株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

提案者	八王子市災害対策推進コンソーシアム（代表団体；株式会社エイビット）
対象分野	防災
実施地域	東京都八王子市
事業概要	➢ 河川水位予測は、水位計測センサーと気象庁の流域雨量指数を組み合わせることで可能となる。しかし、従来型の河川水位の監視システムには初期に1000～2000万円、運用に約50万円というコストが必要であり、大規模河川はともかく、中小河川ではデータが取得できないため、高精度の水位予測ができていなかった。 ➢ 本事業では八王子市で特に水害を引き起こしている小規模河川・用水路に目を向け、水害予測や市民の安全な避難行動を促すシステムを構築した。水位計測センサーを橋脚に設置し、通信に低コスト・低消費電力なLoRaWANを用いることで低コストかつ高精度な中小河川向けの水位予測システムを実現した。
主なルール整備等	➢ 920MHz帯ネットワークガイドライン

問題点

小規模河川の監視
水害は小規模の河川・用水路で発生しやすいが、小河川では水位の監視がされておらず、降雨量から河川水位を予測し防災に活用することが困難。

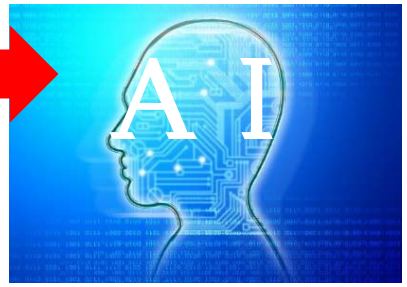
システムのコスト
既存製品では、センサー1ヶ所あたり初期費用約1,000～2,000万円、運用年約50 万円というコストが必要。

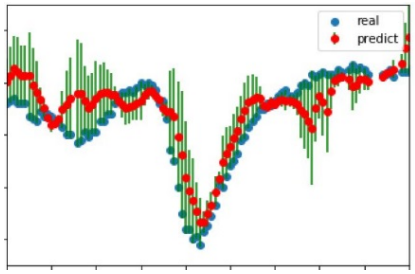
標準工法が未確立
河川の橋脚には測定器等の標準工法がない。また、橋脚の強度に影響しない工法が必要。

問題解決への取組（実証事業の概要）

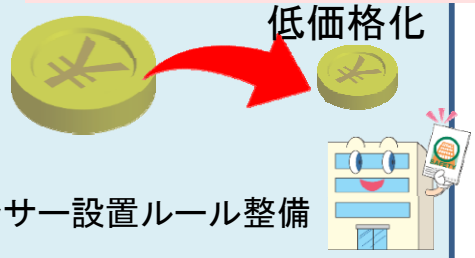
中小河川の水害防止には低価格な水位計測システムと予測モデルが欠けていた

AIによる予測精度の高いモデルの作成





センサーの低価格化とセンサー設置ルールの整備



得られた成果（KPI）

監視化、監視粒度
水位計測頻度の増加、計測地点点の増加によって実測値と推定値の40分後の誤差（RMSE※）が0.05程度と高い予測精度を達成した。

低コスト化
センサーあたり初期費用約50万円、運用年間約5万円と大幅なコストダウンを達成した。

標準工法確立
小河川・用水路における水位計測センサーの取付工法を標準化し、マニュアル化を実施した。

※ RMSE：予測値と実測値の乖離を示す。モデルの精度の「悪さ」を表し、0に近いほど精度が優れている
※一級河川の1時間後RMSEは0.15程度(参考値)。中小河川は一級河川より水位変化が激しく予測が困難

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 本事業で解決しようとした問題

- 八王子市では中小河川・用水路が市内の至る所に流れており水害の脅威にさらされている。平成20年8月には記録的な豪雨があり市内において浸水、土砂崩れが相次ぎ避難勧告も発令されたが市職員・消防団などの献身的な活動により死傷者は出なかった。水害はこれらの中小河川・用水路の増水が起因となることが多いが、大規模河川ではないため水位監視システムによる監視の対象外となっている。
- 突然の豪雨などに対処するため、水害対策にはリアルタイムなハザードマップが有効であり、この作成には中小河川・用水路にも水位計測センサーを設置する必要がある。しかし、既存の監視システムを利用する場合には非常に高コストである。
- また、様々な橋脚に水位計測センサーを設置する必要がある。橋脚にダメージを与える工法は経年による橋脚の耐久性低下につながるため避けなければならないが、センサーの橋脚設置のための工法やマニュアル整備はされていない。

■ 問題にある背景・マクロ的環境

- 河川は国、県、市等の多様な主体が個別に管理しており、地域を包括した管理体制を構築することが難しい。
- 市民に混乱を招く恐れのある中小河川・用水路を含む河川水位の予測は、気象庁の共同事業ないしは都と気象庁の共同事業として行うことが災害対策基本法及び気象業務法で定められている。市レベルでの水位予測は気象業務法で制限されている。
- 従来システム（河川水位の実況把握）は国土交通省も指摘しているように高コストであり、導入を難しくする要因であると考えられている。
  （http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/suiikansoku/dai01kai/pdf/doc_1.pdf)
- いずれも様々な観点から安全性、社会性を考慮され構築された制約があり、本事業では、行政、学校、企業、市民との連携により障壁を可能な限り取り除く仕組みとして実証を行う。

