

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

提案者	“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業コンソーシアム 徳島県美波町,徳島県南部総合県民局,(株)Skeed,サイファー・テック(株),(株)あわえ,徳島文理大学,徳島大学,早稲田大学
対象分野	防災
実施地域	徳島県美波町 日和佐地区
事業概要	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 課題: 大災害時には通信網が輻輳等の障害で必要な情報の交換が不能になるため住民の避難に支障がある ▶ 解決の手段: 美波町日和佐地区一帯に自律分散型IoTデバイスで構成されるセンサー網を構築し、災害初期の通信遮断時にも動作する新しい情報伝達手段“止まらない通信網”を作る ▶ 目標: 災害時に警報配信,避難者への情報提供,要避難支援者の位置把握,避難所での点呼を可能とする
主なルール整備等	▶ 利用者の位置情報の秘匿ルール、位置情報を分析する場合の個人情報保護ルール、本システムを活用する避難計画案

問題点

通信の耐障害性

災害時に役立つ情報収集網を整備しようとしても、災害初期(地震→津波等)において、既存の通信網が障害で使えなくなる可能性が高い。

防災用通信の高コスト

街の規模で個人単位の情報取得しようとする、機器および通信ネットワークのコストが大きくなる。

現実を反映できていない避難計画

災害時の対策に必要な日常的な人の分布や動き、要支援者の情報が不足し避難計画に現実が反映されていない

安価な通信機器を街に設置、住民に配布し、低コストで強靱な通信網を構築、災害時の通信を可能に

問題解決への取組(実証事業の概要)

スマートフォンや無線IoT装置を活用した自律分散型で耐障害性が高くかつ低コストな通信網を自治体が主体で街全体のレベルで構築
携帯電話やインターネットの障害時にも通信を可能にする

美波町が装置を設置
事業の主体となり
住民がこれを利用

基地局など集中的に管理する装置
が不要(集落が孤立しても使用可)

通信中継装置
(それぞれ独立動作)

中継装置間の短距離無線
通信



得られた成果(KPI)

減災用情報通信網構築と検証

町内に通信網を構築。災害時において既存通信網不通の状態に住民の持つ端末間での通信を実証
→ 域内の通信成功確率5分以内に95%以上

災害向け通信手段の低コスト化

従来のGPS+携帯電話使用の場合見守り対象者一人当たり端末費用15,000円+通信費1,000円月
→ 一人当たり装置費用3075円+通信費20円/月に削減

避難計画の策定

一般町民および災害時要支援者の避難行動記録を利用した、避難計画の更新案を作成【行動分析に基づく避難計画(従来なし)】

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 本事業で解決しようとした問題

- 大災害時には通信網が輻輳等の障害で必要な情報の交換が不能になるため住民の避難に支障がある
 - ・ 住民への避難情報の伝達手段を失う
 - ・ 住民の避難状況の把握手段が無い
- 既存技術では住民の避難状況の把握のためには、既存の商用サービスでは端末コスト¥15,000~の他、¥1,000/月程度の通信コストが必要
- 現在の避難計画は住民の実際に実行可能な避難行動について十分な反映がされていない
 - ・ 住民の避難時の行動に関する情報が無い

■ 問題にある背景・マクロ的環境

- 徳島県美波町では予想されている南海トラフ大地震に伴う津波で大きな被害の懸念
 - ・ 津波到達まで10分 津波高10m
 - ・ 徳島県公表の南海トラフの巨大地震による被害想定では、建物全壊・焼失棟数は3,300棟(全家屋の80%)、死者数は2,400人(総人口の31%)、負傷者数は580人(総人口の7%)の被害が生じる可能性
- 要支援者の避難時の行動に関する情報不足

■ 問題解決の方針(=解決策を産み出した思想)

- 災害時の情報交換手段の確保:災害時にも使用可能な強靱な通信網を整備
 - ・ 情報伝達手段確保:上記の通信網を利用し、情報弱者を含めて必要な人すべてに避難指示などの情報を伝達を可能とする
 - ・ 情報収集手段確保:要支援者への支援を可能とするため、避難中の住民の位置情報等を相互に伝達可能とする
- 低コスト化:IoTなどの新技術を活用して従来一人15000¥+1000¥/月のコストを一人4000¥+200¥/月以下で整備
- 避難計画用基礎情報収集:要支援者の支援計画の改善のため上記の通信網を活用して平常時や訓練時に行動情報を収集し分析をする

