



東京支部学生会 学生会報 第16号

Student Journal 2011

特 集

『医療・介護・福祉』

(社)電子情報通信学会

東京支部学生会

目次

平成 22 年度東京支部役員一覧

東京支部学生会役員一覧

東京支部学生会顧問一覧

特集：「医療・介護・福祉」

1. 服薬管理支援システムの現状と動向
鈴木 拓央（筑波大） ... 1
2. ノーマライゼーションを目指すロボット技術
中後 大輔（関西学院大） ... 7
3. 深さ選択性近赤外光脳機能計測装置のアルゴリズム
藤井麻美子（上智大） ... 13

平成 21 年度研究会発表奨励賞 受賞論文

1. サービス推薦のための情報公開制御方式
荒 未来子（芝浦工大） ... 19
2. 光インターコネクション用テーパ構造ポリマー光導波路
石澤 信彦（東海大） ... 20
3. 電波強度と到来時間差に基づくパーティクルフィルタを利用した位置推定法
大田 悠祐（芝浦工大） ... 21
4. ホログラフィック光ディスク型光相関システムにおける高密度記録の検討
岡田和希子（日本女子大） ... 22
5. V1 モデルによる錯視図形の検討
小川 清彦（都立産技高専） ... 23
6. 薄型 LTCC 基板を用いた UWB フィルタと SAW フィルタを用いた RF フロントエンド
モジュール用小型ダイプレクサ
勝本 達也（電通大） ... 24
7. CTAB で形成した有機半導体の電気特性
亀海 静夏（日本女子大） ... 25
8. 反強誘電性液晶を用いた空間光変調器における高速駆動及び多値変調の検討
小林 恵（日本女子大） ... 26
9. 自立 GaN 基板 N 面におけるオーミック電極の形成及びその物性評価
齋藤 雅彰（電通大） ... 27
10. Λ 形負性抵抗素子を用いた多値 SRAM の消費電流に対する検討
佐々木芳樹（日大） ... 28
11. 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
佐藤 貴則（茨城大） ... 29
12. カオス時系列解析によるバランス評価を用いた 4 脚步容生成法
瀧 晃司（東京工芸大） ... 30
13. 湾曲板状アンテナの小形化の検討
中川 雄太（日大） ... 31

14. 周期定常性に基づく信号検出法に関する研究	島山 信也 (東京農工大)	... 32
15. 24GHz 車載レーダへの適用を想定した FMSK 方式の実験的検証	廣川 裕祐 (電 通 大)	... 33
16. 色変化と半透明性を利用した煙草の煙の検出	福島 彩 (芝 浦 工 大)	... 34
17. マルチユーザ MIMO におけるユーザと送信アンテナの同時選択法に関する一検討	古市 匠 (東京農工大)	... 35
18. 自律移動ロボットにおける自己位置同定法	堀田 拓希 (東京工芸大)	... 36
19. 肝病理組織標本画像の N/C 比算出	松下 伸光 (芝 浦 工 大)	... 37
20. 線形半無限計画法による安定な IIR フィルタの最適設計	松本 拓也 (東京電機大)	... 38
21. MB-OFDM UWB 車内無線通信における BER 理論式を用いた簡易通信範囲予測法	渡部 雄貴 (早 大)	... 39
22. 光無線通信における回線稼働率向上に向けた基礎検討	渡邊 侑希 (日本女子大)	... 40
講演会・見学会の感想		
1. 医療とヘルスケアのためのボディアエリアネットワークー標準化と技術ー	大村 剛史, 柴田 勇佑, 松田 直之 (明 大)	... 41
2. 講演会を終えて	横田 宗大, 渡邊 総平 (防 衛 大)	... 42
3. NTT アクセスサービスシステム研究所	岡村 悠貴 (東 大)	... 43
4. NTT 横須賀研究開発センタ見学会	松田 哲直 (東 工 大)	... 44
平成 22 年度東京支部学生会事業一覧		... 45
編集後記		... 46

東京支部役員

(敬称略・順不同)

支部長	山中 直明	慶大	評議員	相澤 清晴	東大
次期支部長	森川 博之	東大	評議員	佐藤 敦	NEC
庶務幹事	岡田 一泰	NTT	評議員	丘 維礼	日立
庶務幹事	新井 宏之	横浜国大	評議員	河西 憲一	群馬大
会計幹事	酒匂 裕	日立	評議員	澁澤 進	茨城大
会計幹事	葉玉 寿弥	NTT	評議員	古神 義則	宇都宮大
評議員	大矢 智之	マルチメディア放送	評議員	渡辺 喜道	山梨大
評議員	小野 直子	東芝	評議員	中島 達夫	早大
評議員	木村 秀明	NTT	評議員	西山 伸彦	東工大
評議員	武田栄里子	日立	評議員	塙 雅典	山梨大
評議員	水落 隆司	三菱電機	評議員	新井田 統	KDDI 研
評議員	石田 修	NTT	評議員	藤吉 正明	首都大
評議員	山中 秀昭	三菱電機	評議員	塩川 茂樹	神奈川工科大

