

平成 30 年 6 月 19 日現在

機関番号：32665

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K15255

研究課題名(和文) 医療施設の役割と機能を生かす音環境のあり方を検討する

研究課題名(英文) Investigation on a sound environment for making more effective and functional use of each room in medical facilities.

研究代表者

小山 由美 (KOYAMA, Yumi)

日本大学・薬学部・講師

研究者番号：50318458

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：安心して治療・療養できる医療施設の音環境を実現するため、医療施設の建築音響特性の解析と、プライバシーを保護した新しい録音方法の検討をおこなった。平均吸音率、残響時間などの解析の結果、正確な情報伝達やコミュニケーションが難しい室空間も存在することがわかった。また医療従事者動線が設けられた施設では、動線が優先されることで、本来の音環境が損なわれることが明らかとなった。このように医療施設の音環境は人の活動に伴って変化することから、患者や医療者の活動音を含む音環境の調査は必須である。そこで医療機器音や生活音のシミュレーション実験を行い、プライバシーを保護した新しい環境音の録音・解析方法を検討した。

研究成果の概要(英文)：To provide adequate acoustic environment without anxiety at health care facilities, we are studying the research focusing on an ambient noise and speech privacy. We had an opportunity to measure distribution of sound pressure levels at a health care facility. The result of the data analyses revealed that accurate information transition seemed difficult at several rooms. And the quality of architectural acoustics is obstructed when the working route is connected with examination room.

Although patient should concentrate to cure own illness, ambient noises make patient uncomfortable at a patient room. It is necessary to develop a new method which can perform an on-site recording and analyzing for an ambient noise with protection of all personal information. The sound sources like medical equipment and daily life noises and talker's voices were recorded in the simulated ward, and then sound source files were processed with certain method to reduce speech intelligibility.

研究分野：医歯薬学

キーワード：リスクマネジメント スピーチプライバシー 音環境 騒音 安心・安全 医療施設 患者主体 医療の効率化

1. 研究開始当初の背景

医療施設における音環境問題は、1) 会話が漏れ聞こえるスピーチプライバシー(コンフィデンシャルプライバシー:例えば、薬局の服薬指導領域や診療室から待合領域へ会話が漏れ伝わる問題、もしくは会話を他者に聞かれないように話しを避ける問題(引用文献1))、2) 療養空間に付随する不快音・騒音によるストレス(例えば、病室内にアラーム音や他の患者の生活音が聞こえることで緊張から解放されない問題(引用文献3,4))、3) 会話が不明瞭に聞こえコミュニケーションや情報伝達の正確性が低下する(例えば、手術室での情報伝達の正確性が様々な医療機器音によって障害される問題(引用文献2,5))などに分類することができる。

現代の複雑で高度な医療社会には、同時に患者主体の医療と医療従事者の労働環境を視野に入れた機能的な医療のあり方が検討される必要がある。医療現場に存在する音環境問題は、医療の高度化と共に国内外を問わず深刻になっている。睡眠時、療養時の騒音が睡眠の質に影響を与えること、睡眠時だけではなく覚醒時や作業時における騒音についても様々な生理的な障害、能力低下を引き起こすことが明らかとなっている(引用文献2,4)。

患者が安心して治療に専念できる音環境の向上と、医療従事者や利用者が周りを気にすることなく正確に医療情報を伝え聴くことができる医療空間の実現は、多様な視点からの研究が欠かせない。正確な情報伝達は医療の質向上に必須であるが、一つの空間で、明瞭性と会話の漏洩保護を両立させることは難しく、建築物の音響特性に沿った物理的な保護対策だけでは限界がある。

医療施設には医療を遂行するための様々な業務・目的があり、それを効率的且つ効果的に遂行するためには、建築計画・設計が重要である。米国では、FGI ガイドライン: Guidelines FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF Hospitals and Outpatient Facilities (医療施設の設計と建築に関するガイドライン)の中で、室空間のタイプごと(病室、廊下、手術室、NICU等)に遮音性能・吸音率・暗騒音などの音響基準が詳細に示されている。日本ではこのような基準は存在しない。

