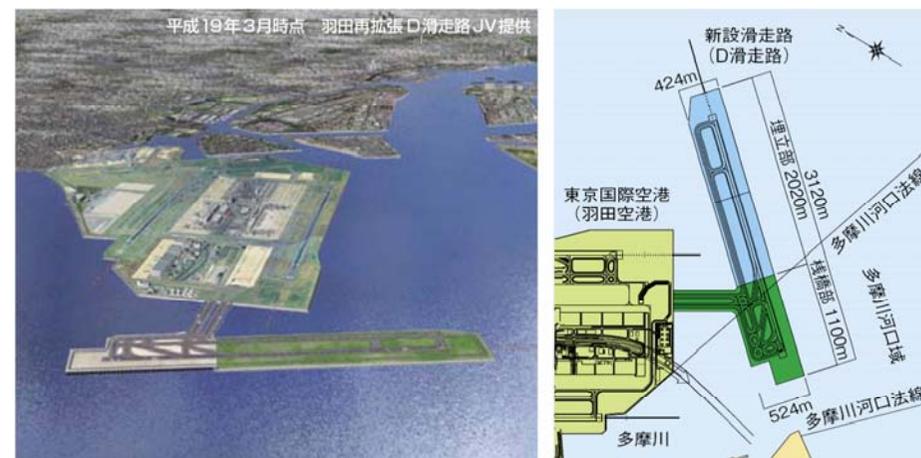


# 栈橋式構造物水中支持部の 全自動点検手法(その2)

巻 俊宏  
東京大学生産技術研究所



新設滑走路完成イメージ図

新設滑走路平面図

国土交通省関東地方整備局 東京空港整備事務所、東京国際空港(羽田空港)再拡張事業の概要、2007年7月。

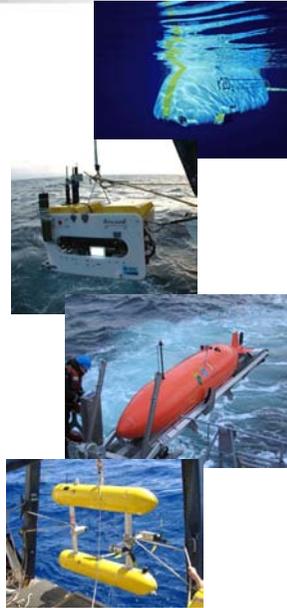


[http://www.haneda-d.jp/d\\_now/photo.php](http://www.haneda-d.jp/d_now/photo.php)

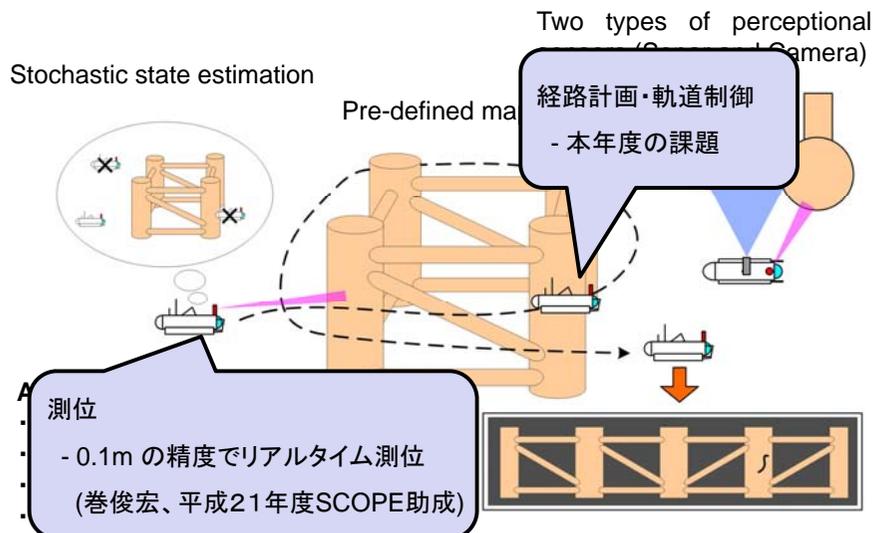


- 栈橋式構造物
  - 滑走路
  - 港湾施設
  - 石油掘削リグ
- 水中観測の目的
  - 保守点検 (肉厚、外観・・・)
  - 環境調査 (堆砂、水質、生物・・・)
  - セキュリティ (外観、パトロール・・・)
- 現在の観測手法
  - 船舶
  - ダイバー
  - 遠隔操縦ロボット (Remotely Operated Vehicle, ROV)