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 社会実装が必要と考える解決策(理想形)

- 大地震津波避難時に、行政から住民への警報等の情報伝達、住民間の安否情報交換、住民の避難状況の把握が可能な強靱で且つ低コストな通信手段を構築
- 現地の事情、住民の日常の行動や災害時の行動予測にきめ細かく適応した避難計画を策定する
- 特に避難時要支援者については、その体力や運動能力なども考慮し、避難経路の問題点も把握するとともに、発災時には支援者に位置情報などの適切な情報を伝達可能とする

■ 左記解決策のうち、実証事業で試行した解決策

- IoT技術やLPWA通信を活用して、一点障害が全体に及ぶことの無い自律分散型通信システムを、美波町の日和佐浦地区の避難困難地区(※1)を含む一帯(下図赤線内)に構築(※2)



対象地区

※1避難困難地区の定義：
地震発生後に津波が短時間で襲来する場合には、避難対象地域の外へ逃げ遅れる避難困難者が発生する地区 出所：国土交通省

(※2自律分散通信IoT機器をハザードマップに基づく日和佐浦地区の浸水予想地区におよそ100m間隔で最大50カ所設置。住民が持つスマートフォン用の警報受信および家族等の位置をリアルタイムに確認するためのアプリを開発して配付。スマートフォンを持たない住民向けの警報の表示および位置情報通知のための通信機能付きIoT装置(タグ)を開発し配付。

- 上記通信システムを活用し、一定期間住民の日常の分布や移動状況の収集と分析を実施。また避難訓練時には避難者の位置情報を収集。津波シミュレーション結果と重ね合わせることで、避難時の問題点を分析
- 避難時要支援者について、あらかじめ運動能力測定を実施したうえで、上記システムで収集した避難訓練時の避難行動状況と比較分析し、避難時の課題を分析

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

事業概要

美波町日和佐地区一帯に自律分散型IoTデバイスで構成されるセンサー網を構築し、災害初期の通信遮断時にも動作する新しい情報伝達手段“止まらない通信網”を作る
 災害時用途：警報配信、避難者への情報提供、要避難支援者の位置把握、避難所の点呼
 平常時用途：「避難計画」立案用基礎データ収集分析・利活用 要支援者、子供の見守り。

解決策の評価

事業の目指す姿	「目指す姿」を実現するための課題	課題ごとの解決策	評価方法	モニタリングする指標 (KPI)	実証前の値 (測定年(月日))	目標値 (目標年(月日))	実証終了時点の値 (測定年(月日))
地震発生に備えた地域体制の強化	大災害時には通信網の障害により、住民への情報伝達や住民間の通信が不能になる	自立分散通信網の整備	災害時に通信確保に要する時間	既存通信網遮断かつ停電時に、平均5割の装置が動作不能時の通信成功確率	最大数日 (2011震災時の実例)	域内全域の2点間において95%以上の確率(5分以内)で通信可能 (2017年10月)	97.2%(5分以内) (2018年2月)
		警報配信/位置情報確認のためのコスト低減	一人あたりの位置情報を取得するための装置コストを算定	一人あたりに必要な装置の総コスト(円/人)	子供用携帯 (例)15,000円/人 (2016年)	IoTデバイス:1~4千円、中継機:4万円以内 (2017年10月)	IoTデバイス2400円 中継機27000円 計3075円/人 (2018年2月)
		通信料金	通信料金	外部に支払う一月あたり通信料金	格安SIMの通信料金1000円/月人 (2016年)	一人あたり200円以内 (システム全体2万円) (2017年10月)	一人当たり20円/月 (2018年2月)
	災害時にも効果を発揮するために地域住民の活用率向上 (地域住民が平時からIoTデバイスを活用していなければ、災害時に活用できないおそれがあるため)	避難時にIoTデバイスを持って避難し位置を検出	防災訓練参加者の位置検出成功率	IoTデバイス配布者ごとの訓練時の位置情報検出率	- (2016年)	80%以上 (2017年11月)	89.8% (2017年11月 避難訓練時)
		平時から要支援者や子ども等の見守りに使用	IoTビーコンの実際の使用者数	平常時の域内におけるIoTデバイス検出個数 / 配布数	- (2016年)	50%以上 (2017年11月)	63.4% (2017年11月 避難訓練前測定)
		89/99					
	システム使用を前提とした災害時の避難計画立案	防災訓練時に本システムを活用した避難誘導手順を構築・評価	本システムを活用した場合の避難誘導手順の検討有無	本システムを活用した場合の避難計画の検討有無	- (2016年)	新たな避難計画案策定 (2018年/2月)	避難計画案を策定し提出 (2018年2月)
		避難時訓練時の避難者の行動分析	防災訓練参加者の位置情報量	発見デバイスあたりの位置情報検出数	- (2016年)	60回/時間 (2017年11月)	202.8回/時 (2017年11月)

