歩行者行動の収集・分析機能を備えた インタラクティブミュージックシステムの 開発とその活用

久保 雄登[1]・大野 誠[2]・牛田 啓太[1]・岡田 滉志[3]・森田 哲夫[4]

1　群馬工業高等専門学校 電子情報工学科（〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580）
E-mail: ushida@ice.gunma-ct.ac.jp

2　筑波大学情報学群 情報メディア創成学類（〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1）

3　群馬工業高等専門学校 環境都市工学科（〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580）

4　正会員　群馬工業高等専門学校 環境都市工学科（〒371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580）
E-mail: tmorita@cvl.gunma-ct.ac.jp

筆者らは，（公共）空間における音に着目し，これを演出することでまちづくりへの活用を狙うインタラクティブミュージックシステム M[you]sic（ミ・ユー・ジック）を開発している。設定した演出プログラムと，収集した空間の情報から，音・音楽を演奏する双方向性を特徴とする。本システムは，特にカメラから空間の情報を取得する場合，歩行者行動の収集・分析を自動で行うことができる。これに基づき演出効果の継続的な改善が行えるとともに，その分析結果は交通工学・都市計画に応用できることが期待される。本稿では，M[you]sic の技術的概要を述べ，その活用フローとそれに基づいた稼働例を報告する。

Key Words: *soundscape, interactive system, public space, pedestrian behavior*

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

音・光・映像による空間の演出が盛んに行われている。公共空間においても，BGM，ライトアップなどはおなじみのものであり，特に近年では情報技術（特にメディア技術）の発展により，プロジェクタ投影，街頭ディスプレイなど，これらを活用した演出も増えてきている。

本稿では，公共空間の音による演出に着目する。音も景観の一部であり，これは**音風景（サウンドスケープ；soundscape）**と呼ばれている[1]。この観点から，筆者らは，メディア技術を利用し，**音によって公共空間を動的に演出するシステム**を開発してきた。これを，市街地の活性化，交通結節点の空間設計，イベント空間の雰囲気づくりといった，「人の集まるまちづくり」に活用することが，研究の目的である。

本稿では，このねらいに基づいて開発してきた**インタラクティブミュージックシステム M[you]sic**（ミ・ユー・ジック）[2,3]について，その概要，機能，まちづくり現場での効果を高めるための歩行者行動記録・分析機能，および，稼動例を報告する。

(2) 関連研究・事例および本研究の位置づけ

音風景に関する研究例としては，その調査の報告が多くみられる。また，調査に基づいて京都タワーの音風景を設計した事例[4]がある。音を活用した都市施設として，欄干を叩くとメロディを奏でる橋，自動車が一定速度で走行すると音楽が聞こえる道路などがある。

また，公共空間の演出においては，来訪者の働きかけに応じて演出が（**インタラクティブ**に）変化するものも開発されている。たとえば，横浜高速鉄道みなとみらい線みなとみらい駅に設置されている「みらいチューブ」[5]は，映像を中心とした大規模

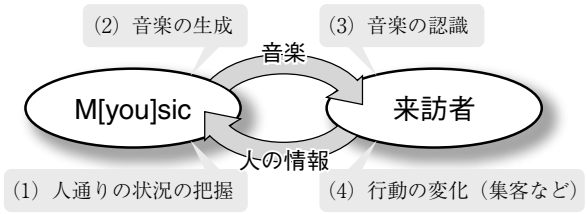


図-1　M[you]sic の動作と企図する効果

なシステムである。また, 歩行者動線の誘導のため, 階段にピアノの鍵盤を模した装飾を施し，踏み板を踏むと音が鳴る演出が，フォルクスワーゲン社の広告の一環として，ストックホルム地下鉄のウーデンプラン（Odenplan）駅で行われた（その後，2012 年 3 月に国内初の「ピアノの階段」が JR 岐阜駅ビルに設置された）。

本稿で報告する M[you]sic は，公共空間においてインタラクティブに音･音楽を生成するという点で，前述のような事例の 1 つと位置づけられる。一方で，

- 広告ではなく，まちづくりへの活用を意図している
- 演出を「音」に絞り，小規模･低コストで設置･運用できる
- 来訪者（歩行者）の積極的な行動を期待せず，来訪者の自然な行動を入力として期待する

といった特徴を持つ。また，設置・稼働による効果の評価や改良のため，稼働時の詳細な記録を残すことができる。M[you]sic システムにはこの記録の簡易分析機能がパッケージングされており，継続的な稼働・改良で効果を高めていくことができるほか，この記録・分析それ自身をまちづくりのための資料として活用できる。

2. インタラクティブミュージックシステム M[you]sic の概要

(1) M[you]sic のねらい

M[you]sic は，設置した空間の情報，特に歩行者の行動をセンサ類で取得し，それに基づいて音・音楽を動的に再生・生成するシステムである。「あなた（you）がいると音楽（music）になる」という意味から，M[you]sic と名付けた。

M[you]sic は図-1 のように，(1) システムが空間内の歩行者（人通り）の状況を把握し，(2) これに基づいて音･音楽を生成する（空間の状態によって）。これによって音風景へ働きかける。(3) 来訪者が音楽を認識すると，(4) 来訪者の気分や行動に変化が生じる。滞在時間の変化や，雰囲気の向上により，より人が集まってくることが期待される。これが再び M[you]sic の入力となり，……，のようなフィードバックループの形成を期待している。

(2) M[you]sic の特徴

M[you]sic は，コンテンツを音に限り，システムの規模を抑え，また，特殊な機器を極力使用せず，低コストを実現している。これは，

- 常設として設置することのほかに，イベント等で機動的に活用できる
- システムそれ自身のみならず，演出コンテンツも，映像を含むものに比べて安価に作成できる
- 屋内施設での稼働では，その屋内放送設備を利用して音・音楽を流すことができる。

