



White Paper

Acconeer A121 向け 用語集

Rev 1.0

目次

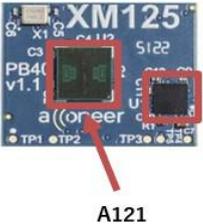
1	概要	3
2	用語集	3
3	お問い合わせ窓口	17
4	リビジョンヒストリー	17

1 概要

Acconeer A121 向けで主に使用される用語について以下に記載します。

2 用語集

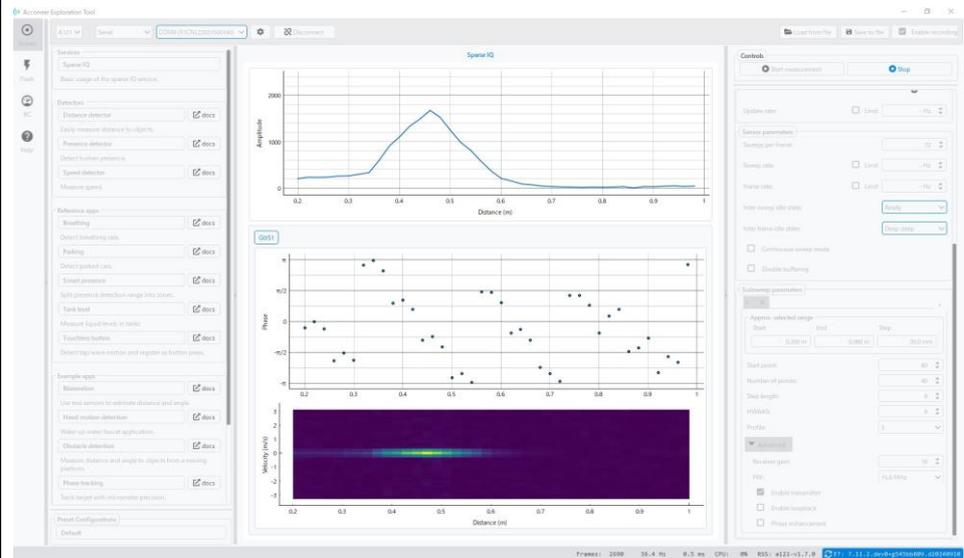
#	用語	説明	補足
1	ミリ波	<p>ミリ波とは波長が mm 単位となる 30~300GHz 帯の電波。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 直進性が強い ● 広帯域幅を確保できる ● カメラやレーザーなどに比べて霧や雨等の環境変化による影響を受けにくい 	✓
2	レーダー / Radar	Radio Detecting and Ranging の略。電波を対象物に向けて発射し、その反射波を測定することにより、対象物までの距離や方向を測る装置。	
3	ミリ波レーダーモジュール	様々な電子部品を使用して、ミリ波帯を使用したレーダー機能を一つの基板に実装したもの。外部システムへ接続・制御することで簡単にレーダー機能を実装することができる。	
4	Acconeer AB	スウェーデンの企業で、独自の Pulsed Coherent Radar 技術を使用した MMIC である A121、および、A121 を搭載したミリ波レーダーモジュールを販売している。Automotive でも採用実績のある 60GHz 帯レーダーで、小型・低コスト・低消費電力・高精度が特徴。	✓
5	MMIC	Monolithic Microwave Integrated Circuit の略で、主にマイクロ波の増幅・スイッチング・ミキシングなどを行うための機能を一つの半導体に集約した集積回路 (IC)	
6	パルス方式	一定時間ごとに電波を繰り返し送信し、対象物から反射された信号を受信した時の時間差から距離を求める方式	
7	FMCW 方式	電波の変調方式として周波数変調を採用したもので、送信波と反射波の周波数差から距離を求める方式。	
8	PCR 方式	<p>Pulsed Coherent Radar の略。Acconeer 独自のパルス方式で以下の特徴を持つ。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 極小パルスで電波が掃引されるため FMCW 方式と比べて消費電力が低い ● 取得できるデータに振幅と位相の両方の情報が含まれている ● 位相情報を使用して非常に小さな動きや速度を検出可能 ● 送信信号の開始位相が揃っている 	✓

