

次期ネットワークテストベッド 検討WG

国立研究開発法人 情報通信研究機構
総合テストベッド研究開発推進センター長
原井洋明

2020年2月20日

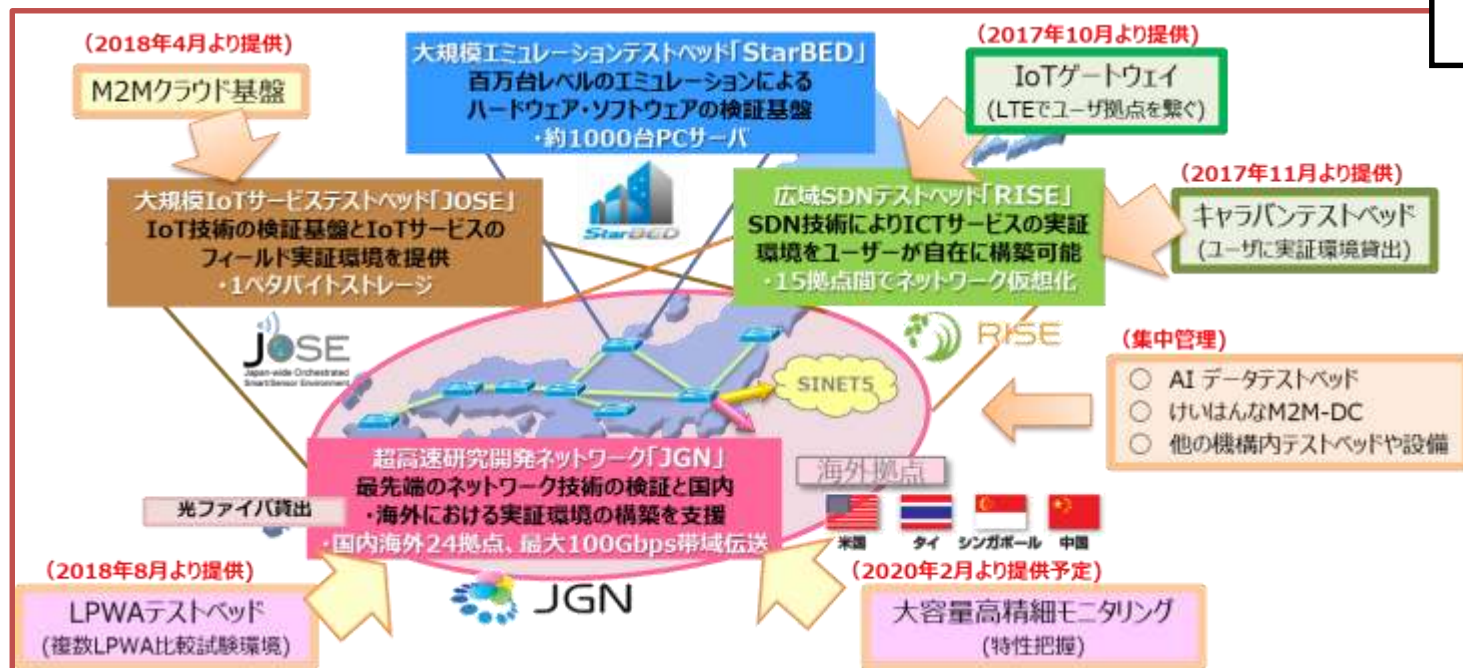
スマートIoT推進フォーラム 技術戦略検討部会
第8回テストベッド分科会

○第四期中長期計画（概略）

機構内外におけるICT関連研究開発成果の技術実証及び社会実証を推進するためのテストベッドを構築し、その利活用を促進することにより、広範なオープンイノベーションを創発する。この実現のため、以下を実施。

- 機構が提供するテストベッドを融合
（IoT実証を含め、技術実証と社会実証の一体的推進が可能なテストベッド）
- テストベッド利活用の活性化
- テストベッド基盤技術の確立
- 連携推進（海外連携、実証ニーズの把握、機構内サービス提供など）

第五期中長期計画



目的

2019.12.13 第16回コア会合資料より

- ◆ ICTの研究開発において、大規模なテストベッド環境を用いて高度な検証を行うことは、研究開発成果の競争力向上や、実用化・普及促進における必須の取組
- ◆ NICT総合テストベッドは、最先端ICT技術に関する実証を支援する役割を果たしてきたが、最新の実証ニーズを満たすためには、さらなる改良・発展が必要
- ◆ 2021年度より開始するNICT次期中長期に向けて、次期ネットワークテストベッド（広域ネットワークおよび分散型及びクラウド型コンピューティング基盤で構成されるテストベッド）について、今後のあるべき姿（利用シーン、機能、性能など）をNICTと共に検討する