という効果ももたらす。M[you]sic は，このような特徴を活かして，自治体，商業・工業・市民団体の活動において機動的に活用されることを狙っている。

ここで，M[you]sic の入力は来訪者の行動である。しかし，来訪者に積極的なアクションを期待するものではない。また，映像による演出と異なり，来訪者に「見てもらう」ような強い反応も期待しない。いわば注目されるより受容されることを重視する，「雰囲気を入力として雰囲気を出力するシステム」である。M[you]sic の稼働は，設置者がその場の雰囲気を演出する BGM として認知され，それが来訪者の行動で変化することに気づけば，より楽しめるシステムとなる（これまでの稼働実験[6] でのアンケート調査では，音楽が流れていることを 100％の来訪者が認知している）。

(3) M[you]sic の運用モデル

M[you]sic は，まちづくりに活用されることを企図しており，特に継続的に稼働させる場合，その効果を高めていけることが望ましい。たとえば，意図に沿った演出ができているか，行動変化を促せているか，などの効果の評価をはじめ，その評価に基づいたコンテンツの改良などを行っていけることが望ましい。

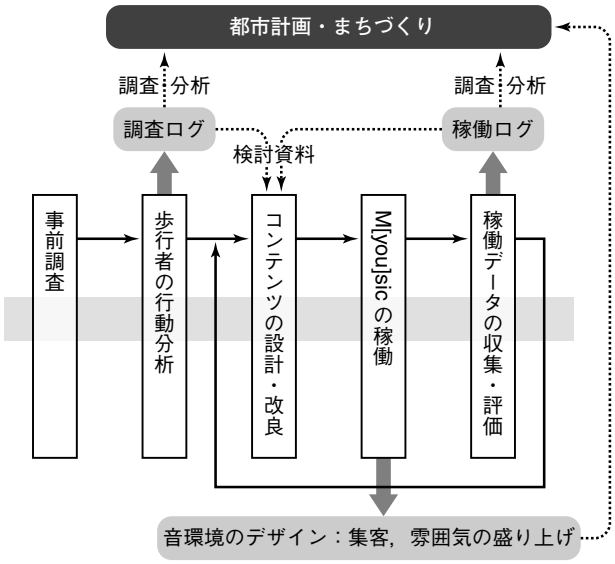


図-2　M[you]sic の運用モデル

筆者らは，M[you]sic の効果を高めるために，文献 3) で図-2 のような M[you]sic の運用モデルを提案した。事前調査等を経てコンテンツを設計し，稼働，評価を行い，それをコンテンツに反映させてまちづくりへの効果を高めていく。

継続的な運用にあたっては，「コンテンツ設計→稼働→評価」のループが負担なく行えることが望ましい。

分析・評価については，これまで，アンケートや稼働記録（ログ）を用いて行っていた。これまでは，ログの分析は手作業によるところが大きく，時間を要していた。そのため，継続的な稼働が難しかった。そこで，図-2 のモデルの提案を受けて，それに基づいて運用できるよう，稼働ログの集計・分析ソフトウェアを開発した。これを，M[you]sic システムのパッケージに含めた（このソフトウェアによる集計・分析は，本稿のほか，その一部を利用したものを文献 3) でも報告している）。このログは，それ自身，都市計画・まちづくりに活用できる。

また，コンテンツの設計・改良においても，基本的な演出パターンについては，簡単な設定で作成できる補助ソフトウェアを開発した。

これにより，「コンテンツ設計→稼働→評価」を容易かつ迅速に行えるようになり，M[you]sic を，まちづくりへの効果を高めながら運用するための基盤ができたといえる。

以降，M[you]sic システムの技術的概要，使用方法，稼働・分析事例を述べていく。

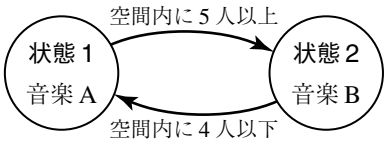


図-3　M[you]sic の状態遷移の設定例（状態遷移図）

3.　M[you]sic の機能としくみ

(1)　実装システムの構成

M[you]sic システムは，一般的な Windows PC を中心に構成されている。これに，入力機器として，後述するような赤外線焦電センサやカメラを接続する。アンプ・スピーカ等の音響機器に接続し，出力する。

M[you]sic は，**状態遷移機械（ステートマシン）**として動作する。M[you]sic システム内に，音・音楽の生成・再生に対応付けられた状態を用意する。これらの間を，入力などの条件によって状態が移り変わる（遷移する）ようにする。すなわち，空間内の（人通りの）状況によって M[you]sic 内部の「状態」が変化し，その状態に対応付けられた音・音楽が生成・再生される。

たとえば，「普段は音楽 A，空間内に人が多くなったら（たとえば 5 人以上いるとき）は音楽 B を流す」というコンテンツでは，音楽 A を流す「状態 1」と，音楽 B を流す「状態 2」を用意する。そして，空間内の人数が 5 人以上だったら状態 1 から 2 へ，4 人以下になったら状態 2 から 1 へと遷移させればよい（遷移条件に該当しない場合は同じ状態に留まる）。これは，図-3 のような**状態遷移図**として図示できる。4 節 (2) で述べるように，M[you]sic システムにおけるコンテンツ設計は，システム上でこの状態遷移図を作成することで行う。

(2)　音・音楽生成のしくみ

コンテンツ設計の際に，M[you]sic システムに必要な（複数の）音楽ファイルを読み込ませておく。状態に応じて各音楽ファイルの再生・停止，および音量を調整することで，状態によって異なる音・音楽を生成する。

たとえば，本節 (1) で例にあげた状態遷移図に基づくコンテンツでは，音楽 A と音楽 B のファイルを読み込ませる。そして，これらを内部的につねに

繰り返し再生するように設定する。定義しておいた状態に対して，

- 状態 1 では，音楽 A の音量を最大，音楽 B を消音
- 状態 2 では，音楽 A を消音，音楽 B の音量を最大

のように設定すればよい。

複数の音楽ファイルの同時再生にも対応している。たとえば，1 つの曲をパート別に録音したファイルを読み込み，人数が少ない状態では一部のパート以外を消音し，人数が多くなったらすべてのパートの音量を上げる，と設定すれば，人数が多くなると音楽が盛り上がっていく演出になる。

