

黒潮流路の変動と異常潮位の発生特性

板橋直樹*・日比野忠史**

黒潮の接岸が太平洋沿岸の異常潮位現象の発生要因の一つであることが知られているが、黒潮の動態と太平洋沿岸各地の異常潮位発生特性との具体的な関連性については、調べられていない。そこで本研究では、黒潮の経年変動と異常潮位の発生状況を直接比較し、黒潮に起因する異常潮位の発生特性把握を試みた。その結果、黒潮が太平洋に与える影響特性は海域ごとに異なり、主として4つの海域に分けられることを示すとともに、一部では例外も見られるが、黒潮が接岸すると、異常潮位が上昇する傾向があることを示した。そして、実測値の解析から、黒潮接岸に起因して発生する異常潮位偏差の想定規模を整理し、海域別の一覧表として示した。

1. はじめに

近年、瀬戸内海沿岸、および関東から九州・沖縄までを含む太平洋沿岸の各地では、気象擾乱の無い穏やかな日にも関わらず、天文潮よりも数十 cm 程度水位が上昇する現象、いわゆる異常潮位の発生が目撃されている。

異常潮位の発生要因については、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(末永ら2003)ほか、発生特性については、太平洋側では北海道や東北地方にはあまり発生しないこと、東北と房総半島の間で発生特性が大きく異なることなどが指摘されている(下野ら2004)。また、2001年9月の広島での異常潮位の発生については、渡慶次ら(2003)が黒潮の四国接岸に起因していることを指摘している。また、日比野(2001, 2003)は、日本沿岸域での水位変動は海流に依存しており、紀伊水道沖や三陸沖での水位の年較差の約40%が北太平洋規模の水位変動、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ほか、筆者ら(2004)は、より長い時間スケールの海象変動として、北太平洋規模の気象海象現象が黒潮を介してわが国沿岸の水位変動に影響を及ぼす可能性があることを示している。これらの研究により、黒潮の接岸が太平洋沿岸の異常潮位の発生要因の一つであることが明らかにされているが、黒潮の接岸と太平洋沿岸各地の異常潮位発生特性との具体的な関連性については、ほとんど調べられていないのが現状である。したがって本研究では、黒潮の接岸状況と異常潮位の発生状況を比較することにより、黒潮の接岸に起因する異常潮位の発生特性を把握することを目的とした。

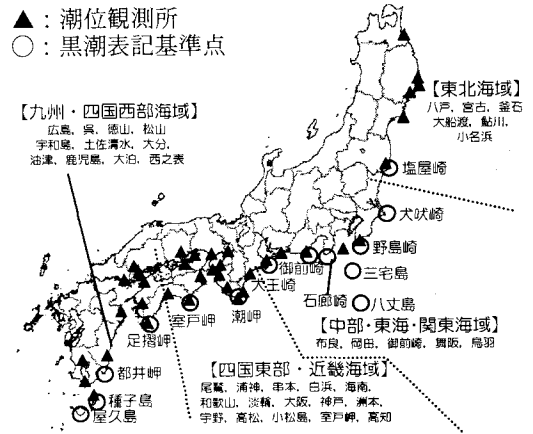


図-1 観測地点位置と海域区分

2. 使用データと解析方法

(1) 使用データ

黒潮関連のデータについては、1974～2004年の海上保安庁発行の海洋速報(1974～2001年は半月毎、2002年以降は毎週発行)に記されている黒潮流軸位置のデータを用いた。

潮位データについては、気象庁、海上保安庁、国土地理院が管理している潮位観測施設の中から、黒潮の影響が想定される太平洋沿岸(瀬戸内海含む)の34箇所の潮位観測施設の1974～2002年の実測潮位データを用いた。また、気圧については、1974～2002年の潮位観測所周辺の観測データを用いた。

