



考古学をScienceにしよう

——亀井研究室～情報工学科——



亀井 宏行 助教授

亀井研究室では、遺跡の探査をテーマに研究が行われている。もしも遺跡が発見された場合、実際に発掘を行えば、その様子はどのようなものかわかる。しかしそれは容易なことではない。発掘には莫大な費用と労力がかかるうえに、遺跡の破壊につながってしまうからだ。そのため、遺跡が発見されても必ずしも発掘が行われるわけではない。仮に発掘するとしても、事前に遺跡の様子がわかっていれば発掘を行いやすくなる。これらの理由から、亀井研究室では発掘せずに地面の中がわかるような探査方法の研究が進められている。



掘らずに地面の中を探ろう

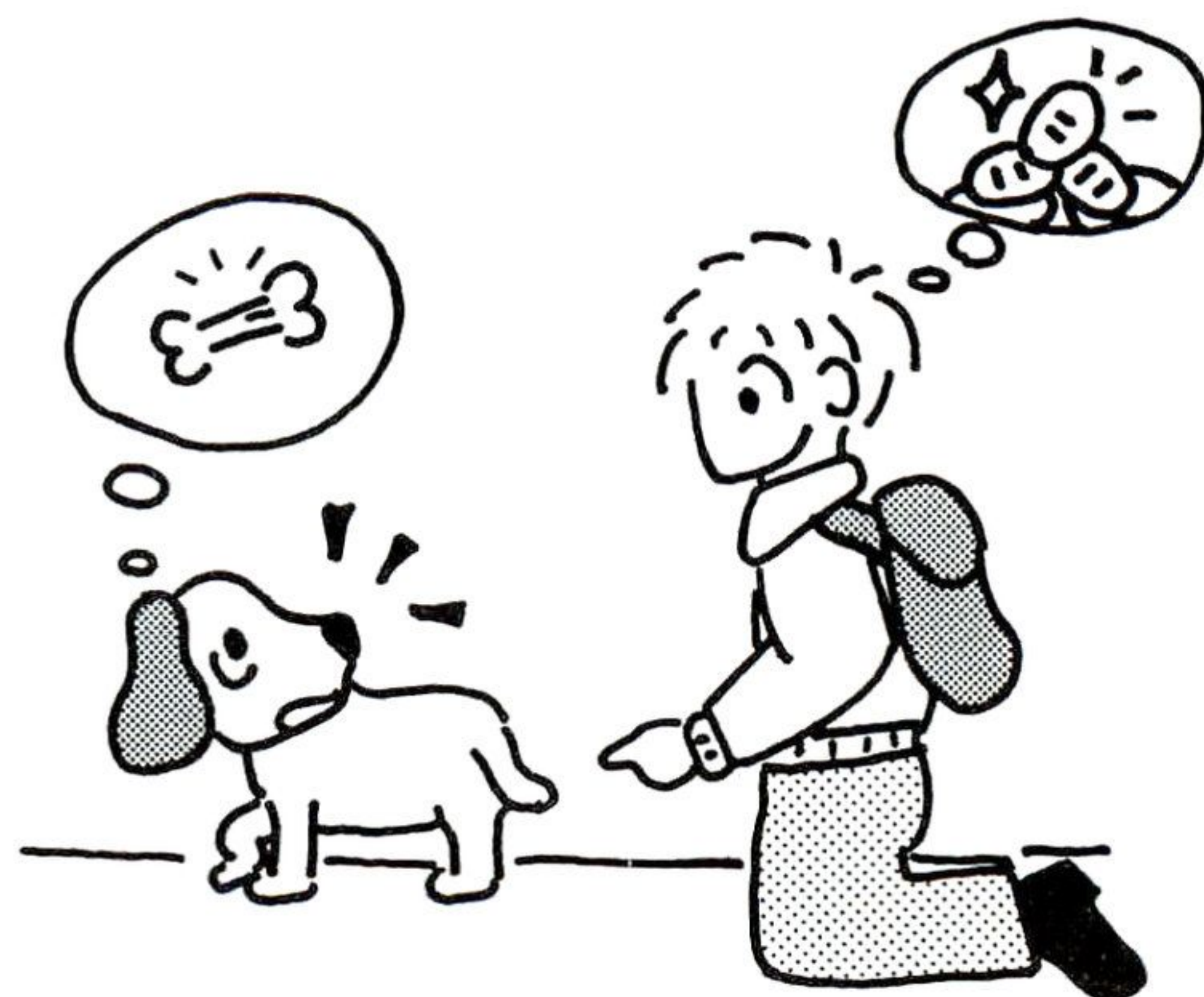
遺跡を探査する方法には、地中レーダ探査(以下レーダ探査)、電気探査、磁気探査の3つが主として使われている。これらのうち、亀井先生はレーダ探査と磁気探査について詳しく研究しているため、この2つについて紹介する。

