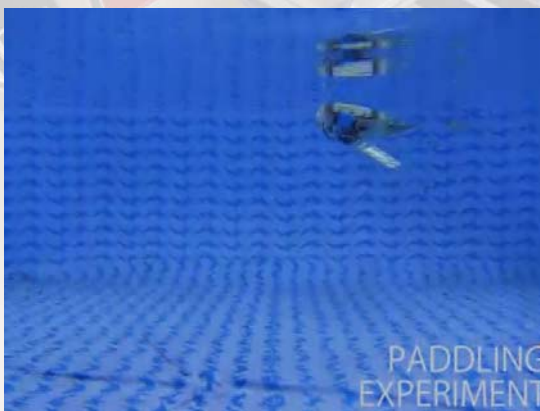
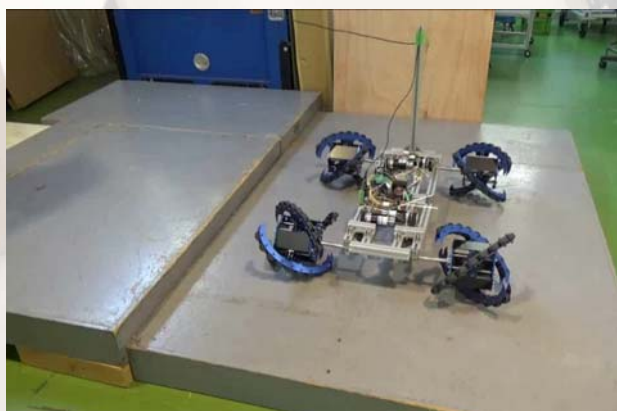




シビアアクシデント後の 遠隔計測技術

東京工業大学
工学院 機械系
准教授
遠藤 玄
木倉 宏成

Robots in Suzumori Endo Lab.



2018/01/10

第4回廃止措置技術・人材育成フォーラム

3

廃止措置に用いられているロボット



https://www.shephardmedia.com/media/images/article/510_packbot_for_news.jpg



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/8b/Robot-Warrior.jpg>



<http://www.furo.org/img/robot/110608-2.JPG>



http://photo.tepco.co.jp/library/120417_01/120417_01.JPG

2018/01/10



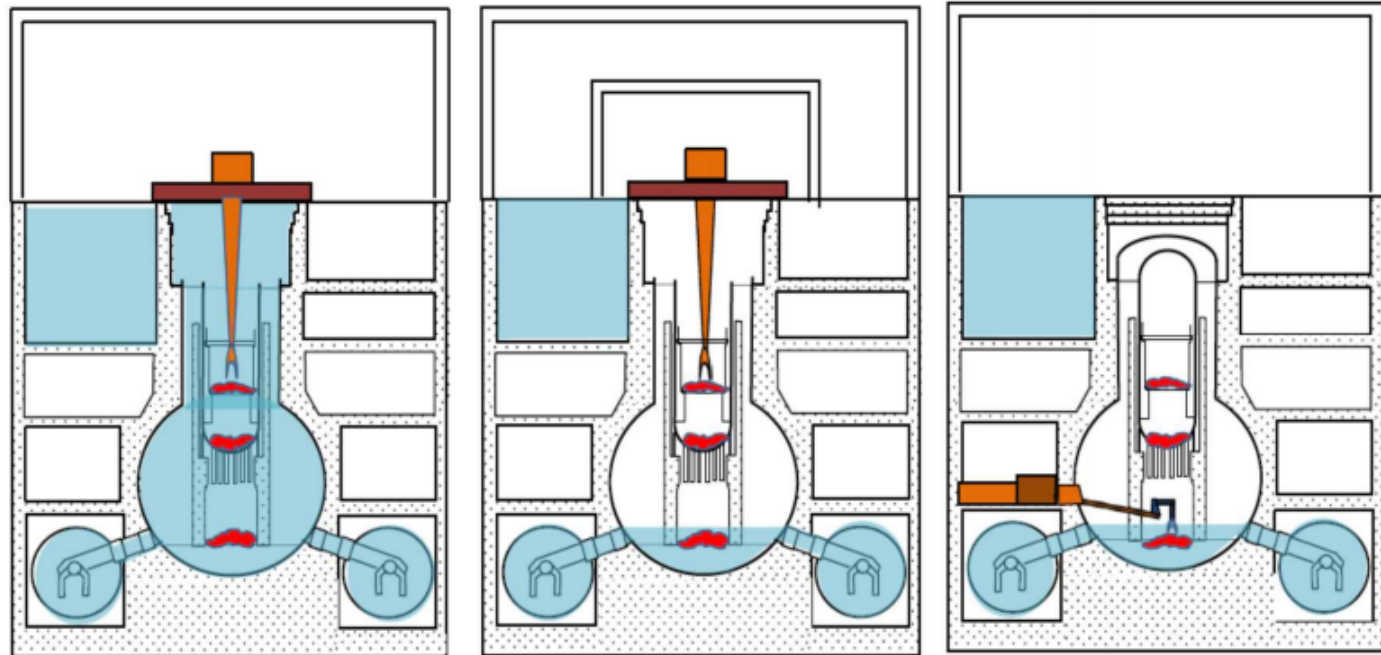
http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/idg/14/481709/041400083/Fukushima20robot1_500.jpg



