

日本の低緯度の島, 山岳測候所, および中部地方の 諸地点における気圧1/3日周期成分の振幅と位相

岩 井 邦 中*

要 旨

日本の諸地点における気圧の1/3日周期成分の振幅と位相を調べたところ, どこでも例外なく同じような年変化をしていることがわかった. すなわち, 12月, 1月に振幅は約0.3 hPaであり, 4月, 9月に0 hPaに近くなり, 6月, 7月に約0.1 hPaの極大がある. 10~3月までの期間(冬期)では位相はほぼ同じであり, 5~8月までの期間(夏期)でも位相は同じであるが冬期と夏期の位相は逆転していた. ある程度経度の離れた低緯度の島における解析から気圧1/3日成分は太陽に同期した東西波数3の波として西進していることがわかった.

富士山(気圧計の高さ3773 m), 剣山(気圧計の高さ1945 m)等, 高度の高い地点でも同様の解析を行った. 富士山頂での12月, 1月の振幅は0.2 hPaと麓の三島の値に比べて少し小さいが位相は三島と同じであった.

これらの気圧の1/3日周期成分の振幅と位相の年変化は, Glass and Fellous (1975) が計算で示した下部熱圏での風の1/3日周期成分の季節変化と定性的によく一致している.

1. はじめに

岩井・宮下(2005)は中部山岳地域の諸地点での気圧の日変化を調和解析して, 1日周期成分(S_1), 半日周期成分(S_2), 1/3日周期成分(S_3)を示した. その中で S_3 が地点によらないで同じような年変化をしていることを指摘した.

これまで, 大気潮汐の気圧振動では, 主として S_1 と S_2 について論じられており, S_3 はあまり詳しく議論されていない(例えばLindzen and Chapman, 1969; Haurwitz and Cowley, 1973; Dai and Wang, 1999).

Ray (1998) や Kong (1995) は S_1 , S_2 の他に S_3 についても論じている. ただしRay (1998) は S_3 の年平均値を出しているが年変化については論じていない. Kong (1995) はオーストラリアの61の地点での4年間のデータを基に各月の S_3 を出し, 年変化があることを示した. それによると S_3 は冬期と夏期に

ピークがあり, 冬期では0.2 hPaで夏期より少し大きい.

最近, Ray and Poulou (2005) はアメリカ合衆国の180の地点における地上気圧のスペクトル解析から S_3 を導出している. 彼らは丁度1/3日周期の両側に, 1年周期成分に相当する周波数だけずれて, しかも S_3 のスペクトル密度より大きいピークを持つ高解度の周波数分析を示した. このことから, S_3 は年変化が大きいことを推測し, さらに, 冬至の頃に極大, 夏至に小さな極大, 春分, 秋分の頃極小(ほとんど0)になることを示した. さらに位相は夏期(春分から秋分)と冬期(秋分から春分)で逆転していることを示した.

平原(2005)は南鳥島の地上気圧データを用いて, スペクトル解析を行い, 上記のRay and Poulou (2005) とほぼ同じ結果を得ている.

岩井・宮下(2005)は振幅については上記の結果とほぼ同様の結果を示しているが位相については1月と7月の結果しか示していない.

そこで, 本論文では日本の比較的低緯度にある太平洋上の4つの島と海拔高度の高い山岳および中部地方のいくつかの地点での月平均的な気圧日変化を出し,

* 信州大学教育学部地学教室,
kuniwai@shinshu-u.ac.jp

—2006年5月9日受領—
—2006年12月11日受理—

それらを調和解析した S_3 の振幅と位相について論じる。

2. データと解析方法

第1図に地上気圧を解析した地点を示す。各地点の緯度, 経度, 気圧計の高さは次の通りである。南鳥島 (24°18'N, 153°58'E, 9 m), 父島 (27°05'N, 142°11'E, 8 m), 南大東島 (25°49.7'N, 131°13.6'E, 20 m), 石垣島 (24°19.9'N, 124°09.8'E, 7 m), 富士山 (35°21.4'N, 138°43.8'E, 3773 m), 伊吹山 (35°24.9'N, 136°24.6'E, 1377 m), 剣山 (33°51'N, 134°05.8'E, 1946 m), 阿蘇山 (32°52.6'N, 131°04.5'E, 1144 m)。データは気象庁編集で気象業務支援センター発行の気象庁年報 (1992-2003) を用いた。伊吹山, 剣山のデータは2001年3月までである。富士山については気象業務センター発行の富士山地上気象観測1991-2002年のデータを用いた。ただし, 1991年は3時間間隔のデータであるので1992-2002年の11年間のデータを使用した。なお富士山等の山岳測候所のデータは欠測がいくつかあったがこれは統計から除いている。伊吹山のデータにはいくつか明らかな表示ミスがあったので, 前後の気圧から訂正できるものは訂正した。低緯度の島を含め台風等の非常に大きな擾乱があるとき, 気圧の日変化を抽出するには不適切なデータであるので, これらは一部除いた。

