

第5章 分析

1. 網野銚子山古墳における物理探査

天理大学遺跡調査チーム

1 調査の目的と概要

天理大学遺跡調査チームは、京都府京丹後市教育委員会の依頼を受け、網野銚子山古墳において物理探査を行った。

網野銚子山古墳は、周知のごとく日本海側最大の規模を誇る。同市神明山古墳、加悦町蛭子山古墳と合わせて「丹後三大古墳」「日本海三大古墳」とも称され、当該地域のみならず、日本列島の古墳時代前半期を考える上でも極めて重要な古墳である（京丹後市教委 2011）。ただし、これまでのところ埋葬施設などの内部構造は不明であり、それらについて幾ばくかでも情報が得られれば、その意義は大きい。

網野銚子山古墳の埋葬施設にはどのような可能性があるだろう。蛭子山古墳では後円部頂に平行に並ぶ3基の埋葬施設が確認されている（佐藤・細川 1985）。中央の第1主体部は南北長8.7×東西幅5.5m、深さ1.1mの墓壇に、長さ3.1m、幅1.1mの舟形石棺を安置し、周囲に礫床を施していたと考えられている。ただし、礫床の規模は不明である。第1主体部の東に位置する第2主体部は竪穴式石室である。南北長約7×東西幅3.5m、深さ1.4mの墓壇に、全長約4.6m、内法で長さ約3.6m、幅約0.6m、高さ0.6m以上の石室を築く。西に位置する第3主体部は墓壇の一部が発掘されただけで詳細は不明であるが、石材は用いていないようである。また神明山古墳は、墳頂に板石が散乱することから、竪穴式石室が推定されている。

これらから考えて、網野銚子山古墳の中心的埋葬施設は竪穴式石室か舟形石棺である可能性が高く、礫床を伴う可能性もある。これら、石を用いた埋葬施設であればレーダ探査および電気探査でその反応を得られる期待度が高い。

本調査の主要な目的は埋葬施設についての情報を得ることである。このことから、後円部頂においてできるだけ広くに及ぶようにレーダ探査と電気比抵抗探査を行った。また前方部にも比較的大きな平坦面があるので、レーダ探査と電気比抵抗探査を行い、埋葬施設などの何らかの異常応答が得られないか試みた。さらに、墳丘主軸に沿って長い距離で電気比抵抗探査を行い、墳丘の構造を探ることとした。

調査の期間・体制は次の通りである。

調査期間：2017年9月11～14日

調査員：桑原久男・小田木治太郎・岸田徹・橋本英将

調査補助員：吉田芽依・緒形侑美・川上晃生・巽優貴・阪口壮・多田健悟・寺尾翼・中優作・河野悠大・山村綾（以上、天理大学学生）、岩元亮祐（京都府立大学大学院生）

2 物理探査の方法と成果

探査実施に先立ち、墳丘上に探査区を割りつけるための基準点をトータルステーションを用いて設置した。探査基準点の位置とその座標を第5-1図および表5-1に示す。

（1）地中レーダ探査

地中レーダ探査（Ground Penetrating Radar：GPR）とは、アンテナより地中に向けて発射された電磁波の反射を捉え、その反射強度や減衰の様子から地中構造を推定する探査方法である。他の探査方法に比べ、測定スピードが速く、現場で地下の疑似断面図が確認できるという利点をもつ。また、分解能が高く、適用できる遺構・遺物の種類が多いため、近年遺跡の探査において使用される機会の最も多い探査方法である。

網野銚子山古墳の調査に使用した機器は、天理大学考古学・民俗学研究室所有の米国GSSI社製“Sir-3000”である。地中レーダ探査の探査可能深度および分解能は使用するアンテナ周波数に依存するが、今回は地表下約3mまでの深度をターゲットとし、石室もしくは石棺の存在が予想されたため、アンテナは中心周波数200MHzのものを使用した。

墳丘上における地中レーダ探査範囲および測線の位置を第5-2図および第5-3図に示す。後円部上では、南北32m、東西35mの範囲に測線間隔0.5mで格子状に測線を設定した。測線数は118本、総測線距離は3,344mである。

前方部上には南北31m、東西10mの範囲に測線間隔0.5mで南－北の一方方向の測線を設定した。測線数は計26本、総測線距離は616mである。探査区の中央、西側に墳丘が大きく挟まっている箇所があり、探査ができなかった（データが欠落している）部分が存在する。本調査で得られた探査データはDean Goodman氏作成の“GPR slice ver.7”を使用して解析を行っている。

後円部の探査結果

第5-4図に、後円部上のすべての測線で得られたGPR profile（反射強度を元に作成した疑似断面図）から作成したtime-slice図^{（注）}を示す。図上部には電磁波の往復走時（単位：ns）と推定される地表からの深度（単位：cm）を示している。図中赤色などの暖色系は反射強度の高い箇所を、青色等の寒色系は反射強度の弱い箇所を示している。

図では地表面から13ns（61cm）までは反射の強い赤色域（異常応答部）が多くみられる。こ

表5-1 基準点一覧

点名	探査時ローカル座標		国土座標		
	X	Y	X	Y	Z
No. 1	17	29	-35300.455	-87821.613	37.549
No. 2	17	59	-35275.600	-87804.816	30.451
No. 3	17	123	-35222.576	-87768.978	32.193
F1	12	92	-35245.461	-87790.477	29.954
F2	12	123	-35219.767	-87773.116	32.039
F3	22	123	-35225.377	-87764.837	32.253
F4	22	92	-35251.044	-87782.184	30.102
R1	5	5	-35313.612	-87844.949	37.421
R2	5	29	-35293.740	-87831.555	37.585
R3	30	29	-35307.741	-87810.832	37.581
R4	30	5	-35327.613	-87824.290	37.387

れは地表面からの反射や、地表近くの部分的な乾燥・湿潤状態を反映したものと考えられる。深度 12ns (58 cm) 以深の異常応答は散発的になっており、土中の比較的大きな礫を捉えていると解釈できる。深度 25ns (146cm) から深度 44ns (207cm) にかけて後円部中央にまとまった異常応答 (A) がとらえられた。この異常応答 (A) を縦断、横断する GPR profile を第 5-5 図に示す。Profile から読み取った異常応答の大きさは長さ約 5.5 m、幅約 2.5 m である。反射強度は強く、土中の石材を捉えたものと考えられる。墳丘のほぼ中央にあり、古墳主軸と同じ長軸を持つため、何らかの埋葬施設をとらえた異常と考えられる。また深度 37ns (174cm) から深度 50ns (237cm) では後円部の東側に強い異常応答 (B) が広がっている。GPR profile (第 5-6 図) を見ると、深度 40ns に明瞭な境界面 (反射面) が認められた。礫敷などの可能性もあるが、その位置からは埋葬施設とは考えづらく、後世の墳丘改変や単に墳丘内の部分的な土質の違いを捉えたものではないかと推測する。同深度では、後円部頂西側にも異常応答 (C) が捉えられた。GPR profile (第 5-7 図) では、異常応答 (B) と同深度 (40ns) に境界面が認められこの反射を捉えたものと考えられる。遺構であるかどうかの判断は困難であるが、後円部内で位置を考えると埋葬施設等の可能性は低いのではないかとと思われる。

前方部の探査結果

前方部における time-slice 図を第 5-8 図に示す。地表面 (0-11ns, 0-36cm) では、探査区の東半分、西半分で反射の強弱が異なる。これは、探査時、探査区の約東半分が落葉に覆われており、西側に比べ地表の含水率が高かった状況を反映していると考えられる。深度 20-29ns (地表下 72-108cm) では探査区北側に反射の強い領域が集中している。第 5-9 図に示す GPR profile を見ると、前方部の土層構造は後円部側から前方部側へと下がる 3 層構造が確認できる。前方部北側の異常の集中は 1 層目と 2 層目の境界面をとらえた反射であると考えられる。また同箇所のさらに深部には、深度 49-59ns (181-217cm) から 59-68ns (217-235cm) へと続くように異常応答が表れている。GPR profile では 3 層目上面 (もしくは直下) にあたる深さである。ただしこの地点では 1 層目と 2 層目の境界面は明瞭で、攪乱を受けていないと考えられるため、この異常応答は墳丘上から掘り込まれたものとは考え難く、墳丘中の比較的大きな石の可能性が高いと思われる。その他の異常応答は散発的であり、積極的に遺構と推察できるものは認められなかった。