<http://www.jgnn.net/ls/2012/11/4-23.html>

燃料デブリの取り出し工法

IRIDシンポジウム 福島第一原子力発電所における廃止措置の現状と課題
2016/8/4 資料より引用



燃料デブリ

完全冠水

部分冠水

部分冠水

取り出し場所

上

上

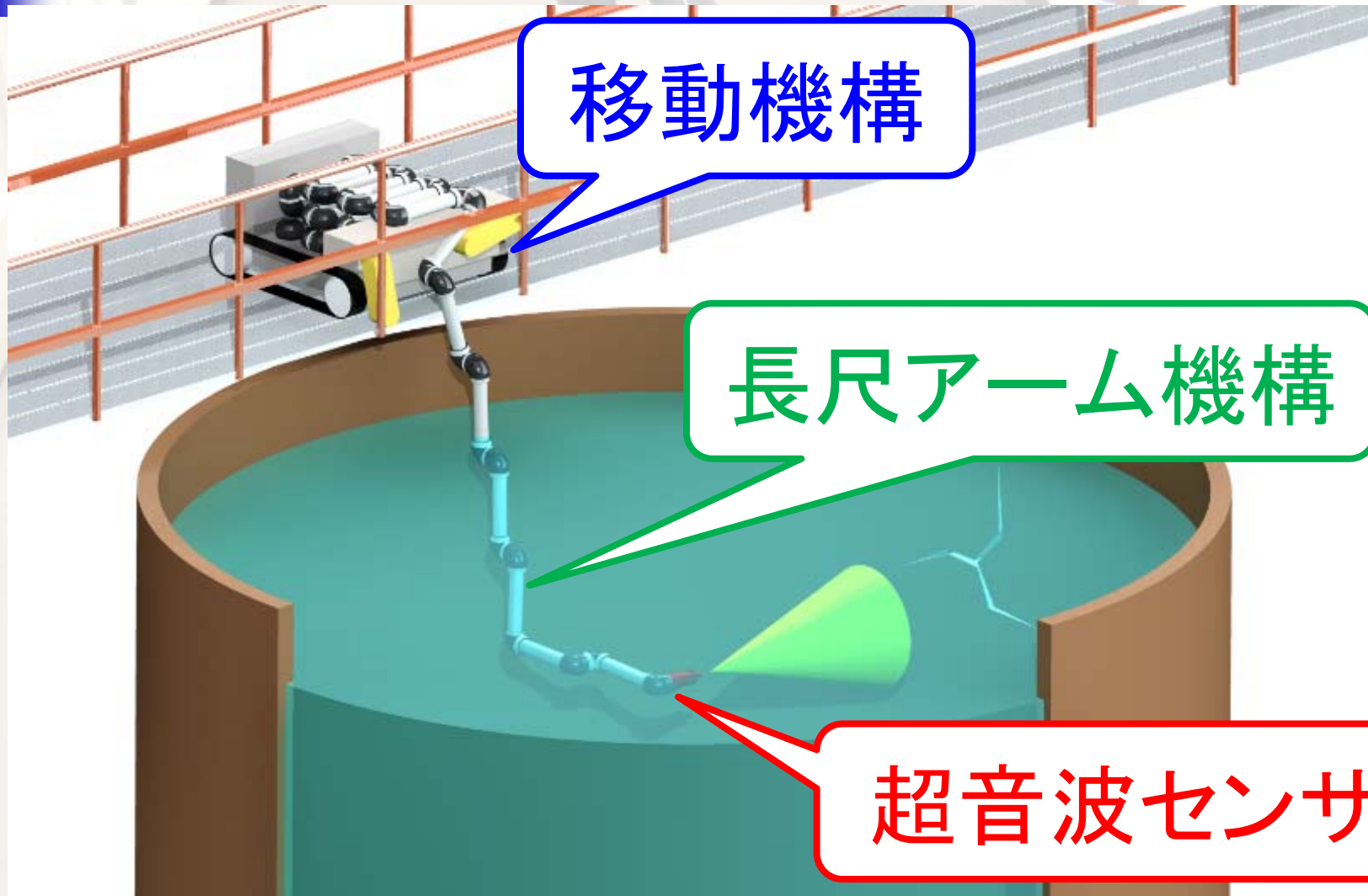
横

課題

止水, 耐震性

放射性ダスト飛散,
放射線遮へい

漏水・流入箇所特定のための 遠隔計測ロボットシステム



研究開発体制

(東工大先導原子力研究所、東工大工学院機械系、
東京医科歯科大)

TMI-2でも用いられた超音波探信計測技術を一步前進させ、**デブリ形状を把握**するとともに、**超音波ドップラー技術**を用いて**汚染水漏洩箇所を特定**するための**ロボット搬送計測システム**を開発し、この搬送計測システムを利用してデブリ特性を同定する技術の構築を目指す。

