

# 清水建設が実践する高精度測位

宇宙天気による影響と対策

## 清水建設 宇宙開発部の歩みと位置づけ

1987年に宇宙開発の取組みを開始し、2018年以降は事業化を目指す部署として発足

研究開発フェーズから、事業化を担う部門へと進化してきた背景

きっかけ

1987年～

### 研究開発・コンセプト構想が主体

- 1804年の創業から培ってきた建設技術を「宇宙という新しいフィールド」にも展開できないかという問題意識から「宇宙開発室」としてスタート



建設技術  
培った技術



× 極限環境  
新たなフィールド

産業の変化

### 次第に宇宙の商業利用が世界的に本格化

現在の取組

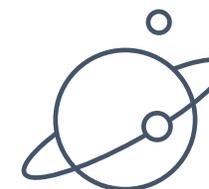
2018年～

### マネタイズを目的とした事業部として発足

- 研究開発からマネタイズを目的とした宇宙産業での新規事業確立を目指し、「宇宙開発部」をスタート



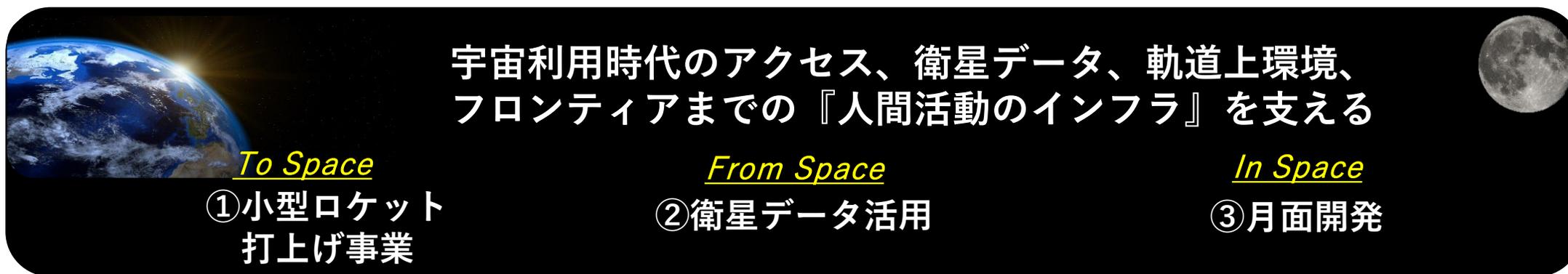
マネタイズ  
新規事業開発



× 宇宙産業  
新たなマーケット

## 清水建設が目指す「総合宇宙企業」としてのビジョン

小型ロケット打上げ、衛星データ解析、月面インフラの建設に至るハード・ソフトのサービスを提供し、将来の宇宙ビジネスをリードする



宇宙利用時代のアクセス、衛星データ、軌道上環境、フロンティアまでの『人間活動のインフラ』を支える

To Space                      From Space                      In Space

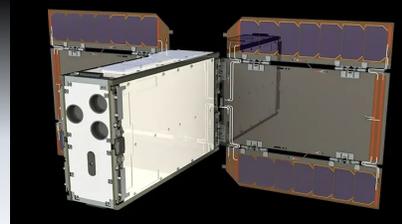
①小型ロケット  
打上げ事業                      ②衛星データ活用                      ③月面開発



