

---

# 電波利用システム将来像検討部会(第8回会合)資料 要素技術ロードマップ

2009年3月27日

---

株式会社野村総合研究所

横 澤 誠

〒100-0005  
東京都千代田区丸の内1-6-5 丸の内北口ビル

# 目次

---

- ① デジタル変復調方式(周波数利用効率)、干渉低減技術、周波数共用技術
- ② アンテナ技術(小型化、高効率化)
- ③ RF回路技術(アンプ、ベースバンド回路)
- ④ 新たな利用周波数領域の拡張可能性(ミリ波等の高周波領域を対象とした無線技術)
- ⑤ バッテリー(小型化、充電効率、寿命、放電容量、放熱、コスト等)
- ⑥ メモリー(省電力化、小型化、大容量化、コスト)
- ⑦ CPU(速度、消費電力等)
- ⑧ ディスプレイ技術(小型化、高精細化、省電力化)
- ⑨ 伝送プロトコル(IP化→新世代ネットワーク)
- ⑩ OS(高効率化、オープン化)
- ⑪ セキュリティ、認証技術
- ⑫ 符号化・圧縮技術(高効率化、リアルタイム性)
- ⑬ 通信品質・信頼性技術
- ⑭ 光無線通信技術(可視光通信等)
- ⑮ 衛星関連(トランスポンダ関連)技術(高出力化、エネルギー変換効率、小型化、寿命)

# デジタル変復調方式(周波数利用効率)、干渉低減技術、周波数共用技術

より多くの情報量をのせて、周波数利用効率を向上させるために、①より狭いスペクトラムでより高速なデータ伝送を可能にする変復調技術の開発、②電波伝搬上で発生する歪み除去技術の高度化、③通信の秘匿性の確保する変調方式、に関する研究・開発が進められている。

		2010	2015	2020
周波数利用効率	無線LAN	MIMO-OFDMを用いた 802.11nで100Mbps	1Gbp以上のスループットを実現する 802.11VHTの開発	
	無線PAN	SC/OFDMを用いた ミリ波UWBで2Gbpsの実現		
	無線MAN	OFDMを用いた 802.16eで40Mbps	MIMO-OFDM(802.16m)で 1Gbpsを実現	4Gサービスの実現
	無線WAN	625kMC ワイドバンド(TDD,FDD)		
周波数共用技術	アクセス方式 (多元接続方式)	CDMA、OFDMA	各アクセス方式の長所を組み合わせた多元接続方式の研究開発	
			TDMA-TDD、SC-FDMA、SDMA、SOFDMA	
干渉対策技術	干渉回避技術 (DFS)	単一通信方式内での採用	コグニティブ無線でのDFSの実現	
	干渉低減技術 (TPC)	ビームフォーミング	ネットワーク全体での送信電力最適制御の実現	
		各端末レベルでの送信電力制御		

# アンテナ技術(小型化、高効率化)

全ての携帯機器に無線通信機能を搭載する社会の実現に向けて、アンテナの小型化、高効率化、マルチバンド・広帯域化が現在進められている。今後は、アンテナ技術仕様の標準化が課題として挙げられる。

		2010	2015	2020
小型化	サイズ、体積	メタマテリアルアンテナ (1/7波長)	メタマテリアルアンテナ (1/14波長)	メタマテリアルアンテナ (1/25波長)
高効率化	スマートアンテナ アダプティブ アンテナ	MuPAR(複数給電/パラサイトアレー) アンテナによる方向制御	高精度なビームフォーミングアンテナ の実用化・普及	
マルチバンド・ 広帯域化	ソフトウェア無線、 コグニティブ無線用 アンテナ	チューナブルアンテナ (VHF~3GHz迄のマルチシステム対応)	チューナブルアンテナ (VHF~5GHz迄のマルチシステム対応)	マルチバンドアンテナ (VHF~UHFまでの広帯域高能率アンテナをソフトウェア制御)