東工大機械系 : ロボット機構の設計とロボット搬送計測システムの統合開発
東京医科歯科大 : 多関節アームの制御法の開発

東工大先導原子力研の
超音波計測技術

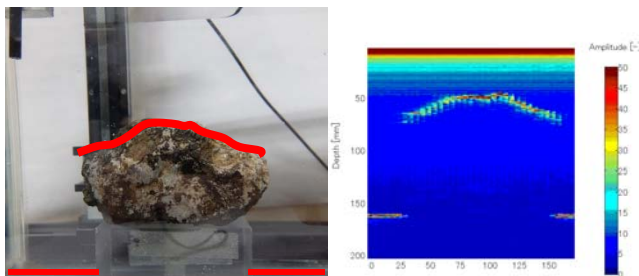


東工大機械系の
ロボット設計技術

東京医科歯科大の
アーム制御技術



**汚染水漏洩
箇所の特定**

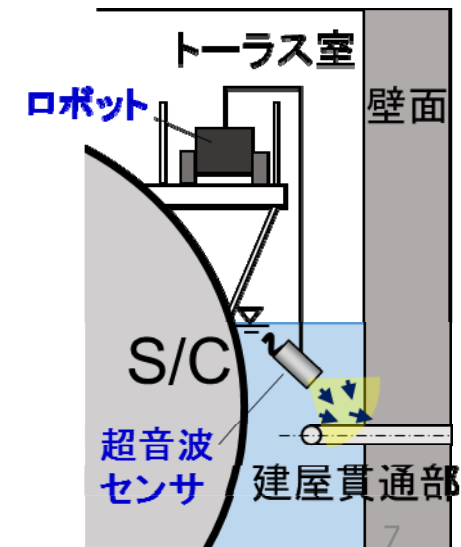


デブリ形状の把握

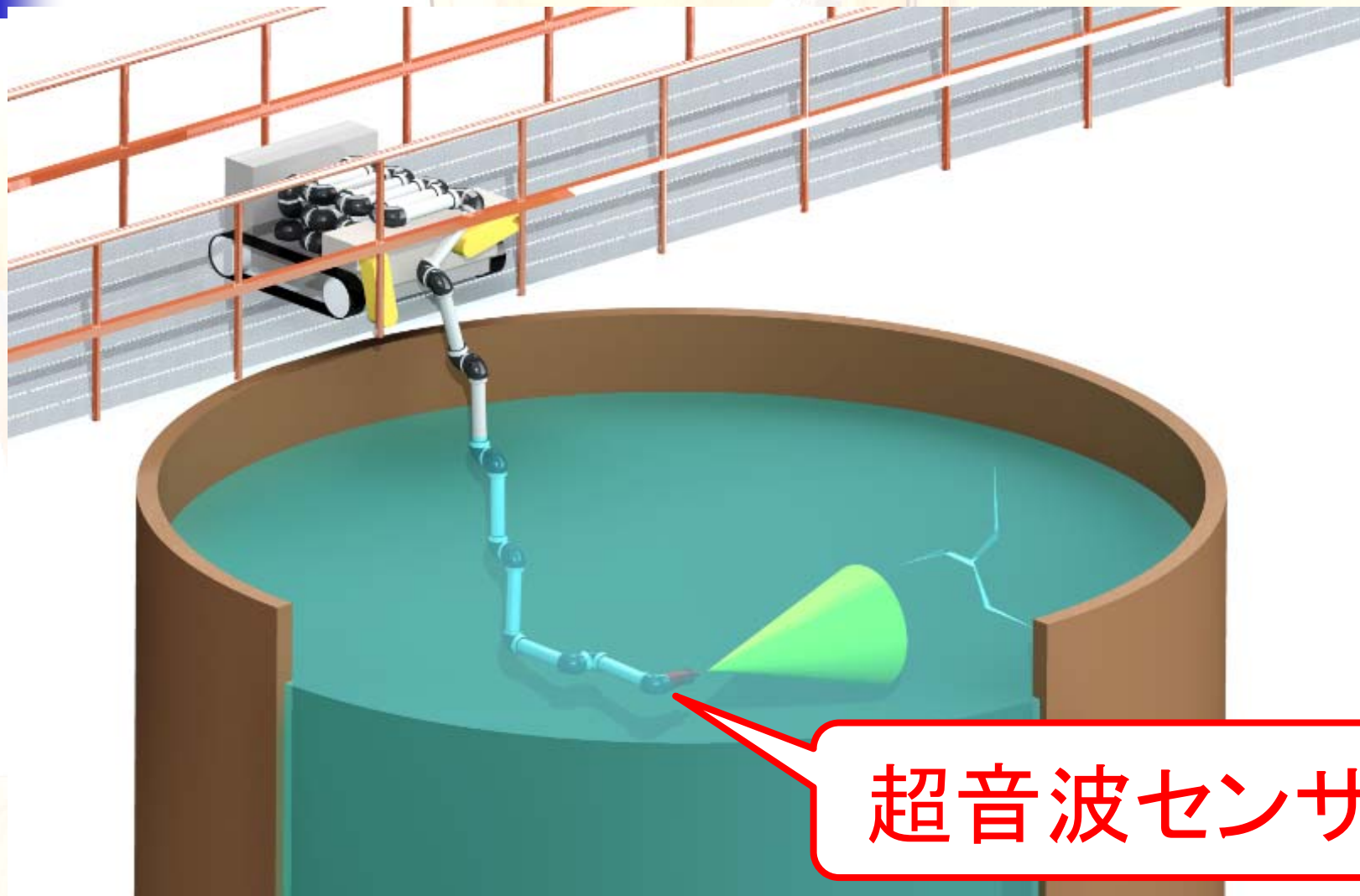
2018/01/10



第4回廃止措置技術・人材育成フォーラム



漏水・流入箇所特定のための 遠隔計測ロボットシステム



超音波流速分布計測法(UVP法)

