

最先端研究開発支援プログラム（FIRST）中間評価に係るヒアリング  
（フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発）

1. 日時 平成24年9月5日（水）10:00～10:50

2. 場所 中央合同庁舎4号館12階 共用1211会議室

3. 出席者

相澤 益男 総合科学技術会議議員

奥村 直樹 総合科学技術会議議員

今榮東洋子 総合科学技術会議議員

西尾章治郎 大阪大学情報科学研究科教授（外部有識者）

秋永 広幸 産業技術総合研究所ナノデバイスセンターセンター長（外部有識者）

今井 浩 東京大学情報理工学研究科教授（外部有識者）

久間 和生 三菱電機株式会社常任顧問（外部有識者）

黒部 篤 株式会社東芝セミコンダクター&ストレージ社半導体研究開発センター  
長（外部有識者）

中野 節 内閣府官房審議官（科学技術政策担当）

中川 健朗 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（総括担当）

川本 憲一 政策統括官（科学技術政策・イノベーション担当）付参事官（最先端研究  
開発支援プログラム担当）

4. 説明者

荒川 泰彦 東京大学生産技術研究所教授（中心研究者）

藤田 友之 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所専務理事（研究支援統括者）

中村 隆宏 技術研究組合光電子融合基盤技術研究所研究統括部長

森 雅彦 産業技術総合研究所ナノデバイスセンター総括主幹

和田 一実 東京大学大学院工学研究科教授

5. 議事

【事務局】

それでは、定刻より若干早いのですが、皆様おそろいのようなので、これよりFIRST研究課題フォトニクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発の中間評価にかかわるヒアリングを始めさせていただきますと思います。

本日の出席者は、お手元の座席表のとおりでございます。

また、配付資料についても、お手元に一覧をお配りしておりますので、ご確認をいただ

ければと思います。

研究課題側からは、荒川先生をはじめご出席いただきまして、ありがとうございます。

このヒアリングは非公開で行いますが、後日、今後の研究発表や知的財産の検討に支障がないことを確認した上で議事概要を公開させていただきたいと思えます。

時間配分につきましては、研究課題側からの説明を15分、その後、質疑応答を35分ということで予定しております。時間厳守ということでお願いいたします。

なお、説明に当たってはあらかじめお願いをしておりますが、課題全体の研究の進捗度合と目標の達成見通しについて、国際的な優位性、あるいはサブテーマの役割、相互関係を含めて簡潔で明瞭なご説明をお願いしたいと思います。説明に当たりましては、終了5分前に予鈴、終了時間に本鈴を鳴らさせていただきますので、時間がまいりましたら、途中であっても説明を中断していただければと思います。質疑応答につきましては、終了3分前に予鈴を鳴らさせていただきます。

それでは、研究課題側からのご説明よろしく申し上げます。

#### 【説明者】

東京大学の荒川でございます。立って説明をさせていただきます。

それでは、フォトンクス・エレクトロニクス融合システム基盤技術開発につきまして進捗状況をご説明させていただきます。

説明者は私、東京大学の荒川でございます。また出席者、ここのリストのとおりでございます。ご紹介は省略させていただきたいと存じます。

この研究開発の目的でございますが、集積回路の限界を打破するためには、今後、光が不可欠になります。光LSIに導入したフォトンクス・エレクトロニクス融合システムの基盤技術を開発することを、このプログラムの目的としております。これによりまして将来の「オンチップ・データセンタ」の実現可能性を明らかにしまして、我が国の産業競争力の強化、それからグリーンで安全な社会の構築に貢献するものであります。

研究活動の概況につきまして申し述べさせていただきます。

主に3つの点について、ここのスライドでは申し上げます。

まず1つは、研究計画を着実に遂行してまいりました。大震災と計画的停電というハンディというのがございましたが、これを克服してまいっております。様々な挽回策を講じまして、結果として世界最高性能を持つデバイスやシステムを構築しております。

今申し上げたことに関連しますが、世界トップの性能を自ら更新しております。デバイスにつきましては、各デバイスの性能を昨年のプレ中間評価からさらに更新しておりますし、それから集積化につきましても昨年度3.5Tbps/cm<sup>2</sup>という値を出しましたが、さらに今年度6.6Tbps/cm<sup>2</sup>を達成するところであります。

そして、3番目として今後でございますが、このプロジェクトの目標が10Tbps/cm<sup>2</sup>の達成でございましたが、これを前倒しで進めたいと考えております。さらに新たな挑戦も行い

ます。これにつきまして今日申し上げます。それから、事業化ということの観点があるかと存じますが、それへの道の方策につきましても、後ほど簡単に申し述べたいと思います。

本プロジェクトの研究開発でございますが、LSIの諸限界をフォトニクスにより打破するというのが目標であることは申し述べました。

この研究開発におきましては、「先端デバイス技術」と「光集積化技術」、この2つを二本の柱として統合的な研究開発を行うものであります。

また、システム・オン・フォトニクス、すなわちシステム実証であります。こういう柱と、それからもう一つ、革新的技術の研究という、ある意味では縦糸と横糸の関係に位置づけられるもう一つの切り口を目指して、この両立を図っております。