我々は、医療施設の建築音響特性を測定する機会を得たことから、得られた建築音響基礎データを解析し、分析結果はFGIガイドライン及びWHOガイドラインに照らして、各医療空間の音環境の実態を検討した。また、医療現場の環境音の測定には、プライバシーを保護した測定方法の検討が必須であることから、会話・医療機器音・その他医療施設に存在する音について解析・モデル化し、その特徴を踏まえた測定方法を検討した。

2. 研究の目的

本研究は、患者が安心して治療に専念できる音環境の向上と、医療従事者や利用者が周りを気にすることなく正確に医療情報を伝え、聴くことができる医療空間の実現を目指している。目的は、建築音響特性の測定(室空間の音の伝わり方を知る)、医療施設の環境音の分析(音源となる医療装置音等を実験室で再現し解析する)、そしてプライバシーを保護して、医療現場の環境音(人の活動や医療装置音などを含む音)録音する手法の構築である。

3. 研究の方法

(1) 医療施設の音響特性

医療施設は受付、診察室、診察室前待合領域、病室(個室・多床室)、手術室、ICUについて調査をおこなった。

音響特性は、インパルス応答(音源ソース:CD:TSP信号)、音圧分布(音源ソース:ピンクノイズ、アナウンス音)、暗騒音を測定し、残響時間と吸音率、2室間遮音、距離減衰を求め、米国FGIガイドライン2018、及びWHO Guidelines for Community Noise(1999)に照らして、音環境を評価した。

(2) 模擬病棟でのシミュレーション実験

学内にある模擬病棟を隣り合う多床室と想定し、試験音として病棟で使用される医療機器のアラーム音(点滴ポンプや生体モニター)や生活音(足音やワゴン移動音など)を再現し、音の伝わり方や、病室ドアの開閉による音環境の変化について実験を行った。実験者発生させた音をモノラルマイクロホン(RION NL-32)および6ch.マイクロホン(CU-6c)で受音し、データレコダ(RION DA-40)に記録した。

得られたデータをRION AS-70にて周波数分析(1/3オクターブ分析及びFFT分析)を行った。

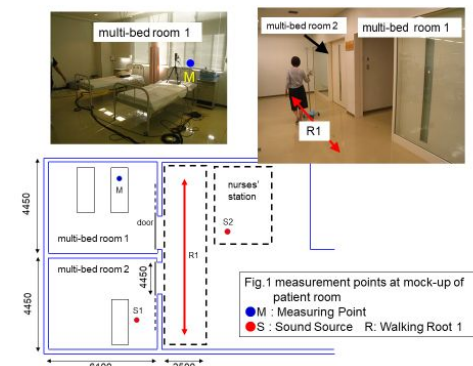


Fig.1 模擬病棟における音源と受音点の配置図

(3) 環境音の新規録音方法の検討

プライバシーを保護した録音方法を検討するため、模擬病棟で録音した試験音及びナ

レーター（女性）による童話（おやゆび姫）の朗読音声データを Sound Engine を利用して断片化した。

断片化は mora と会話スピードを踏まえて決定した。解析は、RION AS-70 にて周波数分析（1/3 オクターブ分析及び FFT 分析）を行った。

4. 研究成果

（1）医療施設の音響特性

吸音率と残響時間

FGI ガイドラインでは、病室、診察室、処置室等はいずれも 500Hz における平均吸音率 0.15 以上が要求されている。今回調査した施設における平均吸音率は、4 床病室においては約 0.2 となり基準を満たした。1 床病室、診察室、手術室、ICU はいずれも基準を満たさなかった。基準を満たした 4 床病室については、室の吸音ではなく、ベッドによる付加吸音力によって規準を満たしたと考えられた。

残響時間は手術室、ICU で 1.1 秒と非常に長く FGI ガイドラインの基準値を満たさなかった。手術室では、長い残響によって医療者の音声明瞭度が低下し、正確な情報伝達が妨げられる恐れがあると考えられる。また、重篤な患者の治療・療養を行う ICU においては、医療機器の発する音の騒音レベルが上昇し、患者のストレスとなることも考えられる。

