

研究開発課題名 : 0159-0150(105101002)

# 超低消費電力光IPルータ基本技術の研究開発

研究開発分野 地球環境保全(地球温暖化対策技術)

研究期間 平成22年度～平成24年度

平成25年10月1日

千歳科学技術大学

山林 由明 小林 壮一 福田 誠 小田 久哉

秋田大学大学院

行松 健一

(株)トリマティス

及川 陽一 岩井 英法

フォトニックサイエンステクノロジー(株)

藤井 雄介 須田 俊央 梶川 泰典

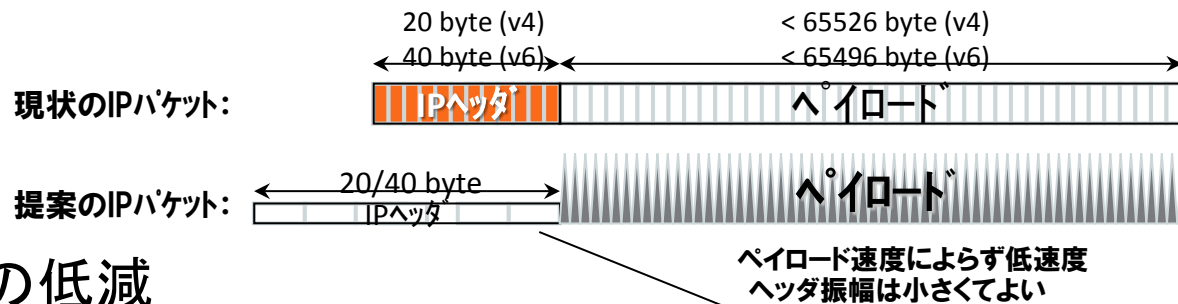
# 目的と特徴

背景: 膨張を続けるトラフィック需要を満たすためにIPルータでの消費電力が爆発的に増大、将来の電力供給を圧迫することが懸念される。

目的: 超低消費電力光IPパケットルータを実現することで消費電力の増加傾向を根本的に改善。

## • 迂回ルーティングに関して

- IPヘッダとペイロードのビット速度を分離 (ただし、同一波長)
- IPヘッダは**低速での電子的処理**、ペイロードは**高速の光パルスのまま光スイッチする**
- ヘッダとペイロード分離・合流には光技術を適用し、ビットレート依存性を排す