■ 問題解決の方針（＝解決策を産み出した思想）

- 八王子市には水害に備えるため、洪水ハザードマップを作成している。これらの情報に加え、リアルタイム性を具備した中小河川・用水路の河川監視の情報を組み合わせることで、市における災害対策の計画や、市民に対する危険地域や安全な避難経路について導線を検討する参考情報として活用することができる。
- リアルタイムハザードマップのベースとなる河川水位の情報については大規模河川と同等の粒度による監視と、従来よりも高精度の水位予測を実現する。これを実現するため、1級河川では、概ね1計測地点、10分間隔で水位情報を取得するのに対し、本事業の対象である中小河川・用水路は水位変動が大きいため2分間隔で取得する。降雨と水位上昇の相関を把握するために1河川(用水路)につき上流・中流・下流の3地点に水位計測センサーを設置する。
- 従来システムは前述のとおり高コストであるため、本事業ではLoRaWANを活用した廉価なシステムを開発する。また、システムだけではなく橋脚に対する水位計測センサーの設置についても、低コストかつ橋脚にダメージを与えない標準工法を検討しマニュアル整備も実施する。

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 社会実装が必要と考える解決策（理想形）

- 八王子市内の注視（*1）すべき全ての中小河川・用水路に対して水位計測センサーを設置し、取得する河川水位の情報については、大規模河川と同等レベルの時間間隔で取得を行う。これは河川水位予測のベースになる。

  （*1） 過去に水害が発生または水害が懸念されるエリア

- また、河川・用水路ごとの実況データおよび気象データをビッグデータとして蓄積。データはAIにより解析し河川水位の予測を実施。

- 河川水位の予測結果と、結果に伴うリアルタイムハザードマップについて支援情報として市民および地域へ提供する。

- AI解析の精度向上やビッグデータの充実のため、河川水位の実況値を詳細に把握することが必須である。従来システムよりも計測地点を増やすことが望ましいため、システムの導入や運用だけでなく、設置についても低コスト化を実現する必要がある。

■ 左記解決策のうち、実証事業で試行した解決策

- 注視すべき全ての河川・用水路に対し、水位計測センサーの設置が完了し稼働中である。また、中小河川・用水路は降雨による水位の変動が大きいため1級河川の10分よりも短い2分間隔で水位情報の取得を実施している。さらに、1河川につき3地点を計測することで水位予測の精度向上のベースを構築した。

- 河川水位の情報をリアルタイムに収集、気象情報とともにサーバーへ蓄積し、AI解析を継続している。40分後の予測精度（実測値と予測値のRMSE）は0.05以下であり、従来の河川向け水位予測よりも高い精度を達成できた。一級河川では1時間後の予測値で誤差が0.15程度（参考値）であるが、本事業で対象とした中小河川は一級河川よりも流量による水位変化が激しく予測が困難である。

- リアルタイムハザードマップを作成するためのデータ蓄積からAI解析を実行できるシステムの完成が本年度の成果である。上述のとおり現在までの予測精度については目標を達成できているが、今年度だけでは降雨日や短時間強雨の回数が限られていたのが実情であり、継続した分析が必要である。
  また、実証を進める中で水害予測については、河川水位だけではなく下水道の許容量（水量や水位等）も監視し、AI解析の入力情報として必要であることが判った。併せて次年度以降の検討課題とする。

- 水位計測センサーを安価なコストで製造でき、かつ本実証により安価に設置するための設置工法の標準化を確立しマニュアル化を行った。工法の標準化により、今後は工法の検討時間を少なくし、より多くの箇所での水位計測を実現することが可能になる。また、その他の河川・橋脚においても適用可能である。

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 実証事業の全体構造（ロジックツリー）

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	解決策の評価：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））
避難誘導の迅速化・正確化による洪水被害の削減	大規模河川と比較して八王子市の中小規模河川に対する洪水対策が遅れている	中小規模河川の水位を反映したリアルハザードマップの作成	リアルタイムハザードマップのベースになる河川水位予測の正確性	降雨量に基づく河川水位の予測の正確性	NA（データなし）	実測値と予測値のRMSE0.05（2018年2月）	実測値と予測値のRMSE 最大 0.05（2018年2月）
			リアルタイムハザードマップに基づく八王子市の避難計画の改定	リアルタイムハザードマップの作成に必要となる中小規模河川の水位計測時間間隔	NA（データなし）	1級河川よりも短い5分間隔（2018年2月）	2分間隔（2018年2月）
		橋脚への水位計測センサー取り付け工法の標準化	標準的な工法の確立	中小河川・用水路における標準的な工法の作成	なし	工法の標準化、マニュアルの整備（2018年2月）	マニュアル化実施済み（2018年2月）
	河川等級で管理者が異なり地位単位の防止措置が取れない						
	LoRaWAN用の920MHz帯（免許不要）の干渉防止	業界内ルールの制定	干渉エビデンスの取得	電波の干渉率	NA（データなし）	10%（2018年2月）	0%（2018年2月）
	民間気象会社による河川水位予測が法令で制限		920MHz帯ネットワークガイドラインの制定				
	河川監視コストが高コスト	河川水位センサー導入コストの低減	1ヶ所当たりの導入コストの削減額	1ヶ所あたりの初期費用、年間運用コスト	1ヶ所あたりの初期費用：約1000～2000万円、年間運用コスト：約50 万円	1ヶ所あたりの初期費用：約50万円、運用コスト：約5万円（2018年2月）	初期費用：約50万円、運用コスト約5万円（2018年2月）

