

遍在する特定の環境とのインタラクションに向けた 隅に至ることではじめて機能する装置の開発

高橋一成^{†1} 橋田朋子^{†1}

概要: 本研究は、三平面が直交する隅という遍在する環境に着目し、そこへ至ることではじめて機能する装置を提案・実装する。隅は、民俗・文化的に特別な場所であると同時に、幾何学的には複数の平面が交差する場所であり、モノを押し当てることで形状が変形したり、配列が整列したりする性質を持つ。本研究では、この隅特有の幾何学的性質を利用し、モノが隅に沿って曲げられる性質や複数のモノの角が隅で揃う性質に基づく二種類の装置を提案した。具体的には四節リンク機構や回転軸を用いた実装を通じて、隅に至ることで装置が立体的に変形する様子や、回路の導通、視覚的パターンの顕在化といった動的な変化を示す装置を実装した。

1. はじめに

古今東西、人々は隅や角[a]に特別な印象を抱き、緩やかに関わってきた。例えば、日本各地には敷地の隅に神を祀る「屋敷神」と総称される民俗信仰が存在し[1]、隅はそのような神がいる場所として特別な扱いを受けてきた。また角は人や車がぶつかりやすい場所であり、京都では「いけず石」と呼ばれる膝の高さほどの石を、敷地の角に置くことで、事故を未然に防ごうとする慣習がある。このように隅や角は民俗・文化的に人と深い繋がりを持つ一方で、二平面または三平面が交わる場所という幾何学的な特徴も有しており、筆者らは隅や角という環境をより積極的にインタラクションへ活用することに関心を持っている。

これまで HCI の領域では、実世界の物理的な平面を情報技術により拡張する流れの中で、環境を作り込んでおくことで壁・床・机などの多様な平面をインターフェース化するものや[2][3]、そのような平面間を行き来する装置・システムの開発などが多数行われているが[4][5]、平面同士が交わる隅や角に着目した研究は少ない。このようなあらかじめ機能する平面を環境ごと作り込むという考えとは逆に、建築やアートの分野では、遍在する特定の環境を装置が機能する条件として、そのような環境において機能する、持ち運び可能な装置の事例[6][7]もある。こうした試みは、装置を使用する人が特定の環境へ自発的に意識を向け、自然とインタラクションしたくなる仕組みであると考えられる。

本研究では、隅という環境に着目し、三平面が交わるという幾何学的な特徴下にあるモノに対して生じる性質を利用し、隅へ至ることではじめて機能する装置の開発を行う。

2. 関連事例

従来のインタラクティブ・サーフェスは、壁や床、机といった特定の環境に対して、技術や装置を導入することで、その環境を積極的に拡張してきた。また卓上と壁面を行き

来する群ロボット corobos [4]や車椅子ユーザが段差を乗り越えるための持ち運び可能なスロープ Accessibility Mat [8]といった環境に存在する問題を解決し、その環境を克服しようとする事例もある。一方で、こうした流れとは対照的に、特定の環境が持つ特徴をうまく利用して機能するような装置をあらかじめ設計することで、環境をそのままに受け入れたり活用したりする事例もある。例えば都市の隙間に即興的に組み上げる芸術作品 bomb and roll[6]や手すりに小さなテーブルを取り付けるデッキ[7]が挙げられ、これらはすでに遍在する特定の環境に手を加えることなく、装置を使用することで、その環境との間に緩やかなインタラクションを生み出している。本研究は、こうした後者の流れを汲みながらも、装置が動的に変化し、装置と環境のインタラクションの過程が視覚的に明らかであることが、従来の試みとは異なる点である。

3. 提案・実装

本研究では、三平面が交わるという幾何学的な特徴をもつ隅という環境でモノに生じる性質のうち、特にモノを押し当てるとモノが隅に沿って同じ角度に曲がったり、複数のモノの角が揃えられたりするという性質に着目し、それらを利用して機能する装置をそれぞれ提案する。なお、隅は三平面が交わる場所と先に述べたが、この条件だけであり幾何学的な形状が一意に定まらないため、今回設計の対象とする隅は三平面が互いに直交する場所に限定する。

