



東京支部学生会 学生会報 第18号  
Student Journal 2013

**特 集**

**『新エネルギーについて』**

一般社団法人電子情報通信学会  
東京支部学生会

## 目次

平成 24 年度東京支部運営委員一覧  
東京支部学生会運営委員一覧  
東京支部学生会顧問一覧

### 特集：「新エネルギーについて」

1. 新エネルギーの導入を支えるパワーエレクトロニクスと情報通信技術	荒井 純一（工学院大）	... 1
2. 新エネルギーとしての核融合エネルギー	高橋 俊樹（群馬大）	... 5
3. 宇宙太陽発電とマイクロ波技術	本城 和彦（電通大）	... 9
4. スイッチングパワーアンプの高効率化技術	関屋 大雄（千葉大）	... 15

### 平成 23 年度東京支部学生奨励賞 受賞論文

1. 電子白杖利用時の障害物通知制御方式	伊藤 早季（芝浦工大）	... 21
2. Seeker Optimization Algorithm による IIR フィルタの設計	伊東 洋祐（東京電機大）	... 22
3. LN 位相変調器を用いた簡易型インライン偏波位相ダイバーシティ	井上 幹也（東京農工大）	... 23
4. マイクロ波エネルギーを用いた組織凝固デバイスの開発	井之上瑞紀（千葉大）	... 24
5. アドホックネットワークにおけるユーザ使用頻度に応じた経路構築方式	岩岡 昌幸（芝浦工大）	... 25
6. チャネル状態情報が一部欠損したときの階層型部分的非直交ブロック対角化基地局間 連携マルチユーザ MIMO 伝送法	大島 佑介（東京理科大）	... 26
7. Web 文章における閲覧時間に基づく意外性に着目した情報推薦	折原レオナルド賢（都立産技高専）	... 27
8. キャリア・クロック抽出による特徴検出を用いたスペクトルセンシング方式	櫻井 健大（茨城大）	... 28
9. SURF 特徴量および形状特徴量を用いた物体識別手法	佐志原めぐみ（東京農工大）	... 29
10. ルータのトラフィック制御によるネットワーク消費電力削減方式	三瓶 明仁（芝浦工大）	... 30
11. パイプライン PWMDAC の出力波形の検討	芝端 成元（青学大）	... 31
12. ハニカム構造平行平板の内部電磁界測定による円筒波伝搬特性評価	高野 泰朋（東工大）	... 32

13. AR ホワイトボード: 実物体インタフェースを用いて実空間情報とデジタル情報を融合する拡張板書環境	塚田 裕太 (群馬高専)	... 33
14. 赤外線待ち受け回路の省電力化の検討	永島 直也 (青学大)	... 34
15. 軽量ヒューマノイドロボットの跳躍動作生成に対する検討	原 靖典 (日大)	... 35
16. 手指画像中における爪類似色の密集度に着目した爪認識システム	藤嶋 教彰 (筑波大)	... 36
17. 医療診断における嚙下動態の音響的特徴検出手法の検討	星 勇輝 (東京電機大)	... 37
18. 乳腺超音波画像からの異常検出に関する研究	山崎 優大 (東邦大)	... 38

#### 講演会・見学会の感想

1. 音声分野における雑音との戦い	石川 晶子・坂本麻衣子 (埼玉大)	... 39
2. 可視光の力	市川 浩之・海寶 慶・山崎 卓也・天野 裕太 (千葉工大)	... 40
3. (株)日立製作所大みか事業所 見学会	柳澤 隆久・今野 拓矢・入江 克成 (茨城大)	... 41
4. NEC 玉川事業所 企業見学会	山形 俊介・于 冰 (早大)	... 42

平成 24 年度東京支部学生会事業一覧	... 43
---------------------	--------

編集後記	... 44
------	--------

## 平成24年度東京支部運営委員

(敬称略・順不同)

支部長	鈴木 博	東工大	委員	上田 賀一	茨城大
次期支部長	茨木 久	NTT	委員	森 大毅	宇都宮大
庶務幹事	石原 智宏	富士通研	委員	鍋島 英知	山梨大
庶務幹事	小西 善彦	三菱電機	委員	佐伯 勝敏	日大
会計幹事	中村 元	KDDI	委員	上原 清彦	茨城大
会計幹事	岩田 淳	NEC	委員	笠井 裕之	電通大
委員	上原 一浩	NTT	委員	加保 貴奈	NTT
委員	奥村 幸彦	NTTドコモ	委員	此島真喜子	富士通研
委員	荒木壮一郎	NEC	委員	相良 和彦	日立
委員	眞田 幸俊	慶大	委員	難波 忍	KDDI研
委員	柴垣 信彦	日立	委員	檜枝 護重	三菱電機
委員	吉田 幸司	パナソニック	委員	天野 一幸	群馬大
委員	中里 秀則	早大	委員	亀井 利久	防衛大

以上 26 名

## 平成24年度東京支部学生会運営委員

(敬称略・順不同)

委員長	和田生久真	日大	委員	長谷川和博	成蹊大
副委員長	谷垣 俊秀	防衛大	委員	池田 一樹	神奈川工科大
書記	岩田 成玄	防衛大	委員	田中 健太	神奈川工科大
委員長補佐	眞下 祐一	日大	委員	井上 孝重	神奈川工科大
委員	レ・ホアン・ロク	防衛大	委員	柳澤 隆久	茨城大
委員	會津 陽介	防衛大	委員	島崎 拓也	茨城大
委員	箴 恒介	埼玉大	委員	松本 恵一	上智大
委員	加藤 文哉	埼玉大	委員	森本 悟	法政大
委員	加藤 達也	埼玉大	委員	稲葉 和也	法政大
委員	石川 晶子	日本女子大	委員	滝 慎太郎	法政大
委員	坂元麻衣子	日本女子大	委員	山形 俊介	早大
委員	小野 佑馬	東京都市大	委員	于 冰	早大
委員	高瀬江里子	東京都市大	委員	吉士 真輝	都立産技高専
委員	市川 浩之	東京都市大	委員	針谷 彬	都立産技高専
委員	海寶 慶	千葉工大	委員	大越 祐輔	拓殖大
委員	山崎 卓也	千葉工大	委員	小笠原恒平	拓殖大
委員	大日方裕也	横浜国大	委員	須郷 剛裕	拓殖大
委員	佐藤 克憲	横浜国大	委員	加瀬澤洗多	山梨大
委員	山下 靖貴	東大	委員	二木 優一	山梨大
委員	柴田 龍一	東京電機大	委員	松下 修造	山梨大
委員	篠宮 佑太	東京電機大	委員	一橋 和真	山梨大
委員	金子 智大	東京電機大	委員	石田 祐大	東京工科大
委員	大野 勝洋	東京電機大	委員	土屋 智将	東京工科大
委員	福室 秀和	群馬大	委員	武井雄一郎	明大
委員	川島 優人	群馬大	委員	川村 健人	明大
委員	岩城 晃二	電通大	委員	大浜 俊樹	明大
委員	土居 祐太	電通大	委員	鈴木 智史	東海大
委員	眞田 耕輔	千葉大	委員	野内 佳太	東海大
委員	松田 祐輝	千葉大	委員	加藤 勇也	東海大
委員	工藤 雄太	中大	委員	白子 匠	東海大
委員	西林 聖宜	中大			

以上 61 名

# 平成24年度東京支部学生会顧問

(敬称略・順不同)

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

以上 62 名

# 特集

「新エネルギーについて」

# 新エネルギーの導入を支える パワーエレクトロニクスと情報通信技術

工学院大学教授  
荒井 純一

## 1. 新エネルギーの必要性

地球温暖化あるいは化石資源の枯渇などエネルギー面で我々は座視してられない状況に直面しつつある。特に我が国では 2011 年の東日本大震災以降従来のエネルギーに変わる新しいエネルギーの開発・利用が期待されている。ご承知のように独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）にて我が国における新エネルギーおよび高度利用エネルギー技術が定義されている。趣旨はそこに書かれているように、新エネルギーとは再生可能エネルギーのうち特に導入を促進すべきエネルギー源として定義されているものである。

著者は電力エネルギー分野を専門としており、新エネルギーの中でも太陽光発電、風力発電を研究テーマとして取り上げてきた。また同じく NEDO にて革新的なエネルギー高度利用技術として普及促進を図るものにあげられている燃料電池なども研究テーマとして取り上げてきた。ただし、それぞれの装置の内部を直接研究対象とするのではなく、それらを有効に活用するための研究を行ってきた。つまりより多くの新エネルギーを導入するために必要な技術を研究対象としている<sup>(1)(2)</sup>。

## 2. 新エネルギーにおけるパワーエレクトロニクス装置

ここでは新エネルギーとパワーエレクトロニクスについて話を進める。なぜならば新エネルギーの中で上に記述したものは直流で発電される。従ってその直流を交流に変換する必要があり、そこにはパワーエレクトロニクス装置であるインバータが使われている。太陽光発電では図 1 に示すように太陽電池セルを組み合わせた太陽電池モジュール、それを直並列に接続して所望の定格の発電装置に組上げている。その発生直流電力をインバータで交流に変換している。実際には太陽光モジュールは太陽の日射強度に比例して電力も電圧も変化するので直流チョッパを入れてインバータに適する直流電圧に昇圧しており、チョッパとインバータを含めてパワーコンディショナと呼んでいる。これらのチョッパもインバータもパワーエレクトロニクス装置である。風力発電では発電機としてこれまではかご形誘導機が使われていたが、最近では高効率運転を可能にする巻線形誘導機を用いた可変速型が多く使われるようになってきた。この装置は図 2 に示すように回転子の三相巻線へ軸の回転数と商用周波数の差の周波数成分を供給

するインバータ回路が使われている。さらに家庭用コジェネとして実用化され始めてきた燃料電池も図3に示すように直流で発電するのでインバータが使われている。電力分野ではナトリウム硫黄電池のような新型の二次電池が普及し始めており、これも図4に示すように直流で充放電するのでインバータが使われている<sup>(3)</sup>。このように多くの新エネルギーはインバータで配電回路へ接続して使われる。逆に言えば、交流側から見るとインバータの特性が大きく影響することとなる。

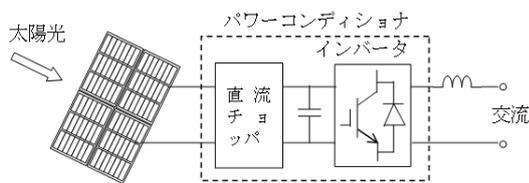


図1 太陽光発電

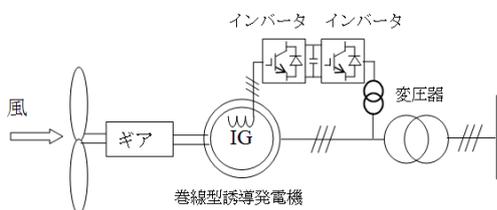


図2 風力発電

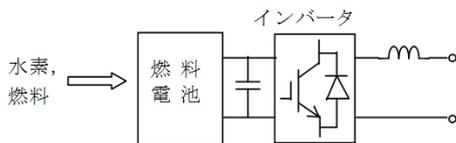


図3 燃料電池発電

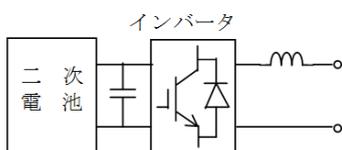


図4 電力貯蔵装置

### 3. 新エネルギーの出力制御

インバータが交流側に有効電力および無効電力を出力するには制御が必要である。インバータは図1に示したように、その直流側に直流電圧維持用コンデンサ、交流側にリアクトルあるいは変圧器を接続した構成となる。このリアクトルは商用周波数に対してリアクタンス分(X)を与える。実はこのリアクタンス分がないと電力を出力できないのである。このリアクトルは絶縁を取る場合には変圧器に置き換わる。

図5にリアクトルと電圧を示す。一方にインバータが発生する交流電圧  $V_1 \angle \delta_1$ 、 $V_1$  は振幅で  $\delta_1$  は電圧位相であり、もう一方にインバータがつながる配電線側電圧  $V_2 \angle \delta_2$  がある。発電装置としての出力は配電線側で定義されるので、図5での有効電力  $P_2$  と無効電力  $Q_2$  が新エネルギー装置の出力であり、それは式(1)で表される。

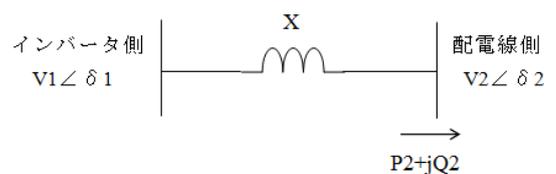


図5 インバータ出力

$$\begin{cases} P_2 = \frac{V_1 V_2}{X} \sin(\delta_1 - \delta_2) \\ Q_2 = -\frac{V_2^2}{X} + \frac{V_1 V_2}{X} \cos(\delta_1 - \delta_2) \end{cases} \quad (1)$$

$V_2$  は配電線側で決まる電圧振幅である。この  $P_2$  および  $Q_2$  を出力するには、この式よりわかるように、インバータは配電線側電圧と

の位相差 ( $\delta 1 - \delta 2$ ) を持った振幅  $V1$  の交流電圧を発生しなければならない。そのために制御では、配電線側の電圧の振幅を検出すると同時に配電線側の電圧位相  $\delta 2$  を検出しなければならない。電圧位相の検出方法として一般に PLL 方式が使われている<sup>(4)(5)(6)</sup>。そしてインバータの発生する交流電圧  $V1$  は配電側電圧の位相が動けばそれに合わせてある位相差を維持するように制御されなければ出力が  $P2, Q2$  にはならないのである。つまり新エネルギーの特性はインバータの特性、つまりインバータ制御特性で決まると言える。

#### 4. パワーエレクトロニクス技術

インバータなどのパワーエレクトロニクス装置は、一般的には図 6 に示すような技術の組み合わせにより作られている。それらは IGBT などの半導体素子（バルブデバイス）技術、素子の発熱を取りのぞく冷却技術、そして高速な制御・保護技術である。これら技術の組み合わせの上にその装置を使う条件にあうようにパワーエレクトロニクス装置は設計され製造されている。

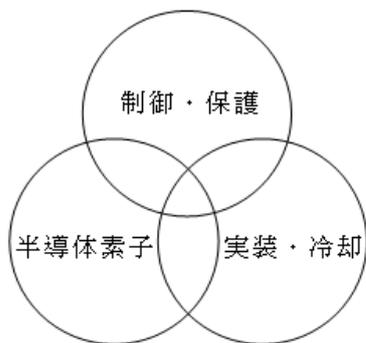


図 6 パワーエレクトロニクス技術

上記のような技術をもとにして新エネルギーの電力エネルギーは作り出されている。現在は太陽光発電などは天候に依存して、いわゆる「できなり」に発電しているしかし今後は出力の積極的な制御がされるようになり、新エネルギーを含めた全体最適化に向かう。それが次に示すスマートグリッドである。

#### 5. スマートグリッド

スマートグリッドでは情報通信技術を活用してエネルギーの有効利用をめざしている<sup>(7)</sup>。当然スマートグリッドでは多くの新エネルギーや電力貯蔵装置の導入が期待されている。新エネルギーの多くは天候まかせで出力が変化するので、これを一定にする要求が出てくる。ただし発電だけを一定にする必要はなく負荷も含めて、ある地域やある部分系統で消費電力あるいは発電電力を一定にすることがエネルギー利用の面からは好ましい。これを情報通信技術にて実現していく必要がある。

例えば太陽光発電はその出力は天候に依存する。しかし装置自体は発電している電力量は常に把握しているので、その情報を提供することができる。それらの情報と負荷量の情報を元にして電力貯蔵装置の充放電運転指令値を作り出すことができ、いわゆる電力の平準化ができるようになる。そのようなことを実現するには、どのような情報をどのように伝送しどのように処理するのかを構築していかなければならない。伝送に関してはインターネットが使われるようになるであろう。しかしそこにはセキュリティ確保の課題と制御に要

求される決められた時間内に処理を終わらせるミッションクリティカル性に対する課題があるろう。

スマートグリッドでは一般家庭の電気器具もその情報網の中に位置づけられる。その消費電力の情報も新エネルギー発電の情報もスマートグリッドの情報網の上を通り、電力貯蔵装置の制御だけでなく負荷や新エネルギー発電の運転制御も行われるようになる。

新エネルギーは今後も開発、活用されて行かねばならない。電力エネルギーと情報の組み合わせは今後のスマートグリッドにおいてはより重要なものとなる。そこに情報通信の新技术が期待されている。

風力発電が導入された場合の電力貯蔵装置の不感帯型周波数制御, 電気学会論文誌 B, Vol.132, No.8, pp.709-717, 2011.

- 3) 伊勢敏史, 田中祀捷監修, 電力システムにおける電力貯蔵の最新技術, シーエムシー出版, 5月, 2006年
- 4) 電気学会技術報告 1084, 「パワーエレクトロニクス機器の制御技術」, 7月, 2000年
- 5) Muhammad H. Rashid, Power Electronics Handbook, Elsevier Inc. 2001
- 6) V.K.Sood, :” HVDC AND FACTS CONTROLLERS” , Kluwer Academic Publishers, 2004
- 7) 経済産業省ホームページ, スマートグリッド・スマートコミュニティ, 2011

## 略歴



荒井 純一 (あらい じゅんいち)  
1972 年早稲田大学理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。1972 年東芝入社。2006 年より工学院大学電気システム工学科教授。

博士 (工学)。新エネルギー利用, 電力系統研究, パワーエレクトロニクス活用などの研究に従事。電気学会上級会員, 電気設備学会正員, IEEE Senior 会員, IET フェロー, C. Eng.

## 参考文献

- 1) 荒井純一, 安斎雄亮, 電力貯蔵装置の風力発電出力平準化制御方式, 電気設備学会誌, Vol.31, No.11, pp968-973, 2011
- 2) 小野貴之, 荒井純一, 電力系統に大量の

# 新エネルギーとしての核融合エネルギー

群馬大学大学院工学研究科 准教授

高橋 俊樹

## 1. 核融合エネルギーとは

3.11の大震災と原発事故をうけて、エネルギーに対する国民の関心は高まっている。原発継続の是非は、今度の選挙の争点で、日本の将来を決める重要なテーマである。これは、資源に乏しい日本国民が高度に成熟した文明（つまり、エネルギーを高いレベルで消費する文明）を享受している限り、必然といえる。今回、「新エネルギー」をテーマとした特集が企画されたのも、このような背景があるからに違いない。

さて今回の特集で、読者諸氏は、バイオマス、太陽光、マイクロ水力などによる発電や、燃料電池自動車などクリーンエネルギー自動車の話を期待しているのではないだろうか。日本政府も新エネルギーを普及するとは、いわゆる「再生可能エネルギー」の利用を促進すること、としている。つまりここで期待されていることは、我々が自然界でいくら利用しても、それ以上に補充されるエネルギーの開発状況報告について、なのかもしれない。

残念ながら、ここで貴重な紙面を頂戴しているのは「核融合エネルギー」について、である。「核」とつくため、「原発」と同様に放射能をイメージする方も多いただろう。原発は、ウランやプルトニウムといった大きな原子核の分裂

によって発生するエネルギーを利用するものである。一方、核融合エネルギーとは、水素やヘリウム（の同位体）といった小さな原子核が融合するときに発生するエネルギーのことである。水素の同位体である重水素と三重水素が核融合反応を起こし、ヘリウムと中性子が発生する様子を、イメージにしたものが図1である。原子核を構成する陽子と中性子を核子というのが、反応前は2個と3個の核子の組み合わせで、反応後は1個と4個の組み合わせになる。核子の数は保存しているが、この組み合わせが変化することが原因して、反応前後の原子核質量を比較すると、反応前の方がわずかに大きくなる。反応によって失われた質量を質量欠損という。これを $\Delta m$ と表記すると、読者諸氏もご存じのアインシュタインが発見した有名な公式

$$(\Delta E) = (\Delta m)c^2$$

によって、不足質量分のエネルギー $\Delta E$ が発生することになる。核融合燃料である重水素は、ドラム缶1本分の海水から数gしかとることができない。しかし、1gからタンクローリー1台分の石油に相当するエネルギーを作り出すことができるので、厳密には再生可能ではないが、ほぼ無尽蔵のエネルギー源といってよい。

にもかかわらず、国民の認知度は低く、あま

り期待されていない。一方で、3.11以降、大規模太陽光発電、いわゆるメガソーラー建設計画は各地に持ち上がっている。そこで、少し太陽光発電について触れてみたい。

日本には、最大で  $1 \text{ kW/m}^2$  の太陽光が降り注いでいる。この 15% を電気エネルギーにすることができるとすれば、 $150 \text{ W/m}^2$  を発電することができる。したがって、もし常に太陽光が降り注げば、1 平方 m で  $60 \times 60 \times 24 \times 365$  をかけて、年間  $4,730,400,000 \text{ J/m}^2$  発電可能となる。しかし、実際には、日照時間を考慮する必要がある。東京などは半分が夜であり、昼の半分が雨や曇りであるので 1 年のうち 25% が発電可能な状態であるといえる。さらに、太陽高度を考慮して 15% 程度、さらにソーラーパネル表面の汚れなどを補正して、(悪く見積もりすぎかもしれないが)、 $4,730,400,000 \text{ J/m}^2$  の 10% が発電されるとしよう。2009 年の日本の年間消費エネルギーは  $14,394 \text{ PJ}$  (ペタジュール) である。このためには、だいたい  $3 \times 10^{10} \text{ m}^2$  が必要となる。日本の面積は  $3.77 \times 10^{11} \text{ m}^2$  であるので、大まかには日本の 1 割の面積が必要となる。これは九州の面積に相当する。全てのエネルギーを太陽光発電でまかなおうとすれば、広大な土地が必要になることがわかる。

太陽光は日本のどこにでも降り注ぐ魅力的なエネルギー源であり、うまく利用するに越したことはない。しかし、エネルギー密度が小さいので、工業地帯など大電力を消費するところでの利用は、適していないだろう。民生のエネルギー利用を太陽光でまかない、製造業や大都市

での利用などは、大電力発電が必要なのである。我々は、そのために核融合発電を実現すべく研究しているのである。

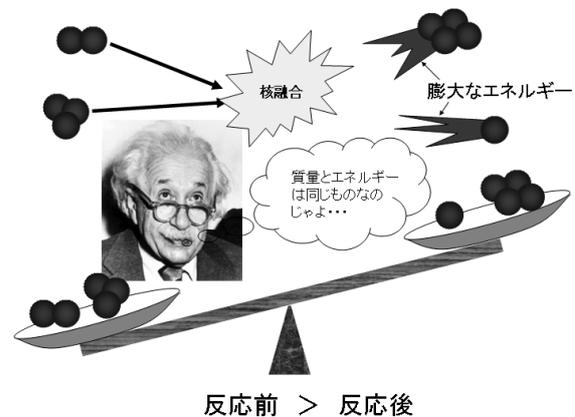


図 1 : 筆者が核融合エネルギーを説明するためによく使っている図。

## 2. 磁気閉じ込めプラズマによる熱核融合

現在の核融合研究について、説明しよう。核融合は、正の電荷を持つ原子核同士が衝突することによって起こる。2 つの正の電荷の間には、クーロン斥力がはたらくため、衝突させることは容易ではない。高いエネルギーが必要となる。加速器を用いて一つ一つの電荷を加速し、核融合エネルギーを得るのは効率が悪い。そこで、高温・高密度のプラズマを生成し、その中で核融合を起こそうというのが、現在の考え方である。プラズマとは、正電荷のイオン(原子核)と負電荷の電子がほぼ同数だけ存在する、準中性な電離気体のことである。プラズマの温度を高くすれば、プラズマ中の原子核が激しく動き回り、クーロン障壁を越える相対エネルギーで衝突することも可能になる。その結果、核融合反応が起こる。この核融合反応は、ランダムな熱運動の結果として生じるので、熱核融合という。しかし、高温・高密度のプラズマ状態を維

持するためには、プラズマが拡散・散逸しないように「閉じ込める」ことが必要になる。真っ先に思いつくのは、容器に封入することだろう。この場合、高温プラズマによって容器は損傷され、プラズマ中に不純物が混入することになり、温度は輻射によって急激に低下する。容器とプラズマと直接的な熱のやりとりもあり、高温状態を維持することができない。したがって、プラズマを構造体に接触させてはならない。そこで、磁場によってプラズマと容器を絶縁する方法が考案された。これが「磁気閉じ込めプラズマ」方式である。著者は、高校で核融合について模擬授業をすることがあるが、磁気閉じ込めの原理はゴム風船を使って説明している。ゴム風船が磁場であり、中に閉じ込められた高压の空気がプラズマである。風船の内部圧力と大気圧には圧力差があるため空気は膨張しようとするが、それをゴム風船の張力で内向きに押さえつける。磁場も張力を生み出す役割をなし、

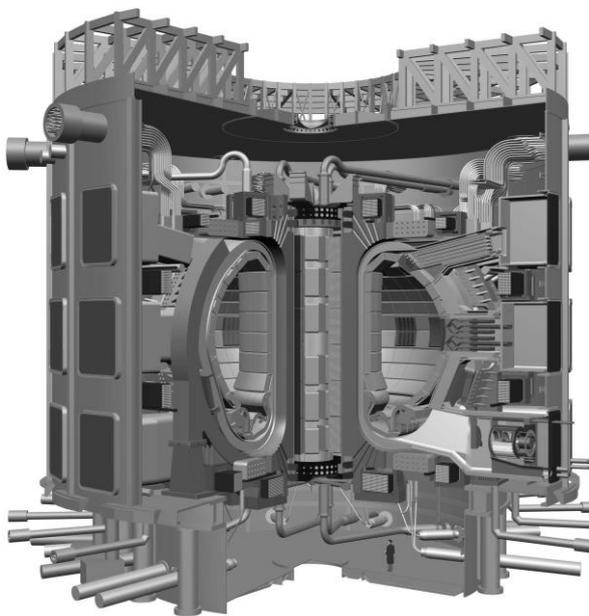


図 2 : 国際熱核融合実験炉 ITER<sup>1)</sup>.

