

9. センサーネットワーク

9.1. 都市におけるセンサーの増大と可能性

センサーの小型化やバッテリーの高性能化、ネットワークの普及により、都市に設置されたセンサーの数は年々増えている。また、自動車やスマートフォンをセンサーととらえると膨大な量のセンサー及びデータの活用可能性がある。市場予測としては、2025 年から今後 10 年間でデータ量は 10 倍以上となり、しかも、インフラなどへの設置型ではなく移動型センサーの数が増えるといわれている。

今後人口減少が見込まれるわが国では、センサーデータの活用は非常に重要であり、そこで得られた知見により、輸出産業にすることも考えられる。既に、自動車情報から得られるデータにより事故危険地点の分析や、人流データの解析による誘導の効率化などが行われている。

日本は国際的に競争力を持つセンサーやアクチュエーターの企業が多数あり、ネットワークも充実していることから、既に多くのセンサーネットワークが構築されているが、企業独自仕様であるなど、社会インフラ化が図られていない。

一方、河川センサーのように、ビジョンを整理したうえで一気にセンサーを設置することでセンサーの低価格化を図り、日本中のデータを収集可能にした良い事例も出てきている。

9.1.1. スマートシティにおけるセンサーネットの役割

今後のスマートシティにおいては、街の中、郊外、自動車、自転車、人等の動的オブジェクト、海岸、河川、山、インフラに設置されたセンサーなどの情報を効率的に活用することが重要となる。また、そのデータの処理を現場の機器が自律的に行うのか、ネットワークにつながった Edge 機器で行うのか、情報を集積するハブで行うのか、クラウドで大量データを処理するのかなど、その時間軸やデータ量など目的に応じたアーキテクチャも検討する必要がある。これらの情報は、平時だけでなく災害時にも重要な役割を果たす。に Cloud-Edge-IoT の論理構成を示す。

① 都市インフラのモニタリング

橋梁や道路、上下水道、電力網などに設置され、劣化や異常の早期検知を可能にする。例えば、振動センサーで橋の損傷を検出したり、漏水センサーで水道の破損を把握したりできる。

② 交通・モビリティの最適化

交通量、速度、駐車場の空き状況などをリアルタイムで取得し、交通渋滞の緩和や駐車場の支援に活用できる。例えば、交通量による信号の制御、渋滞予測や回避のためのナビゲーションなどが実現できる。

③ 環境モニタリング

気温、湿度、大気汚染（PM2.5 など）、騒音、紫外線、放射線などを常時観測することができる。例えば、ヒートアイランド対策や住民の健康リスク管理に活用することができる。

④ 安全・防災

河川の水位、地滑りセンサー、地震計、火災検知などを用いて、災害予兆の早期把握とができる。例えば、豪雨予測、土砂災害予測などを使って避難誘導に寄与することができる。

⑤ 行動分析と都市設計へのフィードバック

人流センサー、スマートフォン連動データなどを活用して、エリアごとの利用状況や混雑度を分析し、都市計画や施設配置に反映することができる。

9.1.2. センサーデータ活用に必要なアーキテクチャ（Cloud-Edge-IoT）

今後のスマートシティにおいては、街の中、郊外、自動車、自転車、人等の動的オブジェクト、海岸、河川、山、インフラに設置されたセンサーなどの情報を効率的に活用することが重要となる。また、そのデータの処理を現場の機器が自律的に行うのか、ネットワークにつながった Edge 機器で行うのか、情報を集積するハブで行うのか、クラウドで大量データを処理するのかなど、その時間軸やデータ量など目的に応じたアーキテクチャも検討する必要がある。これらの情報は、平時だけでなく災害時にも重要な役割を果たす。に Cloud-Edge-IoT の論理構成を示す。

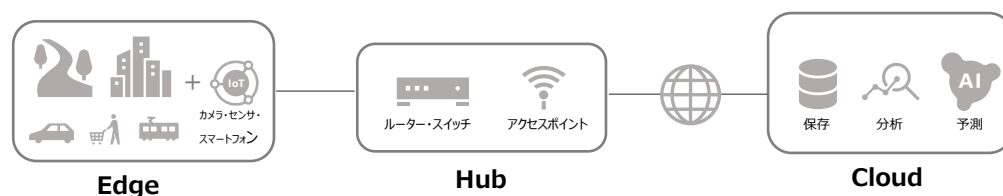


図 9.1-1 Cloud-Edge-IoT の論理構成

- Edge (IoT)

- <特徴>

- 各地にあるセンサーやアクチュエーター（環境センサー、自動車のブレーキセンサ、水門センサー、動物の餌センサー、スマートフォン）などの IoT デバイスとその周辺領域に配置したサーバで構成される。Edge 機器には、小型通信機器、太陽電池駆動、電池駆動など様々なものがある。

