

ナノコン ハンドブック

～ 指先にのる小さなデバイスでIoTを始めよう! ～

モバイル&IoTで飛躍する

MCPC



ナノコン ハンドブック

～ 指先にのる小さなデバイスでIoTを始めよう! ～

発行元 モバイルコンピューティング推進コンソーシアム (MCPC)

発行日 2019年10月(初版)

製作/編集 MCPC 技術委員会 ナノコン応用推進 WG

問い合わせ先 MCPC 事務局

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-12 長谷川グリーンビル2階

TEL : 03-5401-1935 FAX : 03-5401-1937

E-mail : office@mcpc-jp.org URL : <http://www.mcpc-jp.org/>



モバイルコンピューティング推進コンソーシアム
技術委員会
ナノコン応用推進 WG

はじめに

内閣府の第5期科学技術基本計画において、日本が目指すべき未来社会の姿として Society 5.0 が提唱されている。Society 5.0 は、これまでの狩猟社会、農耕社会、工業社会、情報社会に続く、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会（Society）」とされる。これまでの情報社会では、社会での情報共有が不十分であったが、Society 5.0 で実現する社会では、IoT（Internet of Things）で全ての人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、今までにない新たな価値を生み出すことが期待されており、さらに5Gが普及することで様々な業界へ広まりが進むだろう。

2030年代には1兆個の端末がインターネットに接続されると予想され、事実、IoT 端末の製品化事例が増えている。その一方で、IoTの世界においては一つのアプリケーションは小さく、1兆個の市場を生み出すには多くのアプリケーションが生み出される必要があり、そのためには小型で低消費電力といった性能面だけでなく、カスタマイズ性に優れたプラットフォームが必要である。

本ハンドブックが、MCPC 会員企業における IoT アプリケーションの実証実験の他、メイカーズ（ものづくりをする個人）を含む多くの方に活用されることで、新しい IoT アプリケーションが生まれ、Society 5.0 の社会の実現の一助になることを期待する。

MCPC 技術委員会
ナノコン応用推進 WG 主査

目次

はじめに

1. ナノコンとは	2
2. ナノコン活用事例	2
・慶應義塾大学 石黒研究室	3
・九州大学 荒川研究室	4
・富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社	5
・株式会社タブレイン	6
・京セラ株式会社 コミュニケーションシステム研究開発部	7
3. Leafony プラットフォームの紹介	8
3.1. Basic Kit A1.0	10
3.2. Extension Kit A1.0	11
3.3. リーフを組み合わせた IoT/CPS のサンプル	12

1 ナノコンとは

汎用コンピュータはCPU、メモリや周辺デバイスの小型化によりマイコンとして多くの場所で手軽に利用されるようになりITが広く普及することになった。また、通信ネットワークの普及発展によりマイコンは様々なセンサーやアクチュエータなどのエッジデバイスをネットワークに接続するエンベデッドコントローラとして普及してきた。

さらに様々なデバイスがインターネットに接続されたいわゆるIoTの世界を普及させるには従来のマイコンよりも小型、低消費電力、かつ容易にインターネットに接続されるコンピュータが必要である。

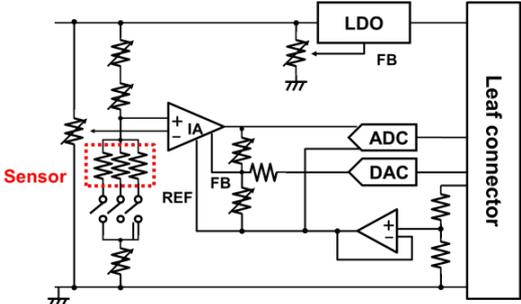
また、誰でもIoTビジネスに参画できることとサービスビジネスの開発サイクルの短縮化が必要とされるため、容易に技術/ビジネスの実証実験を行うことが求められるようになっている。

