

## 彼岸潮は年極小

久保田効

### 1. はじめに

日本気象予報士会の約 1600 人が加入した電子会議室で 2004 年 9 月 3 日に「潮位差が最大になる彼岸潮(ひがんじお)という言葉が、昔の教科書に載っていた」と、1 気象予報士が発言した。アメリカ気象学会の用語集第 1 版(1959)の"Equinox tide"(\*1)や気象ハンドブック(2005)の「マリンスポーツと潮汐」(\*2)、「こよみの読み方」というホームページ(\*3)は彼岸潮が年最大の大潮とか、年平均より大きいと述べている。しかし、日本の沿岸では大潮潮差は春・秋に極小、冬・夏に極大となる。アメリカ気象学会の用語集第 2 版(2000)の"Equinox tide"(\*4)では年平均より大きいという表現を削除した。平衡潮汐論では、新月(朔)や満月(望)におこる大潮潮差は月や太陽が南中時に天頂に、北中時に天底に近ければ近いほど大きくなる。黄道傾斜 23.4 度に対して、月の赤緯は、 $\pm 23.4$  度  $\pm 5.2$  度の間にある。従って、緯度が 28.6 度より北にある日本は、月も太陽も、夏・冬に南中時に天頂、北中時に天底に最も近くなる。このことが、日本周辺では彼岸潮が年極小になる主な理由と考えられる。

### 2. 日本沿岸の大潮干満差

大潮潮差とは、大潮時の隣り合う満潮と干潮の差である。図 1 には年間平均の大潮潮差がプロットされている。日本の沿岸では、図 1 のように、大潮潮差には差がある。日本海側は 1m 以下しかないのに、太平洋側は 1m を越え、東シナ海は 2m を越える。湾内は外海より大きく、瀬戸内海西部、伊勢湾、東京湾は 2-3m、有明海は 3-6m にも達する。有明海の大潮潮差が大きいのは、港の基本振動周期が約 7.8 時間とわが国の内湾で最も長く、共振潮汐が発達しやすいためのようだ(\*5)。

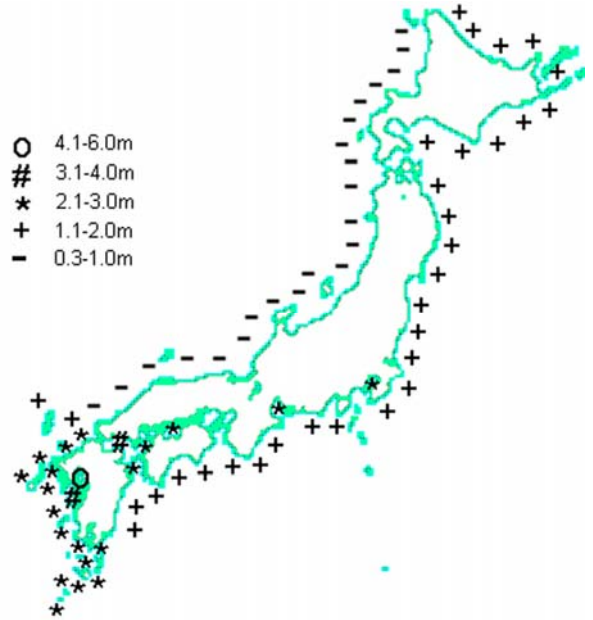


図 1 平均的な大潮干満差は、日本の日本海側 0.3-1m、太平洋側 1-2m、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海西部、東シナ海側 2-3m、有明海 3-6m である。

### 3. 彼岸潮は年極小

全国共通して、大潮干満差は春・秋に極小、冬・夏に極大となる。まず、東京について、潮位の年変化を図 2(\*6)に、干満差を図 3 に示す。図 2・3 において、大潮干満差は冬・夏極大、春・秋に極小となることが分かる。付録図 15-24 に、網走、大船渡、大阪、長崎、大浦(有明海)の 2005 年における潮位年変化(\*6)と干満差を示す。この特徴は東京と共通している。ただし、ここには示さないが、世界には彼岸潮が年平均より大きい港があることは事実である。

潮位はいろいろな分潮が合成したものである。1 年周期の主太陽年周潮  $S_a$  は数 10cm の振幅を持つ。これは海水温の年変化に伴う海水の膨張・収縮による春最低、秋最高の気象潮である。気象潮  $S_a$  は、年最低潮位を、夏・秋より冬・春に起こさせる 1 つの原因である。

