

TR-1074

インフラモニタリング情報モデル
標準化のためのガイドライン

Guidelines for Standardization of
Infrastructure Monitoring Information Model

第1版

2019年3月15日制定

一般社団法人

情報通信技術委員会

THE TELECOMMUNICATION TECHNOLOGY COMMITTEE

本書は、一般社団法人情報通信技術委員会が著作権を保有しています。

内容の一部又は全部を一般社団法人情報通信技術委員会の許諾を得ることなく複製、転載、改変、転用及びネットワーク上での送信、配布を行うことを禁止します。

目次

<参考>	4
1. はじめに	5
2. 参考文献	5
3. インフラモニタリング標準化の必要性	5
3.1 インフラモニタリングの現状と課題	5
3.2 インフラモニタリング標準化の方向性	6
4. 情報モデル標準化の動向	7
4.1 IoTプラットフォーム技術の標準化	7
4.2 土木構造物モデルの標準化	7
4.3 センサー利用の動向	8
4.3.1 センサー利用技術小委員会	8
4.3.2 スマートインフラセンサー利用研究会	10
4.3.3 Transducer Electronic Data Sheets (TEDS)	10
5. TTCにおける標準化の範囲	11
5.1 センサーデバイスの定義	11
5.2 情報モデルの考え方	12
5.3 インフラ維持管理システムへのIoTの適用	13
5.4 情報モデル標準化の考え方	14
5.5 標準化対象	15
5.5.1 インフラモニタリング情報モデル標準化に関する全体構成	15
5.5.2 各標準化分野の検討事項	15
5.5.3 共通的な検討事項	17
6. まとめ	17
付録1：略語	17

〈参考〉

1. 概要

本 TR-1074 は、インフラモニタリングにおける情報モデルを標準化するにあたり、インフラモニタリングと情報モデルに関する定義や標準化すべき項目などの要件を記述したガイドラインである。

2. 国際標準等との関連

本仕様書に関する国際勧告は無い。

3. 上記国際標準等との相違

本仕様書に関する国際勧告は無い。

4. 国際標準等に対する変更事項

なし。

5. 工業所有権

なし。

6. 改版の履歴

版数	改訂日	改版内容
1	2019年3月15日	制定

7. 標準作成部門

第1版 : IoT エリアネットワーク専門委員会

8. 本 TR-1074 「インフラモニタリング情報モデル標準化のためのガイドライン」の制作体制

本 TR-1074 は、スマート IoT 推進フォーラム 技術戦略検討部会 技術・標準化分科会 [分科会長：丹康雄(JAIST/NICT)] において原案を作成し、一般社団法人情報通信技術委員会(TTC) IoT エリアネットワーク専門委員会 [委員長：布引純史(日本電信電話株式会社)]への提案・審議を経て TTC 技術レポートとして発行するものである。技術・標準化分科会における検討は、インフラモニタリングタスクフォース [TF リーダ：川西素春(OKI)] が作業にあたった。

インフラモニタリングタスクフォースでは、ICT 企業だけでなく、インフラモニタリングに関わるセンサーメーカー、土木建設業者、道路管理者、建設コンサルタント、関連業界団体、学術研究機関等の有識者にも参加いただき、幅広い観点からご意見をいただいて原案の作成にあたった。

本 TR の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発推進事業「インフラモニタリングにおけるインフラ 3D モデルと IoT センサー情報モデルの異分野間連携に関する研究開発と標準化」の委託を受けて実施された研究開発に基づく提案によるものである。

1. はじめに

高度経済成長期に集中的に整備された社会インフラは老朽化が進み、対策が検討されている。「インフラ長寿命化計画」 [1]では、2033年には建設から50年以上を経過するインフラの割合が50%を越えることが示され、点検による予防保全の強化などによる社会インフラの長寿命化が求められている。インフラの維持管理は目視点検が基本とされているが、点検コストやスキルをもった人材の減少などの課題もある。このため、ICT技術の活用が期待されている。点検は5年に一度などの周期で集中的に行うのに対し、モニタリングは、センサー等を利用して、時間/日単位などの比較的短い周期で継続的にデータを収集する手法で、点検・診断・補修効果確認・災害後の状態確認などに関する補助的な手段として活用する事が考えられる。モニタリングの導入により、インフラ維持管理業務の高度化、効率化を長期的に見て低コストで実現できる可能性がある。さらに、継続的に蓄積したセンサー情報を他のデータと合わせてAI技術などを用いて分析する事により、損傷の発見や劣化の予兆検知などが可能となることも期待されている。

IoTを活用したインフラモニタリングシステムには、センサー機器の管理・制御や、収集データの処理・蓄積などの機能が含まれるが、これに必要な情報やデータの種別・形式はベンダー毎に異なるのが現状である。インフラモニタリングに関しては2014年ごろから多くの実証実験が実施され、5年を経て一定の成果が出始めたところである。今後モニタリングシステムの導入が進みセンサーデータが継続的に蓄積されてゆく事を考えると、検証されたセンサーに関する共通的な情報については予め規格を定めておくことが重要と考えられる。

そこで、産学官共同でIoT技術の開発・実証などを目的に設立された「IoT推進コンソーシアム」で技術開発・実証を推進する「スマートIoT推進フォーラム」の技術・標準化分科会に「インフラモニタリングタスクフォース」を2017年に設置し、IoTを活用したインフラモニタリングに関する標準化方針の検討を開始した。本TR-1074は、インフラモニタリングタスクフォースの検討結果を中心に、汎用的なIoTアーキテクチャを用いてインフラモニタリングシステムを構築する場合に必要な各種情報モデルのTTCにおける標準化に関する基本的な考え方と指標を記述するものである。

