

# 波浪が砂浜を遡上する海岸におけるビーチカスプ地形の生成条件に関する研究

水圏防災工学研究室 小池 悠斗  
指導教員 犬飼 直之

## 1. 序論

海における水難事故の多くは遊泳中に発生しているが、砂浜上で波に攫われるという事故も発生している。新潟県においても平成26年に上越市の上下浜海岸で子供3名が沖に流され、救助に向かった大人2名を含む5名が亡くなる水難事故が発生している。この事故は戻り流れが原因であり、戻り流れは遡上した波が速い流下速度で沖に戻る、遡上波と地形の相互作用によって発生する流れである。しかし既往研究では戻り流れを発生させる波浪の特徴や地形的要因、危険な海岸の位置を十分に把握できていない。そこで本研究は水難事故の防止を目的として、戻り流れを誘発するビーチカスプの特性と波浪特徴の把握、危険な海岸の新たな特定方法の確立を行った。

## 2. 現地調査によるビーチカスプの特性把握

### (1) ビーチカスプの特性

戻り流れの地形的要因であるビーチカスプの形成要因には遡上波型と沿岸流型の2つに分けられ、上下浜海岸はスモールカスプと遡上波型と推測される。遡上波型の特性としては砂村ら<sup>1)</sup>が概ねの特性を明らかにしている。ビーチカスプの発生条件は汀線の進退によって決定し、発生条件は式(1)によって与えられる。ビーチカスプの発生の閾値は式(1)に示す $k$ の値によって示され、 $k$ が9以下であれば発生し、9以上であると消滅することを示している。

$$\frac{H_b}{gT^2} \leq \frac{9D}{H_b} \rightarrow \frac{H_b^2}{(gT^2)D} \leq 9 \quad (1)$$

ここで $H_b$ :碎波波高[m],  $g$ :重力加速度[m/s<sup>2</sup>],  $T$ :周期[s],  $D$ :堆積物粒形[m]である。

次に、カスプ間隔の決定条件は現地調査によるカスプ間隔測定によって、式(3)に示すように波の遡上距離の1.5倍に近似することが示されている。そして遡上距離は式(2)のとおり、波浪特性 $H_b$ と $T$ に比例し、海浜特性 $D$ に反比例することも同時に示された。

$$S_l = 1.04H_b^{\frac{9}{8}}(gT^2)^{\frac{1}{8}}D^{-\frac{1}{4}} \quad (2)$$

$$\lambda = 1.5S_l \quad (3)$$

ここで $\lambda$ :カスプ波長[m],  $S_l$ :遡上距離[m]である。

以上より本研究は砂村らの理論<sup>1)</sup>に基づき、上下浜海岸に形成されるビーチカスプが遡上波型であることを現地調査によって確認した。

### (2) 現地調査

現地調査は7月から8月にかけて上下浜海岸を対象に実施した。上下浜海岸における対象地域を図-1に示す。海岸前面に離岸堤などがなく、養浜なども見られないことから調査地点として良好であり、先述した遡上波による水難事故が発生した地点であることも加味して決定した。当日の波浪状況はNowphas直江津港観測所のデータを参考にしている。測定方法についてはビーチカスプのトップからトップにかけての長さ、カスプ間隔 $\lambda$ をメジャーを用いて連続した数間隔に渡って測定した。また上下浜海岸のビーチカスプは図-1に示す通り2列形成されており、2列目については形成の有無のみとして、測定では汀線際の1列目を対象とした。

