

# の電力効率の高い位置決め モノのインターネット

GNSS と低電力接続ソ  
リユーションの統合

WHITE PAPER



によって準備: 欧州欧州機関 (GSA)

からの貢献  
で: アポロプロジェクトガリレオ・オブ・  
シングスプロジェクトスペーステック  
パートナーズ

#### 欧州GNSS機関©著作権

本文書およびその情報は、チェコ共和国およびその他の州の法律に基づき、適用される著作権およびその他の知的財産権の対象となります。この文書および本文書に含まれる情報は、抜粋、コピー、印刷、再公開され、有線または無線の手段で一般に公開され、また/または、ソースおよび著作権所有者が次のように明確に述べられているという条件の下でのみ第三者に提供される可能性があります ©。あなたが再公開を行う場合は、GSAのウェブサイトへリンクして [www.gsa.europa.eu](http://www.gsa.europa.eu) 感謝します。この文書の一部は、デジタルかどうかにかかわらず、その情報の一部を含め、デジタルであれ、いかなる形式であれ、欧州GNSS機関の明示的かつ書面による事前の許可なしに変更、編集、または変更され、要素 (文書および/または情報) を明確に示す <https://www.gsa.europa.eu/contact-us> を通じて要求されることはできない。

および使用期間が要求されます。写真などの芸術素材の複製または使用については、著作権者から直接許可を得る必要があります。

採用された指定、資料の表現、および著者、編集者、または専門家グループ、その他のEU機関および/またはそのスタッフメンバーまたは他の第三者によって表明された見解は、必ずしもGSAまたは欧州連合の意見または規定された方針を表すものではありません。特定の企業または特定のメーカーの製品の言及は、彼らが言及されていない同様の性質の他の人よりも優先してGSAによって承認または推奨されていることを意味するものではありません。誤りや省略を除いて、プロプライエタリ製品と著作権者の名前は、最初の大文字で区別されます。

本書は、その内容および/または使用に関連して、明示または黙示にかかわらず、いかなる種類の保証なしに配布されています。適用法で認められる範囲において、GSAは本文書の内容および使用に起因するいかなる損害に対しても一切の責任を負わないものとします。

上記の利用規約に違反した場合は、上記のコンタクトサイトを通じて、直ちに欧州GNSS機関に通知してください。

これらの利用規約の違反は、法的手続き、金銭的損害賠償の請求、および/または文書の違法な使用および/またはその中に含まれる情報の停止の差し止めの対象となる可能性があります。

デジタルかどうかに関係なく、本文書またはその一部をダウンロード、転送、および/またはコピーすることにより、ユーザーは、上記の利用規約を認め、その適用に応じて同意します。

Pdf	ISBN 978-92-9206-048-0	DOI:10.2878/437669	TS-02-20-382-EN-N
-----	------------------------	--------------------	-------------------



# 目次

01 はじめに	5
02 GNSSとその低消費電力IoTにおける役割	6
2.1 IoTアプリケーションのイネーブラーとしての位置付け	6
2.2 ニーズに最適な位置決めソリューションは何ですか?	7
2.2.1 LPWANベースのソリューション	7
2.2.2 GNSSベースのソリューション	7
2.3 IoT用ガリレオの差別化	8
2.3.1 ユニークな認証機能	8
2.3.2 高精度サービス	8
IoTデバイスに対するGNSS位置決定の最適化	8
IoTにおけるGNSSソリューションの接続技術としてのLPWAN	10
03 アシスト GNSS	11
3.1 外部ネットワークからの支援データ	11
3.2 自律型エフェメリス予測	12
04 遠隔位置決定のための擬似範囲の伝達	13
05 スナップショットのテクニック	14
06 GNSS ソリューションを選択する際の考慮事項	16
07 頭字語のリスト	21

# フィギュア一覧

図1:接続デバイスの拡張予測	5
図2:ディジジョンツリーGNSSは私のソリューションに適していますか?	7
図3:受信機からクラウドへ:GNSS最適化技術	9
図 4: アシスト データ フロー	11
図5:衛星軌道における摂動	12
図6:遠隔位置決定	13
図 7: スナップショットの位置決め	14
図 8: 生のスナップショットの転送	15
図9:信号のスナップショットに基づく擬似範囲の伝達	15
図 10: デバイス上でのスナップショットベースの位置決定	15
図 11: 接続要件とエネルギー効率	16
図 12: GNSS ベースの異なる測位技術の省エネ	17
図 13: 詳細なディジジョン ツリー	18

# テーブルの一覧

表1:LPWAN技術の比較	10
表 2: スナップショットデータ伝送に関する独自の LPWAN とセルラー LPWAN	16



# 01 紹介

世界はモノのインターネット(IoT)アプリケーションを採用しています。何十億ものインターネットに接続されたデバイスは、センシング、通信、対話、コンピューティング、アクチュエートが可能であり、私たちの日常生活にさらに統合されるように設定されています。2022年までに、290億台の接続デバイスのうち約180億台がIoTに関連する予定です。短距離IoTデバイスはWi-FiやBluetoothなどのテクノロジーを介して接続されますが、広域IoTデバイスは、セルラー接続や、Sigfox、LoRa、NB-IoT、LTE-Mなどの低電力ワイドエリアネットワーク(LPWAN)を使用してインターネットに接続されます。

しかし、ここ数年、受信機技術の急速な進歩といくつかの革新的な技術の到来により、GNSSエネルギー消費量を大幅に削減する成功のプッシュがありました。その結果、GNSSは低消費電力のIoTアプリケーションにとってますます魅力的になり、新しいアプリケーションや市場への道を開いています。

アシストGNSS(A-GNSS)や長期のエフェメリス予測などの幅広いソリューションや、新しいクラウドベースのアプローチは、低消費電力IoTデバイスのGNSSの取り込みの増加につながります。

設置拠点(数十億)

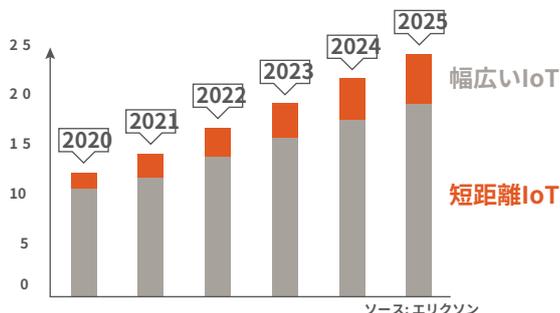


図1: 接続デバイスの拡張予測

広域IoTの比較的新しい市場では、位置決めは、非静止デバイスに空間的位置の知識を提供する鍵です。

地上接続ソリューションは、多くの場合、地上インフラストラクチャに基づいてエネルギー効率の良いローカリゼーションを提供します。ただし、すべてのIoTアプリケーションのニーズを完全にサポートするために必要な精度が不足しています。

一方、屋外アプリケーションでは、グローバルナビゲーション衛星システム(GNSS)は、接続ベースの技術に欠けている非常に正確で堅牢でユビキタな位置とタイミング情報を提供します。これらの明らかな利点にもかかわらず、一部のIoTデバイスは、標準的なGNSSチップセットによって依然として課題となっている、厳しいエネルギー消費要件のために、不正確なインフラストラクチャベースの方法を使用しています。

選択したソリューションに応じて、ネットワークへの接続がまったくないか、または位置を決定するために単なるダウンリンク接続が必要です。

新しいソリューションでは、多くの場合、クラウド内での位置を決定するために、アップリンクとダウンリンク接続が必要になります。いわゆる「スナップショット」技術と共に、その後のアウトソーシングポジション計算のためにクラウドに疑似範囲を送信することは、これらの革新的なアプローチの一例です。

このホワイトペーパーでは、さまざまな接続ソリューションでのハイブリダイゼーションを必要とするIoTを含む、低電力IoTに関連するGNSSテクノロジーの概要を示します。

2022年までに、  
290億台の接続デバイスのうち約180億台がIoTに関連する予定です。



# 02 GNSSとその役割 低電力IoT

## 2.1 IoTアプリケーションのイ ネーブラーとしての位置付け

IoT環境で何百万もの相互接続されたデバイスを移動する場合、多くのアプリケーションでは個々のデバイスの位置を知る必要があるか、またはメリットを得ることができます。低電力ジオロケーションIoTデバイスは、現在、さまざまな業界ですで見ることができ、将来的には複数の新しい分野に参入する予定です。

製造およびサプライチェーンでは、追跡装置は容器、パレット、その他さまざまなオブジェクトを見つけることができます。また、自律型物流列車を工場を通る最も効率的なルートに案内することができ、出荷のための到着ウィンドウのより良い計画を可能にします。

