

# 非逆向型アーキテクチャ (NIA)



固定式  
Super-Beacon 1  
任意の周波数

モバイル Super-Beacon  
Super-Beacon の場合は任意の  
超音波周波数で可能です。  
Beacons HW v4.9 の場合は同じ  
周波数である必要があります



## 固定ビーコン:

- 壁または天井の高い位置に設置
- Super-Beacon の場合、任意の超音波周波数を使用可能。Beacons HW v4.9 の場合は同一の超音波周波数
- 近隣ビーコンとの距離を測定し、サブマップを自動的に構築
- ISM 帯域で router と無線通信



固定式  
Super-Beacon 2  
任意の周波数

システムが正常に動作するための主要要件: モバイルビーコンから 2 台 (2D) または 3 台 (3D) 以上の固定ビーコンまで、30メートル以内に遮るものがない見通し線があること  
— GPS 衛星の可視性と非常に類似しています

## モバイルビーコン:

- ロボット/ドローン/フォークリフトに取り付けられ、UART、SPI、I2C、または USB (仮想 UART) を介して通信
- Router から最大  $f=40\text{ Hz}$  で位置更新を受信
- モバイルビーコンごとの位置更新レートは、モバイルビーコン数 ( $n$ ) に応じて  $f/n$  となる
- IMU (3D 加速度計 + 3D ジャイロスコープ) を内蔵

## Router/modem:

- システムの中央コントローラ
- モバイルビーコンの位置を最大 40 Hz で計算
- USB/ 仮想 UART 経由で Dashboard またはロボットと通信
- 最大 250 台のビーコンおよび最大 250 個のサブマップをサポート



## サブマップ:

- 別々の部屋やゾーンに独立したサブマップ / クラスタ / セルのビーコン群を構築できる高度な機能で、これにより複数のサブマップから構成されるマップを作成し、セルラーネットワークのカバレッジのように大規模な建物 (数千  $\text{m}^2$  の面積) をカバーできます

## NIA の屋内測位システムは以下で構成されま

- 2 台以上の固定ビーコン (超音波受信)
- 1 台以上のモバイルビーコン (超音波送信)
- 1 台の中央 Router

固定式  
Super-Beacon N  
任意の周波数



近隣ビーコン間の距離は最大 30 メートル。

固定式  
Super-Beacon 3  
任意の周波数



# 逆向型アーキテクチャ (IA)

固定  
Super-Beacon 1  
19kHz



モバイル  
Super-Beacon  
任意の周波数



固定  
Super-Beacon N  
37kHz



## 固定ビーコン:

- 壁または天井に取り付け
- IA では、同じサブマップに属する固定ビーコンは異なる超音波周波数 (例えば 19 & 25kHz または 25 & 31 kHz) を使用する必要があります
- 隣接ビーコンとの距離を測定し、自動的にサブマップを構築します
- ISM バンドで無線によりルーターと通信します



固定  
Super-Beacon 2  
25kHz

システムが正常に動作するための主要要件: モバイルビーコンが 2 台 (2D) または 3 台 (3D) 以上の固定ビーコンと 30 メートル以内で遮るものない見通し線を確保すること - GPS 衛星の可視性と非常に類似しています

## モバイルビーコン:

- ロボット/人/フォークリフトに取り付けられ、UART、SPI、I2C または USB (仮想 UART) を介してそれらと通信します
- 最大 40 Hz でオンボードにて位置情報の更新を計算します
- ビーコンあたりの位置更新レートは、モバイルビーコンの数に直接依存しません
- IMU (3D 加速度計 + 3D ジャイロスコープ) を内蔵しています

## ルーター/モデム:

- システムの中央コントローラー
- 最大 40 Hz でビーコンを同期します
- USB/ 仮想 UART を介して Dashboard またはロボットと通信します
- 最大 250 台のビーコンおよび最大 250 個のサブマップをサポートします

## サブマップ:

- 別々の部屋やゾーンに独立したサブマップ / クラスタ / セルのビーコン群を構築できる高度な機能で、複数のサブマップから構成されるマップを作成し、セルラーネットワークのカバレッジのように大規模な建物 (数千 m<sup>2</sup> の面積) をカバーできます

## IA における屋内測位システムは以下で構成されます:

- 2 台以上の固定ビーコン (異なる超音波周波数で超音波を送信)
- 1 台以上のモバイルビーコン (異なる超音波周波数の超音波を同時に受信)
- 1 台のルーター

