本田財団レポート No.91

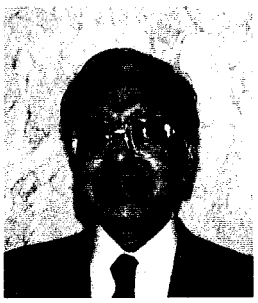
「画像情報による地球探索」

東海大学情報技術センター 所長

坂 田 俊 文　教授

財団法人 本田財団

講師略歴



坂田　俊文（さかた としぶみ）

《略歴》

1931年 東京生まれ。

1957年 千葉大学工学部卒業。
東京大学生産技術研究所を経て、イタリア ボロニア大学、西ドイツ ミュンヘン大学に留学。　工学博士（東京大学）。

1971年 東海大学教授。

1979年 東海大学情報技術センター所長。

1994年 東海大学宇宙情報センター所長を兼任し、数々の衛星画像データーの研究を進める。この間、科学技術庁、宇宙開発事業団の各種委員として、日本のリモートセンシング技術の研究開発、衛星開発などに参加している。

現在、東海大学情報技術センター所長、東海大学宇宙情報センター所長、宇宙開発事業団　技術参与、地球科学技術推進機構　機構長

《主な著書》

「画像の科学」「宇宙からみた日本列島」「宇宙開発戦争」
「『地球汚染』を解読する」など。

《授賞歴》

日本写真学会賞技術賞　1970年
日本印刷学会論文賞　1984年
NHK放送文化賞　1994年

このレポートは、平成11年2月1日パレスホテルにおいて行われた第78回本田財団懇談会の講演の要旨をまとめたものです。

ＪＪＤＭＫの発想

人工衛星で何が見えるかというのが私の仕事でありますが、つい最近、ちょっと変わったことを考えました。デマイニングということです。デマイニングというのは、地雷をなんとかつぶしてやろうという話です。世界中に１億2000万個も散らばっている地雷をなんとか宇宙から捕まえることができないかというわけです。

多くの人から「そんなばかなことを考えたって出来ないよ」と言われたのですが、プロジェクトを組みましてなけなしの金を集めてやりはじめたのですが、これがＪＪＤＭＫというプロジェクトであります。ほとんどの人はこれはわからない。わからないはずで、大体の人は英語の頭文字だと思って一生懸命英語を考えるのですが、実はローマ字で書いてある。つまり、「人工衛星で（Ｊ）地雷を（Ｊ）どう（Ｄ）見つける（Ｍ）か（Ｋ）」の頭文字なのです（笑）。

ところが、地雷というのは世界中に分布しているのです。もちろん紛争の多いところにはたくさんある。たとえば南米ひとつ見ましても、地雷を全然使っていないところと使っているところとある。いま新聞で話題になっているクロアチアとかボスニアなどでは、もちろん非常に多い。中国とかモンゴルあたりは、軍事施設というのは全部地雷で防備するわけですから、ここもけっこうある。こういう実態はあまり知られていないのではないでしょうか。

700種類もある地雷

こういうことが見えるのはグローバルな見方だろうと思うのですが、一般に地雷というと丸いものが地面の下に入っているということを考えるわけですが、いったい地雷にはどのくらいの種類があるかと調べてみましたら、アメリカ国防省のデータによると700種類あるとされています。このうち対戦車地雷が46％で対人地雷が42％ということです。

次に地雷の材料を調べましたら、金属が36％、プラスチックが36％、木が８％ありました。信じがたいことですが、木製地雷というのもあります。中国製で１個400円です。爆竹が入っているのではないかと思われるようなものです。ここには細かな組み合わせがありまして、すべてのケースについてどういう材料でやっているかというと、一晩かかって調べてもわからないぐらいの種類です。

形状については、通常、地雷は丸いと考えられますが、丸い地雷が65　66％、角形が24％ということがわかってきました。

大きさですが、いちばん多いサイズは 30 センチぐらいのものです。そのほか 20 センチ、40 センチぐらいのものもあります。対人地雷の場合は、そんなに深くは入っていません。子供が歩いたぐらいでは本来は爆発しないのですが、子供はトントン跳ねて歩くものですから、吹っ飛ぶケースが非常に多い。ひどいことにアフガンあたりは少年兵を使っている。少年兵は体が軽いからで、彼らは銃をひきずって歩いています。だらしない兵隊にに見えますが、あれは命を守るためなのです。こういうことがわかってくると、なるほどなと思う反面、きわめて憤りを感ずるような問題であります。

たとえば、カンボジアで使われている地雷のいままでのケースから見ると、丸いものとか、手榴弾を改造したものが見られます。これがロシア製、アメリカ製、インド製、中国製とさまざまな国に分布しているわけですが、見たこともないような奇妙な形の地雷があったりします。実はこれを調べるのに１年ほどかかりました。どういうところにこういうものがあるかということも、一つの興味のあることでした。

人工衛星による地雷探査の原理

こんなことをやりながら、はたしてこれが人工衛星で見つかるだろうかという変なことを考えたわけです。人工衛星は光学センサーとマイクロ波のセンサーを積んでいます。光学センサーの場合は、目で見えるものと赤外線で見えるものを見つけ、電波センサーを使ってどの程度マイクロ波が中に潜ってくれるかということで、この二つを組み合わせればなんとかならないだろうかと考えたのです。そこで、光学センサーを積んでいる人工衛星とマイクロ波を積んでいる人工衛星を使って、本当にこれが見えるだろうかという実験をやりました。

原理的には、地中のある程度の深さまで入ってしまうと見えないけれども、１、２メートルの浅いところであれば見えるだろうということです。10 メートルですと、特定の岩盤などの反射がありますけれども、その中間の状況はある程度掘って判読できるわけですから、こういうことを考えて、いろいろな地質、土壌、砂、岩石がどういうふうに出てくるかを調べていきました。

