

IoT時代のセンサー・ネットワークとしての LPWAワイヤレス方式と Wi-SUNによるIoTシステム事例について

2017年3月10日(金)
YRP研究開発推進協会
柘植 晃
(つげ あきら)

Agenda



- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA (Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

Agenda



- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA(Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

横須賀リサーチパークについて



横須賀リサーチパーク（Yokosuka Research Park : YRP）は、基礎から最先端に至る幅広い分野の電波・情報通信技術の研究開発が行われている研究拠点です。横須賀市郊外の丘陵地に位置するYRPには、公的研究機関や国内外の民間研究機関が多数集積し、国際連携を視野に入れた研究開発活動を行っています。

- 設立： 1997年10月
- 位置： 東京から約60km 南に位置する横須賀市の丘陵部
- 面積： 約60ヘクタール（東西 約2km / 南北 約500m）
- 交通： 京浜急行線「YRP野比駅」から約1.2km
- 進出機関： 59 機関
- 就業人口： 約5,200人



横須賀リサーチパークについて



① YRPセンター
1番館



15,386m²
1997年10月

② YRPセンター
2番館



7,572m²
1997年10月

③ YRP3番館



6,768m²
1999年3月

④ YRP
ベンチャー棟



4,008m²
2001年7月

⑤ YRP5番館
(富士通)



20,305m²
2002年3月

⑯ ニフコ 本社



12,036m²
2015年1月

⑮ 矢崎総業
技術研究所



3,152m²
1997年10月

⑯ ニフコ 技術
開発センター



14,442m²
2013年4月

⑥ NTT横須賀研究
開発センター



100,000m²
1972年11月

⑦ アルファシステムズ
YRPアルファテクノセンター



5,405m²
2007年8月

⑧ ⑨ NTTDOCOMO
R&Dセンタ 1号館・2号館 R&Dセンタ ANNEX-R・L



1号館： 50,647m²
1998年3月
2号館： 54,529m²
2002年3月

⑩ ⑪ NTTDOCOMO
R&Dセンタ ANNEX-R・L



R : 2,400m²
2003年10月
L : 4,740m²
2004年12月

⑫ TELEC
横須賀リサーチセンター



1,131m²
2008年10月

⑬ NEC
YRP技術センター



6,870m²
2002年11月

A 京急EXイン
横須賀リサーチパーク



規模 地上6階建て
客室67室

*写真キャプション
上段：延床面積
下段：開業年月

至 佐原イン
ター 1.7km

至 YRP野比駅
1.2km



B カフェレストラン
ローズティア

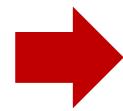
C 蕎麦と懐石
うちくら

D フランスレストラン
ラ・ルーブル

YRPの地理的な特長



周囲の三方に山や丘があり、
残る一方が東京湾に開けた立地



- 新たな無線通信システムの研究開発に際して使用される実験用の電波が外部に出にくい
- 都市部の既存電波の実験への影響が最小限に抑えられる



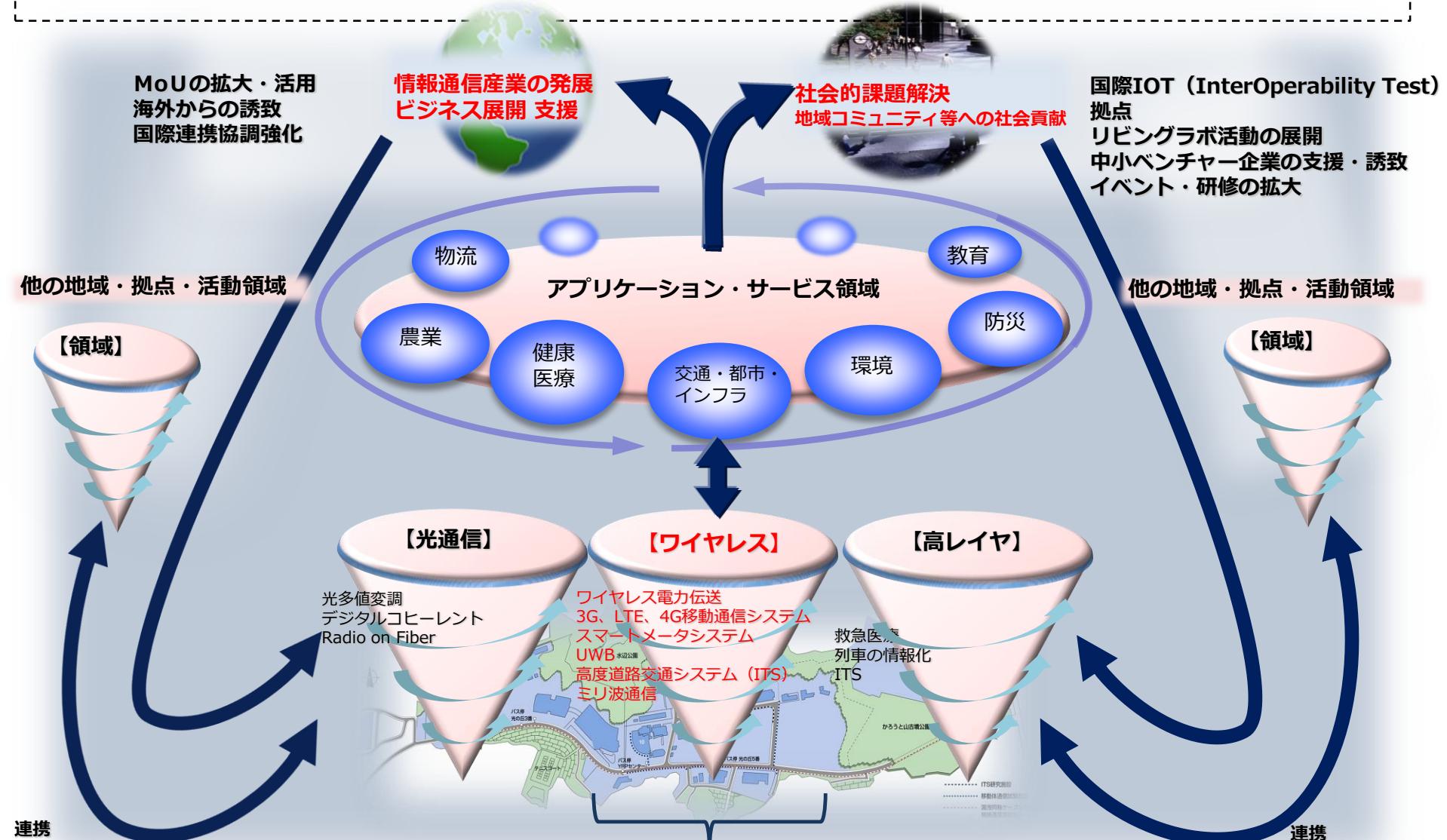
無線通信システムの研究開発試験に適した地理環境



第4期 YRP 5カ年ビジョン (2012-2016)



◆シーズ志向からニーズ志向へとパラダイム転換を図り、ビジネス展開・社会的課題解決を視野に入れたグローバルなオープンイノベーション創出の場としてのYRPを目指します。



最近のIoTシステム系技術トレンド

~ 2012 2013 2014 2015 2016

2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024 2025

PyeongChang 2018



Apps / Services

スマートシティ
農林水産業
防災

自治体、地域と密着したニーズ発掘

アプリからセンサーまでOne Stop
IoTプラットフォームテストベッド

IoT Platform



2011



2014 OIC → OCF



2013



2014



2015 MoU
完全連携

テストベッドで市場の加速が必要
シーズ志向からニーズ志向へ

AI Technology

Deep Learning

センサー、アクチュエータの高度化
ロボット、ドローン技術との連携

ロボット通信テストベッド

Video Technology

2016
4K/8K 試験放送

2018
4K/8K 実用放送

4K/8Kの実用放送へ
5Gとの連携でモバイルへ

4K/8K モバイルアプリテストベッド

In-Vehicle Technology

準自動走行(レベル2)市場化
2015～2017
IEEE802.11p(WAVE) V2X搭載

2017
準自動走行(レベル3)実用化(東京)→市場化
2020
自動走行レベル2からレベル3へ
日米欧で2017からV2X搭載開始

自動走行/V2X通信テストベッド

Wireless Sensor Network, LPWA



2012

2015



2017/2 SIGFOX
NB-IoT

2020年までに LPWA 接続は全体の 28%
日本のLPWA市場 2~4億デバイス
セルラー系、非セルラー系 各種方式乱立

IoT無線通信テストベッド

Wireless Mobile Network



2011
Release11
(LTE-Advanced) (4G)

2014/6
Release12
MTC 仕様完

2016/3
Release13
LTE-A. 高度化

2016
Release14
5G調査検討

~2018/9
Release15
5Gサブセット仕様化

~2019/12
Release16
5Gフルスペック

2020
ドコモ

Agenda



- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA(Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

4つのレイヤと実装レベルのコンピューティング軸で整理が必要

(1) アプリケーションプロファイルレイヤ

スマートホーム
プロファイル

ヘルスケア
プロファイル

オートモーティブ
プロファイル

インダストリアル
プロファイル

...

