

●制作

光と影の径—向日市乙訓放置竹林の風景化提案

Pathway of Light and Shadow: A Proposal for the Rehabilitation of Abandoned Bamboo Forests in Muko City, Otokuni District

盧 雅馨

園芸学研究科 ランドスケープ学コース 庭園デザイン学領域 (主指導教員: 章 俊華)

LU Yaxin

1. 研究の背景と目的

向日市は京都府にあり、古くから続く豊かな竹文化と竹産業の歴史を有している。しかし、時代が進むにつれて、プラスチックなどの現代材料の普及により、竹文化は廃れていく。竹産業も次第に衰退し始めた。また、筍農家の高齢化が進み、竹林の管理と維持が困難になり、多くの竹林が放置されるようになった。これら放置された竹林は、経済的価値を失うのみならず、過剰な成長による生態環境への脅威ももたらしている。また向日市の向日丘陵地域においては、こうした放置された竹林と都市空間との断絶が深刻な環境問題として顕在化している¹⁾。

対象地の放置竹林は広大であり、現段階での管理人員や資金が不足している。本制作の目的は、低コストで広大な放置竹林を開発する方法を探求し、初期段階の道を計画することで、放置竹林の独特で変化に富んだ景観を最大限に展示することである。また、適切な管理運営モデルを提案し、より多くの人々が竹林の景観維持と管理に参加することを促進する。人々と放置竹林との繋がりを創造することで、道は徐々に成長し拡張し、竹林のさらなる可能性を示す。最終的には、放置竹林が段階的に人々の管理下に戻ることを目指している。本研究は、これを遂行するための前段階研究として位置付ける。

2. 研究の対象

本研究の対象となる竹林は、京都府向日市の北西地域に位置する向日丘陵中部の竹林区域である。

向日市の北西部に位置する向日丘陵は、南北に細長く延びる丘陵地帯で、標高は 35m から 80m の範囲にある。この丘陵地帯は豊かな竹林に覆われ、北側は京都市嵐山の桂川西岸から、南西端は向日市向日神社付近まで広がっている²⁾。

放置竹林は、向日市にとっても重要な環境問題である。筍農家の高齢化や後継者不足が原因の一つとされている。向日市で実際にタケノコ栽培が行われている筍畑は約 43ha で、竹林面積の約 55% を占めている。一方、竹林面積全体の約 30% が放置された竹林となっている。現在では竹林の保全と観光活用が重要な課題となっている。

3. 研究方法

本研究は、放置された竹林の面積が広く、現段階で管理の人員と資金が深刻に不足している状況を踏まえ、竹林景観を低コストで開発・維持する方法と、人々の歩行体験に応える方法を探求する。研究方法は以下の 3 つの段階に分ける。

3-1. 基礎調査

向日丘陵の竹林に関する文献や資料を調査し、対象地の位置、歴史、文化などの基本特性を探る。現地調査を通じて、竹の密度、光照、地形、水源など、竹林景観の独特な風貌に影響を与える要素のタイプと状況を評価し、調査する。

3-2. 光照分析

現地調査により、放置された竹林の各区域の竹の密度が均一でないことが明らかになり、それぞれの区域で日当たりが異なることが分かる。竹の密度と日当たりは、竹林の景色と雰囲気非常に重要な影響を与えるため、場所の日当たりの条件に重点を置いて分析する。

Grasshopper の Ladybug プラグインは、Rhino 3D ソフトウェア内の Grasshopper ビジュアルプログラミングプラットフォーム用のオープンソース環境分析プラグインである。Ladybugを使用すると、設計プロセス中に詳細な環境データ解析を行うことができる。建築や景観設計において、日当たり、放射、エネルギー、気候などの分析を行い、設計を最適化することができる。

本研究では、現状の竹林の密度をもとに 3D モデルを構築し、Grasshopper の Ladybug プラグインを使用して竹林の密度分析を行い、全対象地域における一日の中で異なる時間帯の日当たりの強度を得る。その後の設計で、光影の特徴を持つスポットの選定に役立てる。

