

「グリーンネットワーク・
システム技術研究開発プロジェクト」
(グリーン IT プロジェクト)

事業原簿【公開】

担当部	独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー部
-----	------------------------------------

—目次—

概要.....	1
プロジェクト用語集.....	5
1. 事業の位置づけ・必要性について.....	11
1.1 NEDOの関与の必要性・制度への適合性.....	11
1.1.1 NEDOが関与することの意義.....	11
1.1.2 実施の効果.....	11
1.2 事業の背景・目的・位置付け.....	12
1.2.1 事業の背景.....	12
1.2.2 事業の目的、意義.....	12
1.2.3 事業の位置付け.....	12
2. 研究開発マネジメントについて.....	14
2.1 事業の目標.....	14
2.2 事業の計画内容.....	14
2.2.1 研究開発の内容.....	14
2.2.2 研究開発の実施体制.....	18
2.2.3 研究開発の運営管理.....	25
2.2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性.....	28
2.3 情勢変化への対応.....	28
2.4 中間評価結果への対応.....	31
2.5 評価に関する事項.....	31
3. 研究開発成果について.....	33
3.1 事業全体の成果.....	33
3.1.1 事業の目標.....	33
3.1.2 研究開発の内容.....	34
3.2 研究開発項目毎の成果(実施機関の報告).....	39
3.2.1 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発.....	39
3.2.2 ストレージシステム向け省電力技術の開発.....	45
3.2.3 クラウド・コンピューティング技術の開発.....	52
3.2.4 冷却ネットワークとナノ流体による集中管理型先進冷却システムの研究開発.....	54
3.2.5 集熱沸騰冷却システムの開発.....	60
3.2.6 データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発.....	65
3.2.7 データセンタのモデル設計と総合評価.....	72
3.2.8 IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究.....	79
3.2.9 社会インフラとしてのネットワークモデル設計と総合評価.....	79
3.2.10 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発.....	95
4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて.....	102
(添付資料)	
• プロジェクト基本計画	
• 技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)	
• 事前評価関連資料(事前評価書)	
• 特許論文リスト	

プログラム名	エネルギーイノベーションプログラム						
プロジェクト名	グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト（グリーンITプロジェクト）	プロジェクト番号	P08017				
担当推進部/担当者	省エネルギー部 省エネルギー部 エネルギー対策推進部 エネルギー対策推進部 省エネルギー技術開発部	担当者氏名 担当者氏名 担当者氏名 担当者氏名 担当者氏名	鈴木信也（平成25年8月現在） 鈴木智行（平成23年4月～平成24年6月） 有川泰史（平成22年10月～平成23年3月） 内條秀一（平成21年4月～平成22年9月） 相澤浩一（平成20年7月～平成21年3月）				
0. 事業の概要	IT機器の電力消費が今後急増することが予想される中、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術」及び「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術」について研究開発を行い、IT各機器の省エネルギーに加えて、ネットワーク全体で効果を発揮する革新的省エネルギー技術を実現する技術開発を行う。						
I. 事業の位置付け・必要性について	持続的なIT利活用を可能とするためには、IT関係でのエネルギー消費量を抜本的に削減する技術の確立が喫緊の課題であるとともに、我が国IT産業の省エネ技術の底上げを図り、我が国IT産業の国際競争力の強化にも寄与する。						
II. 研究開発マネジメントについて							
事業の目標	持続的なIT利活用を可能とするためには、IT関係でのエネルギー消費量を抜本的に削減する技術の確立が喫緊の課題であるとともに、我が国IT産業の省エネ技術の底上げを図り、我が国IT産業の国際競争力の強化にも寄与する。						
事業の計画内容	主な実施事項	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	
	将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの調査	調査	→				
	サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境下における進化するアーキテクチャーの開発					→	
	ストレージシステム向け省電力技術の開発					→	
	クラウド・コンピューティング技術の開発					→	
	最適放熱方式の検討とシステム構成の開発					→	
	データセンタの電源システムと最適直流化技術の調査	調査	→				
	データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発					→	
	データセンタのモデル設計と総合評価					→	
	IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究		→			→	
	情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発					→	
	社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価					→	
開発予算 事業費実績額記入 (単位：百万円)	会計・勘定	H20fy	H21fy	H22fy	H23fy	H24fy	総額
	一般会計	0	0	0	0	0	
	特別会計（需給）	1007.6	1780.2	1505.9	1445.3	1747.1	7485.5
	総予算額	1007.6	1780.2	1505.9	1445.3	1747.1	7485.5
	委託、助成別	委託	委託	委託	委託	委託	
開発体制	経産省担当原課	商務情報政策局情報通信機器課					

<p>プロジェクトリーダー</p>	<p>PL : (独) 産業技術総合研究所 情報通信・エレクトロニクス分野 副研究統括 関口 智嗣 前任者(平成23年5月まで) (独) 産業技術総合研究所 研究コーディネータ 松井 俊浩 SPL: 富士通(株) ストレージシステム事業本部 本部長付 西川 克彦 SPL: 日本電気(株) 中央研究所 主席主幹 橋本 雅伸 SPL: アラクサラネットワークス(株) CTO 林 剛久 SPL: (独) 産業技術総合研究所情報技術研究部門 研究部門長 伊藤 智(平成23年度より追加) SPL: (独) 産業技術総合研究所情報技術研究部門 副研究部門長 工藤 知宏(平成23年度より追加) SPL: (株) 日立製作所 ネットワークシステム部 部長 三木 和穂 前任者(平成23年3月まで) (株) 日立製作所 中央研究所 情報システム研究センター ネットワークシステム研究部 部長 西村信治</p>	<p>委託先</p> <p>富士通(株)、(株)日立製作所、(独)産業技術総合研究所、 (株)SOHki、(国)九州大学、(国)宇都宮大学、日本電気 (株)、(国)筑波大学、エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ(株)、 (国)名古屋大学、アラクサラネットワークス(株)、横河電機(株)、 (株)NTT ファシリティーズ、三菱電機(株)、(株)IIJ イノベーションインスティテュート</p>
<p>情勢変化への対応</p>	<p>【研究開発項目名の変更】 今後広がりが見込めるクラウド・コンピューティング環境下でのサーバアーキテクチャの開発を想定し、下記研究開発項目の項目名を変更すると共に、新たな研究開発項目を追加した。</p> <p>項目名の変更</p> <p>① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発 旧) a) データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャの開発 新) a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発</p> <p>新規追加項目</p> <p>① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発新) a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャの開発 ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発</p> <p>【新規追加項目の研究実施】 調査研究の結果および新規アーキテクチャへの期待と技術シーズが明確になり、基本計画及び平成21年度実施方針にもとづき委託先の追加公募を平成21年5月～7月に実施した。平成21年7月16日の採択審査委員による審査を受け、新たに次の3つの研究開発項目について委託研究を開始した。</p> <p>①将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャの開発(実施機関)日本電気(株) ②クラウド・コンピューティング技術の開発(実施機関)日本電気(株)。(独)産業技術総合研究所、(株)IIJイノベーションインスティテュート ③データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発(実施機関)(株)NTTファシリティーズ、三菱電機(株)</p> <p>【実証用システムの構築】 プロジェクトの各要素技術の実用化を加速するため、各要素技術を取り入れた「次世代モジュール型データセンタ」と、当時の最新機器で構築した「従来型データセンタ」との比較・実証をおこなった。</p>	

中間評価結果への対応	<p>①（内外比較による有効性の明確化）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国内外のベンチマークや動向把握にも力を入れ、基礎データの収集に努めるとともに、必要に応じて目標等に反映する。 ・研究成果については、国内外のベンチマーク結果を踏まえて、その有効性を明確にする。 <p>②（事業化シナリオの立案）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基本計画に則ったプロジェクト推進と併せて、来年度以降の後半 2 年においては、研究成果が実際の事業につながり省エネ効果に結びつくように、波及効果を意識した多方面への PR を含めて、各要素技術の事業化に向けたシナリオづくりに取り組む。 <p>③（知財戦略等への取り組み）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・国際的な競争優位を得るための活動として、各要素技術の事業化に向けたシナリオづくりに取り組むとともに、それに連動する知財戦略は、「NEDO プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に基づき適切に実施する。 ・論文発表等の成果の普及の取組についても適切に実施する。 <p>④実証用システムの構築</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトの各要素技術の実用化を加速するため、各要素技術を取り入れた「次世代モジュール型データセンタ」と、当時の最新機器で構築した「従来型データセンタ」との比較・実証をおこなった。 	
評価に関する事項	事前評価	平成 19 年度実施 担当部 省エネルギー技術開発部
	中間評価	平成 22 年度実施 担当部 エネルギー対策推進部
	事後評価	平成 25 年度実施予定 担当部 省エネルギー部
Ⅲ. 研究開発成果について	<p>研究開発項目① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発</p> <p>a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30% 以上削減可能とする、光電気集積インターポーザーや筐体内光接続技術及びストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を背景に、低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証した。 <p>b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30% 以上削減可能な高効率冷却システム技術を開発し、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証した。 <p>c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30% 以上削減可能な、サーバにおける情報処理量と消費電力量のダイナミックな測定、分析技術と、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態及び電源負荷状態に応じて電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールする技術を開発した。もって電源のアダプティブマネージメント技術を確立、その省電力特性と実用性を実証した。 ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30% 以上削減可能な、データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化システムを確立した。 <p>d) データセンタのモデル設計と総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ・上記 a) ～ c) の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量 30% 以上の削減を実証した。 <p>研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」</p> <p>a) IT 社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等を予測し、将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を具体的にした仕様として策定した。 <p>b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発</p> <ul style="list-style-type: none"> ・40Gbps レベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な、情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証した。 ・ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対 	

	<p>応可能なダイナミックな電力可視化技術を確立した。</p> <ul style="list-style-type: none"> 消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、データ流量適応型性能制御技術の有効性を実証した。 <p>c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価</p> <ul style="list-style-type: none"> ネットワーク・ルータトータルとして電力を最適化可能なネットワークアーキテクチャーを構築するとともに、ネットワーク・ルータシステムの評価モデルを開発し、ネットワーク・ルータにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証した。 	
	投稿論文	「査読付き」131件、「その他」192件
	特 許	826件（うち国際出願 42件）
IV. 実用化・事業化の見通しについて	研究開発項目ごとに実用化・事業化の想定時期が異なる。このため、それぞれの実施機関で実用化・事業化のシナリオを策定し推進中である。またモデル設計と総合評価を目的とした項目では直接の事業化を目指していない。	
V. 評価に関する事項	事前評価	平成19年度実施 担当部 省エネルギー技術開発部
	中間評価以降	<p>平成20年度1月 「最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発」に対するステージゲート方式の適用</p> <p>平成22年度7月 中間評価実施</p> <p>平成25年度9月 事後評価実施</p>
VI. 基本計画に関する事項	作成時期	平成20年3月 作成
	変更履歴	<p>(1) 平成20年3月 制定。</p> <p>(2) 平成20年5月 研究開発項目名等に軽微な変更。</p> <p>(3) 平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画の制定により改訂。</p> <p>(4) 平成20年9月 プロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーの委嘱により、研究開発の実施体制に軽微な変更。</p> <p>(5) 平成21年3月 研究開発項目名称の変更。</p> <p>(6) 平成23年3月 一部の研究開発項目について、委託事業から共同研究事業に変更及びプロジェクトリーダーを変更、サブプロジェクトリーダー2名を追加。</p> <p>(7) 平成24年1月 サブプロジェクトリーダーの変更により、研究開発の実施体制に軽微な変更。</p>

プロジェクト用語集

	用語	説明
A	AWG	Arrayed Waveguide Grating。アレイ導波路回折格子。波長分割多重技術において平面光導波回路技術を活かして、複数の波長の光をまとめたり、またその光を分けるための機能を有する装置。
B	b p s	bit per second。通信性能を表す単位で1秒間にやり取りされるビット数を表す
	B T L	Biomass-To-Liquid。植物固体などを熱分解ガス化し、液体合成で作ridす燃料。
C	C o o l E a r t h 5 0	世界全体の温室効果ガス排出量を現状に比して2050年までに半減するという長期目標を「美しい星50（クールアース50）」として提案したもの（平成19年5月）。これを受けて、経済産業省は平成20年「Cool Earth-エネルギー革新技術計画」を策定し、重点的に取り組むべき革新技術として「21」技術を選定し各技術ロードマップを提示した。
	C T L	Coal-To-Liquid。石炭から作られる液体燃料。軽油代替燃料のひとつでディーゼルエンジン向けである。
E	E x p E t h e r	PCI-ExpressバスをEthernetを活用してネットワーク上に展開したインターフェース。ExpEtherを介することで、筐体外に接続されたPCI-Express対応のハードウェアをEthernet越しにアクセスすることが可能となる。
G	G T L	Gas-To-Liquid。天然ガスから、化学反応によって製造されたナフサ、灯油及び軽油等の石油製品。
I	I Tリソース	ここでは、ITに関する資源という意味。ソフトウェアやハードウェア機器さらには動作に必要なCPUの処理速度やメモリ容量などIT機器の性能までを含む。
J	J a v a	サン・マイクロシステムズ社が開発したオブジェクト指向言語。
L	L I N P A C K	コンピュータの性能計測を行うための連立一次方程式の解を求めるプログラム。主に浮動小数点演算処理の性能を比較することができる。スーパーコンピュータの性能を比較するための標準ベンチマークとして採用される。
M	M a p R e d u c e	分散システムに格納されているデータを並列処理するためのフレームワーク。分散システムにデータ処理を分配する Map フェーズと、Map フェーズ後に処理結果を統合する Reduce フェーズからなる。
	M C C B	遮断機。
N	N A T	Network Address Transiation。LAN内のプライベートIPアドレスとグローバルIPアドレスを相互に1:1で変換するルータの機能。
O	O X C装置	Optical Cross Connect。光クロスコネクタ装置。信号を光のまま経路変更するWDM（波長分割多重）伝送路向けの中継装置。
P	P a a S	アプリケーションソフトが稼動するための実行環境やOSなどの基盤（プラットフォーム）一式を、インターネット上のサービスとして遠隔から利用できるようにする事業モデル。
	P C I - E x p r e s s	I/Oインターフェースの転送速度不足解消のため、2002年にPCI-SIGによって策定されたI/Oシリアルインターフェース（拡張バス的一种）。
	P S U	power supply unit。筐体内部に装着されている電源供給装置。交流電源から受電し直流に変換して各部品に電力供給する役割を果たす。
	P U E	Power Usage Effectiveness。データセンターやサーバー室のエネルギー効率を示す指標の1つ。データセンター全体の消費電力を、サーバーなどのIT機器の消費電力で割った値である。
	P y t h o n	プログラミング言語のひとつで、Perlなどと同じくコンパイルを必要としないスクリプト言語に属する。文法が簡易で可読性に優れる一方、拡張モジュールが豊富に用意されており、多様なアプリケーションの開発に利用されている。

Q	QoS	Quality of Service。コンピュータネットワークにおいて、ある特定の通信のための帯域を予約し、一定の通信速度を保証する技術。通信品質確保のためにルータやレイヤー3 スイッチに実装される技術のひとつでサービス品質とも呼ばれる。
	Query	データベース管理システムに対する処理要求(問い合わせ)。データの検索や更新、削除などの命令をシステムに発行するのに使われる。
R	RDB	Relational Database。2次元の表を基礎として、この表中の要素の論理的な結合によってデータの相互関係を表現するデータベース。
	ROADM	reconfigurable optical add/drop multiplexer。波長多重方式とパス管理の技術を組み合わせ、超高速・大容量の伝送ネットワークを運用するための技術。
S	SaaS	ソフトウェアをユーザー側に導入するのではなく、ベンダー(プロバイダ)側で稼働し、必要とするソフトウェアの機能をユーザーがネットワーク経由で活用する形態。SaaS 専業社として米セールスフォース・ドットコムなどが有名。
	SFQスイッチ	超電導体の中にだけ存在する磁束量子一個(SFQ)を情報媒体として利用するスイッチ。100GHzを越える超高速性と超低消費電力性が両立できるため、大容量ルータなどへの展開が期待されている。
	SPEC Power	各種のベンチマーク・プログラム開発を手がけるSPEC(Standard Performance Evaluation Corporation)が策定した、サーバの電力効率を測定するための性能評価基準。
	SPECweb2009	標準ベンチマークの開発を手がけるSPEC(Standard Performance Evaluation Corporation)がリリースしている、Webサーバの性能評価に用いるベンチマークツール。2005年のリリース版のアップデート版にたるもので、パフォーマンスだけでなく消費電力も評価基準に加えている。
	SSD	Solid State Drive。記録媒体としてフラッシュメモリを用いるドライブ装置。ハードディスクと同じ接続インタフェースを備える。
U	UPS	uninterruptible power supply。無停電電源装置。入力電源が断になった場合も一定時間、接続されている機器に対して電力を供給し続ける電源装置。
1	1Uサーバ	19インチラックで厚さ1.75インチ(約44.5mm)を1ユニットとする寸法に収まる筐体サイズのサーバ。
あ	アーキテクチャー	ここでは、サーバの構造と機能を明確にする体系。
	アクセス、メトロ、コアネットワーク	コアネットワークは基幹系のネットワーク、メトロネットワークは各データセンタと基幹系との間のネットワーク、アクセスネットワークは家庭内とデータセンター内のネットワークである。
	アダプティブ・マネジメント	ここでは、情報や電力の変動に応じて、迅速に応答する能力、技術。
い	イーサネット	Ethernet。コンピュータネットワークの規格のひとつで、世界中のオフィスや家庭で一般的に使用されているLAN(local Area Network)の技術規格。現在のLANは、主に物理的な規格である「イーサネット」と、通信内容を取り決めた「TCP/IPプロトコル」の組み合わせからなる。
	インターポーザー	チップや電子デバイスとパッケージや回路基板などの接続に用いられる構造体。ここでは、超高速な光信号伝送性能を有する接続体の意味。
	インテグレーション	ここでは、目的に合わせてシステムを統合すること。
	インテンシブ・ベンチマーク	コンピュータのハードウェアやソフトウェアの処理能力を、専門的な統計処理ソフトを使って計測する試験方法。
え	エージェント	ITの分野では、ユーザの代理や他の要素との間の仲介として機能するソフトウェアなどを指す。
	エミュレータ	対象とする装置の動作ロジックを再現するもの。単に動作の結果のみを再現するものはシミュレータとして区別される。

お	オブジェクト指向	データと操作を記述したクラスを、階層的に構成してプログラムを作る方法。オブジェクトとは、データ（属性）と操作（メソッド）を一つの処理単位としたもの。
	オブジェクトストレージ基盤	オブジェクトをデータの管理単位とするデータストレージ。
か	カッター・ルーティング	ルーターを利用して実現していた異なるネットワーク間の通信において、データリンク層レベルで直結し上位層を使わずに通信を実現する手法。
き	キーバリューストア	クラウドサービスなどで利用されるデータ格納技術。クラウドサービスにおいて大量の不定型データを管理するために、データの格納先を一意に特定するキーを定義し、キーに対応するバリューとしてデータを関連付けて保存することにより、データの管理を簡略化することが可能となる。
	キャッシュ	一度参照したデータを保存しておく装置。アクセス時間の短縮とトラフィックの軽減が目的である。
	キャッピング	ここでは、ホットアイルの熱がコールドアイルに伝わるショートサーキット現象を防止するための方法。
く	クラウド・コンピューティング	従来は手元のコンピュータで管理・利用していたようなソフトウェアやデータなどをインターネットなどのネットワークを通じてサービスの形で必要に応じて利用する方式。IT 業界ではシステム構成図でネットワークの向こう側を雲 (cloud) のマークで表す慣習があることから、このように呼ばれる。
	グリーンIT推進協議会	日本の主要IT関連業界団体を発起人に2008年2月に発足した地球温暖化対策の推進団体。具体的な取り組みとして、新技術の社会への導入、電子情報技術の環境への貢献、環境IT経営の啓発普及などがあげられる。
	クロソイド曲線	緩和曲線の一つ。
け	ゲートウェイ	GATEWAY。応用層などの異なったプロトコルを変換し、LANやWANを接続する装置。
	ケラレ	開口数による光の導波ロス。中心部と周辺部で明るさの差が発生した状態。
こ	コア/クラッド	光導波路において光路となるコア部位とコアを取り囲むクラッド部位を指す。コアとクラッドでは屈折率が異なり、境界面で全反射を起こして光はほぼロスなく進行する。
	コンシステントハッシング	consistent hashing。スケールアウトのための主要技術の一つで、キー・バリュー型のデータを複数のサーバに分散格納させるための代表的なアルゴリズム。
さ	サーバ	コンピュータネットワークにおいて、クライアントコンピュータに対し、自身の持っている機能やデータを提供するコンピュータのこと。
	サーマルパッド	熱伝導シート。
し	冗長性	障害が発生しても予備の機材や構成要素によって、システム全体の機能が継続できるように保たれる方式。
す	スケーラブル	コンピュータシステムの持つ拡張性を指す言葉。システムの利用者や負荷の増大に応じて、柔軟に性能や機能を向上させられることを意味する。スケーラビリティと同義。
	ストリーミング転送	ネットワーク環境で音声や映像などのマルチメディアコンテンツをリアルタイムで配信するための技術の一つ。すべてのデータを受信する前に、ある程度のデータを蓄積しながら再生を開始できる。
	ストレージ	データやプログラム等を記憶する装置。メインメモリと異なりCPUからは内容を直接読み書きすることができない。
	スプレダ	ここでは、サーバ内のCPUなど部品から発生する熱を効率的に放出するための金属板のこと。スプレッタとも表記する。ヒートシンクや冷却ファンをヒートスプレダに密着させて効率よく放熱することができる。
そ	相変化冷却	冷媒が液体から気体に変化する際の熱の移動を利用する冷却方法。
た	ダイナミックフロー測定	ここでは、情報量の変動に合わせて、柔軟にデータを選択、測定する手法。

ち	逐次化	記憶装置にアクセスする手法の一つで、データを先頭から順番に読み込み、あるいは書き込みを行なう方法。
	直流給電	サーバなどIT機器の電源はこれまでは主に交流が用いられてきたが、サーバ内では交流から直流に変換し使用されているため、最初から直流で供給する給電方式。
て	データセンタ	インターネットへの接続回線や保守・運用サービスなどを提供する施設。「インターネットデータセンター」(IDC)とも呼ばれる。
	データ・セントリック分散システム	データ管理をシステム管理の中心として位置づけて運用管理される分散システム。
	電力可視化	電力使用量を表示すること。見える化とも言う。全体の消費電力のほか、時間単位ごと、機器ごとの消費電力を把握することを可能にする。
	デプロイ	外部からネットワーク経由で利用されるソフトウェアやアプリケーション、Webサービスなどを利用可能な状態にすること。
と	トラフィック (トラヒック)	一定時間に通信回線上に伝送されるデータ量。
	トランスポンダ	Transponder。 TRANSMitter (送信機) と resPONDER (応答機) からの合成語で、受信した電気信号を中継送信したり、受信信号に何らかの応答を返す機器の総称。
	トランザクション	Transaction。関連する複数の処理を一つの処理単位としてまとめたもの。一連の作業を全体として一つの処理として管理するために用いられる。
な	ナノ流体	ナノサイズの粒子を液体に懸たくさせたもので、冷媒などに用いられる。
ね	ネゴシエーション	2台の機器が通信を確立する際に、通信速度などの情報を相互に交換しながら通信設定を決定していくこと。
	ネットワークトポロジ	コンピュータネットワークの接続形態。各端末や制御機器がどのような形態で接続されるかをあらわす用語。代表的なトポロジーには、スター型ネットワーク、バス型ネットワーク、リング型ネットワークなどがある
の	ノード	ネットワークを構成する一つ一つの要素のこと。通信ネットワークではコンピュータやハブ、ルータなど一台一台の通信機器がノードに当たる。
は	抜熱方式	発熱部位を冷却するため、熱量を移動させる技術
	パワーステアリング型フィルタ	フィルタの特性として最も一般的なもの。最大平坦型(max flat)と表記されているものもある
	バックプレーン	ここでは、サーバシステムにおいて、複数の回路基板をコネクタを介して相互接続するを構成する際に用いられるバス回路基板の一種。
	ハッシュ値	与えられた原文から固定長の疑似乱数を生成するハッシュ関数によって生成する値。ハッシュ関数は不可逆的な一方関数を含むため、ハッシュ値から原文を再現することはできず、また同じハッシュ値を持つ異なるデータを作成することは極めて困難である。
	パフォーマンス・カウンタ	システム状況のチェックおよび性能計測するため計数機。比較判断に役立つ。
	パワー・エレクトロニクス	電力用半導体素子を用いた電力変換や電力開閉に関する技術。広義では、電力変換と制御を中心とした応用システム全般の技術を指す。
ひ	光インターコネクション	光を用いた配線技術。コンピュータ間の通信、基板間の配線、基板内にある各チップ間の配線、LSIチップ内の素子間配線などいろいろな階層で用いられる。
	光インターポージャー	光デバイス素子に接続・中継する部品や回路。
	光導波路	光を伝送、伝搬させることを目的とした配線路。特に伝送する際の損失が少ないことが特徴。
	光トランシーバ	送られてきた変調光を、元の電気信号へと復調変換するもの

	光パラメトリック増幅	非線形媒質に強いポンプ光とともに弱いシグナル光を入射すると、シグナル光はポンプ光からエネルギーをもらって増幅し、それと同時にアイドラー光が発生する。この過程を光パラメトリック増幅（OPA）と言う。これは縮退四光波混合の効果によるものである。
	ビットエラーレート	通信チャネルの伝送効率を図る尺度の一つであり、送信された総ビット数に対するエラービット数のパーセンテージで示す。
	ヒートパイプ	熱伝導性の高い材質からなるパイプ中に揮発性の液体を封入したもので、パイプ中の一方を加熱しもう一方を冷却することで、作動液の蒸発（潜熱吸収）と作動液の凝縮（潜熱放出）のサイクルが発生して熱が移動する。
ふ	ファシリティ	ここでは、データセンタの建物や設備のこと。これら設備や物理的空間などを最も効率的に管理し運用する方法までを含めることがある。
	ブルームフィルタ	Bloom Filter。要素が集合に含まれるかどうか判定するための空間効率の高い索引手法。ブルームフィルタではデータセットはビット列として表現され、ある要素がデータセットに含まれているかどうかを論理積演算のみで判定することが可能である。
	プロトコル	通信を行う上での取り決め、通信規約。TCP/IPなど。
	プロトタイプ	ここでは、新技術・新機構の検証や量産前での問題点の洗い出しのために、設計・仮組み・製造される装置や回路、ソフトウェアを指す。
	フロリナート	粘性が低く無色透明で熱的・化学的に非常に安定した完全フッ素化液体。ここでは、すぐれた電気特性と熱特性をもつことから冷媒としての活用。
	分散キャッシュ	大規模ネットワークにおける制御された複数キャッシュサーバの連携。
ほ	保護協調	電力系統に事故が発生した場合、すみやかに事故区間を切り離し、他の健全回路を守るための仕組み。異常を検出、処理する過程において他の健全回路が誤って動作しないよう保護機能が相互に協調をとりながら健全回路へ給電を継続する。
	ホットアイル／コールドアイル	データセンタ内のエアフローにおいて、冷房機からの冷気が通る道をコールドアイル、機器から排出された熱が通る道をコールドアイルと呼ぶ。データセンタの冷却設計においてこの両者を明確に分離することが空調の電力消費改善に繋がる。
ポ	ポリマー導波路	基板上に形成した回路に屈折率の違いなどを利用して光信号を導くことができるようにした光の配線板で、従来の石英ガラスに代わりポリマーを用いたもの。原理は光ファイバと同じで、光ファイバが繊維状であるのに対しポリマー導波路は平面構造である。
ま	マルチパススルー	ルータが持つ機能の一つで、LAN内のネットワークに接続された機器に一意に割り当てられたIPアドレスから、外部に複数の回線を張ることができる機能。
	マルチプロトコル	複数の通信回線を同時並行で用いることで、より通信速度を高める技術。
み	ミドルウェア	OSなどの基本ソフトウェアを補完して、さらに高度な機能を利用できるようにするシステムソフトウェア。基本ソフトウェアと応用ソフトウェアの間で動作し、OSの差を吸収してコンピュータを利用しやすくする機能を応用ソフトウェアに提供する役割を持つ。
め	メタデータ	データそのものではなく、データを効率的に管理したり検索したりするためのデータに関係する重要な情報のこと。例えば、データの作成日時やデータ形式など。
ゆ	ユニキャスト、マルチキャスト	ユニキャストとは、ネットワーク内で単一のアドレスを指定して特定の相手にデータを1対1で通信すること。複数の相手を指定して同じデータを送る通信はマルチキャストと呼ばれる。
ら	ラベルスイッチング方式	パケットを運ぶ方式のひとつで、ラベルと呼ばれる目印によって伝送経路の中継先を選択し、転送の高速化と経路の使い分けを実現する方式。
り	リッチWEBアプリケーション	ユーザインターフェースにFlashやJavaアプレット、Ajaxなどを用い、HTMLで単純に記述されたページよりも操作性や表現力に優れるWebアプリケーションのこと。
	リファレンスモデル	比較参照するための基本モデル。

ろ	ローパスフィルタ	フィルタ回路の一種で、低周波を良く通し、ある遮断周波数より高い周波数の帯域を通さない（減衰させる）フィルタ
わ	ワークロード	Work load。計算機資源の利用状況を示す抽象的な指標。ここでは、サーバの負荷、仕事量のこと

1. 事業の位置づけ・必要性について

1.1 NEDOの関与の必要性・制度への適合性

1.1.1 NEDOが関与することの意義

高度情報化社会の到来に伴い I T 機器の消費電力は増大の一途をたどり、I T 機器の低消費電力化の推進や、I T 機器を利活用して社会インフラやシステム全体の省エネルギー化を図る技術・システムの開発が喫緊の課題となっている。最近、政府や企業による I T 機器の消費電力削減を目指す動きが活発化し、米国においてはここ 1～2 年、The Green Grid などデータセンタの消費電力削減を目指し企業間を跨ぐ複数の取組みがスタートしている。

我が国においても 2008 年 2 月にグリーン I T 推進協議会が設立され、企業間での連携が進められているが、I T 機器類の価格・性能競争は激しく、I T 機器やネットワーク機器の国際競争力が低下している我が国にとって、抜本的な省エネルギー技術開発を行うための研究開発を企業だけで行うことは困難である。また、高額な I T 機器やネットワーク機器を多量に集約・集積するデータセンタやネットワークビジネスにおいて、機器投資額と電力料金を含む運用コストの面やエネルギー管理や情報管理などミッション・クリティカル性を重要視する面から、省エネルギー技術の開発や普及が必ずしも市場原理だけで進むとは限らず時間を要する可能性があり、早期にエネルギー消費の削減を進める上で国の支援が必要である。

また、膨大な情報量が流れる I T 化社会の到来に供え、I T 設備や機器の消費電力を適切かつ合理的にするデータセンタやネットワーク技術の先行的研究開発を、産学官の共同研究体制を構築し NEDO 事業として実施することは、英知の結集を必要とする地球温暖化防止への貢献、および消費電力削減を新たな競争軸とする国際的競争力向上の両面において非常に大きな意義がある。

1.1.2 実施の効果

本プロジェクトでは、中期（2013 年以降のポスト京都議定書）・長期（2030 年）・超長期（2050 年）までを視野におき、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術」及び「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術」について研究開発を実施する。

データセンタの年間消費電力量を 30% 以上削減することが可能なエネルギー利用の最適化を実現する基盤技術の開発は、データセンタ消費電力の大幅な削減をもたらし、今後の I T の利活用に伴う消費電力量増大の早期抑制に貢献することができる。また、本研究開発への国の支援は、コスト競争力があって我が国の重要なインフラ基盤となるデータセンタビジネスに繋がる効果をもたらす。

また、ネットワーク部分の年間消費電力量を 30% 以上削減できる革新的な省エネルギー化を可能とするネットワーク・ルータに関する要素技術の開発は、ネットワークの大幅な省エネルギー化をもたらすとともに、I T の利活用拡大に伴う消費電力量増大の抑制に貢献する。また、一般にネットワーク機器は処理能力の向上に商品価値が置かれることが多く、本研究開発への国の支援は、省エネルギー型ネットワーク・ルータ機器の実現と社会への普及を通じて、省エネルギー型ネットワーク社会の早期実現に繋がる効果をもたらす。

1.2 事業の背景・目的・位置付け

1.2.1 事業の背景

地球温暖化問題は、世界全体で早急に取組むべき最重要課題であり、経済・社会活動と地球環境の調和を実現するための画期的な技術革新が求められている。

現在、ブロードバンドの普及やIT機器の高度化・設置台数の急激な増加にともないネットワークやIT機器が扱う情報量の急増に対して、ITの活用による環境負荷低減への貢献が期待されてはいるものの、ネットワーク機器やサーバ、ストレージ、ディスプレイなどのIT機器が消費する電力も膨大なものになると見込まれている。経済産業省の試算では、2008年時で我が国のIT機器消費電力は2006年の470億kwhに対して2025年には2400億kwhへ急増し、国内総発電量に占める割合も5%から20%に達することが想定されており、IT機器の省エネルギー化は重要な課題となっている。

この社会で取り扱う情報量の増大に対し、ネットワークの利用が急増し、ネットワーク通信速度の増大や通信コストの低下によりデータセンタへのサーバの集中・集約が進み、今後、情報流通の核となる大量のサーバを配置した大規模データセンタの増加が予想される。

このような背景の下、2007年10月29日に開催された第70回総合科学技術会議において、IT機器の省エネルギーに加えて、ネットワーク全体で効果を発揮する省エネルギー技術を中心とした、データセンタ、サーバ、ネットワーク機器に対する中長期を見据えた革新的省エネルギー技術の研究開発アプローチが期待されている。

1.2.2 事業の目的、意義

本プロジェクトでは、省エネルギー型生活情報空間創生技術による環境調和型IT社会の構築を目的とし、エネルギーイノベーションプログラムの一環として、中期（2013年以降のポスト京都議定書）・長期（2030年）・超長期（2050年）までを視野におき、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術」及び「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術」について研究開発を実施する。

本技術の確立により、データセンタ及びネットワークの30%以上の年間消費電力量が削減されるのみならず、共通基盤技術の形成や省エネ技術の高付加価値化、企業のITコスト低減や電力消費最適化による新ITサービス・プロダクト産業のグローバル競争力強化など産業競争力への貢献、更には環境負荷の低い情報インフラの実現や社会システム全体の効率化に寄与する新規産業の創出などが期待できる。

1.2.3 事業の位置付け

新・国家エネルギー戦略（2006年5月）では、30%以上のエネルギー消費効率を改善していくための方策として、長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を策定し、省エネルギー技術開発及び支援の重点化を行うことが示され、2030年に向けて、省エネルギー技術戦略2007がとりまとめられている。

省エネルギー技術戦略2007では、省エネ型生活情報空間創生技術が重点技術分野とされ、通信機器等そのものの省エネルギー化と、大容量・高速通信を低消費電力で実現するためのネットワーク関連技術の研究開発が重点技術課題として取り上げられている。

また、世界全体のCO₂の排出量を現状から2050年までに半減するという長期ビジョン「Cool Earth 50」が2007年度に掲げられ、その達成のための革新的技術開発として「Cool Earth — エネルギー革新技術計画」が策定された。この中で重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として「省エネ型情報機器・システム」がうたわれている。

しかしながらこれまで、IT機器やITサービス・プロダクトを取り扱う産業分野においては、技術の開発や普及、衰退があまりにも速過ぎるため、長期的な視野に基づく省エネルギー化に対して具体的な組織的な取り組みが十分とは言えない状況であった。

本プロジェクトでは、省エネルギー型生活情報空間創生技術による環境調和型IT社会の構築を目的とし、エネルギーイノベーションプログラムの一環として、中期（2013年以降のポスト京都議定書）・長期（2030年）・超長期（2050年）までを視野におき、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術」及び「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術」について研究開発を実施するが、このように中期から超長期にわたる省エネを目標とした研究開発を行うことは、この業界の技術革新を促す意味で妥当なものである

2. 研究開発マネジメントについて

2.1 事業の目標

本プロジェクトにおける事業の目標は、平成24年度までに、

- ① データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能なエネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術
- ② ネットワーク部分の年間消費電力量を30%以上削減する革新的な省エネルギー化を可能とするネットワーク・ルータに関する要素技術

の開発である。

2.2 事業の計画内容

2.2.1 研究開発の内容

上記目標を達成するため、以下の研究開発項目について実施機関を公募し、委託事業として実施する。

[委託事業]

① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

(平成20年度までは「データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャーの開発」で実施。平成21年度から名称変更。後述)

- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
- d) データセンタのモデル設計と総合評価

② 革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
- c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

[研究開発の具体的内容]

実施機関を公募し委託事業を実施するに当たり、開発が必要と思われる項目および技術として以下の内容を設定する。

① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術の確立を行うため、データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャーの開発、最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発、データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発を行う。また、これらの技術開発、研究を通じて得られた成果から、データセンタのモデル設計と総合評価を行い、トータルなデータセンタ・サーバシステムとしての技術を評価する。具体的には以下の研究開発を行う。

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

将来の進化を想定した低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を背景にこれらのインテグレーションを行う。

- ア) 筐体内光接続技術(筐体内高密度光配線・コネクタ技術等)
- イ) ストレージシステム向け省電力技術(データ配置自動最適化技術、格納効率最適化技術、逐次メディア利用技術等)
- ウ) クラウド・コンピューティング技術(ITシステムやITリソースの統合・集約・共通化技術、ITリソースのスケラブル化・インテグレーション技術等)

- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
 データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。
- ・高効率冷却システム技術（高効率冷却・集熱・伝熱・放熱技術等）
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
 データセンタ及びサーバの低消費電力化につながる電源システムに関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。
- ・サーバにおける情報と電力のダイナミックフロー分析技術（情報処理量の高速・動的な観測技術、消費電力量の高速・動的な観測技術、情報処理量と消費電力量との高速・動的な分析技術等）
 - ・電源のアダプティブマネージメント技術（サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態に応じた電源コントロール技術、電源負荷状態に応じたサーバ構成機器・デバイスのコントロール技術、電源システム最適設計技術等）
 - ・データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化技術（システム最適化設計技術、直流を利用する上での信頼性・安全性確保に必要な技術等）
- d) データセンタのモデル設計と総合評価
 エネルギー利用最適化データセンタの実現可能性と有効性を評価、確認するために、以下内容の設計、試作を行い、トータルなデータセンタ・サーバシステムとしての技術の総合評価を行う。
- ・次世代データセンタ・サーバシステムの最適化指標・最適配置の検討、システム・インフラ基本設計
 - ・次世代データセンタ・サーバシステムの熱と消費電力のシミュレーション、検証モデルの試作と評価

② 革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発

情報量に応じた動的な性能増減実現のために、情報のダイナミックフロー測定と分析ツール技術の開発、省エネルギー型ルータ技術の開発に加え、IT社会を遠望した情報の流れと情報量の調査研究も併せて行う。また、これらの技術開発や調査研究を通じて得られた成果から、社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価を行い、トータルなネットワーク・ルータシステムとしての技術の評価する。具体的には以下の技術を開発する。

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
 将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を予見するため、以下の要素技術を調査、研究する。
- ・情報化社会未来予測調査（中・長・超長期的な将来における技術、社会、生活スタイル等の予測、ネットワークの利用形態及び利用コンテンツとネットワーク上を流通する情報量の予測等）
 - ・次世代、次々世代ネットワーク調査研究（中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズとそれを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等の予測等）
- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
 トラフィック量に応じて動的にネットワーク・ルータの性能を増減させる上で不可欠なネットワーク上を流通する情報量のダイナミックな観測、予測技術並びに転送性能制御技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。
- ・トラフィック観測・予測・最適性能予測技術（ルータの入出力トラフィック量、ネットワークのトラフィック量を動的かつ高速に観測する技術、観測トラフィック量に基づき、ネットワーク・ルータのトラフィック量を動的かつ高速に予測する技術、

- 予測トラフィック量に基づき、ルータの最適な転送性能を予測する技術等)
 - ・電力可視化技術（ネットワーク、ルータの消費電力のリアルタイム、アベレージ、ピークなどの情報取得技術、サーバールータ間のインターフェース技術、ユーザーインターフェース技術等)
 - ・データ流量適応型性能制御技術（複数のエンジンを備え、エンジン性能を多段階に増減することで省電力モードを実現するマルチエンジンのルータアーキテクチャー、回路技術、性能増減に起因する通信品質劣化を防止する通信品質確保技術等)
- c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価
- 社会インフラとしての革新的省エネルギーネットワーク・ルータシステムの実現可能性と有効性を評価、確認するために、以下の要素技術の開発及びトータルなネットワーク・ルータシステムとしての技術の総合評価を行う。
- ・電力最適化ネットワークアーキテクチャー技術（ネットワークトポロジ策定、システム構成機器の機能分担の最適化の検討、ネットワーク・ルータシステムのモデル設計等)
 - ・ネットワーク消費電力の総合評価（ネットワーク・ルータシステムの評価モデル開発、負荷変動に対するネットワーク・ルータシステムの消費電力計測、省エネルギー効果評価等)

[達成目標]

開発が必要と思われる項目と技術に対する目標として以下を設定する。

① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

【最終目標（平成24年度）】

データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術を確立する。そのために、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化を図ることが可能な、以下の要素技術を確立する。

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能とする、光電気集積インターポーザーや筐体内光接続技術及びストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を背景に、これらのインテグレーションを行い、低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立、その省電力効果と実用性を実証する。
- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な高効率冷却システム技術を開発し、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立、その省電力効果と実用性を実証する。
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、サーバにおける情報処理量と消費電力量のダイナミックな測定、分析技術と、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態および電源負荷状態に応じて電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールする技術を開発する。もって電源のアダプティブマネジメント技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量

を30%以上削減可能な、データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化システムを確立する。

- d) データセンタのモデル設計と総合評価
- ・上記 a) ～ c) の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証する。

【中間目標（平成22年度）】

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発
- ・光電気集積インターポーターや筐体内光接続技術、ストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を用いてこれらのインテグレーションを検討し、従来比50%以上の消費電力削減が可能なサーバアーキテクチャーの省電力効果と実用性を検証する。
- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
- ・データセンタ及びサーバの空調・冷却効率を50%以上改善可能な、高効率冷却システム技術に必要な要素技術を開発し、その省電力効果と実用性を検証する。
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
- ・電源のアダプティブマネジメントを実現する上で不可欠な、サーバにおける情報処理量と消費電力量の高速・動的な測定、分析に必要な要素技術を開発する。それとともに、レスポンスタイムへの影響が実用上問題ないレベルで、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態及び電源負荷状態に応じて、電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールすることを可能とする各要素技術を開発し、電源を含めたIT機器全体の消費電力を20%以上削減可能な電源のアダプティブマネジメント技術の省電力効果と実用性を検証する。
 - ・データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化設計を行い、従来の交流・直流システムに比べデータセンタの消費電力を20%以上削減可能なことを検証するとともに、電源システム最適直流化に必要な要素技術を開発し、その実用性を検証する。
- d) データセンタのモデル設計と総合評価
- ・データセンタ・サーバシステムトータルの省エネルギー性を評価できる指標を確立する
 - ・エネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの最適配置・システム・インフラに関する基本設計を完了する。

② 革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発

【最終目標（平成24年度）】

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
- ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等を予測し、将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を具体的に仕様づける。
- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
- ・40Gbpsレベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流

通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な、情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証する。

- ・ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を確立する。
- ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、データ流量適応型性能制御技術の有効性を実証する。

c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

- ・上記a)及びb)の開発成果を統合し、ネットワーク・ルータトータルとして消費電力の最適化が可能なネットワークアーキテクチャーを構築するとともに、ネットワーク・ルータシステムの評価モデルを開発し、ネットワーク・ルータにおける年間消費電力量30%以上の削減を検証する。

【中間目標（平成22年度）】

a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究

- ・中・長・超長期的な将来における技術、社会、生活スタイル等の予測、ネットワークの利用形態及び利用コンテンツとネットワーク上を流通する情報量の予測等、情報化社会未来予測調査を完了する。
- ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズ等の予測を行う。

b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

- ・ネットワーク・ルータの情報量に応じた動的な性能増減を実現する上で不可欠な、40Gbpsレベルの高速回線を収容するルータに入出力する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能な、ダイナミックな情報量の観測、予測技術を開発し、その実用性を検証する。
- ・ネットワーク、ルータの消費電力のリアルタイム、アベレージ、ピークなどの情報取得技術、サーバールータ間のインターフェース技術、ユーザインターフェース技術等の各要素技術を開発するとともに、リアルタイム電力可視化技術を実証する。
- ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を4段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発するとともに、情報量のダイナミックな観測、予測技術との結合評価実験により、その実用性を検証する。

c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

- ・消費電力最適化ネットワークアーキテクチャー技術の確立に向け、ネットワークトポロジの策定、システム構成機器の機能分担の最適化の検討、ネットワーク・ルータシステムをモデル設計する。

2.2.2 研究開発の実施体制

本プロジェクトは、NEDOが、企業、民間研究機関、独立行政法人、大学等（原則、国内に研究開発拠点を有していること。ただし、国外企業の特別の研究開発能力、研究施設等の活用あるいは国際標準獲得の観点から国外企業との連携が必要な部分はこの限りではない。）から公募によって研究開発の実施機関を選定後、委託して実施する。各実施機関はそれぞれの強みを生かした最適な共同研究体制を構築するとともに、必要に応じて再委託先を設定する。

各研究開発項目における実施テーマ名と実施機関および具体的な研究項目について次ページ以降に実施体制図として纏める。

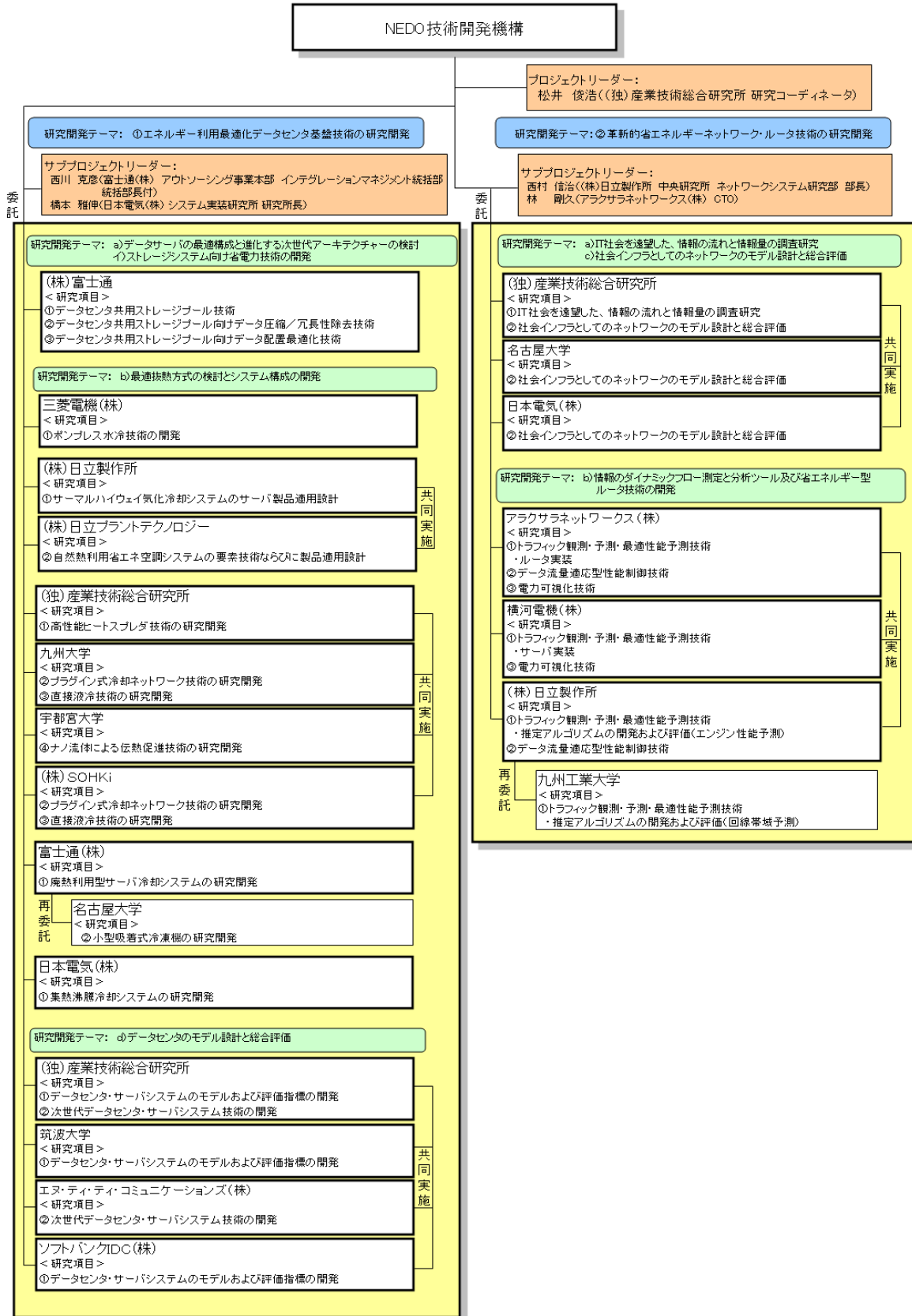
各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、プロジェクトリーダーとして、平成20年度から平成22年度までは

独立行政法人産業技術総合研究所 研究コーディネータ 松井俊浩氏を置き、平成23年度から、プロジェクトリーダーを独立行政法人産業技術総合研究所 情報技術研究部門 研究部門長 関口智嗣氏に変更している。研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発にサブプロジェクトリーダーとして平成20年度から富士通株式会社 アウトソーシング事業本部 インテグレーションマネジメント統括部 統括部長付 西川克彦氏及び日本電気株式会社 システム実装研究所 研究所長 橋本雅伸氏、及び平成23年度から独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門 副研究部門長 伊藤智氏を、研究開発項目②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発にサブプロジェクトリーダーとして平成20年度からアラクサラネットワークス株式会社 CTO 林剛久氏、平成20年度から平成22年度までは株式会社日立製作所 中央研究所 情報システム研究センタ ネットワークシステム研究部 部長 西村信治氏（平成23年度から 三木和穂氏）、及び平成23年度から独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門インフラウェア研究グループ長 工藤知宏氏を置き、密接な関係を維持するとともに、各実施機関がそれぞれの研究開発項目の中で密接な関係を維持し確実に目標達成できる体制としている。

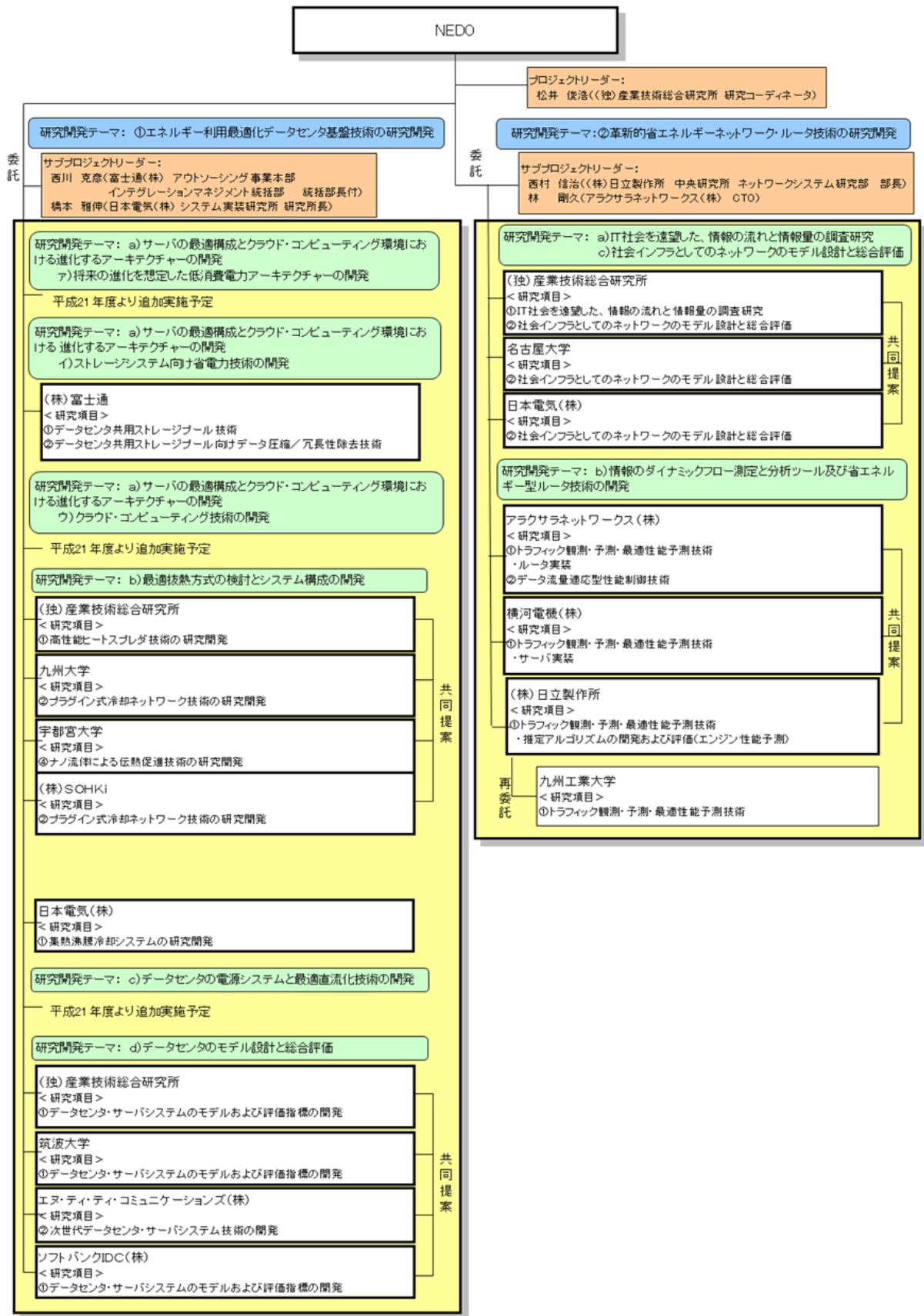
プロジェクト発足時の平成20年度実施体制、「最適抜熱方式の検討とシステムの開発」に関するステージゲート評価結果および基本計画と実施方針の変更を反映した平成21年4月からの実施体制、研究開発の追加実施を受けた平成21年8月からの実施体制、更に実施機関の撤退に伴う平成22年4月からの実施体制、実用化を促進すべき技術について実施者負担を導入した平成23年度からの実施体制は、次の通りである。（後述の2-3章 情勢変化への対応で体制変更内容を記載する）