(2) プラットフォームレイヤ



...

(3) 無線通信方式レイヤ



...

(4) デバイス／センサーレイヤ

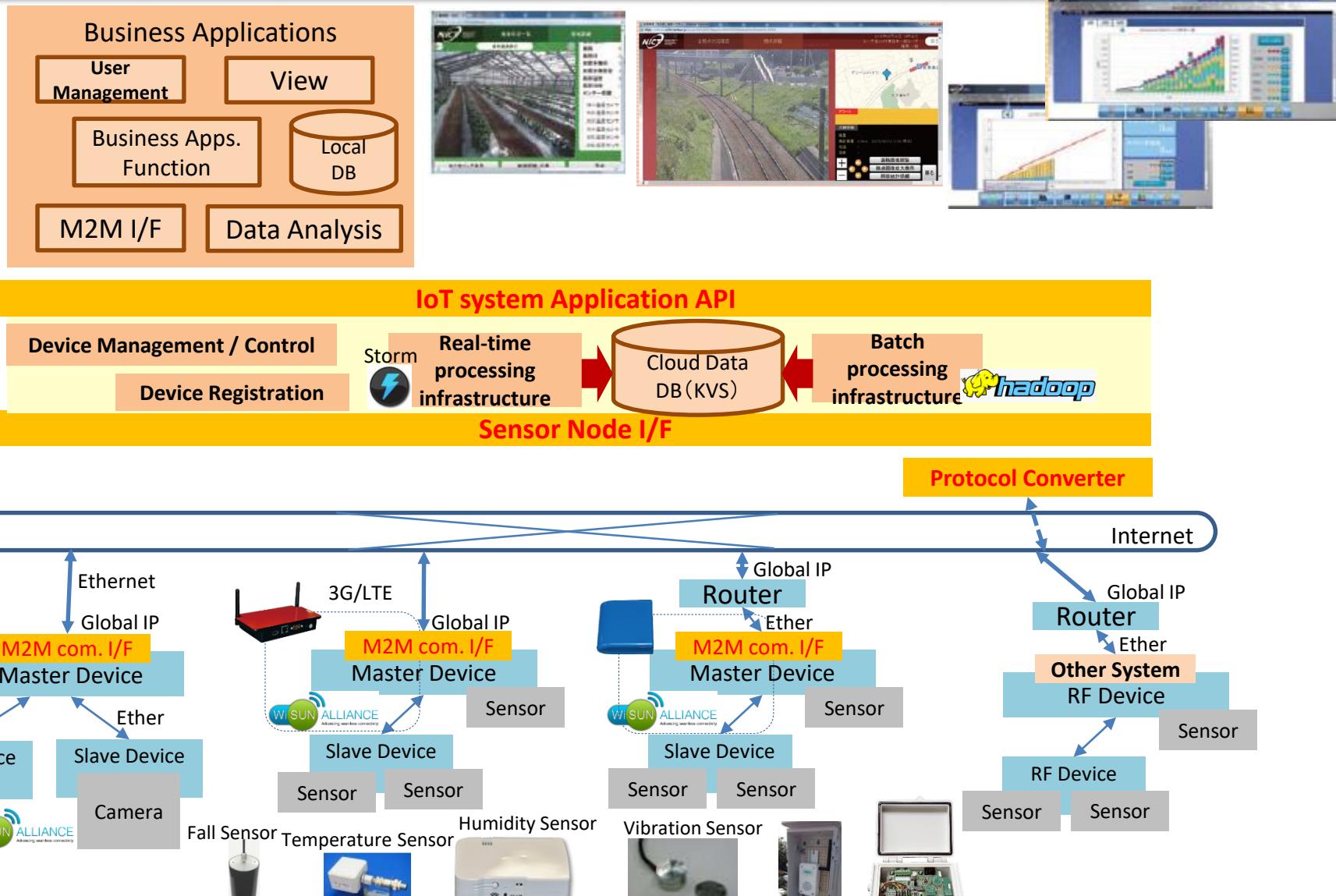


...

センサーNWを用いたIoTシステムのシステム構成例

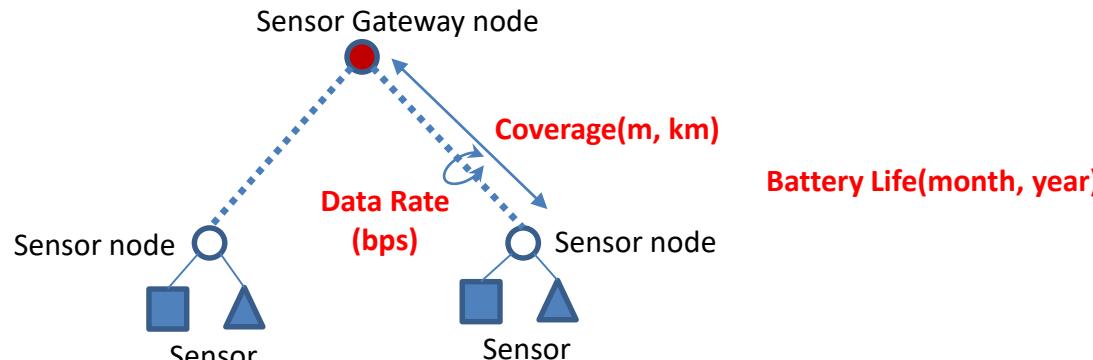
YRP
Yokosuka Research Park

リアルセンサーによる実データ収集とサイバー空間のビッグデータ処理



ワイヤレスセンサーネットワークの基本要件

ワイヤレスセンサーネットワークの基本要件(通信距離、転送速度、電池寿命)



アプリケーションユースケースに適したネットワークトポロジー

Star	Tree	Mesh
<p>Sensor node Sensor node Gateway node Sensor node Sensor node Sensor node</p> <p>•複数のセンサーノードからデータを集める最もシンプルな構成</p>	<p>Sensor Gateway node Sensor node Sensor node Sensor node Sensor node Sensor node</p> <p>•複数のセンサーノードを更に階層構造で集める構成</p>	<p>Sensor Gateway node Sensor node Sensor node Sensor node Sensor node Sensor node Sensor node</p> <p>•複数経路を持つアドホックなNWを構成し、ある経路が遮断されても別の経路で補完が可能 •面としてエリアをカバーしたユースケースなどに対応</p>