- AUV: Autonomous Underwater Vehicle
  - 自律型水中ロボット
  - エネルギー源と制御装置を内蔵し、無索・全自動で観測活動を行う
  - 資源探査、学術調査、防衛等の分野で実用化されている
- 構造物観測におけるAUVの利点
  - ケーブルが無いので、構造物に絡まる心配がない
  - 観測の質を一定に保つことができる
  - 人間が監督する必要がなく、低コスト



- AUVがジャケット表面に対して至近距離を保ちながら周回し、ジャケット全体を漏れなく観測するための経路計画手法・軌道制御手法を提案する
- 水中ステーションや他のAUVとの連携のために、音響による水中測位・通信システムの性能評価を行う



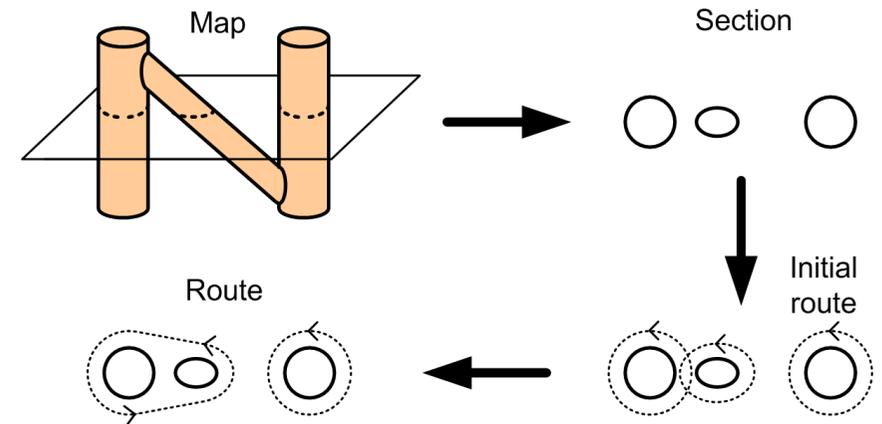
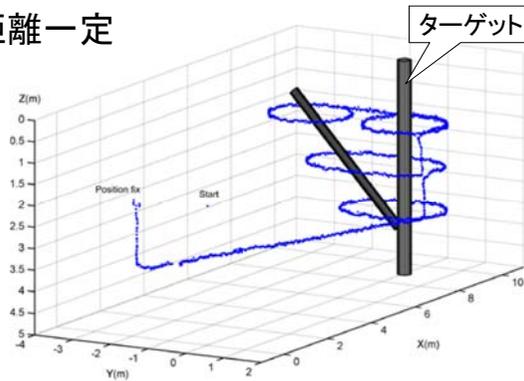
- 観測対象の配置と形状が既知であること
- 観測対象は円柱の集合として表現できること
- AUVは、観測対象に対する自分の相対的な位置・姿勢をリアルタイムに推定できること
- AUVはサージ(前後移動)、スウェイ(横移動)、ヒーブ(上下移動)、ヨー(旋回)をそれぞれ独立して行えること

