

令和元年6月2日現在

機関番号：37111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06611

研究課題名(和文) 透明な吸音材を用いた静穏性の高い保育器の提案

研究課題名(英文) Calmness incubators using transparent material for acoustic absorbing

研究代表者

穴井 謙 (Anai, Ken)

福岡大学・工学部・教授

研究者番号：10325467

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：NICUなどの周産期医療空間で使用される保育器内の音環境について、実際の医療空間における実態把握、実物大模型および数値シミュレーションを用いた実験および解析を行った上で、保育器のための透明な吸音材として微細穿孔板(MPP)の仕様検討を行った。その結果、4種類のMPPを組み合わせることで、保育器内で響きやすい中音域に対して一定の効果が得られることを明らかにした。その効果量は周波数帯によって異なるものの、保育器内の音圧レベルを1 dBから9 dBほど減少させることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は新しい透明な吸音材を医療の現場に適用することを提案したものであり、空間の音場制御手法の選択肢を広げると同時に、これまで重要視されていなかった新生児の音環境を向上させる必要性とその一技術を明らかにすることができた。本研究の開始後、保育器内の静穏性を高める技術の必要性が医療分野の関係者にも認識され始め、結果的に先行研究となった本研究の成果を社会に還元することが強く望まれている。

研究成果の概要(英文)：Sound environment in incubators used in perinatal medical spaces such as NICU was measured in actual medical spaces, and was conducted experiments and analyses using actual size model and numerical simulations. After that, the specifications of the micro-perforated panels (MPPs) were examined as transparent sound absorbing material for incubators.

As a result, it was clarified that combining four kinds of MPPs can produce certain effects on the midrange frequencies which were likely to be resonated in the incubator. The sound pressure levels could be reduced by 1 dB to 9 dB depending on the frequency bands.

研究分野：建築環境学，環境音響学

キーワード：保育器 音環境 微細穿孔板

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

新生児集中治療室 (NICU) に代表される周産期医療空間では、児の体温調節やウィルスなどからの感染予防のために、温度・湿度を適切に管理できる保育器が使用される。保育器は、例えば早期産児 (在胎の満期は 40 週であるが、在胎 37 週未満で出生した新生児のこと) など、できる限り穏やかな環境で睡眠を十分に得させ、速やかな成長を促さなくてはならない児に対して用いられる。しかし保育器は、様々な医療機器が発するアラーム音や看護処置によって生じる外部からの騒音に曝され、また固い樹脂製でほぼ密閉されているため、内部空間で音が反響して大きな騒音になるなど、児にとって安らかに過ごせる静穏な音環境になっていないことが懸念される。保育器に対して、内部の音環境を児にとって安全で快適なものにするための対策技術はほとんど研究されてこなかった。保育器内の音環境を改善することは新生児の健康向上に大きく寄与するものと考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、例えば NICU などの周産期医療空間で使用される保育器内の音環境を向上させて新生児の健やかな発育を促すために、微細穿孔板 (MPP) を用いた透明な吸音材を組み込んだ新しい保育器を提案することである。透光性があり消毒 (例えば清拭など) も容易に行える微細穿孔板を組み込むことで、保育器内の騒音レベルを抑えた静穏な空間の構築を目指す。周産期医療空間で使われている保育器内の騒音の現状 (一例) を調査し、保育器に求められる吸音性能を有する微細穿孔板の形状 (板厚、孔径、背後空気層厚、孔間隔など) を決定し、その効果を実験的に把握する。

3. 研究の方法

(1) 周産期医療空間で実際に使用されている保育器内の音環境の把握

国内の周産期医療空間で実際に使われている保育器の内部空間と外部で、時刻同期させて騒音レベルを計測し、保育器が設置される新生児集中治療室 (NICU) の音環境と、保育器内の音環境を比較検討する。

(2) 透明な吸音材の仕様設計

保育器内で響きやすい周波数帯に効果が現れるように、吸音材 (MPP) の仕様を検討する。複数の MPP を併用することで、より広い帯域を吸音できるように配慮する。理論式を用いて設計した上で、保育器のように閉じた空間で得られる吸音効果を実験により把握する。保育器は内外からの騒音に曝されるが、実験の際には保育器内部で発生する泣き声を想定する。

(3) 透明な吸音材の効果把握

複数の MPP を閉じた空間で併用することにより得られる吸音効果を実験により定量的に把握する。保育器内で行われる医療および看護行為を妨げないような位置に MPP を設置し、泣き声に対する吸音効果を検証する。