【プロジェクト発足時の実施体制 平成20年度】

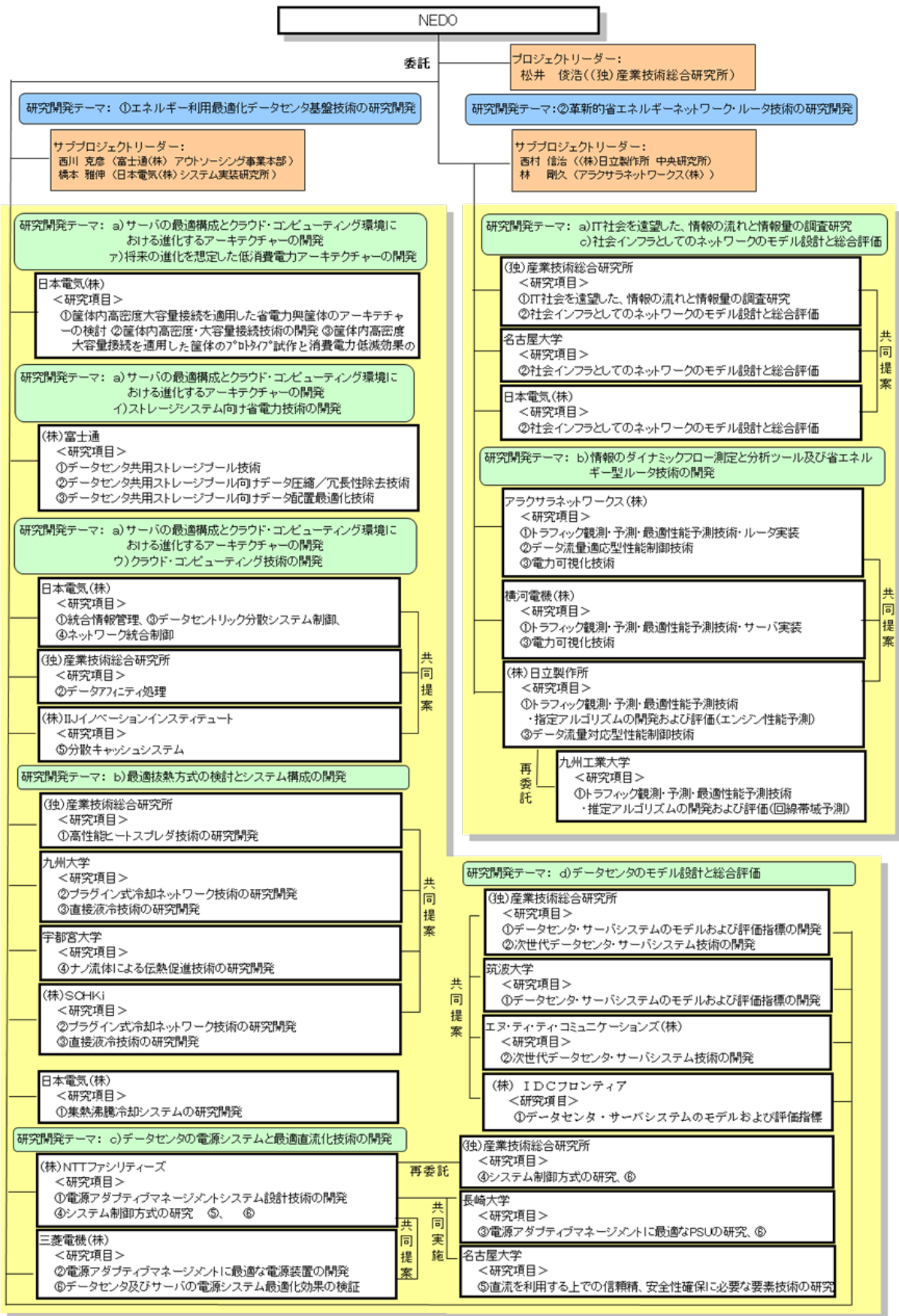
「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト(グリーンITプロジェクト)」
実施体制図



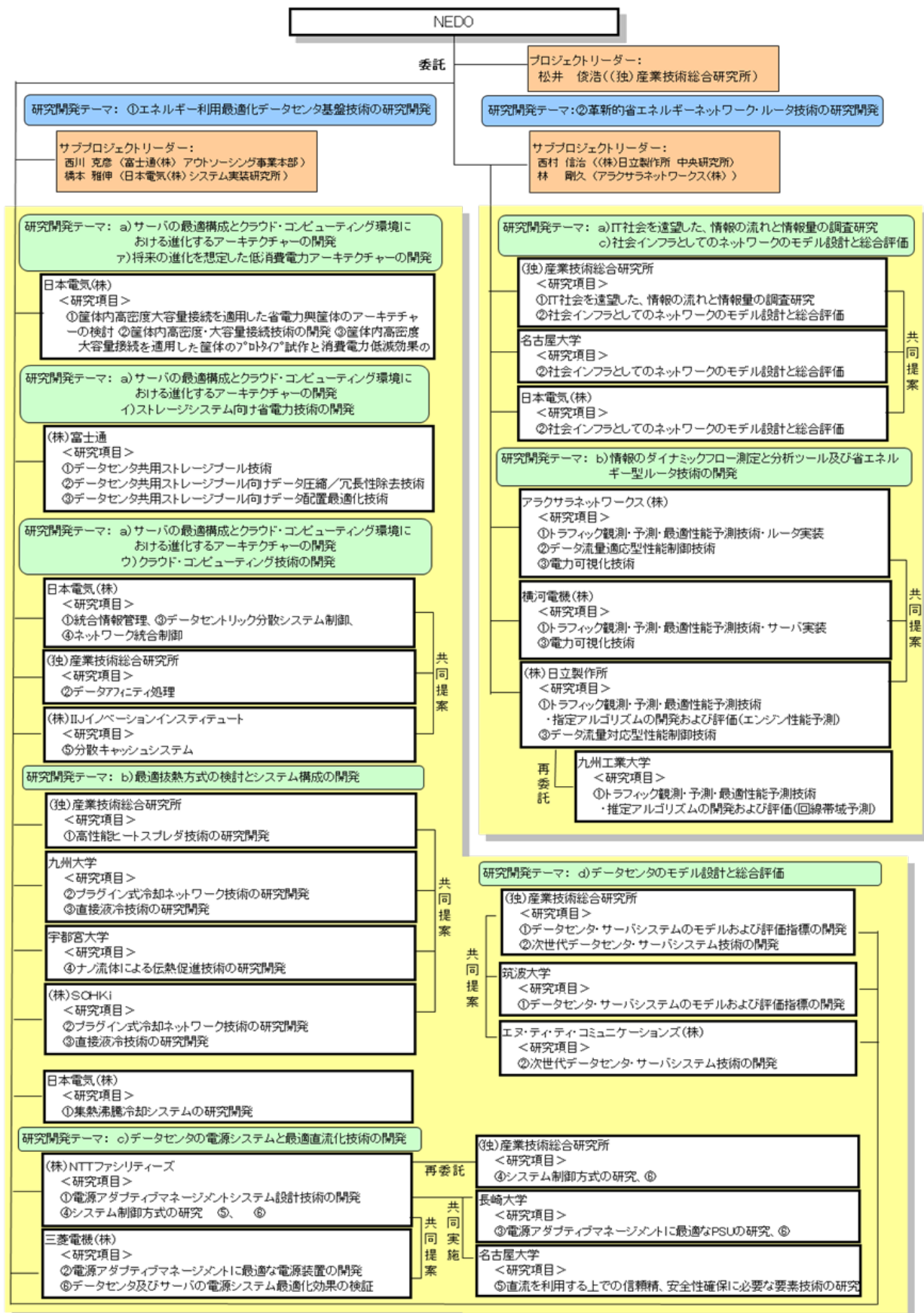
【平成21年4月からの実施体制】



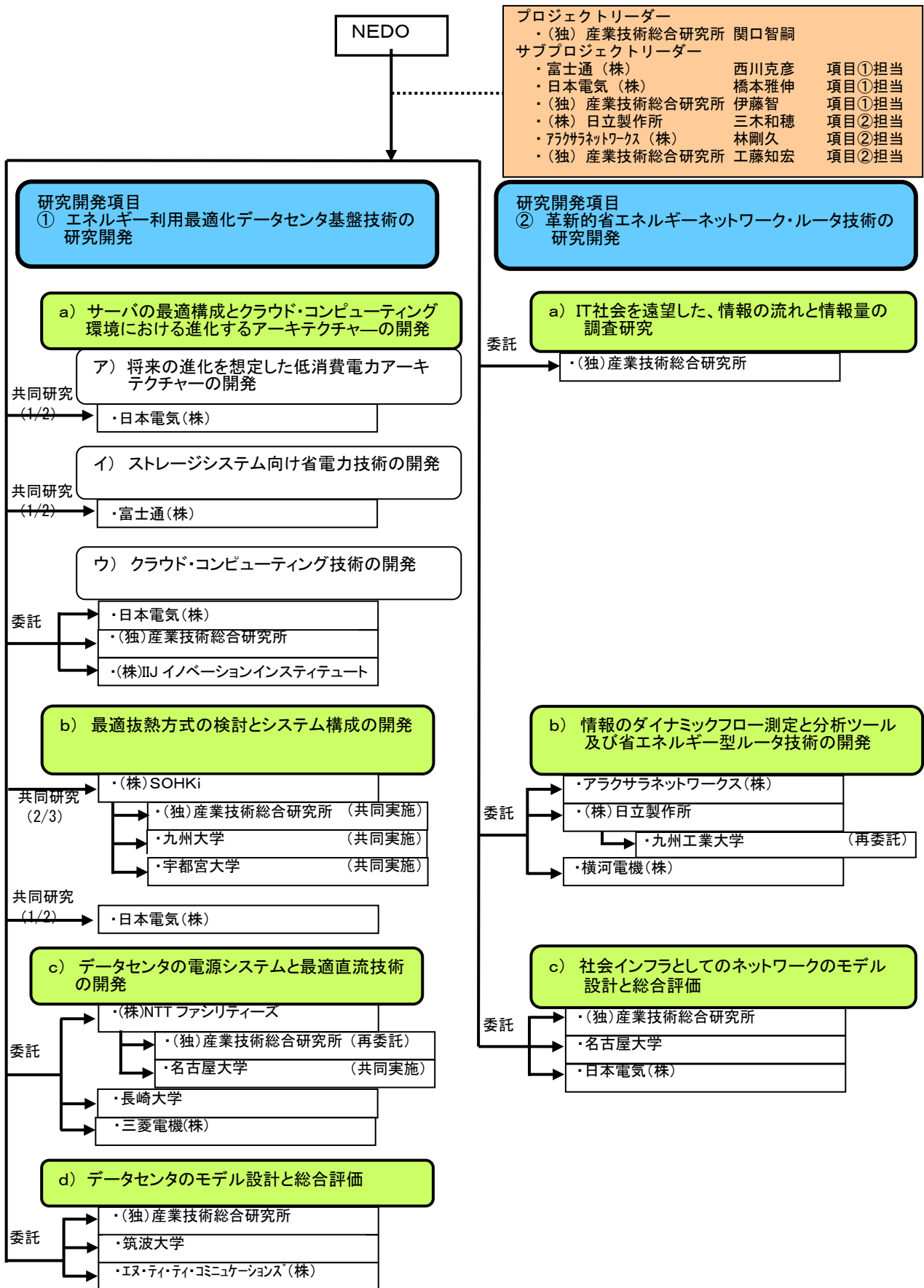
【平成21年8月からの実施体制】



【平成22年4月からの実施体制】



【平成23年4月からの実施体制】



2.2.3 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダー等と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして、実施期間、研究開発項目及び実施体制の見直しを含めて適切な運営管理を実施する。

(プロジェクトリーダー、サブプロジェクトリーダーの設置)

NEDOが実施・管理を行う本プロジェクトの、より効率的な研究開発の推進を図る観点から、更には参画する各実施機関の有する研究開発ポテンシャルを取りまとめ最大限活用する目的で、プロジェクトリーダー（PL）として独立行政法人産業技術総合研究所 研究コーディネータの松井俊浩を置き、本プロジェクトを推進する。プロジェクトリーダーは、各種委員会や実施機関およびサブPLからの報告等を踏まえ、研究開発の進捗状況を把握する。また、基本計画に記載された技術目標や研究開発の内容等に基づき、技術的観点から、目標の到達度や研究手法の具体的内容、研究開発の方向性等について判断・指導を行い、研究開発の推進に必要な施策等について適宜NEDOに具申する。

また、自ら実施機関として研究開発テーマを推進するとともに、所属する研究開発項目の実施機関グループ内において、技術的観点のみならず技術目標の更なる詳細化や研究手法の具体的内容、研究開発の方向性（場合によっては、技術目標の見直し等を含む）等についてPLを補佐して判断・指導を行う目的で、サブプロジェクトリーダー（SPL）を置く。

プロジェクトリーダーおよびサブプロジェクトリーダーは表1の通りである。

表 2.2.3-1 プロジェクトリーダーおよびサブプロジェクトリーダー

プロジェクトリーダー	関口 智嗣 独立行政法人産業技術総合研究所 情報通信・エレクトロニクス分野・副研究統括 (平成 23 年 3 月まで 松井 俊浩 独立行政法人産業技術総合研究所 研究コーディネータ)
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目①	西川 克彦 富士通株式会社 ストレージシステム事業本部
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目①	橋本 雅伸 日本電気株式会社 中央研究所
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目②	三木 和穂 株式会社日立製作所 ネットワークシステム部 (平成 23 年 3 月まで 西村 信治 株式会社日立製作所 中央研究所)
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目②	林 剛久 アラクサラネットワークス株式会社
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目①	伊藤 智 独立行政法人産業技術総合研究所(平成 23 年 4 月より)
サブプロジェクトリーダー 担当：研究開発項目②	工藤 知宏 独立行政法人産業技術総合研究所(平成 23 年 4 月より)

(ステージゲート方式の採用)

研究実施機関が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、研究開発項目の一部について「ステージゲート方式」を導入する。「ステージゲート方式」を導入した研究開発項目については、プロジェクト実施期間の最初にフィージビリティスタディを行う「第1ステージ」（平成20年度）と後半の「第2ステージ」（平成21～24年度）に分け、「第1ステージ」の最終段階に絞り込み評価を実施する。

絞り込み評価では研究開発目標に対する「達成度」等を評価し、高く評価された研究開発テーマを「第2ステージ」（平成21年度以降）に移行させ、本格的な研究開発を実施する。

具体的には、複数の研究開発グループから異なる原理、方式等の提案があり、提案段階ではその性能、機能等が実証されておらず、かつ必ずしもそれらの優劣が明確でない場合には、その研究開発項目については複数の研究開発グループに委託を行うこととし、本プロジェクトでは、研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発、b) 最適抜熱方式の検討

とシステム構成の開発について「ステージゲート方式」を導入した。詳細については、2.3章の情勢変化への対応で記述する。

(技術委員会の設置)

本プロジェクトにおいて外部有識者からなる技術委員会を設置し、四半期に一回程度、プロジェクトリーダーからプロジェクト進捗状況について報告を受けるほか、各実施機関から進捗状況などについて報告を受け、結果をプロジェクトの運営管理に反映させる。また、外部有識者の意見を各研究開発の実施に反映させるほか、開発技術や成果の評価などに活用する。

表 2.2.3-2 グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト技術委員

委員	所属	委員期間
荒川泰彦	東京大学 先端科学技術研究センター 教授	2008.10～2010.03
射場本忠彦	東京電機大学 未来科学部 建築学科 教授	2008.10～～2010.03
笠原博徳	早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科教授	2008.10～
二宮保	長崎大学 工学部 TDK 寄付講座 エネルギーエレクトロニクス学講座 教授	2008.10～
佐川直人	有限会社 FOECEP 代表取締役	2008.10～
合田憲人	大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 特任教授	2009.07～
日高一義	北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究所 教授	2009.12～

また、「最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発」においては、研究開発の進捗状況や開発成果を確認し開発技術の展開等について討議し、早期事業化の推進を図るため、専門的な知識・技術を有する有識者による「現地技術委員会」を設けた。

さらに、開発項目の着実な実施と中間目標の確実な達成に向け、平成22年度の委託契約延長に際し、NEDOおよび実施者、プロジェクトリーダー間で実施内容や目標設定を修正、検討する会議を設けた。また、平成21年度の研究開発項目の追加実施において、プロジェクト目標の共有化や他の開発項目との技術的な整合性をはかるため、NEDO、プロジェクトリーダーと実施機関で、実施計画の内容や目標設定などを検討する会議も設けた。

表 2.2.3-3 技術委員会

開催日	委員会名	場所	内容
2008.11.11	第1回技術委員会	NEDO	キックオフ、目標及び実施内容の検討
2009.03.19	第2回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2009.06.11	第3回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認 調査報告
2009.08.20	追加実施案件の検討会議	NEDO	実施計画への提案技術の反映

2009. 12. 16	第4回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2010. 02. 08 ～02. 24	平成22年度実施計画検討会議	NEDO	平成22年度実施計画・内容の検討
2010. 04. 02	現地技術委員会	産総研つくば	抜熱に関する開発技術の確認など
2010. 04. 02	現地技術委員会	日本電気	抜熱に関する開発技術の確認など
2010. 06. 14	第5回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2010. 06. 23	第6回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2011. 01. 24	第7回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2012. 03. 14	第8回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認
2012. 12. 06	第9回技術委員会	NEDO	研究計画・進捗状況の確認

(実施機関による委員会の設置)

研究開発項目①および②それぞれにおいて、各実施機関が定期的集まり、プロジェクトリーダーやサブプロジェクトリーダー参加の下、進捗状況や開発成果に関する技術討論や省エネ技術などの評価・測定法の共有化、更には実用化検討などビジネス出口などの方向性を議論するグループ会議を実施した。

表2.2.3-4 実施機関間のグループ会議

開催日	委員会名	場所	内容
2008. 12. 15	第1回ネットワーク会議	産総研	キックオフ、実施内容の紹介と意見交換
2009. 02. 09	第2回ネットワーク会議	産総研	進捗状況の共有、ルータの電力動向議論
2009. 06. 26	第3回ネットワーク会議	産総研	情報共有と技術討論
2009. 8. 26	第1回データセンタ会合	NEDO	キックオフ、モデル評価とストレージの省エネ議論
2009. 10. 26	第2回データセンタ会合	NEDO	モデル評価と抜熱技術の省エネ議論
2009. 12. 16	第3回データセンタ会合	産総研	モデル評価と直流化、クラウド技術の省エネ議論
2010. 02. 08	第4回データセンタ会合	産総研	データセンタ全体の省エネ議論 評価指標の議論
2010. 02. 19	第5回データセンタ会合	産総研	消費電力測定環境構築の議論
2010. 05. 24	第6回データセンタ会合	産総研	消費電力測定の実験内容レビュー
2010. 06. 22	第4回ネットワーク会議	産総研	トラフィック量に対する省エネ効果量 と実用化検討に対する議論
2010. 09. 21	第7回データセンタ会合	産総研	モデル設計、電源直流化について議論
2011. 08. 10	第5回ネットワーク会議	アラクサラ	進捗状況の共有、ルータの電力動向議論
2011. 01. 16	第8回データセンタ会合	産総研	抜熱、光インコネについて議論
2011. 04. 13	第9回データセンタ会合	富士通	ストレージ、グリーンクラウドについて議論
2012. 12. 20	第6回ネットワーク会議	アラクサラ	進捗状況の共有、ルータの電力動向議論
2011. 07. 06	第10回データセンタ会合	秋葉原	電源直流化、モデル設計について議論

2012.07.10	第11回データセンタ会合	NEC	CEATECについて打合せ
2012.12.20	第6回ネットワーク会議	アラクサラ	進捗状況の共有、ルータの電力動向議論

(知的財産権等の取り扱い)

開発成果に対する取り扱いとして、委託事業の成果に関わる知的財産権等については原則として、すべて実施機関に帰属させることとする。実施機関においては、我が国の省エネルギー技術を基盤とする産業競争力の強化に資するべく、開発した技術や成果の特徴を踏まえた知的財産マネジメントを実施する。知的財産マネジメントとして、例えば、技術成果の公開や権利化を通して安定的に省エネルギー効果を普及させるためのマネジメントや、開発技術や研究成果をオープンソースとして公開し技術の普及や浸透を目指すマネジメントなど、各実施機関のマネジメント戦略に基づく取り扱いを行う。

2.2.4 研究開発成果の実用化に向けたマネジメントの妥当性

本プロジェクトで得られた開発成果を普及および促進させるため、各実施機関は本プロジェクト終了後あるいは本プロジェクトと並行して実用化検討に向けた取り組みを実施する。実用化検討への取り組みは、NEDOと各実施機関それぞれの役割を十分に考慮したものとし、例えば、NEDOは開発技術や成果について標準情報（TR）制度への提案やISO等の国際標準の提案など、必要に応じて知的基盤整備又は標準化等との連携を図るためのマネジメントを実施する。また、我が国が優位にある省エネルギー技術を基盤とするITサービス・プロダクト産業の国際的産業競争力の強化や環境負荷を低減させる社会システム全体の効率化など、社会的に必要とされる施策を行うため実用化検討のマネジメントを実施する。

2.3 情勢変化への対応

(調査研究の実施)

平成20年度3月策定のプロジェクト基本計画において、ますます強まるデータセンタの低消費電力化への要請に対応していくため、サーバのアーキテクチャーおよびデータセンタの電源システムについて、エネルギー使用の効率化の観点から、システム全体で最適化が図れる要素技術の開発を挙げている。データセンタの省電力化を実現するには、単なる直流給電の導入や省エネ型サーバの開発のみならず、システム運用や機器使用効率における革新的な電源アーキテクチャーやサーバアーキテクチャーの開発が課題である。そこで、この課題に対するニーズや技術シーズがどの程度存在するのか調べ、データセンタ及びサーバの省電力化に今後必要とされる要素技術や課題を抽出し把握することを目的に、平成20年9月～平成21年3月に下記3つの項目について調査委託研究を実施した。調査項目、調査概要、実施機関は以下の通りである。

調査項目「データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化、直流を利用する上での信頼性・安全性確保に必要な要素技術」に係わる調査研究

データセンタ及びサーバ機器類の電源システム最適直流化、直流を利用する上での信頼性、安全性確保に必要な要素技術に係る技術動向、技術課題、研究対象を明らかにすることを目的に、データセンタの最適直流化、信頼性・安全性確保に必要な要素技術についての調査研究、さらに省エネルギー性に見合う経済的メリットを享受・許容するための補助支援制度や仕組み、更に方式普及に向けた法令・規格標準化の整備などに関する調査研究を実施した。

(実施機関) 株式会社NTTファシリティーズ

(再委託機関) 日本電信電話株式会社

調査項目「サーバにおける情報と電力のダイナミックフロー観測技術、電源のアダプティブマネージメントの要素技術及び電源システムの最適設計」に係わる調査研究

データセンタの電源システムと最適直流化技術、特に、サーバにおける情報と電力のダイナミックフロー観測技術、電源のアダプティブマネージメントの要素技術及び

電源システムの最適設計の確立に係わる技術動向、技術課題について調査研究し、技術課題や研究対象を明らかにした。

(実施機関) みずほ情報総研株式会社

(実施機関) 独立行政法人産業技術総合研究所

調査項目「将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャー」に係わる調査研究

サーバの低消費電力アーキテクチャーを実現するに際し、処理を実行するために直接関係する要素技術およびソフトウェア周辺技術それぞれについて、現在の技術動向と今後の技術開発の方向性を把握することにより2030年までの低消費電力化の予測を行った上で、サーバの低消費電力化に係わる研究開発課題、さらにネットワークの高速・大容量化に対応しサーバ筐体内のボード間やボード内等の短い距離の信号伝送に適用する技術「光インタコネクション」の導入による電力削減効果に係る研究開発課題 について調査研究を実施した。

(実施機関) 株式会社三菱総合研究所

(実施機関) 日本電気株式会社

(研究開発項目の変更)

昨今、膨大なコンピューティング能力を背景に、OSやサーバなどのITリソースやアプリケーションなどの情報サービスを意識することなく、必要な時に必要な機能を必要な分だけサービスを利用できるクラウド・コンピューティング環境が急激な展開を見せている。電源やIT機器がデータセンタ内に極度に多数配置されるクラウド・コンピューティング環境においては、ITリソースの仮想化技術や共通化技術などを用いるIT機器の利用効率改善やエネルギー利用の最適化が期待できる。

そこで今後、より大きな省エネルギー効果が期待できるクラウド・コンピューティング環境下でのサーバアーキテクチャーの開発を想定し、研究開発項目の項目名を変更すると共に、新たな研究開発項目を追加した。

項目名の変更

①研究開発項目「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

旧) a) データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャーの開発

新) a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

新規項目の追加

①研究開発項目「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発

(研究開発項目の追加実施)

調査研究により、開発すべき技術内容と課題が明確になった研究開発項目について、平成20年3月にNEDOで追加実施が決定され、基本計画および平成21年度実施方針にもとづき、開発項目に関する具体的な提案内容の追加公募を実施した(平成21年5月～7月)。

応募案件について、平成21年7月16日に下記採択審査委員により審査を行い、採択審査結果を受け、NEDOは次の実施機関を委託事業者として選定し、新たに下記3つの研究開発を開始した。

採択審査委員は、

東京大学 ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構機構長 教授

荒川 泰彦

早稲田大学 理工学術院 基幹理工学部 情報理工学科 教授

笠原 博徳

横浜国立大学 大学院工学研究院 教授

河村 篤男

国立情報学研究所 リサーチグリッド研究開発センター 特任教授

合田 憲人

株式会社日本総合研究所 技術価値創造戦略グループ 研究員

吉田 浩之

である。

新たに研究開発を開始した項目と実施機関は、

研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

ア) 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発
(実施機関) 日本電気株式会社

研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発

(実施機関) 日本電気株式会社

(実施機関) 独立行政法人産業技術総合研究所

(実施機関) 株式会社 I I J イノベーションインスティテュート

研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

(実施機関) 株式会社 N T T ファシリティーズ

(実施機関) 三菱電機株式会社

(ステージゲート方式の実施)

研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発 b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発においてステージゲート方式を導入し、第1ステージを実施してきた5つの開発テーマについて、平成21年1月9日にステージゲート評価分科会による評価を実施した。高い評価を得た2つの開発テーマを「第2ステージ」(平成21年度以降)に移行させ、3つの研究テーマについては「第1ステージ」で終了とした。

表 2.3-1 ステージゲート評価分科会委員

井場本 忠彦	東京電機大学 未来科学部建築学科 教授
佐川 直人	有限会社 FOECEP 代表取締役 代表

表 2.3-2 第2ステージ(平成21年度以降)を実施するテーマ

研究テーマ名	実施機関
冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発	独立行政法人産業技術総合研究所 株式会社 SOHK i 国立大学法人九州大学 国立大学法人宇都宮大学
集熱沸騰冷却システムの開発	日本電気株式会社

表 2.3-3 第1ステージ(平成20年度)で終了するテーマ

研究テーマ名	実施機関
吸着式冷凍機による廃熱利用冷却システムの開発	富士通株式会社、 (再委託先) 国立大学法人名古屋大学
気化冷却システム及び自然熱利用省エネ空調システムの開発	株式会社日立製作所 株式会社日立プラントテクノロジー
データセンタ向けポンプレス水冷システムの開発	三菱電機株式会社

(実施機関の変更)

研究開発項目①d)「データセンタのモデル設計と総合評価」において、共同実施機関の(株) IDCフロンティアが平成22年3月末で委託事業を辞退し、平成22年4月からの実施機関は、独立行政法人産業技術総合研究所と筑波大学、株式会社エヌ・ティ・ティコミュニケーションズに変更となった。

(研究開発項目の実証加速)

プロジェクトの各要素技術の実用化を加速するため、各要素技術を取り入れた「次世代モジュール型データセンタ」と、当時の最新機器で構成した「従来型データセンタ」を構築し比較・実証をおこなった。

2.4 中間評価結果への対応

平成22年7月に実施された中間評価の結果、評価のポイント、指摘事項とその対応を表2.4-1、表2.4-2に示す。

表 2.4-1 中間評価の結果

評価項目	①事業の位置付け、必要性	②研究開発マネージメント	③研究開発成果	④実用化の見通し
評点	2.9	2.1	2.0	1.6
総合点・判定	3.6 (合格)			

表 2.4-2 評価のポイント、指摘事項とその対応

評価のポイント
<ul style="list-style-type: none">・殆どの項目で中間目標値またはそれを上回る成果をあげていることは十分評価できる。最終目標の達成も期待できる。・研究目標、研究成果について、内外の研究動向の調査や技術の比較優位性等について具体性、定量性をもって明示することが必要である。・省エネ化率の達成度を持って実用化の見通しが論じられているが、コスト、市場動向、競争戦略等を含めた事業化シナリオを立案すべきである。・技術の国際的なレベルを確認する作業も重要であり、知的財産権の取得と合わせて、成果の普及にも努力して欲しい。試験を実施し、デバイス利用技術とシステム技術の検証を行って頂きたい。
反映
<ul style="list-style-type: none">・NEDOは、中間評価の結果を踏まえつつ、実用化へ向けたより具体的な検証を行うためには、研究開発成果を統合して、各構成技術を組み合わせた実証用データセンタの設置が必要であると判断し、「次世代モジュール型データセンタ」を構築した。・同センタによる実証の結果、年間消費電力量を30%以上削減することが可能であることを具体性、定量性をもって明示した。・同センタ構築を通してテーマ間相互の技術的交流と統合による課題抽出の機会を持つことができた。・同センタでの実証試験において、実用化時に運用面における課題を明確化できた。

2.5 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度、事後評価を平成25年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術

動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

3. 研究開発成果について

3.1 事業全体の成果

3.1.1 事業の目標（再掲）

平成24年度までに、データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能なエネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術と、ネットワーク部分の年間消費電力量を30%以上削減する革新的な省エネルギー化を可能とするネットワーク・ルータに関する要素技術を確立する。

① エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

【最終目標（平成24年度）】

データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術を確立する。そのために、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化を図ることが可能な、以下の要素技術を確立する。

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能とする、光電気集積インターポーザーや筐体内光接続技術及びストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を背景に、これらのインテグレーションを行い、低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な高効率冷却システム技術を開発し、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、サーバにおける情報処理量と消費電力量のダイナミックな測定、分析技術と、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態および電源負荷状態に応じて電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールする技術を開発する。もって電源のアダプティブマネジメント技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化システムを確立する。
- d) データセンタのモデル設計と総合評価
 - ・上記a)～c)の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証する。

研究開発項目「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

【最終目標（平成24年度）】

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
 - ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズを満たす

ネットワークシステム、機器、構成及び技術等を予測し、将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を具体的に仕様づける。

- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
 - ・40Gbps レベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な、情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証する。
 - ・ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を確立する。
 - ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を1.6段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、データ流量適応型性能制御技術の有効性を実証する。
- c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価
 - ・上記a)及びb)の開発成果を統合し、ネットワーク・ルータトータルとして電力を最適化可能なネットワークアーキテクチャーを構築するとともに、ネットワーク・ルータシステムの評価モデルを開発し、ネットワーク・ルータにおける年間消費電力量30%以上の削減を検証する。

3.1.2 研究開発の内容

上記事業目標を達成するための各個別テーマ毎の研究開発目標と内容、達成状況は以下の通りである。詳細な内容については、「3.2 研究開発項目毎の成果」の章で記述する。

① a) 7) 「将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発」

開発内容

- ・筐体内のボード間信号伝送に光配線を用いることで、バックプレーンを小型化して排熱効率を高め、サーバの冷却電力を従来比30%削減する新しい筐体のアーキテクチャーを開発する。開発する技術は、筐体内光接続に関する技術、筐体内高密度・大容量接続を適用した省電力筐体技術である。

最終目標（平成24年度）：

- ・筐体プロトタイプの試作を行い、冷却に係る消費電力30%削減とボード間光接続損失10dB以下および10Gbpsの信号伝送を実証する。

最終目標の達成度

- ・筐体プロトタイプの試作を行い、冷却に係る消費電力30%削減とボード間光接続損失10dB以下および10Gbpsの信号伝送を実証した。

① a) 8) 「ストレージシステム向け省電力技術の開発」

開発内容

- ・データセンタで利用されるストレージシステムの消費電力を削減するために、ストレージの物理的な使用量を少なくとも30%削減する技術の開発を行う。具体的には、データセンタのストレージプールを構成するストレージの中から同一のデータを発見して削除する冗長性除去技術を開発し、さらにデータ圧縮を施すことでストレージの使用量を削減する。これらの冗長性除去とデータ圧縮により可変長となるデータを高速で格納するために必要な、ディスクへのランダムアクセスを逐次化する技術も開発する。また、冗長性除去の効果を検証するための評価手法も確立する。

最終目標（平成24年度）：

- ・ストレージの逐次化技術を確立させ、データ圧縮を含む冗長性除去技術を確立する。
データセンタ規模（100PB）の大量データを対象に、複数処理ノード間に分散して冗長性除去を行なう技術を開発する。アクセス性能は実利用において従来のストレージ装置と同等なレベルを目指す。
- ・アクセス性能とストレージ使用量削減効果を評価するためのプログラムを開発し、ストレージ使用量30%削減を実証する。

最終目標の達成度

- ・ストレージの逐次化技術を確立させ、データ圧縮を含む冗長性除去技術を確立した。
データセンタ規模（100PB）の大量データを対象に、複数処理ノード間に分散して冗長性除去を行なう技術を開発した。アクセス性能は実利用において従来のストレージ装置と同等なレベルを確保した。
- ・アクセス性能とストレージ使用量削減効果を評価するためのプログラムを開発し、ストレージ使用量30%削減を実証した。

①a)ウ)「クラウド・コンピューティング技術の開発」

開発内容

- ・大量データの移動・蓄積・処理に要する消費電力を削減するためのクラウド・コンピューティング技術および運用・システム技術を開発する。具体的には、①新しい管理空間によるデータ管理技術（統合情報空間管理）、②新しい分散処理を用いた大量情報処理技術（データ・アフィニティ処理基盤）、③データ・セントリック分散システム制御による高効率制御技術（データ・セントリック分散システム制御）、④サーバ・ストレージ・ネットワーク統合による動的制御技術（ネットワーク統合制御）、⑤クラウド・コンピューティング技術を利用した新たな分散キャッシュ・システムによるデータセンタの省エネ化理論モデル（分散キャッシュ・システム）、を開発する。またこれらを統合するシステムの構築でデータセンタ・サーバシステムトータルの年間消費電力量を削減する。

最終目標（平成24年度）：

- ・統合システムを構築し従来比30%以上の省電力効果と実用性を実証する。

最終目標の達成度

- ・統合システムを構築し従来比30%以上の省電力効果と実用性を実証した。

①ーb)（最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発）

「冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発」

開発内容

- ・空冷方式に替わり、サーバラックに設けた冷却用ソケットにフレキシブル構造の熱移動ケーブルをプラグイン接続し、熱移動ケーブルを介して供給される冷却媒体によってサーバ内のCPUを直接あるいは間接に液冷することが可能な先進冷却ネットワークシステムを開発する。この廃熱の集中管理によって、サーバ室内環境への廃熱放出が大幅に

削減され、サーバールーム・データセンタの空調消費電力が大幅削減される。具体的には、1) プラグイン式冷却ネットワーク技術、2) 単相流あるいは沸騰2相流を用いた直接液冷技術、3) 高性能薄型ヒートパイプスプレダ技術、4) ナノ流体による伝熱促進技術、5) 冷却ネットワークシステム技術を開発する。

最終目標（平成24年度）

- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力30%以上削減可能な高効率冷却システムを開発し、その省電力効果と実用性を実証する。

最終目標の達成度

- ・データセンタ及びサーバにおける空調・冷却効率を50%以上の改善に必要な要素技術を開発し、その省電力効果と実用性を検証した。

①-b) (最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発)

「集熱沸騰冷却システムの開発」

開発内容

- ・複数の発熱源からの熱をシームレスな伝熱経路を介して効率的に放熱できる場所に集める集熱沸騰冷却システム技術を開発し、IT機器の冷却電力を削減してデータセンタの空調電力を削減する。この開発に向け、相変化冷却技術、機器のレイアウト変更に制限を受けない柔軟接続技術、組立て性を向上させる接触伝熱技術などを開発する。

最終目標（平成24年度）：

- ・サーバ内の発熱部からサーバールーム室床下の液冷配管までの経路区間に「集熱沸騰冷却システム」を適用し、データセンタ全体の冷却電力が従来よりも40%低減できる効果を実証する。

最終目標の達成度

- ・サーバ内の発熱部からサーバールーム室床下の液冷配管までの経路区間に「集熱沸騰冷却システム」を適用し、データセンタ全体の冷却電力が従来よりも40%低減できる効果を実証した。

①-c) 「データセンタの電源システムと最適直流技術の開発」

開発内容

- ・最適直流化技術として、直流給電方式による電力変換段数削減に加えて、直流給電方式の特長を生かし消費電力に応じて直流電源装置やPSUの運転台数を動的に制御する電源アダプティブマネジメントを開発する。低負荷運転状態における電力変換効率の低下が解消できる省電力電源システムを開発する。

最終目標（平成24年度）

- ・従来の交流給電方式と比較して、ICT装置および電源システムで消費される電力量を30%以上削減可能とする電源システムを開発し、その省エネ効果を実証する。

最終目標の達成度

- ・従来の交流給電方式と比較して、ICT装置および電源システムで消費される電力量を30%以上削減可能とする電源システムを開発し、その省エネ効果を実証した。

①－d)「データセンタのモデル設計と総合評価」

開発内容

- ・本プロジェクトの研究開発項目 a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発、b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発、c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発、で個別に得られる技術成果を統合してデータセンタの年間消費電力削減を検証する。そのために、サーバシステムやデータセンタの消費電力に関するモデル化および省エネルギー性の評価が可能な指標を開発する。

最終目標（平成24年度）

- ・サーバシステムの性能と消費電力をモデル化しサーバシステムの評価指標を開発する。
- ・本プロジェクトの成果によるデータセンタ全体の消費電力削減量を定量的に表現できる評価指標と枠組みを開発する。
- ・データセンタ全体でエネルギー利用の最適化が評価できるデータセンタのリファレンスモデルを開発する。
- ・各プロジェクトの成果を評価し全体統合した場合の消費電力削減量を検証する。

最終目標の達成度

- ・上記 a) ～ c) の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証した。

②－a)「IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究」

開発内容

- ・将来の省エネルギーネットワークアーキテクチャーの設計に必要なトラフィックの量と質に関する知見を得る。

最終目標（平成24年度）：

- ・トラフィック技術やネットワーク利用形態の変化から、将来における情報量の流れと量について予測、評価する。

最終目標の達成度

- ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等を予測し、将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を具体的に示した仕様として策定した。

②－b)「情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発」

開発内容

- ・情報量の減少に応じて動的に省電力モードに切り替わる、革新的な省エネルギーネットワーク・ルータ技術を開発するため、1) トラフィック観測・予測・最適性能予測技術、2) データ流量適応型性能制御技術、3) 電力可視化技術、の要素技術を確立し、これら要素技術を活用しない場合と比較してネットワーク部分の年間平均消費電力量を30%以上削減する。

最終目標（平成24年度）：

- ・40Gbps レベルの高速回線を収容するルータにおいて、ネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な情報量のダイナミックな予測技術を、試作ルータや試作サーバを用いて実証する。
- ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減できる転送性能制御技術を開発し、制御を行わない場合と比較してネットワーク部分の年間平均電力消費量が30%以上削減できることを実証する。
- ・サーバールータ間のインタフェース技術を共通基盤技術として確立し、標準化のための情報を定義する。ネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を完成する。

最終目標の達成度

- ・40Gbpsレベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な、情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証した。
- ・ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を確立した。
- ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、データ流量適応型性能制御技術の有効性を実証した。

②-c 「社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価」

開発内容

- ・複数方式のルータを組み合わせるネットワークモデル検討において、サービスとトラフィック特性に応じたマルチレベルパスによる省エネ化トラフィック制御技術、カットスルールーティング・ノードシステムによる省電力効果技術、アプリケーションに応じてエネルギー消費の小さいルーティング方式を選択する技術の設計と評価を行い、省エネルギー型ネットワークのモデル設計を行う。

最終目標（平成24年度）：

- ・多様なパス制御を可能にするノード構成並びに機能条件を明確化し、マルチレベルパス制御を可能とする10Tb/s以上のスループットを有するノード基本構成を明らかにする。ネットワーク全体のトラフィック変動を捉える手法とマルチレベルパス制御アルゴリズムとの連携を図り、ノード数100以上の大規模ネットワークにおいて開発要素技術の統合動作を確認し、10年後のトラフィックに対して1/10以下の低消費電力化について検証する。
- ・カットスルールーティング・ノードシステムにおいて、待機系リソースを含むノード装置全体のトータル省電力効果と波長パス再構成により実現される省電力効果を検証する。

最終目標の達成度

- ・ネットワーク・ルータトータルとして電力を最適化可能なネットワークアーキテクチャを構築するとともに、ネットワーク・ルータシステムの評価モデルを開発し、ネットワーク・ルータにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証した。

3. 2 研究開発項目毎の成果（実施機関の報告）

3.2.1 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発

実施機関：日本電気株式会社

基本計画の目標（平成 24 年度）

データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30%以上削減可能とする、光電気集積インターポージャーや筐体内光接続技術及びストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を背景に、これらのインテグレーションを行い、低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。

本研究の最終目標（平成 24 年度）

筐体内の信号伝送に光配線を用いることにより、バックプレーンを小型化して排熱効率を高め、それにより省電力化を実現する新しい筐体のアーキテクチャーを提案し、サーバ冷却に係る消費電力を従来比 30%削減可能なことを実証する。さらに、今後、信号伝送の主流となると考えられる 10Gbps 伝送を開発ターゲットとして光電気集積インターポージャーおよび筐体内光接続技術を開発し、10Gbps 伝送に必要な損失バジェットである光接続損失 10dB 以下が可能なこと、およびプロトタイプを用いた 10Gbps の信号伝送を実証する。

開発成果の要約

本事業では、筐体内のボード間信号伝送に光接続を用いることにより、バックプレーンを小型化して排熱効率を高め、それによりサーバの冷却電力を従来比 30%削減する新しい筐体アーキテクチャーの研究開発を目的とした。この研究開発を遂行するには、まず、提案する筐体のアーキテクチャーを確立することが最も重要な課題になる。次に、提案する筐体を実現するために不可欠な要素技術である、光電気集積インターポージャー（以下ボードと記載する）および筐体内光接続技術の開発が重要である。さらに、提案する筐体の省電力性を実証することが重要である。そのため、(i) 筐体内高密度・大容量接続を適用した省電力筐体のアーキテクチャーの検討、(ii) 筐体内高密度・大容量接続技術の開発、(iii) 筐体内高密度・大容量接続を適用した筐体のプロトタイプ試作と消費電力低減効果の検証の 3 つのテーマに従って研究開発を進めた。

(i) 筐体内高密度・大容量接続を適用した省電力筐体のアーキテクチャーの検討

筐体の冷却電力を削減する目標を達成するため、光接続によって排気スペースを拡大し冷却効率を向上する筐体アーキテクチャーを提案した。また、熱流体解析を用いた数値解析を行い、提案した筐体の冷却電力が従来筐体の冷却電力に比べて 30%削減できることを確認し、目標を達成した。

熱流体解析（数値シミュレーション）では、ブレード型筐体を基本モデルとし、廃熱スペースの配置や大きさ、吸気口の配置や大きさ、冷却ファンの配置や能力、LSI 等熱源の配置をパラメータとした。なお、検証に用いた解析モデルを図 3.2.1-1、図 3.2.1-2 に示す。次に、表 3.2.1-1 に従来の電気配線モデルと上記パラメータを変更した複数の光インターコネクション適用モデルにおける CPU 近傍の空気流量解析結果を示す。なお、本解析ではファンの消費電力（冷却能力）を一定としている。その結果、従来モデルであるモデル H1 に比較して光インターコネクション適用モデルであるモデル H2 では空気流量が 40%向上し、さらにモデル H5 では空気流量が 56%向上することを確認した。次に、モデル H1 とモデル H2 の消費電力比較を図 3.2.1-3 に示す。ボードに CPU を 2 個搭載した条件（発熱量 200W/ボード）において、CPU 表面温度を 50℃に下げるためには、約 16.2m³/分の空気流量が必要となる。この場合、H1 モデルのファン消費電力は約 120W となるが、H2 モデルのファン消費電力は約 84W となる。したがって、従来の電気配線モデルの筐体に比較して光配線モデルの筐体では、約 36W、30%の消費電力削減が可能である。

表 3.2.1-1 CPU 近傍の流量解析結果 (m³/min)

	従来モデル	光インターコネクション適用モデル			
	モデルH1	モデルH2	モデルH3	モデルH4	モデルH5
CPU①	14.6	20.7	11.2	8.6	15.3
CPU②	19.7	27.6	15.5	15.5	38.5
平均	17.2	24.2	13.4	12.1	26.9

同一ファン容量比較でCPU近傍の流量が増大

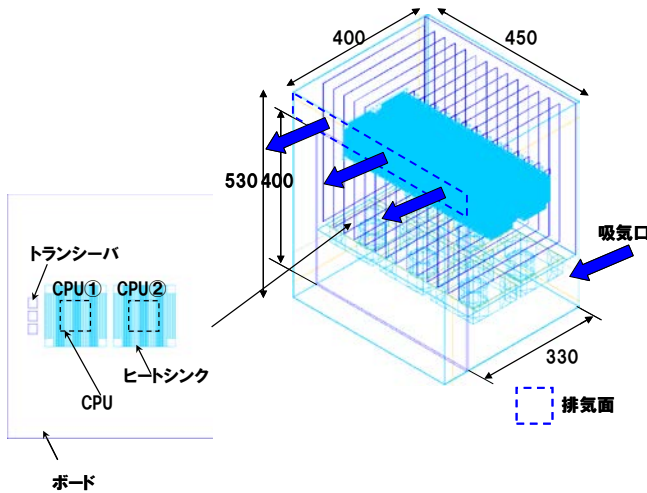


図 3.2.1-1 基本解析モデル

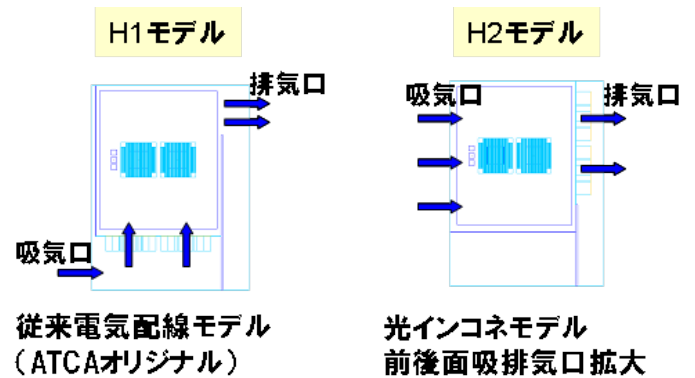


図 3.2.1-2 H1 モデルおよび H2 モデル

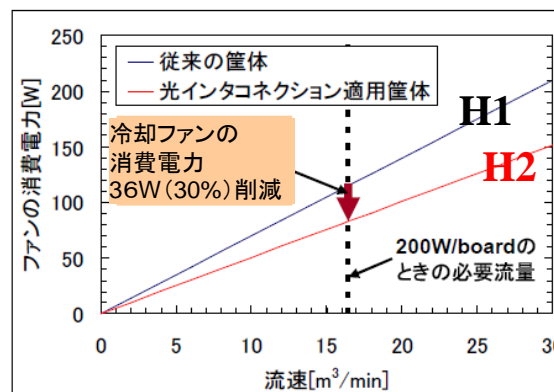


図 3.2.1-3 冷却ファンの消費電力比較

(ii) 筐体内高密度・大容量接続技術の開発

筐体内に設置されたボード間で 10Gbps の光接続を実現するには、対向するボード間を結ぶ光伝送路の損失を一定値以下 (本プロジェクトの目標は 10dB 以下) に抑えることが必要である。図 3.2.1-4 に示すようにボード間を結ぶ光伝送路での光損失は主に、ボード上光配線部、ボードと筐体の光接続部、ボードとトランシーバ (送受信器) の光接続部において生じる。そこで、本研究開発では、①ボード上高密度配線の検討、②ボードと筐体の接続技術の開発、③ボードとトランシーバの高効率結合技術の開発を重点開発項目とした。

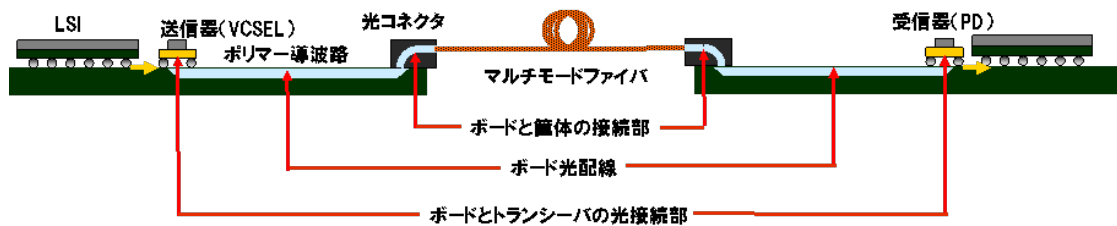


図 3.2.1-4 ボード間伝送における主な光損失発生部

①ボード上高密度配線の検討

損失の小さいポリマ導波路を用いるとともに、光入出力用の 45 度ミラーの設計を最適化した結果、45 度ミラー部を含むボード上光配線の光損失 2.2dB（送信側）、0.3dB（受信側）をシミュレーションで確認した。ポリマ導波路部の開発においては、エポキシ、ノルボルネンなどの材料および、コア／クラッド部の屈折率差の異なるポリマ導波路を複数試作評価した結果、エポキシ系材料が最適であるとの結論を得た。また、ミラー部の開発においては、ミラー部寸法／光路長の最適化、ミラー面の平滑化を行った。図 3.2.1-5、図 3.2.1-6 に試作したポリマ導波路基板およびその断面図を示す。

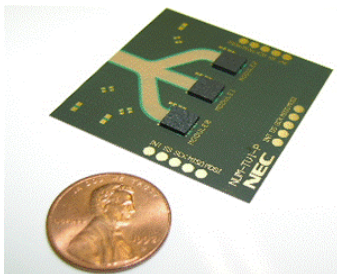


図 3.2.1-5 ポリマ導波路基板

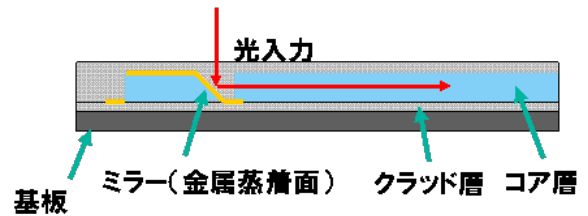


図 3.2.1-6 ポリマ導波路基板断面図

②ボードと筐体の接続技術の開発

材料や形状が異なるボード上光配線（ポリマ導波路：PWG）と筐体間配線（マルチモードファイバ：MMF）の結合において、結合部の設計を最適化した結果、結合部における光損失 2.5dB（送信側）、0.2dB（受信側）をシミュレーションで確認した。PWG の材料は樹脂、MMF の材料は石英であるため、それぞれの全反射角が異なる。このため、結合点では赤のハッチング部分の光損失が生じる（図 3.2.1-7）。これを踏まえ、PWG と MMF 結合部の最適設計を行い、低損失化を実現した。図 3.2.1-8 に PWG と MMF を結合するために試作したボードエッジコネクタの写真を示す。

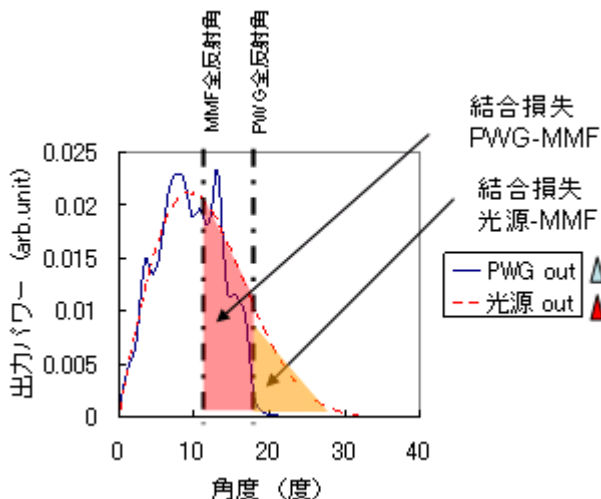


図 3.2.1-7 ポリマ導波路と MMF のモード分布図

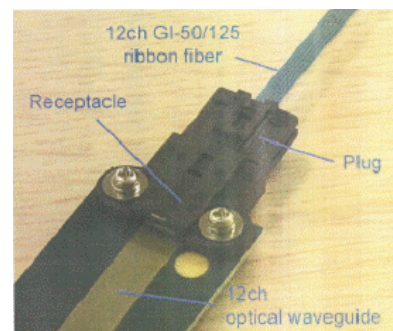


図 3.2.1-8 ボードエッジコネクタ

③ボードとトランシーバの高効率結合技術の開発

ボード上光配線とトランシーバ間を高効率に結合する方法に、部品点数が少なく簡易に高効率結合できる光スルーホール結合を採用し、最適設計した結果、ボード上光配線とトランシーバ間の光損失 0.03dB（送信側）、0.07dB（受信側）をシミュレーションで確認した。光スルーホールは、コア/クラッドから構成される縦型の導波路であり、ボード上ポリマ導波路とトランシーバ間を接続する（図 3.2.1-9、図 3.2.1-10）。他の実装構造である直接実装構造（出射面を極力近づけ空隙を少なくする）、グレーティングカップラ構造より、実装が容易であるとともに、レンズ結合構造（光の広がりを集光する）より部品点数が少なく、データセンタで要求される低コストを実現できる。