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【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		・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	・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	・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）

- 事業主体 ※ボックスの左肩に付記
- サービス利用者（身近なIoT事業における関係者）サービス利用者の役割
- 民間事業者（身近なIoT事業における関係者）事業者の役割
- 金融機関（身近なIoT事業における関係者）金融機関の役割
- 行政機関（身近なIoT事業における関係者）行政機関の役割
- 労働団体（身近なIoT事業における関係者）労働団体の役割
- 教育・研究機関（身近なIoT事業における関係者）教育・研究機関の役割
- メディア（身近なIoT事業における関係者）メディアの役割

※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

モノ・サービスの流れ →

カネの流れ →

システム構成モデル　凡例

システム
アプリ
DBテーブル
名称を記載

データの流れ →

※説明の補足のために、
ビジネスモデルの凡例使用可

IoTデバイス
名称を記載

※右肩に使用する
通信技術を記載

業務フロー　凡例

システム
アプリ
DBテーブル
名称を記載

処理

紙帳票
（ExcelなどMS
製品も含む）

電子データ
画面参照、
ダウンロード
データ

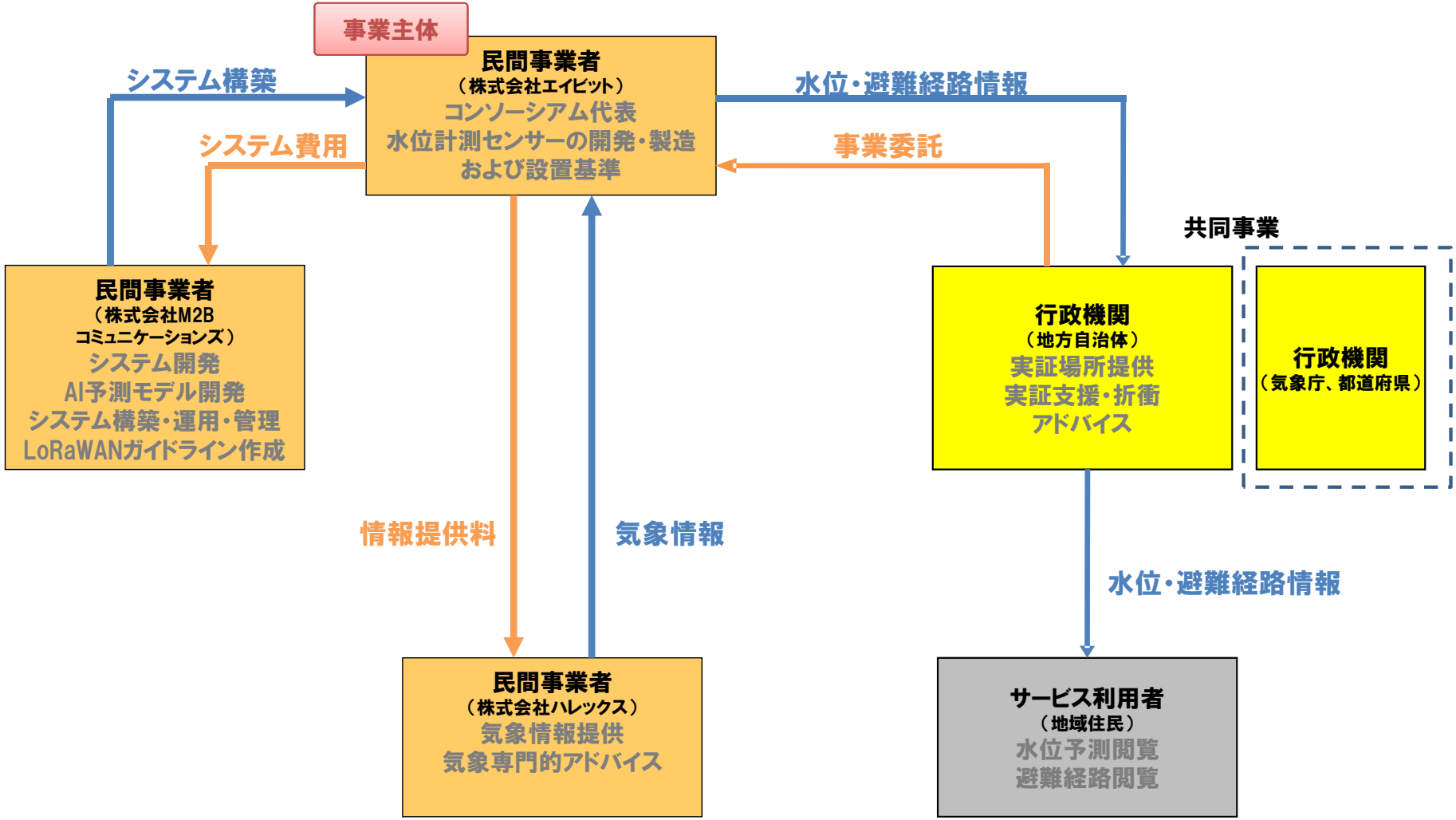
データ・処理の流れ →

業務フロー概要（時期 / 期間）

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

