

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360182

研究課題名（和文） 高精細動画を取得可能な次世代カプセル内視鏡用超広帯域インパルス無線技術の開発

研究課題名（英文） Development of ultra wideband impulse radio technologies for future capsule endoscope enabling high-definition movie capturing

研究代表者

高 雅典（HANAWA MASANORI）

山梨大学大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号：90273036

研究成果の概要（和文）：本課題では、人体内の高精細動画像を実時間取得することを目指し、光信号処理によって生成した 3.1GHz から 10.6GHz の 7.5GHz の帯域幅を占有する超広帯域インパルス無線（UWB-IR）信号を用いた人体内外間の高速無線通信について研究した。成果として 16dB/MHz のアンテナ放射電力増強、脂肪や筋肉の電気特性を模擬した PVA フェントムの実現、生体フェントム及び食用豚精肉を介した 1Gbit/s の UWB-IR 信号伝送の実証、パルス光源の改良による 4Gbit/s の UWB-IR 信号生成の実証を得た。

研究成果の概要（英文）：In this project, we investigated high-speed wireless communications between inside and outside of human body to enable high-definition real-time movie capturing inside a human body. In concrete, transmission characteristics of ultra wideband impulse radio (UWB-IR) signals occupying bandwidth of 7.5GHz from 3.1GHz to 10.6GHz through artificial phantom or swine meat and related technologies were studied. Throughout the project, we obtained the following outcomes; 1) 16dB/MHz radiation power enhancement from transmitting antenna based on optical signal processing deploying an optical 2x2 switch, 2) implementation of poly-vinyl-alcohol(PVA)-based artificial phantom emulating relative conductance and relative permittivity of human tissues, 3) demonstration of 1Gbit/s UWB-IR transmission through the artificial phantoms and swine meats with thickness of 2cm, 4) 4Gbit/s UWB-IR signal generation by modifying optical pulse source used to generate UWB-IR signals.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
2010年度	4,700,000	1,410,000	6,110,000
2011年度	3,000,000	900,000	3,900,000
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信・ネットワーク工学

キーワード：光信号処理・UWB アンテナ・短光パルスレーザ

1. 研究開始当初の背景

内視鏡検査は健康管理に欠かせないが、従来の内視鏡では内視鏡本体と体外受像装置間の接続に送受信ケーブルを内蔵したチューブの存在が被験者に「嘔吐反射」と呼ばれる現象を引き起こすため、被験者にとっては肉体的・精神的負担が大きくつらい検査である。

また、内視鏡挿入部（口腔または肛門）から遠い体内深部の検査には適用できないという問題もある。この解決策として、CCD カメラによる撮像を体外に無線伝送する「カプセル内視鏡」と呼ばれる装置の開発が各所で進め

られている。カプセル内視鏡では接続チューブを排することができ、システム構成によっては非接触検査が可能となるため、被験者の肉体的・精神的負担が大幅に低減されるとともに、従来不可能であった体内深部の検査も可能となる。しかしこれまでに開発されたカプセル内視鏡では、無線伝送部の伝送速度制限により解像度や色数などの撮像品質が制限されるとともに、内視鏡内でCCDカメラの撮像を高能率に情報源圧縮符号化するための信号処理部における電力消費がカプセル内視鏡の持続稼働時間を制限している。

代表者らは、平成18年度～20年度にかけて科研費・基盤(B)課題研究「光信号処理に基づく超広帯域無線技術の開発」において、高速光信号処理による波形整形技術を駆使することで伝送速度が数百Mbit/s～1 Gbit/sの高速UWB-IR通信システムの開発を行ってきた。この課題研究において1)電気・光ハイブリッド信号処理技術を用いた高精度UWB-IR波形整形システム、2)UWB-IR信号送受信用超広帯域アンテナ、3)送受信アンテナ対向UWB-IR伝送テストベッド等を実現し、米国連邦通信委員会(FCC)の規定するスペクトルマスクによる厳しい電力スペクトル制限下(-41.3 dBm/MHz@3.1GHz～10.6 GHz)における256 Mbit/sのUWB-IRエラーフリー無線伝送を達成した。電力制限が緩和できる場合には1Gbit/s以上の伝送も可能である。このように光信号処理技術を用いて高品質なUWB-IRパルスを生成する検討は世界各所で行われているが、代表者らの知る限り、スペクトルマスク全域を利用したUWB-IR無線通信を実現した例は他に存在していなかった。また、直交周波数分割多重(OFDM)を用いるUWB方式も広く検討されているが、これと比較してUWB-IR方式は送受信装置が大幅に簡素化できる。そこで本研究課題では搬送用UWB-IRパルスを体外から供給し、カプセル内ではこれにオンオフキーイングデータ変調を行うだけとすることで、高速通信とカプセル内の通信回路の簡素化を同時に実現することを目指した。最終目標は人体内高精細動画を無圧縮で逐次伝送可能な次世代カプセル内視鏡向けUWB-IR伝送技術の確立であった。

