

中部山岳地域の諸地点における気圧日変化

岩 井 邦 中*・宮 下 恵美子**

要 旨

松本を中心とした中部山岳地域の飯田, 諏訪, 高山, 長野における各月の気圧日変化の1日周期, 半日周期, 1/3日周期の振幅と位相を明らかにするために1992年から1999年の8年間のデータを基に, 調和解析を行った.

各地の1日周期の振幅(S_1)と半日周期の振幅(S_2)を比べると, 12月, 1月の冬季では両者はほぼ同じであったが, その他の月では S_1 が S_2 より大きく, S_1 は4・5月に最も大きかった. 各月の S_1 と各月の平均的な気温の日較差(用語については後述)との間によい相関があった.

ほぼ同経度にある太平洋側の御前崎と日本海側の高田では S_1 が特に大きいとは言えなかった.

一方, S_2 はどの地点でも冬季に大きく, 6月に極小となる年変化が見られた. 1/3日周期の振幅(S_3)は地点によらず非常によく似た年変化を示していた.

1. はじめに

気圧が日変化することは古くから知られている(Haurwitz, 1964; 永田・等松, 1973; 澤田, 1979; 島田, 1994). 特に, 熱帯地方では自記気圧計に記録された気圧からも容易に半日周期で変化していることを読み取ることができる(Gedzelman, 1980; 加藤, 1988). 最近, 日本では唯一熱帯に属する沖ノ鳥島における気象観測から大気潮汐による気圧変動が確認されている(中笠ほか, 2002). 一方, 中緯度地方では, 気圧の日変化は移動性の高・低気圧や局地的な擾乱の中に埋もれて見えにくい(クランシー, 1972). しかし, 気圧日変化の時間的・空間的変動を詳細に把握することは, 移動性の擾乱に関連した気圧変化を分離するためや海陸風・山谷風など局地的な気象の理解を深めるために有用である(Mass *et al.*, 1991).

熱帯地方では S_1 より S_2 が大きいことはよく知られており, 昔から大きな問題であった. 50 kmの高さを

中心とした成層圏と中間圏での熱源の各点で大気潮汐波が作り出されるが, 1日周期の波の垂直方向の波長は短く, 地上に達するときは波の干渉のため打ち消しあい, 振幅が小さくなるのに対し, 半日周期の波長は長く, 各波の位相に差ができないで振幅が小さくならないという理由によりこの問題は決着している(例えば, 松野・島崎, 1981; 加藤, 1988).

一方, 1日周期成分が, 場所と季節とともに変化する地表面近くの加熱の影響を大きく受けて, 大陸の内陸部や夏季に半日周期よりも大きいことが報告されている(Mass *et al.*, 1991; Kong, 1995; Dai and Wang, 1999). Mass *et al.* (1991)は米国における気圧日変化の調和解析を行い, Kong (1995)はオーストラリアにおける61地点の3時間間隔の地上気圧データを分析している. また, Dai and Wang (1999)は, 全球における地上気圧データの調和解析から, 低緯度の海洋地域で S_2 が S_1 の約2倍であり, それ以外の大部分の地域で S_1 と S_2 が同程度の大きさであり, 米国西部やチベット高原, 東アフリカなどの多くの陸上域で S_1 が S_2 よりも大きいことを見出している. さらに, Ray and Ponte (2003)は, ECMWF (European Centre for Medium-range Weather Forecasts)の6時間間隔のデータ同化値を使い, 適当な内挿法と調和解析により,

* 信州大学教育学部地学教室.

kuniwai@gipwc.shinshu-u.ac.jp

** 信州大学教育学部地学教室 (現: 上田市東小学校).
—2005年5月11日受領—
—2005年9月13日受理—

月平均の S_1 と S_2 の全球的な分布を出している。以上のように、これまで広く知られてきた S_1 より S_2 が大きい熱帯地方に加えて、中・高緯度地方においても1日周期成分と半日周期成分の空間的・季節的変動の実態が明らかになりつつある。

中部山岳地域では日中しばしば松本を中心にして熱的低気圧が発生したり、明け方逆に高山を中心にして高気圧に覆われることがある(例えば、野元(1975))。すなわち気圧の1日周期成分が大きいことが予想される。しかし、これらの地域で気圧日変化の調和解析的な研究はなされていない。本論文の目的は中部山岳地域のいくつかの地点における気圧日変化の実態を明らかにすることである。

