

玉川大学、太平洋横断級 10,000km 超のセキュア光ファイバ通信に成功

玉川大学量子情報科学研究所の谷澤健准教授と二見史生教授は、同所が研究を推進してきた位相変調方式の Y-00 光通信量子暗号(以下、Y-00 暗号)を用いて、10,000km を超える安全な光ファイバ通信が実現できることを実証しました。この通信方法は量子雑音のもつ真にランダムな性質を用いて信号を暗号化することにより、光ファイバからの盗聴を防ぐことができるものです。今回の成果により、太平洋横断級の光海底ケーブルにおいても、暗号化された安全な通信システムの実現が期待されます。

Y-00 暗号は、暗号鍵により多値光信号を発生し、信号受信時に不可避な量子雑音のもつ真の不確定性を利用して光ファイバからの盗聴を防ぐ技術です。これまでに、光の強度を変調する方式で、最長 1,000km の光ファイバ伝送距離を実証しています。

今回、光の位相を変調する Y-00 暗号化を採用し、コヒーレント光受信することで、これまでの伝送距離を大きく上回る 10,118km の暗号化光ファイバ通信に成功しました。玉川大学の独自技術である粗密光位相ランダマイズ法を用いることで、高い安全性との両立を実現しました。

図 1 に今回の成果により実現が期待される Y-00 暗号を用いたセキュア光海底ケーブル通信のイメージを示します。光海底ケーブルは、50~60km 程度毎に光増幅器にて光信号が増幅され、例えば日米間においては総長約 10,000km となります。今回は実験室において光海底ケーブルを模擬した実験系を構築し、約 50km 毎に光増幅が行われる総長 10,118km の光ファイバを、40 ギガビット毎秒(DVD1 枚を 1 秒以下で転送できる通信速度)で暗号化通信する実験に成功しました。図中に示すように、盗聴者が光ファイバ中の信号を傍受しても、量子雑音の影響で受信に誤りが生じません。よって、その内容を解析して正しいメッセージを解読することが困難となる安全な通信を実現できます。

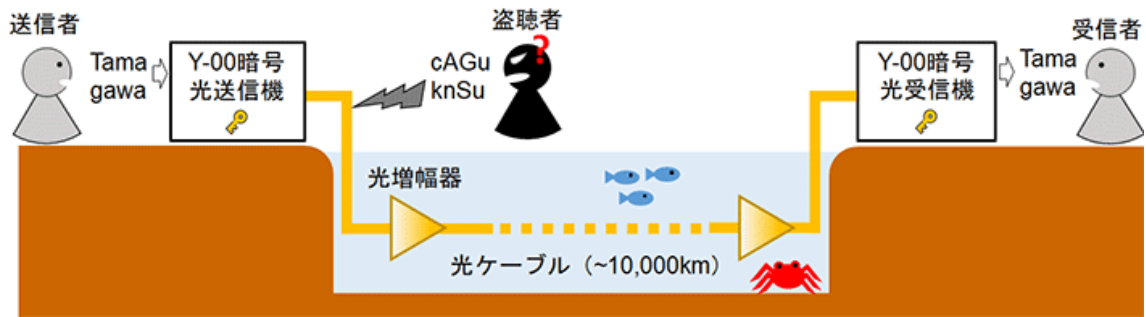


図1 本研究成果により実現が期待される暗号化された光海底ケーブル通信のイメージ

位相変調方式の Y-00 暗号を用いて 10,000km 超の長距離通信実験を行う構成を図 2 に示します。データと暗号鍵を Y-00 暗号生成部に入力し多値信号への変換を行い、波長 1550nm のレーザ光の位相を変調して Y-00 暗号を発生しました。IQ 変調器によるデータ変調後に粗密光位相ランダマイズ法にて暗号化を行いました。