SpaceOne



Synspective



ArkEdge Space



ispace

In Space  
宇宙デブリ除去・環境監視



Astroscale

## 宇宙開発部の3つの事業領域と本日のテーマ

現在は3事業をテーマについて事業化に取り組んでいる

本日は、衛星データ事業の一つである「GNSS動態観測事業」についての発表

### 概要

#### 1. 輸送系事業

小型ロケット打上げ事業を軸として  
宇宙輸送（ロケット）に関する  
地上インフラ構築に資する事業

#### 2. 衛星データ事業

衛星データ活用事業を軸として  
衛星データが広く普及する将来の  
衛星データインフラ構築に資する事業

#### 3. 月開発利用

将来の月開発および月利用を見据え  
月資源の利用や初期月面開発に  
必要となる技術の開発

### 主な 取組み

- ロケット射場建設／運用
- 燃焼試験支援／施設運営
- 金属AMによるタンク製造

#### ◎ GNSS動態観測事業

- SARデータ活用事業
- 多波長データ活用事業

- 月の模擬砂シミュラント販売
- インフレーターブルモジュール

本日は、このうち「衛星データ事業」に含まれる高精度GNSS動態観測システム「QuartetS」に関連した内容です

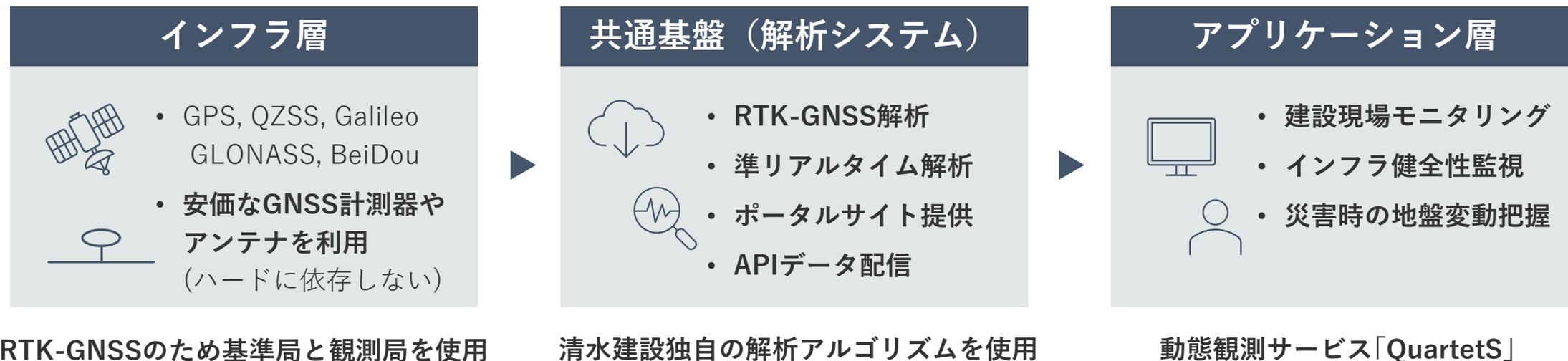
## QuartetSとは

清水建設独自のGNSS観測技術：GNSSの弱点を克服 → GNSSの活用範囲を拡大

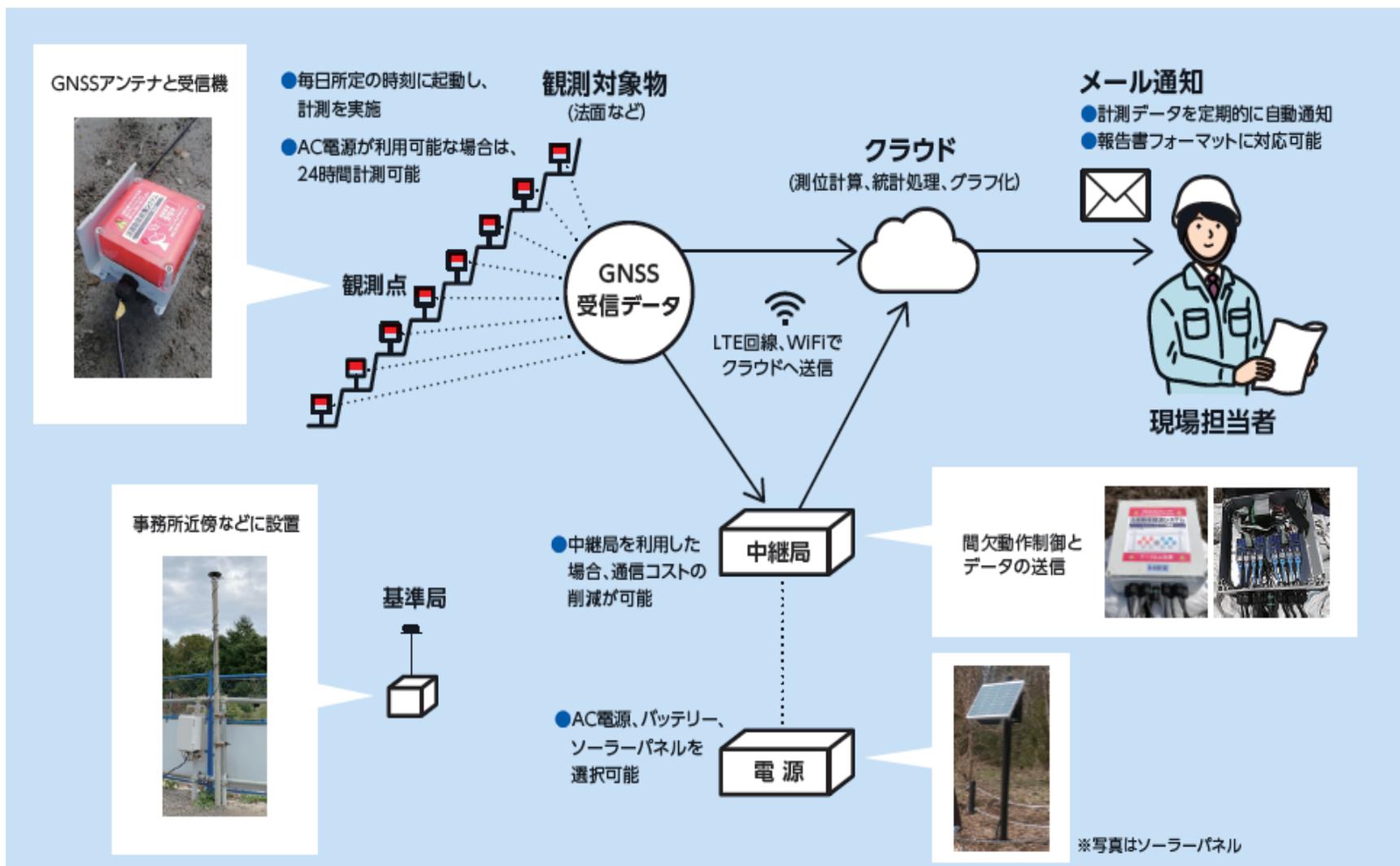


## QuartetSの全体像

清水建設独自アルゴリズムによるGNSS測位解析システムが中核として機能する



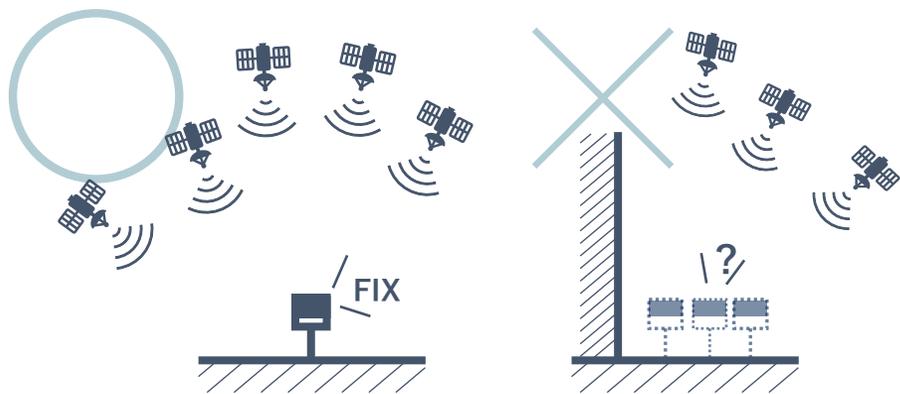
# QuartetSのフロー



## 技術的優位性①：一般的なGNSSが諦める“壁”で測れる

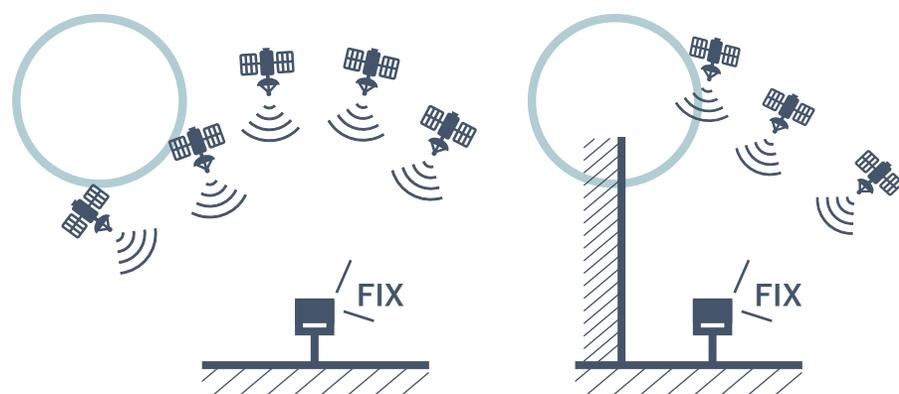
一般的なGNSSは、構造物近傍や切土・盛土などの遮蔽環境に弱い一方で、QuartetSは“壁測位”技術により、従来は計測を諦めていた場所でも安定した高精度測位を実現します。

