

沖縄県西表島網取地域における地下構造探査 (序報)

馬場久紀¹⁾・上野信平²⁾

Exploration of Subsurface Structures in the Amitori Area of Iriomote Island,
Okinawa, SW Japan : Preliminary Report

Hisatoshi Baba¹⁾ and Sinpei Ueno²⁾

Abstract

As a part of historic site survey, we carried out the seismic refraction experiments in December 2005 in the Amitori village of Iriomote Island, southwestern Okinawa Prefecture. Three survey lines with three or four shot points were deployed in this area. Line A and Line B of 126.5 m long intersect with each other in the central part of survey area, while Line C of 92 m long crosses through paddy fields, of the village.

The preliminary results hitherto obtained are summarized as follows;

- 1) a three layer structure is identified tentatively in the area.
- 2) average seismic wave velocities in the layers are recognized as 0.11 - 0.13 km/sec (1st layer), 1.15 - 1.44 km/sec (2nd layer), and 2.43 - 2.55 km/sec (3rd layer), respectively.
- 3) the thicknesses of the first and the second layers are estimated as 2.8 - 3.7 m and 9.6 - 13.3 m, respectively.
- 4) from geological consideration, the first layer is composed of coral sand or surface soil, and second layer probably corresponds to an alternation strata of sandstone and mudstone, while third layer may be discriminated with a different sandstone.

緒 言

現在、沖縄県では埋蔵文化財の分布確認とその保存が重要な課題となっている。その際発掘調査を中心とした遺跡調査は、直接的で確実な調査ではあるものの、時間的制約下では確認範囲が極めて限定的となり、広域における調査を実施するには多大な労力と時間を要

する。最近はこれを補うものとして、埋蔵文化財調査に物理探査を取り入れるようになってきた。その利点としては、次のようなものが挙げられる(社団法人物理探査学会, 2005)。

- (1) より効率的な調査実施が実現し、時間的および経済的に効率よい調査が実現する。
- (2) 発掘調査はやり直しのできない非可逆的な調査手

1) 東海大学海洋研究所 〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

Institute of Oceanic Research and Development, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka 424-8610, Japan

2) 東海大学海洋学部海洋文明学科 〒424-8610 静岡市清水区折戸3-20-1

Department of Maritime Civilizations, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu-ku, Shizuoka 424-8610, Japan

(2006年10月18日受付 / 2006年12月25日受理)

段でもあるため、前もって物理探査手法による地中の地質地盤情報を得ることによって、緻密で確実な発掘調査が可能となる。

(3) 地中調査の結果、得られる遺跡全域の地下の状況や周囲の状況は、そのまま遺跡に関連する考古学上の考察を進める上での基礎データとして活用できる。

(4) 物理探査の結果を基に、保存すべき遺跡であるかどうかの情報を早い段階で確定することができる。したがって、近年考古学の分野において、物理探査が遺跡調査の有力な手段として認知されている。

物理探査の手法には、利用する物理現象・測定方法等により種々の探査手法があるが、遺跡調査に適した探査手法を特に探査対象の物理的特性、深度、等を考慮して選定することが重要である。場合によっては、複数の探査手法を組み合わせる必要がある。

沖縄県西表島の網取集落は、1971年7月14日に廃村となった。その後、網取小中学校跡地に東海大学海洋研究所西表分室(現 東海大学沖縄地域研究センター)が設置された。センター内の網取集落跡では、最近、東海大学総合研究機構プロジェクト「宮古・八重山地域の総合的研究」の一環としての考古学的発掘調査が行われ、多数の貝類や青磁片等が発見されている(北條, 2005)。網取集落の歴史は不明な点が多く、最も古い記録として、正保年間(1644~47頃)の記録に村名が記されているのみで(山田, 1986)、その後の村落民の信仰や生活等については文献や記録がなく、生活様式も判っていない。したがって、集落の生活スタイルや環境の変化を知る上でも、考古学的発掘調査(遺跡調査)は重要である。