いろいろなファクターがあるわけですが、いちばん見つけやすいのは乾燥した状態であることです。いま戦後処理でいちばんきちっとしたことをやっていないのはカンボジアで、したがって犠牲者も大量に出ている。カンボジアというのは、乾燥期はひどく乾き、雨期にはすごい雨量があるという極端なところです。そこで、乾期になればじゅうぶん合成開口レーダーを使って見つけられるから、乾期を狙ってやろうということで、土と砂の乾燥状態によってどんな状況になる

かということを、Lバンドという、波長23.5センチの電波で調べることにしました。

失敗続きの実験

私どもの人工衛星の受信基地は熊本にあるのですが、ここは農地の真ん中につくってあるので、水が浸透するように空き地がたくさんありまして、そこへ模擬的な意味での地雷を埋めてみました。これについては、こういう地域に対して種々のデータを分布させ、どういう画像が出るだろうかということをやってみました。

模擬地雷は予算の関係で要らなくなったＣＣＴのテープを使います。テープはマグネットですし周りはプラスチックで、本物とよく似ています。もうひとつは、スクーターのタイヤを使ったものです。このために、中古自動車店に行って一挙に 100 個ぐらいのタイヤを持ってきました。最初のうちは要らないから持っていけと言っていたのに、向こうもだんだん欲を出してお金を取るようになりました（笑）。

それから、電波がどういう角度で、どの金属板にどうやって反射するかということで、コーナーリフレクターというものを並べてみました。こういうような基礎的な実験を組み合わせればなんとか出来るのではないかということで、これを熊本でやっている一つの実験です。もうひとつは、鳥取の砂丘にいろいろ埋めてやった実験です。砂地でこれも合成開口レーダーでやった例であります。

こういうふうにして何か所かで、いろいろなピッチでいろいろな深さで埋めてみて、どのくらいだったら出来るだろうかというようなことで実験をしました。球体を使ったり、種々の条件をつくってやってみましたが、全部失敗しました。やはり出ません。

なぜ失敗したかというと、問題は水分です。雨が降って、その水分がじゅうぶん蒸発しないうちに、限られた時間でやらなくてはいけない。これは環境庁の管理しているところで厳しいものですから、とにかく短い時間内にやらなくてはいけないという制約があるわけです。

最終的には、ついこのあいだのデータでは、深さ 30 センチから 20 センチぐらいで、球体にすると直径 20 センチぐらいのものが出ることが判明しましたので、これは出来るということで、これからまた実験を続けることにしています。宇宙からの実験は、だめだと言われつつもやってみれば必ず何とかなるようだというところから、今年中になんとかカンボジアに行って実験をやるつもりで、これからお金を集めようかと思ってます。実際にこれで人が助かれば、新しい意味の平和への貢献となると思うのです。

発想の原点は「宇宙考古学」の遺跡探査

実はこのヒントは、だいぶ前にさかのぼりますが、人工衛星で遺跡を見つけられないかという奇妙なことを考えたところに始まります。これも人にばかにされました。お前の考えることはだいたい突拍子ないことだが、そんなことは無理だろうと言われました。だめだろうと人に言われるとやりたくなる癖があります。

これは地雷とは違って、長い時間をかけてやってきた地球観測のなかでの実験です。宇宙から遺跡が調べられないかということで、「宇宙考古学」という言葉をつくりました。こういうことを言ったら、宇宙の誕生を研究するのかと言われたのですが、これは正確に言えば archeology from spacer です。宇宙技術を使って考古学ができるだろうかという発想からきています。つまり、タイトルは「宇宙から考古学　人工衛星によって遺跡探査ができるだろうか」ということになります。

これをやっているあいだに地雷探査がなんとかできないかと考えていたら、こっちのほうがうまくいってしまったというわけです。地雷探査のほうはまだまだこれから続けてやっていくつもりですが、宇宙考古学のほうは、いろいろなところで実験を重ねて、だんだんわかってきました。

図　A　：人工衛星で撮影した地球の画像をコンピュータ処理した。
○印の所は著名な遺跡。



コンピューターで見る地球の姿

われわれのやっている仕事というのは、24 時間中衛星をトラッキングして、地球がどう変わっていくかというのを見ていくことです。地球全体の姿は時間とともにさまざまに変わっていく状況を見ているわけですが、これを見ていますと、必ず雲のないところがあります。これは夏と冬で違いますが、ここが注目の第1点です。そこで、いまのデータをコンピューター画像処理によって見るとどうなるか。

いま台風の発生しているところを見ているわけですが、雲を取ってしまうとどうなるかというと、こうなってしまう。実に地球というのはのっぺらぼうなもので、海がよく見えます。コンピューターのプログラムというのは楽なもので、海の水を追い出そうと思えば追い出すことができるし、海の底がどうなっているかを見ることもできます。

そうすると、目立つのは緑と海の水と茶色の沙漠帯、乾燥帯が見えます。その乾燥帯の全体の分布を見ますと、北半球と南半球の中緯度帯、北緯 10 度から北緯 45 度、南緯 10 度から南緯 45 度帯というのは高気圧帯と呼ばれ、ここは乾燥するわけです。なぜ乾燥するかというと、きわめて単純に言えば、太陽が非常に強く赤道に当たりますから、そこでは一遍に水が蒸発するためです。 もちろん、海で蒸発している水分と陸地から蒸発する水分とには差があるわけで、陸地から発生する雲の形と海で発生する雲の形は違います。これが非常に速い速度で上に上がってくると急速に冷えます。冷えると水蒸気は凝縮して雨になり、赤道近くではスコール（熱帯雨）になるわけです。さらに上がったものは軽くなっていますから、地球の回転によって飛ばされて、結局、北半球は北極へ、南半球は南極方向へ雲が移動するわけです。