センサーデータ取得に関する基本要件



特にデータ取得のタイミング、頻度などに対応したセンサーNWシステムが必要

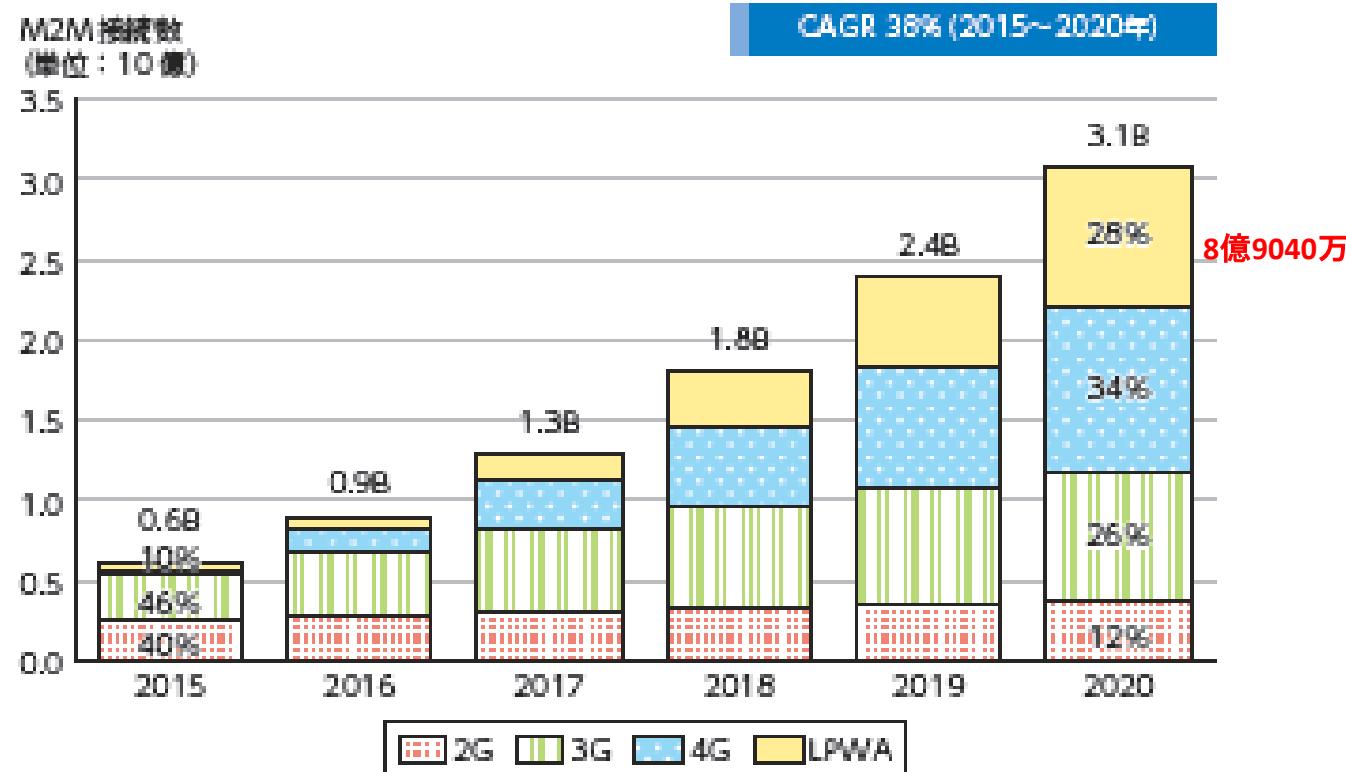
大分類	処理分類	処理要件	想定される分野	システムインプリレイヤ	関係団体
処理の緊急度	リアルタイム処理	ms レベルの低レイテンシー	防災、鉄道、自動運転、ファクトリー系、家庭内事故防止など	Edge、Fog系	OpenFog, IIC
	バッチ処理	定期的なポーリング処理	農林水産業、各分野の温度モニタリングなど	全レイヤ対象	IIC
演算処理	平均、積算など	簡単な演算処理	全分野	全レイヤ対象	—
	Deep Learning処理	一定のCPUパワー	認識系、ロボットUIなど	Fog、Cloud系	OpenFog、IIC
データ処理量	キャパシティ	センサー数、データ量	全分野	全レイヤ対象	IIC
	選別送信	無駄なデータはCloudに上げない。	全分野	Edge、Fog系 ローカルDB	OpenFog
パッキング・圧縮	パッキング	データ一括送信	全分野	Edge、Router系	—
セキュリティ	安全性	攻撃に対する耐性	全分野	全レイヤ対象	OpenFog、IIC、OCF、ITACなど ほぼ全団体
	プライバシー	個人情報保護	全分野	全レイヤ対象	

Agenda



- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA (Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

2020年には28%のデバイスがLPWA経由による接続へ



(出典) Cisco VNI Mobile, 2016年

※ 平成28年度 総務省 情報通信白書より

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintoeki/whitepaper/ja/h28/pdf/>

LPWA (Low Power Wide Area)方式について (1/3)

YRP
Yokohama Research Park

低消費電力→電池

WAN
(>km)

LPWA



LoRaWAN
NB-IoT 等

WLAN
(100m)

WPAN
(10m)

WBAN
(1m)

Wi-SUN



ZigBee



NFC

消費電力大→電源確保要

携帯電話ネットワーク
(3G, LTE)



Bluetooth



0.01

1

10

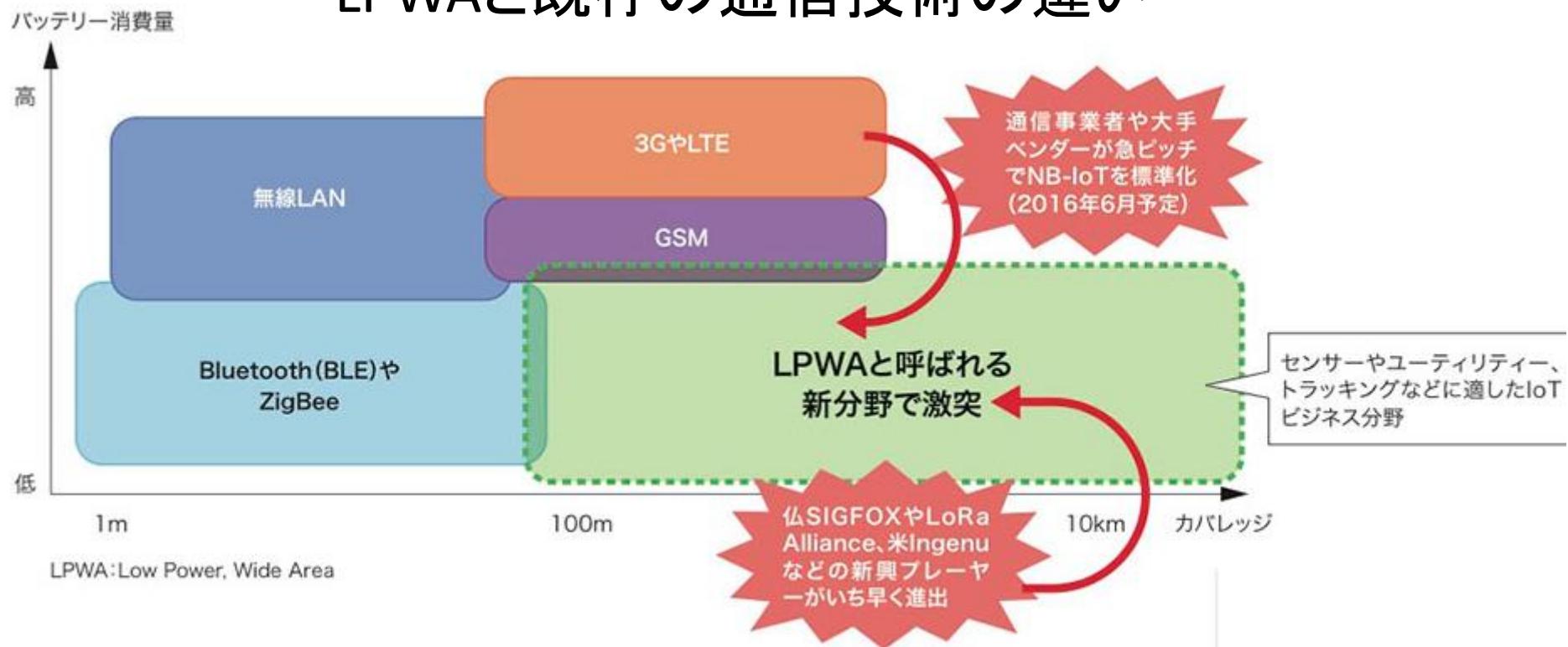
100

データレート (Mbps)

© KYOCERA Communication Systems Co., Ltd.

