

スマートシティ実証調査 令和2年度 成果品 調査報告書

令和3年9月13日

一般社団法人 サイバースmartシティ創造協議会

目次

1.はじめに.....	4
2. 目指すスマートシティとロードマップ	5
2.1 目指す未来.....	5
2.2 ロードマップ	5
2.3 KPI.....	7
3. 実証実験の位置付け	7
3.1 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ.....	7
3.1.1MCSCC が想定する益田市でのスマートシティの仕組みと提供価値	8
3.1.2 サービス主体と継続の仕組み	9
3.1.3 共通プラットフォームの構成例	9
3.1.4 スマートシティサービスパッケージと共通化範囲による違い.....	10
3.1.5 スマートシティサービスにおけるビジネスモデル	11
3.2 ロードマップ達成に向けた課題	12
3.3 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ	12
4. 実験計画	14
4.1 実験で実証したい仮説.....	14
4.2 実験方法.....	16
4.2.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの実現に向けた検証.....	16
4.2.2 高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証.....	17
4.2.3 地域情報提示ツールの実証調査	18
4.2.4 スマート道路モニタリング	18
4.2.5 鳥獣被害防止電気柵のハイブリッド IoT 基幹インフラ経由でのモニタリング.....	19
4.2.6 道路情報のサイクルツーリズムへの利活用.....	20
4.3 実証実験と仮説検証に向けた調査方法.....	21
5. 実験実施結果	22
5.1 実験結果.....	22
5.1.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの実現に向けた検証.....	22
5.1.2 高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証.....	24
5.1.3 地域情報提示ツールの実証調査	33
5.1.4 スマート道路モニタリング	37
5.1.5 鳥獣被害防止電気柵のハイブリッド IoT 基幹インフラ経由でのモニタリング.....	38
5.1.6 道路情報のサイクルツーリズムへの利活用.....	40
5.2 全体分析.....	44
5.3 考察	45
5.3.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの利用者密度に最適化した構成の検討.....	45
5.3.1.1 ハイブリッド IoT 基幹ネットワークシステム構成の整理	45
5.3.1.2 スマートシティサービス用サーバーのソフトウェア構成	47
5.3.2.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラを軸にサービスを展開する場合のコスト試算.....	48
5.3.2.2 想定モデルケースによる得られるみなし収入の試算.....	52

5.3.3 電気柵メンテナンス費用削減効果に対する有償サービス料金の検証.....	53
5.4 全体考察.....	56
5.4.1 実現可能性とそのための条件.....	56
5.4.2 運営体制の考察.....	56
6. 横展開に向けた一般化した成果.....	57
6.1 推進主体について(「スマートシティ取り組み方針」より引用).....	57
6.2 ネットワークについて.....	58
7.まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備の提案.....	59
7.1 スマートシティの取組と併せて整備することで効果的、効率的に整備できる施設・設備.....	59
7.2 スマートシティの取組を整備に活用することが効果的な施設・設備.....	59
7.3 施設・設備の設置、管理、運用にかかる留意点.....	59
7.4 地域特性に合わせた提案.....	59

1.はじめに

・都市の課題について

益田市は島根県西端にあり中山間地域と都市部が一体となった地域である。おおむね温暖だが 2017 年 8 月には 39.3 度と猛暑を記録、山岳地は本州最西端の豪雪地帯と地勢とともに振れ幅の大きな気候をもつ。人口は 45,672 人世帯数は 21,296 世帯(令和 2 年 11 月末現在)の地方中小都市。人口減少、経済の縮小、インフラ維持の負担増など地方中小都市における典型的な課題を持つ地域である。

社会インフラは地勢的に山岳地を走る道路の比率が大きく土砂崩れによる道路の寸断や住民への被害、中山間部の農業従事者の高齢化に伴う耕作放棄地の増加とそれに伴う鳥獣被害などが課題であり、減少しつつある行政予算の中で維持することの負担が大きくなっている。

本団体は令和元年度実証調査の成果である「益田サイバースマートシティ実行計画」において目標としている「市保有光ケーブルを用いた IoT 基幹インフラの構築によるインフラ維持管理による行政コスト削減の実現と魅力的地域の創出」の実現を目指し、各種取り組みを実施している。

本調査報告ではこれらの取り組みの中の IoT 基幹インフラとインフラ維持管理について報告する。実行計画の目標としている高齢者見守りと乳幼児見守りについては令和元年補正の実証実験にて実施している。

・コンソーシアムについて

一般社団法人益田サイバースマートシティ創造協議会(MCSCC)は、LPWA (Low Power Wide Area Network)等の先端的 IoT (Internet Of Things) 技術を活用し、リアルな地方都市「益田市」をテストベッドの場として、スマートシティに必要な規格と事業モデルを創造し「実装」することを目的として、国内外のメーカー、ベンチャー企業、システム・インテグレーター、学術団体、研究団体等により平成 30 年 10 月 29 日に設立した。益田市に於いて実証実験を実施中である。

<https://masuda-cybersmartcity.jp/organization/>

2. 目指すスマートシティとロードマップ

2.1 目指す未来

益田市は、2021 年から 2030 年までを計画期間とした「第6次益田市総合振興計画」を策定した。この基本構想においては、「人口減少が避けられない中でも暮らしやすいまちづくりのために、先端技術を活用した、市民生活・都市活動や都市インフラの管理・活用の高度化・効率化の必要性が高まっている」という認識のもとで、「先端技術を活用した持続可能なまちづくりの推進」を基本施策として掲げている。(R3.8.6 益田市作成文書「スマートシティに関する取り組み方針について」より引用。以下同文書は「スマートシティ取り組み方針」と表記する。)

2.2 ロードマップ

この「先端技術を活用した持続可能なまちづくりの推進」を地域経営の基本方針としたロードマップを検討する。その際、スマートシティの実現に向けて(中間とりまとめ H30.8 国土交通省都市局)において「ICT 等の新技術は、一般的に進歩の速度が非常に速く、かつ専門性も高いことから、スマートシティの構築に向けて持続的に取り込んでいくためには、官民の役割分担が非常に重要になる。」と指摘される通り、官民連携のあり方を重要視する。よって基盤整備やインフラ管理サービスについては行政が、その他の民生用サービスを民間の創意工夫により事業展開を期待するとする次のような全体構成(下図)を、ロードマップの基本イメージとする。(「スマートシティ取り組み方針」より引用)

(1) 具体的に、益田市の取り組みは、これまでの益田市の取り組みや実証実験結果を踏まえ、以下のロードマップを検討する。

	実証・実験環境の提供		インフラ管理	
	インフラ構築	帯域貸し出し (詳細検討中)	検討	事業実施
2021	↓		↓	
2022	↓	↓	↓	↓
2023				
2024				
2025				
2026				
2027				
2028				
2029				
2030				

(表を含め「スマートシティ取り組み方針」より引用)

(2) 実証実験を行ってきた IoT サービスの MCSCC による取り組みは、以下のロードマップを検討する。

令和元年度の成果の実行計画では令和 4 年度からの実装を目指したが、現時点では効果についての検証中でもあり、かつ共通プラットフォーム実装についての持続可能性(収益化・人員体制・地域ニーズなど)についての検討はこれからであることから令和 3 年以降は実装に向けて流動的な要素も大きい。

・令和元年度はスマート道路モニタリング、電気柵フェーズ1、等の実証実験と、スマートシティとしてのあるべき全体構想についての検討を行った。

・令和2年度は全体構想の実現性と効果を検証する為に最小構成のIoT基幹インフラプロトタイプを構築し複数のサービスを
 実装し、小さなスケールでのサービス実証実験を行う。(図2-6bの緑色網掛け部分)

具体的には

- ①ハイブリッドIoT基幹インフラの実現に向けた検証、
- ②高津川森林組合との協業による、スマート杭による防災効果検証
- ③地域情報提示ツールの実証調査
- ④スマート道路モニタリング
- ⑤鳥獣被害防止電気柵のネットワーク経由でのモニタリング
- ⑥道路情報のサイクルツーリズムへの利活用

を実施する。

令和3年度以降の個別課題への取り組みは、「課題の深堀と取り組み手段の検討」「持続可能性(収益化・人員体制・地域ニーズ)などの検討」を行い、ゼロベースで整理する。また、共通プラットフォームについては個別課題への取り組みと並行して、持続可能性(収益性・人員体制・地域ニーズなど)の検討を行う。

ゴールに向けたロードマップ

地域の課題	～2019	2020 R2年度	2021 R3年度	2022 R4年度	2023 R5年度	2024 R6年度
フェーズ		①個別解決策の実験		④実装準備		
	②個別解決策の実装	③プラットフォームによるサービス検証				
社会インフラ	ハイブリッドIoT基幹インフラ調査 スマート道路モニタリング 用水路水位監視 phase1	ハイブリッドIoT基幹インフラ基礎実験とサービス検証 スマート道路モニタリング高度化検証 スマート杭による防災効果検証	共通プラットフォームについての検討 個別スマートシティサービスの実装に向けての検討 体制 設備 運営			
産業振興	電気柵モニタリング	電気柵モニタリングのIoTインフラ経由でのデータ取得検証とサービス検証 道路情報のサイクルツーリズムへの利活用				
ヘルスケア見守り	高齢者見守り課題の考察 乳幼児見守り課題の考察					

図 2-6b

2.3 KPI

地域の課題を解決し地域の価値を向上させるための項目と数値目標と達成計画時期

(1) 益田市の取り組みについて

第6次益田市総合振興計画において KPI とした項目を KPI とする。

指標名	現状値(令和元年度)	目標値(令和7年度)
先端技術を活用した市内での実証実験数	4件	5件/年
先端技術を活用した市内での新規事業	—	1件/ 累計(令和3年度～令和7年度)

(表を含め「スマートシティ取り組み方針」より引用)

(2) 民間サービスの取り組みについて

※令和3年以降の計画によっては項目が絞られる可能性もある。

項目	評価項目	数値目標	達成年度
スマートシティサービス集約し支援するハイブリッドIoT基幹インフラ構築	スマートシティサービス継続を支援する効果的なハイブリッドIoT基幹インフラの果たす役割の明確化	広範囲な益田市で継続的なスマートシティサービスを支えるハイブリッドIoT基幹インフラ実現のための目標値を技術面と投資費用面の両面から再設定	R3
ハイブリッドIoT基幹インフラを利用したスマートシティサービスによるインフラの維持管理の省力化と効率化の実現	道路メンテナンスの業務効率向上	道路の劣化検出までの時間 24 時間以内	R6
	スマート杭を用いた森林の用地管理と防災利用	スマート杭の位置認識時間の 15 分以内	R6
	中山間部の鳥獣被害対策電気柵のIoT基幹インフラ利用による継続的な安定運用サービスの実現	鳥獣被害による被害額の減少 30%以下	R5
スマートシティサービスによって得られた情報を観光産業支援	サイクル MAP への情報提供によるユーザー満足度を向上させ、サイクルツーリズムのユーザー満足度を向上させる。	サイクルツーリズム参加者のクレーム件数 5 件以下	R3

3. 実証実験の位置付け

3.1 実証実験を行う技術・サービスのロードマップ内の位置づけ

本実証実験では将来の益田市のスマートシティの理想像を仮定しそこから逆算して基本的な検証を行うものである。そこで MCSCC が想定している益田市でのスマートシティ像について説明する。

MCSCC がスマートシティで想定している対象は社会インフラ(道路、河川、電気、ガス、上下水道)や農地、森林、観光などの産業インフラ、福祉・ヘルスケアなどの生活環境である。これらの分野の課題をスマートシティ化によって解決し継続できる地域に貢献していくことが基本目標である。

地域の課題であるインフラ(道路、用水等)の監視、高齢者見守り、農作物被害防止用電気柵監視などは従来人手によって対応していた。そのため人的負荷や時間遅れが大きかった。またこれらの課題は既存のインフラでは十分カバーできていない領域でもあった。しかし過去の個別実証実験でも効果が明らかのようにスマートシティ化技術を用い早期に状況を把握することは

有効な解決策の一つになった。

理想のスマートシティは、様々な地域課題に対応した各種サービスを、全体最適をとりつつ、利用者の密度や規模に応じた最適な IoT 技術などの先端技術を利用して解決を目指すものであると考えている。技術面では共通部分を共通プラットフォームで集約して支援することで、各種スマートシティサービスが容易にかつトータル的に安価に提供できる仕組みを構築し、管理運用面では民間と行政、NPO、などが深く密接に連携し、地域住民などのステークホルダーの調整を経て、継続的な実施体制や事業採算性などの要因を満たしながら継続できる形が望ましい。

具体的な実装例として状況の可視化をリアルタイムで行い迅速に対応の取れる環境構築イメージを図 2-1 に示す。

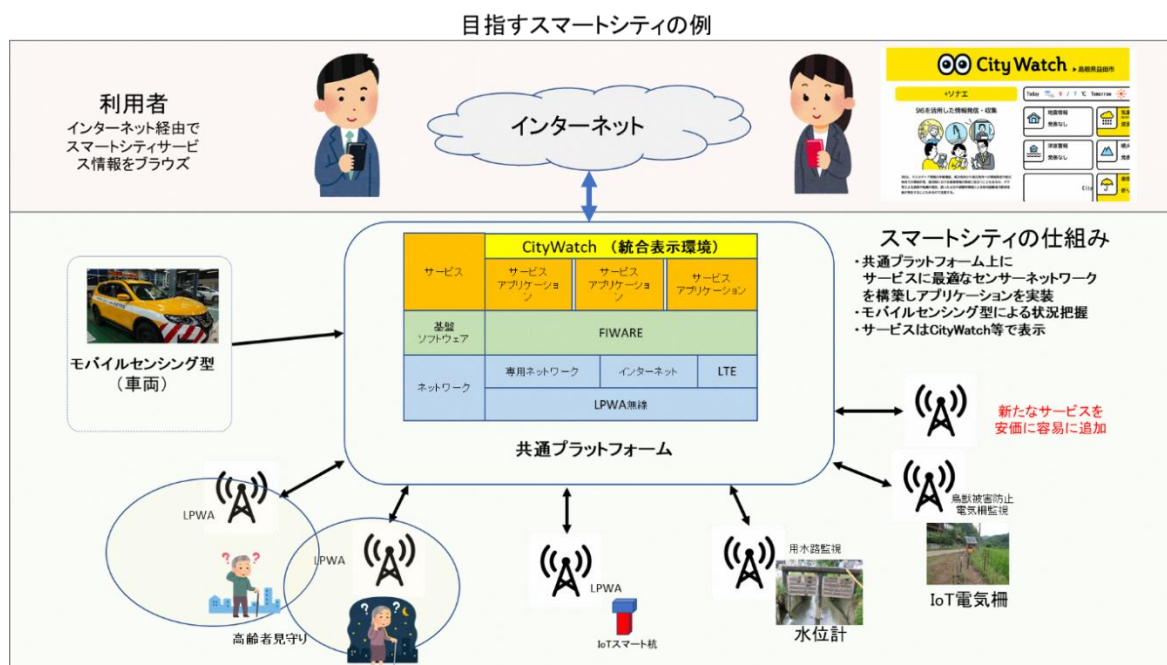


図 2-1

3.1.1 MCSCC が想定する益田市でのスマートシティの仕組みと提供価値

スマートシティの具体的な実装にあたっては事業の収益性・継続性・体制・地域ニーズなどを踏まえた、地域との対話を通じた行政・民間企業・各種団体間での検討や調整が重要であるが、現状では具体的な実装計画についての検討や調整はなされていない。したがってこれまでの MCSCC の実証実験を通して得た知見による仕組みと提供価値について述べる。

スマートシティのサービスはサービス提供者とサービス受益者双方にとってメリットがあるように構築することが望ましい。スマートシティサービス実現の仕組みと提供価値の関係を図 2-2 に示す。

サービス実現の仕組みは、共通プラットフォーム(ネットワークバックボーン、管理サーバー、統合表示システムによる構成)の上に個別のセンサー(モバイル型を含む)端末とアプリケーションを使った課題対応のシステムを実装する。

共通プラットフォームにより、個別に実装する場合に比べ開発が容易になり低コスト化が計れる。また共通プラットフォームはコンピュータ OS のように追加・変更・削除などが容易な仕組みである。

サービス提供者は個別に実装する場合よりも安価利用でき、管理負荷の大きな部分を回避できるメリットがある。

提供されるサービスには地域課題である行政(インフラ管理)効率化や、農業振興、見守り支援、防災情報や市民生活の質の向上などがある。また観光振興面での利活用や直接的な活用も期待できる。

このようなインフラを地域自らが持つことで新たな課題や要望が顕在化したときには新たなサービスを追加することが可能になる。また、ここで得られたデータを共通の課題を持つほかの地域と共有し有効活用することで新たな知見が得られより高レベルな解決施策に活かすことも期待できる。

スマートシティサービス実現の仕組みと提供価値の関係

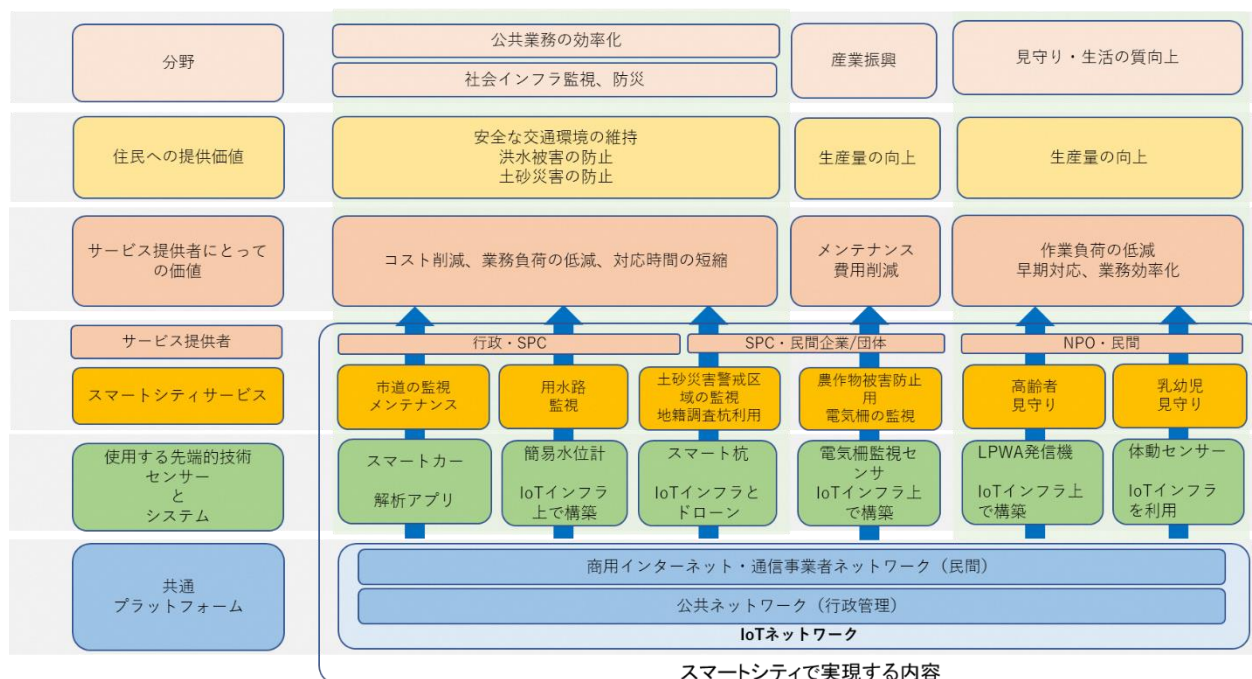


図 2-2

3.1.2 サービス主体と継続の仕組み

スマートシティで提供されるサービスには民間事業のサービス、行政の範疇に含まれるサービス、NPO 法人で行われるような社会事業サービスなどがあり、それぞれに適した組織によるサービス提供がなされることが望ましい。その実現のために共通プラットフォームを中立的な組織体が運営管理し、サービス提供は民間企業や団体、行政、NPO 法人などが提供することが考えられる。プラットフォームは数年単位での利用契約を前提とすることで、常にその時々最適なサービスが提供されることができ、永く継続可能な仕組みとすることができる。なお、ここでいう「中立的な組織体」というのは、必ずしも「第三セクター」のような半官半民の組織を指すものではない。むしろ、行政と民間企業等が同じ枠組みの中に組み込まれてしまうと、両者は意思決定の手法や優先順位が大きく異なるため円滑な運営が困難となるなどの弊害が生じるおそれもある。このため、地域的な差異によりケースバイケースであると考えられる。

3.1.3 共通プラットフォームの構成例

共通プラットフォームのネットワークには、単一の方式ではなく複数方式を使うハイブリッド型の IoT 基幹インフラを構築する。益田市は市街地と広範囲な中山間地域と人口密度と自然環境の違う 2 つのエリアがあるため、プラットフォームの物理層は地域特性（サービス受益者数と導入コストとインフラ状況等）に合致した方式で最適化する。

具体的にはデータの通り道となるネットワーク部分を

- ①行政通信やプライベートな通信網を利用した専用線に構築するもの
- ②既存のインターネットを利用するもの

- ③携帯電話キャリアのデータ通信を利用するもの(主に中山間地域)
 - ④自動車やドローンに搭載する移動型基地局によるもの(中山間部でのサービスや見守り支援など)
- の4方式を基盤とする。その上に固定や移動型のLPWA無線基地局を配備しサービスを実装する。

スマートシティサービスのデータ管理を行う基本システムには、将来のデータ連携にも優位性があるオープンソースのFIWAREを導入し、サービスのアプリケーションソフトウェアに共通のインターフェースを提供する。

センサー端末(水位計、電気柵監視等)とは基本的に無線通信(LPWA)を使いワイヤレスで接続する。その上に様々な課題解決に向けたサービスを提供できるプラットフォームを構築し運営する。

ハイブリッドIoT基幹インフラのイメージを図2-3に示す。

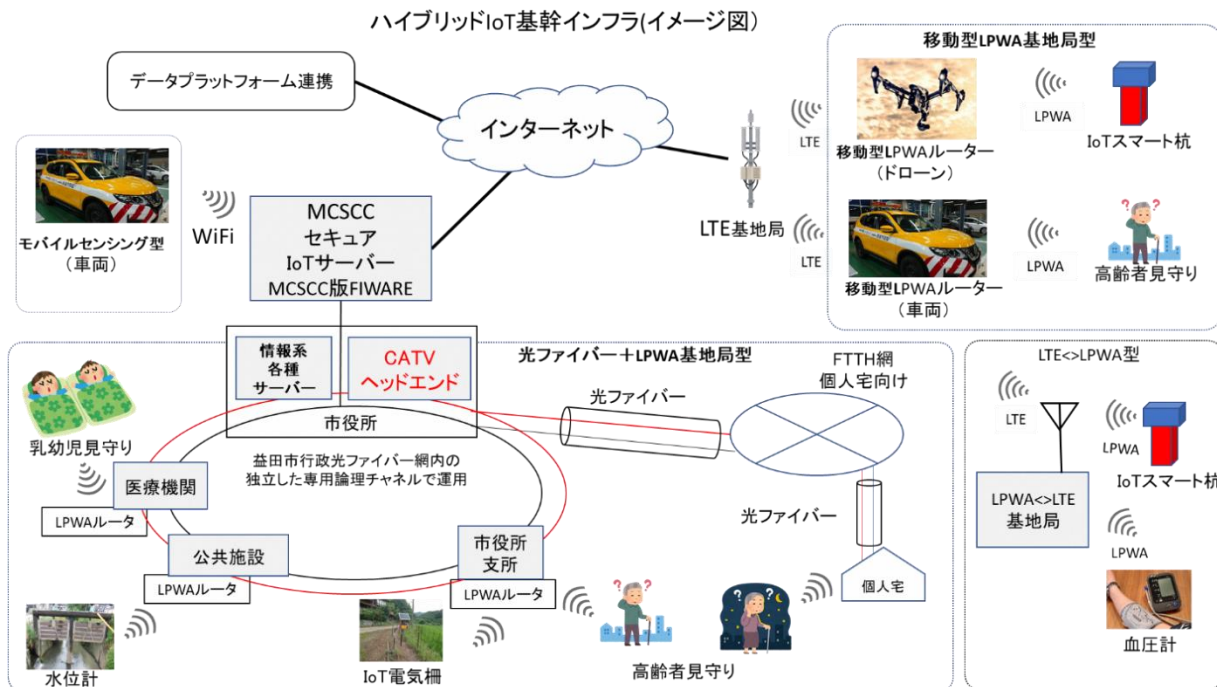


図 2-3

3.1.4 スマートシティサービスパッケージと共通化範囲による違い

スマートシティサービスを実現するには共通プラットフォームを構築し、その上で様々なサービスを展開することが望ましいが、サービス特性が公共サービスに近い内容から採算性のあるものまで幅広い。それらをすべて満たすシステムを作り出すことは難しいので、共通部分をどこまで実装するのが重要になる。サービスパッケージの共通部分の範囲の違いと導入コスト・システムの自由度・入れ替え自由度の違いを図2-4に示す。