MCPCではこの超小型、バッテリー駆動、そしてモジュール化され容易に取り扱えるデバイスをナノコンと定義し、その普及促進活動を行うことで会員企業のIoTビジネス活動の促進を目指しています。

※ナノコンは、MCPCがライセンスしている商標です。

2 ナノコン活用事例

ナノコンの活用事例を次ページ以降に示します。

タイトル	ナノワイヤガスセンサを用いたウェアラブル呼気検出デバイス	団体名	慶應義塾大学 石黒研究室
用途	<p>将来的にウェアラブルな端末で、呼気中の水素やアンモニア等様々な分子を検出し、それらの情報から人々の健康状態を測定するためのシステムを目指し、そのプロトタイプとして開発した。</p>		
概要・システム構成図	<p>3種類の抵抗変化型ガスセンサの信号を読み取るアナログフロントエンドリーフを開発した。使用するセンサの種類で抵抗値が大きく異なるため、センサ切り替え時に自動でブリッジのバランスをとり、さらに、計装アンプ(IA)の利得やLDOの出力電圧の最適値設定を行ったうえで、測定が行われる。 開発したセンサフロントエンドリーフの構成は下記のとおりである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電源 ・各種デジタルポテンショメータ、スイッチの制御 (I2C通信) ・ADC,DACとの通信 (SPI通信) ・計装アンプ (IA) <p>取得したセンサデータは、BLE Sugarリーフを介して、タブレットに転送され、グラフ化される。</p>  <p style="text-align: center;">センサフロントエンドリーフ</p>		
ハードウェア構成	<p>CPUコア : AVR MCUリーフ 通信I/F : BLE Sugarリーフ センサー : ガスセンサおよびAFEリーフ (独自開発) 電源 : 2V~4.5Vリーフ</p> 		
備考	<p>ナノ構造を有する超低電力ガスセンサ素子はJST CRESTプロジェクトの一環として、東京大学 内田研究室、および九州大学 柳田研究室にて開発されたものを使用した。</p>		

タイトル	モノのIoT化からデータ計測を簡単化する超小型マルチセンサボードSenStick	団体名	九州大学 荒川研究室
用途	<p>SenStickは、8種類の代表的なセンサとBLE、リチャージャブルバッテリー、フラッシュメモリを搭載した超小型マルチセンサボードである。 身の回りのモノにセンサと通信機能がついたらどんなことができるのだろうかというPoCを誰もが簡単に試せるプラットフォームとして開発した。活用事例として、杖に装着して高齢者の歩行診断、体に複数装着して筋トレの支援、竹刀に装着して剣道のセンシング、頭部に装着して観光時の興味センシングなどがある。</p>		
概要・システム構成図	<p>超小型 + マルチセンサ + 通信機能 + 記録装置 + バッテリー</p> <p>ハードウェア</p> <p>あらゆるモノをセンサ化 + IoT教育</p> <p>マルチプラットフォーム (iOS/Android/Mac)</p> <p>ソフトウェア</p> <p>SenStick</p> <p>3Dデータ</p> <p>ケースデータの公開 + コミュニティ形成 + データの共有</p>		
ハードウェア構成	<p>CPUコア：Nordic nRF52 (Cortex-M4F) 通信I/F：BLE センサー：9軸、温湿度、気圧、照度、UV 電源：LiPo その他：データ記録用Flash (32Mb) 搭載</p>		
備考	<p>SenStickは、総務省SCOPE若手ICT研究者等育成研究費の支援によって開発されたものである。研究期間終了後、オープンソースとして、回路図やアプリケーションが公開されており、2017年には東京の企業から研究者向けに限定販売された。</p>		

