

TTCに寄せて

IoTプラットフォーム相互接続の 標準化活動を振り返って ～TTC会長表彰を受賞して～

株式会社日立製作所
東村 邦彦



はじめに

このたびは、「W3C Web of Things (WoT) 標準化及び普及にかかわる功績」に対し情報通信技術賞 TTC 会長表彰という栄誉ある賞を賜り、誠にありがとうございます。日頃よりご指導、ご支援をいただいております関係者の皆様に、こころより感謝申し上げます。今回の受賞を励みに、今後一層精進してまいりますので、引き続きご指導ご鞭撻のほど、よろしくお願い申し上げます。

私は 2015 年ごろから産業 IoT 分野でのデータ利活用に関する研究開発を行っており、その縁もあり W3C (World Wide Web Consortium) Web of Things での標準化活動へ携わるようになりました。Web of Things は、IoT プラットフォーム間の相互接続に関して後述するような特徴的なアプローチをとっています。本稿では、私の標準化活動の振り返りと合わせて、Web of Things の標準化内容をご紹介します。

IoT プラットフォームの相互接続とその課題

現在、IoT 分野には数百種類のプラットフォームが存在すると言われ、さらにそこから集めたデータのフォーマットや意味も多様なものとなっています。このため、それぞれの目的に特化しプラットフォームで構築したシステムが併存し、それらを繋ぎ合わせて新たな視点からデータを分析することや、分析結果に基づいて現場のデバイスへ何らかのフィードバックをするためには多大な工数がかかります。

標準化の進め方として、これら多数の IoT プラットフォームを統合した単一の新たな標準プラットフォームを制定するというアプローチがあります。しかし、このような新たなプラットフォームを制定するアプローチは、それぞれのアプリケーションに特有の要件に対応することが難しいほか、既存のシステムを切り捨てることにも繋がり、「100 種あったプラットフォームに 101 種目を追加しただけ」ということに

もなりかねません。

これに対処するため、Web of Things では Architecture 文書^[1] 冒頭に下記の方針を示しています：

The W3C WoT architecture is designed to describe what exists, and only prescribes new mechanisms when necessary.

すなわち、新たなプラットフォームを制定するのではなく、すでに存在するプラットフォームを「記述する」というアプローチをとる、という方針です。これにより、既存のシステムを記述した文書を介して、他のシステムが既存システム内のデバイス进行操作したり、データの意味を明確に理解できるようになります。次節では、このようなアプローチをとっている Web of Things 標準の概要について述べていきます。

Web of Things 標準の概要

Web of Things では、IoT デバイスやサービスを以下の 3 つの相互作用形態をもつ「Thing (モノ)」としてモデル化します (図 1)：

- プロパティ：Thing の状態を開示する
- アクション：Thing が持つ機能を実行する
- イベント：Thing から非同期的にデータを発信する

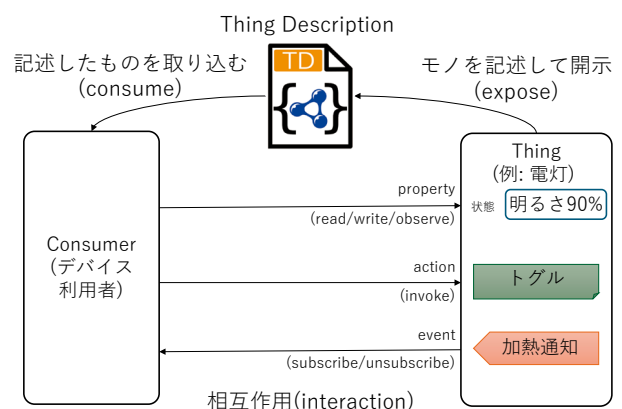


図 1 Web of Things での IoT プラットフォームのモデル化

これら3つの相互作用に対して、どうやってその相互作用を行うのか、またその時に与えるデータ、受け取るデータのフォーマットと意味は何か、といった情報を記述することで、IoT デバイスやサービスを記述していきます。この記述に使う文書を“Thing Description (TD)”とよび、最新の標準が2023年12月に発行されています^[2]。

デバイスやシステムの提供者は、そのデバイス等に対応する Thing Description を作成してデバイスの利用者に提示します。そして、利用者はこの文書を解釈しその内容に従ってデバイスへの相互作用やデータ利用を進めていきます。