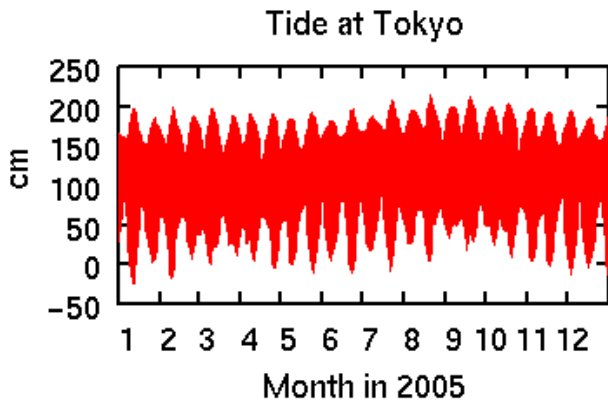


図 2 東京の潮位年変化。朔-望または望-朔という約 14.8 日の周期で大潮が繰り返される。その大潮の干満差は春・秋に年極小、冬・夏に年極大となる。

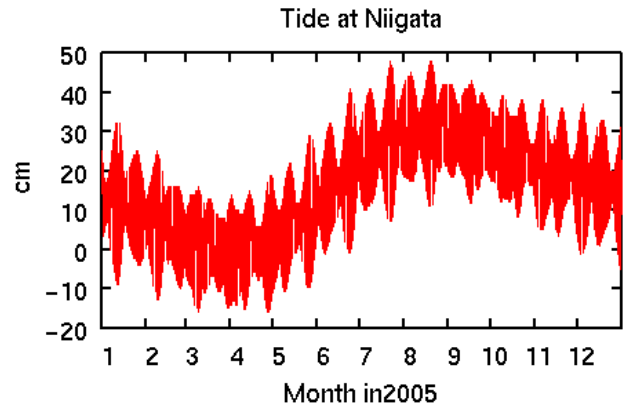


図 4 新潟の潮位年変化。朔-望または望-朔という約 14.8 日の周期で大潮が繰り返される。その干満差は 3-40cm。主太陽年周潮が、大潮の干満差と同じ程度に大きいので、年極小は春に起こる。

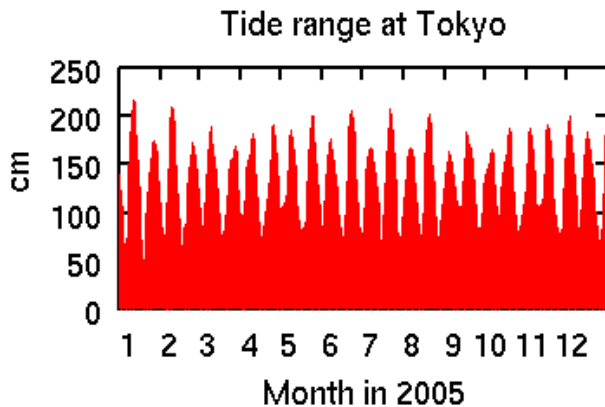


図 3 東京の干満差。春・秋に極小、冬・夏に極大が起こることが明瞭。極大は冬が夏よりわずかに大きい。太陽-地球間の距離が夏より冬近いからである。

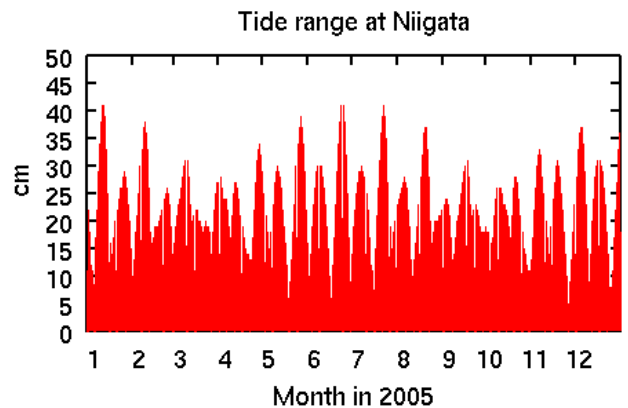


図 5 新潟の干満差。春・秋に極小、冬・夏に極大が起こることが明瞭。主太陰半日周潮(N2)に起因する、朔望による差が、夏と冬に目立っている。

しかし、図 3 に示す干満差においては、主太陽年周潮は除去される。冬の干満差が夏よりわずかに大きいのは、太陽・地球間の距離が夏より冬近いからである。

新潟における潮位(\*6)と大潮潮差を図 4、図 5 に示す。図 4 の潮位に見られるように、日本海側は大潮干満差が小さく、主太陽年周潮と同じ程度なので、年最低潮位は春に起こる。しかし、図 5 の潮差に見られるように、大潮潮差は夏・冬に極大、春・秋に極小となることが明白である。

日本周辺で、2005 年の最初の大潮は新月(朔)、次は満月(望)の約 2 日後に起こっている。朔-望または望-朔という約 14.8 日周期の大潮が繰り返されている。秋分から春分まで朔の干満差が、望の干満差より大きく、春分から秋分までは、朔より望の干満差が大きい。しかし、この朔望による干満差の違いは、年によって異なる。2000 年(\*7)の最初の大潮もまた、朔から望、望から朔、…と続くが、この年は、逆に秋分から春分まで朔の干満差が望の干満差より小さく、春分から秋分まで

は、朔より望の干満差が小さい。これは 8.85 年周期で変化する主太陰楕率半日周潮 N2 による分潮である(8\*)。N2 については、9. 付録 2 でさらに、説明を加える。

