

水底の形状変化を用いた水滴落下による騒音の緩和

Silence effect of noise by a waterdrop using the bottom's shape of a water tank

○正 横山 真男 (明星大) 野村 和希 (明星大)
正 望月 修 (東洋大)

Masao YOKOYAMA, Meisei University 2-1-1 Hodokubo, Hino, Tokyo 191-8506
Kazuki NOMURA, Meisei University 2-1-1 Hodokubo, Hino, Tokyo 191-8506
Osamu MOCHIZUKI, Toyo University 2100 Kujirai, Kawagoe, Saitama 350-8585

The splash caused by a falling water droplet is often seen in our life but the noise induced by it sometimes annoys us. In the present paper, the form of splash was observed using high speed camera in order to reduce the noise and compared between the form of splash when a droplet fell into the water tank with flat bottom and that when a droplet fell into the water tank with slope bottom. As the result the column-type splash formed by the droplet on the slope bottom inclined to the upper direction of slope and the noise by splash was disappeared.

Key Words: Noise reduction, Waterdrop, Splash

1. はじめに

私たちの日常生活において水を利用するときに耳にする流水音は生活雑音とされ、例えば食器等の洗いやトイレの流水音は、小さく抑えることができれば生活環境をより良くにすることができるだろう。本研究では、これらのような生活で発せられる流水音のうち、水滴の衝突によって発生する「ポチャン」という音の発生メカニズムに着目し、この発生メカニズムを解析し、生活雑音の緩和または消音を目的とする。落下する水滴が水面に着水したときには、水面に一度クラウン状 (Crown-type splash) の形状を作った後、細い柱のような二次的なスプラッシュが発生する (Column-type splash)⁽¹⁾。また、流水による音の発生元については、流れの乱れによって気泡が発生しそれが振動することにより、水は「ポチャン」とか「ジョボジョボ」といった特有の音を発生すると考えられている^(2,3)。

2. 水滴落下実験

本研究では、水底の形状を斜めにするによって水滴が落下する時に生じるスプラッシュの動きと流体音について観察した。

2-1 実験環境

実験装置の模式図を図5に示す。内寸 19.4cm×19.4cm×19.7cmのアクリルボックスに水をはり、水面から高さ 40cmにスタンドで固定したスポイトで水滴を1滴ずつ落とした。その様子を真横からハイスピードカメラ (PHANTOM 1610) で撮影し、同時にマイクで水滴衝突の音を録音した。また、メトロノームを水槽の前に置きこれから発せられる光と音により映像と音を同期させる印とした (Fig.1)。

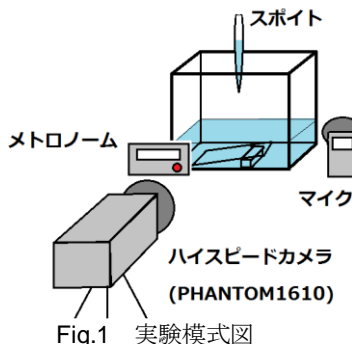


Fig.2 (左) のように、平らな水底で水滴を観察した場合、Column-type splash の上がる方向は真上に跳ね上がった。一方、水底を斜めにすると Fig.2(右)のように Column-type splash の方向は水底の傾斜の上方側(図中左上方向)へ向かって斜めに跳ね返った。



Fig.2 水平な底(左)と傾斜のある底(右)によるスプラッシュ

本実験では、水底の角度や水深を変えて 10 回ずつ試行を行ったところ、水滴が斜めに跳ね返るにはいくつか条件があり、①水底の傾斜がきつい程斜めに跳ねる、②水面から水底までの距離が短い程斜めに跳ねる、という傾向があることがわかった。

Table 1 はその水底の角度と水面から水底までの距離の関係をまとめたものである。表の○印は斜めか真横に跳ね返り流体音は発生しなかったことを示している。また、×印はスプラッシュが真上に跳ね上がり流体音も発生し、△印は斜めに跳ね返ることもあったり、流体音が発生することもあったりと、結果が混在したことを示している。

