

IoTによる橋りょうインフラの維持管理と 新たな通信への取り組み

平成29年度地域情報化セミナー in 熊本
@熊本地方合同庁舎A棟

平成29年10月19日

株式会社QTnet
サービス開発部 忽那 康郎



橋りょうインフラの現状

インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議

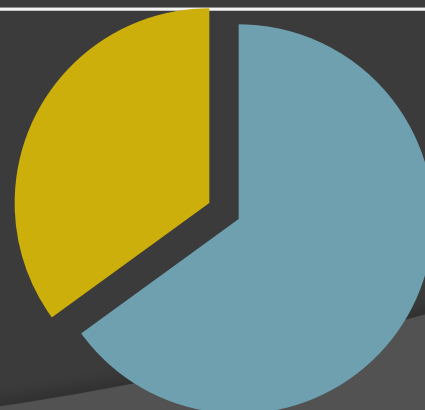
インフラ長寿命化基本計画 (平成25年11月)

今後**20**年で、建設後**50**年以上経過する道路橋の割合は、

約**16%**から約**65%**となるなど、**インフラ高齢化割合は加速度的に増加**



2015年時点



2035年時点(予測)

- 50歳以上
- 50歳未満

宮崎県の橋りょうインフラの現状

※「橋りょうの長寿命化修繕計画」（宮崎県）より

宮崎県が管理している橋りょう数

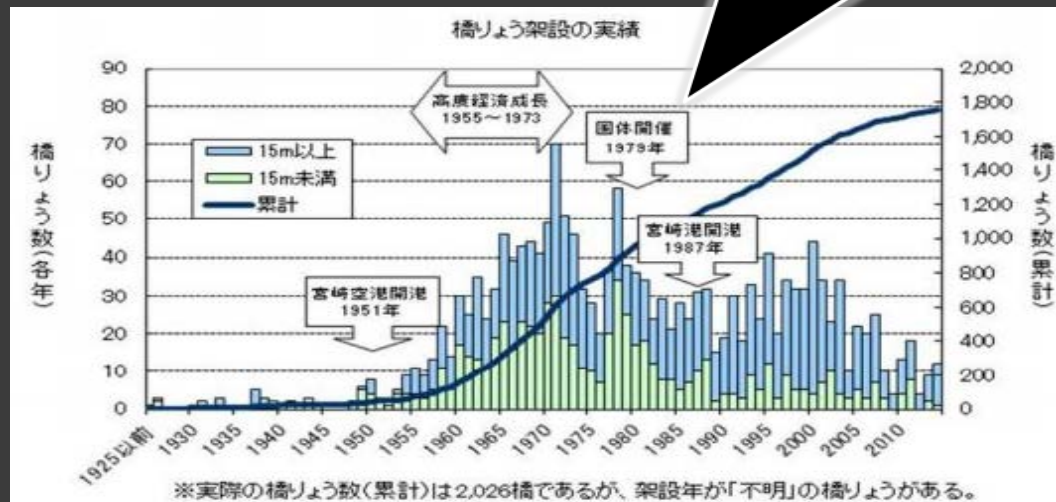
2,026 橋



《 高齢化（50年以上）の割合予測 》

2009年	2019年	2029年
16%	41%	61%

高度経済成長期の1960～1970年代に
橋りょう数が急増



参考) 宮崎県内の橋りょう数

※有料道路を除く、道路法上の道路に限る

インフラ管理者	橋りょう数	インフラ管理者	橋りょう数
国土交通省	370	綾町	88
宮崎県	2,025	高鍋町	119
宮崎市	1,155	新富町	89
都城市	1,188	西米良町	64
延岡市	685	木城町	108
日南市	421	川南町	152
小林市	362	都農町	90
日向市	206	門川町	106
串間市	252	諸塚村	51
西都市	369	椎葉村	88
えびの市	306	美郷町	205
三股町	131	高千穂町	140
高原町	76	日之影町	148
国富町	169	五ヶ瀬町	112
合 計			9,275

(株)共同技術コンサルタント社調べ



橋りょうインフラの現状

橋りょうインフラについて、定期点検に関する省令・告示(国土交通省、平成26年7月1日)

近接目視による**定期点検**を基に「点検・診断・措置・記録」という

5年に一度のメンテナンスサイクルを確実に行う事が**義務付け**

国・地方を通じ職員定数の削減が進むなか、地方公共団体の中には

維持管理を**担当する技術職員が不在、**若しくは**不足**している団体も存在

この課題をIoTで解決できないか？

トライアル事例

宮崎県での 橋梁インフラモニタリングの取組み



インフラモニタリングの実用化に向けて

橋りょうのひび割れや傾きなどのセンサーで計測した情報を各種通信手段により、橋りょう向けモニタリングシステムを介して見える化

橋りょう管理者

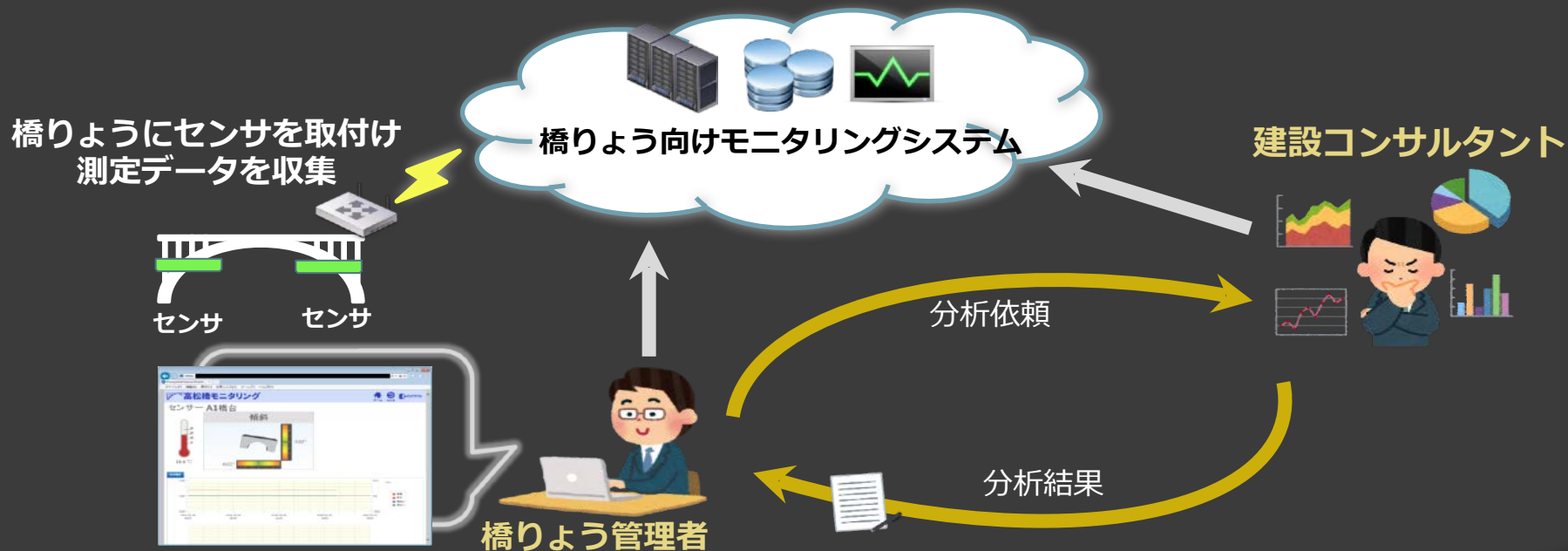
橋りょうの状態を常時把握することにより劣化の早期発見など迅速にメンテナンス

建設コンサルタント会社

劣化傾向の分析・評価を踏まえた効率的・効果的な補修計画を橋りょう管理者に提案

橋りょうの維持管理コストの低減へ

インフラモニタリングのイメージ



✓ 劣化状況の把握

- ・ 長期的な劣化傾向や急激な劣化の発見
- ・ 災害時に橋りょうの性能確認
(災害時の対応力向上)