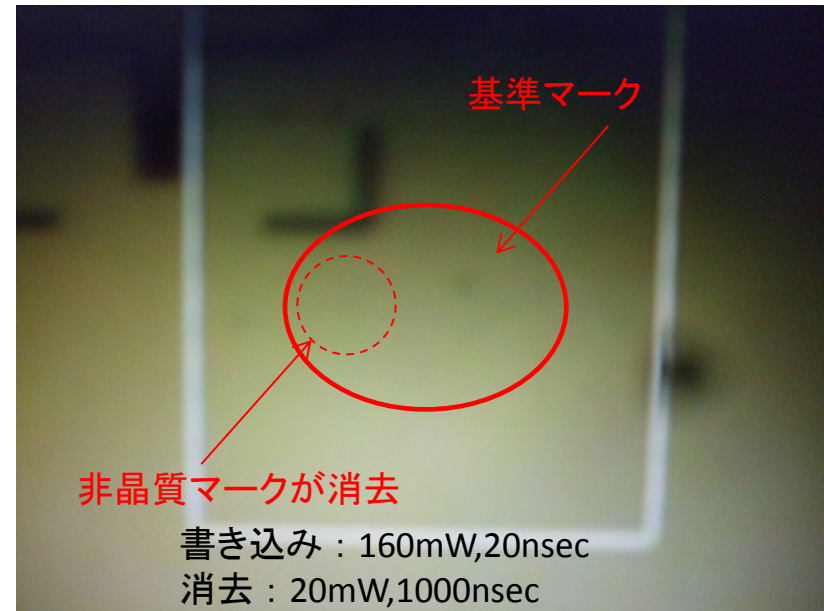
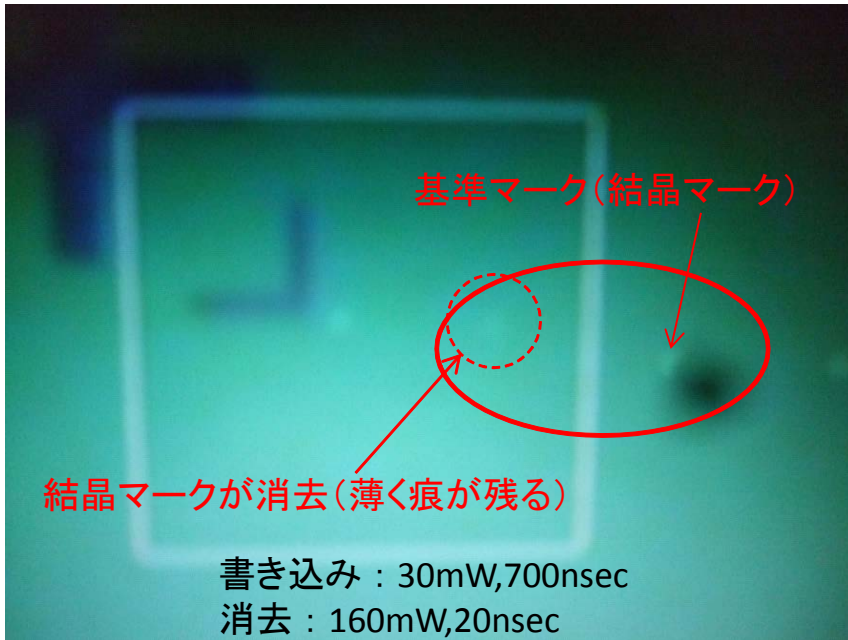
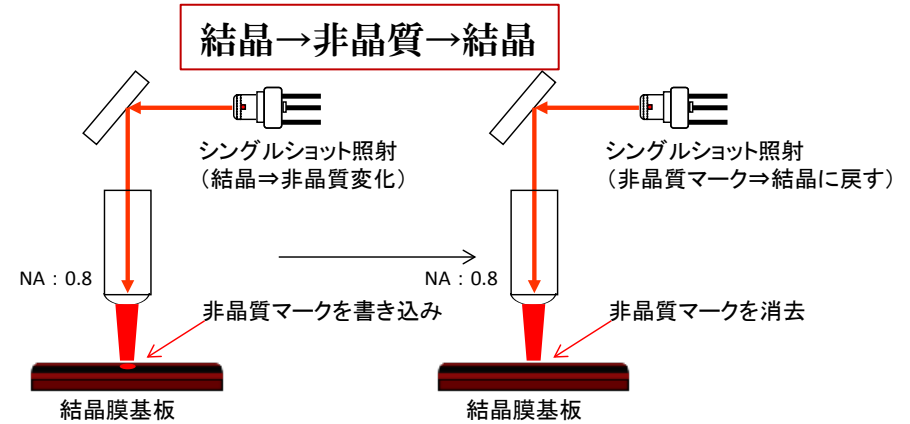
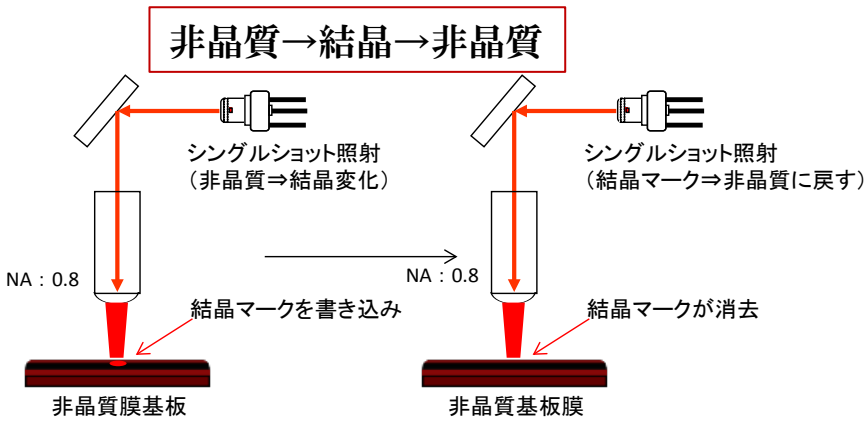
## • IPルーティング消費電力の低減

