自律ロボット、ドローン、VR向けの高精度（±2cm）屋内「GPS」

選定ガイド

v2019_06_16

Marvelmind robotics

はじめに

Marvelmindの屋内「GPS」の構成を作成・選定する方法や出発点は数多くあり、その多くは互いに関連しています。本ガイドでは、一部の出発点とユースケースだけを取り上げて疑問点を明確にし、お客様固有の要件や用途に合った高精度屋内「GPS」構成の構築に役立てていただくことを目指しています。

選定は次の観点から行えます：

- 手元のスターターセット：たとえば、セットをお持ちで、それで何ができるかを知りたい場合
- 追跡する対象：フォークリフト、自律ロボット、自律ドローン、VRヘルメット、倉庫作業員、固定資産のいずれか
- ユースケース：倉庫でのフォークリフト、ロボット研究、産業用途のVR、ドローンショーのいずれか
- 使用環境：屋内か屋外か
- 移動体の数：ロボット/ドローン1～4台か、作業員100人か
- 使用する無線周波数帯、または地域（EUか米国か）

ご不明な点がある場合や、本ガイドの拡充をご希望の場合は、info@marvelmind.comまでメールでお問い合わせください。

Marvelmind robotics

選定ガイド：スターターセット一覧

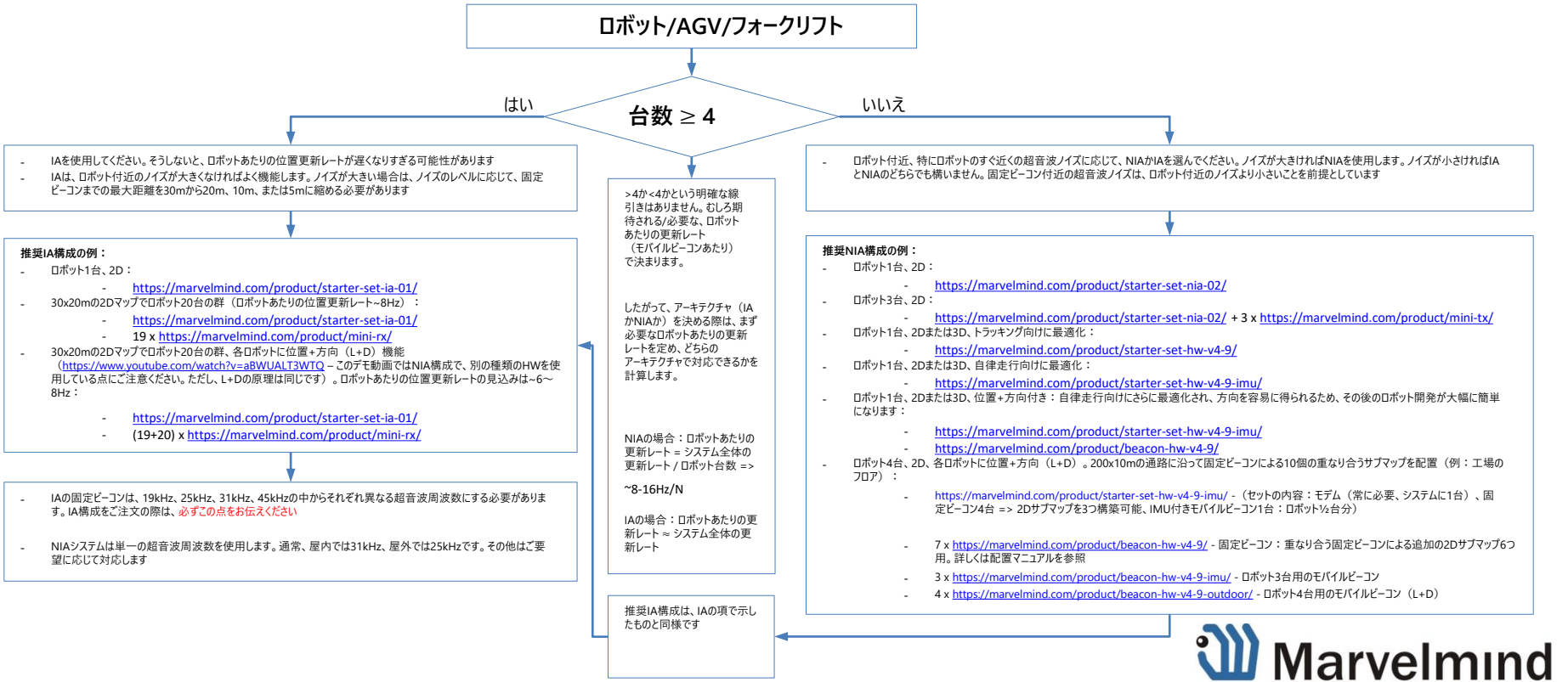
セット	Starter Set HW v4.9	Starter Set HW v4.9-IMU	Starter Set Industrial-NIA-01	Starter Set NIA-01	Starter Set IA-01
					