□ レーダ探査

レーダ探査は地中に電波を飛ばし、その反射波から埋まっている物体についての情報を得る方法である。この方法の原理は、次のようなものである。まずアンテナから地中に、電波を四方八方に飛ばす。もし地面の中に物体が埋まっていれば、電波は反射して返ってくる。反射波が返ってくるまでの時間は、アンテナが地下の物体に近づくほど短くなり、物体の真上にあつたときに最も短くなる。そこで反射波が返ってくるまでの時間を縦軸に、アンテナを動かした距離を横軸にとったグラフを描く。するとグラフは図1のような曲線を描く。実際にはコンピュータによって処理され、図1で示したような曲線がモニターに映し出される。このモニターの画像より、埋まっている物体についての様々な情報を得ることができる。

まず、反射波が返ってくるまでの時間が読みとれる。もし土の誘電率がわかれば、土の中を伝わる電波の速度がわかる。この2つから物体の埋まっている深さを求めることができる。また電波が反射するとき、誘電率の小さな物質から大きな物質へ入射するのであれば位相は反転する。この位相の反転が画像から読みとれ、物体と土との誘電率の大小が比較できる。

画像から得られる曲線の形は、埋まっている物

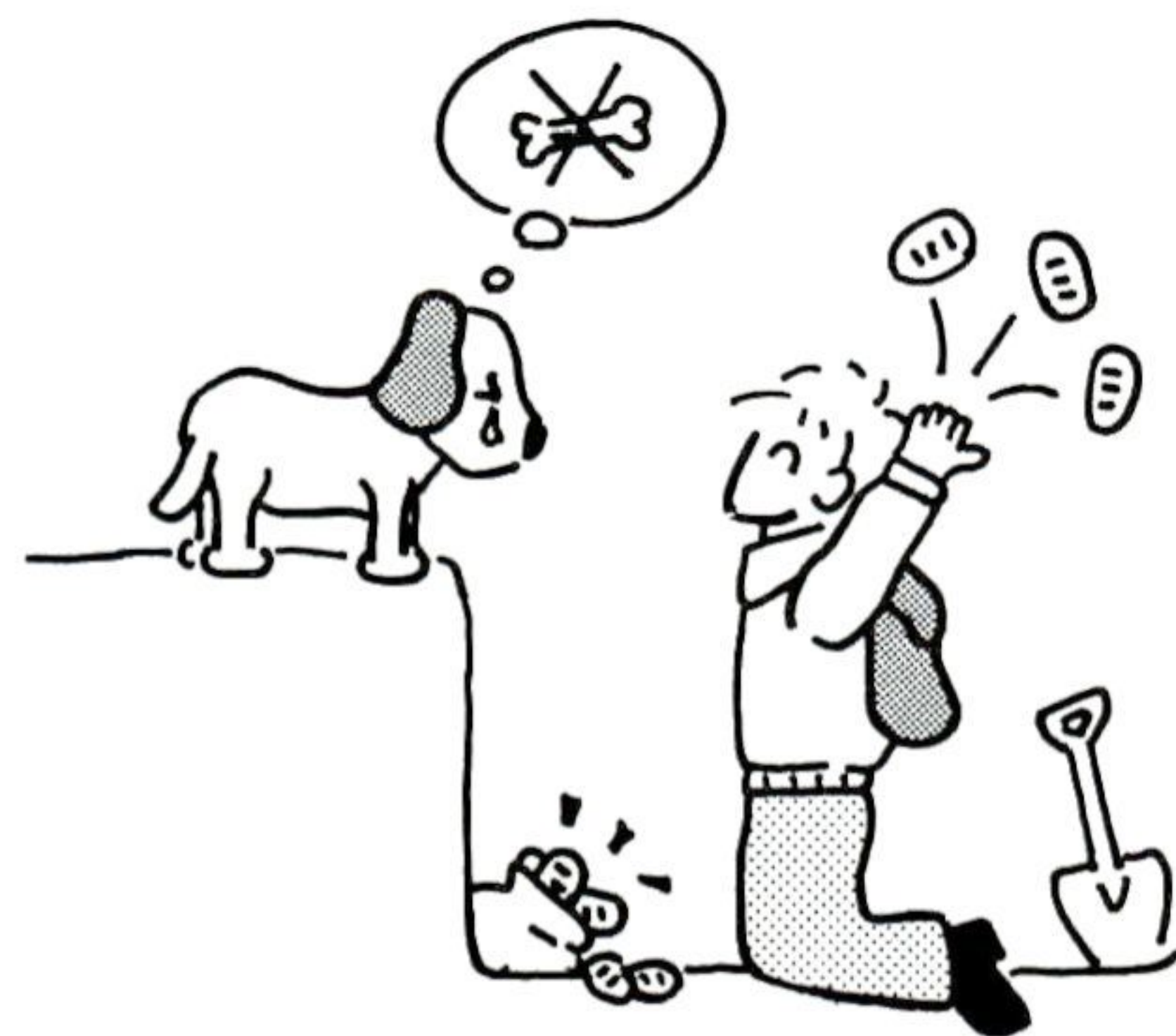


体の長さによって異なる。もしも物体の大きさが無視できるほど小さく、点とみなせるものであれば、先に図1で示したような曲線ができる。またある程度の長さを持ったものは、大きさの無視できる点の集まりとみなして考える。すると各点で図1のような曲線ができる。それらを重ね合わせると、上の部分の平らな曲線ができる。そこでその平らな部分の長さから物体の長さを推測することができる。

□ 磁気探査