(2) 黒潮接岸状況と異常潮位発生状況の解析方法

a) 黒潮の接岸状況

黒潮の接岸が太平洋沿岸の異常潮位に与える影響を調べるために、黒潮流軸の緯度方向の変化を指標とした黒潮接岸状況の時系列変化を調べた。海洋速報には、黒潮流軸位置の数値情報として、石垣島～塩屋崎までの17の基準点から最も近い黒潮流軸までの距離と方位の数値情

* 正会員 工修 パシフィックコンサルタンツ株式会社
** 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

報が示されていることから、ここではこのうち屋久島～塩屋崎までの14地点の数値情報(図-1参照)を用いた。

具体的には、黒潮流軸位置情報から、東経131～138°の範囲について、1°毎の経度線と黒潮流軸の交点を直線補間により求め、経度線毎の交点緯度座標の時系列変化を整理した。そして、経度線毎の黒潮位置の平年値を求め、緯度方向の平年値差の経年変化として整理した。

なお、この手法では、蛇行により経度線上に複数の交点を持つ場合があるが、ここでは接岸度合の指標とすることが目的であることから、最も岸寄りの点を用いた。

b) 異常潮位の発生状況

次に、異常潮位の発生状況について調べるために、太平洋沿岸に位置する潮位観測所のデータを用いて、1974年～2004年の異常潮位の発生状況を調べた。異常潮位の算定については、下野ら(2004)の定義に従い、以下の方法で毎時の異常潮位(偏差)を算出した。

- 1) 各年の毎時潮位データを用いた調和解析(60分潮)
- 2) 10年分のベクトル平均による調和定数の設定
- 3) 推算潮位の算定
- 4) 潮位偏差の算出(実測潮位と推算潮位の差)
- 5) 気圧補正
- 6) 48TK(花輪・三寺:1985)による気象擾乱の除外

そして、ここでは偏差の大きい異常潮位の長期的な変動特性を把握することが目的であることから、ここで求めた時系列データを元に、観測地点別の各年最大異常潮位の経年変化データを作成した。さらに、観測所別に異常潮位の平年値を求めるとともに、各年最大値の平年差の経年変化について整理した。

3. 解析結果

(1) 黒潮の接岸状況

1974～2004年までの、黒潮の流路の平年的位置からの変動量の経年変化を経度毎に整理した結果を図-2に示す。同様の解析結果から2000年までの状況については著者ら(2004)で既に示したが、近年、黒潮の接岸状況は新たな展開を見せていることから、最新のデータを付加し、既報告分も含めて示した。

黒潮流路の南北変動パターンは、1975～1980年、1981～1990年、1991～2003年、2004年以降の4時期に大別される。第1期の約6年間は黒潮離岸期としての特徴がみられ、東経133°以東の黒潮流路が、平年値に比べて緯度にして0.4°～1.6°(距離約45～180 km)平均的な流路より南に位置している。第2期の約10年間は黒潮蛇行期の特徴を示しており、東経133°以東の黒潮流路が、4～5年周期で変動している。そして第3期の約14年間は、黒潮接岸期としての特徴を示しており、東経133°付近で0.4°(距離約45 km)程度の蛇行が2回ほど見られるが、

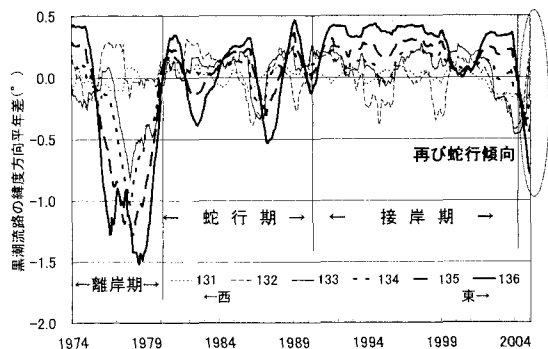


図-2 黒潮の接岸状況

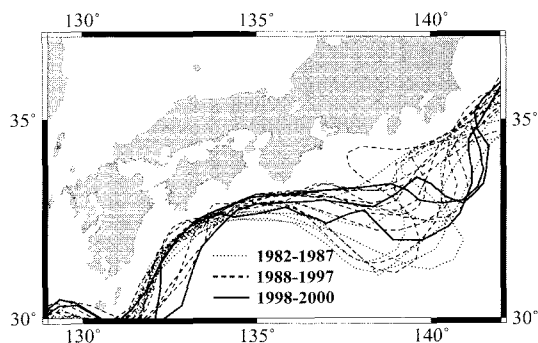


図-3 1月初旬の黒潮流路の経年変動
(海上保安庁発行海洋速報より作成)

