

プレイマットのパターン生成支援ツール

山本 さりい^{1,a)} Wang Jiajun^{2,b)} Chan Liwei^{2,c)} 杉浦 裕太^{1,d)}

概要: クッション性の高い素材でできたプレイマットは乳幼児の転倒による怪我を防止するため、家庭内やプレイルームなどの幅広い環境で使用されている。また、周辺がパズルのような形状となっているため、マットを配置したいスペースに合わせて自由にサイズや形状を変えることができる。本研究は多様な色のプレイマットを用いてパターンを描くためのアプリケーションを提案する。これにより子どもたちが楽しみながら絵を描くことが可能になり、プレイマットに乳幼児の安全の確保だけではなく、床にデザインを表示するツールとしての用途を与える。さらに、マットを配置したいスペースに必要なマット数を直感的に把握することで、育児の負担軽減が期待できる。

1. はじめに

プレイマットとはクッション性の高い素材で作られ、各辺の凹凸部分を組み合わせてサイズや形を調整することができるマットのことである。本研究ではプレイマットのパターン生成支援ツールを作成する。プレイマットは衝撃や音を吸収するため、乳幼児やペットのいる家庭では転倒による怪我を防いだり、騒音を防止するために用いられる。特に乳幼児の外傷性脳損傷の多くは転倒によるものであり、走る、跳ぶなどの幼児自身の行動が最大の要因となっている [1]。また、転倒の多くは家庭内で起こるものであり、リビングルームや子ども部屋では、転倒時の衝撃を抑えるためにプレイマットが広く使用されている。一方で市販のプレイマットの多くは2色構成または3色構成で販売されるが、デザインの幅が狭く、シンプルなデザインになりやすいという現状がある。そこで本研究では子どもやその保護者が簡単に楽しみながらプレイマットのパターンをシミュレーションできるアプリケーションを開発する (図 1)。これにより、従来乳幼児の安全のために使用されていたプレイマットを床に自由にデザインするツールとしての用途を与え、子どもの感性を育むためのエンターテインメント性を持たせることが期待できるとともに部屋のサイズに対して必要なマットの数を直感的に理解することができ、マットを敷く際の作業の軽減が可能になる。

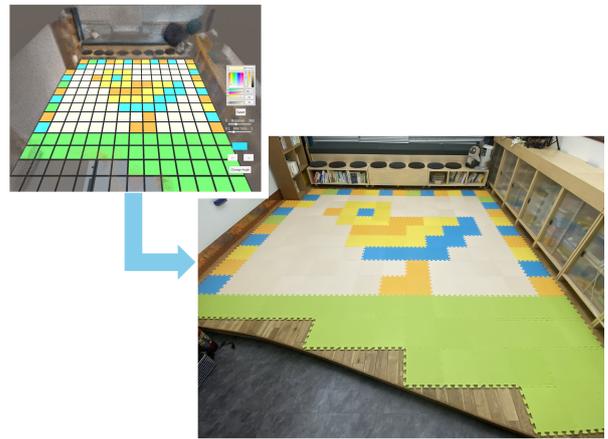


図 1 システム概要：(左上) シミュレーション；(右下) 実環境への配置

Fig. 1 System Overview : (Upper Left) Simulation ; (Lower Right) Placement in a Real Environment

2. 関連研究

2.1 デザイン生成支援ツール

コンピュータを用いたデザイン生成支援ツールは近年多く開発されている。ぬいぐるみやビーズワークなどの手芸作品において、手書きでの設計図の作成や制作過程での構造の検討が必要とされてきた。しかし、こうした作業は子どもや初学者には難しく、また、手間がかかるため、経験者にとっても負担になりやすい。そこでコンピュータを通して設計のシミュレーションを行うことで、作業の効率化や初学者の学習支援といったメリットが期待される。2D スケッチからオリジナルのぬいぐるみをデザインでき、布を裁断するための 2D パターンを出力する “Plushie” [2] や、