スマートシティサービスパッケージと共通化範囲による違い

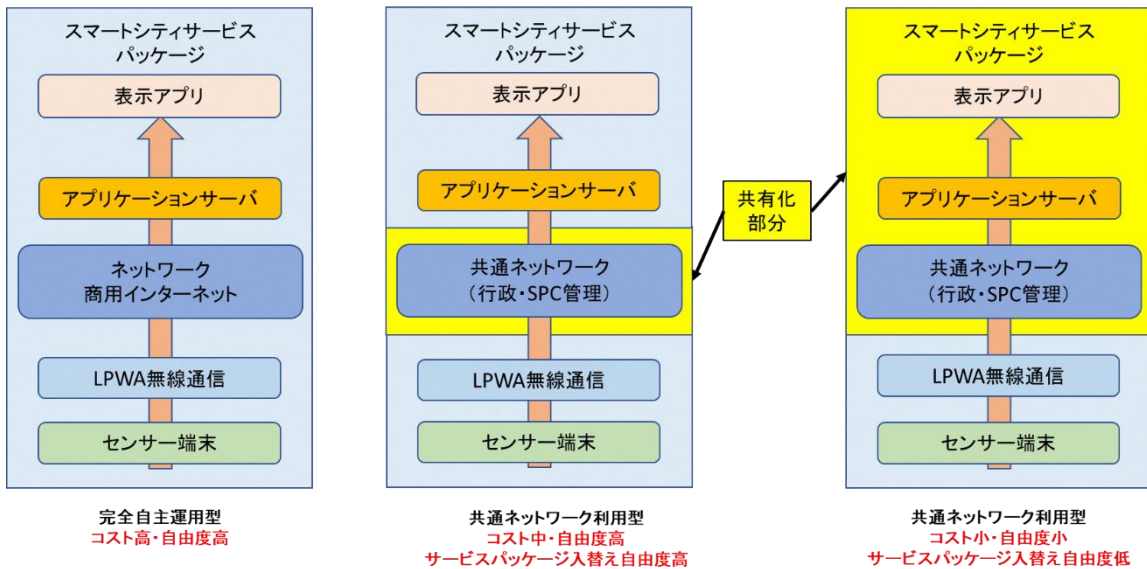


図 2-4

3.1.5 スマートシティサービスにおけるビジネスモデル

スマートシティサービス利用者、提供者、インフラ提供者の関係を図 2-5a に示す。

サービス提供者は利用者からの対価を得ることが基本になるが、公的サービスの場合はスマートシティサービスによって行政コストが削減できる場合(みなし収入)には利用者からの直接徴取無しで行政等が提供すると想定する。共通インフラ提供者のビジネスモデルはサービス提供者からの対価で賄うことになるが、公共サービスだけでなく民間サービスを有償で参加可能とすることで収入が増えビジネスとして成立することになる。(図 2-5b 参照)

スマートシティサービスのビジネスモデル

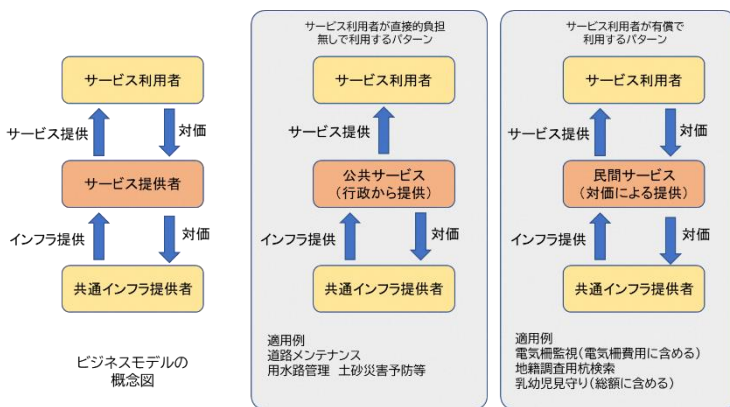


図 2-5a

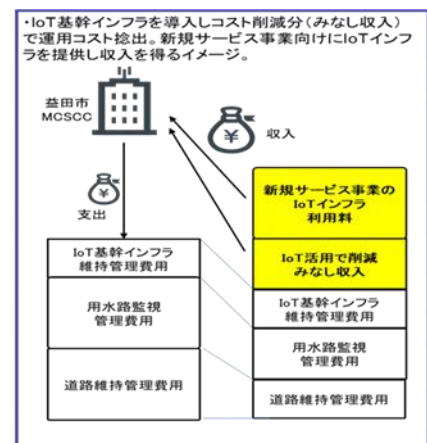


図 2-5b

・令和元年度以前からの個別実証実験の実績と令和元年度調査では IoT 基幹インフラを整備しスマートシティサービスを集約し提供することで共通の業務負担を軽減できるという仮説を提案した。本年度の実証実験は将来の共通プラットフォームをベースとしたシステム化準備のための基礎検討としての位置づけである。ミニマムサイズの共通プラットフォームプロトタイプを構築しその上で複数サービスを試験運用し、サービス運営についての技術的・経済的・運営的な実現性検証を行い、将来の持続可能なスマートシティ形成に向けた基本となるビジネスモデルについて考察を行う。

・また成果の利活用でサイクルツーリズムへのデータ提供を行い観光振興の検証を実施し、インフラ監視以外の利活用への展開を図り持続可能なスマートシティ形成に向けたより広範囲なビジネスモデルについての考察を行う。

3.2 ロードマップ達成に向けた課題

①共通プラットフォーム構想実現のためには以下の課題がある

・運用コスト削減のために行政ネットワークに専用チャネルを設けるには行政との合意形成とシステム構築が必要。

・設備の管理組織体が必要。

②センサーからの無線電波(LPWA(920MHz帯))の中山間部における伝搬が場所によっては届かなくなる可能性がある。

③土砂災害警戒区域にセンサー付き杭(スマート杭)を設置する場合の地権者の理解と許可

④サービスを継続するための採算性、ビジネスモデルの検討

3.3 課題解決に向けた本実証実験の意義・位置づけ

①共通プラットフォーム構想実現性確認のための実験

・共通プラットフォーム構想は継続的なビジネス実現のために如何に運用コストを下げて実現するのかがポイントになる。現状の益田市の行政ネットワークに論理的な専用チャネルの追加の技術的可能性検証を行うことで、技術的な課題の有無を確認する。また利用者密度の低い中山間部に於いて既存の商用光回線インターネットや LTE 網を使う方法の有効性も検証する。

地域の状況に適したスマートシティサービスを実現できる基本的インフラが整備可能かどうかの検証は単に技術的な検証としてだけでなく、将来のスマートシティサービス実装の参考になり市民の生活の質向上のためにも意義がある。

②センサーからの無線電波(LPWA(920MHz帯))が中山間部の場所によっては届かなくなる可能性がある。

・センサー付き杭(スマート杭)は最終的に斜面等危険な場所などに設置が予想され、場所によっては電波が届きにくい場所が有効な設置場所になる可能性がある。そこでドローンを使った上空からの電波受信方式の実験を行い、可能性検証をする。

中山間地域における LPWA 電波利用とドローンの組みあわせの実証実験により広範囲地域での実施の可能性が確認でき中山間地域におけるサービスモデルの参考に資する。

③土砂災害警戒区域にセンサー付き杭(スマート杭)を設置する場合の地権者の理解と許可

・地元住民の皆様への説明と地元森林組合(高津川森林組合)、益田市の協力を得て地元説明会等実施などを実施し、実際に得たデータなどを説明することで効果をアピールする。センサー類を地権者のある場所に設置する場合の課題を把握しサービスモデルの参考に資する。

④継続的なサービス実現のための採算性とビジネスモデル検証

支出としての各種サービス及びハイブリッド IoT 基幹インフラの導入コスト、ランニングコストを概算し、収入として「各サービス利用料」「行政コスト削減のみなし収入」「新技術を用いて新たな行政サービスが創出された場合のサービス対価又はコスト低減分」を概算し、ビジネスモデルの成立可能性を検討することで、持続可能なスマートシティの考察に資する。

なお、個別実験のテーマは過去に MSCC が益田市において実施した勉強会で寄せられた検討事案から打ち合わせを重ねて決定したものである。

4. 実験計画

実験の全体像

地域課題がリアルタイムに状況を把握することが重要なインフラ監視、防災、農業利用などが主であることから、センシングネットワークを基にしたスマートシティアセットを構築し、業務効率化と新たな価値創造の可能性を検証する。

そのため本年度の実証実験は、個別の実証実験ではなく、将来のスマートシティ実装を想定し共通プラットフォーム(ハイブリッドIoT基幹インフラ)を使った個別サービス実装の検証を同時に行う。(図4-1参照)

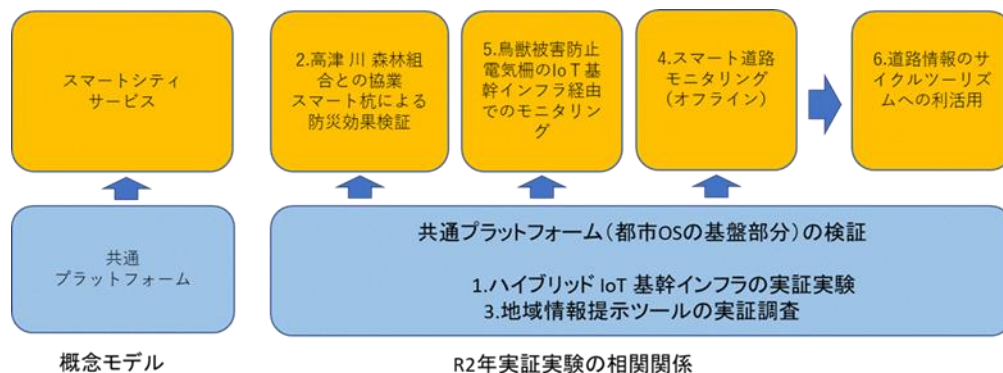


図 4-1

4.1 実験で実証したい仮説

①ハイブリッドIoT基幹インフラの実現に向けた検証

目標達成の観点

スマートシティサービスを支援(コスト面&技術面)する環境を構築し、「各サービスの利用率」「行政コスト削減のみなし収入」「新技術を用いて新たなサービスが創出された場合のサービス対価又はコスト低減分」によりランニングコストを賄い持続的な運営を可能とするシステム構築の実現について検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

官でカバーする範囲と民間でカバーする範囲を最適化した継続可能な組織体構築の実現について検証する。

データ利活用の観点

他の地域、他の利用法等で連携可能なデータとする。

②高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証

目標達成の観点

・ハイブリッドIoT基幹インフラ利用を想定したスマート杭(用地管理用の杭)にGPS受信機とLPWA通信機を搭載した杭)により土砂災害の前兆となる地盤変動を捉え災害予兆を支援するビジネス実現について検証する。

・スマート杭の位置認識をドローンに搭載した受信機で確認し、スマート杭の位置調査システムとしてのビジネス実現について検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

スマート杭を使った用地管理サービスと防災利用サービスの継続可能なビジネス実現について検証する。

データ利活用の観点

取得データの地籍調査や環境センシング等への転用

③地域情報提示ツールの実証調査

目標達成の観点

共通プラットフォームに統合しスマートシティサービス情報を一覧できる環境の実現について検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

手間とコストのかかる専用アプリケーションの新規開発ではなく、既存事業者のツールに実装し低予算での持続性について検証する。

データ利活用の観点

特になし

④スマート道路モニタリング

目標達成の観点

R1 年度に開発したスマートカー(多様なセンサーを実装し道路状況を測定できる一般車両)から得られる膨大な情報から道路劣化情報に変換する時間を、AI 解析技術を用い大幅に短縮し、迅速な維持管理を支援するスキームについて検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

既存の専用計測車による計測サービスを利用する場合と、本スキームについて、計測頻度向上、費用削減可能性などを比較検証する。

データ利活用の観点

取得データをビックデータ化し評価精度を上げるために活用する

⑤鳥獣被害防止電気柵のネットワーク経由でのモニタリング

目標達成の観点

ハイブリッド IoT 基幹インフラを利用した電気柵監視サービスにより電気柵を定期的の実装場所に行かずに、常に電気柵の状態を把握できることで作業の効率化を支援するサービスビジネス実現について検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

電気柵のメンテ費用(交通費、燃料費、使う時間)を削減できるため農業事業者への有償サービスのビジネス実現について検証する。

データ利活用の観点

電気柵監視データと周辺の環境状況の相関をビックデータ化し将来の AI による状況判定なども可能なようにデータを利活用

⑥道路情報のサイクルツーリズムへの利活用

目標達成の観点

サイクルツーリズム参加者にとって初めて走るコースの危険に関する情報提供による参加者の満足度向上について検証する。

役割・体制の観点 持続可能性の観点

スマート道路モニタリングにより得られた情報をサイクルマップ上への展開を行う体制確立について検証する。

・サービス継続コストを賄う採算性について検証する。

4.2 実験方法

4.2.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの実現に向けた検証

実験内容

- ・ハイブリッド IoT 基幹インフラの基本概念を整理する
- ・導入コスト、ランニングコストの概算を行いサービス検証する。
- ・IoT 基幹インフラプロトタイプを構築し複数のスマートシティサービスを集約する技術検証を行う。(図 4-2)

(2020 年 12 月～2021 年 3 月)

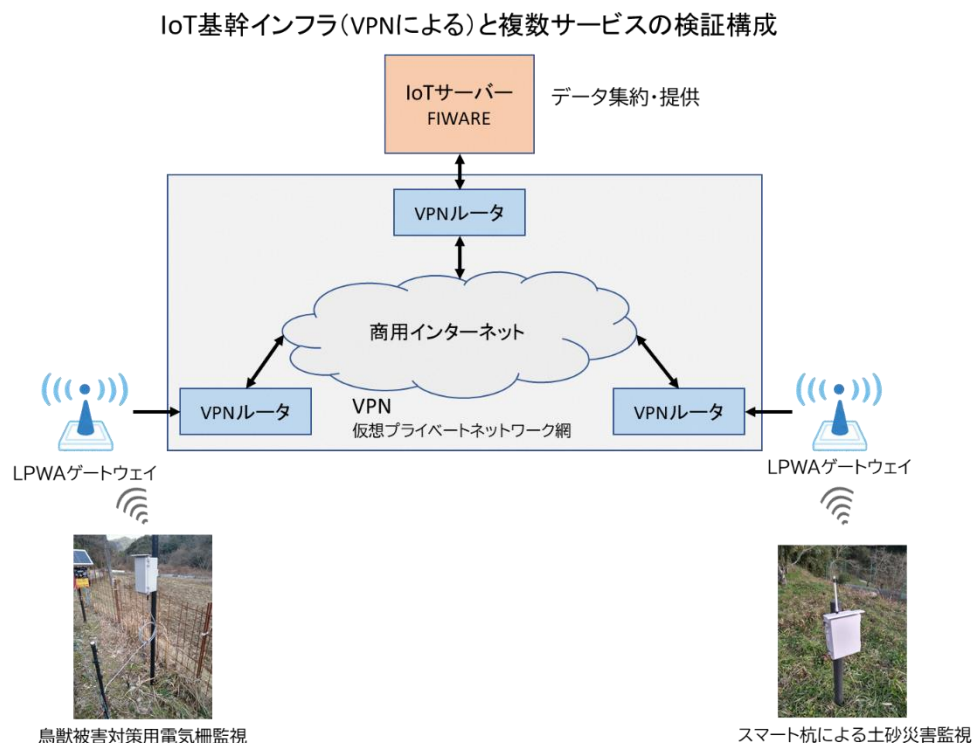


図 4-2

データ収集・活用の仕組み

- ・IoT サーバーと電気柵モニタリング装置及びスマート杭はインターネット上に構築した仮想のプライベートなネットワークを構成し専用のネットワークとして動作する。電気柵モニタリング及びスマート杭は LPWA による無線伝送によりワイヤレスで接続する。収集するデータは IoT サーバー上の FIWARE により管理する。
- ・IoT サーバーに FIWARE を用いていることでデータ連携を可能にしている。

データ仕様

時刻情報とデータ本体(GPS 位置情報、電気柵電圧の計測データ)

4.2.2 高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証

実験内容

- ・ハイブリッド IoT 基幹インフラプロトタイプを利用したスマート杭プロトタイプを土砂災害計画区域に実際に打ち込み約 2 か月間運用し技術検証を行う。(2020 年 12 月～2021 年 3 月)(図 4-3)
- ・スマート杭を用地管理の標識杭としての評価と災害予知利用サービスの技術可能性検証をする。
- ・スマート杭プロトタイプからの LPWA 電波をドローンにより上空から受信しデータ取得を行う技術検証を行う。(図 4-4)
- ・ハイブリッド IoT 基幹インフラを利用したスマート杭のプロトタイプを設計実装し、導入コスト、ランニングコストを概算しビジネスモデルを検討する。

データ収集・活用の仕組み

ハイブリッド IoT 基幹インフラを利用したスマート杭から LPWA 無線伝送により送られる「時刻と GPS 位置情報データおよび杭の傾きデータ」を LPWA 基地局とドローンにより取得。得られた記録から地盤変化の検証に活用する。

スマート杭の位置認識をドローンに搭載した受信機で確認し、スマート杭の位置調査システムの実現性について検証する

データ仕様

主とするデータはスマート杭の GPS による位置情報と時刻情報

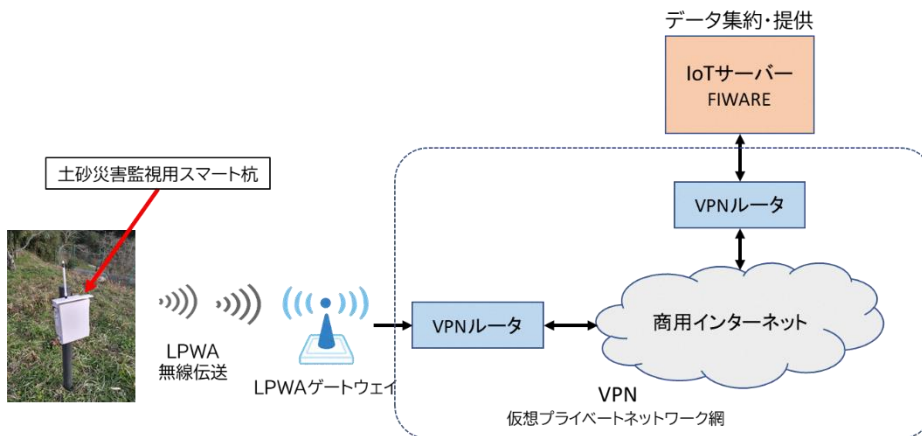


図 4-3

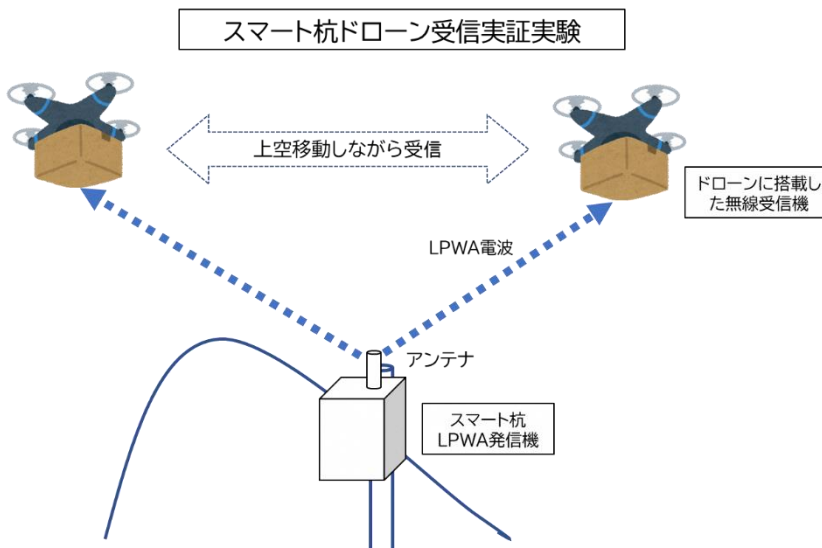


図 4-4

4.2.3 地域情報提示ツールの実証調査

実験内容

- ・共通プラットフォームへの情報提示ツールとして適しているかの技術検証の実施。
- ・共通プラットフォームへ導入する場合の導入コスト、ランニングコストを概算し継続可能かの検証の実施。
- ・評価用サンプル(地域防災情報提示ツールの City Watch 益田市版)を益田市役所職員へのアンケート調査により評価する。

(図 4-5 参照)



図 4-5

地域情報提示ツール画面例

4.2.4 スマート道路モニタリング

実験内容

令和元年度に開発したスマートカー(多様なセンサーを実装し道路状況を測定できる一般車両)から得られる膨大な情報から道路劣化情報に変換する時間を AI 解析技術により短縮する。

AI 解析の精度を益田市内の道路を走行し検証する。

データ収集・活用の仕組み

スマートカーに実装されたセンサー情報から道路の劣化情報に変換する。(図 4-6 参照)

スマートカーで得た道路劣化情報と市道状況との比較により AI 解析の精度を検証する。

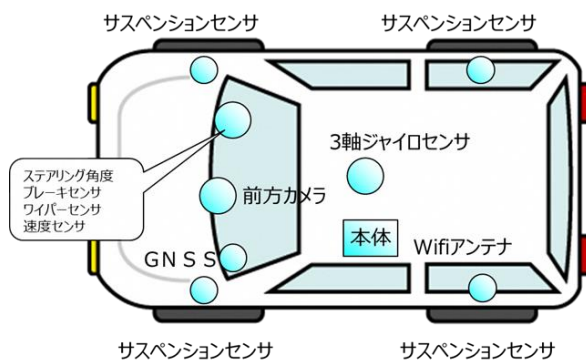


図 4-6

データ仕様

非公開

データ管理

非公開

4.2.5 鳥獣被害防止電気柵のハイブリッド IoT 基幹インフラ経由でのモニタリング

実験概要

- ・電気柵メンテナンス費用(交通費、燃料費、移動時間)の削減効果による有償サービスの検証を実施する。
- ・電気柵監視プロトタイプを IoT 基幹インフラプロトタイプに接続し技術検証を実施する。(図 4-7)

データ収集・活用の仕組み

ハイブリッド IoT 基幹インフラを利用した電気柵の電圧データを常時監視し、電気柵の状態を監視する。(図 4-8)

電圧変化を気象(降雨、降雪)や雑草によるものか等の判断を処置の対応に活用する。

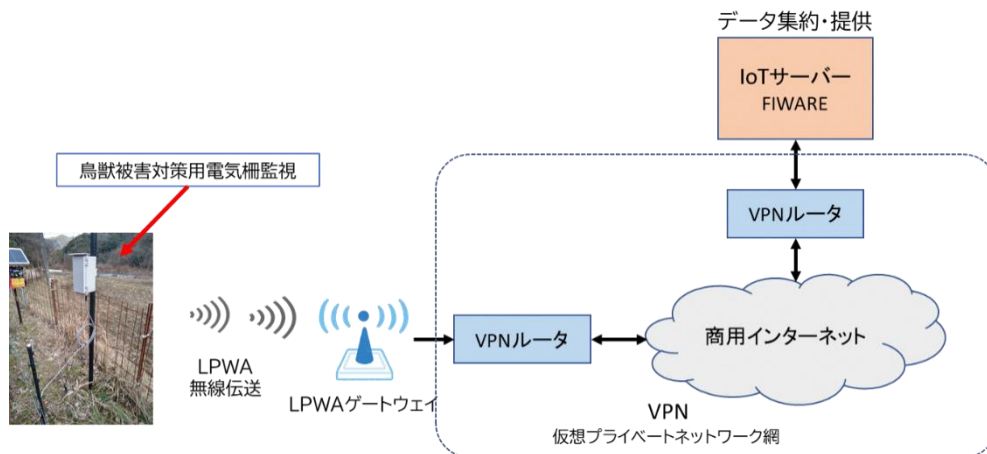


図 4-7: データ収集の仕組み



図 4-8: 電気柵の電圧変化記録

データ仕様

データは時刻と電気柵の策に加えられている電圧値

データ管理

データは IoT 管理サーバー上の FIWARE に蓄積する

4.2.6 道路情報のサイクルツーリズムへの利活用

- ・道路モニタリング情報を用いたサイクリングロードへの情報提供 サービス のプロトタイプを設計実装し、導入コスト、ランニングコストを概算する
- ・概算したランニングコストをから事業主体や財源など持続可能性について検討する。

