CREST「情報システムの超低消費電力化を目指した技術革新と統合化技術」
研究成果公開シンポジウム
「持続可能な情報社会、成長する産業創出を目指して」

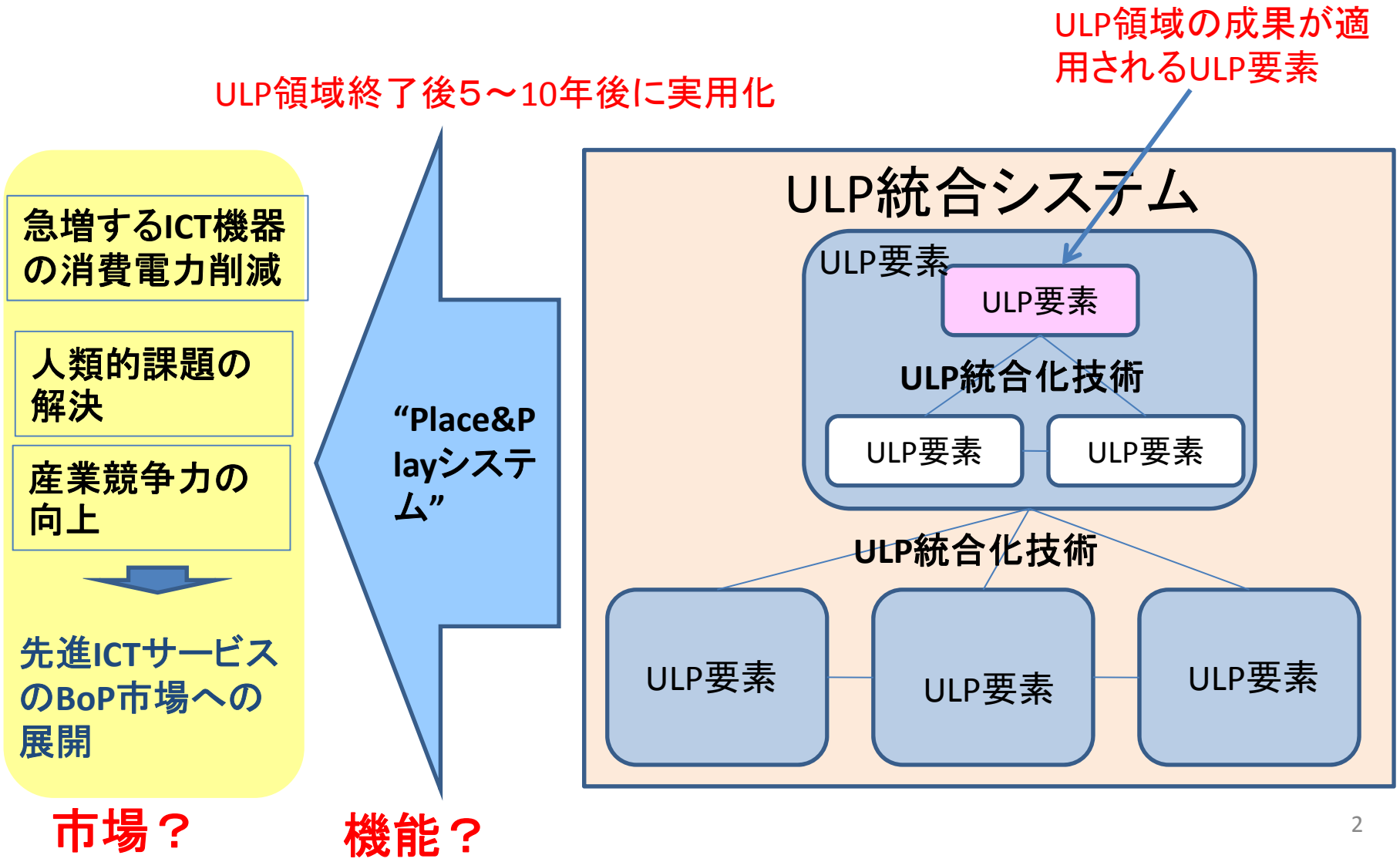
Place & Playコンセプトによるインフラフリーな超低消費電力化統合システム

2012年11月30日

研究チーム：環境知能実現を目指す
超低消費電力化統合システムの研究開発
研究代表者：市川晴久

ULP統合システムの狙い

ULP領域成果の戦略的発展を誘導する



ICTがターゲットとすべきエネルギー問題

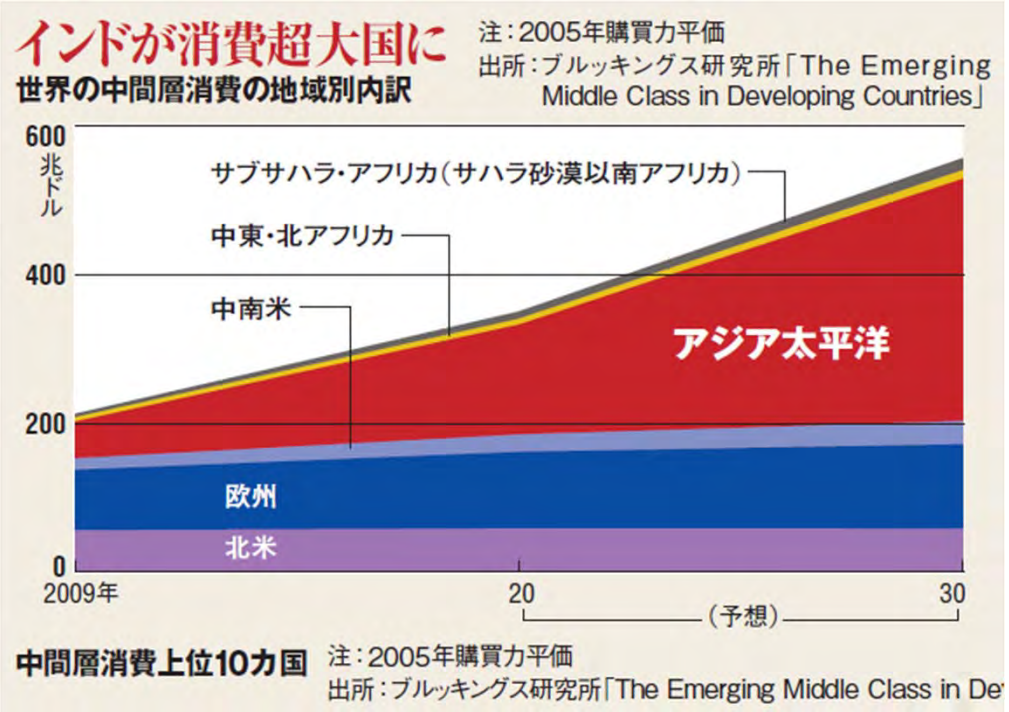
- エネルギー消費の削減
  - 無駄な消費の削減
    - エネルギー供給の無駄
    - エネルギー消費の無駄
  - エネルギー消費活動のRestructuring
    - 例）輸送のためのエネルギー消費が少ない経済構造への変革
  - エネルギー消費増加要因の削減
    - 新興国のエネルギー多消費型経済への移行を不要にするイノベーション
- 利用可能エネルギーの創造
  - 再生可能エネルギーの活用
  - 新エネルギー源の開拓
- 地球環境持続性に悪影響があるエネルギー消費の削減

エネルギー消費の直接的/準直接的な削減

新興国の成長課題解決と、我が国自身の成長の両立

世界のエネルギー消費の伸びに占める新興国比率は90%超

- 2030年にはインド、中国だけで世界の41%以上のエネルギーを消費
- 2030年以降は新興国/BoP (Base of Pyramid:年収3000ドル以下、世界人口の約7割、40億人、多くが農村部に居住）がエネルギー消費を拡大



2030		
India	12,777	23%
China	9,985	18%
United States	3,969	7%
Indonesia	2,474	4%
Japan	2,286	4%
Russia	1,448	3%
Germany	1,335	2%
Mexico	1,239	2%
Brazil	1,225	2%
France	1,119	2%

引用：NIKKEI BUISINESS 2012.5.28

H. Kharas, “The Emerging Middle Class in Developing Countries,” Brookings Institution, June 2011.

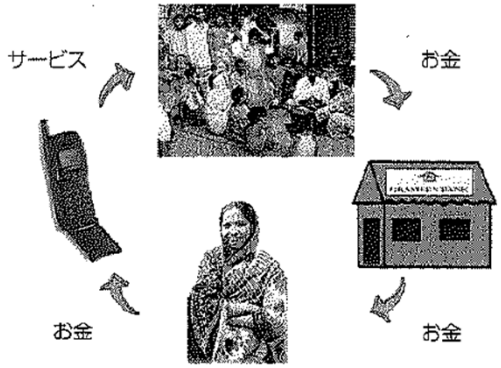
つながることは生産性

by Iqbal Quadir, Inventor of Grameenphone

発展途上国では、携帯電話普及率10%向上がGDP1.2%増加に貢献
(2006-2007, GSM Association)

