

## クズの葉の調位運動に関する研究(I) : 小葉の方位 調節と葉温の日変化

劉, 恵國  
九州大学農学部林学科

玉泉, 幸一郎  
九州大学農学部林学科

齋藤, 明  
九州大学農学部林学科

<https://doi.org/10.15017/10928>

---

出版情報 : 九州大学農学部演習林報告. 76, pp.11-24, 1997-03-28. 九州大学農学部附属演習林  
バージョン :  
権利関係 :

## クズの葉の調位運動に関する研究 (I)\* 小葉の方位調節と葉温の日変化

劉 恵 國\*\*・玉 泉 幸一郎\*\*・齋 藤 明\*\*

### 抄 録

マメ科の蔓植物であるクズ (*Pueraria lobata*) の調位運動の基本型と調位運動による温度低減効果について研究した。本研究では調位運動を表す方法として、太陽光線と小葉で形成される投影面積を推定する方法を考案し、小葉ごとの投影面積の日変化を推定した。この結果、クズの小葉の投影面積は早朝と夕方に大きくなり、日中には小さくなった。このことから、クズの葉は、早朝と夕方には太陽光線に葉面を向ける diaheliotropism、日中には太陽光線を避ける paraheliotropism の調位運動をしていることが明らかになった。また、小葉の動きには規則性が認められ、側小葉は小葉前部を軸とした回転運動、頂小葉は回転運動と上下運動によって葉の方位と傾斜角度を変化させていることが明らかになった。

人為的に固定した葉と自然葉の葉温を比較した結果、自然葉が diaheliotropism の調位運動を行っている間には葉温差は認められないが、paraheliotropism の調位運動を行っている間の葉温は固定葉よりも最大で4℃低かった。このことから、クズの葉の調位運動には、葉温の低減効果の機能のあることが確認された。

キーワード：クズ、調位運動、投影面積、葉温

### 1. はじめに

植物は外部からの刺激に反応し、個体もしくは個体の一部が活発な運動を示すことがある (増田, 1992)。マメ科植物、ヒマワリ、ワタなどでは光の強さや方向に反応して葉の位置を様々に変化させる運動が見られる (川嶋, 1969)。この様な葉の動きは、太陽光線に対して垂直に動く場合が diaheliotropism、平行に動く場合が paraheliotropism として分類された (Ehleringer and Forseth, 1980; Isoda *et al.* 1993a)。日本の植物学では、このような運動については屈光運動、向日運動、定位運動、調位運動などと呼ばれているが、川嶋 (1969) は、「葉の空間的な位置を調節する運動」という現象に重点をおき、葉のこのような動きに対し「調位運動」という用語を用いた。

調位運動に関する研究は多くの草本作物や砂漠植物で見られる (Wien and Wallace, 1973; Ledent and Moss, 1977; Wainwright, 1977; Shackel and Hall, 1979; Wofford

\* LIU, H. K., GYOKUSEN, K. and SAITO, A. : Studies on Leaf Orientation Movements in Kudzu (*Pueraria lobata*) (I) : Diurnal Changes of Leaflet Azimuth and Leaf Temperature.

\*\* 九州大学農学部林学科

Department of Forestry, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka 812-81

and Allen, 1982 ; Travis and Reed, 1983 ; Woolley *et al.*, 1984 ; Oosterhuis *et al.*, 1985 ; Sato, 1990 ; Isoda *et al.*, 1993b). 植物が調位運動を獲得した進化上の意味について, Ehleringer and Forseth (1980) は, 砂漠植物が短期間の予期できない気候変動などの淘汰圧に対して, 高い生産や成長速度を維持するために獲得したという仮説を提唱した. しかし, このような環境以外, 例えば, 林冠の発達した植物間の競争圧が大きい環境での調位運動の利点については未だに明確にされていない (Forseth and Teramura, 1986).

日本では, Monsi and Saeki (1953) によって葉の傾斜角と物質生産との関係が明らかにされて以来, 草型育種が展開されてきた (斎藤ら, 1994 a). このような育種研究の一環として, 重要な作物であるマメ科植物の調位運動について研究がなされ, 運動パターンや品種間の差などが明らかにされてきた. しかし, その生理生態的意義は必ずしも十分ではない (斎藤ら, 1994a).

クズ (*Pueraria lobata* Willd.) は, マメ科のクズ属に属し, 日本の北海道から九州, 朝鮮半島, 台湾, および中国に広く分布している. クズは成長が旺盛であることから林業にとっては厄介な植物で, 駆除に関する研究が古くから行われてきた. しかし, 近年, クズは食糧, 薬材, 飼料, 緑肥あるいは緑化資材として有用性が認められ (栗山, 1953 ; 岩田ら, 1971 ; Tsugawa, 1986a ; Tsugawa, 1986b ; 伊尾, 1994), 逆に, その成長速度の速さが注目を浴びている.

