

中央大学理工学部電気電子情報通信工学科同窓会

同窓会々誌



撮影：昭和41年卒 柳下敏男氏

2014-10 第51号

平成26年度 総会・懇親会 は11月16日(日)

会誌第51号 目次

ごあいさつ	会 長	飯塚 信市	3
電気電子情報通信工学科並びに専攻科の近況報告	教 授	庄司 一郎	4～5
新任のごあいさつ	准教授	諸麥 俊司	6～7
退任のごあいさつ (定年退職後 100 日の断想)	元教授	今井 秀樹	8～11
教職員の皆様の自由投稿広場			
技術士資格へのお誘い	教育技術員	坪井 秀夫	12
最近の学生気質	教育技術員	遠藤 泰陽	13
徳丸洋三先生を偲んで	元兼任講師	大串 秀世	14
徳丸洋三先生を偲んで	修士卒	白居 雄治	15
会員からのお便り			16～19
特別起稿「ゼネコンに就職して」	平成6年電気電子科卒	三浦 康文	20～21
修士論文発表会・同窓会賞			22～23
受賞論文のご紹介			24～63
アイコンテクノ賞・『アナログ/デジタル混載回路の機能を、高速かつ 高精度にシミュレーションする手法の研究』	杉本研	古川 達也	24～27
ウッズ賞・『静脈認証のウルフ攻撃に対する安全評価』	今井研	森田 遼伍	28～31
城南サービス賞・『MAP 間重複部推定のための Particle Filter による 尤度を用いた外れ値排除および低次元化による繰り 越し型誤差低減に関する研究』	國井研	上原 一樹	32～35
優 秀 賞・『空間知能化における現実物体と仮想 情報間での隠蔽表現－AR の適用』	橋本研	新井 雅海	36～39
『L ₁₀ 型規則構造を持つ強磁性体合金薄膜の表面平坦性 および磁化容易軸方位分散制御』	二本研	板橋 明	40～43
『遅延故障検出のためのテストパス集合の生成手法に 関する研究』	築山研	北詰 倭人	44～47
『冗長ウェーブレット変換を用いた楽曲特徴量』	久保田研	鈴木 雄亮	48～51
『Mg 添加定比組成 LiTaO ₃ を用いた高出力波長変換 緑色レーザの開発』	庄司研	長島 亘	52～55
『SBR 法における多重エッジ回折波の計算手法の考案』	白井研	前田 崇秀	56～59
『可変利得ホモトピー法を用いた非線形回路の直流 動作点解析』	山村研	宮本 卓也	60～63
同窓会各委員会からの報告			
同窓会財務委員会より	財務委員長	辻 正吾	64
同窓会ホームページ委員会より	HP委員長	門原 健男	65
同窓会事業委員会より	事業委員長	鳥巢 正義	65
同窓会総務委員会より	総務委員長	渡辺 聡	66
同窓会・会誌編集委員会より	会誌編集委員長	飯塚 信市	66
同窓会新会員のご紹介			67
計報			67
会誌発行事業費の集計報告 (その13)			68
会計報告			69
編集後記	会誌編集委員長	飯塚 信市	70
同窓会総会・懇親会開催のお知らせ			71
会場案内図			72

ごあいさつ

会長 飯塚 信市



会員の皆様、広く様々な分野にてご活躍のことと存じます。本会の主要事業の1つであります同窓会誌第51号を

お手元に届けさせていただきます。

大学の同窓会なるものは、本来、卒業生が大学に対して有するある種の「郷愁」を共にして集う会であるとの信念の下、会長就任2年目を迎える、昭和47年電気科卒の飯塚信市です。

同窓会の規約には、その目的として、会員同士の「親睦」がうたわれております。この親睦は、第1には、総会後に開催される懇親会における会員同士の直接対話を通じて、第2には、同窓会誌やホームページによる投稿記事の掲載を通じて成し遂げられます。我々同窓会役員としては、活性化に努力してはおりますが、前者にあつては、日程や開催地の制限から、参加者数はある程度限られざるを得ない一方、後者にあつては、そのような制限はなく、いわば、無限の可能性を秘めております。そのような訳で、我々、同窓会役員としては、如何にして、同窓会誌やホームページを通じての投稿記事の掲載をより活発化することができないかと腐心しております。

同窓会誌やホームページの有する一方向性や非即応性の問題は、昨今、フェイスブックその他SNSの利用によりある程度は解消することもでき、実際、会員有志により、一部、フェイスブックの運用も試行されてはおりますが、20代から80代まで60世代を対象とし、しかも1500余名の会員を擁する我が中大電気同窓会には、いまひとつ、それらのツールは馴染まないのが実情です。

ほぼ同一乃至共通の技術的背景を有しかつ世代の異なる1500余名の会員を擁する我が中大電気同窓会の最大の強みは、本来、技術的知識の世代間における伝承や交流も、知財保護に抵触しない範囲であれば、可能であると言う点であろうかと思ひます。現に、会誌バックナンバーを顧みると、初期の会誌には、会員同士の技術交流が散見されますし、現在でも、同様な技術的背景並びに会員規模を有する土木学科(旧名)の同窓会誌にあつては、会員有志による現在又は過去の開発技術に関する幾つかの発表記事が掲載されております。

現在、我が同窓会には、電気科卒世代、電気電子科卒世代、及び電気電子情報通信科卒世代と言つた幾つかの世代がおりますが、いずれの世代におきましても、また技術分野や職場は異なれど、社会に出た1～2年は暗中模索、5年も経つと「かくあらねば」と言つたっぱしの意見を吐き、10年経つとやっと角も取れてやや高みよりものを言えるようになり、20年経つとより高みから広くものが言えるようになり、と言つたように、脱皮を重ねて職業人として成長するのが通例でしょう。

そこで、会員の皆様にお願いですが、そのようにして自分は皮むけたなと思つたときにでも、そうして得られた普遍的な知見、例えば、「要するに、この種の技術開発における要点は～」、「要するに、複数人で共同開発するときの要点は～」、「要するに、若手技術者が海外に赴任する場合の要点は～」、「要するに、中国で物作りに関わる上での要点は～」、「要するに、イスラム系諸国へ商品売り込む場合の要点は～」、「要するに、知財リスクを回避しつつ商品開発を行う場合の要点は～」、「要するに、技術者に必要な英語教育の要点は～」、「要するに、中学又は高校における技術教育の要点は～」等々を、例えば2000字程度に文章化して、同窓会へ投稿していただく訳には参りませぬでしょうか。昨今の卒業生就職先の多様化を考えれば、いくらでもテーマはあるはずで。

投稿手段としては、①本誌記載の同窓会本部所在地宛郵送、②同窓会HP内の連絡メール本文への貼付け、③会誌編集委員長メールアドレス(iizk_pat@mbc.nifty.com)へのメールに添付のいずれでも構いません。

こうして会員の皆様から得られる様々なテーマに関する知見は、これを1年分まとめて同窓会誌に掲載することにより、後輩世代の皆さんにとっては、そのまま貴重な助言となり得ることは勿論のこと、先輩世代の皆さんにとつてもきつと熱い共感を呼び起こすものとなろうことは容易に想像されます。さらに、こうして得られる卒業生からの知見が、大学側にフィードバックされて、大学教育に反映されるようなこととなれば、同窓会の存在意義をより一層確かなものとする事ができると確信する次第です。以上、会員各位の厚いご支援を何卒よろしくお願い申し上げます。



電気電子情報通信工学科 及び工学専攻の近況報告

電気電子情報通信工学科 教授 庄司 一郎

中大電気同窓会の皆様には、日頃より本学科・専攻の研究教育活動に一方ならぬご理解・ご協力を賜り、教職員を代表して心よりお礼申し上げます。以下に、本学科・専攻の近況についてご報告いたします。

まず、人事異動ですが、今井秀樹先生が3月で定年退職されました。2006年に着任されて以来、情報セキュリティ分野の世界的権威として本学における研究教育にご尽力いただきました。2月18日に行われた最終講義では、『符号と暗号』というタイトルのもと、各界で活躍されているお弟子さんによるリレー形式の講演もあり、満員の会場が大いに盛り上がりました。先生の今後のますますのご健勝をお祈りいたします。

4月からは新しいメンバーとして、諸麥(もろむぎ)俊司先生を准教授としてお迎えしました。諸麥先生は生体工学・医工学・福祉工学がご専門で、医者と連携してさまざまな医療機器を開発してこられた実績をお持ちです。学際領域の研究が重要性を増すなかで、本学科のみならず本学の目玉の一つとして、先生のこれからの活躍が大いに期待されるところで、また、昨年度まで教育技術員として勤めてこられた水上憲明先生が、4月より助教として研究教育に邁進されています。

今年度は久保田彰先生がドイツでの在外研究により1年間不在ですが、専任教員14名、助教3名、教育技術員5名、室員1名、兼任講師24名のスタッフで学科・専攻の運営にあたっています。

残念なお知らせとして、2005年3月に定年退職された徳丸洋三先生が4月9日にご逝去されました。私は2004年4月に着任しましたので徳丸先生とは1年間一緒に過ごさせていただきましたが、専門が物性分野で近く、また、徳丸先生が担当されていた学部科目の『量子論』と大学院科目の『基礎物性工学

特論』を先生のご退職後に引き継いで担当していることもあり、個人的にもいろいろな面でお世話になりました。心よりご冥福をお祈りいたします。

次に、この一年間での受賞の報告をいたします。橋本秀紀教授がThe IROS Silver Jubilee Anniversary Distinguished Service Awardを、大竹充助教が第30回井上研究奨励賞を受賞されました。また、二本研究室修士2年(当時)の板橋明氏が電子情報通信学会磁気記録・情報ストレージ研究会で専門委員長賞を、竹内研究室修士1年(当時)の岡本峻氏がComSys2013で優秀ポスター賞を、白井研究室修士2年(当時)の前田崇秀氏が電子情報通信学会電磁界理論研究会で平成25年度学生優秀論文発表賞を、今井研究室修士2年(当時)の丹寛之氏が2013年度ISSスクエアシンポジウムでベストポスター賞を、竹内研究室修士1年の山崎泉樹氏が電子情報通信学会集積回路研究会で若手研究会優秀ポスター賞をそれぞれ受賞しました。さらに、2月22日に行われた修士論文発表会では、10名の学生が同窓会から賞をいただき、修了式の場で表彰されました。受賞された方々にお祝い申し上げますとともに、修士論文発表会で長時間にわたり審査にあられた同窓会の皆様には深く感謝申し上げます。

さて、2013年度は135名の学部生が卒業し、51名の大学院生が修了しました。多少のばらつきはありますが、例年、学部生の4割程度、50～60人が大学院に進学しています。過去5年間の就職先を見ると、学部卒ではメーカーと情報通信が同数であるのに対し、修士修了者はメーカーが多数を占めています(下図参照)。企業からは、修士修了者は研究・開発等の中心的な部署で即戦力として活躍することを期待されており、我々としてもさらに多くの学生に大学院に進学し、レベルアップして社会に巣立ってほしいと望んでいます。

本学では奨学金のほかに、国内・国外にかかわらず学会発表を行う大学院生に対して旅費を補助するという、他大学ではあまり見られない制度を設けています。また、4年次の初めに実施される学内推薦入試に合格した学生には、4年次に大学院の科目を先取りして履修することを認め、大学院では研究により専念できるようにしています。さらに、本専攻では来年度から、学内選考入試(推薦の基準に達しなかった学生に対して推薦入試と同時期に実施する入試)の合格者も大学院科目を先取り履修できるよう制度変更しました。このような、大学院生に対する様々なサポートやインセンティブを高める施策を、今後もより一層充実させていきたいと考えています。

2014年度には123名の学部生と58名の修士学生が入学しました。学部の新入生に対しては、一日も早く大学生活に慣れ、大学での学びに対するモチベーションを高め、そして、仲間を作ることを目的として、学科独自に新入生オリエンテーションを実施しています。今年度は4月12日に開催し、その中で、同窓会員の小川伯文様(マツダ(株)車両開発本部車両システム開発部主幹、1982年学部卒、1984年修士修了)にお越しいただき、『大学で学ぶこと-先輩からのメッセージ』というタイトルで1時間にわたってご講演いただきました。どういう学生生活を送っていたかから始まり、どうやって進路を決定したか、そして、自動車メーカーにおける研究開発の実際まで、多岐に渡る大変興味深いお話を伺いました。新入生も、自分たちの直接の先輩ということで真剣な眼差しで聴講し、講演後も積極的に質問していました。

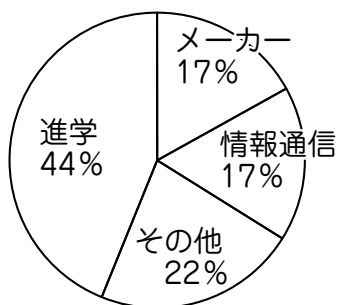
今回、小川様に講演をお願いすることになったきっかけは、昨年同窓会総会に私が出席させていただ

いたことです。そのとき小川様の講演を拝聴し、是非学生にも聴かせたいと思い、その場で早速ご了承を取りつけました。同窓会という場があったからこそ実現したことで、こういったつながりの大切さを改めて認識した次第です。

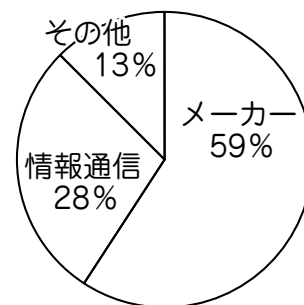
最後に、今年度から新たに開講した「工学デザイン」科目についてご紹介します。我々教員は、本学科専攻の出身者が一人でも多く、産業界においてリーダー的な立場で活躍することを願っております。そのためには、与えられたことをこなすだけではなく、自ら課題を見つけ、かつ、その課題に対する解決策を見出せる能力が今後ますます重要となります。このような能力が「デザイン能力」です。工学デザインでは、「何を作るか」、そしてそれを「どのように作るか」に関する一連のプロセスを、自ら市場動向の調査をし、システムの仕様の策定を行い、詳細設計、モジュールの作成、システムの統合・試験を経験することによって身につけてもらいます。座学と演習によって理解を深める『工学デザイン概論』と、実際のものづくりを行う『工学デザイン実習』の両方を同時開講し、特に、実習ではプロセスの各段階で複数の教員や大学院生を前に進捗状況を報告するレビュー会を開催し、活発に意見交換を行いました。このような取り組みを行っている大学は少なく、本学科の大きな特徴のひとつになっていくのではないかと考えています。

大学全入時代となって、本学および本学科の社会的評価をどう高めていくか、日々議論は尽きません。その中で、卒業生とのパイプをより強固なものにすることは不可欠です。今後とも、同窓会の皆様の温かいご支援を、どうかよろしくお願い申し上げます

学部卒業生



修士修了生



過去5年間(2008~2012年度)の本学科卒業生および本専攻修了生の就職先

新任のごあいさつ



電気電子情報通信工学科 准教授 諸 麥 俊 司

本年4月に電気電子情報通信工学科に着任しました、諸麥俊司と申します。どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

生まれは鹿児島県、現在の始良市と呼ばれるところです。今は鹿児島市のベッドタウンとしてすっかり住宅街になってしまいましたが、私の幼少時は大きな田んぼや畑、そしてきれいな小川があり、山、海、川と豊かな自然に囲まれた場所でした。小学校の帰り道には、近所で放し飼いにしている自分の背丈ほどもある大きな薩摩鳥に追いかけられて泣きながら逃げて帰ったこともありました。気が弱く、体も貧弱だった私は学校でよくいじめに遭いました。何とか自分を強くしたいという思いから中学校から柔道部に入り、また高校では機械体操部に入って体を鍛えました。部活動に明け暮れた私は現役での大学進学はかなわず、高校卒業後1年間、親不孝通りという福岡市の予備校街で親不孝をしてから、長崎大学工学部に入学しました。

大学時代、私は空手道部に所属し、ここでも学業そっちのけで練習に明け暮れました。ただ、単位だけは取りこぼさないよう気をつけました。入学時より他大の大学院へ進学することを決めていたので、4年時の春休みから院入試の勉強に専念できるよう、それまでに講義科目の単位を取り終える計画を立てていたためです。大学から本格的に空手を始めた私は、どうしたら3歳からやっているような相手に勝てるようになるか、一流といわれる選手と比べて何が足りないのか、それはどんな練習をすれば効果的に身につくか。そればかり考えて、毎日、たとえ雪の日でも朝一人道場に行き、練習をしてから授業に出ました。そんな私の努力はすぐに結果として顕れ、私はみるみる上達しました。2年次にはレギュラーになり、チームメイトにも恵まれて、日本武道館で行われる全日本学生空手道選手権大会に出場し、そこで4回戦まで進出しました。国立大学としては快挙とさ

れる成績でした。4回戦では2年前に優勝を納めている優勝候補の一角と当たりました。私は副将として試合に望み、得意の上段回し蹴りで一本を取り勝利しました。しかし残念ながら1対4でチームは敗退し、私個人としては無敗のまま武道館を去ることになりました。結果は残念ではありましたが自分の中の手ごたえとしては満足のいくものでした。今、あの空手部時代のことを振り返って、あれ以上の努力があり得るか考えると私には想像できません。空手を通して自分の限界に挑んだ大学生活は、私に大きなものを残してくれました。それは、高い目標も努力で成し得ると信じる力です。

私は卒業研究、修士研究、博士研究を通して、3人の異なる先生に師事しました。そしてこの間に学問の分野で多くのことを学ぶと同時に、それぞれの先生から私の研究者人生にとって大切なことを教わりました。

私は大学4年生で機械制御学研究室に配属されました。指導教官は石松隆和教授で、自動制御や画像処理技術を専門とし、溶接ロボットやリモートセンシング用自律移動体等の研究を行っていました。私は卒業研究として模型飛行機の自律制御装置の研究を行いました。石松教授は、研究というものは常に誰にどのように役立つかを考えて行わないと、方向を誤ってしまう、という考えの持ち主でした。これは今も私が研究に対する姿勢として大切にしていることのひとつです。彼の情熱あふれる研究と教育への姿勢に触れ、いつしか私は彼のような大学教員になりたいと考えるようになりました。

話は遡りますが、3年次には石松教授のロボット工学という授業の中で、ある日、電気通信大学の山藤という名前の教授が「おもしろロボット」というテーマで講演をして下さいました。さまざまなユニークな形状を有し、かつ不安定な機構を有するロボットを力学的に解析して、振り子や回転ローターの反力をうまく制御することで姿勢安

定や自由な移動を実現するという研究に関するものでした。縄跳びロボット、床運動ロボット、一輪車ロボット、空中猫ひねりロボットなど、何に役立つかは別として、「誰も作ったことがないロボットを作る」というメッセージに、私はすっかり惹きこまれてしまいました。講義の後、私はその山藤和男教授宛てに葉書を書き、修士学生としての受け入れと研究室見学の希望を伝えました。山藤教授は見学を快く受け入れてくださり、私は春休みに山藤研究室の見学に行きました。先輩方から受験のアドバイスももらい、長崎に帰ってすぐ猛勉強を始めました。かくして、無事に電気通信大学大学院情報システム学研究科に入学し、山藤教授の下でいくつかのロボットの研究に携わりました。山藤教授がいつも言われていたことは「世界初にこだわれ。2番煎じの研究はするな」というものでした。この言葉も私の研究方針の一つとして大切にしています。

私は学生の頃に海外生活に興味があり、「いつか海外で暮らしてみたい」とよく周囲に漏らしていました。修士2年生になったある日、山藤教授が私の机までいらして言われました。「カリフォルニア大学で准教授をしている私の教え子が1年間研究プロジェクトを手伝ってくれる人を探しています。君、海外に行きたいんでしょ？ どうですか？」。こうして私の修士修了後の進路が決まりました。翌年4月からアメリカに渡り、カリフォルニア大学アーバイン校(UCI)の社会開発工学科マリア・フェン准教授の研究室で一年間、雇用研究員として空気圧式人口筋肉の制御法に関する研究に従事しました。私は最初のフェン教授との打ち合わせの際に、プロジェクト終了後には博士課程学生として受け入れて欲しいという希望を伝えました。彼女はTOEFLとGREという大学院入学に課される二つの試験でのUCIの定める基準点数をクリアすれば、受け入れると約束してくれました。私は、研究計画を立て、現地企業の協力を得て実験装置を製作し、制御プログラムの製作、実験の実施、データ整理、レポートの作成までを1年間かけて行いました。その傍ら受験勉強を行って、プロジェクト終了後になんとか基準スコアをクリアして博士課程に入学しました。

入学して待ち構えていたのは厳しいコースワークでした。UCIでは博士課程でも多くの講義科

目の履修が求められました。数学や力学はこれまでの機械科や情報科で学んだことが役立つのですが、それ以外の科目については社会開発を勉強していない私は、大学院科目だけでなく関連する基礎科目から勉強しなくてはなりませんでした。しかも当初は英語での授業をしっかりと理解する英語力はまだなく、単位取得に大変苦勞しました。精神的な抑圧からアトピー性皮膚炎や胃炎にも悩まされました。そんなときに支えてくれたのは、世界中から来ている研究室の留学生仲間でした。勉強はもちろん、気分転換にも誘ってくれるなど、精神的にも支えてもらいました。あの時の彼らのサポートの有難さは、一生忘れません。

フェン教授は斬新なアイデアと溢れるバイタリティで次々と外部研究資金を獲得しては優秀なスタッフを揃え、研究成果を積み上げてゆく人でした。研究室の成果を元にしたベンチャー企業も保有していました。研究成果をそれで終わらせることなく、産業の一角として自ら社会に投入しようという強い意欲に感銘を受けましたし、技術はビジネスとして成り立たってはじめて産業に取り込まれ、社会で出てゆくということを教えてもらいました。

私は今、中央大学に着任して、生体情報計測や医療福祉機器を研究テーマとする研究室を立ち上げようとしています。それに際して大切にしようと思っていること。それは3人の指導教授からの教えである「社会に役立つ方法を常に考えて研究を行うこと」、「世界初にこだわること」、「産業に貢献すべく研究成果を実用技術として世に出すよう努めること」の3つです。また教育面では、私の経験から得たことをぜひ生かしてゆきたいと思います。努力が好結果に繋がることを体験すると、自分の努力を信頼できるようになります。そのような実体験を得る手助けをしてあげられればと思います。また、勉強や研究が思うようにいかない時に適切なタイミングで周囲がサポートをしてあげれば、ちょっとしたきっかけで知的好奇心を取り戻したり、目の前に立ちはだかる壁が低く感じられたりもします。まだまだ未熟な私ではありますが、学生時代に指導教授や同僚が私に施してくれたようなサポートを、今度は私が中央大学の学生にしてあげられればと思っています。

定年退職後 100 日の断想

元教授 今井 秀樹



1. はじめに

7月9日で退職後丁度100日となった。この機会に、退職について考えたこと、退職してから考えたことなど、思いつくままに記してみたい。

2. 理想の定年退職

私にとって理想の定年退職は、それまでの職業に絡む様々なしがらみから解放され、すべてを忘れ去り、全く新しい第二の人生を始めるということであった。43年間勤めてきた大学教師という職業が嫌になったからということではない。むしろ、大学教師として私が成し遂げたいと思っていたことは一応満足できる程度に達成できたと考えているからであろう。

理想の定年退職のためには、退職後度々大学に戻ることがないように、研究室を綺麗に整理しておくことも重要な条件である。そのために、書類や実験機器等の整理は退職の半年前から、秘書達が中心となって進めていった。彼女らの献身的な努力により、教授室・秘書室・研究室の棚やロッカーに一杯であった書類は、段ボール8箱までに整理できた。これらの段ボール箱は自宅に送り、自宅で整理しているが、現在もまだ全部は片付いていない。

もう一つの重要な条件は、研究室のメンバーの行き先を決めることである。幸いにして、研究員や秘書達は行き先が決まり、それぞれ再就職することができた。しかし、学生の行き先に関しては、個々の事情もあり、また就職難の時期でもあったため、完全な解決には至らず若干の問題を残しているが、少なくとも他研究室に迷惑を掛けることは余りなかった。

さらに、退職後も残存任期のある大学外の委員や、理事、評議員などには継続せざるをえないものもあった。結局、完全な理想的退職はやはり難しく、後1年は後始末が必要なようである。

3. 定年退職の利点と欠点

定年退職の利害は色々論じられているが、私としては、個人にとっても社会にとっても定年退職は望ましいものと思っている。ただし、退職年齢は平均寿命

にスライドするなどの工夫が必要であろう。米国では一部の職業を除いて定年制はないが、それは高齢者にとって、常に競争に曝されるという厳しい面も持つ。日本のような雇用環境の中で、いつまでも高齢者が同じ職場で指導的立場にいることは、若い人にとって決して望ましいことではない。

後進を育てるためには、早く職場が変わる方がよい。私は横浜国大から東大そして中央大へと職場を変え、また兼任ではあるが、産総研（産業技術総合研究所）の情報セキュリティ研究センター長を7年間務め、2年前に退職した。横浜国大、東大、産総研を辞めた後、そこに残した、横浜国大の河野隆二教授、松本勉教授、東大の松浦幹太教授、産総研の古原和邦グループ長、花岡悟一郎グループ長などの弟子や部下たちの成長は著しいものがある。彼らは現在、それぞれの分野で我が国を代表する（若手）研究者として活躍している。

定年退職は、職に伴う責任がもたらすストレスから人を解放するし、それまでの人生を総括し、その後に進むべき道を考える機会を与えてくれる。どのような人でも、高齢になれば知力、体力ともに衰える。もちろん、経験の蓄積によりある種の知力は増強することもある。また、いわゆる大所高所からの観方もできるようになる。もっともこれは記憶力減退によるところも大きい。しかし、それにも限界があり、70歳になれば、独創力は0になるとの説も、自らがその年を超えると納得できるものがある。

高齢者はとすれば、自分の能力の減退を十分に認識できないことも問題である。これは周りに大きな迷惑を掛けることになる。さらに、私の主治医の話では、男性の場合75歳を過ぎると海外ツアーに参加するのも難しくなるとのことである。とすれば、遅くとも70歳には退職し、5年間、夫婦で海外旅行を楽しむという人生の終盤の過ごし方が好ましいものに思える。このような点からも定年退職はよい制度と考えている。

もちろん、定年退職により失うものも少なくない。まずは収入であるが、これは予め準備しておくしかないであろう。また、好きな仕事ができなくなるということもある。しかし、これは別の形で補うことができ

る場合が多い。私も、大学教員生活の中で、100名を超えるような多数の学生相手の講義は全く楽しくなかったが、若く優秀な研究者との研究ミーティングは最も楽しい時間であった。このため、現在は週に1回、東大の松浦研究室のミーティングに参加している。

私にとって、定年退職によって失った最大のものは秘書である。中央大では3人の有能な秘書がいた。何をするにも彼女らの助けが如何に大きなものであったのか、退職後改めて認識することになった。現在は、私の元秘書で松浦研に転職した小笠原直美さんのお世話になっている。

4. 退職後 100 日間の生活

退職後の2ヶ月間の主な仕事は、自宅に持ち帰った段ボール箱の書類の整理であった。スキャナとシュレッダを机の両側において、書類の分類と電子化、細断を行い、6箱を空にしたが、まだ2箱は残っている。これは、少々やっかいであるので、もう暫くおいておくことにした。現在は、過去43年間の日記を作成する作業を続けている。私は日記を付けてはいないが、就職して以来、43年間、毎日の出来事を手帳にメモしている。また、過去20年間は秘書が記したスケジュール帳がある。これらを基にして日記を作成し、その過程で私の過去43年を振り返り、これからの人生でなすべきことを考えたいというわけである。ところが、日記の作成は予想以上に困難であることがすぐに判った。まず、自分の書いた文字が読めないのである。このため、しばしば過去のメールなどを調べる必要が生じ、これまでにまだ2年分の日記しか完成していない。43年分の日記を作成するためには、後1年は掛りそうである。早期に電子手帳を利用すべきだったと後悔しているが、今も手書きの手帳を使っている。

当然のことであるが、退職前に比べると、自宅に籠る日がずっと多くなってきた。このため運動不足になりがちである。退職前から週に5日は1万歩以上歩くことにしているが、これは退職後も続けている。自宅で仕事をする日は、近所を散歩することになるが、毎回必ず一ヶ所は新しい道を通ることになっている。常に新しいものを発見したいという気持ちは未だ衰えていないようである。

5. 退職慰労パーティ

4月13日に私の研究室に在籍した学生や職員たち

が退職慰労パーティを開催してくれた。私の研究室に在籍した学生や職員は総計約250名であるが、外国からの3名を含め、約100名が集まった。

43年間に及ぶ大学教師の生活のなかで、私が最も誇りに思っていることは、優れた弟子たちが育ってくれたということである。実際、弟子たちの活躍は目覚ましい。日本の公的情報セキュリティ研究機関としては産総研と情報通信研究機構があるが、これらの情報セキュリティ研究の中核をなしているのは、私の弟子や孫弟子である。また、情報セキュリティ以外の分野でも素晴らしい成果を挙げた弟子や孫弟子も少なくない。最近では曾孫弟子も活躍を始めている。

弟子の中には大学教師も多いが、その中には大変元気のよいのがいて、「自分は将来先生を追い抜くつもりだ」と言う。そこで、私は、「残念だが、君には決して私を追い抜くことはできない。なぜなら、教師は弟子を育てることが第一の職務であるから、育てた弟子が如何に優れているかで評価される。君は確かに優れた弟子を育てた素晴らしい教師だが、その君を育てた私は、もっと偉い」と応じた。ただし、実際には、様々な面で私より優れた弟子が既に数多く育っている。

横浜国大の今井研出身者は、幅広い分野で活躍している。既に現役を退いている方もいるが、それぞれの分野で顕著な業績を挙げた技術者や研究者、教員が少なくない。東大の今井研出身者には、研究者や教員が多く、公的研究機関の指導的立場に立つ研究員や国内外の大学の教授・准教授として情報セキュリティをはじめとするICT分野で活躍している。中央大の今井研出身者には、ITソリューション関連の企業で活躍している技術者が多く、既に情報セキュリティ分野で目立った活躍をしている者も少なくない。実際、情報セキュリティ関連の国内会議・国際会議でしばしば彼らに顔を合わすことがある。そんなとき、同行している上司が彼らを高く評価してくれるのは大変嬉しいことである。大学教員となった者も数名はいるが、最も長く中央大今井研に在籍したのは、博士課程を修了し、同志社大に助教として採用された吉田雅一君である。彼は、量子暗号・量子通信の研究者であり、その業績は専門家から高く評価されている。中央大今井研の出身者はまだ若いのであるが、やがて横浜国大今井研や東大今井研の出身者と同様、それぞれの分野で日本を代表する技術者・研究者が輩出するであろう。

6. ミシュラン三ツ星レストラン

5月24日、私は生まれて初めてミシュラン三ツ星レストランで食事をした。恵比寿のガストロノミー・ジョエル・ロブションである。弟と姉に、退職祝いということで、招待されたのである。私は美味しいものを食べるのは大好きであるが、面倒な予約を取るのには苦手であるし、待つのが大嫌いで、行列には余程のことがない限り並ばない。一方、弟はレストランなどに行列があれば、まず並んでみるそうであるし、人気があり予約の難しいレストランには、電話をリダイヤルで何度も掛け、何としても予約を取るという熱意を持っている。山陰で書店や教科図書販売会社、出版社などのグループを経営していることもあり、東京で接待の機会も多いようで、ミシュラン三ツ星レストランにも度々行っている。この点においては羨ましい限りであるが、書籍の電子化の進展等により、この業界は非常に厳しい状況にある。しかし、地方の書店は、地方文化の担い手としての面も持つので、是非頑張っ

て欲しい。出版業界の中でも、理工系出版社は特に苦しい状況にあるようだ。この6月には昭晃堂が廃業した。電子情報通信学会から著述賞を頂いた私の2冊の本のうち、故宮川洋先生、故岩垂好裕先生と共著の「符号理論」はこの出版社から出版されたものであるし、私の最も売れた本「情報理論」もそうである。「情報理論」は1984年に第1刷が出版され、今年まで30余年にわたって46刷まで出版された。もう十分に役目を果たしたと言ってよい本であるが、今後も別の理工系出版社が引き継いでくれそうである。

7. ING 会

6月15日ING会を日本橋の薬膳料理の店で行った。これは、我々夫妻、中川夫妻、後藤夫妻の3夫妻の姓のローマ字表記の頭文字をとって命名した会であり、現在は年に1回集まっている。後藤昇弘君は東大理科1類時代からの私の親友であり、現在運輸安全委員会委員長を務めている。中川裕志君は東大電気系の私の後輩であり、横浜国大に一旦出て、東大に戻ったという私と同様の経歴をもつ東大教授である。聡子夫人は横浜国大の私の研究室によく遊びに来ていた女子学生で、横浜国大助手、電機大教授、運輸安全委員会常勤委員を経て現在は東京都市大教授である。中川夫妻は私どもが仲人を務めた。

運輸安全委員会は航空・鉄道事故調査委員会の

後継委員会であり、事故の再発を防ぐために、事故原因を調査解明する強い権限を持っている。同様の事故調査委員会は医療分野などにも設置が計画されているが、今日のようにICTが社会に深く浸透し、その事故が時に人命にも関わるような状況では、ICT分野でも事故調査委員会が必要ではないかと私は考えている。2008年に、日本学術会議／情報学委員会／セキュリティ・ディペンダビリティ分科会の委員長として、「安全・安心を実現する情報社会基盤の普及に向けて」という提言を公表し、その中でICT事故調査委員会の設置を提案した。この提案に賛同する方々は多いが、実現は未だに全く見えていないのが残念である。

さて、ING会では、理工系の優れた女性研究者である中川夫人にSTAP細胞問題についての意見を聞いてみたいと、家内が言い出したことから始まり、研究者倫理についての話で盛り上がった。STAP細胞問題に関しては、研究者本人の倫理感の未熟さはもちろんであるが、その周囲のリスク管理や対応にも大きな問題があるという一般的結論に落ち着いた。

私の43年間を振り返っても、研究者倫理が確立され周知されていれば、苦勞しなかったのと思うところも少なくない。研究者が自分や自分のグループの研究成果に、強い思い入れを持ってしまうことは当然のことである。しかし、そのために周りが見えなくなったり、敢えて見なくなったりするとすれば、これは危険である。研究者は、周りが十分見える程度には謙虚でなければならないし、周りの意見を理解する努力をすべきである。また、間違っていると判っていることを種々の配慮により曖昧にするという態度も、研究者としては正しくない。そのことにより、間違った理論に基づき、意味のある成果が何も得られないプロジェクトが採択され、多額の公費が投入されるようなことがあれば、黙認した研究者も責任があると言えよう。その時点では、誤りだということが判らなくても、時が経てば、明確に誤りだと判ることもある。その場合には、判った時点で誤りであったことを表明することも、研究者コミュニティにとって有益であり、重要なことである。これらは研究者倫理としては基本的なことであり、研究者倫理が大きな問題となっているこの機会に、是非周知・啓発して欲しいものである。

8. 情報セキュリティ

6月30日～7月3日、フランクフルトで開催された

IEC (国際電気標準会議) SMB (標準管理評議会) のデータセキュリティ/プライバシーに関するアドホックグループの会議に出席した。SMB の日本代表委員を務めている東芝の平川秀治君の強い要請により、彼に同行したのである。私が指導した博士課程の学生は (実質的な指導も含め) 45 名いるが、彼はその第 1 号である。専門は放送技術であり、アナログ高精細テレビ放送の開発などで活躍したが、その後国際標準化活動にも熱心に取り組んでいる。IEC の本拠があるジュネーブには既に 70 回以上出張したとのことである。

