

OFC/NFOEC2007 速報[デバイス関連]

並木 周 (産業技術総合研究所)

会議名 : The 2007 Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference

開催期間 : 2007年3月25日-30日

開催場所 : Anaheim Convention Center (Anaheim, CA, 米国)

*****要 約*****

今年の OFC はポスト WDM 技術の潮流が決定的になった節目といえよう。その潮流とはコヒーレント変復調とデジタル信号処理を組み合わせる技術である。また 100GbE 標準化の動きや光インターコネクトへの期待も、研究開発動向に大きな影響を与えている。この流れを下支えするように、デバイス関連では光・電子集積化技術を用いたデバイスの提案・研究開発が目立った。新しいデバイス技術として目を見張るような提案こそなかったものの、それぞれの技術領域がそれなりに整理され、明確かつ安定な方向性が共有され、今後光・電子集積デバイスの活動がさらに活性化する環境が整ったと言える。

一方でその潮流からやや外れる技術ともいえる光信号処理は、地道ではあるが世界中の大学を中心とした活動へと底辺の広がりを見せている。同技術はこれまで高非線形ファイバと半導体ベースの2大分野に分類できたのだが、半導体ベースよりも高非線形ファイバを用いた報告件数の方が増加傾向にある。昨年注目を集めた波長選択スイッチ (WSS) は、既に多くのベンダーによって製品量産フェーズへと移行した。回折格子や AWG をベースにした新しい光波制御デバイスが報告され、今後の展開が期待される。

1. はじめに

今年の OFC/NFOEC は、参加者数約 13,000 人、投稿件数は 975 件、採択率約 60%、これに約 85 件の招待講演と 15 件のチュートリアルが加わり、論文数は 670 件を超え、144 のセッションが組まれた。これは昨年と同等の規模である。OFC に投稿されるポストデッドラインペーパーの件数は、昨年、2003 年以來の最高数 (115 件内 48 件採択) を記録し、今年も昨年と同じ 115 件が投稿され内 47 件が採択された。ポストデッドラインペーパーは、最新のホットなデータを持ち寄りその時点での技術の世界一を競うような熾烈なセッションであって、最新の動向を読み取れる大変重要なものである。今年特に顕著だったものに、バブル期を髣髴とさせる大容量長距離伝送競争の再燃が挙げられる。この背景は産業界が遂に WDM バブル期に達成された大容量 WDM 技術以上の技術を必要だと認識し始めたことがある。すなわち、業界全体にわたってバブル崩壊の清算が完了し、キャリアにとっては規制関連の見直しが進み設備投資環境が改善し、この十年來増加の一途を辿るデータトラフィック量に対応し IPTV など付加価値の高いサービスをしたい、光を活用したネットワークを効率化したい、ベンダーにおいては将来市場の鍵を握る 100GbE 関連の標準化の主導権を握りたい、などの要因が研究の現場にも反映されその次の更なる大容量化を模索する活発な研究活動に繋がっている。詳しくはシステム関連の報告に譲るが、今年の OFC をひと言で表現するならば、WDM 技術より更なる大容量を実現する「その次」の技術としてコヒーレント変復調技術とデジタル信号処理による

光通信技術が大きな技術の流れとして決定付けられた年と言える。さらに 100GbE の標準化活動や光インターコネクトへの期待も研究活動に大きな影響を与えている。

ではデバイス関連ではこのような全体の流れがどう現れたか？ 実にここでもこの流れを下支えする潮流が見て取れた。キーワードとしては、コヒーレント送受信技術、100GbE 向けや光インターコネクト向けトランシーバ用光電子集積化技術などである。ところでコヒーレント変復調への流れは光通信技術全体の方向性を考える上で非常に重要な分岐点を曲がったことを意味する。すなわちデジタル信号処理を駆使して光信号のコヒーレント変復調を行うことは、ほとんど全ての光信号処理が、分散補償でさえ、必要なくなる可能性を示唆している。その結果もう一つのポスト WDM 技術として注目を集めていた超高速光伝送及びその光信号処理に関する研究活動は、このような流れの中で位置づけの見直しが問われることになったと言える。ただし光信号処理に関する研究は、既に企業の研究所が製品化を急ぐのではなく、多くの大学が長期的な問題意識を持ってその先を見据えつつ基礎的な検討を地道に進めている状況にある。特に究極の光ネットワークを構築する際、果たして光信号処理技術をなくして本当に良いのか？ は議論の余地は大いに残るところだ。超高速光信号処理を実現する材料としては、半導体系より広帯域で動作する高非線形ファイバを用いるものが主流を占めつつある印象を受けた。