2 室間遮音

隣接する診察室間では、診察室に沿って設計されたスタッフ動線側のドアを開けた場合には、レベル差は 500Hz で約 19dB まで低下した（閉鎖時のレベル差は約 35dB）。スタッフ動線側のドアを開けた状態で診察を行った場合には、診察音声が隣室に漏れ聞こえる可能性がある。病室間のレベル差解析の結果も同様で、病室のドアを閉めていれば隣室間の遮音性能にほとんど問題は無いことが明らかとなった。一方、ドアを開けた場合には、隣室間の音が漏れ聞こえる可能性があることがわかった。

距離減衰

診察室を音源とした場合、複数の診察室をつなぐスタッフ動線での距離減衰が最も小さかった。つまり音がそれほど減衰しないことを意味する。スタッフ動線を通じて、ある程度離れた診察室にも音声が漏れ聞こえる危険性があることがわかった。

ナースステーションから病室（ドアを開けた状態）への音声の距離減衰は、およそ 10m 離れた病室へは約 30dB の減衰があり、15m 程度離れた病室へは約 35dB の減衰が認められた。深夜など静かな環境・時間帯や、ナースステーションから近い病室については、病室のドアが開いていると会話が病室にまで聞こえる可能性が示唆された。

（2）模擬病棟でのシミュレーション実験

模擬病棟にある二床室は二部屋あり、互いに隣接している（Fig.1）。患者 M を受音点とし、音源は病室内、隣室 S1、廊下 R やナースステーション S2 を想定して測定を行った。

模擬病棟の音響特性は、病室およびナースステーションにおいてインパルス応答を測定し、1 オクターブバンドごとの残響時間を測定した。500 Hz の値で、病室 1.08 秒、ナースステーション 0.92 秒であった。患者の病室の隣室を音源として、ドアを閉めた状態と開けた状態で測定した。ドアは吊り戸で閉じた状態でも隙間が存在した。ドアを閉めることにより約 15dB から 20dB 程度音圧が減衰した。この結果は、（1）の実際に医療施設で調査した結果と同じであった。

医療機器のアラーム音の一例として、輸液ポンプのアラームの結果を示す（Fig.2）。隣室から漏れ聞こえるアラーム音は 1600Hz から 3000Hz の狭い周波数帯域を有する音色で、病室のドアが開いている時の LAeq（等価騒音レベル）は約 35-37dB で、ドアを閉めることで病室に漏れ聞こえるアラーム音は暗騒音レベルまで減衰した。

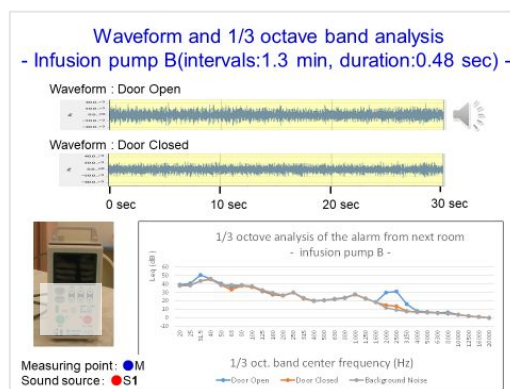


Fig. 2 輸液ポンプアラーム音の 1/3 オクターブ分析とドアの開閉による音圧レベル差

生活音の一例として、人の足音の結果を示す（Fig.3）病室外の廊下を歩く足音の音色は、靴の種類により異なり、ナースシューズは最も静かで、広い周波数帯域を特徴としていた。靴底が硬いパンプスとハイヒールは、ナースシューズ同様に周波数帯域は広いものの、短く鋭い音圧の波形が間欠的に生じている特徴を有していた。ドアが開いている時の A 特性音圧レベルは、ナースシューズでは約 30dB LA に対し、ヒールやパンプスでは約 48dB LA であった。

WHO の GUIDELINES FOR COMMUNITY NOISE (1999) は、人々の健康に害を及ぼす社会騒音に対し、室内屋外や特定の環境で暴露される騒音の安全値を示している。例えば、睡眠障害は等価騒音レベル 30dB LAeq で始まるとされることから、睡眠時の室内基準は 30dB LAeq、最大音圧レベル 45dB LAmax を目標値としている。

