

アリューシャン低気圧の変動と日本沿岸の海面変動について

板 橋 直 樹*・日比野 忠 史**

日本沿岸の水位変動には、アリューシャン低気圧の発達と黒潮流路の影響が強いことが予想される。そこで本研究では、アリューシャン低気圧の変動が黒潮流路へ、黒潮流路の変動が日本沿岸の水位変動へと与える影響それぞれを把握することを目的とした。そして、アリューシャン低気圧および黒潮流路の時空間的な変動特性、日本沿岸部の水位変動について調べるとともに、それぞれの間の関連性について解析を行った。その結果、アリューシャン低気圧の強さ・発達位置が黒潮流路の変動に影響を及ぼしており、黒潮流路が変動した結果、日本沿岸の水位もその影響を受けて変動することを示し、これらは相互に関連していることを定性的に示した。

1. はじめに

近年、瀬戸内海や沖縄をはじめとした西日本の各地では、気象擾乱のない穏やかな日の冠水、いわゆる異常潮位の発生が問題となっている。異常潮位の発生要因として、黒潮接岸、陸棚波、暖水渦、地盤変動等の影響が指摘されている(例えば末永ら, 2003)。これらの現象のうち、局所的な現象として捉えられる地盤変動や陸棚波とは別に、黒潮の接岸は日本の沿岸の広範な海域に影響を及ぼしている。黒潮は、流路上で水位(約 1 m)、水温(約 3°C)が高く、接岸によって沿岸の水位を上昇させることが知られている。また、黒潮流路は日本沿岸のローカルな現象ではなく、少なくとも太平洋規模の現象に起因すると考えられる。

米大陸西海岸では、水位と気圧に関する研究が 1960 年代から精力的に行われている。Saur (1962) は海面気圧 (SLP) の変動に対する海面水位 (SLH) の変化が -1 cm/hPa よりも大きいこと、米西海岸での強い沿岸風が気圧配置に関連していることを明らかにしている。SLP の変動に対して水位が大きく変化するのは、気圧配置によって生じられる風 (エクマン輸送) が水位変化を促進しているためとしている。

北太平洋規模の海象現象としては、アリューシャン低気圧の変動に起因する北～西沿岸振動が知られており、親潮と黒潮のバランスが季節的に変動し、日本沿岸の水位変動に大きな影響を及ぼすこと、さらに、より長い時間スケールの海象変動として、アリューシャン低気圧の経年的な変動にともなう、わが国沿岸の水位も変動することが指摘されている (Hibino・Itabashi, 2003)。

日本沿岸の水位変動は、アリューシャン低気圧の発達と海流からの水塊移流によって変動しており、アリューシャン低気圧の発達と黒潮流路との関連も予想される。本研究では、アリューシャン低気圧の変動が黒潮流路に

及ぼす影響を明らかにするとともに、これらが日本沿岸水位の変動に与える影響を把握することを目的としている。このため、北太平洋気圧分布、特にアリューシャン低気圧の空間的な変動特性と水位の時間的な変動特性を整理し、黒潮流軸の偏移、流速、表面水温の変動特性との関連性について考察した。

2. 北太平洋での海面変動とアリューシャン低気圧

(1) 水位と海面気圧の変動特性

図一 1 と 2 に北太平洋の北側沿岸域 (Yakutat, 図一 3 中に地点を表示) と日本周辺 (串本/潮岬) の水位と気圧変動が示されている。水位は全観測期間を通じた観測値の平均値との差 (図一 1)、水位偏差と気圧偏差は対象期間の各月毎に平均された値とその月の観測値との差 (平年の季節変動値が除かれた月平均値, 図一 2) によって示されている。

水位変動 (図一 1) を見ると、北太平洋の北側海域 (Yakutat; アラスカ) と日本周辺 (串本/潮岬) の水位変動は季節～数年周期の変動とも対称的な対応関係がある。完全に対照な変動をしていないのは、北側海域では気圧と水位が -1 cm/hPa に近い関係で変化するのに対し、日本沿岸域では気圧の他に黒潮系暖水塊の影響も含まれるためである。長期的には北側沿岸域では水位が低く、日本周辺では水位が高くなっている。これらは、北側沿岸域と日本周辺の水位は、北海道付近を節とした北太平洋西～北側沿岸での水位振動 (年周期) に依存しているためであり、この水位振動は北太平洋での気圧配置との関係が強いことがわかっている (日比野, 2003)。