2. 参考文書

- [1] 国土交通省、「インフラ長寿命化基本計画」, 平成25年11月29日.
- [2] 総務省 情報通信審議会「新たな情報通信技術戦略の在り方」第3次中間答申, 2017/7/20
- [3] 一般社団法人情報通信技術委員会、技術レポート TR-1066「橋梁モニタリングのための低消費電力無線通信方式のガイドライン」2017.
- [4] 一般社団法人情報通信技術委員会、TTC標準 JJ-300.30「橋梁モニタリング用加速度センサの情報モデル及び低消費電力無線通信における動作」2017.
- [5] スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会 インフラモニタリングタスクフォース, <http://smartiots-forum.jp/tech-strategy/tech-std/infra-mon-tf>
- [6] 一般社団法人情報通信技術委員会、TTC標準 TS-M2M-0012v2.2.2「oneM2M技術仕様書 基本オントロジー」2018.
- [7] 一般社団法人情報通信技術委員会、TTC標準 TS-M2M-0023v2.0.2「oneM2M技術仕様書 家電機器の共通デバイス管理モデル」2018.

3. インフラモニタリング標準化の必要性

3.1 インフラモニタリングの現状と課題

インフラ維持管理の高度化・効率化を図るために、IoT技術によってセンサー情報を収集・蓄積・分析するモニタリングシステムが検討されている。一方、土木分野では関連する帳票などの情報を蓄積し一元管理す

るために、構造物の維持管理のシステム化が検討されている。IoTを活用したインフラモニタリングシステムの実現には両分野の連携が必要となるが、その標準化に関しては、まとまった指針が無いのが現状である。インフラ維持管理で取り扱う情報には、設計図面、点検調書、補修履歴などの様々な形式が有り、何らかのキー情報により関係づけることが必要とされているが、その一つに構造物の3Dモデルを軸とした方法が検討されている。

3.2 インフラモニタリング標準化の方向性

インフラモニタリングの標準化については2016年度にTTCにおいてインフラ維持管理に求められる機能ガイドライン(TR-1066[3])と無線加速度センサーの情報モデルと動作仕様(JJ-300.30[4])の2件の文書を制定した。今後のインフラモニタリングの方向性については、2017年度に総務省情報通信審議会の「新たな情報通信技術戦略の在り方」第3次中間答申[2]に示されており、その内容を図1に示す。まず二つの方向性が示されており、1つは無線加速度センサーに加えてインフラモニタリングに利用される他のセンサーの情報モデル標準を整備してゆく方向、もう1つは建設分野で検討されているConstruction Information Modelling (CIM)等の利用者側の情報モデルとの連携方式の標準化である。将来的には、この2つの方向性を組み合わせて、IoTを活用したインフラ維持管理全体のアーキテクチャをITU-T等のデジュール標準化機関へ提案する事も考えられる。

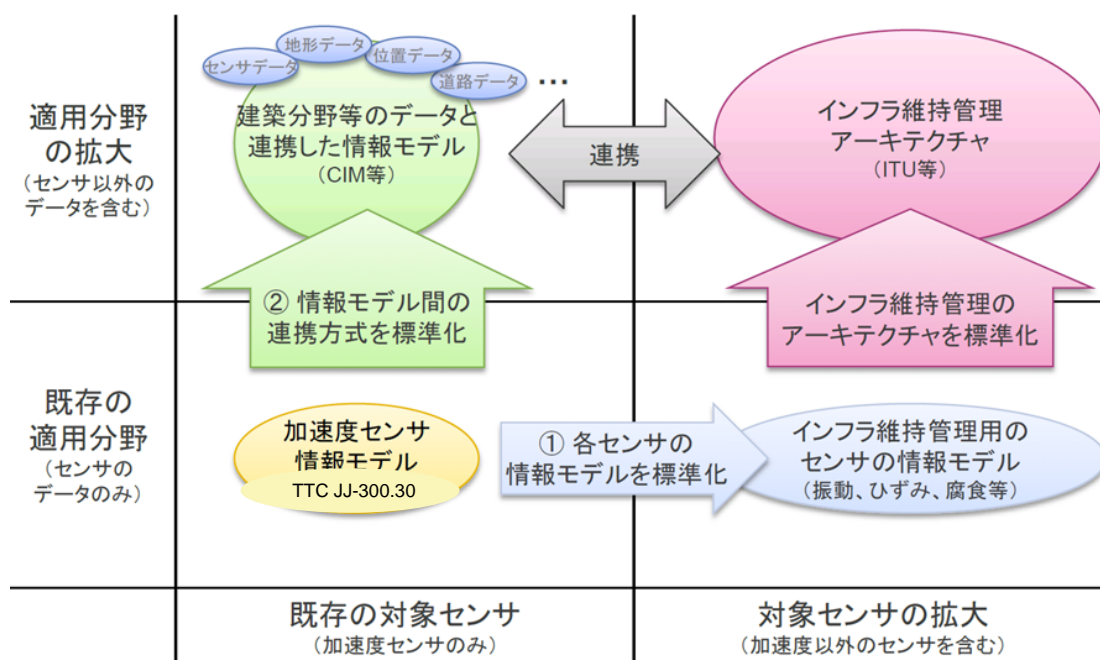


図 II-26 社会インフラ維持管理の情報モデルの標準化の方向性（一案）

出典：総務省 情報通信審議会 「新たな情報通信技術戦略の在り方」第3次中間答申（2017/7/20）

http://www.soumu.go.jp/main_content/000498018.pdf?bcsi_scan_65b2aa298e3e1484=0&bcsi_scan_filename=000498018.pdf

図1 インフラモニタリング標準化の方向性

4. 情報モデル標準化の動向

4.1 IoTプラットフォーム技術の標準化

IoTプラットフォームの標準化は、いくつかの産業分野毎に検討されており、それぞれの対象分野を取りまとめる主要な業界団体が影響力を持ち始めている。主な取り組みに、Web of Things (WoT)、oneM2M、Open Connectivity Foundation (OCF)などがある。

