

## IoT活用

All Rights Reserved, Copyright © UHD2018

第1章 IoTの概要	E-Learning	
1-1. Internet of Things (IoT)		12
1-2. ネットワークとデータが創造する新たな価値		13
1-3. シンプルなIoTデバイスの例		14
1-4. IoTシステムの物理的構成		15
1-5. Society 5.0		16
1-6. 経済発展と社会的課題の解決を両立		17
1-7. 第四次産業革命1~2		18
1-8. 第四次産業革命の世界的な潮流		20
1-9. データの利活用の進展とプロセス・プロダクトにおける進展の対応		21
1-10. 業種ごとのプロセスのIoT導入事例		22
1-11. 業種ごとのプロダクトのIoT導入事例		23
1-12. IoTにおける製品の高付加価値化の事例1~2		24

第1章 IoTの概要 **E-Learning**

1-13. IoTによる新規事業・サービスの創出事例1～2 .....	26
1-14. IoT関連技術に対する1社当たりの平均投資額（米国） .....	28
1-15. 米国大手企業におけるIoT/AI関連の取り組みとしてメディアなど 公開情報で取り上げられた主な事例の技術導入シェア .....	29
1-16. IoT活用分野（消費者向け） .....	30
1-17. IoT活用分野（ビジネス向け） 1～2 .....	31
1-18. 国内のIoT市場規模の推移と予測 .....	33
1-19. IoTの導入にあたっての課題（平成30年度版） .....	34
1-20. 企業がAI・IoTの利活用を進める上での課題 .....	35
1-21. 日本企業におけるプロセスIoT化率 .....	37
1-22. 日本企業におけるプロダクトIoT化率 .....	38
1-23. プロセスIoT化を考えていない理由 .....	39
1-24. プロダクトIoT化を考えていない理由 .....	40

第1章 IoTの概要	<b>E-Learning</b>	
1-25. IoT化を考えていない理由の比較	.....	41
1-26. IoT推進コンソーシアム	.....	42
1-27. スマートIoT推進フォーラム	.....	43
1-28. IoT導入事例紹介	.....	44
1-29. その他の委員会・コミュニティなど	.....	45
考察 IoTの事業モデル設計	.....	46
第2章 IoTに関連する主な通信技術		
2-1. 主な予備知識	.....	49
2-2. 電波の種類	.....	50
2-3. 免許不要の無線局	.....	53
2-4. Bluetooth・ZigBee・Wi-Fi	.....	54
2-5. ネットワークトポロジ	.....	55

第2章 IoTに関連する主な通信技術	<b>E-Learning</b>
2-6. Bluetooth Low Energy (BLE)	56
2-7. Low Power Wide Area (LPWA)	57
2-8. LPWAの特徴	58
2-9. 主なLPWA規格の位置付け	59
2-10. LPWAの活用事例 (日本)	60
2-11. LPWAの活用事例 (海外)	61
2-12. IoTシステムの主なプロトコル	62
2-13. HTTP	63
2-14. MQTT	64
2-15. CoAP	65
2-16. WebSocket	66

第3章 電気回路の基礎	<b>E-Learning</b>	
3-1. 電気回路に関する用語	.....	68
3-2. 電気の流れ	.....	69
3-3. LEDの仕様	.....	70
3-4. 電圧と電流と電力の単位	.....	71
3-5. 感電した場合の危険度の目安	.....	72
3-6. 抵抗の色の読み方	.....	73
3-7. 電圧～電流～抵抗	.....	74
3-8. オームの法則	.....	75
3-9. 並列接続における和分の積	.....	76

## 目次（4）

- 第3章 電気回路の基礎
  - 3-1. 電気回路に関する用語 **E-Learning** .....68
  - 3-2. 電気の流れ .....69
  - 3-3. LEDの仕様 .....70
  - 3-4. 電圧と電流と電力の単位 .....71
  - 3-5. 感電した場合の危険度の目安 .....72
  - 3-6. 抵抗の色の読み方 .....73
  - 3-7. 電圧～電流～抵抗 .....74

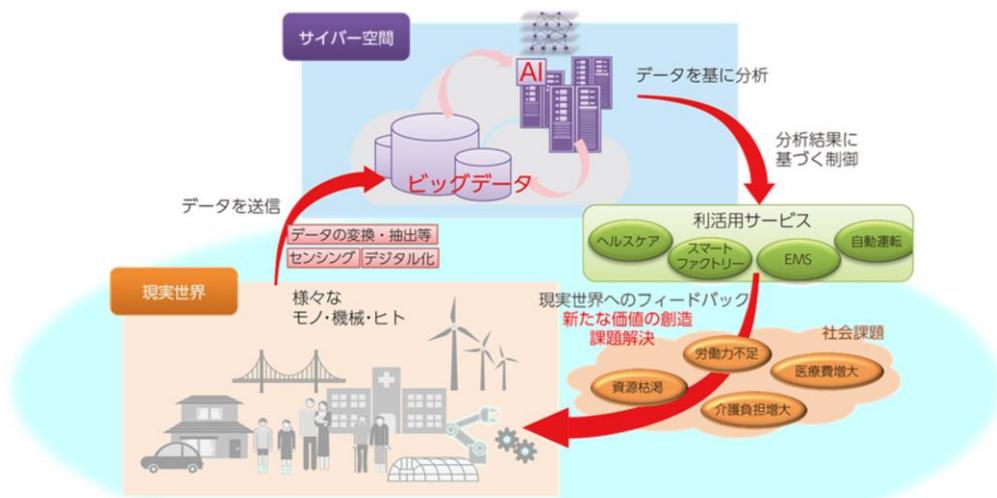


第1章：第1章 IoTの概要

## 1-1. Internet of Things (IoT)

- Internet of Things
- モノのインターネット
- 様々なモノがインターネットにつながり新たなサービスを創造する
  
- 用語自体は1999年ごろに登場したといたと言われている  
Kevin Ashton（当時MIT）が使用していたInternet for Thingsという用語が起源と言われている  
当時の意味合いでは、赤外線通信がインターネットのように繋がるという意味
- コンセプト自体は1980年代からある  
機器：インターネットに接続された自動販売機
- ユビキタスネットワークの後継とも言える

## 1-2. ネットワークとデータが創造する新たな価値



IoTは現実世界とサイバー空間をつなぐ

情報通信白書平成28年度版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

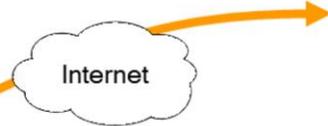
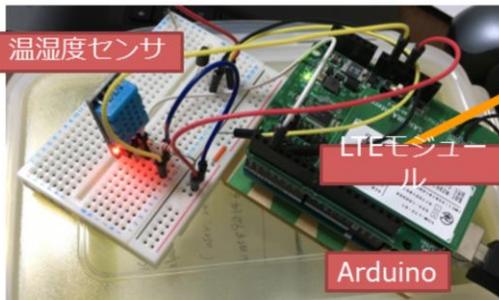
10