システム技術におきましては、ある意味では戦略性、協調性、それから様々なトレードオフというのがシステムに重要であります。これを克服することでありまして。そして、革新的技術のほうは独創的、あるいは探索的研究というのが主体になってまいります。

今のシステム実証と革新的技術につきまして、もう少し申し述べますと、システム実証におきましては、私どもこのような、これはプロトタイプ、全くの要素的な回路であります。システム回路がございます。これを実現するための様々なデバイスを構築し、その高性能化を図り、システム全体としてきちんと機能することを目指します。したがって、信頼性というものも大変重要になってまいります。いわば、デバイスについては、ある意味ではリニア的な発展としての研究開発をこのシステム実証では行うものであります。

それに対しまして、もう一つの革新的技術におきましては、これはデモ実証にこのプロジェクトで使えるかどうかかわからないという面もございますが、チャレンジングな研究開発を行うという視点で、ここにありますような諸デバイスにつきまして研究開発を行うものであります。これは非連続な展開を我々は図るものでありまして、それがうまくいけばシステム実証まで持っていきたい。これはすべて100%持っていけるわけではなくて、一部持っていければ私は合格点とさせていただくというのが大変ありがたいと思っております。

まず、このシステム実証と、それから革新的デバイスにつきまして、主要成果について簡単に申し述べたいと思います。

システム実証におきましては、主なものとしましてシリコン(Si)の光変調、それから光源の実装、それから最も大きな目標でありますデモ実証、この3点につきましてご紹介を簡単にさせていただきたいと思っております。

時間が限られておりますので、スライドをお見せする程度であります。Si光変調器におきましては、世界最小作用長のマッハツェンダー型シリコン光変調器を実現しまして、しかも、世界最高速の50Gbps動作を実現しております。

また、光源実装におきましては、アレイレーザ光源をシリコン導波路へのマルチ実装で世界初の小型の104chの光源を実現しております。この光源と、それから導波路との結合というのは大変重要でありまして、そこで新型のスポットサイズ変換器、SSCと呼びますが、それを開発しまして性能の向上を図ったものであります。

これらを踏まえつつシステム実証を行ってきております。

先ほど申し上げましたように、昨年のフォローアップでは3.5Tbpsをご報告させていただきました。もちろんそれは世界最高でありまして、イーコックのほうで、欧州の国際通信会議で発表しております。それに対しまして、さらにデバイスの改善、それからレイアウトの改善等を図りまして、世界最高の連装速度6.6Tbps/cm<sup>2</sup>を実証することができております。これはもちろん世界最高の現時点でのシステムデモ実証になっております。

昨年、プレ中間評価をさせていただきましたが、それとの差分は何かということ、昨年度評価していただいた先生方には気になるころではあるかと思いますが、このように各デバイスにおいて明確な差分というものを、あるいは発展というものを遂げております。

システム実証につきましては、23年度の成果を直接使うというよりは、22年度の成果まで、あるいはそれから少し発展したものを全体としてまとめてシステム実証としております。

これが研究開発の目標とベンチマークであります。目標は、私ども10Tbps/cm<sup>2</sup>というものがあります。これは横軸がデバイスの集積度を示す面積であります。こちらがスループットで、どれだけの速度でデータの転送が行われるかというものであります。

面積が大きいところは、例えば、これはLAN-WANというのは、いわゆるローカルエリアネットワークで対応しておりますし、このあたりはラック・ツー・ラックになりますし、この辺がボード・ツー・ボードであります。我々は、チップ・ツー・チップの中での集積度を上げるという、次の世代のものを当然のことながら目指しております。これをこの仕様で書いたときには、当然、世界でトップの値と性能となっております。そのベンチマークに対しまして私どものプロジェクトは昨年3.5Tbpsを達成し、今年度6.6Tbpsを達成しております。それで、今年度前倒しで、後ほど申し上げますが、10Tbps/cm<sup>2</sup>を達成したいと、そのように考えておる次第であります。

もう一つの革新的技術の主要成果について簡単に申し述べたいと思います。

ここでは、Si上通信波長帯量子ドットレーザ、Ge発光素子、フォトニック・ナノ構造光変調器、この3つについて簡単に申し述べさせていただきます。

量子ドットレーザは、温度安定性が高いこと、それから変調速度も上がるということで大変期待がされているところでありますが、これを我々のこのシステムにのせるためには、シリコン上で量子ドットレーザを実現する必要があります。私どもは、レーザの上にシリコンサブストラートの上に量子ドットレーザを搭載しており、世界最小の閾値電流密度を達成しております。

また、Ge発光素子につきましては、今後、いわゆるシリコンあるいはゲルマニウムの系統の発光素子というのが、光源というのが大変重要でございまして、その技術の一環として展開しております。特に世界初のSOIのゲルマニウムで、電流中に発光素子を実現したというのがこれまでの成果でございまして。

また、フォトニック・ナノ構造光変調器というものにおきましては、スローライトとい

う光を非常にゆっくり走らせるような現象を用いまして、非常に高効率な光変調をかけるということが可能になっております。ここにございますような性能を達成しておるわけでございます。

これらの成果を踏まえまして、今後の計画と展望につきまして申し述べたいと思います。

今後の計画でございますが、既に申し上げておりますが、今年度中に伝送密度10Tbps/cm<sup>2</sup>の前倒しを達成したいと考えております。もちろんこれは最終的に達成できるかどうかというのはやってみないとわからないところでございますが、ある程度の見通しは持っております。

