

水ストレス検出のための 植物インピーダンス非接触測定装置開発の試み

伊藤 建一*

(令和 2 年 11 月 30 日受理)

Non-Contact System for Measuring Plant Impedance to Detect Water Stress

Kenichi ITO*

This study developed a non-contact system for measuring plant impedance to detect water stress using a magnetic induction sensing method. First, a sensing coil was incorporated as the frequency-determining element in a Franklin-type LC oscillator circuit, and a system was created to convert changes in impedance into frequency changes. Next, we conducted a water stress experiment using monkey bananas and demonstrated the potential of detecting water stress using this system.

Key words: Plant impedance, water stress, magnetic induction

1. はじめに

灌水を適切に実施することは、植物を栽培するうえで極めて重要である。しかしながら、一般圃場における灌水は、農家のカンと経験に基づいて判断がなされている。簡易的に水ストレスを測定できるようになれば、灌水時期や量を的確に判断できるようになり、効率的かつ適切な生育管理が可能となる。

植物の水ストレスの簡易測定法の一手法として、植物の電氣的インピーダンスを測定する方法がある^{[1], [2]}。これは、金属電極を植物に刺入し、LCRメータ等で抵抗とキャパシタンスを測定する方法である。水ストレスが加わると、一般的に、抵抗値は上昇しキャパシタンス値は減少するので、水ストレスが加わっているかどうか確認できる。著者も同様な実験を行い、概ね似た傾向の結果を得ているだけでなく^[3]、携帯型の装置も開発している^[4]。しかしながら、この方法は電極を植物に刺入するため侵襲的であるというあまり好ましくない問題点がある。本研究では磁気誘導センシング手法を用いて、植物内インピーダンス変化の非接触計測を試みた。

* 工学科(知能機械・情報通信学系)教授
Professor, Division of Intelligent Machine, Department of Engineering

2. 測定システム

センシングコイルに交流電流を流し1次磁界を発生させると近接した植物内では渦電流が発生する．この渦電流量は植物のインピーダンスに応じて変化するため，センシングコイルの反射インピーダンス変化を測定すれば，植物のインピーダンス変化を測定できることになる．本研究では，センシングコイルのインピーダンス変動は，周波数変調技術を用いて計測することにした．すなわち，インピーダンス変動を周波数シフトの変化で測定する．具体的には，インバーターを2個用いたフランクリン型LC発振回路⁵⁾の周波数決定要素としてセンシングコイルを組み込み，周波数カウンタを用いて周波数変化を測定した．図1に誘導センシングの測定システムを示す．フランクリン型発振回路の出力はマイコン(PIC16F88)に入力され，1秒間隔で周波数がカウントされる．その周波数はLCDに表示されるとともにシリアル通信でパソコンに1/10に間引き後，転送され保存される．フランクリン型LC発振回路のセンシングコイルには，自作ソレノイドコイル(線材：0.65 mm耐熱被覆ワイヤ，直径：10.5 cm，ターン数：6巻)を用いた．自己インダクタンス L_1 と寄生抵抗 R_1 をLCRメータ(HIOKI IM3536)で計測したところ， $L_1 = 8.2 \mu\text{H}$ ， $R_1 = 110 \text{ m}\Omega$ であった．

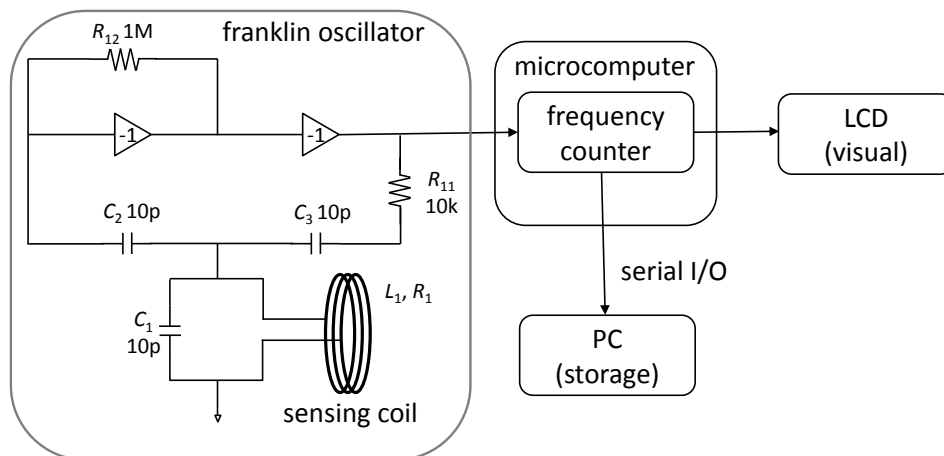


図1 誘導センシングの測定システム

3. 果樹苗モンキーバナナを用いた実験

モンキーバナナは，8号スリット鉢植えで，大きさは幅7 cm，高さ78 cm程度のものを用い，茎がセンシングコイルの中央付近に来るように配置した（写真1）．測定期間は，2020年3月3日～2020年3月19日までとし，ある程度毎日2.5時間～12.5時間ほど測定した．なお，最後の灌水は3月2日に実施したので，測定初日の3月3日は，灌水を止めて2日目となる．図2にモンキーバナナの水ストレス測定結果を示す．図2(a)と図2(b)は，それ

ぞれ各測定日の発振周波数変化と平均値を示している。この平均値データを確認すると、2日目（3月3日）と比較して13日目（3月14日）まで徐々に発振周波数が増加していることが確認できる。この周波数の増加量は約12 kHzであった。その後、発振周波数は徐々に減少し、18日目（3月19日）には、13日目（3月14日）と比較して約6 kHz減少したが、それでも2日目（3月3日）よりも約6 kHz大きかった。写真2に示すように、モンキーバナナでは葉の枯れが進行しており、今回の周波数の増加は水ストレスによるものと推察された。