## 総務省での概要

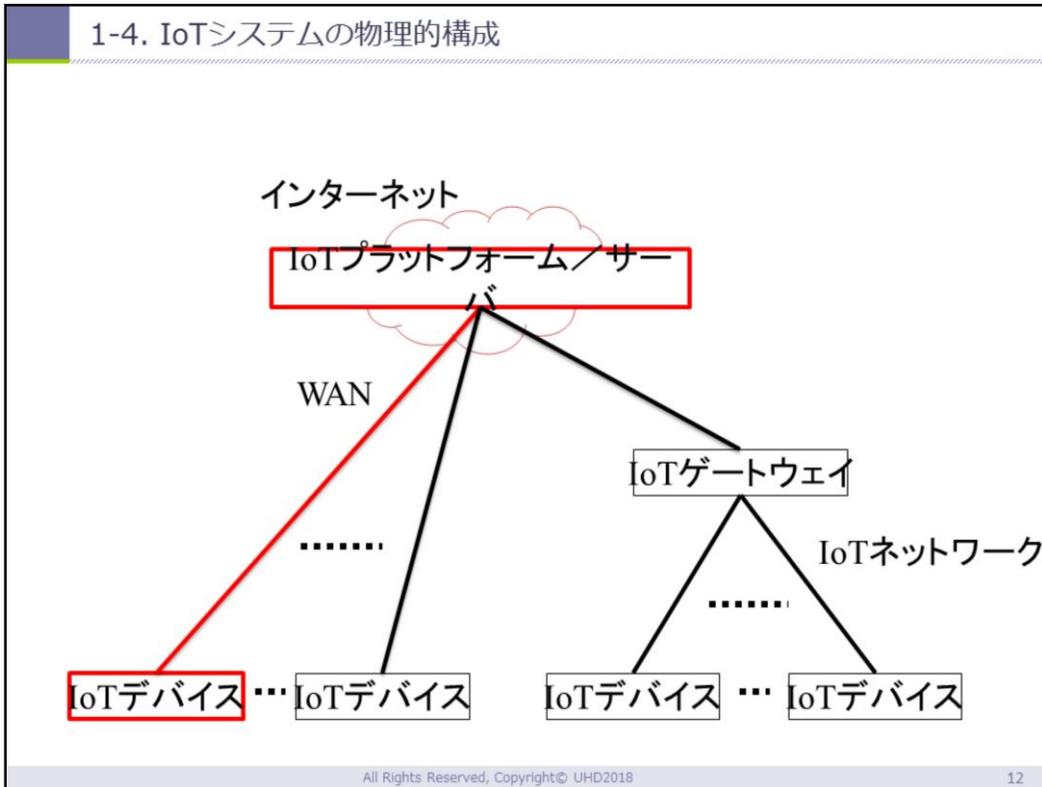
### 1-3. シンプルなIoTデバイスの例

- 10分間隔で温度・湿度を計測してサーバへ送信

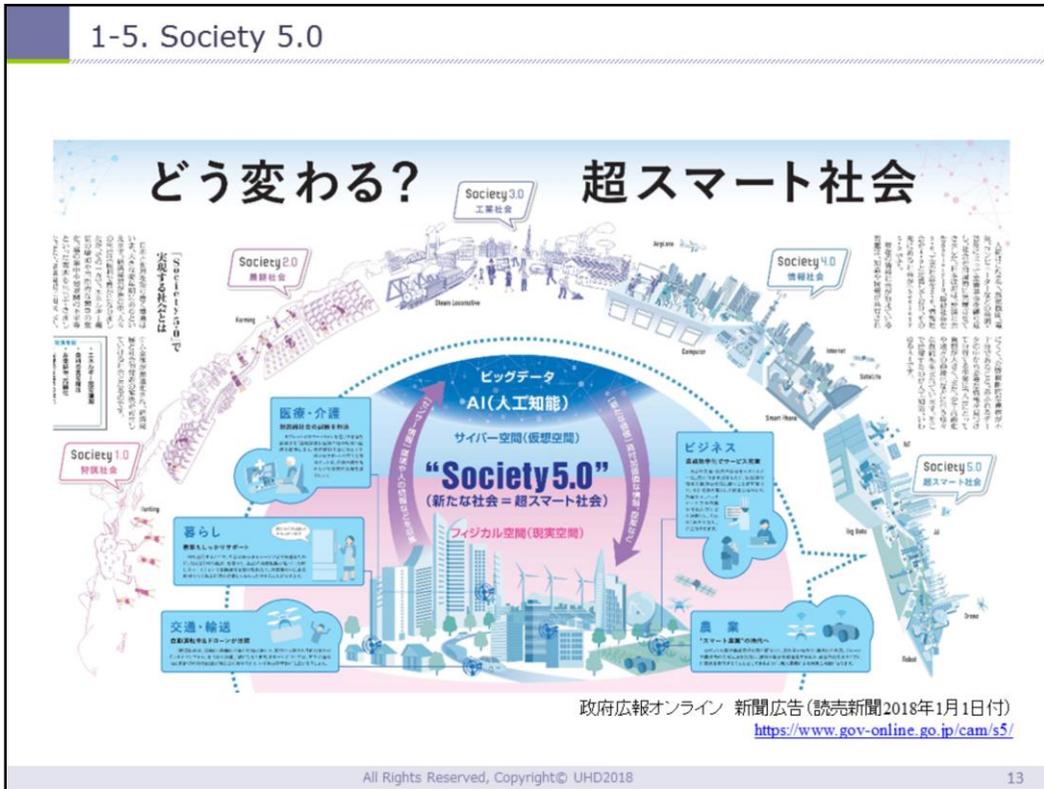
```
2017-09-14T23:26:28.498910794Z,51,25  
2017-09-14T23:36:28.683556193Z,50,26  
2017-09-14T23:46:28.845793168Z,48,27  
2017-09-14T23:56:29.037074181Z,49,26
```



#### 1-4. IoTシステムの物理的構成



今回、さくらIoTを使って最終的につくるのは赤色の構成部分になることを説明する。



Web先から「そもそも、Society5.0ってなに？」の動画（1分22秒）を見せてイメージをつかんでもらう。

## 1-6. 経済発展と社会的課題の解決を両立

### 経済発展と社会的課題の解決を両立する「Society 5.0」へ

#### 経済発展

- | エネルギーの需要増加
- | 食料の需要増加
- | 寿命延伸、高齢化
- | 国際的な競争の激化
- | 富の集中や地域間の不平等

#### 社会的課題の解決

- | 温室効果ガス（GHG）排出削減
- | 食料の増産やロスの削減
- | 高齢化に伴う社会コストの抑制
- | 持続可能な産業化の推進
- | 富の再配分や地域間の格差是正

IoT、ロボット、人工知能（AI）、ビッグデータ等の先端技術をあらゆる産業や社会生活に取り入れ、格差なく、多様なニーズにきめ細かく対応したモノやサービスを提供

**経済発展と社会的課題の解決を両立**

（内閣府作成）

4

内閣府 科学技術政策 Society 5.0  
[http://www8.cao.go.jp/cstp/society5\\_0/index.html](http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

14

時間があれば内閣府 科学技術政策 Society5.0のサイトの最下部の事例イラストを見てもらう。

## 1-7. 第四次産業革命（1）

### 第一次産業革命

- 18～19世紀初頭
- 蒸気機関、紡績機など（軽工業の機械化）

### 第二次産業革命

- 19世紀後半
- 石油、電力、重化学工業

### 第三次産業革命

- 20世紀後半
- インターネットの出現、ICTの急速な普及

### 第四次産業革命

- 21世紀極端な自動化、コネクティビティによる産業革新  
（ダボス会議UBS白書2016年1月）

情報通信白書平成29年版（総務省）  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>

## 1-7. 第四次産業革命（2）

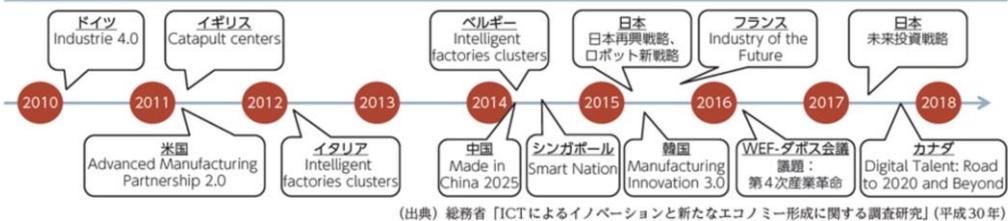
革命	特徴
第1次産業革命	18世紀後半、蒸気・石炭を動力源とする軽工業中心の経済発展および社会構造の変革。イギリスで蒸気機関が発明され、工場制機械工業が幕開けとなった
第2次産業革命	19世紀後半、電気・石油を新たな動力源とする重工業中心の経済発展および社会構造の変革。エジソンが電球などを発明したことや物流網の発展などが相まって、大量生産、大量輸送、大量消費の時代が到来。フォードのT型自動車は、第2次産業革命を代表する製品の1つといわれる
第3次産業革命	20世紀後半、コンピューターなどの電子技術やロボット技術を活用したマイクロエレクトロニクス革命により、自動化が促進された。日本メーカーのエレクトロニクス製品や自動車産業の発展などが象徴的である
第4次産業革命	2010年代現在、デジタル技術の進展と、あらゆるモノがインターネットとつながるIoTの発展により、限界費用や取引費用の低減が進み、新たな経済発展や社会構造の変革を誘発すると議論される <small>情報通信白書平成29年版（総務省）</small> <a href="http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html">http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html</a>

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

16

## 1-8. 第四次産業革命の世界的な潮流

図表 3-1-3-1 主要国の取組等

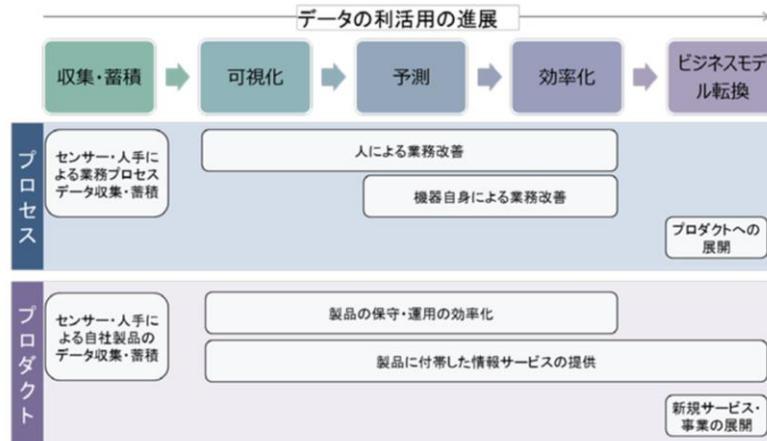


情報通信白書平成30年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h30.html>

## 1-9. データの利活用の進展と プロセス・プロダクトにおける進展の対応

図表 3-3-2-3 データの利活用の進展とプロセス・プロダクトにおける進展の対応



IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

IoTで何ができるか

プロセスとプロダクトについては後述の事例で出てくる

## 1-10. 業種ごとのプロセスのIoT導入事例

プロセス					
業種	事業者	概要	業種	事業者	概要
農林水産・鉱業	JAやつしろ (日本)	ビニールハウス内のセンサから取獲した温度や炭酸ガス量等のデータをリアルタイムに監視し、育成に最適な環境を維持。	流通・小売り	日本郵船	<b>SIMS(Ship Information Management System)</b> の導入により、エンジンの回転数や燃料消費量などの船舶データと天候等の外部データを組み合わせて運行・配船を効率化し、約10%の省エネ効果を達成。
製造業	ボッシュ (ドイツ)	ホンダ工場において、生産をソフトウェアで管理して電力消費量を効果的に抑制し、エネルギー需要の最適化を図り、ピーク時の負荷を最大で10%引き下げることに成功。	情報通信	Azercell (アゼルバイジャン)	アゼルバイジャンにある450か所の基地局の発電機等の設備のデータをリアルタイムで可視化し管理を効率化。
エネルギー・インフラ	中国電力 (日本)	島根原子力発電所2号機のセンサ情報を基に、精度の高い予兆検知を実現。正常な状態を解析・分析し、「いつもと違う」状態に対してはアラームを発報。	サービス業	あきんどスロー (日本)	皿をつけたICタグによる鮮度管理により、ICタグで何時何分にレーンに流したかを把握し、鮮度管理を徹底。合わせて、タッチパネルにより来店客の人数と大人、子どもの数をすることによるリアルタイムの需要予測を実施。

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

## 1-11. 業種ごとのプロダクトのIoT導入事例

プロダクト					
業種	事業者	概要	業種	事業者	概要
農林水産・鉱業	MONSANT (米国)	MONSANTの一部門であるThe Climate corporation(MONSANTが2013年に買収)より、農場経営者に土壌の品質や気象データからのアドバイスや、生産リスク対策用の保険を提供。	流通・小売り	ネスレ (スイス)	自社の業務用コーヒーマシンをネットワークに接続し、稼働情報を収集、遠隔から機器を調節したり、異常発生時にサービスマンへアラートを発行。常に理想的な状態での稼働を実現。
製造業	GE (米国)	ジェットエンジンにセンサーを組み込み、効率的な保守サービスや最適な航路を提案するサービス、及びそれらに利用しているIOTプラットフォームを提供。	情報通信	SORACOM (日本)	IOT向けの格安MVNOサービス「SORACOM Air」をはじめとした、IOT用通信プラットフォームを提供。
エネルギー・インフラ	東京電力 (日本)	自社WEBサイト「でんき家計簿」にてスマートメーターで計測した30分ごとの電気利用料を時間別で可視化するサービスを提供。	サービス業	ウォルトディズニー (米国)	ウォルトディズニーワールド園内で入場券、ホテルの鍵、園内で財布代わりで使用可能な電子マネーなどとして使えるウェアラブル端末「MagicBand」,およびそれを統合したサービス「MyMagic+」を提供。

