

ホワイトペーパー

社会課題を解決する強靱な IoT 基盤

SkeedOz を育んだ美波町

「止まらない通信網」実証事業の全貌

株式会社 S k e e d

はじめに

株式会社 S k e e d の技術哲学は、P2P (Peer-to-Peer) 技術のパイオニアである金子勇氏のビジョンに深く根ざし、現在の IoT データ流通基盤ソフトウェア「SkeedOz」へと結実しています。SkeedOz は、従来の集中型システムが抱える課題を克服し、災害時にも止まらない強靱な通信網を低コストで構築する可能性を秘めています。

本ホワイトペーパーでは、SkeedOz のコンセプトが実社会でどのように機能するかを具体的に証明した、総務省平成 28 年度補正予算 IoT サービス創出支援事業「“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業」(美波町 IoT 事業)の詳細をご紹介します。この美波町での実証事業は、SkeedOz の強靱性、低コスト、運用容易性といった主要な特長が実環境で有効であることを明確に示し、その後の SkeedOz の発展と社会実装における重要な「源流」となりました。

本資料を通じて、SkeedOz の技術経験と、それがビジネスパーソンの皆様の課題解決にどう役立つのか、そのノウハウを広くお伝えします。

1. S k e e d 社の技術哲学：P2P 思想から SkeedOz へ

株式会社 S k e e d の技術は、インターネットの未来を形作る分散コンピューティング技術のパイオニアである金子勇氏のビジョンから受け継がれています。彼が 2002 年に開発を開始した Winny は特定のサーバーに依存せず、利用者のコンピューターが相互に接続してシステムを維持する P2P 型ファイル共有システムでした。この思想は、現在の S k e e d の技術「SkeedTech」の根幹をなしています。

SkeedTech は以下の 3 つの要素で構成されています。

- ・ピュア P2P: 中心となり制御するサーバーが存在しない通信方式。
- ・オーバーレイネットワーク: インターネット上の仮想ネットワークであり、IP アドレス以外の方法でノードの存在を特定します。
- ・自己組織化: 検索キーワードと回線速度に基づいてオーバーレイネットワークを自律的に構成します。

「SkeedOz」は、この SkeedTech のアーキテクチャをベースとした IoT データ流通基盤ソフトウェアです。SkeedOz は、大量データをクラウドなどに集約することなく、末端の IoT デバイスが自律的に流通・蓄積・処理することを可能にします。

SkeedOz の最も重要な特徴は、その「ゼロ・ダウンタイム」「ゼロ・マージナルコスト」「ゼロ・コンフィグレーション」という「ゼロ」の価値にあります。

- ・ゼロ・ダウンタイム: 障害発生時でもシステムが停止せず、最後の一台まで稼働を続けます (強靱性)。
- ・ゼロ・マージナルコスト: 必要なところに一台から設置可能で、通信料金がほぼゼロとなり、運用コストが極めて安価です (低コスト)。

- ・ゼロ・コンフィグレーション: 設置が容易で、電源を接続するだけで利用可能です（設置容易性）。

これらの SkeeOz の特長が、美波町 IoT 事業において具体的な成果として実証され、その後の SkeeOz の発展における重要な基礎となりました。

2. 総務省平成 28 年度補正予算 IoT サービス創出支援事業の概要

2.1. プロジェクトの名称と実施体制

本事業は、「“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業」という名称で、総務省の平成 28 年度補正予算 IoT サービス創出支援事業として実施されました。

実施地域は徳島県美波町の日和佐地区で、実施期間は平成 29 年 4 月から平成 30 年 2 月まででした。

このプロジェクトは、以下の多機関からなるコンソーシアムによって推進されました。

- ・徳島県美波町
- ・株式会社 S k e e d
- ・サイファー・テック株式会社
- ・株式会社あわせ
- ・徳島県南部総合県民局
- ・徳島文理大学 地域連携センター
- ・徳島大学 地域創生センター
- ・早稲田大学 国際情報通信研究センター