光ネットワークの要素技術である光スイッチ技術では、ROADM 市場の立ち上がりの影響もあって、波長選択スイッチ (WSS) のベンダーの存在が目立った。特に WSS に関するワークショップが開かれ、数社のベンダーが製品仕様や歩留まりなどをアピールし技術の完成を印象付けていた。このような WSS 技術の進展は更なる機能性光デバイスの可能性を予見させ、以下に記すように興味深い発表も見られた。

以下に、個別のトピックス毎に雑感をまとめる。

2. 光電子集積化技術

近年、大容量 WDM 伝送装置をコンパクトな光トランシーバ (例えば、XFP モジュールなど) に収納しようという流れがある。そのキーテクノロジーとして、電子デバイスと光デバイスを同一のチップに集積化する光電子集積化技術が注目されている。その一つにシリコンフォトニクスがあり、もう一つに InP 基板上にアレー化した高速 WDM 光送受デバイスをモノリシック集積するアプローチがある。この2つのアプローチは、それぞれアメリカのスタートアップである Luxtera と Infinera の活動に集約される。

本 OFC では、シリコンフォトニクスに関連するセッションは3つ設けられていた (OTuD, OTuM, OWG)。シリコンフォトニクスは要素技術としてはあまり目新しいものではないが、昨今の集積化の流れにおいて改めて脚光を浴びていると言ってよい。ただし今年と同技術への理解も深まり定着したせいも、昨年ほど多くの聴衆をひきつけることはなかった。シリコンフォトニクスの魅力は、製造技術が枯れていて低損失で、従来のシリカベースの光導波路 (PLC) に比べ飛躍的にサイズを小さくできる上、電子デバイスとの親和性が高いことがあげられる。ただし導波路サイズを小さくしすぎるとファイバとの結合損が大きくなる問題がある。本会議ではグレーティングとモード変換技術などを用いて結合を改善する報告が散見された。

この分野で活動が目立ったのは、やはり Luxtera で、彼らは光インターコネクトをターゲットにした CMOS と光導波路のモノリシック集積デバイス技術を売りにしている。実際、XFI 回路、フリップチップボンダされた化合物半導体 LD 光源、シリコン導波路によるマッハツエンダー干渉計ないしリング共振器を用いた変調器、そのドライバ回路、波長選択フィルタ、受光素子、TIA、CDR などトランシーバに必要な機能を単一チップに集積したトランシーバの写真と 10Gbps 伝送特性を見せていた (OTuD1)。近日中に

100Gbps(=10×10bps)のトランシーバチップを実現すると公言していた。問題視されるファイバとの結合も、グレーティングによるホログラフィックレンズで従来 1.5dB 程度のファイバとの結合損を 1.0dB 以下まで改善できると報告していた。さらに同社は、ポストデッドラインペーパー (PDP31) において、シリコン上に Ge 導波路を形成することでモノリシックかつ CMOS プロセスとコンパチに 4 チャンネルの 10Gbps 受光素子を実現できることを示した。Luxtera は、自社技術の歩留まりと量産性を強調しており、CMOS のプロセスと光導波路形成のプロセスが同時並行にできるよう、特に光導波路や受光デバイスの構造を工夫しているとのことである。

スタンフォード大学の D. A. B. Miller 教授が、シリコンフォトニクスに関するチュートリアルを行った (OTuD4)。このチュートリアルは、同分野の状況が良く整理されており、全体像を把握するのに役立つものであった。その中で Miller 教授は、シリコンフォトニクスに欠けているのは、光源はもとより変調器であることを強調していた。Luxtera の提案する変調器は確かに 10Gbps で動作しており素晴らしい技術であるものの、消費電力を考えると実用レベルとして満足のいくものではないことを指摘していた。また受光素子における Ge の役割について言及し、さらに MQW 構造を導入する効果について議論していた。そのほか、ベルギーの Ghent 大学がシリコンフォトニクスでは精力的な活動をしている印象を受けた。

光 Interconnect 関連では、IBM が CMOS シングルチップ上に 16 対の 10Gbps VCSEL・PD を集積化した 160Gbit/s Full-Duplex トランシーバに関する招待講演を行った (OThG4)。目新しい動向としては、ポストデッドラインセッションで、ベルギーの Ghent 大学、フランスの Ecole Centrale de Lyon、CEA-DRT が、SOI 導波路の上に、InP ベースのマイクロディスクレーザを集積化し電流注入励起で室温発振 (閾値 0.6mA、SOI 導波路出力 7μW) を達成した。