図2に Thing Description の例を示します。Thing Description は、JSON-LD (JavaScript Object Notation for Linked Data) と呼ばれるフォーマットに従っており、各プロパティの意味が外部のコンテキストの参照によって明確に定義されるようになっています。デバイスの利用者は、この Thing Description を機械可読な仕様書として利用し、デバイスにアクセスするためのアダプタを自動的に生成することや、正確なデータの意味を理解することができます。

Thing Description で記述可能な情報は他にもあり、例えば当該 Thing と関連する他の Thing やドキュメントへのリンクの方法などが定義されています。こ

れによって、Thing の利用者はあたかも Web ページを辿っていくような感覚で複数 IoT プラットフォームに跨った Thing の関連情報を探索していくことが可能となります。

Thing Description を記述することができたとして、次はそれをどのような形で利用者に提供するのか、ということが課題となります。基本的には、Web of Things では Thing Description の受け渡し方法を新たに定めてはいませんが、Discovery 文書^[3]によって既存の手法を利用した発見方法や Thing Description のディレクトリの構築方法が定義されています。例えば、LAN 内のデバイスやサービスを探索する際に DNS-Service Discovery とマルチキャスト DNS を組み合わせたサービス発見手法が広く用いられていますが、前記文書ではこれを利用して Thing Description やディレクトリを探索する方法を提供しています。この方法を活用することで、デバイスの利用者は LAN 内に繋がれたデバイスを即座に発見して利用することが可能となります。

現在、Web of Things ワーキンググループでは、Thing Description の記述可能範囲の拡大や記述の容易化を目的とした仕様の拡張を進めており、2027年頃の W3C Recommendation 化に向けて議論が続けられています。

<pre>{ "@context": ["https://www.w3.org/2022/wot/td/v1.1", { "saref": "https://w3id.org/saref#" }], "id": "urn:uuid:300f4c4b-ca6b-484a-88cf-fd5224a9a61d", "title": "MyLampThing", "@type": "saref:LightSwitch", "securityDefinitions": { "basic_sc": { "scheme": "basic", "in": "header" } }, "security": "basic_sc", "properties": { "status": { "@type": "saref:OnOffState", "type": "string", "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/status" }] } }, "actions": { "toggle": { "@type": "saref:ToggleCommand", "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/toggle" }] } }, "events": { "overheating": { "data": { "type": "string" }, "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/oh" }] } } }</pre>	<p>各項目の意味を明確化する。ここではWeb of Things Thing Descriptionで定義した語彙をデフォルトで使い、"saref"によって Smart Applications REference ontologyを参照している。</p>
<pre>"id": "urn:uuid:300f4c4b-ca6b-484a-88cf-fd5224a9a61d", "title": "MyLampThing", "@type": "saref:LightSwitch",</pre>	<p>このThingの名称や種別などを記述。</p>
<pre>"securityDefinitions": { "basic_sc": { "scheme": "basic", "in": "header" } }, "security": "basic_sc",</pre>	<p>このThingにアクセスする際のセキュリティ方式を記述。ここでは、HTTP basic認証を利用することを示している。</p>
<pre>"properties": { "status": { "@type": "saref:OnOffState", "type": "string", "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/status" }] } }, "actions": { "toggle": { "@type": "saref:ToggleCommand", "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/toggle" }] } },</pre>	<p>このThingは"status"という状態を持ち、HTTPにてURL "https://mylamp.example.com/status"にアクセスすることで文字列形式のデータを得ることができること、また、交換されるデータの内容はSAREFで定義されたオン/オフ状態であることを示す</p> <p>このThingは"toggle"という機能を持ち、HTTPにてURL "https://mylamp.example.com/toggle"にアクセスすることでその機能呼び出すことができること、またその機能はSAREFで定義されたトグルコマンドであることを示す</p>
<pre>"events": { "overheating": { "data": { "type": "string" }, "forms": [{ "href": "https://mylamp.example.com/oh" }] } }</pre>	<p>このThingは"overheating"というイベントを発行することができ、HTTPにてURL "https://mylamp.example.com/oh"をログポーリングで待ち受けることによって、文字列形式のデータで表現されたイベント通知を受けることができることを示す</p>

