

超音波によるキャビテーションの高速度撮影

The High-Speed Photographic Recording of Cavitations Caused by Ultrasonic Waves.

鳥飼安生・藤森聡雄・李孝雄

液体中の減圧作用により局部的に空洞のできる現象をキャビテーションというが、特に超音波によるキャビテーションの問題は、音響技術の上で、音の伝播・音波の発生におよぼす影響、超音波の洗滌・乳濁・化学等の諸作用との関連において重要である。

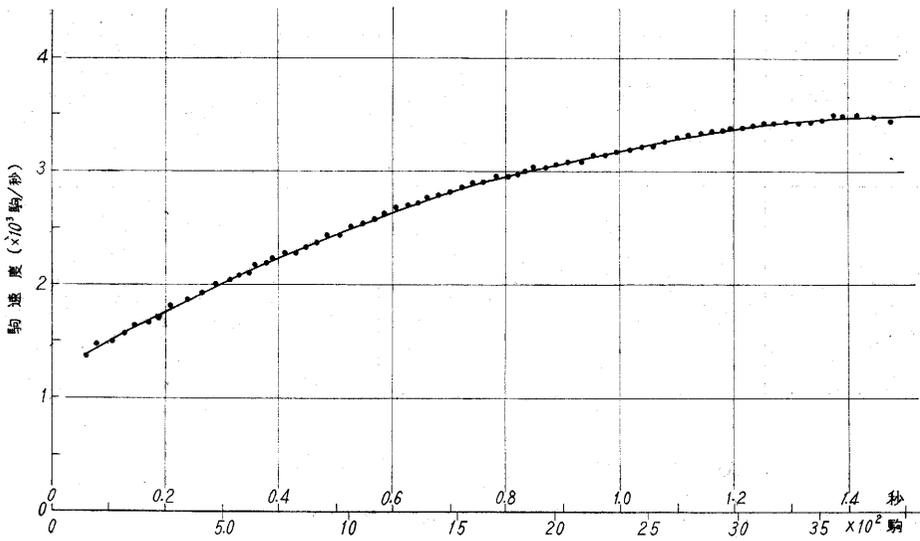
われわれは超音波によるキャビテーション研究の一環として、当所高速度写真室において、キャビテーションの高速度撮影の研究を行なった。音源として 1 Mc のチタン酸バリウム凹面円形のもの（直径 50 mm，焦点距離 100 mm，村田製作所製）を用いて水中に超音波を放射し、その焦点付近に生じたキャビテーションの発生、成長、移動について調べた。カメラは米国 Wollensak 社製 16 mm Fastax 高速度カメラで、撮影速度は毎秒 1,500

と 18.0°C、音響出力はどちらも大体 100 W 程度である。この場合焦点付近の音圧振幅はほぼ 50 気圧となる。

第 2 図は脱気水におけるキャビテーション発生の典型的な場合を連続 16 駒示したものである（撮影速度は 2,300 駒/秒，各駒の露出時間は駒間隔の約 5 分の 1）。図中 2 本の縦の白い棒は長さの目盛で、その両側側間の間隔は 40 mm であり、その中央直下約 10 mm に超音波の焦点が位置する。超音波は右より左に進んでいる。初め右の白棒直下にキャビテーションが発生し (b)，縦に大体 2 mm 程度成長し (c)，次いで進行方向に尖った三角形に拡がり (d, e, f, g, h)，次第に左に進みながら形はくずれてゆく (i, j, …)。

キャビテーションの発生には、何等かの形で水中に

安定に存在する空気を含んだ微小な気泡、いわゆる核が関与しているといわれている。水中に不規則に分布している核の一つがたまたま焦点付近の音場の強い領域に入りこむと、音圧の作用で気泡の強い膨張と収縮が起こり、急激な収縮に伴って生じた強い衝撃波に原因する新しい微小気泡群が生じ、そ