- <処理>

- 情報を収集してデータ送信するものから AI を搭載したものまでである Edge で処理することで高速処理が可能で、匿名化処理なども行うこともできる。

- Hub

- <特徴>

- 通信の中継などを行い、閉域での制御を行うことも可能である。

- <処理>

- 各機器からの情報を収集し転送するものから、閉域処理、匿名化処理をするものまでさまざまである。

- クラウド

- <特徴>

- Hub から転送されたデータをネットワーク経由で受信し、高度なデータ処理を行うことが可能である。

- <処理>

- データの保存、変換、分析、予測など様々なサービスが提供されており、必要なサービスを従量制で利用することができる。

また、センサーの活用には、都市内にある動的、静的なオブジェクトを管理する ID の仕組みも重要となる。

- 動的オブジェクト

- 人、杖、自転車、車いす、ベビーカー、自動車等の動的なセンサーデータを取得する対象となるものや追跡・追随処理をするもの。

- 静的オブジェクト

- 橋のひずみ計、温度計、消火栓など静的な対象物。

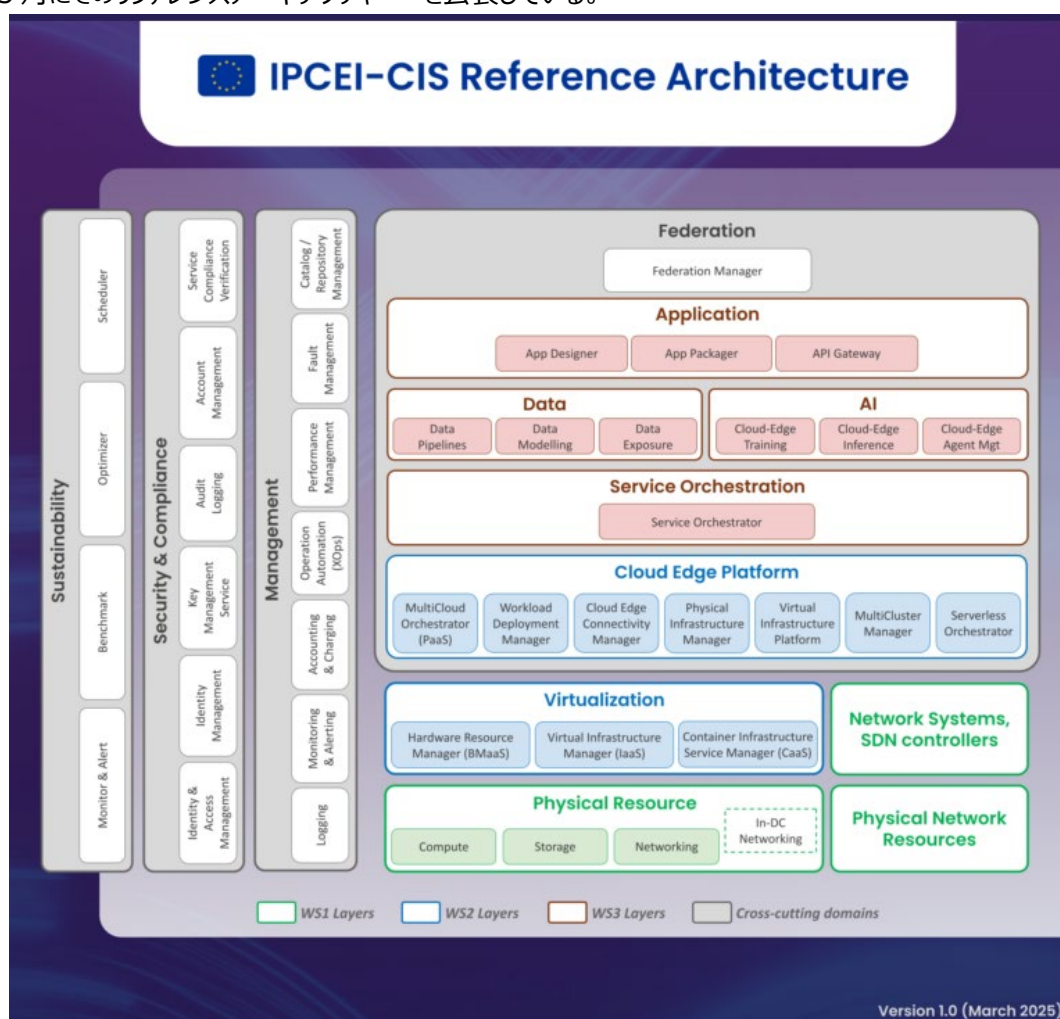
- オブジェクト I D

動的、静的オブジェクトを一意に特定するために一意の I D を付与する。利用される I D の種類には、無意 I D (UUID⁹⁹等) と有意 I D (URN¹⁰⁰等) がある。

また、欧州では、従来のクラウド集中型処理や単純なエッジ処理を超えて、より柔軟・協調的・スケーラブルなインテリジェンスを目指して個々のデバイスを群れのように協調動作させる Swarm コンピューティングの研究開発も進めている。

＜コラム＞ 欧州の Cloud-Edge のリファレンスアーキテクチャ

欧州は、次世代の Cloud-Edge のインフラ整備プロジェクト Important Project of Common European Interest on Next Generation Cloud Infrastructure and Services (IPCEI-CIS) を推進しており、2025 年 3 月にそのリファレンスアーキテクチャ¹⁰¹を公表している。



