



東京支部学生会 学生会報 第19号

Student Journal 2014

**特 集**

**『次世代の通信技術』**

一般社団法人 電子情報通信学会

東京支部学生会

## 目次

平成 25 年度東京支部運営委員一覧 東京支部学生会運営委員一覧 東京支部学生会顧問一覧	
幹事校代表挨拶（巻頭言）	谷垣 俊秀(防 衛 大) ... 1
幹事団顧問の挨拶	亀井 利久(防 衛 大) ... 2
幹事団顧問の挨拶	河野 隆二(横浜国立大) ... 3
学会紹介（『学生のみなさんへ』から転載）	... 4
特集：「次世代の通信技術」	... 7
1. イオンビームによる光導波路直接描写技術の開発と光通信デバイスへの応用	三浦 健太(群 馬 大) ... 9
2. 光ファイバ通信	來住 直人(電気通信大) ... 13
3. 無線ネットワークとグラフ理論	田村 裕 (中 央 大) ... 19
4. 未来のワイヤレス通信雑考	小林 岳彦(東京電機大) ... 23
平成 25 年度東京支部学生会事業一覧	... 27
講演会・見学会の感想	
1. 社会人留学経験者から学生の皆さんへ	加藤 達也(埼 玉 大) ... 28
2. 次世代から新世代ネットワークへ	小笠原 恒平(拓 殖 大) ... 29
3. NTT 厚木研究開発センター 企業見学会	山元 雄太(上 智 大) ... 30
4. (株)東芝 社会インフラシステム社 小向事業所 企業見学会	大島 慶太・芹澤 和明(都立産技高専) ... 31
学生会の特典（『学生のみなさんへ』から転載）	... 32
学生会の入会方法（『学生のみなさんへ』から転載）	... 33
卒業される皆さんへ（『学生のみなさんへ』から転載）	... 37
編集後記	... 38

## 平成25年度東京支部運営委員

(敬称略・順不同)

支部長	茨木 久	日本電信電話	委員	天野 一幸	群馬大
次期支部長	西原 基夫	日本電気	委員	亀井 利久	防衛大
庶務幹事	小西 善彦	広島工大	委員	植之原裕行	東京工業大
庶務幹事	前原 文明	早大	委員	木村 淳一	日立製作所
会計幹事	岩田 淳	日本電気	委員	黒田 道子	東京工科大
会計幹事	吉本 直人	日本電信電話	委員	高橋 応明	千葉大
委員	上原 清彦	茨城大	委員	田中 淳	富士通研究所
委員	笠井 裕之	電気通信大	委員	水野 秀之	日本電信電話
委員	加保 貴奈	日本電信電話	委員	藤芳 明生	茨城大
委員	此島真喜子	富士通研究所	委員	依田 秀彦	宇都宮大
委員	相良 和彦	日立製作所	委員	西崎 博光	山梨大
委員	難波 忍	KDD I 研究所	委員	河野 隆二	横浜国立大
委員	檜枝 護重	三菱電機			

以上 25 名

## 平成25年度東京支部学生会運営委員

(敬称略・順不同)

委員長	谷垣 俊秀	防衛大	委員	鈴木 彩	明大
副委員長	佐藤 克憲	横浜国大	委員	福島 直也	明大
書記	稲垣慶太郎	横浜国大	委員	黒田 将貴	東京都市大
委員長補佐	萩原 孝平	防衛大	委員	下総 諒	東京都市大
委員	斎藤 智之	防衛大	委員	加藤 達也	埼玉大
委員	斎田 祐介	防衛大	委員	加藤 文哉	埼玉大
委員	海寶 慶	千葉工大	委員	磯野 薫	埼玉大
委員	天野 裕太	千葉工大	委員	金子 拓馬	埼玉大
委員	秋田谷朋紀	千葉工大	委員	坂元麻衣子	日本女子大
委員	阿部 泰輔	千葉工大	委員	長久保咲絵	日本女子大
委員	宋 泰永	東大	委員	佐田 大明	法政大
委員	小笠原恒平	拓殖大	委員	伊藤 耕平	茨城大
委員	須郷 剛裕	拓殖大	委員	岸 湧大	茨城大
委員	田中 幸治	拓殖大	委員	松本 恵一	上智大
委員	太田 潤	拓殖大	委員	山元 雄太	上智大
委員	于 冰	早大	委員	松田 祐輝	千葉大
委員	大島 慶太	都立産技高専	委員	下山田裕太	千葉大
委員	芹澤 和明	都立産技高専	委員	金子 智大	東京電機大
委員	松下 修造	山梨大	委員	大野 勝洋	東京電機大
委員	水上 浩	山梨大	委員	川島 優人	群馬大
委員	山本 英明	山梨大	委員	渡邊健太郎	群馬大
委員	池田 諭	山梨大	委員	土居 祐太	電通大
委員	鈴木 智史	東海大	委員	吉田 慎悟	電通大
委員	加藤 勇也	東海大	委員	鈴木あやこ	電通大
委員	白子 匠	東海大	委員	長坂 崇史	中大
委員	笠井 康希	東海大	委員	井上 孝重	神奈川工科大
委員	松田 正明	東海大	委員	田中 健太	神奈川工科大
委員	兼田 祐介	東海大	委員	Don-Mello Emmanuel	神奈川工科大
委員	石田 祐大	東京工科大	委員	山野辺史久	神奈川工科大
委員	土屋 智将	東京工科大	委員	和田生久真	日本大
委員	佐々木晴信	東京工科大	委員	真下 祐一	日本大
委員	大浜 俊樹	明大	委員	奥山 敦司	日本大
委員	川村 健人	明大			

以上 65 名

## 平成25年度東京支部学生会顧問

(敬称略・順不同)

顧問	野澤 昭雄	青学大	顧問	佐波 孝彦	千葉工大
〃	鈴木 健仁	茨城大	〃	鎌倉 浩嗣	千葉工大
〃	横田 浩久	茨城大	〃	小林 一哉	中大
〃	荒川 臣司	茨城高専	〃	小舘 亮之	津田塾大
〃	熊谷 毅	宇都宮大	〃	河崎 雅人	帝京科学大
〃	清水 隆志	宇都宮大	〃	松浦 基晴	電通大
〃	平岡 隆晴	神奈川大	〃	野村 英之	電通大
〃	奥村万規子	神奈川工科大	〃	藤井 威生	電通大
〃	塩川 茂樹	神奈川工科大	〃	濱本 和彦	東海大
〃	元木 誠	関東学院大	〃	川原 圭博	東大
〃	阿部 清彦	関東学院大	〃	永田 明德	東京工科大
〃	河西 憲一	群馬大	〃	黒川 弘章	東京工科大
〃	弓仲 康史	群馬大	〃	田中 晶	東京高専
〃	重野 寛	慶大	〃	山岸 昌夫	東工大
〃	田中 敏幸	慶大	〃	吉野 隆幸	東京電機大
〃	篠原 克幸	工学院大	〃	岡野 好伸	東京都市大
〃	木村 雄一	埼玉大	〃	高野 邦彦	都立産技高専
〃	池口 徹	埼玉大	〃	柴崎 年彦	都立産技高専
〃	坂本 政祐	埼玉工大	〃	横井 健	都立産技高専
〃	三好 匠	芝浦工大	〃	田中 聡久	東京農工大
〃	相馬 隆郎	首都大	〃	藤沢 匡哉	東京理科大
〃	田川 紀夫	首都大	〃	佐伯 勝敏	日大
〃	下村 和彦	上智大	〃	黒岩 孝	日大
〃	小林 学	湘南工科大	〃	木許 雅則	日本工大
〃	花山 英治	職業大	〃	小川 賀代	日本女子大
〃	杉山 賢二	成蹊大	幹事	亀井 利久	防衛大
〃	高見 一正	創価大	顧問	李 磊	法政大
〃	林 誠治	拓殖大	〃	井家上哲史	明大
〃	大竹 敢	玉川大	〃	本間 聡	山梨大
〃	山崎 浩一	玉川大	〃	田中 良明	早大
〃	関屋 大雄	千葉大	幹事	河野 隆二	横浜国立大
〃	伊與田光宏	千葉工大			

以上 63 名

## 平成 25 年度学生会報巻頭言

学生会運営委員長  
谷垣 俊秀

このたびは、学生会報を手にとって頂き、誠にありがとうございます。

学生会は、学生員の活動を盛んにし、かつ学生員相互の親睦を図ることを目的に、電子情報通信学会東京支部の下部組織として平成 7 年度に設立されました。そして、その設立以来、多くの学生員が学生会に参加し、学生自身が学生のために何ができるかを考えながら様々な活動を行ってきました。現在活躍されている研究者の方々に比べれば、学生の力は微々たるものかもしれませんが、今後の学会を担っていくのは、間違いなく今の我々学生一人一人です。今は未熟な身であったとしても、学生が積極的に学会に関わり、研さんを積むことは、自身の向上だけでなく、学会の発展、ひいては日本の未来に貢献するものと考えます。より良い未来の実現のために学術の発展をもって貢献するという学会の理念の下、本学生会では一人でも多くの学生のお役に立てるよう、今後も研究発表会等の各種イベントを企画していきますので、活用して頂ければ幸いです。

末尾ながら、本学生会は、おかげをもちまして、本年度で発足 19 年目を迎え、併せて、この学生会報も 19 回目の刊行となりました。日頃から多大な御支援を頂いている電子情報通信学会東京支部の方々、学生会の活動に御協力頂いた関係各部、そして、この学生会報を手にとって頂いた方々に心より御礼を申し上げ、巻頭の御挨拶とさせていただきます。

平成 25 年 12 月吉日

## 東京支部学生会学生会報第 19 号に寄せて

防衛大学校電気情報学群通信工学科  
亀井利久

### 研究の心

一般社団法人電子情報通信学会東京支部学生会学生会報第 19 号の発刊に際し、一言挨拶を述べさせていただきます。私が初めて学会で発表する機会を頂いたのは、学部 4 年生の卒業間際、春の全国大会（現、総合大会）のことでした。発表会場の最前列に私が参考にしていていた論文の著者の先生が座っておられ、その先生に御質問を頂いたときの緊張感、口の中がカラカラに乾き、とにもかくにも質問内容を理解することで精一杯だったことが今でも鮮やかに思い出されます。それまでは指導教授の指示の下、与えられた課題をどのようにクリアするかということに専念していれば済んでいたものが、学会発表を体験し、それまでの自分の考えの甘さを痛感しました。今思うに、大学生活の中で最も身に付けなければならないのは、高度な知識と同時に高い人格であります。個人個人の徳性を磨くとともに、その人の持つ創造性、判断力、そしてリーダーシップをいかに高めていくのかということが重要であると考えます。

【研究の心】すなわち「がむしゃらな探究心」、「豊かな創造力」、「的確な判断力」を養う上で、卒業研究は最も良い訓練の機会ではないかと思えます。工学における研究とは、これまでの世の中にはなかったものを新たに考え出し創り出すことであります。そしてその成果物は何らかの意味において人や社会に役立つものでなければなりません。学生の皆さん、まず自分から立ち向かって、そのための行動を起こして、挫折や失敗を経験する、全てはそこから始まります。自ら新しいものを創出することを考え、悩み、苦しみ、努力したことが、これからの皆さんの人生において必ずや役に立つときが来ると私は確信しています。学会活動において出会った専門分野の先生方や他大学の学生さんたちとの触れ合いはあなた方一人一人の大きな財産になることでしょう。技術の真髄に少しでも近づこうとする努力を継続することにより、日々更新されるハイテクを使いこなし、ハイテクに対して正しいリクアイアメントを出すことこそ、皆さんに課せられた必要条件であります。今後も様々な形で学会を活用し、豊かで明るい未来を担う人材として活躍されることを期待しております。

## 東京支部学生会諸君に Chair !

横浜国立大学大学院工学研究院

河野隆二

### 学会は研究成果の他流試合の場、友好の場。

皆さんに向けて激励を述べる前に、私の経験、特に皆さんと同じ学生員であった頃の失敗談や心に残るエピソードをお話ししましょう。電子情報通信学会の最もすばらしい活動は、毎月各地で開催される研究会であります。私が研究成果を初めて発表した学会研究会で、最前列の中心に見るからに怖そうな高齢の大先生が陣取り、全ての研究発表に対してその本質を短時間で理解し、その研究の欠点や問題点を厳しく指摘し、発表者は皆、泣き出さんばかりでありました。私も全く言い返せませんでした。しかし、その日から私の研究者としての熱い心に火がつき、いつかこの先生にほめられる研究成果を上げることが目標となりました。大学院を修了する前の研究会で、その日がやってきました。もうお分かりのとおり、このエピソードを通じてお伝えしたいことは、学会は自分の所属する組織（大学の研究室や企業の部や課など）では会うこともない方に、思いもしない視点からの質問や厳しい指摘を頂ける他流試合の場であり、議論を戦わせ、一人では思い付くことが容易でないヒントを得たり、研究仲間や競走相手と巡り合えるすばらしい場所であります。

このエピソードから分かるように、学会は自らを鍛え、新たな科学技術や応用などの学術的な内容を発表し議論する場であるとともに、巡り合いの場であります。特に、学生会は、異なる大学の学生同士が研究はもとより、国内外の情勢や将来の夢を語り合い、イベントをともに実施することで友好を深める場であります。しかし、友好ばかりではなく、自らの信じる発想や意見を発表し、議論を戦わせる場として活用して頂きたいと思います。特に、「とがった人材」として、人とは異なる考えや活動を恥じたり、慎むのではなく、自らの信じることを述べるとともに、自らと異なる意見や価値を理解し認めることにより、世界をけん引するリーダーを目指して下さい。更に、自然科学ばかりだけでなく、経済、経営、法律、政治などの社会科学も身に付け、文学、音楽や芸術を楽しむ、あらゆることに好奇心旺盛で、発想と心の豊かさを身に付けるために、是非、学会を活用して下さい。そして、きっと豊かで明るい未来を切り開きましょう。

# 学 会 紹 介

当学会は大正6年(1917年)5月に「電信電話学会」として発足した時に始まりました。学問・技術・産業の進歩は著しく、その間に於ける当学会の果たしてきた先導的役割は真に大きなものがあつたと言えます。相続く技術革新の中で、当学会も時代を先取りした進化を着実に遂げて参りました。昭和12年(1937年)には「電気通信学会」と改名し、戦後の半導体エレクトロニクスの登場を迎え、昭和42年(1967年)には「電子通信学会」と改称し、昭和62年(1987年)には既に学会活動の重要分野を占めていた「情報」を名称に組み入れ「電子情報通信学会」と改称しました。また、研究専門分野ごとにそれぞれ特徴ある独自の企画等で活発な学会活動をしたという気運が高まり、平成7年4月からソサイエティ制を導入し、現在、四つのソサイエティ(基礎・境界／通信／エレクトロニクス／情報・システム)と一つのグループ(ヒューマンコミュニケーション)を発足させております。

当学会の会員は電子・情報・通信の研究技術者達によって構成されており、昭和40年代に急速に発展したエレクトロニクス、さらには近年のコンピュータと電気通信の融合を目指した情報通信に関する研究活動の活発化を反映して、会員数も約3.5万人を擁し、工学関係の学会としては、我が国有数の大規模学会となっております。

## 学会の会員になりますと、次のような特典が与えられます。

(1) 毎月学会誌が配布され、論文誌(和文・英文)オンライン版が閲覧できます。

学会誌は、各分野から選出の委員約50名で構成された会誌編集委員会において編集され、第一線で活躍されている研究者・技術者らによって平易な記述で執筆されています。また、論文誌は会員から投稿された論文を、各専門分野のエキスパート約1,100名の査読委員が査読し、この結果に基づき論文誌編集委員会が審議し、採録として決定された論文が掲載されています。この論文誌は、諸外国の研究者の論文にも数多く引用されている権威あるものです。

