

AR 技術に基づく気象学学習のためのインタラクティブ技術の研究

WANG DAYI^{†1} 望月 茂徳^{†2} 大島 登志一^{†2}

概要：この研究は、直観的な気象知識の展示を学生に示すため、ユーザが仮想地形を操作によって生成し、その地形における気象現象のシミュレーション結果を観察できるシステムを開発する。シミュレーション対象となる気象現象は、海陸風、山谷風、ヒートアイランド現象などである。地形とシミュレーション結果の生成プロセスは完全に自動化されており、AR デバイスによりユーザに提示される。

キーワード：地学教育、拡張現実、気象シミュレーション

1. はじめに

小中学生を対象とした地学の授業では、気象現象はそのスケールの大きさや相互作用の関係から、多くの場合、例図を使って授業を行う。この方法では、各気象現象の知識が孤立され、生徒が気象現象を実感的に理解・分析することが難しくなる。国立教育政策研究所[1]も、平成 15 年度の小中学生を対象とした教育課程実施状況調査の報告で、自然現象に対する生徒の理解を深めるため、「結果を予測し、確認する」実験に基づく授業を提唱し、Steam 教育などの教育手法の重要性も強調している。

そのため、私たちは気象学の知識をより直感的で興味深い方法でユーザに提示することを目的として、この装置を構想した。プロジェクトは図 1 のように AR 技術やインタラクティブ装置を地学教育に導入する先行研究は、サンドボックス投影[2]や画像認識による生徒の描いた絵をもとにした地形生成[3]などがある。シミュレーションの結果は、地形に基づいて自動的に生成され、海陸風、山谷風、ヒートアイランド現象などの現象が含まれ、これらの現象が相互に影響しあうことで、ユーザは仮説から検証へと継続的な実験のプロセスを踏むことができる。

2. 実現方法

2.1 概論

このシステムは、インタラクティブ装置の基盤、地形データを操作する複数の小さいインタラクティブデバイス、PC、AR 装置で構成されている。

インタラクティブ装置の基盤には 25 の穴があり、各穴にはグレースケールセンサが内蔵され、マイクロコントローラを介して PC に接続されている。ユーザが任意のデバイスを穴に入れると、センサがそのデバイスに対応する地形情報を認識し、すべての情報が統合された後 PC に送信される。パソコン内のプログラムは、受け取った地形情報に従って、地形生成アルゴリズムと気象シミュレーションア

ルゴリズムを行い、仮想地形を生成し、気象シミュレーションの結果と一緒に表示する。最後に、仮想地形と気象シミュレーションの結果は、AR デバイスを通じてビジュアライズされ、ユーザに示される。(図 2 参照)

ハードウェアに関しては、装置のモデルは 3D プリンティングで作られている。装置に使用されているマイクロコントローラは Arduino R3 で、25 個のグレースケールセンサに接続され、小さいデバイスの底面にあるパターンで表される地形情報を判別する。この方法は、デバイスの製作や取り替えが簡単で、他の認識方法に比べてマイコンの計算能力や装置の大きさが少なく済むという利点がある。

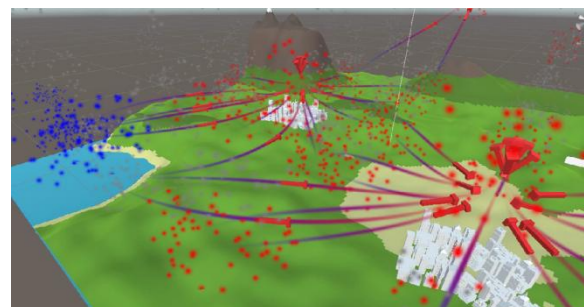


図 1 プログラム内のシーン

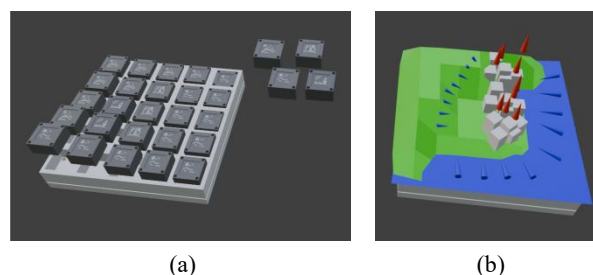


図 2 インタラクティブ装置の概念図(a)とビジュアライズ結果の概念図(b)

