

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 24 日現在

機関番号：55401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18K12166

研究課題名（和文）視覚障害者の反響定位修得支援のための超音波スピーカ応用支援装置の研究

研究課題名（英文）Study of Ultrasonic Speaker Technology for Visually Impaired People Acquiring Echolocation-Technique

研究代表者

横沼 実雄（Mitsuo, Yokonuma）

呉工業高等専門学校・電気情報工学分野・教授

研究者番号：00280446

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）：超音波スピーカからの高指向性音波の反響音が、障害物の材質によって変化することを可聴音波形とFFT解析から確認した。当初、可聴音成分が方形波の音波を使用し、波形とFFT両方で材質による反響音の差異が確認できたが、その差は小さかった。このため、差異が出やすい高調波成分を強調した音波に改善、違いが大きくなるようになった。ただし、材質判定には十分な差異ではないため、より広い周波数範囲の高調波成分を持つ連続インパルス信号を用いた所、反響音の材質による差異がさらに明確となった。まだ反響音の聞き分けによる材質判定には十分でないため、音波の改善だけでなく、反響音変化の大きい試料についても検討を進めている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超音波スピーカによる高指向性音波の反響音音響解析から、材質の違いにより反響音中の高調波成分に変化が生ずること、また変化の見られる高調波成分を強調することで、高調波成分の変化をより大きくできることが確認できた。また、連続インパルス信号による変調では、より広い周波数範囲に高調波成分が発生するため、反響音による材質の違いや変化を捉えることが可能であることが確認できた。エコーロケーション修得支援だけでなく、より広い分野で非接触検査の手法に応用できる可能性がある。

現在、本研究から派生して、コンクリート壁の表面剥離に対する非接触非破壊の検査診断法として、新たな音響解析法も用いて研究開発を行っている。

研究成果の概要（英文）： It was found that the echo sound of the highly directional sound wave generated by the ultrasonic speaker changes depending on the material of the obstacle, from the audible sound wave forms and the results of FFT analysis. However, in the square wave, the change in the echo sound depending on the material was slight. As a result of improving the sound wave from the square wave to the sound wave that emphasizes the harmonic components that are likely to make a difference, the difference became clear. For continuous impulse signals with higher harmonic content, the difference in reverberation became even more apparent. From these results, the feasibility of material determination by distinguishing echo sounds has increased.

研究分野：電気電子材料

キーワード：超音波スピーカ技術 反響音音響解析 エコーロケーション 非接触での材質判断

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

視覚障害者の社会進出、就労率向上には、周囲の状況把握を含めた歩行支援が不可欠で、これには盲導犬等による歩行支援が有効とされる。しかし、絶対数不足は解決せず、その他の支援方法が求められる。一方、歩行支援装置の研究、開発は、超音波距離センサ等を使って障害物までの距離検知を行い、警報音や振動等で使用者に報せる手法が主である。一部、カメラと二次元配置振動デバイス等による擬似視覚の研究や、超音波の音場解析による障害物観測の研究も行われている。しかし何れの方法でも、使用者が周囲の状況、特に移動方向周辺にある障害物の位置、大きさ、種類をその場で全て把握するのは困難である。

一方で視覚障害者の中には、イルカやコウモリなどが行う反響定位（エコーロケーション）を行い、健常者と同等に周囲の状況把握、歩行が可能な人達も存在する。彼らは自ら発する音の反響を使い、障害物だけでなく周囲の物体の位置、大きさ、形状、材質などの情報を瞬時に得ることができる。これを視覚障害者全員が修得できれば移動の困難は解消されるが、修得には多大な修練と経験が必要となる。これは人間の反響定位に利用出来る音波が可聴音に限定されるため、動物の反響定位で使われる超音波ほどの高指向性が得られないことに起因する。視覚障害者が自ら発した可聴域の音波は、周囲に広立体角で伝搬して周囲の状況を反映した反響音として返ってくる。専門器官を有する動物ですら高指向性の音波で行う反響音の情報処理を、さらに広範囲から返ってくる膨大な量となった反響音情報を処理するのが非常に困難となるのは当然である。

2. 研究の目的

本研究では視覚障害者のために、超音波スピーカを応用して高指向性の可聴音波を生成し、使用者の反響定位（エコーロケーション）の修得を支援することで自由な移動を可能とする歩行支援装置の開発を目指している。現在、試作支援装置により障害物の位置情報、大きさ情報はほぼ獲得でき、障害物情報（材質、形状）の獲得も可能性を見出している。後者が容易に可能となれば、大変有効な歩行支援が実現できる。今回は障害物の材質判別に有効な音響情報を確定し、この結果を歩行支援装置に応用して、本装置使用者の障害物情報獲得、特に材質判別を容易に可能とする（聞き分けられる）ことを目的とする。

実現までの最後の一步となっているより明確な障害物情報の獲得を目的とし、様々な材質で反響音波の特徴的な音響変化を音響解析し、材質間の差異が明確となる様作成した音響信号から音波生成して有効性を確認する。最終的に、歩行支援装置の実現により、反響定位修得、有効な歩行支援の実現を目指す。