### (1)-1 学会誌

学会誌には、新しい技術情報、最近のトピックス、将来動向、総合的プロジェクト、注目すべき話題の特集など多岐にわたり種々の記事が掲載されています。

特に学生員に対して、『学生/教養のページ』欄を設け、新技術の紹介や学生員へ



の有益な記事を最も平易に原理的に記述したもの、及び技術史、技術論、用語、規格等を平易に解説しており、知識の向上を図れるよう編集されています。

## **(1)－2 和文論文誌, 英文論文誌**

和文論文誌・英文論文誌には、会員からの投稿による『論文』, 『レター』と、論文誌編集委員会から執筆を依頼する『招待論文』, 『解説論文』が掲載され、また特集号の企画も編集されています。

論文は投稿者自身の研究・開発・検討等をまとめた報告であり、新規性、有効性、信頼性に優れているものです。また、レターは“研究速報”, “紙上討論”, “問題提起”に分類され掲載されています。和文論文誌・英文論文誌に学生員として研究成果を投稿することをお勧め致します。

なお、英文論文誌については、従来の IEICE Transactions のほか、ペーパーレス速報誌の IEICE Electronics Express (略称 ELEX) が月 2 回発行、Nonlinear Theory and Its Application (略称 NOLTA) が季刊発行、IEICE Communications Express (略称 ComEX) が随時発行されています。

## **(2)研究会, 大会などにおいて論文の発表および聴講ができます。**

当学会には、学問分野別の活動組織として、基礎・境界／通信／エレクトロニクス／情報・システムの四つのソサイエティとヒューマンコミュニケーショングループがあり、活発な活動を行っています。活動の一つに研究会があり、それぞれ毎月研究会、ワークショップ、勉強会、フレッシュマンセッション等を開催し、熱心な質疑応答を行い会員の研究活動の推進に役立っております。

これらの研究会は、本会の会員であれば自由に発表・聴講・討論に参加することができます。

また、春と秋に大会を開催しており、会員が日頃の研究活動成果を大会の会場で発表し、質疑応答など直接意見の交換ができます。

## **(3)各支部が主催するシンポジウム, 講習会, 講演会, 見学会などに無料の料金で参加できます。**

現在、全国に10支部が有り、それぞれの地域の実情に応じた活動(シンポジウム, 講習会, 講演会, 見学会等)を行っています。これらの会は学生相互の交流や、就職・卒業研究・レポート等に役に立ちます。

## **(4)各種割引が受けられます。**

### **(4)－1 単行本、ハンドブックなどの本会発行図書を会員特価で購入できます。**

当学会では、最新の技術を解説した単行本、専門分野別に編集した大学シリーズおよび各種ハンドブックを発行しております。会員になりますと単行本を2割引で購入

できます。特に、単行本の「学术论文の書き方・発表の仕方」は有用です。出版物を紹介した図書目録も発行(無料)しておりますのでご必要の方はお申し出下さい。

単行本の御注文(<http://www.ieice.org/jpn/books/bookorder.html>)

#### **(4)－2 ホテル、レンタカー、旅行等の優待割引制度があります。**

当学会では、毎年発行している会員証を利用してホテル、レンタカー、旅行等の優待割引も受けられます。詳細は下記 URL をご参照下さい。

(<http://www.ieice.org/jpn/service/advantages.html>)

#### **(5)学生会活動に参加できます。**

『学生会』は、本学会の支部（10支部）ごとに学生員の内から委員長・副委員長・委員が任命されている組織で、自主企画による各種の“学生会活動”（研究発表、学術講習会、講演会、見学会、親睦会等の開催）を行っています（詳細は各支部学生会の活動をご覧下さい。

(<http://www.ieice.org/jpn/gakuseikai.html>)

『学生会』活動に必要な経費は、学会から支出されます。なお、各支部に『学生会顧問』の先生がいて、『学生会』の活動を指導・支援しております。

また、各支部の『学生会』活動については、支部所在地にお問合せ下さい。

(<http://www.ieice.org/jpn/about/syozai.html>)

学会の活動は学問・技術の同好の人達が相集い、それぞれ所属組織の束縛を離れて個人個人が機会均等に参画し、何物にも束縛されない自由闊達な討議と研究活動を展開し、学問・技術の進歩と産業の発展に寄与することを目的としております。当学会の活動を中心として我が国の電子情報通信技術は大きく発展と飛躍をしてきており、若い学生諸君の入会で更なる発展が起こることを期待する次第です。

下記一覧は、平成 25 年 12 月末現在の大学別学生員数です。

順位	大学名	学生員数	順位	大学名	学生員数
1	大阪大学	114	11	京都大学	66
2	早稲田大学	103	11	法政大学	66
3	電気通信大学	100	13	九州大学	65
4	北海道大学	97	14	岡山大学	64
5	東京工業大学	96	15	芝浦工業大学	62
6	名古屋工業大学	86	15	東北大学	62
7	東京理科大学	75	17	東京電機大学	58
8	横浜国立大学	72	18	千葉大学	56
9	徳島大学	69	19	慶應義塾大学	55
10	東京大学	68	20	九州工業大学	46

学生員総数 4,463 名

# 特集

「次世代の通信技術」

# イオンビームによる光導波路直接描画技術の開発と光通信デバイスへの応用

群馬大学 理工学研究院 電子情報部門

三浦 健太

## 1. はじめに

筆者は、これまで、日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所及び芝浦工業大学と共同で、次世代の微細加工技術として注目されているプロトンビーム描画(Proton Beam Writing: PBW)<sup>1,2)</sup>を用いた PMMA 系光導波路の試作を進めてきた<sup>3)</sup>。

PMMA(Poly(methyl methacrylate))は、よく知られているように、屈折率が 1.48 程度と石英系材料に近く、しかもプロトン ( $H^+$ ) を照射すると屈折率が向上するという興味深い性質を有している<sup>4)</sup>。この性質を利用すれば、 $H^+$ が照射された領域をコアとする光導波路のマスクレス直接描画が可能となる<sup>5-7)</sup>。PMMA は、PBW による微細加工用レジスト材料として使用されていることから<sup>8)</sup>、PBW による光導波路形成に適した材料と言える。

PBW による光導波路の形成は、シンガポール国立大学のグループにより既に試みられていたが、PMMA バルク材にプロトンを照射し、それにより生じる屈折率分布をそのまま利用していた<sup>5-7)</sup>。この手法は、光導波路の構造設計に不可欠な屈折率の絶対値及びその深さ方向の分布を正確に把握することが難しい。そのため、筆者らは、バルク材ではなく、PMMA 膜を用いる図 1 のような断面構造を採用し、検討を進めてきた<sup>3)</sup>。これまでに、PBW を用いて直線状の光導波路を形成し、長距離光ファイバー通信用波長である  $1.55\mu m$  において

シングルモードとなるコアサイズを特定した後、Y 分岐形光導波路も試作し、基本的な光分岐動作を確認している<sup>3)</sup>。

以上の背景のもと、本稿では、PBW 技術を用いて作製した PMMA 系光導波路の光通信デバイスへの応用可能性について述べる。具体的には、PBW 技術を利用してマッハツェンダー(Mach-Zehnder: MZ)形 PMMA 系光導波路を作製し、一方のアーム上にチタン(Ti)薄膜ヒーター及びアルミニウム(Al)電極を形成して熱光学スイッチの試作を行った結果を紹介する。

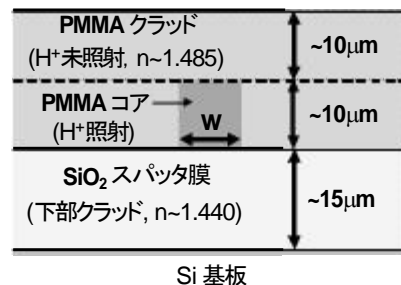


図 1. 試作した PMMA 系光導波路の断面の概略図。

## 2. MZ 形光導波路の作製と評価

まず、PBW 技術による MZ 形光導波路の作製プロセス及びその評価結果について述べる。

筆者らの PMMA 系光導波路の作製プロセスを図 2 に示す。高周波スパッタリング法を用い、シリコン(Si)基板 (~20mm 角) 上に厚さ  $15\mu m$  程度の  $SiO_2$  膜 (屈折率 1.440) を成膜し、下部クラッドとする。その膜上に、スピコートにより厚さ約

10 $\mu\text{m}$  の PMMA 膜 (屈折率 1.485) を形成する. PMMA 溶剤は, PBW による微細加工用レジストとして実績のある Microchem 社製 950A11 を使用している. その後, 日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所イオン照射研究施設(TIARA)内の 3MV シングルエンド加速器を用い, 照射エネルギー 1.7MeV の条件の下, 直径 1 $\mu\text{m}$  程度にまで集束させた H<sup>+</sup>ビームを試料に照射した. その際, ビームスキャン及び試料ステージ位置の制御を同時に行い, 図 3 のように, Y 分岐形光導波路を二つ, 対称に描画し結合させることによって, MZ 形光導波路を描画した. トータルのドーズ量は 100nC/mm<sup>2</sup> 程度とし, コア幅  $w$  は波長 1.55 $\mu\text{m}$  においてシングルモード光導波路として動作することがわかっている 8 $\mu\text{m}$  に設定した<sup>3)</sup>. 分岐角は 2° とし, 分岐後の直線までの移行部分は, 正弦波状の緩やかな曲がりで構成した. 分岐後に並行する 2 本の導波路間の距離は 300 $\mu\text{m}$  程度とした. 描画後, 更にもう一層の PMMA 膜を約 10 $\mu\text{m}$  の厚さで試料上にスピコートし, 上部クラッドとした. 図 4 は, 上部クラッドを形成する前の, 試料表面の光学顕微鏡観察結果である. MZ 形光導波路を描画できていることが確認できる.

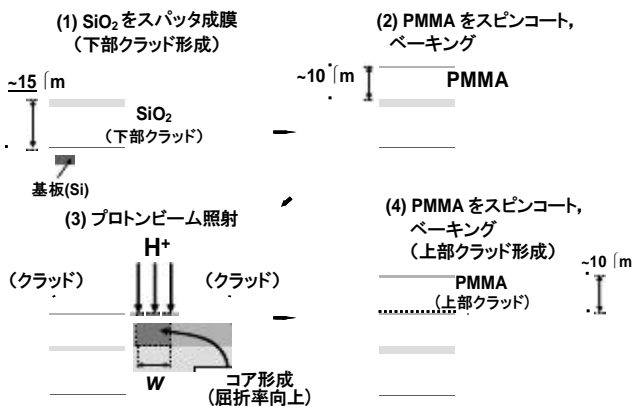


図 2. 光導波路作製プロセスの概要.

更に, 波長 1.55 $\mu\text{m}$  における出射光の近視野像を観察したところ, 図 5 の結果が得られた. 作製した MZ 形光導波路による伝搬光の分波及び合波が, 問題なく行えているものと考えられる.

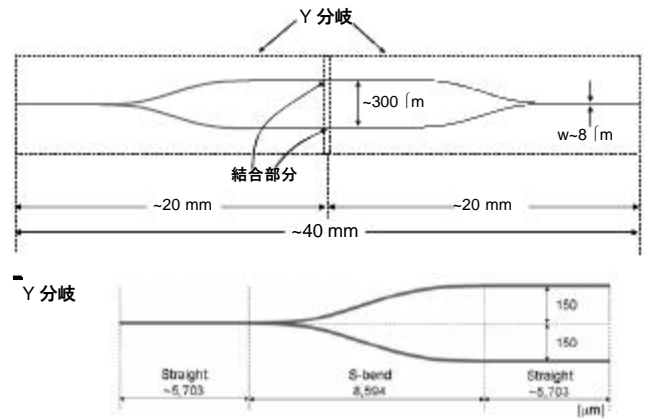


図 3. MZ 形光導波路のレイアウト図.

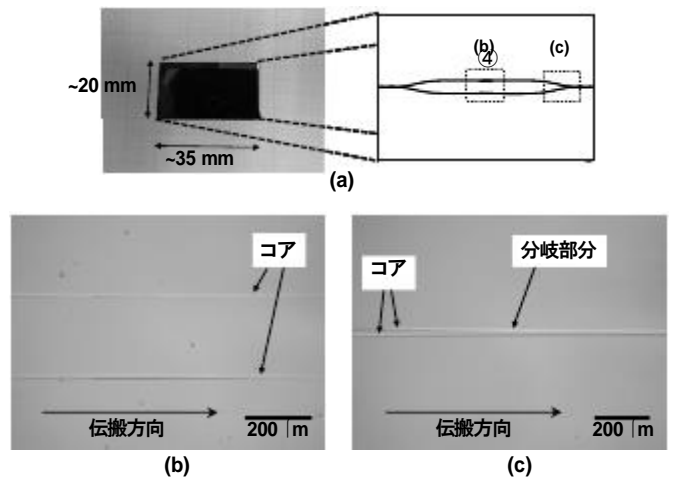


図 4. (a)MZ 形光導波路を描画した試料の外観写真と, (b)試料中央付近の二本の光導波路及び(c)Y 分岐部分の光学顕微鏡観察結果.

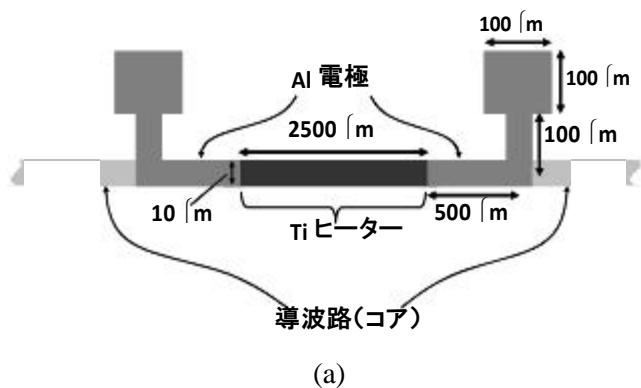


図 5. 出射光の近視野像の観察結果 ( $\lambda=1.55\mu\text{m}$ ).

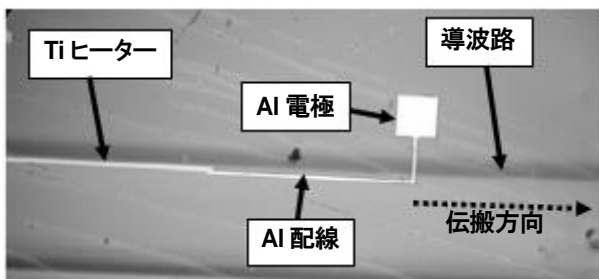
### 3. 熱光学スイッチの試作

続いて、2 で得られた MZ 形光導波路に対して Ti 薄膜ヒーター及び Al 電極を形成、パターンニングし、熱光学スイッチを試作した結果を紹介する。

図 6(a)は、Ti ヒーター及び Al 電極のレイアウト図である。このレイアウトは、広島国際大学・平谷雄二教授の独自の熱解析手法により、ヒーター及び電極からの熱を効率的に利用できるよう最適化されている<sup>9)</sup>。これをもとに、予めフォトマスクを準備しておき、真空蒸着による金属薄膜形成、フォトリソグラフィ及びウェットエッチングプロセスにより Ti ヒーター及び Al 電極を形成した。Ti 及び Al の膜厚は 300nm 程度とした。図 6(b)に、光導波路上に形成した Ti ヒーター及び Al 電極の光学顕微鏡での観察像を示す。



(a)



(b)

図 6. Ti ヒーター及び Al 電極の(a)レイアウト図と (b)実際に形成した試料の光学顕微鏡観察像。

更に、図 7 の測定系を用い、試作した熱光学スイッチの特性を評価した結果を図 8 に示す。ヒーターへの印加電力と出力光強度の相対値との関係をプロットした。その結果、基本的なスイッチング動作が確認でき、ON/OFF 比：約 9.0dB、スイッチング電力：約 43.9mW が得られた。スイッチング特性としては改善が必要であるが、PBW を用いた初めての MZ 導波路型光スイッチの実現可能性が示されたと言える。



図 7. スwitching 特性の測定系の概略図。

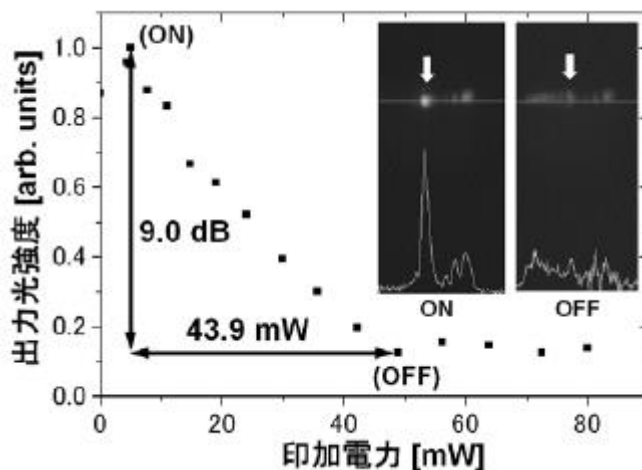


図 8. スwitching 特性の測定結果。

### 4. むすび

本稿では、PBW による直接描画技術を利用して PMMA 系 MZ 形光導波路を作製し、それを用いた初めての熱光学スイッチの試作結果を紹介した。具体的な光通信デバイス作製への PBW 技術の初めての適用例である。その ON/OFF 比は約 9.0dB、スイッチング電力は約 43.9mW であった。今後は、構成材料や断面構造の再検討を行い、スイッチング特性の改善を試みていく。

## 略歴



三浦 健太 (みうら けんた)

1998 年 3 月, 東北大学工学部通信工学科卒業. 2003 年 3 月, 同大学院博士課程後期修了. 博士 (工学).