解析方法は岩井・宮下 (2005) と同様であるのでここでは詳しいことは省くが, 観測期間を1992年から2003年までの12年間と長くとり, その平均値を調和解析した。



Fig. 1 Geographical locations of observational stations.

3. 結果と議論

3.1 日本の低緯度の島における S_3

第2図に南鳥島の奇数月の S_3 を示す。1月は1年のうちで最も振幅が大きく約0.29 hPaである。11月の振幅は次に大きい。3月の振幅は小さくなっている。5月と7月の値はほぼ同じで重なっている。偶数月を示していないが10~3月までの半年間の位相はほぼ同じである。4月と9月の振幅は大変小さく, 南鳥島の場合, 特に9月が小さくなっている。5~8月までの4か月は前記の10~3月の位相と逆転しており, 7月の振幅は1月の約半分である。

この結果は平原 (2005) がスペクトル解析の方法で導出した南鳥島の S_3 と非常によく合っている。彼の結果では冬至と夏至に極大であるが振幅は冬至に約0.3 hPaで大きく夏至にはその約半分と小さい, また春分より少し遅れて極小, 秋分の少し前に極小になることも似ている。本論文では春分, 秋分の日と特定できていないが4月, 9月が小さいのは春分, 秋分と関係があるであろう。彼は大気潮汐に関わる熱源関数を仮定して S_3 の年変化を考察し, 定性的に S_3 は S_1, S_2 に比べて年変化が大きいことを示した。

Glass and Fellous (1975) は下部熱圏の風について理論的に計算し, 1/3日周期の風速の年変化を導いた。それによると, 春分, 秋分で振幅がゼロになり, そこで位相が逆転することを示した。しかし, 実際の上空の風の1/3日成分は必ずしも理論通りになってお

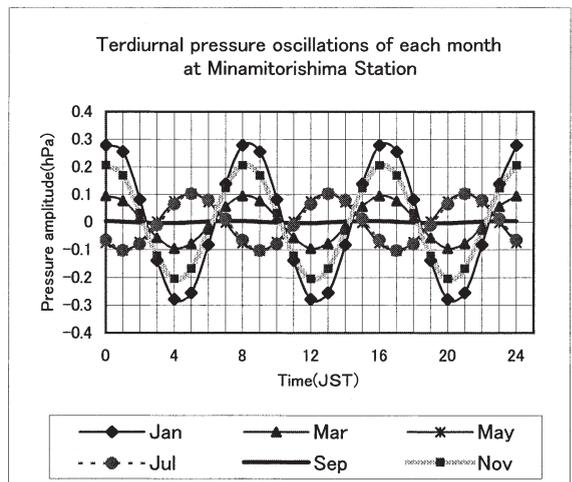


Fig. 2 Terdiurnal pressure oscillations of every other month at Minamitorishima.

らず, 太陽による1/3日周期成分の加熱の他に1日周期(24時間)と半日周期(12時間)の非線形的な相互作用による原因もあるであろうとしている。彼らは下部熱圏の風についてのみ述べており, 地上気圧の1/3日周期には全く触れていないが, 本論文での地上気圧の1/3日周期の解析結果と定性的に一致していることは興味深い。

第3図に南鳥島, 石垣島の奇数月における S_3 を示す(父島, 南大東島を入れると図が煩雑になり見えにくいので除いている)。時間は右から左にとっている。第1図に示したように南鳥島から石垣島まではほぼ東西にならんでいるので時間を位置に換算すると右の方が東に相当する。

9月を除いて月によらないで, 最も東にある南鳥島

から順に位相がずれている。すなわち波動として西に進んでいるのが明瞭にわかる。南鳥島と石垣島の経度差は約 30° であり, それらのピークの時間差はどの月も約2時間であるので位相速度は経度にして1時間に約 15° の割合で西進している。即ち, S_3 は波数3の波が位相速度 $15^\circ/h$ で西進していると解釈できる。平原(2005)は S_3 も S_2 と同様に太陽に同期して西進できることを示している。

