

イルゴール：家庭の生活状況を奏でる オルゴール型インタフェースの研究

沖 真 帆^{†1} 塚 田 浩 二^{†2}
栗 原 一 貴^{†3} 椎 尾 一 郎^{†1}

本研究では、家庭内の様子をオルゴールのメタファを用いて音で提示するインタフェース「イルゴール」を提案する。イルゴールの背面に設置したぜんまいを巻いてふたを開くと、オルゴールのBGMに乗せて、過去の家庭の音が聞こえてくる。このように、オルゴールで過去の思い出を振り返るような感覚で家庭の様子を知ることができる。本論文では、実験住宅に複数のセンサを設置してユーザの行動を取得し、イルゴールを用いて生活状況が確認できるかを検証した。

HomeOrgel : Interactive music box for aural representation of home activities

MAHO OKI,^{†1} KOJI TSUKADA,^{†2} KAZUTAKA KURIHARA^{†3}
and ITIRO SHIO^{†1}

We propose a music-box-type interface, “HomeOrgel”, that can express various activities in the home with sound. Users can also control the volume and contents using the usual methods for controlling a music box: opening the cover and winding a spring. Users can hear the sounds of past home activities, such as conversations and opening/closing doors, with the background music (BGM) mechanism of the music box. This paper describes the concepts, implementation and evaluation of the HomeOrgel system.

1. はじめに

近い将来、家庭内にも多数の情報機器やセンサが組み込まれると考えられており、さまざまな実証実験が行われている⁷⁾²¹⁾。今後は更に、家庭内の状況を容易に取得できるようになると考えられるが、それらをどのように人々に還元するかという点については、まだ明確な答えがない。生活者の行動情報を活用する研究として、これまでにセキュリティ¹⁰⁾¹⁸⁾やエコフィードバックシステムへの応用²⁾⁸⁾、家族同士のコミュニケーション支援といった提案がされている。家族同士のコミュニケーションを支援する研究としては、遠隔地で暮らす独居老人の見守り¹⁶⁾¹⁷⁾や、一人暮らしの子どもと家族のつながり感を意識させるようなアンビエントな情報提示を行うシステム²²⁾などがあるが、その際、プライバシーを侵害しないような配慮と同時に、情報をどのように伝えるかという点が重要となる。例えば、活動内容をメールで伝達する方法¹⁵⁾よりも、Digital Family Portrait⁹⁾のように相手の顔写真をデジタルフォトフレームに表示させ、その画像を変化させることによって様子を伝える方が、離れて暮らす相手のことを情動的に想起するきっかけになりやすい。このように、家族のような大切に思っている人と人同士を繋ぐ際には、機械的であったり義務的であったりするシステムは極力避け、人間の感情に違和感を持たせず温かみを感じられるような工夫を取り入れることが重要である¹³⁾。

本研究では、家庭の活動内容を表現する手法として、多くの人に親しまれているオルゴールに着目した。オルゴールの曲には昔の思い出を想起させるような効果がある。この思い出を大切に扱う感覚に注目し、家庭内の活動状況を音で表現するインタフェース「イルゴール」を提案する。イルゴールの背面に設置したぜんまいを巻いてふたを開くと、オルゴールのBGMに乗せて、過去の家庭の様子を表す音が聞こえてくる。ユーザはオルゴールを聞くように、イルゴールが奏でる音に耳をかたむけることで家族の様子を知ることができる。

本論文では、まず、提案したイルゴールのコンセプトと実装について説明する。次に、実験住宅を利用したイルゴールシステムの運用と、そこで得られた活動情報を元にした評価実験の詳細を述べる。最後に、議論と今後の展望についてまとめる。

†1 お茶の水女子大学 人間文化創成科学研究科

Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University

†2 お茶の水女子大学 お茶大アカデミック・プロダクション/科学技術振興機構さきかけ Academic Production, Ochanomizu University / JST PRESTO

†3 独立行政法人産業技術総合研究所

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

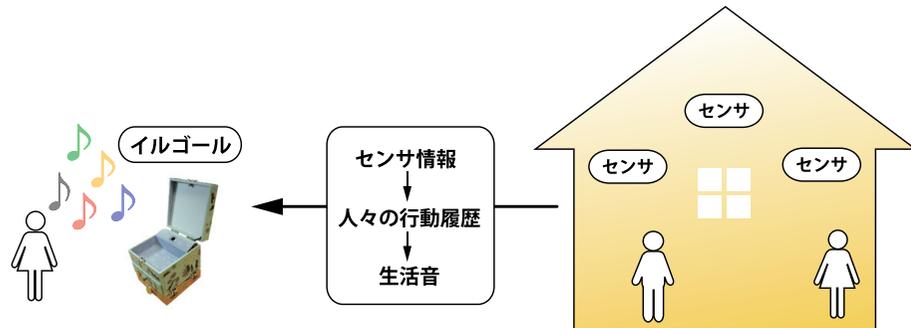


図1 イルゴールのコンセプト. センサで取得した家庭の活動状況を、オルゴールのメタファを利用して音で表現する。
Fig.1 Concepts of the HomeOrgel

2. イルゴール

2.1 コンセプト

イルゴールは、オルゴールのメタファを用いて家庭の様子を音で表現するシステムである(図1)。イルゴール背面にあるぜんまいを巻いてふたを開くと、オルゴールのメロディに乗せて、話声やドアの音といった家庭の状態を表す生活音が聞こえてくる。多くの人に親しまれているオルゴールのような簡単な操作方法で、ユーザは家庭内の状態を手軽に感じることができる。

2.2 使い方

イルゴールの使い方を図2に示す。一般的なオルゴールと同じように、ユーザは箱の背面に設置されたぜんまいを巻いてからふたを開く。ぜんまいを巻く操作は、過去の生活状況を遡って聞くために利用する。例えば、ぜんまい1捻り(約半周)で1時間巻き戻るように設定した場合、3捻りしたときには3時間前から現在までの音が任意の時間(例:1時間あたり10秒間)に圧縮/再生される。音の生成方法については、3.2節で詳しく述べる。

イルゴールは、ふたを開くと音を奏で始め、ふたを閉じると音を停止する。ふたの開閉度合いはボリュームに対応しており、ふたを開けていくと音量は大きくなり、閉じていくと音量は小さくなる。

2.3 音のデザイン

実世界の活動を音で表現する研究としては、人々の様子に応じてBGM全体のテンポや演

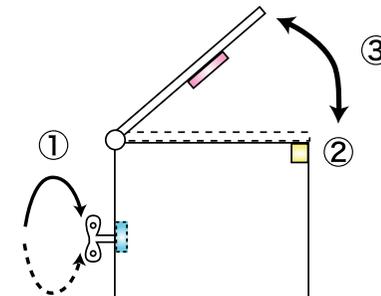


図2 イルゴールの操作例. (1) ぜんまいを巻く→時間を巻き戻す. (2) ふたの開閉→音楽を再生/停止. (3) ふたの傾き→音量を調節
Fig.2 Usages of the HomeOrgel

奏楽器を変化させるものや¹¹⁾、特定の動きによって楽器音を生成して音楽を奏でるもの¹⁹⁾がある。既存研究では、人の動きを楽器音や音楽の変化といった抽象度の高い音に対応させるため、具体的なイベントを想像しようとした際には、システム利用者に負担がかかりやすかった。