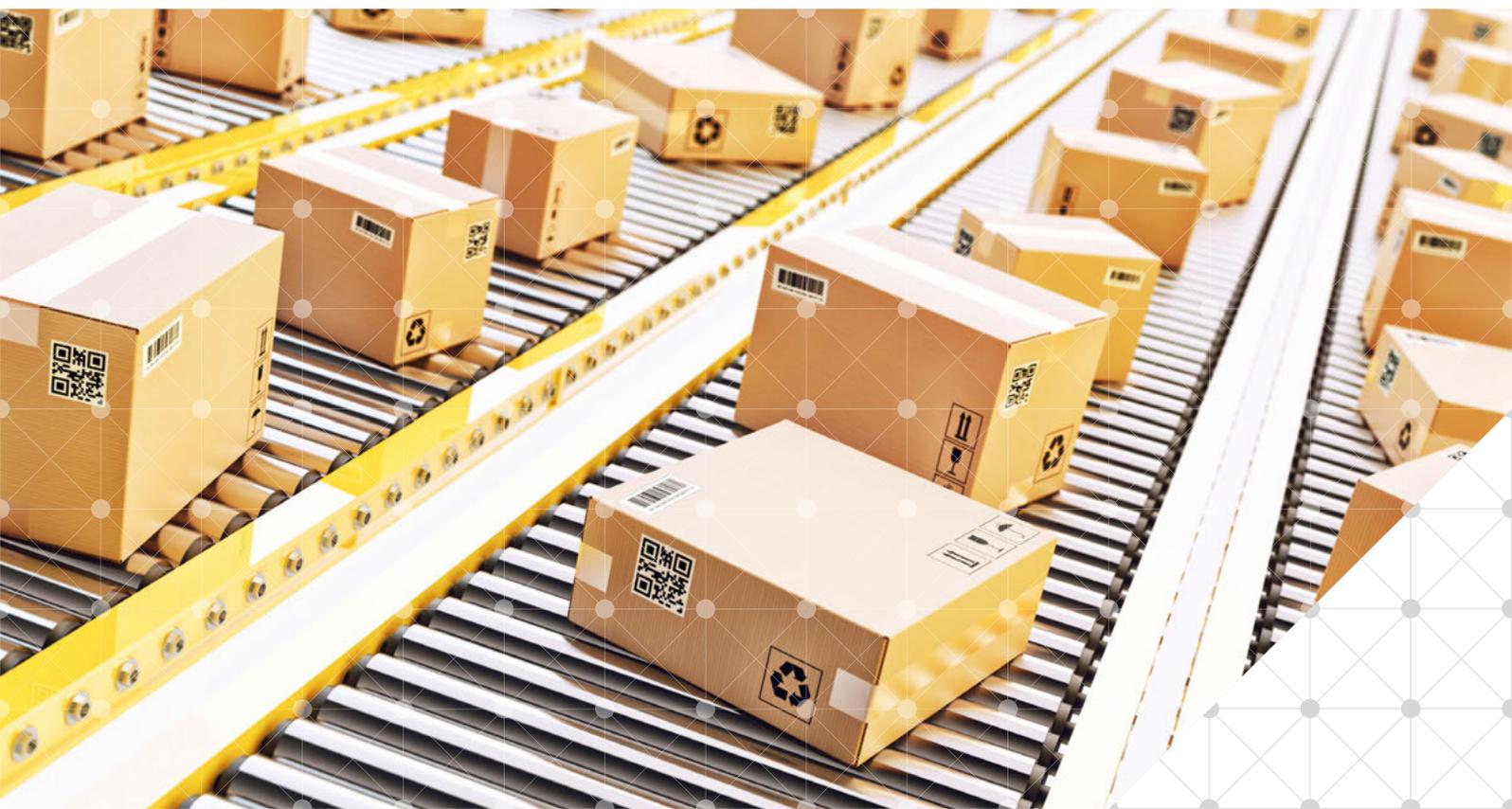
さらに、ジオロケーションされたデバイスは、スマートシティアプリケーションにおける資源や商品をより効率的に使用できるようになります。レンタル自転車のようなグリーンモビリティソリューションを可能にすることに加えて、

ポジショニングソリューションは、廃棄物管理を最適化し、盗難や破壊行為などの問題により効率的に取り組むことができます。

ポジショニングは、ヘルスケアやレジャー業界でも重要な役割を果たします。たとえば、ウェアラブルはスポーツ愛好家が活動を追跡するために使用できますが、緊急時に高齢者が地理的に配置された信号を送信することもできます。

さらに、小さなビーコンが家畜や機械の追跡をサポートするため、ユビキタスポジショニングはすでに農業のような伝統的な産業に革命を起こしています。

前述の多くのIoTアプリケーションにとって、モバイルオブジェクトの正確でユビキタスでエネルギー効率の高い位置決めは、重要な要素です。





## 2.2 ニーズに最適な位置決めソリューションは何ですか？

### 2.2.1 LPWAN ベースのソリューション

IoTデバイスは、さまざまな無線通信ネットワークを介してインターネットに接続することができます。これらは既に受信信号強度表示(RSSI)、到着時差(TDOA)、または観測時差(OTDOA)アプローチに基づいてポジショニングサービスを提供することができます。このような地理位置情報技術は、一部のアプリケーションでは十分かもしれませんが、ネットワーク基地局の近くでしか使用できないという共通の欠点を共有しており、通常は数百メートルまたは数千メートルの順序で低い位置決め精度しか提供できません。

### 2.2.2 GNSS ベースのソリューション

これに対し、GNSSは、通信ネットワークインフラストラクチャに依存しない、世界中の正確で信頼性の高いユビキタスポジショニングを可能にします。GNSSの位置付けは、地球上軌道上の衛星が放出する無線信号に依存する。各衛星は、地上の受信機によって拾われた信号を、衛星から受信機に移動するのに要した時間に応じた遅延で放送します。これらの信号には、衛星の位置に関する情報も含まれます。受信機の位置は、少なくとも4つの衛星(x、y、z、および時間寸法)の三角化によって決定されます。

#### 複数のGNSSコンステレーション

GNSSの精度性能は、幾何学的希釈精度(GDOP)係数によって定量化された衛星と受信機の幾何学的形状の関数です。視界内の衛星の数が多いほど、GDOP(位置精度の向上)が向上し、特に衛星への視線が建物によって部分的に隠されている都市環境では、信号の可用性が向上します。したがって、ガリレオ、GPS、GLONASS、およびBeiDou-のすべての利用可能なシステムからの衛星が活用されるように、マルチコンステレーション受信機は常にお勧めします。

GNSSは、通信ネットワークインフラストラクチャに依存しない、世界中の正確で信頼性の高いユビキタスポジショニングを可能にします。

#### 複数の周波数

標準のGNSS受信機は、1つの周波数帯域(L1/E1バンド)で伝送される信号を利用し、数メートルの位置精度を可能にしますが、複数の周波数でGNSS信号を処理することは大きな利点を提供します。このオプションを使用すると、伝播エラーを取り消すことで位置決め精度を向上できるだけでなく、干渉やマルチパスなどのローカル障害に対する保護も向上します。

したがって、多重星座の多重周波数受信機は、ハイエンドのIoTアプリケーションに適しています。しかし、その高い性能は現在、全体的なエネルギー消費量の増加と多星座単一周波数受信機と比較して高い価格を犠牲にして来る。

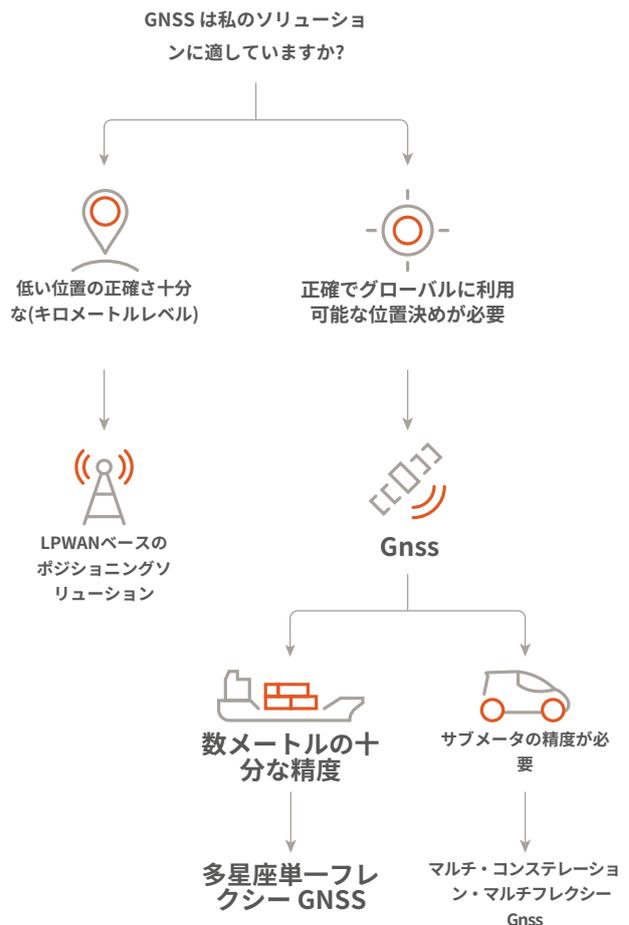


図2:ディシジョンツリー-GNSSは私のソリューションに適していますか？

## 2.3 IoT用ガリレオの差別化

欧州のGNSSとして、ガリレオはオープンサービス(OS)のユーザーに、市民管理下で信頼性の高い無料サービスを提供しています。他の衛星ナビゲーションシステムとの相互運用性により、世界中のマルチコンステレーションユーザーの可用性、堅牢性、精度が向上します。これらの利点は、業界とユーザーの両方に認められています。その結果、事実上すべての新しい受信機はガリレオ信号を受信することができる。

