

「トリリオンノード・エンジン」が創る オープンイノベーション・プラットフォーム — みんなで作るIoT/CPSの未来 —



トリリオンノード 検索

東京大学 名誉教授
トリリオンノード研究会代表
桜井貴康
<https://www.trillion-node.org/>



この資料の一部は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）助成事業の結果得られたものです。

アウトライン

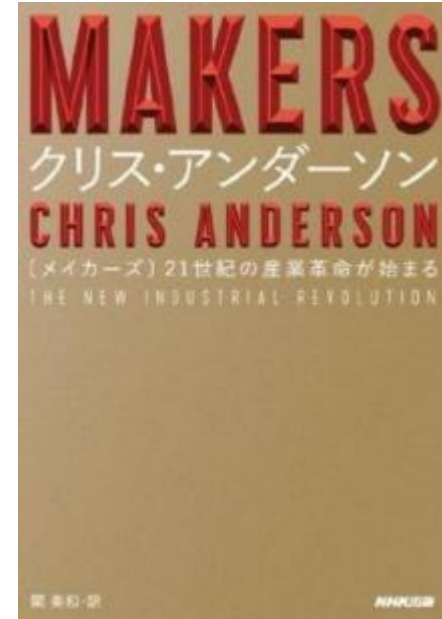
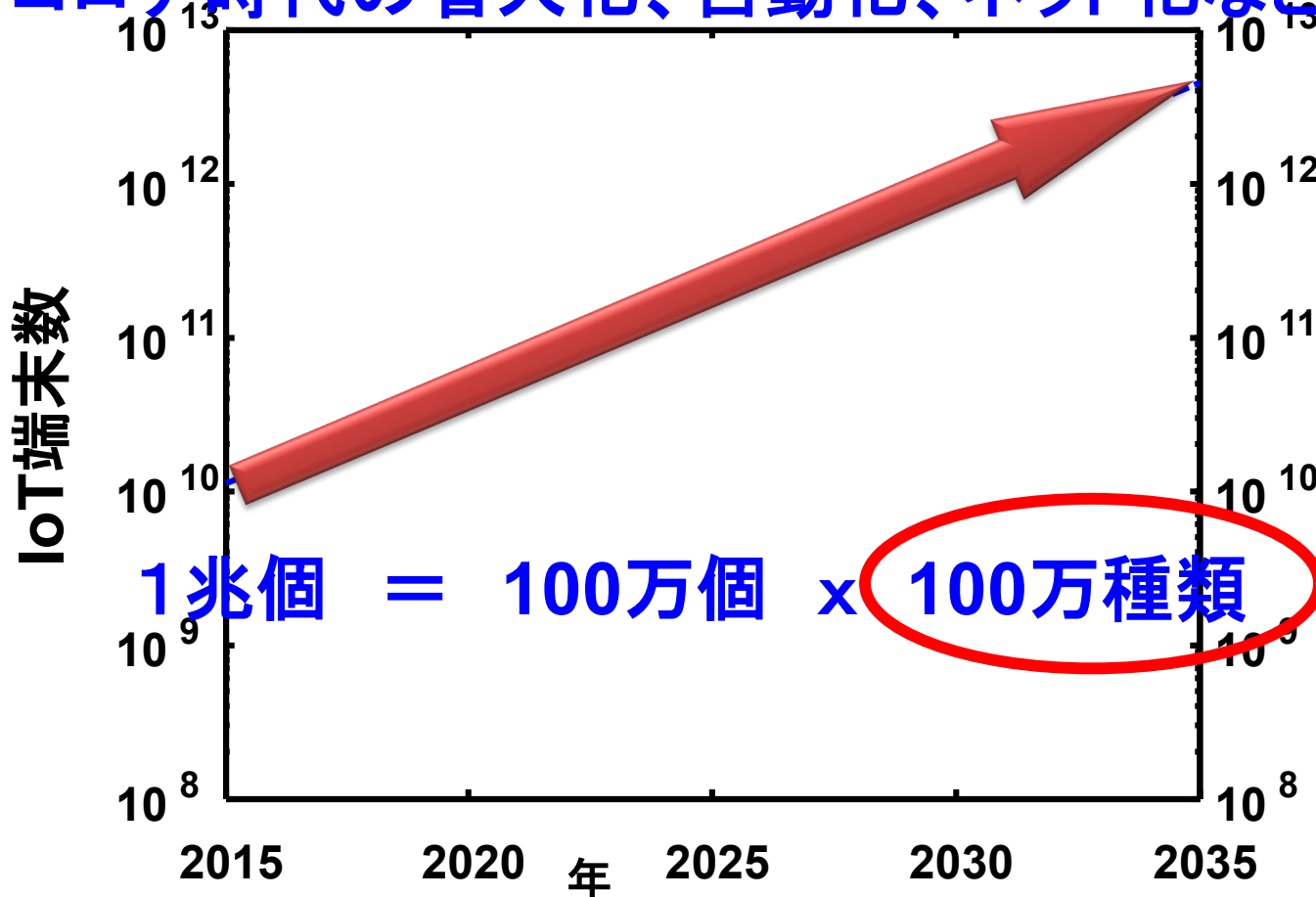
- 背景
- Leafonyとは
- 頒布リーフ群
- 利活用シーン



Leafony

IoT: アプリ、サービスが大切

コロナ時代の省人化、自動化、ネット化などにも効果



- 2020年に世界のIoT端末500億個、2030年に1兆個程度
- 農業、医療、産業用機器、民生機器、クルマなどに2030年まで経済波及14兆ドル
- アプリやサービス探索が重要。特に、電源線がなく、小型が新しいアプリを開拓。

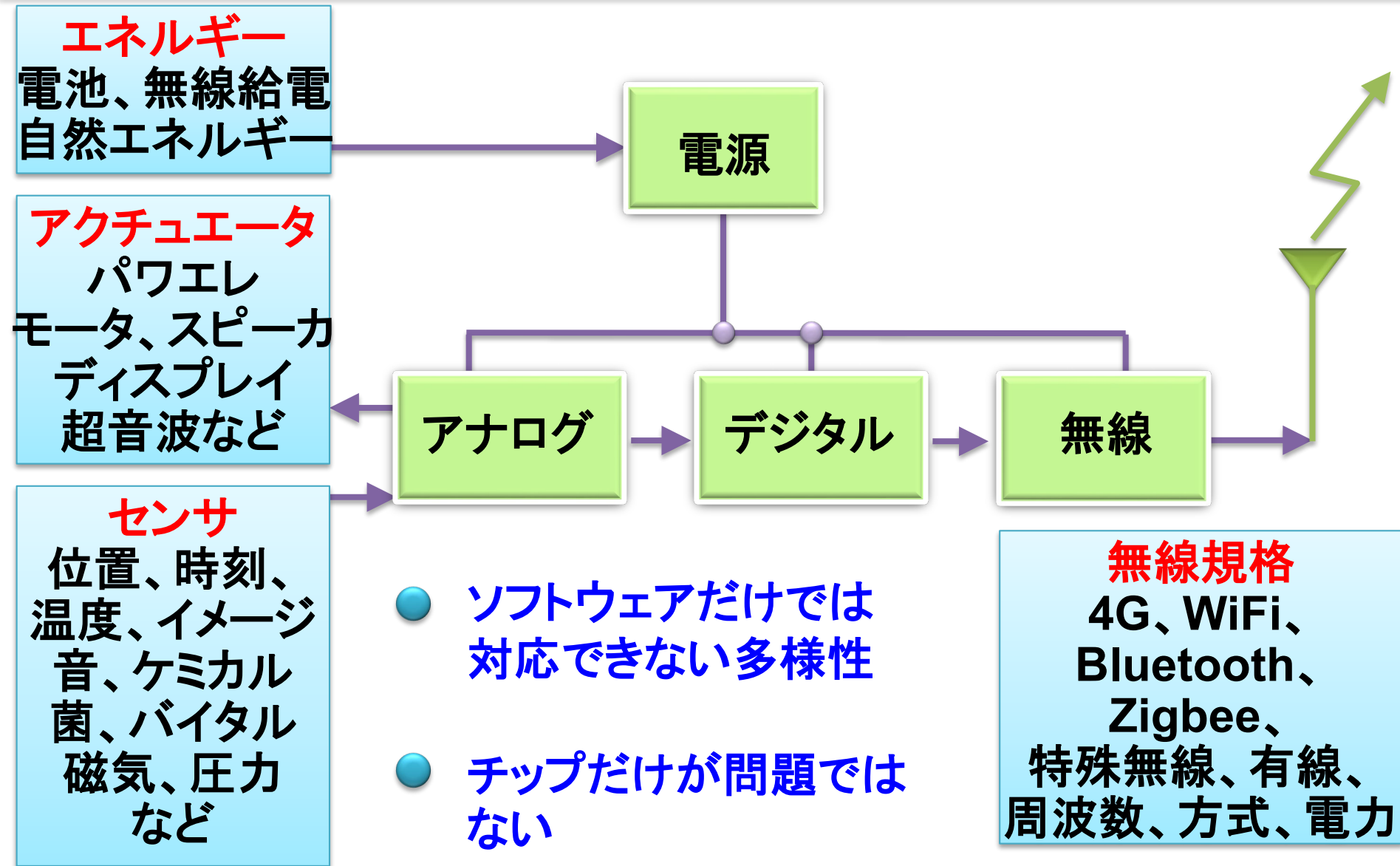
IoT/AI応用はすそ野が広く、システム開発は容易ではない

- 構造物、工場、スマートシティ用途などシステムは千差万別。
最初は数が少ないかもしれない→開発効率の大幅アップ
- 電源線がなく、小型、軽量が新しいアプリを開拓
H/W、S/W含めシステム開発が難しい→小型・低電力
- バリューチェーンが確立されていない→アプリと技術をつなぐ仕組み