#### 4. 日本沿岸は干潮に日潮不等

日本沿岸では、月の赤緯が大きくなる夏・冬に干潮に日潮不等(1 日 2 回起こる潮位に差が生じること)が起こる。その原理は図 6 に説明されている。

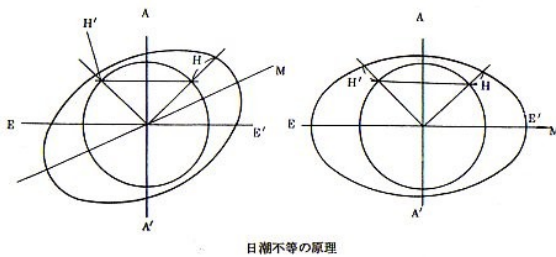


図 6 日潮不等の原理。月の赤緯が地球の赤道から離れると日潮不等が生じる(左図)。しかし、赤道付近にあるとき、つまり、春分や秋分のころ、日潮不等は起こらない(右図)。潮差は月の南中時、または北中時高度が高いほど大きい。

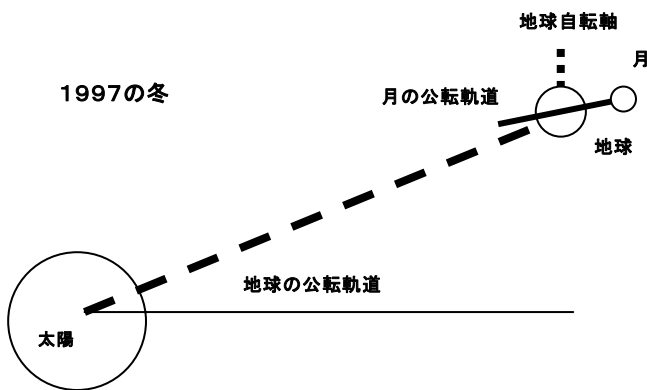


図 7 1997 年冬満月時の地球と月の公転軌道。黄道傾斜角は 23.4 度、黄道に対する白道の傾斜角は 5.2 度と小さい。この年、白道の天の赤道に対する傾きは  $23.4 - 5.2 = 18.2$  度。

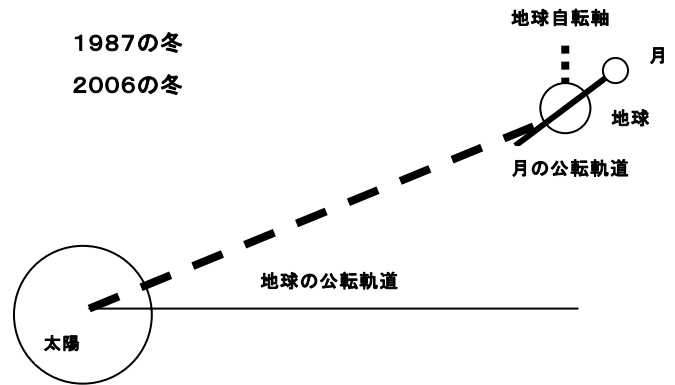


図 8 1987 または 2006 年の冬、満月時の地球と月の公転軌道。黄道傾斜角は 23.4 度、黄道に対する白道の傾斜角は 5.2 度と小さい。この年、白道の天の赤道に対する傾きは  $23.5 + 5.2 = 28.6$  度。

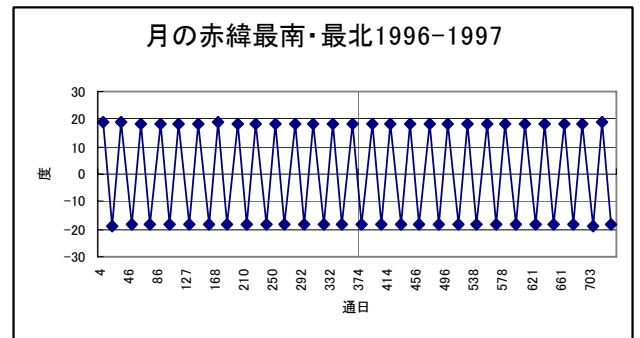


図 9 理科年表(\*9)から得られた月の赤緯最南・最北。1996-1997 年。図 7 に対応して月の赤緯の振幅は約 18 度。

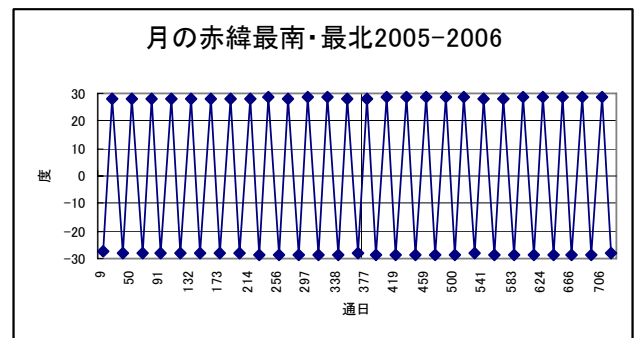


図 10 理科年表(\*9)から得られた月の赤緯最南・最北。2005-2006 年。図 8 に対応して月の赤緯の振幅は約 29 度。図 9 1996-1997 年における約 18 度から次第に増加して約 29 度となった。18.6 年周期で変動している。

