

RISC-V と オープンソース FPGA、半導体

From RISC-V Comes Open Source FPGA and Semiconductor

令和3年4月22日

河崎 俊平

RISC-V協会

SHコンサルティング（株）

本発表内容は、Creative Commons
「CC-BY-4.0ライセンス」でライセンスされます。



発表内容

1. RISC-Vとの出会い
2. RISC-Vが半導体産業にもたらしたブレークスルー
3. RISC-Vはどこが違うか？
4. RISC-Vの現況
5. 将来どんなうれしい未来が待っている？
6. まとめ

コンピュータ アーキテクチャ 私年表



- 1964 (-14年) 統一命令アーキテクチャを備えた IBM360 シリーズ 市場導入
- 1969 (-9年) 日本企業は、独自コンピュータアーキテクチャ を採用 ソフトで苦戦
- 1971 (-7年) コンピュータ輸入自由化決定 通産省指導で互換アーキテクチャ路線 を考案
- 1978 (0年) イリノイ大学院 で コンピュータアーキテクト 志望となる
- 1980 (2年) インテルインタビュー → 日本企業入社 → 国産32ビット CPU 開発参加
- 1982 (4年) IBMスパイ事件発生 → ICOT誕生 → 米国基礎研究所 で 共同研究参加
- 1985 (7年) GNUマニフェスト オープンソースソフト (OSS) の始まり コンパイラ
- 1990 (12年) モトローラ訴訟調停終了
- 1993 (15年) 国産32ビット 第1世代 ISA特許出願
- 1994 (16年) 国産32ビット 第2世代 ビデオゲーム
- 1996 (18年) 国産32ビット 第2世代 32-bit CPU 出荷数世界1に
- 1998 (20年) 国産32ビット 第3世代 米大手OS会社が採用 MIPS, ARM, SH, PPC, x86
国産32ビット 第4世代 ビデオゲーム
- 2001 (23年) 北米OSメーカーがARM+X86に集約 → 国産32-bit の 終焉 の 始まり
- 2003 (25年) 東欧州 opencores.org に 国産32ビット 第2世代 オープンソース版 出現
- 2009 (30年) 国産32ビット 第5世代 → 欧州車 3Gナビ → ARMに敗退
- 2013 (35年) 日本企業が32-bit MCUファミリを廃止 → 囚われIP → 開放の相談
- 2014 (36年) 国産32ビット ISA特許失効 → ISA使用权公開 → オープンソースIP

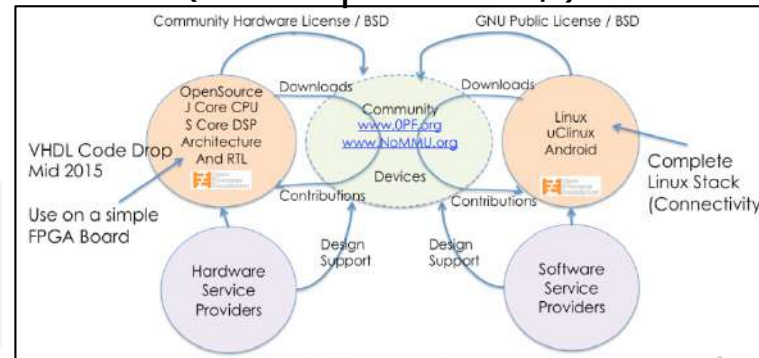
1。RISC-Vとの出会い（2014）

国産32ビット オープンソース 公開 と RISC-V
オープン アーキテクチャ 連合 構想へ

RISC-V旗揚げ
(Hotchips 2014年)



国産アーキテクチャ旗揚げ
(Hotchips 2014年)



オープン アーキテクチャ 連合

東欧のオープンソース
ハードウェア組織(2003)



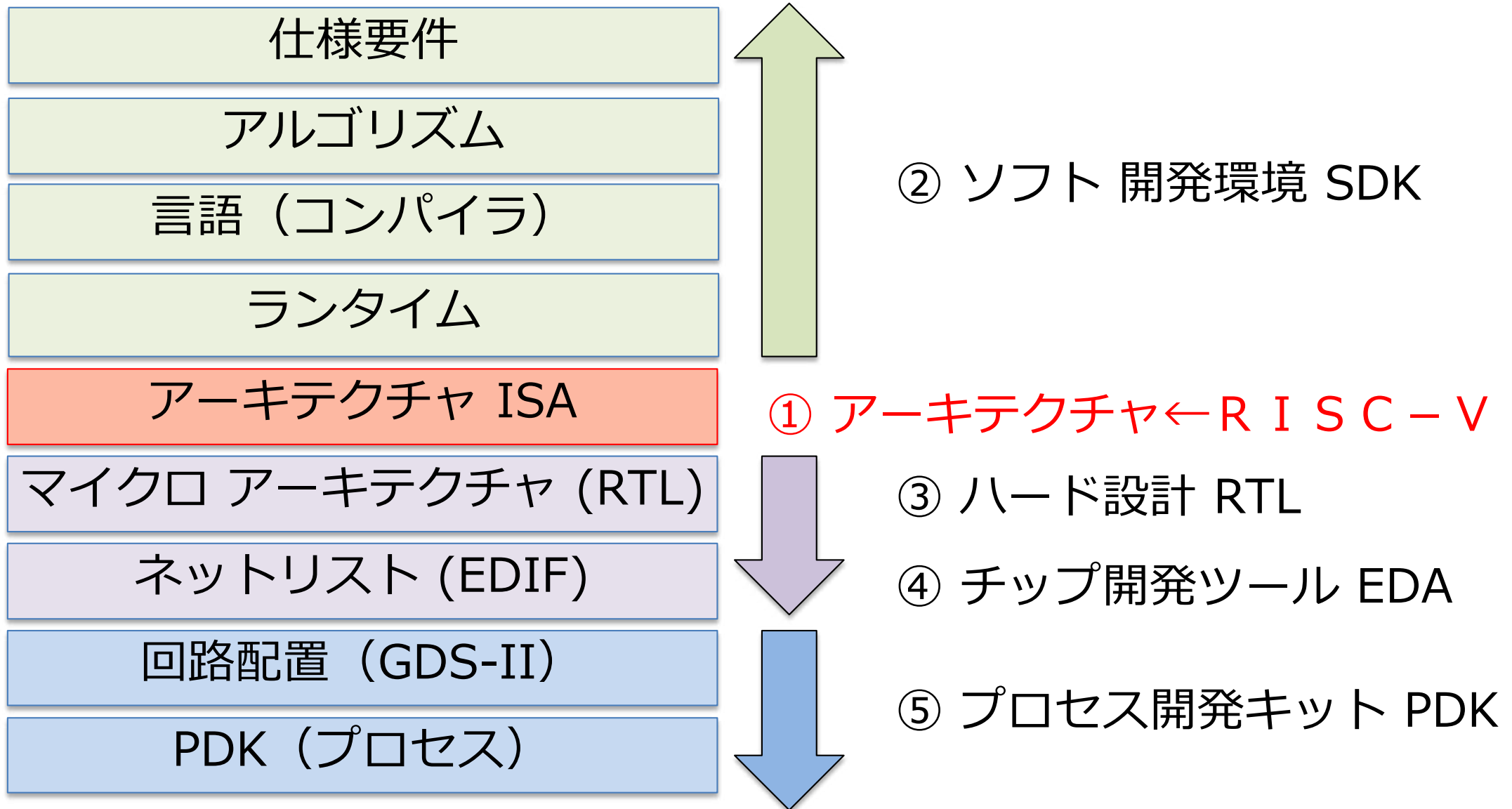
RISC-V (2015)



国産32ビット
カリフォルニア州非営利 (2013)