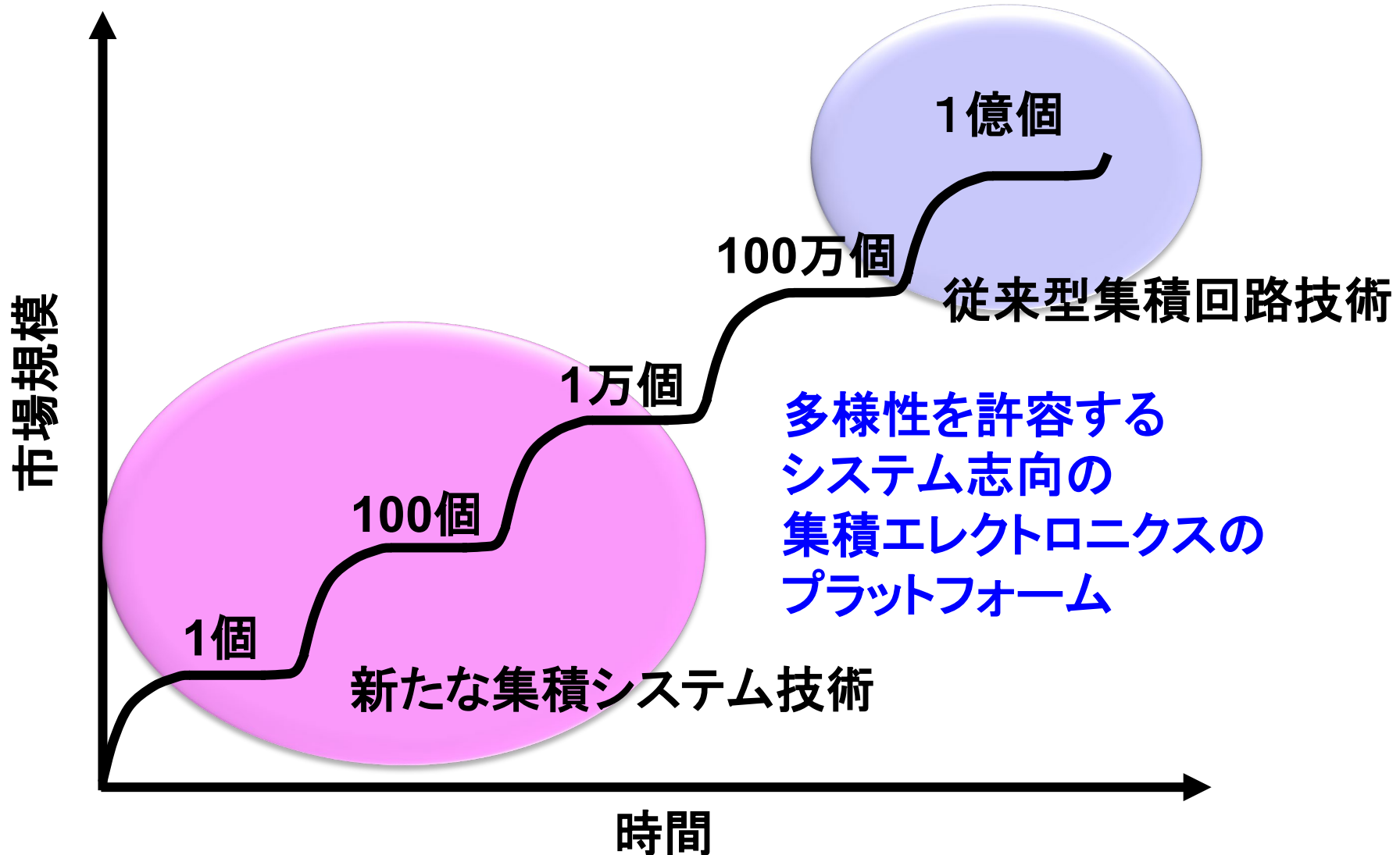
Leafony



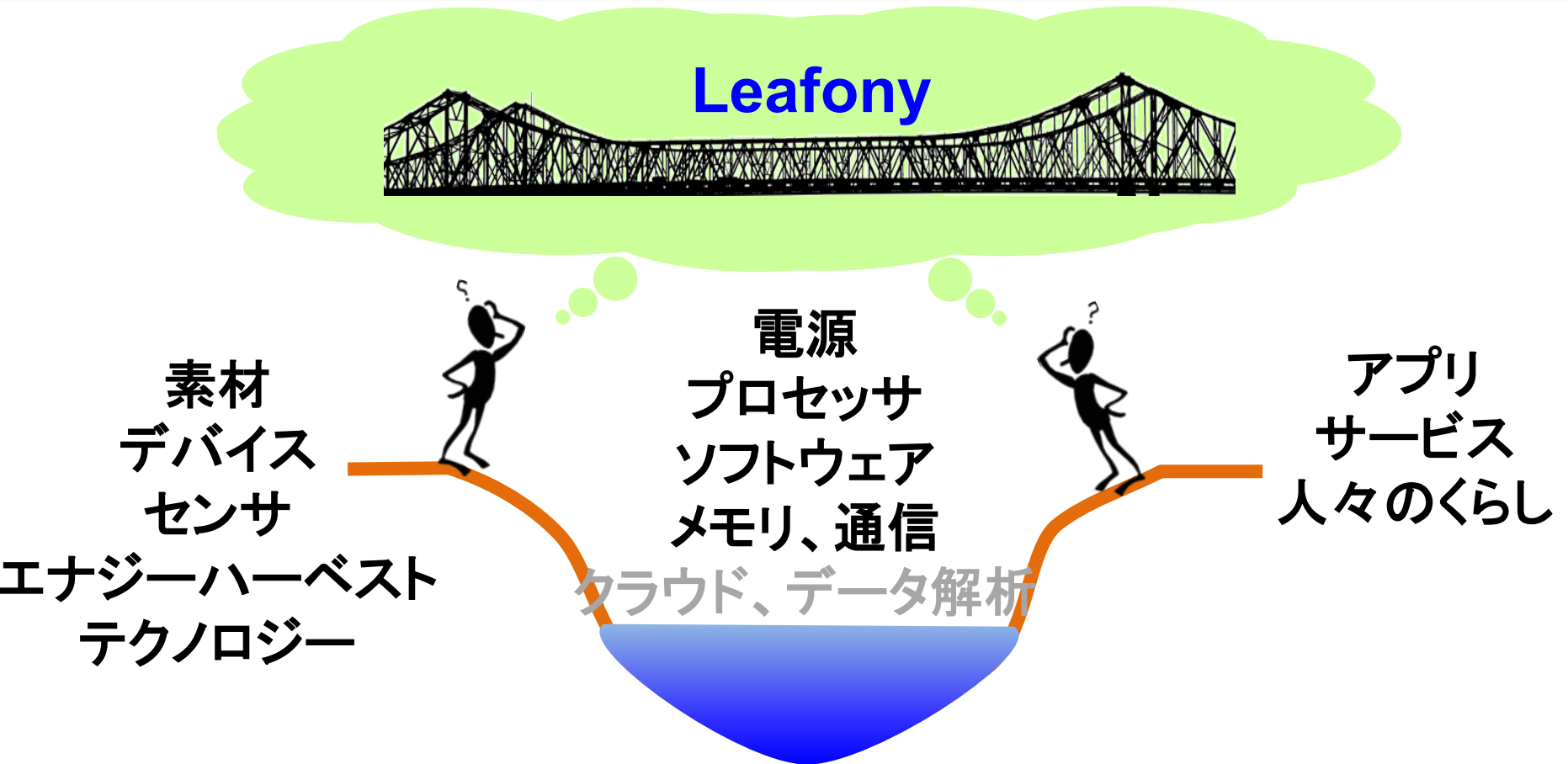
チップやソフトウェア以外の要素が大切に



新たな集積システム技術が必要に



テクノロジーとアプリ・サービス間の谷間



- デバイスや技術とアプリ・サービスの間には谷間がある
- Leafonyは橋となって、双方をつなぐ
- みんなで創るIoT/CPS

アウトライン

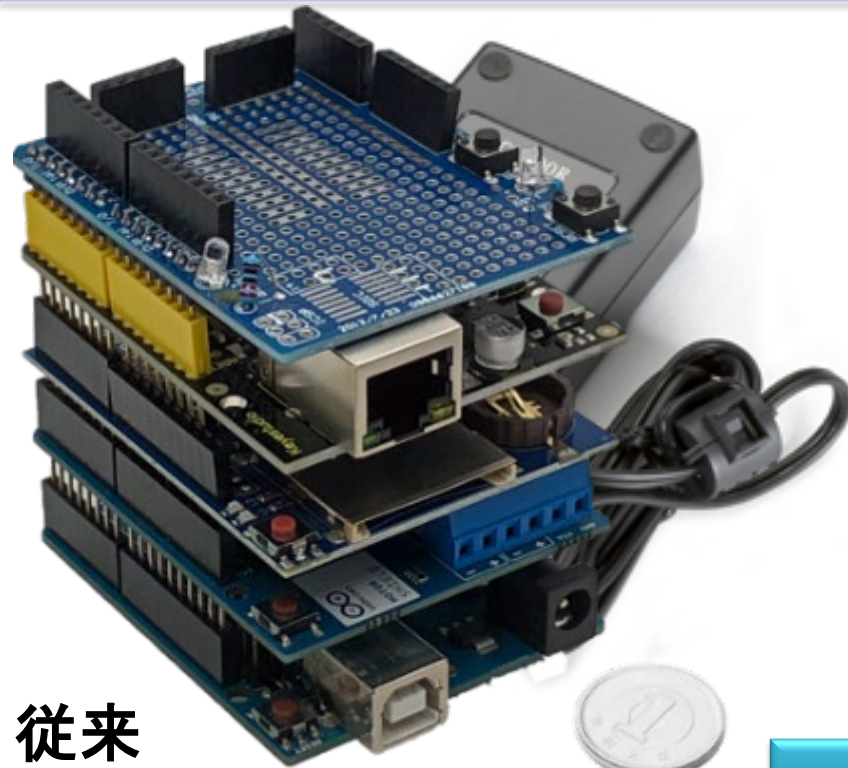
- 背景
- Leafonyとは
- 頒布リーフ群
- 利活用シーン



Leafony

簡単にアプリをトライできるプラットフォーム

- 超小型で組立簡単
- 電池動作可能
- オープンソース・ハード／ソフト
- リーフ(電子基板)製作簡単



従来

Ex. ~500cc、~300g、~200mW
Standby不可



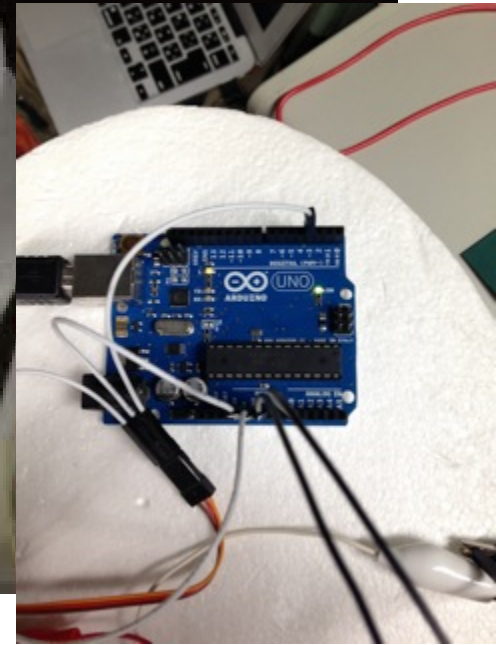
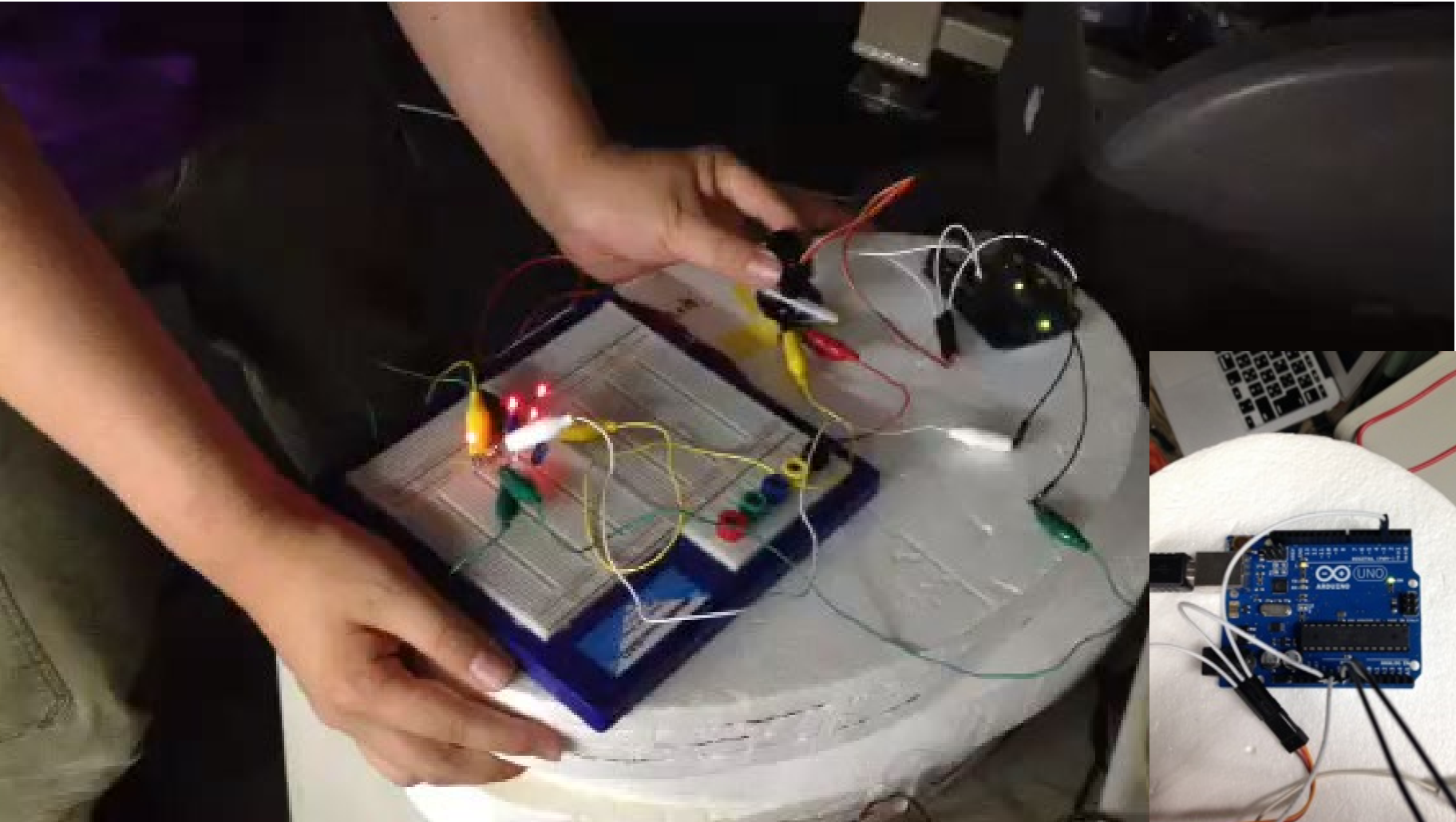
Leafony

Ex. ~10cc、~20g、
~20mW (active時)
~50 μ W (standby)

- IoTシステムが容易に創れるプラットフォーム
