

2018年9月19日(水)
ワークショップ:
海底ケーブルの科学利用と関連技術に関する将来展望

Nomad AUV

海底ケーブルネットワークを基地とする
AUVシステムの実現に向けて

東京大学 生産技術研究所
海中観測実装工学研究センター
巻 俊宏
<http://makilab.iis.u-tokyo.ac.jp/>

Resident vs Nomad

Resident AUV

単一の海底ステーションを
基地とするAUV

○長期展開
×活動範囲が
ステーション周辺に限られる



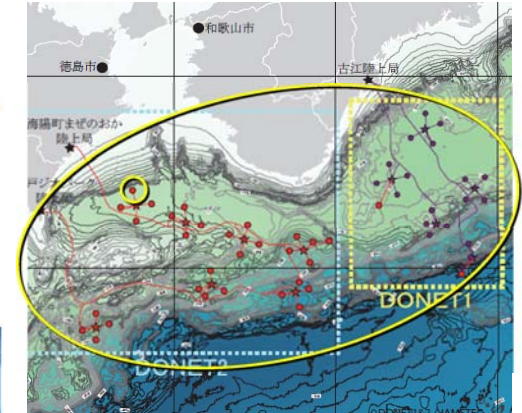
Nomad AUV

海底ケーブルネットワーク全
域に点在するステーションを
渡り歩くAUV

○長期展開
○ケーブルネットワーク全域を
活動範囲とする



活動範囲の比較



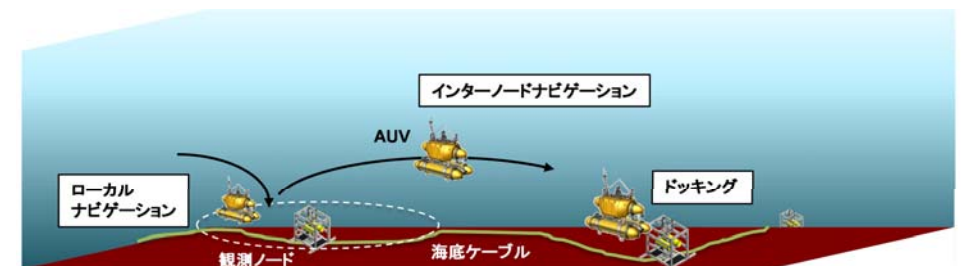
DONET2 (JAMSTEC)
<https://www.jamstec.go.jp/donet/j/donet/donet2.html>

何が嬉しいの？

- 時間的にも空間的にも広域かつ高密度な海中観測の実現
 - 生物調査(クジラの移動、サンゴの季節変化、希少生物の調査..)
 - 火山活動の監視
 - MDA
 - 災害発生時の迅速な初動調査
 - 超広域画像マッピング(海底Google Earth)
- 大規模な船舶無しでAUVを外洋へ展開できる
 - 最寄りのステーションまで運べばOK
 - 海洋調査の低コスト化
- 海底ケーブルネットワークのメンテナンスに使える
 - 定期的な巡回
 - 各種センサの校正

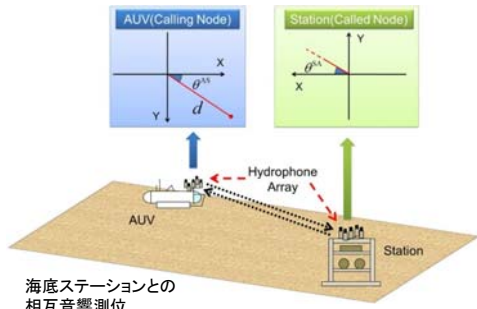
キーテクノロジー

- ローカルナビゲーション
 - 単一のステーション周辺でのナビゲーション手法
- インターノードナビゲーション
 - ステーション間を移動するためのナビゲーション手法
- ドッキング
 - データ転送や充電のためにステーションにドッキングする手法

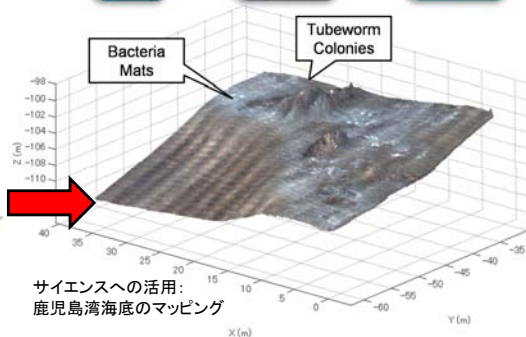


ローカルナビゲーション

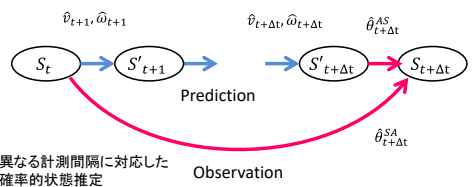
海底ステーションとの連携により、既知のランドマークの無い自然環境においてAUVを位置精度よくナビゲーションするための手法。高価な慣性航法装置や支援船が不要であるため、海中だけでシステムが完結する。