WoTは、ウェブで利用する各種技術の標準化を推進するWorld Wide Web Consortium (W3C)のプロジェクトで、現実社会のオブジェクト(Thing)をWebおよびインターネット上で共通的に取り扱うため、アプリケーションのアーキテクチャ、スタイル、パターンなどに関するベストプラクティスの提供を目指している。ここで取り扱うIoTデバイスやアプリケーション、相互の関係、およびやり取りする情報をThing Descriptionと呼ぶモデルで表現し、標準仕様として記述している。

oneM2Mは世界の主要な情報通信関連の地域標準化団体が参加する共同プロジェクトで、各種IoT/M2Mアプリケーションが共通的に利用できるサービスレイヤを、各国の電気通信事業者などが提供するための標準化を推進している。oneM2Mではスマートホーム分野におけるIoTデバイス(家電や家庭用エネルギー機器など)を管理する共通仕様の記述に、オブジェクト指向仕様記述様式のSmart Device Template (SDT)を採用している。SDTは家電専用ではなく、インフラモニタリング分野においても対象とするIoTセンサーの管理情報や収集したデータの記述に適用可能な、汎用的なテンプレートである。

OCFは組込デバイスやオープンソースなどの複数の業界団体が連携して発足したもので、リソースモデルレイヤとデータプロトコルのマッピングの規定を推進している。サーバ間の操作スタイルを定め、これを実現するためのアプリケーションプロトコルとのマッピングなどを行っている。

いずれの団体も、基本的には、各プラットフォームの情報処理に使用する機能、処理手順、API形式、プロトコルなどを取り決めたアーキテクチャと、その上でIoTの対象となるデバイス(thing)を表現する形式(情報モデル、データモデル等)の規定を行っている。これらの標準化に参加する機関は、対象分野におけるIoTサービスの普及推進にはオープン標準としての連携が重要であることから、企業間の競争は継続しつつ、技術の共通化と国際標準化を支援している。またIoTの普及推進のため、各団体ともIoTの利用業界との連携を深めており、現在のところ、スマートホーム、スマートシティ、スマートインダストリー、等が主要な対象分野とされている。一方で、本技術レポートが対象とするインフラモニタリング分野へのIoTの適用については、2018年時点では国際的にまとまった動きが見当たらないのが現状である。

4.2 土木構造物モデルの標準化

CADで取り扱う3次元プロダクトモデルの形式を共通化し、データを管理・共有しながら設計・施工、維持管理を進める、BIM (Building Information Model)と呼ばれる建築手法が、ビル・建物等の建築分野では普及が始まっている。BIM技術を大規模構造物や社会インフラなどの土木建設分野へ適用した手法を日本ではCIM (Construction Information Modeling)と呼び推進してきた。海外では土木分野へのBIMの適用としてInfrastructure BIMなどと呼ばれる場合もある。

BIMの国際標準化は国際的な非営利団体のbuildingSMART International (bSI)が進めている。主にCADベンダーを中心に設立されたが、現在ではソフトウェアベンダーに加え、インフラ所有・管理者、ゼネコン、その他が1/4程度ずつのメンバー構成となっている。世界の主要各国に18の支部があり、会員数はここ数年増加傾向で、さらに複数の国が支部設立の準備をしている。日本では一般社団法人buildingSMART Japan (bSJ)が日本支部として日本からの標準化提案や国内の普及推進活動を行っている。

BIMとは3次元建物情報モデルを用いて設計、施工、維持管理の建物ライフサイクルにおいてデジタルデータを利活用してゆく手法である。従来のCADで取り扱うのは製図データだけであったが、BIMは建物や建築プロジェクトそのものをオブジェクト指向のデータ構造として記述し、窓や壁といった意味を持ったデー

タとして取り扱う点がCADと大きく異なる部分である。データの意味を統一するために標準化が必要となり、標準化されたデータは建築の意匠設計、設備設計、施工など様々な工程で共有が可能になる。

BIMデータを記述するための標準規格はIFC (Industry Foundation Classes)と呼ばれ、ビル等の建築分野ではISO 16739:2013として国際標準化され、主要な建築材料ベンダーがIFCに基づくライブラリを提供するなど普及が始まっている。2018年時点ではビルや住宅などの建築分野での利用が中心だが、bSIでは2020年までにIFCを鉄道、道路、橋梁、トンネル、港湾等の土木・インフラ分野へ拡張する予定である。これらのインフラは単独の構造物だけでなく長距離・広域に渡るため、位置情報、地形情報、都市計画、IoTなど他の業界が進める標準との連携も必要と考えられている。IoTとの連携については具体的な検討はこれからである。

4.3 センサー利用の動向

土木分野でのセンサー利用については、維持管理の高度化・効率化やコスト低減などを目的としてセンサーを利用した実証実験や学会等における検討が行われてきた。本節ではそのうち、インフラモニタリングタスクフォースで標準化へ向けたインプットとして紹介・提案された活動を記載する。

4.3.1 センサー利用技術小委員会

土木学会情報利用技術委員会のセンサー利用技術小委員会では土木分野におけるセンサーへの要求仕様を整理し、ニーズ、市場性、実現に向けての課題を示し、「社会インフラのためのセンサ標準化ガイドラインおよび運用の手引き(案)」を2016年秋に出版した。これによりセンサーデバイスのデータベース化を開始し、次に4.3.2項で紹介する一般社団法人関西情報センターがその資産を継承して検討を続けている。同ガイドラインで整理した適用分野とセンサー利用の例を表1に示す。