徳島県美波町

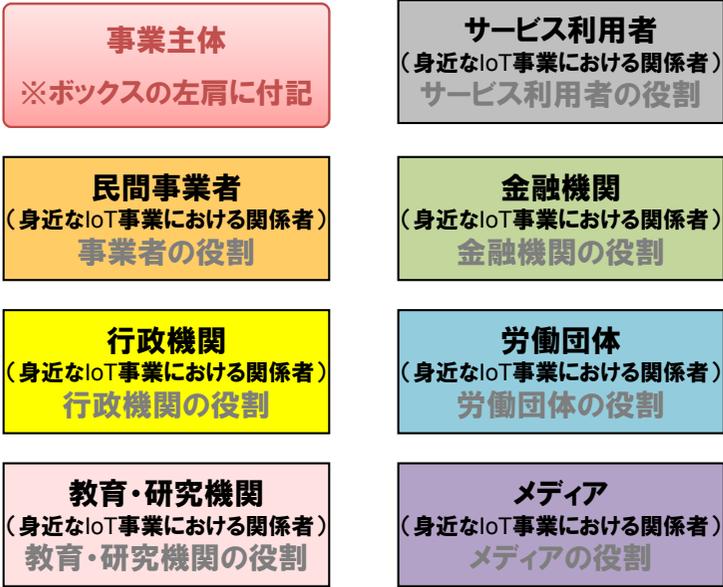
“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

リファレンスモデル作成の目的		他事業者・地域の関係者が類似ビジネスに参入する際の参考とするため、ビジネス及びシステムにおけるモデル(リファレンスモデル)を作成
ビジネスモデル		<ul style="list-style-type: none"> 読み手：民間事業者(経営企画)・行政機関 定義：ステイクホルダーと経営資源の関係性を示した図
システムモデル	システム構成モデル	<ul style="list-style-type: none"> 読み手：民間事業者(システム開発者、IoTデバイス開発者) 定義：ステイクホルダーとデータの流れの全体を俯瞰した図
	業務フローモデル	<ul style="list-style-type: none"> 読み手：民間事業者(システム開発者) ステイクホルダーの動作と、データの流れを時系列に示した図

リファレンスモデル 凡例

ステイクホルダー 凡例

(事業主体・サービス利用者・産官学金労言)