¹ 慶應義塾大学

² 国立陽明交通大学

a) sarii429@keio.jp

b) shigurewg.cs10@nycu.edu.tw

c) liweichan@cs.nycu.edu.tw

d) sugiura@keio.jp

予め定義されたプリミティブを組み合わせて大まかなデザインを決定し、さらに簡単な操作でビーズワークの設計図を作成することができる“Beady”[3]などが例として挙げられる。“Podiy”[4]はポーチを作成するために製図を作成するツールだが、ユーザが入力した寸法をもとに長方形の組み合わせによる設計図を出力することで布の裁断や裁縫を直線的にし、製図だけでなく、制作自体もサポートしている。また、編み物や織物はデザインをピクセルアートとして表示することが多く、制作中にピクセルのスキップや重複などのミスが生じることが多い。Igarashiらは手作業によるミスが発生した際に設計図を更新し、制作物を変更せずにもとの設計図との歪みが最小になる新たな設計図を作成するアルゴリズムを開発した[5]。本研究ではプレイマットによるパターン生成を支援するツールを作成する。これにより、マットの配置前にデザインをシミュレーションすることで、誰でも容易に床をデザインできるようにすることと、スペースに必要なマット数の計算を不要にし、育児の負担を軽減することを目指す。

2.2 Edutainmentに関する研究

EdutainmentとはEducation（教育）とEntertainment（娯楽）からなる合成語で主に幼児が楽しみながら文字や数字を学習する機会となるエンターテインメント形式を指す。Edutainmentを目的とした研究として、Liらによる“AnimalDraw”がある[6]。“AnimalDraw”は子どもの芸術教育とエンターテインメントのため、段ボールを用いた動物玩具を作成するインターフェースを実現している。異なる平面に自由にスケッチすることで段ボールに3Dモデルを印刷するものだが、子どもでも簡単な操作方法が実装されており、子どもたちはシステムを通してビューの切り替え、保存などのショートカットキー操作を習得できるため、教育支援としても役割も期待される。また、床面を用いたEdutainmentの例としてMahmoudらによるPI Floorがある[7]。これは床の上に複数のタイルを置き、児童が質問の回答だと思うタイル上に移動し、スマートフォンを使用して児童の位置と回答の正誤を判定するというものである。これにより児童はゲームを楽しみながら学習を行い、かつ同時にタイル上を移動することで身体活動の促進を目的としている。本研究では子どもたちがタブレット端末やコンピュータを用いて絵を描き、実環境にマットを配置することで幼児のクリエイティブ支援やタブレット、コンピュータの基本的な操作を習得することを目的とする。

3. 本システムのシナリオ

本システムのシナリオを以下に示す。

- 1). 3Dモデルの作成：ユーザはiPhoneやiPadなど自身のタブレット端末を用いてマットを配置したい環境の3Dモデルを生成する。

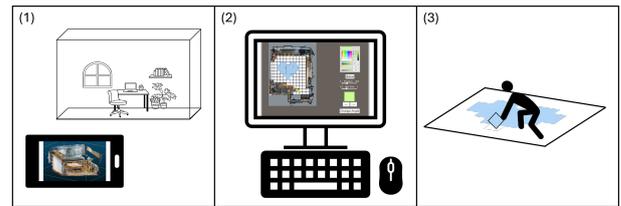


図2 システムの流れ：(1) 3Dモデルの生成；(2) 描画；(3) 配置
Fig. 2 System Flow : (1) 3D Model Generation ; (2) Drawing ; (3) Placement

- 2). 描画：事前処理としてアプリケーション画面上で、モデルの回転やマットの配置範囲、マットサイズの設定を行う。ユーザは画面上のカラーピッカーで色を選択、保存し、描画を行う。本システムの用途として、既にプレイマットを使用しているユーザが手持ちのマットを用いて模様替えのためにパターンをシミュレーションする場合と、プレイマットをリビングスペースや子ども部屋などに導入することを検討しているユーザが、必要なマットの数や色をシミュレーションする場合の2種類が想定される。

(a) 既存のマットを使用する場合：描画を始める前に手持ちのマットに近い色を画面右上のカラーピッカーで作成し、Saveボタンにより保存を行う。保存した色は右下のプレビューで表示され、さらにその下の矢印ボタンによって切り替えが可能である。それぞれのマットの所有数をもとにパターンを描く。