タイトル	工作キット ブルドーザーの遠隔操作	団体名	富士通コネクテッド テクノロジーズ(株)
用途	工作キット ブルドーザーの遠隔操作		
概要・システム構成図	<p>工作キットのブルドーザーのモーター制御をArduinoのモーターシールドとLeafonyプラットフォーム(以下Leafony)で行い、スマートフォン(以下スマホ)を組み合わせることで遠隔操作を実現した。 ブルドーザーにスマホAを装着し、ブルドーザーの視点をカメラ画像としてストリーミング送信する。スマホBは、ストリーミング映像を確認しながら、ブルドーザーの操作をするアプリを実装した。スマホBの操作情報をスマホAにコマンド送信し、更にスマホAからLeafonyにBLEでコマンド送信する。スマホAB間通信にセルラー通信を使用し、遠隔操作を実現した。 また、USBホスト機能をサポートしているスマホAから、Leafonyとモーターシールドに電源を供給し、モーターの駆動部には9V角電池から給電する。</p> <p>スマホA</p> <p>スマホB</p> <p>セルラー回線</p> <p>リモコン制御</p> <p>カメラ画像</p> <p>リモコン制御</p> <p>カメラ画像</p> <p>AVR MCU</p> <p>USB</p> <p>BLE Sugar</p> <p>BLE</p> <p>リモコン制御</p> <p>給電</p> <p>Shield + Arduino MotorShield Rev3</p> <p>モーター制御</p>		
ハードウェア構成	<p>CPUコア：AVR MCUリーフ 通信I/F：BLE Sugarリーフ 電源：USBリーフ + スマートフォン その他：Shieldリーフ、Arduino MotorShield Rev3</p>		
備考	<p>MotorShieldに搭載しているモータードライバは5Vで駆動するため、LeafonyにVBUSの供給が必要である。スマートフォンのUSBホスト機能(*)の代わりに、モバイルバッテリーから給電することも可能。 スマートフォンはarrows NX F-01Kを使用した。 (*)USBホスト機能をサポートしているスマートフォンは一部の機種に限られる。</p> <p>*MotorShieldの下のLeafony</p>		

タイトル	追跡トラッカーと振動警報IoTデバイス	団体名	株式会社 タブレイン
用途	GPS機能を持つ3G通信モジュール（HL8548-G）を搭載した3GIMと、加速度センサを搭載したArduino Zero互換機のIoTABボードとを組み合わせ、振動感知による追跡トラッカーを実現したもので、害獣罠に取り付けたり、盗難感知・追跡に利用できるコンパクトで省エネタイプのデバイスとなる。すでにイノシシの罠に組み込んだ製品が実用として稼働中。（3GIMおよびIoTABボードはタブレイン製品） （参考資料： http://tabrain.jp/data/tabrain-business.pdf ）		
概要・システム構成図	<p>ソフトウェア構成</p> <ul style="list-style-type: none"> ■IoTデバイス側 <ul style="list-style-type: none"> ・スリープ機能・ウェイクアップ機能 → 日次報告（バッテリー容量など） ・加速度センサ割込み機能 → 振動割込み機能（緊急報告） ・GPS取得機能（設置時報告・緊急報告） ■メールサーバ側 <ul style="list-style-type: none"> ・メール受信・転送 ・メールアドレス管理 ・日次報告の変更制御機能 		
ハードウェア構成	<p>CPUコア：SAM D21G18A 通信I/F：3G通信（次LTE-M対応予定） センサー：GPS、加速度、温度他 電源：バッテリー駆動（リチウムイオン・ニッケル水素等） その他：Arduino互換機ボード</p> <p>ボードサイズ：3.5×2.5×1.5cm</p>		
備考	3GIM（又は4GIM）とIoTABボードを利用した事例は、これまで河川の水位監視デバイス（カメラや超音波距離センサ利用）や、積雪高観測デバイス（レーザ距離センサ利用）、農業用観測デバイス（CO2センサなど利用）、その他Sigfoxと加速度センサを組み合わせた住宅保有耐力診断デバイスなどにも技術転用を行ってきている。新たにLPWA（LTE-M）版の通信モジュールとMCUボードを一体化したMGIM（3.5×2.5cm）の開発も着手。1枚のボードでアナログ・デジタル・シリアル通信（UART/I2C）などが制御できるLTE-M版となる。		