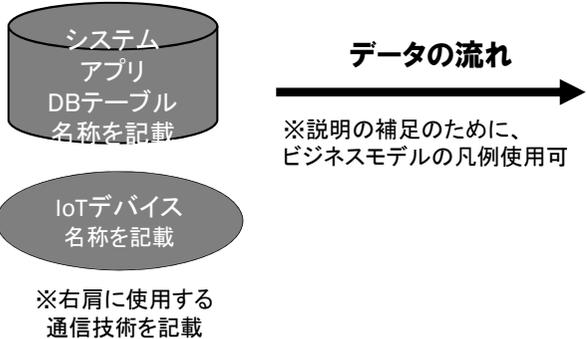


※ステイクホルダー凡例は、ビジネスモデル・システムモデル共通

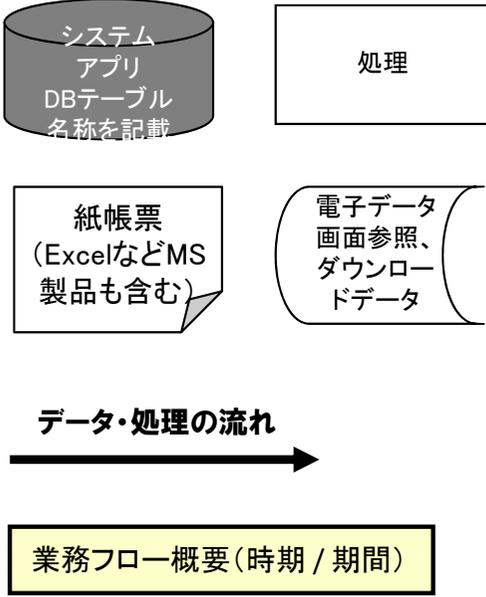
ビジネスモデル 凡例



システム構成モデル 凡例



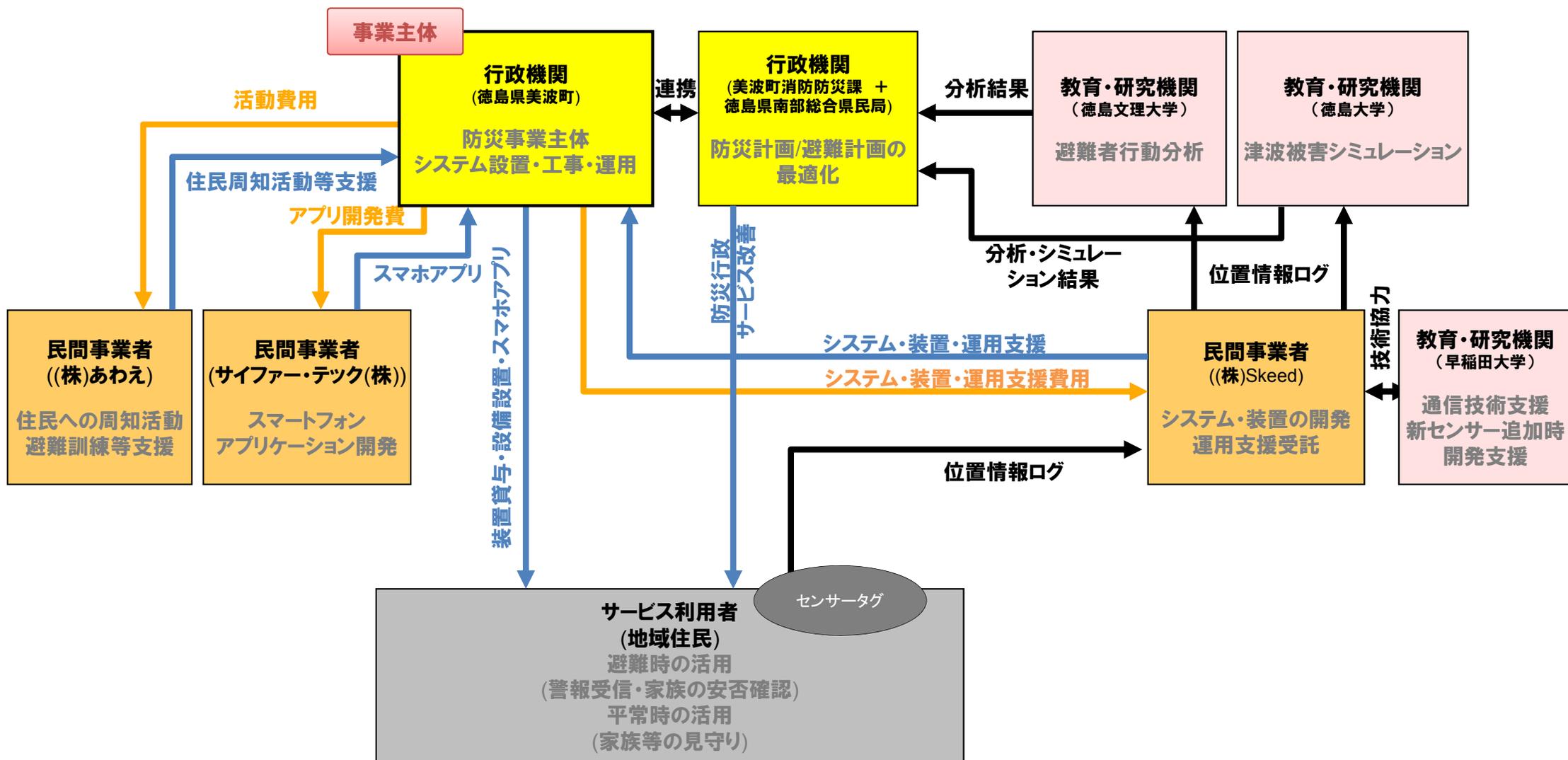
業務フロー 凡例



徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

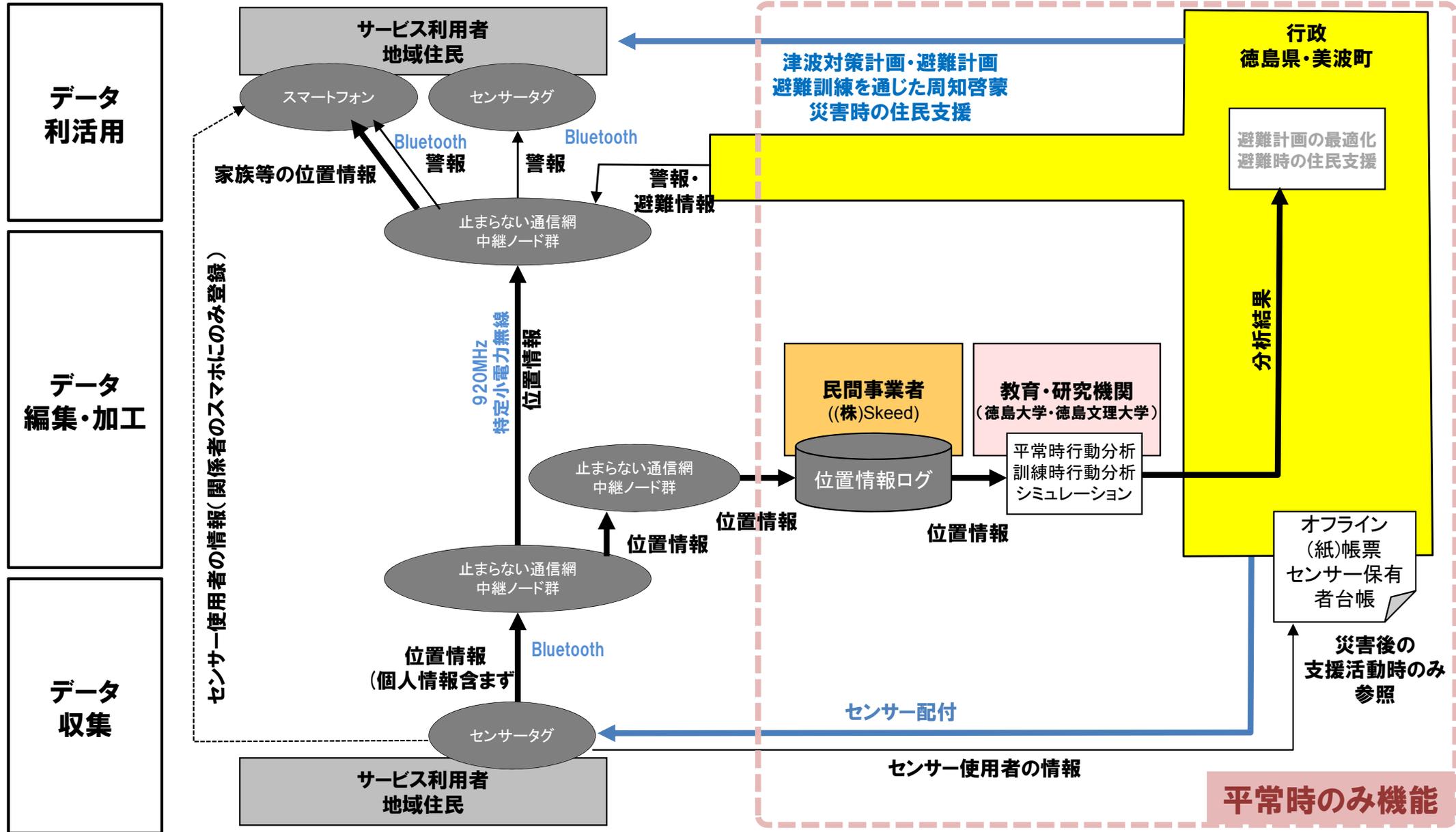
ビジネスモデル



徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

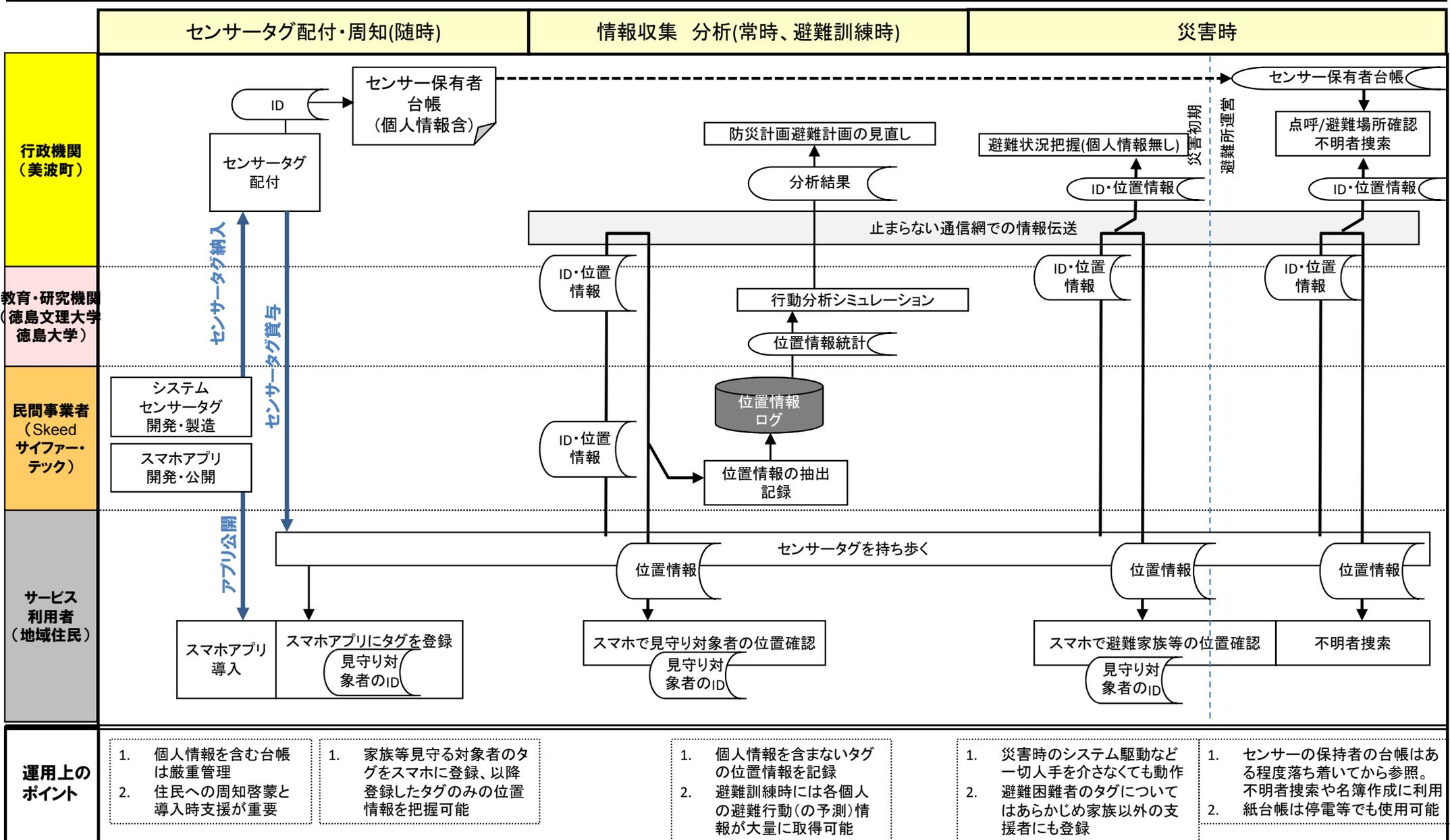
システム構成モデル



徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

業務フローモデル



徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 実証事業の実施状況

1. 減災用情報配信収集システムモデルの開発・検証 (別紙1 美波町「止まらない通信網」構築記録 Skeep)
