

ワイヤレス分野の技術動向及び現状分析について

MRI 三菱総合研究所

2026/1/27

モビリティ・通信政策本部

ICTインフラ戦略グループ

目的・スコープ(本資料の位置づけ)

- 本資料は、我が国の電波・ワイヤレス関連産業について、**需要主体とバリューチェーンの構造**を起点に、産業全体の規模感、価値・雇用の分布、ならびに供給面における論点を整理することを目的とする。
- 具体的には、電波・ワイヤレス産業を、供給側のバリューチェーン(素材・部品、モジュール・機器、ネットワーク構築・運用、横断機能等)と、需要主体(共通・基盤、自営網、キャリア網)の二次元で整理し、生産額(売上相当)および雇用(従業者数)の推計結果をもとに、**産業エコシステムの全体像**を明らかにする。
- あわせて、産業構造の分析結果を踏まえ、**価値規模が大きい領域と、供給途絶時の影響が顕在化しやすい領域が必ずしも一致しない**という点等に着目し、本作業班における検討において重視すべき論点等を抽出する。
- 重点技術の検討に先立ち必要となる、産業構造・価値・雇用の偏在、市場・技術トレンドが産業構造に与える圧力、サプライチェーン上の論点など、**前提条件・評価観点等の整理**を行うものである。

留意点

- 本資料における生産額・雇用の数値は、情報通信産業連関表等を用いた推計結果であり、統計上の制約を含む(詳細は後掲スライド参照)。

①産業構造

1. 需要主体 × バリューチェーンによる分析枠組み

- 電波・ワイヤレス関連産業は、単一の製品や市場として成立しているものではなく、**複数の需要主体と、多層的な供給構造が組み合わさることで成立する産業エコシステム**である。
- 産業構造を俯瞰的に捉えるため、需要主体(3区分)と供給側のバリューチェーン(5層)で体系化し、どの層・どの需要主体で価値(生産額)が生まれているか、どの層に雇用が集中しているか、需要主体ごとに産業構造がどのように異なるかなどについて分析を実施。

対象

電波・無線に直接・間接に関係する財・サービスを含む産業活動。
上流(素材・部品)から下流(ネットワーク構築・運用)および横断機能(ソフト・設計・計測・標準)までを含む。

	共通・基盤	自営網	キャリア網
需要	<ul style="list-style-type: none"> ● 複数需要主体に横断投入される基盤供給 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公共・産業・閉域・自組織用 	<ul style="list-style-type: none"> ● 公衆網向け

バリューチェーン	横断:ソフト・設計・計測・標準	<ul style="list-style-type: none"> ● 無線/ネットワーク制御ソフト、設計、試験、計測、認証、標準化、研究開発等 (含まないもの)無線と無関係な汎用ソフト/汎用SIのうち、無線寄与を識別できない部分
	ネットワーク構築・運用※	<ul style="list-style-type: none"> ● 公衆網の構築・運用、関連工事・保守、運用サービス等 (含まないもの)一般のIT運用(無線ネットワーク運用と無関係なもの)
	モジュール・無線機器	<ul style="list-style-type: none"> ● 通信モジュール、無線装置、基地局無線部、端末組込無線、携帯端末等 (含まないもの)無線機能と関係しないアプリ/コンテンツの提供そのもの
	部品・デバイス	<ul style="list-style-type: none"> ● RF部品、半導体、電子部品、センサ、アンテナ部品等 (含まないもの)無線との関係が識別不能な汎用電子部品のうち、無線比率を置けない部分
	素材・基礎材料	<ul style="list-style-type: none"> ● 高周波材料、半導体材料、基板材料、磁性体・誘電体等 (含まないもの)無線用途を特定できない汎用材料のうち、無線との関係が識別不能な部分

※自営網の運用は、統計上独立計上されにくい性質があるため、結果の解釈ではその点に留意(当該活動が存在しないことを意味するものではなく、統計上の捕捉上の制約)。

①産業構造

2. 需要×バリューチェーンの定義

- 産業統計や事業者投資額等を踏まえ、各セルに含まれる代表的な製品・サービス・活動(例示)と、計上区分(算入有無／按分)を整理の上、推計を実施。
- ✓ 構築・運用×自営網は統計上独立計上されにくく分計が困難であるため、算入せずキャリア網に集約。
- ✓ 国内生産され海外に出荷される分(輸出)は含まれる一方、海外の事業所で生産され海外で販売される分(海外現地生産・現地売上)は含まれない。海外売上比率が高い企業については、企業連結売上と国内生産の間に乖離が生じ得る。

データの
起点

- 情報通信産業連関表(77部門)の2023年名目生産者価格取引額表と雇用者数を使用(計数編に77部門表・雇用者数が含まれる) ※主要事業者の投資額等も参照
- 無線に直接紐づく「通信サービス」「無線機器」「携帯端末」「周辺の技術支援」のうち、部門として観測できるものやそれを支える上流(素材・一般製造・対事業所サービス等)の「無線向け部分」を、投入構造で取り込む
- ある時点の産業構造であるため、産業構造や商流・取引状況の変化は見えない。

レイヤ及び対応する産業部門	共通・基盤	自営網	キャリア網
素材 部門:化学、プラスチック・ゴム、窯業・土石、鉄鋼、非鉄 等	按分: 高周波材料、基板材料、磁性/誘電/圧電材料(用途比率で按分)	按分: 自営向け機器・端末に組込(需要先/投資で按分)	按分: 基地局・NW装置に組込(需要先/投資で按分)
部品・デバイス 部門:半導体素子、集積回路、その他の電子部品 等	算入: RF部品、半導体、電子部品(汎用は用途比率で按分)	算入/按分: 産業機器・閉域装置向け部品	算入/按分: 基地局・通信装置向け部品
モジュール・無線機器 部門:携帯電話機、無線電気通信機器 等	算入: 汎用通信モジュール、端末組込無線等	算入: 閉域/構内無線装置、業務端末、GW等	算入: 基地局無線部、通信装置、端末等
構築・運用 部門:移動電気通信、電気通信に附帯するサービス、電気通信施設建設 等	算入しない (原則ゼロ)	算入しない (統計上独立計上されにくい)	算入: 公衆網の構築・運用、保守、関連工事等
横断 部門:SW、情報処理サービス、研究、対事業所サービス、通信機械器具賃貸業 等	算入/按分: 設計、試験、計測、標準、無線制御ソフト等(寄与で按分)	算入: 導入支援、運用支援、設計・試験等	算入: 運用高度化、制御ソフト、試験・標準対応等

