日本建築学会大会学術講演梗概集
（中国） 2026 年 9 月

給排水音解析による配管診断手法の開発
流体音の変化から配管の異常が検知できる仮説の検証

正会員　　○嶋田　隆之*

給水管　　排水管　　流体音
異音検知　　詰まり　　腐食

1.研究の目的と背景

配管内部の状態確認は従来、局所的な抜管や内視鏡挿入、超音波法などを用いた目視検査が中心であった。しかし、これらは広範囲を簡易に把握するには不向きである。給排水管の大量更新時期を迎えている施設は、広範囲かつ簡易に診断できる手法が存在しないため、破断後の対処療法が主流となっている。

本研究は、流体音を活用した新たな配管診断手法の確立に向け、「給排水管の異常時には正常時と比べて流体音が変化する」という仮説を検証する目的で基礎実験を行った。その結果を報告する。

	本研究の狙い	人による漏水探査技術の動向
目的	給排水管の予兆検知	漏水箇所の推定
対象	給排水音	給水音
条件	閾値設定のアルゴリズム	判定可能な作業者の技量
特徴	簡易で広範囲な診断 人に頼らない診断	定性的な判断が可能である 歴史と実績がある

表-1　本研究の狙いと従来の技術動向の相違点

2. 給排水音を利用した配管診断手法開発における課題

本研究では、詰まりや腐食により通常使用に支障を生じる状態を異常時、それ以外を正常時と定義する。また、ここでは正常時の給排水音を「正常音」、異常時を「異音」と呼ぶ。異音判定アルゴリズムには以下の課題がある。

(1)録音データに環境音が混入すると誤検知の可能性がある。
(2)配管形状や流体条件により正常音と異音の範囲が異なる。
(3)正常音モデルが作れないケースでは異音定義が難しい。

3. 本研究の問題点解決のアプローチ

正常音と異音の境界を定義する音響指標を探索するため、以下の仮定と方法を採用した。

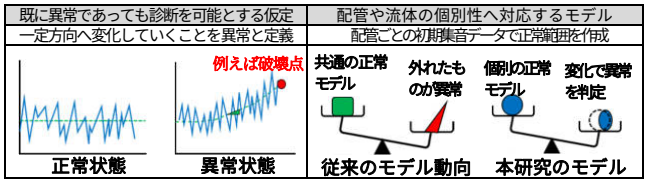


図-1　異常の仮定と正常モデル

(1)正常配管と異常配管をモックアップで準備し、流体音を収集。
(2)音圧レベルや統計量をノイズを含めて解析し、分布の有意差を確認。
(3)境界となる指標値候補を複数設定。
(4)配管の個別性や正常音が取得できない場合の成立性から有効指標を選定する。

4. 実験に使用した集音機材と解析ソフト等

	型式	IC レコーダ PCM-A10（汎用品）
	録音形式	リニア PCM 44.1kHz/16bit サンプリング周期：2.26757E-5(秒)
	周波数特性	44.1kHz（STEREO）：40～20,000Hz（0～-3dB）
	型式	外部マイク ECM-719（汎用品）
	周波数特性	100～15,000Hz
	出力インピーダンス	約1.5kΩ
データ整理ソフト		WavePad
解析ソフト		OriginPro2024

表-2　使用機材仕様一覧

5.複数の指標値候補から選定した有効指標値(以下略称)

指標値1	基準スペクトル[注1]と比較した相関係数	以下①と呼ぶ
指標値2	音圧レベルの上方包絡線の平均値	以下②と呼ぶ

注1 正常時又は集音初期データを単位周波数帯域ごとにパワーを平均したスペクトル

表-3　本実験結果で使用する指標値

6. 排水音実験

排水管の閉塞率 0%と閉塞率 50%を再現し、排水音の変化を比較した。[注2] 実運用環境での検出性能を直接評価する目的から、前処理による恣意的なフィルタリングを行わない環境音を含む生データを用いて解析した。

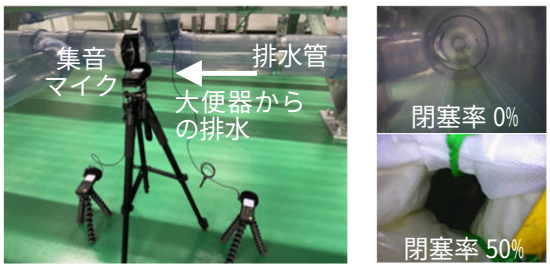


図-2　排水音実験の様子

6-1 実験諸元

・排水管：VP100

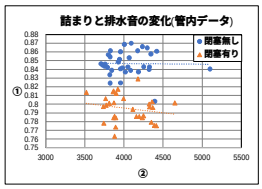
Development of a Pipeline Diagnostics Method
Using Water Supply and Drainage Sound Analysis
Hypothesis Testing for Detecting Abnormalities from Variations in Fluid-Borne Noise

SHIMADA takayuki

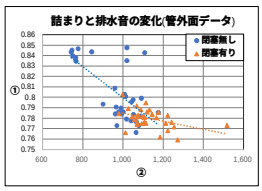
・集音マイク設置個所：(1)排水管内部(2)排水管外面(3)排水管外面から 100mm 離した気中、室内環境
・排水量：大便器からの排水流量 10L/回で統一
・試行回数：閉塞率 0%と閉塞率 50%それぞれの 32 回
・サンプリング周波数：15kHz、集音 20 秒間