⁹⁹ Universally Unique Identifier の略称。IETF (Internet Engineering Task Force) が RFC9562 で標準化している。(<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc9562>)

¹⁰⁰ Uniform Resource Name の略称。IETF (Internet Engineering Task Force) が RFC1737 で標準化している。(<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1737>)

¹⁰¹ IPCEI – CIS Reference Architecture (<https://eucloudedgeiot.eu/ipcei-cis-reference-architecture-announced-at-the-8ra-general-assembly/>)

9.1.3. センサーデータの特徴

センサーデータは 1 つ 1 つのデータが小さい等、データ活用をするためには多くの特徴があります。

1) データ取得タイミングの違い

サンプリングタイムにより定期的に取得するデータと、動作などが発生したときに取得するアドホックなデータがあります。

2) データ蓄積と転送方法の違い

取得時刻とデータがセットで蓄積されているデータ、サンプリングタイムがあるので計測データだけが蓄積されているデータ、位置情報もセットになっているデータなど様々なデータがあります。また、edge で処理をして画像データから人数を判断し処理後のデータを転送するタイプもあります。

転送方式は、リアルタイムでデータを転送するもの、一定時間蓄積しまとめてデータを転送するものがあります。その時に、データの持つメタデータを使ってデータ処理を合わせて行う場合もあります

3) データ形式等の違い

センサーによって精度や許容誤差範囲や単位が違うことがあるので、同種のセンサーであってもデータをマージするときに処理が必要な場合があります。

4) 測定方法の違い

センサーデータは、測定位置は測定方法によって計測値が違ってくることがあります。例えば、地表面温度と地表から 30cm 高の温度は違っていることがあります。センサーデータには、このような測定情報も考慮する必要があります。

5) 設置や機器等に関する異常値の発生

センサーの設置位置によっては、外部要因により計測データが正確でなくなる場合があります。また、機器やネットワークの状況により、正確なデータが取得できない場合があります。

6) 複数センサーデータの融合

複数センサーからのデータ取得した場合に同じ場所、同じ時刻なのに異なる計測値がくる場合や、1 つの物体を複数台のカメラで観察することで複数の物体に見えてしまうなどの場合があります。このように複数センサーを使う場合には、その処理対策を行う必要があります。

センサーデータは、このような特徴があることから、データに中間処理が入る場合があります。その処理は、前出のアーキテクチャの中で、目的や処理の効率性などを考慮して適切な場所に設定されます。

9.1.4. センサーデータの収集

容易に設置できるセンサーも増えてきており、センサーデータを保有する組織も多数存在する。センサーネットを自前で

構築するだけでなく、持続性を含めてセンサーデータの取得方法を検討していく必要がある。

9.1.4.1. データ入手方法

1) 自組織でセンサーの設置やデータ処理の仕組みを構築する

自治体や商店街や業界団体などで、目的に合ったセンサーネットワークを構築する。目的に合わせられるが、初期投資や維持管理の費用が課題である。

2) 外部組織の活用

センサーネットワークを持つ企業から、データを購入する。人流や交通流のデータ等だけでなく、気象データ等の様々なデータが入手可能である。郵便配達バイクにセンサーを搭載しデータを集集するなどの取り組みも行われている。海外では、地図の画像データ収集の車に大気センサーを付けることで、都市内の大気データマップを作っているところもある。

地域の企業などからセンサーデータを購入することも考えられる。駐車場の状況データ、タクシーの走行データ、トラックのデジタルタコグラフデータ、農家の生育データ等、地域にはデータを保有する多くの主体が存在する。

住民からの収集も可能である。都市の課題を市民からの通報で収集する仕組みや、開花情報などを報告してもらい集約、活用する等、人をセンサーとして活用する取り組みも行われている。

9.1.4.2. インセンティブの活用

センサーデータを企業などから購入することも可能であるが、インセンティブの付与により収集する方法も行われている。最近では、スマートフォンの位置情報を継続的に収集することで利用者にポイントを還元するモデルも多く行われている。

9.1.5. センサーデータの可能性

センサーはこれまで、特定目的のために設置され、それ以外の活用は考えられていなかった。例えば、車のブレーキ情報は、車の制動のために使われるだけだったが、日本中の車の急ブレーキ情報を集めることで、危険箇所マップが提供されている。また、スマートフォンの位置情報も集約することで人流データとして活用されている。

既存のデータだけでなく、公用車に簡易センサーを付けることで道路状況を把握するなど、新しいセンサーデータ取得の取り組みも行われている。

防犯用監視カメラを災害時に活用できないかという検討も進められており、今後、分野を超えたセンサーデータの活用が進むとともに、データマーケットの創出も期待されている。

9.1.6. センサーネットワークの留意点

大量のセンサーデータを組み合わせて使うことで、プライバシー情報がわかってしまう場合がある。プライバシー情

報が適切に守られるように、データを間引くなどの処理が必要な場合がある。またセンサーデータは人のいない場所から取得されることも多く、セキュリティにも配慮が必要である。