病院では、病室内の等価騒音レベルは昼夜を問わず 30dB LAeq、夜間の最大音圧レベル 40dB LAmax が目標値とされている。ストレス

への抵抗力が低い患者の部屋では、35dB LAeq を超えないことが求められている。FGI Guidelines 2018 では、病室内の等価騒音レベルはWHO より基準が緩く 45dB LAeq である。

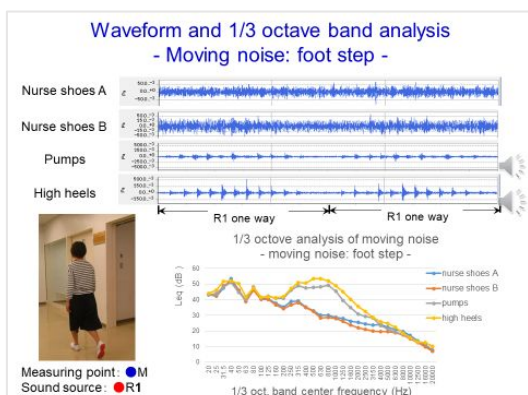


Fig.3 フットステップ音の1/3 オクターブ分析と靴の種類による音圧レベル差

模擬病棟でのシミュレーション実験の結果、病室のドアが開いている場合、患者は隣室からのアラーム音や他の患者や医療従事者の生活音にさらされる。アラーム音の L_{max} は 40dB、ヒールの足音は 48dB_{LA} を超えており、どちらも WHO の目標値を満たさなかったが、アラーム音については FGI 病室内 L_{max} (45dB) は、アラーム音のみ満たしていた。

建築音響特性の調査・解析により、音声(情報)伝達のし易さや、会話やアラーム音の漏れ聞こえの程度を推測することができた。しかし病室やスタッフ動線のドアの開閉状況やアラーム音(異常感知)の対応状況によって、実際の音環境の質は異なることから、建築音響特性に加え、人の活動に伴う音を含む音環境評価が必用と考える。

稼働中の医療空間の音環境評価には、患者や家族や医療従事者の音声が混在する可能性が高く、音環境評価にはプライバシーを保護した新しい録音方法が必須である。そこで会話音声に代わる女性ナレーターの朗読音を試験音として、プライバシーを保護した新しい録音方法の検討を行った。

3つの発話スピードで朗読した音声の特徴を Fig.4 に示す。低速の朗読は、これ以上ゆっくりだと意味が分からなくなる直前の朗読速度、中速はテレビなどのニュースで聞く速度、高速はこれ以上早く話せない程度の速度である。オクターブバンド解析の結果、音色の特徴は朗読スピードに関係なく、音圧レベルも同じであった。

(3) 環境音の新規録音方法の検討

一般に、ニュースのアナウンスは、1分当たり 300文字前後であり、500文字は超えないとされている。しかしながら、発話速度は一定リズムではなく刻々と変化することや、置かれた状況や個人差、年齢などによっても

異なることから、試験音(おやゆび姫)は、高・中・低速の3つの速度の朗読を使用した。高速は 262文字(286mora) / 30sec、中速は 173文字(190mora) / 30sec、低速は 117文字(132mora) / 30sec であった。試験音は、短い時間間隔と周期下で断片 - 無音化する方法で検討し、ある時間的組み合わせの処理条件で、試験音を処理した。