3

本日所用の池永先生にかわり
説明いたします

検討メンバ（敬称略）

池永 全志（九州工業大学） **リーダー**
秋山 豊和（京都産業大学）
新 善文（アラクサラネットワークス）
飯田 勝吉（北海道大学）
岡本 聡（慶應義塾大学）
河合 栄治（情報通信研究機構）
河口 信夫（名古屋大学）
菊地 俊介（さくらインターネット）
佐々木 力（KDDI総合研究所）
関谷 勇司（東京大学）
竹澤 寛（NEC ネットズエスアイ）
棚橋 弘幸（NTTコミュニケーションズ）
丸山 充（神奈川工科大学）



- テストベッドへの意見募集と検討会議論を通じ新しいテストベッドのあるべき姿を形成
- 「中間とりまとめ」 テストベッド分科会親会、関係機関(NICT、総務省等)に提言
- 本日は、第6回検討会の「次期ネットワークテストベッド報告書暫定とりまとめ資料(案)」を抜粋し紹介

次期ネットワークテストベッド報告書
暫定とりまとめ資料(案)

2020年 2月 14日
九州工業大学
池永 全志

次期ネットワークテストベッド報告書の狙い

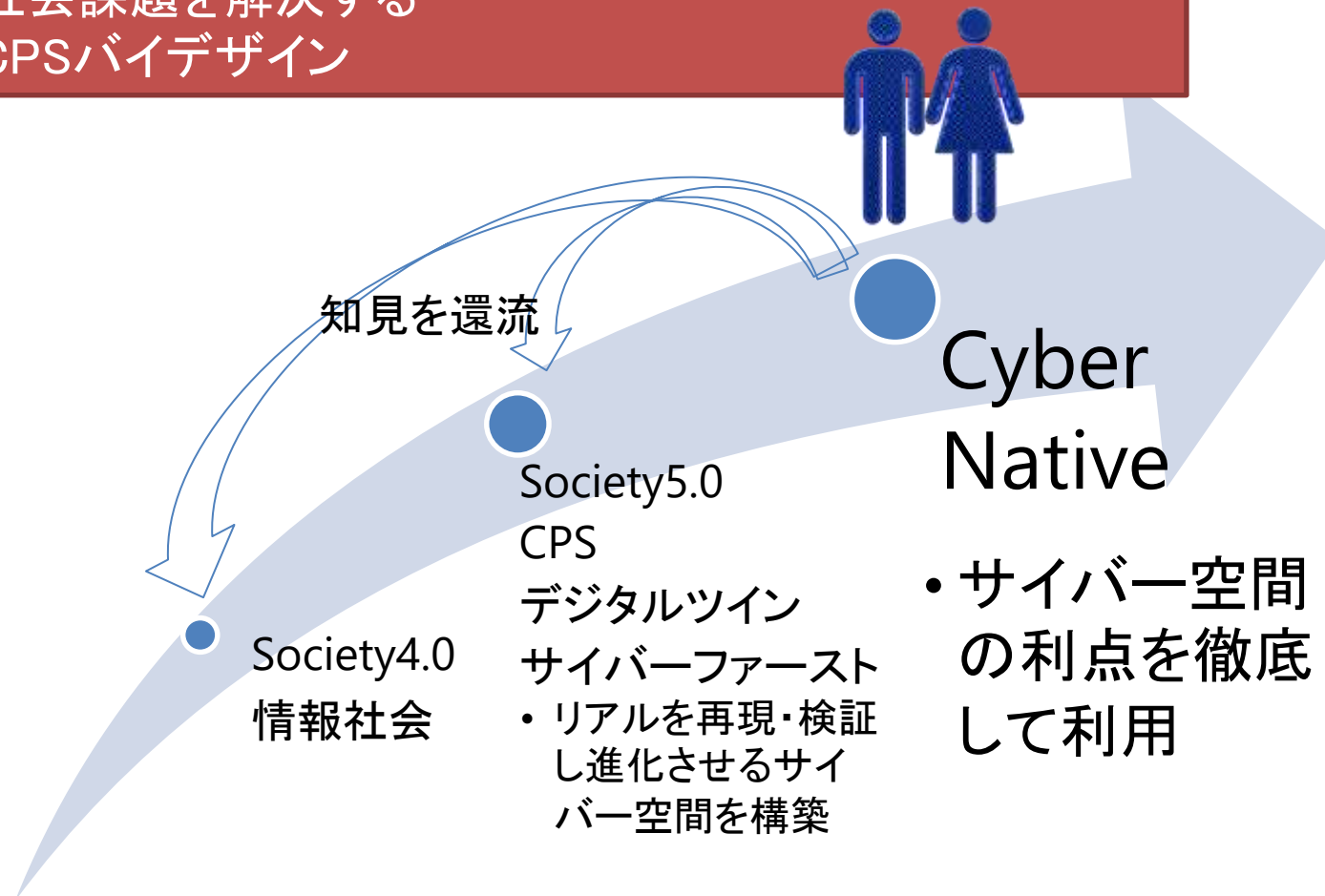
- ◆ ICTの研究開発において、大規模なテストベッド環境を用いた高度な検証は、研究開発成果の競争力向上・実用化・普及促進における必須の取組である。
- ◆ 本報告では、最先端ICT技術の研究開発および実証を支援するために不可欠なネットワークテストベッドについて、次期ネットワークテストベッドの目指す方向性、ネットワークテストベッドを用いて推進すべきこと、ネットワークテストベッドの要件および備えるべき技術、期待されるネットワークテストベッド像について述べる。
 - NICT総合テストベッドは、最先端ICT技術に関する実証支援の役割を担うが、最新の实証ニーズを満たすため、さらなる改良・発展が必要である。
 - NICTは2021年度より開始する次期中長期に向けてその取組みを見直し、刷新を検討しているところである。
 - その機会をとらえ、ネットワークテストベッドについて今後のあるべき姿をNICTと共に検討する、「次期ネットワークテストベッド検討ワーキンググループ」を設立し、意見を募り、議論を通じて意見をまとめた。
- ◆ 本報告は、今後、利用者が結集し、技術と人材が交流して成長するとともに、実証成果がアピールされ、また、実証成果が将来社会に還元される効果をもたらすテストベッドに発展することを強く期待してまとめたものである。

