

ホワイトペーパー

Winny の思想から IoT の未来へ

SkeedOz を支える総務省

「ロバストビッグデータ利活用基盤」

技術の全貌

株式会社 S k e e d

はじめに

株式会社 Skeed の技術の源流は、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ています。彼の革新的な思想は、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基礎となり、現在の Skeed の製品・サービスの中核をなす「SkeedOz」へと結実しました。

本ホワイトペーパーでは、金子勇氏の Winny 開発から始まった Skeed の技術経験と、彼が代表研究責任者を務めた総務省の国家プロジェクト「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」で培われたノウハウをご紹介します。この研究開発がどのように SkeedOz の強靱な IoT 基盤を築き上げたのか、そして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を解説します。

1. 株式会社 Skeed と金子勇のビジョン

株式会社 Skeed は 2005 年 4 月 26 日に設立され、その原点は Winny 開発者である金子勇氏の P2P 技術にあります。金子氏は 2005 年に創業メンバーとして参画し、人工知能やシミュレーションを専門とする孤高の天才プログラマーとして、設計・実装不可能とされるソフトウェア開発に挑み続けました。

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あり、その思想は Skeed の自律分散型ネットワーク技術の基礎となっています。金子氏の最後の研究成果は、総務省の「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」に引き継がれ、後の SkeedOz へと繋がりました。Skeed は、この分散コンピューティング技術やネットワーク制御技術を用いたソフトウェアによる、ネットワークソリューションおよびデータマネジメントソリューションの企画、開発、販売を事業内容としています。

2. 総務省「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」プロジェクト

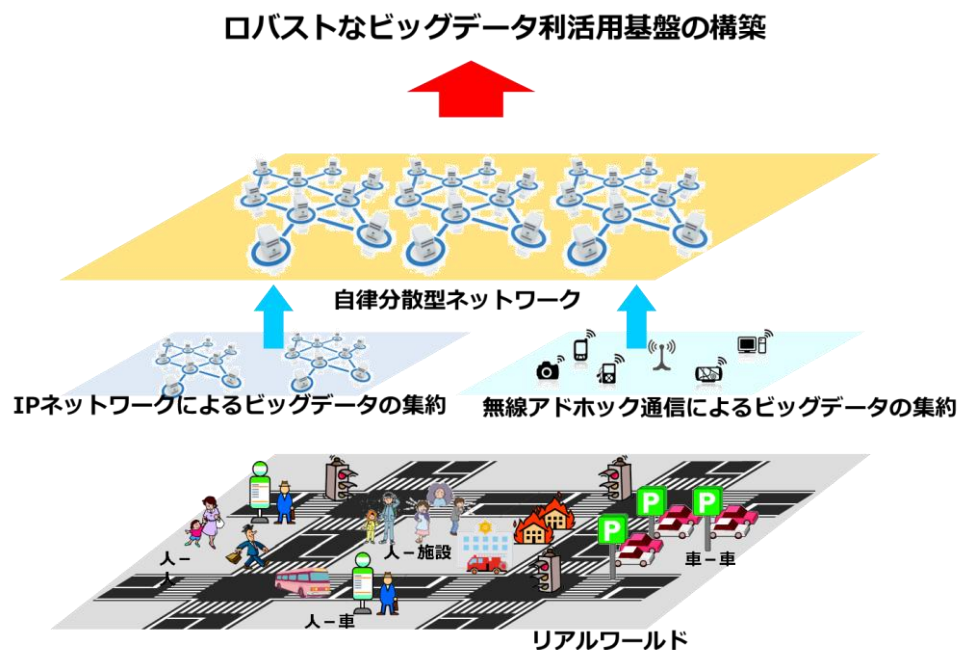
の概要

日本のビッグデータ利活用市場は海外クラウドベンダーが大きなシェアを占め、データが海外に流出するリスクや、国内での高コストな運用が競争力を阻害するという課題を抱えていました。また、爆発的に増大し予測困難な変化を伴うビッグデータトラフィックに対して、既存のクラウドコンピューティングではリソースの拡張性や対応速度に限界があることも問題でした。

このような背景から、総務省は平成 25 年度に「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」を公募し、株式会社 Skeed と慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科の共同提案が採択されました。本プロジェクトの目的は、センサーやスマートフォ

ンなどから集まる多種多様なデータを、ネットワーク上のサーバーやデバイスを用いた自律分散処理により、信頼性や機密性を確保しつつ、データの流通、蓄積、処理を可能とする基盤技術を確認することにありました。これにより、ビッグデータを利活用する新市場の創出と日本の国際競争力の強化を目指しました。

