

同期の近未来：こんな VFX レタス，見たことある？

福田 弘和

大阪公立大学大学院 工学研究科 〒 599-8531 大阪府堺市中区学園町 1-1

あらまし 植物は各細胞が自律した概日時計を持ち，それらが相互作用することで全体として調和した振動を示す結合振動子系である．この結合振動子系は植物特有の幾何学的なネットワーク構造を持ち，複雑で多様な同期ダイナミクスを生じている．このため，よりリアルな同期研究を実現するためには，植物の 3 次元的な構造と，個体レベルでの複雑な振動現象を統合的に再現する技術が必要である．本発表では，植物の 3 次元形状を点群データを用いてゲームエンジン内で精密に再現し，各点に位相方程式を組み込んでリアルタイムに計算することで，まるで息づくかのような生命感を持つ“VFX (Visual Effects) レタス”を作り出す新手法を紹介する．

キーワード 3D Gaussian Splatting, Unreal Engine 5, 概日時計

1. 研究背景

同期現象の研究において，植物の概日時計の研究は歴史的に古いが，最近では概日時計に基づく最適栽培工学「Chronoculture」へと発展が続いている[1]．中でも，現実のデータを仮想空間に再現するデジタルツイン技術は，最先端農業の研究として注目されている．このため，植物の 3 次元的な複雑形状のモデル化や，それを用いた数値シミュレーションの研究開発が求められている．

そこで本研究では，自動運転の技術開発や映像産業にも用いられているゲームエンジン Unreal Engine 5 (UE5) を用いて，植物をそのままの形態で高精細な 3D グラフィックスとして再現し，植物の形状をそのまま保ったままで概日時計の同期ダイナミクスを計算できる手法の開発を行った．

2. UE5 での同期現象

UE5 を用いた同期現象の例として，メトロノームの同期現象と，時計細胞集団の同期現象を紹介する．

ブランコの上に載せたメトロノームの同期実験を模倣したシステムを作成し，機械的な相互作用による同期現象を再現した (図 1)．三人称

視点 (TPP) で作成すると，プレイヤーを操作することで自由にメトロノームに物理的な影響を与えることができ，同期現象における没入感も得ることができる．

また，球状のオブジェクトに位相方程式を組み込むことで，簡易的な時計細胞を作ることができる．これを複数作成し，細胞間の距離に応じて相互作用を設定すると，時計細胞集団の同期現象を再現することができる (図 2)．UE5 においては，細胞集団を自由に配置できるため，様々な配置パターンにおける同期現象を実現できる．また，リアルタイムにこれらの配置を変更できるので，ネットワーク構造あるいは相互作用が動的に変化する結合振動子系も解析することができる．

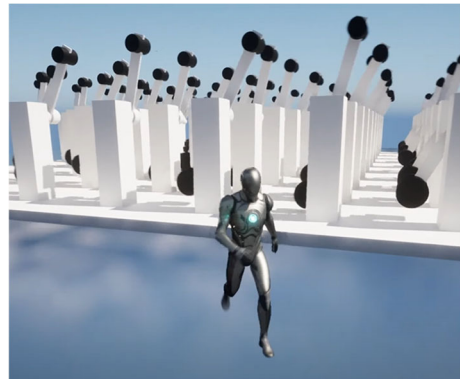


図 1: UE5 におけるメトロノームの同期現象

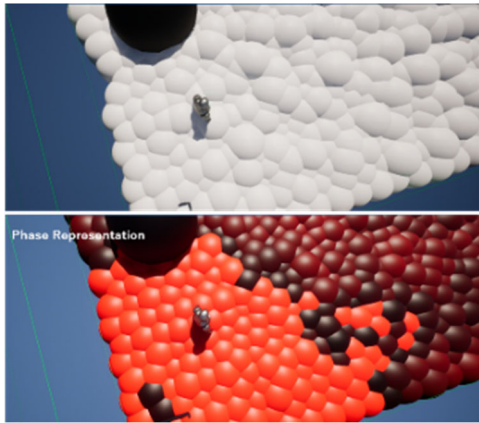


図 2：時計細胞集団の同期現象
(上) 細胞集団の疑似表示，(下) 位相表示。

3. 3DGS 高精細植物モデル

植物を高精細な点群モデルとして再構築する手法に 3D Gaussian Splatting (3DGS)がある。3DGS は多視点画像から 3D モデル(PLY 形式)を構築する手法である[2]。植物のような複雑で透明感のある物体に対しても高い 3D モデル構築能力をもつ (図 3)。

また、UE5 の粒子シミュレーション技術である Niagara を用いると、各粒子に位相方程式を組み込むことができる。Niagara は、デジタルゲームにおける火炎や集団運動などを扱う VFX の主要技術であるため、様々な映像演出が可能である。これにより、リアルタイムに植物モデルの位相状態を様々な映像として表現することができる。



図 3：3DGS と Niagara による植物モデル
(左) 本来の 3DGS 表示，(中) 点群として表示，(右) 赤色値で位相表示したもの。

4. VFX レタス

現実のレタスを 3DGS によりモデル化し、Niagara により位相ダイナミクスを数値計算した (図 4)。このモデルは、3 次元的に任意の視

点から観察することができる。

初期条件として、位相を揃えた同期状態と位相がランダムな非同期状態で同期状態の時間変化を可視化した。

また、仮想ロボットによってレタスを切断することで、相互作用のネットワークをリアルタイムに改変することができる。このようなリアルタイムの物理操作は、将来の農業ロボットの開発に応用できると期待される。



図 4：UE5 の Niagara による VFX レタス

5. 展望：農業 XR ロボへ

本研究では、UE5 をプラットフォームとした開発を行っており、XR (Extended Reality) への応用も可能である。Niagara を用いることで、各点の位置を運動方程式で計算することができる。これにより、リアルタイムに植物の変形や切除といった作業が可能となる。特に、HMD を用いたハンドトラッキングなどにより、XR として技術開発も可能となっている。

この手法は農業デジタルツインや農業 XR ロボティクスなどへの応用が期待され、植物工場での栽培環境最適化や農業アバターロボットによる精密管理作業の自動化にも貢献すると期待されている。

謝辞 本研究の成果は、科学研究補助金・挑戦的研究 (開拓) (No. 24K21264) による研究成果に基づく。

参考文献

- [1] Steed, G., et al., Chronoculture, harnessing the circadian clock to improve crop yield and sustainability. Science 372, 6541 (2021).
- [2] Kerbl, B. et al., 3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering. ACM Trans. Graph. 42, 4 (2023), 139:1–139:14.