2003 年 4 月から 2004 年 9 月まで, 科学技術振興機構研究員. 2004 年 10 月に群馬大学工学部に助手として着任. 2010 年 4 月, 群馬大学大学院工学研究科准教授. 2013 年 4 月より, 群馬大学理工学研究院准教授. 光導波路デバイスや発光材料, 光電変換素子などの作製技術に関する研究に従事. 電子情報通信学会光エレクトロニクス研究専門委員会委員.

## 参考文献

- 1) A.A. Bettiol, T.C. Sum, F.C. Cheong, C.H. Sow, S.V. Rao, J.A. van Kan, E.J. Teo, K. Ansari, and F. Watt, "A progress review of proton beam writing applications in microphotonics," Nucl. Instr. And Meth. B, vol.231, no.1-4, pp.364-371, April 2005.
- 2) F. Watt, M.B.H. Breese, A.A. Bettiol, and J.A. van Kan, "Proton beam writing," Materials Today, vol.10, no.6, pp.20-29, June 2007.
- 3) 三浦健太, 佐藤隆博, 江夏昌志, 石井保行, 高野勝昌, 大久保猛, 加田渉, 山崎明義, 横山彰人, 神谷富裕, 上原政人, 桐生弘武, 佐々木友之, 花泉修, 西川宏之, "プロトンビーム描画による光導波路デバイス形成の基礎検討," 信学技報, OPE2010-136, Dec. 2010.
- 4) I. Rajta, S.Z. Szilasi, J. Budai, Z. Tóth, P. Petrik, and E. Baradács, "Refractive index depth profile in PMMA due to proton irradiation," Nucl. Instr. and Meth. B, vol.260, no.1, pp.400-404, July 2007.
- 5) T.C. Sum, A.A. Bettiol, H.L. Seng, I. Rajta, J.A. van Kan, F. Watt, "Proton beam writing of passive waveguides in PMMA," Nucl. Instr. and Meth. B, vol.210, no.1, pp.266-271, Sep. 2003.
- 6) A.A. Bettiol, S. Venugopal Rao, T.C. Sum, J.A. van Kan, F. Watt, "Fabrication of optical waveguides using proton beam writing," J. Cryst. Growth, vol.288, no.1, 2, pp.209-212, Feb. 2006.
- 7) T.C. Sum, A.A. Bettiol, C. Florea, and F. Watt, "Proton-beam writing of poly-methylmethacrylate buried channel waveguides," J. Lightwave Technol., vol.24, no.10, pp.3803-3809, Oct. 2006.
- 8) Y. Tanabe, H. Nishikawa, Y. Seki, T. Satoh, Y. Ishii, T. Kamiya, T. Watanabe, and A. Sekiguchi, "Electroforming of Ni mold for imprint lithography using high-aspect-ratio PMMA microstructures fabricated by proton beam writing," Microelectronic Engineering, vol.88, no.8, pp.2145-2148, Aug. 2011.
- 9) 平谷雄二, 花泉修, 萩谷吉樹, "感光性ポリシランを用いた低消費電力熱光学素子," 信学技報, OPE2004-220, Feb. 2005.

# 光ファイバ通信

電気通信大学情報理工学研究科情報・通信工学専攻

來住直人

## 1. まえがき

石英光ファイバは、髪の毛よりも僅かに太い程度の細径の石英ガラスの伝送路で、近赤外波長帯の光を用いることで、電気のケーブルと比較すると桁違いに膨大な量の情報伝送が可能となる。スマートフォンやタブレット端末・無線 LAN 機能内蔵のノートパソコン等の急激な普及や、家庭への光ファイバ回線の導入に伴う通信量の増大により、光ファイバ通信の重要度はますます高まってきている。光ファイバ通信の特徴や実際のシステム、大容量通信のための多重化方式などの技術、更なる大容量化のための最近の技術に関して概説することが本稿の目的である。

## 2. 光ファイバ通信の特長

通常の石英光ファイバは、直径 125 $\mu\text{m}$  の細い円筒形石英ガラスに同心状のごくわずかな屈折率分布を形成したもので、コアと呼ばれる中心部分の高屈折率層に「光の全反射現象」によって光が閉込められて伝搬する。コア直径が 50 $\mu\text{m}$  程度で、全反射現象で伝搬可能な光線が多数存在する多モード光ファイバと、コア直径が 10  $\mu\text{m}$  程度と小さいため伝搬可能な光線が偏波を考慮しても高々 2 個の単一モード光ファイバに大きく分類される。光ファイバは、他の伝送線路と比較すると以下のような点において優れている<sup>1)</sup>。

- 低伝送損失
- 無漏話・無誘導(電磁干渉無し)
- 大容量情報伝送可能(周波数帯域大)
- 長寿命(石英ガラスは化学的に高安定)
- 柔軟・軽量(細径ガラスのため)

表 1 石英光ファイバの低損失化の道程<sup>2, 3)</sup>

西暦	伝送損失(波長)	電力透過率	開発・製造元
1970	20 dB/km (0.63 $\mu\text{m}$ )	0.01 /km	Corning(米国)
1972	7 dB/km (0.85 $\mu\text{m}$ )	0.2 /km	Corning(米国)
1977	0.5 dB/km (1.3 $\mu\text{m}$ )	0.891 /km	電電公社(日本)
1979	0.2 dB/km (1.55 $\mu\text{m}$ )	0.955 /km	電電公社(日本)
1986	0.154 dB/km (1.55 $\mu\text{m}$ )	0.965 /km	住友電工(日本)
2003	0.1484 dB/km (1.57 $\mu\text{m}$ )	0.9664 /km	住友電工(日本)
2013	0.149 dB/km (1.55 $\mu\text{m}$ )	0.966 /km	住友電工(日本)

表 1 に示すように、伝送損失の低減に伴い新たな低損失波長の発見がなされ<sup>2, 3)</sup>、対応する波長

帯の半導体レーザや受光素子等の光デバイス・システム技術の発展のきっかけとなっている。通常の光ファイバの最低損失波長は 1.55  $\mu\text{m}$  で、0.2dB/km が典型的な損失値である。2013 年春には、1.55  $\mu\text{m}$  付近の 200nm にわたる波長帯域において伝送損失が 0.2dB/km 以下となる超低損失光ファイバが開発されている<sup>3)</sup>。また、光ファイバから漏洩する光信号は不透明被覆で遮断可能で、光ファイバで伝送する波長 1.55  $\mu\text{m}$  の光の周波数は約 200THz と極めて高いことから、放送や無線通信で用いられている数 10GHz 以下の周波数の電磁波や雑音源との干渉も無く、低周波で問題となる電磁干渉も生じない。さらに、上述のように低損失波長帯域が 200nm、すなわち周波数換算で帯域 25THz と極めて広く、電気の線路のような帯域制限が事実上無視できるので、大容量の情報を長距離伝送することが可能である。しかしながら、光ファイバには分散と呼ばれる信号の伝搬速度差をもたらす現象と、信号強度に依存する非線形現象に起因する信号波形歪みがあるため、これらを抑制するための様々な仕組みが必要となる。多モード光ファイバと比較して分散に起因する信号歪みが少なく、かつその補正が容易な単一モード光ファイバが現在は主流となっている。

光ファイバ通信は、個人向けのインターネットアクセスから国際通信ネットワークにわたる広範な通信ネットワークに導入されている。中でも、長距離・大容量通信システムの代表格の国際通信ネットワークは、かつての衛星回線に代って光海底ケーブルシステムが主流となっている。

表 2 日本周辺に敷設された主な海底ケーブル<sup>4)</sup>

名称	区間	信号媒体	伝送容量	敷設年
TPC-1	日米	電気	138 電話回線	1964
TPC-2	日米	電気	845 電話回線	1975
TPC-3	日米	光	280 Mbit/s	1989
TPC-4	日米	光	560 Mbit/s	1992
TPC-5	日米	全光	2×5 Gbit/s	1995
SEA-ME-WE3	東南アジア —中東— 西ヨーロッパ	全光	2×480 Gbit/s (更新後)	1999
Unity	日米	全光	4.8 Tbit/s	2010
SJC	日本— 東南アジア	全光	28 Tbit/s	2013

表 2 に、過去 50 年間に日本周辺に敷設された主な海底ケーブルを示す<sup>4)</sup>。1970 年代までは電気ケーブルを用いた電気信号の長距離伝送が行われて



いたが、1980 年代末の光ファイバの海底ケーブルへの導入で伝送容量が増加し、従来の衛星回線経由と比較して国際電話の品質が向上したことも実感された。海底ケーブルのような長距離伝送路においては累積伝送損失が大きくなるため、伝送路の途中に中継器を導入する必要がある。表 2 の TPC-3 と TPC-4 のような 1990 年代初頭までに導入された光海底ケーブルにおいては、損失により減衰した光信号を電気信号に変換して処理し、電力を回復した光信号に再変換する「再生形光中継器」をケーブル中に一定距離間隔で配置することで減衰を補償していた。しかしながら再生形光中継器においては信号の帯域が電子回路の帯域で制限され、中継可能な信号の変調方式にも大きな制約があり、光信号と電気信号間の変換を二回行う必要に伴う部品数増大による信頼性低下等の多くの欠点がある。表 2 の TPC-5 以降の光海底ケーブルでは、これらの欠点を持たない「全光形光中継器」を採用している。これは、図 1 に示すようなコア中に適当な希土類元素を含む光ファイバにおけるレーザ増幅作用を利用した「希土類添加光ファイバ増幅器<sup>5)</sup>」である。希土類元素の多くは近赤外波長帯の光を吸収・発光する性質を有しており、古くからレーザ等の発光素子に用いられている。希土類添加光ファイバに信号光と共に、過半数の希土類元素が励起状態となる反転分布を形成するための励起光を入射することで、微弱な信号光が増幅される。数 10dB の高い利得が数 THz 以上の広い周波数帯域で得られ、増幅作用が光信号の変調方式やチャンネル数に依存しない優れた「透過性」を有している。また、使用する部品点数が少ないことから信頼性も優れている。光通信の 1.55  $\mu\text{m}$  波長帯においては、希土類元素としてエルビウムを採用したエルビウム添加光ファイバ増幅器

(EDFA: erbium-doped fiber amplifier)<sup>5)</sup>が用いられる。エルビウム添加光ファイバ増幅器を導入以降の海底ケーブルにおいては、表 2 に示すように伝送容量が飛躍的に増大している。

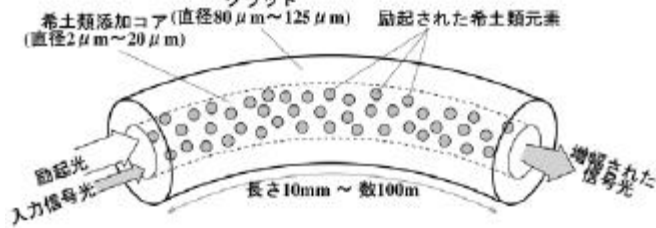


図 1 希土類添加光ファイバ増幅器

中継器に利用されるこの他の光増幅器としては、光ファイバを伝搬する高強度の光のエネルギーが

長波長側に散乱される現象であるラマン散乱を利用したファイバラマン増幅器がある<sup>6,7)</sup>。ファイバラマン増幅器によって、伝送路に高強度の励起光を注入することで伝送路に増幅作用を持たせることが可能となり、その利得帯域は励起光の波長を可変することで任意に設定できる特長を有している。

### 3. 強度変調・直接検波を用いた波長多重光ファイバ通信

現在実用化されている光ファイバ通信システムにおいては、光ファイバあたりの伝送容量を拡大するために、異なる波長を割当てた多数の信号を一括して単一の光ファイバで伝送する波長分割多重(もしくは簡単に波長多重)光ファイバ通信方式<sup>8)</sup>が採用されている。波長多重方式の考え方は無線通信等で採用されている周波数多重方式と同一であるが、光ファイバ通信においては周波数よりも波長による光の指定が一般的であったためにこの名称となっている。

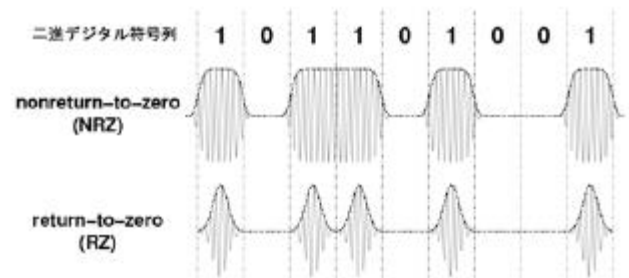
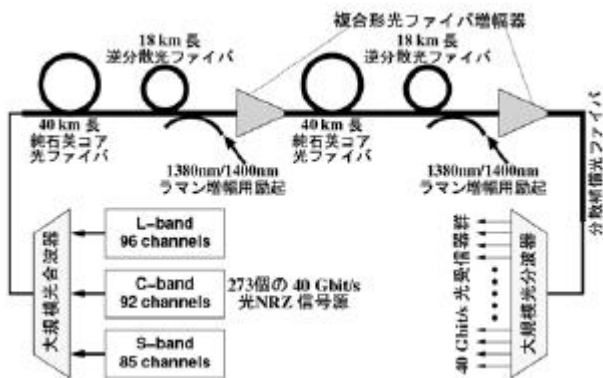


図 2 二種の光強度変調方式の波形

変復調方式としては、光信号強度に電気信号の二進符号の 0 と 1 を割当て、受信器における復調の際は光検出器で光電変換により元の電気信号を復調する強度変調・直接検波を用いている。強度変調の波形としては、図 2 に示すように二進符号の 1 ビットの時間スロット全体を符号 1 又は 0 が占有する NRZ (非零復帰: non return to zero), もしくは時間スロットの両端で必ず強度が 0 となる RZ (零復帰: return to zero) が用いられる。低いビットレートにおいては NRZ 形式が用いられるが、1 波長あたりのビットレートが高くなる場合は、より顕著となる光ファイバの非線形効果への耐性の高さにより RZ 形式が主として用いられる。

図 3 に、2001 年に発表された伝送容量 10.9 Tbit/s の超大容量波長多重システムの構成を示す<sup>9)</sup>。ここでは、S-band(短波長帯)と C-band(標準波長帯)・L-band(長波長帯)の三光源群を用いて生成した、波長 1476.81nm から 1610.06nm の 273