3.1 隅に沿ってモノが曲げられることの利用

隅にモノを押し当てた時に、モノが隅と同じ角度に曲がるための基本構造として、まず二枚の平板とそれらを繋ぐ回転対偶からなるものを製作する。これにより回転対偶の軸が隅に近づくことで、回転対偶が繋ぐ2枚の平面が壁に沿って直角になるように変形することができる。さらにこの2枚の平板の開閉運動を別の運動へ変換することや、2枚の平板の距離が縮まることを活かした機能を実現する。

^{†1} 早稲田大学

a) 本稿では人に対してへこんだ部分を隅、突出した部分を角と呼ぶ。

まず、2枚の平板の開閉運動を別の運動に変換するための機構としては四節リンク機構が考えられる。四節リンク機構は上述した2枚の平板と1つの回転対偶に、さらに2枚の平板と3つの回転対偶を加え、4つのリンクとそれを繋ぐ4つの回転対偶で構成される。図1に示すように装置が隅に近づくと板状であった装置が立体的に広がる変形を生じさせることができる。この手法を元に、平板に厚さ3mmのスチレンボード、回転対偶の部分にはビニールテープを用いて、図2に示す装置を製作し、この手法による変形が可能であることを確認した。

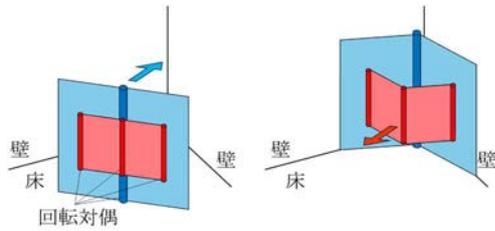


図1 四節リンク機構を用いた変形の模式図

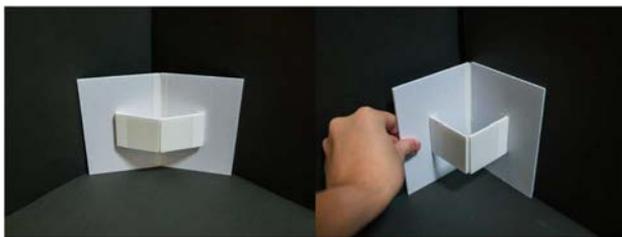


図2 四節リンク機構を用いた装置の変形の様子

次に、2枚の平板が隅に沿って曲がり距離が縮まることをいかした機能として、部品が接触し回路が導通するような仕組みが考えられる。電池と導線から構成される回路を装置に設けることで、図3に示すように、装置が隅にない状態では絶縁している、隅に至ると導通する機能を実現できる。この手法の具体化の例として図4に示す、隅に至るとLEDが点灯する装置を製作した。

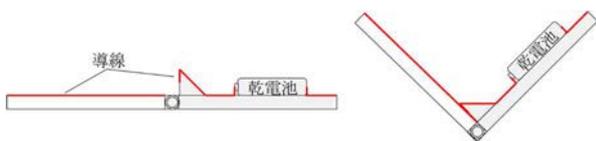


図3 装置が隅に至ることで導通する回路の模式図



図4 隅に至ることで装置が通電し点灯している様子

3.2 隅で複数のモノの角が揃うことの利用

隅に複数のモノを押し当てた時にそれらの角が揃うための基本構造として、層状に重ねられた平板とそれらを上下に貫く軸からなる装置を製作する。これにより、図5に示すように装置が隅に近づくと、装置の各層はそれぞれ周囲の壁とぶつかりながら軸を中心に回転し、最終的に各層の平板の角が隅にはまり動かなくなるまで変形する。各平板の形状は、隅に接する部分が直角であればそれ以外は問わないが、同じ形の平板を用いて側面にパターンを刻印したり、各平板の形状を設計したりすることで、装置の側面や上面に角が揃っていない時には見られなかったパターンを示すことができる。

この手法を元に、平板に厚さ8mmのスチレンボード、回転軸の部分には金属棒を用いて、図6に示す装置を製作し、この手法による変形が可能であることを確認した。また各平板の角が揃うことで、図7に示すようにあらかじめ記入した文字が浮かび上がったり、図8に示すような階段状のパターンを示したりすることを確認した。