# RF回路技術(アンプ、ベースバンド回路)

マルチバンド無線端末の低価格化や小型化に向けて、無線送受信回路のワンチップ化、低消費電力化、低面積化を実現する技術開発が進められている。今後は、ソフトウェア無線やコグニティブ無線の実現に向けさらなる研究開発が期待される。

	2010	2015	2020
<b>リコンフィギュラブル技術</b>	細粒度、粗粒度、混合粒度セルレイ アンプ最適化回路生成技術	自律、自己修復、進化型回路技術	
	アプリ特化型低電力機器応用	自律、自己修復、進化型OS機能、マルチプロセス機能	
	アナログ回路生成技術	RF回路生成技術	
<b>超低消費電力デジタル回路</b>	$0.1\mu\text{W}/\text{G}@0.5\text{-}1.0\text{V}$ 、500MHz 同期/非同期、バルク/SOI	$0.08\mu\text{W}/\text{G}@0.5\text{-}1.0\text{V}$ 、800MHz 同期/非同期、低電力・低電圧アーキ/SOI	$0.05\mu\text{W}/\text{G}@0.5\text{-}0.8\text{V}$ 、1GHz $0.03\mu\text{W}/\text{G}@0.5\text{-}0.7\text{V}$ 、1.2GHz
	動的電源電圧制御、動的周波数制御	動的基板電圧制御	サブスレッショルド電圧回路 エネルギーリサイクル回路
<b>アナデジ混載回路 CMOS RF</b>	5GHz RF (Base Band 1 chip)	10GHz RF (Base Band 1 chip)	20GHz RF (Base Band 1 chip)
	40GHz RF (Base Band 1 chip)		
<b>ノイズ分離技術 ノイズモデリング</b>	0.10 $\mu\text{m}$ レベル	0.07 $\mu\text{m}$ レベル	

# 新たな利用周波数領域の拡張可能性(ミリ波等の高周波領域を対象とした無線技術)

高速・大容量通信や短距離通信、光通信に対応したテラヘルツデバイスの研究が進められている。将来的には、10Gbps級のデータ伝送や、建造物の非破壊診断、危険物検査を実現し、安全、安心な社会の実現に利用される見込みである。

		2010	2015	2020
テラヘルツ波無線技術	高速・大容量	0.5THz無線システム	3THz無線システム	
	センシング	常温・連続発振THzQCL THz遠隔イメージング	小型分光イメージング装置	
	基盤技術	高速走査イメージングシステム	リアルタイム測定可能なテラヘルツTDS	

# バッテリー(小型化、充電効率、寿命、放電容量、放熱、コスト等)

小型化、低コスト化、軽量化に関する研究開発が進んでいる。今後は、環境対策の一つの手段として、固定電源、住宅、自動車、ポータブル電源に活用される見込みである。

		2010	2015	2020
小型化	DMFC(燃料電池)	PCサイズ	PDAサイズ	携帯電話サイズ
エネルギー密度	体積エネルギー密度	約150Wh/L	約300Wh/L	約500Wh/L
出力密度	高出力型(アクティブ) 低出力型(パッシブ)	約20Wh/L	約25Wh/L	約50Wh/L
耐久性	作動時間	~1,500時間	~5,000時間	~1万時間
コスト	DMFC PEFC	スタック・部材低コスト化	大量生産により、性能向上によるコスト増は無し	大量普及によりさらなる低コスト化

※次世代燃料電池として注目されているDMFCを用いたポータブル機器用電池について記載している。

# メモリー(省電力化、小型化、大容量化、コスト)

大容量化、低消費電力化、小型化に関する研究が進められている。今後は、現在の数十倍の記憶容量を持つサーバやモバイル機器の実現や瞬時に起動し、現在の数倍の動作時間をもつ情報機器等の実現が期待される。