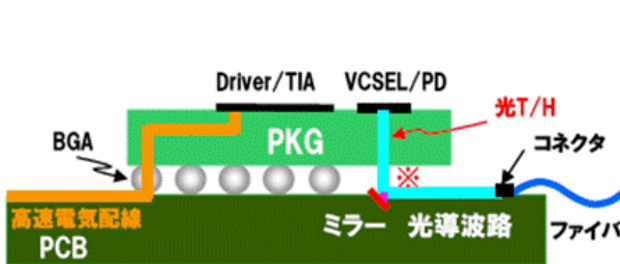


図 3.2.1-9 光スルーホール基板構成

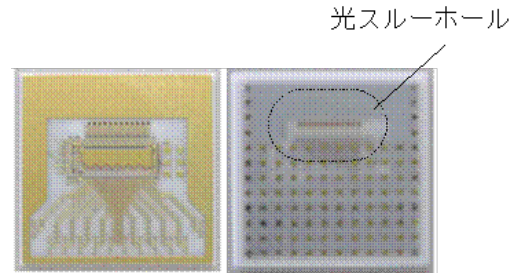
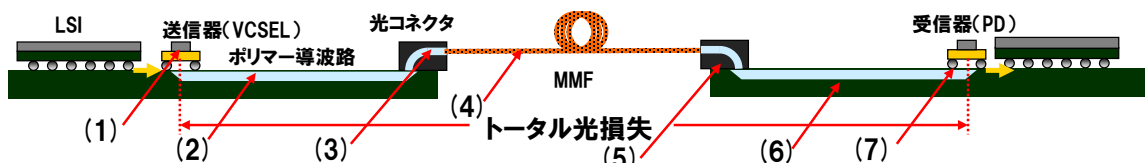


図 3.2.1-10 光スルーホール基板

上記①から③で設計した要素の試作を行い、トータル損失の評価を行った結果、損失 5.9dB を得た実測値は、設計で求めた総光損失 5.2dB と同等であり、設計の妥当性を裏付けた（なお、ボード間を接続する MMF 長さは 1m 程度であり、損失はおよびモード分散は無視しうるため 0 としている）。以上により、最終目標であるトータル損失 10dB 以下を実現した（図 3.2.1-11）。



(1)VCSEL-ボード間光損失	0.03dB
(2)送信側ボード上光配線での光損失	2.2dB
(3) 送信側ポリマ導波路-MMF接続部での光損失	2.5dB
(4) MMF光損失	0dB
(5) 受信側MMF-ポリマ導波路接続部での光損失	0.2dB
(6)受信側ボード上光配線での光損失	0.3dB
(7)ボード-PD間光損失	0.07dB
トータル光損失(シミュレーション値)	5.3dB
トータル光損失(実験値)	5.9dB

ほぼ設計値通りの
実測値を確認

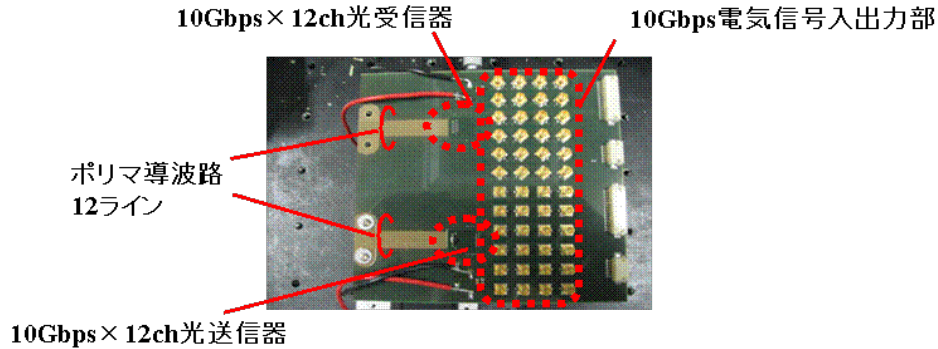
図 3.2.1-11 各部の光損失まとめ

(iii) 筐体内高密度・大容量接続を適用した筐体のプロトタイプ試作と消費電力低減効果の検証

上記 (ii) で検証した光配線を用いて 10Gbps 伝送試験を行った結果、10Gbps の伝送波形を確認し、目標を達成した。

試作したプロトタイプは、FR4 のボード表面に露光で形成したポリマ導波路（送信側、受信側それぞれ 12ch）上部に 10Gbps-12ch の光トランシーバ（光送信器および光受信器）を BGA

実装したものである（図 3.2.1-12）。また、図 3.2.1-13 にプロトタイプを用いて検証した 10Gbps 伝送波形を示す。なお、光送信波形と光受信波形でジッタが大きく観測されているが、その理由は、光送信器内の VCSEL と光スルーホール間の搭載位置ずれ、および光受信器内の PD と光スルーホールの搭載位置ずれが想定より大きく、この箇所でも過剰損失が発生しているためである。この搭載位置ずれは、搭載条件の最適化で改善できるため、今回発生したジッタは低減可能であると考えられる。



10Gbps x 12ch 光送信器
 図 3.2.1-12 光電気集積インターポーターのプロトタイプ写真

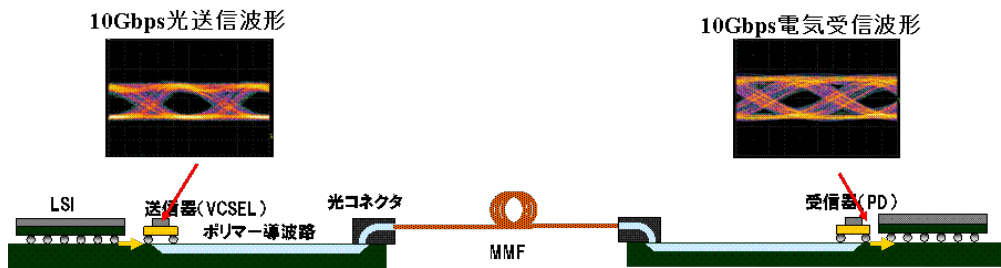


図 3.2.1-13 10Gbps 伝送波形

最終目標の達成度

光接続によって排気スペースを拡大し冷却効率を向上する筐体アーキテクチャーを提案するとともに、提案した筐体の冷却電力が従来筐体の冷却電力に比べて 30%削減できることを確認し、目標を達成した。また、光電気集積インターポーターおよび筐体内ボード間光接続技術を開発し、トータル損失 5.9dB を実証するとともに、プロトタイプを用いた伝送試験により 10Gbps 伝送を確認し、目標を達成した。

ベンチマーク

図 3.2.1-14 に国内外の研究開発の動向を示す。図中、横軸は年代、縦軸は筐体 1 台あたりの伝送および冷却に関わる消費電力を示している。なお、筐体は CPU12 スロット、スイッチ 2 スロット (Act+Standby) 構成とし、CPU スロットは 40Gbps、スイッチスロットは 480Gbps の入出力があり、トータルで 1 筐体あたり 1440Gbps の入出力があると仮定した。また、従来筐体の冷却ファン消費電力を 120W と仮定し、青字で従来筐体+電気伝送の場合の筐体 1 台あたりの伝送および冷却に関わる消費電力、赤字で従来筐体+光伝送の場合の消費電力を示した。従来の電気伝送では、CMOS プロセスの微細化による低電圧駆動が進み、2012 年現在、1Gbps 伝送当りの消費電力は約 15mW である。これに対し、光伝送においても、デバイスの集積化・高速化が進み、2012 年現在、1Gbps 伝送当りの消費電力が約 3.5mW まで削減できる研究成果が示されている。すなわち、ボード間信号伝送に関わる消費電力の 70%以上の削減効果が見込まれる。さらに、上記研究項目 (i) で示した光配線筐体モデルを用いることにより、サーバ冷却に係る消費電力を従来比 30%削減可能 (120W→84W) であることから、開発した技術はデータセンタの低消費電力化に大きく寄与する技術と考えられる。

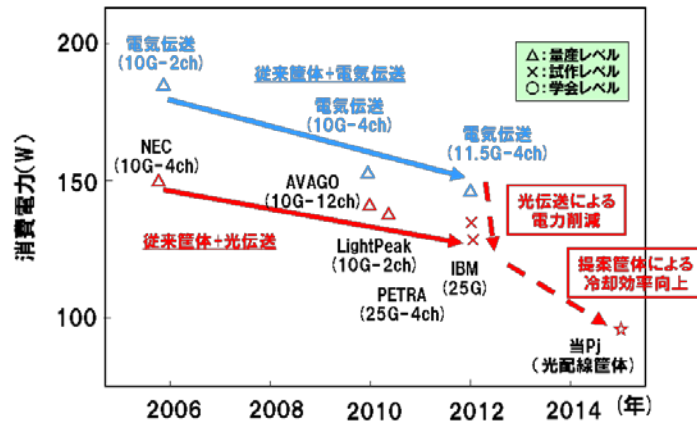


図 3.2.1-14 国内外の研究開発の動向

3.2.2 ストレージシステム向け省電力技術の開発

実施機関：富士通株式会社

目標

「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト」基本計画の目標である、データセンタの年間消費電力量の 30%以上削減を実現するために、本研究は、データセンタで利用されるストレージシステムの消費電力を 30%削減することを最終目標として、ストレージシステムのデータ量を削減する技術の開発を行う。この技術開発は同基本計画書の研究開発の具体的内容の内、(a)-(イ)「ストレージシステム向け省電力技術の開発」に対応する。

具体的には、データセンタのストレージプールを構成するストレージの中から同一のデータを発見して削除する冗長性除去技術を開発し、さらにデータ圧縮を施すことでストレージの使用量を削減する（図 3.2-1 参照）。

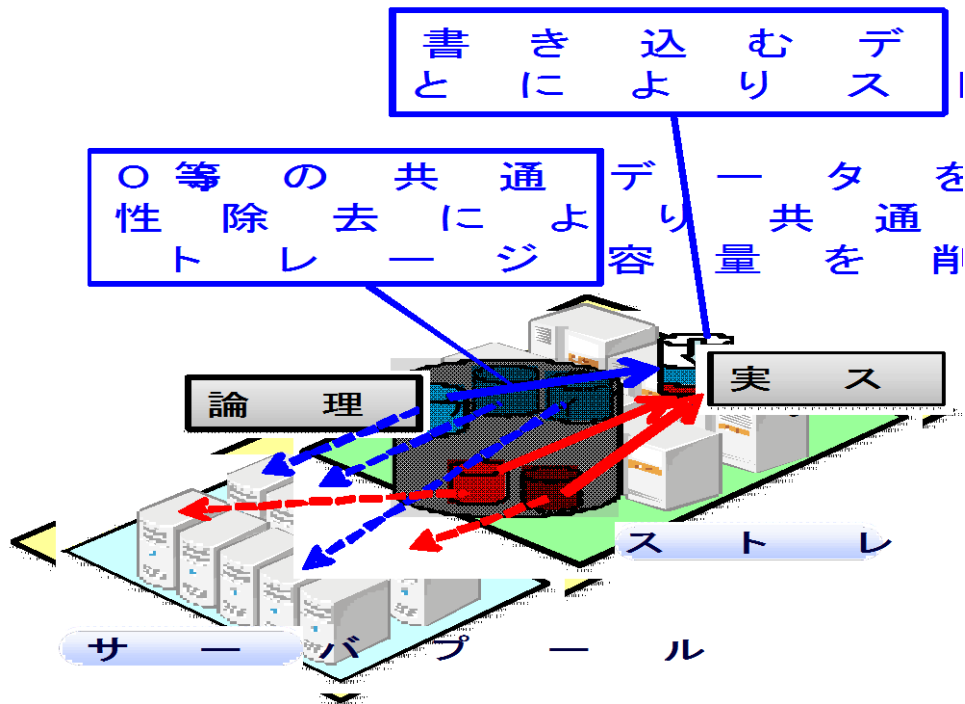


図 3.2-1 データ量削減の方針

これらの冗長性除去とデータ圧縮により可変長となるデータを高速で格納するために必要な、ディスクに対するランダムアクセスを逐次化する技術も開発する。また、冗長性除去の効果を検証するための評価手法の確立も実施する。最終的目標としてストレージシステムの消費電力を 30%削減することを目指す。

研究開発動向

研究開発動向を図 3.2-2 に示す。

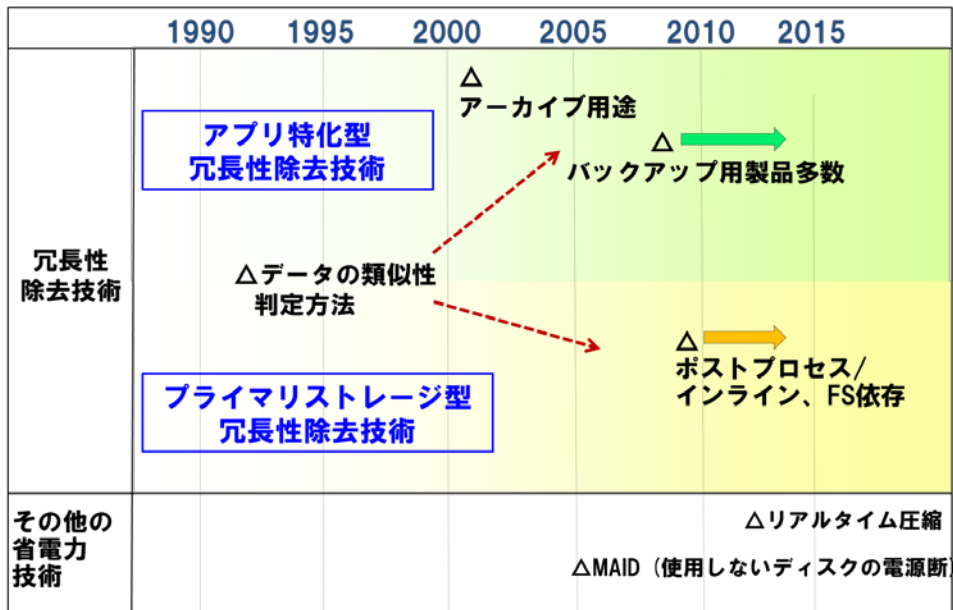


図 3.2-2 研究開発動向

2013年3月において、アーカイブやバックアップ用途の冗長性除去技術は実用化されているが、プライマリストレージへの適用はポストプロセスによるものや、特定ファイルシステムに依存するものなど限定的である。その他の省電力技術には、使用しないディスクの電源を切断するMAID技術、インラインでデータを圧縮するリアルタイム圧縮技術がある。MAID技術は再起動の遅延時間が大きいためプライマリストレージには適用されていない。リアルタイム圧縮技術が現在唯一適用されているプライマリストレージむけのデータ削減技術であるが、冗長性除去は圧縮に比べてさらにデータ量を削減することが可能である。以上のことよりプライマリストレージに適用できる汎用的かつ高速な冗長性除去技術が必要とされている。

開発成果の要約

開発技術の概要を図 3.2-3 に示す。

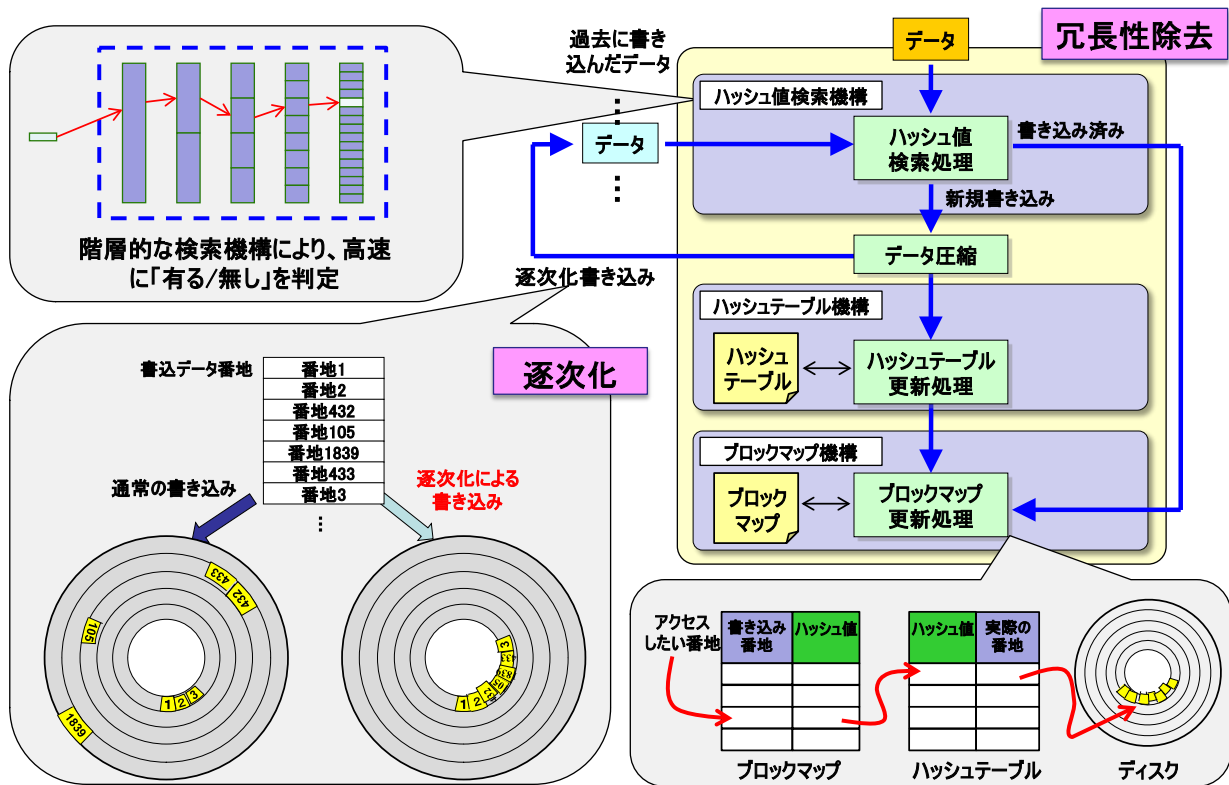


図 3.2-3 開発技術の概要

目標の達成度

それぞれの研究項目に対して、下記のような成果をあげた。

(1) 逐次化方式の開発

冗長性除去及び圧縮技術を用いたストレージシステムの開発に必要となる、ストレージの逐次化方式を開発した。逐次化方式は、書き込みアクセスを逐次的に書き込むとともにアドレスの対応表を記録しておき、読み込みアクセス時にはアドレスの対応表を使って書き込んだデータのアドレスを求めてデータを読み込む方式である。

冗長性除去方式を逐次化方式に組み込む際には、アドレスの対応表を 2 つ用意し、1 つ目のテーブルでアドレスからハッシュ値を求め、2 つ目のテーブルでハッシュ値からアクセス先のアドレスを求める。

(2) 冗長性除去方式の開発

冗長性除去は、以前に記録したことがあるデータと同じデータは二度記録しないことにより、ストレージの使用量を減らす技術である。一般にバックアップ用のストレージは、毎日フルバックアップをとるならば、データの配列は前日とほぼ同じであることが予想される。したがって、バックアップ向けの冗長性除去システムではデータの配列が同等であることに依存した最適化が行われる。つまり探索する過去のデータの範囲を制限することによる処理速度の向上がそれである。ファイルサーバなどに使用するプライマリストレージでは、ストレージへのアクセスはブロック単位に、ランダムに行なわれるものと想定しなければならない。このため、バックアップの場合とはまったく異なる方法をとる必要がある。

冗長性除去方式は、過去に保存したデータのハッシュ値とデータのアドレスの対応をハッシュテーブルの上に記録し、ハッシュ値を用いてデータが新規かどうかを判定するものである。プライマリストレージへの適用を目指すため、ブルームフィルタというデータ構造を多段に活用する方式を新たに開発した。この方式はデータベース等で用いられる B-tree よりもメタデータの大きさが 1/10 ですむため冗長性除去サーバのメモリサイズを小さくすることが可能である。またメモリ上での高速な検索が可能である。

(3) 評価解析手法の確立

本研究の成果物がデータセンタにおける実際のディスクアクセスに対して実用的な性能を発揮し、

実際のデータに対して目標の圧縮率を達成できることを確認する必要がある。通常のアクセス性能を測定するベンチマークテストにおいては、データ自体による差は生じないため、例えばすべて 0 などの同一のデータを用いることが一般的である。しかし本研究においてはデータの削減率に応じた性能を測定する必要があるため、データの冗長度を指定して負荷を生成することができるベンチマークプログラムを開発した。また実際のデータセンタに本開発技術を適用したデータ削減効果を、事前に稼働中のシステムへのサンプリングにより評価する手法を確立した。

性能評価に使用したシステム構成を図 3.2-4 に示す。

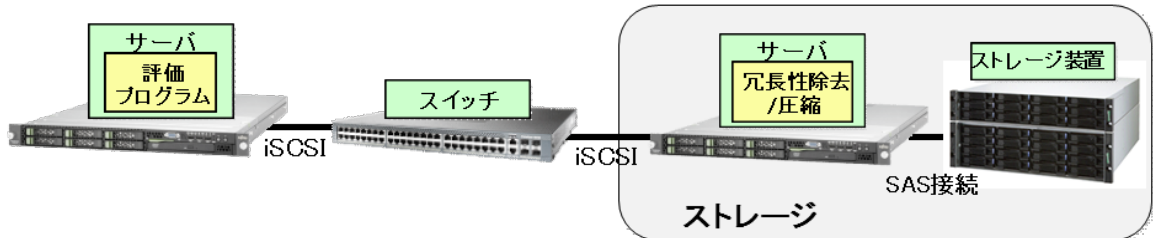


図 3.2-4 評価システムの構成

図中、右側のストレージは、サーバとそれに SAS 接続されたストレージ装置で構成され、サーバ上で冗長性除去/圧縮プログラムを動作させることにより、iSCSI のストレージ装置として動作する。本ストレージに対して、スイッチで接続された左側のサーバの評価プログラムでアクセスパターンを生成し、スループット性能を測定した。図 3.2-5 に測定結果を示す。

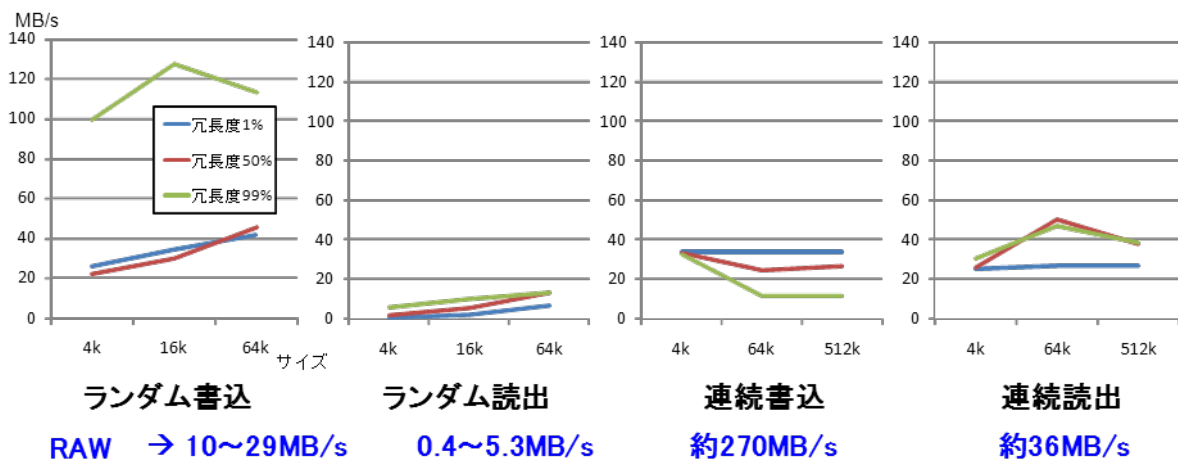


図 3.2-5 スループット性能の評価結果

本方式では、ランダムアクセスを逐次化するため、ランダムアクセスは元のストレージ装置 (RAW) に比べ高速になっている。一方連続アクセスはランダムアクセス化する可能性があるため、ストレージ装置と同等以下となっている。データセンタのストレージ基盤として本ストレージシステムを捉えた場合、複数のユーザのアクセスが同時に発生するため、連続アクセスとなる可能性は低く、殆どがランダムアクセスになると考えられる。したがって、本ストレージを導入することにより多くの場合は性能が向上すると考えられる。

次にデータ削減率を評価した結果を表 3.2-1 に示す。表はクラウド、データ共有そして開発業務サーバシステムの三通りのケースでデータの削減量をサンプリングにより推定している。いずれのケースでもデータ削減率約 50%以上を達成していることが確認された。

表 3.2-1 データ削減効果の評価結果

	クラウド	データ共有	開発業務サーバ
データ削減率	57%	49%	74%

電力削減効果

図 3.2-6 は本技術を実際のストレージシステムに適用した際の電力削減効果を表したものである。

物理容量：10TB X 7 = 70TB

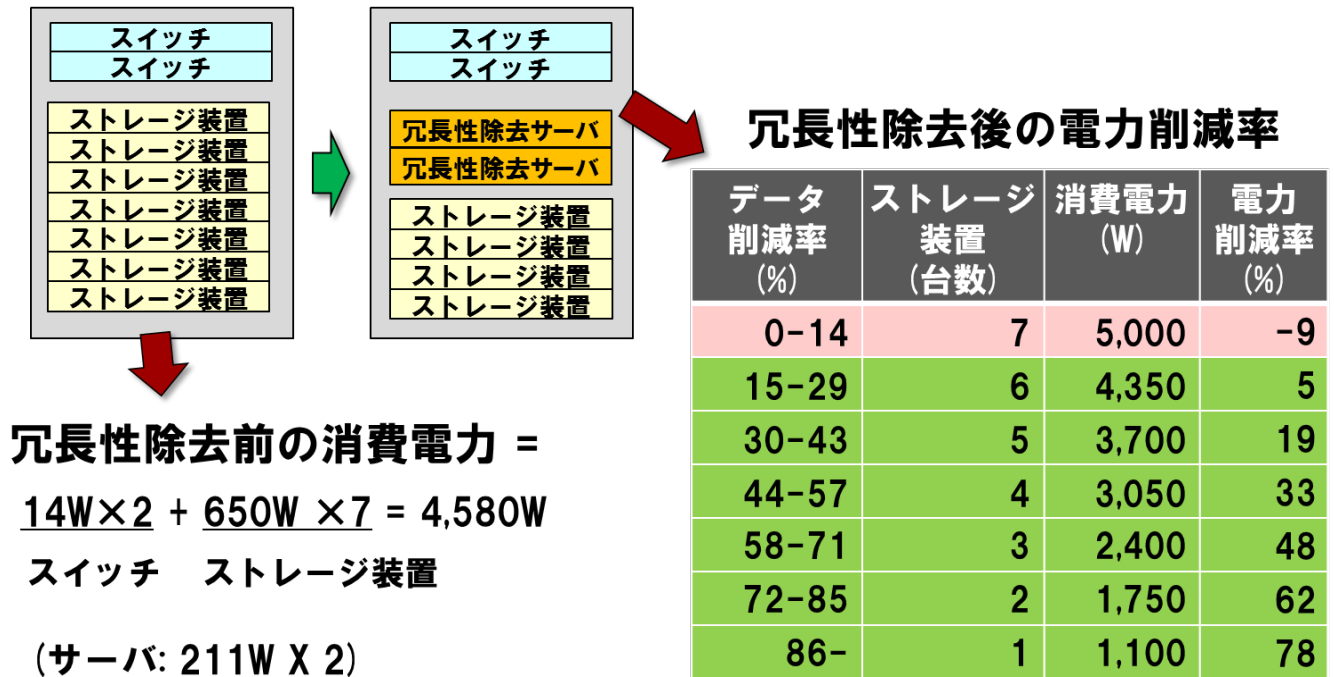


図 3.2-6 電力削減率を算出するシステムの構成

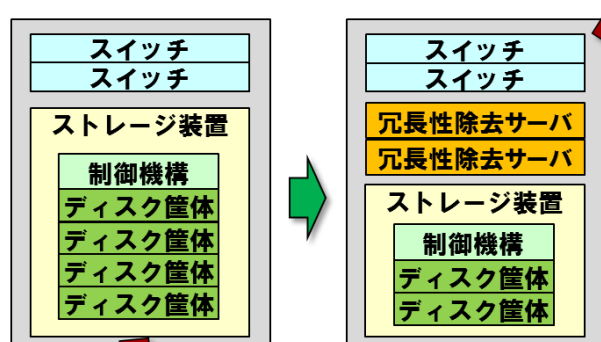
図 3.2-6 の構成は低消費電力のストレージコントローラと HDD をモジュール化したストレージ装置を並べたものである。ストレージ装置の物理容量は 10TB で試作システムでは 7 台まで、全体で 70TB まで接続可能である。可用性を担保するためスイッチと冗長性除去サーバは 2 重化している。

図中の消費電力は、実験に使用した機器の電力を測定したものであり、スイッチ、サーバ、ストレージ装置はそれぞれ、14W、211W、650W である。この場合、本技術を適用前の総消費電力は、 $14 \times 2 + 650 \times 7 = 4,580W$

となる。一方、本技術を適用した場合サーバ 2 台分の消費電力(422W)が増加するため、電力削減効果は削減したストレージ装置の消費電力から、このサーバによる増加分を差し引かなければならない。図中の表にデータ削減率と電力削減率の関係を示す。

図 3.2-7 は図 3.2-6 とは別の構成による電力削減効果を表したものである

物理容量：6TB X 40 = 240TB



冗長性除去後の電力削減率

データ削減率 (%)	ディスク筐体 (台数)	消費電力 (W)	電力削減率 (%)
0.0-2.5	40	13,680	-3.0
2.5-5.0	39	13,360	-1.0
...
47.5-50.0	21	7,680	42.0
...
55.0-57.5	18	6,730	49.0
...
72.5-75.0	11	4,520	66.0
...
97.5-	1	1,360	90.0

冗長性除去前の消費電力 =

$$\begin{aligned}
 & 14W \times 2 + 590W \times 1 \\
 & \text{スイッチ} \quad \text{ストレージ制御機構} \\
 & + 316W \times 40 = 13,260W \\
 & \quad \quad \quad \text{ディスク筐体} \\
 & (\text{サーバ: } 211W \times 2)
 \end{aligned}$$

図 3.2-7 電力削減率を算出する別のシステムの構成

図 3.2-7 の構成はストレージ制御機構とディスク筐体から構成されるスケールアップ型のストレージ装置である。ディスク筐体の物理容量は 6TB、このシステムではディスク筐体を 40 台まで、全体で 240TB まで接続可能である。可用性を担保するためスイッチと冗長性除去サーバは 2 重化している。

図中の消費電力は、実験に使用した機器の電力を測定したものであり、スイッチ、サーバ、ストレージ制御機構、ディスク筐体はそれぞれ、14W、211W、590W、316W である。この場合、本技術を適用前の総消費電力は、

$$14 \times 2 + 590 \times 1 + 316 \times 40 = 13,260W$$

となる。一方、本技術を適用した場合サーバ 2 台分の消費電力(422W)が増加するため、電力削減効果は削減したディスク筐体の消費電力から、このサーバによる増加分を差し引かなければならない。図中の表にデータ削減率と電力削減率の関係を示す。

表 3.2-2 は、表 3.2-1 のクラウド、データ共有、開発業務サーバシステムのデータ削減率から省電力効果を算出している。

表 3.2-2 電力削減率の評価結果

	クラウド	データ共有	開発業務サーバ
構成 1	33%	33%	62%
構成 2	49%	42%	66%

構成 1 は図 3.2-6、構成 2 は図 3.2-7 の構成である。いずれのケースでも最終目標である消費電力 30%削減を達成していることが確認された。

成果の意義

省電力への社会的な要求は、国の内外を問わず高まってきている。開発した冗長性除去技術は専用ハードウェアを必要とせずデータセンタなどの汎用的なストレージシステムへの導入が容易で

あり、従来難しいとされてきたストレージシステムの容量を自動的に削減するので、コスト削減と消費電力の削減に広く貢献できるものである。また本技術によればストレージの機器のコストも、削減容量に比例する形で削減することができるため、本技術を導入するインセンティブになる。

本技術の社会への波及効果は、以下のように試算される。2012年度の国内のデータセンタの年間消費電力量は90億kWh(*1)と推測されている。この内ストレージの消費電力は8.5%(*2)であるので、本技術を適用しストレージの消費電力が30%削減できるとすると、年間で約2億3千万kWhの電力量を削減することができる。これは一般家庭約4万8千世帯分の年間消費電力量に相当する。

参考文献

[1] 株式会社ミック経済研究所, データセンタ市場と消費電力・省エネ対策の実態調査[2013年度版]

[2] Koomey, Jonathan., GROWTH IN DATA CENTER ELECTRICITY USE 2005 TO 2010, Stanford Univ., Aug. 2011

3.2.3 クラウド・コンピューティング技術の開発

実施機関：日本電気株式会社
独立行政法人産業技術総合研究所
株式会社 IJ イノベーションインスティテュート

(目標)

本研究開発では、ますます強まるデータセンタの低消費電力化への要請に対応していくため、エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術の確立を目指す。具体的には、サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発、特に、クラウド・コンピューティング技術の研究開発を行う。

データセンタの年間消費電力量に対しては、IT 機器が消費する電力と電源や空調などの非 IT 機器が消費する電力がある。非 IT 機器は、大まかには IT 機器が消費する電力に比例して電力を消費すると考えられるため、本研究開発では IT 機器、すなわち、データセンタ・サーバシステムトータルによる年間消費電力量を 30%以上削減可能とする技術の確立を目的とする。

(開発成果の要約)

本研究開発では、クラウド・コンピューティングシステムへの適用を想定した 5 つの観点からなるサブテーマと、IT システムおよびデータセンタでの消費電力削減効果を検証する全体統合から構成される。

(1) ファイル種別重複排除技術 (統合情報空間管理)

システムにおけるデータの管理・蓄積の効率化を目的として、データの格納容量を削減する重複排除技術の研究開発を行った。データの構造解析に基づく、重複判定単位の決定手法を導入することにより、従来型の重複排除手法に比べて、データ格納容量を最大で 1/2 に削減、重複排除のない場合に比べて、データ格納容量を最大で 1/5 に削減できることを実証した。また、本重複排除技術を導入した階層型ストレージシステム (プライマリストレージ+アーカイブ向けセカンダリストレージ/重複排除技術はアーカイブストレージのみ導入) を用い、データの R/W を実行する連続ワークロードによる運用評価を行った。この結果、ストレージシステム全体で約 30% (重複排除なしのケースとの比較) ~10% (従来型のブロック単位での重複判定手法のケースとの比較) の消費電力の低減を確認した。

(2) 大規模データ処理技術 (データアフィニティ処理)

大量データ処理の効率化を目的として、ストレージデバイスとして半導体デバイスを採用した MapReduce に基づく新たなデータ処理基盤の研究開発を行った。MapReduce 機構として広く使われている Hadoop の課題を明らかにし、複数の処理タスクの割り当て、データの処理プロセス、データの配置移動等の効率化を実施し、Prefix Scan において 4-10 倍、K-Means おいてほぼ変わらず、PEGASUS によるグラフ処理において 1.5-2.1 倍となるなど、複数のアプリケーションにおいて Hadoop に比べて処理時間短縮が実現できることを実証した。特に処理時間の短縮が実現できるものに関して、実機による検証を行い、処理時間の短縮×処理実行時の消費電力量を比較したところ、最大で 60%の消費電力の低減ができることを確認した。

(3) 分散データストアノード停止技術 (データセントリック分散システム制御)

分散システムにおける大量データの処理や格納の効率化を目的としたデータ処理、および格納基盤を研究開発し、本基盤を用いた制御による消費電力低減効果の検証を行った。システムへの負荷状況に応じて、分散システムを構成するノード数を変更し、不要なノードの稼働を停止する稼働台数制御技術を研究開発した。本技術を適用した分散データストアプラットフォームに対して、クラウドストレージ向けのベンチマーク (YCSB) を実行して実機評価を行ったところ、ノード停止による縮退運転をおこなったとしても、I/O アクセス性能の劣化を抑え、約 30%の消費電力を低減できることを実証した。

(4) デバイス共有技術 (ネットワーク統合制御)

サーバのペリフェラルデバイスの接続に用いられる PCI-Express バスをネットワーク化する ExpEther 技術を用いて、複数サーバからネットワーク越しにデバイスの共有することによるデバイス

利用の効率化、およびデバイス間でのデータ転送の効率化を実現する技術の研究開発を行った。これにより接続デバイス数の削減による、消費電力の低減が可能である。また、ExpEther による拡張機能として、デバイス共有環境におけるデータ転送のオフロード機能を実現し、本機能によりデバイス間でのデータ転送分にかかる CPU 負荷を約 60%低減できることを実証した。また、本機能により転送時間の短縮を行うことが可能であり、転送時間も考慮した転送タスクあたりの消費電力を検証したところ共有デバイス環境では、非共有デバイス環境に比べて約 90%消費電力を低減できることを実証した。

(5) 高速分散キャッシュ技術 (分散キャッシュシステム)

データセンタ・サーバシステムにおける WEB システムに着目し、重複するリクエスト処理を削減する分散キャッシュシステムの研究開発を行った。本キャッシュシステムは、サービスの負荷に応じて拡張が可能である。実証では、従来型の WEB サーバとの性能比較を行い、提案するキャッシュシステム 1 台で、WEB サーバの約 5 倍の処理を賄うことが可能であることを検証した。この検証結果に基づき、本キャッシュシステムを WEB サーバの前段に配置することにより、WEB サーバ台数を 1/5 に削減することが可能となり、システムにおけるサーバ稼働台数を削減することが期待できる。

(6) 全体統合評価

本プロジェクトにおける他のテーマ (高圧直流電源制御技術、液体冷却技術など)、および (3) 分散データストアのノード停止技術を組み込んだ次世代グリーンモジュールデータセンタを構築し、同等の処理性能を持つ従来型モジュールデータセンタとの比較評価に基づく、省エネ性の検証を実施した。本検証結果では、電源や冷却機構といったデータセンタ設備による消費電力低減効果が 16%、(3) のノード停止技術による IT 機器分の消費電力低減効果が 16%であることが判明し、システム全体として 30%以上の消費電力低減が可能であることを実証した。なお、IT 機器部分のみ場合においては、ノード停止技術により、36%の消費電力の低減が可能である。

3.2.4 冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発

実施機関：株式会社SOHK i

共同研究先：独立行政法人産業技術総合研究所

九州大学

宇都宮大学

3.2.4.1 目標

本研究開発では、データセンターにおける従来の空冷方式(図 3.2.4-1 (a),(c))に替わり図 3.2.4-1 (b),(d)で示すように、冷却ネットワーク方式としてサーバラックに設けた冷却用ソケットにフレキシブル構造の熱移動ケーブルをプラグイン接続し、熱移動ケーブルを介して供給される冷却媒体によって、サーバに内蔵されたデバイス、具体的にはCPUを直接あるいは間接液冷すると共に、ネットワーク化した冷却系によって集約された廃熱を集中管理することにより、室内環境への廃熱の放出の大幅削減、サーバールーム、データセンターの消費電力の大幅削減を可能とする先進冷却システムを開発する。

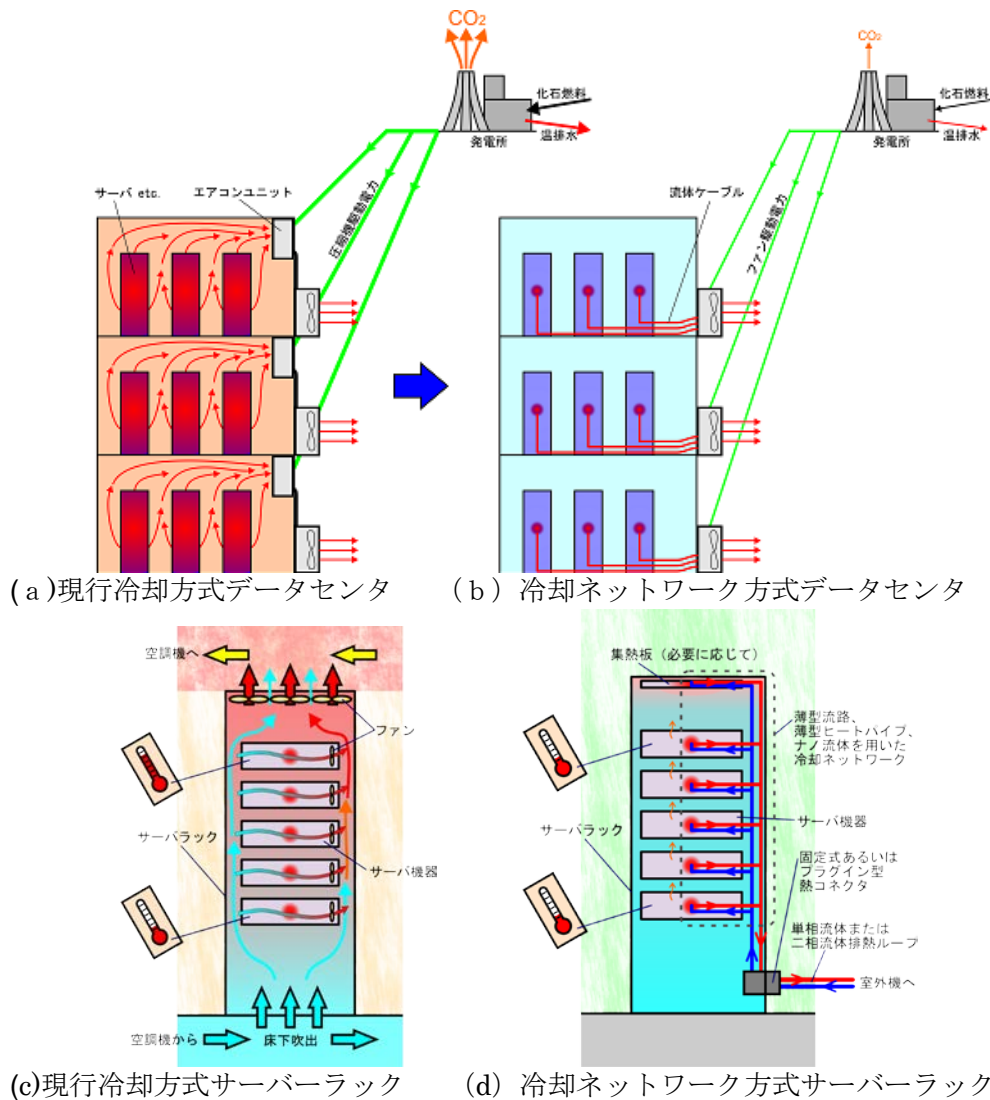


図 3.2.4-1 サーバの冷却方式の比較

本研究の目標値はデータセンターおよびサーバにおける空調・冷却効率を改善し高効率冷却システム技術に必要な要素技術を開発し冷却ネットワークのシステムとして 50%以上の空調電力の省エネルギーを目標値として実用性を含めて検証することである。

尚、グリーン IT のプロジェクト全体としての基本計画は、データセンター・サーバシステムトータルとしてデータセンターの年間消費電力を 30%以上削減可能が目標値であり実施計画は上述の目標値として設定した。

3.2.4.2 開発成果の要約

本プロジェクトでは上記目標を達成すべく、以下の5つの課題（図3.2.4-2 研究開発の5項目（①～⑤））について、産業技術総合研究所、九州大学、宇都宮大学、（株）SOHkiの合計4機関が分担して研究開発を実施した。

①直接液冷技術に関する研究開発

ア 単相流（SOHki）

イ 沸騰2相流（九州大学）

②高性能薄型ヒートパイプスプレダ技術に関する研究開発（産総研）

③ナノ流体による伝熱促進技術に関する研究開発（宇都宮大学）

④プラグイン式冷却ネットワーク技術に関する研究開発（SOHki・九州大学）

⑤冷却ネットワークの実証に関する研究開発（SOHki）

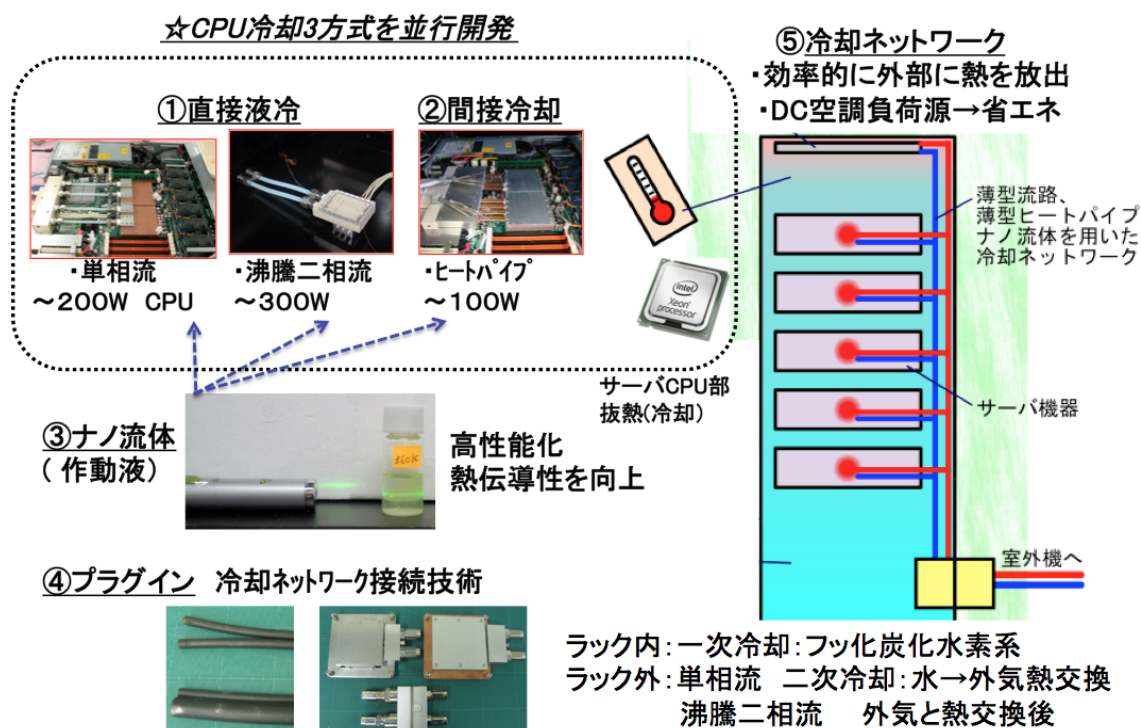


図 3.2.4-2 研究開発の5項目（①～⑤）

① 直接液冷技術としての単相流及び沸騰二相流開発は主たる発熱体としてのCPUからの抜熱、冷却を目的とし、研究開発を行い、単相流及び沸騰二相流ともに冷却媒体としては絶縁液体としてのフッ素炭化水素系を活用し、沸騰二相流は単相流よりも沸点の低い液体での検討を行うこととした。単相流としてはCPUの温度を20～50℃レベルで低い温度領域で制御することが可能であり、沸騰二相流の冷却ではCPU温度領域は高く成るが平方cm辺り300W以上という様な熱密度の高い領域での活用が適す事が判明した。

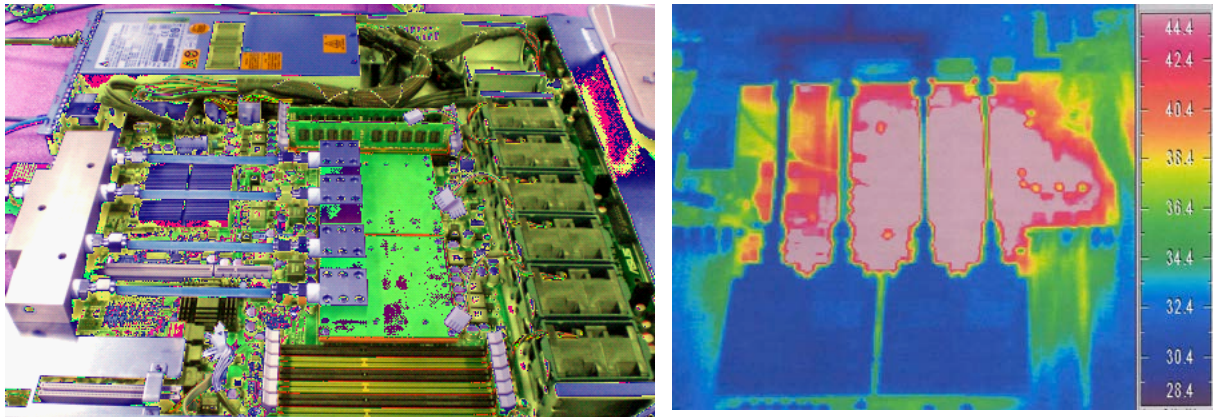
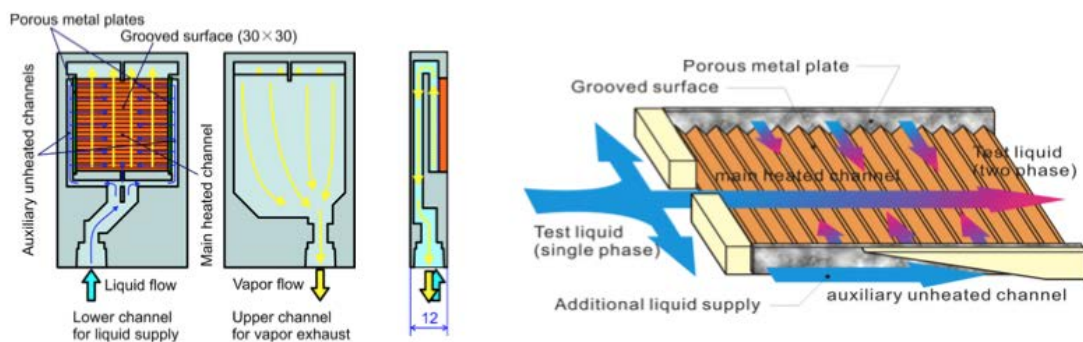
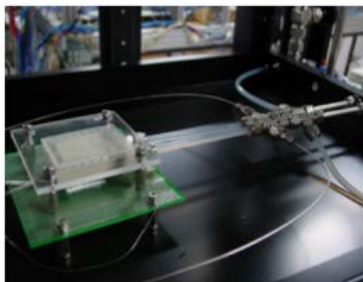


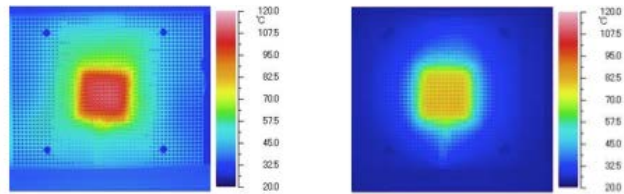
図3.2.4.-3 単相流・実機による評価（左：設置状態、右：サーモグラフ）



沸騰・二相冷却用薄型冷却ジャケットの構造と原理



模擬サーバー冷却実験



空冷(231 W)

沸騰2相流(278 W)

基板上模擬CPUの冷却実験結果(冷却効果有)

図3.2.4.-4 沸騰2相流・模擬サーバーによる冷却効果評価

- ② 間接冷却技術のヒートパイプ（ヒートスプレダ）研究開発は薄型ヒートパイプとしプレートタイプとして銅板を積層する構造開発を行い更に長尺化により冷却液体をサーバー内に全く持ち込まないという冷却方式の開発を行い、ヒートパイプとしても高い熱輸送能力を示した。冷却末端もフッ素炭化水素系の冷却媒体を用い、長時間に亘る冷却が可能である事を示した。

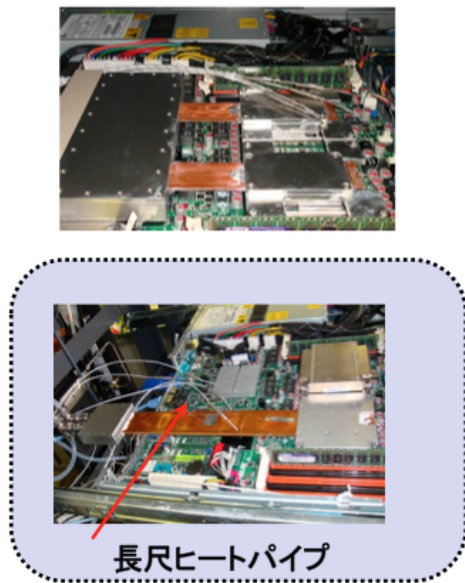
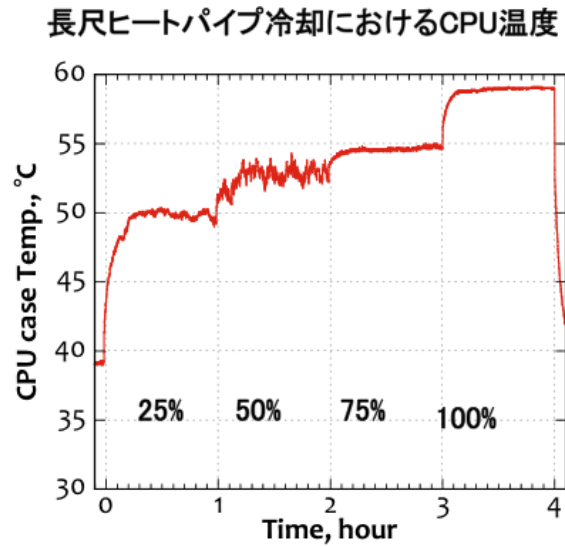


図3. 2. 4. -5 プレート型・長尺ヒートパイプによる実機サーバー冷却



- ③ ナノ流体技術の研究開発は、金属系ナノ粒子の製作技術の開発と冷却媒体への適用、及びナノ水滴の冷却媒体への分散及び適用という事を実施し、金属系ナノ粒子に於いては薄型ヒートパイプへの適用で熱輸送能力が増加すること、ナノ水滴の冷却媒体の単相流での評価では冷却能力の改善が認められた。

