

平成30年6月26日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00700

研究課題名(和文) バリアフリー社会における音環境デザインに関する総合的研究

研究課題名(英文) A comprehensive study on sound environment as universal design in modern society

研究代表者

土田 義郎 (Tsuchida, Yoshio)

金沢工業大学・環境・建築学部・教授

研究者番号：20227424

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：視覚障がい者にとって環境音や空間の響きは、場の状況を示す情報源である。また、音響福祉機器からのサイン音も大切である。バリアフリー新法の制定以降、公共的な場で音を用いた案内・誘導システムの数は増加した。一方で、それらに対する晴眼者による苦情もある。そのため、せっかくの音響福祉機器の音が過剰に小さくされたり、停止されていたりすることがある。本研究では、音響福祉機器に対する認識調査、環境調和型サイン音の提案、明瞭度の高い空間設計手法のための資料整備を行い、晴眼者と視覚障がい者の要求の対立を解消し、両者の共存を図るうえで必要な視点を導出した。

研究成果の概要(英文)：For people with visual impairment, the environmental sound and the room acoustics are information sources showing the situation of the field. Also, auditory signal from acoustic welfare equipment are important. Since the establishment of the new law barrier-free of Japan, the number of guidance systems using sounds in public places has increased. On the other hand, there are also complaints by sighted people against them. As a result, the sound pressure level of the acoustic assistive devices may be excessively reduced or stopped. In this research, we conducted a recognition survey on acoustic welfare equipment, proposal of environmentally harmonized sign sound, and developed documents of architectural design method for a Easy-to-hear environment. We resolved the conflict between sighted and visually impaired people and derived the viewpoint necessary for coexistence of both.

研究分野：建築環境学

キーワード：バリアフリー ユニバーサルデザイン サイン音 マップ 空間認知 音響福祉機器

1. 研究開始当初の背景

視覚障がい者にとって環境音や空間の響きは、場の状況を示す情報源という面を持っている。また、音響福祉機器からのサイン音も大切な情報源である。一方で、晴眼者による苦情から音響福祉機器の音が聞こえなくされていることがある。これらの健常者と障害者のコンフリクトをなるべく小さくすることが社会的な要請となっていた。本研究においては、特に音環境に着目し、バリアフリーという視点から問題解決手段を提示できる研究を目指した。

2. 研究の目的

本研究では、音環境におけるバリアフリーという社会性の高い環境デザインをテーマとして、晴眼者と視覚障害者の要求の対立を解消し、両者の共存を図るうえで必要な視点を導き出すことを主たる目的としている。

具体的には次の3つの課題を掲げて検討した。

(1) 音響福祉機器に対する認識の解明

金沢地域をフィールドとして音響福祉機器のサーベイを行い、問題点を洗い出す。さらに、調査結果を地図化し、それをを用いて音響福祉機器に関する認識調査を行う。

(2) 環境調和型サイン音の提案

注意して聞くことで、ある特定の位置を知ることができる装置を考案する。音としては健常者が聞いて邪魔にならず、視覚障害者が聞けばそれとわかるようなものを検討する。

(3) 明瞭度の高い空間設計のための資料整備

吸音状態によって室内がどの程度騒がしく感じるかを、音響研究者でない人間にもわかりやすく提示する方法を考える。

3. 研究の方法

(1) 音環境アクセシビリティマップの作成

音響福祉機器及び、補聴支援機器(設備)の状況を地図上の地点ごとに共有するアプリケーションを開発した。システムはフロントエンドとしてiPhone、バックエンドとしてウェブサーバで構成される。共有できる情報は、福祉機器の種別と利用可否、写真、音声の他、各人の対