磁気探査は、地中の物体が持つ磁性により地磁気が見かけ上乱れることから遺跡を探索する方法である。この乱れが起こる原因には主に2種類ある。1つは鉄や火山灰などの強い磁性を持つ物質によるものである。もう1つは粘土などが高温に熱せられた後次第に冷えていくときに持つ磁性によるものである。例としては窯跡や炉跡、土器などがある。

磁気探査の装置として代表的なものには、プロトン磁力計とフラックスゲート型グラジオメータがある。プロトン磁力計を用いると、磁界の大きさをかなりの桁数で求めることができるが、磁界の向きはわからない。これに対してフラックスゲート型グラジオメータを用いると、プロトン磁力計に比べて感度は劣るものの、磁界の大きさだけでなく向きを求めることができる。



だが市販のフラックスゲート型グラジオメータでは、磁界を垂直方向の1成分しか測定することができない。磁界は大きさと方向を持つため、ベクトルで表される。ベクトルを表現するには1成分だけでは不十分であり、3つの成分が必要になる。そこで、垂直方向に加えて東西・南北方向の磁界も求められれば物体に関する情報量が増え、位置を推測しやすくなる。このような理由から亀井先生は、磁界の3成分を同時に測定することのできるフラックスゲート型3軸グラジオメータを開発した。これにより、物体の位置を精度よく求めることができるようになった。

フラックスゲート型3軸グラジオメータは、垂直軸上に磁力計を2台間隔をあけて置いてある。下の磁力計は、地下の物体が作る磁界と地磁気とが合成された磁界を測り取る。一方、上の磁力計は地磁気しか測りとらない。そこでその差をとると、地下の物体が作る磁界のみを求めることができる。このような方法を用いて磁界を測るのは以下の理由による。地下の物体が作る磁界の大きさは、地磁気と比べてはるかに小さい。また地磁気は時間によって変動している。そのため地磁気の大きさを差し引いておかないと、物体のつくる磁界の大きさを正確に測定することができなくなってしまうのだ。