(b) 購入を検討している場合：新たにマットの購入を検討する場合は、描画中にマットの色を調整し、描いたパターンに必要なマットの数を購入する。

描画はユーザ自身が自由に行うか、DOTOWN^{*1}などのサイトを参考に、部屋のサイズに合わせた画素数で季節に合った柄や文字、数字など幼児の教育を支援するパターンを描く(図6)。従来プレイマットはテーブルやソファといった家具を除いたスペースに配置することが多いが、本システムでは自動で家具や壁などの物体を検出するためユーザはインテリアを変えることなく本来のスペースに合わせたマット数でデザインを作成することができる。

- 3). 実環境への配置：描画終了後はスクリーンショットなどで作成したパターンを記録し、写真に基づいて実環境へマットを配置する。

4. システム構築

本研究ではプレイマットの配置をシミュレーションするためにUnityを用いてアプリケーションを作成する(図3)。

*1 <https://dotown.maeda-design-room.net/>

4.1 3D モデルの生成

事前にプレイマットを配置したい環境の3Dモデルを作成し、アプリケーションにインポートする。本システムではiPhone内蔵のLiDARセンサ [8] を用いて実環境をキャプチャし、天井や周辺の不要部分を削除するため Meshlab を用いて処理を行う。アプリケーション上で3Dモデルは画面中央に表示され、家具や壁を除く部分にマットが配置される。ユーザはパターンを描画前に画面右下のスライダーでモデルの回転とマットサイズの調整を行い、任意の角度に調整する。また、3Dモデル内の右上と左下の球を移動してマットを配置したい範囲を設定する。

4.2 インタフェースの機能説明

本システムのインタフェースの機能を示す (図 3)。

- (1) 配置範囲の設定：モデルの右上と左下の球を動かすことでマットの配置範囲を調整する。
- (2) カラーピッカー：カラーピッカーからマットの色を選択する。RGBA, HSB, HEX カラーコードから色を指定し, Save ボタンを押して色を保存する。
- (3) ローテーションスライダー：3Dモデルの角度を回転する。
- (4) マットサイズの調整スライダー：0.1 から1のスケールでマットサイズを調整する。
- (5) プレビュー：選択している色を確認する
- (6) 切り替えボタン：保存している色との切り替えを行う。プレビューに反映される。
- (7) アングル変更ボタン：カメラ位置を変更する。初期状態ではモデルを真上から投影しているが, Change Angle ボタンを押すことでカメラの位置を斜め45度に変更し, さらに WASD キーでモデルに対して前後左右, 矢印キーで上下にカメラ位置を変更し, 実環境における人間の視界を再現してマットの配置を確認することが可能である (図 4)。
- (8) マットのシミュレーション：色を選択してマット部分をクリックすることで色が反映され, 文字や数字などのパターンを描くことができる。

4.3 システムの構成

本システムは3Dモデルとプレイマット, 点群検出レイヤーからなる (図 5)。3Dモデルはユーザが自身で撮影し, Unity にインポートしたものである。3Dモデルの位置を原点とし, スケールを1としたときに高さ0.1の場所で切り取ることで床を非表示にする。プレイマットは3Dモデルの床部分に表示され, ユーザがマットのサイズを調整することが可能である。クリックすることでその場所のマットの色を変更し, パターンを描く。また, 点群検出レイヤーはプレイマットの5分の1サイズのマット (点群検出マット) の集合からなり, 3Dモデル内の家具や壁などの物体

