

光伝送システムに関する技術動向調査

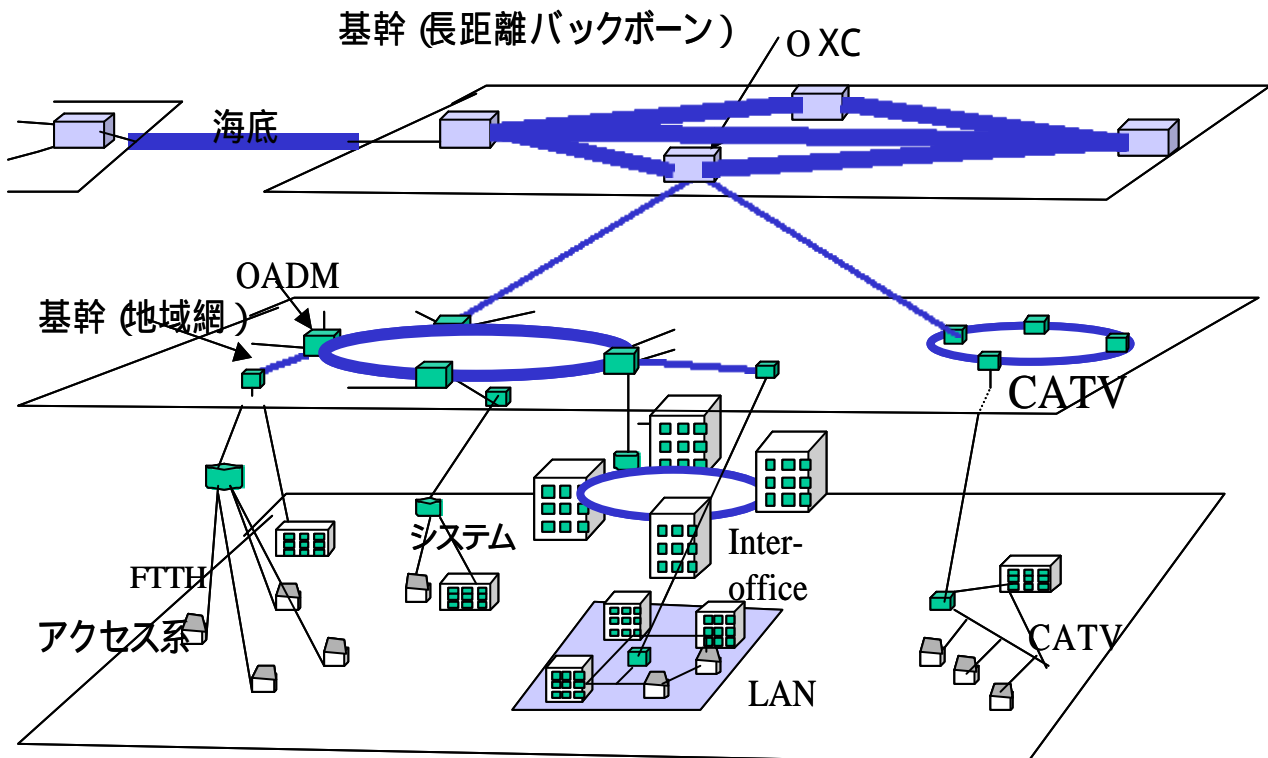
平成 13 年 7 月
技術調査課

1. 光伝送システムの概要

最も損失が少なく大量の信号が送ることができるのは光ファイバに光信号を閉じこめて伝送する技術、光伝送システムである。光伝送システムは広帯域なデジタル信号で変調した光信号を光ファイバの低損失性と広帯域性を用いて長距離伝送をするシステムである。

第 1 図に光伝送システムの構成図を示す。光伝送システムは陸上のバックボーンや地域網の基幹伝送システム、大陸間や島と大陸を結ぶ海底伝送システム、基幹伝送と加入者を結ぶアクセス系システム、映像を家庭に伝送する CATV システム、企業内やオフィス内など独立したネットワークである光 LAN (Local Area Network) システムに類型化できる。

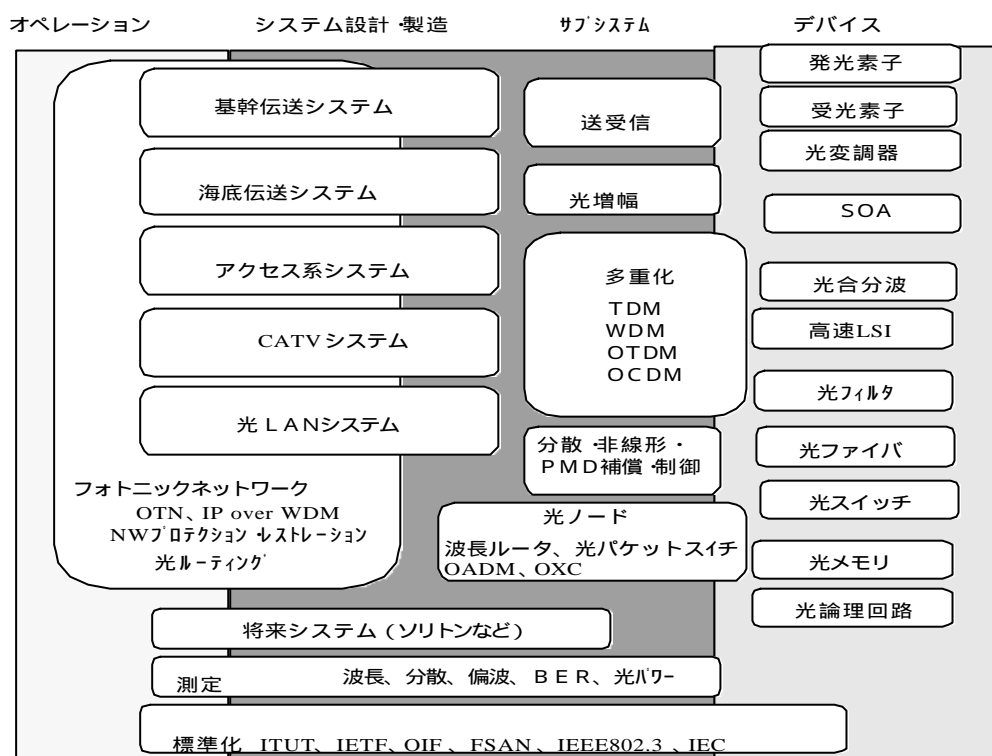
第 1 図 光伝送システムの構成図



光伝送システムの技術俯瞰図を第 2 図に示す。伝送容量の大容量化が今後の大きなテーマとなるが、それには WDM (波長分割多重) や TDM (時分割多重) などの多重化技術が有効な手段となる。WDM の高密度 (Dense) 化や TDM の高速化には光デバイスや電子デバイスの高性能化が必須となる。また、高密度化や高速化に伴い、光ファイバ伝送において光信号の劣化要因となる非線形性、波長分散、偏波モード分散が大きくなるので、それらの制御や補償技術が重要な課題となっている。