①産業構造

(参考)推計手法

- 電波産業の生産額(売上)・雇用(従業員数)を再配分して推計する。

生産額(売上)再配分

区別生産額を X_c 、レイヤ×
区別生産額を $Y_{l,c}$ とする。

$$Y_{l,c} = X_c \times w_{l,c}(\text{prod})$$

$$\sum_l w_{l,c}(\text{prod}) = 1$$

$w_{l,c}(\text{prod})$ は、生産額を各レイヤへ配分する係数。係数は、情報通信産業連関表(77部門)をレイヤへ対応付け、需要先(中間需要・最終需要・固定資本形成等)の考え方にに基づき、需要主体へ按分して作成。混在部門や用途が複数に跨る部門は、需要先や投資主体等で按分。

雇用(従業員数)再配分

区別従業員数を E_c 、レイヤ×
区別従業員数を $F_{l,c}$ とする。

$$F_{l,c} = E_c \times w_{l,c}(\text{emp})$$

ここで、 $w_{l,c}(\text{emp})$ は雇用を各レイヤへ配分する係数である。雇用統計(産業分類)とレイヤ対応表に基づき係数を構成し、補助的に企業IR(研究開発人員、施工要員、運用要員等)を用いて妥当性を確認する。

生産性:クロスチェック用

セル別生産性を次式で定義。

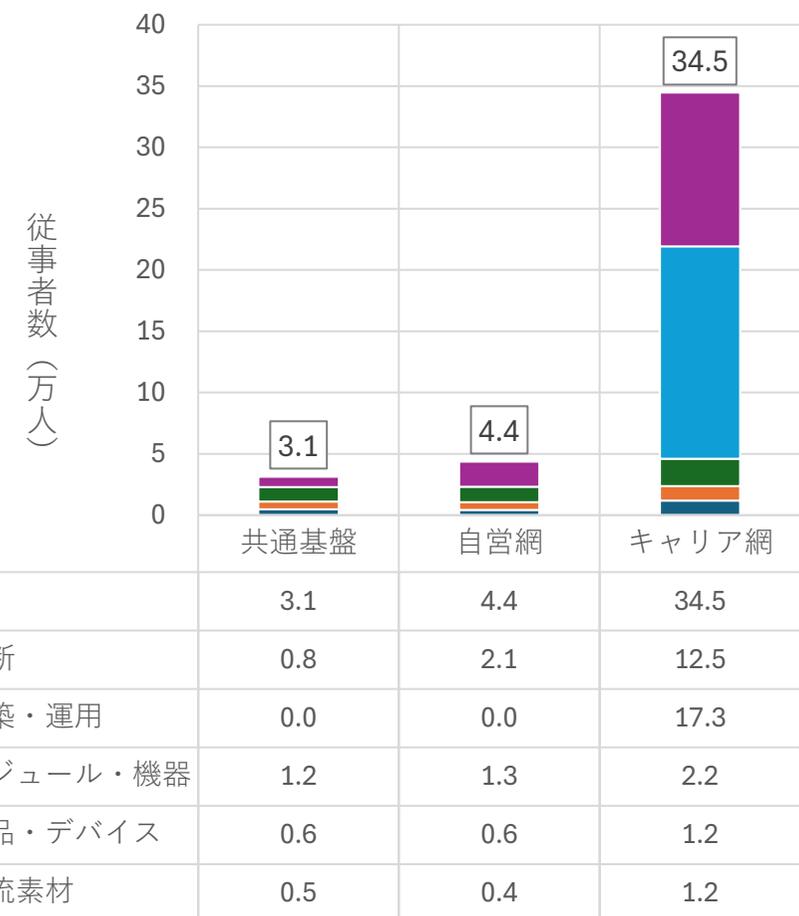
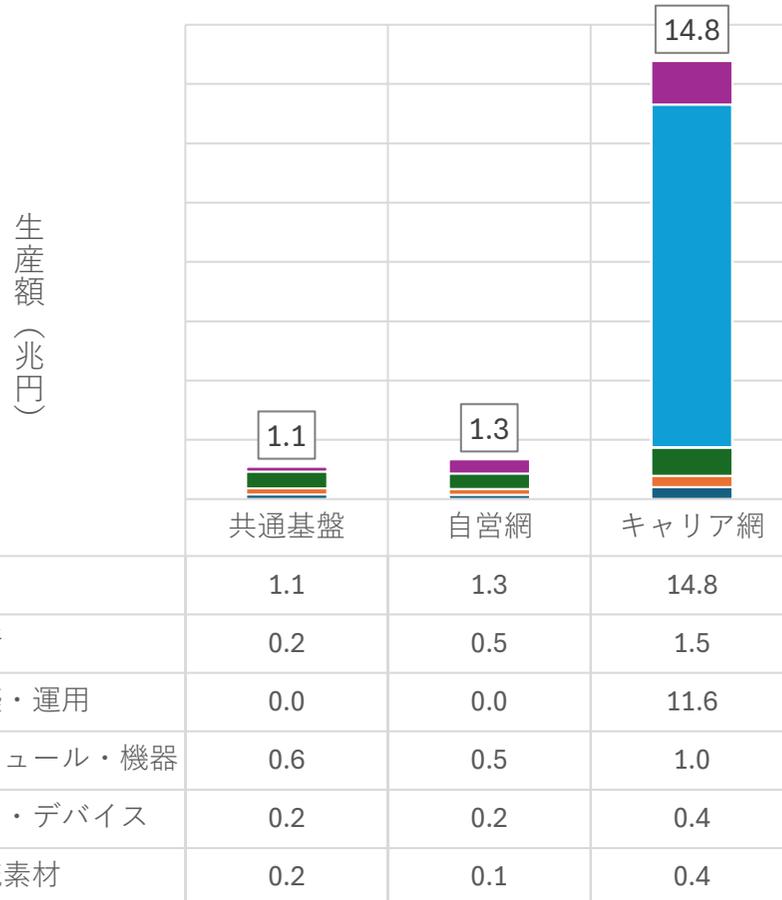
$$\text{生産性}_{l,c} = \frac{Y_{l,c}}{F_{l,c}}$$