このプロジェクトでは、Winny 開発者である金子勇氏が代表研究責任者として、P2P 基盤の開発を推進しました。しかし、金子氏の死去により、研究開発体制の大幅な変更を余儀なくされましたが、骨子となる部分は他の研究者と共有されていたため、北林巧巳氏が後任を務め、必要な工数の増加を最小限に抑えつつ研究開発が継続されました。

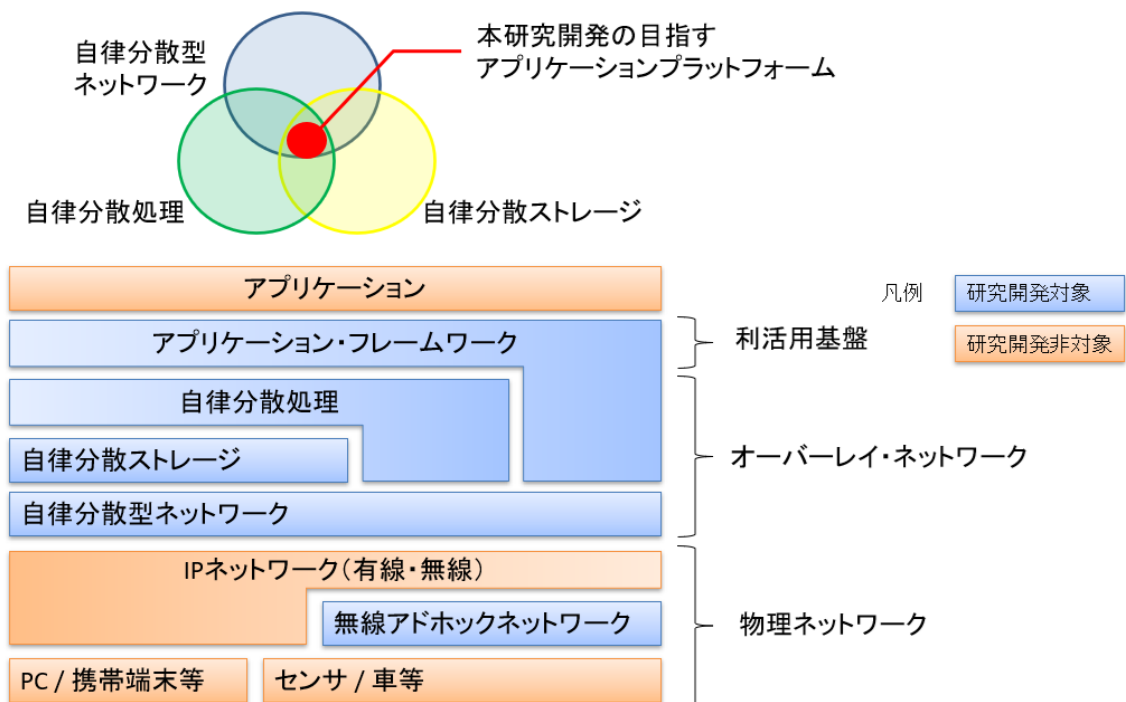


3. プロジェクトが開発した中核技術とその特徴

本研究開発では、主に以下の 3 つの階層から構成されるビッグデータ利活用基盤技術が確立されました。

1. 自律分散ネットワーク層
2. 自律分散ストレージ層
3. 自律分散処理層

これらの技術は、SkeedTech の根幹をなすピュア P2P、オーバーレイネットワーク、自己組織化のコンセプトを具現化したものです。



3.1. 自律分散ネットワーク層：強靱な通信基盤の構築

自律分散ネットワーク層は、企業管理のサーバーだけでなく、個人所有の PC や携帯端末などの潜在的なコンピューティングリソースを自律的なノードとして活用し、P2P ネットワークを構成します。ノードは自らの状態を評価し、メッセージのやりとりを通じて相互作用を起こすことで、ネットワーク全体としてノードの参加・離脱が頻繁に発生する環境下でも高い可用性を保ちます。

Winny の思想との繋がり: Winny は「中心サーバー不在のピュア P2P」システムであり、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特徴を持っていました。この思想は、自律分散ネットワーク層の根幹をなしています。

本研究開発で確立された技術の主な特徴は以下の通りです。

- 中心サーバー不在のピュア P2P: 制御する特定のサーバーが存在しないため、単一障害点がなく、一部の機器の障害で全体が機能不全になることはありません。
- 高い可用性: ノードの参加・離脱が頻繁に発生する環境下でも、ネットワーク全体として高い可用性を維持します。
- 階層化ネットワーク:
 - 物理ネットワークの近傍性を考慮したルーティングを行い、通信経路への負荷集中を回避しトラフィックを分散させます。
 - Winny の「上流と下流」「クラスタリング」の概念がこれに相当し、回線速度や嗜好性に基づいてノードを階層化・グループ化することで効率的なファイル共有を実現していました。