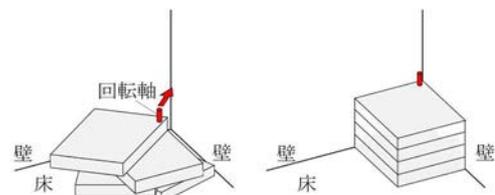


図5 回転軸を用いた変形の模式図

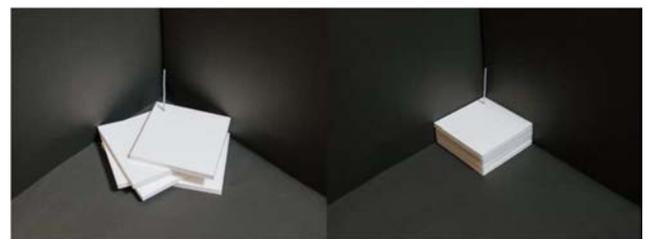


図6 回転軸を用いた装置の変形の様子

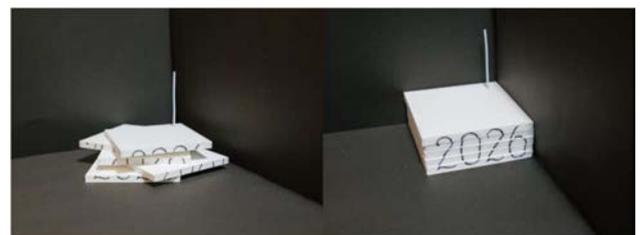


図7 角が揃うことで側面にパターンが表れる様子

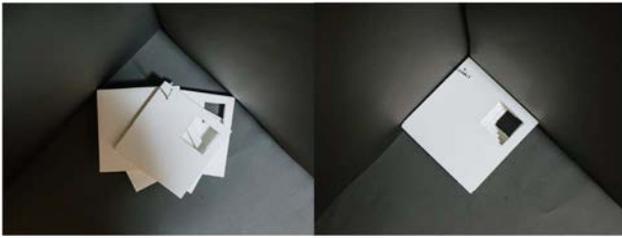


図 8 角が揃うことで上面にパターンが表れる様子

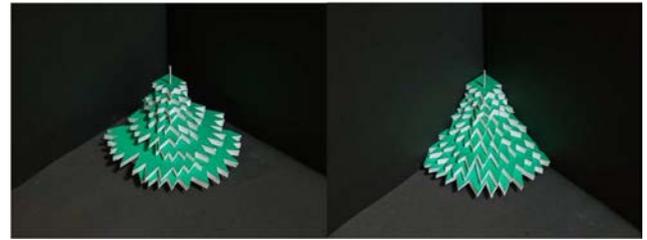


図 11 隅で角が揃う性質を用いたアプリケーション

4. 応用

本章では、前章で述べた提案手法を元に、それらを機構的・意味的に発展させた応用例を示す。

4.1 隅でモノが曲がることの応用例

これまでリンク機構の回転軸は床に垂直な方向であり基本構造の回転軸と同じ方向であったが、手前に突出してくるリンクによって押し上げられる平板を導入することで、床に平行な軸の回転運動へ変換することができる。図 9 に変形の回転軸を変換した機構の様子を示す。さらに図 10 に示すように、この新しい回転軸を含むリンク機構を設けることで、床に垂直な回転軸の変形を、床に平行な回転軸の変形へ変換することもできる。これらにより基本構造の平板の開閉運動をより異なる運動へと変換できる。