4. 研究成果

(1) 周産期医療空間で実際に使用されている保育器内の音環境

NICU 空間の音環境は、暗騒音レベルが 50 dB 程度と大きめであった。騒音のレベル変動は 50 dB ~ 60 dB 程度であり、打ち合わせ等の会話が行われると 65 dB を超えることを把握した。保育器内 (図 1 参照) の暗騒音レベルは 45 dB で、アメリカ小児科学会の推奨値程度であったが、医療機器のアラーム等が保育器内でも聞こえ、45 dB ~ 55 dB 程度の騒音レベルで推移しており、推奨値を超える時間帯が大半であった。しかし、吸音材により数 dB でも保育器内の騒音レベルを低減できれば、推奨値程度の時間帯を大幅に増やすことができることを明らかにした。

なお、保育器内外の計測結果より、保育器自体には 8 dB 程度の遮音性能があると推察されるものの、NICU 内での会話は保育器内の騒音レベルを上昇させるため、必要最小限に留めるべきである。

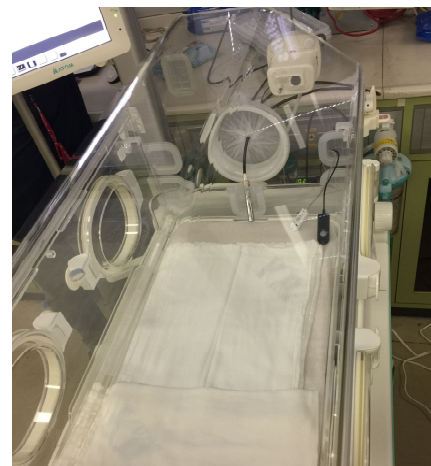


図 1: 保育内のマイクロホン設置状況

(2) 透明な吸音材の仕様

保育器の共鳴周波数を踏まえ、吸音対象を 1/3 オクターブバンドの中心周波数で 400 Hz から 2.5 kHz までの 3 オクターブとした。4 種類の MPP それぞれの対象周波数帯を、MPP-A: 400 Hz から 630 Hz、MPP-B: 630 Hz から 1 kHz、MPP-C: 1 kHz から 1.6 kHz、MPP-D: 1.6 kHz から 2.5 kHz として、理論式を用いて吸音効果が最大になる仕様を選定した。製作しやすさを考慮し、板厚は 0.2 mm、孔径は 0.4 mm、孔間隔は 5.0 mm で統一して、背後空気層を MPP-A: 90 mm、MPP-B: 50 mm、MPP-C: 30 mm、MPP-D: 20 mm を提案した。