9	AiP	Antenna in Package の略で、MMIC のパッケージ内部にアンテナが実装されていること。A121 は AiP となる。	✓
10	A121	<p>PCR 技術が搭載された MMIC で、小型・低コスト・低消費電力・高精度が特徴。A121 の後段に MCU (Cortex-M0, M4, M7, M33) を SPI で接続することで簡単にレーダー機能を実現することが可能。</p> <p>A121 の特徴：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 60GHz 帯 ● AiP <ul style="list-style-type: none"> - 送信アンテナ本数：1 - 受信アンテナ本数：1 ● FOV: 方位角 ± 32.5° / 仰角 ± 26.5° (Typical) ● Pulsed Coherent Radar (PCR)をベースにしたレーダーシステム ● 29 mm² の小型パッケージ ● 高精度かつ超低消費電力に最適化されている ● ベースバンド、RF フロント・エンド、アンテナを実装 ● 後段に MCU を接続することでレーダー機能を実現することが可能 (Cortex-M0, M4, M7, M33 向けに SDK を提供) ● 電池駆動タイプのデバイスへの実装が容易 ● 20m 程度までの物体検知が可能(物標の素材・サイズ、環境による) ● 最小約 2.5mm の距離精度(相対ではマイクロメートル) 	✓
11	XM<型番>	<p>Acconeer 社の MMIC を使用したレーダーモジュール (例：XM125, XM126)。XM125 では A121 および ST マイクロエレクトロニクス社製の MCU が実装されているため、MCU に特定の Firmware を書き込んで使用したり、MCU 上で独自にアプリケーションを実装することでスタンドアロンで動作させることも可能。</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● XM125  <p>ST マイクロエレクトロニクス社製 MCU (STM32L431CBY6)</p>	✓

12	XE<型番>	<p>XM 型番を搭載した評価キット (EVK)。Acconeer Exploration Tool (AET) を使用して GUI で簡単に評価することが可能。</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● XE125 : XM125 を搭載した評価ボード 	
13	レンズ	<p>電波を集約させ放射パターンを変化させる役割を持つ。FOV が狭くなる代わりに送信ゲインが向上するため、より長距離まで検知が可能になる。</p>	✓
14	LH<型番>	<p>XE<型番>と組み合わせて使用することができるレンズキット。</p> <p>(例)</p> <ul style="list-style-type: none"> ● LH132 : XE125 と組み合わせて使用可能 	✓
15	技術基準適合証明 (技適)	<p>特定無線設備 (小規模な無線局に使用するための無線設備) が電波法令の技術基準に適合していることを証明 (電波法第 38 条の 2) すること。無線設備に対して、1 台ずつ電波法の技術基準に適合しているかどうか審査・試験を実施し、1 台ごとに異なる証明番号が付与される。レーダー機能を製品に組みこみ市場で販売するには、製品 (あるいは使用するミリ波モジュール) が、技適 (あるいは工事設計認証) を取得している必要がある。</p>	
16	工事設計認証	<p>無線設備の設計や製造段階などにおける品質管理等が電波法の技術基準に適合しているかどうか審査・試験を行い、設計に対して認証番号が付与される。レーダー機能を製品に組みこみ市場で販売するには、製品 (あるいは使用するミリ波モジュール) が、技適 (あるいは工事設計認証) を取得している必要がある。</p>	

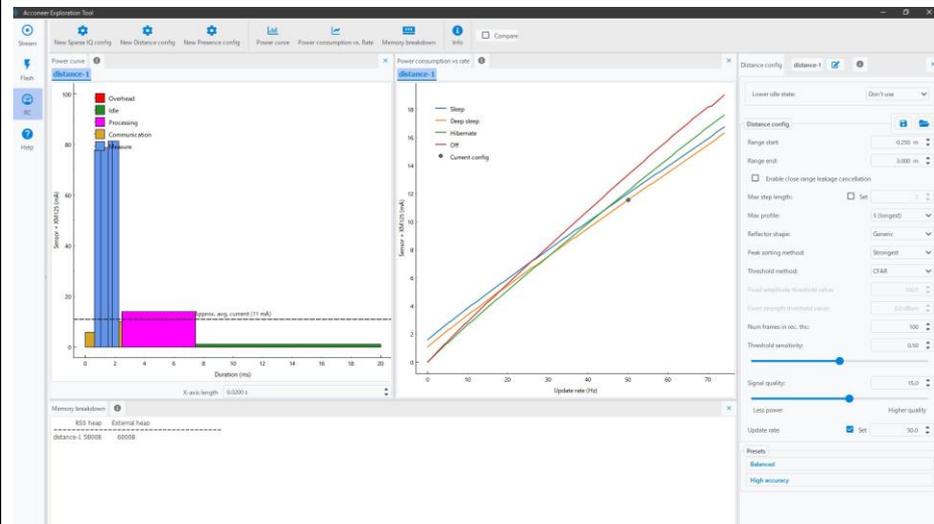
Acconeer の EVK と組み合わせて使用する Python ベースの評価ソフトウェア。EVK と USB 接続することにより GUI で評価することが可能。