2. データと解析方法

気圧のデータは気象庁監修のCD-ROM、地上気象観測原簿過去データ(1992年~1994年)、気象庁年報(1995~1999年)(気象業務支援センター発行)によった。上記のCD-ROMを用い、各地における各月1か月分の時別データをエクセルにコピーする。ここでは海面更正気圧ではなく、現地気圧を用いた。海面更正気圧ではなく、現地気圧を用いたのは次の理由による。Mass *et al.* (1991)によると、海面更正をする際に、現地気温と関係している気柱の平均気温を使うが、これは日変化し、結果として特に標高の高い地点の海面更正気圧は、まやかしの日変化が現れるからである。

毎日の各正時の気圧を1か月分並べ、各正時の月平均をとった。各正時の平均気圧とその日平均気圧の偏差をとり、それを各月の気圧日変化とした。さらに各月の上記の8年分の平均をとった。なお、観測点によっては一部欠測データがあるが、欠測データは平均値をとるとき除外している。

この平均値を調和解析し、 $a_n \sin(nt + \delta_n)$ の正弦関数の形で表した。 a_n は $1/n$ 日周期の気圧の振幅、 t は時間、 δ_n は $1/n$ 日周期の初期位相である。

フーリエ係数の求め方はいろいろあるが、ここでは萩原・糸田(2001)による台形公式を使って求めた。

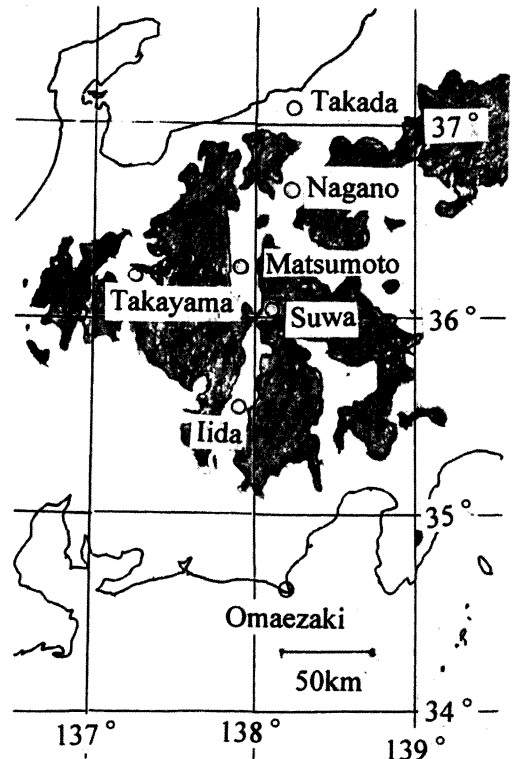
気温についても気圧と同様の方法で、各月の平均的な気温日変化を求め、さらに8年分の平均を求めた。平均的な気温の日較差とはこの月平均的な日変化の最高気温と最低気温の差であり、毎日の最高気温と最低気温の差の月平均値ではないことを注意しておく(一般に後者の方が前者より大きい)。

3. 結果と議論

3.1 飯田、諏訪、松本、高山、長野における気圧の日変化

第1図に中部地域の概略地図を示す。影を付けた所は海拔1000メートルより高い地域である。各観測点の緯度、経度、高さ(気圧計の高さ)は次の通りである。飯田(35°30.6'N, 137°50.3'E, 484 m)、諏訪(36°02.6'N, 138°06.7.3'E, 762 m)、松本(36°14.6'N, 137°58.4'E, 611 m)、高山(36°09.2'N, 137°15.4'E, 561 m)、長野(36°39.6'N, 138°11.7'E, 419 m)。なお、これらの山岳地域と比較するために、ほぼ同じ経度にある太平洋側の御前崎(34°36.1'N, 138°12.9'E, 47 m)と日本海側の高田(37°06.2'N, 138°15'E, 18 m)の結果も示す。