✓ 費用の削減

- ・ 状態の把握により、点検を省力化
- ・ 足場設置費等の点検費用の削減
- ・ 補修費の削減



ひび割れ等の進行状態に応じた補修計画

インフラモニタリング技術の確立に向けて

(株)共同技術コンサルタント と (株)QTnet が

「**土木×通信**」技術により**安全・安心な地域社会**の発展に貢献するため

協同で「**みやざきインフラモニタリング研究会**」を設置（2015年6月）

研究会ロゴ



橋りょう等の重要インフラの様々な情報を把握・蓄積・活用する技術について
フイージビリティスタディにより実践的な研究を実施

参考) みやざきインフラモニタリング研究会メンバー (抜粋)

役職	氏名	所属	担当分野
会長	中澤 隆雄	宮崎大学 名誉教授、 宮崎コンクリート研究所所長	総括
副会長	辻 利則	宮崎公立大学 人文学部国際文化学科 (メディア・コミュニケーション) 教授	情報通信
委員兼幹事長	松永 昭吾	(株)共同技術コンサルタント 福岡支店長	分析・評価技術
委員兼副幹事長	松崎 真典	(株)QTnet 執行役員 サービス開発部長	情報通信
委員兼幹事	森田 千尋	宮崎大学 工学部社会環境システム工学科 教授	分析・評価技術 (構造力学)
委員兼幹事	葛西 昭	熊本大学 大学院自然科学研究科 准教授	分析・評価技術 (鋼構造)
委員兼幹事	黒木 隆二	(株)共同技術コンサルタント 本社 技術1部次長	分析・評価技術
委員兼幹事	津留正二郎	(株)QTnet 技術本部 部長	情報通信
委員	長友 信裕	アボック(株) 代表取締役会長	情報通信
委員	久保田英二	(株)ジオテックホールディングス イノベーション事業部専務取締役	建設資材

フィールド試験の概要

<フィールド試験 実施場所>

	実施先	内容	試験期間	通信手段
①	下田原大橋 (高千穂町)	劣化診断※1	H28年3月中旬～H30年3月末	無線 (SIM)
②	高松橋 (宮崎市)	劣化診断※2 被災評価※3	H28年4月中旬～H30年3月末	有線 (光ファイバ)

※1 き裂幅の変化をモニタリング

※2 たわみや振動、ゲルバーヒンジ部の回転変形（垂れ下がり）などの状況をモニタリング

※3 地震や大雨等の災害時の橋のモニタリング結果が、通常時と変動がないかを評価（橋台・橋脚の傾きなど）

フィールド試験の概要

＜センサー設置状況＞（種類のみ）

実施先	センサー種別
下田原大橋 (高千穂町)	亀裂変位計、温度計
高松橋 (宮崎市)	変位計、傾斜計 加速度計、温度計

(※センサーの個数内訳は非公開)

＜センサー紹介＞（一部）



＜亀裂変位計＞ひび割れセンサー

ひび等の両端に固定し、ひび割れのサイズを計測



＜傾斜計＞傾きセンサー

設置場所の傾きを計測



＜地震計＞震度センサー

加速度センサにより震度を計測

①高千穂町（下田原大橋）

測定対象:下田原大橋

所在地:宮崎県西臼杵郡高千穂町大字田原

交差物件:河内川

橋長:205m

構造形式:RC固定アーチ橋

完成年:平成13年(16歳)

測定目的:劣化診断(長期劣化傾向確認)

測定項目:ひび割れ(亀裂センサ)、温度(温度センサ)