クズの葉は調位運動をすることがすでに報告されており, 熱収支によるシュミレーション結果から, クズの調位運動には水利用効率を高める効果, 葉温上昇の防止, あるいは光合成の光阻害の防止効果の可能性が指摘された (Forseth and Teramura, 1986). さらに, 群落の光透過を効率的にすることでキャノピーの生産効率を高めている可能性も指摘された (Forseth and Teramura, 1986). このように, クズの葉の調位運動は成長速度の速さに関与する重要な要因となっていることが予想される. この点について, 調位運動における葉の動きについて, 川嶋 (1969) はダイズの小葉の位置を方位角, 葉面の上下傾斜 (主傾斜角) および横向き傾斜 (副傾斜角) の組み合わせによって表し, また, 斎藤ら (1994a, 1994b, 1994c, 1994d) はダイズ複葉の運動を3小葉先端を結ぶ三角形の面積と左右小葉間の距離および中央葉脈の方位と傾斜角度から表した. このように葉の調位運動を表す方法はいくつか提案されているが, 太陽の位置との関係を明確に表した方法はいまだ見られない. そこで, 本研究は, クズの葉の調位運動が葉や群落レベルでの物質生産に及ぼす影響を明らかにすることを目的とし, 本報告では, まずクズの葉の調位運動の基本的な動きを明確にすること, さらに, 葉温上昇の防止効果の有無を明らかにすることとした. また, 太陽の位置と小葉の動きとの関係を明らかにするために, 太陽と小葉の位置によって決定される投影面積を推定する方法を考案した.

## 2. 材料と方法

### 2.1. 供試材料

クズの種子は1991年10月に採取して精選した後, 冷蔵庫 (4℃) で保存した. 播種は1992年3月, 九州大学構内圃場で行った. 赤玉土を入れた素焼き (直径: 25 cm, 深さ: 21 cm) のポットに3個を播種し, 圃場で十分に灌水して発芽させた. 全個体の発芽が終了し

た5月20日に、間引いて1ポット当たり1本立てとして生育させた。施肥として液肥ハイポネックス (N:P:K=10:3:3) を1:500の比率で水にうすめて1週間に1回与えた。灌水はポットの下部から水が浸透するまでごと日行い、害虫防除を適宜行った。実験日の9月12日に10ポットの中から1ポットを選んで実験に供試した。苗の大きさは苗高22 cm, 根元径22 mm, 葉数5枚であった。

## 2.2. 調位運動の測定方法

供試した苗から相対する2枚の葉を測定葉として選択し、図1に示したように一枚の葉は3小葉とも釣り糸で水平に固定し (固定葉), 一方の葉は自然状態のまま (自然葉) とした。自然葉はそれぞれの小葉の3箇所印をつけ (図2), 各点の空間位置を1時間間隔で測定した。空間位置の測定においては, 葉の下方に水平に置かれた方眼紙によって  $x, y$  座標を決定し, さらに方眼紙からの高さを  $z$  座標として定規で測定した。さらに, 測定と同時に真上から写真撮影を行った。

## 2.3. 葉温の測定

固定葉と自然葉の小葉ごとの葉温を放射温度計 (THI-300: 日立) で測定した。なお, ここで得られた葉温は, 葉の放射率を1.0と仮定した時の値であり, 絶対値への換算は行っていない。同時に, 照度も照度計 (T-1H: ミノルタ) を用いて測定した。測定は9月12日の調位運動の測定日に30分から60分間隔で行った。

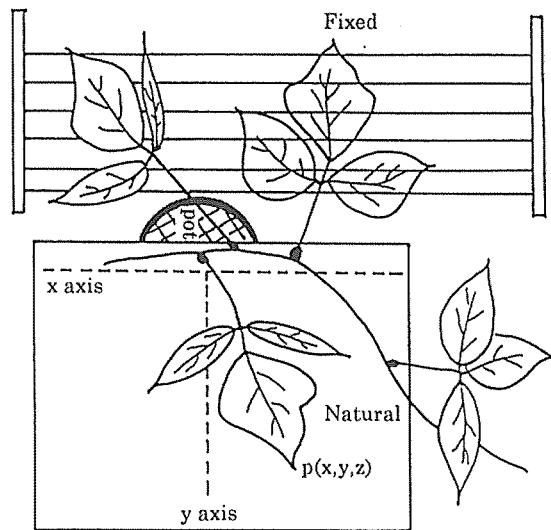


Fig. 1 The outline of measured seedling.  
図1 測定苗の設定概要

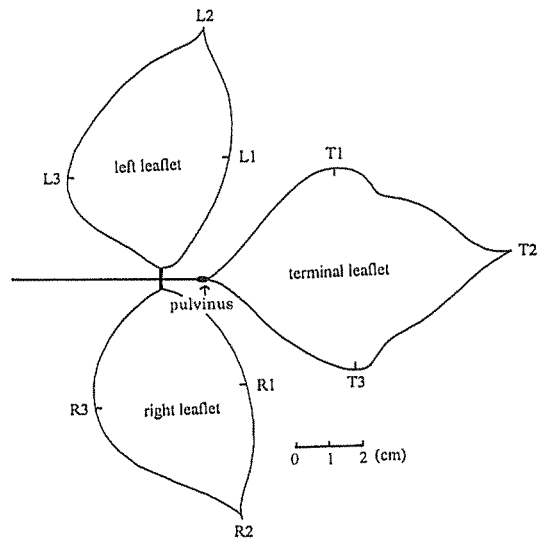


Fig. 2 The outline of sample leaf used for leaf movements measurement and the position of measured points.  
 図2 調位運動の測定葉と測点の配置

#### 2.4. 小葉の投影面積の推定

葉と太陽で形成される投影面積を推定するためには、測定日の太陽の方位と高度を知る必要がある。ここでは、太陽の方位と高度は渡辺（1959）の次式を用いて算出した。

$$\begin{aligned} \sin z \sin A &= \cos \delta \sin H, \\ \sin z \cos A &= -\cos \phi \sin \delta + \sin \phi \cos \delta \cos H, \\ \cos z &= \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos H, \end{aligned}$$

