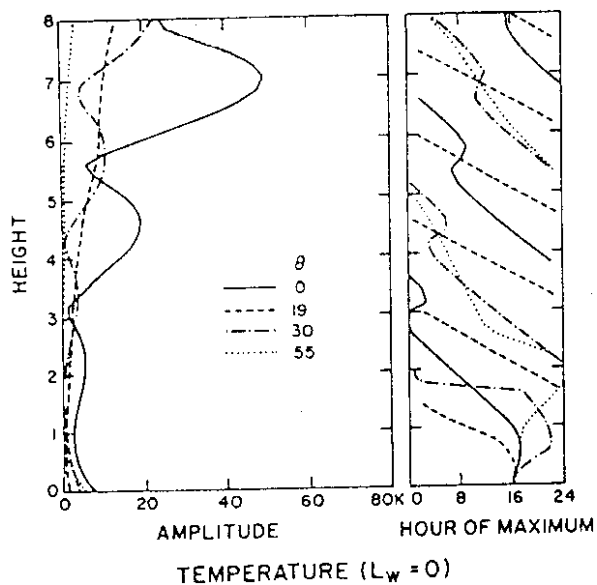


図1 潮汐波の計算例 (Zurek(1976), fig 5)

- Leovy and Zurek(1979)

Leovy and zurek(1979) は tidal theory を使って, 火星大気における加熱率の鉛直構造: J と太陽放射の吸収率: α_s を求めた. その方法を以下に示す.

バイキング着陸船の観測により次の5つの時期における潮汐波の振幅が求められている. ただし, 潮汐波の振幅というのは1日の圧力の変動量を平均圧力に対する比(パーセント)で表したものである.

- $L_s = 140^\circ$
バイキング1号が着陸してから108日目から112日目までに対応する. これは dust storm が始まる前の時期である.
- $L_s = 203^\circ$
バイキング1号が着陸してから202日目から207日目までに対応する. これは dust storm の開始期にあたる.
- $L_s = 208^\circ$
バイキング1号が着陸してから211日目から216日目までに対応する. これは dust storm の期間中にあたる.
- $L_s = 243^\circ$
バイキング1号が着陸してから266日目から270日目までに対応する. これは dust storm の終了期にあたる.

– $L_s = 279^\circ$

バイキング 1 号が着陸してから 316 日目から 321 日目までに対応する。これはバイキング 1 号が着陸してから 2 度目の dust storm の期間中に当る。

その観測結果を表 1 に示す。() 中の数字は圧力が最大となる local time である。

期間	観測から求められた潮汐波の振幅			
	バイキング 1 号による観測 ($22.4^\circ N, 48.0^\circ W$)		バイキング 2 号による観測 ($47.9^\circ N, 225.8^\circ W$)	
	1 日周期成分	半日周期成分	1 日周期成分	半日周期成分
$L_s = 140^\circ$	1.99(7.1)	1.86(10.5)	0.90(8.7)	0.39(10.5)
$L_s = 203^\circ$	1.18(9.0)	1.31(10.3)	0.8(10.2)	0.7(09.3)
$L_s = 208^\circ$	2.7(6.7)	3.8(10.1)	2.0(07.6)	0.9(09.2)
$L_s = 243^\circ$	2.1(6.2)	1.8(10.7)	1.2(09.7)	0.9(09.0)
$L_s = 279^\circ$	2.6(7.7)	4.0(11.3)	1.2(10.7)	1.1(09.0)

表 1 観測から求められた潮汐波の成分 (Leovy and Zurek(1979), table 3)

Leovy and Zurek(1979) は各時期において観測値を最も良く説明することのできる加熱率の鉛直構造: J と太陽放射の吸収率: α_s を求めた。そのため加熱率の鉛直構造は $J(I), J(II), J(III), J(I/II)$ であらわされると仮定した。そのうちの 3 種類: $J(I), J(II), J(III)$ は図 2 に示したものであり、残りの $J(I/II)$ は

$$J(I/II) = 0.6J(I) + 0.4J(II)$$

で定義されるものである。こうして、観測値を最も良く説明することのできる加熱率の鉛直構造: J と太陽放射の吸収率: α_s の組を求めたのが表 2 である。表 2 には計算から求めた潮汐波の振幅も書いてある。表 1 と同様に () 中の数字は圧力が最大となる local time である。この計算により、dust storm になると太陽放射の吸収率が約 2 倍になることがわかる。