同ガイドラインでは、土木分野で実施されるひずみゲージ式変位計を用いたモニタリングを標準化の対象としており、具体的にはセンサー、インタフェース、収録装置の仕様、データ形式、アプリケーション、センサーの運用およびメンテナンスを標準化の範囲としている。また、センサーの耐用年数はモニタリングの対象となるインフラ設備よりも短いことから、機種変更があった場合にもデータの継続性を確保することが重要だとしている。

表1 適用分野とセンサー利用の例

適用分野		センサー種類	
1	河川分野》水位・地下水水位計	1	光・電磁波センサー》可視光センサー(画像センサー)
2	河川分野》流速計	2	光・電磁波センサー》赤外線センサー(リモセン含む)
3	河川分野》水質計	3	光・電磁波センサー》放射線センサー
4	河川分野》その他	4	光・電磁波センサー》その他(レーザドップラー速度計、SARなど)
5	砂防分野》土石流監視計	5	機械量センサー》マイクロ変位・角度センサー
6	砂防分野》地すべり計	6	機械量センサー》加速度・角加速度センサー(ジャイロなど)
38	砂防分野》傾斜計	7	機械量センサー》カ・トルクセンサー(ひずみゲージなど)
7	砂防分野》その他	8	機械量センサー》その他
8	海岸・海洋分野》波高・周期、津波計	9	流体センサー》圧力センサー(水位計など)
9	海岸・海洋分野》漂砂計	10	流体センサー》流速・流量センサー(流速計など)
10	海岸・海洋分野》侵食計	11	流体センサー》レベルセンサー
11	海岸・海洋分野》その他	12	流体センサー》粘度センサー
12	気象分野》雨量	13	流体センサー》密度センサー
13	気象分野》風向・風速計	14	流体センサー》濁度センサー
14	気象分野》温湿度計	15	流体センサー》その他
15	気象分野》その他	16	磁気センサー》ホール素子
16	道路分野》空洞調査計	17	磁気センサー》ホールIC
17	道路分野》わだち計測	18	磁気センサー》半導体薄膜磁気抵抗素子
18	道路分野》落下物	19	磁気センサー》GMR
19	道路分野》変状(段差など)	20	磁気センサー》MIセンサー
20	道路分野》その他	21	磁気センサー》SQUID磁気センサー
21	トンネル分野》ひび割れ調査計	22	磁気センサー》その他
22	トンネル分野》覆工内、背面空洞調査計	23	温度・湿度センサー》温度センサー
23	トンネル分野》変位調査	24	温度・湿度センサー》湿度センサー
24	トンネル分野》その他	37	温度・湿度センサー》その他
25	鋼構造分野》腐食	25	化学センサー、バイオセンサー》ガスセンサー
26	鋼構造分野》疲労損傷	26	化学センサー、バイオセンサー》イオンセンサー
27	鋼構造分野》変位	27	化学センサー、バイオセンサー》バイオセンサー
28	鋼構造分野》接合緩み	28	化学センサー、バイオセンサー》その他
29	鋼構造分野》その他	29	音波・超音波センサー》空中用音波・超音波センサー
30	コンクリート構造物》ひび割れ	30	音波・超音波センサー》水中用音波・超音波センサー
31	コンクリート構造物》変状	31	音波・超音波センサー》固体用センサー
32	コンクリート構造物》鉄筋かぶり厚	32	音波・超音波センサー》特殊環境用センサー
33	コンクリート構造物》剥離	33	音波・超音波センサー》その他
34	コンクリート構造物》鉄筋腐食	34	光ファイバセンサー》光ファイバセンサー
35	コンクリート構造物》座屈	35	光ファイバセンサー》光ファイバジャイロ
36	コンクリート構造物》基礎洗掘	36	光ファイバセンサー》電気系統用光ファイバセンサー
37	コンクリート構造物》その他		

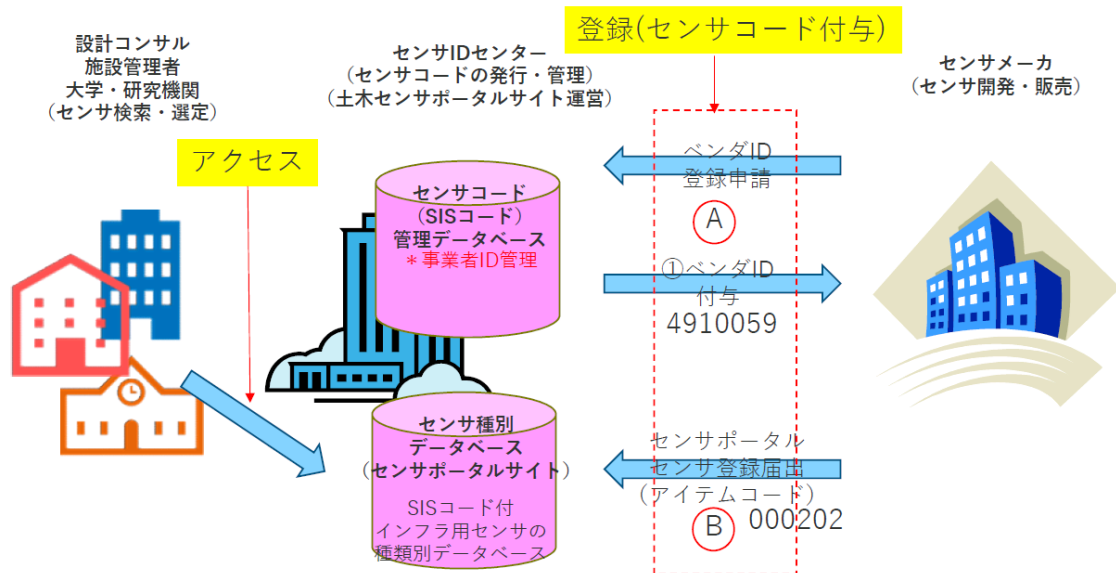
出典：スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会 インフラモニタリングタスクフォース会議資料