Thing Description文書^[2] EXAMPLE 2より抜粋

図2 Thing Description の例

私と WoT 標準化とのかかわり

私は Web of Things の活動が始まった少し後の 2015 年から会合に参加し始めました。初回は W3C の年次会合である TPAC が札幌で開催された時でした。当時はまだ標準化内容なども詳しく理解しておらず、まずは参加して情報収集するところからのスタートでした。Web of Things は新たな標準でありかつ冒頭に述べた通りアプローチも独特なものであるため、なかなか理解が進みませんでした。ワーキンググループのメンバの方々の方々の支援によって次第に理解を深めていくことができました。

次のフェーズとして標準化コミュニティに対して何らかの貢献をしたいと考え、まずは標準の利用者としての観点からの活動を開始しました。Web of Things の標準化活動の一環として、“Plugfest” という活動があります。これは、策定中の標準を実際に使ったデバイスやアプリケーションを持ち寄って、策定しようとしている標準化項目が実際に実装できるか、また、仕様の曖昧さなどによって異なる解釈が可能となっていないかを確認するイベントです。Plugfest は、ワーキンググループの定期的な face-to-face 会合と併催されます。コロナ禍以降は、VPN を介してリモートで開催したこともあります。私は、策定中の仕様に基づいて自作のデバイスやアプリケーションを持ち込み、仕様の理解を深めるとともに新たな活用事例を提案する活動を行いました。

Plugfest 活動から生まれたものとして、ローコードプログラミングツールである Node-RED 向けの

ツール node-red-nodegen^[4] があります。これは、OpenAPI などのインタフェース定義文書などから、対象のサービスを簡単に利用できる Node-RED の機能ブロックを生成するものです。私は、これを Web of Things の Thing Description に対応するように機能拡張し、だれもが使えるオープンソースソフトウェアとして公開しました。このツールは、Web of Things の Thing Description によって IoT デバイスの繋ぎこみが容易に行えることを示す良いサンプルとして活用することができました。このツール以降も、Discovery 標準で定義された Thing Description 探索機能を利用するツール（図 3）などを作成・発表することで、Discovery 標準の有用性を示すなどの活動を続けています。

このように具体的な実装を行うことは、W3C での標準化活動では特別な意味を持ちます。W3C では、Recommendation に含まれる各標準化項目に対しては必ず 2 つ以上の実装が必要となります。これは、実際に実装できない標準は意味をなさないということに加え、2 つ以上の実装が存在しそれらが同じように動作することで相互の互換性が確保できるという考え方によるものです。この点でも、標準化の推進に協力できたということは大変嬉しく思っています。2019 年以降、私は Architecture 文書、Discovery 文書の共同エディタとして具体的な仕様策定にも関わってきましたが、この活動の中でも Plugfest でのツールの実装経験が役に立っていると感じています。