ここで、 $z$ ；天頂距離、 $A$ ；方位角、 $\delta$ ；赤緯度、 $H$ ；時角、 $\phi$ ；緯度を示す。

さらに時角（ $H$ ）の算出には任意地点における南中時刻が必要であり、南中時の算出には次式（荒木，1981）を用いた。

$$T = 12 \text{ 時 } 00 \text{ 分} - 4 (\theta - 135) \text{ 分} - t \text{ 分},$$

ここで  $T$ ；経度  $\theta$  における、中央標準時で表された南中時、 $t$ ；均時差である。

測定日（1992年9月12日）と測定地における各変数には、視赤緯（ $\delta$ ）； $4^{\circ} 9' 53''$ （理科年表，1992），均時差（ $t$ ）；3分40.4秒（理科年表，1992），緯度（ $\phi$ ） $33.35^{\circ}$ ，経度（ $\theta$ ） $133.35^{\circ}$ を用いた。

1992年9月12日に測定された各点の空間座標  $p(x, y, z)$  に太陽光線が入射角  $h$ ，方位角  $A$  で入射した時に  $x$ - $y$  平面上に結ばれる点の座標を求め、小葉上の各3点で形成される三角形の面積をヘロンの公式を用いて算出した。さらに、算出された面積は、小葉が水平の時の投影面積で除して相対投影面積（以下投影面積とする）に換算した。ここで求めた投影面積は、小葉が水平の場合には太陽光線の入射角や方位角に関係なく相対面積1と

なるが、小葉が太陽光線に直角になる様に傾斜すると1より大きく、太陽光線と平行になると1より小さくなる特性を持っている

### 3. 結 果

#### 3.1. 小葉の方位と傾斜の日変動

約1時間間隔で撮影された小葉の方位と傾斜の日変化を図3に示す。図中に示された矢印は測定時における太陽の方位を表している。測定日の天候は図5に示した照度変化で明らかのように、快晴であった。早朝6時49分には3小葉はほぼ水平に置かれていた。7時47分から10時26分までは頂小葉は水平であったが、側小葉は傾斜角が大きくなり、葉面は太陽光線の方向(東)に向かって動いた。11時37分には側小葉の傾斜角が最大となるとともに頂小葉が傾斜を開始した。12時59分には3小葉ともに太陽光線とほぼ平行になった。その後、14時26分までは同様の状態が維持されたが、側小葉の傾斜角は徐々に小さくなり、16時41分には水平状態に戻った。これに対し頂小葉は、この時間までは太陽光線とほぼ平行に位置した。17時42分になると右小葉は水平、左小葉はやや太陽光線に傾斜する状態になったが、頂小葉は未だ平行に位置した。18時18分には3小葉はともに水平になった後、下垂した。

なお、これらの調位運動の発生した部位は、すべて図2に示した小葉基部の葉枕から上部であり、葉柄の方位と角度にはほとんど変化が認められなかった。

#### 3.2. 小葉の調位距離

小葉のx-y, x-z, y-zの各平面上での時間ごとの位置を図4に示す。さらに表1には各点の各平面上での調位距離を示す。右小葉の調位距離についてみると、x-y平面においては、小葉の前方に位置するR1が他の2点に比べて小さく、ほぼ同一座標に留まった(図4(a))。これと同様に、x-z, y-z平面においてもR1の運動距離は他の2点よりも短かく、同一座標に留まったが、夕方に下方へ移動する運動が認められた。R1の調位距離はそれぞれの平面上で11.6, 14.4, 12.8 cmとなり、これらの値はR2とR3の調位距離のおよそ半分であった。左小葉についても右小葉と同様に、L1での調位距離が短かく、他の2点の調位距離の半分であった。さらに、x-z, y-z平面において夕方の下方運動も認められた。一方、頂小葉においては、x-y平面では小葉の左側の測点のT1の運動が小さく、ほぼ同一座標に留まり、T1, T2, T3のそれぞれの調位距離は16.1, 22.5, 28.5 cmであった。しかし、x-z, y-zの各平面ではT1の調位距離は長くなり、他の2点との差は認められなかった。

#### 3.3. 小葉の投影面積の日変化

投影面積の日変化と水平照度の日変化を図5に示す。右小葉では9時頃まで太陽光線に葉面を向けており、大きな影を形成した。しかし、9時以降、水平から平行になる運動を開始し、10時頃に水平、さらに、11時30分頃には平行な状態となり、この時点でほとんど影を形成しなくなった。その後も葉は平行に維持され、15時30分頃に再び太陽光線に葉面を向ける動きが見られたが、水平までは回復しなかった。左小葉では、10時頃までは水平に維持されたが、10時頃に太陽光線と平行になる動きが生じ、12時頃には影を形成しなく