隣接ビーコン間の距離は最大 30 メートルです。

固定  
Super-Beacon 3  
31kHz



# マルチ周波数 NIA (MF NIA)



固定  
Super-Beacon 1  
任意の周波数



モバイル型  
Super-Beacon  
19/22/25/28/31/34/37/45kHz

## 固定ビーコン:

- 壁または天井に取り付けられます
- Super-Beacon では任意の超音波周波数を使用可能。MF NIA は Beacons HW v4.9 ではサポートされていません
- 隣接ビーコンまでの距離を測定し、サブマップを自動的に構築
- ISM バンドでルーターと無線通信



据置型  
Super-Beacon 2  
任意の周波数

システムが正常に動作するための重要な要件: モバイルビーコンから2個(2D)または3個(3D)以上の据置型ビーコンまで、30メートル以内に遮るものがない見通し線があること - GPS衛星の可視性と非常に似ています

## モバイルビーコン:

- ロボット/人/フォークリフトに取り付けられ、UART、SPI、I2CまたはUSB(仮想UART)経由でそれらと連携
- ルーターから最大40Hzで位置情報の更新を受信
- 最大8個のモバイルビーコンまでは、ビーコンあたりの位置更新レートは1Aと同様。それ以降はNIAと同様だが、最大8倍の更新レート
- IMU(3D加速度センサー+3Dジャイロスコプ)を搭載

## ルーター/モデム:

- システムの中央コントローラー
- モバイルビーコンの位置を最大40Hzで計算
- USB/仮想UART経由でDashboardまたはロボットと通信
- 最大250個のビーコンおよび最大250個のサブマップに対応

## サブマップ:

- 別々の部屋またはゾーンに独立したサブマップ/クラスター/セルのビーコンを構築できる高度な機能であり、これにより複数のサブマップで構成され、セラーネットワークのカバレッジのように大規模な建物(数千m2の面積)をカバーするマップを作成できます

