

# 時空間的に平均化された地表面温度を測定するためのコンピュータ制御ローターシステム

A Computer Controlled Rotator System for the Measurements of Spatially and Temporally Averaged Surface Skin Temperature

久保田明博\*・杉田 倫明\*\*

Akihiro KUBOTA and Michiaki SUGITA

## I はじめに

地表面温度は、晴れた風の弱い夜間などは放射冷却によって低下し、また、よく晴れた昼間は太陽の日射によって上昇し、日変化を示す。従来から気象要素としての地表面温度が注目され、その年変化や日変化などの時間変化が観測されてきた。

その観測方法は、一般的に赤外放射温度計を使用し、ある一定の観測期間中、ある固定した視野の地表面温度を測定する方法である。この方法は、対象となる地表面の状態が年間を通して一定の時のみ有効となる。例えば、植生のない裸地面（砂丘など）、道路や駐車場のアスファルト、コンクリートの建造物、湖沼や河川の水面などを観測の対象と考える場合はよい。しかし、観測対象が、畑地、水田、荒地、牧草地などに及ぶ場合は、以上のような方法は必ずしも有効でない。これらの地表面の状態は、一定周期で変化する。例えば、畑地の場合を考えると、ここ筑波周辺において、一般的に、休耕期間にあたる冬季には土壌が露出しているが、野菜類・穀物類を栽培する春から夏、秋にかけては、土壌は一面それらの植物群に覆われる。これらの季節の地表面温度には、植被面の温度も考慮に入れるのが妥当である。他の水田、荒地、牧草地などに関しても同様のことがいえる。つまり、植生の季節変化の影響を無視することはできない。

より広域な規模のスケールの地表面温度であれば、近年発達したリモートセンシング技術で測定可能である。しかし、その観測の水平分解能は、 $10^2$  m ~  $10^4$  mと粗く、しかもそこには地表を構成するあらゆる要素が含まれる。地球規模のスケールでの地表面温度を議論する場合には、それで十分であるかも知れないが、局地スケールで議論することはできない。

従って、局地スケールに対応し、さらに地表の植生の季節変化の影響を考慮にいれた地表面温度、つまり、時間的・空間的に平均化された地表面温度を測定する技術を開発する必要がある。そこで、本報では、今回開発した、通信用のアンテナローターをコンピュータで制御することで、衛星データでは扱えないスケールの地表面温度を捉える地表面観測システムについて報告する。

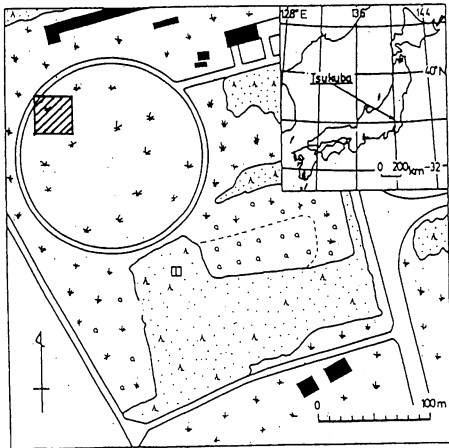
## II システムの概要

コンピュータ制御ローターシステムは、通信用アンテナローター、赤外放射温度計、パソコンから成る。本研究では、それぞれ、ケンプロ工業製 KR-800SDX、ミノルタ製505 (2台)、PC 8201を使用した。そして、それらの機材のうち、通信用アンテナローターは、それを制御するためのパソコンに接続し、2台の放射温度計は直接データロガーに接続した。

### 1) 野外での設置状況

本システムは、筑波大学水理実験センターの熱収

\*筑波大学自然学類 \*\*筑波大学水理実験センター



第1図 水理実験センター概略図  
(図中の斜線部分が観測地点)

支・水収支観測圃場内に設置した。設置場所は、第1図に示してある。そして、野外での設置状況を示した図が写真1である。中央にあるのが通信用アンテナローターで、そこから上方向にむかって、回転するマストが伸びている。そのマストの上部に約2mのアルミパイプを地表面に平行に取り付けた。そのアルミパイプの両端に1台ずつ放射温度計を真下に向けて設置し、直径2mの円周上のデータを取得できるようにした。2台の放射温度計からのケーブルは、直接データロガーに接続し、アンテナローターから