気圧の季節的な変動も水位と同様に、北太平洋の変動と逆の変動 (気圧が北太平洋の北側で高くなると、日本沿岸域では低くなる) が起こっている。しかしながら、図一 2 に示した長期変動については気圧偏差と水位偏差の変動には明確な関係は見出せない。気圧偏差の長期的な変動は、北太平洋の北側沿岸域と西側海域 (日本周辺) とも顕著な増減傾向がなく、北太平洋の北側沿岸域と日

* 正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社 港湾部

** 正会員 工博 広島大学助教授 大学院工学研究科社会環境システム専攻

本周辺で対照的な関係にある水位とは関連がないように思われる。

しかし、北側海域での気圧偏差の変動幅は、日本沿岸に比較して数倍大きくなっていることから、北太平洋での気圧配置（気団の大きさが変化するのではなく、発達位置が変化することによって変動幅が大きくなっている）が太平洋沿岸の長期的な水位変動に関連することが考えられる。以下では、気圧配置の観点から海面水位について検討する。

(2) アリューシャン低気圧の発達パターン

図-3は、気象業務支援センターが発行している世界気象資料および気象月報から、1982～2000年の毎年1月の平均気圧分布データから、各年のアリューシャン低気圧の1000 hPa等圧線をプロットしたものである。アリューシャン低気圧の発達の仕方を見ると、アリューシャン列島付近を中心に発達する基本的なパターンの他に、低気圧の中心が北米大陸側やカムチャッカ半島側に偏移したパターンや、その両方で低気圧が発達するパターンが見られる事から、これらを区別してプロットし、発生年は凡例に明記した。

1980年代および1990年代後半にはアリューシャン低気圧（1000 hPa以下）が北米大陸方向に発達するパターンと低気圧が2つに分かれて存在するパターンが見られるが、この傾向は、特に、90年代後半に多く見られている。80年代後半から90年代前半では、アリューシャン列島を中心とした北太平洋の広域を取り囲む基本パターンで低気圧が発達している。

(3) 北太平洋の冬季の気圧配置と水位変動

図-4には北太平洋における1982年以降を3つの期間に分けて冬期（1～3月の平均値）の気候特性（気圧分布）と水位分布が示されている。期間（a）1982-87年では、アリューシャン低気圧がアリューシャン列島（Adak）を中心に大きく発達しているが、期間（b）1988-97年になると、アリューシャン低気圧の発達が弱くなっている。さらに、期間（c）1998-2001年には、アリューシャン低気圧の中心が北米大陸に近づいていることがわかる。水位分布は気圧分布に対応して変動しており、アリューシャン低気圧が発達している海域で水位が上昇していることがわかる。期間（a）では、アリューシャン列島を中心に水位上昇、期間（b）では、低気圧の発達が弱くなっているため、水位の上昇量が小さくなっている。期間（c）のように低気圧の発達位置が北米寄りになると、北米大陸側で水位が上昇している。

以上のように、90年代のアリューシャン列島周辺海域での水位低下と日本沿岸域での水位上昇は一対の現象であり、気圧配置が北太平洋の北～西側沿岸での水位変動に与える影響が大きいことがわかった。