※ SIGFOXネットワークのご紹介 京セラコミュニケーションシステム
http://www.soumu.go.jp/main_content/000452035.pdf

LPWAと既存の通信技術の違い



※ 出展: 日経コミュニケーション 2016年4月号特集「IoT通信をめぐり新旧対決」

LPWA (Low Power Wide Area)方式について (3/3)



LPWAに分類される各方式比較

名称	SIGFOX (Ultra Narrow Band)	LoRaWAN	Wi-Fi HaLow	Wi-SUN	RPMA	Flexnet	NB-IoT
推進団体、企業	仏SIGFOX	LoRa Alliance	Wi-Fi Alliance	Wi-SUN Alliance	米Ingenu (旧米On-Ramp Wireless)	米Sensus	3GPP
電波免許	免許不要帯を利用					免許帯域を利用	
利用周波数帯	サブGHz帯 (欧州868MHz、北米915MHz、日本920MHzなど)			2.4GHz帯		280MHz帯	LTE帯域
通信速度	約100ビット/秒	約250~50kビット/秒	約150kビット/秒	約50k~400kビット/秒	約40kビット/秒	約10kビット/秒	約100kビット/秒
最大伝搬距離	50km程度	15km程度	1km程度	1km程度	20km程度	20km程度	20km程度
備考	仕様はクローズ。 SIGFOX、またはパートナー企業による通信サービスを提供するビジネスモデル	仕様はオープン。誰もがネットワークを展開可能で、欧州や米国、ロシア、韓国でサービス開始	仕様はオープン。2018年頃からWi-Fi Allianceによる認証が始まる見込み	仕様はオープン。日本のスマートメーター向け通信方式の一つとして採用	仕様はクローズ。プライベートネットワーク向け技術から、IoT向け通信サービス (Machine Networkという名称) の提供にビジネスモデルを転換	仕様はクローズ。欧州や米国でスマートメーター向け通信方式として採用	仕様はオープン。2016年6月に標準化が完了。2016年後半から携帯電話事業者を中心に採用が始まる見込み

※ 出展: ITPro IoT向け通信に価格破壊をもたらすLPWA

<http://itpro.nikkeibp.co.jp/atcl/column/16/071500148/072000003/?rt=nocnt>

NB-IoTについて



Cat.1 supported
by Nokia networks
since 2010

3GPP Rel. 12
introduced low
complexity UE

3GPP Rel. 13
further reduces
complexity

	Release 8	Release 8	Release 12	Release 13	Release 13
Modem/device chip category	Category 4	Category 1	Category 0	Category M1 (LTE-M/eMTC)	Category NB1 (NB-IoT)
Downlink peak rate	150 Mbps	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	26 kbps
Uplink peak rate	50 Mbps	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	62 kbps
Number of antennas	2	2	1	1	1
Duplex mode	Full duplex	Full duplex	Half duplex	Half duplex	Half duplex
UE receive bandwidth	20 MHz	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	0.2 MHz
UE transmit power	23 dBm	23 dBm	23 dBm	20/23 dBm	20/23 dBm
Multiplexed within LTE	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes/No
Modem complexity	100%	80%	40%	20%	15%

Summary for eMTC, NB-IOT and EC-GSM-IoT

	eMTC (LTE Cat M1)	NB-IOT	EC-GSM-IoT
Deployment	In-band LTE	In-band & Guard-band LTE, standalone	In-band GSM
Coverage*	155.7 dB	164 dB for standalone, FFS others	164 dB, with 33dBm power class 154 dB, with 23dBm power class
Downlink	OFDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo Code, 16 QAM, 1 Rx	OFDMA, 15 KHz tone spacing, 1 Rx	TDMA/FDMA, GMSK and 8PSK (optional), 1 Rx
Uplink	SC-FDMA, 15 KHz tone spacing Turbo code, 16 QAM	Single tone, 15 KHz and 3.75 KHz spacing SC-FDMA, 15 KHz tone spacing, Turbo code	TDMA/FDMA, GMSK and 8PSK (optional)
Bandwidth	1.08 MHz	180 KHz	200kHz per channel. Typical system bandwidth of 2.4MHz [smaller bandwidth down to 600 kHz being studied within Rel-13]
Peak rate (DL/UL)	1 Mbps for DL and UL	DL: ~50 kbps UL: ~50 for multi-tone, ~20 kbps for single tone	For DL and UL (using 4 timeslots): ~70 kbps (GMSK), ~240kbps (8PSK)
Duplexing	FD & HD (type B), FDD & TDD	HD (type B), FDD	HD, FDD
Power saving	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX, C-DRX	PSM, ext. I-DRX
Power class	23 dBm, 20 dBm	23 dBm, others TBD	33 dBm, 23 dBm

* In terms of MCL target. Targets for different technologies are based on somewhat different link budget assumptions (see TR 36.888/45.820 for more information).

※ 出展:3GPP ホームページより
<http://www.3gpp.org/>

LTE版 LPWA

KDDIは2016年12月9日、IoT向けのワイヤレスネットワークに関する記者向け説明会を開催した。その席で同社は、2017年度内にLTE版LPWAを提供開始すると発表した。



	ライセンスバンド		アンライセンスバンド		
	LTE Cat-1	LTE Cat-M1	NB-IoT	LoRa	Sigfox
標準化団体		3GPP		LoRa Alliance	Sigfox社
利用周波数		セルラー周波数を利用する		免許不要周波数を利用する 920MHzなど	
通信速度 (DL/UL) bps	10M/5M	1M/1M	29K/63K	数十k/数十k	- / 100
IPの利用	利用できる			利用できない	
サービス提供	通信事業者			誰でも可能	1国1キャリア

※ BusinessNetwork.jp 2016年12月

KDDI、2017年度内にLTE版LPWAを提供開始——「カテゴリー1」も年単位のバッテリー持ち
<http://businessnetwork.jp/Detail/tabid/65/artid/5029/Default.aspx>



IoT向け通信技術Low Power Wide Area (以下 LPWA) ネットワークの一つである「LoRaWAN (TM)」に対応したGPS端末を除雪車に設置し、位置情報を管理します。

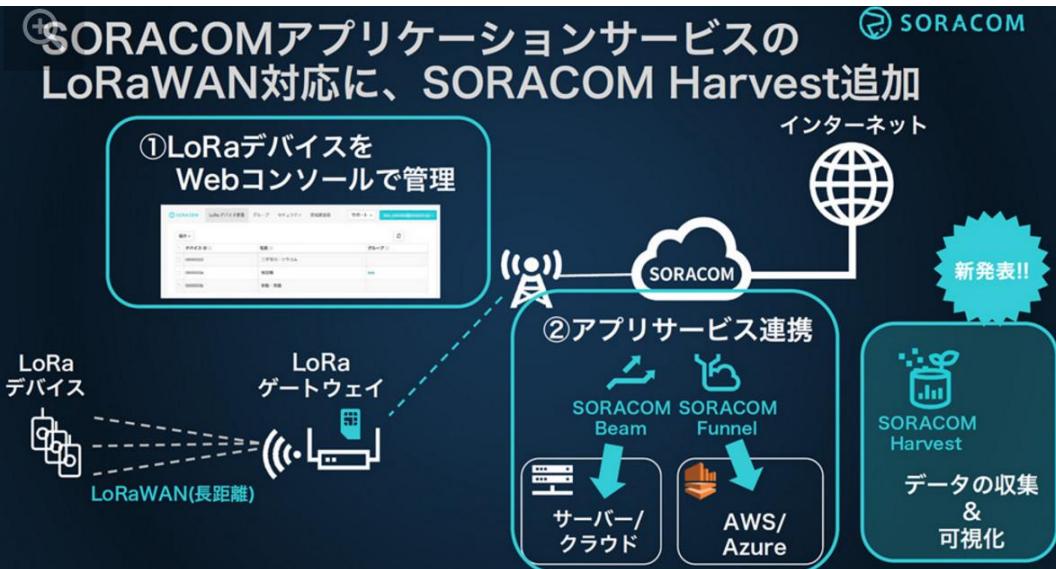
省電力かつ広域なエリアカバレッジを特長とする「LoRaWAN (TM)」を活用し、除雪車に設置したGPS端末の電力消費を抑えすることで運用効率を高めながら、除雪管理者は、より広域なエリアの範囲において走行中の除雪車の現在位置や走行経路を地図上で把握し管理することができます。