### – 自己保持型光スイッチによりパケット単位のスイッチング

- ビット毎⇒パケット前後のスイッチング→電力消費タイミングが大幅低減
- ナノ秒クラスの切り替え速度必要・・・TO-SWや機械式は不適

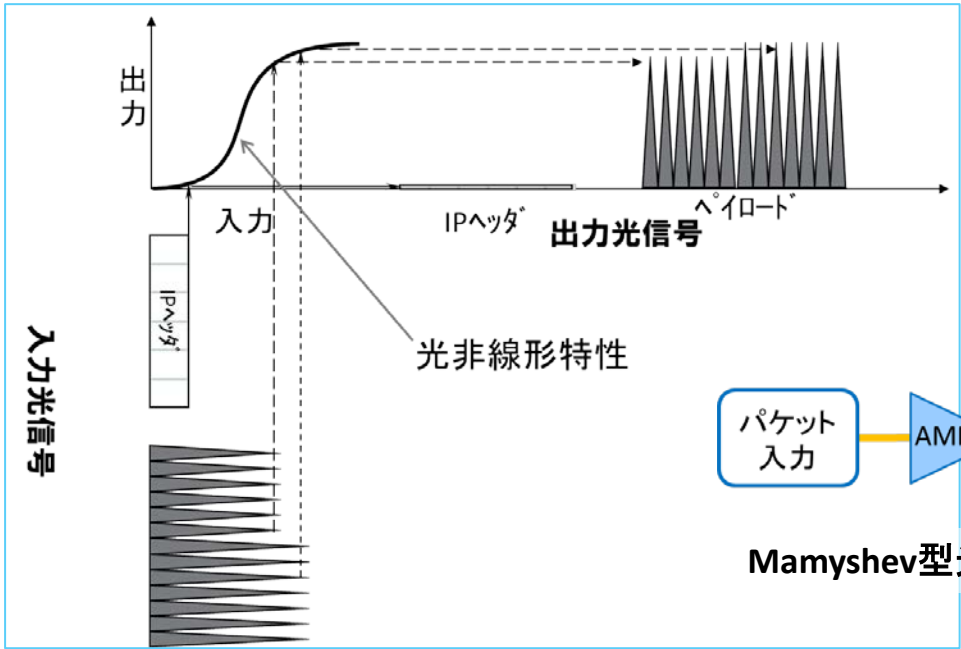
# 相変化型光スイッチの開発

## ■ $\text{Ge}_2\text{-Sb}_2\text{-Te}_5$ 膜の相変化を確認

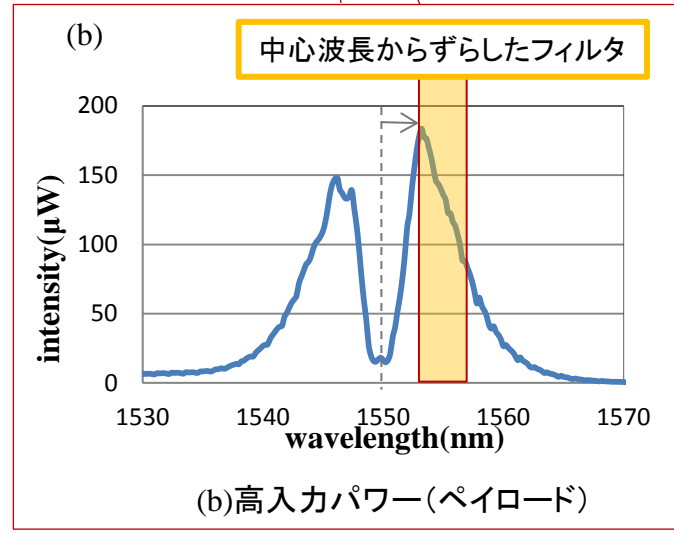
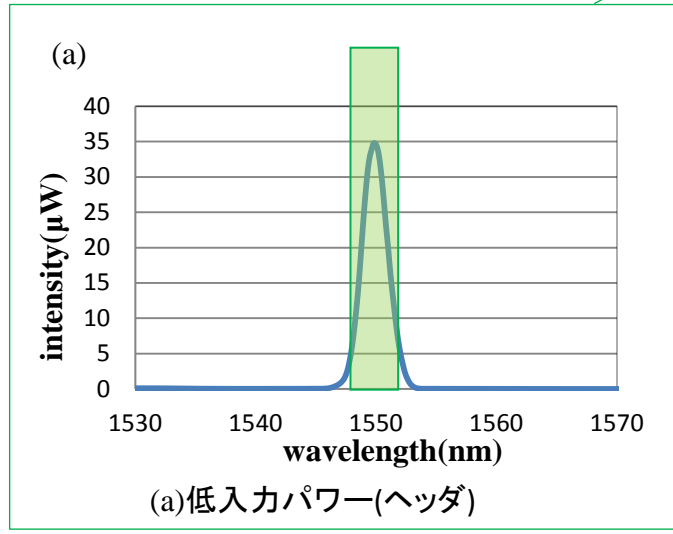
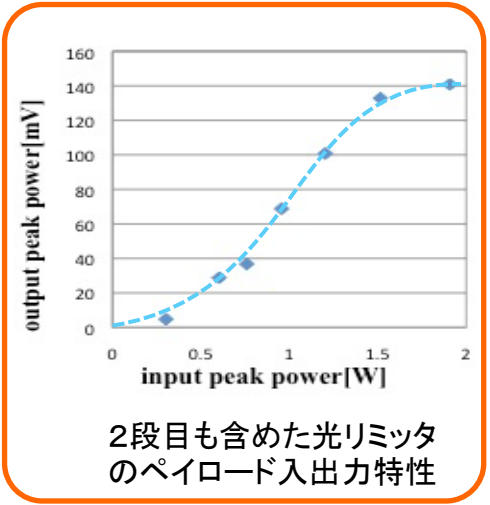
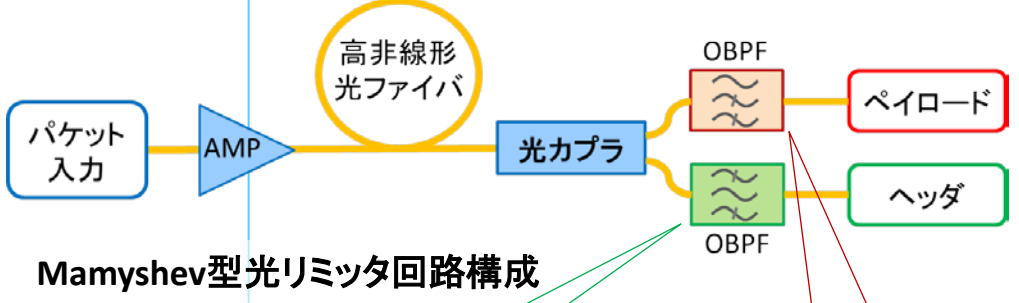


