

課題番号	GR013
------	-------

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)
実施状況報告書(平成 24 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	グリーン ICT 社会インフラを支える超高速・高効率コヒーレント光伝送技術の研究開発
研究機関・ 部局・職名	東北大学・電気通信研究所・准教授
氏名	廣岡 俊彦

1. 当該年度の研究目的

超高速光伝送の高度化への取り組みとして、光ナイキストパルスによる超高速光信号の高密度化ならびにコヒーレント光パルスとその多値伝送による伝送効率の拡大を図る。まず、23年度に新たに提案した光ナイキストパルスを用いて、従来技術よりも狭い周波数帯域で単一チャンネルテラビット伝送を行い、超高速光パルス伝送の高効率化ならびに波長分散、偏波分散に対する耐性を向上させる。一方、コヒーレント光パルスを用いた RZ/QAM 多値伝送に関しては、シンボルレート的高速化 (80→160 Gsymbol/s)により、単一チャンネルテラビット伝送が 1/10 の低いシンボルレートでも実現できることを実証する。

2. 研究の実施状況

(a) 光ナイキストパルスを用いた超高速長距離光伝送

24年度は、光ナイキストパルスを用いることにより、超短光パルス伝送にとって障害となる波長分散および偏波分散に対する耐性が大幅に向上されることを明らかにした。まず、伝送速度 160 Gbit/s で 525 km 伝送させた後の信号波形とその誤り率特性を従来のガウス型パルスと比較した結果を図 1 に示す。ガウス型の場合は僅かな波長分散によっても波形が大きく歪み誤り率が著しく劣化するのに対し、ナイキストパルスは分散の影響が小さいことが判る。次に、パルス幅の狭窄化と偏波多重の導入により伝送速度を 1.28 Tbit/s に高速化し、その 525 km 伝送実験を行った。このような超高速伝送においては、偏波分散による偏波多重チャンネル間のクロストークが伝送性能を劣化する支配的な要因となることが知られている。ガウス型パルスとナイキストパルスで 525 km 伝送後のクロストークを比較した結果を図 2 (a)に示す。ナイキストパルスではガウス型と比べてクロストークが 4 dB 改善されていることがわかる。両パルスに対し 1.28 Tbit/s-525 km 伝送後の誤り率特性を比較した結果を図 2 (b)および(c)に示す。ナイキストパルスでは偏波多重に伴う性能劣化が大幅に抑えられており、本光パルスが超高速長距離伝送の高性能化に大変有効であることがわかる。