超音波パルスの送受信を繰り返す
パルスリピテーション法

パルスの送受信を繰り返す間に粒子が移動

➡ 受信信号に位相差が発生

測定線方向の
速度成分

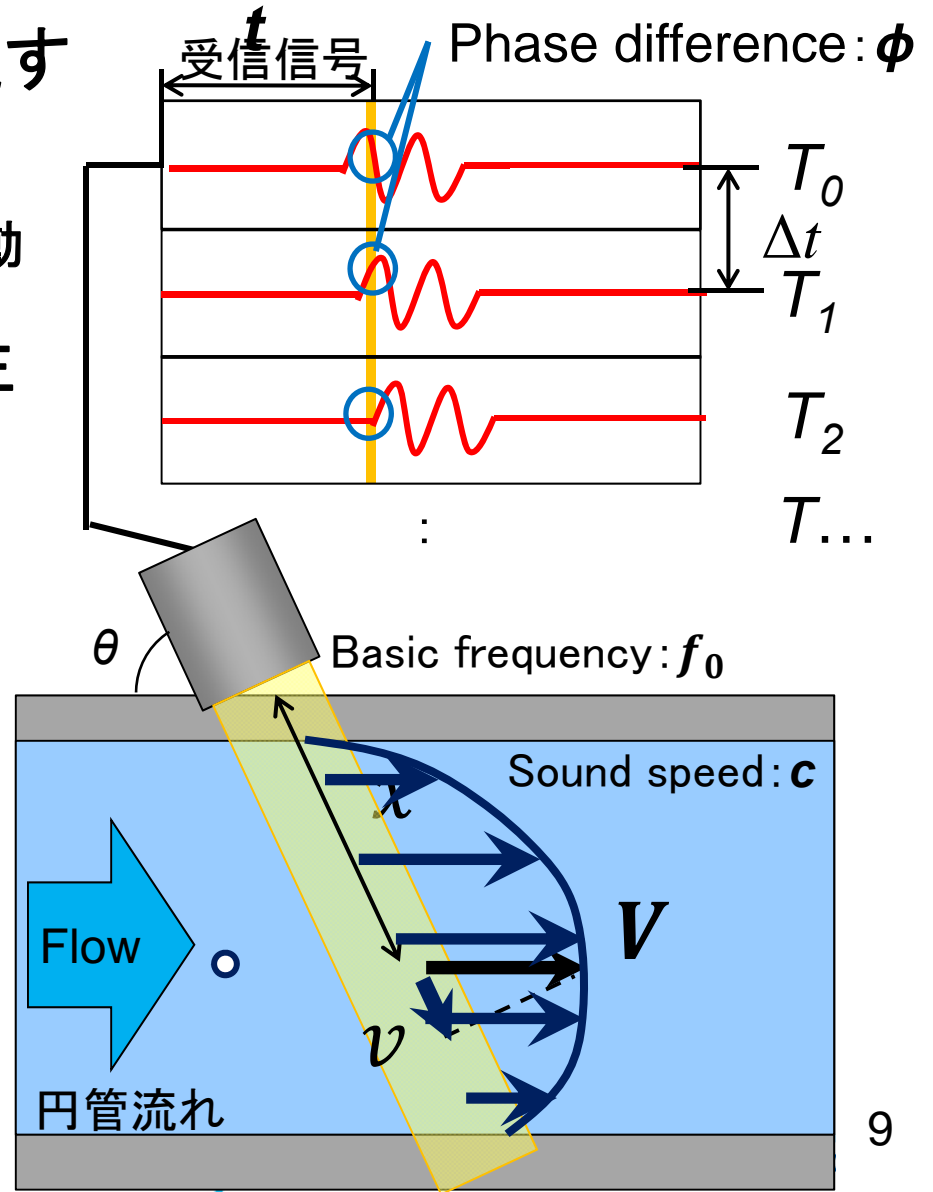
位置

$$v = \frac{c \cdot \phi}{4\pi f_0 \Delta t} \quad x = \frac{ct}{2}$$

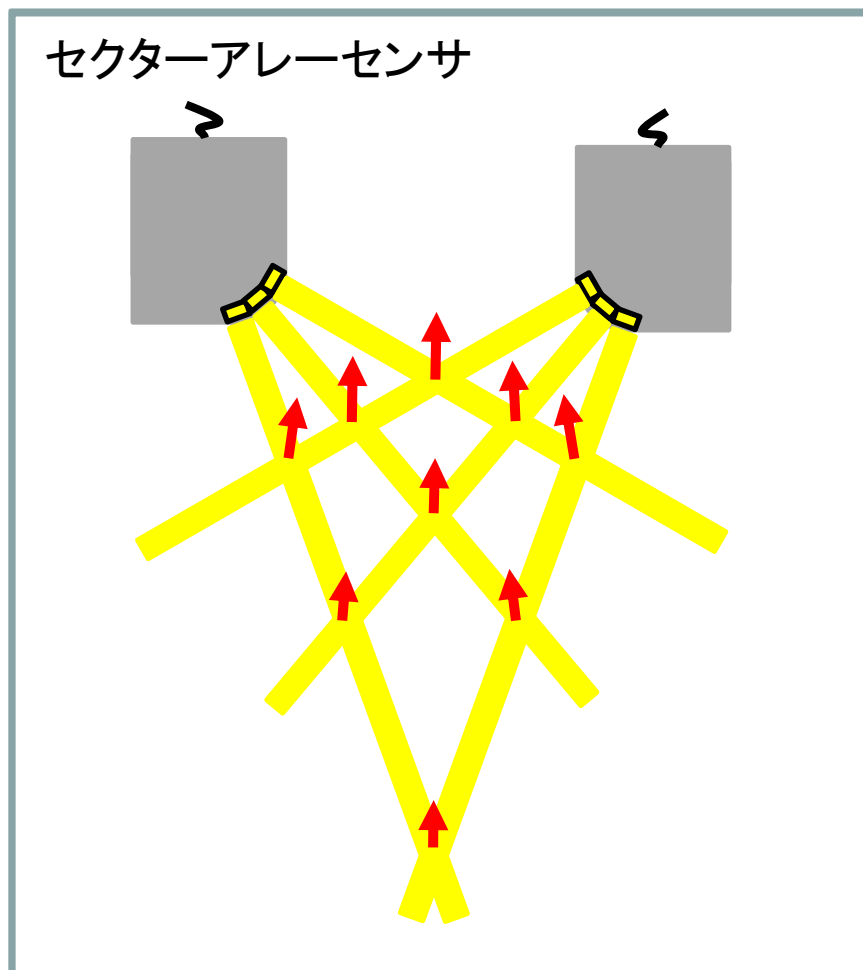
c : Sound speed	Δt : Pulse emission interval
ϕ : Phase difference	t : Traveling time
f_0 : Basic frequency	

↓ $V = v / \cos\theta$

測定線上の速度分布



セクターアレーセンサを用いた計測システムの改良(気泡流の速度ベクトル計測)

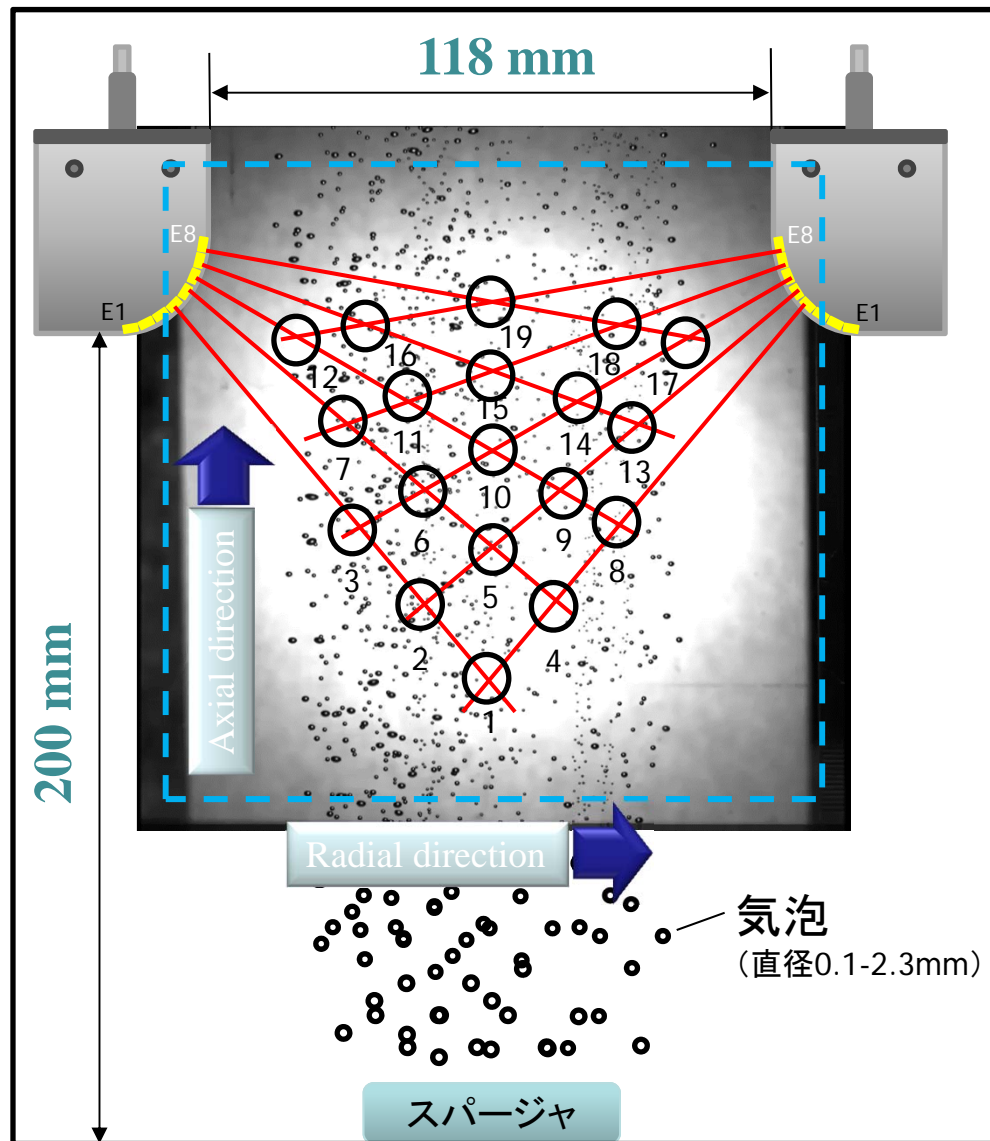


セクターアレーセンサの仕様

基本周波数 [MHz]	8
振動子数	8
波長 [mm]	0.19
振動子サイズ [mm]	2.9 x 3
振動子間ピッチ [mm]	3
曲率 [mm]	17.3
高さ [mm]	45
幅 [mm]	35
厚み [mm]	22