その他の経度では10数年にわたって黒潮流路が平年流軸位置よりも0.1°～0.4°(距離約10～45 km)接岸していたことを示している。また、第4期については、2004年以降、再び東経133°以東の黒潮流路が約1.0°(距離約100 km)の蛇行傾向を示している。これらは、これまで離岸傾向から蛇行期、接岸期と経年的に黒潮流路は太平洋沿岸に接近する傾向であったが、今後の変動については、再び離岸期に入り周期的に同様な変動を繰り返すのか、長期的なトレンドは変わらず接岸傾向に戻るのか等々、今後の動向が注目される。いずれにしても、黒潮の接岸状況は新たな展開を示し始めている。

なお、図-2の結果から、黒潮の接岸状況は海域毎に異なることが明らかであることから、黒潮接岸の影響比較に向けて、黒潮の変動特性に基づく海域分類を試みた。

図-3には、1982～2000年の1月初旬の黒潮流路を重ねてプロットしたものが示されている。黒潮流路の変動は、九州南東側の沖合では約1°(約100 km)の振れ幅を持っているが、豊後水道沖に達すると、振れ幅は約半分の0.5°程度(約50 km)の振れ幅になっている。そして、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り、約4°(約400 km)の振れ幅を持つ。このような黒潮蛇行の影響は房総半島北に位置する銚子まで

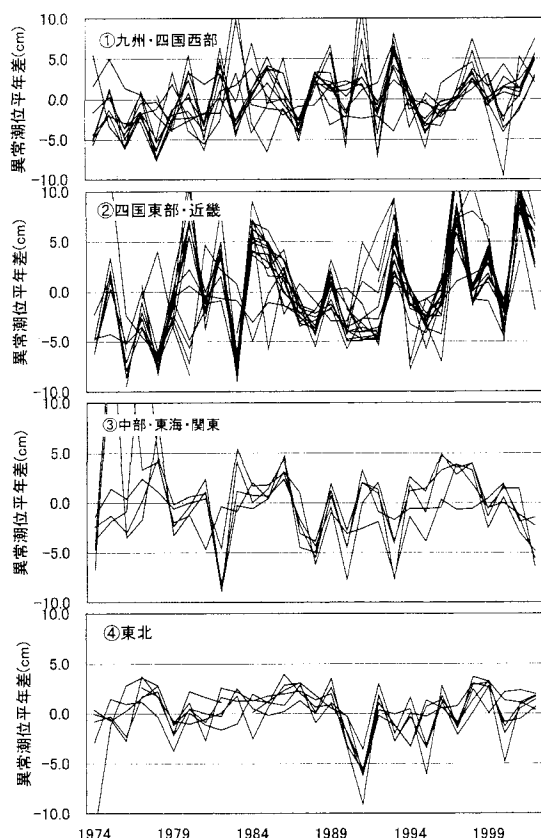


図-4 海域別異常潮位発生状況

顕著に見られる。そして、海岸線の方向が東西から南北へと変わる銚子より東側では、黒潮北側にあった陸地がなくなり、黒潮流路は、南下してくる親潮とのバランスによって決められることから、流路の変動幅は大きくなっており、約 4° (約400 km) の振れ幅を示している。以上の黒潮流路の変動特性から、①東経131~132°の九州・四国西部海域、②東経133~136°の四国東部・近畿海域、③東経137~141°の中部・東海・関東海域、④東経141°より東の東北海域の4海域に分けることができる。