図 6 に示されているように、夏や冬、月の赤緯が大きくなり、日潮不等(回帰潮)が生じる。春分や秋分に月の赤緯が小さくなり、日潮不等がなくなる(分点潮)。大潮時の干潮に寄与するのは低低潮(1日2回の干潮の内低い方の潮)である。太陽と月の地球からの距離、質量から、潮汐力は月が太陽より2.2倍大きい。従って、この図は月の引力による満干潮を例示している。彼岸の頃、月の赤緯が0に近くなると低低潮はなくなり、潮差は小さい。月の公転軌道(白道)面は黄道面に対して $\pm 5.2$ 度しか傾いていない。月の最大赤緯は、図9にあるように、1997年頃 $23.4 - 5.2 = 18.2$ 度、図10にあるように1987、2006年頃 $23.4 + 5.2 = 28.6$ 度となる。白道と黄道の交点は黄道上を西から東へ18.6年の周期で一周する変動である。太陽の摂動による5.2度が23.4度に比べると小さいので、夏至や冬至の頃、潮差は年最大となる。

1987年や2006年ころ、年々変動で潮差は最大、1997年頃最小となることが、予想される。九州における年平均の大潮潮差を1973-1999年について、宇野木2002(\*5)がそのFig.2で示している。それによると、1980年に極大、1988年頃に極小となっており、予想とは違う。観測による潮差の年々変動は10cm以下である。大潮潮差の極大と極小の差が数10cmであるのに比べるとこれは小さい。従って、 $\pm 5.2$ 度の白道の変動は彼岸潮が年極小であることをこわすほどの大きさでないことが言える。

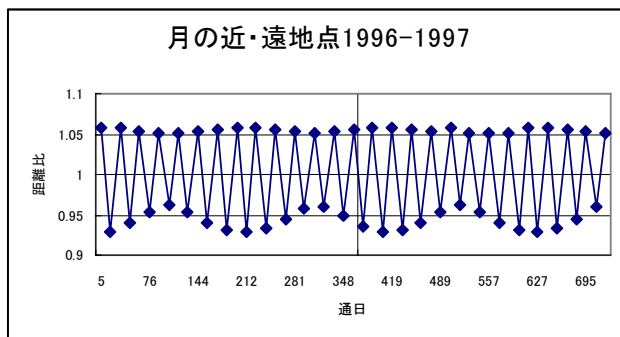


図 11 理科年表(\*9)から得られた月の近・遠地点距離比。1996-1997年。遠地点より近地点距離が大きな周期変動を持つ。周期は約6.67月または0.556年。

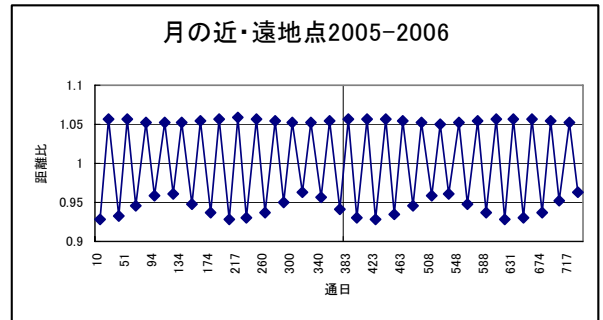


図 12 理科年表(\*9)から得られた月の近・遠地点距離比。2005-2006年。周期は0.556年。図11 1996-1997年と全くほぼ同じ位相を示すが、11年の間に20周期分が収まっている。つまり、両期間の間の年は位相がずれていた。

月と地球間の距離は引力に重要な影響を与えるはずである。近・遠地点の距離比をプロットすると1996-1997年は図11、2005-2006年については図12のようになる。特に遠地点より近地点の周期変動が大きく、周期は0.556年で振幅は7%にもなる。これもまた太陽の摂動によって起こる。しかし、近地点の周期変動によって、年最大潮差が夏・冬に起こっているという事実は崩れない。さて、月の最大赤緯、近地点の両者を考察して言える事は、日本にとって月が南中時に天頂に最も近くなり、北中時に天底に最も近くなる季節つまり、夏冬に、大潮潮差は年最大になるということである。

### 5. 低低潮は真昼、真夜中頃起こる

この低低潮は、日本海を除く日本周辺(オホーツク海、太平洋側、瀬戸内海、東シナ海)で、春分から秋分までの夏半年は昼に起こり(図13)、秋分から春分までの冬半年は夜中に起こる(図14)。図13・14は東京の例を示している。昼に起こる引潮のみ選べば、干潮の引く程度は夏に最も低く、冬に最も高い。日本海側では、逆に春分から秋分までの夏半年は真夜中頃に起こり、秋分から春分までの冬半年は真昼頃に起こる。これらの事実は、大潮時における満潮が、月や太陽の南中時や、北中時よりもざっと6時間遅れる(高潮間隔)ことを意味する。

