

大気太陰潮汐に伴う降水微小変動現象のメカニズム検証

1720211 佐藤優花

1 はじめに

月の潮汐力によって、地上気圧が微小変動することは古くから知られており [1], その現象は「大気太陰潮汐」と呼ばれている。

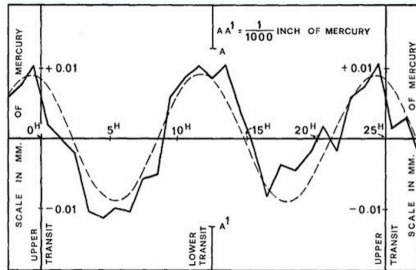


Fig. 1.1: グリニッチで観測された潮汐のシグナル [2]

しかし、現代的な高解像度気象データに潮汐シグナルが見つかったという報告は近年まで存在しなかった。そのような背景の中, Kohyama and Wallace (2014) [3] は, 欧州中期予報センターの提供する高解像度気象再解析データから, 大気太陰潮汐のシグナルを検出した。続く Kohyama and Wallace (2016) [4] は, 大気太陰潮汐によって気圧だけでなく気温や降水量も同時に微小変動していることを, 降雨観測データの解析によって明らかにし, 「地上気圧の変動に伴って断熱膨張・圧縮が生じることで気温や湿度が変化し, その結果雲や降水にも変動をもたらす」という仮説を提唱した。しかし, 彼らは湿度や雲量等のデータ検証しておらず, この仮説の妥当性が十分立証されたとは言えない。

本研究では, 気象現業機関が提供する相対湿度や雲量の再解析データを解析することで, 上記の仮説の妥当性を検証する。

2 先行研究

2.1 提唱されている仮説

Kohyama and Wallace (2016) は, 月の潮汐力が降水を微小変動させるメカニズムについて, 気圧や気温のデータから振幅を推定することによって, 「地上気圧の変動に伴って断熱膨張・圧縮が生じることで気温や湿度が変化し, その結果雲や降水にも変動をもたらす」という仮説を提唱した。

3 解析方法

3.1 使用データ

ヨーロッパ中期予報センター (ECMWF) が公開している ERA-Interim の Daily Data (0:00,6:00,12:00,18:00UTC) で, 1979年1月1日から2019年8月31日までの14853日分のデータで, 緯度3度×経度3度格子の全地球上のデータを使用した。

3.2 解析方法

1979年1月13日7時9分の満月を基準にして, 朔望周期に合わせた sin 関数と cos 関数をそれぞれ作成し, その時系列に対して気象データの回帰係数を求め, 図に起こした。sin 関数では, 満月と半月と新月のときに0となるように, cos 関数では, 満月と新月のときに+1, 半月のとき-1となるように関数を設定した。

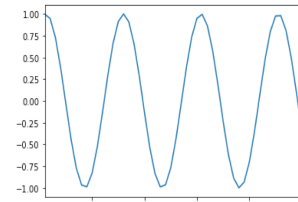


Fig. 3.1: 解析に使用した cos 関数の例

4 結果

4.1 潮汐シグナルの検出

850hPa 面の相対湿度と雲量について解析したところ, 以下の Fig4.1 から Fig4.5 のようになった。これらの図は全て, 横軸が経度, 縦軸が緯度を表しており, 各図の等値線は, 地上気圧について解析した結果で, 潮汐のシグナルを表している。また, 陰影はそれぞれ相対湿度, 及び雲量についての解析結果を表している。

相対湿度について解析した図を見ると, 地上気圧が高くなっているところで, 相対湿度が小さくなっていることが分かる。反対に, 地上気圧が低くなっているところで, 相対湿度が大きくなっていることが分かる。sin 関数, cos 関数それぞれにおいてこのような結果になっており, これらから潮汐のシグナルと読み取ることができる。また, Fig4.1 から Fig4.3 より [4] の中で推定されている振幅の大きさと整合している。

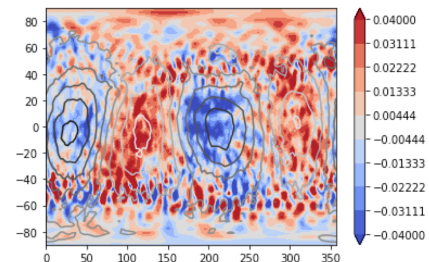


Fig. 4.1: 相対湿度 (%) の sin 関数に対する回帰図

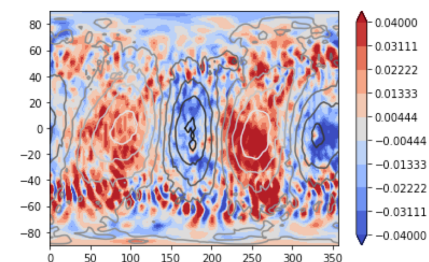


Fig. 4.2: 相対湿度 (%) の cos 関数に対する回帰図

Variables (Unit)	L2
Geopotential height (m)	0.59
Temperature (barotropic) (mK)	5.8
Temperature (baroclinic) (mK)	1.6
Temperature (total) (mK)	7.4
Relative humidity (%)	0.039
Precipitation rate ($\mu\text{m/h}$)	0.78

Fig. 4.3: 推定された振幅の大きさ [4]

