サブマップの構築

高精度（±2cm）屋内「GPS」向け

ヒントとアドバイス





Marvelmind
robotics

目次

1. その他の既存資料2. サブマップが必要な理由3. 用語4. 導入時の基本ヒント

5. NIA vs. IA vs. MF NIA
6. 基本的なNIAマップ7. N+1および2Nの冗長性8. IAサブマップと間違いの回避9. 特殊なケース

10. まとめ



Marvelmind robotics

サブマップが必要な理由

1. ビーコンの到達距離2. 見通し外（壁）3. 見通し外（移動する障害物）



Marvelmind robotics

はじめに

- その他の資料もご用意しています：
  - ヘルプ：サブマップ、サービスゾーン、ハンドオーバーゾーン
  - ヘルプ動画：サブマップを使った大規模マップの構築
  - サブマップ機能のデモ
- 操作マニュアル
- 配置マニュアル
- マップ構築のステップバイステップガイド

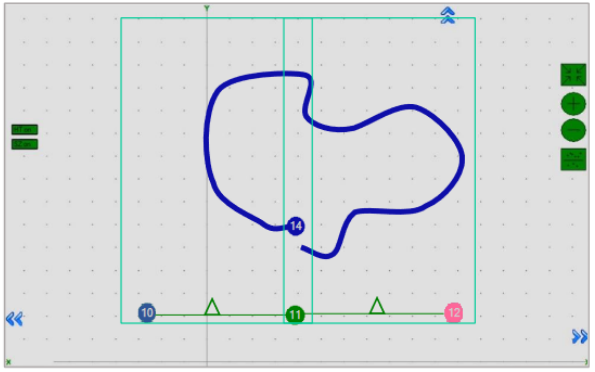
事前にご確認ください

8.3. The Submap

Submap is a logical unit. A part of the map. It unites beacons to work together in the system. Submap can contain from 1 to 4 beacons. It can be 1D, 2D, and 3D.

Different types of submaps can be used together. Mix 1D, 2D, 3D as you wish. Map of the office floor, for example, may contain 1D submap for corridor, 2D/3D submaps for office rooms. All that submaps will form a big map with coverage you need.

Submaps can contain the same beacons. It makes possible to use 3 beacons instead of 4. It is very helpful in the IA because we are limited with 8 ultrasonic frequencies.



Marvelmind robotics

用語

- マップとスーパーマップ
- サブマップ
- 距離テーブル
- サービスゾーン
- ハンドオーバーゾーン
- IA vs. NIA vs. MF NIA
- 超音波の周波数



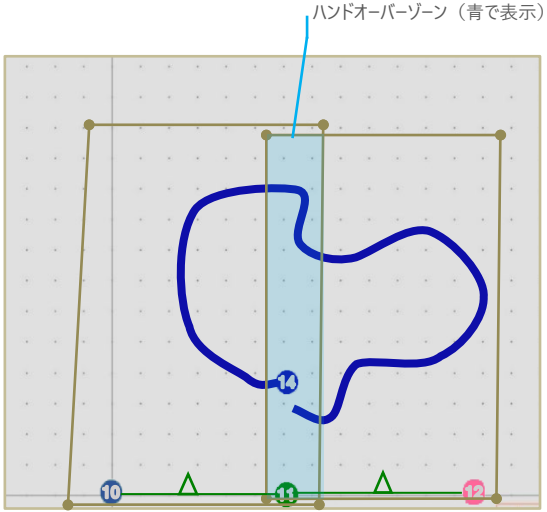
Marvelmind robotics

マップ

- サブマップ1～250個 – 最大250,000m²
- ビーコン1～250台（固定 + モバイルの合計）
- 1マップにつきモデム1台
- マップの固定

スーパーマップ（将来の機能）：

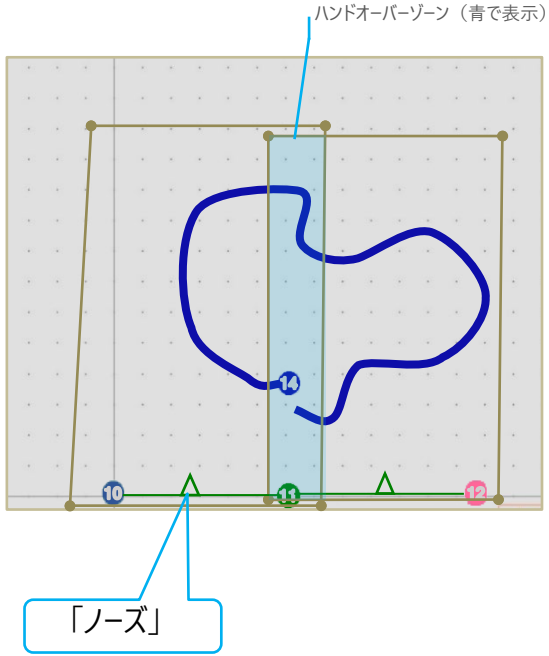
- マルチモデムアーキテクチャ
- Super-Super-Modem
- マップのマップ – 数千台のビーコン
- エンドユーザーには通常のマップと同じように見える



Marvelmind robotics

サブマップ

- 1マップに1つ以上
- 各サブマップ – 最大1,000m²
- 1D、2D、3D – ビーコン1台、2台、3～4台
- 完全に重なるサブマップと3+1の冗長性 – 2Dではビーコン間の線を横切らない
- 必ずサービスゾーンを設定（距離の制限）
- ビーコンの高さ – 入力必須
- Super-Beaconによるサブマップの自動構築
  – サブマップの固定

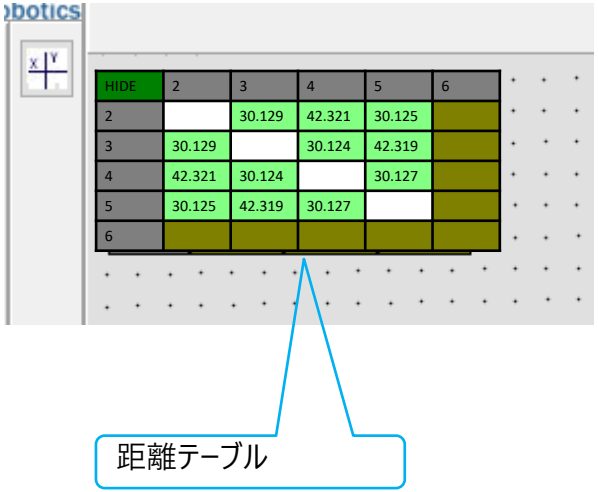


Marvelmind robotics

距離テーブル

–Super-Beaconで自動的に構築 – 手動で入力することも可能（Mini-RXなど）

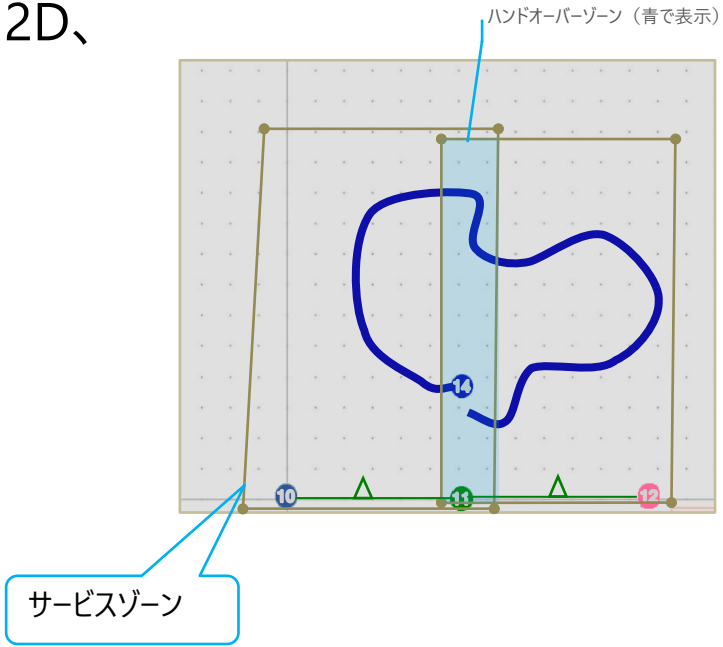
– サブマップを固定する前に白になっていることを確認



Marvelmind robotics

サービスゾーン

- サブマップが1つの場合も設定を推奨
- 複数のサブマップを持つマップでは必須－1D、2D、3Dが可能
- サービスゾーンと距離の制限
- サイズと位置更新レートの関係
- 1サービスゾーンあたり最大8点（現時点）



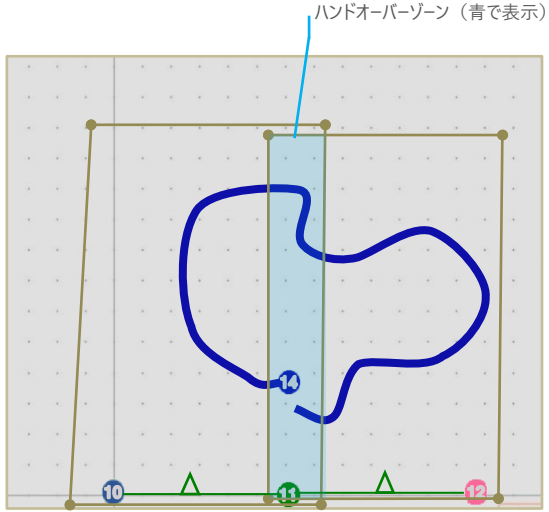
Marvelmind robotics

ハンドオーバーゾーン

– 推奨幅 – 位置更新2～5回分 –

ソフトハンドオーバー

– ハードハンドオーバー



Marvelmind robotics

ビーコンの配置方法

側面図



- 見通し、見通し、そして見通し（超音波が直接届く経路）
- できるだけ少ないビーコンで、できるだけ広い範囲

をカバー－遮られる可能性をできるだけ低く

- サブマップを小さくするほど => 更新レートが向上



Marvelmind robotics

ヒント – その1

– 固定ビーコンの高さは必ず入力 – 2D/1Dでは
モバイルビーコンの高さも必ず入力
– 必要な超音波トランスデューサーのみを有効化
– ビーコンをサービスゾーンの中心に向ける – モデムは
どこにでも設置可能。無線について学ぶ