17 Acconeer Exploration Tool (AET)



MCU で使用されるメモリー量や電波掃引時間、処理時間を見積もることができるツール。AET の RC ボタン（画面左）から起動する。あくまで Simulation のため、実機での評価が推奨される。現状、Sparse IQ service / Distance detector / Presence detector のみに対応している。

18 Resource Calculator

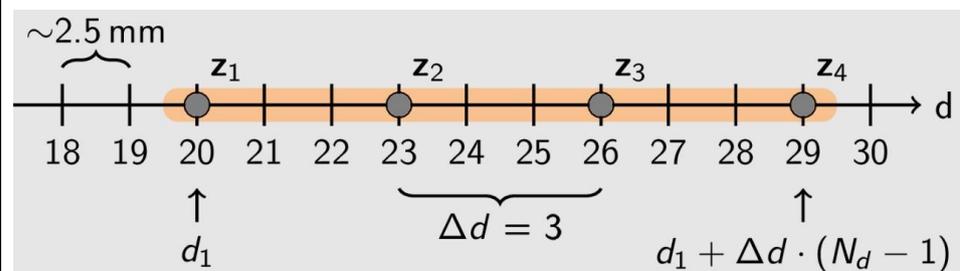


AET（あるいは A121 に接続された MCU）が IQ データを取得するために使用されるサービス（API）で、特定の距離毎に IQ データを取得することができる。データを取得する間隔（ステップ長）はポイント単位（1 ポイントはおよそ 2.5mm）で指定可能。

（例）

- Start point（測定を開始するポイント）： $d_1=20$
- Number of points（計測するポイント数）： $N_d=4$
- Step length（ステップ長）： $\Delta d=3$

この場合、データが取得されるポイントは $\{20, 23, 26, 29\}$ となる。すなわち $\{50.0\text{mm}, 57.5\text{mm}, 65.0\text{mm}, 72.5\text{mm}\}$ に対応した IQ データが取得される。



ステップ長は可能なかぎり大きい値を設定した方がメモリー使用量が減り、消費電力や測定時間を減らすことができる。一方ステップ長が長すぎると、対象物が測定点の間に入ってしまう、測定範囲内であっても死角となる可能性がある。

