

「21世紀ネットワーク基盤技術の研究開発戦略」
～「ICTの新パラダイムを創生」～

21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議
報告書概要（案）

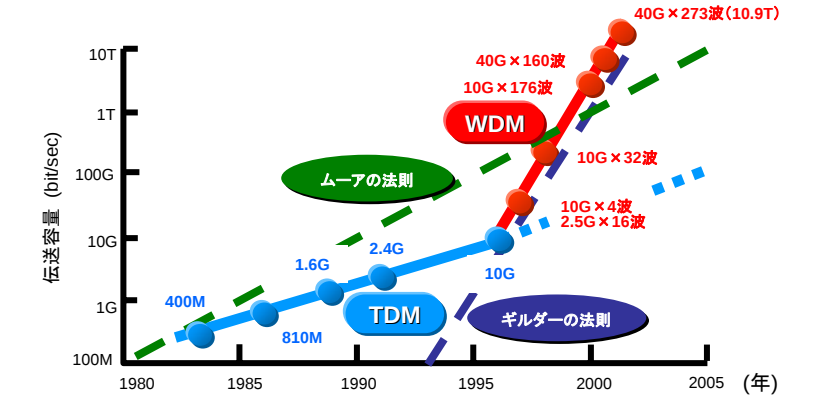
平成17年7月28日

「制約の解消」から、「限界の打破」へ

(長期的視点で見たネットワークの課題)

- ・トラフィックは10年で10倍から1000倍以上増加。
2015年にペタビット、2025年にはエクサビットに達する可能性。
- ・ネットワークの高速・大容量化に伴い、装置のサイズ、消費電力が増大
- ・コンピュータの計算能力向上とともに、暗号技術が危殆化するおそれ
- ・周波数利用の急速な進展とともに、周波数資源が枯渇

現在の情報ネットワークは様々な物理的制約の上に成り立っている。今後、5年、10年～20年で、拠り所とする物理法則に伴う性能限界が段階的に訪れる。



ムーアの法則 : インテルのゴードン・ムーア前会長が唱えた法則。
「半導体の集積度(能力)は、18ヶ月で2倍に向上する」という半導体業界の経験則。

ギルダーの法則 : 経済学者でハイテク評論の第一人者でもあるジョージ・ギルダー氏による予測。
「通信容量の爆発的拡大(半年間で約2倍)と、単位あたりの通信コストの飛躍的低下」という内容。

- ・10ー20年先を見据え、ネットワーク基盤技術を開発しておく必要
- ・現在のICTが直面している制約を解消し、物理的な限界の打破を目指す

- | | |
|---------------------|------------------|
| ①電気的処理による伝送速度の限界 | → フォトニックネットワーク技術 |
| ②利用可能周波数領域の制約 | → テラヘルツICT |
| ③消費電力、サイズの限界 | → ナノICT |
| ④情報セキュリティ、古典情報通信の限界 | → 量子情報通信技術 |

これらの技術は、先端的でリスクが高く、長期的な研究開発を要することから、ロードマップに基づく計画的な実施が必要。

→ 推進会議では上記4技術分野を「21世紀ネットワーク基盤技術」と位置づけ、研究開発戦略を検討

「超大容量フォトリックプラットフォーム」の研究開発

・我が国が世界に誇る「光」技術をフルに活用し、超高精細映像等、ギガビット以上の帯域を使うアプリケーションに柔軟に対応するなど、利用者の視点を重視したICT基盤を実現するため、関連分野との融合効果も図り、以下の4つの技術課題を戦略的に推進

ルータ開発に関し国家間で競争が激化

電気ルータ

- ✓ 米国(シスコシステムズ等)が市場をほぼ独占
- ✓ IP標準化における日本の影響力低下

- NWの柔軟性、拡張性、容量の向上
- 低消費電力化による環境問題対策
- ユビキタスNWのインフラ整備
- 新たなIT産業(ハード/ソフト)の起爆剤

光ルータ

光ルータは、市場の巻き返しの好機

λアクセス

光の属性を活かし、ユーザ間で数Gbpsの超高速データを瞬時に送受信できるネットワークを実現するための技術を開発。

2008年 10ギガ級アクセス収容技術の確立
2010年 テラビット級のイーサネットワーク技術の確立

光・IP融合ネットワーク

大容量データ配信やグリッド等、急増するトラフィック需要に柔軟に対応可能な光IPネットワーク基盤を確立するための技術を開発。日本が先導的立場を有する光・電気技術の相補的融合により、世界最高性能ルーターの実現を目指す。