これによって高温・高密度のプラズマが閉じ込められる。現在、最も高性能な磁気閉じ込めは、ドーナツ型のトカマク方式と呼ばれるものでなされる。最も安定に長時間、閉じ込めることができる。このトカマク方式を採用して、日、米、欧、露、中、韓、印といった国々の国際協力のもと、国際熱核融合実験炉 ITER<sup>1)</sup>が、フランスのカダラッシュに建設されている。図 2 がその完成予定図である。装置の大きさがわかるように、図の下部に、人が描かれている。また、中央の抜けている部分が、ドーナツ型の真空容器であり、プラズマをそこに閉じ込める。開発状況は HP<sup>1)</sup>で随時報告されているので、興味のある読者は参照されたい。

### 3. コンパクトな核融合炉を目指して

これまでは、核融合研究の本流について説明してきた。ITER 計画は、明らかに「巨大科学」の一つである。もし、この本流である ITER 計画が躓いてしまうと、核融合研究は終焉を迎えることになるのだろうか。実際には、トカマク方式以外にも、様々な方式が存在する。著者は、これら種々の方式が連携しあい、有機的に発展する形態が核融合開発として望ましいと考える。現段階では性能が劣るために支流であるが、恐竜の時代に生きた哺乳類のように、爆発的な発展(ブレイクスルー)の可能性もあるからだ。著者の研究室では、ある一定の磁場を与えたときに、磁気閉じ込め方式の中でプラズマ圧力を最も高くできる閉じ込め方式について研究を

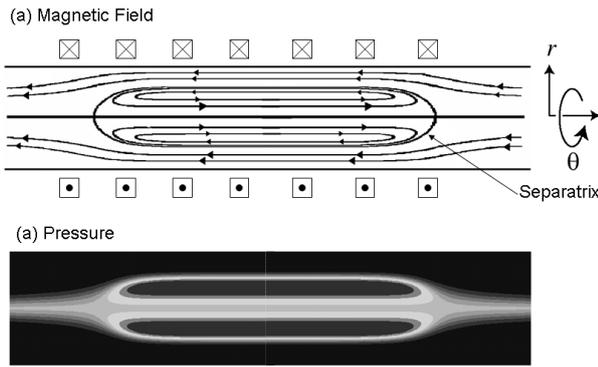


図4：磁場反転配位 (FRC)。

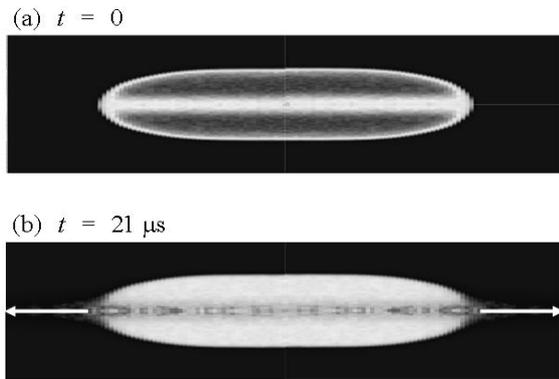


図5：磁場反転配位 (FRC) における粒子損失。

行っている。このプラズマを使えば、一定の核融合出力を得るための装置サイズをコンパクトにできる。研究対象としている磁場反転配位 (FRC) の磁場構造と圧力分布を、図4に示す。円筒形の真空容器にプラズマは閉じ込められる。セパトトリクスという閉じた磁力線が形成され、その内部に高圧プラズマを保持できる。FRCは、プラズマの電流による磁場で、プラズマ自身を効率よく閉じ込めることができることが特長である。しかしそのために、不安定となりやすい欠点もある。また、図5に示すが、矢印の方向にプラズマ粒子が損失しやすい。現在、我々が注力しているのは、なぜ理論予測より速やかに損失してしまうのか、という疑問を

解明することである。核融合工学というより、むしろプラズマ物理学を研究していると言ってよいだろう。

#### 4. まとめ

核融合エネルギーの発生原理を簡単に説明し、その必要性を太陽光発電との比較から検討してみた。原発に置き換えられる新たな大規模発電の必要性を訴えたつもりである。現在建設中のITER装置によるプラズマ実験は、2020年に始まる予定であり、重水素と三重水素による核融合実験はさらに先の2027年である。つまり、この記事執筆している今から15年も先のことである。したがって、我々の仕事は、核融合研究が本格的に始動するとき中心となる若手研究者を育て上げることと、巨大科学でなくても核融合を実現できるコンパクトな核融合方式を15年のうちに発見すること、なのかもしれない。

#### 略歴



高橋 俊樹 (たかはし としき)

2007年11月より電気電子工学専攻准教授。1995年3月、九州大学大学院工学研究科応用原子核工学専攻修了。1998年3月、総合研究大学院大学数物科学研究科核融合科学専攻修了。博士(理学)。1998年6月、群馬大学に助手として赴任。以降、核融合および放電プラズマのシミュレーション、空中花粉除去を中心に、環境エネルギーに関連する研究に従事。

#### 参考文献

- 1) <http://www.iter.org/>.

# 宇宙太陽光発電とマイクロ波技術

電気通信大学 情報理工学研究科 教授

本城 和彦

## 1. はじめに

原子力に替わる再生エネルギーとして太陽光が注目されている。太陽光エネルギーは地球の公転面で  $1.37\text{KW}/\text{m}^2$  の密度(太陽定数)を有し、この値は公転軌道が略真円であるので、一年を通じて略一定値を取る。このエネルギーを天候に左右されずに安定に利用する方法として宇宙太陽光発電構想がある。この構想は 1968 年に米国のピーター・クレーザー氏により提案され、第一次オイルショックの影響もあり 1970 年代に米国 NASA で構想研究が行われたが、その後予算面で凍結されている。1990 年代に入って日本、米国で構想研究および要素技術研究が再開され今日に至っているが、特に日本においては東日本大震災での原発事故によるエネルギー政策との関連で実現の可能性およびその時期に関して注目度が増している。

図 1 に示すように  $4\text{km}^2$  の面積で垂直に太陽光を受けると、受光する全太陽エネルギーは 550 万 kW となる。このエネルギーを効率 50% の太陽電池で直流エネルギーに変換し、効率 70% の電力増幅器でマイクロ波エネルギーに変換し、85% の効率でアレイアンテナによりビームを絞り、70% の効率のレクテナでマイクロ波から直流エネルギーに変換すると、受光エネルギーの 20% 程度を電力として活用できることになる。この電力は 100 万 KW 程度となり電子力発電所一基の出力と同等となる。このシステムで、一つの増幅器が取り扱う電力は、前述の太陽定数と使用が想定される 5.8GHz フェーズドアレイアンテナシステムを構成する一ユニットの寸法が概ね 5cm 四方であることから高々 3~4W 程度である。この値は携帯電話

(1.9Ghz) 端末に用いられている送信増幅器より少し大きい程度であるが電力効率に関しては極限まで高める必要がある (図 2)。また送電電磁波ビームの形成はフェイズドアレイレーダー技術と共通点が多い。RF から DC に高効率でエネルギーを変換するレクテナはアンテナと整流器に係わる技術で、DC から RF へ高効率で変換する増幅器技術と関連が強い。高効率の太陽電池、高効率のマイクロ波増幅器、高効率のフェイズドアレイアンテナおよび高効率のレクテナなどこれまで弱電に分類されていたエレクトロニクス技術がエネルギー問題の強電の中核的要素技術となることが期待されている。

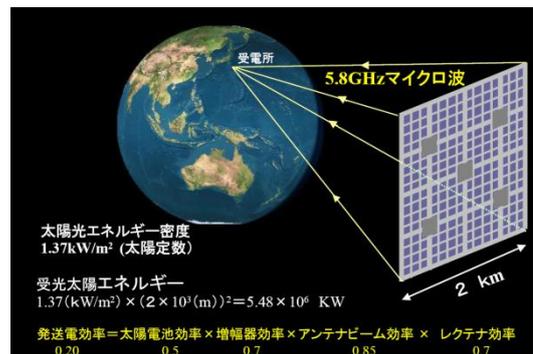


図 1 宇宙太陽光 100 万 kW 送電システム

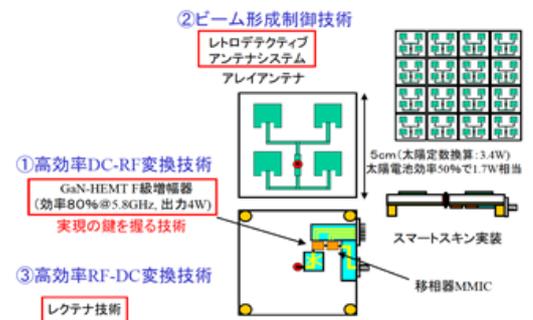


図 2 マイクロ波送電における 3 大要素技術

## 2. 高効率電力増幅器の実現へのアプローチ

トランジスタなど能動素子を用いた電子増幅器を高出力で大信号動作させると非線形動作状態と

なり，ドレーン電圧，ドレーン電流を周波数分解すると，それぞれ直流成分，基本波成分，高調波成分（通常5次高調波程度までを考慮）を含む。

このような環境の中で増幅器の電力効率を最大化させるには，負荷抵抗での基本波（信号）電力の消費を除いて，増幅器内部において高調波の電力消費を零とし，さらに増幅器への直流投入電力と負荷抵抗での基本波電力とをバランスさせることが重要である．このため増幅器の構成部品には導体損失や誘電体損失の小さいものを選ぶのはもちろんであるが，トランジスタ内部での電力損失（発熱）を無くすることが重要である．トランジスタ内部での交流電力損失零を実現するためには，トランジスタに加わる電圧か流れ込む電流のどちらかの振幅を零とするか（カテゴリーⅠ），電圧と電流の位相差を90度として力率を零とするか（カテゴリーⅡ）の2つの方法がある．

例えば高調波ドレーン電流が偶数次の高調波のみから生成され，高調波ドレーン電圧が奇数次の高調波のみから生成されているとすると，トランジスタ内部における高調波の電力消費は零とすることができる．このような状態はトランジスタの等価出力電流源から負荷側を見たインピーダンスが，偶数次高調波で短絡，奇数次高調波で開放となるように設計することにより実現できる．加えて負荷抵抗で消費される基本波電力と外部から供給する直流電力をバランスさせると増幅器の電力効率は100%となる．このようなバランスはトランジスタの電流・電圧特性の非線形性の影響を受け複雑なメカニズムとなるが，ハーモニックバランスシミュレーションや高調波ロードプル実験によって最適化できる．通常基本波の電圧・電流の位相差は180度（力率=-1）に設定されている．このようにして実現された増幅器はF級増幅器と呼ばれる．偶数次と奇数次を入れ替えても上述の高効率条件は達成される．このような増幅器は逆F

級増幅器と呼ばれ，伴に上述のカテゴリーⅠに分類される<sup>(1)</sup>．

一方，前記カテゴリーⅡの例として，トランジスタの等価出力電流源から負荷を見込んだ高調波のインピーダンスを純リアクタンス回路として設計すると，高調波電流と高調波電圧の位相差は±90度となり高調波電力の力率が零となり，高調波による電力消費を零にすることができる．加えて，負荷抵抗で消費される基本波電力と，外部から供給される直流入力電力をバランスさせると増幅器の電力効率は100%となる．このバランス作業はF級増幅器の場合と同様，トランジスタの非線形電圧電流特性により複雑なメカニズムとなるが，トランジスタ等価出力電流源端子に基本波において作用するリアクタンスを装荷して基本波の力率をトランジスタ外部から調整し，100%の効率に近づけることができる．このような増幅器は高調波リアクタンス負荷増幅器と呼ばれている．E級増幅器，J級増幅器などはこのリアクタンス負荷増幅器のカテゴリーに入る．以上の関係をスミス図で示すと図3のようになり，増幅器負荷回路網の設計のガイドラインとなる<sup>(1)</sup>．

いずれの場合も高効率化のためには電流・電圧波形を処理する必要があり，高次の高調波の信号を適切に制御する必要がある．電力利得遮断周波数（ $f_{max}$ ）が十分に大きなトランジスタを用い，高調波における電力利得を十分に確保することも必要である．このためには電子の飽和速度の大きいGaNやGaAsなどの化合物半導体デバイスが有利である．とくに耐圧の大きいGaNデバイスでは高インピーダンス（高電圧・低電流）動作が可能で外部回路における直列寄生抵抗による損失を軽減することができるというメリットもある．

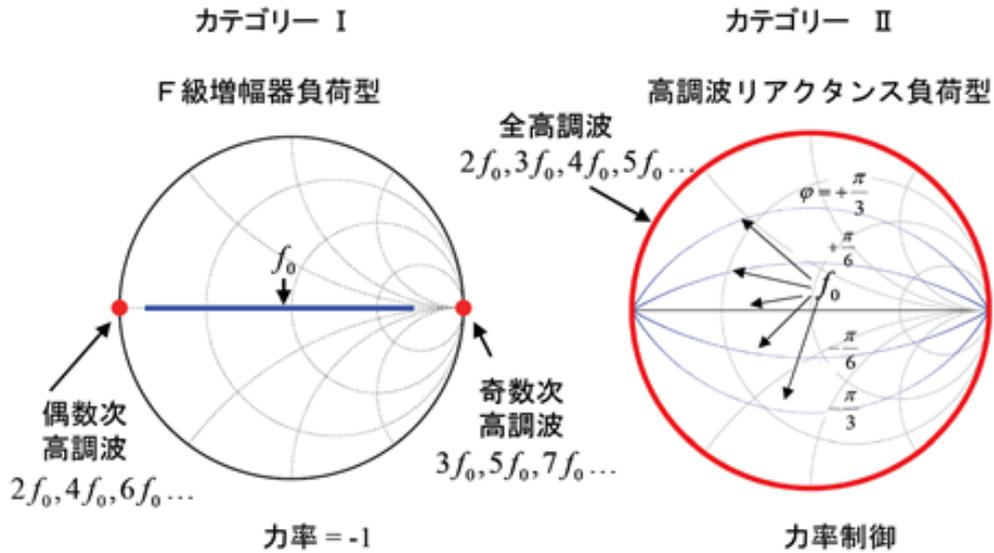


図3 高効率増幅器の負荷インピーダンス特性の分類 ( $\phi$ は電流・電圧の位相差)

### 3. マイクロ波帯高効率増幅器の実現

前章で述べた高効率増幅器を 5.8GHz 帯などのマイクロ波帯で実現する場合、トランジスタの寄生回路要素に対する対策が重要である。寄生回路要素により短絡・開放の条件が乱されるからである。このため図4に示すように精密に抽出された寄生パラメータを含めた高調波に対する純リアクタンス負荷回路を生成し、これに対する零点を偶数次高調波に合わせ、極を奇数次高調波に合わせることが F 級増幅器の設計問題となる。純リアクタンス回路網の零点と極の設計は留数定理に基づく方法と、連分数に基づく方法があるが、図4のような梯子型回路の場合は連分数を用いる方法を用いると設計が容易である<sup>(2)</sup>。リアクタンス回路網理論で用いられる集中定数キャパシタやインダクタは現状の部品技術では自己共振周波数が高々 8GHz 程度であるため、1 GHz 程度の F 級増幅器にしか適用できない。そこで図4中に示されている集中定数回路から分布定数回路へのパラメータ変換を行い増幅器の試作を行う。このような設計手順により 5.8GHz 帯でドレーン効率 79%、付加電力効率 71%の GaN HEMT F 級増幅器が実現されている<sup>(2)</sup>。

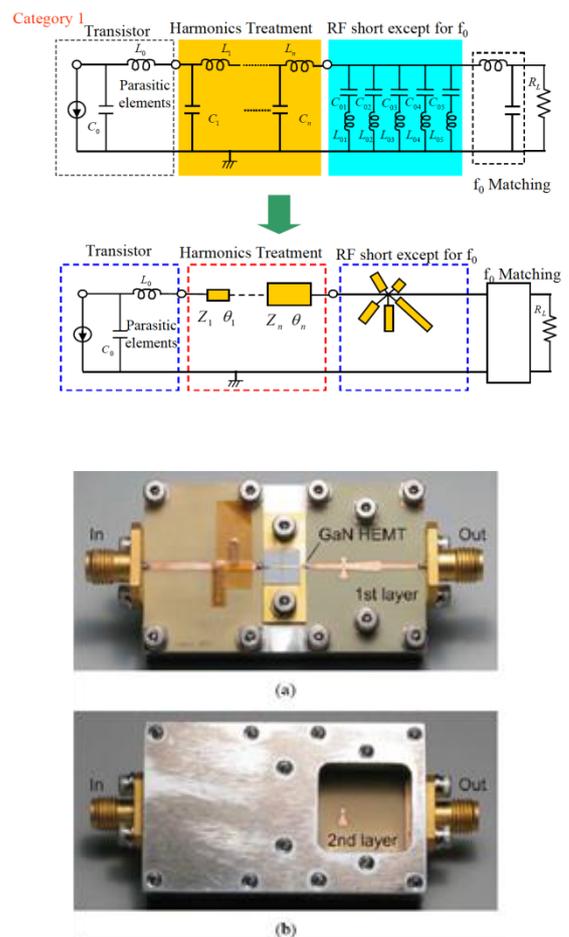


図4 トランジスタ寄生素子を考慮した 5.8GHz 帯 F 級増幅器の設計

図5はカテゴリーIIに属する高調波リアクタンス負荷増幅器の5.8GHz帯高効率増幅器の設計例である。F級増幅器と異なり高調波の短絡ポイントを一点に集中させる必要がないため、先端開放の並列スタブを分散させて配置している。負荷インピーダンス面における高調波リアクタンスの値は使用する回路素子の損失を電磁界シミュレーションで考慮し、効率が最大となるよう最適化している(図6)。このような方法を4次高調波まで適用したGaN HEMT増幅器により、5.65GHzで付加電力効率79.5%、ドレーン効率90.7%、出力33.3dBmが達成されている(ドレーン電圧20.5V)。<sup>3)</sup> またドレーン電圧38Vで設計試作された増幅器において、5.6GHzで付加電力効率75.9%、ドレーン効率82.0%、出力38.0dBmが達成されている。このような高調波リアクタンス負荷設計法とF級・逆F級増幅器構成法とは、周波数の次数毎に独立に設計できるので、一つの増幅器の中に共存できる回路技術であり、使用するトランジスタの特性、回路基板の特性に合わせて増幅器を最適化設計できる。

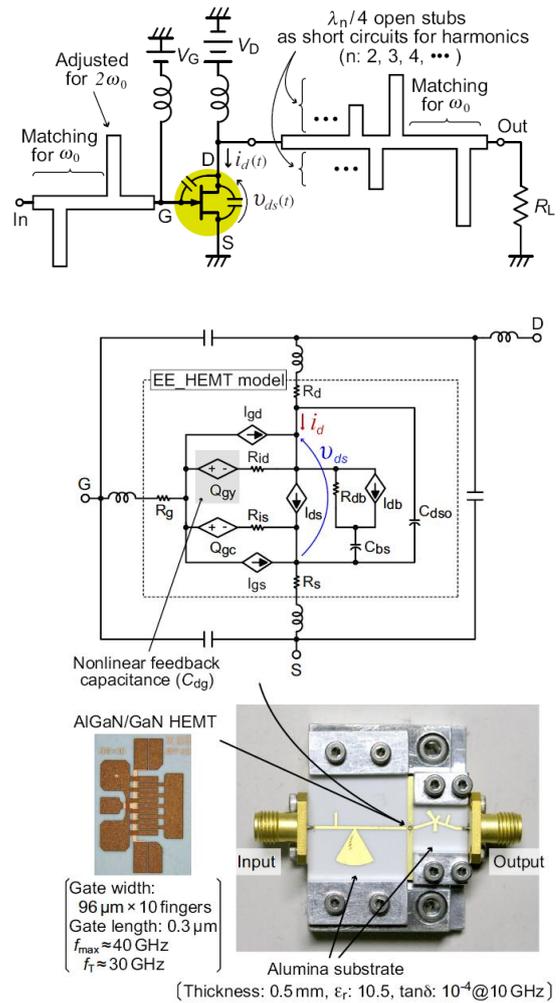


図5 高調波リアクタンス負荷 GaNHEMT 増幅器

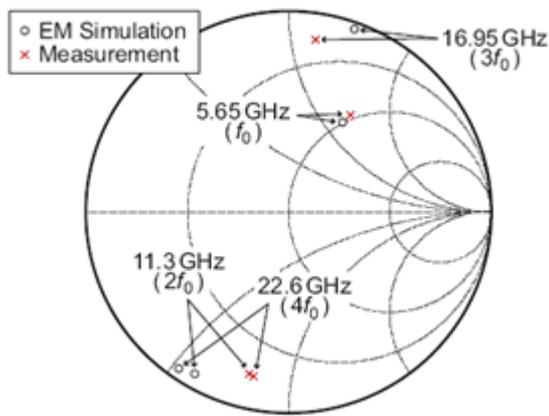


図6 高調波リアクタンス負荷増幅器の最適負荷インピーダンス

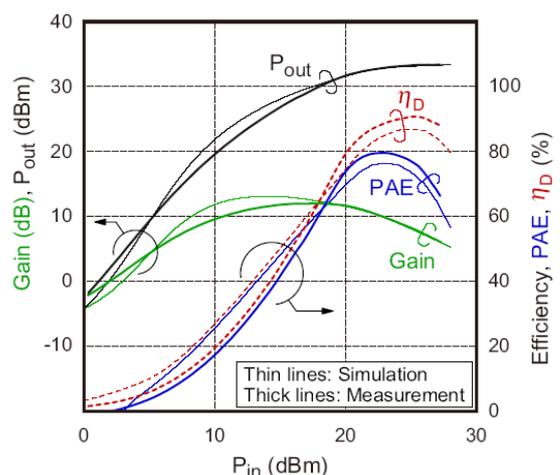


図7 図5の増幅器の5.65GHzにおける入出力電力特性

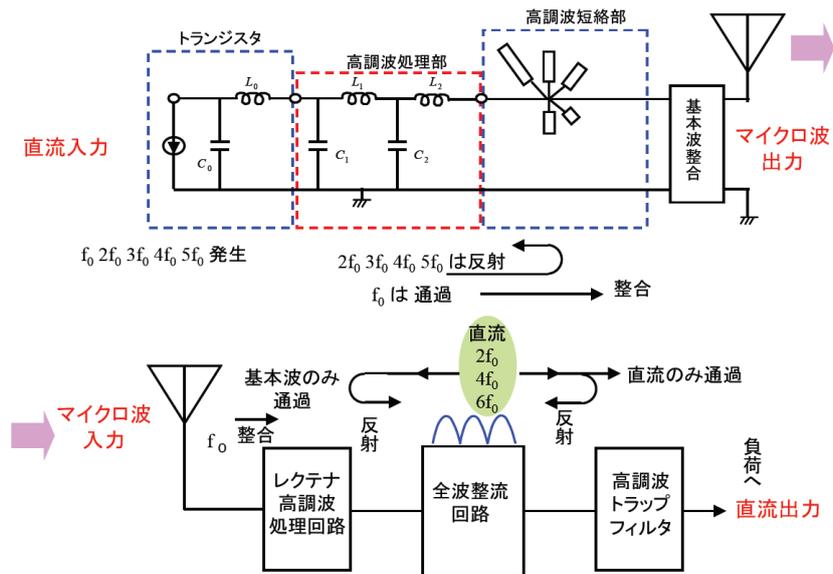


図 8 高効率レクテナと高効率増幅器の関係

#### 4. レクテナと増幅器の類似性

図 8 はレクテナと増幅器の関係を模式図で示している。増幅器は第二章でも述べたように直流からマイクロ波に高効率で変換する回路であるが、レクテナはその逆でマイクロ波から高効率で直流に変換する回路である。レクテナにおいて、アンテナで受信したマイクロ波はインピーダンス整合回路を介して全波整流回路に入力され、直流と 2 次以上の高調波に変換される。整流回路で生成された高調波は高調波フィルタで無効電力として整流回路内に閉じ込められ、整流回路の非線形性によるセルフミキシング効果で直流成分に変換される。このような信号の流れは F 級増幅器など高効率増幅器の信号の流れと逆の流れとなっていることが分かる。宇宙太陽光発電システムは地球規模の DC-DC コンバータであると見ることもできる。