一般的なGNSS測位



- ・ オープンスカイ環境を前提とした設計
- ・ 構造物・法面近傍ではマルチパス・遮蔽によりノイズ・欠測が発生
- ・ 「この地点はGNSSは難しいので別センサーで」と判断しがち

QuartetSの“壁測位”



- ・ マルチパスや遮蔽を前提に設計した清水建設独自のアルゴリズム
- ・ 壁・構造物近傍でも時系列的に安定した高精度測位が可能
- ・ 「GNSSでは無理」と諦めていたポイントもGNSS提案対象にできる

## 技術的優位性②：壁設置前後における解析結果の比較

実際の計測データでも、一般的なGNSSでは壁近傍で大きなノイズや誤差生じるのに対し、QuartetSによる解析では、壁設置前後でも安定した変位量が得られています。

### 一般的なGNSS測位

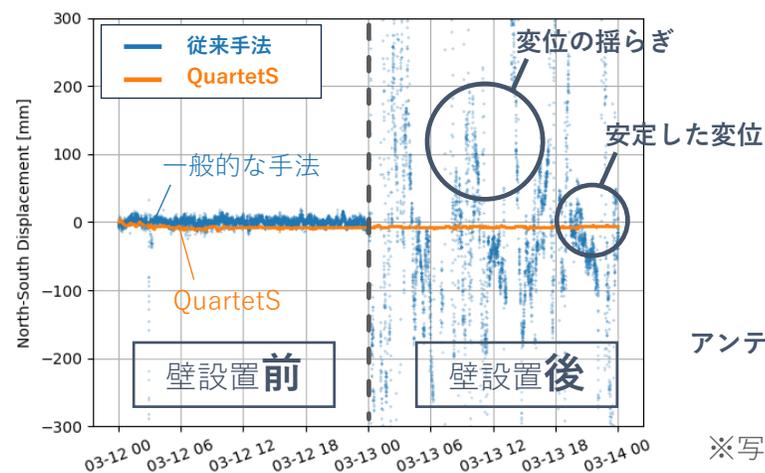
- 壁設置前は比較的安定しているが、  
壁設置後は変位が大きく揺らいでしまう。
- 壁近傍や植生の多い場所など変化が生じやすい箇所では、  
実運用上で、管理値を設定して監視することが難しい。