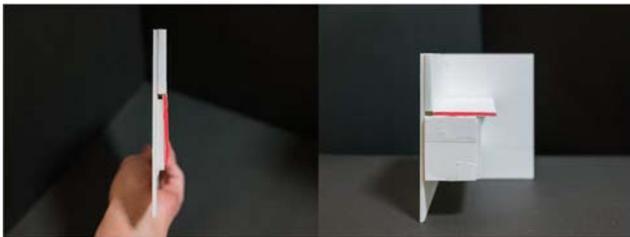


図 9 変形の回転軸を変換する機構

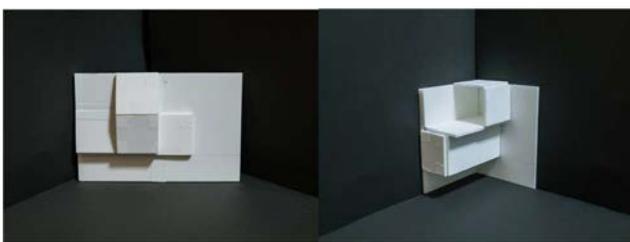


図 10 変換後の回転軸を用いたリンク機構による変形

4.2 隅で角が揃うことの応用例

角が揃うという隅が持つ性質を利用した変形の応用例として、装置を構成する各平板の大きさや形を設計することで、立体的なパターンの変化を提示することもできる。図 11 に鋭い角が連続する形状の異なる平板を、上に行くにつれて小さくなるように配置することで、隅で角が揃うとツリー状の形状が表れるアプリケーションを示す。

4.3 コンテンツの付与

本節では装置が人に対して与える印象を考慮した応用例について紹介する。

第 1 章で述べた通り、隅は神がいる場所であり、人は潜在的に隅を触れたい領域と捉えていると筆者らは考えた。そこで隅に至った時に装置にツノのようなものを生やすことで人に警戒感や忌避感を与えることを意図した。リンク機構を構成する平板の形状を長方形から台形に変更して斜辺同士を繋ぐことで、隅に至るとツノのように突き出した形状に変化する、図 12 に示す装置を製作した。

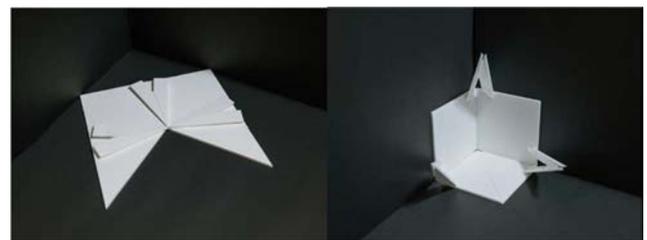


図 12 変形するとツノが生えてくる装置

これまでの装置は隅に置かれた装置内部の変形に留まっていたが、装置が置かれた隅周辺に対しても影響を及ぼす方法として、装置内に光源を設け装置の影を出現させることが挙げられる。図 13 に示すように装置が隅にない板状の状態の時では想定されなかった、光と影のパターンを装置周辺の隅へ提示することができる。



図 13 装置が隅に至ることで壁に生じた光と影のパターン

5. 装置を隅に至らせる方法

本稿では、装置を隅に至らせる方法としてモノを隅に押し付ける単純な動作を前提としてきた。これは、人が隅に対し日常でも自然と行いがちな動作であると考えたためである。しかしより複雑で能動的な動作（以下、技巧的な操

作と略す) や直接装置を触らない間接的な動作 (以下, 操縦) で, 同じ機構を隅で機能させることで, 隅とのインタラクションの程度や仕方を変えることを試みる.

5.1 技巧的な操作

技巧的な操作を必要とする装置として, 図 14 に示す隅に押し付けるだけでは変形しない装置を製作した. この装置に用いた変形機構は 3.1 で示した四節リンク機構であるが, 回転対偶と三角形の平板を床と平行な方向に 2 つずつ追加することで, 装置を隅に合うように変形させるためには, 従来のように装置をただ隅に押し付けるのではなく, 装置を床から持ち上げて, 折りたたむ順番に気を配るといった積極的な介入が必要となる. このように装置を使う人に技巧的な操作をしてもらうことによって, 単純な動作による変形とは異なる, 隅に対する意識の発生の仕方が生まれるのではないかと考える.