雲量¹について解析した図を見ても、相対湿度のときと同様に、地上気圧が高くなっているところで、雲量が少なくなっており、地上気圧が低くなっているところで、雲量が多くなっていることが分かる。このため、雲量の解析結果からも潮汐のシグナルを読み取ることができる。

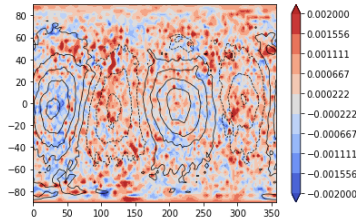


Fig. 4.4: 雲量の sin 関数に対する回帰図

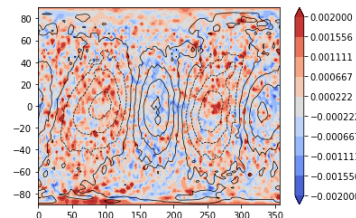


Fig. 4.5: 雲量の cos 関数に対する回帰図

4.2 振幅についての解析

sin 関数と cos 関数で解析したものをそれぞれ2乗して和を求め、平方根をとることにより振幅を計算した。

潮汐の影響を一番大きく受ける場所は赤道付近であると考えられるため、南緯 60 度付近に見られる強い振幅はノイズであるとして、北緯 30 度から南緯 30 度の範囲に注目すると、陸上に比べて海上の方が大きい振幅がある。

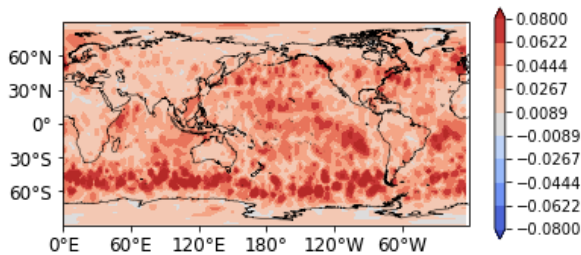


Fig. 4.5: 相対湿度についての振幅

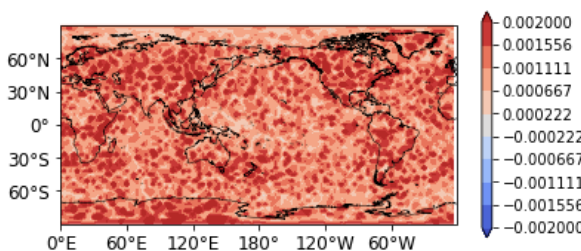


Fig. 4.6: 雲量について振幅

雲量についての振幅は、相対湿度のときと同様に北緯 30 度から南緯 30 度の範囲に注目すると、海上に比べて陸上の方が大きい振幅がある。

4.3 振幅の平均値の差

相対湿度の振幅を見ると海上の方が大きく、雲量の振幅を見ると陸上の方が大きかった。それぞれについて北緯 30 度から南緯 30 度の範囲の海上と陸上の振幅の平均を求め、エラーバーと共に図に起こした。エラーバーは、標準偏差を2倍したものである。相対湿度については、海上の振幅の平均は 0.034、陸上の振幅の平均は 0.021 となった。これより海上の平均振幅は陸上に比べておよそ 1.6 倍になっていることが分かる。雲量については、陸上の振幅の平均は 1.16×10^{-3} 、海上の振幅の平均は 1.03×10^{-3} となった。これより陸上の平均振幅は海上に比べておよそ 1.12 倍になっていることがわかる。

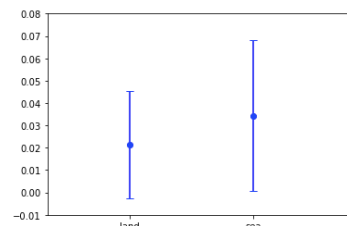


Fig. 4.7: 相対湿度の振幅平均

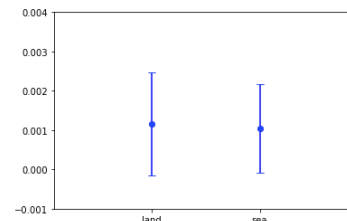


Fig. 4.8: 雲量の振幅平均

5 まとめ

気圧と相対湿度の位相関係及び振幅が先行研究の提唱するメカニズムと整合していることが分かった。雲量についても潮汐のシグナルを見ることができ、メカニズムも整合している。相対湿度の振幅を見ると、海上の方が強い。雲量の振幅を見ると、陸上の方が強い。これらの差に物理的意味があるかどうかは、今後検証が必要である。また雲量の場合は、再解析データの信頼度は限定的であるため、衛星データについても同様に解析を行い、検証する必要がある。

参考文献

- [1] Newton, I. (1687), *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, Joseph Streater, London.
- [2] Chapman, S. (1935). The lunar tide in the Earth's atmosphere. *Proceedings of the Royal Society of London. Series A-Mathematical and Physical Sciences*, 151(872), 105-117.
- [3] Kohyama, T., & Wallace, J. M. (2014). Lunar gravitational atmospheric tide, surface to 50 km in a global, gridded data set. *Geophysical Research Letters*, **41**(23), 8660-8665.
- [4] Kohyama, T., & Wallace, J. M. (2016). Rainfall variations induced by the lunar gravitational atmospheric tide and their implications for the relationship between tropical rainfall and humidity. *Geophysical Research Letters*, **43**(2), 918-923.

¹雲量は 0~1 の値をとるデータで、無単位となっている