(2) 電気比抵抗探査

電気比抵抗探査は、地中に人為的に電流を流し、その電気の流れやすさ、流れにくさ (比抵抗) から地中の構造や空洞などの“異物”の位置を推測する方法である。電気比抵抗探査は、地中レーダに比べ測定に時間がかかり、分解能も低い、より深部まで探れるという利点がある。

通常、電気比抵抗の測定には電気を流す電流電極 1 対、電位差を計測する電位電極 1 対の計 4 本の電極を使用する。4 本の電極の並べ方 (配置方法) は数種類あるが、今回は遺跡の探査でよく使用されるウェンナー配置を採用した。電気比抵抗探査の探査深度は 4 本の電極間隔によって決まる。今回は最小電極間隔を 1 m とし、後円部上では最大 6 m まで 1 m ずつ間隔を広げて測定を行い、地表から約 5 m 深度まで電気比抵抗データを取得した。墳丘主軸および前方部では電極

表 5-2 電気比抵抗探査測線の始点・終点の座標

測線名	始点		終点	
	X	Y	X	Y
LINE000	-35302.525	-87843.506	-35319.894	-87817.855
LINE001	-35300.867	-87842.388	-35318.238	-87816.733
LINE002	-35298.379	-87840.711	-35315.745	-87815.051
LINE003	-35313.612	-87844.949	-35293.740	-87831.555
LINE004	-35322.800	-87840.304	-35298.776	-87824.099
LINE005	-35329.293	-87825.376	-35307.741	-87810.832
LINE006 ～ 012	-35324.499	-87837.842	-35224.291	-87770.124
LINE014	-35214.448	-87781.059	-35231.187	-87756.237
LINE015	-35222.161	-87780.616	-35232.656	-87764.922

間隔を最大 12 mまで広げ、約 10 m深度までのデータを取得した。

探査に使用した機器は天理大学考古学・民俗学研究室所有の応用地質（株）社製 Handy-ARM、および同社製 Scanner-32 である。また探査データの解析も同社製“ElecImager 2D lite”を使用した。電気比抵抗探査で得られた比抵抗値は地形の凹凸や起伏の影響をうけるため、特に同一測線内で高低差のある LINE006 ～ 015 測線では、電極位置と高さをトータルステーションにより測定し、その値を用いて地形の補正を行っている。

墳丘上における電気比抵抗探査測線の位置を第 5-1 ～ 5-3 図に示す。また表 5-2 には各測線の始点・終点の国土座標を示す。後円部上では、地中レーダ探査で異常が見られた箇所を中心に 6 本の測線を設定した。また墳丘の主軸上に 7 本、前方部端を横断する測線を 2 本設定し、測線の総数は 16 本となった。以下に測線ごとの結果を示す。

LINE000（第 5-10 図）

Y=15 mライン上の X=0 から X=31 へ北西から南東へと探査した。測線の長さは 31 mである。測線距離 5 m並びに 13 m地点に比抵抗の高い部分が存在する。この地点は地中レーダ探査で認められた異常応答（C）及び（A）にそれぞれ相当し、周囲の土壌より比抵抗の高い石材等の存在が推定される。測線距離 16 m～ 20 mにかけては、低比抵抗領域が存在し、周囲より含水率が高いと推測される。その原因は不明であるが、墳丘のちょうど中央にあたる箇所であり、盗掘坑などの存在を示唆しているのかもしれない。同測線の 26 mから探査終了地点の高比抵抗領域は地中レーダ探査で捉えた異常箇所（B）に相当し、この部分だけ明らかに物性の異なる土壌が存在することを示している。

LINE001（第 5-11 図）

Y=17 mライン上の X=0 から X=31 へ北西から南東へと探査した。測線の長さは 31 mである。LINE000 から北東へ 2 m離れた測線であり、高比抵抗、低比抵抗異常の現れ方も LINE000 と同様である。

LINE002（第 5-12 図）

本測線は Y=20 mライン上の X=0 から X=31 へ北西から南東へと探査した。測線の長さは 31 mである。測線距離 5 mの高比抵抗異常（地中レーダ探査で認められた異常応答（C）に相当）は認められるが、異常応答（A）及び、中央付近の低比抵抗領域は認められず、同測線位置までこ

これらの異常は延びていないと考えられる。測線距離 24 m から探査終了地点までの高比抵抗領域は異常応答 (B) である。

LINE003 (第 5-13 図)

X= 5 m ライン上の Y=5 から Y=29 へ南西から北東へと探査した。測線の長さは 24 m である。Y= 6 m ~ 11 m まで高比抵抗異常が認められる。Y = 18 m ~ 24 m までの高比抵抗は異常応答 (C) に相当すると考えられる。

LINE004 (第 5-14 図)

X=14 m ラインの Y=0 から Y=29 へ南西から北東へと探査した。測線の長さは 29 m である。Y=10 ~ 19 m まで異常応答 (A) に相当すると考えられる高比抵抗領域が認められる。

LINE005 (第 5-15 図)

X=30 m ラインの Y=3 から Y=29 へ南西から北東へと探査した。測線の長さは 26 m である。Y=14 m ~ 24 m までの高比抵抗領域は異常箇所 (B) に相当すると考えられる。

LINE006 ~ 012 (第 5-16 図)

古墳の主軸に沿って北東(後円部側)から南西(前方部側)へ探査した。総測線長は 121 m である。同測線上での探査は、墳丘の内部構造を知るためのデータ取得が目的である。探査機器の制約上、一度に測定できなかったため 7 測線に分割して探査した後、データを結合して 1 本の測線として解析を行った。測線距離 31 m ~ 62 m までは地表面近くの比抵抗が高くなっているが、これは斜面になっているため、地表面の水はけがよく、相対的に乾燥しているためと考えられる。巨視的に概観すると測線距離約 75 m を境として前方部端側は青色の領域が多く占め、低比抵抗領域となっている。このことから、75 m を境として墳丘の基礎を形成する土質が異なっていると考えられる。

LINE014 (第 5-17 図)

LINE013 は機器エラーのためデータを廃棄し、LINE014 として再測定した。前方部の前端を主軸に直交するかたちで北西から南東へ探査した。測線の距離は約 30 m である。測線距離 20 m ~ 22 m にかけて高比抵抗領域が存在する。同地点は地中レーダ探査範囲外であり、結果の比較はできないが、石塊、礫等が存在すると考えられる。

LINE015 (第 5-18 図)

本測線は LINE014 から南西へ 6 m 離れた位置に設定した測線である。測線距離約 3 m ~ 9 m にかけて高比抵抗領域が認められるが、地表および地表直下の異常であり、部分的な地表の乾燥状態を表しているのではないかと考えられた。

3 結語

今回の物理探査の成果を示すものとして第 5-19 図を掲げる。後円部では埋葬施設の可能性のある異常反応を検出した。一方、前方部では遺構らしいものは確認できなかったため、表示は行わない。

後円部中央で確認した異常応答 (A) は、その位置や方向から埋葬施設の可能性が高い。反応の

強さから石と考えられ、おおよそ長さ 5.5 m、幅 2.5 mの規模を示す。その規模は舟形石棺直葬としては大きく、また竪穴式石室としては小さいと言わなければならない。これ以上の解釈は難しく、あるいは裏積みの少ない竪穴式石室の可能性は考えられるかも知れない。

また異常応答 (A) は墳丘主軸からわずかに西にずれていることも留意される。あるいは墳丘主軸を挟んで2基の埋葬施設が存在する可能性もある。その部分はレーダ探査では周囲よりひときわ反射が小さく、また電気比抵抗探査では比抵抗が低く、周囲と異なっている。前述では盗掘坑の可能性を示唆したが、石を用いない埋葬施設の可能性も考慮すべきであろう。

前方部では埋葬施設は確認できなかったが、レーダ探査の縦断面から、墳丘内部が前方部前端に向けて傾斜する3層構造をなすことが分かった。また墳丘全体に長く行った電気比抵抗探査からは、前方部側と後円部側とで墳丘の基礎を形成する土質が異なることも予想できた。埋葬施設以外に、墳丘の構造についての情報を得られたことも、今回の重要な成果と言えよう。