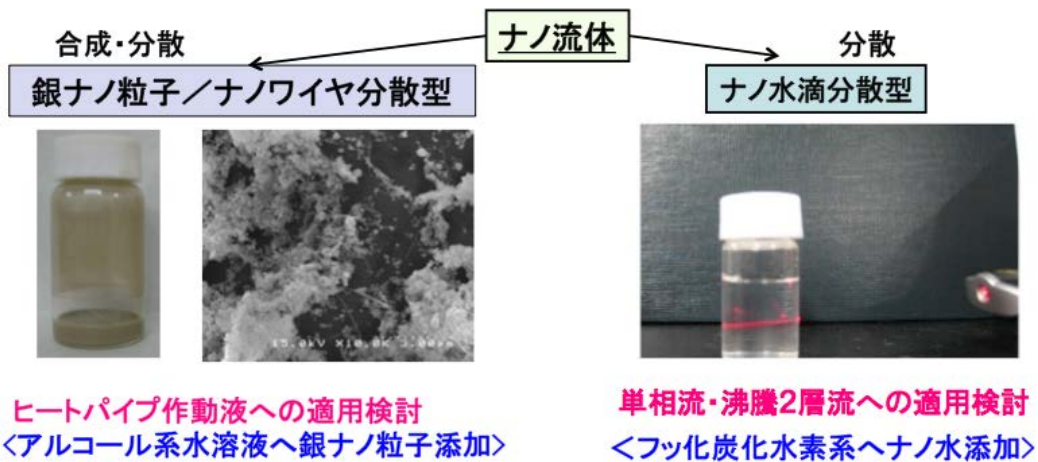


図3. 2. 4. -6 ナノ流体としての金属系ナノ粒子及びナノ水滴分散型について

- ④ プラグイン技術の研究開発は冷却ネットワークを構築するための配管チューブとその接続、CPUなどの発熱体への冷却ジャケットの着脱の検討を行い、単相流での評価を行い、長時間及び繰り返しのプラグインの実用性を視野とした評価を行った。

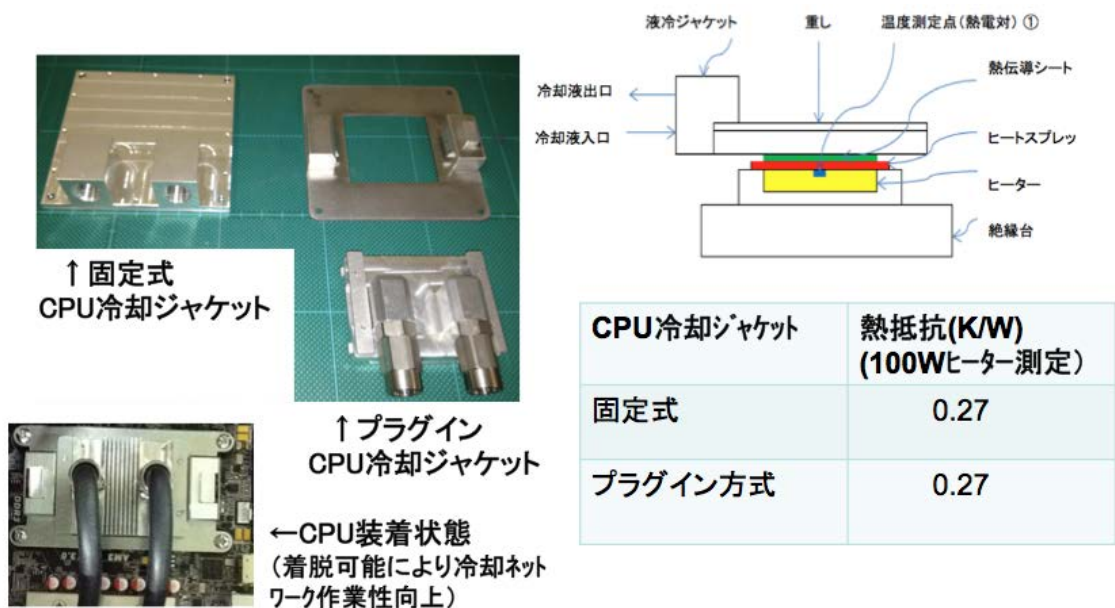


図3.2.4.-7 プラグイン方式CPU冷却ジャケットの評価

⑤冷却ネットワークの実証では、建物内に図3.2.4.-8に示すような実験評価用のブース型データセンタを構築し、冷却の要素技術とし a. 直接液冷技術として单相流を用いて冷却ネットワークを構築しこの運転にかかる消費電力を測定し、消費電力の削減効果を評価した。本テーマによって削減可能なデータセンタの消費電力は、サーバ内のファンの消費電力と、データセンタ（サーバールーム）の空調設備の消費電力である。ただし、冷媒となる液体を循環させるためのポンプや、冷却塔やチラーなど、冷媒から熱を除去するために必要となる設備にかかる消費電力は追加となる。

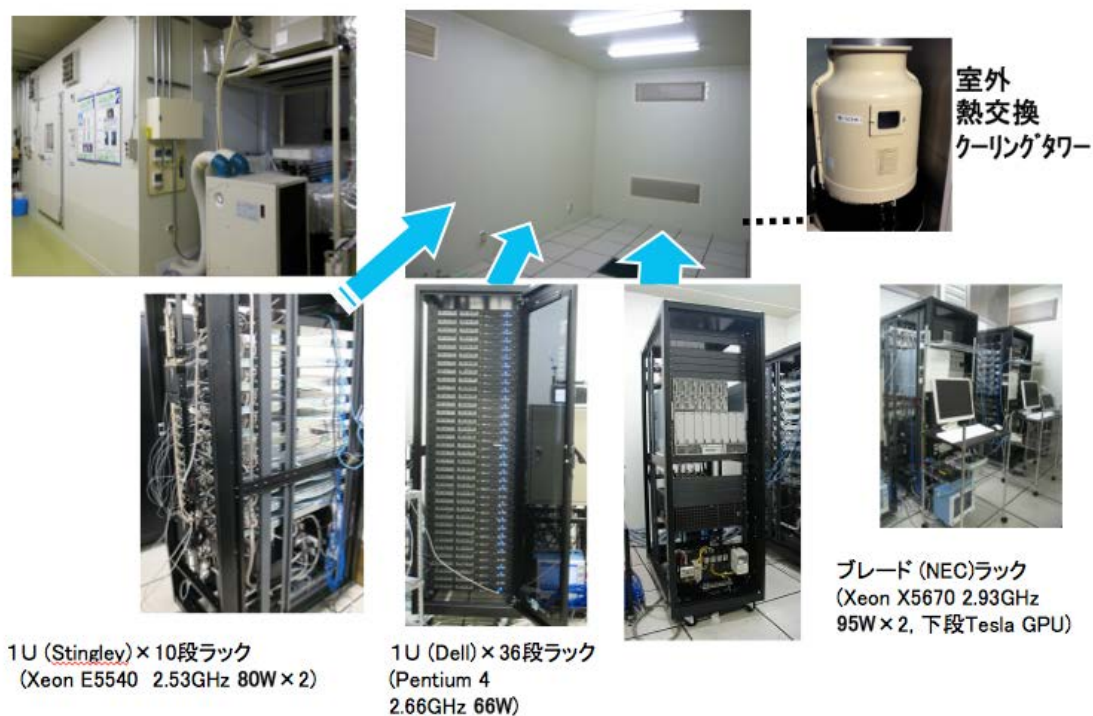


図3.2.4.-8 冷却ネットワーク：実験評価用ブース型データセンタ

従来の空調機の場合、10kW相当のIT機器を運用するために、従来の空調機で約3.5kWの電力を消費した。これに対し、液冷を施したサーバの場合、ポンプおよびクーリングタワーで約1.5kWの電力を

消費した。空調にかかる電力の約58%を削減したことを示し、当初の目標値で有る空調消費電力の50%削減を達成した。(基本計画を受けた実施計画の目標値を達成した。)

この成果は、産業総合技術研究所に設置された、モジュラー型データセンタにより、更に研究開発が行われ、本件を活用した省エネルギー効果について検証されている。

3.2.5 集熱沸騰冷却システムの開発

実施機関：日本電気株式会社

(目標)

基本計画に記載されている「データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30%以上削減可能な高効率冷却システム技術を開発し、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。」という目標に対し、IT 機器内を高効率に冷却する相変化冷却技術を開発し、データセンタ内で数多く使用されている 1U サーバに搭載可能とする低背かつ低コストモジュール化技術を確立し、データセンタ内の冷却電力削減効果の検証と、冷却モジュールの信頼性を検証する目標を設定した。

具体的には、基本計画に記載されている「データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立するため、高効率冷却システム技術（高効率冷却・集熱・伝熱・放熱技術等）の要素技術を開発する。」ため、下記の4つの要素技術の研究開発を実施した。

データセンタの消費されている電力の約 1/2 は、IT 機器の冷却と、その IT 機器の排熱を冷却するための空調設備が消費している。これは、データセンタ内にホットスポットと呼ばれる局所的に高温となる領域が発生してしまうため、空調機は IT 機器に必要な風量以上に送風、あるいは吸気温度を下げて運用しているからである。本研究開発においては、このホットスポットの発生要因の一つが、高風量で冷却している IT 機器にあることに着目し、IT 機器を低風量冷却する技術の研究開発により、既存のデータセンタにおいても、従来のファシリティ側の施策と同じ 20%以上の冷却電力の削減、ファシリティ側の施策と併せることで 40%以上の冷却電力が削減できることを検証した。なお、2012 年度の国内データセンタの平均 PUE は 1.87 であるが、本研究開発では、先進的なデータセンタであるモジュラー型データセンタの PUE の 1.46 を基準として冷却電力削減効果を検証した。

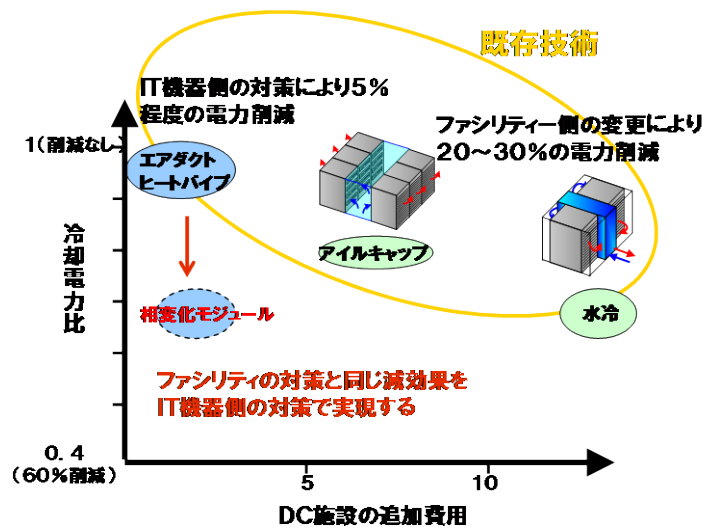


図 3.2.5-1 ベンチマーク

開発目標と達成度

本研究開発では、IT 機器を低風量で冷却する手段として相変化冷却技術を選択し、次の 4 つの要素技術に対し、それぞれ研究開発目標を設定した。

①相変化冷却性能向上

目標：CPU 動作温度を基準とし、従来の空冷ヒートシンクと比較して 65%以上のファン電力を削減する。

達成度：1U サーバの高さで冷媒が循環できる低背の相変化冷却技術を開発し、ファン電力を 70%削減できることを検証した。

②柔軟接続開発

目標：柔軟金属配管とその接続技術を開発し、冷却モジュールが 5 年間の性能悪化なきことを

加速試験で実証する。

達成度：熱処理により柔軟性を確保した金属配管とその接続技術を研究開発し、高温加速試験等により 5 年間の性能悪化なきことを検証した。

③接触伝熱構造開発

目標：サーバ内冷却モジュールと局所空調の水冷配管を接続する伝熱シートを開発し、伝熱シートが 5 年間に性能悪化なきことを加速試験で実証する。

達成度：高熱伝導グラファイトシートを開発し、ファン電力を 80%削減しても CPU の温度悪化がないことを実証し、温度サイクル試験等により 5 年間の性能悪化なきことを検証した。

④システム省エネ実証

目標：IT 機器に相変化冷却を組み込んだ状態で冷却性能を実証し、データセンタ全体の冷却電力が 20%以上削減可能であることを検証する。

達成度：相変化冷却モジュールにより低風量で冷却したサーバを組み込み、既存のデータセンタ（空冷 DC）で 27%、局所空調との併用で 46%の冷却電力削減効果を検証した。

(開発成果の要約)

①相変化冷却性能向上

薄型の 1U サーバにおいても、新たに駆動源を追加することなく CPU を冷却する冷媒を自然に循環させる、高性能な冷媒循環流路技術の研究を実施した。さらに CPU 以外のメモリやチップセットなどの部品も同時に冷却できるエアフローを実現するエアダクト構造の研究も行うことで、従来 30W 使用していたファン電力を 9W に削減、冷却に必要なファン風量を 36%削減できることを検証した。

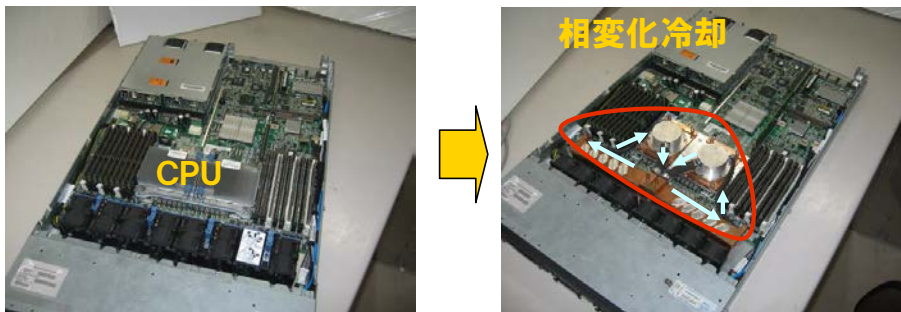


図 3.2.5-2 1U サーバの相変化冷却システムの実装

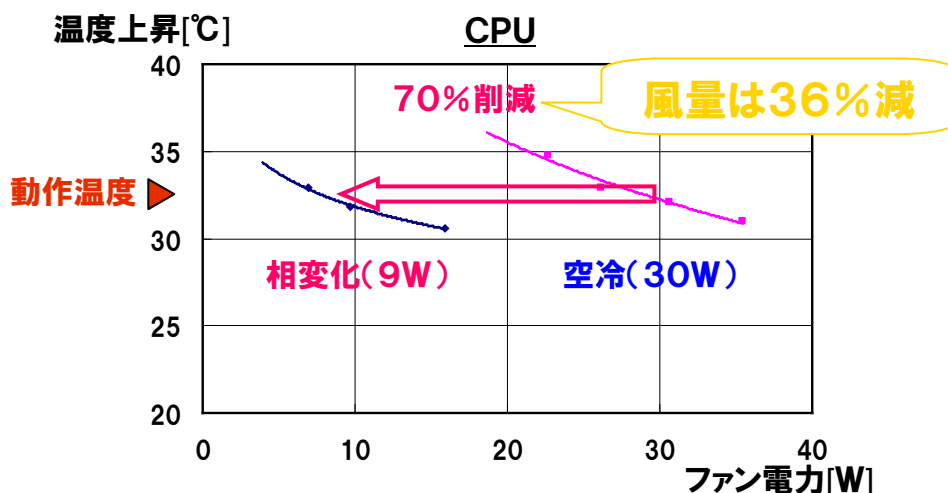


図 3.2.5-3 CPU のファン電力削減効果

②柔軟接続技術

相変化冷却技術は最も冷却電力を低くできる可能性のある冷却方式であり、様々な機器に低コストで汎用展開するため、蒸発部と凝縮部をチューブで接続するモジュール化技術の研究を実施した。熱処理により柔軟にしたアルミ配管と圧接工法による接続構造を研究開発することで、冷却モジュ

ール内の密閉性を確保した。また、加速試験により、IT 機器の動作保証期間である 5 年間に、冷却性能が悪化することがないことを検証した。



図 3.2.5-4 柔軟金属チューブと接続構造

③接触伝熱構造開発

データセンタに敷設されている冷水管に凝縮部を接続することで、CPU を冷却するために消費しているファン電力を削減することができる。凝縮部と冷水管の間に介在する伝熱ロスを最小限に抑えるため、熱伝導率の高い炭素繊維を厚み方向に配向させる伝熱部材の研究を実施した。この伝熱部材を使用し、1U サーバの CPU の熱を冷水管に放熱することで、従来 30W 使用していたファン電力を、さらに 6W まで削減、43%のファン風量の削減を確認した。また、この伝熱部材も冷却性能の悪化が 5 年間生じないことを検証した。

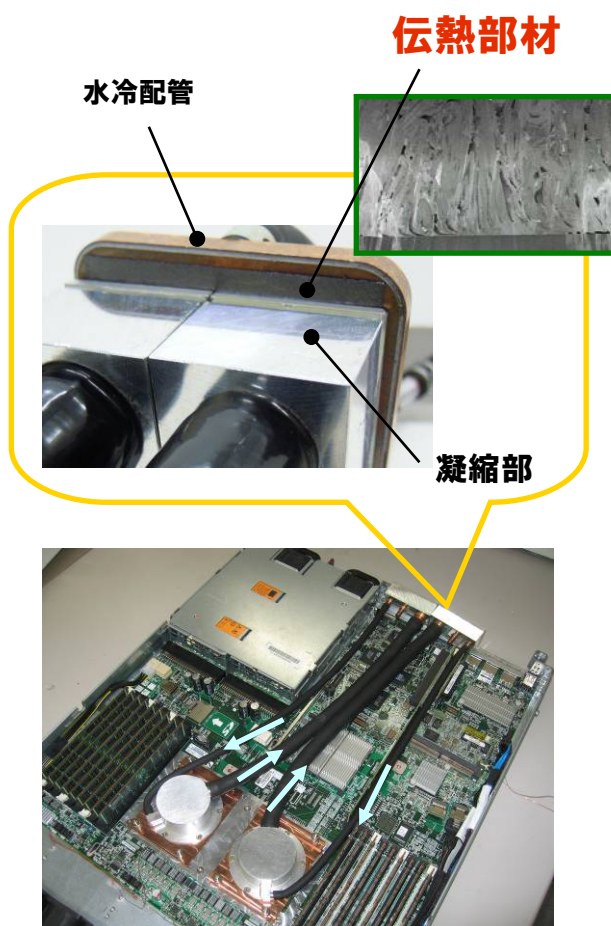


図 3.2.5-5 1U サーバに実装した状態

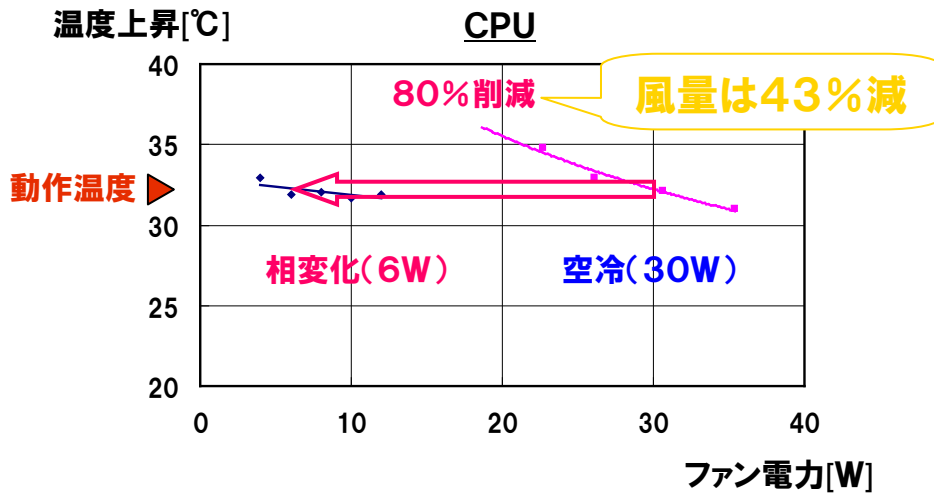


図 3.2.5-6 CPU のファン電力削減効果

④システム省エネ実証

6 本のラックから構成される検証用のデータセンタを使用し、各 IT 機器の温度や風量、発熱量と、空調機の送風量、消費電力などの実測データをフィードバックすることで、データセンタ内の熱気流シミュレーション技術の研究開発を実施した。PUE が 1.46 のデータセンタを基準モデルとし、1U サーバで実測したファン風量のデータを用い、IT 機器を低風量で冷却することで、IT 機器のファン電力、空調機の送風電力と冷凍電力からなる冷却電力が 27%削減されることを実証した。また、凝縮部を冷水管に接続して放熱させた場合では、46%の冷却電力の削減を実証した。

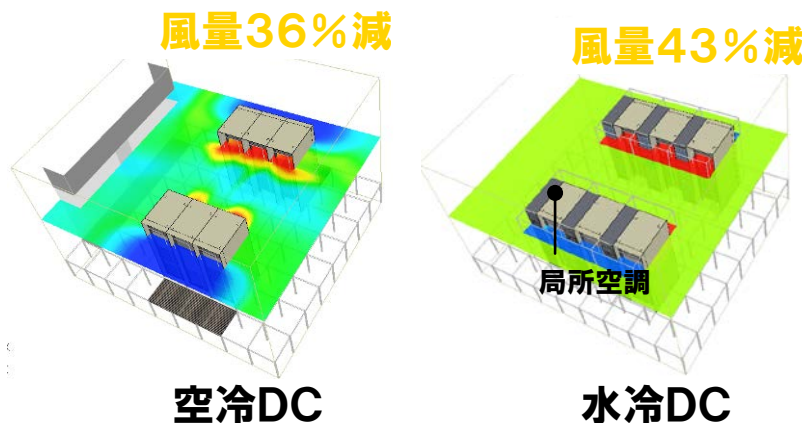


図 3.2.5-7 IT 機器の低風量冷却による屋内温度コンター図

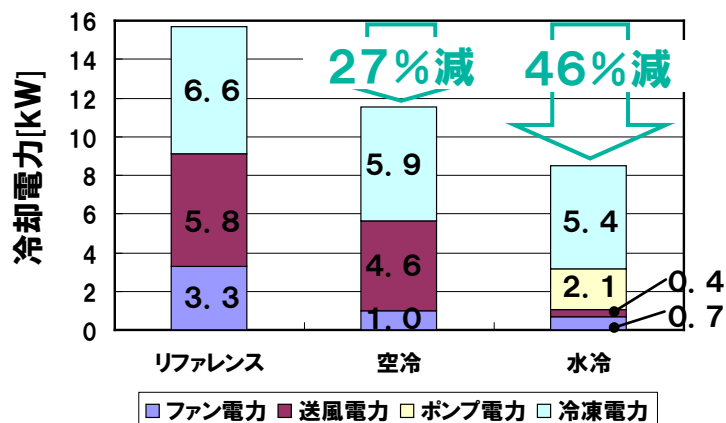


図 3.2.5-9 データセンタ冷却電力削減効果

(成果の意義)

本研究開発では、IT 機器を低風量で冷却することで、ファシリティ側を変更することなく、データセンタの冷却電力を削減できるため、既存のデータセンタにおいてもエネルギー量を削減することができる。またデータセンタの冷却電力が大きいという課題は、空調能力の限界によりデータセンタ内のラックの実装密度が上げられず、建屋のフロアを有効活用できないという課題でもある。本研究開発は IT 機器を低風量で冷却することにより、単にデータセンタの冷却電力を削減するだけでなく、ラックの実装密度（発熱密度）を上げることによる、建屋施設に付帯するエネルギー消費量も削減できる。

3.2.6 データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

実施機関：株式会社NTTファシリティーズ

三菱電機株式会社

長崎大学

(共同実施) 名古屋大学

(再委託) 独立行政法人産業技術総合研究所

基本計画の最終目標

データセンタ及びサーバの低消費電力化につながる電源システムに関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。

- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、サーバにおける情報処理量と消費電力量のダイナミックな測定、分析技術と、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態及び電源負荷状態に応じて電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールする技術を開発する。もって電源のアダプティブマネージメント技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を 30%以上削減可能な、データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化システムを確立する。

本研究開発の概要、目標

現在、ICT 装置（サーバ、ストレージ、ルータ等）に電力を供給する方式は、交流給電方式が主流である。データセンタでは、企業の基幹システムが多く運用されており、一瞬たりとも電力供給を停止することが許されないため、無停電電源装置（UPS：uninterruptible power supply）により高信頼な交流電力を供給している。UPS は、停電・瞬時電圧低下対策用の蓄電池への充電のため、交流電力を一度直流電力に変換し、さらに交流電力に変換して ICT 装置に電力供給している。ICT 装置内では、最終的には直流電力が必要となるため、ICT 装置に搭載されている電源（PSU：power supply unit）により、UPS から供給された交流電力を直流電力に変換している。このように、交流給電方式においては、必要な電力変換を行う度に、電力変換損失が発生している。また、UPS や PSU は、それらの機器に障害が発生しても、可能な限り ICT 装置への給電を継続されるように、冗長化や二重化といった高信頼な構成となっている。そのため稼動計画と実際の稼動状況との差や ICT 装置における消費電力の設計値と実際の消費電力との差、さらに ICT 装置の情報処理状況に応じた消費電力量の変化といった実運用上の理由により、電源容量と ICT 装置の実際の消費電力には乖離が発生し、UPS や PSU は低負荷運転状態となる。一般的に UPS や PSU は、低負荷運転状態では電力変換効率が低下するため、こうした状態における電源システム全体の給電効率は低効率なものとなる。

一方、直流給電方式は、電源装置出力から ICT 装置入力までの配電システムの母線電圧を直流とすることで電力変換段数が交流から直流への一段となり、電力変換段数の削減による電力変換損失の削減が可能となる。さらにバックアップのための蓄電池を母線に直結する、シンプルな電源システム構成が実現でき、高い給電信頼度の確保が可能である。そのため、高効率・高信頼が求められるデータセンタに適した給電方式であり、国内外で特に注目されている。

また、これまでデータセンタの電力需要については、データセンタ内部の状態（情報処理量等）によって決定され、系統側の状態については特に配慮されていなかった。しかし、2011年3月11日に発生した東北大震災を契機としたピーク電力抑制や今後普及が進むと想定されるスマートグリッドでの電力需給制御の効果的な運用のために、データセンタについても系統の状態にあわせて消費電力量を抑制する需要応答（DR：demand response）が求められている。

本研究開発では、直流給電方式を用いてデータセンタの電源システムの更なる省エネ化とあるべき姿を実現するための、最適直流化技術の開発と、本研究開発の実施とその成果により、データセンタにおける直流化技術分野での我が国の先導的な位置づけを確固たるものとするを目的とする。

最適直流化技術として、直流給電方式による電力変換段数削減に加えて、直流給電方式の特長を生かし、消費電力に応じて直流電源装置、PSU の運転台数を動的に制御（電源アダプティブマネジメント）することにより、低負荷運転状態による電力変換効率の低下を解消し、従来の交流給電方式と比較して、ICT 装置および電源システムで消費される電力量を 30%以上削減可能とする電源システムを開発し、実機によりその効果を実証することを本研究開発の最終的な目標とする。

開発成果

研究開発項目	最終目標	達成状況	達成度
① 電源アダプティブマネージメントシステム設計技術の研究	電源アダプティブマネージメントシステム設計指標の策定（電源アダプティブマネージメント方法、電源システム構成、各装置に求める機能・性能・条件等）	<ul style="list-style-type: none"> 電源システム設計指針（給電仕様・システム構成等） 電源システム解析モデル精度向上 リチウムイオン電池と電源アダプティブマネージメント制御の組み合わせ条件抽出 	◎
② 電源アダプティブマネージメントに最適な電源装置の研究	電源アダプティブマネージメント用直流電源装置の開発（定格変換効率95%以上）	<ul style="list-style-type: none"> 1次試作機 定格変換効率96.1% 2次試作機 実証サイトにて電源アダプティブマネージメント動作の安定性を確認 	◎
③ 電源アダプティブマネージメントに最適なPSUの研究	電源アダプティブマネージメント用直流入力対応PSUの開発（定格変換効率90%以上）	<ul style="list-style-type: none"> 1次試作機、2次試作機 高速動作、アダプティブ制御動作の確認 3次試作機 開発完了 定格変換効率91.1% 実証サイトにて電源アダプティブマネージメント動作を確認 	◎
④ システム制御技術の研究	電源アダプティブマネージメント用制御システムの開発 デマンドレスポンス制御技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> IT機器及び電源システム状態に応じた制御方法の定義 電源システムへ情報インタフェースの定義 アダプティブ制御およびデマンドレスポンス制御用端末の試作機開発 実証サイトにて電源アダプティブマネージメントとデマンドレスポンス制御技術の省エネ効果及び安定性評価 	◎
⑤ 給電仕様の検討	給電仕様（給電電圧・電圧変動範囲）の決定	電圧範囲（260V～400V）等の決定および国際標準にて規格制定	◎
⑥ 信頼性・安全性確保に必要な要素技術の研究	データセンタ向け300～400V直流給電方式用保護システムの開発	<ul style="list-style-type: none"> IGBT型遮断器の試作開発完了 遮断可能電流：310 A以下 遮断過程におけるIGBTの累積ジュール熱の限界値：約40 J 	◎
⑦ データセンタ及びサーバ電源システム最適化効果の検証	実機による消費電力量削減効果の検証（消費電力量削減効果目標30%）	<ul style="list-style-type: none"> 直流電源2次試作機を用いた実証サイト（モジュール型データセンタ）での実測により28.7%削減効果を確認 実測データを基に大規模データセンタをターゲットとした直流電源1次試作機を用いることで30%以上削減可能な見通しを得た 	◎
⑧ 次世代グリーンデータセンタ	従来型に比べて全消費電力の30%を削減可能な次世代グリーンデータセンタとしてモジュール型データセンタを構築（「クラウド・コンピューティング技術の開発」、「冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発」、「データセンタのモデル設計と総合評価」と連携で実施）	<ul style="list-style-type: none"> コンテナの設置完了 直流電源装置（2次試作機）の導入 リチウムイオン電池の導入 PSU（3次試作機）の導入 	◎

開発成果の要約

1) 電源アダプティブマネジメント技術の研究

データセンタ用の電源システムとして直流給電方式による電源アダプティブマネジメントを実現するため、本研究では電源システム全体の設計方法、電源アダプティブマネジメント動作を実現する各装置（直流電源装置、P S U）の研究開発及びシステム制御方法の研究開発を実施している。

①電源アダプティブマネジメントシステム設計技術の研究

データセンタにおける給電距離、蓄電池保持時間および研究開発項目⑤（給電仕様の検討）で決定したICT装置入力インタフェース条件より、データセンタにおいて実用的な500、2,000kW高電圧直流電源システム構成を導出した。

また、自動車の分野において電気自動車への適用が進んでいるリチウムイオン電池について、近年では、データセンタのバックアップ用電池としての利用も検討されており、本研究では、アダプティブマネジメントシステムにLiイオン電池を組み込んだ際の影響について評価を行った。

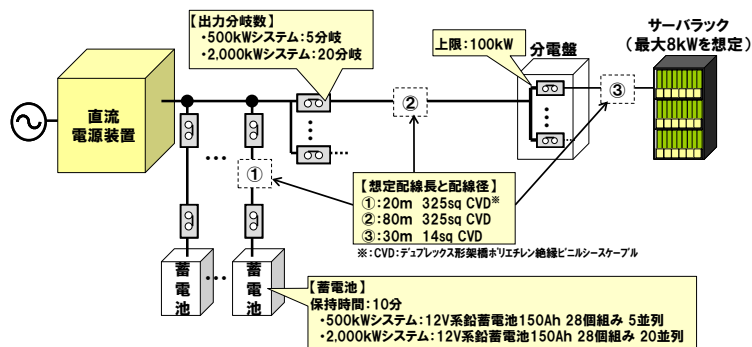


図 2-6-1. 電源システム構成

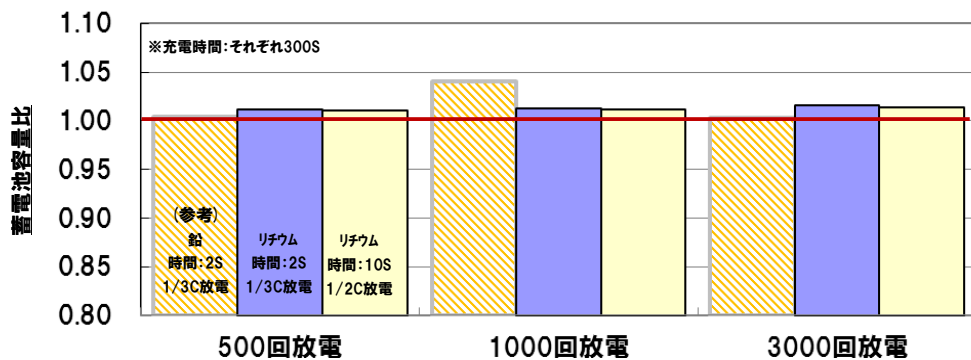
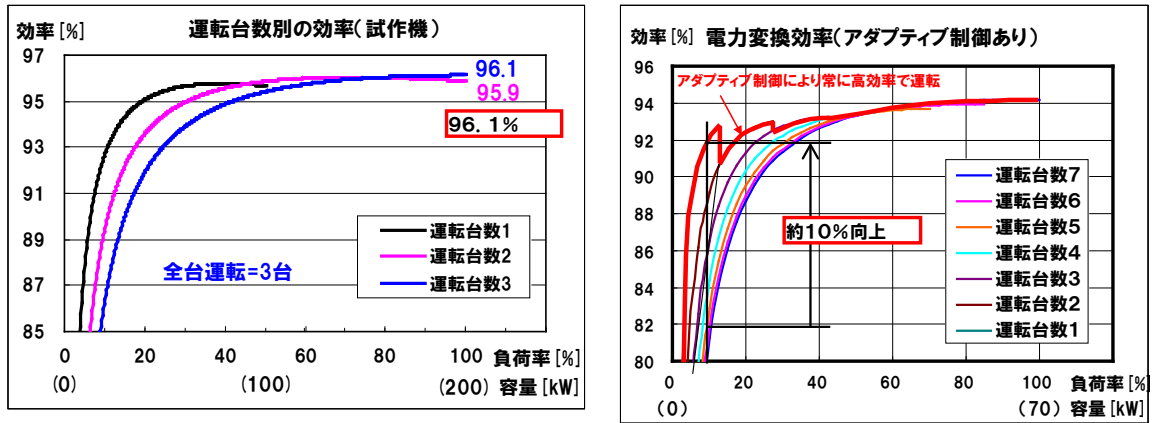


図 2-6-2. Liイオン電池の容量試験結果（サイクル放電試験）

②電源アダプティブマネジメントに最適な電源装置の研究

大規模データセンタをターゲットとし、1次試作として500kWシステムを想定した100kW電源モジュールの開発を行った。最高効率96.1%を達成(目標95%)し、アダプティブ制御動作の確認を行った。また、本研究にて開発したPSUやICT装置実機と接続し実フィールドにて検証を行うため次世代モジュール型コンテナ用に1モジュール10kWの2次試作機を開発した。工場試験にてアダプティブ制御により負荷率10%において効率が約10%向上することを確認した。



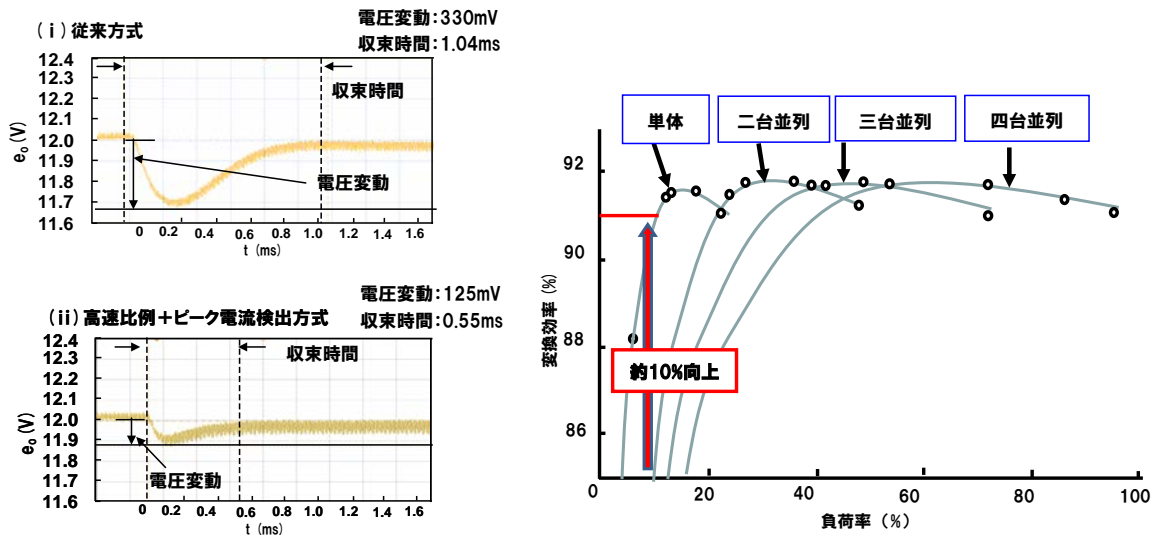
(a) 1次試作機

(b) 2次試作機

図 2-6-2 高電圧直流電源モジュールのアダプティブ制御効果

③電源アダプティブマネジメントに最適なPSUの研究

電源アダプティブマネジメントにてPSUに求められる高速かつ安定した動作を実現するデジタル制御方式を導出し、本成果を実装したPSUを試作した。アダプティブ制御動作を確認し、負荷率10%において効率が約10%向上することを確認した。



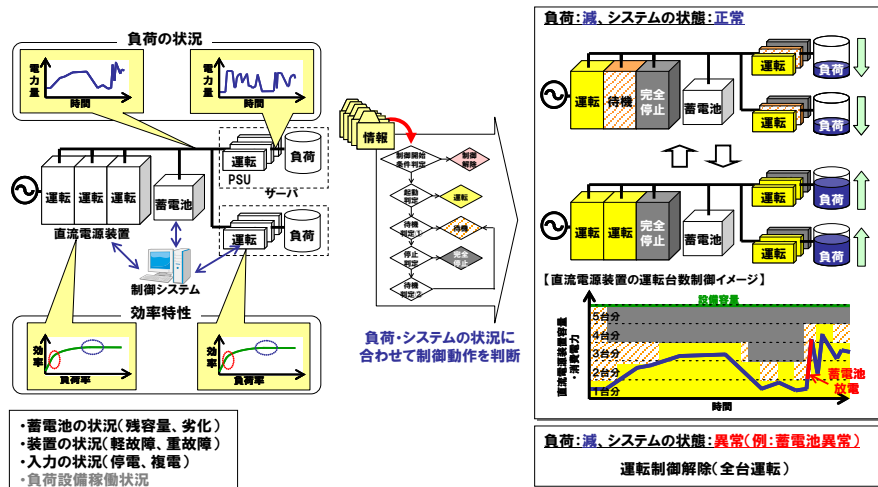
(a) 高速応答性

(b) PSUのアダプティブ効果

図 2-6-3 デジタル制御方式による高速応答性およびアダプティブ効果

④システム制御技術の研究

負荷の変化、システムの状態に合わせて、直流電源装置、PSUにおける各モジュール、ユニットで3つの動作状態（運転・待機・完全停止）を適切に制御することにより、高効率かつ高信頼な電源アダプティブマネジメントを実現する手法を導出した。



2) 直流を利用する上での信頼性・安全性確保に必要な要素技術の研究

直流給電システムをデータセンタ用の電源システムとして実用化可能なものとするためには、信頼性・安全性の確保が必要不可欠である。本研究においては、給電仕様の検討、及び信頼性・安全性確保に必要な要素技術の研究を実施している。

⑤給電仕様の検討

法・規格、部品、海外動向等を加味した実効性の高いICT装置入力インタフェース条件を決定した。

番号	項目	電圧	時間	根拠
①	定格電圧	380V	—	国内外の規格動向、鉛蓄電池の接続数、部品の耐圧
②	電圧範囲	260~400V	連続	ETSIドラフト案 [*] 、蓄電池電圧
③	過渡電圧変動	600V	500us	部品のサージ耐量(暫定値)
④	過渡電圧変動	480V	10ms	部品の耐圧(メーカヒアリング)
⑤	瞬時停電	0V	10ms	ICT機器搭載のコンデンサ容量(メーカヒアリング)

^{*}: European Telecommunications Standards Institute (欧州電気通信標準化機構)

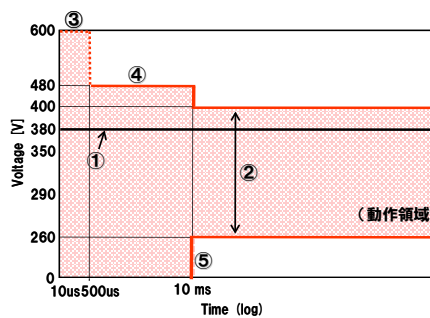


図 2-6-5 ICT装置入力インタフェース条件

⑥信頼性・安全性確保に必要な要素技術の研究

IGBT（絶縁ゲートバイポーラトランジスタ）型遮断器の遮断特性を分析し、適用領域を精査した。

- DC400Vにおいて、100A、200A および 310 A を限流遮断
- 遮断可能電流は 310 A 以下
- 遮断過程における IGBT の累積ジュール熱の限界値は約 40 J

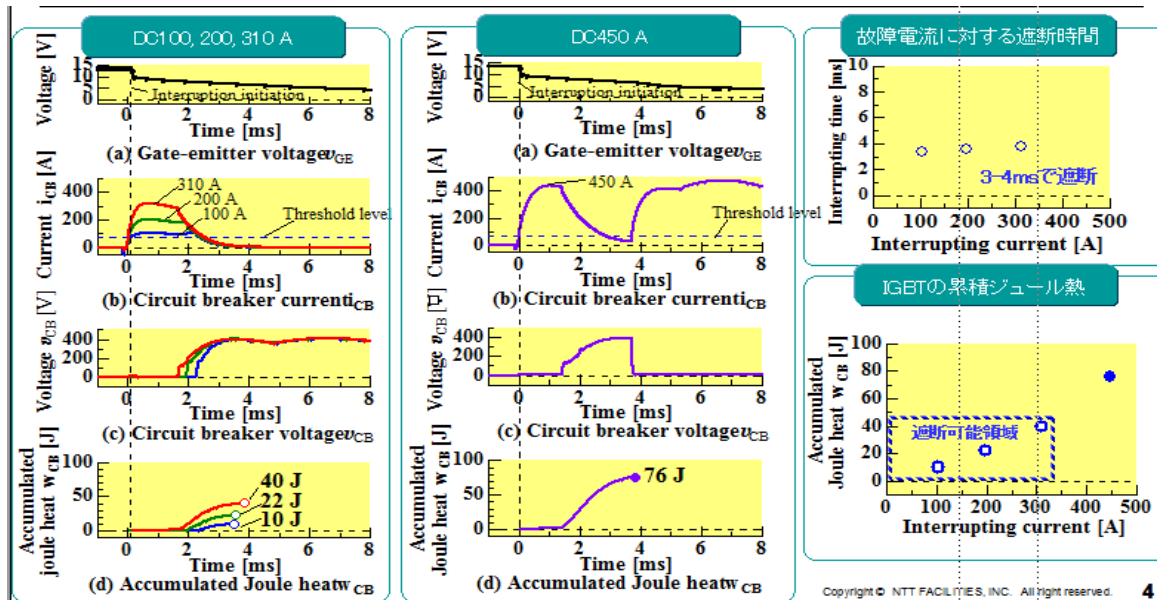


図 2-6-6 IGBT 型試作遮断器を用いた遮断試験結果

⑦データセンタ及びサーバ電源システム最適化効果の検証

本研究を通じ、従来の交流給電システムと比較し、サーバおよび電源システムでの消費電力量を 30%以上削減可能な見通しがついた。

	入力					サーバ
	入力電力量	変換ロス				
		UPS又はHVDC	蓄電池充放電	配線	PSU	
交流モデル【検討基準】	1.67	0.24	0.00	0.01	0.36	1.00
高電圧直流モデル	1.16	0.04	0.01	0.01	0.10	1.00

図 2-6-7 消費電力削減効果

また、次世代モジュール型データセンタにおいて、デマンドレスポンス制御の動作確認結果を図 2-6-8 に示す。制限指令、制限解除の信号を受け、電源モジュールが規定台数に制御動作を行うことを確認した。

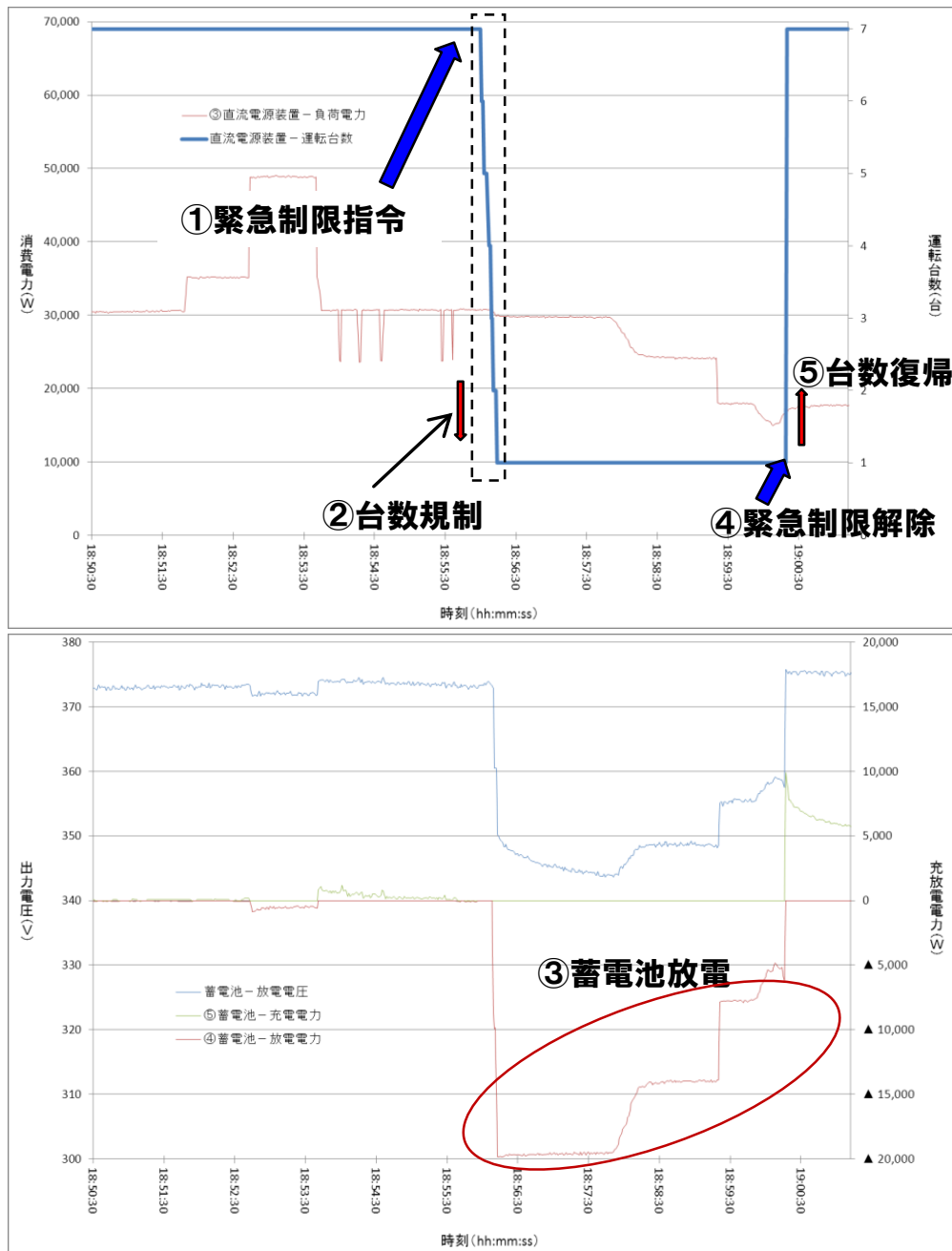


図 2-6-8 デマンドレスポンス制御の動作確認結果

⑧次世代グリーンデータセンタ

本研究開発による消費電力量削減効果を確認するため、直流電源 2 次試作機、PSU3 次試作機、およびリチウムイオン蓄電池を収容したモジュール型データセンタを構築した。

3.2.7 データセンタのモデル設計と総合評価

実施機関： 独立行政法人産業技術総合研究所

筑波大学

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

(目標)

本研究開発においては、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」の a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発、 b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発、 c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発、の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証する。

(開発成果の要約)

(i) 【評価指標】サーバシステムの評価指標、(ii) 【評価指標】データセンタの評価指標、(iii) 【最適化システム】、(iv) 【実証評価】の3テーマの開発を行っている。

(i) 【評価指標】サーバシステムの評価指標

このテーマでは、データセンタにおいて、最も重要な要素であるサーバシステムの消費電力に関するモデル化を行い、省エネルギー性を評価する方法を策定した。

表 3.2.7 および表 3.2.7 は、本プロジェクトの終了時である 2012 年に市場で用いられたサーバシステムの消費電力をコンポーネント別にモデリングを行ったものである。データセンタの省エネ技術が影響するサーバ内の要素としては、プロセッサ、ファン、PSU がある。これらの消費電力量を、サーバのアイドル状態と高負荷状態毎に測定し、サーバシステムの消費電力構造を明らかにした。

表 3.2.7-1 2012 年の 1U サーバ NEC Express 5800 のコンポーネント別消費電力

項目名	アイドル・スタンバイ状態	アクティブ状態
サーバ全体	54.1W	151.0W
メモリ	2.8W (5.2%)	9.2W (6.6%)
内蔵ストレージ (HDD)	6.2W (11.5%)	11.2W (7.7%)
ファン	14.5W (26.8%)	39.5W (27.2%)
PSU ロス	6.7W (12.4%)	15.1W (10.4%)
プロセッサ等	25.8W (47.7%)	75.6W (52.1%)

表 3.2.7-2 2012 年のブレードサーバ NEC BladeSystem c7000 のコンポーネント別消費電力

項目名	アイドル・スタンバイ状態	アクティブ状態
サーバ全体	726W	2267W
ファン	89W (12.3%)	188W (8.3%)
PSU ロス	76.2W (10.5%) 89.5%効率	204W (9.0%) 91%効率
プロセッサ等	560.8W (77.2%)	1875W (82.7%)

サーバシステムの省エネルギー性を評価するには、単に電力消費量を調べるだけでなく、サーバが実行している処理と性能を考慮しなければならない。サーバの性能を評価する既存の各種ベンチマークソフトに、処理の実行と同時に電力消費量を測定するモジュールを組み込み greenbench として整備した。

近年、仮想マシンを用いて少ない台数の物理サーバに処理を集約させることで、全体の省エネ化を図る方法が注目されている。そのため、仮想マシンを用いた場合の性能と電力消費量の関係を明らかにすることとした。必要としている処理が、物理サーバの処理最大能力に近い場合には、

仮想マシンを用いる効果は少ないが、物理サーバの処理最大能力よりも十分少ない場合には、集約することで処理能力あたりの電力消費量を小さく抑えることが可能である。ただし、集約にあたっては仮想マシンのマイグレーションが必要であるが、マイグレーションの実装方法によって、マイグレーションにかかる時間、電力コスト、アプリケーションの性能低下などが異なる。それらを考慮した運用方法が必要である。

また、コア数や動作周波数などのサーバのシステムパラメータを負荷に合わせて適切に設定することにより、一定の性能をキープしたうえで電力を下げるということが可能であることが分かった。通常の SLA では、性能低下を招くようなサーバ運用は認められないが、事業者と利用者間で省エネ運用の際の効果と影響について合意（Green SLA と呼ぶ）していれば、積極的に消費電力を下げる運用が可能である。そのためには、動作周波数変更、コア数制限など、省エネ運用で選択可能なシステムパラメータに対して、その消費電力量の削減量と性能への影響を定量的に把握し、できるだけ単一の指標で評価できることが必要である。そこで、電力あたりの性能（Performance Per Watt、PPW）の観点から評価結果をまとめることにした。

(ii) 【評価指標】 データセンタの評価指標

データセンタの年間電力消費量 30% 以上の削減を検証するため、100% を示す基準となるデータセンタを、市場調査の結果から以下のように定義した。

典型的なデータセンタの面積	5,400 m ²
典型的なサーバ室の面積（データセンタの面積の 2/3）	360 m ²
典型的なサーバ室内のラック数（1 ラックあたり 3.6 m ² ）	100 個

データセンタ内に設置する IT 機器の台数については、グリーン IT 推進協議会調査分析委員会の総合報告書（2013 年 2 月発行）を参考とした。報告書に記載されたサーバ、ストレージ、ネットワークスイッチの 2005 年、2025 年、2050 年時点の国内設置台数の推測値から、2012 年の国内設置台数を推定した。さらに、100 ラックのスペースに相当する各 IT 機器の台数比率を算出した。ただし、ラックの充填率は 9 割とした。

1U サーバ	1760 台
ブレードサーバ	30 筐体（240 ノード）
ストレージ	270 台（6480HDD）
NW スイッチ	250 台（6000 ポート）

データセンタ内には、IT 機器以外にファシリティとして冷却設備、電源設備、および照明等その他の設備があり、データセンタの市場調査資料から、それぞれ IT 機器の消費電力に対して 67%、25%、7% とモデル化した。

以上を、図 3.2.7 に示す通りデータセンタの省電力評価の構成要素の組み合わせおよび基準数値として表現した。ここではデータセンタの電力消費量を、IT 機器それぞれの電力消費量と台数との積和と、それに指定の比率を乗じてファシリティで消費する電力の合計として表現した。

データセンタに関する省エネルギーの基盤技術は、それぞれが、データセンタを構成する要素の一部に効果をもつ。あるものは、台数を削減する効果があり、あるものは、構成要素の電力消費量を減らす効果がある。全体の評価のために、各基盤技術開発の実施者が開発した機器を用いて評価した結果を、データとして取り込んでいる。具体的な評価結果についても、図中に示しているが、この節では、方法論のみ述べるものとする。