生産性の相対比較により、高付加価値・低人材／低付加価値・高人材の層を特定し、構造解釈を行う。

①産業構造

3.推計結果

- 生産額総計は全体として**約17.2兆円**で、うち共通・基盤:1.1兆円、自営網:1.3兆円、キャリア網:15兆円
- 雇用総計※は**約42万人**、うち共通・基盤:3.1万人、自営網:4.4万人、キャリア網:34万人
※同バリューチェーンに従事する者(例:キャリア網×構築・運用は、技術のみならず、サービス開発・マーケティング・営業等も含む)
- 生産額では「構築・運用」が12兆円ともっとも大きいですが、雇用では「構築・運用」と「横断」の2つが大きい
- 生産性(生産額/雇用数)でみると、「構築・運用」×「キャリア網」が相対的に高く、「横断」×「キャリア網」が相対的に低い(雇用が厚くなり易い領域)



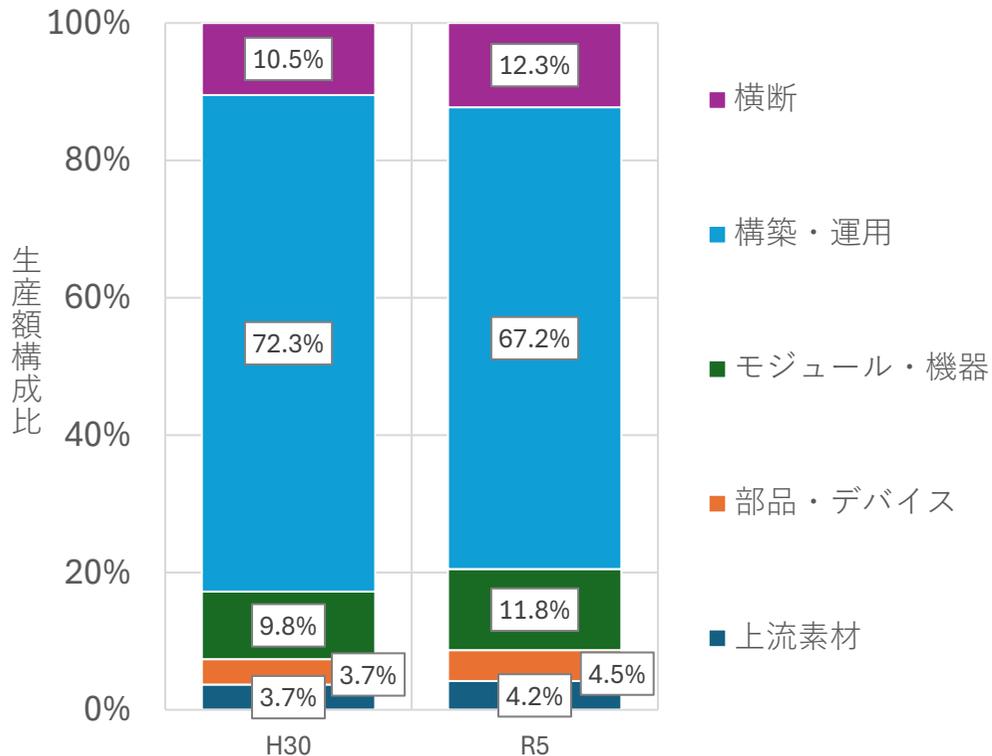
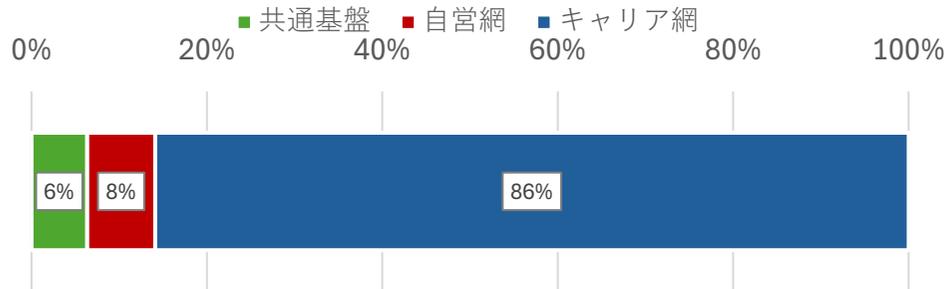
出所)三菱総合研究所推計

①産業構造

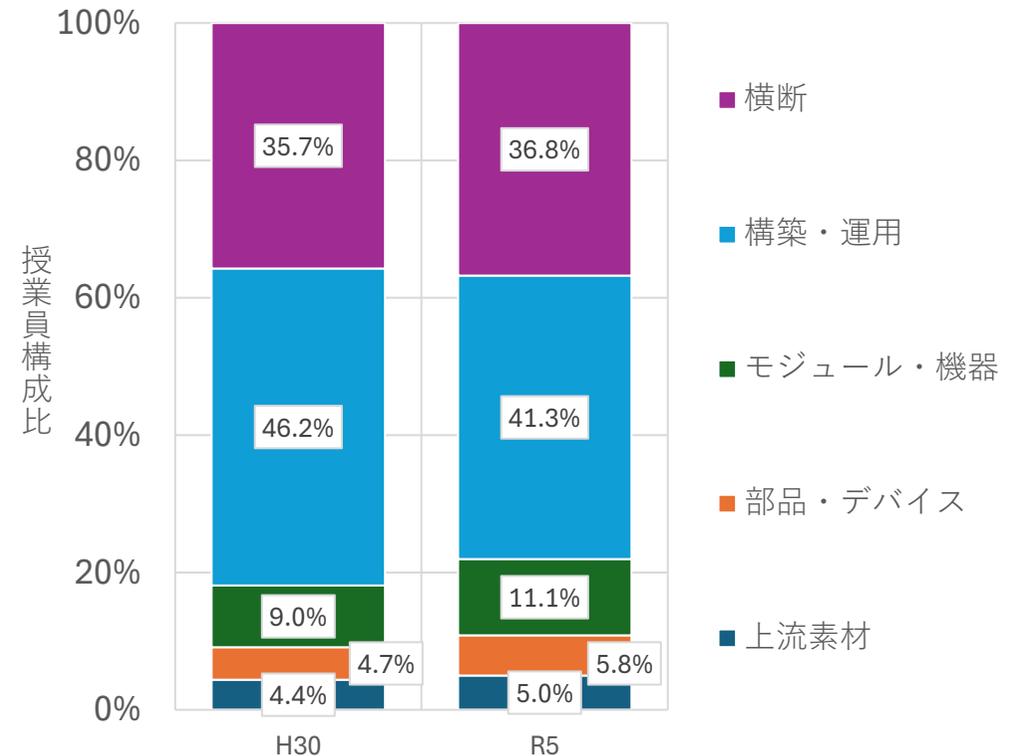
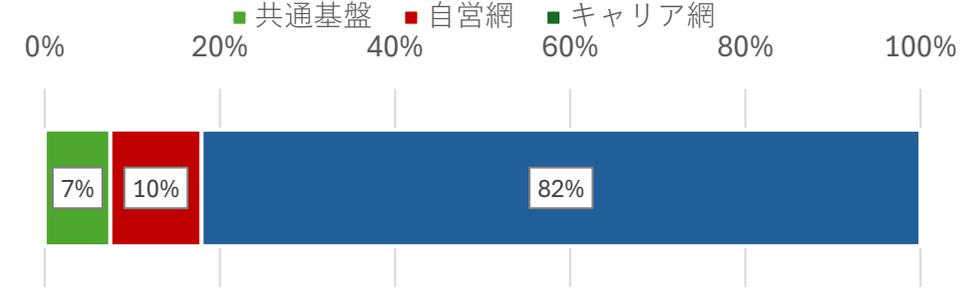
3.推計結果(内訳構成比)