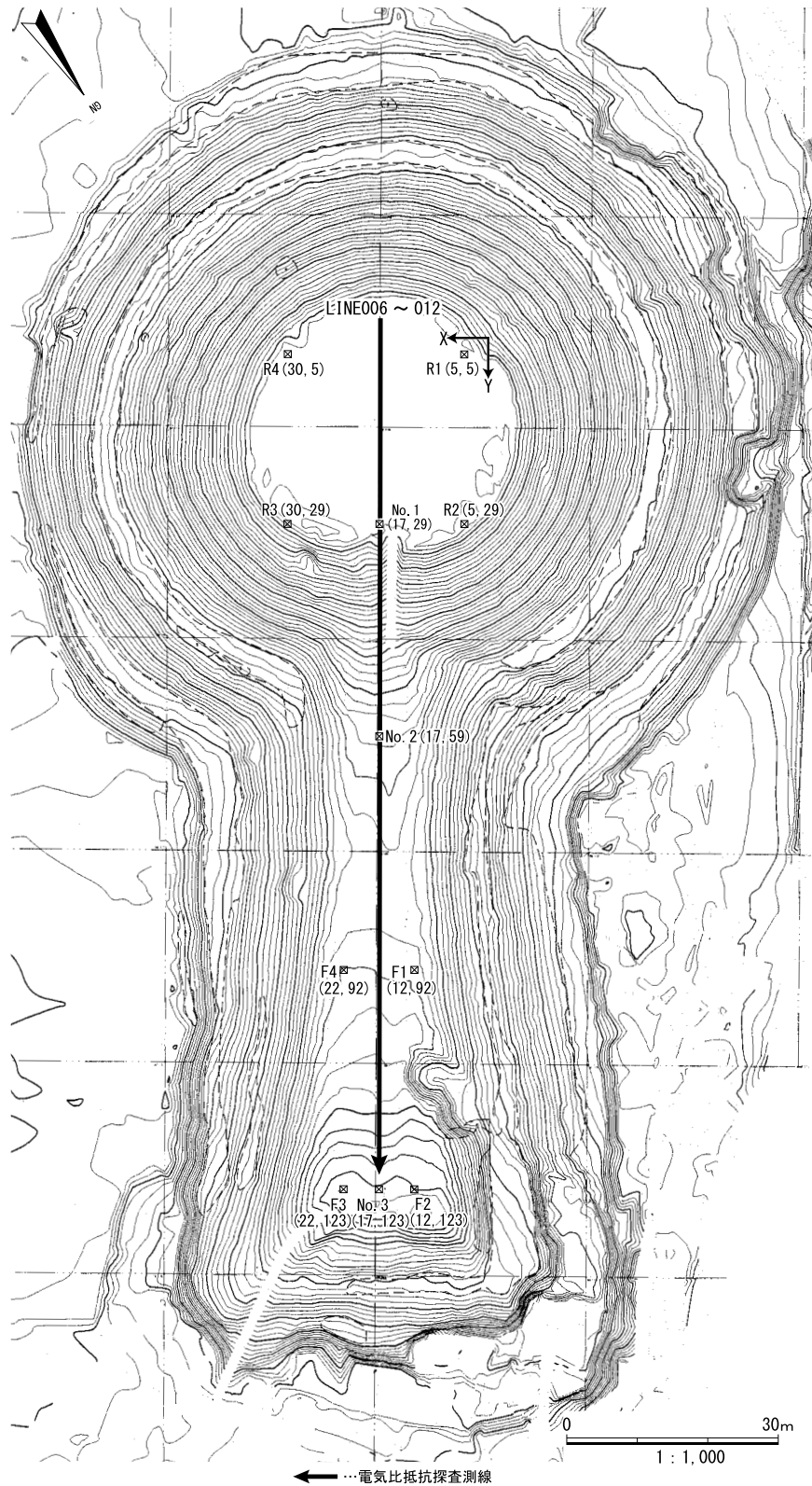
追記 本稿は調査員全員が協議しつつ、1・3を小田木が、2を岸田が執筆し、小田木が内容の統一を図った。また第5-1～5-3・5-19図は緒形侑美が、第5-4～5-18図は岸田が作成し、緒形が全体の統一を行った。

注 time-slice図とは、個々のGPR profileよりある一定深度幅のデータを取り出し、それを平面上にプロットすることで、反射強度の平面分布図を作成する手法である。異常部分（反射強度が極端に高いもしくは低い部分）の平面形や探査範囲内での分布状況を検討する際に有用な分析方法である。

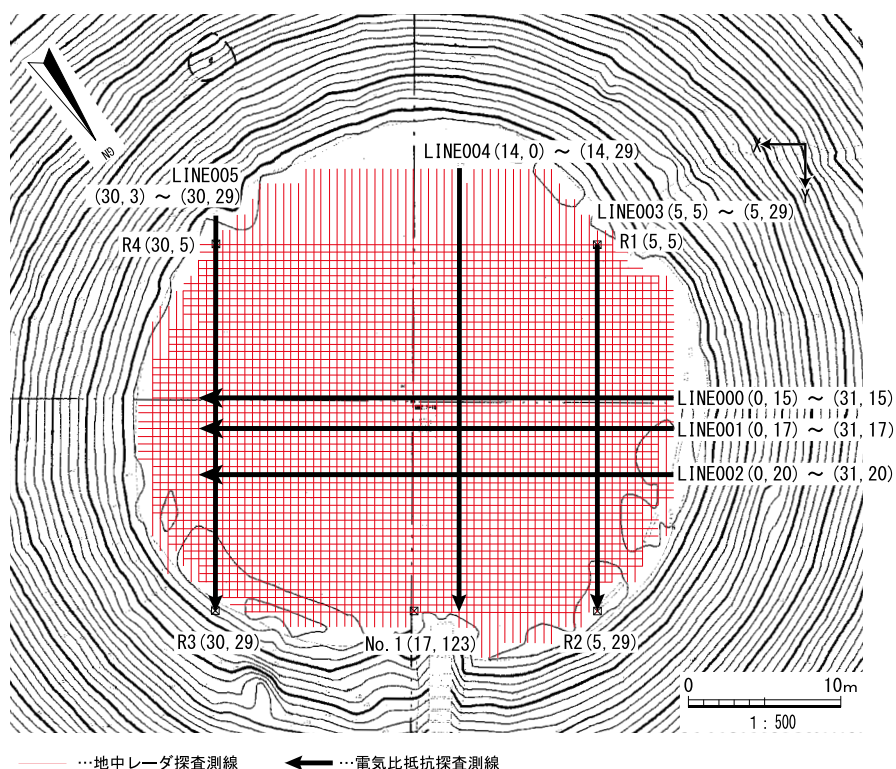
参考文献

- 京丹後市教育委員会 2012『丹後二大古墳と古代タニワ ―網野銚子山古墳・神明山古墳の築造に迫る―』
平成23年度丹後建国1300年事業網野銚子山古墳追加指定記念シンポジウム
佐藤晃一・細川修平 1985『国指定史跡 蛭子山古墳発掘調査概要』加悦町文化財調査概要4 加悦町教育委員会

