

対話型エデュテインメント展示「鳥を呼ぶ窓」 - システム構成 - An Interactive Edutainment Installation "Bird-call Window" - System Configuration -

加島 隆博[†] 小栗 奈緒美[†] 増田 拓[†] 師井 聡子[‡] 中島 克人[‡]
Takahiro Kashima[†] Naomi Oguri[†] Taku Masuda[†] Satoko Moroi[‡] Katsuto Nakajima[‡]

1. はじめに

「鳥を呼ぶ窓」は、壁に設置された窓枠に、プロジェクタを使って仮想的な鳥達の世界の投影を行うことにより、パズル遊びの場を提供するエデュテインメント展示である。プレイヤーが鳥笛を鳴らすとシルエットパズルの問題図形が投影される。その問題図形の上にパズルピースを並べて問題を解くことにより、問題図形が鳥に変身し、様々なアニメーションを伴って仮想的な窓の中を鳥が飛び回る。本稿では、「鳥を呼ぶ窓」の設置方法、鳥笛認識、正解判定などの、システム構成について報告する。

2. システム構成

システムは、鳥笛が鳴ったかどうかを判断する「鳥笛認識部」、パズルが解かれたかを判断する「パズル正解判定部」、そして問題図形や鳥達の投影と効果音の再生を行う「アニメーション生成部」からなる。

図1に、これらのシステム構成を図示し、以下に設置方法を含めて各部の詳細を述べる。

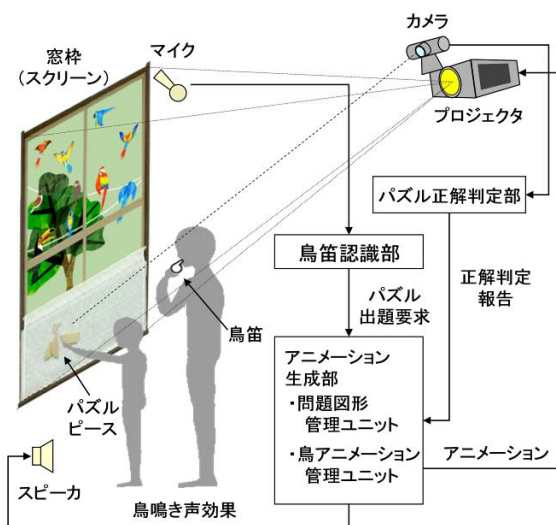


図1 システム構成

2.1 設置

「鳥を呼ぶ窓」は、プロジェクタ、カメラ、スクリーンの役割を担う窓枠、および、パソコン等で構成される。図2は窓枠とプロジェクタとカメラの設置寸法例である。

[†] 東京電機大学大学院 未来科学研究科 情報メディア学専攻 Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

[‡] 東京電機大学 未来科学部 情報メディア学科 School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

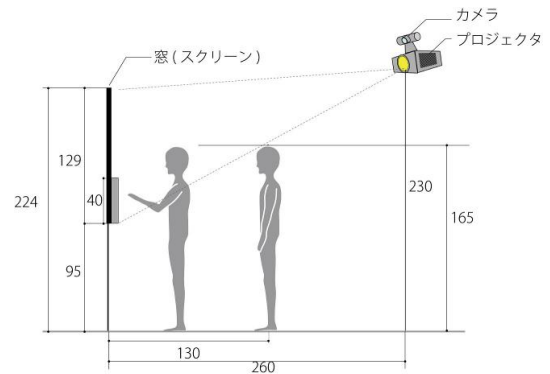


図2 主要ハードウェアの設置寸法例 (単位 cm)

2.1.1 窓枠

窓枠は、問題図形や鳥達を投影するスクリーンとなる。上部には窓の外風景表現として、木や池などを背景に鳥達が飛び回る模様が映し出される。下部はカフェカーテンとなっており、ここに問題図形が投影される。この上でパズル遊びができるように、木製のパズルピースの内部は磁石が埋め込まれ、カフェカーテンの裏側は鉄板が貼られている。また、窓枠の内部には、後述の鳥笛認識のためのマイクや鳥の鳴き声のためのスピーカが埋め込まれている。

窓枠は図2に示すように、子供も大人もパズルを楽に遊べるように、床からおよそ95cmの高さが下辺になるように設置される。

2.1.2 プロジェクタとカメラの設置位置

プロジェクタは問題図形や鳥を投影するため、カメラは後述のパズルの正解判定を行うために用いられる。プロジェクタとカメラはスクリーンの正面であれば、比較的自由な場所に設置することができる。

しかしながら遊戯者や見学者がスクリーンの正面に立つと、プロジェクタの投影光を遮ってしまい、問題図形などがスクリーンに投影されなくなってしまう。カメラについても同様で、遊戯者などが遮ることでスクリーン上のパズルが見えない状態では、正解判定ができない。そのため、できるだけ高い位置にプロジェクタとカメラを設置することが望ましい。図2に示す設置寸法で設置すると、身長165cmの見学者がスクリーンから少なくとも130cm離れば影が映り込まない。

なお、後述の正解判定の精度向上のため、カメラの絞りやホワイトバランスなどの調整は全て手動にする。

2.2 鳥笛認識部

鳥笛認識部は、遊戯者が鳥笛を吹いているかを判断する。窓枠の中にマイクが埋め込まれており、このマイク

から取り込まれる音を解析することで認識が行われる。具体的には、予め鳥笛の音を学習させておき、その学習データと比較することで行われる。

2.2.1 音の学習

学習ではまず、鳥笛を数秒間吹いて、システムに鳥笛の波形を記憶させる。次にシステムは、この波形をフーリエ変換によって、各周波数の強弱を表す周波数スペクトルへ変換する。鳥笛の音は時間によって殆ど変化しないため、数秒間の周波数スペクトルを平均したものを、比較用の周波数スペクトルとしてシステムが記憶する。