保育器のように小さな空間で得られる MPP の吸音効果を実験的に検討したところ、例

として MPP-C あるいは MPP-D の場合を図 2, 図 3 に示すように, 期待された周波数帯で数 dB (9 dB 未満) の騒音が低減された。

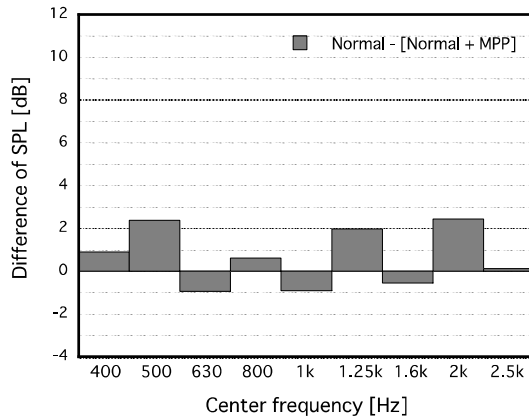


図 2: 上面に MPP-C を設置

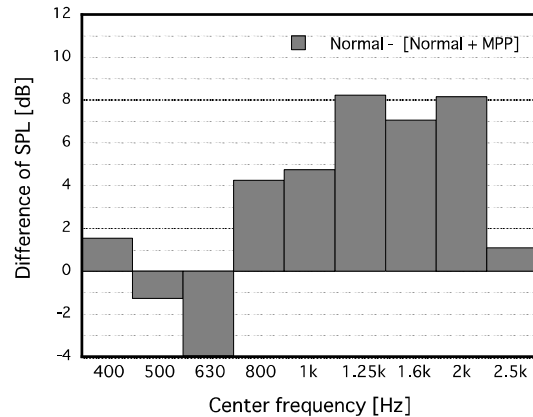


図 3: 上面に MPP-D を設置

(3) 透明な吸音材の効果

4 種類の MPP-A, B, C, D を保育器の模擬器内部の上面と側面 (1 面) の 2 面に配置した。すなわち, 各面に 2 種類ずつの MPP を複層にして設置した。吸音効果の例として, MPP-C, D を模擬器の上面に設置して MPP-A, B を側面に設置した場合 (図 4 参照) の音圧レベルの低減量を図 5 に示す。これらは吸音対象の 3 オクターブバンドすべてで吸音効果が確認でき, 複層化により MPP の吸音性能の広帯域化が確認できた設置パターンである。効果量は帯域によって異なり, 1 dB から 9 dB であった。児の口元から耳元までを想定して計測したインパルス応答に児の泣き声を畳み込んで比較したところ, MPP を設置しない場合に比べて音圧レベルが 3 dB ほど低減されており, 児の耳に届く音響エネルギーを半減させる効果を得ることができることを明らかにした。

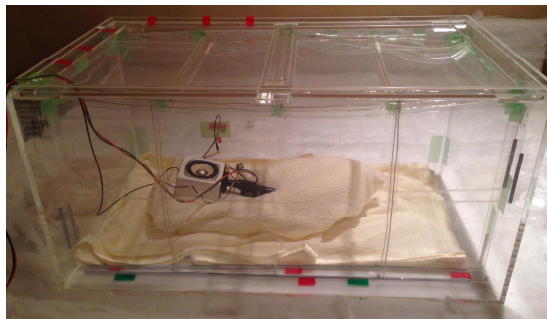


図 4: 模擬器に MPPs を設置して計測

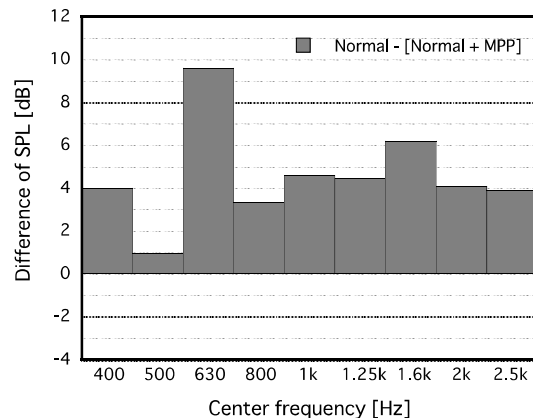


図 5: 上面に MPP-C, D, 側面に MPP-A, B

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

Ken Anai, Fundamental investigation of sound absorption efficiency of MPPs for incubators by using FDTD method, Proc. Inter-noise 2017, 招待講演, 2017, 389-395

[学会発表](計 8 件)

穴井 謙, インキュベータ内の音環境改善のための微細穿孔板の適用, 九州リオン環境騒音振動セミナー, 2018

穴井 謙, 玉谷行識, 新小田 春美, 益野元紀, 保育器内の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -微細穿孔板の複層化による吸音性能の広帯域化-, 日本音響学会 騒音・振動研究会, 資料 N-2018-01, 2018

穴井 謙, 保育器内の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -FDTD 法による 2 層の微細穿孔板の吸音効果の検討-, 日本騒音制御工学会 秋季研究発表会, 2017

穴井 謙, 保育器の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -FDTD 法を用いた微細穿孔板の吸音効果の検討-, 日本建築学会 九州支部研究報告, 2017

西森亜弥, 穴井 謙, 保育器の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -半円筒形状の MPP の吸音性能と児に優しい保育器の設計-, 日本建築学会 九州支部研究報告, 2017

穴井 謙, 西森亜弥, 新小田 春美, 保育器内の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -保

育器内の児の泣き声の特徴把握と 4 種類の微細穿孔板による吸音性能の広帯域化- , 日本騒音制御工学会 秋季研究発表会 , 2016

西森亜弥 , 穴井 謙 , 保育器内の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -微細穿孔板の形状による吸音性能の変化の実験的検討- , 日本騒音制御工学会 秋季研究発表会 , 2016

西森亜弥 , 穴井 謙 , 保育器の音環境改善のための微細穿孔板の適用 -微細穿孔板の形状による吸音効果の変化- , 日本建築学会 大会学術講演 , 2016

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年 :
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
取得年 :
国内外の別 :

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名 :

ローマ字氏名 :

所属研究機関名 :

部局名 :

職名 :

研究者番号 (8 桁):

(2)研究協力者

研究協力者氏名 :

ローマ字氏名 :