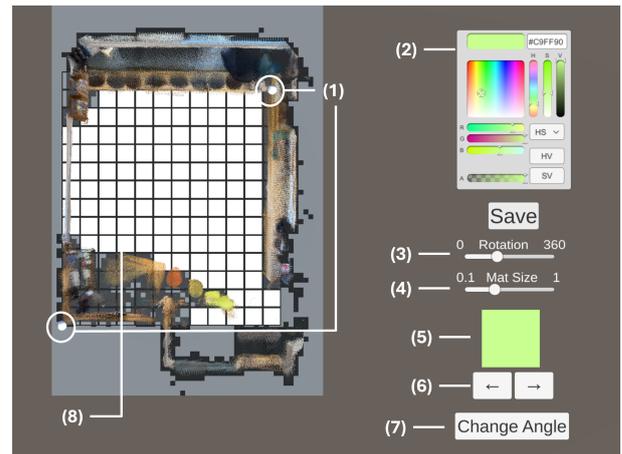


図 3 実行画面

Fig. 3 Execution Screen

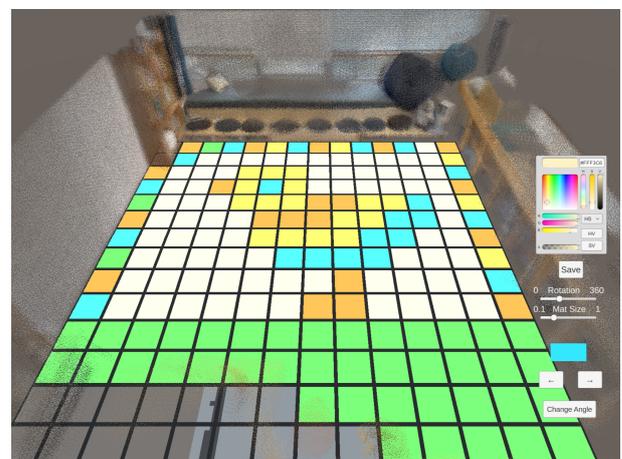


図 4 アングル変更

Fig. 4 Camera Angle Change

検出のために用いる。3Dモデルのスケールを1として0.6の高さでクリップし, 床からクリップした高さまでに点群が存在するとき, 点群の真下の点群検出レイヤーのマットが有効となる。1枚のプレイマットの面積に含まれる有効な点群検出マットが60%以上のとき, プレイマットが配置されている部分には家具または壁などの物体があるとしてグレーアウトされる。初期状態では点群検出マットの大きさがマットの5分の1のため, マット1枚に対して点群検出マットが $5 \times 5 = 25$ 枚含まれ, そのうちの60%, つまり15枚以上の点群検出マットが有効の時, そのマットが配置されている部分には家具があると認識する。

5. パターン例

以下に今回使用したスペースに配置できるパターン例を示す (図 6)。使用した部屋では一辺が30cmのプレイマットを最大で172枚配置することができる。部屋の形状が台形のため, 部屋の下部は実際に敷くことができるマット数と誤差が生じているが, 必要枚数の目安を確認することができる。パターンの可能性として (b) のように季節を

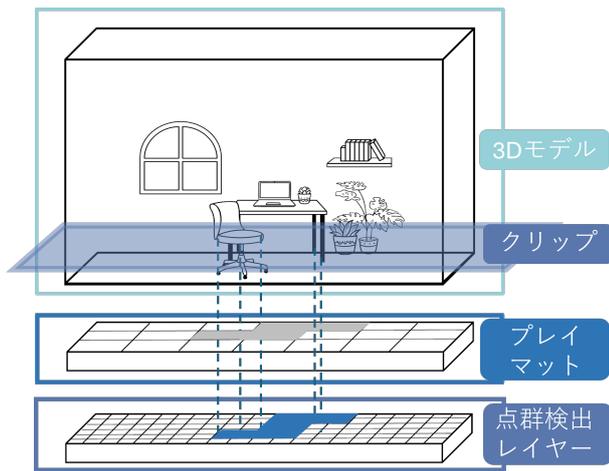


図 5 物体検出
Fig. 5 Object Detection

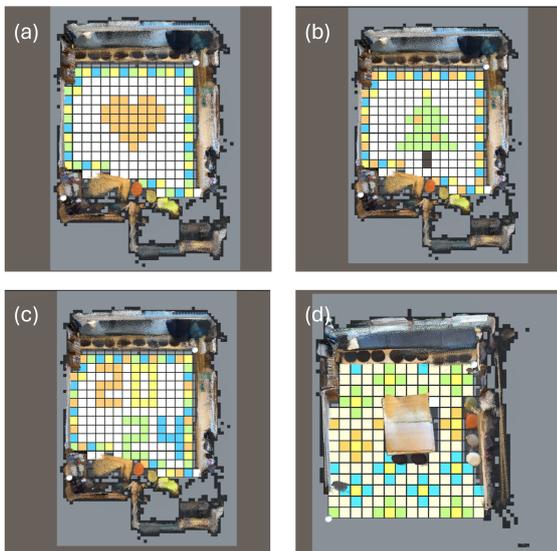


図 6 パターン例：(a) ハート；(b) クリスマスツリー；(c) 数字；
(d) 花（家具有り）
Fig. 6 Pattern Examples : (a) Heart ; (b) Christmas Tree ; (c)
Numbers ; (d) Flowers (with Furniture)