2. 研究の目的

本研究課題では、以下の3点について検討を行った。

(1) 生体組織を介した場合のUWB-IR信号伝送特性の評価

代表者らが過去の科研費基盤研究(B)の研究課題によって実現したUWB-IRオンオフキーイング伝送は比帯域幅が1を越えており、簡易なオンオフキーイング伝送で1 Gbit/s以上の高速な無線信号伝送が可能であるが、カプセル内視鏡への応用においては、生体組織における吸収と散乱に起因する大幅な伝送品質劣化が想定された。そこで本研究課題においては、人体内外間の伝送特性を、数値人体ファントムを用いたFDTD解析および、生体等価ファントムおよび食用精肉を人体の代用としたUWB-IRパルス伝送実験により、厚さ数cmの生体組織を介したUWB-IR伝送特性を明らかにすることを目指した。

(2) 内視鏡に組み込めるような小型・省電力

のUWB-IR送信機の検討

高精細動画を無圧縮伝送可能なカプセル内視鏡の実現にあたっては、カプセル内視鏡への組み込みに適した小型かつ省電力の高速UWB-IR送信機の実現が鍵となる。本研究課題では、UWB-IRパルス搬送信号を人体外に設置したUWB-IRパルス発生装置より人体内に設置したカプセル内視鏡に供給し、カプセル内ではこれに同期したオンオフキーイングによって情報を体外に送出する方式の実現を目指した。高速伝送の実現によってカプセル内の信号処理量を大幅に低減すると共に、カプセル内の通信装置を簡素化できるため、小型・省電力のUWB-IR送信機が実現できると考えた。本研究課題においては、小型UWB-IR送受信装置構成(特に小型UWB-IRアンテナ)の検討および、25GHz帯UWB-IR信号送受信技術の基礎的検討を行い、カプセル内視鏡に適した小型UWB-IR送信機の最適構成を明らかにすることを目指した。

(3) 高精細体内動画の無圧縮伝送実現に向けた伝送速度の更なる向上

FCC等が規定するスペクトルマスクでは、使用可能周波数帯における最大等価平方放射電力によって信号強度が制限されている。ここで単純なUWB-IRオンオフキーイング伝送では伝送速度の高速化と共にスペクトルの離散成分間隔が広がるため、高速伝送時の総放射電力が大幅に制限されることが見込まれた。また光信号処理によるUWB-IR搬送パルス列生成の基礎となっている低ジッタ利得スイッチ型小型光パルスレーザモジュールには駆動回路の帯域制限とジッタ抑圧のための光帰還に起因すると思われる長時間連続駆動時のパルスドリフトが存在し、これらがUWB-IR伝送速度の(高速・低速ともに)自由度を制限する要因となっている。そこで本研究課題においては、高速2x2光クロスバースイッチを用いたランダム位相符号化による送信電力スペクトルのランダム化による総送信電力増加方式の検討、およびパルス光源の改良による繰り返し周波数可変UWB-IR搬送パルス列の生成方式の検討を行い、2Gbit/s超のオンオフキーイングUWB-IR伝送の実現に必要な技術的課題とその解決策を明らかにすることを目指した。

3. 研究の方法

本研究課題では研究組織を大きく4つのグループに大別して研究を実施した。一つはUWB-IRシステム班であり、ここが課題研究全体の統括、生体を介した電波伝搬特性評価やシステムの構成検討・実験を担当した。UWBアンテナ班はカプセル内視鏡に内蔵する小型無指向性UWBアンテナの開発とUWB-IR送受信装置構成の検討を行った。パルスレーザ班はUWB-IR信号の生成に用いる低ジッタパルスレーザダイオードモジュールの安定性向上と高速化、他のパルスレーザモジュールとの比較検討を行った。最後の光信号処理班は高速2x2光クロスバースイッチを用いたUWB-IR信号のスペクトルスクランブル技術の検討を行った。このように、本研究課題は研究代表者をハブとして、光エレクトロニクスから無線伝送方式まで、分担者・連携者の専門的研究能力を統合することによって実施された。