Grameenphone社の成功

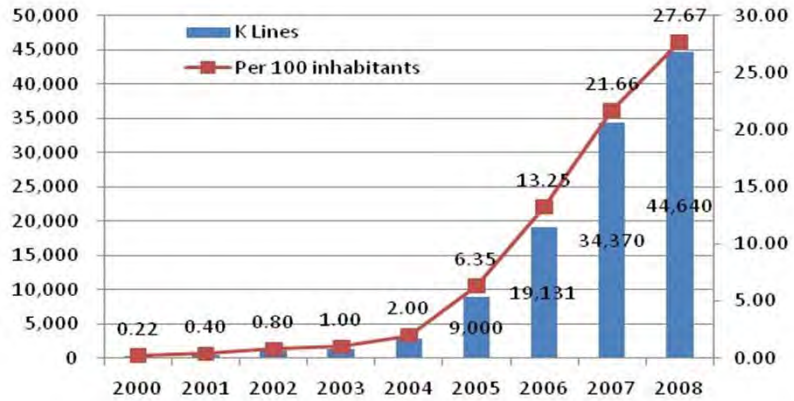
図２　牛の代わりの携帯電話



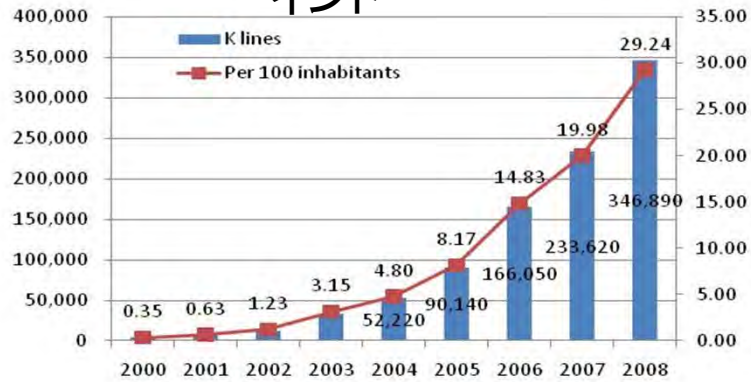
出典：イクバル・カディーア

- マイクロファイナンスモデルによる携帯電話の普及
- モバイルバンキング：出稼ぎ者の送金リスクを軽減し、送金コストを削減
- 生産者の取り分を高める：　市場価格をチェックし買い手を選べば収入が増える

バングラデシュ



インド



H. Ogata, “Success Factors of Mobile Operators in BoP Markets, German-Japanese Symposium, Sept. 2010

BoP/新興国農村地域のICTイノベーションをULP統合システムの主ターゲットとする

- 世界のエネルギー消費の伸びに占める新興国比率は90%超
  - 新興国における、工業化、都市化がもたらすエネルギー消費の効率化が必要
  - 農業から工業に産業転換しなくても済む経済発展が望まれる
    - 農業はエネルギー消費が少なく、環境保全に有効
    - 農村地域の経済発展、生活水準の向上が課題
- BoP/新興国、特に農村地域を対象とするイノベーションが世界の課題解決（エネルギー、環境、食糧）に大きく貢献する
- ICTが上記イノベーションの基盤となる
  - 発展途上国では、携帯電話普及率10%向上がGDP1.2%増加に貢献(2006-2007, GSM Association)
  - 広帯域インターネットサービスの普及が停滞
- BoP向けICTは先進国市場にもニーズがある
  - 先進国においても、被災時や移動時などのインフラ環境は類似の状態