写真1 放射温度計の設置状況

中央のマストから両端に伸びた長さ2mのアルミパイプの両端に取り付けてあるのが放射温度計である。パイプ自体が一定の間隔でマストを中心に回転することで円周上の地表面温度のデータを得ることができる。

のケーブルは、その動作をプログラムで制御するためパソコンに接続した。以下で説明するプログラムによって、本研究の観測では、1分間に36度、10分間に360度回転するように回転速度を設定した。

## 2) プログラムについて

本研究のアンテナローター制御に用いたプログラムを第2図に示し、その内容を説明する。

10行目：MAXFILES文でOPENできるファイル数を指定する。

```

10 MAXFILES=3
20 OPEN "COM:" FOR OUTPUT AS #1
30 OPEN "COM:" FOR INPUT AS #2
40 TIME$="00:00:00"
50 PRINT #1,"M060 ";
60 PRINT #1,"036 072 108 144 180 216 252 288 324 360";CHR$(13)
70 FOR I=1 TO 1000
80 NEXT I
90 PRINT #1,"T";CHR$(13);
100 IF TIME$>"00:10:30" THEN 120
110 GOTO 100
120 TIME$="00:00:00"
130 PRINT #1,CHR$(13)
140 PRINT #1,"M060 ";
150 PRINT #1,"324 288 252 216 180 144 108 072 036 000";CHR$(13)
160 FOR I=1 TO 1000
170 NEXT I
180 PRINT #1,"T";CHR$(13);
190 IF TIME$>"00:10:30" THEN 40
200 GOTO 190
210 END

```

第2図 アンテナローターを制御するのに用いたプログラム

- 20, 30行目：RS-232C回線の通信形式を設定しファイルとしてOPENする。PC 8201のRS-232C回線を使用する場合、送信・受信のために、ファイルを2つ開かなければならないので、20行で送信モード、30行で受信モードとなっている。
- 40行目：回転時間の初期設定。
- 50, 60行目：水平移動角度のセットである。50行目の”M”はその命令を表し、”060”がステップ値（秒）である。そして、60行目に移動する角度が設定されている。つまり、この設定によってローターが60秒毎に36度、72度、... 360度と回転する。
- 70, 80行目：このFOR ループは、ローターの時間調整のために行われている。実際の観測では、360度回転した後に瞬時に次の回転に移ることは不可能なので、ここでその時間調整をする。
- 90行目：50行～80行で設定した命令を”T”のスタートコマンドで開始させる。
- 100～120行目：1回転を終え10分30秒が経過したら、時間を再び初期設定値にする。
- 140～180行目：以上の40行～120行で設定した回転とは逆方向の回転を行う。
- 190, 200行目：逆回転を終え10分30秒が経過したら、40行目に戻り今までの回転を再び行う。

### Ⅲ 観 測

観測は、筑波大学水理実験センター内にある熱収支・水収支観測圃場の北側で行った（第1図）。この観測圃場は半径約80mの円形をしており、その中心には、約30mの気象観測塔が立っている。筑波大学生物科学系の及川武久助教授らのグループの1992年5月から9月の調査（劉・及川，1993）によると地表面には、主に、メリケンカルカヤ（*Andropogon virginicus* L.）やヒロハノウシノケグサ（*Festuca elatior* L.）、セイタカアワダチソウ（*Solidago altissima* L.）などが春から夏にかけて群生した。

本研究のコンピュータ制御ローターシステムの難点は、1台を固定して測定するよりも、その視野の確認が難しいことである。周囲は、牧草のある地表面であるがゆえに、植被面も裸地面もある。アンテ

ナローターの回転する位置によって、植被面ばかり見ていたり、裸地面ばかり見ていたりする可能性があり、地表面の平均的な温度を捉えていないことも十分に考えられる。そこで、他の2台の放射温度計（National製）を用いて、アンテナローターの2台の放射温度計の地表面温度を評価した。1台は、裸地面に視野を合わせ、もう1台は、植被面に視野を合わせて地表面温度の観測をした。観測データは、アンテナローターの2台の放射温度計と、それぞれ裸地面と植被面に合わせた2台の放射温度計を同じデータロガーに接続して、30秒毎の瞬間値を10分平均値の形にして出力した。