波の 40Gbit/sNRZ 信号を合波し、117km 伝送を行っている。光増幅器としてはこれらの三波長帯それぞれに対応した三種の希土類添加光ファイバ増幅器を組合せた複合形光増幅器を採用し、さらに非線形散乱現象(ラマン散乱)に伴う短波長側の信号電力低下を補償するためのファイバラマン増幅器を、逆分散光ファイバと励起光源で実現している。伝送路は、前述のラマン散乱に伴う短波長側の信号電力を低減するための純石英コア光ファイバと、そこで生じる波長分散による波形歪みを補償し、ファイバラマン増幅器の機能も有する逆分散光ファイバで構成されている。補償しきれない残留波長分散は受信器における分散補償光ファイ



バで補償を行っている。

図 3 10.9Tbit/s 波長多重通信システム

このように、10Tbit/s を超える大容量伝送においては極めて広い波長帯域を用いるため、それに伴う伝送路の最適化や光増幅器の高度化が必須となる。更なる大容量化に際しては、より狭い波長帯域を用いた大容量伝送のための技術が必要となってくる。

#### 4. コヒーレント光通信

前節で取り上げた NRZ や RZ 変調方式では、光の強度(振幅)のみに情報が付加されているため、受信器においては光信号の強度のみを対象とした直接検波が有効であった。これに対して、位相や周波数に情報を付加する無線通信と同様な変調方式を採用したのがコヒーレント光通信方式である<sup>10)</sup>。コヒーレント方式においては光検出器のみによる直接検波は用いず、無線通信と同様な受信信号と局部発振信号との周波数混合によるヘテロダインもしくはホモダイン検波や、1 ビット前の信号との干渉を利用した差動検波が用いられる。コヒーレント方式の特長は以下の通りである。

- ショット雑音限界に近い高い受信感度 (省電力・中継器間隔増大)
- 良好な周波数選択性 (電気フィルタによる信号選択可能)
- 高い周波数利用効率 (多値変調方式適用可能)

コヒーレント方式が初めて研究対象となった 1970 年代末から 1980 年代中期にかけては実用的な光中継器が未完であり、ヘテロダイン/ホモダイン検波を用いることで光受信器の熱雑音や回路雑音の影響が除去され、受信感度が向上することは、中継器間隔増大につながることから極めて魅力的であった。しかしながら、1980 年代末の実用的な光ファイバ増幅器<sup>5)</sup>の出現により中継器間隔増大が不要となり、無線通信並の高度な変調信号を高い周波数密度で送受信する技術も未熟であったこと、ヘテロダイン/ホモダイン検波の際の受信信号と局部発振信号間の光の偏波状態整合の困難等により、コヒーレント方式の研究は 1990 年代初頭に急速に縮小していき、研究開発の対象は簡単な強度変調・直接検波が中心となった。近年になり、前節末尾で言及した強度変調・直接検波方式の限界や、1980 年代には得られなかった伝送過程の信号波形歪み耐性における位相変調方式の優位性が認識されてきたことから、コヒーレント方式が再評価されている。

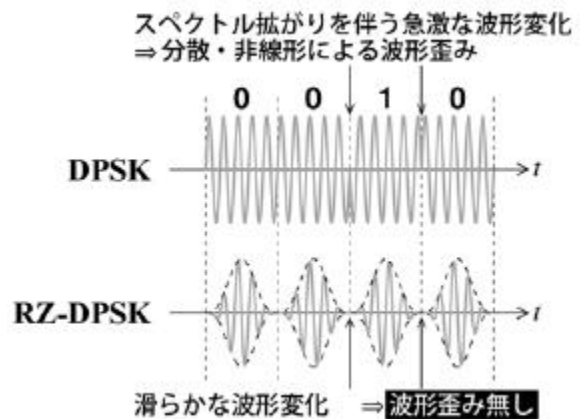


図 4 DPSK および RZ-DPSK 変調方式の信号波形

図 4 に、DPSK(差動位相シフトキーイング: differential phase-shift keying) および RZ-DPSK(零復帰 DPSK: return-to-zero DPSK)方式の波形を示す。DPSK の信号の場合符号“0”と“1”の間の切替わりの際の急激な位相変化による信号の周波数帯域増大は信号波形歪みの原因となるが、RZ-DPSK 信号においては切替わりにおける信号振

幅が 0 となり波形変化が滑らかに起ることから周波数帯域の増大を抑制できる。図 5 に示ように、波長多重光通信システムにおいて RZ と DPSK, RZ-DPSK の三種の変調方式の符号誤り率特性を比較した場合、RZ-DPSK 方式が最も広範な送信信号電力の範囲で低い符号誤り率、すなわち良好な信号品質を維持できることが明らかになっている<sup>11)</sup>。

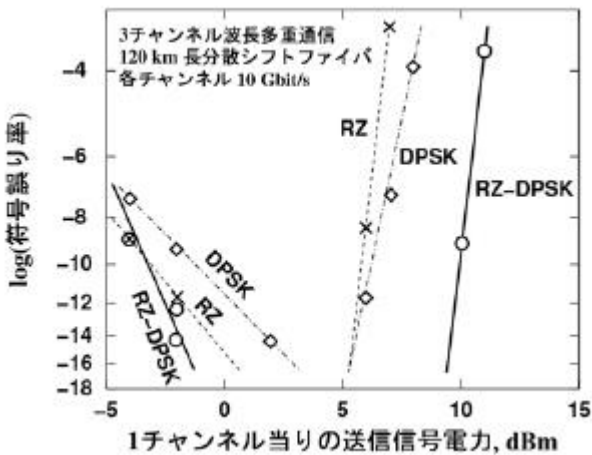


図 5 RZ, DPSK, RZ-DPSK 信号を用いた波長多重システムの符号誤り率特性<sup>11)</sup>

RZ-DPSK の様な二値の変調方式においては 1 ビット前の信号との干渉を利用して判定を行う差動検波による復調が可能だが、DQPSK (差動 4 値 PSK) や QAM (直角位相振幅変調: quadrature amplitude modulation) 等の多値の複雑な変調方式に対しては、無線通信で用いられているようなデジタル信号処理による復調が望ましい。ヘテロダイン/ホモダイン検波後の電気信号を図 6 に示すような AD 変換器と DSP (digital signal processor) を用いた高速信号処理により復調するデジタルコヒーレント方式<sup>12)</sup>の導入により、そのような高度な変調方式に対応したシステムの構成が可能となってきている。

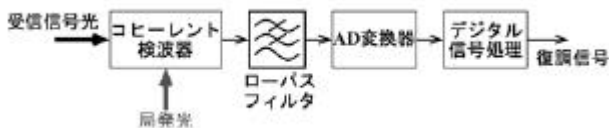


図 6 デジタルコヒーレント受信器の基本構成

図 7 は、2010 年秋開催の欧州光通信国際会議 (ECOC2010) において発表された各種デジタルコヒーレント方式<sup>13)</sup>と、2000 年前後に発表された主として強度変調・直接検波方式を中心とする伝送実験の特性を比較している。デジタルコヒーレント

方式の多くは、強度変調・直接検波方式の特性を上回っており、ことに周波数利用効率、すなわち単位周波数帯域当りの伝送容量を多値化によって大きく向上できることを示している。なお、表 2 に示した SJC 光ケーブルにおいてはデジタルコヒーレント方式の導入が計画されている。

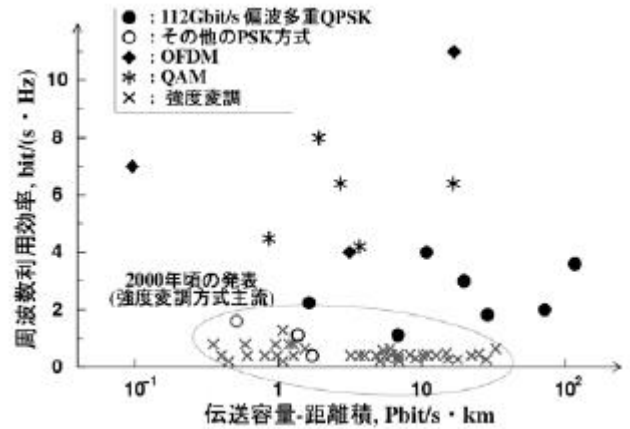


図 7 コヒーレント方式<sup>13)</sup>と強度変調方式の周波数利用効率と伝送容量-距離積の比較

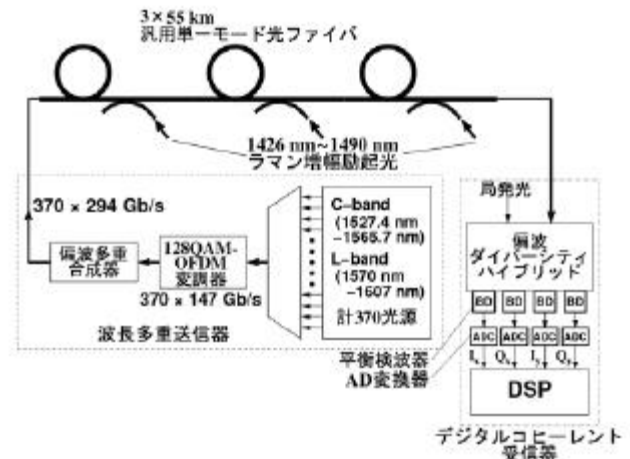


図 8 101.7Tbit/s 伝送のための波長多重送信器と伝送路・デジタルコヒーレント受信器<sup>14)</sup>

図 8 に、2011 年春に発表された伝送容量 101.7Tbit/s の超大容量デジタルコヒーレント波長多重システムの構成を示す<sup>14)</sup>。ここでは、偏波多重 128QAM に OFDM (直交周波数分割多重: orthogonal frequency-division multiplexing) を組合せて生成した 294Gbit/s の光信号を周波数間隔 25GHz で 370 波送受信することで、極めて周波数利用効率の高い大容量伝送を実現している。伝送容量は前節で示した 10.9Tbit/s 伝送システム<sup>9)</sup>の 10 倍となるのに対し、周波数利用効率が高いため所要波長帯域は 6 割程度の 80nm となっている。しかも、デジタルコヒーレント受信器の信号処理による信号歪み補償により、伝送路の分散補

償光ファイバを不要としている。

なお、1本の単一モード光ファイバで伝送する電力が1Wを超えると、伝送損失によりコア中のSiO<sub>2</sub>が加熱されて損傷を受けてプラズマ化し、その損傷が信号源方向に伝搬して光ファイバを破損させる「ファイバヒューズ」<sup>15, 16)</sup>という現象が起る。さらに、高電力伝送の際には非線形現象による信号品質劣化が顕著になる。したがって、ここで実現された100Tbit/sが、伝送電力に起因する1本の単一モード光ファイバの伝送容量のおおよその限界とされている。

### 5. 空間多重光ファイバ通信

前節で言及した伝送電力の問題解決の手段としては、伝送路の断面積あたりの伝送電力を下げる、すなわちコア径の大きな多モード光ファイバや、クラッド内に複数のコアを持つ多重コア(マルチコア)光ファイバを用いる「空間多重(モード多重)伝送方式」が有効である。

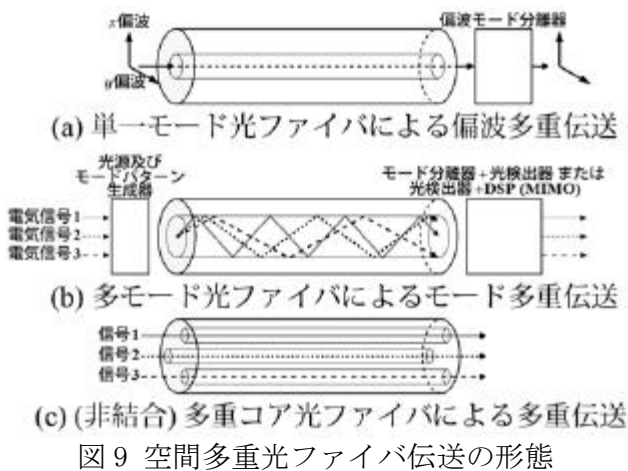


図9 空間多重光ファイバ伝送の形態

図9に光ファイバを用いた空間多重伝送方式を示す。(a)は単一モード光ファイバの二偏波を利用する方式で、3節と4節で取り上げた強度変調・直接検波やコヒーレント式においても採用されている<sup>9, 14)</sup>。(b)は多モード光ファイバの複数モードに個別の信号を割当てて伝送させ、受信器においてこれらを分離して復調する方式である。信号の分離には光学的なモード分離器もしくは電気的な信号処理が用いられる。前者は(a)の偏波分離においても用いられている。後者は無線通信において伝送帯域向上のために複数の送受信アンテナを用い、受信器におけるデジタル信号処理によって信号の分離を行うMIMO(multiple-input and multiple-output)と同様な、電気信号に対するデジタル信号処理を取り入れた手法である。(a)と(b)においては受信器におけるモードの分離が必

要である。これに対して(c)のように、コア間の結合を低減させるためにコア間の距離を十分取った非結合の多重コア光ファイバを用いると、受信器における複雑な処理が不要となる<sup>17) ◆ 20)</sup>。なお、コア間の距離を小さくして結合を大きくした多重コア光ファイバを用いる伝送方式<sup>21)</sup>は(b)に分類される。

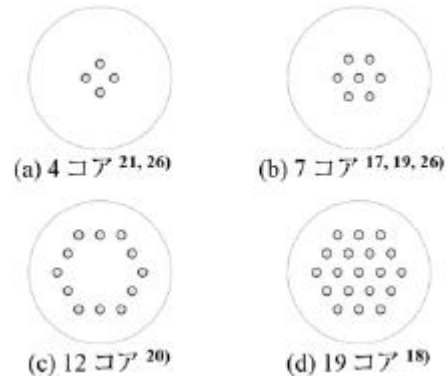


図10 多重コア光ファイバの断面

多重コア光ファイバに関しては、コア間の信号の結合の理論解析が1970年代初頭に検討され<sup>22)</sup>、高密度光伝送を指向したケーブル作製が1980年前後になされている<sup>23, 24)</sup>。1980年代半ばには、対称配置6コア、7コアファイバの伝送特性の理論解析も行われおり<sup>25, 26)</sup>、それから20年余りを経た近年になって多重コア光ファイバ構造が見直されつつある。図10に、いくつかの多重コア光ファイバ構造を示す。コア本数が多いほど総伝送容量は大きくなるが、図9(c)の形態のようにコア間の結合が小さい方が望ましい場合は構造の最適化が必要である。図10(c)に示す12コア構造においては、コアを周状に配置することでコア間の結合を低減しつつ、波長1550nmから1625nmにわたり0.207dB/kmの低損失を実現し、コア1本あたりに380Gbit/sの偏波多重32QAM信号を222波長伝送することで、総容量1.01Pbit/sの信号の52km伝送に成功している<sup>20)</sup>。

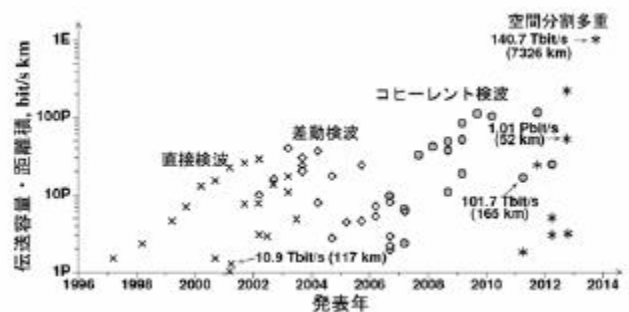


図11 光ファイバ通信方式変遷に伴う伝送容量の拡大<sup>27)</sup>

図 11 に、1990 年代半ばから現在に至るまでの時期の光ファイバ通信方式の発展過程における伝送実験で報告された、伝送容量・距離積を示す<sup>27)</sup>。新たな技術の到来を契機とした特性の向上が見られる。