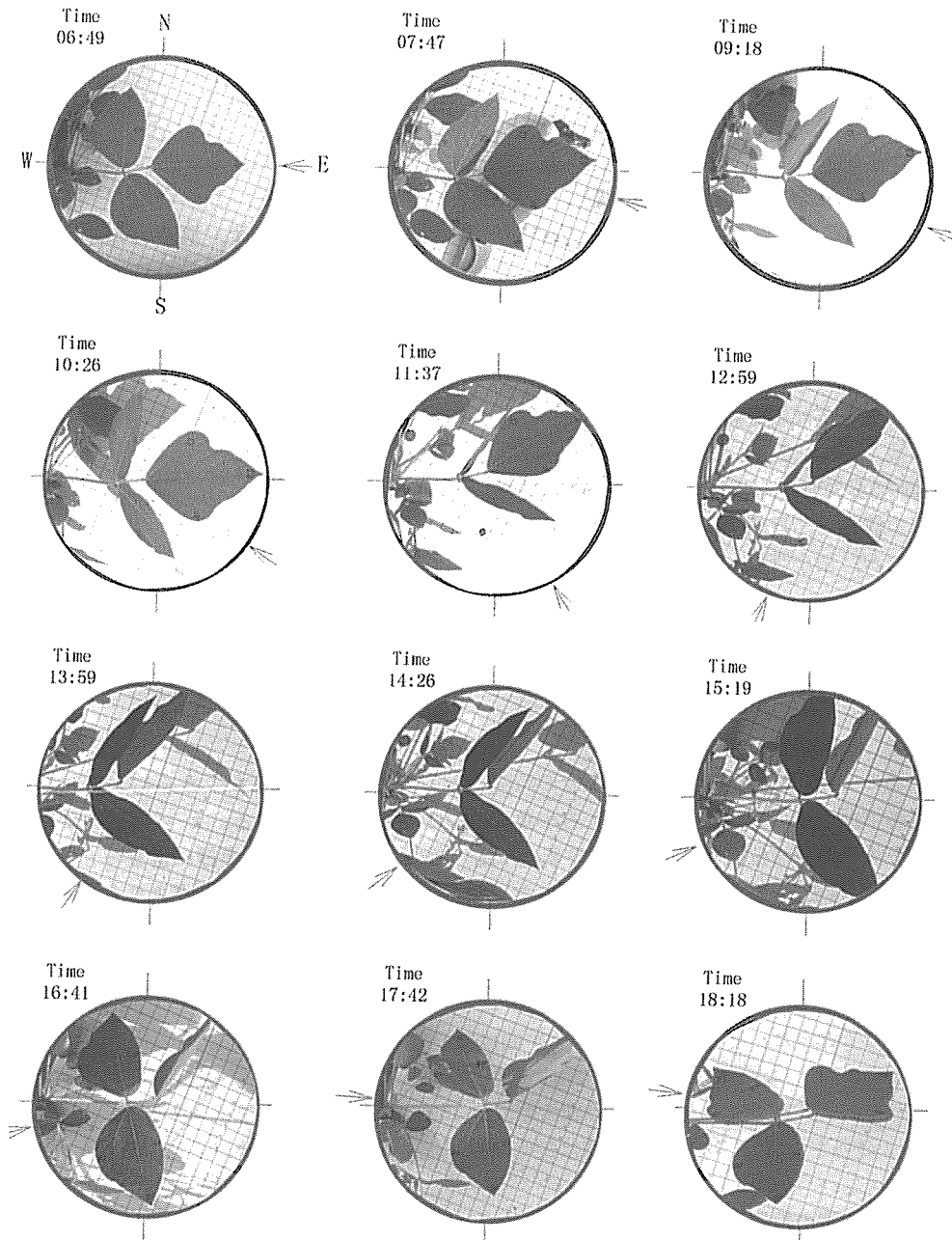


Fig. 3 Diurnal changes in leaf azimuth and inclination on Sep. 12, 1992. Arrow shows sun azimuth.