### (3) 調査結果

現地調査時の波浪データを用いて砂村らの理論<sup>1)</sup>を用いて推算値を導き、図-2に実測値と推算値を比較したグラフを示す。

図-1 上下浜海岸における現地調査地域

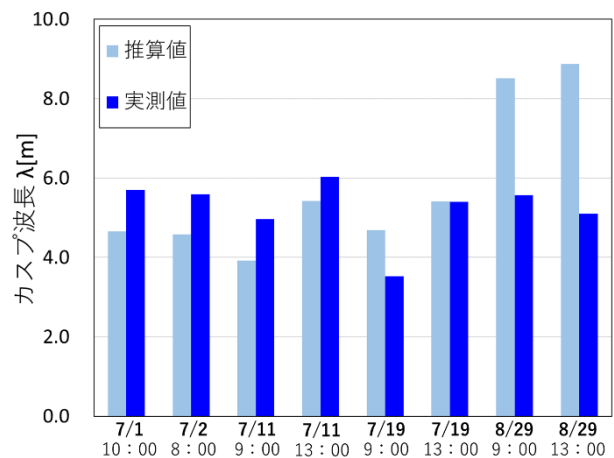
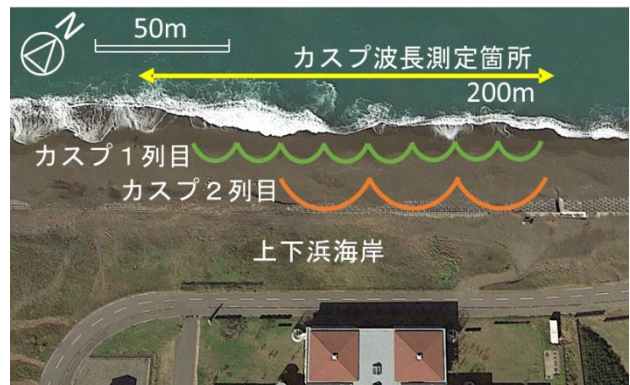


図-2 カスプ間隔の実測値と推算値の比較

7月1日から7月11日までの実測値は、おおむね推算値通りである。実測値はおおむね式(1)に示す、遡上距離の約1.5倍になっている。しかし、8月29日の結果では実測値が推算値よりも大きく下回った。この原因としては、8月24日に台風20号が新潟を通過しており、その影響によって海浜が荒れたためカスポが消滅し、その成長途中であった可能性がある。また本概要では割愛するが、2列目に形成されていたカスポについてはビーチカスポの形成条件に従っていたことが確認されている。そして波浪状況が異なる4つのデータ全てが遡上距離の約1.5倍になるということ、形成条件は汀線の進退に従うことが明らかとなった。

以上より、戻り流れを誘発する海岸に形成されるビーチカスポは遡上波型であり、その規模は遡上距離の1.5倍に則り、汀線が後退するような高波浪下ではビーチカスポが消滅することが明らかとなった。

### 3. 戻り流れを警戒すべき波浪の把握

現地調査から得られたビーチカスポの形成条件をもとに戻り流れを警戒すべき波浪の推算を行った。警戒すべき波浪は遡上距離20mを越えてかつ、カスポが消滅しない波浪とした。推算には2018年から2016年及び2014年のNowphas直江津港観測所データを使用し、推算式には式(1),(2),(3)を使用した。

図-3は戻り流れを警戒すべき波浪と全波浪の分布を示したグラフである。警戒すべき波浪は波高約1.0m以上、約2.3m以下の波浪で発生することが示された。これは波浪注意報の発令値である波高2.5m以上という条件以下であり、戻り流れによる水難事故は波浪注意報では防げないことが明らかとなった。

### 4. 戻り流れを誘発する海岸の特定

戻り流れを誘発する危険な海岸の特定は行われていたが、本研究で得られたビーチカスポの形成特性をもとに、さらに高精度化を図った。遡上波型のビーチカスポは前浜勾配1/15以上で形成され、1/10以上で形成は顕著になることが明らかになっている。この特性をもとに、図-4に示す前浜勾配が1/10以上の新潟県内の海岸においてビーチカスポを形成している海岸の抽出を行った。抽出には国土地理院が提供している5mメッシュ標高データを使用した。図-5は実際に抽出を行った一例であり、再現度は良好であったことから他海岸にも適用し、確認を行った。表-1は前浜勾配が1/10以上の海岸を抽出し、ビーチカスポ地形の抽出を行った結果である。9海岸中6海岸の抽出ができたことから概ね良好な結果を得ることができた。

### 5. 総括

本研究によって遡上波型の水難事故が発生しやすい海岸及び特性、波浪特徴を明らかにすることができた。そして海浜上における水難事故は波浪注意報では防げないことが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 武田一郎,砂村継夫:ビーチカスポの発生と波長,第29回海岸工学講演会論文集,第29巻,pp319-322,1982.