今回探査を実施する網取集落地域は上述の通りすでに一部で考古学的調査が行われているが、遺跡目的の物理探査は今回が初めてである。考古学的調査では、深度1.5-2.0mまでを対象に行われている。そこで物理探査としては、まずごく表層から比較的深部にわたり連続的に地下構造調査が可能で、容易に広範囲に展開できる屈折法地震探査を実施することにした。一方、屈折法地震探査と併用して、浅部地表の平均的な土質状況を把握する目的で電気探査も一部において実施した。結果は現在なお解析中であり、ここでは、今回実施した物理探査の概要を報告し、詳しい地下構造については、将来さらにデータを増やして議論する事にした。

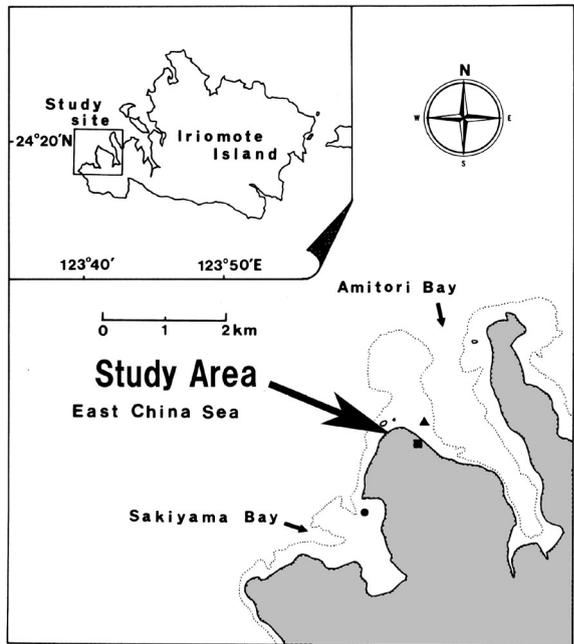


Fig. 1 Location map of the study area in Amitori village, Iriomote Island, south-western Okinawa Prefecture.

観 測

2005年12月11日から13日までの3日間、網取集落地域において第1回目の物理探査(屈折法地震探査と電気探査)を実施した。Fig. 1に調査域の位置図を示す。

観測では、観測機材に应用地質(株)製の屈折法地震探査装置(McSEIS-SX)を使用し、また振源には同社が提供しているサイズミックショットパイプを用いた。McSEIS-SXは、24成分の地震計を接続することが可能で、分解能18ビット、周波数帯域4.5~4600 Hzの記録を得ることができる。装置全体がコンパクトにまとめられているため、大がかりな輸送手段を必要とせず、宅急便等で容易に現場に輸送することが可能である。また、サイズミックショットパイプは、先端部に12口径の空砲を装填し、地中に挿入して発火する装置で、今回のような中・小規模の地震探査において有効である。コンディションにもよるが、今までの経験で容易に100m程度の初動到達距離が期待ができるため、この種の観測には適している。また、このサイズミックショットパイプも比較的小型・軽量であるため、移動が簡単である。火薬は申請と入手に若干時間を要すが、火薬自体はダイナマイトなどと比



Photo 1 Along-distance view of Line A profile with geophone array in paddy fields, Amitori village.

較すると安全に取り扱うことが可能である。

測線は、2005年12月11日から13日の3日間で計6測線を展開した。しかし天候が悪く、海岸線付近では波浪ノイズの影響を受け、思うように記録が得られなかったこと、また旧水田付近では亜熱帯性のブッシュの伐採に時間がかかったこと（Photo 1）、などから滞在時間の関係で当初予定していた計画通りに観測が実施できなかったため、今回本論では3測線（Line A・Line B・Line C）についてのみ議論を行う。

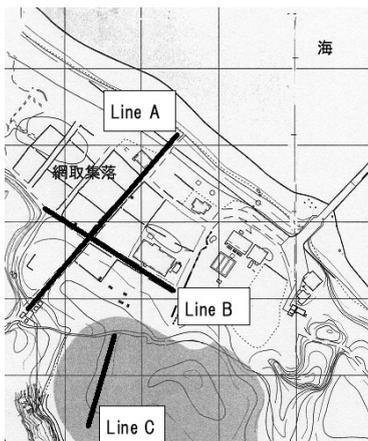


Fig. 2 Map showing three lines (A, B and C) for the seismic refraction surveys.