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

## 1-12. IoTによる製品の高付加価値比の事例1

事例	メーカー	画像	概要
スマートペダル	<b>Connected Cycle</b> (フランス)	 The image shows a black smart pedal with a white sensor and a smartphone displaying a navigation app. The Connected Cycle logo is also visible.	<b>GPS機能付きの自転車に取り付けるだけでペダルが自動的にスピードや移動距離、乗車時間、消費カロリーなどを計測する。自転車盗難防止対策機能として万が一盗難があった場合はリアルタイムで居場所を追跡できる。自転車をこぐことで充電されるため、電池は不要である。</b>
スマート傘	<b>DAVEK</b> (米国)	 The image shows a red smart umbrella with a black handle and a small display on the handle.	<b>折りたたみ傘の中にBluetoothが内蔵されており、スマートフォンとペアリングして利用する。傘とスマートフォンの距離が一定以上離れると連動したスマートフォンに自動で通知が送られ傘の置き忘れを防ぐことができる。</b>

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)

[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

## 1-12. IoTによる製品の高付加価値比の事例2

事例	メーカー	画像	概要
スマート吸入器	Qualcomm Life, ノバルティス (スイス)		吸引機にセンサーを内蔵し、患者の服薬状況や服薬時間といったデータを収集して、患者の服薬管理を支援する。飲み薬に比べて「吸入タイプの薬剤は服薬し忘れる患者が多い」ことに対応する。 <b>2019</b> に発売予定である。
スマート衣類	AiQ (台湾)		スマート衣類「 <b>BioMan</b> (バイオマン)」を着て運動すれば、心拍数、呼吸数、体温などのバイタルサインの情報がアプリに転送され、スマホやPC上でデータ分析し、健康状態の持続的なモニタリングが可能。

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

## 1-13. IoTによる新規事業・サービスの創出事例1

事例	サプライヤ	画像	概要
スマート コントラク ション	コマツ (日本)		<p>ドローンによる工場現場の測定や測定結果に基づく施工計画の作成支援、その施工計画の通りに動くICT建機および全体工程の進捗管理システムまで一括で提供するソリューションである。ソリューションで使用するICT建機は現在、傘下のレンタル会社であるコマツレンタルを通じて貸し出しているが、2016年度中には販売も始める見通しである。</p>
ドコモ・ バイクシェア スマートシエ アリング	ドコモ・バ イクシェア (日本)		<p>自転車にGPSを備え、自転車の利用状況をネット経由で把握できる仕組みを実現し、全無人でレンタル自転車の事業を運用している。自転車はセンサーの情報をネットに送る通信機能を持ち、ネット上のサーバーに情報が常時蓄積される。自転車の状態をセンサーでリアルタイムに把握することができ、盗難や返却忘れなどにも対応可能である。</p>

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)

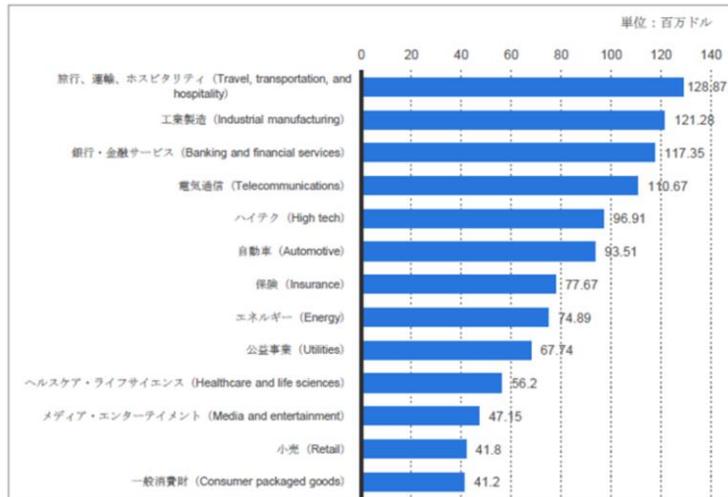
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

## 1-13. IoTによる新規事業・サービスの創出事例2

事例	サプライヤ	画像	概要
<b>PAY BY THE MILE</b>	ミシュラン (フランス)		<p>タイヤにセンサーを組み込み、実際の走行距離に基づきタイヤのリース料金を請求する、「サービスとしてのタイヤ (Tire-as-a-Service)」を運送会社向けに提供している。</p>
クボタスマートアグリ	クボタ (日本)		<p>食味・収量測定機能を搭載したコンパインにより、園場ごとの食味・水分・収量データを収集する。収集したデータに基づき園場ごとに最適な施肥計画を立て、翌年度は堆肥自動調量機能を持つ農機によって、園場ごとに計画通りの施肥を実施することができる。上記のサイクルを繰り返すことで、収穫・品質・食味の向上と安定化をサポートする。</p>

IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

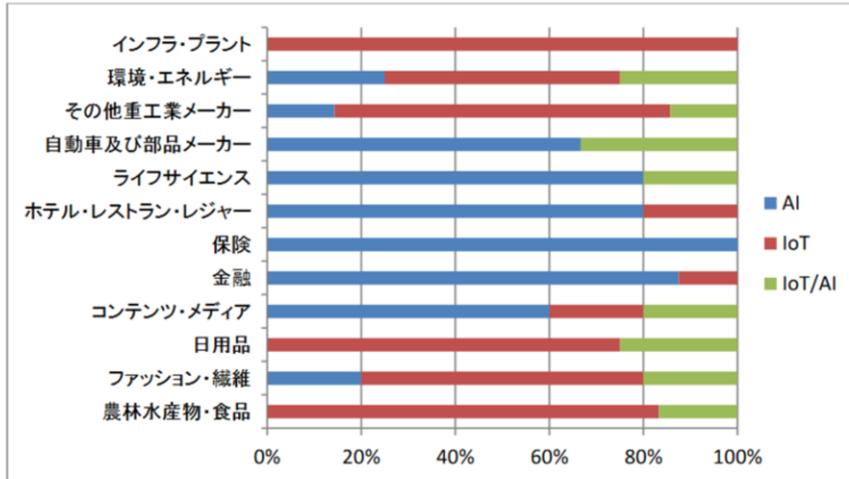
1-14. IoT関連技術に対する1社当たりの平均投資額  
(産業別、2015年5月)



米国の新ビジネスの動き IoT、AIなどの活用事例調査(平成29年、日本貿易振興機構)  
<https://www.jetro.go.jp/world/reports/2017/01/41f2ea19eaa8009f.html>

## アメリカでのIoTへの投資

1-15. 米国大手企業におけるIoT/AI関連の取り組みとしてメディアなど公開情報で取り上げられた主な事例の技術導入シェア（産業別）



米国の新ビジネスの動き IoT、AIなどの活用事例調査(平成29年、日本貿易振興機構)  
<https://www.jetro.go.jp/world/reports/2017/01/41f2ea19eaa8009f.html>

## アメリカでのIoTへの投資

## 1-16. IoT活用分野（消費者向け）

顧客タイプ	分野	対象となるビジネス分野
消費者向け	家	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ホームオートメーション</li> <li>・家の環境改良</li> <li>・エネルギー効率化</li> </ul>
	ライフスタイル	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ウェアラブル</li> <li>・エンターテインメント&amp;音楽</li> <li>・家族      ・レジャー</li> <li>・ペット      ・おもちゃ</li> <li>・ドローン</li> </ul>
	ヘルスケア	<ul style="list-style-type: none"> <li>・フィットネス</li> <li>・モニタリング</li> <li>・データ測定</li> <li>・診断</li> </ul>
	移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・コネクテッドカー</li> <li>・e バイク</li> </ul>

春特別号「米国におけるIoT 基盤の動向調査」(平成28年、日本貿易振興機構)  
[https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index\\_2016.html](https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index_2016.html)

## 1-17. IoTの活用分野（ビジネス向け）1

ビジネス向け	小売り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・小売店</li> <li>・コンビニエンスストア</li> </ul>
	医療（ヘルスケア）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・モニタリング</li> <li>・データ計測</li> <li>・診断 ・手術</li> <li>・患者ケア</li> </ul>
	エネルギー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・送配電</li> <li>・化石燃料 ・原子力</li> <li>・代替エネルギー源</li> </ul>
	移動	<ul style="list-style-type: none"> <li>・航空宇宙・空港</li> <li>・船舶</li> <li>・列車 ・駅</li> <li>・自動車 ・交通</li> </ul>

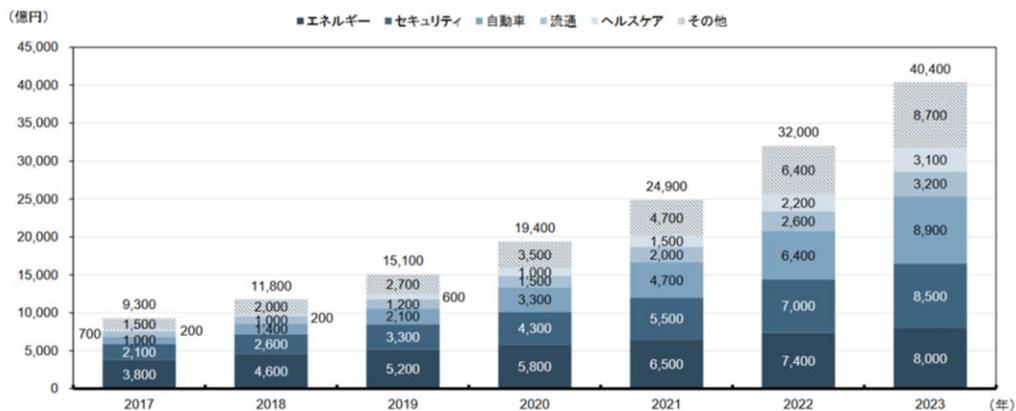
春特別号「米国におけるIoT 基盤の動向調査」(平成28年、日本貿易振興機構)  
[https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index\\_2016.html](https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index_2016.html)

