

## AR モデルを用いた作物起源弾性波の検出精度向上

## Improvement of Monitoring Accuracy of AE generated from Plant using the AR Model

○島本由麻\*・上野由樹\*・鈴木哲也\*\*・森井俊広\*\*・河合隆行\*\*\*

Yuma Shimamoto, Yuki Ueno, Tetsuya Suzuki, Toshihiro Morii and Takayuki Kawai

## 1. はじめに

近年、作物栽培の精緻化や緑化植物の適切な維持管理など作物の水分動態モニタリングの必要性が高まっている。特に作物の生理現象を的確に検知することは技術的な課題となっている。

筆者らは、弾性波を受動的に検出する AE (Acoustic Emission) 法を用いて、作物起源弾性波の検出と定量評価を試みている<sup>1)</sup>。弾性波の発生機構は、作物内の導管部において負圧の増大により気液二相流が発生し、気泡運動に伴う弾性波が検出されているものと考えられる。気泡運動起源の AE は、突発型波形であることが既に明らかにされており、作物体内においても突発型 AE の発生挙動から水ストレスなどの評価が試みられている<sup>1)</sup>。現在、波形分類や周波数解析には高速フーリエ変換が用いられているが、明確な適合度を判断する指標がないことが問題と考えられる。本研究では、赤池情報基準量を適合指標として、時系列解析モデルの一つである AR モデルにより、突発型波形とノイズをピーク周波数帯の違いから分類し、検出精度の向上を試みた結果を報告する。

## 2. 実験方法

供試作物にトマト (*Solanum lycopersicum*) を用いた。計測および試験栽培は、ビニールハウス内で行った。栽培土は砂質土である。給水は毎日一定量を与えた。AE 計測は、しきい値を 35dB に設定し、350kHz 共振型センサ M31 を用いて基茎部において実施した (図-1)。

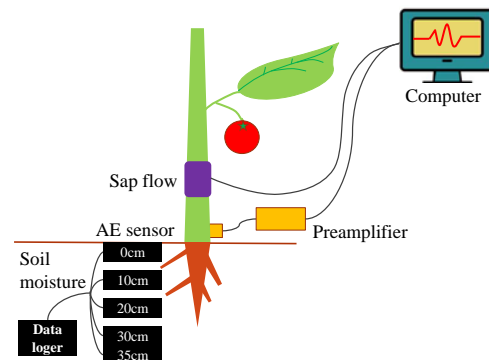


図-1 実験概要図

Test set up for AE monitoring.

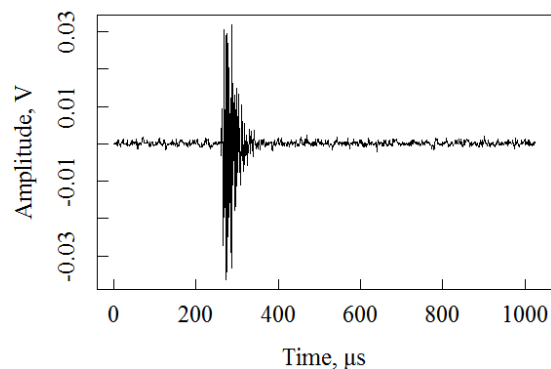


図-2 突発型 AE

Detected burst type AE signal.

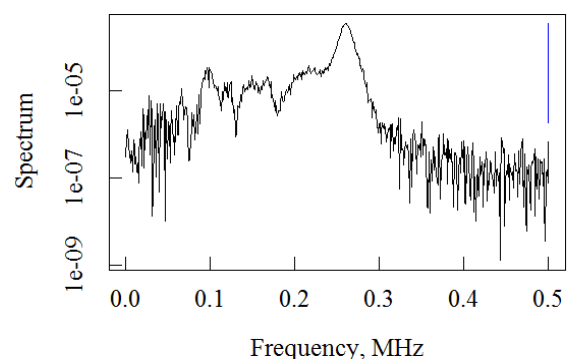


図-3 高速フーリエ変換結果 (突発型 AE)

Result of FFT (Burst type AE signal).