平成21年度

UWB システム班では、生体組織を介した場合のUWB-IR 信号伝送特性評価を行う。まず、国立情報通信研究機構(NICT)が作成した数値人体ファントムに含まれる皮膚・脂肪・筋肉・胃およびその内容物・十二指腸・小腸・大腸およびその内容物の数値モデルを用いて人体腹部の電波伝搬解析モデルを作成し、これに有限差分時間差解析法(FDTD法)を適用して、3.1GHz から10.6GHz のFCC スペクトルマスク全域をカバーするUWB-IR パルスの人体内外間伝送特性(体外→体内, 体内→体外)、特に体組織内における減衰と体組織間境界における散乱によるパルス分散を評価した。また、並行して寒天と粉末ポリエチレンを主成分とする矩形生体等価ファントムを作成し、このファントムを介したUWB-IR パルス伝搬実験を通じて、生体組織を介した場合の実際のUWB-IR 信号伝送特性を実験的にも評価し、数値解析結果と比較、検討した。

UWB アンテナ班はカプセル内視鏡に組み込むための小型で広帯域なアンテナについて、既報文献等の調査・アンテナ構成と仕様のご検討・アンテナ特性の数値解析・設計と試作・特性評価を行った。

パルスレーザ班は短光パルス光源の安定性向上を行った。UWB-IR パルス生成の光源として用いる光帰還利得スイッチ型パルスレーザダイオードモジュール(GS-LD)は、長時間連続動作時にパルス発生タイミングのドリフトが生じることがあった。この要因を理論的・実験的に究明し、ドリフトなく安定発振する短光パルス光源を開発した。

光信号処理班は2x2 高速光クロスバースイッチを用いたUWB-IR 信号のスペクトルスクランブル方式について、アンテナ放射信号電力増加の観点から数値解析を通じて最適構成を検討した。

平成22年度以降

UWB システム班は、実際の生体組織を介したUWB-IR パルス伝搬特性を評価するために、生体等価ファントムおよび人体と組成がよく似ていると言われる豚の精肉を介したUWB-IR パルス伝搬実験を実施した。また、カプセル内視鏡内に設置する無指向性UWB-IR アンテナの小型化を目指し、25GHz帯UWB-IR信号生成について基礎的な検討を行った。

UWB アンテナ班はUWB システム班が実施するUWB-IR 信号送受信実験結果を元に、小型無指向性UWB アンテナの性能向上を図った。また25GHz帯UWB アンテナの基礎検討も進めた。

パルスレーザ班は引き続き利得スイッチ型パルスレーザモジュールの安定性向上に努めると共に、駆動回路の高速化によるパルス発振繰り返し周波数の向上策を検討した。

光信号処理班では市販の2x2 クロスバースイッチ製品を導入し、これを用いたUWB-IR 信号のスペクトルスクランブルの実証実験を行った。

4. 研究成果

本研究課題を実施した4つの班毎の成果を以下に述べる。

UWB アンテナ班

平成21年度は小型・広帯域な低指向性アンテナについて文献調査を行うとともに、

25GHz 帯 UWB 信号用広帯域テーパーロットアンテナ(TSA)の設計、試作、特性評価を行った。

続く平成22年度は、人体表面におけるUWB信号の大きな反射を低減すべく、前年に引き続きTSAについて検討したが、特にTSA外形形状に対する入力インピーダンスの変化を調べた上で、導体ループ装荷によるTSAの放射特性の改善や、体外にアンテナアレイを用いることを想定した導体ループ装荷型TSAの素子間相互結合の影響について基礎的な検討を実験的に行った。この結果、導体ループ装荷により狭帯域化する一方で一定量利得改善が行えること(図1)、素子間相互結合が低減できることを確認した。

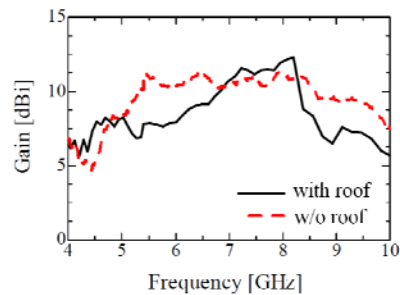


図1 導体ループ装荷 TSA の利得特性

平成23年度は、これまで使用してきた3.1~10.6GHzをカバーするTSAの素子形状の最適化を行うと共に、カプセル内視鏡に組み込むことを想定した小型で広帯域なアンテナとして20GHz~40GHzをカバーするアンテナの設計・試作(図2)を行った。