- トリリオンノード・エンジンプロジェクトで研究開発が終了した部分を公開したもの→**Leafony** (=Leaf + Symphony)

Arduino

無線給電の実験：年→2週間



Leafonyの概要

Leafony (リーフォニー)

みんなで作る IoT / CPSの未来



超小型・電池で動く
プラットフォーム



特にエッジノードに最適

クラウド

ゲートウェイ

例: RaspberryPi、スマホ
(長期電池駆動は難しい)

エッジノード (Things)

サイズ制約、エネルギー制約、新センサ ← 新技術

Leafonyの特徴比較

	価格	組立性	開発容易性	オープン性	小型	電池	特徴
トリリオンノード・エンジン	△→ ○	○	○	○	○	○	周辺が充実し、独自ボード作製容易、小型・低電力アプリに対応
Arduino	○	○	△	○	×	×	普及している標準製品、サイズ・電力に難、周辺機能が限定的
Mbed	○	△	△	○	△	×	物理的なバス規格なくI/Oの相互物理接続に難、ソフト蓄積少
LittleBits	×	○	×	○	×	×	楽しく、初等教育向けで低機能ブロックの改変が困難
TinyDuino	○	×	△	○	○	×	小型のプラットフォームだが、低電力性、組立性に難
RaspberryPi	○	○	×	×	△	×	ハードウェアは非オープン Linuxで低電力は困難
フルカスタム自作基板	×	△	×	×	○	○	何でもできるが、開発コスト大や開発期間長が課題