イルゴールでは、実世界の活動内容を象徴的に表す生活音を提示することで、利用者が実世界の活動を想起しやすい点が特徴である。さらに、複数の生活音を重ねて再生することで*1、多くの音が重なって聞こえた場合に家の中で頻繁に活動があった状態、つまり「活発な活動」も表現する。

2.3.1 生活音

イルゴールで提示する生活音は、生活を表す「象徴的な音」である。生活を表す「象徴的な音」を用いることで、(1)音の内容を聞き取りやすくしつつ、(2)プライバシーへの配慮を行う。

本論文で記述する「象徴的な音」とは、Blattnerが“Representational sound”¹⁾、Gaverが“Iconic sound”⁴⁾とそれぞれ表現した概念に近く、音で表現された情報を実世界の事象と対応付けることで、事前に学習しなくとも情報の内容を直感的に理解させる特徴がある。イルゴールは、象徴的な音を利用することで雑音の混入を防ぎ、何を表す音なのかをユーザが聞いただけで判別しやすくする。例えば、実世界の玄関のドアが開閉した際には「ギィ、

*1 当初、生活音をひとつずつ順番に再生する方法と、複数の音を重ねて再生する方法を検討した。その結果、家の中で同時に起こったイベントを伝達できる点、多くの音が重なって聞こえた場合に家の中で頻繁に活動があった様子を表現できる点から、複数の音を重ねて再生する方法を採用した。

ボタン」というようなドアの開閉音であることを直感的に判断できるような音をイルゴールから再生する。一方、ドア付近にマイクロフォンを設置し、生の音を録音してイルゴールに利用することも技術的には可能であるが、玄関で交わした会話内容や荷物を置く音などの動作音が混入し、ドアの開閉音を打ち消してしまう可能性がある。こうした複雑な音をイルゴールで提示した時、何が起こったかを判別しにくくなる可能性が高い。また、会話を録音して提示することは、プライバシーの問題になる可能性がある。そこでイルゴールでは、直接音を録音して再生することは極力避ける方針とする。玄関／リビング／キッチン／風呂などにセンサを取り付けて家族の状態を取得することを想定し、そこで得た活動情報を元に象徴的な音を提示する。家の中で複数のイベントが同時に起こった場合、イルゴールからは各イベントに対応して複数の象徴的な音が再生される。

2.3.2 再生時間と BGM

イルゴールは、家族の様子を知りたい時に手軽に使用することができるよう、全体の提示時間を数分間に収めるような設計とする。その際、家庭内の活動の実時間は、イルゴールの再生時間よりもかなり長くなることが予想されるため、活動内容を要約して、短時間で提示する工夫が必要になる。再生時間や活動内容の要約方法については、3.2 節にて詳しく述べる。

イルゴールを提案するにあたってまず、複数の生活音のみを連続して再生する実験を行った。その結果、単調で数分間聞き続けられるような魅力的な音にはならなかった。さらに、無音がしばらく続いた場合、音の再生が停止したと区別しにくいという問題があった。そこで、イルゴールのふたを開くとオルゴール調の BGM が流れ始め、その上に重なって生活音を提示することにした。このようにして、心地よく耳を傾けられるような魅力的な音にすると同時に、イルゴールの音の再生開始／停止をユーザにわからせるような効果を目指した。

2.4 シナリオ

イルゴールを使うことで、家族の活動内容を知ることができる。その際、オルゴールを聞いて思い出を想起するような方法で、家族が1日をどのように過ごしていたのかを知ることができる。さらに、イルゴールの音をきっかけにして会話するといった、直接的なコミュニケーションにも利用できると考えられる。具体的な想定シナリオについて以下に記述する。

- Case1：単身赴任をしている父親は仕事が忙しく、毎日夜遅い時間に帰宅している。そのため、家族に電話を掛けたいと思っても中々実現しない。家族は元気に過ごしているのだろうか、父親はイルゴールを手に取り、ぜんまいを巻いてふたを開いた。聞こえ

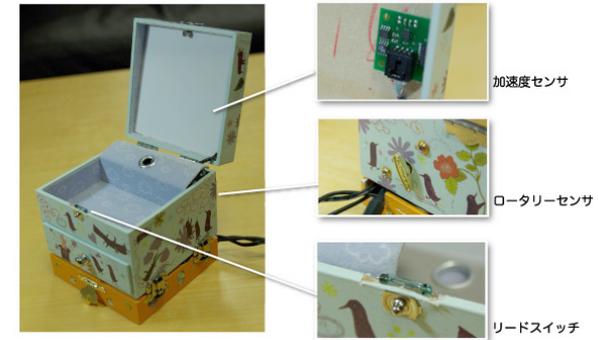


図3 イルゴール外観と実装したセンサ (右上：加速度センサ／右中央：ロータリーセンサ／右下：リードスイッチ)
Fig. 3 Prototype of the HomeOrgel (top right: acceleration sensor; middle right: knob with a rotation sensor; bottom right: magnetic sensor).

てくる音楽から、朝に子どもたちが学校へ向かい、夕方に帰宅したことや、子どもたちが帰ってくる前から妻が料理をしていた様子などが伝わってきて、父親は少しほっとした。

- Case2：祖父母は田舎で暮らしており、東京に住む娘夫婦と小学校に上がったばかりの孫に会いたいと常々思っている。ある日曜日の夜、祖父母はイルゴールのぜんまいを巻いてふたを開いた。今日、みんなはどこかに出かけたのだろうか、それとも家でゆっくりしていたのだろうか。イルゴールからは、インターホンの音が聞こえた後、想像以上に多くの音が聞こえてきた。孫のお友達でも遊びに来ていたのかしらと思い、今日はどうしたのと、娘たちに電話をかけてみることにした。
- Case3：娘が自室で勉強していたとき、何気なくオルゴールのぜんまいを巻いてふたを開いたところ、まな板の上で材料を切るトントントンといった軽快な音や、フライパンで何かを炒める音が聞こえてきた。母親が夕飯の支度をしているのだろうかと思い、お皿の用意を手伝おうと、娘は部屋を出てキッチンへ向かった。

3. 実装

3.1 デバイス構成

まず、イルゴール本体の実装について説明する。イルゴールは、既製の箱形オルゴールを分解し、センサとスピーカーを組み込む形で実装した (図3)。オルゴールのぜんまいの根

元部分に、ロータリーセンサを取り付けて回転量を取得する。箱とふたが接触する正面部分にリードスイッチを配置して、ふたの開閉情報を得る。加速度センサをふたの中に仕込むことで、箱の開き具合を検出する。これらのデバイスは、Phidget Interface Kit^{*1} を介して小型ホスト PC (Windows XP) に接続される。次に、ホスト PC 上のソフトウェアについて述べる。

3.2 ソフトウェア構成

イルゴールを制御するホスト PC 上のソフトウェアは、PhidgetServer^{*2} とメインソフトウェアの2つから構成される。イルゴールに組み込んだセンサ類の入力情報は、Phidget Interface Kit を介して PhidgetServer で取得する。イルゴールのメインソフトウェアは、PhidgetServer から受け取ったセンサデータの変化を元に、曲の再生/停止、音量の調整、再生時間帯の選択を行う。リードスイッチの ON / OFF によって曲の再生/停止を行い、加速度センサの値に応じて、ふたを大きく開くと音量を上げ、ふたを閉じていくと音量を下げるができる。