センサ据付に伴う誤差 小
計測システム コンパクト
計測領域 大(可変)

気泡流の速度ベクトルのフローマッピング例

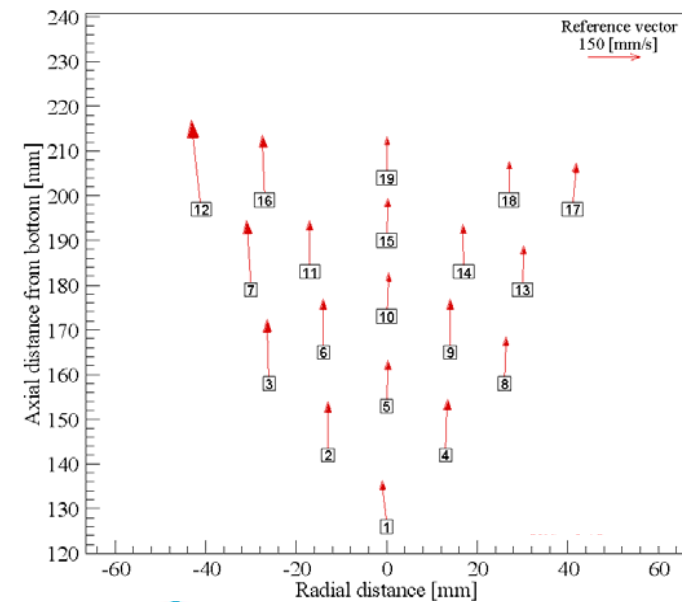


計測システムの改良により気泡流の速度ベクトルのフローマップが得られた。

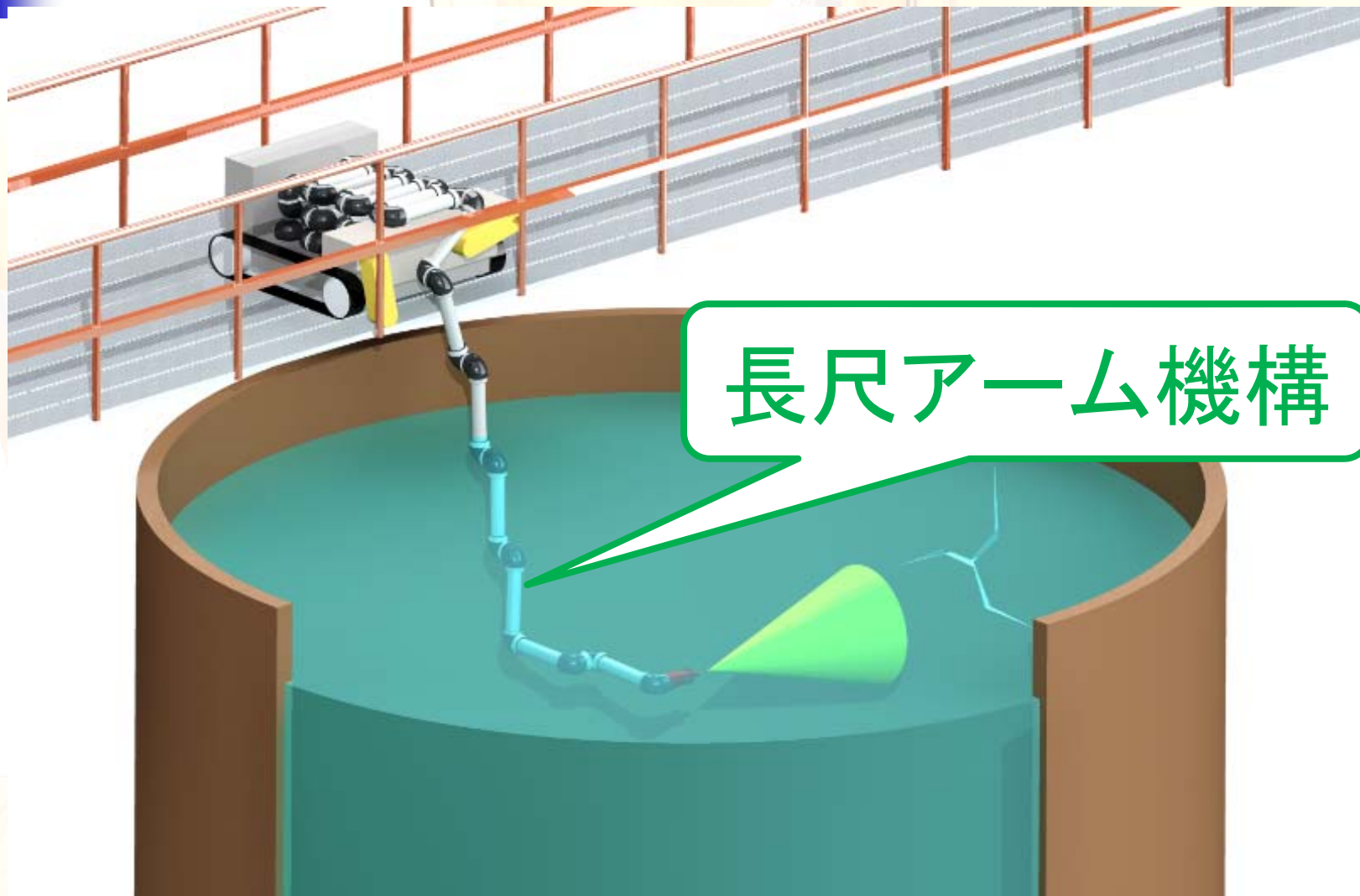
試験条件

気相流量 [L/min]	0.2
気泡直径 [mm]	0.1-2.3
水温 (° C)	約15
作動流体	水 (液相), 空気 (気相)

