

# BLWIND：風を心地よく可視化するブラインドの提案

井上芽依<sup>1,a)</sup> 米原孝星<sup>1</sup> 大塚創生<sup>1</sup> 菅英寛<sup>1</sup>  
塚田浩二<sup>1</sup> 安井重哉<sup>1</sup>

**概要：**本稿では、風の向きや強さを検出し、心地よく可視化できるシステム「BLWIND」を提案する。BLWINDは、縦羽根を持つブラインド型の装置であり、各羽根の動きをサーボモータで個別に制御することで、風の流れを表現する。屋内外を繋ぐ建材を用いて風を可視化することで、境界に溶け込むような新しい表現手法を目指す。



図 1 BLWIND の利用例

## 1. 背景

屋外の穏やかな風は心地よいものであるが、その感覚を屋内で再現することは難しい。我々は、屋外と屋内の境界を繋ぐ建材として、縦羽根を持つブラインドに着目した。屋外の風に合わせて、ブラインドの羽根をなめらかに動かすことで、屋内からも風の心地よさを視覚的に感じることができると考えた。本稿では、風の向きや強さを検出し、ブラインドの羽根の動きで心地よく可視化できるシステム「BLWIND」を提案する (図 1)。

## 2. 関連研究

風を可視化する先行事例について紹介する。Pinwheels[1]は、風車を用いてデジタル情報を可視化する古典的な事例である。周辺視野で認識できるアンビエントディスプレイ

として設計されており、株価やサーバーのアクセス数、風力等の情報を風車の回転で可視化している。森崎ら [2] は、風速センサを用いて LED 照明の色を変化させ、風を可視化する作品「風色計」を構築した。円筒形のデバイスを複数の場所に配置することで、風の状態を空間的に表現でき美しい空間演出効果が期待される。WINDGRAPHY[3]は、センサを利用して風速を多点で計測し、風の強さを可視化/データ化できる製品である。多点の風速を色等で可視化することで、気流の動きを分かりやすく表現できる。

ブラインドを拡張したインタフェースについて紹介する。本間ら [4] は、ブラインドと窓をスクリーンに見立て、室内から映像を投影することで、室内/室外の双方から視認可能なディスプレイとして利用する手法を提案している。ブラインドの羽根の向きをセンサで取得し、映像を制御することで、室外に伝わる情報量の調整を試みている。

本提案では、屋内と屋外を繋ぐ建材であるブラインドに着目し、羽根を物理的に動かすことで、屋外の風を心地よく伝える点で独自性がある。

## 3. 提案

BLWINDは、風の向きや強さを検出し、ブラインドの羽根の動きで心地よく可視化できるシステムである。ここでは、BLWINDの構成や動作について紹介する。BLWINDは、大きく風力センサとブラインド型デバイスから構成される (図 2)。風力センサは、ロータリーエンコーダと 3D プリントしたプロペラを中心に構成される。ブラインド型デバイスは、16 枚の縦型の羽根 (スラット) を備えており、各スラットの下部にはサーボモータが接続される。風力センサで風の向きと速度を検出し、16 枚のスラットの角度を連続的に変化させる。複数のスラットの角度を微妙に変え