赤道の円周速度は 460m／sec ぐらいですから、北緯 60 度ぐらいだったら 200m／sec ぐらいで、川の流れと同じで、中心部は速く流れますが、周辺部はゆっくり流れる。そうすると、ごみが寄るように、雲は南極へ北極へと移動するわけですから、ちょうど真ん中が開く。したがって、そこは乾燥するわけです。これが乾燥バンドです。

地球全体のなかで大陸の占める割合は 30％ぐらいで、残りの 70％近くが海洋ですから、「水の地球」と呼ばれるわけで、この陸の様相は、陸に供給される水によって環境条件が決まってくるのですが、どちらかというと北半球のほうが大陸部分が多く、したがって人口も多い。

しかも、北半球では、大陸の分布が中緯度帯を中心にして分布するの対して、南半球では、極地に大陸があり、あと大陸の一部しかない。ただ、北極には大陸がなくて低いわけですから、当然、気流の回転によって複雑に動きは変わっていく。一方、南極大陸の上空は過流ができている。こ

れが地球の表面の大気の動きや環境を変えるわけです。

民族の移動を示す証拠

通常われわれは、メルカトール地図で地球を見ているのですが、メルカトールというのはもともとインチキな地図で、 360 度をいっぱいに広げているわけですから、本当の地球のことを考える場合に、これで判断するのは危険です。ただ、見やすい地図ではあることは確かで、これで見ると、北緯 10 度から 45 度はバンド状の乾燥帯です。ここで雲を除去した姿を見ると、のっぺらぼうのかたちになっている。乾燥帯が地球の環境を支配するわけです。

この部分をもうすこし違った目で見てみますと、シュミレーションした海底を入れた画像で地球環境変動で水位が上昇したときと下降したときの大陸の縁の変化を見ると、 100 メートル上昇したときと 100 メートル下降したときを考えると、いかに世界の環境が変わるかがわかります。

たとえば 100 メートル下がったときには、白い部分が全部陸地化、または浅海化するわけです。人類は、アフリカの大地溝帯から北上したグループ、西に向かったグループ、東に向かったグループとに分かれて氷河期に移動してこっちへ来るわけで、いちばん近いところでは 1 万 2000 年ぐらい前に、こちらにいたグループは新大陸アメリカに渡り、2000 年ぐらいで南北アメリカ大陸を渡り切って南米の南端のフエゴ島まで達している。こちらのほうは、4 万年前に一方、東南アジアから南下したグループはオーストラリアをとおってタスマニアまで達している。太平洋に散らばった島嶼には早いのは、ＢＣ 6 世紀ぐらいから移住している。ハワイは比較的新しくて 3 世紀ぐらいに来たという証拠がある。

戦後、私が読んだ本によると（『コンチキ号漂流記』）、ここにいる人たちは南米から来たというのですが、筏で行ってみたらやはり無理だったということから、島嶼にいる人たちはモンゴロイドが拡散しているのではないかと思われます。

地球環境と都市の盛衰

人工衛星の画を見ているといろいろなことがわかってきます。乾燥帯を移動していった人類がここを行ったり来たりしていたわけです。そこで、少しそれを整理してみると、とくに大きな沙漠、サハラ沙漠、ナミブ沙漠、カラハリ沙漠、オーストラリア沙漠、タクラマカン沙漠、ペルー

沙漠、アタカマ沙漠、パタゴニア沙漠等々の有名な沙漠は、人工衛星で見た乾燥帯の下にあるわけです。

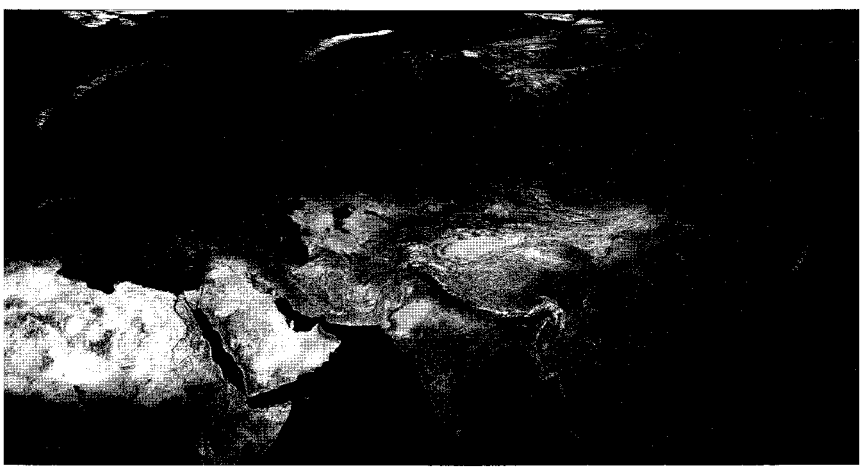
さらに別の視点から、都市の分布と気候図を全部調べていきますと、赤く描いているところは、かつての歴史上に現れ、いまは消えてしまったり、小さくなってしまった都市です。トロイ、ウル、バビロン、モヘンジョダロ、敦煌、ナスカ、テオティワカンなどがどんどん変わっていってしまった。 これらの古代都市がなくなって、いまの大都市というのはもうすこし緯度が上がって、ローマ、パリ、ニューヨーク、北京ということになっている。地球の温暖化が進むとさらに北に行くだろうと思われます。そして、いま寒冷化しているところが大都市になっていくだろう。つまり、環境変動によって都市の移動が起こったり、都市が拡散する。したがって、民族も拡散してくる。つまり、温暖化　乾燥化　湿潤化という地球の上に表れるリズムが、実は人間の文明を支配してきたのではないだろうかということを考えたわけです。