項目	基準(2012)			プロジェクト 効果の総和	成果適用後			
	台数	単位消費電力 (W)	累積消費電力 (W)		削減後 台数	削減後 単位消費電力 (W)	削減後累積 消費電力 (W)	
ネットワークスイッチ(ポート数)	6,000	3.0	18,000		6,000	3.0	18,000	
ストレージ(HDD数)	6,480	20.5	132,840	1392台減	5,088	21.0	104,304	
IT機器	1U サーバ Idle	全体	1,760	54.1	95,216	84台減	1,657	47.4
		ファン(内数)		6.7		6.7→0.0		0.0
		PSU(内数)		14.5				14.5
	1U サーバ Load	全体		151.0	265,760			135.9
		ファン(内数)		15.1		15.1→0.0		0.0
		PSU(内数)		39.5				39.5
	ブレードサーバ Idle	全体	240	90.8	21,780	16台減	215	89.0
		ファン(内数)		11.1		11.1→9.4		9.4
		PSU(内数)		9.5				9.5
ブレードサーバ Load	全体		283.4	68,010			269.3	
	ファン(内数)		23.5		23.5→9.4		9.4	
	PSU(内数)		25.5				25.5	
合計			332,868			IT機器総消費電力量→	278,299	
ファシリテイ	抜熱設備	対IT機器	33%	109,847	33%→14%	14%	39,491	
	電源設備	対IT機器	25%	83,217	25%→6%	6%	16,698	
	その他残り	対IT機器	7%	23,301			23,301	
	総合計			216,364			削減非対象	79,490
総合計			549,233				357,788	
PUE			1.65			34.9%削減	1.29	

図 3.2.7-1 仮想統合によるデータセンタの電力消費量削減効果

データセンタの省エネ効果を評価する指標としては、PUE (Power Usage Effectiveness) が市場では広く用いられている。しかし、バッテリーやファンなど、情報処理に直接関わらない部品を IT 機器の中に入れるか、外に出すか、によって指標が示す値が異なってしまう。そこで、電力消費量を機能によって分解し、データセンタ全体の電力消費量を情報処理で消費している電力消費量で割った値を機能型 PUE と定義し、省エネ指標として用いることを提案した。

(iii) 【最適化システム】

データセンタを構成する要素ごとに省エネルギー性を追求することは重要であるが、それらを利用して全体として最もエネルギー使用効率のよいデータセンタを構成するには、個々の構成要素のエネルギー利用効率に関する特性をふまえた最適な手法を採用する必要がある。このため、本項目では、データセンタの省エネルギー性を高めるための標準モデルおよび省エネルギー性評価指標を測定する際の標準モデルとしてのリファレンスモデルを定義するとともに、本プロジェクトの成果に適用した結果をふまえたリファレンスモデルの改善を行った。

リファレンスモデルを開発するにあたりいくつかの用語を定義した。まず、データセンタの省エネルギー性を示す評価指標は、一般に、数値化可能な何らかの値を用い、指標毎に定められた計算式により算出する。評価指標に関与する「実測可能な値」をここでは構成パラメータと呼ぶ。また、構成パラメータは、評価指標に直接関与する（即ち、計算式に現れる）パラメータと、直接は関与しないが評価指標に影響を与える環境要因を実測または数値化したパラメータとに分類できる。ここでは、前者を算術パラメータ、後者を環境パラメータと呼ぶ。

リファレンスモデルの作成においては、以下の手順を進めた。

1. 既存の省エネ指標から構成パラメータを抽出
2. 既存のデータセンタから構成パラメータを抽出
3. リファレンスモデルの試作

4. 本プロジェクトの成果をふまえたリファレンスモデルの定義
5. リファレンスモデルの改善

分類	項目	タイプ	備考	
1	立地	外気温	数値	
2	建物構造	コンテナ型	採/否	
3	ラック内構造	ラック内の搭載位置	数値	床から搭載位置までの距離を表示
4	電源	冗長化	記述	冗長化の状況を図面等で記述
5		直流給電	採/否	
6		グリーン電力	数値	全電力量に占める割合を表示
7	空調	水冷	採/否	
8		空調個別制御	採/否	
9		ラック単位冷却	採/否	
10		RDHX (Rear Door Heat Exchange)	採/否	
11		フリークーリング	採/否	
12		外気導入	採/否	
13		アイルキャッピング	採/否	
14		空調機からの吹き出し風量	数値	
15		室内温度(設定値)	数値	
16		空調機の冗長性	記述	冗長化の状況を図面等で記述
17		サーバ内空調改善の採否	採/否	
18	回線	通信機器の冗長性	記述	冗長化の状況を図面等で記述
19	生産性	装置またはDC全体の生産性	数値	生産性低減の方法を記述

図 3.2.7-2 リファレンスモデルの構成パラメータ

最終的なリファレンスモデルの構成パラメータを図 3.2.7 に示す。最終的にリファレンスモデルに組み込んだ構成パラメータは、いずれもデータセンタ全体としての省エネルギー性を高めるために留意すべき要点が抽出されたものと考えている。

今後に向けたさらなる課題としては、構成パラメータ間の定量的な相関関係を明らかにすることがあげられる。例えば、サーバ抜熱を実施していないデータセンタにおいて、大規模なシミュレーションなどを行うことなく、サーバ抜熱を採用した場合の省エネルギー効果をリファレンスモデルから定量的に推定できれば、最適な省エネルギー対策を促進する効果が大きいと考えられる。この課題を解決するには、構成パラメータを様々に変化させながらシミュレーションを行い、構成パラメータ間の関係を把握する必要があると考えられ、中期的な取り組みが望まれる。

(iv) 【実証評価】

図 3.2.7 に示した手法により、データセンタ関連で開発された基盤技術の効果を組み入れた場合に、データセンタの年間消費量が 30% 以上削減可能であるかを評価した。図 3.2.7 には、各実施者が評価して得た削減効果を組み込んだが、抜熱に係る電力量は他の実施者による評価からは得ることができない。そこで、熱流体シミュレーションにより、データセンタを運用した場合に抜熱にかかる電力量を評価し、その評価結果を図 3.2.7 に取り込むこととした。シミュレーションに用いるデータセンタは、前節で述べたリファレンスモデルを取り入れて設計を行った。シミュレーションの結果、抜熱にかかる電力は、基準モデルでは IT 機器の電力量に対して 33% の割合だったが、成果適用後では対 IT 機器 19% の割合にまで削減できることがわかった。

図中の「プロジェクト成果の総和」と記載した列では、各実施者による基盤技術がもたらす省エネ効果を表示している。ストレージ、クラウド、直流電源は、相互に独立な要素であるため、それらの効果をすべて組み合わせ得ることができる。それに対し、抜熱に関する二つのテーマは、いずれも高い発熱体であるプロセッサに接続する装置によって、熱を除去するものであり、二つの方式を同時に採用することはできない。また、光インターコネクットの成果は、SOHKi が行う抜熱方式と併用した場合空气中に放熱される量が少なくなるため、効果が大きくない。そのため、SOHKi らの抜熱以外の成果を組み合わせた場合 (NEC ケース) と、NEC の抜熱および光インターコネクット以外の成果を組み合わせた場合 (SOHKi ケース) の二通りで評価を行った。評価の結果、SOHKi ケースの方が、電力消費量の削減効果が大きかったため、その数値を図

3.2.7 に示した。データセンタ全体で、電力消費量を 30%以上削減することが可能であることが分かった。

(v) 【次世代グリーンデータセンタ】

前節で行った成果データを積算する試算的な方法により、どの基盤技術がどのくらいの効果を与えるかを見出すことができた。一部の基盤技術を実際に統合してデータセンタを構築し、実測による効果の評価を行うにあたり、効果の大きい基盤技術を選択した。選択した基盤技術は、SOHKi らの抜熱方法である液冷サーバと冷却ネットワーク、NTT ファシリティーズらによる高電圧直流電源技術、NEC によるクラウド・コンピューティング技術である。また、サーバで発生する全ての熱を液冷で除去することは困難であり、空気中に一部の熱を放出してしまう。そこで、外気を導入して熱を室外に放出する外気導入装置（グリーンユニット）を NTT ファシリティーズと協力して開発した。サーバ、設備、個別に最適化された従来のデータセンタに対し、サーバ、ラックおよびモジュール全体にわたっての最適化を図った。

データセンタは、幅・高さとも約3メートル、長さ7.8メートル（従来型は9メートル）のアルミで作られたコンテナ構造（ここではモジュールと呼ぶ）を用いて構築した。グリーン IT プロジェクトの成果を統合した次世代型と、一般的なデータセンタ構成機器で構築した従来型の二通りを構築し、直接的に電力消費量を比較した。比較のため両者のサーバの構成は同一とした。測定にあたっては、IT 機器の電力だけでなく、抜熱にかかる電力、および電源装置で消費する電力についてもセンサを設置して測定を行った。その他、温度、湿度、圧力、風量などについてもセンサを設置して測定した。データセンタ全体での電力消費量を測定するにあたっては、サーバに対して最大能力の約30%に相当する負荷を与えた。従来型では全てのサーバを立ち上げ一台の負荷が約30%となるように均一的に設定し、次世代型では一台の負荷を100%に近くし、運転する台数を減らすことでデータセンタ全体の性能が従来型と同等になるよう設定した。設置したつくばにおける年間の気温分布と、それらの温度範囲をカバーする代表的な外気温における各装置の電力消費量を計測し、積和することによって、年間の電力消費量の算定を行った。その結果、従来型が126.6MWh であるのに対し、次世代型は82.8MWh と、34.6%の電力量が削減可能であることが確認できた。

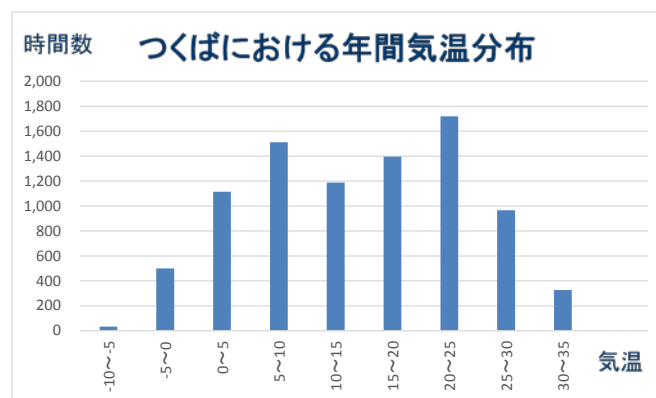


図 3.2.7-3 次世代モジュール型データセンタ

また、今回構築したデータセンタの省エネルギー性を、PUE および (iii) で提案した機能型 PUE を用いて評価を行った。最も効率の良い稼働状態で PUE は、従来型が 1.33、次世代型が 1.16 であった。全電力消費量は 30%削減されても、PUE の分母分子ともに減るため、PUE としての改善量は 13%程度であった。機能型 PUE では、従来型が 1.56、次世代が 1.16 となり、約 26%の改善と、電力消費量の 30%に近い値となった。これは機能型 PUE の方が、省エネ性を精緻に評価できることを示している。

なお、次世代グリーンデータセンタの構築は、1-d からは産総研のみが関与しており、他の実施者として NTT ファシリティーズ、NEC、SOHKi およびその共同実施者によってなされたものであり、それぞれの技術の実用化はそれぞれの実施者に委ねられている。

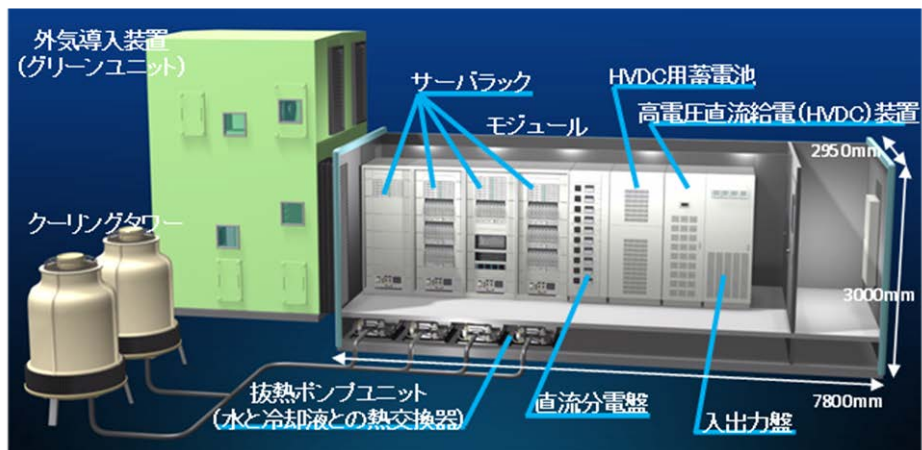


図 3.2.7-4 次世代モジュール型データセンタ

3.2.8 IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究

実施機関：独立行政法人産業技術総合研究所

3.2.9 社会インフラとしてのネットワークモデル設計と総合評価

実施機関：独立行政法人産業技術総合研究所

名古屋大学

日本電気株式会社

1. 課題全体の事業目的

省エネルギーという観点から、今後のネットワークトラフィックの性質および容量を予測し、消費エネルギーを大きく削減できるネットワークモデルへの適用可能性を調査する。この調査に基づき、従来のパケット交換網と光パス網などの新しいルーティング方式を組み合わせることにより、予想されるトラフィックの増大を考慮して30%の消費エネルギー削減を実現できるネットワークのモデル設計と総合評価を行う。

ネットワークトラフィックは年率30～40%増えており、従来型のIPパケット交換網だけを用いると、将来的にネットワークの消費エネルギーの増大を招く。一方、光パス網を用いればトラフィックあたりの消費エネルギー削減が可能とされているが、光パスは粒度の大きなトラフィックにしか適さないため、IPパケット交換などの他の方式との併用が必要である。また、光パス網を用いた場合に、今後システムとしてどこまで電力削減が可能かは明らかでない。

そこで、本課題ではトラフィックの粒度に着目しつつトラフィックの性質の調査と将来予測を行う。また、将来利用可能な新しい技術を検討しつつ、光パスの適用可能範囲と、電力削減効果を評価し、さらに光パス網とIPパケット交換網を含めた複数のルーティング方式を使い分ける方法について方式設計を行う。これらの成果をもとに将来のネットワークモデルを設計し、ネットワークシステム全体としてどれだけの省エネルギーが可能であるかを評価する。

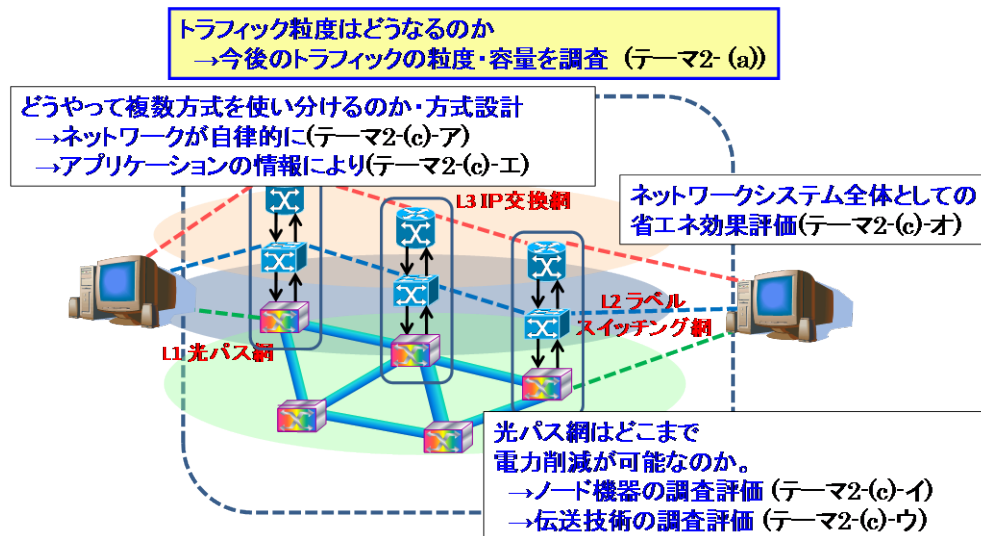


図 3.2.8-1 課題全体の概要

2. 個別サブテーマの目標と成果

① a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究」(産総研)

開発目標 (中間目標 平成22年度)

トラフィックの量と性質に関して、ファイル交換ソフト利用実態調査、動画サイトアクセス実態調査、スーパーハイビジョンなどの高精細映像の技術情報や、ビデオ・オン・デマンドなど映像配信技術の調査を行う。また、ルータや光ネットワーク機器などの消費電力を中心とした動向調査を行う。これらの基礎データから中間報告をまとめる。

開発目標（最終目標 平成24年度）

H20年度の調査時点からの技術や利用形態の変化を調査する。技術及び利用形態の変化に関するデータの収集を行い。中間報告で行った予測がどの程度正確であったかの追跡評価を行うとともに、調査報告の見直しを行い、最終報告をまとめる。

（開発成果の要約）

国内のインターネットの3階層のトポロジモデルおよびトラフィックモデルを構築した。このモデルと、ビデオ配信サービスのトラフィックおよび将来予測、現在のインターネットにおけるユーザあたりのコネクション数などの調査に基づき、従来型の電気ルータが用いられた場合の2030年までのインターネットによる消費電力を予測した。

トラフィックについては、P2Pが依然として多くのトラフィックを占めているが、映像配信サービスに基づくと思われるトラフィックの伸びは大きいこと、また、利用者が特定の動画系サイトに集中するサイトの寡占化がすすんでいることが明らかになった。さらに、利用者あたりのコネクション数はGoogle Mapに代表されるリッチwebアプリケーションによって増加傾向にあるものの、NATに関する知見などから現状は50コネクション以内に90%の利用者が分布するものと推定されることがわかった。

次に、本研究で検討している従来のパケット交換網と光パス網などの新しいルーティング方式を組み合わせる方式における国内消費電力の削減効果の定量的な評価を行った。特に、定量的な評価にあたっては、Google Chromeのテスト版で収集されたコネクションあたりの転送量データを用い、それぞれのルーティング方式における単位通信量あたりのエネルギー消費、コネクションあたりの通信量分布、それぞれについてモデル化と2030年までの変動予測を行った。大容量通信時に回線交換網を選択することにより、パケット交換網の総消費電力の2/3の削減効果が得られるという結果が得られた。

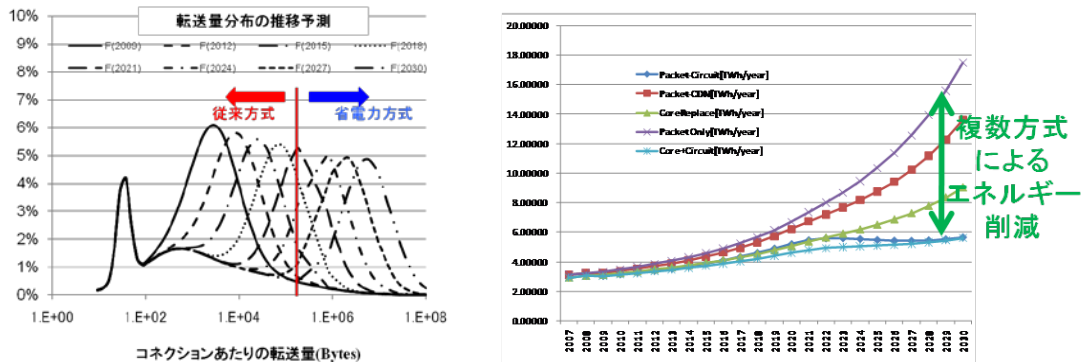


図 3.2.8-2 コネクションあたりの転送量と各シナリオの国内消費電力の推移

次に、現状のインターネットにおける各階層の消費電力を推定し、将来の消費電力予測に用いるために、国内のネットワークを反映した3階層モデルを構築した。このモデルは、実際のネットワークよりもシンプルな構成であると考えられるが、インターネットが持つ機能を反映したものであり、このモデルで想定される消費電力と、公開されている様々なネットワークトラフィックおよび消費電力を比較することにより、このモデルで反映していない冗長系や付加機能などの消費電力を係数として数値化したうえで将来のネットワークの予測を行った。また、都道府県ごとのアップリンク、ダウンリンクトラフィックの数値を基に、データセンターの各都道府県への配置を推定した。

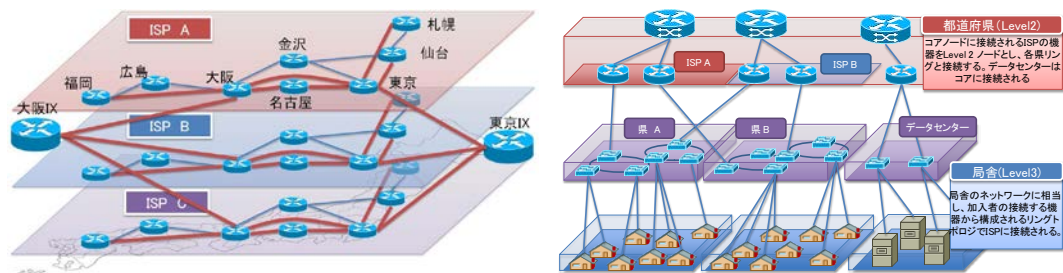


図 3.2.8-3 国内インターネットの3階層モデル（左：コア網、右：メトロ網とアクセス網）

（最終目標の達成度）

、複数方式を使い分ける上で重要なトラフィックの粒度分布のモデルを構築し、3つのISPが大阪・東京の2か所でピアリングするモデルを想定して、3階層モデルのネットワークの各部のトラフィックと、電気スイッチで構成した場合の消費電力を算出した。また、ネットワークのトラフィックおよび消費電力の既発表データ等との数値・モデルの整合性を確認した。さらに、データセンターが分散配置されたモデルでのトラフィックパターン導出と、消費電力算出を行った。これにより、目標を達成した。

（成果の意義）

インターネットトラフィックや消費電力に関するデータを総合的に検討し、ネットワークモデルにあてはめることにより、個々のデータのみからでは得られない、将来のネットワークアーキテクチャの設計に寄与する俯瞰的な知見が得られた。

①c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

（副題：複数方式のルータを組み合わせる用いるネットワークモデルの検討）

ア. サービスとトラフィック特性に応じたマルチレベルパスによる省エネ化トラフィック制御技術の評価（名古屋大学）

開発目標（最終目標 平成24年度）

各種のサービスを想定し、本研究課題で開発するトラフィック制御技術により実現される省エネルギー効果を評価する。本研究では、ノード数100以上の大規模ネットワークについて、マルチレベルパス制御の実現性の確認並びに達成される省エネルギー効果の定量化を目標とする。他機関の検討と合わせ、予想されるトラフィックの増大を考慮しても30%の消費エネルギー削減を実現できるネットワークモデルを明らかにする。また、各種技術を統合したネットワークの総合評価実験を他機関と共同で実施する。名古屋大学においてはノードの光ルーティング部を一部実際に構成し伝送実験を行い省電力効果の検証を行なう。

（開発成果の要約）

ネットワーク・ルータトータルとして低消費電力化を達成するためのネットワークアーキテクチャを構築する上で、消費電力削減を実現するマルチレベルパスによる省エネ化トラフィック制御技術の開発が重要である。ネットワーク内のトラフィックを制御する手段として、パケットを扱うラベルスイッチドパスレイヤのみならず、時分割多重パス或は光レイヤでの波長パスを利用することにより効率的な制御が可能となる。これら容量的には包含関係にあるマルチレベルのパスをサービス並びにトラフィック変動の状況に応じて適応的に利用する効率的なトラフィック制御技術は、目標とするネットワークの低消費電力化を達成する上で欠かせない技術である。その実現に向け本開発課題ではマルチレベルパスによる省エネ化トラフィック制御アルゴリズムの開発、パス制御を行うノード機能の検証を行うとともに、達成される省エネルギー効果を評価した。以下に本課題における目標とそれに関する開発内容をまとめる

(1) ルータの省エネ化トラフィック制御における品質（パケット廃棄率）とパス粒度の関係を明らかにし、達成されるルータの省電力効果を定量的に評価した。トラフィック変動に追従したルータの電力制御のみでも、60–30%程度の低消費電力化が達成できることを示した。（図 3.2.9-1 参照）

- 各種インターネットトラフィックデータを用いて、ルータ性能をトラフィック変動に応じて適切に制御することにより達成される消費電力削減効果を、パケット廃棄率をパラメータとして定量的に評価する手法を開発。一例として、0.01%のパケット棄却を許容することで、40%以上の低消費電力化が達成可能であることを確認した。
- 計算時間の短い leaky bucket モデルによる評価で得られる、トラフィックのルータ性能超過率を用いたパケット棄却率の推定法を開発し、超過率とパケット棄却率の相関性を明らかにした（図 3.2.9-2 参照）。

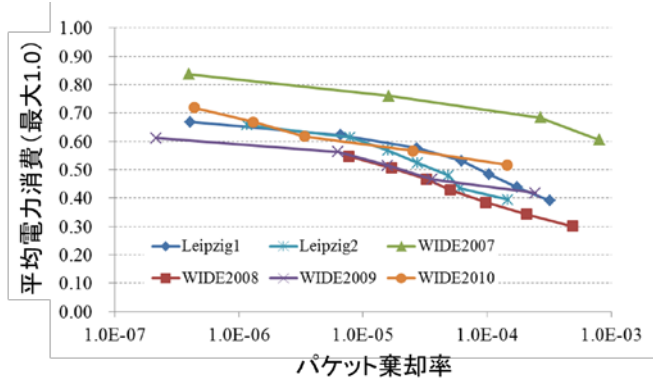


図 3.2.9-1 パケット棄却率と平均電力消費の関係

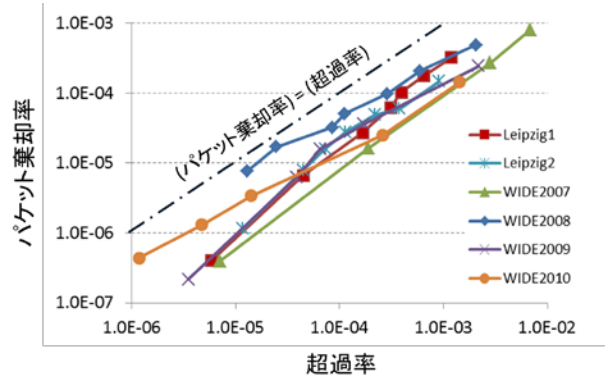


図 3.2.9-2 超過率とパケット棄却率の関係(バッファ容量 100 ms)

(2) ネットワーク的なトラフィック制御によるルータインタフェースの on/off 制御により、20%以上の低消費電力化が達成できることを実証した。（図 3.2.9-3 参照）。

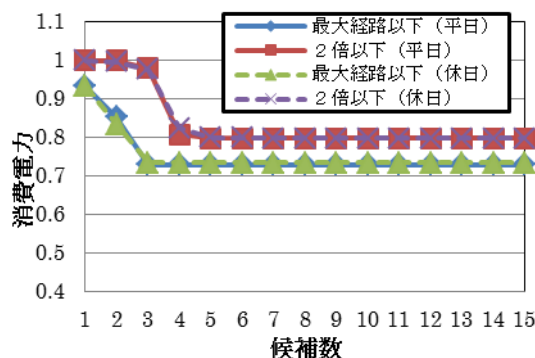


図 3.2.9-3 休止リンク候補数と消費電力の関係

- (3) 各種粒度の光／電気パスに関して，最適なスイッチ単位を組合せたノード構成の評価とネットワークコストのパラメータ依存性の明確化を行なった．大粒度光スイッチと波長パスレベルでの電気スイッチとを組合せたノード構成の評価と本ノードが有効となる電気スイッチの相対コスト範囲を明らかにした．（図 3.2.9-4 参照）

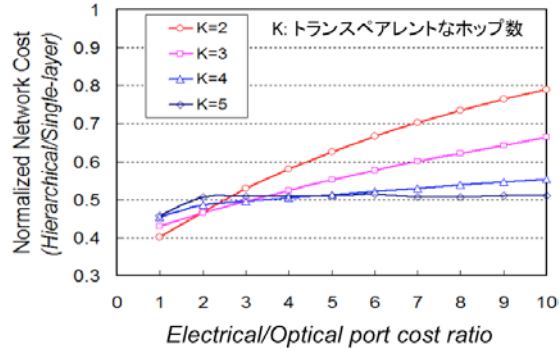


図 3.2.9-4 電気／光スイッチポートコスト比とネットワークコスト

- (4) 各種技術を統合した光ルーティングネットワークを実現する上でキーとなる技術を確認した．特に，1) 各種粒度の光／電気パスに関して，最適なスイッチ単位を組合せたノード構成の評価とネットワークコストのパラメータ依存性の明確化．2) ノードの光ルーティング部の光インタフェース用大規模スイッチを実証した．
 - 光ルーティングノード用キー技術の確立と実証実験：ノードの光ルーティング部（波長群クロスコネク（図 3.2.9-5 参照）と光インタフェース用大規模スイッチ（図 3.2.9-6 参照））の実現性を試作装置により実証した．

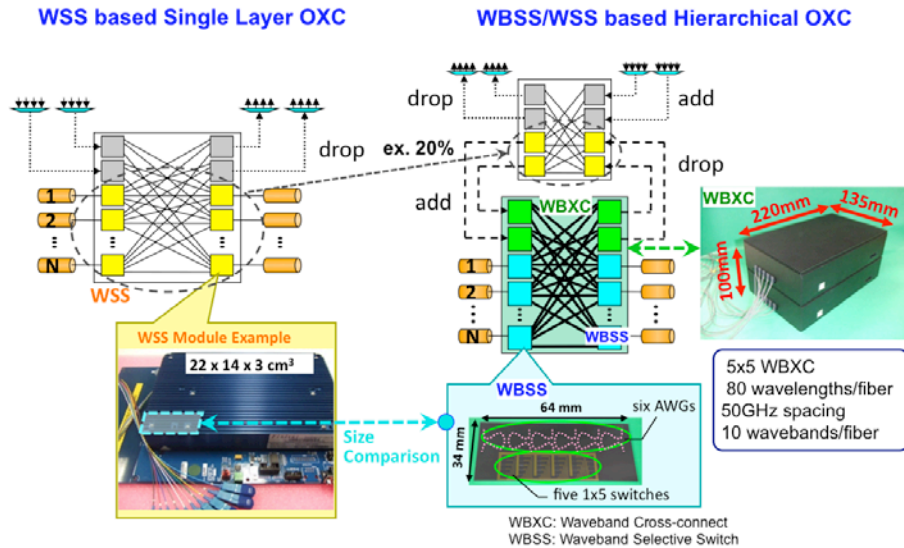


図 3.2.9-5 階層化波長クロスコネクアーキテクチャと波長群クロスコネクト部の試作

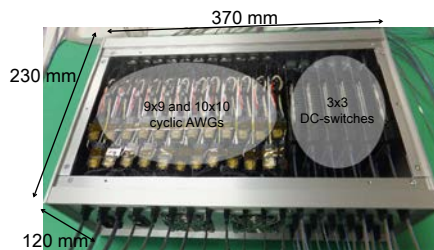


図 3.2.9-6 試作した 270 x 270 光インタフェース用大規模スイッチ

(最終目標の達成度)

大規模ネットワークについて、マルチレベルパス制御の実現性の確認並びに達成される省エネルギー効果の定量化を実施した。予想されるトラフィックの増大を考慮しても 30%の消費エネルギー削減を実現できるネットワークの実現可能性を確認した。また、ノードの光ルーティング部を実際に構成し所望の省電力効果を実証した。基本計画に定義された最終目標を達成した。

(研究内容のベンチマークと成果の意義)

ルータの省エネ化トラフィック制御に関して、1)トラフィック変動に追従したルータの電力制御により、60-30%程度の低消費電力化が達成できること、2)ネットワーク的なトラフィック制御によるルータインタフェースの on/off 制御により、20%以上の低消費電力化が達成できること（ルータの電力制御を行わない場合でも）を実証した。また、各種技術を統合した光ルーティングネットワークを実現する上で重要な、1) 各種粒度の光/電気パスに関する、最適なスイッチ単位を組合せたノード構成の評価とネットワークコストのパラメータ依存性の明確化、2) ノードの光ルーティング部の光インタフェース用大規模光スイッチを実証した。

上記に関し、本研究開発開始以前では超低消費電力化パス制御を目的としたインターネットトラフィックに対するパス制御の検討は殆ど行われていなかった。本開発ではいち早くその重要性を認識し、今回、制御の基本手法の開発と効果の検証に成功したことは重要なマイルストーンと考えている。本研究開発で得られた成果は海外を含め高く評価され、国際会議/国際ワークショップで8件の招待講演を受けるとともに、以下の各賞を受賞した。

- 1) 平成 22 年度電子情報通信学会フォトニックネットワーク研究会若手研究賞（平成 23 年 2 月）.
- 2) ACP 2011 (Asia Communications and Photonics Conference 2011), Best Student Paper Award (平成 23 年 11 月) .
- 3) 平成 23 年度電子情報通信学会東海支部国際会議研究発表賞（平成 23 年 6 月）.
- 4) 電子情報通信学会第 8 回フォトニックネットワーク研究会学生ワークショップショートプレゼン賞（平成 24 年 8 月）.
- 5) OFC/NFOEC 2013, Corning Outstanding Student Paper Competition Semi-Finalist（平成 25 年 3 月）.

また、5)に関しては、IEEE Communications Magazine の招待論文として 2013 年 9 月号に掲載される予定である。

イ. カットスルールーティング・ノードシステムによる省電力効果の検討と評価（日本電気）

開発目標

消費電力を最適化可能なネットワークを構築するためのカットスルールーティング・ノードシステム実現に向けて以下の 3 つの技術を確立する。

- (1) フレキシブル・カットスルールーティング・ノード方式技術
- (2) モジュラー型スケーラブル・ノード構成技術
- (3) リソース最適化ノード制御方式技術

そして、これまでに開発した各要素技術を課題オでの統合動作に適用し、他の施策とあわせて 10 年後のトラフィックに対するスループット当たりの消費電力 1/10 以下の実現性を検証する。

(開発成果の要約)

((1)と(2)に関しては、小規模のマトリクス光スイッチと周回性 AWG の組み合わせで構成されるノードサブ装置(TPA)を 1 つのモジュラー構成単位とする、フレキシブル・カットスルールーティング・ノード方式技術とモジュラー型スケーラブル・ノード構成技術

を確立した。1つの TPA を増設の基本単位とし、トラフィック・波長パスの需要に応じてスケラブルに増設・減設できる。さらに、この TPA により制約フリーで光 Add/Drop でき、フレキシブルに光パスを設定できる。また、TPA 単位で TPND の 1:N 冗長構成をとることでネットワークの信頼性を向上できる。

(3)に関しては、トラフィック状況やサービスに応じて TPND 群を再構成することで、TPND 群の消費電力を動的に最適化するリソース最適化ノード制御方式技術を確立した。この技術は、キャリアグレードの 100 msec 以下の障害回復に適用できる高速起動モードと、起動制御部以外のすべての電力をオフにする電力最少モードの 2 つを有する省電力 TPND を用いる。TPND の起動時間に対する要求条件に応じて、最適な省電力待機モードを選択する。昼夜間のトラフィック変動に対しては、トラフィックを集約することで未使用となる TPND を電力最少モードで待機させる事で、稼働系の TPND 群の消費電力を約 27 %削減できる。予備系の TPND 群に対しては、将来の主要トラフィックの約 9 割を占める映像サービスを低優先サービスとして電力最少モードで待機させることで、予備系の TPND 群の消費電力を約 84 %削減できる。そして、TPND 以外の装置も省電力 TPND に連携して省電力待機させることで、その他の装置の消費電力も約 35 %削減できる。結果、ネットワーク全体でのノードシステムの総消費電力量は 53 %削減できる (図 3.2.9-1 参照)。

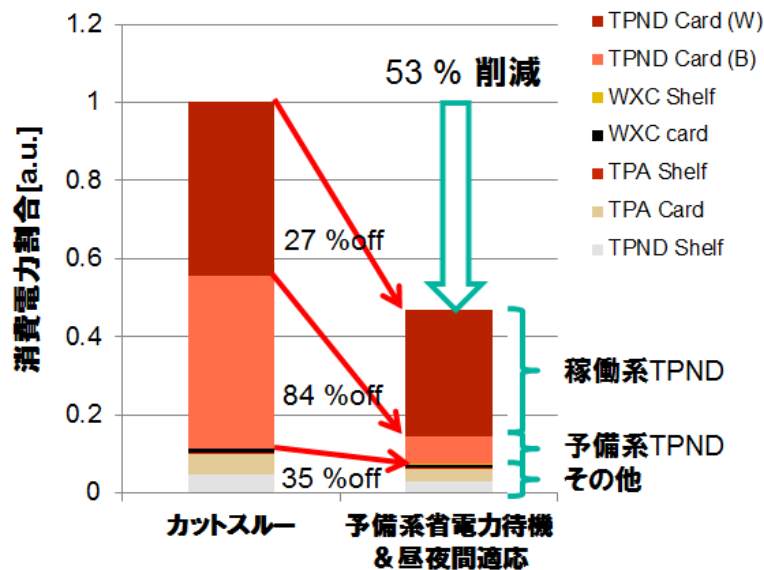


図 3.2.9-7 リソース最適化ノード制御方式技術適用による消費電力試算結果

(最終目標の達成度)

回線パス網および回線パス網ノードシステムトータルとして電力を最適化可能なネットワークを構築するためのカットスルールーティング・ノードシステム方式を実現するための 3 つの技術を確立し目標を達成できた。さらに、リソース最適化ノード制御方式技術を適用することでノードシステムの消費電力が 53 %削減できることで、課題オにおけるスループット当たりの消費電力を 1/10 に低減できる事を確認し、ネットワーク全体で 30 %の消費電力削減に貢献した。これらにより、基本計画に定義された最終目標は達成している。

(研究内容のベンチマークと成果の意義)

国内外の研究開発の動向を表 2-8-1 に示す。2010 年以降、ノードシステムの低消費電力化に向けた研究開発がなされている。多くは光送受信機単体制御による省電力化に関する。本研究では、ノードシステム全体制御による省電力化に取り組み、実用条件で従来比 50 %の省電力化を達成した。これにより、カットスルールーティング・ノードシステムの実用化に向けたシステム開発が加速されると期待できる。

表 3.2.9-1 リソース最適化ノード制御方式技術適用による消費電力試算結果

検討項目			評価		
			NEC(本PJ)	ALU	Huawei
①	ノード省電力化制御	光送受信機	●	●	●
②		光スイッチ	●	—	—
③	ネットワーク省電力化制御	動的バス切替	●	●	—
④		障害回復	●	—	—
⑤	電力削減率		50% (実用条件)	70% (理想条件)	60% (理想条件)
⑥	実用的省電力効果		◎	○	○

ウ. 光パス網用光信号再生技術の調査 (産総研)

開発目標 (中間目標 平成22年度)

光パス網の電力消費モデルとその最適化検討を実施する。省電力効果30%以上の目処を明らかにすることを目標とする。

開発目標 (最終目標 平成24年度)

23年度テーマ a) で検討されたネットワークモデルに基づいて、光パス網の普及シナリオの同定と省電力化の検証を実施する。具体的には、光パス網用伝送特性評価系を用い、10Gb/s, 40Gb/s 00K の予備実験と DQPSK 光信号の調査を進めながら、電力消費見通しを立てていく。また長距離伝送を考慮に入れた 40Gb/s, DQPSK 周回実験を実施し解析を行うことで、省電力効果 30%以上を検証する。その後、同実験系を、課題オ) として取り組む光信号再生ネットワーク評価装置へと発展させて、テーマ b) ア)・イ) で開発された実験系と統合する。

(開発成果の要約)

テーマ a) のモデル検討結果の基盤となる技術を確認することを目的に、光パスネットワークの省エネルギー効果の評価を行った。まず実際のネットワークを想定すると、基幹通信においては複数チャネルによる波長多重通信が 40Gb/s 以上の通信速度で扱われているのが昨今の状況である。それらの状況を実験系に完全に再現することは難しいため、光信号伝送のシミュレーションにて 3R 距離を推定した。その結果、信号の Q 値が 5 dB を切るところで信号再生がなければ伝送できないと仮定することで、40 Gb/s においては 400 km、10Gb/s においては 600 km という 3R 距離を試算した。

次に省エネルギー効果評価を行うために実験系を準備し、基本データとして省電力効果を把握する実験を行った。図 3.2.9-8 が省電力効果確認用の実験系である。図に示されるように 3 組織の装置を統合し構成している。トランスポンダアグリゲータ (NEC)、波長ルーティング装置 (名古屋大学)、光信号再生装置 (産総研) である。これらの装置に電力計を取り付け、各装置ブロックに置いて電力値を得、2つの動作状態についての消費電力確認を行った。1つは光信号処理再生中継方式を用いず、従来のトランスポンダ装置、予備回線 (バックアップトランスポンダ) 用いた場合、もう 1つは光信号処理再生中継方式に省電力トランスポンダ (バックアップ構成、ノードカットスルー構成含む) を用いた場合である。

実験結果を図 3.2.9-9 に示す。ネットワークモデルを考慮したノードカットスルー構成、および装置省電力機構採用により約 30%の装置消費電力削減が可能であることが確認できた。

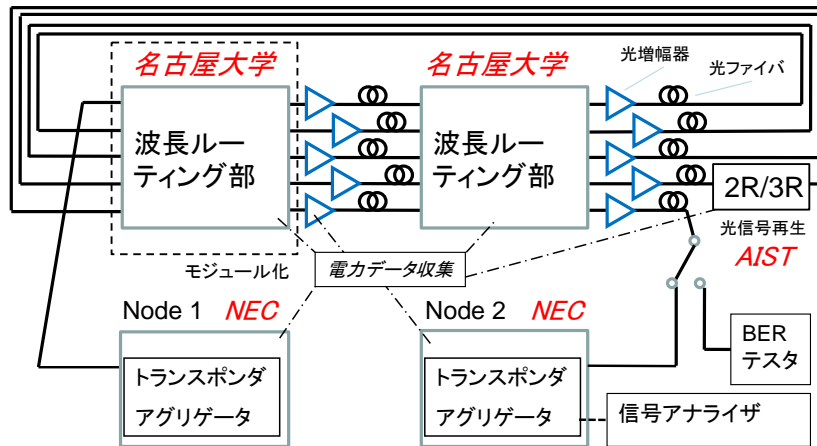


図 3.2.9-8 : 省電力効果確認用実験系

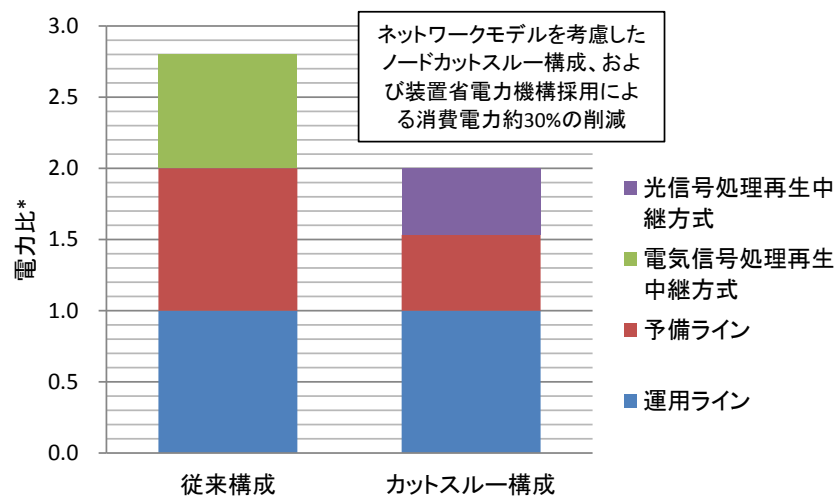


図 3.2.9-9 : 省電力性確認結果

(目標の達成度)

本サブテーマでは高非線形ファイバを利用した光パラメトリック効果による信号再生に着目し、その改善効果を確認、光信号再生手法の知見を得た。実際に光通信で使用される 40Gbit/s 以上の通信速度において、シミュレーションと実験の両面から検討を行い、光信号再生性能を確認した。これらは光ファイバ伝送特性上の制約、つまりは伝送距離に起因する信号劣化要因を取り払うことのできる技術として期待されるものである。これらの結果に H23 年度テーマ a) で検討されたネットワークモデルを考慮し、装置機器については装置省電力機構の採用、制御方式についてはカットスルー方式の導入により、ノード装置電力を従来電気装置構成に比べ約 30% 削減できることを明らかにした。

上記により、基本計画に定義された中間目標は達成している。

(成果の意義およびベンチマーク)

光装置機器については装置省電力機構の採用、制御方式についてはカットスルー方式の導入により、光信号の伝送距離を確保すると同時に省エネ効果を得た。光パス網適用範囲を拡大させる 1 つの技術の方向性を示した。

光パラメトリック過程を用いる光信号再生により、光電気変換 (O/E/O) 利用する方式に比べて低電力での光信号再生の実現を目指した。近年の 100Gb/s-DP-QPSK を主軸としたコヒーレントトランシーバーの進展により、トランシーバー自体の長距離光伝送特性が改善し、光電気変換 (O/E/O) 型の信号再生方式も広がりを見せると考えられる。また、光パラメトリック過程のみでは多値多位相変調されている光信号への対応が難しいこと

がわかってきており、国内外において位相感応増幅 (PSA) を用いた信号再生方式の検討が進んでいる。

エ. アプリケーションに応じてエネルギー消費の小さいルーティング方式を選択する技術の検討と評価 (産総研)

開発目標 (中間目標 平成 22 年度)

web ベースのアプリケーションを対象に、トラフィック量、転送レートなどの要求要件をネゴシエーションするプロトコルについて、調査・検討する。また、トラフィックを適切なルーティング方式のネットワークを用いるように振り分ける仕組みについて、技術要件と既存技術の検討を行う。技術要件と既存技術を取りまとめる。

ネゴシエーションおよびルーティング方式の切り分けを行うプロトタイプシステム的设计・実装を行う。ルーティング方式切り分けのフィジビリティを示すことを目標とする。また、簡易ラベルスイッチングの方式検討を行い、エミュレータの実装について検討する。エミュレータ実装の設計を終える。

開発目標 (最終目標 平成 24 年度)

ネットワークのルーティング方式を設定するための、下位レイヤのネットワーク制御方式の技術進捗状況について調査し、プロトタイプシステムとネットワーク制御レイヤとの連携を可能にする。また、簡易ラベルスイッチのエミュレータを実装する。プロトタイプやエミュレータを組み合わせ、サブテーマ(オ)と連携して省エネルギー効果の評価を行う。アプリケーションからのルーティング方式選択による省エネルギー効果をまとめる。

(開発成果の要約)

アプリケーションからの情報によりルーティング方式を選択する手法を設計するため、アプリケーションのネットワークに対する要求要件をネゴシエーションする方法、トラフィックの受け持つルーティング方式のセットアップする方法、対象となるトラフィックを抽出してアプリケーションから透過的に別のルーティング方式に切り替える手法の設計を完了した。

要求要件をネゴシエーションするプロトコルを設計するため、ストリーミング転送方式や SIP など既存技術を調査した。Web ベースのマルチメディアコンテンツへのアクセスに用いられるメタファイルは、必要帯域、品質、利用時間などの要求要件をユーザ側アプリケーションに通知する機能を持つ。この方式をマルチメディア以外のアプリケーションでも用いれば、ネットワークへの要求要件をアプリケーションとネットワーク間でネゴシエーションが可能であることが明らかになった。このメタファイル情報を交換するため、既存技術である RSVP を拡張したプロトコルを設計した。これにより、要求要件だけでなく対象となるアプリケーションのトラフィックフローを抽出する情報も同時にネゴシエーションすることが可能となった。このプロトコルをネットワーク選択機構で観測することで、要求要件によりルーティング方式を選択し、トラフィックフローを抽出して、ルーティング方式の切替を行う方式を設計した。

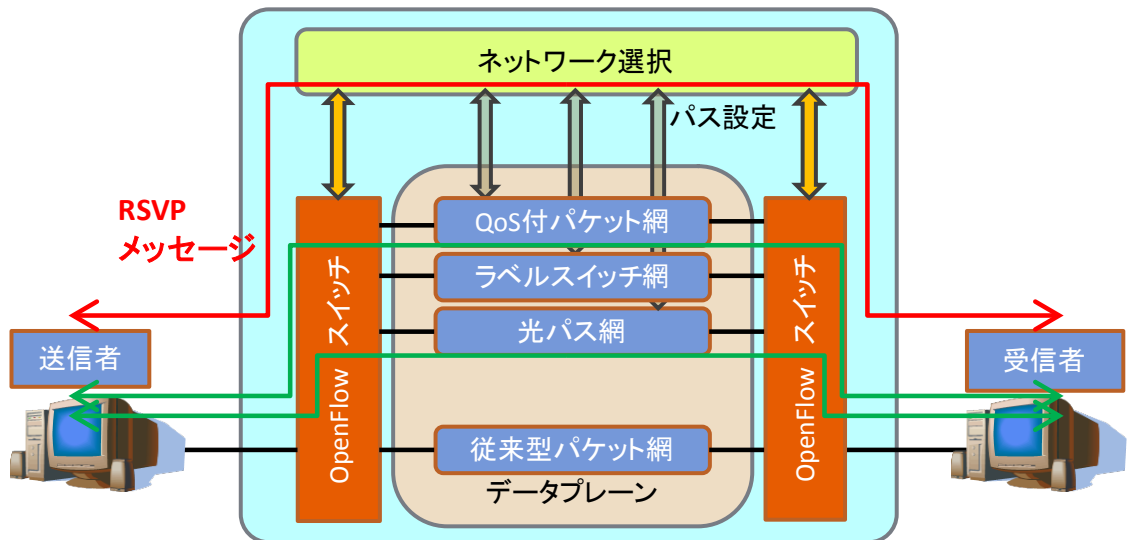


図 3. 2. 9-10 ルーティング方式の切替の仕組み

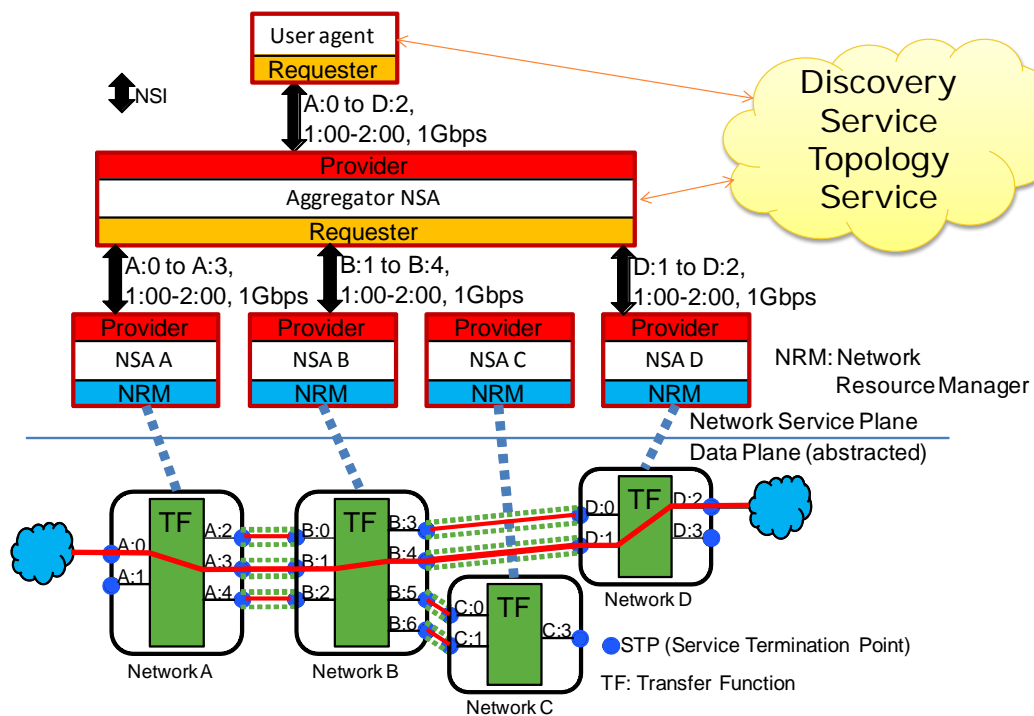


図 3. 2. 9-11 NSI Connection Service 概念図

アプリケーションのトラフィックを省エネルギーなネットワークに振り分けるには対象となるパケットを抽出してトラフィックエンジニアリングを行う必要がある。そこでラベルスイッチング制御方式として、OpenFlow の方式を検討した。OpenFlow は OpenFlow コンソーシアムが規定している新しいパケット経路選択方式である。OpenFlow は OpenFlow コントローラによりトラフィックエンジニアリングが自由に設定できる。OpenFlow スイッチを用いたプロトタイプを開発し、動作確認を行った。また、OpenFlow スイッチを用いた場合の切り替えにかかる電力コストと、ルーティング方式選択により節減される電力コストを検討し、エ寝る g ー節減効果を示した。さらに、OpenFlow を光パス網の制御に用いるために、OpenFlow にファイバーや波長などの資源をマッピングする方式を開発した。また、ODU スイッチを用いたネットワークへの適用も検討し、OTN 伝送路の設定を可能にする方式を開発した。

ネットワーク上の経路のセットアップに関しては、ネットワークドメインに跨ってルーティングを設定する間連携インタフェースの標準化活動を Open Grid Forum(OGF)の Network Services Working Group(NSI-WG)において実施した。端点間のパスを動的に要求するインタフェースである NSI Connection Service(NSI CS)について、プロトコルの中核をなすステートマシンを提案し採用されるなど、本プロジェクトの成果を標準に反映することができた。図 3.2.9-11 に NSI CS の概要を示す。ユーザエージェントからの要求をアグリゲータが複数ドメインへの要求に分解することで、複数のネットワークに跨るパス設定を行うことができる。本インタフェースに基づく実証実験を、欧米の学術研究向けネットワーク組織とともに実施し、インタフェースの有効性を示すことができた。NSI CS は、2013 年中にも各国の学術研究向けネットワークでの採用が始まる予定である。

(最終目標の達成度)

ネゴシエーションおよびルーティング方式の切り分けを行うプロトタイプシステムの設計・実装を行い、ルーティング方式切り分けのフィージビリティを示すことが目標であるが、既に既存プロトコル RSVP を拡張し、ネゴシエーションとルーティング方式の切替を行う機構の実装を終えている。また、OpenFlow の仕様に基づいたパケットマッチング方式により、フロー単位にルーティング方式の切り分けを行う機構を設計し、プロトタイプの実装を行い、実現性を確認するとともに、方式導入時の消費電力を評価した。また、一部のストリーミングで用いられるメタファイル交換を、他のアプリでも用いればネゴシエーションが可能であることも示した。これにより目標を達成した。

(成果の意義およびベンチマーク)