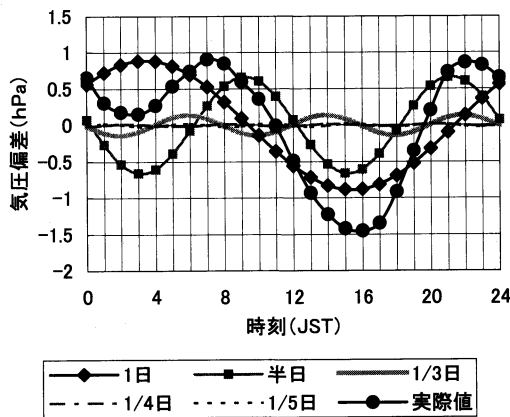
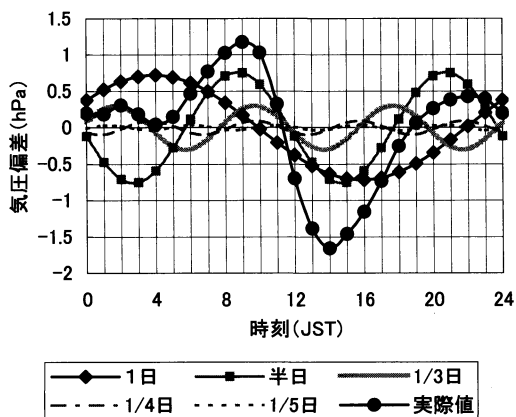
第2図に松本における1月と7月の8年間を平均した気圧日変化の調和解析例を示す。フーリエ係数のはじめの第5項まで示している。1/4日、1/5日の振幅はかなり小さい。横軸は日本標準時(東経135度における平均太陽時)である。本来は地方時を用いるのがよいが、松本での1月と7月の平均的な太陽の南中時刻(地



第1図 中部山岳地域の概略図。影部分は標高1000メートル以上の地域。

松本1月気圧日変化調和解析

松本7月気圧日変化調和解析



第2図 松本における1月と7月の月平均的な気圧日変化を調和解析して各成分に分解した図。

方時の正午)はそれぞれ11時57分と11時54分で、平均太陽時と地方時の差は数分以内である。

気圧の極大が現れる時刻は1月で09時と22時、7月では07時と22時である。1月、7月とも22時に極大が現れるのは、この時刻前後で S_1 が0に近くなり、 S_2 の寄与が卓越するからである。極小の現れる時刻は1月が04時と14時、7月では03時と16時である。1月では S_1 と S_2 はほとんど同じであるが7月では S_1 の方が S_2 より大きい。 S_1 の極大時刻は3時20分から3時50分頃である。

1/3日周期の振幅(S_3)は、1月に大きく7月は小さい。 S_3 の位相は1月と7月で逆転している。Mass *et al.* (1991)は全米で S_3 は冬季を除いて無視できるくらい小さいことを述べている。

松本における S_2 の月毎の振幅と初期位相(極大時刻)を、第3図に示す。これはハーモニックダイヤルと呼ばれている(Lindzen and Chapman, 1969)。時刻(位相)は日本標準時から月平均的な均時差補正と経度補正をした地方時である。極大時刻は8時45分から9時25分である。 S_2 の極大時刻が通常言われている9時半から10時の間より少し早いことは興味深く、今後さらに詳しく調査したい。これは松本以外の地点でも同じ傾向があった。

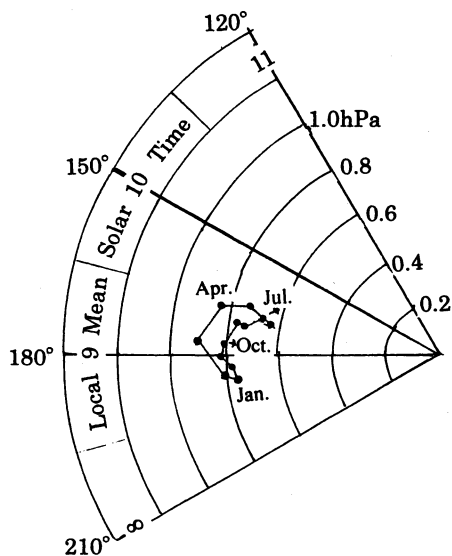
3.2 S_1 , S_2 , S_3 の年変化

各地における8年平均の月毎のデータを調和解析して求めた S_1 , S_2 , S_3 をそれぞれ第4図a, b, cに示す。陸地の影響がなく、気圧半日周期が明瞭に現れる熱帯に近い南鳥島(24°18'N, 153°58'E)の S_1 , S_2 , S_3 も参