Infinera は、かねて InP をプラットフォームとして WDM トランシーバを 1 チップにモノリシック集積する技術を用いてパケットベースの全 O/E-E/O 変換型光ネットワークを構築することを提唱しセンセーションを巻き起こした。同社は招待講演 (OWP1) において、40 チャンネルで 40Gbps までの WDM 信号を送受信できる光デバイスを InP 上にモノリシック集積する技術を紹介し、同技術は既に実システムとして使われ製造における歩留まりや信頼性についても問題ないことを強調していた。さらに将来の大容量化に対して、同社の WDM トランシーバは EDFA の帯域外でも実現可能であるため、EDFA を用いずに全て O/E-E/O 中継にすれば光ファイバの低損失帯域を余すことなくスケラブルに利用できる利点があると主張していた。

3. 送受信デバイス関連

ここでは関連するポストデッドラインペーパーを紹介する。まず UCSB による広帯域なフェーズ・ロックト・ループを可能とする、集積型コヒーレント受信器が報告された (PDP3)。これは局所光と信号光の 2 つの入力ポートを有し、フェーズ・ロックト・ループ用位相変調器、ミキサ、バランス検出器が集積されており、1.45GHz の帯域を高ダイナミックレンジで実現している。PDP29 は、バージニア大学と HHI による 100GHz 以上の帯域で動作する高出力受光素子モジュールに関する報告である。超高速で高出力動作する受光素子として NTT の UTC-PD が有名であるが、本報告では集積回路上に MMI パワースプリッタを設け、InGaAs/InGaAsP ヘテロ接合型 PD を並列化するアプローチを取っている。このアプローチは並列化することで速度と RF 飽和出力のトレードオフを解消しようというものであるが、複数の PD からの RF 信号が出力端で位相をぴたりと合わせる必要があるため、今回の様な集積化が重要となっている。PDP30 はアルカテル・ルーセント、u2t、HHI による、107Gbit/s 受光モジュールの報告である。このモジュールには

InP 受光素子に、SiGe の EDTM デマルチプレクサがハイブリッド実装されている。この際重要なのは、受光素子とデマルチプレクサの RF 信号のモードを整合することであり、本報告では専用のモードコンバータを用いて問題を解決している。100Gbps にもなると斯く様な苦労が伴うのだ。

ポストデッドラインペーパーではないが光源として興味深かったのは、NEC による招待講演 (OWJ1) で紹介された SiON ベースの光導波路によるリング共振器を組み合わせた集積型広帯域単一波長可変波長光源である。100GHz 間隔で C+L-band 可変可能な光源が、通常のパタフライパッケージに収納される様が製造手法や歩留まりなどとともに包括的に紹介されていた。また光源関連としては、メトロ WDM にターゲットを絞った 80°C の高温で動作する XFP モジュールに搭載可能な電界吸収型変調器集積型半導体レーザが、日立、三菱、AVANEX から報告された (セッション OMS)。同セッションでは富士通や日立などによる可変波長光源の報告も見られた。このような半導体レーザ関連では依然として日本勢のプレゼンスが大きい。

4. ROADM 及び波長選択スイッチ (WSS)

昨年の OFC では、ROADM 市場の立ち上がりに連動して関連する重要な光スイッチ技術である WSS に大きな注目が集まっていた。今年はエキシビションで WSS を展示する企業が目立ち、テクニカルセッションで盛り上がるというより、むしろ技術が製品量産フェーズに移行した印象を受けた。特筆すべきは WSS に関するワークショップが開かれ (OSuD)、WSS のベンダーとユーザーであるシステム機器メーカーが一同に会し、熱のこもった議論が展開されたことである。このワークショップで登壇していた主な WSS ベンダーは、MEMS と回折格子を用いた技術を有する JDSU、PLC や MEMS 技術を有する NeoPhotonics、ピエゾ素子を用いた WSS を提供する Polatis、ディスプレイ用の液晶デバイス (LCOS : Liquid Crystal on Silicon) を用いた WSS を提供する Optium、やはり液晶デバイスを用いる CoAdna などであった。共通していえるのは、これらベンダーが 2-degree-1x9 ポート程度は概ね完成しており、製造歩留まり・量産性、信頼性について言及しいつでも出荷可能であることを強調していたことだ。一方でユーザーの立場であるノーテル、アルカテル・ルーセント、NEC などは、これからのシステムに採用するために必要な条件を挙げ、必ずしも既存の技術がそのまま受け入れられるとは限らないような立場を取っていた。特に印象的だったのは、ユーザーが皆、将来を考え ITU-T グリッドに縛られない柔軟な運用が重要であるとしていたことだ。いずれにしても既に動き始めている ROADM 市場に関し、ベンダーとユーザーの間で活発な議論が交わされていたのが印象的であった。