参考： http://www.foreignaffairsj.co.jp/essay/201105/Ruhl.htm

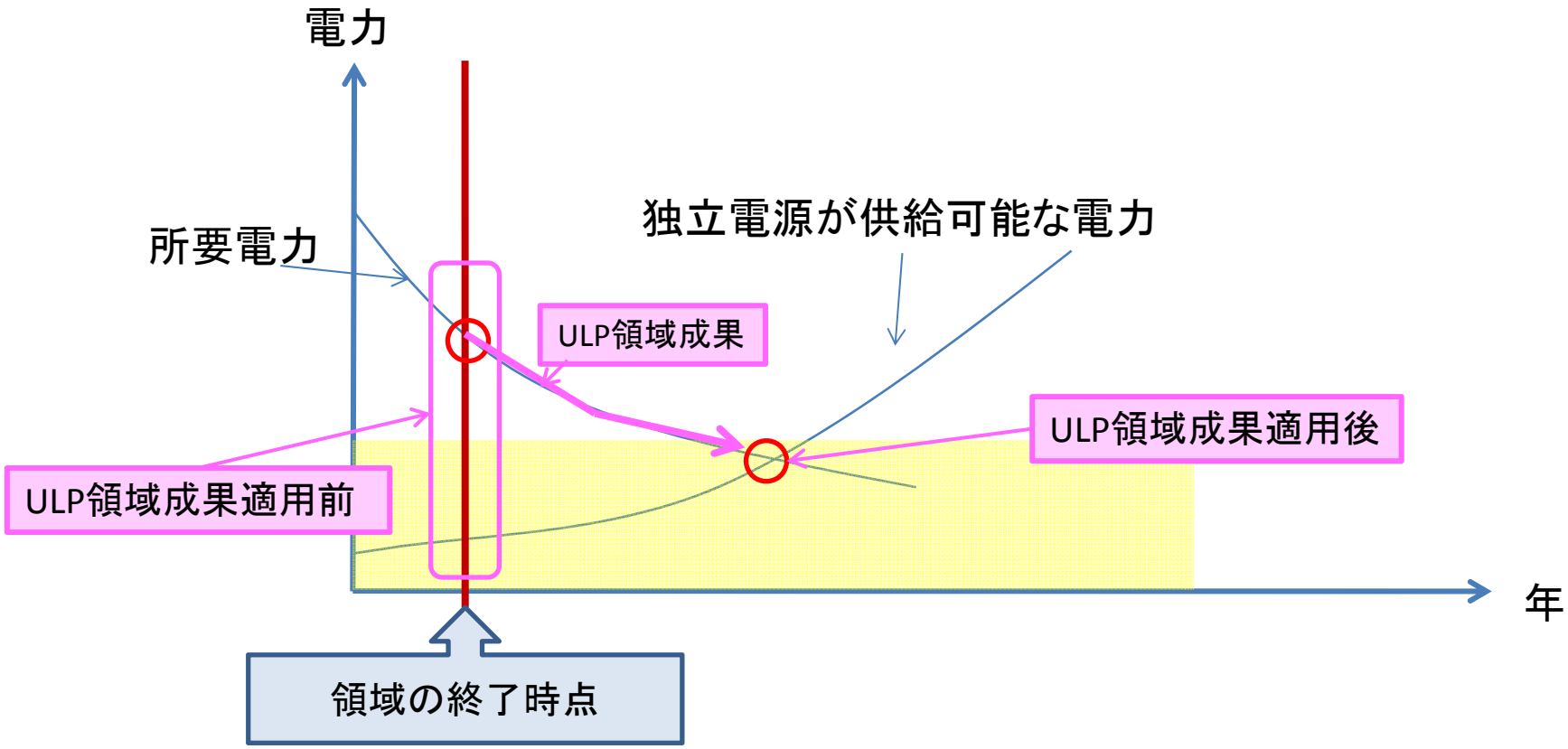
BOPのためのULP化ICTシステム：ULP統合システム

Place & Play (P&P)コンセプト：　インフラ未整備地域にブロードバンドインターネットを提供

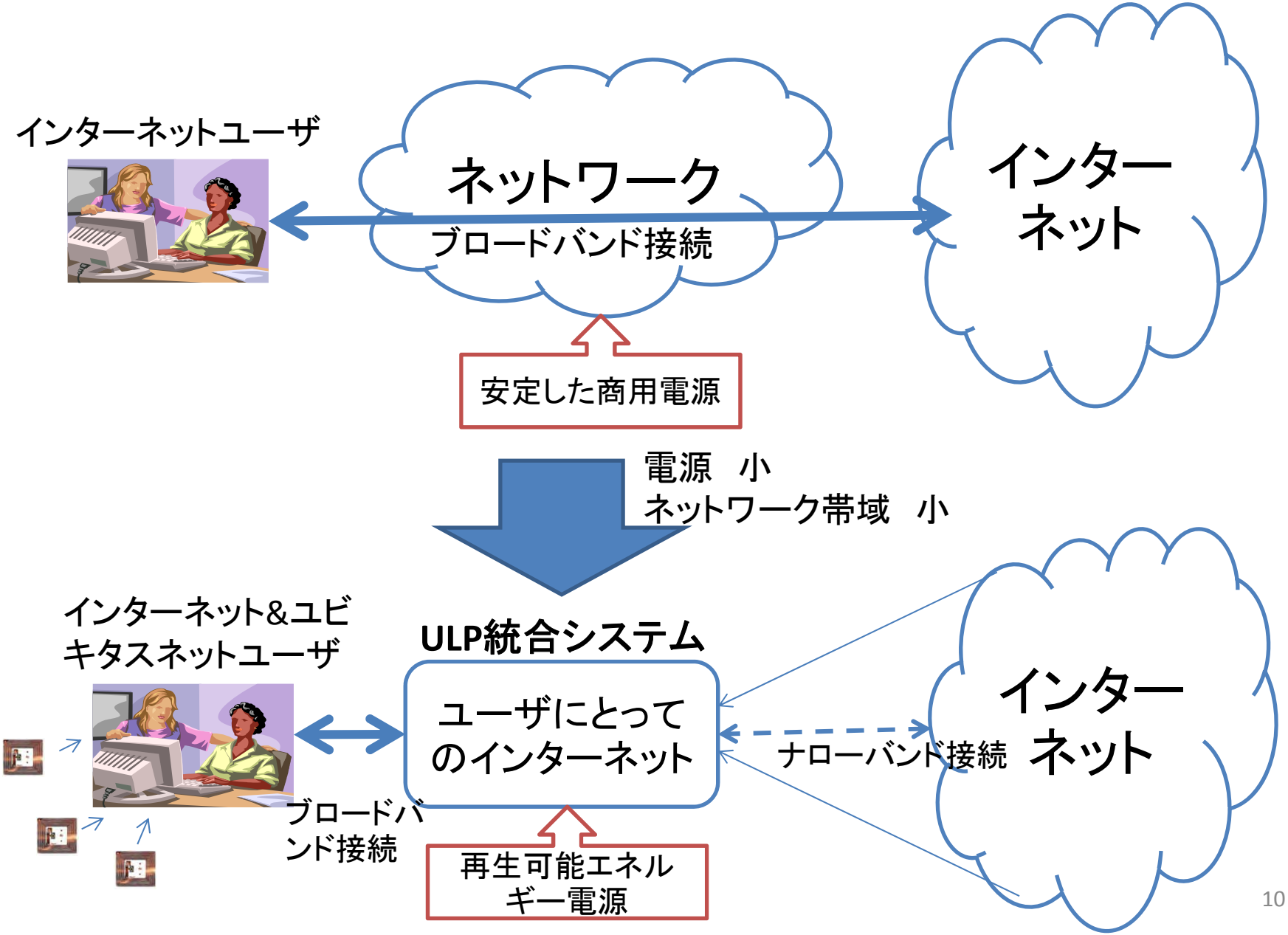
農村のインターネットサービス（インドの例）

イメージ図：　集落近くに置くだけでブロードバンドインターネットサービスを提供

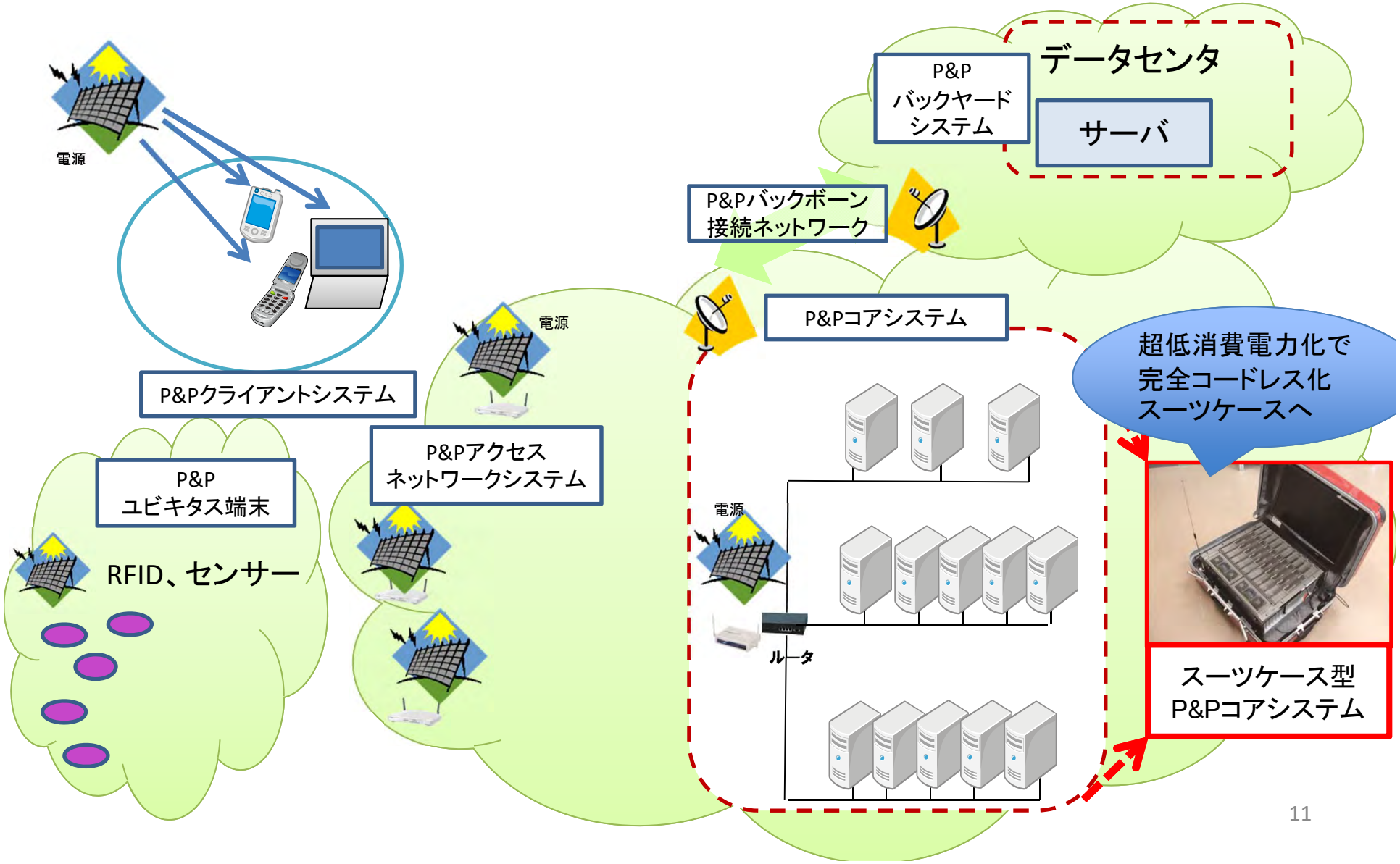
“Place & Play”
ULP領域成果が生み出すシステム価値
ULP統合システム横断的な設計コンセプト



