

研究評価委員会  
「極低電力回路・システム技術開発(低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術)  
(グリーンITプロジェクト)」  
(事後評価) 分科会  
議事録

日 時 : 平成25年12月9日(月) 13:30~17:40

場 所 : 大手町サンスカイルーム(朝日生命大手町ビル27階)D室

出席者(敬称略、順不同)

<分科会委員>

分科会長 中島 浩 京都大学 学術情報メディアセンター センター長/教授  
分科会長代理 今井 正治 大阪大学 大学院情報科学研究科 情報システム工学専攻 教授  
委員 猪飼 英雄 トヨタ自動車株式会社 第2電子開発部 GM  
委員 佐藤 三久 筑波大学大学院 シスエム情報工学研究科 教授  
委員 鈴木 正人 パナソニック株式会社 システムLSI事業部 参事  
委員 橋口 昭彦 ソニー株式会社 デバイスソリューション事業部 アナログLSI事業部 部長

<推進者>

岡田 武 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 部長  
関根 久 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 統括研究員  
山崎 光浩 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査  
高井 伸之 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査  
平山 武司 NEDO 電子・材料・ナノテクノロジー部 主査

<実施者>

井上 弘士 九州大学 大学院システム情報科学研究院 准教授  
富山 宏之 立命館大学 理工学部 教授  
近藤 正章 東京大学 大学院 情報理工学系研究科 准教授  
並木 美太郎 東京農工大学 大学院工学研究院 教授  
田村 陽介 株式会社フィックスターズ エンジニアリングサービスユニット 取締役  
松本 祐教 株式会社トプスシステムズ 代表取締役社長

<企画調整>

中谷 充良 NEDO 総務企画部 課長代理

<事務局>

竹下 満 NEDO 評価部 部長  
保坂 尚子 NEDO 評価部 主幹  
加藤 芳範 NEDO 評価部 主査

## 議事次第

(公開セッション)

1. 開会、分科会の設置、資料の確認
2. 分科会の公開について
3. 評価の実施方法
4. 評価報告書の構成について
5. プロジェクトの説明
  - (1)事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて
  - (2)研究開発成果、実用化・事業化の見通し及び取り組みについて
  - (3)質疑応答

非公開資料取り扱いの説明

(非公開セッション)

6. プロジェクトの詳細説明
  - 6.1 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)株式会社トプスシステムズ
    - (2)株式会社フィックスターズ

(公開セッション)

7. 全体を通しての質疑
8. まとめ・講評
9. 今後の予定、その他
10. 閉会

## 議事内容

(公開セッション)

### 1. 開会 (分科会成立の確認、挨拶、資料の確認)

- ・開会宣言 (事務局)
- ・研究評価委員会分科会の設置について、資料1-1、1-2に基づき事務局より説明。
- ・中島分科会長挨拶
- ・出席者 (委員、推進者、実施者、事務局) の紹介 (事務局、推進者)
- ・配布資料確認 (事務局)

### 2. 分科会の公開について

事務局より資料 2-1 及び 2-2 に基づき説明し、議題 6.「プロジェクトの詳細説明」を非公開とすることが了承された。

### 3, 4. 評価の実施方法および評価報告書の構成について

評価の手順を事務局より資料 3-1～3-5、資料 4 に基づき説明し、評価の実施方法および評価報告書の構成は事務局どおり了承された。

### 5. プロジェクトの説明

#### (1)事業の位置付け・必要性、研究開発マネジメントについて

推進者より資料5-1に基づき説明が行われた。

#### (2)研究開発成果、実用化・事業化の見通し及び取り組みについて

実施者より資料5-1に基づき説明が行われた。

【中島分科会長】 ありがとうございます。

かなりいろいろな説明がありましたが、今の二つの説明に関して、ご意見・ご質問等お願いします。

【佐藤委員】 なぜ Open CL (Open Computing Language : ヘテロジニアス・コンピューティングによる並列処理を前提としたプログラム開発を効率的に行うためのプログラミング・モデルと実行フレームワーク) を選んだのですか。

【井上 (実施者)】 OpenCL を選んだ理由は、そもそも SMYLEref (本プロジェクトで開発した、汎用メニーコア (多数のコアを 1 個の LSI に集積したマイクロプロセッサ・チップ) SoC (システム・オン・チップ) を実現するためのメニーコア・アーキテクチャ) は、ある種のホストコアがあって、加速する部分を、メニーコアを使っていくつかのコアを割り当てるという実行スタンスを取っています。そうなってくると CUDA (Compute Unified Device Architecture : GPU (グラフィックス プロセッシング ユニット) 向けの C 言語の統合開発環境) のような、ある種のアクセラレータを使うための環境が必要になってきます。そこで基本的にはフリーで使える環境として、OpenCL は今後非常に重要になってくるだろうということで選びました。

【佐藤委員】 せっかくシェアードメモリを使っているのであれば、なぜそこまでやる必要があるのか。OpenCL のところの説明にありましたが、逆に OpenCL を元に戻すような拡張をなさっている。つまりアフィニティをもう少し意識するという話なので、それであれば OpenMP (並列コンピューティング環境を利用するために用いられる標準化された基盤。主に共有メモリ型並列計算機で用いられる。) 等にしたほうが非常に素直に行くと思うのですが。

【井上 (実施者)】 そのへんはいろいろ議論しましたが、結局ヘテロジニアス・コンピューティングが今後

重要になってくるだろうというところを一番重要視して選びました。

【佐藤委員】 これはホモジニアスですね。

【井上(実施者)】 プロセッサの命令セットという観点ではそうですが、ホストコアから見たときに、メニーコア側は、プロセッサの種類は同じですが、コアの数等も変わってきますので、そういう観点からヘテロジニアスであると我々は考えています。

【佐藤委員】 そういった意味では、グローバルメモリ、外部のシェアードメモリがどういう形で繋がっていて、オンチップネットワークがどういうふうに繋がっているのかの説明がなかったと思います。それ次第だと思うのですが。

【井上(実施者)】 まずメモリに関しては、共有メモリ空間を前提としていますので、どのコアからでも見るができます。ただし、これは組み込みを想定していますので、実際には複数プログラムがあったときに、これをそれぞれクロスコンパイルして、最後に統合するところで、共有メモリであり、かつプロセスとしては独立しているのですが、メモリ空間を割り当ててあげて、それで実行するという形態になっています。

オンチップネットワークですが、このクラスタの中は共有バスでまず結合されており、クラスタ間は二次元メッシュになっています。この分散共有キャッシュですが、実際にはメモリマッピングを上手く工夫することで、できるだけここに割り当てられたタスクを使うデータがここに載ってくるという形にしています。

【佐藤委員】 そういう観点からも何かOpenCLまで持っていくのは、少しやり過ぎで、結局はモジュラリティなり、そのマッピングの仕方から言うとOpenMPくらいでとどめておいたほうが、何となくすっきりプログラムができるという印象です。