「スマートインフラIoTプラットフォームのご紹介」(関西情報センター)より抜粋

「

4.3.2 スマートインフラセンサー利用研究会

(一財) 関西情報センター(KIIS)では、スマートインフラセンサー利用研究会を設置し、土木学会のセンサーポータル登録情報をベースに、データベースを実装して実用化の検討を進展させている。またセンサーコード(型名 ID、SIS コード¹)を付与して研究会員のセンサー/センサーネットワーク/維持管理システム等を追加し、2018 年時点で 300 超のセンサーが登録されている。



出典：スマートIoT推進フォーラム 技術・標準化分科会 インフラモニタリングタスクフォース資料
「スマートインフラIoTプラットフォームのご紹介」(関西情報センター)より抜粋

図2 関西情報センターのセンサーポータル

4.3.3 Transducer Electronic Data Sheets (TEDS)

IEEE 1451.4はセンサーのアナログトランスデューサにプラグアンドプレイ操作に加え、自己認識機能を付加する規格である。ミクスドモードというインタフェースで、センサーに内蔵されたトランスデューサ電子データシート(TEDS)にアクセスし、センサー固有の情報を取得して認識することができる。トランスデューサに組み込む TEDS データの形式をセンサー別に規定している (表2)。

¹ SISコード(Smart Infrastructure Sensor Code)：土木構造物の維持管理において使用するセンサーの型名単位の識別符号

表2 IEEE 1451.4:センサー別のテンプレート

Table 2. IEEE standard templates

Type	Template ID	Name of Template
Transducer Type Templates	25	Accelerometer & Force
	26	Charge Amplifier (w/ attached accelerometer)
	43	Charge Amplifier (w/ attached force transducer)
	27	Microphone with built-in preamplifier
	28	Microphone Preamplifiers (w/ attached microphone)
	29	Microphones (capacitive)
	30	High-Level Voltage Output Sensors
	31	Current Loop Output Sensors
	32	Resistance Sensors
	33	Bridge Sensors
	34	AC Linear/Rotary Variable Differential Transformer (LVDT/RVDT) Sensors
	35	Strain Gage
	36	Thermocouple
	37	Resistance Temperature Detectors (RTDs)
	38	Thermistor
	Calibration Templates	39
40		Calibration Table
41		Calibration Curve (Polynomial)
42		Frequency Response Table

出典：IEEE ”An Overview of IEEE 1451.4 Transducer Electronic Data Sheets (TEDS)”

<https://standards.ieee.org/content/dam/ieee-standards/standards/web/documents/tutorials/teds.pdf>

5. TTCにおける標準化のスコープ

5.1 センサーデバイスの定義

インフラモニタリングで扱うセンサーには、通信機能やデータ処理機能などが一体化しIoTに対応したセンサーデバイスと、計測機能だけを持った従来型のセンサーがある。

前者のIoT対応センサーデバイスは、センサーで収集したデータをネットワークへ直接送信できるほか、計測条件などをモニタリングプラットフォームなどから設定できるものもある。センサーデバイスには、センサーを内蔵したものと、従来のアナログセンサー等を接続して使用するインタフェースを持ったものがある。図3はIoTに対応したセンサーデバイスの構成例である。

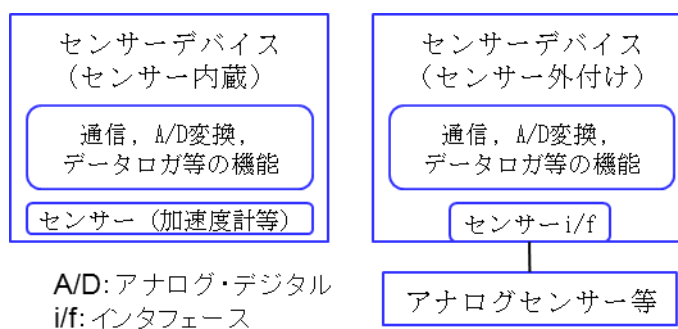


図3 IoTに対応したセンサーデバイスの構成例

一方、従来のセンサーには、計測値を電圧や電流などのアナログ情報または連続したデジタルデータとして出力する機能だけを持ち、アンプ、A/D（アナログ/デジタル）変換器、データロガーなどの外部装置と現場で接続することで、センサーデータの計測やネットワークへの接続ができるものもある。本TR-1074ではこれらのインフラに設置する装置一式についてもセンサーデバイスと呼ぶ。図4に従来型センサーで構成されるセンサーデバイスの構成例を示す。この中には映像、画像情報を処理してインフラモニタリングに必要なデータに変換する装置なども含まれる。

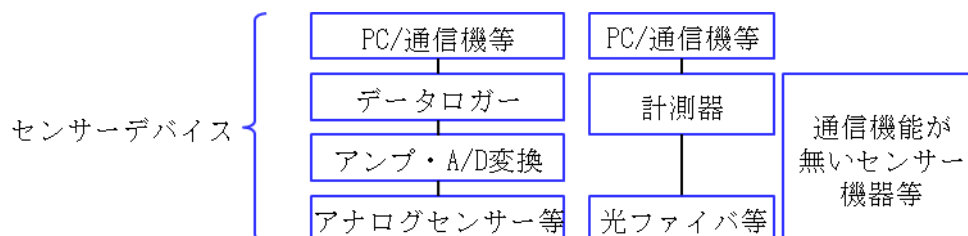


図4 従来型のセンサーデバイス

5.2 情報モデルの考え方

センサーデバイスへの設定条件、デバイスから発生するイベントの意味、センサーが収集するデータの属性などをコンピューターシステムで統一的に扱うには、センサーデバイスとコンピューター間で情報の意味や形式などの共通事項を取り決めておくことが望ましい。これを仕様記述言語等で規定したものを情報モデルと呼ぶ。