イルゴールは、2.3.2 節で述べたように、過去のある一定時間中に発生した家庭内に起こった活動内容を、数分間で提示する。その際、イベントを要約し、イルゴールでの再生時間を短くすることで、聴きやすい音にする工夫を行う。イルゴールソフトウェア上では、「過去への遡行時間単位」「再生時間」「イベントの要約時間間隔」を調整できるようにした(表 1)。以下に詳細を述べる。

3.2.1 過去への遡行時間単位

イルゴールはぜんまいを巻いた分だけ過去に遡り、発生した家庭内のイベントを再生する。ここで、過去「数分間」分を聞くのか、それとも過去「数時間」分なのか、過去「数日」分なのかといった、過去への遡行時間単位を検討する必要がある。まずは、イルゴールを1日の活動を振り返るために使用すると想定して実装を進める。1日の活動情報を数分~数十分の細かい単位で捉えることは、音の再生時間や聞き取りやすさの観点からあまり現実的ではないため、イルゴールソフトウェア上では、1日の活動情報を1時間毎に区切る設定とした。なお、この過去への遡行時間単位は、ソフトウェア上で1分~24時間まで内部的に選択可能であり、用途に応じて変更できる仕様とした。

*1 <http://www.phidgets.com/>

*2 <http://mobiqitous.com/mobiserver/phidgetserver2.0.html>

表 1 イルゴールソフトウェアの設定可能な変数, 設定可能範囲, 設定値
Table 1 Parameters of HomeOrgel software.

ソフトウェアの主要な変数	設定可能範囲	設定値
過去に遡行する時間間隔	1分~24時間	1時間
再生時間	1秒以上	10秒
イベント要約基準時間	1分~24時間	30分
イベント判定時間間隔	1秒以上	15秒

3.2.2 再生時間

次に、過去1時間分の音を実際に再生する「再生時間」について述べる。前述の通り、イルゴールは、1日の活動情報を数分間で再生する方針としている。人が1日のうちに活動する時間を仮に16時間とした場合、これを2~3分に要約して表現することを想定し、1時間を10秒で再生することにした。また、聞きやすく判別が用意な音にすることを考慮して、生活音ひとつあたりの再生時間は1~4秒程度で作成した。なお、この再生時間はソフトウェア上で内部的に選択可能であり、用途に応じて変更可能である。

3.2.3 イベントの要約時間間隔

イルゴールでは1時間のイベントを10秒に圧縮して再生するため、全ての同一イベントを再生すると、多数の音が重なり聞き取りにくくなる。

そこで、今回、30分以内に同じイベントが複数回発生した場合に1回のイベントとして扱い、イルゴールからはそのイベントを表す音を1回だけ再生することにした。この時、異なるイベントが多数あった場合は、10秒中に複数の1~4秒程度の生活音が重なって再生される。ただし、同一のイベントは前述のように30分単位で要約されるため、10秒中に再生される生活音の最大数は(イベントの種類×2)となる。

なお、このイベントの要約時間間隔も、ソフトウェア上で1分~24時間^{*3}まで内部的に設定可能である。

3.2.4 時間の切り替わり

イルゴールは、ぜんまいで巻いた分だけ過去から現在に向かって、時系列順に生活音を再生する。再生する時間帯が切り替わった事を表すために、鳩時計の音を1回再生させる。こ

*3 過去への遡行時間単位よりも短い任意の時間。

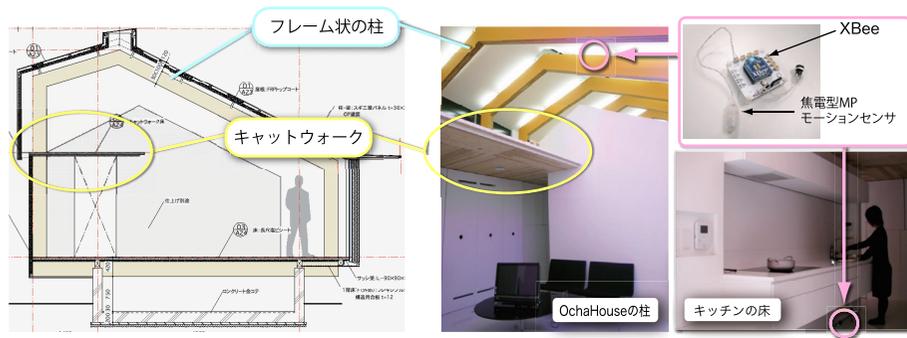


図4 Ocha House の構造上の特徴と無線センサモジュール設置例.

Fig. 4 Structural features of Ocha House and installation of wireless sensor modules.

これは、多くの人が耳にしたことのある鳩時計の音を用いることで、イルゴールにおける1時間の切り替わりを知らせる効果を狙った。例えば過去3時間分の様子を聞く場合、ぜんまいを3捻り巻いてふたを開くと、3時間前から2時間前までの音が10秒で聞こえてくる。10秒後、2時間前から1時間前の音に切り替わる時に、鳩時計の音が鳴る。

4. 運用

イルゴールの有効性を検証するために、お茶の水女子大学の実験住宅である Ocha House^{*1}にて、運用と評価実験を行った。本節では、運用環境、評価手法、結果と考察について詳しく述べる。

4.1 運用環境

4.1.1 センサモジュール

Ocha House の室内に、複数のセンサモジュールを配置した。センサモジュールは、図4右上に示すように、無線通信モジュール XBees^{*2}と任意のセンサから構成される。今回は、設置のしやすさを考慮し、人感センサ (Panasonic 製 焦電型 MP モーションセンサ NaPiOn) を用いて、主に人の動きを検出する^{*3}。

*1 <http://ochahouse.com/>

*2 ZigBee 規格と互換のある Digi International 社の小型無線モジュール

*3 この人感センサは、周囲と温度差のある人(物)が動く際における赤外線の変化に反応する。よって、人が同じ場所に完全に静止し続けた場合は検出することができない。この特性については、6.2 章で議論する。

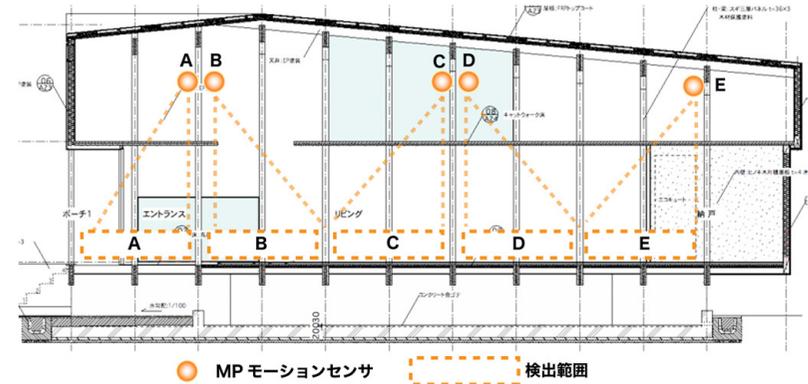


図5 フレームに設置した人感センサと検出範囲 (側面図).