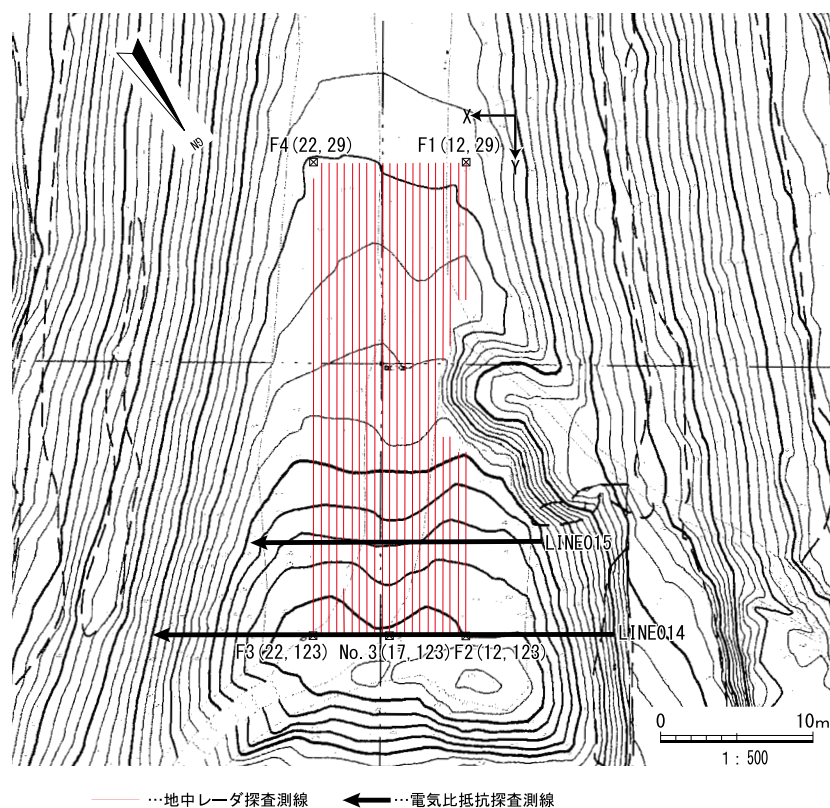
付録 後円部 GPR 後円部 GPR 探査測線位置図
後円部 GPR time-slice 図
後円部 GPR profile 画像 118 ファイル
前方部 GPR 前方部 GPR 探査測線位置図
前方部 GPR time-slice 図
前方部 GPR profile 画像 26 ファイル
作業風景写真
報告デジタルデータ



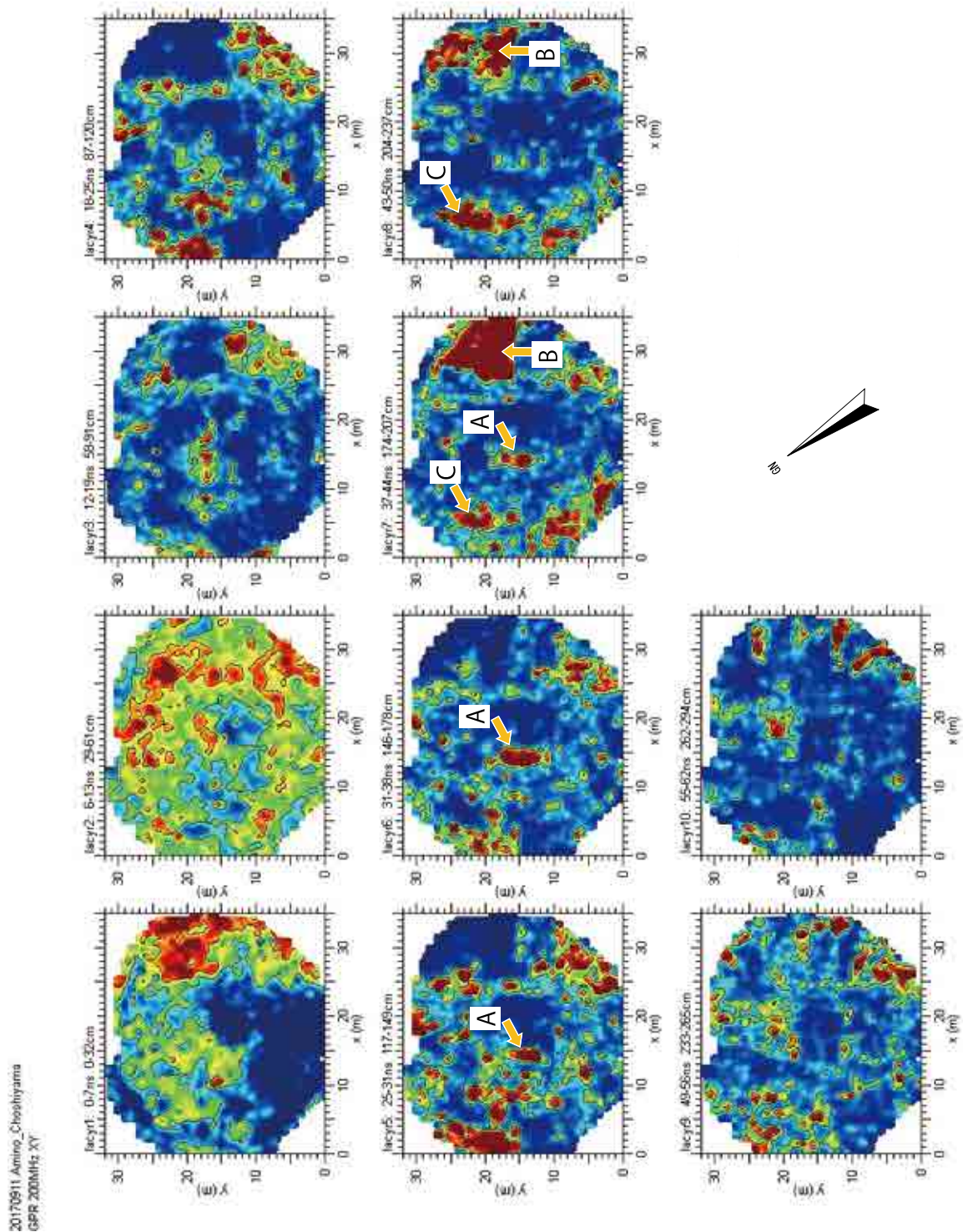
第 5-1 図 探査基準点配置と墳丘主軸電気比抵抗探査測線 (LINE006-012) の位置



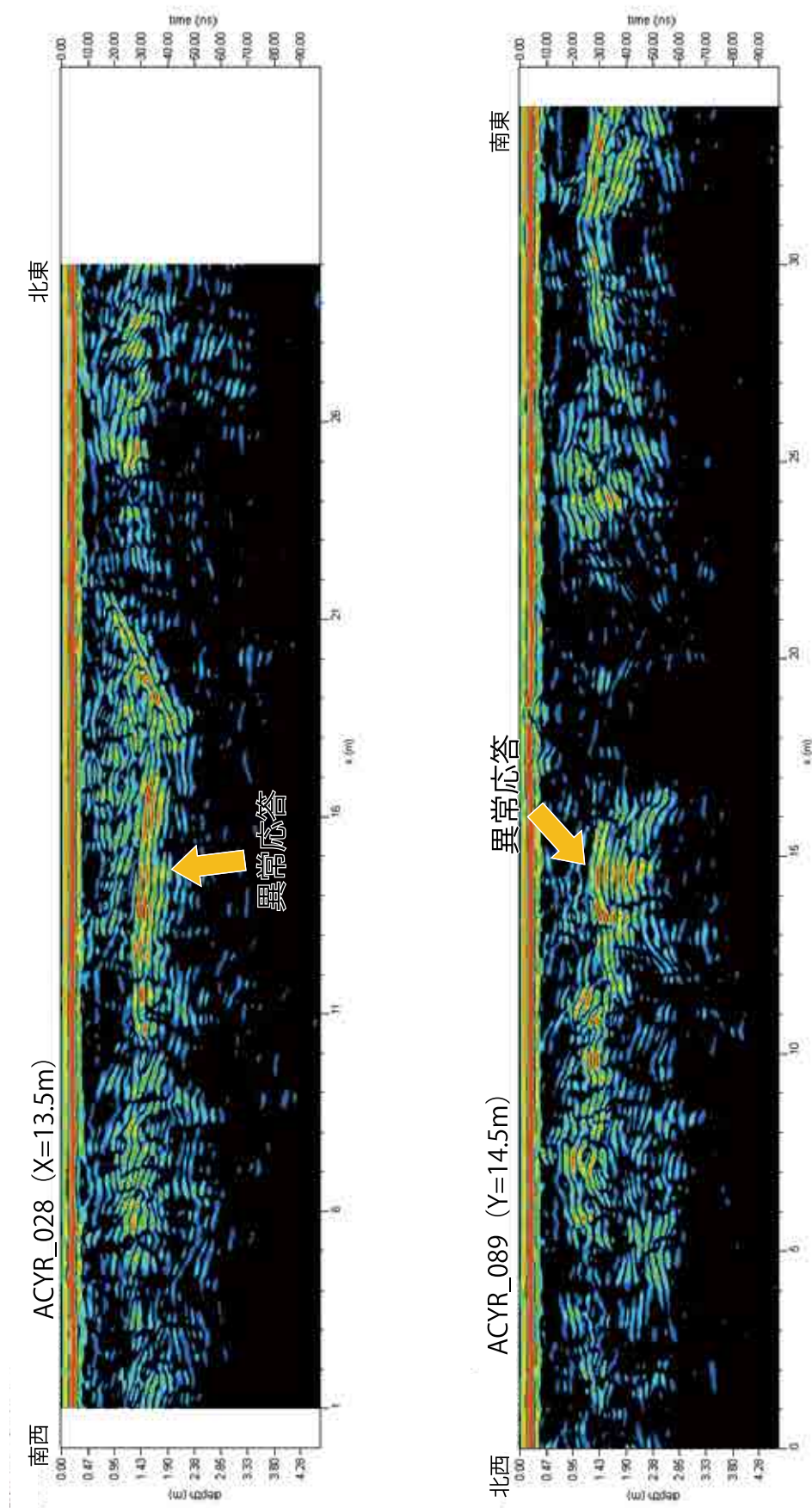
第 5-2 図 後円部の地中レーダ探査側線と電気比抵抗探査測線（LINE000 ~ 005）の位置