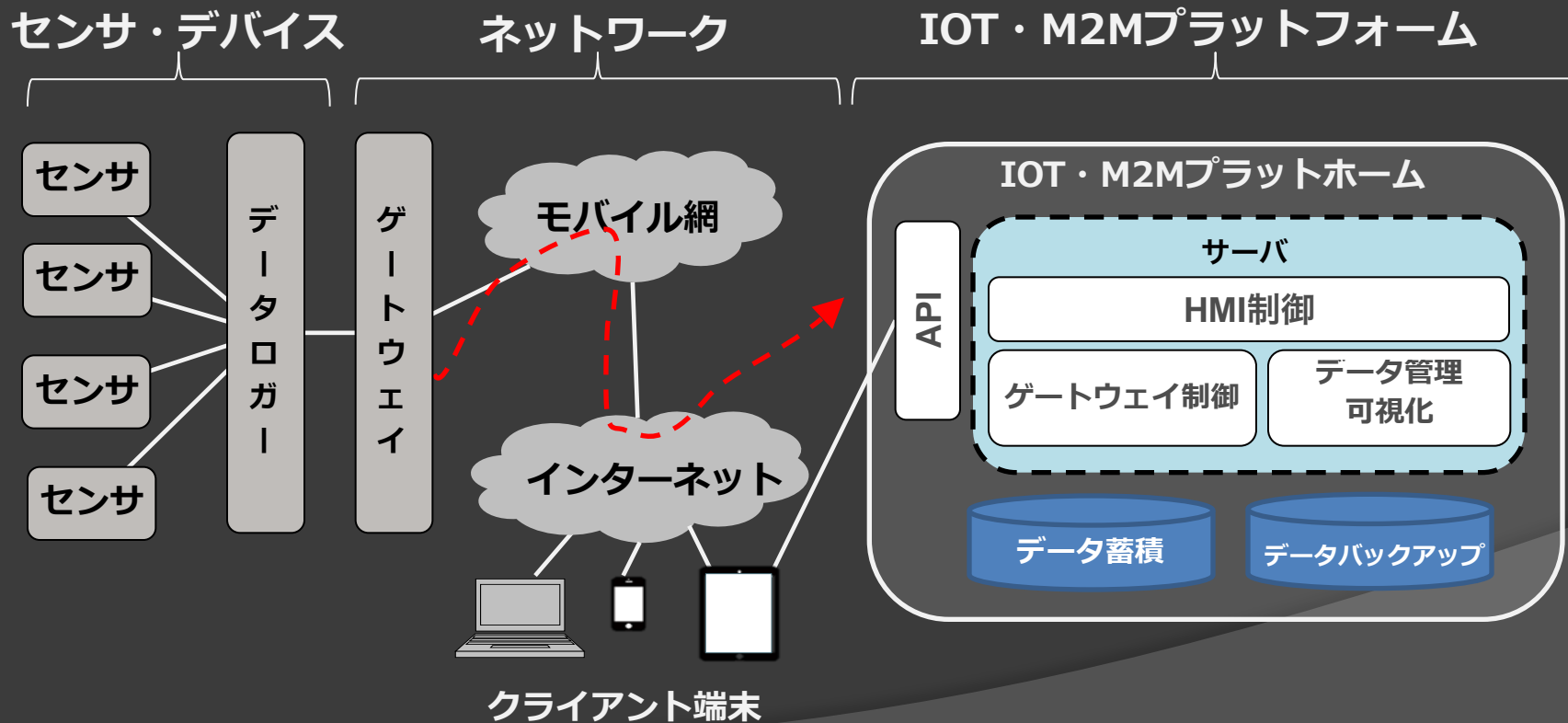


橋梁の下部や側面のひび割れ部分に亀裂センサを設置



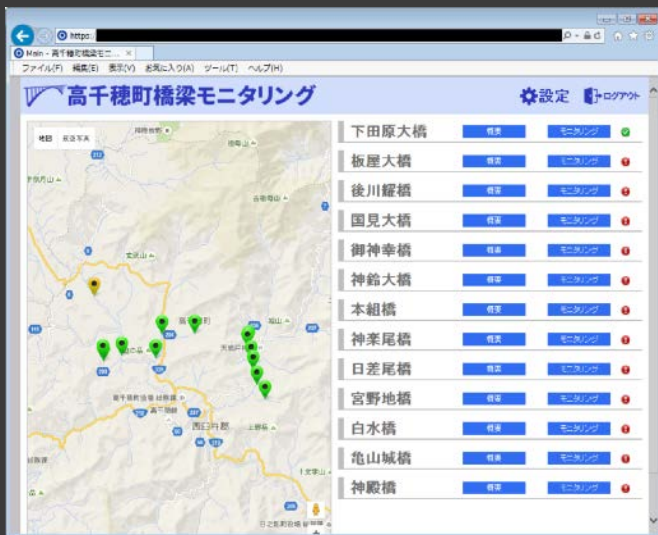
Map data ©2017 Google

システム構成全体像

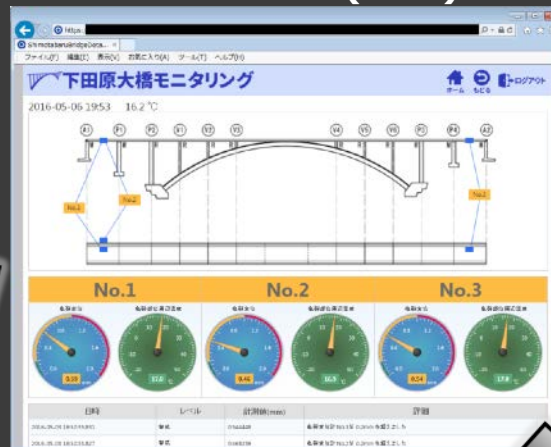


センシング画面

<トップ画面>



<センサー状況(全体)>

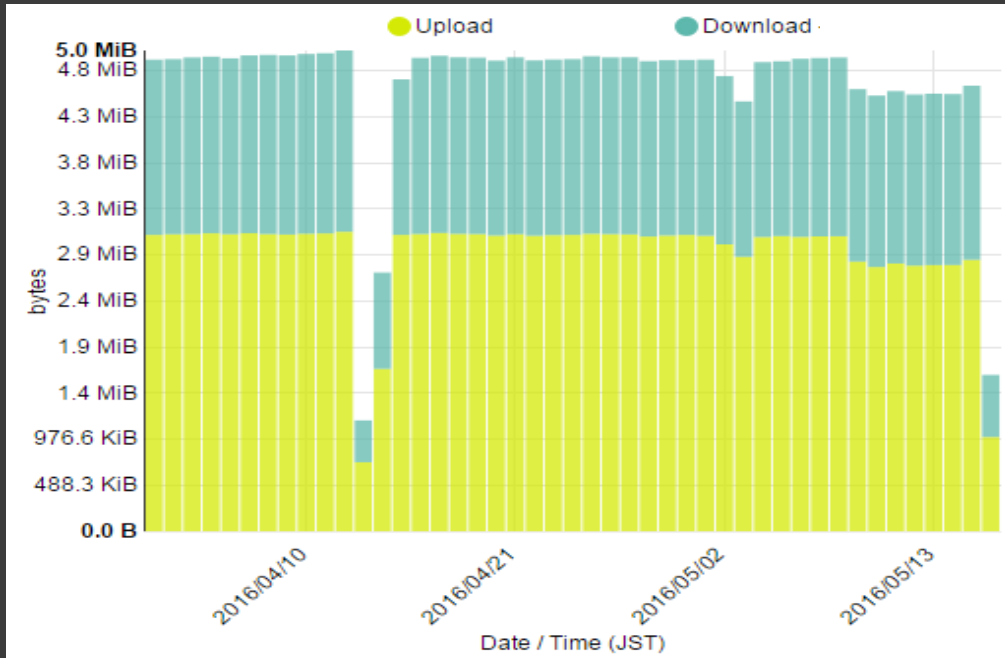


<センサー No.1状況>



通信量

下田原大橋の通信手段：携帯電話網



1回/分測定するセンサーを

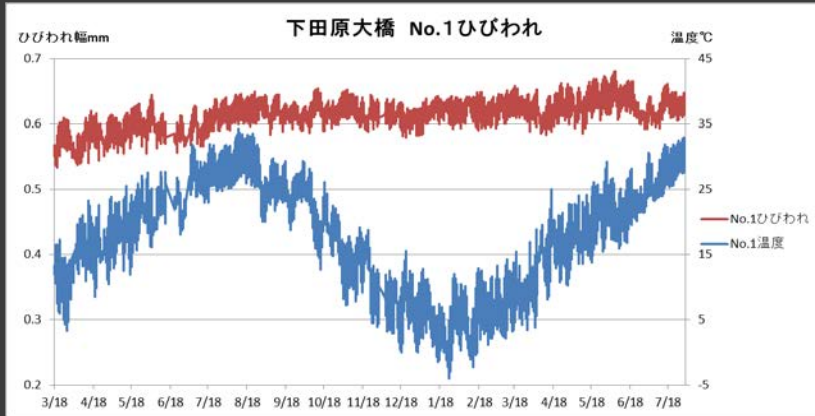
計7個設置

(※センサの個数内訳は非公開)