以上26名

東京支部学生会役員

(敬称略・順不同)

委員長	太田 真衣	電通大	委員	加藤 義拓	東海大
副委員長	小松 辰成	神奈川工科大	委員	工藤半十郎	東海大
書記	高野 敬一	神奈川工科大	委員	米川 雅人	東京工科大
委員長補佐	横澤 真介	電通大	委員	松田 哲直	東工大
委員	藤川 丈自	神奈川工科大	委員	山田 健弘	東工大
委員	岡村 悠貴	東大	委員	野崎 隆之	東工大
委員	加藤 昌行	山梨大	委員	長岡 柊	都立産技高専
委員	胡 文軍	山梨大	委員	清水あいみ	都立産技高専
委員	望月 亮輔	山梨大	委員	葛西麻理子	日本女子大
委員	佐藤 圭吾	茨城大	委員	野間 慶子	日本女子大
委員	池田 一樹	茨城大	委員	建部 達弥	日大
委員	鈴木 晴香	横浜国大	委員	栢原 規嘉	日大
委員	井波 綾	横浜国大	委員	中里 光志	日大
委員	逸見 憲一	群馬大	委員	與那城伸吾	法政大
委員	井上 諒	群馬大	委員	田北 真隆	法政大
委員	安部ちかこ	埼玉大	委員	杉本 和也	法政大
委員	清水太治郎	埼玉大	委員	横田 宗大	防衛大
委員	戸泉 恵介	千葉工大	委員	渡邊 総平	防衛大
委員	加藤 悟	千葉大	委員	大村 剛史	明大
委員	渡部 公介	千葉大	委員	松田 直之	明大
委員	横山 一哉	拓殖大	委員	柴田 勇佑	明大
委員	多岐 輝久	拓殖大	委員	藤井 拓也	早大
委員	兼子隆太郎	中央大	委員	皿海 公佑	東京都市大
委員	齊木 泰資	中央大	委員	平井 脩太	東京都市大
委員	和田 麻耶	東海大	委員	廣岡 雅人	上智大
委員	降矢 宏文	東海大	委員	後藤 大輔	玉川大
委員	鈴木 智史	東海大	委員	出口 寛之	東京電機大
委員	小田切雄太	東海大	委員	小林 卓史	東京電機大

以上 56 名

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	佐波 孝彦	千葉工大
"	尾保手茂樹	茨城大	"	鎌倉 浩嗣	千葉工大
"	横田 久	茨城大	"	杉本 泰博	中大
"	荒川 臣司	茨城高専	"	延原 肇	筑波大
"	熊谷 毅	宇都宮大	"	小舘 亮之	津田塾大
"	依田 秀彦	宇都宮大	"	永沼 充	帝京科学大
"	豊嶋 久道	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
"	大槻 知明	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	"	内田 孝幸	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
"	荒木 慶和	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
"	藤吉 正明	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	"	後藤 啓次	防衛大
"	杉本 公弘	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
"	伊與田光宏	千葉工大			

以上 63 名

特集

「医療・介護・福祉」

服薬管理支援システムの現状と動向

筑波大学 大学院システム情報工学研究科 知能機能システム専攻
博士後期課程 1 年 鈴木 拓央

1. はじめに

近年、日本などの先進国では少子高齢化が急速に進んでおり、独居高齢者が増加している。また、独居高齢者を見守るべき介護師や薬剤師などの介護者が不足しているため、介護者による見守りを支援するシステムが数多く開発されている。例えば、転倒検知システムや異常行動パターン検知システムなどが盛んに研究されている。

さらに、少子高齢化は医療費の増大という問題も引き起こしている。そのため、医療費の削減を目的として、1 人 1 人が最低限の医学知識を学び、できる限り自分自身で健康状態を管理するセルフメディケーションが推奨されている。具体例としては、風邪のひきはじめに市販の風邪薬を前もって服用しておくことで、症状の悪化を未然に防ぐことなどが挙げられる。

このような社会情勢の中、筆者は服薬管理支援システムに注目している。なぜなら、薬の飲み忘れや飲み重ねなどの誤服薬は服薬者の健康状態を著しく悪化させるだけでなく、死に至らせる危険性があるからである。また、セルフメディケーションを実践する上で、薬の管理は特に難しい作業の一つであるとも考える。