## 6. むすび

本稿では、光ファイバ通信の特長と、それを利用した長距離・大容量光通信の近年の発展について示した。広範な通信システムに導入され、成熟しているかに見える光ファイバ通信技術は現在も発展途上である。ことに長距離・大容量化に伴い必要となる様々な処理機能の消費電力の低減や、ネットワーク機能の導入も重要な課題である。なお、本稿で紹介した光通信技術の多くには、日本の企業・研究所・大学が貢献してきており、特に基盤技術の開発や端緒の基礎研究においては大学の貢献も大きい。学生であっても将来重要となり得る技術の萌芽に関わる可能性は大いにあるので、学生の皆さんの健闘を期待したい。

## 略歴



來住直人(きしなとおと)

1982 年電通大・電気通信・応用電子工学科卒。1987 年東大院・工学系・電子工学専攻修了(工学博士)。電通大助手、専任講師、助教授、准教授

を経て、現在電通大情報理工学研究科教授。この間、1990 年-1991 年サウサンプトン大学海外研究員。光波・電磁波工学、ことに導波光学・光ファイバ光学分野の研究に従事。電子情報通信学会・応用物理学会・米国光学会 (OSA) 各会員、IEEE Senior Member。

## 参考文献

- 1) 大越孝敬, 「光ファイバ通信」, 岩波新書 (1993).
- 2) 河内, NTT 技術ジャーナル, Vol. 25, No. 3, p. 42 (2013) (<http://www.ntt.co.jp/journal/1303/index.html>) および最近の研究論文.
- 3) M.Hirano et al, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2013)*, PDP5A7(2013).
- 4) 親納, 武蔵工業大学環境情報学部情報メディアセンタージャーナル, 第 7 号, 60 (2006) ([http://www.yc.tcu.ac.jp/~cisj/07/07\\_08.pdf](http://www.yc.tcu.ac.jp/~cisj/07/07_08.pdf)), および最近の報道発表.
- 5) R.J.Mears et al, *Electronics Letters*, Vol.23, 19(1987).
- 6) 黒澤宏, 「入門まるわかり非線形光学」9 章, オプトロニクス社(1998).
- 7) M.N.Islam, *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, Vol.8, 548(2002).
- 8) T.Miki et al, *IEEE Transactions on Communications*, Vol.26, 1082(1978).
- 9) K.Fukuchi et al, *Optical Fiber Communication Conference (OFC2001)*, PD24(2001).
- 10) 大越孝敬, 菊池和朗, 「コヒーレント光通信工学」, オーム社(1989).
- 11) 宮野 他, 電子情報通信学会技術研究報告, OCS2000-66(2000).
- 12) D.-S.Ly-Gagnon et al., *Electronics Letters*, Vol.41, 206 (2005).
- 13) 東野 他, 電子情報通信学会技術研究報告, MWP10-11 (2011).
- 14) D.Qian et al, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2011)*, PDPB5 (2011).
- 15) R.Kashyap et al, *Electronics Letters*, Vol.24, 47 (1988.)
- 16) 轟, *O plus E*, 2008 年 11 月号, 1188 (2008).
- 17) J.Sakaguchi et al, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2011)*, PDPB6 (2011).
- 18) J.Sakaguchi et al, *Optical Fiber Communication Conference(OFC2012)*, PDP6C.1 (2012).
- 19) S.Chandrasekhar et al., *Optics Express*, Vol.20, 706 (2012).
- 20) H.Takara et al., *European Conference on Optical Communications(ECOC2012)*, Th3.C.1(2012).
- 21) C.Xia et al, *Optics Express*, Vol.19, 16653 (2011).
- 22) A.W.Snyder, *Journal of Optical Society of America*, Vol.62, 1267 (1972).
- 23) 稲尾他, 古河電工時報, 第 68 号, 95 (1980).
- 24) N.Kashima et al, *Optical Fiber Communication Conference(OFC1982)*, 46 (1982).
- 25) E.Yamashita et al, *Journal of Lightwave Technology*, Vol.3, 341 (1985).
- 26) N.Kishi et al., *Journal of Lightwave Technology*, Vol.4, 991 (1986).
- 27) G.Charlet, *36th European Conference on Optical Communication (ECOC2010)*, We.8.F.1 (2010), 及び近年の学会及び雑誌発表による。

# 無線ネットワークとグラフ理論

中央大学理工学部電気電子情報通信工学科 教授

田村 裕

## 1. はじめに

無線通信とのかかわり方は、世代間で異なる代表的な例であろう。インターネットの発展が大きい理由の一つだが、技術的な側面も大きい。数 10 年前は、個人が無線による通信機を用いて他者と会話することはほぼなく、自動車に設置された電話機や仕事で肩からかける電話機であったり、趣味のアマチュア無線であったりする程度であった。今は、町で見かける多くの人々が携帯端末を使っている。

本稿では、このように発展著しい無線通信のネットワークに関わる問題の理論的な側面についてグラフ理論を使ってモデル化し検討する。

## 2. 無線通信におけるチャンネル割当

グラフ理論とは、オイラーが一筆書きについての考察を行ったのが始めと言われており、いろいろな分野に発展してきた。電子情報通信学会が関連する分野としては、電気回路であったり、最短路等のネットワークアルゴリズムであったりする。無線通信との関わりの嚆矢として、セルラシステムにおけるチャンネル割当と点彩色問題を上げておこう。これは、セルラ移動通信系におけるチャンネル割当てが、単純なモデル化によりグラフの彩色問題に帰着できるものである[1]。

セルラ方式とは、通信エリアをセルと呼ばれる複数の部分に分割し、そのセル内の基地局と携帯端末が接続し、チャンネルの有効利用を目指した通信方式である。ここで、チャンネルとは、例えば周波数分割による多重アクセス(FDMA)方式における周

波数分割があげられる。隣接セルで同一チャンネルを用いると干渉が生じ利用できない場合があるが、一定以上離れていれば同一チャンネルを使うことが可能となる。このように、同一チャンネルを複数セルで用いることで、チャンネルの有効利用が図られる。ここで、セルを点、同一周波数が使えないセル同士を辺で結ぶと、各セルにチャンネルを割り当てることは、隣接する点が同一色とならないように点に

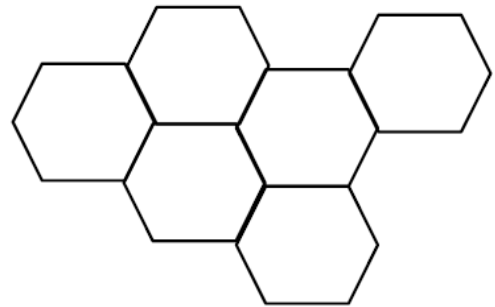


図 1 (a)セルラ方式におけるセル構造

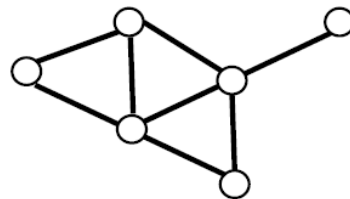


図 1 (b) 図 1 (a)のグラフ表現

色を塗ることに対応する。例えば、図 1(a)のセル構造で、隣り合うセルでは同一チャンネルが使えないと仮定すると、各セルにチャンネルを割り当てることは、図 1(b)のグラフの各点に、隣接点が同一色とならないように色を塗ることに対応する。このような点の塗り分けの中で使用する色の数の最小値を求める問題は点彩色問題と呼ばれ、NP 困難と呼

ばれる,効率良く最適解を得ることか難しいと考  
えられている問題のクラスに属することか知られ  
ている.そこで,通信する際には短時間で割当て  
るチャンネルを決定しなければならない等,セルラ移  
動通信の特性を考慮した様々な発見的(Heuristic)  
なアルゴリズムが提案されている.

ところで, 図 1 のようなセル構造は理想的であ  
り, 現実にはこのような構造になるよう, 基地局  
を建設することは難しい. しかしながら, 携帯電  
話の各キャリアが, 綿密な計画のもと基地局を設  
置して行くことが可能であれば, ある程度の目安  
となると考えられる.

### 3. マルチホップ無線ネットワーク

最近, 端末同士が直接通信して情報をやり取り  
するマルチホップ無線ネットワーク[2]は, 災害等  
緊急時に有効なシステムとして注目されている.

災害が発生し, 基地局やその上位局が使用不能に  
なった場合, 携帯端末からの通信ができなくなる.  
この解決方法として, 臨時的にいくつかの基地局  
を建て, その基地局がマルチホップ無線ネットワ  
ークを構成し, 携帯端末は臨時の基地局にアクセ  
スすることであるエリアの通信を確保するととも  
に, ある基地局はインターネットに接続する. こ  
のような場合, 基地局は固定されたものと考えて  
よく, 基地局間の通信チャンネルの割当に対しては,  
理論的な解析の可能性が広がってくる. 通信端末  
が頻繁に移動しない場合や無線によるマルチホッ  
プセンサネットワークも同様な解析が可能と考  
えてよい.

端末を点で表し, 端末間で通信可能な場合, 対  
応する 2 点を辺で結ぶことで, グラフによってモ  
デル化する (図 2). 端末間で通信する場合にチャ  
ネルを割当ててるが, これは辺に色を塗ることに  
対応する. この問題は, 辺に色を塗るため, グラフ  
理論において辺彩色問題と呼ばれ, 大変よく知ら  
れた問題である. 通常の辺彩色とは, 隣接する辺

に異なる色を塗るものであり (図 3), 数多くの研  
究がなされている.

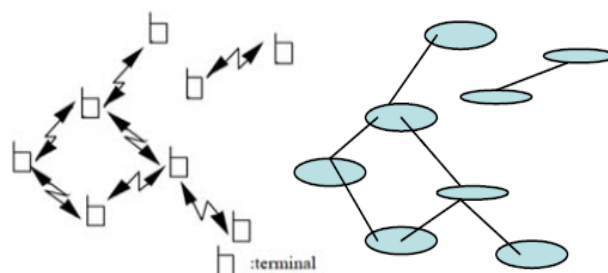


図 2 マルチホップ無線ネットワークのモデル化

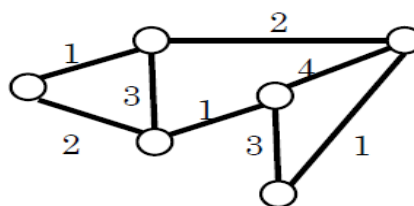


図 3 辺彩色の例 (辺上の数字は色を表す)

辺彩色でない場合は, ある点から同一色で複数  
の点と隣接することになり, これは同時に複数の  
端末と通信できないことに対応する. よって, 辺  
彩色問題を使ったモデル化が可能である」と言  
える. グラフ理論の研究者にすれば, 応用面から見  
ても価値があるので, 辺彩色問題を「研究する」で  
よいのかもしれない. しかしながら, 実際に応用  
する立場の研究者としては, このモデル化をどの  
ように使っていくのか? 」と戸惑ってしまうかも  
しれない.

もう少し, この辺彩色問題を応用面に近い立場  
で解釈してみるとする. 3つの端末 T1,T2,T3 がこ  
の順で直線上に並んでいたとして, T1 が T2 と,  
T3 も T2 と同時に通信しようとしたとする (図 4).

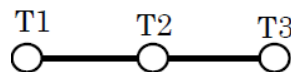


図 4 3つの端末間の通信の例

上記の解釈では, B は A と C と同時に通信できな  
い, で終わってしまうが, 同時に通信ができない

ことを端末はどのように判断するのであろうか。実際には、T1 と T3 がそれぞれキャリアセンスにより、あるチャンネルが空いていることを知り、そのチャンネルを用いて T2 と通信しようとし、失敗する。これは隠れ端末問題と言われるよく知られた問題である。「このモデル化をどのように使っていくのか?」という疑問を解決するわけではないが、少しは応用よりの解釈になったと考えられる。

辺彩色問題を拡張したものとして、強辺彩色 (strong edge coloring) 問題がある。これは、各辺に隣接する辺はすべて異なる色を塗るものである (図 5)。この場合、3つの連続した辺に、a,b,a のような彩色は許されない。b が塗られた辺が、その両端で a に塗られた辺と隣接しているからである。4つの連続した辺に a,b,c,a であれば許される。つまり、辺を二つ以上隔てている 2 辺は同一色を塗ることができる。この強辺彩色問題もグラフ理論においては、よく知られた問題である。

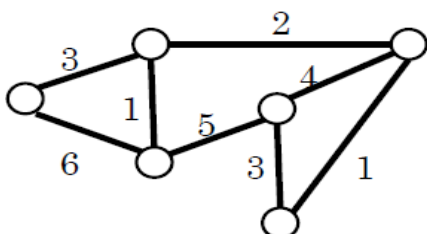


図 5 強辺彩色の例

これをチャンネル割当問題として考える。4つの端末 T1,T2,T3,T4 がこの順で直線上に並んでいたとして、端末 T1 が T2 と、T4 が T3 と同時に同じチャンネル c で通信しようとしたとする (図 6)。端末



図 6 4つの端末間の通信の例

T2 に注目すると、T1 とチャンネル c で通信するのだが、端末 T3 もチャンネル c で T4 と通信するため、T2 にも T4 との通信の影響が及んでしまう。従っ

て、a,b,a のようなチャンネルの割当はできないので、強辺彩色問題としてモデル化できる。

さて、先に述べたのと同様に、少し応用よりで考えてみよう。先に隠れ端末問題に触れたが、この問題を解決する IEEE802.11 における一つの方法を紹介しよう。図 6 において、端末 T1 が T2 と通信しようとしたとする。まず T1 は T2 に送信要求 (RTS: Request To Send)を送り、T2 は T1 に送信確認 (CTS: Clear To Send)を送る (図 7)。端末 T3 は、T2 が送信した CTS を受信できるので、T3 は T1,T2 間で使用するチャンネル c は使用しない。つまり、端末 T4 が T3 とチャンネル c で通信しようとしても T3 はそれに答えることはない。頻繁に T4 から T3 に再送を繰り返しパケットが破棄される。これはさらし端末問題と呼ばれる。T4 が T3 と c 以外のチャンネルで通信すれば解決法のひとつとなる。つまり、T1,T2 間と T3,T4 間では異なるチャンネルが必要となり、先に述べた強辺彩色問題としてモデル化できる。

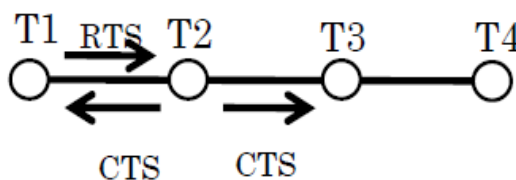


図 7 隠れ端末問題の回避

さて、図 6 の 4つの端末間に、a,b,a とチャンネルを割当てるのは難しいことは示したが、T1,T2 間と T3,T4 間の距離が短くて、T2,T3 間が長ければ a,b,a のチャンネル割当が可能かもしれない (図 8)。こ



図 8 4つの端末の配置例

のような距離を考慮に入れた場合の辺彩色問題としてのモデル化を考えてみよう。辺に距離に対応した重みを付けることでモデル化[3]できるが、辺



彩色や強辺彩色に比べて複雑となる．ここでは、距離を考慮に入れた辺彩色をひとつ紹介する．図 6 の 4 つの端末間を a,b,a とチャンネルを割当ててゐることは可能かもしれないが、図 9 の 5 つの端末 T1,T2,T3,T4,T5 の端末間に、a,b,a,b とチャンネルを割当ててゐることは可能であろうか．

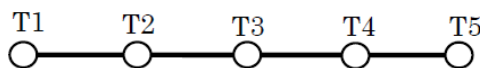


図 9 5 つの端末間の通信の例

4 つの端末 T1,T2,T3,T4 間で、チャンネル a による通信に注目すると、T2,T3 間の距離は T3,T4 間にくらべて長い必要がある(図 10(a))．また、4 つの端末 T2,T3,T4,T5 間で、チャンネル b による通信に注目すると、T2,T3 間の距離は T3,T4 間にくらべて短い必要がある(図 10(b))．これは矛盾であるので、a,b,a,b と割当ててゐることはできない．チャンネル割当てのモデル化のため、辺彩色である必要があるため、a,b,a,b の割当てを禁止した辺彩色を考えることになる．強辺彩色はこのような性質を持つので、辺彩色と強辺彩色の中間の性質を持つため中辺彩色と呼んでいる[4]．

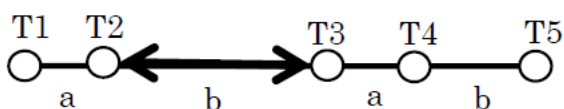


図 10(a)チャンネル a に注目した端末の位置関係

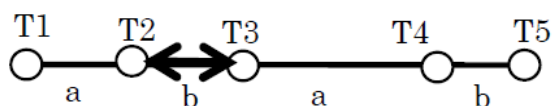


図 10(b)チャンネル b に注目した端末の位置関係

#### 4. おわりに

本稿では、マルチホップ無線ネットワークのチャンネル割当てのモデル化として、いくつかの辺彩色問題を紹介した．その中の一つの中辺彩色は、連続した 4 辺を 3 色以上で塗り分ける辺彩色とも表

現できる．辺彩色は、連続した 2 辺を 2 色 (以上) で塗り分けるとも言える．このように「連続した x 辺中 y 色以上用いる彩色」という形の拡張ができる．強辺彩色は、連続した 3 辺中 3 色用いる彩色と言える．

このような拡張は、理論的な面白さがあり、一般的な性質が得られれば、それは、辺彩色や強辺彩色にも適応できる．しかしながら、どのような問題のモデル化としてとらえているかを常に意識しておくことは、単なる思考遊びに陥らないために重要であろう．

#### 略歴



田村 裕 (たむら ひろし)

1990 年,新潟大学大学院自然科学研究科修了.学術博士.新潟大学及び新潟工科大学に勤務した後,2012 年度より中央大学理工学部教授.グラフ理論とその応用に関する研究に従事.