また，特定のセンサが歩行者を感知したとき（カメラであれば撮影範囲内に進入したとき／映像内の特定の領域に進入したとき）に効果音を再生するといった設定も可能である。

(3) センサ入力とその処理

M[you]sic システムでは，センサで空間の状況を把握する。センサが取得したデータは，プログラム内で変換・加工され，M[you]sic システムの状態遷移判定の条件に用いられるとともに，稼働ログとして記録される。

現在の M[you]sic システムでは，赤外線焦電センサとカメラからの入力を実装している。本項 c) で述べるように，対応可能なセンサを追加することもできる。

a) 赤外線焦電センサ（人感センサ）

人感センサとして用いられる赤外線焦電センサでは，おもに歩行者経路（通路・ゲートなど）の傍に設置し，通過情報を取得する。

1 台を用いてある地点の通過情報を取得できるほか，複数台を設置し，それらのデータを総合することで，各地点の通過頻度（通行量），空間内のおおよその人数も求められ，これらを演出の際の情報として用いることができる。

b) カラーカメラ [7)]

カラーカメラは，設置空間を俯瞰するように設置する。画像認識により，空間内の個々の歩行者の位置を取得できる。画像処理・認識には，OpenCV を利用している。

処理は，あらかじめ取得しておいた（無人の）背景画像との差分を検出する背景差分法に基づいている（したがって，カメラは固定されている必要がある）。これにクラスタリング，追跡処理を施すことにより，歩行者の位置を推定する。さらに，カメラから得られた情報を時系列に従って処理することで，個々の歩行者の歩行経路・速度・滞在時間を求められる。

入力にカラーカメラを用いたときは，撮影範囲内への歩行者の進入，歩行者の人数，歩行者の位置，といった情報が M[you]sic の演出のためのデータとして用いられる。稼働ログには，各歩行者の進入時刻と経路が記録される。

街頭・施設内に防犯カメラの設置が進んでいる現在において，この映像を分配して M[you]sic の入力とすれば, 1 台の防犯カメラに, 防犯, 音風景の演出, まちづくりのためのデータ収集の 3 つの役割を兼ねさせることができる。

c) その他のセンサ

現行の M[you]sic システムでは，設置環境における条件，演出の方針によって，赤外線焦電センサとカラーカメラを使い分け，または，併用している。

一方，M[you]sic は，これら以外のセンサも必要に応じて入力に用いられるようになっている。M[you]sic が定めた仕様に従って，センサからデータを取得し，M[you]sic システムへ送信する部分のプログラムを作成し，M[you]sic システムに追加すればよい(これにはプログラミングを必要とするが, 新しい入力のために M[you]sic システムそのものを改良しなければならない設計に比べれば容易な作業である)。

現行の M[you]sic システムが対応するセンサは, 歩行者の情報を直接取得するものであるが，その他の環境要因，気温（温度センサ）・時刻（PC の時刻を参照）といった要素を入力とすることもできる。追加された入力方法も，M[you]sic システムではそれまでに備えられていたセンサ入力と同様に扱われるため, コンテンツ設計の手順は大きく変化しない。

(4) 稼働ログの出力

M[you]sic システムは，稼動中のセンサ入力データを稼働ログとして記録する。データは，Microsoft Excel（以降，Excel）等のソフトウェアで利用できるよう，CSV（カンマ区切りテキスト）形式で記

録される。たとえば，赤外線焦電センサを使用した場合は，時刻ごとのセンサの反応回数が記録される。カラーカメラ使用時には，各歩行者の行動が，時刻・位置の組として（最高 0.1 秒刻みで）記録される。

これらのログは，2 節 (3) で述べた運用モデルにおいて，効果の評価とコンテンツの改良の材料として利用できるほか，まちづくりのための基礎データとしても利用できる。ログの集計・簡易分析は，4 節 (4) で述べるソフトウェア群として M[you]sic システムにパッケージングされており，少ない手間で迅速にこれを行うことができる。

4. M[you]sic の使用法

本節および次節では，2 節 (3) で述べた運用モデルに従った M[you]sic の使用手順および稼働事例について述べていく。

(1) 設置の準備

M[you]sic の稼働にあたって，まず，設置する場所と，演出方針を検討する。

次に，設置環境の事前調査を行う。目視・写真撮影による実地検分，センサの選定および設置場所を検討する。設置前の状態での歩行者行動を記録し，コンテンツ作成の資料とすることもできる。このときは，M[you]sic システムをコンテンツを搭載させずに稼働させ，ログのみを収集すればよい。または，設置環境を俯瞰できる位置から動画撮影を行い，のちに M[you]sic に入力してログを得てもよい（歩行者行動の記録映像をカメラ入力に代え，M[you]sic システムを稼働させてログを得ることもできる）。

(2) コンテンツの作成

設置準備を経てコンテンツを設計し，これを M[you]sic に入力する。3 節で述べたように，コンテンツは状態遷移図とそれに対応付けた音・音楽によって記述される。

M[you]sic システムのプログラム実行画面は図-4 のようになっており，この上でコンテンツ作成を含む各種設定，稼働中においては M[you]sic システムの状態および音・音楽の生成・再生状況確認ができる。コンテンツの作成は，図-4 の画面左側の領域