(2) 異常潮位の変動

上述した34箇所の潮位観測地点について、異常潮位の年平均差の時系列変化を算定した。なお、下野ら(2004)らは、異常潮位の発生状況は海域ごとに異なることから、日本全国を異常潮位の発生特性別に11の海域に区分してデータを整理している。ここでは、これらの海域区分と前述の黒潮接岸特性別の海域区分を参考に、太平洋沿岸を以下に示す4海域に分けて異常潮位の発生状況を整理した(図-1, 4参照)。

全体的に各グループ内の異常潮位の発生状況に大きな差異は見られないことから、それぞれのグループを一つのグループとして結果を整理していくことに問題はない

ことが分かる。個別のグループの特徴としては、①の九州・四国西部海域と②の四国東部・近畿海域は、全体的に4, 5年周期程度の変動が目立つ一方、③の中部・東海・関東海域、④の東北海域では、①, ②と同様に4, 5周期の変動も見られるが、そのほかに25~30年規模の長い周期の変動が見られ、前述の10年規模の黒潮接岸状況の変動と同様の時間スケールの現象の影響が大きいことを示唆している。

4. 黒潮接岸と異常潮位発生状況

異常潮位の発生要因の一つとして黒潮の接岸が上げられていることから、黒潮の接岸と周辺海岸の異常潮位の発生状況を直接比較することにより、両者の間にどのような関係があるかについて整理した。

図-5には、黒潮接岸状況を示す黒潮流路変動の経度方向の年平均差が実線、異常潮位の年平均差が破線で重ねてプロットされているほか、図-5(a), (b)にはそれぞれの変動のトレンドを示すために、直線回帰線が追記されている。

図-5(a)の九州・四国西部海域の比較図によると、黒潮が接岸すると異常潮位年平均差は減少するという逆位相の関係となっている。また、トレンドを示した回帰直線をみると、長期的には黒潮流路は離岸(南下)傾向であるのに対し、異常潮位は増大傾向を示しており、この海域では、黒潮が接岸傾向となると、異常潮位の偏差は減少する特性を持っていることになる。

現在黒潮流路の北上と異常潮位偏差が逆位相の関係となるメカニズムについては不明であるが、九州東側の海岸線の法線方向が東西方向でなく南北方向に切り立っていることが影響していると考えられる。

図-5(b)の四国東部・近畿海域の比較図によると、4年程度の短周期の変動については、一部ではあるが黒潮が接岸すると異常潮位の年平均差も増大する傾向がみられる。そして、長期的なトレンドを示した回帰直線は、黒潮は接岸、異常潮位は増大している。これらは、先に述べた離岸期から年々接岸傾向を示している黒潮流路変動の長期的なトレンドと同じ傾向を示している。

この海域は、蛇行が顕著となる東経136°の海域に隣接しており、実際に黒潮流軸の変動パターンを見ると、1980年以前は離岸傾向であったのが、80年代には蛇行傾向、90年代には接岸傾向を示している。そして、黒潮流路の北上に伴って異常潮位の年平均偏差が増大していることから、黒潮接岸にともない、沿岸の水位が上昇している実態をよく示している海域であると考えられる。しかし、先に述べたように、長期的なトレンドとしてはよく対応しているが、短周期の現象については、位相が合うものと反対のものが混在して含まれていることから、沿

