

平成18年度 新規委託研究  
「全光パケットルータ実現のための  
光RAMサブシステムの研究開発」

研究計画書



## 1．研究テーマ

「全光パケットルータ実現のための光 RAM サブシステムの研究開発」

## 2．研究開発の目的

我が国においては、「e-Japan 戦略」の5年間を経て、ブロードバンドインフラの整備と利用の広がりにおいて世界最高水準となり、また、技術レベルに関しても世界最先端の環境を達成した。更に、将来のブロードバンドインフラとしては、地理的に離れた複数のユーザ間で数百 Gbps の高速大容量通信が必須となると予想されている。

しかしながら、現在のバックボーン回線のノード間リンクはほぼ光化されているが、ノード内のルータなどは光と電気によるハイブリットシステムが使用されており、将来の高速大容量化のボトルネックとなると懸念される。即ち、ルータにおいても光化を推進し、ユーザからユーザまでを全て光で結んだ全光ネットワークを実現することが求められる。

これに対し、平成 18 年 1 月の「IT 新改革戦略（IT による日本の改革）」において、「次世代の IT 社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組みが求められている」として、研究開発が政策目標として掲げられている。

本研究開発は、次世代の IT 社会の基盤として重要なブロードバンドインフラの革新を目指し、全光ネットワークの構成要素のひとつである全光パケットルータの実現を目指し、光 RAM(Random Access Memory)サブシステムの研究開発を行なう。

これにより、2015 年頃の実現が想定される全光ネットワーク基盤の構築に向け、我が国の戦略的な研究開発の一翼を担うことを目的とする。

## 3．研究開発期間及び予算

研究開発期間：平成 18 年度から平成 22 年度までの 5 年間。

予算：平成 18 年度は 300 百万円程度を上限とする。

なお、平成 19 年度以降の予算については未定ではあるが、提案を行う前提として、平成 19 年度以降の予算については平成 18 年度提案額と同額或いは未満の金額で提案を行うこと。

## 4 . 研究開発課題

### 課題全体の概要

現在、全光パケットルータのキーコンポーネントとなる光バッファメモリ（光 RAM）は材料、製作法を含め、実用にたる技術は確立していない。本テーマでは、全光パケットルータ用光 RAM サブシステムの実現のため、動作原理の解明を含めた光 RAM 単位素子の技術を確認し、更に周辺技術の開発及び全光パケットルータ構成法の検討を基に光 RAM サブシステムを試作し、全光パケットルータ用バッファメモリサブシステムとしての動作確認を行なう。

なお、材料（媒体）、光 RAM 単位素子、および光 RAM サブシステムの構成要素の選択では、ナノ加工技術による光集積化技術などを考慮し、小型化・低消費電力化などを旨とする。

また、研究開発に当たっては、PDCA サイクル（Plan-Do-Check-Action サイクル）を活用した研究開発プロセスを採択する。具体的には、関連する技術動向やシステム動向を常に把握し、研究開発する光 RAM 単位素子 / 光 RAM サブシステムの位置づけを明確にすることにより、（必要であれば）研究開発内容の変更を行なう。

下記3つの課題を設定し、それぞれの課題についての研究開発を実施する。ただし、現時点では課題ア及び課題イに対応可能な技術が定まっていないため、公募審査の結果、複数の技術を並行して研究開発することもあり得る。（ただし、その場合でも本テーマの上限金額に変更はない。）

課題ア：光 RAM 単位素子の開発

課題イ：光 RAM サブシステムの開発と基本動作の実証

課題ウ：全光パケットルータの構成等の検討・評価

### 課題の具体的内容

#### 課題ア：光 RAM 単位素子の開発

本課題では、バッファ量が単位素子単位で読み書き可能で、遅延時間を任意に設定することができ、かつ小型化が可能な光 RAM 単位素子の媒体の選択を含む研究開発を行い、光 RAM 単位素子としての基本動作を確認する。なお、光 RAM 単位素子の候補となる技術については「フォトリソグラフィを用いた光双安定素子」、「マイクロリング共振器型」などが想定される。