		2010	2015	2020	
容量	FLASH	16Gbit (多値化32Gbit)	32Gbit (多値化64/128Gbit)	64Gbit (多値化128/256Gbit)	128Gbit (多値化256/512Gbit)
	FeRAM	4Mbit~6Mbit	128Mbit~512Mbit	1Mbit~2Gbit	
	MRAM	(誘導磁場型) 64Mbit	128Mbit	256Mbit	
	(スピン注入型)	128~512Mbit	1~2Gbit		
省電力化	SoC 混載用メモリ		低消費電力化 の実現		
	メインメモリ用		低消費電力化 の実現		
コスト	コンテンツ 保存用メモリ	動画記録siliconMovie 200円/GB	動画記録MPEG2 1H(16Gbit) 30円/GB	動画記録MPEG2 1H(16Gbit) 2円/GB	

(注) 被っている矢印は、実現時期の不確実性を示す。



# CPU(速度、消費電力等)

省電力化、高速化に向けて、研究が進められている。今後は、消費電力削減により、電池の寿命を長期化することで、薄型・軽量が要求されるモバイル機器における用途の拡大が進むことが予想される。また加えてコスト削減と、システム拡張容易性を同時に実現するグリッドコンピューティングも実用が始まる見込みである。

		2010	2015	2020
速度	動作周波数	3GHz 8CPU	3GHz 16CPU	4GHz 24CPU
	環境性能 (平均)	2	4	8
省電力化	CPU 関連技術	ソフトによるマルチ・コア On/Off 制御	CPUライブラリ(IPマクロ)、SoC	3次元実装
			マルチ・コア・パラレルOS	マルチ・コア・ダイナミック・パラレルOS

(注) 被っている矢印は、実現時期の不確実性があることを示す。  
矢印が切れている部分については、不確定である時期。  
環境性能に関しては、2007年を1としている。

# ディスプレイ技術(小型化、高精細化、省電力化)

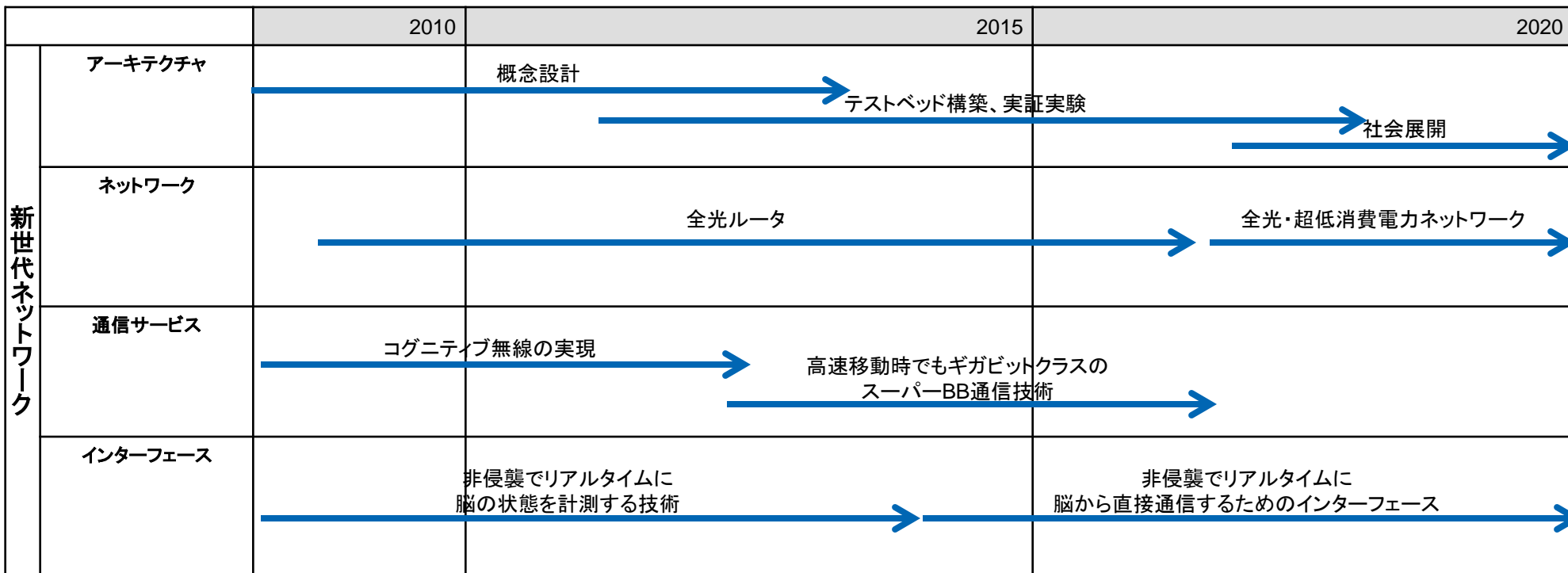
(注)液晶ディスプレイスペック、プラズマディスプレイスペックに関しては、消費電力の値。被っている矢印は、実現時期の不確実性があることを示す。矢印が切れている部分については、不明である時期。