 - ・ 大災害時にも途絶しない通信網の構築として下記のシステムを開発、設置し、動作を確認した
 - ①自律分散型マルチホップ通信をLPWA無線に適用した技術を研究開発
 - ②上記の技術を搭載した通信中継ノードを開発し、通信動作を確認
 - ③避難住民への警報配信と位置確認のためのセンサータグ装置を開発し位置情報の検知と警報受信動作を確認
 - ④上記通信中継ノードを避難困難地域一帯に設置し、通信動作を検証
 - ⑤住民が家族等の位置を確認し警報を受信できるスマートフォンアプリを開発し住民に配布し動作を検証した
 - ⑥上記通信網を構築し住民にセンサータグ装置約100個を配布し家族等の位置を確認可能できることを検証した
2. 減災情報収集・分析 (別紙3 自律型位置把握システムにより取得された情報を用いた津波避難シミュレーション (論文)徳島大)
 - ①構築した通信網と住民に配布したセンサータグにより平常時の行動状況を取得分析した
 - ②避難訓練時に取得した避難住民の行動情報と津波シミュレーション結果との対比により問題点を分析した
3. 避難計画立案/訓練実施 (別紙4 津波避難訓練実施報告/別紙4a 住民向け避難訓練報告会資料)
 - ・ 本システムを活用した避難訓練を実施し、避難困難者を含む避難者の行動情報を取得し、避難計画案に反映
4. 成果報告書のとりまとめ