2008年 光・IP連携ネットワーク制御技術の確立
2010年 100Tbpsの光ルータの実現

λユーティリティ

光の属性を活かし、様式、特性、サービスの異なる多様な利用形態を総合的に扱うことのできるネットワークを実現するための技術を開発。

2010年 様式、粒度等の異なる多様なデータに対応し、異なるネットワーク間で接続可能なマルチフォーマットノード技術の確立
2015年 ペタビット級λユーティリティ制御管理技術の確立

○多様なデータ粒度・信号フォーマットに対応し、伝送環境に自律的に適応

○予測不可能なトラフィックにも柔軟・自律的に対応

○ユーザ主導で瞬時にλ(波長)をユーザ端末まで行き渡らせる

極限フォトリックネットワーク

光のまま行き先を認識する光ルーターや周波数利用効率を限界まで追求する光伝送技術など、極限的なフォトリックNW技術の実現に向け、ナノ技術も活用した研究開発を実施。伝送帯域や伝送距離を飛躍的に拡張するフォトリック結晶ファイバについても検討。

2010年 光パケットルーターへ適用可能な光RAM要素技術の確立
2015年 全光パケット処理集積型ルーターの実現

「テラヘルツ | C T」の研究開発

・未開拓電磁波の利活用技術を開発し、医療・福祉、防犯・防災、環境等における課題を克服するため、関連分野との融合効果も図り、以下の2つの技術課題を戦略的に推進するとともに、独法等により基礎・基盤的研究を実施

高速大容量・ディペンダブルTHz

テラヘルツ波の広帯域性を活かした10Gbps超の超高速無線リンク、非常時でも信頼できる大容量無線ネットワークを実現するため研究開発

2008年 10~40Gbps級屋外超高速無線の実現
2013年 10~40Gbps級屋内超高速無線LANの実現
災害時等THz臨時ネットワークテストベッド構築

安全安心・ユビキタスTHz

テラヘルツ波の特徴を活かした高度なイメージング認証システム、THzスペクトルを利用した環境等多様な遠隔センシング、及びそれらのネットワークとの接続を実現するための研究開発。テラヘルツ波分光による解析能力がハードウェアの安全性に与える影響を評価し、耐タンパー技術について検討。

2008年 THz遠隔イメージング技術の実現
2013年 THz遠隔分光システムの実証実験
THzセンサーネットワークのテストベッド構築



標準・規格化検討部会

研究者ネットワーク

テラヘルツ技術に関する情報交換、ノウハウの共有等

THz基盤

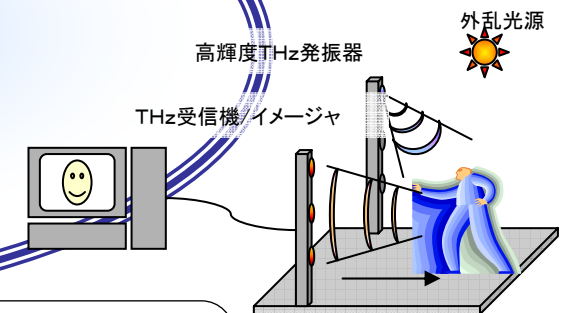
NICTにより、分光分析、THzデータベース整備、テラヘルツ標準、EMC、地球環境計測等の基盤的・公共的研究を実施

2010年 各種材料、生体高分子等のTHz分光データベースの構築
THz周波数標準・トレーサビリティの整備
THz帯EMC規格の整備

- テラヘルツ波による高度なセンシング技術の開発により、安心・安全な社会へ貢献
- テラヘルツ波により、光ファイバと同等の伝送能力を有する無線ネットワークの実現
- EMC、分光データベース等、テラヘルツ波の利活用促進に不可欠な基盤を整備

THz基礎

競争的研究資金制度(SCOPE)により、新規・先端的なテラヘルツデバイスや計測技術等に関する基礎的・萌芽的研究を実施



「量子ICT・ネットワーク」の研究開発

・光や電子の「量子」としての性質を活用し、通信の安全性や情報量に制限のない、究極のICT・ネットワークを実現するため、関連分野との融合効果も図り、以下4つの技術課題を戦略的に推進するとともに、基礎・理論研究を競争的に実施