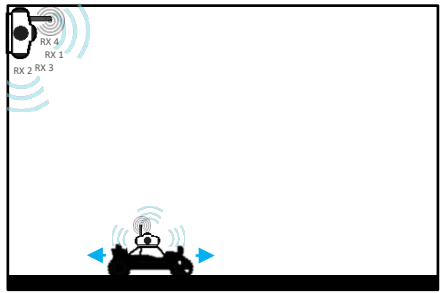


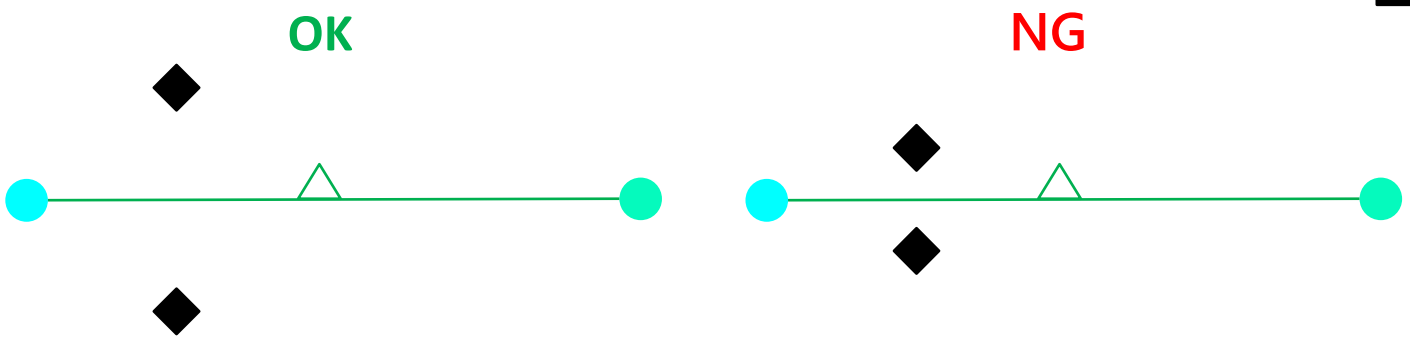
Marvelmind
robotics

ヒント – その2

- 広すぎるサブマップと狭すぎるサブマップ – 動画 – Precise Z：動画1と動画2
- ビーコンは天井に設置 – ドローンの3D測位が容易に
- 天井より上は決して飛行しない
- 2Dでは線を横切らず、近づきすぎない

側面図



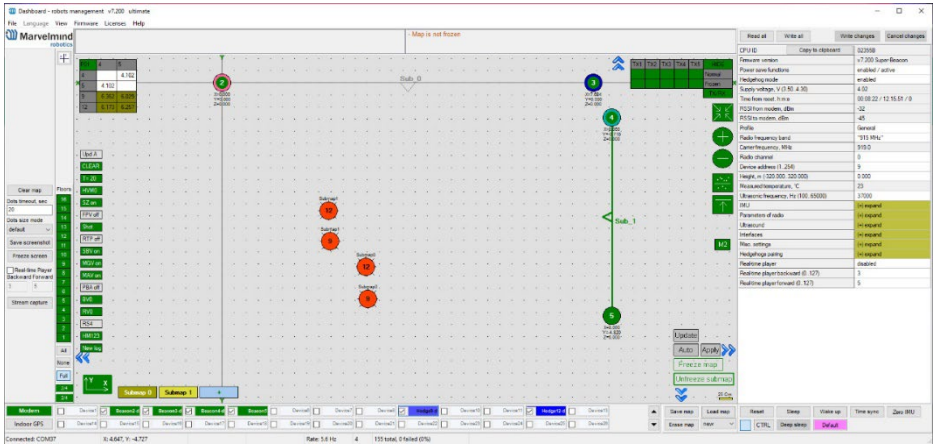


Marvelmind robotics

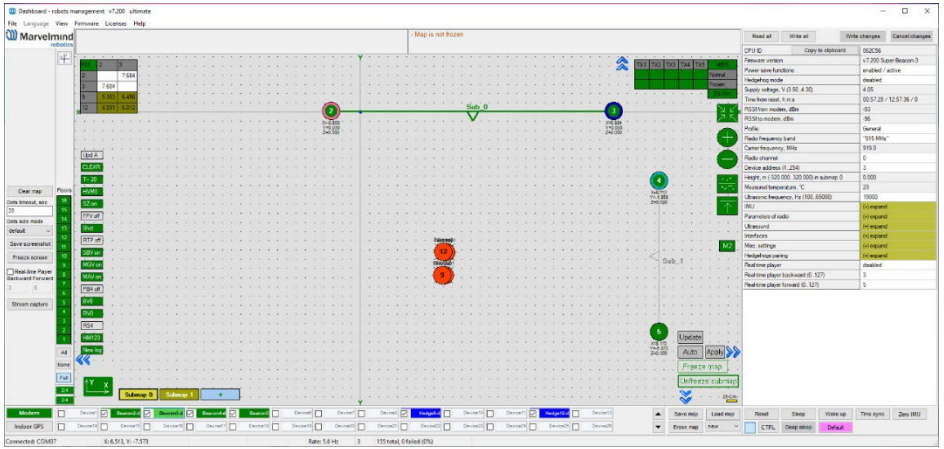
サブマップの位置合わせ

- 「オレンジ」（M1/M2）を使ってサブマップの位置を合わせる

位置が合っていないサブマップ



位置を合わせたサブマップ



Marvelmind robotics

NIA



固定
Super-Beacon 1
周波数は任意

固定ビーコン：

- 壁や天井の高い位置に設置
- Super-Beaconなら超音波周波数は任意。Beacons HW v4.9の場合は同じ超音波周波数
- 隣接する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バンドの無線でルーターと通信



固定
Super-Beacon 2
周波数は任意

システムを正しく動作させるための重要な要件：
モバイルビーコンから30 m以内にある2台（2D）または3台（3D）以上の固定ビーコンへの、遮るもののない見通し（超音波が直接届く経路）– GPS衛星の可視性とよく似ています

モバイルSuper-Beacon
周波数は任意、ただし全モバイルビーコンで同一



モバイルビーコン：

- ロボット/ドローン/フォークリフトに搭載し、UART、SPI、I2C、USB（仮想UART）のいずれかで接続
- ルーターから最大f=25 Hzで位置更新を受信
- モバイルビーコン1台あたりの位置更新レートは、モバイルビーコンの台数（n）に応じてf/nとなる
- すべてのモバイルビーコンは同じ超音波周波数（例：31kHzまたは45kHz）で動作
- 通常はIMU（3D加速度センサー + 3Dジャイロスコープ）を内蔵

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25 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台のビーコンと最大250個のサブマップに対応



サブマップ：

- 別々の部屋やゾーンにビーコンの独立したサブマップ/クラスター/セルを構築し、携帯電話網のエリアのように、複数のサブマップからなるマップで大きな建物（面積数千m2）をカバーできる高度な機能

NIAの屋内ナビゲーションシステムの構成：

- 2台以上の固定ビーコン（超音波を受信、超音波周波数は任意）
- 1台以上のモバイルビーコン（同じ超音波周波数で超音波を送信）
- 中央ルーター1台

固定Super-Beacon N
周波数は任意



隣接するビーコン間の距離は最大30 m。



固定
Super-Beacon 3
周波数は任意

Marvelmind robotics

IA



固定
Super-Beacon 1
19kHz

固定ビーコン：

- 壁または天井に設置
- 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でなければならない（例：19と25kHz、25と31 kHz）
- 隣接する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バンドの無線でルーターと通信



固定
Super-Beacon 2
25kHz

システムを正しく動作させるための重要な要件：
モバイルビーコンから30 m以内にある2台（2D）または3台（3D）以上の固定ビーコンへの、遮るもののない見通し（超音波が直接届く経路）– GPS衛星の可視性とよく似ています

モバイル
Super-Beacon
周波数は任意



モバイルビーコン：

- ロボット/人員/フォークリフトに装着し、UART、SPI、I2C、USB（仮想UART）のいずれかで接続
- 最大25 Hzで位置更新を本体内で計算
- ビーコン1台あたりの位置更新レートは、モバイルビーコンの台数に直接は依存しない
- IMU（3D加速度センサー + 3Dジャイロスコープ）を内蔵

ルーター/モデム：

- システムの中央コントローラー
- 最大25 Hzでビーコンを同期
- USB/仮想UART経由でDashboardまたはロボットと通信
- 最大250台のビーコンと最大250個のサブマップに対応