3-3. 低コストでの遊歩道の設計方法を探る

3-3-1. 粘菌アルゴリズム

粘菌アルゴリズムは、自然界の粘菌の生長行動に触発されて設計された最適化アルゴリズムである。粘菌は単細胞生物であり、成長過程で環境中の化学物質の濃度差を感知し、最

短経路を探る。この生長行動は、最適化問題と最適解を見つけるのに役立つ。景観設計において、粘菌アルゴリズムは多くの側面で利用できる。たとえば、景観レイアウトの最適化や、景観パスのデザイン最適化などに利用できる。

本制作の放置竹林の面積が広いので、低コストで竹林景観を開発・維持するために、粘菌アルゴリズムを利用して遊歩道の大きな方向を形成する。

3-3-2. 人間の自然歩行パスの特性

粘菌の動きが人々の遊歩道の体験要求を完全に満たすわけではないため、人の体験に基づいて道路を最適化する必要がある。伊藤と岸塚の「スラローム理論にもとづく歩行園路のための曲線設置法の開発」の研究では、人が歩行する際に発生する回転現象が指摘されている³⁾。人の自然な歩行は直線ではなく、曲線や蛇行する傾向がある。この歩行特性はスキー競技の回転 (slalom) に似ている。この研究では、不特定多数の人々の往来によって生じた足跡の円弧部分を調査し、その結果に基づいて自然な歩行条件下での足跡の特定の曲率式を導出した。その公式は以下の通りである

$$\delta = 39 - 13.5 \times \log_{11}(R - 5.8)$$

δ : 中心角 (単位 degree), R : 曲半径 (単位 m)

この公式を基に、rhino の Grasshopper プラグインを使用して設計された遊歩道を分析する。分析結果を用いて、放置された竹林内の園路設計を行う。

4. 調査結果と提案

上記の分析調査の結果に基づき、次に本制作で計画される初期段階の遊歩道をどのように設計するかについて検討する。その道は、低コストである要求を満たすだけでなく、来訪者に豊かで快適な散策体験を提供するべきである。

4-1. 日当たりの分析とスポットの選定

現状の竹林の密度に基づいて 3D モデルを構築し、Grasshopper の Ladybug プラグインを利用して竹林の日当たりの状況を分析した。Ladybug プラグインに 3D モデルをインポートし、対象地の気象データを入力の上、分析の地理的および時間的範囲を設定する (図 1)。その結果、一日の異なる時間帯の日当たりの強度が得られた (図 2)。

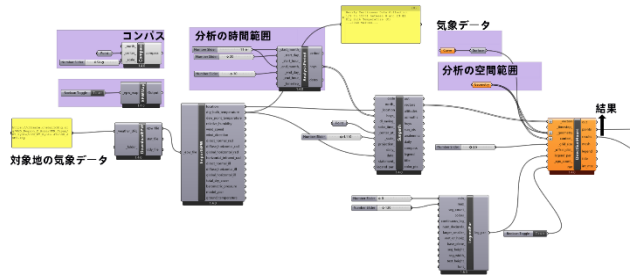


図 1 Ladybug インターフェース - 場地の光照分析

上記のプロセスに従って、竹林の現状に関する日当たりの分析を行い、その結果をもとに、竹林の風景を最大限に生かす光景特徴のあるスポットを選定することができる (図 3)。

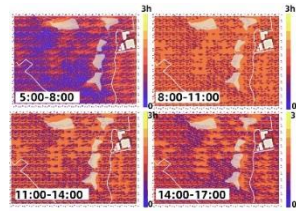


図 2 光照分析の結果

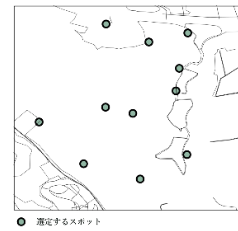


図 3 光景特徴のあるスポットの位置

4-2. 粘菌アルゴリズムを利用したルート方向の生成

粘菌は単細胞生物であり、生育過程において環境中の化学物質の濃度差を感知し、最短経路を見つける。Grasshopper の Physarealm プラグインは、粘菌による最適ルートのシミュレーションすることができる。