代表的な用途	- 汎用・低コストのセット - ロボット/ドローン/フォークリフト1台のトラッキング - 自律ロボット/ドローン1台の誘導	- 自律ロボット/ドローンに重点（IMU搭載のモバイルビーコンのため） - 1台の自律ロボット/ドローンの誘導	- 産業用などの過酷な環境 - ロボット/ドローン/フォークリフト1台のトラッキング - 1台の自律ロボット/ドローン/フォークリフトの誘導	- 超音波性能を高めた、Starter Set HW v4.9-IMUの上位版 - 1台の自律ロボット/ドローンの誘導	- 人員/VR/フォークリフトの2Dトラッキング - 特に、位置更新レートを下げずに複数のモバイルビーコンを使う場合向けに設計（IAによる）
アーキテクチャ	- NIA	- NIA	- NIA	- NIA	- IA
範囲/面積	- 最大1000m²	- 最大1000m²	- 最大1000m²	- 最大1000+m²	- 最大1000m²
超音波周波数	- 31kHz（その他はご要望に応じて）	- 31kHz（その他はご要望に応じて）	- 19/25/31/45kHzのRX、および19または25または31または45kHzのTX（その他はご要望に応じて）	- 19/25/31/45kHzのRX、および31kHzのTX（その他はご要望に応じて）	- 19/25/31/45kHzのRX、および19と25または31または45kHzのTX（その他はご要望に応じて）
無線周波数帯	- 915/868 MHzまたは433 MHz	- 915/868 MHzまたは433 MHz	- 915/868 MHzまたは433 MHz	- 915/868MHz	- 915/868MHz
電源/LiPolバッテリー	- USB/1000mAh内蔵	- USB/1000mAh内蔵	- +5/12V外部電源。オプションで~220Vコンバーター。オプションで外部+12V IP67バッテリー	- USB/1000mAh（TX）/750mAh（RX）	- USB/1000mAh（TX）/750mAh（RX）
使用環境	- 屋内のみ（屋外はオプション） - t=0..+40C	- 屋内のみ（屋外はオプション） - t=0..+40C	- 屋内と屋外（ビーコン） - t=-20..+40C（-40CとExはオプション）	- 屋内のみ（屋外はオプション） - t=0..+40C	- 屋内のみ（屋外はオプション） - t=0..+40C
IMU	- なし	- あり（モバイルビーコン）	- あり（全ビーコン）	- あり（モバイルビーコン）	- あり（モバイルビーコン）
リンク/価格	- Starter Set HW v4.9	- Starter Set HW v4.9-IMU	- Starter Set Industrial-NIA-01	- Starter Set NIA-01	- Starter Set IA-01

- 「19/25/31/45kHzのRX、および19または25または31または45kHzのTX」とは、ビーコンの超音波受信部が19/25/31/45kHzの超音波帯域のどの周波数も同時に受信でき（SWで選択可能）、送信部は19、25、31、45 kHz帯のどの周波数でも購入できるものの、同時に使えるのは1つだけであることを意味します。TXの超音波周波数は超音波トランスデューサーのHWで決まり、SWでは変更できないためです

- モバイルビーコンを追加すれば、より多くのロボット/ドローンを追跡できるよう拡張できます。これはすべてのセットに当てはまります。固定ビーコンを追加すれば、カバーエリアを広げられます。現在、モデム1台あたり最大250台のビーコンに対応しています。マルチモデム構成にも対応しています

