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 |
| 論文調査委員 | 主　査　　九州大学　　教　授　　尾本　　章<br>副　査　　九州大学　　准教授　　鮫島　俊哉<br>副　査　　九州大学　　准教授　　高田　正幸 |

## 論　文　審　査　の　結　果　の　要　旨

現在，各種工業製品から放射される音，特にその大きさに関しては，物理的な出力であるパワーレベルによる評価とともに，同時に人間が感じる音の大きさ，つまりラウドネスによる評価も一般的になりつつある。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，その計算方法の一つである 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の単一のマイクロホンより得られる応答から計算される。しかし，実際の音源は特定の方向からの成分が強いことや，無視できない大きさを有することなども多い。さらに人間の両耳の応答は，頭部や耳介などによる反射や回折の影響を受けるため，音の到来方向の影響を受ける。しかし，現行のラウドネスの算出手法は両耳聴には対応していない。これらの事実から明らかなように，単一のマイクロホンによる測定と実際に人間が音に晒される場合のラウドネスに乖離が生じる可能性がある。

本論文ではこの点に着目し，単一のマイクロホンにおける応答と両耳で得られる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をチャートとして提案することを目的としている。まず，ダミーヘッドを用いた 4π空間における測定データをもとに，音の到来方向によって頭部伝達関数は変化すること，つまり音の大きさも音の到来方向によって変化することを示している。既知の内容ではあるが，主観的な音の大きさが変動する可能性という観点から本論文で重要な前提の妥当性を明確に示した結果である。続いて，実験設備の制限から仰角方向の分布幅を 20 度から－20 度に限定した条件ではあるが，特定の方向に存在する音源や分布音源を，方位角方向に 30 度間隔で配置された 36 チャンネルの再生装置で再現し，ダミーヘッドを用いた測定を実施した。その結果，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，いずれの条件においても主要な音源の方向とその分布幅によってラウドネスは有意に変化するという結果を得ている。また物理的な測定とともに主観評価実験も実施し，結果が妥当であることを明確に示している。

一連の実験から，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可能になる。等ラウドネスレベル曲線（ISO226:2003）の観察により，この変化量は 400Hz 以上の周波数範囲で，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，近似的にではあるが変換が可能である。この変換を行うことで 音の大きさの変化を騒音レベルの変化として議論できるために，活用の幅を広げることができる。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チャートとして示し，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している。これは斬新で有効な提案であり，今後の騒音評価，さらには製品設計における音源位置決定において極めて有効な知見を与えるものである。

また，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

象とした適用例が示されている。ビームフォーミング法を導入して対象音の音圧レベル分布と主たる音源方向を推定しながら，音圧レベル分布に対して提案するチャートを当てはめて音の大きさの補正を施した結果が示されている。ここでは，従来の分析結果と比べて実質的な音の到来方向の範囲が拡大することや，レベルの増大が確認された。これらの結果から，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補正チャートは，従来の規格による分析方法では困難であった主観的な音の大きさを考慮した音響設計を実現する可能性を明確に示している。

上述のように，単なるパワーレベルや騒音レベルの評価ではなく，音源に固有の方向情報，大きさの情報を勘案した評価方法は斬新かつ極めて有効なものである。本論文において提案される手法が，騒音制御の分野をはじめとして，建築音響分野など広く環境音響分野に対して与える貢献度は極めて大きいと判断される。このため，論文調査委員全員一致で，本論文は博士（芸術工学）の学位に値するものと認める。