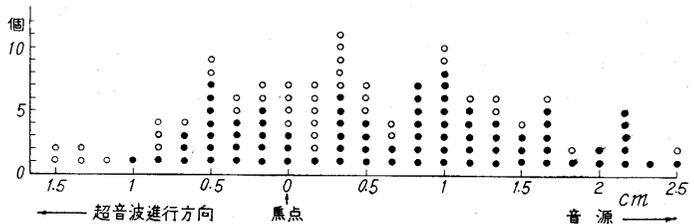
第 1 図 撮影時刻と駒速度の関係

横軸は撮り始めを原点とする時刻と駒数を示している。黒丸はフィルムの縁に刻まれた放電管による時間目盛よりの測定値。

～3,500 駒である (第 1 図)。

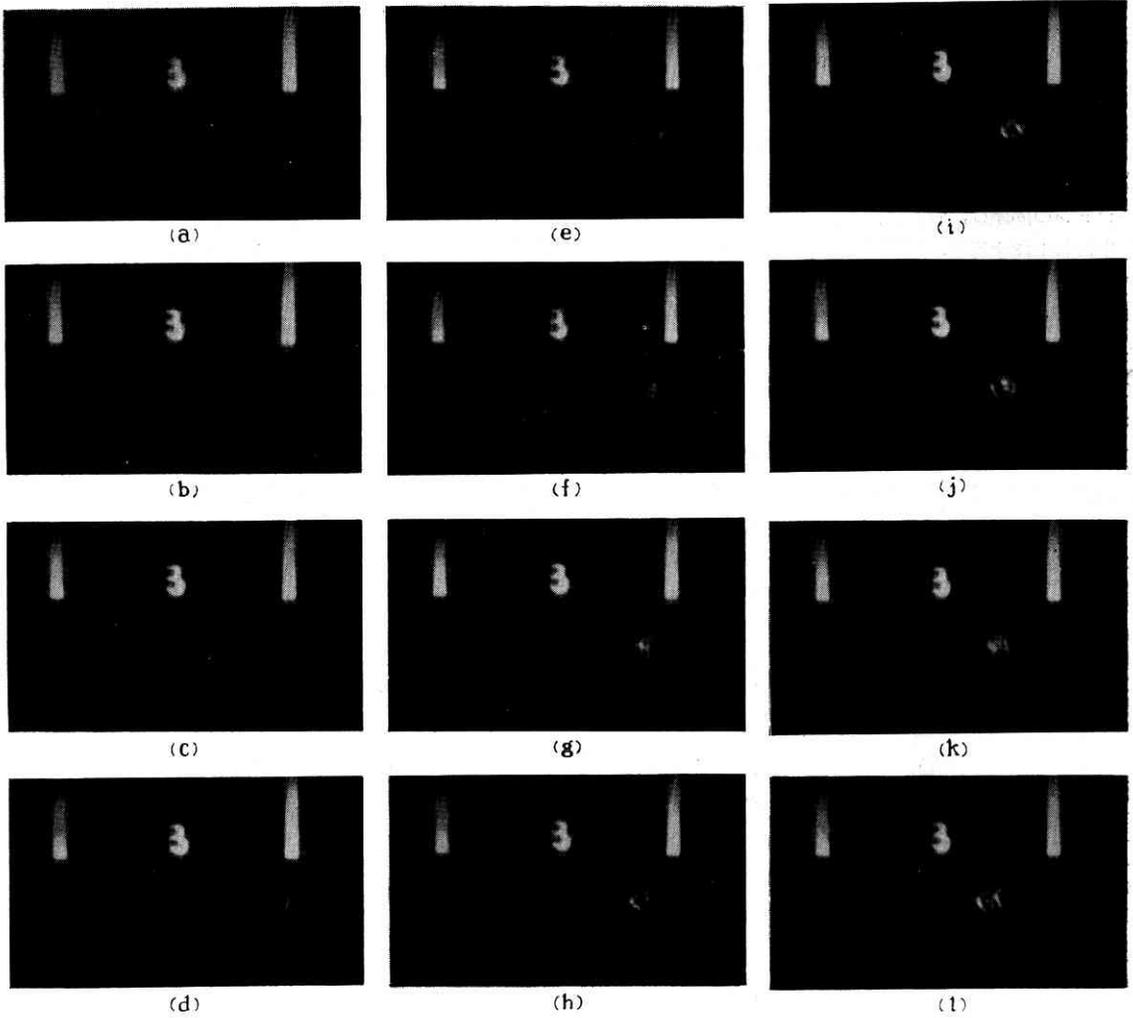
超音波槽として、30×30×45 cm³ の 4 面ガラスを張った水槽を用い、その一方に音源をおいて長辺の方向に超音波を放射し、500 W の高圧水銀灯を直流電源で点火して直上からビーム状に焦点付近を照明し、超音波の進行方向と光の方向に直角の方向から撮影を行なった。