図3 測定葉の方位と傾斜角の日変化

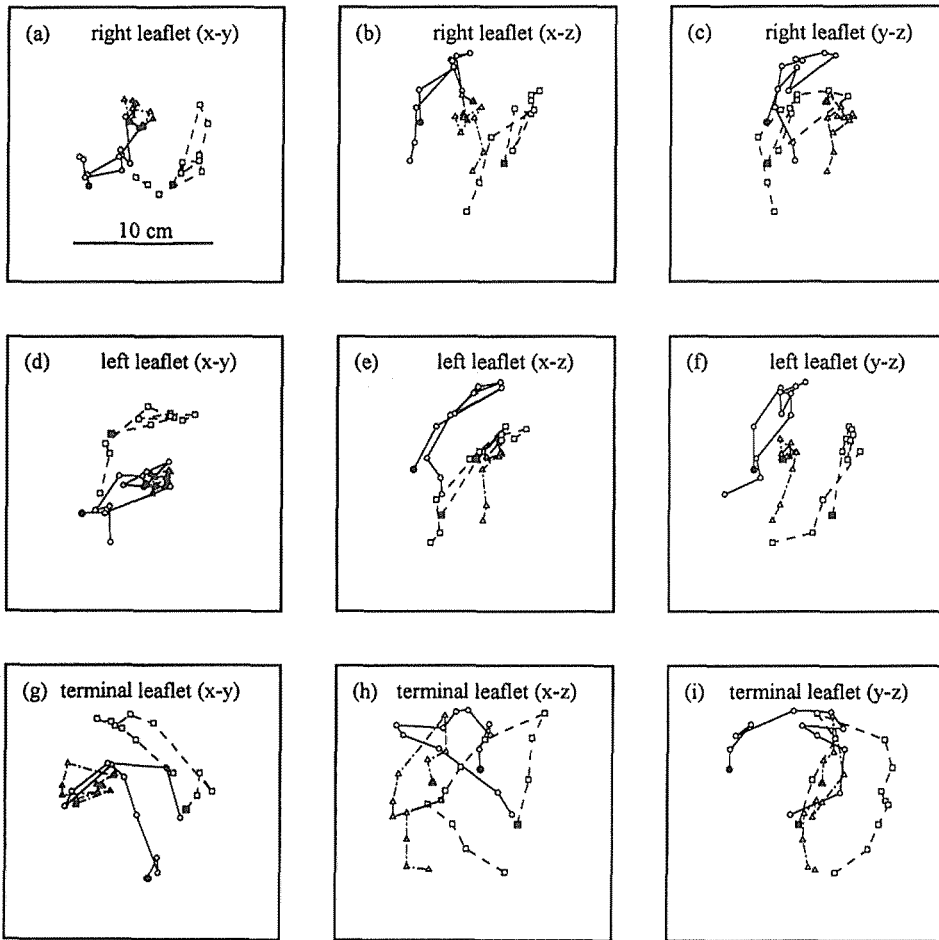


Fig. 4 Loci of three measured points marked on the sample leaflet in x-y, x-z, y-z plane coordinates. Panel (a), (b), (c) are right leaflet, (d), (e), (f) are left leaflet, (g), (h), (i) are terminal leaflet, respectively. Dotted symbols show the started position.  $\Delta$ : R1, L1, T1;  $\square$ : R2, L2, T2;  $\circ$ : R3, L3, T3.

図4 測定葉上の各3点のx-y, x-z, y-zの軸上での移動軌跡

なった。その後、左小葉でも15時30分頃に太陽光線に向かう動きが認められた。頂小葉では早朝には太陽に葉面を向けて大きな影を形成したが、8時頃には水平になり10時頃まではそのまま維持された。その後、しだいに太陽光線と平行になるように動き、12時頃にはほとんど影を形成しなくなった。しかし、15時頃から再び太陽光線に葉面を向ける動きが見られ、16時30分に水平になった後、さらに太陽光線に向かう動きが継続され17時頃に最大面積に達した。その後、再び低下の傾向が見られた。

照度との関係のみでみると、水平から平行になり始めた10時の照度はおよそ70 klxであり、平行から水平になり始めた15時30分の照度はおよそ50 kluxであった。



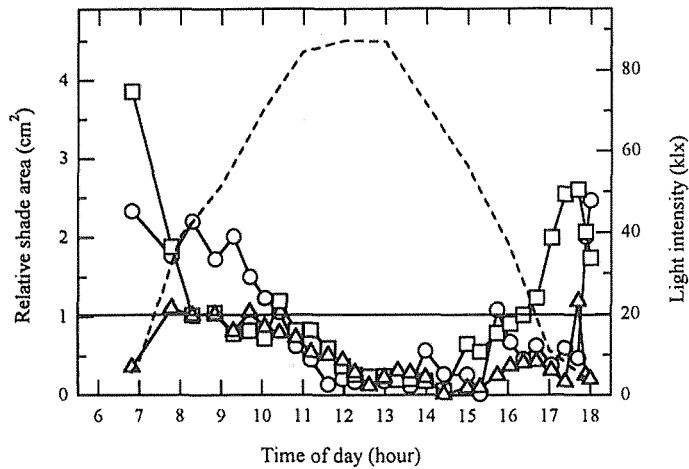


Fig. 5 Diurnal changes in the projection area and horizontal light intensity.  
 □ : right leaflet, △ : left leaflet, ○ : terminal leaflet, ..... : light intensity.

図5 投影面積と水平照度の日変化

#### 3. 4. 固定葉と自然葉の葉温の日変化

固定葉と自然葉の裏面の葉温の日変化を図6に示す。表面と裏面の温度は近似していたので、図には裏面における3小葉の平均値(図6(a))と小葉ごとの値(図6(b))のみを示した。平均値で見ると、固定葉と自然葉の温度差は10時頃に発生し始め、12時10分に最大の温度差になった。その後、差はしだいに小さくなり16時前後には変わらない値となった。12時10分に測定された葉温は固定葉が36.7℃、自然葉が32.7℃でその差は4℃であった。また、葉温に差が生じ始めた時と差が認められなくなった時の温度はおおよそ32℃でほぼ一致した。さらに、温度差の生じ始めた10時頃の時刻は葉が水平から平行に動き始めた時刻に一致し、差の認められなくなった16時は、葉が太陽光線に平行の状態から水平・垂直へ動き始めた時刻とほぼ一致した(図5)。

小葉ごとの葉温を比較すると、固定葉では比較的近似した葉温を示したが、自然葉では小葉ごとの差が大きかった(図6(b))。特に、頂小葉の15時から16時までの葉温は他の側小葉よりも高く、しかも固定葉より高かった。

## 4. 考 察

#### 4. 1. クズの調位運動の規則性

調位運動のパターンを解析する手法は種々あり、ダイズでは川嶋(1969)の小葉の位置を方位角、葉面の上下傾斜(主傾斜角)および横向き傾斜(副傾斜角)の組み合わせによって表す方法、また、斎藤ら(1994a)の3小葉先端を結ぶ三角形の面積と左右小葉間の距離で表す方法、あるいは、最近では3次元形態計測装置による位置測定もなされている(森