ポイント

- ◆ 新しいネットワークテストベッドがなぜ必要なのか？
- ◆ ネットワークテストベッドで推進すべきこと
- ◆ ネットワークテストベッドが備えるべき要件,
取組むべき技術
- ◆ 新たなネットワークテストベッドにより期待される成果
- ◆ 期待される次期ネットワークテストベッド像とは

Cyber Nativeな世界を目指す研究開発の推進

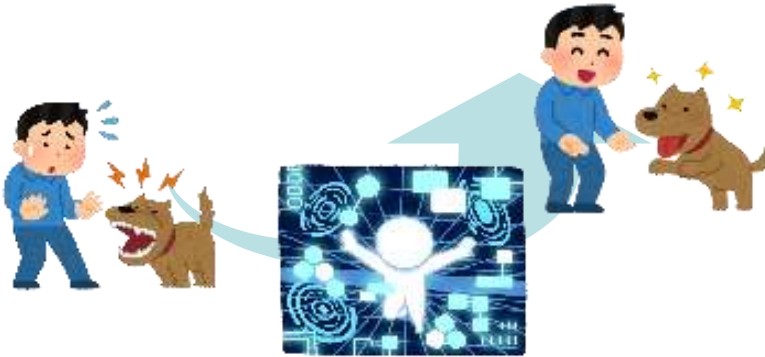
- モノ・データの動きをサイバー界で表現し、そこにヒトを表現するオブジェクトを投入・成長させ、社会システムを創る。うまくいきそうなものをリアルに投入するかたちで、社会課題を解決する
- CPSバイデザイン



ユースケース

デジタルツイン

- 仮想世界で**さまざまな**事象を検証し最善解を得る
- 仮想世界内の**クロスパーティカル**検証
- 仮想化, 多地点間低遅延処理・伝達, AI



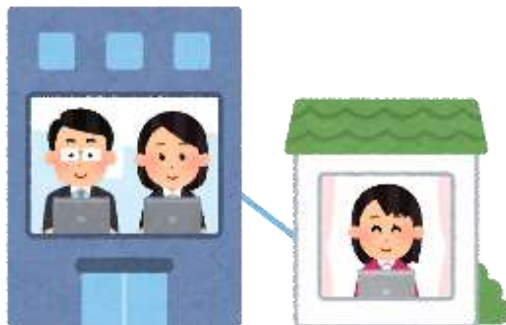
AR (XR)

