火星の真の極移動に伴う地殻変動

宇宙測地学研究室4年 菅原守



1.はじめに

様々な観測から火星表面の3分の1を覆う北の平野部では海が存在していた可能性が提唱され ている.火星の南北半球の境界を数千Kmにわたって走る昔の海岸線が写真析から示唆されて くいる人生の用れておの海洋となっていたしたしてしたのもの時代はの一番になった。 いるしかし、レーザー高度計によると海岸線の標高が数Kmの振順で上下していることがわか り、これらが古海洋の海岸線を示しているという仮説の有力な反証とされてきた。だが、この地形 変化は海岸線形成後に生じた真の極移動(True Polar Wander)によって生じうることが明ら かにされた(Taylor et al. 2007)

また,火星にはwrinkle ridgeが存在する.wrinkle ridgeとは逆断層の形成時に二次的につくられる「しわ」状の地形である.火星探査機Vikingのイメージから中低緯度地域で存在が確認さ れ(Chicarroet al., 1985),Mars Global Survayerの調査から高緯度地域での存在も確認さ れた(Mont'esi et al,2003).それらの走向の分布は極めて系統的であり,火星に全球的に働 く応力場が存在することを示唆する、本研究では、火星の地殻変動に焦点を当て,現在の火 星の姿と過去の火星の姿を見ていく、過去の真の極移動(Taylor et al.2007)に伴う地殻変動 全の要と過去の入生の要とない、過去の僕の地や動いよりにすることの人にサントの数型 を2通りの方法で算出し、歪テソルとwrinkle ridgeの定向との相関を調べたたお極運動にと もなう応力場は、長期間継続して働くためアセノスフェア以深では緩和してしまう、ここで は薄いリソスフェアのみに応力場が残留するMelosh(1980)の理論を用いた



3. 極移動に伴う地殻変動

3.1 火星全体を弾性体と考えた場合

先ほど得られたTe=200kmと仮定をし計算をすすめる.火星全体を弾性体と考え た場合,潮汐による変形と同様に地殻変動を計算できる.



地球上でも,プレートの衝突や沈み込みによって平均標高5kmのチベット高原や標 高4Kmのアンデス高地が形成されるが、図に示すような最大10数kmもの上下変動 は起こりえない.このような壮大な地殻上下変動は真の極移動が生じる火星ならでは といえよう.また,数kmもの水平変動は大規模な応力変化を伴い,特徴的な地形の 形成(地溝の発達,断層運動)が見られることが予想される.

2. 火星の真の極移動

北半球と南半球間を地殻の厚さから2分する境界近くをはしる黒線は、写真の詳細な解析 から約40億年前の海岸線とされる(Arabia海岸線,以下単にArabiaと呼ぶ).白線 (Deuteronilus海岸線,以下Deuteronilusと呼ぶ)も海岸線は、風化が少なくより若い (約20億年前)時代の海岸線時代の海岸線と考えられている。しかし、海岸線が等重力ポ テンシャル面上にないことがMars Global Surveyerのレーザ高度計の観測でわかった. また,海岸線の現在の高度は長波長で波うっており,その振幅はArabiaで約2.5km, Deuteronilusでも約0.7kmに達する.Taylor et al.(2007)はこれらが海岸線形成後に 起きた真の極移動に伴う地殻上下変動によるものと考えた

本研究で取り上げている極移動は,タルシス形成で生じる極移動ではなく,その後に起こっ たとされる第2,第3回目の真の極移動である。この原因となった慣性テンソルの変化をもた らした質量再配分や隕石の衝突などが何であったかについてはいくつかの候補があるが Taylor et al. (2007)では特定されていない.





図3 直の桶移動による地形の上下変化 白い部分が 図3 実い値や参加による心形のビーをなた。けい前かが 出っ張り、黒い部分がへこみを示す。aの状態からbの状 態に変化すると、その差はcのようなパケーンの上下変動 となるはずである。このパケーンに旧海岸線の高度分布が フィットするようにaにおける旧種位置を推定する。

図.4 位置AとDを始点とするArabiaとDeuteronilusの (Aligned Learning) (Arabias Deuteronilusの) 海岸線の,現在の火星ジオイドからの高度の断面 図(Taylor et al., 2007)

1,0.00	40	1996	Anno			Thereast			
			(attack; heptuik)		- JA. (14-00)	Lating to plate	79-1	August CO.	
1960	1.438	1.444	M. 911	-2.68	0.125	A6, 347	12.70	20100	
1.00	1.001	1 8999	-811 T.M.:	1.128	0.619	38.855	24.36	0.155	1
100	1.50 1.10	124	業得	-22	144	40, 60 40, 10	33	0.562	
					表	1 流体Love数と	最適な柯	(Taylor et	al., 20

