

令和4年度 課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証

ローカル5Gを活用した河川災害における  
リアルタイムな状況把握と  
安全かつ迅速な応急復旧の実現

---

成果報告書概要版

令和5年3月

国際航業株式会社

---

## 実証概要

---

# 実証概要


<b>実施体制</b> <small>(下線：代表機関)</small>	国際航業(株)、日本電気(株)、西尾レントオール(株)、電気興業(株)	<b>実施地域</b>	東京都北区・足立区 (荒川下流域) ※ 当初予定の荒川上流域から変更
<b>実証概要</b>	河川区域においては、近年の気候変動の影響により、河川・土砂災害の激甚化・頻発化が懸念される一方、河川インフラの老朽化などの課題も存在。 ▶ 河川下流域にローカル5G環境を構築し、ドローンを活用した高精細映像のリアルタイム伝送による迅速な被害状況把握(災害時)や、3次元地形データの作成及び建機の無人化施工による安全かつ迅速な応急復旧(復旧時)の実証を実施。 ▶ 災害発生から復旧までのプロセスを高度化・効率化したスマート災害復旧を実現。		
<b>主な成果</b>	▶ ドローン・建機ともに、被災時想定カバーエリア内(概ね400m)で、 <b>良好な映像及び画像のリアルタイム伝送を実現</b> 。危機管理用途として十分と高評価。 ▶ 所要時間の従来からの短縮率は、ドローン画像伝送は45%、一連の施工準備は76%を実現。 <b>短縮の経済価値は最大約36億円</b> (鬼怒川災害を例に、迅速な情報共有/早期避難が実現した場合の試算)。迅速な情報把握・復旧への寄与を確認するとともに、平常時活用への河川管理者の期待も確認。		
<b>技術実証</b>	▶ 直線や曲線、蛇行等の特徴をもつ河川における線状空間の電波伝搬モデルの確立のため、地形や樹木、水面反射や背後地の影響を考慮した電波伝搬モデルの精緻化や、複数基地局と中継器を用いたエリア構築の実証を実施。 ▶ 周波数：4.8-4.9GHz帯(100MHz) 構成：SA方式 利用環境：屋外		
<b>主な成果</b>	▶ 河川特有の環境によるパラメータS分類詳細化、本環境の水面割合によるパラメータK(水面割合80%→K=8.5dB、40%→K=5.5dB)の導出実施。 ▶ 単一基地局使用時での <b>不感地帯</b> (基地局から100m程度の線状空間)を <b>レピータ/複数基地局使用により解消</b> したことを確認。		
<b>今後の展開</b>	本実証成果の実装に向け、ローカル5Gの上空利用や河川区域内の移動を伴う活用における課題への対応、運用体制の構築等の検討が必要。令和5年度は、実証コンソーシアム他河川管理者と連携し、継続して様々な条件で実証を行い、 <b>令和6年度以降、制度に応じて、本システムの組み込みを提案展開を検討</b> 。		



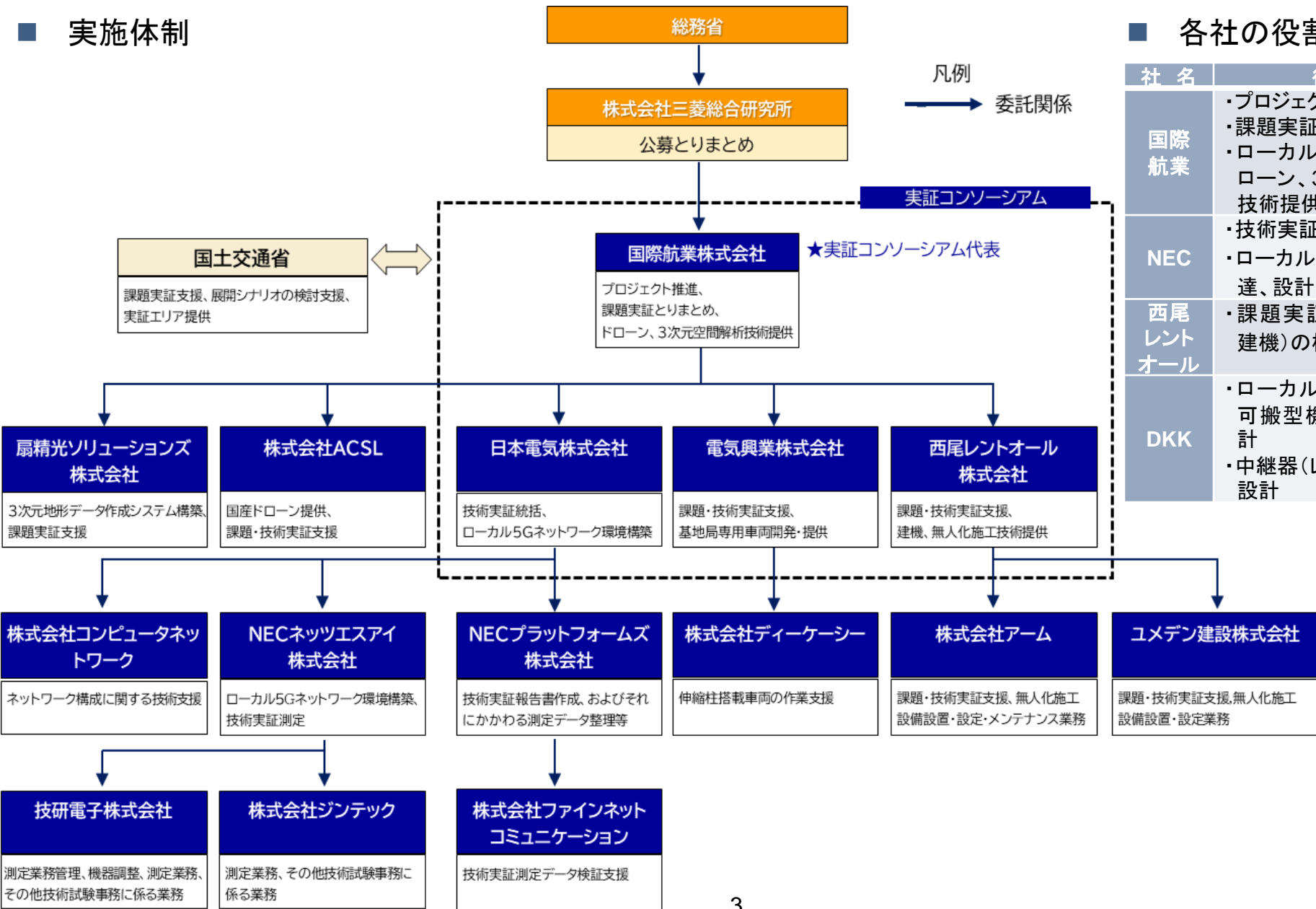
# 実施体制

## ■ 実施体制

## ■ 各社の役割

凡例  
 委託関係

社名	役割
国際航業	<ul style="list-style-type: none"> <li>プロジェクトの推進・管理</li> <li>課題実証の総括、検証</li> <li>ローカル5G端末搭載ドローン、3次元空間解析技術提供</li> </ul>
NEC	<ul style="list-style-type: none"> <li>技術実証の総括、検証</li> <li>ローカル5Gの機器の調達、設計</li> </ul>
西尾レントオール	<ul style="list-style-type: none"> <li>課題実証（無人化施工建機）の検証</li> </ul>
DKK	<ul style="list-style-type: none"> <li>ローカル5Gを搭載した可搬型機器の調達、設計</li> <li>中継器（レピータ）の調達、設計</li> </ul>



---

## 実証環境

---



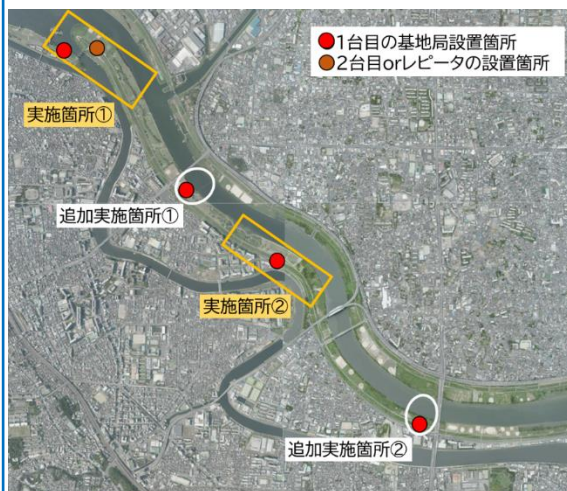
# 実証環境

## 実証環境

- 対象周波数帯: 4.8-4.9GHz帯域 (Sub6)
- 構成: SA
- 実施環境:

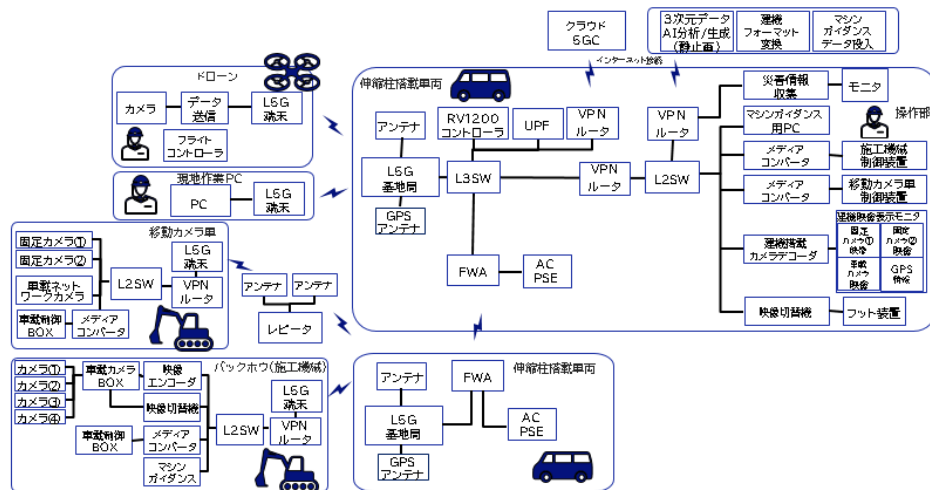
	①岩淵地区 (北区)	②新田地区 (足立区)	③追加実証箇所
川幅	狭域	広域	平常時の河川点検を想定した検証のため新田船着場、扇大橋上流を追加
遮蔽物	水門	無し	
堤防線形	蛇行	直線	
背後地	広大な河川敷 (郊外地)	住宅地 (市街地)	

- 実証ロケーション概要: 荒川下流域 (岩淵、新田)



## ネットワーク・システム構成

- ネットワーク・システム構成図



- 基地局エリアカバレッジ図

### ①岩淵地区



### ②新田地区



### ③追加実証箇所



- 調整対象区域
- カバーエリア
- ユースケースで必要なカバーエリア
- ★ 基地局設置場所候補

# 実証環境

## ローカル5Gシステム基地局概要

- 基地局型番: RV1200
- 製造ベンダ: 日本電気
- 周波数帯: 4.8-4.9GHz帯域 (Sub6)
- 設置場所: 屋外
- SA/NSA: SA
- 同期/非同期: 同期
- UL/DL比率: 2:7
- 周波数: 4.8~4.9GHz
- 帯域幅: 100MHz
- 中心周波数帯: 4.85GHz
- 変調方式: 256QAM
- MIMO: UL:1x1MIMO、DL:2x2MIMO

## システム機能・性能・要件

### ● 災害発生時の通信性能

通信	対象台数	通信性能		伝送遅延
		UL	DL	
映像、センサーデータ通信 通信帯域は以下を想定。 ①リアルタイム映像配信 UL: 45 Mbps DL: — Mbps ②撮影データ UL: 8 Mbps DL: — Mbps	①1台 ②1台	45 Mbps (=45 Mbps×1台) または、 8 Mbps (=8 Mbps×1台)	— Mbps	0.1秒

### ● 復旧作業時の通信性能

通信	対象台数	通信性能		伝送遅延
		UL	DL	
無人化施工 通信帯域は以下を想定 ①重機制御データ UL: 1 Mbps DL: 1 Mbps ②建機用カメラデータ UL: 10 Mbps DL: — Mbps ③マシンガイダンス信号 UL: 5 Mbps DL: 5 Mbps	①2台 ②4台 ③1台	47 Mbps (= 1Mbps × 2台 + 10Mbps × 4台 + 5Mbps × 1台)	7 Mbps (= 1Mbps × 2台 + 5Mbps × 1台)	0.2秒

---

**特殊な環境におけるローカル5Gの電波伝搬特性等に関する技術的検討(技術実証)**

---



## 技術実証テーマ I

## 線状の空間における電波環境やユースケースを想定した電波伝搬モデルの精緻化（1/3）

技術的課題	本ユースケースのように河川における線状の空間でエリア化する場合、伝搬経路中の遮蔽物の有無・水面の有無や水面の割合など各環境が異なる。このため、現実の伝搬距離とエリア算出法で算出するカバーエリアや調整対象区域と乖離する恐れがある。
実証目標	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パラメータSの実証目標 線状の空間におけるパラメータSについて選択基準を詳細化する。</li> <li>・パラメータKの実証目標 伝搬経路中の水面の割合に着目し、パラメータKの導出を行う。</li> </ul>
実証前の仮説	<ul style="list-style-type: none"> <li>・パラメータSの仮説 線状方向および非線状方向のうち、遮蔽物が存在しないエリアを開放地とする。建物等の遮蔽物が散在するエリアを郊外地とする。</li> <li>・パラメータKの仮説 パラメータKは水面が地上より低い面に位置していることに着目し、地上高ではなく水面を基準にしたアンテナ高を考慮する必要があると考えた。</li> </ul> <p>ユースケース環境における下記の3パターンでパラメータKが変動する。水面割合が多いほどパラメータKの値が高く、水面無しの場合ではK=0となる。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>①水面割合が40%程度</li> <li>②水面割合が80%程度</li> <li>③水面無し</li> </ol>



※国土地理院の地図を編集し使用

パラメータKの検証条件

## 技術実証テーマ I

## 線状の空間における電波環境やユースケースを想定した電波伝搬モデルの精緻化 (2/3)

## 【パラメータSの精緻化】

精緻化前の定義では、開放地と定義した測定点においてエリア算出法で求めた損失より、損失が少ない測定点と損失が多い測定点で共通点を確認した。

## ・損失が少ない測定点

→線状空間で400mを超える距離でも遮蔽物がなく、完全な見通し環境が続く

## ・損失が多い測定点

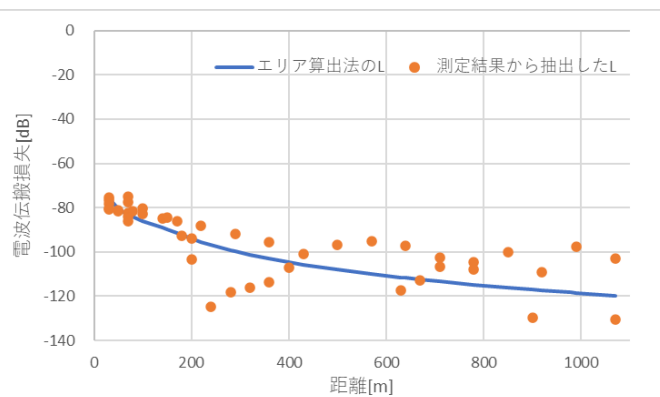
→建物や樹木などの遮蔽物はないが、河川敷では様々な箇所で見通し外となるため、スポット的に見通し外環境となる。

このため、精緻化として下記2点の定義を反映し、精緻化前後でRMSEによる誤差を評価したところ、精緻化を行うことでRMSE評価による誤差が改善(減少)したことを確認した。

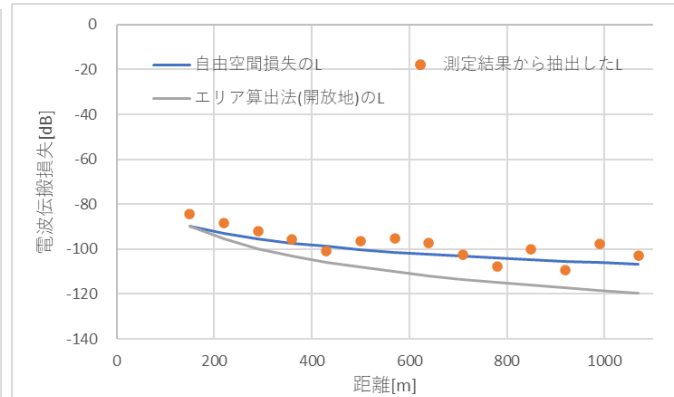
・線状空間のように400mを超える距離でも開放地相当の環境が続く場合は、自由空間損失の損失量とする

・開放地と分類した環境のうちエリア端周辺が見通し外となる場合は「郊外地(S=12.3)」と分類する

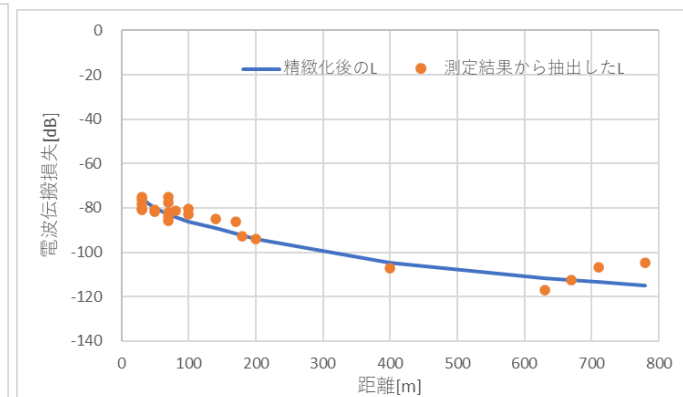
分類	仮説時のRMSE	精緻化後のRMSE
開放地(S=32.5)	9.72	4.19
郊外地(S=12.3)	6.47	6.24
自由空間	-	4.46