■ 実証事業における成果達成状況(KPIによる計測)

- 災害にも耐え得る強靱な通信手段の確保
 - ・ 自律分散通信装置の設置数 39(避難訓練時50)/40(予定) 日和佐浦地区をカバー
 - ・ 域内道路上の通信可能地点の率 94.4% ・避難訓練時の有効なセンサータグ数に対する避難訓練中の検出成功タグ数の率 89.8%
- 避難時の住民の位置情報取得コスト これまで1人あたり ¥15,000+¥1,000/月 → ¥3,075+¥20/月
- 災害時の避難計画立案用基礎データ収集 平常時位置情報取得74万件/(目標14万件) 避難計画改定案を策定
- 地域住民の防災意識の向上 平常時の利用者の率(配布数に対して) 63.4%/(目標50%)

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 実証過程でぶつかった障壁、及び、障壁に対して変更・工夫したこと

<PLAN>
計画段階

- 【障壁】 通信距離、人通り等から導いた中継ノードを設置したい箇所の電柱について、電力会社の保守の都合により設置できない電柱があった
 - 【変更・工夫】 近くの電柱に場所を変更 これに伴って必要ノード数が若干増加

<DO>
実施段階

- 【障壁】 海岸地域が対象のため想定していたよりもタン板の壁が多く、且つ家屋が密集していたため電波の到達距離が計画よりも短い(場所によっては150mの想定が50m程度)
 - 【変更・工夫】 設置対象地域を若干縮小し、中継ノードの設置密度を高めることで対処した。
- 【障壁】 津波避難時に行動を知りたい対象者と、平常時の行動を知りたい対象者が異なる
 - 【変更・工夫】 避難訓練時までは津波避難時の困難さを検証するために、避難困難者を中心にセンサータグを配布し、その後一旦回収して平常時利用の希望者に再配布することとした

<Check・Action>
評価・考察段階

- 【障壁】 取得した位置情報のうち、スマートフォンで取得したGPS位置情報の誤差が大きく、取得データにノイズが多い
 - ノイズと考えられる位置情報の特徴を抽出し除外して分析を進めた
- 【障壁】 設置済みの中継ノードの故障をシミュレートすることが難しく、強靱性の試験が困難である
 - 試験による到達距離実測値をもとに、シミュレーションで推測することとした
- 【障壁】 現行避難計画の記述が抽象的
 - 本件に関わる箇所については、具体的な避難誘導手順を記述

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 実証成果に基づき検討されたルール(案)等 (別紙2 地震津波対策IoT通信網リファレンスモデル)

■ ルール等①(利用者の位置情報の秘匿ルール)