## 1-17. IoTの活用分野 (ビジネス向け) 2

ビジネス向け	都市	<ul style="list-style-type: none"> <li>・インフラ</li> <li>・水 ・廃水</li> <li>・空調 ・照明</li> <li>・セキュリティー ・安全</li> </ul>
	製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>・鉱山</li> <li>・石油 ・ガス</li> <li>・生産</li> <li>・サプライチェーン</li> </ul>
	公共サービス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・学校 ・大学</li> <li>・政府 ・行政</li> <li>・銀行 ・保険</li> <li>・一般向けサービス</li> </ul>
	その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・環境</li> <li>・軍事</li> <li>・農業</li> </ul>

春特別号「米国におけるIoT 基盤の動向調査」(平成28年、日本貿易振興機構)  
[https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index\\_2016.html](https://www.ipa.go.jp/about/NYreport/index_2016.html)

## 1-18. 国内のIoT市場規模の推移と予測



「ITナビゲーター2018年版」これからICT・メディア市場で何が起ころのか～2023年までの市場トレンドを予測(平成29年、野村総研)  
<http://www.nri.com/jp/event/mediaforum/2017/pdf/forum259.pdf>

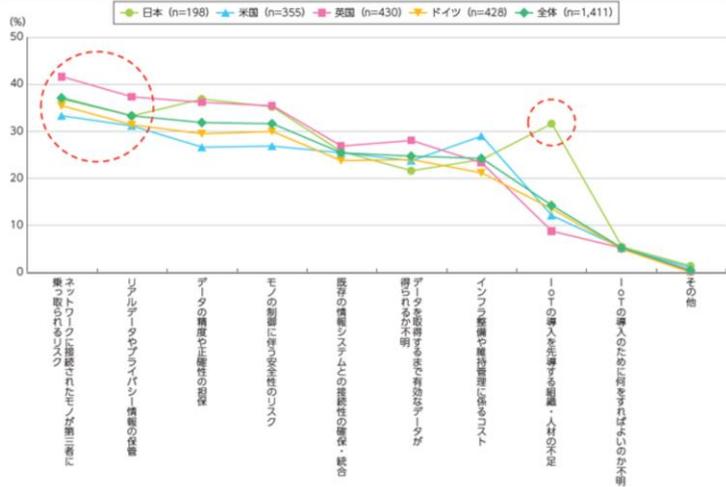
All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

30

## 日本のIoT市場企業の推移と予想

# 1-19. IoTの導入にあたっての課題（平成30年版）

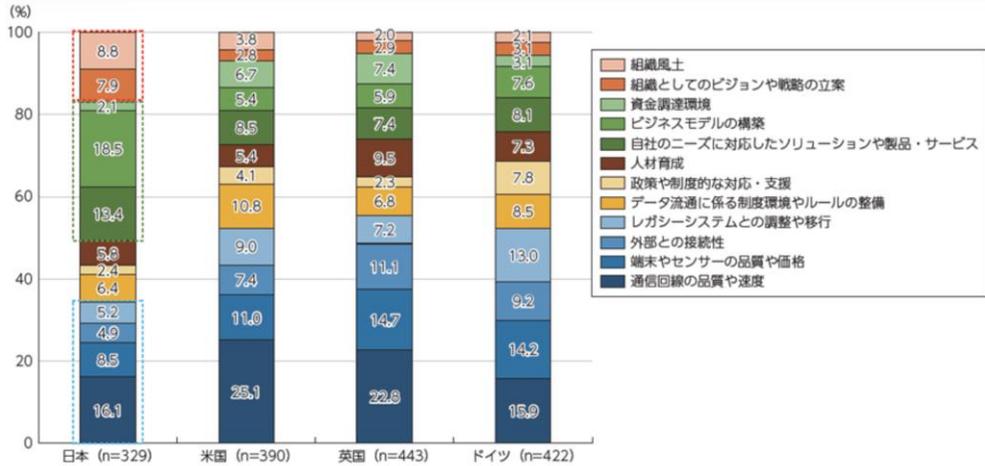
図表 3-2-2-2 IoTの導入にあたっての課題



(出典) 総務省「ICTによるイノベーションと新たなエコノミー形成に関する調査研究」(平成30年) 情報通信白書平成30年版(総務省)  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h30.html>

# 1-20. 企業がAI・IoTの利活用を進める上での課題

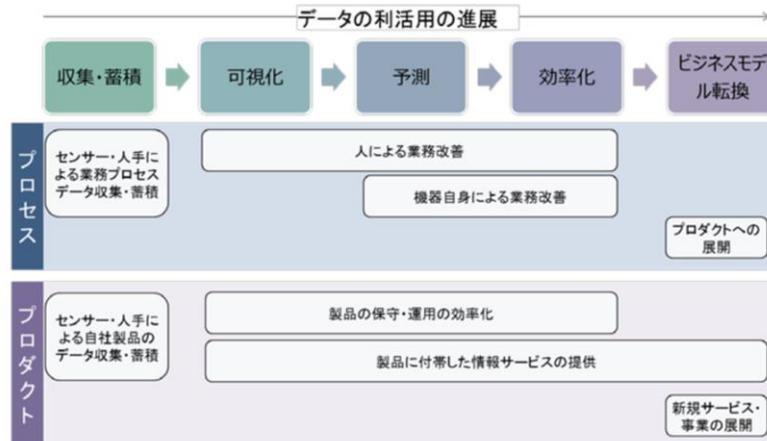
図表 3-2-2-4 企業がAI・IoTの利活用を進める上での課題



(出典) 総務省「ICTによるイノベーションと新たなエコノミー形成に関する調査研究」(平成30年) 情報通信白書平成30年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h30.html>

図表 3-3-2-3 データの利活用の進展とプロセス・プロダクトにおける進展の対応

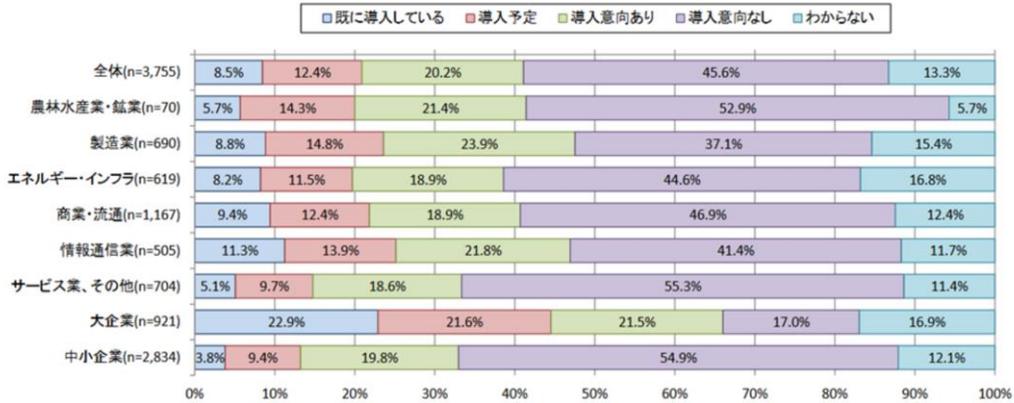


IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究(平成28年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/link/link03_h28.html)

IoTで何ができるか

プロセスとプロダクトの事例についてはe-learning  
&既出

## 1-21. 日本企業におけるプロセスIoT化率



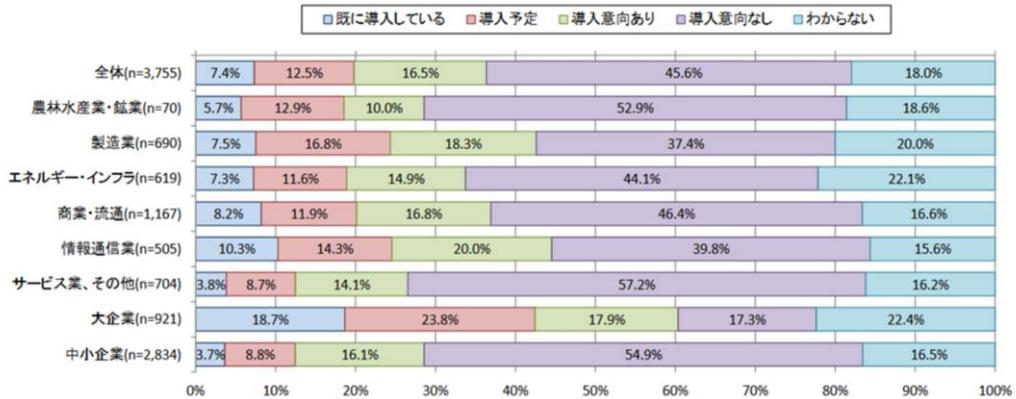
IoT時代におけるICT経済の諸課題に関する調査研究(平成29年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29\\_04\\_houkoku.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29_04_houkoku.pdf)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

34

- 人材不足、使い方、効果が疑問、、、というものが停滞理由の1つ
- 「この講座で使えるようになって、イメージ、検証ができるようになりましょう」とアピール

## 1-22. 日本企業におけるプロダクトIoT化率



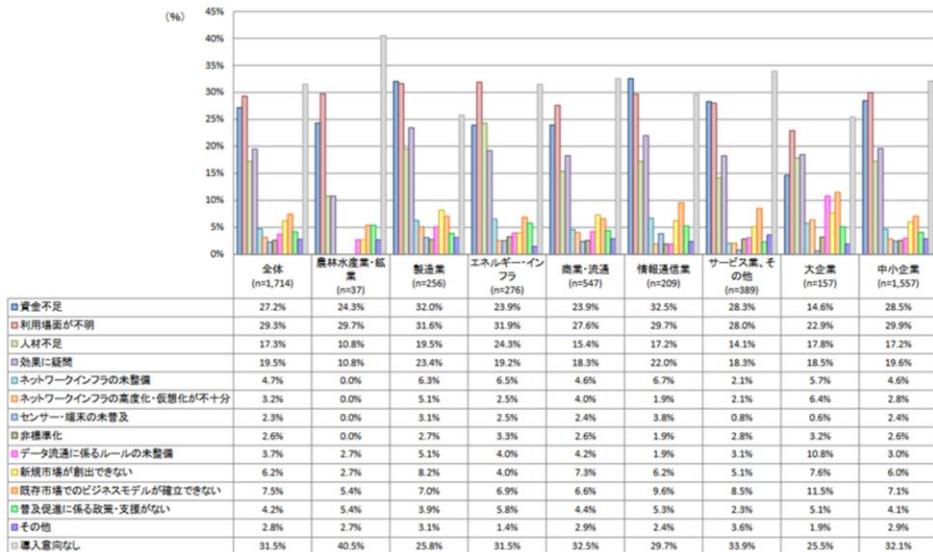
IoT時代におけるICT経済の諸課題に関する調査研究(平成29年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29\\_04\\_houkoku.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29_04_houkoku.pdf)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