サブマップ：

- 別々の部屋やゾーンにビーコンの独立したサブマップ/クラスター/セルを構築し、携帯電話網のエリアのように、複数のサブマップからなるマップで大きな建物（面積数千m2）をカバーできる高度な機能

IAの屋内ナビゲーションシステムの構成：

- 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）
- 中央ルーター1台

固定Super-Beacon N
37kHz



隣接するビーコン間の距離は最大30 m。



固定
Super-Beacon 3
31kHz

Marvelmind
robotics

MF NIA



固定
Super-Beacon 1
周波数は任意

固定ビーコン：

- 壁または天井に設置
- Super-Beaconは超音波周波数が任意。MF NIAはBeacons HW v4.9では非対応
- 隣接する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バンドの無線でルーターと通信



固定
Super-Beacon 2
周波数は任意

システムを正しく動作させるための重要な要件：
モバイルビーコンから30 m以内にある2台（2D）または3台（3D）以上の固定ビーコンへの、遮るもののない見通し（超音波が直接届く経路）– GPS衛星の可視性とよく似ています

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



モバイルビーコン：

- ロボット/人員/フォークリフトに装着し、UART、SPI、I2C、USB（仮想UART）のいずれかで接続
- ルーターから最大25 Hzで位置更新を受信
- モバイルビーコン8台までは、ビーコン1台あたりの位置更新レートはIAと同様。それ以上はNIAと同様だが、更新レートは最大8倍
- IMU（3D加速度センサー + 3Dジャイロスコープ）を内蔵

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25 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台のビーコンと最大250個のサブマップに対応



サブマップ：

- 別々の部屋やゾーンにビーコンの独立したサブマップ/クラスター/セルを構築し、携帯電話網のエリアのように、複数のサブマップからなるマップで大きな建物（面積数千m2）をカバーできる高度な機能

MF NIAの屋内ナビゲーションシステムの構成：

- 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（それぞれ異なる超音波周波数で超音波を送信）
- 中央ルーター1台

固定Super-Beacon N
周波数は任意



隣接するビーコン間の距離は最大30 m。



固定
Super-Beacon 3
周波数は任意

Marvelmind robotics

IA vs. NIA vs. MF NIA

– **NIA**：固定Super-Beaconの周波数は任意 – **MF NIA**：**NIA**とほぼ同じ
– **IA**：同じサブマップ内で同じ周波数を使わない
– **IA**：隣接するサブマップで同じ周波数を使わない – **IA**：距離のダイナミックレンジなど

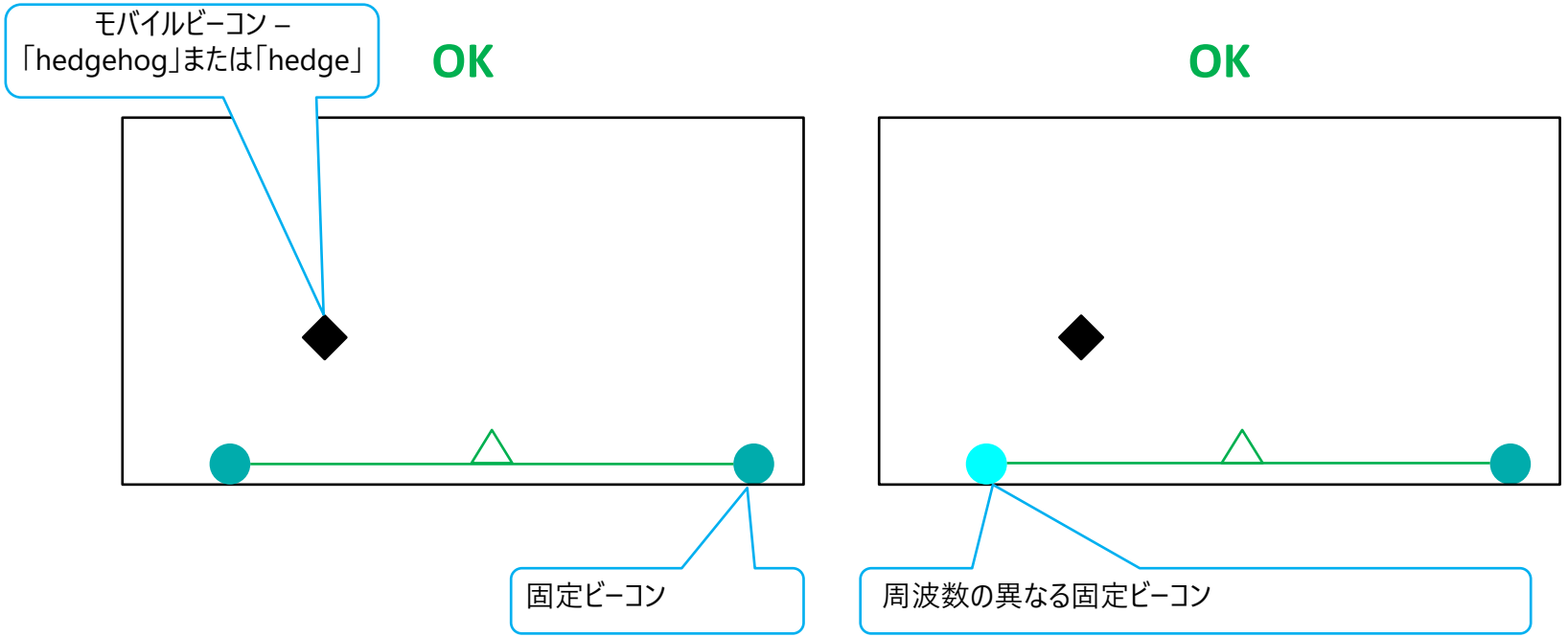
基本的なマップでは、複雑さはIA ≈ NIA
複雑なマップでは、複雑さはIA ≈ 10xNIA