### QuartetS

- 壁設置前後で変位に大きな変化は見られず、  
壁近傍でも時系列的に安定した変位が得られる。
- 実運用上、管理値(閾値)を設定して監視がしやすい。

### 測位解析結果

オープンスカイ環境下でGNSS機器の計測を行い、途中から壁面としてアルミ足場板を近接設置し、そのRTK-GNSS解析結果の時系列変位を比較する。



壁面：  
実験中に  
アルミ足場板  
を壁として  
近接設置

アンテナ

※写真では見切れていますが、  
2台の観測機器を並べて同時計測を実施

グラフの通り、オープンスカイ環境下では一般GNSSもQuartetSも同程度の精度ですが、  
同一条件でも「壁近傍」になると一般GNSSとQuartetSの差が顕著に現れます。

## QuartetSの代表的な適用例（設置状況イメージ）

QuartetSは、法面・トンネル坑口・ダム・鉄塔・地すべりなどの多様な現場で既に運用されており、実フィールドで「壁測位」の価値を発揮しています。



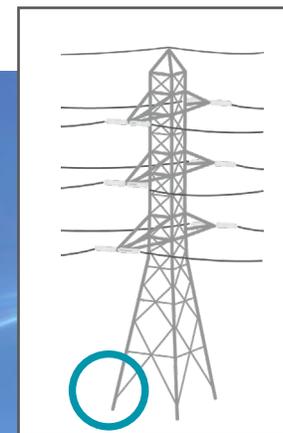
切土法面における動態観測



山留壁の変位モニタリング



山間部の鉄塔脚部モニタリング



分野 / 用途

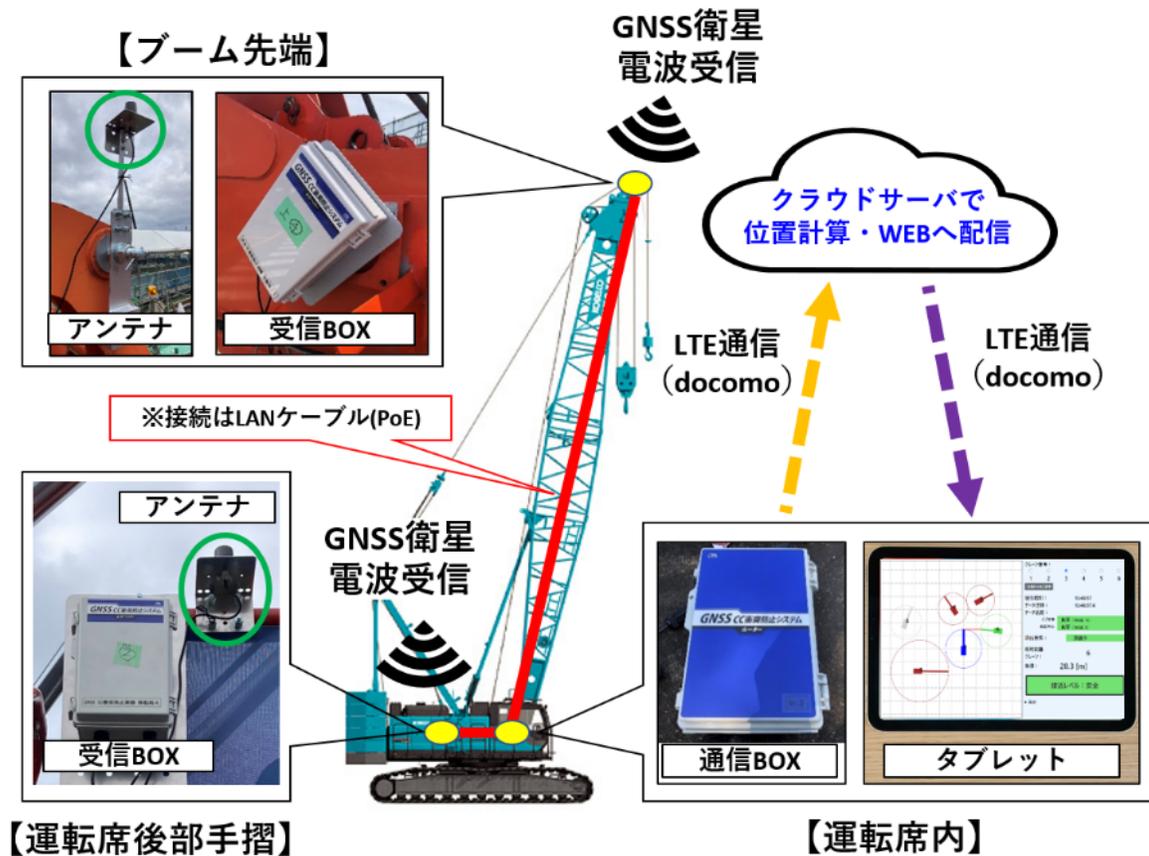
建設現場 / 安全管理

道路 / 安全・品質管理

鉄塔 / 地すべり監視

# GNSS衝突危険警報システム「クレーンアシスト」

GNSSによるブーム（腕）の位置と向きをリアルタイムに検出

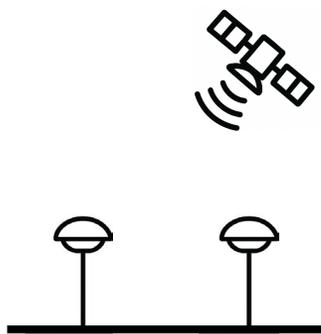


(<https://www.shimz.co.jp/company/about/news-release/2025/2024063.html>)

- みちびきのCLASを活用し、センチメートル単位の測位を0.2秒間隔で実施
- クレーンのブーム先端と下端の3時限座標をリアルタイムに検出し、複数のクレーンが稼働する現場でのブーム同士の接触事故や、送電線・通信用電波の送信ルート当への接触事故を防止
- 測位誤差は12 cm以下を実現し、危険レベルに応じてアラート
- GNSSリアルタイム測位が建設現場の安全性を向上させている実例として、実用化・レンタル展開中