## MF NIAでの屋内ナビゲーションシステム:

- 2台以上の固定ビーコン(超音波を受信)
- 1台以上のモバイルビーコン(異なる超音波周波数で超音波を送信)
- 1台の中央Router



固定  
Super-Beacon N  
任意の周波数

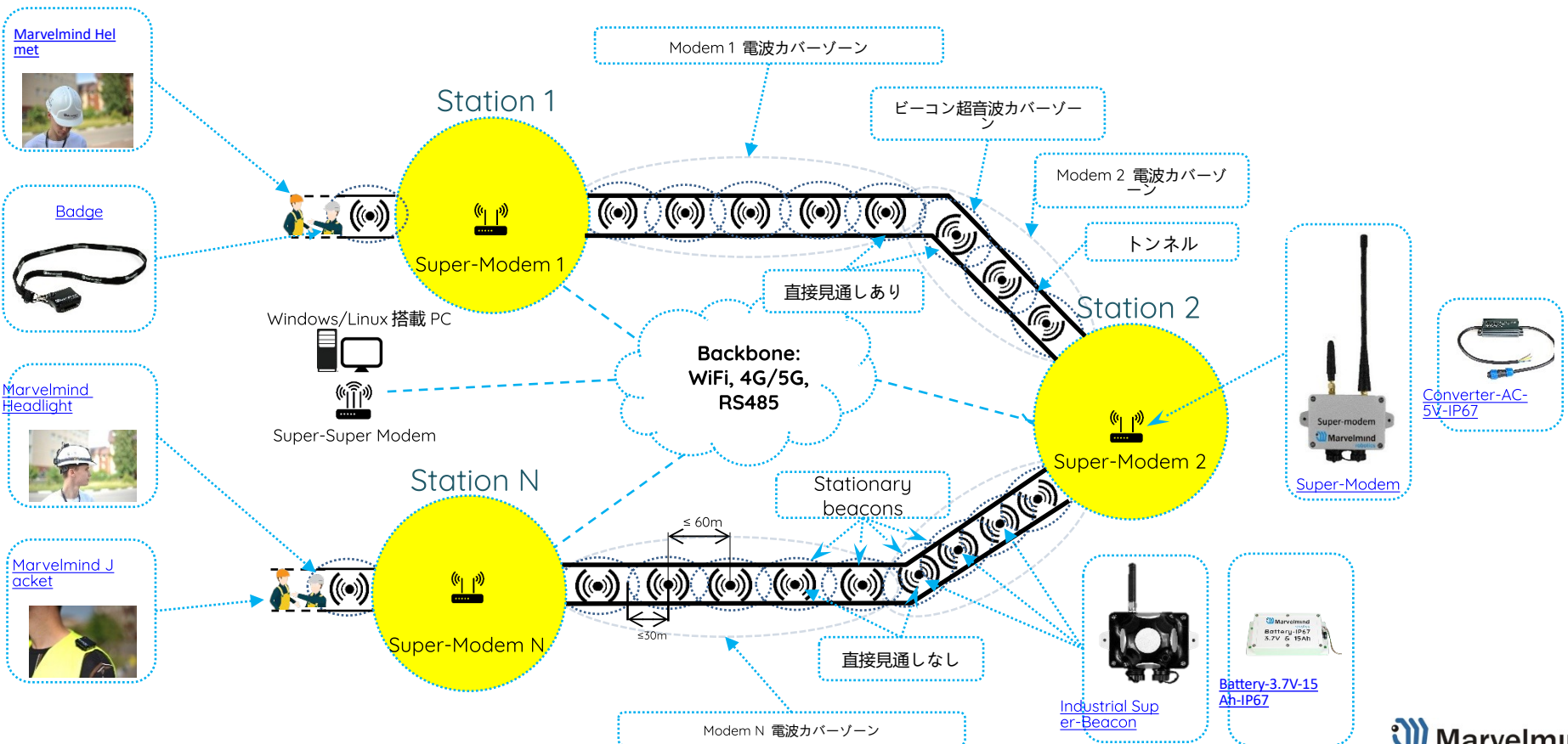


隣接ビーコン間の距離は最大30メートル。

固定  
Super-Beacon 3  
任意の周波数

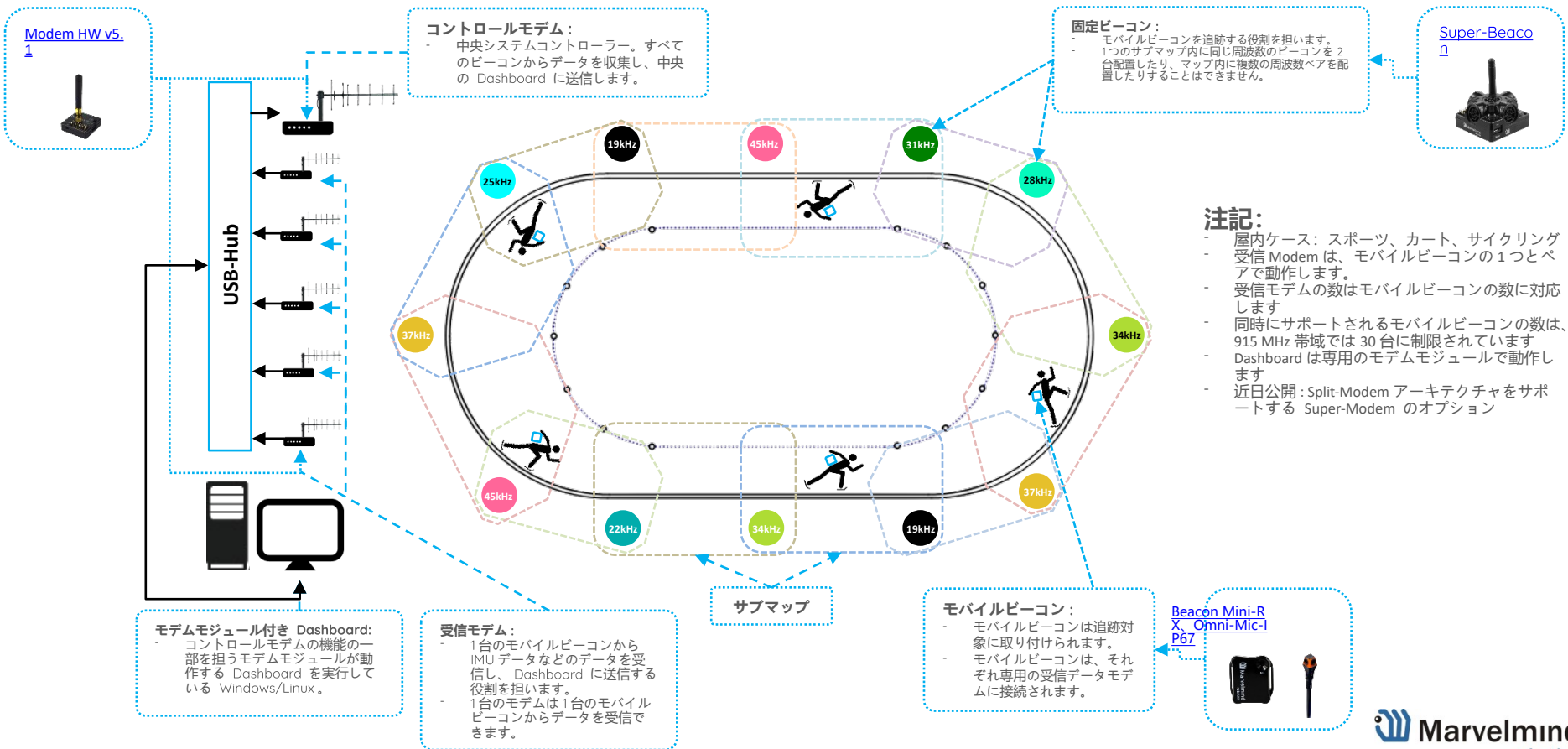


## 地下追跡用のトンネル安全性例



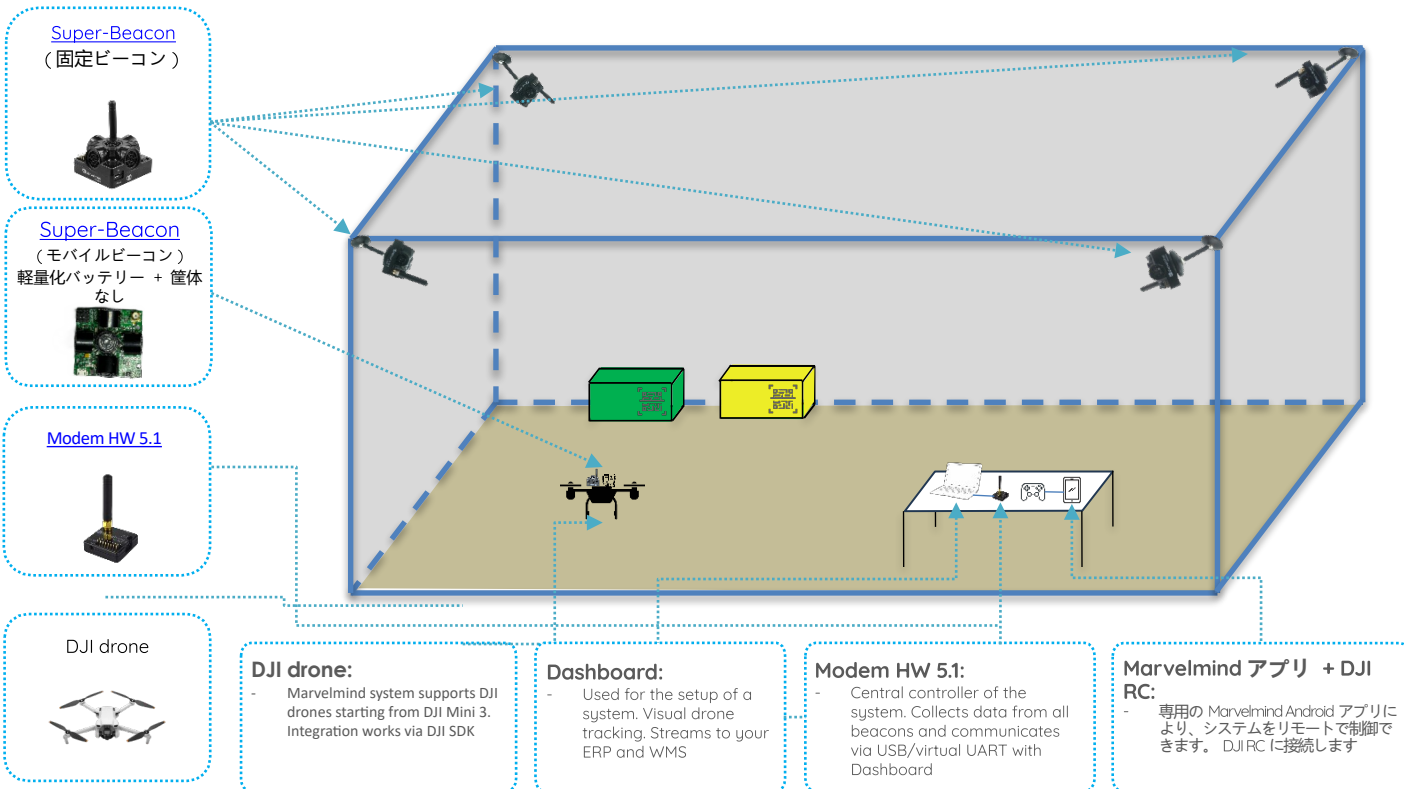
# 高速移動物体向けの Split-Modem アーキテクチャ

## 高速追跡のためのアイススケートの例



# 屋内での自律型 DJI ドローン

20x20 メートルのサブマップ + ドローン 1 台の例



## 構成:

- 3 ~ 4 x Super-Beacon - 固定ビーコン
- 1 x Super-Beacon - モバイルビーコン
- 1 x Modem HW 5.1 - 中央コントローラー
- 1 x DJI ドローン - 追跡対象物
- 1 x DJI RC + Marvelmind DJI アプリ搭載 Android スマートフォン - ドローンの自律飛行パターンをコントローラー
- 1 x Windows/Linux ノートパソコン - Dashboard のインストールおよびシステムのセットアップに使用

## 動作原理:

- この構成の Marvelmind Indoor GPS システムは、DJI SDK を使用して DJI ドローンの追跡と自律飛行を提供します

## 結果:

- DJI ドローンが Dashboard 内のウェイポイントに従って自律飛行し、写真撮影や QR/バーコードのスキャンおよび認識を行い、それらを正確な座標とともに WMS または ERP に送信
- 基地への自律帰還

## 課題:

- DJI ドローンの自律屋内飛行を実現する
- 写真の自動撮影、QR コードのスキャン、位置データの送信

## ソリューション:

- 自律飛行用の Marvelmind アプリを備えた Marvelmind Indoor GPS システム

# アーキテクチャの比較

	非逆向型 (NIA)	逆向型 (IA)	マルチ周波数非逆向型 (MF NIA)