ULP統合システムの機能目標



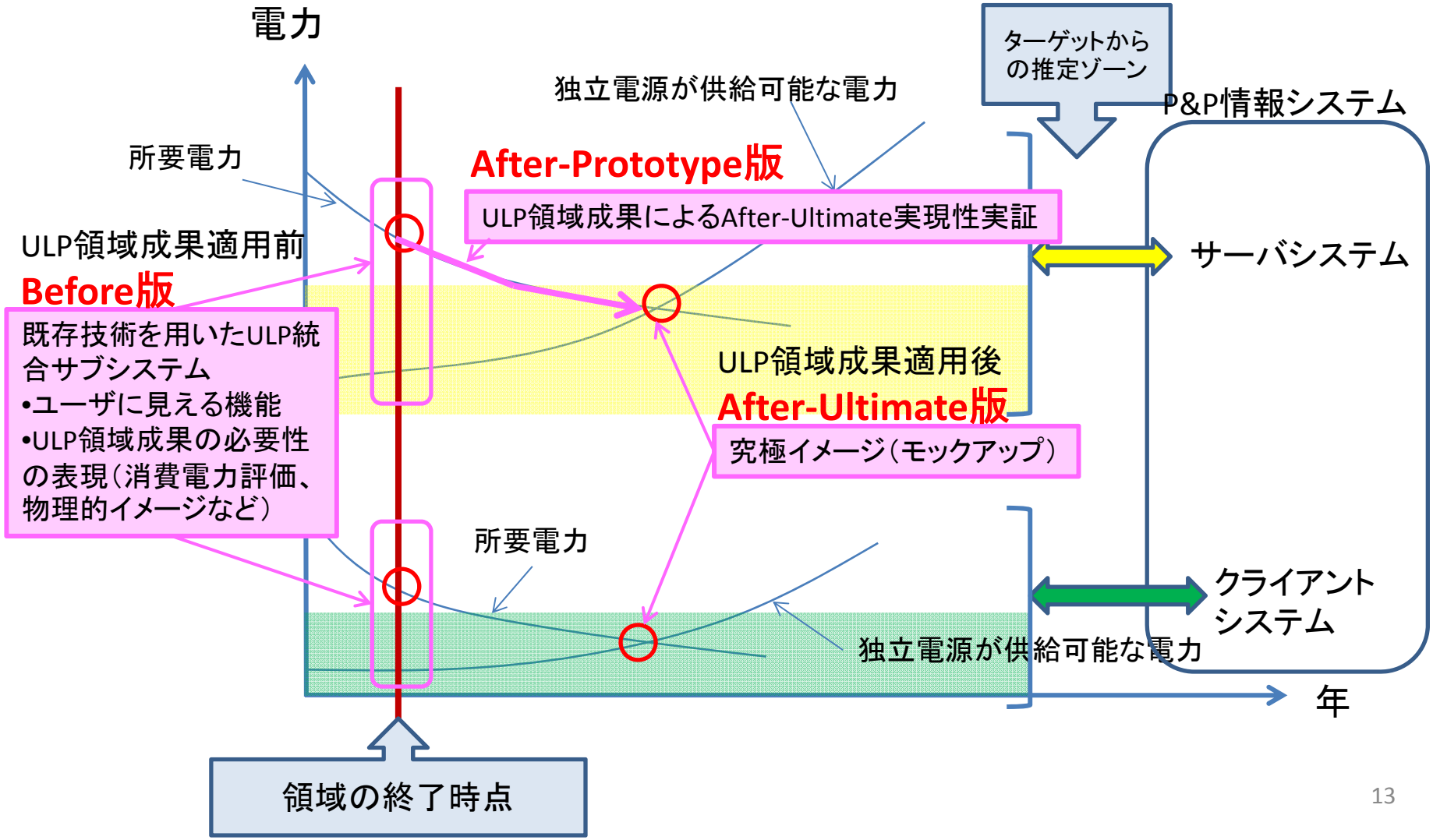
ULP統合システム


電源
P&Pクライアントシステム
P&P
ユビキタス端末
RFID、センサー
電源
P&Pアクセス
ネットワークシステム
P&P
バックヤード
システム
データセンタ
サーバ
P&Pバックボーン
接続ネットワーク
P&Pコアシステム
電源
ルータ
超低消費電力化で
完全コードレス化
スーツケースへ
スーツケース型
P&Pコアシステム

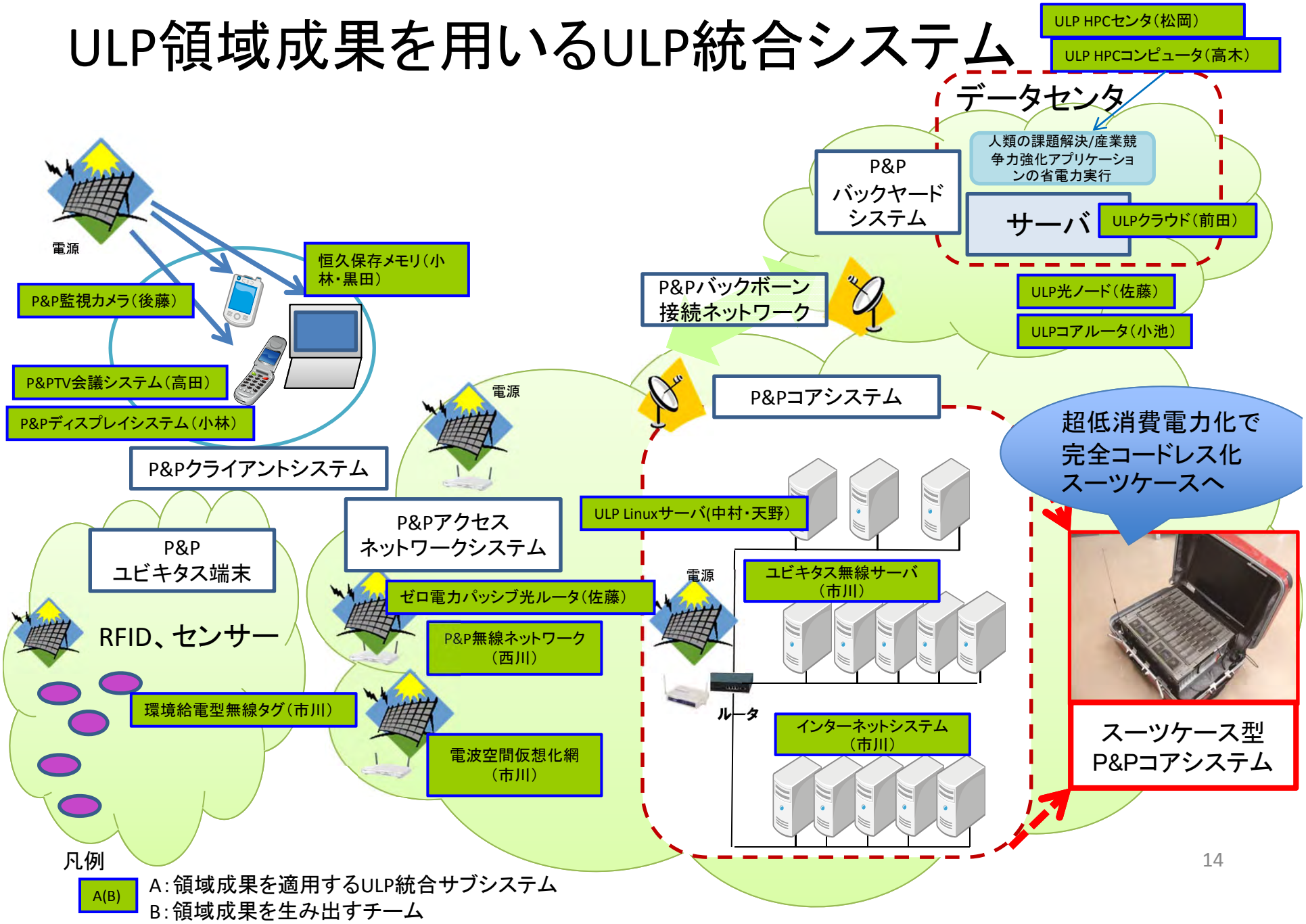
ULP領域成果の戦略的発展を誘導するULP統合システム

- ULP領域成果が生み出すシステム価値: “Place & Play”
- サブシステムの機能分担
  - P&Pコアシステム
    - 統括機能
    - インターネット＆ユビキタスネットワークサービスを提供
  - その他のサブシステム
    - 端末、アクセス網、バックボーン
- ３版からなる構成: ULP領域成果の適用、成熟によるシステム価値向上を誘導
  - Before版：現行技術でユーザに見える機能を示し、ULP領域成果適用の必要性を示す
  - After-Ultimate版：Before版が提示する課題を解決した究極形
  - After-Prototype版：ULP領域成果適用によるAfter-Ultimate版の実現可能性を説明