2.2. プロジェクト設立の背景と目的

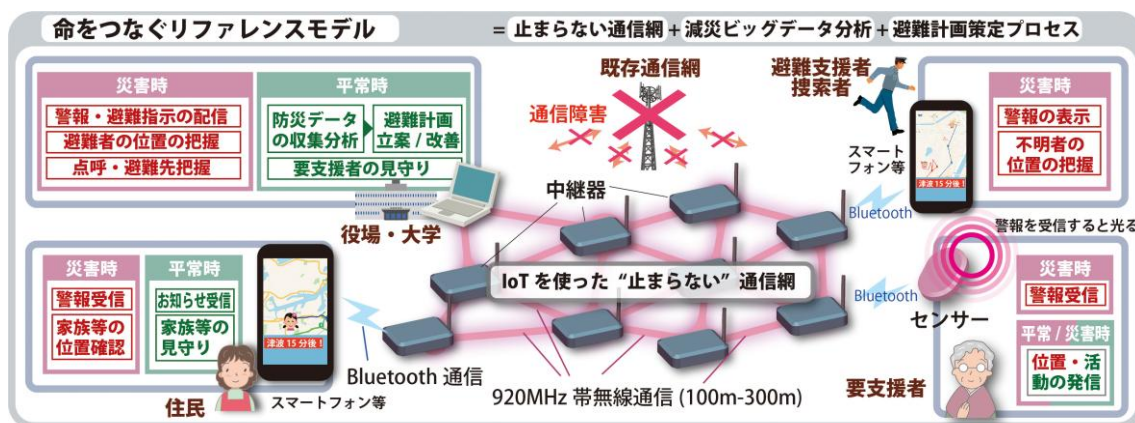
南海トラフ地震に伴う津波等の大災害に対する減災は、美波町にとって喫緊の課題でした。過去の災害事例では、地震初期に既存通信網が障害や輻輳によって遮断され、それによる通信不能が被害を拡大するケースが多々ありました。多くの情報サービスが通信網とクラウド上のサーバーに依存しているため、災害時の停電やサーバー障害によって情報サービスが受けられなくなるリスクも存在していました。

こうした背景から、美波町 IoT 事業の主要目的は以下の課題を解決することにあります。

- ・災害時における通信の確保: 地震後の津波対策として、通常の通信手段が障害で使用できない状態でも、住民に「避難情報の提供」と「家族等の安否情報の交換」など最低限の通信手段を提供すること。特に避難困難者への情報伝達、位置情報把握、避難所での点呼、安否情報の交換を可能とする「強靱な地域通信手段」を確保すること。
- ・低コストでの実現: 新たな大きなインフラ投資を実施することなく、IoT および LPWA 無線通信技術、自律分散ネットワークを活用して、強靱かつ低コストな通信手段を整備すること。

・ 平常時の活用: 災害時だけでなく、平常時には防災減災計画立案のための基礎データ収集・分析、住民の見守り・生活支援、さらには新たなビッグデータ活用サービス事業の誘致のための通信インフラとしても活用すること。

これにより、地震後などの通信障害発生後も、避難のための警報配信、避難時要支援者の所在確認、避難先での点呼、安否情報の交換などを可能とする「止まらない通信網」の実現を目指しました。



3. 「止まらない通信網」の技術要約と SkeedOz の貢献

美波町 IoT 事業で構築された「止まらない通信網」は、SkeedOz の自律分散型 IoT 基盤技術を全面的に活用したものです。その中核技術と SkeedOz の貢献を詳しく解説します。

3.1. システムアーキテクチャ：自律分散型の採用

「止まらない通信網」の通信方式の基本的構造は自律分散型です。自律分散型の利点は、主に通信を担う機器がそれぞれ他の機器等に依存せず独立で動作するため、システムのどの部分が障害を起こしても、他の部分はそのまま稼働できる点にあります。これにより、既存通信網のような「一点障害が全体に及ぶこと」がありません。

- ・ 中継ノード（中継器）の役割: 地域内に多数設置された「中継ノード」が、それぞれ独立して通信することで必要な情報を順次伝達していくマルチホップ方式（または DTN: Delay Tolerant Network）短距離無線でバケツリレーのように伝送され、通信経路は各装置が自分で見つけます。
- ・ 情報伝達の制御: 制限なく情報を中継するとネットワーク全体を覆い尽くしてしまうため、Information Centric Network (ICN) の技術を適用し、情報を要求するノードが必要な情報（Interest）を時々発信・拡散することで、要求する情報を呼び寄せます。各ノードはこれらの情報を用いて、伝送情報のコピー数や伝達方向を制御し、ネットワークがあふれることを防ぎます。
- ・ 経路の自動再構成: この仕組みでは各ノードの位置は固定されている必要はなく、情報の伝達速度よりも遅い速度（人や車の移動速度）であれば、動的に情報の伝達経路を自動再構