#### 参考文献

[1]仙石正和:"自動車電話の周波数有効利用-チャンネルの割当てアルゴリズム-,"信学誌, 69,4, pp.350-356,1986-4.  
 [2]間瀬憲一,中野敬介, 仙石正和, 篠田庄司:"アドホックネットワーク" 信学誌, 84,2, pp.127-134, 2001-2.  
 [3]Hiroshi Tamura, Kaoru Watanabe, Masakazu Sengoku, Shoji Shinoda: "A Channel Assignment Problem in Multihop Wireless Networks and Graph Theory," Journal of Circuits, Systems and Computers, Vol.13, No.2, pp.375-385,2004.  
 [4]Hiroshi Tamura, Masakazu Sengoku, Shoji Shinoda: "On an Edge Coloring between Conventional Edge Coloring and Strong Edge Coloring for Wireless Communications," Proc. 2011 Int. Tech. Conf. Circuits/Systems, Computers and Comm., pp.57-60, 2011.

# 未来のワイヤレス通信雑考

東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授

小林 岳彦

## 1. はじめに

未来の予測には、かなり確実に当るものとそうでないものがある。近未来の人口予測はよく当る一方、株価や外国為替相場などは影響する要因が複雑なので中々当りにくい。科学技術の分野でも同様に当り外れがある。

筆者の専門はワイヤレスシステム（移動通信、レーダ、アンテナ・電波伝搬などを含む）であるので、ワイヤレス通信分野の将来を、当り外れはあまり気にせずに経験を交えて述べたい。その前置きとして、まず移動通信の趨勢について述べる。

## 2. 間もなく移動通信加入者数は世界人口を超える

現在の公衆移動通信の基本形であるセルラ方式の移動通信サービスは、1978年に世界で初めて日本電信電話公社（後のNTT）により東京23区で「自動車電話」として商用化された。第1世代のセルラ移動通信はアナログ方式で、加入者はなかなか増えなかった。1992年にNTTからNTTドコモが分社した時点で、日本全体の加入者数は150万に満たなかった。世の中にも社内にも、分社してビジネスとして成り立つのか疑問視する向きも多かった。

自動車電話は1990年代に携帯電話に取って代われ、それが「ケータイ」に、さらにスマートフォンになって現在に至っている。日本の携帯電話とPHS加入者数は合計で1億3000万加入を超えている。ただしこの数には後述のM2Mを含む。ちなみに加入者数は2000年までは米国に次いで世界第2位であったが、現在では中国、インド、米国、ロシア、インドネシア、ブラジル、ベトナム

に次いで第8位である。

ITU-D（国際電気通信連合 開発部門）が集計・推定した、人口100人当たりの携帯電話、固定電話、インターネットなどの加入者数の推移を図1に示す。携帯が群を抜いて伸びていることと、固定電話は減少に転じていることが分る。携帯は2013年に世界全体で96.2加入に達している。驚くことに図2に示すように、開発途上国はこれに89.2加入と肉薄している。途上国では有線通信インフラを全国にカバーするよりも移動通信ネットワークのほうが安くなり、先進国のたどった過程の一部（有線通信インフラの整備普及）を省くことができるからである。世界の携帯電話加入者数の実数は2013年末の推定では、68億（このうち中国とインドで20億）であったから、世界人口（約72億人）を上回る日は遠くない。

このような加入者増と携帯電話やスマートフォンによるインターネットアクセスの普及にともなって、トラフィック量（ネットワーク上を流れる情報量）が、予測を上回って急増している。現時点では2010年と比べて2015年にはトラフィック量は24倍、2020年には1000倍になると予測されている。ネットワークのパンクを防ぐためには、タイミングよく次世代方式を開発・設備投資・運用してゆくことが必須である。新しい周波数帯の開発は継続して行ってゆくとしても、限られた周波数帯域幅でこれだけのトラフィックを収容するためには技術的なブレークスルーが求められる。

## 3. 4Gや5Gはどのようなものになるようとしているか

第3世代移動通信の拡張として、2010年以降世界中でLTE（long term evolution）の導入が進ん

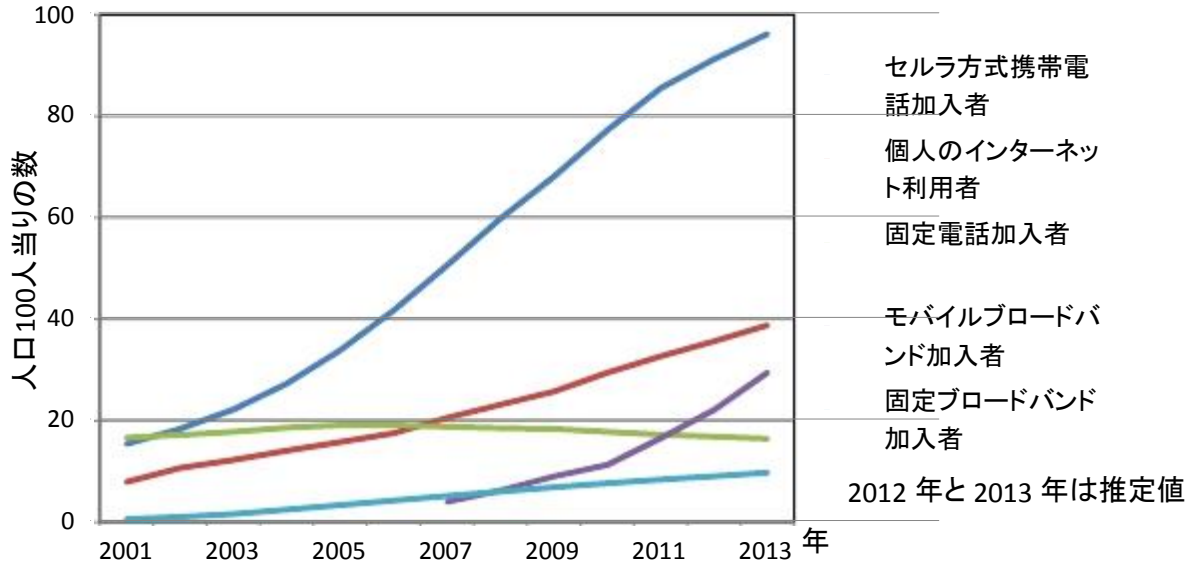


図 1 世界における ICT の進展状況 (出典: ITU World Telecommunication / ICT Indicators database)

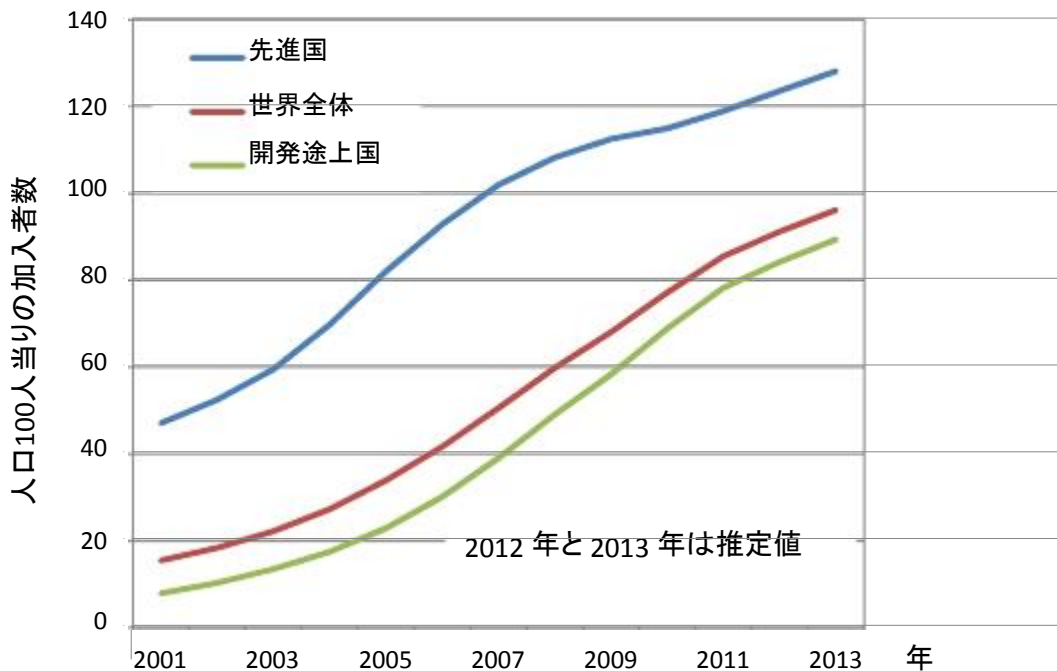


図 2 世界における携帯電話加入者数 (出典: ITU World Telecommunication / ICT Indicators database)

でいる (3.9G とも 4G とも呼ぶ)。さらに LTE の発展形としての LTE-Advanced が第 4 世代 (4G) 方式として標準化され、2015 年頃の商用導入が見込まれている。さらに一昨年あたりから第 5 世代 (5G) の議論が始まっている。

LTE の主な要求条件は次のごとくである：

- (1) 周波数利用効率の向上 (下り 3~4 倍, 上り 2~3 倍)
- (2) 最大データ速度の向上 (下り 100 Mbit/s 以上, 上り 50 Mbit/s 以上)
- (3) 遅延の低減 (接続遅延 100 ms 以下, 転送遅延 5 ms 以下)
- (4) 可変チャンネル帯域幅のサポート (1~20 MHz のチャンネル帯域幅を, トラヒック状況などに応じて柔軟に変更できる)
- (5) RAN (無線アクセスネットワーク) 構成

## の簡単化

### (6) 既存システムとの共存

このような要求を満たすために、次のような技術 (enabling technologies) が用いられる:

- (a) 無線アクセス方式として、下り OFDMA (orthogonal frequency division multiple access), 上り SC-FDMA (single-carrier frequency division multiple access)
- (b) 周波数スケジューリング (周波数を少しでも有効に使うために、伝搬路条件のよいユーザに有線してリソースを割当てる)
- (c) 送受信ともに複数アンテナを用いる MIMO (multiple-input multiple-output) 技術 (最大で 4×4 の MIMO を利用)
- (d) AMC (adaptive modulation and coding) (伝搬路条件に適応して変調方式や符号化率を選択する)
- (e) 分散制御無線ネットワークアーキテクチャの採用, RRC (radio resource control) 手続きの簡素化

この LTE を発展させた LTE-Advanced に対する主な要求条件は:

- (1) 周波数利用効率のさらなる向上 (下り 2 倍, 上り 4 倍)
- (2) 最大データ速度の向上 (下り 1 Gbit/s 以上, 上り 500 Mbit/s 以上)
- (3) LTE とのバックワードコンパチビリティ. その実現に必要な技術としては:
  - (a) CA (carrier aggregation) (複数の周波数の帯域幅を最大 100 MHz まで束ねて運用)
  - (b) MIMO の高度化 (レイヤ数が上り下りともに増えるとともに, マルチユーザ MIMO や複数基地局が協調して送受信を行う CoMP (coordinated multiple point transmission and reception))
  - (c) ヘテロジニアスネットワーク技術
  - (d) リレー (バックホールネットワーク自体を LTE-Advanced で構成する).

ここまでは近未来のシステムとその技術である. ではその先の 2020 年頃の実用化を目指す 5G についてはどうか. まだ, 5G の要求条件は標準化機関でも定まっていない. 合意が得られつつあるのは:

- (1) 2010 年と比べて 1000 倍のトラフィックを収容できる超大容量化
- (2) LTE から 10~100 倍の高速化
- (3) 1 ms 以下の低遅延
- (4) 低消費電力
- (5) 膨大な数の M2M (machine to machine) 端末を収容可能.

実現のための技術候補は:

- (a) 無線アクセス方式として, 高スループットが可能になる NOMA (non-orthogonal multiple access) (干渉に埋もれた希望波を端末で抽出する)
- (b) 20 GHz 帯以上の高い周波数の利用
- (c) 例えば 100 個以上のアンテナを使用する Massive MIMO.

伝搬損失の大きな高い周波数の利用など, かなり苦しいことになってきたような感じもするが, 不可能だと言われていた技術はたいてい実現するという経験則 (?) もあるので, 悲観はしていない.

## 4. 日本は M2M 大国

M2M に関しては, 医療, スマートグリッド, 物流, 設備保守, 交通制御などの広い分野の応用が想定されており, 2020 年にノード数 120 億台という予測がある. しかし, セキュリティなどの面から閉域網のほうが適しているものもあるし, 通信料金がかかるのを嫌うこともあるので, 膨大な数のノードを全て単一のネットワークに収容するのは非現実的だと筆者は見ている.