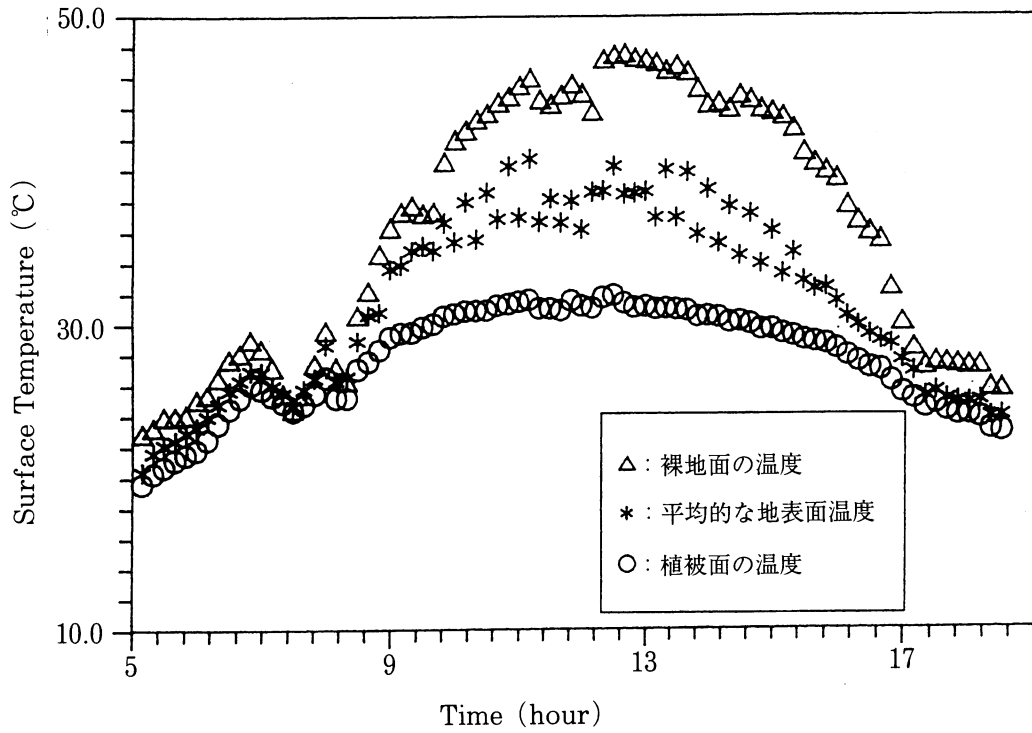
観測日は1992年8月10日で、この日の前日は台風から熱帯低気圧に変わった低気圧が東日本を通過し、曇天であった。しかし、観測日には、その低気圧はオホーツク海上に抜け、東日本は西からの高気圧に覆われ、一日中晴天となった（気象協会（1992））。観測は、この日の日の出直後の5時から日没直前の17時半まで行った。