1. ロジック半導体技術の中のRISC-Vの位置付け



2。RISC-Vが半導体業界にもたらした ブレークスルー

1960年、キルビーがプレーナ型トランジスタを発明。集積回路ができた。

ムーアが2年で半導体の能力が2倍になる法則が唱えた。

半導体業界全体が結束し2年に一回の世代交代を前提に動き出した。

2010年代は、半導体はオリゴポリ（少数複数企業による寡占）内イノベーションのみ

ベンチャーは半導体分野を、投資対象と考えなくなった。

2012年には、半導体IPの最右翼ARMが、95%の市場シェアを達成

IPライセンス料が50億円を超えると噂された。

ムーア則が終わった。と噂された。

2015年にRISC-Vが出現。半導体起業と投資が再開した。

RISC-Vはどこが違うか？

①ビッグ アンプレ哲学

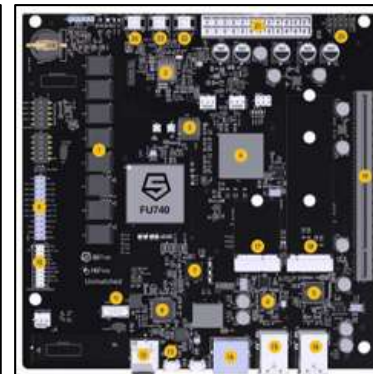


②モジュラー式命令

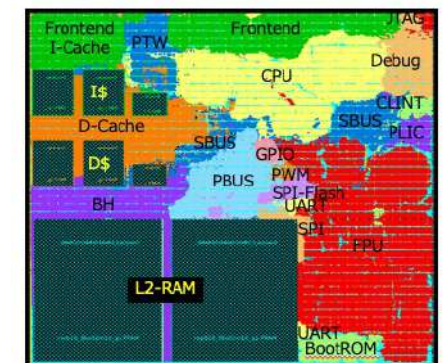
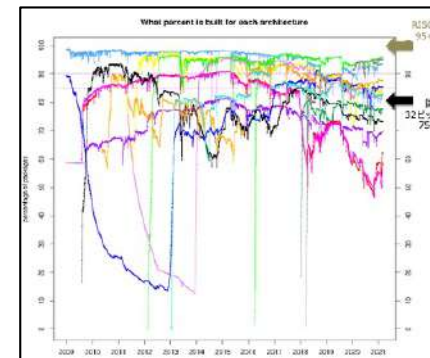
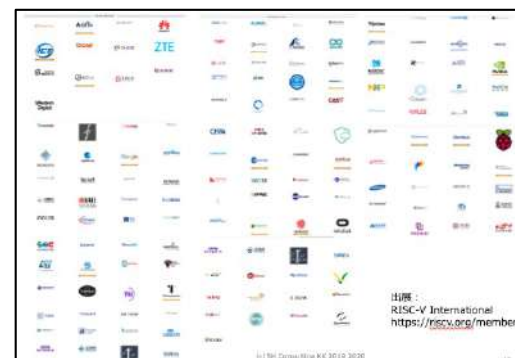
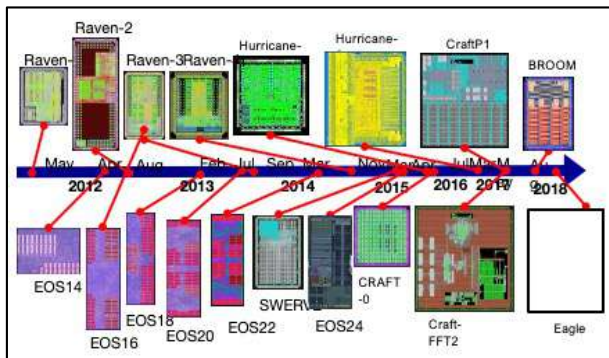
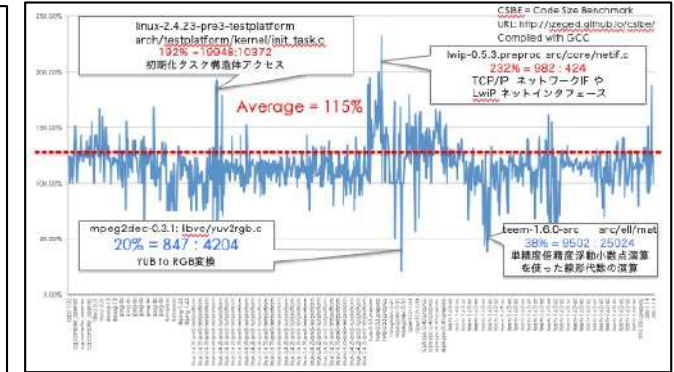
MXL	XLEN
1	32
2	64
3	128