5. 光信号処理技術

光信号処理関連の近年の傾向としては、まず大学による光ファイバの非線形性を用いた報告が着実に増えていることが挙げられる。一方で SOA や EAM 等を用いた半導体による光信号処理に関する研究は、研究機関が限られている印象を受ける。限られた研究機関とは、例えばヨーロッパでは Eindhoven 大学、アメリカでは UCSB、UC Davis、日本では NTT や通信機器メーカーの他に、東京大学、東工大などである。ただしいずれも以前ほど精力的な活動は見られない。その理由として SOA を用いた信号処理技術がほぼ成熟しデバイスそのものの開発というより光ラベル処理といった応用へと大きく展開したこと、一部の使い方を除き速度的に 160Gbps を超える動作への需要になかなか見通しがつかないためと見る事ができる。それを裏付けるかのように今年の OFC では、SOA-Based All Optical Processing というセッションが組まれた (OWF) が、レギュラー発表はなく Center for Integrated Photonics (CIP) によるチュートリアル講演の

みのセッションとなっていた。CIPは元々BTの研究所からのスピンオフで、現在はまさにSOA-Based All Optical Processing用デバイスを市販するに至っている。Lucent Bell研からのスピンアウト企業AlphionもSOAベースの光信号処理デバイスを販売していて、今回のOFCにおいてもいくつかの発表に共著として参加していた。SOAやEAMベースの光信号処理デバイス単体に関する活動は、むしろOThT:Novel Devicesに集められており、UCSBによる10Gbpsモノリシック波長変換に関する新しい提案(OThT1, 2)、Eindhoven大学によるDetuned Filterを用いた320Gbps波長変換(OThT3)、半導体ベースのスローライトなどの報告がなされた。システムに関する報告では、NEDOプロジェクト集大成として、東大の中野教授を中心とした光バーストスイッチ技術に関する招待講演(OTHB1)が目を引き。さらに関連するところでは、OTuB:Optical Packet Switching SubsystemsおよびOThF:Optical Packet Switching Networksが挙げられる。

一方で、光ファイバの非線形性を用いたさまざまな取り組みが、世界中のさまざまな大学によって行われていた。この傾向は、その著書で有名なGovind Agrawalによるチュートリアル、OTuC1:Highly Nonlinear Fibers and Their Applicationsに象徴される。関連するセッションは、OME:Optical Regeneration and Multichannel Systems、OTuC:Nonlinear Fibers I、OTuI:Wavelength Conversion、OTuJ:Nonlinear Fibers II、OWB:Nonlinear Amplifiers for Signal Processing、OWQ:Optical Parametric Amplifiers、OThB:Optical Processing I、OThI:Optical Processing IIと広範である。これだけ多くのセッションが設けられている割に、一つ一つは地道な個別の検討であるのが近年の特徴だ。

主な応用を強いてあげるなら、光信号再生や波長変換といえる。特に160Gbps以上の信号処理に対して、光ファイバ非線形性の広帯域・高速応答性が活用されている。このような傾向を支える重要な取り組みとして、高非線形ファイバ技術の開発がある。高非線形ファイバ関連技術をリードしているのは、名実ともに日本である。例えば住友電工による招待講演(OTuJ1)では、応用実践までを見据えた高非線形ファイバ技術の包括的な取り組みが紹介され、古河電工からは非常にコンパクトな(95mmφ)、高非線形ファイバに基づいたスーパーコンティニューム発生ファイバの開発が報告された。半導体ベースの集積回路を用いてもモジュール全体のフットプリントは大きくなりがちであることを考えると曲げに強い高非線形ファイバの収納性は重要なメリットであるといえる。さらに旭硝子からは、融着可能な高非線形Bi₂O₃フォトニック結晶ファイバが報告された。今回のOFCでこそ報告はなかったが、NTTによる高非線形Telluriteフォトニック結晶ファイバも注目すべき活動である。日本以外の有力なプレーヤーとしては、サウスハンプトン大学が挙げられるが、今回は高非線形ファイバ関連では鳴りを潜めた。