なお、より簡単に評価するためには、Sparse IQ ではなく、より高機能な Detector を使用することが推奨される。

- 測距系のアプリケーション：Distance Detector
- 人検知系のアプリケーション：Presence Detector

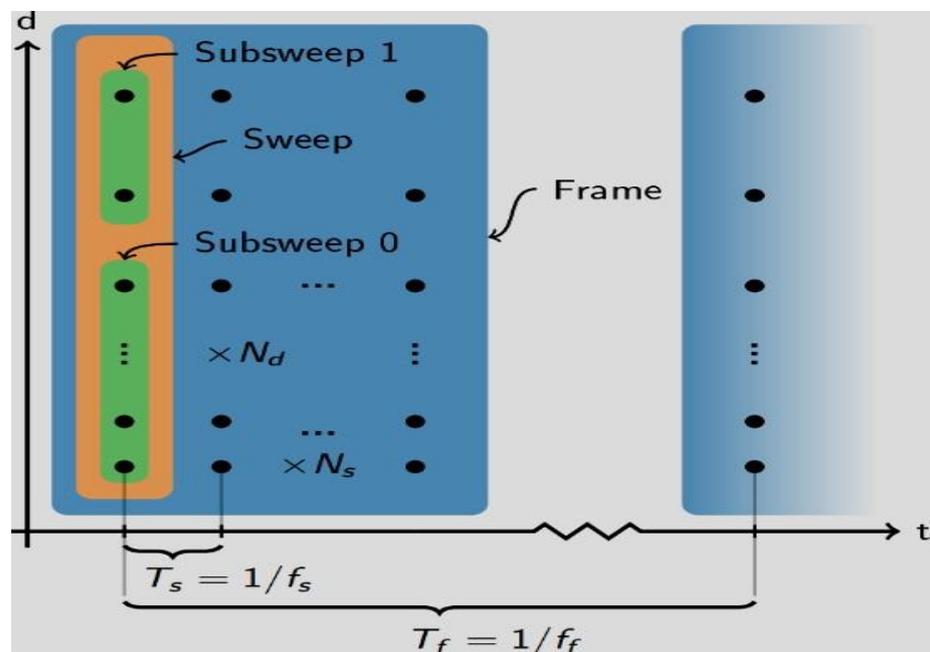
Sparse IQ は以下の概念を持つ：

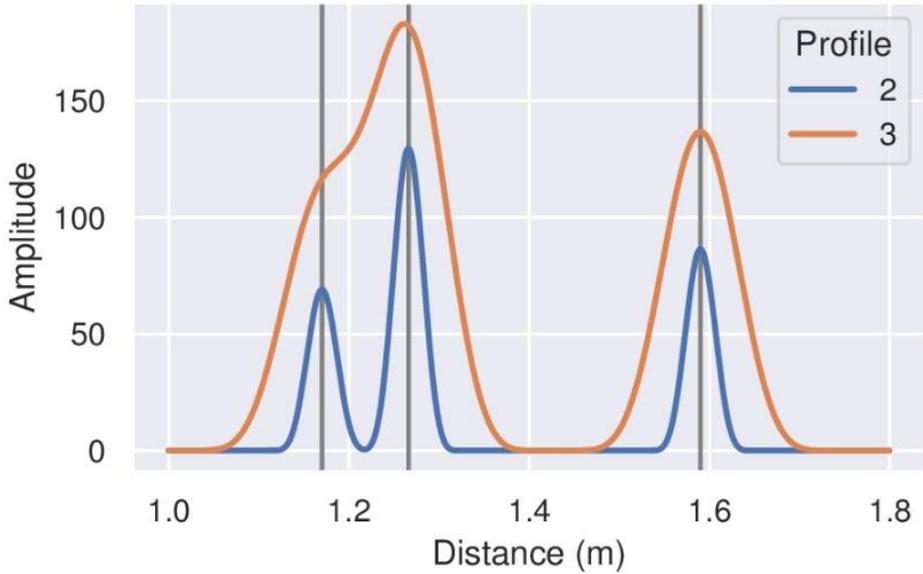
- Sweep：電波掃引（および距離毎の IQ データ取得）シーケンス
- Sub sweep：Sweep の中に構成可能な電波掃引シーケンス
各 Sub sweep で異なるパラメーターで電波掃引
（および距離毎の IQ データ取得）が可能
- Frame：複数の同じ Sweep から構成される
- Sweep rate：Sweep の周波数
- Frame rate：Frame の周波数

消費電力が問題となる場合には Frame rate を可能なかぎり低いところから、そうでない場合は高いところから検証することが推奨される。

20

- Sweep
- Sub sweep
- Frame
- Sweep rate
- Frame rate



21	Profile	<p>Profile 設定（設定値：1～5）に基づいて、主に放出されるパルスの持続時間と形状を設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 設定値 大： <ul style="list-style-type: none"> ・ より長いパルスを使用 ・ 放射エネルギーの増加により S/N が良くなる ・ 距離分解能が低下し、測定精度が悪くなる ・ 測定時間が短くなる ・ Direct leakage の領域が大きくなる ● 設定値 小： <ul style="list-style-type: none"> ・ より短いパルスを使用 ・ 放射エネルギーの低下により S/N が悪くなる ・ 距離分解能が増加し、測定精度が良くなる ・ 測定時間が長くなる ・ Direct leakage の領域が小さくなる <p>下図に Profile2/3 の比較を示す。 Profile2 では 3 つの物体を見分けることができるが、Profile3 では近距離にある 2 つの物体をみわけることができず、検知された振幅も高くなっている。</p> 	
22	HWAAS	<p>Hardware Accelerated Average Samples の略。エイチバースとも呼ぶ。一つの IQ データを取得する際、HWAAS で指定された回数分、電波掃引→データ取得・平均化という動作を繰り返す。HW で平均化させるため、メモリー使用量をおさえつつ S/N を向上させることができるが、測定時間が増加する。</p>	