- 周回方向一定  
– 本発表では左回りとする

- ターゲットまでの距離一定

- サージ速度一定

- 下から上へ

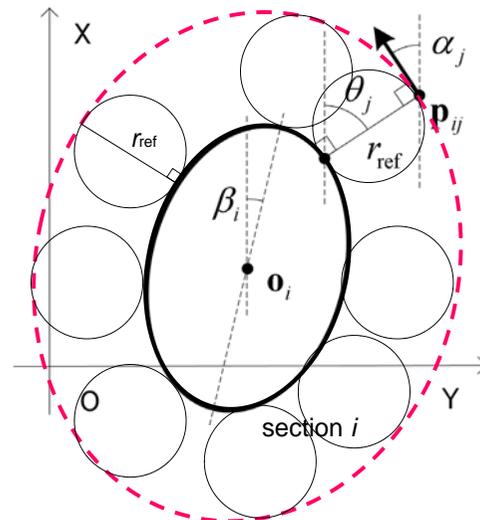


- 断面  $i$  の初期ルート

$$\{p_{ij}, \alpha_j\}, j = 1, \dots, n_w$$

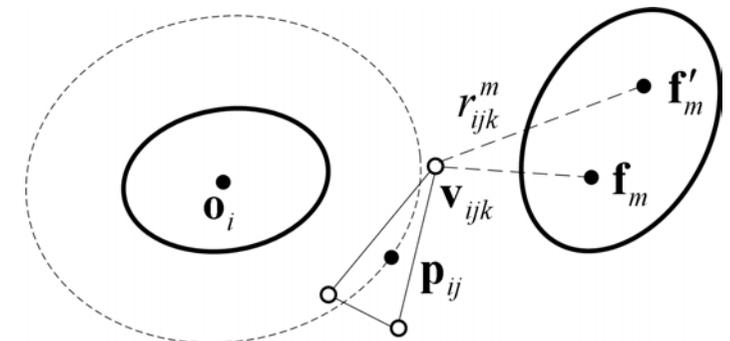
- $j$  番目のウェイポイントから断面に下した垂線の傾き

$$\theta_j = 2\pi \frac{n_w - j}{n_w}$$

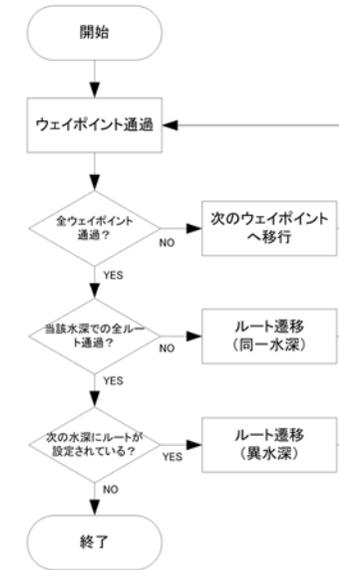
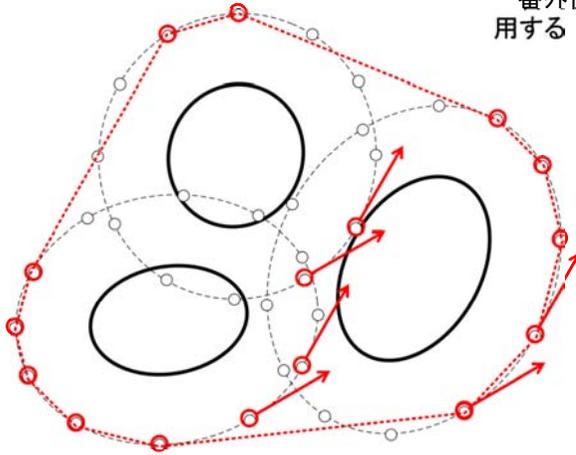


- 断面  $i$  と  $m$  の初期ルートを連結する条件

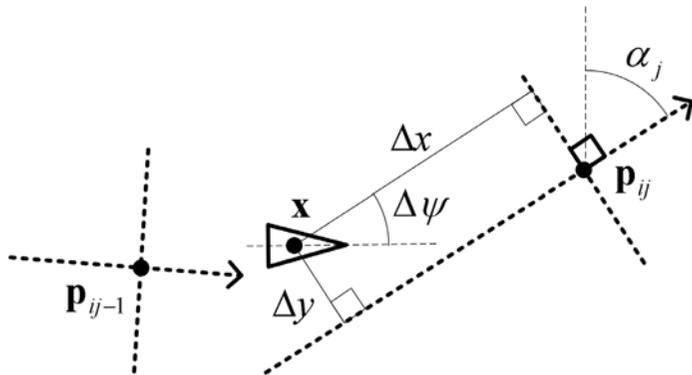
$$\min_{j,k} (|\mathbf{v}_{ijk} - \mathbf{f}_m| + |\mathbf{v}_{ijk} - \mathbf{f}'_m|) < 2(a_m + r_{ne})$$



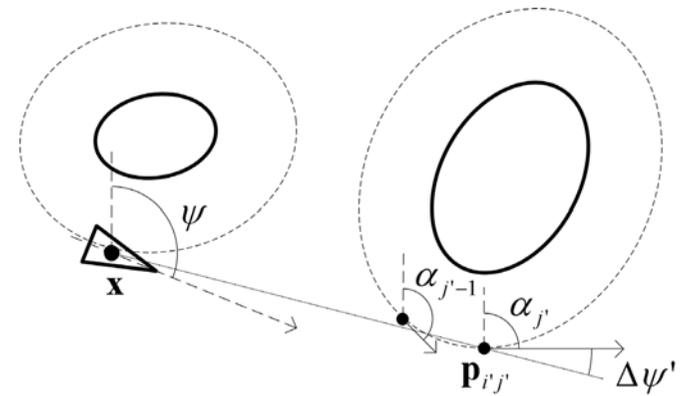
それぞれの角度  $\theta_j$  について、一番外側のウェイポイントを採用する