○ 本研究では、Kademlia を基礎とする DHT（分散ハッシュテーブル）と、ブロードキャストドメインごとのグループ化による 2 種類のネットワーク機能モジュールを比較・検討し、階層化によってオーバーレイネットワーク維持のための通信量が半減することが確認されました。

• 効率的なノード発見と経路管理:

○ オーバーレイネットワークへの迅速な参加を実現するため、UDP ブロードキャストによるノード発見プロトコルを開発しました。

○ 各ノードの性能指標評価情報を相互に交換し合う経路情報管理手法を開発し、通信量を抑制します。メッセージは転送される度に辿ったノードの情報を内部に溜め込み、中継役ノードが経路情報を更新します。

○ Winny では「最初の一步」問題として、初期ノード情報を共有することでノード発見を行っていました。

• スケーラビリティとパフォーマンス:

○ 数百万ノード規模の自律分散型ネットワークを約 1.5 秒で構築し、維持可能であることを検証しました。

○ 多数の無線端末同士が多対多で大量データをやり取りする状況において、一般的な無線 LAN 方式（IEEE802.11PCF）と比較して実効スループットを 7~11 倍に高めることに成功しています。これは WISH プロトコルなどの改良された通信プロトコルによるものです。

3.2. 自律分散ストレージ層：データ保全と機密性の両立

自律分散ストレージ層は、自律分散ネットワーク層の分散コンピューティングリソースを利用した分散キー・バリューストア型の NoSQL 分散ストレージです。ノードの参加離脱による保存情報の欠損等への対策を主軸として研究開発が実施されました。

Winny の思想との繋がり: Winny のキャッシュシステムは、ファイルを暗号化した断片としてネットワーク内に拡散し、効率的な転送と匿名性の確保を目指していました。自律分散ストレージの設計思想は、このキャッシュ機構をより堅牢かつ機密性の高い形で発展させたものです。

本研究開発で確立された技術の主な特徴は以下の通りです。

- データの機密性: キーとバリューは電子政府推奨暗号（AES など）を用いて暗号化・難読化され保存されます。データの利用者権限ごとに難読化形式を設定可能です。
- 高い堅牢性と可用性: ノード数が 20% 減少しても（48 ノード中 10 ノードが離脱）、蓄積されたデータの完全性を損なうことなく、継続的にデータにアクセスできることを確認しました。データは複数のノードで多重化して冗長性を持たせて分散格納されます。
- 階層化構造: 連続稼働時間とストレージ容量を評価基準とし、安定度の高い順に上位層（キーヘッダとチャンクを集中保持、検索機能提供）、中間層（キャッシュと冗長化、負荷

分散)、下位層（リクエスト送付のみ）の3階層で構成され、安定したデータ蓄積と検索を実現します。

- 高速な応答: 暗号化されたデータ百万件に対する検索応答時間を平均 0.2 秒（目標 1 秒以内）で達成しました。
- データ利用権限: 各データに利用権を設定し、ユーザーの権限に応じてデータ取得を制限する仕組みが実装されています。
- 重複排除技術: 保存対象データを固定長ブロックに分割したチャンク単位での重複排除により、保存容量の削減効果を高めることが可能であることが確認されました。これはセンサ系のビッグデータにおいて特に高い効果が期待されます。

3.3. 自律分散処理層：データ発生源に近い場所での効率的な処理

自律分散処理層は、自律分散ストレージ層の機能を使用し、大量のデータを複数のノードに分散して処理するためのモジュールです。クラウドサーバーに比べ非力で不安定な端末群をノードとして活用し、セキュアでロバストな自律分散処理基盤の実現を目指しました。

Winny の思想との繋がり: Winny は、上流ノードにキーやキャッシュを集め、クラスタリングによって嗜好性の似たノードをグループ化することで、検索とファイル共有の効率を高めていました。自律分散処理層のクラスタリングや動的リソース活用は、この効率化の思想をデータ処理に応用したものです。

