

文化財-水琴窟の空洞共鳴音再現とその応用

SATテクノロジー・ショーケース2015

■ はじめに

日本庭園にはしばしば音を出す装置が設置されている。中でも水と音を楽しむ装置である水琴窟は、埋設されている甕(かめ)の中で音を響かせ綺麗な音を奏でる。この音は琴の音のようであることから水琴音と呼ばれている。Figureは水琴窟の概要図である。水琴音は、逆さにした甕の上部の穴から水滴が落ちる工夫がされており内部に溜まった水に衝突し水滴音が鳴っており、甕で囲まれた空間の空気と水が相互に作用して反響し、上部に開いた穴から余韻を伴う特徴的な音色の音が放射されるものである。本研究の目的は水琴窟の音響特性の解明である。また水琴窟から得られた知見を元に研究の応用例も期待される。

■ 研究内容

1. 音による水琴窟の再現

本研究は水琴窟の音を数値計算により再現することを目指している。そのために水琴音を水滴音と水琴窟内部の反響音の二つの要素に分けた。水滴音は水琴窟内部を反響することで特徴的な音色になる。そこで水滴音に反響音を畳み込んで水琴音を合成した。合成した水琴音は実物の水琴音と似た特性を再現できるものであった。

2. 固気液連成系の振動解析

水琴窟内部では水面で発生した水滴音が甕で囲まれた空間の水・空気を伝搬し反響する。そのため反響音は、水滴音に水琴窟内部の音響特性が付与された音となる。水琴窟内部の音響特性を明らかにするために、固気液連

成系における反響音の計算を行った。波動方程式に基づき、有限要素法を用いて反響音を計算した。その結果、反響音には、①空気の相のみの閉空間の共振特性と②空気と水、二相の連成振動による共振特性が付与されることが明らかになった。

3. 水滴音発生過程の解明

水滴が水面に衝突して出来た穴が閉じて、水中に気泡を取り込むと同時に発生する音であるとされている。ここで水滴の量と落下速度が一定の条件を満たすときのみ水滴音が発生する。しかし気泡の取り込みによる詳細な発音メカニズムは明らかにされていない。本研究では数値計算による、水滴音の発音メカニズムの解明を行った。数値解析のモデルとして気液二相流体の支配方程式を用いて、有限要素法・C-CUP(Cubic-Interpolated Propagation method and Combined, Unified Procedure)法・粒子法を適用した。その結果、水中の気泡周辺の攪乱が圧力変動を生み、圧力波として伝搬していることが明らかとなった。

■ 応用

甕内部の水滴落下位置推定

水琴音は甕内の振動モードを励起し、共鳴する。そのため水滴落下位置により共鳴の仕方が異なり音響特性が変化する。この特徴を用いて、水琴窟内での水滴落下位置を非侵襲的に推定することが可能であった。これは水琴窟のような土中の空間の内部状態を探る手掛かりとなりえる。

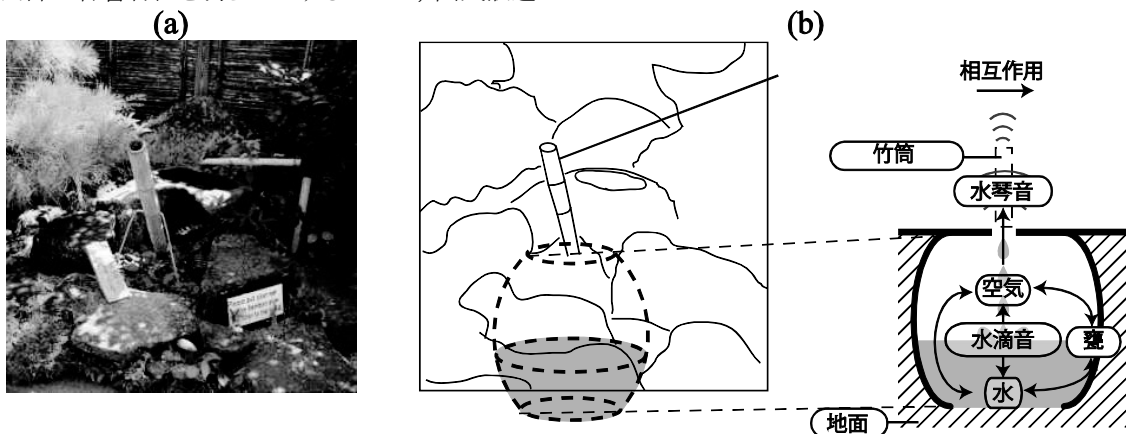


Fig. 水琴窟の概要図

代表発表者 藤田 佑樹 (ふじた ゆうき)
 発表者 水谷 孝一 (みずたに こういち)
 若槻 尚斗 (わかつき なおと)
 所属 筑波大学大学院 システム情報工学研究科
 知能機能システム専攻 博士後期課程 2年
 問合せ先 〒305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
 筑波大学大学院システム情報工学研究科
 知能機能システム専攻音響システム研究室
 TEL: 029-853-5468

■キーワード: (1) 音響装置
 (2) 水琴窟
 (3) 日本庭園
 (4) 水滴音
 (5) 数値解析
 (6) 信号処理