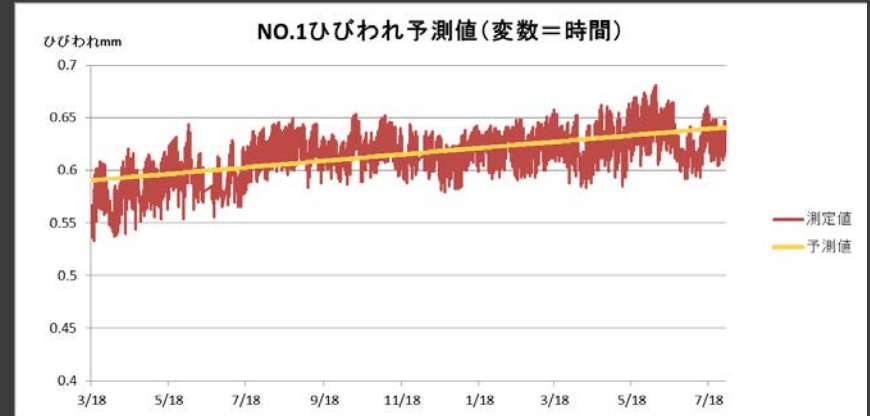


1日あたり **約5MB**

センシングデータ（一部抜粋）



ひび割れと温度変化の相関関係



ひび割れのみ抽出し拡大

短期スパンではひび割れサイズは温度変化に追随しているが
長期スパンで確認してみると、ひび割れは拡大傾向となっている

②宮崎市（高松橋）

測定対象:高松橋 ※ゲルバーヒンジ部（架け違い）を有する橋

所在地:宮崎県宮崎市鶴島3丁目

交差物件:大淀川

橋長:444m

構造形式:PC7径間連続箱桁橋

完成年:昭和57年（35歳）

測定目的:劣化診断及び被災評価（突発災害状況確認）

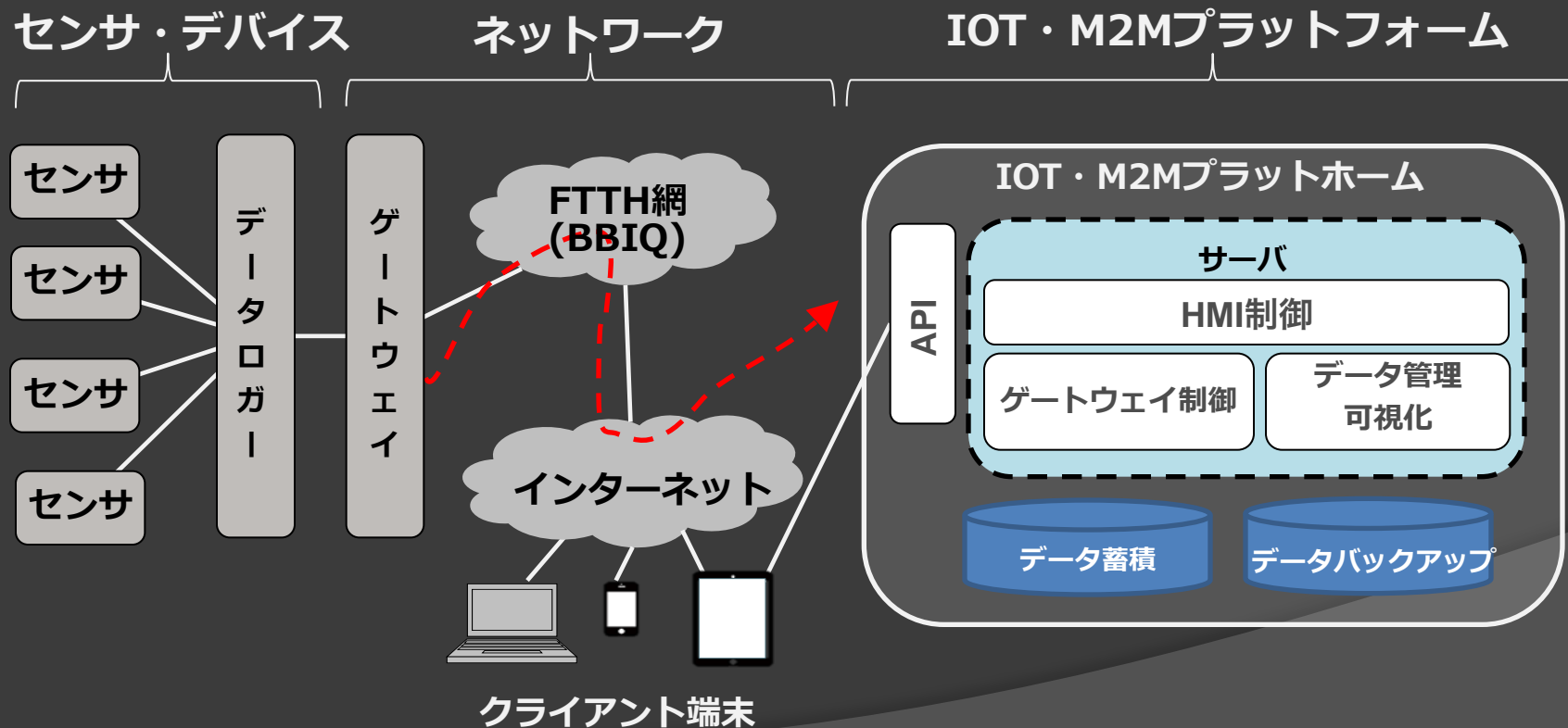
測定項目:傾斜（傾斜センサ）、たわみ（振動センサ）

変位（変位センサ）、温度（温度センサ）



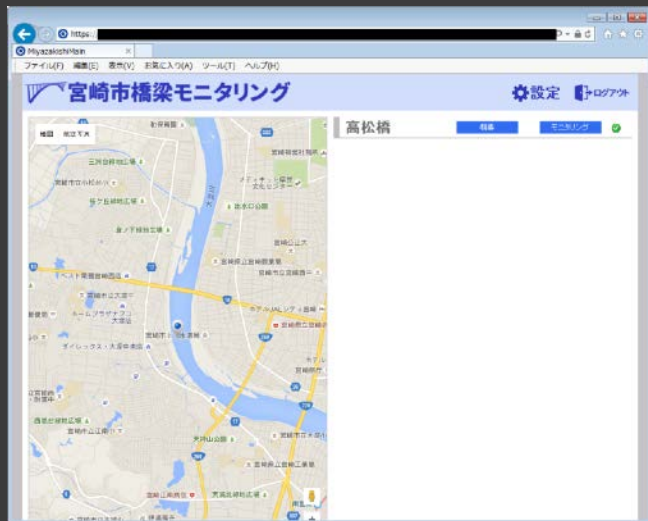
Map data ©2017 Google

システム構成全体像



センシング画面 (高松橋)

<トップ画面>



<センサー状況(全体)>



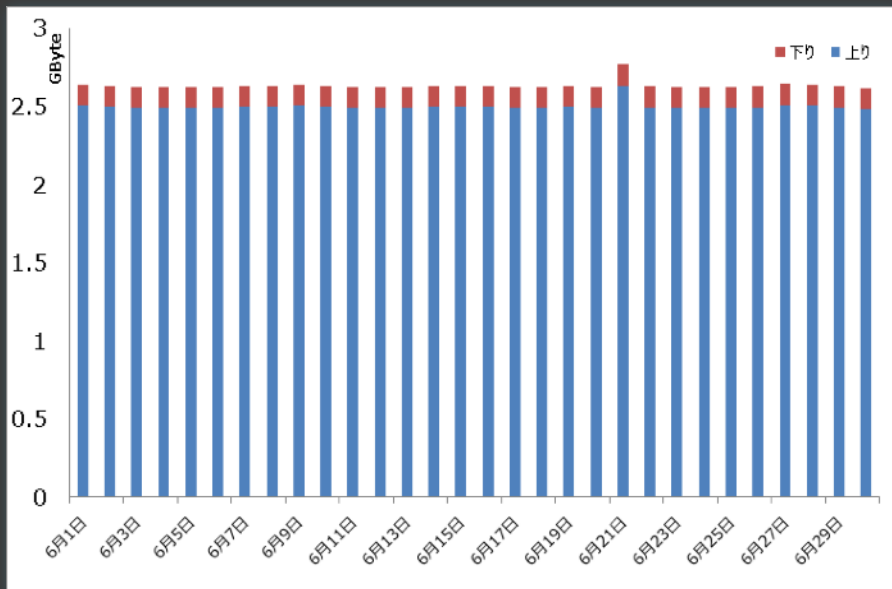
<センサー No.1状況>



<センサー No.2状況>

通信量

高松橋の通信手段：FTTH網(BBIQ)