○は計測点を示している。



漏水・流入箇所特定のための 遠隔計測ロボットシステム



超長尺多関節アーム3D CT-Arm

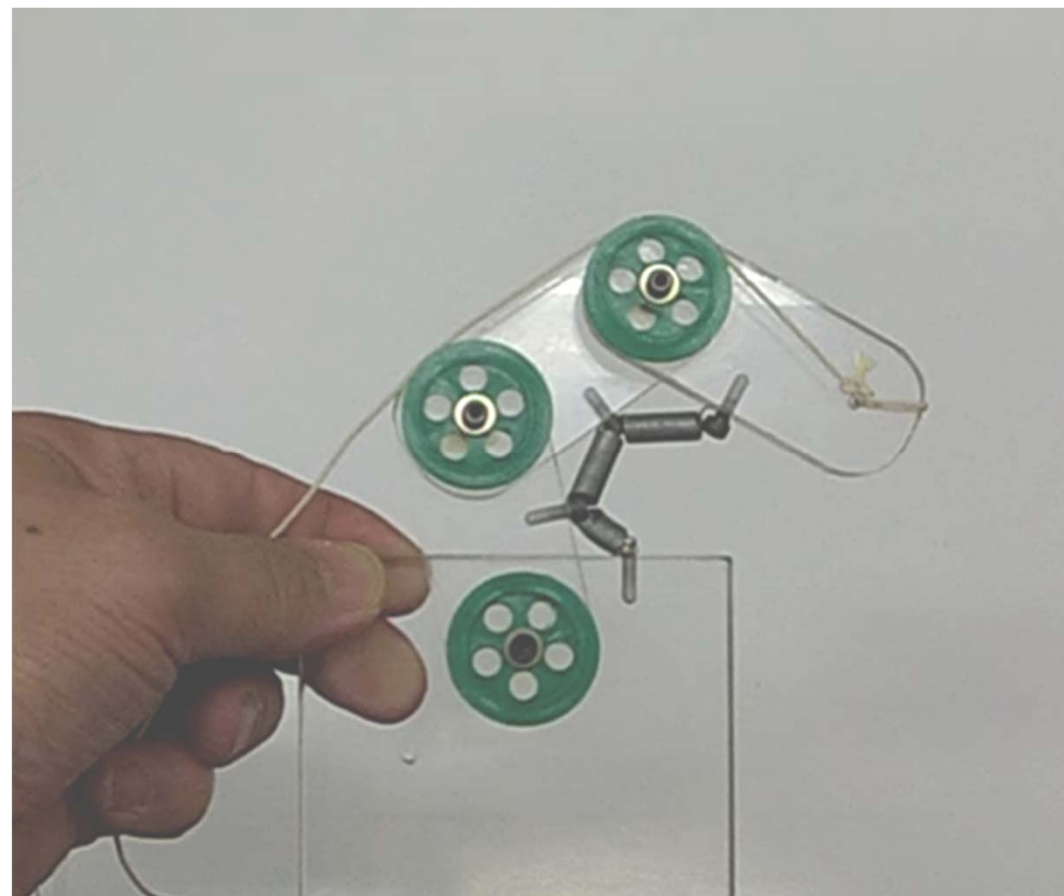
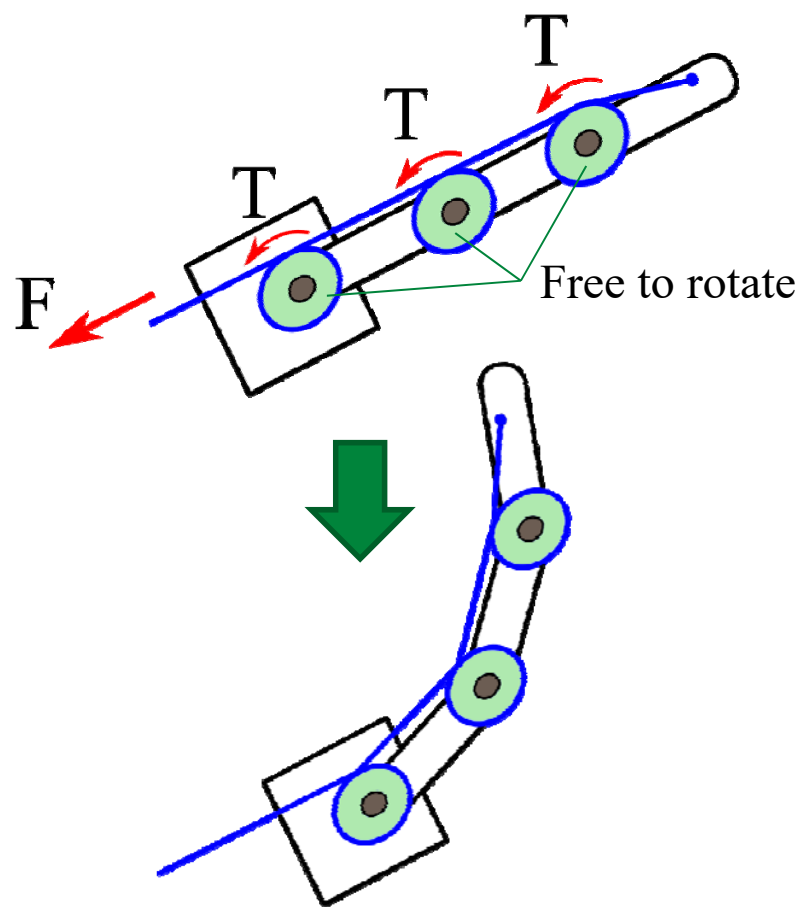