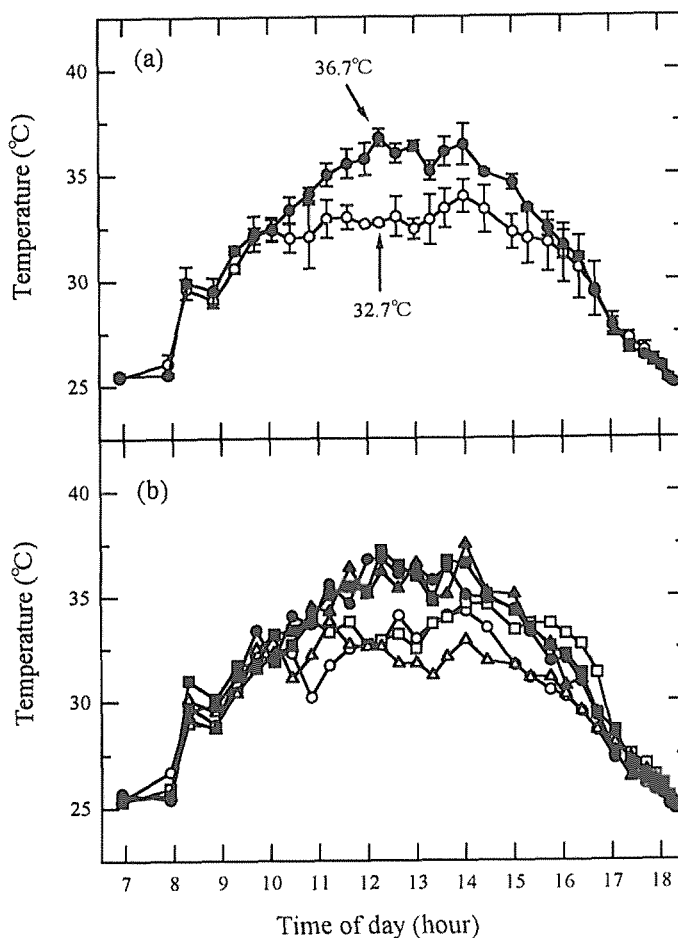


Fig. 6 Diurnal changes in leaf temperature of natural and fixed leaves.

(a) : Open circle shows natural orientation, closed circle shows restrained horizontal. Each point is mean  $\pm$ SE of three leaves.

(b) :  $\circ$ ,  $\triangle$ ,  $\square$  show right, left and terminal leaflet of natural leaf.  $\blacktriangle$ ,  $\blacksquare$ ,  $\bullet$  show right, left and terminal leaflet of fixed leaf.

図6 自然葉と固定葉の裏面の葉温の日変化

永ら, 1993). しかしながら, これらの方法では, 太陽光線の方位と葉の運動との関係を的確に表すことはできなかった. そこで, 本報告では, 小葉上の3点の動きと太陽光線で形成される影の面積を推定することでクズの調位運動の規則性を検討した.

まず, 小葉ごとの調位運動についてみると, 図4に示したように, 側小葉では類似した運動パターンが見られたが, 頂小葉は異なる運動パターンを示した. 側小葉では, 小葉前部の調位距離が小さく, 頂端と後部の調位距離が大きかった(表1). しかも, この運動パ

表1 側小葉と頂小葉上の各点における x-y, x-z, y-z 平面での調位距離

Table 1 Orientated length of each measured point on x-y, x-z, y-z plane coordinates.

Right leaflet			
	x-y	x-z	y-z
R1	11.6*	14.4	12.8
R2	20.4	27.6	24.4
R3	18.2	23.1	20.8

Left leaflet			
	x-y	x-z	y-z
L1	10.2	13.2	12.6
L2	23.1	23.3	28.1
L3	25.6	24.0	28.0

Terminal leaflet			
	x-y	x-z	y-z
T1	16.1	29.3	26.0
T2	22.5	25.8	27.1
T3	28.5	27.5	23.2

\* unit : cm

ターンは x-y, x-z, y-z 平面のいずれにおいても認められ、小葉前部の調位距離は水平面においても、垂直面においても短かった。このことから、側小葉は葉枕 (pulvinus) と小葉の前部を中心軸として運動しており、しかも、この運動は回転運動が主であり、上下運動は含まれていないことが理解できる。さらに、回転の方向は軸を中心として右小葉が右回り、左小葉が左回りであることも明らかである。一方、頂小葉の運動については、x-y 平面では左側面 T1 の運動が他の 2 点と較べて少なかったことから、側小葉と同様に葉枕と左側面を軸とした回転運動を行っているかと理解される。しかし、x-z, y-z 平面では T1 の Z 軸上の運動が認められ、調位距離も他の 2 点と近似した値となっていたことから、Z 軸上では小葉全体が上下に移動していたことになる。つまり、頂小葉は左側面を中心軸とした回転運動を行うとともに、軸の方向は維持したまま、葉枕を支点とした上下運動を同時に行っていることになる。このような小葉ごとの運動の違いに関する研究報告がないのでその原因は明らかでないが、調位運動を起こす器官である葉枕の構造に側小葉と頂小葉の違いが存在する可能性がある。このような運動の規則性が葉の測定時の方位を変えた場合や、あるいは、生育時の方位を変えた場合でも認められるかについては、さらに研究を継続する