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学

a) b1021008@fun.ac.jp

つつ動かすことで、なめらかな風の流るるを表現できるように工夫した。図2に、本システムの動作の流れを示す。強風時と弱風時のスラットの動きは、4.2節で紹介する。

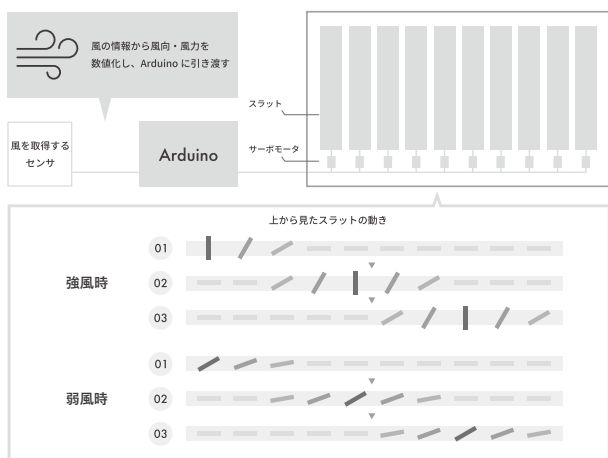


図2 システムの動作の流れ

## 4. 印象調査

### 4.1 手法

風の心地よさを伝えるのに適したスラットの動きを調査するため、Blenderで作成したCGアニメーションを用いて予備的な印象調査を行った。評価方法として、順位評価と評価グリッド法を使用した。対象者は大学生9名とし、図3に示す4種類のアニメーションを提示した。これらは実機で表現可能なスラットの動作範囲を考慮して設計され、スラット毎の動作角度と、スラット間の動作間隔が異なる。各被験者は、4種類の動きを心地いいと感じた順で序列をつけ、その理由をできるだけ詳細に回答した。

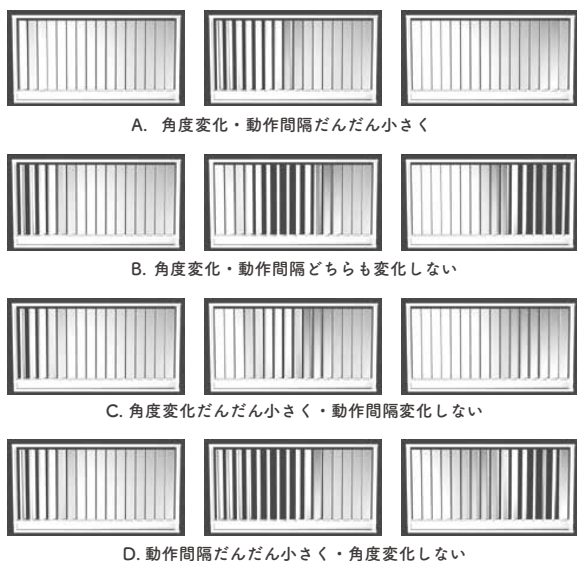


図3 印象調査での4種類の動き

## 4.2 結果

順位評価において最も多く1位評価されたのはパターンB(5票)であり、次点はパターンC(4票)であった。評価グリッド法を用いて理由を分析したところ、心地よい動きのキーワードとして、「自然」と「一定」が見られた。「パターンBでは、等間隔・同角度で回転している『一定な感じ』が心地よい」、「パターンCは、スラット毎の動作角度がだんだん減衰していくことで『自然な感じ』がして、自分が持っている風の印象とあっていた」といった意見が挙げられた。

よって、パターンCを元にして、サーボモータの制御コードに落とし込むことにした。制御可能なパラメータは、「スラット間の動作間隔」、「スラットの回転速度」、「スラット回転時の最大角度」とした。スラットが回転する最大角度は風速に応じて10~90度の範囲に割り当てた上で、対象のスラットから離れる程一定ずつ減衰させた。

風速が速いときは、スラットの最大角度・回転速度を大きくすることで、強い風の加速感を表現した。逆に風速が弱いときは、スラットの最大角度・回転速度を小さくすることで、おだやかな風を表現した。一方、スラット間の動作間隔は全て一定とした。このようにして、風の強弱を感じさせつつ、表現としての心地よさを保てるように工夫した(図2下)。

## 5. 実装

ここでは、BLWIND(図5)の実装を紹介する。電子回路としては、風向きと風速を取得するロータリーエンコーダ、スラットを駆動するためのサーボモータ、及びこれらを制御するマイコン(Arduino)を中心に構成される。さらに、心地よさを伝えるためにスラットや筐体の質感設計についても工夫した。以下に各部の詳細を述べる。

### 5.1 ロータリーエンコーダ

風の向きと速度を計測するために、ロータリーエンコーダ(REL18-100BP)と、自作プロペラを組み合わせた風力センサを実装した(図4)。

プロペラに風を受けることで、軸と連結されたエンコーダが回転する。エンコーダの回転角度を一定時間(例:5秒)毎に累計し、サーボモータの回転角度の範囲(0度~90度)に変換する。回転方向は90度位相差のあるA相/B相の変化から検出し、時計回り/反時計回りの二値で取得した。これらの回転角度と方向をI<sup>2</sup>C通信を介してArduinoに送信する。なお、デバイスの配置の自由度を考慮して、システムは2台のマイコンで制御している。風力センサ(ロータリーエンコーダ)の制御にはArduino nanoを、後述するサーボモータの制御にはArduino Unoを利用した。Arduino間の通信には、前述したI<sup>2</sup>Cを利用した。