成することが可能です。

- 「止まらない通信網」の特性: これらの特性により、ネットワークを構成する機器のどのような一部が通信不能になったとしても、残った機器同士で自律的に経路を構成し通信を続行することが可能です。逆に、全ての機器を止めなければ通信を止めることのできない真の「止まらない通信網」となります。

3.2. 通信方式とデバイスの詳細

美波町 IoT 事業では、SkeedOz の技術を基盤とした以下のデバイスと通信方式が採用されました。

• 3.2.1. 通信中継ノード（中継器）

- 機能: 付近のセンサータグを Bluetooth で検出し、その ID、動き情報、GPS による位置情報と時刻を取得します。近隣の中継ノードと 920MHz 帯無線で情報パケットを送受信し、内部キャッシュに格納・発信します。警報情報を受信すると、付近のセンサータグには LED で、スマートフォンにはテキストで警報を配信します。キャッシュに格納された情報のうち、送信可能容量を超える分は優先順位に基づいて破棄されます。

- 構成: 920MHz 帯無線通信モジュール、Bluetooth 通信モジュール、GPS 受信モジュール、リチウムイオン二次電池、充電回路・電源回路から構成されます。

- 無線通信 A 系統（中継ノード間）:

- 規格: 920MHz 帯特定小電力無線（ARIB STD-T108 準拠）を採用。最大 7km の到達距離を持つ免許不要な無線で、美波町では 36ch が使用されました。

- 仕様: 通信方式は単信、送信出力は最大 10mW、変調方式は FSK、空間伝送速度は 50kbps。市街地中見通し標準で約 400m 程度の通信距離を達成しています。

- 無線通信 B 系統（中継ノード-センサータグ/スマートフォン間）:

- 規格: Bluetooth Low Energy (LE) を採用。これはスマートフォンの近距離無線方式の一つで、省電力かつ認証なしで端末間通信が可能です。

- 仕様: 周波数 2.4GHz 帯、変調方式 GFSK、物理層伝送速度 1Mbps、送信出力 10 μ W~10mW、通信距離約 30m 程度。

- 電源: 停電に備え、1~2 日分の電力供給が可能なバッテリーを搭載しています。消費電力は 5W 以下に抑えられています。

- コスト: 民生用の安価な部品が主体であるため、中継器の製造原価は 4 万円以下であり、量産すれば 2 万円程度にまで抑えることが可能です。これは従来の IoT ハブ装置に比べて大幅なコストダウンとなります。

• 3.2.2. センサータグ

- 機能: 固有の ID 情報を含むビーコン信号を Bluetooth LE 規格で発信します。加速度センサーで人が持って活動中であることを検出し、置かれている状態では発信を抑止する機能も持ちます。警報状態を受信すると LED が発光し、避難を促します。

- 電源: ボタン型リチウム電池で半年程度の電池寿命を達成しています（推奨は 1 年以上）。

- 構成とサイズ: Bluetooth 無線モジュール（マイコン込み SOC）、ボタン電池、加速度センサー、LED で構成されます。持ち歩きやすい小型のプラスチックケース（42mm x 31mm）に収められています。

• 3.2.3. スマートフォンアプリケーション

- 機能: 住民が避難時に使用することを想定し、iPhone 用と Android 用のアプリケーションが開発されました。中継ノードからセンサータグの位置情報と警報情報（テキスト付き）を Bluetooth で受信し、地図上に表示します。また、付近のセンサータグの ID 信号を Bluetooth で受信し、位置情報と時間を付加して携帯電話網経由でサーバーに送信する機能も持ちます（平常時）。

- 動作条件: Apple iPhone iOS9.0 以降、Google Android 5.0 以上で動作します。

• 3.2.4. データ収集用サーバーとゲートウェイ

- ゲートウェイ: 「止まらない通信網」のエリア内に設置され、通信されているセンサータグの検出位置情報と時刻情報を傍受（受信）します。受信した情報は WiFi 経由で携帯用 WiFi ルーターを利用し、MVNO の LTE 網を使って HTTPS プロトコルで遠隔地のサーバーに転送されます。