Table 1 斜めにスプラッシュがあがる場合の水底の角度と水深 (落下位置から水底までの距離)

		水面から水底までの距離		
		1cm	2cm	3cm
水底の角度	10°	△	×	×
	20°	△	×	×
	30°	○	△	△

水深 (水滴の落下位置の水面から水底までの距離) が 1cmでも、水底の底が 10° や 20° ではスプラッシュが必ずしも斜めになるわけではなく流体音の発生の有無もまばらであったが、30° の角度をなすときはスプラッシュが斜めに跳

2-2 水底の角度と距離の違いによる実験結果

ねり、流体音は発生しなかった。

これらの現象の原因についてであるが、Fig.3はTable 1の○印の場合のスナップショットを示している。図左を見ると、Crown-type splashができた際に右下にある底面にキャビティが接触していることがわかる。そのためキャビティの閉じ方が斜面の下側と上側で時間差ができるために、図右のようにColumn-type splashが斜めに跳ね上がることがわかった。一方、Fig4に示すように、Table 1の×印の時のようにまっすぐColumn-type splashがあがる時は水深があるためキャビティが綺麗な円を描いていたことがわかった。

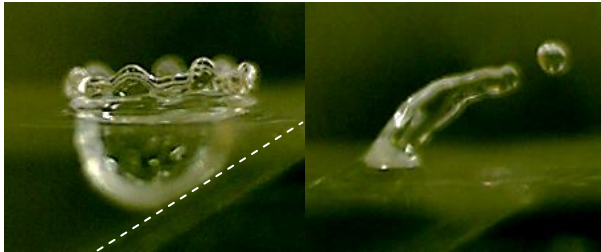


Fig.3 水底が傾斜で水深 1cm の時のスプラッシュ

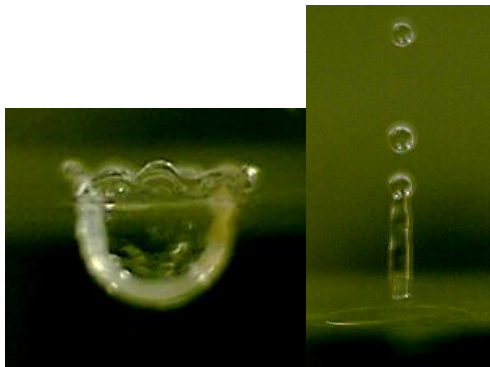


Fig.4 傾斜した水底まで 3cm の時のスプラッシュ

2-2 音が発生するときのスプラッシュと気泡

次に、水滴落下による流体音が発生する瞬間のスプラッシュの様子について詳細な観測を行った。先述の Fig.1 に示したようにメトロノームの発光および電子音を同期トリガに用いた。ハイスピードカメラで撮影した結果を Fig.5 および Fig.6 に示すが、Fig.5 の横軸は秒であり、メトロノームの発音のタイミングを 0.0 にしている。

流体音の発生タイミングは水面と水滴が最初に衝突した時(Fig.5 番号 1)ではなく、その後の Column-type splash が下降した時(番号 5)とそれから分離して生じた小さな水滴と水面が衝突した時(番号 6)に発生している。