ULP領域成果の適用、成熟によるシステム価値向上を説明するULP統合システム

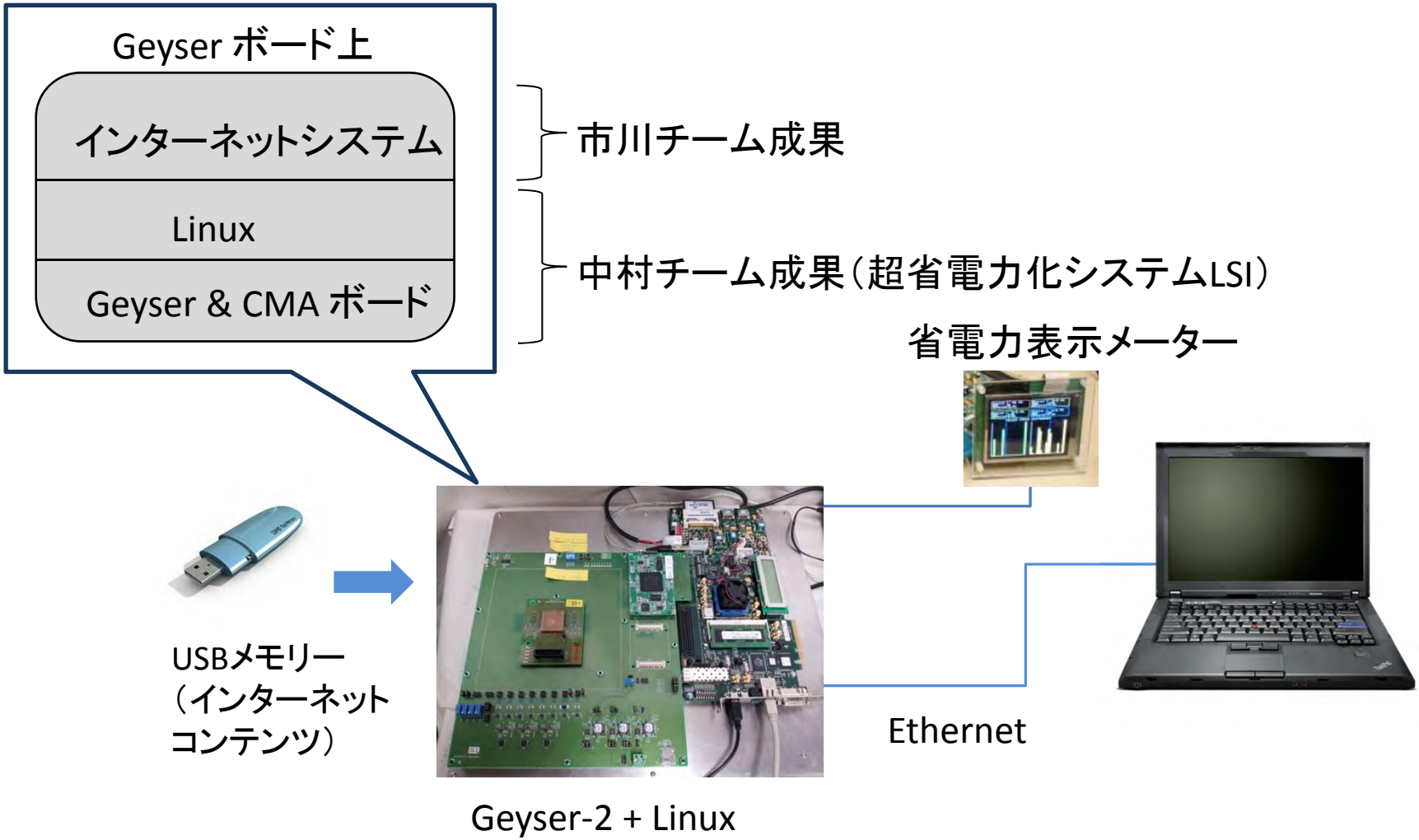


ULP領域成果を用いるULP統合システム

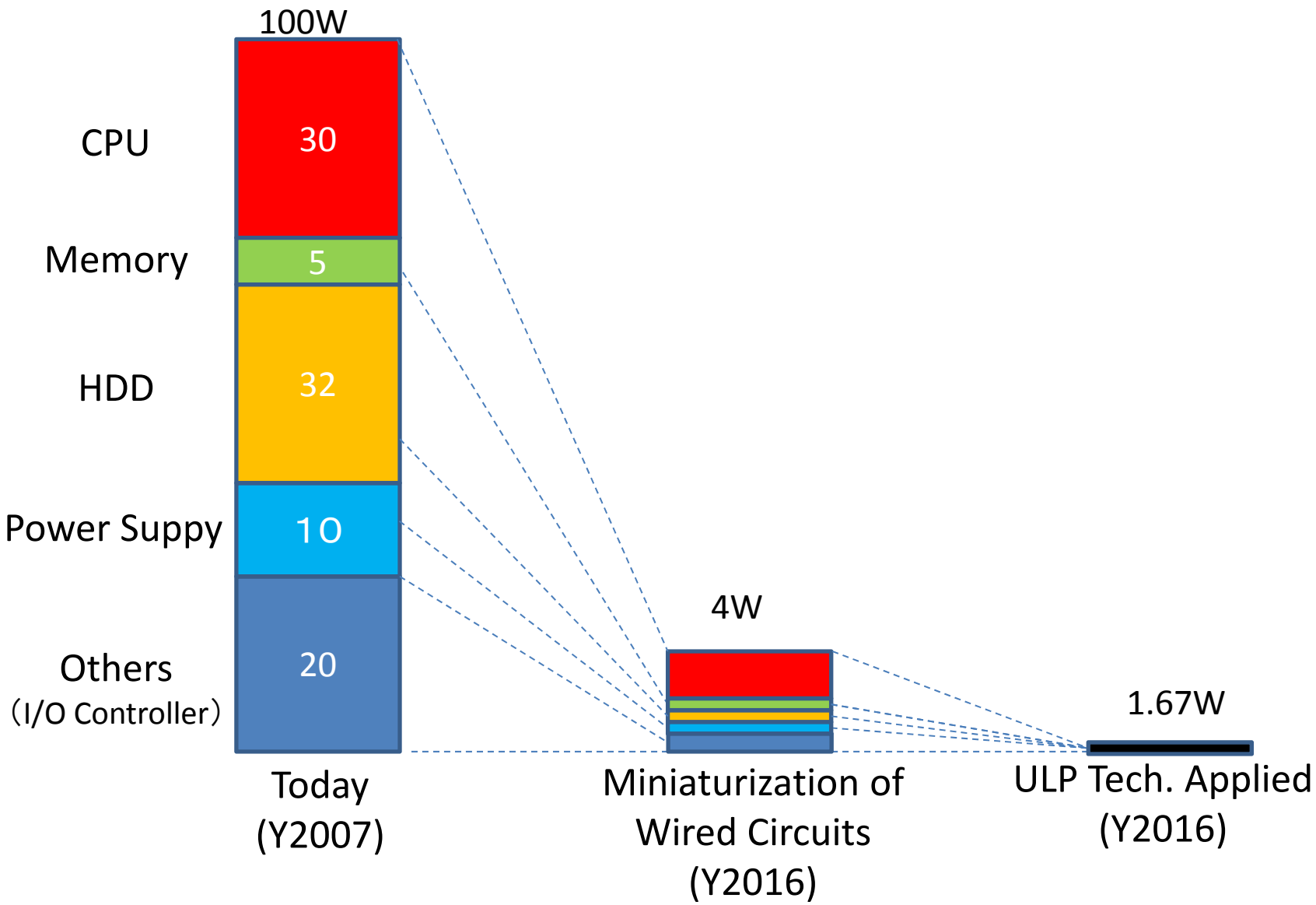


After-Prototype

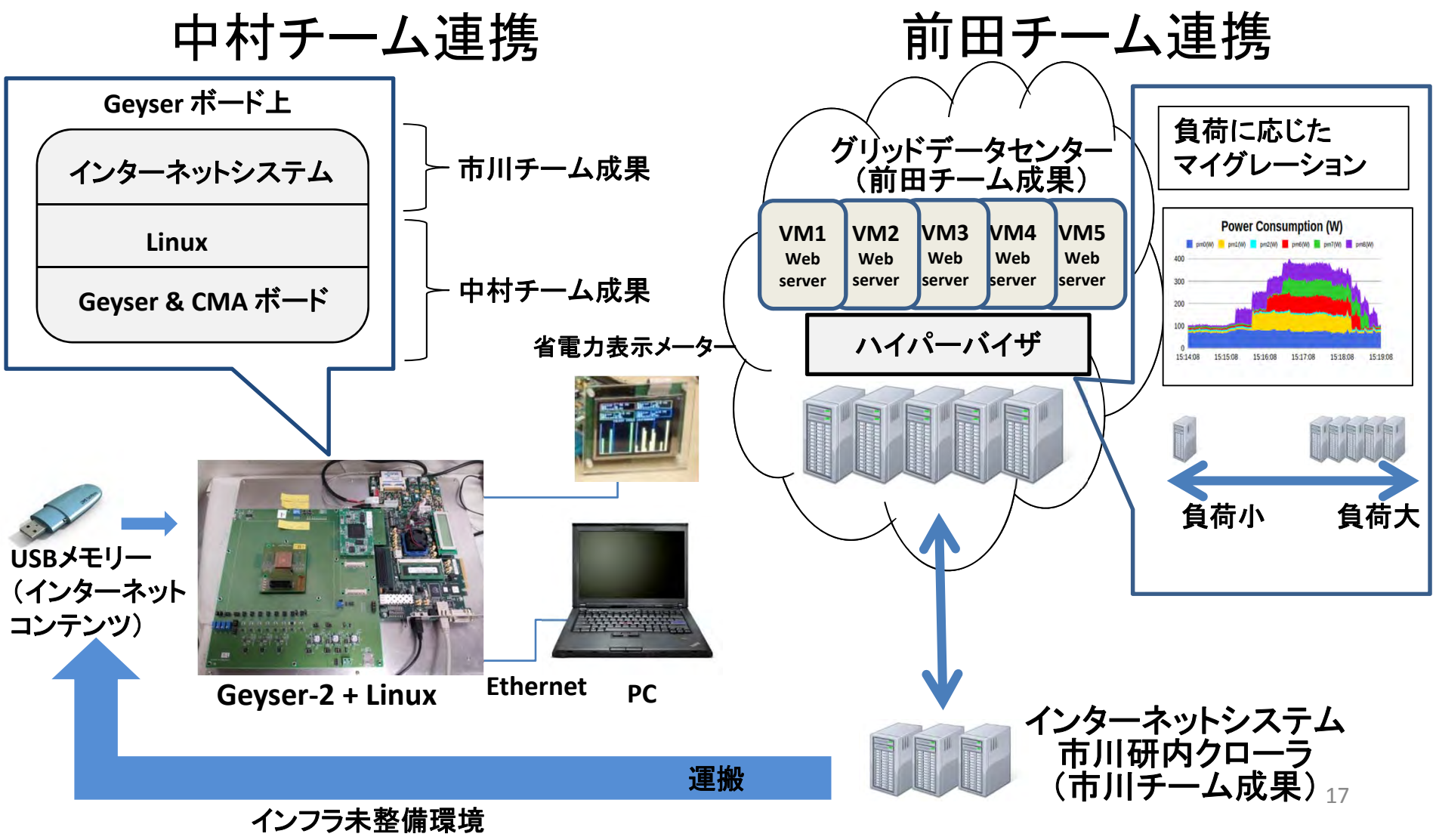
超低電力システムLSIを用いるULP Linuxサーバ



P&Pコアシステムの消費電力に対する黒田・中村チーム成果適用効果の見積もり例



