

# 地中レーダによる海浜堆積構造と旧汀線の検討

吉河 秀郎<sup>1)</sup>・村上 文敏<sup>2)</sup>・根元 謙次<sup>3)</sup>

## 1. はじめに

海岸侵食の典型的な例である静岡県三保半島は日本を代表する複合砂嘴である(第1図)。砂嘴の形成過程については、地質学的観点(依田ほか, 2000など)と土木工学的知見(宇多・山本, 1991など)から検討が行われている。また、過去十数年間の汀線や海浜地形の変動から沿岸漂砂量などの検討(宇多ほか, 1993など)や、暴浪時における海浜地形の変動についての報告などがある(吉河ほか, 2006a)。

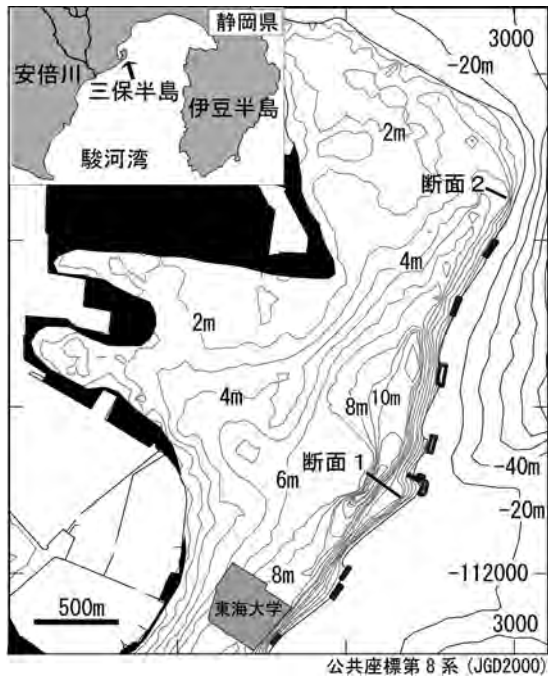
砂嘴地形、特にその海浜域の形成過程や汀線の変動を理解する事は、海浜地形変化の予測を可能に

し、将来的な海岸保全のために重要である。砂州や海岸平野では、村上ほか(2005)、田村ほか(2005)は地中レーダ(Ground Penetrating Radar: GPR)を用い、地下構造のイメージングや海浜地形発達についての解釈を試みている。その結果、海浜域の地下構造の連続断面が前浜と外浜堆積物では固有の特徴を持つ事、また数十年オーダーでの海岸線の停滞、及び前進が認められる事を明らかにした。本研究では、三保半島の海浜地形の発達過程と侵食・堆積現象による汀線変動の検討を目的に、GPRによる地下構造の調査を実施した。

## 2. GPR調査の概要

GPRによる地下構造調査を2005年12月に静岡県三保半島で実施した。GPRは電波により地下の地質構造や埋設物等を調査する装置である。地表の送信アンテナから送信された電波は、電気物性の異なる境界で反射し受信アンテナで受信される。この探査手法は堆積物の粒度、鉱物組成などの変化を反映するため海浜堆積物の堆積構造の可視化などに有効とされる。GPR装置は産業技術総合研究所地質情報研究部門所有のPulse Ekko 100 (Sensors&Software社製:カナダ)を用いた。送受信アンテナは周波数100 MHzである。

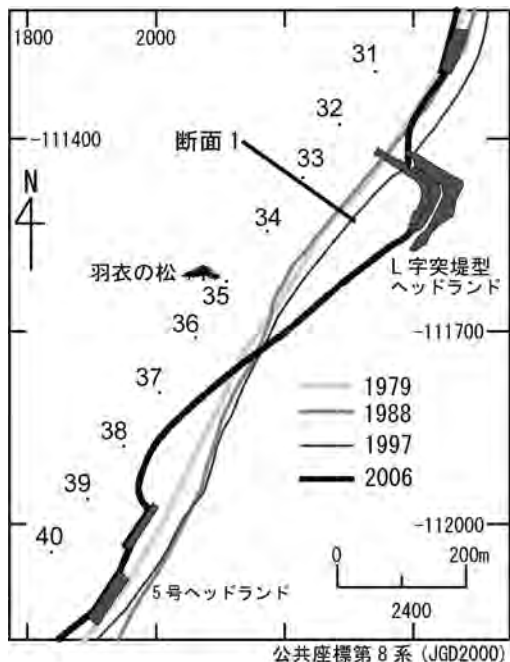
探査測線は半島の駿河湾側で海岸線と直角方向に2本設定した(第1図)。また、堆積物の電波速度を求めるためにCMP法調査を探査地域の代表地点で実施した。探査地点の位置と標高は、スタティックGPSとトータルステーションによる測量で求めた。GPR時間断面に深度変換・標高補正処理を行い、得られた深度断面により地質学的解釈を行った。さらに、