- 生産額・雇用の規模感を踏まえ、需要主体別・バリューチェーン別の内訳構成を示す。

生産額(売上高)



従業員



出所)三菱総合研究所推計 ※参考として、構成比について平成30年と令和5年の二時点を比較

①産業構造

4.エコシステム全体像：価値(生産額)・雇用の集中層と論点

価値が集中する層
(生産額)

- 本推計の範囲では、生産額は「ネットワーク構築・運用」に大きく集中している。
- 特にキャリア網において当該領域が厚い構造であり、公衆網の提供に伴う運用・付帯・工事等が、産業活動として大きな取引規模を形成しうることを示唆。
- 一方で、上流は生産額の構成比としては小さいが、無線システムの成立に必要であり、供給制約や技術差別化が論点化しやすい層である。
- H30→R5で、機器・装置や横断領域の比重が上昇(5G整備に伴う傾向と想定)。

雇を支える層

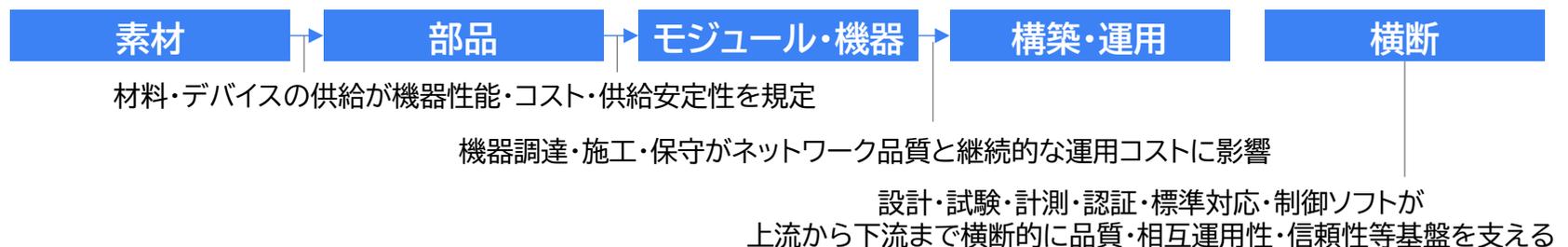
- 雇用は「ネットワーク構築・運用」に加えて「横断：ソフト・設計・計測・標準」が大きな比重を占める。
- 電波産業の雇用基盤は、運用・保守・工事等の現場系と、設計・試験・計測・標準対応等の横断機能に二極化しやすい構造であることが示唆。
- 横断領域は、価値(生産額)に対して雇用が厚くなりやすく、技能・人材・評価基盤の整備が重要。

需要主体別の
特徴

- キャリア網は「ネットワーク構築・運用」が支配的であり、次いで「横断」「モジュール・機器」が続く。公衆網の運用・高度化・維持更新が経済規模と雇用に強く影響する構造となっている。
- 自営網は「モジュール・機器」と「横断」が中心。「構築・運用」が統計上独立計上されにくい点を踏まえると、自営網の実装実態を評価するには、導入費・支援費に加えて、運用費・保守委託費等の補足は必要。
- 共通・基盤は「ネットワーク構築・運用」の前後のバリューチェーンが基盤的活動が中心であり、特定の需要主体に固定されない横断的供給として位置付けられる。

ボトルネック性

- 上流～部品の供給集中(代替困難、製造拠点・材料制約)、機器の相互運用性(オープン化・ソフト化に伴う統合負荷)、評価・認証・標準対応(「横断領域」の能力・設備・人材)に現れやすい(次頁以降参照)。