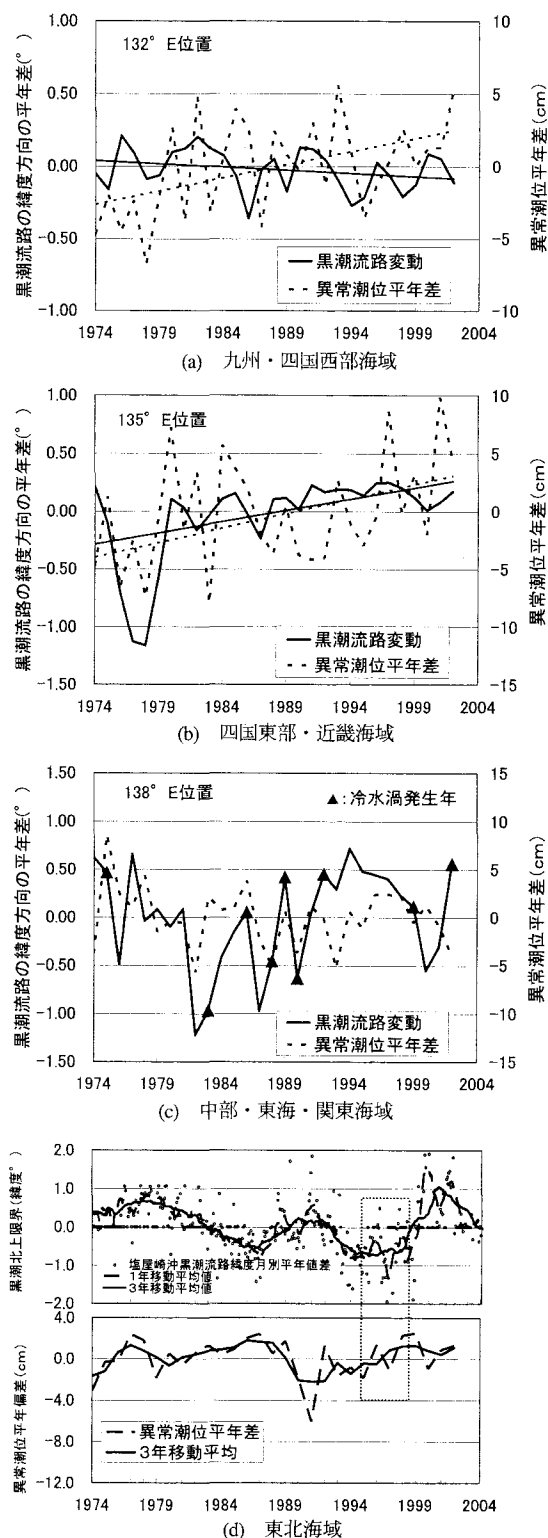


図-5 黒潮接岸と異常潮位発生状況の比較

岸の水位変動には、黒潮の接岸のほかにも無視できない変動要因が存在することを示している。

図-5(c)の中部・東海・関東海域の結果をみると、この海域は、黒潮が蛇行している時期には、黒潮の流軸が岸から遠くなる一方、その内側に冷水渦が発達すると、その渦の岸側では、潮位が高くなることが知られており、黒潮の接岸による水位上昇よりも、この冷水渦による水位上昇の影響のほうが大きい場合がある。そこで海洋速報の海流図を調べ、黒潮が蛇行しており、その内側に冷水渦が発達した時期のある年のデータには▲マークを付すことにより、冷水渦の発達の有無も含めて示した。その結果、黒潮が接岸している場合のほか、蛇行して背後に冷水渦が発達している場合に背後地の水位が上昇する傾向がある。しかし、このパターンは多くみられるものの、必ずしもそれらの現象が背後地の水位上昇を引き起こしているとはいえないことに注意を要する。

図-5(d)の東北海域の結果は、他の海域と少々異なる。図-5(d)上図に示した黒潮の北上限界は、塩屋崎に最も近い黒潮流軸の位置の経度をプロットしたものであり、前出の3海域の黒潮流路変動量とは異なり、経度方向の位置はデータごとに異なることに注意を要する。

一方、異常潮位の年平均差については、黒潮の北上度合に伴って、潮位観測所の位置ごとに黒潮の影響度が異なることが想定されたが、概略検討の結果その影響は軽微であることが示されたことから、他の領域と同様に東北海域で平均した値でプロットされている。

78, 96, 98年には黒潮の北上に伴う異常潮位偏差の増大が明確に確認できる一方、全体的には黒潮が北上すると、異常潮位は減少する傾向を示している。

これらの結果は、東北の沖合では、季節変動とともに親潮と黒潮の勢力が変動している一方、黒潮が北上しても、親潮が海岸沿いに南下するケースが多く見られる(日比野, 2003)ことから、黒潮が北上したからといっても、必ずしも沿岸の水位に影響を及ぼすものではないことを示している。