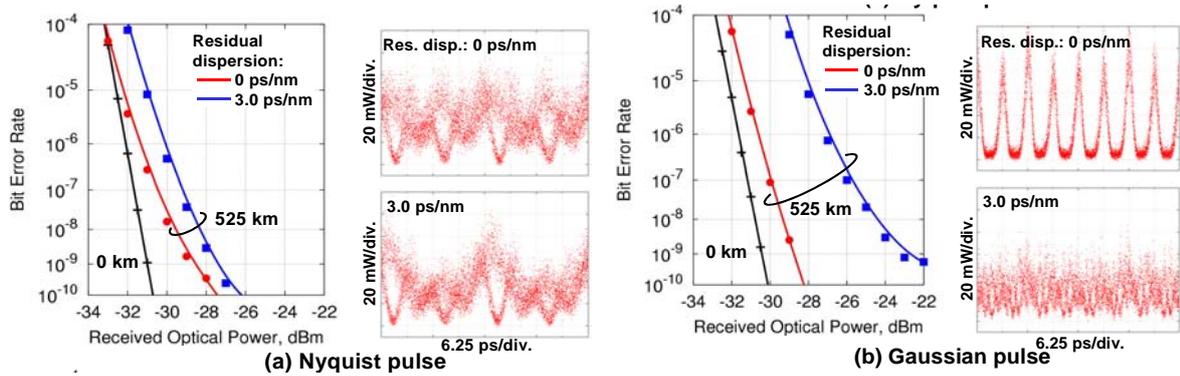


図1 525 km 伝送後の誤り率特性と 160 Gbaud OTDM 信号波形。(a) ナイキストパルス、(b) ガウス型パルス

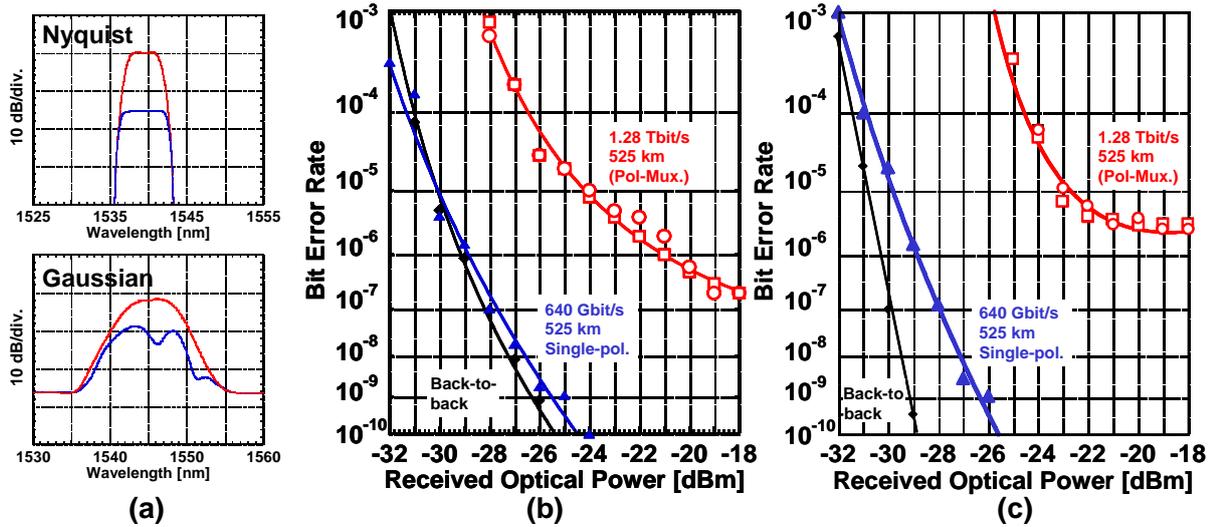


図2 1.28 Tbit/s-525 km 伝送実験結果。ナイキストおよびガウス型パルスの偏波間クロストーク(a)、ならびにナイキストパルス(b)およびガウス型パルス(c)の誤り率特性。

(b) 1.6 Tbit/s コヒーレント OTDM-32 RZ/QAM 伝送

コヒーレント RZ パルスの多値変調による超高速・高密度伝送に関しては、これまでにシンボルレート 80 Gsymbol/s、多値度 32 により 800 Gbit/s-225 km 伝送を実現している。本年度は、シンボルレートを 160 Gsymbol/s まで拡大し、且つ周波数領域等化法と呼ばれる歪み補償用デジタル信号処理を新たに導入することにより、容量 1.6 Tbit/s の信号を 150 km 伝送することに成功した。その結果を図3に示す。本伝送では単一チャンネルで 1.6 Tbit/s の伝送容量を 160 Gsymbol/s のシンボルレートで実現しており、超高速伝送を 1/10 という高い効率で実現している。今後、伝搬に伴う波形歪みを逆伝搬法などを用いて補償することにより、伝送特性のさらなる改善が期待される。