3つの測線の詳細な位置を Fig. 2 に示す。網取集落は、1966年当時の様子を示す写真を見ると（竹富町史、1993）、細い道が縦横に伸び、基盤の目状に集落が整備されていた。現在でも当時の道が残っているため、その道に沿って観測測線を展開した。

Line A は、網取集落を海側から山間部に向かって北南に縦断するいわゆる集落のメインストリートにあたり（竹富町、1993）、測線の両側には珊瑚石灰岩を積み重ねた石垣が点在している。測線長は 126.5 m で、地震計は 2.0 m または 1.5 m 間隔で、24成分を 3 回展開し、計 72 地点でデータを取得した。発破点は測線北端の海側から SP. 1 (0 m)、SP. 2 (46 m)、SP. 3 (92 m)、SP. 4 (126.5 m) の 4 カ所に設けた。測線北端の北側はすぐ海岸となる。今回天候が不良であったため、波浪のノイズを大きく受けた。南側は、険しい山が迫っているため測線を延ばすにはさらに開拓造成す

め、今回本論では 3 測線（Line A・Line B・Line C）についてのみ議論を行う。

3つの測線の詳細な位置を Fig. 2 に示す。網取集落は、1966年当時の様子を示す写真を見ると（竹富町史、1993）、細い道が縦横に伸び、基盤の目状に集落が整備されていた。現在でも当時の道が残っているため、その道に沿って観測測線を展開した。

Line A は、網取集落を海側から山間部に向かって北南に縦断するいわゆる集落のメインストリートにあたり（竹富町、1993）、測線の両側には珊瑚石灰岩を積み重ねた石垣が点在している。測線長は 126.5 m で、地震計は 2.0 m または 1.5 m 間隔で、24成分を 3 回展開し、計 72 地点でデータを取得した。発破点は測線北端の海側から SP. 1 (0 m)、SP. 2 (46 m)、SP. 3 (92 m)、SP. 4 (126.5 m) の 4 カ所に設けた。測線北端の北側はすぐ海岸となる。今回天候が不良であったため、波浪のノイズを大きく受けた。南側は、険しい山が迫っているため測線を延ばすにはさらに開拓造成す

る必要があり、今回は126.5m以上の測線長を得るのは難しい状況であった。測線距離71mの地点でLine Bと直交する。

Line Bは、網取集落を東西に横断する位置になり、測線のほぼ中央(測線距離62.5m)でLine Aと直交する。測線長は126.5mで、地震計は1.5mまたは2.0m間隔で、24成分を3回展開し、計72地点からデータを得た。発破点は測線西端からSP.8(0m), SP.7(34.5m), SP.6(80.5m), SP.5(126.5m)の4カ所に設けたが、時間の都合上西端の発破点SP.8(測線距離0m)の観測が一部を除き欠測せざるを得なかった。次回さらに測線を伸ばしてデータを取得する予定である。

測線Line Cは、網取集落の旧水田跡を南北に縦断する長さ92mの測線(Photo 1)で、地震計は2.0m間隔で、24成分を2回展開し、計48地点でデータを取得した。発破点は測線北端からSP.9(0m), SP.10(46m), SP.11(92m)の3カ所に設けた。

McSEIS-SXは、サンプリングレート2kHzで24個の地震計それぞれについて2046サンプルのデータを収録した。収録のタイミングは、ショットパイプのコントローラーの信号により開始され約50サンプル分のデータについてプリトリガを設けている。各発破点について、スタッキング等の処理は行わず、1発に対して24成分のデータを各々観測する方法を取った。