#### 5. あとがき

F 級増幅器や高調波リアクタンス負荷増幅器など飽和型の高効率増幅器を中心に述べてきたが、このような高効率飽和型増幅器は、増幅信号を位相制御された飽絡線  $\Delta \Sigma$  変調器により搬送波を含むパルス幅変調波に変換することにより、出力バックオフを大きくとっても線形性を維持しつつ超高

効率動作をすることが可能である。このため無線電力伝送に限らず携帯電話、無線 LAN などの通信デジタル無線変調波の高効率増幅も応用できる。

#### 略歴



本城 和彦 (ほんじょう かずひこ)  
 NEC 中央研究所で活動後、2001 年 4 月より電気通信大学情報理工学研究科教授として就任。1976 年 3 月、東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻修士課程修了。NEC 中央研究所研究員として活動し、1983 年 6 月、工学博士の学位を取得。1993 年 7 月、NEC マイクロエレクトロニクス研究所 超高速デバイス研究部長に就任。電気通信大学の教授に就任後、マイクロ波半導体デバイスおよび回路応用に関連する研究に従事。

## 参考文献

- [1] K. Honjo, R.Ishikawa, Y.Takayama, "Ultra-High Efficiency Power Amplifier for Wireless Power Transmission," European Microwave Conference Proceedings, pp.1339-1442, Oct.2012
- [2] K. Kuroda, R.Ishikawa, K.Honjo, "Parasitic Compensation Design Technique for a C-band GaN HEMT Class-F Amplifier,"IEEE Trans. MTT, vol. 58, no. 11 pp. 2741-2750, Nov. 2010.
- [3] M. Kamiyama, R.Ishikawa, K. Honjo, "5.65-GHz High-Efficiency GaN HEMT Power Amplifier with Harmonics Treatment up to Fourth Order," IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol.22, No.6, pp.315-317, June 2012

# スイッチングパワーアンプの高効率化技術

千葉大学大学院融合科学研究科情報科学専攻

関屋 大雄

## 1. はじめに

エネルギーの有効利用に対する意識・関心が世界的に高まっている。日本でも昨年の大震災に端を発し、エネルギーの分散化が議論されているところである。しかし、どのようなエネルギー源になろうとも最終的には電気に変換されその恩恵を享受するという、基本的な方向性には変わりはないことは衆目一致するところであろう。電気の有効利用のためには電子機器の省エネルギー化を進めることが重要であるが、それ以前にエネルギーの変換、輸送の際に無駄なエネルギー損失を出さない努力が求められる。例えば、CPU が情報を処理するために消費されるエネルギーは、人への情報の提供という形で還元される。しかし、電気エネルギーの変換は人が電気から恩恵を受けるための準備段階に過ぎない。電気エネルギーの変換を担うパワーエレクトロニクス回路はあらゆる電子機器で利用されるため、単体のエネルギー利用効率の改善度がたとえ小さくても、全体のエネルギー利用効率への貢献度は非常に高い。その点でいえば、パワーエレクトロニクスはエネルギー有効利用に対する、分野横断的なキーテクノロジーといえる。

パワーアンプは電力変換回路のひとつである。パワーアンプは入力の特徴によって、電力増幅器 (Power Amplifier) とも、直流-交流変換回路 (DC/AC Inverter) とみることができ、応用先は多岐に渡る。例えば、「デジタルアンプ」と呼ばれるオーディオアンプには通常 D 級アンプと呼ばれるパワーアンプが用いられている。無線通信の送信出力の最終段には通信用パワーアンプが必

須である。半導体・液晶パネル製造に使用されるプラズマ発生電源、医療用 MRI 電源などハイテク産業で使用される高周波電源 (RF 電源) にも応用される。さらに、パワーアンプを DC/AC インバータとして用い、その後段に AC/DC 整流器を接続すると DC/DC コンバータを構成することができる。このインバータと整流器をトランスやアンテナを介して非接触で結合することにより、無線電力伝送にも応用される。無線電力伝送は、電気自動車の充電などの比較的大きな電力から、体内の医療機器の充電を目的とする小電力レベルまで今後さまざまな用途が見込まれる。以上のように、パワーアンプはエネルギーの有効利用、産業応用の観点、さらには学術的観点からもたいへん重要で興味深い研究分野といえる。

本稿では、半導体デバイスをスイッチングデバイスとして用いる「スイッチングパワーアンプ」に焦点をあて、その高効率化の原理について、特に E 級アンプを例に解説する。

## 2. 理想的なスイッチングとは？

スイッチングアンプはその名の通り、回路中にスイッチ素子を有するアンプを指す。例えば、A 級、AB 級、B 級、C 級アンプなどは、半導体デバイス、例えば MOSFET の能動領域を使うため、スイッチングアンプに分類されない。スイッチングアンプのコンセプトは図 1 に示すように、半導体デバイスをスイッチングデバイスとして動作させることで半導体デバイスにおける電力損失を零とすることにある。つまり、図 2(a) に示すように、スイッチがオンのときは導通状態のためスイッチ

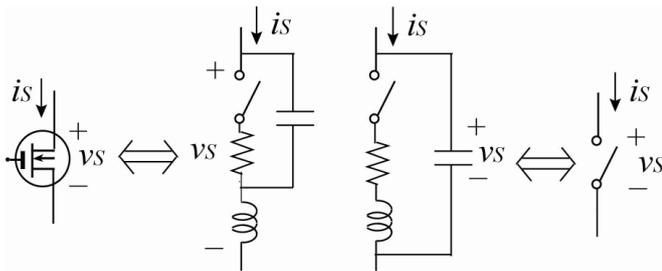


図 1：半導体デバイスのスイッチングデバイスとしてのモデル化

電圧が零、スイッチがオフのときは開放状態のためスイッチ電流が零となるため、いずれの場合も電流と電圧が同時に生じることがない。したがって、半導体デバイスでの消費電力は理想的には零となる。したがって、スイッチングアンプの効率は A~C 級アンプと比較して高くなり、理想動作において電力変換効率は 100% となる。しかしながら、厳密には半導体デバイスはスイッチとしての理想動作は達成できない。つまり、電流、電圧がスイッチの切替わりにより零にジャンプするとき、電流、電圧に降下時間が発生する点が問題となる。例えば、半導体デバイスに電圧がかかった状態でスイッチがオンになる瞬間を考える。このとき、図 1 に示す半導体デバイスの寄生キャパシタに電荷が溜まっている。この電荷は、図 2(b) に示すようにある時間を持って放電される。この間スイッチの電圧と電流が重なり、したがってエネルギー損失が発生し、熱となって放出される。通常スイッチングアンプはスイッチングデバイスを周期的にオンオフ動作させる。その周波数  $f$  を動作周波数と呼ぶ。図 2 において  $\theta = \omega t = 2\pi ft$  である。一般的に、寄生キャパシタは極めて小さいため、一回のスイッチングにおけるエネルギー損失は微々たるものである。しかし、この動作はスイッチング動作毎に発生するため、動作周波数が高くなるに伴いエネルギー損失の影響が顕在化される。つまり、たとえ半導体デバイスをスイッチングデバイスとして用いたとしても、特に高周波数動作においては高効率の利点を享受できない

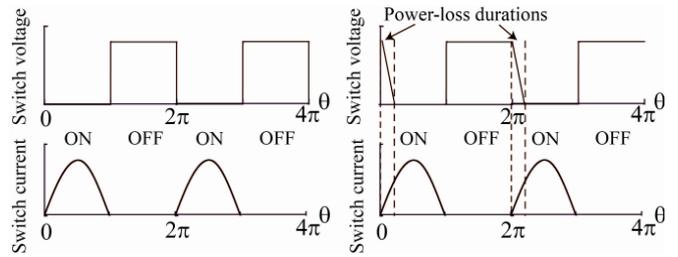


図 2：スイッチ動作と電圧・電流の例：(a) 理想的な動作。(b) 実際の動作。

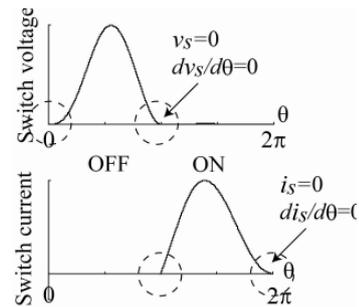


図 3：損失を零とするための理想的なスイッチ電圧・電流波形。スイッチにおけるエネルギー損失を零とするためには、破線丸の 4 箇所波形が零で連続になればよい。

場合がある。

ここで、電流・電圧降下時間も含めて考えた時の理想的なスイッチ波形を考えてみる。理想だけいえば、図 3 のように、電圧と電流が同時に生じず、さらにスイッチ電圧、電流にジャンプが生じない波形を実現したい[1]。このためには、スイッチのオン、オフの切替わりにおいて、電流、電圧波形が 4 箇所すべて零で連続となる波形が理想的である。スイッチングアンプの研究は、図 3 になるべく近いスイッチング状態を追及している側面がある。

ところが、ひとつの半導体デバイスを含むアンプにおいて、この条件を同時に満足することは不可能であることが理論的に証明されている [2]。上記 4 つの条件を同時に満足する波形は、供給電力、出力電力が零となる場合、つまり、電流、電圧とも常に零となる場合しか存在しない、という事実を [2] の証明は

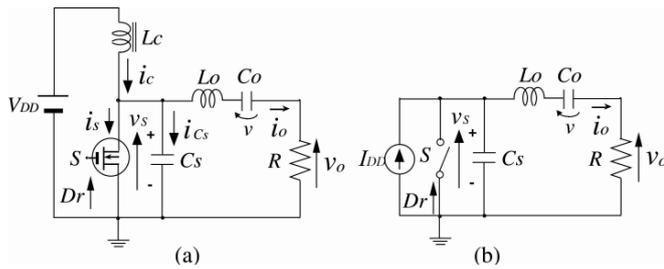


図4：E級アンプ。(a)回路構成。(b)等価回路

導き出している。証明は簡単、かつ面白いのでぜひ参考文献をご覧ください。

### 3. E級アンプ

E級アンプは、図3の「理想的なスイッチング状態」の4箇所の破線丸において、3箇所の連続性を達成する回路である。

図4(a)にE級アンプの回路構成を示す。E級アンプは供給電力 $V_{DD}$ 、入力インダクタ $L_c$ 、スイッチングデバイスとしてのMOSFET $S$ 、シャントキャパシタ $C_s$ 、そして $L_0$ - $C_0$ - $R$ 共振フィルタ(バンドパスフィルタ)で構成される。ここで、E級アンプの動作をみていく。説明の簡単化のため、スイッチの動作は理想的であり、オン抵抗は零、オフ抵抗は無限大であることを仮定する。シャントキャパシタには、スイッチングデバイスの寄生キャパシタを含む。さらに、入力インダクタ $L_c$ を

十分に大きくとると $V_{DD}$ と $L_c$ の組み合わせは、直流電流源とみなすことができる。つまり、E級アンプは図4(b)の等価回路で表すことができる。

図5にE級アンプの動作波形を示す。E級アンプではスイッチにかかる電圧 $v_s$ を $L_0$ - $C_0$ - $R$ 共振フィルタに通すことにより、正弦波出力 $i_o$ を得る。さて、MOSFET素子 $S$ は入力信号 $D_r$ にしたがって、スイッチのオンオフを繰り返す。入力信号はオン、オフの情報を伝達すればよく、例えば図5のように正弦波でも矩形波でも構わない。スイッチがオンのとき、スイッチは導通状態となり、スイッチにかかる電圧は零となる。一方、スイッチがオフのとき、スイッチ $S$ には電流が流れず、供給電流 $i_c$ 、出力電流 $i_o$ の差はシャントキャパシタ $C_s$ に流れ込む。したがって、スイッチがオフのときスイッチ電圧が発生する。ここで、 $i_o$ が正弦波電流であることに注意すると、スイッチがオフの間にシャントキャパシタへの電流の流れは充電から放電に切替わる。したがって、スイッチ電圧 $v_s$ はピークが生じふたたび零に戻っていくパルス状の波形を呈する。このとき、スイッチ電圧 $v_s$ が零となり、かつその傾き $dv_s/dt$ も零となる瞬間、スイッチをオフからオンに切替える。このことにより、オンに切替わる瞬間の $v_s$ の連続性、 $i_s$ の連続性を達成する。ここで、スイッチ電圧 $v_s$ が零となり、かつその傾き $dv_s/dt$ も零となるという二つの条件をE級動作条件と呼ぶ。注意したいのは、図4の回路構成を持つ回路は、常に図5の動作波形を達成するわけではない、という点である。つまり、E級スイッチングを満足する波形は、設計者が回路の素子値を調整して作為的に作り出さなければならない。

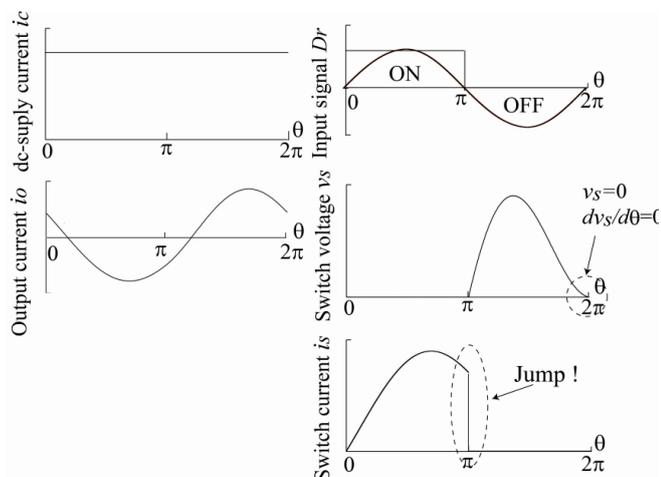


図5：E級アンプの動作波形

### 4. E級アンプの素朴で本質的な疑問

そもそもE級アンプは何を増幅しているのか？という質問をよく受ける。E級アンプは前章の説明のように駆動信号 $D_r$ を入力とし、 $i_o$ を出力

とする回路である。半導体デバイスはスイッチとして動作するため、入力の振幅情報が出力に伝わることはない。この動作は、例えばオーディオアンプをイメージし比較すると、「アンプ」とはほど遠く感じるのであろう。しかし、E級アンプもアンプであることは間違いなく、このようなアンプを「非線形アンプ」と呼ぶ。

E級アンプは通信における搬送波を増幅しているとお考えいただきたい。つまり、入力信号  $D_r$  を正弦波としたとき、位相情報と周波数情報を保持し、増幅された正弦波を出力する。このとき、E級スイッチングの効果により搬送波の周波数が高くても高効率な増幅が可能となる。それでは、QAM(Quadrature Amplitude Modulation)のような、振幅情報(搬送波の包絡線情報)を持つ信号のアンプとしては使えないのか、という疑問が生じる。これは「非線形アンプの線形化」という問題に分類され、システム設計の立場から解決を図る。

具体的には図6に示す包絡線除去・再生(EER: Envelope Elimination and Restoration)というシステム構成などが検討されている。ここで、入力信号を  $S_{in}(t) = A(t)\cos(\omega t + \phi)$  とする。EERでは、あらかじめ振幅情報  $A(t)$  と位相情報  $\phi$  を含む搬送波を切り離し、振幅情報に従って供給電圧を変化させることにより増幅信号上に振幅情報を再生するシステムである。これは、図4のE級アンプにおいて、 $V_{DD}$  を  $n$  倍したとき、各電流、電圧はすべて  $n$  倍され、したがって、出力電圧  $v_o$  は供給電圧  $V_{DD}$  に比例するという特性を利用している。つまり、供給電圧を  $A(t)$  に従い変化させることにより、出力信号の包絡線に  $A(t)$  の情報を反映させることができる。通常、包絡線  $A(t)$  と搬送波  $\cos(\omega t + \phi)$  の周波数帯は大きく異なるので、搬送波一周のごく短い時間では  $A(t)$  を一定とみなすことができる。E級アンプでは、供給電圧が一周において一定であれば、その大きさに関わらずスイッチ電圧はE級動作条

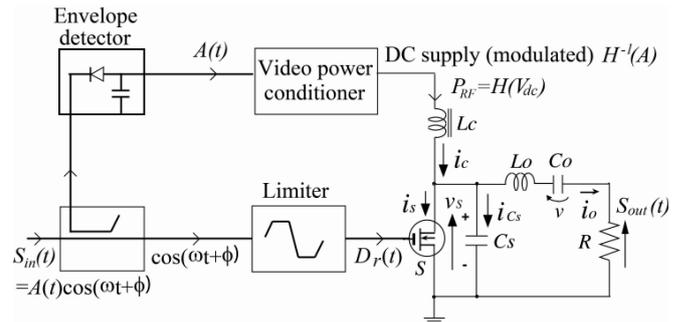


図6 : E級アンプにEERを適用したシステム。

件を満足する(零を  $n$  倍しても零であるため)。したがって、E級アンプは供給電圧が  $A(t)$  の変化に従って変動してもE級スイッチングを維持することができ、高電力変換効率を達成する。EERシステムでは、供給電圧を可変とするための回路を導入する必要があるなど、通信用アンプに特化したシステム設計が求められる。

## 5. E級アンプの応用

E級アンプは Sokal によって 1975 年に発表された[3]。その後、図4の回路構成が特に変化することなしに、脈々と研究が継続され、そして2000年前後からは、アカデミックな研究に加え、産業応用を目指した研究開発報告が加速度的に増え今に至っている。その意味でE級アンプは学術的にも産業的にも長期間多くの研究者、開発者の興味を引きつける、不思議な魅力を持った回路といえる。産業的な関心はやはりその性能の高さにあろう。E級アンプはスイッチング損失を極めて低いレベルに抑え込むアンプであり、この特性は現在の無線通信の高周波数化、電力損失への厳しい要求を基準にしてもなお高いレベルを維持している[4], [5]。放送用のアンプとしてもその高効率特性は魅力的である[6]。

図4において、 $V_{DD}$  を入力、 $v_o$  を出力とみると、直流から交流に変換する高効率 DC/AC インバータとみなすことができる。E級スイッチング技術を

導入すると、半導体デバイスに生じる熱を劇的に抑えられるため、放熱板やファンが不要となり回路の小型化にも貢献する。したがって、E 級アンプは通信・放送用アンプのみでなく、高周波数電源 [7]、ハイパーサーミアなどの医療器具 [8] への応用も検討されている。さらに、図 7(a) に示すように、後段に整流回路を接続すると高周波数・高効率 DC/DC コンバータを実現できる [9]、[10]。さらに、図 7(b) のようにインバータと整流器の接続をトランスやアンテナなどを用いて非接触で結合すれば [11]、高効率な無線電力伝送システムにも応用できる。以上のような例をはじめとして、E 級アンプは高周波数・高効率動作という特徴から、今後もさまざまなシステムへの応用が期待される。

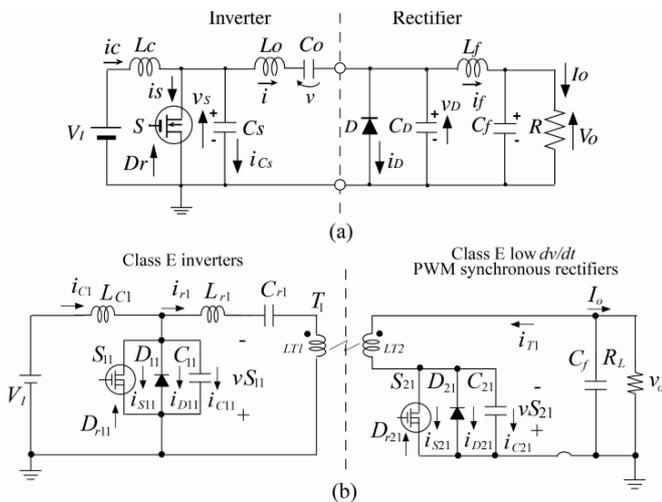


図 7 : E 級アンプの応用. (a) DC/DC コンバータ. (b) 絶縁型 DC/DC コンバータと無線電力伝送への応用.