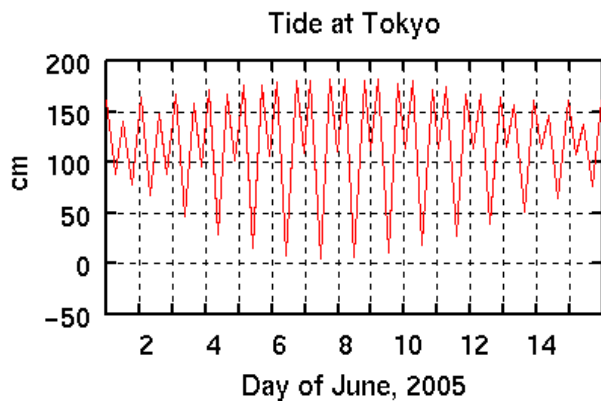


図 13 東京の 6 月前半の潮位。干潮に日潮不等が起こっている。太平洋側と東シナ海側の低低潮は、春分から秋分まで、真昼頃起こる。しかし、この時期、日本海側の低低潮は真夜中頃に起こる。

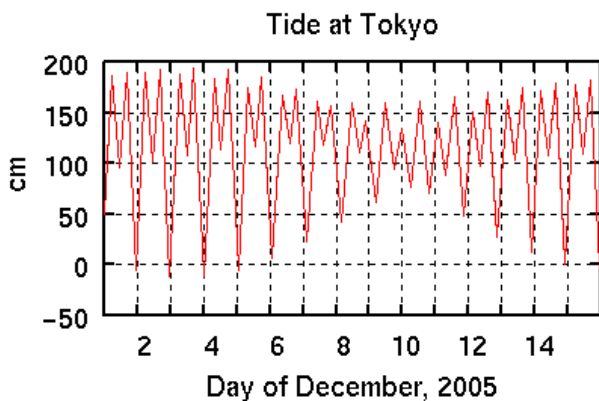


図 14 東京の 12 月前半の潮位。秋分から春分まで、太平洋側と東シナ海側では、日潮不等は干潮に起こり、低低潮が起こるのは、真夜中である。この時期、日本海側は低低潮は真昼頃起こる。

### 6. 潮干狩りが春最適なのはなぜ？

気象ハンドブックには春、大潮潮差が最大になるので、潮干狩りも最適と述べている。しかし、昼に起こる大潮潮差は冬最小で、夏最大となることが分かった。ではなぜ、潮干狩りが春盛んなのか？次の 4 理由が推定される。

- (1) 気候学的理由：長く、寒い冬の間できなかった潮干狩りが、春には出来るようになる。
- (2) 潮汐上の理由：昼に起こる引潮は、冬から夏に向けて次第に低くなり、春は比較

的に低い。日本海側は主太陽年周潮  $S_a$  の大潮潮差に対する割合が大きく、春の干潮の潮位が年最低になる。

- (3) 生物学的理由：貝を食するに適している。この確認は、今後の課題。
- (4) 社会学的理由：ゴールデンウィークがある。

### 7. 結論

- (1) 日本周辺では彼岸潮は年極小に近い。この理由は、中緯度にある日本では、月が南中時に天頂に、北中時に天底に最も近づくから。
- (2) 太平洋、東シナ海、瀬戸内海、オホーツク海の年最低潮は冬に起こり、日本海は春に起こる。
- (3) 年最低潮は回帰潮に伴う低低潮により起こる。日本海を除き、春分から秋分にかけては昼に低低潮、秋分から春分にかけては夜中に低低潮が起こる。日本海は逆。
- (4) 昼に起こる低低潮は真冬最高で、真夏最低となる。