### 2.3.1 独自の認証機能

市販のIoTアプリケーションの場合、すぐに起動される一意のオープンサービスナビゲーションメッセージ認証(OS-NMA)は、ユーザーが悪意のある可能性のあるソースではなくGalileo衛星からナビゲーションメッセージが送信されたことを確認できるようにすることで、スプーフィングに対する回復性を向上させ、セキュリティを強化します。

### 2.3.2 高精度サービス

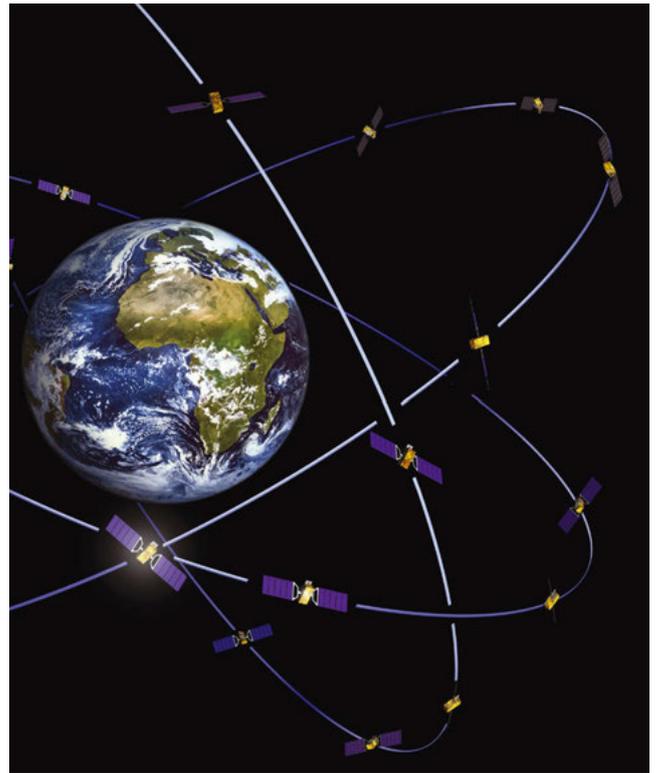
多くのIoTアプリケーションでは多重星座単一周波数GNSSの精度は十分ですが、エネルギー消費とコストよりも高い精度を優先する方が、多重周波数GNSSのメリットを得ることができます。さらに高い精度を必要とするアプリケーションは、近い将来ガリレオの高精度サービス(HAS)の恩恵を受け、センチメートルレベルの精度を提供します。

## IoTデバイスに対するGNSS位置決定の最適化

GNSSは、高精度でユビキタスな位置と時間情報を提供しますが、典型的なユースケース<sup>1</sup>の技術の比較的高いエネルギー消費は、充電せずに複数年にわたって断続的に機能することがしばしば予想されるバッテリー駆動IoTデバイスの厳しい制約とうまく一致しません。幸いにも、この矛盾を克服するために複数の手法が存在します。

### 受信機デューティサイクリング

ポジションは、連続的ではなくオンデマンドで必要とされるケースが多いことを認識し、コールサイクルは、ウェイクアップコールに反応するために必要なものを除いて、GNSS受信機のすべてのコンポーネントに電力を供給し、消費電力を大幅に削減する上で構成されています。この技術は現在、事実上すべての大衆市場の受信機で実装されています。



### 拡張および自律的なエフェメリス予測

GNSS受信機の高エネルギー消費は、主に信号取得とナビゲーションメッセージ検索の両方をカバーする、いわゆる取得フェーズから来ています。GNSS衛星によるブロードキャスト、ナビゲーションメッセージは、衛星の位置とクロック補正を計算するために必要なパラメータが含まれています。このようなメッセージのサイズは小さいですが、送信速度が低いと、受信側が完全に電源を供給し続ける必要があるダウンロード時間が長くなります。この問題を解決するには、ナビゲーションメッセージを別のソースから取得できます。

- 過去のデータに基づいて、受信機によって自律的に計算されるか、または
- 通信ネットワーク<sup>2</sup>を介して受信され、ダウンロードの頻度を減らすために拡張された有効性を有する可能性がある。

### アシスト GNSS

GNSS支援は、取得フェーズ中に役立つデータを通信ネットワークを介してGNSS受信機を供給する上で構成されます。

- 取得支援データは、粗いタイミングとドップラー情報を含み、電力集約型信号取得を短縮するために使用されます。

<sup>1</sup> 連続追跡、できるだけ多くの衛星を使用してデバイス上で計算された位置。

<sup>2</sup> 適切なダウンロード機能を想定



- ・ 時計とエフェメリスの支援データは上記のように、ブロードキャストナビゲーションメッセージを置き換えます。

したがって、A-GNSSは、援助データを受信するために必要な通信リンクに対するより多くの要求を犠牲にしながらも、2つの主要なソースに取り組むことによってGNSS全体のエネルギー消費量を最小限に抑えます。

**スナップショット処理** 今後、スナップショット技術は、疑似距離情報を取り出し、受信機位置を計算するために支援データの助けを借りて処理されるGNSS信号のわずかな間隔のみを使用して位置を決定できるように、エネルギー消費量をさらに削減することができます。しかし、これらの技術は感度と精度を低下させるコストで提供され、適切なバランスを見つけないければなりません。

**スナップショット技術は、GNSS信号のわずかな間隔のみを使用して位置を決定することができますので、エネルギー消費量をさらに削減することができます。**

**クラウド処理** GNSSの各種実装では、すでにエネルギー消費を削減していますが、外部ネットワークから補助データをダウンロードすることは必ずしも不可能であり、一部のアプリケーションでは、そのような技術だけでは満たすことができないより厳しいエネルギー要件があります。エネルギー消費量をさらに大幅に削減するには、位置の計算方法のパラダイムの変更が必要です。すべてのGNSSタスクを単一の受信機で実行する代わりに、エネルギーに代る関数、例えば、取得された疑似範囲に基づく位置決定をクラウドに「アウトソーシング」することができ、そこでは、十分なエネルギー、処理電力、時計、エフェメリスデータを事実上無制限に利用できます。