それから、電力性能の評価の方法ですが、ちょっと自社比で行うのはどうかと思います。結局フルに使っているところを、ほかのもう少し大きいプロセッサと比較して、そこがちゃんとベースラインになっていれば、この比較は意味があります。フルに使ったときに、普通のメニーコアではない、もう少し大きなコアを含めたシステムと比べて、電力が非常に多かったら、この比較も結構バイアスがかかっているという話になるわけです。

従来のアーキテクチャから言って、結局メニーコアにしたから良かったというのは、こういう形でアイドルの部分ができるからセーブができるのか、それとももう少しアーキテクチャ上でローカルITYがキープできて、そのメモリトラフィックが少なくなるから良いというのか、そのあたりをもう少しやっていたら良いと思います。

【井上(実施者)】 ありがとうございます。まったくご指摘はその通りです。実際には仮想的ですが、メニーコアに対してどれだけということになっているので、現状のマシンでエネルギーという観点でちゃんと、ピュアな比較がなかなか難しく、結局今回は仮想的にはなってしまうのですが、ベースラインをここに取ったということです。

おっしゃる通りで、本当にメニーコアがどこまで良くなるかというところを考えると、アーキテクチャ的な何かドラスティックなことが起きたかというよりも、一番効いているところは、いかにコアを休めないかということになっています。コアを休めないというのは、特にサムシングニューというわけではなくて当たり前やり方だと思いますが、ただ一つの実行環境で、複数のコアを使って、複数のプログラムを実行するときに、コアを最大限使わせるための仕組みをつくったところが、今回の効果ではないかと思っています。

結局のところ、今までの低消費電力化が、「動かさない」というスタンスであったのを、メニーコアになると徹底的に動かして、性能を稼ぐだけ稼いでおいて、それをいかに電力に還元してエネルギーを減らすかという方向性に行くべきだと考えており、その一つのやり方を示したことになります。評

価の精度、詳細度に関しては先生のおっしゃる通りで、まだその詳細さが足りないことは認識しております。

【鈴木委員】 今回三つのプロジェクトを並行に動かされたと理解をしています。SMYLEref と SMYLEvideo (本プロジェクトで開発した、ビジュアル・コンピューティング (特に動画像認識) 向けメニーコア・アーキテクチャ) の二つのアーキテクチャのご提案があるということですが、その二つの関係がどうなっているのか。まったく独立して動いたようにも思えます。それともう一つ、最後にありました三つ目のプロジェクトの開発環境ですが、これが前の二つのアーキテクチャとどう結びついているのか。要は三つの関係をもう少し教えていただけませんかでしょうか。

【井上 (実施者)】 三つのプロジェクトの関係ですが、まず進め方としては、すべての大学と企業が一緒に進めていったという形です。内容に関しては、スタンスとしては上 (SMYLEref) が汎用システム LSI 向けのメニーコアで、下 (SMYLEvideo) がある種ドメインに特化した形になります。

ただドメインに特化したと言っても、メニーコアのつくり方として、たとえばクラスタ構成にするなど、基礎的なところは SMYLEref の研究成果の知見を使って SMYLEvideo のほうに活かした形になります。ただ成果としては、実際には汎用を狙ったものとドメインに特化したものなので、見た目としてはかなり違う形になっています。

まずフィックスターズ社にやっていたいただいたソフトウェアの開発のところで、三つの成果があります。資料の 21 ページですが、半自動並列化コンパイラは、最初に申しました SMYLEref のコンパイル環境として、もともとプロジェクトとしては位置付けています。

2 番目の高速ライブラリですが、これは開発当初は、評価用のベンチマークの形で進めてきました。よって、これはどちらのプロジェクトでも使えるという話になるのですが、そのライブラリとしての重要性がプロジェクトの途中で非常に高くなってきたので、実用化のほうに持っていきました。

最後の三つ目が、プログラムコードを移植したときの性能を見積もるということですが、これは汎用システム LSI を実現するときに必要になってくるツールとして作りました。

【鈴木委員】 ありがとうございます。だいぶ理解は深まったのですが、一応汎用を目指したのは SMYLEref だということで、その汎用性をビデオマイニングに活かしたのが SMYLEvideo かと思っていたのですが、現時点では必ずしもそうではないということですか。

【井上 (実施者)】 はい。

【鈴木委員】 ということは、将来的には ref のほうを活かしてビデオマイニングに特化したような、いわゆる実用化もこれからの研究テーマとしてはあるという理解でよろしいのでしょうか。

【井上 (実施者)】 少し違います。SMYLEvideo に関しては、基礎的なところは SMYLEref を使っているのですが、その時点で研究開発を進めて、SMYLEvideo は SMYLEvideo でビジネス化をどんどん進めています。SMYLEref に関しては、次のセッションになると思いますが、今のところ SMYLEvideo に特化したもので、ビデオではない、いわゆる FPGA (field-programmable gate array : 製造後に購入者や設計者が構成を設定できる集積回路) の置き換えという形でのビジネス展開を進めようとしているので、方向としては同じものではなくて二つのものです。ただし、それをビジネス展開として上手くいくためには一つだけではなくて次の手を打っていると理解していただければと思います。

【鈴木委員】 分かりました。開発環境については、例えば性能評価の数字がいくつか出てきましたが、これらの数字も三つ目のテーマで開発されたものを利用した数字ではないと理解してよろしいのですか。

【井上 (実施者)】 正確に言うと、一部利用はしていますが、完全にそのツールだけで全部やり切れているかという、2 年強のところではなかなかそこまでは行けなかったというのが正直なところです。

【鈴木委員】 確かに時間的な制約があったということですね。

【井上 (実施者)】 ご指摘のとおりです。

【鈴木委員】 ということは、また逆に言うとそれがこれから期待できる分野でもあったと考えられますね。

【井上 (実施者)】 はい。

【鈴木委員】 それからこの大きな目標の一つに、アーキテクチャとコンパイラがありますが、メニーコアのアーキテクチャからコンパイラ技術を開発していくときに得られた知見、あるいは開発の成果的なものは何かありましたか。

【井上 (実施者)】 われわれは CLTrump (本プロジェクトで開発した、逐次 C ソースコードから並列化した OpenCL ソースコードを生成するコンパイラ) と呼んでいるものですが、コンパイラがどうあるべきか、というところで、完全自動はなかなか難しい。かつメニーコアクラスになってくると、プログラマの知識をうまく使わないとあれだけのコアの資源を使い切ることができない。基本的にメニーコアは「使い切っていくら」という世界だと思っていますので、そのためにはプログラマとコンパイラをいかにインタラクティブに協調して最後まで進めていく環境が必要ではないかと考え、そのためのツールを作ったことが一つの成果になります。

【鈴木委員】 おっしゃるとおり、おそらくたくさん、膨大なソフトウェアの資産を活用しないと、実用化は難しい。まずそこに着目されて変換ツールを作られたことは、実用化という面で見ると非常に大きな成果だと思います。しかし一方において、特に学術的な面において、メニーコアに特化したコンパイラの技術開発も重要で、一からソフトウェア開発をする側にとっては過去の資産は無いわけですから、逆にコンパイラをたくさん使って自動化して、メニーコアの性能を本当に 100%、あるいは 120% 出すようなツールを目指していかないと、将来的には厳しいのではないかと思います。