タイトル	LTE-Mに対応したIoTユニット	団体名	京セラ株式会社 コミュニケーションシステム研究開発部
用途	センサーモードでは7つのセンサー（温度、湿度、気圧、照度、加速度、角速度、地磁気）による測定や内蔵GPSによる位置測位が可能であり単独で環境・状態の観測ができる。一方、モデムモードでは、UART接続したセンシング機器のデータをLTE-M通信を用いてクラウド等に送信することができ、汎用的なモデム通信機として利用できる。		
概要・システム構成図	<p>小型の筐体（約70×37×11mm）にすべての部品を内蔵、リチウムイオン2次電池やアンテナを搭載することで単独で長時間使用できる構成とした。</p> <p>センサーモード時、センサー制御や測定はController CPUで行われ、LTE-Mモジュールを通してクラウドに送信される。専用に開発されたダッシュボードを使い、データのグラフ化や解析、地図情報との連携ができる。</p> <p>モデムモードでは、UARTで接続されたセンシング機器からのコマンド操作により、任意のクラウドやサーバーにデータを送信することができる。</p>		
主な構成要素	<ul style="list-style-type: none"> ・LTE-Mモジュール ・Controller CPU ・リチウムイオン2次電池 ・各種センサー ・内蔵アンテナ 		
ハードウェア構成	<p>Controller CPUコア：Arm Cortex-M4 通信モジュール：京セラ製LTE-Mモジュール センサー：温度、湿度、気圧、照度、加速度、角速度、地磁気 測位：GPS、GLONASS 電源：リチウムイオン2次電池 外部接続：UART</p> <p>サイズ：約70×37×11mm</p>		
備考	<p>詳細は、以下URLを参照 https://www.kyocera.co.jp/prdct/telecom/office/iot/products/index.html</p>		

3 Leafony プラットフォームの紹介

本章では、ナノコンの代表例として、Leafony プラットフォーム（あるいは短く Leafony）を紹介します。Leafony は、超小型、電池動作可能、そして組立が簡単という特徴をすべて合わせ持ったオープンソース・ハードウェアおよびソフトウェアのオープンイノベーション・プラットフォームです。Leaf（リーフ）と呼ばれる 2cm 角程度の電子モジュールを組み合わせてオリジナルなシステムを創ることができます。小さいだけでなく、電池でも動くようにアーキテクチャを工夫するとともに、独自のコネクタ技術によって誰でも簡単に組み立てられます。

オープンイノベーション・プラットフォームという意味は、トリリオンノード研究会のホームページで公開するリーフの仕様書、回路図、パターン図、応用例、プログラムなどが商業的にも自由に無償で使えるようになっているということです。このプラットフォームはトリリオンノード・エンジン・プロジェクト¹⁾の研究開発成果に基づいています。

IoT/CPS²⁾ 応用向けの小さくて電池でも動作するシステムや、それを使ったサービスなどの研究開発や実証実験を行うのに好適なプラットフォームとなっています。新しいシステムを安価に試作できるので、メイカーズなどの個人でも楽しい色々なアプリを創り出したり、社会課題を解いたりするチャレンジが可能です。また、IT 教育や大学などでの実験、個人でのシステム試作などにも適しています。その他、例えば IoT デバイスを製品化した会社が、応用例を開拓するために自社のデバイスをリーフに載せたり、リファレンスモデル作製の短工期化に使用することも可能でしょう。あるいは大学発の材料・デバイス技術をリーフ化し、実際にシステムまで組み上げ、研究の価値や意義を訴求することによって実用化を加速できると期待されます。