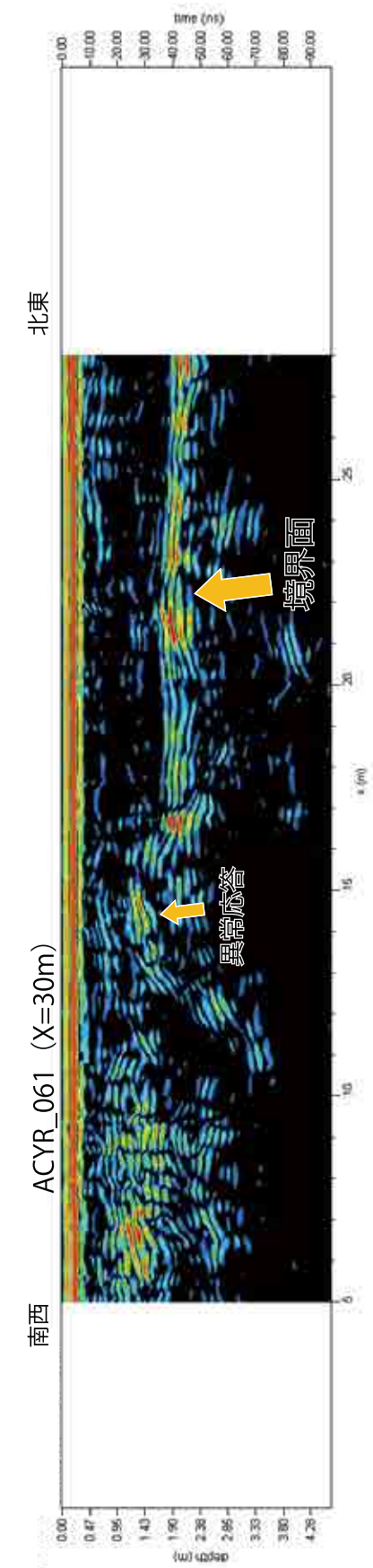
第 5-3 図 前方部の地中レーダ探査測線と電気比抵抗探査測線（LINE014 ~ 015）の位置



