

アレイ状にセンサを構成した超音波式汚泥界面計の研究

○鹿志村修¹、増永靖行¹、森田晃¹
田中 義郎²

1. (株)富士電機総合研究所

2. 富士電機(株)

概要：現在、汚泥排出量の制御を目的に、汚泥界面レベルを測定できる超音波式汚泥界面計を開発中である。安定した汚泥界面レベルを測定する方式として、複数個の超音波センサをアレイ状に並べて音波を集束するアレイ方式を採用した。今回は、浄水場の凝集汚泥を模擬したカオリン凝集汚泥を使用して実験した結果、タンク底面に180mm堆積したカオリン凝集汚泥に対して、アレイ方式の場合、焦点合致点での受信強度は、単素子に比較してアレイ5素子の場合、約5倍の強度が得られ、受信画像の表示も鮮明にすることができた。

また、模擬浮遊物(スポンジ片)が浮遊し、超音波センサのアレイ部が2/3程度おわれた場合でも、カオリン凝集汚泥界面とタンク底面を検出することができた。

本アレイ方式が受信強度の向上と浮遊物質除去特性向上に有効であることが確認できた。

キーワード：超音波、汚泥、界面、アレイ、浮遊物除去

1. はじめに

汚泥界面レベルを測定する方式は、超音波の伝搬減衰量を測定する方式、光の散乱と透過による方式などがあるが、汚泥界面を乱すため正確なレベルが判別できない、リアルタイムでの沈殿池内の汚泥状態の監視ができない等の問題がある。このため、上水・下水処理施設などの沈殿池・調整池・濃縮槽においては、1～数回/日の頻度で発生する汚泥を泥水ポンプにて抜取っているが、現状では汚泥界面レベルを自動測定し、そのレベルに応じて自動的に汚泥引抜制御を行うのは難しい。超音波の反射による距離測定方式は、可動部がなく、汚泥界面を乱すことがなく、メンテナンス性も高いという特長を有するが、浮遊汚泥により界面を誤認識する場合があります、計測システムの信頼性に問題があった。

そこで、我々は、浮遊汚泥による誤検出を回避し、安定した汚泥界面を測定するために、超音波センサをアレイ状に並べて、複数の測定径路により汚泥界面の監視を行なう方式を考案した。

本論文では、アレイ状にセンサを構成した超音波式汚泥界面計の有効性について報告する。

2. システム構成と実験方法

(1) システム構成

超音波式汚泥界面計のシステム構成を図 1 に示す。アレイ状に構成した超音波センサと送信・受信回路と受信信号をもとに界面位置を求める演算部と結果を表示する表示部から構成されている。最大で 5 つの超音波センサを使用でき、その送信信号に時間遅延の操作を、受信信号に時間遅延と波形合成の操作を行なうことにより、任意の位置に超音波の波面を集束することができる。各センサへの時間遅延量は、集束させる焦点位置に、各超音波センサからの音波の波面が合致するように設定している²⁾。

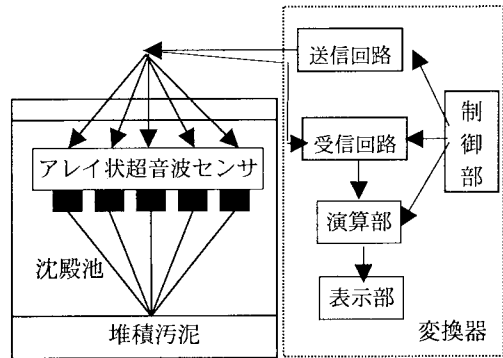


図 1. 超音波式汚泥界面計のシステム構成

試作品の表示例を図 2 に示す。表示部は、超音波の反射強度を色彩に変換し水深に対応した表示をする時刻暦表示部、超音波の反射強度を水深に対応したバーグラフで表示する受信信号強度表示部、各水深に対応した受信感度を微調整する感度調整部から構成されている。また、汚泥界面位置を検出する範囲とアラーム設定範囲も水深に対応する形式で表示しており、全ての表示・設定が水深に対して 1 つの画面で設定できる。この表示構成により、様々な設置環境に対応可能である。図 3 に、試作した変換器と画像表示装置を、図 4 にアレイ状に構成した超音波センサを示す。