図2 40GHzまでカバーする小型TSAの外観

パルスレーザ班

まず、短光パルス源の安定性向上を目的として、パルス帰還機構としてダイヤモンドライクカーボン(DLC)型部分反射ミラーの代わりにファイバ型回折格子(FBG)を用いた場合の評価を行った。さらに開発した短光パルス源を高安定短光パルス源が必要とされる各種アプリケーションに適用し、その高い安定性を実験的に評価した。さらに従来用いていたDFB-LDよりも構成が簡素で安価な反射型半導体光増幅器(RSOA)を光源とするパルスレーザダイオードモジュールについて実験的に検討し、RSOAの利用により簡素で安定な短光パルス源が実現出来ることを示した(図3)。

続いてDFB-LDを用いた短光パルス源の高繰り返し周波数化と短光パルス源モジュール全体の小型化について検討するとともに、短光パルス源用小型駆動信号源についても引き続き

き検討を行った。さらに、DFB-LDよりも構成が簡素で安価であり、かつ前年度に検討した反射型半導体光増幅器よりも低雑音で高出力な面発光レーザ（VCSEL）を利得素子とするパルスレーザダイオードモジュールについても実験的に検討し、より簡素で小型・低コストの短光パルス源の実現可能性を探った。図4に示すように、VCSELでもRSOA型と同等の性能が得られることがわかった。

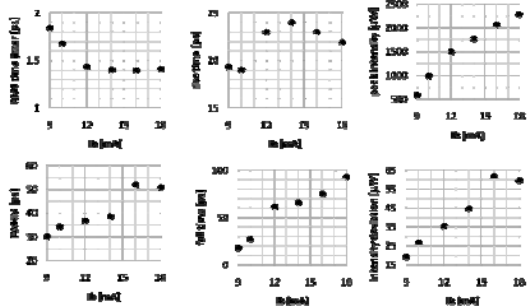


図3 RSOA型短光パルス源の特性

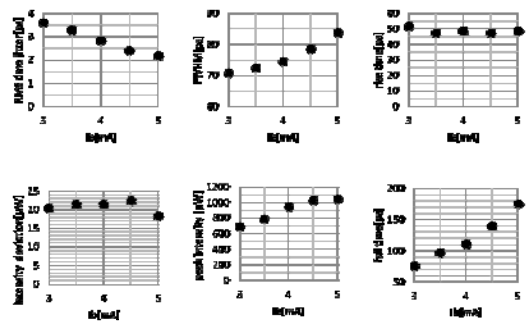


図4 VCSEL型短光パルス源の特性

光信号処理班

光 2 x 2 スイッチを用いたスペクトルスクランブル方式について理論的・実験的に検討し、パルス繰返し周波数と一致した速度でスクランブルを行うことで 16dB/MHz の放出電力増大が実現可能となることを実証した。図5よりビット毎のスペクトルスクランブルを行うことでスペクトルの離散成分が抑圧され、その抑圧比が 16dBm/MHz であることが確認できる。

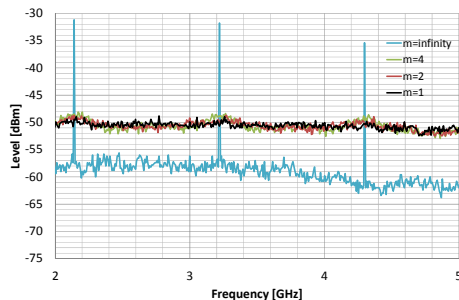


図5 RF スペクトルの測定結果

UWB システム班

NICTの数値人体ファントムをUWB信号の伝搬解析に適用し、3.1GHz から 10.6GHz の全UWB帯域をカバーするUWB-IRパルスの人体組織伝搬特性を数値的に評価した。またPVAと

硼砂の架橋反応を利用したゲル状生体等価ファントムを作成し、当該ファントムがUWB全帯域にわたって人体の筋肉、皮膚、脂肪の誘電率をよく模擬することを確認した。表1にPVAファントムの組成、図6にその比誘電率特性を示す。植物油の重量比率を変えることで、筋肉、皮膚、脂肪の比誘電率を模擬するファントムを実現できることが分かる。