## GNSSが直面する外的要因によるリスク

QuartetS運用における宇宙天気現象の影響は限定的



- 相対測位方式：

- 基準局と観測点の相対的な位置関係を測定するため、電離圏の影響が相殺



- データ処理：

- 数時間～数日単位でのデータ解析を行うため、短時間の擾乱の影響が平滑化

→ 現在の用途では、測位システムの設計と運用方法により宇宙天気現象のリスクを低減

## 建設DXと自動化の進展がもたらすGNSS測位への依存度の増大

建設DXの進展により、リアルタイム性と絶対測位が求められる時代が到来すると、宇宙天気現象の影響は無視できないリスクとなる

### ・リアルタイム性の要求：

- 建設ロボットや自動運転建機はリアルタイムでの高精度測位が必須
- 現在のQuartetSのようなデータ処理による誤差低減が困難

### ・絶対測位の必要性：

- 自律移動体は、相対測位ではなく絶対位置を正確に把握する必要がある
- 電離圏擾乱の影響を直接受けやすくなる

### ・無人化・遠隔操作の拡大：

- 人間による目視確認や判断が減少し、測位システムへの依存度が高くなる
- 測位誤差が即座に作業ミスや事故につながるリスクが増大する

## 宇宙天気現象の影響が顕在化するシナリオ

- **クレーン作業中の測位誤差：**

測位誤差が数十cm～数m発生すると、衝突防止システムが誤作動が発生する

- **建設ロボットの自律施工：**

cmレベルの精度が求められる作業において、測位誤差が施工不良や構造物の安全性低下につながる