仮説時の開放地モデルと実測値



精緻化後の自由空間モデルと実測値



精緻化後の開放地モデルと実測値

## 線状の空間における電波環境やユースケースを想定した電波伝搬モデルの精緻化 (3/3)

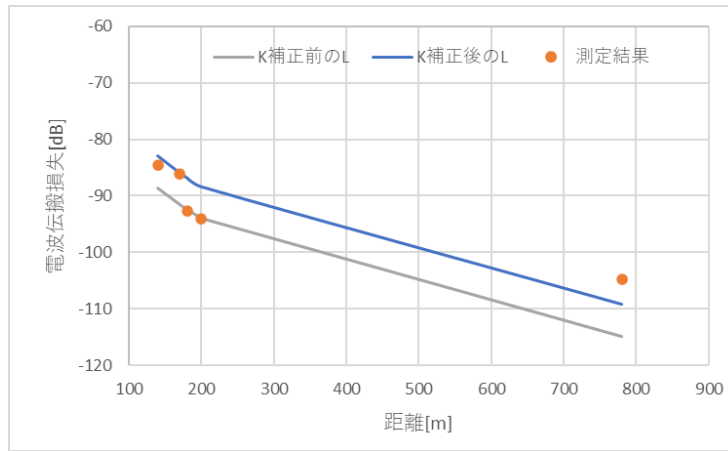
### 【パラメータKの精緻化】

移動局側の補正 $K_m$ 、および基地局側の補正 $K_b$ はそれぞれ水面高さに比例すると考えた。

$K_m = 15 \log_{10}\{(H_m + \beta)/H_m\}$  → 審査基準の地上高1.5mに対し、水面基準に考えると何倍の高さとなるか。

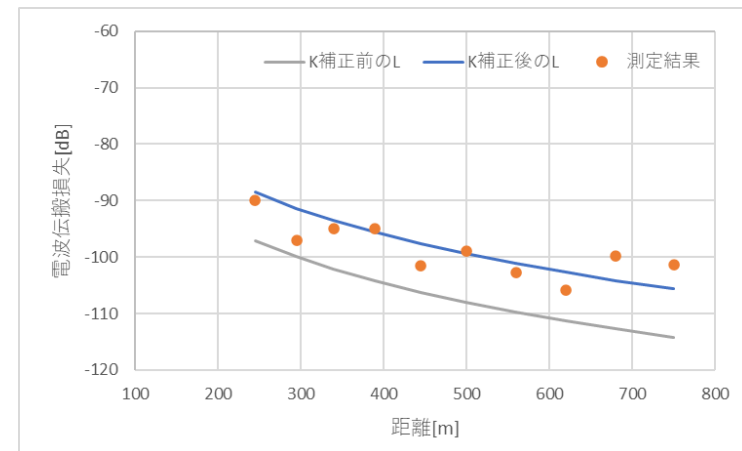
$K_b = 20 \log_{10}\{(H_b + \alpha)/H_b\}$  → 審査基準補正項 $b(H_b)$ の式を引用。

ここから水面割合による補正をさらに行いパラメータ $K$ を算出。(水面割合が40%→算出した $K$ から4dB減算、80%→1dB減算)  
 精緻化前後でRMSEを評価し、改善を確認したことで、本精緻化は有効である。



精緻化後の伝搬損失と測定値の誤差

①水面割合が40%  $K=5.5$



精緻化後の伝搬損失と測定値の誤差

②水面割合が80%  $K=8.5$

	精緻化前 ( $K$ を考慮しなかった場合( $K=0$ ))のRMSE	精緻化後 ( $K$ を適用した場合の)RMSE
①水面割合が40%程度	5.44	4.23 ( $K=5.5$ )
②水面割合が80%程度	8.41	3.17 ( $K=8.5$ )
③水面無し	3.98	—

# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化 (1/2)

柔軟化の対象： ■ 不感地対策 ■ 他者土地への電波漏洩軽減

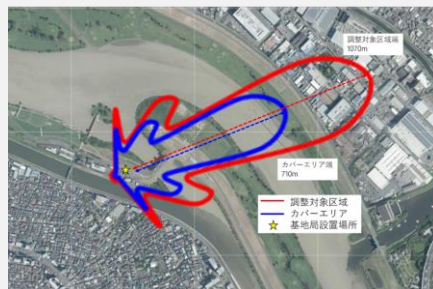
解決方策 ■ 反射板 ■ 中継器 ■ DAS ■ LCX ■ その他(複数基地局)

**エリア構築の課題 技術的課題** ユースケースで想定される災害時は、可搬型のRUが必要である。しかし、可搬型は低出力であるため1台の基地局で広域な線状の空間をカバーすることが困難である。このため、レピータや複数基地局によるエリア拡大が必要となる。

**上記課題の 解決方策** 課題解決前：可搬型RUにて広域な線状の空間をカバーすることが困難。  
課題解決後：レピータおよび複数基地局にてエリア拡大を実現する。

## 業務区域、カバーエリア、調整対象区域、自己土地、他者土地

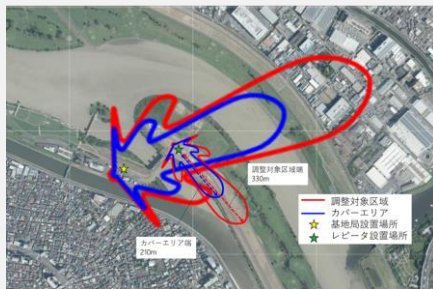
- ・単一基地局では、水門による電波遮蔽により蛇行する業務区域内にて不感地帯が生じた。
- ・レピータおよび複数基地局を使用することで電波遮蔽を迂回するようにエリア構築を行った。
- ・線状空間をカバーし、かつ他者土地への電波漏洩を軽減するため挟角(半値角20度)のアンテナを使用した。



(単一基地局)  
カバーエリア／調整対象区域



業務区域／自己土地／他者土地



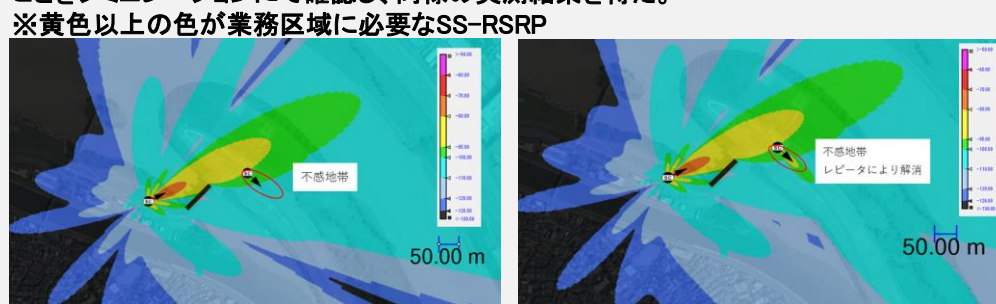
(レピータ追加)  
カバーエリア／調整対象区域

## エリア構築のシミュレーション

方法：iBwave社iBwave Designを使用し、計算はレイトレース法を使用。遮蔽物(水門)を3Dポリゴンにて再現し、不感地帯のシミュレーションを実施した。

- ・シミュレーション実施により、単一基地局の使用では遮蔽物の裏側の業務区域では所望のSS-RSRPが確保できない見込みであることをシミュレーションにて確認し、同様の実測結果を得た。
- ・レピータおよび複数基地局を設置することで、不感地帯の解消が可能な見込みであることをシミュレーションにて確認し、同様の実測結果を得た。

- ※黄色以上の色が業務区域に必要なSS-RSRP



(単一基地局)  
シミュレーション結果

(レピータ追加)  
シミュレーション結果

評価：[実用性、優れる点、留意点等]

- ・遮蔽物による不感地帯の場所、範囲を基地局設置前に把握することができた。
- ・水門など同様の遮蔽物が存在する河川においても当シミュレーション結果は流用可能であり、有用な知見となった。