## 6. まとめとおまけ

本稿では、半導体デバイスをスイッチングデバイスとして用いる「スイッチングパワーアンプ」に焦点をあて、その高効率化の原理について、特に E 級アンプを例に解説した。本稿を通じて一人

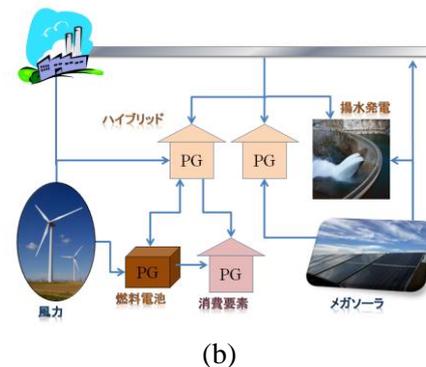
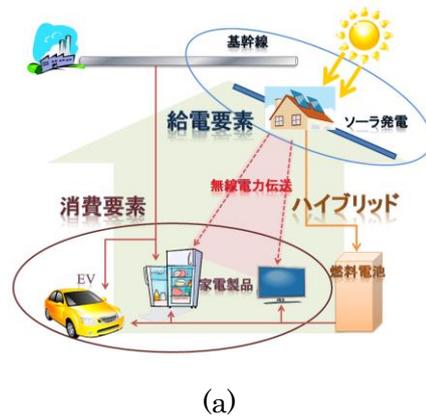


図 7 : 将来想定される電力網の例 (a)ピコグリッドネットワーク(家庭単位を想定) (b)マイクログリッドネットワーク(街単位を想定)

でも多くの読者が本分野に興味を持ってもらえれば幸いである。

さて、話は逸れるが最後にエネルギーの分散化とパワーエレクトロニクス的重要性を説明したい。今後、太陽光、風力、地熱等、さまざまな自然エネルギーから電力源があちこちに分散して現れることになろう。これは、原子力や火力発電などの大規模発電所からトップダウン的に送配電されてきた現在のシステムに対し、小規模で多様な電力源が強調しながら送配電をするパラダイムシフトが必要となることを意味する。また、これらの電力源が図 7 のように「ネットワーク」を介して有機的に結合されることとなり、ネットワーク科学の重要性も増してくるであろう。さらに、これら分散電源を統制し制御するためには、より多くの情報を集め、その中から有用な情報を抽出し、それら进行处理することが重要となる。情報を集め

るためには「センサネットワーク」が必要であり、また「ビッグデータ」を処理する情報処理技術、また、それらの情報を用いて安定的な電力を供給するための「制御技術」も必要となる。自然エネルギーを相手にするのであれば気象の予想技術のさらなる向上が求められ、そこにはカオス理論が活躍するかもしれない。このように、次世代電力網（スマートグリッドと書いていいかもしれない）は、電子情報通信学会の扱うすべての技術を総動員して構築すべき巨大なアプリケーションといえるであろう。

このような分散エネルギー源で必須となる技術は電力を一時的に「貯める」技術である。燃料電池はその代表的技術であり、その他にもフライホイール、SMES、揚水発電などが挙げられる。いままでになかった「貯める」技術を多用し、また、電力を様々な形で送配電することになると、電気の「形」を頻繁に変換する必要が出てくる。今回話題としたパワーアンプも電気の「形」を変える回路であり、これらの回路の高効率化が社会全体に大きなインパクトを与えることを直感的に理解してもらえればと思う。

## 略歴



関屋 大雄（せきや ひろお）

1996 年慶大・理工・電気卒。2001 年同大大学院博士課程了。現在、千葉大学大学院融合科学研究科・准教授。2008 - 2010 年 Wright State University 訪問研究員。

主として、通信用電源、電力増幅器、通信の信号処理及び非線形現象の解析に関する研究に従事。博士（工学）。

2008 年船井情報科学奨励賞、同年安藤博記念学術奨励賞、同年エリクソン・ヤングサイエンティストアワード受賞。IEEE Senior Member、情報処理学会、信号処理学会各会員。

## 参考文献

- 1) A. Grebennikov and N. O. Sokal, *Switchmode RF Power Amplifiers*, Newnes, Elsevier, 2007
- 2) M. K. Kazimierczuk, "Generalization of conditions for 100-percent efficiency and nonzero output power in power amplifiers and frequency multipliers," *IEEE Trans. Circuits Syst.*, vol. 33, no. 8, pp. 805-807, 1986
- 3) N. O. Sokal and A. D. Sokal, "Class E - A new class of high-efficiency tuned single-ended switching power amplifiers," *IEEE J. Solid-State Circuits*, vol. 10, no. 3, pp. 168-176, 1975.
- 4) S. C. Cripps, *RF Power Amplifiers for Wireless Communications*, Artech House, 2006
- 5) M. Junghwan, K. Jangheon, K. Ildu, K. Jungjoon, and K. Bumman, "A wideband envelope tracking Doherty amplifier for WiMAX systems," *IEEE Microwave and Wireless Components Letters*, vol. 18, No. 1, pp. 49-51, 2008
- 6) 山添, 生岩, 廣瀬, "短波 AM 送信機用高効率電力増幅器の開発," 映像情報メディア学会誌, vol. 62, no. 7, pp. 1077-1085, 2008
- 7) W. Saito, T. Domon, I. Omura, M. Kuraguchi, Y. Takada, K. Tsuda, and M. Yamaguchi, "Demonstration of 13.56-MHz class-E amplifier using a high-voltage GaN power-HEMT," *IEEE Electron Device Letters*, vol. 27, no. 5, pp. 326-328, 2006)
- 8) M. M. El-Desouki and K. Hynynen, "Driving circuitry for focused ultrasound noninvasive surgery and drug delivery applications," *Sensors*, vol. 11, no. 1, pp. 539-556, 2011
- 9) H. Sekiya, J. Lu, and T. Yahagi, "Design of generalized class E<sup>2</sup> dc/dc converter," *Int. J. of Circuit Theory and Applications*, vol. 31, no.3, pp.229-248, 2003
- 10) R. C. N. Pilawa-Podgurski, A. D. Sagneri, J. M. Rivas, D. I. Anderson, and D. J. Perreault, "Very high frequency resonant boost converters," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 6, pp. 1654-1665, 2009
- 11) I. Boonyaroonate and S. Mori, "Analysis and design of Class E isolated dc/dc converter using class E low dc/dc PWM synchronous rectifier," *IEEE Trans. on Power Electronics*, vol. 16, no. 4, pp. 514-521, 2001

# 電子白杖利用時の障害物通知制御方式

B-7 Obstacle Notification Control Method in Using an Electronic White Cane

伊藤 早季 北原 真哉 新津 善弘  
Saki Ito Shinya Kitahara Yoshihiro Niitsu  
芝浦工業大学システム理工学部

College of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

視覚障がい者は視覚による状況把握が困難であるため、常に障害物と衝突する危険性がある。そこで近年、白杖にセンサを装着し、より広範囲の情報を入手できる電子白杖が注目されている[1]。本研究では、視覚障がい者が電子白杖から得られる情報に混乱せず、安全に歩行できるための障害物通知制御方式を提案し、その有効性を評価する。

## 2. 先行研究とその問題点

先行研究では、2つの超音波センサを用いて正面と正面上部方向障害物を検知し振動で利用者に通知する研究を行っている[1]。しかし、通知回数が多く、一律振動で通知されると衝突危険性の高い重要な通知が軽視されることが想定される。

また、当研究室では距離データの変化を用いて衝突危険性のある障害物情報を携帯端末で取捨選択する方式を提案している[2]。しかし、超音波センサのみでは障害物の位置が分からないため、通知制御に限界がある。

## 3. 研究概要

### 3.1 目的

本研究では利用者から見た障害物の位置情報(距離, 方向)を取得し、衝突危険性のある障害物の情報を携帯端末で取捨選択することを目的とする。

### 3.2 システム構成

点字ブロックのない舗装された路面を使用想定環境とする。障害物は集積ゴミ,トラック荷台等の静的障害物と、人や自転車等の動的障害物の2種類に分類する。

白杖に超音波センサ,方位センサ,Bluetoothのモジュールと制御回路を搭載し,白杖から得られた情報を携帯端末(Android2.2)に送信,衝突危険性のある障害物の方向を骨伝導ヘッドフォンにて案内する。

## 4. 提案方式

### 4.1 危険障害物判定法

検知した障害物が危険範囲に含まれるかどうかの判定を以下の手順で行う。なお,危険範囲は図1に示すように定め,利用者の歩行速度は一定とする。

- ①白杖の各センサから障害物の距離,方向を取得
- ②携帯端末の方位センサから進行方向を取得
- ③進行方向と障害物方向の角度を算出
- ④算出した角度から作られる直角三角形ABCを利用し,辺ABを算出
- ⑤DD'と辺ABを比較し,DD' ≥ ABであれば危険障害物と判定

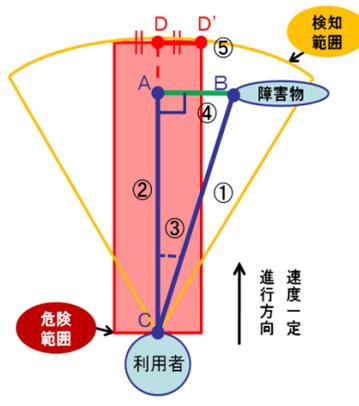


図1 位置特定方法

### 4.2 動静判定

人や車は利用者を認識後,進路を変更する可能性が高いため,静的障害物と比較して衝突する危険性は低い。よって,動的障害物の通知を抑制するために動静判定を行う。動静判定において,以下に示す2つの方式を提案する。

#### 4.2.1 方式案1: 距離判定法

静的障害物は利用者が進行方向に対して進んだ距離だけ近づいたり離れたりする。よって,2回蓄積した距離データから進行方向に対する距離変化を算出。経過時間から算出した利用者の移動距離と比較し,等しい場合は静的,それ以外は動的と判定する。

#### 4.2.2 方式案2: 角度判定法

方式案1同様,静的障害物の距離変化特徴を用いる。2回蓄積した角度データから利用者に対する角度変化を算出。経過時間から利用者の移動距離が求められるので,それを用いて静的である場合の角度変化を算出。両者を比較し,等しい場合は静的,それ以外は動的と判定する。

## 5. 評価

### 5.1 評価実験

提案方式の有効性を示すため,実装した白杖と携帯端末を持って被験者に使用してもらい,4つの項目(幅広静止物,幅細静止物,人横切り,人前方接近)について各20回ずつ実験を行った。

### 5.2 評価項目

危険障害物判定法は通知抑制率で,動静判定は動静判定正解率でそれぞれ評価を行った。

●通知抑制率: 危険範囲外の通知回数が抑制された割合  
通知抑制率[%] = (危険範囲外障害物が通知されない回数/実験回数) × 100

●動静判定正解率: 危険範囲内障害物のうち,動静的か静的か正しく判定されている割合  
動静判定正解率[%] = (正しい動静判定が行われた回数/実験回数) × 100

●動静判定正解率: 危険範囲内障害物のうち,動静的か静的か正しく判定されている割合  
動静判定正解率[%] = (正しい動静判定が行われた回数/実験回数) × 100

### 5.3 実験結果

危険障害物判定における実験結果を表1に,動静判定における実験結果を表2に示す。各項目は試行回数のうちOKと評価した場合の割合を表す。

表1 実験結果 通知抑制率

実験項目	通知抑制率
A: 幅広	100%
B: 幅細	95%
C: 横切り	100%
D: 前方接近	100%

表2 実験結果 動静判定正解率

	実験項目	方式案1	方式案2
静的障害物 (通知割合)	A: 幅広	90%	85%
	B: 幅細	85%	95%
動的障害物 (非通知割合)	C: 横切り	60%	75%
	D: 前方接近	80%	75%

## 6. 考察

危険障害物判定法は,表1より全ての実験項目で抑制率95%~100%の高い有効性を示すことができた。幅の細い障害物の抑制率が他の実験項目と比較して若干低いのは,方位センサのノイズや,円筒形状により超音波が反射しにくいことが影響している可能性が考えられる。以上の結果より,危険障害物判定法を用いて動静判定の実験を行っても結果に対する影響が少ないと思われる。

動静判定について,静的障害物は方式案1,2とも80%~95%の正解率になっていることが表2から読みとれる。静的障害物が動的として判定され通知されなかった場合,障害物と衝突する危険性がある。100%の正解率が得られなかったため,利用者の半径1m以内は全て通知する等十分な安全性の対策が必要である。

動的障害物では方式案1の人横切りにおいて60%という最も低い正解率が得られた。方式案1では距離変化のみで判定を行っているため,横切る歩行者の速度と進行速度が一致すると静的障害物と判定されてしまうことが原因だと考えられる。方式案2は角度変化のみで判定しているため,誤差の大きい方位センサの値が両方の正解率を下げている。角度変化に加え,距離変化も組み合わせることで,さらなる正解率の向上を図ることができると考える。

方式案1,2ともに改善の余地があることを実験により示すことができた。進行方向を急に変わる場合など,利用者の様々な動きにどう対応するか等の検討も必要である。

## 7. おわりに

本研究では利用者から見た障害物の位置を用いて,衝突する可能性のある物を判別し通知する方式を提案し,実験,評価を行って有効性について検討した。今後は白杖の振り方,振る速度等を考慮し,様々な周囲の状況に対応したシステムの実現を目指す研究が必要だと考える。

### 参考文献

- [1] 「スマート電子白杖」研究開発の状況について~秋田発福祉器材の商品化に向けて~:  
2010年5月 秋田県立大学 准教授 岡安光博
- [2] 「視覚障がい者歩行者支援のための障害物検知・通知方式」:  
2011年3月 電子情報通信学会 芝浦工業大学 北原真哉

# Seeker Optimization Algorithm による IIR フィルタの設計

A-4 Design of IIR Filters using Seeker Optimization Algorithm

伊東 洋祐  
Yosuke Ito

陶山 健仁  
Kenji Suyama

東京電機大学 工学部 電気電子工学科  
School of Engineering, Tokyo Denki University

## 1 はじめに

IIR (Infinite Impulse Response) フィルタの設計問題は、非線形計画問題であり、その解法として PSO (Particle Swarm Optimization) を用いたヒューリスティック手法が検討されている [1]. PSO は局所解に対する強い指向性により、高速に極小解の候補を列挙可能であるが、強指向性故に局所解で解の更新が停留することがしばしばみられる。そのため、その設計性能は初期値の質に大きく依存する。一方、近年、人の曖昧な探索行動に示唆を得た解法として SOA (Seeker Optimization Algorithm) が提案された [2]. SOA は、PSO のような 1 点の良解のみを頼りに探索しないため、初期値にとらわれず幅広い探索が期待できる。

そこで、本研究では SOA を用いた IIR フィルタ設計を提案する。設計例より、ランダムな初期値で良好な設計が行えることを示す。

## 2 設計問題

IIR フィルタの周波数特性  $H(\omega)$  は、

$$H(\omega) = a_0 \prod_{n=1}^N (1 - z_n e^{-j\omega}) \bigg/ \prod_{m=1}^M (1 - p_m e^{-j\omega}) \quad (1)$$

である。ここで、 $N$ 、 $M$  は次数、 $z_n$ 、 $p_m$  は零点と極である。複素チェビシェフ近似基準を用いたフィルタ設計問題は、次式のような所望特性  $D(\omega)$  と  $H(\omega)$  の最大誤差を最小にする  $a_0$ 、 $z_n$ 、 $p_m$  を決定する問題である。

$$\min_{\substack{a_0, z_1, \dots, z_N \\ p_1, \dots, p_M}} \max_{\omega \in \Omega} W(\omega) |D(\omega) - H(\omega)| \quad (2)$$

また、本研究では安定性を必要十分条件で満たし、かつ遷移域での振幅隆起を低減させるために  $\max |p_m| < R$ 、 $R < 1$  となるようにペナルティを与える。

## 3 SOA

SOA は、ファジィ理論を用いた人間の探索に示唆を得たマルチエージェント型最適化手法である。個体  $i$  は、位置  $x_i$ 、探索方向  $d_i$ 、歩幅  $\alpha_i$  の 3 つの情報を持ち、他の個体と位置情報を共有しながら集団で最適解を探索する。  $k$  回目の探索における位置の更新は、

$$x_{ij}^{k+1} = x_{ij}^k + \alpha_i^k d_{ij}^k \quad (3)$$

で行う。ここで、 $j$  は要素番号を表している。探索方向は、個体最良解と群最良解を基に確率的に決定する。ま

た、歩幅は、メンバーシップ関数を用いて、個体の位置に応じて決定する。本研究では、局所解探索と局所解脱却を自律的に行なうことを目的として、位置更新による目的関数値の変動の大きさを基に決定する。まず、変動の大きい個体は、近傍に良解が存在する可能性があるため歩幅を小さく設定する。また、変動の小さい個体は、局所解にトラップされている可能性があるため歩幅を大きく設定し、局所解からの脱却を促す。

## 4 設計例

提案法の有効性を示すために異なる条件の  $N$ 、 $M$ 、 $R$ 、群遅延  $\tau_d$  に対し設計を行った。全ての設計において通過域端周波数  $f_p = 0.2$ 、阻止域端周波数  $f_s = 0.25$ 、個体数 90、探索回数 5000 回、試行回数 50 回とし、初期位置はランダムに与えた。また、比較手法として線形計画法で算出した解を初期値とした PSO による手法を用いた。PSO は、個体数 30、探索回数 1000 回、試行回数 100 回とした。表 1 に最大誤差を示す。

表 1 設計結果

設計条件				最大誤差	
$N$	$M$	$R$	$\tau_d$	提案法	比較手法
4	4	0.9	2	0.124161	0.122541
6	5	0.8	6	0.104508	0.093998
8	6	0.92	5	0.047672	0.045738
11	5	0.94	7	0.029817	0.026802
12	6	0.944	9	0.017229	0.018563

提案法は、初期値に対する特別な制約なしに良好な初期解を用いた比較手法と同等の最大誤差が得られていることがわかる。

## 5 まとめ

本研究では、SOA を用いた IIR フィルタの設計を行った。設計例より、ランダムな初期位置に対しても良好な設計が可能であることを示した。

## 参考文献

- [1] 松本 拓也, 陶山 健仁, “ PSO を用いた極零点配置による IIR フィルタの設計, ” 信学技報, CAS, 回路とシステム 110(283), 53-58, 2010-11-11.
- [2] Chaohua Dai, Weirong Chen and Yunfang Zhu, “ Seeker Optimization Algorithm for Digital IIR Filter Design, ” IEEE Trans. Industrial Electronics, vol.57, no.5, pp.1710-1718, MAY 2010.

# LN 位相変調器を用いた簡易型インライン偏波位相ダイバーシティ

## Simplified in-line polarization and phase diversity with LN phase modulator

井上 幹也      柏木 謙      田中 洋介      黒川 隆志  
 Mikiya INOUE    Ken KASHIWAGI    Yosuke TANAKA    Takashi KUROKAWA

東京農工大学 工学部  
 Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

### 1. 背景

コヒーレント光通信や光ファイバ干渉計測において、ホモダイン検波は、狭い帯域内の光信号を高感度で検出できる利点がある。しかし、ホモダイン検波の感度は入射光の偏波状態に依存する。一般に、光ファイバを伝搬する光信号の偏波状態は周囲環境等により変化するため、ホモダイン検波の偏波依存性は問題となる。その対策として、偏波位相ダイバーシティが提案されているが、これらは一般に、精密な空間光学系が必要となる[1]。

本発表では、光ホモダイン検波の偏波依存性を解消するため、LN 位相変調器を用いた簡素で安定なインライン偏波位相ダイバーシティ系を提案し、原理確認実験の結果を報告する。

### 2. 原理

図 1 に本研究で提案する偏波位相ダイバーシティ系を示す。信号光  $E_s$  は PSK 信号で、任意の偏波状態をとる。局発光  $E_{Lo}$  は信号光源と同一の周波数  $2\pi\omega$  であり、LN 位相変調器により 1bit の時間内に  $\phi = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$  と離散的に位相変調されている。局発光と信号光とは、偏波保持(PM)カプラを介して干渉する。このとき、局発光は PM ファイバの両偏波軸を同等に励振するよう、偏波軸に対して 45 度傾いた直線偏光を PM カプラに入射する。その上で、PM カプラの 2 つの出力ポートには、透過軸が互いに直交した検光子を配置し、透過光を PD#1, PD#2 で受信する。PD#1, PD#2 からの出力  $I_1, I_2$  は、信号光の互いに直交した偏波成分に対する局発光との干渉信号である。ここで、信号光  $E_s$  の Jones ベクトルを  $[\sqrt{\alpha}e^{j\delta}, \sqrt{1-\alpha}]$ 、局発光  $E_{Lo}$  に対する信号光の相対位相を  $\theta$  とし、 $E_s, E_{Lo}$  のパワーを  $P_s, P_{Lo}$  とすれば、 $I_1, I_2$  は、

$$I_1 \propto \left| \sqrt{\alpha} \sqrt{P_s} e^{j(\omega t + \delta + \theta)} + (1/\sqrt{2}) \sqrt{P_{Lo}} e^{j(\omega t + \phi)} \right|^2$$

$$= \alpha P_s + P_L/2 + \sqrt{2\alpha P_s P_{Lo}} \cos(\delta + \theta - \phi) \quad (1)$$

$$I_2 \propto \left| \sqrt{1-\alpha} \sqrt{P_s} e^{j(\omega t + \theta)} + (1/\sqrt{2}) \sqrt{P_{Lo}} e^{j(\omega t + \phi)} \right|^2$$

$$= \sqrt{1-\alpha} P_s + P_L/2 + \sqrt{2(1-\alpha) P_s P_{Lo}} \cos(\theta - \phi) \quad (2)$$

で与えられる。位相  $\phi = 0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$  に対する式(1), (2)の値から、信号光の偏波状態に依らず、 $\theta$  と  $\delta$  を算出できる。

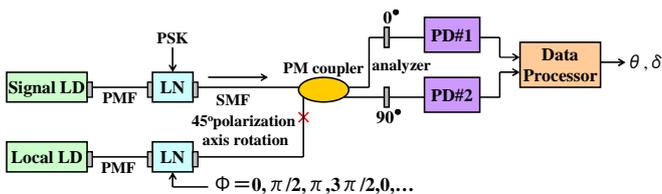


図 1 LN 位相変調器による簡易偏波位相ダイバーシティ

### 3. 実験

図 2 に示す実験系で原理確認を行った。光源は波長 1560 nm で、光パワーを 2mW とした。信号光と局発光の位相変調に用いた LN 位相変調器 LN<sub>1</sub>, LN<sub>2</sub> の  $V_{\pi}$  は、それぞ

れ 4.56V, 4.60 V であった。信号光には LN<sub>1</sub> により 2.5kHz で  $\theta = 0, \pi$  の 2 値位相変調を与えた。また、局発光には LN<sub>2</sub> により 5 kHz で  $0, \pi/2, \pi, 3\pi/2$  の階段波形の位相変調を与えた。信号光と局発光は、同期をとった。

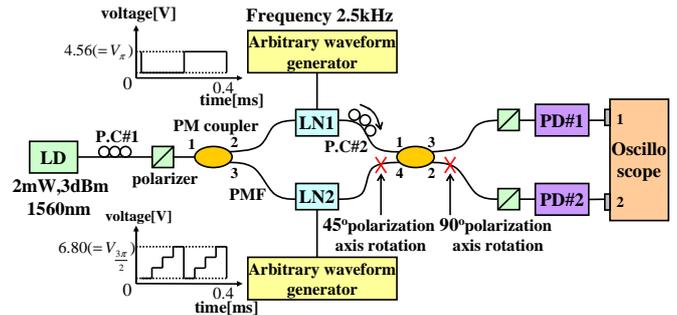
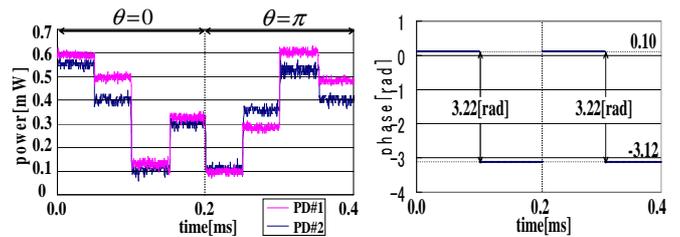
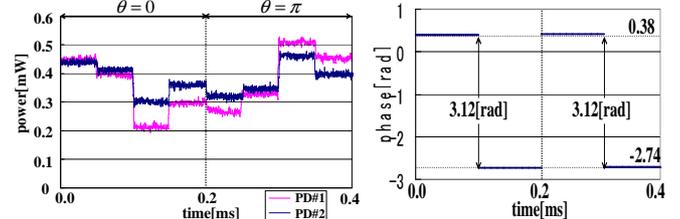


図 2 偏波位相ダイバーシティの原理確認実験



(a) 偏波状態 I



(b) 偏波状態 II

図 3 異なる偏波状態の信号光に対する PD#1, PD#2 の出力(左) と検出位相(右)

図 3(a), (b)に異なる偏波状態の信号光に対する PD#1, PD#2からの出力波形と、それをもとに検出した位相を示す。得られた 2 値位相変調信号の位相差は(a)3.22 rad と(b)3.12 rad で、実際に信号光に与えた位相変調信号とはほぼ一致していた。これにより、提案する偏波位相ダイバーシティの有効性が確認できた。

### 4. まとめ

LN 位相変調器を用いた簡易偏波位相ダイバーシティを提案し、2 値位相変調信号による原理確認実験を行った。実験により任意偏波の位相変調信号を検出でき、提案手法の有効性が確認された。

### 参考文献

[1]K. Kikuchi, *IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics*, vol.12, no.4, pp563-570, 2006.

