

# Squama Yukimi:茶室におけるインタラクティブな建築要素

## 部分的に透明度を制御できるプログラマブルな雪見障子の実装

### Interactive partition for Japanese Tea Room

#### Implementation of transparency-programable modules on Shoji

○四反田 直樹\*<sup>1</sup>, 暦本 純一\*<sup>2</sup>  
Naoki SHITANDA\*<sup>1</sup>, and Jun REKIMOTO\*<sup>2</sup>

\*1 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所京都研究室 リサーチアシスタント  
京都大学工学部 学士課程

Research Assistant, Sony CSL Kyoto  
Student, Kyoto University, Bachelor.

\*2 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所京都研究室 室長  
東京大学大学院情報学環 教授

Director, Sony CSL Kyoto

Professor, Interfaculty Initiative in Information Studies, The University of Tokyo, Ph.D.

キーワード：動的な建築; 顔向き推定; 茶室; インタラクティブデザイン

Keywords: Interactive and responsive building; Face detection estimation; Japanese tearoom; Interaction design

## 1. はじめに

茶室における動的な建築要素の実装例として、部分的に透明度が制御できる雪見障子 Squama Yukimi について報告する。

従来、建築物は静的なものである。壁や扉によって空間を区切ることによって部屋が成立し生活者のプライバシーが確保される一方で、内部からの見通しが悪くなり、開放感が失われる。この点について、暦本によって生活者の行動や必要性に応じて特性が動的に変化する「プログラマブル建築」が提案され、その具体例として透明度を部分的に変えられるプログラマブルな窓 Squama が報告された<sup>[1]</sup>。

しかし Squama では配線などのハードウェア上の制約から実装対象がパーテーションや固定された窓に止まっており、襖や扉といった可動部分への実装はされていなかった。特に障子は開き戸と違い扉全体が可動する上、壁に比べて薄く配線や周辺機器を隠す場所が少ないため実装が難しい。本研究では、これらの可動部分にも敷設可能なプログラマブル建築の方式について報告する。

また、日本建築の象徴である茶室においては障子が窓の役割を果たす。障子は太陽光を拡散して柔らかな印象を与える一方、視線を遮る。雪見障子と呼ばれる下半分をガラスに置き換えて庭の景色を楽しむようにした障子があるが、手作業での開閉が必要である。本研究では配線を埋め込むことができる鴨居を設計することで、雪見障子を参考にした Squama Yukimi の茶室の障子への実装を報告する。

プログラマブル建築のためのインタラクションとして、深層学習を用いて顔の向きを推定し、外部からの視線を遮るように障子を部分的に不透明化することでプライバシーと開放感を両立するアプリケーションを作成した。

## 2. システム概要

図1に本システムの全体図を示す。

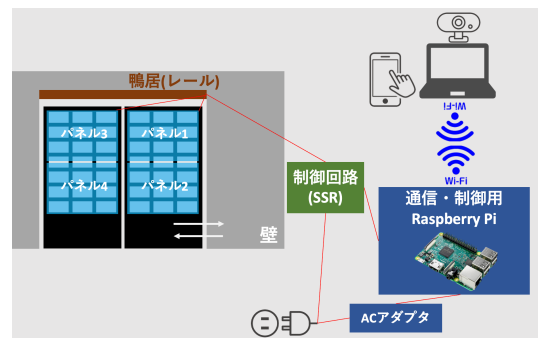


図1: Squama Yukimi システムの全体図.

障子1枚あたり2枚の電子的に透明度を制御可能な液晶調光フィルムが埋め込まれる。通信・制御用のマイコンがネットワークからコマンドを受け取り、調光フィルムにかかる電圧を変化させることで各フィルムの透明度を制御する。

### 2.1 透明度の制御

透明度を制御できる素子として、液晶調光フィルム(凸版印刷社のLC MAGIC リバースモード<sup>[2]</sup>)を用いた。本フィルムは電圧を印加していない状態では透明であり、電圧をかけることで結晶の状態が変化し不透明になる。調光フィルムとしては電圧印加時に透明となる製品が主流であるが、普段は Squama Yukimi を透明化しておき人の視線などの要素に反応して不透明化する等の利用例を想定すると、消費電力の観点からは今回採用したリバースモード機能を有する液晶フィルムがより望ましい。

本システムでは家庭用電源と調光フィルムの接続・切断をソリッドステートリレーで制御することでパネルの透

明度を制御している。調光フィルムはコンデンサのように電荷を貯める性質があるため、電源を切っても透明に戻るためにかかりの時間を要する課題があった。そこで調光フィルムと並列に放電用抵抗 (R1) を接続することで放電時間を改善した (図 3(a))。さらに電源接続時の透明度の変化を制御し、緩やかにするために、素子 (R2, D1, C2, D2, C3) を接続した。図 3(b) は (a) の回路に 114V、60Hz の交流電圧を 0.5 秒間かけたときに調光フィルムにかかる電圧の時間変化を示している。