図-4　M[you]sic ソフトウェアの実行画面

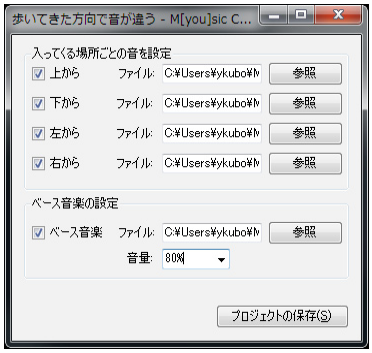


図-5　補助ソフトウェアによるコンテンツ設計画面

に状態遷移図を描画し，画面右側で音・音楽の設定および状態遷移の条件を設定する。

コンテンツの作成は，すべて M[you]sic のシステムソフトウェア上で行えるが，基本的な演出パターンは，補助ソフトウェアを用いて簡便に作成することもできる。M[you]sic システム上で作成する場合は，状態遷移機械についての知識が必要になるが，詳細で複雑なコンテンツが実現できる。補助ソフトウェアを用いれば，設定項目は限られるものの，短時間でコンテンツを作成できる。補助ソフトウェアで作成したコンテンツを，M[you]sic システムソフトウェア上で修正・調整することもできる。

a) テンプレートの活用

補助ソフトウェアには，基本的な演出パターンがテンプレートとして用意されている。これからパターンを選択し，いくつかのパラメータと使用する音・音楽ファイルを指定することで，状態遷移図を直接記述せずともコンテンツを生成できる（設定画面は図-5）。

テンプレートとして，現在，次の 4 種類を用意している。これらは，これまでの M[you]sic の稼働事例，および，文献 2) で報告したパッケージシステ

ム化に向けたヒアリング調査でいただいた意見から選定している。

人数によって音楽が変化するコンテンツ　空間内に同時に存在する人数に応じて音楽が変化する。空間の混雑度によって雰囲気を盛り上げたり，鎮静化させたりという効果が狙える。最大5つの状態を設定でき，それぞれに対応させる人数の範囲と音楽とを設定する。図-3の状態遷移図に対応するコンテンツはこのタイプとなる。

人数によって音量が変化するコンテンツ　空間内に同時に存在する人数に応じて，流れている音楽の音量が変化する。BGMの音量を混雑度に応じて自動調整するなどの用途に用いることができる。最大6つの状態を設定でき，ぞれぞれに対応する人数の範囲と音量とを設定する。

歩行者の位置によって音が変化するコンテンツ　カメラ入力の場合に使用できる。撮影映像中の特定の領域に歩行者が進入すると，音が流れたり，流れている音が消えたりする。アトラクション指向の演出に向いている。2か所までについて，領域（準備段階で撮影したカメラ画像を読み込み，マウスで範囲を指定できる）と再生する音を設定する。

歩行者の進入方向によって音が変化するコンテンツ　歩行者が空間に進入してきた方向（カメラ画像における天地左右辺）によって異なる音楽が流れる。空間内の歩行者の流れ方によって空間が演出される。進入方向に対応付ける音を設定する。図-5は，このタイプのコンテンツの設定画面である。

b)　コンテンツの調整および複雑なコンテンツ作成

前述のように，コンテンツをM[you]sicシステムソフトウェア上で一から作成することもできる。ここでは，ドローソフトウェアの要領で，状態およびその遷移を表す図形を描画し，状態遷移図を記述する。と同時に，使用する音・音楽のファイルを読み込ませ，各状態における音･音楽の再生方法（再生･停止および音量）を指定する。遷移を表す矢印図形には，遷移条件を設定する。この方法はいわば「上級者向け」であり，高い自由度で複雑なコンテンツを作成できる反面，設計のための知識・技術と作成に時間を要する。

本項a)で述べた補助ソフトウェアで作成したコンテンツをM[you]sicシステムソフトウェアで読み込んだとき，これを調整・修正することができる。コンテンツの骨格をテンプレートに基づいたものとし，これをアレンジして少し複雑なコンテンツとするなどの手法も可能である。

(3)　M[you]sicの稼働

作成したコンテンツを用いて，M[you]sicシステムを設置し，稼働させる。稼働時には歩行者の行動が刻々と記録される。

(4)　改善と評価のための稼働ログ分析

稼働時に得られたログは，M[you]sicのパッケージに含まれる集計・分析ソフトウェアによって，短時間で集計・分析が行える。

分析結果はExcel形式で出力され，以降の（人手による）詳細な分析，資料としての再利用が容易となるように配慮した。

a)　基本的な集計・可視化機能

集計・分析ソフトウェアは，次のような基本的な集計・可視化機能を備える。一部の機能は，カメラ入力を用いた場合のみ使用できる。

これらの基本的な集計・可視化機能では，集計結果は即座にグラフや分布図として可視化される。

歩行者数　空間内に進入した歩行者数の数。

滞在時間　空間内に進入した歩行者の（空間内の）滞在時間およびその分布。時刻の刻み幅を指定する。

空間内の人数　空間内に存在した歩行者数の，時間帯別の分布。1秒刻みで算出される。混雑度。

平均速度　歩行者の平均歩行速度およびその分布。

歩行軌跡　歩行者ごとの歩行軌跡を図示。

軌跡密度　空間内の（分割した）領域ごとの，歩行者の通過人数の分布。画面の分割数を指定する。

平均速度の算出においては，カメラ画像と実距離との対応付けが必要となる。本集計ソフトウェアは，カメラのレンズひずみがなく，撮影範囲に起伏がないことを仮定して，射影変換によって実距離への変換を行う。これを行うにあたり，撮影範囲において既知の大きさの正方形（たとえば一辺1 m）を撮影し，この正方形が画像中でどのように撮影されているかを（頂点を指定して）入力する。これにより射影変換行列が計算され，カメラ画像から実距離が計

算される。

b)　複雑な集計機能

複雑な条件による集計には，集計ソフトウェアのフィルタ機能を用いる。稼働ログから，

- 指定した時間帯の歩行者行動記録
- 指定した領域を通過した歩行者行動記録

を抽出できる。これらを用いて絞り込みを行い，本項 a) で述べた集計機能を用いれば，

- 時間帯別の滞在時間の分布
- 特定の領域を通過した歩行者の軌跡

などを求めることができる。

c)　分析への応用

ここまで述べた機能を用いて，歩行者行動分析のための資料とすることができる。また，分析に基づいて，さらに集計を行える。たとえば，空間内の人数分布のグラフから，混雑時間帯とそうでない時間帯の歩行軌跡を比較する（時間帯で抽出→歩行軌跡描画），といったことも容易である。