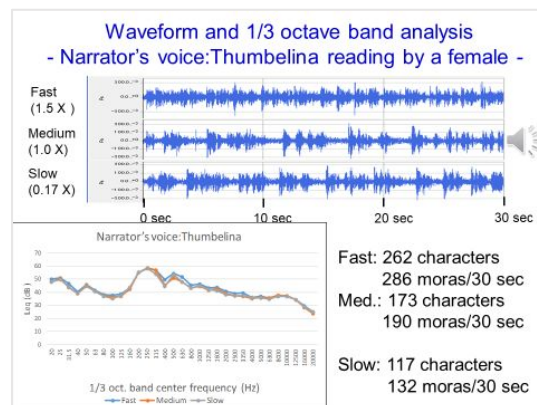


Fig.4 おやゆび姫の朗読音の1/3 オクターブ分析と朗読スピード

断片 - 無音化処理の結果、3つの速度の朗読音声(おやゆび姫)は、研究者複数名による文章理解度に留まるものの、内容の不明瞭性が確認された。未処理音声と処理後では、全体的に音圧はわずかに減少したが、1/3 オクターブ分析の波形に変化はなかった。アラーム音や足音についても、断片 - 無音化処理の結果、わずかな音圧の減少が見られたが、1/3 オクターブ分析の波形は変化がなかった。また、病室のドアの開閉による音圧の変化を抽出することができた。

以上の結果から、医療現場に発生するアラーム音や人の活動に伴う音の波形データをコンピュータ処理によって断片化すると、全体的に音圧は下がるが、1/3 オクターブバンド周波数特性の特徴は保持されていることが確認された。今後この処理条件の検証を行うため、断片 - 無音化処理音声の単語・文章理解度試験を行い、妥当性と信頼性を高めていく計画である。

更に、実際の医療音環境を評価するためには、人が活動している医療音環境を経時的に且つプライバシーを保護して測定することが必要である。現在は、音声を録音し、その後で音声データをコンピュータ処理して秘匿化を行っているが、これでは医療現場における人の活動音を含む音声データの録音は、プライバシー保護の観点から認められることはない。音声データが録音と同時に秘匿化処理されれば、会話内容は不可逆的に再生不能となることから、新しい環境音の秘匿化録音法には、新しい機器の開発も必要である。

新しい録音方法と録音機器の開発により、医療現場の人の活動音を含む環境音が調査できれば、より実態に沿った音響建築設計や

医療体制のルール作りが可能になると考える。

<引用文献>

小山由美, 星和磨, 羽入敏樹, 調剤薬局におけるスピーチプライバシーの実態 - その1 薬局薬剤師の視点から課題を問う -, J.Res.Inst.Sci.Tech.,Univ.Vol.130 P19-23 (2013)

Guidelines FOR DESIGN AND CONSTRUCTION OF Hospitals and Outpatient Facilities 2018 edition

保坂奈美, 他, 入院患者が不快と感ずる病棟環境の実態調査, Yamanashi Nursing Journal Vol.4 No.2, P81-84 (2006)

山田由紀子, 他, 病院環境に関する基礎的研究~病棟の音環境における実態と居住後評価~, 明治大学科学技術研究所紀要, 42 (1), P1-12 (2003)

Birgitta Berglund, et al., World Health Organisation - Guidelines for Community Noise (1999)

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

羽入敏樹 「スピーチプライバシーの確保を目的とした建築設計指針 素案 ~標準化に向けて~「設計指針」」, 第78回音シンポジウム スピーチプライバシーの確保を目的とした建築設計 ~音声情報漏洩防止~ (2017年03月03日)

田中直樹, 李 孝珍, 坂本慎一, 小山由美, 医療施設における音環境に関する聴感実験, 日本建築学会大会2017年(中国)(2017年9月2日))

Yumi Koyama, Yasushi Shimizu, Evaluation of ambient noise including conversation in medical facilities, THE 174TH MEETING OF THE ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA (招待講演)(国際学会)(New Orleans)(2017年12月6日)

[その他]

ホームページ等

<https://www.pha.nihon-u.ac.jp/research/about/activity/case-study05/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

小山 由美 (KOYAMA, Yumi)

日本大学・薬学部・講師

研究者番号: 50318458

(2)研究分担者

羽入 敏樹 (HANYU, Toshiki)

日本大学短期大学部・教授

研究者番号: 70299981

星 和磨 (HOSHI, Kazuma)

日本大学短期大学部・准教授
研究者番号: 50373171

(3)研究協力者

清水 寧 (SHIMIZU, Yasushi)

李 孝珍 (I, Hyojin)