ディスプレイ技術の省電力化、低コスト化、高精細化に関する研究が進められている。今後は、可般性および高臨場感を実現するディスプレイの開発が見込まれる。

		2010	2015	2020	
省電力化	液晶ディスプレイスペック	現状比 1	現状比 1/2	現状比 1/3	
	プラズマディスプレイスペック	現状比 1	現状比 2/3 以下	現状比 1/2 以下	
	液晶ディスプレイ技術	高反射電極反射型・反射半透過型液晶			
	有機ディスプレイ技術	高発光効率EL材料 (燐光材料・ワイドバンドギャップホスト材料等)	超低電圧多段閾層発光膜方式 (マルチフォトン方式)		
精細	電界放出型ディスプレイ技術	高精細対応スペーサ			
	有機ELディスプレイ技術	塗布成膜による有機TFT材料とプロセス技術	フレキシブル基板統合プロセス技術	ロール・ツー・ロールプロセス(R2R)技術	
	プロジェクションディスプレイ技術	高精細(2K×4K)	超高精細プロジェクション(4K×8K)		
ディスプレイサイズ	液晶ディスプレイスペック	~70型	~100型		
	プラズマディスプレイスペック	32~120型	37~200型		
	有機ELディスプレイ	10~20型級	20~30型級	30~60型級	60~100型級
	電界放出型ディスプレイ技術	20~70型	30~60型	60~100型	