図5に本TR-1074における情報モデルの概念を示す。上段では、対象とするIoTシステムがIoTプラットフォームとIoTセンサーデバイスで構成する事を示す。両者間では何らかの方法でセンサーデバイスへの計測条件や動作などの設定と、センサーで計測したデータや発生したイベントの収集ができるものとする。これには、人が操作する場合と、IoTプラットフォームとIoTセンサーデバイスがコンピューターシステムとして通信する場合がある。異なるコンピューターシステム間の通信には、ケーブルや電波などの通信媒体とこれを介した通信手順（プロトコル）等で構成されるネットワークと、ネットワークで通信するアプリケーション間の情報処理手順がある。ネットワークについては、昨今ではIoT向けに種々の新たな通信方式が実用化されており、適材適所で最新技術を選択が出来る事が望ましい。アプリケーション間の情報処理手順については業界団体毎にプラットフォーム化が図られており、複数の選択肢があるべきと考えられる。

一方、インフラモニタリングで利用するセンサーや計測データはある程度の種類に限られており、選択したネットワークやプラットフォームに依らず共通的に取り扱える様にする事で、センサーデバイスの高度化へ追従しながら蓄積されて行くセンサーデータの継続性を保つ事ができると考えられる。

このため、本TR-1074ではデバイスやデータの名称・データ形式など、通信プロトコルやプラットフォームの選択や、ベンダーの実装に依存せず共通化すべき項目に絞って、「情報モデル」の標準化を行う方針で検討した。ここで共通的に扱う情報には、IoTデバイスの設定・制御・管理に関わる情報と、センサーで収集するデータとその属性に関わる情報がある。前者にはデバイスのON/OFF、計測の開始/停止、データ計測の条件、計測時刻設定などがある。後者は一般に温度、湿度、変位量などの単位のついた数値情報で、さらに計測した時刻や計測条件などの属性情報が重要である。これらを、全てのIoTセンサーデバイスに共通するものと、ある種類のセンサーデバイスに限って共通な情報に整理し、オブジェクト指向モデリング手法等を用いて、仕様として記述してゆく事とする。

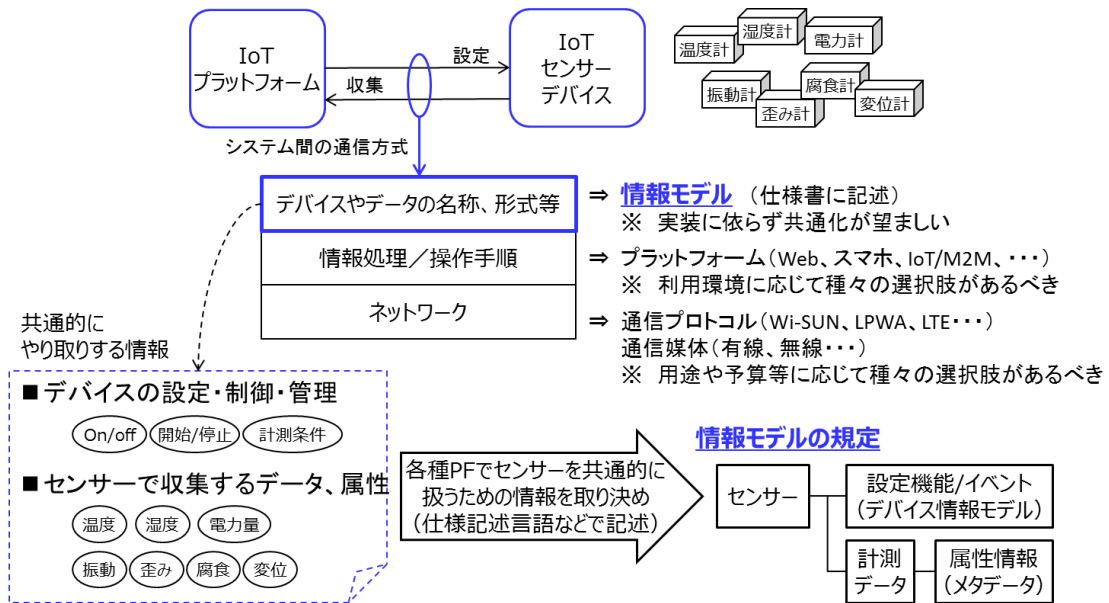


図5 情報モデルの概念

5.3 インフラ維持管理システムへのIoTの適用

道路、橋、トンネルなどインフラの維持管理には、構造物の設計図面、点検結果、工事・補修履歴などの関連する情報の記録・管理が必要となる。これらはCADデータ、紙、電子記録などの異なる媒体で記録され、個別に管理されていることが多く、また設計施工事業者や点検業者により形式が異なる場合もある。インフラ維持管理システムの構築には、これらをコンピューターで共通的に取り扱えるようにする必要が有る。このための一つの方法として、管理の対象とするインフラ構造物を、IFC等の標準化された3Dモデルで表し、3Dモデルをキー情報として関連する個々の情報を紐づけることが検討されている。

一方、IoTモニタリングシステムは、センサーデバイスを管理・運用してセンサーで計測した情報を収集・蓄積するシステムである。収集したデータをインフラ維持管理に利用するためには、センサーをどの構造物のどの部分に何の目的で設置したかと言った情報が必要となるため、同様にインフラ3Dモデルに関連付ける事が考えられる。

インフラ3Dモデル、IoTモニタリングの両システムともに、実在するインフラやデバイスをコンピューター上で表現したサイバーフィジカルシステムであると考えられる。図6に示すように、各システムで取り扱うインフラやデバイスの情報は、オブジェクト指向でモデル化され仕様記述言語で記載された情報モデルとして表現されている。両システムは提供する業界や利用するステークホルダが異なるため、密結合するよりも、疎結合で相互運用する事が適切と考えられる。そこで、それぞれのシステムで取り扱う情報モデル間の最低限の関係付けを行う事で、両者を連携させるための標準化の検討を行う。