そこで、かつての文明のあったところをプロットしてみると、沙漠の上に分布します。最初はなぜあんな沙漠に人々が住んでいたのかと思っていたのですが、そうではなくて、沙漠になってしまったのです。サハラ沙漠の中心部にあるマリあたりで、ウラン探査ができるかということを調べていたときにびっくりしたのは、いちばん乾燥の激しいところに行ったら、一抱えもあるような珪化木という、化石になってしまった長さ 20 メートル、30 メートルの木がいっぱい倒れていることでした。

こんな乾燥帯がかつては大森林地帯であったということを知ったショックがきっかけになり、そういうところを調べてみようという欲張りなことを考え、宇宙から遺跡を探るというテーマを進めたわけです。

図　B：シルクロードが通ったユーラシア大陸の自然の姿

（人工衛星からの画像データをコンピュータ処理）



水のあるところに文明が興る

そういうテーマをもっていままで、エジプト、シリア、ウズベキスタン、トルキスタン、中国、イタリアと歩きました。本来やるべき仕事のあいだにはさめてこれらの遺跡を探っていくと、だんだん面白くなってきました。

以前、奈良のシルクロード博を見たときにインチキではないかと思ったのですが、シルクロードというのは、中国の長安からローマまでをシルクロードと言っているので、だれも奈良からスタートしたとは言っていない。ところが、いつのまにか日本人はシルクロードの出発点を奈良にしている。ぼくが奈良の人にあれはインチキではないですかと言ったら、そう言われると困る、どうしたらいいかというので、長安から奈良をつないで新シルクロードと言えばいいじゃないかということで、決着したのです。

そうして奈良から調べていくと、朝鮮半島、渤海を経由し、上海を通って中国の中央部から来ると、有名なタクラマカン沙漠を通る。そこの地図作りを暇にあかして4年ぐらいかけてやってみたのですが、そうしてみると、地球が温暖化しているときは、天山山脈の北側を通っているが、寒冷化しているときは河西回廊とか天山南路を通過する。要するに、そのときの気候条件で変わるというわけです。だいたいこれらの道はパミール高原につながります。パミール高原からウズベキスタンに下りて中央アジアに入り、さらに西のほうへ行き、イラク、シリアのあたりを通り、最終的には地中海をぬけてローマに至るわけです。

シルクロードは1世紀から3世紀のころにいちばん華やかになっているわけですが、いま北シリアにあるパルミラという遺跡があります。そのころ、ゼノビア王朝というのが栄えていて、人口が当時で20万人いたといわれるのです。現在は4万人ぐらいです。ところが、ここへ行ってびっくりしたことに、ローマの比ではないほどの列柱が立ち並んでいる。このパルミラの遺跡を人工衛星から見ると、まったく何もない沙漠のど真ん中にあるのです。わづかに「なつめ」椰子園があるくらいです。実は、このパルミラというところはシリア沙漠の中でいちばん低いところですから、地下水が溜まっていて地下を掘れば水が出てくる。つまり、キャラバンサライがその周辺にたくさんあって、そこが交易の交換所になったのです。

同じようなことは天山山脈でも言えます。あそこも山脈の縁の水の溜まるところに都がある。要するに、水の文明です。水があるから人間が集まるのです。たまたまテレビで屋久島の話をしていて、緑のないところには人間は住めないと言っていましたが、沙漠から帰ってきたばかりだ

から、これは嘘だと思いました。緑がなくても人間は水があれば住めるのです。水の地球の中に生物が誕生したのです。

エジプト文明の謎

パルミラの調査をやっていくうちにふいと気づいたのがチグリス・ユーフラテスの文明です。われわれが社会科で習ったときは、チグリスとユーフラテスの二つの川を一緒に習ったのだけれども、これは一緒になっていないのです。両川がいちばん近づいているのはバグダッドのところで、あとは離れて流れています。このチグリス・ユーフラテス川のメソポタミア文明、ナイル文明、インダス文明、長江（黄河）文明とあるわけです。

ところが不思議なことに、チグリス・ユーフラテスの下流に発達したメソポタミア文明は消滅したのですが、それはなぜかというと、水源地が北緯 40 度帯にあるアナトリア高原やザクロス山脈にある。つまり、地球規模の寒冷や乾燥の気象変動があると、高緯度地帯には水の供給が減少します。チグリス川の上流には、かつての水溜めの池がある。乾燥化したときの対策だったのでしょう。

インダスも同様、気象変動で変わっています。黄河も同様で、水源地の水変動が起こっている。いまいちばん大きいのは、黄河で水位が変わっている。中流域で水を取りすぎていて、下流に落ちていないのです。これは人為的なことも重なっているからですが、ともかく地球規模の変動によって水の供給が変わることは確かです。

ただ、ナイル川だけは上流が熱帯雨林帯なのです。ですから、水の供給は変わらずにある。ナイルはいまエジプトのど真ん中を流れているわけですが、エジプト全面積の 6 %に当たり、それ以外は全部沙漠です。あの地域の平均降雨量は年間わずか 30 ミリといわれるほど少ないのですが、ど真ん中の川に水が滔々と流れているために、そこにいまだに 6000 万人近い人間が生きている。なぜここに文明が栄えて、今日まで存続しているかということが疑問です。