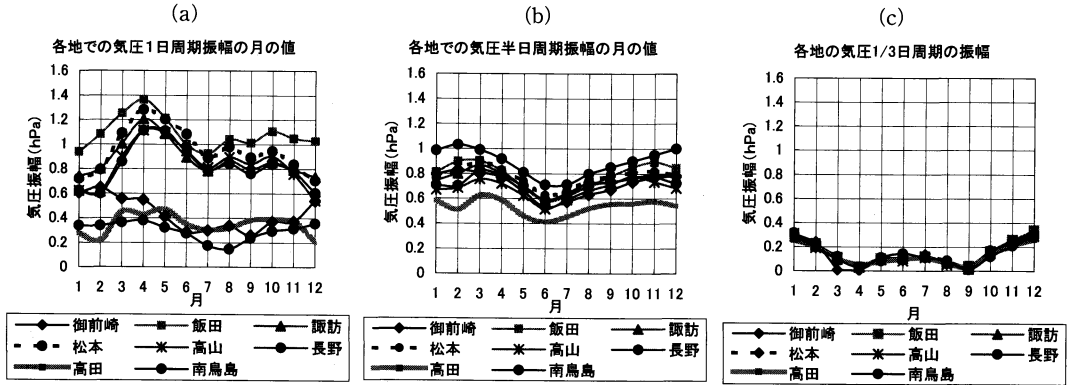
考のために示す。

中部山岳地域の諸地点での S_1 の年変化の傾向はよく似ており、4月に最大になっている。飯田では1.4 hPaに近い。12月、1月では S_1 と S_2 はほぼ同じであるが他の月では S_1 の方が S_2 より大きい。太平洋側の御前崎と日本海側の高田及び南鳥島での S_1 は明らかに、中部山岳地域の地点とは違った変化をしている。

S_2 は御前崎、高田、南鳥島も入れて年間の傾向はよく似ている。すなわち2月から3月にかけて大きく、



第3図 松本での気圧半日周期のハーモニックダイヤル(振幅と位相(極大の現れる地方時)の年変化)。



第4図 (a) 各地における気圧1日周期成分の振幅の年変化. (b) 各地における気圧半日周期成分の振幅の年変化. (c) 各地における気圧1/3日周期成分の振幅の年変化.

6月に最低となっている。S₂の大きさはRay and Ponte (2003) が示している日本付近の値とほぼ一致しており、また夏季に小さくなる傾向もよく合っている。しかし、S₁については、本結果は彼らの結果よりずっと大きい。S₂は通常、緯度が高くなると小さくなるが内陸部では必ずしも明瞭ではない。しかし緯度の一番低い南鳥島で最も大きく緯度の最も高い高田で最も小さくなっている。

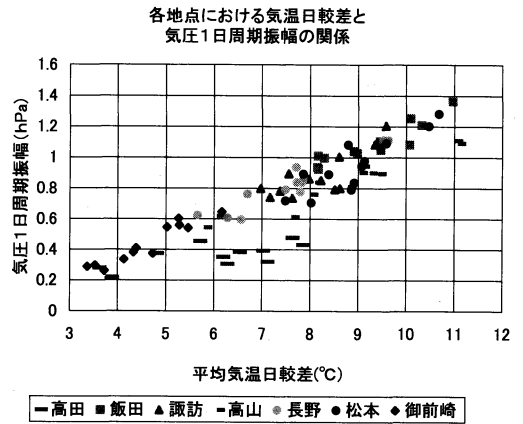
S₃は地点(緯度)によらずほぼ同じ年変化を示している。12月、1月に大きく約0.3 hPaであるが4月、9月に極小で7月には0.1 hPa 強の小さな極大がある。S₃の値についてはマカオ(22°N, 114°E)での12月、1月の平均として約0.3 hPa が示されており (Cooper, 1984) 本結果とよく合っている。

3.3 S₁と平均的な気温日較差との比較

第5図に2節で述べた各地の月毎の平均的な気温の日較差と各月のS₁の散布図を示す。高田を除くと各地の月平均的な気温日較差とS₁の間には非常によい相関がある。高田だけを見ると日較差とS₁に相関があるように見えるが、日較差が大きい割にS₁の大きさが小さく、他の地点と異なった振る舞いをしている。地形等の地域的影響の反映が考えられ、今後の調査が望まれる。Mass *et al.* (1991) はアメリカにおいて夏季、気温日較差とS₁により相関があることを報告している。また Dai and Wang (1999) も気温の日較差の大きい陸上部でS₁とその年変化が大きいことを示している。