**結果：自己保持型光スイッチの開発は「途上」(未達)**

# 光リミッタ回路の構成と結果



- 光非線形回路を用いて
- IPヘッダとペイロードを分離
  - ペイロードの振幅雑音を低減



# プロトタイプ試作による実証に成功

- 市販のセラミクス光スイッチで2x5スイッチ網と迂回ルーチング方式の制御回路を試作した。
- これに入力した低電力(1 Gbps)ヘッダと高電力(10 GHz)ペイロードを非線形光学的に分離し、ヘッダ情報に基づいてスイッチ動作を行わせることに成功した。
- IPパケットの物理実装を見直すことで1/10以下の消費電力も可能

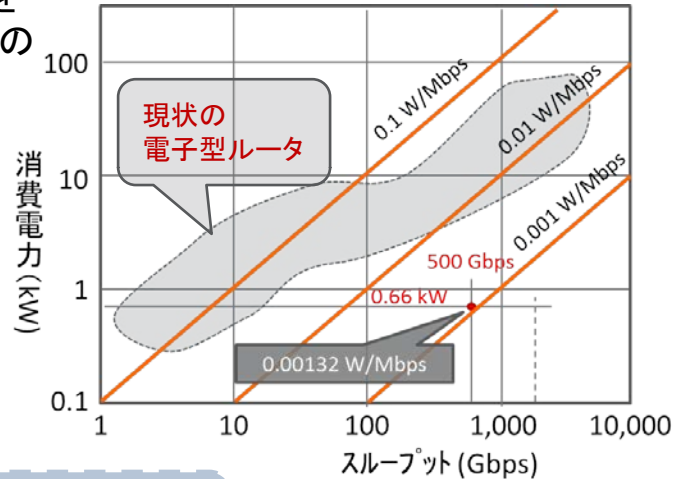
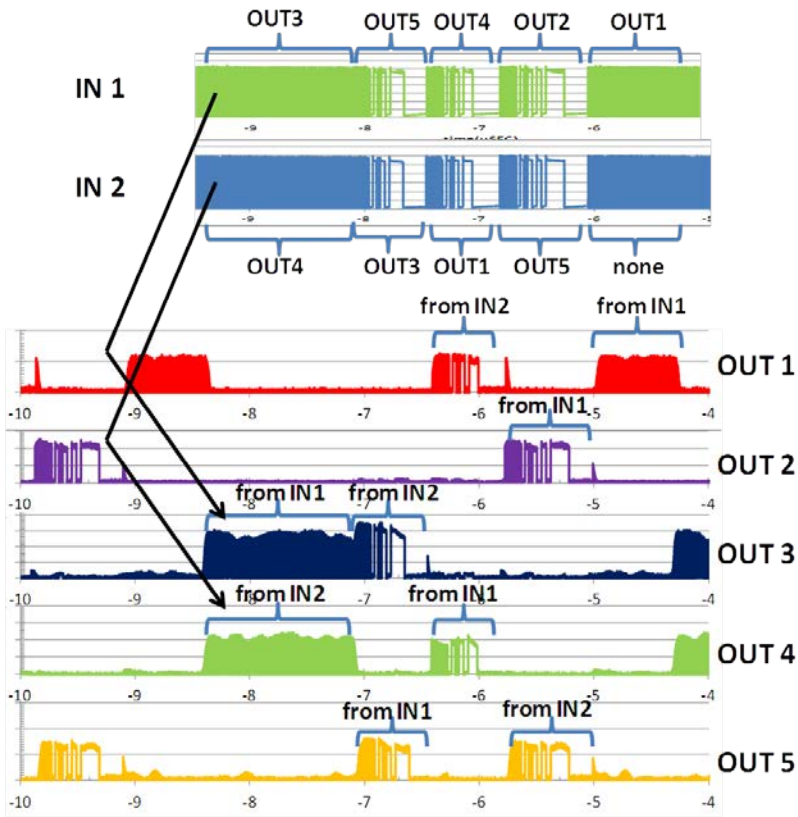
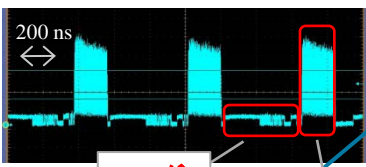