最近のサイバー攻撃の増大などにより、情報セキュリティの重要性は国際的に広く認知されるようになってきた。このため、IEC でも、情報セキュリティの国際標準化をどのように進めるべきかについて検討するため、このアドホックグループを立ち上げたのである。

私が国際標準化に関する会議に出席するのは、1980 年代の半ば、ISO/TC97/SC20 (暗号分科会、現在の ISO/IEC JTC1/SC27 の前身) の会議に国内委員会委員長として出席して以来である。国際標準化の重要性は十分に理解している積りであるが、情報セキュリティの標準化はナショナルセキュリティとの関連をはじめ非常に難しい面があることから、直接関わることは避けてきた。しかし、ICT のあらゆる応用分野で安全・安心を確保するために情報セキュリティが極めて重要となってきたにも関わらず、情報セキュリティの十分な知識や経験を持つ人材が乏しいことから、隠居の身ながら、出席することになったのである。

情報セキュリティの標準化は、暗号などの要素技術の標準化から情報セキュリティ管理の標準化にまで及び、極めて多様であるし、応用分野によって様々な異なる要求条件がある。また、プライバシー問題との深い関連がある場合が多く、リスクに対する認識は個人によっても異なるため、受容可能なリスクの基準を定めるのも難しい。既に ICT の様々な応用分野で、情報セキュリティの標準化やそれに基づいた評価・認証制度の検討が進んでいるが、これらにおいて、目標設定が妥当か、必要条件が漏れなく洗い出されているか、また、判り易く、使い易いものであるかなどを検証するのは、容易なことではない。このために、様々な応用分野に共通してコアとなる情報セキュリティ技術の設計法の体系的な提示が望まれる。また、

各応用分野で閉じるのではなく、横断的な情報共有が行われる仕組みを作ることにより、知見の共有が進み、それぞれの標準化の質も向上すると考えられる。このような展望のもとに、今回のアドホックグループが設置され、今後、情報セキュリティに関する新たな諮問委員会の設置などを SMB に提案することになると思われる。

日本の情報セキュリティ研究は世界的に見ても高いレベルにあるので、平川君を始め関係者各位には、主導的な立場で情報セキュリティのいわばメタ技術の国際標準化推進を図って行って欲しいと願っている。

9. これから

7 月末、寝台列車カシオペアで、家内と北海道旅行に行く予定である。これは退職祝いに息子夫婦がプレゼントしてくれたものである。定年退職がもたらした喜びは、ストレスから解放されたこと、時間が自由になったこと、最終講義の懇談会や退職慰労パーティで多数の旧友や今井研出身者に会えたことなど数多くあったが、このプレゼントと孫のくれた金メダルは、全く期待していなかったものだけに、この上なく嬉しいものであった。このことだけは、会った人毎に自慢したくなり、「できた息子さんですね」と言われて喜んでいた。我ながらやや恥ずかしい仕儀である。

8 月末には、息子一家と一緒に、秋田大曲の花火大会に行くことになっている。その後青森の温泉も廻る予定である。息子一家との旅行は、2008 年 8 月の地中海クルーズ以来である。しかも、そのときは産総研での急用のため、私は半分しか参加できなかった。今回はフルに一緒に行くことができる。今はただ、台風が来ないことを、ひたすら祈っている。



ということで、現状は引退生活を楽しんでいるが、43 年分の日記が完成したら、何をすべきかを決め、第二の人生を始めたいと考えている。

教職員の皆様の自由投稿広場

この広場では、教授、准教授、助教、教育技術員、並びに、職員と言った教職員の皆さんに、ご自身の近況、研究室の近況、ご自身が日頃感じていること、趣味の世界のこと、等々を広く自由に投稿していただきました。会員の皆さんの中には、自分がお世話になった先生の近況が見つかるやもしれません。また、すでに、お世話になった先生方が大多数他界されてしまった昭和年代卒の会員の皆さんにおかれましては、現役の教職員の皆さんをいくらかでも身近に感じていただけたら幸甚に存じます（会長コメント）。



技術士資格へのお誘い

教育技術員 坪井 秀夫

平成24年9月から中央大学にお世話になっております教育技術員の坪井と申します。電気電子情報通信実験では、導入教育1と高電圧現象を担当しております。また中央大学に非常勤で勤務するのと並行し、坪井技術士事務所を開設し、応用理学部門の技術士としてプラズマ技術と真空技術をベースにした技術コンサルタント業を営んでおります。

電気同窓会のみなさまの場合、大多数の方がエンジニアとして働かれていると思います。そこで電気同窓会のできるだけ多くの方々に、技術士を目指すことをお勧めしたいと思ひ増す。（以下では、これから技術士を目指す方を対象に記述致します。）

技術士はご存知のように国家資格で、第1次試験に合格すると修習技術者（技術士補となる資格を有する者）になれ、第2次試験に合格して登録すれば技術士になれます。第1次試験を受けるに当っては、特に制限はなく、どなたでも受験できます。1次試験のレベルは4年制大学の自然科学部系学部の専門教育程度です。第2次試験を受けるに当っては、業務経歴が必要になります。私も出願時に、以前勤務していた会社の社長印が捺印された業務経歴票を提出しました。2次試験を受ける場合の条件については、公益社団法人日本技術士会のホームページで確認をお願いします。技術士第1次試験は専門分野毎に20部門に分かれています。1次試験に合格した部門と、2次試験の受験部門とを一致させる必要はありません。

例えば、1次を電気電子部門で合格した方が、2次を情報工学部門で受験できます。

企業に勤めていると色々な仕事を経験すると思います。研究所や研究開発部門に勤務すると言ったような幸運に恵まれた方は博士号の学位に挑戦しても良いでしょう。しかしそうでない方にとっては、博士号はなかなか望めないのが実情でしょう。一方、技術士資格は、科学技術に関する「計画、研究、設計、分析、試験、評価」のいずれの業務に従事しても規定年数を超えれば2次試験の受験が可能です。即ち、博士号は科学者・研究者向きの資格であり、技術士はエンジニアの資格であると言えます。自分の企業時代を振り返ると、30代で行った仕事が技術士になるのに相応しい内容だったと思います。そしてこの時期に身に着けた知識と経験を基にして2次試験を受験しました。このことを友人に話したら、友人も「自分もそうだった」と言っていました。

技術士試験に合格したときには、言葉では言い表せない大きな喜びと達成感がありました。中央大学には——さすがは歴史と伝統のある中央大学だと思ひます——卒業生の技術士と修習技術者で構成される中大技術士会があり、本年創立10周年を迎えられると聞いております。また中大技術士会では、先生方と交流を図りながら、学生に技術士制度を伝える活動が行われているとも聞いております。電気同窓会のみなさまには、ぜひ技術士試験にチャレンジしていただき、そして技術士となってご活躍いただきたいと願っております。



最近の学生気質

教育技術員 遠藤 泰陽

教育技術員として本学科で
お世話になり7年目となります、
遠藤泰陽と申します。教育技術
員の主な業務としまして、3年次の実験の面倒を見ており
ます。同窓会の先輩方にとって最近の学生の様子は興味
のあるところだと思いましたので、私が現職に就いた期間
に於ける学生の変遷をお話したいと思います。また現在の
の学生は所謂“ゆとり世代”と称されますが、その世代に
対して部下を従える社会人の話を聞くと、「最近の新人は
何を考えているのかわからない」「何を指示してもしっかり
出来ない」と困っている方を多く見受けますので、現在の
学生が今後就職先で活躍出来るようにするために先輩方
はどのように接していくべきか、その一助となるお話もしてい
きたいと思います。

まず、“ゆとり世代”の年代を詳しく見ていきます。文部
科学省のホームページによると、詰め込み教育の終わりは
1980年実施の学習指導要領からで、次第に国語、算数、
理科、社会といった基礎科目の授業数が減り、1992年実
施の学習指導要領から“ゆとり”という名称が現れます。
そして自ら学ぶ力、“生きる力”の育成に重点を置き、基
礎科目の授業数が更に減ったのが2002年実施の学習指
導要領となります。従って現在の実験を受講している3年
生は小学校2年生から“最もゆとりのある教育”を受けて
いることになり、まさに“ゆとり世代”と言えるでしょう。

私は実験を通した学生との交流から、年を追う毎に学生
の質の変化を感じていました。これは一概に“ゆとり教育”
が原因とは言えないかもしれませんが、少なからず影響は
あるように感じています。では、どのような変化があったの
かを挙げていきます。

まず、以前の学生は成績を気にすることが多いように思
えましたが、現在の学生の大半は成績をあまり気にせず、
単位さえ取れば良いと思っています。要は単位取得を目
標とした、効率のみを重視した学生が増えています。その
ため、以前よりもTAや技術員の報告書の書き方への指
摘を聞かなくなり、実験中は内容を考えず、手順や方法だ
け聞く学生が多いです。その方法に手間がかかる項目が
あれば、「もっと楽な方法はないか」とか「面倒くさい」等、
様々な注文もしてきます。以前の学生は、どちらかといえ
ば与えられた事には黙々と取り組んでいたものでした。そし
て以前の学生は、ある意図を持って我々が学生に指示し
たら、多少はその意図を汲んで取り組みましたが、現在の

学生は指示した事は“指示した事だけ”しかやりません。
その為、報告書を仕上げるために必要な内容しか把握し
ない学生が増えています。そして、面白いことにしか進ん
で勉強しません。しかし一旦面白いと思えば我々が驚かさ
れ、こちらが新たな知見を得られる程に勉強してきます。こ
れらの事から私見ですが、“ゆとり教育”によって、自分の
力で“効率よく”生きる力が強く身につけてしまったように思
えます。しかし、興味ある事ならより深くその事柄を追及す
る事が出来るという側面も身につけているように思えます。

悪い所も良い所もある現在の学生ですが、社会人になっ
た彼等にどの様に接するべきでしょうか。まず、先輩社会
人は新入社員を放っておかないことです。「仕事は言われ
なくても自分から覚えていく」という感覚は通じないどころか
「この会社は暇過ぎてつまらない」とか「幾らでも出来る
ことがあるのに何もしてくれない」と感じ、辞めてしまうかも
しれません。何せこの世代はつまらない事、自ら動くという
面倒な事を嫌います。大変だとは思いますが出来るだけ、
細かく、丁寧に、言った通りの事をすれば仕事出来るよ
うに入社直後から手助けします。すると、言った通りの事
はそのまま実行する世代ですので、指示が悪くない限り仕
事をこなす筈です。そしてここで成果に関して褒めてくださ
い。「言われた事をやっただけだろ」と思わずに。すると
褒められた事で、次の仕事もやろうという意欲が湧いてき
ます。また、右も左もわからなかった仕事が少しずつ分か
るようになってきて、仕事に対する充足感や面白さが生ま
れて来ます。そうなったらこの世代の強みで、自ら勉強し、
知識を広げ、こちらが思っている以上に仕事をこなしてく
れるはず。このようなやる気の入る・入らない、の見極
めが難しいと思うかもしれませんが、この世代は不平、不
満があれば素直に言い、言わなくても表情に露わにするの
でわかりやすいです。しかし出来るだけ接する機会を設けな
いと見落としてしまうかもしれません。面倒を見る側としては
苛立ちを抑えられないかもしれませんが、それは、自分の
部下に対する教育方法が悪いと反省し、より丁寧な教育を
していくしかないと思います。

最後に、彼等は“ゆとりのピーク世代”の学生で、一見
は没個性、もしくは極端に个性的で扱いにくさを感じます
が、付き合っていくととても興味深い学生が多いです。同
窓会の先輩方も初見に騙されず辛抱強く付き合ってもらえ
ばと思います。きっと彼等の中に潜んだ素晴らしい能力に
気付けるはずです。

徳丸洋三先生を偲んで

元兼任講師 大串 秀世

このたび、徳丸洋三さんのご逝去の報に接し、長年ご交際して頂いたことを感謝しますとともに、心より哀悼の意を表します。

徳丸さんと私とは、昭和43年4月に私の配属先である当時の通産省工業技術院電気試験所の電子部品部部品基礎研究室の先輩と新人の研究者同士という立場でお会いしたのが初めてです。翌年、機構改革で所名が電子技術総合研究所(電総研)になり、徳丸さんは基礎部固体物性研究室へ、私は電子基礎特別研究室へと別々の研究室になりましたが、私の目指す半導体の研究内容が徳丸さんの研究分野であったことから、何かにつけて徳丸さんに相談し、いろいろご指導を受けました。10歳近い年齢差がありましたが、包容力のある徳丸さんに魅かれ、性格的にも相性がよかったこともあり、その後、徳丸さんが中央大学に移られて後も徳丸ご夫妻とは家内と共にお付き合いをさせていただきました。特に、徳丸さんが中央大学を退職された後は、この3月まで私が理工学研究科の兼任講師として半導体の授業を受け持った経緯があります。

中央大学時代の徳丸教授とのお付き合いは、徳丸研究室の修士課程の学生が電総研の私の研究室に実習生として来て、我々の研究テーマの仕事を手伝って貰いながらその内容を修士論文としてまとめることを我々が指導するというプログラムを通してです。学生にとっては、1年間以上、後樂園という都心の環境から、郊外の田舎のイメージが強いつくばの方で学生生活を余儀なくさせられるので、このよう

なプログラムにはあまり積極的にはなれないと思ったのですが、数名の学生が来てつくばでの研究を経験していきました。これは、卒論研究を通して、研究に対する真摯な態度の徳丸先生の指導により、もう少し、設備の整った環境で研究をしてみたいという学生達の思いがあったからだと思います。

電総研時代の徳丸さんとの共同研究のことなど、思い出は尽きないのですが、晩年徳丸さんが嬉しそうに話されたこととして、今思い出すのは、中央大学の在外研究制度で半年間、奥さんと一緒にドイツに滞在されたことです。たまたま大学時代の友人の方が日本の会社の現地法人の代表としてドイツにおられ、滅多に行けない所をいろいろ案内して貰ったことを伺いました。学生時代に大病を経験し、少し体には自信のなかった徳丸さんですが、ドイツ滞在中は体調もよく、良い思い出をたくさん得られたようです。

私にとりましては、同じような人生を先に歩み続けておられた徳丸さんの訃報は、悲しみの言葉以外ありません。ただただ、ご冥福をお祈りするばかりです。





[徳丸 洋三先生・略歴]

昭和 10 年 2 月 15 日 宮崎県宮崎市に生まれる
昭和 29 年 3 月 鹿児島県立宮之城高等学校
(現：鹿児島県立薩摩中央高等学校) 卒業
昭和 35 年 3 月 九州大学理学部物理学科 卒業
昭和 35 年 4 月 通産省工業技術院*電気試験所 入所
昭和 62 年 3 月 通産省工業技術院電子技術総合研究所
(電気試験所が改称) 退所 (工学博士)
昭和 62 年 4 月 中央大学理工学部電気電子学科 教授就任
平成 17 年 3 月 同 定年退職

*通産省工業技術院は、現：独立行政法人産業技術総合研究所

徳丸洋三先生を偲んで

修士卒 白居 雄治

体調が優れず御自宅で療養されていると伺っていたのは数年前でした。卒業後、年賀状のやり取りのみになってしまっており、近いうちにお目にかかりたいと思っていた中、お亡くなりになったと聞き言葉を失いました。自分の無精を悔やむと共に大変残念な気持ちでなりません。徳丸先生の訃報に際し、ご冥福をお祈りするとともに、先生との思い出を振り返らせて頂きたいと思います。

私が半導体の世界に進もうと考えたのは先生の半導体物性の講義を受けた事がきっかけでした。当時、目に見えない電子(素粒子)の動きが半導体の世界を制御する事、半導体が我々にとって身近なエレクトロニクス産業を支えている事、そして今後の社会の発展には欠かせない重要な技術である事に魅力を感じ徳丸研究室の門を叩き、学部4年次、大学院修士課程の2年間お世話になりました。半導体物理学を学ぶと共に、先生の幅広い人脈によりつくば市にある産業技術総合研究所での学びと様々な人生経験の機会も頂きました。

先生は私から見れば、常に遥か高い所におられ、若者の活動を笑顔でご覧になれておったように感じます。教育にも大変熱心に向き

合われ、日常の授業はもちろんの事、夜間の授業は時間的にご自宅に戻れないため、近隣ホテルに宿泊し対応されていた事を覚えております。議論では学生の意見に静かに耳を傾け、時に鋭いご指摘を頂きました。また、つくばの研究所から定期的に戻り状況報告する際には、学業と合わせて一人で暮らす私の生活面も気にかけてくださり、優しいお言葉を毎回かけて頂きました。また私の結婚式では残念ながら体調を崩され参加頂けなかったのですが、温かい内容のお手紙を頂きました。

徳丸先生は、半導体の世界で多大なる貢献をされましたが、人として大変懐の広い徳丸先生に教えを頂くことが出来たことは、非常に幸福であった事と感謝しております。

先生の訃報を知ったのは、葬儀が済んでから数ヶ月も経過した後で、葬儀に参列できなかったことは本当に残念で、また申し訳なく思っています。改めて徳丸先生のご冥福を心からお祈りいたします。先生、安らかにお休みください。

合掌

2014年7月18日

会員からのお便り

(平成25年 総会出欠用の返信葉書の近況・コメント欄からの転載、都道府県は現住所)

平成6年に定年退職して、はや20年になります。同窓会には、できるだけ出席するよう心がけてきましたが、25年夏に入院手術してから健康について考える昨今です。同世代の先生方が殆んど他界され、寂しい限りですが、これからも卒業生の皆様にお目にかかれるよう頑張っていきたいと考えております。

(元専任講師 東京都 深井 昌)

お蔭様で元気です。中央大学のスポーツの応援に参加しています。(昭和28年卒 東京都 長田孝弥)

歌手、小林旭の唄の一節

♪ …いい奴ばかりが先に逝く、
♪ どうでもいいのが残される… と。
だから… どうでもいい奴が、酒を舐めなめ今夜も呟いています。(昭和28年卒 埼玉県 竹中四朗)

体調はまあまあですが、最近では遠出するのが億劫になって来ました。(昭和28年卒 東京都 吉江實成彦)

前略、諸兄の皆様にはお元気の事、遠察申し上げます。今年は不景気・不景気で泣きましたが、ここ年末に来て急速に良い方向なのでホッとしています。大きな事件にも巻きこまれず単に中国の我がままに多少とまどいましたが、日本の経済基盤、基礎技術の深さで乗り越え今年はおだやかな年末を迎えられそうな日本人達です。(昭和34年卒 神奈川県 佐々木裕)

元気で忙しい毎日を送っています。(公私で)
(昭和34年卒 埼玉県 関 光夫)

2013-10月の会誌で小林健一先生の訃報に接し驚きました。心よりご冥福をお祈り致します。卒業後、小林先生とスキーを共にしスキー検定を競い合いました。ご自宅で頂いたカクテルの味を思い出します。



平成25年10月は絵の個展を再開することが出来ました。体力的には厳しいものがありました。家族の協力もあり再開出来、その喜びが今後の推進力を得たように思います。命のある限り自分の絵の表現完成に向かい精進してゆきたいと願っています。
(昭和34年卒 東京都 塚原達雄)

仕事と重なり出席できず残念です。アウト・ドア講座の引率をしながら元気にしています。

(昭和35年卒 東京都 秋山浩徳)

体調不良。皆様によろしくお伝え下さい。

(昭和35年卒 群馬県 加賀谷 博)

同窓会の皆さん今日は。飯塚新会長の名前は私の出身地と同じで親しみを覚えます。一年経つのは早いもので此の前運転免許の更新に行くと高齢者用の小学校の入学試験みたいなテストを受けさせられてがっかりしています。

処で私も人生の持ち時間が少なくなってきました。その割には得点出来ず0-0のままです。後はロスタイムに頑張るしかありません。トホ…又来年迄御元気で…! (昭和35年卒 福岡県 新開盛治)

同窓会会誌発行に編集委員の皆さん大変な苦勞をされています。本誌は電気同窓生の絆です。中でも「会員からの便り」欄は同窓生の為のコラムです。お気軽に投稿をお願いします。

又、同窓会幹事会に出席ゼロの常任幹事の皆さん、同窓会の意義を自覚し反省を込め常任幹事会に出席して下さい。同窓会副会長 田伏 よりお願いです。
(昭和35年卒 埼玉県 田伏良雄)

現日中関係を憂えます。横たわる寒流を一日も早く「暖流」に変えたい。(帰国後60年日中草の根運動をおこなっています)。一昨年、80歳を迎えるに当たり、10年に亘る北京八達嶺の植樹活動に区切りをつけ、各友好団体の役職を辞任しました。本年より大学発ベンチャー企業の支援を行っています。

(開発・製造・技術および中国市場開拓の援助「龍騰グループ(人材・貿易・文化交流)」)
(昭和35年卒 神奈川県 橋村武司)

元気にゴルフ、スカッシュ、社交ダンスと日々を楽しんでおります。昭和37年卒の同期生と年2回同期会をしていますので37年卒の方は連絡をいただければと思います。(昭和37年卒 神奈川県 江波戸勝樹)

大阪白門会、兵庫白門会の皆様方に遊んで頂いており中央のOBで良かったとしみじみ思っております。来年はミュンヘンにオペラを聴きに行く予定です。盛會を祈念します。(昭和37年卒 大阪府 藤本守孝)

妻の介護の為、欠席します。私自身は元気です。介護しながらノンビリと生活しています。

(昭和 38 年卒 東京都 五本 武)

この年(73歳)になると時間だけは充分に有る為、妻と車(ハマー)で日本国内、気が向くままに旅しています。今回は新潟から青森まで日本海側を踏破予定です。

(昭和 38 年卒 千葉県 木本晶久)

間質性肺炎にて12年6月から13年3月まで入院していました。医者から奇跡的に助かったと言われたが、退院しても趣味のゴルフ、磯釣りは不可能との宣告。諦め切れず13年初頭からリハビリに励み最悪時48キロまで細った体重は13年夏には漸く70キロに回復し、体調も9割がた復帰しました。今では元どおりゴルフも磯釣りもしています。内科の医者にかかったのは20年ぶりです。病院の知識が皆無で2箇所は無能な医者に遭遇し危うくあの世行きでした。申し出た次の病院は幸い名医でしたので命拾いです。病院の選択が命に関わる重要性を改めて認識。皆様もご用心下さい。

その間、所持している特許の本人訴訟を起こし、病院内からも電話で裁判に臨み12年末に勝訴し、漸く和解に至りました。初めての経験でしたが手間と時間がかかるのには閉口しました。

(昭和 38 年卒 栃木県 山本立夫)



健康にて好きな野菜づくり、ゴルフ等楽しく過ごしています。いずれ足腰など機能低下が心配されるので、俳句会などに参加しボケ対策としています。

最近の句、「終戦日 孫と虫取り 父母偲ぶ」
中大の発展を祈念しています。

(昭和 39 年卒 埼玉県 齊藤榮喜)

首相が国内外に科学技術立国を吹聴しているなか、福島原発の汚染水対策の稚拙な対応やJR北海道の基本的安全管理の欠如など科学技術に関する不祥事が連日報道され、その体たらくさに強いストレスを感じる今日この頃です。(昭和 39 年卒 東京都 藤森 勲)

病気療養中です。

(昭和 39 年卒 千葉県 松下達雄)

同窓会のシステムが不明でしたが、不正を働いた大学の理事長久野氏が同窓会長でまだ座っている。腹心の部下と一緒に浄化しようとしています。理工学部を八王子へ、文科系の一部を後楽園へという意図もあるようです。同窓生がもっと学校の運営に関与し落ち目か

ら脱出して欲しい。

今回、田舎の高校と同窓会の日時が一致したので失礼します。盛会を祈ります。

(昭和 40 年卒 埼玉県 井上哲也)

既に古希をすぎましたが、生涯現役を目指して仕事を続けています。物づくり企業の営業開拓コンサルタントを行っています。併せて11年前から取り組んできた書道において、読売書法展、日本書芸院展等で受賞を重ねてきてレベルアップしています。本年から弟子も増えてきて、3ヶ所の教室で指導にあたり忙しくしています。若い人達とのつき合いも楽しいものです。



(昭和40年卒 奈良県 岡田 章)

昨年暮れに肘が痛くなり、6月に近くの整形外科病院で手術を受けたら失敗して手首と指を動かす神経を切断され、別の手専門病院で神経縫合手術を受け、リハビリで機能回復訓練を受けています。医者の言うままに手術を受けたのが悔やまれます。

(昭和 40 年卒 埼玉県 門原健男)

本年2月1日より現役を引退して晴れて自由の身。50坪の土地を借りて農作業に勤しんでおります。退職したら、血圧は常に平常値、血糖値は良好、目は良くなる、と良いことづくめ。9月には米国ニューヨークで行われた彼岸会法要に参加、セントラルパークでの灯籠流しをさせて頂き、来年4月には台湾へと楽しみがいくつもあります。他にシルバー人材センターから頂いた仕事をさせて頂き、全く新しいおつきあいをしています。来年は今年雨で下山した甲斐駒ヶ岳に登ります。元気が一番!



(昭和 41 年卒 埼玉県 河西宣良)

会長をはじめ幹事の皆さん、日頃からの同窓会運営に対するご尽力に感謝です。H 24・70 才を機に新規会社を立ち上げ、経営コンサル及び産業用バッテリー更新事業を中心に基礎固めに走り回っています。年令とともに基礎体力の衰えを感じ、ルームランナーでの日課に加えて週2日位は多摩湖周辺を4~5時間走っています。また週一回程度のゴルフも加えての体力づくりにより、青梅・東京マラソンをはじめ各地域でのランニングを楽しんでいます。

(株)田口企画ホームページからご連絡下さい。

(昭和 41 年卒 東京都 田口昭夫)



「思い」のマネジメントをコーチングの中で若手リーダーと共有、社会にかかわっています。ゴルフはますます精がでて楽しんでます。来年4月イギリス訪問時ゴルフも楽しみます。

(昭和41年卒 埼玉県 竹村英雄)

60歳でリタイアして10年、早いものです。相変わらずお陰さまで元気です。サイクリング、囲碁、園芸学校、パソコン、ブログ等楽しんでます。

箱根駅伝、2014年正月の復活健闘を祈念しています。同窓会誌の充実に感謝しています。会長以下幹事の皆様ありがとうございます。

(昭和41年卒 千葉県 富田紘志)

1943年(昭和18年)誕生の私の定年は2003年(平成15年)の10年前でした。退職後の生活について還暦を迎えた時の小学校同窓会で親友と語り合ってから10年間はあっという間でした。夫婦で実家のある郷里で家庭菜園を楽しめたらと考えておりましたが、5年間の子会社勤務後、広島工業大学専門学校電気工学科講師の道に入り、現在5度目の後期授業中です。10年間には子供は独立し夫婦二人だけの生活となり、総理大臣もめまぐるしく交替し政権交代が行われました。

趣味の旅行と赤ヘル応援をしながら健康に気を付けて、電気を学ぶ若者とぶつかりあって資格試験合格と就職内定を一緒に喜びあっております。講師を離れた後のことは限りなく遅くスタート出来たらと思います。同窓会会誌の会員のお便りに9年間連続掲載戴き有難うございました。同窓会には平成20年度1回だけの出席で申し訳ありません。同窓会会長、同窓会各委員会委員長の皆様大変ご苦勞様です。

これからもよろしくお願ひします。

(昭和41年卒 広島県 橋本正樹)

同窓会運営を御担当いただいている皆様、大変お世話になっておりありがとうございます。11/17同窓会は残念ながら欠席させていただきます。当日は所属する市川男声合唱団20周年定期演奏会に出演します。社員教育の仕事、畑仕事、男声合唱といそがしく毎日を過ごしております。今年初めて「ぶどう」を60房収穫できました。



(昭和42年卒 千葉県 秋田隆史)

元気です。(昭和42年卒 栃木県 西尾英臣)

又、今年もS42年卒として、1名も亡くならないように同期の仲間に声をかけています。

思い出した言葉を追記します。「人間の真価は、その

人が、何時まで道を求めるか、その緊張持続の長短によって測り得べし」(森 信三)。実に良い言葉です。自分も、いつまで道を追究できるか、日々学び続けるつもりです。(昭和43年卒 神奈川県 今村雅明)

今回は実兄の33回忌出席のため同窓会に出席できません。昨年も都合がつかず欠席と残念です。しかし、少数の4名ですが、中大仲間として毎年集いを行っています。(新井、新藤、生田目、中村)

(昭和43年卒 千葉県 中村雅喜)

当日、将棋部先輩が「大山康晴賞」を受賞されました。12:00より祝賀会が行われます。八重洲ですので総会のみ参加しようと思っていますのでよろしくおねがひします。(昭和44年卒 東京都 大野 孝)

小林先生の訃報に愕然といたしました。心より哀悼の誠を捧げます。学園闘争で騒然としているさなか、不勉強な私を無事卒業までお導き下さいました。心より感謝致しております。

安らかにお眠り下さい。 合掌

(昭和45年卒 長野県 久保 直)

会報を拝読いたし、小林先生の訃報に接し、入学した頃のことを思い出しました。ご冥福を心よりお祈り致します。

今年は箱根駅伝で永らく続いていたシード権を落としてしまいましたが、10月20日に行われた予選会で見事に復活し、来年も出場に期待されます。この事に鑑み、私も今まで何事も起こらず行政書士業務を続けていますが、将来のことは判りません。何時までも仕事が続けられる様に気を抜かず励みたいと思うこの頃です。

今回は業務の都合で欠席させていただきます。

(昭和45年卒 東京都 保坂早苗)

東京オリンピックが決まり、なんとか二度目の東京大会をこの目でしっかりと見たいものだと思っています。最初の大会は未だ高校生でしたが、次の大会は70過ぎの爺さんです。自国で二回もオリンピックが見られるなんて日本人でよかったですと思います。できれば、それまで仕事も続けたいと思っています。

(昭和47年卒 東京都 飯塚信市)

カミさんより、もう年なのだから現場仕事はやめろとの忠告。30年続けた個人会社を、知人が引き継いでくれるとのことで4月をもって譲りました。今は頼まれた時に応援に行くという生活です。

ストレスが100%無くなりました。ボケないように気をつけないと……。久しぶりに真空管AMPを作っ

ています。(昭和47年卒 神奈川県 小島和男)

ずいぶん物忘れがひどくなった。11月17日も忘れなければ出席します。もの忘れを防ぐ薬があったら教えてください。(昭和47年卒 千葉県 菅原正人)

お世話になった先生方が大学を去られるのは寂しい限りです。既に、在学中にお世話になった先生はいなくなつたように思います。しかし、1号館が残っていると学生の時を思い出し、懐かしく思います。

現在、中央大学に在籍または卒業した技術士および技術士補で構成された中大技術士会の副会長の任に就いています。今年、中大技術士会は10周年を迎えます。この間、ホームカミングデー、理工白門祭等を通して中央大学と交流する中で、新しい先生方と交流も始まり、学生時代とは異なった観点での係わりが生まれています。これからも、中大技術士会の活動を通して、中央大学のより一層の発展に係わりたいと思っています。

よろしければ、下記中大技術士会のホームページをご覧ください。

<http://www.chuo-u-pej.org/>

(昭和53年卒 神奈川県 小林進)



メーカーから大学へ移り、1年半が経ちましたが、研究活動は遅々として進まず、日々、授業の準備に追われています。

(昭和58年卒 東京都 橋本雄一)

バブル入社組として世間の荒波にもまれています。皆さん頑張りましょう。

(昭和63年卒 神奈川県 細田浩希)

幹事の皆様、いつも会誌の送付ありがとうございます。毎回楽しみに読ませて頂いております。同窓の皆様様の益々のご活躍を祈念しております。今後ともどうぞよろしくお願い致します。

(平成2年卒 神奈川県 熊井康二)

職場の異動、育児、etc・・・日々、充実した生活を送っています。同窓会に少しでも関わっていただけたいと思います。(平成6年卒 東京都 横田和長)

毎年、楽しく会誌を拝読させていただいております。在学中とはだいぶ様変わりされているよう感じておりますが、私自身も年々体型も含めて様変わりしてしまったことを痛感しております。あまり同窓会には参加いたしておりませんが、今後とも宜しく願いいたします。

(平成11年卒 東京都 神保勝也)

震災から2年半が経過し、災害公営住宅の建設もスタートしました。私も父の会社へ入社し、13年が過ぎましたが、H25.8.23に事業を継承しました。復興需要の中、多忙な日々が続きますが、頑張ってくれている社員に感謝し、また社員が幸せになれるように私も精進して参ります。

(平成12年卒 宮城県 高橋寛治)

3歳の子供と家族3人で楽しくも忙しい日々を過ごしています。会社でも中堅の社員になり、勉強をしなければいけない日々です。

同窓会の常任幹事をやっていますが、どのように関わることがよいのか時々悩むことも有って、いろいろな方との出会いを楽しみにしています。

(平成15年卒 東京都 平林思問)

奥多摩レンタサイクル「トレックリング」を通じてできた仲間たちと、東京の奥座敷を自転車で駆けめぐっています。自然の中を、自分で走る自転車は気持ちいいですね。地域を味わいながら、これからも人の縁を大事にしていこうと思います。



(平成16年卒 東京都 木嶋雅史)

「会員からのお便り」欄の編集担当を任されたのが平成13年発行の会誌第38号からでした。

その年に開催の同窓会総会の出欠を問いかける返信ハガキにコメントを書いて頂き、次年度発行の会誌に掲載するというシステムです。

幸いにも多数の同窓生からご賛同を得て、今年も多くのコメントを掲載することが出来て編集担当としては感謝に耐えません。

しかしながら、本欄を通じて多くの同窓生に読んで頂きたいと思われる素敵なコメントが、本欄への転載を認めないとあるため、掲載できないものがあり残念でなりません。

1年遅れの掲載となりますが、どんな事でも結構ですので、どんどん書いて頂きたくお願いします。



私事ですが、寄る年波には勝てず、昨夏より体調を崩し目下治療中ですので、本欄の編集担当も来年からは若い人にバトンタッチをお願いし、老兵は消える準備を始めたいと考えております。

(昭和39年卒 東京都 天野浩志)

三浦康文様とは、私が中大電気OBゴルフの世話役補佐、三浦様が不参加の通知人といった関係で知り合い、たまたま、福島原発事故の後工事をされていると聞き、きっと、奇特的な体験をされているのでは…、と近況報告をお願いしました。頂いた原稿、実体験の持つ迫力。一気に、読み終えました。読後、実に、清々しい気分になりました。卒業後の進路、だれもが一度は悩んだはずです。時間を掛けて、最適な進路を見つけるべき、それとも、大凡の狙いを付けて、先ずは飛び込んでみて、全力を尽くしてみるか。今後のさらなるご活躍を期待します。(会長コメント)



特別寄稿 「ゼネコンに就職して」

平成6年電気電子科卒 三浦 康文

平成6年 中央大学電気電子工学科 徳丸研究室卒業 三浦 康文と申します。

私は現在、大成建設 環境本部 土壌・環境事業部に在籍し、福島県南相馬にて本除染工事を担当しております。電気電子工学科に在籍し半導体デバイス関係を研究していたはずが、なぜゼネコンに・・・と思うのですが、このような機会が与えられたので、私が入社した時から現在にいたるまでの配属・経験を記載してみたいと思います。