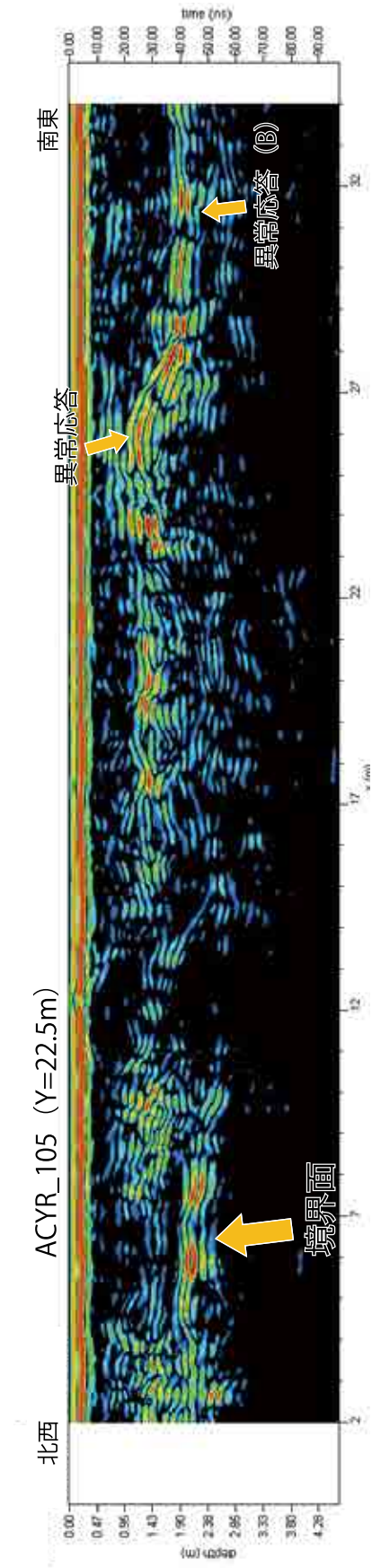
第 5-4 図 後円部 time-slice 図



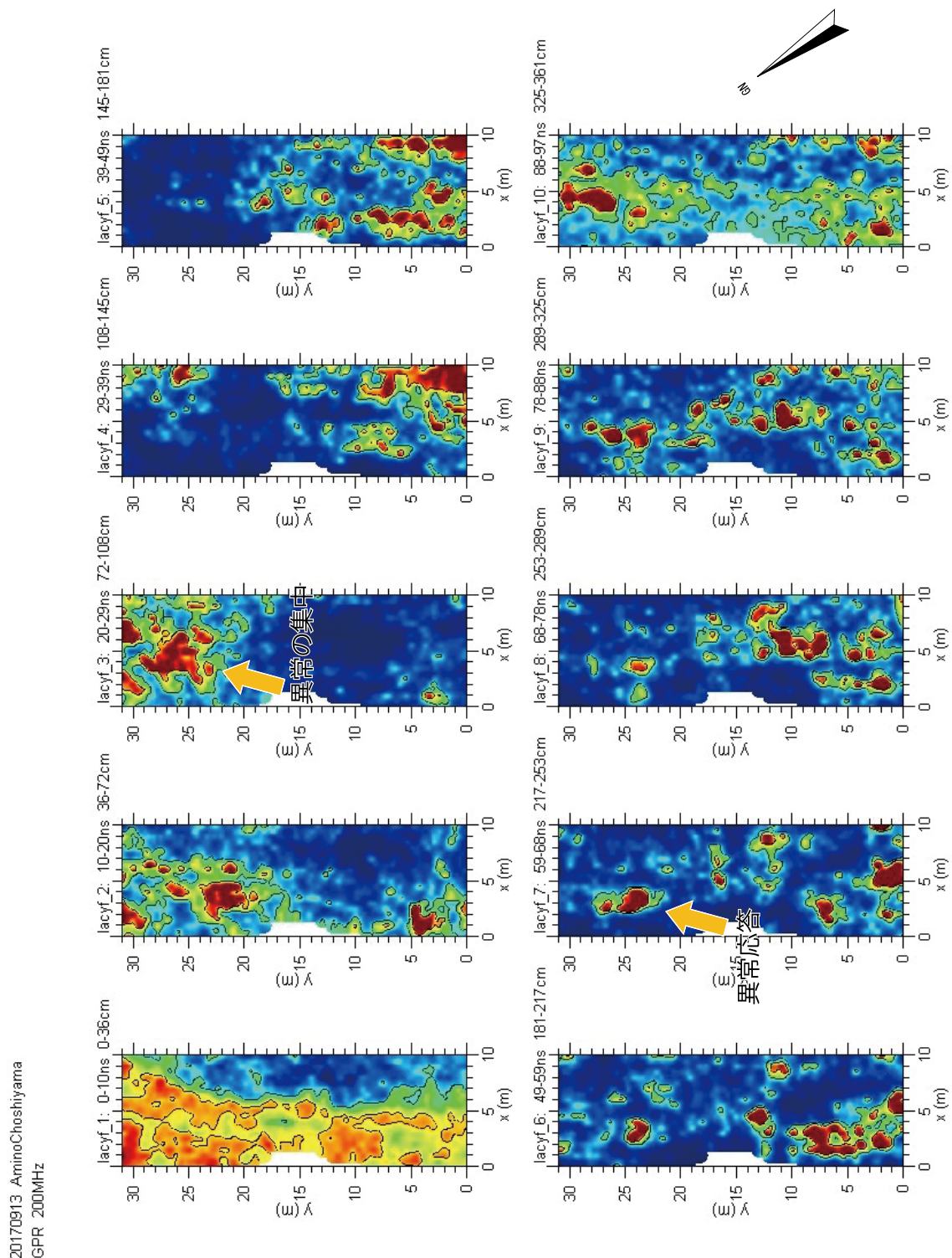
第5-5図 異常応答(A)の縦横断面 profile



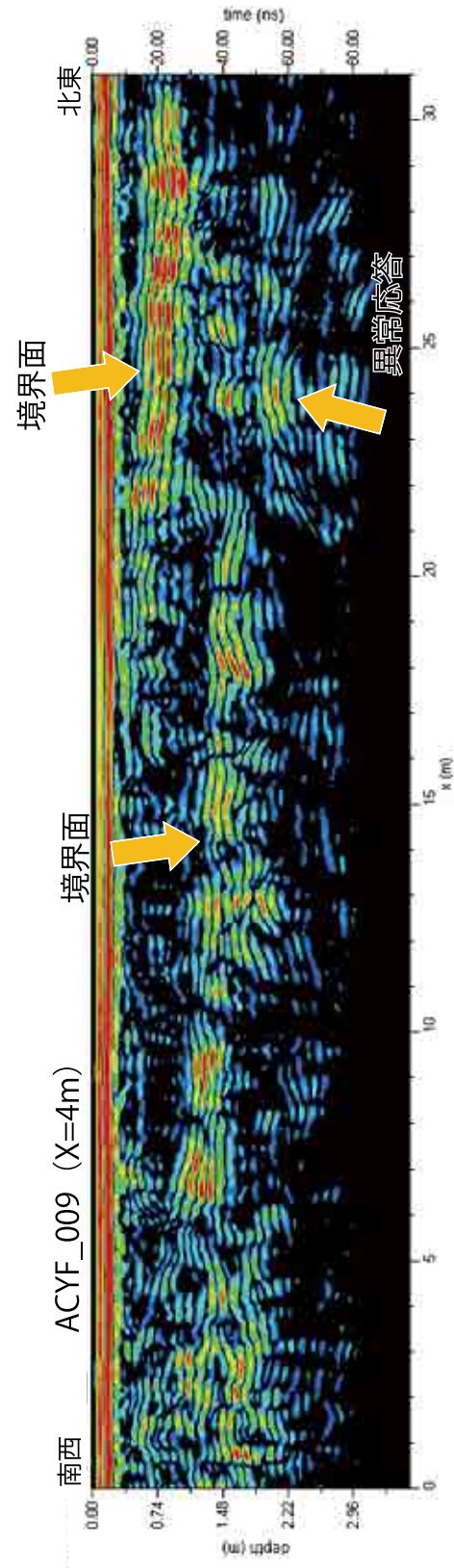
第 5-6 図 異常応答 (B) の南西－北東断面 profile



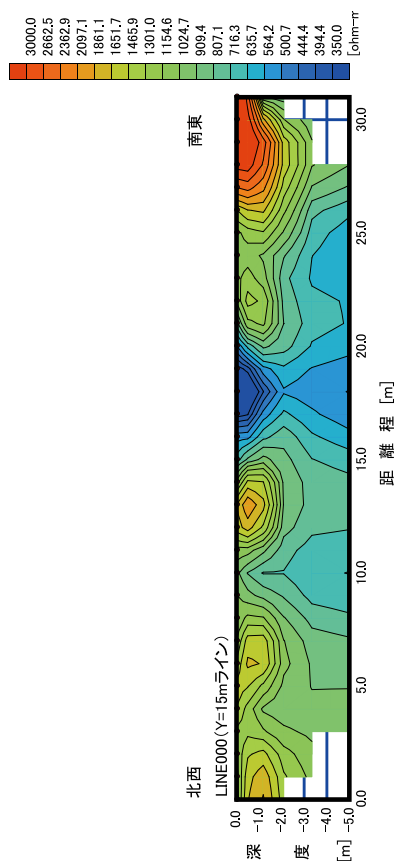
第 5-7 図 異常応答 (C) の北西－南東断面 profile



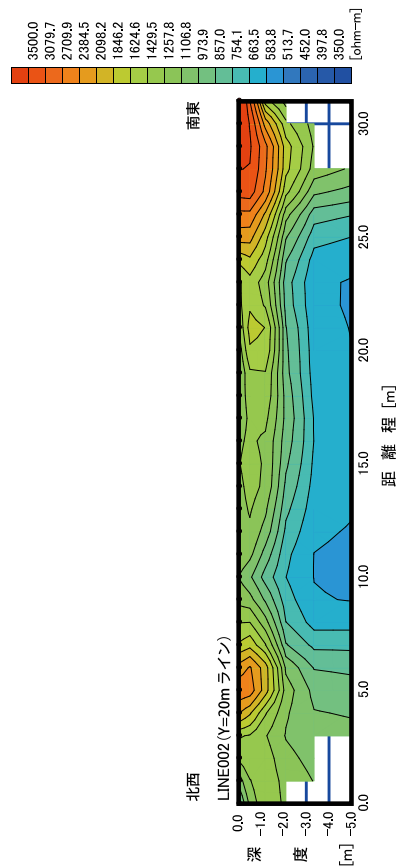
第5-8図 前方部 time-slice 図