量子情報セキュリティ

量子暗号通信を都市内ネットワークへ展開するためのシステム技術、柔軟性に富んだ量子暗号網を構築可能とする量子ワイヤレス通信技術等の研究開発を実施

2008年 1Mbps級のメトロ対応システム、近距離(<1km)ワイヤレス量子暗号の実現

2010年 単一光子源の組み込みによる小型・高性能化等

量子ネットワーク基盤技術

量子状態の転送による中継技術等、量子情報ネットワークを実現する上で鍵となる基盤技術に関し、ナノ技術を活用した研究開発を実施

2010年 量子メディア変換技術の実現

2015年 量子中継の実証等

量子情報通信ネットワーク

- 実用化が見えてきた量子暗号の実ネットワークへの展開を図る
- 将来の量子ネットワークの実現へ向けた基盤技術研究において、国際競争力を維持・強化
- 10年、20年後のトラフィックを想定し、シャノン限界を超える究極の通信の実現を目指す

量子暗号技術 評価検討会

基礎・理論研究

競争的研究資金制度(SCOPE)により、原理・フィジビリティの実証実験、量子情報理論等の基礎的・萌芽的研究を実施

量子光源・検出技術

量子暗号装置の高性能化や将来の量子通信に不可欠な光源・検出技術等、量子ICTに共通する要素技術に関し、通信波長帯で実現するなど実用化を念頭においた研究開発を実施

2008年 通信波長帯光子検出器(量子効率65%、繰返しレート100MHzの実現)

2015年 量子制御光源の小型・高性能化等

量子信号処理

光通信を超える超大容量通信や量子原子時計等を実現可能な、光量子による信号処理技術に関し、NICTが自ら研究開発を実施

2010年 3~4モードの光量子計算システムの構築

2015年 量子通信路符号化装置の開発等

「世界最先端ナノ ICT」の研究開発

・我が国がリードするナノ技術を活用し、ICTの国際競争力を維持・強化すると共に、ICTにおける新パラダイムを創生

ナノ技術活用高機能ネットワーク

量子ドット、フォトニック結晶技術等を確立し、中継伝送、交換部分等、ネットワーク構成要素の小型化・省電力化を実現。更に、中期的には、近接場光によるナノフォトニック技術確立し、新パラダイムICTを創出。

2008年 光再生中継器、光遅延型OADM等のプロトタイプ開発

2010年 近接場光による信号処理基本技術の確立

研究者ネットワーク

ナノ技術に関する情報交換、ノウハウの共有等

○ナノ技術活用により桁違いの省電力化を実現し、ネットワークの環境負荷を大幅に低減する

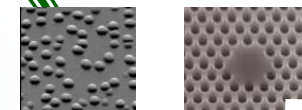
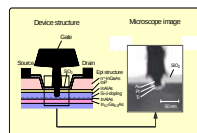
○革新的なナノ技術により、ICTにおける新パラダイムを創生する