海底ステーションとの相互音響測位



サイエンスへの活用:
鹿児島湾海底のマッピング



ドッキング、非接触充電による長期展開

異なる計測間隔に対応した確率的状態推定

AUV Tri-TON 2

Vehicle

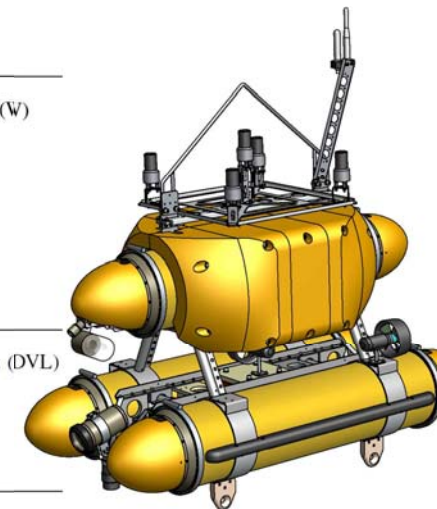
Size	1.41m (L) × 1.46m (H) × 0.76m (W)
Mass	260 kg
Max. speed	0.5 m/s
Max. depth	2,000 m
Duration	8 hours
Actuators	100 W Thruster × 5
Power	Li-Ion 26.6 V 30 Ah × 4
Communication	Wireless LAN (in air), ALOC
CPU	Intel Core i5
OS	Microsoft Windows 7

Navigational Instruments

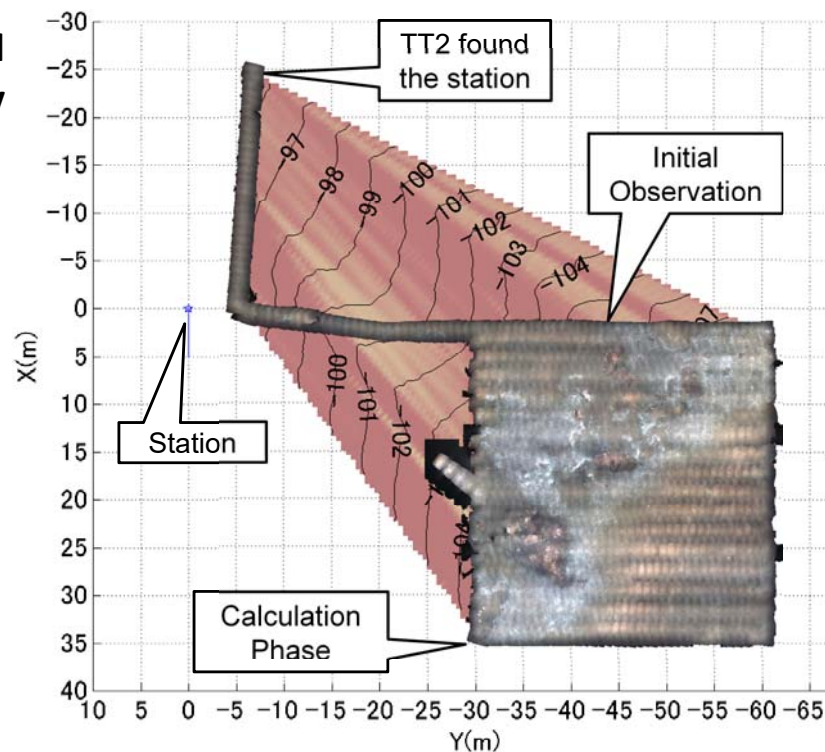
Velocity & Altitude	Teledyne RDI Navigator 1200 kHz (DVL)
Depth	Mensor DPT6000
Roll & Pitch	OceanServer OS5000
Heading	JAE JG-35FD (FOG)
Obstacle detection	Tritech Micron
Position	GPS (in air), ALOC

Imaging Instruments

Camera	Lumenera Lm165 (2M pixel) × 2
Flash	Morris Hikaru-komachi 6 × 2
Sheet laser	Custom made (445 nm, 500 mW) × 2