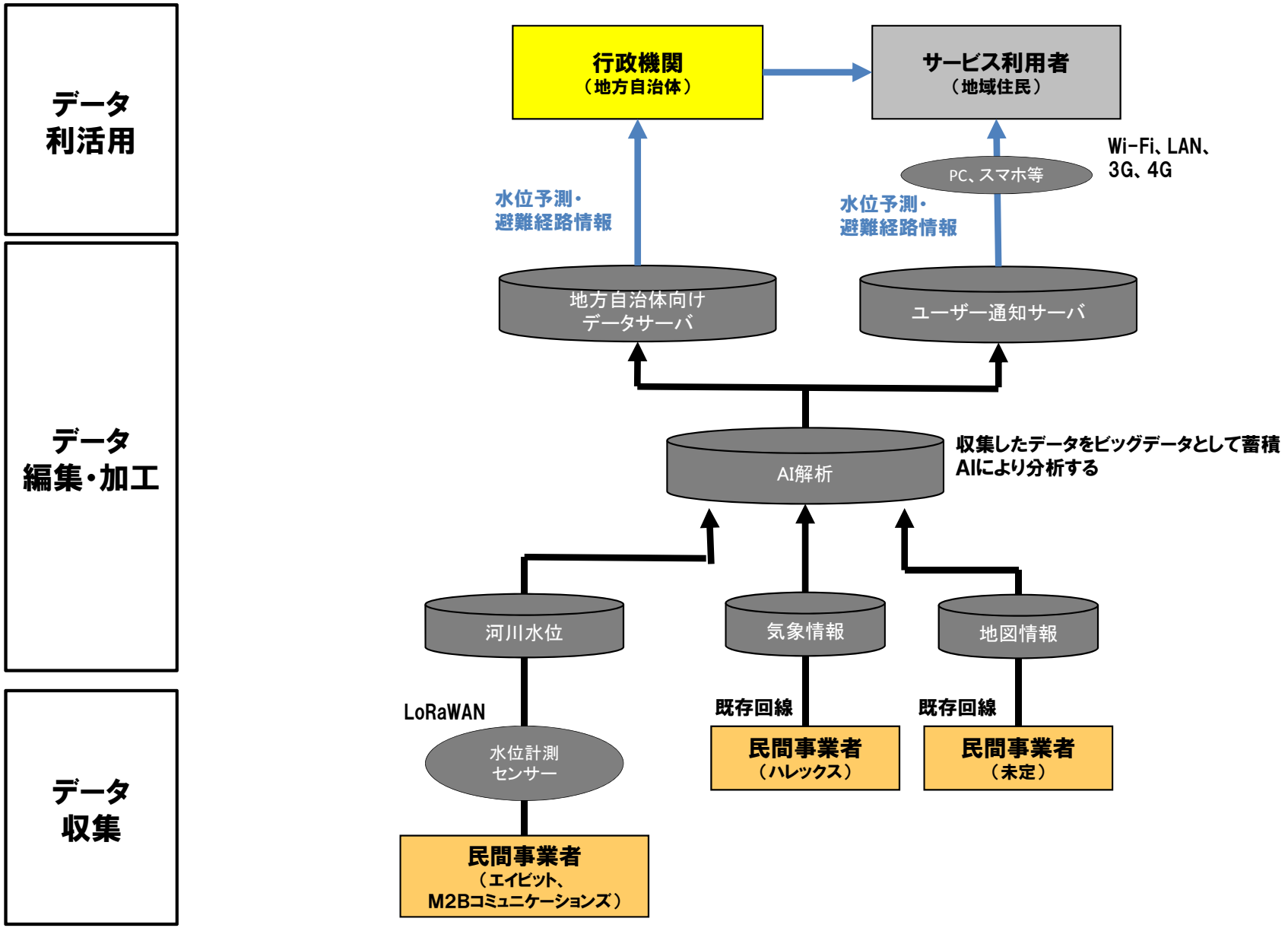
ビジネスモデル（点線枠内は将来の事業における役割）



株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

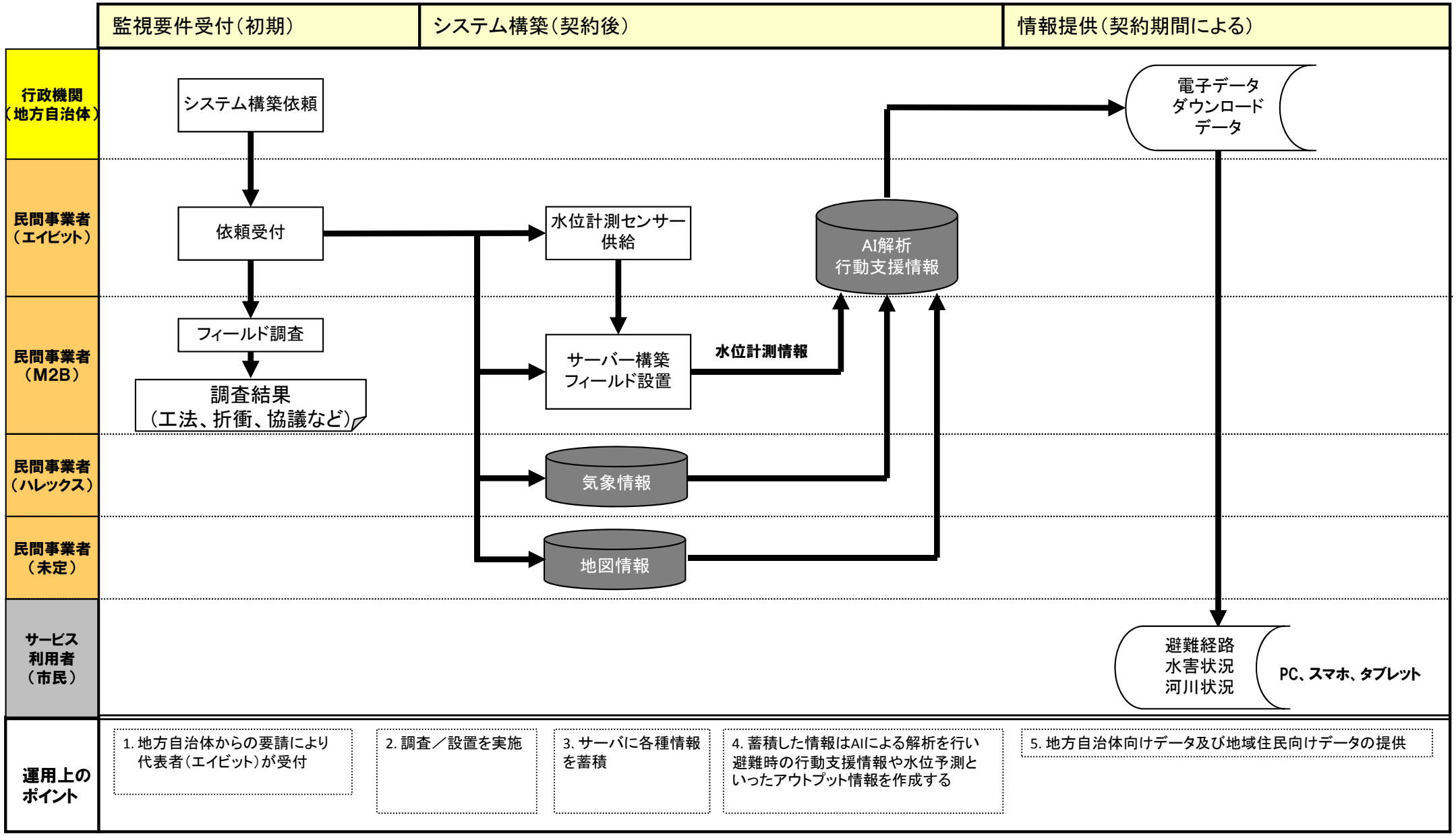
システム構成モデル



株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

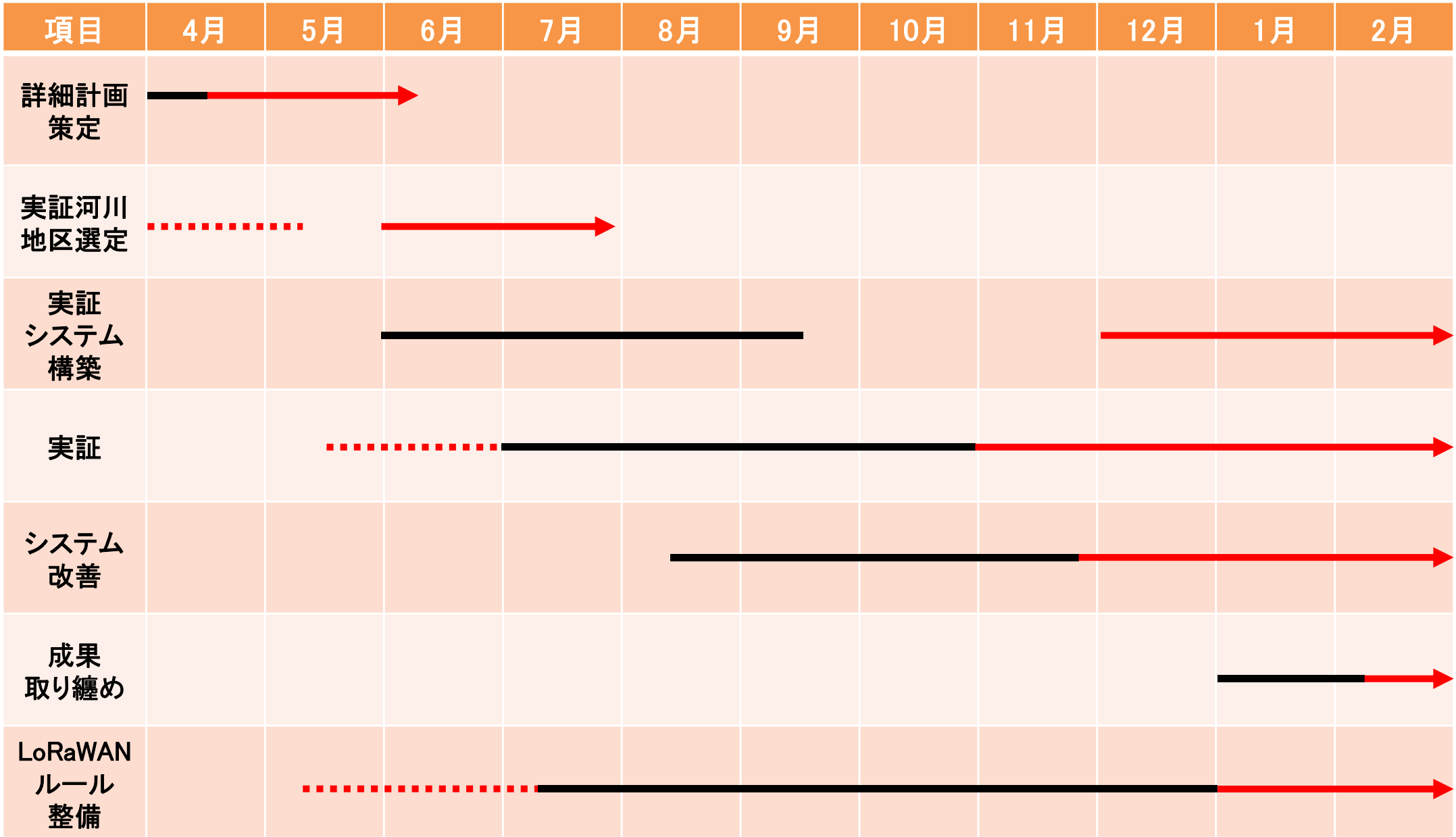
業務フローモデル



株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 実施スケジュール



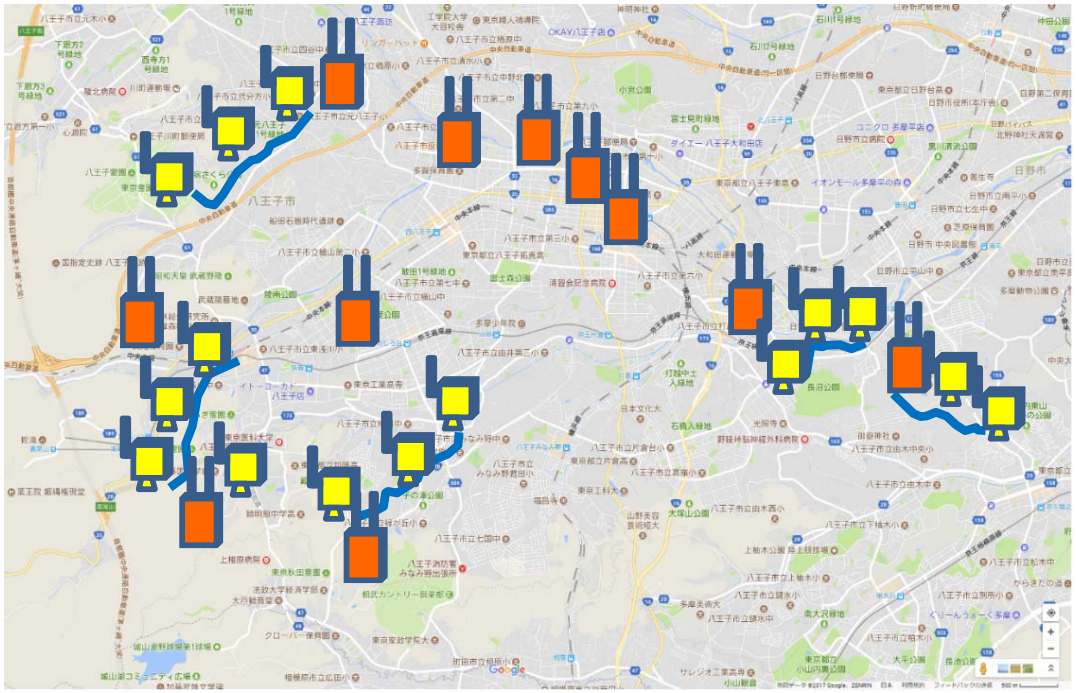
株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 実証事業の実施状況（1/2）

- 平成29年7月～12月までの期間、八王子市において水計測センサー15ヶ所（5河川＋1教育機関）および基地局11ヶ所を設置。今年度は、過去に水害が発生または水害が懸念される注視すべきエリアの河川・用水路を選定した。
- 河川水位の情報をリアルタイムに収集、気象情報とともにサーバーへ蓄積し、AI解析を継続している。40分後の予測誤差（実測値と予測値のRMSE）は0.05であり高い精度を実現した。一級河川では1時間後の予測値で誤差が0.15程度（参考値）であるが、本事業で対象とした中小河川は一級河川よりも流量による水位変化が激しく予測が困難である。
- ただし、本実証期間の1年間だけでは蓄積データとしては少なくAIの学習が十分ではないため、八王子市と協議し本事業終了後においても実証を継続していくことで合意している。また、水害予測については河川水位だけではなく、下水道の監視および予測も入力情報として必要であることが本実証で判明、次年度以降の課題として検討する。

