

○福島崇志^{*1}・井上英二^{*2}・後藤薫平^{*1}・石丸有香^{*1}・岡安崇史^{*2}・光岡宗司^{*2}

(*1: 九大院生資環・*2: 九大院農)

【はじめに】

植物は、外気温と共に体内温度を変動するものとして一般的に知られている。しかし、ある種の植物は、低外気温時期に植物の中核を成す部位が発熱することで、①開花、受粉プロセス時の低温障害からの回避、②繁殖器官の正常な発育のための安定した温度保持、③昆虫の誘引等を促している。この種の植物は、「発熱植物」と呼ばれ、フィロデンドロン・セロウム、ザゼンソウ（サトイモ科）、ハス（スイレン科）、ソテツ（ソテツ科）等が挙げられる。その中においてハスは、気温の変動にも関わらず、当該発熱器官の温度を一定に保つことができ、「恒温植物」とも呼ばれている。恒温植物は近年、植物生理・遺伝資源分野で盛んに取り上げられているものの、その発熱メカニズムについては未だに解明されていない。そこで本研究では、比較的発熱期間が長いハスを対象に外気と発熱部位の温度測定とリカレンスプロットを用いたパターン認識による時系列解析を行い、ハスの発熱メカニズムに関する考察を行った。

【ハス花托の温度測定】

ハスの発熱部位は花の中心にあるスポンジ状で逆円錐形の花托と呼ばれる部分である。ハスの発熱時期は、つぼみから花が咲くまでで、その期間に花托内部にセンサ（熱伝対）を差し込み、花托内部の温度及び外気温を4~5日間1分おきに自動計測した（図1）。外気温に関しては、日射の影響を避けるため、センサ部を日陰にし、測定した。実験で得られたデータは外乱を含んだ屋外での計測であるため、Savitzky-Golay法で2次・3次多項式適合化により平滑化を行った。

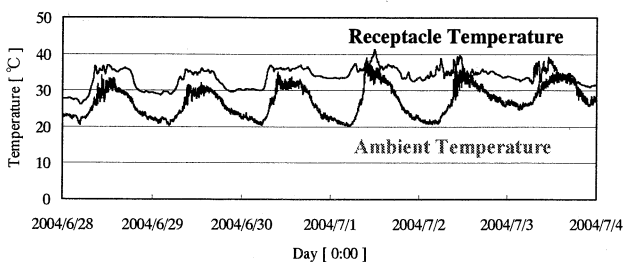


図1 外気及び花托の温度時系列

【Recurrence Plots】

本研究では、時系列を視覚的にパターンとして捉える解析手法の一つである *Recurrence Plots* を用い、両者の温度変動の差異を検討した。*Recurrence Plots* とは、時系列信号から再構成されたアトラクタ上の各点間の相関関係を視覚化するものであり、時系列信号のもつ定常・非定常性の検出に優れているものである。通常、*Recurrence Plots* を作成するためには、まず、一辺の長さがアトラクタ上の点の総数 N となるような2次元平面を用意する。次に、アトラクタ上の2点 ($v(i), v(j)$): $i, j = 1, 2, 3, \dots, N$) 間距離

$$D(i, j) = |v(i) - v(j)| \quad (1)$$

を計算する。||はユークリッド距離である。上記の $D(i, j)$ がある閾値を超えると (i, j) 座標にプロットし、2次元画像を形成する。本研究では、各時間における温度差を純粋に評価するため、アトラクタの構成を行わずに直接、温度時系列よりプロットを形成した。

$$D(t_1, t_2) = |T(t_1) - T(t_2)| \quad (2)$$

t_1, t_2 は時間 [min], T は温度時系列 [°C] である。

(2) 式で得られた $D(t_1, t_2)$ を

$$D_M(t_1, t_2) = \frac{D(t_1, t_2) - D_{\min}}{D_{\max} - D_{\min}} \quad (3)$$

とし、正規化した値 $D_M(t_1, t_2)$ を得た。ここで、 D_{\max} , D_{\min} は $D(t_1, t_2)$ の最大・最小値である。(3) 式に基づき *Recurrence Plots* を作成し、プロットのパターンから発熱開始時及び発熱終了時におけるハス花托温度変動に関する考察を行った。その結果、花托温-外気温の間には、然程、変動パターンの違いが確認されなかった。そこで、本研究では、*Recurrence Plots* を応用し、新たな2次元プロットを構築し、熱産生時における花托温度ならびに、反応時間に関して考察を加えた。その結果、花托温の発熱に関する反応閾値が約35°Cと推察された。詳細については、ポスターにおいて発表を行う。