超大容量のトラフィックの転送に対応するため、フォトニックネットワークが開発されている。フォトニックネットワークは、送受信間のスイッチングやルーティングなどの転送機能を従来の電気処理でなく、光で行う技術である。フォトニックネットワークは電気の処理能力で制限されないため、処理量を大幅に増大できる特長を有する。光ノードの開発と共にネットワークアーキテクチャや光プロテクションなどの開発が課題となる。

第2図 技術俯瞰図



2. 市場動向からみた光伝送システム

(1) 日米欧の現状と予測

第3表に光伝送システムの日米欧市場規模とその予測を示す。光伝送システムの1999年の日本市場は約5,000億円である。1996-99年の市場の伸びは殆どない。欧州も同様である。米国はその3年間で50%成長した。平均年成長率は16%である。これは、通信トラフィックの増加を比較すれば理解できる。米国ではインターネットの普及に伴うトラフィックの増加が1996-99年に進んでおり、光伝送装置の設備投資を加速したものと考えられる。

第3表 日米欧の市場規模と日本市場予測

対象技術	市場 (用途)	年	市場規模(億円)			国内市場概況(億円)		
			市場規模予測(億円)			国内市場予測(億円)		
			日本	米国	欧州	生産高	輸入高	輸出高
光伝送システム	伝送機器・装置	1996年	4,792	11,730	2,528	4,518	642	368
		1997年	4,818	13,376	2,177	4,695	503	380
		1998年	4,665	14,891	2,090	4,530	467	332
		1999年	5,090	17,676	2,079	4,924	715	549
		2000年	5,871	18,579	2,081	5,672	858	659
		2001年	7,298	20,834	2,497	7,059	1030	791
		2002年	8,758	23,320	2,997	8,471	1236	949

出典: 光産業の動向調査報告書 1998,1999,2000年, (財)光産業技術協会
 Multimedia Telecommunications Market Review and Forecast,2000, Multimedia Telecommunications Association
 Yearbook of World Electronics Data 2000 V1, Reed Electronics Research
 The World Trade Atlas, Japan Tariff Association, U.S. Department of Commerce Bureau
 Of Census, H.M. Customs and Exercise, Eurostat

光伝送システム市場の予測には、通信トラフィックの今後の動向が重要となる。日米欧ともデータトラフィックは年2倍以上のスピードで増加していきとされている。日本の光伝送システムの市場は、1999年から2000年で約20%成長した。やっと、光伝送システム市場が成長し始める段階に入ってきたと言える。

米国での光伝送システムの成長は、SONET (Synchronous Optical Network: 光同期伝達網) と WDM がメインである。通信容量の増大への対応のため、SONETの市場は高速化と新規光伝送装置導入で成長した。WDMは一本の光ファイバに波長の異なる光を多数入れる技術であり、伝送容量の拡大には画期的な技術である。しかも、WDMは米国における通信トラフィックの急増にタイミング良く対応でき急成長した。

(2)ベンチャー企業の状況

第4表 光伝送システム関連の注目ベンチャー企業

企業名/設立年/国籍	売上高 (百万ドル/ 会計年)	参入している 用途・市場	注目されている 理由
アバネックス/1997/米国	40.7/2000	基幹伝送	キャリアーズを先取りしたユニークなシステムを提案
シエナ/1992/米国	482/1999	基幹伝送	WDMの実用化に先行し、リーディング企業へ成長
コーピス/1997/米国	39/2000	フォトニックネットワーク	独自開発の光スイッチを用いたフォトニックネットワーク
D-Star テクノロジーズ/1998/米国	不明	基幹伝送	FBGの特許をベースに起業、活発な学会活動
JDSユニフェーズ/1993/米国	1,430/2000	基幹伝送 (デバイス)	ベンチャー企業を逐次買収し、巨大なメーカーへ成長
シカゴネットワークス/1998/米国	198/2000	基幹伝送	既存のWDMシステムの高度化などユニークなシステム提案
テリウム/1997/米国	250/1999	フォトニックネットワーク	デジタルクロスネットシステムを最初に実用化

第4表に光伝送システムに参入している注目ベンチャー企業を示す。WDMは新規市場で成長性が高いこと、技術オリエンテッドなテーマであることから、多くのベンチャーが参入している。技術はベンチャーが牽引している側面が強い。大手システムベンダーは欲しい技術を確認するため、その技術を開発したベンチャーを買収する。このような形態が光伝送システムで見られる。勿論、シエナやJDSユニフェーズの様に一流企業の仲間入りしたベンチャーも少なくない。シエナはWDM装置で起業したベンチャーであり、北米の10%以上のシェアを有する。日本にも早期に進出し、1996年から1999年まで日本市場はまだ小さかったとはいえWDMでトップシェアを確保した。

3. 光伝送システム全体についての日米欧比較

(1) 特許からみた比較

第5表に日本、米国、欧州での特許出願上位企業を示す。過去10年分の特許出願で評価した。特許出願上位企業は、日本電気、富士通、ルーセントテクノロジーズ、ノーテルネットワークス、アルカテル、シーメンスの大手システムベンダである。また、日本電信電話、AT&T、ブリティッシュテレコムに代表されるように国の通信を担ってきた

第5表 光伝送システムにおける日米欧への出願ランキング
日本への出願 米国への出願 欧州への出願

順位	特許件数	企業名	順位	特許件数	企業名	順位	特許件数	企業名
1	1974	日本電気	1	217	富士通 (日本)	1	233	AT&T (米国)
2	1491	日本電信電話	2	205	AT&T	2	182	日本電気 (日本)
3	1182	富士通	3	200	日本電気 (日本)	3	171	シーメンス (ドイツ)
4	614	松下電器産業	4	182	ルーセント テクノロジーズ	4	154	アルカテル (フランス)
5	552	日立製作所	5	95	ブリティッシュ テレコム (英国)	5	150	富士通 (日本)
6	499	キヤノン	6	89	IBM	6	113	ルーセントテクノロジーズ (米国)
6	499	東芝	6	89	アルカテル (フランス)	7	109	ブリティッシュテレコム (英国)
8	410	ソニー	8	77	日立製作所 (日本)	8	88	キヤノン (日本)
9	400	住友電気工業	9	74	キヤノン (日本)	9	67	アルカテル SEL (ドイツ)
10	378	三菱電機	10	61	ノーテルネット ワークス (カナダ)	10	61	アルカテル ALCATEL NV (ベルギー)
11	333	沖電気工業	11	60	シーメンス (ドイツ)	10	61	ノーテルネットワークス (カナダ)
12	274	古河電気工業	12	54	KDDI (日本)	12	45	フランステレコム (フランス)

旧国営キャリアは研究・開発が活発であり、特許出願も多い。光伝送システムの場合、システムの高性能化にはデバイスや光ファイバがキーとなる場合が多く、デバイスメーカーや光ファイバメーカーの特許出願も多い。

米国への特許出願上位12社中に日本の企業が5社入っている。1位の富士通の他、日本電気、日立製作所、キヤノン、国際電信電話である。欧州への出願でも、12位までに日本電気、富士通、キヤノンの3社が入っている。