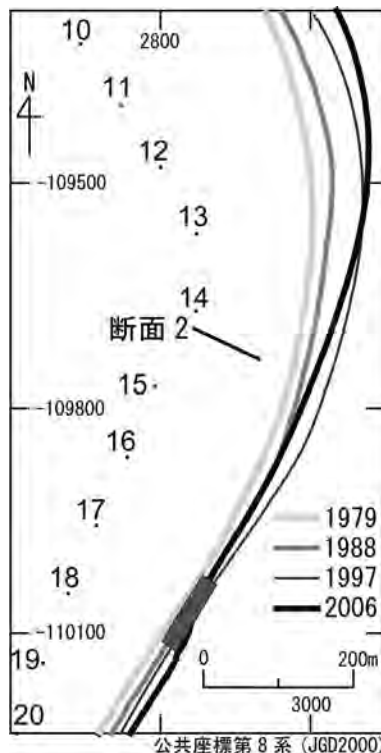
第1図 調査域とGPR測線の位置。

1) 東海大学 連合大学院 理工学研究科  
2) 産総研 地質情報研究部門  
3) 東海大学 海洋学部 海洋資源学科

キーワード: 海浜堆積構造, 旧汀線, 海岸侵食, 地中レーダ, 三保半島



第2図 羽衣の松周辺の汀線変動. 海岸沿いの番号は静岡県静岡土木事務所による工事基準点.



第3図 調査域北部の汀線変動.

GPR測線上でトレンチ調査を行い, 反射面の成因について検討した.

### 3. 汀線の変化

羽衣の松周辺と半島北部における1979～2006年までの汀線位置の変動図にGPR測線を重ねた図を第2, 3図に示す. 汀線位置は, 静岡県静岡土木事務所が1970・1989・1997・2006年に撮影した航空写真(写真1)と, 1979・1988・1997・2006年の測深結果をもとに作成された深浅図の両方を総合して検討する.

調査域では海岸侵食防止のために次の設備が設置されている. それらは, 工事基準点No.31北側の消波堤(1996年末～1997年に設置), 羽衣の松北東側のL字突堤型ヘッドランド(1998～2000年に設置), 羽衣の松南側の5号ヘッドランド(1999～2000年に設置)である.

羽衣の松周辺域(写真1, 第2図)では, 1970～1989年にかけて羽衣の松(No.35)前面の海岸が一部侵食されるが, その他の場所では堆積傾向である. 1988～1997年は, No.35より北側で顕著に堆積傾向

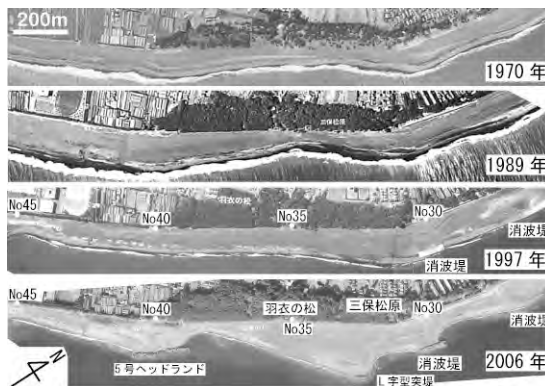
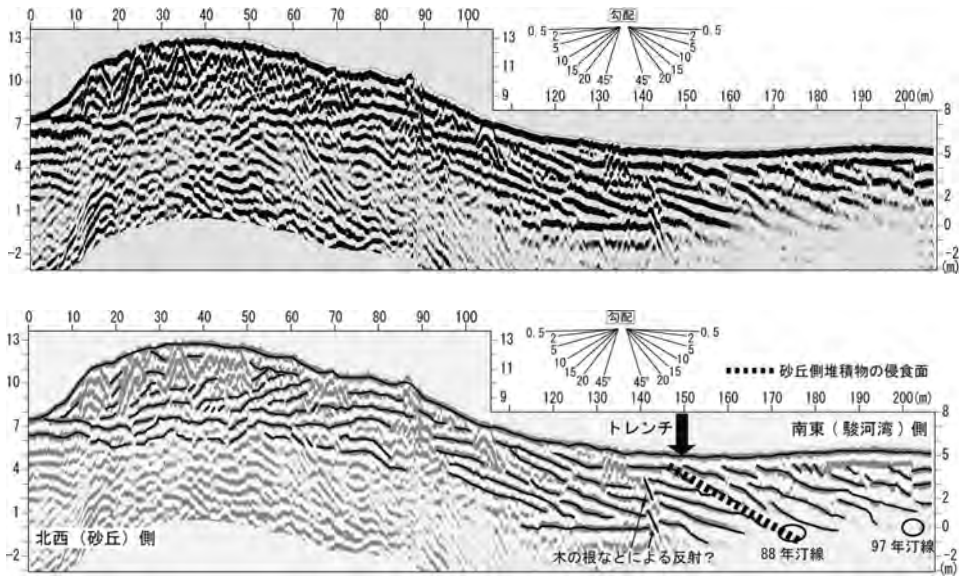