図 電子型ルータの消費電力傾向と本試作機の比較

低電力(1 Gbps)ヘッダと高電力(10 GHz)ペイロード



Mamyshev 型光リミッタ

光増幅器

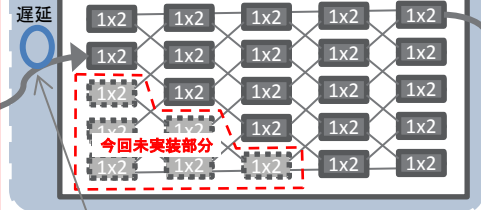
非線形光ファイバ (500 m)

波長可変光BPF\*

光カプラ

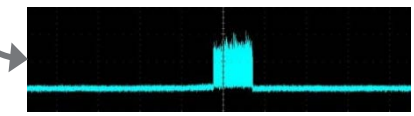
波長可変光BPF\*

ヘッダ受信 → スwitch制御

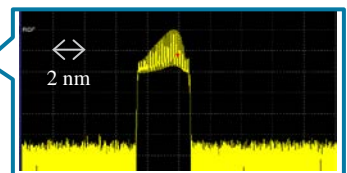
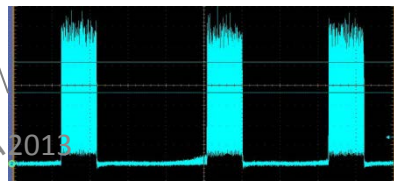
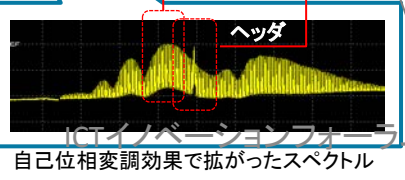
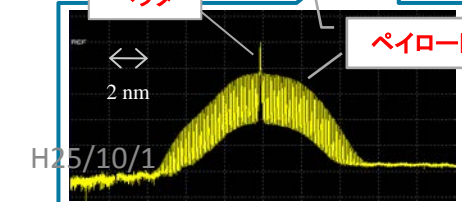


遅延

ペイロード



ヘッダ情報を除去し、切り替えられたペイロード(新たにヘッダを付加し次段ノードへ送信する)



\*) BPF:帯域通過型フィルタ



# まとめ

- 相変化媒質を利用した自己保持型光スイッチに関しては、原理提案にとどまり、実現には至らなかった。
- ほぼ同等の低電力特性をもつ市販の光スイッチを用いたプロトタイプ(2×5)は試作に成功
  - ヘッダ(1 Gbp)とペイロード(10 Gbps)の分離、ヘッダ情報に基づく切替実験に成功した。
  - 現状の商用ルータとの比較では、1/10の低消費電力化は示すことができたが、パケットを40 Gbps以上にすることで同じ消費電力で4倍の処理容量も実現できる。
  - 迂回ルーチングの欠点である伝送路利用効率とパケット廃棄率のトレードオフについても、数パケット分のメモリがあれば大幅に緩和されることを計算で明らかにした。
- 今後、より実用機に近い機能を持つ光パケットルータの試作検討が期待される。