- 周囲の環境に相応しい情報を瞬時に付与
- **個々の**嗜好にあわせた情報を付与
- 低遅延, 高速通信, 柔軟処理



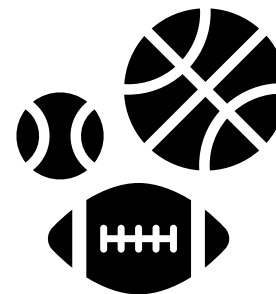
テレワーク・遠隔教育

- 低遅延, 高速通信, 柔軟な処理, 俊敏な拡張
- **個々の**性格や進捗にあわせた演習



eスポーツ, 複数視点共有・自由視点映像

- 状況や命令にあわせ相応しい情報を瞬時に合成
- 低遅延加工処理, 高速情報伝達, 瞬時同期



ネットワークテストベッドで推進すべきこと

Co-Design

コミュニティの 底上げ

- ・ 共通基盤を用いた
連携体制の構築
⇒ 新時代エコシステム
確立
⇒ 国プロ実践
- ・ 新技術・OSSの取込み

最先端ネット 研究開発

- ・ チャンピオン
ファクトの獲得
- ・ 産業界による
技術実証

オープン化 標準化

- ・ オープンな環境
をユーザへ提供
- ・ 標準化参照
モデルの構築

コミュニティ型研究開発

ネットワークテストベッドで推進すべきこと

コミュニティの
底上げ

・ 共通基盤を用いた
連携体制の構築
⇒ 新時代エコシステム
確立
⇒ 国プロ実践
・ 新技術・OSSの取込み

推進課題	内容	効果
テストベッドを共通基盤とするコミュニティ型研究開発, 製品検証の促進	- 組織間連携による設計・開発・実験の推進 - 新技術や製品を国内エコシステムで評価する体制構築 - プロジェクト・コミュニティ形成の支援, 人材育成	1組織で解決できないギャップ埋め - 開発速度の向上 - エコシステム形成 - コミュニティの底上げ - 人材交流・育成・循環 - リクルーティング
オープンな設備の提供	- 拠点の最新機器利用 - 機器を持込み - 産学結集場所 - 最新機器・機能・成果のハンズオン・ショーケース	- エコシステム形成 - コミュニティ形成 - 機器・機能・成果の魅せる化 - 成果共有の容易化
連携体制の構築	- 同業連携、通信事業・製造事業・OTTの連携 - 国プロの実践 - ショールーム化	- シナジー促進 - OSSの取込・改善・共有 - エコシステムの確立 - 新規参画者誘導
相互接続実証	- 機能接続性検証 - クラウドブロック構築 - 柔軟なネットワークアクセス環境の提供	- システム完成度向上 - 人材交流・育成・循環 - 成果の魅せる化
新技術・OSS取込	国プロ成果の継承	エコシステム形成

ネットワークテストベッドが備える要件・取組むべき技術

(ポスト)クラウドネイティブ化

- クラウド親和性, オープンソフトウェア基盤, ソフト化／プログラマブル化 (位置を移してます)

モバイル通信

- B5G/6G, モバイルコア, RAN, ローカル5G

光通信(光テストベッド)