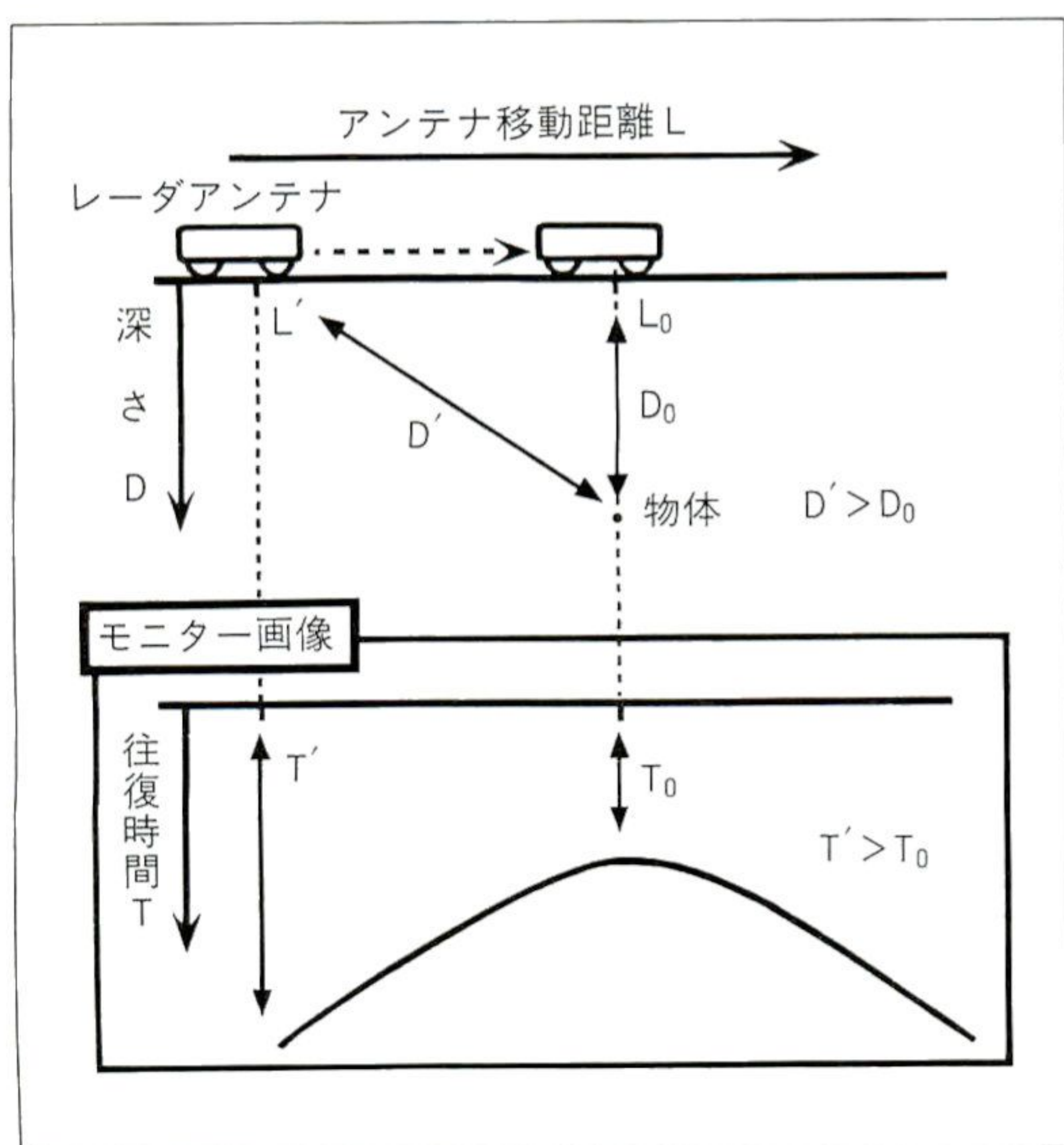


図1 レーダ探査により理論的に得られる画像

レーダ探査や磁気探査で得られる埋蔵物の分布だけから、遺跡の形や広がりやを推定できるわけではない。考古学の知識とあわせて初めてそれが可能になる。そのため遺跡の探査に携わるにあたっては、探査の技術だけではなく考古学的知識を習得することも必要になる。