象や周辺環境に対する印象である(図1)。本アプリケーションの情報収集方法等を確認するために、学生を対象として金沢駅周辺の音響福祉機器に対する検証実験を行なった。

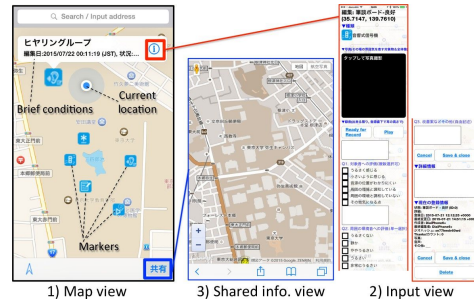


図1 アプリの概要

実験参加者は、学生10名(男性5名、女性5名、平均年齢19歳)である。対象音響福祉機器は音響式信号、誘導鈴、音声案内の3種類である(図2)。対象エリアは機器が30個存在する金沢駅周辺とした。実験参加者は対象エリア付近に行き、2~3時間でアプリケーションを用いてデータの収集を試みる。実験前に対象機器の音源及び、写真を示した。実験は2015年11月から12月で(全4回)の昼間の時間帯に実施した。実験には実験者が同行した。

実験参加者は対象を特定した場合に、位置情報及び、福祉機器の種類を入力し、アプリケーションを用いて対象を評価した。同時に対象及び、周辺環境の録音と写真撮影を求めた。



図2 対象エリアと機器の位置

評価項目は、(i) 対象音の評価(音量、位置、周囲の環境との調和について: 選択肢形式)、(ii) 周辺の音環境の評価(うるささについ

て：5 段階)、(iii) 改善案等のその他：自由回答) の合計 3 項目である。全評価が終わった時点でデータを共有サーバにアップロードさせた。また、実験の前後に対象とした音響福祉機器に関するアンケートを実施した。

(2) 環境調和型サイン音の提案

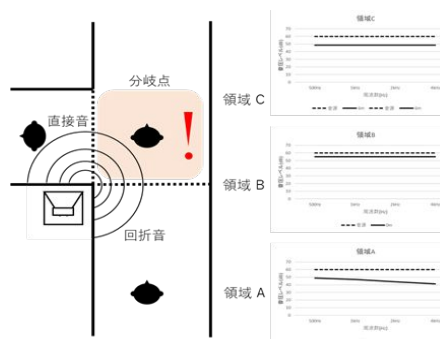
視覚障害者に対するサイン音は、駅などの空間では一般的になっているが、それ以外の空間では規定はない。一方で、サイン音の付加は健全者にとっては耳障りになる。耳障りでなく、視覚障害者には認識できるものが望ましい。

今、通路の分岐地点(図3左)において、通路脇に点音源があると想定する。通路手前(領域 A)では回折音のみが聞こえるため、高音域が低下した音が聞こえる(図3右下)、分岐点(領域 B)に差し掛かると直接音となるため周波数特性はほぼ平坦となる(図3右中)、さらに進行すると距離減衰のため全体的に音圧レベルが低下する(図3右上)。この間の音の変化により、音に注意を向ければ分岐点を認知できるようになるというのが環境調和型サイン音の基本的な考え方である。

これまでの研究で再生すべき周波数範囲が明らかとなった[1]。ここでは気づきやすさを向上させるため、間欠音による基礎的な実験を行った。on-time、off-time の状況により、気づきにくさがどう変化するかを明らかにする。

実験では地下街を想定した実大模擬空間(図4)を作り、アイマスクで視覚を遮断した被験者(20代の男女20名)の歩行を行う。試験音と背景音が鳴動開始後、凸状の誘導ラインを右足で踏みながら歩行する。音が変わったと感じた時点で停止してもらう。

試験音はバンドノイズ(500~1000Hz)を用いる。試験音の条件を表1に示す。音の鳴る時間(on-time)を4水準、停止時間(off-time)を6水準とした。鳴動時の音圧レベルはA特性で設定した3水準とする。合計72種類の試験音を作成した。また、背景騒音(以下BGN)にはA特性音圧レベル50dBのピンクノイズを使用した。



空間の領域

周波数特性

図3 回折音による空間分節化のモデル

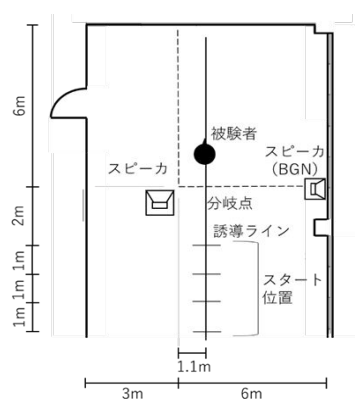


図4 実験状況

表1 試験音の条件

on-time(s)	off-time(s)	呈示レベル(dB)
0.625, 1.25 2.5, 5.0	0.5, 1.0 1.5, 2.0 3.0, 4.0	40, 50, 60