この学習される音は複数個登録することができ、また、それぞれの音には、どの鳥笛が吹かれたかを判断するためのIDが付与される。

鳥笛は吹く息の強弱などによって、多少の音程の変化が出てしまう。そのため、学習はそれぞれの鳥笛に対して、複数人が複数回行うことが望ましい。

2.2.2 音の認識

音の認識は、マイクから取り込まれる波形を、実時間でフーリエ変換して周波数スペクトルに変換したのち、各学習データと比較をすることで行われる。

比較には相関係数を用いる。この係数は、2つの配列(スペクトル)の相関が高いほど+1に近くなり、相関がなければ0に、負の相関が高ければ-1に近づく。従って、計算された相関係数が+1に近い値を示すならば、学習時と同じ周波数スペクトルの音を取り込まれていると判断できる。今回は実験に基づき、相関係数が0.75以上であれば学習済みの鳥笛が鳴っていると判断するようにした。

ただし、周囲からの雑音により、鳥笛を鳴っていないにも関わらず、瞬間的に係数が0.75以上になることもある。そのような場合の誤認識を防ぐため、本システムでは、0.5秒以上連続して係数が0.75以上記録されなければ、鳥笛と判定しないようにした。また逆に、鳥笛を鳴らしている間に、雑音により瞬間的に係数が0.75を下回ってしまうこともある。そのような場合にも対処するため、「0.5秒以上連続を必要とするが、0.3秒以内の中断は認める」ことを鳥笛認識の条件とした。

2.3 正解判定部

パズルの正解は、投影している問題図形領域にパズルピースがぴったりと配置されているかで判断する。これには、背景差分法を用いる。背景差分法は、カメラから入力される観測画像と予めシステムで記憶しておいた背景画像との差分を求め、差がある領域を前景領域として取り出す手法である。

以下に正解判定法の詳細を述べる。

2.3.1 初期設定

まずシステムの立ち上げ時に各問題図形を順次投影し、カメラから取り込まれる画像をそれぞれ背景画像として記憶する。これらはカフェカーテン上に投影された問題図形以外に何も映り込んでいない画像である。

2.3.2 正解判定

正解判定時は、カメラから取り込まれる観測画像と、出題中の問題図形に対応する背景画像との差を算出する。問題図形領域内で背景画像と閾値以上の差がある領域

(前景領域)は、パズルピースが置かれた領域であると見なす。そして、前景領域の面積が問題図形の面積に近づくと、パズルピースが問題図形内に埋められたと想定できる。

しかしながらこの方法では、手や人影なども前景となるため、これらによって問題図形領域を完全に覆うと、誤判定をしてしまう。そこで、投影されている問題図形の輪郭の外周に、図3に示す「ガードゾーン」と称する領域を設定する。正解判定時には、問題図形領域内に加えて、ガードゾーン内の領域でも背景差分を行う。この領域は問題図形領域とは逆に、前景領域が無いかどうかを判定する。前景領域が殆ど無ければ、問題図形領域に手や人影が入り込んだり、パズルピースが問題図形領域からはみ出したりしていないことを確認できる。

即ち、問題図形領域内の前景領域の面積比が一定値(例えば95%)以上であり、かつ、ガードゾーン内の前景領域の面積比が一定値(例えば5%)以下であれば、パズルが正解通りに並べられていると判定する。これにより、各展示場所の多様な照明環境に対応し、誤判定の少ない正解判定を実現している。

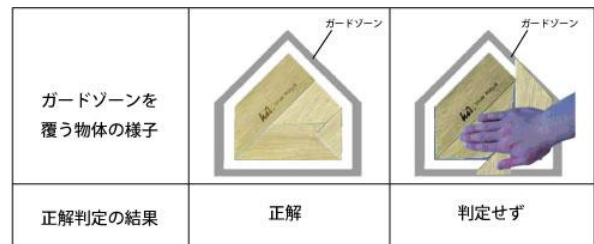


図3 ガードゾーンのチェックによる誤判定の防止

2.3.3 照度条件とカメラ

正解判定には背景差分法を使うため、初期設定時と正解判定時はほぼ同じ照明条件でなければならず、変化してしまった場合は背景画像を撮り直す必要があるが、展示中にも簡単に、かつ、20秒程度で行えるようにした。これにより、外光の影響がある環境での終日の展示も可能になっている。

問題図形は、何かがカフェカーテンの背後にいることを表現するために灰色としているが、展示場所が暗い場合、カメラの絞りの自動調整に任せると、カーテン上の問題図形の色と、問題図形が投影されたパズルピースの色の区別が付きにくく、正解判定が困難になってしまう。そこで、カメラの絞り値は手動調整が必要となるが、背景差分法で閾値以上の差が確認できるだけで良いため、厳密な調整は不要である事がわかっている。

3. まとめ

エデュテイメント展示「鳥を呼ぶ窓」の提案、および、実装を行った。窓枠と各ハードウェアの設置に高い自由度を確保した上で、周波数スペクトルの比較による鳥笛認識と、背景差分法によるパズルの正解判定を実装することにより、安定した対話型展示を実現した。

参考文献

- [1] 増田拓, 小栗奈緒美, 加島隆博, 師井聡子, 中島克人, “対話型エデュテイメント展示「鳥を呼ぶ窓」—コンセプトとアニメーション表現—”, 第10回情報科学技術フォーラム, 2011.