3.2 山岳測候所での S_3

第4図に富士山, 剣山, 伊吹山, 阿蘇山および富士山の麓に近い三島($35^\circ06.7'N, 138^\circ55.8'E$, 気圧計の高さ22 m)および次節で示す金沢における1月, 4月, 7月, 9月, 10月の例を示す。第2図で示したのと同様にどの地点でも1月の振幅が1年で最も大きい。

4月と9月を境にして位相が逆転しているのも第2図と同様である。1月の振幅の大きさは南鳥島等より, 少し小さく約 0.2 hPa である。

第5図に富士山, 剣山, 伊吹山, 阿蘇山と三島での S_3 の振幅の年変化を示す。12月, 1月には三島での振幅 0.3 hPa 強に比べると山岳測候所での値は少し小さい。その他の月でも少し小さいが4月, 9月ではほぼ同じである。

参考のために第5図には S_2 も示している。 S_2 はかなり明瞭に海拔高度が増すと減少しているのがわかるが, S_3 は S_2 ほど高さによる変化は見られない。

3.3 中部地域の日本海側, 内陸部, 太平洋側及び低緯度の島の S_3

中部地域の日本海側, 内陸部, 太平洋側の例として金沢($36^\circ35.2'N, 136^\circ38.3'E, 33\text{ m}$), 甲府($35^\circ39.8'N, 138^\circ33.4'E, 281$

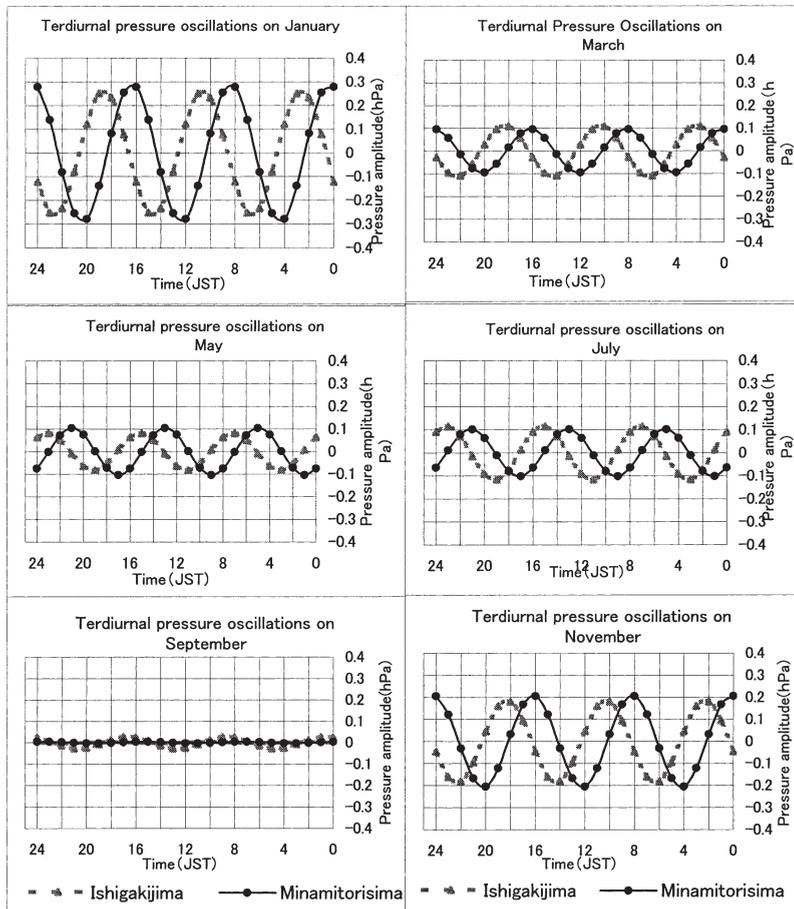


Fig. 3 Terdiurnal pressure oscillations of every other month at Minamitorishima and Ishigakijima. Note that the daily time is taken from right to left.