# マイクロ波エネルギーを用いた組織凝固デバイスの開発

## C-2 Development of the Coagulation device by microwave energy

井之上 瑞紀 齊藤 一幸 高橋 応明 伊藤 公一  
Mizuki INOUE Kazuyuki SAITO Masaharu TAKAHASHI Koichi ITO  
千葉大学  
Chiba University

### 1. はじめに

本学では、フロンティアメディカル工学研究開発センターを中心に新しい治療システムの開発を行っている。開発したシステムの有用性を検討するために、動物実験を行う必要があり、その際には組織の凝固や止血を行う組織凝固デバイスが必要である。そこで本研究では、マイクロ波を用いた組織凝固デバイス[1]の開発を行なった。本稿では、組織凝固に用いるマイクロ波アンテナを設計し、数値解析により加温特性の評価を行った。さらに、このアンテナを試作し、動物実験において有用性を確認した。

### 2. 開発したアンテナ

使用周波数は 2.45 GHz とし、試作アンテナは縦 5 mm、横 6.5 mm の 2 枚の金属板を 0.6 mm の間隔をあけて並べたダイポールアンテナとした。同軸ケーブルの内導体と外導体の一部を突出させ、それぞれの金属板に接続することで給電を行った。

### 3. 数値解析

図 1 に数値解析モデルを示す。解析手法は FDTD(Finite-Difference Time-Domain)法を用いた。同軸ケーブルモデルは直径 3 mm に設計し、ケーブル先端にアンテナモデルを配置した。生理食塩水中で使用することを想定し、筋肉モデル以外の解析領域は生理食塩水で満たした。

本稿では、アンテナ周辺の SAR(Specific Absorption Rate)分布を算出する。SAR とは、電界による発熱量に相当し、(1)式により求められる。

$$SAR = \frac{\sigma}{\rho} E^2 \quad [W/kg] \quad (1)$$

ここで  $\sigma$ : 生体組織の導電率[S/m],  $\rho$ : 生体組織の密度[kg/m<sup>3</sup>],  $E$ : 電界強度(実効値)[V/m]である。

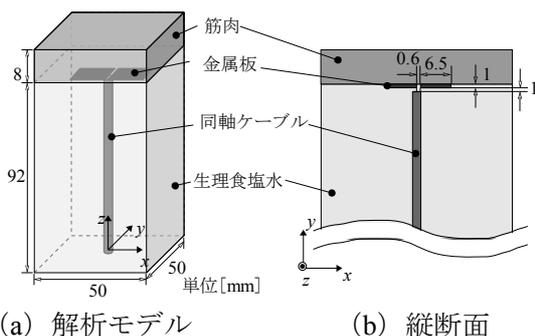


図 1 解析モデル

### 4. 計算結果

図 2 に筋肉媒質表面にあたる xy 面の SAR 分布を、図 3 に筋肉媒質中である xz 面の SAR 分布を示す。この結果より、アンテナ周辺に高い SAR を得られたことがわかる。特に、2 枚の金属板間で高い SAR が観測できる。

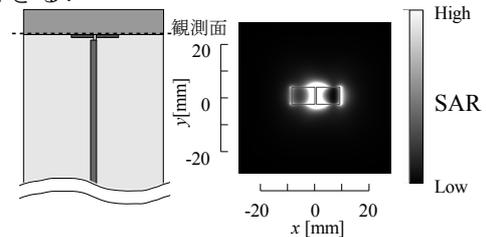


図 2 xy 面の SAR 分布

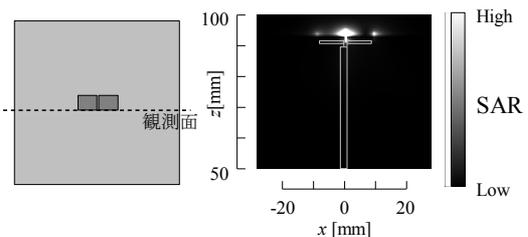


図 3 xz 面の SAR 分布

### 5. 豚の動物実験での使用

図 4 (a) に開発したアンテナで肝臓組織の凝固を行っている様子を、同図 (b) に凝固した組織を示す。この結果より、組織の凝固が可能であることがわかる。さらに、出血部分に使用した場合には、止血も可能であった。

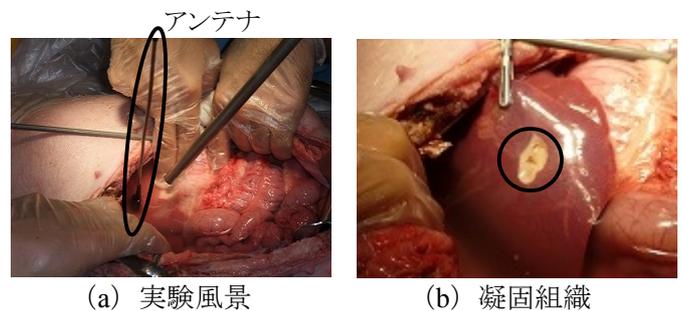


図 4 動物実験

### 6. 今後の課題

本デバイスを腹腔鏡手術で使用することも考慮し、腹腔鏡下で使用可能な形状を検討し、アンテナの再設計を行う予定である。

### 参考文献

[1] 田臥ほか, “マイクロターゼ凝固療法”, 胆肝膵, vol. 33, no. 2, pp. 261-270, 1996.

# アドホックネットワークにおけるユーザ使用頻度に応じた経路構築方式

Routing Method in Proportion to User Usage in Ad-Hoc Network

岩岡 昌幸

加藤 伸也

新津 善弘

B-7

Masayuki Iwaoka

Shinya Kato

Yoshihiro Niitsu

芝浦工業大学システム理工学部

College of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

近年、既存の通信設備に依存しないアドホックネットワークが関心を集めている。アドホックネットワークに移動端末を用いる場合、バッテリーでの利用がメインとなるため、端末の電力消費を抑える事が重要となっている。

## 2. 従来研究と問題点

従来研究では中継を行うノードの負荷が高くなった場合、負荷の低い他のノードに通信を切断することなく経路を切り替える事で、通信の信頼性を高めると共に、経路再構築により消費される電力を削減している[1]。

しかし、従来研究では中継位置と中継データ量のみを考慮して中継ノードの切り替えを行うので、ユーザが何らかのサービスを受けていない場合も通信が行われ、端末の電力消費増加が問題となる。

## 3. 研究概要

### 3.1 目的とアプローチ

大容量データの通信が発生した場合、ネットワーク使用量の小さい端末が中継ノードとして選定されないために、端末がその通信要求を拒否するか、あるいは一定のペナルティを加えて経路構築を行う。これによりネットワーク使用量の少ないノードのデータ中継量の削減を目指す。

### 3.2 想定環境

一定の広さを持つ空間に複数のノードが無作為な配置で存在しているものとする。以下にその想定環境の詳細を以下及び、表1に示す。

表.1 想定環境

想定領域	通信範囲
・密度の高いイベント会場等参加者同士の通信が発生中である	100m×100m
・通信を遮断する遮蔽物は存在しない	ノード数 225
【ノード環境】	通信範囲 20m
・大小さまざまなデータ量の通信要求が発生する	移動速度 0~1 m/s
・あらかじめ通信されるデータの容量は明確である	通信時間 10800 秒
・ノードは一定時間ごとに移動を行う	

### 3.3 提案方式

通信要求が発生した時、RREQ パケットに中継経路の選択に必要な情報を付加する。RREQ パケットを受信した各端末は、付加した情報と端末自身のネットワーク使用量を参照し、中継の判断と RREQ パケットの中継を行う。本研究では、その中継の判断と中継方法について2つの方式案を提案する。

#### 方式案1: 評価値参照法

RREQ パケットにネットワーク使用量から算出した評価値、及び中継データ量の合計値の二つの情報を追加する。受信端末は二つの値がネットワーク内で定められた閾値を超えている場合、周囲の端末に同じ情報を載せて中継を行う。どちらか一方の値でも閾値を超えていない場合、その RREQ パケットは応答なしに拒否される。方式案による中継がすべて拒否された場合、従来方式による経路構築に切り替える。

#### 方式案2: 遅延挿入法

現在のネットワーク使用量をそのまま評価値として用いる。現在の端末の評価値が高い場合、RREQ パケットを遅延なしで中継し、低い場合は遅延を加えて中継を行う。宛先に RREQ パケットが到達した時、一番初めに届いたパケットの経路が通信経路として選ばれる。この方式では中継そのものにペナルティを加えているため、中継の拒否は行わない。

## 4. 評価

### 4.1 評価項目

本研究の評価はネットワークシミュレータ「GloSim」を用いて行う。AODV プロトコルを拡張して方式案の実装を行い、提案方式の評価を以下2つの項目により評価する。

●各ノードのユーザ使用率 [%]

$$\text{ユーザ使用率} = \frac{\text{ネットワーク使用量 (NW使用量)}}{\text{NW使用量} + \text{中継データ量} + \text{経路探索データ量}} \times 100$$

●経路構築に用いられるパケット送信回数[回]  
通信要求を示す RREQ パケットの送信回数、およびその返答を示す RREP パケットの送信回数の合計値

### 4.2 評価結果と考察

方式案1と方式案2、従来方式のシミュレーションを実施した。

結果を以下の図1、及び表2、表3に示す。

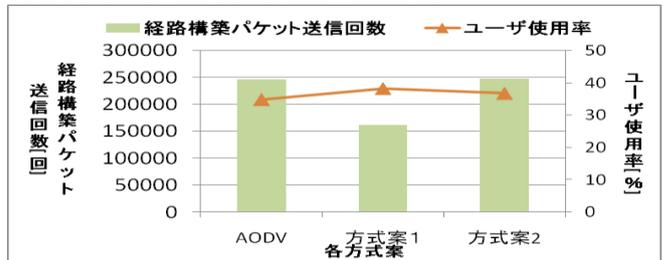


図.1 評価項目における各方式案の比較

表.2 方式案1における評価値減少の大きさに関わる比較

	従来方式 AODV	減少倍率 3倍	減少倍率 2倍	減少倍率 1倍
ユーザ使用率[%]	34.8	37.8	36.8	35.3
パケット送信回数[回]	246523	162018	174670	207515

表.3 方式案2における遅延挿入の大きさに関わる比較

	従来方式 AODV	最大遅延 4ms	最大遅延 512ms	最大遅延 2048ms
ユーザ使用率[%]	34.8	34.0	35.6	36.7
パケット送信回数[回]	246523	249548	243843	247958

図1より各方式案のユーザ使用率に大きな上昇は見られないが、これらの結果は各ノードのユーザ使用率の平均を算出しているため、実際に使用頻度の少ないノードに関して、ユーザ使用率は向上していると考えられる。

次に、表2における経路探索パケットの送信回数に着目すると、評価値の減少倍率が高いほうが送信回数の削減効果が表れている。方式案1では、各ノードにおける評価値の減少が著しい場合、使用状況を参照する経路探索において、要求発信ノードの周辺で評価値不足により RREQ パケットが大量に拒否されていくと考えられる。従来方式の最初の探索は徐々に範囲を拡大し探索を行うが、再探索の際は探索範囲を最大にして経路探索を行う。今回のような比較的密度の濃いノード環境においては探索範囲拡大前の RREQ パケットの中継が無駄となるため、従来方式に比べ経路探索パケットが削減できたと考えられる。これは図1における方式案1の経路探索パケットの送信回数が増加している事も同じである。また、ユーザ使用率のわずかな変化はパケット減少に伴うパケットデータ量の削減がユーザ使用率に反映されたものだと考えられる。

表3の経路制御パケットの送信回数に変化が見られないのは、方式案1に実装されている中継拒否が行われなかったためだと考えられる。また、ユーザ使用率が徐々に上昇しているのは、RREQ パケットの中継にノードの使用頻度を考慮した遅延挿入の効果が表れていると考えられる。

以上のシミュレーション結果より、方式案1は比較的密度の濃いノード環境が経路探索パケットを削減させ、ユーザ使用率向上の効果を表したと考えられる。したがって、より密度の濃いノード環境で方式案1は有効な方式であると考えられる。一方、方式案2はユーザ使用頻度を考慮した遅延挿入により期待通りの動きを示し、純粋にユーザ使用率を向上させたことから、方式案1より優れた方式であると共に、本研究の目的を満足する方式であると言える。

## 5. むすび

本研究では各ノードに自らの使用状況を保持させ、その使用状況を参照することで、使用頻度の少ないノードのデータ中継量が少なくなる方式案を提案し、評価を行った。

本研究における中継の拒否および回避は、他端末の中継回数を増加させるトレードオフの関係にあるため、その均衡点を明確にすることが必要である。

### 参考文献

[1]増田 修士, 萩谷 展之, 松尾 太一, 後藤 康弘, 阪田 史郎, “アドホックネットワークにおける中継ノードのトラフィック量を考慮した負荷分散方式”, 電子情報通信学会, 2007.3

# チャンネル状態情報が一部欠損したときの階層型部分的非直交ブロック対角化 基地局間連携マルチユーザ MIMO 伝送法

## B-5 Layered Partially Non-orthogonal Block Diagonalization for Base Station Cooperated Multiuser MIMO with Partial Channel State Information Feedback

大島 佑介  
Yusuke Oshima

樋口 健一  
Kenichi Higuchi

東京理科大学 理工学部 電気電子情報工学科  
Department of Electrical Engineering, Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

### 1. まえがき

先に提案したチャンネル状態情報(CSI: channel state information)が一部欠損したときのチャンネル行列のミューティングに基づく部分的非直交ブロック対角化(BD: block diagonalization)法[1]を用いる基地局(BS: base station)間連携マルチユーザ MIMO (multi-input multi-output)について、さらに送信 BS の限定とユーザ間干渉の適応的許容処理を行う階層型伝送法を提案する。

### 2. チャンネル行列のミューティングに基づく部分的非直交 BD 法

BS  $b$  とユーザ  $k$  間のチャンネル行列を  $\mathbf{H}_{k,b}$  とする。ユーザ  $k$  は各 BS  $b$  との平均パソロスがあるしきい値以内の場合のみ瞬時 CSI として  $\mathbf{H}_{k,b}$  を BS にフィードバックでき、その他の CSI は平均パソロス情報のみを BS は知っているものとする。チャンネル行列のミューティングに基づく部分的非直交 BD 法では、ミューティング後のチャンネル行列を次式で用いる。

$$\hat{\mathbf{H}}_{k,b} = \begin{cases} \mathbf{H}_{k,b}, & \mathbf{H}_{k,b} \text{ is known at BS} \\ \mathbf{O}, & \mathbf{H}_{k,b} \text{ is not known at BS} \end{cases} \quad (1)$$

ここで、 $\mathbf{O}$  は零行列である。チャンネル行列のミューティングに基づく部分的非直交 BD 法では、全てのユーザ宛信号は連携する  $B$  BS 全てから送信される。ユーザ  $k$  のプリコーディング行列は、ユーザ  $k$  以外の全ユーザと  $B$  BS 間のミューティング後のチャンネル行列を並べた全体のチャンネル行列のヌルスペースから求まる[2]。これにより、個々のユーザの瞬時 CSI のフィードバック状況によらず全ユーザを全ての BS を用いて空間多重できるため、時間・周波数分割多重を用いて CSI フィードバック情報の異なるユーザを多重する場合に比較してスループット特性を改善できる[1]。

### 3. 提案法

チャンネル行列のミューティングに基づく部分的非直交 BD 法では、瞬時 CSI  $\mathbf{H}_{k,b}$  の有無によらず全ての BS をユーザ  $k$  の送信に用いている。しかし、瞬時 CSI が不明な BS の使用には、以下のトレードオフがある。

- ① 利点: 送信アンテナ数が増えるので他ユーザ干渉を抑圧するアンテナ自由度が大きくなる。
- ② 欠点: 瞬時 CSI が不明な BS からの送信電力は、プリコーディングが適切に行われないため、受信信号電力の増大に寄与しない。

そこで、提案法では、ユーザ毎に使用する送信 BS を変える階層型構成を用いる。ユーザ  $k$  宛情報の送信に用いる BS の集合を  $\mathcal{S}_k \subseteq \{1, 2, \dots, B\}$  とする。 $\mathcal{S}_k$  は受信信号電力と他ユーザに与える干渉電力推定値の比を最大化するように次式で選択される

$$\mathcal{S}_k = \arg \max_{\mathcal{S}} \sum_{i \in \mathcal{S}} \lambda_{k,S,i}^2 / I_{k,S} \quad (2)$$

ここで、 $\lambda_{k,S,i}$  はユーザ  $k$  宛情報を BS 群  $\mathcal{S}$  で送信すると仮定したときのユーザ  $k$  のミューティング後のチャンネル行列とプリコーディング行列の積となる実効チャンネル行列の  $i$  番目の特異値、 $I_{k,S}$  はこのとき他ユーザに与える干渉量の推定値である(瞬時 CSI が不明な場合は平均パソロスに基づき推定する)。

さらに提案法では、瞬時 CSI がフィードバックされた BS のチャンネルからの干渉も一部許容する。これは、平均パソロスが大きい場合、そのチャンネルの干渉を完全に 0 にする BD よりも、小さな干渉を許容してアンテナの自由度を受信信号電力を増大するビームフォーミングに活用したほうが良いためである。提案法では、スループットが最大のユーザに対し 1 つずつ干渉を許容する BS 候補を選択し、この BS のチャンネルをミューティングしたときのユーザのプリコーディング行列を更新し、全ユーザのなかで最小のスループットが劣化しない条件下で合計スループットを最大化する干渉許容 BS を選択する。干渉許容 BS を 1 つ選択する度に、スループットが最大となるユーザを選択し直し、上記操作を繰り返す。合計スループットを増大できる干渉許容 BS が存在しなくなったユーザは候補から除外する。全ユーザが候補から除外されるとサーチは終了する。

### 4. シミュレーション評価

正六角形 7 セルモデルにおいて全 7 BS が連携する場合について、ユーザスループット特性を評価した。BS のアンテナ数を 4、ユーザ端末のアンテナ数を 2 とし、セル当たりの 2 ユーザをセル内のランダムな位置に配

置した。チャンネルモデルとして、3.76 乗則の距離減衰、標準偏差 8 dB の対数正規分布に従うシャドウイングおよびレイリーフェージングを仮定した。セル端での平均受信信号電力対雑音電力比を 5 dB とした。各ユーザ端末は、平均パソロスが最小の BS に加え平均パソロスが最小値から  $\Delta_{\text{CSI}}$  以内の BS に対し瞬時 CSI をフィードバックできるものとした。

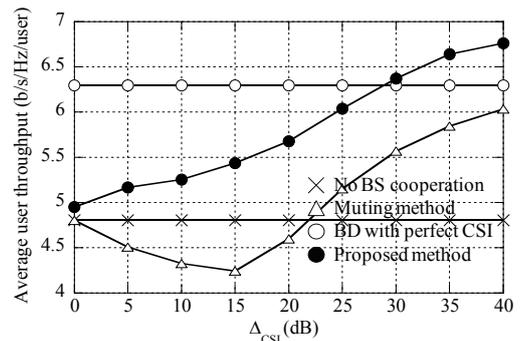
図 1(a), (b) に  $\Delta_{\text{CSI}}$  に対する平均ユーザスループット、ワーストユーザスループットをそれぞれ示す。提案法に加え、ミューティング法[1]、BS 間連携を行わない場合、および全ての瞬時 CSI がわかっている条件での BD 法を評価した。図より、 $\Delta_{\text{CSI}}$  値によらず、提案法は、ミューティング法よりも大きなワーストユーザスループットを実現した上で合計ユーザスループットを大幅に増大できた。これは、送信 BS 数の限定効果と瞬時 CSI を知っている BS からの干渉も許容する効果によるものである。特に  $\Delta_{\text{CSI}}$  値が 30 dB 程度以上と非常に大きい場合は、提案法のスループットは瞬時 CSI が完全と仮定した BD 法よりも良好なスループットを得た。これは、瞬時 CSI を知っている BS からの干渉も許容する効果に起因している。

### 5. まとめ

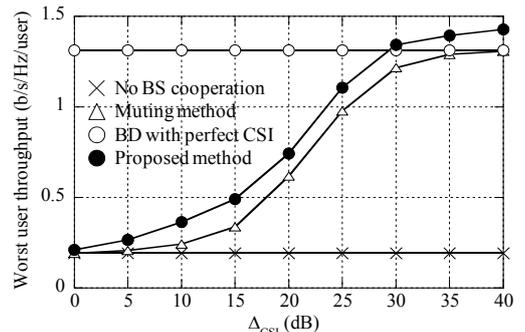
提案法が、連携伝送無しやミューティング法に比較してスループットを増大できることを示した。

### 参考文献

- [1] Y. Tajika, et al., in Proc. IEEE VTC2011-Fall, Sept. 2011. [2] Q.H. Spencer, et al., IEEE Trans. Signal Processing, vol. 52, no. 2, pp. 461-471, Feb. 2004.



(a) 平均ユーザスループット



(b) ワーストユーザスループット

図 1. スループット特性

## Web 文章における閲覧時間に基づく意外性に着目した情報推薦

Web Article Recommendation Based on User's Browsing Time Focused on Serendipity

折原 レオナルド賢† 横井 健†

A-0

Leonardo Ken ORIHARA† Takeru YOKOI†

† 東京都立産業技術高等専門学校 ものづくり工学科電子情報工学コース

† Electronics and Information Engineering Course, Monozukuri Department,

Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

## 1. はじめに

近年インターネットが普及し、膨大な数の情報を容易に入手できるようになった。一方で、全ての興味のある情報を網羅することは困難になっている。しかし、その見落としには有益な意外性のある情報が含まれている可能性があるため、それらを推薦することを考える。

従来、多くの情報推薦手法[1]では、閲覧履歴に着目し、それらに類似した情報を推薦するため、意外性は少ない。そこで、本研究では類似性に加えて、閲覧時間を用いることで、見落とししている情報を推薦する手法を提案する。

## 2. 提案手法

本研究では、見落とししている情報を、Web 文章中の読まれていない情報(未読情報)と定義し、それらを選別するために閲覧時間に着目する。提案するシステムでは、興味のある文章と似た文章を短時間で読み終えた場合、そこには意外性のある見落とし情報が存在すると考え、その似た文章から、1 件の文章を推薦する。

本手法ではまず、各文章を次式のようにベクトルで表す。 $w_{iV}$ は 4-gram で分割した文章 $\mathbf{d}_i$ に含まれる単語の出現頻度である。 $V$ は文章集合中の 4-gram で分割した全文字列数である。

$$\mathbf{d}_i = \{w_{i0}, \dots, w_{iV}\} \quad \dots (1)$$

文章間の類似度 $Sim_{ni}$ は、式(2)に示すコサイン距離を用いて算出する。文章 $\mathbf{d}_n$ は興味のある文章を示し、この時 $i \neq n$ である。 $|\cdot|$ は L2 ノルムとする。

$$Sim_{ni} = \frac{\mathbf{d}_n \cdot \mathbf{d}_i}{|\mathbf{d}_n| |\mathbf{d}_i|} \quad \dots (2)$$

また、未読率 $U_i$ は式(3)を用いて算出する。

$$U_i = \frac{1 - T_i C}{L_i} \quad \dots (3)$$

$T_i$ は文章 $\mathbf{d}_i$ の閲覧時間であり、 $L_i$ は文章 $\mathbf{d}_i$ の文字数である。また $C$ はあるユーザが 1 秒間に読める文字数である。式(2)と式(3)に示した類似度と未読率を用いて、式(4)で求まる文章 $r$ を推薦する。

$$r = \arg \max_i (Sim_{ni} U_i) \quad \dots (4)$$

## 3. 実験

## 3.1 実験方法

実験では、Web 上から無作為に取得した 100 件の Web ニュース記事を用いた。それらの記事に対して、10 人のユーザの閲覧時間を計測すると共に、各ユーザが

興味の度合いを 0%から 100%で評価した。この結果のうち 80%以上の評価をつけた記事を $\mathbf{d}_n$ とし、式(4)を用いて推薦を行った後、再び興味の度合いを 0%から 100%で再評価した。

## 3.2 実験結果と考察

表1は推薦前の評価が 80%未満の記事集合における未読率が高い記事の推薦前と推薦後のそれぞれの評価の平均である。表 1 から推薦後の方が推薦前より評価が上がっていることがわかる。また、t 検定を行った結果、有意水準 1%で有意差があった。このため、興味がないとした記事の未読率が高い場合、このような記事を推薦すると評価が上がるということがわかった。

表 1 80%未満の記事の評価

	推薦前	推薦後
データ数[個]	47	47
平均[%]	32.98	50.85

表2は評価が 80%以上の記事集合における未読率が高い記事の推薦前と推薦後のそれぞれの評価の平均である。表2からもともと評価が高かった記事を再度推薦しても意外性はなく、評価は下がる傾向が見られた。またt 検定を行った結果、有意水準5%で有意差があった。

表 2 80%以上の記事の評価

	推薦前	推薦後
データ数[個]	13	13
平均[%]	86.92	64.62

このため、評価が高いとした記事で未読率が高い場合においても、このような記事を推薦すると評価が下がることがわかった。あまり読まれていない記事を推薦すると、記事の評価が上がることから、一般的に文章を軽く見渡ただけで評価をつけてしまう傾向があると考えられる。

## 4. まとめ

本研究では情報閲覧時間を用いてユーザのまだ知らない情報を発見し、推薦するシステムを提案した。特に、閲覧時間を用いることでユーザの未読率を計測し、その未読率を用いて情報推薦を行った。

今後はマウスやスクロールの動向を観測し、情報の未読を測定することで推薦精度の向上を目指す。

## 参考文献

[1]土方 嘉徳, 嗜好抽出と情報推薦技術, 情報処理 48(9), 957-965, 2007.