本稿では飲み忘れや飲み重ねなどの誤服薬を検知し、服薬者に対して警告したり介護者に対して通知したりする服薬管理支援システムをいくつか紹介する。また、それらの機能に加えて、薬に関する情報を正確かつ簡単に確認することを可能にした iMec システムについても述べる。そして、服薬管理支援システムの動向について述べる。

2. 服薬管理支援システムの現状

服薬管理を支援する方法としては、服薬者に対して直接的に支援する方法と介護者を通じて間接的に支援する方法があるが、下記のとおり、従来のシステムの多くは直接的な方法と間接的な方法の両方を兼ね備えている。

2.1 服薬・食事時間記録システム

広島工業大学の小川らはカレンダー式薬ケースとダイニングテーブルを家具の上に設置したウェブカメラを用いて撮影することにより、服薬と食事の時刻を記録するシステムを開発した。このシステムは指定時間内に薬が取得されなかった場合を飲み忘れとして認識し、介護者の携帯電話に電子メールを送信することで飲み忘れを通知する。

2.2 服薬見守りシステム

慶応義塾大学の村井らによって開発されたシステムは小型センサデバイス・サーバーコンピュータ・デジタルフォトフレームで構成されている。小型センサデバイスは薬箱に張り付けられ、薬箱の蓋の開閉状況を計測する。その情報は無線で家庭用コンピュータ内に一時的に蓄積され、一定時間ごとにサーバーコンピュータへ送信される。

介護者はサーバーコンピュータへアクセスすることにより、開閉状況を確認することができる。また、介護者は必要に応じて任意のコメント文をサーバーコンピュータへ送信することにより、服薬者の家に配置されたデジタルフォトフレーム上に表示することができる。この機能を用いることで、介護者は遠隔地からでも服薬者に対して適切な服薬指導を行うことができる。

2.3 Context-Aware Pill Bottle

Context-Aware Pill Bottle は University of Calgary の Greenberg らによって開発された IC タグの張り付けられた薬瓶のことであり、その中にはある種類の薬が保管されている。また、薬瓶の台には IC リーダーが内蔵されており、このシステムは IC タグの検出結果から薬瓶の取得状況を認識することができる。つまり、このシステムは指定時刻までに薬瓶が取得されなかった場合を飲み忘れ、不適切な薬瓶が取得された場合を飲み違いとして検知し、服薬者に対して直ちに警告することができる。警告には薬瓶の台に取り付けられた LED とスピーカーが用いられる。

さらに、薬瓶の取得状況はインターネット経由で介護者の家に配置された Medication Monitor に送信される。Medication Monitor は LED の取り付けられた写真立てのことであり、LED は飲み忘れなどの誤服薬が発生したときに点灯する。この写真立てを利用することにより介護者は煩わしさを感ぜずに服薬者を見守ることができ、詳細はウェブブラウザを通して確認することができる。

2.4 Smart Mote-Based Medical System

このシステムは Nanyang Technological University の Lee らによって開発された薬箱を中心としたシステムである。この薬箱は薬を保管するために蓋付きのスペースを 9 個有しており、抵抗値の変化からどのスペースの蓋が開いているかを認識することができる。また、それぞれのスペースには LED が取り付けられており、薬の取得されるべきスペースを通知することができる。蓋の開閉状況はサーバーコンピュータに蓄積される。

介護者は携帯電話を用いて現在の開閉状況を確認することができる。また、1 日・1 週・1 ヶ月ごとの開閉回数などの履歴情報をグラフィカルに確認することができる。さらに、携帯電話を用いて服薬を促すためのアラーム音を発生する時刻を設定することもできる。

3. iMec システム

第 2 章で述べたとおり、従来の服薬管理支援システムは薬や薬瓶が取得されたかどうか、薬ケースの蓋が開いたかどうかを認識し、介護者へ通知していた。しかしながら、薬には用法・用量が医師によって指示されているため（表 1）、介護者が安心して見守るためにはこれらの適切さを評価する必要があると我々は考えた。また、用法や用量を確認することで、服薬者に対して正確かつ有用な服薬指導を提供することができると思った。

表 1：薬の用法・用量

指示項目		指示例
用法	服用時期	朝食後, 就寝前, …
	服用方法	お水で, お酒以外で, …
用量	薬の種類	風邪薬 A を, 胃薬 B を, …
	薬の量	3 錠, 2 カプセル, …