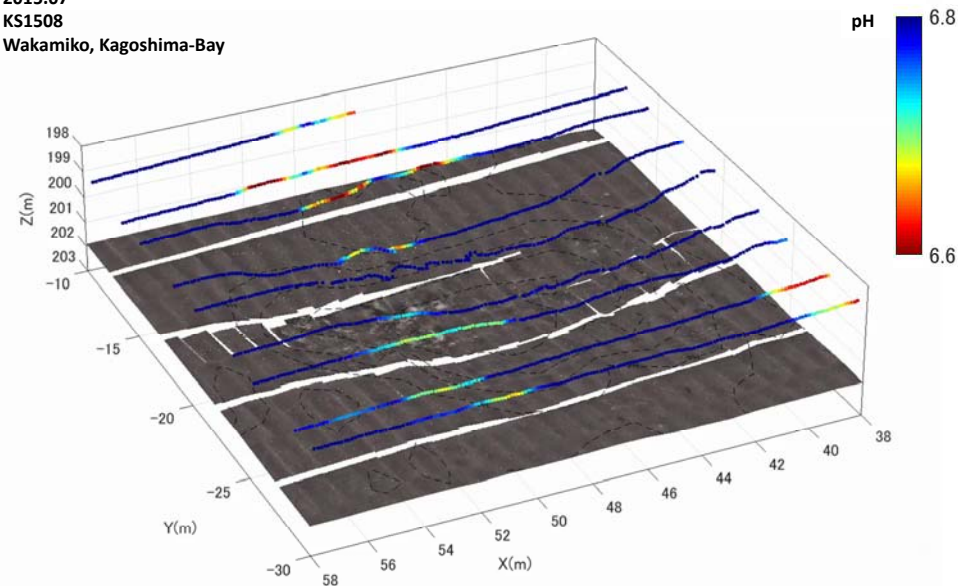


Estimated Trajectory of TT2



Integrated mapping of seafloor image, bathymetry and chemical data

2015.07
KS1508
Wakamiko, Kagoshima-Bay

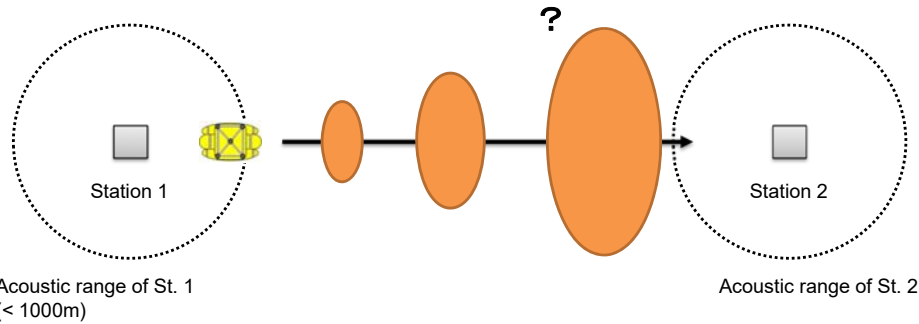


インターノードナビゲーション

目的: 音響測位レンジ外にある別の海底ステーションへ移動する。

課題: 測位誤差の適切な推定

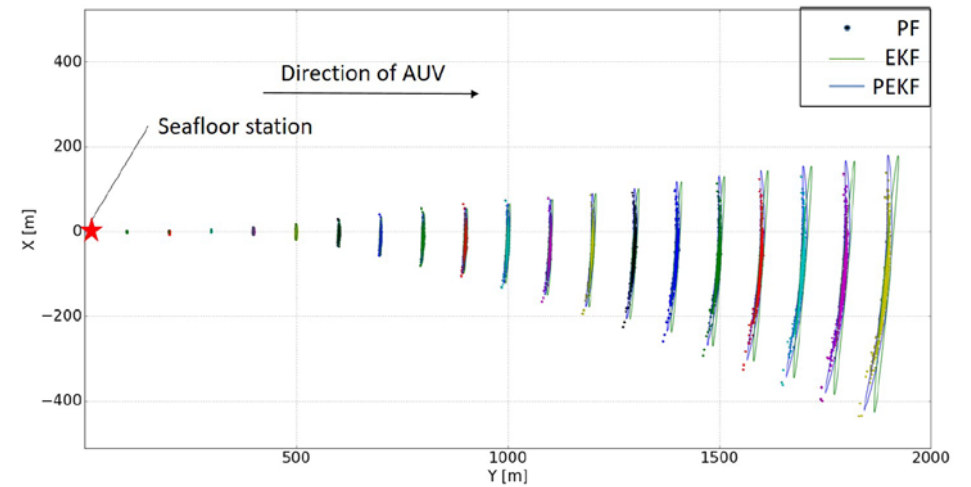
- 誤差範囲が広がるので、通常のPF (Particle Filter) では困難。かといって通常のEKF (Extended Kalman Filter) では分布形状の誤差が大きい。