完全なネットワーク計画と
ネットワークのフルリモート導入を
サービスとして提供しています

必ず基本的なNIA 2Dから始める
ステップバイステップガイドを見る

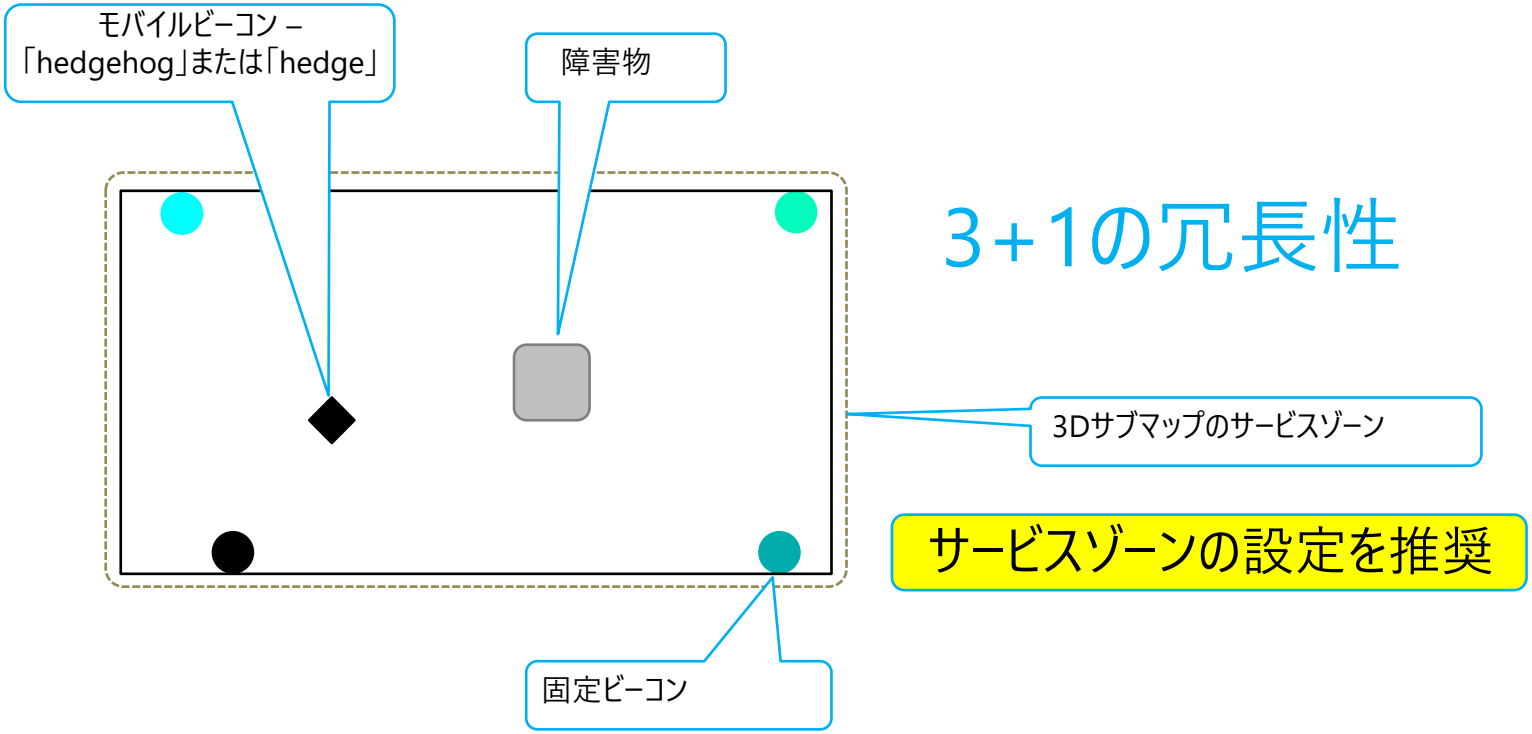
Marvelmind robotics

単一の2D NIAサブマップ



Marvelmind robotics

単一の3D NIAサブマップ

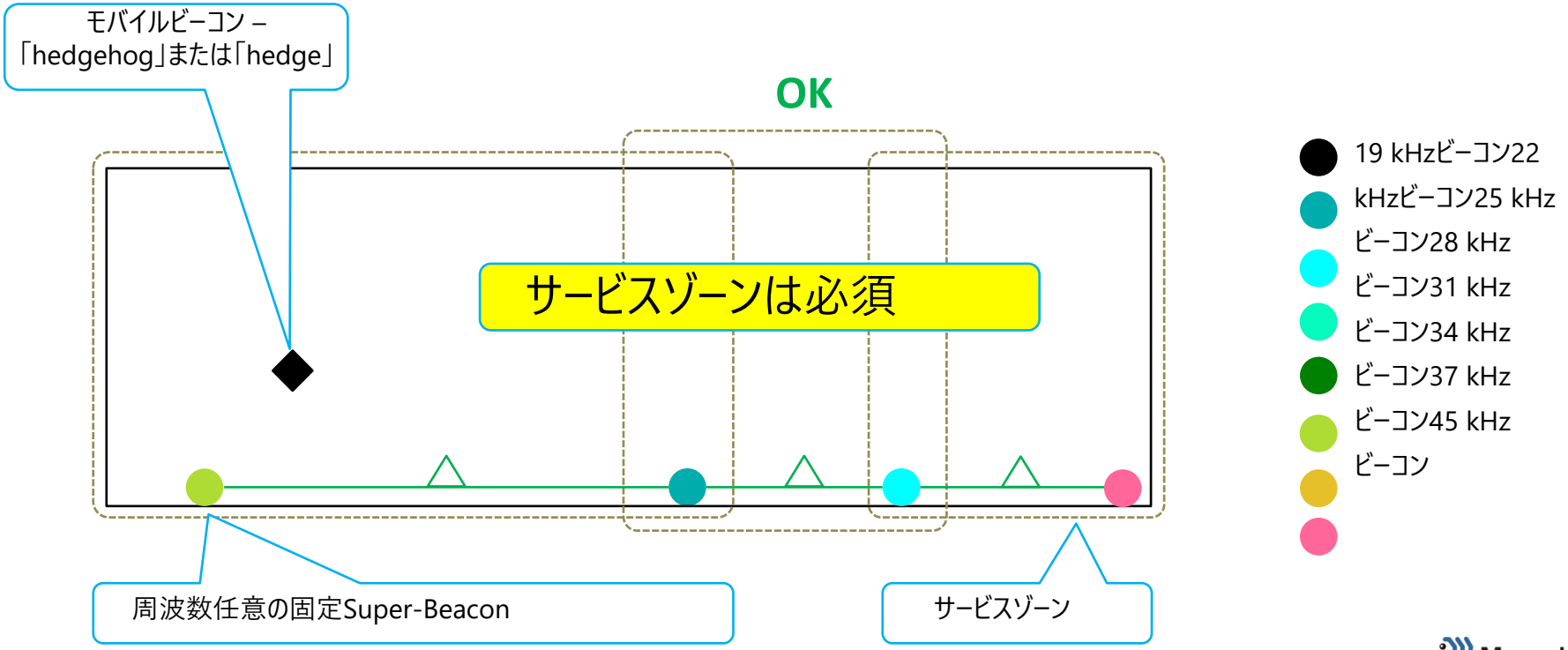


3+1の冗長性

サービスゾーンの設定を推奨

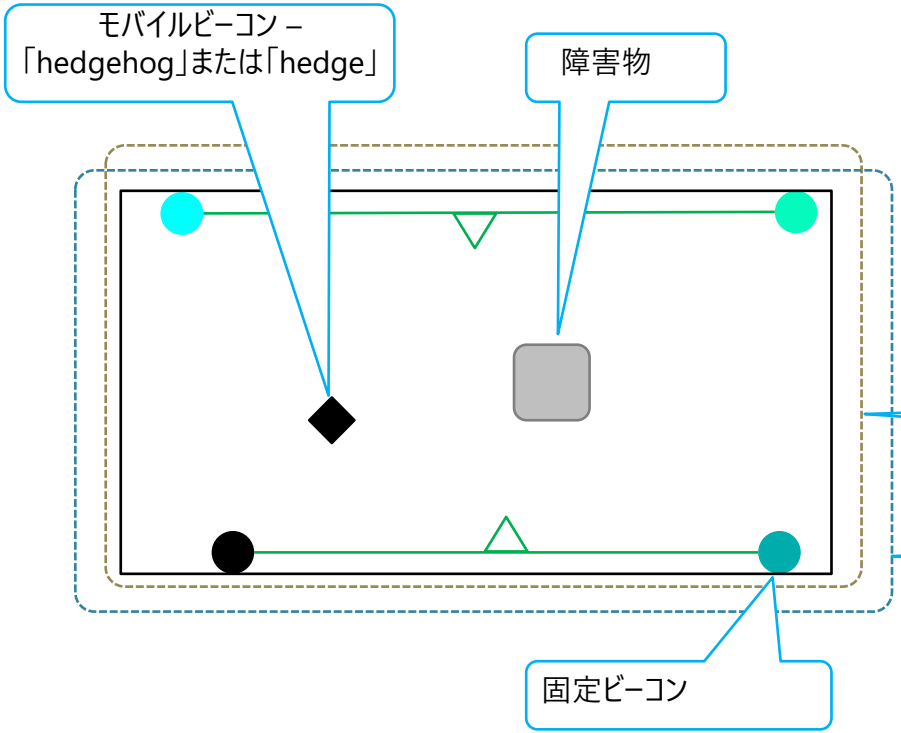
Marvelmind robotics