3. 研究の方法

既存技術の超音波スピーカの応用で高指向性の可聴域音波が生成可能であること、またイルカのクリック音と同等の音響信号として可聴音成分がインパルス的な波形（理想インパルス波は全周波数成分を含む）となる極低周波（ $\sim 10\text{Hz}$ ）の方形波変調による音波生成が有効であること、これらの実験で反響音から障害物情報、特に材質情報が得られる可能性があること、等が主な知見として本研究開始前に得られていた。

平成29年度～30年度には、障害物材質（鉄板、合板、スタイロ材板）の判別に有効な周波数成分等の特徴を明らかにすると共に、反響音波の変化と各材質間の特性の違いとを比較検討して、反響音波変化の原因を探った。極低周波の方形波を変調用音響信号として、超音波スピーカより生成した音波の反響音波について、精密な音響測定、FFT音響解析を行った。これは本助成金により導入した、音響測定機器およびソフトウェアにより実現された。

前述の結果を基に、令和元年度～令和2年度には、障害物情報の獲得に有効な変調用音響信号データを作成し、各材質間における反響音波の差異を明確化することを試みた。方形波の高調波成分から、材質による差異が大きくなる高調波成分を強調することで変調用音響信号を作成し、反響音波の音響計測と音響解析を行った。

前述の高調波成分の強調では、材質による差異はより明らかになったものの、直接聞き分けられるまでではなかった。このことから、延長した令和3年度には、より広周波数範囲で高調波成分が現れる連続インパルス信号（インパルス信号を一定周期毎に発生）を使用して、研究を進めた。併せて、令和2年度終わりに外部機関に障害物材質3種の音響インピーダンス測定を依頼し、その解析を行った。解析結果から、障害物材質3種に加えて合板表面にフェルト生地を貼り

付けたサンプルを加えて、現在も連続インパルス変調波の反響音解析を続けている。

4. 研究成果

平成29年度～30年度には、可聴音域下限に近い第3次高調波成分を基準とした高調波成分構成を障害物材質3種で比較した結果、反響音第5次から第11次高調波成分に比較的大きな差異が現れることを見出した。ただし、聞き分けに十分な違いとは言えず、計画通り差異が出やすい高調波成分を強調する手法を採用した。これら成果については、平成30年度(第69回)電気・情報関連学会中国支部連合大会にて報告した。同学会発表において、第5次高調波のみを強調した波形の計測および解析結果も報告、高調波成分の強調の有効性も報告した。

令和元年度～令和2年度には、方形波変調を基に高調波成分を強調した変調波を数種作製し、その反響音の差異を明確化する効果について検討を行った。反響音第5次から第11次高調波成分を方形波について一定割合で強調した場合、基本波から第11次成分のみで同様の強調をした場合などについて検討した所、材料毎の差異を明確化する様に波形作成を行えば、FFT解析上では見込み通りの応答(材料毎の差異が強調される)を見せた。ただし、周波数成分比の差異の割に、聞き分けが可能であるほどの反響音の変化は見られなかった。後半では、併行して連続インパルス変調の検討を開始し、より多くの高調波成分で差異が見られることを確認した。これらの成果については、2020年度(第71回)電気・情報関連学会中国支部連合大会にて報告を行った。

令和2年度には、外部機関に障害物材質3種の音響インピーダンス測定を依頼し、その解析を行い、これまでの結果と比較検討を行った。ここから、音響インピーダンスに関係する剛性、密度、吸収率に大きく違いがあるはずの前述3種材質が、反響音については音響インピーダンスの周波数特性に大きな違いが無く、透過音ほどに変化が無いことが分かった。しかし、前述の連続インパルス変調に期待が持てるため、測定と解析を継続している。また、より反響音の音響インピーダンスが変化する様に、合板表面にフェルト生地を貼り付けたサンプルを加えた4種により行っている。

本研究で使用した連続インパルス変調が広範囲の高調波を持つことから、派生研究として建築物コンクリート壁の表面剥離の検査診断法への応用を検討することとなった。2021年度(第72回)電気・情報関連学会中国支部連合大会では、この派生研究からの報告が主ではあるが、発表冒頭で令和3年度前半までの成果を報告した。

障害物材質4種での研究成果については、2022年度(第73回)電気・情報関連学会中国支部連合大会で報告を予定している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 福光 洋生, 横沼 実雄
2. 発表標題 超音波スピーカを応用した視覚障害者歩行支援機の開発
3. 学会等名 令和2年度(第71回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田北人士, 横沼実雄
2. 発表標題 超音波スピーカを応用した視覚障害者用歩行支援機器の開発
3. 学会等名 平成30年度(第69回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福光 洋生, 横沼 実雄
2. 発表標題 超音波スピーカ技術を用いたコンクリート壁 表面剥離の非接触検査法に関する研究
3. 学会等名 2021年度(第72回)電気・情報関連学会中国支部連合大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------