九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

音の到来方向と音源の分布幅を考慮したラウドネスに関する研究

山内, 源太

https://hdl.handle.net/2324/2236250

出版情報：Kyushu University, 2018, 博士（芸術工学）, 課程博士
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

氏　　名　：山内　源太

論 文 名　：音の到来方向と音源の分布幅を考慮したラウドネスに関する研究

区　　分　：甲

論　文　内　容　の　要　旨

本論文は，音の到来方向と音源の分布幅によってラウドネスは変化することを実験的に示し，その変化を定量的に示したチャートを，ラウドネスを基礎とした音の大きさに関する新たな音響指標として提案するものである。ラウドネスはある音の感覚的な大きさを表す心理尺度であり，その計算方法の 1 つである Zwicker の方法が ISO532-1:2017 で規格化されている。この規格によると，ラウドネスは全指向性が仮定される単一のマイクロホンより得られる応答から計算されるが，人が聴取する両耳の応答から計算されるものではない。両耳の応答は，頭部や耳介などによる反射や回折の影響を受けるため，左右の耳に届く応答に生じる時間差やレベル差などから推定される音の到来方向の影響を受ける。よって，従来規格の単一応答と人が聴取する両耳応答に差異が存在すると考えられる。本論文ではこの点に着目し，単一応答と両耳応答からそれぞれ計算されるラウドネスの差異の評価と，ラウドネスを基礎とした音の大きさに関する新たな音響指標の提案を目的とする。

両耳の応答が受ける頭部や耳介などによる反射や回折の影響は，音の到来方向によって変化すると考えられる。この変化の検証を目的に，4π 空間を対象としたダミーヘッドの頭部伝達関数を測定した結果，音の到来方向によって頭部伝達関数は変化することを確認した。これは先行研究で明らかになっている内容であるが，人が知覚する音の大きさに着目すると，主として音の強さに依存する音の大きさも音の到来方向によって変化する可能性が示唆された。

両耳応答からラウドネスを計算する方法は，先行研究で提案されている方法を適用した。具体的には，両耳の応答を単一の応答に合成し，この合成された応答からラウドネスを計算する方法である。4π 空間において単一の方向から到来する音（単一音源）を対象に，従来規格の単一応答から計算されるラウドネスと本論文で適用した両耳応答から計算されるラウドネスの比較を目的に，ダミーヘッドを用いた測定を実施した。その結果，両耳応答から計算されるラウドネスは音の到来方向によって変化し，またこのラウドネスはほぼ全ての到来方向において従来規格のラウドネスと比べて大きい結果を得た。さらに，併せて実施した主観評価実験で得られた結果の傾向は，ダミーヘッドを用いた測定で得られた結果の傾向と一致した。つまり，従来規格には含まれていない音の到来方向の影響は，人が音の大きさを評価する上で重要であることが示唆された。

さて，音源から到来する音は必ずしも単一の方向から到来するとは限らない。我々が日常生活でよく利用する鉄道車両の車室内といった閉空間には，多数の音源が広く分布していると考えられる。このような分布する音源の位置（音の到来方向）と分布幅によってもラウドネスは変化すると考えられる。そこで，仰角方向の分布幅を 20 度から－20 度に限定した条件において，分布音源によるラウドネスの変化の検証を目的に，ダミーヘッドを用いた測定を実施した。その結果，どの分布条件も従来規格の評価点であるダミーヘッドの頭部中心で得られる音圧レベルは同一としたにも関わらず，分布音源の方向と音源の分布幅によってラウドネスは変化する結果を得た。さらに，併せて実施した主観評価実験で得られた結果の傾向は，ダミーヘッドを用いた測定で得られた結果の傾向と一致した。つまり，単一音源だけではなく分布音源についても，音源位置（音の到来方向）と音

源の分布幅によってラウドネスは変化することを確認した。

以上より，ダミーヘッドを用いた測定と主観評価実験で得られたラウドネスの変化の傾向は一致したことから，ダミーヘッドを用いた測定によって音の到来方向と音源の分布幅により変化するラウドネスを定量的に求めることができる。等ラウドネスレベル曲線（ISO226:2003）によれば，この変化量は 400Hz 以上では心理量であるラウドネスから物理量である音圧レベルへの変換が可能である。ラウドネスの変化量を音圧レベルの変化量として扱うことは，音の大きさを騒音として議論可能なために活用しやすい。本論文ではこの変換方法を示し，ラウドネスの変化量を音圧レベルの変化量として示したチャートを，ラウドネスを基礎とした音の大きさに関する新たな音響指標として提案する。

最後に，提案する音響指標の適用可能性の基礎検討として，自動車の走行音と掃除機の運転音を対象とした適用例を示す。ビームフォーミング法により対象音の音圧レベル分布と主たる音の到来方向（音源位置）を推定し，この音圧レベル分布に対して提案する音響指標により音の大きさの補正を施した結果，補正前（従来の分析結果）と比べて音の到来方向の範囲拡大や到来方向数の増加，および到来音のレベルの増大を確認した。これにより，本論文で提案する音の到来方向と音源の分布幅を考慮した音の大きさに関する音響指標は，従来の規格や分析方法では困難な主観的な音の大きさに関する音響設計への適用が可能である見通しを得た。