大学時代は当初、東芝、ソニーなど、理工学部では理想的なメーカーに行くものだと考えておりましたが、はたして私は何ができるのだろうと考え、(正直成績は中の上くらいでした・・・)特殊なことをしたいと考えているところに、当時実験室の市川先生からの紹介もあり、大成建設を訪問することになりました。当初就職活動中は、電気出身で建設会社(ゼネコン)を就職するには、設備関係が普通ですが、都市開発や、地下鉄を掘削するシールドマシンなどにあこがれ、電気出身でもこういう生き方があるのだと、感動したのを今でも覚えています。

会社に入ります前は機械部に配属しましたが、やはり建設会社(ゼネコン)ということで、建築・

土木の知識が必要なため、一級土木施工監理技士や、土壌環境監理士などさまざまな資格を取ることになりました。入社1年くらいは研修していましたが、最初に配属した作業所は、現在新宿南口の小田急サザンタワーというホテル・オフィス棟でした。小田急線上にデッキを掛け、ホテルを建てていくというのは当初想像もできませんでしたが、当時、タワークレーンを計画担当し、実際に組立を行った日を今でも鮮明に覚えています。

ホテル竣工近くになり、長崎県雲仙普賢岳の土石流災害対策を行うため、電気出身?というだけで、無人化施工担当に、新宿南口から雲仙とは、赴任した日から、建設省、他ゼネコン、重機メーカーとの打ち合わせが始まり、土石流を堰き止めるための砂防ダムを無人重機で施工することになりました。機械・電気・土木技術により、約2年ほどで1号砂防ダム完成、と思いきや、九州新幹線がはじまるとのことで、熊本県八代市球磨川上流の坂本村というところで、田上トンネル 約5kmの山岳トンネルに配属しました。

そこでは世界発連続ベルコン工法を採用、といっても皆様にはピンとこないかもしれませんが、通常山岳トンネルは発破による土砂を大型ダンプで搬出しますが、排気ガス等の作業環境の悪化

により、じん肺等の問題があります。そこで土砂をトンネル先端でクラッシャーをかけ、約 5 km（最大延長）× 2（往復）＝約 10 kmの 1 本のベルコンで搬出する壮大な計画でしたが、当時フェインランドのメーカー、鉦山機器メーカーなどと試行錯誤を繰り返し、5 年で貫通させました。ここで学んだことは、どんなにすばらしい設備でも使用するのは人間なのです。当初はなかなかトンネル作業員には受け入れられず、設備ができてダンプにて搬出する日が続きましたが、最終的には、連続ベルコンの環境の良さと、使用方法を作業員の創意工夫とやる気により、工期を達成することができたと痛感しております。ちなみに、まだ九州新幹線には乗ったことがありません。

その後は、宮崎県フェニックスカントリーにてドライビングレンジコース（タイガーウッズのための練習場）を施工、神奈川県辻堂にて芙蓉カントリークラブ直下にて国道トンネル施工など、まったく電気から離れ、土木屋さんになってしまいました。そのころ、再開発や、工場などの土壤汚染問題が新聞などで注目をあびるようになり、平成 15 年に土壤汚染対策法が施工されることに、当社も環境本部が設立されることになり、私も興味があり、昔の現場上司の誘いもあり、配属することになりました。環境本部においては国内工場の土壤汚染調査・対策を取組、あるメーカーの工場がポーランドにあり、毎年 10 月頃に、ワルシャワにて、土壤地下水汚染対策の報告会に

出席したりと、環境技術に染まり 4 年間充実した日を過ごしていたのですが、3.11 がおこり、4 月 4 日に急きょ無人化施工の経験をかわれ、福島第一原発のガレキ処理担当に、当時 39 歳のため、本来は 40 歳以上が配属だったのですが、無人化施工経験者が少なく、皆様方もニュースで見たことがあると思いますが、現実には非常に厳しく、（あまり書けませんが）、3号機前に消防隊の散水車が入るために、無人にてガレキ撤去することが最初の任務でした。毎日、機械の配置等を現地で、自衛隊・消防隊・東電の方々と打ち合わせを行い、線量計は鳴りっぱなしでしたが。緊張感と、やらなければならないという使命感と、今まで会社人生で味わったことのない、不思議な時間を過ごしていました。その後は、釜石・気仙沼廃棄物処理を担当し、現在は南相馬にて除染工事を担当しております。長々と自分の経歴を書かせていただきましたが、現在、中二の長女と、小5長男、年中次男の父親ですが、中央大学電気電子工学科出身だったからこそ、今の自分があるのではと思っております。土木学科出身ではただの現場監督になっていたかもしれませんが、現代の建築土木技術においては様々な知識をもった人間が活躍することができると感じております。長くなって申し訳ございませんが、OB会などに今後参加させていただければと思っております。

がんばろう日本！

がんばろう東北！

今できることを、
精いっぱい。

2013年度修士論文発表会「同窓会賞」

2014年2月22日（土）に開催された「2013年度修士論文発表会」において、同窓会会員により構成された審査員が厳正なる審査を行った結果、下記の方々に「同窓会賞」を贈呈することに決定致しました。

表彰並びに賞の贈呈は、3月24日（月）に開催された修了式・卒業式の席上にて行いました。

❖❖❖ 同窓会賞とは ❖❖❖

同窓会賞は、同窓会審査員が統一された「審査チェックリスト」に基づき、下に示す独自の視点により、修士論文の発表を審査し選定したものであり、修士論文内容の学問的価値あるいは当該院生の修士課程での成績等を考慮したものではありません。

【協賛社表彰】

同窓会賞の主旨に賛同し、ご寄附を戴いた協賛各社の代表により優秀賞対象発表論文の中から選定された論文であって優秀賞との優劣はありません。

協賛社名：アイコンテクノ株式会社（URL：<http://www.aikon.co.jp/>）

株式会社ウッズ（URL：<http://www.woods-corp.co.jp/>）

株式会社城南サービス（URL：<http://www.johnan-service.co.jp/>）

【優秀賞】

下記の観点から、修士論文発表を審査し、審査員が合議の上で優秀な論文を優秀賞とします。

- ・研究の背景や目的が明確に述べられ、発表態度に好感が持てたか。
- ・説明や図表が聴講者に分かりやすく纏められていたか。
- ・発表者のオリジナリティが明確に述べられ、残った課題や将来性について言及していたか。

卒業間もない会員の方々は別として、電気電子情報通信工学科の前身である電気学科卒の皆様は、ひょっとすると電子回路の教科書はまだ真空管が中心だったのではないのでしょうか。

20歳代から80歳代に至る60世代の会員を擁する本会としましては、たまには、現役修士の学生さんが現在どのような研究をされているかをご一読頂き、技術の進歩について実感していただければと存じます。

そのような訳で、続くP 24～P 63に、昨年度の修論発表会にて発表された41件の修士論文から選定された10件の同窓会賞受賞作品をご紹介します。



受賞者の皆様、おめでとうございます

アイコンテクノ賞

古川 達也 (杉本研)

テーマ：「アナログ／デジタル混載回路の機能を、高速かつ高精度にシミュレーションする手法の研究」

ウッズ賞

森田 遼伍 (今井研)

テーマ：「静脈認証のウルフ攻撃に対する安全性評価」

城南サービス賞

上原 一樹 (國井研)

テーマ：「MAP 間重複部推定のための Particle Filter による尤度を用いた外れ値排除および低次元化による繰返し型誤差低減に関する研究」

優 秀 賞 (50 音順)

新井 雅海 (橋本研)

テーマ：「空間知能化における現実物体と仮想情報間での隠蔽表現 - AR の適用」

板橋 明 (二本研)

テーマ：「 $L1_0$ 型規則構造を持つ強磁性合金薄膜の表面平坦性および磁化容易軸方位分散制御」

北詰 倭人 (築山研)

テーマ：「遅延故障検出のためのテストパス集合の生成手法に関する研究」

鈴木 雄亮 (久保田研)

テーマ：「冗長ウェーブレット変換を用いた楽曲特徴量」

長島 亘 (庄司研)

テーマ：「Mg 添加定比組成 LiTaO_3 を用いた高出力波長変換緑色レーザーの開発」

前田 崇秀 (白井研)

テーマ：「SBR 法における多重エッジ回折波の計算手法の考案」

宮本 卓也 (山村研)

テーマ：「可変利得ホモトピー法を用いた非線形回路の直流動作点解析」

アナログ/デジタル混載回路の機能を、 高速かつ高精度に シミュレーションする手法の研究

A study to develop a simulation methodology that achieves high-speed and high-accuracy for a mixed analog/digital circuit simulation

電気電子情報通信工学専攻 古川 達也
Tatsuya Furukawa

1 はじめに

近年、アナログ及びアナデジ混在 IC における多品種化や回路の複雑化、大規模化が進んできた。その中で、重要かつ代表的な回路として電源回路が挙げられる。そこで、アプリケーション回路まで含めた早い段階での検証や実機測定との良い相関が期待できる高い計算精度(高精度)でのシミュレーション結果などのシミュレータに対する要求の増大が増えてきた。そのため、回路検証の所要時間が検証の品質や開発コスト、納期に大きな影響をもたらすようになってきており、高速・高精度シミュレーションが求められてきている。

高精度を要求されるアナログ IC の回路を設計する場合、回路設計者はシミュレーションツールとして特性の精度に信頼性のある SPICE を用いる。しかし電源回路はアナログ/デジタル混載回路で、SPICE で過渡応答や周波数特性をシミュレーションすると膨大な時間がかかり、殆んど設計が出来ないという状況となる。

そこで電源回路設計に適した機能シミュレータ NSTVR(New Simulation Tool of Voltage Regulators) を提案した [1]。また、以前の NSTVR は特定のソフトウェアに適用していたため利用に制約があった。ゆえに NSTVR を Verilog-A(Verilog の Analog バージョン) でモデル化し用途の拡大を図る。

2 機能記述による解決手法

2.1 電源 IC シミュレーションの現状と問題点

DC-DC コンバータのような電源 IC を設計する際には一般に SPICE 等の回路シミュレータを用いる。しかし、DC-DC コンバータの設計においては「過渡解析に時間がかかる」、「通常的手法による AC 解析が行えない」という問題が生じる。過渡解析の問題については DC-DC コンバータの動作に原因がある。SPICE はクロックのような急峻な信号が発生したとき、その急峻な変化に対応すべく図 1 に示すようにタイムステップを

縮め、解析ポイントを増やす方法をとる。そのため、アナログ機能とデジタル機能が混在しスイッチング動作する DC-DC コンバータにおいては、解析ポイントが膨大に増え過渡解析に時間がかかってしまう。一方、AC 解析の問題については、SPICE の AC 解析の方法に問題がある。SPICE を用いて AC 解析を行う際、半導体やスイッチなどの非線形デバイスを動作点で線形化し、その後、行列計算を行い信号の振幅と位相を求める。そのため、スイッチング動作する DC-DC コンバータにおいては動作点が一意に定まらず AC 解析が行えない。

従って、SPICE を用いて DC-DC コンバータを設計する際は、上記の 2 つの問題点が生じ設計効率が悪化してしまう。

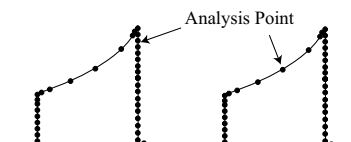


図 1: 過渡解析における解析ポイント

そこで、回路設計において機能シミュレータで過渡応答特性や周波数特性を確認するのは必須である。SPICE は設計した実回路の特性を高精度でシミュレーションできる。ゆえに機能シミュレータも実回路の特性と精度良く一致する結果を出す必要がある。しかし機能シミュレータは実回路の非線形要素が組み込まれていないため、SPICE と同等な高精度を保証できない。機能シミュレータは動作が速いという利点があるが、結果が実際と異なるのでは意味を成さない。

2.2 モデリングのアプローチ

以上の問題を解決するために機能記述を用いた新たなシミュレーション手法 NSTVR を提案した。NSTVR は固定タイムステップで解析を行うため、過渡解析および AC 解析の高速シミュレーションを可能にする。ま

た、①ハイブリッドシステム制御手法 [2] をベースとして状態変数方程式を立て、その解を時間領域で求める。通常用いられる状態平均化方程式では1周期を平均化しているため、1周期内での状態の変化は表せない。しかし NSTVR でのシミュレーションは時間の経過とともに行われるので、状態方程式が自然と切り替わる形となる。これにより1周期中のスイッチの切り替えによる電圧変化を表すことが可能になった。②回路の非線形要素を回路設計技術の見地から抽出してモデル化する。③場合によっては帰還を用いて非線形動作をモデル化する。インダクタ、キャパシタも寄生抵抗を考慮し、非線形要素としては回路動作に影響するトランジスタのオン抵抗などを考慮する。オン抵抗はインダクタに流れる電流に依存して変化するため、インダクタ電流の値を求め、それを使ってオン抵抗を計算する帰還ループにより非線形要素の影響を正確に見積もることが可能になった。以上の手法を用いることで実回路の特性と一致する高精度な特性の解析を実現することができる。

3 アナログ/デジタル混載回路の Verilog-A モデリング

しかし NSTVR では実際の回路のシミュレーションはできない。異常動作などを危惧するアナログ回路設計者にとって正確な回路シミュレーションは不可欠である。そのため Verilog-A でモデルを構成し Spectre にモデリングを適用する。Verilog-A は規格が標準化されているハードウェア記述言語である [3]。そのため、異なる回路シミュレータ環境に依存することがなく、様々なシミュレータで使用することができる。Verilog-A でモデリングすることで以下の利点が生まれる。①回路ブロックと機能ブロックを共存させてのシミュレーションが可能となる。Verilog-A はアナログ回路の特性を記述する連続ベースとスイッチングなど動作を記述するイベントベース、二つの方式を持つため Spectre にも適用でき、Tr 回路と Verilog-A の機能記述を併用してシミュレーションすることも可能となる。Tr 回路を用いることで高速かつ高精度な環境において機能シミュレーションとともに回路設計も行える。また、②利用範囲を拡大できる。NSTVR を Verilog-A で構成することで、従来のは特定の機能シミュレータしか利用できなかったのに対し、様々なシミュレータでの使用が可能となった。③周期定常解析などを行える。Spectre にモデリングを適用することで、Spectre の PSS(周期定常) 解析、PSTB(周期定常状態小信号) 解析を使用できる。PSS 解析では過渡解析を行い、周期定常状態を解析する。この結果を元に PSTB 解析を行う。したがって周波数特性が高速で解析可能になる。

一般的な DC-DC コンバータの構成を図 2 に示す。

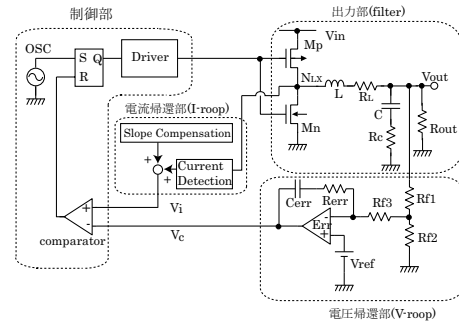


図 2: DC-DC コンバータの基本構成

DC-DC コンバータは大きく分け、PWM 制御された出力パルスを平滑化し直流電圧を出力する「出力部」、インダクタ電流を検出する「電流検出部」、基準電圧と出力電圧の誤差を増幅する「誤差増幅器」、PWM 制御を行う「制御部」の4つのブロックに分けられる。なお、スロープ補償は電流検出部に、PWM コンパレータは制御部に含めて考える。そのため、DC-DC コンバータの構成を図 2 に示すように、各ブロックを個別にモデリングを行う。以下に、各ブロックのモデリングのアプローチを示す。

3.1 出力部

出力部は状態方程式を用いてモデリングする。そして、さらに精度を高めるためダイオードやパワー MOS トランジスタの電圧降下などの非線形要素や、LC の寄生素子の影響を考慮する。状態ベクトル x は積分形式で表現されるパラメータを考えるため、出力コンデンサ C の両端に加わる電圧 v_c とインダクタに流れる電流 i_L を状態ベクトルとしている。入力ベクトルは出力部に入力される電圧 v_{in} と負荷電流 i_{out} 、出力ベクトルは出力電圧 v_{out} とする。また、電流制御方式の場合は帰還信号としてインダクタ電流も必要となるため、出力は出力電圧 v_{out} とインダクタ電流 i_L の2出力とする。すなわち、電流制御方式で電流源負荷を考えた場合、入力ベクトル u 、状態ベクトル x 、出力ベクトル y は

$$u = \begin{bmatrix} v_{in}(t) \\ i_{out}(t) \end{bmatrix}, x = \begin{bmatrix} v_c(t) \\ i_L(t) \end{bmatrix}, y = \begin{bmatrix} v_{out}(t) \\ i_L(t) \end{bmatrix} \quad (1)$$

となる。これらを用いてキルヒホッフの電流則、電圧則に基づき状態方程式及び出力方程式を導出し以下のような形で表現する。式 (2) は線形の場合の状態空間表現である。

$$\begin{cases} \dot{x} = Ax + Bu \\ y = Cx + Du \end{cases} \quad (2)$$

なお、非線形要素に関しては、別途パラメータなどを用意し加減算や帰還によりモデル化することを方針とする。

3.2 電流検部

電流検出部は基本的に四則演算を用いた数式によるモデリングを行う。このブロックは、出力部のインダクタLに流れる電流を検出し電圧に変換して出力する。変換利得の計算は実際の回路構成に基づき回路方程式を解く形とする。

3.2.1 スロープ補償

スロープ補償では電流帰還信号に加えるある傾きを作り出せばよい。一般的な線形のスロープは定数を積分することで得られる。そこで、スロープ補償回路は、定数を積分しその値に回路素子などのパラメータから導出した利得を掛け合わせるという形をベースとしてモデリングを行う。

3.3 誤差増幅器

誤差増幅器は、純粋なアナログ回路であるので、基本的には伝達関数を用いたモデリングを行う。モデリングのアプローチとしては、重ね合わせの理を用いてアンプの入力端子間電圧 v_1 を求める。DC-DC コンバータの出力電圧 v_{out} 、誤差増幅器の出力 v_c 、参照電圧 V_{ref} を用いると、アンプの入力端子間電圧 v_1 は

$$v_1(s) = H_o(s)v_{out}(s) + H_c(s)v_c(s) - V_{ref}(s) \quad (3)$$

で表される。 $H_o(s)$ は v_{out} から v_1 への、 $H_c(s)$ は v_c から v_1 への伝達関数である。式を導出した後は、式を展開することで v_c を求めるのではなく、式 (3) の形のままブロック図へ変換する。

3.4 制御部

制御部ではデジタルブロックを回路構成と同様に配置することでモデリングする。コンパレータは、電流帰還信号 v_i と電圧帰還信号 v_c の差を比較し、出力させる。この信号を SR-FF の R 端子に入力する。S 端子にはクロック信号を入力する。SR-FF の出力は PWM 変調された 0/1 の信号であるため、この信号に入力電圧 V_{in} を掛け、0 と V_{in} のパルスに変換し出力フィルタの入力とする。

4 シミュレーション結果

電流モード降圧型 DC-DC コンバータの電流連続モード (CCM) において、それぞれ実チップ、SPICE, NSTVR および Verilog-A で得た結果を図 3 から図 10 に示す。シミュレーション条件は全て $V_{in}=5V$, $V_{out}=2.5V$, $I_{out}=100mA$, $f_s=2.5MHz$ 。各特性は全てを Verilog-A の機能記述でモデル化した場合、機能記述と Tr モデルを併用した場合とで比較している。SPICE, NSTVR, Verilog-A 間のシミュレーション時間の比較も行った。

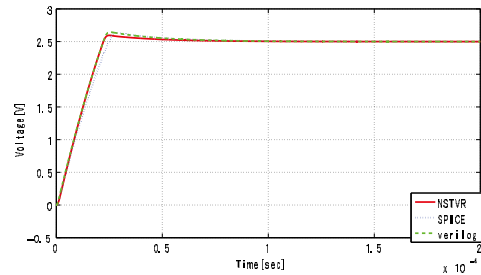


図 3: 降圧型の過渡解析結果 (全て機能記述モデル)

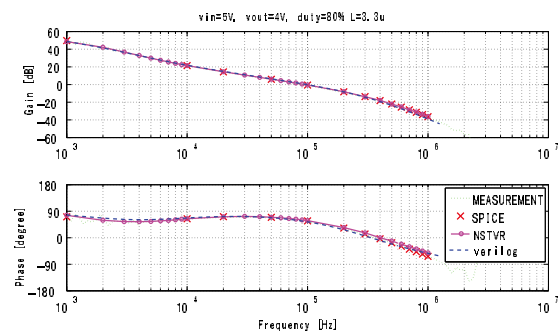


図 4: 降圧型の周波数特性 (全て機能記述モデル)

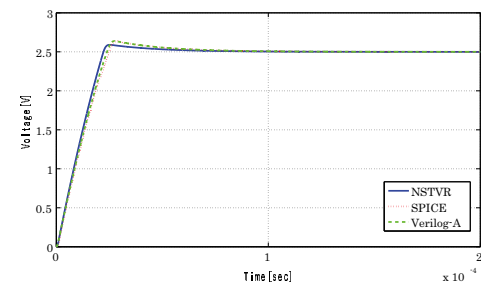


図 5: 降圧型の過渡解析結果 (誤差増幅器を Tr 回路, その他は Verilog-A)

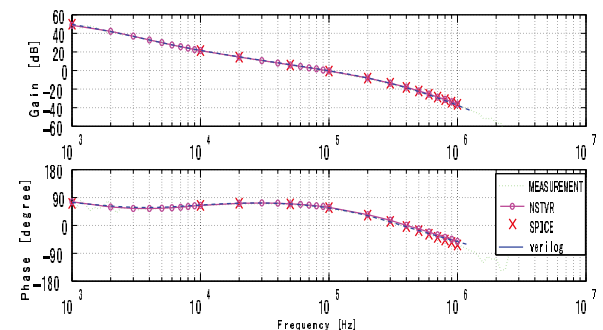


図 6: 降圧型の周波数特性 (誤差増幅器を Tr 回路, その他は Verilog-A)

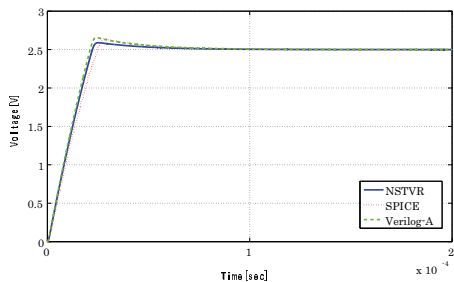


図 7: 降圧型の過渡解析結果
(コンパレータ & SR-FF を Tr 回路, 其他は Verilog-A)

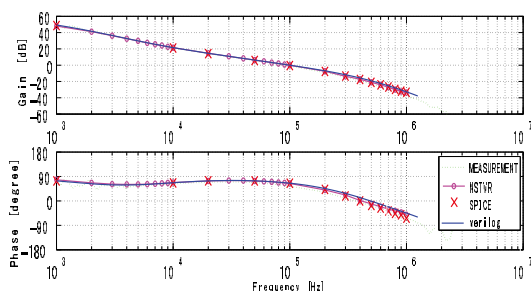


図 8: 降圧型の周波数特性
(コンパレータ & SR-FF を Tr 回路, 其他は Verilog-A)

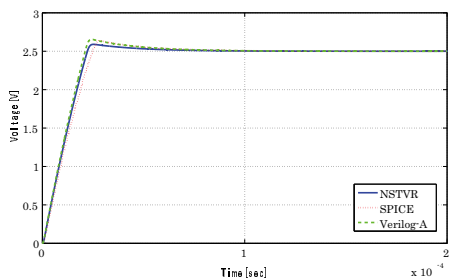


図 9: 降圧型の過渡解析結果
(SR-FF&Driver&Filter を Tr 回路, 其他は Verilog-A)

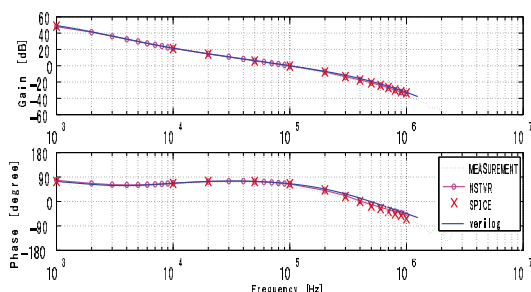


図 10: 降圧型の周波数特性
(SR-FF&Driver&Filter を Tr 回路, 其他は Verilog-A)

5 結論

verilog-A でモデリングすることで, Tr 回路との併用が可能となる. Tr 回路を用いることで高速かつ高精度な環境において機能シミュレーションとともに回路設計が可能となった.

電流連続モードにおいて, 実チップの測定結果および SPICE の解析結果と良く一致した. また可変タイムステップでありながら SPICE の 1/10 の計算時間で過渡解析を得られ, 周波数解析に要する時間も NSTVR よりさらに短縮され, SPICE の 1/450 しか時間を要さない程になった.

この結果, 一般的に広く用いることが可能となり, 周波数解析も高速で行え, かつ Tr 回路との併用が可能となることで, 設計効率の大幅な向上が可能となる回路設計のためのシミュレーション手法となった.

表 1: 各シミュレータのシミュレーション時間比較

	SPICE Tr モデル	NSTVR 機能記述モデル	Verilog-A 機能記述モデル
過渡解析 0~200u[s]	7300 秒 可変 TimeStep	15 秒 固定 TimeStep	70 秒 可変 TimeStep
周波数解析 1k[Hz]~	900 分 直行復調	5 分 直行復調	2 分 PSS 解析+PSTB 解析

表 2: Tr モデル併用時のシミュレーション時間比較

	Verilog-A 機能記述モデル	Verilog-A Tr + 機能記述モデル V-roop のみ Tr 回路	Verilog-A Tr + 機能記述モデル Comp.SR-FF のみ Tr 回路	Verilog-A Tr + 機能記述モデル SR-FF,Driver,Filter のみ Tr 回路
過渡解析 0~200u[s]	70 秒 可変 TimeStep	141 秒 可変 TimeStep	540 秒 可変 TimeStep	549 秒 可変 TimeStep
周波数解析 1k[Hz]~	2 分 PSS 解析+PSTB 解析	3 分 PSS 解析+PSTB 解析	10 分 PSS 解析+PSTB 解析	12 分 PSS 解析+PSTB 解析

参考文献

- [1] Toru Sai, Shoko Sugimoto, and Yasuhiro Sugimoto, "A High-Speed Behavioral Simulation Method for Frequency Characteristics of Switching Converters," IE-ICE Transactions on Electron, June 2012.
- [2] Jian Sun, Daniel M. Mitchell, Matthew F. Greuel, Philip T. Krein, Richard M. Bass, "Averaged Modeling of PWM Converters Operating in Discontinuous Conduction Mode", Power Electronics, IEEE Transactions on (Volume:16, Issue:4), July.2001, 0885-8993, 482-492
- [3] 桜井 至, "Verilog - AMS 入門: アナログ回路・デジタル回路混在設計のための HDL", CQ 出版社 2002-05

静脈認証へのウルフ攻撃に対する安全性評価

Security Evaluation of a Vein Authentication against Wolf Attack

電気電子情報通信工学専攻 森田 遼伍

Ryogo Morita

1 序論

本研究の目的は、生体認証の一方式である静脈認証の安全性を評価することである。そもそも生体認証とは、指紋や静脈などの個人によって異なる身体的特徴を用いた個人認証技術である。特に静脈を用いる静脈認証は、ATM(預金自動預け払い機)で使用されていることから、その安全性は重要である。

認証アルゴリズムの仕組みによっては、多くの他人と誤一致する入力情報「ウルフ」が存在する可能性がある。ウルフを用いたなりすまし攻撃であるウルフ攻撃は生体認証における新たな安全上の課題である。ウルフ攻撃に対する安全性評価には、「ウルフ攻撃確率」が提案されている [1][2]。ウルフ攻撃確率とは、一致と誤判定される登録済み生体情報の数が最大となるウルフを用いた場合、なりすましに成功する確率を表している。これはウルフ攻撃への耐性を評価するための尺度である。

ウルフが発見されているアルゴリズムはいくつかあるが、静脈認証アルゴリズム(以下では MNM アルゴリズムと呼称する) [3][6] はその一つで、すべての他人と誤一致する強力なウルフが存在することが示されている [1][2]。しかし、それだけではウルフに対する安全性に問題があるとはいいきれない。MNM アルゴリズムを使用した静脈認証装置に対してウルフによるなりすましを行うためには、照合アルゴリズムにウルフとなる入力情報が存在することに加えて、そのような入力情報を与える人工物を実際に作成し、入力できな

ければならない。本研究では、実験的な側面から静脈認証に対するウルフ攻撃の可能性を調査した。

本研究では次の二つの実験を行った。一つは MNM アルゴリズムを実装したシステムに対し、ウルフ人工物を用いた攻撃実験を行い、ウルフの脅威が顕在化しうることを示した。二つ目は、実際の静脈認証製品に対するウルフ攻撃の可能性を調査した。この調査の前段階では、実製品にある特徴情報を登録しておき、さらに、その特徴情報とは一致率が 0[%] である特徴情報をあらかじめ用意する。特徴情報の片方にあるノイズにも似たパターンを付け加えた上で再度認証を試みると、二つの情報の一致率が增加することがわかった。これにより、実製品においてもウルフ攻撃の可能性が否定できないことがわかった。

2 ウルフとウルフ攻撃確率

ウルフ攻撃は、複数のテンプレートと誤一致する入力情報「ウルフ」を用いたなりすまし攻撃である。ウルフ攻撃を考慮した評価尺度「ウルフ攻撃確率(WAP: Wolf Attack Probability)」は宇根らによって提案された [1][2]。

システムへの入力情報を s 、すべての入力情報の集合(生体情報以外のデータも含む)を S 、テンプレートを t 、同システムに登録されている(人間の生体情報から生成された)テンプレートの集合を T 、 s と t を照合したときに「一致」と判定される確率を $P(s, t)$ とすると、ウルフ攻撃確率(WAP)は以下の式で

算出される。

$$WAP \triangleq \max_{s \in S} \text{Ave}_{t \in T}[P(s, t)] \quad (1)$$

ただし、 $\text{Ave}_{t \in T}[X]$ は t を変化させたときの X の平均値を表している。

3 MNM アルゴリズムとウルフ

MNM アルゴリズム [3][6] は、静脈画像から照合用のデータを作成し、照合するアルゴリズムである。生体情報はアナログなので、提示するたびにノイズが発生する。三浦らの MNM アルゴリズムは、提示された静脈画像の中で、静脈領域かそれ以外の領域かがあいまいな領域（あいまい領域と呼ぶ）を区別し、認証時に使用しない仕組みを備えている。もし、すべてがあいまい領域になるような入力があった場合、それがウルフになることが渡邊らによって示されている。

4 静脈認証模擬システムへのウルフ攻撃に対する安全性評価

4.1 実験環境

MNM アルゴリズムのウルフ攻撃に対する安全性を評価するため、論文 [3][6] のシステムに相当する環境（静脈画像を撮影するための近赤外照明と近赤外カメラ、MNM 方式静脈認証アルゴリズムを実装したプログラム）を用意した。その環境に対して人工物によるウルフ攻撃実験を行う。

4.2 実験に使用する人工物について

松本らの人工物 [5] を参考に、静脈認証装置にウルフを入力できる人工物（図 1）を作成した。この人工物はオレンジ色のゴム板、白色の薄いプラスチック板、それから OHP シートによって構成されている。ゴム板によって近赤外光の透過量を人の手と同程度にし、OHP シートにウルフのパターン [1] を印刷した。白色のプラ版はウルフパターンを際立たせるための背景である。



図 1: ウルフ人工物

4.3 実験とその結果

実装した MNM アルゴリズムに対し、人工物によるウルフ攻撃実験を行った結果は図 2 のようになった。なお、実験には下記のサンプルを使用した。

- 生体指 70 本の近赤外画像（各 4 枚ずつ）
- ウルフ人工物の近赤外画像（1 枚）

スコアは低いほど本人らしいことを表している。図の赤線が本人同士を照合した時のスコア分布、緑線はウルフを各指と照合した時のスコア分布、青線が他人同士を照合した時のスコアの分布である。表 1 は特徴的なしきい値と、FAR(False Accept Rate), FRR(False Reject Rate), WAP の関係を示している。FAR とは他人を誤って本人として受け入れてしまう確率、FRR は本人を誤って他人として受け入れ拒否してしまう確率のことである。これより、しきい値が 32 のとき

FAR は 0.0[%] であり、このときの WAP は 39.2[%] となった。また、FAR が FRR を上回らない範囲で WAP を調べると、しきい値が 34 のときに WAP が 54.6[%] となった。

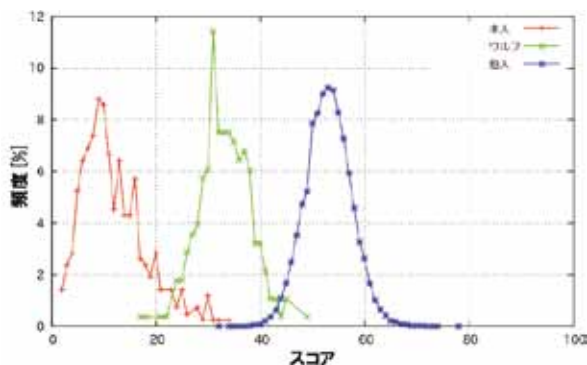


図 2: ウルフ攻撃実験のスコア分布

表 1: 実験結果の抜粋 (FAR, FRR, WAP)

Threshold	FAR[%]	FRR[%]	WAP[%]
32	0.00	0.47	39.2
34	0.0012	0.23	54.6
35	0.0038	0.00	62.5

5 静脈認証装置の安全性評価 技術構築に向けた研究

静脈認証装置に対して人工物によるウルフ攻撃の可能性を調査するため、次のような調査実験を行う。なお、実験に使用した静脈認証装置を、「認証器 X」とする。

まず、認証器 X にて一致率がほぼ 0[%] であるパターンの組、パターン①とパターン②を用意する。この際、任意のパターンを認証器 X に提示できる人工物を使用している。パターン①の線の太さは 2.0[mm]、線の本数は 2 本とした。線と線の間隔は 4.0[mm] である。パターン②はパターン①の一部が欠け

たものである。次に、パターン②に線状のノ



図 3: パターン① 図 4: パターン②

イズパターンを付加し、再度パターン①との照合を試みる。付加したノイズパターンには様々な特徴のものを試した。そのうち、線の太さが 0.13[mm] で、線の周期が太さの 3 倍のノイズパターンを付加して照合した場合の一致率がもっとも顕著であり、61.8[%] に上昇した。以上から、MNM アルゴリズムで言



図 5: ノイズパターンを付加したパターン②

うところのあいまい領域と同様のものがノイズパターンの部分で発生している可能性が高く、ウルフの可能性が否定できないことがわかる。

6 結論

本研究では、ウルフ攻撃という新しい攻撃手法が静脈認証にとって実際の脅威になりうるかを検証し、さらに安全性評価手法の構築に取り組んだ。代表的な静脈認証アルゴリズムである MNM アルゴリズム [3][6] は、それを実装したシステムにおいてもウルフが問題であることがわかった。また、ある静脈認証装置ではノイズのようなパターンによって誤一致率が増加することが確認できた。これは、MNM アルゴリズムでのあいまい領域と同様

のものが発生した結果であると考えられ、ウルフ攻撃が実現する可能性があるかもしれないことがわかった。

謝辞

本研究を進めるにあたり、日々有益かつ適切な御助言を賜りました指導教官の今井秀樹教授に心から感謝致します。城西大学理学部の井沼学氏と、独立行政法人産業技術総合研究所情報セキュリティ研究センターの大塚玲氏には研究のあらゆる面で大変お世話になり、中央大学研究開発機構研究員の北川隆氏には、日々のミーティングで議論と助言をして頂きました。深く感謝すると共にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

発表論文

- 森田遼伍, 井沼学, 大塚玲, 北川隆, 米澤祥子, 今井秀樹, “人工物を用いた静脈認証装置へのウルフ攻撃に関する考察,” 第29回 暗号と情報セキュリティシンポジウム, January 30th-February 2nd 2012.
- 森田遼伍, 井沼学, 大塚玲, 北川隆, 米澤祥子, 今井秀樹, “静脈認証装置の安全性評価技術構築に向けた研究,” 第30回 暗号と情報セキュリティシンポジウム, January 22-25 2013.
- Ryogo Morita, Manabu Inuma, Akira Otsuka, Hideki Imai, “Security evaluation of a finger vein authentication algorithm against the wolf attack,” The Third Symposium on Biometrics, Recognition and Authentication, November 26-27 2013.
- 森田遼伍, 井沼学, 大塚玲, 今井秀樹, “静脈認証模擬システムへのウルフ攻撃に対する安全性評価,” 第31回 暗号と情報

セキュリティシンポジウム, January 21-24 2014.