※各図は国土地理院の地図を編集し使用



# 技術実証テーマⅡ\_線状の空間におけるエリア構築の柔軟化(2/2)

柔軟化の対象: ■ 不感地対策 ■ 他者土地への電波漏洩軽減

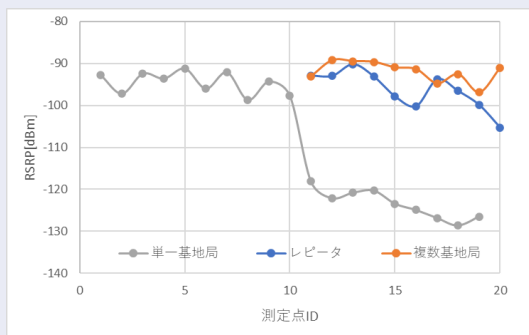
解決方策 ■ 反射板 ■ 中継器 ■ DAS ■ LCX ■ その他(複数基地局)

## 実証結果

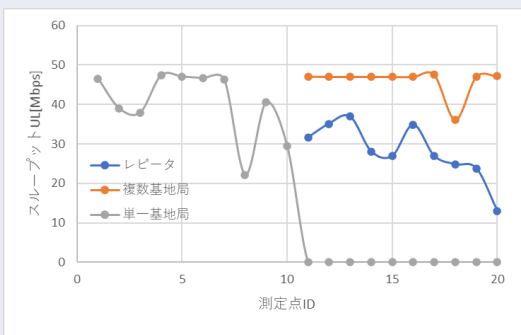
・単一基地局使用時(各グラフ灰色)  
 測定点1~10ではSS-RSRPおよびスループット(UL/DL)で所望の結果が得られた。  
 測定点11~20では想定通り不感地帯となり、SS-RSRPの急激な低下(20dB以上)が確認できた。

・レピータ設置時(各グラフ青色)  
 単一基地局使用時で不感地帯となった測定点11~20でSS-RSRPおよびスループットの改善が確認でき、不感地帯解消を実証した。

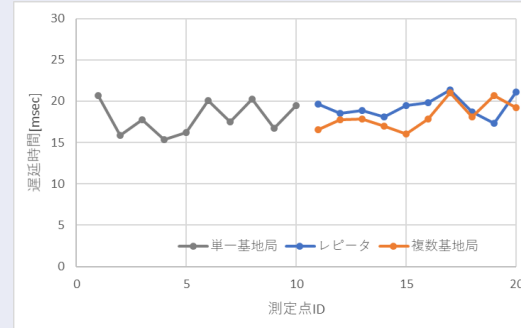
・複数基地局使用時(各グラフオレンジ色)  
 レピータ設置と同等に不感地帯の解消が確認できたとともに、レピータに比べスループットULが基地局から離れた測定点でも良好であった点から、レピータ以上のエリア拡大を確認した。



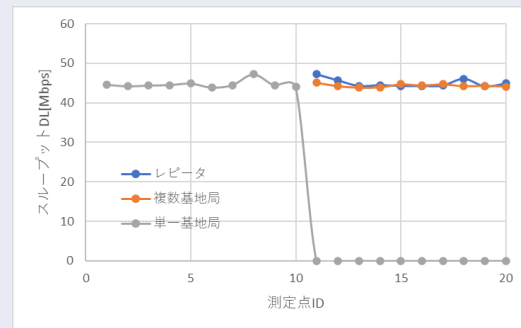
SS-RSRP



スループット(UL)



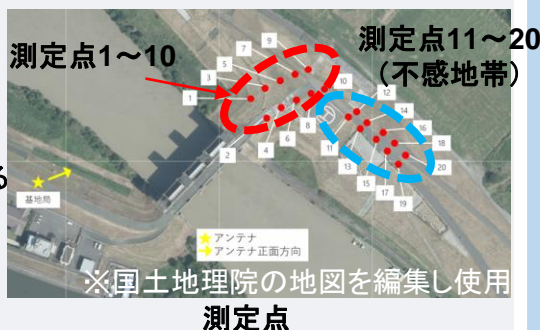
遅延時間



スループット(DL)

## 実証の成果

・レピータおよび複数基地局を使用することで、単一基地局使用時で生じていた不感地帯を解消することができた。  
 ・レピータとしては概ね100m程度の不感地帯を解消でき、複数基地局ではさらなる距離(300m程度)にて解消できる見込みであることから、局所的な不感地帯はレピータを使用し、より広域なエリア拡大では複数基地局を使用することが望ましいという知見を得た。



## 写真



レピータ



複数基地局(車載)

---

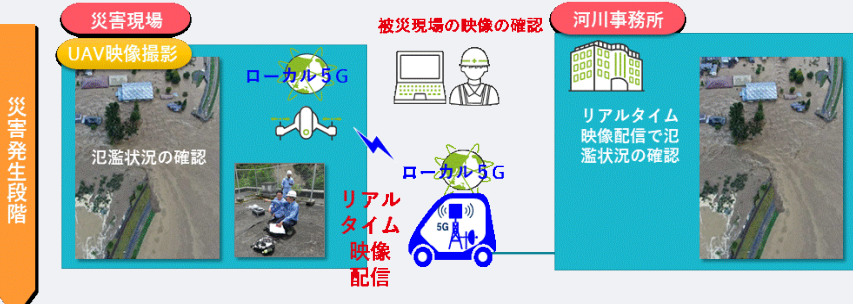
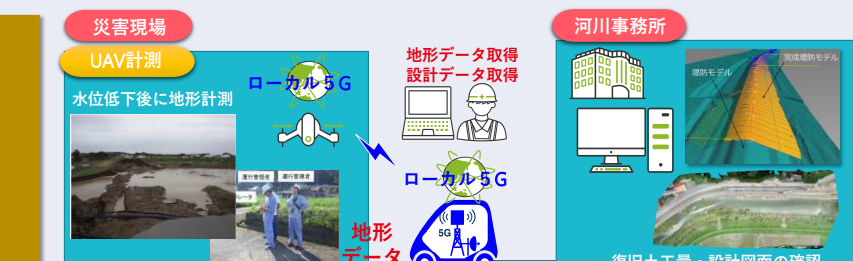
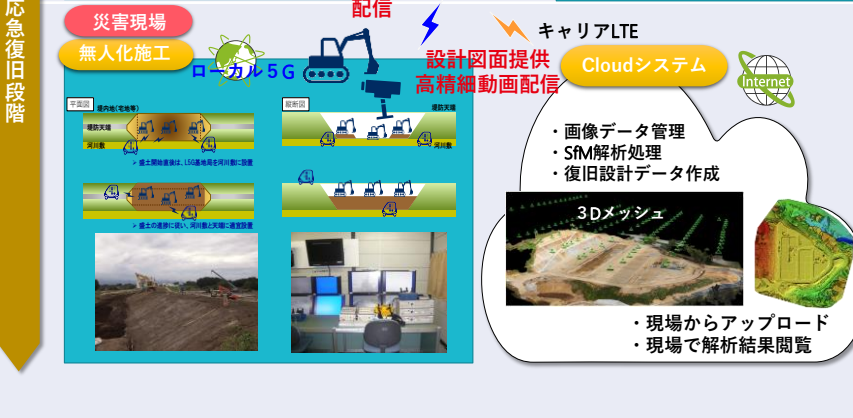
## ローカル5G活用モデルに関する検討(課題実証)

---



# 実証概要

- ✓ 災害発生段階と応急復旧段階におけるローカル5Gを用いたソリューションの概要と実証目標

	ソリューション概要	実証目標
<p>◆ドローンからのリアルタイム映像配信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>リアルタイムでドローンからのフルHDの映像を受信できるシステムを構築</li> </ul>	<p><b>災害発生段階</b></p> 	<p><b>実証目標</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンに搭載したカメラから高精細映像をリアルタイムで自動送信</li> <li>災害時に災害協業者等に指示を行う国交省職員等が、被災状況を確認でき、発災時の情報収集の効率化、復旧の迅速化および被害の軽減に寄与する鮮明な映像を確認</li> </ul>
<p>◆ドローンからのリアルタイム画像伝送・3D地形データの自動作成</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>画像データを自動送信し、クラウドで自動的に3D地形データを生成するシステムを構築</li> </ul>	<p><b>応急復旧段階</b></p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンに搭載したカメラから画像データをリアルタイムで自動送信</li> <li>撮影開始時から静止画像のクラウドサーバでの受信にかかる所要時間を従来手法から50%以上短縮</li> </ul>
<p>◆建機のICT施工における設計データの取得と無人化施工での現場の映像配信</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>施工用設計データを受信し、施工時に現場の状態を確認するためのカメラ車を配置の上、現場の状況をリアルタイムに確認するシステムを構築</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>施工用設計データをクラウドから受信</li> <li>3D地形データの自動作成→設計データ作成→ICT建機にデータインプットするまでの一連の施工準備に要する所要時間を従来手法から50%以上短縮</li> <li>支障なく建機の無人化施工動作の実施</li> <li>従来の無線LANにおけるカメラ映像の画質、伝送遅延、データ伝送容量の観点から比較し、施工性の向上(施工効率、施工速度、安全性)</li> </ul>