【猪飼委員】 最初の NEDO の説明の目標値の設定ですが、根拠はエネルギーの削減の目標から、例えば消費電力を 1/10 にする等の設定が背景でしょうか。

【高井 (推進者)】 目標値ですが、電力消費量を 1/10 以下にするというところは、実は極低電力回路のハードウェアの目標設定値で、10 ページに簡単に図を描かせていただきましたが、本数値の 1 / 10 がハードウェアの理論限界ということで、目標として設定されています。我々としては、この目標値をソフトウェア・アーキテクチャ的アプローチにて実現するというので、その目標を追認しています。また省エネ目標だけではなく、メニーコアは性能を高めることが一つの大きなターゲットでありますので、それと同時に処理性能も電力当たり 2 倍という目標を設定しました。

【猪飼委員】 効果算出ではなくて、ハードウェアの制約のほうから目標値を設定したという理解でよろしいですか。

【高井 (推進者)】 はい、そのとおりです。

【猪飼委員】 次に、最終的に実用化といったときに、事前にお話をいただいたときにも伺おうとしたのですが、メンバーの中に半導体メーカーが入っていないと、最終的に良い技術であってもすぐに実用化する、あるいは 10 年後にやろうと思っても事前準備がかなり必要ではないかと思います。なぜここには半導体メーカーが入っていないのでしょうか。

【高井 (推進者)】 本来メンバーとして半導体メーカーにも入っていただいたほうが良かったかもしれませんが、まずは要素技術としてアーキテクチャを固めることを最初に行いました。半導体メーカーが入った事業化・実用化を目指したアクティビティは、その次のステップとして考えており、先ほどのプレゼンでも情勢変化への対応のところで少し申し上げましたが、現在、次のステップの助成事業として、2 年間の予定で半導体企業も参加した形でプロジェクトを推進しております。

【猪飼委員】 次に井上准教授の発表内容で、10 ページ目でアプリケーションによっては性能が出ない。例えば一番下の赤のラインで、増えれば増えるほど性能が悪くなるという図がありますが、今回の技術を適用した時にはどうなるかという図はあるのですか。

【井上 (実施者)】 今回の技術を適用した場合ですが、この曲線が変わるわけではありません。こういった

いろいろな形の曲線を持っているプログラムを同時に実行するときに、それぞれのプログラムに何個のコアを割り当てて、どう実行したら良いかを自動で決めるという技術が一つのポイントです。

こちらの曲線は、逆に先ほどコメントしましたプログラマとコンパイラをインタラクティブにコードをチューニングしてくれる。そこを頑張ってくれば頑張ってくれるほど、上のほうに移ってくるわけです。ここでは特性の異なるものが一度にやってきたときにどうなるかという話です。

逆に言うと、素性の良いアプリケーションしか実行しなくて良いという時には、今回提案した技術では、従来技術からの改良効果は非常に小さくなると理解していただいても結構です。

**【猪飼委員】** 11 ページの例では、一つ当たり 8 個のものがベースで、それを 16 個載せましたと言われていますが、これは場合によっては数が変わるというイメージですか。

**【井上 (実施者)】** ハードウェアとして変わるというわけではありませんが、応用によってこのコアの数はいくつと決めるのはかまいません。

**【猪飼委員】** 単位が 12 個とか、20 個とかという場合もあるということですか。

**【井上 (実施者)】** おっしゃるとおりです。

**【猪飼委員】** 12 ページのスライドで、組み込みと言われましたが、われわれ自動車産業に携わる者からすると、この後の SMYLEvideo の画像認識のところと、エンジン制御のところでは、アプリケーションの作りがかなり違います。今回の話は、少なくとも SMYLEvideo のほうは完全に画像認識向けなのでそれはそれに特化して良いのですが、SMYLEref のほうは、エンジン制御等も含めた目標のアプリケーションにそれが含まれているという理解でよろしいのですか。

**【井上 (実施者)】** 正直なことを言いますと、本当にハードリアルタイムを満たす仕組みはありません。ですから結局 OpenCL 実行環境をスタティックにやってしまうと言っても、どうしてもダイナミックに実行する部分が残ってしまいます。そしてメニーコアですので、その中で、たとえばネットワーク・オンチップの中の通信の衝突のような、読み切れない非決定的な部分がどうしても残ってきます。その部分が許容できる範囲内であれば良いのですが、本当にハードウェア・デッドラインを満たさないといけないという領域に関してはまだまだ研究開発の余地があると理解しています。

**【富山 (実施者)】** リアルタイム性について補足します。リアルタイム性を保証しやすくするための工夫はいくつかあります。たとえばマッピングのときには極力タスクにリソースを取り合わないようマッピングをする工夫を取り入れています。またアーキテクチャ的にはキャッシュを持っていますが、それをスクラッチパッドメモリ、キャッシュではなくてもソフトウェアで必ずメモリをそこに置く。そうすると 1 サイクルでアクセス可能です。そういうものを使うことによって、ワーストケースの性能を保証とまでは言いませんが、見積もりしやすくする工夫をハード的にもソフト的にも入れています。

**【猪飼委員】** 今の話は、保証は今のところ無理ということですね。我々の世界でいくと、保証しないということはちょっとありえないので、今の技術ではそういう制御的には少し厳しい、多少マージンがあればできるかもしれない。そういう理解でよろしいですか。

**【富山 (実施者)】** 保証するのはシステム設計者だと思っています。我々はその基盤となるミドルウェア、プロセッサを作るほうですので、アプリケーションを書かれる人が保証しやすくするための仕組みを提供しております。それを使って保証していただくとご認識いただければと思います。

**【猪飼委員】** 分かりました。ありがとうございます。

**【橋口委員】** SMYLEref と SMYLEvideo、それぞれのミッションについて確認させていただいて、ベンチマークのことについてお伺いしたいと思います。例えば SMYLEref は、メニーコアに対してクラスタ型を用いるとメリットがあるというご発表になると思うのですが、そのときのベンチマークとしては、14 ページ目のものがそれに相当すると思っていればよろしいのですか。

**【井上 (実施者)】** このスライドには正確には載っていないくて、事業原簿に書いてあります。実際には、

先ほどありました高速ライブラリをベンチマークで開発すると言いましたが、そこで開発したものを六つ選んで、それを順番に実行するか、同時に実行するかという違いで取ったデータがこちらです。

【橋口委員】 いま選択されたアーキテクチャが一番良いと思われているということですか。

【井上 (実施者)】 はい。

【橋口委員】 SMYLEvideo について、これも一応ベンチマークがありましたが、OpenCL というのもあって連想的に来るのですが、たとえば GPGPU (General-purpose computing on graphics processing units : GPU による汎目的計算) のようなものは、この中には入っているのですか。