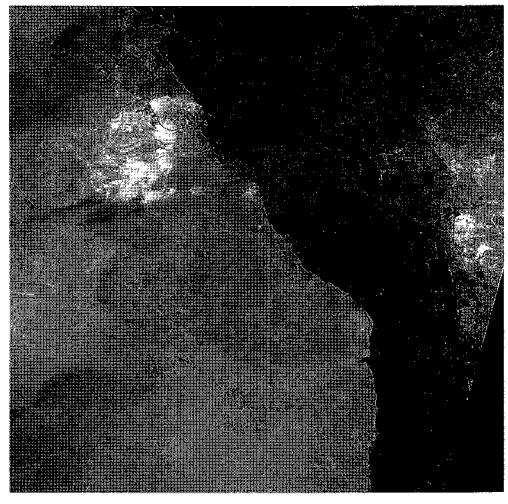
ピラミッドは崖っぷちに立っている

そこで、なぜピラミッドがあそこにあるのかという疑問から、エジプト沙漠の調査を始めたわけです。ピラミッドのある沙漠について、沙漠の真ん中にどうしてあんな巨大なピラミッドが出来たのだろうか。われわれが戦後見たハリウッド映画などでは、鞭を振るって民衆が働かされて

ピラミッドの石を引っ張っていましたが、あれは嘘だということがわかってきました。

1800 年代、ロバートという人が、写真のない時代に当時残っている遺跡を克明に写生した絵を描いているのですが、ルクソール神殿、カルナック神殿と、ナイル川に沿って巨石の神殿が残っていまして、エジプト文明の遺跡は川のそばにある。すなわち水の文明なのです。これが意外と忘れられている。そして、ピラミッドはナイル川の西側にずっと並んでいます。しかも崖っぷちです。ナイル川というのはもともとナイルバレーと呼ばれているぐらいで、いまから十数万年前に、旧ナイルから新ナイルに河川流が変わったわけですが、それは西のほうから押し寄せてくる砂漠化によってナイル川の縁の崖のところに砂が溜まり、その岩盤の上に建っているのです。これは、あまりよく知られてないし、こういう話は文献的には少ないのですが、ナイルが河川文明であったということを絵ははっきり示しているわけです。

図　C：ナイル川の西岸に沿ってピラミッドが並んでいる



そして、1980 年代の終わり頃から 90 年の初めにこのあたりをウロウロして調べているうちに、面白いことがわかってきました。要するに、ピラミッドはナイル川の崖の上に立っていたということです。東側はナイル川ですから、ピラミッドの写真を撮るときは、西を向いて撮るために後ろ側は沙漠になる。そのために、みんなピラミッドは沙漠の真ん中にあると思っていた。実際にあそこに行っていない人は、あれが崖っぷちギリギリに立っているとはだれも思っていなかった。

ロバートの絵によると、1800 年代の初めのスフィンクスは砂の中に随分埋まっている。有名なギザのピラミッドは高さ 157 メートルぐらいありますが、当時はこのあたりも何もなくて、砂だらけでした。現在は十数メートル掘って下の岩盤まで出ています。これを見ると、たしかに沙漠の中にピラミッドがあるということがよくわかるわけで、こういう幻想的な絵というのは、

これまで見ませんでした。

ピラミッドの王朝がどうやって出来たかということを考えると、文明というのは水に支配されるということで、古代文明の遺跡というのは、中緯度地帯の現在の沙漠にあり、文明と環境とは非常に大きなかかわり合いがあるわけです。水と沙漠のかかわり合いということでさまざまな文献を調べていけば、もっといろいろなことがわかるのではないかと思いました。

エジプト王朝、つまり古王朝の時代というのは湿潤期です。中王朝でも湿潤期、新王国でも湿潤期なのですが、そのあいだに乾燥期がありますが、このときは中間期と呼ばれ、王朝がつぶれるのです。これは大事なことで、ナイル川の水位変動が激しいのです。ナイル川にはナイロメーターといって、古代から洪水がどのくらいかという計測する施設があり、記録が残っています。

ナイル川というのは、地中海の平均水準に対して海抜 20 メートルにあるのですが、それが雨期には 40 メートルにもなる。20 メートルの高さで洪水が起こるのです。しかも、その時期というのは、8 月の終わりから 9 月がピークで 10 月に下がる。洪水が起きて消えるまでは、2　3 ヶ月かかるのです。

そうすると、900 年近く続いた古王朝は、乾燥期につぶれてしまう。その原因は農耕地の減少で収穫が減り、経済力が減退する。ナイル川が氾濫しないと農業が疲弊するわけです。ここではこういうことが繰り返されているのです。ピラミッドはこの古王国の時代につくられ、中王国から新王国に移るころは、有名な「王家の谷」のほうに墓が移るわけです。

図　D：人工衛星からのレーダで未知の石材の散乱（○印の所）
を見つけ、地上調査の結果、ピラミッドと推定された。



ピラミッド・チェックリストの作成

これまであまり知られていないこういうことを調べようということで、衛星データを使って画像システムを作り、地図を作り、現地調査をやりました。そして、考古学的資料の調査、地形図、地質も調べました。そして、衛星でまず既知のところから始めて未知のところを調べることにしたのです。

これはカイロの町ですが、ナイル川がこう流れています。おもしろいことは、ネクロポリス（黄泉の国）はまさに西です。一つだけどういうわけか東にあるのですが、現在、80 まで分かっています。ピラミッド・チェックリストというのを作り、どの王朝でどういう高さのピラミッドが、どこに立っているかを調べたわけです。

古い王国の時代、 900 年間にどのくらいのピラミッドが建てられたか。ファラオの数だけあったと仮定しますと、ファラオが 160 人。そうすると、現在 80 まで見つかっているので、残りがまだ 80 はあったはずで、そのうち半分ぐらいはどこか分からなくなってしまっているだろう。つまり、材料を転用して、いいものを持っていって別に建てることもあるだろう。また、ピラミッドの表面は、アスワンから持ってきたきれいな赤い花崗岩が張ってあるわけですが、これもいま上のほうだけ残っている。どこに持っていくかというと、家の床に敷いてあったりする。つまり、いい墓が出来ると取られてしまうのです。