### Ⅳ 結果及び考察

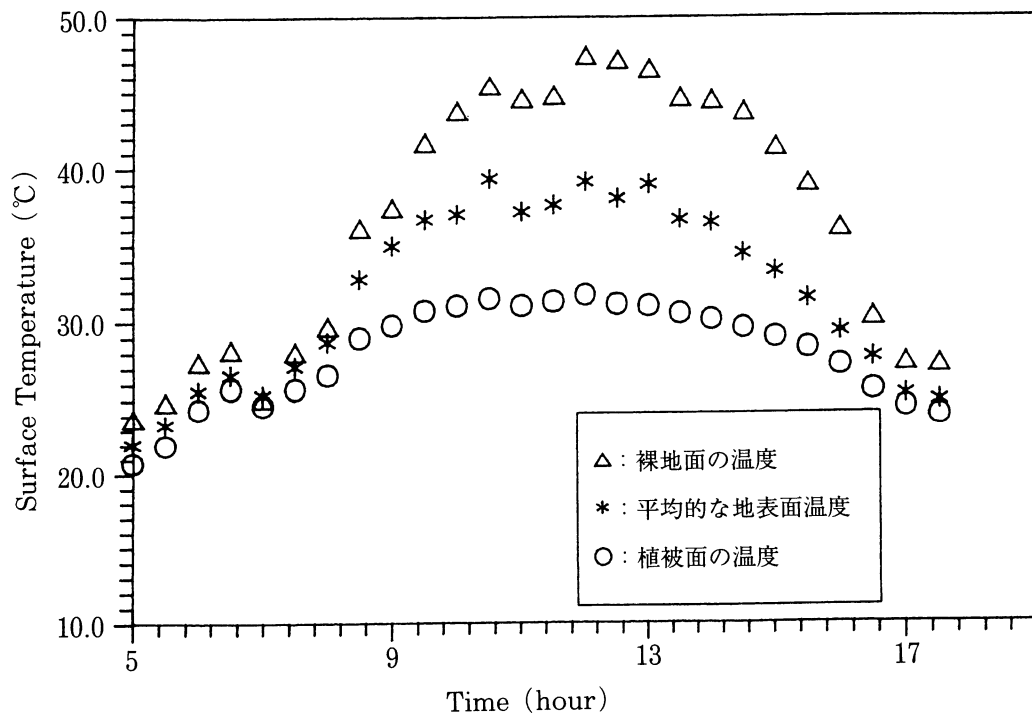
観測によって得られたデータを10分平均値、30分平均値、1時間平均値に換算し第3図(1)から第3図(3)に示した。初めに、10分平均値から考察を行う。第3図(1)から、各放射温度計の詳細な時間変化を追うことができるからである。

観測日の日の出の時刻は午前4時50分頃であった。日の出によって裸地面の温度、平均的な地表面の温度、植被面の温度と、ともに上昇し始めるが、太陽高度が低いため、その三者に大きな開きは認められない。7時から8時にかけて、一時雲の通過によって日射が弱められたので、一様にそれらの温度は下がっている。9時頃から裸地面と植被面の温度が大きく開き始めた。これは、土壌と植物の放射特性の違いによるためである。正午と2時にも一時雲が通過した。この時、裸地面は、顕著にその影響が表れるのに対し、植被面では変化がみられなかった。ここにも両者の放射特性の違いが明確に示されている。

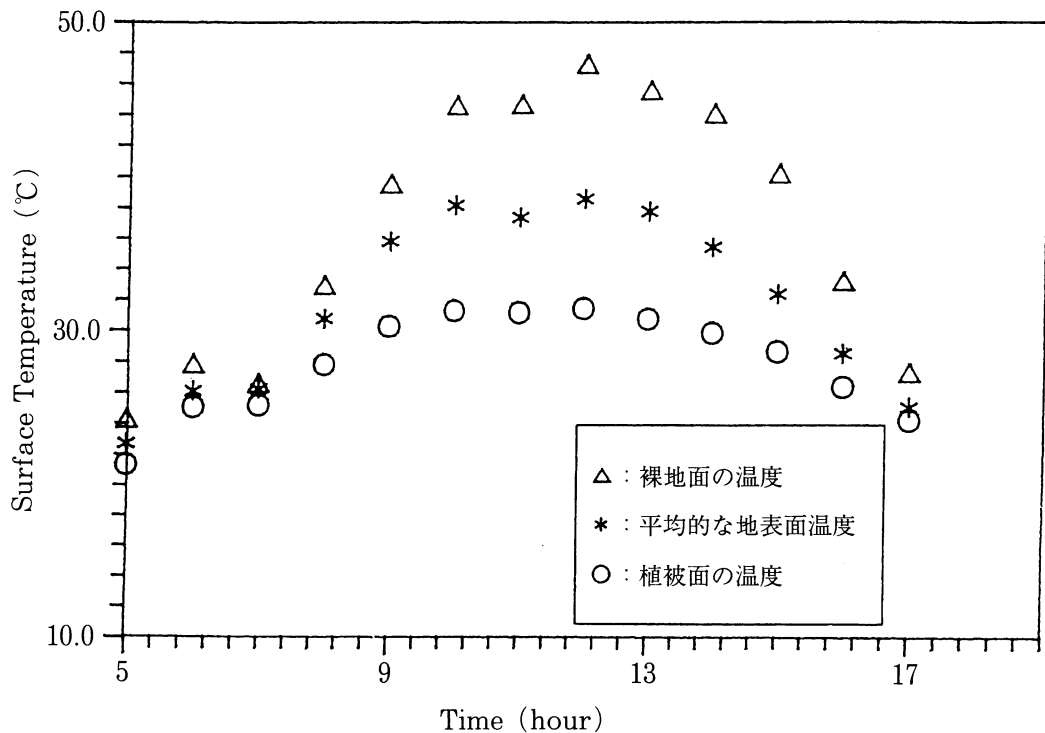
注目すべきところは、9時から16時までの平均的な地表面温度である。ここでは、2台の観測値の平