水位計測センサー設置場所（赤：基地局、黄：水位センサー）



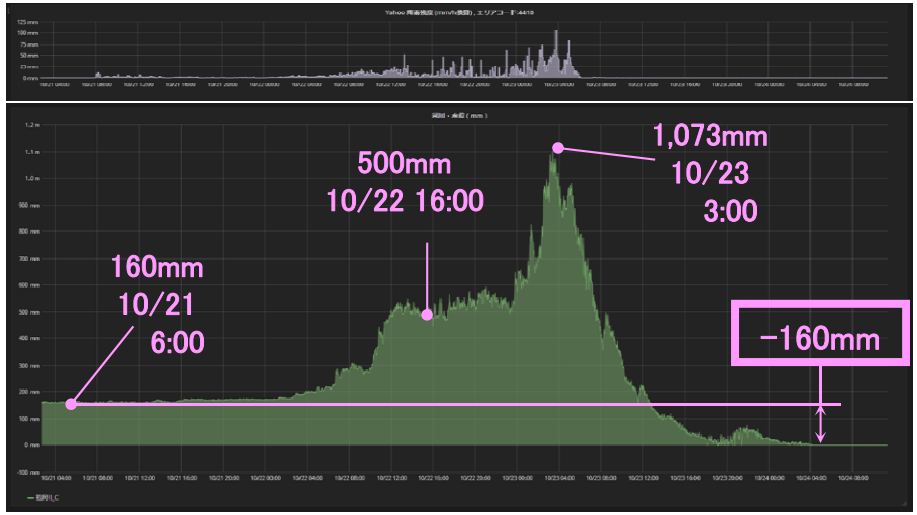
水位計測センサー設置の模様

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 実証事業の実施状況（2/2）

- 河川水位のデータは、ライブデータとして閲覧することが可能。超大型で全国的にも大きな被害を発生させた台風21号は、八王子市内においても数か所で道路冠水を発生させたが、水位計測センサーで水位の上昇をリアルタイムで確認することができた。



■ 実証事業における成果達成状況（KPIによる計測）

➢1河川について複数地点における水位データの収集および計測間隔向上
1河川につき上流・中流・下流の3地点に水位計測センサーを設置。また、水位の計測間隔は1級河川の10分より短い2分間隔とし予測精度向上を図った。

➢収集データの蓄積およびAIによる解析の検討
収集データのAIによる解析を実施し、水位予測の精度は実測値と予測値のRMSEが40分後において最大でも0.05と高い水準を達成した。ただし、データの収集期間は正味半年間と少ないため、精度向上に向け次年度以降も実証を継続することで八王子市と合意している。

➢設置の標準化
橋脚や設置ロケーションに応じて3パターンの標準工法を確立し、設置を行った。

➢コスト削減
従来はセンサー1ヶ所あたり初期費用約1,000～2,000万円、運用年約50 万円というシステムのコストが必要であったが、本実証では1センサーあたり初期費用約50万円、運用年間約5万円と大幅なコストダウンを達成した

➢LoRaWANの干渉エビデンスの取得
八王子市において干渉エビデンスに関するデータを取得したが、現在のところは明確な干渉が発生していない。今後も継続して観測することでさらに負荷を増やした状態での干渉測定を行い将来のガイドライン作成に向けた基礎資料を得る。

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【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

計画段階 <PLAN>

- 【障壁】砂防ダムが一度の台風で容量限界になったり、河川の川底が削り取られたりする想定外の変化が発生
  - 【変更・工夫】ダム管理の要領を見直す（砂防ダム）、システム要件に環境変化（川底変化）の条件を追加した。
- 【障壁】LoRaWANは、伝搬距離が長く一般的に10km程度とされているが運用に適さない地域・地点があった。
  - 【変更・工夫】実運用に耐える伝搬距離を測定しカバーエリアを再検討した。
- 【障壁】降雨回数が少なく、水位計測データの蓄積が不十分であった。
  - 【変更・工夫】1河川ごとの水位データを個別にAI解析にかけるのではなく、対象5河川全ての降雨を1河川の水位データとしてAI解析に入力し、降雨回数の少なさに伴う学習不足についてリカバリを図った。

実施段階 <DO>

- 【変更・工夫】砂防ダムについては水位のグラフが一定水位で平行になったため水位計測デバイスの故障と考えていた。パトロール時に実際に現地に行くと砂防ダムが埋まっており周辺道路へ浸水していた。リアルタイムな水位の把握により、どの段階で関連各署（行政）と連携を図るといったノウハウを蓄積でき、管理要領を検討している最中である。
- 【変更・工夫】電波計測をしながら実運用可能な伝搬距離を見極め、基地局を追加した：計画5ヶ所→実績11ヶ所

評価・考察段階 <Check・Action>

- 【変更・工夫】砂防ダムは容量限界まで1年以上という仕様であったが、昨年発生した台風21号の通過により1度で容量限界に達してしまうことが判明したため、所有者（拓殖大学）において、管理要領の見直しが進められている。また、川底が削り取られる事象についてもシステムの要件として取り込んだ。これらの件は、台風や連続的な豪雨が発生した際に再評価を実施できる段階であり、次年度以降の実証にて確認する。
- 【変更・工夫】市内15か所の水位計測デバイスについて異状なく計測を継続できていることから、実運用距離は3~5kmであるということをノウハウとして蓄積した。今後のシステム構築で活用できる。
- 【変更・工夫】次年度以降もデータ蓄積を行うことを八王子市と検討しているため1河川ごとに学習を実施する。

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

■ 実証成果に基づき検討されたルール（案）等

■ 水位計測センサー標準工法

- 水位計測センサーを設置した橋脚は、行政管理と民間管理（所有）とがあり双方と協議の上、橋脚構造や管理者に影響されない包括的な標準工法を構築した。概要としては以下のとおりで、実証により策定化できたルールである。
  - 橋脚の下流側に設置・・・河川の激流化による漂流物は破壊力が大きく、設置したセンサーに衝突した場合、橋脚へのダメージを軽減させるため
  - 橋脚への加工レス・・・構造物への穴開け等、経年により橋脚の耐久性に影響を及ぼす可能性があるため、橋脚への加工をしない標準工法を確立