- 超高速光通信, マルチコアファイバ, 量子通信, 光格子時計

テストベッド基礎機能

- モニタリング/デバッグ/再現性等のテストベッド基礎機能

テストベッド共通基盤

- オープン化, PPPのための共通実証基盤化(テストサイト), 標準化活動

(ポスト)クラウドネイティブ化

- クラウド親和性, オープンソフトウェア基盤, ソフト化／プログラマブル化

クラウド親和性

■【ネットワーク機能のクラウドネイティブ化】

クラウドネイティブ管理技術を活用し、ネットワークインフラレイヤを抽象化することで、ネットワーク機能をより効率的に利用する

■【クラウド・エッジ連携】

クラウド、エッジの特長を活かし、クラウドではリソース性能を自由に選択し様々な仮想ノードを組合せ、エッジではアクセス網の機能を取込む

■【パブリッククラウド親和性】

実験実施者(研究者・企業)の負担を低減。事業展開を目指す企業・自治体に余分な費用負担と手間を発生させず、低コストに成果を移行

オープンソフトウェア基盤

■【展開容易性】ベンダロックインからの解放。

オープンソース製品を複数のクラウド環境にオーバレイして活用

■【利用容易性】クラウドネイティブなNFVの進展やクラウド・エッジ連携による大容量・低遅延処理の実験の場

- クラウド親和性, オープンソフトウェア基盤, ソフト化／プログラマブル化

ソフト化／プログラマブル化

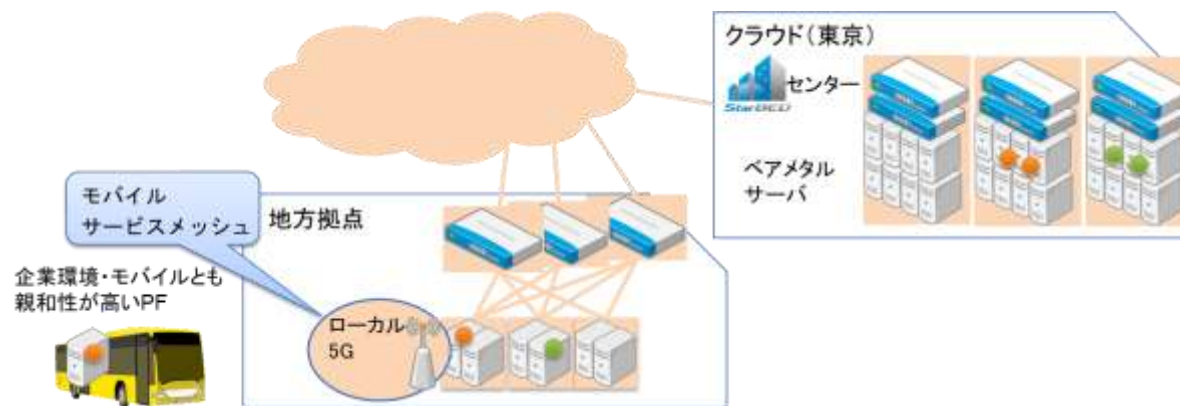
- **【新構成技術*】** エッジコンピューティングやBeyond 5Gコア／RAN, ICN等の技術試作・検証など, ネットワークそのものの新規機能の研究を支援
 - 機能アドオンできるホワイต์ボックススイッチ
 - P4に代表される機能実装フレームワーク
 - 高速I/Oを持つサーバ群
 - H/Wアクセラレーション
- **【高速仮想化】** 10Gbps/100Gbpsで完全仮想化し, ソフトウェアルータやマイグレーションの高速検証に活用
- **【線路仮想化】** 高速回線やマルチコア光ファイバを分割しシリアル接続する遅延線活用

アーキテクチャ推移



- B5G/6G, モバイルコア, RAN, ローカル5G

- **【エンドツーエンド】**アクセス網までを考慮した実証環境
 - 固定・可搬の無線実験環境(基地局群)
 - アクセス・コア連携
- **【実用化研究】**ベンダ・オペレータによる商用開発の促進
 - Cloud-native(RAN～Core), Beyond 5G/6G
- **【エッジ】**クラウドを延伸するエッジ領域の適用先として, 無線アクセス近傍を想定
 - 各種RAN, Local 5G, LPWA
 - 5Gのローカルブレイクアウトを含めたシステム構成
- **【フィールド検証】**街やキャンパスレベルのフィールド試験の実現



- 超高速光通信, マルチコアファイバ, 量子通信, 光格子時計

光テストベッド

- **【付加価値】** over IP 接続でない価値
- **【超高速光通信】** 専用線なしで最新の光伝送技術をネットワークに組込む
- **【マルチコア光ファイバ】**
 - IP網に世界で初めてマルチコア光ファイバを組込む
 - 世界をリードする挑戦研究をフィールドで
 - 遅延線としてを実験環境を擬似広域化(信号をコア数周回)
- **【量子通信】**
 - 世界をリードする東京QKDへインフラ提供

光格子時計

- **【日本発祥技術】** 複数組織の光格子時計を光ファイバで接続する野心的研究
 - 周波数差を計測し, 重力ポテンシャル差等測地的な情報をリアルタイムに取得
 - 将来のネットワークにベースクロックを供給するための研究
- **【高精度時刻配信】**
 - NICTの高精度時刻が取り出せる仕組み
 - 映像業界からの期待

- ・ モニタリング/デバッグ/再現性等のTB基礎機能

■ モニタリング／デバッグ

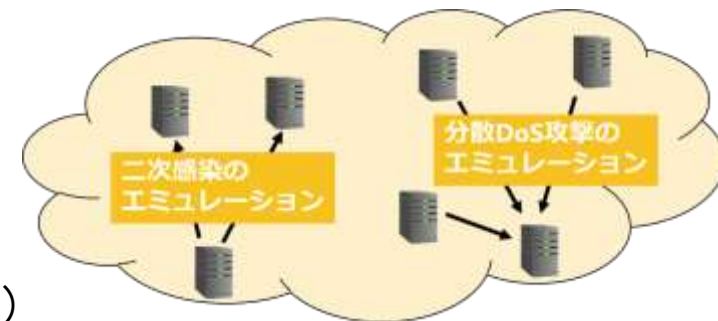
- **【デバッグ支援】**高精度モニタリング機構の整備(デバッグ時間と労力を短縮)
- **【同期】** NICTの高精度時刻を取り出せる仕組み