それから、来年度におきましては、このような進展を踏まえて、先ほどの革新的技術であります量子ドットレーザをこのシステムデモ実証の中に取り込んでいきたいと考え、新たに計画をしております。具体的に量子ドットレーザを搭載した光集積回路チップの高温動作実証を研究計画として立てたいと考えております。これは将来のLSI搭載の重要なステップでありますし、これからの光システムのあり方について一つの方向性を与えるものと考えております。

それから展望でございますが、事業化への道ということでございますが、実は、これにつきましては経済産業省の未来開拓型研究プロジェクトが発足いたしまして、このプロジェクトと、それからこのFIRSTのプロジェクトが連携を図ることによりまして、私どもの成果がこの経産省のプロジェクトに移行していくという、そういう展開を図っております。この経産省のプロジェクトにおきまして、事業化というのが一つの大きな目標でございますので、そちらへの移行をスムーズに進めるというのがFIRSTプロジェクトの使命だと考えております。

このプロジェクトにおきましては、今申し上げましたように、生産技術、実装技術、あるいはプリント基板技術などを統合するような計画になっております。

残り時間あと2分程度で今後の計画についてもう少しご説明申し上げたいと思います。

まず、1番目の伝送密度10Tbps/cm<sup>2</sup>達成を前倒しすると申し上げたわけでございますが、これは本当に見込みがあるかということでもありますけれども、デバイス性能を維持しながら小型化するためには、様々な集積プロセスの改善というのが必要です。特に、光素子の中の光変調器の小型化というのは大変重要でありまして、これについて、性能を達成しながら小型化する見通しが立ってまいりました。その結果、私どもとしては、伝送密度10Tbps/cm<sup>2</sup>の達成が可能であると考えております。もちろんこれはそれ以外に様々なプロセス技術の改善というものが必須になっております。

それから、次に量子ドットレーザを搭載したシステム実証の件でございますけれども、そのモチベーションというのは、一つの残された主要課題というのが、LSIを搭載したシリコンチップにおきましては、発熱の問題が当然出てまいります。これを改善する必要があります。光源を搭載しますと、その光源の温度安定性というのが大変重要でございます。通常のレーザを用いますと、温度安定性が非常に悪い状況にあります。量子ドットレ

一ザを用いますと、温度安定動作が可能になります。また、高温動作も実現することができます。したがって、この量子ドットレーザを適用しまして高温動作を実証するというのを大きな目標としたいと思っております。

最後でございますが、今まで申し上げたことを研究開発の工程表としてまとめさせていただきます。2010年度に始まりましたが、これで私どもとしては10Tbps/cm<sup>2</sup>の動作実証、そして最終年度におきましては、1.3 μm波長の量子ドットレーザを搭載しまして、革新技術のデモ実証に持ち込むことに対しては、実現できる期待は低かったわけですけれども、それもやり切ることを目指して今後進めていきたいと考えております。

以上でございます。どうもありがとうございました。

#### 【事務局】

どうもありがとうございました。説明が足りなかった分は、また質疑応答の中でやりとりをしていただければと思います。

それでは、これより質疑応答のほうに移らせていただきたいと思います。

ここからの進行については、相澤先生のほうでよろしく願いいたします。

#### 【有識者議員】

大変システマティックな展開で、まさしくロードマップに書いたとおりに進んで、それ以上に行こうという、その意気込みは大変大きな勢いというふうに理解しております。

それで、まず、10Tの件なんですけれども、先ほどの国際ベンチマークのところに、A社等の状況が書いてありますが、現在、チップ・ツー・チップで進めている競合すべきところはA社1社というふうに考えてよろしいでしょうか、まずそこを確認。

#### 【説明者】

一番最後の付録として、お手元の資料の一番最後ですが、シリコンフォトニクス回路の研究開発ベンチマークというのがございます。現時点では、赤で囲んでおりますように、私どもがトップにあるわけでありまして、今後、A社等いろいろ展開をしてくるかと思っております。実際、B社なども我々の方式を取り入れて今後開発するということを宣言し始めております。つまり、今や、私どもの取り組みがこの分野の研究開発を牽引しているところでありまして。逆に申しますと、その牽引することによって他のライバルを刺激してしましまして、競争相手をつくっているという面もあります。

#### 【有識者議員】

その件なんです、このデータが2010年でA社等が出されていますが、その後の動きが、今言われたようなことが関連しているのではないかと思うんですが、表面的にあらわれているところは。その後のA社等の具体的なこういう数値的なレベルのところはまだ更新さ

れていないのでしょうか。

**【説明者】**

そのとおりでございます。現時点で私どもが数値として公表されているものとして押さえているのはこれのみでございます。ほかには公表されていないと考えているところで。ただ、当然、先方も取り組んでおると思います。

他方、例えばC社の場合には、先ほどのもうちょっと低ビットレートのところでのトランシーバーといいますか、ラック・ツー・ラックの通信にある程度研究資金を投入していくというような方針も持っていたりしますので、会社によって、あるいは組織によって異なるところはあります。ただ、先ほど申し上げましたように、B社などは明らかに我々の方向を同一にしております。これから出てくる可能性もあるかと思っております。そこに追いつかれないように新しいデータをどんどん出していくというのが使命だと思っておりますし、また、高機能を搭載するというのも大変大きなポイントでありまして、量子ドットレーザを搭載するというのは大変アピール性は高いと考えています。