Fig. 5 Detectable areas using motion sensors on pillars.

このセンサモジュールを、「玄関/廊下/キッチン/ダイニング/リビング/寝室/浴室」などの活動状況を取得できるように設置した (図4, 5, 6)。

Ocha House は、センサやコンピュータを組み込みやすくする構造として、フレーム状の柱やキャットウォーク^{*4}を備える (図4左)。そこで、これらの場所にセンサを下向きに取り付けることで、居住者にセンサの存在をあまり意識させないように工夫した。図5は、フレームに取り付けたセンサの位置と、その検出範囲を示している。具体的には、A (寝室) / B, C (リビング) / D, E (ダイニング) の範囲を検出する。また、キャットウォークのセンサは、J (玄関) / K (通路) / L (脱衣所) / M (浴室) の範囲を検出する (図6)。キッチンに関しては、カウンターの下側の隙間に4つのセンサを設置し、F (コンロ前) / G, H (作業台前) / I (シンク前) の状況を取得する (図6)。

4.1.2 ミドルウェア

センサモジュールを管理するミドルウェアとして、XBeeServer^{*5}とOchaHouseManagerの2つのソフトウェアを開発した。図7に、ミドルウェアを中心とした運用システムの構成を示す。XBeeServerは、XBeeモジュール (XBee Endpoints) からのセンサデータを集約し、シンプルなテキストメッセージに変換して、内蔵のTCP/Serverから送信する。

*4 設備機器を点検するために設けられた細長い通路。Ocha Houseでは比較的広いスペースが設けられ、ロフトのような構造となっている。

*5 <http://mobiqutous.com/mobiserver/xbeeserver.html>

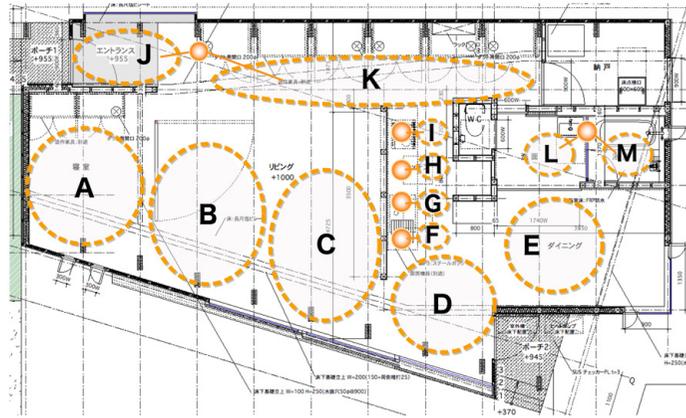


図 6 人感センサの検出範囲 (上面図).
 A: 寝室, B~C: リビング, D~E: ダイニング, F: キッチン (コンロ前), G~H: キッチン (作業台), I: キッチン (シンク前), J: 玄関, K: 通路, L: 脱衣所, M: 浴室.
 Fig. 6 Detectable areas using motion sensors.

OchaHouseManager は, XBeeServer からのデータを, 場所/種別 (例: living/motion, entrance/open) と結びつけてデータベース (Microsoft SQL Server) に保存する.

イルゴールのソフトウェアは, データベースにアクセスして, 過去の一定時間のログを取得した上で, 人の存在する場所から活動状況 (以下イベント) を推定し, 対応する生活音を再生する. 今回の運用で取得するイベントとしては, 図 6 における B~C (リビング) で「PCで作業する」, D~E (ダイニング) で「食事をする」, F (キッチン・コンロ前) で「フライパンで具材を炒める」, G~H (キッチン・作業台前) で「具材を切る」, I (キッチン・シンク前) で「洗い物をする」, J (玄関) では「帰宅/外出/来客対応」を設定した. それぞれの動作の長さは一定ではないが, 予備的な観察の結果, 多くの場合 15 秒程度静止する傾向が見られた. そこで, メインソフトウェアでは, 15 秒間センサが一定箇所です人を検出し続けた場合に, イベントが発生したとみなすこととした.

5. 評価実験

5.1 目的

本節では, イルゴールの基本的な性能を確認するために, 生成された音が, (1) 家庭内の

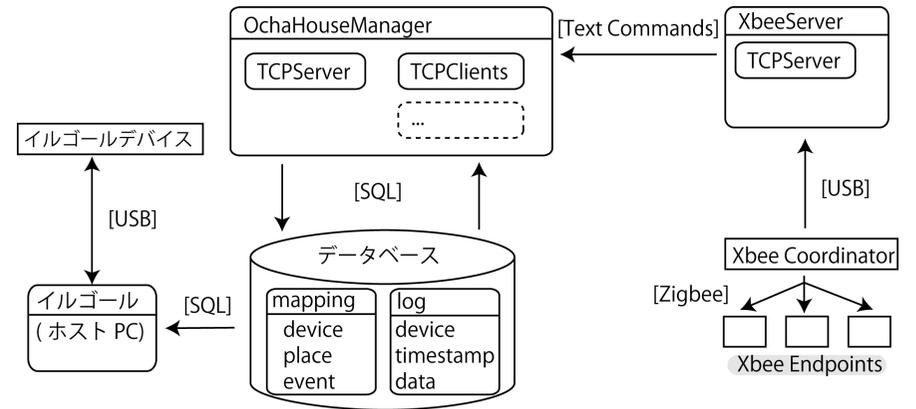


図 7 運用システムの構成.
 Fig. 7 System architecture installed in Ocha House.

活動状況を伝達できるか, (2) 魅力ある音表現になっているか, を検証する. 具体的には, (A) 聞き手が活動内容を判定できるか, (B) イルゴールに好意的な印象を持ったかをアンケートにより調査する.

5.2 手法

実験者が Ocha House で約 7 時間過ごし, その活動状況を元にイルゴールの音を被験者 7 名 (22~27 歳, 女性 6 名, 男性 1 名) に 1 度だけ提示して, アンケートを取った.

7 名の被験者のうち, 6 名は同じ研究室の学生/研究員であり, 提案システムについて「オルゴールから生活音が聞こえる」という概要は知っていたが, 詳細は把握していなかった. 1 名については, 他 6 名と交流の無い同大学の学生であり, 提案システムに関する事前知識はなかった.

アンケートに記載した質問内容を以下にまとめる. 質問 1~4 は自由記述, 質問 5 は 5 段階選択にて設問した.

- 質問 1 「聞こえてきた音を記述せよ」
- 質問 2 「音から連想したイベントを記述せよ」
- 質問 3 「最も活動していたと感じた時間帯を記述せよ」
- 質問 4 「判定しにくかった音があれば記述せよ」
- 質問 5 「音楽が好ましいか, 5 段階で選択せよ」 (1: 好ましくない~5: 好ましい)

表 2 実験時のイベントと音のマッピング
Table 2 The mapping between events and sounds in the experiment.