領域分割数を多めにとった軌跡密度分布を算出し，歩行軌跡と照らし合わせながら，密度が高い領域に着目していけば，その空間での歩行者の主動線の導出のための有用な資料となる。

5.　M[you]sic の稼働事例

(1)　稼働の概要

2 節 (3) で述べた運用モデルに従い，M[you]sic システムを稼働させた。2012 年 3 月 7 日に事前調査を実施し，8・9 日に稼働させている。稼働は，群馬工業高等専門学校内の群嶺会館（2 階建て，1F が食堂，2F は会議室；エントランス部分は吹き抜けになっている）で行った。入力はカメラのみを用い，吹き抜けの上階部分からエントランスを俯瞰するように設置することを前提としている。

コンテンツは（改良ではなく）両日で異なるものとし，8 日は BGM（クラシック音楽）を主体とし，9 日は効果音（森林をイメージさせる環境音）を主体とした。7 日の事前調査に基づき 8 日のコンテンツを，8 日の稼働実績とログを参考に 9 日のコンテンツを作成している。

稼働時間帯は，12 時から 13 時（昼食の時間帯）を中心とした 1 時間半程度とした。

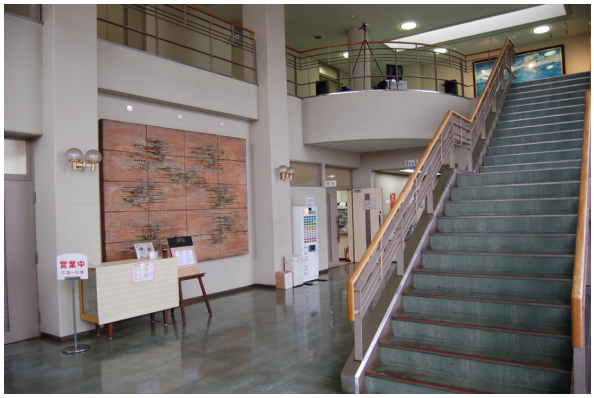


図-6　設置環境の全景と [you]sic システム

図-7　設置したカメラの撮影範囲

カメラは NTSC の DV カメラを用いた。出力には屋内用 PA システムを使用し，これは吹き抜けの上階部分に設置している。稼働時のスピーカの基本音量は，実験時に筆者らが定めている。

(2)　稼働準備（2012 年 3 月 7 日）

稼動準備日においては，カメラの設置位置を決定した。M[you]sic システムを設置した様子が図-6（システムは写真中央上部，階上部分），設置した設置したカメラの撮影範囲が図-7 である（図-6 は，図-7 中の，出入り口付近から撮影している）。画面奥がメインの出入り口（風防室あり），画面外左手手前にも出入り口がある。画面右端奥と右端手前（画面外）に食堂の券売機，それぞれの右隣に食堂の出入り口がある。画面左手前が 2 階への階段，画面手前外に購買がある。また，4 節 (4) a) で述べた「歩行速度の算出」のため，図-7 では，1 m 四方の板を床に置いてある。

次いで，12:00–13:21 の時間帯に，M[you]sic システムをコンテンツを搭載せずに（無音で）稼働させ，歩行者行動の記録を取得した。

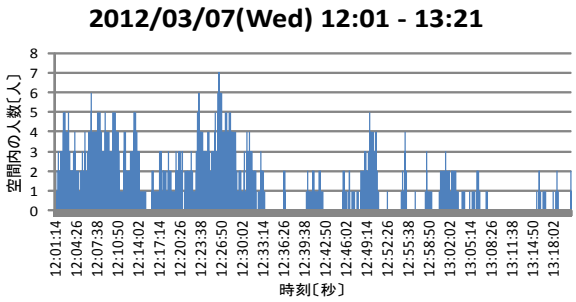


図-8　事前調査時（3 月 7 日）の空間内の人数分布

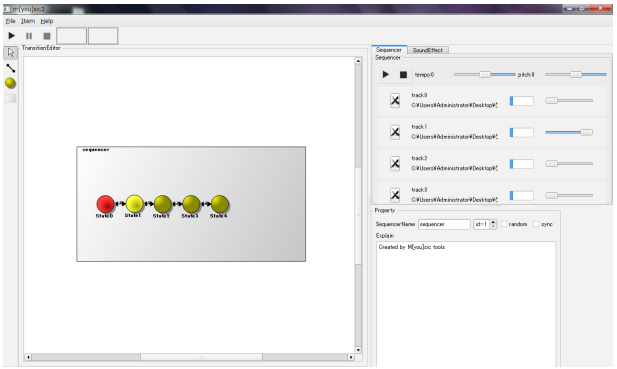


図-9　3 月 8 日稼働コンテンツの状態遷移図

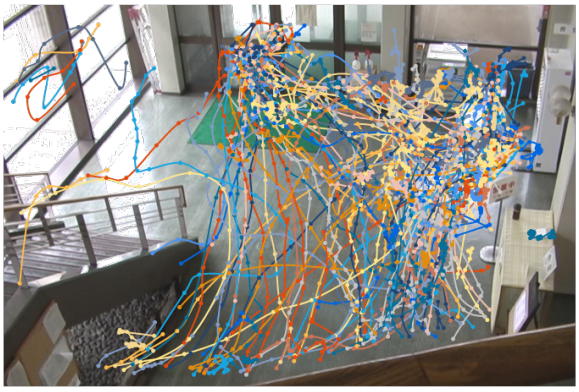


図-10　3 月 8 日 12:00–12:30 の歩行者軌跡

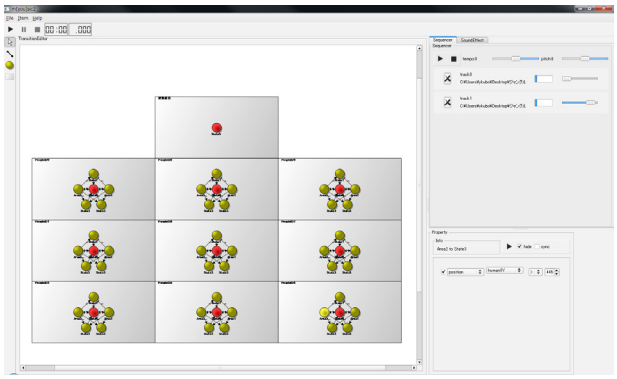


図-11　3 月 9 日稼働コンテンツの状態遷移図

(3)　稼働 1（2012 年 3 月 8 日）

3 月 8 日の稼働では，4 節 (2) a) で述べた「人数によって音楽が変化するコンテンツ」のテンプレートを使用した。3 月 7 日のログより空間内の人数分布を 1 秒刻みで求め（図-8），音楽が変化する条件を定めた。