日本の出願人による日本への出願は欧米の出願人が自国内で出願する件数より、3倍程度多い。この現象は光伝送システムの分野で日本の発明が多いことを意味するが、審査制度の違い(日本は出願後7年以内に審査請求可能で審査請求は出願の50-60%が実績、米国は全件審査)が大きな要因である。

(2)学会発表からみた比較

光伝送システムの代表的な学会である OFC(Optical Fiber Communication Conference) と ECOC (European Conference on Optoelectronics and Communication) での発表論文を用いて日米欧の研究の状況を調査した。

地域別企業の発表ランキングを第 6 表に示す。日本の場合、日本電信電話の発表件数が突出しており、日本全体の発表件数の 31% となっている。米国はベル研究所を有するルーセントテクノロジーズが米国企業の 33% (全体の 19%) と跳び抜けて発表件数が多い。欧州の場合は、アルカテルがフランスの本拠地で 60 件、ドイツの 2 箇所で 20 件の発表があり、合計 80 件であり、企業の 31% (全体の 19%) を占める。

ルーセントテクノロジーズは米国の他にデンマークとオランダから、アルカテルはフランスの他に米国、ドイツから発表があった。ノテルネットワークスは北米の他にイギリスからの発表があった。このように、欧米の企業は、生産拠点や販売拠点ばかりでなく研究の拠点も多国籍化されてきており、欧米でのボーダレス化が進展している。

発表論文件数を研究機関(大学や国立の研究所)と企業に分類した場合、研究機関の発表件数の比率(地域の研究機関の発表件数/地域の発表件数)は地域により大きく異なる(第 7 表)。研究機関の発表件数比率は欧州が 53%、米国が 41% に対し日本は 19% であった。これは、日本の研究機関の発表が少ないこと、日本の論文発表は企業中心であることを意味する。この傾向は国内学会である電気情報通信学会の年会でも同様であった(研究機関の発表比率は 20%)。

第 6 表 OFC、ECOC での地域別の企業発表ランキング

順位	日本企業	発表件	順位	北米企業	発表件	順位	国名	企業名	発表件
1	日本電信電話	123	1	ルーセントテクノロジーズ	83	1	フランス	アルカテル	60
2	日本電気	54	2	AT&T	34	2	フランス	フランスコム	19
3	富士通	25	3	コーニング	22	3	イギリス	ノテルネットワークス	17
4	KDDI	19	4	タイインターナショナル	15	4	ドイツ	アルカテル研究センター	14
4	住友電気工業	19	5	Telcordia (旧ベルコア)	13	4	ドイツ	シーメンス	14
6	古河電気工業	18	6	D-StAR Tech.	11	6	イギリス	ブリティッシュコム	11
7	日立製作所	15	7	ノテルネットワークス	9	6	フランス	OPTO+	11
8	沖電気工業	11	8	アルカテル (USA)	7	8	スウェーデン	エリクソン	9
8	三菱電機	11	9	スプリント	4	9	ドイツ	ドイツコム	6
10	関西電力	8	10	アジレント	3	9	ドイツ	アルカテルSEL	6
			10	JDSエニフェーズ	3				
			10	MCIワールドコム	3				
	その他	25		その他	47			その他	92
	企業総数	328		企業総数	254			企業総数	259
	発表総数	403		発表総数	432			発表総数	552
	企業比率 (328/403)	81%		企業比率 (254/432)	59%			企業比率 (256/552)	47%

第7表 OFC、ECOCでの地域別の研究機関発表ランキング

日本			米国			欧州			
順位	研究機関	発表件数	順位	研究機関	発表件数	順位	国名	研究機関	発表件数
1	通信総研	13	1	University of Sourthan California	24	1	Denmark	Technical University of Demark	27
2	大阪大	10	2	MIT	16	2	Germany	Heinrich-Hertz-Institut fur Nachrichtentechnik Berlin GmbH	23
3	東大	9	3	University of Marlyland	15	3	UK	University of Bristol	15
4	フェムト秒テクノロジー	7	4	Naval research Lab	14	4	UK	University of Southampton	9
5	上智大	4	5	University of California	13	5	UK	Aston University	8
5	高知工大	4	6	Stanford university.	7	6	UK	University of Essex	7
7	東工大	3	7	University of Rochester	6	6	Italy	Fondazione Ugo Bordini	7
7	慶應大	3	8	Northwestern university.	5	8	UK	University College London	6
			9	Laboratory for physical science	4	8	Sweden	Chalmers University of Technology	6
			9	Lehigh University.	4	10	Germany	University of Ulm	5
			9	NASA	4				
	その他	22		その他	66			その他	170
	研究機関総数	75		研究機関総数	178			研究機関総数	293
	発表総数	403		発表総数	432			発表総数	552
	研究機関比率 (75/403)	19%		研究機関比率 (178/432)	41%			研究機関比率 (293/552)	53%

(3)国家プロジェクトからみた比較

日本には「ギガビットの共同施設」、「トータル光通信技術の研究」、「フェムト秒の研究」など国家プロジェクトが実施されており、2000年より「フォトリックネットワークの研究」も国家プロジェクトとして開始されている。しかしながら、光伝送システム関連の国家プロジェクトは数においても運用資金においても欧米に比べて著しく少ない。

米国には、NSF(National Science Foundation)とDARPA(Defense Advanced Research Project Agency)のプログラムがあり、光伝送システム関係のプロジェクトは多い。DARPAは米軍の機関であるが、直接軍に関係しない先端技術の研究開発もサポートしている。DARPAは光伝送システムではBroadband Information Technologyのプログラムを走らせており、WDMネットワークの実用化に貢献したMONETプロジェクトもそのプログラムで実施された。光伝送システム関連のプロジェクトとして、省庁間にまたがる形でLSN(Large Scale Networking)やNGI(Next Generation Internet Initiative)が運営されている。NGIはゴア前副大統領の情報ハイウェイ構想実現のために企画された国家プロジェクトである。1997-99年の3年間100百万ドル/年の予算で実行され、2000年からはLSNに組み込まれている。LSN、NGIの2001年の予算はそれぞれ368.8百万ドル、74百万ドルである。それらのプロジェクトは、学共同

や産官学の開発スキームが多い。

欧州では 1980 年代から光伝送システムに関連する研究開発が EU 全体のプログラムとして実施されている。RACE、ACTS のプログラムが順次実行され、現在では IST (Information Society Technologies) のプログラムが 36 億ユーロ (1998-2002 年) で運用されている。欧州の研究プロジェクトは多国籍で産官学となっている場合が多い。

欧米では IT (情報技術) が将来の社会を創造する極めて重要な技術であるとの認識から、その基盤インフラとなる光伝送システムの研究開発には国家プロジェクトの形態が取られている。産官学が同一プロジェクトに参加するスキームも多い。特に、欧州のプロジェクトにおいてその傾向が強い。光伝送システムの研究には実験での検証に高価なデバイス、装置、測定器のほかにテストベッドが必要で、高額の研究費を必要とする。また、研究の領域もネットワークアーキテクチャー、システム、要素技術、デバイスと幅広い。そのため、企業や大学単独での研究は困難で、欧米では産官学の国家プロジェクトを有効に活用している。日本でも、IT 革命の必要性が叫ばれてきており、その基盤インフラである光伝送システム構築のための研究をどのような体制で実施するかは今後の課題である。