①レジスタ長の指定

③ハイエンド指向



④高密度命令



⑤実証主義に基づいた設計

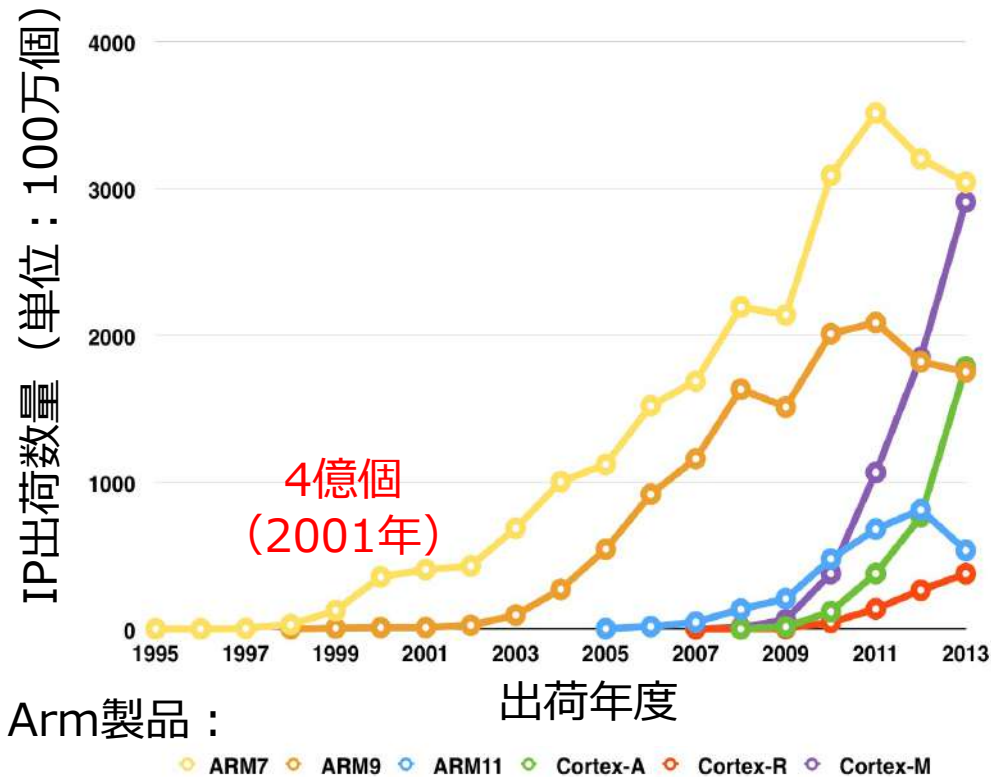
⑥業界全体のフルサポート

⑦ソフトコミュニティの支持

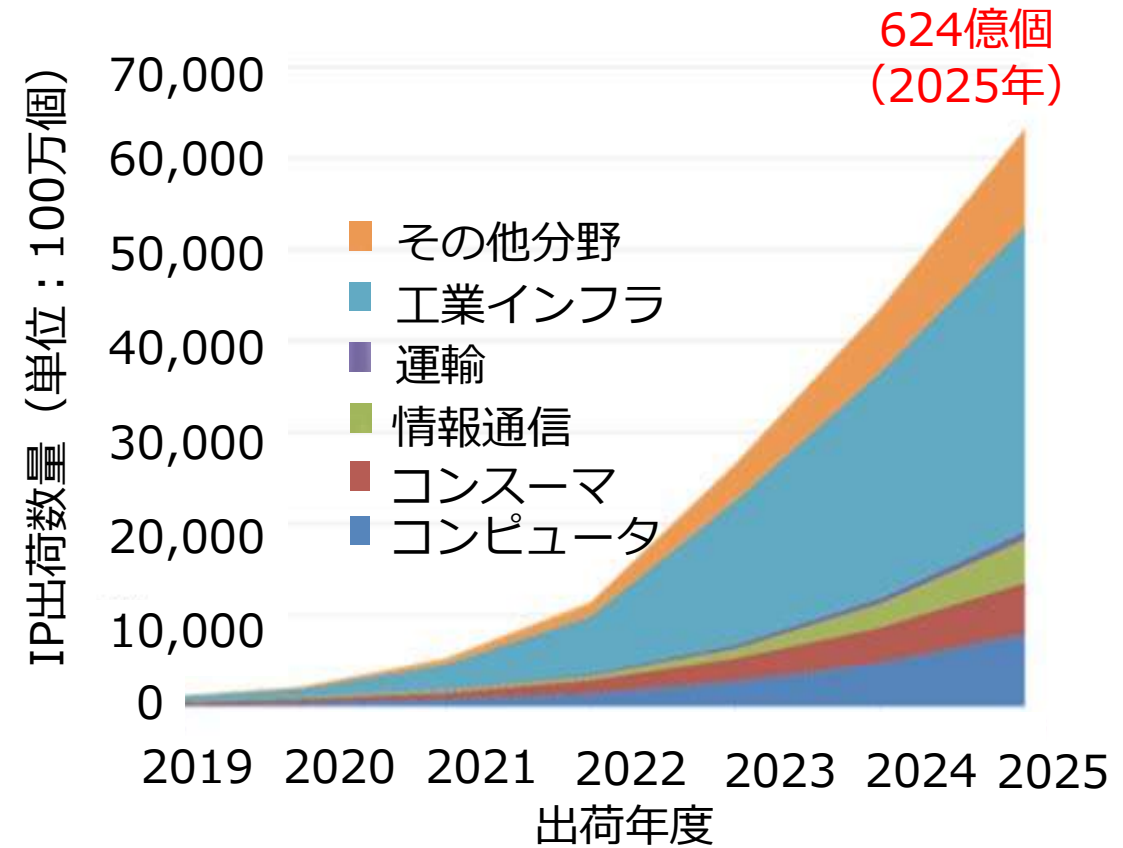
⑧SoCジェネレータ

ARMに比べて約 1 5 0 倍の成長速度（個数ベース） 機が熟していた

ARM設立時プロセッサIP年間出荷数量
出展： Arm社



業界セグメント別RISC-V出荷予測
出典：Semico社



4。RISC-Vの現況

RISC-Vの現状

HPC等

PC、
サーバ

スマホ

車載

組込
無線IoT

その他

グーグル

ファーウェイ

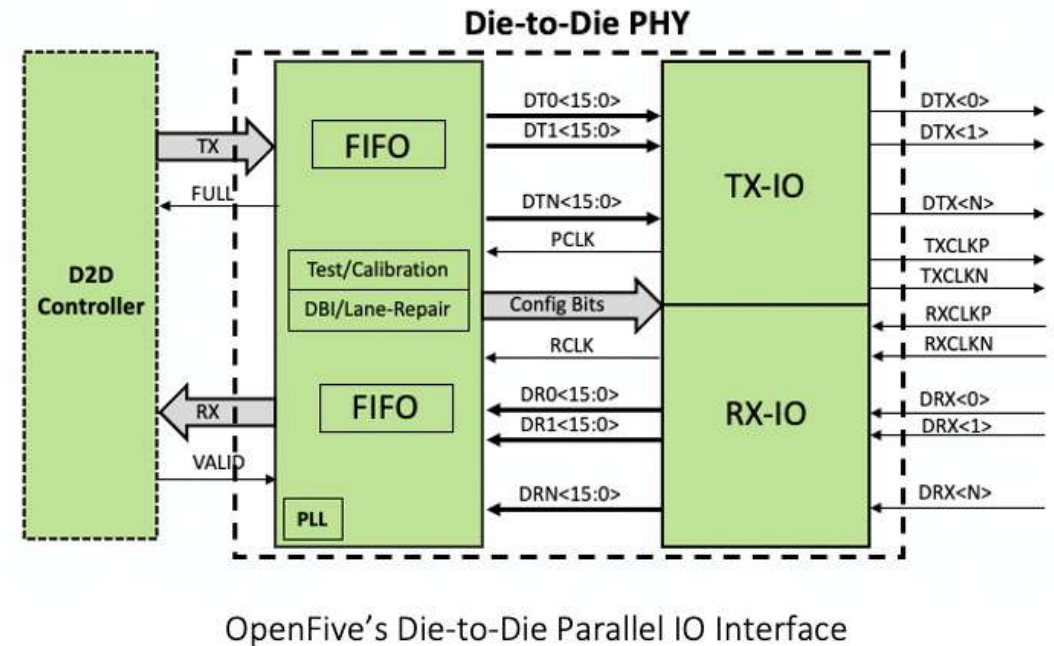
ルネサス
NSITEXE
(デンソー)

ルネサス
アーキテック
ギガデバイス
エスプレッソイフ



4.1 米SiFive社の5nm HPCテストチップ（6日前）

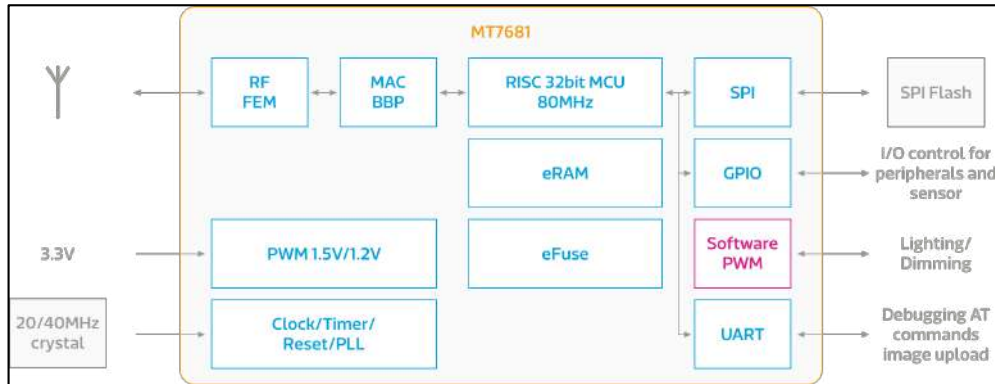
7.2GbpsHBM3を搭載した5nm TSMC プロセス（N5）でRISC-Vチップをテープアウト
圧倒的技術力の誇示（対ARM 対中国）



- 2.5Dパッケージング用D2D（die-to-die）インターフェイス
 - HBM3ソリューション実装
 - 最大7.2Gbpsのデータ転送速度のコントローラーとPHY
 - HighBandwidth Memory（HBM3）IPサブシステム
 - 倍のデータ転送速度（業界最速のHBM2Eに比較して2倍の性能）
 - チップレット用D2Dインターフェイス
 - 16 Gbps NRZ信号でのクロック転送アーキテクチャ
 - チャンネルあたり40 IO構成
 - 最大1.75Tbps / mmのスループットを提供

4.2 台湾アンデス社 の360°戦略

① Mediatekのプロセッサ戦術部隊



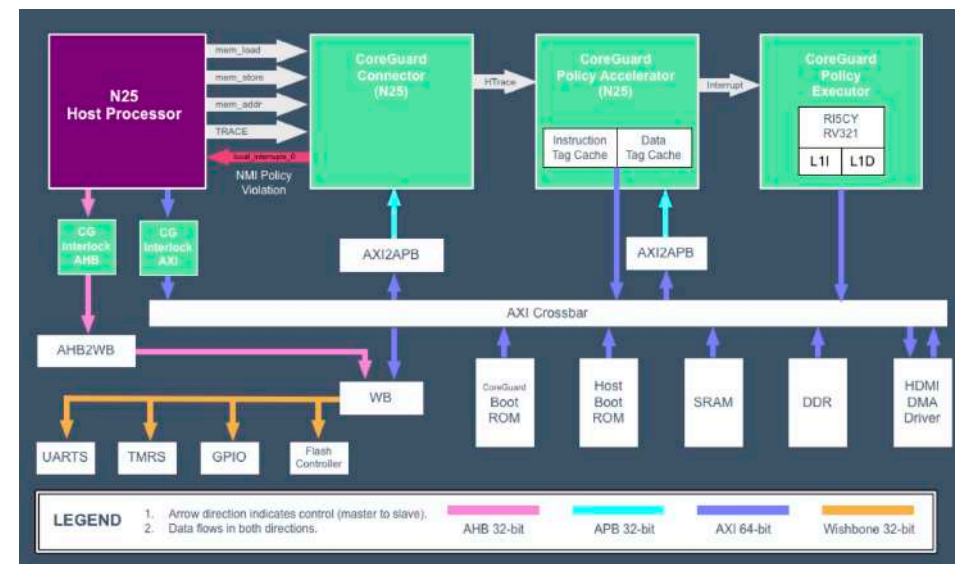
② IPパートナー戦略

Silex Insight and Andes Technology extend strategic partnership to deliver **flexible and scalable Root-of-Trust security IP solution**