【井上 (実施者)】 まず私から答えさせていただきます。説明が悪かったのですが、SMYLEvideo に関しては、OpenCL からソフトウェアをつくり込むことを当初考えていました。しかしながら、作り込んだ専用ハードウェアを最大限活用するようチューニングすることまでを考慮すると時間的に厳しい状況でした。そのため、このソフトウェアは OpenCL を使っているというわけではありません。

【松本 (実施者)】 こちらのベンチマークの数字については、SMYLEvideo に関しては画像認識アルゴリズムのうち一番重いとされている SIFT というアルゴリズムを使って、それを実行した場合の性能値として求めています。他社の性能値等については、リファレンスとして入手したものですので、こちらのベンチマークのプログラムとまったく同じかと言われると、ちょっと違う可能性があります。ただ必要な性能を実際の画像認識アプリケーションから導き出して、そのときの処理能力と換算しています。

GPU に関しては、実際にここでは比較対照等はしておりません。

【井上 (実施者)】 まず消費電力はかなり違うので、パフォーマンスの数字を比べることはできると思うのですが、電力当たりの性能と考えると、非常に大きな違いになるのではないかと考えています。

【橋口委員】 分かりました。ではここで比べられた中で、SMYLEvideo の場合はなぜ電力効率が良くなるのかというと、それはどのようにお考えですか。

【松本 (実施者)】 非公開セッションでも具体的に説明があるのですが、メモリをあまり使わずに、あるいはコア間の通信にかかるエネルギーを削減する等のメカニズムがいくつか採用されています。

【橋口委員】 SMYLEref のほうで、FPGA で実証されたというお話がありました。これのアウトプット、意味合いを伺いたいのですが、気になっているのがプロセッサのコアのクロック周波数を数十 MHz 程度。それに対してクラスタ間通信のところになるのか、NoC のところになるのかわかりませんが、rocket I/O を 5GHz で使っています。このプロセッサの処理能力とインタフェースの能力は、どういふふうにバランスされているとお考えですか。

【井上 (実施者)】 ご指摘の通りです。ここはどうしてもある種のアンバランスが出てきています。特にプロセッサとメモリのところが、一般的に考えてバランスが逆転するという形が見えてくるのですが、ここは二つあって、一つがメモリに関してはある種の仮想的にメモリにアクセスしてデータがやってくる、それを FPGA の中で仮想的にプロセッサに渡さないという形で遅らせることは可能になってきます。

もう一つが、今回の提案の話の中で、メモリに対してどううまく工夫するかが非常に重要になってくるのですが、決定的な解はまだ見出せていないというのが答えです。今回は、ラストレベル・キャッシュにできるだけデータが載るように、うまくデータをマネジメントするところまでやりましたが、そこに基本的にはある程度のデータが載りきるという形だとすると、先ほどのような結果になってきます。当然ながらかなりオフチップとのバンド幅が必要になってくる、メモリとのデータ転送が非常に高くなってくるとなると、先ほど出したような結果ではなくて、もう少し悪い結果になってくるとは想定されます。

【橋口委員】 お話を伺うと、そこまでの知見を入れてこのアーキテクチャや環境が準備されていると思っ

ていればよろしいですか。

【井上 (実施者)】 はい。

【近藤 (実施者)】 1点補足します。10MHz でコアのクロックが5GHz と書いてありますが、あれはシリアルということなので、一般的にはチップ内は32ビットとか64ビット幅ということになります。それでもネットワークのほうが多少速いかもしれないのですが、64ビットと思えば、バンド幅という意味ではそこまでバランスが悪いアーキテクチャではないことになります。

【今井分科会長代理】 refモデルとvideoモデルの位置付けはrefモデルが汎用とご説明になっていて、videoのほうは画像認識を特にターゲットに考えられていると理解しています。もともとこういうアーキテクチャを考える場合に、アプリケーションドメインをまず考えると思います。この技術が将来適用される際のアプリケーションのマップというのか、今どういう技術がクリティカルになっていて、将来どういうアプリケーションがすごく重要になりそうだ、ということをも多分考えられたと思います。それとこういう選び方をされた関係についてご説明いただけますか。

【井上 (実施者)】 まず画像認識ですが、これは本当にプロジェクト終了後の実用化・事業化と、昨今の画像認識の広がり、重要性を考えると、これはもうマストだろうというのが一つありました。逆にSMYLErefは、汎用と言うと、では何をもって汎用というか、どこをターゲットにするかということですが、このプロジェクトにおいては、先ほど来ベンチマークという話が何回か出てきましたが、フィックスターズ社は実際にソフトウェア開発を長年やってこられている会社です。フィックスターズ社が、今後どういった分野のソフトウェアが更に重要になって、かつ並列処理が大事になるということとを考慮して、4分野8種のベンチマークを定めました。その中にはファイナンス系や、もちろん画像処理系も入っていますが、そういった形でまずターゲットのアプリケーションを汎用と言いつつもある程度決めて行いました。

【今井分科会長代理】 4分野8種はどういうものを考えられましたか。

【中島分科会長】 事業原簿の比較的最初のほうの、III-26 ページを見てください。そこに表 3.8、BEMAP の性能表が一番上にあります。

【田村 (実施者)】 分野に関しては何社かで調査させていただきましたが、弊社としては、画像処理分野、ライフインベーション、インターネットアプリケーション、ファイナンスという過去の弊社の実績から高速化が求められる分野として最初に挙げさせていただきました。

【今井分科会長代理】 この分野の中で、結局組み込みというご説明だったのですが、組み込みもあるし、サーバアプリもあるという理解でよろしいでしょうか。

【井上 (実施者)】 私の説明が駆け足で不親切になってしまったのですが、基本的にこのSMYLErefは組み込みを対象にしています。そのメニーコア上で並列化された複数のアプリケーションを実行することをサーバに応用できないかということで、これはSMYLErefの亜種という形でOSに実装して、ダイナミックにそのコアの割り当てをやるという形の追加的な成果として出たものです。ですからSMYLErefそのものは組み込みを狙っていることになります。

【今井分科会長代理】 むしろ逆の説明のような印象を持ちました。つまりrefのようなモデルだと、複数のタスクをたくさん走らせて、スループットを改善するという観点かと思ったのです。そうすると、それはたとえば車載の組み込みでリアルタイム性を狙うのではなくて、サーバモデルでスループットを上げようというモデルだと思いました。たぶん最後の事業化等と関係があると思うのですが、最終ターゲットをどこに置くかということで、アーキテクチャの形はかなり違ってくる。そういうところをどのようにお考えでしょうか。

【井上 (実施者)】 このプロジェクトは、最初組み込みというところからスタートしましたので、そこでいかにメニーコアのあるべき姿をどう考えるかというところからスタートしていました。

【高井（推進者）】 補足させていただくと、井上准教授がおっしゃるとおり、やはり組み込みは日本が強いところなので、まずメニーコアで日本が勝っていくためにはこの組み込み分野から普及させていこうということでスタートしています。将来的にはサーバのほうにも展開できればと NEDO も実施者も同様に考えています。