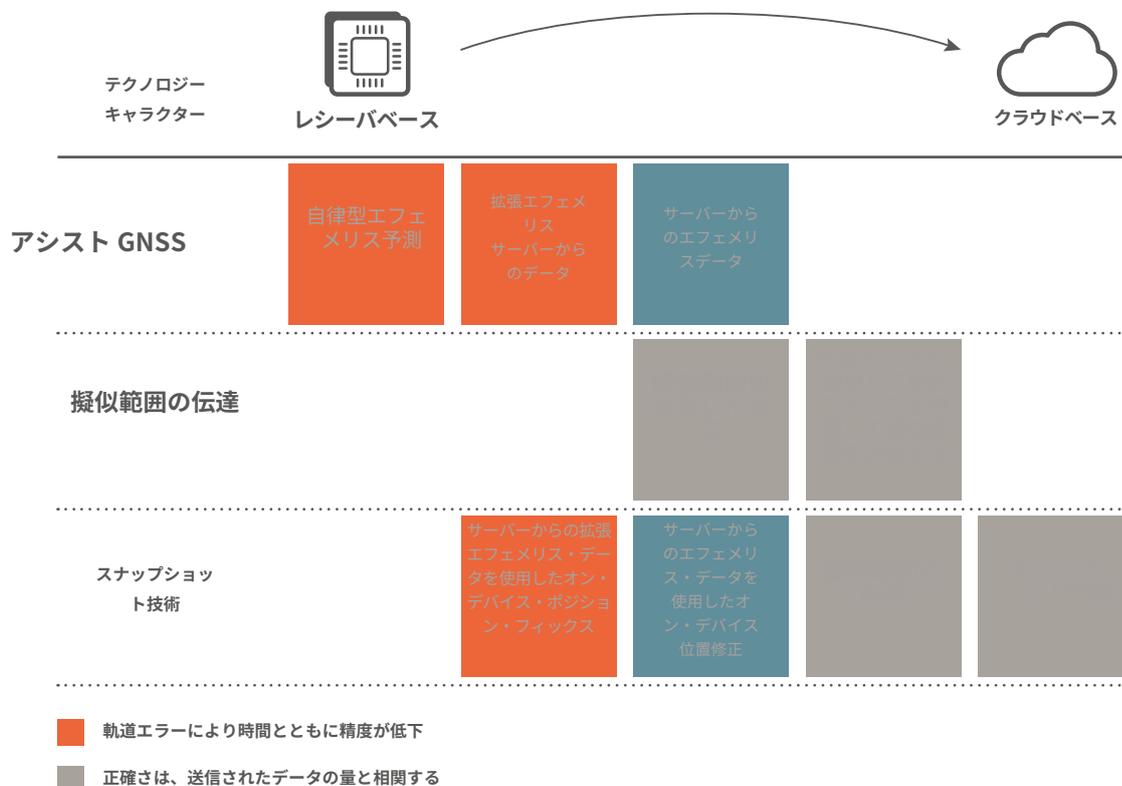


図3:受信機からクラウドへ:GNSS最適化技術

2 適切なダウンロード機能を想定

# IoTにおけるGNSSソリューションの接続技術としてのLPWAN

ほとんどのエネルギー効率の高いGNSS技術では、デバイスの位置を決定するためにネットワークとデータの交換が必要です。低電力のIoTアプリケーションでは、長距離、低電力、低電力、安価な接続性を組み合わせることによって、手頃な価格でバッテリー駆動のジオアプリケーションに最適なため、異なる低電力広域ネットワーク(LPWAN)が選択された接続ソリューションです。多くのアプリケーションでは、低いデータレートで十分ですが、特に独自のソリューションのダウンリンク機能が厳しく制限されていることを考慮すると、新しいGNSS測位技術と組み合わせると困難が生じる可能性があります。

LPWANは、最大アップリンクとダウンリンク容量、エネルギー効率が大きく異なり、独自のネットワークやセルラーベースのネットワークに分離できます。

2つの非常にエネルギー効率の高い専用LPWANシグフォックスとLoRaは、両方の無認可ISM(産業、

科学と医療)ラジオバンド。これらのバンドの無線規制は、毎日のアップリンクの量、特にダウンリンクデータの量を制限し、低速で頻度の低い場合にのみ許可します。

**Sigfox ネットワークはすでにヨーロッパの大部分をカバーしており、ユーザーはIoTデバイスをネットワークに接続するためのサブスクリプションを購入できません。**

データ伝送。Sigfox ネットワークはすでにヨーロッパの大部分をカバーしており、ユーザーはIoTデバイスをネットワークに接続するためのサブスクリプションを購入できません。LoRaは、さらに、ユーザーに独自のプライベートネットワークゲートウェイを展開する機能を提供します。LoRaとシグフォックスの両方が携帯電話のLPWANに比べて非常に遅いです。

セルラーLPWAN NB-IoTおよびLTE-Mは3GPPによって標準化され、広く利用できるLTEの技術および基盤に基づいている。NB-IoTは、中程度のデータレートでのエネルギー効率の高い通信を可能に

し、LTE-Mは短いバッテリー寿命とより複雑で高価なハードウェアを犠牲にして高速通信を可能にします。どちらの技術もライセンスを取得したLTEバンドで動作するため、データスループットは現地の無線規制によって制限されず、高品質のサービスとより信頼性の高い無線通信を保証できます。

	シグフォックス	ローラ	NB-IoT	LTE-M
アップリンクデータレート	100 / 600 bps	250 bps / 11 kbps	250 kbps	1 Mbps
ダウンリンク データ レート	600 bps	250 bps / 50 kbps	230 kbps	1 Mbps
アップリンクの制限	1.68 kB / 日	40 kB / 日*	-	-
ダウンリンクの制限	32 B/日	2.2 kB / 日*	-	-
共通のTX電流	50mA	50mA	110 mA	140mA

\*モノネットワークのフェアアクセスポリシー

表1:LPWAN技術の比較



# アシスト GNSS

## 3.1 外部ネットワークからの支援データ

A-GNSSは、コールド・スタート時に衛星から直接ナビゲーション・メッセージを取得する代わりに、LPWANやセルラー・ネットワークなどの外部ソースから、エフェメリド・データやクロック補正などの必要な情報を取得することを可能にします。クロックおよびエフェメリドデータに加えて、援助メッセージには、GNSS受信機の信号取得シーケンスを高速化するためのサポートデータ(粗い時間と位置、ドップラー)も含まれています。アシストGNSS(A-GNSS)はすでにスマートフォンで広く使用されており、すでに多くの携帯電話ベースのLPWANモジュールへの道を見つけました。この手法を使用すると、ユーザーには次の2つの大きな利点があります。

- より速い位置修正、したがって、エネルギー消費を削減;
- 受信機感度が高いほど、屋内や都市などの困難な環境でのパフォーマンスが向上します。

これらの利点により、十分な速度の速いネットワークにアクセスできるIoTデバイスに対して、この手法を使用することが非常に推奨されます。残念ながら、数キロバイトの補助データパッケージのサイズでは、ダウンリンク容量が非常に限られていることが多いため、A-GNSSをLPWANで使用することはできません。これは、無線規制に準拠する必要があるため、ライセンスのないISMバンドで動作する独自のLPWANに特に当てはまります。一方、これらの規制は、セルラーLPWANのダウンリンクには適用されません。



NB-IoTおよびLTE-Mは、アシストデータの送信を可能にする。この技術は、すでにいくつかのセルラーIoTモジュールに実装されており、今日使用することができます。送信されたデータの有効性は、新しい支援データのダウンロードが必要な後、数時間の範囲内です。

エネルギー消費量をさらに減らして自律性を高めるために、複数の企業が最大数週間の有効性を持つ支援データの提供を提供しています。データのダウンロード頻度を最小限に抑えながら、エネルギー消費量を抑えつつ、このソリューションは時間とともに位置固定精度を低下させるコストで提供されます。GNSS衛星の将来の軌道および時計パラメータは未知であり、摂動を起こしやすいので、提供される拡張エフェメリスデータはモデルに基づいてのみ推定することができる。拡張データのサイズが妥当性に比例する場合が多いため、拡張エフェメリス・パッケージの有効期間は、個々の精度要件、ネットワークダウンリンク容量、およびユースケースに従って選択す

エネルギー消費量をさらに減らして自律性を高めるために、複数の企業が、最大複数の有効性を持つ支援データの提供を提供しています。

週間。

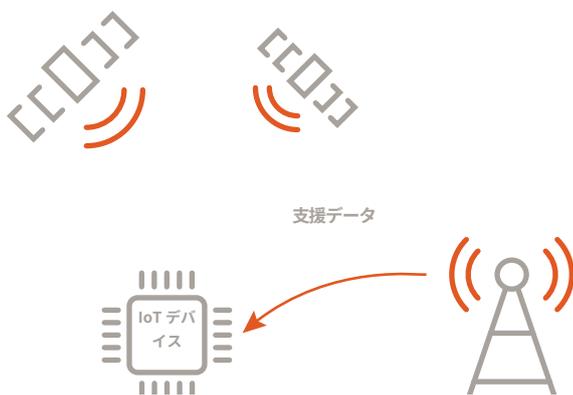


図 4: アシストデータフロー

## 3.2 自律型エフェメリス予測

ほとんどの専用LPWANはダウンリンクが制限されすぎて、地上ネットワークからダウンロードされたデータを使用してアシストを開始することは不可能です。それにもかかわらず、時間とエネルギーを消費するコールドスタートの頻度を減らすために、自律的なエフェメリス予測は、過去のナビゲーションメッセージから取得したエフェメリスデータに基づいて、GNSS衛星の軌道を数日間独立して予測することを可能にする。付属の計算はオンチップで実行され、数時間または数日間の非アクティブの後でも、受信機が高速な起動を実行できるようにします。