4. 研究開発テーマについての日米欧比較

(1) 専門家に対するアンケート概要

光伝送システムの専門家に対して日米欧の技術水準比較や日米欧のそれぞれの強みに関するアンケートを実施した。

第8表 専門家へのアンケートによる日米欧技術水準比較

技術水準比較			
地域	日本	米国	欧州
技術水準序列	2位	1位	3位

アンケート回答結果による地域の技術水準は、1位：米国、2位：日本、3位：欧州であった（第8表）。回答者全員が米国の技術水準を第1位とした。その要因として、市場が大きいこと、新技術を開発する多くのベンチャー企業の存在、国家プロジェクトなどの政策支援、活発な標準化活動などが挙げられた。

第9表 専門家へのアンケートによる日米欧の強み

分類	日本	米国	欧州
基幹・海底伝送	光デバイス・モジュール WDM ・PLC(導波路) ・高速システム ・光ファイバ	WDM ・システム化力	超高速システム(ソリトン伝送など) ・高速回路・デバイス
アクセス系 光LAN	・高速システム	・光LAN	
フォトリックネットワーク	無し	フォトリックネットワーク MEMS 光スイッチ	光信号処理 ・フォトリックネットワーク化技術 ・SOA(半導体増幅器)
その他		・標準化	・基礎技術

；25%以上の回答者が強みとして指摘

第9表に専門化へのアンケートによる日米欧の強みを示す。日本の強い技術テーマとしては、光デバイス・モジュールが圧倒的に多く（WDM用が圧倒的に多いので基幹・海底伝送に分類した）、次いでWDMシステム、石英導波路技術（PLC）、高速システムなどであった。米国の強みはフォトリックネットワーク、WDMシステム、MEMS光スイッチなどであり、欧州は超高速システム、光信号処理、高速回路・デバイスなどである。フォトリックネットワーク関連技術を日本の強みとする回答は皆無であった。

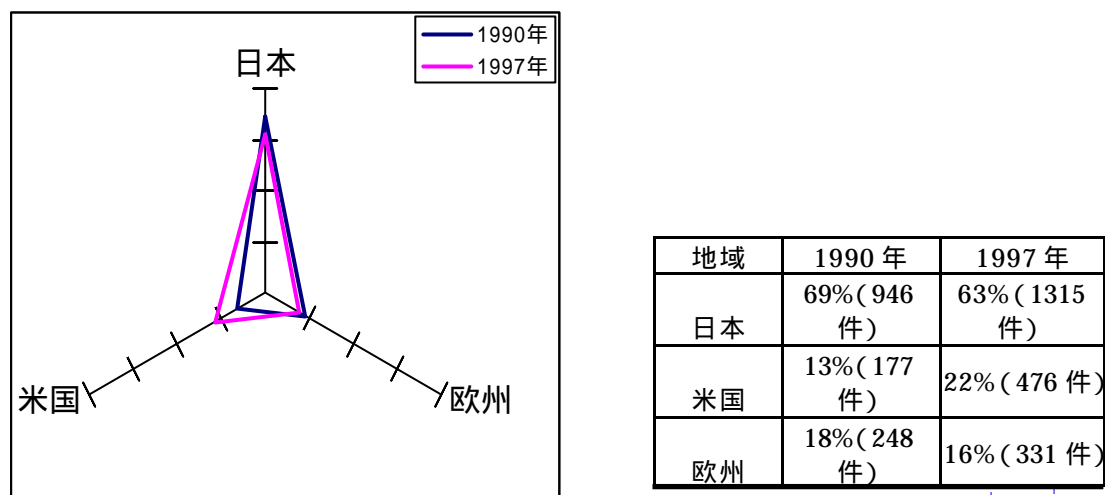
(2) 研究開発テーマ別日米欧比較

(a) 光伝送システムにおける日米欧特許出願の変化

光伝送システム全体における1990年と1997年の日米欧の特許出願件数（自国への出願）の変化を第10図に示す。グラフは1990年と1997年の日米欧の特許出願の比率を示している。日本出願人および欧州出願人の1997年の特許出願は1990年の出願に比べ30-40%増加している。一方、米国出願人の1997年の出願は1990年に比べ2.7

倍であり、欧州を追い越している。米国出願人の特許出願が日欧の出願人に比べて著しく増加している。この現象は光伝送システムの米国市場の急成長と大きな相関がある。

第 10 図 光伝送システムにおける日米欧特許出願件数の変化



(b) テーマ別日米欧特許出願の傾向

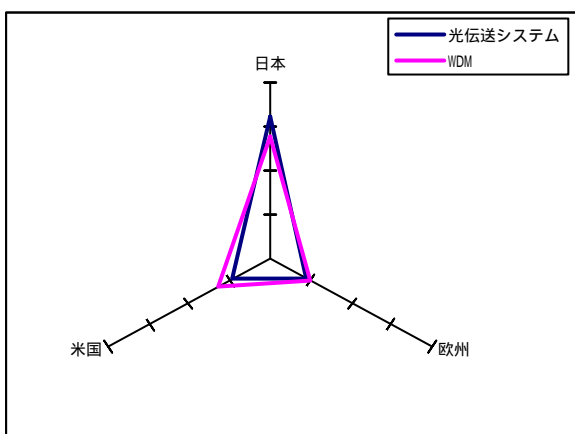
第 11 表に光伝送システム全体の日米欧出願人の出願数を示す。このデータを光伝送システムの基準データとして、個別研究テーマの出願傾向を調査した。

第 11 表 光伝送システム全体の地域への日米欧出願人の特許出願数

			出願国 : 日本	出願国 : 米国	出願国 : 欧州
研究開発テーマ		出願人国籍	1990-98年の特許出願件数	1990-98年の特許出願件数	1990-98年の特許出願件数
研究開発テーマ	光伝送システム	日本	9472	1479	1350
		米国	1220	2785	1543
		欧州	1010	1051	2628

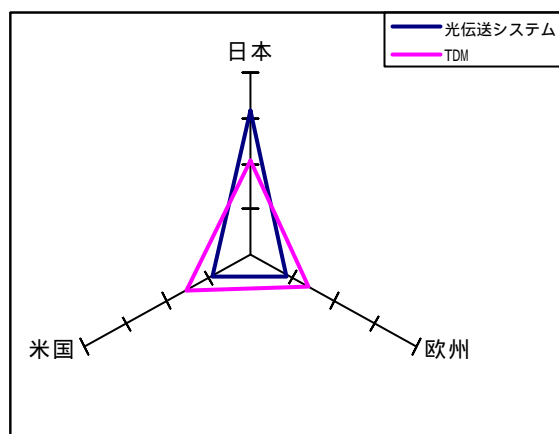
基準データは日米欧の出願人が 1990-98 年に自国に出願した特許件数（ハッチで示す）を用いた。例えば、日本のデータは日本出願人が 1990-98 年に日本に出願した件数である。日本出願人、米国出願人、欧州出願人の基準データは、9472 件、2785 件、2628 件である。研究テーマは基幹・海底伝送（WDM、TDM、光ファイバ増幅、ソリトン伝送）、アクセス系（FTTH）、光 LAN、フォトニックネットワーク（光クロスコネクと光 ADM）とした。