ナノICT

競争的研究資金制度(SCOPE)により、新規・先端的なナノICTデバイス等に関する基礎的・萌芽的研究を実施

ナノICT基礎・基盤

NICTにより、サブナノ制御、ボトムアップ・トップダウン融合、ナノ・バイオ技術等、ICTに革新をもたらす探索的基礎研究を実施

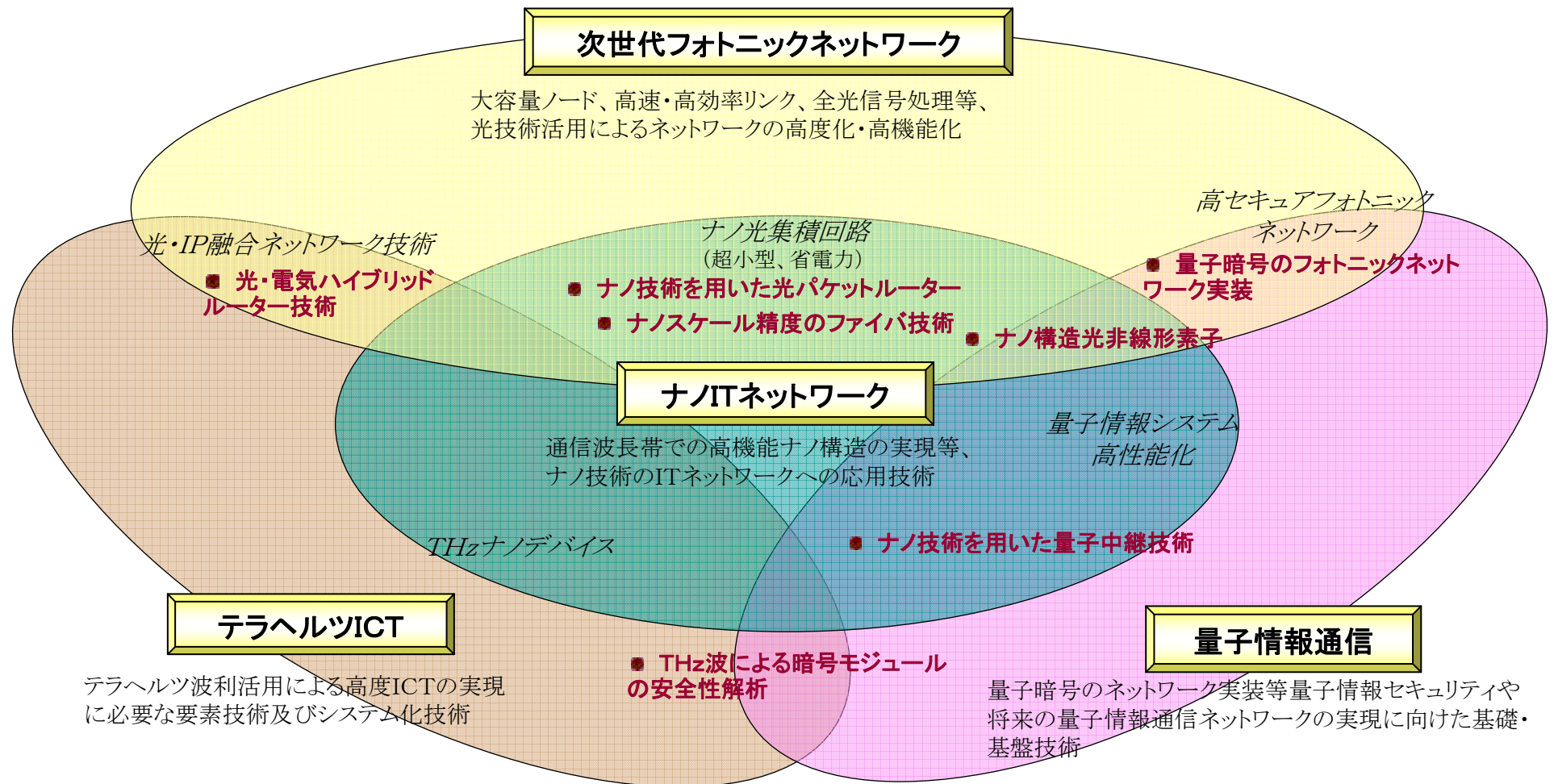


省スペース・省エネ効果(100Tbps級ルータの場合)

	電気ルータ (Cisco CRS-1)	光電融合型 ルータ	ナノフォトニクス技術による全光型 ルータ
消費電力	448kW	64kW	9.6kW
架数	80台	10台	2台

分野間の連携による効果が期待される研究領域

- ・分野間の相互連携効果が期待されるものとして、以下の6つの技術課題を抽出。
- ・重複を排除して、効率的に推進。



研究開発体制における検討課題

- (1) オープンラボや研究開発拠点の整備が進められているが、分野によっては十分な体制ができていない。
- (2) 各分野の基盤技術に不可欠なナノデバイスに関する連携をどのように図るか。
研究者ネットワークやプロジェクト調整会議において、知的財産等各組織の権利を守りながら、いかにして活発な情報交流を図るか。
- (3) 材料・ナノデバイスからネットワークアーキテクチャまで一貫した設計思想で、総合的に研究開発を行うための体制の確立していない。
- (4) デバイス開発に関し、産学官の多様なチームで分散的に行われており、資源や時間を集中的に投入するなど対策が必要。(例: 光子検出器)
- (5) 精密な電子機器の試作や測定技術で専門的技能を発揮して研究を支えてくれる技術者が不足。
- (6) 専門能力に加え分野融合的な指導力やプロジェクト運営能力を持つ人材が不足。