### 8. 付録 1

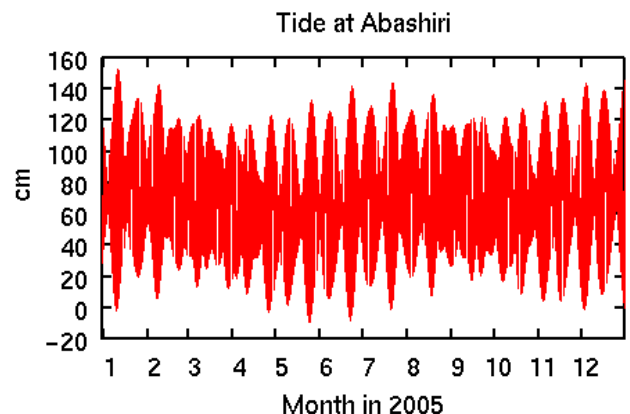


図 15 網走の潮位年変化。

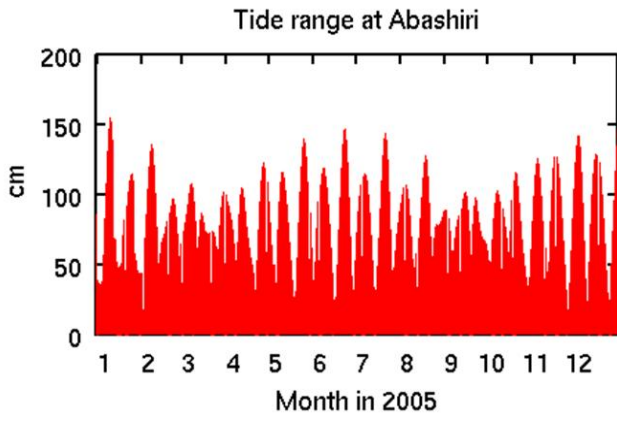


図 16 網走の干満差。

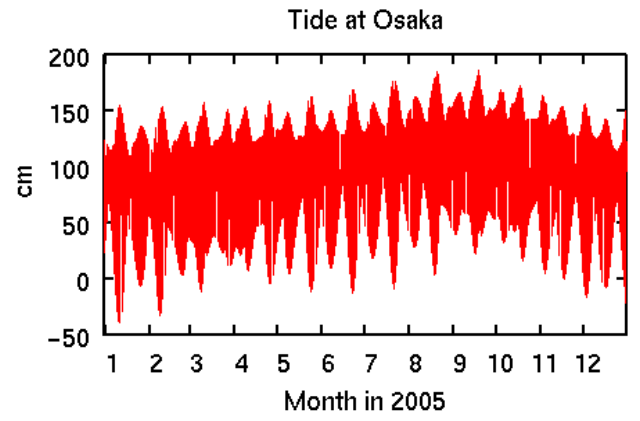


図 19 大阪の潮位年変化。

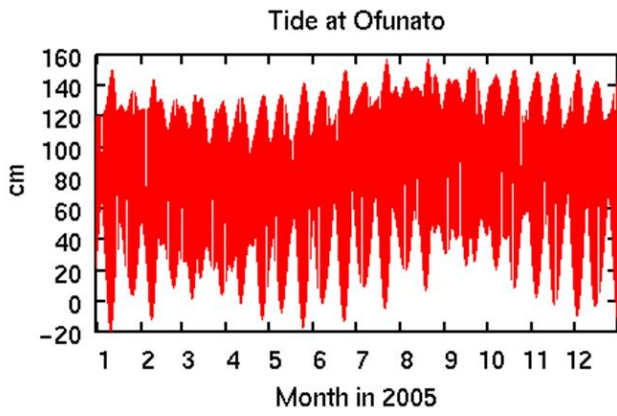


図 17 大船渡の潮位年変化。

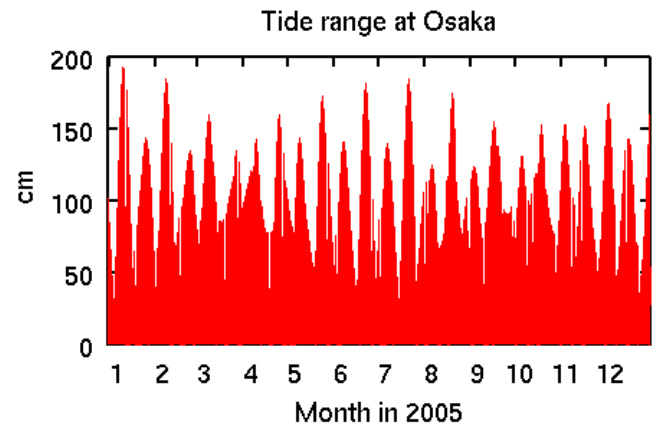


図 20 大阪の干満差。

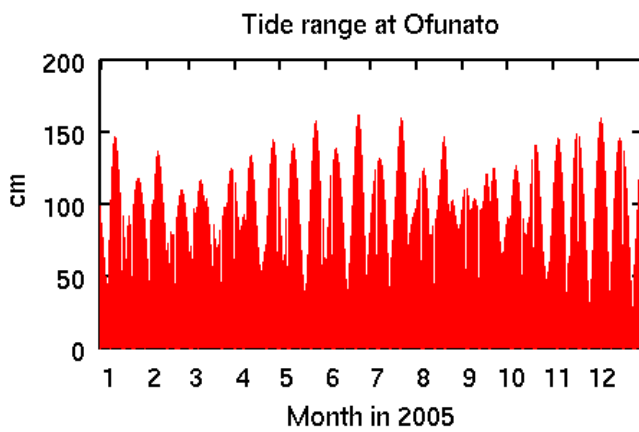


図 18 大船渡の干満差。

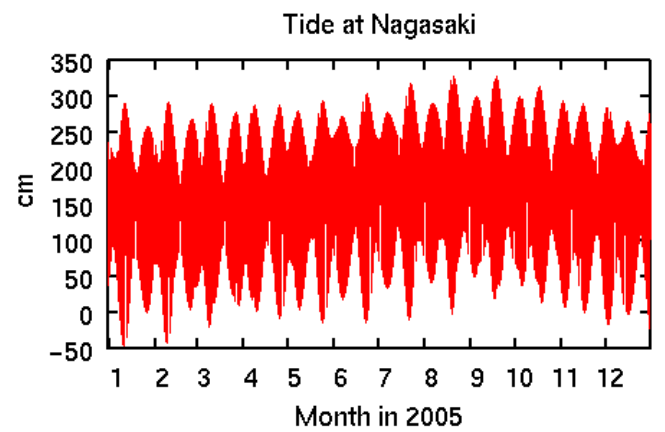


図 21 長崎の潮位年変化。

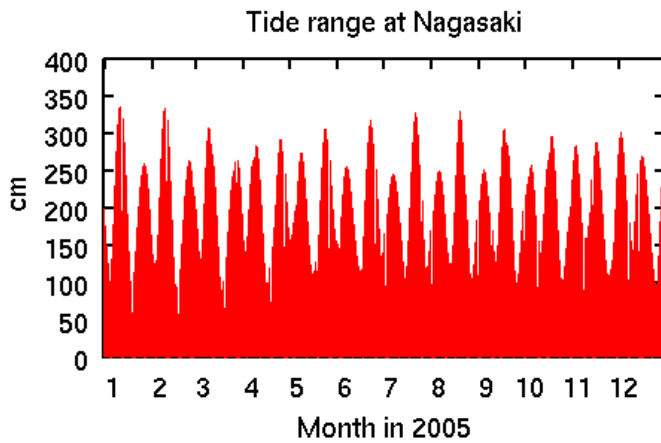


図 22 長崎の干満差。

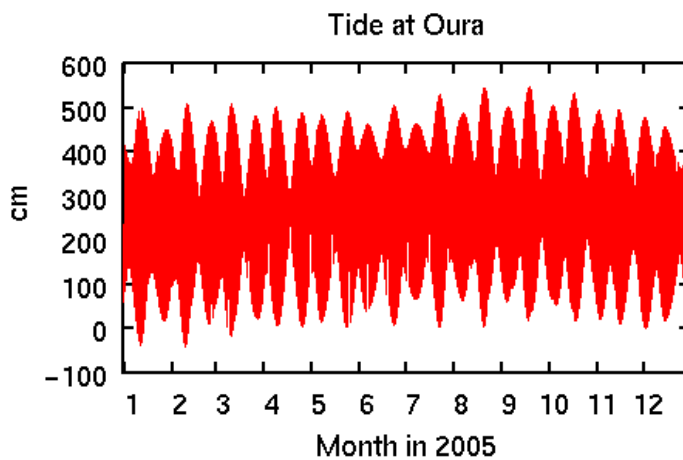


図 23 大浦の潮位年変化。

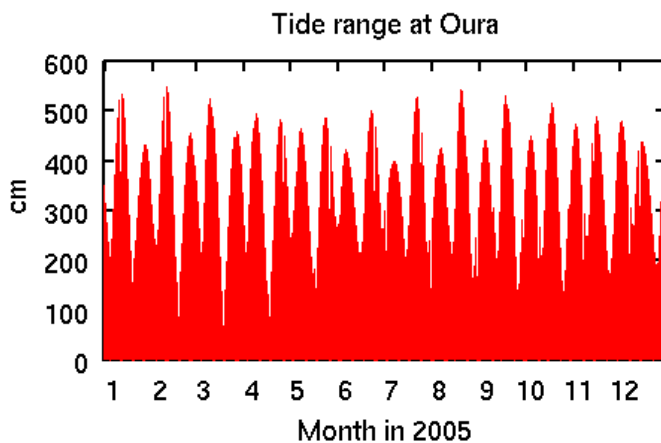


図 24 大浦の干満差。

## 9. 付録 2

図 25 には 2002 年－2006 年にわたる 5 年間の月－地球間の距離が上段にその平均比で、朔か望かが 0.8 と 0.9 という値で、下段に示してある。横軸は通日で示してあるが、5 つに区切ってあり、左から 2002 年、2003 年、・・・2006 年を表す。