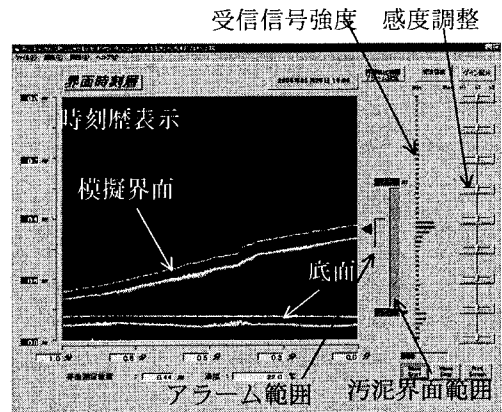


図 2 : 表示画面例

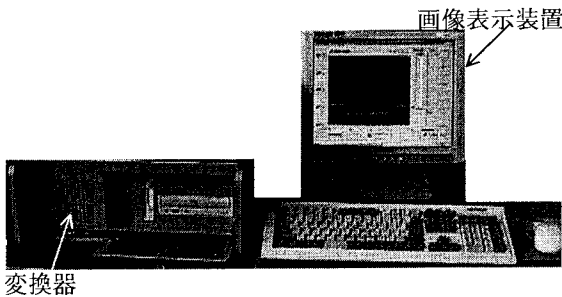


図 3. 変換器と画像表示装置

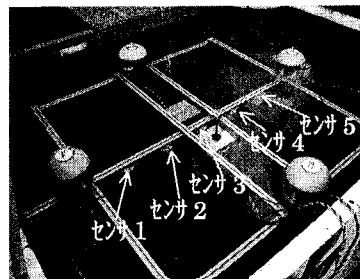


図 4. アレイ構成の超音波センサ

(2) 実験方法

a) アレイ方式感度分布評価

アレイ方式の基本特性として、反射板を使用して深度方向と水深方向の感度分布を、単素子、アレイ 3 素子、アレイ 5 素子について評価した。焦点距離の効果については、図 5 に示す様に、深さ 2 m に設置した反射板(アクリル板 1000mm×1000mm×厚さ 10mm)に対して焦点を反射板(2 m)と上下±1 m にあわせて評価した。深度方向感度分布については、図 6 に示す様に、深さ 2 m に設置した反射板(アクリル板 1000mm×1000mm×厚さ 10mm)に対して、焦点を 2 m から 0.5m まで 0.1m 毎に受信電圧

を評価した。水平方向感度分布は、図7に示す様に、深さ2mに設置した反射板(ステンス板φ50mm×5mm)を、水平方向に20mm毎に移動させながら受信電圧を評価した。

b)アレイ方式の堆積汚泥評価

浄水場の凝集汚泥を模擬したカオリン凝集汚泥を使用した実験方法を、図8に示す。アレイ状センサと堆積した凝集汚泥の相対距離を2m~1.2m間で変えて、焦点合致点での受信電圧を評価した。

c) アレイ方式の模擬浮遊汚泥の除去効果

模擬浮遊汚泥の除去効果の実験方法を図9に示す。模擬浮遊汚泥としてスポンジを使用し、センサ面に対するスポンジ位置と受信電圧との関係について評価した。

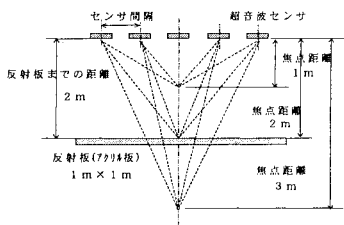


図5.焦点距離効果の実験

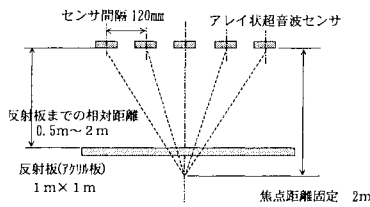


図6.深度方向感度分布の実験

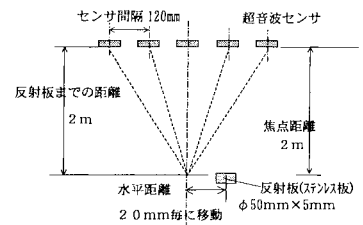


図7.水平方向感度分布の実験

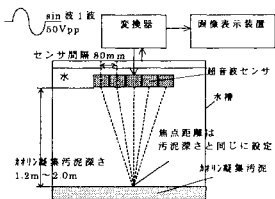


図8.堆積汚泥の実験

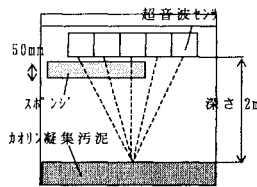


図9.浮遊汚泥除去効果の実験

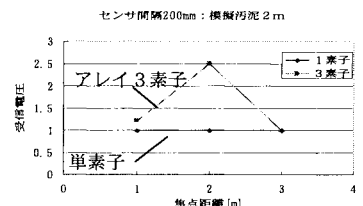


図10.焦点の効果

3. 実験結果

(1)アレイ方式の感度分布評価結果

アレイ効果を確認するために、焦点効果および深度方向と水平方向の感度分布の評価を行なった。

a)焦点効果

図10に示すように、焦点距離を反射板(アクリル板)に合わせた場合、および、その上下±1mに合わせた場合について評価した。結果を図10に示す。アレイ3素子の場合、焦点合致点(2m)での受信電圧比は、前後±1mの受信電圧比より約2.5倍大きく、焦点効果があると考えられる。