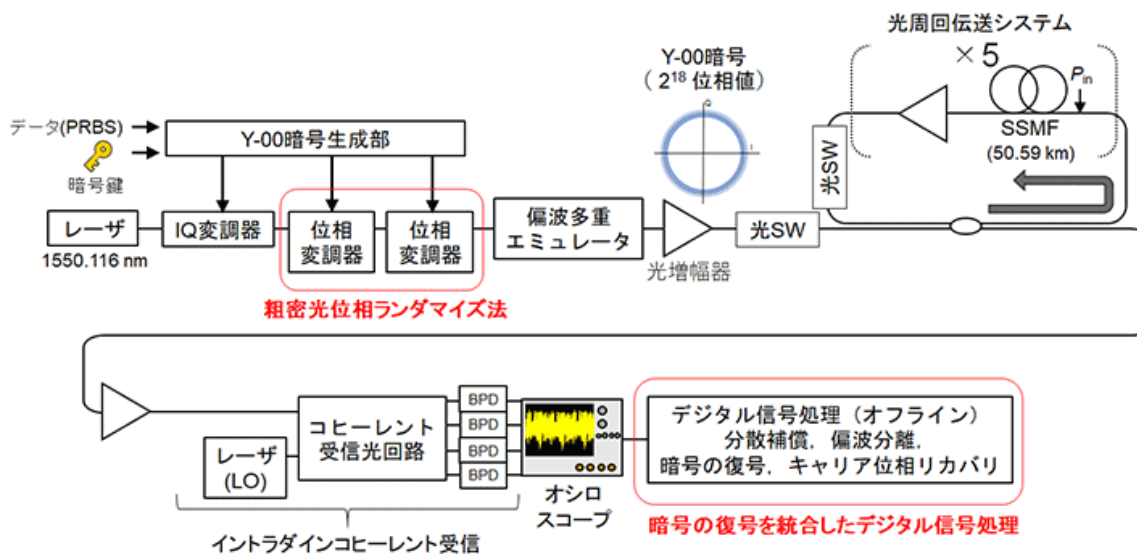


図2 Y-00 暗号の長距離通信実験の構成

粗密光位相ランダマイズ法は、二つの位相変調器を同期して駆動することで単体の電気デジタル・アナログ変換の分解能を超える極めて多値の光位相のランダマイズを可能とします。暗号化後の光信号は 218 値の位相レベルをもちます。偏波多重化を行った後のデータレートは 40Gbit/s で、長距離光ファイバ伝送は光周回伝送システムを用いて行いました。受信側では、フリーランニングのレーザを局発光として用いる

イントラダインコヒーレント受信を行いました。デジタル化後に、暗号の復号化を統合したデジタル信号処理にてデータを復調しました。

図 3 に光ファイバリンクへの光信号入力パワーを-7dBm としたときに、伝送距離を変化させたときの受信 Q 値を示します。赤線が Y-00 暗号、青線がリファレンスの非暗号化信号です。伝送距離 10,118km において、Q 値は軟判定誤り訂正符号閾値を超えており、適切な信号品質を確保しています。受信信号のコンスタレーションからは、暗号の復号化により QPSK データ変調が回復する様子が確認できます。粗密光位相ランダム化法により実現される 218 値の位相レベルをもつ Y-00 暗号では、量子雑音が隣接する約 230 の信号を覆います。これにより盗聴者が暗号を受信しようとしたときのシンボル誤り率は 0.9965 以上と極めて大きくなり、盗聴に対する高い安全性を実現しています。

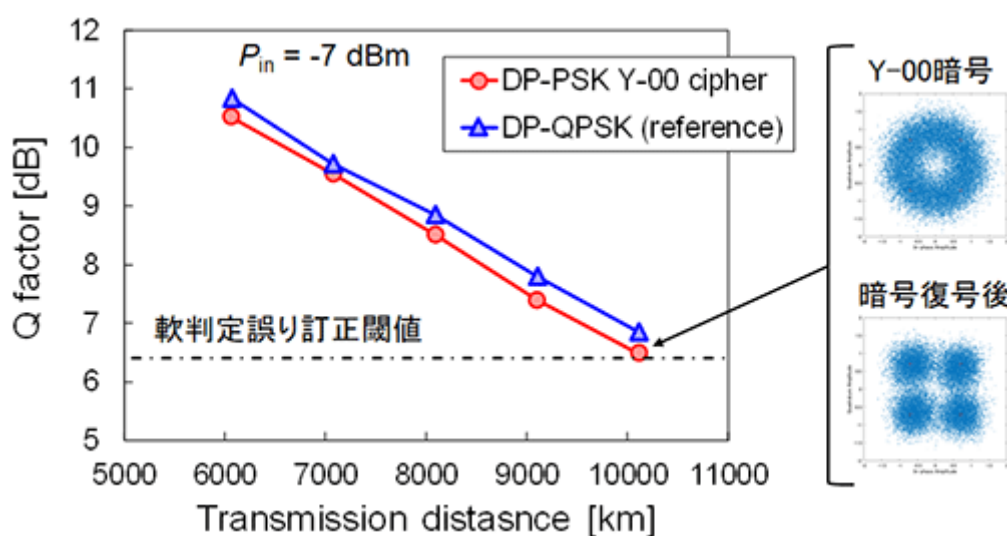


図 3 受信 Q 値と伝送距離の関係および 10,118km 伝送後のコンスタレーション

論文情報

タイトル Security-Enhanced 10,118-km Single-Channel 40-Gbit/s Transmission Using PSK Y-00 Quantum Stream Cipher

学会 46th European Conference on Optical Communications (ECOC 2020)

日本語リリース

https://www.tamagawa.jp/research/quantum/news/detail_18141.html