日本には自動販売機が 500 万台 (うち半数が飲料用) あり, 現在そのほとんどがネットワークにつながって, 在庫, 温度や釣り銭管理, 電子マネー決済, 売り切れや故障などの警報などをやり取りしている. 統計が公表されないので未詳である

が、相当数がワイヤレスネットワーク（セルラ移動通信、PHS、免許や通信料金不要の無線 LAN や特定小電力無線など）を利用していると考えられる。動かない自動販売機との通信にセルラを使うのは現在でももったいないが、他のものでは回線が繋がらない場合は仕方なく使うのである。

M2M がトラヒック増加の主要因であるならば、「トラヒック量 1000 倍」が現実になるかは必ずしも確実ではないと思われる。

## 5. YRP 基盤研での 4G 研究の経験から

十数年前に YRP 移動通信基盤技術研究所という半官半民の研究開発会社で 2010 年頃の実用化を想定して、第 4 世代移動通信（IMT-2000）の基盤技術の研究をやっていた。世の中では第 3 世代の技術開発を進めていた時代である。多元接続、マルチパス分離・合成、バックホールネットワーク、トラヒック・品質制御、マイクロ波帯移動伝搬などを研究していた。しかし現時点で振り返ると、残念ながら大半が外れであった。現在のワイヤレス通信の主流である MIMO や OFDM はまだ登場していないか、注目を集めていなかった。ATM（asynchronous transfer mode：非同期転送モード）ベースのネットワーク研究をしていて、IP 網には部分的にしか着手できなかった。マイクロ波帯の移動伝搬には先鞭を付けたのではあるが、MIMO ではなかった。特許や論文が量産され、学位取得者は 10 名以上にのぼったが、このように技術予測は難しい。しかし今から考えると、実現しようとしていた高速移動、高速・高品質伝送を可能にする「マルチメディア移動通信」は当たっていた。実現のための技術は何であれ、実現すべき通信システムの姿の予測は、少なくともこの場合はそれほど外れていなかった。

## 6. むすびにかえて

大勢の人が同じように予測したとしても、技術

が完成するかどうかは分らないし、素晴らしい技術が実現しても商業的に成功するとは限らない。

また、何にでも栄枯盛衰はある。ワイヤレス分野に限っても、例えば：

(ア) モトローラ社が開発した、66 個の低軌道衛星で全世界を覆う衛星携帯電話システム「イリジウム」は、高い技術を完成させたものの、1998 年のサービス開始から 1 年足らずで破綻した。地上のセルラ網の整備が進み、そのカバー地域外での通信需要は限定的なものであった。

(イ) 日本のモバイル衛星放送サービスは、2006 年のサービス開始から 3 年間で 150 万加入を目標としていたが、2 年後（10 万加入は獲得）に事業の終了を発表した。無料のワンセグ放送に顧客を奪われた結果であった。

(ウ) 究極の電波航法システムということからギリシャ語アルファベットの最後の文字に因んで「オメガ」と名付けられた双曲線航法システムは、全世界をわずか 8 局の基準局で覆う画期的なものであったが、GPS をはじめとする衛星航法システムに置き換えられ、1997 年に停波した。ただし 20 年間以上は稼働した。ワイヤレス分野では研究すべきことはなくならないし、特に通信への応用では大きな課題が待ち構えている。総体的にはワイヤレス通信の未来は希望に満ちていると考える。

## 略歴



小林 岳彦（こばやし たけひこ）  
1983 年 東京大学大学院修了、工学博士。NTT 研究所、NTT ドコモを経て、2001 年 東京電機大学工学部情報通信工学科教授。マイクロ波リモートセンシング、アンテナ・伝搬、電磁波の生体

影響、EMC、第 4 世代移動通信、UWB などの研究に従事。本会 WBS 研委員長、会計理事などを歴任。本会論文賞 2 回、業績賞 1 回受賞

## 平成 25 年度東京支部学生会事業

幹事校 (委員長) 防衛大  
副幹事校 (副委員長) 横浜国立大  
担当校 (幹事) 日本女子大, 東京大, 上智大, 都立産技高専, 群馬大, 東京工科大,  
神奈川工科大

講演会 A (担当校: 日本女子大, 法政大, 埼玉大)

題目 「社会人留学経験者から学生の皆さんへ」  
講師 関屋 大雄 氏 (千葉大学大学院融合科学研究科 准教授)  
塚田 由紀 氏 (独立法人交通安全環境研究所)  
日時 平成 25 年 11 月 23 日  
会場 日本女子大学 新泉山館 大会議室

講演会 B (担当校: 東京大, 拓殖大, 千葉工業大)

題目 「インターネットの歴史や現在の課題・次世代のインターネット」  
講師 浅見 徹 氏 (東京大学情報理工学系研究科 教授)  
日時 平成 25 年 11 月 10 日  
会場 東京大学 本郷キャンパス (工学部 2 号館) 10 階 会議室

見学会 A (担当校: 上智大, 千葉大, 茨城大)

見学先 NTT 厚木研究開発センター  
日時 平成 25 年 10 月 3 日

見学会 B (担当校: 都立産技高専, 山梨大, 早稲田大)

見学先 (株)東芝 社会インフラシステム社 小向事業所  
日時 平成 25 年 11 月 6 日

学生会報 (第 19 号) (担当校: 群馬大, 電気通信大, 中央大, 東京電機大)

A4 版, 38 ページ, 発行部数 500 部  
特集テーマ 「次世代の通信技術」

学生会研究発表会 (第 19 回) 実施予定 (担当校: 東京工科大, 明治大, 東京都市大, 東海大)

日時 平成 26 年 3 月 1 日  
会場 東海大学 高輪キャンパス 4 号館

SCI (Student Community of IEICE) (担当校: 神奈川工科大, 日本大, 成蹊大)

## 講演会 A

# 社会人留学経験者から学生の皆さんへ

講演者：関屋大雄 氏（千葉大学大学院融合科学研究科准教授）

塚田由紀 氏（独立法人交通安全環境研究所）

著者：埼玉大学理工学研究科 加藤達也

幹事校：日本女子大学 坂本麻衣子 長久保咲絵

平成 25 年 11 月 23 日、日本女子大学 新泉山館 大会議室において、千葉大学大学院 融合科学研究科 准教授 関屋大雄氏及び、独立法人交通安全環境研究所 塚田由紀氏のお二人をお招きし、「社会人留学経験者から学生の皆さんへ」と題しまして講演会を開催しました事を報告致します。

また、本講演会は IEEE Tokyo Young Researchers Workshop, 電気学会東京支部学生委員会, 情報処理学会, 映像情報メディア学会, 慶応義塾大学学生ブランチ, 津田塾大学学生ブランチの協賛, 後援を頂きました。

講演内容は、関屋先生がアメリカ ライト大学へ訪問研究員として留学した経験を、塚田先生がドイツ カールスルーエ工科大学にご子息を伴って留学した経験を、それぞれ経緯や体験・留学を通して得たことなどを中心に話して頂きました。日本とは異なる環境・文化の中での生活のお話や、男女それぞれの立場での海外留学体験を聴くことができ、貴重な体験となりました。

個人的にも、講演会に前後して高校時代の同期が海外留学・研修に行っている事を知り、より一層海外留学を身近に感じることができました。

なお、IEICE 通信ソサイエティマガジン B-plus の「ある編集委員の留学記」というページで関屋先生の留学体験記の記事を読むことができますので、興味をもたれた方はご一読してみたいはいかがでしょうか。

参加人数は 20 名程度と決して多い人数ではありませんでしたが、さまざまな大学から参加していただきました。また、アンケートも良好な感想をいただいております。

参加者増加のためには、協賛・後援団体への告知や、多くの方が参加しやすい講演テーマの設定などが重要になると思います。

最後になりますが、御多忙の中、御講演頂いた関屋先生及び塚田先生に厚く御礼申し上げます。また、本講演開催にあたり御協力頂いた事務局の皆様、並びに当学生会幹事団の皆様、講演会 A グループ運営委員の皆様、SCI グループ運営委員の皆様、及び日本女子大学学生ブランチの皆様に深く感謝致します。



関屋先生の講演風景



塚田先生の講演風景

講演会 B 感想文

## 次世代から新世代ネットワークへ

講師: 浅見徹先生(東京大学)

講演会 B 副幹事校 拓殖大学 小笠原恒平

平成 25 年 11 月 10 日, 東京大学本郷キャンパス 2 号館 10 階 電気系会議室 5 にて東京大学大学院情報理工系研究科 教授 浅見徹先生をお招きし, 「次世代から新世代ネットワークへ」と題して講演会を開催しましたことを報告いたします。

本講演では, 通信ネットワークの進化の歴史を振り返りながら, 現在そして未来へ至る新世代ネットワークの技術的進歩についてお話していただきました。通信の知識がなくても理解できるように説明をしていただいたので, 非常にわかりやすい内容でした。最後には浅見先生が参加されている通信プロジェクトについても少しお話いただき, 充実した講演会となりました。

本講演には 25 名の方にご参加いただきました。しかし, 講演会場が 50 名収容可能な会議室だったこともあり, もう少し参加していただけたと考えていたため, 少し残念な結果となりました。このことに関して, 講演会 B の告知が開催の 1 週間前だったことが参加者不足の原因だと考えられます。今後の反省として, 告知の早期実施について対策をしていきたいと思えます。

なお, 参加していただいた方にアンケートを実施したところ, 参加者の約 75%の方に満足, おおよそ満足という回答をいただくことができました。また, 講演テーマについて, 移動体通信の最新技術, M2M システム, 近距離通信技術, 衛星通信などを希望したいというご意見をいただきました。今後のテーマの参考にしたいと思います。

最後になりましたが, ご多忙の中講演していただきました浅見徹先生に深く御礼申し上げます。また, 本講演にあたりご協力いただきました事務局の皆様, 当学生会幹事団の皆様, 講演会 B グループの運営委員の皆様, SCI グループの運営委員の皆様, そして本講演にご参加いただいた皆様に深く感謝いたします。



浅見徹先生のご講演様子



会場内



集合写真



## 見学会 A 感想文

# NTT 厚木研究開発センタ

見学会 A 幹事校 上智大 山元 雄太

この度平成 25 年 10 月 3 日、電子情報通信学会東京支部学生会見学会 A の企画として、NTT 厚木研究開発センタを見学しました。NTT 厚木研究センタは、マイクロシステムインテグレーション研究所(MI 研)、フォトニクス研究所、コミュニケーション科学基礎研究所、物性科学基礎研究所の 4 つの施設からなる研究センタです。今回はそれぞれの研究所について紹介していただきました。

### ・コミュニケーション科学基礎研究所

この研究所では、人間の錯覚を利用した技術について研究していました。TV のバラエティ番組で紹介されているような視覚的な錯覚や、“ぶるなび”という、振動をうまく発生させることで引っ張られるような錯覚を発生させ、経路案内等へと応用する技術、また肌着の一部を電極とすることで着用中は常に心電図を測定でき、汗に濡れても洗濯しても問題なく使用できるような技術も紹介していただきました。

### ・物性科学基礎研究所

この研究所では、MEMS を使ったフォノンニック結晶についての研究を行っていました。フォノンを用いたメーザの作製および改善の例、測定方法などの紹介や、MEMS を使った微細加工の写真も紹介もしていただきました。

### ・フォトニクス研究所

この研究所では、研究所全体の概要、特にフォトニック結晶レーザについて紹介していただきました。主に通信系の研究をしており、電気ではなく光を用いたチップ内・チップ間通信のための低消費電力レーザの

開発等を行っている」と説明されました。

### ・MI 研

この研究所では、ミリ波を使った通信の紹介をしていただきました。ミリ波とは波長がミリオーダーの電波のことで、無線通信が主な応用先であり、災害時の緊急の通信手段などに応用できるとのことでした。

それぞれの研究所では若手研究者から説明をしていただき、すべての見学が終了した後に全員集まった場で対話を開いていただきました。そこでは、普段の研究の様子や研究へのモチベーション、学生のうちにやっておくべきことなど、様々な質問をさせていただきました。

今回の見学会では、企業の方とのやり取りを通じて、私自身とても貴重な経験をさせていただいたと感じております。また、NTT 厚木研究センタの皆様には、見学会を快く引き受けていただいたことを感謝いたします。誠にありがとうございました。



NTT 厚木研究センタ前にて

# (株)東芝社会インフラシステム社小向事業所 見学会

見学会 B 幹事校 都立産業技術高等専門学校 創造工学専攻 大島 慶太, 芹澤 和明

## 1. はじめに

平成 25 年 11 月 6 日(水)に(株)東芝社会インフラシステム社の小向事業所の見学を行いました。社会インフラシステム社は(株)東芝の中で電気・水道・ガス・交通といった社会インフラに関わる製品やシステムの研究・開発・製造を行っています。

今回の見学会では、神奈川県川崎市にある小向事業所で社会インフラ部門の気象防災分野、マイクロ波半導体分野、自動化機器分野の開発現場の見学をさせていただきました。

見学会は 13:30~16:30 の 3 時間で開催し、2 時間を開発現場の見学、残り 1 時間を若手社員の方々と懇談会という形で行いました。懇談会では各部門の若手社員の方々に製品の技術的な質問から就職活動についてなど幅広い質問に答えいただき大変有意義な時間となりました。

## 2. 航空保安・管制分野

航空保安・管制分野では、大型旅客機を含む、飛行機の位置補足レーダーシステムなどの見学を行いました。このような製品では、高信頼で安定なシステムが求められるということで、冗長性を持つシステムを構築して、稼働率を高めていました。

## 3. マイクロ波半導体分野

マイクロ波半導体分野では、マイクロ波通信インフラ基地局に最適な C~Ku 帯高出力デバイスを製造していました。半導体の製造工程の説明および見学、実際の製品やその特性、製造に用いられる技術などの説明をしていただきました。

## 4. 自動化機器分野

自動化機器分野の製品として郵便局ではがきや封書の選別と仕分けを行う宛名自動読取り区分機と自動改札機の開発現場を見学しました。これらの製品は、国内だけではなく国外への製品提供も行っており、顧客に合わせた開発・製造が行われていました。

## 5. まとめ

下の写真は懇談会の風景です。このような貴重な機会を設けていただき、見学会 B 役員一同非常に感謝しております。各部門の見学においても非常に丁寧な説明をしていただき、参加者の方々からは大変ご好評いただきました。今回の見学会にご協力いただきました(株)東芝 社会インフラシステム社 小向事業所 田崎様、菊地様、一條様へ心より感謝申し上げます。



# 学生員の特典

特典多し、君もすぐに学生員になろう！！

## (1) 学生員から正員に昇格時の会費を全員2年間半額

学生員の方が卒業等で学生員から正員に移行される場合、学部卒業、修士課程修了、博士課程前期修了の方を対象に、基本会費を2年間に限り、正員会費(13,000円)の半額の6,500円と致します。(事務局で対応)

## (2) IEEE会員の場合、入会時2年間会費半額(IEEE会員証コピー提出)

## (3) 本会発行図書を会員特価で購入

本会発行の書籍を、原則定価の2割引で購入できます。また、各種ハンドブックは会員特価があります。

## (4) 大会講演論文集のDVDが学生員特別割引価格

学生員は、聴講参加費が無料となります。別途、大会論文集(DVD版)が学生員特別割引価格で購入できます。

## (5) 友人を入会に誘うには、大会時が有利

非会員の学生は、大会会場で学生員入会手続きをすれば(3)の学生員割引が適用できます。

## (6) 会員メール転送サービス

本会ドメイン名のメールアドレス(@m.ieice.org)を取得されますとメール転送サービスが利用できます。詳細は、<http://www.ieice.org/jpn/service/mailad-j.html>をご参照下さい。

## (7) 会費のお支払い方法

銀行/郵便局の口座からの会費の自動引落しを選ばれますと、基本会費から、5%割引になる特典がございます。手続きの詳細は、<http://www.ieice.org/jpn/service/kaihishiharai/koza.html> をご参照下さい。(毎年10月1日締切)