活動場所	音
リビング	本のページをめくる音
ダイニング	食器が擦れる音, 食べ物を咀嚼する音
キッチン (コンロ前)	コンロの着火音, 野菜を炒める音
キッチン (作業台)	ゆっくり野菜を切る音, 素早く野菜を切る音
キッチン (シンク前)	少量の水が滴る音, 水をためて洗い物をする音
玄関	インターホンのチャイム音

実験時のイベントと音の対応を表 2 に, Ocha House での活動状況と実際に提示された音の対応を表 3 に示す. イベントと音のマッピングは, その場所での活動を表す象徴的な生活音を選択した. また, OchaHouse のイベントの遷移と生活音を生成するタイミングについて, 図 8 に示す.

なお, 被験者には, あらかじめ, イルゴールが過去の家の様子を音で表現すること, 1 時間が 10 秒に短縮されて聞こえること, 今回はある 1 日の 7 時間分の音を聞いてもらうことを伝えた.

5.3 結果と考察

質問 1 と質問 2 については, イルゴールの音を聞きながら回答してもらった.

まず, 質問 1 「聞こえてきた音を記述せよ」に対して, 表 4 のような回答結果を得た. 回答者全員が, 玄関のイベントを表す音, 水の音を回答した. また, 回答者 7 名中 6 名が, 食材を切る音, 火を使用した音を回答した.

次に, 質問 2 「どのようなイベントを連想したか, 記述せよ」に対しては, 表 5 のような回答結果を得た. 7 名中 6 名が「帰宅/来客」, 回答者 7 名全員が「料理」というイベントを回答した. その中には, 料理という表現だけでなく「野菜を包丁で切っている (1 名)」や「洗い物をしている (1 名)」という回答があったことから, 漠然と料理と捉えただけではなく, 具体的な行動内容も想像できていた者もいたことがわかる. 今回のアンケートでは, イベントが起こった順序について質問していなかったが, 1 名の回答者は「来客 (帰宅) →料理→食事」といった実際の活動内容に近い順序と内容を回答した. 表 3 に示すように, 実験時の Ocha House 内での活動内容としては, 前半はリビングに座っての作業, 後半は夕食

表 3 実験時の OchaHouse 内の活動内容と提示する音のマッピング
Table 3 The mapping between activities and sounds in the experiment.

時間	活動状況	イルゴールの音
14:30~15:30	帰宅, リビングで作業	チャイム音, 本のページをめくる音
15:30~16:30	リビングで作業, 冷蔵庫を開ける	本のページをめくる音, ゆっくり野菜を切る音, 野菜を炒める音
16:30~17:30	リビングで作業	なし
17:30~18:30	リビングで作業	本のページをめくる音
18:30~19:30	リビングで作業, 冷蔵庫を開ける	コンロの音
19:30~20:30	買い物に出かける, 帰宅, 料理	チャイム音, 素早く野菜を切る音, コンロの着火音
20:30~21:30	来客, 料理, 食事	コンロの着火音, 水の音, ゆっくり野菜を切る音, ページをめくる音, 食器が擦れる音, 食べ物を咀嚼する音

の準備, 来客対応, 食事を行っている. 質問 2 の結果から, 1 人の回答者は活動の順序と内容をほぼ正確に捉えており, その他の 6 名の回答者も, 「料理」と「来客 (帰宅)」があった事は想像できていた. 以上のことから, イルゴールの奏でる音を聞くことで, 生活者の全体的な行動内容がある程度正確に捉えることができたとと言える.

一方, 質問 1 では全員が「水の音」が聞こえたと回答していたにも関わらず, 質問 2 では「料理」や「風呂」というばらけた回答になったことから, 具体的なイベントを判別しかねているケースもあった. これと関連して, 質問 4 「何の音が判定しにくかったものはあったか?」の回答でも, 漠然と水の音とはわかるものの, それは何を意味するのか判定しにくいと答えた回答者が 3 名いた (表 6). こうした点から, 水回りなどについては, 生活者の活動状況をより端的に表す音のマッピングが必要であると考えられる. また, 質問 1 では回答者全員が玄関のチャイム音を聞いたと回答しているが, 質問 2 や質問 4 の回答から, チャイム音が「自分が帰宅した」ことを表すのか「来客があった」ことを表すのかを, 数名が迷っている様子が観察できた. ただし, 玄関での人の出入りを表すという意味では十分とも言える.

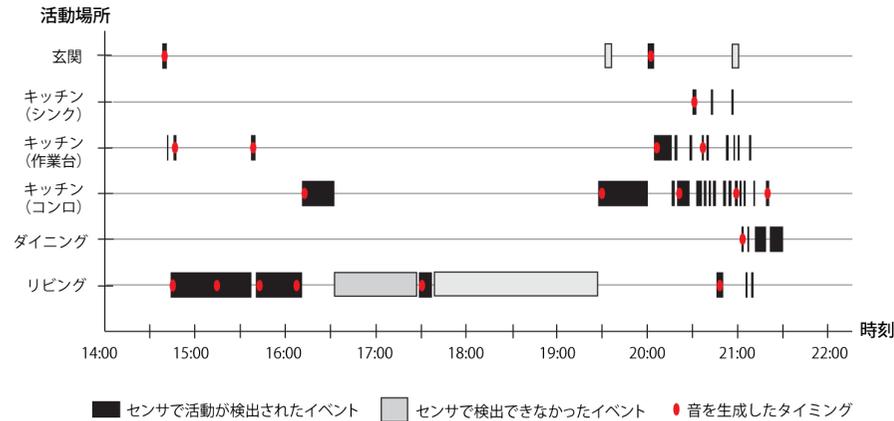


図 8 OchaHouse のイベントの遷移と、音生成のタイミング。
Fig. 8 events in Ocha House and timing of generating sounds.

次に、質問 3「最も活動していたと感じた時間帯を記述せよ」という質問では、7名中6名の回答者が、後半最後の3時間に、家の中で活発に活動していると感じたと回答していた。実際に実験者は、表 3 に示すように、前半はリビングに座っての作業が大半だったが、後半から夕食の支度／来客対応／食事を取るなどしており、実際の活動状況と概ね一致していると考えられる。

質問 5「音楽が好ましいか？」という 5段階評価による質問では、7名中5名が「5:好ましい」「4:どちらかという和好ましい」と回答していた (M:3.71, SD:0.88)。さらに、アンケート最後に設問した自由回答欄には、「生活している人がどんな行動をしていたのかを想像するのが楽しい」、「オルゴールで人の様子を知ることができると、癒される」などの感想がみられた。こうした点から、イルゴールの表現方法についても、好意的に受け取られたと考える。自由回答欄に記述があった他の意見としては、「人の声や笑い声が聞こえるとよい」、「足音やパソコンのキーボードを叩く音が聞こえるとよい」などの、より具体性のある音を求める声があがっていた。

5.4 評価実験のまとめ

今回の実験では、イルゴールの音を聞くことで、被験者は主要なイベントの流れや最も活

*1 料理を表す回答を複数記述した回答者がいたため、回答数が回答者数より多くなっている。

表 4 質問 1「聞こえてきた音を記述せよ」に対する回答結果
Table 4 The answers to question 1 “Please write sounds you heard.”