参考文献

- [1] M. Une, A. Otsuka, H. Imai, “Wolf Attack Probability: A Theoretical Security Measure in Biometrics-Based Authentication Systems,” The institute of Electronics, Information and Communication Engineers Trans.on Info. and Sys. 2008, E91-D(5)
- [2] M. Une, A. Otsuka, H. Imai, “Wolf Attack Probability: A New Security Measure in Biometric Authentication Systems,” In: Lee, S.-W., Li, S.Z. (eds.) International Conference of Biometrics 2007, LNCS, vol. 4642, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 396-406, 2007
- [3] Naoto Miura, Akio Nagasaka, Takafumi Miyatake, “Extraction of finger-vein patterns using maximum curvature points in image profiles,” MVA2005 IAPR Conference on Machine Vision Applications, May 16-18, 2005 Tsukuba Science City, Japan
- [4] 宇根 正志, 大塚 玲, 今井 秀樹, “生体認証システムにおける新しいセキュリティ評価尺度: ウルフ攻撃確率,” 第26回 暗号と情報セキュリティシンポジウム, Jan 23-26 2007.
- [5] 松本 勉, 田中 瑛一, “透過光利用バイオメトリック認証システムのためのテスト物体作製方法,” 第27回 暗号と情報セキュリティシンポジウム, Jan 22-25 2008.
- [6] 三浦 直人, 長坂 晃朗, 宮武 孝文, “線追跡の反復試行に基づく指静脈パターンの抽出と個人認証への応用,” 電子情報通信学会論文誌 D Vol.J86-D2 No.5 pp.678-687, May 2003.
- [7] 渡邊 直彦, 繁富 利恵, 宇根 正志, 大塚 玲, 今井 秀樹, “指静脈パターン照合アルゴリズムにおけるユニバーサル・ウルフ,” コンピュータセキュリティシンポジウム 2006, 情報処理学会, pp. 621-626, October 2006.

ウッズ賞・今井研 森田 遼伍

MAP 間重複部推定のための Particle Filter による尤度を用いた 外れ値排除および低次元化による繰返し型誤差低減に関する研究

Study on Iterative Error Reduction with Reduced Dimension Map and Outlier Elimination using
Likelihood of Particle Filter for Overlap-part Estimation in 3D Maps

電気電子情報通信工学専攻 上原 一樹
Kazuki UEHARA

1. 序論

近年、災害現場や惑星探査を目的とした移動ロボットの技術に注目が集まっている。移動ロボットにとって地図情報は、自己位置推定やナビゲーションを実現するために必要不可欠な要素となる。ロボットも人間と同じように目的地に到達するためには、目的地に対して自身が地図のどこにいるのかを把握する必要があるためである。周辺環境の地図を生成するためには、ロボットの走行中に各地点で計測したデータを位置合わせして統合する必要がある。自己位置推定や地図構築の初歩的な手法としては、ロボットの車輪の回転角(オドメトリ)から姿勢を推定するデッドレコニングと呼ばれる手法がある。しかし、この手法では、タイヤのスリップの影響で長距離走行では誤差が蓄積し実用的ではない。

そこで、タイヤの回転角の他に複数の外界センサを用いて地図情報と自己位置推定の両方を同時に推定する Simultaneous Localization and Mapping(SLAM)の研究が盛んに研究が行われている。そのなかでも ICP(Iterative Closest Point)と呼ばれるスキャンマッチングを用いた手法がいくつも提案されてきた [1]。本研究室では、これまでに ICP を用いた手法の欠点を補うために計測領域の違いを考慮して、複数の地形データ間の非重複領域を推定、削除することで精度向上を狙う地図生成手法を提案し、有効性を示してきた。しかし、従来提案してきた手法は十分に重複部を推定しているとはいえない。本論文ではこの問題点を改善するためにパーティクルフィルタを用いた繰返し型の誤差低減手法を提案する。そして、改良した提案手法をシミュレーションデータを用いて広域マップの生成および自己位置推定を行い有効性を確認する。

2. SLAM の地図生成手法

2.1 SLAM の地図生成手法の分類

SLAM の手法は、計測したデータの使い方によって大きく 2 種類の方法に分けられる。1 つ目は、計測したデータから地図の目印となるランドマークを抽出し、ランドマークとの位置関係を自己位置推定に利用する Landmark Based SLAM である。この手法では、地図はランドマークを用いて表されることが多い。もう一つは、計測した地形データを位置合わせをすることにより地図を生成し、位置合わせベクトルをもとに自己位置を推定する Grid Based SLAM である。この手法は、地図構築を重視した手法である。

Landmark Based SLAM の代表的な手法として、EKF-SLAM[5]がある。この手法は、EKF(Extended Kalman Filter)を用いて複数のセンサデータを統合し、自己位置を推定して、ランドマークの地図を生成する手法がある。しかし、EKF は地図更新における計算が複雑でランドマークが

増大した場合、計算時間が指数関数的に増加してしまう欠点がある。この問題点を解決する手法として Fast SLAM が提案されている。これらランドマークを用いた手法では、計測データからランドマークの抽出、対応付けがうまく行かないと計算が発散してしまう。

Grid Based SLAM の代表的な手法として ICP を用いた SLAM[2]がある。この手法は、ICP と呼ばれるスキャンマッチングを用いる手法である。ICP アルゴリズムは、3次元形状データを位置合わせする手法で広く用いられている。その他には、NDT(Normal Transform Distribution)と呼ばれるスキャンマッチングを用いた手法 [3]も提案されている。

本研究室では、惑星探査ローバを開発している。ローバにおける地図の役割としては自律走行における経路計画、遠隔地におけるオペレータへの環境情報の可視化と重要性が高い。よって、今回はより詳細な 3次元地図が生成可能な Grid Based SLAM を採用する。

2.2 地図生成の位置合わせ手法

Grid Based SLAM において、複数環境情報の位置合わせ手法はとても重要となる。位置合わせを行う手法は、大域的マッチングと局所的マッチングの 2つに大きく分けられる。大域的マッチングは、初期値は必要ないが特徴抽出や正確な対応点の推定が必要となり計算量が多くなってしまふ。それに対し局所的マッチングは、初期値は必要となるが特徴抽出や正確な対応点の推定は必要ない。ローバは CPU リソースの制約があるため一度に扱うデータ量は少ない方が望ましい。今回は、車輪の回転角を初期値として利用できるため局所的マッチングを採用する。局所マッチングには、ICP、相対姿勢の計算において回転の探索と並進方向の探索を別々に行う IDC, NDT, Gaussian fields など多くの手法が提案されている。そのなかでも ICP アルゴリズムは処理が単純、正確な対応点を必要としない、誤差を収束させることが保証されているという利点を持つことから ICP アルゴリズムを採用する。しかし、ICP アルゴリズムを移動ロボットの分野に適用するには問題点がある。本研究室では、それらの問題点を解決するためのアルゴリズムを研究、提案している [4]。

3. 反復重複部推定

ここでは、ICP の問題点について指摘し、本研究室で提案されてきた反復重複部推定について述べる。

3.1 ICP アルゴリズムの問題点

ICP アルゴリズムを用いた地図生成は、各計測地点で計測した複数の計測データを逐次位置合わせし、つなぎ合わせることで行ふ。しかし、形状比較による計測データの位

位置合わせにはいくつかの問題点がある。例えば、ICP は与える初期値によっては局所解に陥ってしまう問題や幾何学的特徴の乏しい地形では正確な位置合わせが難しいという問題がある。また、計測領域の違いによる非重複領域がマッチングの精度の低下を引き起こすこともあるので、除外して位置合わせする必要がある。

本研究では、計測領域の違いが引き起こすマッチング精度の低下に着目し、その解決策として反復重複部推定という手法を提案してきた。以下で反復重複部推定の詳細を述べる。

3.2 反復重複部推定の基本アルゴリズム

反復重複部推定を用いた位置合わせ手法の基本的な考え方を図2に示す。本手法では、まず2つの地形データに対して計測領域の違いを無視して既存手法を用いて位置合わせを行う(図2-Step1,2)。このとき、データ中の計測領域の異なる部分が影響して位置合わせに誤差を生じる。しかし、位置合わせ結果は形状比較に基づき、類似した地形、すなわち重複領域は比較的近い範囲に存在、かつ重ねられた領域内に多く含まると予測できる。そこで非重複領域を各地形データから削除し、重複領域を多くデータ内に残す(図2-Step3)。その後、さらに既存手法を利用して位置合わせを行う。この際、位置合わせ誤差の原因となる誤対応部分、すなわち非重複領域を減少させたデータを用いて位置合わせを行うため精度が向上する(図2-Step4)。このようにStep2,3,4を繰り返し実施することで正確に重複領域を推定できるため、位置合わせ精度が向上する。また、非重複部は位置合わせの対象から除外するため計算コスト削減につながる。

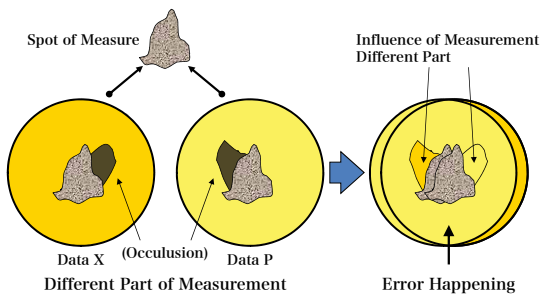


Fig.1 Problem of Traditional Method

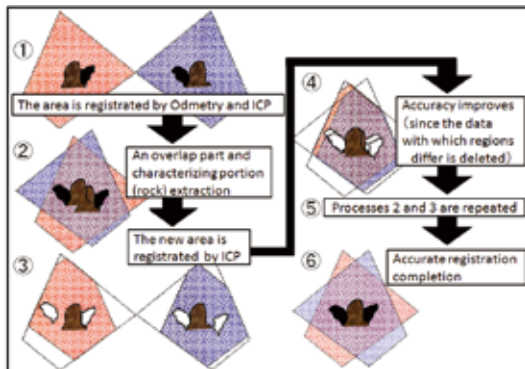


Fig.2 Iterative Overlap Part Estimation Method

3.3 基本的な反復重複部推定の問題点

本手法の現状における問題点について、これまでの研究で挙げられたものとして以下のものがある。

- (I) 局所的マッチングにおける初期値の精度問題
- (II) 重複部推定の誤推定問題
- (III) 位置合わせアルゴリズムにおける誤対応点問題

(I)の問題点は、局所マッチングの初期値の精度は、位置合わせの精度に影響するという点である。初期値にはオドメトリデータを用いる場合が多いが、走行距離が長くなるほど誤差が蓄積するため位置合わせの精度も悪くなる。(II)の問題は、ICPアルゴリズムで十分な位置合わせができなかった際に生じる。十分な位置合わせが出来ないと非重複部が正しく推定されず、反復重複部推定による位置合わせの精度は向上しにくい。(III)の問題点は、今回採用する位置合わせのアルゴリズムのICPは2つのデータ間の対応点同士の距離を最小にするように探索するアルゴリズムで、誤対応点があると最小二乗法における外れ値のように大きな影響を及ぼす点である。特に(II),(III)の問題は相互に影響を及ぼすため特にこの問題について改善を行う必要がある。

4. ParticleFilter および改良重複部推定を用いた地図生成手法

ここでは、前述した従来の重複部推定を用いた問題点を解決するアルゴリズムを提案する。本研究では、次の2つのアプローチで問題点の解決を図る。

- (I) ICPの初期値に用いるオドメトリの補正
- (II) 複数平面での重複部推定

4.1 ICPの初期値補正手法の検討

ICPの初期値としてオドメトリのは、誤差が蓄積している可能性があるため適切でない可能性があることはすでに述べた。一般的にオドメトリを補正する手法としては、過去の状態から現在の状態を推定するフィルタリング技術が利用されている。

Kalman Filterは、線形モデルを想定して設計されたものである。しかし、移動ロボットに適用する場合は必ずしも線形モデルとは限らない。また、Kalman Filterは、設計する際に複数のパラメータを設定しなければならない。正規分布でないノイズには十分な効果を発揮できない。

一方、Particle Filterはパーティクルの分布によって対象の状態を近似して推定する手法である。非線形モデルやノイズが正規分布に従っていない場合でも対応できるため、様々な分野に応用されている。また、工夫次第ではKalman Filterでは必要だった複数センサを使用することなく推定することができる。これらの理由から本研究では、Particle Filterを採用することにする。

4.2 改良 Particle Filter

本研究ではParticle Filterを採用することにしたが、Particle Filterも移動ロボットの分野にそのまま適用するには問題点がある。Particle Filterはパーティクルを用いて推定を行うが、一般的にパーティクルの数を増やすと推定精度は向上するが同時に計算量は増加してしまう。計算量を削減しようとしてパーティクルの数を減らすと、推定精度は低下してしまう。そのため、何らかの工夫が必要となる。本研究では、設計次第では精度や計算量に影響が出る尤度算出を改良する。

提案する Particle Filter は以下の手順で計算を行う。

(I) 予測

各パーティクルを走行モデルに従って遷移させ現時刻でのロボットの位置を予測する。今回走行モデルは次のように設計した。

$$x_t^{(i)} = x_{t-1}^{(i)} + \mathbf{R}_{t-i}^{(i)}(u_t + w_t^{(i)}) \quad (1)$$

ただし、 $x_t^{(i)}$ は時刻 t における i 番目のパーティクルが持つロボットの位置、 $\mathbf{R}_t^{(i)}$ は $x_{t-1}^{(i)}$ の姿勢への回転行列、 $w_t^{(i)}$ は正規分布 $N(0, \Sigma_w)$ に従った乱数でオドメトリの誤差を表す。

(II) 尤度計算

各パーティクルが持つ尤度を計算する。今回は、 $t-1$ の計測と予測 $x_t^{(i)}$ の分だけ座標変換した現時刻 t での計測とを比べてその一致の度合いを尤度とする。一致の度合いは、ある点の最近傍点の距離と新しく定義する重複率によって算出する。このとき、時刻 t での i 番目のパーティクルの尤度 $l_t^{(i)}$ は以下ようになる。

$$l_t^{(i)} = \beta \cdot l_{overlap}^{(i)}(\alpha, \beta \text{は定数}) \quad (2)$$

$$l_{overlap}^{(i)} = p_{occ} / S \quad (3)$$

S : 基準データと比較データに共通するボクセルの数
 p_{occ} : 基準データと比較データにおいて占有状態が一致しているボクセルの数

また、重複率 $l_{overlap}^{(i)}$ は以下のように定義する。比較する複数のデータをボクセルデータに変換する。基準データと比較データを比べて基準データで占有されていないボクセルに対応する比較データのボクセルが占有されていなければ重複しているとする。逆に占有されていないボクセルが比較データで占有されていたら重複率は下がる。

(III) リサンプリング

各パーティクルに基づいてリサンブルする。閾値を設定し尤度の高いパーティクルは自身のコピーをより多く残り、尤度の低いパーティクルは消滅する。リサンブル後の各パーティクルの尤度は一様にする。この操作によって尤もらしい位置にパーティクルが集まる。

(IV) マップ更新

各パーティクルから平均値を求め推定自己位置とする。推定自己位置を初期値として ICP による位置合わせを行い計測データをつなぎ合わせて地図を生成する。ICP の詳しい説明は次に述べる。

4.2.1 低次元化による繰り返し型誤差低減手法

従来から本研究室で提案してきた重複部推定では複数の3次元データを x - y 平面上で重なっている領域を推定重複部としていた。しかし、この方法では高さ方向 (z 軸方向) の誤差には強いがその他の誤差成分には弱い。そこで提案手法では、3次元データを x - y 平面、 y - z 平面、 z - x 平面にそれぞれ分解して2次元上で重複部を推定する。こうすることで誤差成分を分解し、他の成分の干渉を避けることができる。次に、各平面上ごとに推定した重複部同士で ICP による位置合わせを行う。この時、パーティクルフィルタで推定した際のパーティクルの分布をもとに位置合わせを行う平

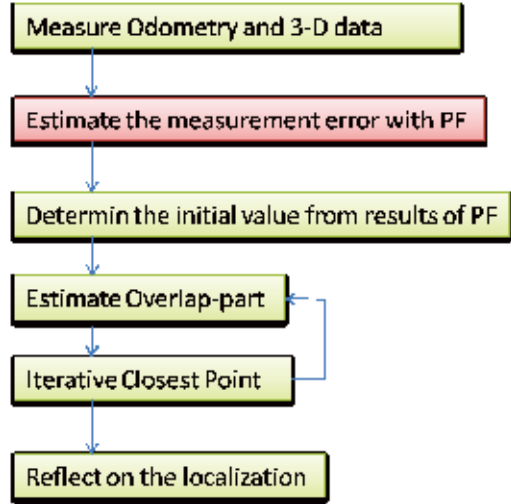


Fig.3 Proposed Algorithm

面の順を決定する。この手法のメリットとしては以下のようことが挙げられる。

- (I) 処理が単純なので計算量は多くない
- (II) 真の重複部の割合を増やすことができる
- (III) 各成分の誤差を分解して考えることができる

4.2.2 誤差を考慮した ICP による位置合わせ

ICP アルゴリズムは、2つの形状データにおいて、最近傍点を対応点とし、この対応点間の距離 (式 (4) に示す評価関数) を最小にするような変換行列 (位置合わせベクトル $\vec{q} = [q_R \mid q_T]^t$) を求めてデータを変換する。この操作を交互に繰り返すことにより、対応点付けと位置合わせを同時に解くことが可能となるアルゴリズムである。式 (4) 中の q_R は回転ベクトルを示し、 q_T は並進ベクトルを示す。

$$f(\vec{q}) = \frac{1}{N_p} \sum_{i=1}^{N_p} \|\vec{x}_i - \mathbf{R}(q_R) \vec{p}_i - q_T\|^2 \quad (4)$$

上で述べた通常の ICP による位置合わせは、計測誤差を考慮することなく対応点を探索するため、大きく位置合わせが失敗することがある。そこで、異常な対応関係を抑制するため以下のようなアルゴリズムを導入する。

- (I) パーティクルフィルタで推定した誤差範囲内に対応点を限定
- (II) パーティクルフィルタで推定する段階でのパーティクルの分布に基づいた重み付け

(I) はパーティクルフィルタで推定した誤差の範囲内の点群を対応点の候補とし、それ以外是对応点の探索の対象としないということである。これによって推定した誤差の範囲よりもマッチング結果が悪くなることなくなくなる。また、対応点を限定することにより計算コスト削減も狙う。

(II) の重み付けは、パーティクルフィルタでおおまかに自己位置を推定する段階でのパーティクルの分布を正規分布に当てはめ、ICP における重み付けに用いる ICP の評価関数及び重み w_i は次のように設定した。

$$e = w_i \cdot \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} \quad (5)$$

$$w_i = \kappa \frac{1}{2\pi\sigma^2} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2} \quad (6)$$

(κ は定数)

ただし、 μ は分布の平均、 σ は分布の標準偏差を表す。このような重み付けで誤った対応づけをしないように抑制する。

5. シミュレータによる有効性の検証

今回の検証ではサーベイヤ7号の着陸地点における月面の岩石分布モデルに基づいて生成した仮想の地形において、仮想にロボットを走行させた際のデータを用いて従来手法と提案手法で地図生成を行った。

提案手法で生成した地図 (Fig.5) は、仮想に生成した地形である真値の地図 (Fig.4) に非常に近いものになっていることがわかる。また、Fig.6 に地図生成の際の位置合わせベクトルを基に推定したロボットの走行軌道を示した。この図から提案手法の軌道は従来手法の軌道より真値に近いことがわかる。これらのことから提案手法は有効であると云える。

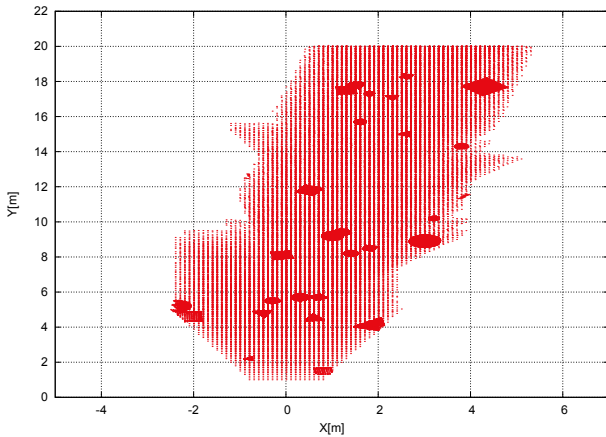


Fig.4 True value of the Map

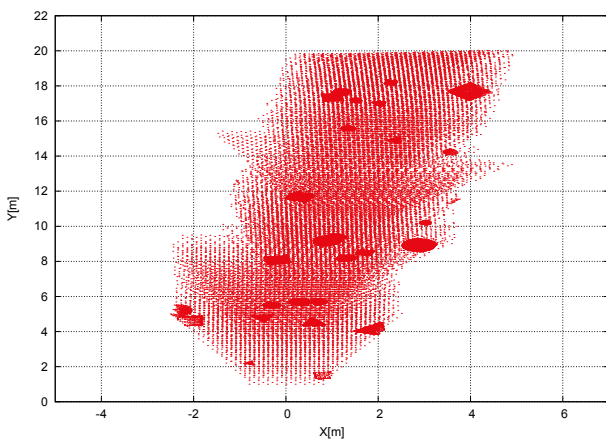


Fig.5 Proposed Map

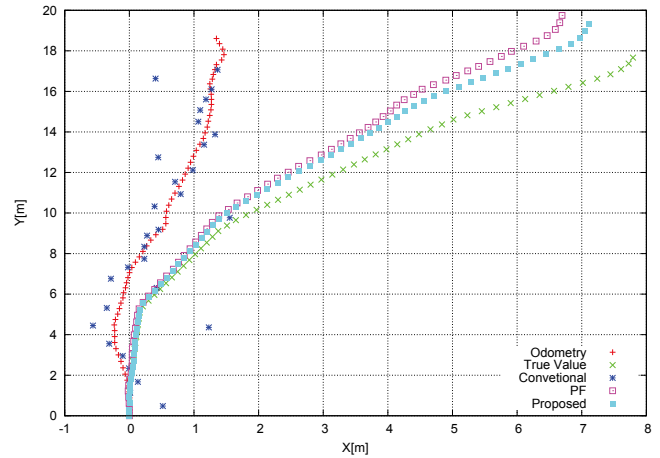


Fig.6 Comparison of Localization Results

6. まとめと今後の課題

本稿では、本研究室で提案してきた位置合わせアルゴリズムについて問題点を指摘し、その問題点を解決する移動ロボットのための地図生成手法及び、ロボットの自己位置推定について述べた。そして、シミュレーションデータにより提案手法の有効性を確認した。

今後の課題としては広い環境では生成される地図データが膨大になるため効率的な地図の表現方法やロボットの遠隔操作時にオペレータが地図を有効活用できるような工夫を検討する必要がある。また、パーティクルフィルタは、パーティクルの数が少ないと予測精度が落ちるが、パーティクルを増やすと計算量が増えてしまう。そのため、計算量をおさえ、さらに精度の良い手法の開発が課題となる。今回は回転誤差について有効な手法を提案できていないので回転誤差にも有効な手法の検討も今後の課題である。

参考文献

- [1] 北島健太, 増沢 広朗, 三浦 純, 佐竹 純二: "局所地図の時系列統合による大域地図の生成" ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2009,"2P1-F16(1)"-"2P1-F16(4)",2009-05-25
- [2] Tomono Masahiro: "Robust 3D SLAM with a stereo camera based on an edge-point ICP algorithm," *Robotics and Automation, 2009. ICRA '09. IEEE International Conference on*, 12-17 May 2009
- [3] 田窪 朋仁, 上撫 琢也: "高解像度 NDT グリッドマップを用いた環境地図生成" 日本機械学会論文集 C 編, Vol.78 (2012) No.793 p.3186-3201
- [4] 下川 裕亮, 金阿彌 惇也, 國井 康晴"屋外移動型ロボットにおける反復重複部推定と特徴点抽出を用いた地図生成システムの精度向上" ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集,"1A1-G03(1)"-"1A1-G03(3)",2009-05-25
- [5] J.A. Castellanos, R. Martinez-Cantin, J.D. Tardós, J. Neira, Robocentric map joining: Improving the consistency of EKF-SLAM[J]. *Robotics and Autonomous Systems*, 2007. 55(1):
- [6] S. Thrun, W. Burgard, D. Fox: "Probabilistic Robotics," *MIT Press*, 2005.

修士論文要旨 (2013 年度)

空間知能化における現実物体と仮想情報間での隠蔽表現 — AR の適用 A Representation of Occlusion between Real Objects and Virtual Information in Intelligent Room - for AR

電気電子情報通信工学専攻 新井雅海

1. 研究目的

AR(Augmented Reality) とは、現実にはない仮想情報を付加しユーザーに提示する技術である。特に視覚的拡張現実感には実現方法が二種類あり、自然特徴点や幾何学パターンといった視覚的特徴に仮想情報を対応付ける方法および、GPS や地磁気センサによって設定される絶対座標に基づき仮想情報を付加する方法が存在する [1, 2].

一方、空間知能化が近年注目されている。空間知能化とは、様々なセンサを用いて空間内の事象を捉え、部分的な知能や機能を持ったシステムに対して知能や機能を補完することで、ユーザーに適切なサービスを提供するものである [3]。そこで著者は、空間知能化の考え方に基づいた新しい AR システムを提案した。提案システムでは前述の二つの仮想情報を表示するための手法が両者とも実現可能であり、それぞれの手法が持ついくつかの問題点を改善することが出来る。

その上で、提案した AR システムのメリットを損なう事無く隠蔽表現問題を解決することを本論文の目的とする。隠蔽表現問題とは、現実物体と仮想情報の位置関係に応じた適切な隠蔽表現を行う為の AR システム上での幾何学的整合性に関する問題である。既存の手法では、ディスプレイデバイスの計算負荷が非常に高く、カメラレスディスプレイデバイスでは使用できないという問題が存在する。そこで、空間知能化の考え方に基づいた AR システムにおいて、ディスプレイデバイス側の計算負荷を大幅に減少させ、カメラレスディスプレイデバイスでも動作可能な現実物体と仮想情報間での隠蔽表現を実現する手法を提案する。

2. 提案手法

本研究では、知能化空間において、空間から与えられた AR システムを使用するユーザのディスプレイデバイスの位置姿勢及び空間の三次元情報を計測するビジョンセンサの位置姿勢情報に基づいて現実物体と仮想情報間での隠蔽表現を行う。これらの情報が既知である場合、仮想情報のある画素を現実空間に射影した点へのベクトルと、現実物体間の距離推定を行うことによって隠蔽表現が可能となる。この場合、仮想情報の位置・姿勢が空間側に絶対座標に基づき管理されているため、ディスプレイデバイスの位置姿勢から仮想情報の見え方を逆算可能であり、ユーザのディスプレイデバイスのカメラ等を使用することなく隠蔽表現が可能となる。そのため、ユーザ側のデバイスでは現実物体と仮想物体間の隠蔽判定を行うための計算負荷を無くすことが可能である。以下に、隠蔽判定を高速で行う為のエピポーラ幾何の応用方法及び隠蔽判定手法について述べる。

2.1 エピポーラ幾何

エピポーラ幾何とは、二台以上のビジョンセンサを用いて、三次元空間上のある注目する点までの三次元座標を求めるためのステレオビジョンに関する幾何のことである [4]。図 1 に示すように、 C_l 及び C_r が

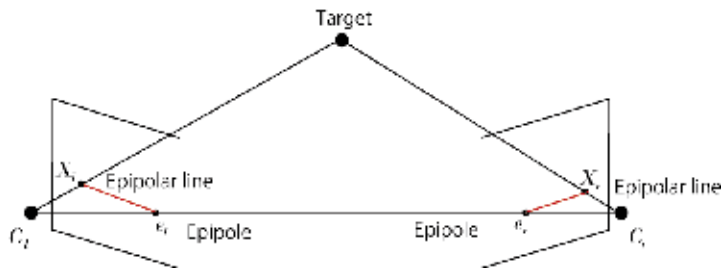


図 1: エピポーラ幾何概要

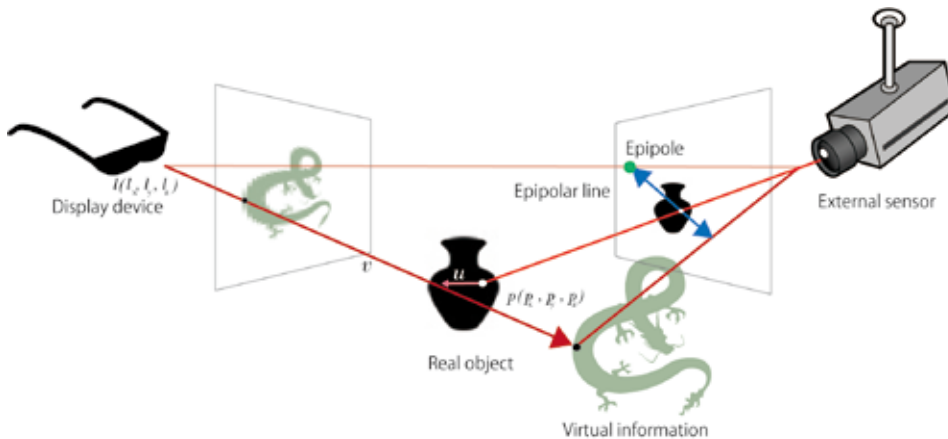


図 2: 隠蔽判定手法概要

左右それぞれのビジョンセンサの投影中心，ビジョンセンサの投影面上の点 X_l 及び X_r を注目する点が投影面上に投影された点とする．このとき，二つのビジョンセンサはそれぞれ違う位置に存在するため，一方のビジョンセンサから他方のビジョンセンサを投影面上，もしくは投影面を拡張した同一平面上から見る事が出来る．この点をエピポールと呼び，左側のビジョンセンサの投影面と同一の平面上のエピポールを e_l ，右側のビジョンセンサの投影面と同一の平面上のエピポールを e_r とおく．また，点 e_l 及び X_l または点 e_r 及び X_r を通る直線をエピポーラ線と呼ぶ．

このとき，図 1 の幾何学関係から明らかなように，二つのビジョンセンサが同一の点に注目している場合，その点はお互いのエピポーラ線上に投影される．以上の事から，対応する点を求める上で幾何学的な制約を加える事ができ，探索範囲を一次元まで絞り込む事ができ，その上で精度を向上させる事が出来る．本研究では，仮想情報を擬似的に現実空間に射影する事により，仮想情報に対してエピポーラ幾何の考え方を適用する．

2.2 隠蔽判定手法

仮想物体と現実物体間の隠蔽表現は，仮想情報が表示される画素を知能化空間によって設定された三次元座標系上に射影し，ディスプレイデバイスからその点までのベクトル及び，エピポーラ線上の点を同様の座標系上に射影した点間の距離を計算することによって隠蔽判定を行う事が出来る．いま，図 2 に示すように，ビジョンセンサ上のエピポーラ線上の点を絶対座標系に射影した点 p を (p_x, p_y, p_z) ，ディスプレイデバイスの絶対座標系上での座標を $l(l_x, l_y, l_z)$ ， l を通り，ディスプレイデバイスの投影面上に表示さ

れている仮想情報を絶対座標系上に射影した点までのベクトルを v とおく。このとき、 p から v 上の任意の点までのベクトル u は、以下のようにして求める事が出来る。

$$u = \begin{bmatrix} l_x + v_x t - p_x \\ l_y + v_y t - p_y \\ l_z + v_z t - p_z \end{bmatrix} \quad (1)$$

v と p 間の距離を求めるには、 p から v へ降ろした垂線の長さを計れば良い。 u が p から v への垂線となるためには、 u と v の内積が 0 となる点を求めれば良いので、式 1 を以下のように変形する。

$$v_x \{(l_x + v_x t) - p_x\} + v_y \{(l_y + v_y t) - p_y\} + v_z \{(l_z + v_z t) - p_z\} = 0 \quad (2)$$

以上のことから、 u が p から v への垂線の足の座標となる時の t は

$$t = \frac{v_x(p_x - l_x) + v_y(p_y - l_y) + v_z(p_z - l_z)}{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad (3)$$

となり、このときの u の大きさを調べる事により、 p と v の距離を求める事が出来る。

この距離が各ビジョンセンサやアルゴリズムの誤差、ビジョンセンサの配置に基づき決定されるしきい値以下の場合には、外界ビジョンセンサ側のエピソード線上に投影されている現実物体のほうが仮想情報よりもディスプレイデバイスに対して近い事を意味する。従って、この場合には仮想情報を非表示にすることによって適切な隠蔽表現を実現する事が出来る。

3. 実験

ディスプレイデバイスの光軸方向から 1m の位置に仮想物体を配置し、現実物体をディスプレイデバイスから 0.5m~1.5m の間で動かした場合の精度や処理速度を計測し、正しく隠蔽表現が実現出来ているか確認する。ハードウェアの構成としては、モーションキャプチャシステム及び Kinect を利用する。モーションキャプチャシステムは、空間内に絶対座標系を設定し、その座標系内での物体の位置・姿勢を推定するために使用される。Kinect は外界ビジョンセンサ及びディスプレイデバイスのための映像取得用カメラとして用いる。

3.1 実験結果

仮想情報よりも小さい成人男性の手を用いた実験結果を図 3, 図 4, 図 5 に示す。図 3 及び図 4 では腕を仮想情報の前へ、図 5 では腕を仮想情報の後ろへ動かした場合の結果を表している。

図 3 が示す通り、仮想物体と現実物体の位置関係に応じて適切な隠蔽表現が出来ていることが確認できる。また、隠蔽表現の誤差は現実物体が外界センサから 0.9m のときに最大で、5pixel 生じており、リアルタイムで隠蔽表現のための計算を行った場合には、1 分間平均の描画速度は 10fps だった。

