

## 超音波流動計測とロボット搬送に関する基礎研究

### Fundamental study of ultrasonic velocity profiler method for flow measurement and robot transport

\*西脇 良<sup>1</sup>, 木村 駿<sup>1</sup>, 高橋 秀治<sup>1</sup>, 遠藤 玄<sup>1</sup>, 木倉 宏成<sup>1</sup>

<sup>1</sup>東京工業大学

東京電力福島第一原子力発電所の格納容器漏洩箇所調査のためフェイズドアレイ UVP 法と搬送用ロボットを用いた遠隔計測システムを構築した。そして、搬送用ロボットを用いたフェイズドアレイ UVP 法による二次元流動場計測を行い、漏洩箇所位置推定が可能であることを示した。

**キーワード:** 超音波, フェイズドアレイ, 流速分布計測, ロボット計測

#### 1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業に関して、崩壊熱冷却用水の原子炉格納容器からの漏洩が問題となっており、漏洩箇所調査を格納容器内部より行うことが求められている。格納容器内は高線量かつ滞留水の透明度は高くなく確認されている。そこで調査手法として耐放射線性に優れかつ不透明液体に適用可能な超音波計測に注目し、その中でも、フェイズドアレイ超音波流速分布計測(UVP)法<sup>[1]</sup>を用いた二次元流動計測に着目した。本手法により漏洩箇所へ向かう滞留水の流れ場を計測することによりその位置推定が可能であると考える。一方で、本手法を適用するにあたり、格納容器内部は人が立ち入ることのできない高線量環境であるので、ロボットによる計測システムの搬送と遠隔操作による計測が必須になる。そこで、本研究ではフェイズドアレイ UVP 法と搬送用ロボットを用いた遠隔計測システムを構築し、模擬漏洩箇所調査実験を行った。

#### 2. 漏洩箇所調査システムの構成

漏洩箇所調査システムはフェイズドアレイ UVP 法の二次元流動計測システムと搬送用ロボットシステムにより構成される。調査システムの外観を Fig.1 に示す。フェイズドアレイ UVP 法による二次元流動計測システムは、大きさが  $30 \times 18 \times 18$  mm の超音波リニアアレイセンサにより二次元流速ベクトル場が計測可能な計測システムであり、高い可搬性を持つ。センサは中心周波数が 2 MHz、素子数が 8、素子の 1 つの大きさが  $2 \times 0.5$  mm のものを用いた。一方の搬送用ロボットシステムは移動用の四輪駆動の車体とセンサの位置制御用のロボットアームから構成される。ロボットアームは 3 自由度 2 節リンク機構を有し、第二関節にはワイヤプーリ機構を採用し、軽量かつ広範囲の可動域を持つ。

#### 3. 模擬漏洩口調査実験

新たに構築した計測システムの有効性を検証するために Fig.2 に示す体系において実験を行った。実験では櫓の 2 階部分でロボットを移動させ、2 階部分の床下に設置した  $1200 \times 450 \times 450$  mm の水槽内にロボットアームを用いてセンサを配置し流出する流れの計測を行った。水槽内には流入口と模擬漏洩口を設け流量 14 L/min で水を循環させた。センサの計測線を  $-10^\circ$  から  $+10^\circ$  まで  $5^\circ$  刻みに 5 本設定し電氣的に走査した。計測は漏洩口付近でロボットによりセンサを 30 mm 間隔で移動させながら 3 点で計測を行った。計測結果を Fig.3 に示す。結果より、一部でロボットアームの位置決め精度の不十分さによるベクトル方向のずれが見られるもの漏洩口正面においてセンサから 60 mm 程度離れた領域でも流出する流れが確認でき、本計測システムの有効性が確認された。

#### 参考文献

[1] 都築宣嘉 *et al.*, "フェイズドアレイセンサ超音波流速分布計測法による流れ場の可視化 (第 41 回可視化情報シンポジウム講演論文集)." 可視化情報学会誌(2013): 別紙-5p.

\*Ryo Nishiwaki<sup>1</sup>, Shun Kimura<sup>1</sup>, Hideharu Takahashi<sup>1</sup>, Gen Endo<sup>1</sup>, and Hiroshige Kikura<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tokyo Tech



Fig.1. Measurement system with conveying robot and phased array sensor.

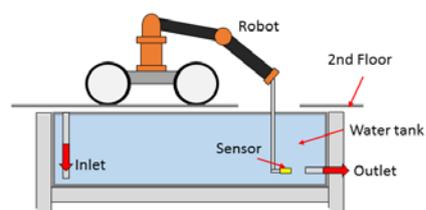


Fig.2. Experiment equipment (Side view).

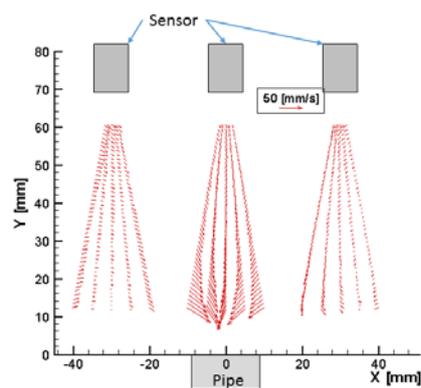


Fig.3. Flow map of the phased array UVP method (Top view).