Physarealm プラグインでは、放置竹林の出入口の位置を粘菌の起点として入力し、選択された光景特徴のあるスポットの位置を食物の位置として設定する。粘菌の数、移動範囲、移動速度および死亡距離などのパラメータを設定する (図 4)。これにより、粘菌が移動経路を生成する (図 5)。最終的に、粘菌が安定した後の移動の軌跡から大きな方向を抽出し、設計する道路の方向とする。

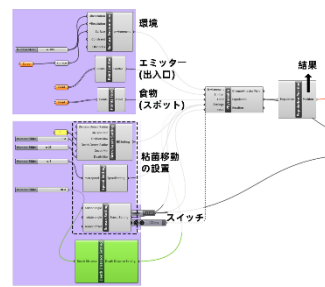


図 4 Physarealm インターフェース

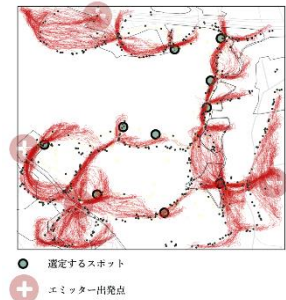


図 5 粘菌の運動軌跡

4-3. 人の体験に基づいた道路の最適化

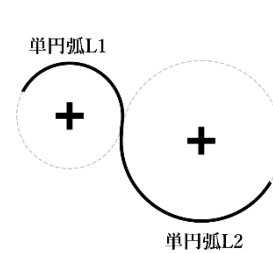


図 6 曲線は単円弧に分解可能

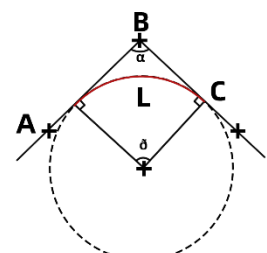


図 7 公式 1 に合致する単円弧

一般的な曲線運動は多くの小区間に分けられ、各小区間は単円弧とみなすことができる。すなわち、全体の曲線を一連の異なる半径の小円弧に置き換える (図 6)。

先行研究によると、多くの場合、人の自然歩行条件下での歩行軌跡の単円弧は以下の曲率式に従うとされる。

$$\delta = 39 - 13.5 \times \log_{11}(R - 5.8) \dots\dots(1)$$

δ : 中心角 (単位 degree), R : 曲半径 (単位 m)

図 7 に示されるように、既知の ABC 三点の位置では、上記公式に従う単円弧 L は線分 AB, BC に接し、その中心角 δ は

線分 AB と BC が形成する角度 α の補角である。夾角 α を上記公式に代入して単円弧 L の半径を計算し、円弧 L の形状を決定する。

以上のことから、公式(1)を用い、3つの点の位置が既知であれば、幾何学的関係を通じて、自然な歩行習慣に合った単円弧を計算することができる。

このため、本制作では grasshopper を用いて公式(1)に従う単円弧の形状を補助計算し、表示する。粘菌アルゴリズムから得られた方向に基づき、一連の点の位置を入力すると、複数の単円弧からなる道路曲線形状が得られる(図8)。

4-4. 光照強度に基づく道路幅の決定

現地調査と実際の体験によると、道路の幅は竹林内の歩行体験に大きな影響を与える。竹林の密度が低い場所では、光照が充分で、幅広い道路が周囲の環境と調和し、訪れた人々に開放的な感覚を与えることができる。一方、竹林の密度が高い場所では、光照が少なく、奥行きがある小径を通るような歩行体験を提供する。これに基づき、道路の異なる段階の幅が決定された(図9)。