5 状態を設け, 空間内の人数が 0 人, 1–2 人, 3–4 人, 5–6 人，7 人以上，に対応させた（図-8 での最大人数が 7 人であるため，これを基準にしている）。音楽コンテンツは市販の音楽素材集のものを用い，人数が多い状態にはよりにぎやかな曲を対応させた。本コンテンツの状態遷移図が図-9 である。コンテンツの作成は，両日ともに，筆者らの研究グループにおいて，（システム開発でなく）稼動実験・評価を主に担当する，土木・都市計画を専攻する高専本科 5 年の学生が行っている。

M[you]sic システムは 11:37–13:11 にわたって稼働させた。

(4)　稼働 2（2012 年 3 月 9 日）

3 月 9 日の稼働では，「歩行者の位置によって音が変化するコンテンツ」のテンプレートを使用した。まず，3 月 8 日の稼働ログより，空間内の人数が多かった時間帯である 12:00–12:30 について，図-10 のように歩行者軌跡を描画した（空間内の人数分布を求め，フィルタ処理をしてから軌跡を描画している）。これより，歩行者の進入によって音が再生される領域を定めた。

森林をイメージさせる鳥のさえずりを繰り返して常時再生させた。これに，効果音が再生させる領域を 2 か所設けた。図-10 において，2 台の券売機とそれらを結ぶ領域に人通りが多い。ここへの進入に対して「落ち葉を踏む音」を割り当てた。また，出入り口から階段を通り，階上へ向かう領域には人通りが少ない。ここに進入したときに「小さな滝の音」が流れるようにした。コンテンツの状態遷移図は図-11 である。

M[you]sic システムは，11:45–13:05 にわたって稼働させた。

(5)　ログの集計・分析例

前述のように，M[you]sic システムは，稼働時のログを残している。本節の稼働事例では，カメラを

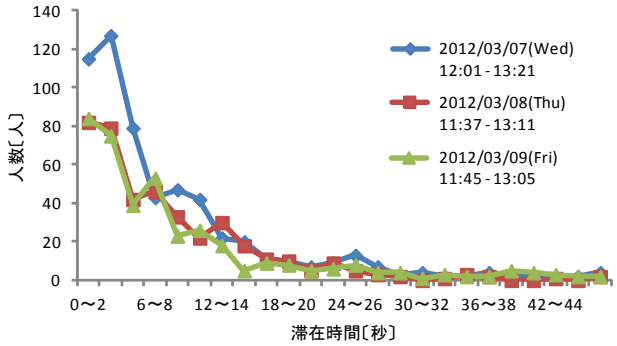


図-12　滞在時間分布

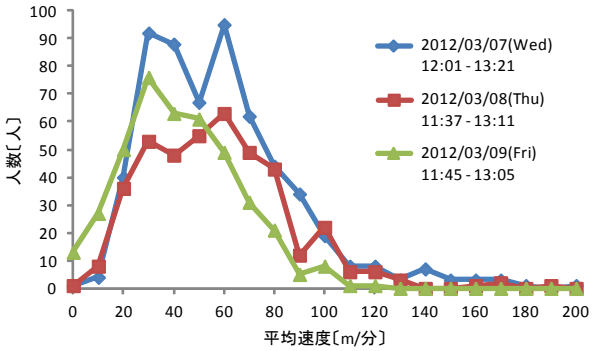


図-14　歩行速度分布

用いており，個々の歩行者行動が記録される。本稼働事例におけるコンテンツ作成にはこのログの分析結果を用いており，その一部は図-8 および図-10 として示した。ここでは，本節での稼働ログに基づくいくつかの集計・分析例を示していく。

a)　基礎集計：歩行者数と滞在時間

ログから得られた歩行者数は，

- 3 月 7 日：595 件
- 3 月 8 日：414 件
- 3 月 9 日：408 件

であった。

- 画像認識誤りで，2 人以上の集団を 1 人と認識
- 一度画面外に出た歩行者が，再度進入すると再カウント
- 歩行者以外の同物体を歩行者と誤認識

することがあり，これが集計誤差となる。集計誤差は 1 割から 2 割であり，稼働ログからの集計を基礎資料として，精度が不足した場合は，次のステップとして，専用のシステムや人手による集計を検討するのが妥当であろう。

滞在時間の分布をグラフ化すると図-12 のようになる。これは，各日のログを個別に集計したものを，Excel で 1 枚のグラフに合成したものである。

b)　基礎集計：空間内の人数

空間内の人数を，各日ごとに集計し，グラフ化したものが図-13 である（3 月 7 日分は再掲）。これは，4 節 (4) a) に述べたように，基本集計機能のひとつであり，図-13 のような 1 秒刻みの空間内の人数のグラフが直接出力される。

c)　基礎集計：平均速度

各歩行者の平均速度の分布を，10 m/分刻みでグラフ化したものが図-14 である。図-7 で撮影されている既知の大きさの正方形を用いて，実距離換算が行われている。図-14 は，日ごとに個別に集計したものを Excel で合成した。