### **課題イ：光 RAM サブシステムの開発と基本動作の実証**

課題アにおいて開発された光 RAM 単位素子と周辺技術とを組み合わせた光 RAM サブシステムを開発し、基本動作を確認する。周辺技術の課題には最小限、以下を含むものとする。

#### 1) 光アドレス

光 RAM のアドレスを指定するアドレスの研究開発を行なう。

#### 2) 光インタフェース

光アドレス(の出力)により指定単位素子への書き込み/読み出しを行う光インタフェースを開発する。

#### 3) 制御光パルス列発生器

光 RAM サブシステムで使用する制御用の光パルス発生器の研究開発を行なう。

### **課題ウ：全光パケットルータの構成法の検討・評価**

2015 年頃までに全光パケットルータを実現するための、光パケットルータの構成法を検討し、またシミュレーションなどによりその評価を行い、その結果を課題ア及び課題イにおける PDCA サイクルに反映させる。

## 5. 研究テーマ選定の背景、研究開発の必要性及び他で実施されている類似研究との切り分け、標準化動向

### 1) 研究開発テーマを取りまく現状

u - J a p a n構想を踏まえ、『21世紀ネットワーク基盤技術の研究開発戦略「ICTの新パラダイムを創生」』（総務省 21世紀ネットワーク基盤技術研究推進会議 報告書、平成17年7月）では、次世代フォトニックネットワークの研究開発課題の「要素・基盤技術」として、光パケット交換技術、光RAMサブシステム、超高密度光周波数多重通信方式などが挙げられている。また、平成18年1月のIT戦略本部の報告書「IT新改革戦略（ITによる日本の改革）」において、「次世代のIT社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組みが求められている」として、IT社会の基盤を構築するための研究開発の重要性が述べられている。

諸外国では、米国では例えば DARPA (Defense Advanced Research Project Agency)の DOD-N (Data in the Optical Domain Network)プロジェクトを始め、フォトネットワークの個別の要素技術に主眼を置いた多くの研究開発プロジェクトが進められている。また欧州では、IST (Information Society Technology)プログラムを実施しており、フォトニックネットワークから光信号処理まで、要素技術を含めて幅広く検討が進められている。更に、中国では873プロジェクトに於いて、光パーストスイッチング、光メモリなどの研究開発が行なわれている。

一方で、次世代フォトニックネットワークは2015年頃の実現を想定したものであり、その基本的技術である全光パケットルータ用光RAM(サブシステム)に関しては、RAM単位素子の媒体、単位素子構成、サブシステムの構成方法・実現法とも多くの不確定性を有しており、当該領域において、標準的な技術は世界的にもいまだ体系化されていない。

### 2) 研究開発の必要性

本研究開発は、「次世代のIT社会の基盤を構築するため、戦略的な研究開発に対する一層の取り組み」（IT新改革戦略（ITによる日本の改革））の政策目標の達成に資する研究開発である。しかしながら、既に述べたように、本研究開発は、2015年頃の次世代フォトニックネットワークでの利用を想定したものであり、研究開発の不確定性、リスクが極めて大きい。

すなわち、本研究課題は世界に先駆けたユビキタスネットワーク社会を実現する上でキーとなる要素技術であり、かつ研究開発リスクが大きいものと位置づけられ、国として率先しての研究開発が必要である。

### 3) 他で実施されている類似研究との切り分け

情報通信研究機構では、課題アの光 RAM の基礎的研究として、All-optical Switching and Memorizing Devices Using Resonant Photon Tunneling Effect in Multi-Layered GaAs/AlGaAs Structures(情報通信研究機構、平成 16 年 4 月発表)

ナノ技術を活用した超高機能ネットワーク技術の研究開発(総務省、平成 16 年度～平成 20 年度)を行なっている。また、課題イの光 RAM サブシステムの関連研究として、