**【有識者議員】**

それで10Tが所期の目標よりも早く前倒しで実現できそうだと。とは言いながら、その残された課題は、先ほど少し触れられておりましたが、具体的にもう少し詳しく話していただけますか。

**【説明者】**

残された課題は、もちろん伝送レートそのものをさらに上げるというのが当然のことながら課題の一つであります。また、実際にはLSIの回路というのは温度が上がってきます、発熱をしますと。そうしますと、光源実装しているシステムにおきましては、システム全体の温度が上がります。温度が上がりますと、半導体レーザの特性というのは変わってくるわけです。つまり、半導体レーザが熱の効果でもって、利得の分布が変わることにより性質が変わります。これをいかに抑えるかというのが大変重要な課題でありまして、通常ですと、例えば、フィードバックをかけて光出力の温度安定性をよくする、あるいはペルチェをちょっと入れておくとか、いろいろな工夫をするわけですが、量子ドットレーザを入れますと、そういう調整なしで温度安定化を可能にするものであります。そういうことで、それをデモンストレーションすることができますと大変有用になってまいります。

**【有識者議員】**

それが革新技術のほうの展開ですね。

**【説明者】**

はい。それからもう一つ、システムデモ実証としての展開で申し上げますと、実はこれ、基本的には現時点では光回路、フォトニクス回路のシステムの実証をある意味ではやってきておりますが、実は最終年度でLSIを搭載した形でのデモ実証の試みも行っていきたいと考えております。それにつきましては、実は、資金的には最先端の資金は十分ではございません、はっきり申し上げます。その点につきましては、先ほど最後に申し上げました経済産業省のプロジェクトと連携して、電気回路の部分は経済産業省のプロジェクトの成果として活用してデモ実証を行うということを想定して、さらに10Tbpsを超えるような価値のある集積デモ実証を行っていきたいと考えております。

**【有識者議員】**

はい、どうぞ。

**【外部有識者】**

研究成果に関しましては全く問題なく、年初の計画以上に、1年前倒しで出されているということですし、雑音とか熱の問題など、実用化を意識した課題にも取り組んでおられて非常にいいと思うんですが、2点、コメントさせていただきます。

1つ目は、実用化に関して、まずは通信用のリボンケーブルを目指し、その次にオンチップサーバという話でしたね。リボンケーブルとオンチップサーバの間には、難易度でかなりのレベル差があると思います。いきなり、オンチップサーバは困難ですね。そういったところを検討して、もう少し具体的な目標と計画を作られたらいいんじゃないかと思います。

2つ目は、標準化に関するコメントです。ICTの分野では、ご存じのように、世界標準はほとんど欧米に取られています。我々、産業界では、光通信や無線通信でいろいろなビジネスを進めていますが、欧米で決められた方式やスペックに基づいた製品を開発、製造しなくてはならないのです。中国や台湾向けのビジネスも、そのようになりつつあります。ですから、その根っこの標準を押さえないと常に振り回されるんですね。しかも、安値で買いたたかれる。ですから、世界標準をどうやって獲得するかが重要です。荒川先生の研究成果が世界をリードしているときに、標準をどういうふうにとっていくかが重要だと思います。それから、例えば、モジュールの通信インターフェースで標準を取り、日本として、何をブラックボックスの技術として隠すか、そういったビジネス展開まで検討いただければ非常に助かります。

**【説明者】**

大変ありがとうございます。全般的を射たコメントだと思います。

それで、私どものFIRSTプロジェクトでは、様々な課題を、今おっしゃっていただ

いた課題を、ある意味では抽出し、それを整理していく。一つの解決の方向もある程度示す。それを受けて、経済産業省のプロジェクトのほうで、先ほどの集積サーバとリボンケーブルの間のところを埋める、つまりプリント基板を使って中間的なシステムをつくるプロジェクトにすべきだということを、経済産業省に対して、このFIRSTプロジェクトの立場から我々はコメントをしているところであります。また、標準化についても、まさにおっしゃるとおりでありまして、我々一生懸命やったので、これで標準化でうまくやられたら何の役にも立ちませんので、それについても経済産業省のプロジェクトのほうで方策をとってもらおうということを予定しております。

**【外部有識者】**

経産省のプロジェクトでは、サーバメーカーも参画するプロジェクトですか。

**【説明者】**

はい、そうです。

**【外部有識者】**

わかりました。

**【有識者議員】**

はい、どうぞ。

**【有識者議員】**

今の質問とも関連するんですが、実は、このプロジェクトは採択されたときから、この2年間の間に、ご案内のように日本の、特に半導体産業を取り巻く状況が、ある意味では急激に望ましくない方向に変わってはきている。変わっているわけで、したがって、恐らく多くの皆さんは、今日ご報告いただいたようなすばらしい成果を本当に生かせる企業がいるのかどうか。結果、どんなことが、このプロジェクトの外の話になるんですが、プロビジョンとしてサーバ産業が強くなるのか、何が強くなるのか、どういう製品でこの技術が活用されて、日本として明るい未来を描けるのかなと、そこへの広報というんですかね、これはやはり私は要求されてきている、好むと好まざるとにかかわらずですね、プロジェクトでお約束はされていませんし、プロジェクトの外の話なんではあるんですけども、やはりそれについては、これから何らかの形で言っていないと、何のために10Tbpsをやっているのと、素朴に言うんですね、そういう疑問点が出てくるわけです。ですから、そういうことに関するこれからの広報のあり方等を含めて何かお考えがあれば聞かせていただきたいのが1点と、それから、これはもう一点は質問なんですが、先ほど標準化のお話がありましたけれども、やはり標準化も、何に使うからという視点がないと、ここだけの