しかし、軌道は膨大な数の不確実性と環境力の摂動の影響を受けるため、自律的な一時的な予測は将来の軌道を大まかに推定することしかできません。小さなチップで微分方程式を解くために必要な高い計算努力を考えると、軌道モデルは、地球の不均一な重力場、天体からの重力効果、太陽放射圧など、最も重要な摂動のみを考慮する程度に単純化されます。

他の複数の小さな摂動が無視されるため、日射圧は一定ではなく、地球の極のランダムウォークはほとんど予測できない

いくつかの  
チップメーカー  
は、すでにこの技  
術をハードウェア  
に実装しており、  
GNSS受信機がエ  
ネルギーを節約でき  
るようにしています。

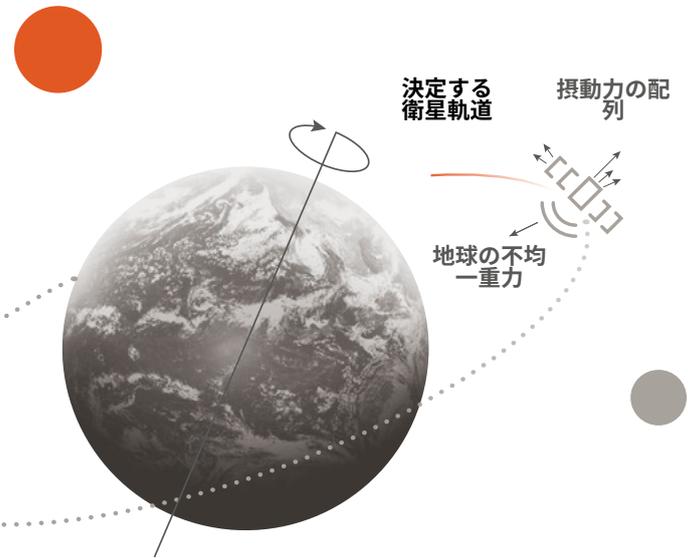


図5:衛星軌道における摂動

軌道の推定は実際の軌道から逸脱し、時間の経過に伴う位置修正精度の劣化を招きます。詐欺

シークメンティックには、GNSS地上インフラによって計算された衛星信号から新しい正確な軌道を取得するために、数日後に新しいコールドスタートを行う必要があります。これらの軌道は、自律型エフェメリス予測の新しい入力として使用されます。いくつかのチップメーカーは、すでにこの技術をハードウェアに実装しており、GNSS受信機がエネルギーを節約できるようにしています。特に独自のLPWANと組み合わせ、精度が最優先事項でない場合、この手法は、追跡デバイスなどの単純な低コストアプリケーションに適しています。

## モノのガリレオ:NB-IoTベースのソリューション向けにサイズのGNSS

GSAの基本要素スキームを通じて欧州連合(EU)が資金を提供するR&DプロジェクトGalileo-of-Things(GoT)は、UbiGNSSなどのクラウド支援GNSSソリューションの開発においてUbiscaleが収集した専門知識を活用し、NB-IoTベースのソリューションに対するガリレオの受信を改善しています。

現在のUbiGNSSソリューションは、すぐに使用できるGNSSセンシングとリモートポジションの処理機能で構成されています

決定。エンドデバイスでのGNSS信号処理の時間を最小限に抑え、ダウンリンクを必要とせずに送信データの量を10バイトに減らすことを目指しています。Sigfox/LoRa接続と併用すると、GNSSトラッカーの全寿命を4倍から8倍に向上させることが可能になります。

GoTプロジェクトの将来を見据え、さらに長寿命を達成し、さらに長寿命を達成する技術を向上させ、その

さらにガリレオを活用しながら、NB-IoTユーザーに提供します。プロジェクトの終わりまでに、コンソーシアムは、次世代NB-IoTトラッカーのコスト効率の高いシステムオンチップを可能にするパワー最適化されたガリレオIPコアを持つことを目指しています。





# 04 リモートの疑似範囲の伝達

## POSITIONING FOR REMOTE POSITIONING

S 従来のGNSS受信機のエネルギー消費のニフィカント部分は、衛星によって発信されたナビゲーションメッセージを解読するために必要な長い時間から生じます。この時間とエネルギーを消費するステップを排除する1つの解決策は、外部委託された位置決定のために外部コンピューティング施設に疑似範囲を送信することです。この外部の後処理を行う最も一般的な方法は、クラウドコンピューティングを使用することです。この場合、リモート・コンピューティング機能はエフェメリスおよびクロック補正データにアクセスするため、ナビゲーション・メッセージのダウンロードは必要ありません。したがって、位置を決定するために必要な時間は、わずか数秒に短縮することができます。この期間中、疑似範囲と時間は信号からデコードされ、その後リモート処理サイトに送信されます。

このアプローチの欠点の1つは、完全な信号取得手順がデバイスで必要な状態にあるという事実です。したがって、衛星を見つけるためには、かなりの量の信号処理を行う必要があります、このタスクもエネルギー集約的です。このステップを簡素化し、さらに電池消費を削減するために、受信機に衛星のドップラー範囲、買収支援と呼ばれるプロセスのような有用なサポートデータを受信機に提供することによって、取得の検索スペースを制限することができます。

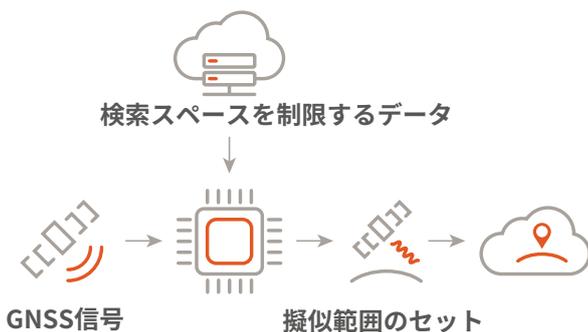


図6:遠隔位置決定

この手法では、デバイスとの間で少量のデータを送受信するだけで済むため、疑似範囲の送信は、特に独自のLPWANの場合に有望なソリューションです。数年前から動物追跡に使用されてきましたが、現在、IoTアプリケーションの送信疑似範囲に基づいてクラウドベースのポジショニングを提供している新興企業はごくわずかです。

### LowパワーとLow-cost Objectsのためのク キュレートGNSS POシジョン

- エネルギーフットプリントが非常に小さいIoTオブジェクトのGNSS位置を計算する能力は、毎年数千万個の移動物体の市場への道を開くでしょう。

シントニー、SIGFOX、LDLは、コストとエネルギー消費の面でユニークなパフォーマンスを提供するためにチームを組んでいます。

- 100 ソフトウェアGNSS受信機、チップセットとその関連制約を取り除く;
- クラウド内のオブジェクトのP-Tを計算するために受信機側で必要なデータを取得する3秒から10ミリ秒の間の、比類のない計算速度を持つ最適化された適応可能な位置アルゴリズム。P-T計算のための電力消費\*の節約の10から100まで;
- ガリレオ/GPSマルチコンステレーション管理;
- GNSS機能のコストを4で割るRFフロントエンドのみでOTSプロセッサで実行されているアルゴリズム。

\* コールドスタートでチップセットで位置を計算するために必要な実際の電力(mWhで計算)と、APOLLOソリューションを使用したオブジェクトで同じことを行うために必要な処理時間との比率。実際の値は、デジタル化されたGNSS信号の前処理のレベルに依存します。



# スナップショットテクニック

上記の他のGNSS技術とは異なり、スナップショット技術はGNSS信号のわずかな間隔のみを使用して位置を決定することができるため、ユニークです。この柔軟性の高いアプローチにより、エネルギー集約型の計算をクラウドサーバーにアウトソーシングするなど、複数の構成が可能になり、コストが安く、シンプルで、エネルギー効率の高いハードウェアが実現します。革新的なスナップショット技術には複数の利点がありますが、実際の採用は現在始まったばかりです。

スナップショットの手法は、GNSS信号をわずか数ミリ秒でサンプリングすることによって機能します。サンプリングレートやビット深度などの他のパラメータと並んで、サンプリング期間は位置固定の精度と信頼性に影響します。短いサンプリング期間中、受信したアナログ信号のデジタルコピーがリアルタイムで記録されます。

後処理では、デジタルサンプルを使用して、記録された信号の周波数とコードの両方を決定します。疑似範囲の後続の計算では、発生するあいまいさを解決するために非常に荒いデバイスの位置と時間入力が必要です。LPWANと組み合わせてスナップショット技法を使用する場合、通常は、既知のベースステーションへのメッセージ送信のために両方の入力を使用できます。あるいは、ドップラー測定は曖昧さをなくす助けとなります。決定された疑似範囲に基づいて位置を計算するには、エフェメリスデータが必要です。このデータは短いデジタルサンプル自体から抽出できないため、すべてのスナップショット構成には何らかの形式のデータが必要です。