3つの2D NIAサブマップ



Marvelmind robotics

2Nの冗長性

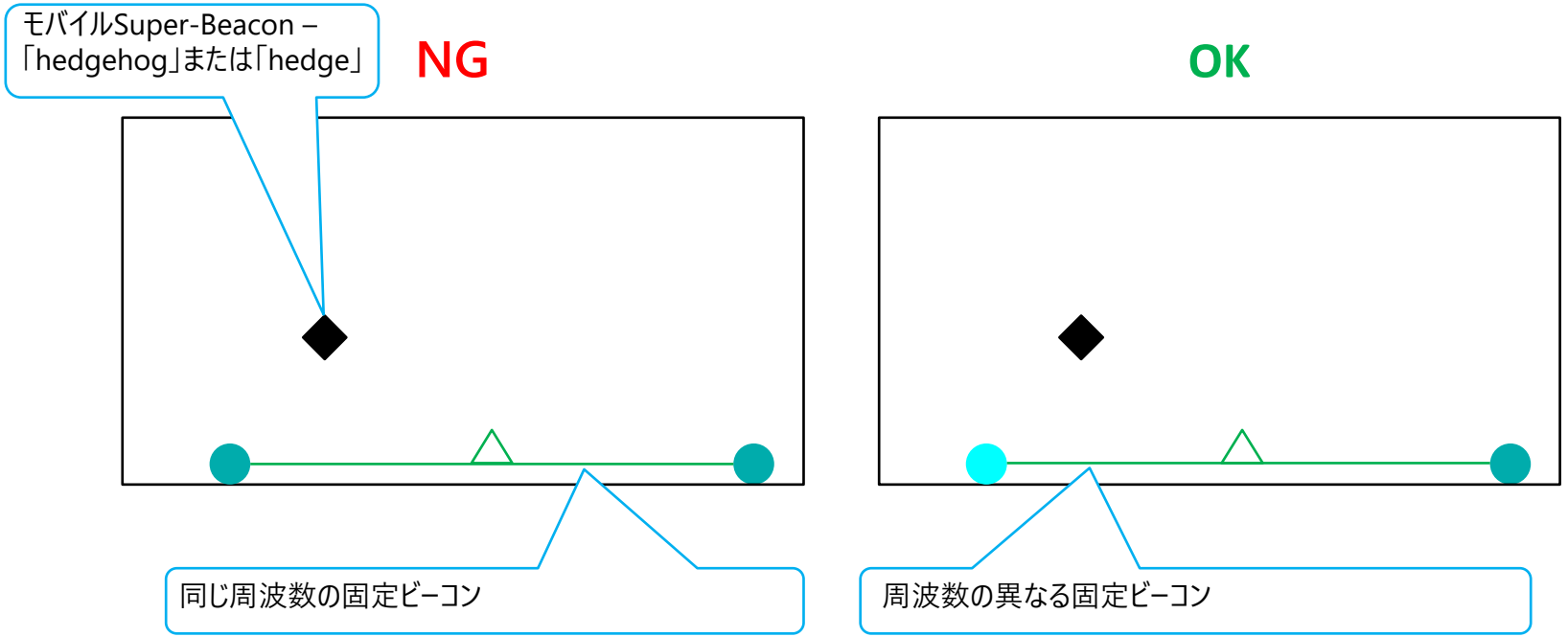


完全に重なるサブマップ

動画

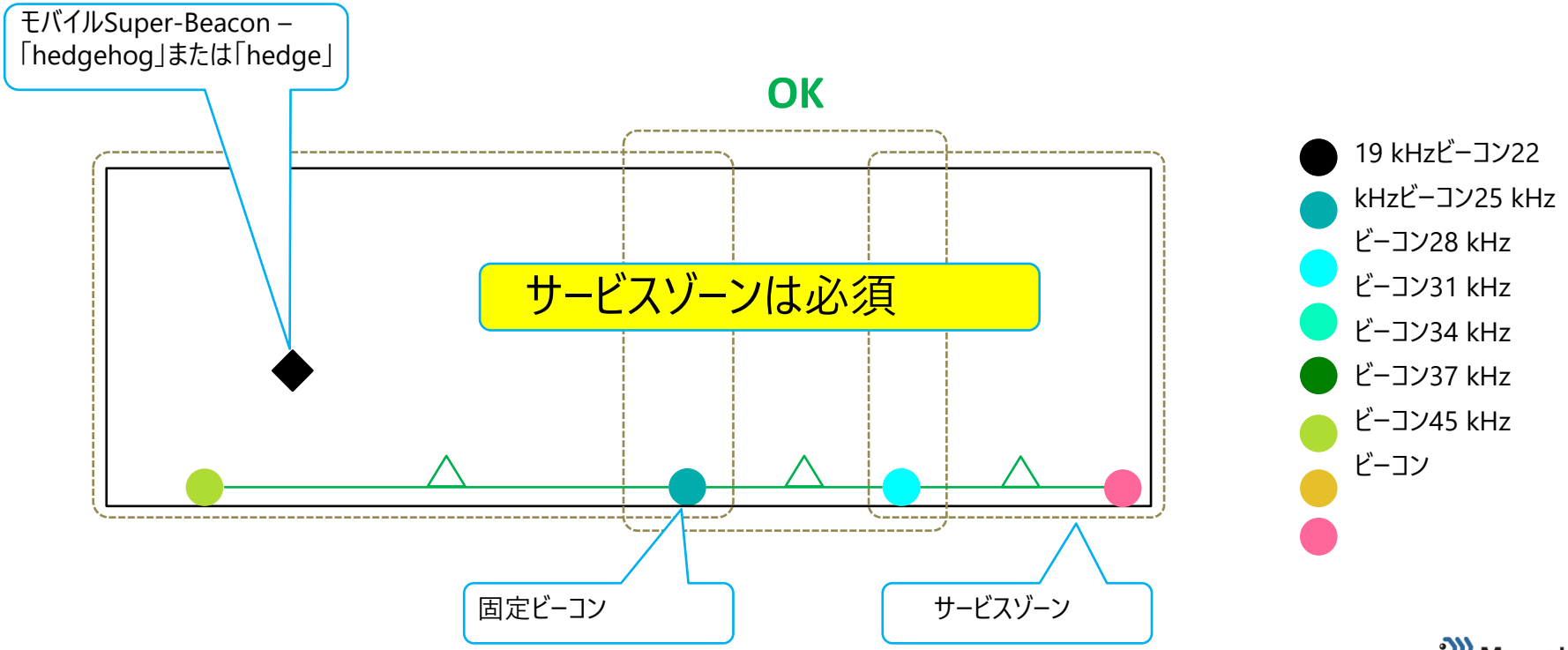
Marvelmind robotics

単一の2D IAサブマップ



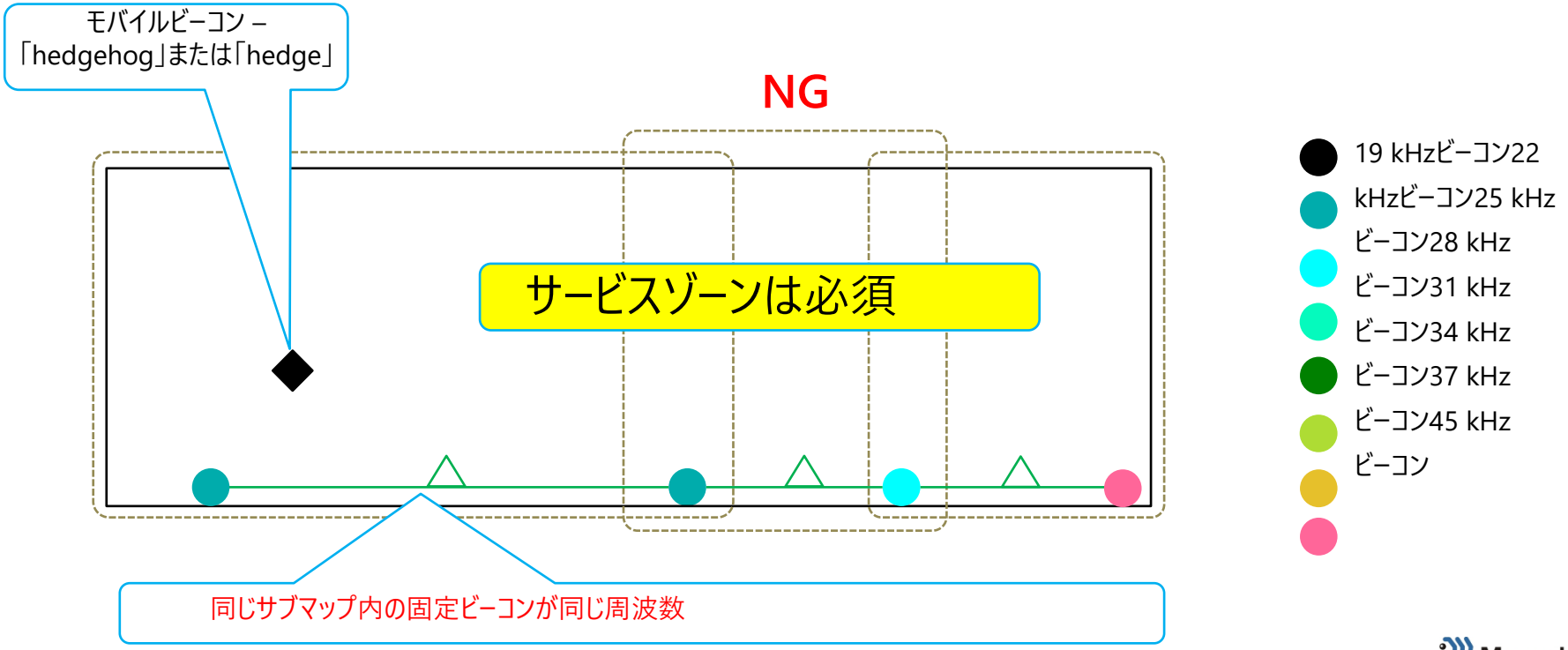
Marvelmind robotics

3つの2D IAサブマップ



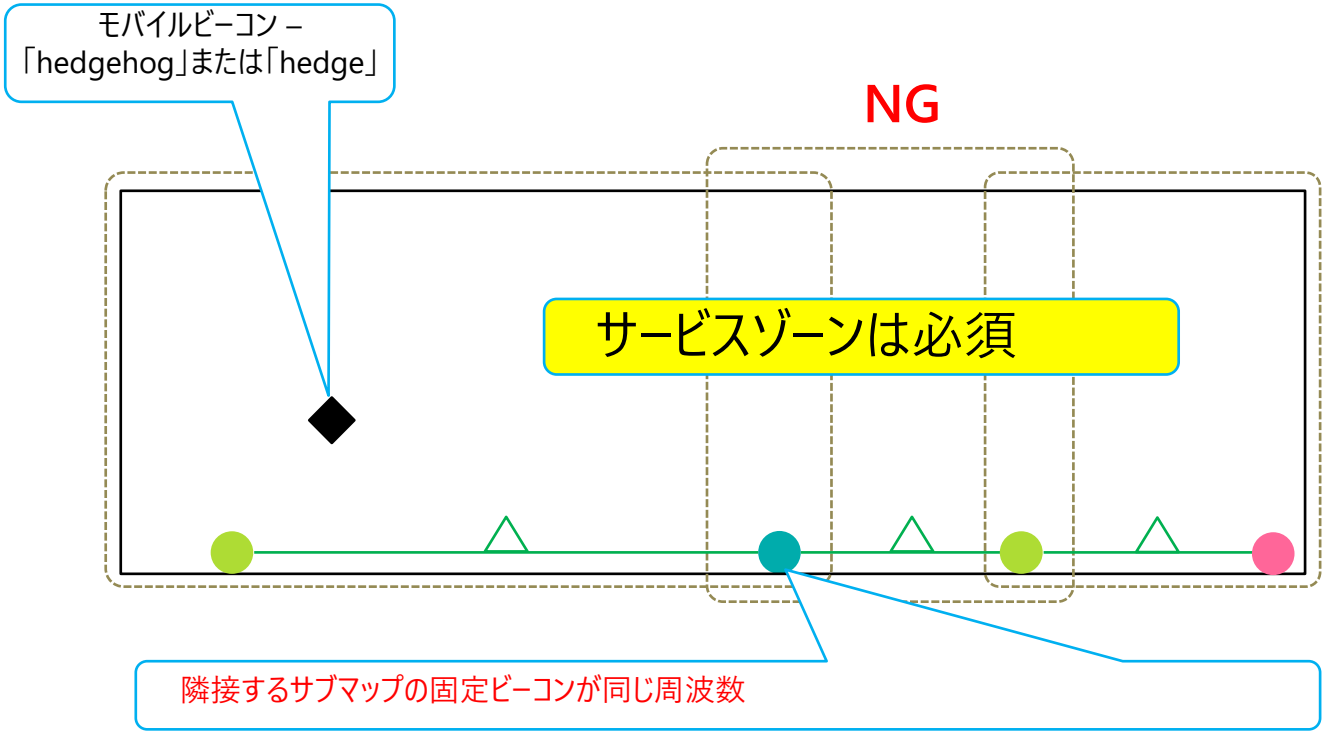
Marvelmind robotics