写真1 航空写真による羽衣の松周辺の汀線変動. 海岸沿いの番号は静岡県静岡土木事務所による工事基準点.

となり汀線は海側へ前進するが, No.40以南では侵食傾向である. 1997～2006年は汀線の変化が著しく, L字突堤型ヘッドランドの設置により, 最大約90mの汀線の前進がみられるが, その北側(No.32以北)と南側(No.36以南)の侵食も大きく, No.38の前面では汀線が最大約100m後退する. GPR断面1の海側約30m



第4図 GPR断面1. 上：GPR断面記録，下：解釈結果。

は、汀線が海岸構造物の設置に関与せず前進している1988～1997年の時期に位置する(第2図)。

調査域北部(第3図)は1979～1997年までは堆積傾向であり、No.13付近で汀線が最大約70m前進した。一方、1997～2006年ではNo.13～No.18が侵食傾向となる。これは、調査域南部と同様に海岸構造物による漂砂の制御効果のためと思われる。また、No.12以北では1997年までと同様に堆積傾向である。GPR断面2の位置は1979年以降の汀線変動に関与しない。

全体的に調査域の汀線は、南部・北部ともに1997年までは単調な変化をみせるが、1997年以降海岸構造物の設置にともない漂砂の上手側で前進(堆積)、下手側で後退(侵食)し、複雑な変化を示す。

#### 4. GPR断面の解釈と考察

##### (1) 羽衣の松周辺

断面1は羽衣の松周辺で得られたGPR断面である。GPR断面の測線位置90～100m付近を境に、砂丘(北西)側と海(南東)側の地下構造の違いは明瞭である(第4図)。海側の反射(見かけの勾配は2～15°)は海側に傾斜し、砂丘側の反射(見かけの勾配は1～15°)は陸側に傾斜する。砂丘側の陸側傾斜の反射は、砂丘内の標高7m付近に認められる水平な

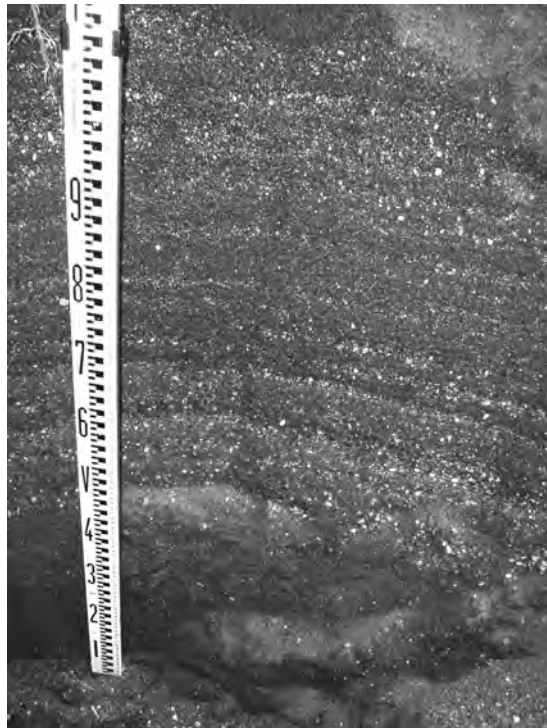
反射面より上位でみられる。砂丘と海側の反射形態の違いは堆積環境の違いを反映しており、断面1の90～100m付近より陸側が砂丘堆積物、海側が海浜堆積物に対比できる(吉河ほか, 2006b)。