標準化ということはなかなか難しいと思う。ですから、ある部分の標準化をとろうとすると、結局その技術の延長、周辺をどういうところで固めるという意味があって標準化の方向も決まってくるわけですね。ですから、私の質問は、これだけの成果を出されているので、日本の企業で、特定の会社名はおっしゃらずに結構ですけれども、どれだけこの成果を生かそうとされているのかということが今の時点であれば、ぜひ教えていただきたい。

以上2点です。

#### 【説明者】

大変ありがとうございます。今のご指摘は、先ほどの奥村先生と、それから久間さんのご質問に関連するところでありますが、私ども、想定外に半導体産業の今の状態というのが大変気に病んでいるところではございまして、他方、そちらがどう動こうとも、我々のスタンスというのは次のようなものであるということをもまず申し述べたいと思います。ここ5年、10年たちますと、電氣的なLSI技術だけでは必ず限界が来、あす。そこにおいて光技術というのは必ず入るということになります。当面はLSIチップの間、あるいはメモリも含めてですが、その間のチップ・ツー・チップのインターコネクションというのがここ10年では大変重要でとなります。ここは光産業として光が重要な要素として入ってくるものだと思います。その際に、例えば、LSIのチップそのものはD社が依然支配的ならば、そこと競合するかというと、我々とすれば、つくるのではなくて、D社のチップを迎え入れて、これを光配線し、その下の全体の配線は日本が勝ち取るという、そういうビジネスモデルがあると思うんですね。つまり、水平的なグローバル分業をいかに展開していくかというのがポイントであると思います。それをやることによって、私どもの技術が普遍的に世界中にグローバルに普及し、かつ、そこにD社も残る。さらにもっと言えば、アップルがそのときもあればアップルも使ってくれるといったように、全体の階層構造においてある階層をきちんと我々がとっていくというのが重要だと思います。それが私どもの戦略でありますし、そのベースをこのFIRSTプログラムでやり遂げたいと考えております。

それで、先ほどの久間さんのご質問とも関連しますが、イメージとしては、ちょっとこれ恐縮でございますが、先ほどの、左が先ほどのベンチマークで書いてありまして実装密度は、これは日本語で書いてございますが、それから上が情報転送速度でございますが、これでこの事業化というふうに持ってきておりますが、こういうような様々な階層で事業化展開が起こって、最後にこの一番右上のところの展開までいくのではないかと考えております。

まさにご指摘いただきましたように、ここで標準化をどうとるかというのが、標準化についてどう展開するかというのが本当に重要な課題でありまして、これにつきましては、先ほどの水平的グローバル分業を見据えつつ、あるところキーとなるコアの階層できちんと標準化をとる。ある意味ではD社はお客さんであり、D社と直接交渉してどういうもの

をとっていかということを考えながら標準を我々は見据えていく必要があるのではないかと考えております。

**【外部有識者】**

今の話では、本プロジェクトでは外されたという話ですけど、LSIと本プロジェクトの光モジュールを一体化するところにインターフェースがあり、多分、その部分が標準化されるわけですね。それは経産省プロジェクトで行うのですか。

**【説明者】**

そうですね、ここのプロジェクトはちょっと難しい。

**【外部有識者】**

そここのところは最も重要と思います。ハードウェアは標準化してもすぐに模倣されますからね。ですから、インターフェースのソフトウェアの部分をどう標準化するかだと思います。そのソフトウェアを兼ね備えたハードウェアは強いと思います。それで、ハードウェアのコア技術はブラックボックスにする、多分こういうビジネスモデルが強い製品ですね。ですから、そここのところを、ぜひ早くやっていただきたいと思います。

**【説明者】**

ありがとうございます。この分野はそういうことがまだできる可能性のある分野だと思います。私どもそれについて貢献していきたいと考えております。

**【有識者議員】**

ご指摘のとおりなんですけど、結局チップサージじゃなくて、その下のというか要するに、実装階層のところ握りたいと、チップはある意味では諦めているわけですね。そういう戦略なので、逆に言うと、バリエーションはいっぱいあるわけで、バリエーションという意味は、適用先の製品から見たバリエーションが種々あるわけですね。ですから、私がお尋ねしているのは、どういう製品に、この実装階層のものから、最後は製品にするわけですね。これをどういうふうに想定して実装階層を展開していくのかというのが大事なんです。例えば、A社がこういう製品にこの技術を使う、B社はこうだ、C社はこうだと、何かそういう話が同時にあると、先生の技術のすばらしさとか展開の広さみたいなものも出てくるんじゃないでしょうかということなんですけれども。