● 超小型、低消費電力、オープン、リーフ製作簡単、組立簡単

Leafony (リーフォニー) の技術 小型化



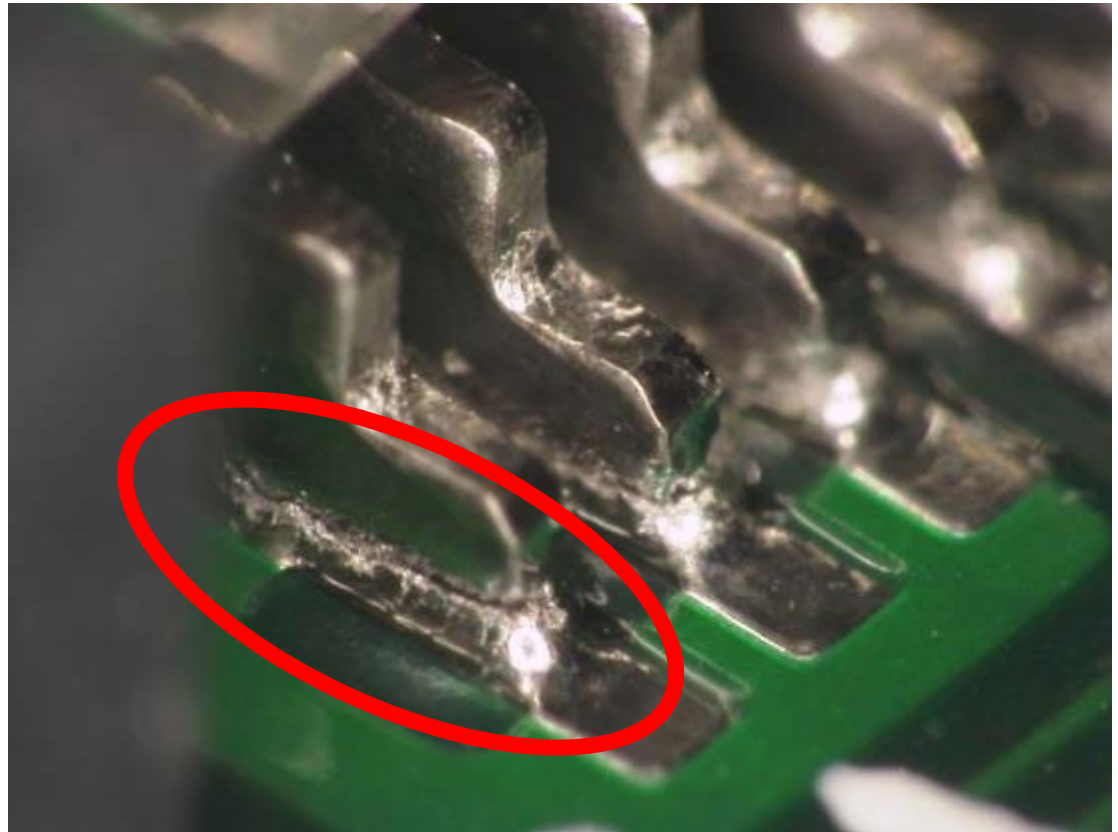
従来



Leafony

- 超小型で組立簡単
- 電池動作可能
- オープンソース・ハード／ソフト
- リーフ(電子基板)製作簡単

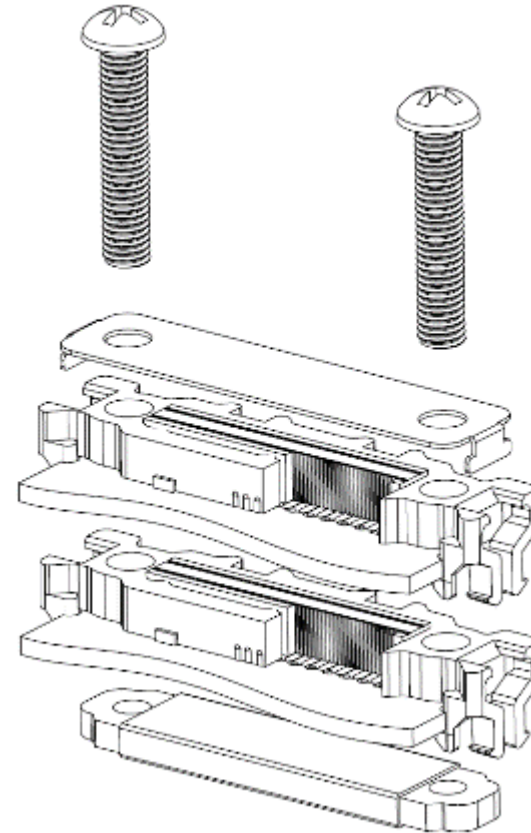
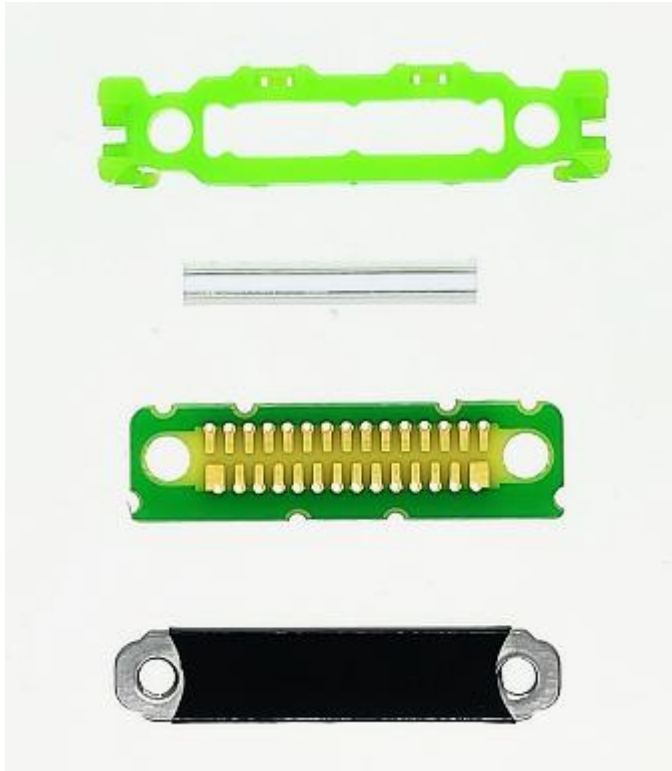
小型化のためのコネクタ技術



- 不安定
- ボード作製段階で特殊コネクタ必要

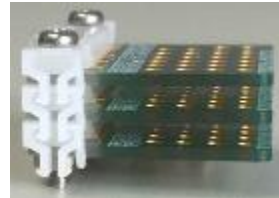
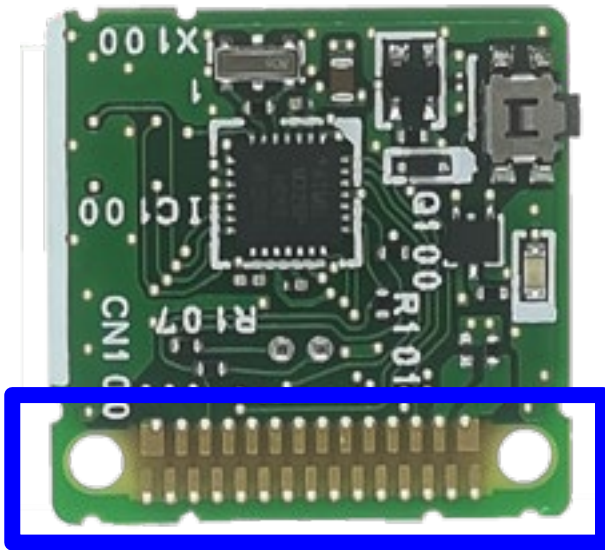
- 堅牢性向上のため、コネクタとねじ止めを同時に行うとハンダにクラック
- 異方性導電ゴムを利用したコネクタ方式

独自開発の半田を使わないコネクタ技術



- リーフを設計、作製する上でコネクタは不要→リーフ製作簡単
- ブロック玩具のように組立簡単

Leafonyバスの仕様だけ守れば接続可能



スペーサを入れれば高さも自由

この29ピン部分のみ
電氣的／形状的仕様あり

大きさ自由

層数自由

高さ自由

どこでもできる設計ルール

どこでも誰でも作れる技術

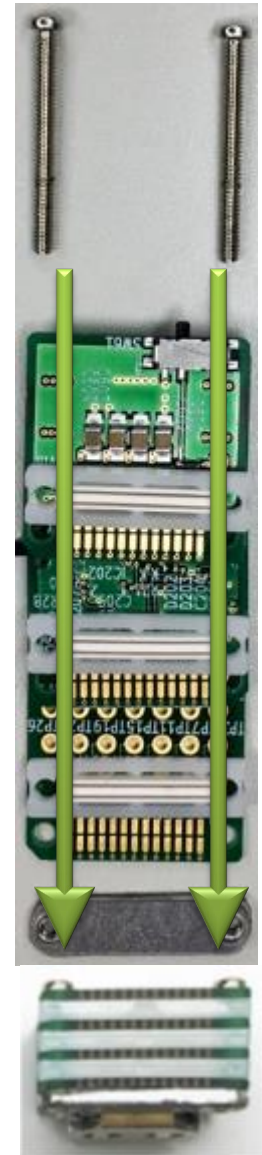


ホルダー

異方性導電ゴム

スペーサ

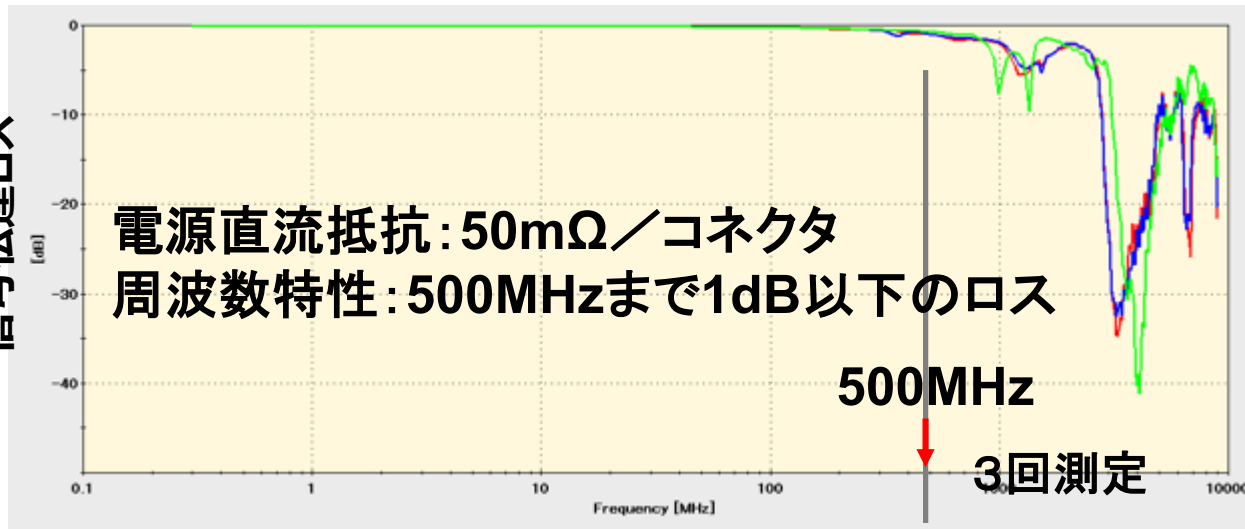
ナット



- リーフを作製する上でコネクタは不要 → リーフ製作簡単
- ブロック玩具のように組立簡単

コネクタの電気的特性

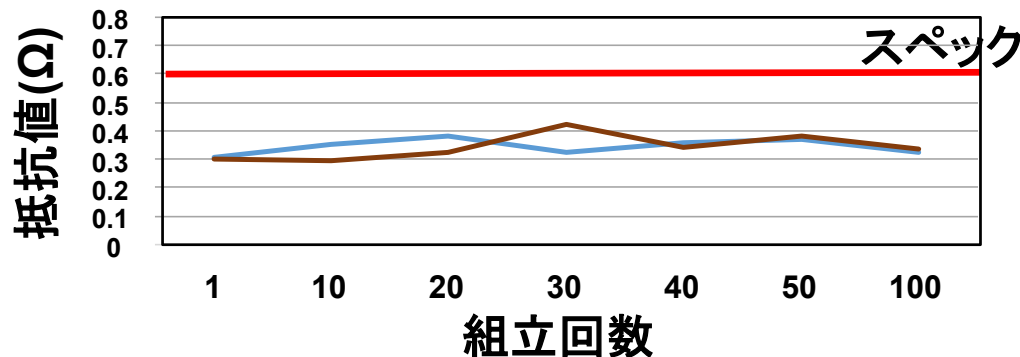
● はんだを使わないコネクション方式



1枚目から4枚目までの伝達特性
赤: コネクタ中央
青: コネクタ中央 (組みなおし)
黄: コネクタ端

● 100回の組立直し → 安定

組立回数に伴う抵抗値変化



リーフ接続例



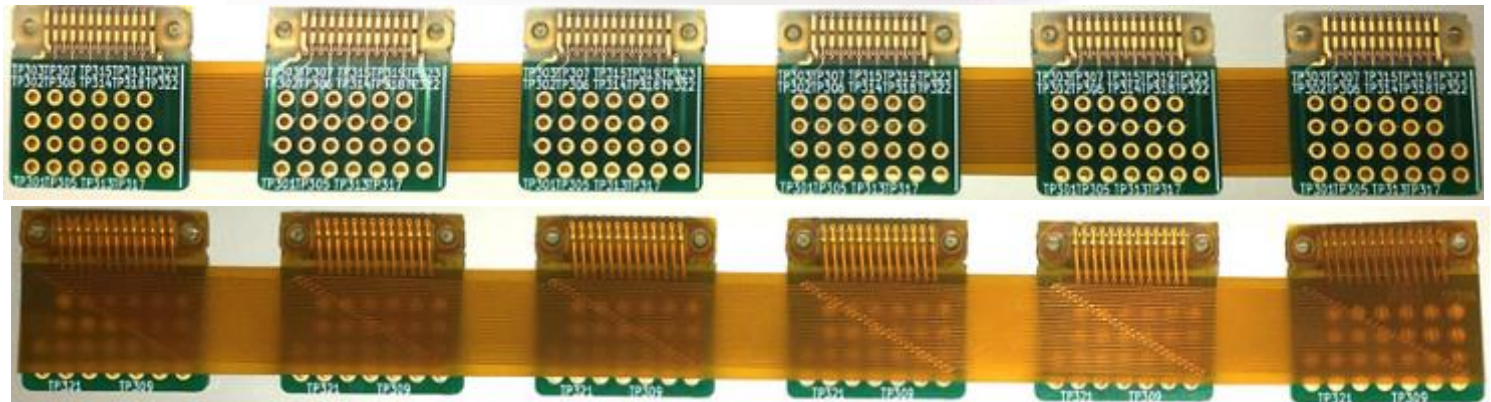
積層接続



平置き例(フレキ接続)