回答 (音の種類)	実際の回答例	人数
玄関のイベントを表す音	ピンポン (3) / インターホンの音 (1) / チャイム (3)	7名
水の音	水の音 (3) / 水が流れる音 (1) / ぼちゃん (1) / 水をゆでる音 (1) / 風呂の音 (1)	7名
食材を切る音	包丁で切っている音 (4) / 何かまな板の上で切る音 (1) / トントントン (料理) (1)	6名
火を使用した音	炒める音 (4) / ジューजू (1) / 火の燃えるような音 (1)	6名
無音		2名
その他	なにかをむしゃむしゃ食べる音 (1) / 袋を置く音 (1) / カチャという食器の音 (1)	3名

動していた時間帯についてある程度正確に把握できていた。また、イルゴールの音の表現方法についても、好意的に受け取られた。これらのことから、現状のシステムに一定の有効性があると考えられる。ただし、水回りの音など一部の音については、生活者の活動状況をより端的に表す音のマッピングが必要であることがわかった。

6. 議論

本節では、イルゴールの運用／評価実験を元に「音表現の拡張」「センサの拡張」「インタラクションの拡張」「オルゴールのメタファ」という 4つの観点から議論を行う。

6.1 音表現の拡張

今回は、音を聞き取りやすくしつつプライバシーに配慮するといった理由で、象徴的な生活音に焦点を当てて使用した。評価実験の自由回答欄に、「人の声や笑い声が聞こえるとよい」や「足音やパソコンのキーボードを叩く音が聞こえるとよい」といった、より具体的な音を求める意見があったことから、本節では、現在のイルゴールの音表現を拡張させる方法について議論する。

表 5 質問 2「音から連想したイベントを記述せよ」に対する回答結果
Table 5 The answers to question 2 “What events did you imagine?”

回答 (イベント)	実際の回答例	人数
料理* ¹	料理をしている (7) / 包丁で野菜を切っている (1) / フライパンで何かを炒めている (2) / 洗い物をしている (1)	7名
帰宅/来客	人が来た (3) / 来客があった (1) / 誰かが訪ねてきた (1) / 誰かが訪問してきたか、家についた (1)	6名
食事	何か食べていた (1) / 食事をしている (1)	2名
その他	水道を使っていた (2) / 風呂たき (1) / お風呂を入れた (1)	4名

表 6 質問 4「判定しにくかった音があれば記述せよ」に対する回答結果
Table 6 The answers to question 4 “What sounds did you feel hard to recognize?”

回答	人数	理由
水の音の意味	3名	風呂の音か料理の音かで迷う
無音の意味	2名	人がいないのか寝ているのかがわからない
玄関のチャイム音	1名	来客か帰宅かが判断できない
小さくて聞き取りにくい音	1名	聞き取れないから何の音が判断できない

6.1.1 人の声

イルゴールで利用するような日常生活で何気なく生成する動作音であっても、人の気配感を生成することはできるが¹⁴⁾、人の存在をより直接的に伝える音情報として、音声挙げられる。実際に、評価実験の結果からも、人の会話や笑い声がイルゴールから聞こえると良いといった意見もあがっていた。これらのことから、今後のイルゴールの音表現として、人の声を取り入れることも検討したい。2.3.1 節で述べたように人の会話や動作音の「生の音」には、生活の様子や人の存在感をリアルに伝える有用性を含んでいる。遠くに住む家族の声を聞くことで、安心したり嬉しくなったりと感性に訴えかけるような効果があると想像できる。

一方、家庭の会話を録音して提示することは、前述したようにプライバシーの観点から問題がある。音声を録音して提示するような場合、例えば録音場所を限定 (例：玄関とリビングのみ) することや、会話を短時間録音して逆再生するといった、プライバシーを保護しつつ声質や間を損なわずに人の会話時の雰囲気再現する工夫を行う必要があるだろう。

6.1.2 家庭固有の音

各家庭によって、家族構成、趣味、習慣などが異なる。そこで、家庭の様子を表現する際に、これらの要素を反映させたその家庭固有の象徴的な音を取り入れることで、自分の知っている家族を強く連想させることができると考えられる。例えば、ピアノを所有している家の様子をイルゴールから聞いたときに、娘が毎日夕方になるとピアノの練習をすることや、たまに練習をさぼっていることなどを感じることができると考えられる。猫をペットとして飼っている家庭ならば、猫が食事をしたり遊んでいる際に、それに合わせた猫の音がイルゴールから聞こえてくる。このように、家庭特有のイベントを検出するセンサを設置し (例：ピアノのふたにリードスイッチを設置する)、家族の雰囲気をより感じやすい音のデザインにすることができると考える。

6.1.3 個人固有の音

イルゴールを利用する主要なユーザについて、シナリオで述べたように主に家族などのごく親しい人間同士と想定している。よって、ユーザは家族構成、行動パターンなどをある程度把握していると考えられる。例えば「2.4 シナリオ」の Case3 で紹介した「娘が夕方に自宅でイルゴールを使ったところ、料理の音を聞こえたため母が夕飯を作っていると想像する」という事例では、生活音だけでも動作主をある程度推測できると考えている。もちろん、全ての状況においてこうした推定が成立するわけではないが、「誰か」の表現をするためには、「個人に応じた音表現の検討」、「人物特定のための特殊なセンサ構成 (例: RFID タグをスリッパにうめこむなど)」といった課題も生まれてくる。こうしたトレードオフを考慮して、イルゴールの実装は、人の想像力で「誰か」の部分に補うという設計指針とした。

6.1.4 イベントの強調

イルゴールでは、イベントを一定時間ごとに1つに要約し、対応する生活音を発生順序通りに再生する。このイベントの要約方法を工夫し、音を強調して表現することで、家庭内の活動状況をより的確に表現できると考えられる。例えば、一定時間中に起こったイベントの回数が多ければ、そのイベントを表す生活音の音量を上げて提示することで、家庭内で発生回数の多かったイベントが聞き手の印象に残るような効果が期待できる。また、珍しいイベント (例：普段誰も立ち入らない納戸に人が居た) が起こった場合にも、前後の活動情報

と比較して「珍しさ」を判定することで、同様の手法を適用できる可能性がある。

なお、本節で議論した音の表現を取り入れる際には、過剰に音情報を増やすと内容が聞き取りにくくなることや、音情報の認知負荷が高くなる可能性があることに注意しておきたい。情報量と音の魅力のバランスをとりながら、音のデザインをしていく必要がある。

6.1.5 イベントと生活音のマッピング

イルゴールでは、「2.3.1 生活音」などで述べたように、活動を端的に表す象徴的な生活音を選択し、評価実験の結果、人の活動内容を概ね伝えることができたことから、この「象徴的な生活音」の利用には一定の有効性があると考えられる。そこで、新たな場所を追加する場合にも、その場所での活動を端的に表す象徴的な生活音を対応させることを考えている。例えば、寝室では「ぐうぐう」といった寝息を表すような音などが挙げられる。

一方、評価実験ではキッチンシンクの音がトイレ／風呂などと区別がつきにくい、という意見が散見された。これは、水道から水を流すといった象徴的な音単体では、他の水回りの活動と区別がつきにくかったからではないかと推察される。こうした状況では、複数の短い音を同時に／順番に流すことで、活動内容をより端的に表せる可能性があると考えている。例えば、「シンクで洗い物をする」を表す場合、水道から水が流れる音、食器が擦れる音、スポンジで食器をこする「キュッキュ」という音を同時に流せば、洗い物をしていると想像しやすくなる。同じ水を表す音に関連して、蛇口をひねった音の後に、雨のように細かく水が床にぶつかる音が聞こえたら、それはシャワーだと連想しやすいと考えられる。