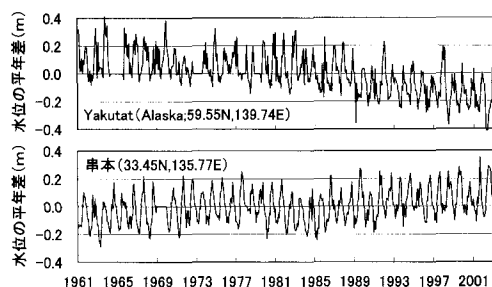


図-1 月平均水位の平年値からの偏差（UHSIC データより作成）

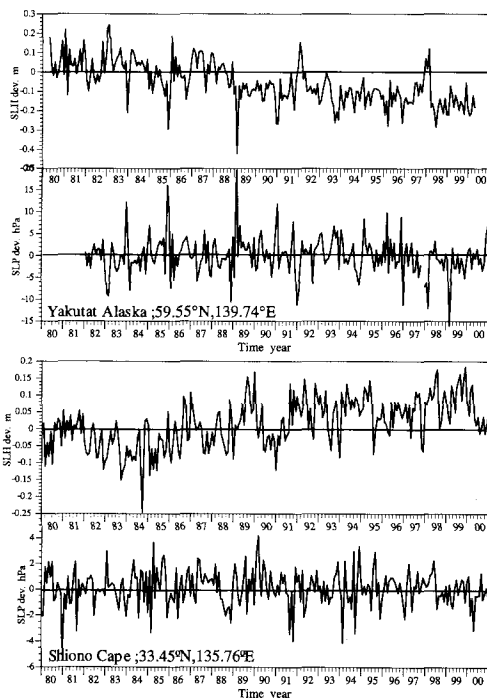


図-2 水位・気圧の偏差（平年の季節変動値が除かれた月平均値、世界気象資料）

3. アリューシャン低気圧の発達と黒潮流路

日本沿岸域での水位変動が海流に依存していることは、著者らの研究によっても明らかにされている。日比野（2001, 2003）は、紀伊水道沖や三陸沖での水位の年較差の約40%が前述した北太平洋規模の水位変動に依っており、約50%が黒潮系の暖水塊の接岸に依ること、さらに、三陸沖への親潮の南下がアリューシャン列島周辺海域での水位の振動量に依存していることを示している。黒潮・親潮とも北太平洋の2つの循環流の西側境界流であることから、北太平洋での気圧配置が2つの循環流の境界位置を決定つけることも考えられる。本章で

は、アリューシャン低気圧の発達と黒潮流路との関連について考察を行う。

(1) 黒潮流路（流軸、流速、表層水温）の変動特性

図-5には、海上保安庁海洋速報から作成した1月初旬の黒潮流路の変動が示されている。黒潮流路は、1982～87年は点線、1988～97年は破線、1998～2000年は太実線で示されている。黒潮は九州南側沖までは約1°の振れ幅で流れているが、豊後水道沖まで達すると、振れ幅は小さくなっている。紀伊水道沖を過ぎると、蛇行の影響が顕著に現れるようになる。伊豆半島沖(139°E)程度までは蛇行による流路の変動を特定することができるが、それより東側での流路の特定は困難になる(蛇行の曲率が不定)。さらに、黒潮は、毎年その流路を変動させるのではなく、10年程度の周期で変動している。

図-6には(a)足摺岬と潮岬の水位差、(b)海洋速報の黒潮諸元データを基に作成された年平均流軸位置からの緯度方向の変動量、(c-1)流速と(c-2)表層水温の年平均差(全観測期間の平均値からの変動量)が示されている。図-6(b)に示した等値線は各観測点の流軸位置の1975～2000年の平均値からの偏移を緯度(°)によって表している。解析対象区域は131～136°E、解析対処期間は1975年1月～2000年12月である。

黒潮流路変動は1975～1980年、1981～1990年、1991～2000年の3期間に大別され、70年代後半は黒潮離岸期(132°E以东で0.4°(約45 km)南に位置)、80年代は黒潮蛇行期(図-5との比較)、90年代は黒潮接岸期としての特徴を有している(図-6(b))。

次に、黒潮流路上での流速と海面水温について考察する。黒潮流速データには欠測期が多いことから、全観測期間(1964～2003年)の平均値を平年値とした。黒潮流速は黒潮離岸期である1970年代の後半は平年値より流

速が遅かったが、1980年代には、1984～85年に減少傾向に変わるが、長期には、全体的に速度が増加し、接岸期の1990年代には平年値よりも0.4 kt程度速くなっている。また、流速と同様に解析した表層水温は、流速に比較して、バラツキが大きい、長期的には、流速と同様の変動傾向、短期的には逆対応の変動傾向がみられる。流速・水温とも接岸傾向となっている時期には、観測地点間のバラツキが小さくなっている(図-6(c))。