23	PRF	<p>Pulse Repetition Frequency の略でパルス間隔周波数を表す。測定時間は PRF にほぼ比例し、PRF が高いほど測定時間は短くなる。</p> <p>また、このパラメーターは、</p> <ul style="list-style-type: none"> ● MMD (Maximum Measurable Distance) ● MUR (Maximum Unambiguous Range) <p>を設定する。</p> <p>< MMD (Maximum Measurable Distance) ></p> <p>計測距離終点、つまり、「start point + (number of points * step length)」は MMD によって制限される。例えば、MMD が 7.0m であれば、7.0m より遠くにレンジを設定できないことを意味する。</p> <p>< MUR (Maximum Unambiguous Range) ></p> <p>物体の反射が直近の送信パルスに一致することを保証できる最大距離で、</p> <p>MUR より遠くの物体が測定範囲に入る（測定範囲に折り返される）ことがある。例えば、MUR が 11.5m の場合、13.5m にある物体は 2m で見えるようになる。</p> <table border="1" data-bbox="453 1093 1378 1366"> <thead> <tr> <th>設定値</th> <th>PRF</th> <th>MMD</th> <th>MMR</th> <th>Note</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PRF_19_5_MHZ</td> <td>19.5 MHz</td> <td>3.1 m</td> <td>7.7 m</td> <td>Profile1のみ</td> </tr> <tr> <td>PRF_15_6_MHZ</td> <td>15.6 MHz</td> <td>5.1 m</td> <td>9.6 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRF_13_0_MHZ</td> <td>13.0 MHz</td> <td>7.0 m</td> <td>11.5 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRF_8_7_MHZ</td> <td>8.7 MHz</td> <td>12.7 m</td> <td>17.3 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRF_6_5_MHZ</td> <td>6.5 MHz</td> <td>18.5 m</td> <td>23.1 m</td> <td></td> </tr> <tr> <td>PRF_5_2_MHZ</td> <td>5.2 MHz</td> <td>24.3 m</td> <td>28.8 m</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	設定値	PRF	MMD	MMR	Note	PRF_19_5_MHZ	19.5 MHz	3.1 m	7.7 m	Profile1のみ	PRF_15_6_MHZ	15.6 MHz	5.1 m	9.6 m		PRF_13_0_MHZ	13.0 MHz	7.0 m	11.5 m		PRF_8_7_MHZ	8.7 MHz	12.7 m	17.3 m		PRF_6_5_MHZ	6.5 MHz	18.5 m	23.1 m		PRF_5_2_MHZ	5.2 MHz	24.3 m	28.8 m		
設定値	PRF	MMD	MMR	Note																																		
PRF_19_5_MHZ	19.5 MHz	3.1 m	7.7 m	Profile1のみ																																		
PRF_15_6_MHZ	15.6 MHz	5.1 m	9.6 m																																			
PRF_13_0_MHZ	13.0 MHz	7.0 m	11.5 m																																			
PRF_8_7_MHZ	8.7 MHz	12.7 m	17.3 m																																			
PRF_6_5_MHZ	6.5 MHz	18.5 m	23.1 m																																			
PRF_5_2_MHZ	5.2 MHz	24.3 m	28.8 m																																			
24	<ul style="list-style-type: none"> ● inter sweep idle state ● inter frame idlestate 	<p>Sweep 間および Frame 間において、センサーの消費電力を最適化するため、5つのアイドル状態を設定することが可能。消費電力は常に復帰時間とのトレード・オフになることに注意が必要。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● READY : 測定時の状態 ● SLEEP ● DEEP_SLEEP ● HIBERNATE ● OFF : 一番深いアイドル状態であり、一番長い復帰時間を要する <p>HIBERNATE および OFF は、Exploration Tool (GUI) 上では設定できず、C 言語向け SDK でのみ利用可能。</p>																																				

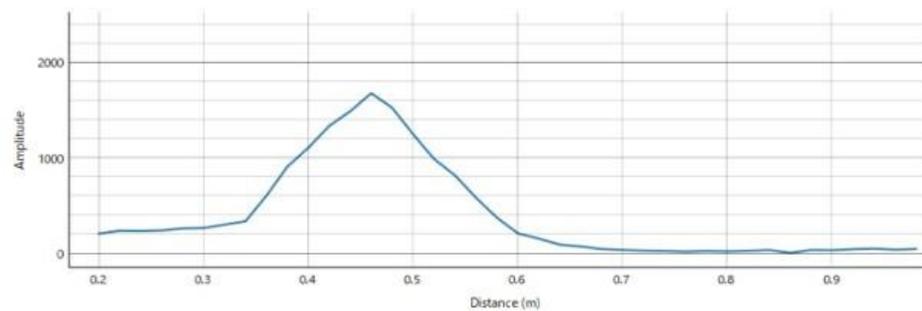
AET の Sparse IQ は以下①②③の表示を行う。AET が A121 から取得するデータは IQ データだが、AET 側で以下のように加工して表示していることに注意が必要。