3.4 冷夏と猛暑の7月の例

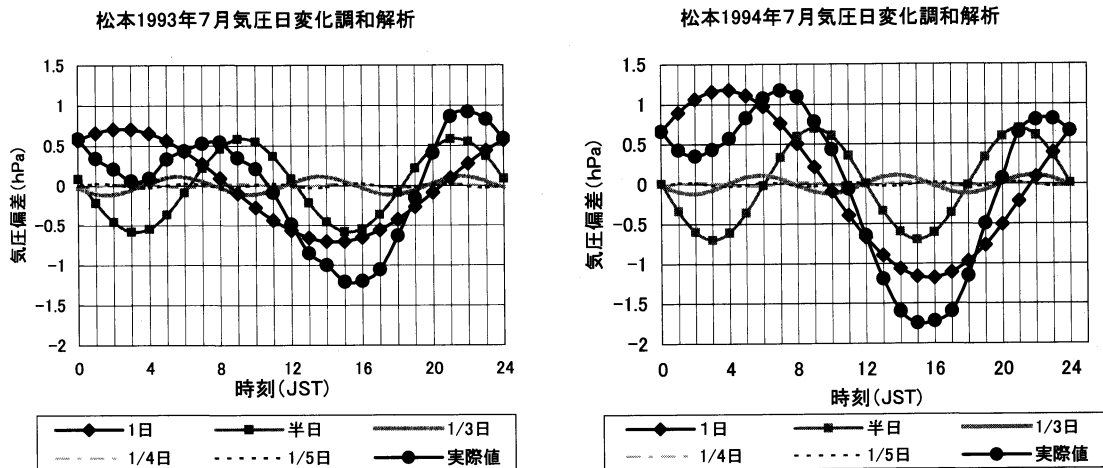
各月の気圧日変化は年毎によって多少の違いはあるが、顕著な違いが1993年の冷夏時(7月、8月)と1994



第5図 月平均的な気温日較差と気圧1日周期成分の振幅との散布図.

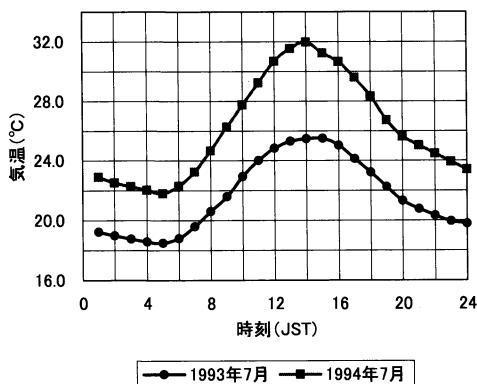
年の猛暑時(7月、8月)に見られた。第6図に松本における1993年7月と1994年7月の月平均気圧日変化の調和解析例を示す。猛暑時と冷夏時の気圧日変化を比べると、前者での振幅が大きい。成分に分けると、S₂、S₃は両者でほとんど同じであるが、S₁は2倍近く猛暑のときが冷夏のときに比べて大きい。

松本における1993年7月と1994年7月の平均的な気温の日変化を第7図に示す。絶対値に大きな違いはあるが、日較差にも違いがある。猛暑のときの方が冷夏のときに比べて、日較差が大きくなっている。このときの平均的な気温日較差とS₁を第5図に示したものと対照すると、よく合っていることがわかる。3.3節で述べたものと本節の事例から、S₁は局所的な地上付近の気温日変化の影響を受けていることがわかる。一方、S₂及びS₃は局所的な影響はほとんど受けず、地球的な



第6図 1993年7月(冷夏時)と1994年7月(猛暑時)の松本における気圧日変化の調和解析図。

1993年, 1994年7月の松本における月平均の気温日変化



第7図 1993年7月と1994年7月の松本における平均的な気温日変化。

に S_1 が S_2 より大きかった。御前崎, 高田では上のような結果は見られなかった。

2) S_2 はどの地点もよく似た年変化を示していた。すなわち3月, 11月に極大(0.6 hPa-0.9 hPa)があり, 6月頃極小(0.4 hPa-0.6 hPa)となっていた。

気圧半日周期成分の初期位相(極大の起きる時刻)は中部山岳地域の諸地点では地方時の9時前後であった。

3) S_3 は冬季に約0.3 hPaで比較的大きく, 4月と9月に極小となり, 7月に約0.1 hPaの小さな極大がある。 S_3 は地点によらず非常によく似た年変化を示していた。

4) 各地の平均的気温日較差と S_1 の間には高田を除いて大変よい相関があった。高田でも同様の傾向は見られたが, 気温日較差が大きくても, S_1 はあまり大きくなかった。