平置き例の応用
腕巻き
ベルト



熱圧着技術を使えばこんなに薄く

Leafony (リーフォニー) の技術 低電力



従来



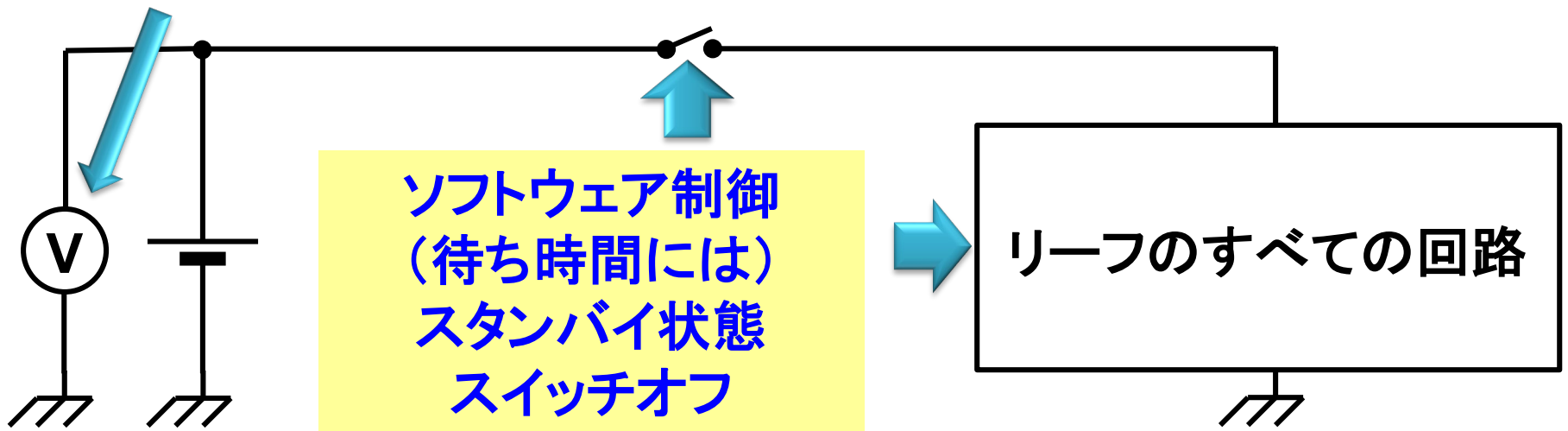
Leafony

- 超小型で組立簡単
- 電池動作可能
- オープンソース・ハード／ソフト
- リーフ(電子基板)製作簡単

低消費電力アーキテクチャ

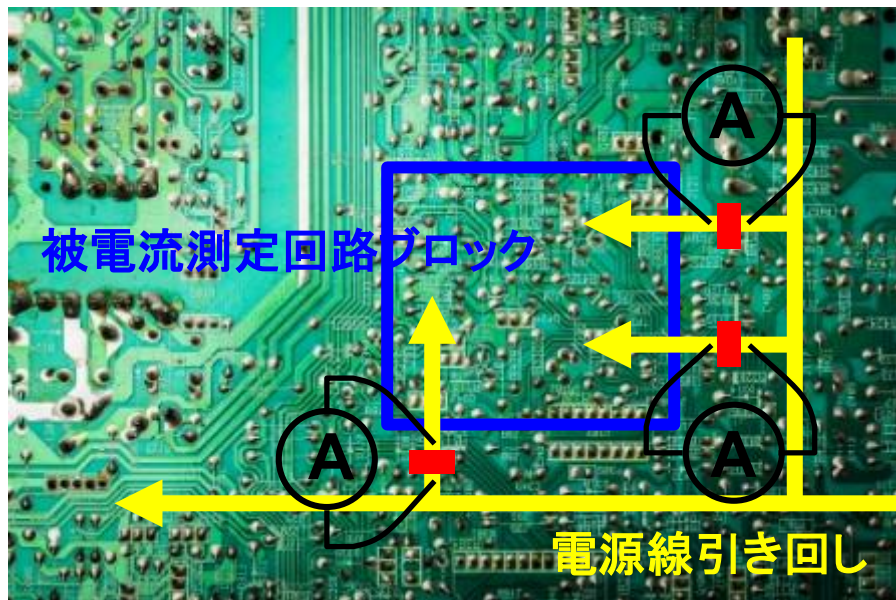
- すべてのリーフにスタンバイモード付加
不使用の時にソフトで低消費電力化が可能
- 必要な時に測れる電池電圧モニターを付加

電池電圧モニター付き



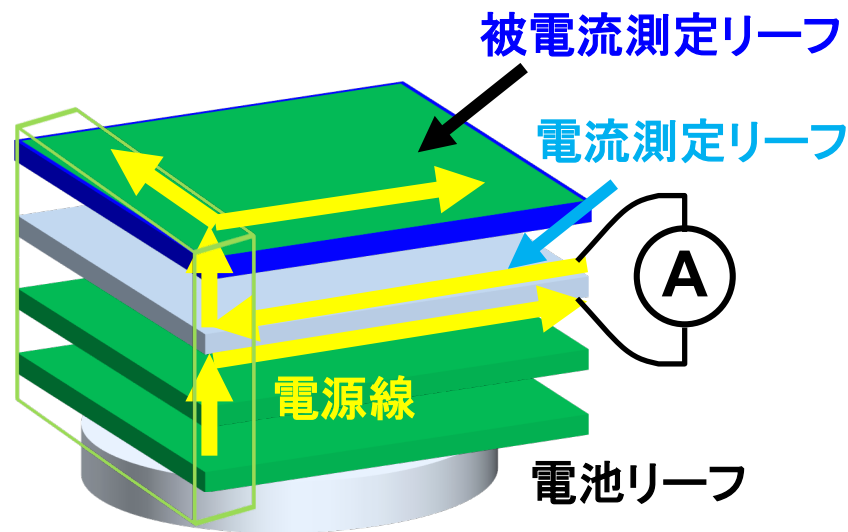
個々のリーフの消費電力を容易に測定可能

従来: 回路ブロックの電流測定が困難



■ 電源線の切断必要部分

Leafony



- 電流測定リーフを入れるだけで個々のリーフの電流測定が容易
- 低消費電力システムのデバッグが可能 → 電池システムの開発加速

低消費電力システムのデバッグ例

- Bluetoothシステムの例:
電流測定リーフを使ってデバッグは容易に

対策前

対策後

ハード・ソフトによる低電力化

Leaf	送信時の電流[mA]	待機時の消費電流[mA]
AVR(μ P)	3.6	0.112
BLE	3.3	0.009
Sensor	0.1	0.002
USB	10	10
合計	17	10.1
電池寿命	約3日	

Leaf	送信時の電流[mA]	待機時の電流[mA]
AVR(μ P)	3.6	0.005
BLE	3.3	0.009
Sensor	0.1	0.002
USB	0.001	0.001
合計	7	0.017
		約1年

- 電池はCR2540(610mAh)、60分に30秒だけ活性化すると仮定。

Leafony(リーフォニー)の技術 ソフトウェア



従来

- 超小型で組立簡単
- 電池動作可能
- オープンソース・ハード/ソフト
- リーフ(電子基板)製作簡単

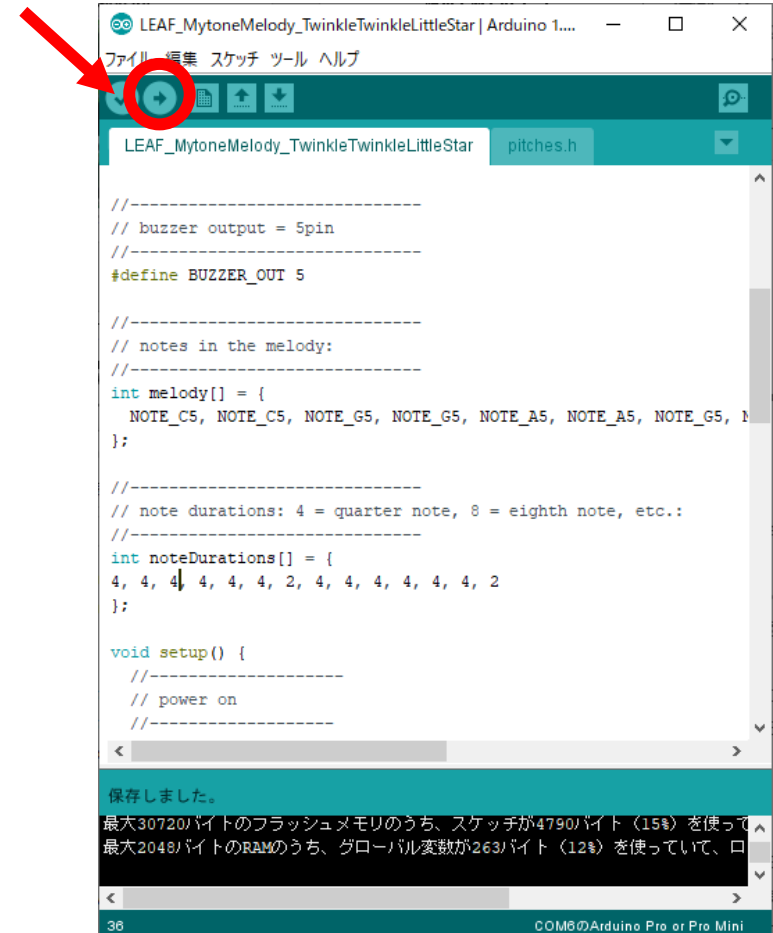


Leafony

ソフトウェア開発も容易 デモ

このボタンを押すだけで、コンパイルやフラッシュメモリへの書き込みなどが自動的に行われる

- ソフトウェアはArduinoコンパチ、数万本のソフトがダウンロード可
- CPUリーフを変更すれば、その他のソフトウェア開発環境でも使用可能。例:mbedなど