■ 920MHz帯LoRaWANにおけるネットワークガイドライン

- 現在の920MHz帯域において八王子において伝搬実験等も行ったが明確な干渉による劣化は見られておらず．現状ガイドラインの策定までは至っていない．
  - LoRaWANは，伝搬距離が長いこと等から既存の干渉回避方法のみでは十分とならない可能性が高く今後も継続して検討を行う

株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【防災】

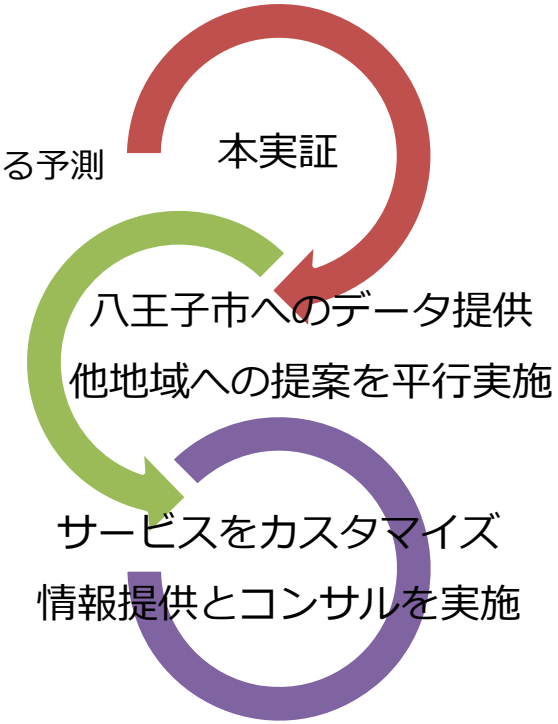
■ 実証事業以降の取組（予定）

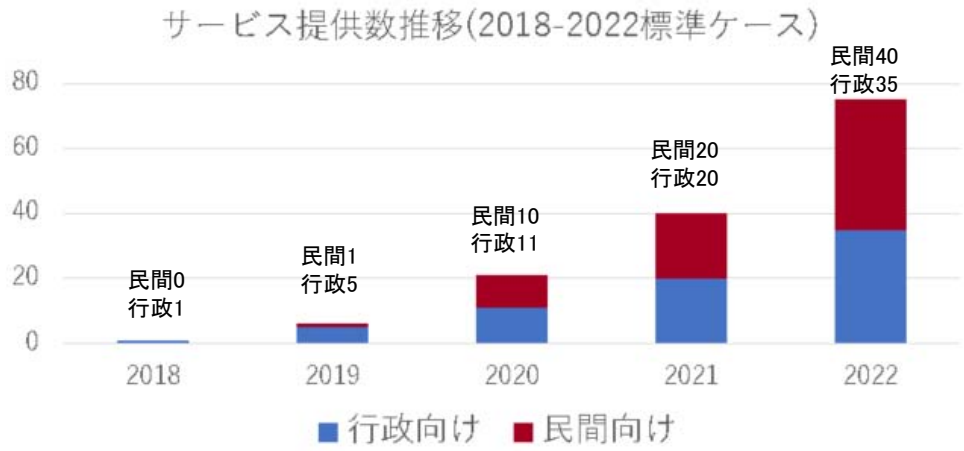
- 公共団体に対する取り組み
  - 八王子市を通じ近隣自治体（日野市、立川市など）に提案
  - 本事業完了後、多摩川流域セミナー等を通じ提案
  - 京浜河川事務所管内を中心に普及提案
  - 関東地区のデータ提供プラットフォーム化推進
- 民間団体に対する取り組み
  - ハレックスの顧客に対してサービス提案
  - 既に行政にサービス提供を行っている事業者へのサービス提案
  - 民間事業者に対してのサービス提案
- その他
  - 全国的に低コストな水位計測デバイスの提案
  - 利用環境に応じた通信方式の提案
- 実施体制　前述のビジネスモデル参照
  - 株式会社エイビット （事業主体）
  - 株式会社M2Bコミュニケーションズ
  - 株式会社ハレックス
- 実証事業以降の資金計画
  - センサーは設置済みであり、大きな出費は無い。
  - 基地局網の運用のための通信費はM2Bにて負担し、LoRaWANを用いた他のビジネス展開の実証フィールドとする。

〈Step.1〉
サービスモデル
構築フェーズ
(データの蓄積による予測
モデルの精度向上)
（2017～2018年）

〈Step.2〉
行政向けサービス
実施フェーズ
（2018～2020年）

〈Step.3〉
民間向けサービス
実施フェーズ
（2018～）





株式会社エイビット

IoT・AIを活用したリアルタイムハザードマップの作成と行動支援情報の提供モデル実証事業【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. 実証事業の成果提示（予測モデルの高度化含）	→		
2. 公共団体向け ・多摩川流域システム構築		→	
・京浜流域システム構築		→	→
3. 民間団体向け ・既存顧客への提案	→		
・B to Gシステム構築		→	
・B to Bシステム構築		→	→