3 月 8 日の分布に比べて，3 月 9 日の分布では，平均速度のピークが遅いほうへシフトしている傾向が見られる。M[you]sic の稼動について言えば，この 2 日では，コンテンツが異なっている。図-14 は，コンテンツの違いが歩行者速度に影響しているかについて，さらに分析する必要性を示唆している。

d)　基礎集計：歩行軌跡

歩行軌跡は図-15 のように描画できる。3 月 8 日および 3 月 9 日それぞれについて，同一の時間帯（12:00–12:30）の軌跡を（ログの抽出処理を経て）描画している（図-15(a) は図-10 の再掲）。集計実行時に背景画像を指定することで，軌跡がこれに重ね合わされて描画される。

3 月 9 日の軌跡（図-15(b)）は，8 日に比べて，階段を昇降する軌跡が増えている。8 日も 9 日も 2 階で会議等は催されていない。9 日のコンテンツは，8 日に人通りのなかった階段部分に進入すると効果

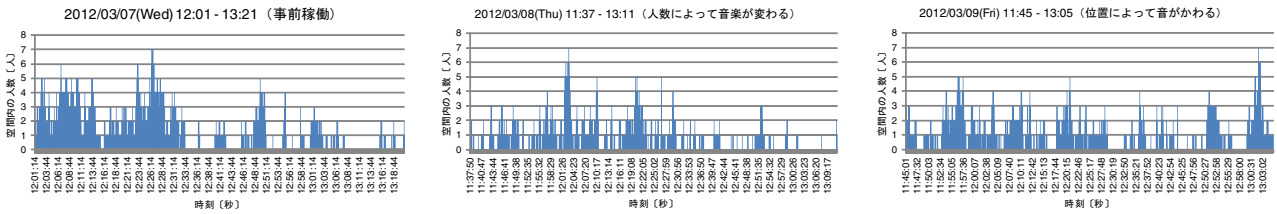
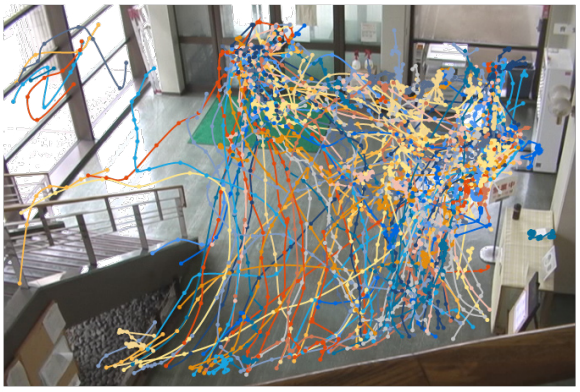
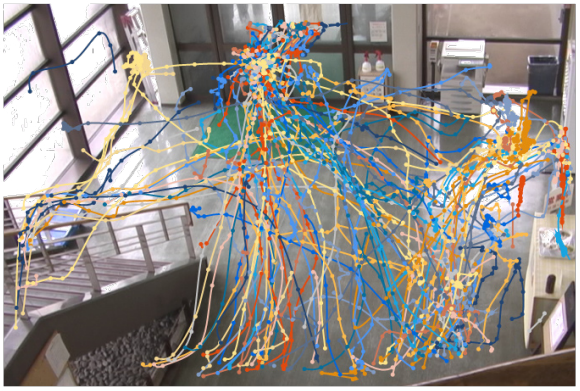


図-13　各日の空間内の人数の時間分布



(a) 3 月 8 日 12:00–12:30



(b) 3 月 9 日 12:00–12:30

図-15　歩行軌跡

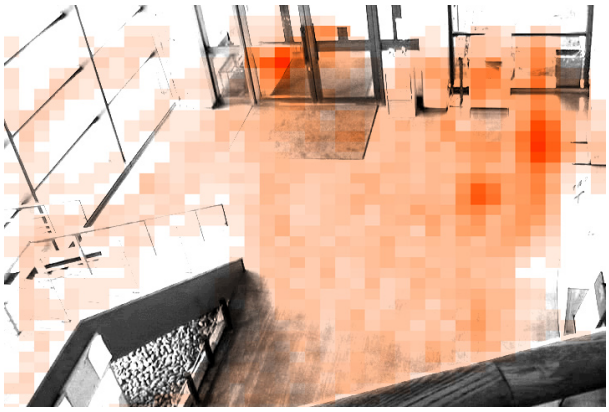
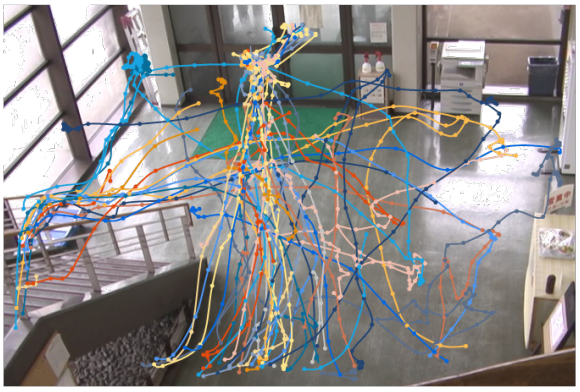


図-16　軌跡密度（3 月 7 日）

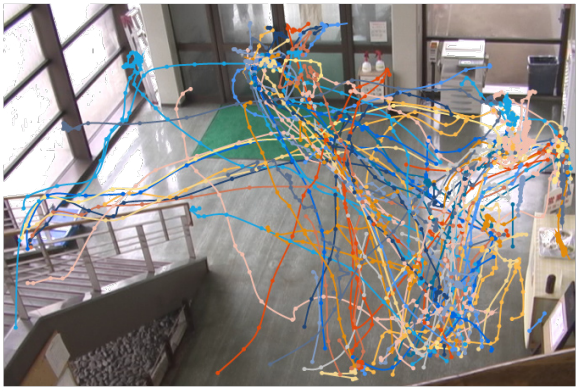
音が流れるように設定されており，このコンテンツ設計が歩行者行動に影響を与えたのかをさらに分析する必要が示唆されている。

e)　基礎集計：軌跡密度

3 月 7 日の歩行者行動情報収集時間帯にわたる歩行者の軌跡密度を描画したものが図-16 である。画面の分割数は縦横 40 としている。軌跡密度は濃淡で表され，密度が高い領域ほど濃い色で示される。図-16 は，出力されたグラフを手動で背景と重ね合わせている。