実験概要

- ・道路モニタリングのスマートカーでサイクルコースを走行し道路劣化情報を取得しその位置情報をからサイクルマップ上に危険個所を表示する。(図 4-9 参照)
- ・危険個所を提示したサイクルマップをサイクルツーリズム主催者の NPO 法人益田市・町おこしの会の会にアンケート調査を行う。

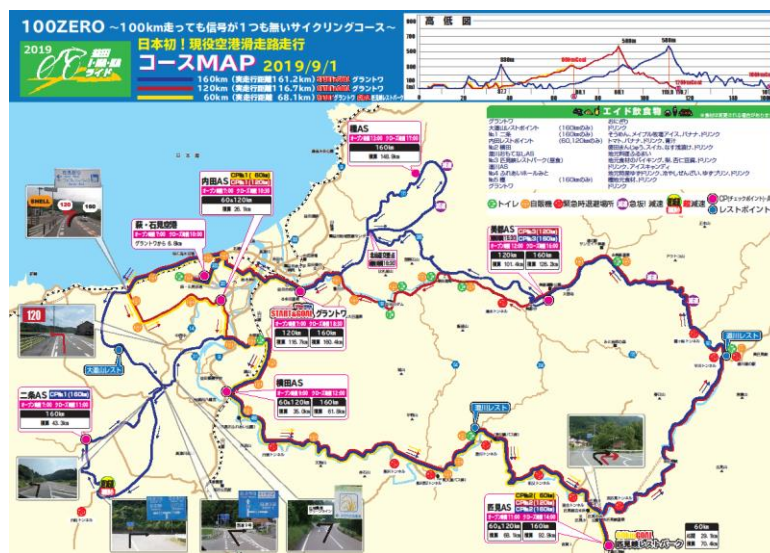


図 4-9::2019 年益田 I・NA・KA ライド MAP

データ仕様

道路の不良個所の位置情報

データ管理

未定

4.3 実証実験と仮説検証に向けた調査方法

実証実験を行う 技術・サービス	仮説検証に向けた調査方法(評価基準)
ハイブリッド IoT 基幹インフラの実証実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイブリッド IoT 基幹インフラプロトタイプによる異なるサービスのハンドリング時の IoT サーバーのリソース負荷が 30%以下で、想定したサービスに対し余裕があり実現性を検証。 ・実装するモデルケースを定義し、ハイブリッド IoT 基幹インフラ構築運用(導入・運営)のコストを分析し、損益分岐点を把握し、ビジネスモデルを検証する。 IoT 基幹インフラはスマートシティサービスの利用者数と密度から最適なインフラ選択(専用、商用インターネット利用、LTE 利用)を行い最適解の検証をする。
高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイブリッド IoT 基幹インフラ利用を想定したスマート杭サービスのプロトタイプを設計実装し取得位置データの精度 90%以上を確認し技術的实现性の確認をおこなう。 ・ドローンによる上空からのデータ取得可能範囲(直線距離 200m)を調べ、ドローンによるサービスの実現性を確認する。 ・導入コスト、ランニングコストを概算し損益分岐点を把握しスマートシティサービス使用料を算出しビジネスモデルの検討をする
鳥獣被害防止電気柵のネットワーク経由でのモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・ハイブリッド IoT 基幹インフラ利用を想定した電気柵監視サービスのプロトタイプを設計実装し、取得データと現地の状況との比較による状況把握率 90%を確認し実用性を検証する。 ・導入コスト、ランニングコストを概算し損益分岐点を把握しスマートシティサービス使用料を算出しビジネスモデルの検討をする
スマート道路モニタリング	<ul style="list-style-type: none"> ・AI 解析の精度と変換時間が 24 時間以内を確認し、具体的なサービス内容の精査を行う。
地域情報提示ツールの実証調査	<ul style="list-style-type: none"> ・共通プラットフォームへの情報提示ツールとしての適合度(50%)を確認し有効性の評価を行う。 ・共通プラットフォームへ導入する場合の導入コスト、ランニングコストを概算し継続可能性検証をおこなう。 ・評価用サンプル(地域防災情報提示ツールの City Watch 益田市版)を益田市役所職員へのアンケート調査内容の分類とビジネス化に向けた要因分析を行う。
道路情報のサイクルツーリズムへの利活用	<ul style="list-style-type: none"> ・クレームつながる危険個所の提示率 90%以上 ・観光利用としての有用性の検証をおこなう。

・実験期間:2020 年 12 月~2021 年 3 月

・場所:島根県益田市全域

5. 実験実施結果

本実証実験において技術的検証と実現可能性検証を行った。すべての実験に於いてコスト試算及び採算性検証を行ったが、その内容は全体分析にまとめた。個別実験の考察については個別実験結果内にそれぞれ記述した。

また全体システムとしての継続可能な体制については全体考察にまとめた。

5.1 実験結果

5.1.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの実現に向けた検証

スマートシティサービスを支援するハイブリッド IoT 基幹インフラ構想について

・益田市の地域特性に最適化した構想設計を実施した。設計にあたり利用者密度の検討、構成要素の整理、構成毎の用途整理、サーバーソフトウェア基本構成、ネットワーク構成についての検討を実施した。

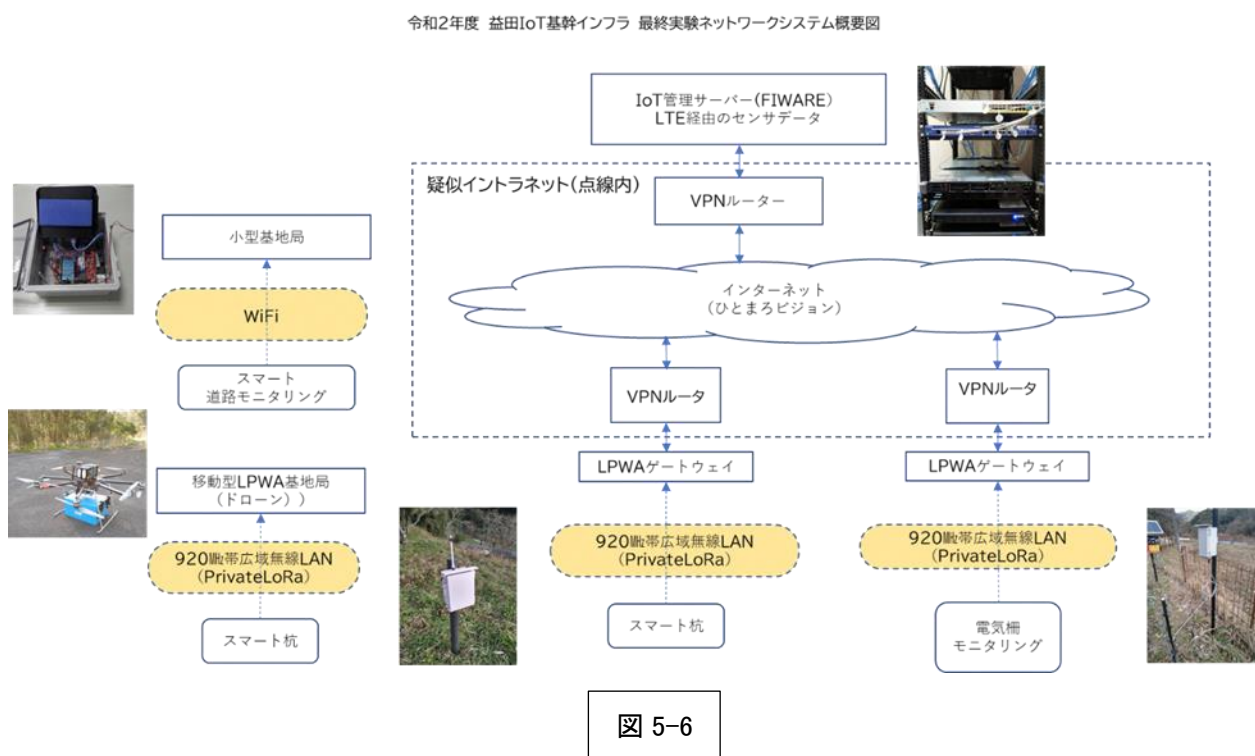
・本実証実験での実験システムを構成し約 2 か月間の運用を実施した。

・実験システムの構成と試験運用結果

実証実験にあたり、益田市の行政通信ネットワーク内に実験用の仮想的専用ネットワークの VLAN (Virtual Local Area Network) を構成する為に益田市に検討頂いたが、CATV との共用箇所やネットワーク機器の構成が複雑でネットワークスイッチの設定を数十か所変更する必要があり、万が一設定ミスなどがあると通常行政業務に支障をきたすリスクがあるため実証実験では残念ながら断念した。

また、通信キャリア経由システム構築を実装が適した中山間部での実験(電気柵監視)で試行しようとしたが、協力農家の LPWA ゲートウェイ設置場所でキャリア通信が確立できず(キャリアのカバー範囲となっていないが)断念した。しかしキャリア電波がつかめる場所では機器の機能的には問題はないことを確認できている。

本実証実験でのシステム構成図 5-6 に示す。



商用ネットワーク(益田市内でのインターネットサービス事業者の萩テレビ株式会社のインターネットサービス)を使い、VPN ルーター経由で接続することでセキュアな仮想専用ネットワークを構築した。

益田市内に IoT 管理サーバーを実装し、スマート杭実験(②高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証)と電気柵モニタリング(⑤鳥獣被害防止電気柵のハイブリッド IoT 基幹インフラ経由でのモニタリング)を VPN 接続で疑似イントラネットを構築し実験を行った。

IoT 管理サーバーは地元企業の株式会社アットアイ様のサーバー室に設置した。(写真 5-1 参照)。

2 か所の LPWA 基地局はスマート杭による防災実証実験は益田市神田の三星自治会様の自治会館(薬師会館)内に設置、電気柵監視については市内馬谷地区の協力農家宅内に設置、など地元市民の方々のご協力で実施できた。(写真 5-2 参照)

また移動型基地局実験としてスマート杭実験をドローンに LPWA 受信機を搭載した実験も行った。

商用インターネットを用いた VPN ネットワークの実証実験は特に問題となることなく約 2 か月間の実験は完了した。

サーバーのデータ負荷は 2 か所からのデータという事もあり CPU 負荷は数%以下で推移しており安定運用が書確認できた。

それぞれのサービスアプリは MCMSCC データ管理サーバー上で動作させ、データ収集を行った。

実証実験で試用したネットワーク網での実験結果を表 5-1 に示す



写真 5-1



写真 5-2

ネットワーク網のタイプ	実証実験	実験結果
専用ネットワーク利用型 (イントラネット)	①ハイブリッドIoT基幹インフラの実現に向けた検証 (イントラネット試験実装検討)	益田市所有の光ケーブル網にCATV網と商用インターネット及び行政通信ネットワークを運用しており、数十か所のネットワークスイッチの設定変更が必要なことが分かり、行政通信への影響を考慮し実験を断念した。
商用有線ネットワーク利用型(インターネット)	②高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証	益田市所有の光ケーブル網を使った商用インターネットサービスプロバイダ(ひとまるビジョン社運営)上にVPNを構築し疑似イントラネットを構築しIoTサーバーに接続し実験を行った。2か月間安定運用が確認できた。
	⑤鳥獣被害防止電気柵のハイブリッドIoT基幹インフラ経由でのモニタリング	実験場所の協力農家宅にひとまるビジョンのインターネットが既設されていたため、それを利用させていただきVPN経由による疑似イントラネットによりIoTサーバーに接続し実験を行った。2か月間安定運用が確認できた。
キャリア(LTE等)ネットワークダイレクト接続型 (インターネット)	③地域情報提示ツールの実証調査	スマートフォンにCityWatchを実装し表示を確認した。 ※R1年度補正事業で高齢者見守りで確認

表 5-1

5.1.2 高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証

実験結果

・IoT 基幹インフラを活用した斜面防災等のデータ取得・提供を行う実証実験を通じて得られた地域の課題解決に向けた効果及び課題の検証を行った。(2020年12月～2021年3月)

・ハイブリッド IoT 基幹インフラプロトタイプを利用したスマート杭プロトタイプを土砂災害警戒区域近くに実際に打ち込み約 2 か月間運用し技術検証を行い、スマート杭を用地管理の標識杭としての評価と災害予知利用サービスの技術可能性検証をした。

中山間部だけでなく市街地にも警戒区域が多く見られ、斜面の動きなどを検知できるセンシングネットワークを組むことによる状況把握のメリットがある地域が多く存在する。本実証実験ではスマート杭の技術的側面として位置補足、杭自体の傾き検出、通信の確立を検証した。

実施場所は高津川森林組合と益田市及び地元自治会の協力を得て土砂災害警戒区域近くの集落という事で益田市神田地区に定めた。地元スマート杭と LPWA 基地局を設置するにあたり自治会向けに説明会(高齢者が多いので同じ益田市内からのオンライン説明会になった)を実施し許諾頂いた。説明会資料を添付資料 5-1 に示す。

土砂災害予防のための実証実験事業 説明資料

(スマート杭を使った土砂災害予防の基礎的実験)
 事業主体: 一般社団法人 益田サイバースマートシティ創造協議会(MCSCC)
 実験協力: 高津川森林組合、益田市

目的

土砂災害予兆の把握を先端技術を用いた「スマート杭」を使って基礎実験を行い、有効性と課題を整理し、将来の防災対策に役立てます。
 スマート杭により土砂災害の予兆を把握できれば、災害が発生する前に対策が打てるようになります。
 また報告書は国(国交省)へ提言としてまとめます。

※本事業は国土交通省 令和2年度スマートシティモデル事業の委託事業テーマの一つです。

実験内容

土砂災害警戒地区に「スマート杭」を1台設置し、杭から発信される位置情報を含んだ電波を24時間常時監視し、益田市内のデータセンターにインターネット経由でデータを送ります。
 実験は完全自動運転で実験期間中連続稼働します。
 ※スマート杭で使う無線は非常に微弱でテレビ・電話・インターネットなどへの妨害はありません。

実験について

- ・期間 2020年12月中旬から2021年3月25日まで実施予定
- ・機材 インターネット接続機器、ネットワーク機器、無線受信基地局、スマート杭
- ・人員 MCSCC、高津川森林組合

一般社団法人益田サイバースマートシティ創造協議会(略称MCSCC)について

- ・当団体は、2016年より益田市に於いて活動中です。
- ・先端技術を使った水路監視、健康管理、鳥獣被害防止電気柵監視、など行ってきました。
- ・先端技術で地域の課題を解決する「スマートシティ」の実現を目指す活動をしています。
- ・技術を持った民間企業、学術団体、研究機関、益田市などが参加している一般社団法人です。

実験詳細とご検討いただきたい内容について

1. 実験の詳細

実験期間

2020年12月中旬から2021年3月25日まで実施予定

設置する機器

- ①インターネット端末(ONU) (寸法 20x20x5 cm程度)
電話線引き込みと類似のケーブル工事が必要。
- ②ネットワーク機器 2式
(寸法25x20x7cm程度)(寸法25x20x7cm程度)
- ③無線受信基地局設置(寸法30 x 21 x 15cm)

設備の工事と設置

- ①インターネット工事はCATV業者に委託します。
- ②無線受信基地局設備の設置はMCSCCが実施します。
- ③スマート杭設置はMCSCCと高津川森林組合で実施します。

スケジュール予定

- ・インターネット工事 12月末までに実施(ひとまるビジョン)
- ・屋内設備設置 12月末までに実施(ネット工事後に実施)
- ・スマート杭設置 12月末までに実施(同上)

運用

- ・無線受信基地局は商用電源(AC100V)に接続し、窓の近く・24時間連続運転します。
- ・スマート杭は約2か月間の電池寿命設計です。
- ・2月下旬に電池交換予定しております。
- ・スマート杭で使用している電波はテレビや携帯電話等に妨害を与えることはありません。

2. ご検討いただきたい内容

1. 集会所(業師会館)の使用

理由

- ・土砂災害警戒区域に近く、インターネット引込み可能な場所

設置希望場所

- ・集会所内で1mx60cmくらいの専用の場所を希望
- ・無線受信基地局は窓の近くでなるべく高い場所を希望

2. 集会所で使用したい設備について

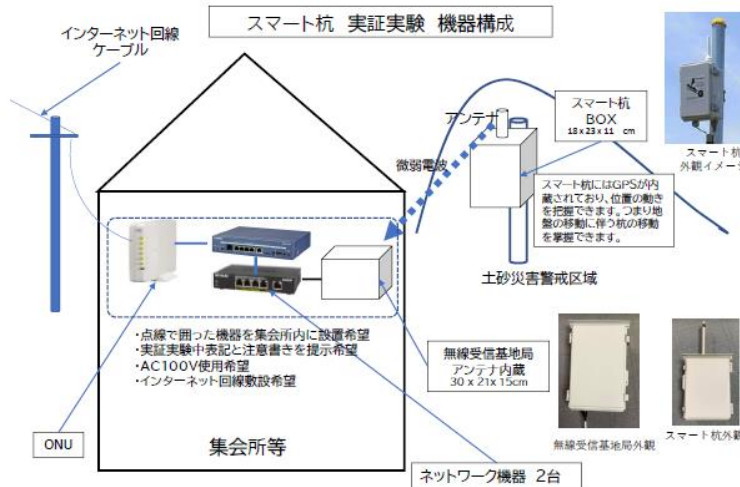
- ・専用の設置場所の利用
- ・商用電気(AC100V)の利用
- ・インターネット工事の引き込み工事と利用

※実験終了後、機器は撤去し現況復帰します。
 インターネット工事引き込みケーブルの撤去は残すことを希望します。

※機器は非常に消費電力が少なく、発熱などは非常に少ないですが、通常の電話機と同様の扱いを希望。

・MCSCCは以下の費用を負担します。

- 集会所借費用、
- 商用電気料金、
- インターネット引き込み工事費及び利用料



資料 5-1

ハイブリッド IoT 基幹インフラを利用したスマート杭実証事件は、プロトタイプを設計実装し、益田市神田地区の薬師会館付近の土砂災害警戒区域隣接の住民宅近くに実装し 30 分間隔のデータ取得を約 2 か月間連続運転の試験運用を行った。実験現場を写真 5-3、5-4、5-5、5-6 参照、図 5-8 参照に示す。

GPS による位置情報と加速度センサーによる杭の傾き情報データを図 5-9、図 5-10 に示す。GPS データがたまに大きく離れた時があったが外部温度や GPS 受信時の条件などのばらつき原因であると推測する。杭の傾き情報はほぼ動いておらず、実験期間中は杭の傾きが安定していた(動いていない)ことが確認できた。

LPWA ゲートウェイは三星会館(地域自治会館)に設置し、商用インターネット(ひとまるビジョン)経由で益田市内に設置した IoT サーバーまで VPN を構成して送信した。(図 5-11 参照)

位置情報データプロットを写真 5-7 に示す。若干の GPS 位置エラーがあるがほぼ安定してスマート杭に実装された GPS 受信機による位置情報と傾きデータを欠落なく 30 分間隔で取得できており IoT サーバーに安定的に送信できていたことを確認した。

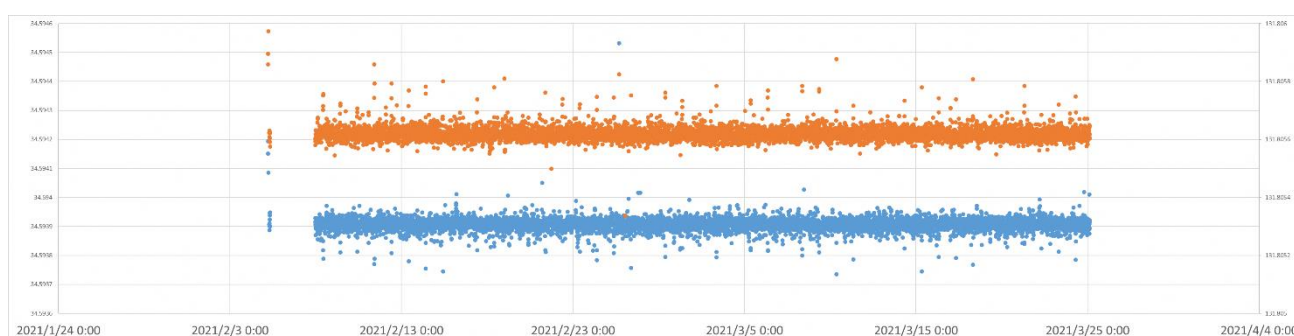


図 5-9

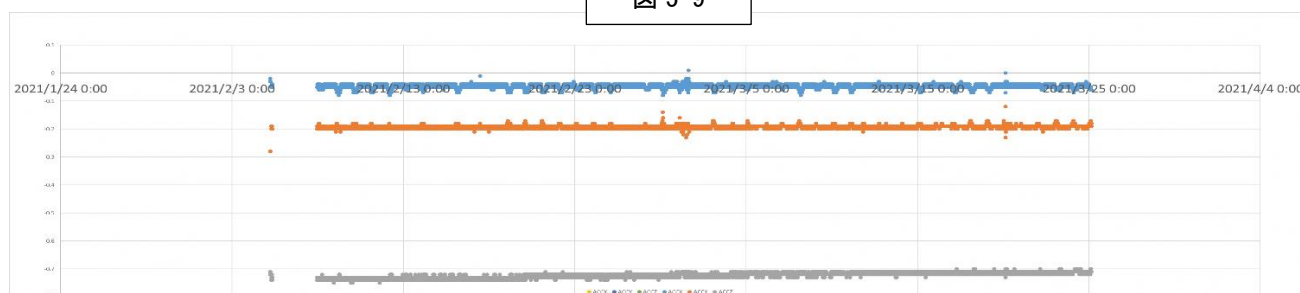


図 5-10

2 か月間の検証中、安定して傾きデータ IoT 基幹インフラ経由で取得できたのでスマートシティシステムの端末としての防災用杭としての技術的利用は可能であることが確認できた。(※事前に傾きに応じたデータ変化は確認している。)本格的な地盤傾斜測定システムを常設するほどの緊急度はない地域でも、地域防災インフラとして地盤の異常を杭の傾き変化で監視するなどの利用法が考えられる。

一方で運用的にいくつか課題も認識した。

今回実験にあたり候補地の地権者の確認が困難であったため地権者の明確な場所に設置したが、土砂災害危険区域外の場所の設置となってしまった。地籍調査の状況も同時に調べる必要があることを認識した。

また適した場所には山林部もおおく樹木が GPS 電波捕捉を塞いでしまう。良好な電波受信設置場所確保のためには仰角 70 度を確保する用地の確保と整地が必要であることを認識した。

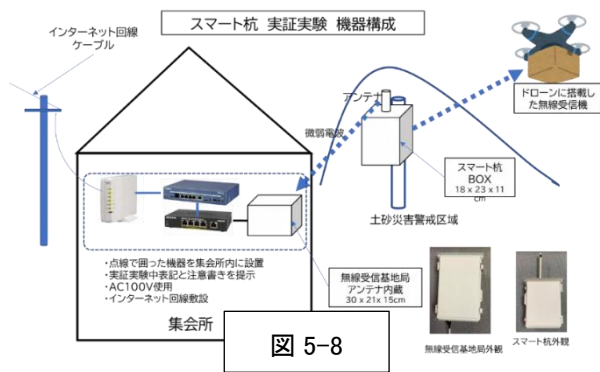


写真 5-3



写真 5-4



写真 5-5



写真 5-6

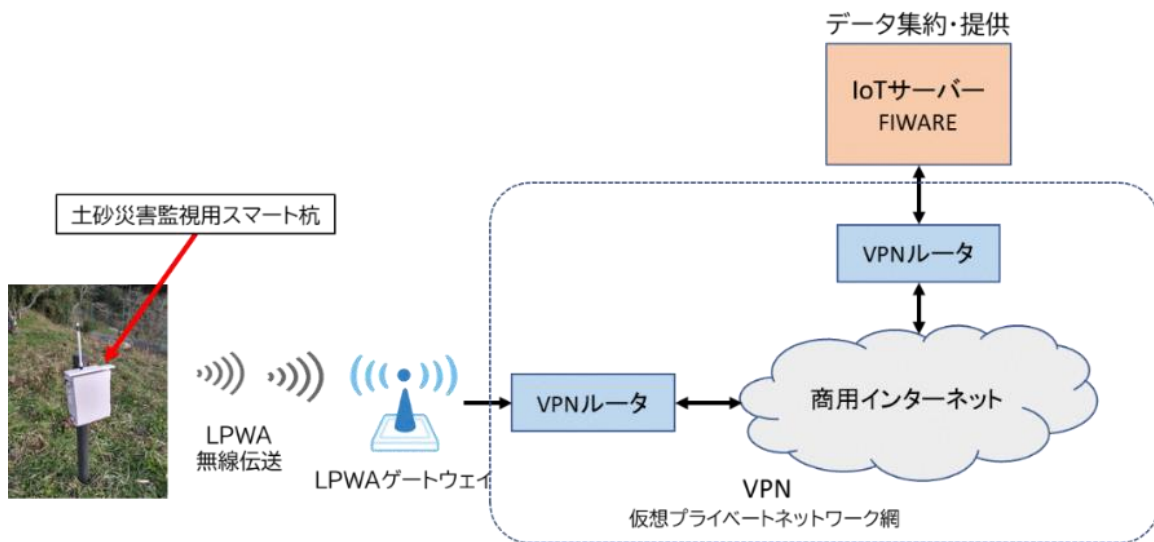


図 5-11

・スマート杭プロトタイプからの LPWA 電波をドローンにより上空から受信しデータ取得を行う技術検証を行った。

ドローンを使った上空からの長距離での電波受信の基礎的な実験を現地近くの高津川森林組合集積所で実施した。

(写真 5-8,写真 5-9,写真 5-10,写真 5-11 参照)