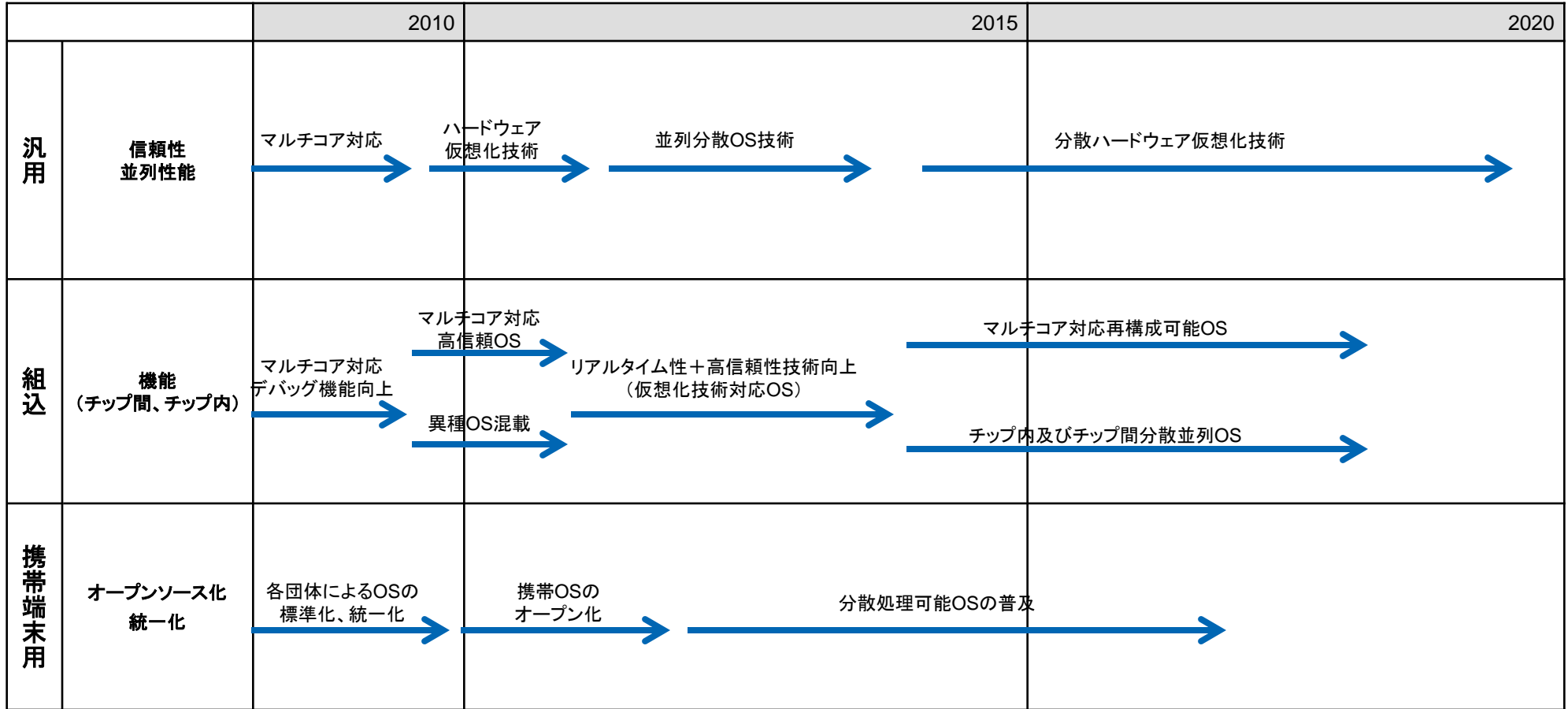
# 伝送プロトコル(IP化→新世代ネットワーク)

将来のユビキタスサービスを提供するための新世代ネットワークの設計、標準化が進められている。現在、本システムは、大容量、スケーラブル、オープン性、頑強性、安全性、多様性、遍在性、統合単純化、経済的ネットワークモデル、省電力といった特徴をもつことが概念設計書にて規定されている。



# OS(高効率化、オープン化)

マルチコアプロセッサや分散処理技術への対応したOSに関する研究開発が進められている。今後は、仮想化、分散処理により携帯端末のシンクライアント化が進み、より高度なアプリケーションの利用ができるようになる見込みである。



# セキュリティ、認証技術

(注) 被っている矢印は、実現時期の不確実性があることを示す。

安心・安全なICT社会の実現に向けて、コスト・利便性との適正なバランスを考慮しつつ、情報セキュリティ水準、認証精度を向上させるために量子暗号、生態認証などの研究開発が進められている。

		2010	2015	2020
セキュリティ	ネットワーク	トレースバックネットワーク方式・相互接続方式の確立	クロスレイヤネットワークトレースバック技術	インターネットにおけるトレースバック技術の実用化
	コンテンツ	メタデータによるコンテンツ著作権保護 電子透かし検出技術	青少年有害コンテンツの自動抽出	
	暗号		量子暗号	
	マルウェア	高度解析技術	駆除ツール自動生成技術	
情報管理	プライバシー フォレンジック	証拠性を確保したログ保存等の管理基盤技術の確立	消費者主導によるプライバシー情報管理システム	
認証	生体認証等	マルチモーダルバイオメトリクス認証 認証精度／利便性向上	P2Pサービス認証基盤 異種サービス間での統合シングルサインオン実現	DNA認証の実用化