^{†1} 立命館大学大学院映像研究科

^{†2} 立命館大学映像学部

2.2 地形生成アルゴリズム

地形生成機能の実現は Sebastian Lague の地形生成動画チュートリアル[4]を参照した。まず、Berlin 関数[5]を使ってランダムな地形を生成する。次に、集めた地形情報に従ってフィルタ関数を生成し、ランダムな地形の各領域の高さを調整する。最後に、ガウスぼかし[6]を用いて各領域の境界を柔らかくし、生成された地形に色を付けて美化する。また、ユーザは地形に都市部を生成することもできる。これにより、生成された地形がより自然に見えるようになり、気象シミュレーション結果の表示も容易になる。(図 3 参照)

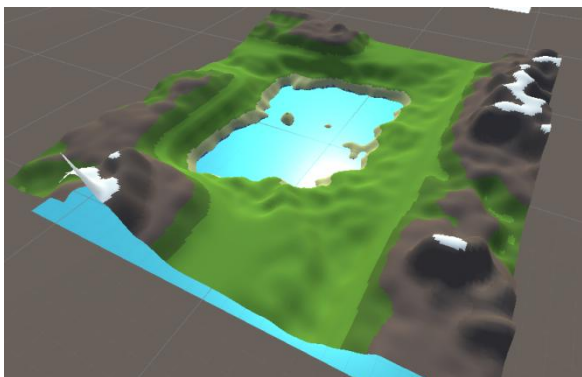


図 3 地形生成の結果

2.3 気象シミュレーションアルゴリズム

気象シミュレーションアルゴリズムは、必要な計算量と実装の難しさを配慮し、専門的な高精度気象シミュレーションではなく、自作のボリュームデータ[7]アルゴリズムを用いている。このアルゴリズムは、地形情報に従って、仮想地形内の合計 100 個のボクセルの温度変化と相対気圧値を計算し、計算結果から空気の流れの状況を判断する。計算流れの構想は以下の点に沿っている。

- 全てのボクセルを判断し、仮想地形の地下に対応しているボクセルは後の計算に参加しない。
- 特殊地形ボクセル（水面、都市、山など）の位置を確認し、そのボクセルと周りのボクセルの相対温度値を変える。
- 相対温度値によって相対気圧値を変える。温度が高くなったら空気が移動や上昇しやすいので、温度値が高くなったら気圧値が低くなる。
- 相対気圧値によって各ボクセルの気流移動方向を計算する。同一高さでは空気が高い気圧値があるボクセルから低いボクセルに移行し、垂直方向では「熱い空気が上昇する」という方法で計算を行う。

地形生成と気象シミュレーションアルゴリズム実現のフローチャートは図 4 である。

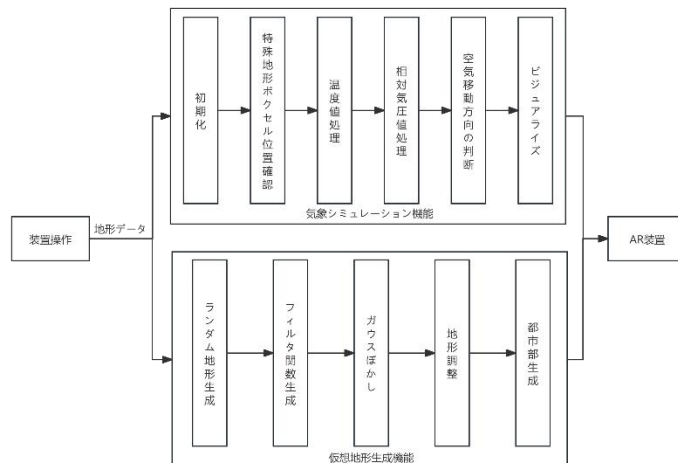


図 4 ブロックダイアグラム

2.4 ビジュアルライゼーション

ビジュアルライゼーションは、3つの構想を検討し、検討結果は表 1 のように示している。最後はパーティクルエフェクトと移動経路の2つの表示方法で行う。

表 1 ビジュアルライズ方法の比較と採用

方法	メリット	デメリット	採用状況
矢印	単一のボクセルのすべてのターゲット方向がはっきりと見える	空気の流れが見えにくい アニメーションがないため、注目を集めにくい	不採用
パーティクルエフェクト	全体的な空気の動きの傾向がわかる	空気の動きの細部が見えにくい、目が疲れる	採用
長い移動線	教科書の例図のような、空気の流れの一貫した見方	データの処理が難しく、あまり重要な空気の動きが無視される	採用