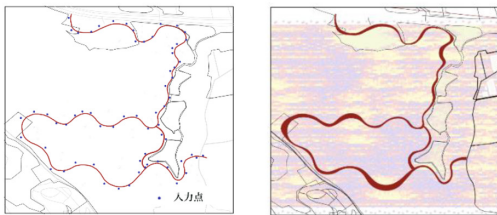
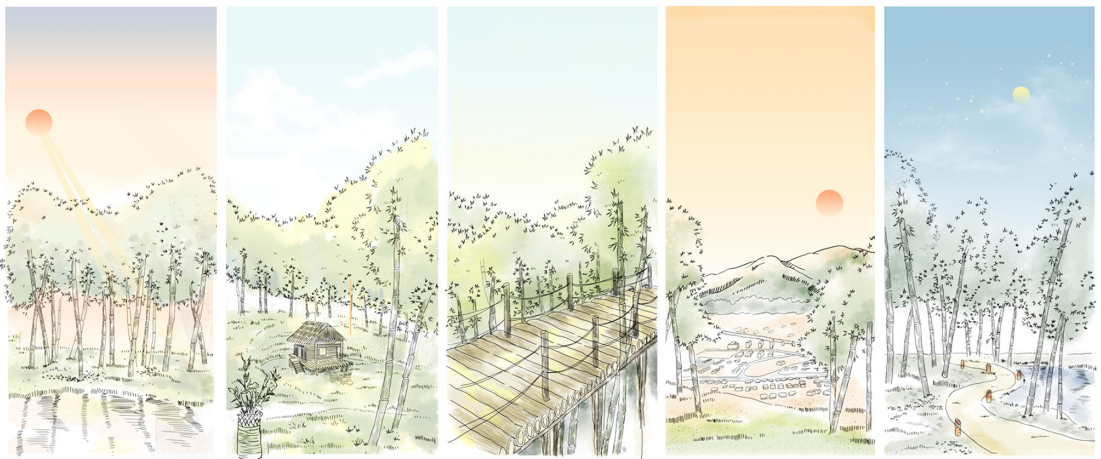
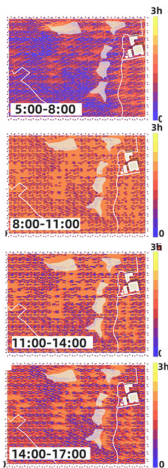
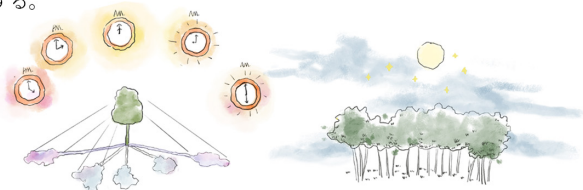


図8 最適化された道路 図9 光照強度に基づいて設計された道路の幅

・スポットの選定



一日の中で、太陽の方向、色、強度がすべて変化している。日当たりの分析に基づいて、竹林の風を最大限に生かす光影特徴のあるスポットを選定する。



5. まとめ

上記の研究に基づき、対象地内で低コストの開発と人間の自然な歩行・散策体験を同時に満たす道路の形態が得られた。この道は放置された竹林の開発のスタートとなる。次に管理モデルを組み込み、道路を徐々に多方向へ成長させ、延伸し、放置竹林を段階的に人々の管理下に戻す提案を行う。

引用文献

- 1) 四方勘太, 大野暁彦. 『京都府西山地域におけるタケノコ生産林の維持管理手法』. 環境情報科学論文集, 2020. ceis34: p.115-120.
- 2) 竹林 Sdgs プロジェクト実行委員, 『竹林 SDGs グリーンコモンズ・ブックレット: ようこそ乙訓竹林へ』, 2023.
- 3) 伊藤良和, 岸塚正昭, 『スラローム理論にもとづく歩行園路のための曲線設置法の開発』, ランドスケープ研究, 2000.

(主査: 武田史朗, 副主査: 章俊華, 霜田亮祐)

制作

・コンセプト光と影の径

本制作は低コストな開発手法を用いて、人々が徐々に便利に竹林に入り、体験できるようにしたいと考える。竹林内の既存の竹の密度、日当たり、地形などの条件に基づいて、パラメトリック設計を使用して道の幅、方向、曲率、高さなどの要素を制御し、竹林の間に光と影の小径を作成する。太陽光や笹の葉の柄、地面、水面などの投影面を紙として利用し、自然の絵を描く。散策路を歩く人は、朝夕、四季折々に異なる光と影の竹林の雰囲気を楽しむことができる。