1回/分測定するセンサーだけでなく
1,000回/秒測定するセンサーなど

計13個設置

(※センサの個数内訳は非公開)



1日あたり **約2.5GB**

(1年間で約1TBに相当)

センシングデータ（一部抜粋）



箱桁支承部の変位（移動量）は温度変化に追従しており、支承は健全。
地震等の災害時には、健全性の判断に有効なデータとなる。

モニタリングの有効性 (建設コンサルタント会社の見解)

① 常時モニタリングの有効性

支承部の変位計測、加速度計による固有値計測等により劣化の進行や有無の判断に必要な情報が得られる。

② 異常時の健全性判断

大規模地震が発生した後に、橋脚や橋台に傾斜が生じていないかを確認する必要がある、
常時モニタリングが実現すれば、通行止めをしている橋の早期解放が可能となる。

③ 耐震性能の評価

振動特性やゲルバー部の相対変位を常時および地震時計測することで、高度な評価が可能になる。 加えて、耐震設計上有効なデータとなる。

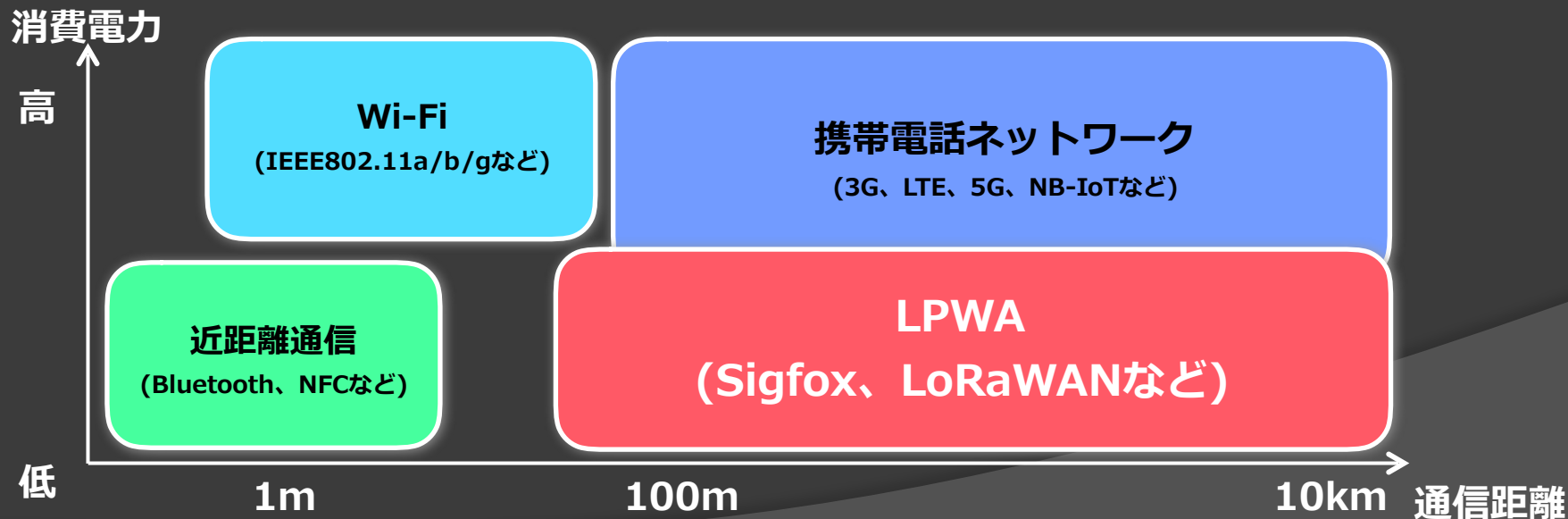
見えてきた課題

- ・ **電源ケーブル**や**光ファイバケーブル**の**入線が困難**な箇所がある
- ・ **機器設置スペース**が確保できないケースがある（**設置機器の小型化**が必要）
- ・ **携帯電波環境**が悪く見通しがきかない箇所での**通信方法の確保**
- ・ **停電発生時**にモニタリングを継続させるための**非常用電源確保**が必要
- ・ カメラ映像など**大容量通信**が必要な環境への、**低コストな通信手段**の提供

これらの課題を解決する手法は何かないか・・・




新たな通信規格「LPWA」 (LPWA : Low Power Wide Area の略)

- 消費電力量が少ないにもかかわらず、広範囲なエリアをカバー可能な無線規格
- 920MHz帯(出力20mW未満)を利用しており、無線局の免許が不要 (Sigfox, LoRaWAN)
- 複数のデバイスが同時にネットワークに接続される、IoTに適した技術



IoT向け無線通信 主要3方式の比較

各無線通信規格の基本的な概要についての比較

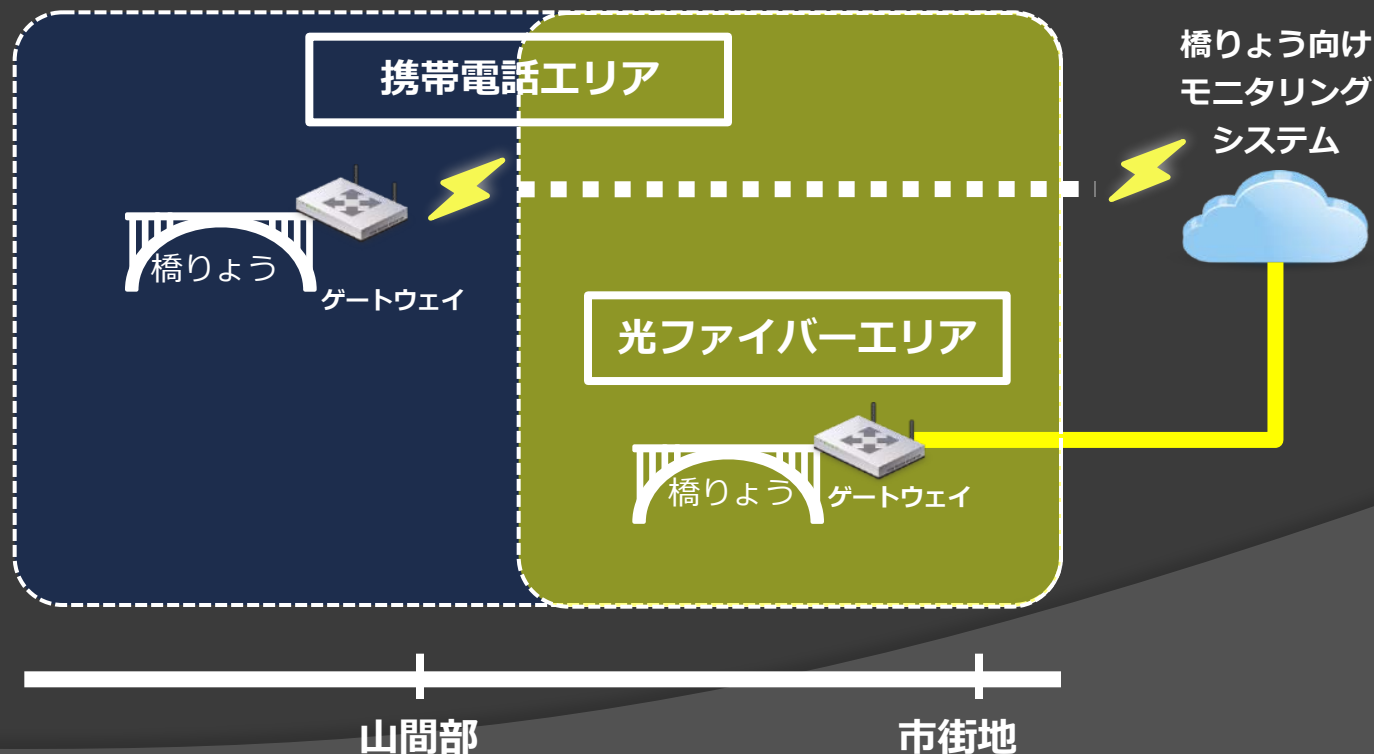
構成概要	周波数帯 周波数幅	仕様 免許	通信速度 (上り/下り)	通信距離 (通信可能半径)
<p>モノデバイス</p>  <p>LoRaWAN</p>	<p>920MHz帯 125kHz</p>	<p>オープン 無線免許不要 (自社利用の場合)</p>	<p>0.3~50kbps 0.3~50kbps</p>	<p>数km~ 数十km</p>
<p>モノデバイス</p>  <p>NB-IoT (LTE Cat-NB1)</p>	<p>LTE帯 200kHz</p>	<p>携帯網(LTE) 事業者免許</p>	<p>21.25kbps 62.50kbps</p>	<p>最大40km</p>
<p>モノデバイス</p>  <p>SIGFOX</p>	<p>920MHz帯 100Hz</p>	<p>仏Sigfox社 独自仕様 (1国1事業者) 無線免許不要</p>	<p>100bps —</p>	<p>最大数十km</p>