■ 再現性

- 毎回同じ品質の仮想ネットワークを再現構築
- 記述言語やGUIによる構成定義
- トポロジと帯域・リンク特性(媒体, パケットロス率, 回線断, 遅延, 負荷)を定義
- 論文で参照網とされる JPN48, NSF, GEANTなどを再現
- 繋がらない状態を実現

■ ユーザスライス(プロジェクト単位)実験支援機能

- バックグラウンドトラヒックの発生(ランダム・実測に基づくもの)
- 壊れるネットワーク機能・シナリオ
 - 広域災害・障害への取組
 - マルウェア・ボットプログラムの感染活動
 - DDoSしてくれる機能(右図)
- 遅延線(400Gbps回線を1Gbps×400回折り返し)



- ・オープン化, PPPのための共通実証基盤化(テストサイト), 標準化活動

オープン化

- ベンダロックインから解放されたオープンソース(製品を含む)を複数のクラウド環境にオーバレイして活用する
- プロジェクト単位(科研等予算・期間制約)を超えた長期システム維持を可能とする
- 新しい技術体験の場を提供
 - P4, ホワイトボックススイッチ
 - 国プロで開発されたネットワーク装置, ソフトウェア資産
 - プログラマブル機器とネットワーク記述言語によるプログラマブルネットワーク総合テストベッド
- 皆が攻撃してくるネットワーク