① Amplitude / Distance

距離ポイント毎の IQ データを Amplitude に変換したものの。

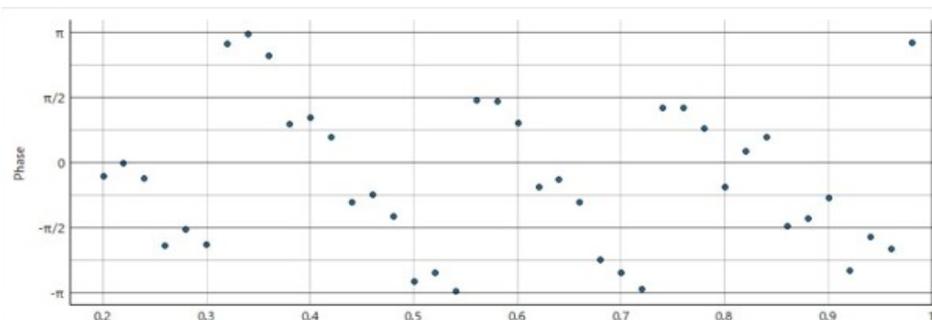
AET では Amplitude method の設定によって異なる表示方法がある。

- Coherent :
各距離ポイントの IQ データを Sweep 間で平均化し、絶対値を取ったもの
- Non-coherent :
全 Sweep の各距離ポイントの IQ データの絶対値をとり、その後 Sweep 間で平均化したもの
- FFT_MAX :
各距離における IQ データを Sweep 方向に FFT を実施 / 絶対値を取得後、全 Sweep の中から最大値を採用したもの

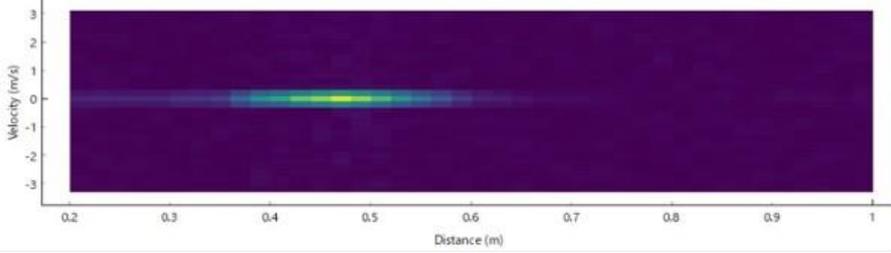
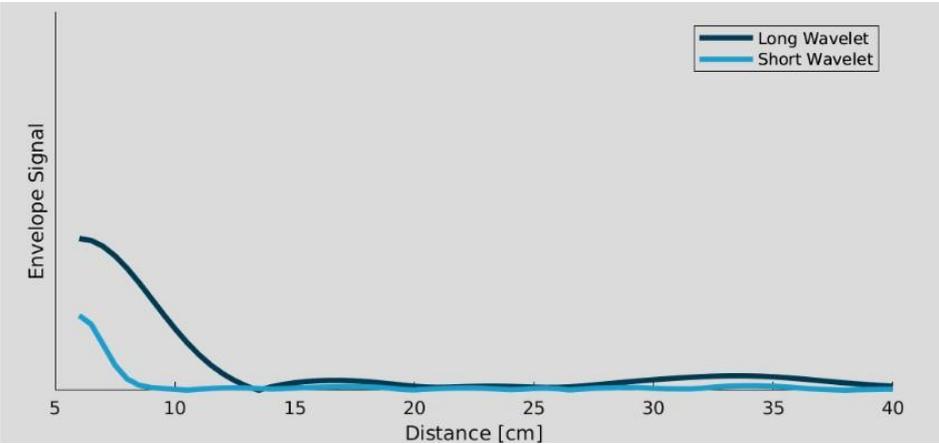


