

爆発を音で追ってみる

山口純果
横島梨香

【概要】

身近な爆発について興味をもち、チャッカマンを用いて爆発を起こして音や空気の流れについて波形や FFT によって調べた。広口ビンで爆発を起こした時の音は、倍音成分がはっきりとした音であることがわかった。このように、耳で聞いたときの音の特徴は FFT によって解析することができる。爆発音の波形には大きな変化のある波形（N 字波形と名づけた）が現れた。そこで、それがどのような条件で現れるか調べた。その結果、N 字波形は、炎がビンの入り口から奥へ向かうときには現れなかったが、炎が奥から入り口へ帰ってくるときには現れた。底のない試験管やビンの口をふさがない細い点火装置を作って比較したところ、ビンの開口部の広さは N 字波形とは関係ないことがわかった。

We researched in the explosion through sound and air movement. As for the explosion of the jar, a harmonic overtone ingredient became clear. FFT can comment on the characteristic of the sound. Big change to a wave pattern (“N character” wave pattern) appeared in the graph of the explosion. We checked what kind of condition it appeared on. As a result, when flame went from the entrance of the bottle to the depths, the N character wave pattern did not appear. When flame came back from the depths to the entrance, the N character wave pattern appeared. Result of comparing with a test tube which don't have a bottom or thin ignition device, area of the opening of the jar don't have no relationship.

【研究動機と目的】

わたしたちの身の回りでは、いろいろな小さな爆発が起こっていると知った。たとえば、チャッカマンや花火がある。身近にあるもので爆発を起こして、その音や空気の動きについて調べたいと思った。また、FFTWAVE という音のソフトを使って音の波形、音の周波数などを調べて、いろいろな種類の爆発音について調べたいと思った。

【仮説】

爆発音は、爆発の起こし方、気体の種類、入れ物の形、火を点ける場所などの条件によって波形に違いが現れる。

【実験器具】

- ・チャッカマン（ブタンガス）
- ・マイク
- ・広口ビン
- ・水の入った水槽
- ・ソフト（サウンドモニターFFTWAVE）
- ・ハイスピードカメラ

【予備実験：ブタンガスの爆発限界について】

容器にガスをためて爆発を起こすとき、ガスをためる時間の誤差で実験結果に違いがあるのではないかと考え、ブタンガスの爆発限界について調べた。爆発限界とは、爆発が起こるときのガスの濃度の限界である。

表 1 ブタンの爆発限界

ボタンが爆発する時の濃度の上限	1.9%
〃 下限	8.5%

このように、爆発限界がせまいことから爆発が起きた時のブタンの濃度はほぼ一定である。予備実験をしたところ、ブタンの濃度がすべて爆発限界を満たしていたため、条件をみだしていることがわかった。

このことから、ガスをためる時間による誤差は考えなくてよい。

【実験方法】

実験 I : 火のつかないチャッカマンのカチ音と、広口ビンで爆発を起こしたときの音の波形を調べる。

1. チャッカマンのスイッチを半押しし、少しガスをためる。
 2. そのままスイッチを押し爆発を起こす。
- ※前にも書いたようにボタンガスの爆発限界は狭いため、爆発が起きたときのガスの量はほぼ一定である。

実験 II : 広口ビンの入り口と奥の 2 箇所爆発を起こして N 字波形が現れるか調べる。また、その様子をハイスピードカメラで撮影する。

実験 III : 底がない筒状の試験管を作って爆発を起こし、実験 II と同じようにして N 字波形が現れるか調べる。

実験 IV : チャッカマンの筒の部分が結果に影響しているかも知れないと考え、チャッカマンを分解して着火装置を作り、実験 II と同じように入り口と奥に分けて N 字波形が現れるか調べる。



図 1 細い着火装置

【実験結果と考察】

実験 I : WAVE の比較



図 2 カチ音の WAVE 波形

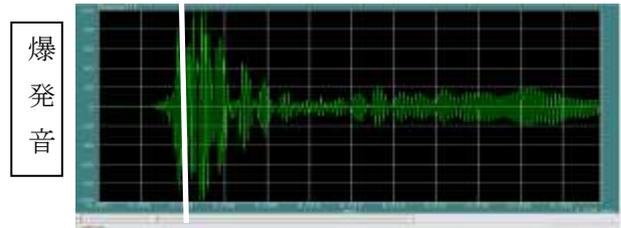


図 3 爆発音の波形

白い太い線までは見た目はよく似ているが、その後の波形には違いが現れた。よって爆発音の波形の白色の線から後ろの部分は爆発が起きたときの空気の流れによる波形であることがわかった。