スナップショット構成	最も独自の LPWAN	ほとんどのセルラー LPWAN
生スナップショットの伝送	✗ ネットワークアップリンクが不十分	✓
疑似範囲の伝達	✓	✓
デバイス上での位置決定	✗ 不十分なネットワークダウンリンクテーブル2:スナップショットデータ伝送に関する独自のLPWAN対セルラーLPWAN	✓

外部ネットワークとの交換を行います。低電力アプリケーションでは、単一周波数と多重星座のアプローチを使用してスナップショット技術を実装するのが最善です。

スナップショットベースの位置決定を実装する場合、複数の要因に応じていくつかの構成が実現可能であり、ネットワークのアップリンクおよびダウンリンク容量が最も重要です。



図 7: スナップショットの位置決め



最も知られている構成は、**生のスナップショットの送信**です。ここで、デジタルサンプルは、ポスト処理の全てが、位置決定自体と同様に、行われるクラウドに直接送信される。信号を受信するために単純な無線フロントエンドのみを必要とし、この構成は、最も安価で最もエネルギー効率の良いスナップショット実装です。ただし、生のスナップショットサイズが少なくとも複数キロバイトの場合、この構成は、十分なデータアップリンク容量を提供するネットワークと組み合わせるのみ実現できません。これは、ほとんどの専有LPWANには当てはまりません。しかし、セルラーLPWANの場合、この技術は技術的に実現可能であり、最大のエネルギー効率と最小のハードウェアコストを目指す際に考慮する必要があります。



図 8: 生のスナップショットの転送

SigfoxやLoRaなどの独自のLPWANでは生のスナップショットの送信は不可能であるため、**代わりにシグナルのスナップショットに基づく疑似範囲の送信**のような代替構成を使用する必要があります。この場合、信号処理はデバイス上に部分的に残り、クラウドと交換する必要があるデータ量が大幅に減少します。デバイスはシグナル スナップショットから疑似範囲を導出する必要がありますので、この設定では、非常に小さな集録支援データを受信するためにダウンリンクが必要です。

少量の交換データを考えると、この動作モードは、アップリンクとダウンリンク機能の両方を備えたほとんどの LPWAN で使用できます。今日の時点で、少数の企業は、低帯域幅LPWANのポジショニングに革命をもたらす可能性を秘めた、この非常に有望な技術の実装をすでに可能にしています。

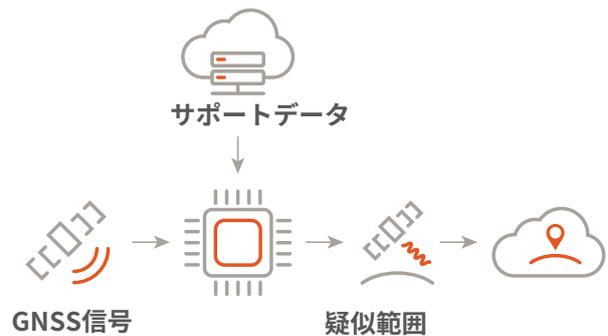


図9:信号のスナップショットに基づく疑似範囲の伝達

第3の構成は、セルラーLPWANのような高いダウンリンク容量を持つLPWANにとって特に実行可能であり、**デバイス上のスナップショットベースの位置決定**である。このセットアップでは、クラウド サーバーはデバイスにアシスタンス データを提供するためにのみ必要です。後処理と位置決定はすべてデバイス上で実行されます。データのダウンロード頻度を最小限に抑えるために、このスナップショット構成には拡張エフェメリス・データも使用できます。この技術は、よりエネルギー効率の良いスナップショット取得を用いた完全な信号取得段 のデバイスでの交換によってのみ、標準のアシストGNSSと異なります。

スナップショット技術のすべての変形は、大幅な省エネを可能にします。ただし、これらは感度と精度を低下させるコストで行われ、各アプリケーションの特定のニーズに応じて、測位性能とエネルギー効率の間に適切なトレードオフを見つけなければなりません。

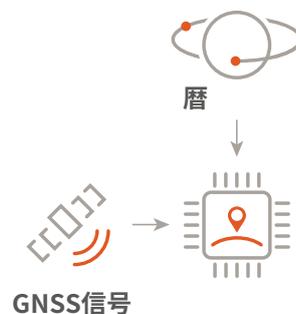


図 10: デバイス上でのスナップショットベースの位置決定

# OK 選択時の考慮事項 GNSS ソリューション

さまざまな低電力 IoT アプリケーションには、選択したソリューションで満たさなければならないパフォーマンスの点で、大きく異なる要件があります。さまざまなレベルのエネルギー効率と通信ネットワークへの依存性により、GNSSベースの多様な技術は、さまざまな用途に対する有用性と、異なるLPWANとの組み合わせに適しています。

ほとんどのソリューションは外部データに依存するため、LPWANのデータスループットによって、目的に最適なGNSS手法が決定されます。

セルラー LPWAN などの高帯域幅ネットワークは、ここで説明するすべてのGNSS技術に対応します。

SigfoxやLoRaのような独自のネットワークは、データスループットが限られているにもかかわらず、クラウドからデバイスに送信される必要な量のデータ(ダウンリンク)やデバイスからクラウド(アップリンク)に、ネットワークの容量内にとどまることができるため、非常に効率的なGNSSベースの技術と組み合わせることができます。これは、右の図に示すA3、P1、P2 & S2ソリューションの場合です。

位置修正の総エネルギー消費量は、GNSSハードウェアが消費するエネルギーと、関連データの送信と受信に必要なエネルギーで構成されます。技術に応じて、ネットワーク自体は、いくつかの位置付け関連データをトランスセッティングするために消費されるエネルギーとして、エネルギー効率に強く影響を与えます

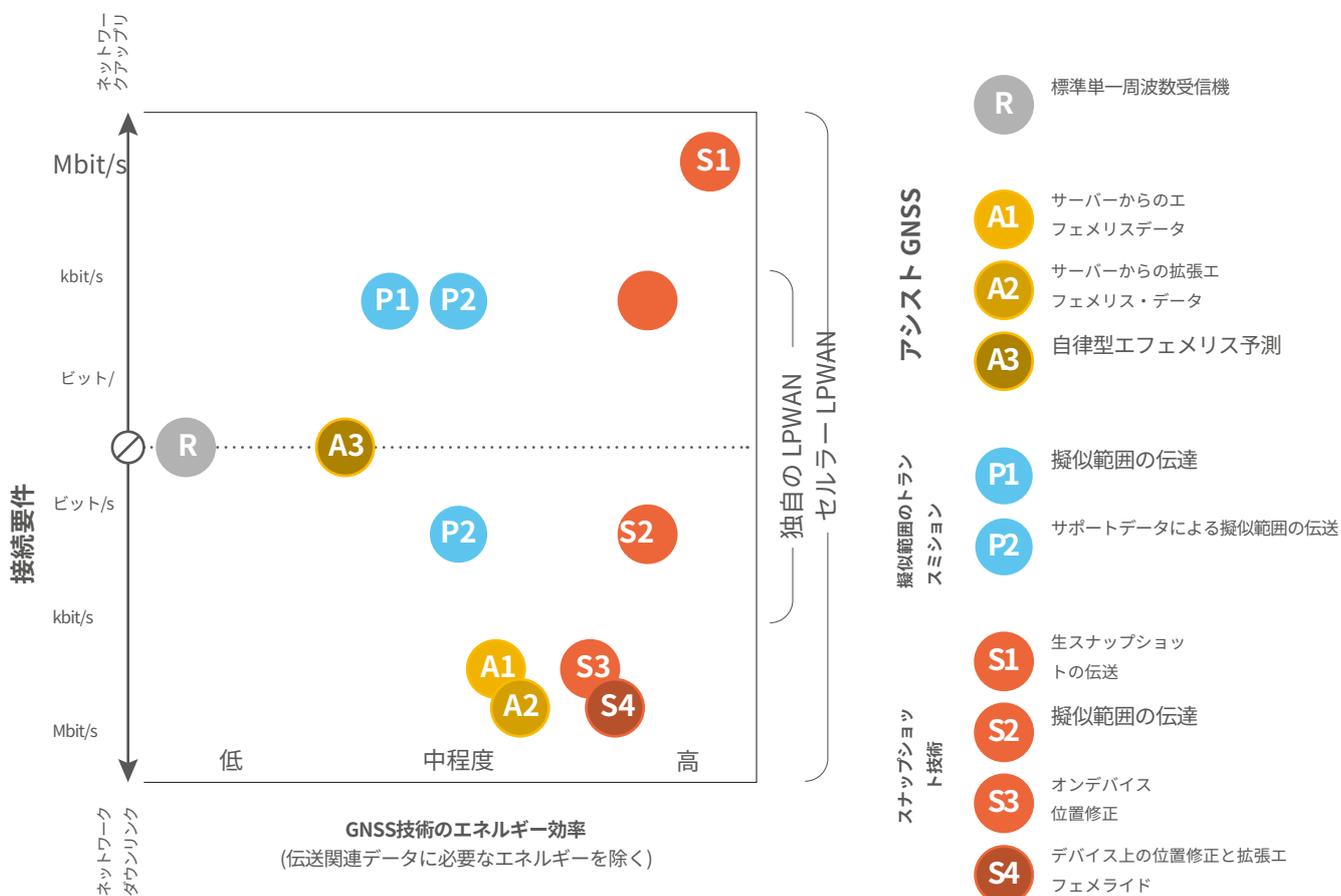


図 11: 接続性の要件とエネルギー効率



ケースはGNSS信号の取得、追跡、処理に必要なエネルギーを超えています。

各技術の総省エネルギーは、位置を決定するための実際の必要エネルギーが位置修正の頻度、LPWANの構成、環境要因、使用されるハードウェアとアルゴリズム、および多くの場合に大きく変化するため、異なるGNSS技術を比較する場合にのみ近似として機能します。