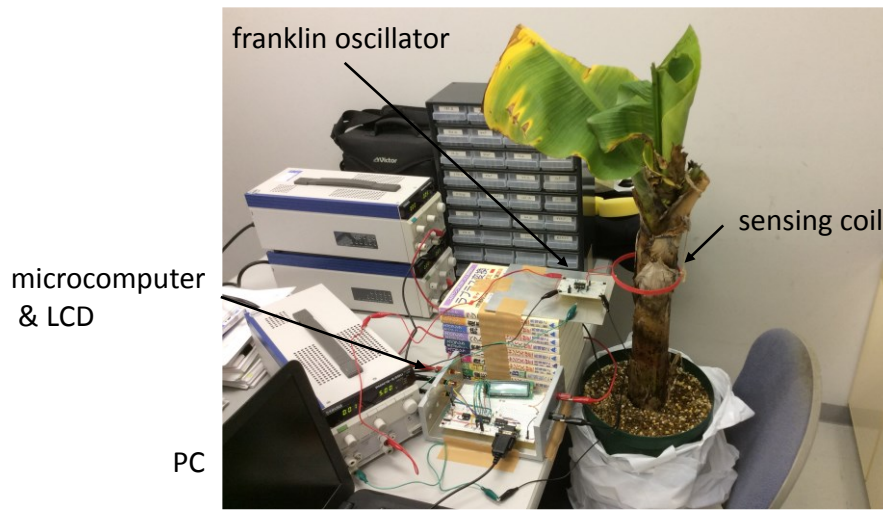
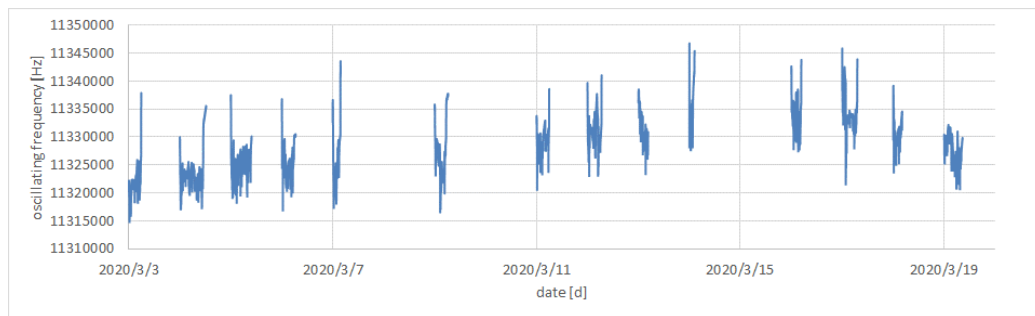
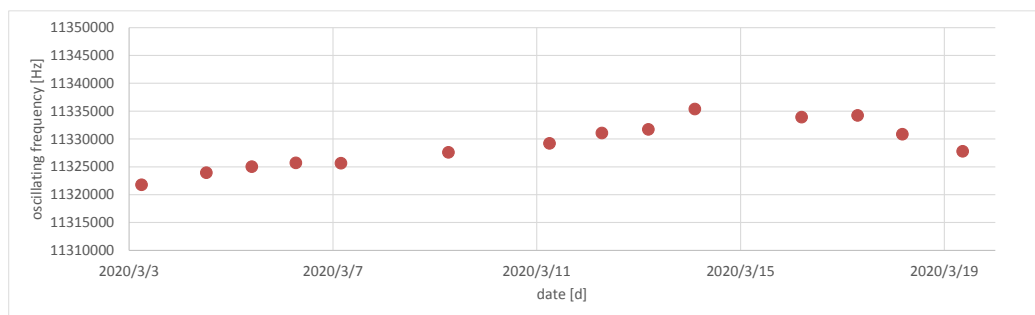


写真1 モンキーバナナの測定風景



(a) 各測定日の発振周波数変化



(b) 各測定日の平均値

図2 モンキーバナナの水ストレス測定結果



(a) 2日目 (3月3日)



(b) 18日目 (3月19日)

写真2 モンキーバナナの枝葉の状態

4. まとめ

本研究では、簡易的な水ストレス診断法を開発するために、磁気誘導センシング手法を用いて、植物内インピーダンス変化の非接触計測を試みた。まず、フランクリン型 LC 発振回路の周波数決定要素としてセンシングコイルを組み込み、インピーダンス変化を周波数変化に変換し測定するシステムを作成した。次に、モンキーバナナを用いた水分ストレス実験を行い、本システムによって、水分ストレスを検出できる可能性を示した。今後は、より多くの植物で実験を行い、他の水分ストレス指標を同時に計測することによって、本システムの有効性を確認する予定である。

謝辞

本研究の一部は、佐々木環境技術振興財団の 2019 年度試験研究費助成によって行われました。記して感謝いたします。

文献

- [1] N. Muramatsu, K. Hiraoka: Water status detection of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) trees using an electrical impedance method, *Environ. Control Biol.*, 45(1), 1-7, 2007.
- [2] 村松昇, 平岡潔志, 瀧下文孝: カンキツ樹の乾燥過程におけるインピーダンスの変化, *日本土壌肥料学会誌*, 77(1), 77-81, 2006.
- [3] 田中将, 伊藤建一: 電気インピーダンスを用いた植物の水ストレスの応答の計測; 平成 27 年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 144, 2015.
- [4] 滝澤俊大, 伊藤建一: 携帯型インピーダンス測定装置の開発と植物の水ストレス計測; 平成 29 年度電子情報通信学会信越支部大会講演論文集, 147, 2017.
- [5] 馬場清太郎: OP アンプによる実用回路設計, CQ 出版社, 284-287, 2004.