第 12 図 WDM の日米欧特許出願比率



地域	全体	WDM
日本	64%	55% (1377 件)
米国	19%	25% (637 件)
欧州	18%	19% (487 件)

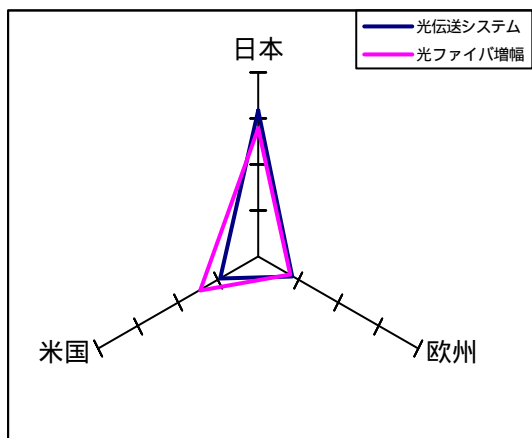
第 13 図 TDM の日米欧特許出願比率



地域	全体	TDM
日本	64%	42% (275 件)
米国	19%	31% (204 件)
欧州	18%	27% (178 件)

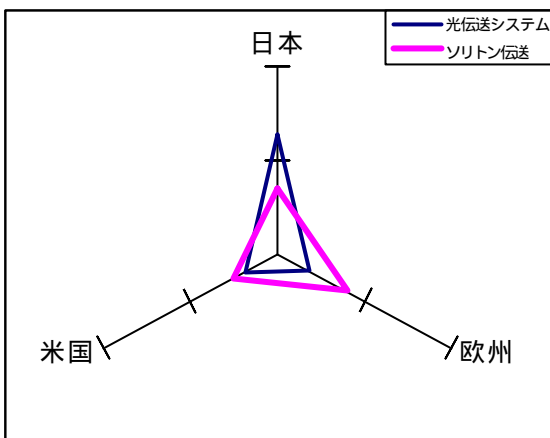
WDM では米国の出願比率が高い。TDM では、米国、欧州の出願比率が大幅に高い。日本の出願比率が低い。

第 14 図 光ファイバ増幅の日米欧特許出願比率



地域	全体	光ファイバ増幅
日本	64%	55% (704 件)
米国	19%	29%(358 件)
欧州	18%	15% (195 件)

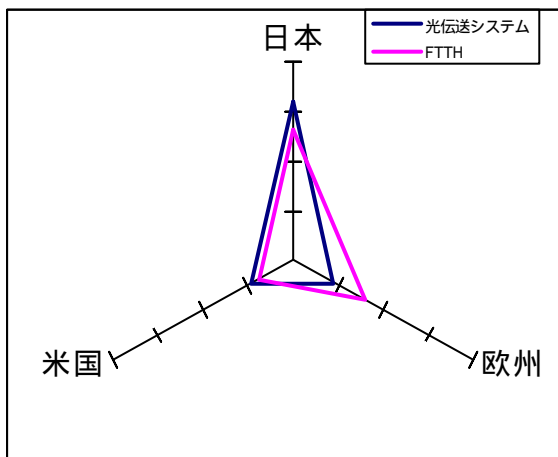
第 15 図 ソリトン伝送の日米欧特許出願比率



地域	全体	ソリトン伝送
日本	64%	35%(39 件)
米国	19%	25%(28 件)
欧州	18%	39%(44 件)

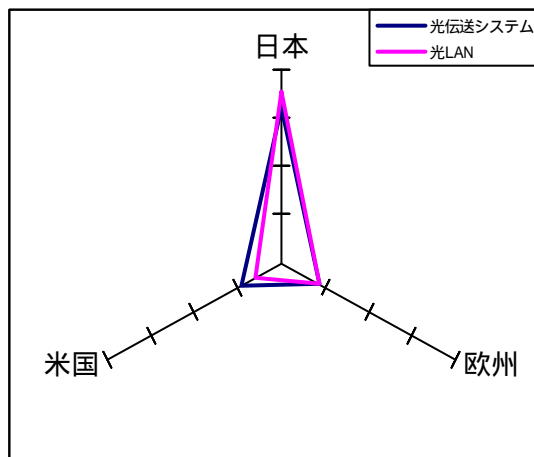
光ファイバ増幅は米国の比率が高い。ソリトン伝送は欧州の比率が大幅に高く日本の出願比率が大幅に低い。

第 16 図 FTTH の日米欧特許出願比率



地域	全体	FTTH
日本	64%	53%(101 件)
米国	19%	16%(30 件)
欧州	18%	31%(60 件)

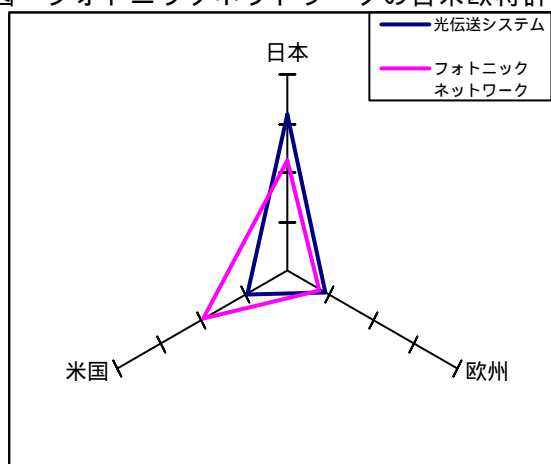
第 17 図 光 LAN の日米欧特許出願比率



地域	全体	光 LAN
日本	64%	70%(766 件)
米国	19%	12%(132 件)
欧州	18%	18%(196 件)

FTTH は欧州の出願比率が高い。光 LAN は日本の出願比率が高く米国の出願比率が低い。

第 18 図 フォトニックネットワークの日米欧特許出願比率



地域	全体	フォトニックネットワーク
日本	64%	45%(85 件)
米国	19%	39%(55 件)
欧州	18%	16%(30 件)