図 1 IoT システムを簡単に創れる Leafony プラットフォーム

Leafony は、現在 Arduino のソフトウェア開発環境を使ってプログラミングできるようになっているため、すでにネット上に数万本存在する Arduino の公開されているプログラムを書き込むだけ、あるいはそれを目的に応じて少し修正するだけで使えます。また、プロセッサ・リーフを変更することにより、異なったプロセッサ環境やソフトウェア開発環境でも使用できるようになっていて、プロセッサそのものよりもセンサや通信などの周辺デバイスに主眼を置くようなアプリ志向になってきている新しいシステム開発に向いています。

トリリオンノード・エンジン・プロジェクトでは、今後、Leafony プラットフォームがより強力なプロセッサ環境にも対応できるように、また将来、AI などの開発プラットフォームとしても使えるよう各種拡張の研究開発を続けています。トリリオンノード・エンジン・プロジェクトが研究開発した Leafony プラットフォームは、Leafony Systems 社から製造、販売されます。リーフは、他の企業や個人などから多数販売される予定です。次ページ以降に、Leafony アルファシリーズのキット、Basic Kit A1.0 と Extension Kit A1.0 を紹介します。

それぞれのモジュールは小さく緑色で木の葉のようなのでリーフと呼んでいます。Leafony は Leaf と Symphony の造語ですが、個と全体の調和を目指した造語です。Symphony では、さまざまな楽器の出す音色が調和して素晴らしい楽曲を奏できるようにリーフが集まって素晴らしい価値を創造して欲しいという願いが込められています。

1) 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) の委託・助成事業による研究開発プロジェクトです。

2) CPS は Cyber-Physical Systems の略です。

<p>Leafony 製品販売 https://leafony.com</p> 	<p>トリリオンノード研究会 “スタート” https://trillion-node.org/start</p> 
---	---

3.1 Basic Kit A1.0

マイコンには、ATmega328Pを使用。工場出荷時に、Arduinoのスケッチを書き込んであるので、Web Bluetoothを使ってスマートフォンやパソコンで、図3のようにセンサの値を表示できます。表1に表示方法を示します。このように仕様が全く異なるハードウェアまたはオペレーティングシステム上で、同じ仕様のあるものを動かすことができるプログラムのことをCross-platformと言います(図4)。詳しくは、トリリオンノード研究会の"スタート" (<https://trillion-node.org/start>)を参照。