# 実証環境

実証箇所は、荒川下流域の北区岩淵地区、足立区新田地区を設定

## 〈河川選定の視点〉

- ・過去に被災を受けた流域であり、仮設立案、検証が可能な河川
- ・堤防形状、背景地の土地利用、川幅、河道内樹木等、環境が異なること
- ・実証作業中の運用にあたり、近方であること
- ・動植物の生息環境等に影響が及ばないこと

## 〈地区選定の視点〉

- ・堤防形状：線状エリアの精緻化のために直線/曲線/蛇行の異なるモデルが検証できる
- ・背景地：精緻化のパラメータである市街地/郊外地/解放地の違いがある
- ・川幅：水面反射が影響を確認するための川幅の違いが見られる
- ・遮蔽物：見通しによる影響を確認するための構造物等の有無の違いがある

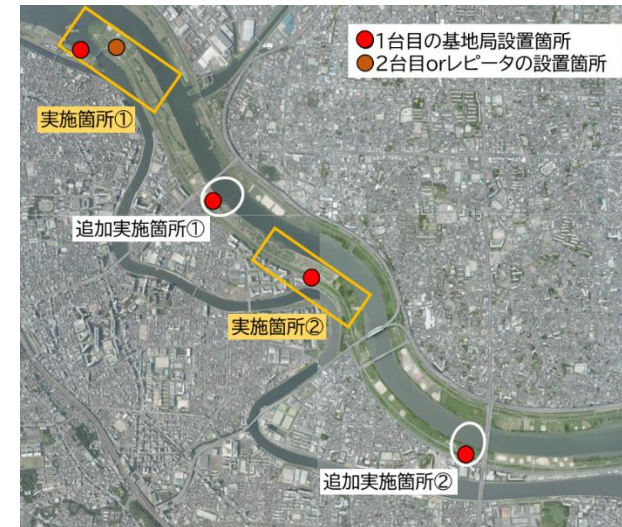


表 実証環境(河川)の状況

	岩淵地区(北区)	新田地区(足立区)
川幅	狭域	広域
遮蔽物	水門	無し
堤防線形	蛇行	直線
背後地	広大な河川敷を田畑(郊外地)と見立てて実施	住宅地(市街地)





# 実証内容 ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証

## 1) 機能検証の「検証方法」の概要

実証項目	検証手法	
◆ドローンからのリアルタイム映像配信	定量	・ローカル5Gエリア内の作業員パソコンに高精細映像(解像度フルHD1080iを想定)の伝達を確認 ・映像の鮮明さについては、危機管理用途の映像として十分な映像かどうか、国土交通省関係者によって評価
	定性	・従来手法(LTE)で実施した場合と比較して、鮮明な映像を見ることができるか作業員が目視で確認
◆ドローンからのリアルタイム画像伝送・3D地形データの自動作成	定量	・クラウドサーバを管理するオフィス作業員が画像の伝達を確認 ・ドローンの画像取得時間とクラウドサーバでの画像の受信時間を確認、従来手法からの短縮率を算定 ・スループットについては、測定ツール等を使用し、端末の受信レベルと最大スループットを測定
	定性	・施工用設計データが受信されているか現地作業員のPCおよび建機のマシンガイダンスで確認
◆建機のICT施工における設計データの取得と無人化施工での現場の映像配信	定量	・従来手法からの短縮率を算定
	定性	・施工用設計データにより、従来と変化なく動作ができるか作業員が目視で確認 ・映像の乱れ、ブレはないか、作業員パソコンで、複数人で目視確認

## 2) 運用検証の「検証方法」の概要

- ①保有・運用主体の適性検証    ②運用マニュアルの作成の検証    ③研修プログラムの検証    ④メンテナンスサポートの検証

## 3) 効果検証の「検証方法」の概要

実証項目	検証手法	
◆ドローンからのリアルタイム映像配信	定量	・ローカル5Gシステムと従来手法の総時間との比較による迅速性の効果を整理
	定性	・ローカル5Gシステムと従来手法の映像を目視確認で比較
◆ドローンからのリアルタイム画像伝送・3D地形データの自動作成	定量	・ローカル5Gシステムと従来手法の総時間との比較による迅速性の効果を整理 ・3D地形データ作成のサービスの活用効果(精度、迅速性)を整理
	定性	・設計用データ作成におけるローカル5Gシステムと従来手法の総時間との比較による迅速性の効果を整理
◆建機のICT施工における設計データの取得と無人化施工での現場の映像配信	定量	・建機へのデータ伝送におけるローカル5Gシステムと従来手法の総時間との比較による迅速性の効果を整理
	定性	・ローカル5Gシステムと従来の手法における建機の安全な動作の変化を検証

# 実証内容 ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証

## 検証結果サマリ

ソリューション名	評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察および対応策	
ドローンからのリアルタイム映像配信	機能	<ol style="list-style-type: none"> <li>高精細映像の伝送</li> <li>危機管理用途の映像精度かの判断</li> <li>従来手法(LTE)との鮮明度の比較</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>高精細映像(1080i)の伝送</li> <li>危機管理用途の映像としての活用</li> <li>従来手法よりも高精細</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>単独・FWA:概ね400m内ならば確実(最大590m)レピータ中継:概ね100m</li> <li>河川管理者から高評価</li> <li>鮮明な映像を確認(数秒遅延あり)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> <li>○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>映像到達限界範囲は、アンテナ角、高さ、飛行高度によって変化するものの、400m内ならば高精細映像を確認。環境・条件に応じた設定が重要であるため運用の手引き等を作成し対応。</li> <li>映像の質は問題ないため、エリア構築が重要。</li> <li>従来と比べローカル5Gの映像の方が鮮明であり動きもスムーズ。エリア端部になると5秒程度の遅れが見られたが、被災時のリアルタイム情報伝達の観点からは支障がない。</li> </ol>
	効果	<ol style="list-style-type: none"> <li>映像伝送の迅速性(時間比較)</li> <li>映像の乱れブレ</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>従来手法より迅速</li> <li>従来手法(LTE)との比較</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>最大98%の短縮</li> <li>鮮明な映像を確認(数秒遅延あり)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>○</li> <li>○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>迅速な伝送と公共ネットワークが遮断された場合にも有効。初動に大きく貢献可能。</li> <li>高精細映像の伝送により、災害時の状況把握に効果的。</li> </ol>
ドローンからのリアルタイム画像伝送・3D地形データの自動作成	機能	<ol style="list-style-type: none"> <li>クラウドサーバへの画像伝達</li> <li>従来手法からの短縮率の算定</li> <li>スループットの測定</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1~2秒間に1回、8MB画像の伝送</li> <li>50%の短縮</li> <li>目標UL45Mbpsを満足</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>約15秒に1回、平均15MBの画像の伝送</li> <li>45%の短縮</li> <li>基地局から330mの位置でUL27Mbps、50mの位置でUL48Mbps</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>△</li> <li>△</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>クラウドへのアップロードは公共電波(現地環境)に起因。今後、電波が安定した場所での撮影後一括アップロードへの改良により、一層の時間短縮に期待。</li> <li>短縮効果が確認されたことに加え、人手の工数削減にも寄与し現地作業上の優位性を確認。</li> <li>基地局との離隔等考慮し、環境・条件に応じた設定が重要。運用の手引き等を作成し対応。</li> </ol>
	効果	<ol style="list-style-type: none"> <li>画像伝送の迅速性(従来との時間比較)</li> <li>3D地形データ作成のサービスの活用効果</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>50%の短縮</li> <li>サービス活用による精度と迅速性の向上</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>45%の短縮</li> <li>高精度3D地形モデルが迅速に設計施工データ作成に移行</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>△</li> <li>○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>短縮効果が確認されたことに加え、人手の工数削減にも寄与し現地作業上の優位性を確認。</li> <li>サービス適用により従来の現地測量や設計を実施する場合に比べ、6時間(75%)の短縮率を実現し、リスク防止の観点から効果大。</li> </ol>