誤差の原因としては、Kinect の深度センサは物体の境界線付近で誤差が生じることが知られており、この誤差によって生じる計測誤差のほか、深度センサのキャリブレーション精度が考えられる。深度センサを高精度でキャリブレーションする事は一般的に難しく、今回の実験では高精度のキャリブレーションを行っていないため、内部パラメータが含む誤差によってエピソード線のパラメータが正しく推定できていないために誤差が生じていると考えられる。

Kinect の誤差特性に基づき誤差の理論値を計算すると、1m 前後の場合に発生する誤差は、出力される画像の解像度を VGA とした際に、2pixel となるので、高精度のキャリブレーションを行う事により、隠蔽表現時によって生じる誤差を理論値に十分近づける事が可能であると考えられる。

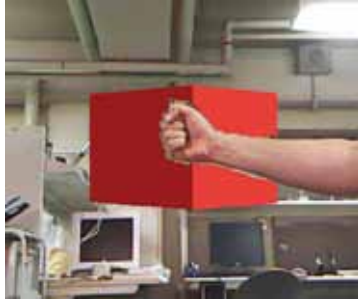


図 3: 開いた手を仮想情報の前に置いた場合 図 4: 閉じた手を仮想情報の前に置いた場合

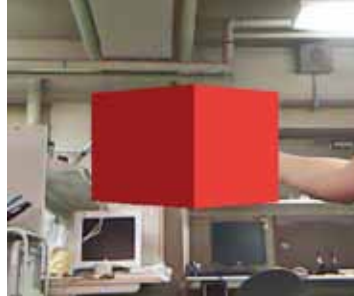


図 5: 仮想情報の後ろに腕が移動した場合

4. むすび

本研究では、空間知能化の考え方にに基づき、既存の視覚的情報に基づいた AR システムの問題点を解消する事の出来る AR システムを提案し、ディスプレイデバイスの負荷を軽減し、カメラレスディスプレイデバイスでも実現可能な隠蔽表現手法を提案した。また、実験を通じて、適切な隠蔽表現が可能であることを確認した。

今後の課題としては、ビジョンセンサの最適配置問題や、他の空間知能化の技術と密に連携し、空間知能化をより発展させる事が挙げられる。

参考文献

- [1] Hanyang, Jong-II Park:Interactive Mobile Augmented Reality system using a vibro-tactile pad, VR Innovation (ISVRI), 2011 IEEE International Symposium, 329/330(2011)
- [2] 中林 拓馬, 加戸 啓太, 平沢 岳人:GPS と三軸角度センサを用いた屋外向け拡張現実感の研究, 社団法人日本建築学会, 481/482(2010)
- [3] 橋本秀紀, 新妻実保子, 佐々木毅:空間知能化 - インテリジェント・スペース, 日本ロボット学会誌, 23-6, 674/677 (2005)
- [4] Zhang Ruling, Sun Hanxu, Jia Qingxuan, Yao Fusheng : Research on Fast and Accurate Occlusion Detection Technology of Augmented Reality System, Industrial Informatics, 111/116(2008)

優 秀 賞・橋本研 新井 雅海

$L1_0$ 型規則構造を持つ強磁性合金薄膜の表面平坦性および磁化容易軸方位分散制御

Control of Surface Flatness and Easy Magnetization Axis Distribution of Ferromagnetic Alloy Thin Films with $L1_0$ Ordered Structure

電気電子情報通信工学専攻 板橋 明
Akira ITABASHI

1. はじめに

近年、インターネットの普及や情報通信ネットワークの機器の多様化と数量の増大に伴い、世界のデジタル情報量は急激に増加している。これらの情報を保存するストレージは、大容量化、高速処理化、低消費電力化が求められている。ストレージには、情報記録容量が大容量であることが求められている。そのため、安価かつ大容量で、書換可能回数が無限であるため情報の長期保存に優れたハード磁気ディスク (HDD) は広く用いられている。また、データセンターにおいて、情報保存には HDD が使用されており、消費電力量の削減は課題となっている。現状の HDD の記録密度を 1 桁以上向上 (数 Tbit/inch² 級の高密度化) ができれば、データセンター内の HDD 台数や冷却装置が縮減され、データセンター全体の消費電力量を 20% 以上削減できると期待されている。また、パーソナルコンピュータなどの分野でも大きな波及効果が得られることが期待されている [1]。

現状の HDD は、記録層として強磁性 Co-Cr-Pt 系合金薄膜が用いられている。情報の記録は、記録ビットと呼ばれる孤立した磁性粒子の集まりの磁化方向変化によって行われる。高記録密度化を実現するためには、記録ビットの微細化が必要である。記録ビットの微細化によって、1 ビットの体積 (V) が減少し、一軸磁気異方性エネルギー (K_u) と V の積で表される磁気エネルギー ($K_u V$) も減少してしまうため、磁化 (情報) が熱的に不安定になる。記録ビットが安定にその磁化方向を保つためには、高い K_u を持つ材料で記録ビットを形成する必要がある。

FePd, FePt, CoPt 合金は、等原子組成付近で、原子が不規則に配列した $A1$ 構造 (Fig. 1(a)) に加えて、規則的に配列した $L1_0$ 構造 (Fig. 1(b)) をとり、 $L1_0$ 構造では 10^7 erg/cm³ 以上の高い K_u を持つ [2]。また、積層欠陥を含みにくいため均一性に優れた膜を形成しやすく、化学的安定性に優れているため、次世代磁気応用デバイスの強磁性材料として注目されている [3-12]。磁気デバイスへ応用するためには、規則度 S (膜中の規則結晶の割合) を高くすること、高表面平坦性を実現

すること、および、磁化容易軸 (c 軸) 方位を制御することが必要である。

膜基本構造や磁気特性を調べるためには、結晶方位が単結晶基板に対して制御されたエピタキシャル膜を用いることが有効である。(001) 単結晶基板の上に膜形成を行うと、 c 軸が面直に向いた $L1_0(001)$ 結晶に加えて、 c 軸が面内に存在する $L1_0(100)$ 結晶が膜中に存在してしまう可能性がある。しかしながら、基板や磁性膜材料を同一条件下で変化させたとき、 $L1_0$ 結晶の c 軸の向きがどのように変化するかを系統的に調べた研究報告は殆どない。本研究では、基板および膜材料の組み合わせが膜構造と磁気特性に及ぼす影響について系統的に調べた。

また、FePd, FePt, CoPt 合金膜を、スパッタリング法などの製膜技術によって、室温 (RT) 付近の低温状態で形成した場合、一般に、 $A1$ 構造の結晶で構成される。 $L1_0$ 構造に規則化した膜を形成するためには、基板を加熱した状態での膜形成を行うなどの加熱プロセスが必要である [8-10]。しかしながら、高基板温度で膜形成を行う場合、基板到達原子の表面拡散が高温によって促進され、表面起伏の大きい膜が形成される。それに対して、低基板温度で製膜を行い、その後、熱処理を施すことにより、表面起伏を低減できることが考えられる。これまで、多結晶膜を RT で形成し、熱処理を行った試料に対して規則化傾向を調べた報告はされているが [11,12]、表面起伏に着目して実験を行った報告は殆どない。そこで、低基板温度で不規則構造の単結晶膜を形成した後に熱処理を施すにより、 $L1_0$ 構造を持つ表面平坦膜の形成を試みた。

以上の検討結果を考慮して、次世代磁気デバイスへの応用材料として期待されている高い磁気異方性を持つ $L1_0$ -FePt 磁性薄膜を対象に c 軸方位と表面平坦性の同時制御を試みた。

2. 実験方法

薄膜試料の作製には、超高真空高周波マグネトロン・スパッタリング装置を用いた。基板表面清浄化を目的に、製膜に先立って、超高真空中で 600 °C で 1 h の熱処理を施した。熱処理後、原子間力顕微鏡 (AFM) により表面観察を行ったところ、算術表面粗さ (R_a) は 0.2 nm 以下であり、基板表面は平坦であることが分かった。ターゲットと基板間の距離を 150 mm, Ar ガス圧を 0.67 Pa とした。製膜速度が 0.02 nm/s となるように印加電圧を調節した。

膜構造を反射高速電子回折 (RHEED) および X 線回折 (XRD) により調べた。膜組成はエネルギー分散型 X 線分光法を用いて調べた。表面形態を AFM により観察した。磁化曲

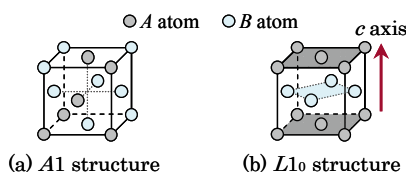


Fig. 1 Schematic diagrams of (a) $A1$ disordered and (b) $L1_0$ ordered structures.

線測定には試料振動型磁力計を用いた。

3. エピタキシャル成長機構解析

(001)基板上に基板温度 600 °C で製膜を行い、膜構造を調べた。Fig. 2 に MgO および SrTiO₃ 基板上に形成した 40 nm 厚の FePd, FePt, CoPt 膜に対して観察を行った RHEED パターンとパターン中の点線に沿った強度プロファイルを示す。いずれの場合においても、ストリーク状の回折パターンが現れており、合金膜がエピタキシャル成長していることが分かる。MgO と SrTiO₃ 基板上に形成した FePd 膜に対して観察された RHEED パターン (Fig. 2(a-1), (a-2)) は A1 構造の(001)単結晶表面 (Fig. 3(a)) もしくは L1₀構造の c 軸が面直に向いた(001)単結晶表面 (Fig. 3(b)) に対応している。しかしながら、ストリークが観察されていると、これらの回折パターンが類似してしまうため、区別できない。そこで、結晶構造の特定には、後述する XRD を用いた。MgO および SrTiO₃ 基板上に形成した FePt および CoPt 膜 (Fig. 2(b), (c)) に対しては、強度プロファイル中の矢印で示すように、L1₀構造の c 軸が面内に存在する L1₀(100)結晶の形成に対応する超格子反射が面内に存在する L1₀(100)結晶の形成に対応する超格子反射 (Fig. 3(c)) が認められる。しかしながら、ストリークが現れている場合、L1₀(100)結晶からの回折パターンに L1₀(001)結晶からのものが重畳している可能性がある。そこで、L1₀(001)

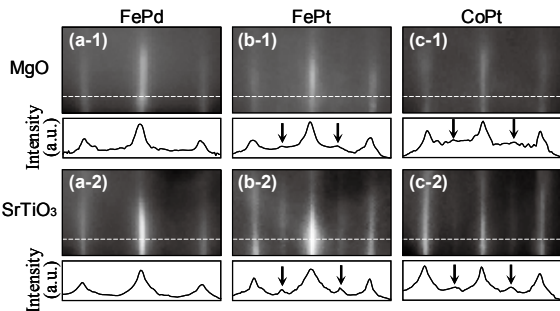


Fig. 2 RHEED patterns and the intensity profiles of (a) FePd, (b) FePt, and (c) CoPt films deposited on (001) substrates of (a-1, b-1, c-1) MgO and (a-2, b-2, c-2) SrTiO₃ at 600 °C. The incident electron beam is parallel to [100]_{substrate}. The arrows in intensity profiles show the superlattice reflections from L1₀(100) crystals.

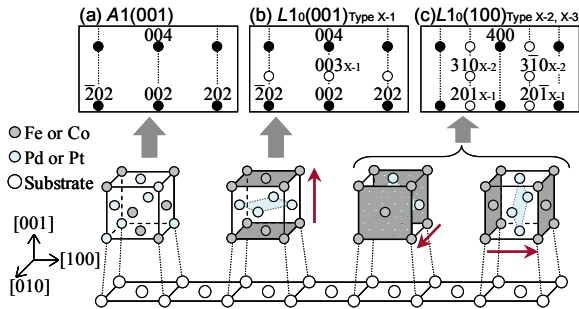


Fig. 3 Schematic diagrams of RHEED patterns and epitaxial orientation relationships of (a) A1(001), (b) L1₀(001), and (c) L1₀(100) crystals. The incident electron beam is parallel to [100]_{substrate}. The filled and the open circles respectively correspond to the fundamental and the superlattice reflections.

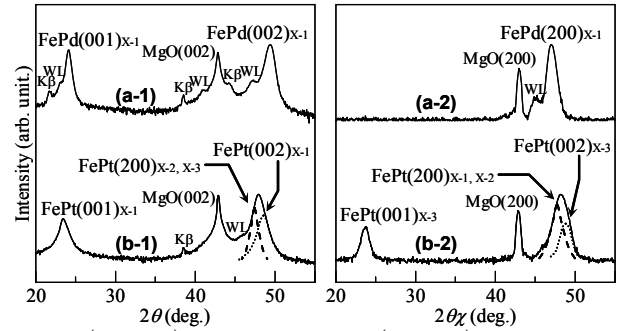


Fig. 4 (a-1, b-1) Out-of-plane and (b-1, b-2) in-plane XRD patterns of (a) FePd and (b) FePt films deposited on MgO(001) substrates at 600 °C. The scattering vector of in-plane XRD is parallel to MgO[100]. The intensity is shown in a logarithmic scale.

Table 1 Order degrees of S_{total} calculated for FePd, FePt, and CoPt films deposited on (001) substrates of MgO and SrTiO₃ at 600 °C.

	FePd	FePt	CoPt
MgO	0.69	0.37	0.11
SrTiO ₃	0.61	0.35	0.13

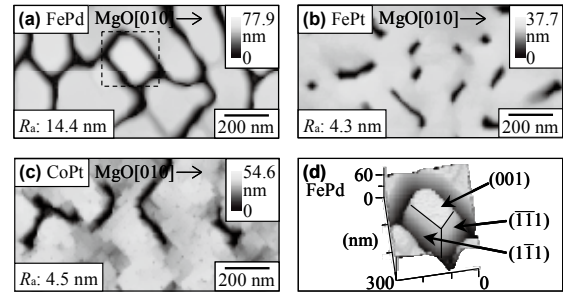


Fig. 5 AFM images observed for (a) FePd, (b) FePt, and (c) CoPt films deposited on MgO(001) substrates at 600 °C. (d) 3D-view AFM image of the area surrounded by black dotted line square in (a).

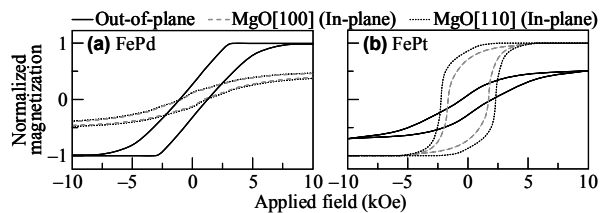


Fig. 6 Magnetization curves of (a) FePd and (b) FePt films deposited on MgO(001) substrates at 600 °C.

結晶の有無に関しても、XRD により評価を行った。

Fig. 4(a)に MgO 基板上に形成した FePd 膜に対して測定した面外および面内 XRD スペクトルを示す。面外スペクトルでは(001)超格子反射が現れているのに対し、面内スペクトルでは(200)基本反射のみが観察されている。したがって、MgO 基板上には、L1₀-FePd(001)単結晶膜が形成されていることが分かる。Fig. 4(b)に MgO 基板上に形成した FePt 膜の XRD スペクトルを示す。面外と面内の両スペクトルにおいて、(001)超格子反射が観察されており、L1₀(001)結晶と L1₀(100)結晶を含む複合エピタキシャル膜であることが分かる。次に、S_{total}を算出した。Table 1 に S_{total} をまとめる。いずれの基板上にお

いても S_{total} は、 $\text{CoPt} < \text{FePt} < \text{FePd}$ の膜順に大きくなっており、 SrTiO_3 よりも MgO 基板上に形成した場合の方が S_{total} が大きくなる傾向が認められた。

Fig. 5 に MgO 基板上に形成した FePd , FePt , CoPt 膜の AFM 像を示す。600 °C の高基板温度により、基板表面に到達した原子の表面拡散が促進され、3 次元島状核生成が起こり、Fig. 5(d) に示すように、表面自由エネルギーが低い $\{111\}$ フェセットが発達した表面起伏が形成されている。同様な表面起伏が SrTiO_3 基板上に形成した膜に対しても観察された。

Fig. 6 に MgO 基板上に形成した FePd および FePt 膜の磁化曲線を示す。 FePd および FePt 膜は、それぞれ、面直および面内方向に磁界を印加した際、磁化容易な傾向を示している。 FePd 膜は $L1_0(001)$ 結晶のみから構成されており、 S_{total} も 0.69 と高いため、 $L1_0(001)$ 結晶の結晶磁気異方性を反映して垂直磁気異方性を示したものと考えられる。一方、 FePt 膜は $L1_0(100)$ 結晶を含んでおり、規則度も低いことから、面内方向に磁化容易な傾向を示したと解釈される。以上の結果より、 c 軸方向と規則度が磁気特性に大きな影響を及ぼしていることが分かる。

4. 表面平坦性制御

膜材料原子の表面拡散を抑制するために、低基板温度でのエピタキシャル膜形成を試みた。なお、ここでは、比較的高い規則度を実現した MgO 基板と合金膜の組み合わせを用いた。Fig. 7(a) に基板温度 RT で形成した 40 nm 厚の FePd 膜の RHEED パターンを示す。RT の場合においても、 $A1(001)$ もしくは $L1_0(001)$ 表面に対応するストリーク状の回折パターン (Fig. 3(b), (c)) が観察されており、単結晶エピタキシャル膜が得られていることが分かる。Fig. 8(a) に RT~400 °C の間の一定基板温度で形成した膜の AFM 像を示す。基板温度 RT および 200 °C の場合、膜表面は平坦であるが、基板温度が 400 °C まで上昇すると、表面起伏が増大してしまうことが分かる。Fig. 8(b) に $\text{FePd}(002)$ からの面外 XRD 反射ピークに対して測定を行った。ロックンクカーブの半値幅 ($\Delta\theta_{50}$) の基板温度依存性を示す。基板温度の上昇に伴い、 $\Delta\theta_{50}$ が減少し、格子歪が低減されていることが分かる。よって、基板温度 200 °C で形成することにより、表面平坦性がよく、格子歪の

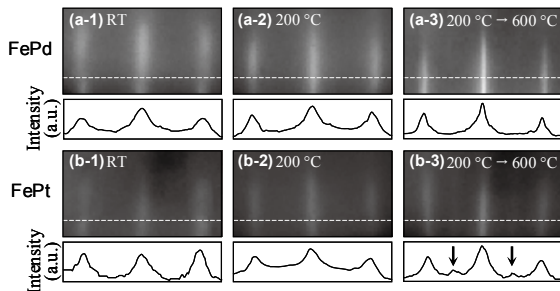


Fig. 7 RHEED patterns and the intensity profiles of (a) FePd and (b) FePt films deposited on $\text{MgO}(001)$ substrates by deposition at (a-1, b-1) RT and (a-2, b-2) 200 °C and (a-3, b-3) by deposition at 200 °C followed by annealing at 600 °C. The incident electron beam is parallel to $\text{MgO}[100]$.

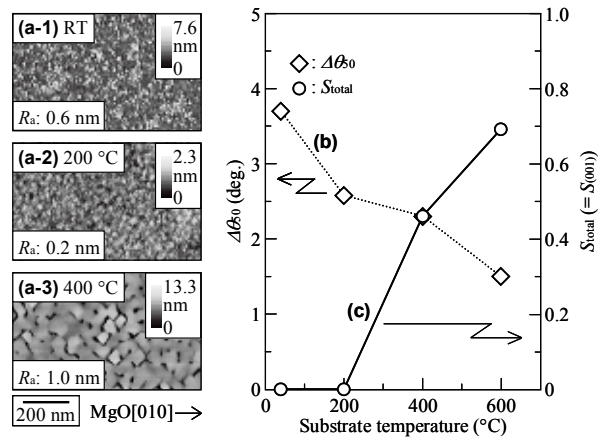


Fig. 8 AFM images observed for FePd films deposited on $\text{MgO}(001)$ substrates at (a-1) RT, (a-2) 200 °C, and (a-3) 400 °C. (b, c) Dependences of substrate temperature on (b) $\Delta\theta_{50}$ and (c) S_{total} .

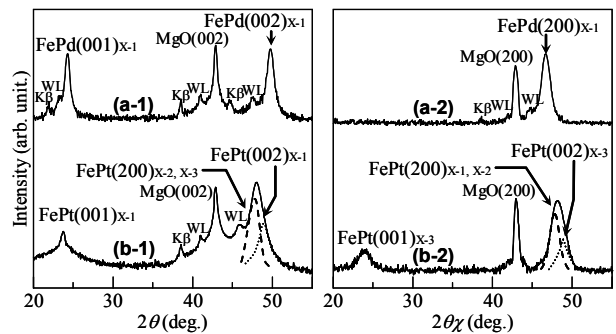


Fig. 9 (a-1, b-1) Out-of-plane and (b-1, b-2) in-plane XRD patterns of (a) FePd and (b) FePt films prepared on $\text{MgO}(001)$ substrates by deposition at (a-1, b-1) 200 °C and (a-2, b-2) by deposition at 200 °C followed by annealing at 600 °C.

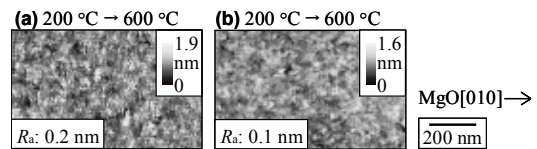


Fig. 10 AFM images observed for (a) FePd and (b) FePt films prepared on $\text{MgO}(001)$ substrates by deposition at 200 °C followed by annealing at 600 °C.

少ない膜が形成されることが分かる。同様な傾向が MgO 基板上に RT~600 °C で形成した FePt および CoPt 膜に対しても認められた。

そこで、基板温度 200 °C で形成した平坦表面を持つ $A1(001)$ 膜に 600 °C で 1 h の熱処理を施すことにより、規則化を試みた。Fig. 7(a-2) および (a-3) に熱処理前後の FePd 膜の RHEED パターンを示す。熱処理前後での回折パターンの変化はなく、 $A1(001)$ もしくは $L1_0(001)$ 単結晶膜が形成されていることが分かる。Fig. 7(b-2) および (b-3) に熱処理前後の FePt 膜の回折パターンを示す。熱処理後の膜において、 $L1_0(100)$ 結晶による超格子反射が観察された。Fig. 9(a) および (b) に、熱処理後の FePd および FePt 膜の XRD スペクトルを示す。 FePd 膜においては、(001) 面外超格子反射が認められ、 $A1$ が $L1_0(001)$ 相に変態したことが分かる。一方、 FePt 膜では、

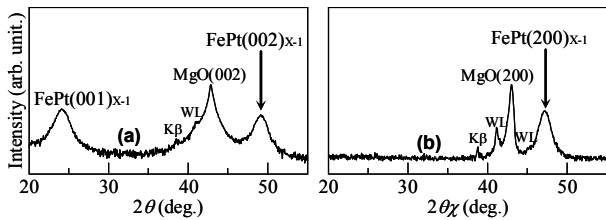


Fig. 11 (a) Out-of-plane and (b) in-plane XRD patterns of FePt film with MgO cap layer deposited on MgO(001) substrate at 200 °C followed by annealing at 600 °C.

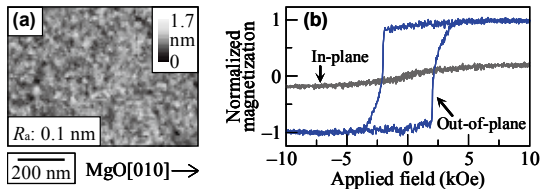


Fig. 12 (a) AFM images and (b) magnetization curves of FePt film with MgO cap layer deposited on MgO(001) substrate at 200 °C followed by annealing at 600 °C.

面外および面内両スペクトルにおいて超格子反射が認められ、FePd および FePt 膜の S_{total} は、それぞれ、0.63 および 0.32 であり、基板温度 600 °C で形成した場合と同様な規則化傾向が認められた。Fig. 10 に、熱処理前後の FePd, FePt 膜の AFM 像を示す。熱処理を施した場合においても、 $R_a = 0.2 \text{ nm}$ 以下であり、平坦表面が実現できていることが分かる。

5. 磁化容易軸方位分散制御

$L1_0$ -FePt 膜の c 軸を基板面に対して垂直方向に制御するために、基板温度 200 °C で 10 nm 厚の極薄膜を形成し、極薄膜上に MgO キャップ層形成を行った。その後、600 °C で 1 h の熱処理を施し、規則化させた。Fig. 11 に熱処理後の膜の XRD スペクトルを示す。面外スペクトルにおいてのみ、(001) 超格子反射が現れており、 $L1_0$ 相への変態を(001)のみに制御されていることが分かる。また、 $S_{\text{total}} = 0.70$ が算出され、規則度の向上効果が認められた。Fig. 12(a)に熱処理後の膜の AFM 像を示す。MgO キャップ層を形成した FePt 膜において、熱処理を施した後でも、 $R_a = 0.1 \text{ nm}$ 程の超表面平坦性を実現できていることが分かる。Fig. 12(b)に磁化曲線を示す。垂直方向に磁界印加した際、磁化容易な傾向が認められ、 c 軸が基板に対して垂直方向に制御されていることが分かる。

6. まとめ

本研究では、エピタキシャル成長技術を用いて、MgO および SrTiO₃ 基板の上に、一連の強磁性 $L1_0$ 型規則合金材料 (FePd, FePt, CoPt) を製膜し、特性評価を行った。また、低基板温度で不規則構造を持つ単結晶膜を形成し、その後、高温熱処理を施す 2 段階加熱プロセス法を用いて製膜することによって、高基板温度で膜形成を行った場合と同等の規則度を持ち、 $R_a = 0.2 \text{ nm}$ 以下の高表面平坦性を実現した膜を形成できることを示した。また、MgO 基板と MgO キャップ層で極薄 FePt 膜を挟み込んだ状態で熱処理を施すことによって、 $R_a = 0.1 \text{ nm}$ 程の超表面平坦性の実現と同時に c 軸を基板面に対して垂直方向に制御できることを示した。本研究によって、一連の

$L1_0$ 型規則合金薄膜のエピタキシャル成長機構が明らかになり、平坦表面 $L1_0$ 型規則合金膜形成手法および c 軸方位分散制御技術を示した。次世代磁気応用デバイスの強磁性合金膜形成基礎技術を構築した。

謝辞 本研究を行うに当たり、指導教員の二本正昭教授には、懇切丁寧なご指導を賜り、深く感謝致します。大竹充助教には、実験指導、学会発表および論文執筆指導に至るまで研究に関する様々な場面で多くの助言を頂きました。深く感謝致します。東京藝術大学大学院の桐野文良教授には EDX 分析でご協力頂きました。山形大学の稲葉信幸教授には極薄膜の磁気特性解析でご協力頂きました。ここに謝意を表します。本研究の一部は経済産業省、日本学術振興会、科学技術振興機構、および、服部報公会の補助を受けて行ったものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] “超高密度ナノビット磁気記録技術の開発”
<http://www.nedo.go.jp/content/100084370.pdf>
- [2] T. Klemmer, D. Hoydick, H. Okumura, B. Zhang, and W. A. Soffa: *Scr. Metall. Mater.*, **33**, 1793 (1995).
- [3] V. Gehanno, A. Marty, B. Gilles, and Y. Samson: *Phys. Rev. B*, **55**, 12522 (1997).
- [4] B. M. Lairson, M. R. Visokay, R. Sinclair, and B. M. Clemens: *Appl. Phys. Lett.*, **62**, 639 (1993).
- [5] M. R. Visokay and R. Sinclair: *Appl. Phys. Lett.*, **66**, 1692 (1995).
- [6] T. Shima, K. Takanashi, Y. K. Takahashi, and K. Hono: *Appl. Phys. Lett.*, **81**, 1050 (2002).
- [7] M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *J. Appl. Phys.*, **111**, 07A708 (2012).
- [8] V. G. Pynko, A. S. Komalov, and L. V. Ivaeva: *Phys. Stat. Sol. (a)*, **63**, K127 (1981).
- [9] J. A. Aboaf, T. R. Mcguire, S. R. Herd, and E. Kloholm: *IEEE Trans. Magn.*, **20**, 1642 (1984).
- [10] V. Tutovan and V. Georgescu: *Thin Solid Films*, **103**, 253 (1983).
- [11] K. R. Coffey, M. A. Parker, and J. K. Howard: *IEEE Trans. Magn.*, **31**, 2737 (1995).
- [12] H. Ito, T. Kusunoki, H. Saito, and S. Ishio: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **27**, 1083 (2003).

研究業績(掲載済み有査読論文, 表彰)

- [1] **A. Itabashi**, M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *IEEE Trans. Magn.*, **48**, 3203 (2012).
- [2] **A. Itabashi**, M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *Eur. Phys. J. Web Conf.*, **40**, 07001 (2013).
- [3] **A. Itabashi**, M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **37**, 194 (2013).
- [4] **A. Itabashi**, M. Ohtake, S. Ouchi, F. Kirino, and M. Futamoto: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **37**, 358 (2013).
- [5] S. Ouchi, **A. Itabashi**, M. Ohtake, F. Kirino, and M. Futamoto: *J. Magn. Soc. Jpn.*, **37**, 202 (2013).
- [6] M. Ohtake, **A. Itabashi**, F. Kirino, and M. Futamoto: *IEEE Trans. Magn.*, **49**, 3295 (2013).
- [7] Y. Numata, **A. Itabashi**, M. Ohtake, F. Kirino, and M. Futamoto: *IEEE Trans. Magn.*, **50**, 2101304 (2014).
- [8] 電子情報通信学会 磁気記録・情報ストレージ研究会専門委員会委員長賞, 講演番号: MR2013-7, 2013 年 7 月 12 日.

その他、無査読論文 2 件 (筆頭 1 件)、有査読国際会議発表 10 件 (筆頭 5 件)、有査読国内学会発表 8 件 (筆頭 3 件)。

遅延故障検出のためのテストパス集合の生成手法に関する研究

A Study on an Algorithm to Select a Set of Test Paths for Delay Fault Testing

電気電子情報通信工学専攻 北詰 倭人
Yamato Kitadume

1. 研究背景

近年の集積回路の微細化や回路規模の増大によって、LSIの製造時に発生する様々なばらつきが増大している。特に遅延ばらつきにおいては従来の設計手法では最大から最小までの遅延が一樣に発生し、なおかつチップ内の全素子が同様な遅延分布をとると考えている為、分布の最悪コーナーの値を評価するような手法を採用している。しかし、実際には各素子のパラメータはチップ間でばらつくのはもちろんのこと、同じチップの中でも大きくばらつくようになっている[1]。このため、最悪コーナーを想定して解析をおこなっていた従来の手法である(STA: Static Timing Analysis)では、マージンの重畳により、タイミング制約を満たす設計は困難、あるいは不可能という事態が生じている。このような問題に対応するため、遅延ばらつきを統計量として扱う統計的静的遅延解析(SSTA: Statistical Static Timing Analysis)が注目され、数々の報告がなされている[2,3]。

S-STAのアルゴリズムは、大きくpath-basedな手法とblock-basedな手法に大別できる。path-based解析では、信号が伝搬するパスの遅延を1本ずつ独立に解析する手法であり、パスの遅延を正確に計算出来る反面、すべてのパスを解析すると処理時間がかかるという欠点をもつ。近年の高集積化されたLSIにおいてこの欠点は致命的であるため、本研究ではpath-based解析に比べて高速処理が可能なblock-basedな手法で解析を行う。block-based解析はグラフを探索してすべてのパスを一度に解析し、回路全体の遅延分布を求める方法である。具体的には、回路の接続情報を表すアサイクリックグラフ $G=(N,A)$ の点を位相幾何学的順序で探索し、各点において、2つの遅延(統計量)の最大値の分布を求める統計的 maximum 演算(Max 演算)と和演算(ADD 演算)を繰り返し行うことで遅延を伝搬させる。その際、遅延

分布を正規分布で表現しておく、遅延ばらつきの相関を容易に考慮できるが、2つの統計量が正規分布であっても、それらの最大値の分布は正規分布にはならないという問題がある[2,3]。このとき、非正規分布を正規分布に近似するためにSSTAでは正確な結果が導出されない。

そこでSSTAがどの程度の精度をもつのか測るための指標(真値)が必要となる。この指標として、MC-SSTAが採用されている。ここで、MCはモンテカルロシミュレーション(Monte Carlo Simulation)を意味する。MC-SSTAでは、正規乱数を用いてばらつきを考慮した各枝遅延を生成し、生成した遅延に対しSTAを繰り返し試行し、多数の値を得るSSTAである[4]。得られた多数の値は統計分布化することで他のSSTAと比較される。

本研究ではこのMC-SSTAを用いて、解析だけではなく遅延故障検出のためのテストパスを生成する際にも有用な指標となるGate-CriticalityとPath-Criticalityを求めた。しかし、MC-SSTAにより正確な統計分布を得るためには、多大な回数のSTAを試行する必要がある。そのため、MC-SSTAはSSTAと比べ、動作時間が長くなってしまふ。これは回路規模が大きくなるほど顕著となる。

そこで、MC-SSTAにくらべ高速処理が可能なSSTAでテストパスを生成するための手法を提案して、生成されたテストパスをMC-SSTAの結果と比較することで評価をおこなった。

2. Gate-Criticality及びPath-Criticality

2.1 Gate-Criticality

回路遅延を改善させるためには、その回路全体の最大遅延を改善させる必要がある。最大遅延を改善するためには、回路内のどの部分が大きな遅延を持っているのかを確かめる必要がある。そのため、回路内の各ゲートが

最大遅延を持つパス(Critical Path)に含まれる確率を求め、これにより、最大遅延 (Critical Delay) を減少させるために修正が必要な回路素子 (論理ゲート) を効率的に抽出することが可能となる。本稿では、このような確率を Gate-Criticality[5]と定義し、MC-SSTA を用いて 10 万回の試行の中で各ゲートが何回クリティカルパスに含まれるかを調べた。図 1 は ISCAS85 ベンチマーク回路の中の c7552 という回路を入力として Gate-Criticality を求めた際の結果である。横軸はゲートの番号を示し、縦軸はそのゲートが 10 万回の試行の中で何回 Critical Path に含まれたかを示している。

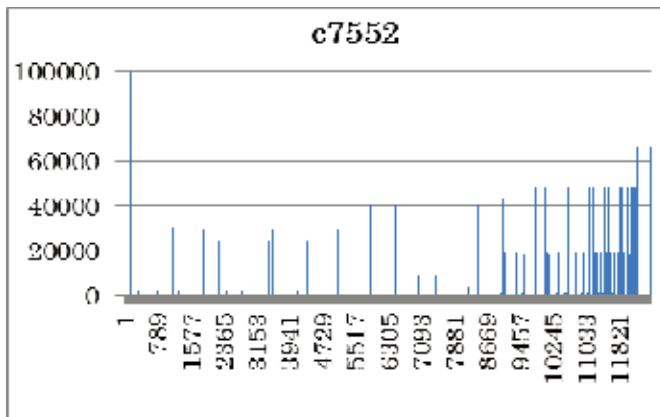


図 1 Gate-Criticality (c7552)

図 1 を見ると 10 万回の試行の中で、ほぼ全てクリティカルパスに含まれているゲートがあることが分かる。このようなゲートの遅延を改善することができれば、効率良く回路の最大遅延を改善させることができる。