Development of **VERY LONG** robot arm
for decommissioning work

Mini 3D CT-Arm



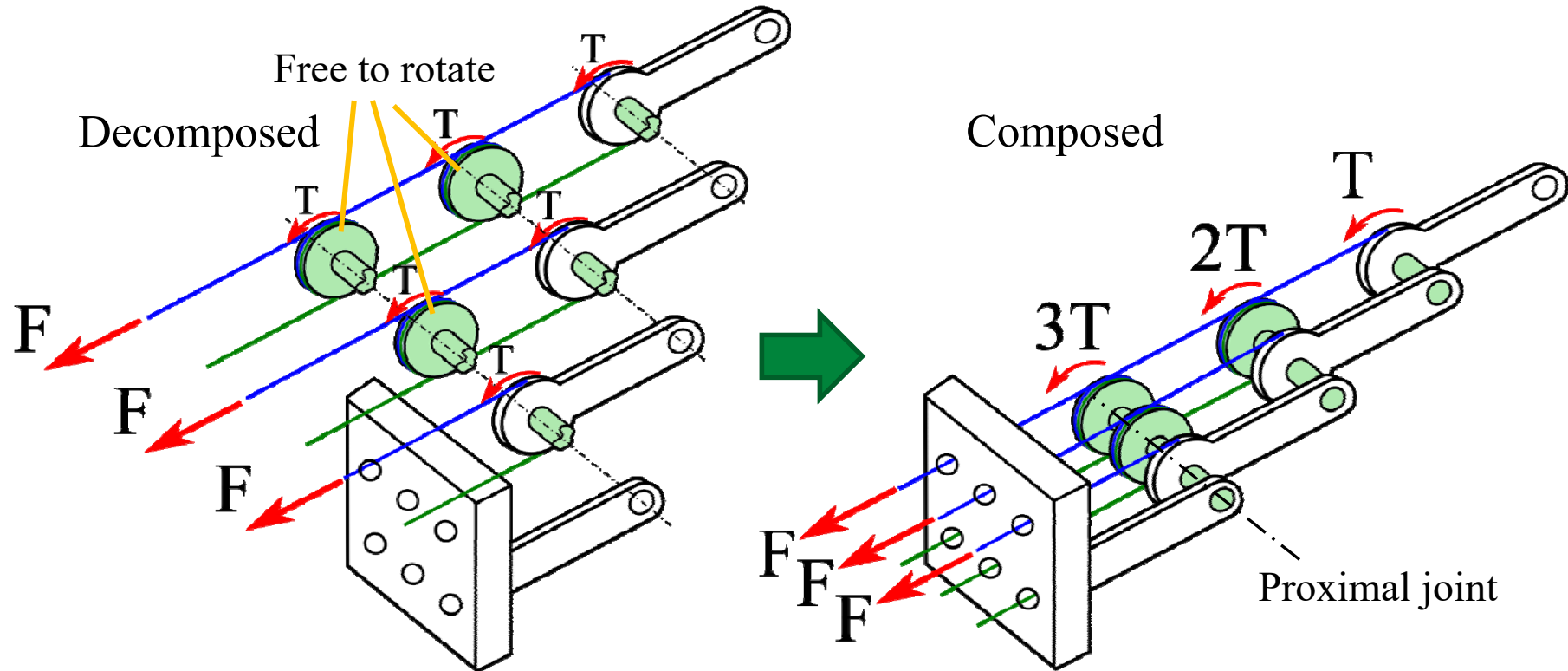
ワイヤ干渉駆動による関節トルクの生成原理



3 joints arm motion by wire and free rotating pulleys

◆ 受動プーリ関節に等しくトルクを生成できる

ワイヤ干渉駆動による関節トルク生成(3関節モデル)



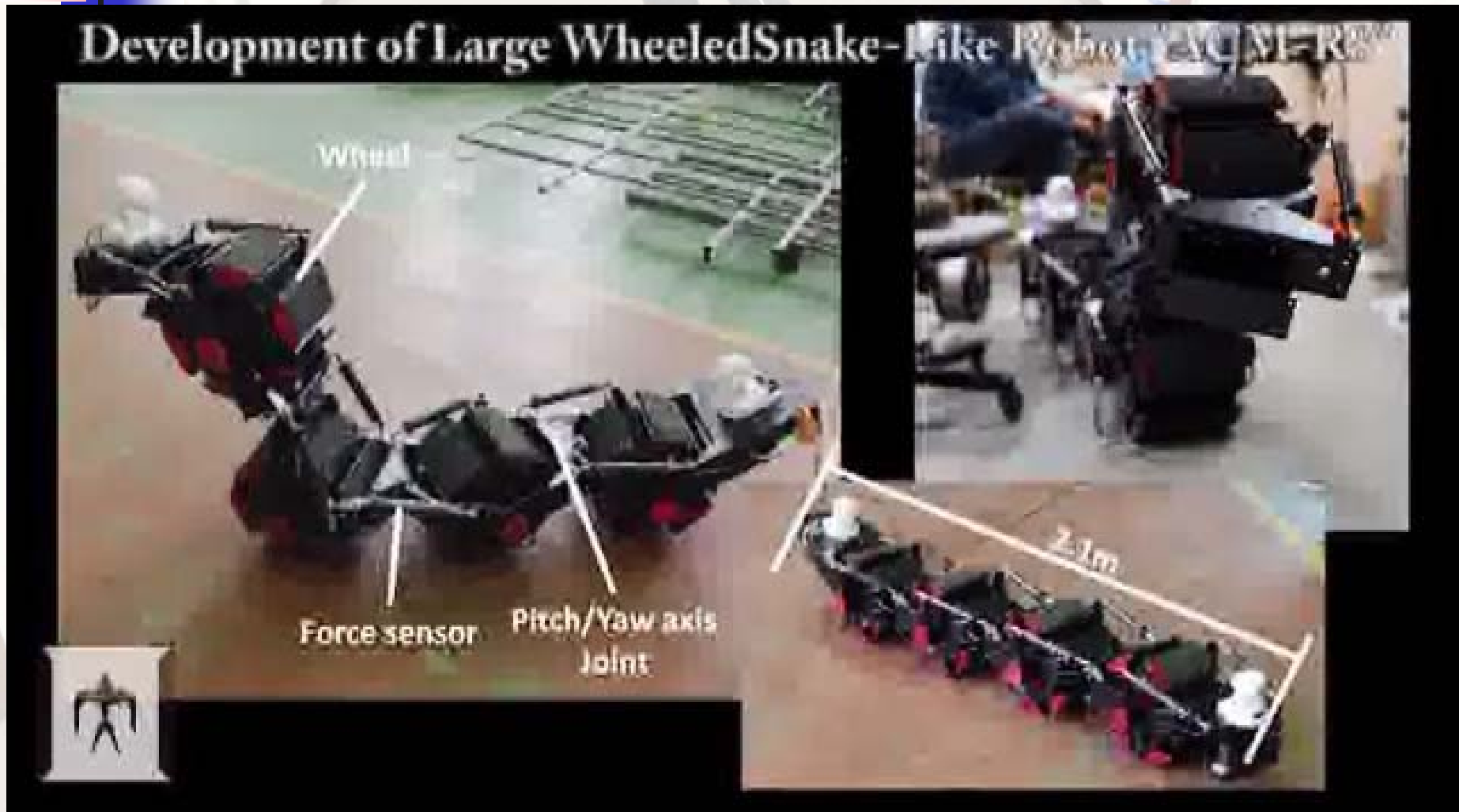
3 joints model of the principle of CT-Arm I

- ◆ 3 wire tensions can generate torque in the proximal joint
- ◆ Using this principle, CT-Arm I can generate large torques in the proximal joints to raise long-reach arm