3つの2D IAサブマップ



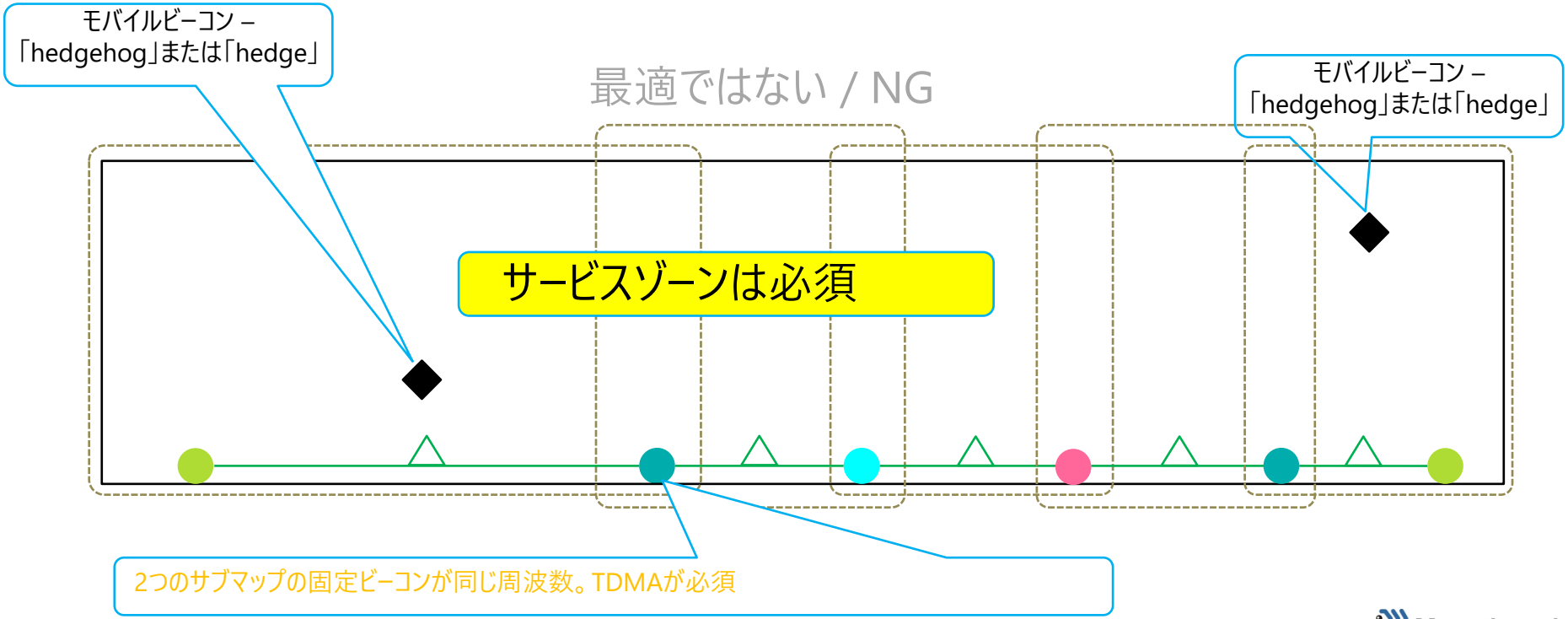
Marvelmind robotics

3つの2D IAサブマップ



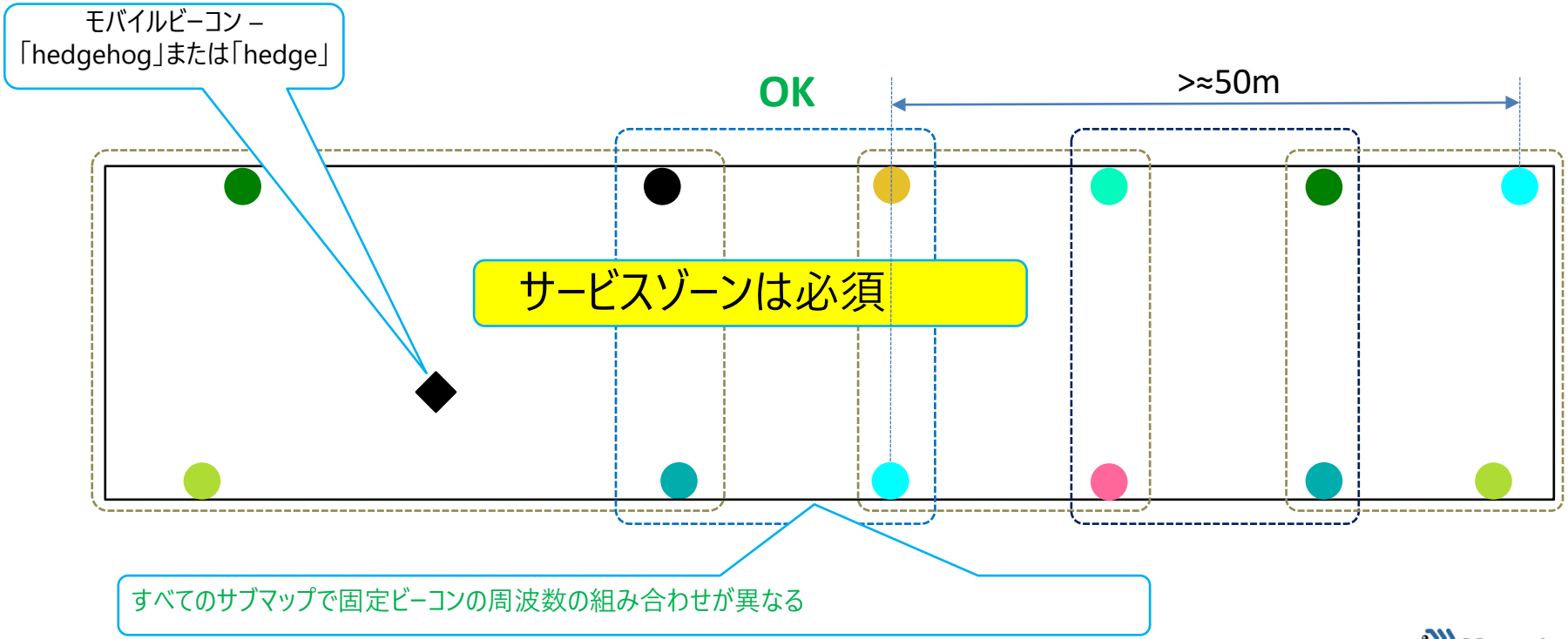
Marvelmind robotics

3つの2D IAサブマップ



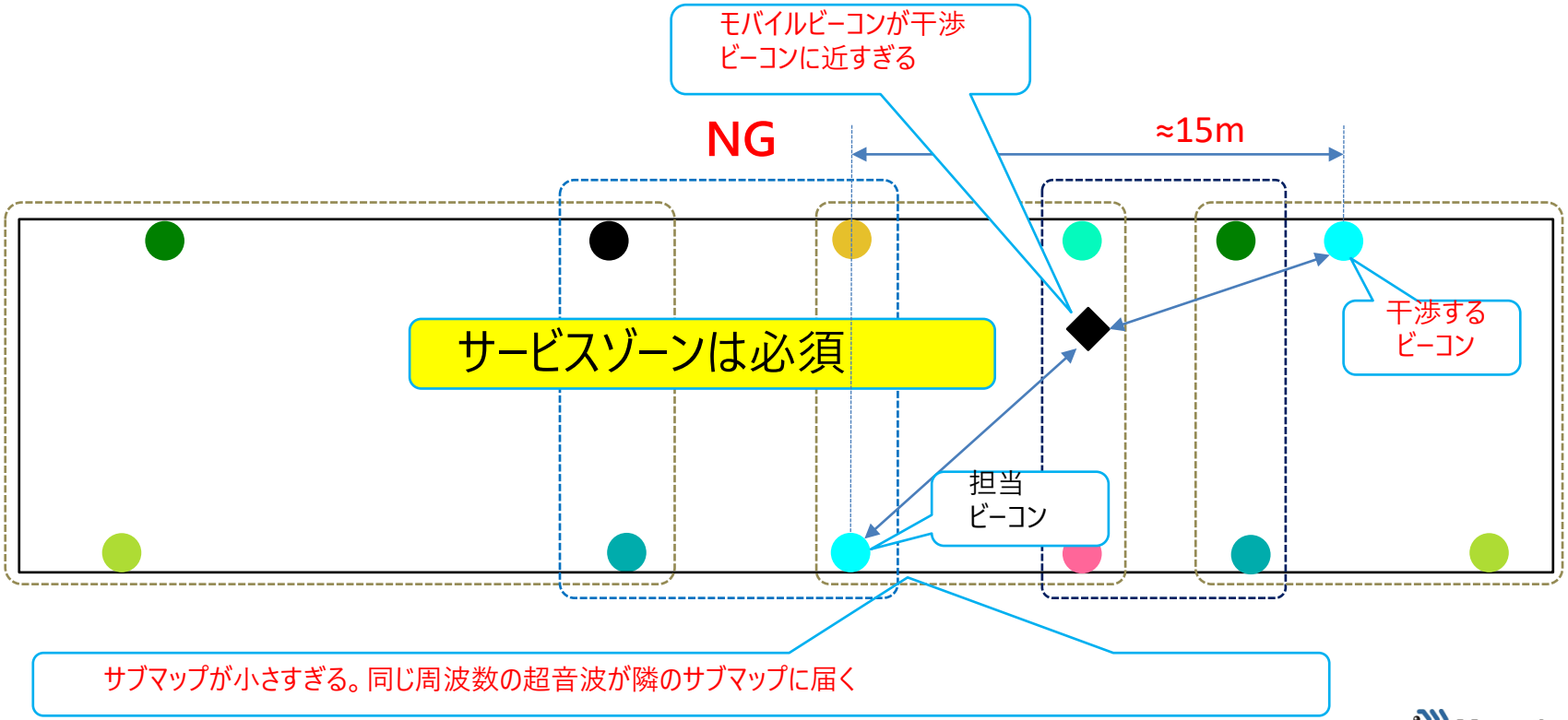
Marvelmind robotics

3つの3D IAサブマップ



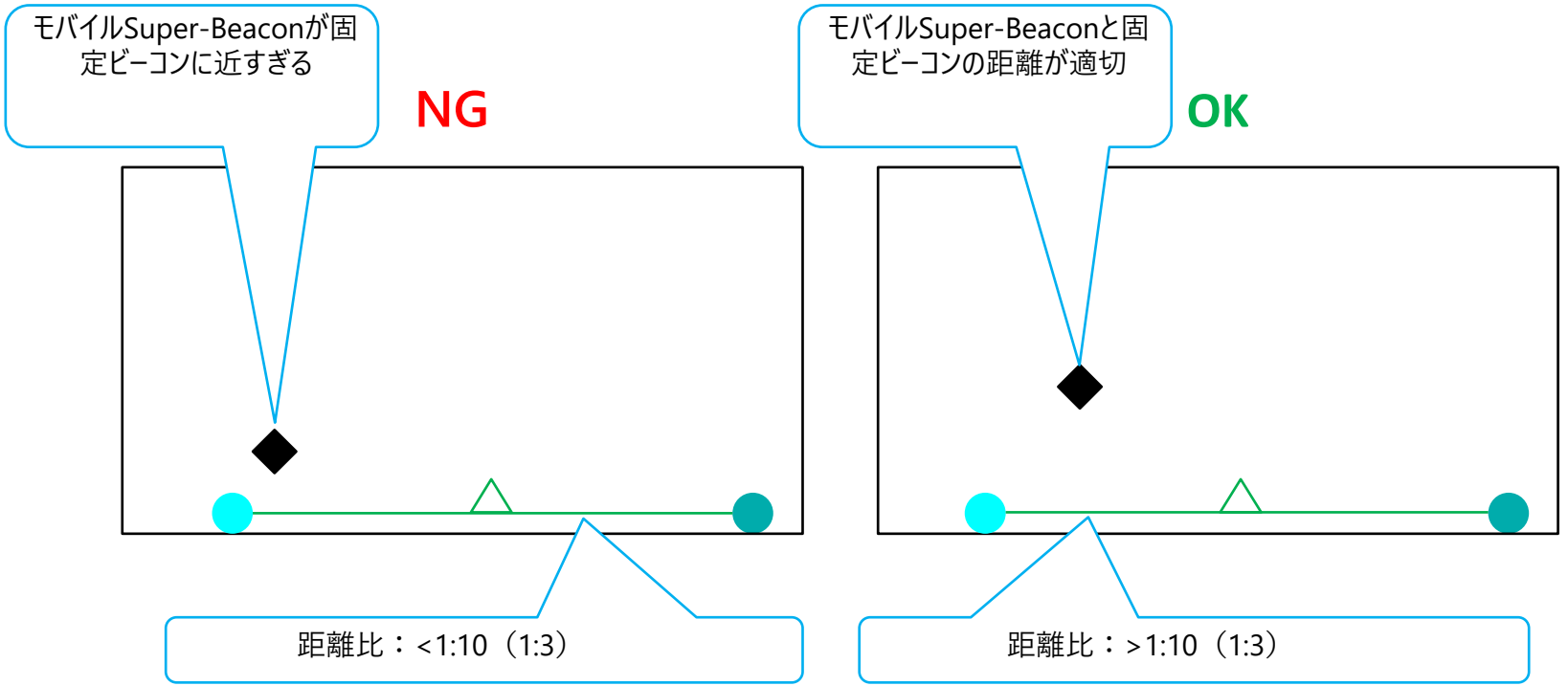
Marvelmind robotics

3つの3D IAサブマップ