断面1の海浜堆積物相当層において、145～175mを境界に明瞭な構造の違いが認められる。その境界より砂丘側では勾配2～10°の海側傾斜の反射が卓越する。一方、海側では勾配2～15°の海側傾斜の反射が卓越し勾配がより大きい傾向を示す。この境界は、砂丘側の海浜堆積物の侵食と、その後の南東側への海浜堆積物の付加により形成されたと考えられる。1988～2006年の18年間にNo.36より南の海岸(第2図)は、侵食により汀線が最大約100m後退したが、断面1が位置しているNo.36からL字突堤型ヘッドランドまでの汀線は堆積による前進傾向にある。1988年と1997年の深浅図によると、旧汀線(標高0m)の位置は1988年が断面1の175m付近に、1997年が断面1の205m付近に位置し、約9年間で汀線が30mほど前進している(第4図)。

GPR断面と地質層序の対比のために、標高4m付近の場所で掘削深度約1.9mのトレンチ調査を行った(位置は第4図を参照)。この結果、海浜堆積物中の堆積構造の境界面は主に細礫～中礫の粗粒堆積物に相当し、境界の上位と下位の堆積物より粗粒である(写真2)。



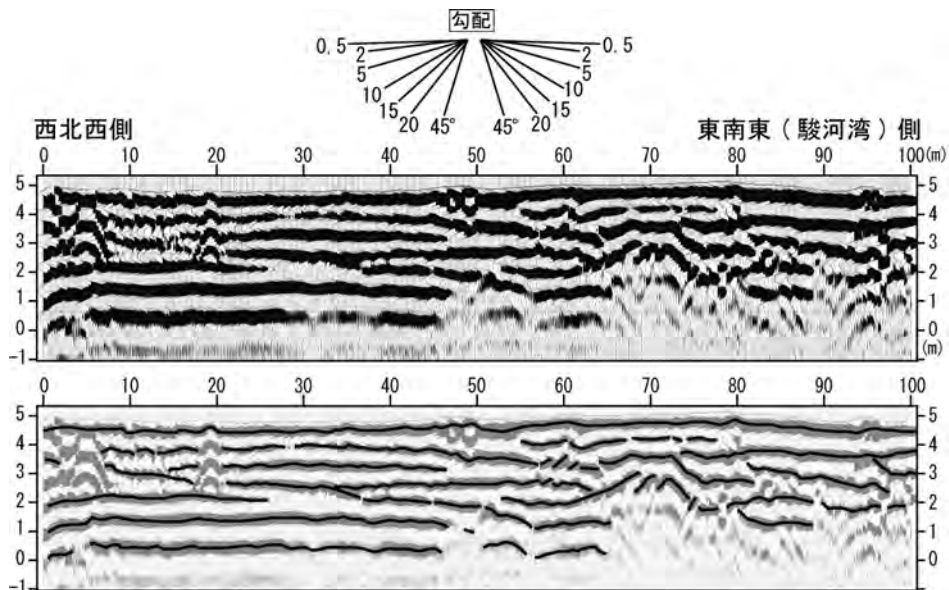
写真2 トレンチによる海浜堆積物の露頭写真. 上: 深度約0.3~1.9mを表示, 右: 上の白枠内の拡大写真.



粗粒堆積物による境界面の成因として, 台風などの暴波浪による海岸侵食が挙げられ, 1988~1989年には静岡県の沿岸域において以下の大規模な暴浪イベントが存在する. それらは, 伊豆半島を中心に大時化となった1988年台風18号の接近や, 2週間の間に相次いで上陸, 接近した1989年台風11~13号である.

以上の事から, 以下のような海浜発達が推定される. 1: 砂丘前面の海浜堆積物が台風の暴波浪により大きく侵食され, 勾配約10°の斜面が形成された.

2: 駿河湾側への前進構造を持つ堆積物の付加により, 1989~1997年頃まで汀線が徐々に前進した. また, L字突堤型ヘッドランド設置から2006年にかけて汀線が急激に前進し, 現在の海浜が形成された.



第5図 GPR断面2. 上: GPR断面記録, 下: 解釈結果.