② Phase / Distance

各距離ポイントの IQ データを Sweep 間で平均化した後、位相を表示したもの

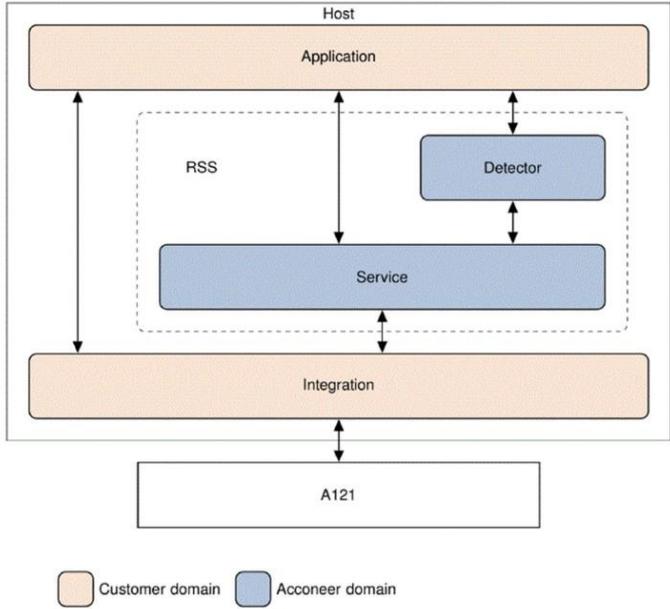


25 AET → Sparse IQ

		<p>③ Velocity / Distance</p> <p>距離と速度のヒートマップ</p> <ul style="list-style-type: none"> ●横軸： 各距離における IQ データを Sweep 方向に FFT を実施 / 絶対値を取得して表示 ●縦軸： Sweep の数、Sweep rate から換算した速度を表示 	
26	Direct leakage	<p>送信アンテナから放射された電波を受信アンテナが直接受信することにより、A121 近傍において Direct leakage（ターゲットが無いにもかかわらず Amplitude レベルが上昇）が発生する。この現象によりレーダー近傍において実際のターゲットを認識しにくくなるが、例えば Distance Detector では Direct leakage を極力キャンセルするメカニズムを持っており、近傍領域において測距することが可能。</p> 	
27	Detector	<p>Sparse IQ の上位のレイヤーで動作する API で、アプリケーションで使いやすいように特定の検知結果を出力するもの。AET および SDK 上で使用することが可能。</p>	

28	Distance Detector	<p>Sparse IQ の上位のレイヤーで構成された距離検出向け Detector であり、フィルターされた Sweep が閾値と比較され、ピーク検出およびソートし、距離を算出する。Sparse IQ のローレベルなパラメーターを直接設定することがないため非常に使いやすい。</p> <p>特徴：</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Distance filter により取得した Sweep の S/N を向上 ● 指定した測定距離や設定に応じて、複数の Sub sweep を自動的に構成し、測定領域毎に最適なパラメーターが適用される ● S/N を維持しつつ、消費電力を低くおさえることが可能 ● 複数の閾値判定をサポート ● ピーク前後のレベルをみて距離を自動的に補正することで正確な距離を推定 ● 複数のピークソーティング ● キャリブレーションにより距離オフセットを補正 	
29	Presence Detector	<p>Sparse IQ の上位のレイヤーで構成された存在検出向け Detector。フレーム間偏差およびフレーム内偏差の変化をみることで、素早い動きやゆっくりとした動きを同時に検知するため、より堅牢に人間などの存在検出を行うことが可能。Sparse IQ のローレベルなパラメーターを直接設定することがないため非常に使いやすい。</p>	
30	SDK	<p>XM<型番>、あるいは、Cortex-M0, M4, M7, M33 コアを採用した MCU 向けに SDK (Software Development Kit) が提供されている。SDK は Acconeer ホームページよりダウンロードすることが可能 (ユーザー登録が必要)。</p>	✓
31	SDK → Reference Application	<p>SDK には、特定のユースケース向けに、パラメーター・アルゴリズム・テスト方法・テスト結果等をまとめた Reference Application があり、C 言語でコードが公開されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Breathing：呼吸検知 ● Parking：駐車場むけ車両検知 ● Smart Presence：人検知 ● Tank Level：タンク内の液体等のレベルセンシング ● Touchless Button：非接触ボタン <p>なお、AET 上でも Reference Application があるため、MCU 上に実装する前に簡単に検証することができる。</p>	