6.1.6 イベントの要約と音の圧縮

今回の運用／評価実験のために暫定的に設定したイルゴールソフトウェアの変数は、イルゴールの基本的な機能が評価実験で確認できたことから、妥当な設定だったのではないかと考えられる。今後センサを拡充し、取得できるイベントが増えた場合には、多少要約方法を追加しなくてはならない場合が出てくるが（マイクを設置して、音声をイルゴールに使用する）、人が座っているなどの長期的なイベントをセンサで取得する場合には、今回のイベント要約方法、音の圧縮方法で対応できると考えている。

6.2 センサの拡張

今回の評価実験では、人感センサのみを用いて人の静止位置からイベントの判定を行ったため、厳密にイベントの取得をすることは困難であった。

例えば、実験者はリビングでの作業中に何度か冷蔵庫へ飲み物を取りに行ったが、キッチンの作業台とコンロの向かいあたりに冷蔵庫が設置されていたために、現在のセンサでは冷蔵庫の前の静止状態のみを判断して、野菜を切る音やコンロの音などが再生されることが

あった。こうした状況は、センサを拡充し（例：冷蔵庫にリードスイッチを取り付ける）、イベント検出の精度を高めることで改善できる。

次に、「16:30-17:30 リビングで作業」、「17:30-18:30 リビングで作業」と同じ活動をしているにも関わらず、再生するイルゴールの音、つまり検出イベントに違いが起った。この問題の原因は、今回設置している人感センサの特性から、人が同じ場所に静止し続けた場合は検出することができないことにある。すなわち、評価実験の「16:30-17:30」の間は、実験者が集中してコンピュータを用いた作業をするなどしてほとんど動かなかったため、センサが検出できなかったと考えられる（図8）。一方、「17:30-18:30 リビングで作業」の時間帯においては、実験者は基本的に同じような作業をしていたが、その中でノビをするなど、センサが検出可能な動きを行ったものと推察される。同様の理由で、現状のシステムでは、在宅中に静止し続けた場合／不在の場合に、センサで違いを判断出来ないため、イルゴールは生活音を再生しない（無音）状態となる。

こうしたセンサの制約に対処するため、我々は家庭内の人の動線を考慮したイベント判定手法の導入を検討している。すなわち、基本的には玄関を経由しないと人は外に出られないため、例えば、最後にリビングで人を検出した後しばらく検出が行われなかった場合には、リビングから動かずそこに居ると判断し、検出が寝室で途切れた場合は住人が眠ったと判断する。また、玄関を経由して人の検出がなくなった場合には、外出したと判断する。このような推定手法を取り入れることで、在宅中にセンサが人を検出しなかった時と不在時を区別することができると考えている。

また、6.1節で述べたような音表現を拡張するためにも、ピアノのふたにリードスイッチを取り付けたり、猫のごはん皿に向けて人感センサを設置したりといった、センサ類の拡張が必要となる。

ただし、単純にセンサの数を増やすだけでは、一般的な住宅環境への導入を困難にすることにもつながることに注意したい。前述したように、今回の実験では全ての被験者は主要なイベントの流れを概ね正確に把握できており、現状のシステムでも一定の有効性はあると考える。イベント検出の精度とセンサの数のトレードオフを見極めながら、システムの拡張を行うことが望ましい。

6.3 インタラクションの拡張

今回の実験では、1日を振り返ることを考えて1時間分のイベントを10秒の再生時間で提示することにしたが、他の設定が適切な状況もあると考えられる。例えば、2.4節 シナリオ：Case3で紹介したような状況では、より短い過去への遡行時間単位（例：10分）の方

が状況に適すると考えられる。イルゴールのソフトウェアは、既に音生成時の「再生時間」「過去への遡行時間単位」「イベントの要約時間間隔」を内部的に変更できるため、ユーザが手軽に設定を変更するためのインタラクションを追加することでより多様な状況に対応できると考えられる。そこで、オルゴールのメタファを拡張し、中に小物を入れることで好みの設定を選択するようなインタラクションを追加することを検討している^{*1}。実装方法としては、イルゴールに RFID リーダーを組み込み、中に入れる小物に RFID タグを埋め込むことを考えている。

また、6.1 節で述べたような新しい音表現を導入する場合にも、同様の手法でユーザが手軽に機能を選択できることで、情報量と音の魅力のバランスをとれる可能性がある。

6.4 オルゴールのメタファ

今回の評価実験では、基本的なイルゴールの機能を確認することに重点を置いたが、評価実験のフリーコメントに「オルゴールで人の動きの様子をみるという発想が素敵だと感じた」といった、オルゴールのメタファについての感想もみられた。そこで、本節では、オルゴールのメタファを活用したイルゴールの特徴と、期待される効果についてまとめる。

まず、イルゴールは、ぜんまいを巻いて音を奏でる／ふたを開くことで音の再生が始まるといった、オルゴールの物理的な操作方法を利用している。これにより、ユーザはイルゴールの基本的な操作方法を理解しやすく、手軽にイルゴールを使用することができると考えられる。

次に、オルゴールが音を聴いて過去の思い出を振り返るといった習慣に対応して、イルゴールは、過去の家族の状況を音で提示する。その際にも、ぜんまいを巻くというオルゴールの特徴を活用した。さらに、この習慣は、イルゴールを利用するきっかけやコミュニケーションのきっかけとして利用出来るのではないかと考えている。つまり、ユーザにとって大切だと考えられる家族の様子を知りたいと感じたときに、イルゴールを使用して家族の様子を音で聞く。そして、聞いた音をきっかけにして、家族に話しかけたり電話をしたりといった利用状況が起り得ると想定している。

7. 関連研究

Bottles⁵⁾ は、ガラスボトルのふたを開くというシンプルな行為で、音によって情報提示を行うシステムである。これは、応用範囲は全く異なるものの、日用品を利用して自然な行

為によって音情報を提示する点で本研究と近いアプローチを取っている。

家庭内の情報提示手段として、視覚情報を利用する方法も考えられる。例えば、Video Window System³⁾ のように、ビデオカメラを常時接続して室内を撮影／共有すれば、より詳細な状況を確認できるが、プライバシーを侵害する恐れがある。さらに、見る側もディスプレイを注視しなければならないため、利用状況に限られる。一方、視覚情報をアンビエントな方法で提示する研究として、Digital Family Portrait や ambientROOM, Shoji がある。Digital Family Portrait⁹⁾ は、遠くで暮らす祖母の様子を額のようなディスプレイで表示して、家の中の生活状況に応じて画面が変化するシステムである。ambientROOM⁶⁾ では、遠隔地の建物内における、来客などの実世界での活動やメールのやり取りといった情報活動を、アンビエントな映像や光などで表現する。Shoji²⁰⁾ は、部屋の中の温度／明るさや相手の存在／移動／感情情報を、専用端末の LED の明かりで表現する。このように、家庭内の状況をアンビエントな視覚メディアで提示すれば、視覚の占有やプライバシーなどの懸念はある程度解消される。一方どの LED が何の情報を表しているかといった、実世界の活動内容とのマッピングをあらかじめ覚えて置く必要があり、認知的な負担が掛かる。イルゴールは、象徴的な生活音を組み合わせることで、過去の家庭内の状況を想起しやすい。また、音は並列作業に向いているので⁴⁾、集中してイルゴールの奏でる家庭の様子に耳を傾けたり、家庭の様子を聞きながら別の作業を行ったりといったような、ユーザの状況に応じた使い方をすることができる。