35

- 人材不足、使い方、効果が疑問、、、というものが停滞理由の1つ
- 「この講座で使えるようになって、イメージ、検証ができるようになりましょう」とアピール

## 1-23. プロセスIoT化を考えていない理由



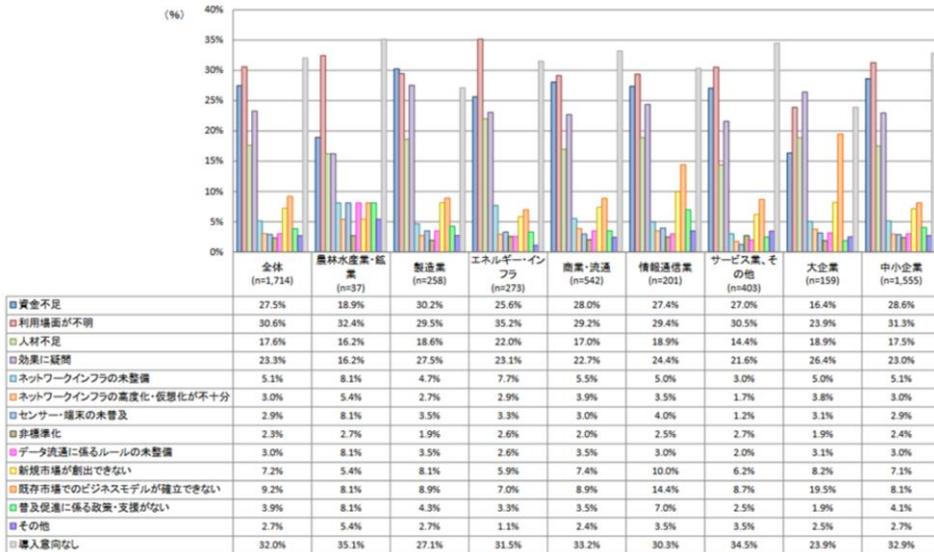
IoT時代におけるICT経済の諸課題に関する調査研究(平成29年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29\\_04\\_houkoku.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29_04_houkoku.pdf)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

36

- 人材不足、使い方、効果が疑問、、、というものが停滞理由の1つ
- 「この講座で使えるようになって、イメージ、検証ができるようになりましょう」とアピール

## 1-24. プロダクトIoT化を考えていない理由



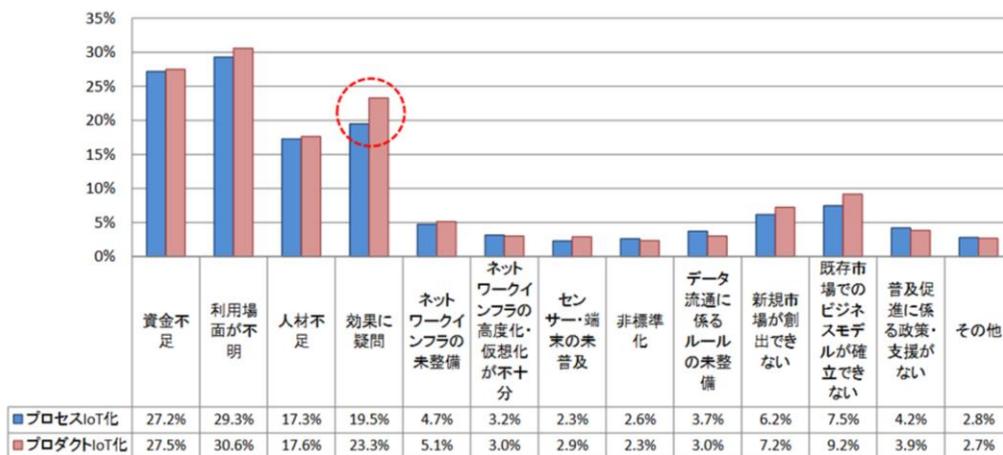
IoT時代におけるICT経済の諸課題に関する調査研究(平成29年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29\\_04\\_houkoku.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29_04_houkoku.pdf)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

37

- 人材不足、使い方、効果が疑問、、、というものが停滞理由の1つ
- 「この講座で使えるようになって、イメージ、検証ができるようになりましょう」とアピール

## 1-25. IoT化を考えていない理由の比較



IoT時代におけるICT経済の諸課題に関する調査研究(平成29年、総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29\\_04\\_houkoku.pdf](http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/linkdata/h29_04_houkoku.pdf)

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

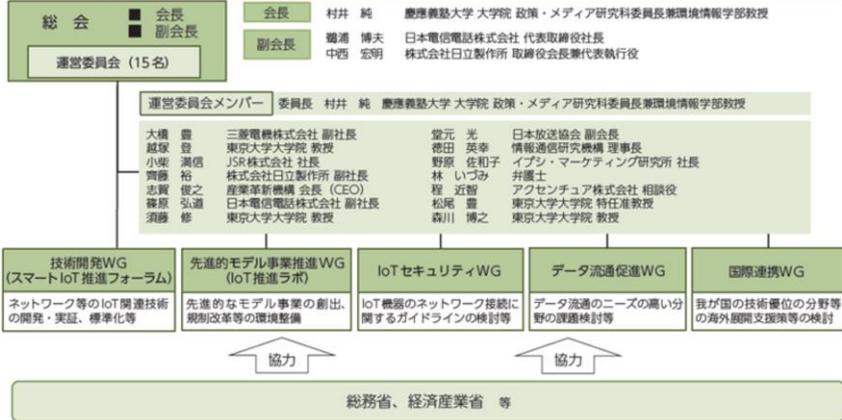
38

- 人材不足、使い方、効果が疑問、、、というものが停滞理由の1つ
- 「この講座で使えるようになって、イメージ、検証ができるようになりましょう」とアピール

# 1-26. IoT推進コンソーシアム

図表6-1-2-3 IoT推進コンソーシアム

- IoT/ビッグデータ/人工知能時代に対応し、企業・業種の枠を超えて産学官で利活用を促進するため、総務省及び経済産業省の共同呼びかけのもと、民主連の組織として「IoT推進コンソーシアム」を設立、(平成27年10月23日(金)に設立総会を開催。)
- 技術開発、利活用、政策課題の解決に向けた提言等を実施。(会員法人数3,513社(平成30年3月13日現在))



情報通信白書平成30年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/ohotusintokei/whitepaper/h30.html>

## 1-27. スマートIoT推進フォーラム

Smart IoT Acceleration  
Forum スマートIoT推進フォーラム

Home フォーラムについて 技術戦略検討部会 研究開発・社会実証プロジェクト部会 IoT価値創造推進チーム 入会案内

スマートIoT推進フォーラム

IoT・ビッグデータ・人工知能等の技術の発展によりグローバルにあらゆる分野で、その産業・社会構造が大きく変革しつつある世の中を見据え、IoT関係の技術開発・実証を推進いたします

トピックス >> もっと見る

- 2018年7月25日  
「IoT機器等の電波利用システムの適正利用のためのICT人材育成事業 講習会」@島根県松江市（2018年8月23日）開催のご案内

<https://smartiot-forum.jp/>

# 1-28. IoT導入事例紹介

## 事例一覧

※ 事例一覧表示はPC表示（ブラウザ表示幅800px以上）で最適に表示されるようになっております。

### 分類タグ一覧

- 生産性向上・業務改善
- 事業継続性
- 新規事業・経営戦略
- 顧客サービス向上
- 事業の全体最適化
- その他

show all
生産性向上・業務改善
事業継続性
新規事業・経営戦略
その他
顧客サービス向上
事業の全体最適化

 <p><b>Mitsumi 追跡システム</b></p> <p>野菜栽培監視と病害被害検知を一体化したクラウド監視</p>	 <p><b>GMO CLOUD</b></p> <p>スマホでパンナリ、AIでメーター故障</p>	 <p><b>HEC-EYE</b></p> <p>ドローン検査などのリアルタイム共有によって災害対応</p>	 <p><b>EcoNaviSto</b></p> <p>今のIoTに不足しているデータ連携を補完する</p>	 <p><b>binnijhor</b></p> <p>IoTによる遠隔制御によるデータの遠隔化を行う</p>	 <p><b>Drone Japan</b></p> <p>リモートセンシングによって作物の生育状況を見える化する</p>
 <p><b>Kurita</b></p> <p>IoTを駆使した水処理がサービス</p>	 <p><b>西松建設</b></p> <p>山岳トンネル掘削の作業内容をAIで自動判定</p>	 <p><b>Hyperlink of Things</b></p> <p>さまざまな機器とコミュニケーションで（クラウド経由）</p>	 <p><b>EcoNaviSto</b></p> <p>入版者の検定変化や気象を見える化し、介護施設での実用</p>	 <p><b>中村留精密工業</b></p> <p>データによって全社横断的な生産性改善に貢献</p>	 <p><b>AI</b></p> <p>高品質の作業現場でAIの検出データ作成から活用までを実現</p>

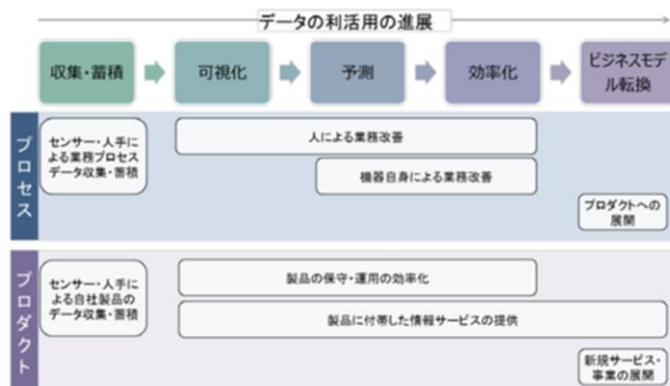
<https://smartiot-forum.jp/iot-val-team/iot-case>