\*新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate School of Science and Technology, Niigata University

\*\*新潟大学自然科学系(農学部) Faculty of Agriculture, Niigata University

\*\*\*新潟大学災害・復興科学研究所 Research Institute for Natural Hazards and Disaster Recovery

キーワード: AE(Acoustic Emission)法, AR モデル, トマト

### 3. 解析方法

検出波形に対して線形定常確率過程の確率モデルの一つである自己回帰モデル (ARモデル) を適用し、解析を行った。時系列  $y_1, \dots, y_n$  が与えられたとき、 $m$  次の AR モデルは式 (1) で表せる。

$$y_n = \sum_{i=1}^m a_i y_{n-i} + v_n \quad (1)$$

ここで、 $a_i$ : 自己回帰係数、 $v_n$ : 平均 0、分散  $\sigma^2$  の正規分布に従う白色雑音である。本研究では、ユールウォーカー方程式から赤池情報基準量 (AIC) を最小にする自己回帰係数を算出し、パワースペクトルを作成した。

### 4. 実験結果

解析的検討の結果、ARモデルによるピーク周波数帯の違いから突発型波形とノイズを分類することが可能であることが明らかになった。突発型波形とその高速フーリエ変換結果および AR モデルによる解析結果を図-2~図-4 に示す。チッピングノイズ波形と AR モデルによる解析結果を図-5 および 6 に示す。両 AR モデルとも AIC=0 である。両 AR モデルのピーク周波数帯を比較すると、突発型波形では 200kHz~300kHz、チッピングノイズでは 100kHz 以下であった。チッピングノイズではピーク周波数域を超えるとパワースペクトルが減少することが確認された。このことから、AR モデルによる検出波の特性分類が可能であることが明らかになった。突発型波形やチッピングノイズが検出されているのは 200~400 $\mu$ s であることから、その計測時間を抽出して時系列解析を行うことでより高精度な波形抽出が可能となると考えられる。

### 5. まとめ

本報では、AE 法による植物起源弾性波の検出をトマト (*Solanum lycopersicum*) を用いて検討した結果を報告した。検討の結果、AR モデルによるピーク周波数帯の違いから検出波の特性分類が可能であることが明らかになった。

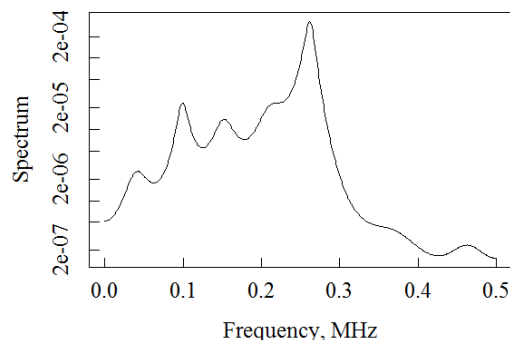


図-4 ARモデルによる解析結果 (突発型波形)

Analytical result of detected AE using AR model (Burst type AE signal).

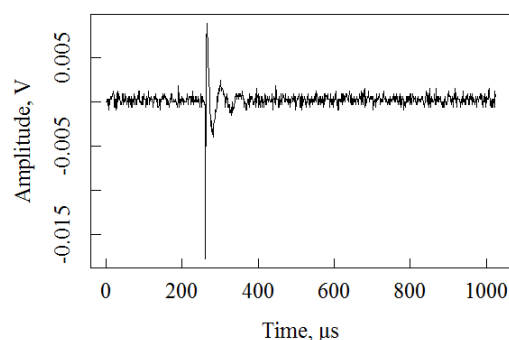


図-5 チッピングノイズ

Detected AE signal of the chipping noise.

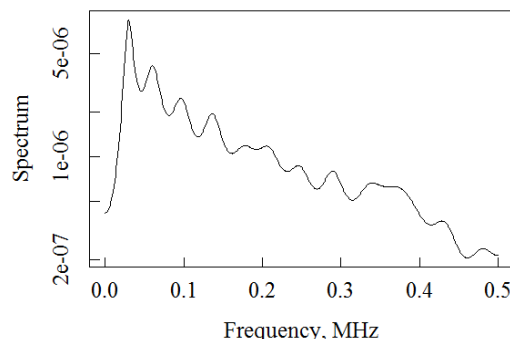


図-6 ARモデルによる解析結果 (チッピングノイズ)

Analytical result of detected AE using AR model (Chipping noise).

### 参考文献

- 1) 鈴木哲也, 上野由樹: プロビット解析を用いたストレス環境下でのセンリョウ起源弾性波の同定と評価, 日本緑化化学会誌, 38(1), pp. 149-151, 2012.
- 2) 北川源四郎: 『時系列解析入門』, 岩波書店, pp. 95-112, 2005.