6-2 排水音実験の結果

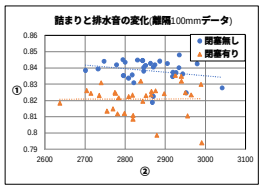
管外面データの分布では、ｔ検定より閉塞率 0%と閉塞率 50%の各集団における①と②の 2 変数に非常に強い有意差が認められた。管内データと離隔 100mm データの分布では、①に非常に強い有意差が認められた。



t検定(管内データ)	t値	p値	d値
①	14.165	<0.0001	3.5
②	0.108	0.914	0.02



t検定(管外面データ)	t値	p値	d値
①	-5.698	<0.0001	1.42
②	10.273	<0.0001	1.78



t検定(離隔100mmデータ)	t値	p値	d値
①	8.294	<0.0001	2.07
②	1.1235	0.2657	0.28

Welch 検定、両側検定、正規分布を仮定
：非常に強い有意差を示す

図-3　排水音実験の①と②の 2 変数グラフと t 検定結果

7.給水音実験

健全な配管と腐食した配管を接続し、給水音の変化を比較した。排水音実験と同じく生データで解析した。[注2]

塩水噴霧から半日後

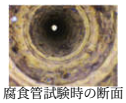

腐食管試験時の断面
（減肉率 12%）

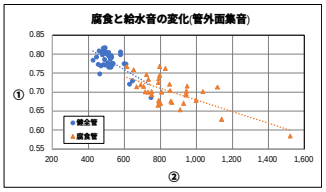
図-4　給水音実験の様子と腐食管の断面状態

7-1 実験諸元

・給水管：SGP 管 20A
・集音マイクの設置位置：各管外面に 2 台、屋外環境
・給水管内の圧力：管内を給水で満たし、水圧がかかる状態に調整
・試行回数：健全管と腐食管それぞれ 36 データを抽出
・サンプリング周波数：15kHz、集音 30 分間

7-2 給水音実験の結果

ｔ検定より健全配管と腐食配管の各集団における①と②の 2 変数に非常に強い有意差が認められた。



t検定(管外面集音データ)	t値	p値	d値
①	-10.92	<0.0001	-2.5745
②	10.03	<0.0001	2.3633

Welch 検定、両側検定、正規分布を仮定
：非常に強い有意差を示す

図-5　給水音実験の①と②の 2 変数グラフと t 検定結果

8.異音の閾値を示す有効指標値の結論

①と②は、排水音と給水音の管外面データに共通して、非常に大きな有意差が認められたことにより、「配管の閉塞・腐食に伴う流体音の変化を捉える有効な指標候補であり、現場適用に向けてさらなる性能検証が妥当である。特に①は、集音箇所に限らずに、非常に大きな有意差が認められた。①の実験値を参考までに表-4 に示す。

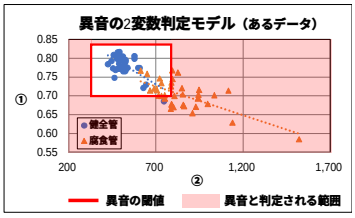
		①							
		平均値				標準偏差			
配管音種別	集音位置	健全管	腐食管	差	変化率%	健全管	腐食管	差	変化率%
給水音	管外面	0.781	0.702	0.079	10.1	0.027	0.038	0.011	40.5
排水音	管内	0.847	0.794	0.053	6.2	0.014	0.016	0.002	14.3
	管外面	0.804	0.780	0.024	3.0	0.034	0.009	-0.025	-73.6
	離隔100mm	0.838	0.821	0.017	2.1	0.007	0.009	0.003	37.6

：スペクトルの形状差が大きい　：パワー分布の標準偏差が大きい

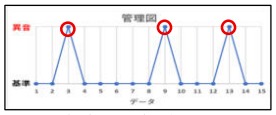
表-4　有効指標値①の実験値

9.まとめ

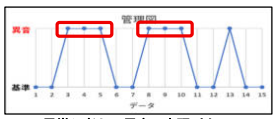
①と②を用いることで本実験条件下では、仮説の成立可能性を確認できた。因果関係は、1)配管母材の物理変化（断面積・口径・密度・摩擦)と、2）流体の変化（排水の水位・含気率・気泡の振動）が①と②に影響を与えた可能性が高いと考え、今後の課題とする。次に予定する現場実験では、実用化を意識した配管診断アルゴリズム(イメージを図-6 に示す)で検証を予定している。左図は、①と②の 2 変数を用いた異音の判定モデルで、右図は判定された異音の出現パターンで配管の異常確率を算出し、組み合わせて誤検知を軽減する、診断手法の案である。



異音の出現パターンから確率で異常を判断する案
・管理図で異音の出現パターンをモニタリングする
・異音の連続性、周期性、漸増性から異常確率を算出



ノイズと考える異音の出現パターン



異常と考える異音の出現パターン
（連続性がある例）

図-6　提案する異音の 2 変数判定モデルと管理図

現場では、排水管の詰まりの状態に関わらず、定期的に配管清掃を実施している施設が多くある。清掃後の排水音を正常モデルとして比較した異音の出現パターンから、詰まり確率による清掃の最適化を図りたい声が届く。今後も現場の声を大事に、継続して実用化を目指したい。

*JR 東日本ビルテック
*JR East, Facility Management Company