## 1-29. その他の委員会・コミュニティなど

- 一般社団法人 情報通信技術委員会 . . . 標準化委員会  
<http://www.ttc.or.jp/>
  
- IoMT学会 . . . Internet of Medical Things  
<https://iomt.or.jp/>
  
- 実践IoTラボ . . . 勉強会の任意団体  
<http://piotlab.org/>
  
- IoT縛りの勉強会！IoTLT . . . 勉強会のコミュニティ  
<https://iotlt.connpass.com/>

- ①自社の課題や問題点、各自が考えるアイデアなどをデータの利活用  
の進展のプロセスに当てはめて書きまとめてみましょう。

図表 3-3-2-3 データの利活用の進展とプロセス・プロダクトにおける進展の対応



IoT時代におけるICT産業の構造分析とICTによる経済成長への多面的貢献の検証に関する調査研究」(平成28年, 総務省)  
[http://www.soumu.go.jp/johatsusintokei/ink/ink03\\_h28.html](http://www.soumu.go.jp/johatsusintokei/ink/ink03_h28.html)

- ②スマートIoT推進フォーラムのIoT導入事例紹介 (p.43) から各自が考えるアイデアなどの参考になる事例のポイントを書き出してみましよう。

**事例一覧**

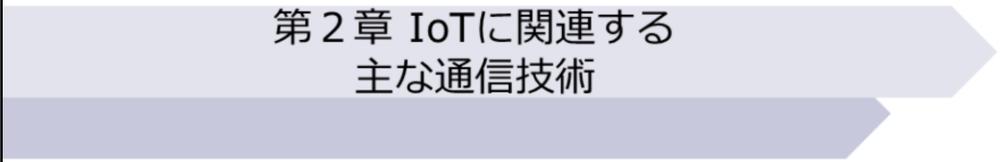
分類タグ一覧

・ 事例一覧表示はPC表示 (ブラウザ表示幅800px以上) で最適に表示されるようになっております。

■ 生産性向上・業務改善
 ■ 事業継続性
 ■ 新規事業・経営創出
 ■ 顧客サービス向上
 ■ 事業の全体最適化
 ■ その他

Show all
生産性向上・業務改善
事業継続性
新規事業・経営創出
その他
顧客サービス向上
事業の全体最適化

<p>事例1: 製造業の生産性向上</p>	<p>事例2: haku AIによる業務改善</p>	<p>事例3: HEO-EYEによる健康診断</p>	<p>事例4: 農業IoTによる生産性向上</p>	<p>事例5: bunnyleopによる物流効率化</p>	<p>事例6: Drone Japanによる農業モニタリング</p>
<p>事例7: KuritaによるIoT導入</p>	<p>事例8: 西松建設によるIoT導入</p>	<p>事例9: Hyperlink of ThingsによるIoT導入</p>	<p>事例10: EcoNaviStaによるIoT導入</p>	<p>事例11: 中村屋精造工業によるIoT導入</p>	<p>事例12: AIによるIoT導入</p>



## 第2章 IoTに関連する 主な通信技術

## 2-1. 主な予備知識

- SSID
- IEEE 802.11シリーズ
- Wi-Fi
- 無線暗号化技術（WEP、WPA、WPA2）
- TCP/IPプロトコルの4層
- OSI参照モデルの7層
- 主要なプロトコルとポート番号
- IPアドレスとMACアドレス
- ループバックアドレス
- プライベートIPアドレスとグローバルIPアドレス
- NAT

## 2-2.電波の種類

周波数帯	波長	特徴
超長波	10～100km	地表面に沿って伝わり低い山をも越えることができる。また、水中でも伝わるため、海底調査にも応用できる。
長波	1～10km	非常に遠くまで伝わるができる。電波時計等に時間と周波数標準を知らせるための標準周波数局に利用されている。
中波	100～1000m	約100kmの高度に形成される電離層のE層に反射して伝わるができる。主にラジオ放送用として利用されている。
短波	1～10m	約200～400kmの高度に形成されるF層に反射して、地表との反射を繰り返しながら地球の裏側まで伝わっていくことができる。遠洋の船舶通信、国際線航空機用の通信、国際放送及びアマチュア無線に広く利用されている。
超短波	10cm～1m	直進性があり、電離層で反射しにくい性質もあるが、山や建物の陰にもある程度回り込んで伝わるができる。防災無線や消防無線など多種多様な移動通信に幅広く利用されている。 <a href="http://www.soumu.go.jp/foni/sasintokei/whitepaper/126.html">http://www.soumu.go.jp/foni/sasintokei/whitepaper/126.html</a>

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

47

## 電波の種類（続き）

周波数帯	波長	特徴
極超短波	10cm～ 1m	超短波に比べて直進性が更に強くなるが、多少の山や建物の陰には回り込んで伝わるることができる。携帯電話をはじめとした多種多様な移動通信システムを中心にデジタルテレビ放送、空港監視レーダーや電子レンジ等に幅広く利用されている。
マイクロ波	1～10cm	直進性が強い性質を持つため、特定の方向に向けて発射するのに適している。主に固定の中継回線、衛星通信、衛星放送や無線LANに利用されている。
ミリ波	1mm～ 10mm	マイクロ波と同様に強い直進性があり、非常に大きな情報量を伝送することができるが悪天候時には雨や霧の影響を強く受けてあまり遠くへ伝わるできない。このため比較的短距離の無線アクセス通信や画像伝送システム、簡易無線、自動車衝突防止レーダー等に利用されている他、電波望遠鏡による天文観測が行われている。
サブミリ波	0.1mm～ 1mm	光に近い性質を持った電波。現在の技術では巨大な無線設備が必要で、また水蒸気による吸収が大きいという性質があるため、通信用としてはほとんど利用されていないが、一方では、ミリ波と同様に電波望遠鏡による天文観測が行われている。

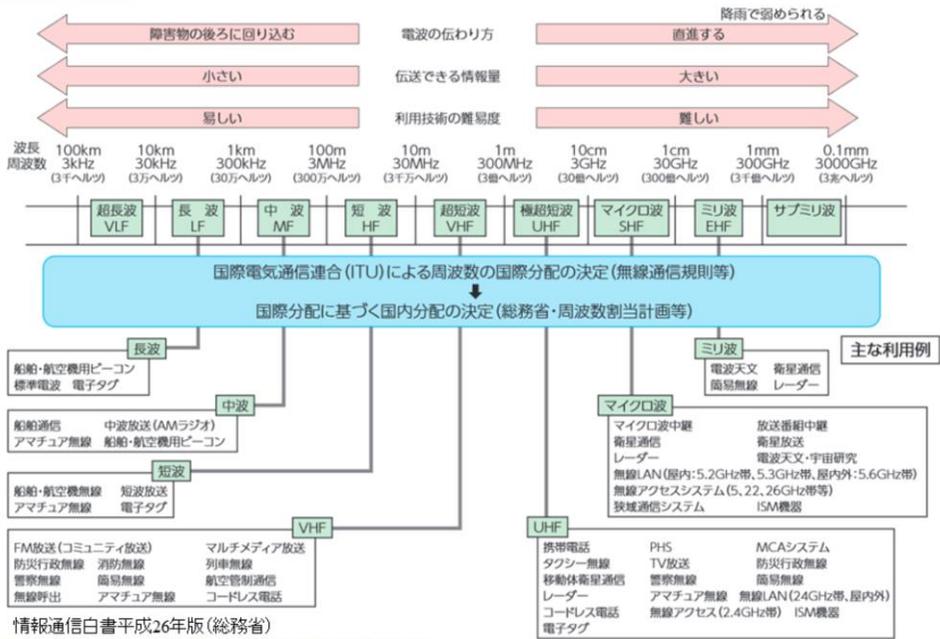
情報通信白書平成26年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h26.html>

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

48

図表 5-7-1-1 我が国の周波数帯ごとの主な用途と電波の特徴通信衛星



## 2-3. 免許不要の無線局

■ 電波を使う通信システムは無線局として総務大臣の免許あるいは登録が必要。

■ ただし、以下の無線局は免許不要となる。

■ ①微弱無線局

■ 主に322MHz以下の周波を利用

■ ②特定小電力無線局

■ 技術基準適合証明を受けている無線局

■ ③小電力データ通信システム

■ 技術基準適合証明を受けている無線局（送信電力が0.01W以下）

■ 無線LAN、Bluetooth、ZigBeeなどはここに属する



現在の技適マーク（H7.4～）



旧タイプの技適マーク  
（S62.10～）

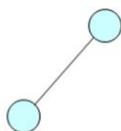
## 2-4. Bluetooth・ZigBee・Wi-Fi

	Bluetooth	ZigBee	Wi-Fi
周波数帯	2.4GHz帯	2.4GHz帯	2.4GHz帯・5GHz帯等
規格	IEEE802.15.1	IEEE802.15.4	IEEE802.11x
免許	不要	不要	不要
伝送速度	～24Mbps	～250kbps	11～54Mbps, 600Mbps等
通信距離	～10m	～3km	～100m
接続可能ノード数	20	65,536	13
トポロジ	P2P, メッシュ	P2P, ツリー, スター, メッシュ	P2P, ツリー, スター, メッシュ

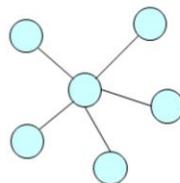
All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

51

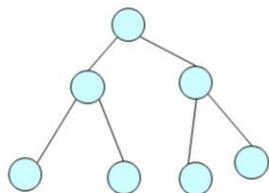
## 2-5. ネットワークトポロジ



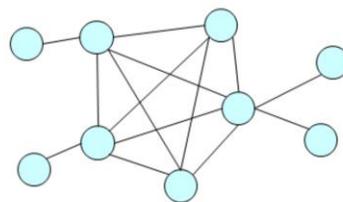
P2P(ピアツーピア)  
型



スター型



ツリー型



メッシュ型

## 2-6. Bluetooth Low Energy (BLE)

- Bluetooth 4.0の別名、従来の企画と互換性なし
- Bluetooth 4.1(2013)、4.2(2014)、5(2016)などのアップデート版がある
  
- Bluetoothの表記
  - ・ Bluetooth : 従来のBluetoothにのみ対応した機器
  - ・ Bluetooth Smart : BLEのみに対応した機器
  - ・ Bluetooth Smart Ready : BluetoothとBLEの両方に対応した機器
  