【今井分科会長代理】 プロセッサのモデルですが、いまヘテロだとおっしゃるのだけれども、ほとんどホモジニアスな構成かと思います。

【井上（実施者）】 SMYLEref のほうですか。

【今井分科会長代理】 はい。そうすると、もし組み込みを考えられて、アプリケーションドメインはある程度絞り込むとしたら、ハードウェアアクセラレータを入れる、あるいは FPGA を入れておいて対応するとか、そういうモデルもありそうな気もするのですが、そのへんの対応は何かうまく考えられているのでしょうか。

【井上（実施者）】 おっしゃるとおりです。たとえば専用ハードウェアや FPGA を入れるのは可能ですが、今回のプロジェクトで一つの指針、ポリシーとして、ここは絶対これで行こうというのは、いかにソフトウェア処理で全部実現してしまうかというところに結構こだわってやっています。

それはやはりこういう合成技術が本当にものになって、簡単に、しかも質のよいハードウェアをすぐに自動でつくれるようになれば、先ほどの自動並列化と似たような話で、その世界もかなり有望だと思いますが、現在のこのプロジェクトでは、やはりソフトウェア処理でどれだけできるかということが今後さらに重要になってくるのではないかということで、その方向性を取りました。

ただ現実問題としては、いまの世の中のシステムを見ると専用のハードウェア等が使われているところがありますので、そういったものを前提とした今回の実行環境などに拡張することは可能だと思いますが、このプロジェクトの中ではそこまではできていないのが現状です。

【今井分科会長代理】 すぐく限られた3年という期間でやられたので仕方ないと思いますが、将来的にはそういうことも念頭に入れて拡張性を持たせていただくと良いのではないかと思います。

【井上（実施者）】 おっしゃるとおりです。

【鈴木委員】 本当は次のセッションでもう少し議論したほうが良いのでしょうかけれど、このプロジェクトの知財戦略をどう考えられたのか。特に戦略ですから、ここは勝つ、でもここは諦めるといったところのバランスが必要かと思います。そこをちょっと教えていただけませんか。

【高井（推進者）】 NEDO の戦略としては、先ほどの資料の 15 ページに書いてありますように、各実施者の事業戦略に基づいてその知財の活用を推進するという考え方で行っています。そのためどこをオープン/クローズにするかというところは、各事業者の事業戦略に基づいて実施いただくことを考えていますので、強制的にここをオープンにしろ、ここをクローズにしろと NEDO から特に指示してはおりません。その内容は、各事業者の事業戦略にもよりますので非公開のところでお話しさせていただきます。

【鈴木委員】 オープン・クローズの議論とはちょっと別に、ここは知財として強化できる分野だけれど、ここはひょっとしたら先に知財を取られているかもしれないという領域がたぶんあると思います。たとえばクラスタ構造については、特にニューではないというご発言がありました。そういったところの第三者の知財をどうケアしていくのか。大きく実用化、あるいは実用化した後の変な権利問題が絡んでくる可能性があるわけです。そのへんを後で議論できればと思います。

【中島分科会長】 性能評価がありました。これは結局どういうアプリケーションミックスをやられたのですか。

【井上（実施者）】 先ほどのⅢ-26 ページの表の3.8において、この中から六つですが、それを書いているところがあります。

【中島分科会長】 ですから、組み込みという話とこれは多分、全く話がかみ合わない。要するにそれはマイクロサーバか何かの話になってしまって、それはそういうこともあるでしょう、あるいはたとえば Xeon Phi の上でそういうことをやるようなネタも世の中には出てきていますが、そんな話ではないですよねという話です。組み込みなのだから、タスクをそれなりにスタティックに割り当てることができて、スループットなり、レイテンシーなりの、ターゲットスペックがあって、それを満たすのに一番低電力でやれるのはこうだというような話であるはずですが。だからそもそもアプリケーションミックスが間違っているのではないですか。

【井上 (実施者)】 ある組み込み応用を考えたときの、その中からアプリケーションミックスを抽出して、その中で評価すべきだったということですか。

【中島分科会長】 そうでないと、組み込みの SoC を、そもそもメニーコアでやっていいのかという根本的な話に対する回答にならないわけです。それさえ何とかできれば、それは例えばクラスタアーキテクチャなのかキャッシュがどうなのかは置いておいて、そもそもこういう分野の組み込みアプリは、こういうアーキテクチャで何とかなるという話を出すのがこのプロジェクトで一番大事だったと思います。それは適当なアーキテクチャを設定してサーバで走っているようなアプリケーションミックスでやると、何かは出ます。でもそれは何かが出てもしょうがないのではないかという気がします。

もう一つは ref と video の話が先ほどから、なかなかかみ合わないのですが、やってみたのでしょうか。つまり video のソフトウェアか何かをこれで適当にマッピングして、たとえばコア間通信は、video に特有のハードウェアは置いておいて、適当にキャッシュなり共有メモリなりを使ってやるとこうでしたというような話はあるのですか。

【井上 (実施者)】 video と SMYLERef を比較したということですね。それはやっていません。

【中島分科会長】 この性能モデルでは、L1 キャッシュはいくらで L2 キャッシュはいくらなのでしょう。

【近藤 (実施者)】 L1 キャッシュはデータ命令で、8kB ずつで、L2 キャッシュは各クラスタで、もちろんサイズは変えられるのですが、12kB です。

【中島分科会長】 それで評価されたということですね。

【近藤 (実施者)】 はい。

【佐藤委員】 最終的なイメージとしてはどのくらいのテクノロジーを使って、いくつのプロセッサでという感じはありますか。

【井上 (実施者)】 実際には、64 個ぐらいかなという気はしています。組み込みなので 128 個ではちょっとビジネス的にペイしないのではないかと思いますので、64 個ぐらい、行ってもそれぐらいではないかという気がします。

【佐藤委員】 いろいろコンペティターがありますが、それに向かっている強み、弱みはどうですか。

【井上 (実施者)】 SMYLERef ですが、今のところ我々が認識しているコンペティターが三つあります。一つはタイレラ社 (TILERA) のオーソドックスなメニーコア、二つ目は東芝社が昨年発表された画像認識向けの 64 コアのメニーコア、もう一つは ST マイクロエレクトロニクス社が昨年発表したメニーコアがあって、その中でマルチプログラムの実行を意識したものはありません。

タイレラ社は実際にはできるのですが、それに何かしらの合わせ込み、チューニングをしているというわけではないと認識しています。ただ一番近いのは ST マイクロ社です。聞いた話では大規模態勢で取り組んでいて、去年非常に似たクラスタ構造を持ったチップを作っていることを発表しています。彼らがいまターゲットにしているのは、やはり画像認識などマルチメディアでの一つのシングルプログラムを加速実行するということまでしか、まだ行っていないので、そこはある種脅威ではあって、同じような方向を見てやっていると看做されます。