光信号処理を実現するもう一つの重要な材料として、PPLN(Periodically poled Lithium Niobate)がある。PPLNは本来2次の非線形媒質であるが、これを2段カスケードに用いることで実効上3次の非線形と同じ四光波混合現象を実現するものである。高非線形ファイバより集積性に優れる上、SOAと異なりほぼ瞬時応答が得られることから超高速光信号処理応用に期待されている。今回のOFCでは、NICTによる招待講演(OTuI1)で160Gbps以上の光信号の任意波長変換の手法が議論された。従来の用い方ではPPLNは励起光の波長をその周期構造に合わせる必要があり、変換波長をチューニングすることが難しかったのだが、NICTによる提案ではSFGとDFGをカスケードに用いることでこれを実現した。

6. 分散補償デバイス及び光波制御デバイス

FECの普及によりファイバ非線形問題が緩和されたためか、40Gbit/sの実用化のせい、昨年は可変分

散補償の重要性が改めて認識される傾向にあった。今年は光による分散補償を必要としないコヒーレント伝送の活動が著しいものの、光領域での分散補償技術への関心も根強い。特に WSS を用いる ROADM 以降の光ネットワークでは、光信号の帯域や波長配置などが高速かつ自由自在に扱える技術が期待されていることが WSS のワークショップから伺えた。レギュラーセッションでこそ、これに応える報告はほとんど見られなかったものの、ポストデッドラインではいくつか興味深い報告があった。一つは液晶 (LCOS) を用いた WSS を供給している Optium からの報告である。同社の WSS (彼らは、Dynamic Wavelength Processor: DWP と呼んでいる) に用いられている LCOS の位相制御機能を用いることで、80Gbit/s 信号に対して可変幅±60 ps/nm の可変波長分散を施すことができる (PDP44)。このデバイスはスイッチする波長及び帯域を任意に設定できるという重要な利点を持っており、改めて優位性がアピールされた。もう一つ、従来の分散補償技術とは全く異なる方式による可変分散補償が産総研から提案された (PDP43)。実はこれは筆者による発表に他ならないので僭越であるが、新しい技術として参考になればと思い報告しておく。この提案は、四光波混合による可変波長変換と分散スロープ媒質を組み合わせることで可変分散補償器を実現できるというものである。従来の方式とは全く違う物理現象に基づいているため、可変分散幅と信号帯域の積が従来比で二桁程度改善できる、完全なカラーレスが実現できる、本質的にノンメカニカルで超高速応答が可能など、将来の光ネットワーク応用に向け重要且つユニークな利点が多い。尤も実用化には多くのエンジニアリングを経なければならず、提案レベルでは興味深いという段階に過ぎない。

分散補償とは直接関係無いが、類似の流れとして今回の OFC を通して筆者自身が最も興味深いと感じたのは、慶応大学とのぞみフォトンクスによる PLZT をプラットフォームにした AWG の提案 (PDP47) である。AWG の各アームにそれぞれ電極を施すことで位相遅延量を電氣的に 15nsec 程度の速さで制御でき、その結果ポートへの出力波長をチューニングできるという、高速チューナブル AWG を実現したものである。一見したところスペクトル特性に改善の余地はありそうなものの、さまざま派生デバイスやその応用が期待できる全く新しいデバイス・プラットフォームが提案されたといえる。

7. 光増幅器・光ファイバ関連

Infinera が、これからのトラフィック増大に対応するためには EDFA の帯域を越えた伝送が必須であると主張し、そのために光アンプの要らない電気中継に戻そうと呼びかけている。EDFA 以外の帯域で動作する光増幅器は、もちろん SOA、PDEFA、TDFA、ラマン増幅器、パラメトリック増幅器などが研究されてきたが、本格的に導入されたのはラマン増幅器 (それも EDFA 波長帯) だけで、現在に至っては他の波長帯での光増幅器に関する発表はほとんど見られなくなっている。それでもニース大学による招待講演 (OMN1) では、800nm-1700nm までをどのような材料で光増幅するかという議論がなされた。クロムやビスマス添加ファイバなど近年注目を集めているが、効率良い光増幅を得るには至っていない。ビスマス添加ファイバに関しては、ロシアの Dianov 博士や、日本では豊田工業大学の大石教授などが研究している。