# キャリア・クロック抽出による特徴検出を用いたスペクトルセンシング方式

## B-17 A Novel Spectrum Sensing Scheme using Feature Detection Based on Carrier and Clock Extraction

櫻井 健大                      佐藤 貴則                      梅比良 正弘  
 Kenta Sakurai                Takanori Sato                Masahiro Umehira  
 茨城大学 工学部

College of Engineering, Ibaraki University

### 1. はじめに

未利用周波数帯を2次利用することで周波数利用効率を向上する周波数共用型コグニティブ無線が注目されている。このためには1次利用システムの利用の有無を検出するスペクトルセンシングが必要であるが、電力検出は他の2次利用システムとの識別ができないことによる誤検出が問題となる。これを解決するため、1次利用システムの信号の周期定常性を用いる方法が提案されているが、一般の信号に適用できず、汎用性にかける[1]。一方、検出帯域幅、周波数等を柔軟に設定できるオーバーラップ FFT フィルタバンク(FFT-FB)を用いた電力検出によるスペクトルセンシング方式が提案され、隣接チャネルの影響による誤検出特性を改善できることが報告されている[2]。本文では、この方式において、電力検出に変わり、シングルキャリア変調を対象に、キャリア・クロック抽出による特徴検出を用いたスペクトルセンシング方式を提案し、特性評価を行った。

### 2. 提案方式

提案方式の構成を図1に示す。キャリア抽出では、受信信号が BPSK、QPSK、16QAM などのシングルキャリア変調信号の場合、2 または 4 通倍するとキャリアの線スペクトルが抽出できる。FFT-FB により 1 次利用システムの信号を取り出した後、通倍し、FFT を行いキャリア周波数の信号電力を検出する。クロック抽出では FFT-FB 後、絶対値をとってクロック成分を抽出し、クロック周波数の信号電力を検出する。その後、検出電力をあらかじめ設定した閾値と比較し、1 次利用システムの有無を判定する。なお、キャリア抽出では、変調方式に応じて通倍数を変える必要があるが、本文では信号を QPSK 変調とし、4 通倍の場合の検出特性を評価した。

### 3. 特性評価

AWGN(Additive White Gaussian Noise)環境下で、希望信号帯域幅、シンボル周波数とキャリア周波数は既知と仮定した。FFT サイズ=2048[point]、信号帯域幅=256[1/FFT サイズ]とし、チャンネル1 を利用中、それに隣接するチャンネル2 を未利用とし、チャンネル1 の希望信号電力に対する、チャンネル1 での不検出率特性(利用中を未利用と判定)とチャンネル2 での誤検出率特性(未利用を利用中と判定)をシミュレーションにより評価した。閾値は雑音のみの場合に誤検出率が 0.05 となるように設定し、FFT-FB 後に電力検出を行う FFT-FB 方式と比較した。あわせて、観測時間を長くして検出電力の平均化による特性改善効果も評価した。図2、図3に不検出率、誤検出率の評価結果を示す。図よりわかるように、提案方式は通倍、絶対値の信号処理により雑音成分が増加するため、不検出率特性は FFT-FB 方式と比べて劣化している。しかし、提案方式ではクロック、キャリア成分を抽出して判定するため、隣接チャネル干渉信号の影響を受けにくく、誤検出率特性は改善された。また全方式において、

平均化した検出電力は分散が小さくなるため、不検出率特性は改善されるが、誤検出率特性は劣化した。

### 4. まとめ

キャリア・クロック抽出による特徴検出を用いたスペクトルセンシング方式を提案し、不検出率・誤検出率特性を評価した。

<参考文献>

- [1] Kazushi MURAOKA, Masayuki ARIYOSHI, and Takeo FUJII, "A Robust Spectrum Sensing Method Based on Maximum Cyclic Autocorrelation Selection for Dynamic Spectrum Access" IEICE TRANS. COMMUN., VOL.B92-B, NO.12 DECEMBER 2009
- [2] 佐藤貴則, 梅比良正弘, "ダイナミックスペクトラムアクセスにおけるオーバーラップ FFT フィルタバンクを用いたスペクトルセンシング方式の検討," 信学技報, vol. 110, no. 252, SR2010-61, pp. 149-154, 2010 年 10 月.

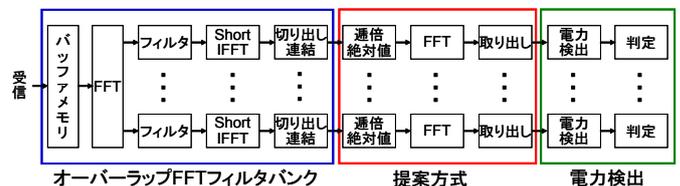


図1 提案方式の構成

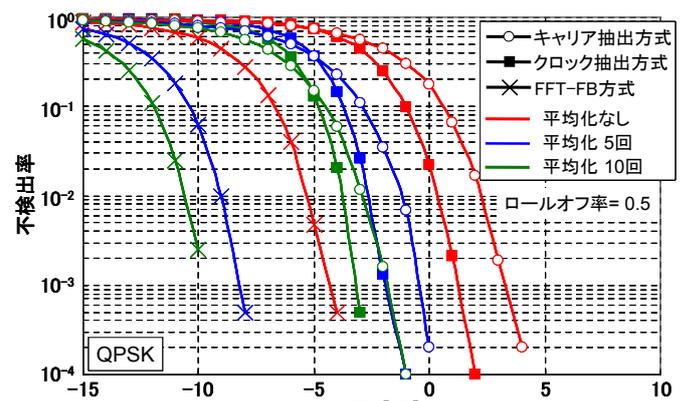


図2 不検出率特性

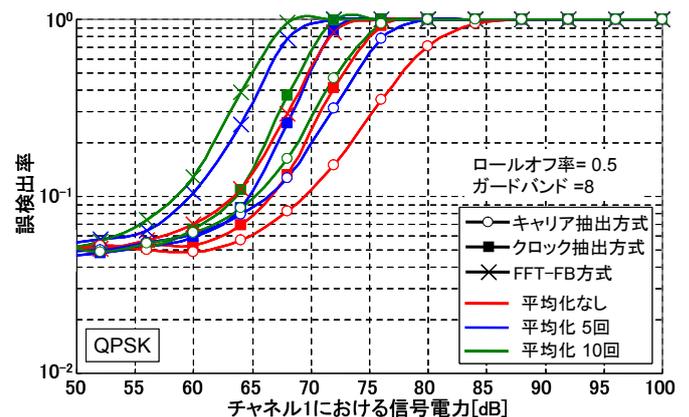


図3 誤検出率特性

# SURF 特徴量および形状特徴量を用いた物体識別手法

## D-12 OBJECT RECOGNITION USING SURF FEATURES AND STRUCTURAL FEATURES

佐志原めぐみ<sup>1</sup>  
Megumi Sashihara

富岡洋一<sup>1</sup>  
Yoichi Tomioka

北澤仁志<sup>1</sup>  
Hitoshi Kitazawa

<sup>1</sup> 東京農工大学大学院  
Tokyo University of Agriculture and Technology

### 1 研究背景

移動物体の検出や物体の判別は行動識別やプライバシー保護のための人物領域マスキングへの応用など映像解析において基本となる技術である。従来の背景差分法に基づく手法では照明変動やカメラの露出調整の影響を強く受けること、また物体が重なると各抽出領域の形状に基づく識別は困難になるという問題があった。

そこで本研究では抽出領域各部を一般物体認識の手法に基づいて識別する。具体的には Speeded-Up Robust Features (SURF) 特徴量とその周辺領域の形状特徴量を用いた物体識別手法を提案する。

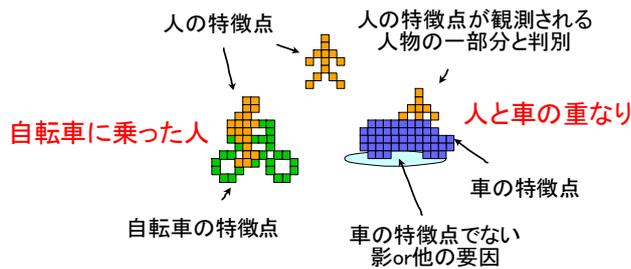


図 1 物体認識概要図

### 2 SURF 特徴量を用いた近似最近傍探索

まずクエリ画像の各 SURF 特徴量のクラスを、データベース中で最も類似した特徴量の持つクラスとし、kd-tree を用いた近似最近傍探索を利用して求める。次に  $64 \times 64$  の小領域中の全特徴量で多数決をとり、小領域のクラスを決定する。最後に、背景差分法により抽出した各物体において、全小領域の結果で多数決を取ることでその物体のクラスを決定する。

SURF 特徴量は回転やスケール変化に頑健な特徴量であり、物体認識に利用できると予想される。しかし、人物 (H)・自動車 (C)・自転車 (B) の 3 クラスを対象にした識別実験を行った結果、表 1 に示すように個々の特徴量では物体の識別はできなかった。また、文献 [1] ではベクトル量子化によって識別力が向上すると報告されているが、表 2 に示す通りわずかな改善しか見られない。

表 1 SURF 識別率

	H	C	B
H	0.36	0.17	0.47
C	0.28	0.26	0.47
B	0.35	0.17	0.48

表 2 ベクトル量子化識別率

	H	C	B
H	0.44	0.06	0.43
C	0.14	0.49	0.34
B	0.38	0.27	0.35

### 3 形状特徴量を考慮した識別

SURF 特徴量では十分な識別が行えなかったが、特徴点抽出される位置は大きく変動しないことから、特徴点間の位置関係から得られる形状特徴量を考慮することで識別力が向上すると予想される。

そこで、図 2 のように物体上の任意の特徴点を中心とした半径  $6 \times scale$  の円内にある特徴点間のベクトルを考え、 $[0, \pi]$ ,  $18bin$  の方向ヒストグラムを形状特徴量とする。

### 4 実験

まずデータベース画像の物体マスク上から SURF 特徴点を抽出する。量子化のコードベクトルは k-means 法を用いて各クラスから 6 本ずつ抽出した。次に特徴点の位置関係から各物体の形状特徴量を抽出する。SURF 特徴量の kd-tree およびクラス毎に平均した形状特徴量を用いて識別を行う。図 3 のように人物と自動車、自転車の形状特徴量は異なる特徴を示した。これにより識別率が向上することが期待される。

各小領域と各クラスの類似度を  $w \times (\text{SURF 類似度}) + (1 - w) \times (\text{形状類似度})$  とし判別を行った結果、人物の識別率は約 15% 改善したが、自動車と自転車はほとんど改善されなかった。実験では  $w = 0.1$  とし、類似度計算に Euclid 距離を用いた。

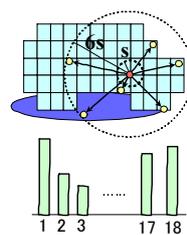


図 2 方向ヒストグラム

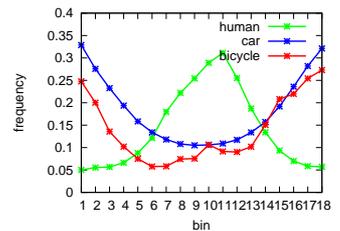


図 3 データベース画像の平均形状特徴量

### 5 まとめ

特徴点の位置情報は物体識別において有用な情報となることが確認できた。位置情報から形状特徴量の記述方法を改良することで、より精度が向上すると考えられるが、それは今後の課題である。

### 参考文献

[1] 藤吉: “一般物体認識のための局所特徴量 (SIFT と HOG)”, PCSJ/IMPS2008 ナイトセッション (2008).

# ルータのトラフィック制御によるネットワーク消費電力削減方式

B-7 Network Electricity Consumption Reduction Method by Controlling Router Traffic

三瓶 明仁 東 秀亮 新津 善弘  
Akihito Sanpei Hideaki Higashi Yoshihiro Niitsu  
芝浦工業大学システム理工学部

College of Faculty of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology

## 1. はじめに

近年、企業内ネットワークを流れる通信トラフィックの増加に伴い、ネットワーク機器の電力消費が急増している。ネットワーク機器の消費電力の多くをルータの待機電力が占めている。そこで、スリープ機能を持つ MPLS 対応ルータで構成されたネットワークのネットワーク内のルータが占める消費電力を削減する研究が行われている [1]。

本研究では、各ノードがトラフィック量を把握することで経路制御し、ルータをスリープさせ、ネットワーク全体の消費電力を削減する方式を提案し、有効性を評価する。

## 2. 先行研究とその問題点

先行研究では、各経路のトラフィック量を計測し、その情報を基にルーチングすることで経路制御を行い、ネットワークのトラフィック量が少ない時に一部の区間にトラフィックを集約させることで、トラフィック量が少ないルータを作り出し、そのルータをスリープさせる事で、ネットワーク内の消費電力を削減している。

先行研究において、一部の区間のみトラフィック量が増大した場合、トラフィック量が少ない区間でも輻輳が起きないように制御してしまうため、トラフィック量が少ないルータも稼働してしまう状態になることが問題点である。

## 3. 研究内容

### 3.1. 目的

各ルータはトラフィック量を定期的把握し、その情報を基に経路制御を行い、閾値を下回ったルータをスリープさせ、消費電力を削減する。

### 3.2. 想定環境

大学や企業などの VPN で構成されたネットワークで、時間によりトラフィックに偏りが生じる環境を想定する。各ルータは MPLS に対応しており、スリープ機能と現在のルータに流れているトラフィック量を計測できるものとする。エッジルータは、現在のネットワーク全体に流れているトラフィック量に応じてスリープ時間を決定する。

ルータのスリープとは、ルータ内のメモリのみ電力が供給される状態を指し、スリープ時間を経過したら自動的に再起動する。また、ルータの消費電力は、通常時 10kW、スリープ時 200W とする。

### 3.3. 提案方式

各ルータは定期的に、現在流れているトラフィック量をエッジルータに送信する。エッジルータは、経路のトラフィック量に応じてラベリングを行う。各ルータはルータ間のトラフィック量を把握し、トラフィック量がある閾値より下まわったらスリープさせる。

スリープするまでの手法として、方式案 1、方式案 2 を提案する。

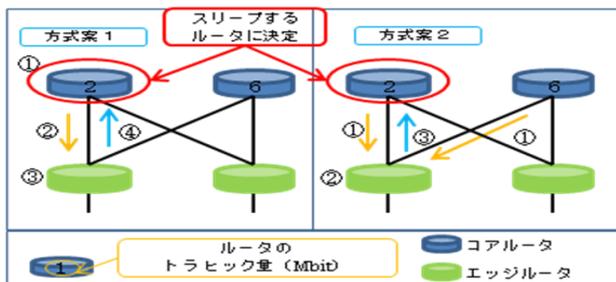


図1 方式案の処理手順

### 方式案1

①各コアルータは定期的に自身のトラフィック量が閾値を下回っていないかチェックする。もし閾値（ここでの閾値は、各ルータに流れるトラフィック量の許容量を 100 とした時、トラフィック量の値が 20 とする）を下回ったら、スリープするルータに決定する。

②スリープする事が決まったコアルータは、エッジルータにスリープする事を通知する。

③エッジルータは通知を受けとったら、それ以降スリープするコアルータにトラフィックを流さないように制御する。

④エッジルータはスリープ時間を決め、その時間をスリープするルータに通知する。

### 方式案2

①各コアルータは定期的に現在の流れているトラフィック量をエッジルータに通知する。

②通知を受けたエッジルータは、ネットワークの階層ごとにトラフィック量が閾値（各ルータに流れるトラフィック量の許容量を 100 とした時、各階層のトラフィック量を足した値が 80 とする）を下回っているか判定し、閾値を下回っていれば階層でトラフィック量が少ないルータをスリープするルータに決定する。

③スリープするルータが決まったら、それ以降そのルータにトラフィックを流さないように制御し、スリープ時間を決め、その時間を通知する。

## 4. 評価と考察

### 4.1 評価実験

評価は、ネットワークシミュレータである QualNet を使用し実施する。シミュレーション時間は 4 時間、また 3 種類（トラフィック量を 3 段階に分ける）、4 時間 × 3 種類 = 計 12 時間シミュレーションを実施する。

### 4.2 評価項目

#### ● 消費電力削減量

従来手法や先行研究と比べた、消費電力削減量

### 4.3 実験結果と考察

トラフィックが多いとき、方式案 1 の削減量が多かった。これは、個々のルータが現在のトラフィックに応じてスリープすることを決めるため、ネットワーク全体のトラフィック量が多くても一部の区間だけ少なければ、スリープすることが出来るため、少なくなったと考える。また、トラフィックが多くない場合で、トラフィックが均等に流れてしまった場合、ルータをスリープすることが出来なくなり、削減量が低くなってしまったのではないかと考えられる。

また、トラフィックが多くない場合、方式案 2 の削減量が多くなった。これは、ネットワーク全体のトラフィックを考慮し、スリープするルータを決めるため、トラフィックが少なくて、電力を多く削減できたのではないかと考える。また、ネットワークのトラフィックが多い場合は、トラフィック量に偏りがある場合でも、スリープすることが出来ない場合が生じてしまうため、削減量が少なくなったのではないかと考えられる。

以上より、方式案 1 は、ネットワークのトラフィックが偏っている場合、方式案 2 は、ネットワーク全体のトラフィックが少ないときに有効であるといえる。

今回ネットワークのトラフィック量を 3 段階に分け実験を行ったが、実際の環境では、時間ごとにトラフィック量は変化するため、その点を考慮し、今後は時間ごとにトラフィック量を変化させシミュレーションを行い評価を行う。

## 5. まとめ

今回ネットワークのトラフィック量を 3 段階に分け実験を行ったが、実際の環境では、時間ごとにトラフィック量は変化するため、その点を考慮し、今後は時間ごとにトラフィック量を変化させシミュレーションを行い評価を行う。

### 参考文献

[1] 山田亜紀子, 今井悟史, 掛水光明 “ネットワークの省電力化を実現するパズルトラフィック制御方式” 信学技術 KS2009-232 (2010-03)

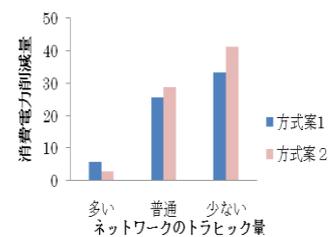


図2 消費電力削減値

# パイプライン PWMDAC の出力波形の検討

## A study of the Output Waveform for PWM D/A Converter

芝端 成元

Shigeharu SHIBAHATA

松谷 康之

Yasuyuki MATSUYA

青山学院大学 理工学部

College of science and engineering, Aoyama Gakuin University

### 1. はじめに

近年の  $\Delta\Sigma$ DA 変換器の出力 DAC には高い精度と速度が求められている。速度の向上にはパイプライン化による並列化が考えられる。ローカル DAC に PWM 波形を用いると高精度特性がえられる。しかし、2 並列化に対し従来型の PWM 波形ではパルス波形を 2 分割するとパルスの位相ずれによる相互変調雑音が生じ高精度化が困難であった。これに対し波形を分割可能な 1.5bit PWM 波形が提案されている[1]。本研究ではブレッドボードにより提案回路精度の検討を行った。

### 2. 提案 PWM 波形

本研究で検討する PWM 波形を図 1 に示す。これにより、入力「1 0」の出力のパワー中心は、図 2 のようにパルスの幅をおもりの重さに見立てた時のモーメントの釣り合いの位置となる。こうすることでパワー中心のずれによって発生する位相ずれによる精度劣化を防ぐことができる。

### 3. パイプライン化

提案波形をサンプリングの前半と後半に別けてパイプライン化するための回路構成を図 3 に示す。この回路によってサンプリングする波形の後半が半周期ずらされて前半の波形に加算される。5 次の  $\Delta\Sigma$ DA 変換器に本波形を適用したときのシミュレーションによるスペクトラムを図 4 に示す。シェーピング特性は 100[dB/dec] であり 5 次特性が得られている。図 5 は図 3 回路をブレッドボードで作製して 5 次の  $\Delta\Sigma$  モジュレータを用いて DA 変換を行った時の実測結果である。また、比較のため従来型の PWMDAC をブレッドボードで作製し同様に測定した結果を図 6 に示した。これより 90[dB/dec] と従来 PWM 波形と同等のシェーピング特性がえられた。

### 4. まとめ

モーメント波形を適応し、パイプライン化した PWMDAC の試作を行ったことにより、S/N を劣化させずに擬似的に約倍の速さで動作させることが実現可能であることを明らかにした。

#### [参考文献]

[1] 小玉大地, "1.5bit DAC の出力波形の検討", 電気学会研究会資料, ECT-10-86, pp.7-11, 2010.10

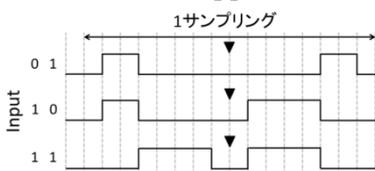


図 1 提案 PWMDAC の出力波形

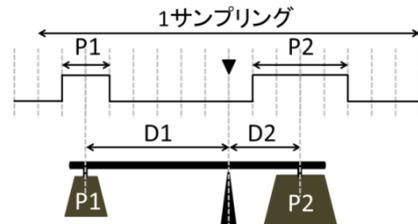


図 2 波形のモーメントの考え方

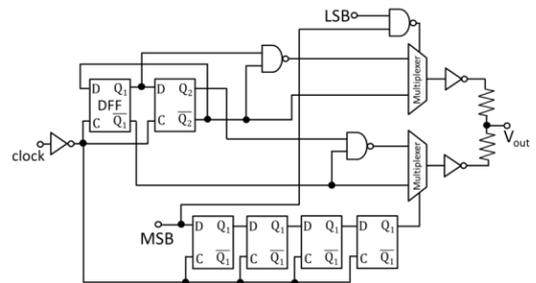


図 3 提案 PWMDAC の回路構成

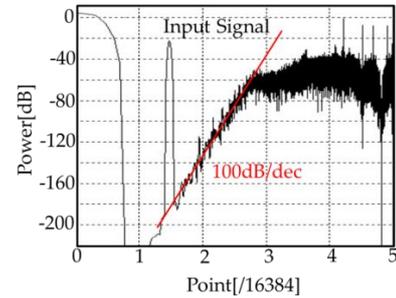


図 4 提案 PWMDAC の出力スペクトラムのシミュレーション結果

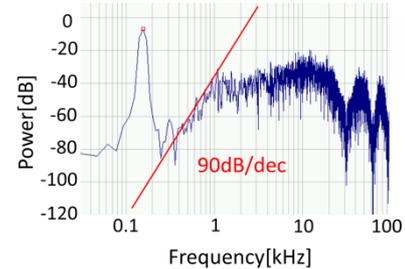


図 5 提案 PWMDAC のスペクトラムの測定結果

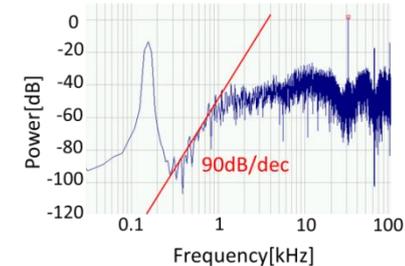


図 6 従来型 PWMDAC のスペクトラムの測定結果

## ハニカム構造平行平板の内部電磁界測定による円筒波伝搬特性評価

### Estimation of Relative permittivity in Honeycomb by measuring parallel metal plate inner wave

高野泰朋 ジャヤウルダネ ルシヤンテ サチトラ グェン シュアン トウン 広川二郎 安藤真

Yasutomo Takano Rushanthi Sachithra Jayawardene Tung Xuan Nguyen Jiro Hirokawa Makoto Ando

東京工業大学 電気電子工学科

Dept. of Electrical & Electronic Eng., Tokyo Institute of Technology

#### 1.まえがき

ラジアルスロットアンテナ (RLSA) は導波管スロットアンテナの一つで、衛星放送受信を目的として考案された平面アンテナである[1]。構造的に軽く強いハニカムを、円筒波を導波する平行平板スペーサーとしたものが宇宙用アンテナとして利用されている。金星探査機「あかつき」のアンテナでは、8GHz で、管内波長に対し十分に小さなセルサイズ(4/16')のハニカムが使用された[2]。本論文では、32GHz での使用を目的に2種類のセルサイズのハニカムを用いた平行平板内部電磁界を測定し、異方性の出現と比誘電率をシミュレーション値と比較する。