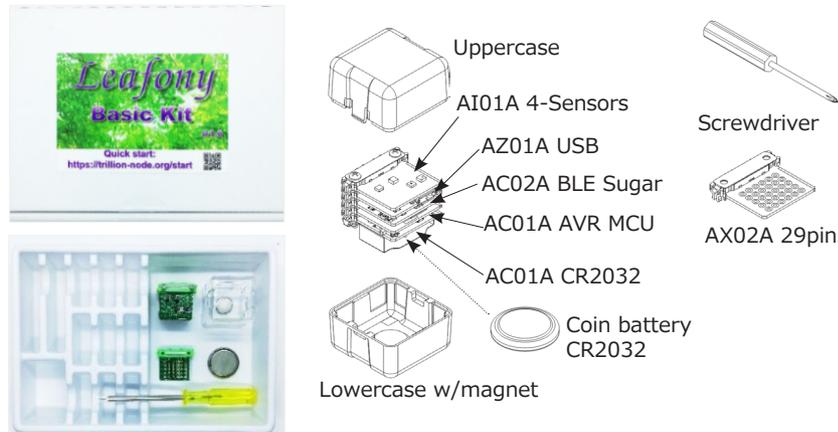


図2 Basic Kit A1.0の内容



図3 センサ値の表示例

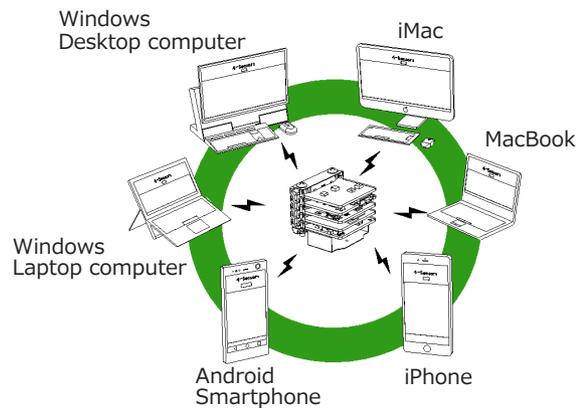


図4 Cross-platformのイメージ

表1. センサの値を表示させる方法

Windows、Mac、Androidの場合	iPhoneの場合
① CR2032 リーフのスイッチをON。 ② 「4-Sensors」のボタンを押して、アプリ立上げ。 ③ 「Connect」ボタンを押して、リーフを選択すると、センサの値が表示。	① CR2032 リーフのスイッチをON。 ② WebBLE をダウンロードして、アプリを立ち上げ。 ③ 「Connect」ボタンを押して、リーフを選択すると、センサの値が表示。



3.2 Extension Kit A1.0

スタンバイの電流が大きいリーフには、電源にロードスイッチを入れ、低消費電力を徹底的に実現しました。またArduino Shieldや、Seed Studio製 Groveシリーズ互換のリーフを備え、IoT/CPSの多種多様なアプリケーションに対応。詳しくは、トリリオンノード研究会の"スタート" (<https://trillion-node.org/start>)を参照。

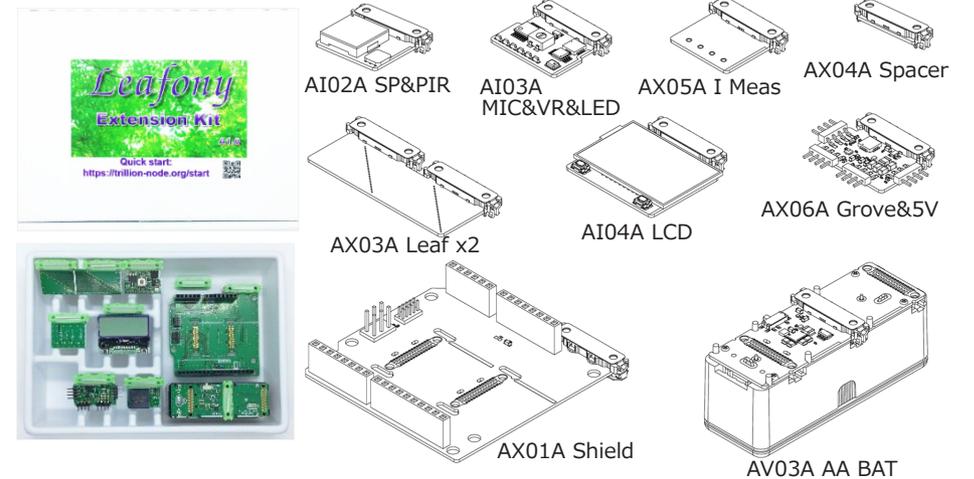
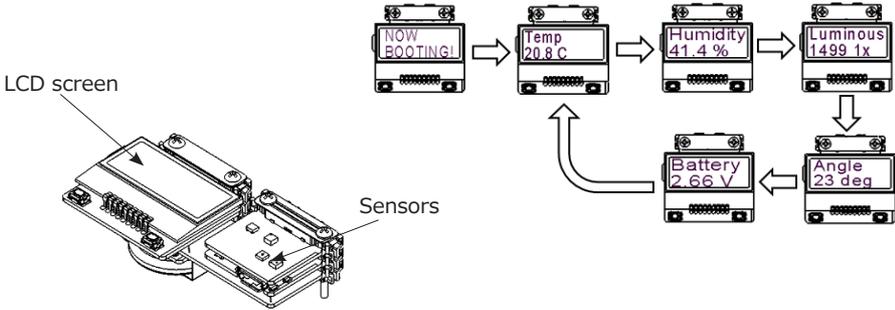


