

坂村健
編著

オープン IoT

考え方と実践

オープンIoTが社会を変

IoTのパイオニアが
最先端技術の発想と実
践を語る。

パーソナル

SAMPLE

まえがき

IoT (Internet of Things) という ICT 分野のキーワードが、我が国だけでなく世界中を席卷するようになってきた。全世界で IoT の研究開発が進められているだけでなく、ビジネス的にどのように立ち上げるかが話題になっている。

IoT は、マーケティング用語として出てきた言葉であり、研究開発者が言い出した言葉ではない。しかしそれが重要なことである。インターネットにモノをつなぐことは、技術的には今からもう 10 年以上も前から「ユビキタスコンピューティング (Ubiquitous Computing)」などの言葉で——また、私が進める TRON プロジェクトでは 30 年前にこのコンセプトを HFDS (超機能分散システム: Highly Functionally Distributed System) とよんで研究してきた。ユビキタスコンピューティング以外でも、パーベイシブコンピューティング (Pervasive Computing)、M2M (Machine to Machine)、サイバーフィジカルシステム (Cyber Physical System) などいろいろな名前でもばれてきた。しかし、いずれもビジネス的にはアピール力に欠けていたようだ。

インターネットにモノをつないで、そこからデータを取ったり、それをコントロールしたりするというのは、いまさらという感じである。勘違いされる方もいらっしゃるが、電灯やエアコンをネットワークにつなぎ、遠隔地からコントロールするという研究は 30 年前からあった。そのような製品・サービスを、IoT ブームに便乗して「これが IoT」などと言うのは、情けない。

IoT というのは Internet of Things という言葉どおりだと「モノをインターネットにつなげる」ということだが、インターネットで重要なのは、TCP/IP という通信プロトコルを載せれば、目的も問わずメーカーも問わず機器同士がお互いに情報のやり取りができるという「オープン性」にある。機器の形態がパソコンなのかスマートフォンなのか組み込み機器なのかといったことも問わない。そこが従来のネットワークと基本的に違う特質であり、それによってインターネットは文字どおり世界を変えた。

それに対して、少し前に日本で脚光を浴びたホームオートメーションやスマートハウスだが、こちらはまったく社会に影響を与えなかった。家中の家電がホー

ムLANでつながって、外からでも今ならスマートフォンだろうが、当時は携帯電話で制御したり、当時の通産省が主導したエコーネット標準でお互いに協調動作させたりして快適な生活を過ごせるといっても、結局は特定メーカーの製品同士のクローズな連携を目指したに過ぎなかったからだ。エアコンや冷蔵庫、洗濯機といった家の中のすべての家電を同じメーカーで揃えるような人はいない。

「モノをインターネットにつなげる」というだけでなく、「インターネットのオープン性をもってモノをつなげる」——そのことを明確に示したのがIoTという用語なのだ。これに比べると、その他の用語は「遍在する」とか「浸透する」とか、単に「モノ同士がつながる」といったように単に現象論的な目標を示しているに過ぎないことがわかる。モノを「インターネットのようにオープンに」つなげられるということが新しいビジネスを予感させ、そのため全世界がInternet of Thingsという言葉で統一されていくのは、ある意味当然のことだと思う。

オープンIoTでは、事前にメーカー間で特別な約束事することなく、ネットにつなげればすぐにお互いに情報交換して協調動作できる、ということがいちばんの肝である。そのためには、基盤となる標準フレームワークが重要になる。そしてTRONプロジェクトは30年前のスタート当初からオープンな標準の構築を目指してきた。オープンアーキテクチャ、オープンソースを基本方針としており、オープンIoTとは相性がよい。これまでTRONプロジェクトは、OS(オペレーティングシステム)やモノの識別を含めた情報流通のための基盤といった要素技術が中心であったが、これらの要素技術が成熟するにつれ、現在では、さまざまな要素を全体としてまとめあげていく上位のフレームアーキテクチャにまで範囲を広げている。TRONプロジェクトでは、オープンソースによるエコシステムを構築しているが、どのレベルからでもTRONプロジェクトの成果を利用できるし、他システムと連携することもできる。

本書は、オープンIoT実現のための哲学、考え方から説き起こし、フレームワークアーキテクチャからオープンIoTの具体的な実践までを述べた本である。本書を活用して、新しいオープンIoTのビジネスに適合した製品・サービスの開発が盛んになることを期待している。