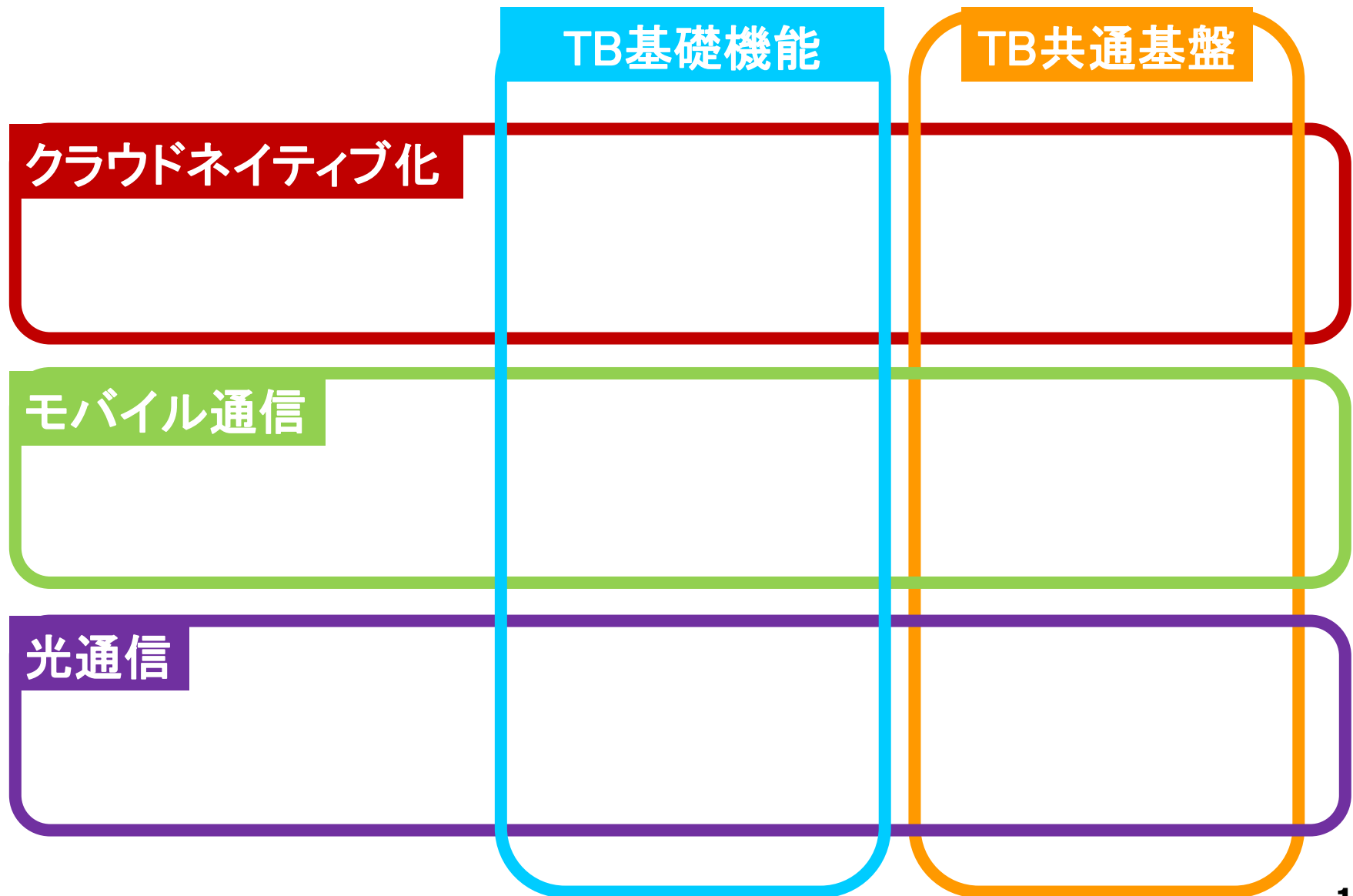
- ・オープン化, PPPのための共通実証基盤化(テストサイト), 標準化活動

PPPのための共通実験基盤化(テストサイト)

- 個々の開発物を合成できる環境と人が集まれる場所
- 複数のキャリア・研究機関が利用できるサンドボックス拠点
- 技術の検証場とし, 異業種連携によるシナジー促進とコミュニティ底上げ
 - 広域網にも接続
 - 持込み+テストサイト内の機器利用
- シーズとビジネスの結びつけや迅速なトライアルが可能な環境を提供し, 基本技術で世界をリードするだけでなく, ビジネス面での諸外国との見劣りからの脱出に寄与
 - 製品一歩手前のミドルボックスを詳細検証する試験環境(施設, 設備, 機能)
 - 既存製品との比較や国内製品の課題を導出できる場
- 新技術へ挑戦する場
 - 高速I/Oを持つサーバ群, P4等プログラマブルデバイス, H/Wアクセラレーション
 - テスター, モバイル基地局, 光伝送機器など, 個々には試しで手をだせないもの
 - 国プロで開発されたネットワーク装置・ソフトウェア資産
 - 自前機器を持ち込めるコロケーションエリア
- 橋渡しのエンジニアとキャリアプール
 - 利用者ニーズに応えるためのエンジニアを用意し, 参入障壁を緩和
 - このようなエンジニア・研修生を受入れ, 皆で育て巣だつキャリアプール

利用例: 雪祭り, iPOPショーケース

要件・機能基盤を組合せ成果創出レベルの飛躍へ



期待される取り組み・効果

クラウドネイティブ × 共通基盤

- ◆ 張出しデータセンター
- ◆ クラウドブロック (CB)
- ◆ インフラ防御
- ◆ エッジコンピューティング基盤

モバイル通信 × 共通基盤

- ◆ B5G/6Gインフラにおけるハードウェアオフロード／クラウドネイティブ
- ◆ 大規模MECエミュレータ基盤
- ◆ モバイルPoB (Proof of Business) としての活用

光通信 × 共通基盤

- ◆ テラビットオーダ低遅延大容量処理プラットフォーム
- ◆ λ ベース新ネットワークアーキテクチャ
- ◆ マルチコア光ファイバを利用したダークコア開放

クラウドネイティブ × 共通基盤

◆ 張出しデータセンター

- クラウド拠点をユーザ近傍まで張り出しエッジクラウドを形成
- 個と群の両方の機能を提供, 多様なアクセス網の提供

◆ クラウドブロック (CB)

- 装置と機能の集合を自在に組合せて利用可能な環境とその自動構成
- CB上のアプリ評価を通じた, エコシステムの活性化とCB自体の進化

◆ インフラ防御

- 最先端技術を取り入れた計測/防御センターの実現と技術者育成
- ノード・リンクの物理状態も含めてモニタリング可能な環境
- 再現可能なネットワーク, 壊せるネットワーク
- トレーニングデータの提供

◆ エッジコンピューティング基盤

- 国内クラウド事業者と研究者が同じフィールドでプラットフォーム検証する環境
- 相互接続性の試験環境
- ステークホルダー連携によるプラットフォーム導入・検証フィールドの構築とその活用による技術力向上と技術者交流

モバイル通信 × 共通基盤

◆ B5G/6Gインフラにおけるハードウェアオフロード／クラウドネイティブ

- 一部の処理をアクセラレータ(GPU/FPGA)やP4等にオフロード
- 上記ハードウェアやコンテナ(クラウドネイティブ)上で動作するB5G/6Gコアの実装
- AIを用いた無線制御(Beyond 5G/6G)