・道路の形成

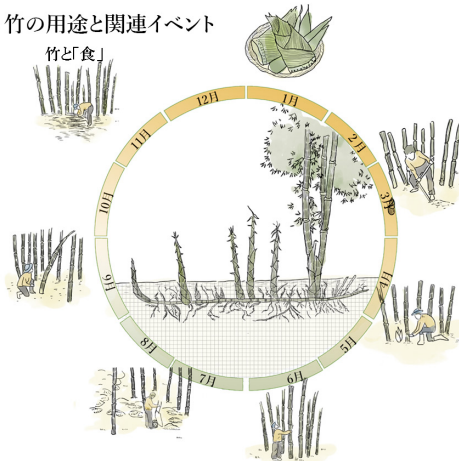


Step1: 粘菌アルゴリズムを利用したルート方向の生成

Step2: 人の体験に基づいた道路の最適化

Step3: 日当たりの強度に基づく道路幅の決定

竹の用途と関連イベント



竹・楽器
カマコ
カマコ
カマコ

竹・箸と「飲」
カマコ
カマコ
カマコ

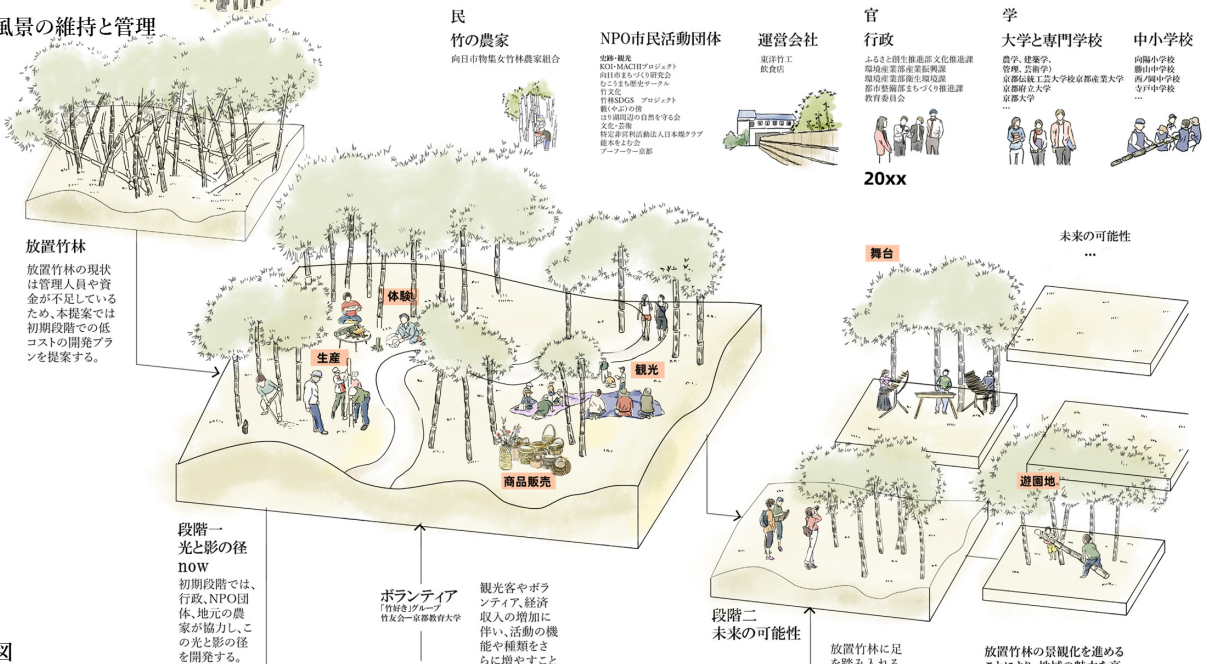
竹・箸と「業」
カマコ
カマコ
カマコ

竹・道具と装飾品
カマコ
カマコ
カマコ

竹・飼料、肥料、燃料
カマコ
カマコ
カマコ

竹と観光 竹の径
カマコ
カマコ
カマコ

竹林風景の維持と管理



平面図