他の調整可能なパラメータと外部要因。多くの技術では、送信されたデータの量は、精度と信頼性だけでなく、全体的なエネルギー効率にも影響を与えます。

生のスナップショットサイズは常に  $\approx 20$  kB より大きく、したがって最小メッセージサイズよりも大きくなります。1つのNB-IoTメッセージの最大ペイロード長は、たとえば1600バイトです。したがって、1つの生スナップショットは、複数の単一NB-IoTメッセージで構成されます。

### 異なるGNSS技術によって実現されるエネルギー削減

GNSSと接続レイヤ (est.) の消費電力を組み合わせせた節約

		シグ	ローラ	NB-IoT	LTE-M
スナップショットアシメトリックGNSS技術	<b>R</b> 標準単一周波数受信機	1x(基本ケース) <sup>a</sup>			
	<b>A1</b> サーバーからのエフェメリスデータ	ダウンリンクの制限により実現できない	10x <sup>b,c,d</sup>		
	<b>A2</b> サーバーからの拡張エフェメリス・データ				
	<b>A3</b> 自律型エフェメリス予測		3x <sup>b,e</sup>		
	<b>P1</b> 擬似範囲の伝達	2x <sup>f,g</sup>	4x <sup>f,h,i</sup>	アドビサベルではない(代替:P2)	
	<b>P2</b> サポートデータによる擬似範囲の伝達	3x <sup>b,c,g</sup>	6x <sup>b,c,h,i</sup>	10x <sup>b,c,j</sup>	
	<b>S1</b> 生スナップショットの伝送	アップリンクの制限により実現できない	15x <sup>k</sup>   25x <sup>k</sup>		
	<b>S2</b> 擬似範囲の伝達	4x <sup>b,g,l</sup>	10x <sup>b,h,l</sup>	25x <sup>b,j,l</sup>	
	<b>S3</b> オンデバイス位置修正	ダウンリンクの制限により実現できない			非常にまれに使用され、A1/A2 S2の間で省エネ&
	<b>S4</b> デバイス上の位置修正と拡張エフェメライド				

\* 唯一の指標、実際の省エネは、データの送信量、位置固定周波数、データ伝送の設定、環境要因、使用されるハードウェアとアルゴリズム、およびその他のパラメータによって異なります

<sup>a</sup> コールドスタート、取得時間: 24s<sup>b</sup>

位置修正を実行する場合 4時間

<sup>c</sup> 取得時間: 2s

<sup>d</sup> 拡張エフェメリス: 有効性: 35d, ファイルサイズ: 135 kB

<sup>e</sup> コールドスタート (a) は 6d ごとに必要です

<sup>f</sup> 取得時間: 5s

<sup>g</sup> 送信データ: 4 擬似範囲 x 3 B

<sup>h</sup> 送信データ: 8 擬似範囲 x 3 B

SF10/DR2を使用する<sup>i</sup>

<sup>j</sup> 送信データ: 12 擬似範囲 x 3 B

<sup>k</sup> スナップショットサイズ: 20 kB

<sup>l</sup> DR の計算に必要なエネルギー: 100 mW

図 12: GNSS ベースの異なる測位技術の省エネ

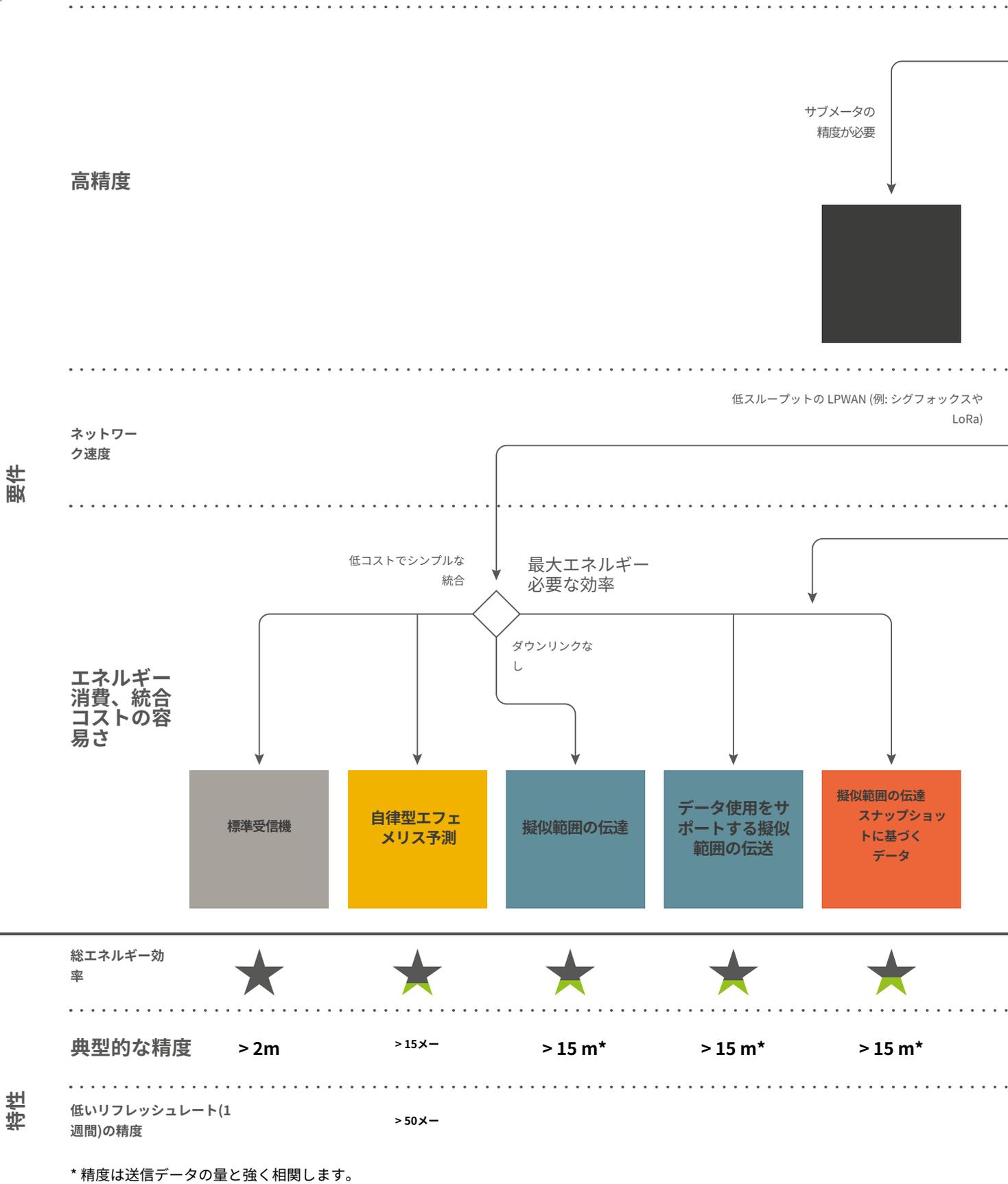
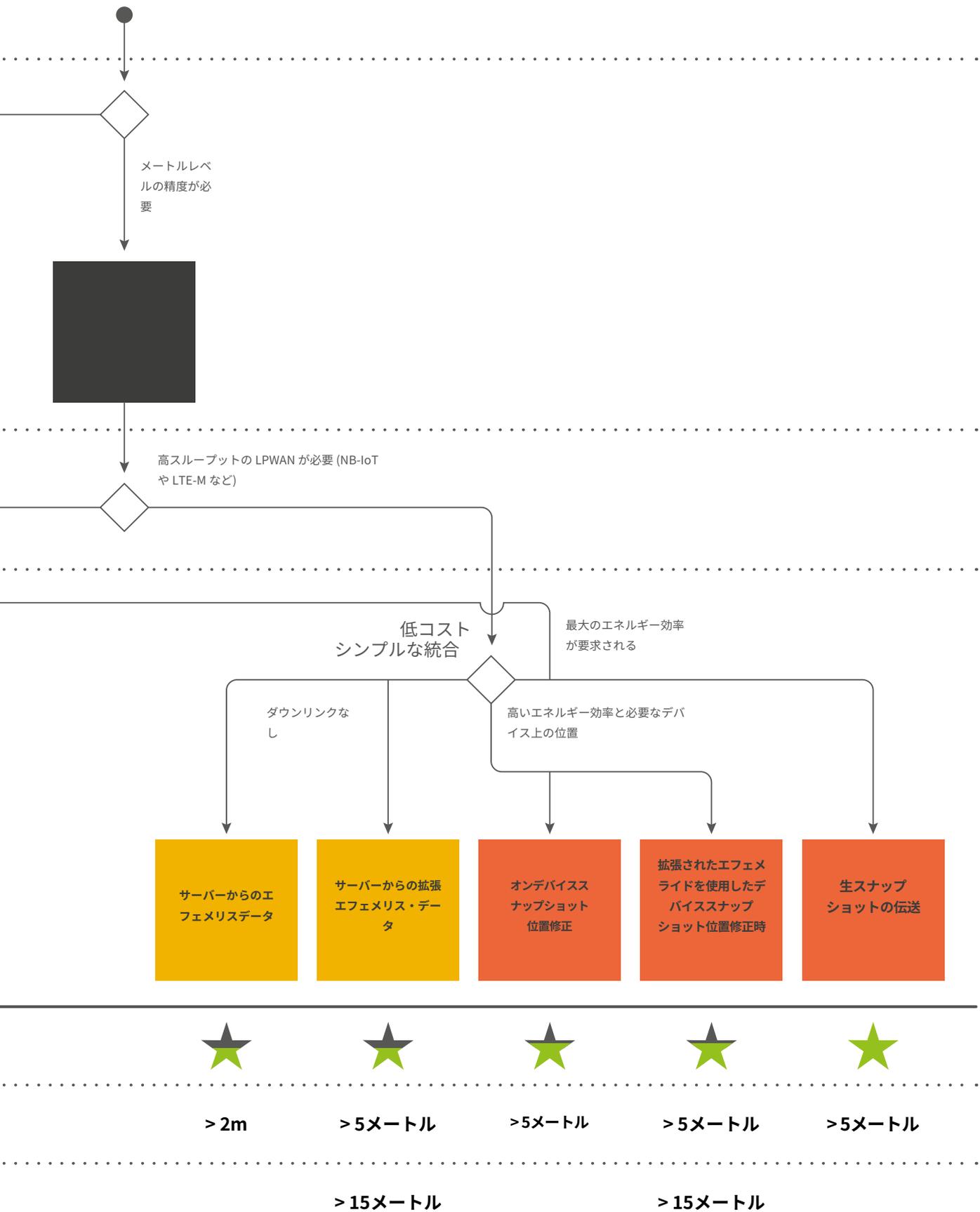