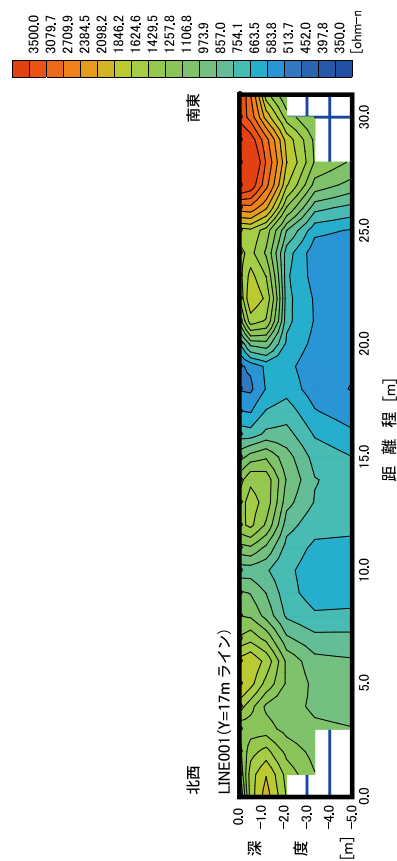
第 5-9 図 前方部の南西－北東断面 profile



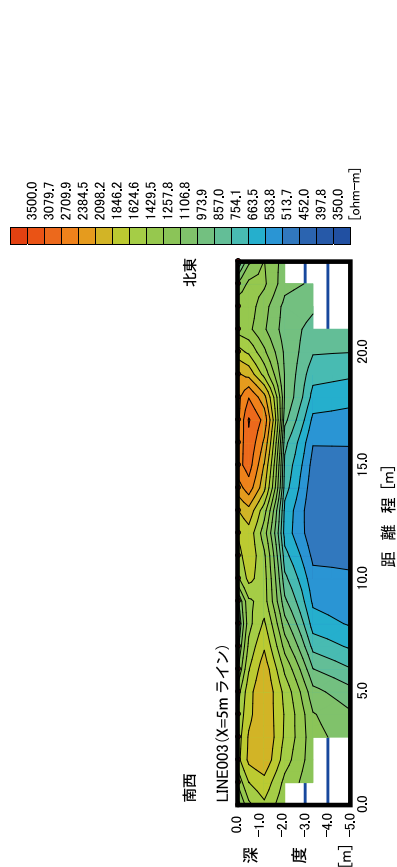
第 5-10 図 後円部 LINE000 の電気比抵抗断面図



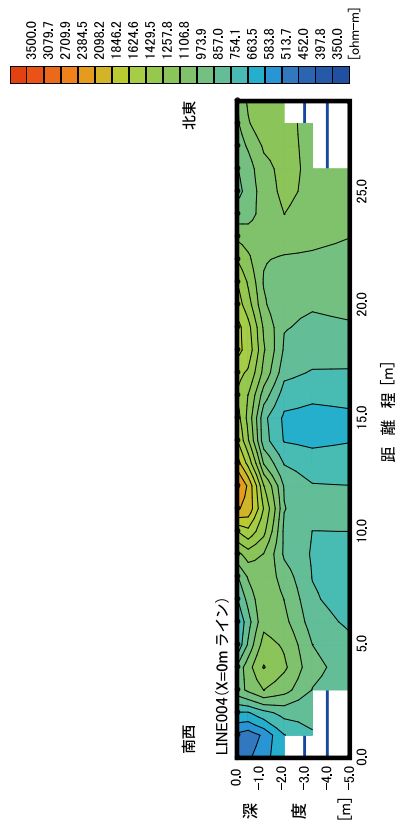
第 5-12 図 後円部 LINE002 の電気比抵抗断面図



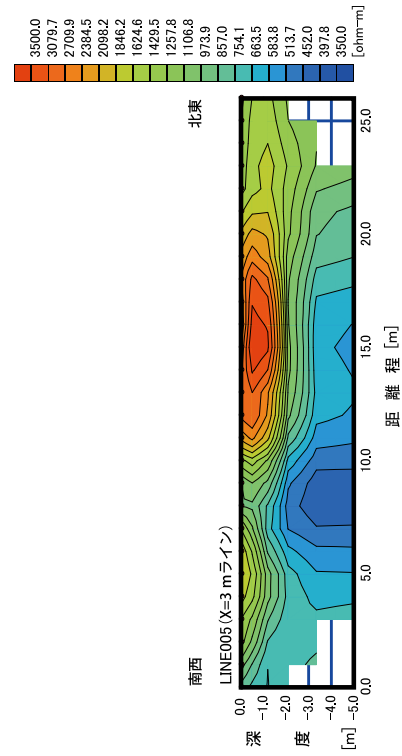
第 5-11 図 後円部 LINE001 の電気比抵抗断面図



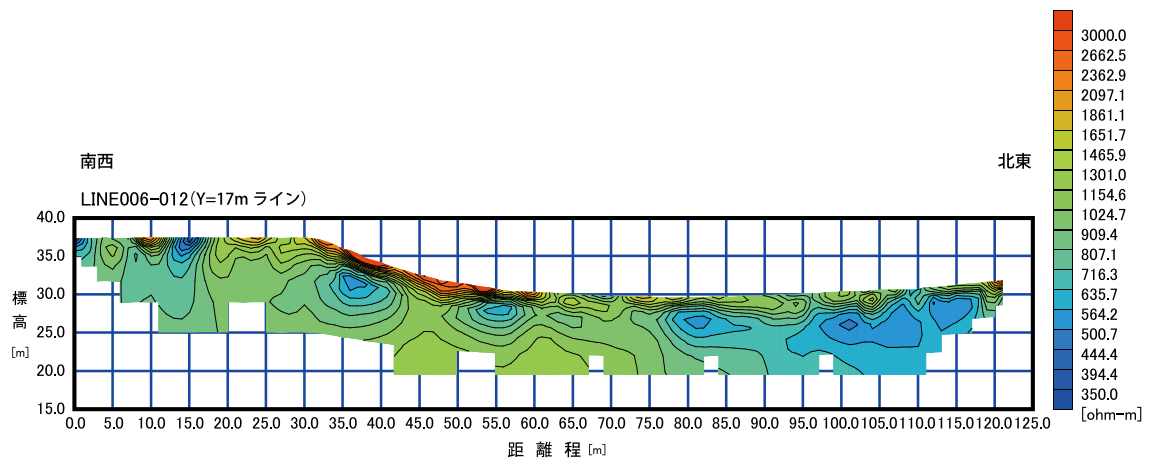