期間	J	α_s	潮汐波の振幅の計算値			
			バイキング 1 号の地点 (22.4°N, 48.0°W)		バイキング 2 号の地点 (47.9°N, 225.8°W)	
			1 日周期成分	半日周期成分	1 日周期成分	半日周期成分
$L_s = 140^\circ$	$J(I/II)$	0.41	1.99(7.1)	1.86(10.5)	0.90(8.7)	0.39(10.5)
$L_s = 203^\circ$	$J(II)$	0.27	1.18(9.0)	1.31(10.3)	0.8(10.2)	0.7(09.3)
$L_s = 208^\circ$	$J(III)$	0.64	2.7(6.7)	3.8(10.1)	2.0(07.6)	0.9(09.2)
$L_s = 243^\circ$	$J(II)$	0.38	2.1(6.2)	1.8(10.7)	1.2(09.7)	0.9(09.0)
$L_s = 279^\circ$	$J(III)$	0.67	2.6(7.7)	4.0(11.3)	1.2(10.7)	1.1(09.0)

表 2 計算から求められた潮汐波の成分 (Leovy and Zurek(1979), table 3)

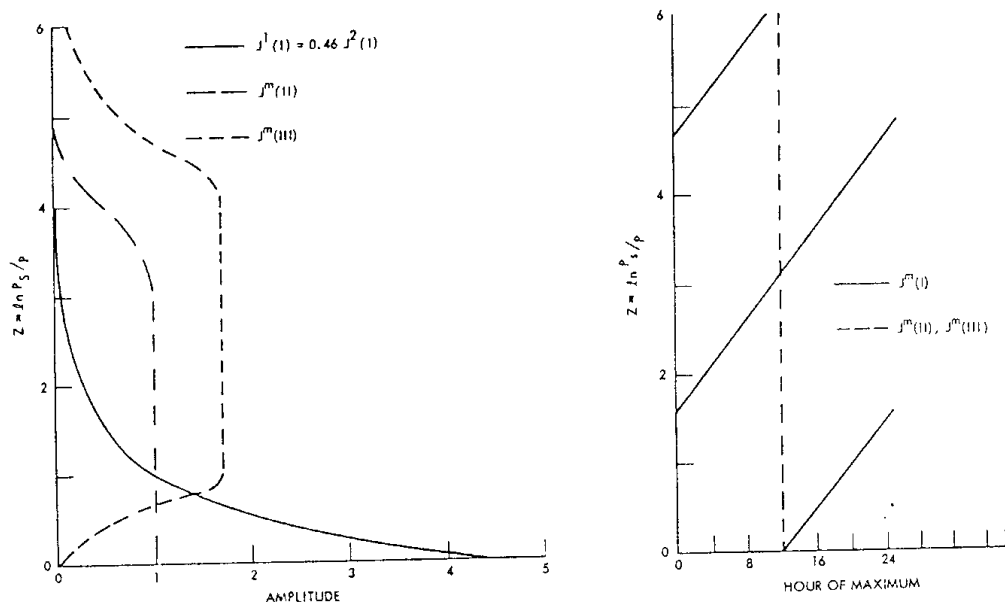


図 2 計算で仮定する加熱率の鉛直構造 (Leovy and Zurek(1979), fig 10)

3 参考文献

Leovy, C.B., 1979: Martian Meteorology, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, **17**, 387-413.

Leovy, C.B. and Zurek, R.W., 1979: Thermal tides and Martian dust storm: direct evidence for coupling, *J. Geophys. Res.*, **84**, 2956-2968.

Zurek, R.W., 1976: Diurnal tide in the Martian atmosphere, *J. Atmos. Sci.*, **33**, 321-337.

謝辞

本稿は 1989 年から 1993 年に東京大学地球惑星物理学科で行われていた, 流体理論セミナーでのセミナーノートがもとになっている. 原作版は石渡正樹による「火星現象論」(1989/05/19) であり, 林祥介によって地球流体電脳倶楽部版「火星現象論」として書き直された(1996/06/23). 構成とデバッグに協力してくれたセミナー参加者のすべてにも感謝しなければならない.

本資源は著作者の諸権利に抵触しない(迷惑をかけない) 限りにおいて自由に利用していただいて構わない. なお, 利用する際には今一度自ら内容を確認することをお願いする(無保証無責任原則).

本資源に含まれる元資源提供者(図等の版元等を含む)からは, 直接的な形でのWEB上での著作権または使用許諾を得ていない場合があるが, 勝手ながら, 「未来の教育」のための実験という学術目的であることをご理解いただけるものと信じ, 学術標準の引用手順を守ることで諸手続きを略させていただきます. 本資源の利用者には, この点を理解の上, 注意して扱っていただけるようお願いする. 万一, 不都合のある場合には

dcstaff@gfd-dennou.org

まで連絡していただければ幸いです.