撮影は 2 組行ない、その一方は水道水（井戸水）をそのまま用い、他方は煮沸して脱気させた水を用いた。水温はそれぞれ 13.0°C



第 3 図 キャビテーション発生位置分布

焦点の位置を原点とし、その前後を 1/6 cm 中の区域に分けて、各区域内に発生した数を縦軸に示したもの。黒丸は前のキャビテーションによる気泡集落の消滅しない中に発生したもの、白丸は単独に発生したもの。



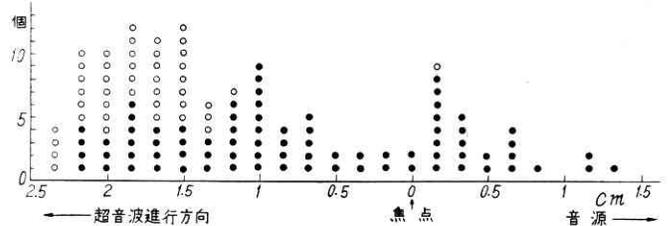
第2図 脱気水におけるキャビテーションの進行

れらが新しい核となってさらに気泡を生むといった、いわば雪崩現象によって微小気泡の集落が形作られ、第2図に見られるような様相を呈するのである。

キャビテーションの発生頻度は、水道水と脱気水とで著しく異なり、前者がはるかに多い（それぞれ78回/秒と9回/秒）が、これは核の存在数の大小によるものと考えられる。

集落の中の微小気泡は超音波の1週期ごとに消えまた現われて、集落が初め成長してから後もその形は刻々と変りつつ、超音波に伴う直進流によって右から左に進んでいるのである。この気泡集落の成長速度と移動速度はそれぞれ大体3~5 m/secと3~4 m/secであるが、超音波による直進流は中心軸が最大で

あるため、気泡の集落は先の尖った三角形をしている。各集落の寿命は、大体それらが音場の強い焦点付近にある間は続くのであるが、後方に新しいキャビテーション



第4図 キャビテーションによる気泡集落の消滅位置分布

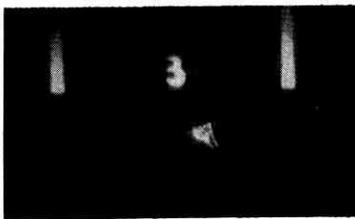
原点その他は第3図と同じ。黒丸は、消滅時に次のキャビテーションの発生している場合、白丸は、そうでない場合を示す。



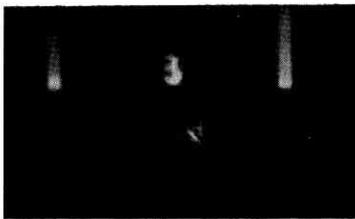
(m)



(n)



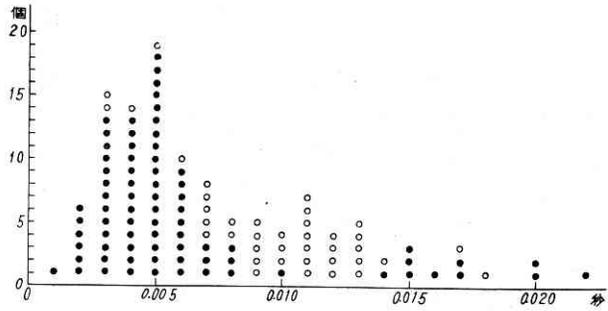
(o)