2017年1月1日

坂村 健

目次

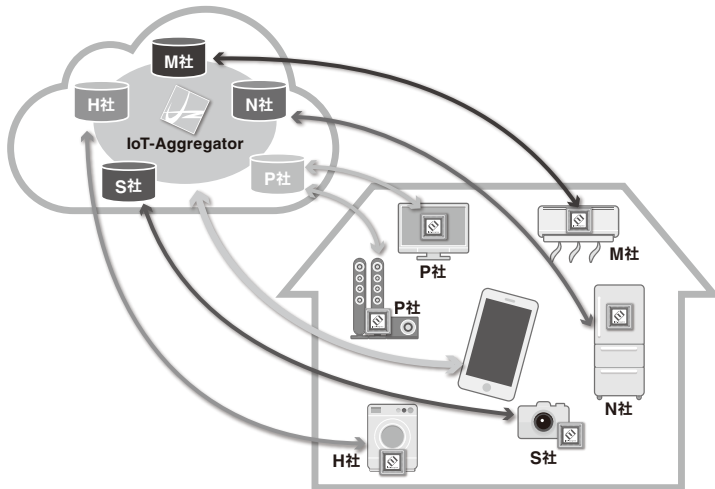
まえがき	2
Chapter 1 オープンIoTの考え方	7
オープンIoTへむけて	8
Chapter 2 IoT実践に向けての取り組み	41
IoT-Aggregatorで実現するIoT	42
IoT-Engineとは何か	55
T-Carによる教育	64
半導体メーカーによるIoT-Engineの実現	70
ソフトウェアメーカーによるIoT-Engineサポート	84
IoT時代のマイコン	96
IoT時代のアプリケーション	100
IoT時代のセキュリティ～機器設計者はどう構えるべきか？	104
Chapter 3 IoTのためのネットワーク技術	109
近距離無線技術 6LoWPAN	110
IPv6と近距離無線技術	125
Chapter 4 オープンデータ×オープンAPI	131
フレームワークス 物流オープンデータ活用コンテスト	131
IoT時代のオープンデータによるイノベーションと物流	132
フレームワークスの考えるIoT時代の物流サービス	148
IoTスタートアップから生まれる新しいサービス	151

パネルセッション：物流データは可能性の宝庫	154
フレームワークス 物流オープンデータ活用コンテスト 受賞作品	158
RICOH THETA × IoT デベロッパーズコンテスト	
オープンAPIですべてのモノをつなげる	160
コンテスト開催の狙いと期待	172
RICOH THETA × IoT デベロッパーズコンテスト 受賞作品	176
Chapter 5 IoT × オープンデータ：業界動向	179
IoT業界 最新動向	180
オープンデータとXプライズ方式コンテスト	205
Chapter 6 IoT住宅への応用— 電脳住宅	233
トヨタ夢の住宅 PAPI	234
台湾 u-home	240
IoT時代の人材教育—	
Chapter 7 東洋大学 情報連携学部 INIAD	247
イノベーションを起こせる人材を育成する	248
INIAD 徹底紹介	256
出典・参考文献・参考情報	275
出典	276
参考文献	277
参考情報	278



オープンIoTの考え方

1 オープンIoT の考え方



オープンIoTへむけて

坂村 健

IoT (Internet of Things) とは、モノの中にコンピュータが入り、そのコンピュータが入ったモノがネットワークにつながり、人々の役に立つシステム——インターネットが人間と人間のコミュニケーションを助けるだけでなく、モノを操作したり、モノからの情報を集めるネットワークになっていきます。世界中でモノをインターネットにつなぐための技術と応用、それが人々に与える影響に対して関心が高まっています。

閉じたIoTからオープンなIoTへ

「オープン」を掲げて30年

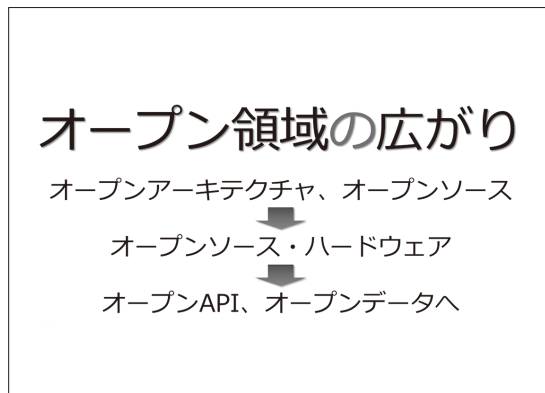
まず、オープンなIoTとは一体何かということですが、TRONプロジェクトで「オープン」はプロジェクト推進のための重要なキーワード。プロジェクト発足以来30年間、オープンという考えに基づいてプロジェクトを進めてき