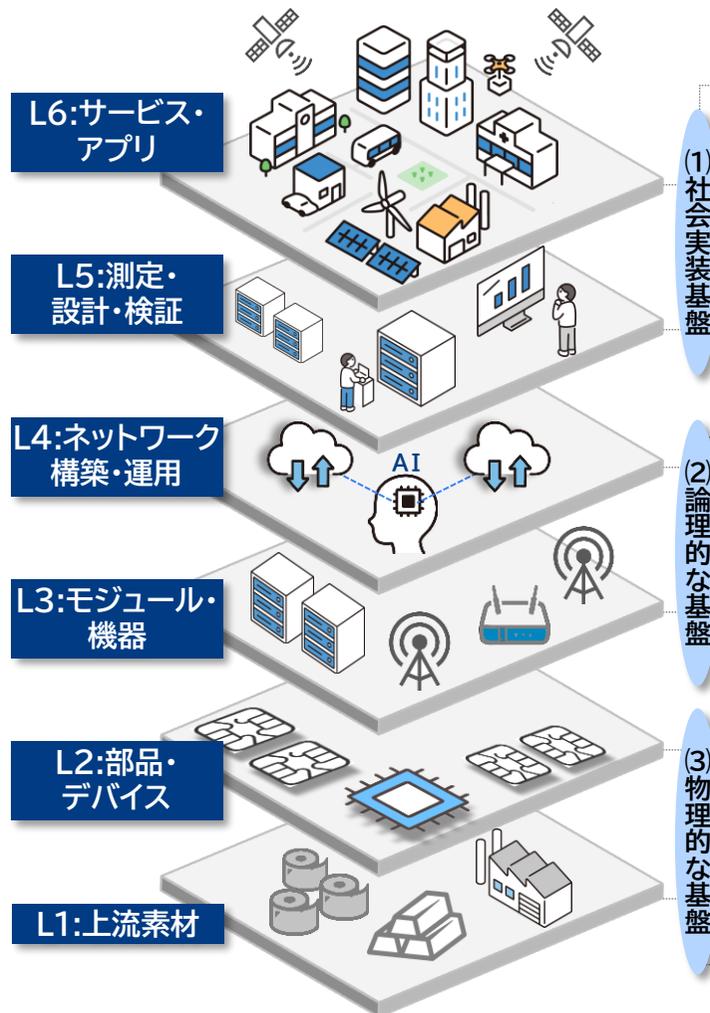


② サプライチェーン分析

1. ワイヤレス産業のサプライチェーン概要

- ワイヤレス産業は、需要(用途)を起点に、その要求がサプライチェーンの各層へ縦方向に連鎖的に波及する。
どこにどのような需要圧力・技術変化・競争優位・供給制約等が集中するか把握することが重要。

※レイヤ(L1-L6)と基盤((1)-(3))に整理
※L5は前頁までの「横断」に相当



特徴

市場・製品例

- 需要(用途)が仕様を決める層であり、低遅延・高信頼・コスト等の要件が下流へそのまま降りる。
- 価値は接続から利活用(制御・最適化・SLA)へ移り、地上・衛星などの組合せ設計が重要になる。

- 産業IoT、フィジカルAI
- 重要インフラ/防災・公共安全向け通信サービス
- スマートシティ/モビリティ向けサービス
- B2C向けサービス

- 分解・オープン化(マルチベンダ化)ほど重要になる層であり、相互接続できることの証明が前提となる。
- モデル・エミュレーション・試験仕様(各種エンジニアリング等)が導入の速さを左右する。

- 伝搬評価・チャンネルサウンディング/エミュレーション、設計DX(デジタルツイン等)
- 計測・試験、規格適合試験、相互接続性検証(O-RAN/vRAN等のマルチベンダ検証)

- 運用で品質・省電力・復旧を継続改善する層であり、CAPEXの波をOPEX最適化で吸収しやすい。
- 装置分解が進むほど統合責任が重くなり、運用は「統合+継続更新(自動化)」として価値化する。

- O-RAN/vRAN(運用・統合・SI等)
- RIC(RAN Intelligent Controller)、AIによる無線制御、ゼロタッチ/自律ネットワーク(運用の自動化等)

- 多部品を統合して機能を実装する層であり、形状・RF・ソフト・IFが同時に効くため統合負荷が大きい。
- 投資サイクルの影響を強く受ける一方、多周波化・高周波化で複雑性と部材点数が増えやすい。

- 基地局用アンテナ(Massive MIMO等)
- 基地局用RRH・RU
- セルラーIoT・産業用通信モジュール
- 衛星通信モジュール(端末側モジュール等)

- 細分化された要素機能の集合であり、性能・量産性・代替性の制約からボトルネック部品が生まれやすい。
- 統合(モジュール化)と分離(最適設計)が併存し、用途・周波数・価格帯で勝ち筋が分かれる。

- フィルターデバイス(SAW/LTCC/BAW等)
- RFフロントエンドモジュール(統合モジュール)
- 高周波パワーアンプ(端末向け・インフラ向け)
- タイミングデバイス

- 物性が性能上限と設計自由度を決める層であり、下流のコスト・歩留まり・信頼性に連鎖して効く。
- 総じて、総額の伸びより「品目別の供給能力・品質安定」が需給を決める構造。

- 半導体プロセス材料(フォトレジスト、高純度薬液等)
- パッケージ材料(ABF※、封止材、吸収材等)
- 基板材料/次世代基板(低損失材料、ガラスコア等)
- 鉱物・原材料(ガリウム等のレアメタル、タンタル等)

※味の素ビルドアップフィルム

② サプライチェーン分析

2. 各レイヤの特徴 (1) 社会実装基盤

- 多様・重要なユースケースの要求を、エンジニアリング力で実現することで社会実装が加速する。

L6: サービス・アプリ

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> IoT通信: 2024年 約6.3兆円で今後CAGR34%で拡大 接続端末: 2024年180億→2035年500億超、データ収集・可視化・制御の需要が連鎖的に増加 NTN: 2035年 約2.3兆円、D2C: 2035年 約1.5兆円 収益が、回線単体から利活用(制御・最適化・SLA・安全)込みのサービス化、単価の上方シフトが進展 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> 多分野への組み込みのため、低遅延・高信頼・広域冗長の同時達成(地上+衛星+専用無線の組合せが前提に) フィジカルAIの普及で、端末~エッジのAI処理・即時フィードバックや自律化設計が重要に(クラウド往復の削減等) NTNIは、3GPP NTN対応で端末エコシステムに統合、端末側の対応チップ・機能実装が普及を加速
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> グローバルでは、衛星はコンステレーション主導の寡占寄り、地上側はMNO提携で市場が形成されていく 日本は、災害対応・混雑環境・大都市運用の経験が厚く、冗長化・優先制御・運用設計をパッケージ化しやすい 加えて、通信×AI×ユースケースの統合提案(運用・SLA・現場導線まで含む)で差別化も可能 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> 通信断は行政・防災・交通物流・医療・決済まで波及 災害時は有線の代替が限定的、移動基地局・衛星・専用無線の即応配備と切替運用が必要となる 特に、重要インフラ・ナショナルセキュリティ分野は「止まらない設計」が最優先であり、冗長化・優先度制御や運用ルールは一層重要になる

L5: 測定・設計・検証(エンジニアリング等)