5) 各月の気圧日変化は年毎に多少の違いはあるが, 最も顕著な違いが1993年の冷夏時(7月, 8月)と1994年の猛暑時(7月, 8月)に見られた。調和解析の結果, S_2, S_3 に違いはほとんど見られなかったが, S_1 は猛暑時には冷夏時より約2倍大きかった。冬季と夏季の気温の絶対値の違いが S_1 に大きく影響していないように, この場合も気温の絶対値ではなく, 気温の日較差が影響していると考えられ, 3)で述べた相関関係と調和的であった。

ここでは中部山岳地域の5地点での事例と海の近くの2地点の事例を述べただけである。またCD-ROMの都合上8年間の平均を用いたがもっと長い平均をと

規模の変動に関係しているようである。

4. まとめ

中部山岳地域の飯田, 諏訪, 松本, 高山, 長野における1992年から1999年の8年間の毎時の気圧をもとに, 月毎の平均的な気圧日変化を求め, 1日周期, 半日周期, 1/3日周期成分の振幅と位相を明らかにするために調和解析を行った。比較のために, ほぼ同じ経度にある, 太平洋側の御前崎と日本海側の高田でも同様の解析を行った。その結果をまとめると次の通りである。

1) 山岳地域の諸地点では12月, 1月の冬季には S_1 と S_2 はほぼ同じであったが, その他の月では一般的

る必要があるかもしれない。しかし、各地点でかなりの規則性が見いだされていることから8年間の平均でも気圧日変化がよく表現されていると考えられる。今後もっと多くの地点での事例を増やすことにより、日本各地の気圧日変化についての詳しい知見が得られるものと期待できる。

謝 辞

適切なコメントを頂いた査読者と担当編集委員に感謝いたします。

参 考 文 献

- Cooper, N. S., 1984 : Errors in atmospheric tidal determination from surface pressure observations, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **110**, 1053-1059.
- Dai, A. and Wang, J., 1999 : Diurnal and semi-diurnal tides in global surface pressure data., *J. Atmos. Sci.*, **56**, 3874-3891.
- Gedzelman, S. D., 1980 : *The Science and Wonders of the Atmosphere*, Wiley, 315-316.
- Haurwitz, B., 1964 : Atmospheric tides, *Science*, **144**, 1415-1422.
- 萩原幸男, 糸田千鶴, 2001 : 地球システムのデータ解析, 朝倉書店, 74-76.
- 加藤 進, 1988 : 大気にもある潮汐, 気象のはなし I, 技報堂出版 (光田寧編著) 39-45.
- クランシー, エドワード, P. 著, 吉田耕造, 前田総之助訳, 1972 : 潮汐の話, 河出書房新社, 302 pp.
- Kong, C.-W., 1995 : Diurnal pressure variations over continental Australia, *Aust. Meteor. Mag.*, **44**, 165-175.
- Lindzen, R. S. and Chapman, S., 1969 : Atmospheric tides, *Space Sci. Rev.*, **10**, 3-188
- Mass, C. F., W. J. Steenburgh, and D. M. Schultz, 1991 : Diurnal surface-pressure variations over the continental United States and the influence of sea level reduction., *Mon. Wea. Rev.*, **119**, 2814-2830.
- 松野太郎, 島崎達夫, 1981 : 成層圏と中間圏の大気, 大気化学講座 3, 東京大学出版会, 203-209.
- 永田 武, 等松隆夫, 1973 : 超高層大気の物理学, 裳華房, 105-124.
- 中埜岩男, 木邑純一, 藤森英俊, 山本浩文, 2002 : 沖ノ島島における海上気象観測, *天気*, **49**, 569-575.
- 野元世紀, 1975 : 高山高気圧・松本低気圧・駿河湾低気圧・房総不連続の総観気候学的解析, *地理学評論*, **48**, 424-435.
- Ray, R. D. and R. M. Ponte, 2003 : Barometric tides from ECMWF operational analyses., *Ann. Geophys.*, **21**, 1897-1910.
- 澤田龍吉, 1979 : 超高層空間の謎, 講談社, 180 pp.
- 島田守家, 1994 : やさしい気象教室, 東海大学出版会, 201 pp.

Diurnal, Semi-diurnal and Ter-diurnal Pressure Variations at the Stations of Central Mountain Area of Japan

Kunimoto IWAI* and Emiko MIYASHITA**

* Faculty of Education, Shinshu University.
kuniwai@gipwc.shinshu-u.ac.jp

** Faculty of Education, Shinshu University (Present affiliation : Ueda City, Higashi Elementary School).

(Received 11 May 2005 ; Accepted 13 September 2005)