観測結果

各測線で発破点ごとに得られた波形記録(Record Section)をFigs. 3~5に示す。振幅のスケールは、発破の初動が明瞭になるようトレースごとに調整されている。横軸には観測走時を、縦軸には測線距離が示されている。

Line AのRecord Section(Fig. 3(a)・(b)・(c)・(d))の振動波形は、測線全体にわたって明瞭な初動記録が確認できる。しかし測線距離0m付近はそのすぐ北側が海岸線の波打ち際となるため、Record Section(Fig. 3(d))の振動波形が特に波浪の影響を受けた。また測線距離110m付近で若干のノイズが確認できる。これは、この付近に東海大学沖縄地域研究センターの貯水施設があり、タンク内の処理水が落下しているために発生したノイズと考えられる。Line Aは、測線のところどころで人工物(U字溝や電力線)の埋設物が交差しているため、その影響が懸念された。しかし特に記録に影響が出ることはなかった。

Line BのRecord Section(Fig. 4(a)・(b)・(c))の振動波形も、今回観測を行った範囲で明瞭な初動記録が確認できた。観測距離0mで発破したRecord Section

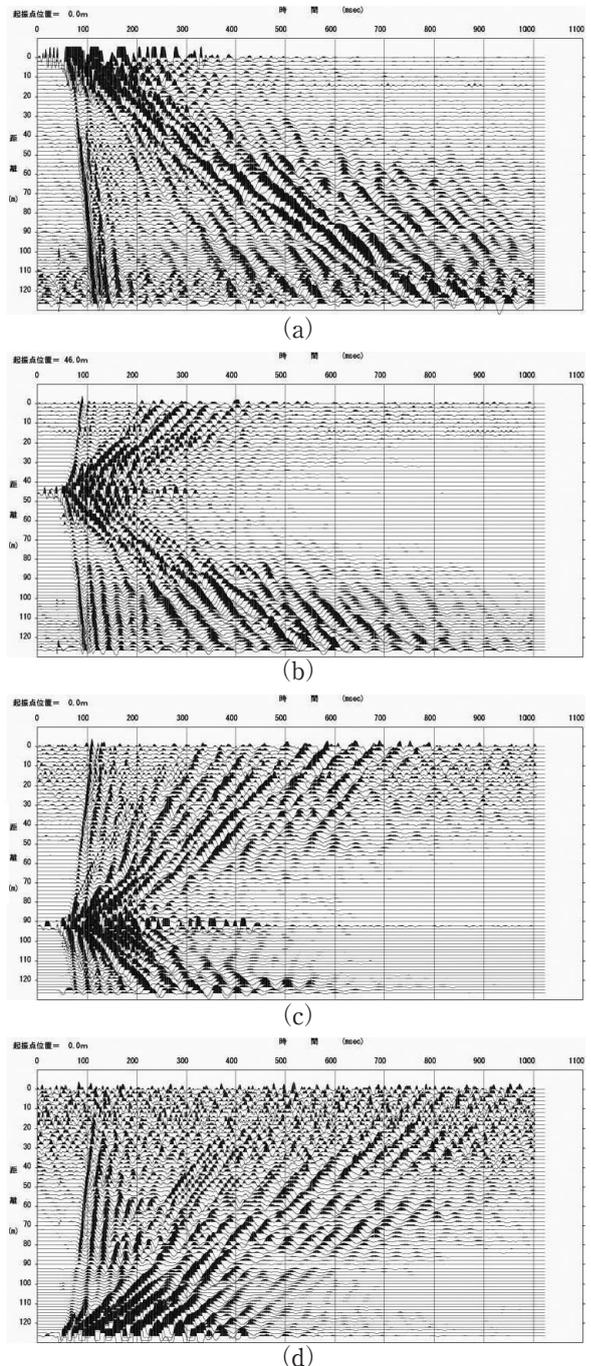


Fig. 3 Record sections on Line A, (a): for SP. 1, (b): for SP. 2, (c): for SP. 3 and (d): for SP. 4.