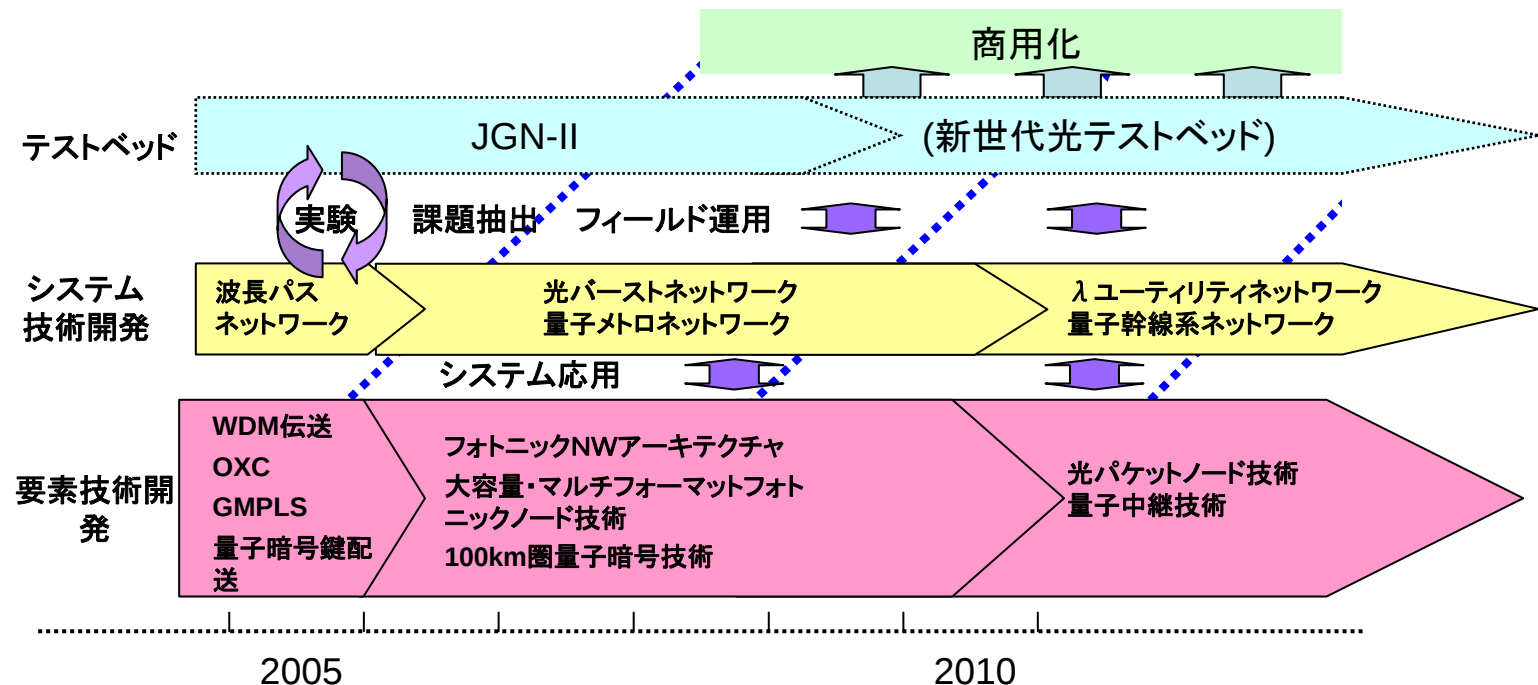
整備が必要な研究開発拠点（１）

研究開発フェーズに対応した課題解決を図るため、テストベッド型、共通利用施設型、COE型など各分野の現状を反映した開放型研究開発拠点の整備が必要

新世代光テストベッド

光テストベッドに関しては、JGNIIIにおいて、テストベッド運用結果がシステム技術開発にフィードバックされることで、商用化に向けた研究開発が効果的に進められているところ。今後は、次世代フォトニックネットワークの実用化を促進する高度な光テストベッドの構築を図る他、複数地点を結ぶ量子暗号フィールド実験等にも対応した世界最先端の実証試験環境を整備する必要。

- ・フォトニックNWプロジェクトで開発された成果をテストベッドに実装することで、テストベッド自体の高度化、先端性を常に実現
- ・量子暗号の標準化、相互接続に関し、フォトニックネットワーク関連研究者・技術者と連携して、技術シナジーを追求することで、高セキュアネットワークの実用化が促進
- ・中長期的には、量子中継の実証実験等にも対応可能な、究極の光テストベッドの構築を目指す。



整備が必要な研究開発拠点（２）

THz-BASICセンター

(Terahertz – Broadband Applications and Sensors for Info-Communications)