ネットワークがトラフィックの状況を監視して自律的に適応するトラフィックエンジニアリング技術に加えて、アプリケーションレイヤからこれから発生するトラフィックの性質をネットワーク制御機構に伝えることにより、より最適なルーティング方式の選択が可能になる。本テーマは、このような機構のモデル設計を行い、フィージビリティを示すもので、エネルギー効率の高いルーティング方式の選択確率を上げることができる。

OpenFlow を光ネットワークに適用する動きは 2011 年から ONF など始まっているが、本研究ではそれらに先駆けて検討を行った。また、単に光ネットワークに適用するだけでなく、消費エネルギーに着目してネットワーク方式の切り替えに使用する点に独自性がある。

端点間のパスを動的に要求するインタフェースの標準化については、プロトコルの振る舞いを規定するステートマシンを提案し採用されるなど、インタフェースの根幹部分への寄与を行っている。

オ. ルータによる省エネルギー効果の評価 (産総研)

開発目標 (中間目標 平成 23 年度)

この時点までの他のサブテーマの研究結果から得られる省エネルギーに関するデータを集約する。実際にルータ機器を用いて省エネルギー効果を測定するための環境の設計とエミュレータや必要な機器等の準備を行う。H24 年度に最終評価を行うためのデータの収集と評価環境の準備をおおむね終えることを目標とする。

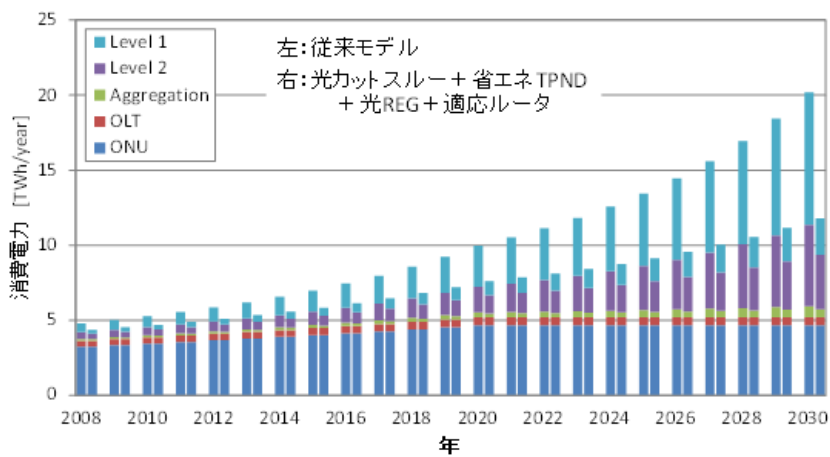
開発目標 (最終目標 平成 24 年度)

他のサブテーマおよび研究項目 b) での研究結果から得られる省エネルギーに関するデータを集約する。実際に省エネルギー効果を測定するための環境を構築し、省エネルギー効果を実測する。研究項目 b) および c) によって達成されるシステム全体での省エネルギー効果の評価をまとめる。

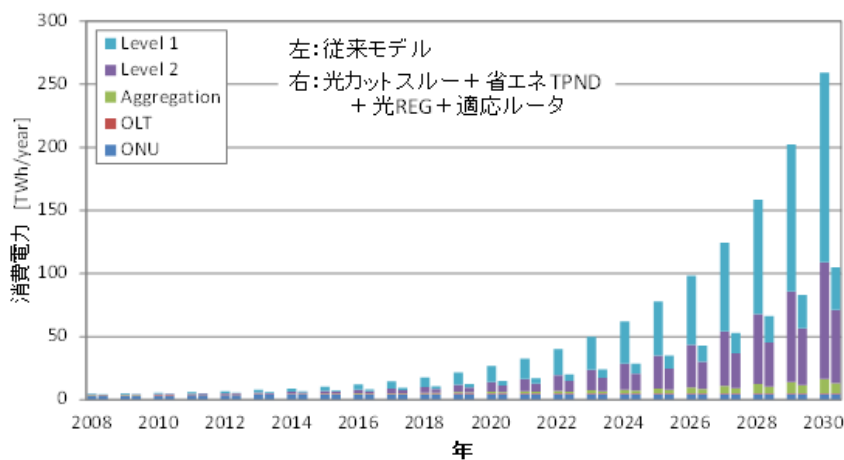
(開発成果の要約)

本サブテーマでは、サブテーマ a にて提案したネットワーク消費電力試算モデルの拡張を行い、光信号処理技術をネットワークに適用した際のネットワーク全体での省エネルギー効果の評価を行った。拡張ネットワークモデルでは、従来のホップバイホップの電気スイッチによるパケット交換だけでなく、通信ノードにおいて光信号のバイパスを行う「光カットスルー」処理を導入した。更に、本プロジェクトで検討したネットワーク低消費電力化に向けた新技術導入に対応した拡張も行い、本プロジェクトの成果適用によるネットワーク全体での低消費電力化効果を評価した。

拡張モデルにおいて検討技術を導入するためのパラメータを得るために、総合的な実験のデータを試算の基とした。実際の通信品質や拡張性などのシステムとしての適用性の実証も含め、実際のルータ機器・光信号送受信機器を用い、データを取得した。このパラメータを基に、光カットスルー、電気ルータおよびトランスポンダにおける装置省電力機構の採用、光信号処理技術の適用について、ネットワーク消費電力試算モデルの拡張を行った。その拡張ネットワークモデルを用い、トラフィック増加率、電子部品の電力効率改善率など様々なパラメータを仮定し、2030年までの消費電力推移を試算した結果、図 3.2.9-12 のようになった。光カットスルー技術は、主に Level1 と Level2 の消費電力削減に寄与する技術であり、従来モデルにおいて Level1, Level2 の消費電力割合が大きいほど、光カットスルーモデルにより大きな消費電力削減効果が得られることとなる。従来モデルの消費電力傾向について、トラフィック量が少ない時には Access など Level3 の消費電力が大きな割合を占め、トラフィック量が多くなるほど、Level1, Level2 の消費電力割合が増加する。すなわち、トラフィック量が多いほど、光カットスルーモデルにより大きな消費電力削減効果が得られる。これらの試算結果から、光信号処理技術導入によりネットワーク全体の消費電力が大幅に抑制可能であることを示した。検討した技術の普及シナリオを考慮し、2030年に本プロジェクト成果適用にて従来方式に比べ30%以上の消費電力削減が可能である見通しを得た。



(a) トラフィックが年率 23%増加した場合

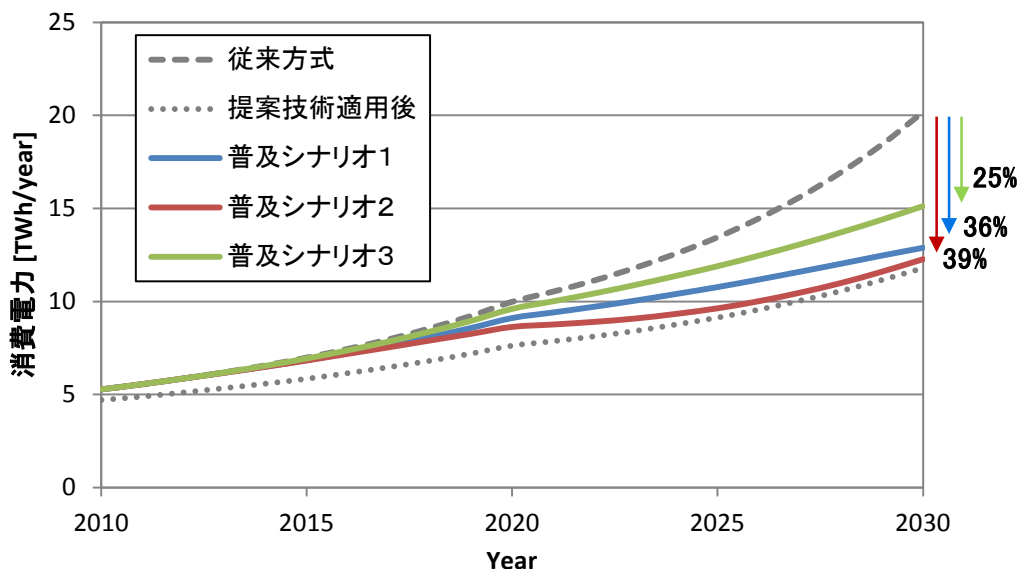


(b) トラフィックが年率 40%増加した場合

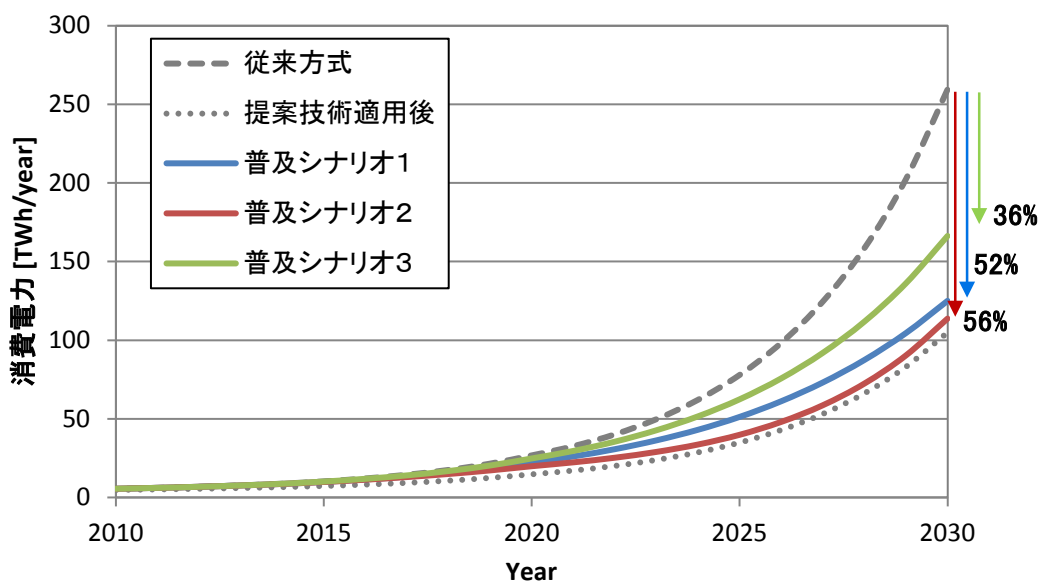
図 3.2.9-12： 2030 年までのネットワーク消費電力推移試算結果

検討してきた光信号処理技術のネットワークへの導入について、2013 年以降一様な増加（線形）で普及する場合（シナリオ 1）、それを超える急速な普及（シナリオ 2）およびそれを下回る緩やかな普及（シナリオ 3）という 3 つの普及シナリオを想定し、消費電力の試算を行った。図 3.2.9-13 に各普及シナリオを想定した場合の消費電力推移試算を示す。トラフィック増加率 40%想定時、2030 年において普及シナリオ 1 では光信号処理技術適用により 52%、普及シナリオ 2 では 56%、普及シナリオ 3 では 36%の消費電力削減効果が試算されている。トラフィック増加率 23%想定時、2030 年において普及シナリオ 1 では光信号処理技術適用により 36%、普及シナリオ 2 では 39%、普及シナリオ 3 では 25%の消費電力削減効果が試算された。

本プロジェクトの目標である「2030 年段階において本プロジェクト成果適用で 30%削減」に照らし合わせると、トラフィック増加率が将来にわたり大きい状態で推移する場合には、成果適用の効果が大きいことから、普及率がそれほど高くない場合にも該当年におけるエネルギー30%削減が可能となる。



(a) トラフィック増加率 23%を想定した電力エネルギー消費推移



(b) トラフィック増加率 40%を想定した電力エネルギー消費推移

図 3.2.9-13：普及シナリオを考慮した消費電力推移試算結果

(目標の達成度)

カットスルー・ルーティング・ノード装置 (NEC)、ノード機能部品 (名古屋大学)、光ネットワーク電力評価実験用信号再生装置 (産総研) を統合させることで、通信距離および帯域幅を考慮した光パス網消費電力評価を実施、30%を超えるネットワーク全体の省電力化が可能であることを確認した。基本計画に定義された中間目標は達成している。

(成果の意義)

ネットワークトラフィック増大にともなう消費電力の増加を抑えるために、光パスなどの複数方式を組み合わせ消費電力を低減するネットワークのモデル設計を行った。加えて、国内の将来のネットワークトラフィックの量・粒度・パターンを見積もり、これを用いて提案するネットワークモデルの将来の消費電力の予測と、従来型ネットワークのみを用いた場合の予測消費電力との比較評価を行った。これにより、将来にわたるネットワークの消費電力推移を把握することが可能となった。

また、光カットスルー、光パス網を適切に従来型ネットワークに組み合わせることで、従来型ネットワークのみを用いた場合について 30%を超える消費電力低

減を図ることができることが明らかになった。これらの結果はより持続可能な省エネルギー型のネットワークを具現化していく指針となる。

3.2.10 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

実施機関：アラクサラネットワークス（株）

横河電機（株）

（株）日立製作所

再委託：九州工業大学

(1) 研究開発の目標

情報量の減少に応じて動的に省電力モードに切り替わる、革新的な省エネルギーのネットワーク・ルータ技術につながる要素技術として①トラフィック観測・予測・最適性能予測技術、②データ流量適応型性能制御技術、③電力可視化技術、を2012年度（平成24年度）までに確立する。これら要素技術の活用により、これら要素技術を活用しない場合と比較してネットワーク部分の年間平均消費電力量を30%以上削減することを目的とする。

(1)-1) 中間目標（平成22年度）

① トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

40Gbps レベルの高速回線を収容するルータに入出力する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな情報量の観測、予測技術を開発し、その実用性を検証する。

② データ流量適応型性能制御技術

消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を4段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術の開発と情報量のダイナミックな観測、予測技術との結合評価実験による実用性を検証する。

③ 電力可視化技術

千台規模のルータシステムにおいて、長期変動に加え、数分の短期変動に対応可能な電力の収集・表示技術を確立する。

(1)-2) 最終目標（平成24年度）

① トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

40Gbps レベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証する。前記実証、実用性の検証においては試作ルータや試作サーバによるシステム評価を実施する。

② データ流量適応型性能制御技術

消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発。情報量に対応して転送性能（消費電力）を制御することで、制御を行わない場合と比較してネットワーク部分の年間平均電力消費量を30%以上削減できることを実証する。

③ 電力可視化技術

サーバールータ間のインタフェース技術を共通基盤技術として確立した上で、標準化のための情報を定義する。そして、ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を完成する。

(2) 開発成果の要約

(2)-1) トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

・長期変動対応アルゴリズム

トラフィック解析にて得られた知見である「バーストトラフィックが情報量（トラフィック量）の大きな揺らぎを発生している」ことに着目し、各時間帯の検知されたバーストトラフィックの絶対値

に応じて転送性能の判定を行うバースト検知アルゴリズムを開発した。さらに、試作ルータを用いた統合評価やシミュレーションにおいて本アルゴリズムを評価し、目標である「転送性能の 40%以上の削減」を実証した。

統合評価では、転送性能を 4 段階に制御する試作ルータ向けにアルゴリズムを改良し、トラフィック量として実際のネットワークより収集したトラフィックデータに基づき 7 日分の 40Gbps レベルのトラフィックデータを作成した。

1~5 日目のトラフィックデータを用いて 6 日目および 7 日目の転送性能を判定した際の転送性能とトラフィック量の時間変化を図 3.2.10-1 に示す。試作ルータの平均の転送性能は 54%であり、目標である転送性能の 40%以上の削減を実現している。この際の packets 廃棄は 0 であり、packets 廃棄を増加させず転送性能を削減できることが分かる。

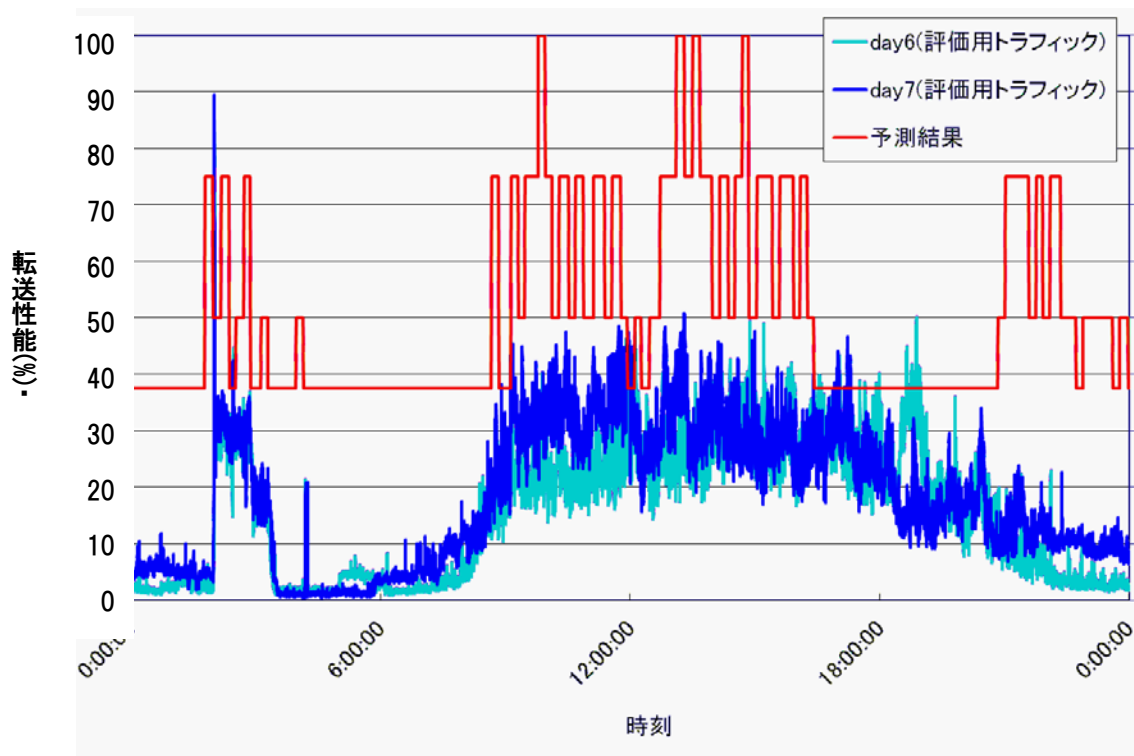


図 3.2.10-1 長期変動アルゴリズムの統合評価結果

・短期変動アルゴリズム

ネットワーク上を流通する情報量の短期変動に対応可能な情報量(トラフィック量)のダイナミックな予測技術として、ルータに入力するトラフィック量やその周期性等より、以後のトラフィック量を予測してルータの転送性能を判定する短期変動アルゴリズムを開発した。

開発した輻輳制御対応予測アルゴリズムは、TCP(Transmission Control Protocol)端末による通信帯域の単調な増加と急激な通信帯域変動に対応するため、トラフィック量の直前の値と平均値を組み合わせた予測を行うことを特徴とする。さらに改良を加えた周期バースト対応予測アルゴリズムでは、TCP 端末によるバーストトラフィックの周期性に着目し、事前にバーストを予測して転送性能に補正を加えることで転送性能不足に起因する packets 廃棄を抑制する。

40Gbps レベルの高速回線を収容するルータを模擬する試作ルータと試作サーバによるシステム評価環境を構築し、これらのアルゴリズムを評価した。packets 廃棄率と転送性能(%)の関係の一例を図

3.2.10-1 に示す。目標とする 0.001% の廃棄率を実現する輻輳制御対応予測および周期バースト対応予測の転送性能は、それぞれ 12.4%、13.4% となり、目標とする「転送性能の 50% 以上の削減」を確認した。さらに、多様なトラフィックによるシステム評価やシミュレーション評価においても、転送性能の 50% 以上の削減を確認した。

この様にシステム評価等により、40Gbps レベルの回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の短期変動に対応可能な情報量の予測が可能であることを確認した。

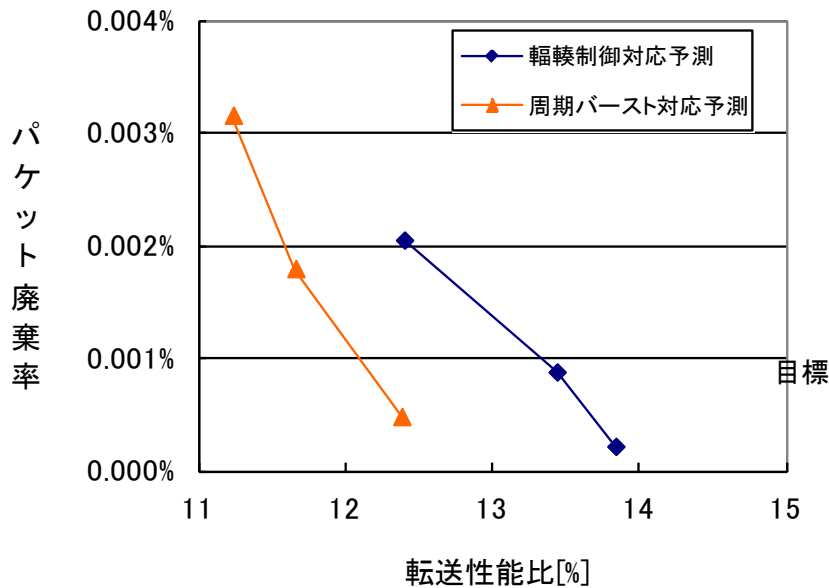


図 3.2.10-2 短期変動アルゴリズムのシステム評価結果例

・回線帯域予測

本研究では、回線帯域で示される転送性能をその最大値に対して 50% 以下に低減するに足る判定精度の達成を目標として予測手法の開発を行った。その際、ルータに到着するトラフィックとして、実環境で実測されたトラフィックを想定する。検討する回線帯域としては、ネットワーク機器間を複数のリンクにより接続された環境を想定し、トラフィックに応じてリンク本数を制御することで、転送性能を動的に制御する。

先行研究で開発を行った既存の転送性能予測手法では、ある期間ごとに到着トラフィックのピークスルーポイントからヒストグラムを作成し、予め定めた閾値により次の転送性能を予測していた。この手法ではある期間のみの情報により転送性能を予測していたため、研究期間を通してこれまでの到着トラフィックの短期的な傾向や、前週同日同時刻における到着トラフィック量といった短期と長期の情報を組み合わせて予測するよう方式を改良した。具体的には最新情報のみにより推定したリンク本数の経過情報と、前週同日同時刻の平均到着トラフィックとを比較し、差分に応じてどちらの情報を利用するか決定するとした。また、動的な転送性能制御による省電力化は通信品質とトレードオフの関係にあるため、通信品質を維持することができるよう閾値を予め定めることができる機能も追加した。

既存手法、および改良手法を学内の対外接続点で取得したトラフィックデータを用いて評価した。改良手法は長期間にわたって取得したデータを長期履歴情報として参照するとし、ある平日の 24 時間分の到着トラフィックデータを用いてシミュレーション評価を行った。表 3.2.10-1 にシミュレー

シミュレーション結果を、図 3.2.10-3 に 24 時間のリンク本数の変化を示す。表 3.2.10-1 より、改良手法は既存手法よりも変更回数を大幅に削減可能であることがわかる。さらに表 3.2.10-1 と図 3.2.10-3 より、改良手法の平均リンク本数は 3.45 であり、リンク本数によって示される転送性能を、動的な転送性能制御を実施しない場合よりも約 65%、既存手法よりも約 30%削減可能であることがわかる。一方表 3.2.10-1 より、改良手法の廃棄率は 0.009%であり、広域網における破棄率は 0.01 ~ 0.05%程度であることからすると、非常に小さい値に抑制できていることがわかる。

以上の結果より、実トラフィックを利用して開発手法を評価した結果、通信品質の低下を避けながら、リンク本数によって表される転送性能をその最大値に対して 50%以下（10本のリンクに対して5本以下）に低減可能であることを確認した。

表 3.2.10-1 24 時間（平日）のシミュレーション結果

手法	変更回数	リンク数	廃棄率
既存手法	46641	5.20	0
改良手法	390	3.45	9.0e-5

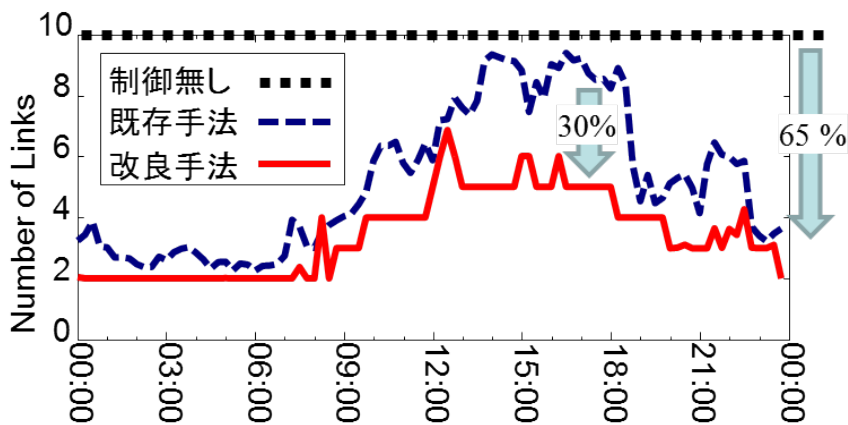


図 3.2.10-3 24 時間（平日）の転送性能（リンク本数）の変化

(2)-2) データ流量適応型性能制御技術

トラフィック量（＝情報量）に応じた動的な性能増減を実現するために、複数のエンジンを備え、エンジン性能や回線帯域を多段階に増減することで省電力モードを実現するマルチエンジンのルーターアーキテクチャー、回路技術及び制御ソフトウェアの開発と実証を行った。

省電力モードとして周波数変更、動作モード変更、電源 ON/OFF 等を可能にする LSI を試作し、ルーター・スイッチとしての動作について評価ボードを用いて確認した。また、LSI としての動作周波数及び外部接続デバイスの動作周波数を変更する動作、LSI 内部をパケット処理順序で細かく分割し、パケットを処理している部分のみ活性化する動作を評価ボードにより確認した。更に、エンジンの ON/OFF 及び性能を多段階に変更する場合の消費電力低減効果、負荷が低い場合の LSI の消費電力低減効果を確認した。

機能確認項目としては経路検索、フロー検索、ユニキャスト/マルチキャスト処理、帯域制御、統計収集等のルーター・スイッチに必要とされる機能について、各種動作モードにおける動作を評価ボー

ドにより確認した。

また、動作モード切替及び省電力ネットワークインタフェース技術により、エンジン性能を多段階に増減して転送性能制御する制御粒度向上版ソフトウェアの試作を行い、評価を完了した。

これらにより、エンジン性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を確立した。図3.2.10-4にパケット処理負荷に応じた消費電力低減効果の評価結果を示す。図の横軸はトラフィック量の相対値、縦軸は消費電力の相対値を表し、動作モード切替16段階と、省電力ネットワークインタフェース制御技術による2段階の組み合わせにより、性能を32段階で切替えた場合の評価を行った。評価結果より、トラフィック量が0%の場合で65%、トラフィック量が50%の場合で30%の消費電力削減が可能であることを確認した。米国ATIS(Alliance for Telecommunications Industry Solutions)のエネルギー効率基準TEER(Telecommunication Energy Efficiency Ratio)等によれば、ルータは転送性能の10%-30%程度で稼動する場合が多く、負荷率で重み付けした場合、一般的にルータには、転送性能の半分以下のトラフィック量しか入力しない。

このことより、開発した省エネルギー型ルータは、一般的なネットワークにおいて、平均30%以上の消費電力削減効果が可能であることが確認できた。

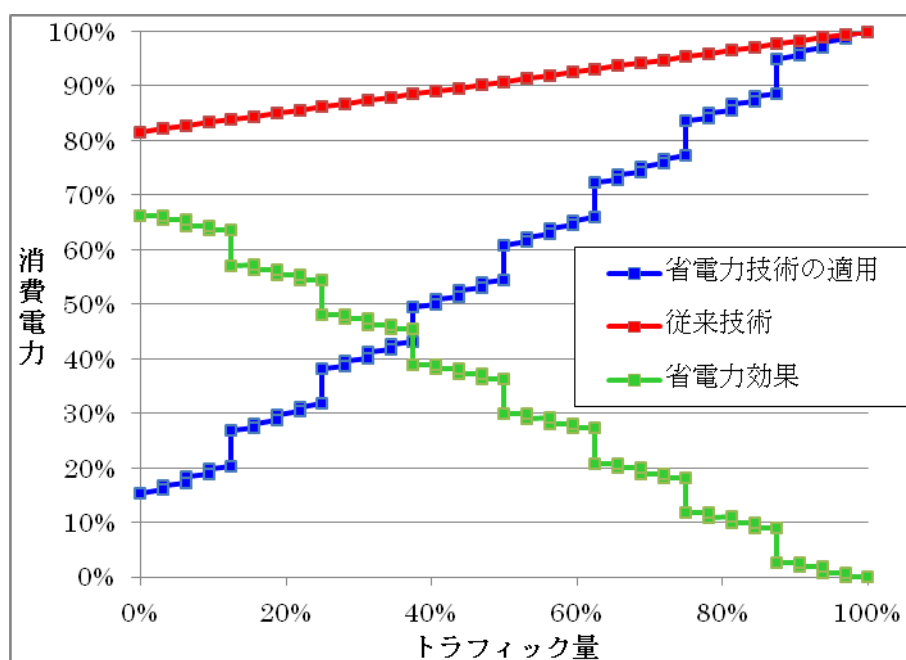


図 3.2.10-2 消費電力低減効果

また、ルータにおける順序制御、廃棄制御を長期変動対応予測アルゴリズムおよび短期変動対応予測アルゴリズムに組み合わせる通信品質確保技術を開発し、シミュレーション及び実機評価により、転送性能の低減に起因するパケット廃棄率を 10^{-5} 以下できることを確認した。

(2)-3) 電力可視化技術

電力可視化の目的は、ネットワークを構成するルータ群の電力消費状況をネットワーク経由で収集、見える化し、省電力効果の認識・評価につなげることである。本目的の実現を目指し、見える化のための電力収集基盤となるサーバールータ間インタフェース技術、ルータが観測した電力情報を効率的にリアルタイム取得するための消費電力取得・観測技術、ネットワークを構成するルータ群の消費電力を見える化する枠組みを提供するユーザインタフェース技術を開発した。

- ・サーバールータ間のインタフェース技術

本技術開発では、電力可視化要件の分析・検討を行い、その結果をもとに標準化のための情報としてサーバールータ間インタフェース仕様を定義し、IETF に提案した。複数の参加者からも電力収集インタフェースに関する提案が行われ、その結果として IETF で EMAN(Energy Management) WG が発足した。本プロジェクトからも EMAN WG に参加し、本プロジェクトで目指す電力可視化要件と整合するよう標準化の推進を行った。なお、IETF の標準化作業は継続中であり、完了は 2013 年中の見込みである。

- ・消費電力取得・観測技術

一般的に行われている定期的なサーバ要求に応じてルータが応答する方式の場合、短期的なリアルタイム変動を取得するためには収集周期を短くする必要がある。その一方で取得情報量が増えていくことから、取得トラフィック量の増加、及び DB サイズの肥大化といった問題が生じる。そこで、取得情報を絞りつつ数秒オーダーのリアルタイム変動を捉えるとともに誤差なく長期的な変動が収集できるよう、ルータが変動をサーバに通知する方式とサーバ要求に応じてルータが応答する方式を併用した手法を開発した。さらに、サーバールータ間インタフェースの IETF ドラフトをこの手法に適用し試作サーバとルータに実装、動作検証を行い、標準化仕様との整合性を確認した。

- ・ユーザインタフェース技術

ネットワークを構成するルータ群の省電力効果について多角的な分析を可能とする見せ方の枠組みを開発した。見せ方の枠組みでは、時間方向、ネットワーク、指標分布の3つの視点を提供するとともに、それらの視点が連携して動作する。また、見せ方の枠組みではスケーラビリティに優れた分析を可能とするため、1画面上で千台規模のルータまで表示させることを前提としている。時間方向の視点では、変動パターンに応じたクラスタリングを行い、電力値を色で表現することで、多量ルータの時系列変化パターンの直観的な認識を可能とする表示手法を開発した。ネットワークの視点では、ネットワーク全体を常に表示しつつユーザの関心度が高い部分に表示領域を割り当てて動的なトポロジのレイアウトを行う表示手法を開発した。

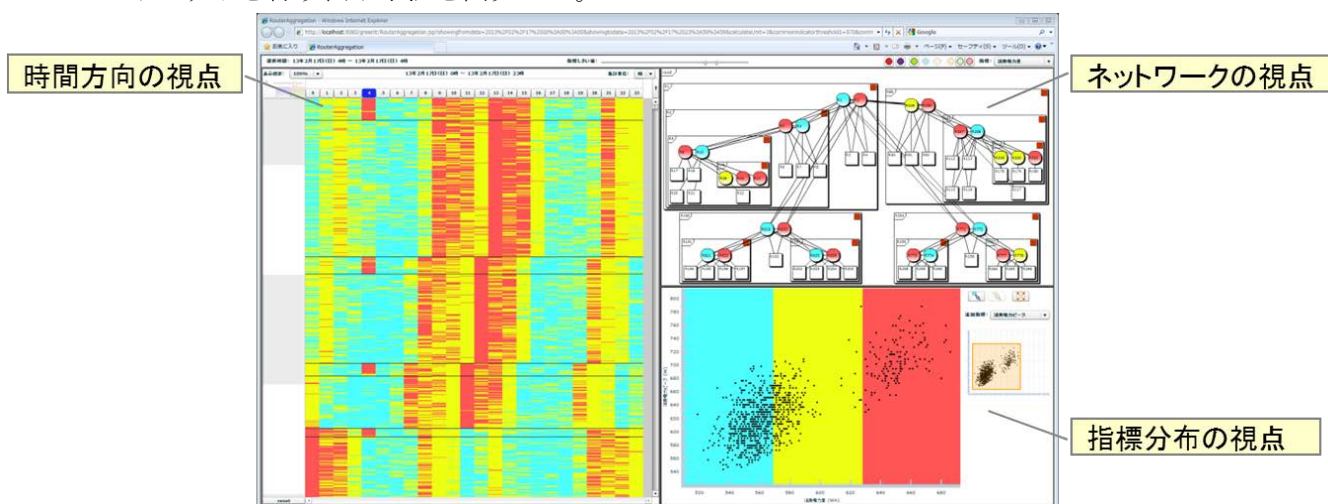


図 3.2.10-5 電力可視化画面イメージ

これら技術は、サーバールータ間インタフェースの IETF ドラフトを実装した試作サーバシステムにて総合評価を行い、長期変動に加え数秒～数分オーダーの短期変動に対応した電力可視化が実現できることを確認した。

(3) 目標の達成度

(3)-1) トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

情報量の短期変動に対応可能な推定アルゴリズムを開発した。さらに、40Gbps レベルの高速回線を収容するルータを模擬した試作ルータや試作サーバによるシステム評価を実施した。本評価にて、判定される転送性能をその最大値に対して 50%以下に削減するに足る判定精度を推定アルゴリズムが備えることを実証し、最終目標を達成した。

(3)-2) データ流量適応型性能制御技術

消費電力モードの切替時間が 1 m s 以下で、性能を 1 6 段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、情報量に対応して転送性能(消費電力)を制御することで、この制御を行わない場合と比較してネットワーク部分の年間平均電力消費量を 3 0 %以上削減できることを実証し、最終目標を達成した。また、ネットワーク上を流通するトラフィック量に基づく推定アルゴリズム(エンジン性能)を用い、実環境を想定したトラフィックによる通信品質確保技術の評価を行い、性能不足によるパケットの廃棄率を $1 0^{-5}$ 以下に抑止可能であることを確認した。

(3)-3) 電力可視化技術

長期変動及び数秒～数分の短期変動に対応可能な電力の収集・表示技術を開発し、IETF においてサーバールータ間インタフェースの標準化を推進した。加えて、IETF におけるドラフトでの総合評価を行い、標準化仕様と開発技術との整合性、および最終目標の達成を確認した。

(4) 成果の意義

(4)-1) トラフィック観測・予測・最適性能予測技術

良好な精度で転送性能を予測することが可能となり、予測結果に基づいた適切な転送性能制御により、電力消費を削減することが可能となる。

(4)-2) データ流量適応型性能制御技術

待機電力低減に向けた研究推進は世界に先駆けた取り組みである。部品レベルでの省電力技術には限界があり、ネットワーク機器の省エネ化にはアーキテクチャレベルでの省電力技術が必須である。

(4)-3) 電力可視化技術

消費電力削減のためには、見える化による省電力効果の認識・評価が必須である。

4. 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて

①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発における実用化・事業化については、データセンタを構成する要素毎に、実用化・事業化を推進する。以下に、課題ごとの状況を記す。

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

ア) 筐体内光接続技術

事業部門と製品化時期の見極めを行い、自社のサーバ製品群への適用を目指す（NEC）。

イ) ストレージシステム向け省電力技術

技術の性能/品質/信頼性を向上してプロダクトやサービスへの適用検討を進め、数年以内の実用化を目指す（富士通）。

ウ) クラウド・コンピューティング技術

既存製品事業への適用を試行し、製品等の一部機能として組み込み事業化を目指す（NEC）。成果をオープンソース化することによる社会還元により普及を図る（産総研）。成果を既存のオープンソースプロジェクトへ統合し、オープンソース活用型コンサルティング/S I 事業化を目指す（IIJ）。

b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

冷却ネットワークシステムの実用化開発を推進しつつ、データセンタ側のユーザニーズを反映し、最適仕様化・設計に反映する。その後、データセンタ高密度サーバに組み込み、冷却ネットワークの実証（クラウド分野）・事業者評価を踏まえビジネス計画及び展開を行う（SOHKi）。

高性能な相変化冷却技術と、低コスト化するモジュール技術により、サーバをはじめとし、多くの電子機器への搭載を目指す（NEC）。

c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

本研究開発における成果を基に、アダプティブマネージメント制御技術を具備したハードウェアを製品化した。今年度内に NTT グループ内で事業導入を開始し、今後、国内のデータセンタへ導入拡大を目指す予定である。計画としては、データセンタ事業における UPS 市場のうち約 10%程度のシェア獲得を目指す予定である。（NTT ファシリティーズ等）

d) データセンタのモデル設計と総合評価

モデル設計と評価であり本研究単独で直接製品に反映される実用化を目指したものではないが、本研究開発で提案するデータセンタのモデルを業界にアピールすることで、プロジェクトの成果が市場に普及することを目指す。

上記のような実用化・事業化を通して、あらゆる社会活動がクラウドセンタからのサービスとして供給される世界の実現、さらには、多様なサービスのクラウド集約による「省エネルギー社会」を実現が波及効果として期待される。

②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発における実用化・事業化については、電気ルータと光パス網ごとに、シナリオが異なるため、分けて実用化・事業化を推進する。

b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発（電気ルータ）

開発技術の一部を先行的に実用化開始（グリーン IT アワード 受賞）。開発した要素技術を連携・応用したネットワーク機器のさらなる実用化を目指す。

a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究 及び c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価（光パス網）

調査研究・モデル設計であり本研究単独で直接製品に反映される実用化を目指したものではないが、本研究開発で提案するモデルが将来ネットワークの基礎となりうる。提案モデルをベースとしたマーケティングや、ニーズ顕在化動向をみた試作・製品化などを適宜行い普及を図っていく。

ネットワークは、クラウド時代の IT インフラの根幹であり、大量データの通信を低消費電力で実現することにより、様々なサービスが可能となる。これにより、多様なサービスを低消費電力で提供する「省エネルギー社会」の実現が、波及効果として期待される。

(エネルギーイノベーションプログラム)
「グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト
(グリーンITプロジェクト)」基本計画

省エネルギー部

1. 研究開発の目的・目標・内容

(1) 研究開発の目的

現在、ブロードバンドの普及やIT機器の高度化・設置台数の急激な増加に伴い、ネットワークやIT機器が扱う情報量は増大傾向にある。ITの活用による環境負荷低減への貢献が期待されているが、情報量の増大に伴い、ネットワーク機器、サーバ、ストレージ、PC及びディスプレイなどのIT機器の個々の電力消費も膨大なものになると想定されている。試算によると、ネットワーク機器やサーバ、ストレージ等、これらIT機器全体では2025年には現在の5倍、2050年には12倍になるとされている。

一方、海外においては、低消費電力化に向けてIT関連企業の垣根を越えたコンソーシアムの動きが活発化しており、今後は消費電力低減が新たな競争軸になりつつあり、IT機器に関する省エネルギー技術の開発は、産業競争力の観点からも重要な要素となっている。

そのため、平成19年10月29日に開催された第70回総合科学技術会議において、IT各機器の省エネルギーに加えて、ネットワーク全体で効果を発揮する省エネルギー技術を中心とした、データセンタ、サーバ、ネットワーク機器に対する中長期を見据えた革新的省エネルギー技術の研究開発アプローチが期待されている。

新・国家エネルギー戦略(平成18年5月)では、30%以上のエネルギー消費効率を改善していくための方策として、長期的視点に立った省エネルギー技術戦略を策定し、省エネルギー技術開発及び支援の重点化を行うことが示され、2030年に向けて、省エネルギー技術戦略2007がとりまとめられている。

省エネルギー技術戦略2007には、省エネ型生活情報空間創生技術が重点技術分野とされ、通信機器等そのものの省エネルギー化と、大容量・高速通信を低消費電力で実現するためのネットワーク関連技術の研究開発が重点技術課題として取り上げられている。

また、平成19年度に提案されたCool Earth 50では、世界全体のCO₂の排出を現状から2050年までに半減という長期ビジョンとその達成のための革新的技術開発として、「Cool Earth — エネルギー革新技術計画」の策定が行われ、重点的に取り組むべきエネルギー革新技術として「省エネ型情報機器・システム」がうたわれている。

このような背景の下、本プロジェクトでは、省エネルギー型生活情報空間創生技術

による環境調和型IT社会の構築を目的とし、エネルギーイノベーションプログラムの一環として、中期（2013年以降のポスト京都議定書）・長期（2030年）・超長期（2050年）までを視野におき、「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術」及び「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術」について研究開発を実施する。

本技術の確立により、データセンタ及びネットワークの30%以上の年間消費電力量が低減されるのみならず、共通基盤技術の形成、産業競争力の強化、新規産業の創出にも資する。

（2）研究開発の目標

データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能なエネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術と、ネットワーク部分の年間消費電力量を30%以上削減する革新的な省エネルギー化を可能とするネットワーク・ルータに関する要素技術を、平成24年度までに確立する。

最終目標及び中間目標の詳細については、別紙研究開発項目のとおり。

（3）研究開発の内容

上記目標を達成するために、以下の研究開発項目について、別紙の研究開発計画に基づき研究開発を実施する。

なお、研究開発項目の一部について「ステージゲート方式」を採用する。

[委託事業、共同研究事業（NEDO負担率1/2又は2/3）]

※を付記した研究開発項目については、平成23年度以降は、共同研究事業（NEDO負担率1/2又は2/3）として実施する。

①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

※ア) 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発

※イ) ストレージシステム向け省電力技術の開発

ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発

※b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

d) データセンタのモデル設計と総合評価

②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発

a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究

b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

2. 研究開発の実施方式

(1) 研究開発の実施体制

本研究開発は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）が、単独ないし複数の原則、本邦の企業、研究組合、公益法人等の研究機関（原則、本邦の企業等で日本国内に研究開発拠点を有していること。なお、国外の企業等（大学、研究機関を含む）の特別の研究開発能力、研究施設等の活用又は国際標準獲得の観点から国外企業等との連携が必要な部分を、国外企業等との連携により実施することができる。）から公募によって研究開発の実施者を選定後、委託又は共同研究により実施する。各実施者がそれぞれの強みを生かした最適な共同研究体制を構築するとともに、必要に応じて再委託先を設定するものとする。また、各研究開発グループの有する研究開発ポテンシャルの最大限の活用により効率的な研究開発の推進を図る観点から、プロジェクトリーダーとして、平成20年度から平成22年度までは独立行政法人産業技術総合研究所 研究コーディネータ 松井俊浩氏を置き、平成23年度から、プロジェクトリーダーを独立行政法人産業技術総合研究所 情報技術研究部門 研究部門長 関口智嗣氏に変更して実施する。研究開発項目①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発にサブプロジェクトリーダーとして平成20年度から富士通株式会社 アウトソーシング事業本部 インテグレーションマネジメント統括部 統括部長付 西川克彦氏及び日本電気株式会社 システム実装研究所 研究所長 橋本雅伸氏、及び平成23年度から独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門 副研究部門長 伊藤智氏を、研究開発項目②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発にサブプロジェクトリーダーとして平成20年度からアラクサラネットワークス株式会社 CTO 林剛久氏、平成20年度から平成22年度までは株式会社日立製作所 中央研究所 情報システム研究センタ ネットワークシステム研究部 部長 西村信治氏（平成23年度から 三木和穂氏）、及び平成23年度から独立行政法人 産業技術総合研究所 情報技術研究部門インフラウェア研究グループ長 工藤知宏氏を置き、密接な関係を維持するとともに、それぞれの研究開発項目における達成目標を実現すべく研究開発グループごとに研究開発を実施する。

(2) 研究開発の運営管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有するNEDOは、経済産業省及びプロジェクトリーダー等と密接な関係を維持しつつ、プログラムの目的及び目標並びに本研究開発の目的及び目標に照らして、実施期間、研究開発項目及び実施体制の見直しを含めて適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて設置される技術検討委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させるほか、四半期に一回

程度プロジェクトリーダー等を通じてプロジェクトの進捗について報告を受けること等を行う。また、プロジェクトリーダー等は、当該報告等を踏まえ、研究開発グループに対し、適宜指導・助言を行う。さらに研究実施主体が競争的に研究開発を行うことによりイノベーションを加速させることを目的として、研究開発項目の一部について「ステージゲート方式」を導入する。具体的には、複数の研究開発グループから異なる原理、方式等の提案があり、現段階ではその性能、機能等が実証されておらず、かつ必ずしもそれらの優劣が明確でない場合には、その研究開発項目については複数の研究開発グループに委託を行うこととするが、プロジェクト実施期間の最初にフィジビリティスタディを行う「第1ステージ」（平成20年度）と後半の「第2ステージ」（平成21～24年度）に分け、「第1ステージ」の最終段階に、絞り込み評価を実施する。絞り込み評価では、研究開発目標に対する「達成度」等を踏まえ、定性的・定量的に評価する。絞り込み評価を踏まえ、「第2ステージ」（平成21年度以降）では、高く評価された研究開発に絞り、これらを継続して本格的な研究開発に移行させる。絞り込みに当たっては、原則、研究開発項目ごとに、1グループに絞ることとする。また、「第2ステージ」に移行するに当たり、研究開発の進捗状況を踏まえ、必要に応じて、研究開発項目及び実施体制を見直すこととする。

3. 研究開発の実施期間

本研究開発の期間は、平成20年度から平成24年度までの5年間とする。ステージゲート方式を導入する場合は、「第1ステージ」の期間を平成20年度、「第2ステージ」の期間を平成21年度から平成24年度までとする。

4. 評価に関する事項

NEDOは、技術的及び政策的観点から、研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による研究開発の中間評価を平成22年度、事後評価を平成25年度に実施する。また、中間評価結果を踏まえ必要に応じてプロジェクトの加速・縮小・中止等見直しを迅速に行う。なお、評価の時期については、当該研究開発に係る技術動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

また、上記中間評価とは別に、ステージゲート方式を導入した研究開発項目については「第1ステージ」の最終段階に絞り込み評価を実施し、「第2ステージ」（平成21年度以降）に移行させる。

5. その他の重要事項

(1) 研究開発成果の取扱い

- ① 共通基盤技術の形成に資する成果の普及

得られた研究成果については、NEDO、実施者とも、普及に努めるものとする。

②知的基盤整備事業又は標準化等との連携

得られた研究開発の成果については、必要に応じ知的基盤整備又は標準化等との連携を図るため、データベースへのデータの提供、標準情報（TR）制度への提案等を積極的に行うとともに、ISO等の国際標準の提案にも努めることとする。

③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第25条の規定等に基づき、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

(2) 基本計画の変更

NEDOは、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、プログラム基本計画の変更、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

(3) 根拠法

本プロジェクトは、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第15条第1項第一号ハ及び第六号に基づき実施する。

6. 基本計画の改訂履歴

- (1) 平成20年3月 制定。
- (2) 平成20年5月 研究開発項目名等に軽微な変更。
- (3) 平成20年7月 イノベーションプログラム基本計画の制定により改訂。
- (4) 平成20年9月 プロジェクトリーダー及びサブプロジェクトリーダーの委嘱により、研究開発の実施体制に軽微な変更。
- (5) 平成21年3月 研究開発項目名称の変更。
- (6) 平成23年3月 一部の研究開発項目について、委託事業から共同研究事業に変更及びプロジェクトリーダーを変更、サブプロジェクトリーダー2名を追加。
- (7) 平成24年1月 サブプロジェクトリーダーの変更により、研究開発の実施体制に軽微な変更。

(別紙) 研究開発計画

研究開発項目①「エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

データセンタにおける消費電力量は、空調系、給電系等が消費する電力量がIT機器そのものに匹敵しており、本来のIT機器による消費電力量は全消費電力量の半分以下との試算がある。また、データセンタを構成している機器の内訳で見ると、電源、サーバ、ストレージシステムが多くの電力を消費しているとされている。従って、データセンタの省エネルギー化を進めるためには、サーバ自身は勿論、空調や給電、ストレージシステムの消費エネルギー低減が重要である。

従来のデータセンタにおいては、以下の問題点が指摘されており改善の余地が大きい。

- ・サーバの高性能化がますます求められており、消費電力量が増加している。
- ・データセンタの空調については、現在は、CPUを始めとするIT機器や電源等で発生する熱による温度上昇を防止するために、サーバを納めるデータセンタ全体の空気を冷却していることから冷却効率が低い。
- ・サーバを始めとしたデータセンタ全体へのエネルギー供給源である電源については、最大負荷時や停電時における安定供給を図ることが優先されているため、エネルギー使用効率が悪い。
- ・ディスクドライブ等のストレージシステムについても同様に、アクセスがあった場合にいつでも短時間で応答可能なように、アクセスがない場合でも常にアクティブ状態で電力を消費している。

一方、次世代のデータセンタにおいては、膨大なコンピューティング能力を背景に、OSやサーバなどのITリソースやアプリケーションなどの情報サービスを意識することなく、必要な時に必要な機能を必要な分だけ利用できるクラウド・コンピューティング環境を提供するために、ITリソースの仮想化や共通化技術などを用いてIT機器の利用効率改善を図るなど、エネルギー利用の最適化が求められている。

本研究開発では、ますます強まるデータセンタの低消費電力化への要請に対応していくため、サーバのアーキテクチャー、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式、データセンタの電源システム及びストレージシステムについて、エネルギー使用効率向上の観点からシステム全体で最適化が図れる要素技術を開発し、エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術の確立を行う。

2. 研究開発の具体的内容

エネルギー利用の最適化を実現するデータセンタに関する基盤技術の確立を行うため、データサーバの最適構成と進化するアーキテクチャーの開発、最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発、データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発を行う。また、こ

これらの技術開発、研究を通じて得られた成果から、データセンタのモデル設計と総合評価を行い、トータルなデータセンタ・サーバシステムとしての技術の評価する。具体的には以下の研究開発を行う。

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

将来の進化を想定した低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立するため、以下のような要素技術を背景にこれらのインテグレーションを行う。

(ア) 将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発

- ・光電気集積インターポーザー（高密度光インターフェース内蔵のスイッチLSIモジュール技術等）
- ・筐体内光接続技術（筐体内高密度光配線・コネクタ技術等）

(イ) ストレージシステム向け省電力技術の開発（データ配置自動最適化技術、格納効率最適化技術、逐次メディア利用技術等）

(ウ) クラウド・コンピューティング技術の開発（ITシステムやITリソースの統合・集約・共通化技術、ITリソースのスケラブル化・インテグレーション技術等）

b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。

- ・高効率冷却システム技術（高効率冷却・集熱・伝熱・放熱技術等）

c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

データセンタ及びサーバの低消費電力化につながる電源システムに関する基盤技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。

- ・サーバにおける情報と電力のダイナミックフロー分析技術（情報処理量の高速・動的な観測技術、消費電力量の高速・動的な観測技術、情報処理量と消費電力量との高速・動的な分析技術等）
- ・電源のアダプティブマネージメント技術（サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態に応じた電源コントロール技術、電源負荷状態に応じたサーバ構成機器・デバイスのコントロール技術、電源システム最適設計技術等）
- ・データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化技術（システム最適化設計技術、直流を利用する上での信頼性・安全性確保に必要な技術等）

d) データセンタのモデル設計と総合評価

エネルギー利用最適化データセンタの実現可能性と有効性を評価、確認するために、以下の検討、設計、試作及びトータルなデータセンタ・サーバシステムとしての技術の

総合評価を行う。

- ・次世代データセンタ・サーバシステムの最適化指標・最適配置の検討、システム・インフラ基本設計
- ・次世代データセンタ・サーバシステムの熱と消費電力のシミュレーション、検証モデル試作と評価

3. 達成目標

(1) 【最終目標（平成24年度）】

データセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、エネルギー利用の最適化を実現する、データセンタに関する基盤技術を確立する。そのために、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化を図ることが可能な、以下の要素技術を確立する。

a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発

- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能とする、光電気集積インターポージャーや筐体内光接続技術及びストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を背景に、これらのインテグレーションを行い、低消費電力なサーバのアーキテクチャーに関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。

b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発

- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な高効率冷却システム技術を開発し、データセンタ及びサーバにおける最適抜熱方式に関する基盤技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。

c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発

- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、サーバにおける情報処理量と消費電力量のダイナミックな測定、分析技術と、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態及び電源負荷状態に応じて電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールする技術を開発する。もって電源のアダプティブマネジメント技術を確立、その省電力特性と実用性を実証する。
- ・データセンタ・サーバシステムトータルとしてデータセンタの年間消費電力量を30%以上削減可能な、データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化システムを確立する。

d) データセンタのモデル設計と総合評価

- ・上記 a) ～ c) の開発成果を統合し、データセンタ・サーバシステムトータルとしてエネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの検証モデルを設計、試作し、データセンタ及びサーバにおける年間消費電力量30%以上の