は、前述のように測線全体で観測ができなかったため、今回は省略している。この測線では、いくつかのトレースに限って初動の前にノイズが確認できる。このノイズの原因については特定できていないが、初動の読み取りに影響がないため解析に問題はない。

Line C の Record Section (Fig. 5 (a)・(b)・(c)) の記録についても観測を行った範囲で明瞭な初動記録を得ることができた。記録は、3つの測線の中で最も初動と後続の振幅や位相が揃っている。

以上のように得られた Record Section から初動を読み、各測線の走時曲線を Fig. 6～8 にまとめた。各

走時曲線は横軸が測線距離、縦軸が走時を示している。

Line A の走時曲線 (Fig. 6) から、おおよそ3層構造となっていることが読み取れる。直達波となる表層(第1層)の速度は各発破点付近の走時をすべて平均すると 0.11 km/sec となった。この表層は観測を実施した時に砂質層であることを確認している。第2層目からは、境界面が傾斜しているなどが考えられ、走時が複雑になっている。走時は見かけ速度であるため、平均速度を算出した結果、第2層の速度は平

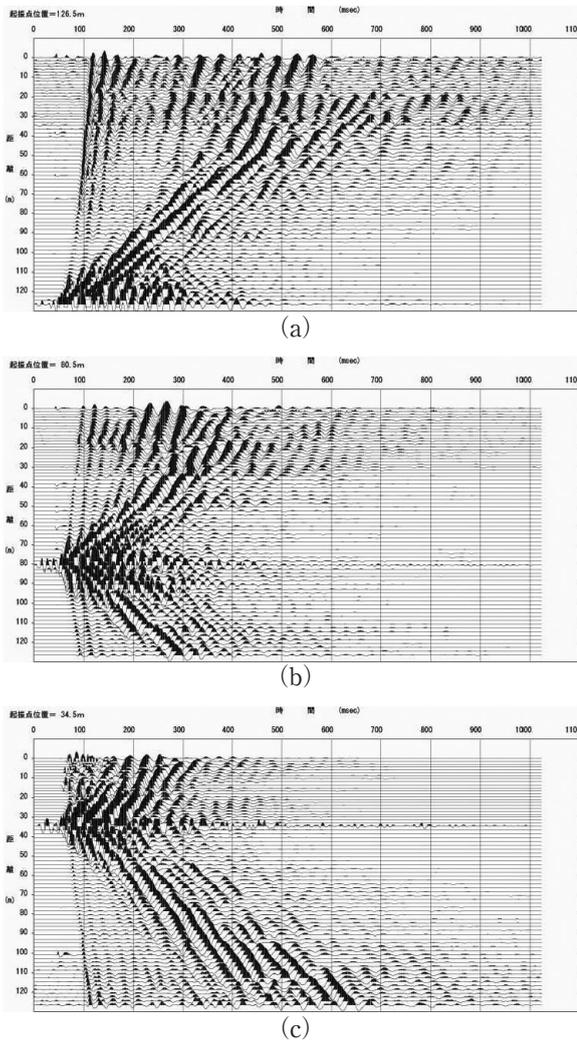


Fig. 4 Record sections on Line B, (a) : for SP. 5, (b) : for SP. 6 and (c) : for SP. 7, but omitted a section for SP. 8.