テラヘルツ共用光源設備

・テラヘルツICTシステムの基礎実験を行うことのできる環境を提供

テラヘルツ分光設備

・THz分光データの取得・利用を促進、各種物質・材料のデータベース整備

テラヘルツ波のICT応用技術開発を促進するための施設・環境を提供する開放型研究開発拠点

テラヘルツデバイス試作設備

・要素技術として不可欠なTHz光源デバイスや新規THzデバイスの開発支援環境を提供

テラヘルツ波ICT応用システムの開発を推進するため、テラヘルツ光源やテラヘルツ分光装置等の共通利用設備、小型・高性能なシステム実現の鍵となるテラヘルツデバイスの試作開発設備等、未開拓周波数領域の技術開発に必要な基盤環境を一体的に提供する開放型研究開発拠点の整備が必要。

- ・複数の基盤設備が一カ所にあることによる相乗効果が期待
- ・多様な分野の研究者の学際的交流、人材育成にも貢献

量子ICTセンター

NICT委託研究
チーム

NICT研究部門

総務省SCOPE
研究課題採択チーム

量子ICTセンター

量子情報通信の原理実証実験、要素技術開発、基礎理論に関する開放型研究開発拠点

量子情報理論

量子光学共用
実験施設

量子ナノデバイス試
作センター

・研究推進コーディネーター

・技術支援グループ

国内量子情報関連チーム

海外連携機関
(例) Stanford大, MIT, NIST, CalTech等

量子ネットワーク基盤技術、量子信号処理等、将来の革新的なネットワーク技術の開拓へ向けて、産学の多様な研究者・技術者が一箇所に集結し、基礎科学の創生から技術応用に至る研究開発を協調と競争のもとで継続的に実施し、得られた知や技術を長期的に継承できる中核拠点の形成が必要。

- ・実験系と理論系の研究者が協力することで、世界初の原理実証実験等を効果的に推進
- ・海外からの第一線研究者も参加し、ノーベル賞級の研究成果を輩出する知の拠点(COE)を形成

21世紀ネットワーク基盤技術確立に向けた総合推進方策

- ・次世代ネットワークを始め、今世紀の高機能・革新的なネットワークの構築に必要な基盤技術確立のため、分野間の連携効果の活用も図り、総合的かつ戦略的な取り組みを行う。
- ・人材育成、研究交流の促進、国際的な協調の推進及び研究開発拠点の整備を行うとともに、これらを総合的に推進するため産学官連携による一体的な推進体制を確立する。

競争的研究資金の活用

- ・21世紀ネットワーク基盤に係る萌芽技術への支援
- ・若手研究者への支援
- ・次世代の重要研究開発プロジェクトへの展開

開放型研究開発拠点の整備&人材育成

- ・実証実験や要素技術開発を効率的な体制で実施できるオープンな環境を提供
- ・基盤技術分野における学際的交流、デバイスとシステム等分野横断的な技術交流を図るとともに、広い視野を持った人材を育成
- ・研究拠点における研究員ポストの確保、研究コーディネーター、専門技術者を活用

国際的協調・連携の推進

- ・欧、米、アジア諸国との研究開発・国際標準化等の連携
- ・国際シンポジウムの開催等を通じた海外研究者との交流促進
- ・ITU, IETF等における標準化活動へ積極的に寄与