写真 5-8



写真 5-9



写真 5-11



写真 5-10

地上にはスマート杭実験よりも電波強度を約 1/10 (約 2mW)に下げた設定の疑似スマート杭を発着場所近くに置き、ドローンに搭載したリモート基地局で受信記録を確認し、LPWA 電波を山間部の上空から受信可能かを実験した。その結果、直線距離で約 800m(高度は 100m 以下)でのデータ受信が確認できた。(写真 5-12、写真 5-13、図 5-12 参照)



写真 5-12

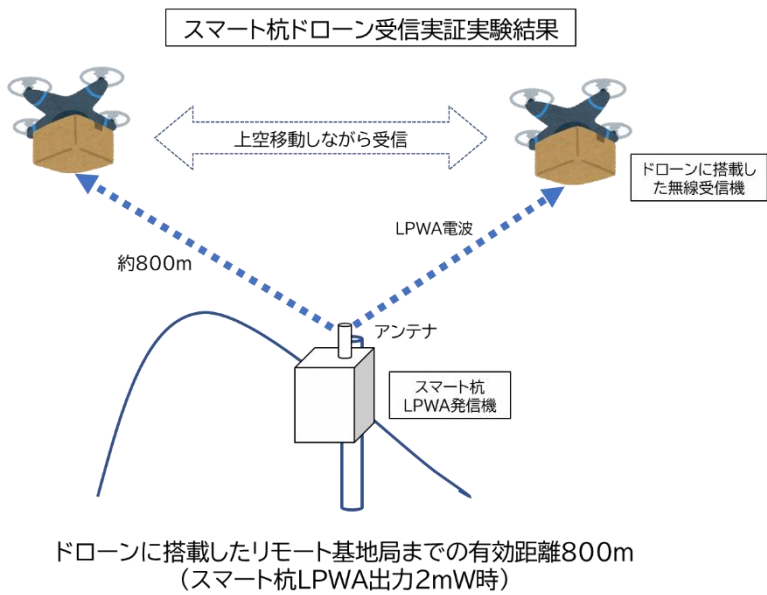


図 5-12



写真 5-13

スマート杭(バッテリー駆動)の位置情報、杭の傾きデータは2か月間安定してLPWA基地局>IoT基幹インフラ経由で安定的にデータ取得できる事を確認した。GPS制度は誤差が数mあり防災面での利用としては傾きデータの方が有効である。

ドローンを使った森林上空からのLPWA受信は微弱(約2mW)であっても直線距離で800m(目視確認範囲外)の安定受信が可能であることを確認した。

GPS受信に適した設置場所は地権者の確認と住民協力、上空の仰角確保のための樹木伐採などの用地準備などの課題も明らかになった。

考察

・市内の土砂災害警戒区域の場所は中山間部だけでなく市街地にもあり、状態観測の重要度は高い。特に土砂災害の前兆現象の樹木の傾きに相当するデータが取れるのは有効だと考える。

ただし、市内の土砂災害警戒区域が1400か所以上もあり、場所は市街地から中山間部にわたり杭の設置とLPWA基地局の設置が難しい場所も含まれる。(図5-7参照)特に問題となるのは杭もLPWA基地局も電源(バッテリー)の確保であり、太陽電池などを使った独立自律型電源での装置で、かつ頑丈でメンテナンスフリーであることが求められる。

・用地管理用の杭としての利用については上空からのLPWA電波捕捉が微弱であっても実現できるので、GPSデータを都度測定せずに、設置時にスマート杭に入力し発信データに含ませることで、低消費電力化が計れ、バッテリーの長寿命化と太陽電池利用等が可能になる。ただし樹木によるデータ受信の能力がどの程度かは更なる実験が必要である。

・スマート杭のプロトタイプを設計実装し、導入コスト、ランニングコストを概算しビジネスモデルを考察した。

コスト試算のためのモデルケースは、ドローンによるリモート基地局のみとした。中山間部が中心となり、有線ネットワークの敷設が無い場所も多くまた通信キャリアすらカバーしていない地域が予想されるためである。市街地を含むIoT基幹インフラ経由でのコスト試算は全体考察で行った。

ドローンでのLPWA受信局でのデータ取得フライトの費用一日30万円は変わらないが、杭は本数によって大きく価格が変わる。

50本以下では単価5万円程度。200本で単価2万円程度になる。

また現段階では杭のバッテリー寿命が数か月しか持たないため実用化にはソーラー電源などの費用が追加になる。

モデルとして杭50本、100本、の場合で算出すると

導入コストは

50本の場合:5万円×50本+30万円 = 280万円

200本の場合:2万円×200本+30万円 = 430万円

となる。

※スマート杭の設置についてのコストは標準の標識杭と差があまりないことから除外した。

・採算性の検討

オフラインでのワンタイムサービスとなるのでスマートシティサービス用の共通IoTインフラは使用しない。したがって独立したサービスとして試算したコスト以上の費用で実施することになる。

・そのほかの留意点など

本実験は高津川森林組合と益田市の協力で場所の選定や地元自治会との調整を行って頂いたために順調に進めることがで

きた。しかし LPWA 基地局設置は場所確保の交渉や既設インターネット端末交換が必要だったり、工事までの時間が掛かったりすることがあるので注意が必要である。また杭を打つ場の地権者が不明なこともあるので事前の調査が重要である。

地域の土砂災害危険区域について

益田市ハザードマップやマップ on しまね(島根県統合型 GIS)などで土砂災害警戒区域や特別警戒区域の情報が公開されている。(図 5-7 の赤い部分参照、表 5-2 参照)

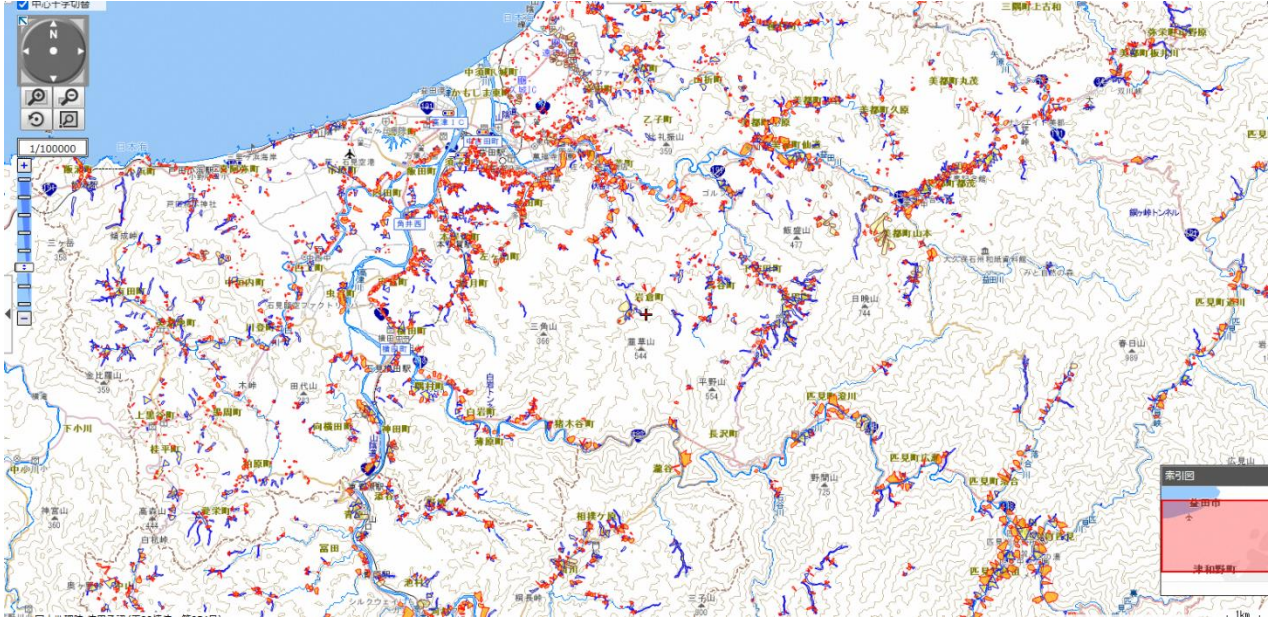


図 5-7 マップ on しまね(島根県統合型 GIS)より

土砂災害警戒区域総括表 (指定)				土砂災害特別警戒区域総括表			
旧市町村	公民館名	急傾斜	土石流	急傾斜 通知数	土石流 通知数	計	計
益田市	高津	55	42	54	8	97	62
	中西	102	76	102	23	178	125
	安田	68	22	67	4	90	71
	吉田	71	38	69	4	109	73
	益田	32	17	31	5	49	36
	豊川	46	40	46	17	86	63
	真砂	77	94	73	31	171	104
	豊田	69	91	68	15	160	83
	西益田	78	74	78	27	152	105
	鎌手	78	32	78	9	110	87
	樺	56	68	56	21	124	77
	北仙道	74	47	74	11	121	85
	小野	65	41	64	6	106	70
	美濃	63	74	63	4	137	67
二条	98	59	97	6	157	103	
計	1032	815	1020	191	1847	1211	
美郷町	二川	52	40	46	7	92	53
	都茂	95	103	88	13	198	101
	東仙道	57	73	56	15	130	71
	計	204	216	190	35	420	225
匠見町	遊川	43	47	43	21	90	64
	匠見上	87	94	87	44	181	131
	匠見下	72	75	72	42	147	114
	計	202	216	202	107	418	309
合計		1438	1247	1412	333	2685	1745

表 5-2
令和 2 年度益田市地域防災計画付属資料より

5.1.3 地域情報提示ツールの実証調査

結果

・CityWatch が共通プラットフォームへの情報提示ツールとして適しているかの技術検証を行った。

City Watch は防災情報提供に特化した情報プラットフォームである。平常時には防災に役立つ啓蒙情報を提示し災害時には今とるべき行動を提示し人々の命を守る行動を促すことを目的に作られている情報プラットフォームシステムである。基本的には気象庁が発表する注意報や警報を提示するが、ユーザー毎に独自の情報をカスタマイズ可能な使用となっている。

(図 5-13、写真 5-14 参照)



図 5-13



写真 5-14

このツールにはカスタマイズ機能があり、インターネット上の公開サーバーにあるデータであれば自動的に取得できる機能がある。この機能を使えば例えばこれまでの実証実験で試行したような水位計モニタリングや電気柵モニタリングなどのデータをブラウザできるようになる。また特定のユーザーのみに公開したい情報の場合は制限を掛けることもできる。2章の目指すスマートシティの例で示したようにスマートシティサービスの統合的な情報提示のためのツールとして用いることも可能であり、情報提示ツールとしては適していると判断した。

・評価用サンプル(地域防災情報提示ツールの City Watch 益田市版)を益田市役所職員へのアンケート調査により評価した。本ツールをスマートフォンからブラウザできるようにして(写真 5-15 参照)益田市に貸与して添付資料 5-2 のフィードバックを得た。

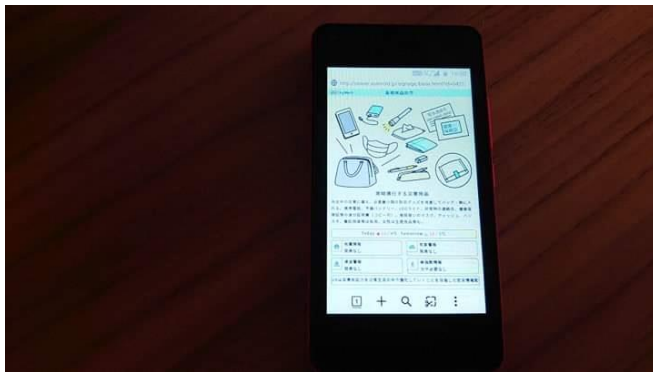


写真 5-15

考察

・益田市の評価は将来のスマートシティ像が具体的に決まっていな中でツール自体の有効性の評価ではなく単独システムとしての内容となったが、益田市の指摘のように技術的な利便性のみならず提示情報の内容についての検討も重要な検討事項である点も改めて浮き彫りになった。特に避難情報のように人命にも関わる情報の場合、その発信についての手順など単に技術的な運用以外にも情報提示の手順なども配慮が必要な点は運用面での課題である。

このツールの使用料金は1アカウント(一つの登録住所)につき1万円/月という設定なので個人的に持つよりは集合場所などへの提示が前提の価格提携になっている。実装にあたっては価格も課題になると考える。

また標準で含まれないデータの提示については対応費用が50万円から400万円(データの処理内容依存する)なので、安価な費用になるデータ形式での個別ツールの開発も考慮すべきポイントとなる。

資料 5-2

CityWatch 検証 (210406 益田市→MCSCC 送付)

※送付いただいた検証項目について赤字箇所のとおり評価を回答します。よろしく願います。

1 実証実験での検証項目(市の意見を聞きたいところ)を整理し、提示をお願いします。

- ・CityWatch に益田市独自のサービスを将来実装しブラウズする(メニューを差し替えるイメージです)として、適切なツールかどうかのご意見
- ・CityWatch の標準でサポートされている機能について要不要等のご意見
- ・運用コストについてのご意見 ・開発コストについてのご意見
- ・ツールに対してのご要望

→都会のような人の集まる場所がないため、デジタルサイネージとしての活用シーンが想定できないところです。

→市では R3 年度から防災アプリを導入することとしており、当該防災アプリでは、気象情報や警報告知などの機能が実装されます。

→上記2点の理由から、現時点ではツールとしての導入は検討困難です。

2 CityWatch の導入、維持コスト(オプション等あればそのコストも含む)に係る情報提供をお願いします。

- ・導入コストと運用コスト

デジタルサイネージシステム(ロビーなどで表示するサイネージシステム)などの場合 50 万円

スマートホンのようなスマートデバイスの場合はインターネットブラウザでの表示の場合 維持コストは1アカウントあたり、1万円/月。1アカウントとは1配信先として考えており、住所に紐づいて設定します。

独自のスマートシティサービスの実装費は別見積もりとなります。

実装費用についてはスマートシティサービスとのインターフェイスの手間によって 50 万円から 400 万円くらいの幅があるそうです。

→市民個人への情報提供が想定されるが、1アカウントあたり1万円/月というコストを、行政で負担又は個人に負担いただくのは困難と考えます。

3 他自治体での導入事例をご提供ください。

- ・石垣島のフェリーターミナルで日・韓・英・中の多言語配信、神奈川県観音崎公園での配信等の実績があります

4 国交省が協議で指摘されていた地域へのスマートシティ導入との結びつけについて、結びつけの概要と必要コスト(上記2のコストを除く)について情報提供をお願いします。

- ・スマートシティサービスの表示端末のプラットフォームとしての情報の出口としての検討です。

サービス固有のアプリを作らずにこのようなプラットフォーム内に組み込むことでの利便性とコスト削減が得られるのではないかという仮説になります。

資料 5-3

・必要コストは 50 万円から 400 万円と幅があるので、なるべく安価になるようなデータ形式でスマートシティサービスの外部インターフェイスを構築するのを技術的要件とします。

サービスの内容によってデータ量も種類も違うのでサービスごとに見積もりになるかと思えます。

→拡声器による屋外告知、各住宅に配置されている告知端末での放送及び防災アプリ(前述)で多重的に市民への情報提供を行っており、他の手段を当面検討する予定はげんざいありません。

→水位などをスマートシティサービスとして提供するとき、提供情報の正確性及びその情報をどう判断して避難行動につなげるか、などを総合的に検討して市民サービスの向上につなげていく必要があると考えます。

5.1.4 スマート道路モニタリング

実験内容

令和元年度に開発したスマートカー(多様なセンサーを実装し道路状況を測定できる一般車両)から得られる膨大な情報から道路劣化情報に変換する時間を AI 解析技術により短縮するなどの改良開発を行った。

R1 期の開発では、パトロール車両によるデータ収集と、ネットワークによるデータの転送・蓄積を自動化したが、転送されたデータの診断や、診断結果の回答に関しては自動化されておらず、手動作業を介した処理が必要となっていた。

R2 期の取組みではこの点を改良し、サーバー上の所定の場所に新たな計測データが追加されると、一定時間ごとの自動的にデータの分析診断が開始され、診断結果を自治体内に設置した PC に転送する仕組みを構築した。この自動診断の間隔は任意に変更可能だが、自治体の業務フローを鑑みて十分に短い間隔に設定しており、パトロール車両によるデータ収集が行われた翌朝には診断結果が回答されるようになっている。

詳細内容については添付資料 5-4 参照。

5.1.5 鳥獣被害防止電気柵のハイブリッド IoT 基幹インフラ経由でのモニタリング

実験結果

・電気柵監視プロトタイプを IoT 基幹インフラプロトタイプに接続し技術検証を実施した。

4.2⑤の図 4-7 の構成で令和 3 年 2 月 9 日から 3 月 25 日まで連続でデータを取得した。この構成とする前に通信キャリアでのインターネット接続も検討したが、キャリア電波が弱く断念した。協力農家宅には有線のインターネットが引き込まれていたため利用させていただいた。

期間中の電気柵転圧取得データのグラフを図 5-14 に示す。電気柵監視装置を写真 5-16、5-17、LPWA 基地局を写真 5-18 に示す。電気柵監視装置からは 5 分に一回測定データが送られてくる設定で実施した。期間中バッテリー交換はしていない。

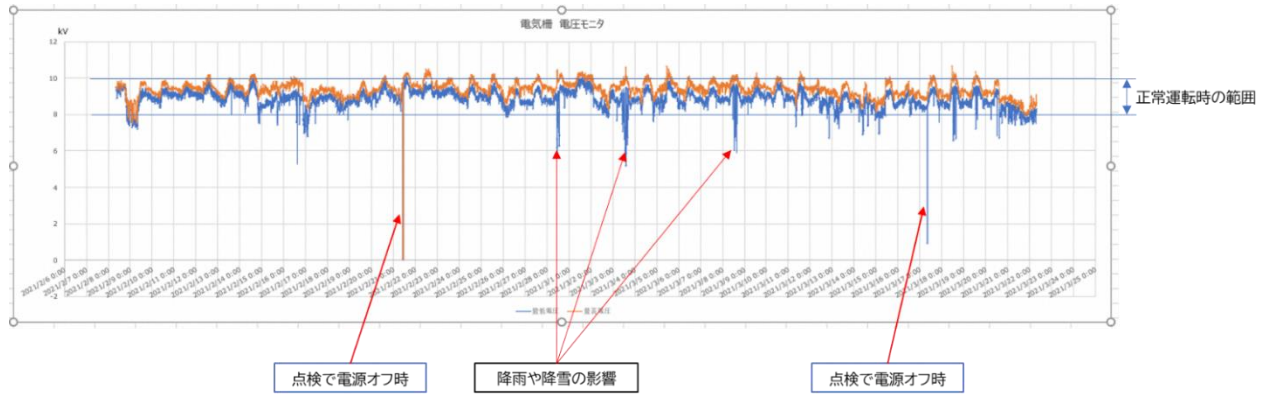


図 5-14



写真 5-16



写真 5-17



写真 5-18

考察

グラフ中の正常運転範囲を下回った日には降雨、降雪や強風などの日以外にも下回った日が数日あり、雑草の接触と鳥獣の接触が考えられる。頻繁に下がっている場合に現地確認を行うことで、劣化部分の早期発見につながり、電気柵の正常運転の維持に有効であった。

今回の実証実験では取得データを作業者に随時提供する形をとったが、本サービス実施時にはほぼリアルタイムで作業者が監視できることになる。

電気柵モニタリングは鳥獣によるものか降雨によるものか雑草によるものかを判別する為に同時に天候や事象を記録すれば相関関係のデータの積み重ねにより原因が AI 利用などにより自動判定できる可能性がある。

5.1.6 道路情報のサイクルツーリズムへの利活用

・道路モニタリング情報を用いたサイクリングロードへの情報提供 サービスモデル のプロトタイプの概要設計を行った。
サイクリングロードへの情報提供サービスのプロトタイプを図 5-15 に示す。

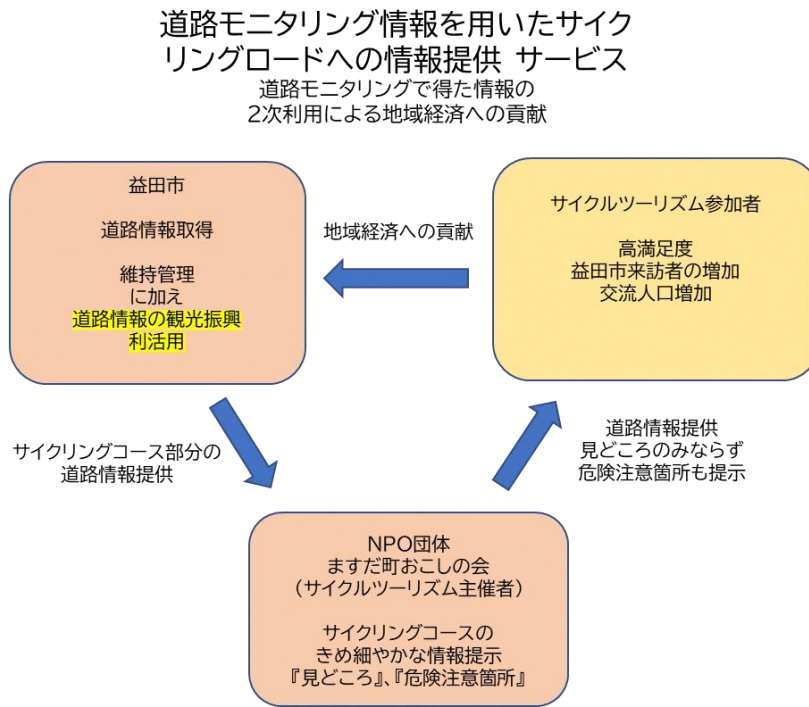


図 5-15

サイクリングコースマップへの危険箇所提示はスマート道路モニタリング情報の様修理箇所を機械的にプロットするのではなく2輪車にとっても危険な箇所と、実際に現況写真などで判断してプロットする。道路モニタリング情報は青が正常、黄色が要経過観察、赤が要補修を表す。一例をグーグルアースへ道路情報をプロットし、特に危険箇所を拡大することで危険箇所と判断した箇所を写真 5-19 で示す。写真 5-20 は道路モニタリングカーが劣化を検出したとき撮影した写真でサイクリストに対しては危険回避の有効な情報になる。