(3) 明瞭度の高い空間設計のための資料整備

私たちが普段生活する身近な室内空間の中には、音声の聴き取りやすい空間と聴き取りにくい空間がある。特に飲食店などでは、喧騒のため目の前にいる人間の声すら聞き取りにくい場合がある。これは、室内の吸音が不十分であり、周囲の音が壁や天井に吸収されず、それらの音の定常音圧レベルが高いレベルにあるために生じる現象である。

建築設計を行う者は、使い勝手や見た目と同様にその空間の環境に対して十分配慮したデザインを行うべきものである。しかし、現状として残響時間を指標とした環境予測しか教科書に掲載されていないため、設計者はそれらに注意を向けることができないものと考えられる。明瞭度に関する知見も、材料の吸音率とは直接結

びついていない。そこでここでは、いくつかの空間モデルについて、聞き取りたい音声と不要な音声の音圧レベルの比 (SN 比) を導出し、空間に適した吸音率を示すことを目指した。

室内での会話状況をモデル化すると、図 5 のようになる。声の直接音のレベル L_d 、および 50(ms) 以内の反射音のレベル L_r を加算したレベルをシグナル L_s (dB) とする。直接音は距離減衰のみ、反射音は距離減衰と反射物の吸音率を考慮した。一方、環境騒音やほかの人の話し声、50(ms) 以降の相手の話し声はノイズに相当する。ここでは簡単のため、他の人間の声の拡散音 (定常レベル) をノイズ L_n (dB) とした。

対象空間のモデルとして、24 通りの室内形状を設定した。茶室のような 2 畳程度の小さな空間から、空港のコンコースのような大空間を想定した。天井の極端に高い空間や、奥行き長い扁平な空間も想定している。また、L 字型、円型の室も想定した。円柱の空間の場合は、室表面積を求め、同じ大きさほどの立方体の空間とみなした。

話者と受聴者との距離は 1m とした。反射音を求める際には、両者は同一位置とみなした。話者・受聴者の位置 (以下音源位置) は、室中心部の場合と 1/4 の位置に偏心させた場合の 2 通り行った (図 6)。L 字型や円型の空間は、音源位置が中央の場合と同じ大きさの正方形に見立てて解析、音源位置が偏心した場合はそのまま 1/4 の位置を取り解析を行う。反射音には正反射の音がある面についてのみ考慮した。

シグナル (L_s) は、直接音の音圧レベル L_d と、直接音から 50 (ms) までの時間内に到達する初期反射音 L_{ra1} とした。

音響パワーレベルは実測より 45.8(dB) とした。平均吸音率は、5 水準に設定して解析を行う。直接音と初期反射音をすべて加算したものを L_s とする。定常音圧レベルは、常に拡散音場と見なして計算を行う。周辺の会話音については、2 人 1 組で会話していると仮定した。全員同時には話さないため、半分の人間 ($n/2$) が話していると仮定した。小さい空間では、周囲の話し手は無しとした。

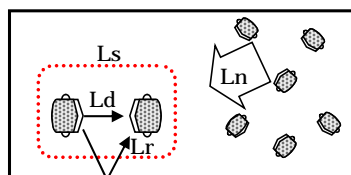


図 5 評価指標の考え方

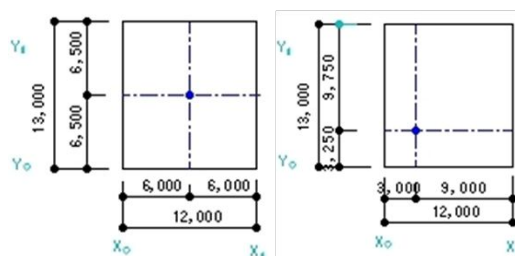


図 6 音源位置の想定

4. 研究成果

(1) 音響福祉機器に対する認識

実験参加者全員の結果 (図 7) をみると、収集データ数の平均は 26.5 個であり、屋外の収集率は 95.0%、屋内の収集率は 80.7%であった。屋内の機器は発見しにくい傾向にあった。

