

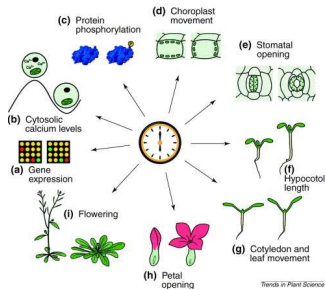
フォトリアリスティック植物自律点群を用いた実在位相ダイナミクスに基づく概日時計3Dシミュレータ開発

工学研究科 機械系専攻 バイオ生産システム工学研究室 D3 八木亮太

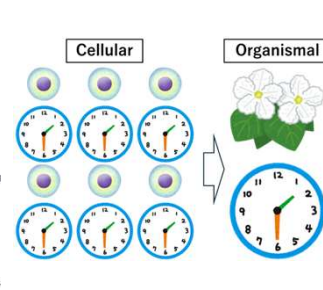
研究背景

概日時計

- 様々な生理機能に24時間周期（概日リズム）を駆動
- 植物工場等の産業利用にも重要（サーカディアン共鳴）

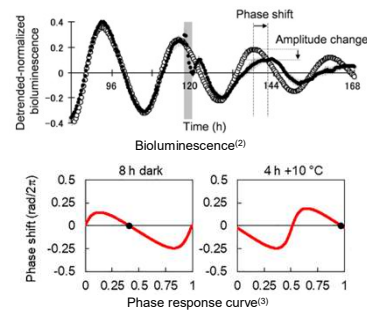


Circadian clock in plants⁽¹⁾



Coupled oscillator system

- 刺激入力タイミングに依存した環境応答
- 隣接細胞間で同期する結合振動子システム



(1) Barak et al., *Trends Plant. Sci.* (2000). (2) Fukuda et al., *Sci. Rep.* (2013). (3) Masuda et al., *Nat. Commun.* (2021).

概日時計の数値表現（位相方程式⁽⁴⁾）

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i + K \sum_{j \in \mathcal{N}(i)} \sin(\phi_j - \phi_i) + p(t)Z(\phi_i)$$

細胞間結合項 環境応答項

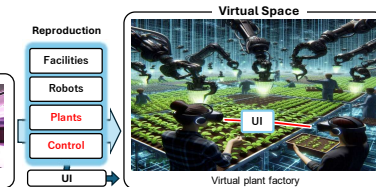
ϕ_i : 細胞の概日リズム位相
 ω_i : 自然振動数(細胞ごとに固有, 正規分布)
 K : 細胞間結合強度
 p : 刺激入力
 Z : 位相感受関数
 $Z(\phi_i) = a \sin(\phi_i - \alpha + 2\pi)$
(4) Masuda, *Front. Plant. Sci.* (2021).

農業デジタルツイン

実在データに基づいた
生体機能シミュレーション



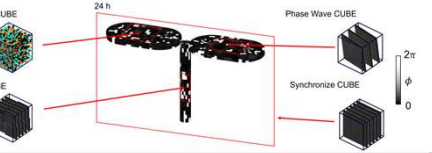
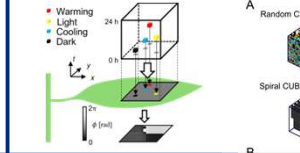
Plant factory center (OMU)⁽⁵⁾



(5) 植物工場研究センター PFC (<https://www.omu.ac.jp/orp/plant-factory/>)

ゲームエンジンUnityを用いた概日時計3Dシミュレーション

Condensed Unit of Biological Environment (CUBE)



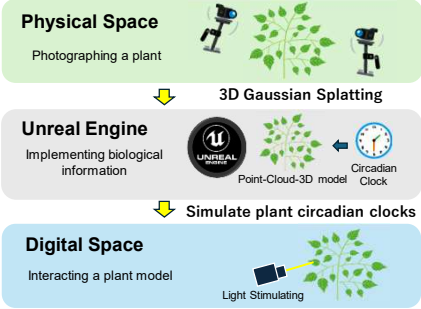
Formation of Multiple Phase Patterns⁽⁶⁾
(6) Yagi, et al., *Environ. Control Biol.* (2026)