以上の現象は、黒潮流路は最近の25年間に離岸傾向、蛇行傾向、接岸傾向と変化しており、接岸期には、流速、表層水温とも高くなる傾向となることを示している。

(2) 黒潮流路の変動と四国周辺海域での水位変動

四国周辺海域(足摺岬、潮岬)では、1980年代中頃まで足摺岬側で水位が高く、潮岬側で水位が低くなっている(図-6(a))。黒潮流路との関係でみると、黒潮が潮岬から離れる時期(離岸期)に潮岬で水位が低く、潮岬に近づく期間(接岸期)に潮岬で水位が高くなっている。

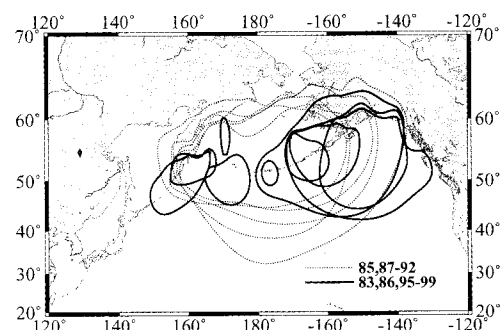


図-3 アリューシャン低気圧の変動(1月の平均気圧分布世界気象資料より作成)

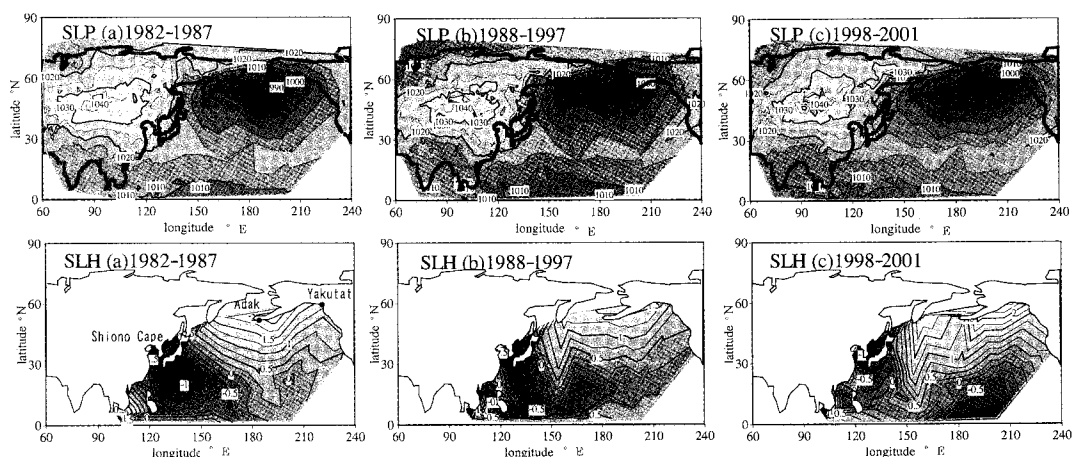


図-4 北太平洋での気圧分布と水位分布の変遷(冬期; 1～3月の平均値)

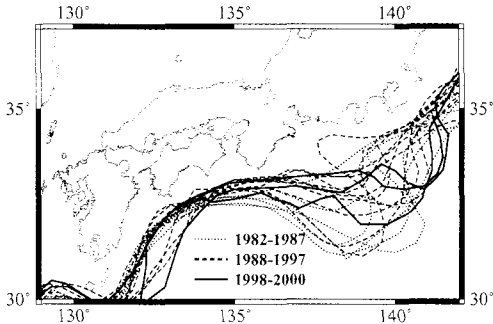


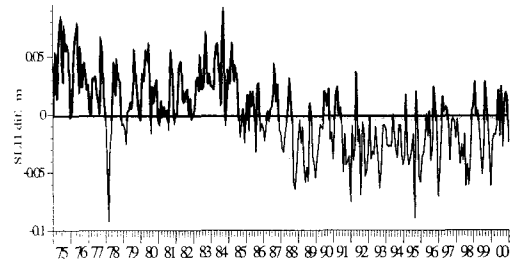
図-5 1月初旬の黒潮流路の経年変化(海上保安庁発行海洋速報より作成)