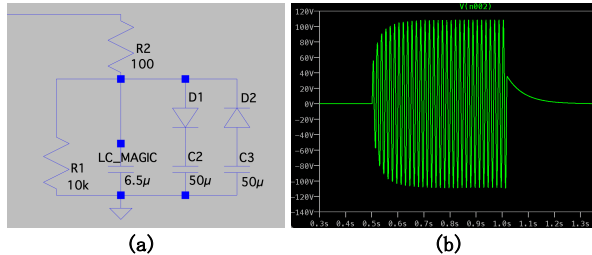


図 3：調光フィルム(LC MAGIC)周辺の電子回路(a)と調光フィルムにかかる電圧の時間変化のシミュレーション(b)。

## 2.2 障子・鴨居へのハードウェアの埋め込み

電力を供給するため、コントローラと調光フィルムを電氣的に接続する必要がある。障子は扉全体が可動部であることを踏まえて 1. ワイヤレス給電を用いる方法, 2. 電子鍵を設置する際に使用される通電レールを用いる方法の 2 つを検討し、後者を採用した。前者は扉が閉まった際にワイヤレス給電によって障子側に設置したバッテリーを充電しフィルムを駆動する方法だが、調光フィルムの消費電力に対応するとバッテリーが大きくなり、制御用マイコンを扉側に埋め込む必要がある。その結果、障子の外観をかなり変化させなければならない。一方後者は通電レールを格納できる専用の鴨居が必要ではあるものの、バッテリーが不要で常に通電した状態にでき、マイコンを鴨居側に設置できる。図 4 に (a) 用いた通電レール(美和ロック社 TER-9CC 型<sup>[3]</sup>)の外観、(b) 設計した鴨居の模型、(c) 模型に通電レールを通した様子を示す。通電レールを用いて障子の外に設置したマイコンと調光フィルムを接続することで電力を供給する。

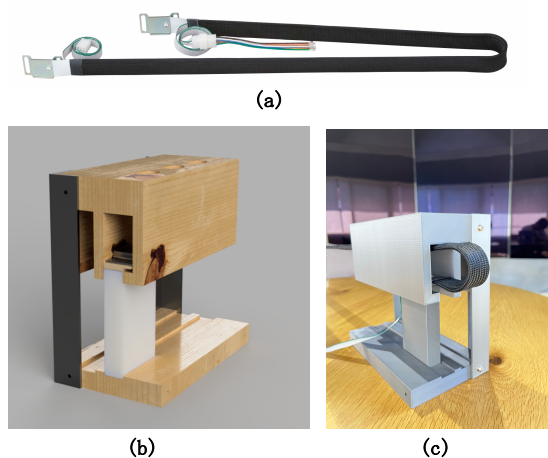


図 4：通電レールを埋め込める鴨居。(a) 通電レール(美和ロック社 TER-9CC 型)、(b) 設計した鴨居の模型、(c) 模型に通電レールを通した様子

## 2.3 外部の視線を遮るアプリケーションの実装

Squama Yukimi のインタラクションの例として、外部からの視線を検知し遮るプログラムを製作した。茶室への Squama Yukimi の実装を見据え、ガラス製のパーティションに 4 枚の調光フィルムを貼り付けてデモを行った。ノート PC の内蔵カメラから周囲の映像を取得し、MediaPipe<sup>[4]</sup> によって顔の特徴点座標を抽出した後、回転行列を推定して顔の向きを求める。得られた視線の方向によってパネルの透明/不透明を決定し、ノート PC から制御用マイコンに UDP で指示を送っている。



図 2：視線を遮るアプリケーションのデモ。

## 3. 現状のまとめと今後の予定

本研究ではプログラマブルな窓 Squama の茶室への実装について検討した。また実装を予定している視線を遮るアプリケーションについて、デモを製作した。Squama Yukimi を組み込んだ茶室は京都研究室内に今年 11 月の竣工を予定し建設中である。

今後の研究では、茶室の竣工に向けての更なる調整を進め、中で茶を点てた者の感想を得たい。また視線を遮るデモでは遅延を感じたため、カルマンフィルタを用いるなどして視点変化を推定する仕組みが必要だろう。アプリケーションについても、客が眩しく感じないように太陽の位置に合わせて影を作る等、茶会の文化やその根底にある心配りと密接に関係したアプリケーションを検討したい。

## 4. 謝辞

本研究の遂行にあたり、鴨居への埋め込みの検討について、株式会社ミリエーム 数寄屋建築 茶美会の遠山氏から多大な貴重な助言を頂いた。凸版印刷株式会社からは、液晶調光フィルムの引き戸への実装にあたり参考資料の提供と適切な助言を賜った。ここに感謝の意を表す。

## 5. 参考文献

- [1] Jun Rekimoto, Squama: Modular Visibility Control of Walls and Windows for Programmable Physical Architectures, Advanced Visual Interfaces (AVI 2012), 2012.
- [2] TOPPAN INC, 液晶調光フィルム LC MAGIC, [https://www.toppan.co.jp/electronics/device/lc\\_magic/](https://www.toppan.co.jp/electronics/device/lc_magic/), (参照 2022-8-26)
- [3] 美和ロック株式会社, 引戸用通電金具 TER-9CC, <https://www.miwa-lock.co.jp/tec/products/webcatalog.html>, (参照 2022-9-26)
- [4] GOOGLE LLC, MediaPipe, <https://google.github.io/mediapipe/>, (参照 2022-9-26)