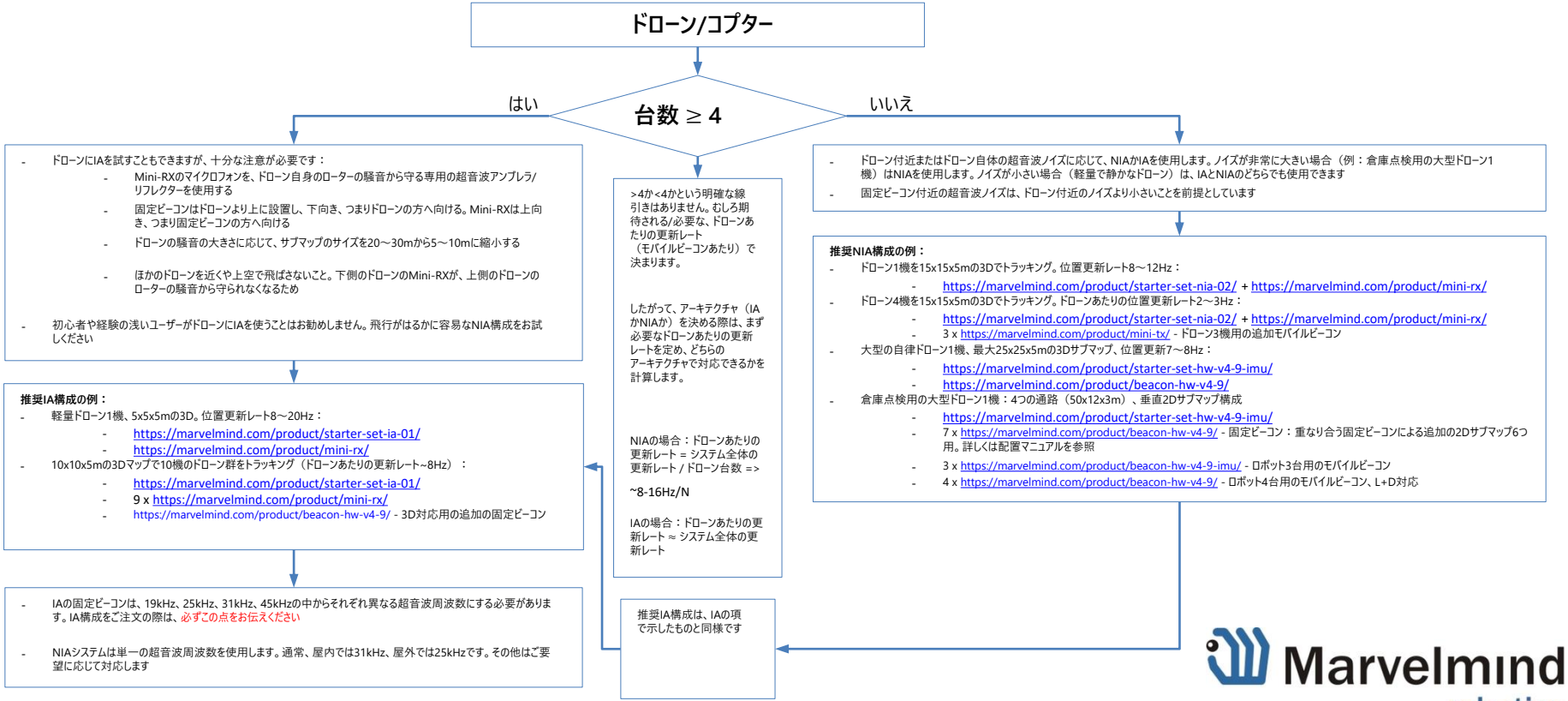
Marvelmind robotics

選定ツリー：ロボット/AGV/フォークリフト向け



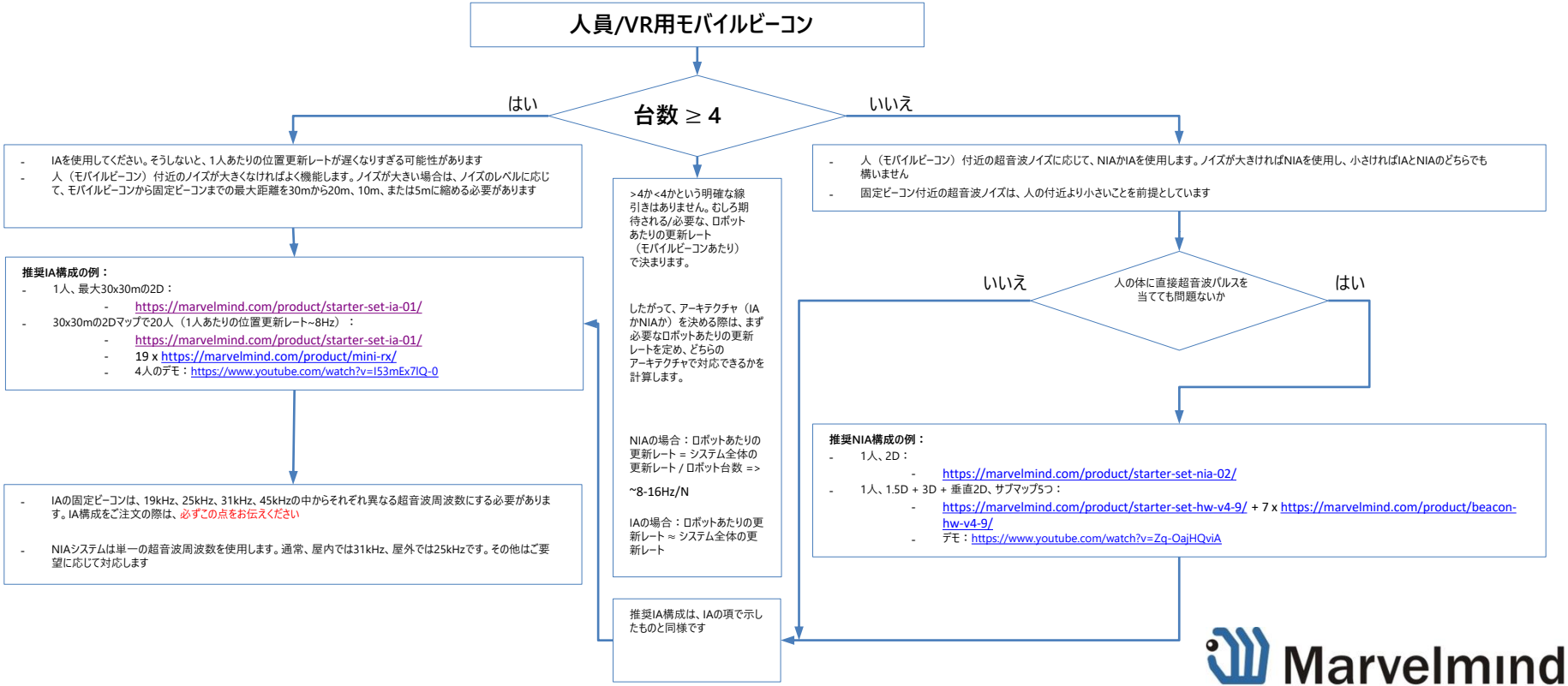
Marvelmind robotics

選定ツリー：ドローン/コプター向け



Marvelmind robotics

選定ツリー：人員/VRのトラッキング向け



Marvelmind robotics

選定ガイド：地域と無線周波数帯

免許不要の周波数帯は国によって異なります。規制はかなり複雑で、屋内か屋外か、固定か移動か、研究・アマチュア用途か商用か、などによっても異なる場合があります。必ず所管の規制当局にご確認ください。オンラインにも多くの情報があります。参考になる出発点：

- https://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band
- https://en.wikipedia.org/wiki/Short-range_device
- https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/workshops/RWP1B-SRD-UWB-14/Presentations/International,%20regional%20and%20national%20regulation%20of%20SRDs.pdf

Marvelmind屋内「GPS」の無線の主なパラメーター：

- 送信出力 <=10mW（<=10dBm）：ISMおよびSRD機器の要件を満たしています
- デューティサイクルは、多くのパラメーター（主に更新レートですが、それだけではありません）や設定（たとえば、無線プロファイル500kbpsでは、38kbpsの無線プロファイルに比べて帯域占有時間が大幅に短くなります）、さらに機器の種類（モバイルビーコン、固定ビーコン、モデム）によって決まり、0.01%から20%以上まで大きく変わります。そのため、お客様の国や帯域にデューティサイクルの要件がある場合でも、ほぼ常にそれを満たす設定を選ぶことができます