テラビットルータに向けた高速信号処理用光モジュールの開発(情報通信研究機構、平成 14 年度～平成 15 年度)が実施され、高機能フォトニックノード技術の研究開発(情報通信研究機構、平成 17 年度～平成 21 年度)が実施されている。

以上述べた類似研究開発を踏まえ、本テーマは以下のように位置づけられる。

- ・従来の光バッファは、例えば、長さの異なる複数の光ファイバを組み合わせる方式による遅延機能を活用した研究が進んでいるが、遅延時間の任意設定などに対応できない。また固体光メモリ素子についても研究が進められているが、アドレッシングまで考慮した研究は例が少ない。
- ・一定の研究開発領域を規定しているが、半導体量子ドット構造やフォトニック結晶構造に囚われることなく、より広い可能性を検討する。
- ・すなわち、本テーマでは、2015 年頃の実現が想定される全光ネットワーク基盤の構築に向け、全光パケットルータ用の光 RAM という標準的な技術が体系化されていない領域に対して、実用化を強く意識しつつ、研究開発の自由度を大きく設定した委託研究開発である。

### 4) 標準化の動向

光を用いてパケットをルーティング(スイッチング)する方式として、例えば GMPLS (Generalized Multi-Protocol Label Switch)が IETF (Internet Engineering Task Force)で標準化作業中であるが、GMPLS は光電変換を前提としている。全光パケットルータに関する標準化は行なわれていない。

## 6 . 研究開発の到達目標

研究開発の到達目標を以下とする。

### 前提条件

- ・ バッファ量が光 RAM 単位素子単位で読み書き可能かつ遅延時間を任意に設定できること
- ・ 1M ビット相当程度の容量を 2015 年頃までに実現可能な方式であること
- ・ PDCA サイクルを活用し、研究開発内容の位置づけを明確にし、研究開発に適時、反映させること

### 課題ア：光 RAM 単位素子の開発

平成 20 年までに 1 単位素子動作、平成 21 年までに 4 単位素子動作を実証すること

### 課題イ：光 RAM サブシステムの開発と基本動作の実証

- ・ 平成 22 年年までに、8 単位素子以上、スループット 40Gbps 以上に対応した光 RAM サブシステムの動作を実証すること
- ・ 実用化を目指すため、低消費電力動作とすること

### 課題ウ：全光パケットルータの構成法の検討・評価

- ・ 全光パケットルータの構成方法，ルータ性能の評価法を確立すること
- ・ 課題ア及び課題イにより開発される光 RAM サブシステムを実用性の視点より評価し、PDCA サイクルを推進すること

## 7. 期待される波及効果

### 1) 類似研究開発面に期待する波及効果

光 RAM はまだ研究段階であり、実用的な方式が見定められていない。多様な方式を検討することにより、半導体量子井戸やドット構造、フォトニック結晶などの光物性に関する研究開発やナノ加工技術など幅広い研究開発への波及効果が期待できる。

### 2) 実用化面に期待する波及効果

光 RAM サブシステムは低消費電力で全光ネットワークを実現するための最大のボトルネックである。これを実現することにより、全光ネットワークの実用化が加速される。

### 3) 標準化活動面に期待する波及効果

全光パケットルータへの応用が可能な光 RAM を世界に先駆けて開発することにより、全光パケットルータの使用を前提とした標準化活動に大きなインパクトを与え、全光ネットワークの標準化を加速すると期待される。

## 8. 研究開発スケジュール

本研究テーマの研究開発期間は、平成18年度から平成22年度までの5年間であり、スケジュールは概ね以下のとおりである。

	18年度	19年度	20年度	21年度	22年度
		中間評価 ▼		中間評価 ▼	
課題ア： 光RAM 単位素子の開発	→				▲
			▲ 1 単位素子 動作	▲ 4 単位素子 動作	
課題イ： 光RAM サブシステムの 開発と基本動作の実証	→				
課題ウ： 全光パケットルータの 構成法の検討・評価	→				