Leafonyのデータを一般公開完了

- **仕様書、回路図、パターン図、応用例、ソフトウェア***
などオープン、商業的にも自由に無償で使用可

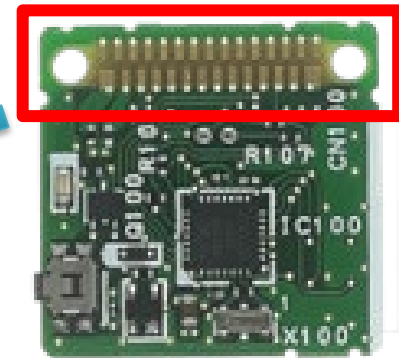
ライセンス関係の詳細は

<https://trillion-node.org/license/>



- **Leafony**

Leafonyは商標登録。
リーフ上にLeafonyという表示は
Leafony Systemsだけ

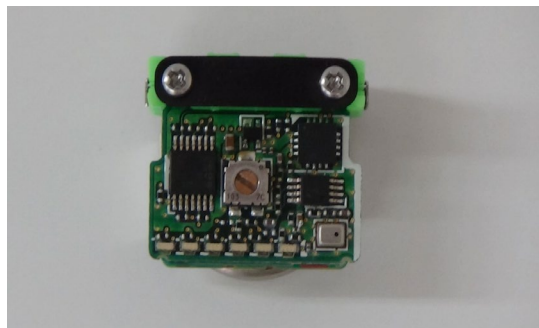


- **Leafonyバス**

20mm x 5.5mmのバス領域。アートワークは**CC-BYライセンス**
で公開。使用の際は、Leafonyバス準拠などと表示をお願い致します。
その他のリーフのアートワークの著作権は主張しません。

アプリ例などビデオ化とドキュメント化して公開

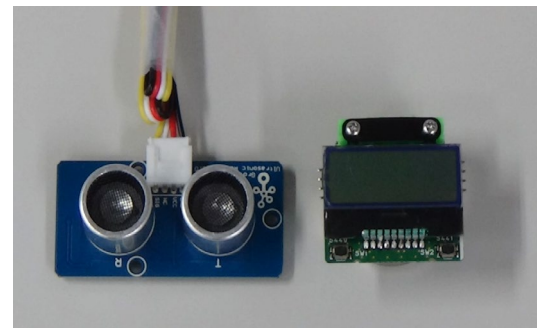
- 教育用(LED&Mic&Vol)
デバイスとソフトウェアの関係を
知るには好適



- よくあるIoTの例
8エッジデバイスをPCにBLE
で繋いでロギング



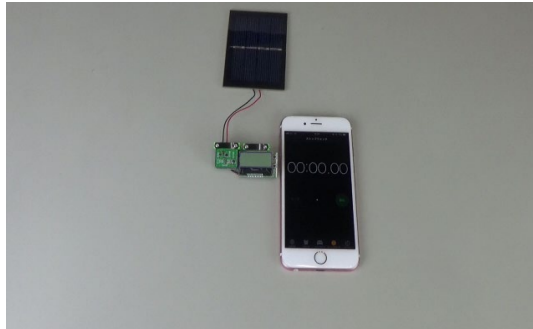
- 外販のセンサを接続
標準的になっているGroveコ
ネクタを使って簡単に接続



- 人が近づくと音が鳴る
人感センサを利用したCPS、冷蔵庫
に子供が近づくと音が鳴るとか



- エナジーハーベスティング
太陽電池を使って、昼に充電、夜
も動くIoT



- LoRa
ドローンに載せて、11.8Kmま
でデータ100%通信可能



アウトライン

- 背景
- Leafonyとは
- 頒布リーフ群
- 利活用シーン



Leafony

頒布キット 3種類

Basic Kit

コイン電池でも動くセンサ、BLE基本キット



ESP32 Wi-Fi Kit

ESP32(32bit CPU)、Wi-Fi対応パワフルキット
(コイン電池では動作不可)



- ESP32
32-bit MCU
& Wi-Fi
- Real time clock
& MicroSD
- 2V~4.5V battery
- 29-pin header
Back-to-back

Extension Kit

各種の拡張機能リーフを集めたキット



トリリオンノード [検索](#)

公開リーフ／キット一覧

Basic Kit

Extension Kit

ESP32 Wi-Fi Kit

通信

マイコン

電源



Bluetooth



LoRa



ESP32
Wi-Fi



AVR
マイコン



CR2032
コイン電池



CR2450
コイン電池



2~4.5V
一般電池



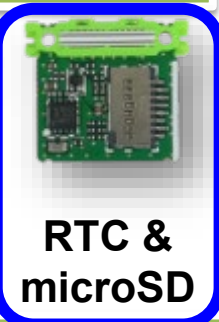
単三電池

その他

入出力



USB
電源



RTC &
microSD



温度・湿度・
照度・加速度
センサ



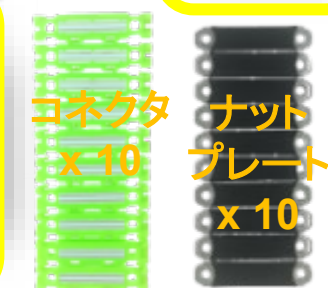
スピーカ
人感センサ



LED
Var. R
マイク



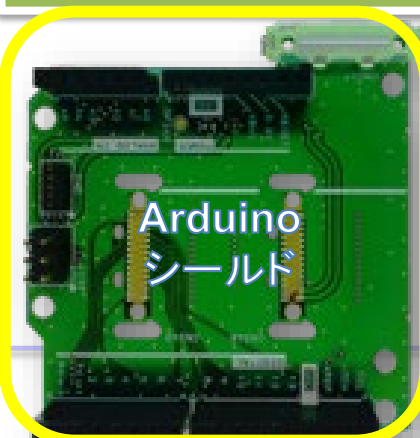
ディスプレイ



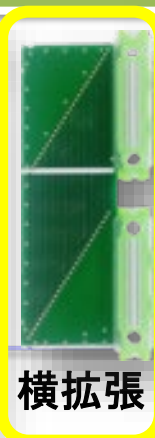
コネクタ
x 10

ナット
プレート
x 10

各種接続



Arduino
シールド



横拡張



縦拡張



29ピン
ピンヘッダ
付き



29ピン
信号
取り出し



スペーサ



電流測定



Grove
コネクタ

外部機関からのリーフ例

企業1



32bit MCU1

32bit MCU2

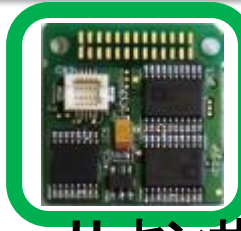
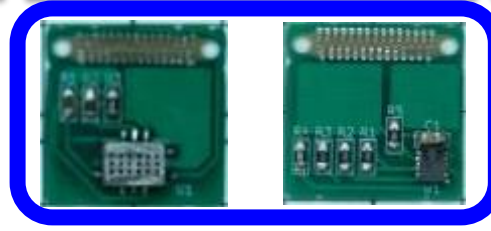
超低電力
加速度センサ

センサ

BLE

USB

企業2



太陽電池電源

電源

NO_xセンサ

CO₂センサ

H₂センサ

国際学会でデモ賞

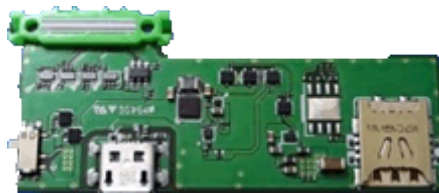
FPGA

企業3

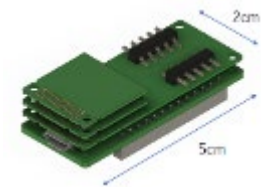


指紋センサ

セキュアエレメント



セルラー無線LTE-M



自社プラットフォームとの連携

大学1

大学2

大学3

企業4

企業5

アウトライン

- 背景
- Leafonyとは
- 頒布リーフ群
- 利活用シーン



Leafony

利用シーン

企業

IoTのProof of Concept (PoC)
R&D、実証実験、社会課題を解く
IoTシステム試作サービス
レファレンスモデルの作製
自社部品／技術の販売ツール
技術の再利用や伝承



個人

新しいアプリ、サービスの探査
手軽なガジェット創り



教育 / 大学

IoT教育
研究／実験
研究成果をデモし実用化加速

LoRaリーフのドローンへの活用例(企業)