#### 2.平行平板内部電磁界の測定 (位相)

ハニカムの形状は図1の通りであり L 方向と W 方向を持つ。セルサイズが 4/16' と 1/8' のハニカムを図2のように平行平板にはさみ内部電磁界の測定を行い図3の結果を得た。ここで、 $g[\text{deg/mm}]$  をハニカム内の単位距離あたりの位相変化、 $\beta_0[\text{deg/mm}]$  を自遊空間の位相定数とすると径方向  $\rho$  のある距離  $l$  進む間に位相は  $\{(360^\circ \times n) + (g \times l)\}[\text{deg}]$  だけ変化する。よって、ハニカム内の位相定数  $\beta_h[\text{deg/mm}]$  は次の式で与えられる [3]。

$$\beta_h = \frac{360^\circ \times n}{l} + g \quad [\text{deg/mm}]$$

これにより、比誘電率が次の式のように求まる。

$$\epsilon_r = \left(\frac{\beta_h}{\beta_0}\right)^2$$

この式により、ハニカムを用いた平行平板内の測定による比誘電率が求まる。一方、HFSS による平面伝搬のシミュレーションより求まる値と比較し表1を得た。

#### 3. 比誘電率のシミュレーションと測定値の比較

32GHz で、セルサイズが 4/16' と 1/8' のハニカムを用いた平行平板内部電磁界について、その比誘電率を測定結果からの計算値とシミュレーション値との比較をそれぞれしたところほぼ一致した。これにより比誘電率の評価方法は有効であることが示された。なお、4/16' セルサイズについては LW の方向により定数に差が見られるばかりでなく、概して周方向の一様性が安定ではなかった。これは高周波数における給電部で高次モードが発生し、それが残存することによると考える。平行平板の高さ、セルサイズの見直しの必要性が示唆されている。これらを考慮し、まず 1/8' のハニカムを用いてアンテナの試作を進めている。発表では、比誘電率に加え伝搬損失についても報告し、高次モードの残存の原因とその対処方法を示す予定である。末筆ですが櫻井さん、NT スペース尼野さん、是枝さんにおきましては、日頃のご指導とご助力を感謝致します。

#### 4.参考文献

- [1] J. Hirokawa et al., IEE Proceedings, vol.137, Pt. H, no. 5, pp 249-254, Oct. 1990.
- [2] H. Ueda et al., IEICE Trans. Commun., vol.E91-B, no.3, pp.871-877, Mar. 2008.
- [3] Y. Ono et al., IEICE Trans. Electron., vol.E94-C, no.6, pp.1008-1015, June 2011

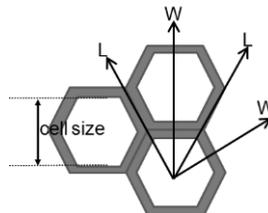


図1. ハニカムの上面図

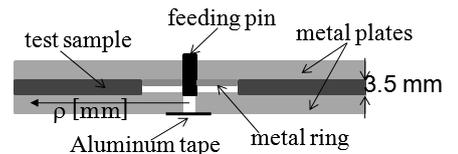


図2. 平行平板断面図

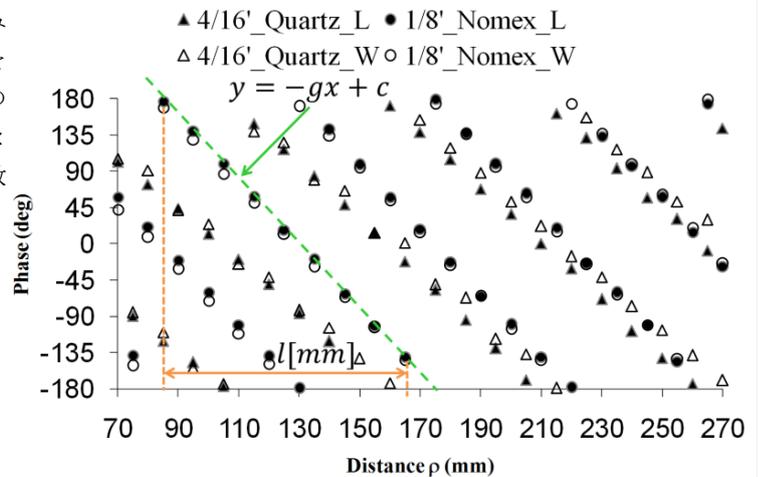


図3. 各テストサンプルの径方向の位相変化

表1 比誘電率のシミュレーションと測定値の比較

Size		Measurement $\epsilon_r$	Simulations $\epsilon_r$
4/16' quartz	L	1.057	1.058
	W	1.044	1.048
1/8' nomex	L	1.084	1.084
	W	1.083	1.084

Accuracy is low

# AR ホワイトボード: 実物体インタフェースを用いて実空間情報とデジタル情報を融合する拡張板書環境

AR Whiteboard: An Enhanced Whiteboard Environment Fusing Digital Information and Real Space Information with Real Objects as User Interface Devices

塚田裕太  
Yuta Tsukada

牛田啓太  
Keita Ushida

鶴見智  
Satoshi Tsurumi

群馬工業高等専門学校  
Gunma National College of Technology

## 1 はじめに

筆者らは、プロジェクション型 AR の手法を用いてホワイトボードの板書作業を支援するインタフェースシステムの開発を行ってきた [1]。本システムでは、ホワイトボードに手書きで板書した内容の保存・再提示などが可能であり、またこれらの機能は磁石やイレイサーといった、ホワイトボードでの板書となじみのある実物体で扱うことができる。本稿ではシステムの構成・機能・活用について述べる。

## 2 システム概要

提案システムは、ホワイトボードが使用される講義や会議などの状況を想定し、板書そのものを補助する機能やより板書が見やすく・伝わりやすくするための機能を備える。具体的には、ホワイトボードに板書した内容を保存してそれを再利用する「コピー＆ペースト」の機能をはじめ、用意した画像の表示や板書の特定の箇所を強調表示するといったものがある。

板書支援としては電子黒板を活用した [2] があるが、提案システムでは、AR (拡張現実感) のアプローチと実物体インタフェースによって、拡張機能を従来の板書の使用感で扱える。電子黒板のようなコンピュータを拡張して板書に対応させた環境ではなく、従来の板書環境そのものを延長して拡張したものである。

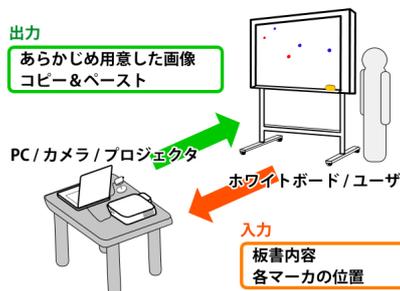


図 1 システム構成

本システムは、プロジェクション型 AR の体系で構成した (図 1)。これは AR の環境を構成する体系のひとつであり、入出力にカメラとプロジェクタを用いる。

本システムにおいて、カメラはホワイトボードを撮影して板書や磁石などを検出する。プロジェクタは過去の板書などの情報をホワイトボード上に投影し、板書とデジタル情報を融合させる。

## 3 主な機能

提案システムでは、磁石・イレイサー・指示棒といった実物体をユーザインタフェースとして取り入れ、従来の板書と同じ使用感で拡張機能を扱えるようにした。

板書そのものを補助する機能としては、コピー＆ペースト機能がある。ホワイトボードに磁石を 2 つ貼り矩形をつくると、矩形内の板書を画像として PC にコピーする。また、3 つの磁石を用いて、1 つの磁石で画像を選択し残りの 2 つの磁石で紙を貼るようにホワイトボードに貼ってペーストする (図 2)。この板書のコピー＆ペーストによって、一度消した板書の再利用や、位置や大きさを変えて再提示するといったことが可能である。また、コピーした板書が不要になった場合は、イレイサーを使って板書はもちろんデータも削除することができる。



図 2 AR ホワイトボード活用イメージ

板書を見やすく・伝わりやすくする機能として、指示棒を使って指し示した箇所を強調することができる。また、コピーして保存した板書データは後で内容を確認したり、次回システム起動時に再び利用したりできる。

現在、拡張機能の使用感を調べるため、実際にシステムを使用してもらったアンケート調査を進めている。今後は模擬授業などの実験を行い、実際の講義などで活用していくための検討も行いたい。

## 参考文献

- [1] Y.Tsukada et al.: "AR Whiteboard: Handling Written Contents as Digital Information Using Tools for Whiteboards", ICAT2011, pp. 156, 2011
- [2] 酒井ほか: "ガリバー: 板書内容の再利用環境", 第 5 回知的創造シンポジウム, pp. 119-126, 2008

# 赤外線待ち受け回路の省電力化の検討

A study of the power saving circuit for the infrared standby mode

永島 直也  
Naoya NAGASHIMA

松谷 康之  
Yasuyuki MATSUYA

青山学院大学 理工学部  
College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

## 1. はじめに

赤外線通信を用いている機器では、赤外線受信回路は常に受信状態である。そのため主電源が常に動作している状態であるため消費電力が大きい。本研究では、赤外線待ち受け回路、スーパーキャパシタ（電気二重層コンデンサ）、電圧監視回路を用いて、主電源が切れていても動作する回路を提案し、また待ち受け回路の省電力化を検討する。

## 2. 提案回路

図 1 に提案した回路を示す。赤外線待ち受け回路と電圧監視回路をスーパーキャパシタで動作させることで、主電源が切れていても動作する。

電圧監視回路は、赤外線待ち受け回路を動作させているスーパーキャパシタ C6 の電圧を監視している。C6 の電圧が赤外線受信モジュールの動作電圧 2.6 [V]以下になった場合、 $\overline{\text{RESET}}$  の出力は、C6 の電圧が 3.0[V]以上になるまで"low"を出力することで PMOSFET(M3)をオンし C6 を充電する。

赤外線受信モジュールには受信モードとシャットダウンモードがあり、シャットダウンモードでは消費電流が少ない（表 1）。そのため赤外線待ち受け回路は、発振器からの信号(32 kHz)を DFF により 4 分周した信号(8kHz)を用いて赤外線受信モジュールの受信モードとシャットダウンモードで間欠動作を行なうことで省電力化する。また赤外線受信モジュールが信号を受信すると、受信信号出力端子 (RXD) より"low"を出力する。その出力は NMOSFET(M1)をオンし、コンデンサ C5 を放電することで点 A が"low"になる。受信モードは C5 が充電されるまで数秒維持することができる。

## 3. 結果

電圧監視回路の動作は図 2 に示す。消費電力は、オシロスコープによりキャパシタ C6 の電圧を動作範囲である電圧に下がるまでの時間により消費電流を求めることで算出した。提案回路の消費電力の算出結果は 333[ $\mu\text{W}$ ]となった。また常時受信モードである場合の消費電力は 535[ $\mu\text{W}$ ]となり約 38 [%]の省電力化を確認することができた。

## 4. まとめ

赤外線待ち受け回路と電圧監視回路を提案し、主電源が切れていても動作する回路を試作した。提案回路により主電源での消費電力を小さくすることが期待でき、赤外線受信回路の 38[%]の省電力化を実現することができた。

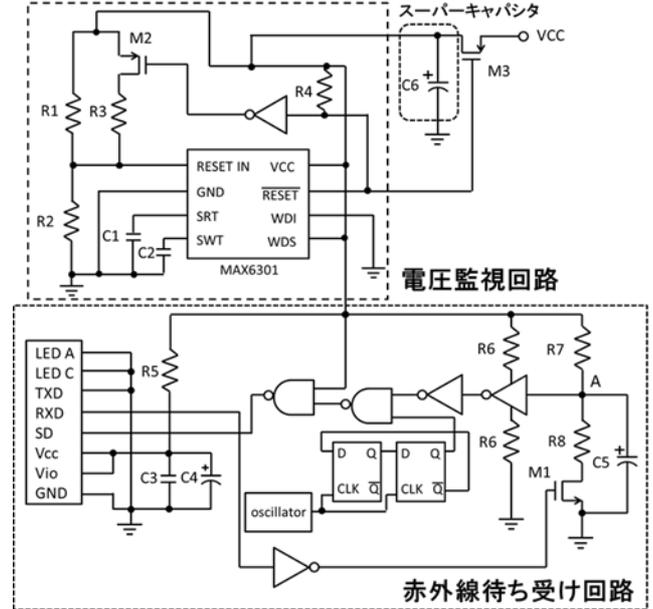


図 1 提案回路

表 1 赤外線受信モジュールの消費電流

赤外線モジュールの状態	Typ.	Max.
受信モード 無信号時	0.45[mA]	0.60[mA]
受信モード 受信動作時	0.65[mA]	—
シャットダウンモード時	0.01[ $\mu\text{A}$ ]	1.0 [ $\mu\text{A}$ ]

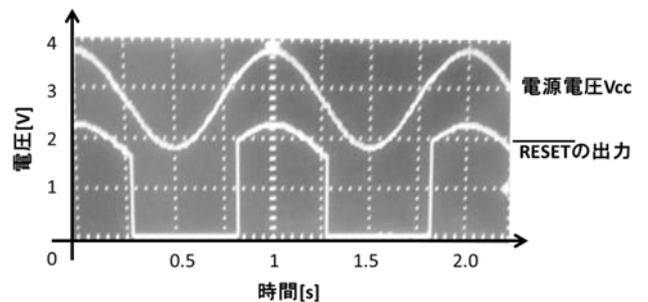


図 2 電圧監視回路の動作

表 2 消費電力の比較結果

受信モード	消費電力[ $\mu\text{W}$ ]
常時受信モード	535
間欠動作モード	333

# 軽量ヒューマノイドロボットの跳躍動作生成に対する検討

A Study on Generation of Jumping Motion for Lightweight Humanoid Robot

D-4

原 靖典<sup>\*1</sup>  
Yasunori HARA

加藤 優彦<sup>\*2</sup>  
Masahiko KATO

齊藤 健<sup>\*1</sup>  
Ken SAITO

内木場 文男<sup>\*1</sup>  
Fumio UCHIKOBA

<sup>\*1</sup> 日本大学理工学部

College of science & Technology, Nihon University

<sup>\*2</sup> 日本大学大学院理工学研究科

Graduate school of science & Technology, Nihon University

## 1. はじめに

全長が 1[m]を超える大型のヒューマノイドロボットが盛んに開発されている[1]。しかしこれらのロボットは大型化に伴い重量も著しく増加し、跳躍や走行などの非接地状態を含む動作を行うことがむずかしい。また激しい動作を大型のヒューマノイドロボットが行った場合、関節の負荷が非常に大きい。アクチュエータの故障等を未然に防ぐためには、各関節の負荷をシミュレーション等で事前に把握し、実機のモーションを作成する必要がある。

我々は大型かつ軽量なヒューマノイドロボットを作製し、大型のヒューマノイドが苦手とする跳躍動作が可能なロボットの実現を目指している。

本論文では運動シミュレーションソフトを用い、コンピュータ上でモデリングしたロボットで跳躍をシミュレートし、関節への負荷の正確な値を算出する。また、シミュレーションデータを基に、作製したロボットが実現できる範囲での最適な跳躍方法を導き出す。さらに、実機へ応用し作製したヒューマノイドロボットの跳躍の可否を明らかにする。

## 2. 跳躍動作の生成

作製するロボットは軽量化のためアクチュエータを大型で高トルクなサーボを用いずに、小型ロボット用サーボモータを採用した。またサーボモータ間を繋ぎとめるフレーム素材には、軽量で加工が容易なアルミニウム (A5052) を採用し、強度に支障が無い範囲で肉抜き穴を設け軽量化を図った。前述の条件を基にロボットを 3DCAD で設計し、シミュレータによる跳躍シミュレーションを行った。

図 1 に 3DCAD を用いて設計したロボットの軸配置と全体像を示す。本論文では、ロボットの跳躍量は跳躍以前のロボットの姿勢に依存すると推測し、さまざまな膝の角度でロボットを屈伸させ、そこからの跳躍運動をシミュレートした。得られた跳躍量や必要トルク等の情報から、最適な跳躍方法を模索した。

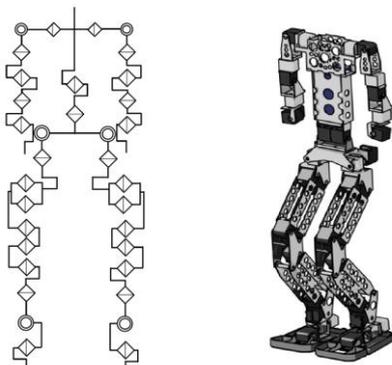


図 1 モデリングしたロボットの軸配置と全体像

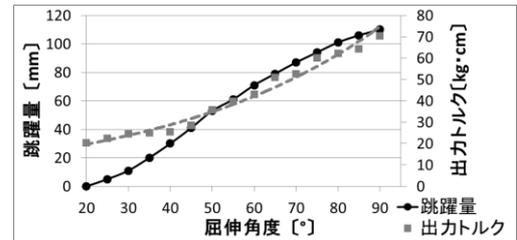


図 2 屈伸角度における跳躍量と出力トルク

図 2 にシミュレーションによって得られた、膝の屈伸角度における跳躍量と出力トルクの変化を示す。同図は、跳躍前の屈伸角度を大きくするに従い、跳躍量および出力トルクが増大する事を示している。本論文で使用するサーボモータは、最大トルクが 67[ $\text{kg} \cdot \text{cm}$ ]である。従って、垂直から 80[°]屈伸した状態からの跳躍であれば、サーボモータの性能を逸脱することなく、より高い跳躍が可能になる。この結果を実際に作製したロボットのモーションに反映した。

作製したヒューマノイドロボットは、全長 1.1[m]、重量が 5.6[kg]であり、全長に対して非常に軽量なロボットの作製に成功した。

図 3 に作製したロボットの跳躍の一例を示す。

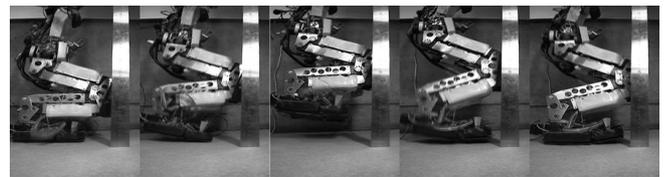


図 3 跳躍の瞬間

跳躍の様子を跳躍量測定するために高速度カメラで撮影した結果、約 90[mm]の跳躍量を測定した。理論値と約 10[mm]の誤差が生じたが、シミュレーション結果とほぼ一致した。

## 3. まとめ

作製した軽量ヒューマノイドロボットの最適な跳躍方法を、シミュレーションによって算出した。その結果を基に実機を駆動させた場合、約 90[mm]の跳躍が可能であることを明らかにした。今後さまざまな運動に関してシミュレーションを行い、走行が可能なロボットの開発を目指す予定である。

## 参考文献

- [1] 比留川 博久. “[特別論稿]ヒューマノイドロボット”電子情報通信学会技術研究報告. SANE, 宇宙・航行エレクトロニクス 103(156), pp39-42, 2003-06-20.

# 手指画像中における爪類似色の密集度に着目した爪認識システム

## Nail recognition system in hand images using nail-color density

A-15

藤嶋 教彰<sup>\*1</sup>  
Noriaki FUJISHIMA

星野 聖<sup>\*2</sup>  
Kiyoshi HOSHINO

<sup>\*1</sup> <sup>\*2</sup> 筑波大学大学院 システム情報工学研究科  
Graduate school of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba

### 1. はじめに

爪の位置をマーカ無しで取得し情報として利用できるればカメラ利用により完全非接触で利用できる 3 次元手指形状推定技術[1]の精度を向上させられると期待されている。しかし、指先のみ画像から輝度値を利用して爪領域の画素を正確に抽出しようとする手法[2]は確認されているが、手指全体が写った画像を対象とし、爪と似た色を持つ領域を複数持つ掌領域を含む画像からの爪認識を行う手法は確立されていない。本研究ではこれまでの研究により発見された爪と肌を持つ、爪に似た色（以下、爪類似色）を持つ画素の密集の様子が異なる性質を利用した爪認識システムを構築し、掌領域を含む画像からも正確に爪を認識できることを述べる。

### 2. システム構成

本研究で構築したシステムでは背景が黒である手指画像を入力とし、爪色を持つ領域が画像中のどこにあるかを特定する第 1 判定とその領域中に爪が含まれているかどうかを判定する第 2 判定の 2 段階判定を経て爪を認識する。

第 1 判定では色空間上で爪領域画素の画素分布と肌領域画素の画素分布が偏りを持って分布していることから分離平面を画素分布上に引くことにより爪類似色を持つ画素を抽出し、2 値画像に転写する。そして、 $11 \times 11$  のメディアン平滑化を用いることで散乱した細かいノイズ画素を除去し、密集していた画素を結合させる。最後にラベリングを行うことで抽出された画素の領域を認識し、各領域の重心を求め、その重心を中心として  $40 \times 40$  の領域を爪の存在位置候補として部分読み出し（以下 Region of Interest: ROI）を設定する。なお、この判定段階で爪の領域のみが残る確率は掌領域を含む画像の場合 10% に満たない。

第 2 判定では ROI ごとに処理を行い爪が含まれるかどうかを判定する。まず爪に似た色の画素を上位 25% だけ抽出する。すると、爪を含む領域であれば、抽出される画素は爪画素が主となるため密集しやすく、密集度が高くなる。一方、肌のみ領域の場合は一部に集中するのではなく、ROI 内の至るところで散乱するため密集度が低くなる。そこで、この密集度の差異を利用して爪領域を判定する。

本研究では密集画素と、密集でない画素をそれぞれ数え、その画素数の比の大きさを比較することで爪を判定する。 $i$  番目の ROI 内において画素再抽出後の 2 値画像を  $O_i$  とし、その画像に  $7 \times 7$  メディアン平滑化をかけて密な領域だけを残した画像を密画像  $C_i$  と定義する。そして  $O_i$  と  $C_i$  の排他的論理

和をとった

$$S_i = O_i \oplus C_i \quad (1)$$

を疎画像として定義する。この時、密画像  $C_i$  内の抽出画素のピクセル数を  $N_c^i$ 、疎画像  $S_i$  内の抽出画素のピクセル数を  $N_s^i$  とした時、爪である条件を

$$(N_s^i / N_c^i) < Th_{cs} \quad (2)$$

として、判定を行い、爪が存在すると判定された領域の重心を出力する。

### 3. 評価実験

評価実験ではカメラを Point Gray Research 社製高速カメラ Dragonfly Express を用い、撮像距離 80 cm により撮影した掌を含む画像 100 枚から、正確に爪を認識できたものが何枚あるかによって評価を行った。この時に使用する閾値  $Th_{cs}$  の値は 1.2 である。

評価実験の結果、90 枚の画像に対して正確な爪認識を行うことができた。これにより本手法の有効性が示された。図 1 に実行結果の例を示す。図 1 からほとんど重心のずれもなく、正確に爪の位置を認識していることがわかる。

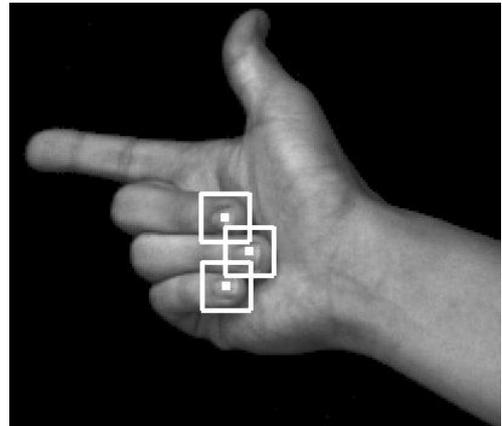


図 1 実行結果の例

- [1] K.Hoshino and M.Tomida: "3D hand pose estimation using a single camera for unspecified users", Journal of Robotics and Mechatronics, 21, 6, pp.749-757, 2009
- [2] 津田 藍花, 上野 智史, 酒澤 茂之, 半谷 精一郎: "照明による輝度変化の影響を考慮した携帯端末用ネイルアートシミュレーションに関する検討", 電子情報通信学会技術報告, 110, 381, pp.59-64, 2011

# 医療診断における嚥下動態の音響的特徴検出手法の検討

St o A o ti eat re ete tion o S allo ing otion in e i al iagno i

星 勇輝<sup>1</sup>  
ki HOSHI

田中 雄大<sup>2</sup>  
ai ANA A

渡邊 祐子<sup>2</sup>  
ko A ANAB

東京電機大学大学院 情報環境学研究所<sup>1</sup>  
Graduate S hool o In ormation n ironment ok o enki ni er it  
東京電機大学 情報環境学部<sup>2</sup>  
S hool o In ormation n ironment ok o enki ni er it