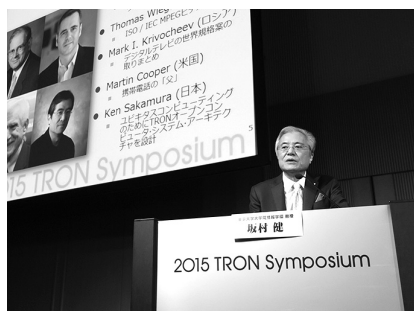
ました。世の中にはクローズな技術プロジェクトとオープンなプロジェクトの二つしかない。クローズというのは技術を外に出さないということです。自分達の技術は自分たちだけのものとして抱え込んでしまうやり方。ブラックボックスにして中を見せない。オープンとは逆です。技術を出す。中をブラックボックスにしない。どうやってやるのか、どうなっているのか、同じことをやりたかったら再現できるようにソースコードも公開する。私のやり方ではロイヤリティも取りません。しかもそれを利用して製品を開発し、販売してお金を取るのも自由です。

オープンで垣根を越える

なぜオープンにするのかというと、システムの相互接続性を高めて連携させたいから。なぜ無料で出すのかというと、できるだけ多くのシステムをつなげたいからです。コンピュータを入れたモノをネットでつなぎたい。Internet of Thingsですから。電子メールをクローズでやりたい、つまり特定の人とだけメールのやり取りをしたいなら別にインターネットを使う必要はありません。インターネットにつなげるということは広く多くの人々と接続したい、コネクティビリティを高めたいからです。技術情報を公開することによって、相互接続、運用がやりやすくなります。

IoTがらみで最近注目されているもう一つのコンセプトとして「オープンAPI」があります。APIは Application Programming Interface の略ですが、





いろいろなモノがネットワークにつながったときに、外からそのモノをコントロールできるようにする——そのための操作の仕方がAPIで、そのAPIをオープンにしようということです。たとえば、照明器具がネットワークにつながっていれば、たとえばスマートフォン（スマホ）から

電気を点けたり消したりできるようになるわけです。しかし、そういうことをするためには、どういうコマンドを照明器具に送れば電気が点くのか、また、どういうコマンドを送れば消えるのか、という操作の仕方——APIを操作する側が知っている必要があります。そしてアクセス権の管理も重要。誰が、どういう条件で、どこまでの操作ができるのかということも、システムがきちんとマネージメントできないといけません。IoTが社会に受け入れられるには、セキュリティやアクセスコントロールが重要になり、そういうルールが確立されたうえでオープンということを進める必要があります。

そしてここでもう一つ、クローズでないということは一つの組織の中だけでいろいろなモノがつながっているのではないということです。組織を超えて多くのモノがつながるといえることです。電子メールもそうです。自分の会社の中だけ、自分の大学の中だけ、自分の組織の中だけでメールをするならインターネットを使わない方法もあります。しかし、会ったことがない人とメールの交換がしたいというときにインターネットが重要になってくるわけです。組織を超えるということです。メールアドレスを教えてあげたらその人とメールができるのと同じように、世の中にあるモノが全部ネットワークにつながり、ルールさえ守ればそのモノと会話ができるようにしたい。モノと会話ができるというのは、たとえば照明なら「点けてくれますか」「消してくれますか」という会話ができるということです。

繰り返しになりますが、これはどこからでも何をしてもいいということではありません。ルールを守りそのものから許可が得られれば、誰でもがどんなモノにもつながられる。ここが重要で、オープンだから何でもできるわけではありません。

「オープン」とは 言っても…

何でも、誰にでも、いつでも、どこでも
「オープン」でいいわけではない



ルールを守ればが重要

そういうことができたときに、社会が大きく変わると思っています。今のインターネット——モノが別につながってなくても——インターネットが社会に与えた影響というのは非常に大きい。その理由はインターネットがオープンだったからです。オープンには社会全体を変える力があります。とすればオープンにモノがつながるネットワークができた場合には、もっとすごいことが起こるだろう。すべての仕事のあり方に影響を与えるでしょう。