必要がある。

図4の図中には測定開始点を黒点で示したが、この点は測定終了時の点と一致しなかった。今回の測定は太陽光線のある日中のみで夜間の位置は測定していないが、観察の結果では、小葉は夕方から夜間にかけて下方に垂れ、明け方の早い時期に回復する現象が認められた。このような夜間の運動はダイズなどの就眠運動(斎藤ら, 1994a)として知られており、クズにおいても夜間の就眠運動の存在が認められたことになる。側小葉で夕方にZ軸上で認められた下方運動(図4(b), (c), (e), (f))は就眠運動の一環と考えられ、今回の測定開始時にはすでに就眠運動から回復しており、このために起点と終点の不一致が生じたものと考えられる。

クズの葉は図4に示したように、早朝と夕方には太陽光線に葉を向ける運動(diaheliotropism)をし、日中には太陽光線を避けて平行に葉面を維持する運動(paraheliotropism)が観察された。このことから、クズの葉は条件によって太陽光線に向かう運動と避ける運動のどちらも行う植物であるといえる。

しかし、これらの運動を小葉ごとにみるとそれぞれの動きに差が認められた(図5)。つまり、右小葉は早朝には顕著に太陽光線に葉面を向ける運動を示したが、夕方には明確なこのような運動は示さなかった。これに対し、左小葉は積極的に太陽光線に向かう運動は見られず、葉面を水平に保つか、あるいは葉面を平行に保って太陽光線を避ける運動がほとんどであった。一方、頂小葉では午前中では太陽光線に葉面を向ける運動は明確ではなかったが、夕方には顕著に太陽光線に葉面を向ける運動がみられた。

このようにクズの調位運動が小葉ごとに異なることは、今回のように小葉ごとの葉の位置と太陽方位・高度との関係を測定することによって初めて明らかにされたことであり、その原因については明確でない。ただ、調位運動の程度を決定する仮説のひとつに、中肋を挟んだ左右の葉面における光合成量の違い(Fisher and Fisher, 1983)があり、本研究で明らかにされたように、側小葉ではほとんど回転運動のみで葉の調整幅が狭く、頂小葉ではさらに上下運動も加わり調整幅が広がった。よって、ここではこのような調整幅の違いや測定時における葉の設定位置などが左右の光合成量の不均衡を生み出し、小葉ごとの調位運動の反応の違いを生じさせている可能性が考えられる。斎藤ら(1994a)はダイズの運動パターンは個々の小葉が単独に動くのではなく、複葉を単位として向日的に運動することを認め、複葉全体の運動を測定する方法を採用している。確かに、クズにおいても全体的な運動の方向性は一致したが、それぞれの小葉ごとにみると反応の程度に大きな差が認められた。このことから、調位運動のメカニズムの解明のためには、小葉ごとの調位運動に関する詳細な解析が必要である。

#### 4.2. 調位運動による葉温低下

固定葉の葉温は朝低く、しだいに高くなり正午頃に最大となったのち、夕方にかけて低下した。これに対し自然葉は10時頃までは上昇したが、その後32℃から33℃で安定した葉温を維持し、夕方に低下した(図6(a))。固定葉と自然葉に葉温差が生じ始めた時間は10時頃で、温度差が認められなくなったのは16時頃であった。この時間帯は葉の位置が水平から太陽光線に対し平行に位置した時間帯と一致しており、このことから、クズの調位運動には葉温の上昇を防ぐ効果のあることが明らかである。しかし、平均値ではこの

ように自然葉の葉温を下げる働きをしていたが、小葉単位でみると葉温の低下だけでなく、頂小葉の15時から17時にかけての葉温のように(図6(b)),自然葉が固定葉よりも葉温が高くなる現象が認められた。このことは、クズの調位運動には葉温の低下効果だけでなく、葉温上昇効果もあることを示しており、必ずしも葉温の低下だけには働いていないことになる。その生態生理的な意義を明らかにするためには、蒸散速度(Forseth and Teramura, 1986)、水分ストレス(斎藤, 1994d)、光合成速度(Hirata *et al.*, 1983; Isoda *et al.*, 1993b)、あるいは群落内への光透過(Wien and Wallace, 1973; Isoda *et al.*, 1993a; 斎藤ら, 1994c)など、他の多くの要因との関係を解明する必要がある。さらに、Forseth and Teramura (1986)は、クズの葉の熱収支モデルから葉温の低下は蒸散量を低下させて水分利用効率を増大させるとともに、高温害や光合成の光阻害から葉を回避させている可能性も示唆している。そこで、次報においては、クズの調位運動の意義を光合成速度や蒸散速度といった生理的特性から検討するつもりである。