以上の結果から、全ての場合に適用できるわけではないが、四国東部・近畿海域を始め、太平洋沿岸の各地において、黒潮が接岸すると異常潮位偏差が増大する傾向があることを示すことができた。

5. 黒潮接岸に伴う異常潮位発生規模

黒潮流路の変動に起因する異常潮位の発生特性について、実測値の整理に基づく定量的な把握を試みた結果を以下に整理した。なお、要点については別途表-1に整理した。

- ・黒潮流路の変動特性、および異常潮位の発生特性は、太平洋沿岸を①九州・四国西部海域、②四国東部・近

表-1 各海域の主要変動一覧表

海域名	経度範囲 (経度°)	最大黒潮 接岸度(緯度°)	最大異常潮位 平均値差(cm)
九州・四国西部	131~132	0.2	5
四国東部・近畿	133~136	0.25	10
中部・東海・関東海域	138	0.7	8
東北	141~	1.5	2

畿海域, ③中部・東海・関東海域, ④東北海域の4ブロックに分けて整理される. 各ブロックの特徴は以下の通りである.

- 九州・四国西部海域: 東経131°~132°の範囲では, 流路は-0.4°~0.2°まで0.6°の振れ幅があり, 黒潮流軸が離岸すると異常潮位が大きくなる傾向があり, 最大5 cm 規模の異常潮位が生じる.
- 四国西部・近畿海域: 東経133°~136°の範囲では, 流路は-1.2°~0.25°まで1.45°の振れ幅があり, 異常潮位は-8.0 cm~+10.0 cm と18 cm の振れ幅がある. 黒潮が接岸傾向のとき, 異常潮位も増大する傾向が見られるが, 黒潮が接岸しても必ずしも水位は上がらない.
- 中部・東海・関東海域: 東経136°~141°程度の範囲となるが, 黒潮蛇行の影響から, 解析は138°線上で実施. 黒潮流路は-1.2°~0.7°と1.9°の振れ幅がある. 黒潮の接岸もしくは蛇行で背後に冷水渦があるときに水位が上昇する傾向がある. 異常潮位は-4.0~8.0 cm と12.0 cm の振れ幅がある.
- 東北海域: 黒潮の北上範囲の変動には-1.2°~1.5°と2.7°の振れ幅があり, 異常潮位は-6.0~2.0 cm の変動がある. 黒潮が北上すると, 異常潮位は増加する傾向があるが, 黒潮が北上しても必ずしも水位が上昇するとは限らない.

6. おわりに

①黒潮の接岸と背後地沿岸の異常潮位の発生について黒

潮が接岸すると, 異常潮位が増大する傾向があることを明らかにした. それと同時に, 短周期の変動を中心に, 必ずしも黒潮の接岸が異常潮位を増大させるとは限らないケースが見られること, 異常潮位が発生しているからといって, 必ずしも黒潮が接岸しているわけではないことも示した.

- ②過去約30年間では, 黒潮離岸期→蛇行期→接岸期の変動とともに, 異常潮位は増大傾向であったが, 黒潮の動態が再び蛇行傾向へと変化し始めたことから, 今後の異常潮位を含む海象条件は変化する可能性があるため, 今後は黒潮の動向に注意する必要がある. ただし, これまでは水位が上昇する方向であったが, 今後は離岸傾向であるとする, 周辺の潮位は下降する方向と考えられ危険側への変動ではない.

謝辞: 気象庁, 海上保安庁, 国土理院, 国土交通省地方整備局から貴重なデータを提供していただきましたことをここに記して謝意を表します.

参 考 文 献

- 板橋直樹・日比野忠史(2004): 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, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 1231-1235.
- 下野隆司・仲井圭二・永井春生・松本英雄・渡邊和重・磯部雅彦(2004): 全国沿岸域における異常潮位の広域的出現特性, 海岸工学論文集, 第51巻, pp. 1221-1225.
- 末永正次・松本英雄・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 (1), 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