- **自動運転建機の協調作業：**

複数の建機が同時に作業する際、測位誤差により衝突や干渉のリスクが高くなる

- **ドローンによる資材運搬・検査：**

高精度な位置制御が必要な場面で、測位誤差が墜落や衝突事故を引き起こす可能性がある

- **月面・火星での建設活動：**

地球の磁気圏外では宇宙天気現象の影響がより深刻になる

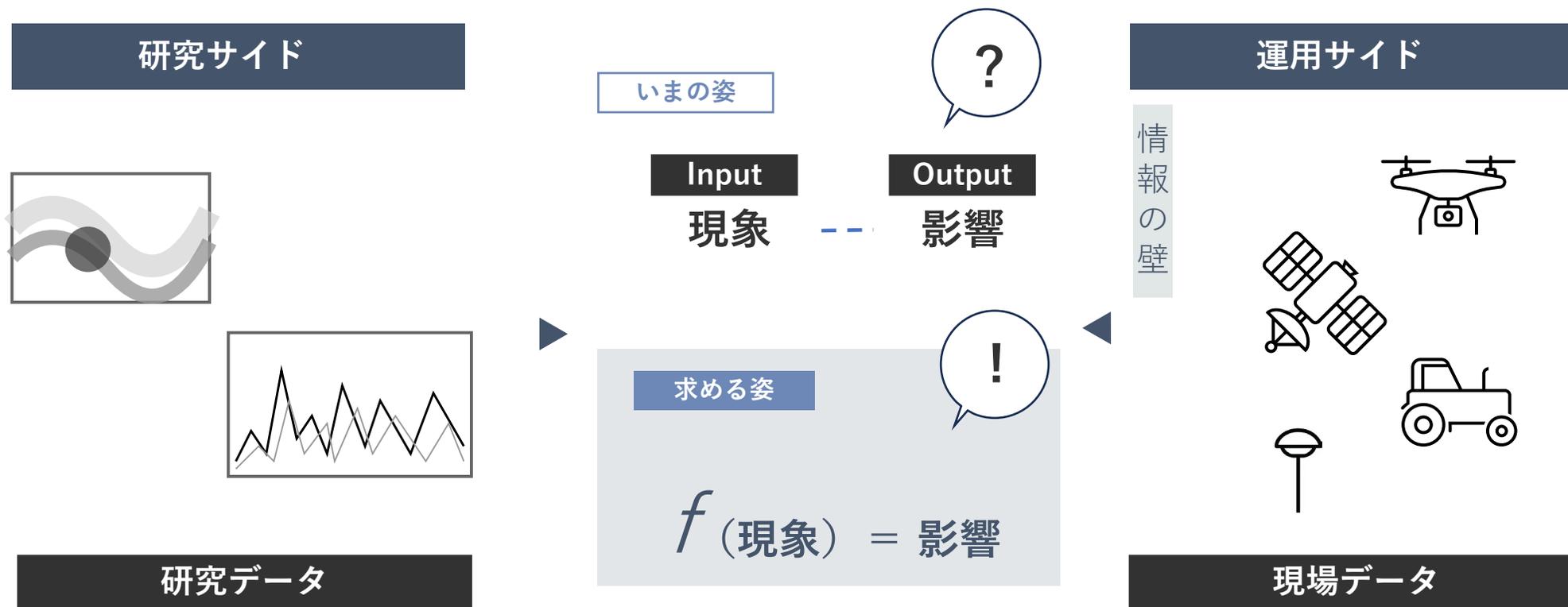
## 宇宙天気予報の精度向上が急務

「じ後に補正する」から「じ前に守る」への移行が必要

	見逃し	空振り	局所性
理由	測位劣化を検知できないまま 自動制御が継続	不必要な停止・縮退が増える	影響は時間・地域・衛星配置 受信環境で変動
影響	衝突・施工不良など安全リスク	生産性低下／コスト増	現場単位で判断できる予報 (時間×地域)の精度が必要

## 産学官で「予報しきい値」をつくる

予報を運用に落とすには、「予報 → 現場の行動」をつなぐ「しきい値」が必要



## まとめ

- 清水建設は、GNSS測位技術「QuartetS」により、高精度で信頼性の高い動態監視を実現している
- 現状では、測位方式やデータ処理、人間による最終判断などにより宇宙天気現象の影響は限定的である
- 建設DXの進展により、リアルタイム性・絶対測位・完全自動化の需要が高くなると、宇宙天気現象の影響が顕在化する可能性がある
- 宇宙天気予報精度の向上のため、産学官連携が急務