提案: PEKF (極座標EKF) とPFの併用

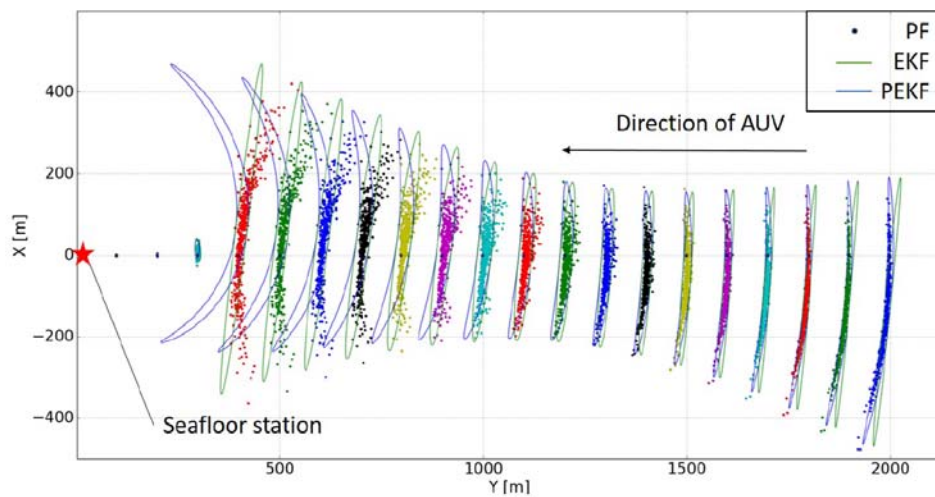
測位誤差推定手法の比較

1. ステーションから離れる場合



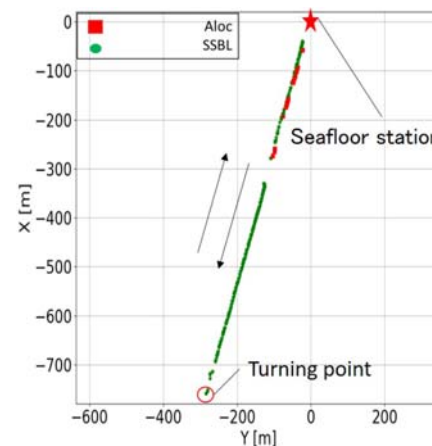
測位誤差推定手法の比較

2. ステーションへ戻る場合

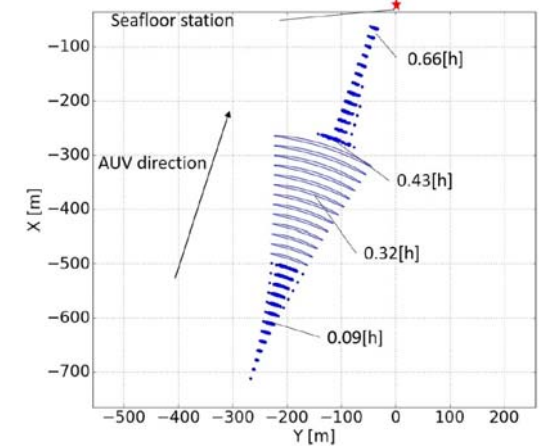


海域試験結果に基づくシミュレーション

海域試験結果
(鹿児島湾, Tri-TON2)



提案手法による推定誤差
(海域試験のデータを用いたシミュレーション)