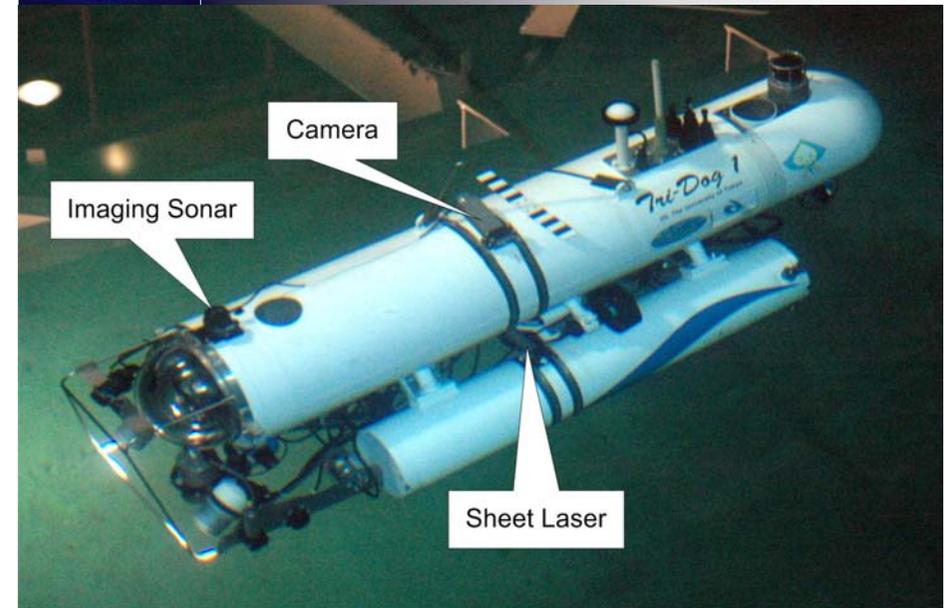
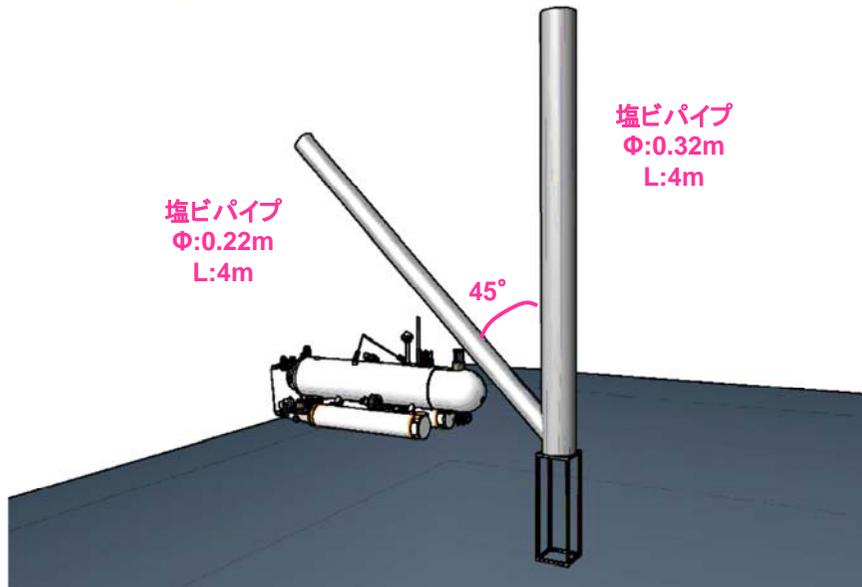


- オフセット  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta \psi$  がゼロとなるように水平速度(サージ, スウェイ) と方位角速度を制御する。
- $\Delta x$  がゼロになったら次のウェイポイントへ移行する。



ウェイポイントを全て通過すると、次のルートへ遷移する  
両方のルートの共通接線を通して遷移する  
遷移の条件:  $\alpha_{j'-1} < \psi < \alpha_j$ ,  $\Delta \psi' < 2\pi/n_w$