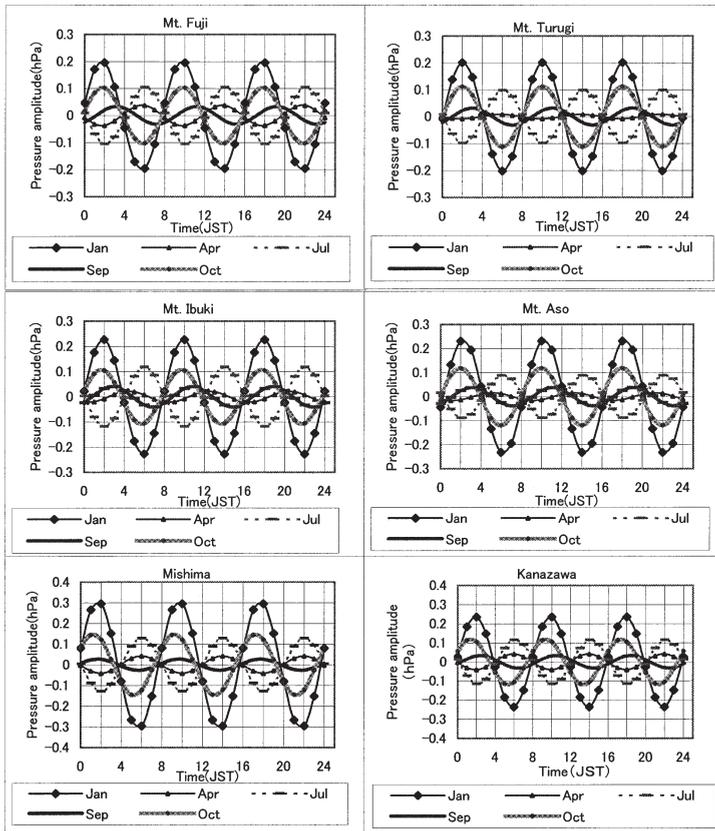


Fig. 4 Terdiurnal pressure oscillations at Mt. Fuji, Mt. Ibuki, Mt. Tsurugi, Mt. Aso, Mishima, the foot of Mt. Fuji and Kanazawa on Jan, Apr, Jul, Sep and Oct.

m), 静岡 (34°58.3'N, 138°24.4' E, 15 m) 及び3.1で示した低緯度の島での S_3 の年変化を第6図に示す。金沢での12月, 1月の S_3 が甲府や静岡でのそれより小さく0.24 hPaである。この傾向は富山や輪島でも同様であった。石垣島での12月, 1月の S_3 も大きくはない。

第6図によると S_3 については, 低緯度の島での値と甲府や静岡での値を比べると低緯度の島の方がわずかに小さいように見える。Humphreys (1964) は, S_3 は赤道でほとんど0に近く, 緯度30°付近で最大になり, 緯度変化があることを示している。北陸地方で少し小さい理由について, 緯度が大きいためか, ほかの理由があるかは今のところよくわからない。もう少し事例を増やして議論する予定である。

4. まとめ

日本の低緯度で東西に並ぶ四島(南鳥島, 父島, 南大東島, 石垣島)と海拔高度が1000 mを超える富士山, 伊吹山, 剣山, 阿蘇山および日本海側の金沢, 内陸部の甲府, 太平

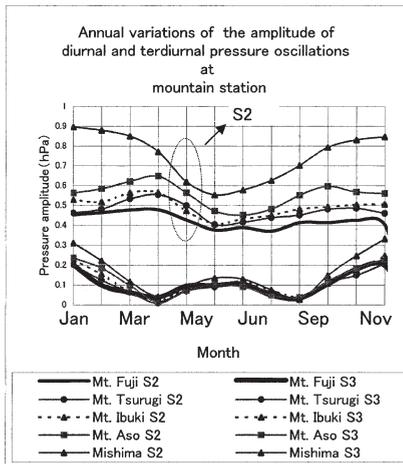


Fig. 5 Annual variations of the amplitude of S_2 and S_3 at Mt. Fuji, Mt. Ibuki, Mt. Tsurugi, Mt. Aso and Mishima, the foot of Mt. Fuji.

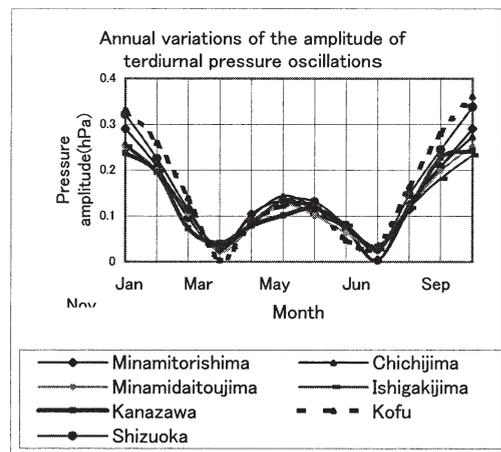


Fig. 6 Annual variations of the amplitude of S_3 at Minamitorishima, Chichijima, Minamidaitojima, Ishigakijima, Kanazawa, Kofu and Shizuoka.

