

令和 3 年 6 月 10 日現在

機関番号：99999
研究種目：奨励研究
研究期間：2020～2020
課題番号：20H00925
研究課題名 気柱振動現象の体系的理解に向けた開口端反射の本質解明

研究代表者

仲野 純章 (Nakano, Sumiaki)

奈良県立奈良高等学校・教諭・SSH事業推進課長

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 300,000円

研究成果の概要：中空管内の空気(気柱)の振動現象、いわゆる気柱振動は、中空管の開口端や閉口端で反射するとされ、前者は開口端反射、後者は閉口端反射と呼ばれる。このうち、開口端反射については、その本質がこれまで十分明らかにされていない。

そこで、本研究では、開口端反射の本質を計算機シミュレーションと実機試験の両面から追究した。その結果、気柱振動が開口端に達すると、開口端の角部で同心円状の回折波が生じ、それと一体をなすように発生する同心円状の波が中空管内にも逆伝播し(この逆伝播波を逆回折波と呼ぶ)、当該逆回折波が開口端からの反射波であるかのように振る舞うという開口端反射の巨視的な発生機構提起に至った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

高等学校の物理教育現場では、波動分野の重要現象として気柱振動が扱われるが、気柱振動を体系的に語る上で重要な位置づけにある「開口端反射」への理解が十分進んでいない中で指導されているのが実態である。本研究成果は、こうした状況の改善に向けた重要な基礎的データとなり得るものである。

今後、本研究を発端にさらなる追究が重ねられ、開口端反射の本質解明、ひいては気柱振動の体系的理解が進むことが望まれる。

研究分野：理科教育学・材料工学

キーワード：音波 気柱 開口端反射

1. 研究の目的

気柱振動は、中空管内に満たされた空気（気柱）の振動現象であり、我々の社会生活とも深い関わりを持つ重要な現象である。理科教育の中では、気柱振動が開口端で反射するとされる「開口端反射」は、閉口端での反射（閉口端反射）と共に、気柱振動を体系的に語る上で重要な位置づけにあるものの、そのメカニズムは明らかにされておらず、教授者の解釈も定まっていない状況にある。本研究では、こうした状況を課題視し、開口端反射の本質追究を進めた。なお、計算機シミュレーションによる事前検討で「気柱振動が開口端に達すると、開口端角部で同心円状の回折波が生じ、それと一体をなすように発生する同心円状の波が中空管内にも逆伝播する（この逆伝播波を逆回折波と呼ぶ）」様子が確認されたことから、逆回折波が開口端からの反射波であるかのように振る舞うという仮説を予め導いており、本研究ではこれを支持する実測データの取得を目的とした。

2. 研究成果

まず、「開口端の外径拡大に伴う開口端からの『反射波』の波形変化」と「発信周波数変化に伴う『反射波』の量的変化」という両側面から、上記仮説を間接的に支持する実測データの取得を試みた。その結果、いずれの評価からも上記仮説と整合性のある傾向が確認された。ただし、今回、予備的な簡易評価に留めたため、今後、精密な考察をするには、実験系の向上を図った上でさらなるデータの積み上げが必要となる。

また、上記仮説を支持するより直接的な実測データを得るべく、シュリーレン法を用いた気柱振動発生後における開口端近傍の音場観察を実施した。その結果、開口端近傍の音場の状況が可視化された一連のシュリーレン像から、計算機シミュレーションによって開口端反射との関係性が示唆された「開口端角部で形成される同心円状の波」の存在が認められた（図1）。

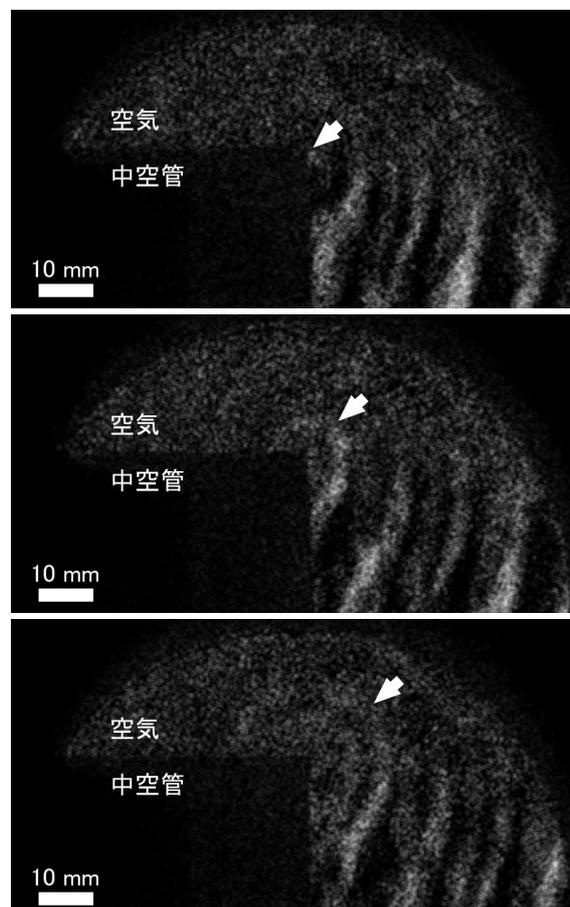


図1 開口端角部における連続3コマ（時間間隔：22.2 μs ）のシュリーレン像
（仲野純章・山脇寿，科学教育研究，45(3)，(2021)，in press）

本研究を通じて得られた知見を踏まえ、今後、開口端反射の本質解明に向けた取り組みをさらに重ねていく予定である。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 仲野純章, 山脇寿	4. 巻 45
2. 論文標題 シュリーレン法を用いた気柱振動発生後における開口端近傍の音場観察：開口端反射の本質追究の一環として	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 科学教育研究	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 仲野純章, 山脇寿
2. 発表標題 気柱振動における開口端反射の本質解明に向けた予備的評価：開口端の外径変化に伴う反射波の波形変化
3. 学会等名 日本理科教育学会 第70回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 仲野純章, 山脇寿
2. 発表標題 気柱振動における開口端反射の本質解明に向けた予備的評価：発信周波数変化に伴う反射波の量的変化
3. 学会等名 日本理化学協会 令和2年度全国理科教育大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名