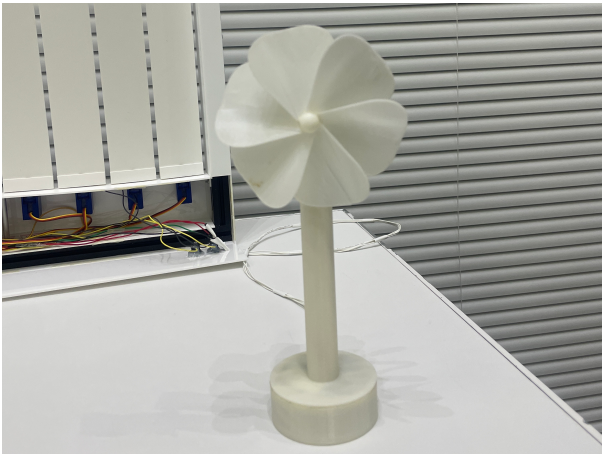


図 4 風力センサ

## 5.2 サーボモータ

16 枚のスラットの角度を制御するために、各スラットの下部に計 16 個のサーボモータ (SG90) を設置した。16 個のサーボモータを一台の Arduino から制御するために、モータドライバ (PCA9685) を使用した。BLWIND を正面から見た時にスラットが一直線に見えるように、各サーボモータの初期値を調整している (図 5)。制御パラメータとして、各モータの動作角度 (最小, 最大), 動作速度, 及び動作間隔等を配列として用意した。各スラットを同期を取りつつなめらかに制御するため、モータの角度は目標値まで一度に動かさず、順番に少量ずつ変化させるように工夫した。なお、サーボモータとスラットを接続するパーツや、サーボモータを土台に固定するパーツは 3D プリンタで自作した。



図 5 BLWIND の外観

## 5.3 質感設計

スラットの動きに集中できるように、ノイズを少なくする質感設計を行った。フレーム/スラット共に、背景との輝度差がわかりやすいように無光沢の白色素材を使用した。フレームとしては、モーターやスラットの重みでゆが

まない頑強な構造とするために、ミスミのアルミフレームを利用した上で、表面に白いマットアクリル板を取り付けた。サーボモータの駆動部が正面から見えないように、下部にはモータを収納する構造を用意し、同じアクリル板で覆っている (図 6)。スラットには、サーボモータでしなやかに動かせるように、軽量で加工が容易な低発泡塩ビ板を使用した。各スラット間の隙間ができるだけ一定になるように精密に加工/取付している。さらに、スラットの固定パーツ等の 3D プリントした部品もすべて研磨したうえで、白色に塗装した。



図 6 BLWIND の内部構造

## 6. まとめと今後の展望

本稿では、風の向きや強さを検出し、ブラインドの羽根 (スラット) の動きで心地よく可視化できるシステム「BLWIND」を提案・試作した。一方、現在のシステムでは、サーボモータの動作音がやや目立つ課題がある。静音のサーボモータを利用する等して、今後は、聴覚的な心地よさについても表現していきたい。また、風力センサとサーボモータは個別のマイコンで制御しているものの、有線接続しているため、システムの設置場所がやや限定されている。今後は、風力センサを無線マイコンに接続する等して、配置の自由度を高めていきたい。

## 参考文献

- [1] Hiroshi Ishii, Sandia Ren, and Phil Frei, Pinwheels: Visualizing Information Flow in an Architectural Space, Extended Abstract of CHI ' 01, 2001.
- [2] 森崎巧一, 大海悠太, 豊崎寛樹, 林原泰子, 山本正記, 川口卓真. 風を可視化するフィジカルコンピューティング作品 (風色計) の開発. 人間生活文化研究, vol.2013, no.23, pp.167-175 (2013) .
- [3] Windgraphy, <http://www.windgraphy.com/> (2023/12/22 アクセス)
- [4] 本間 貴士, 沖 真帆, 塚田 浩二. ブラインドを拡張した新たな情報提示手法の研究. 情報処理学会論文誌, Vol.62, No.2, pp.713-726 (2021).