これにより、積雪状況に応じた適切な除雪指示を行うことで除雪車の利用効率と除雪効果の向上を図り、新しい社会インフラとしての活用を推進します。

※ KDDI プレスリリース 2017年1月31日

「LoRaWAN (TM)」を活用した除雪車の位置情報管理による実証実験の開始について
<http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2017/01/31/2280.html>

ソラコム、LPWA技術「LoRaWAN」に正式対応

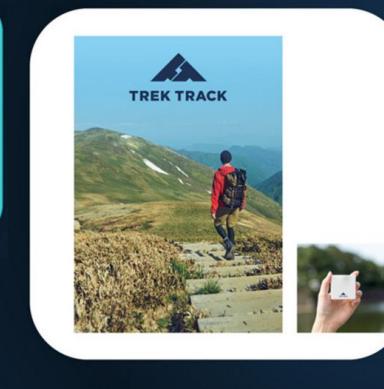


お客様事例: 博報堂アイ・スタジオ様



携帯通信網が入らない山で
登山者データを取得
遭難防止に活用

山の中にゲートウェイを設置し、登山者が携帯するLoRaWANデバイスから位置情報を送信。登山者情報を3Dマップ上に可視化



実証実験: ファームノート様
牛の動線管理にLoRa



博報堂アイ・スタジオの事例。携帯通信網が届かない山中にLoRaゲートウェイを設置、登山者にLoRaデバイスをもたせ、登山者情報を収集し遭難防止に活用

※ クラウドWatch 2017年2月8日
ソラコム、LPWA技術「LoRaWAN」に正式対応
機器の販売に加えゲートウェイ共有モデルを提供へ

<http://cloud.watch.impress.co.jp/docs/news/1043006.html>

SIGFOXネットワーク

SIGFOXネットワーク概要



SIGFOXネットワークは、IoTに特化した省電力広域ネットワーク（LPWAN）

12バイトのデータを1日最大140回送信（最大送信回数に関しては運用制限）

SIGFOXネットワークトポジはスター型であり、各基地局はSIGFOXクラウドと接続

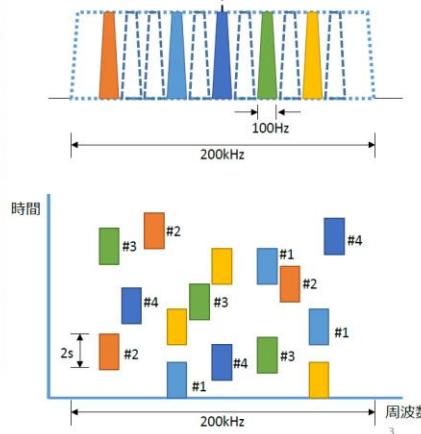
IoTデバイスからのデータは、SIGFOXクラウドに蓄積され、REST APIで外部サーバからデータを取得することが可能

IoTデバイスは、ネットワークに対し、データをブロードキャストするのみであり、ブロードキャストされたデータは、複数の基地局で受信可能。ネットワーク側からIoTデバイス側への下り信号は、ほぼ必要ないサービスを提供。

SIGFOX 無線特性 (上り信号)

無線特性

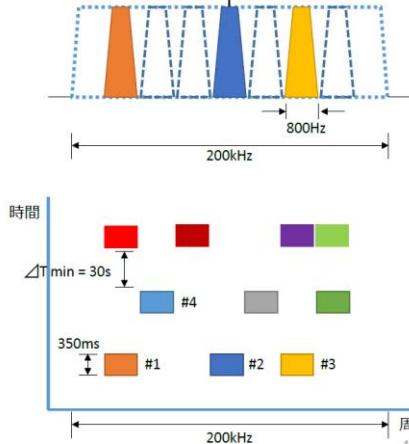
無線アクセス制御	ランダム・アクセス
変調方式	シングルキャリア: SSB-SC + D-BPSK
データレート	100bps
使用チャネル幅	200kHz
シングルキャリア周波数帯幅	100Hz
送信電力	20mW以下
最大送信継続時間	2s
与干渉抑制技術	キャリアセンス時間：5ms (単位チャネル200kHzをキャリアセンス) Duty Cycle：最大1%
被干渉耐性技術	・同一データ繰り返し送信(3回) ・サイトダイバージェンス ・チャネル干渉に対し高いSNIR特性
その他特徴	長距離伝送：リンクプロジェクト158dB 周波数効率：1基地局あたり1日100万メッセージ受信



SIGFOX 無線特性 (下り信号)

無線特性

無線アクセス制御	ランダム・アクセス
変調方式	マルチキャリア: ISB + GFSK
データレート	600bps
使用チャネル幅	200kHz
シングルキャリア周波数帯幅	800Hz
送信電力	250mW以下
最大送信継続時間	350ms
与干渉抑制技術	キャリアセンス時間：5ms (単位チャネル200kHzをキャリアセンス) Duty Cycle：最大10%
被干渉耐性技術	チャネル干渉に対し高いSNIR特性
その他特徴	長距離伝送：リンクプロジェクト159dB 周波数効率：800Hz幅のUNBとマルチキャリア伝送の組み合わせ



Agenda

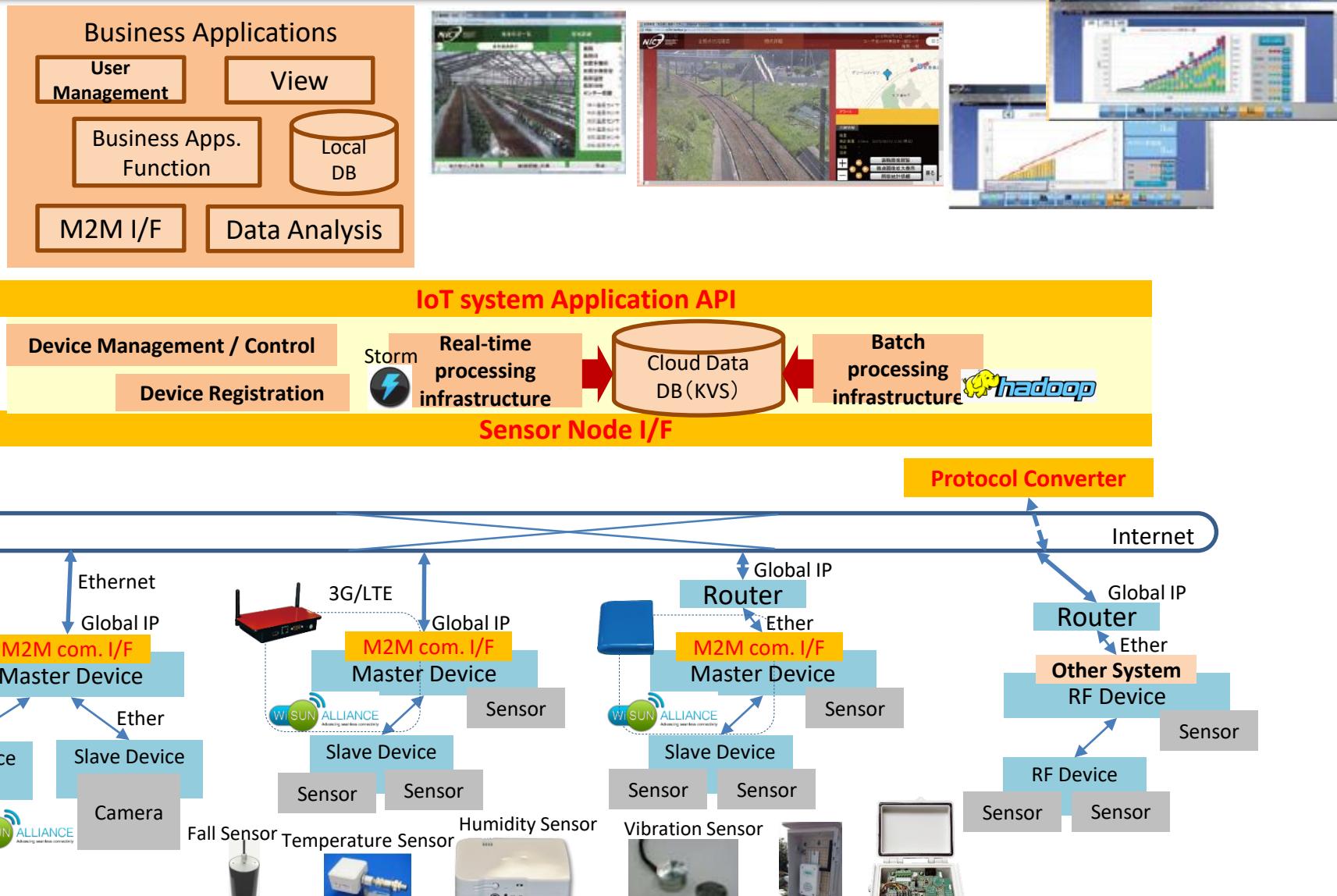


- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA(Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