モチーフにした絵を描くことでプレイマットを部屋の飾りつけの一環とすることや、(c) のように数字を表示し、幼児の学習に役立てることが期待できる。また、(d) は中央にテーブルを配置しており、スペースが限られるため、一つの絵を描くことが難しいが、小さな柄をいくつか表示することが可能である。

6. 制約と今後の課題

本アプリケーションの制約としてユーザが iPhone や iPad を用いて 3D モデルを作成したのち、アプリケーションにインポートするためにファイルの変換や余分な部分の削除といった処理が必要であることが挙げられる。さらに精度の高い 3D モデルを生成する技術の習得に時間がか

かることから 3D モデルの作成が本アプリケーションを使用する上での障害となることが懸念される。また、アプリケーションのインターフェースに関しても児童が使用することを考慮して、より簡便に機能をまとめる必要がある。今後はユーザスタディを行い、提案手法を用いた場合と用いない場合で作成したパターンにどのような変化が生じるかや、提案手法のユーザビリティの評価を行う予定である。また、日常的にプレイマットを使用しているユーザに対してインタビューを実施し、提案手法の有用性に関する調査を行う。さらに、現状では作成したパターンをスクリーンショットで保存するか、ディスプレイを直接見ながらマットを配置しているが、AR 上で実環境に置くべき色のマットを投影するなど、マットの配置時のサポートも検討する。

7. おわりに

本研究では乳幼児の転倒時の怪我を防止するために使用されるクッション性の高いプレイマットを用いたパターン生成支援ツールを作成した。安全対策だけではなく、児童のクリエイティブ支援やマット配置時に必要な枚数や色を直感的に計算できるようにすることによる育児の負担軽減を目指す。今後はユーザスタディによりシステムの有用性や本研究によりプレイマットのパターンにバリエーションが生じるかの評価、子どもでも操作しやすいインターフェースの検討を行う予定である。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費（課題番号：JP23H01046）の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] Juliet Haarbauer-Krupa, Tadesse Haileyesus, Julie Gilchrist, Karin A. Mack, Caitlin S. Law, and Andrew Joseph. 2019. Fall-related traumatic brain injury in children ages 0-4 years. *J Safety Res.* (September 2019), 70, 127-133. doi: 10.1016/j.jsr.2019.06.003.
- [2] Yuki Igarashi and Takeo Igarashi. 2009. Designing plush toys with a computer. *Commun. ACM* 52, 12 (December 2009), 81-88. <https://doi.org/10.1145/1610252.1610275>.
- [3] Yuki Igarashi, Takeo Igarashi, and Jun Mitani. 2012. Beady: interactive beadwork design and construction. *ACM Trans. Graph.* 31, 4, Article 49 (July 2012), 9 pages. <https://doi.org/10.1145/2185520.2185545>.
- [4] Yuki Ikeda and Yuki Igarashi. 2022. Podiy: A System for Design and Production of Pouches by Novices. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 42, 2 (April 2022), 81-88, doi: 10.1109/MCG.2022.3145129.
- [5] Yuki Igarashi and Takeo Igarashi. 2022. Pixel Art Adaptation for Handicraft Fabrication. *Computer Graphics Forum*, 41 (October 2022), 489-494. <https://doi.org/10.1111/cgf.14694>
- [6] Wanwan Li. 2022. AnimalDraw: Drawing Animal Cardboard Toys Design for Children's Art Education and Entertainment. In *Proceedings of the 4th World Symposium on Software Engineering (WSSE '22)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 15-19.

<https://doi.org/10.1145/3568364.3568367>.

- [7] Ahmed Hamdy Mahmoud, Yara Abdullatif, and Shaimaa Lazem. 2018. PI Floor: Portable Interactive Floor with High Resilience and Minimal Setup for Edutainment. In Proceedings of the 17th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia (MUM '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 419–423. <https://doi.org/10.1145/3282894.3289734>
- [8] Vacca, Giuseppina. 2023. 3D Survey with Apple LiDAR Sensor—Test and Assessment for Architectural and Cultural Heritage. *Heritage* 6, no. 2: 1476-1501. <https://doi.org/10.3390/heritage6020080>.