研究目的

ゲームエンジンUnreal Engineを用いて
フォトリアルな植物環境応答3Dシミュレータを開発する

研究方法

技術概要



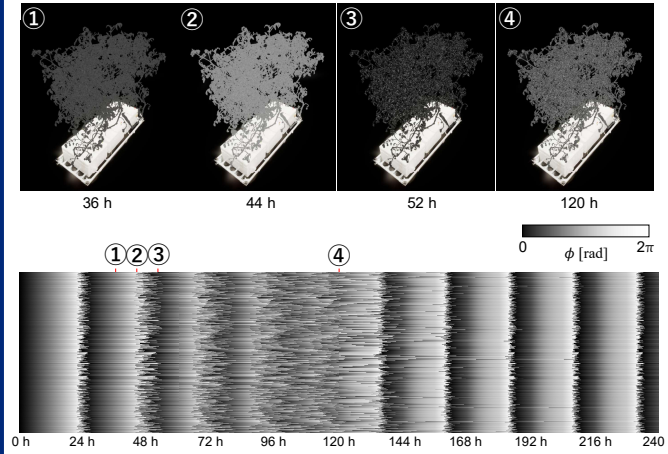
3D Gaussian Splatting (3DGS)

- 画像データから3D点群モデルを再構成
- Unreal Engineでインポート可能

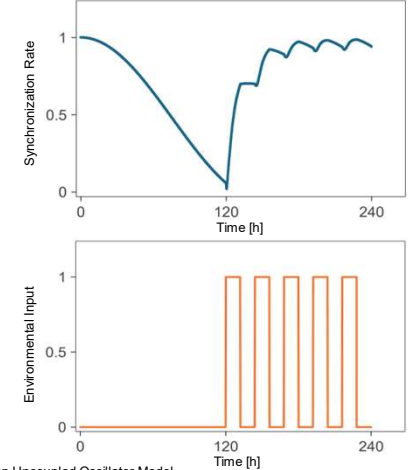


3DGS-Reconstructed Plant Point Cloud Model

環境刺激応答の同期解析

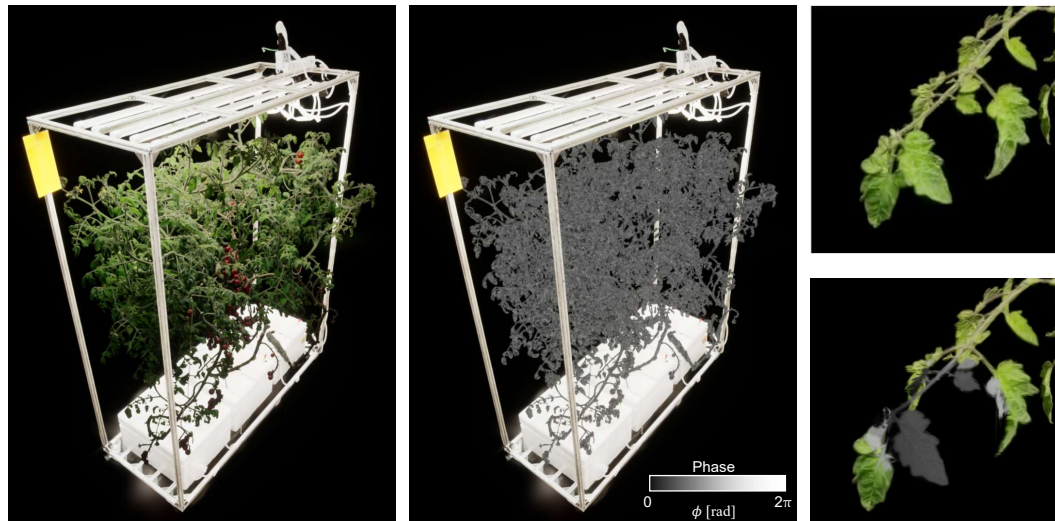


Synchronization Analysis of Environmental Stimulus Responses in an Uncoupled Oscillator Model



研究方法

フォトリアリスティック植物自律点群3Dモデル

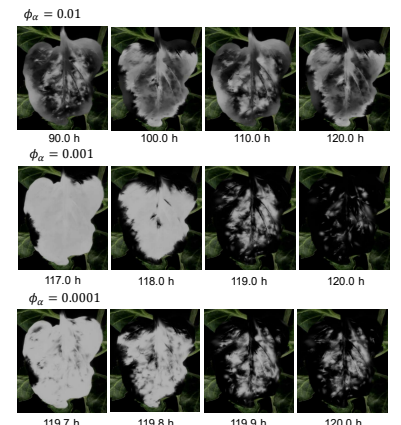


High-Fidelity Circadian Clock Simulation with a Photorealistic Autonomous Point-Cloud 3D Plant Model

細胞間結合の時間遅れに伴う位相ダイナミクスのパターン分類

$$\frac{d\phi_i}{dt} = \omega_i + K \sum_{j \in \mathcal{N}(i)} \sin(\phi_j - \phi_i + \phi_\alpha) + p(t)Z(\phi_i)$$

ϕ_α : 時間遅れパラメータ



Classification of Phase Dynamics Patterns Induced by Intercellular Coupling Delays