3.2 アセノスフェアを考慮した場合

前段落では火星全体を弾性体として計算したが,実際にはリソスフェア以深のところは長 い間に流動してしまう。つまり長期間働く応力によって断層破壊や褶曲が生じるのは、地 表を覆う薄いリソスフェアの中だけということになる、アセノスフェア以深の部分の応力 が緩和することによって、左とは異なる力学的な釣り合いを達成する、この問題に関して は,薄膜中の応力としてMelosh (1980)が理論化している.その理論を用いて,隆起沈 降Urおよび応力が計算できる.応力は薄膜の中にだけ存在すると仮定される(Plane stress)ため,南北および東西方向の直線応力とそれらの軸の間のずり応力の三種類が計 質される



上下変動と似たような分布となった.赤い色の部分は膨張が,また青い色の部分は収縮が 見られる.これは前者が新たに赤道バルジが生じる部分,後者がかつて赤道バルジがあっ た部分と考えると直感的に理解できる.現在の赤道に近い赤い値を示す部分では,主に東 西の伸張が卓越するため,南北走向の正断層ができると予想できる(Melosh, 1980).

予想される断層走行と実際の断層の比較



中低緯度地域では、正断層と逆断層が形成され るところでは南北の走向のwrinkle ridgeが卓 越しているのが予測と良く一致している.正断 層のできる古極付近でwrinkle ridgeに南北の 走向が卓越する点は予測と一致する。極の移動 による応力から期待される断層の走向と wrinkle rideの走向は,完全ではないがある程 度の相関があり,両者に関連があると言えるだ 35.

図.15 中低緯度の極が30。動いたときの 断層走向と図12の重ね合わせ



次のステップとしては,理論計算された水平応力テンソルの主軸 の方位を計算し、衛星画像で得られたwinkle ridgeの卓越走向と 定量的に比較してみたい、また逆にwinkle ridgeの走向を最もよ く説明できる過去の極位置を推定して、Taylor et al. (2007)で 得られた極位置と比較することも意味があるだろう。

図.16 高緯度の断層走向

6. 参考文献

Chicarro, A.F., P.H.Schultz, and P.Masson (1985): Global andregional Ridge Patterns on Mars, Icarus, 63, 153-174. Head , J. W., M. A.Kreslavsky, and S. Pratt (2002): Northernlowlands of Mars: Evidence for widespread volcanic floodin and tectonic deformation in the Hesperian Period, J.Geophys. Res., 107, E15003, doi:10.1029/2000JE001445.

doi:10.1029/2000JE001445. Melosh, H. J. (1980) : Tectonic patterns on a reoriented Planet.Mars, Icarus, 44, 745-751. Mont esi, L. G. J. and M. T. Zuber (2003): Clues to the lithospheric structure of Mars from wrinkle ridge sets and localization instability, J. Geophys. Res., 108, E65048, doi:10.1029/2002JE001974. Taylor Perron, J. and J. X.Mitrovica, M. Marga, I. Matsuyama, and M. A. Richards (2007): Evidence

for an ancient martian ocean in the topography of deformed shorelines, Nature, 447, 840-843.

4. 実際の火星断層

and Zuber, 2003)

XX 2

Ł ٤

wrinkle ridgeとは火星表面でしばしば見られるしわ状の地形である.その成因 の一つとして,水平方向の縮みに伴う断層ではないかと考えられている (Mont'esi andZuber, 2003).



図.12 wrinkle ridgeの地下構造の想像図(Mont'esi

Anabia Pole

面積膨張が正になる図20の赤色で示されるよ うな地域では南北走向の正断層が形成されるこ とが期待される、一方青や紫で示された地域で は逆断層が形成されるはずである.また図21 で赤色で示される場所では主に横ずれ断層が形 成されることが期待される.wrinkle ridgeは 一般に逆断層を示すと考えられているが,同じ ように上下の段差を生じる正断層でも同様な地



図.14 高緯度地域におけるwrinkle ridgeの卓越

走向(Head et al., 2002)

図.13 Vikingの画像から得られた中低緯度地域の走向の分布 は、15 いいになっていたいでは、15 いういういた。 たっす Rose Diagram Arabia海岸線から求められた 昔の極位置(Taylor et al., 2007)を赤い丸で示す. (Chicarro et al., 1985)