**【説明者】**

ありがとうございます。まさにそのとおりでございます。きょうはFIRSTプロジェクトの……

**【有識者議員】**

プロジェクトの外の話ということをやめ申し上げているので。

**【説明者】**

それで十分な資料を用意してございません。申しわけございません。ただ、まず具体的な出口というか、これでもまだ部品イメージですので十分ではございませんが、こういう中で様々な展開をしていきたいと考えております。

それぞれを受け持つ事業会社というのが一応決まっております。申しわけありませんが、今日十分なお説明をできませんが、また改めてご説明を申し上げます。

**【有識者議員】**

製品名をお話しできない、いただけない。

**【説明者】**

製品名は……

**【有識者議員】**

こういうところで事業をとると、サーバでもいいんですが、何に提供するというのは。

**【説明者】**

ちょっとお待ちください。

**【有識者議員】**

守秘があれば結構です、無理にということは申し上げません。

**【説明者】**

差し支えがあるというよりは、ちょっと準備だけの問題で。

**【説明者】**

経産省のプロジェクトの公募要項には、出ている範囲ですと、最終的にはサーバとかです。データセンターの中の情報機器で最終的には使いましょうということ……

**【有識者議員】**

プロジェクトのアプリケーション、キーアプリケーションとしてはサーバ、データセンター周り。

**【説明者】**

それが今度の新しいプロジェクトは10年プロジェクトで、その最終成果としてはサーバを想定しています。

**【有識者議員】**

そうすると、今、経産省でやっておられる、まさに技術研究組合でやっている光と電子の融合の事業がありますよね。あれもサーバというふうに我々は伺っているので、基本的にはあそこに先生の展開されている技術を融合していこうと、そういうシナリオ。

**【説明者】**

そうですね、最終的なところはそういうところですが、今ちょっとお見せしますが、事業化計画というのをそれぞれ持っておりまして……

**【有識者議員】**

いや、もうあまりこういうものは……

**【説明者】**

こういうものは持っているということで、また後ほど。

**【有識者議員】**

わかりました。

**【有識者議員】**

はい、どうぞ。

**【外部有識者】**

今話が出ていますように、特にFIRSTプロジェクトを経済産業省のプロジェクトに繋げてイノベーションを起こしていくには、かなり最初の段階から、研究開発のリーダーである先生と産業界の方々が一体になってプロジェクトを推進しないと、タイミング的にも間に合わないと思います。つまり、早期の段階から先生のお考えをもとにどのようにして製品化に持っていくかということを企業の方々と一緒に進めていただくというのが非常に大事ではないかと思います。

ここで質問ですが、10Tbps/cm<sup>2</sup>という数字ですが、光の速度は超えられませんので、世界との競争のなかで10Tbpsからさらにその値が大きくなっていくような値なのか、ある程度限界に来ている値なのか、そこら辺を知りたく思います。

**【説明者】**

共同研究者の中村さんが。

**【説明者】**

やはり今考えているのは、1 cm<sup>2</sup>当たり10Tbpsということで、一般的なL S Iのチップの大きさ、一番大きいぐらいのチップから10Tbpsが出てくるということで、やはり放熱の問題等がありますので、今10Tbpsバスといったときに、ここに許される熱量ですね、その辺も押さえておかないといけないということで、どんどん大きくできるかということ、やはり幾ら光に置き直しましたといっても放熱を抑えないといけないということで、そのあたりのリミットというのがやはり10Tbps近くあると見えてきているというのが現実であります。

**【外部有識者】**

わかりました。先ほどトレードオフとおっしゃられたように、10Tbpsはまず一つ目標ではあるけれども、本当に実用ベースにもっていくには周辺の熱問題とかがより重要になってくると考えたら良いですね。

**【説明者】**

ええ、重要になってくるのではないかと。

**【外部有識者】**

今までとは異なる質問ですけれども、このF I R S Tのもともとのプログラムの趣旨で、先生が研究開発を推進する環境として、先生が思う存分の研究開発できる体制を築くということがありますけれども、今までの経緯からF I R S Tだから実現できたというような何か具体的なエビデンスがあるとしたらどのようなことでしょうか。

**【説明者】**

ありがとうございます。まさに思う存分やらせていただいておりますが、それはやはり中心支援機関、この場合はP E T R Aですが、P E T R Aのサポートは大変大きいところがあります。P E T R Aのサポートが大きいという意味は、産業界とのリンクをきちんと図りながら、我々は革新技術もやるシステム実証もやる。そこをシームレスに行うためには、産業界とのまさにビジョンの共有が必要ですし、それから、もちろん目標の共有が必要。それから、常に我々は交流していないといけない、討論していないといけない。そこにおいて中心支援機関、P E T R Aの存在、それから、お二人の共同研究者、あるいは産総研を含めて、そこその支援というのが大変大きなところがあります。いわば強力なスタッフと、仲間と、それからすばらしい支援機関、そしてそれで通じた産業界との

強いリンク、これが実現できたことによって、私いろいろ無理を産業界の方に言って、早く10Tbpsでやってくださいとか言うんですけど、それを達成していってしまうという、そういうようなことが実際に実現されておりました、私としては大変満足しております。