2.2 Path-Criticality

2.1 節ではゲート毎に Criticality を求めていたが、ここで述べる Path-Criticality では、各パスがクリティカルパスに含まれる確率を求めている。LSI の高い信頼性を保証するためには、遅延故障のテストが重要となる。しかし、パス数は回路規模に対して指数関数的に増大してしまうという問題がある。このため、パス遅延故障のテストを実現するためにはテストの対象となるパスを限定する必要がある。本稿では、パスを限定する手段として Path-Criticality を定義し、MC-SSTA を用いて 10 万回の試行の中で各パスがクリティカルパスに含まれる回数を調べた。図 2 は 2.1 節と同様、ISCAS85 ベンチマー

ク回路の中の c7552 という回路を入力として Path-Criticality を求めた際の結果である。横軸はパスの番号を示し、縦軸はそのパスが 10 万回の試行の中で何回クリティカルパスに含まれたかを示している。

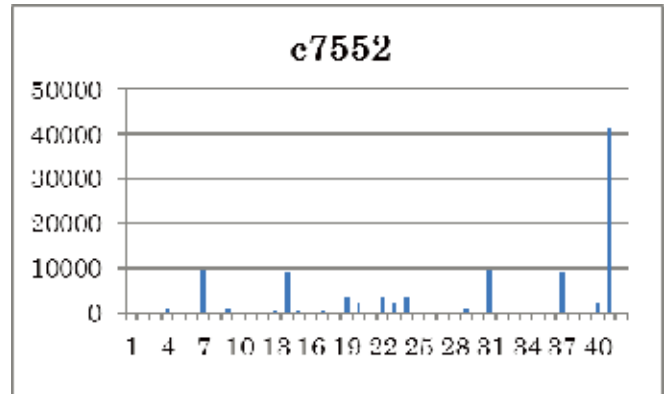


図 2 Path-Criticality (c7552)

図 2 を見ると、10 万回の試行のうち 4 万回以上クリティカルパスになったパスがあることが分かる。この結果から、テストの対象とするパスを限定することができれば、効率良く信頼性の高いテストをおこなうことができることが分かる。さらに、クリティカルパスになる可能性のあるパスの個数を減らせば、上で述べた Gate-Criticality の計算も効率化できる。

3. 提案手法

2.2 節では、パス遅延故障のテストを実現するためにテストの対象となるパスを限定する方法として MC-SSTA を用いて Path-Criticality を求めていた。しかし、MC-SSTA では遅延を定数で与えているため、1 回の試行で得られる結果も定数となる。そのため、MC-SSTA では多数回試行を繰り返すことで統計的に分布を得ている。このため、MC-SSTA では多数回試行をおこなう際に時間がかかってしまう。

そこで本稿では解析を短時間でこなうために SSTA を用いてクリティカルパスを抽出する手法を提案する。SSTA では遅延を定数ではなく正規分布として与えているので、MC-SSTA の場合とは違いクリティカルパスが一意に定まらない。そこで、SSTA に基づいたクリティカルパスを考え、各点がクリティカルパスに含まれる確率 (クリティカル確率) を定義する。

今、アサイクリックグラフ上のソースからある点 v までの最大遅延を D_{source} 、その点 v からシンクまでの最大遅延を D_{sink} とし、これらを ADD 演算した遅延を D_v としたとき、この D_v がある閾値 T_{th} よりも大きくなる確率 $\text{Prob}[D_v \geq T_{th}]$ を、点 v のクリティカル確率と呼ぶ。閾値 T_{th} として、回路の最大遅延分布の $\mu + 3\sigma$ の値を用いる。図 3 に D_v の分布のイメージを示すが、この図において、閾値 T_{th} より右側の面積が、点 v のクリティカル確率である。

このようなクリティカル確率が指定された確率 $P_{>T_{th}}$ 以上である場合、点 v はクリティカルパスに含まれると考える。すなわち、

$$\text{Prob}[D_v \geq T_{th}] > P_{>T_{th}} \quad (1)$$

を満たす点 v の集合は、クリティカルパスに含まれる点の集合である。そこで、このような点を抽出し、それらから元のグラフの部分グラフを構成すれば、クリティカルパスの抽出が効率化できる。その際、部分グラフにおける最大遅延の分布が、元のグラフの最大遅延の分布から変化しないように、確率 $P_{>T_{th}}$ を選ぶ。

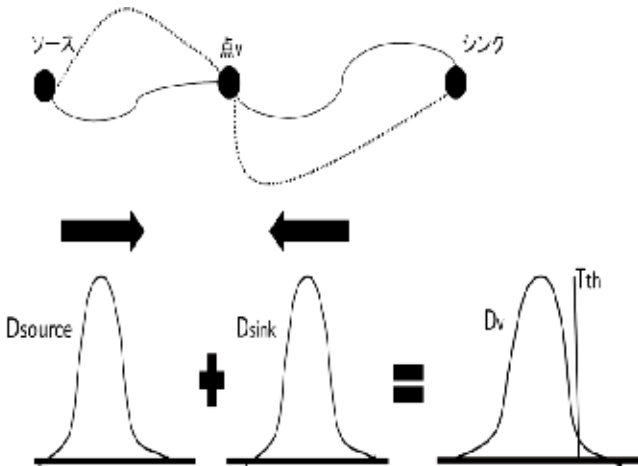


図 3 点 v のクリティカル確率計算

4. 実験結果

3 節で述べた提案手法を用いて、ISCAS85 ベンチマークの各回路において、テストパスの生成をおこなった。その結果を表 1 に示す。この実験では、元の回路の最大遅延分布の平均および分散が変化しない範囲内で、抽出された部分グラフの枝の本数が最小となるように確率

$P_{>T_{th}}$ を与え、テストパスの集合を求めている。

表 1 生成されたテストパスの本数と削減率

回路名	パス数(本)	テストパス (本)	削減率 (%)
c17	11	6	45.455
c432	83936	2784	96.683
c499	9440	3073	67.447
c880	8642	128	98.519
c1355	4173216	78150	98.127
c1908	729057	36	99.995
c2670	679960	143	99.979
c3540	28676671	822	99.997
c5315	1341305	36	99.997
c7552	726494	41	99.994

表 1 の結果から、c6288 以外の回路において、部分グラフのパス、すなわちテストパスの本数は、元のグラフのパスの本数と比較して、半分以下に削減でき、多くの回路において 99%以上の削減に成功していることが分かる。ただし、c6288 に関してはパスの削減ができていない。これは、c6288 の回路が並列全加算器であり、全てのパスが同程度の遅延を持つため、どの点のクリティカル確率も同程度になった為である。

表 2 に、MC-SSTA を用いて Path-Criticality を求めるのに要した時間と、今回の提案手法において、部分グラフの抽出に要した時間を示す。

表 2 計算時間の比較

回路種類	計算時間(s)	
	MC-SSTA	提案手法
c17	2.967	0.156
c432	19.977	1.864
c499	23.376	2.366
c880	40.401	3.064
c1355	57.984	5.07
c1908	82.38	7.72
c2670	107.918	9.402
c3540	151.316	13.262
c5315	225.413	20.56
c6288	257.535	22.327
c7552	317.541	30.296

5. 結論

本稿では、パス遅延故障テスト用テストパスの集合を効率良く生成するため、回路を表すアサイクリックグラフを縮小する手法を提案した。これにより、元の回路の最大遅延の分布を変えることなく、パスの個数を削減することができ、テストパスの候補を限定することができるため、パス遅延故障テストの効率化が図れる。また、MC-SSTAを用いて Gate-Criticality と Path-Criticality を求め、このようなパスの個数の削減の意義を示している。さらに、ISCAS85 ベンチマーク回路を対象に、提案手法の性能を調べた。その結果、多くの回路においてパスの個数を 99% 近く削減した部分グラフを生成することに成功した。

今後の課題として、c6288 の回路のように、提案手法が有効でない回路に対する手法の構築が挙げられる。また、今回の実験では、式(1)の P_{pth} の値を手動で変えながらパスの本数を減らしているため、この値の適切な設定手法とそのプログラム化も今後の課題である。

謝辞

本研究を行うに当たり、様々のご指導、ご教授をいただいた築山修治先生に深く御礼申し上げます。

また、様々のご助言を頂いた先輩方、後輩たち、そして公私とも深くお付き合いして頂いた研究室の全ての仲間たちに心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 平本俊郎, 竹内潔, 西田彰男, “MOS トランジスタのスケーリングに伴う特性ばらつき,” 電子情報通信学会誌, vol.92, no.6, pp.440-445, 2009.
- [2] D. Blaauw, K. Chopra, A. Srivastava, L. Scheffer, “Statistical timing analysis: From basic principles to state of the art,” IEEE Trans. CAD/ICAS, vol.27, no.4, pp.589-607, 2008.
- [3] 築山修治, “製造ばらつきを考慮した自動設計手法,” 電子情報通信学会誌, vol.92, no.6, pp.440-445, 2009.
- [4] 渡辺恭平, 「モンテカルロシミュレーションを用いた統計的静的遅延解析の高速化に関する研究」, 中央大学大学院理工学研究科電気電子情報通信工学専攻修士論文(築山研究室)(2011)
- [5] Yaping Zhan, Andrzej J. Strojwas, Mahesh Sharma, David Newmark, “Statistical Critical Path Analysis Considering Correlations” IEEE ACM, pp.698-703, 2005.

優 秀 賞・築山研 北詰 倭人

修士論文要旨 (2013 年度)

冗長ウェーブレット変換を用いた楽曲特徴量 Music Features using Undecimated Wavelet Transform

11N5100023I 鈴木雄亮

電気電子情報通信工学専攻 久保田研究室

1. 研究背景と目的

近年, 音楽を取り巻く環境の変化により, 大量の楽曲を容易に入手, 保持できるようになったが, ユーザが所望の楽曲を見つけ出す負担もまた大きくなった. こうした背景よりコンピュータが音楽を自動的に理解し, ユーザの嗜好に合わせて楽曲を推薦するシステムが注目されている. 実装例では Pandora[1] などがある. 本稿では音楽理解のために冗長ウェーブレット変換を用いた楽曲特徴量の抽出手法について述べる.

2. 関連技術

本研究では, 楽曲信号に多重解像度解析を行う. 多重解像度解析は, 複数のバンドパスフィルタから構成されるフィルタバンクによって, 入力信号を個々の周波数成分に分解する手法である. ここでは代表的な多重解像度解析法である離散ウェーブレット変換とその亜種である冗長ウェーブレット変換について説明する.

2.1 離散ウェーブレット変換

離散ウェーブレット変換 (DWT) は, ウェーブレットと呼ばれるさざ波の形をした基底信号を拡大縮小と平行移動によって適用することで, 入力信号を表現しようとする時間-周波数解析法である. FFT 同様に変換前の信号におけるデータサイズは保持され, また逆変換を行うことで元信号を復元できる. 図 1 に入力信号 $X[n]$ に対する解析手順を示す.

直交ミラーフィルタであるハイパスフィルタ h とローパスフィルタ g による畳み込み演算後, 解像度を $1/2$ に落とすダウンサンプリングを行う. ハイパスフィルタ h はウェーブレットの母関数でもあり, 基底信号の波形を決定する. またダウンサンプリング後のローパス信号を

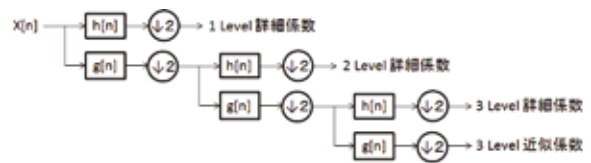


図 1: 離散ウェーブレット変換

近似係数, ハイパス成分を詳細係数呼び, この近似係数について直交ミラーフィルタリングとダウンサンプリングを繰り返す中で現れる詳細係数を個々のバンド信号として分解することができる. この際, ダウンサンプリングによってバンド信号における基底の周期は, 実質的には分解レベルごとに 2 倍ずつ大きくなり, オクターブの周波数分解能を持つことになる. これは人間の聴覚特性とも合致する.

2.2 冗長ウェーブレット変換

DWT はオクターブ分解能を持つ時間-周波数解析法であるが, ダウンサンプリングにより, 各バンドごとに時間分解能が異なる性質を持つ. この性質はバンド信号間の比較計算で不便になるので, 冗長ウェーブレット変換 (UWT) を導入する. UWT は DWT の時間分解能を元信号の時間分解能に揃えることを目的とする. 図 2 に解析手順を示す.

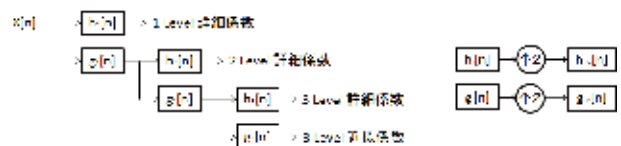


図 2: 冗長ウェーブレット変換

DWT では信号をダウンサンプリングさせることでフィルタのサイズを変えずにウェーブレットの拡大を表現し

たのに対して, UWTではフィルタをアップサンプリングすることで, ウェーブレットの拡大を表現していることである. これにより変換後のデータサイズは変換前の分解レベル倍に大きくなり, 冗長性を持つと同時に各バンドごとに時間分解能を揃えることができる. また UWT の各バンド係数をダウンサンプリングさせることで, DWT の各係数に変換することもできるため逆変換も可能になる.

3. 提案手法

本研究では音楽信号を冗長ウェーブレット変換を用いた多重解像度解析を行い, 複数のバンド信号成分から楽曲特徴量を抽出する. 各バンド信号を絶対値処理後, 短時間フレームごとに始端から終端までシフトさせながら, フレーム数個の局所特徴量を導出し, さらに全フレームの局所特徴量から最終的な特徴量を求める. 図3に全体の流れを示す.

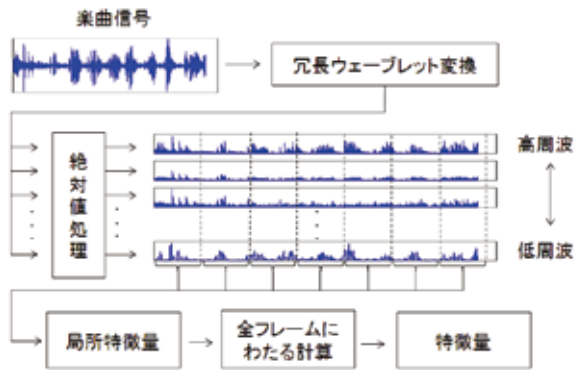


図3: 提案手法のフロー

局所特徴量には各バンド信号成分の大きさや変化の激しさなどの各バンド信号の固有の特徴量と, 各バンド信号間における相関などのバンド信号どうしの比較による特徴量の2パターンを用意した.

3.1 前処理

ここから楽曲特徴量の抽出法について説明する. まず信号全体に微小のホワイトノイズを付加した. これは入力信号の大きさを除算に用いることがあり, その際に起こりうる0の除算を防ぐために導入した. 続いて楽曲信

号の正規化を行う. 楽曲信号を信号成分の大きさを除算することで, 楽曲ごとの音量のバラつきを抑えることができる. N 次元の入力信号ベクトル \vec{x} について, 要素の絶対値平均で各要素を除算する.

$$DC = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x(i)| \quad (1)$$

$$\vec{x}_{reg} = \frac{1}{DC} \vec{x} \quad (2)$$

N は入力信号 \vec{x} のサンプル数, DC を音量に関する特徴量とする. この \vec{x}_{reg} に対して UWT を行う.

$$U = \begin{pmatrix} \vec{U}_1 \\ \vdots \\ \vec{U}_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_1(1) & \dots & U_1(M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ U_L(1) & \dots & U_L(M) \end{pmatrix} \quad (3)$$

L は分解バンド数, \vec{U}_i は各バンド信号, U はウェーブレット係数である. 本研究ではウェーブレット係数をすべて絶対値処理した値を使用する.

3.2 局所特徴量

多重解像度信号 U から短時間フレームごとに局所特徴量を求める. フレーム数を M としてフレーム番号 j , バンド番号 i のバンド信号を U_i^j のように切り出す.

3.2.1 平均 AV

平均の局所特徴量を配列 AV に格納する.

$$AV = \begin{pmatrix} A\vec{V}_1 \\ \vdots \\ A\vec{V}_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} AV(1,1) & \dots & AV(1,M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ AV(L,1) & \dots & AV(L,M) \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$AV(i,j) = \frac{1}{F} \sum_{k=1}^F U_i^j(k) \quad (5)$$

$$(F = NM^{-1} \quad i \leq L, j \leq M \quad i, j \in \mathbb{N}_+)$$

\mathbb{N}_+ は0を含まない自然数である. 絶対値処理された係数の平均は, そのバンド信号の大きさを意味する.

3.2.2 変動係数 CV

変動係数の局所特徴量を配列 CV に格納する.

$$CV = \begin{pmatrix} C\vec{V}_1 \\ \vdots \\ C\vec{V}_L \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} CV(1,1) & \dots & CV(1,M) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ CV(L,1) & \dots & CV(L,M) \end{pmatrix} \quad (6)$$

$$CV(i,j) = \frac{F}{AV(i,j)} \sqrt{\sum_{k=1}^F (U_i^j(k) - AV(i,j))^2} \quad (7)$$

$(F = NM^{-1} \quad i \leq L, j \leq M \quad i, j \in \mathbb{N}_+)$

変動係数は標準偏差に対して平均を除算したものである. 成分のバラつき具合である標準偏差に対して, 成分の大きさである平均を除算することで AV と相関のない成分を抽出できる.

3.2.3 相関係数 CO

相関係数の局所特徴量を配列 CO に格納する.

$$CO = \begin{pmatrix} C\vec{O}_1 \\ \vdots \\ C\vec{O}_B \end{pmatrix} = (C\vec{O}^1 \dots C\vec{O}^M) \quad (8)$$

式 (8) に示すように行ベクトルと列ベクトルで CO を表現する. B は 2 つのバンド信号の組み合わせであり, $B = {}_L C_2$ で示される. 相関係数は一般式 (9) で示される.

$$corr(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (9)$$

二つの共分散をそれぞれの標準偏差で正規化したものである. 二つの異なるバンド信号 \vec{U}_i^j, \vec{U}_k^j について

$$C\vec{O}^j \stackrel{\text{Trans Vector}}{\leftarrow} corr(\vec{U}_i^j, \vec{U}_k^j) \quad (10)$$

$(i < k \leq L \quad j \leq M \quad i, j, k \in \mathbb{N}_+)$

バンド信号間に相関が存在することは, 楽曲信号に単一のウェーブレット波形が異なるスケールにおいて観測されることを意味する. なお変数 i, k の取り方による $C\vec{O}^j$ 内でのベクトル要素の並び順は一意的に定まり, 各楽曲において変化しないものとする.

3.3 全フレームにわたる計算

最後に全フレームにおける局所特徴量の計算から, 最終的な特徴量を求める. 時間フレームごとの局所特徴量ベクトル \vec{AV}, \vec{CV} については平均と変動件数, $C\vec{O}$ については平均と分散を用いる. また音量正規化で用いた DC も付け加える. 図 4 に本研究で用いた特徴量を示す.

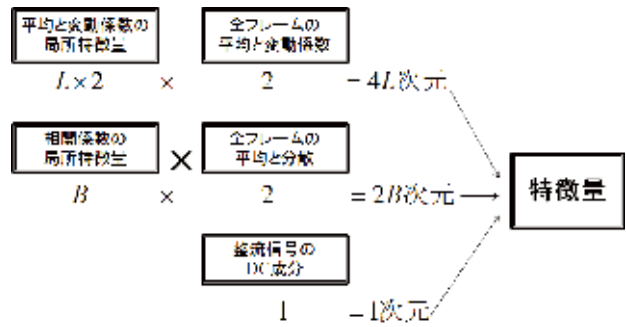


図 4: 特徴量と次元

4. 実験

特徴量の評価として GTZAN データセット によるジャンル判別を行った. 10 ジャンル (Blues, Classical, Country, Disco, Hiphop, Jazz, Metal, Pop, Reggae, Rock) で各ジャンル 100 曲, 合計 1000 曲の楽曲ファイルで 30 秒, 22.05kHz サンプリングのモノラルデータである. フレーム幅は 4096 サンプル点で実時間で約 0.18 秒と設定した. 今回は分解レベルにおける高周波成分より上位 14 レベルの信号を使う. ウェーブレットは Symlets20 ステップを用いた. 特徴量は平均, 変動係数の局所特徴量から 56 次元, 相関係数の局所特徴量から 182 次元と, 音量正規化に用いた DC 成分から 1 次元より, 合計 239 次元とした.

表 1: Confusion Matrix

BL	CL	CO	DI	HI	JA	ME	PO	RE	RO	← classification as
84	0	1	5	0	2	2	2	3	1	blues
1	97	0	0	0	2	0	0	0	0	classical
3	2	83	1	0	3	3	1	0	4	country
1	1	3	78	5	1	1	1	7	2	disco
2	0	1	5	78	1	1	4	6	2	hiphop
4	3	3	0	1	84	3	0	0	2	jazz
0	0	1	1	0	0	95	0	0	3	metal
2	1	7	1	6	2	1	77	1	2	pop
5	1	4	4	7	2	1	3	71	2	reggae
4	0	5	5	0	2	9	4	1	70	rock

評価方法としては交差検証法を用いた.1 曲を未知データ, 残りを学習データとして未知のデータがどのジャンルに属するかを未知データを入れ替えながら全曲繰り返し判別を行う. 表 1 は本実験の判別結果であり, 横列にある各ジャンルの未知データと置いた曲が, 縦列のどこのジャンルに分類されたかを示す. 対角線に位置している値が各ジャンルにおける正答率であり, 全ジャンルにおいては 81.7% となった. 詳細を見ると classical や jazz, metal のような音色やリズムに際立った特徴が存在する曲は高い判別精度を有するが, pop や rock などのジャンルの境界が曖昧なものは誤認が多かった. 特に rock に関しては他ジャンルが rock に誤認する場合も多く, データセットを通して平均的な特徴量を持った曲が多いと考えられる. また reggae に関してはリズムパターンに大きな特徴があるのにも関わらず判別制度が低い. これは UWT がオクターブ分解能なので, 曲のテンポやリズムなどに対して周波数分解能が足りず, このような複雑な特徴を捉えきれないと思われる. なお分類器にはデータマイニングツール WEKA より多項式カーネルを用いたサポートベクターマシン (SMO) を用いた.

4.1 考察とまとめ

今回は局所特徴量から特徴量を求める際には, 平均や分散, 変動係数など基本的な統計量を用いたが, これだけ

では詳細なリズム成分や楽曲構造を捉えきれない. 今後は詳細な局所特徴量の動きについても調査したい. また基底のウェーブレット波形を変更することによって, 正答率に大きく差が生じたため, 今回用いた事がなかったウェーブレットを試すと同時に, バンド数や時間フレーム幅なども, バリエーションを増やして調査してみたい.

参考文献

- [1] <http://www.pandora.com/>
- [2] 大塚玲朗, 梶川嘉延, 野村康雄, “PCM データに対応した感性語による音楽データベース検索システムに関する研究”, 第 14 回データ工学ワークショップ (DEWS2002), 8-P-5 (2003-03).
- [3] Zhouyu Fu, Guojun Lu, Kai Ming Ting, and Dengsheng Zhang “A Survey of Audio-Based Music Classification and Annotation” IEEE TRANSACTIONS ON MULTIMEDIA, VOL. 13, NO. 2, APRIL 2011
- [4] Juan P. Bello “Measuring Structural Similarity in Music” IEEE TRANSACTIONS ON AUDIO, SPEECH, AND LANGUAGE PROCESSING, VOL. 19, NO. 7, SEPTEMBER 2011

優 秀 賞・久保田研 鈴木 雄亮

Mg 添加定比組成 LiTaO₃ を用いた高出力波長変換緑色レーザーの開発

Development of high-power wavelength-conversion green lasers
by use of Mg-doped stoichiometric LiTaO₃

電気電子情報通信工学専攻 長島 亘
Wataru Nagashima

1. はじめに

緑色レーザーは目に対する視感度が高く、三原色のひとつとしてエンターテイメントや写真印刷などで実用化されている。最近では背面投射 (リアプロジェクション) 型テレビにも用いられ、レーザーテレビとしてテレビの画質向上にも貢献している。レーザーはその輝度の高さ、発散角の小ささからリアプロテレビにおける光の利用効率を向上させ、低排熱、低消費電力を実現する。そのためプロジェクタ応用を背景に波長変換を用いた緑色レーザーの研究はホットなトピックスとなっている。

三原色の半導体レーザー (Laser diode : LD) について、赤・青色に関しては数ワット級の連続波 (Continuous wave : CW) 出力を得られているが、緑色は近年まで半導体材料に乏しく、信頼性が得られる光源が実現されていなかった。2009 年に Enya らは LD による直接発振を初めて実現し [1], 2012 年 Takagi らは波長 530nm 付近にて出力 100mW を達成した [2]。しかしながら LD による W 級の安定した出力はまだ実現されていない。レーザープロジェクション TV やレーザーシアターなどで要求される出力は数 W~十数 W クラスであり、緑色 LD では実現が難しい。

現在、W 級の高出力 CW 緑色レーザーを得る方法は 1 μ m 帯の赤外光を非線形光学結晶に入射し、結晶内で位相整合を取り、第 2 高調波 (Second harmonic generation : SHG) として緑色光を得る波長変換によるものが一般的である。

高出力波長変換時に出力を制限するのはレーザーの吸収により発生する局所的な温度上昇である。この問題が位相整合の擾乱を引き起こし、出力飽和やデバイス破損の原因となる。本研究では、高出力波長変換における指針を構築するために高精度のデバイス排熱評価方法を確立することを目的とした。

2. 非線形光学効果

非線形光学効果はレーザー光のような強い光電場が非線形光学結晶内に入射されたときに起こる現象である。結晶内で振動する電子分極 P が入射してくる光の電界 E に対して非線形に応答することに起因する。すなわち $P = \epsilon_0 d E^2$ の 2 次の非線形項から 2 光子の和周波数、差周波数をもつ光が得られる。ここで d は 2 次の非線形光学定数で材料によって決まる物性値である。仮に入射光を $E_1 = E_0 \sin(\omega_1 t), E_2 = E_0 \sin(\omega_2 t)$ とすると混合波 $E = E_1 + E_2$ から発生する電子分極成分 P は E_1, E_2 項を含む。つまり P は $\cos((\omega_1 + \omega_2)t)$ および $\cos((\omega_1 - \omega_2)t)$ を含み電子振動が波源となって和周波光、差周波光が得られる。変換光を ω_3 とすると和周波発生では $\omega_3 = \omega_1 + \omega_2$, 差周波発生では $\omega_3 = \omega_1 - \omega_2$ の関係が成り立つ。また $\omega_1 = \omega_2$ のときは $\omega_3 = \omega_1 + \omega_1 = 2\omega_1$ の関係が成り立ち、第 2 高調波発生となる。

3. Mg 添加定比組成 LiTaO₃

波長変換による緑色レーザーの実現として最も簡素な方法は 1 μ m 帯の赤外レーザーをレンズで集光し波長変換デバイスに入射し、SHG で 0.5 μ m 帯の緑色レーザーを射出させることである。しかし単に非線形光学結晶に基本波を入射させても、基本波と第 2 高調波の屈折率が異なるため効率を得られない。現在ではこの屈折率差を補償するために周期的な非線形光学定数の反転構造を導入する方法として擬位相整合 (Quasi phase matching : QPM) がとられており、高非線形性、高熱伝導性、高耐損傷性など要求される特性に適した材料が選択できるようになっている。LiNbO₃(LN), LiTaO₃(LT) は従来的一致溶解組成 (Congruent) LN/LT を CLN/CLT と表記し、新材料である Li/Nb, Li/Ta 比が 1 に近い結晶を定比組成

(Stoichiometric)LN/LT すなわち SLN/SLT と表記する。高出力動作時に出力を制限するのは熱による局所的な温度上昇であり、これが位相整合の擾乱要因となる (図 1)。より高い出力には熱散逸、排熱に有利な高熱伝導材料が適している。MgSLT は比較的高い非線形光学定数と室温で MgCLN の 1.8 倍程度の熱伝導率を持ち、高出力波長変換に適している。

4. 位相整合カロリメトリ

波長変換における温度上昇を定量評価する手法として位相整合カロリメトリ (Phase matched calorimetry : PMC) が提案されている [3]。MgSLT では結晶内残留吸収が数 % 以下であるため透過光量で直接定量化することは難しい。PMC はレーザーの熱をデバイスに外部から供給し、最適温度の変化を測定する手法である。赤外光、緑色光のパワー増加に伴いデバイス内温度が上昇するため、最適波長変換を維持するためにはデバイスの設定温度を低下させる必要がありここから内部の温度上昇が定量化できる。従来まで MgSLT に関しては緑色光の線形吸収が主たる要因であった。しかしながら実際の光学系では結晶内に赤外光と緑色光の両方が共存していることから、より厳密に定量評価をするためにはこの両方の吸収を考慮したモデルが必要であると考えた。ここで測定系を図 2 に示す。基本波光源には中心波長 1083nm の Yb:ファイバーレーザーを使用し、1/2 波長板と偏光子を用いてパワーを調節している。レンズで集光し、長さ 20mm、分極反転周期 8.4 μ m の MgSLT に入射させる。発生した第 2 高調波だけを抽出するためにハーモニックセパレータを使用し基本波と第 2 高調波を分離させている。

4.1 実効熱容量 C_α の導入

$$T_{TEC} = T_0 - \frac{1}{C_\alpha} \left(R \sqrt{\frac{P_{SH}}{\eta_{norm}}} + P_{SH} \right) \quad (1)$$

今回、排熱評価の指標を表すパラメータとして、実効熱容量 C_α を導入した。 C_α の単位は [W/°C] であり、これは温度を 1°C 上昇させるのに必要な W 数を示す物理量であり、式 1 のように表すことができる。ここで、 P_{SH} は第 2 高調波のパワーである。したがって、式 1 はデバイスの

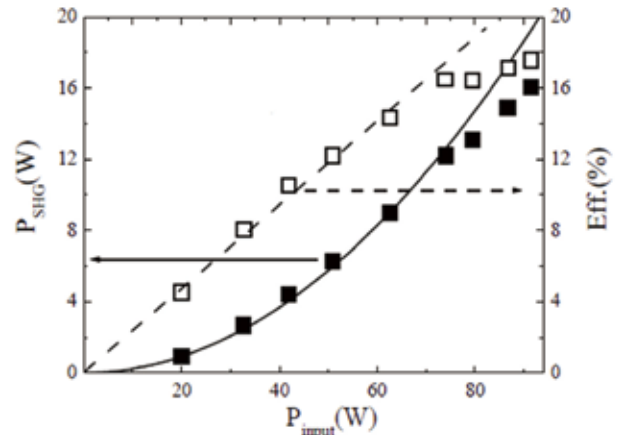


図 1: 出力飽和の例

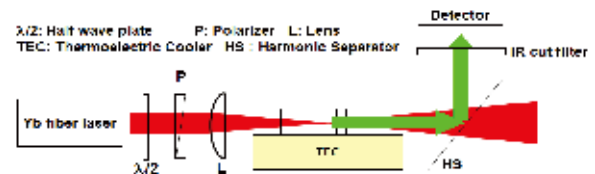


図 2: シングルパス波長変換光学系

設定温度 T_{TEC} を第 2 高調波のパワーの関数として記述することができる。そして、デバイスに依存する物理量として規格化変換効率 $\eta_{norm} = P_{SH}/P_{FH}^2$ と吸収係数の比 $R = \alpha_{FH}/\alpha_{SH}$ 、そしてフィッティングパラメータとしてイニシャルの位相整合温度 T_0 と C_α がある。このフィッティング関数を用いた結果を図 3 に示す。この式 (1) を用いることでより厳密な排熱評価が可能となった。

4.2 排熱特性と実効熱容量 C_α の関係

排熱境界条件を固定した測定

同一デバイスにて異なる入射位置での実効熱容量を測定した。用意したデバイスには分極反転領域が上面から下面までテーパ形状に造り込まれている。そのため結晶内のビーム位置を変えることで排熱の境界条件を固定したまま変換効率を変えることができる。測定結果を図 4、図 5 に示す。図 4 は変換効率のグラフであり、図 5 は排熱特性を示すグラフである。図 4 より、入射ポジションによって変換効率はそれぞれ異なっている。しかしながら図 5 の排熱特性のグラフを見ると熱容量 C_α の値は数%のばらつきで収まっており、測定器の範囲の誤差で一致していることがわかる。追加実験によっても熱容量

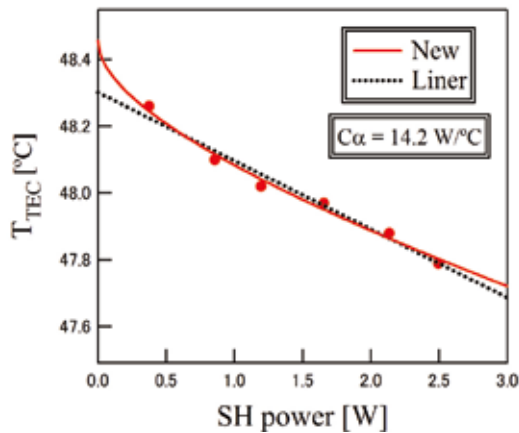


図 3: フィッティング結果

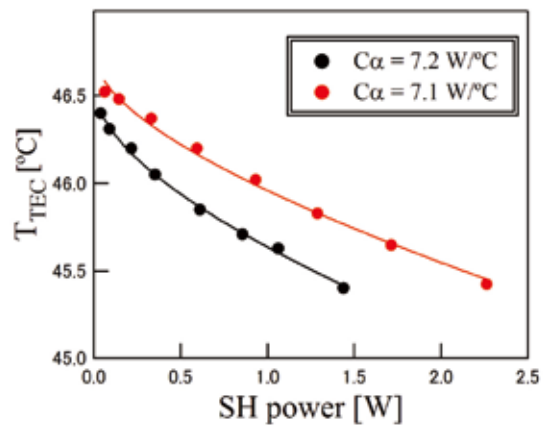


図 5: 集光位置別の排熱特性

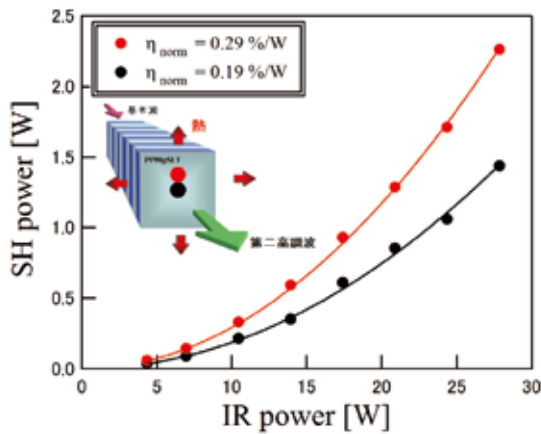


図 4: 集光位置別の変換効率

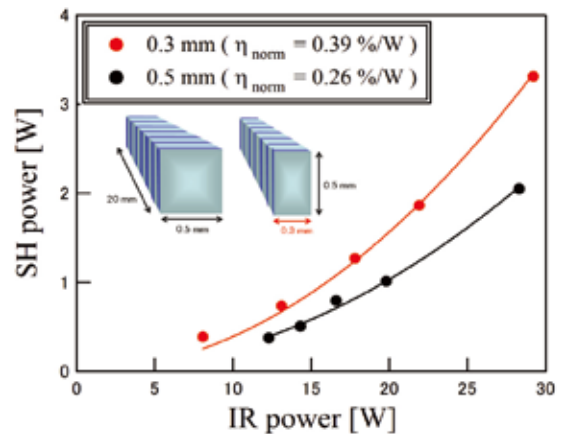


図 6: 異なる境界条件での変換効率

のばらつきは 10 % 以下であった。このことから同一デバイスでは変換効率に寄らず、排熱特性が一意的に決まることを確認した。

排熱の境界条件が異なるデバイスでの測定

次に排熱の境界条件が異なるデバイスでの測定を行った。ここでは長さ 20mm、高さ 0.5mm、幅が 0.5mm と 0.3mm の 2 つのデバイスを用いた。測定結果を図 6、図 7 に示す。図 6 は変換効率のグラフであり、図 7 は排熱特性を示すグラフである。図 6 よりデバイスによって変換効率は異なるが、前述で述べたとおり C_α は変換効率に寄らない。図 7 のグラフから、結晶幅 0.3mm の C_α は 0.5mm のものより 20 % ほど大きくなった。このことから、排熱の境界条件に対し C_α は強く依存することを確認した。つまり発熱光源から排熱金属までの距離の短い