実証試験事例

橋梁インフラ周辺における LoRaWAN実証試験

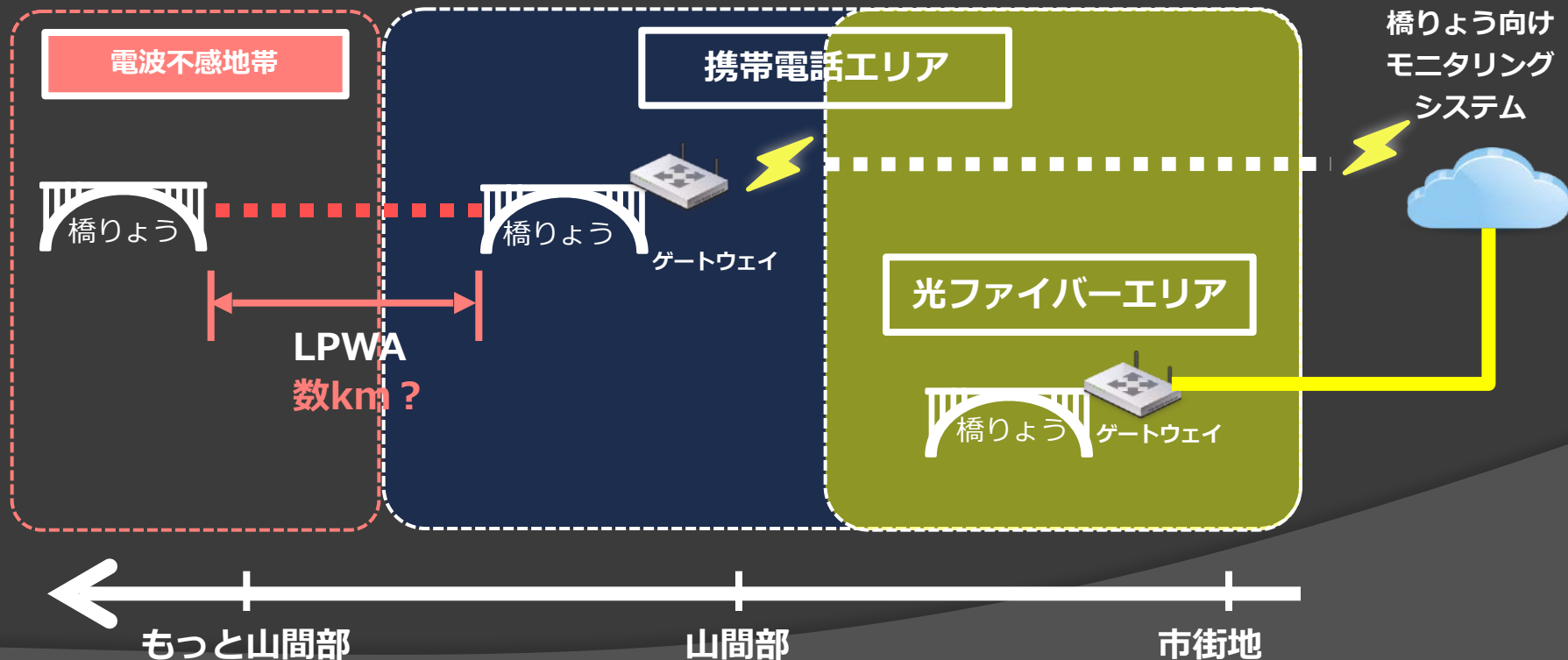
現時点でのインフラモニタリングの通信手段

携帯電話網や、光ファイバーを介して橋りょう向けモニタリングシステムに接続



電波が届かないエリアへのラストワンマイルとして・・・

山奥など、電波不感地帯の橋りょうでもインフラモニタリングできないか・・・

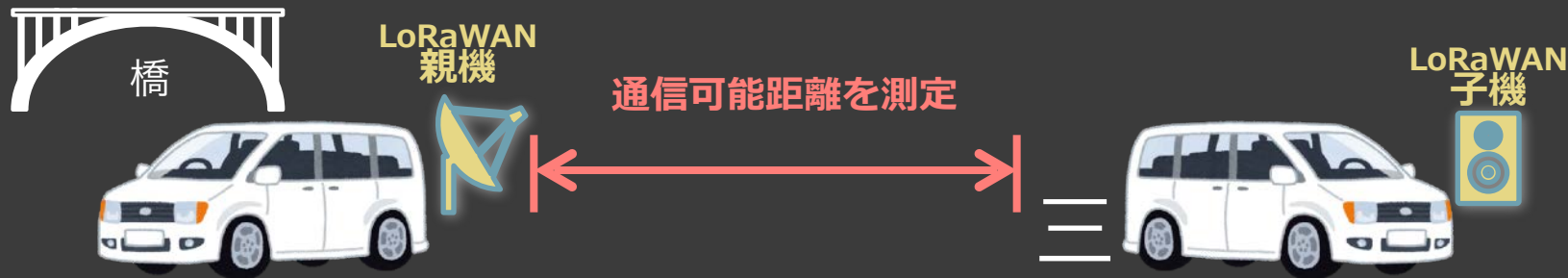


<試験概要>

実施日：2016年6月27日（月）～28日（火）

場所：高松橋、下田原大橋

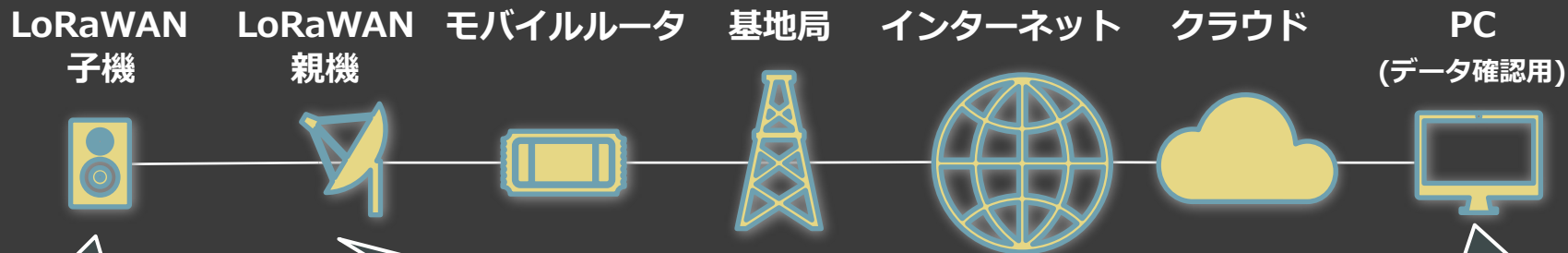
目的：LoRaWANを使い、無線の通信可能範囲を測定する。



車内もしくはは橋りょうに
LoRa親機を設置
(親機は固定)

もう一台の車にLoRa
子機を設置して移動計測

試験構成



車内



橋 (屋外)



車内

<実験結果> 最大通信距離



Map data ©2017 Google

見通し距離で約7kmの伝送は可能
移動物体との通信は速度が早いほど困難

<実験結果> 通信可能範囲

高松橋を中心としたエリア想定



下田原大橋を中心としたエリア想定



実証試験事例

ドローンを活用した LoRaWAN実証試験

実証実験の目的

市販ドローンにLoRaWANのデバイス（GPSセンサー）を搭載することにより

① 移動体との通信性能測定

ドローン高速飛行により、高速移動体との通信性能確認

② 上空を活用した通信可能距離の測定

ドローンをホバリングさせることにより、通信距離の変化を確認
(高さ45mで空中停滞)

飛行場所 (福岡県福岡市東区志賀島付近)



Map data ©2017 Google

当日の状況

LoRaWAN on ドローン



試験結果

<実験①> 移動体通信実験



14km/h程度であれば安定したデータ取得が可能

試験結果