表1 PVAファントムの組成

Oil wt%	Oil [%]	Water [%]	Surfactant [%]	PVA [%]	Borax [%]
0	0.0	95.7	3.75	3.75	0.5
20	19.9	75.5	3.7	3.7	0.49
40	40.0	55.25	3.75	3.75	0.5
60	58.25	35.2	3.64	3.64	0.48
70	65.6	29.1	3.23	3.23	0.43

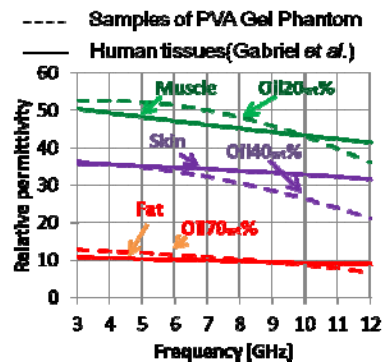


図6 PVAファントムの比誘電率特性

続いて人体腹部を模擬するPVAゲルファントムの開発と、これを介在したUWBインパルス伝搬実験、人体組織に比較的電気特性が類似していると言われる食用豚精肉を介在したUWBインパルス伝搬実験を行い、生体組織を介在したUWBインパルス伝搬特性について明らかにした。図7にPVAファントムおよび食用豚精肉を介在した1.0Gbit/sオンオフキーイングUWB-IR信号のビット誤り率測定系を示す。豚肉を介在した誤り率測定実験では図8に示される厚さ約2cmの冷凍豚肉を用いた。写真からわかるように、赤身肉（筋肉）と脂肪による多層構造をなしており、単純なファントムではその伝搬特性の模擬が困難なことがわかる。図9には自由空間伝搬時、厚さ11mmと20mmのPVAファントム伝搬時、厚さ20mmの冷凍食用豚精肉伝搬時の誤り率特性が比較されている。いずれも誤り訂正符号の併用によるエラーフリー伝送の実現に必要なビット誤り率 10^{-3} を達成できているが、特に冷凍食用豚精肉伝搬時は自由空間伝搬時に比べて29dBものパワーペナルティが存在することが確認された。このパワーペナルティは空気との境界面における反射と伝搬媒質内での多重反射に起因するパルス分散によるものであり、人体内外間の高速度伝送を実現するには、体表面における反射の低減と分散低減の等化処理が不可欠になることがわかった。

最終年度は25G帯における更なる高速伝送の実現に向けた準備を進めた。短パルス光源

の構成の最適化を行った結果、VCSELベースでは4GHzまで、DFB-LDベースでは5GHzまで、低ジッタ性を保ったままパルスの繰り返し周波数を(図10)高めることができた。

さらに VCSEL ベースの短光パルス源では、バイアス電流などの駆動条件の最適化により2モード発振させることができ、この現象を利用することで 25GHz 帯 4Gbit/s OOK-UWB-IR 信号を簡易に生成可能であることを実験的に確認した。