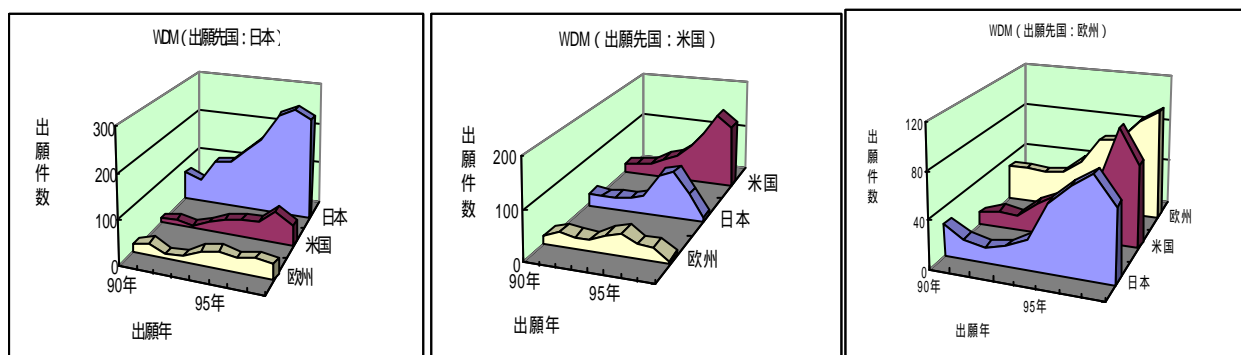
フォトニックネットワークは米国の出願比率が高く、日本の出願比率が低い。

光伝送システム全体の特許出願を基準として、各研究テーマの日米欧出願比率が最も高くなっている地域が明らかとなった。基幹・海底伝送では、WDM は米国、TDM は米国と欧州、光ファイバ増幅では米国、ソリトン伝送では欧州であった。アクセス系の FTTH では、欧州であり、光 LAN では日本であった。また、フォトニックネットワーク（光 ADM と光クロスコネク）では米国であった。

(c) テーマ別特許出願年次推移

光伝送システムで重要な 3 つの研究テーマ WDM、TDM、光ファイバ増幅の特許出願年次推移を第 19 図-21 図に示す。

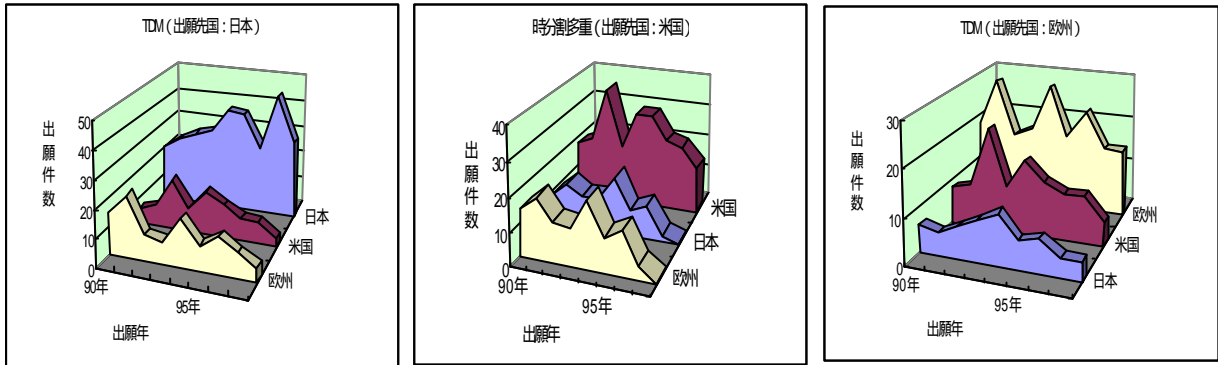
第 19 図 日米欧の WDM 特許出願件数の推移



WDM の出願は日米欧総ての地域で 1995 年から急速に増加している。これは WDM が実用化され、その事業が成長する時期と一致する。WDM の実用化と共にその新技術開発への関心が高まった結果である。日本への出願では、日本出願人が圧倒的に多い。

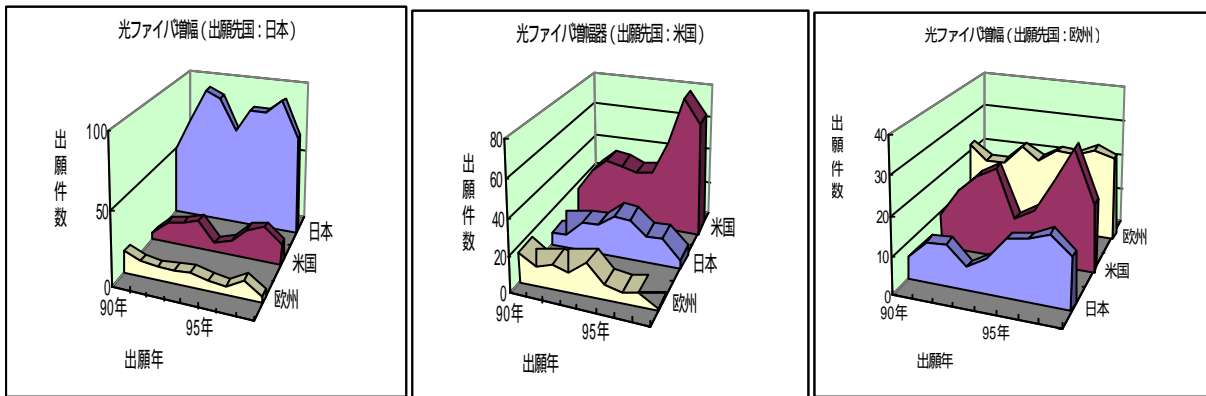
米国への出願では、米国出願人の出願件数が多いが、日本出願人の出願が 1995 年から急増している。米国の WDM 市場を意識したものと思われる。欧州への出願では 1996-98 年においては日米欧の出願数がかなり均衡している。これは、WDM の技術競争力において日米が欧州に対して優位に立っている現象と見ることができる。

第 20 図 日米欧の TDM 特許出願件数の推移



TDM の出願の特徴としては、日米欧共に 1990 年から特許出願の件数は大幅には変わらず、コンスタントに出願されている。これは高速化の技術開発が、600Mbps、2.4Gbps、1Gbps、40Gbps と着実に進展してきたことに対応する。

第 21 図 日米欧の光ファイバ増幅特許出願件数の推移



日本の国内への出願は 1991 年から高い水準を維持している。米国の自国への出願は 1996-97 年で大きく伸びている。欧州の出願人の自国への出願件数は 1990 年からあまり変化していない。日本への出願は米国の方が欧州より多い。欧州への出願は米国の方が日本より多い。

(2)日米欧技術競争力解析

日米欧の技術競争力比較を専門家に対するアンケート結果と特許出願の動向から行った。基幹伝送 (WDM、TDM、ソリトン伝送、光ファイバ増幅)、アクセス系 (FTTH)、光 LAN、フォトニックネットワークのシステム類型で結果の考察を進める。

(a)基幹・海底伝送システム

アンケート結果では、日本は WDM (デバイスを含めて)、米国は WDM、欧州はソ

リトン伝送と TDM (高速回路・デバイス) が強みとして指摘された。特許出願傾向では、光 LAN では日本の出願比率が高く、WDM、TDM、光ファイバ増幅、フォトニックネットワークのテーマで米国の出願比率が高く、ソリトン伝送、TDM、FTTH のテーマで欧州の出願比率が高い (光伝送システム全体の日米欧の出願比率を基準)。