典型的な使用方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-4 個の自律ロボット / ドローン - 最大 250 個のビーコン (固定 + 移動) に対応</li> <li>- 移動ビーコンが騒音の多いドローン / 車両に搭載する必要があるが、固定ビーコンは比較的静かな場所にある場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 多くのモバイルユーザー (人、ロボット、VR) とモバイルごとの更新レートが重要な場合 - 最大 250 個のビーコン (固定 + 移動の組み合わせ) に対応</li> <li>- 移動ビーコンがより静かな場所にある場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5-16 個の自律ロボット / ドローン - 最大 250 個のビーコン (固定 + 移動の組み合わせ) に対応</li> <li>- 実質的に、MF NIA は IA と NIA の両方の長所を組み合わせています。ただし、移動ビーコンが超音波を発しているため、「NIA より多いが IA ではない」です</li> </ul>
推奨されない	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 移動ビーコンの超音波発出が望ましくない用途において</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ドローン用 - 移動ビーコンが超音波を受信するため。範囲は 2-5m に制限される可能性があります。将来の SW リリースで改善される可能性があります</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 移動ビーコンの超音波発出が望ましくない用途において</li> </ul>
精度	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 以上 (より多くの平均化で)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 以上 (より多くの平均化で)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 以上 (より多くの平均化で)</li> </ul>