第 5-13 図 後円部 LINE003 の電気比抵抗断面図



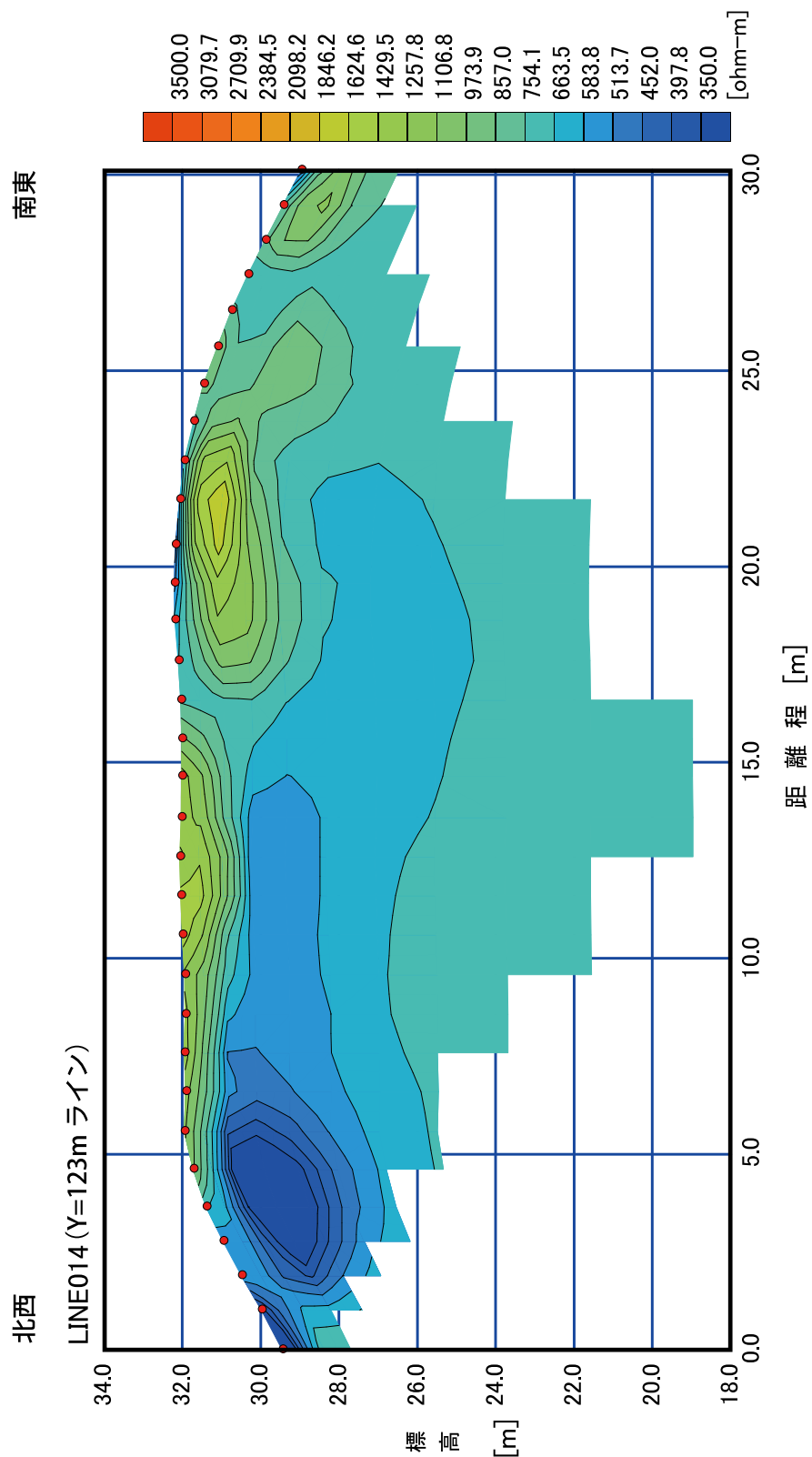
第 5-14 図 後円部 LINE004 の電気比抵抗断面図



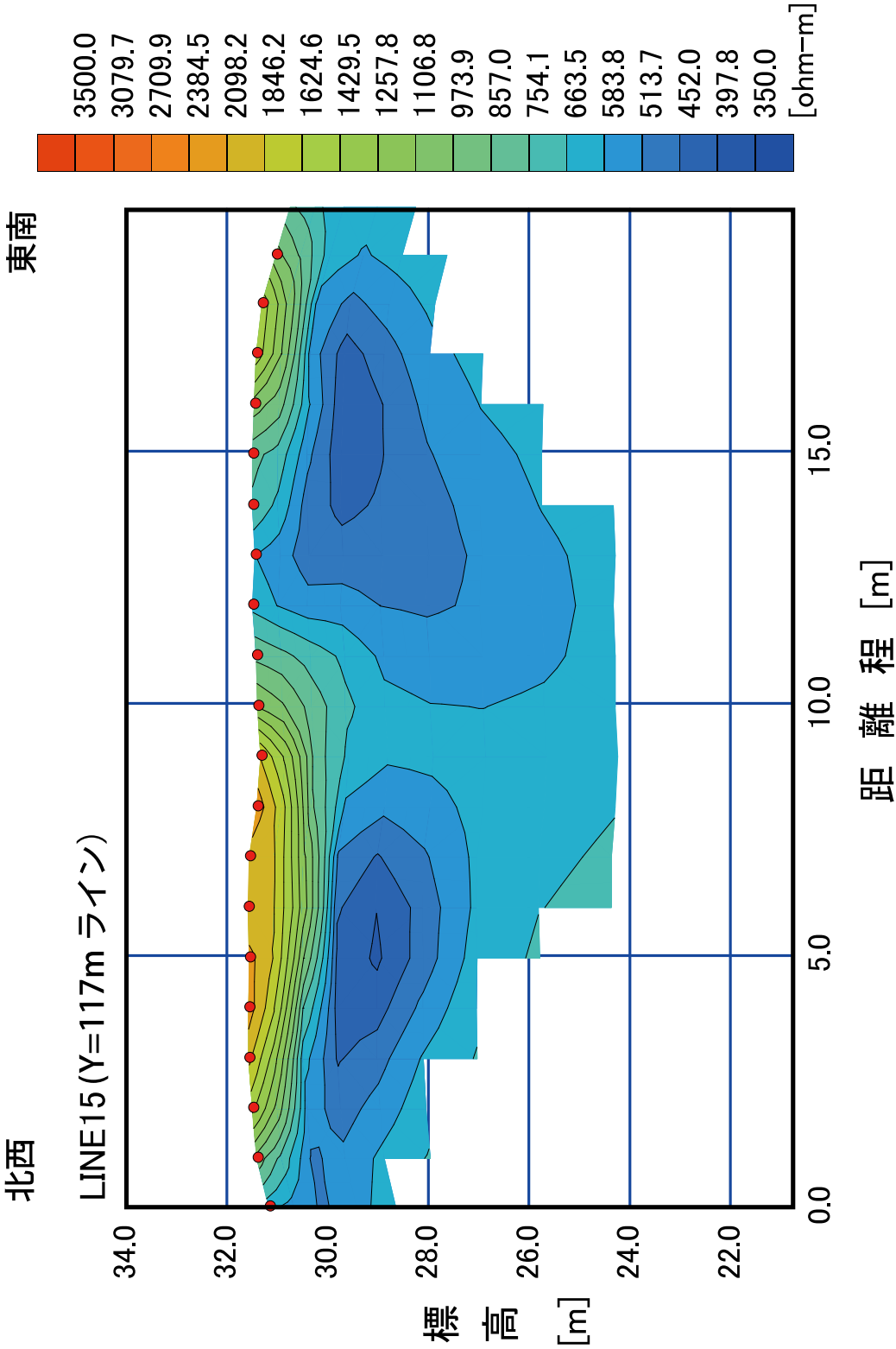
第 5-15 図 後円部 LINE005 の電気比抵抗断面図



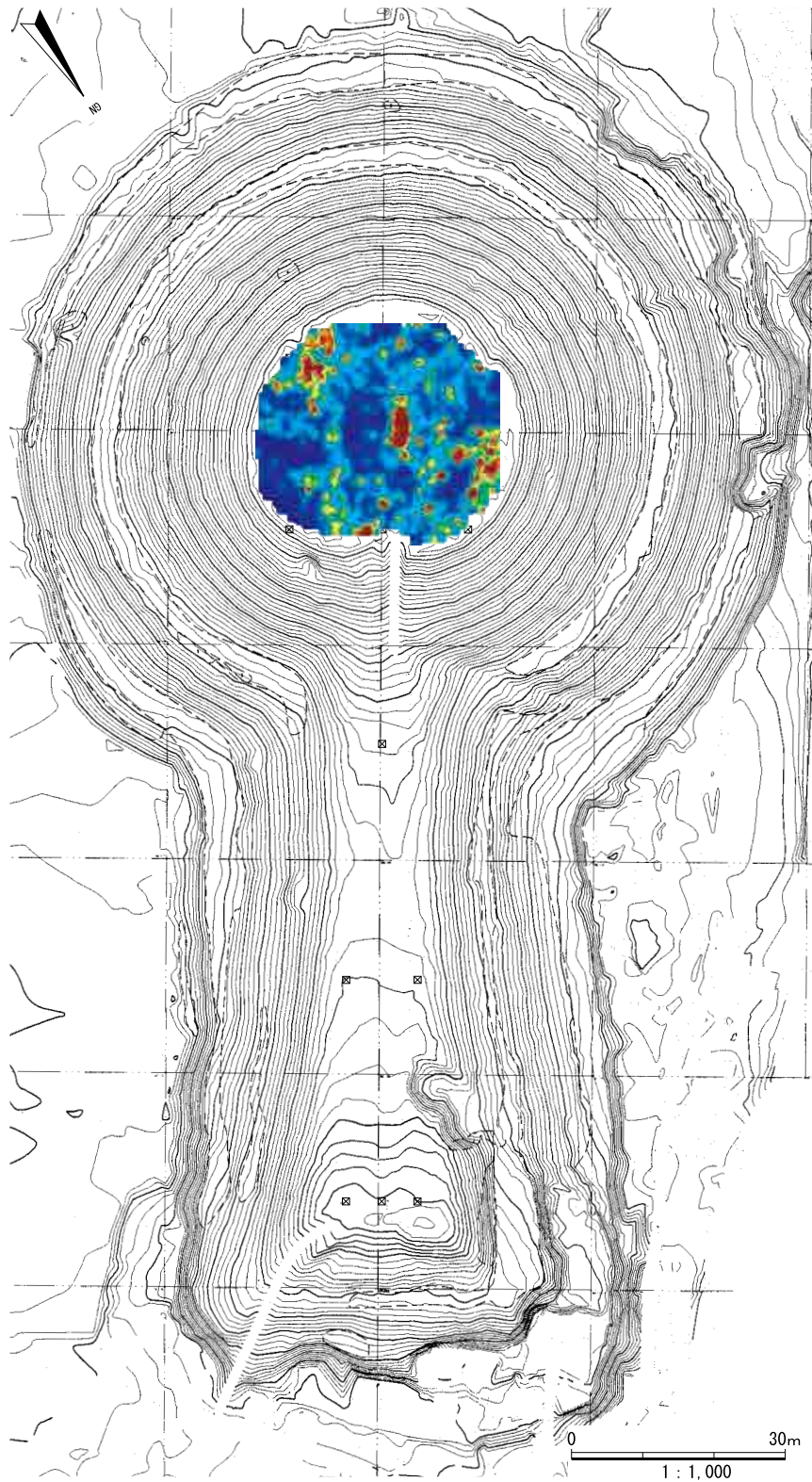
第 5-16 図 墳丘主軸上の LINE006~012 の電気比抵抗断面図



第5-17図 前方部 LINE014 の電気比抵抗断面図



第 5-18 図 前方部 LINE015 の電気比抵抗断面図



第 5-19 図 墳丘測量図と後円部地中レーダ探査結果（深度 31 ～ 38ns）