10Gbps の伝送装置の開発は日本が早く、1996 年に日本電信電話が世界に先駆けて商用化した。WDM の伝送速度の主体が 2.5Gbps から 10Gbps へ移行しており、先行開発した 10Gbps 技術はシステムでもデバイスでも事業に生かされてきている。日本が WDM に強みを持つのはこのためである。WDM の市場は米国に偏在してきた。米国では MONET を中心とする DARPA の大型プログラムが WDM の技術を牽引した。また、WDM は新規事業であることから、多くのベンチャーが参入した。これも米国の競争力を高めた要因である。欧州の ACTS には光伝送システム関連の多くのプロジェクトがあったが 40Gbps などの高速伝送に関する研究が多く、WDM の高密度化に関するものは少ない。欧州は学会発表で、40Gbps やソリトン伝送などの高速システム、デバイスの発表が多いことと関連がある。アンケート結果でも、特許出願動向でも、欧州は高速システム、超高速システム (ソリトン伝送) が強いと言う結果と一致する。光ファイバ増幅は基幹・海底システムでの重要な要素技術である。光ファイバ増幅に関する重要特許はスタンフォード大 (米国)、サウザンプトン大 (英国)、プリティッシュテレコム (英国)、ピレリ (イタリア) から出されている。サウザンプトン大の特許はエルビニウムをドープしたファイバ (EDF) の特許であり光増幅の基本特許である (特許 2659013 名称: 光誘導放出装置)。このように、光ファイバ増幅に関する研究開発は欧州、米国が 1980 年代後半に先行し、基本技術を確認している。技術競争力としては米国・欧州が日本をリードしていると言える。

(b) アクセス系システム

FTTH はアンケート結果では日本の強みと指摘され、特許出願動向では欧州の出願比率が高い。しかし、欧州の出願は 1990-95 年が多くその後は減少している。一方日本の出願は 1995 年から急速に伸びている。日本は「加入者系光ファイバ網整備計画」が 1995 年に総務省 (旧郵政省) で策定され、FTTH をターゲットとした研究開発や商用試験サービスが日本電信電話を中心として進められてきた。これらの活動が日本の強みとなっている。FTTH に関する競争力は日本が欧米より高いと評価できる。

(c) 光 LAN

アンケート結果では光 LAN は米国の強みと指摘された。特許出願傾向では、日本出願人の出願比率が高く、米国出願人の出願比率は低い。

光 LAN はデータ通信 (IP: インターネットプロトコル) で発展した。米国での発展が早く、標準化は ANSI や IEEE802.3 など米国のデファクトが中心となっている。現在、イーサネットは LAN 市場の 95% 以上を占め、毎年 1 億ポート以上のイーサネット機器が出荷されている。IP 市場や標準化のアクティビティは米国が抜きん出ている。光 LAN は大容量化と長距離化 (Wide Area Network への進出) が進められている。市場に参入するには、標準となることが必須であり、さまざまな提案活動が繰り広げられている。日本の標準化活動への関心は高いが標準の提案は少ない。

市場、標準化への取り組みを考慮すれば、米国が日本・欧州より競争力が高いと言える。

(d) フォトニックネットワーク

専門家へのアンケート結果では、フォトニックネットワークは米国の最大の強みであるとの回答が多かった。特許出願でも米国が優位である。フォトニックネットワークはこれから実用が期待され、新規事業の可能性の高い研究テーマである。米国では MONET、NTONC などの DARPA の大型プロジェクトがフォトニックネットワークの研究開発を牽引してきた。WDM の次の世代を先取りして、フォトニックネットワークの最もキーとなる大規模光スイッチやデジタルクロスコネクトシステムのベンチャーが出現した。この市場ニーズの差が競争力の差となっている。フォトニックネットワークは米国が日欧をリードしていると言える。

5. 特許と標準化

光伝送システムにとって標準化は重要である。ITU-T SG15 の G.691、G.692 で発生したブリティッシュテレコムとピレリーの特許問題は標準化活動や企業戦略において注目する必要がある。ブリティッシュテレコムは 1995 年同社の持つ誘導ブリリユアン散乱に関する特許を ITU-T のパテントポリシー（無償公開、非差別的かつ妥当な条件での公開以外の特許の使用を要する勧告は承認できない）に従わないとした。ピレリーも 1998 年 2 月、同社の保有する光監視などの特許についてパテントポリシーに従わないとした。この問題はその後、特許に抵触する恐れのある数値規定を外すなどの修正で両社ともパテントポリシーに従うことになり 2000 年に解決した。しかし、G.691 では 3 年間勧告の承認は棚あげされ、標準化における特許の扱いについて課題を残すことになった。

光伝送システムにおける特許の重要性について、訴訟事件を例にとって説明する。光ファイバ増幅技術は光伝送システムにおいて重要な技術である。米国において、リットンは光増幅に関する特許（US4859016）を侵害したとノートルネットワークス、ルーセントテクノロジーズ、コーニングなど 15 社を訴えた（ブルームバーグニュース：2000 年 10 月 5 日）。この特許はスタンフォード大学の研究者 2 名が 1987 年に発明し、1989 年に特許を取得してリットンに独占的なライセンスを付与しているものである。この訴訟がどのように展開するかは分からないが、光増幅の基本特許の一つと目されるものであり、しかも、大学の発明と言うこともあり、注目する必要がある。

6. 研究の方向性と課題

(1) 注目研究テーマ

注目研究テーマについて専門家に対して実施したアンケート結果を下表に示す。最も注目されているのはフォトニックネットワークで、MEMS 光スイッチ、光クロスコネクト、光 ADM、波長ルーティング、光パケットスイッチがその研究テーマとして挙げられた。基幹・海底伝送では大容量伝送のための高速（40Gbps）且つ WDM の高密度化（DWDM）が注目研究テーマである。アクセス系では FTTH が注目研究テーマである。

第 22 表 注目研究テーマのアンケート結果

回答 (%)	注目 テーマ	システム 類型	注目理由
45	MEMS光ス イッチ	フォトニッ クネット ワーク	1000x1000のSWの市場要求に対して現状レベルとの格差が大きい。MEMSは最も期待できる。光SWIはフォトニックネットワークのキーデバイス。
32	DWDM	基幹・海底 伝送	インターネットのグローバル化により、通信容量は益々増大、対応はWDMのDence化しかない。
32	40Gbps伝送	基幹・海底 伝送	ポスト10Gbpsで研究開発が盛ん、デバイス・方式のトータルソリューションが必要。
27	光クロスコ ネクト	フォトニッ クネット ワーク	省エネルギー（電気・スペース）の観点から波長毎にパスが切り替えられる光クロスコネクトが求められている
23	波長ルー ティング	フォトニッ クネット ワーク	データトラフィックを優れたコスト効率で運ぶフォトニックネットワークが求められており、波長ルーティングはキーのシステム技術。
18	光ADM	フォトニッ クネット ワーク	フォトニックネットワーク、特にメトロポリタンで用途が拡大する。
18	FTTH	アクセス系	ADSLでは容量が足りなくなる。FTTHの本格導入できるよう、システムの研究が必要。
14	光パケット スイッチ	フォトニッ クネット ワーク	パケット処理が電気では不十分な時代が到来する光でのパケット処理の研究が必要。
14	光ファイバ	基幹・海底 伝送	高速化が進む中で分散補償・制御の重要性が増しており、高性能光ファイバの研究が必要。

