

# 人工衛星画像処理による土壤水分解析



横田 耕一\*

## 1. 研究の目的

地下水は天然資源であり、古くから飲料水や雑用水として利用されている。しかしながら、その地下水調査は高額な実地計測を必要とし、また、道路建設やビル建築などのときに大きな問題となることがある。このようなとき、地下水の性状を的確に把握し、対策を講じなければならない。地下水調査地点の選定は実際、技術者の経験的な要素、地形の特性を生かした地形解析、地下水に詳しい地元住民からの聞き取り、また古い航空写真や地形図によるもので決定され調査経費に対し必ずしも満足のゆく成果を得ることができないのが現状である。

本解析は、低井戸水源地の特定を目的としており、人工衛星イコノスより得られたデータから表層における含水率を計測し、そのデータから有用な地下水位置の特定する。人工衛星によって得られるデータは、(赤・緑・青)近赤外それぞれの画像データである。この、4波長の画像データを元に、表層土壤水分の分類図を作成し、衛星画像データと解析結果を重ね合わせることにより、調査経費の削減、水源開発の抜本的問題解決を図ろうとするものである。

## 2. 人工衛星イコノスの概要

従来の人工衛星では、全球を対象としているため、空間分解能は粗く、非常に狭い地域を対象とするのには不適切だったが、人工衛

星イコノスの高空間分解能、広範囲な観測を使用して綿密に調査・解析することが可能になった。

また、イコノスに搭載されたセンサは可視(赤・緑・青)近赤外域の4波長を観測している。これらの波長帯は、地表面を覆っている物質やその状態を観測するに、十分な情報を与えてくれる。また、このセンサは、空間分解能(1画素の範囲)1m×1mと高分解能の画像を取得することができる。これは、日本のように建物や敷地、田畠など面積の小さい対象域を観測するのに適している。この分解能を利用して、詳細な土壤水分分布図を作成できるようになった。

## 3. 解析方法

解析は土壤水分の多寡が地下水に依存するという作業仮説を立て、その結果から有用な水源地の特定を行うものである。地下水は毛細管現象により、表面土が乾燥すると上へ上がり、表面含水率が上昇する。このため、乾燥した2月～3月の冬季が画像として最適である。

人工衛星イコノスの4バンド(赤・緑・青)近赤外域のうち、近赤外線は0.76～0.90μmの波長帯であり、このバンドは水域(水)と陸域(土)の区分に特に有効であることが知られている。地表面の含水率が高い地域では、地下水脈などの水源の存在する可能性が高いものと仮定し、陸域での画像の出力レベルの数値化を行う。一般的な近赤外線画像は、地表の含水率が高い地域では水域に近い

\* 株式会社五星

色調（黒色）で、反対に地表の含水率が低い地域では白色を示す事から、この原理を利用して画像処理を行うものである。

解析手順は、1.植生の除去（一次解析）2.画像分類による裸地の抽出（二次解析）3.表面土壤水分分布図の作成（三次解析）の3段階に大きく分けられる。

一次解析は植生の生えている場所をとり除く。これは、正適化植生指数（NDVI）と呼ばれる指数を用いる。この指数はマイナス1から1まで変化するが、基本的には値が小さいほど植被率が低い。この特性を利用して、植生が被覆している地点を解析対象からとり除いていく。

二次解析として、一次解析で抽出された植生エリア以外の地点についてクラス分類を行う。分類手法は、教師無しスペクトル分類（ISODATA分類）である。この分類は多チャンネル（スペクトル）のみにおいて有効である。この分類手法は、スペクトルの形が似ているものを同じクラスにして分類する事ができる。土壤水分が多く含まれている地点では、すべてのチャンネルにおいて、低い値をとる。したがって、低い値をとるスペクトルとなる地点を抽出することができる。実施に際しては、含水率の高いものほど、クラス値は小さくなるように分類する。この段階では、三次解析の前処理として10クラスに分類する。

三次解析は、二次解析で得られた結果うち、明らかに含水率が高いと思われるクラス1から5を抽出し、その地点について三次解析を行い、再度、教師無しスペクトル分類（ISODATA分類）を行い、さらに10クラスに細分類する。クラス0はについては水域とし、三次解析エリアからは除外することとする。三次解析の結果は、画像処理を用いてクラス値に比例した着色（小さいほど赤くする等）を行い、含水率の高さを視覚的に表現す