よりよい探査方法を求めて

実際にこれらの探査方法が用いられた例として静岡県の石ノ形古墳の話をつかがった。この遺跡の探査にあたり、レーダ探査と電気探査と磁気探査の3つが行われた。電気探査は、地面の抵抗を測定する探査方法である。ところがこの遺跡に対しては、電気探査でははっきりとした結果が得られなかった。また磁気探査では反応しなかったが、レーダ探査を行ったところ反射波が得られた地点があった(図2)。実際に発掘を行ったところ、この地点からは青銅鏡が発見された(図3)。青銅のもつ磁性は極めて小さいため、磁気探査ではこの鏡をとらえることができなかったのだ。

またこの地点をレーダ探査するにあたっては、2種類のアンテナが使用された。1つは900MHz、もう1つは500MHzの周波数の電波を中心に受信するアンテナである。これらのアンテナで先に述べた地点を探査したところ、前者のアンテナを使用したときには反射波がとらえられなかった。ところが、後者のアンテナで探査すると反射波をとらえられた。このように同じ地点でレーダ探査を行っても、使用したアンテナによって探査結果に違いが出た。

表を参照して欲しい。一般に、電波は周波数が

	分解能	アンテナの 大きさ	持ち運び やすさ	電波の 減衰
900 MHz	高 い	小さい	良 い	大きい
500 MHz	低 い	大きい	悪 い	小さい

表 アンテナの周波数による相対的比較

高くなると波長が短くなる。すると分解能が高くなるため、遺跡の様子が細かいところまでわかるようになる。一方アンテナの大きさは、受信する電波の波長の半分の大きさである。そこで電波の周波数が高くなるとアンテナは小さくなり、反射波をとらえきれなくなる可能性が出てしまう。そのためこの地点では、周波数が900MHzの電波を中心に受信するアンテナを用いたときに、反射波がとらえられなかったのだ。しかしアンテナは小さい方が持ち運びに便利である。また電波は地中を伝わるうちに減衰する。この減衰は周波数が低い方が起こりにくい。このような理由から、アン