- **ルール概要:** センサータグを携帯する人の位置が、家族等以外には検出できないようにするシステム上のルール
 - ・ センサータグを持つ人の位置は、あらかじめその人ごとに承認して登録した人にしか提示しないようにシステムを構築する
 - ・ 各センサータグの位置情報の記録を蓄積した情報は、あらかじめ承認された者以外からはアクセスできない十分な処置を講じる
 - ・ 各センサータグのIDと、その所有者の個人情報を対応させる表の類を持つ場合は、個人情報保護法などに従って厳重に管理する
- **今回の実装**
 - ・ 位置情報の表示は、センサータグに添付する暗号化済みIDのバーコードを、センサータグがその場に有る状態で読みとって登録したスマートフォン以外では受信や表示ができない仕様とした。(センサーとバーコードを両方その場に持たないと登録不可)
 - ・ センサータグを特定する情報は、ネットワーク上では暗号化し、仮に盗聴されてもIDを読み取れないよう加工した。
 - ・ センサータグのIDとその所有者の個人情報の表は別の表で管理し、システムからは一切アクセス不能とした。
(津波避難時には十分な時間が無いため、特定個人名からその居場所を調べて対処することは実質不能なため、その時点で参照できることに意義は無いと判断)

■ ルール等②(位置情報を分析する場合の個人情報保護ルール)

- **ルール概要:** 位置情報、行動履歴を分析する場合には、利用者の承諾を必須とし、個人情報は使用しない
- **今回の実装:**
 - ・ 個人情報はシステム上に一切持たない
 - ・ 行動ログ情報は権限を持った者のみが情報にアクセス可能とし、分析者に提供する

■ ルール等③(本システムを活用する避難計画案)(別紙5 「美波町津波避難計画」へのIoTを活用した施策追記案)

- **ルール概要:** 既存の避難計画案にセンサータグやスマートフォンアプリの使用した場合の推奨運用手順を追記
- **今回の実装:** (案として町に提出)
 - ・ 住民へのシステム活用の推奨、通信設備設置の推奨、通常時の運用、災害時の利用手順および担当者

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 実証事業以降の取組（予定）

1 美波町での継続運用

- ・平常時から家族等を見守るセンサータグの再配布を実施中 平常時の運用実験を継続（費用は電力料金のみ）
- ・利用する住民の使い勝手や不具合のフィードバックをうけて、装置やシステム、運用法の改善を実施
- ・町の防災施策と連携し、可能なところから稼働エリアを拡大する

2 止まらない通信網の改良

- ・通信効率の改善のため、自律分散通信ノードのソフトウェアの改良と、その検証実験を継続
- ・地域のニーズに合わせて、現在収集している位置情報のみでなく、天候や災害予知、獣害対策などのための各種センサーデバイスの接続実験を実施する
- ・中継ノードの設置コストの大きな割合を占める電気工事を不要とするため、ソーラーパネルを電源とした中継ノードの試作と試験を実施。またこれにより現在電源が無く設置が困難な山中の避難場所への設置を進める

3 他地域への横展開

- ・津波被害が予想される地域の自治体を中心に、同じ仕組みの導入の提案を実施
- ・防災関連の展示会、シンポジウムへの出展、実験結果の学会等での発表を実施

4 インセンティブモデルの導入

- ・平常時の活用を促進するためのインセンティブモデルを設計し、そのための新機能の開発、実証実験を開始する。
- ・(例)センサータグを活用し住民の健康増進の動機付けのための、歩行ポイント、運動ポイント制度等の導入

5 実証事業以降の資金計画

- ・継続運用に伴う費用（電気代） 小型機器定額244円×37台=9,028円/月 町が負担 ・システム稼働に関する費用→発生せず
- ・運用状況を1年程度見たうえで、正式導入決定後は追加/更新する機器類の購入・工事費用を町の防災予算等から負担
センサータグ2,400円,中継ノード1カ所27,000円

徳島県美波町

“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業【防災】

■ 実証事業以降の取組(予定)

実施項目	2018年度	2019年度	2020年度
1. 美波町での継続運用	平常時の活用のための運用 と 住民からのフィードバックに基づくシステムと運用の改良 避難訓練時のデータ収集		
2. 止まらない通信網の改良	通信効率の改良 センサーデバイス追加による、地域課題解決の実験 ソーラー電源型中継ノードの開発と実験		
3. 他地域への横展開	津波被害が懸念される他地域への普及展開活動 プロモーション 各地域の企業とのパートナーシップ 防災関連展示会等への出展		
4. インセンティブモデルの導入	モデル設計 システム/装置開発 製造・地域展開 社会実験		