#### 【外部有識者】

まさに今、荒川先生がおっしゃったように、PETRAさんが支援機関となって、このFIRSTの周囲を支えているがゆえに、ロードマップが非常に順調に進んだんだろうというふうに認識させていただいているんですが、だからこそあえてお聞きしたいんですが、10Tbps/cm<sup>2</sup>、これがシンボリックに、それを達成したことによって、例えば、先ほど奥村先生から話があったように、こういったデバイス、あるいは製品を実現できるようになるんですという、そういう言い方ができるのか、そういった目標設定になっているのかというのをひとつお聞きしたい。

それから、これはFIRSTの中という観点からです。これも2つ目の質問ですけれども、やはり革新的技術を実装していくということがFIRSTの中では、もう一つのシンボリックな成果になるんじゃないかと私は認識させていただいているんです。この量子ドットレーザが温度が上がったときに非常に優位な技術になるでしょう、多分それが今後、A社、B社、C社と戦っていく上でも優位な点になっていくと思うんですけれども、さらに、例えば導波路の温度安定性であるとかスポットサイドコンバータの技術であるとか、そういったところも何がしかの特徴があるんじゃないかと思うんですが、今日は時間の関係で多分お話しされていないと思いますので、少しだけ補足説明していただけないでしょうか。

#### 【説明者】

ありがとうございます。まず最初のご質問ですが、私どもの10Tbpsができた暁にどうするかということは常に議論しているところであります。具体的に、やはりFIRSTだけで閉じてできるわけではありませんが、LSIを搭載するというのが重要であると考えておりました、どの昨日のLSIのチップ、LSIもいろいろなレベルがございますが、しかも、現実的なものでないといけません。それをどうデモンストレートするかということも現在議論しているところであります。それを実際に見せることが、この分野の発展において大変重要ではないかと考えております。

2番目のご質問につきましては、今おっしゃられるとおり、様々な革新技術の開発を進めております。例えば、産総研でアモルファスの導波路をやっておりますし、それから、温度異方性の導波路もやっております。今日は申し上げませんでした、シンボリックに言いますと、この量子ドットレーザを載せるというのがプロジェクトのアピール性としてはよろしいのではないかと思います。今日お話ししておりますが、要所要所に革新技術の中で開発されている研究成果がシステムデモ実証の中に盛り込まれていくことになってい

ます。

**【外部有識者】**

多分そういったところの実装が、先ほど久間先生からお話があった標準化や何かに関しても、もしかしたら秘匿すべきところ、そういったところになっていくのかもしれないなと思ひまして、ぜひよろしく願いいたします。

**【説明者】**

どうもありがとうございました。

**【有識者議員】**

はい、どうぞ。

**【外部有識者】**

今までの議論の中で、最近の価格下落や円高などもあり、非常に厳しくなっている電機業界の話が出ています。では今後どうやってビジネスをつくっていくかの可能性を考えると、システム的な視点が必要で、実装技術というのは非常に重要な技術になると考えられます。たとえば、商売を広げていこうとデバイスからシステム側に入っていく事を考えたときに、そういう中に光技術というか、ある部分が光インターコネクションになって、非常に強い製品なり差別化できるようなものができていくというのが、一つの考え方だと思います。先ほど久間委員からもありましたけれども、何か具体的なシステム、例えば、オンチップサーバみたいなシステムを想定し、その光-電気インターフェースのところを標準化として取ってゆくような活動があっても良いと思っています。実際には、強い標準化をとるためには、自分たちの強い技術をその中に盛り込んでいかないと駄目で、実際の研究開発とリンクしながらやらないと難しいところがあると思います。そのところは標準化の一つの例になるかなと思ひながら、先ほどの奥村議員のお話を聞いておりました。

少し技術的な話で気になっていますのは、パワーの問題と温特の問題です。パワーに関しては、空冷しなきゃいけないとかなってしまおうと大変です。単に、プロジェクトの目標に掲げているスピードだけではなくて、いかにレーザの閾値を下げ、どのくらいのパワーに押さえ込むのか、また、実装的にどうやって熱を下げるかなどの検討も重要になると思います。さらには、LSIのほうの駆動能力もかなり厳しくて、何かでつかいゲート長を使ったとか、Wのでかいトランジスタが必要だったりすると、例えば、インターフェースなんかに使おうとしたときに、そこが結局トータルの面積ペナルティになってしまっ、それでは使えないねということになったりとか、実際にアプリケーションを考えたときに沢山やらないといけないことが出てきそうです。

特にシステム的な視点は重要で、システム的な解を得るためにやらなければならない事

が多く残っているのではないかという認識を持っています。発光素子の温度特性はシステム設計を考える上でのネックになる可能性があります。温特については、もちろん、荒川先生が提唱された量子ドットレーザもありますけれども、その他の候補としても、例えば面発光レーザでゲインのピークを変えて温特を減らすという手法もあると聞いていますので、そういうデバイスの視点も含めて、システム全体、ノイズの問題もありますね、システム全体としてやるべき課題というのは非常に大きいと思うんです。