本研究開発で確立された技術の主な特徴は以下の通りです。

- ネットワーク構成変化への適応: ノードの参加・離脱が頻繁に起こる環境下でも処理を継続できるよう、エンドノードが自律的に判断した演算性能を元にノード群を3階層に分類し、演算全体を管理するノードとバックアップノードを自律的に選出する手法を開発しました。演算中にネットワークに参加したノードには新たな演算小単位を割り当て、離脱したノードにはその代役を別のノードに任せることで、処理を継続させます。
- データ処理中の機密性確保: 処理対象データを平文に展開することなく、難読化されたまま処理を行い、処理結果を管理ノードが収集・解除することでデータの機密性を確保します。この難読化処理は準同型暗号への置き換えを想定しており、データ所有者が本分散処理を利用した検索を行う場合、暗号化が施されたまま処理を完了することが可能です。
- クラスタリングによる効率化: データの発生源の地理情報に基づきノード群が自律的にクラスタを構成し、クラスタ内でデータを流通させることで、不要なデータ転送を削減し、ネットワークトラフィックを局所化します。これにより、データ発生源に近い場所で分散処理を行うことが可能となります。
- リソースの動的な活用: 処理開始後にノード数が増加した場合でも、追加ノードをリソースとして有効活用し、処理完了までの時間を短縮できることを確認しました。

4. SkeedOz への系譜と地方創生への応用

総務省の「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」は、SkeedOz の基盤技術として位置づけられています。SkeedOz は、Skeed 独自の自律分散技術により、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 IoT 基盤ソフトウェアです。

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」にあります。これにより、障害発生時でも停止せず（強靱性）、運用コストが極めて安価で（低コスト）、設置や接続が簡単である（設置容易性）というメリットを提供します。

- ・ゼロ・ダウンタイム（障害発生時でも止まらない）：各装置が独立しているため、最後の一台まで稼働します。
- ・ゼロ・マージナルコスト（限界費用 = 0）：必要なところに一台から設置可能で、通信料金やサーバー費用がほぼゼロとなり、運用コストが極めて低いことが特徴です。
- ・ゼロ・コンフィグレーション（設置・接続が簡単）：設置が容易で、電源を接続するだけで利用可能です。

具体的な活用事例として、以下が挙げられます。

- ・徳島県美波町の事例：平成 28 年度総務省 IoT サービス創出支援事業として、美波町に自律分散型 IoT 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「止まらない通信網」の実証実験を実施しました。警報配信、避難者への情報提供、要避難支援者の位置把握、平常時の見守りなどに活用され、既存網が障害時でも 97.5%の確率で通信に成功しました。住民が携帯する安価な無線タグ（IoT デバイス）を活用し、避難誘導や位置確認にも利用可能です。
- ・愛媛県新居浜市の児童見守りの事例：小学生向けの見守りタグを配布し、通信ノードやスマートフォンアプリを通じて児童の位置情報を検出し、保護者に提供するシステムを構築しました。このインフラは将来的に陸上養殖など他の用途への転用も検討されています。
- ・地方創生への貢献：SkeedOz による街の自営通信網は、要介護者や子供の見守り、防災・減災、スマートシティ化といった地域課題の解決に貢献します。また、陸上養殖や鳥獣害対策、一次産業の 6 次産業化など、地域の産業創出や活性化も実現します。

SkeedOz は、数 km 四方の広いエリアで数百個のセンサー情報を収集可能でありながら、エリア内での使用であれば通信コストや通信サービス契約が不要です。また、通信中継器や無線タグ、スマートフォンは携帯電話網が不通でも独立して動作するため、高い強靱性を誇ります。

5. Skeed の技術がビジネスパーソンに提供する価値

Skeed の自律分散技術は、単なる技術革新に留まらず、ビジネスパーソンの皆様が直面する多様な課題を解決し、新たな価値を創造する可能性を秘めています。

- 社会課題の解決とスマートシティ化:

- 災害対策: 災害時の通信手段確保、避難者への情報提供、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向上に貢献します。

- 見守り: 子供や高齢者、ペットの見守りサービスにより、安心・安全な社会生活をサポートします。

- 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。

- 経済的メリットと運用効率の向上:

- 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。

- 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。

- 技術的優位性による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。

- 国際競争力の強化: 新興国市場への早期進出とグローバル市場でのシェア獲得を目指し、日本がこの分野での国際競争に打ち勝つための重要な基盤となります。

まとめ

株式会社 Skeed の技術は、金子勇氏が Winny で示唆した P2P の思想から始まり、総務省の「ロバストなビッグデータ利活用基盤技術の研究開発」を経て、現在の IoT データ流通基盤「SkeedOz」へと進化しました。この技術は、自律分散型ネットワーク、ストレージ、処理の各層で、従来の集中型システムでは実現困難な堅牢性、効率性、経済性を実現しています。

SkeedOz は、災害対策から高齢者・子供の見守り、産業活性化に至るまで、多様な社会課題の解決に貢献し、スマートシティの実現を加速させる可能性を秘めています。Skeed は、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。

Skeed 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 Skeed では、SkeedOz に関するご質問や導入、お見積もりについて承っております。

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

※Skeed 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。