また、対象音源が同じであっても入力位置の違いにより、プロット位置はばらついてきた。音源間の距離が近い場合には別の音源と重複することもある。特に、屋内では GPS の誤差が大きく、位置のずれが顕著になる。アプリケーション上での入力位置をより厳密にするために、表示エリアの拡大率を調整等のする工夫が必要である。

録音された音源は、録音状況等の違いにより同じ音源が全く別のものとして感じられる場合もあった。音響福祉機器は、対象音の方向や距離、空間特性に影響されやすい。特に視覚障害者がユーザである場合はナビゲーションの意味もあるため注意が必要である。



図 7 参加者によるプロット位置

(2) 環境調和型サイン音の提案と検証

平均停止位置を on-time と提示音圧レベルからみると、音圧レベルが大きいほどスピーカに近い位置で止まることができる(図 8)。また、on-time が長い方がややスピーカの近くで停止している傾向がある。

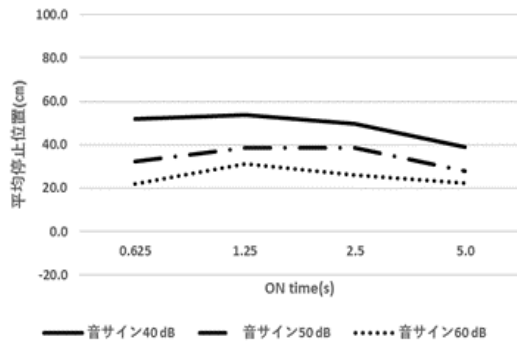


図 8 on-time と平均停止位置の関係

(3) 明瞭度の高い空間設計のための資料整備

SN 比は L_s と L_n の差となる。今回は音源が偏心している場合の解析データを示す(図 9)。ここで SN 比が 0 より大きい場合は、シグナルが背景音より大きいことを示している。SN 比が正の場合は聞き取りやすく、負の場合はノイズの聞き取りにくい空間となる。平均吸音率が低いほど聞き取りにくいという傾向が分かる。

また、容積が大きいほど SN 比が小さい。ここから、SN 比を一定とした場合の、容積と平均吸音率の関係を補完することで逆算した(図 10)。この図から SN 比が 0 以上になるような平均吸音率を読み取ることができる。

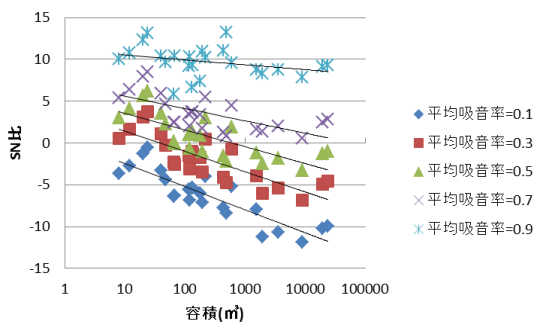


図 9 容積と SN 比の関係

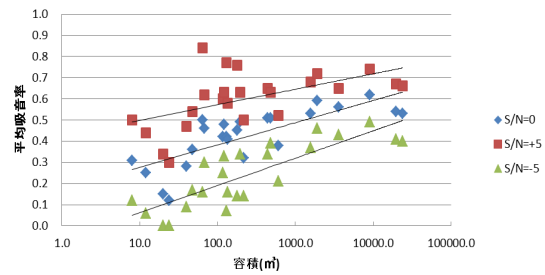


図 10 容積と平均吸音率の関係

参考文献

[1] 坂口弘樹、斎藤鉄馬、土田義郎：音の回折を利用したサイン音の検討、福祉のまちづくり研究、18(2)、p36、2016。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4 件)

1) 人間の心の仕組みを探る、土田義郎、i-BIRD、いしかわ大学連携インキュベータ、16、p.10、2016。[依頼原稿]

2) Acousess Map: Smartphone - based collaborative tool to facilitate assessing acoustical accessibility conditions for visually impaired people, M. Ueda, T. Miura, T. Morihara and Y. Tsuchida, 5th Joint Meeting Acoustical Society of America and Acoustical Society of Japan (Honolulu), p.3366, 2016。[査読無し]