重点研究開発課題

21世紀ネットワーク基盤技術確立のため、以下の課題を柱として、強力な産学官連携の下で研究開発を積極的に推進

超大容量フォトニックプラットフォーム

テラヘルツICT

量子ICT・ネットワーク

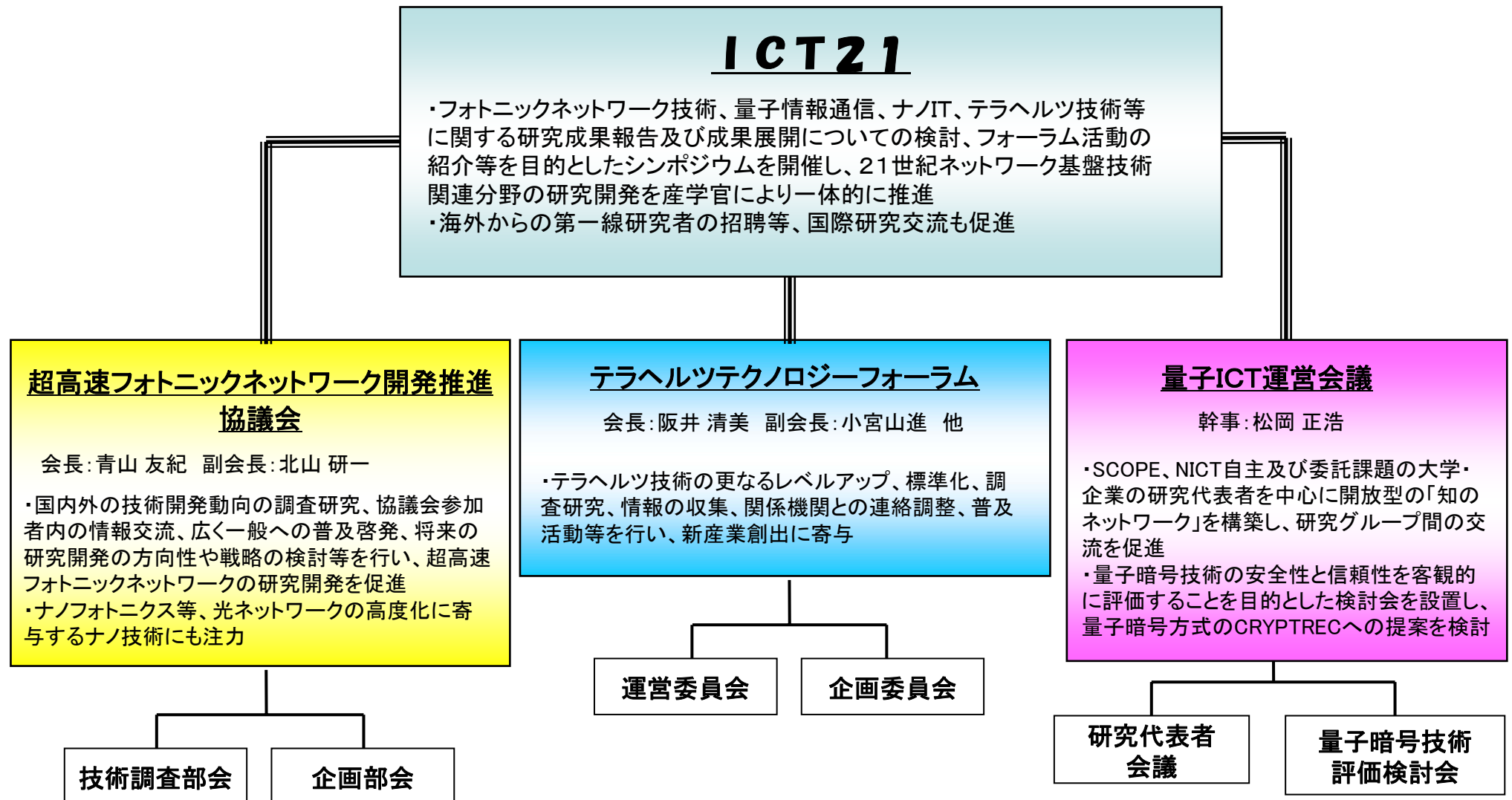
世界最先端ナノICT

産学官連携による一体的な推進体制の確立

- ・フォーラム等による技術基準整備、標準化等の推進
- ・ナノITや未利用周波数帯の開拓等において、省庁横断的な研究開発を実施

産学官連携による一体的な推進体制の確立

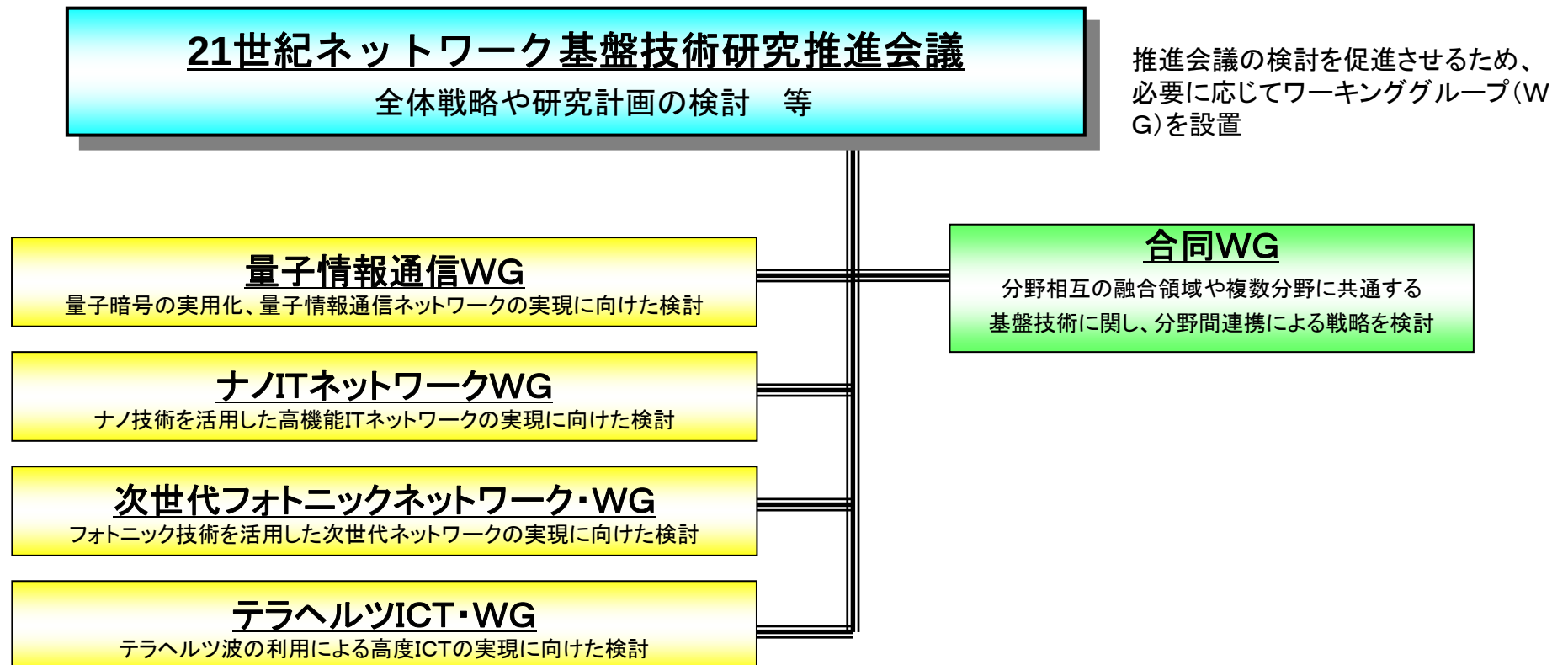
・21世紀の高機能・革新的なネットワークの構築に必要な基盤技術を確立するため、フォーラム活動との連携やコンソーシアムによる「知の交流」を促進し、産学官の連携による研究開発の一体的な推進を図る。



21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議における検討

将来のユビキタスネットワーク社会の通信量の急増等にも対応し、ユーザが簡単・自由・便利かついつでもどこでも安心して利用できる高機能ネットワークの実現に必要な基盤技術を可能な限り早期に確立するため、「量子情報通信技術」、「ナノITネットワーク技術」、「次世代フォトニックネットワーク技術」、「テラヘルツ技術」及びこれら4分野相互の境界・融合領域の情報通信技術を「21世紀ネットワーク基盤技術」と位置づけ、研究開発の現状及び動向を調査し、今後の研究開発の方向性及び全体の推進方策を検討し、研究開発の円滑かつ効果的な推進に資することを「21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議」の目的とする。