そのため、筆者は図 1 に示す iMec システムを提案している。iMec システムはインテリジェント薬箱 (iMec: intelligent medicine case) を中心としたシステムであり、ユビキタスセンサと iMec サーバにより構成される。iMec はカメラ・コンピュータ・ディスプレイを内蔵した薬箱である。ユビキタスセンサは服薬者の家や家電に分散配置されたセンサ群のことであり、服薬者の居場所や家電の使用状況を計測する。iMec サーバは iMec により確認された情報を蓄積するためのデータベースを持ち、介護者に対して服薬確認用インターフェースを提供したり、異常通知メールを送信したりする。

iMec には介護者により薬が補充され、服薬者は iMec から薬を取得する。薬が取得されたとき、iMec は内蔵されたカメラを用いて用量を、ユビキタスセンサの計測結果を用いて用法を確認する。用法・用量の適切さが低かった場合には、iMec から服薬者に対して警告を行い、同時に介護者に対して電子メールを送信する。介護者は電子メール

やウェブインターフェースにより服薬者の詳細な服用状況を確認することができ、電話や訪問により適切な服薬指導を行うことができる。

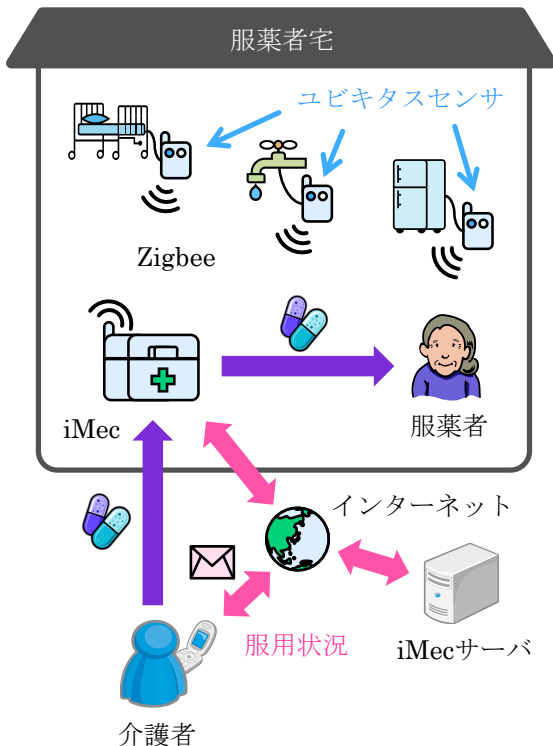


図 1 : iMec システムの構成

3.1 用量確認方法

図 2 に作製した iMec を示す。服用回数は人によって異なるため、保管スペースは服用回数に合わせて分割できるようにした。カメラは iMec の底板に上を向けて固定し、保管スペースの底面を撮影することとした。iMec には光源として LED も内蔵されており、タッチディスプレイの蓋は背景を非常に安定させる。そして、薬の種類や量を正確に認識するための IC リーダーも内蔵されている。

iMec にはカメラや IC リーダー以外に赤外線式人感センサと磁気式開閉センサが内蔵されており、前者は適切なタイミングで服薬指導を行うため、後者は撮影するタイミングを調整するために利用される。また、iMec の背面にはユビキタスセンサや iMec サーバと通信するためのデバイスや画像処理用のコンピュータが内蔵されている。

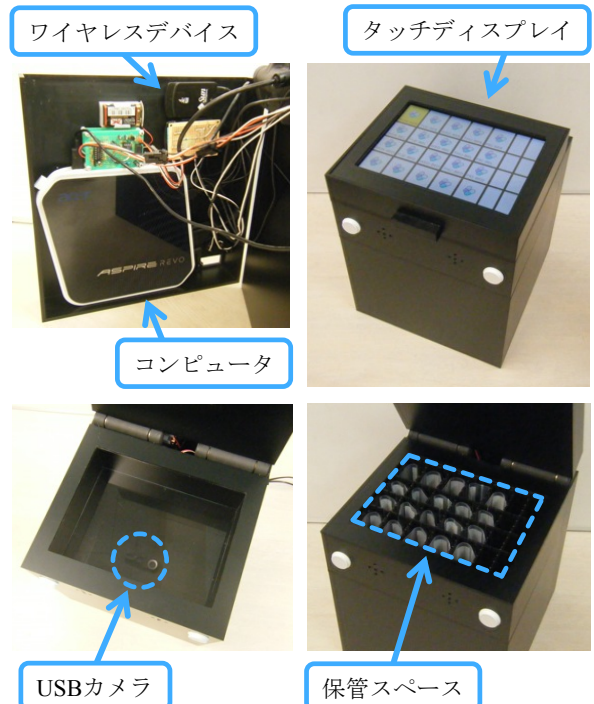
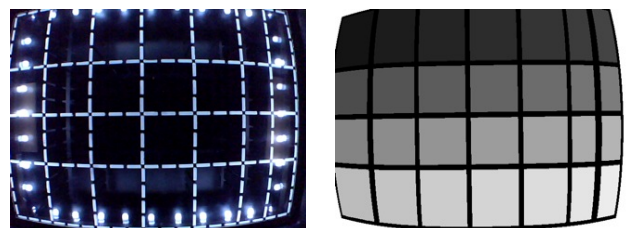