【中島分科会長】 よろしいのでしょうか。議論は尽きない感じがありますが、だいたいのところはこれで委

員の皆様も感覚がつかめたのではないかと思いますので、ここで休憩に入ります。

(非公開セッション)

## 6. プロジェクトの詳細説明

省略

(公開セッション)

## 7. 全体を通しての質疑

質疑に先立ち、株式会社トプスシステムズからパワーポイントによるデモが行われた。

【中島分科会長】 どうもありがとうございました。

それでは全般的な話として、予定時刻は過ぎているのですが、10分ぐらい全体を通して聞き足りなかった話があればご質問ください。

【今井分科会長代理】 今日一日聞かせていただいて、実際に評価してみた例が画像処理など画像系ですが、もし組込みとおっしゃるのであれば、組込みのほかのアプリケーション、特に実時間系の制約の強いアプリケーションに対して、どのように考えているのか、その場合、本当にメニーコアが100コア必要なのか、たとえば10コアぐらいで粒度を大きくしたほうが良いのか、そういう検討が必要ではないかと思えます。そのあたりはどのようにお考えでしょうか。

【井上(実施者)】 ご指摘のとおりです。結局のところいろいろなプログラムレベルも含めて並列性をどれだけ抽出できるかというところが全てだと思っています。そのリアルタイム性が厳しい場合に、(そのアプリケーションが持っている並列性) × (アプリケーションの数) というところが重要になってきます。ただ実際にユースケース、あるアプリケーションを前提としたときに、ではその、(プログラムの数) × (各プロセスが持っている並列性) がどれだけかというところを見据えた上での評価はまだできていないので、それはご指摘のとおりしっかり抑さえていかないといけないと思えます。

【中島分科会長】 先ほどから少し気になっているのは、2年3カ月という期間なので、できることは限られていることは良く分かるのですが、そもそも何で2年3カ月だったか。2年3カ月である程度結果が出てくるようなテーマ設定になっていたのでしょうか。

【高井(推進者)】 当初は3年ぐらいの期間は予定していたのですが、採択が遅れた関係で、2年3カ月になりました。NEDOプロは先ほど申し上げたように我々としては、3年、あるいは5年単位でプロジェクトは期間を区切って運営していきます。基本方針としては統一した考えの下にメニーコアのプロジェクトを実施していきたいと考えています。

いったんここまでで基礎研究として成果を出した後も、本評価分科会でのご意見を踏まえて、後継プロジェクトを実施すべきかどうかを判断致します。たとえば本メニーコア技術開発を継続案としては、クリーンデバイスという今後行う予定の公募にてメニーコアを提案をするという案もあります。

【中島分科会長】 そう言われると評価するほうは非常に困ってしまう。そういうスタンスで始めた話であるという理解で、このプロジェクト自体が走ってきたのか、それとも評価項目には事業化等があるわけで、言われると何かしないといけないという話があって、では事業化だったら、今はこれで手を打つしかないみたいなことが出てきてしまうのではないのでしょうか。

2年3カ月で事業化できるようなテーマではないのだから、もちろん関連ビジネスはやっていただきたいとは思いますが、その上で、2020年頃に128コアと言われると、さすがに何かの法則を読み間違っているような気もしますがそれはさておき、今から5年後にだいたい事業化・実用化するという設定になっていけば、結果が大変違うと思えます。そういう線で走ったほうが良かったのではない

かと思います。だからフィージビリティスタディになっているのかというところが、私は非常に気になるところです。

【高井（推進者）】 先ほどと重複してしまうかもしれませんが、このプロジェクトが終了、それが2～3年でもそれ以降の先のビジネスプランでもいいのですが、要はビジネスストーリーが描けているかどうか非常に重要であると考えています。

【関根（推進者）】 付け加えます。これはメニーコアのプロジェクトですが、この前に先導研究があつてマルチコアの研究を1年間しています。マルチコアとメニーコアの境を一応64コア数に置いてやってきました。その中で2年半前にNEDOはマルチコアからメニーコアにということで、政策的にメニーコアをターゲットとして産業の大きなキャパを持っている自動車分野、そしてサーバ分野等を念頭に置いて、その目標の1/10の電力消費量で、かつその処理量が変わらないようにして、どういうものまでアプローチできるかということを目指してやってきました。

研究開発成果においては、2年3ヶ月でその目標に対してどう評価されるようになったかということの評価をいただくと。あと実用化と事業化については、その道筋がどのようにしているかということをご評価いただきたいと思います。その道筋というのは、いくつか成果を細かいところまでお話しさせていただきましたが、この先、例えばいくつかの会社の中で物が作られるかどうかを含めて、その道筋がつけられているかどうか。

さらに先ほど高井主査からも申し上げているように、次のプロジェクトに向けて、どうなっているかということ、一つは、一つのファブを持っている会社を含めて実用化に結びついているところもあります。そうならない部分もあるかと思いますが、そのあたりは将来に向けてどういう道筋がつけられているかということ、一つの指標になっておりますので、よろしくお願ひしたいと思います。

【今井分科会長代理】 厳しい言い方をすると、プロジェクトをスタートするときに、2年半でゴールをどこに設定するか、ハードルがものすごく高いプロジェクトをスタートされたのではないのでしょうか。2年半とかではとても解決できないような大きな問題にアプローチされたのではないかという気がします。

アプリケーションの一つとして、画像系はかなりうまく行きそうだというのを今日見せていただきましたが、エンベディドにターゲットを置くとすると、もっといろいろな制約条件があつたりして、一つのアーキテクチャで全てカバーできるとは思えません。そうすると、そもそもマーケットがどうなのか等の話があつても良いのではないかという気がしました。

よって、2年半ではなくて5年でやらないといけないプロジェクトだったという気がします。それを言ってしまうと過去のことという感じになるのですが。

【中島分科会長】 NEDOの研究計画の設定方法はいかがであつたかというのが評価項目に入っていますから、それは別にかまわないと思います。

【関根（推進者）】 補足いたしますと、2010年度の予算として、後年度負担がありますので国会にかからないと予算は決められないのですが、4億円弱の計画の中で、2年半でやらなければいけないという制約がありました。実は本分科会の評価対象になっているソフトウェアの開発は、項目の7番目としてやっており、項目1～項目6は、ほかにSTARC（株式会社半導体理工学研究所）が担当する形でハードウェアのほうも実施しており、それと併せてのグリーンITのプログラムとしてエスタブリッシュしました。後ろのほうのメニーコアもやらなければいけないということから追加したものです。そのあたりはご勘案いただければと思います。

## 8. まとめ・講評

【橋口委員】 このプロジェクトの発足当時から考えて、メニーコアのアーキテクチャ、リファレンスのものをつくりあげるといふ理念、それからある程度のアプリケーションをいくつか想定して最適なコアを作りあげるといふ理念、それに対してソフトウェアも両輪として開発しなければいけないという理念、その三つはある意味正しかったと思います。今回お聞きして、それぞれに対してそれぞれのグループの方々、リーダーの方々がアウトプットを出されているのは、ベンチマークもそうですし、その根拠のお話もそうですが理解できました。