図 13: 詳細なデジジョン ツリー



特定のアプリケーションに対するGNSSベースのソリューションを決定する際には、目標精度、選択されたLPWAN、望ましいバッテリー寿命、統合の容易さ、ハードウェアと実装コストなど、多くの要因が役割を果たします。

1メートル以下の位置精度を必要とするアプリケーションは、多重星座の多重周波数受信機を使用することをお勧めします。ただし、ほとんどの低消費電力のIoTアプリケーションではバッテリー寿命の延長を優先するので、複数メートルの測位精度が許容される場合は、多重星座単一周波数受信機で十分です。

エネルギー効率の良いGNSS技術を決定する際、地上ネットワークの選択は、ほとんどの説明されたソリューションがGNSSを介して位置を決定するために外部データに依存するので、可能なオプションを制限します。

帯域幅限定の独自LPWANについては、自律的なエフェメリス予測を考慮する必要があります。幸いなことに、この技術はすでに多くのメーカーによってGNSS受信機に実装されています。特に、精度と効率性のトレードオフが許容される場合、自律的なエフェメリス予測は、全体的なエネルギー消費量を削減するための効率的でありながら高度に自律的な方法を実装者に提供することができます。当然のことながら、このソリューション

は、すでに一部のLoRaおよびSigfoxトラッキングデバイスで使用されています。ユースケースがエネルギー消費をさらに低くする必要がある場合は、新しい技術への移行が必要であり、疑似範囲をクラウドに送信して位置決定を外部委託することが可能です。しかし、これらのクラウドベースの技術がSigfoxのようなアップリンクスロットルLPWANと組み合わせて使用されている場合、送信できる疑似範囲の数は限られており、位置修正の精度に悪影響を及ぼします。したがって、送信されたデータの量は、したがってエネルギー消費が、達成可能な精度に直接関連している。

セルラーベースLPWANのスループットとしては、実用的な目的のために、限定されず、ダウンリンクは、補助GNSSデータを使用するのに十分である。ほとんどのIoTアプリケーションでは、セルラーベースのLPWANに依存し、この一般的な技術の使用を強くお勧めします。携帯電話のLPWANへの恒久的な接続が保証できない遠隔地での位置決めが必要なアプリケーションや、バッテリー寿命をさらに延ばす必要があるアプリケーションでは、拡張エフェメリスデータなどの機能強化がデータダウンロードの頻度を最小限に抑えるのに役立ちます。最終的には、アプリケーションが単一のバッテリー充電で最大のデバイス自律性を要求する場合、スナップショット技術のような革新的なソリューションを考慮する必要があります。

ガリレオを使用することの利点の詳細については、GNSS市場の包括的な概要を取得し、様々な分野での新興GNSSの動向と動向に関する詳細な洞察を得る、[GSAのウェブサイト上の市場レポートのセクションをご覧ください。](#)

IoTの使用を目的とした、Galileo対応の受信機とモジュールを見つけるには、[usegalileo.eu](#)を見るか、[market@gsa.europa.eu](#)で直接GSAに連絡してください。





# 01 頭字語の一覧

A-GNSS支援GNSS **ETSI**

欧州電 通信規格 所**GDOP**

幾何学的希釈精 GNSS

グローバルナビゲーション衛星システムは、

**高精度**サービス**IOT**

IOT産業、

科学のおよび医療的な**LoRa**

低範囲**LPWAN**

低電力広域ネットワーク**LTE**

長期進化**LTE-M**モノのための長期進化**LTE-M**長期進化**LTE-M**モノ

の**NB-IoT**

ナローバンド

ナビゲーションメッセージ認証**OTDOA**

観測到着**RSSI**の時間差を観察した**RSSI**

は、信号強度指標**TDOA**

到着の時間差を受けた

<sup>3GPP</sup> **3 R**d世代パートナーシッププロジェクト

ノート

Handwriting practice lines consisting of 20 horizontal dotted lines.





European  
Global Navigation  
Satellite Systems  
Agency

## LINKING SPACE TO USER NEEDS

[www.gsa.europa.eu](http://www.gsa.europa.eu)



@EU\_GNSS・ヨーロッパ



グナッサエージェンシー



欧州-GNSS-機関 欧州



GNSS機関スペース4eu



欧州GNSS機関(GSA)は、欧州のグローバル航行衛星システム(GNSS)、ガリレオ、EGNOSの運用、セキュリティ、サービス提供を担当する欧州連合(EU)機関です。利害関係者、業界、サービスプロバイダー、ユーザーコミュニティと協力することで、GSAは欧州のGNSS投資に対する最高のリターンを可能にし、保証し、欧州市民とビジネスのための宇宙アプリケーションの利点を乗算し、イノベーションと競争力を高め、持続可能な経済成長を確保します。GSAは以下を担当しています。

- 欧州のGNSSサービスとインフラを継続的に改善しながら、ユーザーのニーズに完全に対応するサービスを設計し、可能にする。
- 最もコスト効率の高い方法でユーザー満足を保証する質の高いサービスの提供を管理します。
- 市場の利害関係者が、欧州のGNSSの完全な採用の達成を促進する革新的で効果的なアプリケーション、付加価値サービス、ユーザー技術を開発する。
- 欧州のGNSSサービスとオペレーションが安全で安全でアクセス可能であることを保証します。