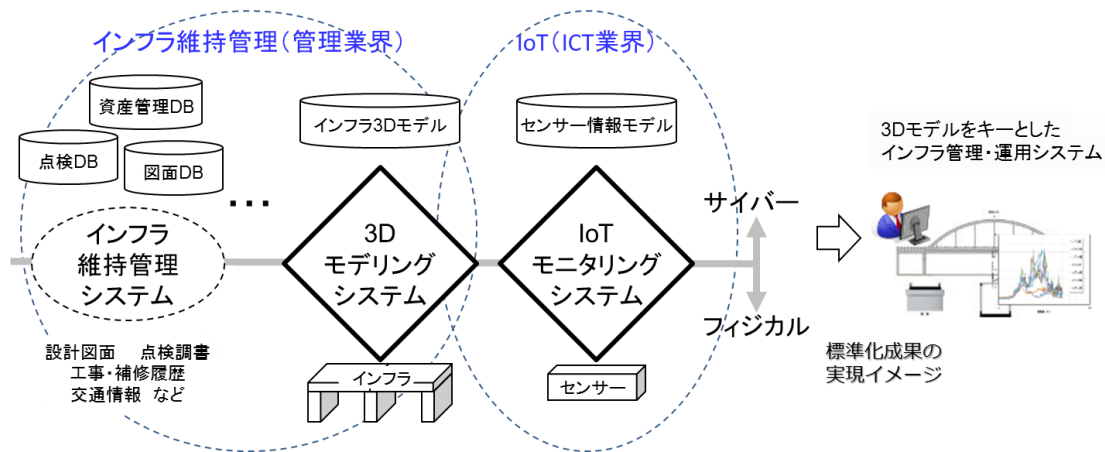


図6 情報モデルのインフラ維持管理システムへの応用

5.4 情報モデル標準化の考え方

インフラモニタリングシステムをIoTの視点から見た場合の構成要素を、図7のように3階層に分類する。上段は現実世界に存在する物（Thing）で、モニタリング対象とするインフラ構造物、センサー、および収集したデータを取り扱うアプリケーションで構成することとする。中段はIoTプラットフォーム技術で、4.1節で紹介した主要なIoTプラットフォームの技術が利用できることを想定する。中段が本TR-1074で標準化の検討対象とする情報モデルで、下段のプラットフォームに依存しない共通情報を規定する事とする。また標準化対象はIoTモニタリングに関する部分のみとし、構造物の3DモデルについてはBIMなど他業界の標準を参照する事として新たな規定を避ける。また、対象とするシステムはIoTセンサーデバイスとゲートウェイで収集・一次処理したデータの格納までとし、ビッグデータ流通やAI技術を用いた高度な分析などは上位概念としてスコープ外とする。

ここで検討する情報モデルは、図7の中段で破線に囲われた3項目とし、左から、モニタリング対象とする構造物とセンサーの関係を示す設置情報モデル、センサーデバイスを管理・制御するためのデバイス情報モデル、およびセンサーで計測したデータ形式とその属性情報（メタデータと呼ぶ）を対象とする。計測データには、センサーの計測値そのものを示す生データと、生データの特徴点などを抽出した加工データがある事とし、それぞれに関するメタデータを対象とする。

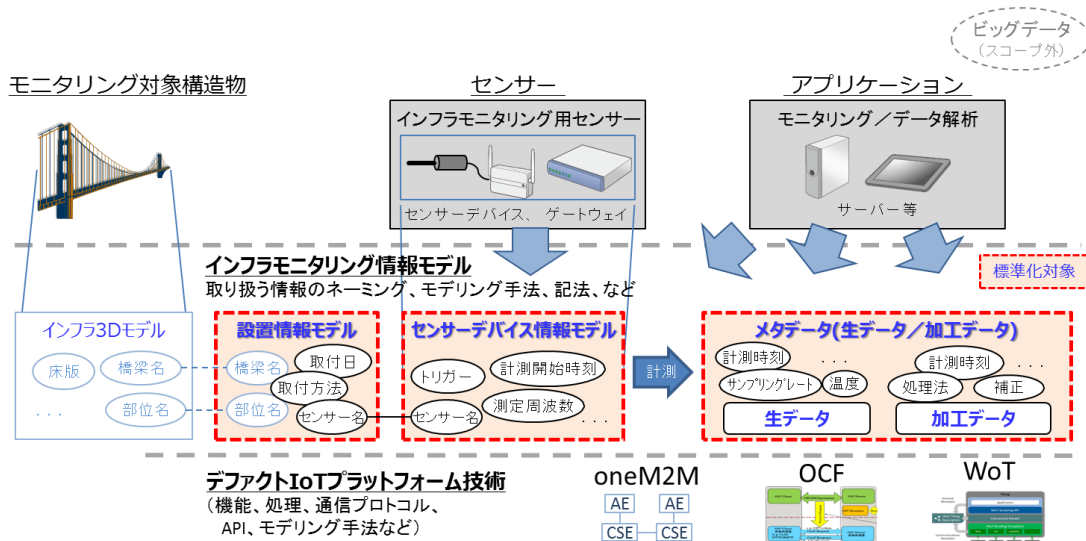


図7 情報モデルの位置づけ

メタデータは、データ分析時の条件の統一やデータ間の紐づけなどに利用する事が考えられる。例えば複数の加速度センサーから同一時刻のデータを集めて分析したい場合がある。また、異なる種類のデータが格納された複数のデータベースから、例えば同一の位置情報を持つセンサーデータ、写真、図面などを検索するために利用することが考えられる。さらに、センサーの設置目的など、ユーザー視点の情報も必要と考えられる。例えば同種の温度センサーでも気温の計測と路面温度の計測ではデータを同様に扱う事ができないため、設置目的を示すメタデータにより識別が必要な場合がある。同様に加速度センサーの生データは設置目的により振動周波数、傾斜角度、変位などの算出方法が異なるため、メタデータにより識別が必要である。計測したデータは、計測手段によらず同様に扱えることが望ましい。たとえば振動数の計測手段には加速度センサーや振動計など複数の方法があるが、これらも同一のメタデータとしてモデル化することが望ましい。