る。含水率が高いほどクラス値は小さくなるため、色の濃淡によって含水率の高低を判断することができる。また、ボーリング調査などグランドツルースが現存する周辺の地点において、画像解析結果と対応させ、解析結果の妥当性を検討することもできる。

#### 4. 解析結果

解析結果を図に示す。なお、撮影日時は2001年6月である。図中の等高線が土壤水分の分布を表しているが、等高線の色が赤色から緑色、青色になるに伴って、土壤水分が多くなるように図示した。解析したイコノス画像データは、2001年6月と2002年3月に取得されたものである。3月においては、裸地が占める面積が比較的に大きいが、渴水期であるため、表層の土壤水分は比較的少なく地点間の変動が小さい画像が得られる。他方、6月においては、裸地が占める割合は3月のそれより少ない。しかし、比較的土壤水分が高いために、地域全体でも予測土壤水分は大きく、また地点間の変動も比較的高い画像が得られた。この2時期の解析結果を比較し、一致する箇所を探す事により、どこが1年を通して土壤水分が高い地域であるのかを確認することができる。今回の結果からは、9箇所において一致した。また、それらの地点を結ぶラインと、地下水の流れのラインが一致する結果になった。これは、比較的浅い深度で地下水が流れしており、その地下水が表面土壤水分との間に相関がある可能性が示唆された。これらの地点についてボーリングなどの実測が備われば、地下水と表層土壤水分との対応関係に関する作業仮説が実証され、さらに精度の高い結果となる。

イコノス衛星の多チャンネルを画像データ解析することにより、地表面の土壤水分情報を数値化することができた。この解析結果を

中心とする低深度の地下水の存在と実測すべき地点が示された。解析結果を中心とする地域の地質を考えると、これは土壤表面の水分状態をあらわす指標だけでなく、数m下に存在している非圧地下水の分布を説明付ける情報となることがわかる。

## 5. 解析効果

水源候補地になる可能性が高い地点を特定することで、ボーリング実施地点を決定することができる。また、経験や勘だけでなく、科学的考察を加味した効果的なボーリング実施計画が立てられ、地質学的な経験的見地に対する客観的根拠の裏付けデータを得ることができる。予備調査やボーリング実施回数を

減らし、経済的な水源地下水資源の開発コストが大幅に低減できる。

人工衛星によるリモートセンシングは、現地調査と比較して多くの制限を有するが、本解析の目指すところの現地調査との併用など利用用途を限定することにより、極めて大きな潜在的可能性を秘めている分野であると考える。また、人工衛星イコノスは広範囲にわたって観測できるため、同じような問題に直面している地方自治体が共同で対処することが可能となり、予算の大幅な縮減へつながるものである。なお、本解析システムは、特許番号第3533524号平成16年4月に特許取得をすることができた。



画像解析結果サンプル

表 例

表示色	地下水の反応
水色	弱い
赤色	やや弱い
緑色	やや強い
青色	強い

## 解説

解析結果は、地下水がある地点をその強弱により、等高線で表示しています。水色が地

下水の反応が弱く、青色になるほど地下水の反応が強くなります。下側の黄色で囲まれた区域が地下水の流れている箇所です。これは、等高線の連續性からも、数千年前の旧河川であったと想定できます。地形的にみると、画像上、下の大きな河川と上の細い河川に挟まれており、この地形は、右側の標高が高く、左へ行くほど標高が低くなります。よって、それなりの技術者であれば、地下水は

右から左へ流れているのがわかります。しかしながら、解析結果は大きく異なります。このように、画像解析により地下水の流れを特定し、本システムは新たな水源開発に大きく寄与するものであります。

(発表日2005年6月22日)

### 発表者紹介

横田 耕一（よこた こういち）

所属：株式会社五星 営業部

本論文の人工衛星画像処理による地下水探査方法は商品名称「水眼」（すいがん）として従来のソフト販売では無く、受託業務方式で販売しています。

お客様が水源開発する際に、比較的ローコストで確立の高い地下水（浅井戸）をご提案しています。

本システムが、新規水源開発をお考えの方に、少しでもお役に立てれば幸いです。

受託販売方式：お客様が新規水源開発を予定されている場所をお知らせください。当社で人工衛星画像を購入して、水眼により解析します。その解析結果を画像データとともに、地下水候補地を選定してご提供します。（画像解析結果とお客様が要望する水量、水質とは必ずしも一致しない場合があります。）

E-mail : kyokota@mail.gosei.co.jp