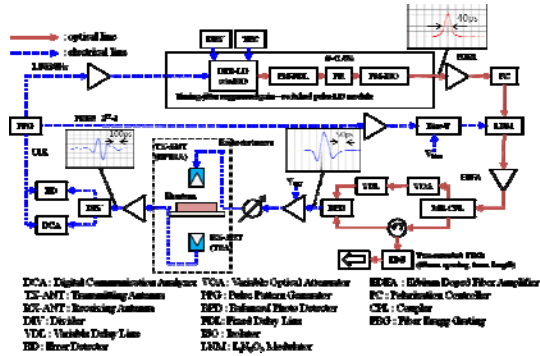


図7 PVAファントムおよび食用豚精肉を介したUWB-IR信号のビット誤り率測定系

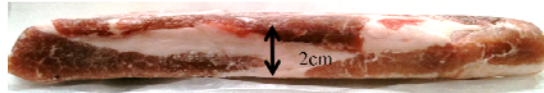


図8 実験に用いた食用豚精肉断面写真

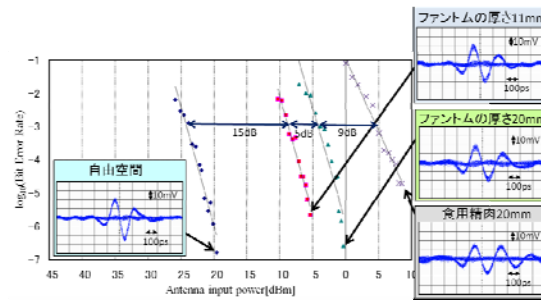


図9 1Gbit/s UWB-IR信号の誤り率特性

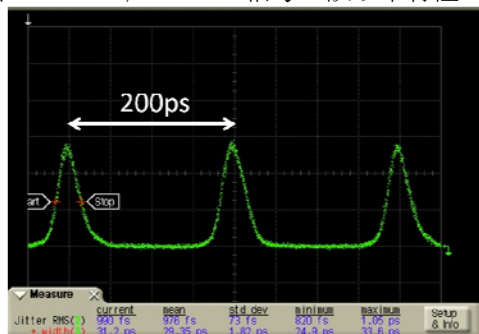


図10 5GHz 駆動時の短光パルス波形

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計6件)

- ① M. Hanawa, K. Mori, K. Nakamura, A. Matsui, K. Nonaka, Experimental demonstration of high-resolution ultra-wideband impulse radar based on electrical - optical hybrid pulse generation, IET Microwaves, Antennas

and Propagation, 査読有, 4, 2010, 1462-1468

- ② X. Xu, A. Bueno, K. Nonaka, S. Sales, Fiber strain measurement for wide region quasi-distributed sensing by optical correlation sensor with region separation techniques, Journal of Sensors, 査読有, 2010
- ③ 野中弘二, 光パルスの相関信号を利用した広域分布型光ファイバセンサの最近の進展, 高知工科大学紀要, 査読無, 7巻, 2010, pp. 37-44
- ④ X. Xu, K. Nonaka, A regional selectable distributed fibre-optic sensing system based on pulse correlation and partial reflectors, Measurement Science and Technology, 094018, 査読有, 21, 2010
- ⑤ X. Xu, K. Nonaka, High-Sensitivity Fiber-Optic Temperature Sensing System Based on Optical Pulse Correlation and Time-Division Multiplexer Technique, Japanese Journal of Applied Physics, 査読有, 48, 2009, 102403-1024037
- ⑥ A. Burno, K. Nonaka, S. Sales, Hybrid Interrogation System for Distributed Fiber Strain Sensors and Point Temperature Sensors Based on Pulse Correlation and FBGs, IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, 査読有, 21, 2009, 1671-1673

[学会発表] (計22件)

- ① 植松勇人, 橋口和輝, Monir Hossen, 野中弘二, 塙 雅典, 利得スイッチング短光パルス源におけるセルフシーディング法による時間ジッタ抑圧原理の解析, 2012年電子情報通信学会総合大会, C-4-24, 2012年3月
- ② 小原怜真, 植松勇人, 松井章典, 野中弘二, 塙 雅典, UWB インパルスレーダにおける送受信アンテナのオフセットによる相互結合低減, 2012年電子情報通信学会総合大会, C-2-87
- ③ M. Hanawa, M. Hossen, Experimental Investigation on Spectrum Scrambling of UWB-IR Signals Using High-speed Optical 2x2 Switch, Technical Digest of MWP2011/APMP2011, 2011, Singapore
- ④ Hayato Uematsu, Monir Hossen, Kazuki Hashiguchi, Koji Nonaka, Masanori Hanawa, VCSEL-BASED GAIN-SWITCHING SHORT OPTICAL PULSE SOURCE WITH TIME-JITTER SUPPRESSION BY SELF-SEEDING METHOD, Proceedings of Micro-optics Conference 2011, 2011年11月, Sendai
- ⑤ 小林弘和, 都築寿理, 大西利武, 正岡裕平, 徐 勲健, 野中弘二, 光パルス相関測定信号への偏光揺らぎの影響とその低減, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 111, no. 265, OCS2011-54, pp.