SILEX INSIGHT | **ANDES TECHNOLOGY**

FEATURED SPEAKERS

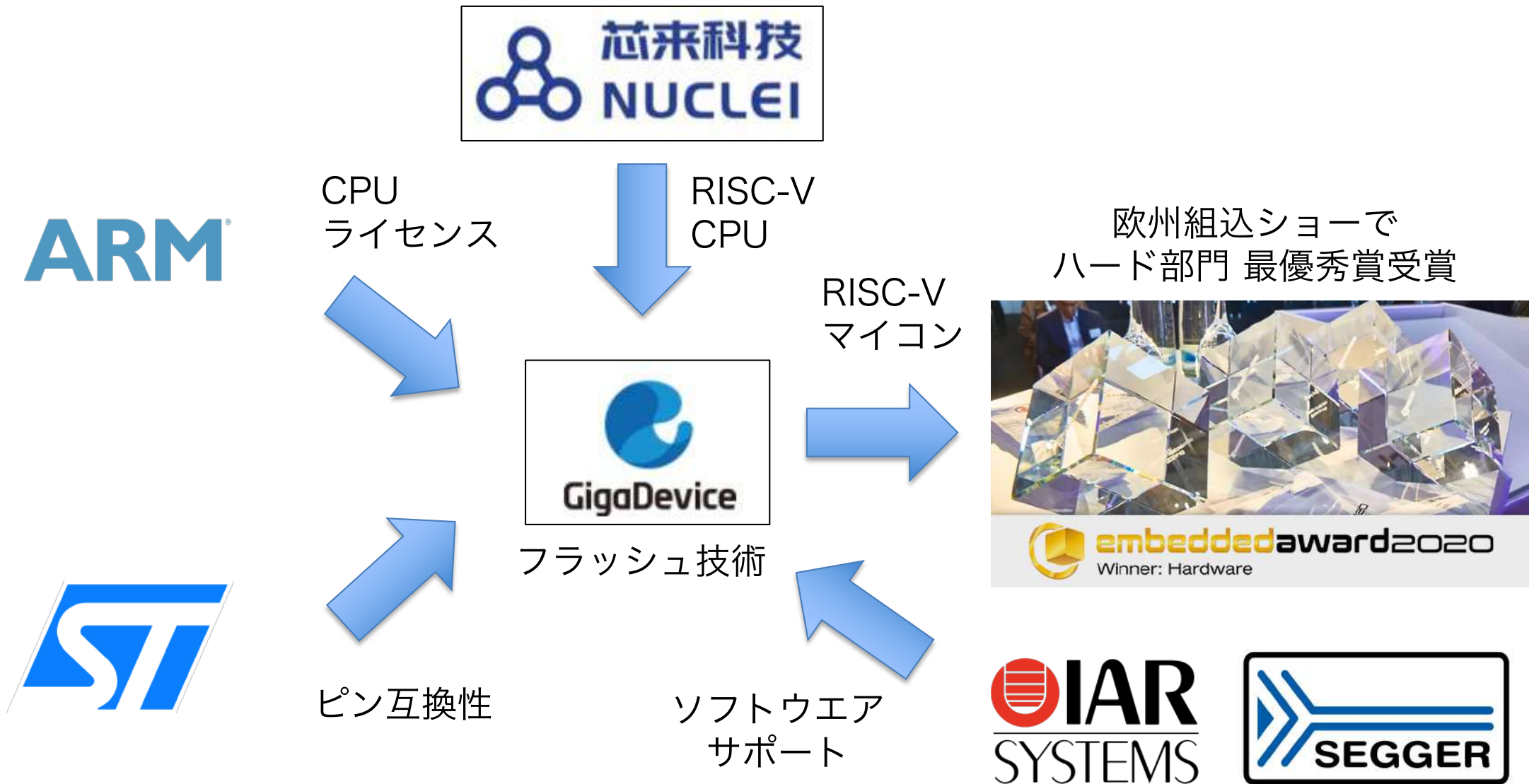
			
ZAID KAHN Microsoft GM, Cloud AI and Advanced Systems	FRANKWELL LIN Andes Technology President	DIPESH PATEL ARM Inc. Chief Technology Officer	DIRK SLAMA Robert Bosch Vice President, Corporate Department IoT and Digitization



③ 応用戦略

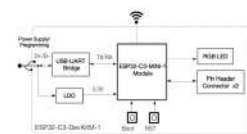
④ 組込システム IoTセキュリティ

4.3 北京ギガデバイス社のフラッシュマイコン



4.4 上海 Espressif社 WiFi BT無線モジュール

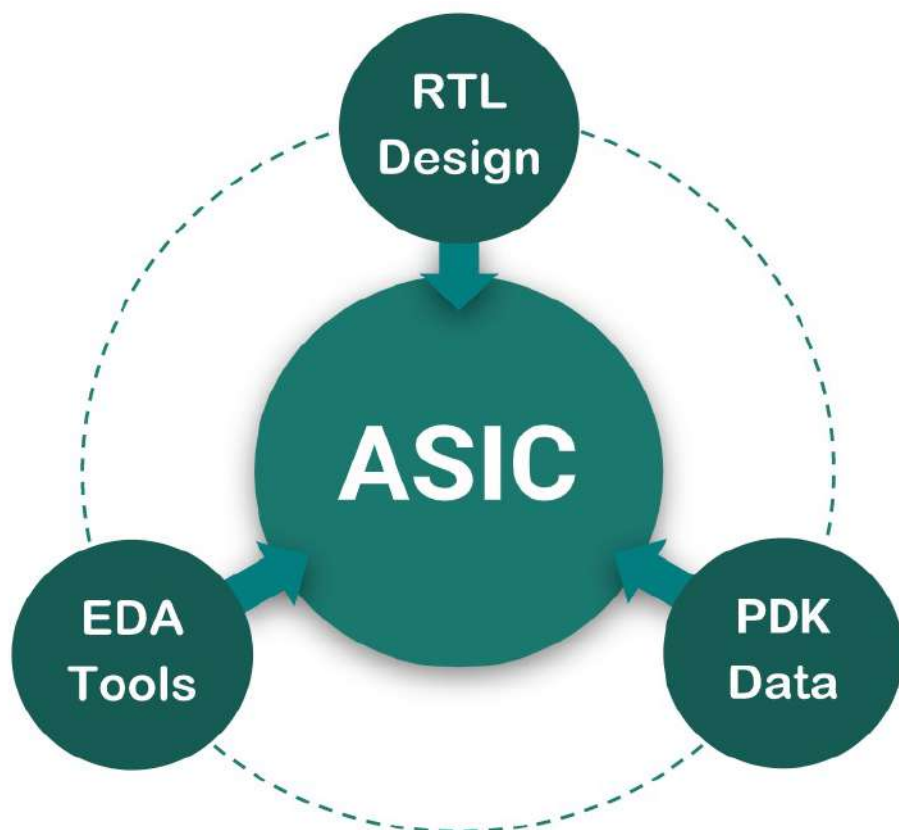
- イノベーションで独自応用アーキテクチャ の境地を開拓
 - 同一メモリ空間にネットワークと応用ソフトと共存させるネットワークプロセサ。
 - 多様なバックグラウンドの技術者を抱える。オープンソフトを活用している。
 - 一般顧客は高値安定に殴り込み。自社技適取得、無線モジュールを自社販売。
 - MQTTプロトコル浸透と同期。アマゾンAWS IoT Coreをサポート。
 - 新ジャンル無線IoT用MCUを確立。創造性がソフト開発者のハートを捉える。
- ARMが確立したマイコンの価格決定方式（1ピン何セント）を打破
 - フラッシュ内蔵せず40ナノメートルプロセスで高速クロック動作
 - ピンを減らしオンチップRAMを増やした。値段は競争力ある価格。
 - ピンMUXでメインな応用は作れることを立証。周辺I/Oの特性をフル活用。
 - 400KB マスクROMを搭載：使える通信ライブラリをきちんと入れている。
 - 従来テンシリカのXtensa CPUを使っていた。一部をRISC-Vに換装。
- とにかく素晴らしい。米中の覇権政争の餌食にならないように祈念！



4.5 米国Effinix社のFPGA上RISC-V

- エフィニックスと読む。RISC-V IPをFPGA製品のベンチマークに使っている。
- アジア系米国人ベテランエンジニアがシリコンバレーで起業。
- Alteraは、1982年、Xilinxは1984年創立、Latticeは1983年創立、Microsemiは1959年創立。
- 2007年ごろ2014年にFPGA基本特許失効を予想するニュースに。
- FPGAのスタートアップが米中欧に多数出現したが多くが破綻。
- FPGAスタートアップは不可能とメディアは結論。そういう
- 廃墟から1社立ち上がったエフィニックス。行けそうとわかったのは2018年ごろ。
- 現在までに数百万の製品が出荷されている。顧客製品の量産立ち上げはこれから。
- エフィニックス製品と企業の生存は確定。供給できるか。
- こうしたドラマがある。
- 実装がいい。少ピン数製品を出した。ボードを安く作れる。4層基板で十分。