さらに、足摺岬と潮岬との水位差は流軸上での流速・表層水温と良い対応をしており、速い流速で高水温を有する黒潮暖水塊が紀伊水道に近づくことによって四国周辺海域での水位上昇、豊後・紀伊の両水道での水位差の逆転を起こしていると考えられる。

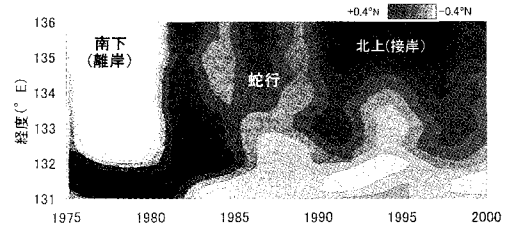
(3) アリュージョン低気圧の変動特性

アリュージョン低気圧の発達状態と黒潮流路の関係について検討を行う。図-7にアリュージョン低気圧(1000 hPa 以下の範囲、図-3)の面積、中心気圧および中心位置の年差の経年変化が示されている。ここでは、1000 hPa 以下の海面気圧を持つ海域をアリュージョン低気圧の範囲として解析を行った。低気圧の面積は、1982～2000年の世界各地の測候所(任意地点)の気圧値から、北太平洋の気圧配置の検討に必要な範囲として、経度方向は100°E～90°Wの太平洋一帯、緯度方向は20°S～70°Nの範囲内の観測所の値を用いて曲率最小アルゴリズムによって緯度経度1°間隔の気圧メッシュデータを作成し、このなかから、アリュージョン低気圧が発達する範囲として120°E～120°Wの太平洋一帯、20°N～70°Nの範囲において、気圧メッシュデータの値が1000 hPa以下のメッシュ数と、そのメッシュの面積(緯度ごとに異なる)を乗じることにより算出した。中心気圧は、低気圧内メッシュデータ中の最低気圧値、中心位置は最低気圧出現メッシュの緯度経度を抽出した。なお、アリュージョン低気圧は主に冬季(11月～3月)に発達していることから、表記年前年の11月～表記年3月まで5ヶ月間の平均値を表記年の値として整理した。(1982年は前年のデータがないことから1982年1～3月の値は使用せず、1983年からプロットした)

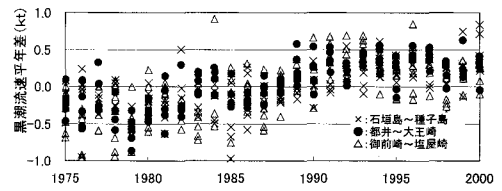
低気圧面積、中心気圧は類似の変化(低気圧面積が大きくなると中心気圧は下がる)をしており、中心気圧位置は北東～南西方向に偏移する傾向がある。最近の20年間の変動をみると、低気圧面積、中心気圧は20年周期と5年程度の周期が混在していること、中心位置は北東方



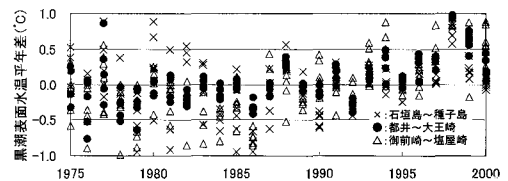
(a) 足摺岬と潮岬の水位差



(b) 黒潮流路の平均流路からの南北変動



(c-1) 黒潮流速



(c-2) 黒潮の表層水温

図-6 黒潮の特性(流軸、流速、表層水温)および四国周辺海域の水位

向に移動していることがわかる。

(4) アリュージョン低気圧と黒潮流路

黒潮流路変動(図-6(b))とアリュージョン低気圧の発達状況(図-7)との比較から、四国からの黒潮の離岸状況と低気圧の大きさが対応する傾向にあることがわかる。1990～98年頃までの黒潮の紀伊水道への接近期間(図-4では期間(b)に対応)には、低気圧の面積は小さく、中心気圧も小さくなっている。さらに、紀伊水道への接岸(豊後水道からの離岸傾向)する期間に中心位置の北東方向(北米大陸側での発達)への偏移が起こっている。アリュージョン低気圧の強さ・発達位置が黒潮流路に関連することは定性的に示すことができた。しかし、定量的に黒潮流路を特定するには至っていない。今後、