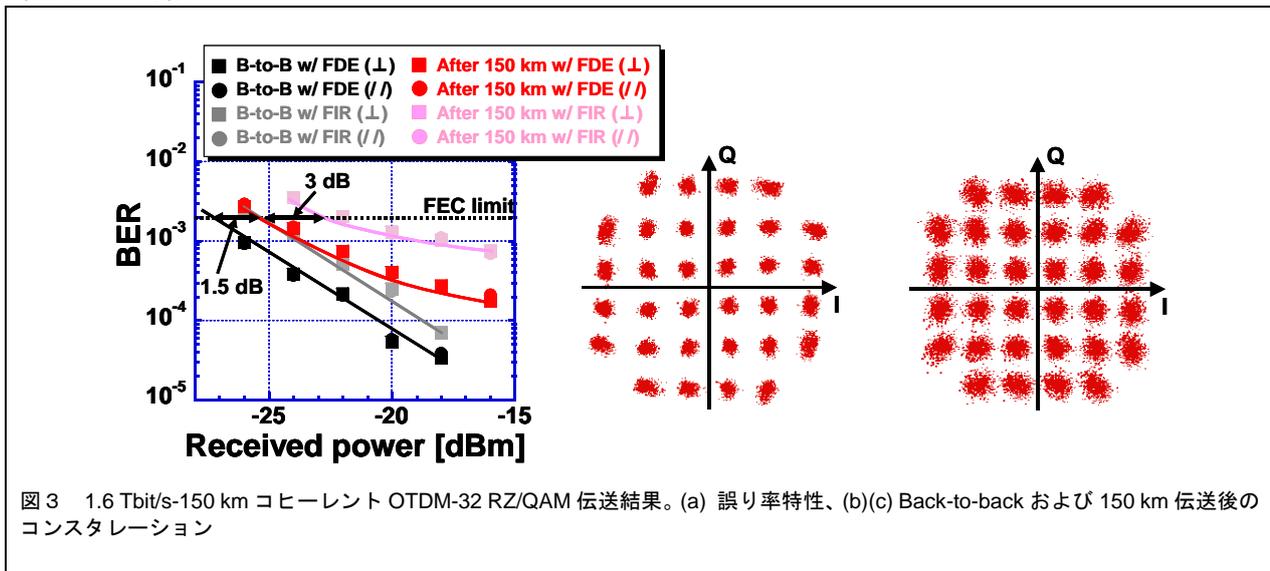


図3 1.6 Tbit/s-150 km コヒーレント OTDM-32 RZ/QAM 伝送結果。(a) 誤り率特性、(b)(c) Back-to-back および 150 km 伝送後のコンスタレーション

3. 研究発表等

<p>雑誌論文</p> <p>計 3 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 3 件</p> <p>[1] T. Hirooka, P. Ruan, P. Guan, and M. Nakazawa, "Highly dispersion-tolerant 160 Gbaud optical Nyquist pulse TDM transmission over 525 km," <i>Opt. Express</i>, vol. 20, no. 14, pp. 15001-15008, July (2012).</p> <p>[2] T. Hirooka and M. Nakazawa, "Linear and nonlinear propagation of optical Nyquist pulses in fibers," <i>Opt. Express</i>, vol. 20, no. 18, pp. 19836-19849, August (2012).</p> <p>[3] T. Hirooka, K. Harako, P. Guan, and M. Nakazawa, "Second-order PMD-induced crosstalk between polarization-multiplexed signals and its impact on ultrashort optical pulse transmission," <i>J. Lightwave Technol.</i> vol. 31, no. 5, pp. 809-814, March (2013).</p> <p>(掲載済み一査読無し) 計 0 件</p> <p>(未掲載) 計 0 件</p>
<p>会議発表</p> <p>計 8 件</p>	<p>専門家向け 計 8 件</p> <p>[1] 廣岡俊彦・原子広大・関 鵬宇・中沢正隆, "2次 PMD による偏波多重信号のクロストークとその超高速光伝送への影響," 電子情報通信学会光通信システム研究会, 東京, OCS2012-1 (2012.5.18).</p> <p>[2] 葛西恵介・David Odeke Otuya・吉田真人・廣岡俊彦・中沢正隆, "RZ-CW 変換法を用いたコヒーレント 32RZ/QAM 伝送," 電子情報通信学会光通信システム研究会, 静岡, OCS2012-23 (2012.7.26).</p> <p>[3] David Odeke Otuya, 葛西恵介, 廣岡俊彦, 中沢正隆, "1.6 Tbit/s, Single-carrier 32 RZ/QAM Coherent Transmission Over 150 km Utilizing an RZ-CW Conversion Scheme," 平成 24 年度電気関係学会東北支部連合大会, 本荘, 2A05 (2012.8.30~31).</p> <p>[4] 廣岡俊彦・阮 蓬・関 鵬宇・中沢正隆, "光ナイキストパルスを用いた高分散耐力 160 Gbaud-525 km 伝送," 電子情報通信学会 2012 年ソサイエティ大会, 富山, B-10-66 (2012.9.11~14).</p> <p>[5] 廣岡俊彦・原子広大・関鵬宇・中沢正隆, "光ナイキストパルスによる高速・高効率光伝送," 東北大学電気通信研究所共同プロジェクト研究会「超高速コヒーレント光制御による極限通信・計測システムに関する研究」, 仙台 (2012.11.16).</p> <p>[6] 廣岡俊彦, "光ナイキストパルスによる超高速・高効率光伝送," 電子情報通信学会第 26 回光通信システムシンポジウム (招待講演), 三島 (2012.12.13~14).</p> <p>[7] D. Otuya, K. Kasai, T. Hirooka, M. Yoshida, M. Nakazawa, T. Hara, and S. Oikawa, "A Single-Channel, 1.6 Tbit/s 32 QAM Coherent Pulse Transmission Over 150 km With RZ-CW Conversion and FDE Techniques," <i>Optical Fiber Communication Conference (OFC2013)</i>, OTH4E.4, Anaheim, USA (2013.3.17~21).</p> <p>[8] K. Harako, P. Ruan, T. Hirooka, and M. Nakazawa, "Large PMD Tolerant 1.28 Tbit/s/ch Transmission over 525 km with 640 Gbaud Optical Nyquist Pulses," <i>Optical Fiber Communication Conference (OFC2013)</i>, JW2A.38, Anaheim, USA (2013.3.17~21).</p>