3. RISC-Vからスタートしたオープンハードウェアの潮流



グーグル社 オープンソース
チップ活動の模式図

1944年ー1989年の45年間の冷戦の後、ベルリンの壁が崩壊した。

1960年ー2015年の55年間の秘密主義で育まれた半導体技術を、DARPAとグーグル社がリードしてオープンソース公開つつある。

オープンソース化の対象は、命令セットだけから始まり、チップ設計EDAツール、プロセッサ実装技術、ボード設計ツール、プロセス開発キットまでカバーする。

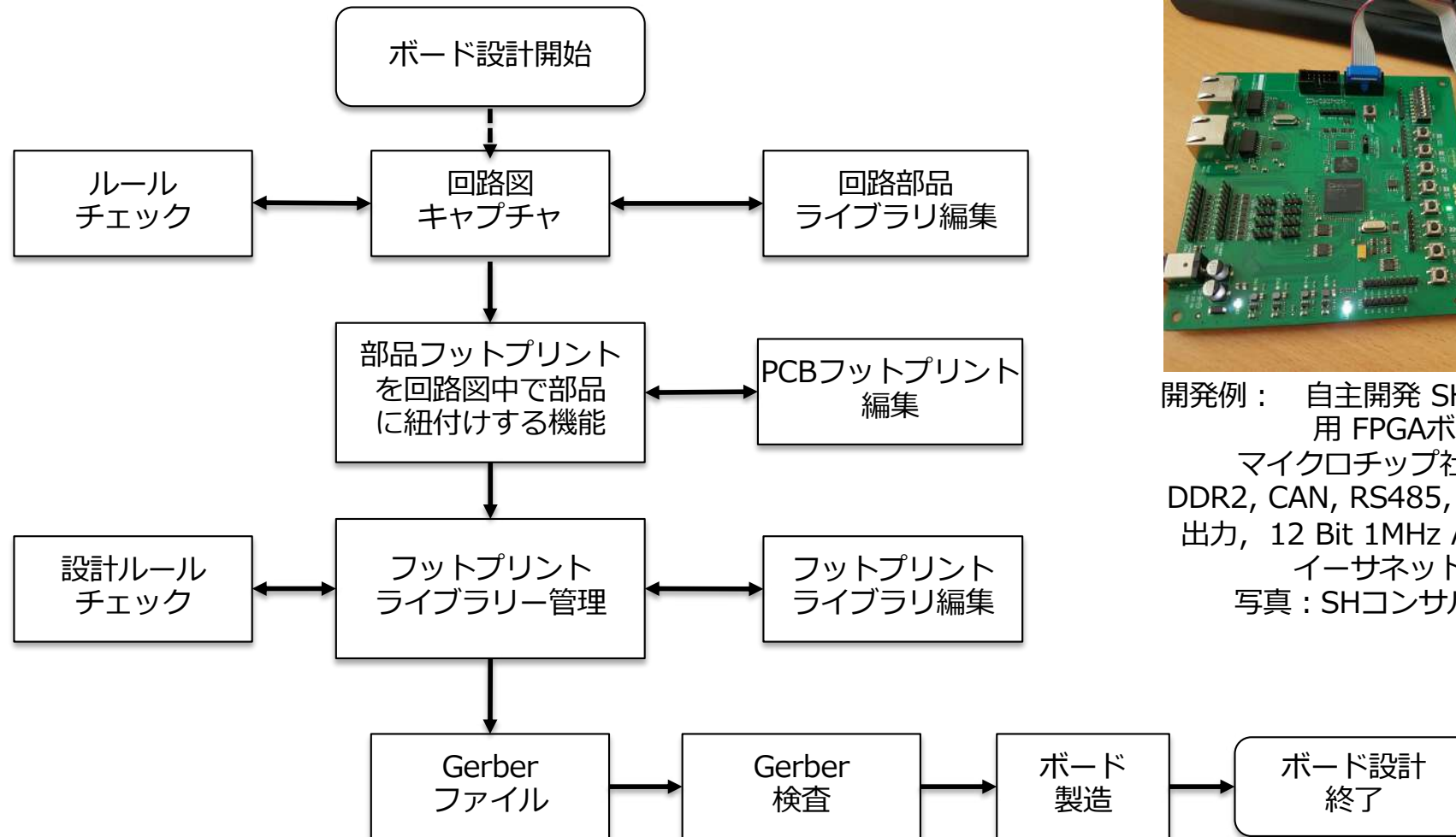
オープンソース ボード設計 ツール KiCad



KiCadでのボード実現例(2019)



開発例： 自主開発 SH-2 プロセサ IP
用 FPGAボード
マイクロチップ社IGLOO2,
DDR2, CAN, RS485, UART, LVDS入
出力, 12 Bit 1MHz ADC, 10/100
イーサネット PHY
写真：SHコンサルティング

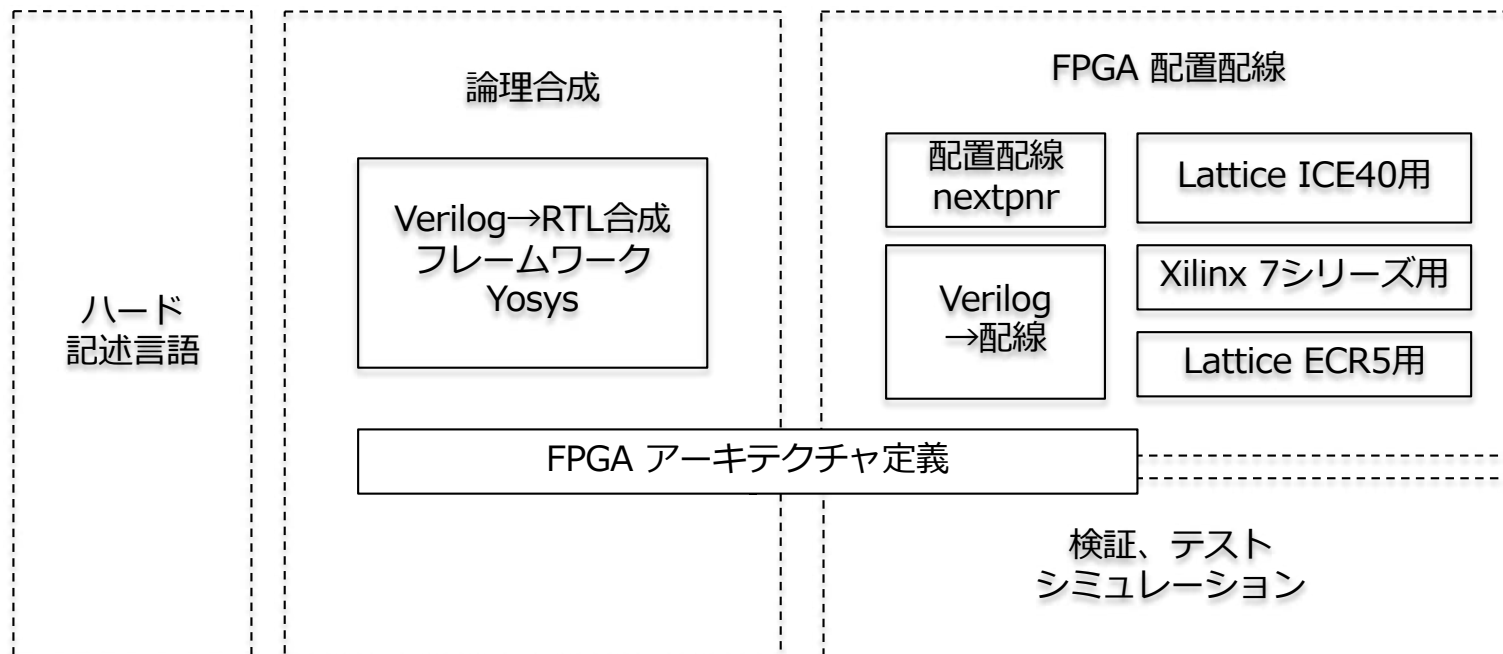


図：Hacstar.ioを参照

オープンソースFPGAツール

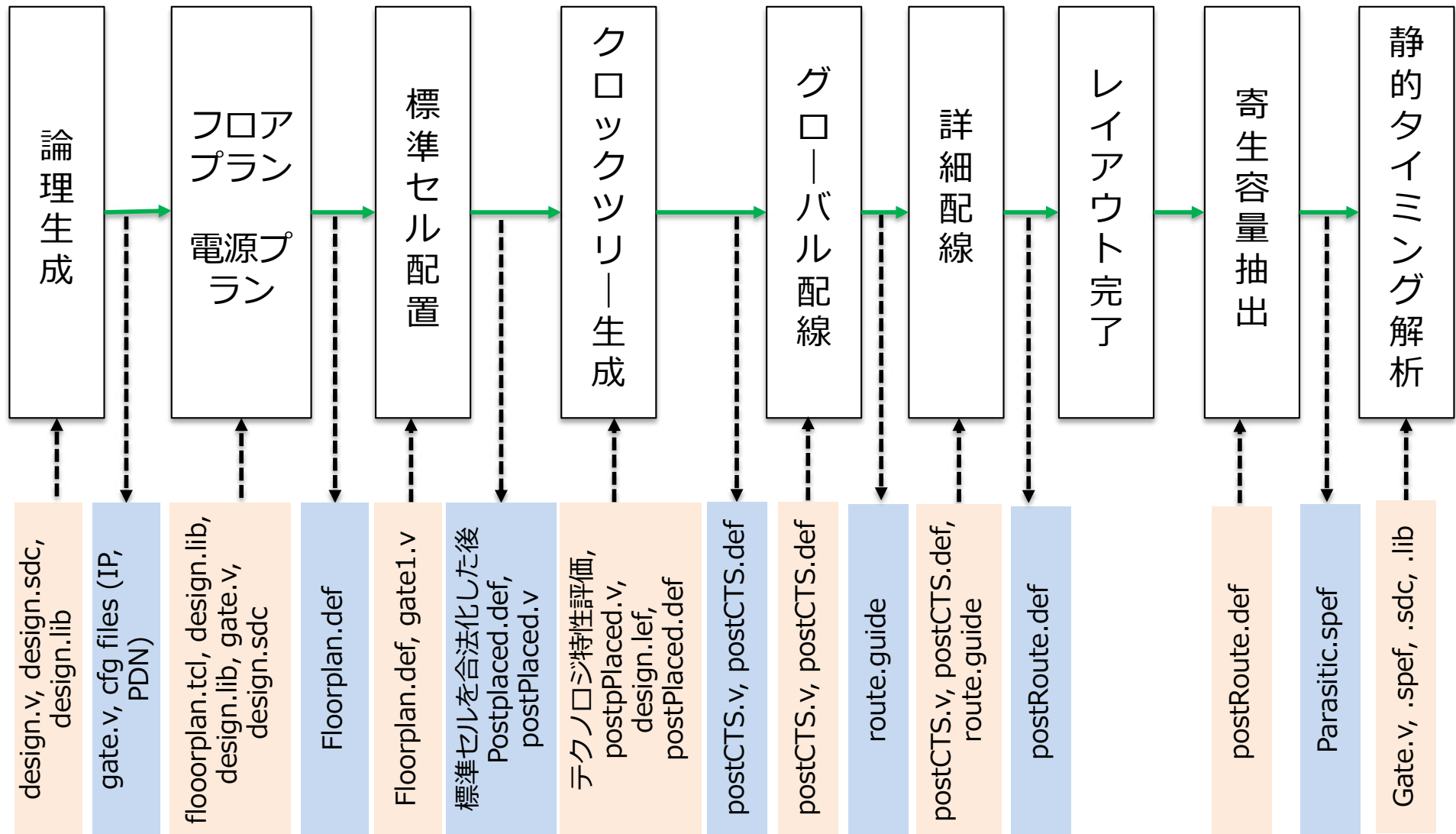
ソフト、システムを含めたRTL→FPGAを設計できる、検証機能を含むFPGAツールが出現しており、数万人のユーザがいる。国内にもユーザが存在する。