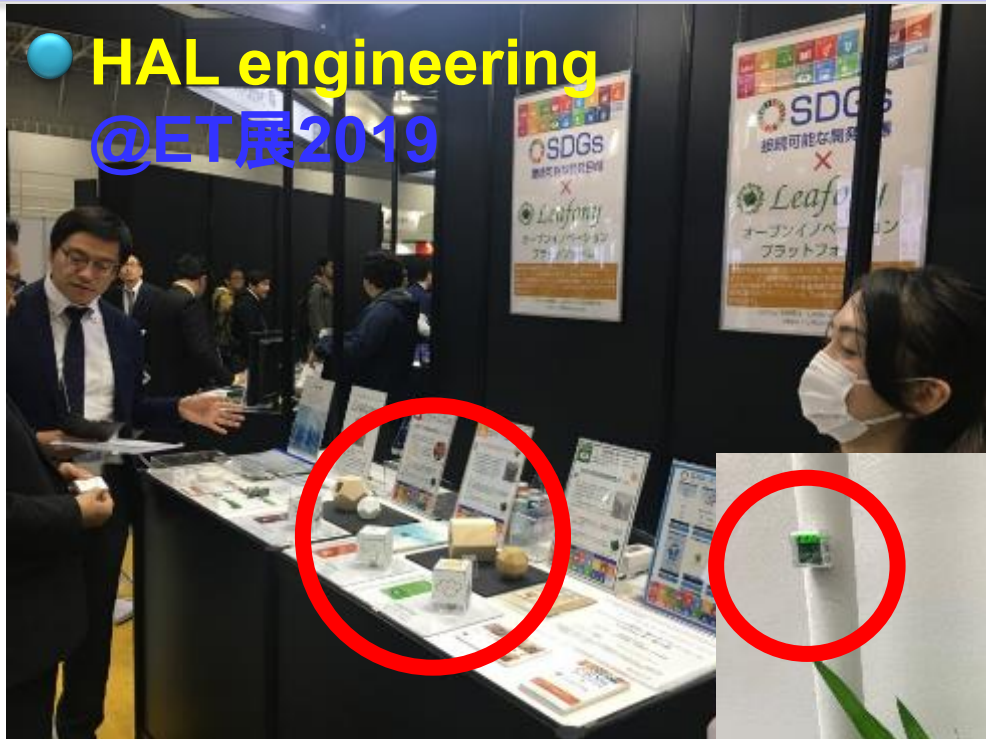


● JASA & MCPC ドローンWG @石川県 手取川



Leafonyを使ったシステム構築サービス提供

● HAL engineering
@ET展2019



● ELECOM
@ET展2019



● IoT-EX
@COMMAハウス

https://www.youtube.com/watch?v=7pL0QEK2C_U

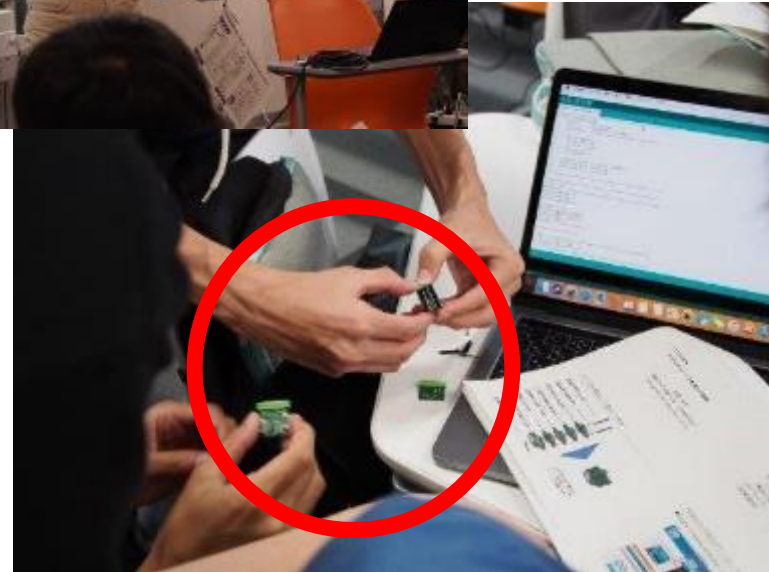


人材育成とLeafony

● 企業社内 ハッカソン IoT教育



● 埼玉大学 enPiT IT教育授業

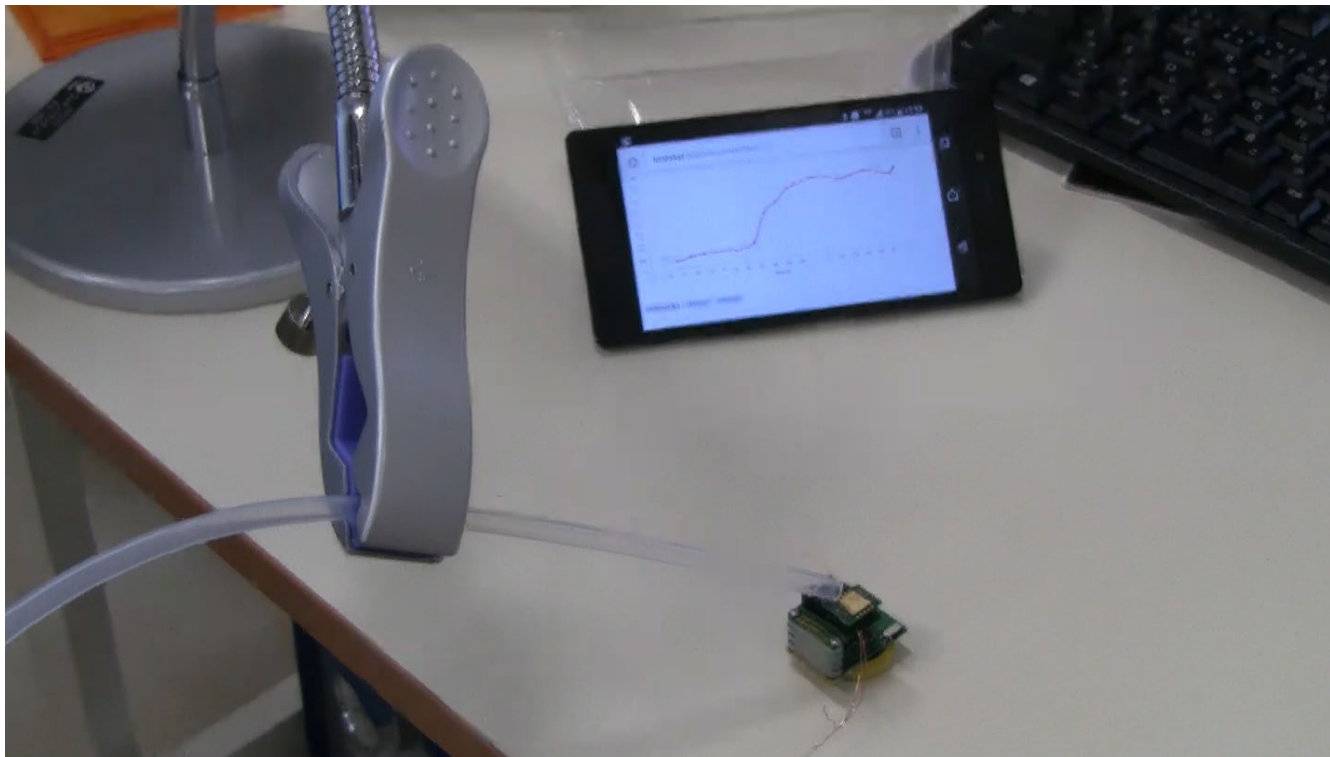


小型化デモなどで技術の価値をアピール 実用化を加速(大学)



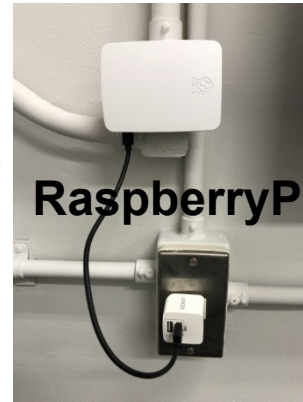
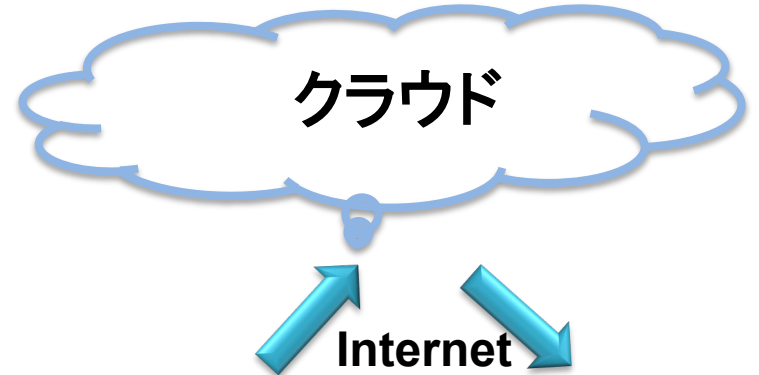
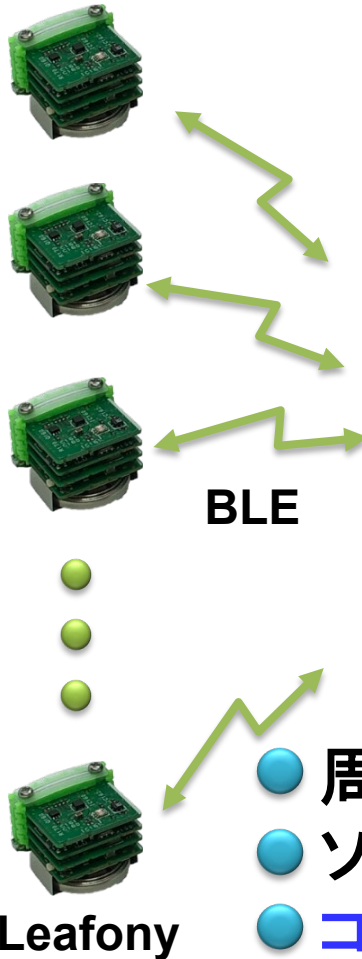
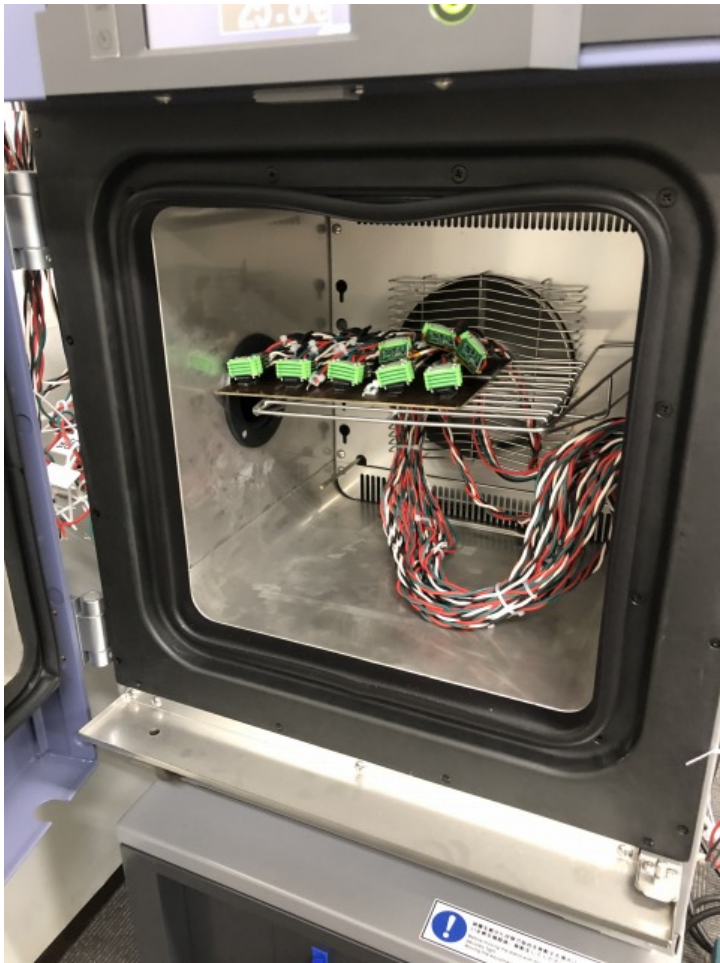
慶應義塾大学、内田教授(当時)、石黒教授: 人の呼気向け水素センサ端末
(JST ナノエレCRESTの成果)