やはり惜しいのは、その三つはアウトプットをシェアしてシナジー効果を出しながら、本日のご発表についてもまとめられるようなところまで持ってこられたら良かったのではないかと思います。

【鈴木委員】 今日はありがとうございました。貴重なお話をたくさん聞けて、非常に有意義だったと思います。あまりコメントなどを申し上げる立場でもないのですが、1点だけ、2年半という間で川上から川下まで求められるプロジェクトで大変だったということを知っていていながら、いろいろ厳しい質問をさせていただいて本当に申し訳ありませんでした。

このプロジェクトの前に先導の研究があったというお話ですが、ある意味この2年3カ月のプロジェクトも先導研究のような位置付けなのではないかと私は理解しています。そのように見ると、今日お話があったいろいろな成果も次に繋がっていく、非常に期待の持てるものではないかと思っています。プロジェクトは終わりではなくてスタートととらえていただきたい。

仕事柄、知財の話を今日は何回もしていますが、知財というのは、出願時点がゴールではない。出願がスタートです。特許は出願から20年が権利期間ですから、20年先までやっていくことを考えると、本当にスタートです。これからの権利を取っていく、そして権利が取れた後にその権利をどう活用していくか、そういったことを考えると、非常に息の長い話になってきます。是非そういったことも視野に入れてやっていただければと思います。

私もこのSoCというところに身を置いており、いま非常に荒波にさらされておりますことは、皆さん良くご存じのとおりですので詳細は割愛させていただきますが、そういった中でこのメニーコアも一つの大きな助け舟になるのではないかと思います。他人事ではなくて自分の身でもあるととらえて、これをこれからどう活用していくのか、私自身も考えていきたいと思っています。ぜひ今後ともよろしくお願いたします。

【佐藤委員】 何回も出ている2年3カ月という話で、その中では比較的皆さん頑張っていて、それぞれの目標設定をしてやられてきたと思いますが、先ほど中島分科会長からあったように、2年半であれば2年半なりの目標の設定の仕方があったかなという感じはします。

気になったところは、消費電力を下げるといふ目標ですが、組込みの観点から言うと、私も大学で組込みのプロジェクトをやったことがあります。非常につかみどころのない話が多くて、組込みの定義は何かという話があって私もやりにくい覚えがあります。例えば今回のその話で一つ思うのは、videoの部分とrefの部分がある程度独立してしまっているようなところがあって、videoのところはアプリケーション・オリエンテッドで、あれこそ組込みの典型だと思えば、そのアーキテクチャが分かれるような形よりも、もう少し寄り添うような形で終結しても良かったのではないかと思います。

もう1点、低消費電力に関しては、やはりコアを使わなければ休めるという話は何となくまだまだという感じなので、メニーコアならではの課題点、あるいは低消費電力技術、休むところもそうですが、たとえばこれからのテクノロジーを利用してオンチップをやる。先ほどのvideoとの比較から言うと、隣とのコミュニケーションをうまくやれば低消費電力になる等、そういったところをもう少しやっていただければよかったのではないかと思います。

当社比でコアの消費電力が下がるというよりも、全体としてアーキテクチャとして下がるという観点が必要だったと思います。そういった意味では、今から言ってもしょうがないのですが、やはりお

金をかけてレイアウトしてもらって、物を作るまでは行かないけれど CAD あたりで見積もってもらうくらいのところでやったほうが、FPGA を作るよりも低消費電力の観点からはエビデンスとして示せる効果が大きかったのではないかと思います。

**【猪飼委員】** 今日はどうもありがとうございました。私は今日の話の中ではほとんどユーザ視点でコメントさせていただきました。私も社内ではどちらかと言うとマイコンや半導体寄りの立場にいて、システムの人たちは私が今日言った以上に厳しい問題を投げかけてきます。3年で30倍の性能、あるいは今日の画像認識のところで行くと、消費電力はカメラシステムとして1~2Wに収めなくてはならないなど、結構厳しいところで性能向上だけを期待されます。したがって、そういうところの技術開発をしっかりとやっていただきたいというのが一つです。

世の中はどんどん進んでいて、ベンチマークという言葉も途中で言いましたが、その中でも汎用性はキーワードとして私はすごく期待をしています。ただ他社事情で見ると、結構ヘテロジニアスで、いろいろなものをぶち込んで性能を上げてくるというスタイルと、実はもう車にもFPGAを使ってきて、そちらの効果が出るのではないかと、コンペティターがたくさんあるところなので、そのへんを見越して何年先の技術であるということ目標等もきちんと設定することをお願いしたいと思います。

あともう一つは、やはり国の絡むプロジェクトですので、国の半導体事業をもう少ししっかりやってほしいと思っています。そこに打ち込んでいく技術として何かやってほしい。このまま行くと、はっきり言って日本の半導体は大丈夫なのかと心配です。我々は今、立場的にも、供給というところをすごく心配していますので、コアとなる技術を持って世界と戦っていかないといけない。そういうところで今日のような話をすごく期待したいと思っていますので、よろしく願いいたします。

**【今井分科会長代理】** いろいろ厳しいコメント等もしましたが、私自身、いままでNEDOのプロジェクトに実施の立場で参加させていただいたり、あるいは逆に評価する立場で参加させていただいたり、両方の立場が見えるので、余計に厳しいことを言ったのではないかと思います。

まず先ほど猪飼委員がおっしゃいましたように、NEDOがこういう半導体系のプロジェクトに補助金を出していただくことは、私自身の研究のドメインから考えると、非常にありがたいことです。以前に実施者の立場で参加させていただいたときも、やはり低消費電力化をメインに置きましたが、こういうLSIをつくって低消費電力化を1/10にすることはなかなか難しいことだと思います。しかし低消費電力化というキーワードなので、悪く言うとそれに合わせて作文をしないといけないし、それできちんと成果も出さないといけない。そういう制約条件の下で助成をしていただけたということなので、それは覚悟の上でたぶん研究をされたと思います。

ただ、低消費電力化と高性能化は相反する要求になっていて、両方をきちんと達成することはなかなか難しいし、むしろ両方と言うとターゲットを絞りにくい面もあるかと思います。組込みがすごく漠然とした世界なので、画像処理という応用も組込みの一つの重要なアプリケーションで、それについてうまく行ったことを示されたことは非常に良かったと思います。

2年半であれもこれも全部やれというのはもともと無理な話だと思いますので、ぜひとも今後こういう組込みの世界、マルチコアやメニーコアというキーワードで言われるようなアーキテクチャの世界、あるいはお昼の雑談の中でこれから半導体会社はどうするのかという話がありましたが、ひょっとしたらモア・ムーアだけではなくて、モア・ザン・ムーアの世界もあるかもしれませんし、新しいアプリを考えていくことがもう一つの重要な視点ではないかと思います。