図2 石ノ形古墳磁気探査結果（南北方向成分）

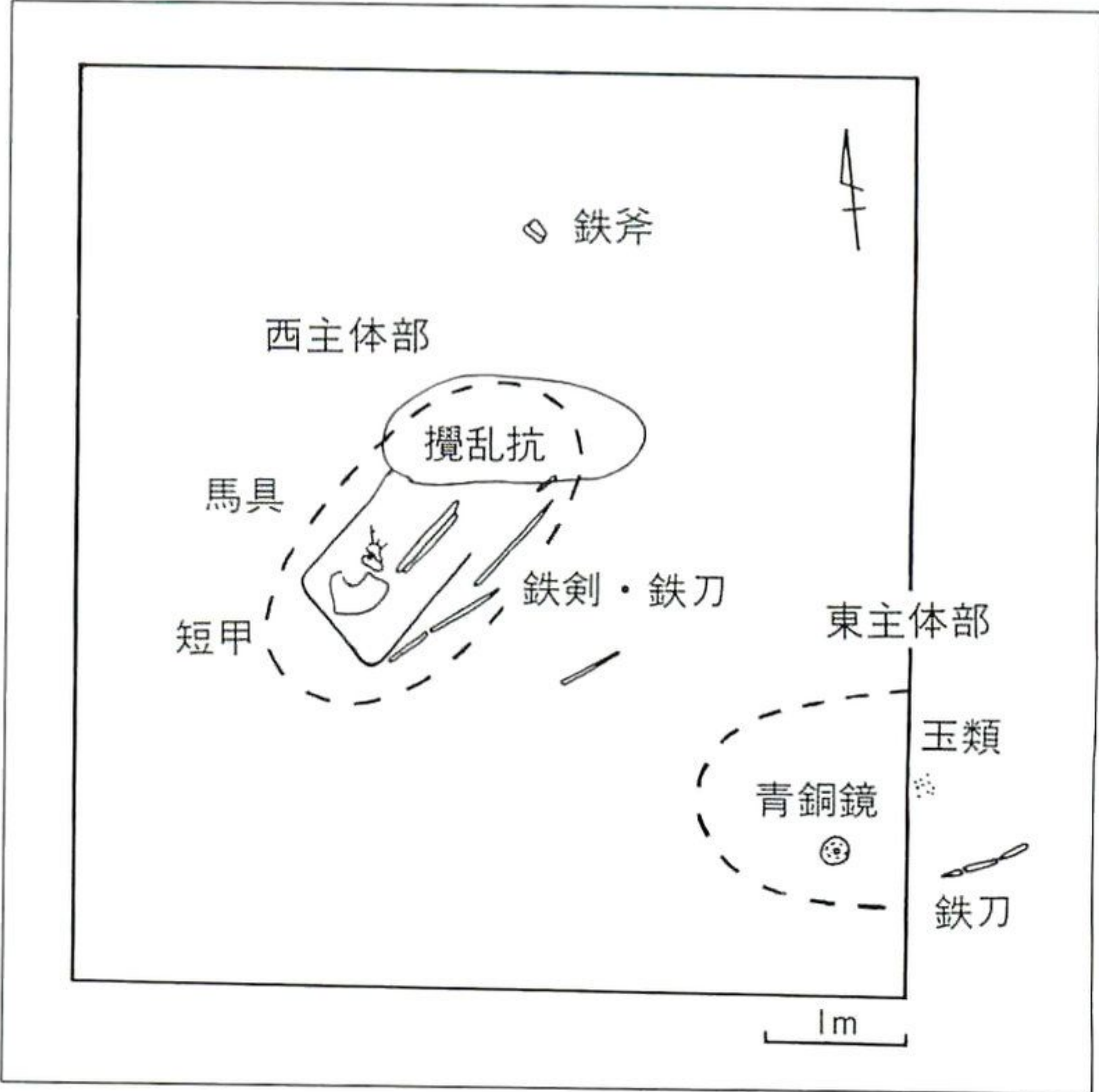


図3 石ノ形古墳発掘結果概略図

図2と図3は同じ地点を表している。図2の矢印が示す地点から青銅鏡が発見された。

テナの選択が難しいという問題が生じる。

レーダ探査において解決すべき課題は他にもある。データの処理方法もまだ確立してはいない。例えば、データ処理の1つに曲線から物体の埋まっている深さを求めるための処理がある。この処理を行うためには、地中を伝わる電波の速度を求めなければならない。そのためには先にも述べた通り、土の誘電率がわかっていなければならない。しかしこれを求めるのは容易なことではない。土の誘電率は、どこでも一様であるとは限らないからだ。一般的に、水分の量が多くなるにつれて誘電率は大きくなる。土に含まれる水分はどこでも同じではなく、場所によって誘電率の値は異なっている。このため土を伝わる電波の速度が一定でなくなり、物体の埋まっている深さを求めるのが難しくなる。

またアンテナがとらえる反射波は、埋まっている物体の上面で反射したものだけではない。この他に、底面や側面で反射を起こしたものも含まれている。そのため実際には曲線は図1のように1本だけではなく、複数描かれる(図4)。この複数ある曲線の中から物体の上面や側面、底面の反射を選び出し、物体の形を推定するための処理も必要となる。

磁気探査においても、研究すべき課題は残されている。磁気探査は強い磁性をもつ鉄製品の検出に特に有効である。だが探査の現場に空き缶などの鉄製品があったり、鉄筋の建物が近くに建っていたりするとその影響を強く受けてしまう。このように、磁気探査では周囲の影響を受けやすいという問題もある。