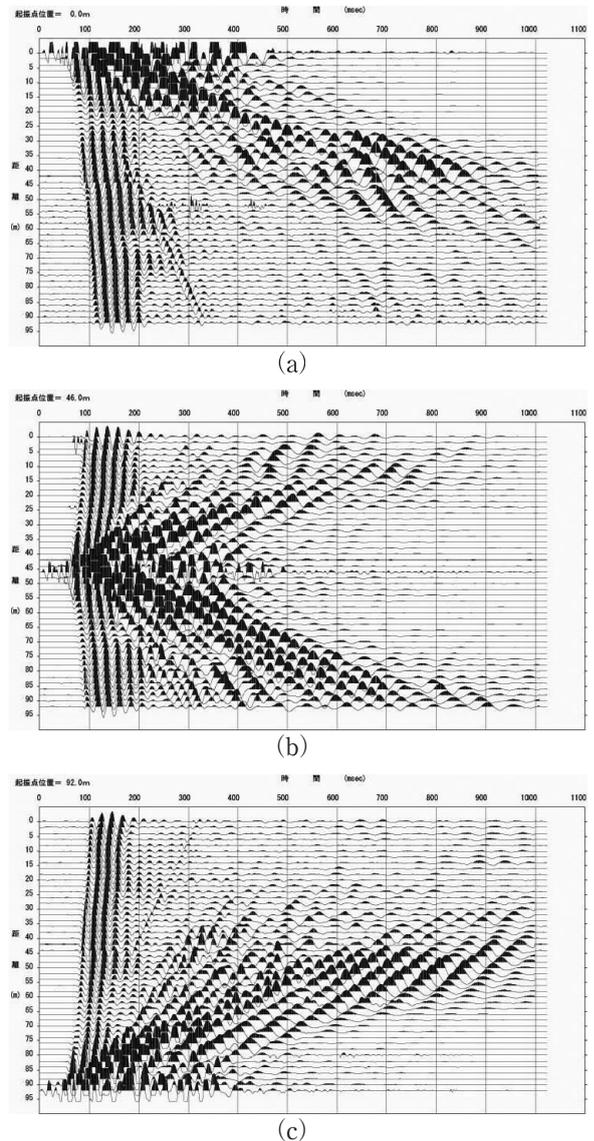


Fig. 5 Record sections on Line C, (a) : for SP. 9, (b) : for SP. 10 and (c) : for SP. 11.

均1.15 km/secであった。同様に第3層の速度は平均2.55 km/secであった。第1層と第2層の層厚は、それぞれの発破点直下のインターセプトタイムから求めた結果、海側から第1層3.20 m, 2.73 m, 2.30 m, 第2層5.27 m, 7.44 m, 9.31 mとなった。つまり海側から山間部に向かって第1層は次第に薄くなり、第2層

は厚くなる傾向がある。

Line Bの走時曲線(Fig. 7)から、直達波となる表層(第1層)の速度は平均すると0.13 km/secで、表層はLine Aと同様、砂質層である。第2層は、境界面が傾斜していることなどが考えられ、走時が発破点の両側で速度が異なる。走時は見かけ速度であるため、平均速度を算出した。第2層の平均速度は1.44 km/secで、第3層の平均速度は2.52 km/secである。第1層と第2層の層厚は、西側から第1層3.64 m, 3.19 mとほぼ水平な境界面で、第2層10.27 m, 12.24 mと下り傾斜面となった。

Line Cの走時曲線(Fig. 8)は、Line AとLine Bのように複雑な走時曲線ではなく、比較的単調な地下構造が推測される。Line Cは、旧水田の跡地で表層は泥土層であったが、直達波の速度は0.11 km/secで、ほかの測線の砂質層と同じ速度であった。第2層は、発破点の両側でほぼ同じ速度で、1.36 km/secであった。第3層の速度は、平均で2.43 km/secである。第1層と第2層の層厚は、海側から第1層2.76 m, 3.22 m, 2.76 mとほぼ水平境界面、第2層13.78 m, 10.60 m, 9.54 mと緩やかな傾斜面となった。