削減を実証する。

(2) 【中間目標（平成22年度）】

- a) サーバの最適構成とクラウド・コンピューティング環境における進化するアーキテクチャーの開発
 - ・光電気集積インターポザーや筐体内光接続技術、ストレージシステム向け省電力技術、クラウド・コンピューティング技術のような要素技術を用いてこれらのインテグレーションを検討し、従来比50%以上の消費電力削減が可能なサーバアーキテクチャーの省電力特性と実用性を検証する。
- b) 最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発
 - ・データセンタ及びサーバの空調・冷却効率を50%以上改善可能な、高効率冷却システム技術に必要な要素技術を開発し、その省電力特性と実用性を検証する。
- c) データセンタの電源システムと最適直流化技術の開発
 - ・電源のアダプティブマネージメントを実現する上で不可欠な、サーバにおける情報処理量と消費電力量の高速・動的な測定、分析に必要な要素技術を開発する。それとともに、レスポンスタイムへの影響が実用上問題ないレベルで、サーバ構成機器・デバイスの情報処理状態及び電源負荷状態に応じて、電源並びにサーバ構成機器・デバイスをコントロールすることを可能とする各要素技術を開発し、電源を含めたIT機器全体の消費電力を20%以上削減可能な電源のアダプティブマネージメント技術の省電力特性と実用性を検証する。
 - ・データセンタ及びサーバの電源システム最適直流化設計を行い、従来の交流・直流システムに比べデータセンタの消費電力を20%以上削減可能なことを検証するとともに、電源システム最適直流化に必要な要素技術を開発し、その実用性を検証する。
- d) データセンタのモデル設計と総合評価
 - ・データセンタ・サーバシステムトータルの省エネルギー性を評価できる指標を確立する。
 - ・エネルギー利用最適化が図れる次世代データセンタ・サーバシステムの最適配置・システム・インフラに関する基本設計を完了する。

研究開発項目②「革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発」

1. 研究開発の必要性

従来のネットワーク・ルータは、情報量の多少に関わらず常に一定の性能で動作している。そのため、情報量が少ない低負荷時や待機時のような本来消費電力が小さくても良い状況においても、大きな電力を消費をしている。このような待機電力は全消費電力の8割程度を占めるとの試算もある。

このため、ネットワークの負荷に応じてネットワーク・ルータの性能を増減することにより省電力化を図ることも行われているが、現状、性能の増減による省電力モード切替は、確実に情報量が予想可能な限られたケースにおいてのみ、固定的で限定的に行われているに過ぎない。

本研究開発では、情報量の減少に応じて動的に省電力モードに切り替わる、革新的な省エネルギーのネットワーク・ルータ技術につながる要素技術の確立を行う。

2. 研究開発の具体的内容

情報量に応じた動的な性能増減実現のために、情報のダイナミックフロー測定と分析ツール技術の開発、省エネルギー型ルータ技術の開発とともに、IT社会を遠望した情報の流れと情報量の調査研究も併せて行う。また、これらの技術開発、調査研究を通じて得られた成果から、社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価を行い、トータルなネットワーク・ルータシステムとしての技術を評価する。具体的には以下の研究開発を行う。

a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究

将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を予見するため、以下の要素技術を調査、研究する。

- ・情報化社会未来予測調査（中・長・超長期的な将来における技術、社会、生活スタイル等の予測、ネットワークの利用形態及び利用コンテンツとネットワーク上を流通する情報量の予測等）
- ・次世代・次々世代ネットワーク調査研究（中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズとそれを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等の予測等）

b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発

トラフィック量に応じて動的にネットワーク・ルータの性能を増減させる上で不可欠な、ネットワーク上を流通する情報量のダイナミックな観測、予測技術並びに転送性能制御技術を確立するため、以下の要素技術を開発する。

- ・トラフィック観測・予測・最適性能予測技術（ルータの入出力トラフィック量、ネットワークのトラフィック量を動的かつ高速に観測する技術、観測トラフィック量

に基づき、ネットワーク・ルータのトラフィック量を動的かつ高速に予測する技術、予測トラフィック量に基づき、ルータの最適な転送性能を予測する技術等)

- ・電力可視化技術（ネットワーク、ルータの消費電力のリアルタイム、アベレージ、ピークなどの情報取得技術、サーバールータ間のインターフェース技術、ユーザインターフェース技術等）
- ・データ流量適応型性能制御技術（複数のエンジンを備え、エンジン性能を多段階に増減することで省電力モードを実現するマルチエンジンのルータアーキテクチャー、回路技術、性能増減に起因する通信品質劣化を防止する通信品質確保技術等

c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価

社会インフラとしての革新的省エネルギーネットワーク・ルータシステムの実現可能性と有効性を評価、確認するために、以下の要素技術の開発及びトータルなネットワーク・ルータシステムとしての技術の総合評価を行う。

- ・電力最適化ネットワークアーキテクチャー技術（ネットワークトポロジ策定、システム構成機器の機能分担の最適化の検討、ネットワーク・ルータシステムのモデル設計等）
- ・ネットワーク消費電力の総合評価（ネットワーク・ルータシステムの評価モデル開発、負荷変動に対するネットワーク・ルータシステムの消費電力計測、省エネルギー効果評価等）

3. 達成目標

(1) 【最終目標（平成24年度）】

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
 - ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズを満たすネットワークシステム、機器、構成及び技術等を予測し、将来のネットワーク・ルータのあるべき姿を具体的に仕様づける。
- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
 - ・40Gbps レベルの高速回線を収容するルータから成るネットワーク上を流通する情報量の数秒～数分の短期変動に対応可能な、情報量のダイナミックな予測が可能なことを実証する。
 - ・ネットワーク上を流通する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能なダイナミックな電力可視化技術を確立する。
 - ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を16段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発し、データ流量適応型性能制御技術の有効性を実証する。
- c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価
 - ・上記a)及びb)の開発成果を統合し、ネットワーク・ルータトータルとして電力を最適化可能なネットワークアーキテクチャーを構築するとともに、ネットワ

ーク・ルータシステムの評価モデルを開発し、ネットワーク・ルータにおける年間消費電力量30%以上の削減を実証する。

(2) 【中間目標（平成22年度）】

- a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究
- ・中・長・超長期的な将来における技術、社会、生活スタイル等の予測、ネットワークの利用形態及び利用コンテンツとネットワーク上を流通する情報量の予測等、情報化社会未来予測調査を完了する。
 - ・中・長・超長期的な将来における、ネットワークに対する社会ニーズ等の予測を行う。
- b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発
- ・ネットワーク・ルータの情報量に応じた動的な性能増減を実現する上で不可欠な、40Gbpsレベルの高速回線を収容するルータに入出力する情報量の長期変動に加え、数秒～数分の短期変動に対応可能な、ダイナミックな情報量の観測、予測技術を開発し、その実用性を検証する。
 - ・ネットワーク、ルータの消費電力のリアルタイム、アベレージ、ピークなどの情報取得技術、サーバールータ間のインターフェース技術、ユーザインターフェース技術等の各要素技術を開発するとともに、サーバ・ルータ機能をインテグレートに実装した装置を試作し、リアルタイム電力可視化技術を実証する。
 - ・消費電力モードの切替時間が1ms以下で、性能を4段階以上の粒度で増減可能な転送性能制御技術を開発するとともに、情報量のダイナミックな観測、予測技術との結合評価実験により、その実用性を検証する。
- c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価
- ・電力最適化ネットワークアーキテクチャ技術の確立に向け、ネットワークトポロジの策定、システム構成機器の機能分担の最適化の検討、ネットワーク・ルータシステムのモデル設計を完了する。

ネットワーク分野

我が国は、インターネットやその他の高度情報通信ネットワークを通じて自由かつ安全に多様な情報又は知識を世界的規模で入手し、共有し又は発信することにより、あらゆる分野における創造的かつ活力ある発展が可能となる高度情報通信ネットワーク社会の形成を目指し、電子政府始め様々な取組を推進している。しかし、その一方で、大幅に増大しているネットワーク・トラフィックと電力消費量の爆発的増大、情報システムのトラブルの原因となるソフトウェアの安全性・信頼性の低下、増加の一途をたどるアタック、ウィルス等の重要な課題が顕在化している。

こうしたことから、情報家電等 IT の利活用と社会システムとしての安全性・信頼性の確保とともに、その基盤となる情報通信産業の技術力、国際競争力の強化を目標として、情報通信関連技術を半導体、ストレージ・メモリ、コンピュータ、ネットワーク、ユーザビリティ（ディスプレイ等）及びソフトウェアの6分野に分け、今後10年程度を見据えた技術戦略マップを作成した。

ネットワークは、膨大な量の情報を瞬時に目的地に伝送させることが求められており、ルータの高速化・大容量化、光ファイバー等の伝送路技術、伝送方式、省エネ技術が重要である。今後、動画像の送配信や各種 IT サービスが普及し、社会で扱う情報量は2025年には現在の約200倍になるとの試算もある。これに対応するため、情報を処理する機器の台数が大幅に増加するとともに、各機器毎の情報処理量も急増しており、その消費電力量も2025年には現在の5倍になるとも予測されている。このように、ネットワーク技術は、高速性、大容量性、安全性に加え、この省エネ対策技術を確立することが必須となっている。

ネットワーク分野の技術戦略マップ

I. 導入シナリオ

(1) ネットワーク分野の目標と将来実現する社会像

音声、画像、動画等のマルチメディア情報を、いつでもどこでもインターネットに接続できる環境を構築するため、無線・有線通信のインフラの共有や統合が進むとともに、例えば、携帯型 IP 電話や携帯端末からの家庭内の情報家電の遠隔操作など、情報家電やセンサ、車載機器が IP 技術を用いてオープンに接続されることが考えられる。また、著作権等が遵守された上でのデジタル情報の流通とそれを加工することに伴う新たなアプリケーションの発展等も予測され、高精細な動画のインターネット配信など様々な新しいサービスの実現が期待されている。

その技術は、「技術戦略マップに示された技術により実現できる将来社会イメージ」の中でも、半導体技術、ユーザビリティ技術等と合わせて、将来のユビキタス時代を作り上げるコア技術である。このイメージの社会を築き上げていくためには、情報量の増大に対応する高速大容量サーバやサーバの省電力化技術が求められている。

(2) 研究開発の取組

研究開発の推進については、開発目標を戦略的に設定するとともに、効率的な研究開発体制の構築が重要である。

本格的な IT 化に伴い、動画像の送配信や各種 IT サービスが普及し、社会で扱う情報量は 2050 年には約 200 倍になるとの予測もあり、これに伴い、ネットワークで消費する電力は、2050 年には、現在の 5 倍と予想されている。これらに対処するため、10Tbps 超級のエッジルータ実現のための光デバイスの開発等を行う次世代高効率ネットワーク先端技術開発（2007～2011 年度）を進めており、更に、2008 年度から「グリーン IT プロジェクト」（データ最適配分型革新ルータ技術等）を開始している。

(3) 関連施策の取組

[規制・制度改革]

- ・高度情報通信ネットワーク社会形成基本法（IT 基本法）による高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する施策の推進
- ・省エネ法におけるトップランナー方式の導入の検討（小型ルータ、大型ルータ）

[基準・標準化]

- ・ネットワークは、双方向接続が基本であるので、伝送方式等の標準化が不可欠である。そのため、多くの標準化団体で標準化が進められている。
- ・IEC や ISO/IEC の JTC1 では、デジタル家電などを用いて画像などの大量データを、機器相互やインターネットを介してやりとりするためのデータの仕様や、データ圧縮方式などの国際標準化を進めている。
- ・また、IEC/TC86 では、光伝送システムで用いられる半導体レーザ、受光器、コネクタ、

モジュール等の性能、信頼性、安全性等に関する標準化が進められている。

- ・ ECHONET（設備系ネットワークの標準化）、KONNET（宅内ネットワーク、ビル制御用ネットワークの標準化）、UPnP（家庭内 PC、AV 機器、家電製品等に関する接続仕様に関する標準化）、DLNA（AV 機器、PC、情報家電の相互接続に関する標準化）、PLC（電力線を用いた通信方式に関する標準化）などの標準化を行っている。

〔国際連携・協力〕

- ・ グリーン IT 国際シンポジウムの開催等を通じて、IT 活用が社会の環境負荷低減、持続可能な環境・IT 経営の在り方、今後取り組むべき重要な省エネ革新技術の方向と予測等について議論し国内外に発信

（４）海外での取組

アメリカでの研究開発は、2001 年度から NITRD（Networking and Information Technology R&D）プログラムがあり、その中で、LSN（大規模ネットワーク）が進められており、傘下に、JET（Joint Engineering Team）、MAGIC（Middleware And Grid Infrastructure Coordination）、NRT（Network Research Team）がある。

（５）民間での取組

2008 年 2 月、我が国の IT、エレクトロニクス関連企業、団体が「グリーン IT 推進協議会」を設立。新技術の社会への導入、国際的リーダーシップの発揮、電子・情報技術の抽出・ロードマップの作成、IT／エレクトロニクス活用における定量的調査・分析を行う。

（６）改訂のポイント

- 関連施策の取組等について最新の情報に更新したほか、目標年度を 2010 年度から 2020 年度までに更新した。

Ⅱ. 技術マップ

（１）技術マップ

「ネットワークの領域」を横軸に、「技術の方向性」を縦軸に技術を俯瞰。

また、重要技術のうち、用語の定義に幅があるものについては、ブレイクダウンして技術を整理。

（２）重要技術の考え方

技術開発に伴うリスクが大きく、企業単体で取組むことが難しいもの、産学官の連携体制で取組むことによって、開発が速まり、国際競争上の優位性が期待されるものなどについては、重要技術と整理。

（３）改訂のポイント

- 技術戦略マップ 2009 からの変更なし。

Ⅲ. 技術ロードマップ

(1) 技術ロードマップ

アーキテクチャ技術、ネットワーキング技術、ネットワークノード技術、伝送技術、デバイス技術の 5 分野にカテゴリ分けを行い、要求スペックや機能とそれらを実現する技術内容を時間軸上に記載している。

(2) 改訂のポイント

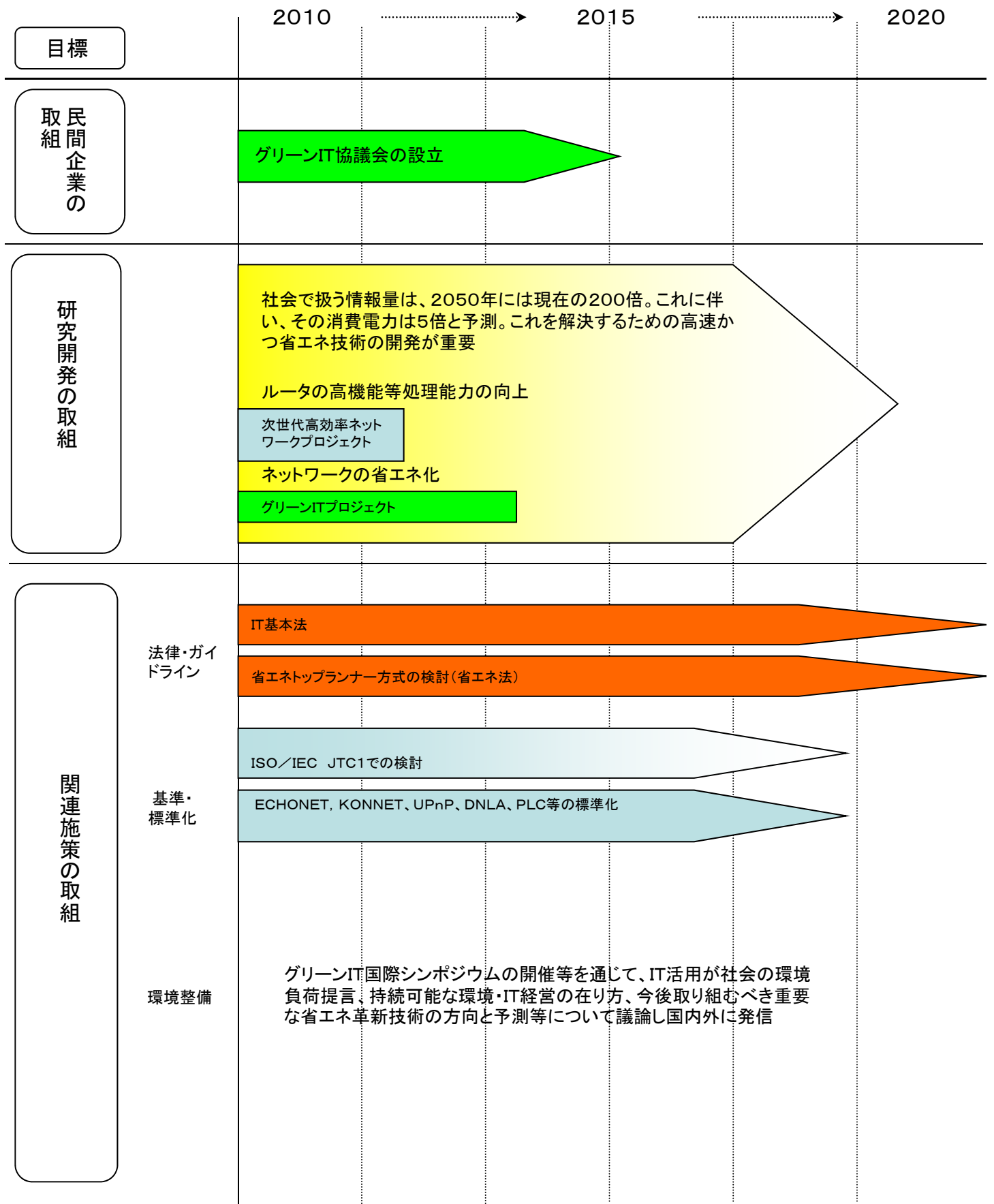
- ネットワーキング技術、伝送技術、デバイス技術について、技術開発動向を踏まえ、期間・要求スペックの修正を行った。
- 特に、デバイス技術では、高周波デバイスの項目に CMOS を追加し、InP、SiGe 等他の材料も含め要求スペックを明示した。

Ⅳ. その他の改訂のポイント

○ ベンチマーキングの改訂【ネットワーク分野の国際競争ポジション】

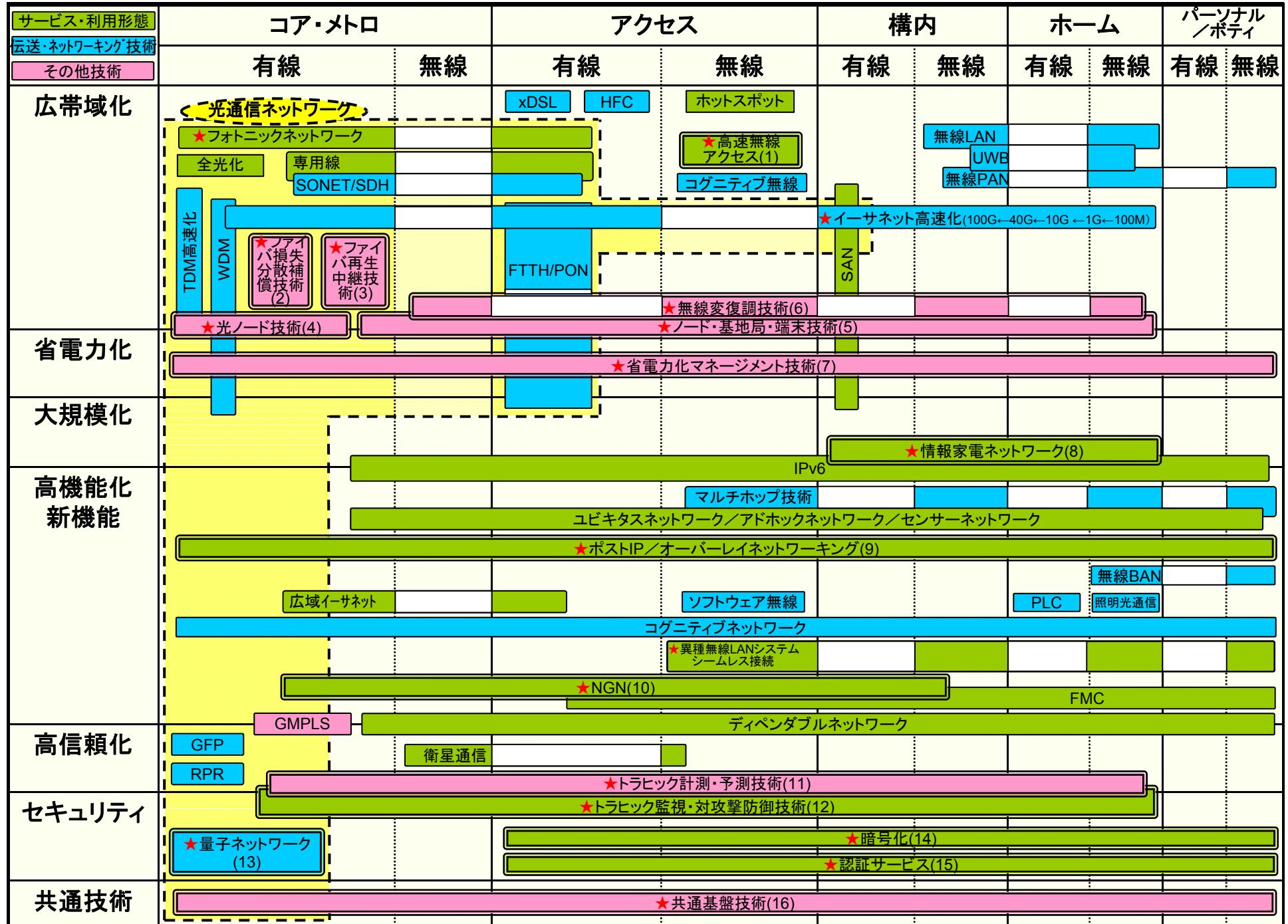
- ルータ、LAN スイッチ、DW/DM 伝送装置、LN 変調器のシェアを最新情報に更新した。

ネットワーク分野の導入シナリオ

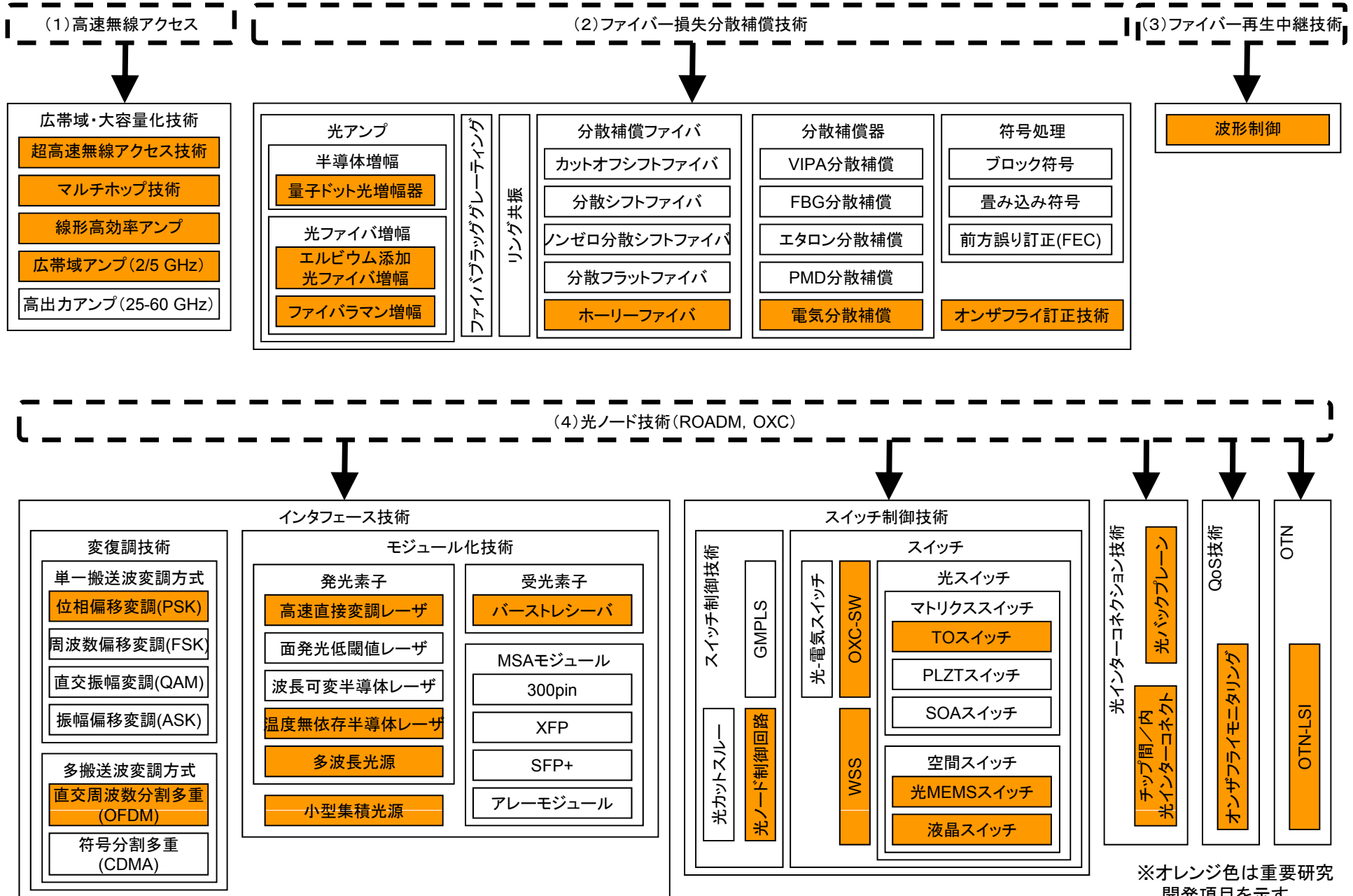


★=重要技術

ネットワーク分野の技術マップ(1/5)

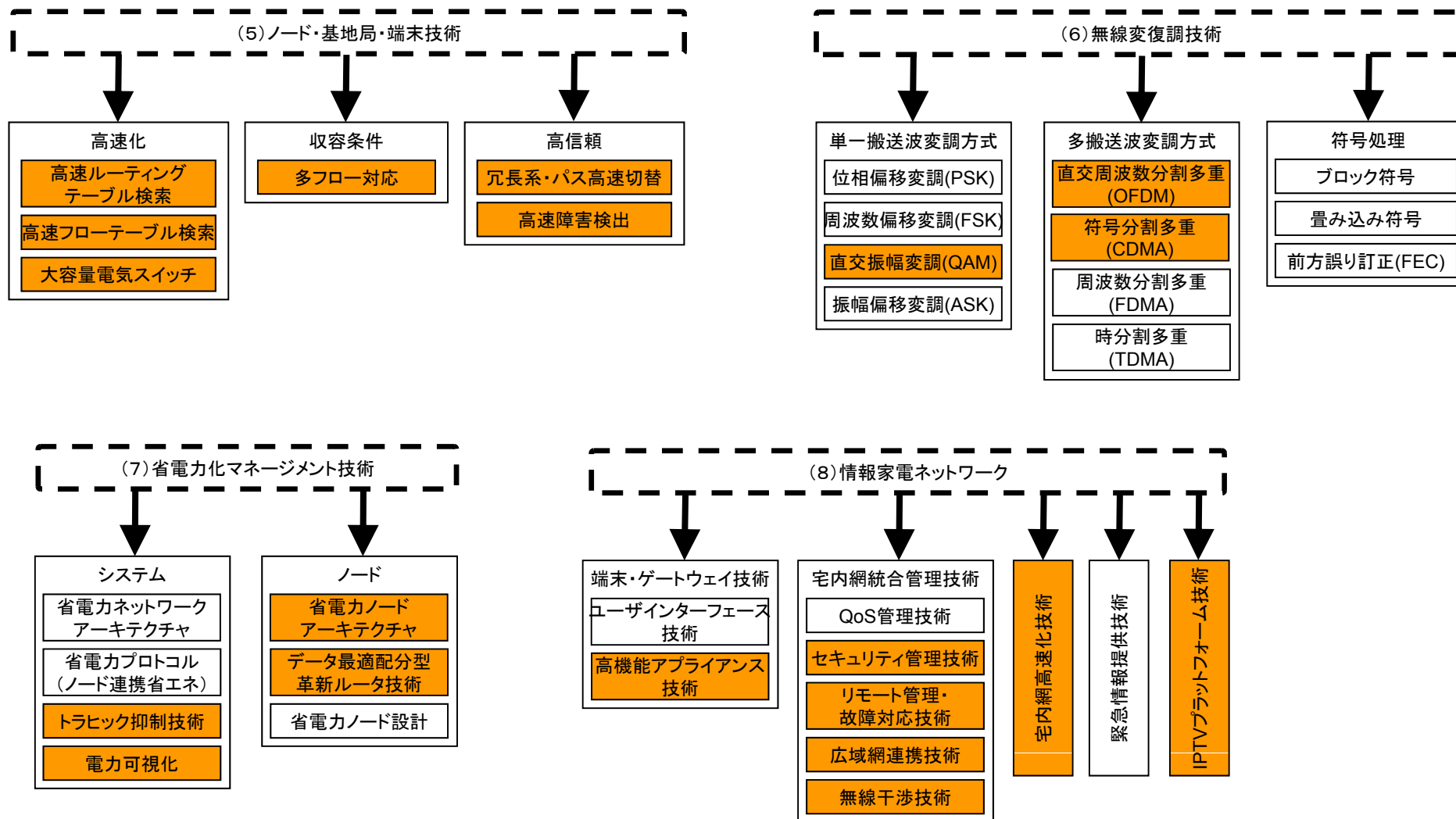


ネットワーク分野の技術マップ(2/5)



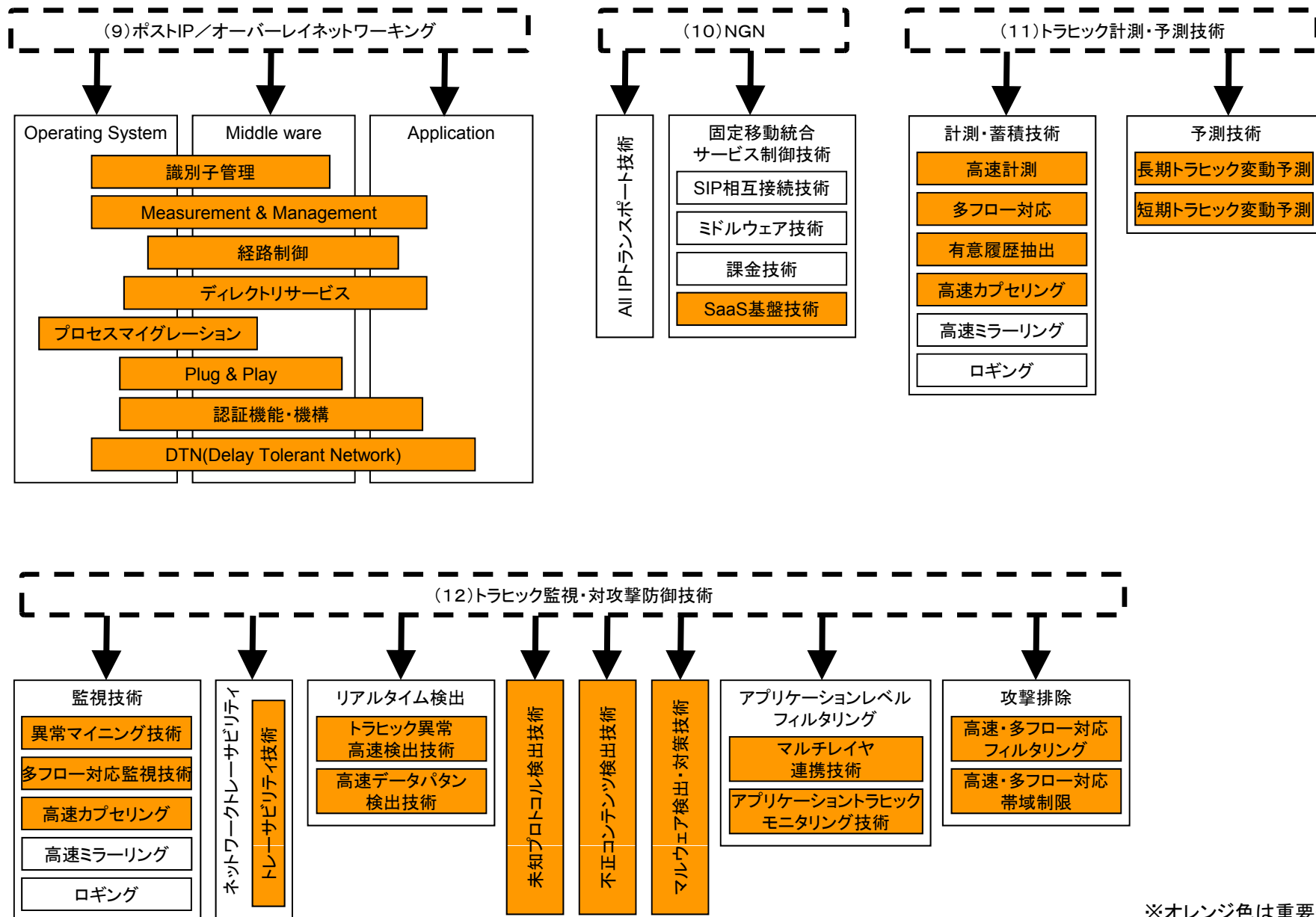
※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

ネットワーク分野の技術マップ(3/5)



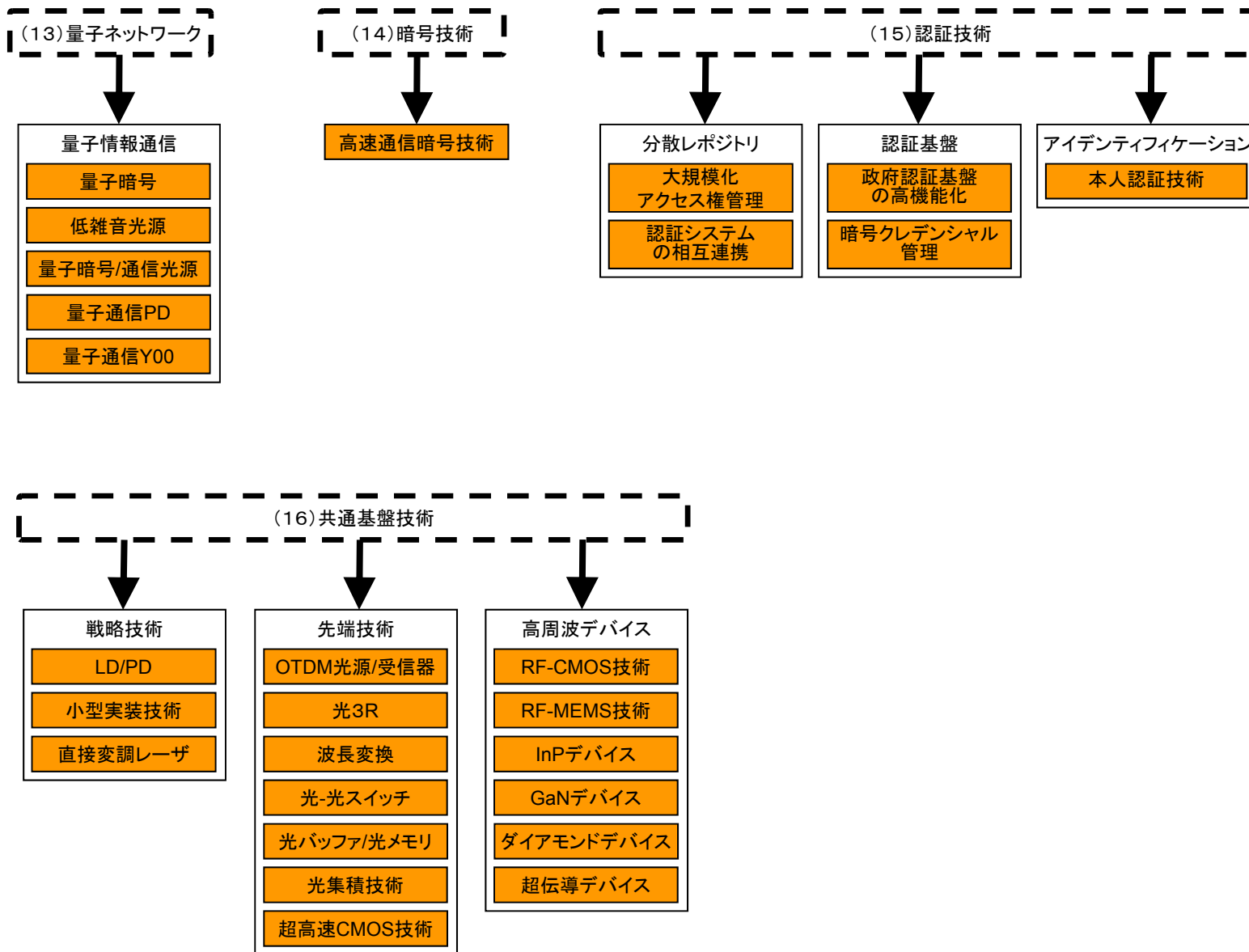
※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

ネットワーク分野の技術マップ(4/5)



※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

ネットワーク分野の技術マップ(5/5)



※オレンジ色は重要研究開発項目を示す。

略語集

BAN	Body Area Network.	PAN	Personal Area Network.
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor.	PD	Photo Diode.
DTN	Delay Tolerant Network.	PLC	Power Line Communications.
FBG	Fiber Bragg Grating.	PLZT	Plomb Lanthanum Zirconate Titanate.
FMC	Fixed Mobile Convergence.	PMD	Polarization Mode Dispersion.
FTTH	Fiber To The Home.	PON	Passive Optical Network.
GaN	Gallium Nitride.	QOS	Quality of Service.
GFR	Generic Framing Procedure.	RF	Radio Frequency.
GMPLS	Generalized Multi-Protocol Label Switching.	RPR	Resilient Packet Ring.
HFC	Hybrid Fiber Coax.	SAN	Storage Area Network.
InP	Indium Phosphide.	SDH	Synchronous Digital Hierarchy.
IPTV	Internet Protocol Television.	SFP	Small Form-Factor Pluggable.
LAN	Local Area Networks.	SOA	Semiconductor Optical Amplifier.
LD	Laser Diode.	SONET	Synchronous Optical Network.
LSI	Large Scale Integration.	SW	Switch.
MEMS	Micro-Electro-Mechanical Systems.	TDM	Time Division Multiplexing.
MSA	Multi Source Agreement.	TO	Thermo Optic.
NGN	Next Generation Network.	UWB	Ultra Wideband.
OTDM	Optical Time Division Multiplexing.	VIPA	Virtually Imaged Phased Array.
OTN	Optical Transport Network.	WDM	Wavelength Division Multiplexing.
OXC	Optical Cross Connect.	WSS	Wavelength Selectable Switch.
		xDSL	x Digital Subscriber Line. (x=A, H, S, V, etc)
		XFP	10Gbps (X) Form-factor Pluggable.
		Y00	Yuen Protocol.

事前評価書

		作成日	平成20年2月20日
1. 事業名称 (コード番号)	グリーンネットワーク・システム技術研究開発プロジェクト (グリーン IT プロジェクト)		
2. 推進部署名	省エネルギー技術開発部		
3. 事業概要	<p>(1) 概要：情報化、IT化社会の進展に伴い、IT機器の個々の電力消費は、膨大なものになると想定されている。このような状況にならないように、IT機器の合理的な電力使用と最適化が望まれている。</p> <p>ここでは、グリーンデータセンタ・ネットワークの最先端基盤要素技術及びシステム技術によって、これらの要求に応えるため、以下のような研究開発を進めるものである。</p> <p>①エネルギー利用最適化データセンタ基盤技術の研究開発</p> <p>a) データサーバの光コネクタによる最適構成と進化するアーキテクチャ技術開発</p> <p>b) キュービクル、ラックの最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発</p> <p>c) データセンタ電源システムの最適直流化と電気・熱フローの研究</p> <p>d) データセンタのモデル設計と総合評価</p> <p>②革新的省エネルギーネットワーク・ルータ技術の研究開発</p> <p>a) IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の研究</p> <p>b) 情報のダイナミックフロー測定と分析ツールの開発及び省エネルギー型ルータ技術の開発</p> <p>c) 社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価</p> <p>(2) 事業規模：総事業費（国費分）13.5億円（1/1補助）</p> <p>(3) 事業期間：平成20年度～24年度（5年間）</p>		

4. 評価の検討状況

(1) 事業の位置付け・必要性

情報化、IT化社会の進展は、止まるところを知らず、情報爆発なることも言われ、2025年には、現在の約200倍のデータ量がインターネット上を行き交うとの試算もある。これに伴い、これらのIT機器の個々の電力消費は、膨大なものになると想定されており、2025年には、5倍になるともいわれている。

特に、情報量が増大すると、データセンタ及びネットワーク機器に加速度的に要求が高まり、データセンタを性能向上せざるを得ず、電力消費がより大量・集中し、かつ各ネットワーク機器がより多く分散配置され、幾何級数的な電力消費になってしまう可能性が高い。

このままでは、社会インフラの破綻までが、危惧される状況になる可能性すらある。

このようなIT化社会における情報爆発に対して、IT関連機器の電力消費の合理的な使用を最適にするための先行的な研究開発が必須である。

(2) 研究開発目標の妥当性

本プロジェクトは、①省エネルギー技術戦略の省エネ型情報生活空間創生技術の超低消費電力半導体、次世代高速通信、情報家電などに関連し重要技術、②技術戦略マップの半導体、ストレージ・メモリ、コンピュータ、ネットワークの各分野において、重要技術として位置付けられている。

そして、特にアメリカを中心にグリーングリッドと称して、遅ればせながら省エネの協議会が設けられているが、IT業界は、技術的進展の速度が速過ぎたため、長期的な視野が必要な省エネに対しては、具体的な組織的取り組みがなされていなかった。

ここで、グリーンデータセンタ・ネットワークとして、省エネの研究開発を目標とすることは、この業界の技術革新を促す意味で妥当なものである。

(3) 研究開発マネジメント

公募を行い、早期の実用化に向けた最適な実施体制を構築する。また、必要に応じてプロジェクトリーダーを選定し、そのプロジェクトリーダーと密接な関係を維持する。本研究の目的及び目標を踏まえ、予算配分や事業計画の策定・見直しを行う。この分野の技術進歩の早さを考慮し、外部有識者の意見を運営管理に反映させ、適切な管理に努める。

また、プロジェクト3年目を目途に中間評価を予定し、事業全体について見直し、目標の再設定を含め、適切な運営管理を行う。

(4) 研究開発成果

超省エネのグリーンデータセンタ・ネットワークは、IT化社会に欠かすことが出来ないものであり、省エネは、ランニングコストそのものの低減として、推進せざるを得ないものである。

(5) 実用化・事業化の見通し

本研究開発は、省エネルギーの視点によるものであり、技術課題は、その技術的ポテンシャルに応じて、省エネ効果量と達成期間がまちまちである。従って、技術課題を中・長期に分けるなどで、技術課題の克服に応じた省エネ量を確保出来、その実用化、事業化は、ステップを踏みつつ実施されるものである。

(6) その他特記事項

一部欧米に遅れを取っていると言われている、我が国のIT分野を省エネという日本の得意な視点で関係産学官を糾合、再組織化することとなり、この分野のさらなる飛躍的国際競争力強化になると考えられる。

5. 総合評価

膨大な情報量が流れるIT化社会の到来に供えて、各IT設備、機器が適切かつ合理的な電力量となるような、超省エネとなるグリーンデータセンタ・ネットワークの先行的研究開発をNEDOの実施する事業として、産学官の共同研究体制を構築することは、国際的競争力向上をにらみつつ、この分野の産業力向上となり、非常に大きな意義がある。

別紙：特許、論文等

1. 研究開発項目①－a)－ア)「将来の進化を想定した低消費電力アーキテクチャーの開発」

実施機関：日本電気株式会社

特許、論文、外部発表などの件数 (実績) 2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H22FY	3 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H23FY	7 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H24FY	1 件	0 件	3 件	0 件	2 件	0 件

特許リスト

番号	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	日本電気	特願 2010-098710	国内	2010/04/22	出願	半導体パッケージ
2	日本電気	特願 2011-047905	国内	2011/03/04	出願	光送受信モジュール、光送受信モジュール製造方法、及びサーバ装置
3	日本電気	特願 2011-073393	国内	2011/03/29	出願	光結合回路及びこれを用いた信号送受信用光モジュール
4	日本電気	特願 2011-208256	国内	2011/09/23	出願	光回路及び波形整形方法
5	日本電気	特願 2011-093238	国内	2011/4/19	出願	光回路
6	日本電気	特願 2011-204136	国内	2011/09/20	出願	光伝送モジュール
7	日本電気	特願 2011-172516	国内	2011/08/08	出願	パラレルーシリアル変換装置及びパラレルーシリアル変換方法
8	日本電気	特願 2012-067632	国内	2012/3/23	出願	光送受信器、その製造方法、光送受信カード、および光通信システム
9	日本電気	特願 2011-210564	国内	2011/09/27	出願	光モジュール及び光伝送装置
10	日本電気	特願 2012-077953	国内	2012/3/29	出願	光電気統合ソケット及びこれを用いた光インターコネクション用モジュール
11	日本電気	PCT/JP2012/003795	PCT	2012/6/11	出願	光モジュール及び光伝送装置
12	日本電気	PCT/JP2012/005978	PCT	2012/9/20	出願	光伝送モジュール
13	日本電気	特願 2012-211440	国内	2012/9/25	出願	光インターコネクション用モジュール及び当該モジュールのソケット

14	日本電気	PCT/JP2013/001943	PCT	2013/03/22	出願	光送受信器、その製造方法、光送受信カード、および光通信システム
----	------	-------------------	-----	------------	----	---------------------------------

2. 研究開発項目①-a)-イ)「ストレージシステム向け省電力技術の開発」

実施機関：富士通株式会社

特許、論文、外部発表などの件数 (実績)

2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H22FY	3 件	1 件	0 件	0 件	0 件	3 件
H23FY	4 件	1 件	0 件	1 件	0 件	3 件
H24FY	4 件	4 件	0 件	0 件	0 件	0 件

特許リスト

番号	出願人	出願番号等	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	富士通	特願 2010-053795	国内	2010/03/10		
2	富士通	特願 2010-104013	国内	2010/04/28		
3	富士通	特願 2010-104014	国内	2010/04/28		
4	富士通	特願 2010-104015	国内	2010/04/28		
5	富士通	特願 2011-126764	国内	2011/06/06		
6	富士通	特願 2011-131220	国内	2011/06/13		
7	富士通	特願 2012-017032	国内	2012/01/30		
8	富士通	特願 2012-074855	国内	2012/03/28		
9	富士通	特願 2012-183085	国内	2012/08/22		
10	富士通	特願 2012-289113	国内	2012/12/28		
11	富士通	特願 2013-074642	国内	2013/03/29		
12	富士通	特願 2013-074643	国内	2013/03/29		
13	富士通	13/028409	米国	2011/02/16		
14	富士通	13/064674	米国	2011/04/07		
15	富士通	13/458666	米国	2012/04/27		
16	富士通	13/461176	米国	2012/05/01		
17	富士通	13/680444	米国	2012/11/19		
18	富士通	13/772744	米国	2013/02/21		

論文リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	Tsuchiya Yoshihiro and Watanabe Takashi	富士通	DBLK: Deduplication for primary storage	27th IEEE Symposium on Massive Storage Systems, 2011	有	H23

外部発表リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表先	年度
1	富士通		業界初！運用中のストレージを 即座にスリム化するソフトウェ ア技術を開発	プレス発表 (http://pr.fujitsu.com/jp/news/ 2011/02/1-1.html)	H22
2	富士通		富士通 PCの外部記憶装置 保存時に重複データ消去 即座 に照合、判断	日経産業新聞朝刊 10 面	H22
3	富士通		富士通がソフト ストレージ有 効活用 重複データ排除	日刊工業新聞朝刊 21 面	H22
4	富士通		業界初！運用中のストレージを 即座にスリム化するソフトウェ ア技術を開発	月刊PC-Webzine 6 月号p68	H23
5	富士通		ストレージシステム向け省電力 技術の開発	CEATEC2012	H23
6	富士通		高速重複除去技術と省電力スト レージシステムへの応用	情報処理学会第75回全国大会	H23

3. 研究開発項目①－a)－ウ)「クラウド・コンピューティング技術の開発」

実施機関：日本電気株式会社

独立行政法人産業技術総合研究所

株式会社 IIJ イノベーションインスティテュート

特許、論文、外部発表などの件数 (実績)

2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	6 件	0 件	0 件	1 件	2 件	0 件
H22FY	23 件	5 件	5 件	5 件	3 件	5 件
H23FY	27 件	6 件	13 件	7 件	7 件	5 件
H24FY	14 件	0 件	21 件	4 件	6 件	5 件

特許リスト

番号	出願人	出願番号等	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	日本電気	特願 2010-049473	国内	2010/3/5	PCT 移行	並列データ処理システム、並列データ処理方法及びプログラム
2	日本電気	特願 2010-050042	国内	2010/3/8		送信情報制御装置、方法及びプログラム
3	日本電気	特願 2010-053231	国内	2010/3/10	PCT 移行	情報処理システム、情報処理方法及びプログラム
4	日本電気	特願 2010-074384	国内	2010/3/29		データベース管理方法、データベースシステム、プログラム及びデータベースのデータ構造
5	日本電気	特願 2010-075514	国内	2010/3/29	PCT 移行	データアクセス場所選択システム、方法およびプログラム
6	日本電気	特願 2010-075766	国内	2010/3/29	PCT 移行	ファイル記憶装置、ファイル記憶方法および格納方法およびプログラム
7	日本電気	特願 2010-103859	国内	2010/4/28	PCT 移行	ストレージシステムの制御方法
8	日本電気	特願 2010-132719	国内	2010/6/10	PCT 移行	ファイル記憶装置、ファイル記憶方法およびプログラム
9	日本電気	特願 2010-138398	国内	2010/6/17	PCT 移行	データ処理システム、そのクライアントおよびサーバ、そのコンピュータプログラムおよびデータ処理方法
10	日本電気	特願 2010-185968	国内	2010/8/23		データ検索システム及びデータ検索方法、ノード及びそのコンピュータプログラム
11	日本電気	特願 2010-190641	国内	2010/8/27	PCT 移行	システムシミュレーション装置、分散計算機システム、シミュレーション方式およびプログラム
12	日本電気	特願 2010-224697	国内	2010/10/4	PCT 移行	分散ストレージシステム、その制御方法、およびプログラム

13	日本電気	特願 2010-231144	国内	2010/10/14	PCT 移行	分散処理装置及び分散処理システム
14	日本電気	特願 2010-234807	国内	2010/10/19	PCT 移行	ストレージシステム、データ管理装置、方法及びプログラム
15	日本電気	特願 2010-284007	国内	2010/12/21		処理割り当て装置、処理割り当てシステム、処理割り当て方法、処理割り当てプログラム
16	日本電気	特願 2011-547562	国内	2010/12/21		スケジューリング装置、スケジューリング方法及びプログラム
17	日本電気	JP2010/072994	PCT	2010/12/21		スケジューリング装置、スケジューリング方法、及びプログラム
18	日本電気	特願 2010-285325	国内	2010/12/22		ヒストグラム作成装置、方法及びプログラム
19	日本電気	特願 2012-508037	国内	2011/1/21		データアクセス場所選択システム、方法およびプログラム
20	日本電気	13/583964	US	2011/1/21		データアクセス場所選択システム、方法およびプログラム
21	日本電気	JP2011/000311	PCT	2011/1/21		データアクセス場所選択システム、方法およびプログラム
22	日本電気	特願 2011-015254	国内	2011/1/27		コネクション選択装置、コネクション選択方法及びコネクション選択プログラム
23	日本電気	特願 2012-503279	国内	2011/3/4		並列データ処理システム、並列データ処理方法及びプログラム
24	日本電気	13/582775	US	2011/3/4		並列データ処理システム、並列データ処理方法及びプログラム
25	日本電気	JP2011/055040	PCT	2011/3/4		並列データ処理システム、並列データ処理方法及びプログラム
26	日本電気	JP2011/055500	PCT	2011/3/9		情報処理システム、情報処理方法及びプログラム
27	日本電気	特願 2011-052360	国内	2011/3/10		データ処理スケジューリング装置、方法及びプログラム
28	日本電気	特願 2012-508048	国内	2011/3/11		ファイルストレージ装置、データ格納方法およびデータ格納プログラム
29	日本電気	13/634130	US	2011/3/11		ファイルストレージ装置、データ格納方法およびデータ格納プログラム
30	日本電気	JP2011/001437	PCT	2011/3/11		ファイルストレージ装置、データ格納方法およびデータ格納プログラム
31	日本電気	13/050567	US	2011/3/17		DATABASE MANAGEMENT METHOD, A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM AND A PROGRAM THEREOF
32	日本電気	特願 2011-061045	国内	2011/3/18	PCT 移行	情報処理装置、分散ファイルシステム、クライアント装置、情報処理方法、およびコンピュータ・プログラム
33	日本電気	201110079145.1	CN	2011/3/28		A DATABASE MANAGEMENT METHOD, A DATABASE MANAGEMENT SYSTEM AND A PROGRAM THEREOF
34	日本電気	特願 2012-512877	国内	2011/4/27		ストレージシステム、ストレージシステムの制御方法、及びコンピュータプログラム
35	日本電気	11775042.2	EP	2011/4/27		ストレージシステムの制御方法