まず近地点から近地点までの平均周期は近点月と呼ばれ、平均 27.55 日、朔から望、そして朔までの周期は朔望月と呼ばれ平均して 29.53 日である。前者は恒星月 27.32 日に近い。したがって、ある季節に近地点(遠地点)が望(朔)近くに起こるとすれば、その半年後の季節には近地点(遠地点)は朔(望)近くに起こる。ただ、恒星月より、0.23 日大きいので、近地点は東向きに移動し、8.85 年で一周する。理科年表によると 1984－2006 の 23 年間においては、 $0.0927 < \text{距離比} < 1.058$  の変動幅にある。図 25 から分かるように、平均 27.55 日周期の最近(Perihelion)、最遠(Aphelion)、最近という変動のほか、離心率の約 0.556 年周期の変動が、この 23 年間続いている。最遠の変動幅は約 0.007 距離比しかないが、最近の変動幅は約 0.034 距離比ある。そして、離心率が最大になる頃の最近は、望または朔の頃に起こる。図 25 の例では 2002 年の春に離心率が最大となり、その最近は望に起こり、次の離心率極大は 2002 年秋に起こり、その最近は朔に起こっている。その次は 2003 年の春、最近は望に起こっている。このことが、0.556 年周期で繰り返される主太陰楕率半日周潮 N2 の原因である。

### 参考文献

1\*American Meteorological Society, first edition, 1959; Glossary of Meteorology. "Equinox tide-Tide occurring when the sun is near equinox. During this period, spring tides are greater than average".