セットの種類	以下のバンド/国では433MHzのHWを使用		以下のバンド/国では915MHzのHWを使用		
	- **315 MHz** SRDバンド：本来の中心周波数433MHzから大きく離れているため、無線性能が大幅に低下する可能性はありますが、使用は可能です。 - 使用するバンドを選ぶだけです：Dashboardの無線設定	**433MHz ISM**バンド：EUおよびITU第1地域（このHWの本来のバンド）	- SRD860バンド：無線性能の低下は小～中程度、または低下なしで使用可能 - Dashboardの無線設定でバンドを選ぶだけです	**915MHz** ISMバンド：米国およびITU第2地域（このHWの本来のバンド）	- 779～928MHzの範囲のその他のSRDまたはISMバンド：使用できますが、無線性能がやや低下することがあります（915MHzの中心周波数からの周波数差によって異なります） - Dashboardのメニューで一部の無線設定を手動で行う必要がある場合があります
https://marvelmind.com/product/starter-set-hw-v4-9/ https://marvelmind.com/product/starter-set-hw-v4-9-imu/ https://marvelmind.com/product/starter-set-industrial-nia-01/	対応		対応		
https://marvelmind.com/product/starter-set-nia-02/ https://marvelmind.com/product/starter-set-ia-01/ https://marvelmind.com/product/starter-set-nia-01/	標準では非対応です。標準搭載の小型セラミックアンテナがこの帯域では動作しないため、ご要望に応じたオプションのみとなります。外付けの有線アンテナを提供します。		対応		

Marvelmind robotics

選定ガイド – 屋内と屋外

	条件	屋外
屋内	**屋内**：オフィスのような環境（雨・粉じんなし）、t=0..+40C	https://marvelmind.com/product/starter-set-ia-01/ https://marvelmind.com/product/starter-set-nia-02/ https://marvelmind.com/product/starter-set-hw-v4-9/ https://marvelmind.com/product/starter-set-nia-01/ これらのセットのほぼすべては、ご要望に応じて簡易屋外仕様または本格屋外仕様に変更できます。リードタイム：数日
屋外・防爆	**簡易屋外仕様**：電子回路を封止材で保護し、突然の雨に備えます。超音波センサーとUSBは保護されていません（雨で損傷する可能性は低めです）。DIPスイッチとリセットボタンは封止・保護されるため使用できません。t=0..+40C。	https://marvelmind.com/product/beacon-hw-v4-9-imu-outdoor/ https://marvelmind.com/product/beacon-mini-tx-outdoor/ https://marvelmind.com/product/modem-hw-v4-9-outdoor/
	本格屋外仕様：IP67相当までの条件に耐えます。ただし、このシステムはその条件に耐えるための設計であり、その中で動作するための設計ではありません。そのため、雨や激しい粉じんの中での性能は保証されません。t=-20..+40C（設計値、未試験）。氷点下の温度はバッテリーなしの構成にのみ適用されます	https://marvelmind.com/product/starter-set-industrial-nia-01/ https://marvelmind.com/product/industrial-tx/ https://marvelmind.com/product/industrial-rx/ https://marvelmind.com/product/mini-rx-ip67/ https://marvelmind.com/product/converter-220v-12v-ip67/
	防爆仕様：防爆規格や本質安全の要件に応じたさまざまなタイプ	次のシステムのカスタマイズ版をご要望に応じてご用意できます： https://marvelmind.com/product/starter-set-industrial-nia-01/ https://marvelmind.com/product/industrial-tx/ https://marvelmind.com/product/industrial-rx/

Marvelmind robotics

選定ガイド – 一般的なQ&A

質問	回答
- ロボット/ドローンの群は、どれくらいの規模までMarvelmindの屋内「GPS」システムで対応できますか？	- 当社のシステム（IAとNIA）は、モデム1台あたり固定ビーコンとモバイルビーコンを合わせて最大250台に対応しています。たとえば、エリアをカバーする固定ビーコンが50台なら、モバイルビーコンは最大200台まで使用できます - むしろ制約となるのは位置更新レートかもしれません。たとえば上記の構成のNIAでは、モバイルビーコン1台あたりの位置更新レートは8/200Hzとなり、かなり低くなります。IAでは約8Hzです

- このシステムは、壁や金属、ガラスを通しても動作しますか？	- いいえ、動作しません。システムが動作するための大前提は、モバイルビーコンから固定ビーコンへの直接の見通し（超音波が直接届く経路）です。2Dではモバイルビーコンから2台以上、3Dではモバイルビーコンから3台以上の固定ビーコンへの見通しが必要です
	- ただし、モバイルビーコンや固定ビーコンを、布などの「通気性のある」素材で覆い隠すことはできます。このような素材は超音波をほとんど遮らず、システムに影響しません
	- 実際、普通の紙1枚でもシステムを大きく妨げたり、完全に遮断したりすることがあります
	- この課題を克服する方法はいくつかあります：
	  - IAでTDMAサブマップを構築する
	  - IAでN+1の冗長構成を使う：ビーコンを多めに設置し、1台が遮られても残りのビーコンで対応でき、システムが復帰を試みて位置を計算できるようにする
	  - 遮蔽が最小限になるか、トラッキングに影響しないように、固定ビーコンを配置しサブマップを構築する
	  - センサーフュージョンを使う（自律型ロボット、ドローン、AGVには特にこの方法を推奨します）：たとえば、Marvelmindの屋内「GPS」をオドメーター+IMUと組み合わせ、カルマンフィルターを使って確からしさの高い位置を推定する