(p)

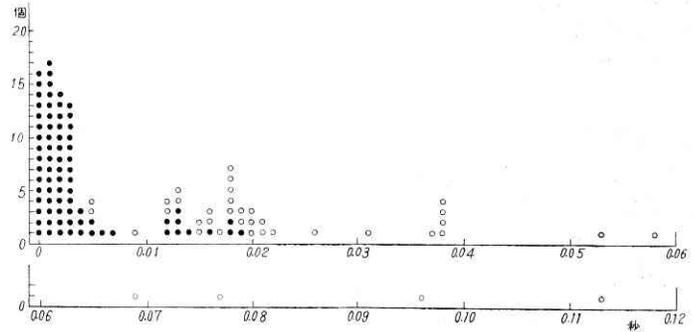
第 3 図はキャビテーション発生位置分布, 第 4 図は生じた気泡集落の消滅位置分布, 第 5 図は継続時間すなわち寿命分布, 第 6 図は相続くキャビテーション間の間隔分布をいずれも脱気しない水道水について図示したもので, 後の 3 図ではキャビテーションが引続いて起こった場合と単独に起こった場合とで明らかに異なった分布を見せている。

第 7 図は脱気水についてキャビテーション発生の時刻を横軸にそれぞれの継続時間を縦軸にとって図示したものである。水道水の場合にもその傾向が見られるが, 特



第 5 図 キャビテーションによる気泡集落の寿命分布

1/1,000 秒ごとにまとめたもの, 黒丸・白丸の意味は第 4 図の場合と同じ。黒丸の平均値は 0.0062 秒, 白丸の平均値は 0.0098 秒, 全部の平均値は 0.0074 秒。



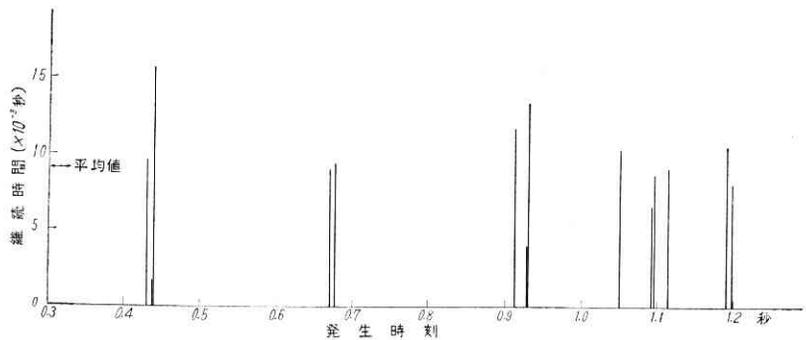
第 6 図 キャビテーション間隔分布

相続くキャビテーションの発生時刻間の間隔を 1/1,000 秒ごとにまとめたもの, 黒丸・白丸の意味は前と同じ。全部の平均値は 0.0120 秒。

が発生するとそのため超音波音場が弱められるため, 初めのキャビテーションによるものは急速に消滅する。

に脱気水の場合には明瞭にキャビテーションが引続いて起こり易いことを示している。これは初めのキャビテーションによって生じた多くの微小気泡すなわち核の中のあるものが後に残って, 第二のキャビテーションの引金の役をしたものと解される。

終りに, 本研究に終始ご協力いただいた本所植村助教ならびに高速度写真室の方々には厚く謝意を表する。ま



第 7 図 脱気水のキャビテーション発生時刻と継続時間 (寿命)

寿命の平均値は 0.092 秒

た音源材料を供与された村田製作所河合次男氏のご厚意に深謝する。本研究は文部省科学研究費の援助により行なわれた。(1959. 8. 8)