# 符号化・圧縮技術(高効率化、リアルタイム性)

回線負荷を低減し、より多くの無線サービスを提供するために、リアルタイム性を維持したまま、圧縮率の向上に向けて、研究がなされている。今後は、サーバ負荷・回線負荷の軽減され、より多くの無線サービスが提供されることが見込まれる。

		2010	2015	2020
技術	圧縮方式 誤り訂正	高速・高能率誤り訂正技術 (21GHz帯衛星放送用)	21GHz帯衛星放送方式 (多重化・誤り訂正・変調方式)の開発	
			SHV高効率符号化技術	
テスト・シミュレーション	映像コンテンツ	SHV衛星伝送の 実証実験(12GHz、21GHz)	実験衛星によるSHV実験放送開始(21GHz)	地上放送によるSHV放送開始 (一部地域から順次全国へ)
		ナチュラルビジョン 動画伝送	ナチュラルビジョン動画圧縮技術 - 動画圧縮技術を利用したIP伝送	3D映像(100Gbps)の配信実現

# 通信品質・信頼性技術

リアルタイムかつ高信頼なアプリケーションの実現に向けて、品質保証技術、帯域割当技術、干渉回避低減技術の研究が進んでいる。今後は、帯域の利用効率の向上により、無線資源の有効活用も実現される見込みである。

		2010	2015	2020
有線	通信品質 (公衆網)	通信速度100Mbps 遅延100ms以下	通信速度100Mbps~1Gbps RoundTrip遅延10ms以下	通信速度1Gbps~10Gbps RoundTrip遅延2ms以下
	割当方法	TDMAにより ある程度の時間捕縛	QoS対応の専用周波数の割当	厳密な帯域保証制御の実現
無線	通信品質 (無線通信)	通信速度10Mbps RoundTrip遅延10ms	通信速度100Mbps RoundTrip遅延1ms以下	通信速度1Gbps RoundTrip遅延1ms以下
	干渉回避、低減技術	干渉回避/低減技術 の実現	干渉回避/低減技術の高度化 (高度なアルゴリズムの導入)	干渉回避/低減技術の高効率化 (処理能力の高速化)

# 光無線通信技術(可視光通信等)

可視光通信を中心として、伝送速度の高速化、伝送距離の拡大に向けて研究開発がなされている。将来的には、街頭やビルの照明への導入や、人体への影響無いという特性を活かして、医療機関での利用が検討されている。

		2010	2015	2020
速度	IrDA(赤外線)	100Mbps → 1Gbps →	10Gbps →	10Gbps~ →
	VLCC(可視光通信)	10Mbps →	100Mbps → 10Gbps →	10Gbps~ →
媒体	LED、赤外線	赤外線 →	可視光LED通信 →	
サービス	アプリケーション普及度	携帯端末の通信 →	スポットライト通信 →	屋内外における光を通じたユビキタス通信 →



# 衛星関連技術

(注) 被っている矢印は、実現時期の不確実性があることを示す。  
 矢印が切れている部分については、不確定である時期。  
 環境性能に関しては、2007年を1としている。

高度なミッションの実現に向けて、衛星開発基盤技術分野では、システムの高寿命化、高効率化、小型化に関する研究がなされている。今後、衛星の低コスト・短納期化の実現も予想され、地球環境保全や社会基盤として、衛星データの利用がますます進む見込みである。

		2010	2015	2020
寿命	1~2トン級静止衛星バス用技術	15年		15年以上
	3~4トン級静止衛星バス用技術		3トン:15年	
エネルギー変換効率	高電力効率化	120w/kg リチウムバッテリー	150w/kg リチウムバッテリー	衛星搭載用再生型燃料電池
	高蓄電効率化	マルチジャンクションセル変換効率30%	マルチジャンクションセル変換効率40%	