b)深度方向感度分布

図11に、焦点距離2mに設定し、反射板(アクリル板)の深度を変えて評価した結果を示す。焦点合致点(2m)で、アレイ3素子で約3倍、アレイ5素子で約5倍と素子数分受信電圧レベルが高くなっている。0.7mと1.2mで感度が高くなっているのは隣接センサの不要反射波と思われる。

c)水平方向感度分布

焦点合致点(2m)での水平方向の感度分布を評価した結果を表1に示す。水平距離80mmまでは単素子よりも指向角は狭い。水平距離80mmより大きいところでは、素子数分指向角が広がった。

d) 堆積汚泥評価 (カオリン凝集汚泥)

タンク底面にカオリン凝集汚泥を180mm堆積させて評価した結果を図12に示す。焦点合致点

での受信強度は、単素子に対してアレイ 5 素子では約 5 倍を得た。 表 1. 水平方向感度分布

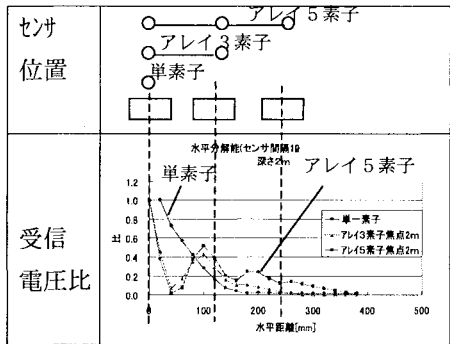
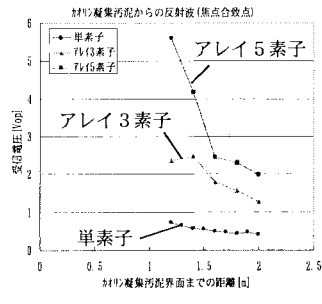
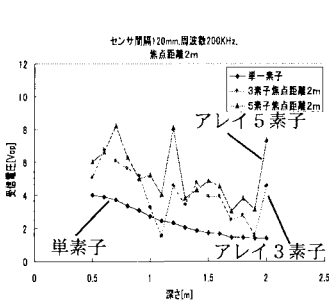


図 1 1. 深度方向感度分布 図 1 2. 焦点合致点の受信電圧

(2) アレイ方式の模擬浮遊汚泥の除去効果

模擬浮遊物(スポンジ片)が超音波センサアレイ部を 2/3 程度おった場合、表 2 に示す様に、単素子では検出できないが、アレイ 3 素子と 5 素子ではカオリン凝集汚泥界面とタンク底面を安定して検出できた。

表 2. 模擬浮遊汚泥の影響

スポンジ位置		スポンジ面積		単素子	アレイ 3 素子	アレイ 5 素子
		受信画像		全面	3 素子中 2 素子	5 素子中 3 素子
設定汚泥 2.00[m]	測定	汚泥	凝集汚泥 0[m]	凝集汚泥 0[m]	凝集汚泥 1.99[m]	凝集汚泥 1.99[m]
タンク底面 2.18[m]	深さ	タンク底	タンク底面 0[m]	タンク底面 0[m]	タンク底面 2.18[m]	タンク底面 2.18[m]

4. おわりに

以上のように、アレイ状にセンサを構成した場合の基本特性と模擬浮遊汚泥の除去効果について検討した。浄水場の凝集汚泥を模擬したカオリン凝集汚泥を堆積させてアレイ方式の効果を評価した結果、単素子よりも感度が高く、汚泥界面画像も鮮明に得られることを確認した。また、アレイ部を 2/3 程度おった場合でも、アレイ構成にすることで、カオリン凝集汚泥界面とタンク底面を、安定に検出できることを確認した。今後、堆積汚泥と浮遊汚泥に対する超音波周波数の影響、および、フィールドでの評価を実施していく。

参考文献

- 1) 超音波技術便覧, 日刊工業新聞社
- 2) 森田晃, 吉村弘幸, 超音波式汚泥界面計の高分解能化, 第 38 回下水道研究発表会講演集, 社団法人 日本下水道協会, 2001
- 3) 宮入康寿, 佐藤匡則, 田中良春, 環境水質(下水)を見守るセンサ技術, 富士時報, Vol.74, No.8, P 464~468, 2001
- 4) 汚泥界面計, 富士時報, Vol.75, No.1, P88, 2002