ドッキング

性質の異なる複数のセンサを確率的状態推定手法(Particle Filter)によって統合することで、センサノイズや欠測に対してロバストな相対測位を行う。

音響測位装置

ステーションとの相対位置関係(距離、方位、相対角)を計測。遠距離(最大1000m)まで計測できる。

カメラ

ステーションのLEDマーカーを用いて、ステーションまでの相対位置関係を計測。レンジは狭い(~5m)が高精度。

DVL

AUVの対地速度を計測

深度、姿勢センサ



開発した非接触充電装置

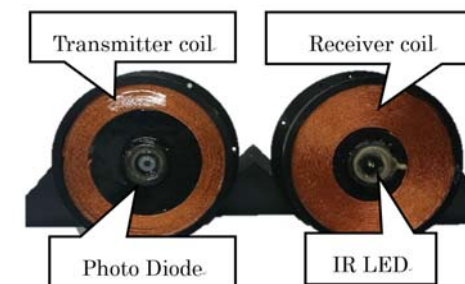
電磁界共振結合方式

- 位置ずれに強い
- コイル間距離を比較的大きくとれる

Size	Diameter 165mm Thickness 100mm
Weight (In Air)	1kg
Input voltage	50-300V DC
Transmit Power	1000W max
Output voltage	50-300V DC
Receive Power	540W max

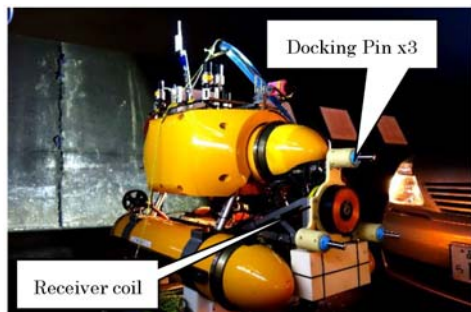
2次側から1次側への赤外線によるフィードバック

- ノイズ低減
- 送電可否の確実な検知

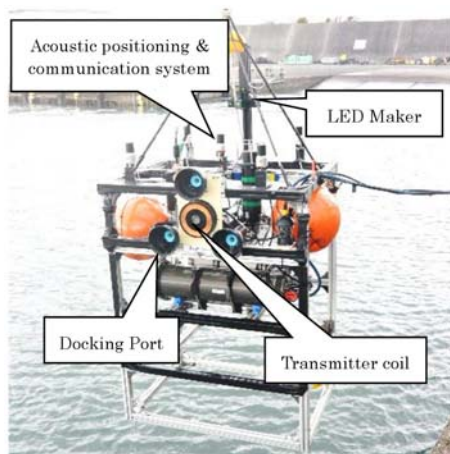


総合試験

2018年1月@平塚新港の岸壁
水深 約3m

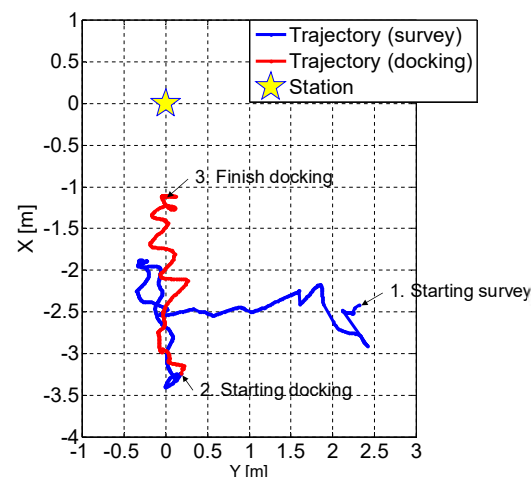


AUV Tri-TON 2

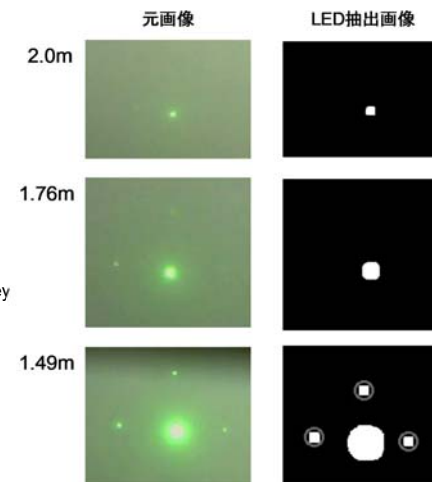


海底ステーション

海域試験結果



TT2の移動経路



LED認識状況

今後の課題 ～実用化に向けて～

- **波浪や潮流に対するロバスト性の向上**
 - 波浪や潮流を考慮した位置制御
 - ハードウェア的な改良(保持能力向上、柔軟性を持たせる等)
 - ドッキングエラーの自動認識およびリトライ
- **太陽光に対するロバスト性の向上**
 - LED認識アルゴリズムの改良
- **充電回路の性能向上**
 - 長時間の連続充電への対応、出力向上
- **長期運用時の信頼性向上**
 - ハードウェア、ソフトウェア両面からの信頼性向上

海域での長期試験へ！