- 1-5, 2011年10月
- ⑥ 三好崇文, 塙 雅典, UWB インパルスレーダによる乳癌検出のための整合媒質の一検討, 2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-2-96, 2011年9月
- ⑦ 塙 雅典, 植松勇人, 橋口和輝, Monir HOSSEN, 野中弘二, セルフシーディング法により時間ジッタを低減した VCSEL 型利得スイッチング短光パルス源, 2011年電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-4-28, 2011年9月
- ⑧ 木村弘幸, 金子卓, 松井章典, テーパスロットアンテナの放射素子形状に関する一検討, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 111, no. 79, AP2011-23, pp. 13-17, 2011年6月.
- ⑨ 塙 雅典, 植松勇人, Monir Hossen, 野中弘二, 反射型半導体光増幅器を用いた波長可変短光パルス源, 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 111, no. 112, LQE2011-18, pp. 15-20, 2011年6月
- ⑩ 佐藤隆英, 三窪紘平, MOSFET の分割による熱雑音低減手法の弛張発振回路への応用, 電気学会電子回路研究会 ECT-11-034, 2011年3月24日, 防衛大学校 (神奈川県)
- ⑪ 塙 雅典, 植松勇人, Monir HOSSEN, 野中弘二, 反射型半導体光増幅器を用いた波長可変短光パルス源, 電子情報通信学会総合大会, C-4-11, 2011年3月16日, 東京都市大学 (東京都)
- ⑫ 黒野心浩, 塙 雅典, 野中弘二, 松井章典, 2/3 筋肉等価ファントムを介した 1Gbit/s OOK-UWB-IR 信号伝送特性, 電子情報通信学会総合大会, A-5-11, 2011年3月15日, 東京都市大学 (東京都)
- ⑬ 金子卓, 松井章典, 導体ループ装荷型テーパスロットアンテナの素子間相互結合に関する検討, 電子情報通信学会総合大会, B-1-59, 2011年3月14日, 東京都市大学 (東京都)
- ⑭ 木村弘幸, 松井章典, テーパスロットアンテナの外形形状に対する入力インピーダンス変化の検討, 電子情報通信学会総合大会, B-1-94, 2011年3月14日, 東京都市大学 (東京都)
- ⑮ 新井茂雄, 野中弘二, 光伝送信号品質評価技術に用いる低ジッタ短光パルス発生器の開発, 電気学会計測研究会 IM-11-011, 2011年2月25日, 休暇村指宿 (鹿児島県)
- ⑯ X. Xu, K. Nonaka, Multi-region Fiber Sensing System Using High Time Resolution Tunable Pulse Correlation OTDR Techniques, 16th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC2010), 2010年11月1日, Auckland (New Zealand)
- ⑰ 都築寿理, 野中弘二, 光パルス相関法を用いた長距離光ファイバセンサシステムの構築の検討, 電気学会計測研究会, IM-10-029, 2010年6月25日, 高知県文教会館 (高知県)

- ⑱ Koji Nonaka, Recent Evolutions of Pulse Correlation Sensing System for Reliable, High Resolution, Wide Dynamic Range and Region Selectable Distributed Environment Sensing (Invited), 15th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2009), 2009年10月9日, 中国・上海
- ⑲ Masanori Hanawa, Sampled Fiber Bragg Grating Based Optical Transversal Filtering and Application to Fiber-Optic / Radio Communications (Invited), 15th Asia-Pacific Conference on Communications (APCC 2009), 2009年10月9日, 中国・上海
- ⑳ 金子卓, 松井章典, 導体ループ装荷型テーパスロットアンテナの放射特性, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-180, 2010年9月17日, 大阪府立大学 (大阪府)
- ㉑ 木村弘幸, 松井章典, テーパスロットアンテナの外形形状に対する入力インピーダンス変化の検討, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-1-123, 2010年9月15日, 大阪府立大学 (大阪府)
- ㉒ A. Matsui, Y. Kanda, T. Suzuki, M. Hanawa, K. Nakamura, K. Mori, Transmitting Spectrum Control by Band Pass Tapered Slot Antenna on UWB-IR Application, IEEE Int. Conference of Ultra Wide Band (ICUWB2009), 2009年9月10日, カナダ・トロント

[その他]

本課題に関する研究進捗状況公表用ブログ
http://unicorn2.ics.es.yamanashi.ac.jp/?category_name=uwb-research

6. 研究組織

(1) 研究代表者

塙 雅典 (HANAWA MASANORI)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号: 90273036

(2) 研究分担者

松井 章典 (MATSUI AKINORI)

埼玉工業大学・工学部・教授

研究者番号: 20255144

野中 弘二 (NONAKA KOJI)

高知工科大学・工学部・教授

研究者番号: 70330777

佐藤 隆英 (SATO TAKAHIDE)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・准教授

研究者番号: 10345390

(3) 連携研究者

横田 浩久 (YOKOTA HIROHISA)

茨城大学・工学部・准教授

研究者番号: 30272115

中村 一彦 (NAKAMURA KAZUHIKO)

山梨大学・大学院医学工学総合研究部・助教

研究者番号: 40402086