図5 Extension Kit A1.0の内容

3.3 リーフを組み合わせた IoT/CPS のサンプル

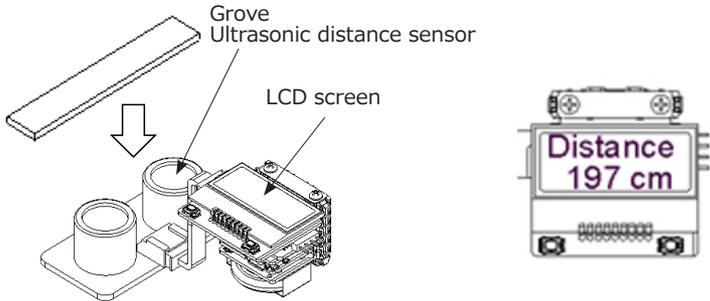
センサの値を LCD に表示

電源リーフには、電池電圧をモニタするための AD コンバータを実装。温度、湿度、照度、傾きだけでなく、電池電圧も測定し、LCD に表示させることができます。



超音波距離センサで測定した距離を LCD に表示

Seeed Studio の Grove シリーズのセンサを利用した例。超音波センサで測定した距離を LCD に表示させることができます。



<ナノコン応用推進 WG メンバー>

主査	利光 清	東芝インフラシステムズ株式会社
副主査	濱田 圭	富士通クライアントコンピューティング株式会社
オブザーバー	森 時彦	東京大学
メンバー	宮崎 新也	KDDI 株式会社
	村山 隆志	LEAFONY SYSTEMS 株式会社
	田辺 守	株式会社 NTT ドコモ
	立川 輝一	京セラ株式会社
	岩崎 俊	京セラ株式会社
	杉山 良仁	グローバルナレッジ合同会社
	佐藤 道章	シャープ株式会社
	光井 隆浩	スキルマネジメント協会
	小田原 雄紀	ソフトバンク株式会社
	向窪 文	ソフトバンク株式会社
	高本 孝頼	株式会社タブレイン
	山崎 徳和	玉川大学
	大石 禎利	東芝テック株式会社
	南日 俊彦	東芝テック株式会社
	山下 誠	東芝デバイス&ストレージ株式会社
	奥山 武彦	東芝デバイスソリューション株式会社
	小熊 堅司	日本電気株式会社
	安本 隆	株式会社ファームシップ
	高木 要	株式会社プールジャパン
	春藤 和義	富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社
	堀江 智美	富士通コネクテッドテクノロジーズ株式会社
	森本 裕之	三菱電機株式会社
	前島 幸仁	モバイルコンピューティング推進コンソーシアム

事務局

※ WG メンバーは 2019 年 6 月現在のメンバーです。

【MCPC について】

ワイヤレスデータ通信とコンピューティングシステム（モバイルシステム）の普及を促進するために、1997 年にわが国を代表する移動体通信会社、コンピューターハードウェア / ソフトウェアメーカ、携帯電話 / PHS メーカ、システムインテグレータなどにより組織化された。現在、モバイル利活用の IoT/AI 市場の発展・拡大実現に向かって活動しており、そのための技術課題への対応、運用課題の調査・研究、開発の推進、標準化、相互接続性検証、普及啓発活動、人材育成などの活動を行っている。さらには、米国姉妹組織の WTA(Wireless Technologies Association)、USB-IF、Bluetooth SIG、IEEE などと連携を図りながら、モバイル利活用の IoT/AI ソリューションの市場の形成拡大と、利用環境の高度化に努めている。

(2019 年 5 月 1 日現在 会員会社数 185 社)

※ナノコンは、MCPC がライセンスしている商標です。

※ Leafony は、Leafony Systems 社の商標です。

※ LTE は、ETSI の商標です。

※その他社名および商品名は、それぞれ各社の登録商標または商標です。