# 実証内容 ローカル5G活用モデルの有効性等に関する検証

## 検証結果サマリ

ソリューション名	評価・検証項目	目標	検証結果	目標達成状況	考察および対応策	
建機のICT施工における設計データの取得と無人化施工での現場の映像配信	機能	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工用設計データを現場で受信</li> <li>2. 従来からの短縮率の算定</li> <li>3. ガイダンス画面で、動作確認</li> <li>4. 映像の乱れ等の目視確認</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 正常の確認</li> <li>2. 50%の短縮</li> <li>3. 正常の確認</li> <li>4. 正常の確認</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 従来と同等</li> <li>2. 74%の短縮</li> <li>3. 従来と同等</li> <li>4. 従来と同等</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ○</li> <li>2. ○</li> <li>3. ○</li> <li>4. ○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遠隔から設計データを敏速にセットアップ。</li> <li>2. 従来の現地測量や設計を実施した上で設計施工用データを作成する場合に比べ、約9時間(74%)の短縮率を実現し、リスク防止の観点から効果大。</li> <li>3. 従来と同様の品質でガイダンス画面上の動作を確認</li> <li>4. 従来と同等の画質で安定性の確認に寄与。アームの位置により若干の映像のブレが確認されたため、運用時の配置の留意点として反映。</li> </ol>
	効果	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 設計データ作成比較による効果・データ伝送比較による効果</li> <li>2. 従来との動作の変化を検証</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 50%の短縮</li> <li>2. 正常の確認</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 74%の短縮</li> <li>2. 従来と同等</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ○</li> <li>2. ○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 施工用設計データのセットアップは、時間の短縮が図られ、作業人数の減少により人的ミスの減少にも効果的。</li> <li>2. 操作・画像ともに安定して受送信が可能。従来同等の作業時の安全性も確認された。</li> </ol>
上記一連のソリューションの運用全般	運用	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保有・運用主体の適性検証</li> <li>2. 運用マニュアルの作成の検証</li> <li>3. 研修プログラムの検証</li> <li>4. メンテナンスサポートの検証</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保有・運用主体の適性評価</li> <li>2. マニュアル内容の立案</li> <li>3. 具体的な研修プログラム案の立案</li> <li>4. 具体的なサポート内容の立案</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ヒアリング結果をふまえ、適切な体制を精査</li> <li>2. 各作業の内容や手順、留意すべきポイントについて、マニュアル構成案としてとりまとめ</li> <li>3. 「導入時研修」、「定期研修」、「出水期前研修」の3つのプログラムを整理</li> <li>4. 「定期点検」と「トラブル発生時の保守」の内容を整理</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ○</li> <li>2. ○</li> <li>3. ○</li> <li>4. ○</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 保有は、河川管理者、運用体制は、測量業者や災害協業者(施工業者)に本システムを貸与・委託</li> <li>2. 確実かつ安全な運用に向け、継続的に現地実証を実施するとともに、国交省等河川管理と意見交換し、マニュアルの充実が重要。</li> <li>3. 確実かつ安全な運用に向け、継続的に現地実証を実施するとともに、国交省等河川管理と意見交換し、実務者が持続的に対応できるプログラム構成、内容の充実が重要。</li> <li>4. 突発的な機器トラブル・不具合への対応も考慮し、専門的なスキル(技術)を有した常設メンテナンスチーム等によるサポート体制の充実が重要。</li> </ol>

# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証

## 1) 経済性・市場性の検証

**【市場規模】** 河川の直轄事務所への導入ほか、海岸・砂防の直轄事務所、県管理の河川・海岸・砂防の事務所への導入拡大ケースを想定した本ソリューションに関する市場規模は、359.3億円／年（配備箇所数1,055箇所）

**【経済性】** 本ソリューションの導入により、三次元計測・3Dモデル作成にかかる作業時間は従来の3割(0.5日)に短縮でき、急速な気候変化のリスク対応に寄与。また、平常時の河川巡視や施工管理において、管理者が遠隔監視できるようになり、現地に確認に要する人件費、1工事あたり年間540万円、河川巡視は年間144万円の削減が期待できる。

## 2) 運用スキーム・ビジネスモデルの検討

### 【運用スキーム・ビジネスモデル】

ローカル5Gの安全な導入・運用には、機器の提供、定期的な操作研修、専門家によるメンテナンスサポートが必要であるため、電気通信、測量、建機の技術を有する共同企業体による運用・保守サポート体制を検討。共同企業体は、利用者である河川管理者から業務委託を受け、システム開発、機器提供、運用保守サポートをパッケージ化して提供。建機は、測量業者・施工業者へ提供し、利用料金を得る。

### 【運用スキーム(現地で取得したドローン映像等のデータ利用)】

河川の光ファイバー等と連携し河川事務所、地方整備局、本省とリアルタイムで情報共有

### 【国土交通省ヒアリング・視察会の意見交換におけるローカル5G導入への期待や課題】

- ・災害時に高解像度の映像がリアルタイムで見られることはメリットとなる。
- ・災害時の天候の影響に留意が必要。
- ・導入は、コスト、免許申請など法的な条件にも起因。河川区域一帯の包括申請、区域内の移動等柔軟な運用を望む。
- ・災害時に堤防決壊等が生じて公物ネットワークが破損した場合の独自回線網の構築に期待。

## 3) ローカル5G活用モデルの構築

### 【概要】

ローカル5Gを搭載した車両を基地局(固定局)として、また、ドローンや建機を移動局として、被災箇所における通信環境システムを構築。基地局からLTE接続によりクラウドにアクセス可能。また河川管理者が管理する光ファイバー等の既存通信インフラとも連携することにより、現場から離れた場所に位置するエンドユーザの事務所へのデータ伝送も可能となるシステムを構築。

### 固定局

<可搬型ローカル5G基地局>



ハイエースに伸縮ポール(最大10m)と頂部に5G機器を搭載

Sub6帯  
アンテナ



Sub6一体型基地局  
4.6-4.9GHz (100MHz幅)  
250mW/RF端子×2

### 移動局



国産ドローン(5G端末搭載) 端末: K5G-C-100A

無人化施工用建機(5G端末搭載)



5G端末 カメラ車



# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装性に関する検証

## 4) 実装性を高める手法の検討および実行

### (a) 既往アンケートや市場調査の把握

- 【動向】 本実証モデルが想定ユーザとするパブリックセクター一般は、ローカル5Gを活用した地域課題解決に関心が高い。本実証モデルの主たる要素技術(データ伝送、建機の遠隔運用)の早期市場普及が見込まれる。2022年度、国内SIer事業者によるローカル5Gの低価格パッケージ発表も追い風傾向。(日本政策投資銀行, 2020: IDC Japan, 2022: 5G利活用型社会デザイン推進コンソーシアム, 2023)

### (b) ローカル5Gと連携したドローンによるリアルタイムデータ伝送の実装を高める上での課題や対策の把握

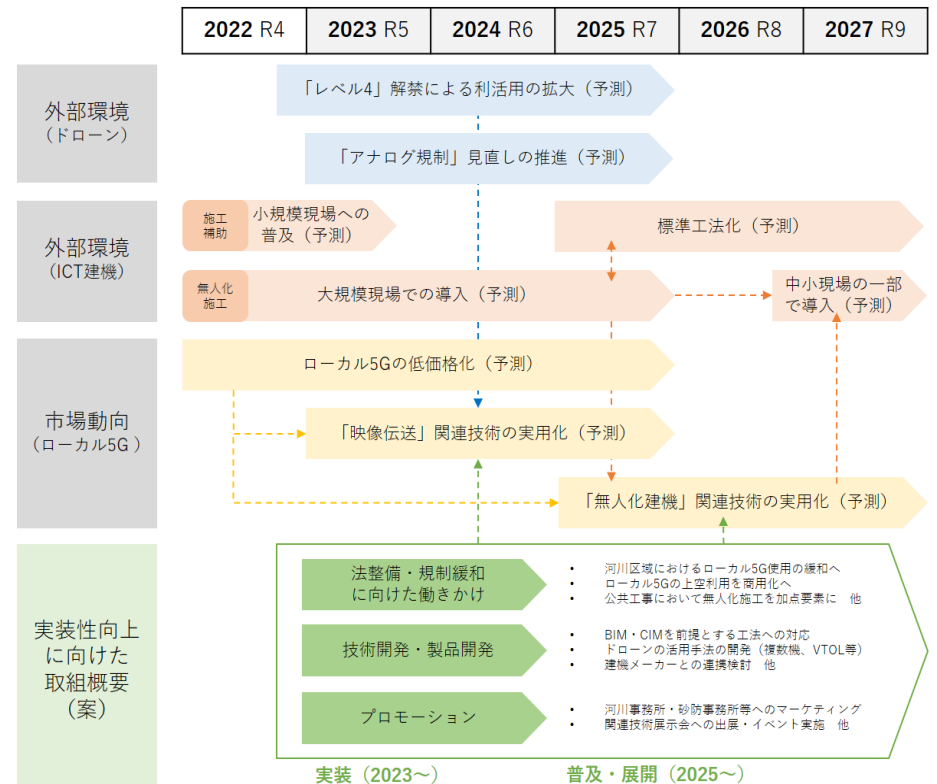
- 【動向・課題】 アナログ規制見直しなど、今後ドローン等を活用する業務環境の増加、ユースケースの多様化が見込まれる。しかし現行の商用免許ではローカル5G上空利用は認められておらず、基地局のカバー範囲・移動についても制限が多いため、河川区域での実装・普及の環境整備は十分ではない。またドローンのバッテリー性能も限定的である。(インプレス, 2021: 本実証におけるヒアリング調査)
- 【対策】 ソリューションパッケージ充実によるユーザビリティ向上が不可欠。実績をもとに関係省庁等への働きかけを図る。ドローンの運用時間向上のため、VTOL機(エンジンタイプを含む)や有線給電システムの活用などの選択肢を検討・検証する。