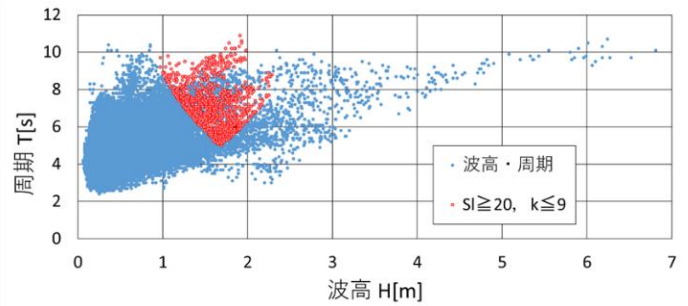


図-3 カスポ間隔の実測値と推算値の比較

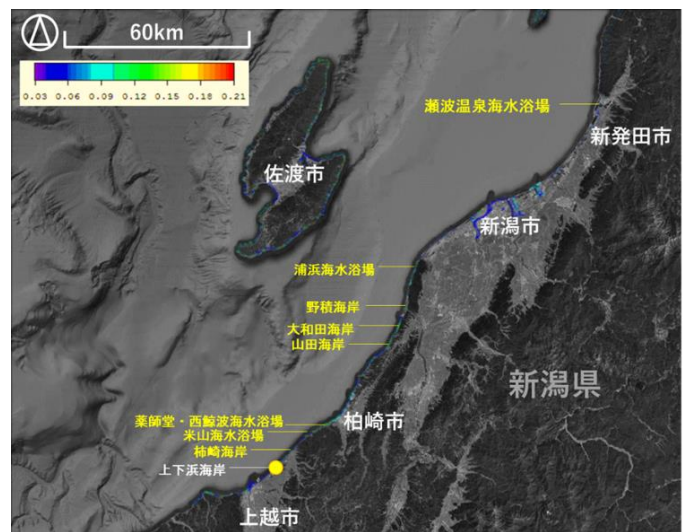


図-4 前浜勾配1/10程度である新潟県砂浜海岸

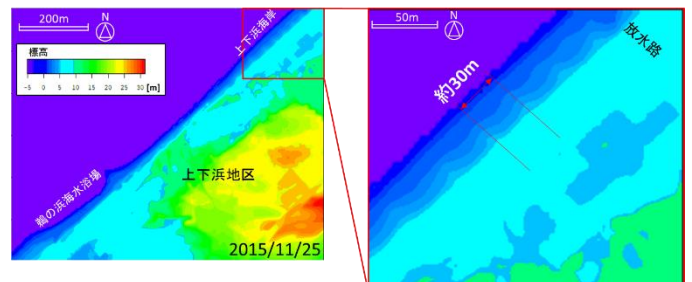


図-5 地形標高データによるカスポ地形 [5mメッシュ]

表-1 ビーチカスポの地形抽出結果

海岸名	場所	可視化結果	カスポ間隔
瀨波温泉海水浴場	新発田市	あり	30m
浦浜海水浴場	新潟市	あり	8m
野積海岸	長岡市	なし	-
大和田海岸	長岡市	なし	-
山田海岸	長岡市	あり	7m
西鯨波海水浴場	柏崎市	なし	-
薬師堂海水浴場	柏崎市	あり	12m
米山海水浴場	柏崎市	あり	13m
柿崎海岸	上越市	あり	65m
上下浜海岸	上越市	あり	30m