2\*気象ハンドブック編集委員会,2005; マリンスポーツと潮流,a,潮汐. 気象ハンドブック第 3 版. 朝倉書店. 「春分と秋分には潮差がもっとも大きくなるので潮干狩りや磯遊びには、3 月下旬-5 月上旬の間で日中に干潮が現れる日が最適である」

3\* 作者不詳、時期不明;

<http://www.ffortune.net/calen/calen/yomi99/yomi023.htm>

「春・秋の彼岸の頃の大潮は 1 年で最も干満の差が大きくなります。これを彼岸潮といい、特に秋の彼岸の潮を初潮、春の彼岸の潮を春潮といって、それに合わせて祭事とするところもありました」

4\* American Meteorological Society, second edition, 2000; Glossary of Meteorology. “Equinox tide-Tide occurring when the sun is near equinox”.

5\* 宇野木早苗,2002:有明海における潮汐と流れの変化-諫早湾干拓事業の影響を中心に

して-.海と空, 78,1,19-30.

6\* 気象庁,2004;潮位表 2005.

7\* 気象庁,1999;潮位表 2000.

8\* 中野猿人, 1940: 潮汐学. 古今書院.

9\* 国立天文台編,1983-2005;理科年表 1984-2006. 丸善

謝辞 調査の過程で、潮汐に関する種々の質問に忍耐強く回答いただいた海上保安庁海洋情報部と小西達男博士、潮汐を説明する理論は平衡潮汐論と動力学的潮汐論からなることを認識させてくださった廣田勇教授に感謝します。

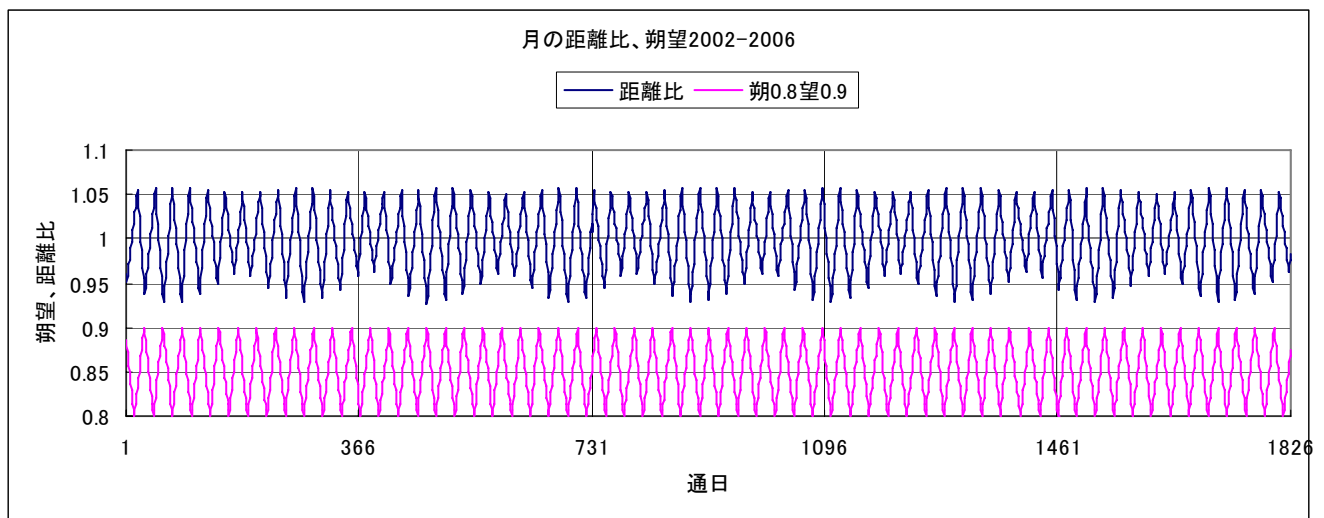


図 25 2002—2006 年における月—地球間の距離平均比(上)と朔 0.8—望 0.9(下)。横軸は通日を示す。区画は左から右へ 2002 年、2003 年、...、2006 年。距離比は 27.55 日周期の近点月の他に 0.556 年周期の離心率変動がある。2002 年の春に離心率極大が現れ、その最近は望に、最遠は朔に起こっている。次の離心率極大は 2002 年の秋に現れ、その最近は朔に、最遠は望に起こっている。朔望を組み合わせた、周期は 1.113 年である。これが、8.85 年周期の変動である。

### 概要

アメリカ気象学会の用語集第 1 版や気象ハンドブック、「こよみの読み方」というホームページには彼岸潮は年最大あるいは年平均より大きいと説明されている。しかし、少なくとも日本の沿岸では大潮潮差は春・秋に極小、冬・夏に極大となる。日本周辺の代表的港の年間の潮差グラフを図示してそれを示す。また、その主原因は月や太陽が南中時に天頂に、北中時に天底に、最も近づくのは夏・冬だからだろう。