これまでみてきたように、探査方法はそれぞれ

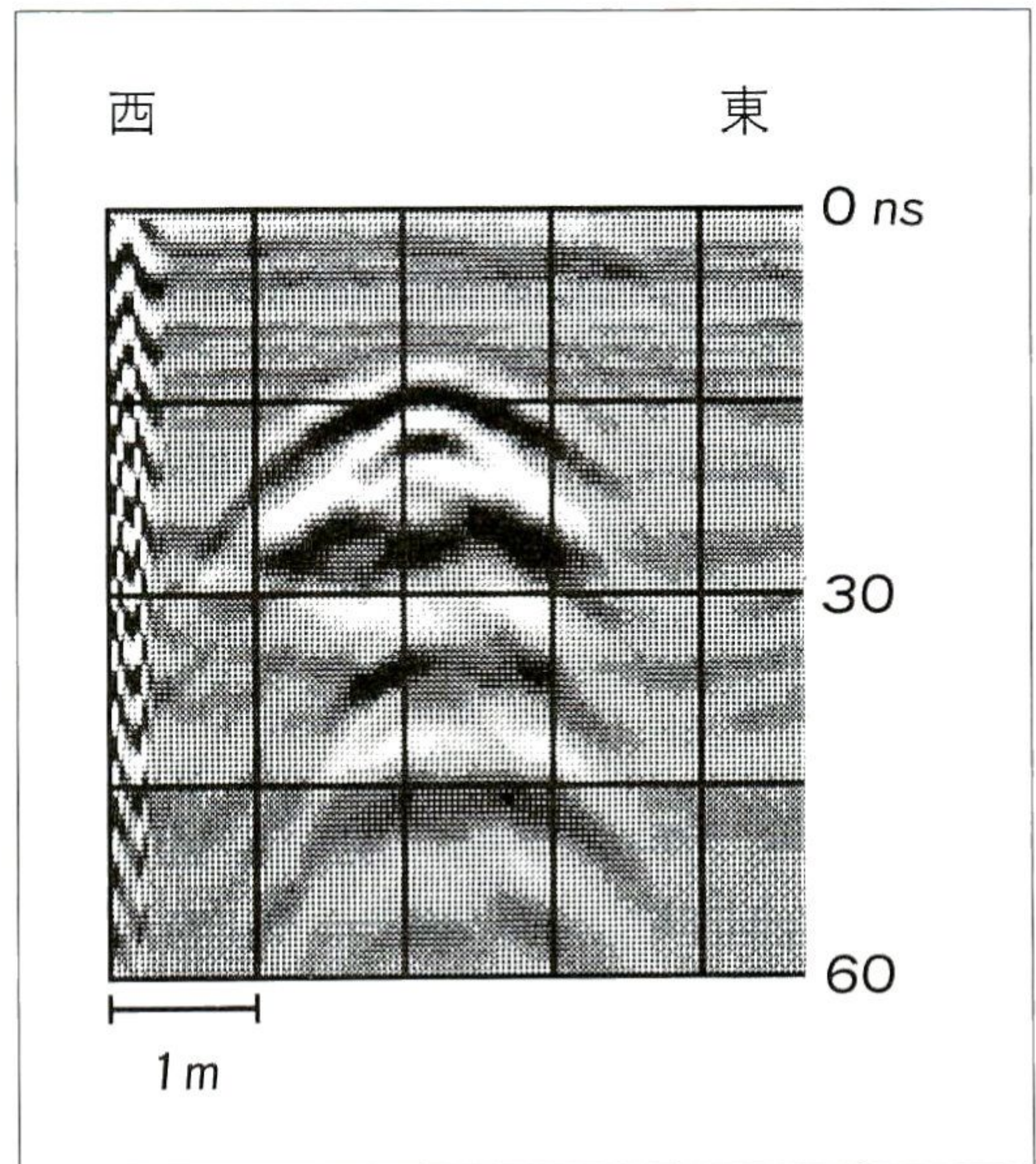


図4 レーダ探査により実際に得られる画像

特徴を持つ。探査を行うときには基本的にレーダ探査、電気探査、磁気探査の3つとも行われる。しかし複数の探査方法をとっていたのでは労力、時間、経費ともにかかりかかってしまう。そこで効率の良い探査方法の開発も望まれる。例えば、レーダ探査や電気探査で金属製品が埋まっていることがわかったとする。その後に磁気探査を行えば、それが鉄製品なのか、磁気探査ではとらえられない青銅など鉄以外の金属であるかがわかる。このように現在では、複数の探査方法をとらなくては正確な結果が得られない。もしそれを一度で可能にする装置が開発されれば、探査が効率的に行えるようになる。このような装置の開発も今後研究していきたいという。

最後に、亀井先生は考古学をScienceにしたいと語った。「日本では科学的に見ると根拠がないのに、世の中に認められていることが多々ある。そのような現実を変えていきたい」

考古学が好きでなければ、探査方法の問題点を解決するのは難しいかもしれない。でも遺跡の探査は一生続けていきたいねと亀井先生は語っていた。お忙しい中取材に応じてくださった亀井先生に感謝すると同時に、今後の研究の発展をお祈りします。
(谷口 陽子)