FFT の比較

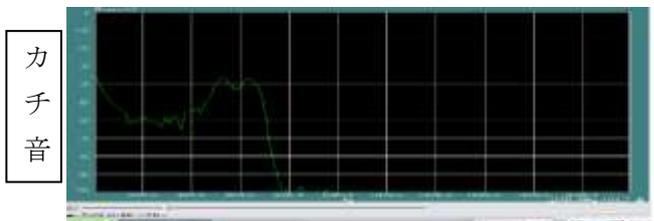


図 4 カチ音の FFT 波形

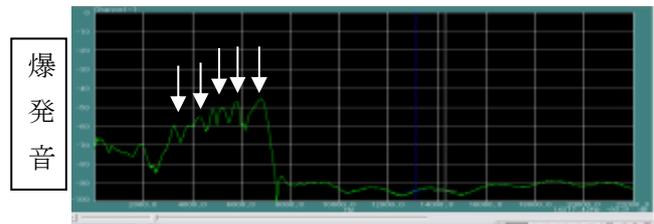


図 5 爆発音の FFT 波形

爆発音の波形には、等間隔にピークが見られたが、カチ音の波形にはみられなかった。よって、爆発音は倍音成分がはっきりした楽器のような音であり、音色に特徴があることがわかった。



図 6 N 字波形

爆発音の後ろの方の波形には白で囲んだように大きな変化のある WAVE 波形が現れた。これを N 字波形と名付けた。次の実験 II ではこの N 字波形が現れる条件を調べた。

実験 II



図 7 奥で点火したとき



図 8 入り口で点火したとき

表 2 実験 II の結果のまとめ

火をつけ	N 字波形	炎の色	炎の走り方
広口ビン	ほぼ 確 実 に見える。	青色 広口ビンの外に出 てきた炎の先が赤色	勢いよく広口 ビンの外に出 てきた。
広口ビンの	見えない。	青色 ↓ 赤色	広口ビンの中 で動いている。

N 字波形の正体は、勢いのある炎がビンの外へ飛び出した時の空気の振動である。



図 9 底のない試験管での爆発音 WAVE 波形

実験 III

底のない試験管で同じように実験してみたところ、N 字波形は見られなかったが、空気が押し出される時の波形が「N」の上に行くときの形となって現れた。

実験 IV

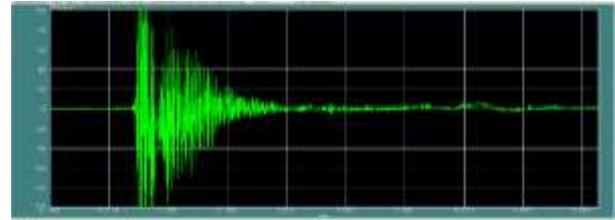


図 10 入り口で点火

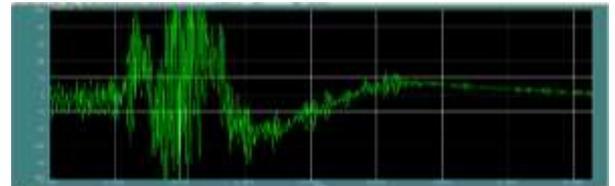


図 11 奥で点火

上の波形から、広口ビンの奥で爆発を起こしたとき N 字波形が現れた。

【結論】

爆発音は、倍音成分がはっきりした楽器のような音であることがわかった。

爆発音に現れた N 字波形は、勢いのある炎がビンの外へ飛び出したときの空気の振動である。勢いのある炎に空気が押し出され、その後空気がビンの中へ戻ろうとすることによって N 字波形が現れる。

底のない試験管では、底がないので空気は戻ろうとしない。よって N 字波形は現れない。着火装置で同じように実験した結果はチャッカマンで爆発を起こした時と同じだった。よってチャッカマンの形状は結果に影響しないことがわかった。

【参考文献】

有限会社フィンテック. “可燃性ガス及び引火性液体蒸気の爆発限界”

2014-3-30 <http://www.fintech.co.jp/etc-data/bakugen-data.htm>

【感想】

自分たちの好奇心から始まったこの研究からとても興味深い結果が出て、そのことについて調べることができてよかったです。爆発のときにおこる空気を押し出す力を自動車の排出などに応用できたらいいなと思います。