センサーNWを用いたIoTシステムのシステム構成例

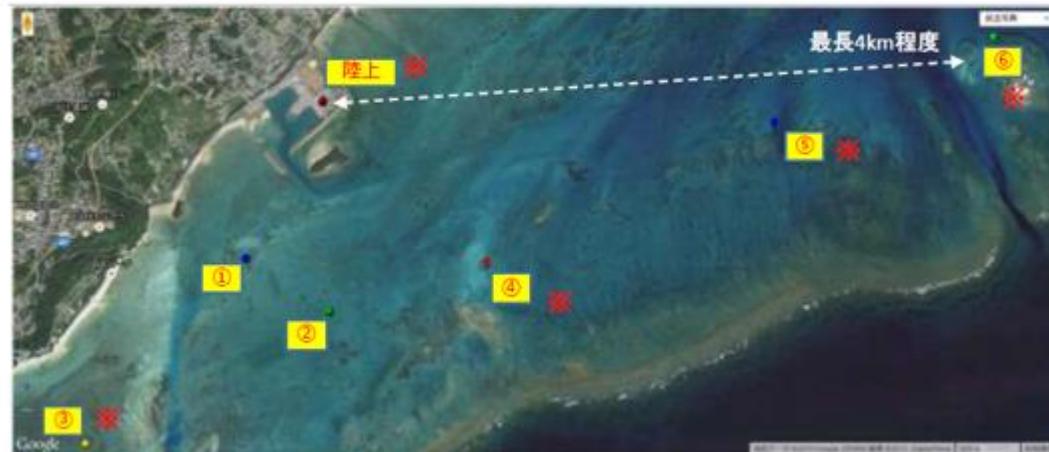
YRP
Yokosuka Research Park

Wi-SUNセンサーネットワークを用いたリアルセンサーによる実データ収集



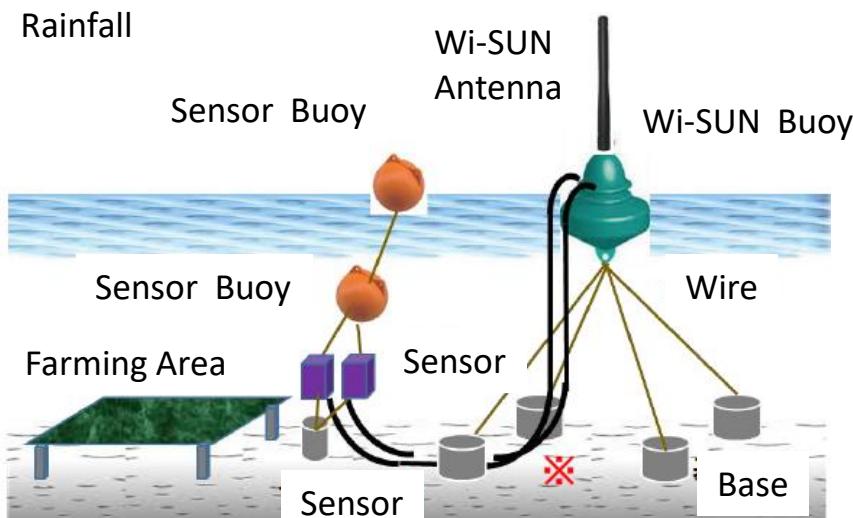


Nemacystus (thin shaped gel seaweed) Farming



Sensor

Water Temperature
Salinity
Tide
Temperature
Humidity
Rainfall



Farming Area

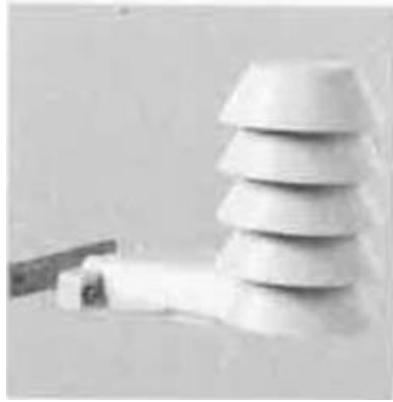


Wi-SUNセンサーネットワーク 水産業への応用事例 (2/2)

Water Temperature and Salinity concentration sensor



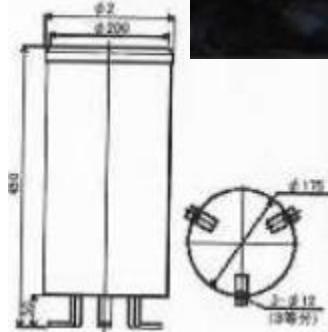
Temperature and Humidity sensor



Underwater illumination sensor



Rain Sensor



Buoy



POM Case
(PolyOxyMethylene)

Battery

Wi-SUNセンサーネットワーク 農業への応用事例



The business trial in mango farmers and livestock farmers

Farm A
(Vegetable)



Farm B
(Mango)



Farm C
(Mango)



Farm D
(Cow Husbandry)



Farm E
(Cow Husbandry)



To see the temperature difference,
three positions of both ends and house center installation

High-performance
temperature,
Humidity,
sunshine,
and soil sensor



Sensor setting in the house



High-performance
temperature and humidity sensor



High-performance soil sensor



temperature and humidity sensor in cowshed



Monitoring camera in cowshed



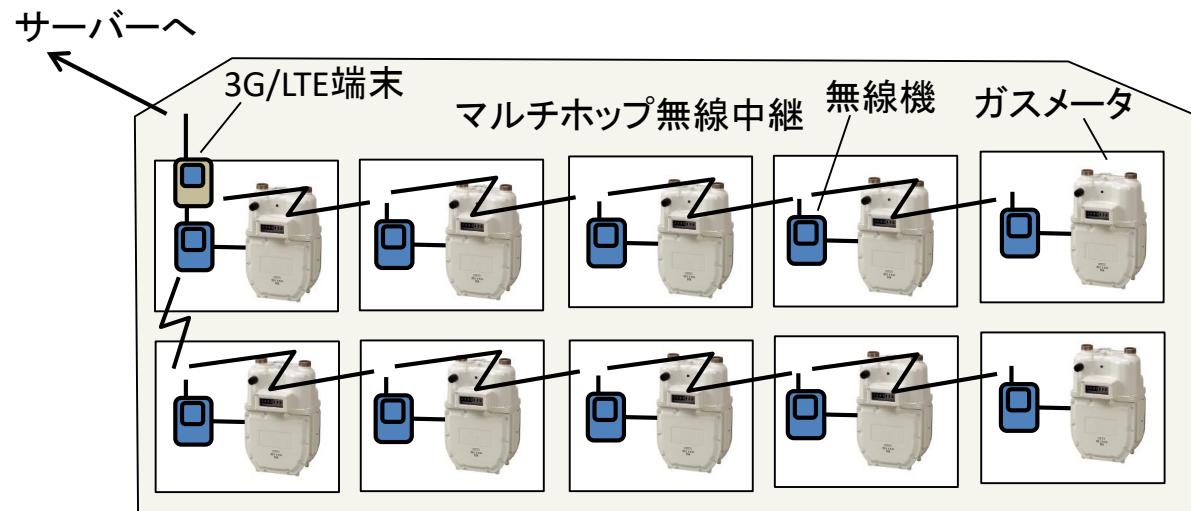
Confirmation of the data accumulated by tablet