Leafonyでセンサリーフのみおこし、権威ある国際学会でデモ賞受賞
実用化を加速

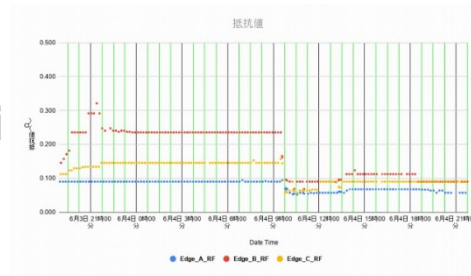


Leafonyを使った自動測定監視システム

- 30セットの抵抗、温度、湿度などを自動計測→クラウドへ



リモートで観測



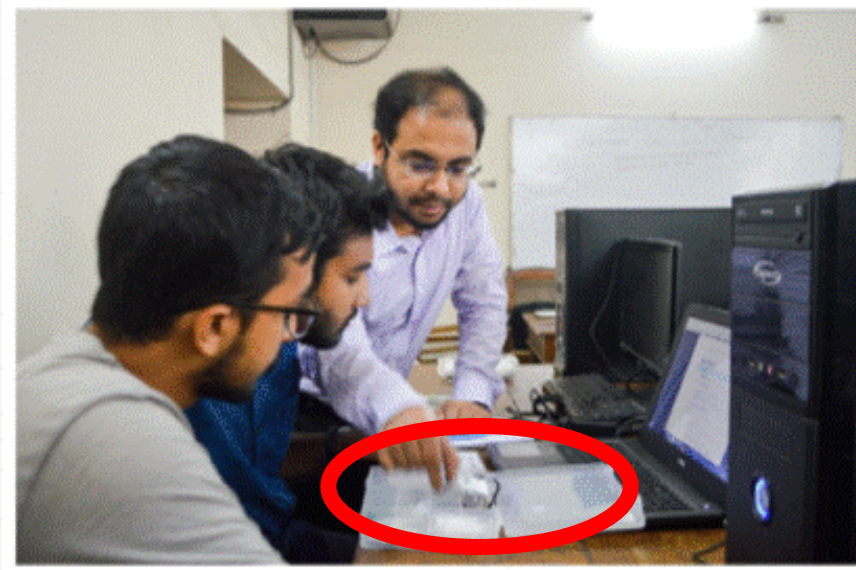
- 周辺が充実したLeafony
- ソフトウェア開発が簡便
- コロナ時代の省人化、ネット化

国際展開も容易: ダッカ大学の例

বাংলাদেশ প্রকৌশল বিশ্ববিদ্যালয়
Bangladesh University of Engineering and Technology



言語によらない汎用性



subject with the data logger and protective



BluetoothでIoT デモ

The image displays two browser windows side-by-side. The left window, titled '4-Sensors Edge', shows a control interface with a 'Disconnect' button and a 'Sleep Mode' toggle. Below this is a table of sensor data for device 'Leaf_A_#05308'. The right window, titled '4-Sensors Client Chart', shows a 'Connect' button and a line chart of temperature over time. A notification from 'Leafony' is overlaid on the chart, indicating a temperature alert.

Device Name	Leaf_A_#05308
Unique Name	Leafony_AC02
日時	2019/08/24 12:05:48
温度[°C]	31.0
湿度[%RH]	124.3
照度[lux]	69
傾き[deg]	30
電圧[V]	2.66

Notification: Leafony
気温が30度を越えました。体調に気をつけてください。
Google Chrome +
tk2-258-38976.vs.sakura.ne.jp

Demo

普及に向けた連携

● トリリオンノード研究会

インフラ系、プラント系、システム系、通信キャリア
商社、電機、部品、実装系など
(キットを貸与しハンズオンでご評価頂く)

● MCPC (Mobile Computing Promotion Consortium)

連携団体、ナノコンWG設立、用途検討など開始

● その他コンソーシアムなど

EHC (エネハベ、デモ講演)、JASA (ソフトウェア、デモ講演)
EPFC、商工中金上野支店 (商社などへのデモ/講演)

● 教育研究機関

enPiT (埼玉大学/授業)、慶應大学 (センサデモ/授業)
ダッカ大学 (授業/論文)、奈良高専 (研究)、AIチップ設計拠点
理化学研究所 (研究/デモ)、東大生研デザインラボ (研究)

● イベント/学会

IoT/M2M展、ET展、センサワークショップ
JPCAショウ、電子デバイス産業新聞
JIEPワークショップ、CEATEC
IEEE CPMTシンポジウム、MESなど



Fig. 1. Self Assembly for the data logger.



トリリオンノード研究会(企業・法人向け)

- インフラ系、プラント系、システム系、通信キャリア、商社、総合電機、半導体、部品、実装系など(次回のトリリオンノード研究会は2020年9月ごろ)



年2回開催
参加費75,000円



<https://www.trillion-node.org/>



- いち早くLeafony詳細情報にアクセス
- IoT関連アプリ/シーズの事例紹介
- シーズサイドとアプリサイドのマッチング
- 研究開発の方向性の議論に参加

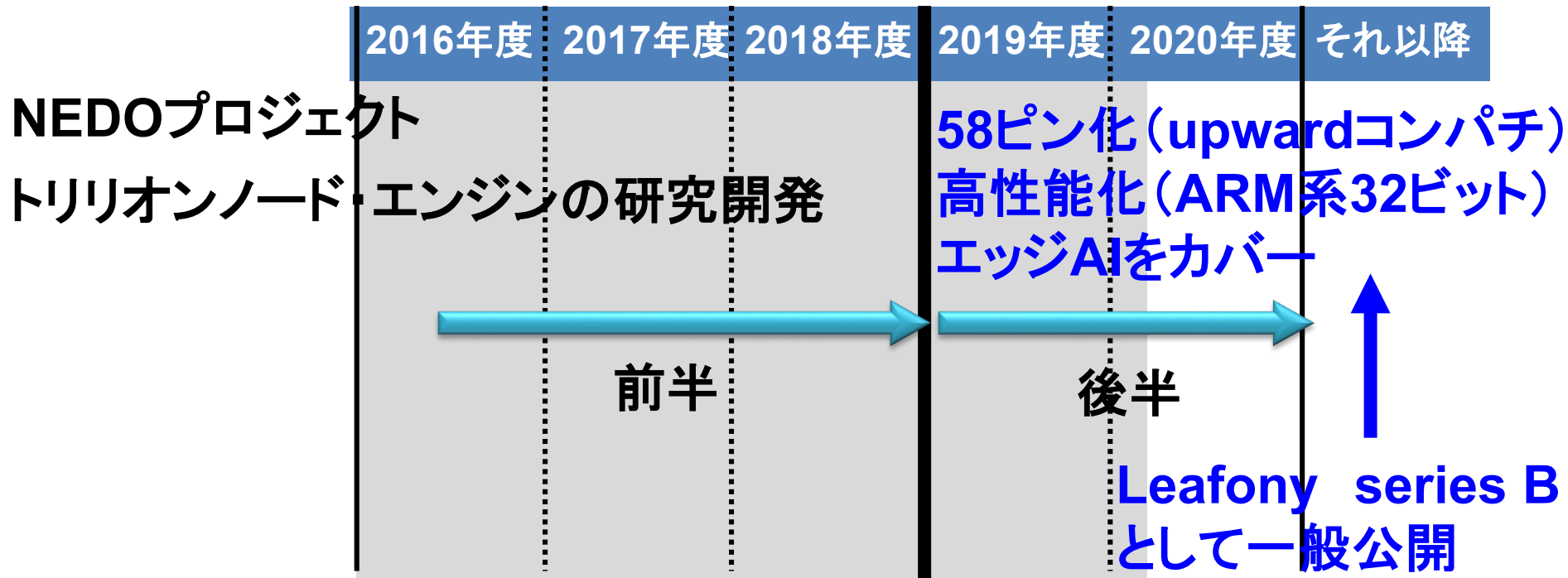
トリリオンノード研究会 参加団体

1	IoT-EX株式会社	35	慶応大学SFC
2	KDDI株式会社	36	慶應義塾大学SFC研究所ソーシャルファブ리케이션・ラボ
3	LEAFONY SYSTEMS 株式会社	37	計画工学研究所
4	Mouser Electronics	38	古野電気株式会社
5	Quest7	39	国立研究開発法人 産業技術総合研究所
6	STマイクロエレクトロニクス株式会社	40	埼玉大学
7	セイコーインスツル株式会社	41	三菱ケミカルエンジニアリング株式会社
8	ソーラー・リノベーション株式会社	42	三菱電機エンジニアリング株式会社
9	ソニーセミコンダクタソリューションズ(株)	43	新光電気工業株式会社
10	ディー・クルー・テクノロジーズ株式会社	44	新日本無線株式会社
11	パナソニック株式会社	45	青葉電子株式会社
12	プロトラブズ合同会社	46	川崎重工業株式会社
13	リコー電子デバイス	47	創成電子
14	旭化成エレクトロニクス株式会社	48	双葉電子工業株式会社
15	夏目光学 株式会社	49	太陽誘電株式会社
16	株式会社AOKI	50	大日本印刷株式会社
17	株式会社FUJI	51	大和無線電機株式会社
18	株式会社Sohwa&Sophia Technologies	52	地方独立行政法人東京都立産業技術センター
19	株式会社SUSUBOX	53	中部電力株式会社
20	株式会社WDS	54	長野県工業技術総合センター
21	株式会社サーキットデザイン	55	東京大学
22	株式会社センシスト	56	東京大学協創プラットフォーム開発株式会社
23	株式会社デバイス & システム・プラットフォーム開発センター	57	東芝インフラシステムズ株式会社
24	株式会社ネクスティエレクトロニクス	58	東芝テック株式会社
25	株式会社ファナティック	59	東芝デバイス & ストレージ株式会社
26	株式会社リサシステム	60	東芝デベロップメントエンジニアリング株式会社
27	株式会社図研	61	東電設計株式会社
28	株式会社長野県協同電算	62	日昭無線株式会社
29	株式会社半導体エネルギー研究所	63	日本航空電子工業株式会社
30	(株)日立製作所	64	富士通クライアントコンピューティング株式会社
31	近畿日本鉄道株式会社	65	明光電子株式会社
32	金沢大学	66	有限会社ケイ・ピー・ディ
33	金沢大学IoT開発グループ	67	立野電脳株式会社
34	群馬大学大学院		

(エクセル降べき並び替え順)

トリリオンノード研究会はLeafonyの普及活動もしています。 © 2020 Trillion-Node Engine Project

Leafonyの今後



- IoTやCPS、AI技術をアプリやサービスにつなぐプラットフォームを目指しています

技術をサービスまでつなぐ プラットフォーム

アプリ／サービス SDGs Society5.0
(社会課題を解く、産業を育てる)

課題先進国日本

Leafonyプラットフォーム
バリューチェーン確立の一助

優れたIoT/CPS向けテクノロジー