色々とお話ししましたが、プロジェクトの目標という観点から、特にパワーの問題をどう考えられているかということをお伺いしたいと思います。

#### 【説明者】

ありがとうございます。まず最初のお話で申し上げますと、標準化と研究開発のリンクは、大変、重要だと認識しております。また、後半の温特の問題も、極めて重要な問題だと認識しております。今度の経済産業省のプロジェクトでシステムというのは当然対象となっていますので、システム全体としてやるべき課題はたくさんあると思います。

#### 【外部有識者】

シミュレーションもやられているとのことでしたので、消費電力のことは、相当考えていらっしゃると思います。全体の消費電力を抑え込むには、個々のデバイスで消費する電力を抑え込むのと同時に、システム実証を通した全体的な視点から抑え込んでいくことも重要だと思います。パワーバジェットみたいな管理はされているのでしょうか。

#### 【説明者】

後者のお話、大変重要な課題でございます。これは、システムデモ実証、あるいはシステムを動かすというのは様々な要素があるわけですね。例えば、光源があったときには、光源からちゃんとチャネル、導波路とか我々言うわけですが、そこにどれだけ活用できるか。それから、導波路のロスがどうなるか、すべて最後はロスで決まってくるので、パワーバジェットとして管理し、そのロスをすべて最小に抑えれば、光源のパワーも少なく済むわけです。それは、非常に総合的な技術でありまして、先ほどのカップリングでちょっとお見せしましたけれども、新しいタイプのカップリング、光源と導波路とのカップリングを工夫したりと、これ自体のノウハウといいますか、我々の知的な財産だと思えますが、そういうような工夫をしました。それから、導波路の損失自体もどこまで抑えられるか。すべて一つ一つきちんと押さえていくというのが大変重要でありまして、そして、最後総合的にどれだけのパワーまで減らせるか、そのパワーにおいて発生する発熱が量子ドットレーザで対処するのがいいのか、あるいはもうやむなくクーリングするのがいいのかというのが決まってくるかと思えます。それは、その時々で、対策というのがあり得るかと思えます。ただ、量子ドットレーザを用いることによって、これまでは、

このレベルでももう発熱を対策しなきゃいけないのが、ある意味では、2倍のような発熱になってもまだ対策をしなくてもいいとか、そういう状況になりますので、一種の量の変化が質の変化ももたらす可能性がありまして、そこを追求するというのが革新技術を取り入れる、システムに取り入れる最大のポイントであると考えております。

#### 【外部有識者】

特に日本のメーカーは、すごく動作スピードが速くて、ガンガンにパワーを食っても冷やせばいいみたいなアプリケーションは狙っていないくて、例えば、携帯端末のイメージで、非常に低消費電力の回路をどう使い込むかが必要になっています。一方で、当然、高速動作もどんどん必要になってきますけれども。例えば、携帯端末向けのチップでLSIを作るなら、せいぜい400mW程度だと思います。ですから、光インターコネクションを考えた場合に、どのくらいのパワーの制限だったら、ビットレートはどの位まで行きますといったような指標があると、アプリケーションを考えるときに、イメージが湧いてくると思います。また、そういうイメージが描けると、光インターコネクションの新しいアプリケーションも、もうちょっと広がりやすいのかなと思います。

光インターコネクション技術について言えば、これは最終的には実装技術だと思っています。ですので、プロジェクトの中で統合シミュレーターもやられていて、非常に良いことだなと思っています。電気回路のノイズなんかも、システムとしていかに抑え込むかなど、結構なノウハウがあると思います。その他にも、いろいろな課題が眠っていると思うので、ぜひその課題を早く抽出して戴けるようお願いします。実装的な課題がシステムの視点で明示されれば、これはできるとか、できそうもないとか、解決の時間軸を含めて議論ができますので、是非よろしくお願ひしたいと思います。

#### 【説明者】

ありがとうございます。アプリを考えるのは、課題を抽出するということと、それからこのFIRSTプログラムにおいては、やはり技術の高さということを一方では信じて、両方から将来の出口に向けて展開をしていくということを私どもとしては目指したいと考えています。

#### 【有識者議員】

数字にあらわれてこない課題というのはやっぱりあるわけですね。そこをどういうふうに有機的に早くつぶしていくかということをやったりやっただかかないといけないかなと。

それから、もう一つちょっと聞いていいですか。

**【有識者議員】**

では、簡単に。

**【有識者議員】**

アクティビティのご紹介だと、成果の割には、私はやはり特許が少ないと思うんですよ。チームをたくさん抱えておられるし、海外で4件というのは、やはり私は直感的に少ない、直感的に。何か原因があるのかどうかわかりませんが。

**【説明者】**

まず、各社これまでもバックグラウンド特許というのかなり持っている部分がありまして、その上にさらに今回一緒になってやり始めて、まだ十分に軌道に、特許という意味で十分に取り組んでいないというのはあります。

**【有識者議員】**

だけど、もう時間がないですよ。時間変化を見ると、23年度がわっと出て、24年度はやや右肩下がりになっていますし、だから、よほどうまくマネジメントしていただかないと、何か終わったときに、また同じ釈明を聞くことになるので、これはぜひやめたいと思いますので。

**【説明者】**

はい、了解しました。

**【有識者議員】**

それでは、時間にもなりましたので、このプロジェクトについての質疑は以上とさせていただきます。

**【事務局】**

これでヒアリングのほうを終了させていただきたいと思います。どうもありがとうございました。