オープンソース FPGA ツールの構造



OpenROADによるデジタル設計フロー

出展 : j.mp/du20-sky130



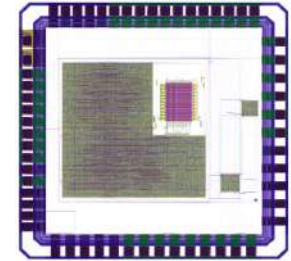
オープンソース プロセス開発キット SKY130



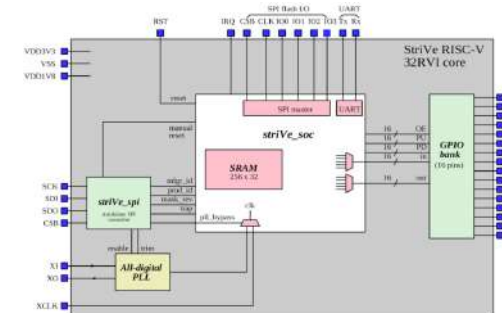
グーグル社とスカイウォーターファブの合作

- グーグル社は「最後の1ナノメートルまでオープンソースに！」というスローガンを掲げた。守秘契約を締結せずともチップを作れるインフラを作ろうという試みだ。
- 旧サイプレス社の130nm製造プロセス情報を使用して、スカイウォーターファブとグーグル社がファブ用オープンソースプロセス開発キットを自主開発。
- 当面、ASIC用を目指す。標準セル、標準I/O、高密度RAMセルを実装。2021年にRAMコンパイラ、ROMコンパイラ、フラッシュコンパイラ実装をスタート。アナログ設計キットも公開予定。
- プロセス開発キット 立ち上げ ビークルとして、無償シャトルサービスを展開している。無償ファブを使用した場合、設計情報をオープンソースにすることを条件としている。
- 商用ファブとしてSKY130を使用することもできる。

SKY 130 オープンソース
PDKによるRISC-V設計例



SKY 130
オープンソース
PDKによるRV32I
RISC-V設計例



米国ミシガン州 スカイウォーター
ファブの130ナノメートル
をターゲットとしたオープンソース
プロセス開発キットを開発



FOSS 130nm Production PDK
github.com/google/skywater-pdk

5. どんなうれしい未来が待っている？

経済環境は変わっても、ムーア則がなくなっても、半導体チップは、ミニチュアリゼーション、消費電力削減、コストダウン、信頼ある設計手段であることに変わりない。半導体不足で困窮している。半導体開発を、僕ら研究者、僕らスタートアップが大きな借金をしなくても、できる日がすぐそこまで来ている。

軽量無線IoTボックス 使用例

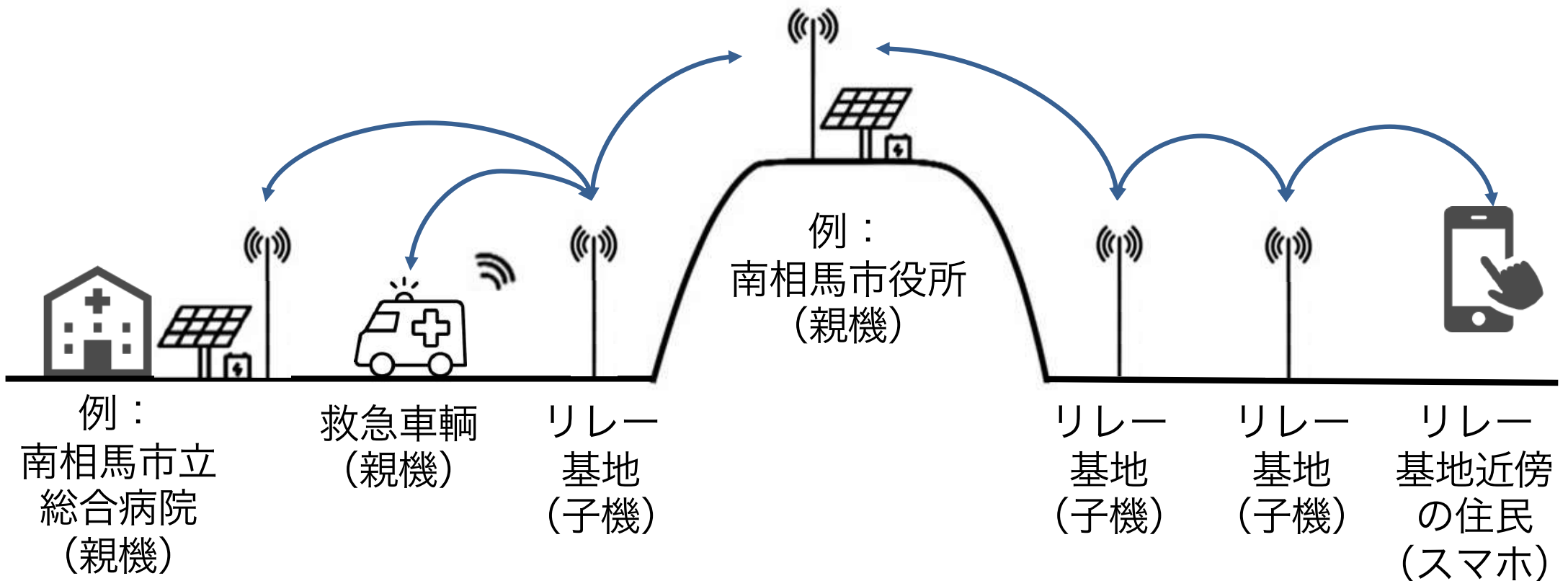
いちご農園実証実験
(温・湿度センサー、
土壌水分センサー)

火山噴火時の
降灰検出実証実験
(GPS, 圧力センサー、
温・湿度センサー)