また国内においては、Web of Things Japanese

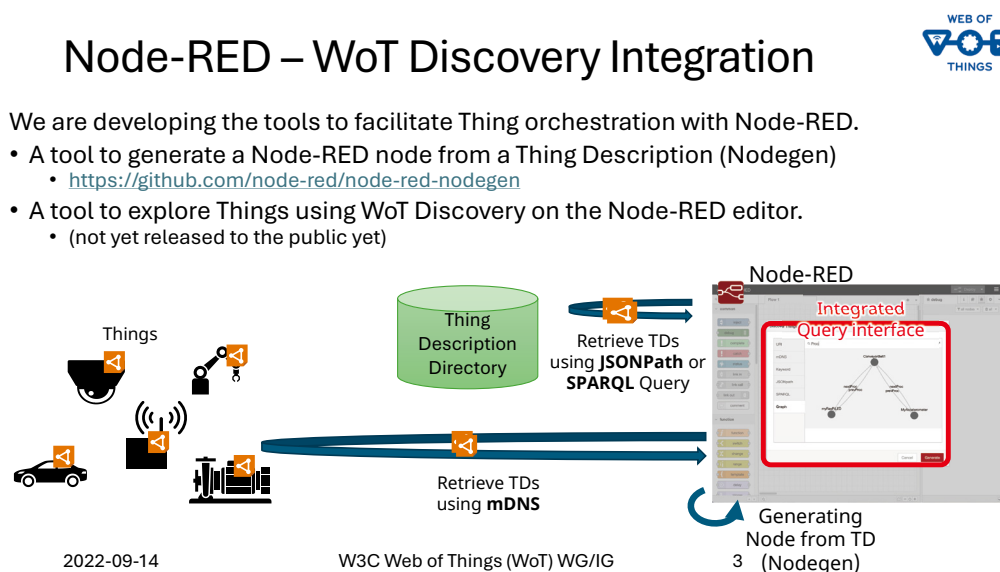


図 3 2022 年 9 月会合での Discovery 標準を利用した Node-RED 向けツールの紹介

Community Group の共同議長として国内コミュニティの立ち上げに関わらせていただきました。本コミュニティグループでは、私は Web of Things の利用方法をまとめた Web ページ^[5] (図 4) を提供するなどして、日本国内の開発者に向けた Web of Things の広報活動を行いました。昨今は生成 AI を活用した翻訳によって言語の壁はだいぶ取り払われてきましたが、日本語での情報提供や議論の場を提供できたことは、利用者の幅を広げる上で重要な活動であったと考えています。

直近では、2025 年 11 月に神戸にて TPAC が開催されました。本会合では、例年と同様 Plugfest とその成果を説明する breakout session、およびワーキンググループの会合が行われました。Plugfest では、各社が各デバイスやアプリケーションを持ち寄り、相互接続性を確認するとともに新たな活用方法と課題

について議論しました。私は、近年普及が進んでいる Agentic Coding と Web of Things を関連づけ、Plugfest ネットワーク内にあるデバイス群をその場で探索してプログラムを生成するという活用例を、実機デモを交えて説明しました (図 5)。今回の TPAC では他のセッションにおいても生成 AI と Web の関わりについての議論が多数行われていました。Web of Things ワーキンググループでの議論においても、今後生成 AI と連携する際の考慮事項などを検討していくというワークアイテムが追加される方向となり、私の発表内容がその検討の一助となれればと思っています。

おわりに

本稿では、私の Web of Things 標準化に関わる活動とともに、Web of Things 標準の簡単な解説をさせていただきました。Web of Things は、標準が成熟のフェーズに向かっており、今後は実社会への適用を進めていくフェーズに入っていくと想像しています。当初は IoT という分野の標準として始まった技術ではありますが、最近では AI エージェント間のインターフェース記述などにも利用され、スマートシティへの適用を検討するグループが立ち上がるなど活用の範囲が広がってきていると認識しています。このような中で、今後も引き続き実装を通じて標準化内容の価値を示し、そのブラッシュアップや普及に微力でも貢献することができればと思っています。

参考文献

- [1] Michael Lagally, Ryuichi Matsukura, Michael McCool, Kunihiro Toumura (編), “Web of Things (WoT) Architecture 1.1”, W3C Recommendation, 2023 年 12 月
- [2] Sebastian Kaebisch, Michael McCool, Ege Korkan (編), “Web of Things (WoT) Thing Description 1.1”, W3C Recommendation, 2023 年 12 月
- [3] Andrea Cimmino, Michael McCool, Farshid Tavakilizadeh, Kunihiro Toumura (編), “Web of Things (WoT) Discovery”, W3C Recommendation, 2023 年 12 月
- [4] “Node generator for Node-RED”, <https://github.com/node-red/node-red-nodegen>
- [5] “Web of Things JP CG”, <https://k-toumura.github.io/wot-jp-cg/>



図 4 日本コミュニティグループ向けの Web ページ

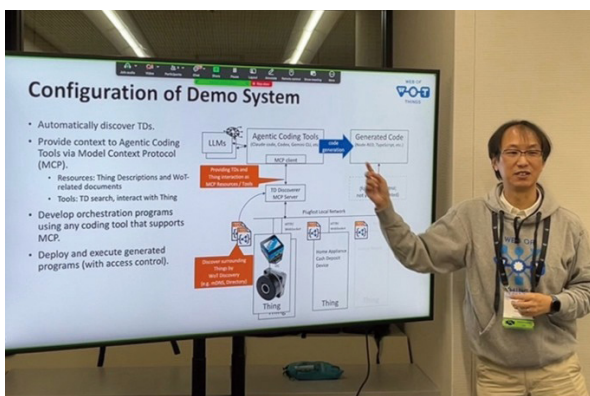


図 5 2025 年 11 月会合での筆者の発表