<実験②> 通信可能距離測定実験

上空ホバリング時

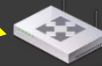


約9.5km

地上待機時



約5.5km



上空を活用することで通信可能距離は大きく伸びる

※実施にあたっては航空法や電波法など法令遵守にご留意ください。

橋梁モニタリングのフィールドに適用すると・・・

高松橋を中心としたエリア想定



下田原大橋を中心としたエリア想定

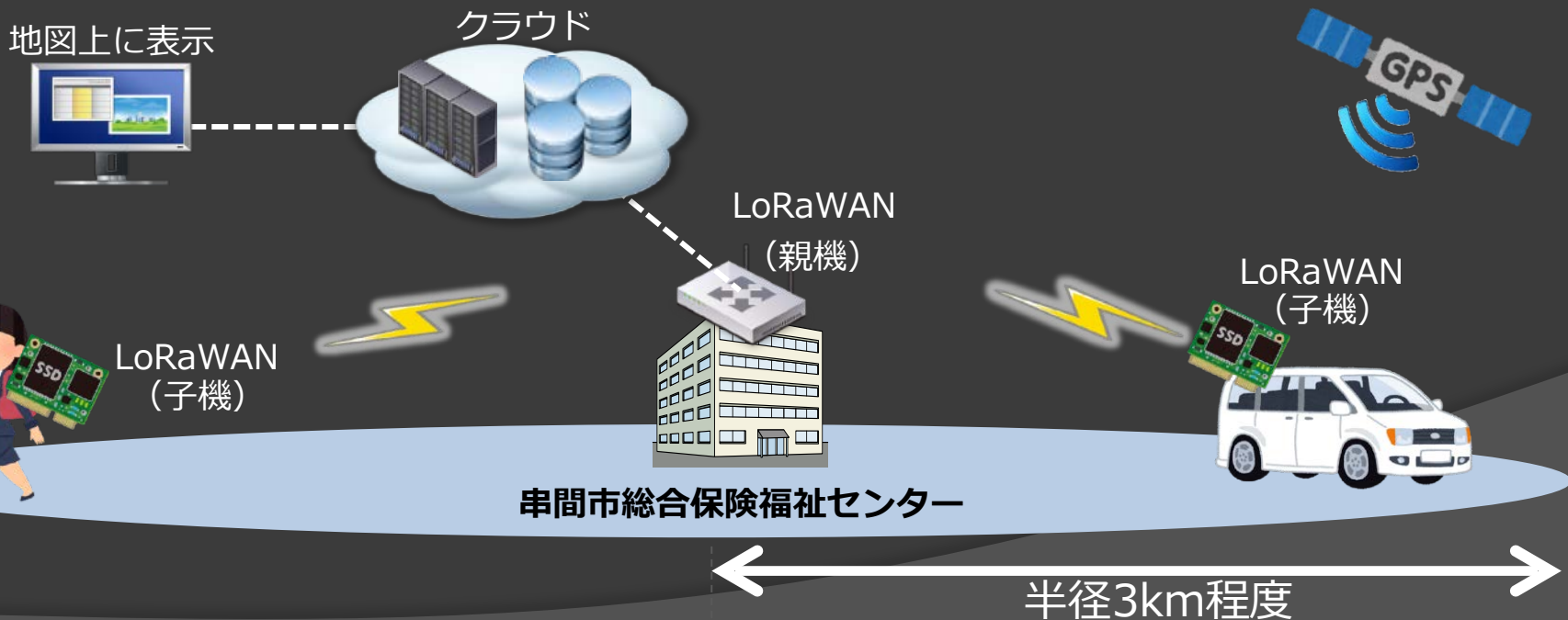


実証試験事例



徘徊老人見守り向け GPS+LoRaWANデモ

デモの概要

LoRaWANの子機を持った弊社社員が、親機設置場所から半径約3km周辺を巡回。子機の位置情報を、LoRaWANを通じてクラウド上へ送信し、地図上に表示。



デモに使用した機材

機材名	外 観	役 割
LoRaWAN ゲートウェイ (親機)	 A black rectangular LoRaWAN gateway device with two antennas on top and several ports on the front. The brand name 'ASIT' is visible on the front panel.	<ul style="list-style-type: none">LoRaWANデバイス（子機）から届いたGPSデータをクラウド上（インターネット）へ送信する。
LoRaWAN デバイス (子機)	 A blue printed circuit board (PCB) LoRaWAN device with a red antenna connector and a black antenna attached. It is mounted on a clear plastic case.	<ul style="list-style-type: none">位置情報（GPSデータ）を取得し、LoRaWANゲートウェイ（親機）へ送信する。