オープンIoTのガバナンス

オープンIoTの世界実現のためのルールをどう作っていくかということ、これをガバナンスと言います。適切に使うための管理をコンピュータの中でどうやって行うのか？ すべてのモノがネットワークにつながると言っているわけですから——たとえば、家庭に体重計があったとします。家族の誰が乗っても体重がわかるわけですが、それをネットにつなげれば、自分の体重のデータを会社のクラウドの中に溜めておくことができる。会社に勤めている方が会社のシステムを使って健康管理していたとき、家庭で毎日計った体重の変化のデータを会社の産業医が見られれば、いろいろなことがわかります。しかし、家庭にある体重計のデータから関係ない家族のデータまで送られたらプライバシーの侵害になります。会社に勤めているお父さんの分だけを送り、娘さんの分は送らない、といったことをきちんとコントロールできないと困ってしまうわけです。

ある地域の住人の体重のデータも、地域の健康のデータとして公共性があります。最近は病気を未然に予防するということが日本でも注目を浴びるようになってきました。これはこのような地域ビッグデータのおかげなのですが、同じような生活をしているのにも関わらず、身体に変調があるとき、データから何かわかるかもしれない。統計データは重要ですが、そのときに個人の名前まで知る必要があるのかということ議論しなければならない。平均データを出すだけで名前は出さないようにするなど、一つ一つ検討してコンセンサスを取らないと、ガバナンスの問題は解決できません。まさにすべてのモノがネットにつながってしまうわけですから、ネットにつながっているモノの間でも、人間の社会の中でのルールと同じようなものを作っていないといけないわけです。

オープンIoT実現のためのモデルをどう作るのかということ。私はどうするのかを考える研究者です。そしてどうやって実現するのかも考えています。全世界の人間がメールアドレスを持ったとしても数十億で済むかもしれませんが、モノを全部つなげるとなったら、数十億程度では済みません。数百億から数千億というモノがネットにつながってくるわけですから、どうやって実現するかも考えなければなりません。答えを出さないと実際、全世界のモノをネットにつなげることはできません。そういうスケラビリティ、要するにスケールを大きくしたときに、きちんとデータが送れるのかということも考えないといけません。

それがガバナンス 管理

「適切に使う」ための高度な管理は
高度な判断が必要

オープンIoT実現のためのモデル

さまざまな技術の実用化を促したTRON 電腦住宅

80年代から私は、プロトタイプを使ってすべてのモノをネットにつなげたときにどれぐらいのデータが送られているか、どれぐらいのトラフィックが起こるのか、何が起こるのかを知るために、多くの実証実験、フィジビリティスタディを行ってきました。たとえば、IoTの考えに基づいた実験住宅。住宅を構成するすべてのパーツにコンピュータを入れる、たとえば窓枠に入れる、扉に入れる、床に入れる、天井に入れる、壁に入れる、もちろん部屋の中にあるいろいろな家電製品の中のコンピュータ、それを全部つないだ場合にどのぐらいのデータ量になるのか、また何ができるのかを知るために実験住宅を造ってきました。1989年に造ったTRON 電腦住宅では、窓や屋根など住宅を構成しているパーツ数百個にコンピュータとセンサーとアクチュエータが付いていたのですが、たとえば風の向きがわかると、それに合わせて窓が開くとか、雨が降ると閉まるとか、そういう実験をしていました。

今、このときに実験した技術で、実用化されているものはけっこうあります。温水洗浄トイレは今実用化されていますが、当時はまだ実験的でした。ヘルスケアモニターや人感足元灯、夜寝ているときにトイレなどに行きたくなくて起きると足元を照らして誘導してくれるような自動照明ですが、センサーと照明を組み合わせたものも今は実用になっています。また植物の自動灌水

いま実用になっているもの

- シャワートイレ
- ヘルスケアモニター
- ヘルスケアデータの医師への送信
- シーン照明
- 人感足元灯
- DSP音場エミュレーション
- 植物の自動灌水
- 透明度を変えられる液晶ガラス窓
- 屋内のセンサーネットワーク（環境、温度）