- 更新レートの上限、またはレイテンシの下限はどのくらいですか？	- 正確な遅延／レイテンシは多くの要因によって決まります。主な要因：
	  - IAかNIAか
	  - モデムからか、ビーコンからか
	  - IMUセンサーフュージョンか、通常の超音波のみか
	  - 無線プロファイル
	  - サブマップで実際に得られる更新レート
	  - 何らかの平均化やReal-time playerを有効にしているか
	- レイテンシの範囲は、(a) IMUフュージョンを有効にし、平均化をまったく行わずに、モバイルビーコンからUSB経由でデータを取得する場合の約12msから、(b) 30mのサブマップで超音波の更新レートが7Hz、平均化なしの場合の約150ms、さらに(c) (b)と同じ設定でRealtime playerを設定値16で有効にした場合の2秒までです。つまり、新しい値を出力する前に、直前の最大16個の測定値を考慮します。(c)のトラッキングは非常に滑らかになりますが、その代わりにレイテンシが増加します

- 屋外用のバージョンはありますか？	- はい、いくつかのハードウェアのバリエーションがあります。例：
	  - https://marvelmind.com/product/starter-set-industrial-nia-01/
	  - https://marvelmind.com/product/mini-rx-ip67/

Marvelmind robotics

用語集

- **AGV** – 無人搬送車（Autonomous guided vehicle）
- **HW** - ハードウェア
- **IA** – **IA**アーキテクチャ（Inverse Architecture）
(https://marvelmind.com/pics/architectures_comparision.pdf)
- **IMU** – 慣性計測装置（Inertial Measurement Unit）：通常は3D加速度センサーと3D ジャイロスコープからなるセンサー群です。一部のビーコンはさらに3D磁気センサーも搭載しています。屋内では磁気センサーを使わないよう強くおすすめします。屋内には多くの磁場や、磁場を発生させる電流が存在し、磁気センサーと地球の磁場に基づいて方向を求めることはほぼ不可能だからです。建物の外ではこれが容易になり、磁気センサーも注意して使えます。その際は、強い磁場を発生させうるロボットや ドローン自身の電流を考慮してください。つまり、磁気センサー付きのモバイルビーコンはあらゆる磁場源からできるだけ離して設置してください
- **ISM**バンド - https://en.wikipedia.org/wiki/ISM_band。当社は868MHzと915MHzに対応しています。地域（EUか米国か）に応じて適切にお選びください。その他の地域では、現地の要件をご確認ください。多くの場合、同じハードウェアで その他のISM/SRDバンドにも対応できます（無線性能の低下がない場合も、多少低下する場合もあります）。マップが小さい場合や、電波を通さない壁の少ない開けた場所では、その他の帯域、たとえば868MHzのSRDバンドでも915MHzのビーコン/モデムで問題なく動作します
- **L+D** – 位置+方向（Location + Direction）：GPSのように位置を返すだけでなく、通常のGPSでは得られない方向も返すソフトウェア/ハードウェアの機能です。自律型ロボット、ドローン、VRの開発が大幅に簡単になります。デモ：

https://www.youtube.com/watch?v=aBWUALT3WTQ

- **NIA** – **NIA**アーキテクチャ（Non-Inverse Architecture）
(https://marvelmind.com/pics/architectures_comparision.pdf)
- **R&D** – 研究開発（Research and development）。基本的には、その製品／アーキテクチャを開発中であるものの、商用提供の正確なスケジュールはまだ決まっていないことを意味します
- **SRD** - https://en.wikipedia.org/wiki/Short-range_device。EU向けに868MHzに対応しています。その他の帯域は、無線性能が多少低下しますが、433MHzまたは915MHzの本来のバンド）
- **SW** - ソフトウェア
- **TDMAサブマップ** – サブマップの特殊な使い方で、すべての固定ビーコンが同時に発信するわけではありません。TDMAサブマップを使うと、障害物が多く、固定ビーコンとモバイルビーコンの間の直接の見通し（超音波が直接届く経路）が保証されない厳しい環境でも、より堅牢で信頼性の高いトラッキングが可能になります

Marvelmind robotics