

東海大学工学部 正 員 極壇邦夫
東海大学大学院 学生員 渡辺信行
東海大学工学部 正 員 君島博次

1. まえがき

近年、リモートセンシングによって土の含水量を推定しようという試みが多く行なわれるようになってきた。その理由は、米国NASAの軍事目的で開発された電磁波の定量的測定、即ちリモートセンシングによって、従来“点”としてのみ把握可能であった情報を、同時広域的・継続的に“面”として把握できる利点が存在するからである。

これらの測定は、可視光・近赤外・遠赤外およびマイクロウェーブを用いているが、多くの研究は種々の条件の含水量を対象としているのに、結果に与える各種の要因分析が整っていない。そこで著者らは赤外線カメラを用いて土の含水量を推定するための限られた範囲で2・3の要因を取り上げて調べることにした。

土の含水量を推定する場合に、対象とする電磁波には反射と放射の両方によるものがあるが、ここでは反射によるものだけを対象とした。反射成分を調べる方法として反射温度(後述)という手段を考えた。

反射温度に影響を与える要因には、土の含水量、色調、粒径、密度、光澤等がある。今回は、含水量、明度、粒径について調べた。

2. 実験装置

赤外線カメラにはキャノン サーモカメラ CT-4B (検出波長域 $1\sim5.5\mu\text{m}$)を用いた。

この装置は物体から放射される電磁波(絶対零度以上の物体は原子や分子の振動・回転により電磁波を放射している)、太陽やランプからの電磁波が試料にあたり反射して返ってくる電磁波等の全電磁波エネルギーを、シュテファン・ボルツマンの法則により温度で表示する。

光源にはカラー写真撮影用ランプ(500W)を用いた。

3. 試料

(1) 含水量について

豊浦標準砂をフルイ分けして、 0.42mm を通過し 0.25mm に残留したものを用いた。含水比は $0\sim25\%$ まで 5% きざみで6段階用意した。含水量の調節は炉乾燥試料に所定の水を加え、約2時間放置して行なった。

(2) 明度について

土の物理的条件を変えずに土の明度だけを変えることは難かしいので、測定値に与える明度のみの影響を調べることが出来るカラーリーモニカードを用いた。ただし、明度の値は標準色票によって求めた。

(3) 粒径について

川砂($0.074\sim2\text{mm}$)をフルイで5段階に分け、含水比 0% のものを用いた。

4. 実験方法

ランプを試料に対して一定距離・一定角度で、斜上方から $1\sim2$ 秒照射し、反射成分を赤外線カメラで撮影することにより反射温度を求める。ただし反射温度を次のように定義する。ランプ照射時に赤外線カメラに表示される温度(T_2 :試料の放射・ランプ光の反射・その他により決まる)から、ランプ照射前に赤外線カメラに表示される温度(T_1 :試料の放射その他により決まる)を差し引き、これを反射温度(T): $T_2 - T_1$ ランプ光の反射成分だけである)とする。ここでは、ランプの照射時間が $1\sim2$ 秒と短かいので、ランプ照射時における試料温度の変化はないものとした。

5. 結果と考察

(1) 含水量について 図-1

縦軸に反射温度 ($T^{\circ}\text{C}$)、横軸に含水比 ($w\%$) をとると、反射温度と含水比の関係は $T = 13.9e^{-0.102w} + 4.9$ となった。縦軸に反射温度の対数をとると、この曲線は直線となり、両者の相関係数は 0.9999 である。含水量が多くなると反射温度が下がるという結果は、主に水が赤外線を吸収するという性質を持っていることによるものであろう。ところが、土は水を加えると黒くなるので、反射温度には含水量ばかりでなく明度も関係していると考えられる。

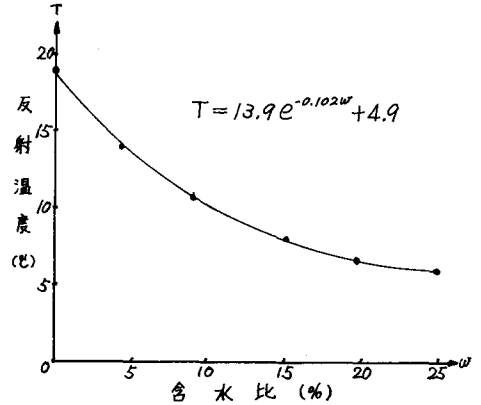


図-1 反射温度と含水比の関係

(2) 明度について 図-2

縦軸に反射温度 ($T^{\circ}\text{C}$)、横軸に明度 (V) をとると、 $T = 6.35V - 7.95$ となった。両者の相関係数は 0.9985 である。可視光域において黒は光を吸収し、白は光を反射するが、赤外線 ($1 \sim 5.5\mu\text{m}$) においてもこの関係が成り立つと思われる。

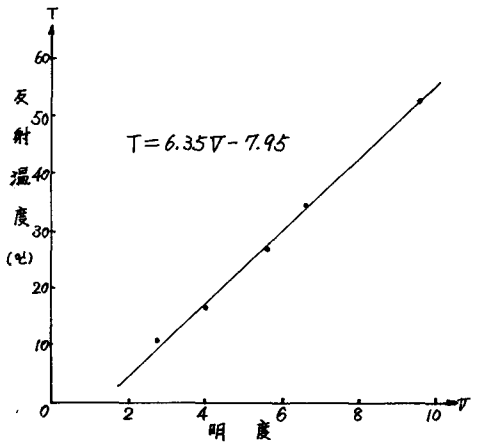


図-2 反射温度と明度の関係

(3) 粒径について 図-3

粒径は砂の範囲について調べたものである。縦軸に反射温度 ($T^{\circ}\text{C}$)、横軸に粒径 ($d\text{mm}$) の対数をとった。粒径は各フルイに残留したものの平均で表わした。結果は 0.34mm で最小値となる凹形曲線となった。粒径と反射温度には関係があると思われるが、なぜ凹形になったのかはわからない。

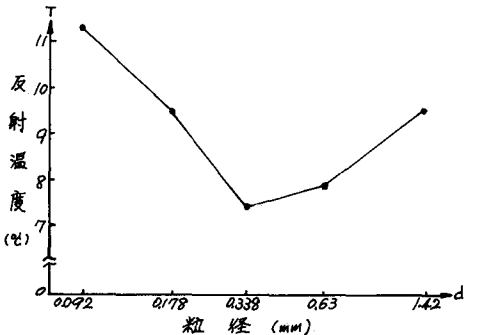


図-3 反射温度と粒径の関係

6. 結論

赤外線カメラを用いて土の含水量を推定することは、豊浦標準砂の場合には高い相関係数で推定できることがわかった。

カラーハーモニーカードの結果より、土の場合も明度の影響が大きいと予想される。今後さらにこれについて研究する。

7. あとがき

今回行った実験は基礎的なもので、反射温度に与える各要因の影響度を調べた段階である。今後は上記の要因の他に、密度、光源、土質の種類等の各種要因の影響について、データ数を多くとり、信頼性の高い実験を行なう予定である。

8. 参考文献

(1) Remote Sensing of Soil Moisture

T. Schmugge NASA TM-X-71127

(2) Infrared Sensing Techniques for Evaluating

Soil Moisture Levels J. I. Swell 他

American Society of Agricultural Engineers

St. Joseph Michigan 49085

(3) 土壌のリモートセンシング 福原道一 リモートセンシング キヤノンイメージ編集室