### (c) ローカル5Gと連携した無人化施工の実装を高める上での課題や対策の把握

- 【動向・課題】 無人化施工へのローカル5G導入には障壁が2種類ある: ①公共工事において無人化施工の加点項目でない上、既存の通信規格(例: Wi-Fi)でも無人化施工が実施可能なため、ローカル5G導入のインセンティブに乏しい点。②既存の通信規格と比べて、ローカル5G利用には高い専門性が要求され、導入・運用費用も高いため、現時点では伝送能力等のメリット以上に、デメリットが大きく映る点。(日経BP, 2020: 本実証におけるヒアリング調査)
- 【対策】 ローカル5Gを活用した無人化施工手法の開発、および精度・信頼性の向上を図る上で、建機メーカー・建設会社などの連携も視野に、実績を積み上げる。それと並行して、その成果等に基づいた公共政策活動を関係省庁等に対して働きかけることにより、民間における技術開発の促進、および現場導入・普及のインセンティブ強化を目指す。具体的には、中長期的な方針策定、ならびに具体的なガイドライン・基準等の作成を図る。

### (d) 今後の展開(ロードマップ)の整理

- (a)~(c)をふまえて、今後の実装性向上に向けた取組(案)の検討の結果としてロードマップを作成。現時点で主に留意すべきと思われる、今後5か年にわたる外部環境の動向予測との影響関係を整理すること留意した。
- 最下段には本実証モデルの実装性を高める上での取組概要(案)を、大きく「法整備・規制緩和に向けた働きかけ」、「技術開発・製品開発」、「プロモーション」の3点を整理した。



# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装にかかる課題の抽出および解決策の検討

## ローカル5G活用モデルの実装に向けた課題と解決策

実証項目	課題の抽出	解決策の検討
ドローン映像配信	・ローカル5Gエリア端部、外での映像の乱れ、遅延の発生	・ローカル5Gエリアを把握したドローンフライト計画の作成、マニュアルの整備(天候に応じた運用を含め)
ドローン画像伝送・3D地形データ作成	・ローカル5Gエリア端部、外でのデータ伝送不備および3GD地形データの精度劣化 ※撮影毎のデータ伝送に改良の余地あり	・ローカル5Gエリアを把握したドローンフライト計画の作成、マニュアルの整備、天候に応じた運用 ・伝送方法改良による確実かつ迅速な伝送
ICT/無人化施工建機の稼働	・基地局とローカル5G端末間に重機のアームが重なると画像に乱れが発生	・ローカル5Gエリアを把握した基地局と建機の配置

## 実現化・発展に向けた課題と解決策の方向性

課題の抽出	解決策の検討
広範囲計測を伴うローカル5Gエリア構築	ローカル5G機器改良による電波出力・範囲の強化 可搬型ローカル5G基地局の機動性、柔軟性(アンテナ旋回)の活用、複数配置の検証
ドローン改良	ケーブル接続部の強化、補強による改善 電源供給ドローン、エンジンドローンの開発等
ローカル5G機器の導入コストの低減	横展開や普段使いを意識した導入、普及拡大によるコスト低下を实践
天候に応じた的確な運用の実施と機器の機能改善による対応力の向上	天候時の運用検証、雨風に強い基地局ポールの開発、全天候対応型のドローン開発

## 天候に応じた運用(案)

実施項目	風速5m以下		風速5m以上	
アンテナ設置高	10mまで可能	○	風速10m以下の場合、アンテナ高を5m程度で実施。風速10m超過の場合はアンテナを極力伸ばさない運用。	△
ドローン映像配信	特に影響無し	○	上空飛行せず地上でドローン搭載のカメラを活用した映像取得、伝送を実施。	△
ドローン画像伝送	特に影響無し	○	飛行不可のため実施不可	×
ICT/無人化施工建機の稼働	特に影響無し	○	設計データはドローンによる3D地形データからの取得は困難のため、別途準備。アンテナ高に応じて建機の動作確認を実施しつつ運用。	△

# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 1) 実装・普及展開シナリオ(目指すべき姿、現時点の課題(ミッシングピース)、将来像の実現に向けたシナリオ)

- 令和5~6年度に国土交通省河川事務所(荒川下流河川事務所を想定)による試行継続・実装を実施する。
- 令和10年度までを目途に、国土交通省所管の河川事務所への普及展開完了、国土交通省所管の他事務所(港湾・砂防)、都道府県土木部局への一部普及展開を図る。

### メインシナリオ

堤防決壊等、甚大な被害が発生した場合、素早く被災状況を把握し、情報共有の上、迅速なかつ安全に復旧作業を行うことが求められている。

そのため、災害後、被災現場において早期に『データ容量制限や送受信の遅延がなく、安定した通信環境』を構築することが非常に重要である。

特に、災害直後においては映像により変化する氾濫状況を把握することが重要である。また、水位が低下した後、被災延長の確認や地形計測を行い、応急復旧に必要な資機材の算定や設計図の作成が必要である。

これら一連の活動の迅速化に向けて、ドローンの活用および無人化施工建機の活用により、高度化・効率化を図るスマート災害復旧を実現する。



災害時の可搬型ローカル5Gモデルは、災害箇所に迅速に移動し、ローカル5Gエリア構築を実施できる。

また、ドローンや無人化施工建機と一体的なパッケージとして管理・運用されることが効果的である。



管理場所としては、国土交通省では災害時の迅速な対応のため、「河川防災ステーション」や河川事務所に災害対策車両・機器等を保管するための倉庫等が整備されており、これらの活用が望ましい。

運用面では、実装後もマニュアル作成や操作等の講習会を継続体を実施し、自主的な運用が可能なよう、体制構築を図っていく。(河川管理者のみならず、測量業者や災害協定業者(施工業者)含む)



まずは国土交通省河川事務所を対象に先行的に実装し、持続的に、砂防の事務所、海岸・港湾の事務所、道路事務所に展開する。

また、都道府県出先事務所への展開も図る。

さらに、民間業者への実装も展開する。

一方、災害時のみならず、平常時の活用として、河川の巡視・点検への展開、あるいは河川工事への適用を図っていくものとする。

### 現時点での課題(ミッシングピース)

#### 【法制度の面】

- 現行のローカル5G商用免許のもとでは、上空方向へ電波を放出した状態での利用が許可されない点、基地局の移動が許可されない点

#### 【ソリューションパッケージの面】

- ユーザが運用しやすい、冗長性・汎用性の高いモデルの構築・提供が必要な点

### 留意点

- 現行の日本国内において、災害時におけるローカル5G環境の構築、および災害対応(ドローン等による情報収集ならびに建機等による無人化施工)を実用化した前例がないことを考慮し、段階的な検証を通じて発展・拡張させる「フォアキャスト型」を念頭に、実装の推進を図る。
- 特に新技術を段階的に実装させ、発展・拡張させていくためには、ユーザーニーズのきめ細かい把握だけでなく、とすれば「現行のままでも十分やれている」となりがちなユーザーの認識・判断に対して、ユーザーとのコミュニケーションおよび着実な実績作りをいまで踏み込み、本モデルに対する市場の認識の移行——「a nice-to-have(あったらいいもの)」から「a must-have(絶対に必要なもの)」へ——を促すなど、そのような意味でのニーズの創出を図ることが不可欠である。
- 当初の実装エリア以外への「普及展開」を図る上では、国土交通省における河川の災害対策、および「インフラ分野のDX(デジタルフォーメーション)アクションプラン」において示される工程を念頭に、既存の光ケーブルや衛星通信装置などとの連携、また本実証において検討した可搬型の利活用だけでなく、河川設備に常設する場合の活用についても継続して検討を行う必要がある。