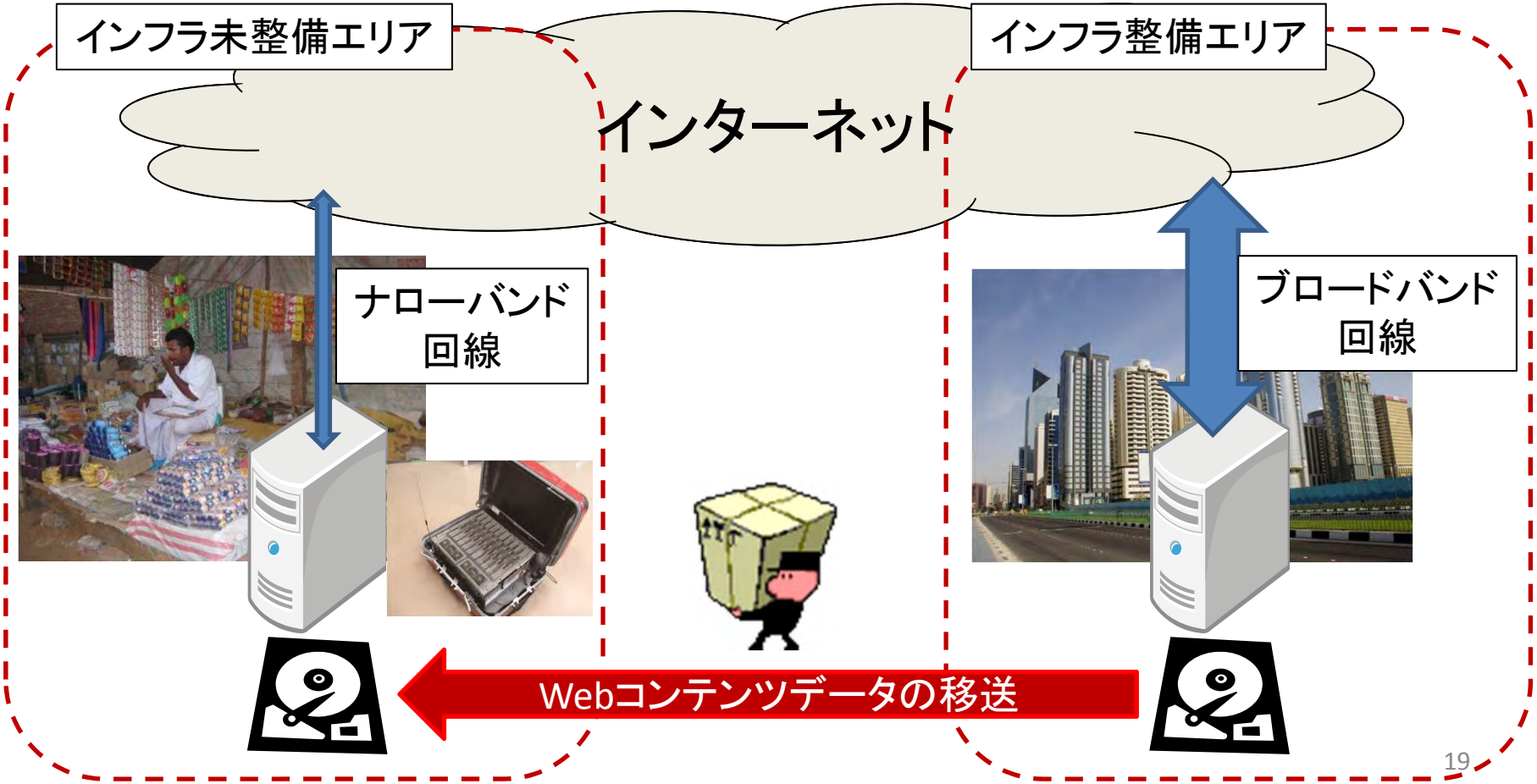
After-Prototype
ULPコアシステム（インターネットシステム）



P&Pコアシステムの研究開発：
P&Pインターネットシステム

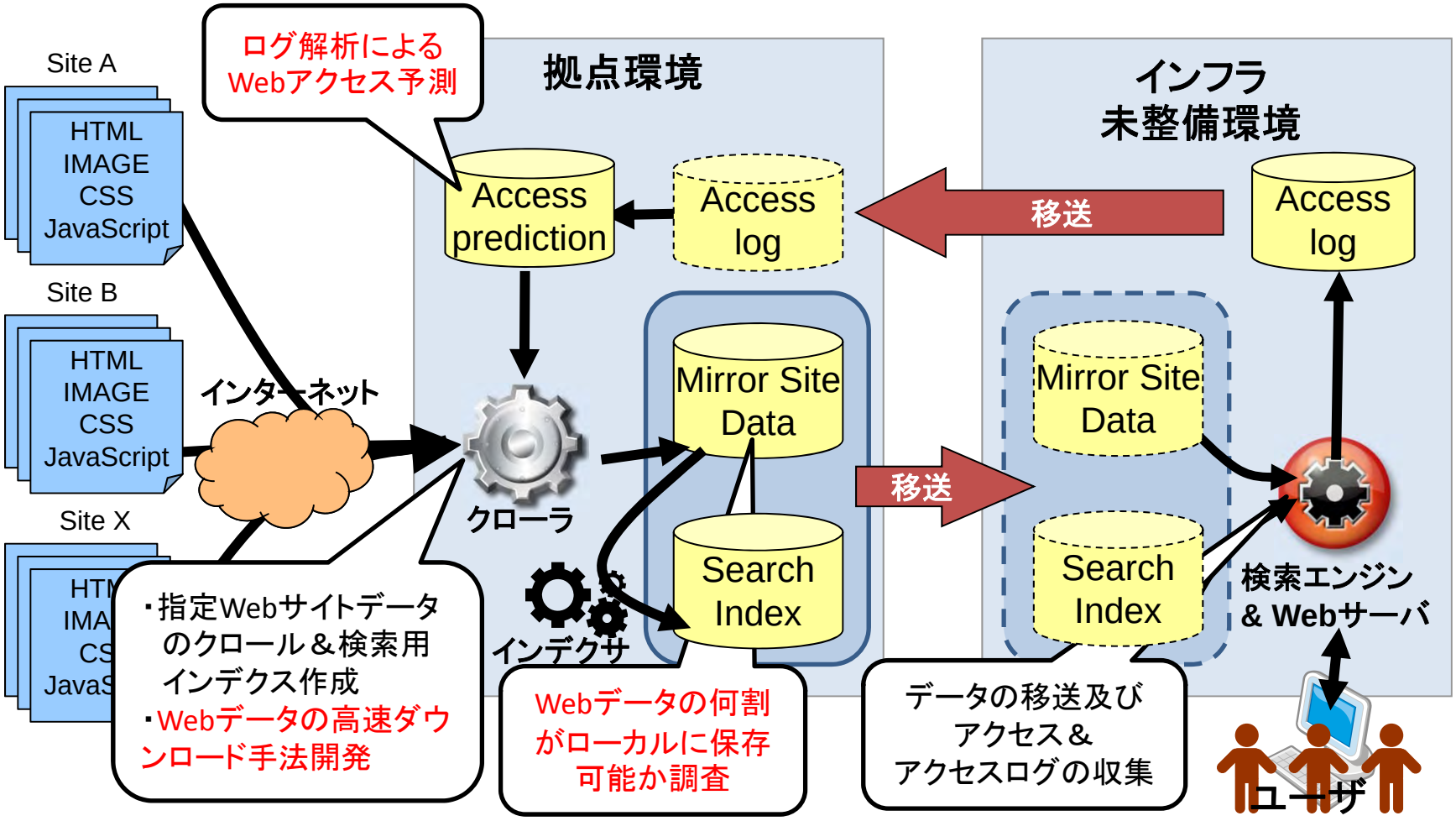
P&Pインターネットシステム概要

インフラ未整備地域でもインターネットに存在する情報を得られるシステム
1. ブロードバンド回線の存在する地域でインターネット上のデータを保存
2. データをインフラが整備されていない地域へ移送し利用