36	日本電気	13/643805	US	2011/4/27		ストレージシステムの制御方法
37	日本電気	JP2011/060238	PCT	2011/4/27		ストレージシステムの制御方式
38	日本電気	特願 2011-114644	国内	2011/5/23	PCT 移行	通信制御装置、通信制御システム、通信制御方法、および、プログラム
39	日本電気	特願 2012-519424	国内	2011/6/9		ファイル記憶装置、ファイル記憶方法およびプログラム
40	日本電気	JP2011/063201	PCT	2011/6/9		ファイル記憶装置、ファイル記憶方法およびプログラム
41	日本電気	特願 2012-520284	国内	2011/6/10		データ処理システム、そのクライアントおよびサーバ、そのコンピュータプログラムおよびデータ処理方法
42	日本電気	13/704178	US	2011/6/10		データ処理システム、そのクライアントおよびサーバ、そのコンピュータプログラムおよびデータ処理方法
43	日本電気	JP2011/003314	PCT	2011/6/10		データ処理システム及びデータ処理方法
44	日本電気	特願 2011-134994	国内	2011/6/17		ストレージ装置、ストレージ方法およびプログラム
45	日本電気	特願 2011-168203	国内	2011/8/1	PCT 移行	分散処理管理サーバ、分散システム、及び分散処理管理方法
46	日本電気	11832240.3	EP	2011/8/2		DISTRIBUTED PROCESSING DEVICE AND DISTRIBUTED PROCESSING SYSTEM
47	日本電気	13/879005	US	2011/8/2		DISTRIBUTED PROCESSING DEVICE AND DISTRIBUTED PROCESSING SYSTEM
48	日本電気	JP2011/004366	PCT	2011/8/2		分散処理装置及び分散処理システム
49	日本電気	JP2011/069294	PCT	2011/8/26		システムシミュレーション装置、分散計算機システム、シミュレーション方式およびプログラム
50	日本電気	特願 2011-188135	国内	2011/8/31		ストレージシステムとデータ・インテグリティのチェック方法並びにプログラム
51	日本電気	JP2011/071857	PCT	2011/9/26		分散ストレージシステム、その制御方法、およびプログラム
52	日本電気	13/879662	US	2011/10/3		STORAGE SYSTEM, DATA MANAGEMENT DEVICE, METHOD AND PROGRAM
53	日本電気	JP2011/005574	PCT	2011/10/3		ストレージシステム、データ管理装置、方法及びプログラム
54	日本電気	JP2012/000605	PCT	2012/1/31		分散システム、装置、方法及びプログラム
55	日本電気	JP2012/054675	PCT	2012/2/20		情報処理装置、分散ファイルシステム、クライアント装置、情報処理方法、および、コンピュータ・プログラム
56	日本電気	特願 2012-048079	国内	2012/3/5		データベース処理装置、データベース処理方法、プログラム及びデータベースのデータ構造
57	日本電気	JP2012/001563	PCT	2012/3/7		コンピュータシステム、制御システム、制御方法および制御プログラム

58	日本電気	JP2012/055917	PCT	2012/3/8		分散ストレージシステムおよび方法
59	日本電気	201210074071.7	CN	2012/3/20		データベース処理装置、データベース処理方法、プログラム及びデータベースのデータ構造
60	日本電気	13/426543	US	2012/3/21		データベース処理装置、データベース処理方法、プログラム及びデータベースのデータ構造
61	日本電気	JP2012/063400	PCT	2012/5/18		通信制御装置、通信制御システム、通信制御方法、および、プログラム
62	日本電気	JP2012/003475	PCT	2012/5/28		分散実行システム及び分散プログラム実行方法
63	日本電気	JP2012/064693	PCT	2012/6/7		サーバ、電源管理システム、電源管理方法、およびプログラム
64	日本電気	JP2012/067701	PCT	2012/7/11		ユーザ共有型データセンタシステム
65	日本電気	JP2012/069499	PCT	2012/7/31		分散ストレージシステムおよび方法
66	日本電気	JP2012/069936	PCT	2012/7/31		分散処理管理サーバ、分散システム、及び分散処理管理方法
67	日本電気	JP2012/005163	PCT	2012/8/15		分散処理管理装置及び分散処理管理方法
68	日本電気	JP2012/005164	PCT	2012/8/15		結合処理装置、データ管理装置及び文字列類似結合システム
69	日本電気	JP2012/006149	PCT	2012/9/26		情報システム、管理装置、データ処理方法、データ構造、プログラム、および記録媒体
70	日本電気	JP2012/006154	PCT	2012/9/26		空間充填曲線処理システム、空間充填曲線処理方法およびプログラム
71	日本電気	JP2012/077795	PCT	2012/10/26		I/O デバイス制御システムおよび I/O デバイス制御方法

論文リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	小川 宏高、他	産総研	高速フラッシュメモリに適したキーバリュースタアの予備的評価	情報処理学会 HPC 研究会 Vol. 2010-HPC-124 No. 14	無	H21
2	菅 真樹、他	日本電気	スケーラビリティと高効率性を備えたクラウド基盤を実現するデータセントリック分散制御	第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム論文集 C2-2	有	H21
3	小川宏高、他	産総研	高速フラッシュメモリに適したキーバリュースタアの予備的評価	情報処理学会HPC 研究会	無	H21
4	大野善之、他	日本電気	データインテンシブコンピューティングの省電力化に向けたGPU ノードの活用	SWoPP2010	無	H22
5	二宮恵、他	IIJ-II	集約Web トラフィックにおけるリソース配分モデルの提案	インターネットカンファレンス 2010	有	H22
6	Hiroataka Ogawa, 他	産総研	SSS: An Implementation of Key-value Store based MapReduce Framework	IEEE MAPRED 2010	有	H22

7	中田秀基、他	産総研	Hadoop 上で動作する Sawzall サブセットの実装	情報処理学会PRO 研究会	無	H22
8	Hiroataka Ogawa, 他	産総研	Implementing a Key-Value Store based MapReduce Framework	USENIX FAST 2011	有	H22
9	成田和世、他	日本電気	編集距離に基づく類似文字列結合の効率的並列化手法	DEIM2011	有	H22
10	小林大、他	日本電気	構成ノード電源停止によるシステム省電力化のためのインメモリ分散データストア設計	DEIM2011	有	H22
11	小川宏高、他	産総研	合成ベンチマークによる MapReduce のI/O 性能評価手法	情報処理学会 HPC 研究会	無	H22
12	中田秀基、他	産総研	Hadoop 上で動作する Sawzall サブセット	SACSIS2011	有	H23
13	上村純平、他	日本電気	GPU 援用カラムストアデータベースの設計と評価	情報処理学会 HPC 研究会	無	H23
14	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS 上の Sawzall処理系の実装	電子情報通信学会CPSY 研究会2	無	H23
15	小川宏高、他	産総研	合成ベンチマークによる MapReduce 処理系SSS の性能評価	情報処理学会HPC 研究会	無	H23
16	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS の実アプリケーションによる評価	電子情報通信学会CPSY 研究会	無	H23
17	中田秀基、他	産総研	分散KVS に基づく MapReduce 処理系SSS	インターネットコンファレンス2011	有	H23
18	Hidemoto Nakada, 他	産総研	SSS a MapReduce Framework based on Distributed Key-value Store	SC11	有	H23
19	玉野浩嗣、他	日本電気	Optimizing Multiple Machine Learning Jobs on MapReduce	3rd IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science	有	H23
20	Hidemoto Nakada, 他	産総研	Implementation and evaluation of SSS: a Key-Value Store based MapReduce Framework	3rd IEEE International Conference on Cloud Computing Technology and Science	有	H23
21	Hidemoto Nakada, 他	産総研	An Implementation of Sawzall on Hadoop	CUTE 2011: The 6th International Conference on Ubiquitous Information Technologies & Applications	有	H23
22	Jun Suzuki, 他	日本電気	High-Throughput Direct Data Transfer between PCIe SSDs	USENIX Conference on File and Storage Technologies 2012	有	H23
23	鈴木 順、他	日本電気	イーサネットで接続したI/O デバイス間の直接データ移動法	情報処理学会OS 研究会	無	H23
24	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS の PrefixSpan 法による評価	情報処理学会HPC 研究会3	無	H23
25	Kasuyo Narita, 他	日本電気	Landmark-Join: Hash-Join based String Similarity Joins with Edit Distance Constraints	14th International Conference on Data Warehousing and Knowledge Discovery (DaWaK 2012)	有	H24

26	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS に向けたKVS の改良	信学技報, Vol. 112, No. 2 CPSY2012-1 -CPSY2012-8 , pp. 19-24	無	H24
27	小川宏高、他	産総研	MapReduce 処理系SSS の実装と評価	SACIS2012 予稿集 (ポスタ)	有	H24
28	小川宏高、他	産総研	MapReduce 処理系SSS のアプリケーションによる消費電力測定	情報処理学会研究報告 2011-HPC-135 , 2012	無	H24
29	菅真樹、他	日本電気	分散データストアシステムに対するEnergyCapping制御	SWoPP2012(EVA)	無	H24
30	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS におけるKey Value Store アクセス手法の改良	信学技報, Vol. 112, No. 173 CPSY2012-9 - CPSY2012-30 , pp. 103-108 , 2012	無	H24
31	中田秀基、他	産総研	MapReduce 処理系SSS におけるContinuous MapReduce の実装	情報処理学会研究報告 2011-HPC-136 , 2012	無	H24
32	Hidemoto Nakada, 他	産総研	stream Processing with Bigdata by SSS-MapReduce	IEEE International Conference on eScience (eScience 2012) (ポスタ)	有	H24
33	中田秀基、他	産総研	PrefixSpan 法のMapReduce 実装の改良	信学技報, vol. 112, no. 237, CPSY2012-40. , pp. 55-60	無	H24
34	Masaki Kan, 他	日本電気	Data layout management for energy-saving key-value storage using a write off-loading technique	IEEE CloudComm 2012	有	H24

一般講演

番号	発表者	所属	タイトル	イベント名	年度
1	藤田 昭人	IIJ-II	オープンソース・クローンを活用したプライベート・クラウドの取組み	IIJ TECHNICAL WEEK 2009	H21
2	玉野浩嗣	日本電気	MapReduce における複数機械学習の最適化	応用数学会 若手の会 単独研究会 早稲田大学	H23

新聞雑誌等への掲載・プレスリリース

番号	発表者	所属	タイトル	媒体名	年度
1	藤田昭人	IIJ-II	クラウドコンピューティングの実像	ASCII Technologies 11 月号	H22
2	日本電気		「自動車向け情報配信「5000万台に1分おき」実現 NEC が技術次世代伝送網にも	日経産業新聞	H22
3	日本電気		高い信頼性を維持しながら、システム拡張を容易に実現するクラウド向けコンピューティング基盤技術を開発	NEC プレスリリース	H22
4	日本電気		ビッグデータのリアルタイム分析を低消費電力で実現する処理基盤技術を開発	NEC プレスリリース	H23
5	日本電気		データセンター省エネに	日本経済新聞	H23

6	NEDO、産総研、NEC、NTTファシリティーズ、三菱電機、長崎大学		省エネ技術を結集した次世代モジュール型グリーンデータセンターを構築	各社合同プレスリリース	H23
---	------------------------------------	--	-----------------------------------	-------------	-----

展示会への出展

番号	発表者	所属	タイトル	イベント名	年度
1	日本電気		クラウド向けコンピューティング基盤技術	NEC iEXPO2010	H22
2	産総研		Fast and Energy Efficient MapReduce	SC2010	H22
3	産総研		高速で高機能な MapReduce システム SSS	産総研オープンラボ2011	H23
4	日本電気		リアルタイム分析を省電力で実現するビッグデータ処理基盤技術を開発	NEC iEXPO2011	H23
5	産総研		SSS a MapReduce Framework based on Distributed Key-value Store	SC2011	H23
6	産総研		省エネ技術を結集した次世代モジュール型グリーンデータセンターを構築	産総研オープンラボ	H24
7	産総研		SSS : a MapReduce Framework for Stream Processing with BigData	SC2012	H24
8	日本電気、産総研、IIJ		グリーンITプロジェクト	CEATEC JAPAN 2012	H24
9	日本電気、産総研、IIJ		グリーンITプロジェクト	NEDO 省エネルギー技術フォーラム	H24

4. 研究開発項目①－b)「最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発」

(冷却ネットワークとナノ流体伝熱による集中管理型先進冷却システムの開発)

実施機関：株式会社SOHK i

共同研究：独立行政法人産業技術総合研究所

九州大学

宇都宮大学

特許、論文、外部発表などの件数 (実績)

2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	1 件
H21FY	1 件	0 件	0 件	2 件	5 件	5 件
H22FY	3 件	0 件	0 件	4 件	10 件	11 件
H23FY	0 件	0 件	0 件	3 件	2 件	5 件
H24FY	2 件	0 件	0 件	3 件	0 件	3 件

特許出願

番号	出願人	出願番号等	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	国立大学法人 宇都宮大学/ 独立行政法人 産業技術総合 研究所/株式 会社SOHK i	特願 2009-125784 特開 2010-271022	国内	2009/05/25 2010/12/02		液輸送システム用作動流体及び その製造方法
2	株式会社SO HK i	特願 2010-197762	国内	2010/9/3		電子機器の冷却装置
3	株式会社SO HK i	特願 2010-197763	国内	2010/9/3		電子機器の冷却システム
4	産総研	特願 2011-014672	国内	2011/01/27		薄型ヒートパイプ及びその加工 方法
5	株式会社SO HK i	特願 2012-119467	国内	2012/5/25		電子機器の冷却装置
6	株式会社SO HK i	特願 2012-049557	国内			電子機器の冷却システムおよび 方向

論文リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	Yasuhisa SHINMOTO, 他		Development of Advanced High Heat Flux Cooling Systems for Power Electronics	Proc. InterPACK2009		H21

2	Yoshiyuki ABE, 他		Advanced Integrated network Systems for Thermal Management in Data Center	Proc. InterPACK2009		H21
3	Y. Abe et al.		Heat pipes with self-rewetting fluids and nano self-rewetting fluids	15th Int. Heat Pipe Conf.		H22
4	R. Savino et al.		Self-rewetting fluids and brines for thermal management	15th Int. Heat Pipe Conf.		H22
5	Y. Abe et al.		Development of advanced cooling network systems for data centers	Proc. 14th Int. Heat Transfer Conf.		H22
6	Mayumi Ouchi, 他		New Thermal Management Systems for Data Centers	ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference (AJTEC2011), Heat and Mass Transfer in Energy Devices VIII - Heat & Mass Transfer in Energy Systems, CD-ROM 6 pages, 2011.		H22
7	Mayumi Ouchi, 他		Liquid Cooling Network System for Energy Conservation in Data Centers	The International Conference on Electronics Packaging (ICEP-2011), Japan Institute of Electronics Packaging, Thermal Management, DVD-ROM 6 pages (pp. 148 - 153), 2011.		H23
8	Yasuhisa Shinmoto, 他		Development of High Heat Flux Cooling Jacket for Electronics Devices by using Flow Boiling	The International Conference on Electronics Packaging (ICEP-2011), Japan Institute of Electronics Packaging, Thermal Management, DVD-ROM 6 pages (pp. 359 - 364), 2011		H23
9	M. Ouchi et al.		Liquid cooling network systems for energy conservation in data centers	Proc. InterPACK2011		H23
10	M. Ouchi et al.		Thermal management systems for data centers with liquid cooling technique of CPU	Proc. ITherm 2012		H24
11	M. Ouchi et al.		Development of high performance and high functionalized heat pipes	Proc. 16th IHPC		H24
12	M. Ouchi et al.		New thermal management systems for data centers	Trans ASME J. Therm. Sci. Eng. Appl.		H24

外部発表リスト

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	年度
1	阿部宜之		表面張力の視点からみた熱媒体 -Self-Rewetting流体の可能性 -	日本熱物性学会「宇宙材料の 熱物性とシステムデザイン」 第4回研究会(口頭)	H20
2	鈴木 智裕, 他		マイクロ波-ポリオール法によ り合成した銀ナノ粒子を含む Self-rewetting 流体の非線形 表面張力特性の制御	第46回日本伝熱シンポジウ ム, pp. 100, 2009	H21
3	阿部 宜之, 他		データセンタ省エネのためのサ ーバ先進冷却システムの開発	第46回日本伝熱シンポジウ ム, pp. 322, 2009.	H21
4	Masahide SATO, 他		Anomalous Temperature Dependence of the Surface Tension in Polyol Process- Synthesized Silver Nanofluids with Higher Alcohols	17th Symposium on Thermophysical Properties, 2009.	H21
5	Yasuhisa SHINMOTO, 他		Development of Advanced High Heat Flux Cooling Systems for Power Electronics	Proceedings of InterPACK' 09, ASME 2009 InterPACK Conference (IPACK2009), IPACK2009- 89082, DVD-ROM 10 pages, July, 2009.	H21
6	Yoshiyuki ABE, 他		Advanced Integrated network Systems for Thermal Management in Data Centers	ASME 2009 InterPACK Conference(IPACK2009), Proceedings of InterPACK' 09, IPACK2009- 89009, DVD-ROM 6 pages, 2009	H21
7	Y. Abe		Advanced cooling network systems for energy conservation in data centers -Green IT Project of NEDO	4th Int. Topical Workshop on two-phase systems for ground and space applications	H21
8	阿部宜之		データセンタの省エネルギー化 を目指したサーバ冷却ネットワ ークシステムの研究開発	グリッド協議会第3回ワー クショップ	H21
9	飯村 兼一, 他		金ナノ粒子分散アルコール水溶 液の表面張力異常性と熱輸送特 性	第62回コロイドおよび界面 化学討論会(62DMCIC), 2009.	H21
10	M. Sato et al.		Thermal performance of self- rewetting fluid heat pipe containing dilute solutions of silver nanoparticles synthesized by Microwave- polyol process	6th Interdisciplinary Transport Phenomena Conference	H21
11	鈴木智裕ほか		長鎖アルコールを含む液相合成 金属ナノ流体の熱伝導率と界面 物性	第30回日本熱物性シンポジ ウム	H21
12	Y. Abe et al.		Heat pipes with self- rewetting fluids and nano self-rewetting fluids	15th Int. Heat Pipe Conf.	H22
13	R. Savino et al.		Self-rewetting fluids and brines for thermal management	15th Int. Heat Pipe Conf.	H22

14	A. Cecere et al.		Observation of Marangoni flow in ordinary and self-wetting fluids using optical diagnostic systems	IMA5	H22
15	M. Sato et al.		Role of organic layers on anomalous surface tension temperature dependencies of metallic nanofluids with dilute long-chain alcohols	IMA5	H22
16	東 秀平, 他		金ナノ粒子分散アルコール水溶液の表面張力の温度依存性	日本化学会第 90 春季年会 (2010), 2010.	H22
17	阿部 宜之, 他		データセンタ省エネのための先進サーバ冷却ネットワークシステムの研究開発	日本伝熱学会, 第47 回日本伝熱シンポジウム, 講演論文集 SP404, Vol. 3, pp. 725-726, 2010.	H22
18	三橋 国直, 他		マイクロ波加熱ポリオール法によって合成した均一分散銀ナノ流体の有効熱伝導率	日本伝熱学会, 第47回日本伝熱シンポジウム, 講演論文集 SP404, Vol. 1, pp. 259-260, 2010.	H22
19	Yoshiyuki ABE, 他		Development of Advanced Cooling Network Systems for Data Centers	Proceedings of the International Heat Transfer Conference (IHTC-14), IHTC-22045, DVD-ROM 6 pages, 2010.	H22
20	Syuhei HIGASHI, 他		Mechanisms of Temperature Dependency of Surface Tension of Goldnanoparticle-dispersed Alcohol Aqueous Solution, The Division of Colloid and Interface Chemistry	Chemical Society of Japan (CSJ), International Conference on Nanoscopic Colloid and Surface Science (NCSS 2010), 2010.	H22
21	Yoshiyuki ABE, 他		Recent Progress in the Development of Advanced Cooling Network Systems for Data Centers	Fifth International Topical Team Workshop on TWO-PHASE SYSTEMS FOR GROUND AND SPACE APPLICATIONS, Book of Abstract p.18, 2010.	H22
22	大内真由美, 他		高性能ヒートパイプの開発	日本機械学会熱工学コンファレンス2010	H22
23	小林 寛幸, 他		電子機器用狭隘流路内強制流動沸騰冷却ジャケットの開発	日本機械学会, 熱工学部門, 熱工学コンファレンス2010, 講演論文集 pp. 77-78, 2010.	H22
24	三橋 国直, 他		液相還元合成した均一分散銀ナノ流体の熱伝導率に及ぼす粒子形状の影響	日本物性学会, 第 31 回日本熱物性シンポジウム, OS3-I-C207, 2010	H22
25	鈴木 智裕, 他		長鎖アルコールを微量含む液相合成銀ナノ流体の動的表面張力特性	日本物性学会, 第 31 回日本熱物性シンポジウム, OS3-I-C206, 2010.	H22
26	阿部宜之		NEDOグリーンITプロジェクトにおけるサーバ冷却技術に関する研究	エネルギー技術シンポジウム 2010	H22
27	Syuhei HIGASHI, 他		Temperature Dependency of Surface Tension of Gold Nanoparticles-dispersed Alcohol Aqueous Solutions	Abstracts of the 2010 International Chemical Congress of Pacific Basin Societies, No. 976, 2010.	H22

28	Mayumi Ouchi, 他		New Thermal Management Systems for Data Centers	ASME/JSME 2011 8th Thermal Engineering Joint Conference (AJTEC2011), Heat and Mass Transfer in Energy Devices VIII - Heat & Mass Transfer in Energy Systems, CD-ROM 6 pages, 2011.	H22
29	東秀平ほか		アルコール水溶液の表面物性に対する金ナノ粒子の添加効果	日本化学会第91春季年会	H22
30	(株)SOHKi		液冷システム	INTEROP展示発表	H22
31	(株)SOHKi			日経産業新聞掲載 (2010年12月2日付・1面)	H22
32	Mayumi Ouchi, 他		Liquid Cooling Network System for Energy Conservation in Data Centers	The International Conference on Electronics Packaging (ICEP-2011), Japan Institute of Electronics Packaging, Thermal Management, DVD-ROM 6 pages (pp. 148 - 153), 2011.	H23
33	Yasuhisa Shinmoto, 他		Development of High Heat Flux Cooling Jacket for Electronics Devices by using Flow Boiling	The International Conference on Electronics Packaging (ICEP-2011), Japan Institute of Electronics Packaging, Thermal Management, DVD-ROM 6 pages (pp. 359 - 364), 2011	H23
34	大内真由美ほか		先進駅例ネットワークシステムを用いたデータセンタの省エネ効果	第48回日本伝熱シンポジウム	H23
35	阿部宜之		ヒートパイプの高性能化とサーバーへの応用	2011最先端実装技術シンポジウム	H23
36	大内真由美ほか		ヒートパイプの高性能化と高機能化	日本機械学会熱工学コンファレンス2011	H23
37	(株)SOHKi		液冷システム	INTEROP展示発表	H23
38	(株)SOHKi		ヒートパイプ/液冷サーバ	産業技術総合研究所オープンラボ	H23
39	(株)SOHKi		液冷技術の紹介	NEDOプレスリリース	H24
40	(株)SOHKi		展示及びNEDOブースにて成果発表	CEATEC JAPAN	H24
41	(株)SOHKi		データセンタにおけるグリーンITの取り組み	第75回 情報処理学会	H24

5. 研究開発項目①－b)「最適抜熱方式の検討とシステム構成の開発」

(集熱沸騰冷却システムの開発)

実施機関：日本電気株式会社

特許、論文、外部発表などの件数 (実績) 2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件
H21FY	1 件	0 件	1 件	0 件	1 件	0 件
H22FY	8 件	0 件	3 件	0 件	1 件	3 件
H23FY	31 件	0 件	0 件	1 件	4 件	1 件
H24FY	8 件	0 件	0 件	0 件	8 件	3 件

特許リスト

番号	出願人	公開番号	国内 外国 PCT	出願日	名称
1	NEC	W011/040129	PCT	2010. 08. 12	電子機器装置の熱輸送構造
2	NEC	W011/122332	PCT	2011. 03. 15	相変化冷却器及びこれを備えた電子機器
3	NEC	W011/1222017	PCT	2011. 03. 01	電子機器排気の冷却装置及び冷却システム
4	NEC	W011/145618	PCT	2011/5/17	沸騰冷却器

学会・講演発表等

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	年度
1	稲葉賢一、他	日本電気	フィンを有する面平均蒸発熱伝達係数の実験整理式による予測手法の確立	第 24 回エレクトロニクス実装学会講演大会	2009
2	松永有仁、他	日本電気	データセンタにおける冷却電力削減管理	エレクトロニクス実装学会	2010
3	千葉正樹、他	日本電気	Cooling performance of the two phase (vapor-liquid) flow cooling system	ICEP	2011
4	吉川 実、他	日本電気	高密度化するサーバの冷却と省電力の最新技術	日本冷凍空調学会	2011
5	千葉正樹、他	日本電気	Cooling performance of the two phase (vapor-liquid) flow cooling system	JIEP 英文論文誌	2011
6	松永有仁、他	日本電気	低背相変化冷却器を利用した薄型 ICT 機器の冷却電力削減	エレクトロニクス実装学会	2011

7	千葉正樹、他	日本電気	複数発熱体に対する気液二相流の放熱効果	エレクトロニクス実装学会	2011
8	吉川 実、他	日本電気	電子機器における省エネルギー冷却技術	熱設計・対策技術シンポジウム	2012
9	松永有仁、他	日本電気	低風量薄型ICT 機器によるデータセンタ空調電力削減	日本冷凍空調学会	2012
10	吉川 実、他	日本電気	沸騰冷却システムの研究開発	CEATEC	2012
11	吉川 実、他	日本電気	沸騰冷却システムの研究開発	グリーン・イノベーション EXPO	2012
12	坂本 仁、他	日本電気	Phase Change Cooling for Energy-Efficient ICT System	IEEE CPMT Society	2012
13	小路口暁、他	日本電気	相変化熱輸送による密閉筐体冷却の研究開発	スマートプロセス学会	2012
14	千葉正樹、他	日本電気	複数発熱体に対する各種冷却方式の優位性検証	エレクトロニクス実装学会	2012
15	稲葉賢一、他	日本電気	冷媒の自然循環方式によるデータセンタ冷却電力の省エネ化	エレクトロニクス実装学会	2012
16	小路口暁、他	日本電気	相変化冷却器における放熱部の最適な設計手法	エレクトロニクス実装学会	2012
17	吉川 実、他	日本電気	沸騰冷却システムの研究開発	情報処理学会	2012

・受賞等

番号	発表者	所属	タイトル	発表先等	年度
1	千葉正樹	日本電気	ICEP 2011 IEEE CPMT Japan Chapter Young Award	Cooling performance of the two phase (vapor-liquid) flowcooling system	2011
2	松永有仁	日本電気	エレクトロニクス実装学会研究奨励賞	低背相変化冷却器を利用した薄型 ICT 機器	2012

・プレスリリース等

番号	発表者	所属	タイトル	発表先等	年度
1	吉川 実、他	日本電気	CPU 冷却装置消費電力 8 割減	日本経済産業新聞	2010
2	吉川 実、他	日本電気	新冷媒使用の冷却装置開発	空調タイムズ	2010
3	吉川 実、他	日本電気	IT 機器の冷却電力を削減する相変化冷却モジュールの開発	電子情報通信学会誌	2010
4	吉川 実、他	日本電気	電子機器の省エネルギー冷却技術	NEC 技報	2010
5	吉川 実、他	日本電気	データセンタ向けサーバの省エネ冷却技術を開発	日本経済産業新聞	2011
6	吉川 実、他	日本電気	節電に最適なデータセンタ向け省エネ冷却技術	コンセンサス	2012
7	吉川 実、他	日本電気	冷却電力を半減	日本経済新聞	2013

6. 研究開発項目①－c)「データセンタの電源システムと最適直流技術の開発」

実施機関：株式会社 NTT ファシリティーズ

三菱電機株式会社

長崎大学

(共同実施) 名古屋大学

(再委託) 独立行政法人産業技術総合研究所

特許、論文、外部発表などの件数 (実績)

区分 年度	特許出願			論文		その他外部発表		
	国内	外国	PCT* 出願	査読付 き	その他	学会発表・ 講演	新聞・雑誌等 への掲載	その他
H21FY	0件	0件	0件	0件	0件	1件	0件	0件
H22FY	0件	0件	0件	8件	1件	0件	0件	0件
H23FY	2件	0件	0件	2件	0件	0件	0件	0件
H24FY	1件	0件	0件	3件	0件	4件	0件	1件

(※Patent Cooperation Treaty :特許協力条約)

出願特許

番号	出願人	出願番号等	国内 海外 PCT	出願日	状態	発明の名称
1	NTT ファシリティーズ					電源装置、及び電源制御方法
2	長崎大学、 NTT ファシリティーズ					制御装置および電力変換回路の 制御装置
3	NTT ファシリティーズ、 産業技術総合研究所					空気調和システム、空気調和装置、 モジュール型データセンタ及び 空気調和方法

投稿論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	黒川 不二雄	長崎大学	A New Digitally Controlled Switching Power Supply for Green IT	IPEC-Sapporo 2010		H22
2	黒川 不二雄	長崎大学	A New Digital Control Circuit for Green Switching Power Supply	EVER-Monaco 2010		H22
3	黒川 不二雄	長崎大学	A Novel Digital PID Controlled DC-DC Converter	SPEEDAM 2010		H22
4	黒川 不二雄	長崎大学	A New Fast Response Digital Control Process for Switching Power Supply	ELECTROMOTION on EVER' 10		H22

5	黒川 不二雄	長崎大学	A New Fast Digital PID Control DC-DC Converter	EPE-PEMC2010		H22
6	黒川 不二雄	長崎大学	Fast Response Digital PID Control Circuit for DC-DC Converter	Tencon2010		H22
7	黒川 不二雄	長崎大学	電源システムのデジタル化技術	電気学会産業用部門大会 (査読なし)		H22
8	黒川 不二雄	長崎大学	DC-DC コンバータのための高速比例デジタル制御回路について	電子通信エネルギー研究会		H22
9	横水 康伸	名古屋大	配線用遮断器における直流遮断時のアークパラメータ	電気学会全国大会		H22
10	黒川 不二雄	長崎大学	A Novel A-D Conversion for Digital Control Switching Power Supply	ECCE 2011		H23
11	黒川 不二雄	長崎大学	Transient Response of Novel P-I-D Digital Control Switching Power Supply for HVDC System	INTELEC 2011		H23
12	村田 晃司	長崎大学	A novel P-I-D digital control FPGA for a switching power supply in HVDC system	IEEE PEDG 2012		H24
13	村田 晃司	長崎大学	Performance characteristic of novel P-I-D digital control switching power supply	SPEEDAM 2012		H24
14	梶原 一宏	長崎大学	ピーク電流を用いたデジタル制御方式 DC-DC コンバータについて	家電・民生研究会		H24

その他外部発表

番号	発表者	所属	タイトル	発表媒体	年度
1	黒川 不二雄	長崎大学	Digital Power for Green IT	DC Building Power Japan	H22
2	NEDO (他)	-	省エネ技術を結集した次世代モジュール型グリーンデータセンタを構築	報道発表	H24
3	田中 徹	NTT ファシリテーターズ	高電圧直流電源供給と電源アダプティブ制御技術	CEATEC JAPAN 2012	H24
4	田中 徹	NTT ファシリテーターズ	高電圧直流電源供給と電源アダプティブ制御技術	NEDO 省エネルギー技術フォーラム 2012	H24
5	近藤 栄治	NTT ファシリテーターズ	電気設備の用途別省エネ技術の特色	電気設備学会 講習会	H24
6	田中 徹	NTT ファシリテーターズ	データセンタの電源システムと最適直流通化技術の開発	情報処理学会	H24

7. 研究開発項目①-d) 「データセンタのモデル設計と総合評価」

実施機関：独立行政法人産業技術総合研究所

筑波大学

エヌ・ティ・ティ・コミュニケーションズ株式会社

特許、論文、外部発表などの件数 (実績) 2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	3 件
H21FY	0 件	0 件	0 件	1 件	2 件	1 件
H22FY	0 件	0 件	0 件	4 件	0 件	1 件
H23FY	0 件	0 件	0 件	0 件	0 件	2 件
H24FY	1 件	0 件	0 件	1 件	0 件	5 件

特許リスト

番号	出願人	出願番号等	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	株式会社エヌ・ティ・ティ ファシリティーズ、 独立行政法人産業技術総合研究所	特願 2013-063051	国内	2013/03/25		空気調和システム、空気調和装置、モジュール型データセンタ及び空気調和方法

投稿論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	今田 貴之、佐藤三久、木村 英明	筑波大学	仮想計算機環境における省電力化を目的としたサーバ資源制御	情報処理学会研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング、2009-HPC-121 No. 36, pp. 1-8		H21
2	Takayuki Imada, Mitsuhsa Sato, Hideaki Kimura	筑波大学	Power and QoS Performance Characteristics of Virtualized Servers	Energy Efficient Grids, Clouds and Clusters Workshop (E2GC2) in 10th IEEE GRID 2009, pp. 232-240,		H21
3	児玉祐悦、高野了成、岡崎史裕、工藤知宏、伊藤智	産総研	ネットワーク転送時におけるノード消費電力削減	情報処理学会研究報告ハイパフォーマンスコンピューティング、2009-HPC-123 No. 5, pp. 1-7		H21
4	Hideaki Kimura, Takayuki Imada, Mitsuhsa Sato	筑波大学	Runtime Energy Adaptation with Low-Impact Instrumented Code in a Power-scalable Cluster System	10th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud and Grid Computing (CCGRID2010), pp. 378-387,		H22

5	Satoshi Itoh, Yuetsu Kodama, Toshiyuki Shimizu, Satoshi Sekiguchi, Hiroshi Nakamura and Naohiko Mori	産総 研、東 大、NTT コミュニ ケー ション ズ	Power consumption and efficiency of cooling in a Data Center	Energy Efficient Grids, Clouds and Clusters Workshop (E2GC2) in conjunction with the 11th ACM/IEEE Int. Conf. on Grid in the 10th IEEE GRID 2010, pp.305-312, 2010/10		H22
6	Yuetsu Kodama, Satoshi Itoh, Toshiyuki Shimizu, Satoshi Sekiguchi, Hiroshi Nakamura and Naohiko Mori	産総 研、東 大、NTT コミュニ ケー ション ズ	Power Reduction Scheme of Fans in a Blade System by Considering the Imbalance of CPU Temperatures	IEEE International Conference on Green Computing and Communication (GreenCom2010), 2010/12		H22
7	木村英明、今田 貴之、佐藤三久	筑波大 学	大規模並列システムにお ける電力最適化時の消費 エネルギー評価	2011年ハイパフォーマンスコン ピューティングと計算科学シン ポジウム (HPCS2011) 情報処理学会研究報告ハイパフ ォーマンスコンピューティン グ、2010-HPC-124(16), pp.1-7		H22
8	Yuetsu Kodama, Satoshi Itoh, Toshiyuki Shimizu, Satoshi Sekiguchi, Hiroshi Nakamura and Naohiko Mori	産総 研、筑 波大、 東大、 NTT コミ ュニケ ーショ ンズ	Imbalance of CPU temperatures in a blade system and its impact for power consumption of fans	CLUSTER COMPUTING, Springer, Volume 16, Issue 1, pp 27-37, March 2013		H24

8. 研究会開発項目②-a) 「IT社会を遠望した、情報の流れと情報量の調査研究」

実施機関：独立行政法人産業技術総合研究所

9. 研究会開発項目②-c) 「社会インフラとしてのネットワークのモデル設計と総合評価」

実施機関：独立行政法人産業技術総合研究所

名古屋大学

日本電気株式会社

特許、論文、外部発表などの件数 (実績)

2013/07/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
年度						
H20FY	0 件	0 件	0 件	0 件	3 件	0 件
H21FY	2 件	0 件	0 件	2 件	2 件	10 件
H22FY	3 件	0 件	1 件	7 件	18 件	8 件
H23FY	4 件	0 件	2 件	6 件	7 件	9 件
H24FY	3 件	1 件	3 件	15 件	5 件	9 件

特許リスト

番号	出願人	出願番号等	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	日本電気	特願 2009-233510	国内	2009/10/07	見做し	光信号送信装置、光信号受信装置、波長多重分離光通信装置および波長パスシステム
2	日本電気	特願 2009-153655	国内	2009/06/29	公開	ノード装置、通信システム、及びパス割当方法
3	産総研	特願2010-191103	国内	2010. 8. 27	公開	光信号再生装置

投稿論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	小林克志	産総研	Flexible arrays of inexpensive network (FAIN): toward global parallelism in the internet to satisfy future traffic growth	International Conference On Emerging Networking Experiments And Technologies Proceedings of the 2008 ACM CoNEXT Conference Article No.63, ISBN:978-1-60558-210-8		H20
2	挟間壽文	産総研	通信ネットワークの電力消費限界と光がつくる未来	日本光学会年次学術講演会, 招待講演		H20
3	挟間壽文	産総研	インターネットトラフィックと ICT エネルギーの課題	電子通信学会専門講習会, 招待講演		H20

4	佐藤健一	名古屋大学	Future directions of optical networking technology development - Optical fast circuit switching and multilevel optical routing	Proceedings of Photonics in Switching 2009, WeII1-2	H21
5	伊藤弘行、他	名古屋大学	Impact of path granularity and operation interval on dynamic path network control	Proceedings of ACP 2009(Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition 2009), November 2-6, 2009, Shanghai, China	H21
6	佐藤健一	名古屋大学	Future high-bandwidth demand services and network trend	Proc. OECC 2009 (14th Optoelectronics and Communications Conference), Workshop, Hong Kong, July 13, 2009	H21
7	小川貴弘	名古屋大学	Evaluations on Physical and Optical Path Level Hierarchical Networks to Implement Optical Fast Circuit Switching	Proceedings of ACP 2009 (Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition 2009), November 2-6, 2009, Shanghai, China	H21
8	佐藤健一	名古屋大学	Role and opportunities of photonics in future networks	Proceedings of IEEE Photonics Society Winter Topicals 2010	H22
9	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	Cost evaluation of hybrid-hierarchical optical cross-connects based optical path network	Proceedings of the third International Conference on Communications and Electronics 2010, ICCE 2010	H22
10	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	Hybrid hierarchical optical path network design algorithm applying a 2-stage ILP optimization	Proceedings of the Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition 2010, ACP 2010	H22
11	佐藤健一	名古屋大学	Are all optical network manageable	Proceedings of OFC/NFOEC 2010, Workshop OMF, invited, San Diego, March 22, 2010	H22
12	小川貴弘、他	名古屋大学	Optical fast circuit switching networks applying waveband grooming	Proceedings of COIN 2010 (9th International Conference on Optical Internet), July 11-14, 2010, Jeju, Korea	H22
13	佐藤健一	名古屋大学	Optical technologies that enable Green networks	Proceedings of 12th International Conference on Transparent Optical Networks, ICTON 2010, Mo. A. 2, Munich, June 27-July 1, 2010.	H22
14	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	Cost evaluation of hybrid-hierarchical optical cross-connects based optical path network	Proceedings of the Third International Conference on Communications and Electronics 2010, ICCE 2010, Nha Trang, Vietnam, August 11 - 13, 2010	H22

15	大野高明	名古屋大学	Ring connecting node architecture employing variable filter	Proceedings of Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition 2010, ACP 2010, ThH4, Shanghai, December 9-11, 2010		H22
16	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	Hybrid optical wdm networks utilizing optical waveband and electrical wavelength cross-connect	Proc. Of OFC/NFOEC 2011, NMC3, Los Angels, March 6-10, 2011		H22
17	坂内正宏	日本電気	Dynamic Optical Nodes: System Architecture and Sub-systems Based on Silicon Photonics	OECC2010 (The 15th OptElectronics and Communications Conference 2010) (Invite)		H22
18	水谷健二	日本電気	Demonstration of Multi-DegreeColor/Direction-Independent Waveguide-Based Transponder-Aggregator for Flexible Optical Path Networks	Proceedings of European Conference on Optical Communications 2010		H22
19	並木周	産総研	All Optical Node Functions Using Nonlinear Fiber Optics	OECC 2010(invite)		H22
20	並木周	産総研	光パスネットワークにおける光パラメトリック効果	OplusE		H22
21	挾間壽文	産総研	ネットワークトラヒックと電力消費の動向	電子情報通信学会誌		H22
22	児玉祐悦	産総研	トラフィックの性質情報に基づいた動的ネットワーク選択手法	電子情報通信学会 ネットワークシステム研究会		H22
23	並木周	産総研	Optical signal processing for energy-efficient dynamic optical path networks	ECOC 2010 (invited)		H22
24	工藤知宏	産総研	Distributed Virtual Infrastructure Using Dynamic Optical Path Networks	ECOC2010 (invited)		H22
25	Mingyi Gao	産総研	Design of Uniform Power Transfer Functions for Tunable Optical Parametric Regenerator	ECOC 2010		H22
26	Mingyi Gao	産総研	Wavelength-Tunable Optical Parametric Regenerator	Optics Letters		H22
27	挾間壽文	産総研	Internet traffic and network energy bottleneck	International Symposium on Optical Memory 2010 (invited)		H22
28	高野了成	産総研	High-resolution Timer-based Packet Pacing Mechanism on the Linux Operating System	インターネットコンファレンス 2010		H22
29	並木周	産総研	Parametric node devices for extremely low-energy networks	IEEE Photonics Society Annual Meeting (invited)		H22
30	挾間壽文	産総研	インターネットトラヒックとネットワーク機器消費電力	応用物理学会(招待講演)		H22
31	小林克志	産総研	What Can Green Hybrid Optical Circuit Architecture Achieve?	IEEE Globecom 2010 workshop, 3rd International Workshop on Green Communications		H22
32	小林克志	産総研	パケット交換方式のネットワークの電力消費の評価	電子情報通信学会 インターネットアーキテクチャ研究会		H22

33	Mingyi Gao	産総研	Wavelength-Tunable Optical Parametric Regeneration for 10-Gbit/s and 43-Gbit/s RZ Signals	OFC NFOEC 2011		H22
34	佐藤健一	名古屋大学	Role of optics in creating future transport networks	Proceedings of 13th International Conference on Transparent Optical Networks, ICTON 2011		H23
35	坂利憲、他	名古屋大学	Development of large capacity ultra-compact waveband cross-connect	Proceedings of 16th Opto-Electronics and Communications Conference, OECC 2011, 6A1-2.		H23
36	レ ハイ チョウ 他	名古屋大学	Hybrid hierarchical optical path network design algorithms utilizing ILP optimization	Elsevier, Optical Switching and Networking, Special Issue, vol. 8, 2011, pp. 226-234		H23
37	レ ハイ チョウ 他	名古屋大学	Impact of electrical grooming and regeneration of wavelength paths in creating hierarchical optical path networks	Proceedings of ECOC 2011 - 37th European Conference and Exhibition on Optical Communication, We. 8. K. 2.		H23
38	佐藤正和、他	名古屋大学	Efficient iterative design algorithm for enhancing resource utilization of shared protected optical path networks	Proceedings of 2011 8th International Workshop on the Design of Reliable Communication Networks (DRCN), pp. 102-109.		H23
39	沈志舒、他	名古屋大学	Design of hierarchical optical path networks that utilize wavelength conversion and evaluation of the allowable cost bound	Proceedings of ACP 2011 (Asia Communications and Photonics Conference and Exhibition 2011), 8310-06.		H23
40	レ ハイ チョウ 他	名古屋大学	OSA, Optics Express, vol. 19, No. 26, December 2011, B882-B894.	OSA, Optics Express, vol. 19, No. 26, December 2011, B882-B894		H23
41	水谷健二	日本電気	複数待機モードを有する省電力トランスポンダを用いた動的省電力ノード装置の提案-消費電力低減効果と高速障害回復機能の実証-	電子情報通信学会ソサイエティ大会		H23
42	Mingyi Gao	産総研	Cascaded optical parametric amplitude threshold and limiter	16th Opto-Electronics and Communications Conference, OECC 2011		H23
43	Mingyi Gao	産総研	Wavelength-tunable parametric regenerator	International Conference on Advancements in Information Technology 2011(ICAIT 2012) (招待)		H23
44	高野了成	産総研	High-Resolution Timer-Based Packet Pacing Mechanism on the Linux Operating System	IEICE TRANSACTIONS on Communications Vol. E94-B No. 8 pp. 2199-2207		H23
45	工藤知宏	産総研	Network Services Interface - An open standard for dynamic circuit interoperability -	電子情報通信学会インターネットアーキテクチャ研究会		H23
46	Mingyi Gao	産総研	Wide range operation of regenerative optical parametric wavelength converter using ASE-degraded 43-Gb/s RZ-DPSK signals	Optics Express, Vol. 19, Issue. 23 pp. 23258-23270		H23

47	工藤知宏	産総研	GridARS Inter-cloud framework and OGF Network Services Interface	第4回新世代ネットワークおよび将来インターネットに関する日欧シンポジウム		H23
48	佐藤健一	名古屋大学	Role of electronics and optics in creating future transport networks	Proceedings of I14th International Conference on Transparent Optical Networks, ICTON 2012, Mo. C1.2		H24
49	佐藤健一	名古屋大学	Optical technologies for future networks	Proceedings of OECC 2012, 2012 17 th Opto-Electronics and Communications Conference, 5A2-1		H24
50	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	Impact of optical transparent reach on the performance of translucent multi-granular optical path networks	Proceedings of Fourth International Conference on Communications and Electronics (ICCE 2012) , pp. 1-6		H24
51	山田祥 之、他	名古屋大学	Effects of optical layer protection granularity in survivable hierarchical optical path network	IEICE Trans. on Communications, vol. E95-B, No. 9, pp.2959-2963.		H24
52	レ ハイ チョウ、 他	名古屋大学	A Large Capacity Optical Cross-connect Architecture Exploiting Multi-Granular Optical Path Routing	Proceedings of Photonics in Switching 2012 (PS 2012), Fr-S26-014		H24
53	伊藤弘 行、他	名古屋大学	Router power saving employing dynamic performance control based on traffic predictions	IEICE Trans. Commun., Vol. E95-B, No. 10, pp. 3130-3138		H24
54	レ ハイ チョウ他	名古屋大学	Performance evaluation of optical path networks utilizing waveband selective switch-based cross-connects	Proceedings of 5th International Conference on Advanced Technologies for Communications (ATC 2012)		H24
55	丹羽朝 信、他	名古屋大学	A large port count wavelength routing optical switch that consists of cascaded small-size cyclic Arrayed Waveguide Gratings	IEEE Photonics Technology Letters, vol. 24, Issue 22, pp. 2027-2030		H24
56	丹羽朝 信、他	名古屋大学	A novel large-scale wavelength routing switch configuration exploiting small arrayed waveguide gratings	Proceedings of ACP 2012, Ath2C.4		H24
57	大澤尚 晃、他	名古屋大学	Quasi-scheduled optical path routing and wavelength assignment that uses expected traffic variation	Proceedings of ACP 2012, AS2D.4		H24
58	坂利憲、 他	名古屋大学	Performance evaluation of large capacity ultra-compact waveband cross-connect	IEEE Photonics Technology Letters, Vol. 25, Issue 5, pp. 446-449		H24
59	丹羽朝 信、他	名古屋大学	A 270 x 270 optical cross-connect switch utilizing wavelength routing with cascaded AWGs	Proceedings of OFC/NFOEC 2013, OTh1A.3, (Selected as a semi-finalist in the 2013 Corning Outstanding Student Paper Competition)		H24

60	佐藤正和、他	名古屋大学	Efficient shared protected network design algorithm that iterates path relocation with new resource utilization metrics	IEICE, vol. E96-B, No. 04, pp. 956-966		H24
61	佐藤健一、他	名古屋大学	Large scale wavelength routing optical switch for data center networks	IEEE Communications Magazine, September, 2013 (accepted).		H24
62	水谷健二	日本電気	A Highly Resilient and Power Saving Cut-through-routing Node Based on Multi-standby State Power Saving Transponders	The 17th OptoElectronics and Communications Conference, OECC 2012, 5A1-2		H24
63	水谷健二	日本電気	複数待機モードを有する省電力トランスポンダの予備パスへの導入提案	電子情報通信学会, 2012年ソサイエティ大会 B-12-7		H24
64	水谷健二	日本電気	予備光パスへの省電力待機モード導入効果の実験検討	電子情報通信学会, 2013年総合大会 B-12-7		H24
65	水谷健二	日本電気	Experimental Validation of Effect of the Power-Saving Standby Mode on the Backup Path	The 18th OptoElectronics and Communications Conference, OECC 2013, MQ2-5		H24
66	高野了成	産総研	動的ネットワークパス構築と連携したエッジオーバレイ帯域制御	電子情報通信学会ネットワークシステム研究会		H24
67	来見田淳也	産総研他	All-optical Wide-area Node Connections Assisted with Optical Parametric Regeneration and Wavelength Conversion	OFC/NFOEC 2013, JW2A. 57		H24
68	小林克志、他	産総研他	ショートカット適用によるネットワーク消費電力削減の評価	電子情報通信学会, 2013年総合大会		H24
69	石井紀代、他	産総研他	Unified Approach of Top-down and Bottom-up Methods for Estimating Network Energy Consumption	The 39th European Conference and Exhibition on Optical Communication (ECOC 2013), SC5-P. 5. 6		H24

10. 研究開発項目②ーb)「情報のダイナミックフロー測定と分析ツール及び省エネルギー型ルータ技術の開発」

実施機関：アラクサネットワーク株式会社
 株式会社日立製作所
 横河電機株式会社
 (再委託) 九州工業大学

特許、論文、外部発表などの件数 (実績) 2013/7/31 現在

区分	特許出願			論文		その他外部発表 (プレス発表など)
	国内	外国	PCT 出願	査読付き	その他	
H20FY	2 件	0 件	0 件	0 件	0 件	8 件
H21FY	3 件	0 件	0 件	3 件	0 件	15 件
H22FY	8 件	2 件	0 件	2 件	0 件	19 件
H23FY	4 件	5 件	0 件	2 件	0 件	14 件
H24FY	7 件	4 件	0 件	3 件	0 件	21 件

公開済み特許リスト

番号	出願人	出願番号	国内 外国 PCT	出願日	状態	名称
1	横河電機	特願 2009-051733	国内	2009/3/5	公開	動作状態監視装置およびこれを用いた動作状態監視システム
2	横河電機	特願 2009-054967	国内	2009/3/9	登録	システム表示装置
3	アラクサネットワークス	特願 2009-159826	国内	2009/7/6	公開	通信装置および経路テーブルの生成方法
4	アラクサネットワークス	特願 2009-208291	国内	2009/9/9	公開	ネットワーク中継装置及びメモリ制御方法
5	日立製作所	特願 2010-54230	国内	2010/3/11	登録	ネットワーク装置、及び、転送方法
6	日立製作所	特願 2010-122446	国内	2010/5/28	登録	パケット転送装置の制御方法及び制御装置
7	アラクサネットワークス	US12/ 813891	外国	2010/6/11	公開	NETWORK RELAY DEVICE AND MEMORY CONTROL METHOD
8	アラクサネットワークス	特願 2010-154390	国内	2010/7/7	公開	パケット中継装置、ネットワーク中継装置の制御方法
9	横河電機	特願 2010-156300	国内	2010/7/9	公開	機器データ表示装置および機器データ表示方法
10	アラクサネットワークス	特願 2010-176853	国内	2010/8/6	公開	パケット中継装置および輻輳制御方法
11	アラクサネットワークス	特願 2010-233598	国内	2010/10/18	公開	パケット中継装置
12	アラクサネットワークス	US13/ 004908	外国	2011/1/12	公開	PACKET RELAY DEVICE

13	アラクサネットワークス	特願 2011-005758	国内	2011/1/14	公開	ネットワーク装置およびその制御方法、並びにコンピュータプログラム
14	横河電機	特願 2011-039543	国内	2011/2/25	公開	システム表示装置
15	日立製作所	特願 2011-058923	国内	2011/3/17	公開	ネットワークノード
16	アラクサネットワークス	US13/ 190908	外国	2011/7/26	公開	PACKET RELAY DEVICE AND CONGESTION CONTROL METHOD
17	アラクサネットワークス	特願 2011-250550	国内	2011/11/16	公開	パケット転送装置及びQoS制御回路の電力供給制御方法
18	アラクサネットワークス	US13/ 348334	外国	2012/1/11	公開	NETWORK DEVICE AND ITS CONTROL METHOD AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT
21	アラクサネットワークス	US13/ 397292	外国	2012/2/15	公開	PACKET TRANSFER DEVICE AND POWER SUPPLY CONTROL METHOD FOR QOS CONTROL CIRCUIT
22	アラクサネットワークス	12155714.4	外国	2012/2/16	公開	PACKET TRANSFER DEVICE AND POWER SUPPLY CONTROL METHOD FOR QOS CONTROL CIRCUIT

投稿論文

番号	発表者	所属	タイトル	発表雑誌名 ページ番号	査読	年度
1	山田、 矢崎、 松山、 林	日立製作 所、アラクサ ネットワークス	Power Efficient Approach and Performance Control for Routers	Green Communications, IEEE ICC 2009	有	H21
2	福田、 池永、 田村、 内田、 川原、 尾家	九州工業 大学	Dynamic Link Control with Changing Traffic for Power Saving	IEEE Conference on Local Computer Networks (LCN)	有	H21
3	福田、 池永、 田村、 内田、 川原、 尾家	九州工業 大学	Performance Evaluation of Power Saving Scheme with Dynamic Transmission Capacity Control	2nd International Workshop on Green Communications (IEEE GLOBECOM 2009)	有	H21
4	福田、 池永、 尾家	九州工業 大学	Dynamic Transmission Capacity Control Schemes for Power Saving using a Mixture of the History and the Latest Information	3rd International Workshop on Green Communications (IEEE GLOBECOM 2010)	有	H22
5	田村、 富原、 福田、 川原、 尾家	九州工業 大学	Energy Saving Scheme with an Extra Active Period for LAN Switches	IEICE Transactions on Communications, Vol.E93-B, No.12, pp. 3542-3554	有	H22
6	秋本、 田村、 川原、 堀	九州工業 大学	Study on Energy- efficient Routing Protocol based on Experimental Evaluation	IEEE INCOS-2011, December 2011	有	H23

7	川又、 福田、 池永	九州工業 大学	Performance Evaluation of the Transmission Control Protocols with the Dynamic Link Control for Power Saving	WORLD TELECOMMUNICATIONS CONGRESS 2012 , PS-13 , March 2012	有	H23
8	櫻庭	横河電機	Displaying Network Topology by Hierarchical Layout with Interest Level	The 14th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS 2012)	有	H24
9	福田、 川又、 池永、 尾家	九州工業 大学	Performance Evaluation of the Transmission Control Protocols with the Dynamic Link Control Scheme for Power Saving	The IEEE International Conference on Green Computing and Communications (GreenCom 2012)	有	H24
10	内田、 縄田、 Y. Gu、 鶴、尾 家	九州工業 大学	Unsupervised Ensemble Anomaly Detection using Time-Periodic Packet Sampling	IEICE Trans. on Commun., Vol.E95-B(7), pp.2358-2367, July 2012. (DOI: 10.1587/transcom.E95.B.2358)	有	H24