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> 計測・検証: 2025年 約5.7兆円→2034年 約9.4兆円 高周波化・多周波化で設計の難度が上昇、現地設計・チューニング・再設計の工数が増大 オープン化・仮想化(O-RAN/vRAN)で組合せが増え、設計→検証→導入の反復(手戻り削減)が投資対効果を左右する フィールド試験の限界が顕在化、設計段階で再現できる検証への置換が進展 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> 高周波化でチャンネルモデル・サウンディング・エミュレーションが必須、設計→検証の前倒しが当たり前になる O-RANも「規格適合+相互接続+性能評価」を継続運用 計測のAI化により、測る→識別・異常検知・要因切り分け(解析ソリューション化)、試験期間の短縮が価値に 総じて、エリア/回線設計、電波環境の計測・評価・エミュレーションが重要技術となる
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> 一般に、エンジニアリングはツールチェーン(設計・検証・自動化)を握る側が強く、寡占化しやすい構図 日本は、都市高密度・複雑伝搬(駅前・イベント等)の経験値が厚く、設計ノウハウをモデル化しやすい 加えて、計測・評価(モバイル/基地局)に強い国内事業者が存在。設計→検証の一気通貫での対応、マルチベンダ導入での統合・調整(現地最適化)を実装知として蓄積しやすい 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> 設計・検証が滞ると、導入・更改が遅延し、品質劣化や運用コスト増として顕在化。長寿命用途(インフラ・公共等)ほど、再設計・再認定の負担が重く、設計基盤の継続性が要点に モデル・試験仕様・評価ツールの組み合わせへの依存が強いほど切替・代替に手間がかかるため、設計・評価手法を国内で持つほど現場最適化のスピードとマルチベンダ自由度が向上

② サプライチェーン分析

2. 各レイヤの特徴 (2) 論理的な基盤

- 統合(SI)と運用・自動化でマルチベンダ環境の複雑性に対応できるかが、品質・コスト・拡張性の競争力に。

L4: ネットワーク構築・運用

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> • O-RAN:2030年約7兆円規模へ統合込みで導入が進む • vRAN:2030年 約10兆円規模へ汎用基盤化で裾野拡大 • RIC:2030年 約1兆円規模、制御アプリ市場が立上がる • CAPEX最適化(更改の谷)をOPEX最適化(運用高度化等)で補う流れ、運用価値の比重が上昇 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> • KPI最適化、省電力、設定・変更・障害対応の自動化などが、技術の中核になり、運用品質の均一化と人手依存を低減 • RICは、Near-RT(10ms~1秒)で無線の制御・最適化を行い、Non-RTで制御方針の策定や学習モデルの更新を継続 • AIによる無線最適化、ゼロタッチ運用、キャリアグレードvRANなどの技術の実装が次世代通信の運用の前提になる
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> • RANは上位寡占が強い一方、運用・統合は地域要件・現場最適化で差別化余地が残る • 大規模・高密度運用の経験を、運用ソフト・自動化テンプレ・運用設計として展開可能。そのため、仮想化・自動化を運用品質の要件に反映可能な人材・知見の蓄積が重要に • 特に、重要インフラ・公共用途の要求(確実性・冗長・優先制御)を運用仕様へ反映することが望ましい 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> • 運用が止まると、品質劣化→障害長期化→社会機能(防災・交通・決済等)へ波及 • マルチベンダ化ほど統合責任が集中、検証・更新が詰まると更改が止まる。ソフト更新・運用データ・自動化ルールが資産化、欠落すると復旧・最適化が遅れる • 守る領域:運用自動化・冗長化・更新継続 攻める領域:運用モデルの展開(SI/運用ソフト/手順)など

L3: モジュール・機器

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> • 基地局アンテナは、2035年 約1兆円規模、Massive MIMO比率が上昇見込み • RRH・RUは2035年 約1.6兆円規模、RU比率が上昇 • 需要の波は、投資サイクル(更改の谷→6G準備)に強く連動するも、ピーク時に供給制約が出やすい 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> • RU側の機能集約(ビームフォーミングIC等)、多周波化・広帯域化でRFフロントエンドが複雑化。 • アンテナは、セクタの多周波対応、Massive MIMO等の高度化が進展(ビーム制御・較正・同期の難易度が上昇) • NTNでは、端末側モジュール統合、地上網との切替・冗長の設計が前提となる。
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> • 基地局装置は海外大手の寡占、機器単体の価格・性能競争は厳しく、スケラビリティ確保できない企業は参入困難 • 装置の一部領域(アンテナ/RU周辺)の高度化+統合・運用(SI/最適化)との組み合わせ、端末・産業向けモジュールの用途特化(現場要件・認証・耐環境)による差別化、上流部材・計測・運用と束ねたトータル提案などが競争優位につながる可能性あり 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> • 機器供給が止まると、増設・更改が止まり、品質・冗長性・災害対応力が低下 • RU/アンテナは多部品の統合体、ボトルネック部品(フィルタ/パワーアンプ/タイミングデバイス等)で全体が止まり得る • 認証・相互接続・保守部材の制約で、代替調達で「物はあっても使えない」状態になり得る • 守る領域:代替可能設計・保守性・検証 攻める領域:高付加価値RU/アンテナ+統合力の展開など

② サプライチェーン分析

2. 各レイヤの特徴 (3) 物理的な基盤

- 代替確保と量産の安定性の両立 + 強みの次世代領域への拡張で、下流の設計自由度と供給継続性を確保。

L2: 部品・デバイス

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> ● 需要構造は、総じて民生単独依存→車載・産業・インフラ向け比重の上昇、品質・長期供給の要求が強まる ● RFフロントエンドモジュール: 2025年 約4.4兆円→2030年 約8.2兆円規模へ、統合化で市場が大きく拡大見込み ● 上記市場の大きな割合を占めるフィルタは、2035年 約1.4兆円規模へ、多周波化で搭載点数・単価が上昇 ● タイミングデバイスは、2035年 約0.35兆円と、金額は横ばいでも構成変化(高精度・低ジッタへのシフト等)が進行 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> ● 多周波・広帯域化でRFフロントエンドが複雑化しており、損失・発熱・干渉などの同時最適化が重要に ● フィルタは、帯域・周波数でSAW/BAWの使い分けが進む一方、ハイエンド領域は寡占化しやすい ● パワーアンプは、高周波化で効率低下と放熱が支配要因となり、基地局ではGaN等による高効率・高耐圧が重要に ● RFフロントエンドの制御・補償・較正はSoC側へ集約され、部品仕様(直線性・雑音・位相・同期)に直結
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> ● フィルタは上位集中、ローエンドは価格競争、ハイエンドは技術・特許・歩留まりが競争軸 ● BAW/FBARは海外先行のため特定領域で外部依存が残るも、日本はSAWで存在感を有し、高付加価値(温度補償・高耐入力等)で差別化。受動部品・高周波実装の総合力(材料・プロセス・品質)を発揮することが望ましい 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> ● 欠品は、機器出荷の停止やネットワーク増設・更改の遅延に ● ハイエンド部品は代替供給先を確保しにくく、代替品への切替には再設計・再認証の負担が生じる ● 世代移行期は品薄と生産終了が同時に進み、保守・交換部材の確保が運用継続を左右する ● 守る領域: ボトルネック部品の継続供給と置換設計 攻める領域: ハイエンド部品と実装技術の展開