(a) 画面中央部を通過した歩行軌跡



(b) 券売機付近を通過した歩行軌跡

図-17　領域を指定して抽出した歩行軌跡

これより，出入り口の軌跡密度が高いこと，券売機前および，食堂のメニューが掲示されているショーケース前が軌跡密度が高いことが見て取れる。

設置空間が通路のような場所である場合，軌跡密度の高い領域を，歩行軌跡と照らし合わせながら結ぶことにより，主動線を導出していくことができる。

f)　複合的な集計：領域を指定した軌跡描画

ここでは，複合的な集計として，領域を指定した軌跡描画を取り上げる。

図-15 は，図-13 に基づき，空間内の人数が多い時間帯について軌跡を描画したものである。ここで，図-15(b) に着目すると，出入り口と画面中央下部を結ぶ軌跡，出入り口と券売機・ショーケースを結ぶ軌跡が多いことに気づく。これは，購買の利用に訪れた歩行者と，食堂の利用に訪れた歩行者であると考えられる。そこで，

- 画面中央部を通過した軌跡
- 券売機付近を通解した軌跡

を抽出して，図-17 のように描画することで，来訪目的の異なる歩行者の行動を分けて分析したり，その関係を吟味したりできよう。

6. まとめと今後の課題

(1) 本稿のまとめ

本稿では，（公共）空間を音によって演出し，まちづくりへの活用を目指したインタラクティブミュージックシステム M[you]sic について，その概要，機能，使用法，稼働事例を報告した。

M[you]sic は，赤外線焦電センサやカメラからの入力に基づき，状態遷移機械として動作する。状態に対応付けられた音・音楽を生成・再生することで空間を演出する。その変化する音風景が歩行者行動に影響し，雰囲気づくりや集客といったまちづくりに効果をもたらすことを期待している。

M[you]sic は，演出コンテンツを，システムが記録する稼働ログに基づいて改良しながら稼働させ，まちづくりへの効果を高めていく運用モデルを期待している。そのために，システムに，基本的なコンテンツを簡便に作成する補助ソフトウェア，ログの集計・可視化ソフトウェアをパッケージングしている。

本稿では運用モデルに基づいた簡単な稼働事例を紹介した。事前調査に基づきコンテンツを作成，稼働させ，そのログに基づき別種のコンテンツを作成して稼動させた。稼動において得られたログの集計・可視化例を紹介した。

(2) 今後の課題

本稿では，システムの機能と，提案した運用モデルに基づいて M[you]sic を設置・運用した簡単な稼働事例を，5 節で紹介した。これから，この事例を踏まえて，実践的な社会実験を実施することが第一の課題である。実践的な場面において，運用モデルが有効に機能するか，コンテンツ作成・ログ集計の補助ソフトウェアを含めたシステムのわかりやすさ，使いやすさはどうか，などを確認する。特に，M[you]sic の稼働事例を蓄積し，実用レベルに完成度を高めるには，運用に開発者が介在しないことが不可欠である。補助ソフトウェアがその役割を担っているが，その使い勝手は特段の配慮をもって評価し，改良していくべきと考える。

システムの有効性も引き続き評価していく。まちづくりの効果の評価をはじめ，運用モデルによって効果が高められるかといったことも評価すべき事項である。稼働ログおよびそれを集計した情報が，どのように・どの程度役立てられるかを調査・評価し，ログを役立てるための方策の提案などもしていきたい。

M[you]sic のコンテンツに関するノウハウの蓄積と整理も欠かせない。設置環境のタイプ，意図する効果に対して，どのようなタイプのコンテンツを設計し，どのような音・音楽を提示するのかの指針を整理する。これは，M[you]sic の活用の幅を広げることにもつながっていく。

また，システム開発の観点からは，稼働を重ねるうちに，望まれるコンテンツのパターン，追加するべきログの集計機能が現れることだろう。また，設置環境が，現在実装されているもの以外のセンサ入力を要請することもあろう。こういった，必要に応じての機能追加も課題である。

参考文献

1) R. M. Schafer：The Tuning of the World，Random House Inc.，1977
2) 森田哲夫，牛田啓太，田島洸城，塚田伸也：公共空間の歩行者を対象としたインタラクティブ・ミュージックシステムの実証的研究，第 30 回交通工学研究発表会論文集，No. 88，pp. 349–352，2010
3) 岡田滉志，森田哲夫，久保雄登，牛田啓太：インタラクティブ・ミュージックシステムの開発と音風景生成による歩行者行動変化，第 39 回土木学会関東支部技術研究発表会，IV-11，2012
4) 小松正史：京都タワー展望室の音環境報告 ―リニューアル前後における音環境の量的変化―，日本騒音制御工学会研究発表会講演論文集，2-2-06，pp. 109–112，2008
5) 篠原章夫，富田準二，木原民雄，中嶌信弥，小川克彦：公共空間における巨大インタラクティブメディアシステム ―みらいチューブ―，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol. 9，No. 3，pp. 305–312，2007
6) 井上祐花，森田哲夫，大野誠，牛田啓太：インタラクティブミュージックシステムによる歩行者の行動変化に関する実証的研究，第 38 回土木学会関東支部技術研究発表会，IV-39，2011
7) 大野誠，牛田啓太，井上祐花，森田哲夫：公共空間向けインタラクティブミュージックシステム M[you]sic の活用拡大のための映像入力の検討，2011 年映像情報メディア学会年次大会，8-7，2011

（2012.5.7 受付）

Development and Application of an Interactive Music System with Functions of Pedestrian Behavior Data Collection and Analysis

Yuto Kubo, Makoto Ono, Keita Ushida, Koji Okada and Tetsuo Morita