- BLEの特徴
  - ・ 通信可能距離が短い
  - ・ 通信速度が低速

## 2-7. Low Power Wide Area (LPWA)

- LPWA
- 少ない電力消費で数kmの長距離通信ができる通信のこと
- 一定出力以下であれば免許が不要

名称	SIGFOX	LoRaWAN	WI-FI HaLow	WI-SUN	RPMA
bps	約100	約250-50k	約150k	約50k-400k	約40k
km	50	15	1	1	20

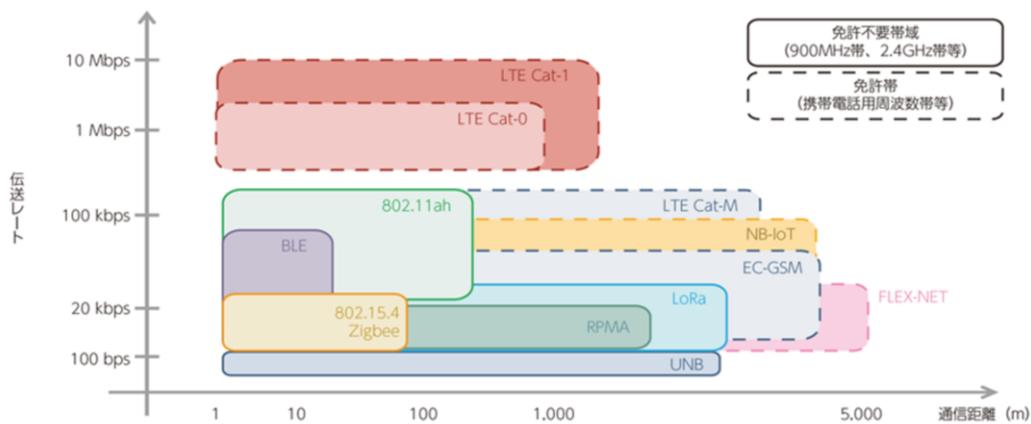
## 2-8. LPWAの特徴

特徴	内容
低電力	単一の小型フォームファクタバッテリーで複数年のデバイス動作を実現
広域	都市や地下の環境などの複数のユースケースをカバーするために、全国のおよび国際的な携帯電話レベルのカバレッジを提供することが可能
その他の利点	エンドポイント密度が高い、ハードウェアコストが安い、接続コストが安い、データレートが低い、待ち時間が制限される、可動性

(出典) 総務省「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究」(平成29年)

情報通信白書平成29年版(総務省)  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>

## 2-9. 主なLPWA規格の位置付け



情報通信白書平成29年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

56

## 2-10. LPWAの活用事例（日本）

区分	国・企業等	事例概要（L：LoRa, S：Sigfox）
日本	アズビル、日本IBM等7社	福岡市でガス・水道メータのデータ収集に関する実証実験を今年7月から実施。実用化に向けた課題を洗い出し。[L]
	NTTドコモ、ITベンチャーのハタプロ	長野県大町市で、市内の水源3か所、配水池11か所と市役所を結ぶネットワークを、LPWA方式で各施設の稼働状況を常時監視するシステムを実証。[L]
	日立システムズ	トミス、イトラスト、新潟市水道局、新潟市の協力を得て、マンホールの防犯・安全対策ソリューションの提供に向けた実証実験の一環として、マンホールの監視の検証を実施。[方式不明]
実用	京セラコミュニケーションシステム <small>(出典)総務省「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究」(平成29年)情報通信白書平成29年版(総務省)</small>	宅配ピザチェーン店で、ピザの生地を保護する冷蔵庫の温度管理を遠隔で行うシステムを導入。 <small>(出典)総務省「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究」(平成29年)情報通信白書平成29年版(総務省)</small> <a href="http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html">http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html</a>

## 2-11. LPWAの活用事例（海外）

区分	国・企業等	事例概要（L：LoRa, S：Sigfox）	
海外	産業	米・Senet	米国では水道インフラの劣化が課題となっており、Senet社のLPWAネットワークを用いたインフラのモニタリングサービスが提供されている。[L]
		ペルー・マヌー国立公園	国立公園内にカメラとセンサーを設置し、環境状態をモニタリング。リアルタイムな情報提供。[L]
		台湾・垂太電信	2016年から台北市を手始めに新北市、桃園市の計500か所に「LoRaホットスポット」を設置し、台湾をIoTスマートアイランドにする計画。[L]
	コンシューマ	フランス・La Poste	ボタンを押しだけで集荷や宅配を依頼できるボタン型デバイスを展開[S]
		オランダ・KPN	アムステルダムでLPWAのゲートウェイと3千個以上のビーコンを設置し、スマートシティーに向けたインフラを整備。既にAmsterdam Beacom Mileと呼ばれる観光客向けのサービスが提供されている。[L]

(出典)総務省「第4次産業革命における産業構造分析とIoT・AI等の進展に係る現状及び課題に関する調査研究」(平成29年)

情報通信白書平成29年版(総務省)

<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/h29.html>

## 2-12. IoTシステムの主なプロトコル

- IoTシステムの機器やアプリケーションの種類などに応じてプロトコルを選択
  
- 2016年に公開されたoneM2M（シリーズ2）では、機械と機械の通信プロトコルとして以下が挙げられている。
  - ・ HTTP
  - ・ MQTT
  - ・ CoAP
  - ・ WebSocket

■ ※oneM2M

■ 2012年 世界の代表的な7つの標準化開発機関の代表が集まり

## 2-13. HTTP

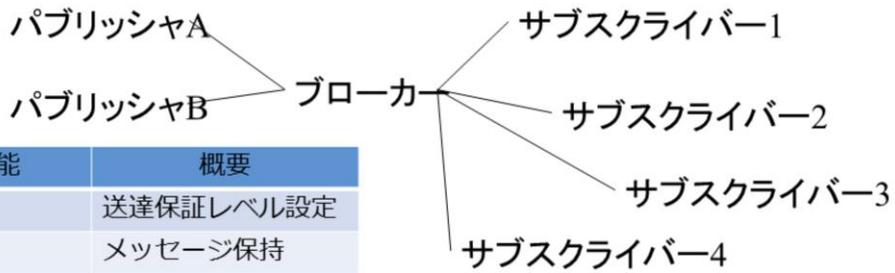
- HTMLで書かれた文書を、Webサーバとクライアントの間でやり取りするプロトコル
- メッセージを ヘッダ情報 + (空行) + ボディ のフォーマットで送受信

■ HTTPで以下のコマンドが利用

主なメソッド	機能
GET	リソース情報の取得
HEAD	リソース情報の取得 (HTTPヘッダのみ)
POST	リソース情報の登録
PUT	登録済みリソースの変更
DELET	登録情報の削除
CONNECT	SSL等のトンネリング通信のプロキシの情報

## 2-14. MQTT

- MQ Telemetry Transportの略
- 1対多のメッセージ通信が規定されたプロトコル
- メッセージを発行するパブリッシャーとメッセージ購読者であるサブスクライバー、メッセージの送受信を仲介するブローカーの3つで構成される



機能	概要
QoS	送達保証レベル設定
Retain	メッセージ保持
Will	切断時の通知

d, Copyright© UHD2018

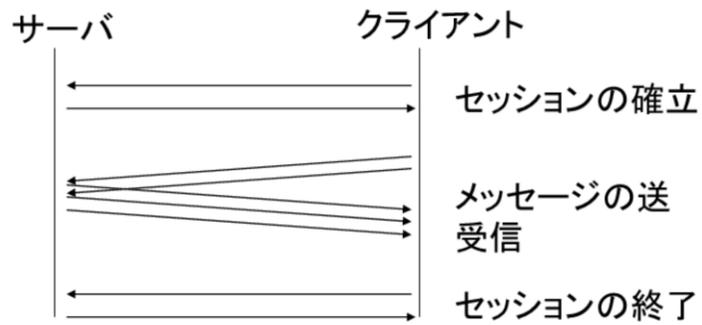
61

## 2-15. CoAP

- インターネットに関する技術の標準を定める任意団体（IETF）が定めたM2M通信向けのWeb転送プロトコル
- HTTPの圧縮化や簡素化をおこなったもの
- HTTPヘッダの情報を圧縮したり、UDPベースにすることで、HTTPと比較して通信量を削減している
- CoAPは、CPU能力が低い、メモリ容量が小さい、低消費電力が求められる、パケット損失率の高い無線ネットワークといった制約された環境での利用に適する

## 2-16. WebSocket

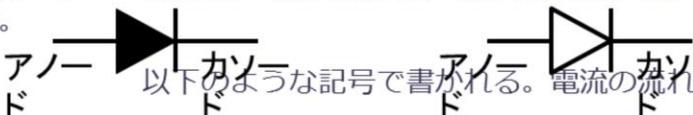
- 双方向通信を行うプロトコル
- HTTPを使ってクライアントとサーバ間で接続を確立した後に双方向通信を行っている
- WebSocketではフレーム単位でデータが送信される



### 第3章 電気回路の基礎

### 3-1. 電気回路に関する用語

- 電気回路・・・電流の流れる一巡りの回路。直流回路と交流回路がある。
- 直流　　・・・DC 電圧の大きさや流れる方向が一方向で変化しない。
- 交流　　・・・AC 電圧や電流の流れる方向が時間と共に変化する。
- トランス・・・変圧器。電圧の大きさを変える。交流でのみ利用。
- ダイオード・・・整流器。電流の流れを一方向に制限する。許容範囲に注意。

- 以下の記号で書かれる。電流の流れはアノードからカソード

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

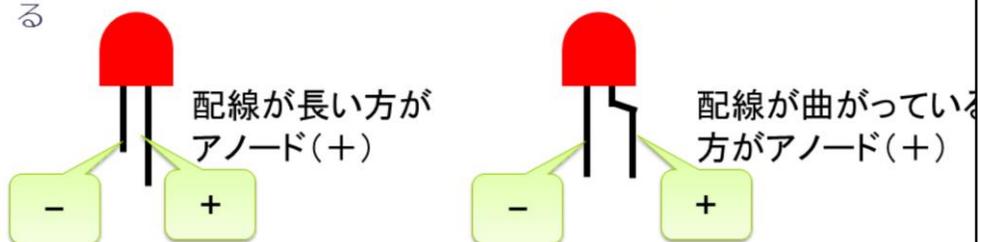
65

## 3-2. 電流の流れ

- 例えばLEDも電流が流れる方向（極性）が決まっている
- アノード（+）からカソード（-）へ流れる方向を順方向とよび、その反対の方向を逆方向と呼ぶ
- ※逆方向に電流を流したとき、順方向に容量以上の電流を流したとき、素子を破壊する可能性があるので注意すること
- 順方向に流す電流や電圧を順方向電流（順電流）や順方向電圧（順電圧）とよぶ（IF : I Forward, VF : V Forward）
- 逆方向に流す電流や電圧を逆方向電流（逆電流）や逆方向電圧（逆電圧）とよぶ（IR : I Reverse, VR : V Reverse）