更新レート	<ul style="list-style-type: none"> <li>- モバイルビーコン数 (n) の f/n 次第です - TDMA が使用されます</li> <li>- 無線プロファイルにやや依存します</li> <li>- サブマップのサイズに依存します</li> <li>- IMU 融合は HW および SW でサポートされています</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- モバイルビーコンが同時に超音波を受信するため、モバイルビーコン数に依存しません</li> <li>- 無線プロファイルにやや依存します</li> <li>- (NIA と同じ)</li> <li>- サブマップのサイズに依存します (NIA と同じ)</li> <li>- IMU 融合は HW でサポートされています。SW サポートは近日中に予定されています</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- n&gt;8 のモバイルビーコン数 (n) に依存 - TDMA が使用されます。つまり、同じ数のモバイルで NIA より最大 8 倍高い更新レートを提供できます。最大 8 個のモバイルの場合、モバイルあたりの更新レートは IA と同じです</li> <li>- 残り - NIA のような</li> </ul>
範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>- サブマップを使用して、任意の大きさの領域をカバーできます</li> <li>- 実際の条件下では最大 30m、実験室条件下では単一のサブマップ内で最大 50m、つまり固定ビーコンは 30m 以内ごとに配置する必要があります (1D、ホーン付き - 最大 120m)</li> </ul>		
マップ作成	<ul style="list-style-type: none"> <li>- サブマップを自動および手動で構築できます</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- サブマップを自動および手動で構築できます</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- サブマップを自動および手動で構築できます</li> </ul>