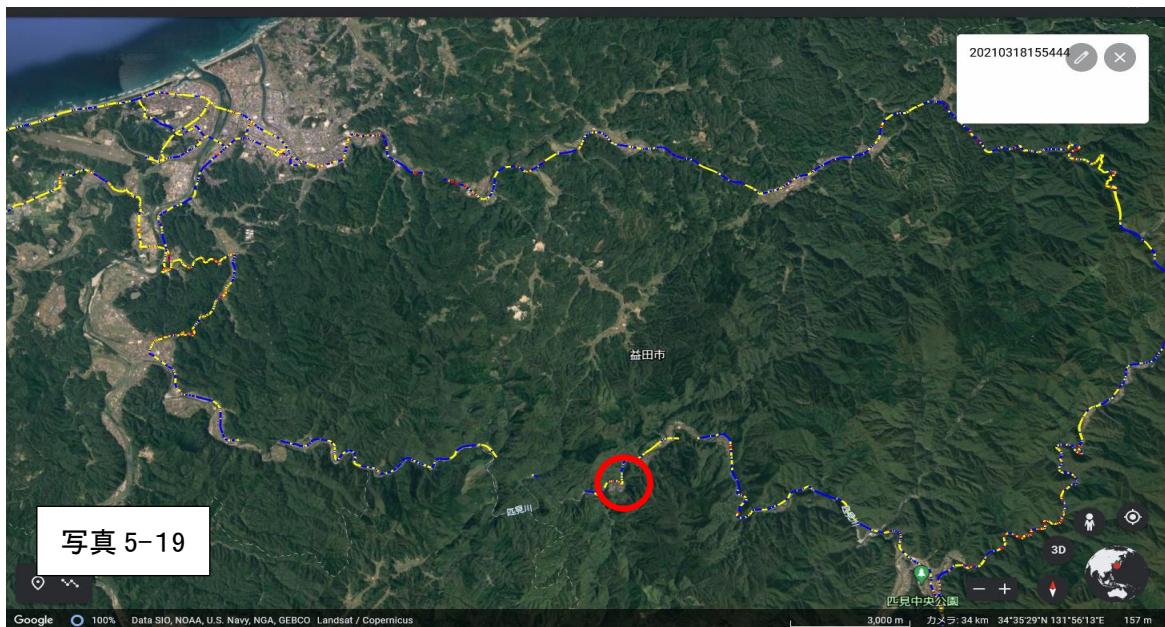




写真 5-20 スマート道路モニタリングカーが取得した劣化箇所の写真

サイクリングコースマップへの危険箇所提示サンプルを図 5-16 に示す。



図 5-16

考察

・サイクルマップへの危険箇所提示サービスの導入コスト、ランニングコストを概算した。

道路モニタリングによる道路情報は、地域観光振興での利活用という事で無償提供される想定である。係るコストはサイクリングコースへの情報整理とプロットポイントの提示作業になる。

実際に地図を分析してプロット作業をして作業時間をカウントしたが正味 4 時間程度で完了した。これをサイクリングコースへのプロット(注意喚起のマーキングと参考写真提示)を原稿に追加する作業で約1時間程度である。

合計 5 時間程度の追加作業量で、この作業は NPO 法人内ボランティアになりゼロコストである。またこの部分の製作費追加分は約 15 万円。したがって総費用としては 15 万円程度である。

・概算したランニングコストをから事業主体や財源など持続可能性についての検討

本事業の事業主体は NPO 法人益田市・町おこしの会となり、事業の支援を益田市が担うことになる。財源は NPO 法人内の予算で十分賄える金額である。サービスモデルで示したように本事業による付加価値創造(参加者の満足度向上とスマート道路モニタリングのような先進的技術の活用による高い評価)により、益田市のサイクルツーリズムによる経済波及効果により地域経済への貢献へとつながる。

サイクリングイベント(INAKA ライド)の 2018 年と 2019 年の地域別参加人数(人)(NPO 法人益田市・町おこしの会の会提供)を表 5-3 に示す。いわゆる地元(宿泊しないと思われる人数)は近隣県の広島県、山口県、鳥取県を含めて約 300 名、それ以外の約 250 名以上が宿泊含めた参加者であると推測され、開催による地位経済への波及効果の大きなイベントとなっている。

会場から距離の近い福岡圏からの参加も多いが、注目すべきは関東圏から約 30 名、近畿圏から約 35 名も参加していることである。また過去には別イベントだがハワイからの参加者を招待したこともある。これは全国的にも認知されるサイクルイベントとして広まりつつあることを示し、更に付加価値を高めていけば更に多くの参加者が期待できると思われる。

開催年	北海道	宮城県	栃木県	埼玉県	東京都	神奈川県	千葉県	茨城県	新潟県	石川県	山梨県	静岡県	富山県
2019	0	0	0	2	14	10	3	2	0	1	0	0	1
2018	0	0	0	5	21	4	2	0	0	0	0	1	0
	愛知県	滋賀県	京都府	大阪府	兵庫県	奈良県	和歌山県	三重県	鳥取県	島根県	岡山県	広島県	山口県
2019	4	0	3	17	6	1	1	2	9	117	21	84	136
2018	6	2	4	19	12	1	2	0	13	114	20	82	147
	愛媛県	徳島県	福岡県	長崎県	熊本県	大分県	高知県	香川県	佐賀県	鹿児島県	宮崎県	徳島県	合計
2019	6	1	88	3	1	3	4	6	3	0	1	0	550
2018	4	1	83	3	1	1	0	2	0	1	0	0	551

表 5-3

今回の道路の劣化情報提供という観光振興の視点からは一見ネガティブな情報が、逆にサイクリストにとっての安全安心につながる良質なサイクルツーリズム推進を地域ぐるみで推進しているという新たな価値を創出でき、単純なコスト計算では計れない大きな付加価値を生む。全国的に大きなブームになっているサイクリングルートへの話題性の面からみても他に例を見ない事例となり益田市の観光振興にとっても周知広報効果のコストパフォーマンスに優れたサービスになると思われる。

主催者からは以下のコメントをいただいております。将来は自転車に搭載しているサイクルコンピューターへの反映などの提案も頂戴した。

—主催者からのコメント—

データを拝見しました。

専門的ではないので、あくまでも自転車乗りの立場からコメントします。

INAKA ライド 120km コースにおいて、全長の割合で赤色が少なく路面状況の良さがデータとして表されていると思います。

赤色が示す場所も山間部や旧道が多く、致し方ないのかなと思います。

イベント主催側としてコメントすると、これまで路面状況をデータとして発信している事例は無く、走り易さを裏付ける貴重なデータであり、有効に活用する事で、維持管理だけでなく情報発信の面でも役に立つと思います。

あと、自転車は車道の左端走行が基本です。車道端は中央部に比べ、傷みや小石・砂等の堆積、白線の傷みによる凸凹、グレーチングやマンホールが多く、直接路面の状況とは関係無いかも知れませんが、自転車走行において走り易さの基準になります。その様な事までデータとして管理出来ると素晴らしいと思います。(あくまで希望です)

このデータはグーグルアースにプロットしたもの、INAKA ライドコースのマップに反映したのですが、サイクリストの殆どの自転車にはサイクルコンピューターが別付けで搭載しています。サイクルコンピューターにこのようなデータ・情報がダウンロード出来るととても素晴らしいシステムになると思います。

5.2 全体分析

IoT基幹インフラをコアに据えたスマートシティサービスの検証を行った。それぞれの技術的検証とハイブリッド IoT 基幹インフラを軸にサービスを展開する場合のコスト試算と採算性検証を行った。

・それぞれの実験項目の仮説と結果について表 5-4 にまとめた。

実験結果(仮説と結果)サマリー

#	実験項目	仮説	結果
①	ハイブリッドIoT基幹インフラの実現に向けた検証	センシングネットワークを基にしたスマートシティアセット(IoT基幹インフラ)を構築することで、スマートシティサービス業務の効率化と新たな価値創造が可能になる。	センシング端末数とデータを転送する通信ネットワーク経路は最適化を行い損益分岐点を下げることで有効な手段になり得る。技術・サービス提供者、全体マネジメント、サービス推進主体の組織運営を広域に構築できれば更に効果的である。
②	高津川森林組合との協業によるスマート杭による防災効果検証	センサー内蔵のスマート杭を斜面防災と用地管理に活かすことが可能になる	スマート杭自体は有用性は確認できたが、設置場所によって通信ネットワークが使えず市内全域一律は不可能。ドローンによる上空からのLPWAデータ取得によるサービスが有望である。
③	地域情報提示ツールの実証調査	既存の防災情報ツールにスマートシティ情報(特に防災関係)を低コストで実装できる。	コストを下げるにはツールに合わせたアプリの設計が必須。防災情報は精査した責任ある提示が必要である。
④	スマート道路モニタリングの改良	AIを使い路面評価データ分析を自動化することで評価結果作成までの時間を大幅に短縮でき利便性が向上する。	AIを用い24時間以内に路面評価データ作成を実現し利便性を高めた。スマートカーに大量のデータを蓄積するため、データ取り出し時間短縮化を更に進めたい。
⑤	鳥獣被害防止電気柵のネットワーク経由でのモニタリング	鳥獣被害防止電気柵の状態を遠隔でも常時監視することで動作不良による被害を防ぎ、被害を激減できる。また民間ビジネスとしての成立の可能性がある。	雑草、降雨、積雪や鳥獣接触などによる状況が可視化でき、動作不良発生前に対策が打てることが証明され有用性は高い。民間ビジネス化のためにはユーザー数が数100件以上必要である。
⑥	道路情報のサイクルツーリズムへの利活用	スマート道路モニタリングで得た道路情報をサイクリングコースに反映することでサイクリング参加者に有益な情報を提示し満足度の向上と全国区の観光資源化できる。	データ(劣化位置の地図上への提示、現場写真)はサイクルリング参加者に非常に有用。資料製作コストも安価であり、コストパフォーマンスの良い観光振興への利活用になる。

表 5-4

5.3 考察

ハイブリッド IoT 基幹インフラを軸にサービスを展開する場合のコスト試算

5.3.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラの利用者密度に最適化した構成の検討

ハイブリッド IoT 基幹インフラはセンシング端末からのデータを受信する LPWA 基地局と、それらをつなぐ通信ネットワーク網とデータを集約管理する IoT 管理サーバーで主に構成される。(図 5-2 参照) コストを試算する為に「利用者密度と地域ごとの想定されるサービス」を想定して構成を仮定した。尚、実際の LPWA 基地局は設置場所によって電波受信状態が変わるために電波は基地局で半径 1km が受信可能な場所と仮定している。R1 年に検討したシミュレーションでは市街地では地上高 20m、真砂地区、匹見地区では地上高 8m の場所が確保できれば実現可能になる。ただし LPWA で使用する 920Mhz 帯の電波は 80～100Mhz 帯(FM 放送波)などと比較すると直進性が強く障害物があった場合の回り込み伝搬が弱く見通しの悪い入り組んだ地形によって基地局配置はエリア内に複数必要になる場合も想定される。

・・地域の地理的なユーザー密度の検討

益田市の人口分布は、地域経済分析システム(RESAS:リーサス)の人口分布マップツールで見ると、人口密度の高い市街地、中山間部の集落部と、密度の低い中山間部とに 3 種類に分類できる。(図 5-1 参照)

見守りや防災等のサービスの場合利用者は人口密度の多いところになるので基本的な人口密度に比例した配備とし、鳥獣被害防止電気柵モニタリングの場合は農地の多い場所をユーザー密度として配備すると仮定した。

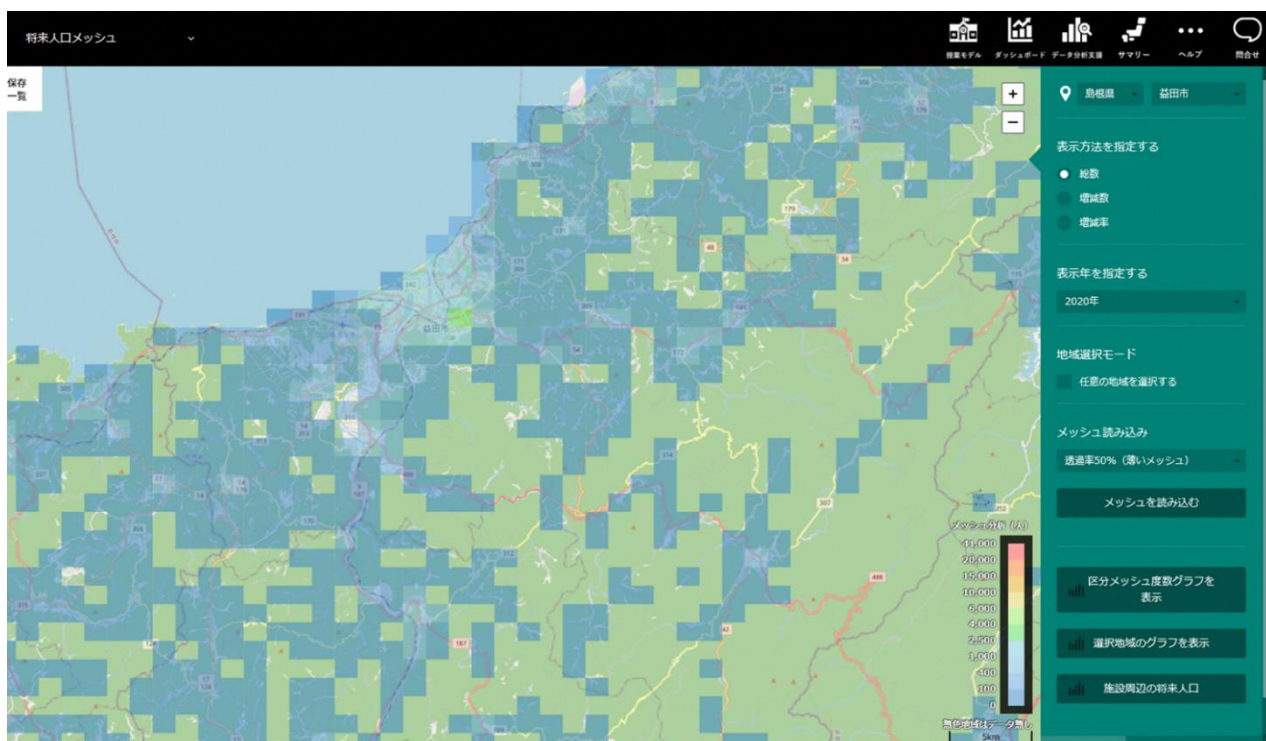


図 5-1

5.3.1.1 ハイブリッド IoT 基幹ネットワークシステム構成の整理

ハードウェアの構成要素にはスマートシティサービス用サーバー、通信ネットワーク網、LPWA 基地局、センシング端末がある。センシング端末は基本的に状況の見える化が柔軟に行えるワイヤレス(LPWA)接続を基本構成とした。(図 5-2 参照)センシング端末は数が多くなっても費用が比例して増加しないように 1 台の LPWA ゲートウェイで複数の端末(最大 50 台程度)を束ねる構成とした。

ハイブリッドIoT基幹ネットワーク構成要素

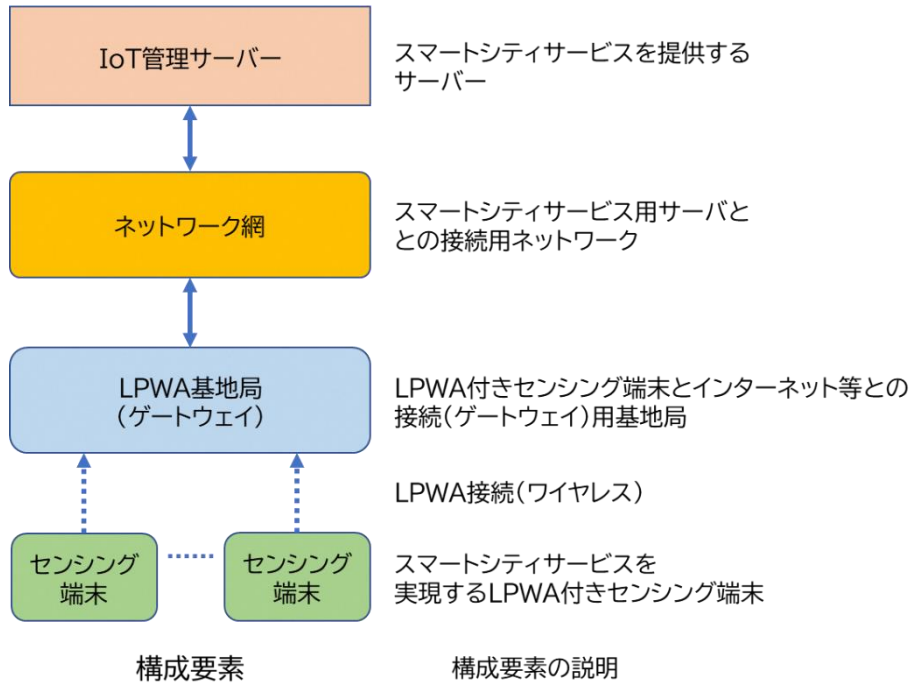


図 5-2

通信ネットワークの種類と適用分野を図 5-3 のように整理した。

センシング端末からの情報は用途に応じて費用対効果の高い通信ネットワーク経路でハイブリッド IoT 管理サーバーに接続する

IoT基幹ネットワーク構成の種類と適用分野

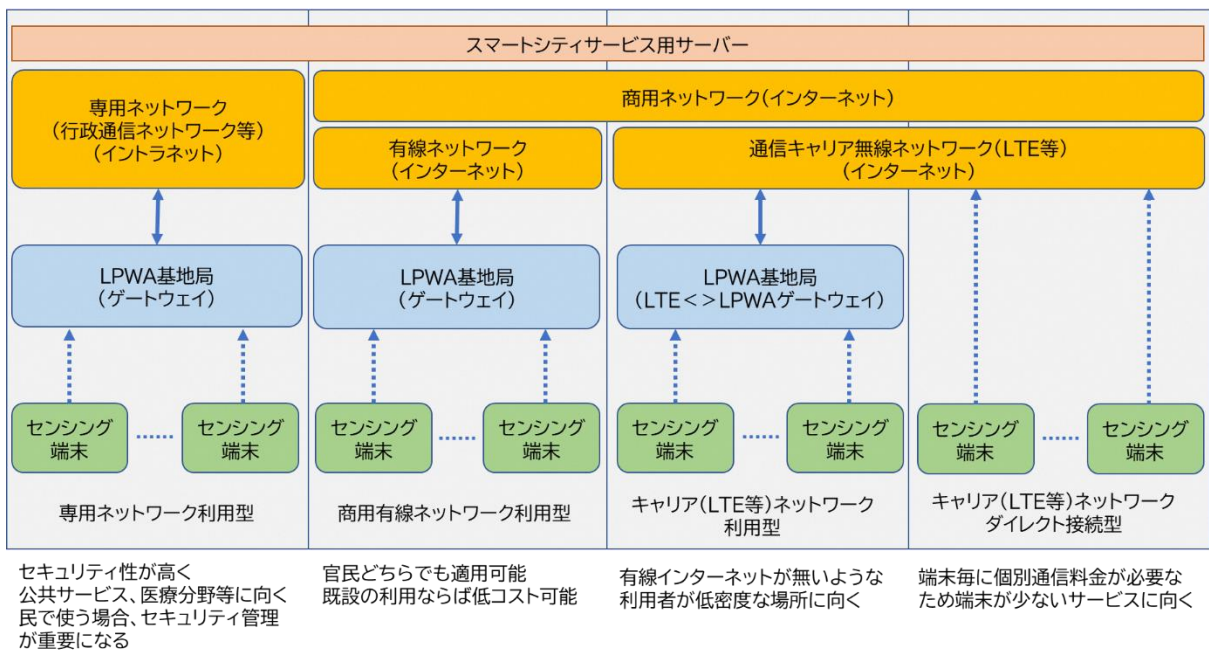


図 5-3

5.3.1.2 スマートシティサービス用サーバーのソフトウェア構成

図 5-4 のような階層構造とした。データを扱う部分には非同期にかつ様々な時間軸で発生するデータに対応できるプロトコルの MQTT を用いた。データ管理・運用には拡張性やデータ連携が容易な FIWARE を用い、アプリケーションソフトがサービスを提供する構成とした。

スマートシティサービスサーバのソフトウェアの階層構造

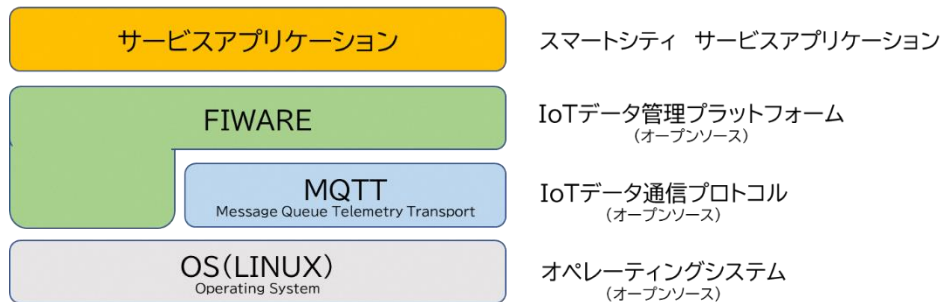


図 5-4

以上の考察から各方式をミックスしたハイブリッド型の IoT 基幹ネットワークの構想設計を行った。

システムは益田市の行政通信ネットワークでの VLAN、商用インターネットを使った仮想的専用ネットワーク VPN (Virtual Private Network)、通信キャリア網を利用型ネットワーク、通信キャリアネットワークダイレクト型、で構成した。(図 5-5 参照)

ハイブリッドIoT基幹インフラ 概念図

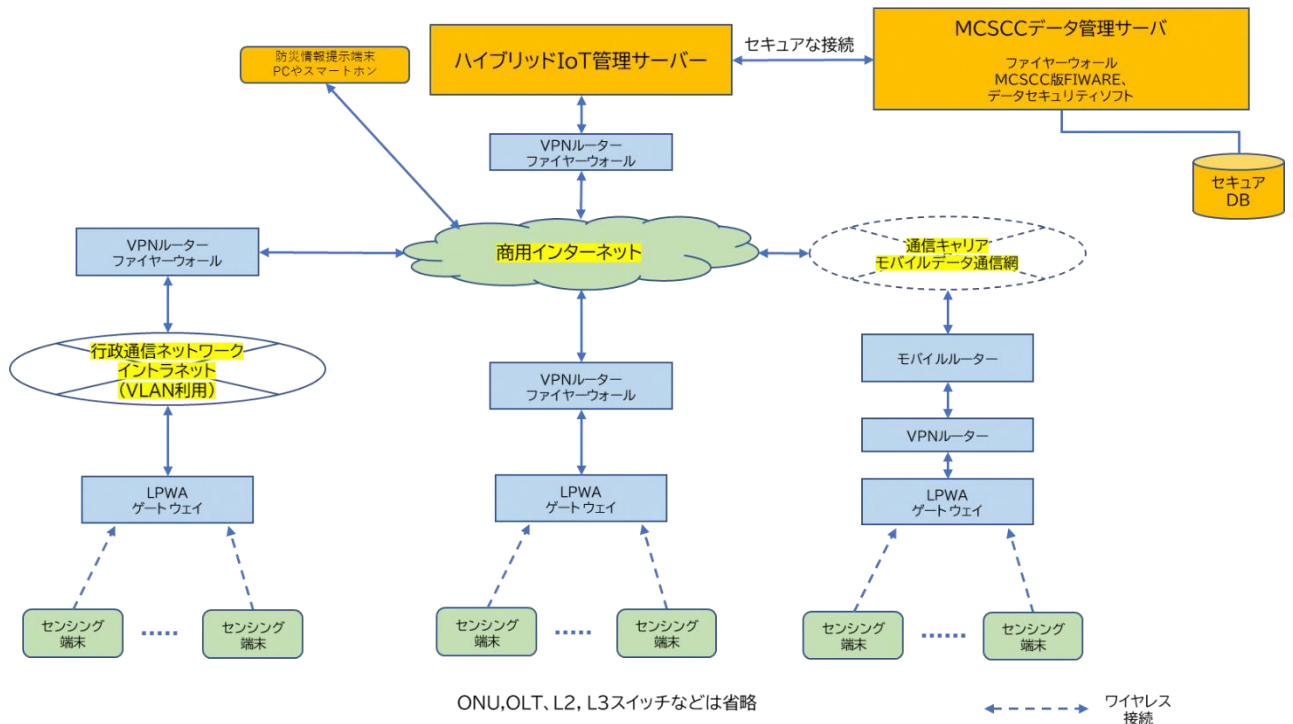


図 5-5

5.3.2.1 ハイブリッド IoT 基幹インフラを軸にサービスを展開する場合のコスト試算

益田市にスマートシティサービスを実施するモデルケースを想定して試算を行った。モデルケースは MCSCC が行ってきた実証実験を基にした共通プラットフォーム部の構成でモデルケース内容を表 5-5、表 5-6 に示す。モデルケースは経由する通信ネットワークの違いによるコスト比較を行った。アプリ部分に係るセンサー端末とアプリケーション部分はサービスの規模や形態によって大きく変わるため除外し、基本的なハードウェアインフラ部分のコスト試算とした。

モデルケースでは実装可能なスマートシティサービスを想定し、市街地には過去の実証実験でも行っている見守りやヘルスケアデータ収集を想定し、中山間地域集落部には見守り、ヘルスケア、鳥獣被害モニタリングなどを想定して合計 10 か所の LPWA 基地局を配置するとした。それぞれの基地局は LPWA の受信局となりカバー範囲を直径約 2Km とした。