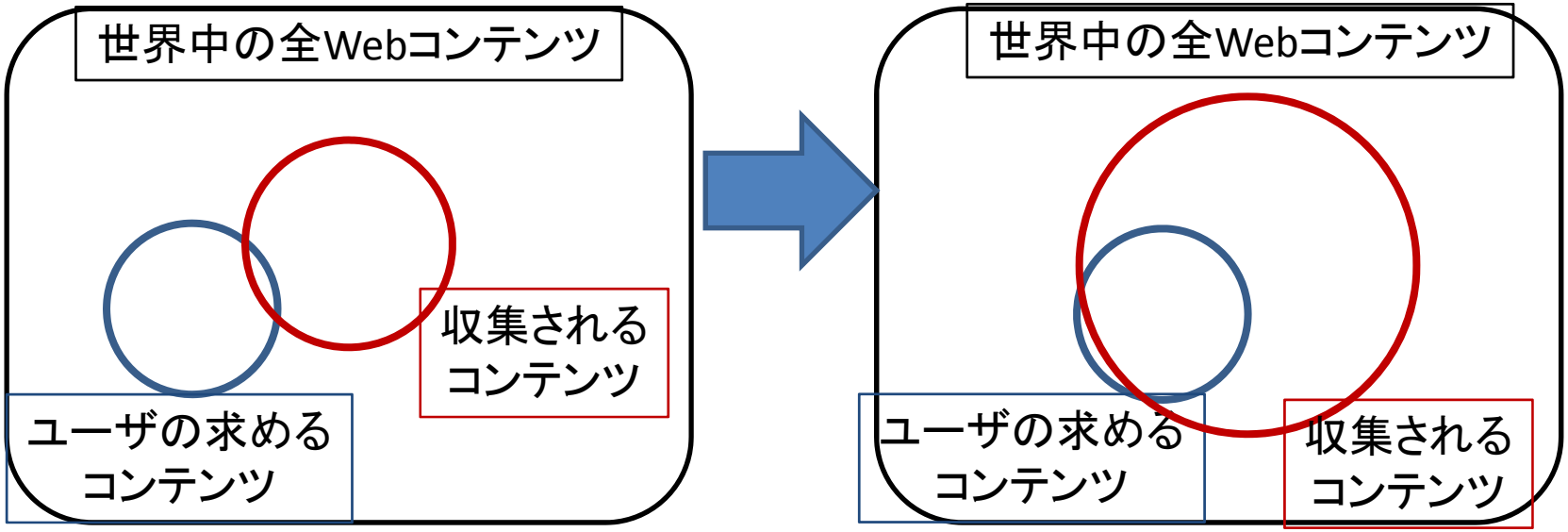
http://www.imtfi.uci.edu/imtfi_bopworkshop

P&Pインターネットシステム
機能と開発項目



P&Pインターネットシステムの技術課題
ユーザが求めるコンテンツの予測と収集

- ユーザが求めるコンテンツをできるだけ多くダウンロード
- 許容時間内にできるだけ多くのコンテンツを高速ダウンロード



P&Pインターネットシステムの課題と成果

1. ユーザの求めるコンテンツの予測
   - 全インターネットの情報を移送することは不可能
   - ユーザの求めるコンテンツを予測して必要最小限量をダウンロードすべき
   - 成果：比較的単純な手法でアクセスの約5割を予測することが可能 ⇒ ユーザクライアントのインターネットアクセス回線速度を半減できる
     - 参考：従来はproxy cacheという方式でユーザが一度使ったコンテンツのみを貯めていたため、ヒット率（後でユーザがインターネットにアクセスしたときにキャッシュの内容が使える率）が10%程度であった
2. コンテンツのローカルストレージへの高速ダウンロード
   - アクセス予測技術を適用したとしても、数TB/時のダウンロード速度が必要
     - アクセス予測コンテンツ量が数カ月のログ程度、予測コンテンツ更新間隔を数時間と想定すると、ダウンロード速度は数TB/時（400名1カ月のダウンロード量として1TBを観測）
   - 成果：並列動作VMによる数TB/時のダウンロード速度実現性を確認
     - 実験観測：16Mbps/VM ⇒ 200VM並列動作で1TB超/時のダウンロードが可能
       - 既存手法では数100Kbps /実マシンの性能しか出ず1TBのダウンロードを完了できなかった
3. ローカル保存できないコンテンツが存在
   - ローカル保存でアクセスを高速化できるコンテンツ範囲を把握することが必要
   - 成果：Webコンテンツの約7割はローカル保存でアクセス高速化が可能

P&Pコアシステムの研究開発：
P&Pユビキタスネットワークシステム

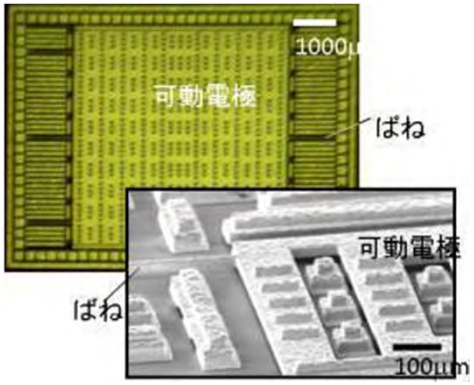
ユビキタスネットワークシステムの課題

- ユビキタス端末（担当：NTTグループ）
  - Place & Play化
    - ゼロ設定・管理
    - ULP化
- ネットワーク基盤（担当：電通大グループ）
  - アクセス・ユビキティ
  - ネットワークサービス発見機構
    - センサーの発見、管理
    - センサーデータの蓄積
  - 自律的発展メカニズム
    - ユビキタス端末の進化への対応
    - ネットワークの相互接続による拡大
- サービスプラットフォーム
  - センシングデータの分析
    - コンテクスト情報の抽出
  - セキュリティ・プライバシー制御
  - アプリケーションインタフェース
- アプリケーション
  - ターゲット：分野、市場、ユーザ

NTTグループ成果：ULP RFタグLSI技術

サブμW級の環境発電で動作するULP RFタグLSIの技術的見通しを確立

サブμW級の環境エネルギー収穫用振動子



μW級で動作する無線通信ICの動作確認実験

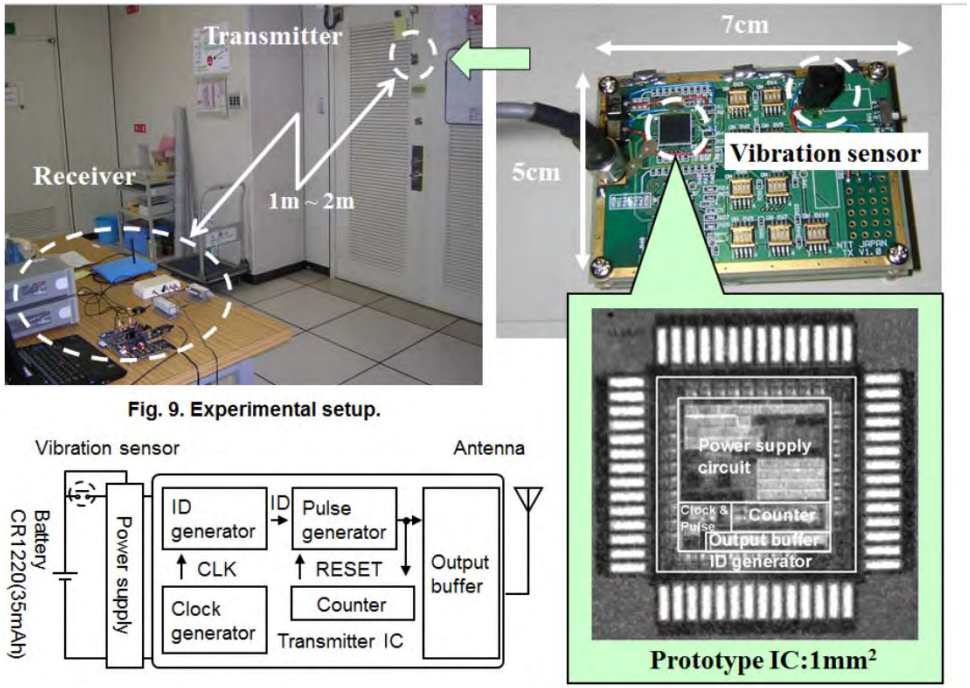
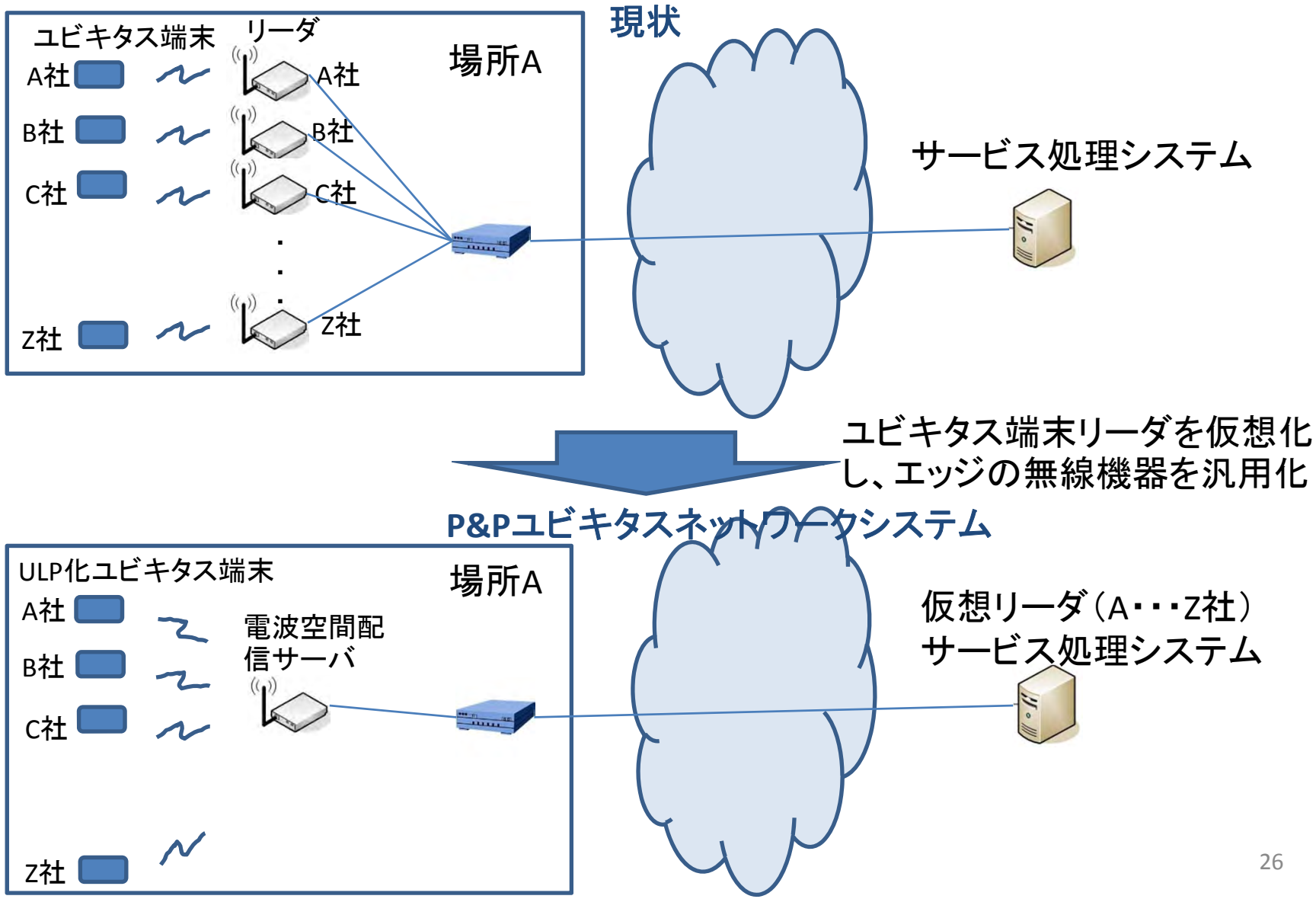