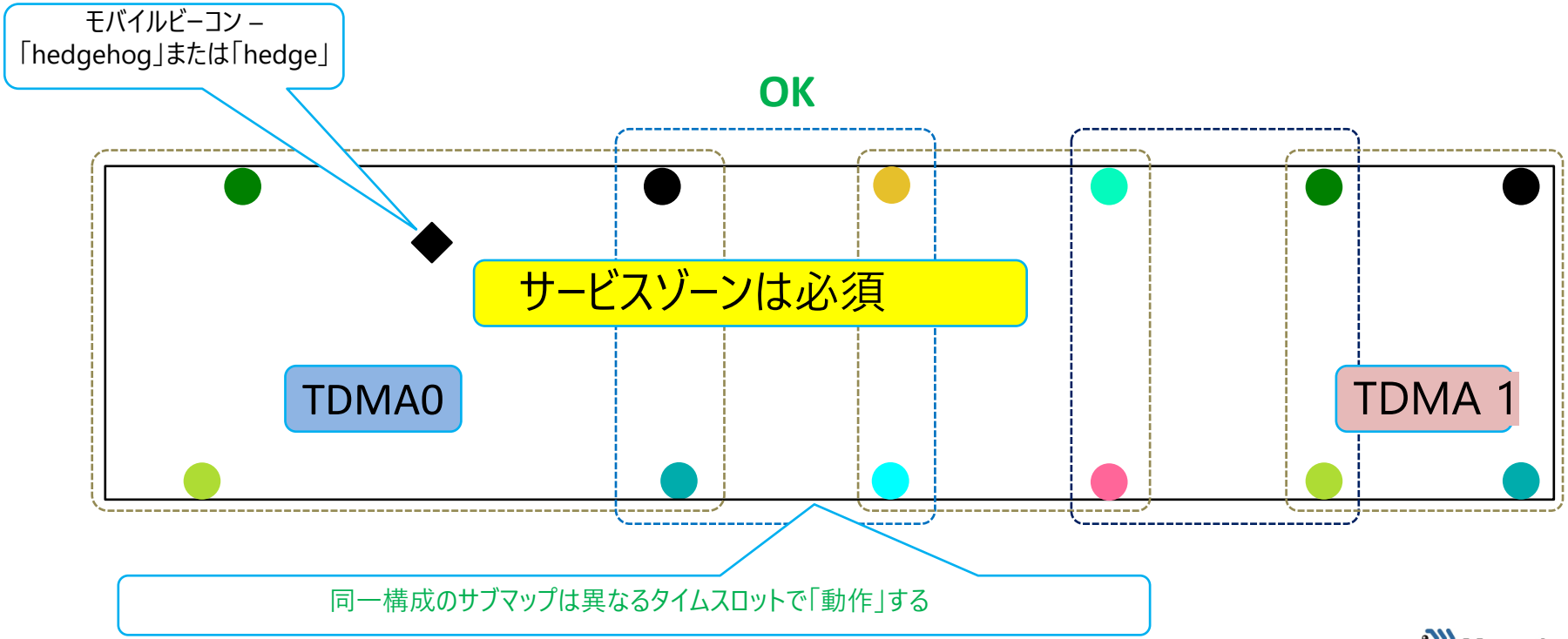
Marvelmind robotics

距離の
ダイナミックレンジ



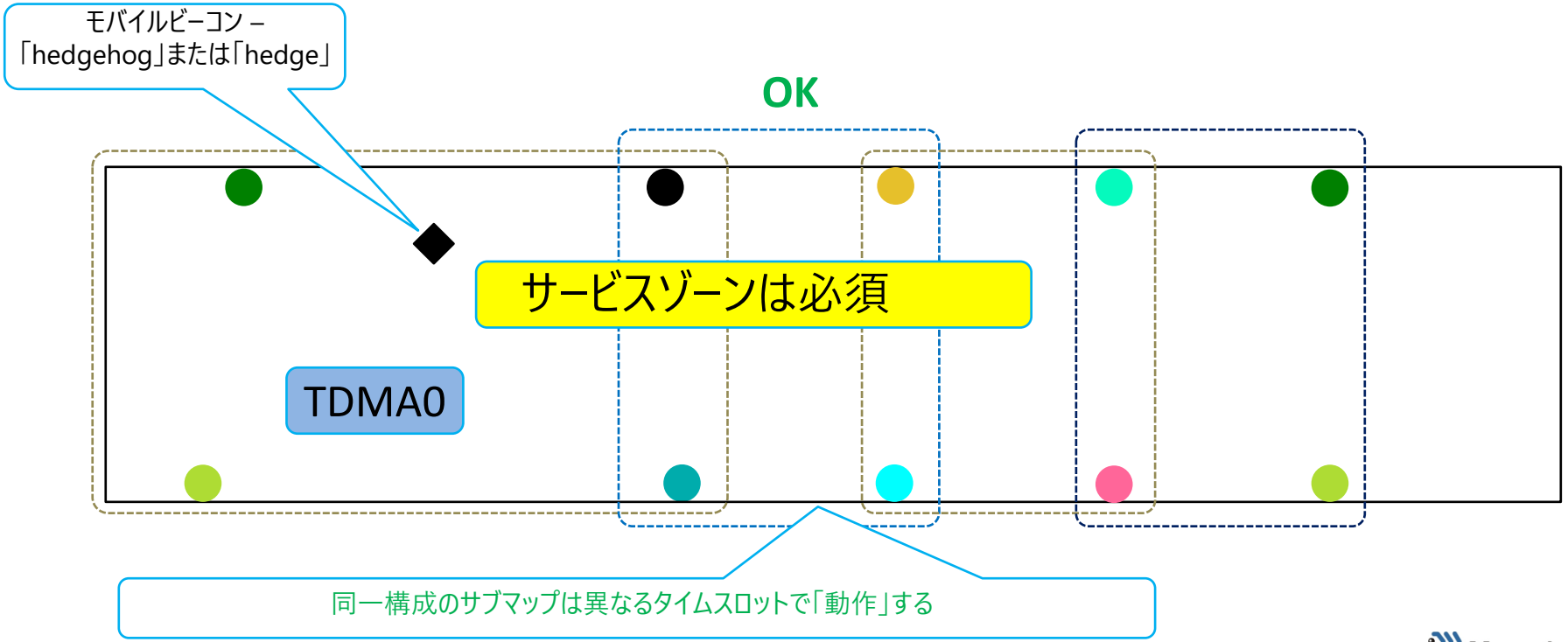
Marvelmind robotics

TDMA



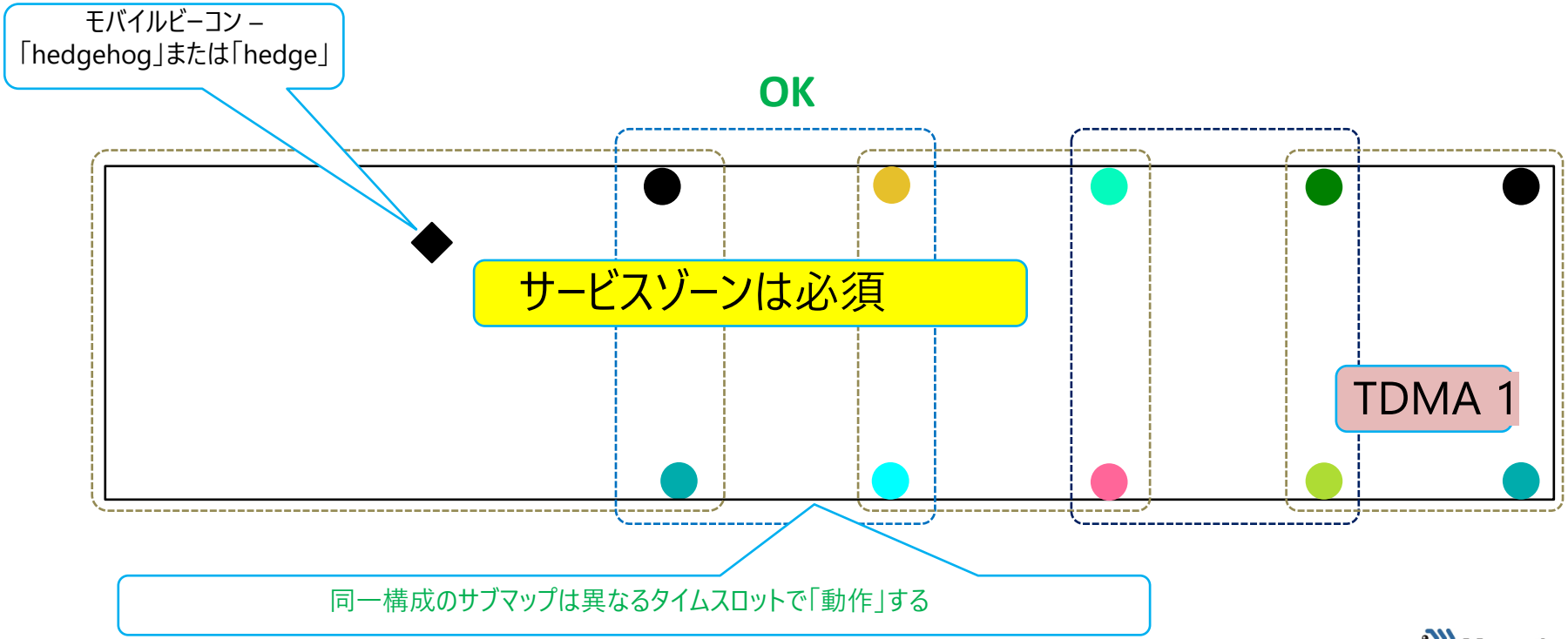
Marvelmind robotics

TDMA0



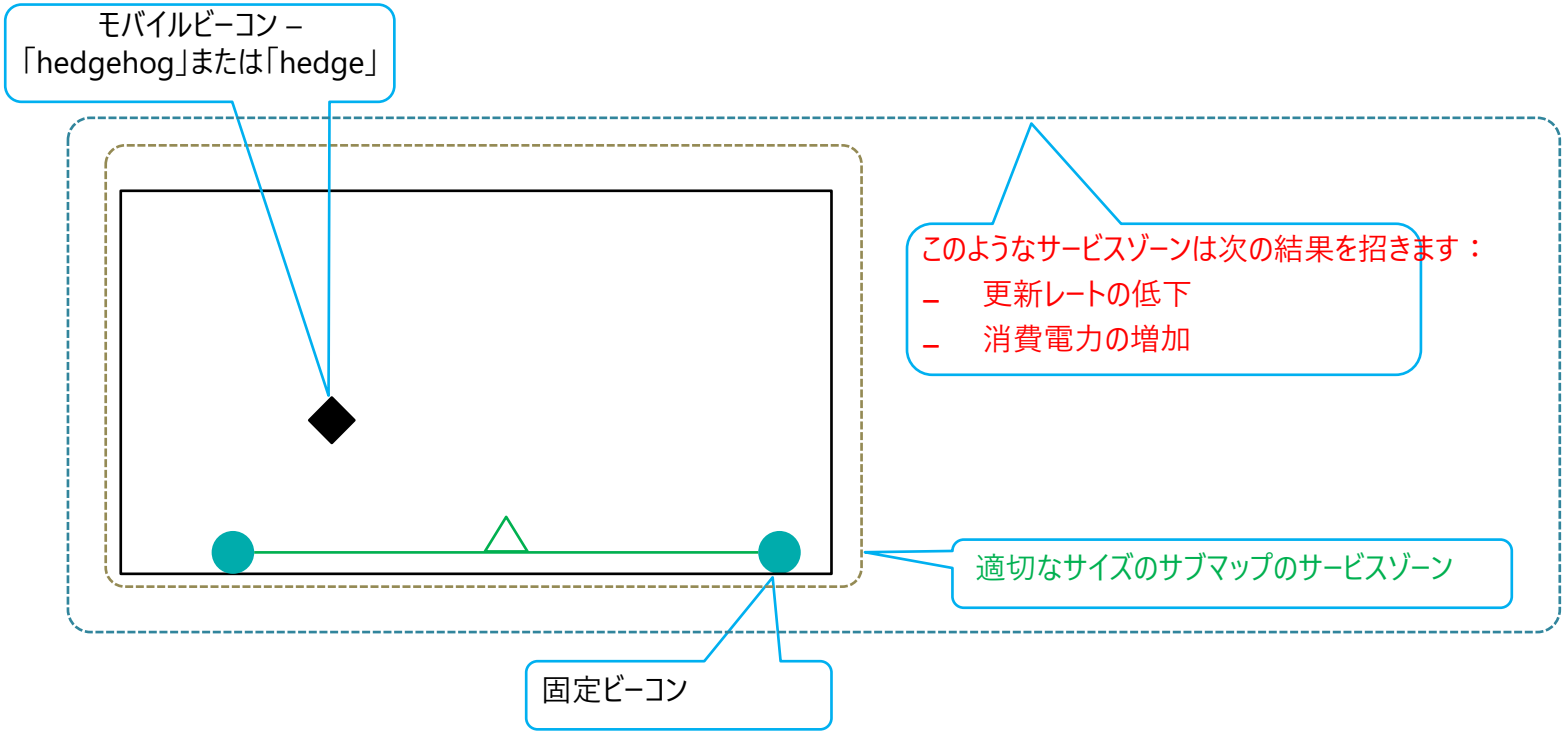
Marvelmind robotics

TDMA 1



Marvelmind robotics

サイズが重要



Marvelmind robotics

特殊なケース

- 1Dサブマップ
- 垂直2D
- 同じマップ内の1D + 2D + 3D + 垂直2D
- Precise Z – 配置マニュアルを参照
- 例：組立工場、2D、IA、ロボット・人員・フォークリフト向け – 例：プレキャストコンクリート工場における人員の屋内測位

Marvelmind robotics

覚えておくべきこと：



1. 基本的なNIAから始め、より複雑なマップへ進む
2. 大規模なIAマップは複雑だが、段階的に進めれば難しくない
3. マップは事実上どんなサイズ・複雑さにも対応可能
4. 不明な点があれば => ヘルプページ

ご清聴ありがとうございました

Marvelmind robotics