そこで、いつの王朝でどんな墓が出来たかということをコンピューターのプログラムに入れて調査をやってみました。たとえば、1番のアブラワッシュというものは、どういう形で、いつの時代の王様のものかということで調べてみたのです。これはファラオの記録が残っていますから、ないピラミッドがあるわけで、それを抜けばどこかにあるはずだというので、その地域を調べていくうちに、どの王朝の時代のどの王様のはあって、だれのがないということがわかってきました。

次に地質を調べてみますと、ピラミッドはナイルバレーの岩盤の強いところに建てられるのです。あのような何万トンもする巨大なピラミッドは岩盤の上でないともつはずはない。砂上の楼閣は文字通りもたないわけです。

衛星画像とレーダーを駆使してピラミッドをのぞく

そういう地質調査をしていよいよ衛星画像で撮ってみました。これがアレキサンドリアで、ここがナイルデルタです。ここがカイロで、これがルクソールです。「王家の谷」はここにあります。ピラミッドはここにはありません。

さらに克明に見ていきますと、カイロの町が見えます。これがギザ街道といって、街道が西に出たところに有名なギザのピラミッドがあります。あとピラミッドはこの崖の縁にずっとあります。合成開口レーダーで岩盤を調べたら、まさにそういうことがわかりました。ギザにはピラミッドが3基ありますが、スフィンクスがあって、参道があります。ナイル川にはたくさんの支流が来ていて、崖の下のところまで支流が入っているのです。

スフィンクスのあったところは、河岸神殿と呼ばれていますが、掘ってみるとまさに河岸神殿があって、港の跡があります。ですから、ここに船が着いて、河岸神殿から参道を上って拝殿に入ってくるのでしょう。

宗教的な見方をすると、ピラミッドがあって、中に被葬者がいて、神殿があってということなのですが、考古学的な見方をして、こういうピラミッドがどういうふうに作られて、どこからこれだけ大きな素材を持ってきて組み立てたかを考えると、河岸神殿が非常に重要な意味をもつのです。ピラミッド建設のとき、河岸神殿は石を運んできた港であり、参道というのは工事用道路と考えられる。だから、便利なところに道が付いているわけです。

これを衛星地図を集めてやってみますと、いろいろ面白いことがわかってきました。地質的には、ここは石灰岩のあるところで、ピラミッドの中心部の素材は、この周辺からの石材を持ってきたものです。化粧岩はアスワンから川に沿って下ろしてくるということです。そして、調査ポイントを見つけてこのあたりを調べると、下はたしかに岩盤であり、そこにピラミッドがあるということはわかってきました。

今度は赤外線でこの地域を見てみることにしました。植生の分布とか地質の違いを見ていくわけですが、沙漠ですからほとんど何の情報もありません。これが光学センサーを使った理由です。

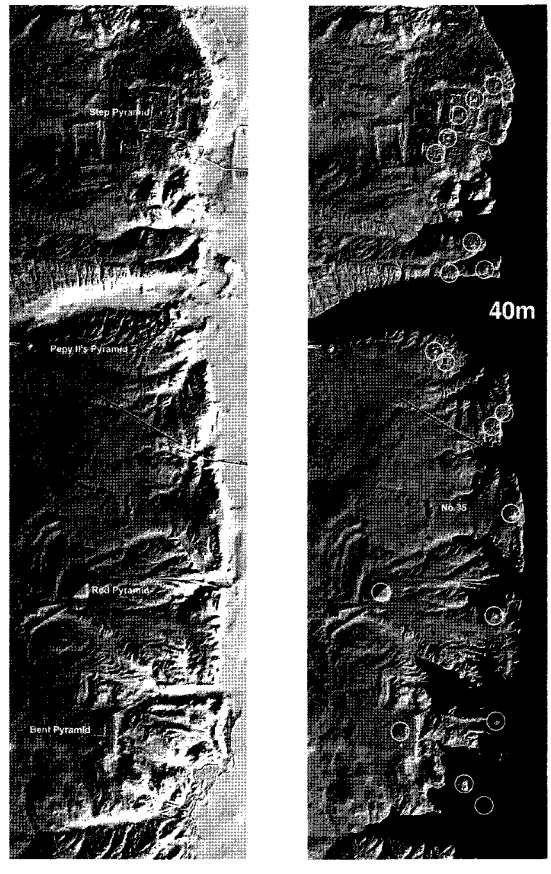
フランスのスポットという衛星で見ると、個々の形状は見えるわけですが、この程度です。ところが、レーダーを使って同じ場所を見ると、植生のあったところはここで、水がここまで来ていますが、現在は沙漠の下にこんなにいろいろなものがあるのです。電気の送電線とか石油パイプとか、あるいはミサイルまであるようです。われわれもレーダーで見るとここまで見えるとは思わなかったのです。

そこで、こういうことを考えました。合成開口レーダー（ＳＡＲ）で特異なパターンが出てくると、何がどうやって反射するかということを調べればいいと思ったわけです。それで調べていきますと、合成開口レーダーで地中で反射して戻ってくるものを分析すればいいだろうということで、どの周波数帯が石材の反射をするかを考えました。これは例の地雷の探索と同じ感触であります。

それで見ていきますと、いろいろなことがわかりました。ドイツが古い時代に調査した図面があります。1800 年代の記録を見てみましても、あまり参道とか河岸神殿にはふれていません。

あるとき、こういう文献を見つけました。1907 年に描かれたスケッチがあったのですが、ピラミッドの際まで水が来ている。これは河岸神殿ですが、河岸神殿からこういうふうに神殿が上がっている。もうひとつの問題は、環境変動でナイル川の水位が変動すると、ピラミッドの位置が変わっていったということもわかりました。

