

音を対象としたファジイ理論に基づく水撃作用検出システムの開発

○山梨大学工学部 フェロー 杉山 俊幸
日本道路㈱ 川村 真彦
給水工事技術振興財団 中村 文雄
山梨大学工学部 松本 正文

1. はじめに

キッチン、浴室、洗面所などで聞こえる原因不明の異音や衝撃音、もしくは、原因不明の漏水やシャワーの温度急変などといった現象はすべて水撃作用に起因する現象である。シングルレバー方式蛇口等の混合水栓や全自動洗濯機・食器洗い乾燥機といった「電磁弁内臓で給水の急閉止を伴う家電製品」の急速な普及、さらには、近年の建築物の高層化や大型化、三階建て住宅の普及等による住宅密集度の増加に伴う給水圧力・給水量の増大により水撃作用が引き起こされるケースが増加し、その結果として、給水管の振動とこれに起因する騒音などによる住環境の悪化、さらには、給水管の破裂や疲労破壊が生じる可能性が高くなってきている。著者らはこれまでに、水撃作用発生時の給水管の振動を対象として、一般家屋内での水撃作用の発生を比較的簡単に判定できる方法（システム）を構築することを試み、かなりの高精度で判定できることを明らかにしてきた¹⁾。しかしながら、給水管の振動を対象とするよりは、水撃作用発生時の異音や衝撃音を対象とする方が計測自体容易でありシステムの構築も安価にできると考えられる。

そこで本研究では、水撃作用発生時に生じる音の継続時間や減衰性状、卓越周波数やスペクトルのピーク値、位相差分スペクトル等を算出し、平常時（水撃作用が生じていない時）と比較して、これらの値があらかじめ設定した閾値を越えた場合に「水撃作用の発生」と判定できるシステムを構築することを目的とした。

2. 実験の概要

住宅Aで使用している全自動洗濯機内に流れる水をスイッチで一時的に停止させることで強制的に給水を停止（i.e.洗濯機内蔵の電磁弁を急閉止）させることで水撃作用を発生させ、そのときに発生する音をマイクロホンとICレコーダーを用いて50回収録した（図1参照）。またハンマーで洗濯機の蛇口付け根部分と配管が通っていると思われるあたりの洗濯機付近の壁に衝撃を与え、そのときに発生する音も計55回収録し、水撃音との比較を行った。



図1 住宅Aでの音の収録状況

3. ファジイ演算システムの構築とその精度の検証

実験データの処理方法、および、ファジイ演算システムの構築プロセス等は、文献1)とほとんど同様であるため、ここでは紙面の都合上省略する。なお、評価項目については、「継続時間」と「位相差の割合」の他に収録した音の波形の「最大振幅」を追加している。住宅Aで収録した音のデータに基づいてシステムを構築し、これを住宅Aでの収録データに再度適用して「水撃作用が発生しているか否か」を判定した結果を示したのが表1である。これより、総計105のデータの内97のデータに対して、すなわち、97/105 92%の確率で「水撃作用が発生しているか否か」を正しく判定していることがわかる。

構築したシステムは、住宅Aでの収録データに基づいたものであり、他の住宅に対しても適用可能であるかどうかを検討する必要がある。そこで、構築したシステムの精度をチェックするために、新たに水撃作用発生時の音とハンマーで与えた衝撃音の波形データを、住宅Aの他に個人住宅B、C、D（いずれもアパー

キーワード : 給水管、水撃現象、音、ファジイ理論

連絡先 : 〒400-8511 甲府市武田 4-3-11 TEL 055-220-8519 FAX 055-220-8773

ト内の1室)の計4カ所で収録し、これらのデータに本研究で構築した水撃作用発生の有無の判定システムを適用することにした。チェックのために収録したデータは、水撃作用発生時のデータが25データ、比較データであるハンマーによる衝撃音のデータが10データの総計35データである。なお、住宅A以外の3軒でのハンマーによるデータ収録は、賃貸アパートということもあり、衝撃を与えた際の壁などの破損を防ぐため断念した。そのため、住宅B、C、Dで収録したデータは水撃作用発生時のデータのみとなっている。チェック用のデータに対して判定を行った結果を示したのが表2である。また、個々の住宅毎にチェックした結果を表3に示す。これらの結果より、音を対象として判定するシステムを用いると「水撃作用発生の有無」をおおよそ18/25 70%の精度で判定できていること（給水管の振動を対象とした場合はほぼ100%¹⁾）対象とする住宅の違いにより判定精度が異なっていることがわかる。

4. まとめ

本研究で得られた成果をまとめると以下ようになる。

- 1) 住宅Aで発生する水撃作用による音を収録・解析し、これらのデータに基づきメンバーシップ関数を作成しファジィ判定を行った結果、約9割の精度で水撃作用の発生の有無を判定できた。
- 2) 作成したファジィ判定システムを用いて住宅A以外の3軒の住宅で収録したデータに対して判定を試みたところ、その判定精度は約7割であった。精度が低下した原因として、各住宅で発生する水撃音にはそれぞれ違いがあり、住宅Aのデータだけを基に作成した判定システムでは十分な判定精度が得られないことが考えられる。

表1 構築したシステムを住宅Aでの収録データに適用した結果

ファジィ判定	水撃作用	ハンマー衝撃	・水撃作用により振動が発生した50データ中42データで「水撃作用検出」と判定 ・ハンマー衝撃による振動55データ中55データで「発生していない」と判定
水撃作用検出	42	0	
発生の可能性あり	2	0	
発生していない	6	55	

表2 構築したシステムを住宅A、B、C、Dでの収録データに適用し精度のチェックを実施した結果

ファジィ判定	水撃作用	ハンマー衝撃	・水撃作用により振動が発生した25データ中18データで「水撃作用検出」と判定 ・ハンマー衝撃による振動10データ中10データで「発生していない」と判定
水撃作用検出	18	0	
発生の可能性あり	7	0	
発生していない	0	10	

表3 住宅別の判定結果

ファジィ判定	住宅A	住宅B	住宅C	住宅D
水撃作用検出	7 (0)	2	2	7
発生の可能性あり	2 (0)	1	2	2
発生せず	0 (10)	0	0	0
判定精度 [%]	77 (100)	66	50	77

()内はハンマーによる衝撃音に対する結果

参考文献

- 1) 杉山他：給水管の止水時の振動特性の把握、土木学会第60回年次学術講演会講演概要集 -004, 2005.9.