漏水・流入箇所特定のための 遠隔計測ロボットシステム

移動機構

大径能動車輪へビ型ロボット ACM-R8



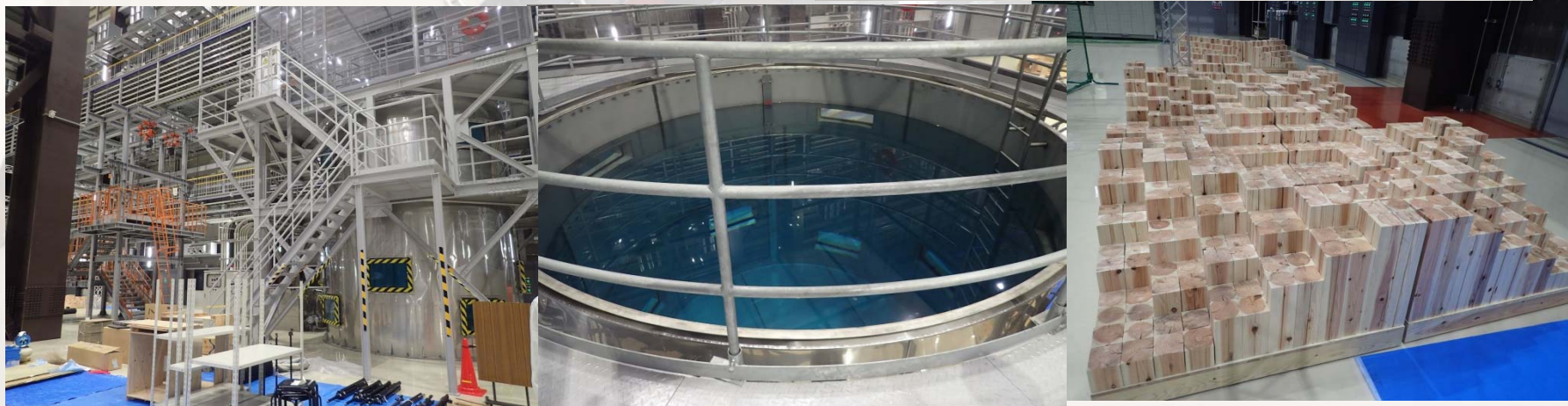
<https://youtu.be/ykcq1fpY8AU>

2018/01/10

第4回廃止措置技術・人材育成フォーラム

20

楢葉遠隔技術開発センター



2018/01/10

第4回廃止措置技術・人材育成フォーラム

21

不整地踏破実験



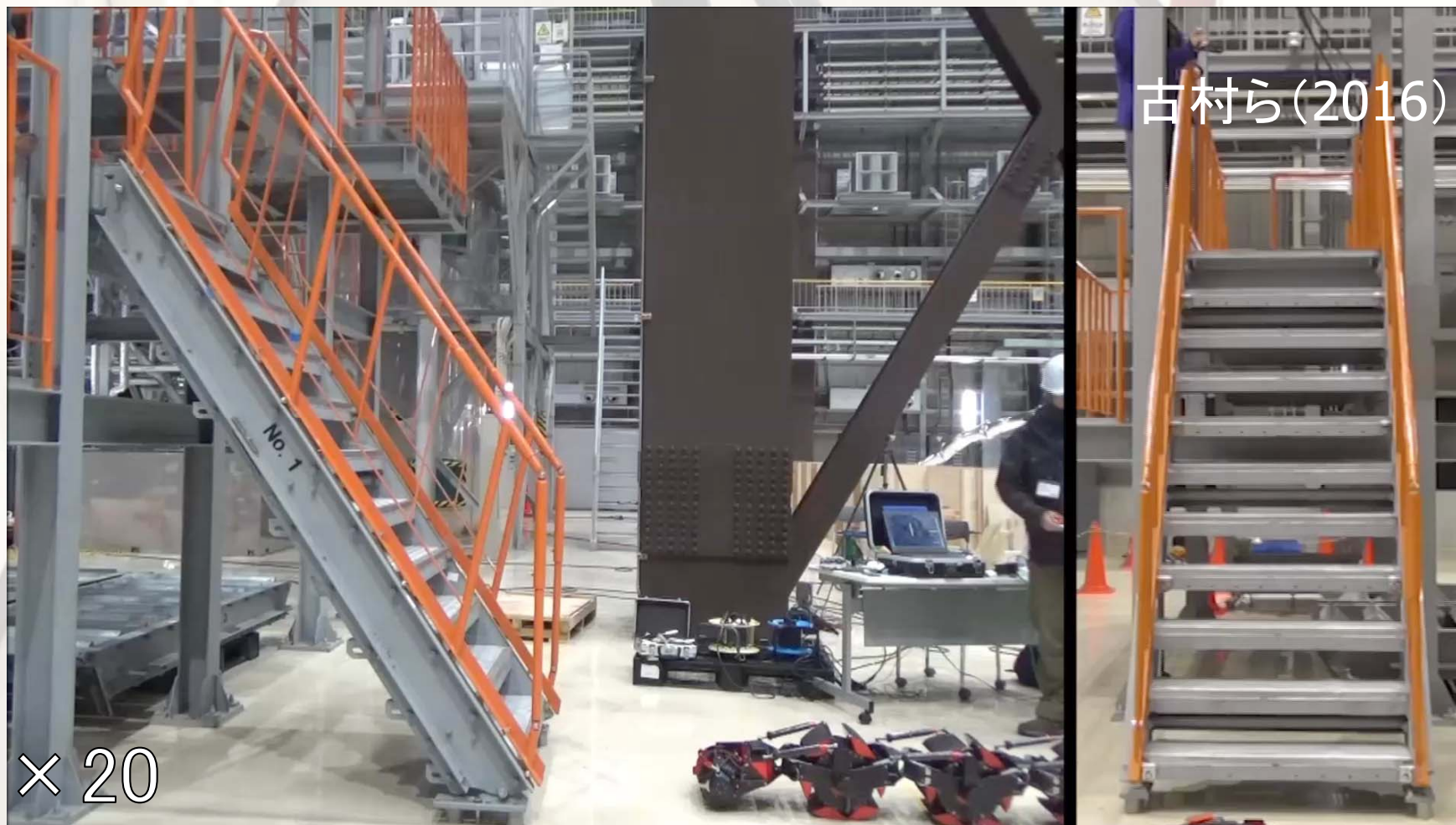
× 10

2018/01/10

第4回廃止措置技術・人材育成フォーラム

22

急傾斜階段踏破実験(55度)



バルブ操作実験



× 10



まとめ

- シビアアクシデント後の遠隔操作技術の一つとして、流出入箇所特定のための超音波センサ搬送ロボットシステムを紹介した。