方が排熱に有利であり、今回は 0.5mm より 0.3mm の方が排熱に有効であることを確認した。

実効熱容量 C_α のレーザー集光条件依存性

次に実効熱容量 C_α のレーザー集光依存性について述べていく。今回、様々な集光条件での C_α と規格化変換効率 η_{norm} を調べた。図 8 にその測定結果を示す。X 軸には集光パラメータである ξ を用いた。このパラメータはコンフォーカル長とデバイス長の比で定義され、この値が小さいほど集光が弱く、大きいほど集光が強いというものである。 ξ に対して C_α はほぼ反比例であり、この結果は C_α の定義と矛盾がなかった。また実効熱容量 C_α と規格化変換効率 η_{norm} の間にはトレードオフの関係があり、要求される出力に応じて集光条件の選択が可能になる。弱集光領域は C_α が向上することから温度上昇の抑制につながるため、この領域を用いることは高出力波長

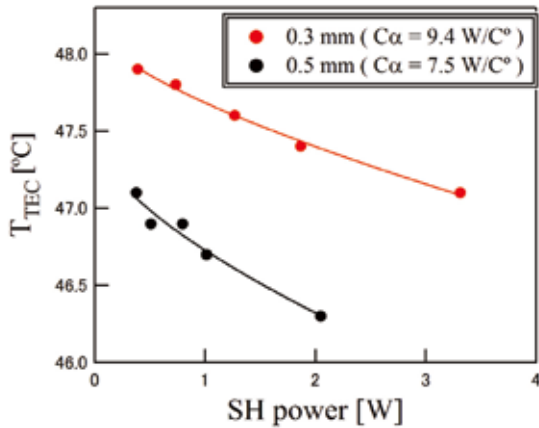


図 7: 異なる境界条件での排熱特性

変換において有効な手段であることを確認した。そして、 ξ と C_α の反比例という関係から、この2つの値の積は排熱デバイスに対し一意に決まり、各デバイスの排熱における性能の指標として比較することが出来る。ここで得られた結果をもとに排熱効果の高い弱集光領域において、新治具を取り入れ従来法より空気層の削減を図った新手法での排熱デバイスを用いて高出力実験に臨んだ結果を図9に示す。横軸がデバイス実験時期、縦軸が排熱性能になるが、この1年間において最も排熱性能の高いデバイスを製作することに成功した(赤プロット)。

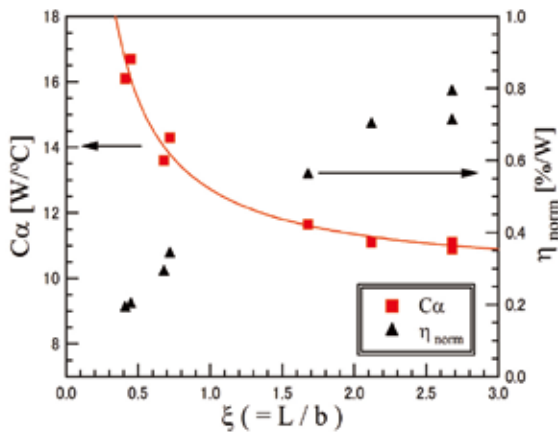


図 8: 実効熱容量 C_α のレーザー集光条件依存性

5. 総括

今回高出力波長変換における指針を構築するために、デバイスの排熱評価方法である位相整合カロリメトリに赤外光と緑色光の両方の吸収を新しく取り入れたフィッティ

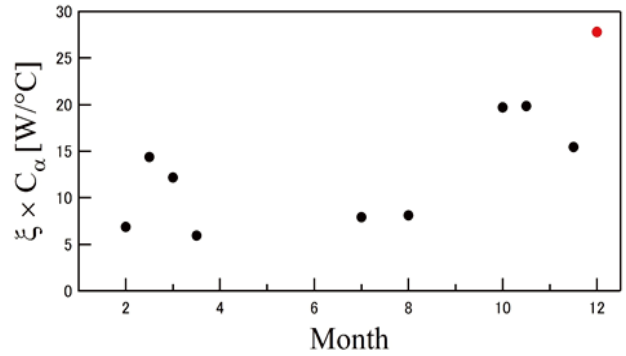


図 9: 各デバイス排熱性能

ング関数を考案した。そして、パラメータの一つである実効熱容量 C_α を用いることで、デバイスの排熱特性をより厳密に定量評価することが可能となった。また、 C_α のレーザー集光条件依存性を新たに示し、 C_α と集光度合いを表す ξ にはほぼ反比例の関係があることを新たに確認した。 C_α と規格化変換効率 η_{norm} の間にはトレードオフの関係があり、このことから要求される出力に応じて集光条件の選択が可能になると考えられる。特に弱集光領域は排熱特性が高いことから、高出力波長変換に有利であることを新たに確認した。また、 ξ と C_α の関係より、デバイスの排熱特性における指標を ξ と C_α の積として定義した。そして、この結果をもとに近年で最も排熱性能の高いデバイスを製作することに成功した。今後は、この成果から排熱デバイスの構造や光学系などの最適化を緻密に行い、安定した数十 W 級の高出力波長変換を実現することを目標とする。

謝辞

本研究に取り組むにあたり、中央大学 庄司一郎教授には多大なご指導、ご助言を頂きました。深く感謝致します。物質・材料研究機構 主幹研究員 栗村直博士には懇切丁寧なご指導を賜りました。深く感謝致します。また、様々なことに御協力頂き、共に研究を進めてまいりました庄司研究室の皆様には深く感謝致します。

参考文献

- [1] Y. Enya *et al.*, Appl. Phys. Express **2** 082101 (2009).
- [2] S. Takagi *et al.*, Appl. Phys. Express **5** 082102 (2012).
- [3] S. V. Tovstonog, *et al.*, Opt. Express **16** 11294 (2008).

優 秀 賞・庄司研 長島 亘

SBR 法における多重エッジ回折波の計算手法の考案

SBR algorithm for including multiple diffracted rays

電気電子情報通信工学専攻 前田 崇秀

Takahide MAEDA

1. はじめに

近年のスマートフォンや無線 LAN 対応モバイル端末の普及により安定した大容量通信を行う通信環境が求められている。こうした環境を整えるためには、電磁波伝搬のメカニズムを解明し、不感地帯をなくす基地局配置を考える必要がある。特に都市部においては高層ビル群の建設が進んでおり、利用者が基地局から直接見ることのできる見通し領域内に存在するケースが少なく、利用者は反射や透過、回折といった散乱プロセスを経た電磁波によって通信を行うことが多いことから、それらの寄与を含めた解析が必要である。

移動体通信に用いられる高周波帯の電磁波伝搬の解析には、電磁波を光線近似に考える手法が有効であり、代表的な伝搬解析には光線追跡法(レイトレース法)がある[1]。光線追跡法では送信点から放射される電磁波を光線(レイ)とみなし、物理的な反射、透過、回折等のプロセスを経ながら、観測点に到達する波の重ね合わせで表現し、伝搬損失、遅延時間、出射方向、到来方向を算出し、電磁波伝搬予測を行う方法である。光線追跡法は、経路探索のアルゴリズムの違いにより SBR(Shooting and Bouncing Rays) 法とイメージング法の 2 種類に分類できる。本研究では SBR 法を用いた解析を行う。SBR 法は、複雑な形状の散乱断面積の解析のために提案された手法であるが [2], 伝搬解析にも適用可能である。

SBR 法を用いた過去の電磁波伝搬解析の研究としては、ストリートセル環境での伝搬解析と実測値との比較検証 [3] や送信アンテナの向き変更や可視化断面の多角化の研究 [4], 透過係数に集約解を用いて誘電体内部での反射を考慮した透過波組み込み計算手法の提案 [5] 等が行われ、SBR 法に多くの機能を付加するとともにその妥当性についての検証が行われてきた。回折波を SBR 法に組み込む研究も行われてきていたが [6], 従来の SBR 法における回折波の計算では、送信点からの見通し領域内のエッジに限定して、半自動的に回折を励振するエッジを決定している。そのため、回折波の計算においては 1 回エッジ回折波に限定した解析のみ可能となっており、多重エッジ回折波はそのアルゴリズムの難しさからあまり解析が進んでいない。

そこで筆者は、多重エッジ回折波の計算を SBR 法で実現することを目的として、回折を励振する地点の探索方法について再検討を行った。光線を逐次追跡しながら、光線がエッジに入射した際に回折点を生成することで多重エッジ回折波の計算を可能とする計算手法を SBR 法に組み込み、複数の建物モデルを用いた電磁波伝搬解析を行い、解析における多重エッジ回折波の寄与の重要性や計算時間について検討した。

2. SBR 法

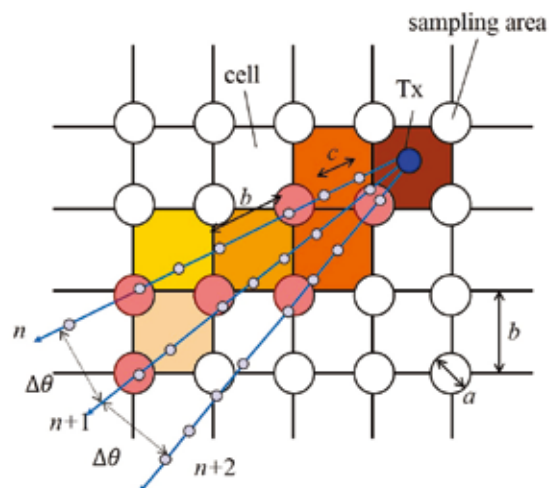


図 1: SBR 法 の 概 念 図。

SBR 法は図 1 のように、送信点から光線放射刻み角 $\Delta\theta$ 毎に光線を放射して追跡し、直径 a の大きさを持つ受信領域に到達した光線の強度を伝搬距離、経路情報から計算する方法である。放射された光線をその都度追跡していくので、散乱体の数が多い場合にイメージング法に比べ計算量が少なくなることから広域での電磁波伝搬解析に適している。一方、定められた角度まで、角度 $\Delta\theta$ ごとに有限数の光線を放射することから、送信点からの距離が遠くなるにつれて光線がサンプル領域を通過しなくなるため、光線放射刻み角 $\Delta\theta$ や、サンプル領域の直径 a , サンプル間隔 b , 光線追跡間隔 c などのパラメータを定める際には注意が必要である。また、光線を複素振幅加算で足し合わせる際にはサンプル領域の大きさによっては正しい位相を用いた計算ができなくなり、誤差が生じて

しまうことから、サンプル領域の大きさは波長と比べて十分に小さくする必要がある。

3. 回折位置の決定方法の比較

3.1 従来方法

従来のSBR法 [6] は、送信点 (波源) からの見通し領域内に存在する回折波を励振しそうなエッジに等間隔に回折点を置く方法を採用している。建物モデルのエッジ上の座標に等間隔に定義された回折候補点において、送信点と回折候補点の間に他の建物等の障害物が存在するかの判定を行う。障害物が存在する場合は、その回折点は送信点からの見通し領域外であるとみなし、回折点の生成を行わない。一方、障害物が存在しない場合は、その回折点は送信点から直接見ることができると見通し領域内であり、直接波が到達する回折点であるため、回折点を生成、回折光線の生成および追跡を行う。見通し領域内に存在するエッジでは等間隔に回折点を置くことができ、正確に効率よく計算を行うことができる反面、送信点から見て影の領域に存在するエッジでは回折波の計算を行うことができない等の欠点があり、多重回折波の計算を実現するにあたり大きな障害となる。そのため、回折点決定のアルゴリズムを見直し、影の領域に存在するエッジでの回折波を計算できるよう改良する必要がある。

3.2 提案方法

提案方法は、波源からの光線が建物のエッジに当たった際に回折点を生成、回折点の座標、その他光線の情報を記録する方式である。本来であれば光線が建物のエッジに入射した場合に回折は起こるものであるが、SBR法では光線を $\Delta\theta$ ごとに離散的に放射しているため、厳密に建物のエッジに光線が入射することが難しくなっている。そこで提案方法では、光線がエッジ付近の壁面に当たった場合に、近似的にエッジに光線が入射したものとみなす。光線の追跡中に光線が建物壁面に反射した際に、反射点から建物の各辺までの距離を算出する。反射点とエッジまでの距離が定められたある小さい値 w 以下となった場合に建物のエッジに光線が入射したとみなし、エッジ上に回折点を生成する。回折点を生成する位置は、図 2(b) のようにエッジと反射点との距離が最も小さくなる地点とする。この条件を満たし回折点が生成された場合は、回折光線の計算に必要な入射波の電界値や、それまでの伝搬距離等の情報を保存する。光線を逐次追跡しながら回折点の位置を決定するこの手法を用いることで、従来方法では計算を行うことができなかった送信点から

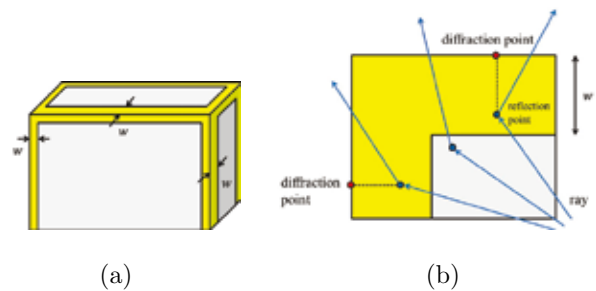


図 2: 回折点の生成. (a) 光線が反射した場合に回折点生成する領域, (b) 回折点の位置.

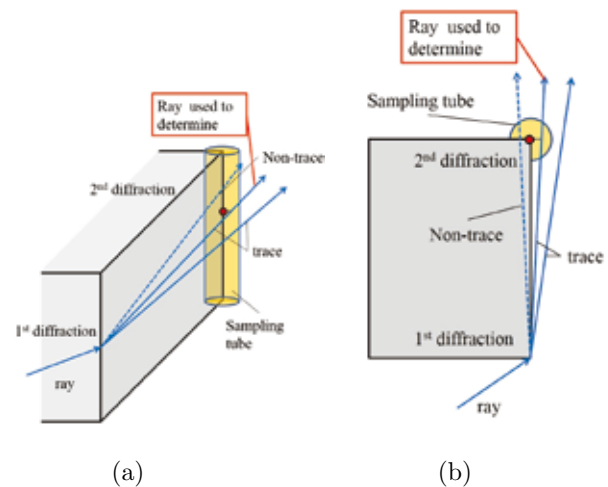


図 3: 壁面を伝わる波による回折点の生成. (a) 距離判定, (b) 俯瞰図.

見て影の領域に存在するエッジでの回折波の計算をSBR法にて行うことが可能となり、回折点を新たな波源として考えることで、多重エッジ回折波の計算も可能となった。また、壁面に沿って進む回折波の場合、光線が壁面に反射しないことから、図 3 に示すように、回折点から放射される回折光線のうち、壁面に沿って進む経路に最も近い光線を検出し、光線とエッジの距離が一定の値以下の時、壁面に沿って進む光線の回折点を決定する手法を採用する。

4. 解析結果および考察

以後の解析では、電界をもとに算出した電力強度を用いて可視化する。計算時間の都合上、送信点と可視化面の高さは地上から 10 m で同一とし、光線放射は水平方向のみとする。図 4(a) に示すモデルでは、地面に対して垂直な偏波の放射に対して 3 回までのエッジ回折波の寄与を確かめる。なお、この計算においてはアルゴリズムの確認の簡略化のために壁面に沿って伝搬する 2 回エッジ

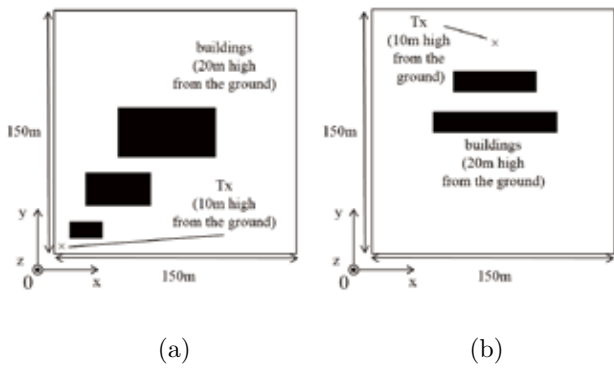


図 4: 解析に用いるモデル. (a) モデル 1, (b) モデル 2.

表 1: 送信アンテナパラメータ.

使用アンテナ	無指向性オムニアンテナ
送信電力	30 dBm
使用周波数	1.5 GHz ($\lambda = 0.2$ m)
放射範囲	$0^\circ \leq \phi < 360^\circ, \theta = 90^\circ$
光線発射の刻み角	0.0024°

表 2: 解析環境パラメータ.

解析領域	縦 150 m × 横 150 m
空間中の媒質	真空
サンプル領域の直径 a	$\lambda/5 = 0.04$ m
サンプル間隔 b	0.5 m
光線追跡間隔 c	$(\sqrt{3}/2)a = 0.035$ m
可視化面の高さ	10 m
建物の比誘電率	$7.0 - j0.80$
反射考慮回数	直接波, 回折波共に 5 回
回折点生成考慮幅 w	$\lambda/10 = 0.02$ m

回折波および 3 回エッジ回折波の寄与は含まないものとする. 図 5 に示す解析結果では, 回折の回数を増やすことによって, 光線が到達しない領域 (空白の部分) を減らすことができる. 光線が当たっているエッジから新たにエッジ回折波が放射されていることから, 今回提案した計算手法により多重エッジ回折波の計算が正しく行われていることがわかる. 回折波の電力強度は回折を経るにつれて弱くなっており, 解析領域右上の領域では -90 dBm 前後となるなど, 非常に弱い値を取る.

図 4(b) に示す建物が 2 つ並んだモデルは, 壁面に沿って伝搬する回折波を確認するためのモデルである. 解析の際には, 壁面に沿って伝搬する波が境界条件によってゼロにならないように, 地面に対して電界が平行である

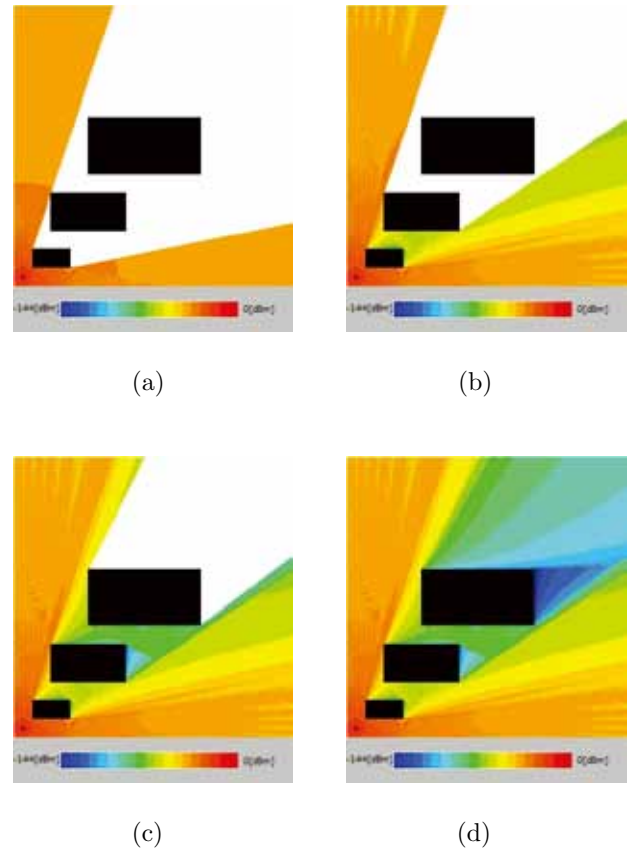


図 5: モデル 1 における解析結果. (a) 直接, 反射波のみ表示, (b) 直接, 反射, 1 回エッジ回折波まで, (c) 直接, 反射, 2 回エッジ回折波まで, (d) 直接, 反射, 3 回エッジ回折波まで.

偏波の放射を考える. 図 6(a) および図 6(b) では, 光線が到達せず白抜きになってしまっていた領域 (建物下側) が存在する. 建物の間および建物の下側の領域は, エッジ回折の考慮回数を増やしたとしても, エッジ付近の壁面に光線が反射しない領域であるため, 反射点を元に回折点の位置を決定する方法では, 回折波を計算することはできない. しかし, 本節で示す解析では, 壁面に沿って伝搬する回折波の考慮を含んでいるため, 図 6(c) では, 建物の間の領域において光線が到達していることが確認できる. さらに, 図 6(d) では, 壁面に沿って伝搬する 3 回エッジ回折波により, 建物下側の深い影の領域まで解析が可能となっており, 高次の多重エッジ回折波においても壁面に沿って伝搬する回折波の計算が可能であることが確認できる. 壁面に沿って伝わるエッジ回折波を含む高次の回折波は非常に電界強度が弱い, 1 回のエッジ回折波でも影になってしまうような領域では主要な界となる. また, 表 3 より, エッジ回折の回数の増加に伴い回折

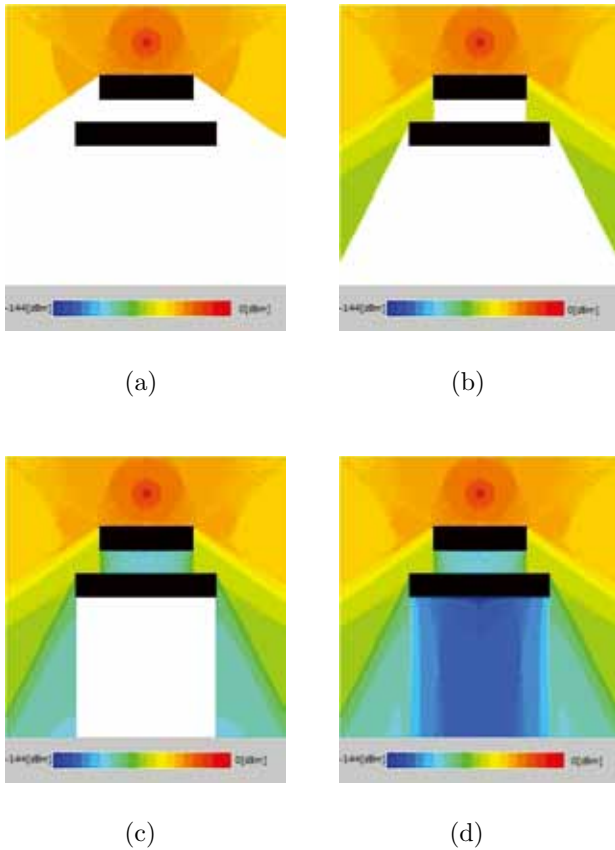


図 6: モデル 2 における解析結果. (a) 直接, 反射波のみ表示, (b) 直接, 反射, 1 回エッジ回折波まで, (c) 直接, 反射, 2 回エッジ回折波まで, (d) 直接, 反射, 3 回エッジ回折波まで.

表 3: モデル 2 を用いた解析における計算時間の比較.

回折の条件	回折点数	計算時間 [min]
直接波と反射波	0	0.93
直接波と反射波, 1 回エッジ回折波まで	2	2.76
直接波と反射波, 2 回エッジ回折波まで	8	9.02
直接波と反射波, 3 回エッジ回折波まで	42	45.67

点の数が増加し, 計算時間が増大することがわかる. これは, 生成された回折点が新たな送信点となり, そこから放射される光線によってさらに多くの回折点が生成されるためである. 壁面を伝搬する回折波を考慮した場合には, 少なくとも隣接する 2 つのエッジには回折点が生成されるため, 考慮する回折の回数を 1 回増加させると回折点の数は 3 倍以上になることが考えられる.

5. 結論

本研究では, 多重エッジ回折波の計算を可能とする計算手法を提案し, 計算時間について検討を行った. エッジへの入射波を逐次記録し, 回折点の情報として記録することで, 多重エッジ回折の計算を可能とし, 送信点から見て深い影の領域でのエッジ回折波の計算が可能となった. 多重エッジ回折を考慮すると計算時間が大きく増加することから, 今後は回折を生じるエッジの制限など, 計算時間の短縮のための処理を考案する必要がある.

謝辞

本研究を進めるにあたり, 熱心にご指導頂いた本学理工学部電気電子情報通信工学科の白井宏教授に深く感謝いたします. また, ご相談に乗って下さった本学白井研究室の皆様に, 心から感謝の気持ちとお礼を申し上げます.

参考文献

- [1] 細矢 良雄, “電波伝搬ハンドブック”, リアライズ社, (1999-1).
- [2] H. Ling, R. Chou, S. Lee, “Shooting and Bouncing Rays: Calculating the RCS of an Arbitrarily Shaped Cavity”, IEEE Trans. Antennas and Propagation, vol.AP-37(2), pp.194-205 (1989-2).
- [3] A. Amornthipparat, H. Shirai, K. Yonezawa, T. Inoue, “NLOS Path Loss Evaluation for Street-Cell Environment”, Proc. of 2008 IEEE Radio and Wireless Symposium, pp.603-606 (2008-1).
- [4] 船木 陽介, “三次元レイトレース法による建築物による散乱解析についての研究”, 中央大学理工学研究科修士論文, (2012-3).
- [5] 細田 大輝, “SBR 法による屋内外電磁波伝搬解析”, 中央大学理工学研究科修士論文, (2013-3).
- [6] アモンティパラット アモンチャイ, “回折を考慮した三次元 SBR 法による電磁波伝搬解析”, 中央大学理工学研究科修士論文, (2008-3).

可変利得ホモトピー法を用いた非線形回路の直流動作点解析

DC Operating Point Analysis of Nonlinear Circuits Using the Variable-Gain Homotopy Method

電気電子情報通信工学専攻 宮本 卓也
Takuya MIYAMOTO

1. まえがき

回路シミュレーションにおける直流動作点解析の「非収束問題」を理論面・実用面の両方から解決する方法として、ホモトピー法に関する研究が行われている [1]~[12]. その結果、最も解析が困難とされるバイポーラアナログ回路に対して、その最大級である 2 万素子クラスのアナログ LSI を世界で初めて収束の保証付きで解くことに成功するなど、ホモトピー法は産業界においても多大な実績を残している [7],[8].

直流動作点解析におけるホモトピー法にはいくつかの種類があるが、欧米では主として可変利得ホモトピー法 (VGH 法) に関する研究が活発に行われている [2]~[6],[9]~[12]. VGH 法は bifurcation free と呼ばれる優れた性質をもち、回路シミュレータ Sframe などにインプリメントされている [3],[6]. 初期の頃の VGH 法には「初期値を自由に設定できない」、「インプリメントが容易ではない」などの欠点があったが、これらの欠点の大半は文献 [10] で解決され、同文献の数値実験でも、VGH 法は可変利得ニュートンホモトピー法と並んで最も効率的なホモトピー法の一つであることが示されている.

本論文では、VGH 法の計算効率を飛躍的に改善する簡単な手法を提案する. また、この方法が大域的収束性をもつことを証明する. 更に、この方法は任意の初期値から安定解 (Γ^+ 解) に収束することを示す.

本論文は、有名な篠田の問題 [13] を欧米レベルで解決したものとなっている [18].

2. 可変利得ホモトピー法

回路を記述する修正節点方程式は一般に次のような形で表すことができる [8].

$$\mathbf{f}_g(\mathbf{v}, \mathbf{i}) \triangleq \mathbf{D}_g \mathbf{g}(\mathbf{D}_g^T \mathbf{v}) + \mathbf{D}_E \mathbf{i} + \mathbf{J} = \mathbf{0} \quad (1a)$$

$$\mathbf{f}_E(\mathbf{v}, \mathbf{i}) \triangleq \mathbf{D}_E^T \mathbf{v} - \mathbf{E} = \mathbf{0} \quad (1b)$$

ただし、 $\mathbf{v} \in \mathbb{R}^N$ は節点電圧を表す変数ベクトル、 $\mathbf{i} \in \mathbb{R}^M$ は独立電圧源を流れる電流を表す変数ベクトル、 $\mathbf{g} : \mathbb{R}^K \rightarrow \mathbb{R}^K$ は抵抗素子の電圧電流特性を表す連続関数、 \mathbf{D}_g と \mathbf{D}_E は回路の構造を表す $N \times K$ 並びに $N \times M$ の既約接続行列、 $\mathbf{J} \in \mathbb{R}^N$ と $\mathbf{E} \in \mathbb{R}^M$ は独立電流源および独立電圧源によって定まる定数ベクトルである. 以下、式 (1a),(1b) をまとめて

$$\mathbf{f}(\mathbf{x}) = \mathbf{0} \quad (2)$$

で表すことにする. ただし、 $\mathbf{f} = (\mathbf{f}_g, \mathbf{f}_E)^T : \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^n$ 、 $\mathbf{x} = (\mathbf{v}, \mathbf{i})^T \in \mathbb{R}^n$ 、 $n = N + M$ である. ここで VGH 法では式 (2) を解くのに、以下のホモトピー方程式を用いる.

$$\mathbf{h}(\mathbf{x}, \lambda) = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \lambda \boldsymbol{\alpha}) + (1 - \lambda) \mathbf{A}(\mathbf{x} - \mathbf{a}) = \mathbf{0} \quad (3)$$

ただし、 \mathbf{A} は $n \times n$ の対角行列、 $\mathbf{a} \in \mathbb{R}^n$ はランダムに選んだ定数ベクトルである. また $\boldsymbol{\alpha}$ はトランジスタの電流利得 α_f 、 α_r からなるベクトルである. この方法では回路の内部パラメータである利得 $\boldsymbol{\alpha}$ に λ が掛けられるため、回路は利得ゼロの状態から利得 $\boldsymbol{\alpha}$ の状態へと連続的に変化していく. この“可変利得”という優れたアイデアにより、ホモトピー法の連続変形が非常にスムーズになる.

VGH 法は二つの段階からなる. まず第一段階では初期方程式 $\mathbf{h}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{0}$ を解くことによりホモトピー法の初期値 \mathbf{x}^0 を計算する. 次に第二段階では $(\mathbf{x}^0, 0)$ を出発点として式 (3) の解曲線を追跡する. この解曲線が $\lambda = 1$ に到達した時点で、式 (2) の解 \mathbf{x}^* が得られる.

ここで、式 (3) における対角行列 \mathbf{A} を次の様に表すことにする.

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} G \cdot \mathbf{I}_N & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & R \cdot \mathbf{I}_M \end{bmatrix} \quad (4)$$

ただし $\mathbf{I}_N, \mathbf{I}_M$ はそれぞれ $N \times N, M \times M$ の単位行列, G と R は定数である. 従来の VGH 法では, $G = R = 10^{-3}$ 位の値が用いられていた [9],[12]. しかし, $R > 0$ とする従来の VGH 法はしばしば収束しないことが指摘されていた. これに対し文献 [11] では, $R < 0$ とすることにより VGH 法は必ず解に収束することが指摘され, その大域的収束性の証明が与えられている. また文献 [14] では, 式 (1a),(1b) で $\mathbf{f}_g(\mathbf{v}, \mathbf{i})$ は電流, $\mathbf{f}_E(\mathbf{v}, \mathbf{i})$ は電圧を表すことから, 式 (3) の各方程式の「オーダー合わせ」をするために G の値は 10^{-3} 位に, R の値は -10^3 位に設定すると効率的であることが示されている.

3. 提案手法

VGH 法の本モトピー関数は次の様に表される.

$$\begin{aligned} \mathbf{h}_g(\mathbf{x}, \lambda) &= \mathbf{D}_g \mathbf{g}(\mathbf{D}_g^T \mathbf{v}) + \mathbf{D}_E \mathbf{i} + \mathbf{J} \\ &+ (1 - \lambda) \mathbf{D}_g \tilde{\mathbf{g}}(\mathbf{D}_g^T \mathbf{v}) \\ &+ (1 - \lambda) G(\mathbf{v} - \mathbf{a}_g) \end{aligned} \quad (5a)$$

$$\mathbf{h}_E(\mathbf{x}, \lambda) = \mathbf{D}_E^T \mathbf{v} - \mathbf{E} + (1 - \lambda) R(\mathbf{i} - \mathbf{a}_E) \quad (5b)$$

本論文で提案する手法は, 式 (5) で $R = 0$ とおくものであり, 次式で表される.

$$\begin{aligned} \mathbf{h}_g(\mathbf{x}, \lambda) &= \mathbf{D}_g \mathbf{g}(\mathbf{D}_g^T \mathbf{v}) + \mathbf{D}_E \mathbf{i} + \mathbf{J} \\ &+ (1 - \lambda) \mathbf{D}_g \tilde{\mathbf{g}}(\mathbf{D}_g^T \mathbf{v}) \\ &+ (1 - \lambda) G(\mathbf{v} - \mathbf{a}_g) \end{aligned} \quad (6a)$$

$$\mathbf{h}_E(\mathbf{v}) = \mathbf{D}_E^T \mathbf{v} - \mathbf{E} \quad (6b)$$

これにより VGH 法の解曲線は常に $\mathbf{D}_E^T \mathbf{v} - \mathbf{E} = \mathbf{0}$ を満たすので, 解曲線を追跡する空間の次元は実質的に $N + M + 1$ から $N + 1$ へと減少される. したがって解曲線が短くなり, 計算効率が改善されることが期待できる. なお, $\mathbf{D}_E^T \mathbf{v} - \mathbf{E} = \mathbf{0}$ を満たす初期値 \mathbf{x}^0 は文献 [10] の初期回路を解くことにより容易に求めることができる.

4. 提案手法の大域的収束性

VGH 法の大域的収束性は, $R < 0$ の場合に対してしか証明されていない [11]. そこで本章では, $R = 0$ とおく VGH 法の大域的収束性について述べる.

ホモトピー法は次の二つの条件が成立するときに大域的収束性が保証される.

条件 1: 初期値 \mathbf{x}^0 は $\mathbf{h}(\mathbf{x}, 0) = \mathbf{0}$ の一意解である.

条件 2: \mathbf{h} は boundary free である.

バイポーラトランジスタ回路に対して, 提案手法の初期回路はダイオードを唯一の非線形素子としてもち, 線形素子やダイオードは一様受動性を満たすので, その回路は一意かつ安定である. ゆえに条件 1 が成立する. 更に, 本研究では提案手法の条件 2 を証明した. 紙面の都合上, 証明は割愛する. 以上より, 次の定理で表される大域的収束性が成立する.