図　E： ナイル川の西岸を洪水によるシュミレーションで
ピラミッドの位置と河岸神殿を推定した。



ピラミッド建設の仮説

そこで、新王国時代にはピラミッドはないのは、水位変動でピラミッド建設が変わっていったという仮説を私が立てました。これはピラミッドの基盤の高さです。そうやってみますと、40メートルのところは基盤岩なのです。その上に建っているわけで、そこから下はピラミッドは建っていないのです。だから、水位変動が起こって、洪水が起きたときの最大値のときに基盤岩のところにあるということが言えます。

つまり、1個2　3トンもある巨石をひきずり上げたという謎がこれで解けないかと考えてみたのです。簡単でした。船か筏に積んで洪水を待っていればいいのです。そうすると水位が上がってくるから、上には暇な農民がいっぱいいて、ヨイショと上げればいいということです。これは私の仮説ですが、エンジニアですから、当然そういうふうに考えたのですが、考古学からは何の文句も出なかった様です。

そこで、シミュレーションで洪水を起こしてやることにしました。これはナイル川で、こちらは砂漠帯ですが、こういう状況が起こります。これは現在のデジタル・エレベーション・モデルでやった現状です。シミュレーションで水位を40メートル上げてみましたら、丸が書いてあるところはピラミッドがある場所ですが、ちゃんと水の縁にあります。こうやってみると、だいたいこの仮説は証明できただろうと思うのです。要するに、水位変動が起きても、ピラミッドの位置は水に沈まないところに置いてあるということです。

600キロ上空から未知のピラミッドを発見する

こういう様なかたちでピラミッドの分布図とこの仮説を進めていくと、未知のところにも必ずピラミッドはあるはずだろうと考えられました。これは、ナイル川の緑地帯で、昔のワディ（枯れ谷または川）が入っているわけですけれども、こういうところをレーダーで見ると、既知のピラミッドですが、何もないところでレーダーの反射がありました。そこで、コンピューターシミュレーションで衛星画像から細かい地域を出してみて、そこへ行ってみることにしたのです。

私は考古学者ではありませんから、考古学者の吉村作治氏に協同研究者になってもらいました。彼は「こんなところはすでに調べてあるけれどもないよ」と言っていたのですが、掘ってみたら石が出てきました。これは石材の反射です。同じようなことをやってみると、ほかの場所でも反射が出ました。ここも行って掘ってみると、やはりいろいろ出てくる。信じがたいことに、600

700キロ上空の衛星から、石材の散乱とか遺物が発見できたのです。

こういう様なことがわかって、いろいろやってみようということで、調査地域を35ポイントほど決めました。そして対象地域を100メートルメッシュでロープを張り、一つ一つチェックをしていきました。たとえば、この地域は散乱が多いとかということで、そこに調べを絞り込んでいったのです。

常に人に疑われているものですから、なんとか証拠をとらねばと思って、おれはこう掘るぞという写真も撮っておいたのですが、実際にやろうと思ったら、発掘の許可がなかなか下りない。遺跡の上を掃くだけならいい、「刷毛を使って掃け」と言う（笑）。人夫を雇って掃かせました。まさにミレーの「晩鐘」の絵そっくりの姿です（笑）。

結局、70センチまで掃いてもよろしいという許可が出て掃いてみたところ、本当に出てきました。長さ50メートル、幅が30メートルぐらいの大きさのものです。これはどうもトゥームチャペル（ピラミッドつきの葬祭殿）の跡だろうということになり、その次の年にやっと発掘許可が下りました。

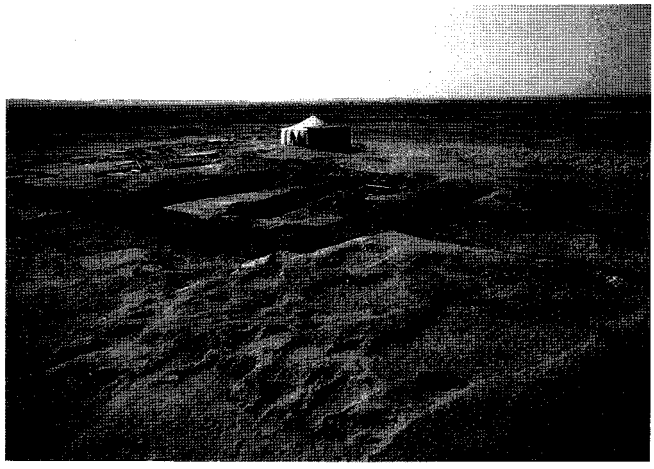
考古学的にも驚くべき事実が……

そして、発掘を進めているうちに、ピラミッドの頭が出てきました。刷毛で履いたところから見て、だんだん広がって、現状ではこんなに大きくなってしまいました。とんでもないことを始めてしまったものですから、いまさら逃げるわけにいかないというところであります。

中心部のところに竪坑がありまして、ここから下をずっと掘っていったところ、この下にずっと立坑が出来ていたのです。びっくりするほどちゃんとしたものでした。いまから3500年前の石を組んであるわけで、13メートル下までおりてみましたが、それ以上は崩れてくるので怖くて下りれません。立坑を下りていくと横に部屋があって、そこには木棺とか遺物がたくさんあります。

図　F：ダハシュールの北で発見した遺構を掘出した。

新王国時代のピラミッドつきのチャペル



そこで、ここはトゥームチャペルといって神殿付きの墓所であろうということがわかってきました。考古学というのは、ここまで来ると非常に大胆に言い切ってしまうわけで、本当にそうかなと思っているのですが、ともかくこういうことがわかってきました。遺物も数千点出てきました。

遺物の中に顔を描いたものが出てきたので、いつごろかという年代が想定できるわけですが、アマルナという時代に当たるものがたくさん出てきたようです。

指輪も出てきましたが、それにはアンケセアメンと書いてある。あるいは、ツタンカーメンの即位名が書いてあります。アンケセアメンというのはツタンカーメンの夫人ですから、これはツタンカーメンの関連の人の墓所だろうと考えられるのです。その他、封泥といって、ワインの蓋をする封印のようなものも見つかりました。