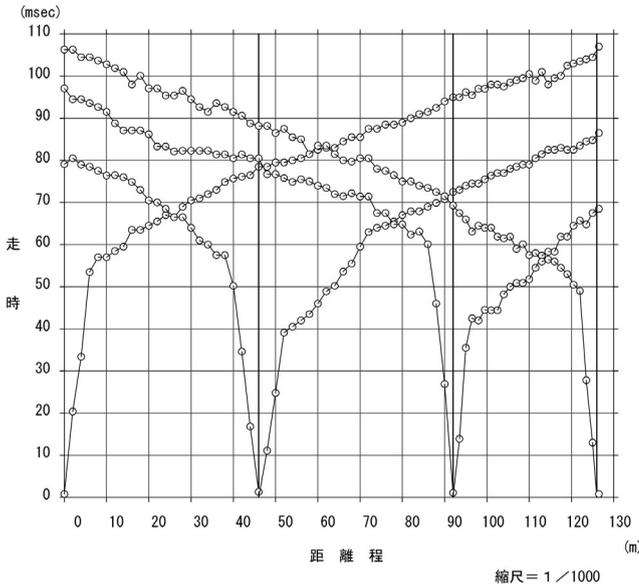


Fig. 6 Traveltime graphs for SP. 1, SP. 2, SP. 3 and SP. 4 in Line A.

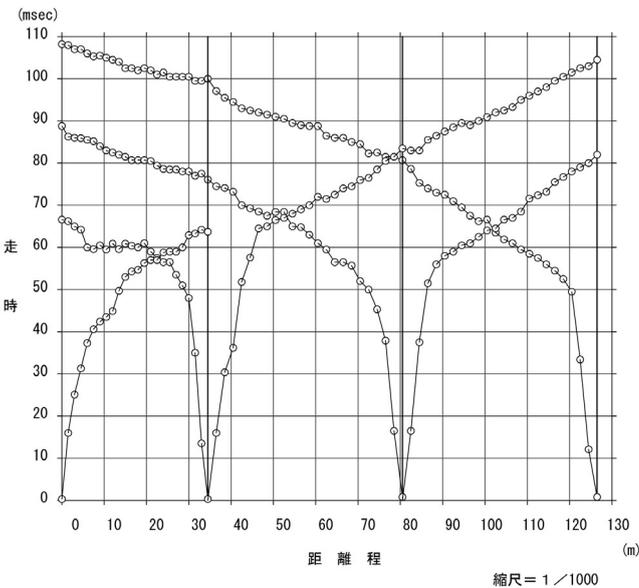


Fig. 7 Traveltime graphs for SP. 5, SP. 6, SP. 7 and SP. 8 in Line C.

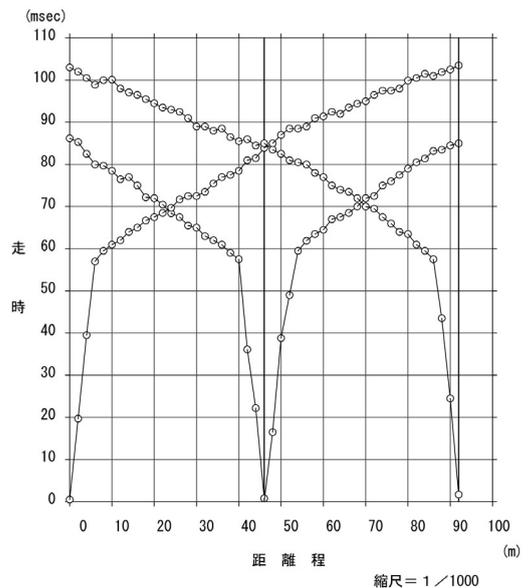


Fig. 8 Traveltime graphs for SP. 9, SP. 10 and SP. 11 in Line C.