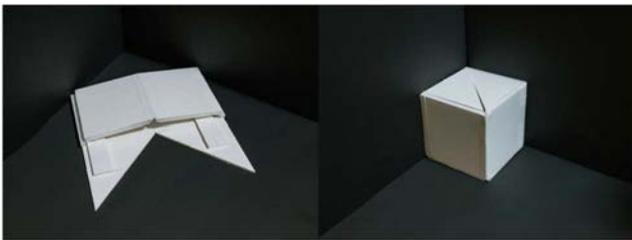


図 14 変形に技巧的な操作を要する装置

5.2 操縦

操縦により隅に至る装置として, 装置を自走する台に載せ, 遠隔で装置を移動させて隅に至らせる方法を実現した. toio (ソニー・インタラクティブエンタテインメント, TPH-1000T 010) [9] とスチレンボード, 金属棒を用いて製作した, 装置を載せて自走する台を図 15 に示す. 台上面から突出した金属棒の部分, 3.1 で示した四節リンク機構を用いた変形方法では図 16 に示すように中央の回転対偶に沿わせることで, また 3.2 で示した回転軸を用いた変形方法では図 17 に示すように回転軸とすることで, 装置を変形させることができた. このようなインタラクションにより, 装置の変形を離れた場所から観察することで, 隅の持つ性質をより強く感じられるのではないかと考える.



図 15 装置を載せる台

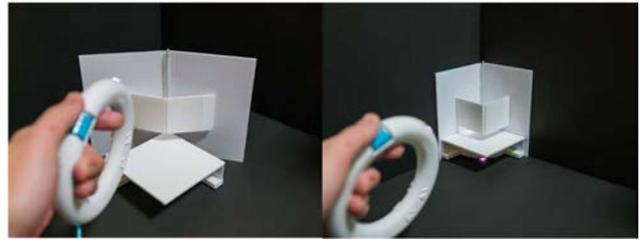


図 16 操縦によりリンク機構を用いた装置が変形する様子

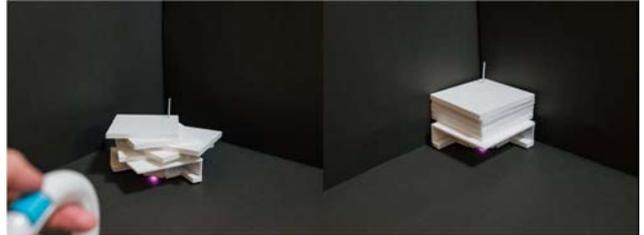


図 17 操縦により回転軸を用いた装置が変形する様子

6. まとめと課題

本研究では, 古くから人々と関係を持ってきた隅に着目し, その幾何学的形状から生じる性質を利用して, 隅へ至ることはじめて機能する装置の開発を行った. 隅という遍在する環境に対して手を加えることなく, 動的に変形する装置の開発を通じて, 隅という特定の環境と装置の間に様々なインタラクションを生むことができた.

課題としては, 今回限定してしまった直交する隅以外の広汎な隅への応用や, 装置を使用することで生じるインタラクションのより有用な活用例の検討, 装置を使用する人も含めたインタラクションの調査が挙げられる.

参考文献

- [1] 直江広治. 屋敷神の研究: 日本信仰伝承論, 吉川弘文館, 1966, pp.389-396.
- [2] Brett, J., Rajinder, S., Michael, M., et al.: RoomAlive: magical experiences enabled by scalable, adaptive projector-camera units, Proc. the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '14), pp.637-644, (2014).
- [3] Brygg, U. and Ishii, H.: The metaDESK: models and prototypes for tangible user interfaces, Proc. the 10th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '97), pp.223-232, (1997).
- [4] Changyo Han, Yosuke Nakagawa, and Takeshi Naemura.: corobos: A Design for Mobile Robots Enabling Cooperative Transitions between Table and Wall Surfaces, Proc. the 2025 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '25), pp.1-16, (2025).
- [5] Rekimoto J. and Saitoh M.: Augmented surfaces: a spatially continuous work space for hybrid computing environments, Proc. the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99), pp.378-385, (1999).
- [6] “bomb and roll”. <https://kazukihayamizu.myportfolio.com/bomb-and-roll>, (参照 2025-12-19).
- [7] “デッキ”. <http://torafu.com/works/dec>, (参照 2025-12-19).
- [8] “Accessibility MAT”. <https://www.bizsys.com.br/en/2019/05/02/accessibility-mat/>, (参照 2025-12-19).
- [9] “toio”. <https://toio.io/>, (参照 2025-12-19).