## (2) 半島北部

断面2は半島北部で得られたGPR断面である(第5図)。全体的に連続性の良い勾配の小さい反射が特徴であり、前に述べた断面1との違いは明らかである。断面2の陸側ではほぼ水平な反射、海側では勾配 $2\sim 5^\circ$ 以下に傾斜した反射が主体であり、その反射形態から、多くは海浜堆積物に相当すると解釈できる。また、断面2の70m付近の標高 $2\sim 4$ mの地層中に、比高 $1\sim 2$ m程度、幅約10mの高まりが見られる。これは断面1(第4図)で確認できる地表面付近の障害物(木の根など)による反射と形態が異なり、地層中の埋設物もしくは、過去の沿岸砂州が地層中に残存したものと考えられる。

断面2の測線位置は過去約30年間の汀線変動に関与しない場所であり、その海側では海岸構造物が1997年に設置されるまで、汀線はほぼ継続して前進する(第3図)。断面2と断面1の構造が異なる原因として、堆積環境の違いと地層形成期の違いがあげられる。特に、断面2の場所が連続した地層の形成域であるのに対して、断面1の場所は侵食・堆積を繰り返した海浜域であるという堆積環境の違いを反映したものと考えられる(吉河ほか, 2006b)。

## 5. まとめ

海浜域の形成過程や地層中に残存する汀線の変動を理解する事は、今後の海岸保全のために重要と考え、地中レーダによる地下構造の調査を静岡県三保半島で実施した。得られたGPR断面について地質学的解釈を行った結果、GPR断面は各堆積環境に対応して異なる反射の特徴を示す事と、旧汀線位置をGPR断面から読み取れる事が判明した。

調査域南部の羽衣の松周辺で得られたGPR断面は、砂丘堆積物と海浜堆積物の識別が可能であり、前者では反射が陸側(北西側)傾斜、後者は海側(南東側)傾斜の反射が主体である。また、深浅図とGPR断面から推定される1988~1989年当時の汀線位置に、砂丘側堆積物の侵食面が認められ、その面はトレ

ンチ調査から主に細礫~中礫の粗粒堆積物で構成されている事が明らかになった。この侵食面は、その時期に来襲した大規模な台風による暴波浪によって生じたものと考えられる。

過去約30年間の汀線変動に関与しない北部と、南部のGPR断面の違いは明瞭である。北部は連続した海浜堆積物により構成され、一方、南部では砂丘堆積物と、その海側の海浜堆積物で構成される。また、北部と南部の海浜堆積物の反射形態が異なる大きな原因は、連続した地層の形成域と侵食・堆積をくり返した海浜の堆積環境の違いと考えられる。

なお、海浜域で多くのGPR断面を得ることにより、過去の漂砂量(堆積物の付加量)の推定が可能と考えられ、今後の課題である。

**謝辞:** 元東海大学海洋学部海洋資源学科の佐藤武教授には、本研究を進めるにあたり、三保半島の海岸について色々とお話頂いた。調査時には東海大学大学院生、東海大学海洋学部学生に協力を受けた。以上の方々に対して深謝する。

## 参考文献

- 村上文敏・井上卓彦・徳岡隆夫・吹田 歩・渡辺和明・田村 亨・七山 太(2005): 弓ヶ浜半島における地中探査レーダ調査結果(概報), 日本地質学会第112年学術大会講演要旨, 229.
- 田村 亨・七山 太・村上文敏・渡辺和明・斎藤文紀(2005): 九十九里浜平野完新世海浜堆積物の地中レーダ探査, 日本地質学会第112年学術大会講演要旨, 250.
- 宇多高明・山本幸次(1991): 複合砂嘴の形成過程に関する実験的研究, 地形, 12, 357-365.
- 宇多高明・鈴木忠彦・山本幸次・板橋直樹(1993): 三保松原の危機的海岸侵食状況, 海岸工学論文集, 40, 441-445.
- 依田美行・黒石 修・根元謙次(2000): 堆積シーケンスからみた三保半島及び半島沖大陸棚の形成, 海洋調査技術, 12, 31-47.
- 吉河秀郎・根元謙次・横山心一郎・鬼頭 毅・木村賢史(2006a): 三保半島海浜から内側陸棚における碎屑物の移動と堆積, 海洋調査技術, 18, 3-15.
- 吉河秀郎・村上文敏・根元謙次(2006b): 地中探査レーダによる三保半島の地形発達過程, 海岸工学論文集, 53, 636-640.

YOSHIKAWA Shuro, MURAKAMI Fumitoshi and NEMOTO Kenji (2008): Sedimentary structure of beach deposits and detection of relict shore lines from GPR records.

<受付: 2007年11月30日>