L1: 上流素材

市場 トレンド (グローバル)	<ul style="list-style-type: none"> ● 高周波化と高集積化が進展し、前工程だけでなく後工程(パッケージ)起点で材料需要が増える ● 6G・サブテラ波で低損失基板の必要性が拡大、材料選定が性能とコストを同時に規定する傾向 ● ガラス基板は、パイロット→量産の立上げ局面、実装・検証を含むエコシステム形成が勝負 	技術 トレンド	<ul style="list-style-type: none"> ● 新周波数対応・RFモジュール高度化を支える材料・基板が基盤要件となる ● 具体的には、低損失・低誘電・低歪み・放熱の同時達成、材料物性が周波数上限と設計自由度を規定する傾向 ● ガラス基板(TGV等)では、微細配線・低損失・寸法安定、量産条件(加工・実装・検査)の確立が鍵となる
競争状況 ・日本の 強み	<ul style="list-style-type: none"> ● 寡占化しやすく、品質・安定供給・暗黙知で参入障壁が立つ ● 日本企業は、ABF(>90%)、先端フォトレジスト(>85%)、高純度フッ化水素(>70%)、封止材(70%)など高シェアを保有し、材料→部品→実装までの一気通貫(品質・工程適合・信頼性)を握れる領域が多い ● ただし、鉱物・原材料は偏在が残り、上流の強さと資源依存が同居 	不可欠性・ 自律性	<ul style="list-style-type: none"> ● 素材供給が止まると、半導体・無線部品の製造が止まり、装置・運用まで連鎖して停止する恐れ。代替は物性だけでは決まらず、工程適合・量産安定・信頼性の再実証も必要になる ● 原材料の輸出管理・地政学で供給が揺れやすい、複線化・在庫・工程代替等のリスク低減策が必要 ● 守る領域: 高シェア素材の量産・品質継続 攻める領域: 次世代基板・低損失材料など

② サプライチェーン分析

3. レイヤ別分析の集約及び俯瞰

- 各レイヤで整理した市場・技術トレンド等の分析結果を集約し、想定される論点・方向性等を整理。

(表中の記載内容は主な例示)

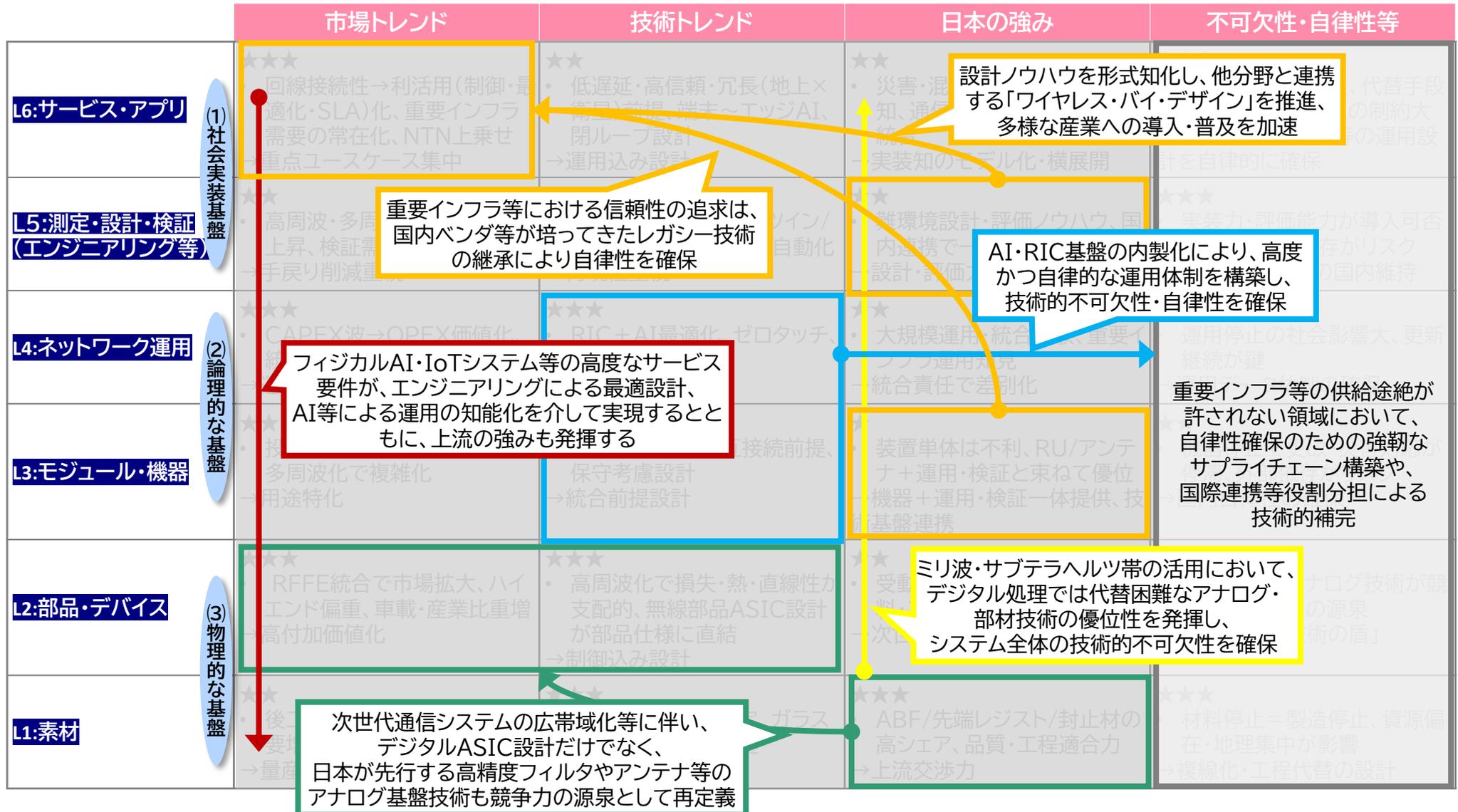
	市場トレンド	技術トレンド	日本の強み	不可欠性・自律性等
L6: サービス・アプリ (1) 社会実装基盤	★★★ ・ 回線接続性→利活用(制御・最適化・SLA)化、重要インフラ需要の常在化、NTN上乗せ →重点ユースケース集中	★★ ・ 低遅延・高信頼・冗長(地上×衛星)前提、端末～エッジAI、閉ループ設計 →運用込み設計	★★ ・ 災害・混雑・大都市運用の実装知、通信×AI×ユースケースの統合 →実装知のモデル化・横展開	★★★ ・ 通信断の社会波及、代替手段への切替は運用上の制約大 →冗長化・優先制御等の運用設計を自律的に確保
L5: 測定・設計・検証(エンジニアリング等)	★★★ ・ 高周波・多周波化で設計難度上昇、検証需要増、前倒し設計 →手戻り削減重視	★★★ ・ モデル更新、デジタルツイン/エミュレーション、試験自動化 →再現性重視	★★★ ・ 高難度環境設計・評価ノウハウ国内連携で一気通貫 →設計・評価力の集積	★★★ ・ 実装力・評価能力等が導入速度を左右、海外依存もリスク →設計・検証基盤の国内維持
L4: ネットワーク運用 (2) 論理的な基盤	★★★ ・ CAPEXの波→OPEX価値化、統合・運用が収益点 →運用モデル価値化	★★★ ・ RIC+AI最適化、ゼロタッチ、閉ループ運用 →自律運用前提	★★★ ・ 大規模運用・高度化実績、重要インフラ運用知見 →統合責任で差別化	★★★ ・ 運用停止の社会影響大、更新継続が鍵 →運用データ体制の確保
L3: モジュール・機器	★★★ ・ 投資サイクル連動、RU比重増、多周波化で複雑化 →用途特化	★★★ ・ RU機能集約、相互接続前提、保守考慮設計 →統合前提設計	★★★ ・ 装置単体は不利、RU/アンテナ+運用・検証と束ねて優位 →機器+運用・検証一体提供、技術基盤連携	★★★ ・ 機器停止で更改・災害対応が停滞、外部依存がリスク →国内自律性の確保
L2: 部品・デバイス (3) 物理的な基盤	★★★ ・ RFFE統合で市場拡大、ハイエンド偏重、車載・産業比重増 →高付加価値化	★★★ ・ 高周波化で損失・熱・直線性が支配的、無線部品ASIC設計が部品仕様に直結 →制御込み設計	★★★ ・ 受動部品・実装品質に強み、材料・工程と束ねて優位 →次世代周波数帯域への拡張	★★★ ・ 代替困難なアナログ技術が競争力と安全性の源泉 →アナログ技術の「技術の盾」
L1: 素材	★★★ ・ 後工程(パッケージ)起点で需要増、低損失材料が鍵 →量産供給の成立	★★★ ・ 物性で性能上限規定、ガラス基板は工程確立が鍵 →材料×工程×実装	★★★ ・ ABF/先端レジスト/封止材の高シェア、品質・工程適合力 →上流の交渉力	★★★ ・ 材料停止=製造停止、資源偏在・地理集中が影響 →複線化・工程代替の設計