- サーバー: ゲートウェイからインターネット経由で送信されてくるセンサータグの位置情報を内部 DB に格納します。利用権限のある者のみがアクセスできる WEB ページから、日時を指定して位置情報の記録を CSV 形式でダウンロードでき、別途開発された分析プログラムで統計分析等が行われます。

3.3. データ管理とセキュリティ

美波町 IoT 事業では、機微な情報である位置情報のプライバシー保護に特に注意が払われました。

• 個人情報の厳格な管理:

- センサータグを携帯する人の位置情報は、あらかじめその人ごとに承認・登録した人にしか提示されないシステムが構築されました。

- 位置情報の表示は、センサータグに添付された暗号化済み ID のバーコードを、センサータグがその場にある状態で読み取って登録したスマートフォン以外では受信・表示できない仕様とされました。

- 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され、仮に盗聴されても ID を読み取れないよう加工されています。

- 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は、システムからは一切アクセス不能な形で別管理されました。

- 位置情報や行動履歴を分析する際は、利用者の承諾が必須とされ、個人情報はシステム上では一切使用されません。

4. 実証事業の導入・成果

4.1. 通信網の構築と住民への導入

- ・ 中継ノードの設置: 美波町日和佐地区避難困難地区において、電波到達状況確認実験、設置場所検討、施設所有者との協議を経て、道路上の電柱や街路灯、防犯灯柱を中心に 39 台の中継ノードが設置されました。避難訓練時には臨時設置を含め 50 台が稼働しました。
- ・ センサータグの配布: スマートフォンを持たない人向けに、位置情報取得用の無線発信器「タグ」を約 100 個配布しました。



4.2. 平常時データ収集と分析

- ・ 平常時運用: センサータグ、中継ノードおよびそれらによる通信網は概ね問題なく動作し、平常時から位置情報の記録を取得・記録することに成功しました。
- ・ 検出率: 2017 年 10 月 12 日～11 月 2 日の平均で、センサータグの検出率は 63.4%でした（配布個数に対する検出された人数の割合）。
- ・ データ量: 発見デバイスあたり、平均 202.8 回/時の位置情報が検出されました（目標 60 回/時を大きく上回る）。
- ・ 分析活用: 収集された住民の平常時の行動情報や避難訓練時の避難行動に関する統計情報は、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分析に活用され、よりの確な防災計画立案に貢献しました。

4.3. 津波避難訓練の実施と検証

2017 年 11 月 4 日には、住民参加の津波避難訓練が実施されました。この訓練では、「止ま

らない通信網」を活用した以下の機能が検証されました。

- 津波警報の情報をスマートフォンやタグに配信すること。
- 離れて避難する家族等で、スマートフォンとタグを持っていれば互いの避難状況を確認できること。
- 避難を支援する人が、町民の避難している場所や、逃げ遅れた人、行方不明者の位置を確認できること。

4.4. 成果指標（KPI）の達成状況

美波町 IoT 事業では、設定された主要業績評価指標（KPI）において、SkeedOz 技術の有効性が実証されました。

- 通信の耐障害性: 災害時に既存通信網が不通となり、平均 5 割の装置が動作不能な状況下でも、域内全域の 2 点間において 97.2%の確率で 5 分以内に通信可能でした（目標 95%以上）。これは SkeedOz の「ゼロ・ダウンタイム」コンセプトの有効性を裏付けるものです。
- 避難時位置検出成功率: 避難訓練時、IoT デバイス配布者ごとの位置情報検出率は 89.8%を達成しました（目標 80%以上）。
- コスト低減:
 - 一人当たりの装置コストは 3,075 円に削減されました（目標 4,000 円以下）。
 - 外部に支払う通信料金は、一人あたり 20 円/月に削減されました（目標 200 円/月以内）。これは SkeedOz の「ゼロ・マージナルコスト」コンセプトの有効性を裏付けるものです。
- 避難計画への反映: 本システムを活用した新たな避難計画案が策定され、美波町に提出されました。

4.5. 美波町津波避難計画への反映提案

美波町 IoT 事業の成果に基づき、既存の「美波町津波避難計画」の改定時に盛り込むべき事項が提案されました。

- 「防災 IoT 機器向け通信網」の活用: 町民への避難指示伝達、町民間および町から町民への安否情報確認の手段として、「防災 IoT 機器向け通信網」の整備と住民への装置配布に努めること。
- 時系列浸水予測と行動履歴の活用: 津波シミュレーション結果や避難訓練時の住民の行動履歴情報を積極的に活用し、避難時の障害箇所の改善に努めること。
- 避難困難者対策の強化: 避難困難者の実態調査、避難場所・経路の改善、支援体制の準備と周知、平常時からの通信装置利用を通じた所在通知システム構築。
- 情報伝達・収集手段の拡充: 同報系防災行政無線に加え、「防災 IoT 機器向け通信網」も補助的に活用すること。