Monitoring of cattle birth area

Wi-SUNセンサーネットワーク 鉄道、防災への応用事例



Wi-SUNセンサーネットワーク ガスマーターへの応用事例



項目	値
出力	1 mW / 10 mW
伝送速度	100 kbps
ネットワーク台数	最大50台
中継段数	最大50段
パケットサイズ	100バイト
動作モード	間欠動作:標準3秒
電池寿命	Li一次電池3本で10年間



ガスマータ Wi-SUN無線機

10階建てビル、最大4ホップで99.9%の通信成功率

SilverSpring: Wi-SUN AllianceのPromoterメンバー Bristolで1,200ヶ所の街灯に設置し、メッシュネットワークを構成



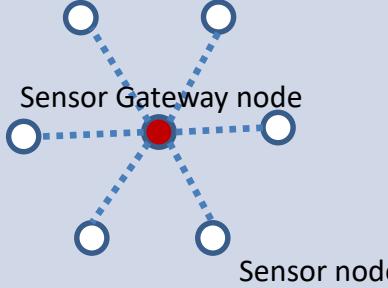
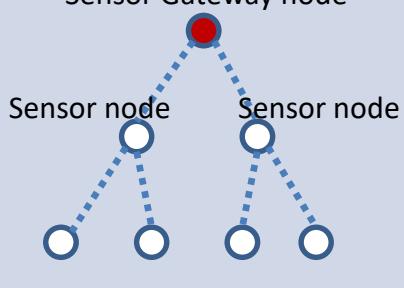
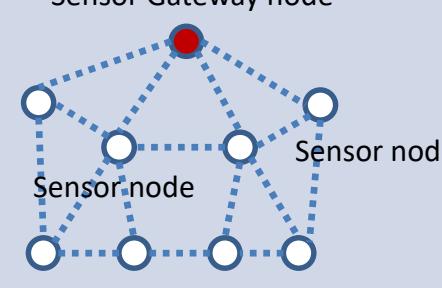
Agenda



- (1) 横須賀リサーチパーク(YRP)のご紹介
- (2) IoTシステムにおけるセンサーNWの位置づけ
- (3) LPWA(Low Power Wide Area)
ワイヤレス通信方式について
- (4) Wi-SUNセンサーNWを用いたIoTシステム事例
- (5) 今後の展開

LPWAの各方式乱立状態が予想されるが、
お客様の要件(いくらで何が出来る?)に最適な提案が必要

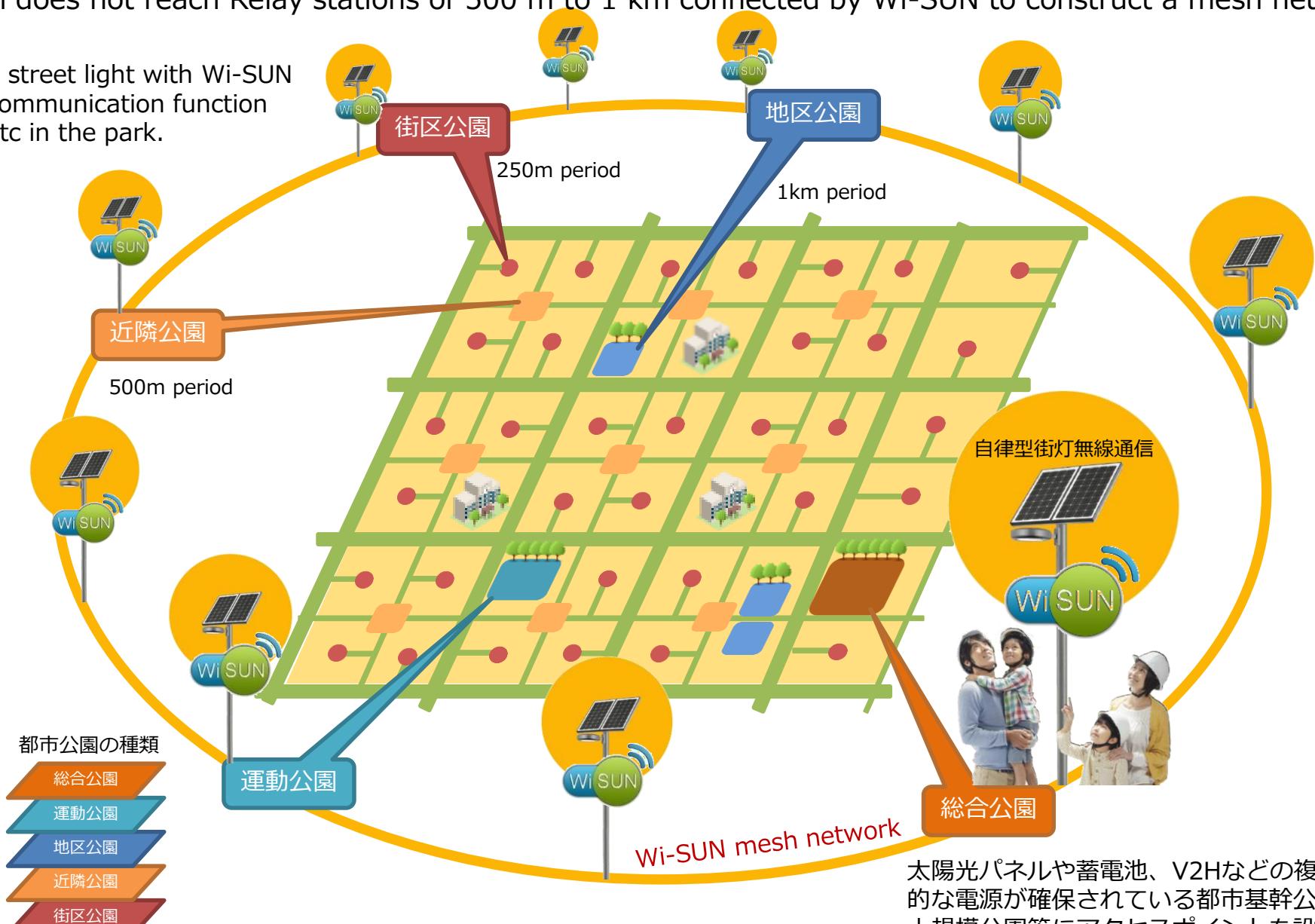
今後必要な各方式に適した構成の考察例

SIGFOX	LoRa	Wi-SUN
		
伝送速度が100bpsなので1つのセンサーノードに接続できるセンサーは10個程度(1byte/1sensor想定)	最大で転送速度が50kbpsなのでセンサー500個程度のツリー型までを想定。	メッシュネットワークで100kbpsを想定 →エリアで数1,000個のセンサーデータを伝送可能
単純なStar型構成でもセンサーノード間の距離が(50kmなど)必要なユースケース	Star型、Tree型などで一般的なセンサーネットワーク構成が可能	Star型、Tree型に加えて、Mesh型ネットワーク構成が可能。スマートティ系などエリアをカバーするセンサーNWのユースケースに適する。