3) The Soundscape of Murin-an Garden, Haruyoshi SOWA and Yoshio TSUCHIDA, Chinese Landscape Architecture, vol.31, 05, 54-57, 2015。[査読有り]

4) Proposal to PAC analysis using overlap classification method, Yoshio Tsuchida, MMIRA Asia Regional Conference 2015, in Osaka, Japan, 2015。[査読有り]

[学会発表](計 14 件)

1) 「庭を聴く」, 心蓮社庭園「緑・水・音」, 土田義郎, 国連大学サステナビリティ高等研究所いしかわ・かなざわオペレーティング・ユニット, 2017.6.25。[招待講演]

2) 避難行動を喚起する防災放送の実現のための話者への教示に関する研究 その1 主観的印象に与える教示の効果について, 土田義郎・高野佐代子, 日本音響学会秋季研究発表会(松山), 2017. [査読無し]

3) 夜間景観の認知構造, 土田義郎, シンポジウム 心理生理のフロンティアを語る(第4回) ひかりとまちのコラボレーション これからの夜間景観を創造する, 日本建築学会, 2017. [招待講演]

4) 避難行動を喚起する防災放送の実現のための話者への教示に関する研究 その2 教示による音声の特徴の変化について, 高野佐代子・土田義郎, 日本音響学会秋季研究発表会(松山), 2017. [査読無し]

5) 回折効果を用いた環境調和型音サインに関する研究 和音で構成した場合の効果の検証, 斎藤鉄馬・土田義郎, 平成29年度電気関係学会北陸支部連合大会, G-1, 2017. [査読無し]

6) 枯山水庭園における心象としての音風景に関する研究, 土田義郎・坂場勇希・藤澤壮真, 日本サウンドスケープ協会春季研究発表会(岩手), 2017. [査読無し]

7) 公共空間における音環境問題: その構造的把握への試論, 川井敬二・石田康二・土田義郎・永幡幸司, 日本騒音制御工学会春季研究発表会(神奈川), 1-1-04, 2017. [査読無し]

8) 環境調和型サイン音の基礎的研究 -回折効果を用いた空間分節-, 斎藤鉄馬・土田義郎, 日本音響学会講演論文集, 日本音響学会, 1155-1158, 2017. [査読無し]

9) 音環境アクセシビリティマップ作成のための実験的検討, 上田麻理・三浦貴大・藪謙一郎・森原崇・土田義郎, 日本音響学会春季研究発表会, 1541-1542, 2016. [査読無し]

10) 音サインの5原則, シンポジウム「基礎から考える音サイン環境」, 土田義郎, 日本福祉のまちづくり学会, 3-4, 2016. [招待講演]

11) 防災放送のアナウンス訓練システムの実用化に向けて, 土田義郎, 研究会「防災を科学的に考える～音響学の視点から～」, 日本音響学会北陸支部, 2016. [招待講演]

12) 音における文化の表象と物理量の狭間, 土田義郎, 日本騒音制御工学会 秋季研究発表会論文集, 57-60, 2015. [査読無し]

13) 超巨大災害発生時の避難勧告・指示の効果的情報伝達対策, 土田義郎, シンポジウム 南海トラフ巨大災害の防災対策について(大阪2015/8/26・名古屋2015/8/27・静岡2015/9/24), 金沢工業大学 地域防災環境科学研究所主催, 2015. [招待講演]

14) 会話のSN比を指標とする室内音響設計に関する検討-情報伝達における環境バリアフリーに向けて-, 土田義郎, 日本建築学会大会学術講演梗概集, No.40530, pp.1107-1110, 2015. [査読無し]

〔図書〕(計 2 件)

1) 音響キーワードブック, 日本音響学会編(土田義郎分担執筆/「サイン音」の項), コロナ社, 2016.

2) 心理と環境デザイン 感覚・知覚の実践, 日本建築学会 編(土田義郎分担執筆/応用編第2章第1節), 技報堂出版, 2015.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

土田 義郎 (TSUCHIDA, Yoshio)

金沢工業大学 環境・建築学部 教授

研究者番号: 20227424

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

上田 麻理 (ゲント大学)

研究者番号: 海外のため保有せず

(4) 研究協力者

なし