ここまでわかってくるとだんだん欲が深くなって、この下を掘ったら横に部屋があったことから、まだ何かあるのではないかというので調べました。そうしたら 13 メートルから下をのぞいてみると、その下に穴が開いていて、16 メートルぐらいのところに石棺が見えたわけです。これは驚くべきことで、いよいよ取材も始まり、中に小型カメラに棒を付けて、中に入れて撮影しました。

去年の３月、日本でキトラ古墳の発掘をやりましたが、あれと同じ手法で合成をやりました。その結果、これは石棺の頭です。周辺にこういうものがコンピューター合成で見えてきました。これはけっこう大きいものだということがわかりました。石棺の頭には顔が描いてあります。

ここからこの穴を通して写真を撮ったのですが、こういうかたちで石棺があります。我々のシ

ミュレーションでは、こういうふうに下りていったのですが、ここにこの様な石棺があります。想定されている石棺がこれで、ここはもっと膨らんでいるのですが、ここは足の部分です。

昨年の 12 月に封じられた入り口の石を壊して中に入ってみました。盗掘されているかどうか疑問でしたが、結局、盗掘されて壊されていることがわかりました。石棺は御影石で出来ていまして、想定するところ、7トンか8トンあるのです。蓋が大きくて4　5トンあるのではないか。下は石棺になっていますが、その中に木棺が入れられて、木棺の蓋に顔が刻まれていますが、それがバラバラに壊されていました。

いったい何に使ったのか。それを使って松明の代わりにしたのではないか。大腿骨が出てきたので、これを松明に使ったのではないかと思ったわけですが、燃やしてある痕が残っている。我々にとってはびっくりするようなことですが、あの国では当たり前のことです。

以前にシリアでもあったのですが、ミイラがなくなってしまって、犯人が後で捕まって「お前、あれをどうしたんだ」と聞いたら、粉にして不老長寿の薬として売ってしまったと言ったという話があります。シリアでは、支那絹を体全体に巻いて、香油を塗って乾燥化するのですが、これは松明にするとよく燃えるというわけで、発掘すると松明にされてしまう例が多いのです。

石棺の周りにもたくさん字が書いてあるのですが、最終的にこれから解読をやるそうですから、われわれの仕事は終わっているわけです。いいものはみんな持っていってしまったのでしょうが、まだ、いろいろなものが遺物として残っています。これは、ミイラを作ったときに、臓物を四つに分けて、肺とか胃とか肝臓とか、そういうものを入れる容器だそうです。

エジプト王朝の王族たち

私は考古学者ではないから、いろいろ仮説を立ててもいいわけですが、古代エジプトのなかで、統一王朝、古王朝、中王朝、新王国時代と来て、新王国時代の第 18 王朝に、アメン・ヘテプ　世という王様がいて、この下のアメン・ヘテプ　世というのが名前をアクエンアテネというのに変えてしまった。そして、それの息子、つまり次のファラオがツタンカーメンなのです。

このへんの文献を探ると面白いもので、暇にあかせて調べてみましたら、アメンヘテプ　世のイクナートンと呼ばれているファラオとネフェルティティのあいだに生まれたのが6人の娘です。その3番目がアンケセアメンといって、さっきの指輪に刻まれた名前をもつ女性です。第2夫人のティーとかいう人に子供が2人いて、その1人がツタンカーメンで、ツタンカーメンとアンケスアメンが結婚しているというわけです。

ツタンカーメンというのは、7歳で即位して17歳で死んでしまっているのですから、ファラオとしては何も業績は残っていないわけです。1922年に発掘されて、ツタンカーメンの場合は盗掘されないできんきら金のまま出てきたのであれだけ有名になったのですが、ファラオとしてはあまり知られない人物であるのです。ツタンカーメンの死後、アヤという大臣がツタンカーメンの未亡人のアンケスアメンと結婚して、王朝をつないで、その後消えていくというところまではわかっているのです。

彫刻として残っているイクナートンで容貌魁偉ですが、この人が病気であったことは記録に残っています。歴代のエジプトの王様のなかではいちばん変わっている。それの奥さんがネフェルティティで、これの像はドイツの博物館にあります。

これがかの有名なツタンカーメン像ですが、ツタンカーメンの少年王としての姿がここに残っています。

こうやって調べていくと、けっこう面白いことがわかってきました。はるか宇宙のことをやっていたのに、上から地中をのぞいているうちに、地面の底深くまで下りていって、こんなことまでやる気はなかったのですが、いつのまにかここまで調べることになってしまいました。

さらに興味ある真実が明かされる

実はとんでもないことが先週判明いたしました。お棺の中を調べたら木片が出てきました。その木片を重ねていったら面白いことになったのです。これは石棺の中にあった木片ですが、10片ぐらいに切れているものをつないでみたのです。右、左と並べてみたらどうだろうかと考えてみました。この木片は別のお棺の中にあったものですが、これの上に重ねたらどうなるかということを試みたのです。半分の面はなんとなく不気味でしょう。ところが、重ねてみると不気味でなくなる。ここでやめればよかったのですが、さらにこれを型にして、どんなだったろうかというので重ね合わせをやってみました。

ここからはぼくが勝手にやったことなのですが、こんなふうな形が予想されます。出てきた破片からまったく違うものが出来てくる。いまのをベースにしていろいろパターンをやってみたら、最終的にはこんな顔になるのではないかと考えているのです。

宇宙の話から始まって、いつのまにかわけのわからない話になりましたが、これをもってきょうの私の話は終わりたいと思います。