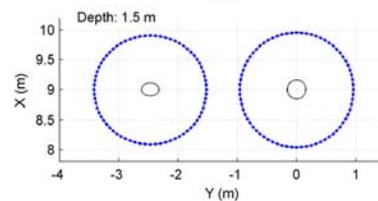
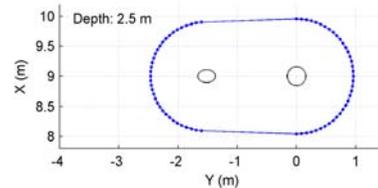
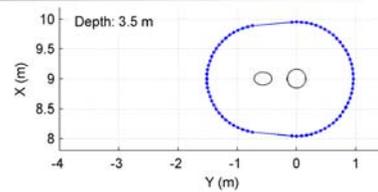


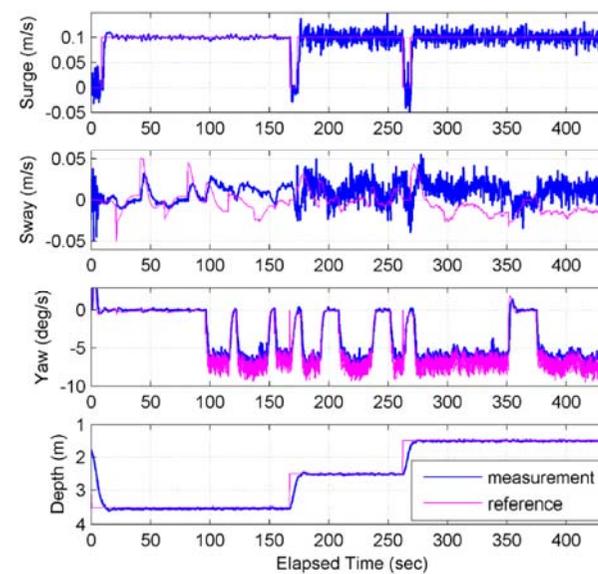
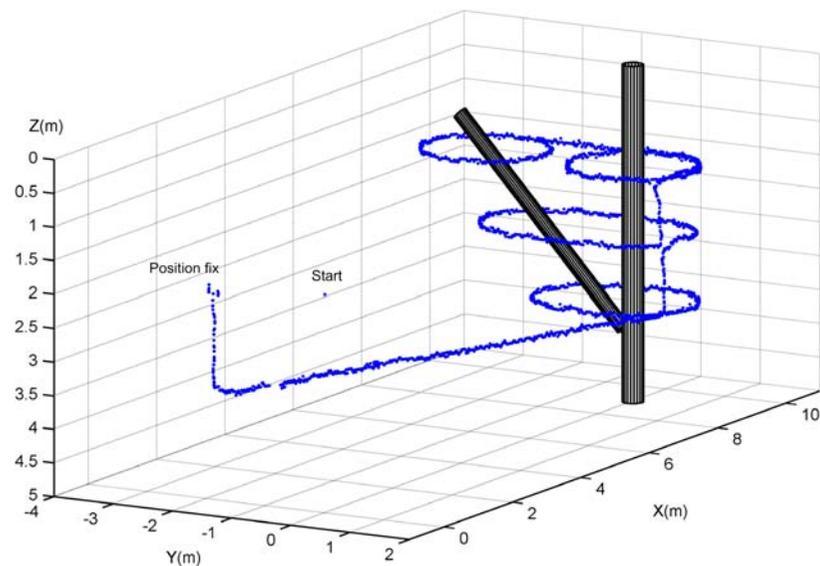
- 環境マップ

No.	$p(x, y, z)$	$q(x, y, z)$	$r$
1	(9.00, 0.00, 0.10)	(9.00, 0.00, 5.00)	0.159
2	(9.00, -2.86, 1.09)	(9.00, -0.16, 3.93)	0.108

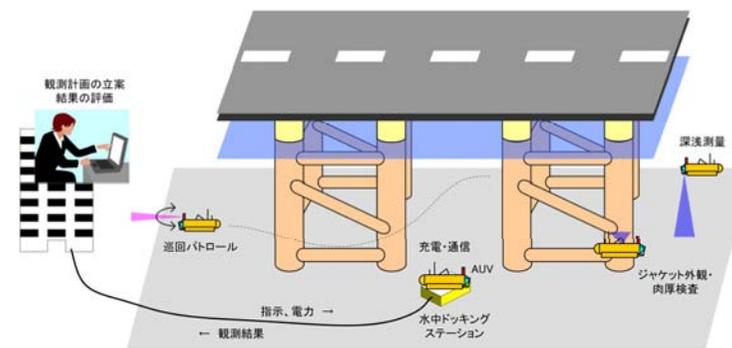
- パラメータ

- $d_{init}$  3.5m
- $d_{end}$  1.5m
- $d_{step}$  1.0m
- $r_{ref}$  0.8m
- $r_{ne}$  0.5m
- $n_w$  72