## 引用文献

- 荒木真之(1981):均時差の略算式. 日林誌 63:165-168
- EHLERINGER, J. and FORSETH, I. (1980): Solar tracking by plants. *Sci.* 210:1094-1098
- FISHER, F. J. F. and FISHER, P. M. (1983): Photosynthetic patterning: a mechanism for sun tracking. *Canadian Journal of Botany* 61:2632-2640
- FORSETH, I. N. and TERAMURA, A. H. (1986): Kudzu leaf energy budget and calculated transpiration: The influence of leaflet orientation. *Ecology* 67:564-571
- HIRATA, M., ISHII, R., KUMURA, A. and MURATA, Y. (1983): Photoinhibition of photosynthesis in soybean leaves. II. Leaf orientation-adjusting movement as a possible avoiding mechanism of photoinhibition. *Jpn. J. Crop Sci.* 52:319-322
- 伊尾木稔(1994):クズの生理生態. グリーン・エージ 248:30-37
- 岩田久敬・菊池亮介(1971):日本野草の研究(第7報). 畜産の研究 25:1137-1378
- ISODA, A., YOSHIMURA, T., ISHIKAWA, T., NOJIMA, H. and TAKASAKI, Y. (1993a): Effects of movement on radiation interception in field grown leguminous crops. I. Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Jpn. J. Crop Sci.* 62:300-305
- ISODA, A., YOSHIMURA, T., ISHIKAWA, T., WANG, P., HOJIMA, H. and TAKASAKI, Y. (1993b): Effects of leaf movement on radiation interception in field grown leguminous crops. II. Soybean (*Glycine max* Merr.). *Jpn. J. Crop Sci.* 62:306-312
- 川嶋良一(1969):大豆の葉の調位運動に関する研究. 第1報 調位運動と葉面受光. 日作記 38:718-729
- 国立天文台編(1992):理科年表. 丸善株式会社, 東京, p.26
- 栗山光春(1953):クズの飼料価値とその利用法. 畜産の研究 7:631-633
- LEDENT, J. F. and MOSS, D. N. (1977): Spatial orientation of wheat leaves. *Crop Sci.* 17:873-879
- 増田芳雄(1992):植物生理学入門. オーム社, 東京, pp.141-148
- 森永慎介・井上吉雄・芝山道郎・秋山 侃(1993):植物立体構造測定センサーによるダイズ調位運動の計測. 日作紀 62:266-267
- OOSTERHUIS, D. M., WALKER, S. and EASTHAM, J. (1985): Soybean leaflet movements as an indicator of crop water stress. *Crop Sci.* 25:1101-1106
- SATO, H. (1990): Studies on leaf orientation movements in kidney beans (*Phaseolus vulgaris* L.).

- III. Different responses of the cultivars to light intensity and air temperature. Jpn. J. Crop Sci. 59 : 535-539
- 齋藤邦行・稲村隆治・石原 邦 (1994a) : ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第 1 報 運動の測定方法. 日作記 63 : 68-74
- 齋藤邦行・稲村隆治・石原 邦 (1994b) : ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第 2 報 生育・環境条件の相違が運動の日変化に及ぼす影響. 日作記 63 : 254-260
- 齋藤邦行・稲村隆治・石原 邦 (1994c) : ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第 3 報 イネとダイズ 個体群落内の微細環境の比較. 日作記 63 : 480-488
- 齋藤邦行・稲村隆治・石原 邦 (1994d) : ダイズ複葉の運動と環境条件との関係. 第 4 報 個葉の葉面受光. 日作記 63 : 616-624
- SHACKEL, K. A. and HALL, A. E. (1979) : Reversible leaflet movements in relation to drought adaptation of cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Aust. J. Plant Physiol. 6 : 265-276
- TRAVIS, R. L. and REED, R. (1983) : The solar tracking pattern in a closed alfalfa canopy. Crop Sci. 23 : 664-668
- TSUGAWA, H. (1986a) : Cultivation and utilization of kudzu-vine (*Pueraria lobata* Ohwi). J. Japan. Grassl. Sci. 31 : 435-443
- TSUGAWA, H. (1986b) : Cultivation and utilization of kudzu-vine (*Pueraria lobata* Ohwi). J. Japan. Grassl. Sci. 32 : 173-183
- WAINWRIGHT, C. M. (1977) : Sun-tracking and related leaf movements in a desert lupine (*Lupinus arizonicus*). Amer. J. Bot. 64 : 1032-1041
- 渡辺敏夫 (1959) : 数理天文学. 恒星社厚生閣, 東京, pp. 125-127
- WIEN, H. C. and WALLACE, D. H. (1973) : Light-induced leaflet orientation in *Phaseolus vulgaris* L.. Crop Sci. 13 : 721-724
- WOFFORD, T. J. and ALLEN, F. L. (1982) : Variation in leaflet orientation among soybean cultivars. Crop Sci. 22 : 999-1004
- WOOLLEY, J. T., ALFICH, R. A. and LARSON, E. M. (1984) : Direct measurement of irradiance upon phototropic soybean leaves throughout the day. Crop Sci. 24 : 614-616
- MONSI, M. und SAEKI, T. (1953) : Über den lichtfaktor in den pflanzengesellschaften und seine bedeutung für die stoffproduktion. Jpn. J. Bot. 15 : 22-52

(1996年12月13日受付; 1997年1月27日受理)

## Summary

The type of leaf movement and its effect on leaf temperature in Kudzu (*Pueraria lobata*), a leguminous vine, was studied. The change in the size of the projection area formed by the leaf on a grid surface below it was used to measure leaf orientation movement. Variation in the size of the area projected by each leaf during the day was large in the morning and at dusk, but was very small at midday. From these findings it can be deduced that the Kudzu leaf takes in sunlight through diaheliotropic movement in the morning and at dusk; but takes shelter from strong solar radiation through paraheliotropic movement at midday. Furthermore, it was observed that the leaf moves with regularity and that leaf changes its orientation with one fixed point on the leaf

as the axis.

Comparing the leaf temperature of a natural leaf with an artificially fixed one, it was determined that there was no significant difference in the leaf temperature of both leaves while the natural leaf undergoes diaheliotropic movement. However, the temperature of the natural leaf was 4 °C lower than that of the fixed leaf during paraheliotropism. This reveals that leaf orientation movement in Kudzu functions to reduce leaf temperature.

**Key words** : kudzu; leaf orientation movement; leaf temperature; projection area.