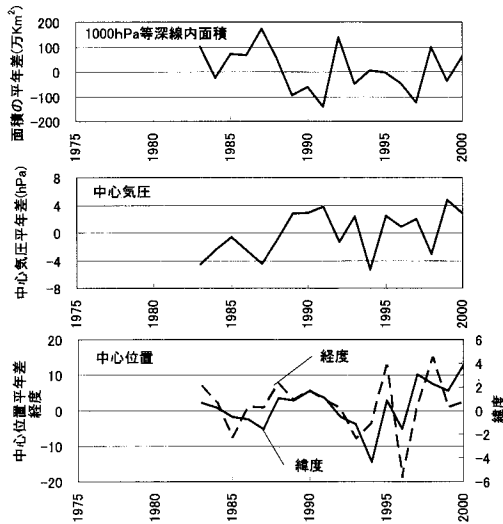


図-7 アリューシャン低気圧の経年変化

北太平洋での気圧配置、黒潮流路を数値化し、それらの関係について定式化することを目指す。

4. おわりに

本研究では、北太平洋での気圧配置が海面水位に与える影響について検討した。結論をまとめると、以下のようになる。

(1) 北太平洋海面は、長期的には北側沿岸域では水位が低く、日本周辺では水位が高くなっている。海面水位と固定点で観測された気圧との直接的な関係が見出せないのは、北太平洋での気圧配置（気団の大きさが変化するのではなく、発達位置が変化することによって変動幅が大きくなっている）が太平洋沿岸の長期的な水位変動に関連しているためである。

(2) 北太平洋海域の水位分布は気圧分布に対応して変動しており、アリューシャン低気圧が発達している海域で水位が上昇している。1990年代のアリューシャン列島周辺海域での水位低下と日本沿岸域での水位上昇も一対の現象であり、気圧配置が北太平洋の北～西沿岸域での水位変動に与える影響は大きい。

(3) 黒潮流路は最近の25年間に離岸傾向から蛇行傾向、接岸傾向と変化しており、接岸期には、流速、表層水温とも高くなる傾向となっている。黒潮の離岸・接岸が顕著に表れる足摺岬と潮岬との水位差は流軸上での流速・表層水温と良い対応をしており、速い流速で高水温を有する黒潮系暖水塊が紀伊水道に近づくことによって四国周辺海域での水位上昇、豊後・紀伊の両水道での水位差の逆転を起こしている。

(4) 四国からの黒潮の離岸状況と低気圧の大きさが対応する傾向にある。黒潮の紀伊水道への接近期間には、低気圧の面積は小さく、中心気圧も小さくなっている。さらに、紀伊水道への接岸、豊後水道からの離岸期間には、中心位置の北東方向への偏移が起こっている。

謝辞：本研究の解析に使用した気圧データは、気象業務支援センター発行の世界気象資料CD-ROMおよび気象庁月報、黒潮関係データは海上保安庁の海洋速報、水位関係データはハワイ大学のUHSLCウェブサイトからダウンロードしたデータを用いたものである。また、気圧配置、黒潮流路等の作図には、ハワイ大学で開発、配布している作図ツールGMTを用いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 末次正次・松本秀雄・板橋直樹・三原正裕・梅木康之・磯部雅彦 (2003): 広島湾の異常潮位について, 海岸工学論文集, 第50巻, pp. 1316-1320.
- 日比野忠史 (2001): 北～西太平洋での水位振動と日本沿岸域での水位変化特性, 海岸工学論文集, 第48巻, pp. 446-450.
- 日比野忠史 (2003): 北太平洋北～西側海域での水位振動と日本沿岸域流入水塊密度の推定, 土木学会論文集, II-68, No. 558, pp. 13-30.
- 渡慶次力・柳 哲夫 (2003): 2001年9月に広島で発生した高潮位に関する研究, 日本海洋学会秋季大会講演要旨集, pp. 214-218.
- Saur, J. F. T. (1962): The variability of monthly mean sea level at six stations in the eastern North Pacific Ocean, J. Geophys. Res., Vol. 71, pp. 2781-2790.
- Hibino, T, N. Itabashi (2003): Effects of North Pacific Sea-level oscillation on the Japanese coast, Asian and Pacific Engineering Conference 2003, pp. 305-314.