議論とまとめ

観測結果からは、特に網取集落内の Line A で山間部から海にかけて複雑な地下構造であることが示されている。今回の観測では、データを取り残した測線もあり、今後さらに測線を展開して観測を行う計画を進めている。最終的な地下構造モデルについては、次回報告する予定であるが、とりあえずこれまでに解った地下構造結果について以下に議論する。

観測結果の概略は次の通りである。

第1層 速度分布 0.11-0.13 km/sec

厚さ分布 2.7- 3.7 m

第2層 速度分布 1.15-1.44 km/sec

厚さ分布 5.3-13.8 m

第3層 速度分布 2.43-2.55 km/sec

第1層(表層)は、Line A・B で砂質層、Line C で粘土層であった。

杉山(1981)によると、用水探査として網取付近で地質学的・地形学的な地表踏査が実施された。また、試錐掘削を2カ所で実施し、深度55m・25mまで掘削が行われた。その結果によると、まず網取集落付近の地質は、八重山層群西表層が分布しており、西表層の岩層は斜交層理の厚い砂岩層よりなっているとされている。集落付近で露出する砂岩は堅硬で、地質的に褶曲している。試錐掘削した2つの坑井からは

No. 1坑井

深度	0.0 - 1.2 m	表土
	1.2 - 6.0 m	砂岩・泥岩の互層
	6.0 - 13.0 m	砂岩
	13.0 - 28.0 m	砂岩・砂質頁岩の互層

No. 2坑井

深度	0.0 - 0.7 m	表土
	0.7 - 10.0 m	砂質シルト
	10.0 - 12.0 m	砂礫
	12.0 - 13.5 m	礫混じりシルト質砂
	13.5 - 15.0 m	シルト岩
	15.0 - 17.5 m	砂岩

のサンプルが各深度で採集されている。しかし、No.1とNo.2坑井は、約300m離れており、各々の層が対応していないように考えられる。今回、No.1坑井が観測した3測線(Line A・Line B・Line C)により近く、かつ、測線(Line A・Line B)が海側となるため、No.1坑井の結果を参考にすると、表層の第1

層はNo.1坑井の「表土」に対応し、第2層が「砂岩・泥岩の互層」、第3層が「砂岩」に対応するのかもしれない。これらを正確に対比するためには、各層の境界面の傾斜や層厚の詳細を明らかにする必要がある。

課題として、詳細な地下構造を明らかにするためには、測線を増やす、深部まで明らかにするために測線長を伸ばす、などの観測をする必要がある。そのため近い将来、追加観測を行う計画である。特にLine A・B付近は構造が複雑であることが予測されているが、都合のよいことに網取集落は当時の細い道が基盤の目状に整備されたままで残っている。これらの道沿いに測線を設けることにより、立体的な地下構造を推定することも可能であろう。また、今回報告した屈折法地震探査以外にも電気探査を一部実施している。以上のことから、さらにデータを蓄積し、詳細な構造モデルを構築する予定である。

謝 辞

査読者には、詳細にわたり有益な助言とご指摘をいただいた。東海大学文学部歴史学科考古学専攻 北條芳隆助教には、遺跡調査資料を拝借した。観測で利用した機材は、九州東海大学工学部リモートセンシング学科 岩下 篤教授のご協力によるものである。今回の観測調査には、東海大学海洋学部海洋資源学科(当時3年生) 滝沢浩平君、根崎 歩君、鈴木 剛君が参加した。ここに記してこれらの方々へ感謝する。

引用文献

- 北條芳隆(2005) 美ら海の世界に学ぶ、～西表島網取・カトゥラ貝塚発掘調査から～。東海大学文学部歴史学科工学専攻編集、12p.
- 杉山隆二(1981) 東海大学海洋研究所西表分室の用水探査一試錐位置の選定および試錐一。東海大学海洋研究所資料、3、77-89.
- 社団法人物理探査学会(2005) 第3回交流フォーラム「埋蔵文化財調査における物理探査の役割」資料集。社団法人物理探査学会企画調査委員会編、183p.
- 竹富町(1993) 写真集ばいぬしまじま一写真にみる竹富町のあゆみ一。竹富町役場 町史編集室、319p.
- 山田武男(1986) わが故郷アントゥリ一西表・網取村の民族と古謡一。ひるぎ社、238p.