ドローンによる
大気状況検出実証実験
(GPS、温・湿度センサー)
工事現場の騒音・振動データ送信



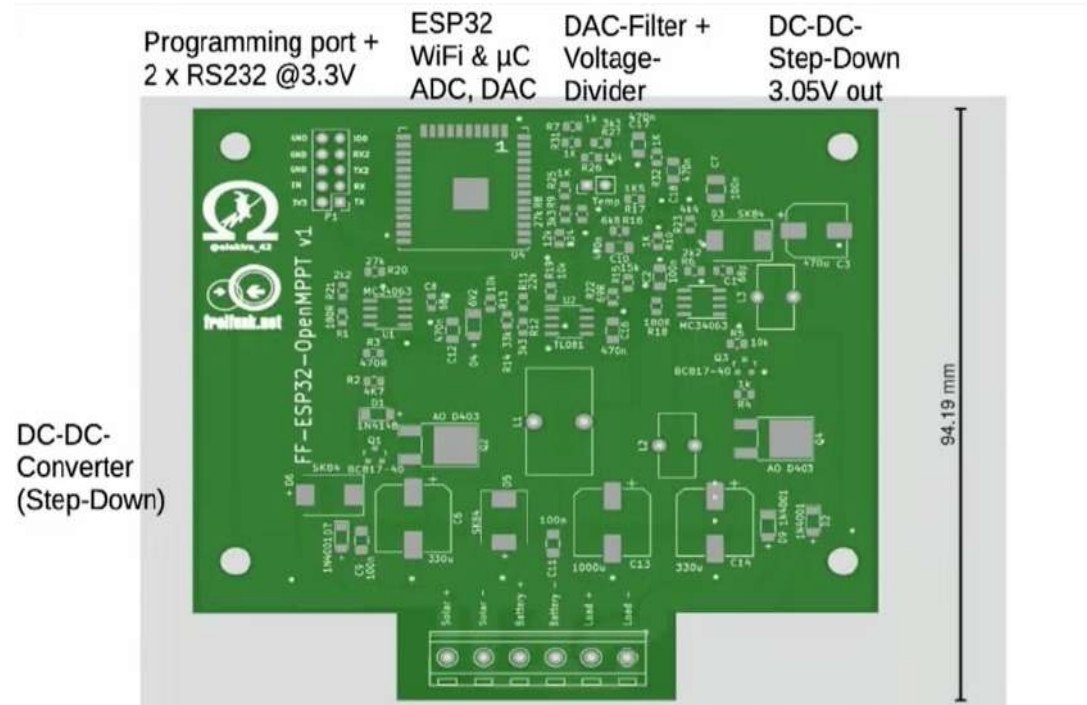
応用例：自然災害初動通信 自治体医療向け独立型IoT無線



(c) SH Consulting 2019 2020 2021

類似システム例：ドイツ文科省助成

非常通信用リレー移動基地

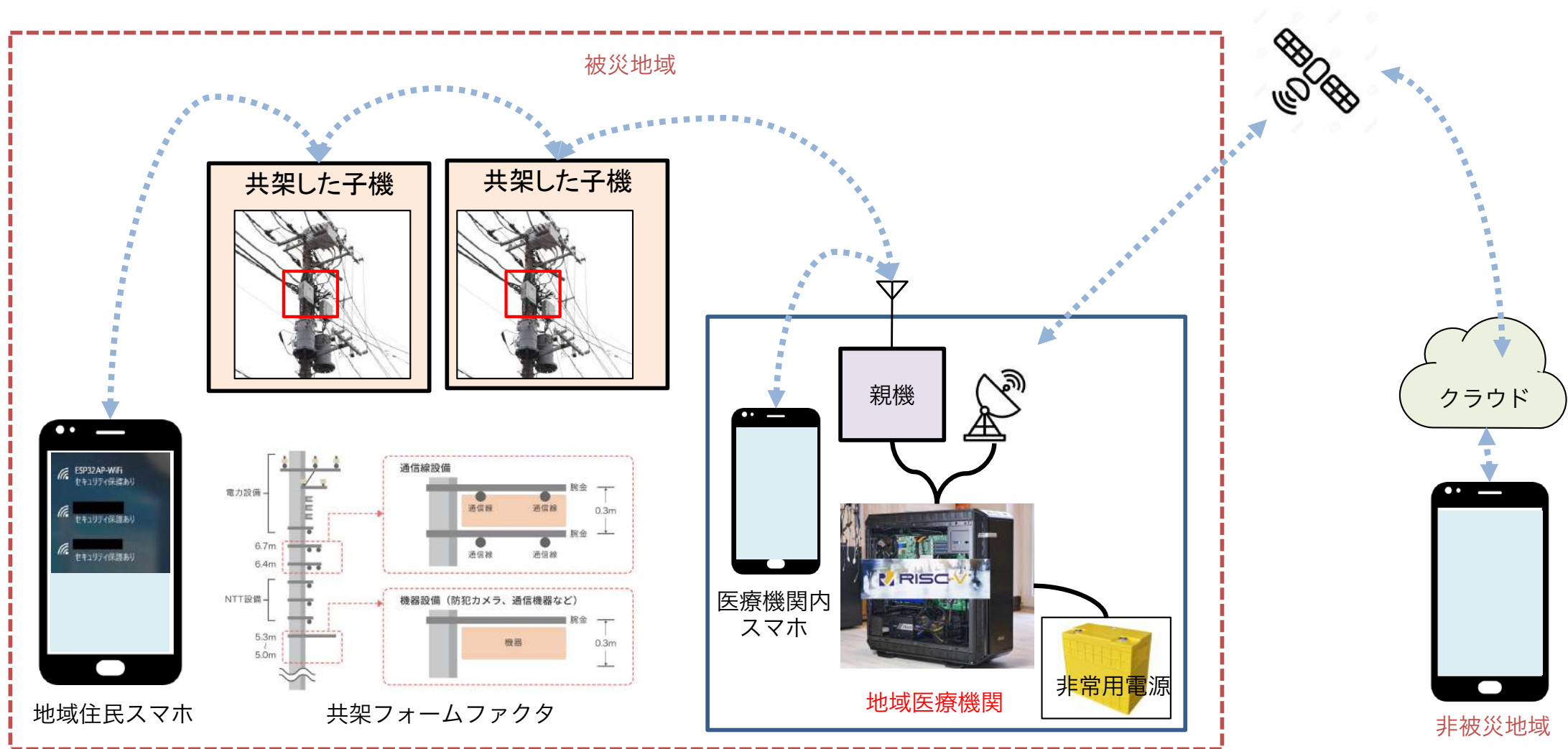


2.4GHz帯 802.11b スイスでの通信レンジ実験

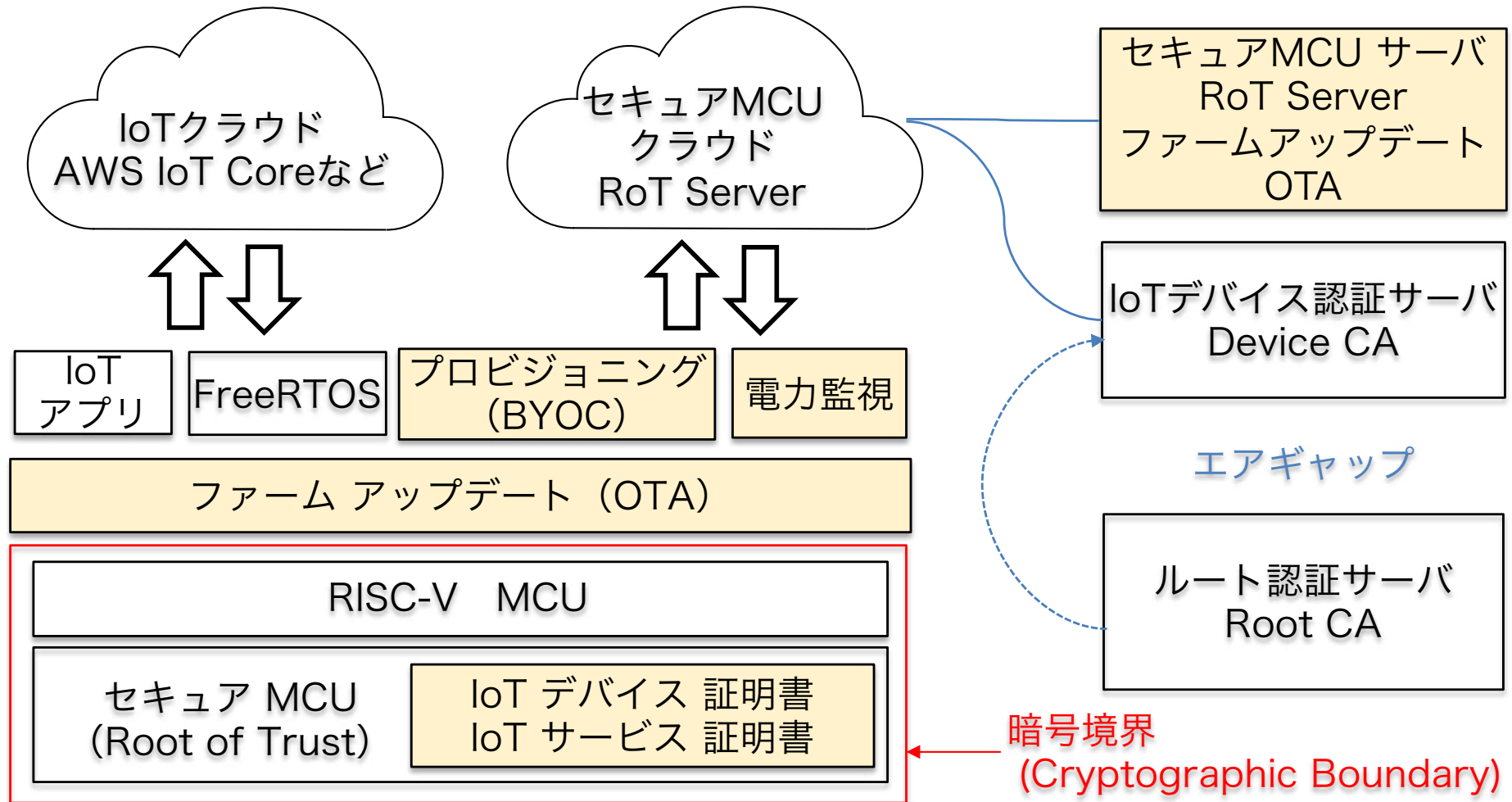
日本802.11bとは出力仕様が異なる

これは、カメラがある場所から約10km離れたHohenneuffen城です。

応用例：自然災害初動通信用 自治体-医療向け独立無線網



RISC-V 無線IoT オープン サーバ環境 計画中



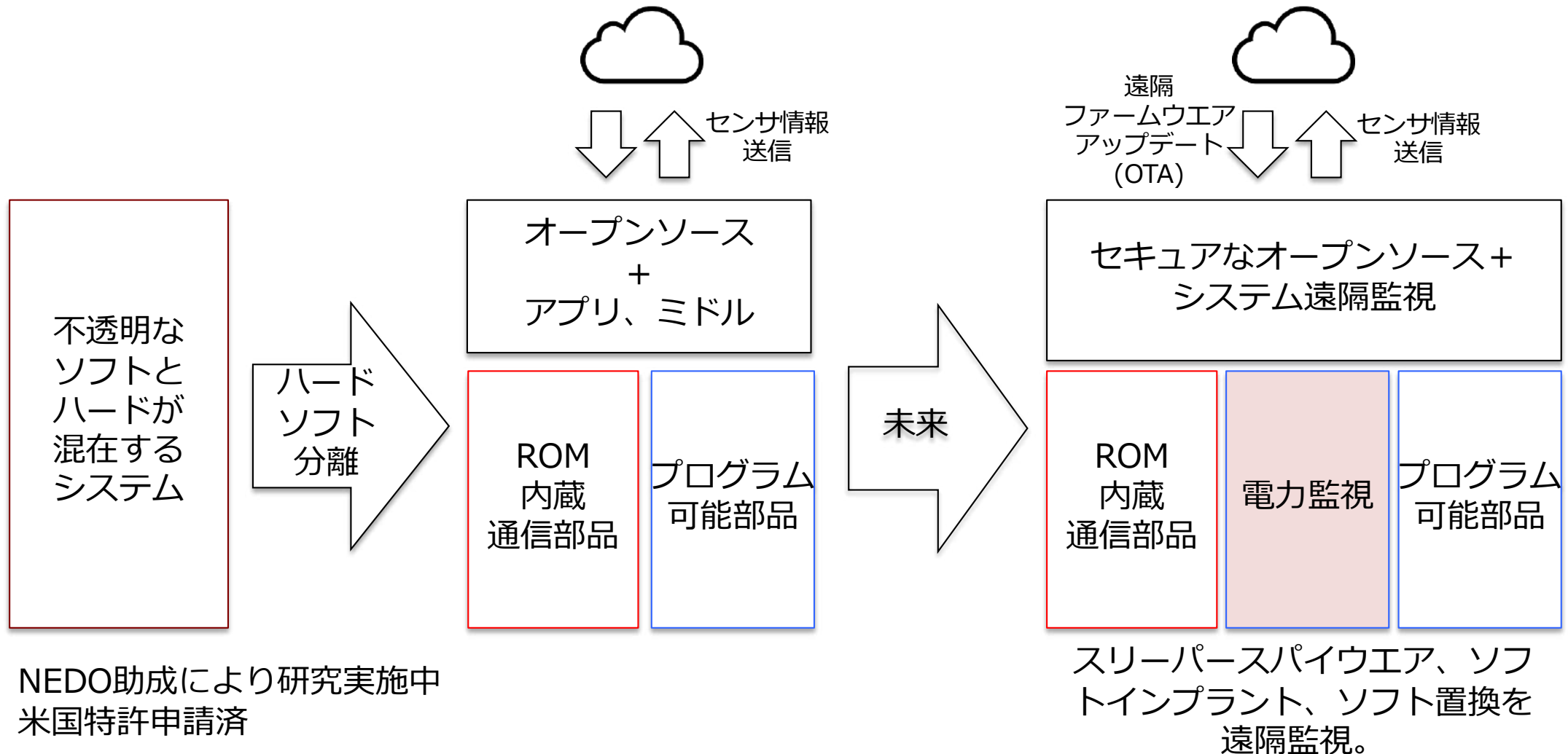
研究例：RISC-V 無線IoTボックス セキュリティ

不透明なソフトとハード も混在させ システムコスト低減 そしてセキュリティも守る

過去

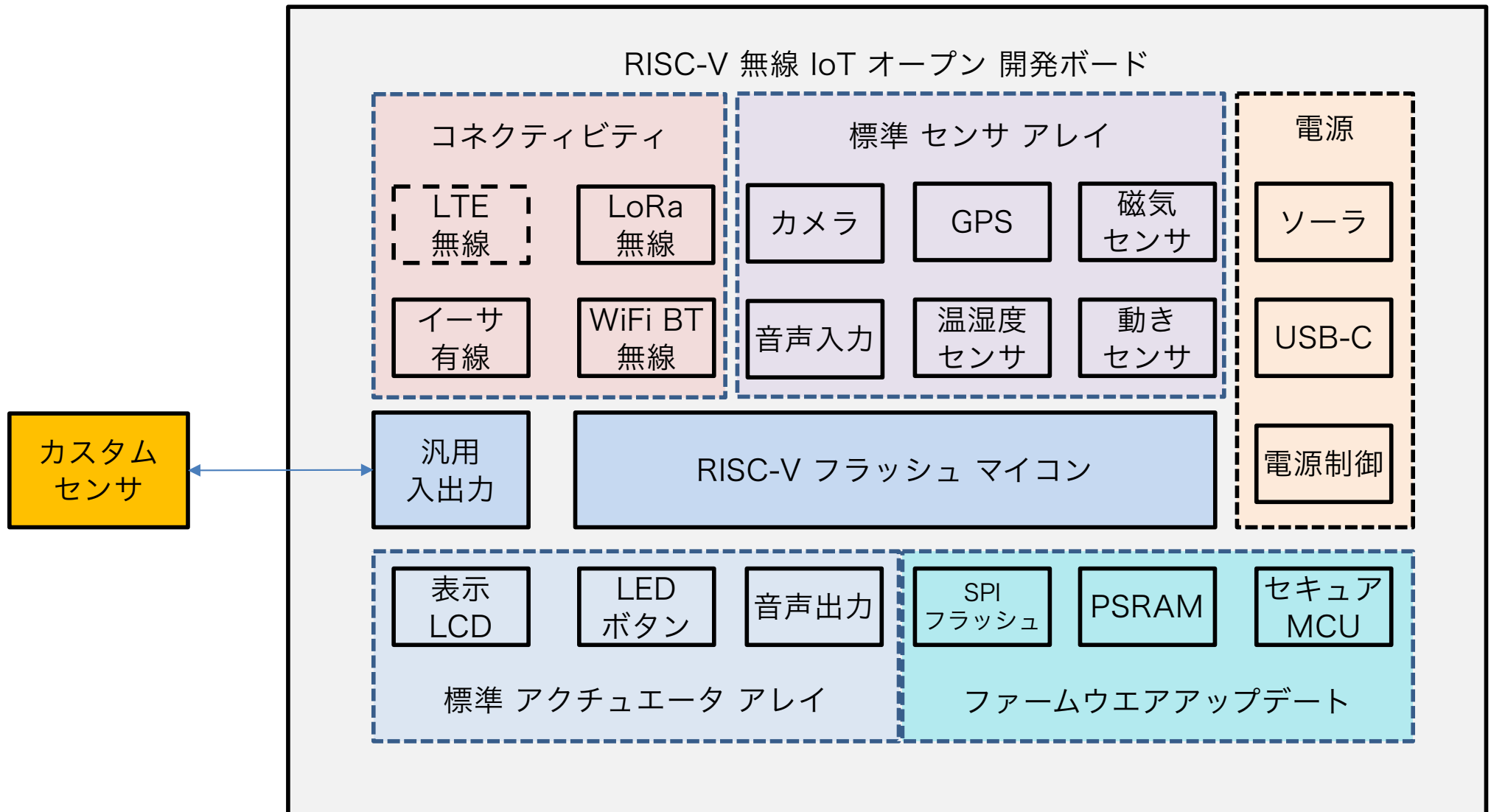
現在

未来



NEDO助成により研究実施中
米国特許申請済