様式19 別紙1

	一般向け 計 0 件
図書 計 0 件	
産業財産権 出願・取得状 況 計 0 件	(取得済み) 計 0 件 (出願中) 計 0 件
Webページ (URL)	http://www.nakazawa.riec.tohoku.ac.jp
国民との科 学・技術対話 の実施状況	[1] 「たのしいサイエンス・サマースクールー光とエレクトロニクスー」 2012年8月8～10日, 場所: 東北大学 創造工学センター, 対象者: 中学生, 参加者数: 43名 内容: 宮城県内の中学生と共に3日間の光とエレクトロニクスに関する実験と発表会を行い、手作りの実験 を通して科学のおもしろさを体験する。 [2] 栃木県立宇都宮東高等学校 出前授業「世界を結ぶ光ファイバ通信ー超高速・長距離光通信への挑戦 ー」 2012年12月7日、対象者: 高校生、参加者数: 30名
新聞・一般雑 誌等掲載 計 4 件	[1] 「光通信、情報量 100 倍 東北大、既存の回線使用」 日本経済新聞 2012.8.11 夕刊1面 [2] 「高速光通信 容量 16 倍 東北大、パルス信号重ねる技術開発」 河北新報 2012.8.15 3面 [3] 「高速光通信 通信量 100 倍 毎秒1テラビット実現」 日刊工業新聞 2012.8.24 18面 [4] 「1 波長 1Tbps ! 光ナイキストパルス通信」 キーマンズネット(リクルート)「5分でわかる最新キーワード解 説」 2012.10.3
その他	(受賞) 廣岡俊彦, 第2回 RIEC Award

4. その他特記事項

該当なし

実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されます

1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	135,000,000	45,300,000	45,700,000	44,000,000	0
間接経費	40,500,000	13,590,000	13,710,000	13,200,000	0
合計	175,500,000	58,890,000	59,410,000	57,200,000	0

2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を 除く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	6,887,342	45,700,000	0	52,587,342	38,012,299	14,575,043	0
間接経費	0	13,710,000	0	13,710,000	12,810,000	900,000	0
合計	6,887,342	59,410,000	0	66,297,342	50,822,299	15,475,043	0

3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	31,792,339	広帯域オシロスコープ、誤り率測定器など
旅費	1,614,782	研究成果発表旅費(国際会議OFC, ECOCなど)
謝金・人件費等	4,416,724	教育研究支援者雇用費
その他	188,454	学会参加費(OFC, ECOC, 電子情報通信学会など)
直接経費計	38,012,299	
間接経費計	12,810,000	
合計	50,822,299	

4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名
Cバンド ラマン増幅器	ARA-C-500-B-F アーテネクス株式会社	4	649,950	2,599,800	2012/4/26	東北大学
RFアンプ	L3939-36-T736 光貿易株式会社	1	1,260,000	1,260,000	2012/5/8	東北大学
フォトニック結晶 ファイバの試作	湖北工業株式会社	1	6,930,000	6,930,000	2012/7/30	東北大学
40GHz LN位相変調器	内部終端型 株式会社ハイテック	1	1,202,250	1,202,250	2012/8/21	東北大学
1070nmファイバ光増幅器	YFA-200-20-SM-SA 株式会社アルネアラボラトリ	1	735,000	735,000	2012/12/21	東北大学
1060nmファイバ接合型AO変調器	T-M200-0.1C2G-3-F2S アーテネクス株式会社	1	850,080	850,080	2012/12/21	東北大学
1×2高消光比・超高速光スイッチサブシステム	EPS0102S-D-R 株式会社ハイテック	2	685,650	1,371,300	2013/1/15	東北大学
広帯域オシロスコープ	86100D 東日本電子計測株式会社	1	2,976,750	2,976,750	2013/1/31	東北大学
カートリッジ型偏波コントローラ	PCUA15-D/F(5Q/5H/5Q) 株式会社オプトクエスト	1	1,470,000	1,470,000	2013/2/4	東北大学
FMF MUX・DEMUX回路	光貿易株式会社	2	745,500	1,491,000	2013/2/5	東北大学
アプリケーションソフトウェアモニタ	WSM-160-BPサン インストルメント株式会社	1	1,848,000	1,848,000	2013/2/15	東北大学
可変フィルター	MD1230B-29 アンリツ株式会社	1	1,134,000	1,134,000	2013/2/15	東北大学
誤り率測定器	MT1810A アンリツ株式会社	1	2,882,775	2,882,775	2013/2/20	東北大学
パワーメータ	東日本電子計測株式会社	2	748,125	1,496,250	2013/2/27	東北大学
レンズシステム	光貿易株式会社	1	525,000	525,000	2013/3/26	東北大学