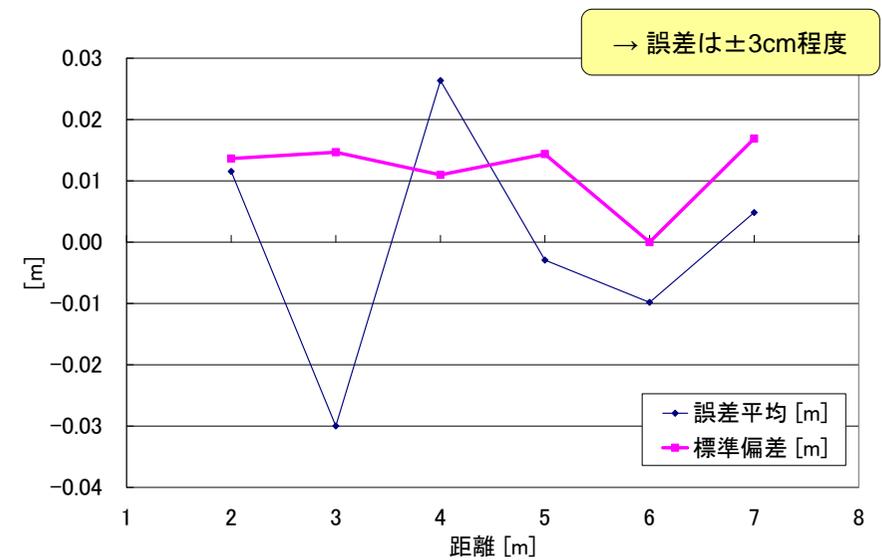
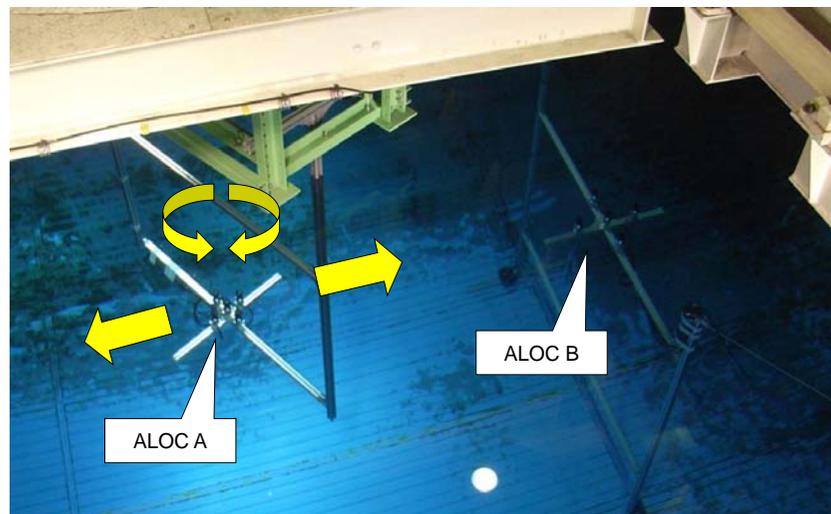
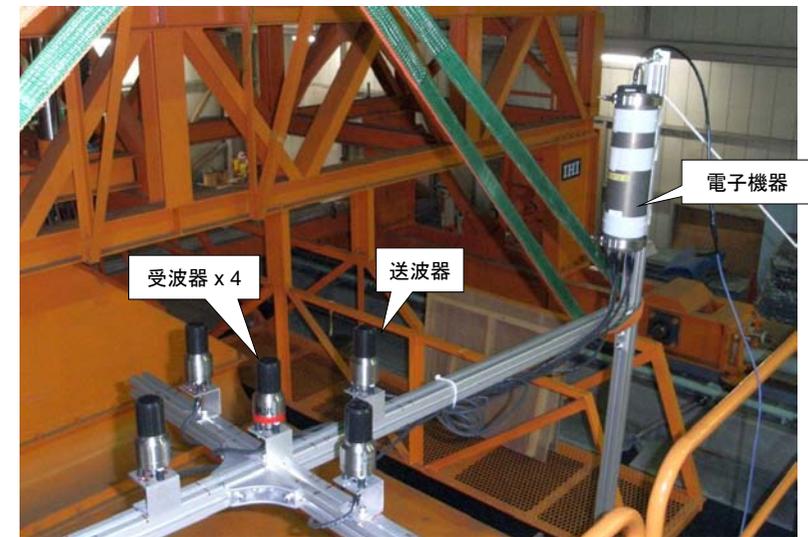
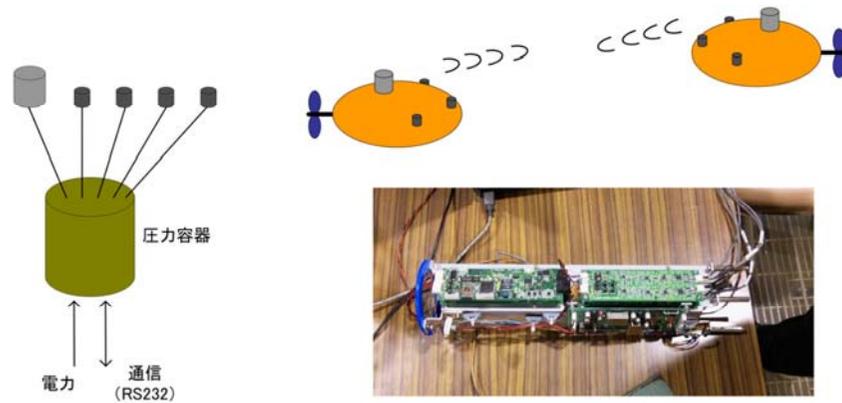