### 3-3. LEDの仕様

- 赤色LEDの場合、順方向電圧1.8~2.2V程度
  - 黄色LEDの場合、順方向電圧1.9~2.2V程度
  - 緑色LEDの場合、順方向電圧2.2~3.7V程度
  - 青色LEDの場合、順方向電圧3.2~3.7V程度
  - 白色LEDの場合、順方向電圧3.6~3.7V程度で点灯する
- 電流の最大容量が20~50mA程度、電圧の最大容量が3~9V程度である



### 3-4. 電圧と電流と電力の単位

■ 電圧 (ボルト) . . . 電気を押し出す力. 単位 : V

■ 電流 (アンペア) . . . 電気の流れる量. 単位 : A

■ 電力 (ワット) . . . 電気エネルギー. 単位 : W

■ 電力 (W) = 電圧 (V) × 電流 (A)

■ 1kW = 1000W      1A = 1000mA

■ ※k (キロ) 1000

All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

68

### 3-5. 感電した場合の危険度の目安

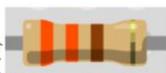
- 人体の電気抵抗を約  $5 \sim 10 \text{ k}\Omega$  とすると、
  
- ・  $1 \text{ mA}$      びりっと感じる程度（電圧に換算すると  $50 \text{ V}$  未満）
  
- ・  $5 \text{ mA}$      相当に痛い（約  $75 \text{ V}$ ）
  
- ・  $10 \text{ mA}$     耐えられないほど痛い（約  $100 \text{ V}$ ）
  
- ・  $20 \text{ mA}$     筋肉は硬直し呼吸も困難に（約  $100 \sim 200 \text{ V}$ ）
  
- ・  $50 \text{ mA}$     短時間でも生命が相当危険（約  $200 \sim 500 \text{ V}$ ）

### 3-6. 抵抗の色の読み方

■ 黒=0	茶=1	赤=2	橙=3
黄=4	緑=5	青=6	紫=7
灰=8	白=9		

- 1色目と2色目の色で数値を、3色目で0の数を表す =  $10^x$ のx  
最初の3色で数値を、4色目で0の数を表す場合もあり)

■ 例： 330Ω  
橙橙茶金  
( $33 \times 10^{-1}$ )



1kΩ  
茶  
( $10 \times 10^2$ )



- 4色目は誤差 (もしくは5色目の場合もある)  
(茶±1%, 赤±2%, 金±5%, 銀±10%, 無±20%)

覚え方 : くちあだきみあむはし....呪文のように覚えます!

く (黒=0) 、ち (茶=1) 、あ (赤=2) 、だ (橙=3) 、  
き (黄=4) 、み (緑=5) 、あ (青=6) 、む (紫=7) 、  
は (灰=8) 、し (白=9)

### 3-7. 電圧～電流～抵抗

電圧 (E)

電気を押す力 (単位 : V)

電流 (I)

流れる電気の量 (単位 : A)

抵抗 (R)

電気の出力の穴の大きさ (単位 :  $\Omega$ )

直列回路

電流はどこも同じ値

電圧の和 = 全体の

電圧

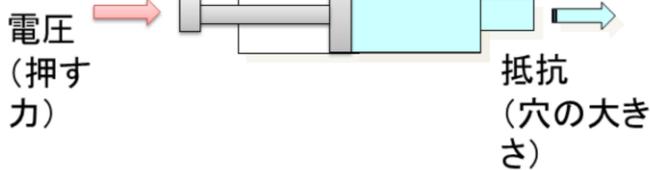
並列回路

電流の和 = 全体の

電流

電圧はどこも同じ値

(流れ出る量)



All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

71

電圧と電流と抵抗のイメージは水鉄砲をイメージするよい。

1) 水を押し出す力が強いと水が勢いよく飛び出る = 電圧が大きいと電流が大きくなる

水を押し出す力が弱いと水は弱く出る = 電圧が小さいと電流も小さくなる

2) 水を押す力が同じのとき穴の大きさが小さいと水は勢いよく飛び出る = 抵抗が小さいと電流が大きくなる

水を押す力が同じのとき穴の大きさが大きいと水は弱く出る = 抵抗が大きいと電流は小さくなる

これらの特性を踏まえると、回路を流れる電流の大

きを調整することができる。つまり、

3) 流したい電流が目標値より大きい場合、電流を今よりも小さくしたいので、電圧を下げるor抵抗を大きくする

流したい電流が目標値より小さい場合、電流を今よりも大きくしたいので、電圧を上げるor抵抗を小さくする

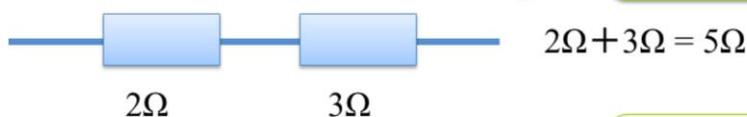
※通常、電圧は一定なので、抵抗を付け替えることによって電流の大きさを調整する

※例えば、大きな電圧と小さな電圧で同じ大きさの電流を流したい場合、「大きな電圧だが抵抗が大きい」 = 「小さな電圧だが抵抗が小さい」で同じ値の電流を流すことができる。

### 3-8. オームの法則

■ 電圧 (V) = 電流 (A) × 抵抗 (Ω)

■ 並列接続・・・和



一本道が長くなって渋滞するイメージ

■ 並列接続・・・和分の積 (別公式もある)



一本道が二本道に増えるイメージ

※3つ以上の並列がある場合は2つずつ順番に計算

並列接続の場合、和分の積はスライド右下の計算式のように、「分子が掛け算」で「分母が足し算」になる

和分の積は2つの並列接続のときに実施するものである点に注意する。

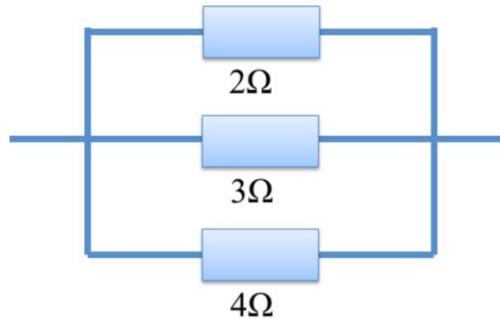
公式については、ここでは省略している。

【もし公式について説明するならば】

合成抵抗 $R_0\Omega$ を求める公式は、 $1 \div R_0 = 1 \div R_1 + 1 \div R_2 + 1 \div R_3 + \dots + 1 \div R_n$ となる。つまり、抵抗の値をひっくり返したもの（逆数）を合計する。しかし、上記の和分の積を繰り返して2つの抵抗を1つに計算していくことで、合成抵抗を求めることができる。

### 3-9. 並列接続における和分の積

- 並列接続・・・3つ以上を和分の積で計算するのは間違い



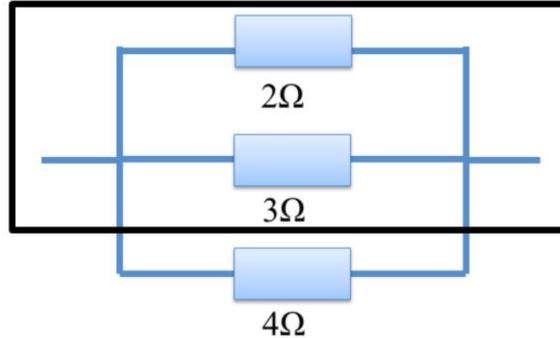
間違い

$$\frac{2\Omega \times 3\Omega \times 4\Omega}{2\Omega + 3\Omega + 4\Omega}$$

和分の積は2つの並列接続のときに実施するものである点に注意する。例えば、3つの場合は3つ同時に計算することはできない。つまり  $(2\Omega \times 3\Omega \times 4\Omega) \div (2\Omega + 3\Omega + 4\Omega)$  は間違いなので注意すること。3つの抵抗が並列接続している場合は、まず3つのうちの任意の2つを和分の積を用いて1つに計算する。その後、計算結果の1つと残りの1つの2つを再度和分の積で計算することになる。

## 並列接続における和分の積（続き）

- 並列接続・・・まず一部分を和分の積で計算する



$$\frac{2\Omega \times 3\Omega}{2\Omega + 3\Omega} = \frac{6\Omega}{5\Omega} = 1.2\Omega$$

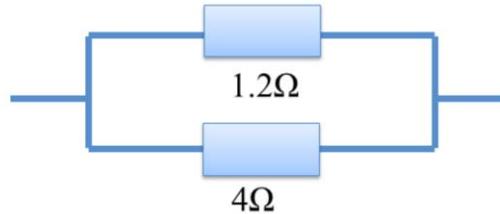
All Rights Reserved, Copyright© UHD2018

74

和分の積は2つの並列接続のときに実施するものである点に注意する。例えば、3つの場合は3つ同時に計算することはできない。つまり  $(2\Omega \times 3\Omega \times 4\Omega) \div (2\Omega + 3\Omega + 4\Omega)$  は間違いなので注意すること。3つの抵抗が並列接続している場合は、まず3つのうちの任意の2つを和分の積を用いて1つに計算する。その後、計算結果の1つと残りの1つの2つを再度和分の積で計算することになる。

## 並列接続における和分の積（続き）

- 並列接続・・・残りの部分を2回目の和分の積で計算する



$$\frac{1.2\Omega \times 4\Omega}{1.2\Omega + 4\Omega} = \frac{4.8\Omega}{5.2\Omega} = 0.92\Omega$$

和分の積は2つの並列接続のときに実施するものである点に注意する。例えば、3つの場合は3つ同時に計算することはできない。つまり  $(2\Omega \times 3\Omega \times 4\Omega) \div (2\Omega + 3\Omega + 4\Omega)$  は間違いなので注意すること。3つの抵抗が並列接続している場合は、まず3つのうちの任意の2つを和分の積を用いて1つに計算する。その後、計算結果の1つと残りの1つの2つを再度和分の積で計算することになる。