32	SDK → Example	<p>SDK には、「A121 を使用することで何ができるか」を示唆する Example があり、新しい例が継続的に追加されている。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Bilateralation : 2 つのセンサーからの距離推定値を利用して、物体までの距離と角度を推定 ● Hand Motion Detection : シンクの蛇口の前にある一対の手の存在を検出 ● Obstacle Detection : ロボットなどの移動プラットフォームから物体を検出し、その距離と角度を推定 ● Phase Tracking : IQ の位相情報使用した相対距離の追跡 ● Surface Velocity : 水流の速度を検知 ● Vibration Measurement : 物体の振動の検知 ● Waste Level : ゴミ箱の充填レベルを測定 <p>なお、AET 上でも Example があるため、MCU 上に実装する前に簡単に検証することができる。</p>	
33	SDK → I2C Distance Detector	<p>XM<型番>上の MCU で動作させるアプリケーションで、外部マイコンから I2C コマンドで Distance Detector を動作させることができる。ソースコードやドキュメントは SDK に同梱されている。</p>	
34	SDK → I2C Presence Detector	<p>XM<型番>上の MCU で動作させるアプリケーションで、外部マイコンから I2C コマンドで Presence Detector を動作させることができる。ソースコードやドキュメントは SDK に同梱されている。</p>	
35	HAL	<p>Hardware Abstraction Layer の略。</p> <p>A121 は SPI で接続された MCU から操作される。この操作はすべて、SDK で提供される API で行われる (RSS - Radar System Software と呼ばれるライブラリで提供されている)。ユーザーが (XM モジュールではなく) 独自の基板を起こす場合、採用される MCU において</p> <ul style="list-style-type: none"> ● どの SPI が使用されているか？ ● チップセレクトはどの GPIO を使用しているか？ <p>等をユーザーが実装する必要がある。このように、HW 依存のコードを実装する SW レイヤーを HAL (下図の Integration の部分) という。なお、SDK には XM<型番>向けの HAL の実装が同梱されているので参考にすることが可能。</p>	

		 <p>The diagram illustrates a system architecture. At the top is a 'Host' container. Inside the Host, there are four main components: 'Application' (orange), 'Integration' (orange), 'Service' (blue), and 'Detector' (blue). 'Application' and 'Integration' are connected by a vertical double-headed arrow. 'Service' and 'Detector' are also connected by a vertical double-headed arrow. 'Application' and 'Service' are connected by a vertical double-headed arrow. 'Integration' and 'Service' are connected by a vertical double-headed arrow. A dashed box labeled 'RSS' encloses the 'Service' and 'Detector' components. Below the Host container is a box labeled 'A121', connected to 'Integration' by a vertical double-headed arrow. A legend at the bottom indicates that orange boxes represent the 'Customer domain' and blue boxes represent the 'Acooneer domain'.</p>	
36	レドーム	アンテナ面のカバーあるいは筐体。RF 特性に影響を与えないよう設計する必要がある。	
37	レーダー断面積 (RCS)	照射された電波を受信アンテナ方向へ反射する能力を表す指標。RCS が高いほど、レーダーで検知しやすい。	
38	コーナーリフレクター	レーダー性能を定量的に評価するために使用される治具。三角錐状で、電波の入射角に依存せず安定して反射波を得られる。コーナーリフレクターが持つ RCS 毎に大きさが異なる。	

補足	詳細
1	https://www.marubun.co.jp/technicalsquare/9153/
4	https://www.marubun.co.jp/maker/%E3%82%A2%E3%83%83%E3%82%B3%E3%83%8B%E3%82%A2-ab/maker/
8	https://www.marubun.co.jp/technicalsquare/38928/
9	https://www.marubun.co.jp/technicalsquare/38928/
10	Acconeer HP より資料「A121 DATASHEET」を参照
11	https://www.marubun.co.jp/products/47419/
13	Acconeer HP より資料「GETTING STARTED GUIDE A121 LENSES」を参照
14	Acconeer HP より資料「GETTING STARTED GUIDE A121 LENSES」を参照
17	https://www.marubun.co.jp/technicalsquare/9933/
30	https://developer.acconeer.com/home/a121-docs-software/
36	Acconeer HP より資料「HARDWARE INTEGRATION GUIDELINE A111 AND A121」を参照
37	https://docs.acconeer.com/en/latest/pcr_tech/radar_principles.html#radar-cross-section
38	https://www.marubun.co.jp/technicalsquare/9295/

3 お問い合わせ窓口

カタログのご要望やご質問・ご相談については以下の窓口までお問い合わせください。

mmwave_contact@marubun.co.jp

4 リビジョンヒストリー

Rev	内容	日付
1.0	初版	2024.9.19