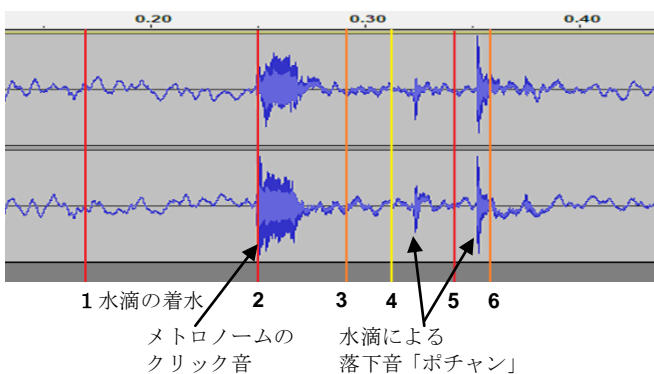


Fig.5 流体音発生瞬間の音の波形。番号 1~6 は Fig.6 の写真の番号を表す。

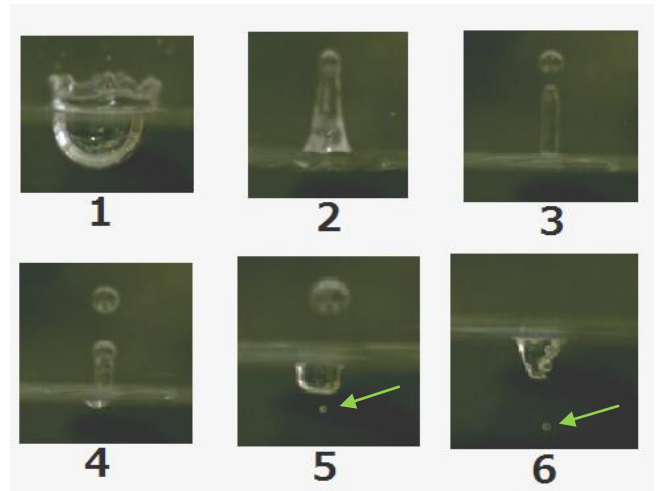


Fig.6 Column-type splash と気泡 (番号は Fig.5 のタイミングに対応)

Fig.6 は、Fig.5 で示した各番号に対応したスプラッシュのスナップショットである。番号 1 の写真は水面に落ちた直後の Crown-type splash で、キャビティが閉じたのちに番号 2 のように Column-type splash が発生、そしてこのスプラッシュが下りてくるときに番号 3,4 のように球形の水滴が取り残されるように分離する。番号 5 は一つ目の音が発生した直後 Column-type splash の先端が完全に水面まで落ちた時であり、番号 6 は二つ目の音が発生した直後で先ほどの取り残された水滴が水面に落ちたときである。

3. 水滴の落下による音の発生に関する考察

流体音は、水滴が最初に水面に衝突したときではなく、水滴が水面に衝突してできた Column-type splash の下降、およびそこから分離した小さな水滴が、水面が衝突した時点で発生していると言える。ここで、更に Fig.6 の番号 5 および番号 6 で見られるキャビティの下方を見てみると、小さい気泡ができています (矢印の先)。これらはそれぞれ別の気泡であるが、録音された波形と映像を比較するとこの気泡の発生と音はほぼ同じタイミングである。いわゆる「ポチャン」という音は「ポ」と「チャン」に発生が分離でき、「ポ」は一つ目の気泡が、また「チャン」は二つ目の気泡のそれぞれの振動によるものと思われる。

ここで、この水滴が引き起こす流体音は、跳ね返るによる Column-type splash を斜め方向に逸らすことができれば、水の柱から分離する小さな水滴と、クラウン形成後の水面が衝突することがなくなるため、発生を防ぐことができる。水滴を斜め方向に逸らすには、水のある場所の水底を 30° 以上にし、それと同時に水面から水底までの水深を 1 cm 程度まで浅くする必要がある。

4. おわりに

本研究では、傾斜をつけた水底をもつ水槽に水滴を落とし、スプラッシュと音の関係を解析し比較した。この研究が今後更に深く研究されることで、将来的にはトイレや家庭などの生活流体騒音の緩和に繋がるだろう。

引用文献

- (1) 横山真男他, 物体壁面の表面性状を考慮した流れのシミュレーション, 日本流体力学会誌「ながれ」, (2013) 319-326.
- (2) 望月修, 図解 流体力学, 朝倉書店
- (3) 京藤敏達他, 水中の気泡が発する音, 日本流体力学会誌「ながれ」, (2004), 27-36.