洋側の静岡と富士山の麓の三島での気圧の月別の日変化を調和解析して1/3日周期成分を取りだし議論した。まとめると次の通りである。

① すべての地点で S_3 は4月, 9月に小さく, この月を境にして位相が逆転する。振幅は12月, 1月に極大があり約0.3 hPaである。6月, 7月に約0.1 hPa強の小さな極大がある。ただ, 12月, 1月でも日本海側では0.24 hPaで少し小さい。

② 経度の隔たっている低緯度の島での解析から, S_3 は東西方向の波数3の潮汐波が経度にして1時間に15°の速さで西進していることが明らかとなった。

③ 海拔1000メートルを超える富士山, 剣山, 伊吹山, 阿蘇山での12月, 1月の S_3 は約0.2 hPaで低地での値より少し小さいが位相は同じであった。5月から8月の S_3 は低地に比べると少し小さいが年間を通して変化の形は似ていた。

S_3 は振幅が小さいのでこれまであまり注目されていなかったが, 12月, 1月には約0.3 hPaの振幅があり, 場所によっては S_1 より大きいところがあった。今回の解析により S_3 の振幅や位相には際だった規則性があることがわかった。

謝 辞

本論分を改稿するにあたり, 貴重なコメントを頂いた匿名の査読者および, 平原氏の気象大学卒業研究論文を紹介していただいた気象大学の水野 量先生に感謝いたします。

参 考 文 献

- Dai, A. and J. Wang, 1999: Diurnal and semidiurnal tides in global surface pressure fields, *J. Atmos. Sci.*, **56**, 3874-3891.
- Glass, M. and J. L. Fellous, 1975: The eight-hourly (ter-diurnal) component of atmospheric tides, *Space Res.*, **15**, 191-197.
- Haurwitz, B. and A. D. Cowley, 1973: The diurnal and semidiurnal barometric oscillations, Global distribution and annual variation, *Pure and applied geophysics*, **102**, 193-222.
- 平原翔二, 2005: 大気潮汐のスペクトル構造解析, 2004年度気象大学卒業研究論文, 45 pp.
- Humphreys, W. J., 1964: *Physics of the air*, Dover, 240-249.
- 岩井邦中, 宮下恵美子, 2005: 中部山岳地域の諸地点における気圧日変化, *天気*, **52**, 831-836.
- Kong, C.-W., 1995: Diurnal pressure variations over continental Australia, *Aust. Meteor. Mag.*, **44**, 165-175.
- Lindzen, R. and S. Chapman, 1969: Atmospheric tides, *Space Sci. Rev.*, **10**, 3-188.
- Ray, R. D., 1998: Diurnal oscillations in atmospheric pressure at twenty-five small oceanic islands, *Geophys. Res. Letters*, **25**, 3851-3854.
- Ray, R. D. and S. Poulou, 2005: Terdiurnal surface pressure oscillations over the continental United States, *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 2526-2534.

The Amplitudes and the Phases of Terdiurnal (eight-hourly) Pressure Oscillations at the Stations of Low Latitude Islands, Higher Mountain and Some Central Area of Japan

Kunimoto IWAI*

* Faculty of Education, Shinshu University, 6-ro Nishinagano, Nagano, 380-8544, Japan.

(Received 9 May 2006; Accepted 11 December 2006)

Abstract

Monthly mean terdiurnal oscillations in atmospheric surface pressure (S_3) of the stations of low

latitude islands, mountain and central area of Japan were determined by the harmonic analyses of 11 or 12 years time series of hourly barometric data. Annual variations of the amplitudes and the phases of S_3 at each station are very regular, that is, maximum amplitudes of S_3 of about 0.3 hPa and about 0.12 hPa occur respectively on December or January and on June or July and their minima occur on April and September. The phases of S_3 from October to March and May to August remain constant respectively. Their phases, however, are out of phase. From the analyses of the phase of S_3 at four low latitude stations in the Pacific Ocean, S_3 can be interpreted that the tidal wave of zonal wave number three propagates westward at the phase speed of 15 degree longitude per hour.

The amplitudes and the phases of S_3 at high altitude such as the summit of Mt. Fuji (3773 m above sea level) etc. were also determined. S_3 amplitudes at altitude higher than 1,000 m above sea level are slightly smaller than those of near at the sea level. S_3 phases of them are the same as those of low level altitude.