光ファイバ関連では、フォトリソニック結晶ファイバ関連は落ち着きを見せ、大きな動きはなかった。一方、敷設された光ファイバケーブルの PMD のデータが漸く取得・蓄積され研究者に対して開かれてきた感がある。ここではベル研の大御所 Kogelnik らによる招待講演 (OTuN) について報告する。従来の PMD モデルでは、ファイバの複屈折がランダムに結合することを仮定して、DGD の時間及び波長依存性がマックスウエル分布に従うとされてきたが、現実のケーブルの PMD を観測するとこれが成り立たないことが分かってきた。実際の現象を説明するために、ケーブルがいくつかのセグメントに別れそれぞれが局所的に接続され

るようなヒンジモデルで説明できることが提案されてきた。このモデルに基づくと、PMD による伝送断の確率 (Outage Probability) が従来の議論とは悪いほうに大きく異なってくることが紹介され、システムの信頼性アセスメント上非常に重要な問題であることが指摘されている。このことは数年前から言われているようだが、着実に実ケーブルのデータが蓄積されつつあり問題が年々表面化している。同様の問題意識は、日本でも NTT を中心にした報告に散見されるが、40Gbps が完全に普及する前に十分な理解が進む必要性を感じた。Kogelnik はこれほど重要な問題であるにもかかわらずキャリアが怠って十分な調査・測定をしないと警鐘を鳴らした。これに対して聴衆から ATT を名乗る人物が、問題は十分認識して調査もベストを尽くしている、とのやりとりがあった。

8. 展示会

テクニカルセッションの合間を縫って展示会を散策する時間は非常に限られており、つぶさに見て回ることとはできなかったが、良くも悪くも総じて落ちついた雰囲気を感じた。特に昨年過熱気味であったメトロ・データコム向けのトランシーバは引き続き多く見られたものの、今年は落ち着きを見せていた。むしろ WSS など ROADM 関連部品や、40Gbps や 100GbE 関連の測定機器など、展示の焦点が比較的多岐に亘り全体のバランスを取っていた感が強い。その中で光協会による NEDO プロジェクト成果の 40Gbps 光バーストスイッチの動態展示はとりわけ見応えがあり感動的であったことを付記したい。

9. その他

バブル崩壊後、非通信系のトピックスが増えたが、通信の復興とともに非通信系トピックスは減少傾向にある。しかし光増幅器技術の成熟に伴いファイバを用いたハイパワー発生や超短パルス技術は OFC に定着したテーマとなった。その他、ファイバ・センサー、量子通信、医療応用などのセッションも散見されたが、招待講演やチュートリアルが主体との印象が残った。また昨年大きな注目を集めたスローライトは、今年もワークショップが開かれたが、アプリケーションに向けてはもうひとつ盛り上がりが見えない。一つのレギュラーセッションを形成するにも至らず、テーマとしては落ち着いたように感じた。

OFC とは直接関係ないが、OFC 開催の直前に NEDO 主催のワークショップが OFC 会場でもあるアナハイム・ヒルトンホテルにて開催された。そこでは将来の光ネットワークの応用からネットワーク技術、さらにはデバイス技術に関する各分野を代表する権威が一同に介し将来に向けた活発な講演を展開していた。

10. おわりに

今年の OFC の基調講演に中国の光通信事情の紹介があり、そのなかで中国の光通信における研究活動の進展が紹介されていた。具体的には 2003 年の OFC での中国からの発表件数が 4 件のみであったのに対し、昨年の OFC では 23 件にも増加している。この傾向は OFC だけでなく主要論文誌での掲載論文数においても同様の傾向がある。北米 IT バブル崩壊後の中国の政策による結果であろうが、事実バブル期までアメリカの第一線で活躍していた中国人が本土に帰って活動を展開していることも要因となっているだろう。また同様の傾向がオーストラリアにも言える。オーストラリア政府が IT に力を注ぎ始めたのは北米を中心とした IT バブル崩壊の頃で、多くの人材がオーストラリアに移動したように思う。

いずれにしても研究開発のプレーヤが世界的に広がった、また総じてバブル期に取り残されがちであった大学等の活動が十分に広がってきたように感じる。その結果、学会の参加者が良い意味で多様化してきて、

セッションでの質疑応答が活発に行われるなど、個人的には本来の学会らしい良い印象を受けた。