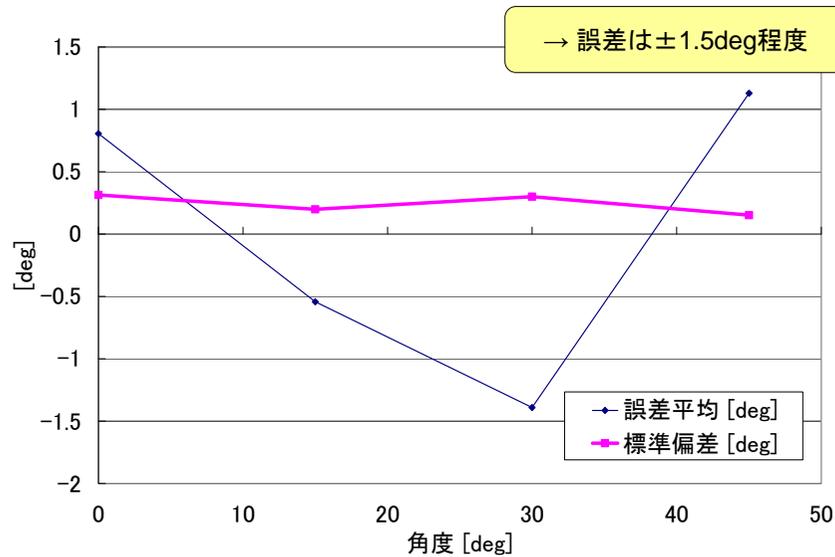
- 音響による相対測位
  - AUV ⇄ AUV
  - AUV ⇄ ステーション



複数のAUVと水中ステーションによる構造物の全自動点検システム

- Acoustic Localization and Communication System
- 音響による水中相対測位・通信システム





### 経路計画・軌道制御手法

- AUVがジャケット表面に対して至近距離を保ちながら周回し、ジャケット全体を漏れなく観測するための経路計画手法・軌道制御手法を提案した。
- 実際のAUVを用いた水槽実験により、昨年提案した測位手法と組み合わせることで、AUVによるジャケットの全自動観測が可能であることを示した。

### 音響測位装置

- 水槽実験により、距離の誤差3cm、方位の誤差1.5deg程度で安定した測位が可能であることを示した。

- 波・流れに対するロバスト性
  - 全方向からの流れに対抗する必要あり
- 観測対象に対するロバスト性
  - ジャケットの突起物等に引っ掛かからないこと
  - 万一の衝突時に、ジャケット、AUVの双方とも傷付かないこと
- システムの信頼性
  - 非常事態対策
  - 故障の自動検知
- ユーザーインターフェース