市街地の LPWA 基地局は人口密集地の中心部や高齢者施設近くに配置した。

コストは主に通信ネットワークの違いによる部分が大きいため、モデルケース 1 では行政通信ネットワーク経由のサービスで 1 か所、商用インターネット経由のサービスで 5 か所、通信キャリア網経由のサービス用に 4 か所という配置とした。モデルケース 2 では商用インターネットを全て通信キャリア網利用とした。接続形態の違いを図 5-17 に示す。

モデルケースでの LPWA 基地局の想定設置場所を図 5-18 から図 5-21 に示す。

モデルケース 1 では初期費用が 1,567,600 円、年間ランニング費用は 204,000 円、モデルケース 2 では初期費用が 1,452,600 円、年間ランニング費用が 54,000 円と試算した。

サーバーは高信頼性モデルの最小構成(二重化はせず)、ネットワークスイッチ類、工事費、モバイルルータ、およびネット関係の初期費用、モバイルルータなどの費用を見積もった。また通信ネットワークは益田市をカバーしている萩テレビ株式会社のひとまるビジョンインターネットの 8Mbpsプラン、データ通信は株式会社オプテージの mimeo M2M アクセス プランにより見積もった。

通信ネットワーク経路を通信キャリアにしたモデルケース 2の方が初期費用も、年間ランニング費用も安価に済む。収入(みなし収入含む)が期待できるサービスを実装する場合にも変動費コストとなる年間ランニング費用で約 15 万円の差があるので通信キャリア経由のインターネットを利用する方が安価になる。

また商用有線インターネットの特徴は高速大容量に強いことだが、センシングで得られるデータは一回当たり数十バイトと少なく、また更新頻度も 1 時間当たり数回が多いため、センシング端末が非常に多い場合以外は通信ネットワークに通信キャリアの網を使う構成が適している。

LPWA基地局と通信ネットワークの接続形態

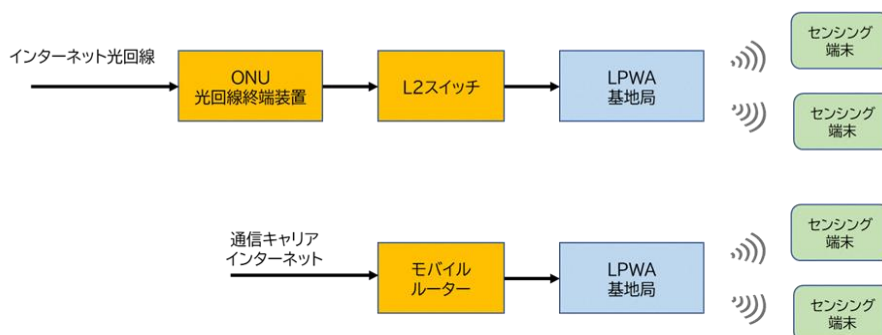


図 5-17

モデルケース1内容
(経路ネットワークハイブリッド型)

	市街地 インフラ監視用	市街地 汎用	中山間地域集落部 汎用	合計	集計
サービスイメージ	インフラ監視用	汎用、 ヘルスケア、見守り	汎用 見守り、ヘルスケア 鳥獣被害対策用		
経路 ネットワーク網	行政通信網の VLAN利用:1	商用有線 インターネット	通信キャリア インターネット	2種類	
PLWA基地局数	益田市中心部: 1 合計 1	益田市市街地 合計 5	益田市 中山間地域集落部 合計 4	10	
初期費用 サーバー整備	620,000円			620,000円	初期費用の合計 1,567,600円 未定部分を含む
LPWA基地局費用 (単価7万円) 工事費込み	70,000円	350,000円	280,000円	700,000円	
ネットワークとの 接続機器 L2スイッチ/モバイルルータ	L2スイッチ 6,000円 (6,000円×1)	L2スイッチ 30,000円 (6,000円×5)	モバイルルータ 48,000円 (12,000円×4)	84,000円	
通信ネットワーク 初期費用	未定	150,000円 (30,000円×5)	13,600円 (3,400円×4)	163,600円	
年間 ランニング費用	未定	180,000円 (36,000円×5)	24,000円 (6,000円×4)	204,000円	
	通信ネットワーク費用は益田市の事業計画による		合計	1,771,600円	

表 5-5

モデルケース2内容
(経路ネットワーク通信キャリア中心型)

	市街地 インフラ監視用	市街地 汎用	中山間地域集落部 汎用	合計	集計
サービスイメージ	インフラ監視用	汎用、 ヘルスケア、見守り	汎用 見守り、ヘルスケア 鳥獣被害対策用		初期費用合計 1,452,600円 未定部分を含む
経路 ネットワーク網	行政通信網の VLAN利用:1	商用有線 インターネット	通信キャリア インターネット	2種類	
PLWA基地局数	益田市中心部: 1 合計 1	益田市市街地 合計 5	益田市 中山間地域集落部 合計 4	10	
初期費用 サーバー整備	620,000円			620,000円	
LPWA基地局費用 (単価7万円) 工事費込み	70,000円	350,000円	280,000円	700,000円	
ネットワークとの 接続機器 L2スイッチ/モバイルルータ	L2スイッチ 6,000円 (6,000円×1)	モバイルルータ 48,000円 (12,000円×5)	モバイルルータ 48,000円 (12,000円×4)	102,000円	
通信ネットワーク 初期費用	未定	17,000円 (3,400円×5)	13,600円 (3,400円×4)	30,600円	
年間 ランニング費用	未定	30,000円 (6,000円×5)	24,000円 (6,000円×4)	54,000円	54,000円
	通信ネットワーク費用は益田市の事業計画による		合計	1,506,600円	

表 5-6

益田市全域へのLPWA基地局(受信局)の配置案 モデルケース1

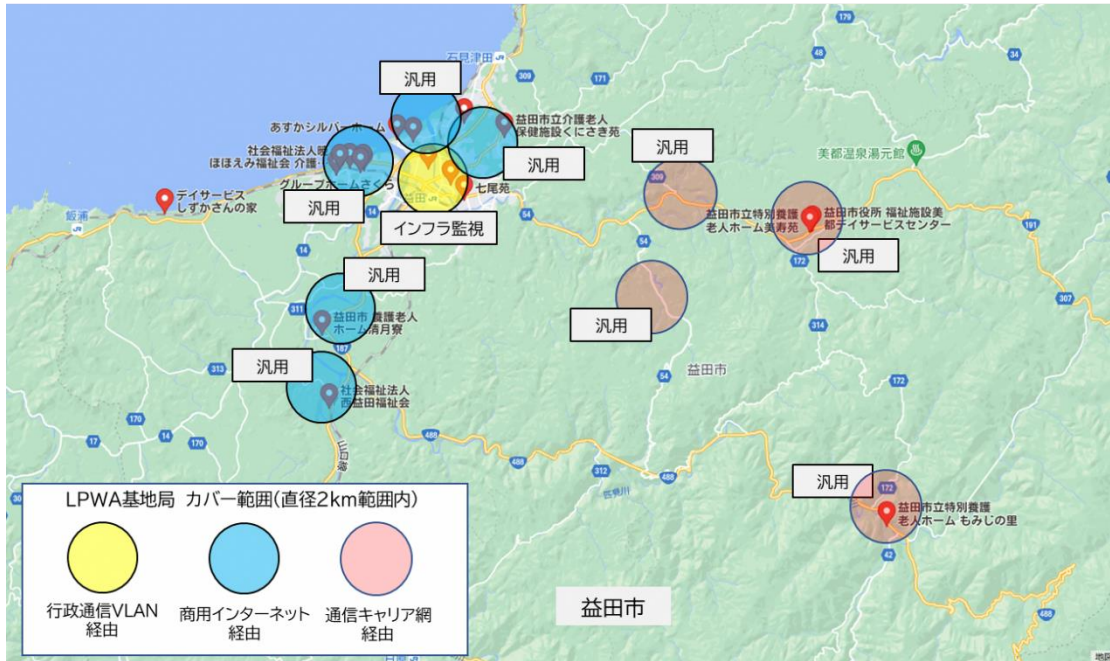


図 5-18

益田市全域へのLPWA基地局(受信局)の配置案 モデルケース2

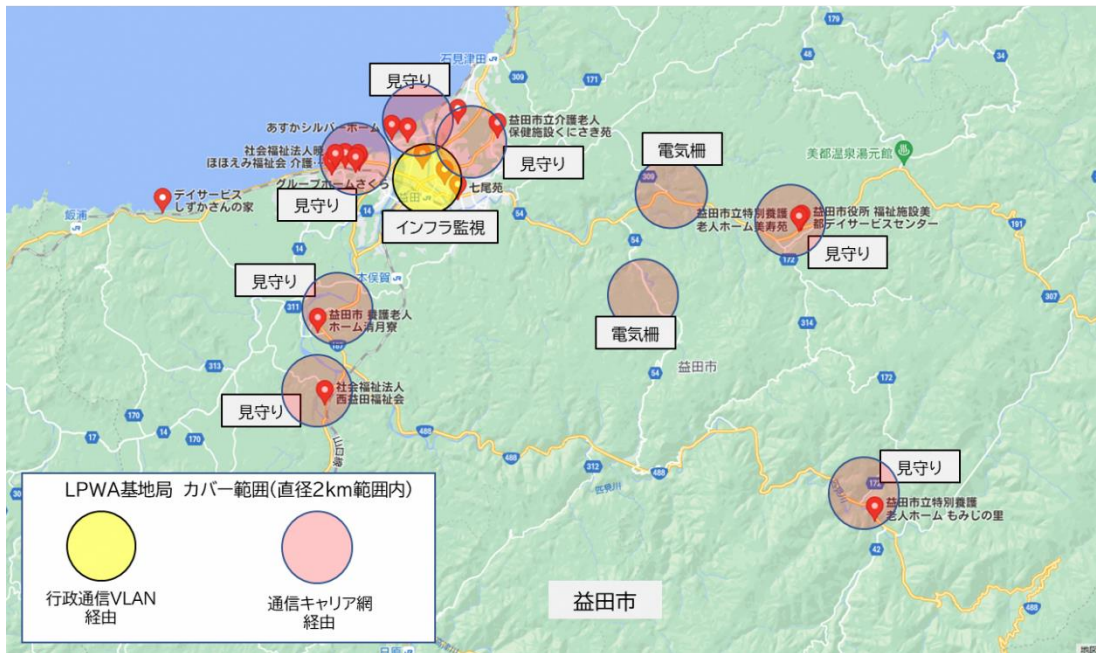


図 5-19

益田市全域へのLPWA基地局(受信局)の配置案
モデルケース1

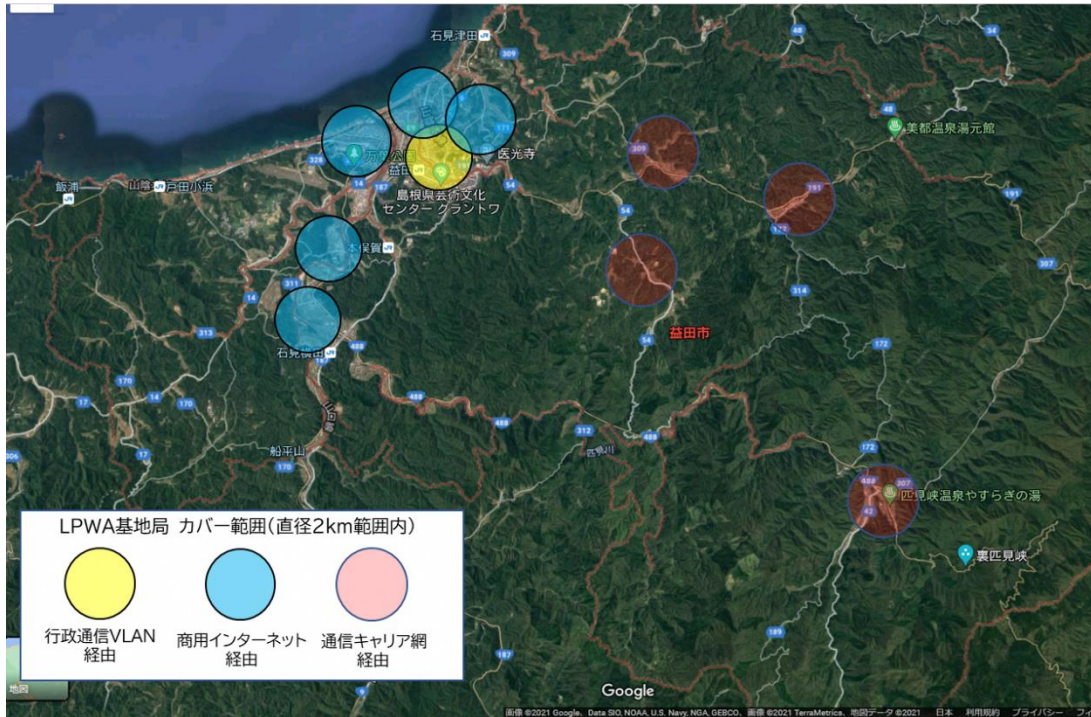


図 5-20

益田市全域へのLPWA基地局(受信局)の配置案
モデルケース2

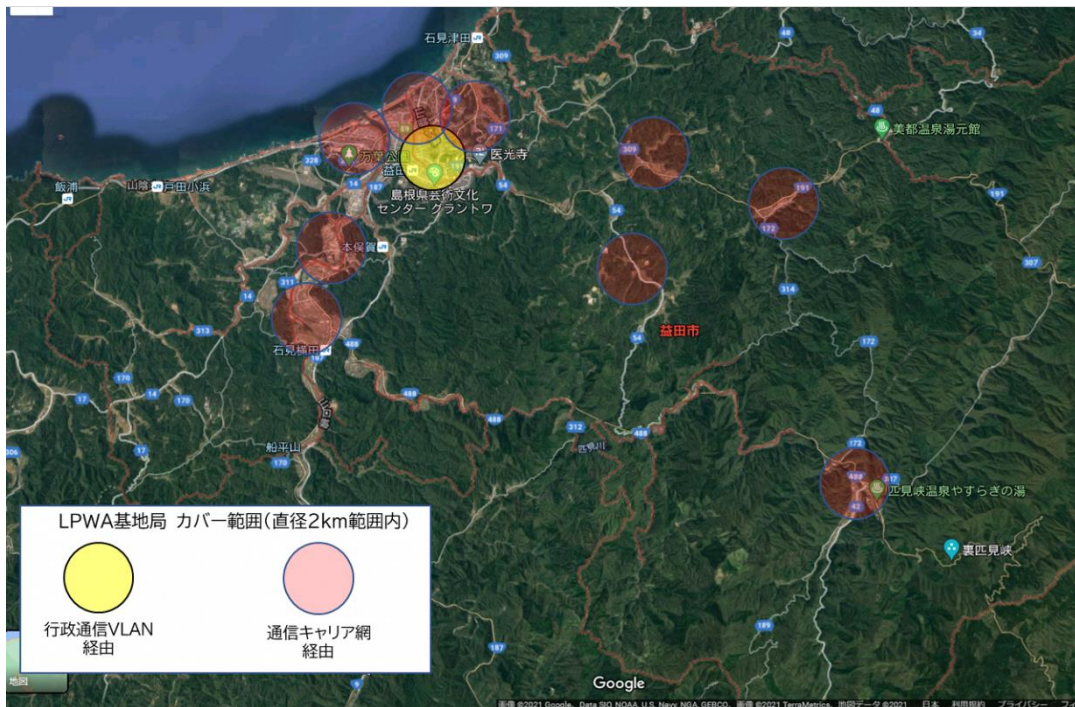


図 5-21

5.3.2.2 想定モデルケースによる得られるみなし収入の試算

・鳥獣被害防止電気柵のリアルタイムモニタリングによるみなし収入の試算

実証実験の電気柵モニタリングによる効果は電気柵の確認見守り作業時間の削減と、対策遅れによる農作物収穫高の減少に対して効果があった。

経済的効果の試算

電気柵正常動作の確認が遅れたことによる鳥獣被害による収穫高の減少を防ぐことによって得られた収穫高の向上。実証期間中では実装前年度に対象田畑に被害が発生し無被害時の30%程度の収穫だったのが、効果的な電気柵メンテナンスを行えるようになったためほぼ無被害を達成した。実証実験の田んぼ面積が30aだったので経済的効果は次のように試算される。 $18 \text{万円} (\text{コメ農家の } 10\text{a 辺りの平均収入}) \times 3 (30/10) = 54 \text{万円}$ の価値創出となる。

作業者の電気柵確認作業時間の削減時間効果試算

電気柵異常動作を現地に行かずとも把握できるため無駄な確認のための削減時間は年間約100時間として540万円(農家の平均年収) $\times (100/2080) = 26 \text{万円}$ の価値創出となる。

合計年間80万円の価値創出に貢献している。

また、益田市鳥獣被害防止計画 令和2年度版によれば水稻、野菜、果実による被害額は3年間で523

万円とされており、仮にこの分が電気柵によって被害額が削減できれば単純年平均で約174万円程度のみなし価値はありと考えられる。

・高齢者見守りのみなし収入の試算

実証実験に至った経緯が、益田市警察署からの高齢者見守りに関わる捜索時間の削減に先端技術を使った見守りによる支援ができないかという事であった。実証実験では微弱なLPWA発信機の電波をとらえること事を確認でき、高齢者に位置情報は含まれない微弱な発信機を装着してもらう事での有効性は確認できたが、実際の捜索時間の削減効果については警察署の捜索情報は非公開であること及びひとり歩きの状況によって異なるため一律なみなし価値の試算は困難であった。

5.3.3 電気柵メンテナンス費用削減効果に対する有償サービス料金の検証

モデルケースにおける利用者からの収入モデルは鳥獣被害防止電気柵のモニタリングサービスとヘルスケアであるが、利用者負担額をそれぞれ以下の金額で想定して試算した。

電気柵モニタリングの利用者負担額は、1,000 円(年間 12,000 円)と 1,500 円で試算した。これは益田市内での被害額が 174 万円、主業農家件数が 139 戸なので一戸当たり 12,000 円/年を目安にした価格を想定した。(表 5-7、5-8 参照)

農業経営体数	1,141 経営体
総農家数	2,173 戸
自給的農家数	1,093 戸
販売農家数	1,080 戸
主業農家数	139 戸
準主業農家数	180 戸
副業的農家数	761 戸

益田市の農家数
(農林水産省 わがマチわがムラ統計資料より)

表 5-7

2. 鳥獣による農林水産業等に係る被害について (1) 被害の現状(平成28年度～平成30年度)

鳥獣の種類	被害の現状	
	品目	被害数値
イノシシ	水稲	5,188千円 17.18ha
	野菜	—
ニホンザル	野菜 果樹	20千円 0.22ha
ニホンジカ	造林木 野菜	—
中型動物(ヌートリア等)	果樹 野菜 水稲	25千円 0.22ha
カラス類	果樹	—
キジバト	畜産 家庭生ゴミ	—
カワウ	アユ、ヤマメ、その他	—
サギ類	漁業権魚種	—
その他獣類	飼料作物	2千円 0.21ha
合計		5,235千円 17.83ha

益田市鳥獣被害防止計画 令和2年度作成
版より

表 5-8

・採算性の試算

・サービス収入での採算性の試算

鳥獣被害防止電気柵のリアルタイムモニタリングのサービスのコスト試算

電気柵モニタリングに関わる機器の初期費用とメンテナンス費用は利用者が購入すると想定し運用コストはゼロ算定として試算した。通信ネットワークは中山間部での電波状況を加味しモデルケース2を用い、LPWAゲートウェイ数は1台当たり3ユーザーをサポートするとして試算した。(図5-22参照;赤丸範囲内に複数のLPWA基地局がある仮定)ユーザー数とLPWAゲートウェイの台数が30台刻みとしているのは10か所程度以上の別の場所のそれぞれで2台とか3台とかを配置する想定である。利用者料金を1,000円と1,500円のケースでのコストを表5-9に、損益を表5-10に示す。

		台数	コスト	年額	単位は円
固定費	サーバ関係費用	1	620,000	155,000	4年償却
	LPWAゲートウェイ	10	70,000	175,000	4年償却
	モバイルルータ	10	12,000	30,000	4年償却
変動費	回線年額	10	6,000	60,000	500円×12
			総費用合計	420,000	

表 5-9

電気柵監視の利用者料金と損益(設備は4年で償却とした)							
利用者月額 円		1,000			1,500		
契約件数	必要LPWAゲートウェイ台数	収入	総費用	損益	収入	総費用	損益
10	10	120,000	420,000	-300,000	180,000	420,000	-240,000
20	10	240,000	420,000	-180,000	360,000	420,000	-60,000
30	10	360,000	420,000	-60,000	540,000	420,000	120,000
40	20	480,000	625,000	-145,000	720,000	625,000	95,000
50	20	600,000	625,000	-25,000	900,000	625,000	275,000
60	20	720,000	625,000	95,000	1,080,000	625,000	455,000
70	30	840,000	830,000	10,000	1,260,000	830,000	430,000
80	30	960,000	830,000	130,000	1,440,000	830,000	610,000
90	30	1,080,000	830,000	250,000	1,620,000	830,000	790,000
120	40	1,440,000	1,035,000	405,000	2,160,000	1,035,000	1,125,000
210	70	2,520,000	1,650,000	870,000	3,780,000	1,650,000	2,130,000
300	100	3,600,000	2,265,000	1,335,000	5,400,000	2,265,000	3,135,000
450	150	5,400,000	3,290,000	2,110,000	8,100,000	3,290,000	4,810,000
600	200	7,200,000	4,315,000	2,885,000	10,800,000	4,315,000	6,485,000

表 5-10

利用者負担額が1,000円では60件の加入が必要であり、1,500円であれば30件で費用分は賄えるが運営人件費やスペースなどの管理費など考えると粗利益で数百万円が現実的には必要である。利用者としては数百件以上の加入が必要となる。このサービスは近隣の中山間部をもつ市町村でも共有の課題であり、総利用者数も多いほど継続性に於いて有利なことから広範囲でのサービス実施が採算面に於いて有効である。通信キャリア経由での通信ネットワークとして使うのであれば地域によるIoTインフラ配備の差が無関係になることから実現可能性も高いと考えられる。

益田市全域へのLPWA基地局(受信局)の配置案
モデルケース2(電気柵監視のモデル)

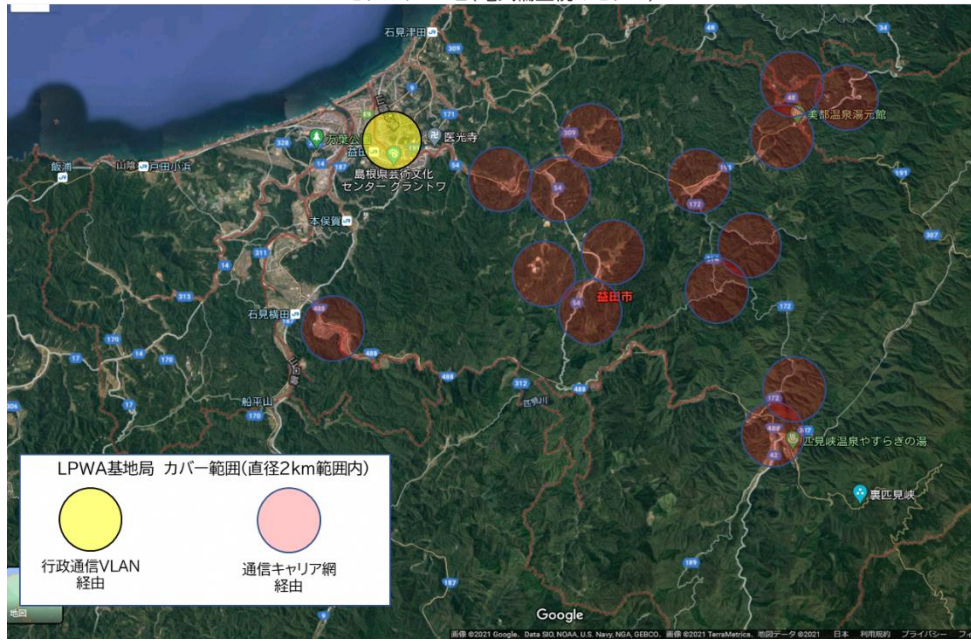


図 5-22

5.4 全体考察

5.4.1 実現可能性とそのための条件

・本実証実験を通して中山間部を持つ地域にとってのスマートシティ化についての IoT 基幹インフラをベースにした基本構成の検証とサービス試算によるシミュレーションを実施し実現可能性とそのための条件などを検証した。