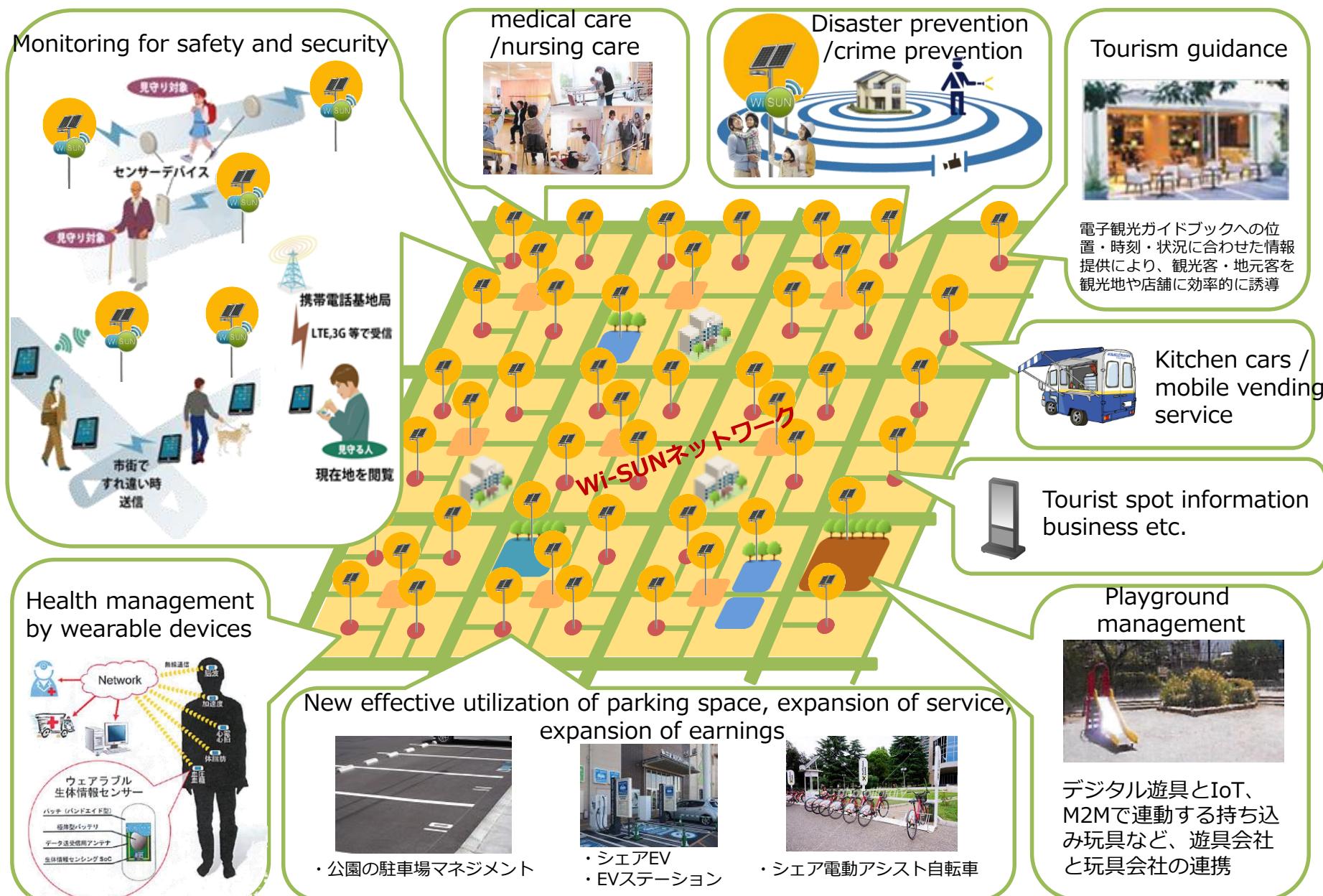
公園にセンサー／ノードを設けることにより メッシュネットワークで街全体をカバー

Wi-Fi does not reach Relay stations of 500 m to 1 km connected by Wi-SUN to construct a mesh network

a street light with Wi-SUN
communication function
etc in the park.

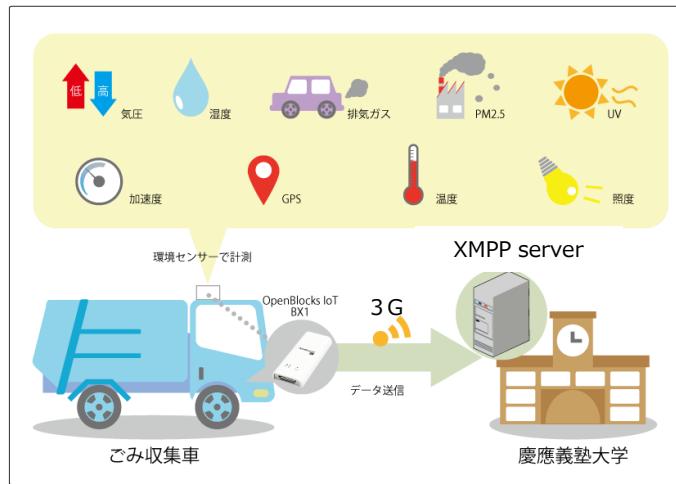


メッシュネットワークを活かしたユースケース事例



藤沢市のごみ収集車による環境データ収集の取組み事例

Current



■ Environment data collection by Fujisawa city garbage truck
Sensing environment information such as PM 2.5, ultraviolet light, illuminance, temperature, humidity, exhaust gas, atmospheric pressure, etc. by environmental sensors attached to the garbage collecting vehicle

■ Effect

- Moveable sensor makes it possible to collect data without installing huge numbers of fixed sensors

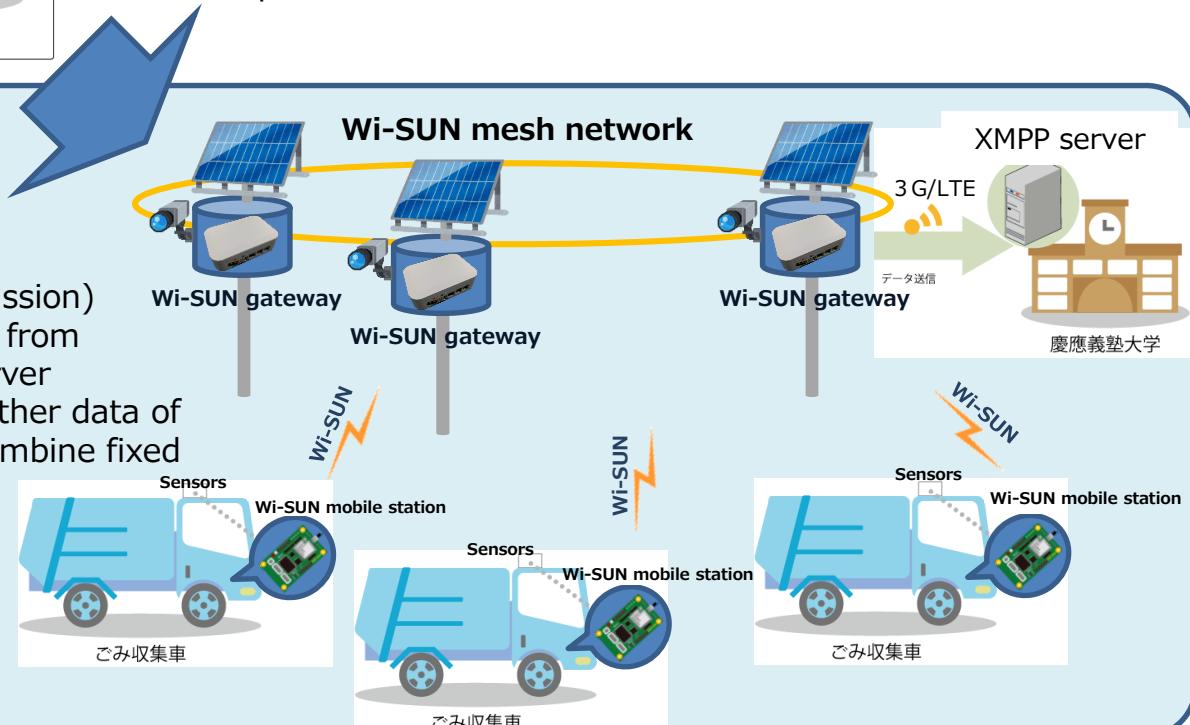
■ Issues

- The 3G line uses MVNO, but since it is installed in 100 garbage collecting vehicles now, the cost of line charges is a problem.

Next Step

■ Deployment Possibility (Just under discussion)

- Reduce line cost by bundling data from multiple garbage trucks to the server
- Services such as combined with other data of the community (proposals that combine fixed station and mobile station etc)



ご清聴ありがとうございました。

YRP研究開発推進協会
柘植 晃
(つげ あきら)
tsuge@yrp.co.jp