◆ 大規模MECエミュレータ基盤

- ローカル・MEC拠点・クラウドの連携を模擬
- ネットワークプログラマビリティ技術活用検証
- デジタルツインのためのアプリケーション基盤
 - 無線・有線連携
 - Public クラウド, クラウド張り出しによるMECサーバ拠点, MECサーバ拠点間連携
 - 仮想網による任意トポロジ提供, 任意QoS提供, 距離エミュレーションの活用

◆ モバイルPoB (Proof of Business) としての活用

- 新しいモバイルユースケースの実証
- スライス技術の実証
- OTT技術のキャリアへの取込
- 5Gデジタルトランスフォーメーションプラットフォーム

光通信 × 共通基盤

◆ テラビットオーダ低遅延大容量処理プラットフォーム

- 低遅延・高(例えば1000FPS)フレーム映像伝送
- 高精度時刻同期

◆ λ ベース新ネットワークアーキテクチャ

- 並列同期伝送ベースの新データリンクフレーム
- 複数λを俯瞰できる多面的な高精度モニタリング
- モニタリング・事象再現確認前提のフレームフォーマット構成

◆ マルチコア光ファイバを利用したダークコア開放

- 東名阪規模の光コアテストベッド
- マルチコアファイバの多様な利用(1芯双方向、周回、通常サービスと実験同時共用)

期待されるネットワークテストベッド像

超高性能・未加工ネットワークリソース提供

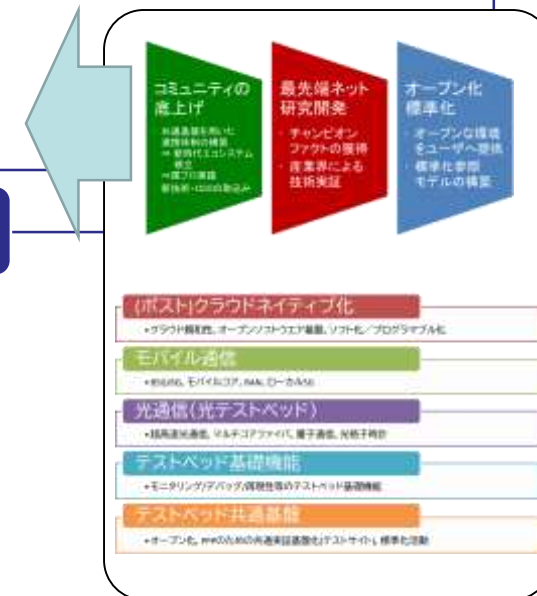
- 世界最高性能の研究を支援できること
- 近未来のアプリケーションを実証できること
- 複数の最先端研究を同時に遂行できること
- 現状のシステム・プロトコルに依存しない研究を支援できること

超柔軟性・展開性

- 迅速かつ柔軟な環境提供のための運用管理機能と体制を備えること
- オープンソースや共用設計資産を利用しやすいこと
- 検証後に事業展開しやすいこと

国内外の連携と効率化

- ステークホルダー連携や産学連携、地方 & 都市連携を図れ、それらに利用環境を提供できること
- 実験場所に制約がない利用環境を構築できること
- 広域連携による人材開発を促進できること
- 欧米を始めとする世界の研究開発と円滑に連携できること
- SINETとの連携を維持し国内での裾野の展開をできること



参考: テストベッドを取り巻く状況

2020.1.27 情報通信審議会情報通信技術分科会 技術戦略委員会 重点領域WG (第1回)

資料1-5 新たな情報通信技術戦略の重点研究開発分野・課題の方向性 (案) より

フォローアップで示された研究開発分野・課題等の次期目標へのフィードバック

23

分野横断的課題

世界最先端ICTテストベッド

※ 強調は事務局で実施

重点研究開発課題		次期目標へのフィードバック
(1) 世界最先端ICTテストベッド	① 世界最先端の次世代ICTテストベッド等の構築・展開	これまでの取り組みや最新の技術動向及び社会ニーズを踏まえ、 AI/Beyond 5G/量子時代における世界最先端ICT研究開発プラットフォーム としてのテストベッドを整備・運用していく。先進的な研究開発と実証実験を一体的に行う産学官（ネットワークキャリア、ベンダー、研究機関等）の力を結集する拠点を目指す。



- 2月末まで報告書（中間とりまとめ）案に意見照会および編集作業中
- 今後更新し、NICTに提言する予定