Fig. 9. Experimental setup.

Fig. 10. Block diagram of the transmitter.

Fig. 11. Photograph of the transmitter and IC.

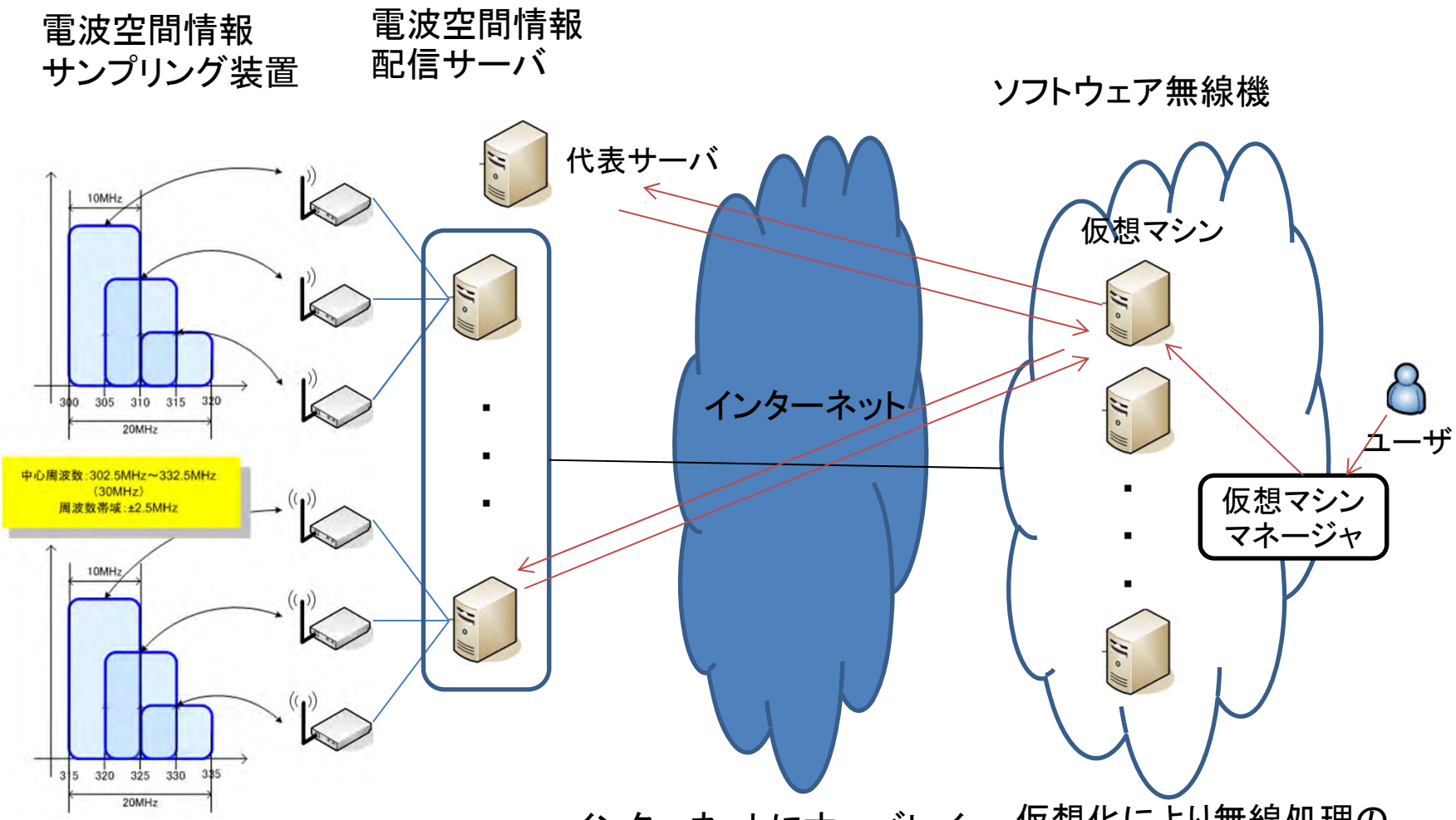
ULP RFタグネットワーキングへのアプローチ



ULP RFタグ・ネットワーキングのためのオンデマンド電波空間情報配信方式を提案

- ユーザ間で共有する装置は、無線通信方式に共通
  - 無線通信方式への依存度が低い、電波空間情報サンプリング装置をユーザ間で共有
  - ULP RFタグ技術革新により生まれる多様な無線通信機はソフトウェア無線技術で構成
- 電波空間情報配信ネットワークを地球規模で自由に構築可能
  - サンプリング装置とソフトウェア無線機との接続ネットワークはインターネットにオーバレイしてオンデマンドで構築
- 多様な無線通信方式に対してスケーラブルな方式
  - 広帯域な電波空間情報サンプリングとソフトウェア無線機仮想化をスケールアウト方式で実現

オンデマンド電波空間情報配信方式



広帯域サンプリングにより任意帯域を取得

インターネットにオーバレイして、地球規模のネットワークをオンデマンドで構築

仮想化により無線処理のスケーラビリティを確保

ULP RFタグ・ネットワーキングの課題と成果
（電通大グループの成果）

- ULP RFタグ無線通信方式の技術革新への対応が必要
  - ULF RFタグ無線通信方式の技術革新
    - アプリケーションに合わせた、キャリア周波数の選択、プロトコル技術革新
    - ミニマルファブにより、標準化・量産化が方式普及の必須条件ではなくなる
  - 無線通信方式対応の受信機を設置していてはネットワークインフラを確立できない
  - 成果： オンデマンド電波空間情報配信方式を提案、実装
- 大きな周波数変動を前提にする受信システムを開発しないとネットワーキングできない
  - 回路を極限まで簡素化し低性能な発信器を利用するため、キャリア周波数、シンボル周波数が不安定
    - 周波数変動
      - 300MHz帯で数10MHz（LSIチップ間、チップ内）
      - 電圧変動に対して3%程度（チップ内）
  - 成果： GHzレベルのチップ間周波数差、10MHz程度のチップ内周波数変動に耐えられる受信システムが構築可能

まとめ

- ULP領域成果の戦略的発展を誘導するULP統合システムを開発
  - 主なターゲット市場：農民を主体とするBoP地域
    - 農業から工業に産業転換しなくて済むBoP農村地域の経済発展が世界の課題解決（エネルギー、環境、食糧）に貢献する
  - Place & Playコンセプトで構築
    - ULP技術と再生可能エネルギーとを組み合わせ
  - ULP領域成果の発展プロセスを3版で誘導
    - ユーザ提供機能を示す版（Before)、ULP領域成果の技術的成熟が目指すゴールを示す版（After-Ultimate）、研究成果に基づくゴール到達性を提示する版（After-Prototype)
- ULP技術を統合システムとして機能させるための基盤技術研究成果
  - P&Pインターネットシステム
  - P&Pユビキタスネットワークシステム
- 課題解決、産業競争力向上を目指す基礎的研究のマネージメント手法を提案
  - 研究成果が実用化されるまでの時間差を味方につける
  - 長期間継続的な成長が見込める技術・市場トレンドに着目
  - 現状技術で市場の課題を解決しつつ、基礎研究成果を適用、実用化して市場を創造、獲得する