デモ結果



Map data ©2017 Google

歩行速度であれば、移動中でもデータ取得が可能。
ただし山間部に入った途端に、データ取得は不可となった

実証試験事例

山間部におけるLoRaWAN実証試験

概要

土木事務所が管理しているダム関連設備の運用管理および山間部でのLoRaWAN適用について、西都市の立花ダムおよび周辺の雨量局における測定を実施。



↑車内に設置した子機（GPS）

←ダムに設置した親機

道中、土砂崩れにより
通行不可能な道も・・・



実験結果 (西都市山中・立花ダム付近)



Map data ©2017 Google

山間部では、データは受信できているが、データ欠損が多い

LoRaWAN実証試験まとめ

見通し距離で約7kmの伝送は可能
移動物体との通信は速度が早いほど困難

14km/h程度であれば安定したデータ取得が可能

上空を活用することで通信可能距離は大きく伸びる

歩行速度であれば、移動中でもデータ取得が可能
ただし山間部に入った途端に、データ取得は不可となった

山間部では、データは受信できているがデータ欠損が多い

LoRaWAN実証試験まとめ

見通し距離で約7kmの伝送は可能
移動物体との通信は速度が早いほど困難

14km/h程度であれば安定したデータ取得が可能

上空を活用することで通信可能距離は大きく伸びる

歩行速度であれば、移動中でもデータ取得が可能
ただし山間部に入った途端に、データ取得は不可となった

山間部では、データは受信できているがデータ欠損が多い

LoRaWANまとめ

通信可能距離は2～9kmと、測定環境によって大きなバラつきがあるため、導入にあたっては事前の電波測定が必要。

高速移動体でのLoRaWAN実装は不向きなため、固定もしくは歩行程度の対象物と組み合わせることが大事。

見通しの良い場所に設置することにより、より安定かつ長距離の通信が可能に。

近年、LoRaWANはIoT向け通信技術として注目されていますが、LoRaWANも万能ではありません。LoRaWANだけでなく各LPWA規格の特性をよく知り、課題解決に適した技術を選択していただくことが、目的達成への一番の近道です。

(参考) SONY's LPWA(仮称) [ソニーセミコンダクタソリューションズ]

ソニーが独自開発したLPWA技術。(免許不要な周波数帯を使用)

GPSから受信した高精度な時間情報と、独自の誤り訂正技術を利用し、遠く離れた山の上や、海洋上の情報を、高感度に受信することが可能。

<特長>



長距離伝送

見通し100km以上の
伝送性能

**最大273kmの
実証結果**



移動性能

時速100kmの
移動時でも

**最大250km/h
の実証結果**



安定通信

ノイズの多い
都市部の混線時でも

都市部のような混信
地域でも利用可能



低消費電力

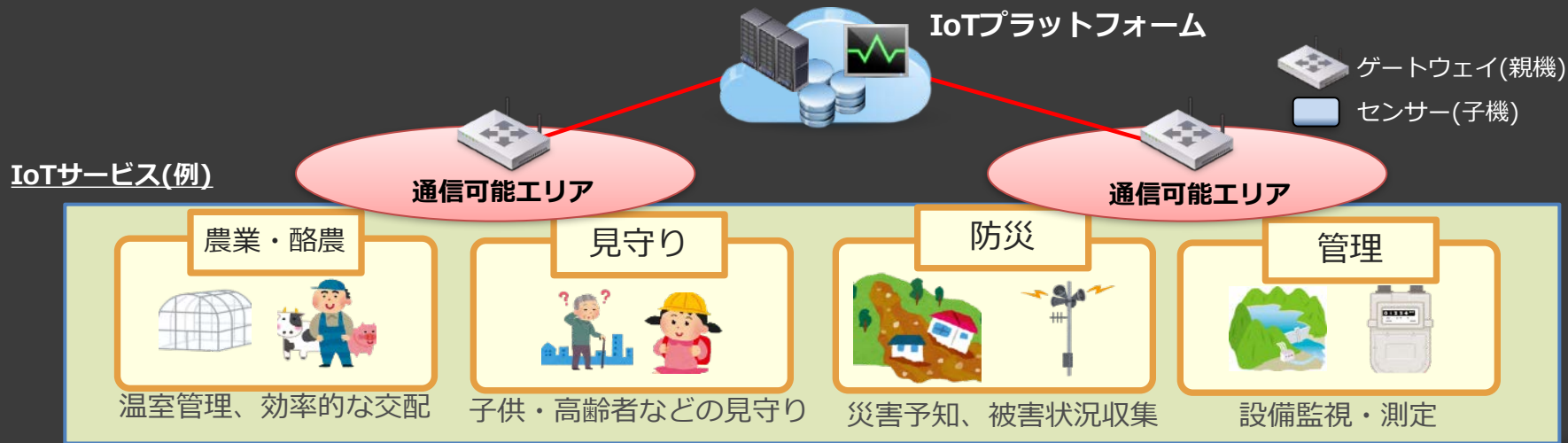
コイン電池一個で
動作可能

電源不要

今後の取り組み紹介

LPWA活用IoT実証実験トライアル

LPWA規格の一つであるLoRaWANをベースに、さまざまなサービス事業者が共用可能なデータ収集基盤（IoTプラットフォーム）を構築し、IoT活用サービスの可能性を探る。



目的に応じた場所をエリア化することにより・・・

- 特定のエリアにおけるプライベートなIoTセンシングによる課題解決
- 公共設備の稼働状況センシング（無人施設の侵入検知、河川の水深情報、雨量など）
- 位置情報を活用したセンシング（子供、老人向けの見守り、車両・モノの位置情報など）

宮崎県IoTプラットフォーム実現に向けて

地方版IoT推進ラボの目的である「各産業のIoT化」を推進するため、以下のフィールドで実証実験を予定。（H29年度内に実施）

①農業モニタリング（日南市：坂元棚田）

宮崎大学が坂元棚田に設置している気象モニタリングシステムと同等のデータが取得可能なセンサーを設置し、LoRaWANを用いてデータの遠隔取得環境を構築。

②見守り（串間市）

GPSセンサーを用いたデバイスにより、認知症高齢者の徘徊搜索や、子どもの見守りに活用可能な環境を構築。

③募集フィールド（宮崎市）

ICT利活用促進分科会の会員から、このプラットフォームを活用したIoTサービスのアイデアを募集（現在、アイデア選定中）。

LPWAネットワークによるIoTサービスの展開例

交通



交通量観測、自動車追跡

水道



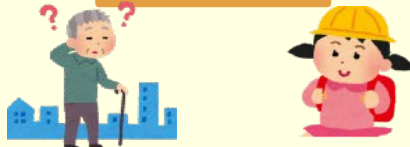
水管理の遠隔操作、機器メンテナンス

ガス



使用量・診断情報の収集、遠隔開閉栓

見守り



子供・高齢者などの見守り

LPWA
ネットワーク

農業



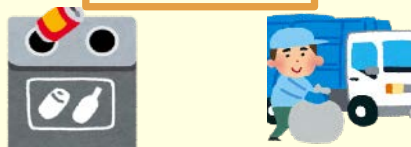
温室管理、効率的な交配

防災



災害予知、被害状況収集

ゴミ収集



ゴミ蓄積量に応じた効率的な収集

街灯管理



通行量に応じた照明管理、遠隔操作

QTnetは、LoRaWANだけでなく、その他のLPWA規格やIoT向け通信技術についても取り組み、お客さまへ最適なソリューションを提供してまいります。

ご清聴、ありがとうございました。