5. SkeedOz の価値とビジネスパーソンへの示唆

美波町 IoT 事業は、SkeedOz の技術が単なる技術革新に留まらず、社会課題を解決し、新たなビジネス価値を創造する可能性を秘めていることを実証しました。この経験とノウハウは、ビジネスパーソンの皆様が直面する多様な課題解決に貢献します。

5.1. 災害レジリエンスの向上と社会課題解決

- 災害対策: 大規模災害時における通信手段の確保、避難情報の確実な伝達、被災状況の可視化、予兆監視など、地域社会のレジリエンス強化に貢献します。
- 見守りサービス: 子供や高齢者の見守りサービスにより、地域社会の安心・安全をサポートします。平常時の利用を促進することで、災害時にも無理なく活用できる体制を構築できます。
- インフラ管理: 道路、建物、ライフラインの強靱化や効率的な管理、遠隔操作による自動化・省力化を推進し、スマートシティの実現を支援します。

5.2. 経済的・運用的効率性の劇的改善

- 圧倒的な低コスト: 中心サーバーや基地局への大規模な設備投資が不要であり、運用コスト（通信料金、サーバー費用）を極めて低く抑えられます。美波町での実証では、一人当たりの通信費を 20 円/月にまで削減することに成功しました。
- 運用容易性: 設置や接続が簡単な「ゼロ・コンフィグレーション」は、導入障壁を低減し、専門知識のない地域住民でも活用しやすいシステムを実現します。
- 業務効率化: オフィスや工場、病院における資産管理、社員の位置確認、来場者動線分析、在庫管理など、多岐にわたる業務プロセスの効率化を実現します。

5.3. 技術的優位性による新たなビジネス機会の創出

- 強靱性とスケーラビリティ: 一部の機器故障による全体停止のリスクがなく、ノード数の規模に依存しない高い可用性と拡張性を提供します。
- 新しいサービス市場の創出: ロバストなビッグデータ利活用基盤は、M2M、ITS、スマートグリッド、ヘルスケアなど、データ通信量の変動性が高く、デバイスモビリティ性の高い環境で新たなサービス創出に貢献します。
- 地方創生への貢献: 本システムは、有害鳥獣の接近センサー、潮位・天候・水位の基礎データ収集、農業・漁業への応用など、地域の産業創出や活性化にも活用できる可能性を秘めています。美波町 IoT 事業のリファレンスモデル化により、同様の課題を持つ全国その他地域や海外への普及展開も期待されます。

結論

徳島県美波町で実施された「“止まらない通信網”を活用した命をつなぐ減災推進事業」は、SkeedOz の自律分散型 IoT 基盤技術が、大規模災害時という最も過酷な環境下でも、強靱性、低コスト、運用容易性を兼ね備え、確実に機能することを実証した画期的なプロジェクトです。この事業は、SkeedOz のコンセプトが実社会でいかに有効であることを示す具体的な「源流」となり、その後の技術開発と社会実装に大きな道筋をつけました。

S k e e d の技術哲学は、P2P の思想から始まり、総務省の国家プロジェクトを経て、現在の「SkeedOz」として社会の多岐にわたる課題解決に貢献するまでに進化を遂げています。私たちは、この美波町での貴重な経験とノウハウを活かし、これからも自律分散技術の革新を通じて、人と地球に優しい持続可能な社会の実現を支え続けてまいります。

S k e e d の技術にご興味をお持ちいただけましたら、ぜひお気軽にお問い合わせください。

お問い合わせ先

株式会社 S k e e d では、SkeedOz に関するご質問や導入、お見積りについて承っております。

資料ダウンロード: <https://skeed.jp/download/>

※ S k e e d 各種製品のリーフレット、解説書などはこちらのページよりお受け取りいただけます。

お問い合わせ: <https://skeed.jp/contact/>

※「SkeedOz」のご質問・ご導入・お見積りに関するお問い合わせはこちらからお願いします。