IoT 基幹インフラはデータを IoT 管理サーバーに転送する通信ネットワークのコストが重要であり、LPWA+通信キャリア網が MVNO など安価なプランが出てきたこともあって安価に構築できることを認識できた。地域課題のインフラ監視や防災に向けたサービスには低コストの監視インフラ構築が有効になるが、IoT 基幹インフラの通信ネットワークの選択や行政の対応により実現可能性は高い。

個別実証実験においてはコスト試算により継続性を持たせるための条件を明らかにした。またスマートカーで取得したデータを道路維持管理以外の地域振興目的での利用を試みて、新たなスマートシティサービス化の可能性を示した。

一方で継続的な体制づくりについては多くの関係者と近隣地域との連携などについては今後の調整が必要である。

・個別実験はいずれも技術的にはほぼ想定通りの機能を確認したが、採算・運用面ではサービス提供者からの視点での検証であり実際にどれくらいの加入費用であれば加入されるかは利用者目線による更なる実証調査が必要である。

5.4.2 運営体制の考察

益田市では複数の民間ベースのサービス提供者による個別サービス(スマート水位計、スマート道路モニタリング等)を実施している。いずれも行政サービスの効率化やコスト削減につながるサービスである。

これまでの個別実証実験では、民間主導で関係者からのヒヤリングに基づき、益田市の協力元の下、実証実験を実施してきた。実証実験分野がインフラ維持管理や様々なヘルスケアや見守りなどの個別業務の課題解決が主であり、地域社会の基礎的部分へのスマートシティ技術の実験を重ねてきた。そのため継続可能な体制マネジメントについての検討はまだ入り口段階である。

MCSCC のようなサービス提供者主体の団体が推進役となって進めてきたことによるメリットは技術面での個別解決策の検討や全体構想設計が早く推進できる事だと考えるが、一方で将来のスマートシティ戦略構築まで踏み込んだ公民連携による全体最適をめざす体制構築はこれからの検討を通して地域に最適な形を検討していくことになる。

これまで個別課題の解決策を実施してきたが、一歩進んで地域(及び広域地域)のスマートシティ化を目指すうえでは戦略策定や運営推進をする組織体に進む必要がある。地域の将来にとって有益な運用や設備利用ができるように、行政、民間企業、業界団体、地域企業、地域外企業、学術関係者、市民団体などによって推進団体を構成することが重要と考える。

更に継続可能な体制において重要な要素としてはスマートシティリファレンスアーキテクチャや国土交通省スマートシティの実現に向けて【中間とりまとめ】にも述べられている、「地域のスマートシティをどのような形にするのかの戦略を決める場の設立」をすること、「スマートシティ化を推進する組織の設立及び運営」などであるが今回の試算で明らかのように中山間地域の場合は、行政区域を超えた広範囲なサービス提供が継続(採算性確保)のために必要になるケースがありうる。

また技術的にはセンシングに LPWA による無線ネットワークを使う場合、混信による相互妨害などを防止する為に地域内のルール作りは重要である。現在は広範囲に LPWA 電波を利用するサービスが少ないこともあって問題は発生していない。しかし無秩序に電波を出すことは仮に微弱電波であっても好ましいことではなく全体を見据えた調整が必要である。更に上位のサービス提供サーバー類は、複数の市町村や県レベルや国レベルで運用管理し、全国各地のスマートシティが共通で使えるクラウドサービスで運用することが管理面からもコスト面からも望ましく全体最適化の面からも望ましいと考える。

具体的なスマートシティサービスを利用者に届けるときにはインターネット上の WEB サービスが主であり、クラウドサービス上に共通利用できるサーバーを設けることで効率のよい運用が可能になると考える。

運用体制
(時系列)

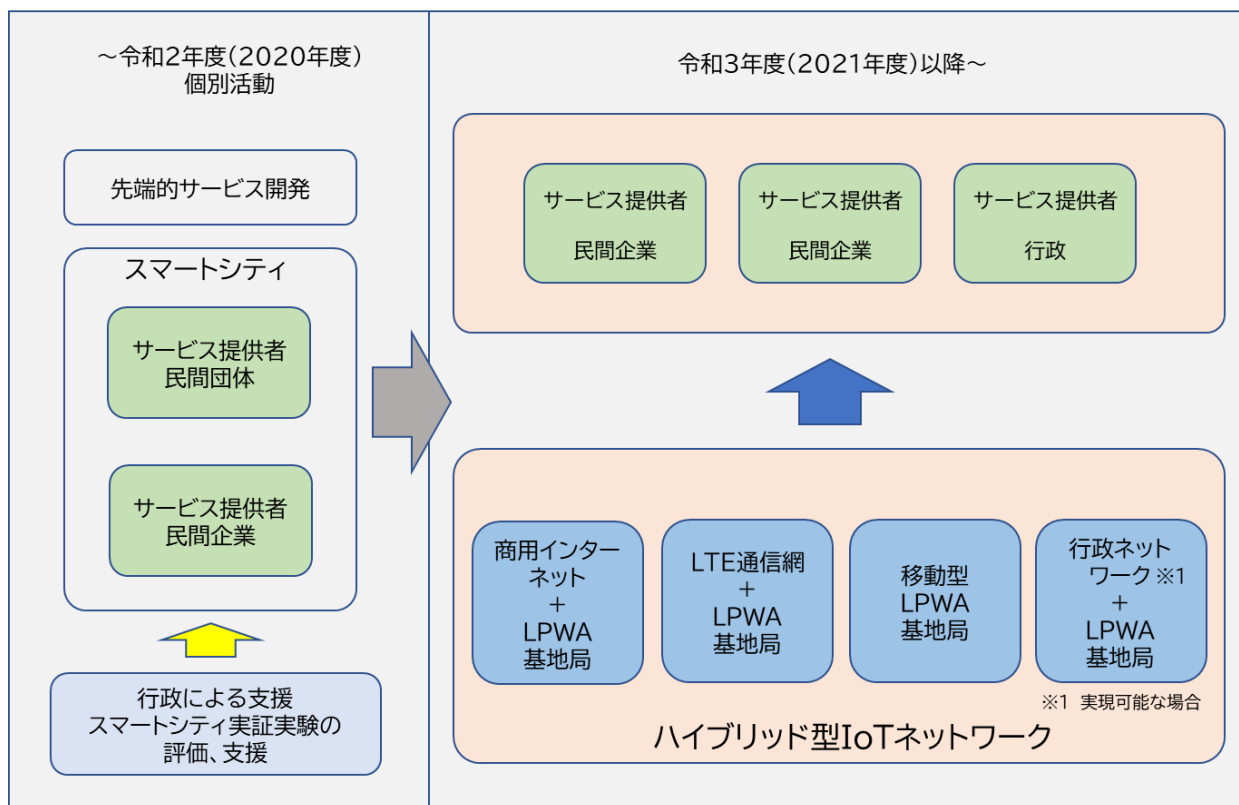


図 5-23

6. 横展開に向けた一般化した成果

6.1 推進主体について（「スマートシティ取り組み方針」より引用）

スマートシティの実現に向けて（中間とりまとめ）P22 において、スマートシティのコンセプトとして公民連携の必要性が指摘されている。これはスマートシティに導入される技術は、非常に高い専門性が求められるものであり、専門の技術開発者やサービス提供者の存在が不可欠であること、また技術革新に伴う持続的な連携が必要とされることからの指摘である。

そして同ページにおいて「元来、都市は多様な主体が多様な活動を行っている場であり、1つの分野、あるいは1つの主体にとっての最適解が都市全体にとっての最適解にならない場合が多々あることから、都市計画とは分野間、主体間の総合調整、合意形成により全体最適を目指す営みそのものとなっている。そのような認識の下、これまで都市全体を捉え、土地利用、交通、環境等、トータルな解決策を提供してきた国土交通省都市局として、ニーズとシーズに立脚した、都市全体の観点からの全体最適を提供することをスマートシティの取り組みのコンセプトとする。」と、都市の抱える諸課題に対し、都市計画の観点からの全体最適の視点がスマートシティの取り組みにあたって求められている。

また、スマートシティガイドブック概要版（2021.4 Ver1.00 内閣府・総務省・経済産業省・国土交通省スマートシティ官民連携プラットフォーム。以下「スマートシティガイドブック概要版」という。）P8 において推進主体の構築のポイントとして、

「各構成員の利害を調整し、合理的で適正な意思決定をするためのガバナンス（組織規約等）の明確化」

「全ての構成員の間で、目指すスマートシティのビジョンを共有」

「プロジェクトを牽引・調整する組織・人材の確保」

「各種ガイドラインを参照し、データ取り扱いルールやリスク・マネジメント・ルールを検討」

「ルールを市民や企業へ明らかにし理解を醸成」

などが挙げられている。

益田市におけるスマートシティの取り組みは、民間企業の提案から始まり、その後一般社団法人益田サイバースmartシティ創造協議会(MCSCC)※に、益田市が参加する形で進んできた。

※一般社団法人益田サイバースmartシティ創造協議会(MCSCC)は、スマートシティに必要な規格と事業モデルを創造し、実装することを目的として、国内外のメーカー等により設立された団体である。Society 5.0 の社会実装に向けたグローバル啓発活動、地域課題に適した事業モデルの創造とプロジェクトコーディネートおよび実装支援を主な活動としている。

益田市におけるスマートシティの取り組み初動を総括すると、地元民間企業の提案から始まった取り組みは、持続可能な地域づくりという地域のグランドデザインの一部として、スマートシティの導入部を構成したと考えている。

次のステージとして、今後益田におけるスマートシティの取り組みを深化させるにあたり、都市計画の観点からの全体最適の視点等をもった取り組みが必要(スマートシティの実現に向けて(中間とりまとめ))と考えられる。具体的にはスマートシティガイドブック概要版 P8 にある推進主体の構築ポイントに取り組むこととなる。この方向性のもと、IoT の基盤整備やインフラ管理については行政主体で、その他のサービスを民間の創意工夫により事業展開を期待とする全体構成を基本イメージとしたロードマップを、本報告書で提示しているところである。

上記の益田市でのスマートシティの取り組みを通し、横展開できる知見について検討する。

スマートシティの進め方(スマートシティガイドブック概要版 P4)の要点を押さえたウォーターフォール的な進め方が、スマートシティの取り組みの基本形である。一方、当市のようなスパイラル的な手法も地方都市への実際の導入にあたって一考に値すると思われる。ここでいうスパイラル的な手法とは、まず地域の課題を解決する技術の有用性を実際に示す実証を行い、地域の人々の理解や参画を促進しつつ、体制の整備や計画の策定も並行して進めるというものである。

スマートシティに導入される技術は専門性が求められるものであり、地方中小都市におけるスマートシティの取り組み初動においては、地域の人々の理解や参画を促進するためにも、当市が経たような地域の課題を解決する技術の有用性を実際に示す実証を先行させることも有効ではないかと考える。

6.2 ネットワークについて

中山間部を持つ地域におけるスマートシティアセットとしてのセンシングネットワークを中心とした IoT 基幹インフラのモデルケースを提示した。これから IoT インフラをどの様に実装するのかの検討にモデルケースは類似の中山間部を持つ地域に共通に活かせる。

7.まちづくりと連携して整備することが効果的な施設・設備の提案

7.1 スマートシティの取組と併せて整備することで効果的、効率的に整備できる施設・設備

・仕事づくりとの連携

IoT基幹インフラ利用で様々なサービスの実現のために開発業務や提供するサービスによる産業活性化(農業、林業)や観光振興などへの展開が可能になる IoT基幹インフラ及びサーバーなどスマートシティのアセットレイヤーの設備を持つことで連携が行われる。

・人口拡大・交流人口増加との連携

サイクルマップへのスマート道路モニタリングの情報提示による話題づくりなどによる交流人口増につながる事ができる。このようなスマートシティの取り組みを地域観光振興などに活かす。また共通の課題を持つ地域との連携は地理的な近隣地域のみならず同課題を持つ全国の地域との連携が可能であり、データ共有化やノウハウ共有などを通して多くの交流人口を生み出すことが期待できる。

7.2 スマートシティの取組を整備に活用することが効果的な施設・設備

・LPWA アクセスポイントの常設設置場所の確保

スマートシティサービスを実現する共通プラットフォームを、民間利用のできる、公共的施設としてのインフラの提供するうえで LPWA 基地局を設置する場所を、公的設備を中心に確保できれば実装が容易になる。民間設備の場合、個別に都度交渉(説明会等)が必要で簡単には設置できないため公的施設に基地局の場があることは効果的である。

7.3 施設・設備の設置、管理、運用にかかる留意点

利用者に情報を届けるサービスは WEB サーバーになるが、設備管理、運用面を考えるとクラウドサービス等で構成するなど全国的な全体最適の視点が必要である。

スマートシティガイドブック P61 に記載されているが、都市 OS を複数地方公共団体、複数地区で共有する取組や、サービスを共同導入する取組等を通じ、費用負担を縮減することも有効であると考ええる。

又 LPWA のアンライセンスバンドでの利用は地域内での運用のルール化が必須である。特に到達距離の長い 920Mhz 帯での利用はある程度の協調が必須である。ライセンスバンドを使う場合はこの限りではないが、コストが課題になる。

7.4 地域特性に合わせた提案

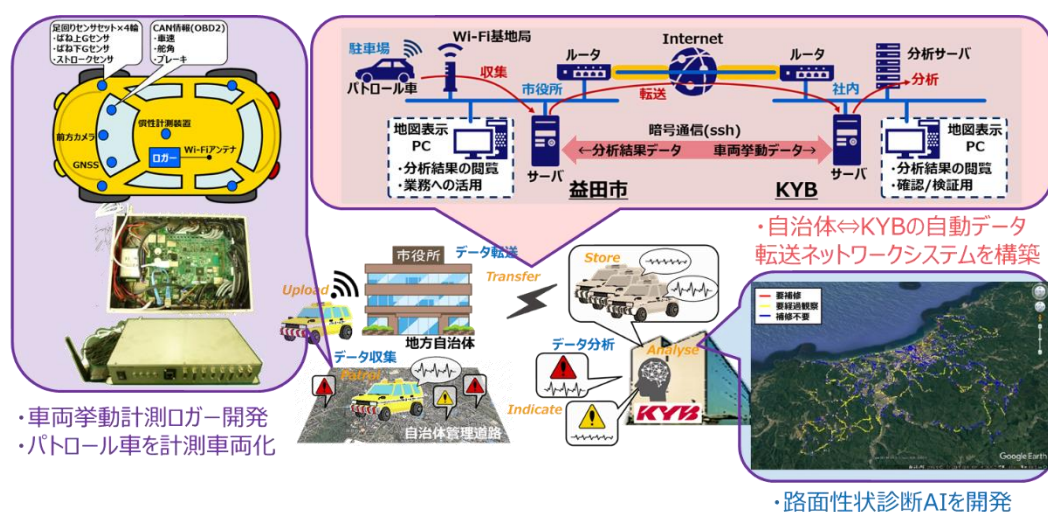
・中山間部におけるスマートシティサービスについては広範囲かつ端末実装が困難な場所や光ケーブルも通信キャリアサポート範囲外の区域などがあり、移動基地局型(ドローンや自動車)などによるサービスも手段として検討される。特に人口密度が低く光ファイバーの敷設が困難な場所に対してのセンシングネットワークサービス実装を行う場合の手段として移動型基地局の利用を組み合わせることも検討される。具体的には確認周期が非常に長い山林での用地管理や有線ネットワークが無いような地域において行う見守り活動や観測用センシングの分野で常設設備では却ってコスト高になってしまうようなケースが考えられる。

4 実験実施結果

4.3 スマート道路モニタリング

4.3.1 概要と R1 期報告時の進捗

労働者不足に悩む地方自治体では、人口に比して長大な市町村道の管理負荷が増加しており、道路維持管理業務の効率化が望まれている。本活動では、道路維持管理業務のデジタルトランスフォーメーションを目指し、R1 年度より島根県益田市での実証実験を行ってきた。R1 年度には、自治体の保有する道路パトロール車両（日産 X-TRAIL）を改造してパトロール中の車両挙動等を計測できるようにし、ネットワーク構築を行うことでインターネットを通じたデータの転送と蓄積が行えるようにした。さらに、路面の損傷度を診断する AI を開発し、転送先のサーバにてデータ分析を行うことで、パトロール車両の通過した路面の損傷度を定量的に評価できるようになった。



4-1 スマート道路モニタリングの R1 期開発進捗

4.3.2 R2 期の実施内容

R2 期の取組みでは、R1 期の開発システムの機能拡充を進めて利便性の向上を図るとともに、業務への試験実装を通じた有効性の確認と運用課題の洗い出しを行った。これらについて、以下の各項で報告する。

4.3.2.1 システムの全自動化

R1 期の開発では、パトロール車両によるデータ収集と、ネットワークによるデータの転送・蓄積を自動化したが、転送されたデータの診断や、診断結果の回答に関しては自動化されておらず、手動作業を介した処理が必要となっていた。R2 期の取組みではこの点を改良し、サーバ上の所定の場所に

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

新たな計測データが追加されると、一定時間ごとの自動的にデータの分析診断が開始され、診断結果を自治体内に設置した PC に転送する仕組みを構築した。この自動診断の間隔は任意に変更可能だが、自治体の業務フローを鑑みて十分に短い間隔に設定しており、パトロール車両によるデータ収集が行われた翌朝には診断結果が回答されるようになっている。これにより、自治体職員はパトロール後 24 時間以内に路面の定量的な損傷度が把握可能となった。

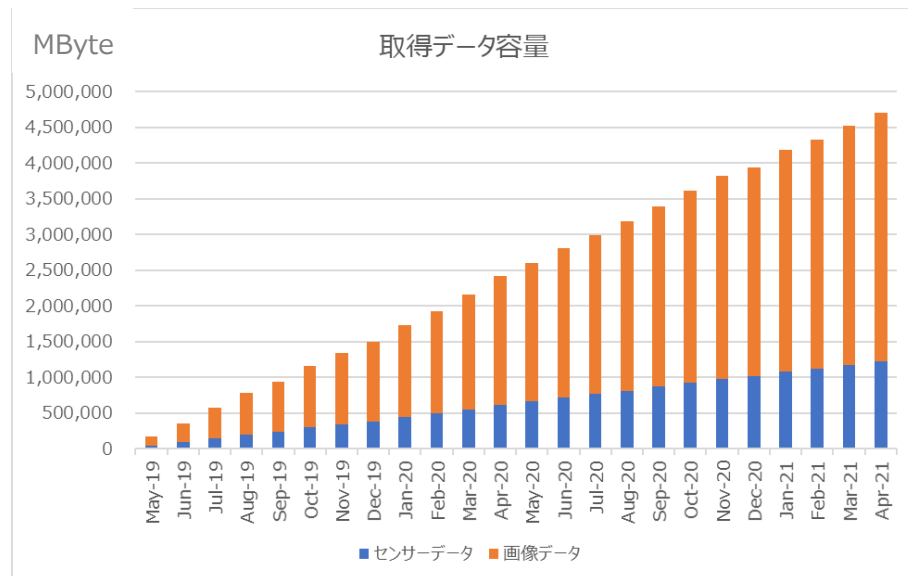
4.3.2.2 取得データの容量について

今回までの実験で、取得したデータ積算容量について示す。益田市土木課の道路パトロール業務により毎月きちんとデータが積みあがっていることがわかる。

また、下記グラフで、水色の部分は、車両に取り付けたセンサーデータの積算容量。オレンジの部分は、同時に取得している画像データ(写真)の積算容量となっている。

現在益田市に設置しているデータサーバーのディスク容量は、5TB(RAID 構成になっている)であり、そろそろ、古いデータの消去が必要になる。

益田市土木課に聞いたところ、画像データについては、1 年間 + 年 1 回分のパトロール画像を保持したいとのことであり、今後、データの消去もやむおえない状況になった場合に、上記方針で削除を進めることにしようと考えている。



4.3.2.3 他車種展開

複数の市町村にヒアリングをおこなったところ、行政の道路パトロールに使われている車両は軽自動車の場合もあることが分かったため、今回、手元にあった、スズキ ALTO にセンサを設置して、データ計測を行えるようにした。

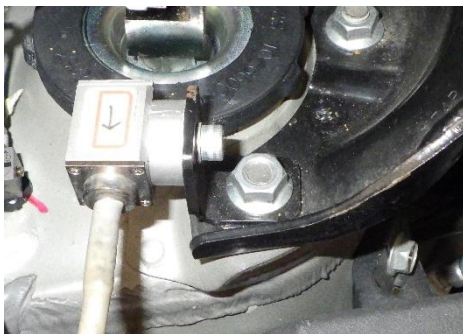
また、X-TRAIL と一緒に、益田市での計測を行うことを計画した。車両の違いによる分析は今後実施することにする。

スズキ ALTO へのセンサ取り付けの様子

X-TRAIL と同様の形式に似てセンサの取り付けを行った。一部サスペンション形式が異なっており、特にリアのばね下は、トーションビーム形式が採用されており、左右のタイヤが接続され同時に動く形式になっている。データ上からも、左右が同時に動くことが見て取れた。

以下の図に、取り付けしたセンサの様子を示す。

図 4-5 右後輪 ばね下 G センサに示したセンサは、計測中に水分の影響で停止時の値がふらつくため、乾燥後パテとアルミテープで保護を行った。



4-3 右前輪 ばね上 G センサ



4-2 左後輪 ばね上 G センサ



4-4 右後輪 ストロークセンサ



4-5 右後輪 ばね下 G センサ

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

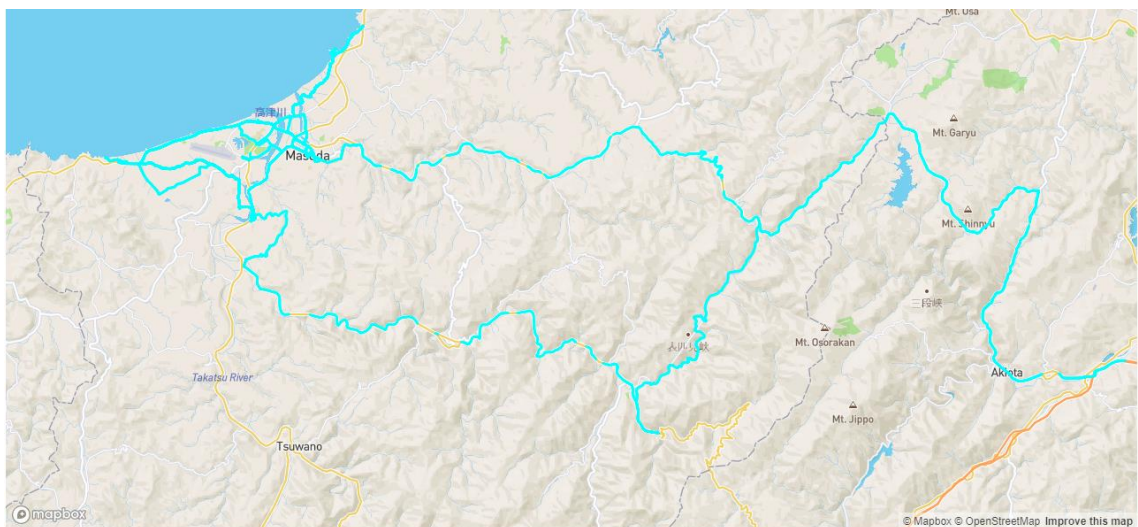
ALTO, X-TRAIL での益田市教師データ用路面計測

2021年3月15日から3月19日に、センサを取り付けた車両で益田市に入り、路面計測を行ったターゲット道路を各種条件を変えて、AIの教師データの採取をおこなった。図4-6 益田でのモニタリング車両の計測の様子に、当日の益田市に駐車中の車両を示す。



4-6 益田でのモニタリング車両の計測の様子

計測を実施した経路は、図4-7 実施した計測範囲の通りとなっている。



4-7 実施した計測範囲

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

計測路面は、益田市土木課から情報をいただいている3路線と、田舎ライド（自転車の競技で使われるコースをカバーしている）。

図4-7 実施した計測範囲は、実際の車両で計測したGPSによる位置情報をMapbox上でプロットしたものである。描画点数が10万点と多いため、多くの地図ソフトでは、描画に時間がかかり、実用に供するのは難しい。今回利用したMapboxでは、geojsonフォーマットを読み込むことができ、高速な描画が可能である。国土地理院の地図でも同様のことが可能となっているが、描画速度が若干遅い。