家庭内における人の活動を音で表現する研究としては、Music Monitor や InPhase などがある。Music Monitor¹¹⁾ では、ホームパーティなどを行う際、1 部屋に集まっている人々の様子（例：盛り上がっている、退屈している）を、手動のボタンなどを押すことで、BGM のテンポの変化やメイン演奏楽器の切替により知らせることができる。InPhase¹²⁾ は、遠隔地にいる人々の行動が偶然一致したことを音で伝達するコミュニケーションシステムである。ドアの開閉やソファへの着席といった状態を検出して一致を伝達する手法として、チャイム音やファンファーレ音などを鳴らしている。イルゴールでは、活動内容と実世界における音とを対応付けた象徴的な生活音を組み合わせることで、事前情報を持たなくても、聞くだけで様々な活動状況を知ることができる。また、これらのシステムはリアルタイムのイベントを伝えるが、イルゴールでは、過去から現在に向けての家庭内の活動内容を要約して短時間で振り返ることができる点も特徴である。

*1 イルゴールは、宝石やアクセサリーなどの小物を収納できるような仕組みになっているものが多い。

8. ま と め

本研究では、オルゴールのメタファを用いて家庭の状況を音により提示するインタフェース「イルゴール」の提案・実装を行った。そして、実験住宅 Ocha House に無線センサを導入し、実環境における家庭の活動情報を用いてイルゴールの運用を行った。さらに、運用時のセンサデータを元にしたイルゴールの評価実験を行い、イルゴールを使用することで基本的な家庭の活動内容を概ね判定することが可能であり、生活音と BGM を組み合わせて活動状況を表現する、イルゴールが奏でる音全体の表現についても好印象を得た。最後に議論を通して、イルゴールの今後の展望について述べた。

参 考 文 献

- 1) Blattner, M.M., D.A.Sumikawa and R.M.Greenberg: Earcons and Icons: Their Structure and Common Design Principles, *Human-Computer Interaction*, Vol.4, No.1, pp.11-44 (1989).
- 2) Bonanni, L., Arroyo, E., Lee, C.-H. and Selker, T.: Smart sinks: real-world opportunities for context-aware interaction, *Extended Abstracts on CHI 2005*, ACM Press, pp.1232-1235 (2005).
- 3) Fish, R.S., Kraut, R.E. and Chalfonte, B.L.: The VideoWindow system in informal communication, *Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work*, pp.1 - 11 (1990).
- 4) Gaver, W.W.: The SonicFinder: An Interface That Uses Auditory Icons, *Human-Computer Interaction*, Vol.4, No.1, pp.67-94 (1989).
- 5) Ishii, H., Mazalek, A. and Lee, J.: Bottles as a minimal interface to access digital information, *Extended Abstracts of CHI 2001*, ACM Press, pp.187-188 (2001).
- 6) Ishii, H., Wisneski, C., Brave, S., Dahley, A., Gorbet, M., Ullmer, B. and Yarin, P.: ambientROOM: integrating Ambient Media with Architectural Space, *Summary on CHI 1998*, ACM Press, pp.173-174 (1998).
- 7) Kidd, C.D., Orr, R., Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Essa, I.A., MacIntyre, B., Mynatt, E., Information, T. E. S.C. and Newstetter1, W.: The Aware Home: A Living Laboratory for Ubiquitous Computing Research, *Adjunct Proceedings of the Second International Workshop on Cooperative Buildings, Integrating Information, Organization, and Architecture*, Springer-Verlag, pp.191-198 (1999).
- 8) Kuznetsov, S. and Paulos, E.: UpStream: motivating water conservation with low-cost water flow sensing and persuasive displays, *Proceedings of CHI 2010*, ACM Press, pp.1851-1860 (2010).
- 9) Rowan, J. and Mynatt, E.D.: Digital Family Portrait Field Trial: Support for Aging in Place, *Proceedings of CHI2005*, New York, NY, USA, ACM Press, pp.521-530 (2005).
- 10) SECOM: ホームセキュリティ.
<http://www.secom.co.jp/homesecurity/>.
- 11) Tran, Q.T. and Mynatt, E.D.: Music Monitor: Ambient Musical Data for the Home, *Extended Proceedings of the HOIT 2000*, pp.85-92 (2000).
- 12) Tsujita, H., Tsukada, K. and Itiro, S.: InPhase: Evaluation of a Communication System Focused on “Happy Coincidences” of Daily Behaviors, *Proceedings of CHI 2010*, ACM Press, pp.2481-2490 (2010).
- 13) 西本一志：心を表現するインタフェース，システム制御情報学会誌， Vol.47, No.4, pp.173-178 (2003).
- 14) 鈴木紀子，馬田一郎，北村達也，井ノ上直己：動作音が人の気配感に与える影響，日本認知科学会大会発表論文集，pp.458-459 (2007).
- 15) 松田啓史，山口彰一，荒川忠洋：高齢者生活行動モニタリングシステム，技術報告 82，松下電工 (2003).
- 16) 小越康宏，小越咲子，広瀬貞着：赤外線センサ情報からのデータマイニングによる独居老人の振舞い認知に関する一考察，電子情報通信学会論文誌， Vol.J85-D-2, No.5, pp.959-964 (2002).
- 17) 松岡克典：住宅内での日常生活行動の理解技術：くらし情報を用いた見守り型生活サービス創出に向けて，システム制御情報学会誌， Vol.49, No.5, pp.193-197 (2005).
- 18) 石垣 司，樋口知之，渡辺嘉二郎：多入力単出力センサを用いたホームセキュリティシステムのための災害のオンライン検知と判別，電子情報通信学会論文誌， Vol.J89-D, No.11, pp.2404-2412 (2006).
- 19) 平井重行，藤井 元，井口征士，左近田展康：楽しんで入浴できるインタラクティブサウンド風呂システム，情報処理学会インタラクシオン 2002 論文集， pp.149-150 (2002).
- 20) 志村 誠，増本裕介，山田一郎，ジャン=ジャック・ドロネー，酒造正樹，梶村正俊，竹石文彦：雰囲気コミュニケーション端末における音声を用いた感情抽出手法の研究，ヒューマンインタフェースシンポジウム 2007 論文集， pp.593-596 (2007).
- 21) 上田博唯，山崎達也：ユビキタスホーム:日常生活支援のための住環境知能化への試み，ロボット学会論文誌， Vol.25, No.5, pp.10-16 (2007).
- 22) 郡山和彦，戸松 綾，小泉麻理子，大澤公美子，奥出直人：Limonect：離れて暮らす家族のアンビエントコミュニケーション，インタラクシオン 2007 論文集， pp.91-92 (2007).