(2)研究開発の方向性

日本では来るべき少子化・高齢者社会において、年齢・住居地・身体的障害などによるハンデがなく、すべての国民が豊かで快適な生活を享受できる社会環境の創造が重要な課題である。それを実現するためには、ネットワークを用いた高度な通信技術とユーザフレンドリーな IT サービスが必須である。そのための光伝送システムの目標は、だれでも IT サービスを自由に且つ快適に利用できるネットワーク環境を構築することである。

研究テーマとしては、注目研究テーマとして取上げた超大容量の伝送技術と超大容量トラフィックの処理技術としてのフォトニックネットワークである。また、IP(Internet Protocol) ネットワークとの協調による IP トラフィックエンジニアリングや各種の IT サービスを実証するフィールドトライアルも重要である。

特許出願、学会発表、国家プロジェクトなどについて日米欧を比較すると共に日米欧の技術競争力について専門家に対するアンケート結果と特許出願動向等で把握した。それらの結果を基に、光伝送システムに関する研究において、日本が注力すべき点について下記にまとめる。

- 1．基礎研究の充実
- 2．フォトニックネットワークの基礎から応用までの幅広い研究
- 3．各種のアプリケーションを目標としたフィールドトライアル

4．研究機関の研究の活性化

5．産官学の協調による研究スキーム

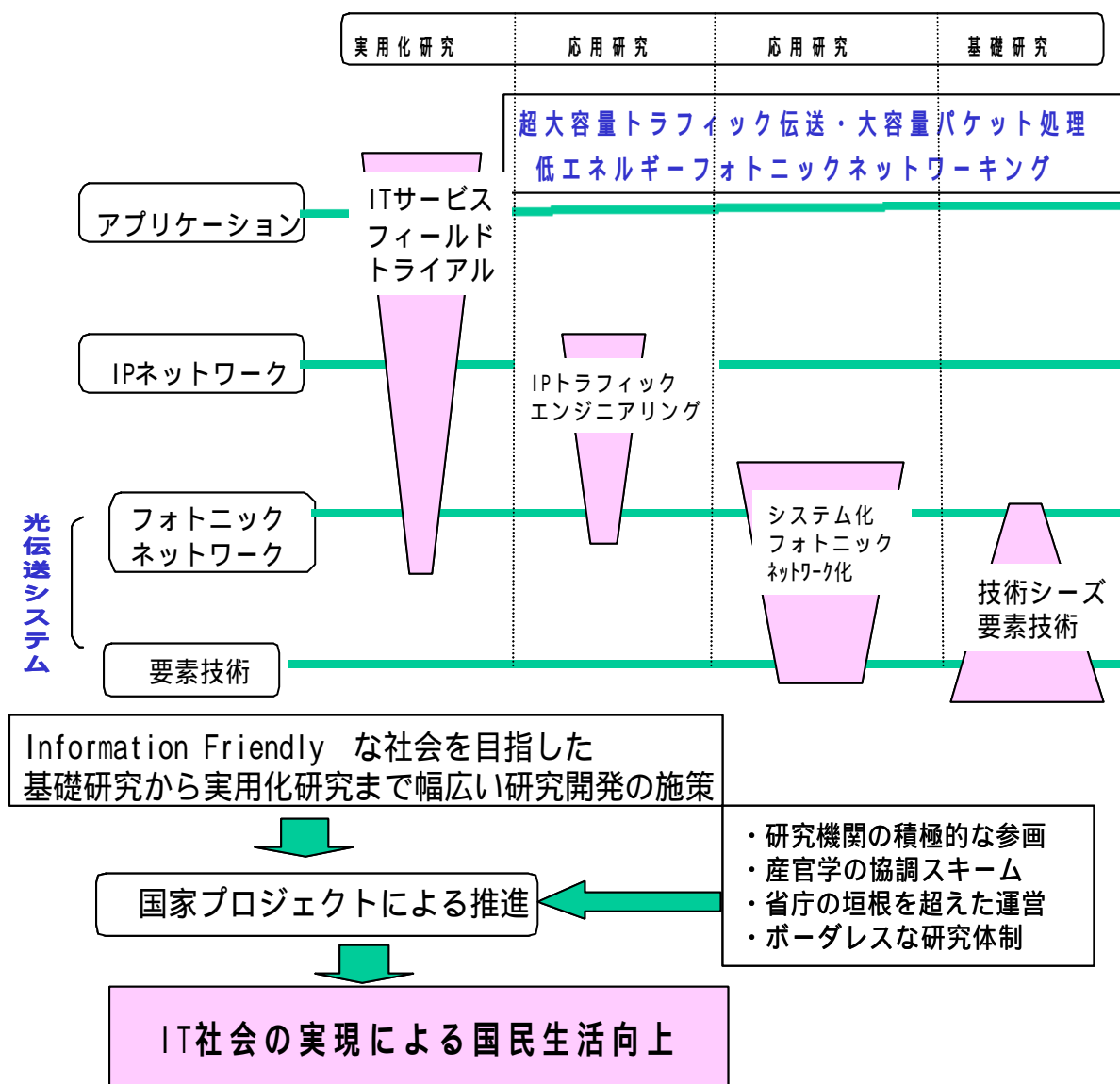
(3)課題

大容量伝送による消費電力の増加が大きな環境問題となってくることが予想され、低エネルギーのフォトニックネットワークが要請される。環境にやさしいフォトニックネットワークの構築が大きな研究課題となる。しかしながら、フォトニックネットワーク化（スイッチング、フィルタリングなどの転送機能の光化）自体が光・電子変換を伴わないため低電力化に繋がる。そのため、フォトニックネットワーク化の推進は大容量処理への適用のみではなく、低エネルギー対策の一つの柱ともなる。また、超大容量伝送や超大容量パケット処理においても低エネルギー化はデバイス開発を含めた重要な研究テーマとなる。

第 23 図に光伝送システムの関連する研究スキームを示す。光伝送システムの研究開発としては、技術シーズをつくる基礎研究から IT サービスを実証するフィールドトライアルの実用化研究まで幅広いため、国家プロジェクトによる研究開発体制により、産学官の連携を活性化し、ダイナミックな研究開発を推進することが重要である。

欧米では研究開発のボーダレス化が進んでいる。日本企業が欧米のプロジェクトに参加している例もある。日本の光伝送システムの研究プロジェクトにおいて、研究効率を高めるため、外国の企業や研究機関に広く門戸を開放することも視野に入れる必要がある。

第 23 図 光伝送システムに関連する研究開発スキーム



【お問い合わせ先】
 特許庁技術調査課技術動向班
 〒100-8915
 東京都千代田区霞が関 3 - 4 - 3
 Tel : 03-3581-1101 内線 2155
 Fax : 03-3580-5741
 E-mail : PA0930@jpo.go.jp