4.3.2.4 評価指標の拡充

R1期の開発では、AIによる路面損傷度の診断は国際ラフネス指数（IRI：International Roughness Index）に基づいており、定量性が担保されるものの、自治体における道路管理の実情への対応としては不十分であった。R2期の開発では、この点を自治体の現状に合わせ、従来より利用されているひび割れ率、わだち掘れ、平坦性の3指標と、ひび割れ率とわだち掘れのうち程度の重い方に準拠して決定する損傷度の指標を追加した。これら各指標は、AIによる診断を経て定量的に評価されるとともに、その値の大小に応じて地図上に色分けされて表示される仕様になっている。下表は、これら各指標の色分けの基準に応じた表記となっており、この数値基準は小国土交通省の発行する舗装点検要領に倣って決定した。

・IRI [mm/m]

$0 \leq \text{IRI} < 3$ / $3 \leq \text{IRI} < 8$ / $8 \leq \text{IRI}$

・ひび割れ率 [%]

$0 \leq x < 20$ / $20 \leq x < 40$ / $40 \leq x$

・わだち掘れ [mm]

$0 \leq y < 20$ / $20 \leq y < 40$ / $40 \leq y$

・平坦性 [mm]

$0 \leq z < 2.1$ / $2.1 \leq z < 5.8$ / $5.8 \leq z$

・損傷度

小： $\max(x,y) < 20$ / 中： $20 \leq \max(x,y) < 40$ / 大： $40 \leq \max(x,y)$

4.3.2.5 運用を通じた知見

パトロール車のセンサの故障

2020年5月18日、センサが故障したとの連絡があった。それに対して、修理、データの分析、考察を行った。

故障の様子

センサーを取り付けた車両において、下記白線で囲んだストロークセンサー(左後輪取付)の破損が発生した。



4-8 破損したセンサー



4-9 修理後の様子

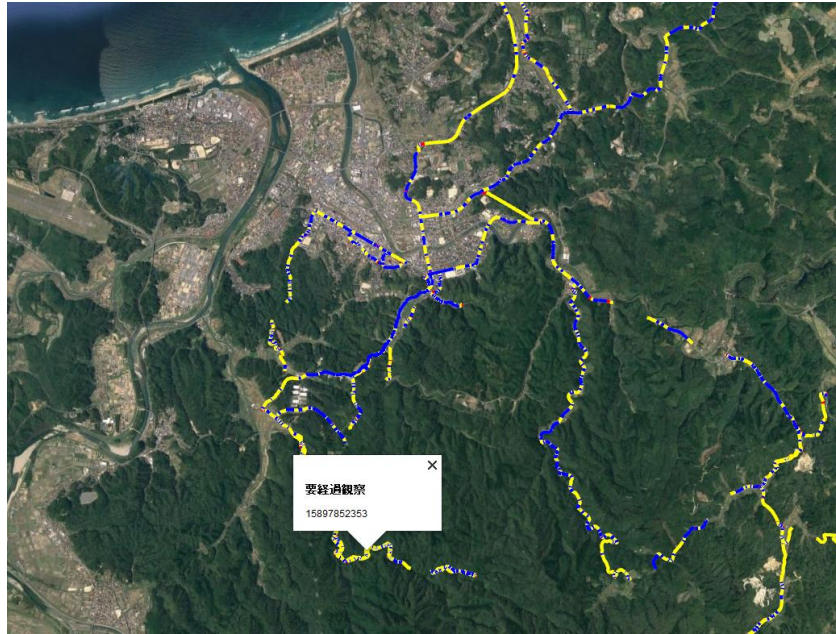
発生時の状況

- 発生日時 2020年5月18日 16:00頃
- 発生場所 34.635287, 131.848052
- 天候 雨
- 破損時の走行状況 荒れた山道をゆっくり走行

破損時の状況

当日は、かなり、山中を走行している。破損場所も山の中の市道であった。当時は雨で、川沿いの山道の登り行程で発生している。

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果



4-10 破損場所

当日のセンサーデータを分析したところ、図の通り、16時00分36秒に、左側のフロント、リア共に大振幅を検出し、そのあと、リアのストロークセンサーは、信号が出なくなった。右側には、信号がないことから、路面の左側に破損の原因になったものがあったと思われる。



4-11 破損当時の観測データ

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

破損時には、約、10cm 程度のストロークが検出されている。



4-12 ストロークセンサー データの拡大

該当地点、破損時に取得された画像

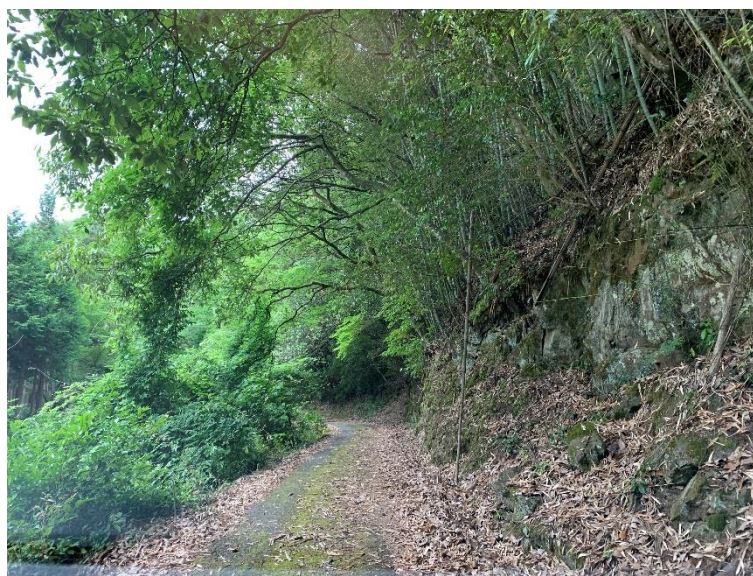
センサーの破損が発生した場所付近で撮影された画像。路面の左側に、落ち葉がたまっている状況が見て取れる。



添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

該当場所の様子を検証

後日、センサの破損が発生した場所を訪問し確認を行った。下図は、破損が発生した場所を当時の進行方向側から逆向きに撮影した写真である。破損が発生した当時の車両は、写真の奥から手前に向かって進行して来ている。写真中の右側が崖になっており、大量の落石が確認されている。



4-13 破損場所の様子(後日)

落石の様子。落ち葉に隠れて見えないが、路面には、大量の落石が確認できる。実際の破損は、センサのアームに木の枝等が挟まり、落石等の大ストロークで破損したと推測している。



4-14 落石の様子

4.3.2.6 その他の活用例

自治体業務への実装を通じ、スマート道路モニタリングの開発目的とは異なる面での活用例が寄せられた。業務実装を通じた運用であればこそ、思わぬ副産物であるため報告しておく。

土砂崩れ前後の風景把握

R3年3月16日前後のに続いた雨天の影響から、益田市内の一部路線で土砂崩れが発生した。天候回復後、復旧作業に取り組むこととなったが、この際、土砂崩れ前後の景観を把握することが復旧状態の検証に有用となる。ただし従来であれば、市内に長大に広がる路線の景観写真を保存しておく事情が無い場合、土砂崩れ後の写真を撮影することはできても、土砂崩れ前の写真は存在しないため、新旧比較による復旧状態の検証は不可能である。しかしながら、今回はスマート道路モニタリングシステムの導入後であったため、道路パトロール車両がパトロールした際に景観を自動撮影して保存しており、パトロールした地域や具体的なルートも全て記録されているため、土砂崩れ発生の直近でパトロールした際の景観画像を入手することができ、復旧状態の検証に役立てることができた。

私有地の壁面損傷への対応

自治体の発注した工事において、工事車両が私有地の壁を損傷したため弁償せよとの通報があった。この通報は損傷発生時点に寄せられたものではなく、工事の後日に壁の損傷に気付いたことで寄せられたものであったため、住民の証言と工事業者の証言は一致せず、対応に苦慮することとなった。従来であれば、これは検証困難であることから、住民の言を採って市が賠償する事態もあり得たが、スマート道路モニタリングシステムによる撮影画像にアクセスし、工事開始前の現場写真を検証することで、壁の損傷が工事以前から存在することが確認され、市や工事業者に責任の無いことを立証できた。

4.3.2.7 データ転送の課題

益田市のパトロール車からのデータ転送に関しては、自動転送に関しては、1年間の運用実績をとおして、新たな課題は発生しなかった。一方、MCSCCが保有するプロトタイプ車両は、益田市のパトロール車とことなり、各地を移動して計測を行っているため、基地局となる市役所等がない。そこで、益田市土木課の運用するシステムと違いデータの自動転送が困難であった。そこで、今回、トランスポータブルな基地局の開発を行った。

4.3.2.7.1 小型基地局の構成

小型基地局の要件として、下記の通り決定した。

添付資料 5-4 スマート道路モニタリング 実験結果

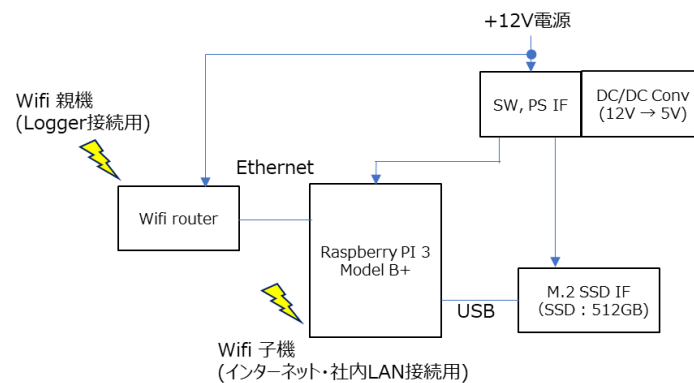
- 従来のデータロガーの設定を変更せずにデータ転送が可能なこと
- 持ち運びが可能であること
- 12V 等の車両電源や、モバイルバッテリーで動作可能なこと
- 転送速度が従来通り、平均で 50Mbps 程度だせること
- 数台の調達が可能で、価格が安価であること

以上の要件を満たすプラットフォームとして、世の中でよく使われている小型 Linux コンピュータとして、Raspberry PI を中心に、大容量 SSD の増設、12V 電源装置等をまとめたユニットを開発した。下図に構成をしめす。本基地局は、WIFI のインターフェースを 2 個持っており、一つは、Logger 接続用の親機としての構成。もう一つは、本基地局をインターネットや社内 LAN との接続するときに利用する子機としての構成とした。

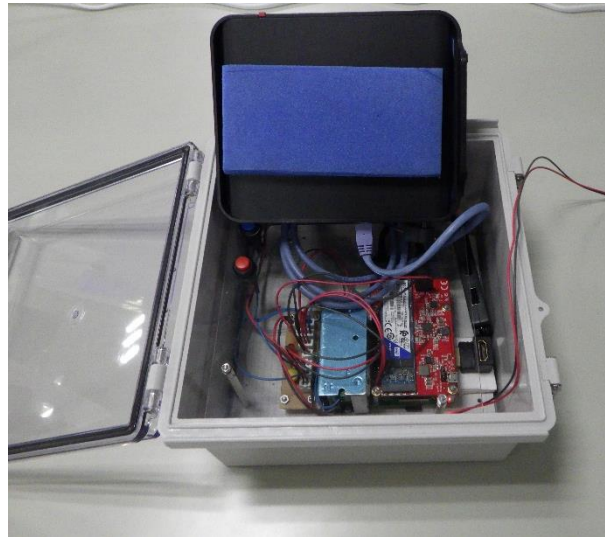
このため、本機は Mobile WIFI ルータ等と組み合わせても、簡単に基地局を設置することができる。ただし、Mobile ネットワークを経由したデータの転送は、コストが高い。

実際に実装した小型基地局のブロック図を図 4-15 小型基地局のブロック図に、基地局の写真を、図 4-16 実装した小型基地局及び図 4-17 小型基地局拡大図に示す。

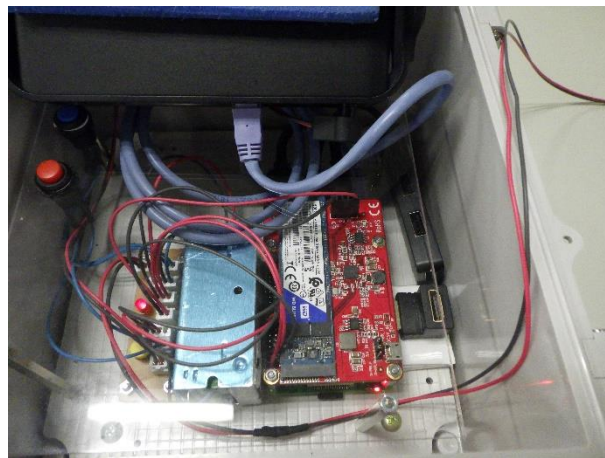
ソフトウェアは、Raspberry PI 上で、vsftp を動作させ、ロガーからの Wifi 親機を経由してデータ転送を受け入れ、USB に接続された M.2 の SSD 上のフォルダに、転送データを記録していくように構成した。蓄積されたデータは、Wifi 子機がインターネットにつながったかどうかを監視して、接続可能になったところで、インターネット上サーバに転送するように設定した。



4-15 小型基地局のブロック図



4-16 実装した小型基地局



4-17 小型基地局拡大図

データの転送

今回開発した小型基地局を利用して、実際にネットワークが接続できない場所で、データの転送実験を行った。今回、無事にデータ転送できることを確認した。この小型基地局の実装により、全国を移動するような計測を実施する場合でも、簡単にデータが収容できるようになった。

添付資料: 概要版(1 枚物)

縮退する地方都市問題を解決する実証実験(令和2年度) (一般社団法人益田サイバースマートシティ創造協議会(MCSCC))

■都市課題

老朽化する社会インフラ
高齢者対応の増加
増大する行政コスト

■解決方策

中山間部などを持つ地域特性に最適化したハイブリッド型IoTネットワークを利用したスマートシティサービスの実現

■KPI

インフラ維持監視コストの省力化と効率化
見守りサービス等によるQoLの向上
スマートシティサービスの効率化

■実証実験の概要・目的

中山間部などを持つ地域特性に最適化したハイブリッド型IoTネットワークを使ったスマートサービスの有効性検証

■実証実験の内容

- ・地域特性に最適化したハイブリッド型IoTネットワーク検証を行う。
- ・ハイブリッド型IoTネットワークを利用する斜面防災の実証実験と電気柵監視サービス実証実験や道路モニタリングおよび観光振興へ展開を行う。
- ・将来のまちづくりに効果的な施設・設備などについて提言をする。

地域の課題	防災 用地管理	鳥獣被害	インフラ 維持管理	観光振興
実験の 対象者	地域住民 高津川森林 組合	農業 経営者	行政	NPO団体 町おこし 会
実証実験 の内容	スマート 杭による 斜面防災 と 用地管理 サービス 検証	鳥獣被害 対策用 電気柵 見える化 検証	スマート カーにより 取得した データ処理 高速化による 道路管理の 効率化検証	道路情報の サイクル マップへの 提供による 満足度検証
ハイブリッド型IoTネットワークの検証 (全実験で利用)				

■実証実験で得られた成果・知見

- ・目標達成の観点
→ハイブリッド型IoTネットワークはサービス受益者密度と費用から適切なインフラ(専用、商用インターネット、通信キャリア、オフライン(ドローン))を選択すれば課題に対して効果的である。実証実験で検証した採算性から逆算する。
- ・持続可能性の観点
→サービス自体の持続性はサービス提供者の採算性に依存するので行政区分を超えた規模も必要
- ・役割、体制の観点
→サービス対象が行政、産業(農業、観光振興)、住民サービスとなるので行政サービス以外は民間運営になる。ハイブリッド型IoTネットワークにより民間が事業化するスキームを基本とする。
- ・取得したデータ利活用の観点
→公共性の高い道路データは利活用が容易
→既存事業との競争(道路モニタリングと道路計測事業)

■今後の予定

- ・個別解決策のスマートシティサービス実験を民間ベースで進める
- ・ハイブリッド型IoTネットワークは適用サービスと適用地域範囲と適用インフラで整理し、運用主体を含め検討を深める

添付資料: 概要版(4 枚物)

■ 事業のセールスポイント
センシングネットワークにより、課題に対して見える化が実現され業務効率化や収穫増など具
体的なメリットが得られる

■ 対象区域の概要
○ 島根県益田市
○ 733.19平方キロメートル
○ 45,183名
位置図



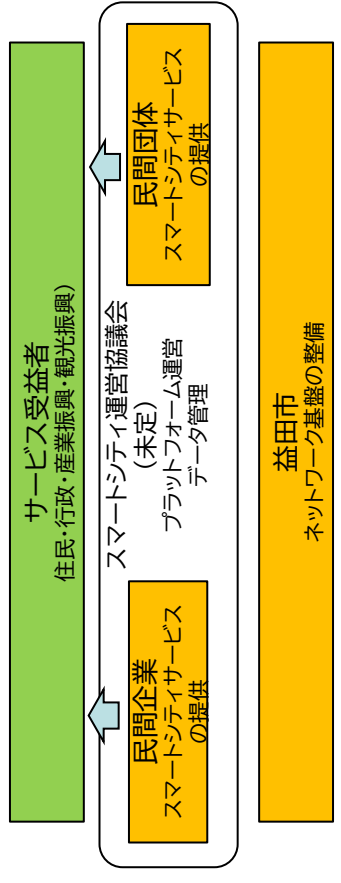
■ 都市の課題

- 解決したい課題
 - ・山林部の防災と用地管理
 - ・鳥獣被害の削減
 - ・社会インフラの維持管理
 - ・交流人口の拡大
 - ・乳幼児・高齢者見守り

■ 解決方法

- 実証する技術の説明
 - ・モニタリング端末をつなぐアセットとしてハイブリッド型IoTネットワークを構築し、様々なスマートシティサービスを実現可能にする
 - ・センシング端末は固定型に加え自動車やドローンも使い機動的なモニタリングを実現する

■ 運営体制



■ KPI (目標)

指標名	現状値 (令和元年度)	目標値 (令和7年度)
先端技術を活用した市内での実証実験数	4件	5件/年
先端技術を活用した市内での新規事業	-	1件/累計 (令和3年度～令和7年度)

項目	目標値	達成時期
ハイブリッドIoT基幹インフラ構築	技術面と投資費用の両面での最適値の設定	令和4年度
スマートシティサービスによるインフラの維持管理の省力化と効率化の実現	道路劣化検出までの時間を24時間以内 スマート桁の位置確認15分以内、鳥獣被害額の減少30%以下	令和5年度から6年度
スマートシティサービスによって得られた情報を観光産業支援	サイクルーツ参加者のチーム件数5件以下	令和3年度

■ 本実行計画の概要

民間企業と民間団体によるハイブリッド型IoTネットワークをベースに地域課題に最適化したスマートシティサービスの実現

導入技術

- ハイブリッド型IoTネットワーク
- ・商用インターネット+LPWA基地局型
- ・LTE通信網+LPWA基地局型
- ・移動センシング型
- ・行政ネットワーク+LPWA基地局型

※実現可能な場合

を適用分野ごとに使い分け、低コスト運営可能なシステム構築をめざす

○センシング端末

- ・体動センサー(乳幼児見守り)
- ・微弱LPWA発信機(高齢者見守り)
- ・スマートカー(道路モニタリング)
- ・鳥獣被害対策用電気柵監視センサー(農地管理)
- ・スマート杭(防災)

○技術の仕組み

スマートシティサービスを支える技術としてセンシング端末はLPWAを利用
各種サービス用のセンシング端末からのデータ受信用のハイブリッド型IoTネットワークを整備。低コストでデータ収集を実現
サーバにはMCSCC版FIWARE

将来像



スケジューリング

2020年度
個別実証実験

2021年度以降
行政・民間事業等により実装

市街地を広大な中山間地域を持つ益田市など地方都市に最適なハイブリッド型IoTネットワークを検討し、プロトタイプにより、いくつかのサービスの実証実験を通して実用性を検証した。

■ 実証実験の内容

- ① 益田市の行政通信ネットワーク内にVLANによるIoTネットワークCHを設けスマートシティサービスの支援を行うための検討
- ② 商用インターネット回線上にVPNを構築し2種類のサービス(スマート杭の防災利用検証、鳥獣被害対策電気柵監視)を試験運用して実用性の検討
- ③ スマート杭からのLPWA微弱電波をドローンにより上空から受信し山間部でのデータ取得検証
- ④ 防災用情報提示端末への情報提示の効果検証
- ⑤ スマート道路モニタリングで得た道路劣化情報のサイクリングコースへの提供の効果検証



■ 実証実験で得られた成果・知見

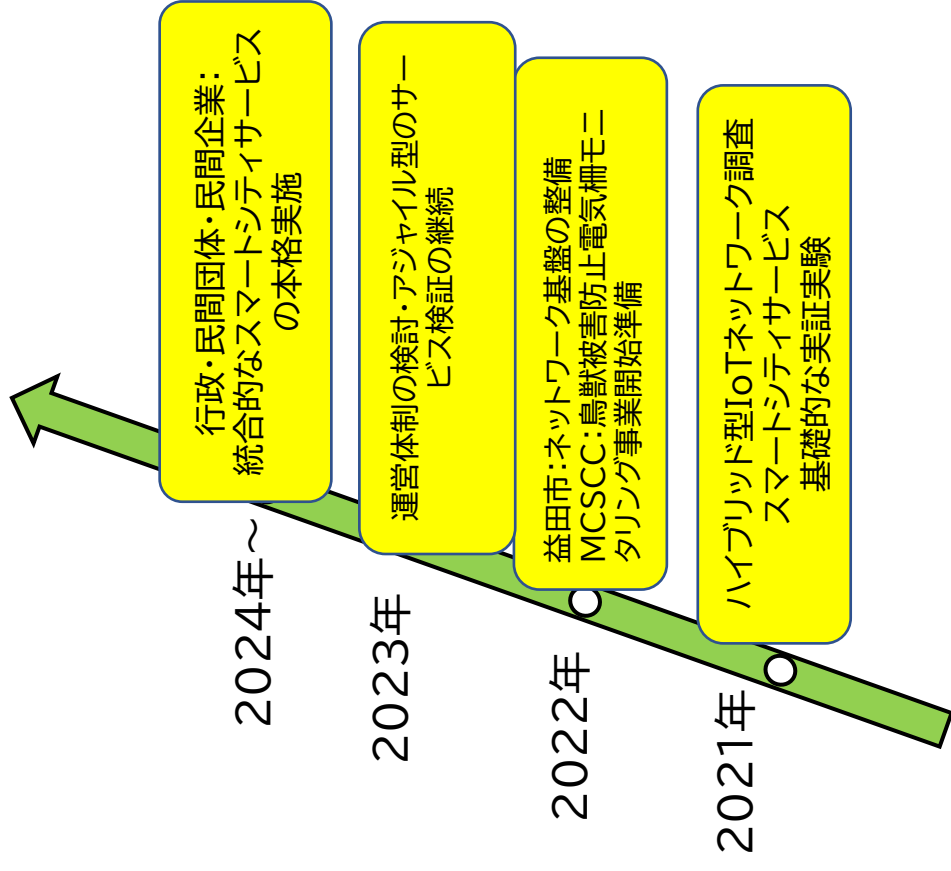
- ① ネットワーク構成がCATVとの共用部分もあり大量のネットワークスイッチの設定変更が煩雑で断念した。既存のネットワークへのVLAN開設はネットワークシステム構成によってはハードルが高い
- ② 商用インターネット回線は高い通信品質で問題はないので、既設の回線を利用する場合や小さなシステムでは有効
- ③ 微弱電波2mWでも800mの到達距離を確認。用地管理としての可能性も。杭の傾斜センサを利用して防災利用への可能性も確認した。
- ④ 防災情報の場合、提示にはルールがあり技術面よりも運営面の調整が重要
- ⑤ サイクリングコースへの活用による道路の状態の良さのアピールやサイクリストに対する危険情報提示は有効

IoTネットワークを実装(実験含む)する上で行政通信ネットワークへのVLANによる専用CHの構築が容易ではない課題があった。ネットワーク基盤の整備を推進(益田市) スマートシティサービス(MCSCC)

■ 実証実験で得られた課題

- ・IoT基幹インフラのコスト見積もりの結果基本となる通信ネットワークコストを如何に抑えるかが重要な要素
- ・民間のビジネスとして運営するには行政区分単位を超えた範囲での実施も視野に入れサービス加入者をより多く獲得することが必要
- ・サービス実装はウォーターフォール型開発では完成時により有効な新技術を活用できず最適なソリューションにならない可能性がある。小さく始め修正しながら改良していくアジャイル型手法によりスパイラルに進展させていくことが有効

■ 今後の取組：スケジュール



実装にむけた先進的技術やデータを活用した
スマートシティの実証調査(その11)
報告書

一般社団法人益田サイバースmartシティ創造協議会

令和3年9月
国土交通省 都市局

〒100-8918 東京都千代田区霞が関 2-1-3
TEL: 03-5253-8111 (代表) FAX: 03-5253-1589