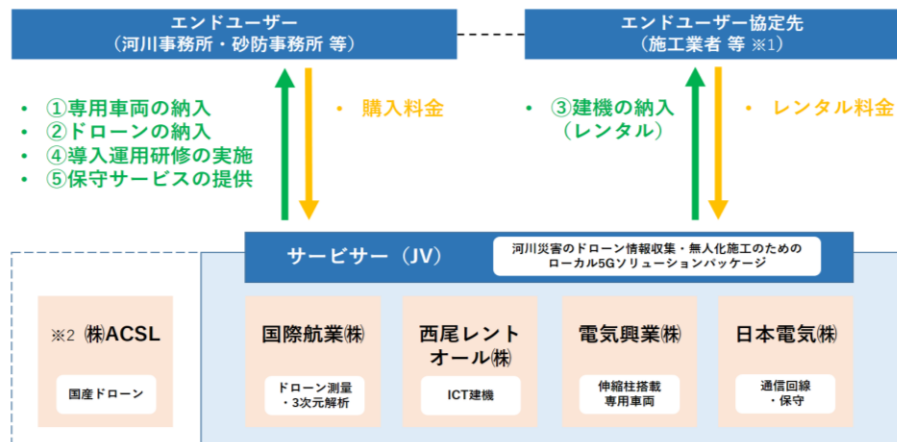
# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 留意点(続)

- 主サービスの段階的かつ着実な「実装」を促進し、また解約率を低く抑えるために、主サービスと併せて、「運用マニュアル」、「研修プログラム」、「メンテナンスサポート」を提供し、カスタマーサクセスを実現する。(※サポートは主サービスにとっての付属品ではなく、ユーザとのコミュニケーションを促進し、主サービスのさらなる開発・充実に活かし、そして「実装」「普及展開」を支える重要なサービスである。今後の段階的な発展・拡張に応じて、運用マニュアル、研修プログラム、メンテナンスサポートの種類および質の向上を図っていく。)

サポートの種類	概要
運用マニュアル	各主体において統一した対応が可能となる基本的な運用マニュアルを提供する。
研修プログラム	マニュアル提供のみでの実運用は困難なため、導入時や毎年の出水期前における定期的な研修教育プログラム(現地訓練等)を提供する。
メンテナンスサポート	災害時に支障なく活用できるよう、出水期前等の事前メンテナンスサポートを提供する。

## 2) 実装計画の実施にあたっての実施体制



※1 河川事務所による協定先企業の選定等を、本JVが妨げるものではない。  
 ※2 本実証におけるコンソ内企業をJV構成メンバーと想定し、株ACSLは枠外に置いた。

### 【提供サービス】

- エンドユーザである河川事務所等に対して、資機材(①伸縮柱搭載等専用車両、②ローカル5G端末搭載ドローン)を販売する。それに併せて、④導入・運用研修プログラム、⑤資機材の保守サービスを販売する。以上が、導入年度においてユーザが負担するイニシャルコストである。導入2年目以降には、導入・運用プログラム、資機材の保守サービスが、本SLパッケージ継続のランニングコストとして毎年発生する。
- また③ローカル5G端末搭載の無人化施工建機について、本JVは、エンドユーザが災害協定等を締結する施工業者に対して、年間でのレンタル提供を行う。初年度と同様に、2年目以降にもレンタル提供を行う。

### 【体制】

本コンソーシアムの構成企業各社が、共同企業体(JV)に対して出資を行い、エンドユーザおよびその委託先企業との契約活動および各種サービス提供を担う。免許人は、国土交通省等の河川管理者、または、委託された通信事業者(例えば日本電気株式会社)が担う。

- 国際航業株式会社: 全体のトータルマネジメント、ならびにACSLの国産ドローンを用いたドローン測量、およびそれに付随するデータ解析・処理サービスの提供を担当。
- 西尾レントオール株式会社: リース・レンタルによる建機の提供・運用・保守を担当。
- 電気興業株式会社: 可搬型ローカル5G専用車両ならびに基地局設置柱の提供・運用・保守を担当。
- 日本電気株式会社は通信回線全般のサービス提供・運用・保守を担当。



# 実証内容 ローカル5G活用モデルの実装・普及展開

## 3) 実装計画・支出計画

		令和4年度(2022)	令和5年度(2023)	令和6年度(2024)	令和7年度(2025)	令和8年度(2026)	令和9年度(2027)
実装計画	全体計画 (SLパッケージ)		SLパッケージ化 実証/検証の継続	コンソ内 実装	他地域・他分野への横展開 運用後の課題、対策検討		
	ドローンソリューション	開発実証	安全性確保のための実地検証	コンソ内 実装	他地域・他分野への横展開 運用後の課題、対策検討		
	無人化施工ソリューション	開発実証	ローカル5G連携パッケージ化	コンソ内 実装	他地域・他分野への横展開 運用後の課題、対策検討		
	ローカル5Gシステム	開発実証	実装			国交省等環境ラストワンマイルのローカル5G置き換え	
収支計画(千円)	(1)ユーザから得る対価	-	0	634,305	1,580,991	2,840,959	5,031,837
	(2)補助金・交付金	-	0	0	0	0	0
	(3)収入((1)+(2))	-	0	634,305	1,580,991	2,840,959	5,031,837
	(4)ネットワーク設置費	-	0	0	0	0	0
	(5)ネットワーク運用費	-	0	0	0	0	0
	(6)ソリューション購入費	-	0	564,600	1,405,900	2,523,900	4,470,700
	(7)ソリューション開発費	-	60,000	0	0	0	0
	(8)支出((4)+(5)+(6)+(7))	-	60,000	564,600	1,405,900	2,523,900	4,470,700
	(9)収支((3)-(8))	-	▲60,000	69,705	175,091	316,159	561,167
収入、支出の算定根拠	<p>●パッケージ1台(1箇所)あたりのJV収支  <b>支出合計 5,671万円</b>  【購入】①伸縮柱掲載車両 2,404万円/台、②ドローン 500万円/機、④研修 532万円/年(※毎年発生)、⑤保守サポート:795万円/年(※毎年発生)  【レンタル】③バックハウレンタルの金額 1,440万円/年(※施工業者に対してレンタル提供)  <b>収入合計 6,371万円</b>  【購入】①+②+④+⑤+500万円  【レンタル】③+200万円</p> <p>●パッケージ1台(1箇所)あたりの収支および令和4~9年度収支計画の算定根拠  1台あたりの支出は、コンソ内各社にて積算し、パッケージ1台(1箇所)あたりの支出合計(=①+②+③+④+⑤)を算出。  1台あたりの収入は、まず【購入】分(①②④⑤)については、粗利分の総額500万円を上乗せ(支出合計に占める各支出の割合に応じて、傾斜をつけて①②④⑤に上乗せ)。次に【レンタル】分(③)には、200万円を上乗せ。したがって、支出+700万円(粗利)を収入とした。令和4~5年度は開発コストを計上。令和6~9年度には順に10台、20台、30台、50台を販売する見込み。なおドローンの価格は、合計10台以上の納入で1機あたり5%、50台以上の納入で1機あたり10%のボリュームディスカウントが適用されるため、R6~8年度以降は5%引き、50台を納めるR9年度は10%引きとなる。上記の販売台数見込みおよびドローンのボリュームディスカウント適用をふまえて、各年度の導入時の支出総額(①+②+③+④+⑤)を算出、ならびに導入翌年度から毎年度発生する支出(③+④+⑤)を算出。それに対応する収入金額との差額で、令和6~9年度の収支を算定した。</p>						

---

## まとめ

---



# まとめ

## ■ 技術実証

- ✓ 検証成果→水面割合や水面を基準にしたアンテナ高を考慮したパラメータK(水面割合80%:K=8.5、40%:K=5.5)による補正が有効である。不感地帯範囲によりレピータ(100m程度)／複数基地局(300m程度)を使い分ける必要があるという知見を得た。
- ✓ 今後の課題→アンテナ高/水面割合をさらに変動した場合のパラメータK検証実施。  
レピータで解消可能な不感地帯範囲の拡大。

## ■ 課題実証

- ✓ 検証成果
  - ・ドローン映像伝送: 河川管理者が状況判断に資する鮮明な高精細映像の配信に成功。
  - ・ドローン画像伝送: 全体処理時間の短縮、人的作業軽減に寄与し、迅速性の効果を確認。
  - ・ICT/無人化施工建機: 大幅な時間短縮に寄与し、迅速性の効果を確認。動作環境も従来同等以上の効果。
- ✓ 今後の課題
  - ・ドローン映像: 上空利用時の詳細な条件検証(5Gエリアをふまえた飛行エリア設定等)
  - ・ドローン画像: 上空利用時の詳細な条件検証(同上)、処理速度向上のための改善(一括アップロード等)
  - ・ICT/無人化施工建機: 通信に支障が及ばない基地局と建機の配置条件検証

## ■ 実装・普及展開

- ✓ 【1～2年目】 継続した検証を通じたソリューションの充実、法整備・制度に応じた実現化を考慮した運用体制の検討、国交省等河川管理者への導入の訴求(予算化)、平常時活用の検証、都道府県および他分野への導入の検討。
- ✓ 【3～5年目】 平常時活用の試行開始。国土交通省等河川事務所を中心に順次導入。継続した予算確保への働きかけ。砂防、海岸・港湾等の他分野ならびに都道府県等に向けたサービスを並行して展開。