RISC-V 無線 IoT オープンソース 開発ボード RTOS用





軽量IoTボックス



写真：SHC社

オープンソース EDAツール OpenRoadで ASIC チップ集積

RISC-Vが始めた、オープンソースの「正の連鎖」

- 2012年にプロセッサIP大手のライセンス費用が急騰。ベンチャーキャピタルが、新たなプロセッサ知財ライセンスを模索しはじめた。
- 2015年にカリフォルニア大学が、国防省プロジェクトで累積したプロセッサ知財と周辺知財を使える形でオープンソース公開した。数億円したプロセッサ知財が無償で手に入る事実は大きな衝撃を与えた。
- ムーア則の2年に2倍の過当競争が、秘密主義的職業倫理を半導体業界に醸成した。ムーア則終焉によりDARPAと米国大手は悩んだ。米国ベンチャ資本は納得した。ムーア則の指数関数成長をオープンソースのネットワーク効果の指数関数成長で置き換えるという「アイディア」である。これは、一定の成功を納めている。



本研究の一部は、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）「高効率・高速処理を可能とするAIチップ・次世代コンピューティングの技術開発／革新的AIエッジコンピューティング技術の開発／セキュアオープンアーキテクチャ基盤技術とそのAIエッジ応用研究開発」の委託業務（JPNP16007）の結果得られたものです。