第3図(1) 空間的に平均した地表面温度と裸地面・植被面の温度の日変化の比較 (10分平均値)



第3図(2) 空間的に平均した地表面温度と裸地面・植被面の温度の日変化の比較 (30分平均値)



第3図(3) 空間的に平均した地表面温度と裸地面・植被面の温度の日変化の比較(1時間平均値)

均値を利用しているが、上下にばらつきが見られる。つまり、裸地面を見ている時間が長ければ、裸地面に近い温度を示し、植被面を見ている時間が長ければ、植被面に近い温度となる。本研究の観測の回転速度やスキャン間隔の設定の場合10分平均では、裸地面や植被面の観測時間の差の影響を受け不十分である。従って、30分平均に換算したのが第3図(2)である。10分平均値のようなばらつきは解消され、平均的な地表面温度を捉えていることが理解できる。

他の野外観測においても同様であるが、一般的に、地表面温度のデータのみを利用することは少ない。何らかのデータ(例えば、気温、湿度、日射量など)と組み合わせるのが普通である。特に気象観測システムの整備された施設の気象データとともに利用する場合は、そのデータ形式に合わせる必要がある。このとき、最も多いのは1時間平均値である。よって、本研究の観測データを1時間平均値にしたものが第3図(3)である。この図で、このコンピュータ制御ローターシステムが正確に牧草地の地表面の平均的な値を捉えていることが示された。

## V 結論

牧草地について、その植生の季節変化の影響を考慮した地表面温度、つまり、時間的・空間的に平均化された地表面温度を測定するために、本報で取り上げたコンピュータ制御ローターシステムを試作した。そして、そのシステムが確実に平均的な地表面温度を測定しているか否かを検証するための観測を、筑波大学水理実験センターの熱収支・水収支観測圃場において1992年8月10日に行った。このシステムの信頼性や牧草地の地表面温度について得られた結果を以下に示す。

1) 2台の赤外放射温度計を用いて、10分間でそれぞれ10地点の地表面温度を30秒間隔で取り込み10分平均値とした場合、その10分平均値は、多分に植生の幾何学的影響を受け、真の平均値とは言いがたい。よって、その影響を取り除くには、今回の設定では、30分かそれ以上の平均を取る必要がある。

2) 30分平均値や1時間平均値において、このシステムは、牧草地の地表面温度の平均値を十分捉えていることが確認された。

3) 観測日前後の観測圃場の葉面積指数の値は、0.7であった。植生の季節変化から考えて、春先にはこの値は低くなり、盛夏に最高値となる。従って、葉面積指数の低い時期には、裸地面が多く露出しているので、平均的な地表面温度は裸地面の温度に近くなり、葉面積指数が高くなればなるほど植被面の温度に近づいていくと思われる。

#### 謝 辞

筑波大学水理実験センター圃場内の植生や葉面積指数のデータを快く提供して下さった筑波大学生物科学系及川武久教授に感謝申し上げます。また、本研究を進めるにあたって、水理実験センターの施設を利用して頂きました。水理実験センターの皆様

に厚く御礼申し上げます。

#### 文 献

- 気象協会 (1992) : 天気図日記. 気象, No.426, 24.  
久保田明博 (1992) : 顕熱フラックスに対する粗度長とその地表面熱収支への応用. 平成4年度筑波大学第一学群自然科学類地球科学専攻卒業研究 (未発表).  
ケンプロ工業株式会社 : COMPUTER CONTROL BOARD CS-23 取扱説明書. 10-14.  
劉慶・及川武久 (1993) : 水理実験センター草原生態系の現存量の種別の季節変化と環境条件. 筑波大学水理実験センター報告, 18号, 69-75.  
NEC : PC-8201 BASIC リファレンスマニュアル. 202p.  
NEC : PC-8201 ユーザーマニュアル. 178p.