センサーには、計測したデータそのものと、これを一次処理したデータの二種類を生成するものがある。本TR-1074では、前者を生データ、後者を加工データと呼ぶ。加工データには、一定時間の平均値、最小値／最大値などの特徴点を生成したものや、加速度センサーの様に計測した重力加速度(G)から計算式により固有振動周波数、傾斜角度、変位などを算出したものなどがある。メタデータは生データと加工データのそれぞれについて規定する。加工データのメタデータには、計算処理法や補正值などの記録も必要となる場合がある。

なお、ここで取り扱う情報モデルにおける加工データは、インフラモニタリングシステムを構成するセンサーやゲートウェイが生成するデータのみを指し、例えばIoTプラットフォームのデータベースに蓄積したモニタリングデータとインフラモニタリング以外のデータとを組み合わせるために加工されたデータ等は対象外とする。

(2) センサーデバイス情報モデル

センサーデバイスの情報モデルは、アプリケーションからセンサーへのパラメータ設定やセンサーからのイベント発生などの際にやり取りする設定・制御情報である。対象とするセンサーは、IoTデバイスとして遠隔設定・管理が可能なものを想定するが、IoTによる遠隔設定に対応しない従来のセンサーであっても、固定された仕様や、センサー種別・製造者名・シリアル番号などの共通属性の記録に用いる事ができることを考慮する。標準化対象とするセンサーの選定は、従来から土木インフラ分野で一般に利用されているもの、実証実験などで一定の成果が出たもの、土木学会のガイドライン等で抽出されたものなどから、検討を始める事とし、関連団体とも意見交換をしながら標準化対象を選定する。センサーをインフラモニタリングに利用する場合に共通的に必要となる機能やパラメータ等を標準化する。どの製造者のセンサーを採用しても同様に取扱いできる基本機能を定めることとする。

(3) 設置情報モデル

インフラ維持管理システムでの分析には、インフラ構造物のどの部位にどういう方法で、いつ、誰が、何の目的で設置されたセンサーかと言った情報が必要となる。これは計測データの保存・活用においても重要な情報である。インフラ構造物の部位等はセンサーの情報モデルでは規定できないため、設置情報を持つデバイスを別途定義する事とし、インフラ3Dモデルとセンサーの連携を検討する。

(4) アーキテクチャ

前項まではセンサーやインフラ3Dモデルの情報モデルをボトムアップ的に標準化する取り組みだが、IoTの国際標準化に対応してインフラモニタリングの標準化を進めるには、IoT全体における位置づけをトップ

ダウンで説明出来るようにする必要がある。このため、ITU-TやISOなどの手順に従い、インフラモニタリングの定義、用語、ユースケース、参照モデルなどで構成するオーバーオールアーキテクチャの検討を行う。

5.5.3 共通的な検討事項

情報モデルの検討にあたり、下記を考慮する

- ・ センサー名称や時刻、温度などの共通的な情報については、可能であれば一般に利用される名称等に合わせ、分野の違いによる誤解などを避ける事に努める
- ・ 時刻などの一般に用いられる情報（世界標準時刻/日本時刻/など）については、曖昧さの排除に努める
- ・ センサーの設置者、設置目的など、利用に関する情報の共通化についても検討すべきである
- ・ 情報モデル標準の策定に当たっては、各種 IoT プラットフォームで共通に使われる情報を中心とし、各プラットフォームが利用する情報通信技術との親和性を考慮する。インフラモニタリングが対象とする Things はアプリケーションやサービスよりも、物理的なセンサーが中心となるため、情報モデルの記述法は、oneM2M が家電・エネルギー機器のモデリングに適用した Smart Device Template (SDT)が適切と考え、これを採用する。

6. まとめ

以上、本TR-1074ではインフラモニタリングシステム構築における各種情報モデルに関して、TTCでの標準化を進めていく上で基本となる考え方と指標について述べた。以下にその内容をまとめる。

- ・ インフラモニタリング情報モデルの標準化は、インフラモニタリングに係るメタデータ、センサーデバイス情報モデル、設置情報モデル、アーキテクチャ(含ユースケース)について進める。
- ・ インフラモニタリングで扱う情報モデルの標準化対象となるセンサーデバイスは、センシング機能とA/D変換機能、通信機能を有するもので、対象となるセンサーデバイスは実証実験による評価などで現在利用可能な物から進めていく。
- ・ メタデータは、センサーで計測した生データおよびこれをIoTエリアネットワーク内のセンサーやゲートウェイで一次処理したデータについて検討する。ビッグデータ分析、AI分析などの目的で変換・整形したデータは対象外とする。
- ・ IFCなどの3Dモデル自体の標準化は本検討の対象外とし、bSJ/bSI等の外部団体と情報交換して動向を把握する。

付録1：略語

BIM	Building Information Model
bSI	buildingSMART International
bSJ	buildingSMART Japan
CIM	Construction Information Modelling
IFC	Industry Foundation Classes
KIIS	Kansai Institute of Information Systems (一般財団法人関西情報センター)
OCF	Open Connectivity Foundation
SDT	Smart Device Template
TEDS	Transducer Electronic Data Sheets
W3C	World Wide Web Consortium
WoT	Web of Things