## (8) ホテル、レンタカー、旅行などの割引

詳細は<http://www.ieice.org/jpn/service/advantages.html> をご参照下さい。

~~~~~

問合先 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館内  
一般社団法人電子情報通信学会 会員サービス部 会員課

E-mail : [kaiin@ieice.org](mailto:kaiin@ieice.org) Tel (03) 3433-6691 FAX (03) 3433-6659  
月～金(土日祝日は除く) 9:00～17:30

\*「学生のみなさんへ」P5から転載

# 学生員の入会方法

入会申込は、Web 上からのお手続きとなります。下記の URL からお手続きください。

<http://www.ieice.org/jpn/nyukai/index.html>

(「[Web からの入会方法\(正員・学生員\)](#)」をクリックしてください。)

受付締切日までに、Web での登録と会費のご入金が事務局で確認できたものについて、手続きさせていただきます。入会時の会費は下記をご参照の上、希望入会月の料金をお支払いください。

## 【入会時の会費について】

(単位 : 円)

| 入会月 | 受付締切り | 会 費   | 入会月 | 受付締切り  | 会 費                                |
|-----|-------|-------|-----|--------|------------------------------------|
| 4月  | ～3月1日 | 4,500 | 10月 | ～9月1日  | 2,250                              |
| 5月  | ～4月1日 | 4,500 | 11月 | ～10月1日 | 2,250                              |
| 6月  | ～5月1日 | 4,500 | 12月 | ～11月1日 | 2,250                              |
| 7月  | ～6月1日 | 3,375 | 1月  | ～12月1日 | 5,625<br>(当年度 1,125 円+翌年度 4,500 円) |
| 8月  | ～7月1日 | 3,375 | 2月  | ～1月1日  | 5,625<br>(当年度 1,125 円+翌年度 4,500 円) |
| 9月  | ～8月1日 | 3,375 | 3月  | ～2月1日  | 5,625<br>(当年度 1,125 円+翌年度 4,500 円) |

## 【参考】学生員の年会費について

| 会員種別 | 資 格                     | 入会金 | 年会費     |
|------|-------------------------|-----|---------|
| 学生員  | 大学院，大学学部，短大，高専，工業高校の在学生 | 不要  | 4,500 円 |

## 【ご注意】

入金の確認に 4～5 日を要しますので、受付締切りの前月 25 日までにお支払いください。

(例) 入会月が 7 月 (受付締切り 6 月 1 日) の場合、5 月 25 日までに 3,375 円を振り込むこと)

## 【連絡先】

何かございましたら、下記までご連絡ください。

一般社団法人電子情報通信学会 会員サービス部 会員課 (月～金(土日祝日は除く))

9:00～17:30 TEL:03-3433-6691 FAX:03-3433-6659 E-mail:[kaiin@ieice.org](mailto:kaiin@ieice.org)

\*「学生のみなさんへ」P38～41 から転載

興味分野(研究会名)一覧 (興味分野欄用) 平成 25 年 4 月～

|      |                       |        |                            |
|------|-----------------------|--------|----------------------------|
| A    | 基礎・境界                 | C      | エレクトロニクス                   |
| CAS  | (回路とシステム)             | EMD    | (機構デバイス)                   |
| IT   | (情報理論)                | MR     | (磁気記録・情報ストレージ)             |
| R    | (信頼性)                 | SCE    | (超伝導エレクトロニクス)              |
| US   | (超音波)                 | EID    | (電子ディスプレイ)                 |
| EA   | (応用音響)                | ED     | (電子デバイス)                   |
| NLP  | (非線形問題)               | CPM    | (電子部品・材料)                  |
| VLD  | (VLSI 設計技術)           | EMT    | (電磁界理論)                    |
| ISEC | (情報セキュリティ)            | SDM    | (シリコン材料・デバイス)              |
| SIP  | (信号処理)                | MW     | (マイクロ波)                    |
| WBS  | (ワイドバンドシステム)          | ICD    | (集積回路)                     |
| MSS  | (システム数理と応用)           | OME    | (有機エレクトロニクス)               |
| TL   | (思考と言語)               | OPE    | (光エレクトロニクス)                |
| SITE | (技術と社会・倫理)            | LQE    | (レーザ・量子エレクトロニクス)           |
| SSS  | (安全性)                 | EST    | (エレクトロニクスシミュレーション)         |
| ITS  | (ITS)                 | MWP    | (マイクロ波・ミリ波フォトニクス)          |
| SIS  | (スマートインフォメディアシステム)    |        |                            |
| IMQ  | (イメージ・メディア・クオリティ)     | D      | 情報・システム                    |
| B    | 通信                    | MBE    | (ME とバイオサイバネティクス)          |
| A・P  | (アンテナ・伝播)             | LOIS   | (ライフインテリジェンスとオフィス情報システム)   |
| SANE | (宇宙・航行エレクトロニクス)       | IE     | (画像工学)                     |
| SAT  | (衛星通信)                | NLC    | (言語理解とコミュニケーション)           |
| EMCJ | (環境電磁工学)              | GPSY   | (コンピュータシステム)               |
| NS   | (ネットワークシステム)          | COMP   | (コンピューテーション)               |
| IN   | (情報ネットワーク)            | AI     | (人工知能と知識処理)                |
| CS   | (通信方式)                | SS     | (ソフトウェアサイエンス)              |
| EE   | (電子通信エネルギー技術)         | DE     | (データ工学)                    |
| OCS  | (光通信システム)             | PRMU   | (パターン認識・メディア理解)            |
| RCS  | (無線通信システム)            | DC     | (ディペンダブルコンピューティング)         |
| CQ   | (コミュニケーションクオリティ)      | NC     | (ニューロコンピューティング)            |
| PN   | (フォトニックネットワーク)        | KBSE   | (知能ソフトウェア工学)               |
| OFT  | (光ファイバ応用技術)           | SP     | (音声)                       |
| ICM  | (情報通信マネジメント)          | ET     | (教育工学)                     |
| MoNA | (モバイルネットワークとアプリケーション) | MI     | (医用画像)                     |
| IA   | (インターネットアーキテクチャ)      | SWIM   | (ソフトウェアインタプライズモデリング)       |
| SR   | (ソフトウェア無線)            | RECONF | (リコンフィギャラブルシステム)           |
| ANS  | (知的環境とセンサネットワーク)      | ICSS   | (情報通信システムセキュリティ)           |
| SRW  | (短距離無線通信)             | IBISML | (情報論的学習理論と機械学習)            |
|      |                       | EMM    | (マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント) |
|      |                       | CNR    | (クラウドネットワークロボット)           |
|      |                       | SC     | (サービスコンピューティング)            |
|      |                       | H      | ヒューマンコミュニケーショングループ         |
|      |                       | HCS    | (ヒューマンコミュニケーション基礎)         |
|      |                       | HIP    | (ヒューマン情報処理)                |
|      |                       | MVE    | (マルチメディア・仮想環境基礎)           |
|      |                       | WIT    | (福祉情報工学)                   |

論文誌専門分野分類表(平成22年10月～)

| ソサイエティ        | 種類 | 内 容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A<br>基礎・境界    | A  | 電気音響 音響一般 騒音 振動 音声 聴覚 超音波 デジタル信号処理 アナログ信号処理 システムと制御 非線形問題 回路理論 回路解析 VLSI設計技術とCAD 数値計算 数理計画法 アルゴリズムとデータ構造・計算複雑度 グラフとネットワーク 信頼性 保全性 安全性 情報セキュリティ基礎 情報理論 符号理論 通信理論 信号理論基礎 スペクトル拡散技術 移動情報通信・パーソナル通信 高度交通システム (ITS) 画像 視覚 コンピュータグラフィックス(CG)基礎 人工知能 ヒューマンコミュニケーション ニューラルネットワーク及び生物学 マルチメディア環境技術 情報倫理・情報通信倫理 コンカレント工学 測定・計測基礎理論                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|               | EA | Engineering Acoustics, Noise and Vibration, Speech and Hearing, Ultrasonics, Digital Signal Processing, Analog Signal Processing, Systems and Control, Nonlinear Problems, Circuit Theory, VLSI Design Technology and CAD, Numerical Analysis and Optimization, Algorithms and Data Structures, Graphs and Networks, Reliability, Maintainability and Safety Analysis, Cryptography and Information Security, Information Theory, Coding Theory, Communication Theory and Signals, Spread Spectrum Technologies and Applications, Mobile Information Network and Personal Communications, Intelligent Transport System, Image, Vision, Computer Graphics, Language, Thought, Knowledge and Intelligence, Human Communications, Neural Networks and Bioengineering, Multimedia Environment Technology, Communication Environment and Ethics, Concurrent Systems, Measurement Technology, General Fundamentals and Boundaries |
| B<br>通信       | B  | 基礎理論 電子通信エネルギー 伝送方式・機器 光ファイバ 光ファイバ伝送 ネットワークシステム ネットワーク インターネット ネットワーク管理・オペレーション アンテナ・伝搬 電磁環境・EMC 無線通信技術 地上無線通信, 放送技術 衛星通信 計測, 探査 航行・誘導・制御方式 宇宙利用システム マルチメディアシステム                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|               | EB | Fundamental Theories for Communications, Energy in Electronics Communications, Transmission Systems and Transmission Equipment for Communications, Optical Fiber for Communications, Fiber-Optic Transmission for Communications, Network System, Network, Internet, Network Management/Operation, Antennas and Propagation, Electromagnetic Compatibility (EMC), Wireless Communication Technologies, Terrestrial Wireless Communication/Broadcasting Technologies, Satellite Communications, Sensing, Navigation, Guidance and Control Systems, Space Utilization Systems for Communications, Multimedia Systems for Communications                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| C<br>エレクトロニクス | C  | 電磁界理論 レーザ・量子エレクトロニクス 光エレクトロニクス マイクロ波, ミリ波 超音波エレクトロニクス 電子回路 電子材料 有機エレクトロニクス 電子部品 機構デバイス 半導体材料・デバイス 集積エレクトロニクス 電子管, 真空・ビーム技術 電子ディスプレイ 超伝導エレクトロニクス 記録・記憶技術 電子計測・制御                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|               | EC | Electromagnetic Theory, Lasers, Quantum Electronics, Optoelectronics, Microwaves, Millimeter-Waves, Ultrasonic Electronics, Electronic Circuits, Electronic Materials, Organic Molecular Electronics, Electronic Components, Electromechanical Devices and Components, Semiconductor Materials and Devices, Integrated Electronics, Electron Tubes, Vacuum and Beam Technology, Electronic Displays, Superconducting Electronics, Storage Technology, Electronic Instrumentation and Control                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| D<br>情報・システム  | D  | 情報・システム基礎 計算機システム ソフトウェアシステム ソフトウェア工学 データ工学, Web情報システム 情報ネットワーク ディペンダブルコンピューティング人工知能, データマイニング ヒューマンコンピュータインタラクション オフィスインフォメーションシステム, e-ビジネスモデリング 教育工学 福祉工学 パターン認識 音声, 聴覚 画像・映像処理 画像認識, コンピュータビジョン コンピュータグラフィックス マルチメディア処理 自然言語処理 バイオサイバネティックス, ニューロコンピューティング 生体工学 音楽情報処理 感性情報処理                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|               | ED | Fundamentals of Information Systems, Computer System, Software System, Software Engineering, Data Engineering, Web Information Systems, Information Network, Dependable Computing, Artificial Intelligence, Data Mining, Human-computer Interaction, Office Information Systems, e-Business Modeling, Educational Technology, Rehabilitation Engineering and Assistive Technology, Pattern Recognition, Speech and Hearing, Image Processing and Video Processing, Image Recognition, Computer Vision, Computer Graphics, Multimedia Pattern Processing, Natural Language Processing, Biocybernetics, Neurocomputing, Biological Engineering, Music Information Processing, Kansei Information Processing, Affective Information Processing                                                                                                                                                                                 |

## 【お知らせ】

### ● 「本会ネットワークサービスのシングルサインオン（SSO）」

いままで別々のIDとパスワードで提供しておりました会員の皆様のマイページ、Transactions Online、メール転送サービスの登録・変更や論文誌への投稿等各種サービスは、H23年5月24日からシングルサインオン（SSO）による認証に切り替えられました。

なお、シングルサインオン（SSO）認証になりますと、会員の皆様がマイページでご利用頂いて

いるID、パスワードに統一されております。

詳細はこちら：<http://www.ieice.org/jpn/service/member/mypage.html>

（お願い） 各支部からのご案内や、和・英論文誌の目次をメール配信しております（和・英論文誌は毎月配信）ので、メールアドレス等、登録内容にご変更がございましたら、できるだけお早目に、ご変更のお手続きをお願い致します。

## 【各支部に含まれる都道府県名一覧】

| 支部名 | 都道府県名                            |
|-----|----------------------------------|
| 北海道 | 北海道                              |
| 東北  | 青森県、秋田県、岩手県、福島県、宮城県、山形県          |
| 東京  | 茨城県、神奈川県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、栃木県、山梨県 |
| 信越  | 長野県、新潟県                          |
| 東海  | 愛知県、岐阜県、静岡県、三重県                  |
| 北陸  | 石川県、富山県、福井県                      |
| 関西  | 大阪府、京都府、滋賀県、奈良県、兵庫県、和歌山県         |
| 中国  | 岡山県、島根県、鳥取県、広島県、山口県              |
| 四国  | 愛媛県、香川県、高知県、徳島県                  |
| 九州  | 大分県、沖縄県、熊本県、鹿児島県、佐賀県、長崎県、福岡県、宮崎県 |

## 【問合せ】

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館内

一般社団法人電子情報通信学会 会員サービス部 会員課

E-mail [kaiin@ieice.org](mailto:kaiin@ieice.org) TEL (03) 3433-6691 FAX (03) 3433-6659

月～金（土日祝日を除く）9：00～17：30

\* 「学生のみなさんへ」P38～41から転載

## 卒業される学生さんへ

- (1) 上級課程へ進学される場合は、  
引き続き学生員としての継続ができます。(要申請)
- (2) 学生の時に会員になれば、  
卒業しても2年間の会費は正員の半額になります。
- (3) 入会されますと会員の資格は自動継続されます

(1) 上級課程へ進学される場合は、引き続き学生員としての継続ができます。

上級課程へ進学し在学される場合は、本人のお申し出により正員(13,000円)でなく、引き続き学生員(4,500円)で継続することができますので、学生員申請用紙(<http://www.ieice.org/jpn/service/shikakuhenkou.html>)に記入し、2月20日(毎年)までにご連絡下さい。

(2) 正員入会時の割引 入会后2年間会費半額

本会主催の大会、研究会、支部大会等で発表した学生が卒業等の後2年以内に本会に入会する場合には、会費を入会后2年間に限り、年会費の半額といたします(博士課程修了の者は除く)。( <http://www.ieice.org/jpn/nyukai/guideline.html> )

(3) 学生の時に会員になれば、卒業しても2年間の会費は正員の半額になります。

学生員の方が卒業等で学生員から正員に昇格される場合に、会費を卒業後2年間に限り、正員会費13,000円を半額の6,500円と致します(博士後期課程修了の方は除く)ので、学生の時に会員になられることを薦めます。

また、今後就職等で住所が変更される場合は会員としての権利継続のためにも、必ずご連絡下さい。( <http://www.ieice.org/jpn/service/todokede/main.html> )

(4) 一度入会されますと会員の資格は継続されますので、退会される場合は会費を完納の上、退会届のフォームに記入し、会員課までご連絡下さい。

<http://www.ieice.org/jpn/service/taikaitodoke.html>

### 【登録情報の確認・ご変更はマイページをご利用下さい】

ご自分の登録情報を、マイページで確認することができます。また、送付先住所、学生員申請、オンラインジャーナル登録情報の変更、退会届、等変更可能な項目の内容変更ができます。ぜひご利用下さい。

<http://www.ieice.org/jpn/service/member/mypage.html>

連絡・問合せ 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館内  
一般社団法人電子情報通信学会 会員サービス部 会員課

E-mail : [kaiin@ieice.org](mailto:kaiin@ieice.org) Tel (03) 3433-6691 FAX (03) 3433-6659  
月～金(土日祝日は除く) 9:00～17:30

\* 「学生のみなさんへ」P6から転載



## 編集後記

本年度、群馬大学は学生会報の幹事校として編集を担当致しました。私は 2 年目の参加で、学生会報の幹事校を担当させて頂き、幹事校として特集記事のテーマ決定や執筆依頼、感想文の収集など、大学間をまたぐ仕事を受け持つのが初めてとなる私にとって非常に良い経験となりました。無事に学生会報を発行することが出来たのは副幹事校である、電気通信大学の方々をはじめ、他大学の学生会報担当校、学生会の方々の御協力の賜物であり心から厚く感謝申し上げます。

末筆ながら、今回の特集記事は「次世代の通信技術」という難しいテーマだったと思いますが、大変お忙しい中、快く執筆に協力して頂いた、三浦 健太様、來住 直人様、田村 裕様、小林 岳彦様へ心より感謝申し上げます。また、感想文を執筆して頂いた方々へも感謝申し上げます。また、学生会運営委員の皆様、学会事務局の方々にお世話になりながら、大きな問題もなく無事に遂行することができ、一年を通して学生会報を作り上げることができたのは、学生会役員皆様、そして学生会報担当の皆様のお協力のおかげです。ここに感謝の意を表します。誠にありがとうございました。

川島 優人



平成 26 年 3 月発行

編集：川島 優人（所属：群馬大学）

発行 一般社団法人電子情報通信学会 東京支部学生会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内

Tel (03) 3433-6691 Fax (03) 3433-6659

E-mail: shibu@tokyo.ieice.org

<http://www.ieice.org/tokyo/>