## 1 はじめに

嚥下障害診断における頸部聴診法は 非侵襲で簡便な診察方法であることから注目を集めている。しかし 診断の鍵となる音響的特性が明らかになっていないことが起因して 医師が熟練しなければ異常音を見落とす可能性がある。また近年 自発的に嚥下を行うことができない要介護高齢者や患者が唾液を誤嚥することに対する誤嚥診断に注目が置かれ 継続的に診断可能なシステムが必要とされている。

本研究は非侵襲かつ継続的に診断・診察が可能な頸部聴診法を応用し 先行研究によって提案した嚥下計測マイクロフォン を用いて嚥下時に発生する生体音（以後嚥下音とする）を收音し 解析を行う。また 嚥下音の音響特徴と嚥下動態の時間特徴を明らかにすることを目的とし 今回嚥下動態の時間特徴として 咽頭の上昇と嚥下音の時間的な関係性に着目し 計測実験により検討したので報告する。

## 2 嚥下動態の計測実験

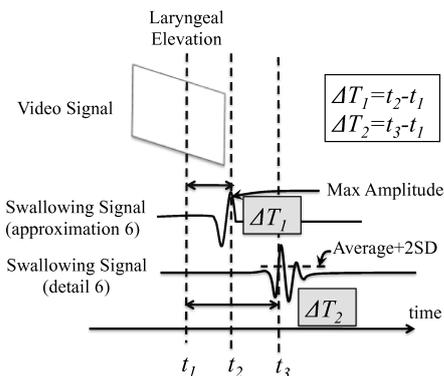
### 2.1 概要

嚥下動態の計測を行うため 咽頭運動をビデオカメラで撮影し 嚥下計測マイクロフォンは甲状軟骨上部と輪状軟骨下部に設置し嚥下音を收音した。收音したデータからどの程度の時間差が生じるかを見ることによって 計測システムの精度の検証を行った。今回男性健常者 名を被験者とし 計測を行った。被験者は検者が指示した後に唾液を嚥下するように指示し 各被験者 回 サンプルの嚥下音を採取した。

### 2.2 嚥下動態解析

喉頭挙上時における音響信号の特徴を抽出するため 映像信号と音響信号を同期させて解析を行った。音響信号は甲状軟骨上部で收音した嚥下音を用いた。嚥下音は通過帯域 k Hz の L をかけ k Hz にダウンサンプリングし レベル における離散ウェーブレット変換を適応し appro imation 係数と etail 係数を抽出した。レベル における中心周波数はおよそ Hz である。

映像信号から目視で確認した喉頭挙上の開始時刻を  $t_1$  レベル における appro imation 係数の最大となる時刻を  $t_2$  etail 係数の振幅の平均  $\times$  標準偏差 を閾値とし 閾値を超えた時刻を  $t_3$  とした。  $t_1$   $t_2$  の時間差を  $\Delta T_1$   $t_1$   $t_3$  の時間差を  $\Delta T_2$  として計測した。計測の例を ig に示す。

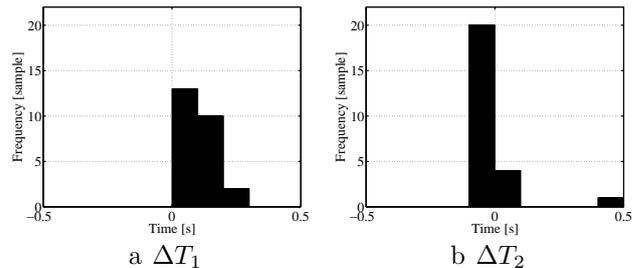


ig 時間差計測方法

## 2.3 結果

### 2.3.1 喉頭挙上時刻

計測結果を ig に示す  $\Delta T_1$  は に分布しているが  $\Delta T_2$  は つのサンプルを除き すべてのサンプルが ± に分布していることがわかる。この結果から レベル の appro imation 係数と比較し etail 係数の方が喉頭挙上時刻の抽出精度が高いと言える。

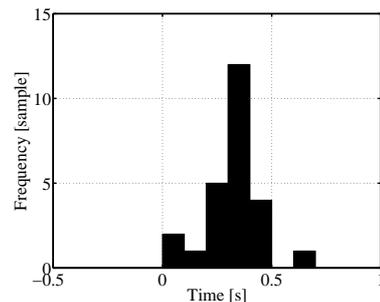


a  $\Delta T_1$  b  $\Delta T_2$

ig 計測結果

### 2.3.2 音響信号による嚥下動態の計測

前節の結果より  $\Delta T_2$  と仮定する。つまり  $t_3$  を喉頭挙上の開始時刻とし 喉頭挙上の開始時刻から嚥下音発生までの時間を計測する。嚥下音の発生時刻は輪状軟骨直下で採取した嚥下音の最大振幅時刻とする。計測結果を ig に示す。 に高い頻度を示し 健常者における嚥下動態の時間特徴であると考えられる。



ig 喉頭挙上と嚥下音発生までの時間差

## 3 まとめ・今後

今回 嚥下動態の時間特徴を抽出するため 喉頭挙上の抽出手法を検討した。甲状軟骨上部で採取した嚥下音を離散ウェーブレット変換し レベル の etail 係数から喉頭挙上の時刻を算出した。その結果 目視で確認した喉頭挙上の時刻はほぼ同時刻だった。また 嚥下計測マイクロフォンで收音した信号のみによる喉頭挙上と嚥下音発生までの時間は に高い頻度を示した。これは 健常者の嚥下動態の時間特徴であると考えられる。今後 被験者数を更に増やし嚥下動態の時間特徴の抽出を行い 診断システムに実装する所存である。

## 参考文献

渡部雄祐 渡邊祐子 浜田晴夫 複数のマイクロフォンによる嚥下音評価システムの検討 日本音響学会 春期研究発表会講演論文集 pp

# 乳腺超音波画像からの異常検出に関する研究

Abnormal Detection from Breast Ultrasound Images

山崎優大<sup>†</sup>      坂無英徳<sup>††</sup>      岩田昌也<sup>††</sup>      野里博和<sup>††</sup>      古谷立美<sup>†</sup>  
 Yudai Yamazaki<sup>†</sup>      Hidenori Sakanashi<sup>††</sup>      Masaya Iwata<sup>††</sup>      Hirokazu Nosato<sup>††</sup>      Tatsumi Furuya<sup>†</sup>

<sup>†</sup>東邦大学      <sup>††</sup>産業技術総合研究所  
<sup>†</sup>Toho University      <sup>††</sup>National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

## 1 はじめに

乳がん患者は年々増加し、定期的な乳がん検診が重要となっており、マンモグラフィだけでなく乳腺超音波検診の併用が有効であると言われている。乳腺超音波検診では検査者が超音波の送受信機を手動で移動させながら、乳がんの疑いのある病変のみを静止画像として保存し、保存された画像をもとに医師が診断を行う。そのため、検査結果が検査者の技量や経験に左右され、病変の見落としが起こる危険性がある。そこで、本研究では、乳腺超音波検診における病変の見落としをなくすことを目的として、パターン認識技術を用いた乳腺超音波画像からの病変の自動検出システムを提案する。

## 2 乳腺超音波画像

乳腺超音波画像は音の反射により乳房の断面を描出したものである。そのため、描出される画像は層構造となっており、上から順に、皮膚、脂肪、乳腺、大胸筋、肋骨などで構成される。また、音の干渉によりノイズなどを多く含むため、不鮮明に描出される。この乳腺超音波画像において、乳腺組織周辺に現れるがんが乳がんである。本研究では、乳腺超音波検診において検出すべき乳がんの疑いのある病変の1つである、塊を形成する腫瘍像形成病変を対象に乳腺超音波画像から病変の検出を行う。

## 3 提案手法

提案手法では、静止画像での形や大きさなどの幾何学的特徴を抽出することに優れた特徴量である高次局所自己相関 (HLAC) 特徴 [1] を用いて、正常な乳腺超音波画像から“正常であること”を学習し、“正常でないこと = 異常”として病変の自動検出を行う。正常な乳腺超音波画像を学習することで、ノイズを多く含み、病変の形や大きさなどの定義が困難な乳腺超音波画像に対し、病変の定義を行うことなしに病変の検出が可能であると考えられる。また、位置不変性を有する HLAC 特徴を用いること

で、乳腺超音波画像から病変の位置を特定することなく、検出が可能である。

提案手法の詳しい手順を図 1 に示す。まず、学習フェーズにおいて、正常な乳腺超音波画像から、HLAC 特徴を抽出し、主成分分析を用いて、正常な乳腺超音波画像の特徴を捉えた正常部分空間を形成する。次に、判定フェーズにおいては、テスト用の乳腺超音波画像から得られた HLAC 特徴と学習フェーズにおいて形成した正常部分空間との距離を異常値とし、異常値の高いものを病変として検出する。

## 4 検証実験

実験では、乳腺超音波画像から、乳腺組織を手動で切り出した画素数 80 × 59 の静止画像を作成し、提案手法の検証実験を行った。学習画像として、正常な乳腺組織 591 サンプルを使用し、学習画像とは異なる正常な乳腺組織 591 サンプルと黒い影として描出される腫瘍像形成病変を含む乳腺組織 118 サンプルの計 709 サンプルを判定した。

実験の結果、図 2 に示すように、病変を含む乳腺組織においては正常な乳腺組織よりも異常値が高くなり、乳腺超音波画像から病変の検出が可能であることがわかった。

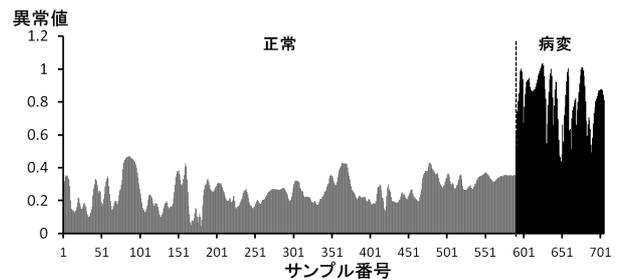


図 2 HLAC 特徴を用いた異常検出での実験結果

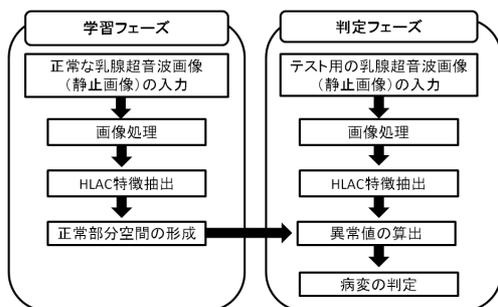


図 1 提案手法

## 5 おわりに

本研究では、HLAC 特徴を用いて正常な乳腺超音波画像から“正常であること”を学習し、“正常でないこと = 異常”として乳がんの疑いのある病変の検出手法を提案し、提案手法の検証実験を行った。実験の結果、提案する HLAC 特徴を用いた検出手法により、乳腺超音波画像から病変の検出が可能であることが示された。

## 参考文献

[1] 大津展之, 栗田多喜夫, 関田巖: パターン認識-理論と応用, 行動計量学シリーズ 12, 朝倉書店, 東京 (1996)

講演会 A 感想文

## 音声分野における雑音との戦い

講師：島村徹也教授（埼玉大学）

講演会 A 副幹事校 日本女子大学 石川晶子 坂元麻衣子

平成 24 年 11 月 24 日，東京都市大学渋谷サテライトクラス 五島育英会ビル B1 階において，埼玉大学 工学部 情報システム工学科・島村徹也教授をお招きし，「音声分野における雑音との戦い」と題して講演会を開催しましたことを報告致します。

近年，音声情報処理システムの発展と共に雑音に埋もれた音声信号から元の音声信号のみを取り出す「音声強調」という技術が注目を集めています。本講演はこの技術がこれまでどのような歴史をたどり，今，先端の研究者は何を考えてどのように取り組んでいるのかという内容についてデモを交えて，お話をして頂きました。また，講師の方の研究室で行われている骨伝導の研究についても御紹介をして頂き，様々な技術についての知識を得ることができ，大変充実した講演会でした。

本講演会の参加者は，学内，学外の学部生や院生を中心に 9 名であり，例年に比べ非常に少なく残念でした。告知活動としましては，ポスター掲載と授業でのアナウンス，メールでの告知を行いました。参加者が少なかった大きな原因は 2 つあり，学園祭の時期と被ってしまったこと，告知が直前になってしまったことが挙げられます。今回は講師の方の都合から開催時期を決定しましたが，今後は参加者の都合にも配慮しながら時期について検討をしたいと思います。このような問題点もありましたが，アンケートを拝見すると，参加者はおおむね満足して頂いたようで，特にデモンストレーションが好評でした。また，今後希望する講演テーマとして，通信や光，天文関連の話を知りたいという意見がありました。今後の講演テー

マの参考にし，より多くの参加者に来ていただけるようにしたいと思います。

最後になりますが，御多忙の中，御講演頂いた島村教授に厚く御礼申し上げます。また，本講演開催にあたり御協力頂いた事務局の皆様，当学生会幹事団の皆様，講演会 A グループ運営委員の皆様に深く感謝致します。



島村徹也教授のご講演



講演の様子

講演会 B 感想

## 可視光の力

講師：鎌倉浩嗣 准教授（千葉工業大学）

著者：千葉工業大学情報科学研究科 天野 裕太

幹事校役員：市川 浩之，海寶 慶，山崎 卓也，天野 裕太

平成 24 年 11 月 4 日，千葉工業大学津田沼キャンパス 7 号館 7 階情報工学実習室にて千葉工業大学情報工学科，鎌倉浩嗣准教授をお招きし，「可視光の力」と題しまして講演会を行いました。

講演内容は可視光の性質，可視光の通信分野への応用などをお話いただきました。講演には学部生，大学院生を中心に約 30 人の方にお越しいただきました。

可視光とは波長が 380 nm から 750 nm である人が目で認識できる電磁波です。講演では可視光の性質，近年普及が著しい LED の発光原理や性質など専門ではない方にも理解がしやすいよう講演が行われていたと思います。また，現在行われている可視光通信についての研究，これからの応用などについても触れ，これから研究を行う学部 2, 3 年生も関心を抱いていた様子でした。講演中には可視光を用いた音源再生機や実用化が行われている iOS 向けアプリケーションの実演を交えて講演していただき，よりわかりやすい内容になっていたと思います。

講演会の様子は USTREAM を通じてリアルタイムで放送しましたが，インターネット上での告知が少なかつたため思ったほど視聴数に伸びはありませんでした。また，インターネット回線が安定しなく放送中に接続が切れてしまうなどの問題もありました。

参加していただいた方にアンケートを実施したところ満足との回答が多かったため，参加していただいた方には満足いただけたと感じております。

最後になりましたが，ご多忙の中講演していただきました鎌倉浩嗣准教授に深く御礼申し上げます。また本講演にあたりご協力いただきました事務局の皆様，当学生会幹事団の皆様，講演会Bグループ運営委員の

皆様，そして本講演にご参加頂いた皆様に感謝いたします。

主催 電子情報通信学会 東京支部 学生会

## 可視光通信の力



講師 鎌倉 浩嗣 准教授  
日時 11 月 10 日 (土)  
定員 40 名程度  
参加費 無料  
場所  
千葉県習志野市津田沼 2-17-1  
千葉工業大学 7 号館 7 階

申込方法  
Email にて，お申し込みください。  
申し込み後，詳細を Email にてお知らせします。

申込先  
件名を「講演会 B 申し込み希望」とし，  
下記事項を明記の上，お申し込みください。  
宛先  
Email: ichikawa@kama.cs.it-chiba.ac.jp

(1) 氏名  
(2) 学校名  
(3) IEICE 会員 / 非 IEICE 会員  
(4) 連絡先 (E-mail アドレス)

### MAP



主催：(社)電子情報通信学会東京支部学生会

## 見学会 A

# (株)日立製作所大みか事業所 見学会

見学会 A 幹事校 茨城大学 大学院理工学研究科 メディア通信工学専攻 柳澤 隆久  
茨城大学 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻 今野 拓矢, 入江 克成

### 1. まえがき

平成 24 年 11 月 28 日、電子情報通信学会東京支部学生会見学会 A グループの企画として、(株)日立製作所の大みか事業所を見学しました。茨城大学工学部の前進の多賀高等工業学校が、(株)日立製作所創業者の小平浪平氏により設立されたこともあり、大変興味深い見学会となりました。

大みか事業所は日立製作所の社内カンパニーのインフラシステム社に属しています。インフラシステム社は、モビリティ・エネルギー・産業システム・水環境の各技術を柱とし、それらを融合することで社会インフラシステムを提供しています。今回の見学会では、モビリティ部門の「列車運行管理システム」とエネルギー部門の「太陽光発電システム」「インバータ製造」を見学させていただきました。

### 2. 列車運行管理システム

モビリティ部門の見学として、列車運行管理システムの部門を見学しました。列車運行管理システムは首都圏各線に導入されており、列車運行に関する情報の管理や機器の制御を行う自立分散型システムです。鉄道会社と日立製作所が共同開発により進められています。首都圏の各線に段階的に導入していくため、旧型のシステムに新型のシステムを統合することが、苦勞の 1 つであるとの話がありました。

### 3. 太陽光発電システム

東日本大震災において茨城県、特に県北地域は大きな損害を受けました。大みか事業所でも、震災時、電気が届かず、何も仕事を進めることが出来ない状況になったそうです。

見学会では、非常時のエネルギーの確保を目的



として設置された太陽光発電システムを見学しました。現在、通路の照明や水道システムを維持させるだけの発電が可能になっています。今後、製造部門への応用を視野に入れているとのこと。

### 4. インバータ製造

実際に製品を見る事が出来る部門として、インバータの製造ラインを見学しました。この部門では、ダンプ用インバータや太陽光発電用インバータ、無停電電源装置(UPS)を製造しています。東日本大震災以降、エネルギー、特に電気の重要性が増し、銀行や公官庁向けの UPS や洋上風力発電向け発電機の需要が伸びているとのこと。

### 5. まとめ

見学会のテーマである「モノづくり」に関して、多くの学生が何かを感じ取ることが出来る見学会となりました。先輩社員や各部門担当の社員の方も、技術に対して熱い誇りと情熱を持った素晴らしい技術者ばかりでした。また、「もっと社員の方と話したかった」という要望も多く寄せられました。今回の企画に大変なご協力いただきました(株)日立製作所 菊地洋崇様、近多剛史様、丹治雅行様へ心より感謝申し上げます。

## 見学会 B

# NEC 玉川事業所 企業見学会

幹事校 早稲田大学 山形 俊介, 于 冰

### ・集合場所, 時間について

当日は生憎の雨であったが, 21 名の見学者が集まった。企業見学会の集合場所が駅前のメインエントランスから少し離れた場所にあったため, わかりづらく感じた参加者もいるようであった。当日参加の 2 名の入構手続きに時間がかかったため, 10 分遅れでの見学会スタートとなった。

### ・NEC 研究活動の紹介

まずは全員で NEC の事業活動や大まかな研究内容についての説明を聞いた。全体的な印象として, 赤字が続く NEC においては, コストがかかるハードウェアの開発よりも, 既存のハードや設備を利用したソフトウェア開発を中心に研究を行っているようであった。

### ・実演を含めたプレゼンテーション

研究活動の紹介の後, 別室に移動し, 2 つのグループに分けて具体的な研究内容をプレゼンテーション形式で聞いた。研究内容ごとに 5 つのブースに分かれており, それを 2 つのグループに分かれて説明を聴いて回る形式である。21 名であるならば, グループは 3 つに分けたほうが効率が良いのではと思ったが, 企業側の指示に従うことにした。

### ・DTN(disruption-tolerant networking)

はじめに惑星間などの遅延が大きい環境でのネットワーク技術についての説明を聞いた。お互いのノードが近づいたら保持しているデータを送受信する仕組みで, タブレット端末を用いて実演を行った。お互いの端末を近づけると, データがやり取りされる様子がわかった。ただ, NEC が DTN をどのような事業に利用するのかは伝わって来なかった。

### ・スケッチエンジン

特定の画像から似たような特徴の画像を検索して抽出する技術で, 検索ワードから画像検索するのではなく, 画像を入力して類似の画像を提示する仕組みらしい。防犯カメラの映像から類似している人物を割り出すなど, 単語では表現しにくい情報に基づいて検索する場合に役立つのではないかと感じた。

### ・複合イベント処理技術

Twitter など同時多発的に情報が発生するデータの解析技術についての説明を受けた。実演では twitter の位置情報をもとにして google マップ上にツイートされている場所を表示することで, 現在話題になっている場所を可視化する研究が紹介された。マップ上の○アイコンをクリックすることで, ツイートの内容を見ることができ, その場所でどのようなイベントが行われているのかなどがわかり, とても面白い技術だと感じた。

### ・まとめ

前述の項目に加えて, ビッグデータ処理やソフトウェアでネットワーク構成を自由に変更できる Software Defined Network 技術についての説明を受けたが, 内容がやや専門的で理解出来ていない参加者もいたようだった。最後の懇親会では, 最前線で働く研究者から就職活動のアドバイスや, 研究に取り組む姿勢などを聞くことができ, とても有意義なものとなった。セキュリティ上難しいと思うが, 実際に研究を行っている場所や, 稼働しているサーバなどのシステムを実際に見ることが出来たなら, より見学会としての意義が増したように思える。

## 平成 24 年度東京支部学生会事業

幹事校 (委員長) 日大  
副幹事校 (副委員長) 防衛大  
担当校 (幹事) 埼玉大, 千葉工大, 茨城大, 早大, 東京電機大, 山梨大, 中大

講演会 A (担当校: 埼玉大, 日本女子大, 東京都市大)

題目 音声分野における雑音との戦い  
講師 島村徹也教授 (埼玉大)  
日時 平成 24 年 11 月 24 日  
会場 東京都市大学 渋谷サテライトクラス

講演会 B (担当校: 千葉工大, 東大, 横浜国大)

題目 可視光の力  
講師 鎌倉浩嗣准教授 (千葉工大)  
日時 平成 24 年 11 月 4 日  
会場 千葉工業大学 津田沼キャンパス

見学会 A (担当校: 茨城大, 上智大, 法政大)

見学先 日立製作所 大みか事業所 インフラシステム社  
日時 平成 24 年 11 月 28 日

見学会 B (担当校: 早大, 都立産技高専, 拓殖大)

見学先 NEC 玉川事業所  
日時 平成 24 年 10 月 18 日

学生会報 (第 18 号) (担当校: 東京電機大, 群馬大, 電通大, 千葉大)

A4 版, 44 ページ, 発行部数 500 部  
特集テーマ 新エネルギーについて

学生会研究発表会 (第 18 回) 実施予定 (担当校: 山梨大, 東京工科大, 明大, 東海大)

日時 平成 25 年 3 月 2 日  
会場 東海大学 高輪キャンパス

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

## 編集後記

本年度、東京電機大学は、学生会報の幹事として編集を担当いたしました。私は2年間の参加で、学生会報の幹事を担当させていただき、とてもよい経験となりました。特集記事のテーマの決定や執筆依頼、感想文の収集など、大学間をまたぐ仕事を受け持つのが初めてであり、頭の中で想定している通りに作業が進まず、そのため学生会の方々にご迷惑をお掛けいたしました。それでも無事に学生会報を発行することが出来たのは、関係者皆様の協力の賜物であり、厚く感謝申し上げます。

本年度の特集記事のテーマは、「新エネルギー」といたしました。このようなテーマに決定した理由は、昨今の震災によるものであり、震災の影響で、新エネルギーというキーワードに触れる機会が多くなってきています。このようなテーマに対し、それに関係する技術についての解説や研究内容を紹介することが、電子情報通信学会に加入する学生の知識として重要であると考え、問題について考えるきっかけとして、「新エネルギー」をテーマとする特集を掲載いたしました。

末筆ながら、今回の特集は難しいテーマだったと思いますが、大変お忙しい中、快く特集記事をご執筆いただきました、高橋俊樹様、荒井純一様、関屋大雄様、本城和彦様へ心より感謝申し上げます。また、感想文を執筆していただいた方々へも感謝申し上げます。学生会運営委員の皆さま、学会事務局の方々にお世話になりながら、大きな問題もなく無事に遂行することができました。一年を通して、学生会報を作り上げることができたのは、学生会報担当の皆さんの協力によるところが大きかったと思っております。

ここに、感謝の意を表します。ありがとうございました。

篠宮 佑太

平成 25 年 3 月 1 日発行

編集：大野勝洋（所属：東京電機大学）

発行 一般社団法人電子情報通信学会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機会振興会館内

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

E-mail: shibu@tokyo.ieice.org

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

