

音波と光を用いた植物の水分量測定

山嵜 睦門 (光計測工学研究室)

(指導教員 田上 周路 准教授)

1. 背景・目的

農業における水管理は作物の生育・収量・品質に加え、水資源や設備・人件費等の運用コストを左右する重要要素である。一方、乾燥ストレスは常に悪影響ではなく、品質向上などを目的に意図的に付与する栽培もあるが、過度の乾燥による不可逆な損傷は避ける必要があり、その付与量やタイミングの制御は容易ではなく、水管理は本質的に繊細な課題となる。そこで本研究では、土壌水分量そのものではなく、気孔開閉や蒸散といった生理応答に直接影響を受けると考えられる葉の水分状態に着目する。作物自身の葉の水分状態を、生体への影響を抑えつつ、非接触・非破壊で連続的に把握できれば、水管理の高度化に有用である。本研究の目的は、音波励振と散乱光計測に基づく振動計測により葉の振動特性の変化を取得し、植物の水分状態の変化を推定・計測する手法を構築することである。

2. 測定原理

植物の水分量測定のための実験系を図1に示す。観測対象を葉として、スピーカーから音波を照射し、対象を振動させる。このときスピーカーの駆動周波数を0から60 Hzなどの範囲で変化させ、複数の周波数の音波を順に照射する。対象の振動部位に光を照射し、得られる散乱光の強度変化を取得する。取得した強度信号を周波数解析することで振動成分を抽出し、周波数応答として対象の振動特性を評価する。

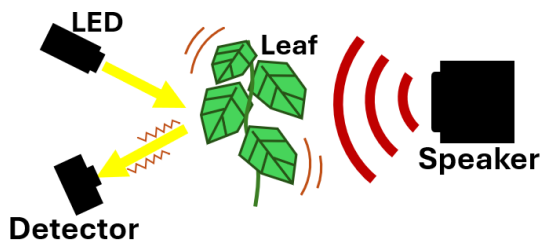


図1. 植物の水分量測定のための実験系

3. 実験方法

本実験では、目標である植物の水分量推定は、実圃場における生育環境、とりわけトマトの葉の群落を対象とした適用を想定している。そこで、ハイスピードカメラを用いて、二次元の画像系列のデータを取得し、時間軸を含めた三次元データとして取り扱う。そうすることで、複数の葉を同時に撮影し、葉ごとの振動応答を個別に抽出できる可能性がある。しかし、カメラを用いた測定のため画素ノイズ、感度特性、量子化分解能などの観点で検証が必要となる。

以上を踏まえ、植物の振動特性を取得する上でハイスピードカメラを用いる手法が有効であるかを評価する。

次に、ハイスピードカメラで取得した画像を解析するプログラムをPythonで作成した。最終的に、指定した周波数の振動分布を二次元的にヒートマップとして表示する。ヒートマップは、処理結果の表示画面で指定された周波数に関して、画像上のフーリエ変換のパワースペクトルを赤色の濃さで示したものである。実験系を図2に示す。初めにディテクタを用いた単一画素による振動特性を計測し、対象となる生体の葉が振動しやすい周波数を測定する。そして、その音波の周波数で画像取得を行う。

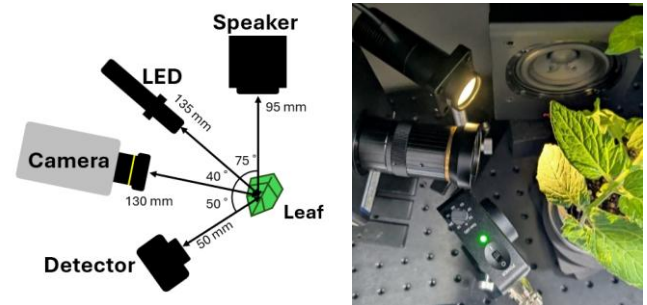


図2. 生体の葉を対象とした画像による振動解析の実験系

4. 実験結果

ディテクタを用いた計測では照射音波の周波数に対して、同周波数での振動が観測されなかった。しかし、26 Hzの音波を照射した時、33.5付近で振動が観測できた。よって、画像による振動計測は26 Hzの音波を用いて行う。

トマトの葉を対象とした画像を用いた振動計測の結果を以下に示す。図3は4パターンから構成され、ディテクタでの計測では26 Hzの音波照射に同周波数の振動が観測できなかったがカメラを用いた場合では26 Hzの音波照射時に同周波数の振動が観測できたため、照射音波と同周波数の振動について解析結果を示す。また、スピーカーからの音波照射が無い状態を無音として示す。無音時ではヒートマップからは横方向の画像ノイズが確認できる。一方で、26 Hzの音波照射時は、葉縁部に振動が分布しており、輝度変化を観測していることから背景と葉の境目に振動が観測できる。特に葉先端においてヒートマップにて赤色が濃くなっていることから、強い振動が観測された。無音時と音波照射時で最大強度を比較しても音波による対象の振動が観測できた。

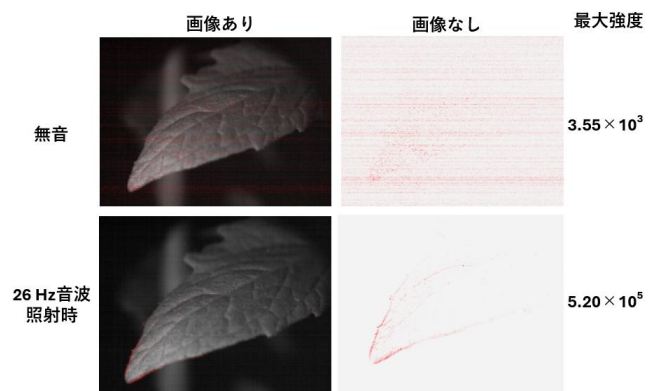


図3. 画像測定による26 Hzの振動分布

5. まとめ

本研究の原理検証段階ではディテクタを用いて散乱光を受光した。ディテクタによる単一画素では、複数の葉の状態を区別し計測することが困難であった。単一画素ではなく、複数の画素を持つハイスピードカメラを用いた計測により、二次元データとしてフーリエ変換を評価できた。これにより、実圃場を見据えた計測方法に近づいた。

今後の課題は、実圃場での外的要因、特に太陽光のもつ振動成分や時間強度変化、風による対象の振動も評価したい。また、ハイスピードカメラではなく、これらの要因を考慮した別の手法を検討することを今後の目標とする。