[定理 1] 式 (6) で定義されるホモトピー関数において, \mathbf{g} と $\tilde{\mathbf{g}}$ はリプシッツ連続かつある点において一様受動であるとする. このとき, $(\mathbf{x}^0, 0)$ を出発点とする $\mathbf{h}(\mathbf{x}, \lambda) = \mathbf{0}$ の解曲線は $\lambda = 1$ に到達する. \square

なお, VGH 法はこれまで主としてバイポーラトランジスタ回路に対して適用され, MOS トランジスタ回路に適用する研究はあまり行われていなかったが, 本研究では VGH 法を MOS トランジスタ回路に対して拡張する研究も行った. 詳細については割愛する [18].

5. 提案手法により得られる解の安定性

本論文では, 安定性について Green-Willson の定義 [15] を用いる. ここで安定性に関する関数 $\Gamma(\mathbf{x})$ を式 (7) のように定義する.,

$$\Gamma(\mathbf{x}) = (-1)^M \det \mathbf{D}\mathbf{f}(\mathbf{x}) \quad (7)$$

ここで $\mathbf{f}(\mathbf{x})$ の $n \times n$ のヤコビ行列を $\mathbf{D}\mathbf{f}(\mathbf{x})$ で表し, 回路中に含まれている独立電圧源と従属電圧源の個数を M とする. このとき, 以下の定理が導かれてる [15].

[定理 2]

$$\Gamma(\mathbf{x}^*) < 0 \quad (8)$$

が成立するとき, 動作用点 \mathbf{x}^* は不安定である. \square

提案手法では, $\lambda = 0$ のときホモトピー方程式は一意解 (安定解) をもつ回路の修正節点方程式となる. 従って, 定理 2 の対偶より $(-1)^M \det \mathbf{D}\mathbf{f}^0(\mathbf{x}^0) > 0$ が成立する. また Garcia-Zangwill の定理より, ある一本の解曲線が初期解 $(\mathbf{x}^0, 0)$ と収束解 $(\mathbf{x}^*, 1)$ を結んでいる場合,

$$\text{sgn}[\det \mathbf{D}\mathbf{f}^0(\mathbf{x}^0)] = \text{sgn}[\det \mathbf{D}\mathbf{f}(\mathbf{x}^*)] \quad (9)$$

となる. 従って提案手法により求められる解 \mathbf{x}^* に対しては, $(-1)^M \det \mathbf{D}\mathbf{f}(\mathbf{x}^*) > 0$ が成立する. 以上より, 次の

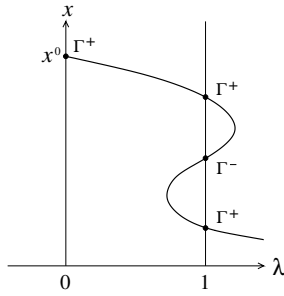


図1 提案手法による Γ^+ 解と Γ^- 解の探索順

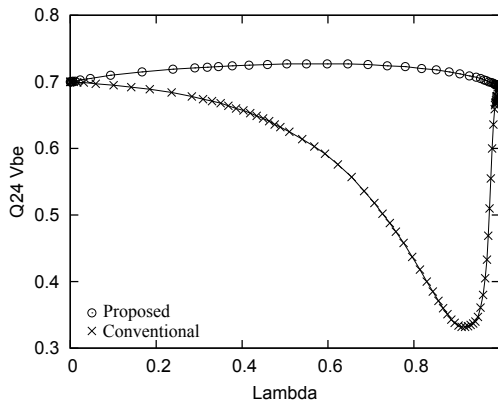


図2 レギュレータ回路に対する解曲線

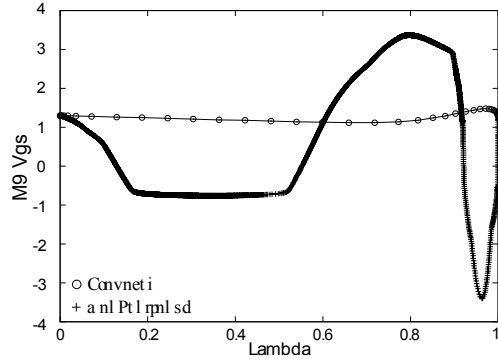


図3 MOS オペアンプ回路に対する解曲線

定理が成立する。

[定理 3] 任意の初期値に対し、提案手法により求められる解は Γ^+ 解となる。 □

なお、 $\Gamma(x^*) > 0$ を満たす解を Γ^+ 解、 $\Gamma(x^*) < 0$ を満たす解を Γ^- 解と呼ぶことにすると、図1に示すように、1本の解曲線を $0 \leq \lambda < +\infty$ の範囲で追跡することにより、 Γ^+ 解と Γ^- 解が交互に得られる。

6. 数値例

6.1 大域的収束性と計算効率

提案手法を文献 [10] の SPICE 指向型解析法を用いて

表1 計算効率の比較

回路	n	従来法			提案手法		
		S	J	T	S	J	T
Diff	24	79	328	100%	21	77	23%
Bandgap	34	543	2209	100%	42	187	8%
14MOS	36	311	1081	100%	72	262	26%
20MOS	46	341	1091	100%	85	278	27%
FCOP	50	2915	9139	100%	37	141	1%
MOSOP	50	3570	17479	100%	94	384	2%
TSCOP	53	3164	10063	100%	72	273	2%

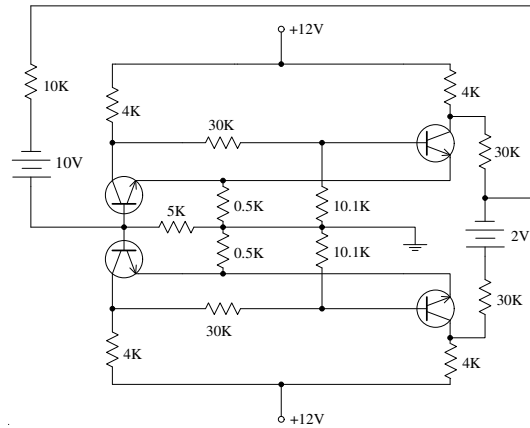


図4 多安定トランジスタ回路

SPICE3f5 上に実装した。提案手法と従来法をレギュレータ回路 [11] と MOS オペアンプ回路 [18] に適用したときの解曲線をそれぞれ図2、図3に示す。これら図で、縦軸はあるトランジスタのベース・エミッタ電圧及びゲート・ソース間電圧、横軸は λ を表す。提案手法の解曲線の方がより短くスムーズであることが分かる。また、提案手法と従来法を様々な回路に適用した結果を表1に示す。ただし、 S はステップ数、 J はニュートン法の総反復回数、 T はシミュレーション時間の比率を表す。この計算結果からすべての例題回路に対して計算効率が大幅に改善していることがわかる。

6.2 安定性

5章で述べた安定性の理論を検証するため、図4のような回路を考える。この回路は9つの解をもち、そのうち5つの解が Γ^+ 、4つの解が Γ^- であることがわかっている [8]。提案手法を用いて様々な初期値から解曲線の追跡を行ったところ、すべて Γ^+ 解に収束した。その結果を表2に示す。また、図1に示すように1本の解曲線を追跡することにより複数の解を得たところ、表3に示すように Γ^+ 解と Γ^- 解を交互に求めることができた。

表 2 初期値と解 x^* と $\Gamma(x^*)$ の値

初期値 (v_{be}^0, v_{bc}^0)	解 x^*	$\Gamma(x^*)$
(0.7, 0), (0.7, 0), (0.7, 0), (0.7, 0)	(12.0000, 2.1131, 0.5322, 10.4836, 1.2785, -7.8829, 2.1171, -0.8892, 1.1108, 1.2785, 2.1131, 0.5322, 10.7189, 12.0000, -0.0029, -0.0028, -0.0007, 0.0003)	7.45×10^{-52}
(0.7, 0), (0.3, 0), (0.7, 0), (0.9, 0)	(12.0000, 2.1063, 0.5305, 10.2774, 1.2620, -7.9039, 2.0961, -2.6423, -0.6423, 1.3489, 9.7586, 2.1730, 2.2230, 12.0000, -0.0029, -0.0030, -0.0005, 0.0001)	3.82×10^{-51}
(0.95, 0), (0.95, 0), (0.7, 0), (0.7, 0)	(12.0000, 9.5214, 2.1670, 2.2337, 1.3453, -7.9017, 2.0983, -2.5905, -0.5905, 1.2638, 2.1068, 0.5306, 10.5188, 12.0000, -0.0031, -0.0028, -0.0005, 0.0004)	8.37×10^{-52}
(0.4, 0), (0.95, 0), (0.7, 0), (0.95, 0)	(12.0000, 10.8034, 2.0219, 1.9957, 1.1919, -8.1643, 1.8357, -4.4918, -2.4918, 1.2159, 10.8200, 2.0466, 2.0384, 12.0000, -0.0028, -0.0028, -0.0004, 0.0002)	2.45×10^{-50}

表 3 Γ^+ 解と Γ^- 解が交互に求まる様子

	解 x^*	$\Gamma(x^*)$
1	(12.00, 2.11, 0.53, 10.28, 1.26, -7.90, 2.10, -2.64, -0.64, 1.35, 9.76, 2.17, 2.22, 12.00, -0.00, -0.00, -0.00, 0.00)	3.82×10^{-51}
2	(12.00, 2.11, 0.53, 10.29, 1.26, -7.90, 2.10, -2.57, -0.57, 1.33, 9.44, 2.17, 2.55, 12.00, -0.00, -0.00, -0.00, 0.00)	-4.01×10^{-52}
3	(12.00, 2.11, 0.53, 10.48, 1.28, -7.88, 2.12, -0.89, 1.11, 1.28, 2.11, 0.53, 10.72, 12.00, -0.00, -0.00, -0.00, 0.00)	7.45×10^{-52}

7. むすび

本論文では、非常に効率的な VGH 法を提案するとともに、その大域的収束性を証明した。また、提案手法が高い確率で安定解に収束することを示し、有名な篠田の問題に対して欧米レベルでの解決を与えた。

謝辞 本研究を行うにあたり、貴重な御示唆を頂きました中央大学名誉教授（現在早稲田大学教授）の篠田庄司先生に心から御礼申し上げます。

文献（下線は研究業績）

- [1] K. Yamamura and K. Horiuchi, "A globally and quadratically convergent algorithm for solving nonlinear resistive networks," IEEE Trans. Comput.-Aided Des. Integr. Circuits Syst., vol.9, no.5, pp.487-499, May 1990.
- [2] L. Trajković, R.C. Melville and S.C. Fang, "Finding DC operating points of transistor circuits using homotopy methods," Proc. 1991 Int. Symp. Circuits Syst., pp.758-761, Singapore, June 1991.
- [3] R. Melville, S. Moinian, P. Feldmann, and L.T. Watson, "Sframe: An efficient system for detailed dc simulation of bipolar analog integrated circuits using continuation methods," Analog Integrated Circuits and Signal Processing, vol.3, no.3, pp.163-180, May 1993.
- [4] R.C. Melville, L. Trajković, S.C. Fang, and L.T. Watson, "Artificial parameter homotopy methods for the DC operating point problem," IEEE Trans. Comput.-Aided Des. Integr. Circuits Syst., vol.12, no.6, pp.861-877, June 1993.
- [5] J. Ogrodzki, Circuit Simulation Methods and Algorithms.

CRC Press, Florida, 1994.

- [6] R. Geoghegan, J.C. Lagarias, and R.C. Melville, "Threading homotopies and dc operating points of nonlinear circuits," SIAM J. Optimization, vol.9, no.1, pp.159-178, April 1998.
- [7] 山村清隆, "理論が実用になるまで," 信学誌, vol.81, no.1, pp.33-36, Jan. 1998.
- [8] K. Yamamura, T. Sekiguchi, and Y. Inoue, "A fixed-point homotopy method for solving modified nodal equations," IEEE Trans. Circuits Syst. I, Fundam. Theory Appl., vol.46, no.6, pp.654-665, June 1999.
- [9] L. Trajković, "Homotopy methods for computing dc operating points," in Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, ed. J.G. Webster, vol.9, pp.171-176, John Wiley & Sons, New York, 1999.
- [10] W. Kuroki, K. Yamamura, S. Furuki, "An efficient variable gain homotopy method using the SPICE-oriented approach," IEEE Trans. Circuits Syst. II, Express Briefs, vol.54, no.7, pp.621-625, July 2007.
- [11] K. Watanabe and K. Yamamura, "A globally convergent variable-gain homotopy method for solving modified nodal equations," Proc. Int. Symp. Nonlinear Theory and its Applications, Sapporo, Japan, pp.507-510, Oct. 2009.
- [12] L. Trajković, "DC operating points of transistor circuits," Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, vol.3, no.3, pp.287-300, July 2012.
- [13] 篠田庄司, "線形回路と非線形回路," 電子情報通信学会 75 年史 (創立 75 周年記念出版), pp.249-255, 電子情報通信学会, 1992.
- [14] 山村清隆, 高橋重憲, "不動点ホモトピーを用いた修正節点方程式の大域的求解法," 信学論 (A), vol.J81-A, no.7, pp.1094-1098, July 1998.
- [15] M.M. Green, A.N. Willson, Jr., "How to identify unstable DC operating points," IEEE Trans. Circuits Syst. I, pp.820-832, Oct. 1992.
- [16] K. Yamamura and T. Miyamoto, "DC operating point analysis of transistor circuits using the variable-gain homotopy method," Proc. International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, B-T3-04, July 2012.
- [17] F. Okimori, Y. Yamamoto, T. Miyamoto, and K. Yamamura, "An efficient variable-gain homotopy method for DC operating point analysis of transistor circuits," 第 26 回 回路とシステムワークショップ論文集, pp.391-396, July 2013.
- [18] K. Yamamura and T. Miyamoto, "DC operating point analysis of transistor circuits using the variable-gain homotopy method," IEICE Trans. on Fundamentals, vol.E97-A, no.5, May 2014 掲載予定..

優秀賞・山村研 宮本 卓也

同窓会各委員会からのご報告

本会の会務は、5つの委員会により運営されています。各委員会の構成人数は3～5人程度、年齢構成は若手からベテランまでを含むことが好ましいと思っています。そうすれば、仕事や家庭の都合で出席できなくとも、他の委員がそれを補うことができるし、若手もベテラン委員について会務を遂行するうちに、自然に会務を習得しつつ、無理なく世代交代ができるからです。しかし、現状は、各委員会は、ほとんど委員長1人で運営されています。会員の皆様、幹事の皆様、是非に、いずれかの委員会に参加して、お力を貸して下さい。伏して、お願い申し上げます（会長コメント）。



同窓会財務委員会より

財務委員長：昭和57卒 辻 正吾

一本誌をご覧の会員様へのお願い

本同窓会誌は平成卒の会員の皆様と、昭和卒の再登録済み会員の皆様へお届けしています。

会誌をご覧になっていない同窓会未加入のご友人へ入会のお勧めにご協力ください。

■本誌をご覧の平成卒会員の皆様へお願い

平成卒では残念ながら会員数が減少の傾向にあり、本誌をご覧になっている会員様も年々少なくなっています。入会のご案内が例年、卒業間際の多忙な時期でもあり、卒論や就職、転居準備などで入会手続きをできなかった方も多いためです。同期の未入会のご友人がいらっしゃれば、ぜひご入会をお勧めいただきたくご協力お願いいたします。参考：直近3年間の入会者一覧（※1）をホームページに掲載しています。

あわせて、すべてのOB対象の懇親会（2014年11月16日、日曜、於：アルカディア市ヶ谷）（※2）へのご参加も同期お誘いあわせてお勧めくださいますようお願いいたします。（同窓会未加入OB参加可）

■本誌をご覧の昭和卒、再登録済み会員の皆様へお願い

昭和卒で本誌をご覧になっている方は会員再登録を済まされているのでよくご存知と思いますが、会誌38号（平成13年：2001年10月発行）（※3）のご案内しましたように、昭和卒の同窓会員は会誌発行事業費の納入により会員再登録をお願いします。しかしながら、会誌発行事業費納付による昭和卒会員の再登録を知らないまま、会誌の

送付が途絶えている方も多数いらっしゃると思われます。

そこで、ご面倒ではございますが、会員再登録されていない昭和卒のご友人または昭和卒同期のご友人に再登録をお勧めいただきたくお願い申し上げます。

会誌発行事業費納入済みの再登録会員様一覧はホームページ（※4）に掲載しています。一覧に氏名が掲載されていない昭和卒のご友人にはホームページをご案内のうえ会員再登録を済ませるようお願いください。

同窓会ホームページ <http://www.elect-chuo.com/>

※1 同窓会ホームページ メニュー：会員の皆様へ → 同窓会 新会員&名簿 → 入会者のご紹介

※2 同窓会ホームページ メニュー：イベント → 定例総会・懇親会

※3 同窓会ホームページ メニュー：会員の皆様へ → 会誌バックナンバー

2001年10月発行、会誌38号、P.8 お知らせ（会誌に記載のIDとPWが必要です）

※4 同窓会ホームページ メニュー：会員の皆様へ → 会誌発行事業費



同窓会ホームページ委員会より

ホームページ委員長 昭和40年卒 門原 健男

今年度もホームページの内容を充実させるために、下記に示すような内容のページ更新または新版を掲載いたしました。また、主要な各トップページの画像もリニューアルし、殆どの記事内容が画像中心ですので、どうぞご覧になって下さい。

1. 2013年 8月 2013年中大電気合同夏季合宿
2. 2013年11月 平成25年度同窓会総会・懇親会
3. 2013年11月 第34回中大電気OB会秋コンペ
4. 2013年12月 同窓会会誌第50号バックナンバーの掲載 --- このページを閲覧するためには“会員の皆様へ”をクリックした後、下記のIDとパスワードの入力が必要です。

5. 2013年12月 入会のご案内に各研究室を訪問
6. 2014年 1月 理工学部9学科合同新年懇親会
7. 2014年 2月 今井教授最終講義
8. 2014年 2月 平成25年度修士論文発表会
9. 2014年 3月 平成25年度修了式・卒業式・同窓会賞授与式
10. 2014年 3月 第35回中大電気OB会春コンペ
11. 2014年 4月 平成26年度入学式
12. 2014年 5月 技術士第二次試験ガイダンス

また、ホームページの更なる改良・改善のために、会員各位からのアドバイスやご提案をお待ちしていますので、ホームページの「事務局への連絡」フォームからどうぞご意見をお寄せ下さい。



同窓会事業委員会より

事業委員長： 平成2年卒 鳥巢 正義

同窓会事業委員会では、電気電子情報通信科在學生と卒業生との結びつきの活動をしております。

主な活動としましては、電気電子情報通信科の有志研究室による合同夏合宿への協賛、参加及び、修士論文発表への協賛、評価委員の参加のアレンジをしております。

今年度は、8月11日～8月13日に山梨県の石和温泉にて合同夏合宿が行われ、同窓会からは飯塚会長をはじめ、3名にご参加を頂きました。詳しく

くはホームページにてご確認をお願いします。

2014年に入りましたら、修士論文発表に参加させて頂く機会がございます。

本校に限らず、多くの卒業生が卒業後なかなか母校との接点を持つことはありませんが、中大電気電子情報通信科同窓会では、この2大イベントに卒業生の皆様が参加し、母校の大学生、大学院生、教授と接点を持つ機会を設けております。

卒業生皆様が積極的にご参加頂けることをお願いしたいと思います。

同窓会総務委員会より



総務委員長：昭和41年卒 渡辺 聰

総務委員会の活動の要旨は、同窓会の運営が滞りなく行われることにある訳ですが、目標としては、第1に同窓会員の募集と確保、第2には同窓会後継者の育成を挙げることができます。

かかる目標にかなう作業事項を文書すること

を当面の作業としております。先代総務委員からの指導に基づき、作業の全体像を把握し、先代からの仕事を間違いなく引き継げるように、また他の総務委員にもわかるようにすることが大切です。それらの作業事項を、時系列順に、目的と作業の内容について下表の如くまとめました。

作業順序	何時までに	何を	交渉相手	備考
------	-------	----	------	----

当面、挙げられる事項としては、①「幹事会招集と議事録作成までの手順」、②「修士論文の審査と入選選定作業手順」、③「卒業式から入学式までの一連の作業手順」、④「夏合宿における作業手順」、⑤「総会・懇親会直前～終了までの作業」、⑥「同窓会新年顔合わせ会に関する作業手順」などを文書化して、CDに記録し幹事会で配布しました。これにより、各総務委員がこれを参考にして手続き作業が出来るようになります。

新しく名簿管理委員会が創設され、会計作業も担当がきまり、事務局長補佐役も決まりました。

た。これら委員会の作業内容については、天野事務局長がまとめ、CDに記録が残りました。また定例の入・卒業式、夏合宿など大学の催し物に参加し会員予備軍の情報を収集しました。学会会への入会についても調査委員会が設けられ、検討資料を作りました。次年度はこの件を含めて残された作業事項（「総会にて選任された役員・常任幹事の連絡先一覧作成作業手順」など）の追加と修正を行い完成させたい。さらに一人でも多くの後継者をさがしたい。これに活動の重点を移します。



同窓会・会誌編集委員会より

会誌編集委員長：昭和47年卒 飯塚 信市

同窓会誌にとって必要な記事、並びに、その配列順序と言った会誌編集にあたっての基本構成は、昨年、ほぼ完成したものと自分では考えております。そのため、今年の会誌編集作業は、比較的、効率よく進めることができました。

「学科並びに専攻科の近況報告」、「新任のごあいさつ」、「退任のごあいさつ」に関しましては、例年同様、大学側関係者の皆様によるご協力を得ることができました。この場をお借りして、深く御礼申しあげます。

「教職員の皆様の自由投稿広場」に関しましては、今年は、普段から学生と身近に触れあう機会の多い、言わば、縁の下の力持ちである、教育技術員の皆様にお声を掛け、投稿をお願いしましたところ、2名の

方々から原稿をいただくことができました。ご多忙の中、誠に、有り難うございました。

昨年は欠けていた技術関係の記事に関しましては、修論発表会における同窓会賞受賞作品を掲載することができました。各修論作成者の皆様、本当に、ご苦勞様でございました。きっと、会員の皆様は、興味深くご覧になると思います。

今年もそうですが、やはり、今後の課題は、若い世代からの投稿や特別起稿を如何に収集するかですが、これらについては、日頃から幅広く様々な世代の卒業生と関係を結ぶと言った普段の努力が必要でしょう。また、原稿作成の労を省くためには、土木学科の同窓会誌のように、録音取材から原稿を起こすと言った手法も一考に値すると思われま

同窓会新会員のご紹介

卒業生・修了生を対象にした新会員の入会勧誘方法を、卒業・修了の予定者各人宛に氏名を予め印刷した「勧誘の文書」と「払込取扱票」を、これも記名済の封筒に入れて各研究室を訪問して学生達に直接手渡すことにして5年目となりました。

同窓会への入会者が減少しております。同窓会の収入は、新規入会者の「終身会費」と昭和年代卒業の方々からの「会誌発行事業費」及び総会出席者からのご寄付のみで、このまま推移しますと財政が逼迫してまいります。

本誌をお読みの会員の皆様の周辺で同窓の方々がいらっしゃいましたら、入会をお勧めして頂きたいようお願い申し上げます。

入会の手続を完了された方々を以下にご紹介します。会員一同は、新入会員を心から歓迎し、今後の同窓会の発展に積極的な参画を期待しております。

★ 入会された方々のお名前（2014年5月9日現在）

● 学部卒業生

野中 幹修さん（庄司研） 伊藤 慎一さん（築山研） 田口 真芳さん（橋本研）
鈴木 祐太さん（橋本研）

● 大学院修了生

栗田 知拓さん（築山研） 古河 達也さん（杉本研） 長島 亘さん（庄司研）
恩田 泰則さん（今井研） 李 云 虹さん（築山研）

● 既卒入会者

平成23年卒 水津沙織（旧姓：長島）さん（稲葉研）

以上合計：11名

訃報 この1年間に訃報に接した方々です。謹んでご冥福をお祈り致します。

徳丸 洋三 教授

永井 甫さん（昭和33年卒）

会誌発行事業費の集計報告（その13）

会誌50号発行以降に皆様から寄せられました「会誌発行事業費」について、集計結果とご協力頂きました方々及び今まで発行した会誌に記載漏れの方々のご芳名を報告いたします。尚、複数回御協力戴いた方々もおりますが初回のみのご芳名掲載と致します。

皆様のご協力を役員・幹事一同心より感謝申し上げます。今後も引き続きご協力をお願い申し上げます。

● 会誌発行事業費集計報告（2014年5月9日現在）

申込総口数：520口

申込総人数：353人

申込金額計：2,600,000円

収入金額計：2,579,800円（振込手数料20,200円差し引き後）

● 会誌発行事業費納付者ご芳名（卒業年順）

服部 修一 殿、村島 清 殿、斎藤 嘉範 殿、佐藤 隆夫 殿、西尾 英臣 殿、谷澤 茂 殿、
伏見 大吉 殿、蓮村 茂 殿、重富 朝暉 殿、野本 勉 殿、飯塚 信市 殿、塩澤 数人 殿、
小川 博文 殿、小林 誠 殿、佐藤 雅彦 殿、段下 茂樹 殿、三保谷英一 殿、小町 実 殿、
渡邊 高弘 殿、清水 賢治 殿

● 会誌発行事業費・終身会費の納付先口座のご案内

引き続き、昭和年代に学部を卒業された方のご納付をお願い申し上げます。

会誌発行事業費：1口5,000円 1口以上何口でも、

平成年代に学部を卒業された方は「終身会費（1万円）」の受付を行っておりますので、同窓で未納或いは未入会の方がおられましたらご協力お願いの声をかけて頂き、下記の口座をご紹介下さるようお願いいたします。

また、既に一度「会誌発行事業費」をご納付された方も再度のご協力を頂ければ幸いです。

【郵便振替口座】

口座番号：00130-7-752276

加入者名：中央大学理工学部電気・電子工学科同窓会

通信欄：住所・氏名・学部卒業年および「会誌発行事業費」か「終身会費」のいずれかの納付であることを必ずご記入下さい。

【銀行振込口座】

銀行名：三菱東京UFJ銀行

支店名：春日町支店

口座名：中大電気同窓会

口座番号：（普通）0286586

注意事項：同窓会HP（<http://www.elect-chuo.com/>）「事務局への連絡」経由で

1. 振込年月日

2. 学部卒業年（年度ではありません）

3. 郵便番号、住所、自宅電話番号

をご連絡下さい。理由は、銀行口座ではお名前のみしか分からないためです。

● 同窓会ホームページ

会誌発行事業費の納付者氏名等の状況は、下記URLで逐次更新しております。

<http://www.elect-chuo.com/> から、TOP ページ > 会員の皆様へ > 会誌発行事業費 へ進む。

会 計 報 告

平成24年度会計報告

(平成24年4月1日～平成25年3月31日)

本会計報告は、平成25年11月17日に開催された平成25年度総会にて承認されました。

収入の部

前年度よりの繰越金	1,773,340円
平成24年度総会会費	186,000円
預貯金利息	220円
雑収入	0円
終身会費	120,000円
寄付金	21,547円
会誌発行事業費寄付	60,000円
協賛金(修論発表会等)	90,000円
(アイコンテクノ(株)様、(株)ウッズ様、 (株)城南サービス様)	

収入合計 2,251,107円

支出の部

平成24年度総会費	200,000円
通信及び印刷費	378,301円
事務・運営費	13,986円
名簿関係事務費	38,480円
慶弔費	0円
修論同窓会賞副賞	87,628円
次年度繰越金	1,532,712円

支出合計 2,251,107円

上記、平成24年度会計報告の収支計算は、適正に表示しているものと認める。

平成25年4月17日

築山修治 ㊞

平成25年度会計報告

(平成25年4月1日～平成26年3月31日)

本会計報告は、平成26年11月16日開催予定の平成26年度総会にて承認を諮る予定です。

収入の部

前年度よりの繰越金	1,532,712円
平成25年度総会会費	273,000円
預貯金利息	202円
雑収入	0円
終身会費	110,000円
寄付金	48,427円
会誌発行事業費寄付	130,000円
協賛金(修論発表会等)	120,000円
(アイコンテクノ(株)様、(株)ウッズ様、 (株)城南サービス様)	

収入合計 2,214,341円

支出の部

平成25年度総会費	314,521円
通信及び印刷費	261,690円
事務・運営費	61,317円
名簿関係事務費	30,280円
慶弔費	10,000円
修論同窓会賞副賞	98,915円
次年度繰越金	1,437,618円

支出合計 2,214,341円

上記、平成25年度会計報告の収支計算は、適正に表示しているものと認める。

平成26年4月16日

築山修治 ㊞

【編集後記】

会誌編集委員会 委員長：昭和47年卒 飯塚 信市



会員の皆様並びに教職員の皆様、今年も、多数の投稿をいただき、本当に、ありがとうございます。お陰様で、今年もなんとか、会誌51号の発行に漕ぎ着けることができました。

猛暑の夏、終戦記念日、うだる暑さの中で、この原稿を書いております。つい一昨日、学生さん主催の夏合宿にて、修士入学予定の学部4年生、並びに、修士1、2年学生（総勢200名弱）と一緒に、二泊三日の予定にて石和温泉に行き、スポーツイベント優勝研究室への同窓会賞贈呈をして参りました。

初日の晩は、クイズ大会やらビンゴに参加させていただき、二日目は、恒例の研究室対抗ソフトボール大会の予定が、雨のため、体育館にてドッジボール大会、我々爺さんの出る幕はありませんでしたが、20代前半の皆さんによる白熱した試合を楽しく観戦させていただきました。

翻って、我々昭和47年卒の大学時代と言え、学園紛争のさなか、初年度は1年間を通じてロックアウト、その後も、ヘルメットを被った活動家がうろうろする中、立て看板に囲まれながらの通学、今の学生さんの明るい笑顔や気さくな教授との楽しいやり取り等々を見ていると、多少の就職難があろうとも、今の学生さんは結構幸せなんだと実感した二日間でした。

さて、本年の同窓会誌ですが、ご覧のように、後半約40頁は、先の修士論文発表会にて発表された41件の論文の中で、同窓会から優秀賞並びにスポンサー賞（アイコンテクノ賞、ウッズ賞、城南サービス賞）を受賞された10件の修士論文

のレジュメを掲載いたしました。これは、受賞論文については、そのタイトルのみではなくて、内容も見たいとする会員多数の要望にお応えするものです。20代から80代に至る60世代の会員の皆様、それぞれの世代の感覚並びにそれぞれの技術的背景に照らして、我が学科の現在の研究成果をご賞味いただければと存じます。

今年も、教員の去就がありました。暗号の分野にて多大なる功績を残され、また多数の有能な研究者を世に送り出された今井秀樹教授、定年退職、本当に、ご苦労様でございました。一方、大学時代は空手道の大学選手権にて活躍され、その後、米国にて博士号も取得された文武両道の士、諸麥俊司准教授、生体情報計測や医療福祉機器を研究テーマとする研究室の立ち上げ、期待しております。本年、お亡くなりになられた徳丸先生、ご冥福をお祈り申し上げます。

特別起稿もありました。平成6年、徳丸研究室卒業の三浦康文様、ご多忙の中、卒業から現在に至る自己の業務経歴をドラマチックに吐露いただき、感謝に堪えません。偶々、私が中大電気ゴルフコンペの世話役、三浦様がコンペ不参加の知人というだけの関係でしたが、現在、福島原発の後始末御担当と聞き及び、是非に、奇特新ご体験をと投稿をお願いした次第です。卒業後、自分の進む方向が見定まらず、徒に、就職に躊躇する若者が多い中、三浦様の原稿は大変に清々しく拝読させていただきました。今後もご活躍を期待申し上げます。

その他、ご多忙の中、「自由投稿広場」へ初めて投稿いただいた教育技術員の遠藤泰陽様並びに坪井秀夫様、ご丁寧な「学科並びに専攻科の近況報告」をいただいた庄司一郎教授、心より感謝申し上げます。

中央大学理工学部電気電子情報通信工学科同窓会 会誌第51号

発行所：中央大学理工学部電気電子情報通信工学科同窓会

〒112-8551 東京都文京区春日1丁目13番27号

FAX：(03) 3817-1847

URL：http://www.elect-chuo.com/

発行日：2014年10月1日

編集人：飯塚 信市

発行人：飯塚 信市

同窓会総会・懇親会開催のお知らせ

平成 26 年度「同窓会総会・懇親会」を下記の通り開催します。本年度の総会は、平成 2 年卒と昭和 57 年卒の皆さんが運営「実行委員会」を担当いたします。総会終了後に「講演会」「懇親会」を開催いたしますので、多数の皆様にご出席賜りたくご案内申し上げます。

【記】

【日時、会場、受付、会費】

日 時：2014年11月16日(日) 受付 10:30 総会 11:00 講演会 11:30 懇親会 12:15
受 付：10:30 市ヶ谷 アルカディア市ヶ谷 (私学会館)
会 場： 同 上
住 所：東京都千代田区九段北 4 - 2 - 25
会 費：昭和卒 ~平成 16 年卒 ¥7,000 -
平成 17 年卒~平成 26 年卒 ¥3,000 -
ご来賓、在学生、ご同伴者は無料

【総会・講演会】

会 場：アルカディア市ヶ谷
総 会：11:00 ~ 11:30
講演会：11:30 ~ 12:00

講演者 1 佐藤雅彦氏 (株式会社日立製作所)

テーマ 『デジタルストレージシステムの進化』 (予定)

講演者 2 秋本健司氏 (ルネサスセミコンダクターマニュファクチャリング)

テーマ 『生産の現場で見た半導体生産の変遷』 (予定)

(NEC、エルピーダ、NEC エレクトロニクス、ルネサスエレクトロニクス)

【懇親会】

会 場：アルカディア市ヶ谷
懇親会：12:15 ~ 14:30

返信葉書は、10月31日(金)必着でご投函下さい。
誠に恐れ入りますが、52円切手をお貼り願います。



会誌発行事業費 ¥5,000/1口 (1口以上お願いいたします) を以下の郵便または銀行口座に、住所、氏名、学部卒業年 (年度ではありません) をご記入のうえお振込みください。

郵便	銀行
口座番号：00130-7-752276	三菱東京 UFJ 銀行 春日町支店
加入者名：中央大学理工学部電気・電子工学科同窓会	(普) 0286586 中大電気同窓会

中大電気同窓会 総会・懇親会 会場のご案内



◆所在地 〒102-0073 東京都千代田区九段北4-2-25
TEL:03-3261-9921 FAX:03-3261-9931

◆交通のご案内

-JR-

・中央線（総武線：各駅停車）市ヶ谷駅から徒歩2分

-地下鉄-

・有楽町線・南北線 市ヶ谷駅（1またはA1）出口から徒歩2分

・都営新宿線 市ヶ谷駅（A1またはA4）出口から徒歩2分

～お申込み～

参加ご希望の方は、会誌に同封のハガキか同窓会ホームページからお申し込みください。

名札を準備しますので、事前のお申し込みが必要です。申込締切日：10月31日（金）必着
人数把握と名札の準備都合がありますので事前に申し込みをお願いします。

※ホームページからお申し込みの場合、総会・懇親会出席と明記してください。

会員の皆様の近況寄稿もお寄せください。

会誌に同封のハガキか同窓会ホームページの「事務局への連絡」をご利用ください。

会誌掲載可否も必ずご記入ください。

懇親会は早めの終了設定ですので、同期や研究室の仲間と二次会など開かれてはいかがでしょうか？