また、ワーキンググループにおいては、これまでの各技術の取組、技術動向等を踏まえ、今後5年間に重点的に取り組むべき研究開発課題、実用化のための研究推進戦略等の検討を行い、「21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議」へ報告を行うことを目的とする。



推進会議の検討を促進させるため、必要に応じてワーキンググループ(WG)を設置

21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議 構成員名簿

(五十音順・敬称略)

座 長	青山 友紀	東京大学 教授
	有信 睦弘	株式会社東芝 執行役常務 研究開発センター 所長
	市川 晴久	日本電信電話株式会社 先端技術総合研究所 所長 (平成17年7月から)
	今井 秀樹	東京大学 生産技術研究所 教授
	江崎 玲於奈	財団法人 茨城県科学技術振興財団 理事長
	河内 正夫	日本電信電話株式会社 先端技術総合研究所 所長 (平成17年6月まで)
	肥塚 裕至	三菱電機株式会社 情報技術総合研究所 所長
	小宮山 進	東京大学大学院 総合文化研究科 広域科学専攻 関連基礎科学系 教授 (平成17年5月から)
座長代理	榊 裕之	東京大学 生産技術研究所 教授
	塩見 正	独立行政法人 情報通信研究機構 理事
	曾根 純一	日本電気株式会社 基礎・環境研究所 所長
	西浦 廉政	北海道大学 電子科学研究所 所長
	西野 壽一	株式会社日立製作所 中央研究所 所長 (平成17年4月まで)
	福永 泰	株式会社日立製作所 中央研究所 所長 (平成17年5月から)
	松岡 正浩	東京大学 名誉教授
	横山 直樹	株式会社富士通研究所 フェロー、ナノテクノロジー研究センター センター長