2.5 ハードウェア

Blender で装置をモデリングし、ELEGOO CURA にインポートしてスライスし、その後 3D プリントする。プリント失敗を防ぐため、モデルの調整を行う。調整後の結果は図 5 である。プリントされたパーツを組み立て、センサなどを中に取り付ける。

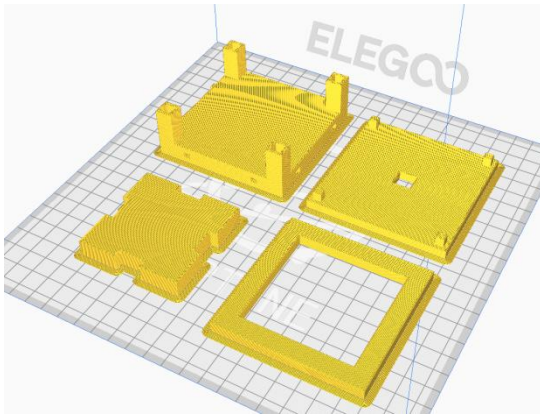


図 5 3D プリンタに導入するモデル

2.6 展示方法

仮想地形と気象シミュレーションの可視化結果は、Vuforiaを通してユーザに表示される。カメラキャスティングによる表示と、ユーザ自身のARデバイスによる観察の2つの方法をサポートし、複数のユーザによる多人数体験を実現する。

3. 体験の流れ

- ユーザは、まず頭の中にある地形を想像し、その地形の中で気流がどのように動くかを大まかにイメージする。
- ユーザはデバイスを配列して地形情報を入力し、仮想地形を作成する。
- 仮想地形と、その地形での気象シミュレーションの結果を作成する。結果はARデバイスを通してユーザに表示される。
- ユーザはその結果を観察し、事前の推測を検証・確認する。
- 地形情報を任意に変更し、シミュレーション結果の変化を観察することで、気象学の知識を深めることができる。

このような体験プロセスは、ユーザが「構想から実証へ」の過程をスムーズに進めると同時に、シミュレーション結果の直感的に視覚化されることを通じて知識を深めることを可能にする。また、デバイスを配置することで仮想地形が生成されるという操作方法は、ユーザにとって楽しく魅力的な体験を提供することができる。

4. むすび～今後の計画

本システムは、簡単な操作で仮想地形を作成することができ、スケールの大きな理解しにくい気象現象を直感的に観察・学習することができる。

本システムの研究はまだ続いており、将来的にはジェスチャ認識などの操作方法を導入することで、インタラクティブな体験や学習できる気象現象を充実させるとともに、

シミュレーション結果をより全面的で正確なものにするための継続的な改善を行いたいと考えている。

参考文献

- [1] 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査” , https://www.nier.go.jp/kaihatsu/katei_h15/index.htm,(参照 2024-12-16)
- [2] 筒井和男ら. 中山間地域の小学校での土砂災害防災リテラシー向上のためのAR技術を活用した防災教育の取り組み. 地域安全学会論文集, 2024, vol.45, p.215-223
- [3] 五十嵐健夫ら. 地形学習における手書き3次元モデリングの利用. 図学研究, 2004, vol.38, p.103-106
- [4] “Procedural-Landmass-Generation” . <https://github.com/SebLague/Procedural-Landmass-Generation>,(参照 2024-12-16)
- [5] Ken Perlin. 2002. Improving noise. In Proceedings of the 29th annual conference on Computer graphics and interactive techniques (SIGGRAPH '02). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 681–682.
- [6] コンピュータグラフィックス「改訂新版」. 画像情報教育振興協会, 2016, p.273
- [7] コンピュータグラフィックス「改訂新版」. 画像情報教育振興協会, 2016, p.101