というのは、自動的に植物に水を与えるシステムです。30年前は珍しかったのですが、今では当たり前の技術になりました。

トヨタ夢の住宅PAPI

2004年にもう一つの電腦住宅、トヨタがスポンサーとなり「PAPI」という未来住宅を造りました（→P.234）。ここは80年代に造ったとき以上にコンピュータやセンサーの量を増やしました。プラグインハイブリッド車を、停電になったときに発電機にして電気を住宅に供給する装置を付けました。2000年代は実用的ではなかったもので、今実用的になってきているものもたくさんあります。

ここで言いたいことは、1989年あたりからすでにこういう住宅を造っていたのですが、80年代も2000年代も何百個何千個とコンピュータをモノの中に入れてそれをネットにつなぐというようなことは、大変だったということです。なぜかという、まずコンピュータが大きかった。80年代はマイクロコンピュータがまだ進歩していませんでしたので、地下にサン・マイクロシステムズのワークステーションという大きなコンピュータを数十台入れるためのスペースが必要でした。それが今では手のひらに乗るぐらいの大きさになってきています。

さらに大変だったのが、その何十台とあるコンピュータから、窓やドアに

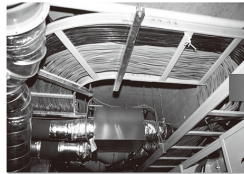


1989年に造られたTRON 電腦住宅

半導体技術の進歩



ネットワーク技術の進歩



線をつながなければならなかったこと。電線の固まりの家になってしまってこれは実用的ではないと感じました。これを全世界でやるとなったら大変なことになると思いました。

2000年代に入ると光ファイバーが出てきました。すごかった配線が、80年代から2000年代になって激減しました。これなら何とかできるかと思ったのですが、それでも住宅に光ファイバーを張り巡らせてしまうとオフィスビルのようになってしまうコストが高くなります。

・・・この続きは、製品版でお楽しみください。

購入ご案内

iPad 用 PDF リーダアプリ「Smooth Reader」をご利用の方は、以下のボタンをタップすると購入手続きに進みます。



Apple IDで
電子書籍を購入する

その他の電子書籍や、全国書店でお買い求めになれる紙書籍に関する情報は、当社ウェブページをご覧ください。

→ <http://www.personal-media.co.jp/book/>

本書の関連情報を当社ウェブサイトでご案内しています。

<http://www.personal-media.co.jp/book/>

本書は、著作権法上の保護を受けています。本書の一部または全部を著作権法の定めによる範囲を超えて、複写、複製、転記、転載、再配布（ネットワーク上へのアップロードを含む）することは禁止されています。本書を代行業者等の第三者に依頼してスキャンやデジタル化することは、たとえ個人や家庭内での利用であっても著作権法上認められていません。

TRON は、“The Real-time Operating System Nucleus” の略称です。IoT-Engine、T-Car、T-Engine、T-Kernel などは、コンピュータ機器の仕様に対する名称であり、特定の商品を示すものではありません。

本書に記載されているハードウェア名やソフトウェア名は、一般に各メーカーの登録商標または商標です。本文中では、®、TM、©を明記していません。

オープン IoT — 考え方と実践

2017年1月10日 初版1刷発行

2017年7月 1日 PDF版発行

編著者 坂村 健
©2017 Ken Sakamura

発行所 パーソナルメディア株式会社
〒142-0051
東京都品川区平塚2-6-13 マツモト・スバルビル
TEL (03) 5749-4932 FAX (03) 5749-4936
pub@personal-media.co.jp
<http://www.personal-media.co.jp/>

PMBK-328-PDF-00-01

坂村 健

東京大学大学院 情報学環 教授・工学博士

コンピュータアーキテクト（**電脳建築家**）。

IoTの原型となるオープンなコンピュータアーキテクチャ「TRONプロジェクト」を1984年に開始。カメラ、モバイル端末、家電などの組み込みOSとして世界中で多数利用されている。さらに家具、住宅、ミュージアム、ビル、都市などへの広範囲なデザイン展開を行っている。

2002年よりYRPユビキタス・ネットワークング研究所長を兼任。2009年より東京大学大学院情報学環 ユビキタス情報社会基盤研究センター センター長を兼任。

2017年4月から東洋大学情報連携学部 INIAD 学部長就任予定。

IEEE Life Fellow, IEEE CS Golden Core Member。2003年 紫綬褒章、2006年日本学士院賞、2015年ITU150周年賞受賞。