そういう意味で今回は非常に限られた時間と、もちろん予算をちゃんと取っていただけたことはすごくありがたいことだと思いますが、いろいろな制約の中で皆さんがすごく頑張ってくれたところは評価したいと思います。いろいろ失礼なことをたくさん申し上げたと思いますがお許しください。

【中島分科会長】 要するにメニーコアが、特にコンピュータ、サーバではどれだけのソリューションになっているのだというところは、皆さんたぶんすごく気になっておられると思います。井上准教授達がやられた 128 コア、MIPS で、サブワットでこんなに速いということは、疑うわけではありませんが、そのグッドニュースが本当にちゃんとグッドニュースになっているのか。

それが本当にグッドであって、たとえばトプスシステムズ社の話のような制約条件の下においてなのか、それとも井上准教授が実施したように、比較的普通のコアを、少し繋ぎ方を工夫してやればいいのか。そのへんが見えた後で、フィックスターズ社の出番がある。それで今度はどうやってソフトを開発するのか。だからそもそもメニーコアは、組込みの定義がまた難しいとは思いますが、サーバではない、PC でもない、という分野で、ソリューションになっているのか。これはもちろん日本だけではなくて、世界的にも、実はこれしかコンピュータサイエンスとして生きていく方法はなく、ほかにはやりようがない。では「こういうやり方だったら」というのをもう少し具体的に示していたければ、○印の数も多かったのではないかと思います。

もちろんフィックスターズ社、トプスシステムズ社はこれからもこの線に沿ってご商売をされると思いますが、各社の皆さんにはそういう観点で、たとえば 10 年後でも 5 年後でも結構だと思えますが、1W でこれだけのことができる、そういうわかりやすい絵をインダストリーのほうに発信する。それは研究を通じていろいろなことができると思います。チップ関係者がいなくてもできることはあると思いますので、よろしくお願ひしたいと思います。

また、推進者、実施者から次のようなコメントがあった。

【岡田（推進者）】 長時間にわたり、叱咤も含めて激励もあったと私は思っておりますが、コメントをいただきまして大変ありがとうございます。

ご存じの方もいらっしゃると思いますが、NEDO はこれまでどちらかと言うと、電子材料部と言っているぐらいですから、ハードを中心にやってきたという経緯があります。以前、別の独法で IPA がソフトウェアの技術開発をやっていたので、ハードとソフトは別々で進んでいた部分がありました。IPA では、これからはソフトウェアの技術開発はやらないということで、NEDO でハード・ソフト一体で技術開発をやっていくわけですが、このメニーコアの課題もハード・ソフト一体で推進することが、半導体戦略上きわめて重要だと思っています。

メニーコアについては、今回は 2 年ちょっとという短い期間の中でアーキテクチャとコンパイラ、どちらかと言うとメニーコアの利用環境整備を目指したわけですが理論と実践の整合が難しい部分がありました。ただ、限定的にはなると思いますが、メニーコアの画像処理の面において、メニーコアの有効性の一部は示せたのではないかと思います。

今後のことですが、NEDO 電材部では 20 弱のプロジェクトを推進していますが、PDCA を回していくことが重要だと思っております。鈴木委員が先導研究とおっしゃいましたが、やはりこの 2 年ちょっとという限られた成果ではありますけれども、その次の半導体戦略でメニーコアをどう位置付けるかが非常に重要だろうと思っています。メニーコアの時代はまだこれからであり、やるべきことがたくさんあって、決してこれでもう終わりということではないと思っています。

半導体戦略については、経済界も次世代半導体の戦略を出そうとしていますし、われわれ NEDO としても半導体のロードマップを今年度整理しようとしています。その中でこのメニーコアをきちんと位置付けて、次のプロジェクトをつくっていきたいと思います。では次はこういうことをやったら良いということをぜひ評価のコメントの中に期待を込めて書いていただけると、叱咤激励になって、私どもとしては仕事が進めやすくなります。ただ駄目と言わずに、こういうことをやるべきだという

観点でコメントをいただければありがたいと思っています。今後ともご指導のほどをどうぞよろしくお願い申し上げます。

**【井上(実施者)】** 2年3カ月という期間を私も口に出してしまいましたが、やはり決められた期間で目標設定をして、計画を立てるのがプロジェクトリーダーの私の責任ですので、そこがうまく行っていなかったことはひとえに私の力不足だったと反省しています。

ただ我々も実用化というところのとらえ方を少し間違ってしまったのではないかという気もしております。先ほど高井主査から説明がありましたが、プロジェクトが終わってすぐに実用化、やはり将来を見据えてというところがあったときに、反省材料としては、最後に中島分科会長からコメントをいただきましたけれども、本質的なところを少し見失いつつあったのではないかということです。本当にメニーコアで何ができるのか等の境界条件をきちんと示すところに力を割くことを、少し怠ってしまったのではないかと反省しています。

今日、私は激励しかもらっていないと理解しておりまして、今日いただいたコメントをぜひ次に繋げていって、我が国の半導体産業をぜひ復活させたいと思います。今後ともぜひよろしくお願い申し上げます。本日はどうもありがとうございました。

**【中島分科会長】** どうもありがとうございました。それでは実施者・推進者の皆様、もちろん評価委員の皆様、約4時間半の長丁場になりましたが、どうもありがとうございました。今日の貴重なディスカッションを踏まえて、我々のほうで、まずは評価の案を作らせていただきますので、よろしくお願いいたします。あと、我々はいただいている資料と今日のプレゼンをベースに評価するわけですが、わからないところ等が出てくると思いますので、そのへんはできる範囲でお答えをいただきたいと思います。それではどうもありがとうございました。

## 9. 今後の予定

## 10 閉会

## 配布資料

- 資料 1-1 研究評価委員会分科会の設置について
- 資料 1-2 NEDO 技術委員・技術委員会等規程
- 資料 2-1 研究評価委員会分科会の公開について (案)
- 資料 2-2 研究評価委員会関係の公開について
- 資料 2-3 研究評価委員会分科会における秘密情報の守秘について
- 資料 2-4 研究評価委員会分科会における非公開資料の取り扱いについて
- 資料 3-1 NEDO における研究評価について
- 資料 3-2 技術評価実施規程
- 資料 3-3 評価項目・評価基準
- 資料 3-4 評点法の実施について (案)
- 資料 3-5 評価コメント及び評点票 (案)
- 資料 4 評価報告書の構成について (案)
- 資料 5-1 プロジェクトの説明
- 資料 5-2 事業原簿 (公開)
- 資料 6-1-1 プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
  - ・株式会社トプスシステムズ
- 資料 6-1-2 事業原簿 (非公開)
  - ・株式会社トプスシステムズ
- 資料 6-2-1 プロジェクトの詳細説明 (非公開)
  - 実用化・事業化に向けての見通し及び取り組みについて
  - ・株式会社フィックスターズ
- 資料 6-2-2 事業原簿 (非公開)
  - ・株式会社フィックスターズ
- 資料 7 今後の予定

以上