★は各列内での相対的な重要度を示す(★★★:圧力が集中し、戦略・論点への影響が大 / ★★:条件付きで影響、周辺レイヤとの組合せ等が前提 / ★:単独では影響は限定的)

② サプライチェーン分析

4. 横断的關係性を踏まえた検討の方向性(仮説)

- レイヤ別に整理した分析結果を俯瞰・横断的に重ね合わせ、技術・供給・運用の關係性から考え得る方向性を仮説として可視化・例示。



まとめ

1 ワイヤレスの社会インフラ化に伴う産業構造・価値提供の変化

- ワイヤレスは多分野の現場・機器・モビリティへ組み込まれ、コネクティビティそのものから、**制御・最適化・SLAを伴う継続運用**へ価値の中心が移り、「**産業のワイヤレス化**」から「**ワイヤレスの社会インフラ化**」へと構造変化が進む。
- 産業エコシステムとしては、価値規模(生産額)はネットワーク構築・運用に集中しやすい一方、雇用は構築・運用に加えて横断領域が厚くなりやすい構造。そのため、デジタル基盤(ここでは、ワイヤレスを社会インフラとして安定運用するための基盤と定義)の整備においては、人材や実装基盤(エンジニアリング等)の確保も極めて重要になる。
- オープン化・仮想化・AI対応等の進展により、装置一体から分業・統合へ移行し、**相互運用性の担保、統合検証、運用自動化等**といった横断機能や関連技術が、自律性や競争力を左右しやすい構造になりつつある。
- ワイヤレス全体を俯瞰すると、**日本は多様な領域に強み**を有しており、これらを積極的に活用しつつ、継続的に維持・強化することが重要と考えられる。

2 供給面の論点

- 価値規模が大きい領域と、供給制約が顕在化しやすい領域は必ずしも一致しない構造。従って、価値規模(構築・運用)と、供給制約が顕在化しやすい領域(素材～モジュール・機器)を切り分けつつ、重点技術を検討することが望ましい。
- サプライチェーン上は、素材・部品＝代替可能性・在庫・調達余地、モジュール・機器＝調達多様化・相互運用性・統合検証、構築・運用＝維持更新・運用高度化の投資配分、横断＝計測・評価・人材基盤等が論点となる。
- 安定供給の確保に加え、調達容易性・再設計負荷の低減等が、国内外でのビジネス展開速度にも直結するといえる。これらの論点は、リスク低減にとどまらず、我が国の強みが発揮できる領域に着目することで、**インフラ整備の確実性や展開速度を高め、国内外の事業機会にもつながる**と考えられる。

3 重点技術の考え方への示唆(「守る」「攻める」技術)

- 重点技術については、社会インフラとしての基盤の不可欠性と、国内の運用実態・周波数利用等に即した自律性の確保の観点から、**ボトルネックと差別化領域が集中する箇所に注目する**ことも重要と考えられる。
- 「守る」技術としては、例えば重要インフラなど供給途絶が許されない領域を起点に、継続運用を成立させる基盤(供給継続、代替・更新可能性、長期保守、レガシー継承、実装確実性等)を確保する領域が挙げられる。
- 「攻める」技術としては、我が国の強みを梃子に、例えば高周波数帯の優位性、エンジニアリング×運用知能化、ワイヤレス・バイ・デザインによる普及加速等を基盤に、海外でも展開できる領域が注目される。併せて、AI・RIC等の実装による運用品質の継続改善や収益化も、エコシステム維持やデジタル基盤の発展、海外展開においても重要になろう。

未来を問い続け、変革を先駆ける

MRI 三菱総合研究所