図 2 : iMec (intelligent medicine case)

3.1.1 薬の検出

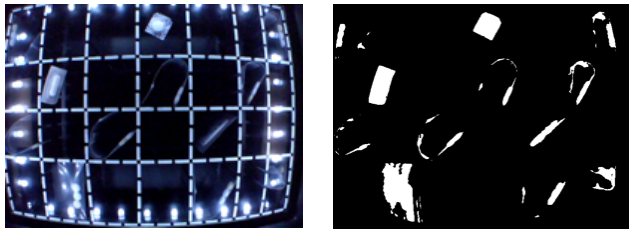
iMec はまずハフ変換を用いて仕切り板の直線を検出し、仕切り板で四方が区切られた分割スペースの画像上の範囲を認識する(図 3)。次に、画像上のどこに薬があるかを背景差分によって求めた。薬が保管されていないときの画像を背景として保存しておき、iMec の蓋が閉まる度に薬あり画像を取得すると、図 4 のように薬の影を検出することができる。そして、薬の影画像に分割スペースを重ね合わせ、それぞれの分割スペース内の影の画素数を計算し、一定画素数以上の影がある分割スペース内には薬があると判断する。以上の手順により、iMec はどの分割スペース内に薬があるかどうかを認識した。



(a) 薬なし画像

(b) 分割スペース

図 3 : ハフ変換を用いた分割スペース認識



(c) 薬あり画像 (d) 薬の影画像

図 4：背景差分による薬の検出

3.1.2 薬の認識

用量を間違えないようにする工夫として、図 5 に示す 1 包化が普及している。1 包化とは服用 1 回分の薬を予め 1 袋にまとめておくことである。そこで、筆者は 1 包化薬袋に IC タグを張り付け、IC タグに包装されている薬の種類・量を書き込むことにより、保管・取得された薬の種類や量を認識できるようにした。



図 5：IC タグ付き 1 包化薬袋

3.2 用法確認方法

図 6 に研究室に配置したユビキタスセンサを示す。6 種類のセンサを市販のワイヤレスデバイスの入力ポートに接続することで服薬者の居場所や家電の使用状況を計測・送信する機能を実現した。ユビキタスセンサはキッチンやベッドを中心に 33ヶ所に設置した。



図 6：ユビキタスセンサ

3.2.1 生活状態の推定

表 2 に示すとおり、一般的な服薬時期は食事や睡眠と密接に関連している。そのため、服薬時期の適切さを評価するためには現在の服薬者の生活状態を推定する必要があると考えた。

表 2：一般的な服薬時期

服薬時期	定義
起床後	起床後から 30 分以内
食前	食事の 30 分前から食事開始
食中	食事をとっている最中
食後	食事後から 30 分以内
就寝前	就寝の 30 分前から就寝開始

iMec は簡略化ファジィ推論に基づいてある生活状態となる可能性（7 種類）を一定時間ごとに算出し、現在の生活状態を推定した（図 7）。7 種類の生活状態は食事前・食事中・食事後・睡眠前・睡眠中・睡眠後・その他であり、その中で最大の可能性を持つ生活状態を現在の生活状態とした。

まず、学習データを作成するためにユビキタスセンサで服薬者の居場所や家電の使用状況を計測しながら食事の開始時刻と終了時刻、睡眠の開始時刻と終了時刻を 1 週間分記録する。そして、学習データを用いてどのユビキタスセンサが反応したあとにどの生活状態になりやすいかの確率を計算し、推論ルールを抽出する。推論ルールはユビキタスセンサと生活状態の組になっており、リフト値に基づいて無意味なルールを削除した。

学習後は一定時間ごとにユビキタスセンサの反応率が計算され、反応率に応じた可能性の単集合が推論ルールにより出力される。出力されたすべての単集合は統合され、その平均値が算出される。この平均値は服薬者が現在ある生活状態にいる可能性の高さを表す。同様の手順を 7 種類の生活状態について行う。iMec システムは推定された現在の生活状態と指示された適切な服薬時期を比較することで飲み忘れを検知することができる。

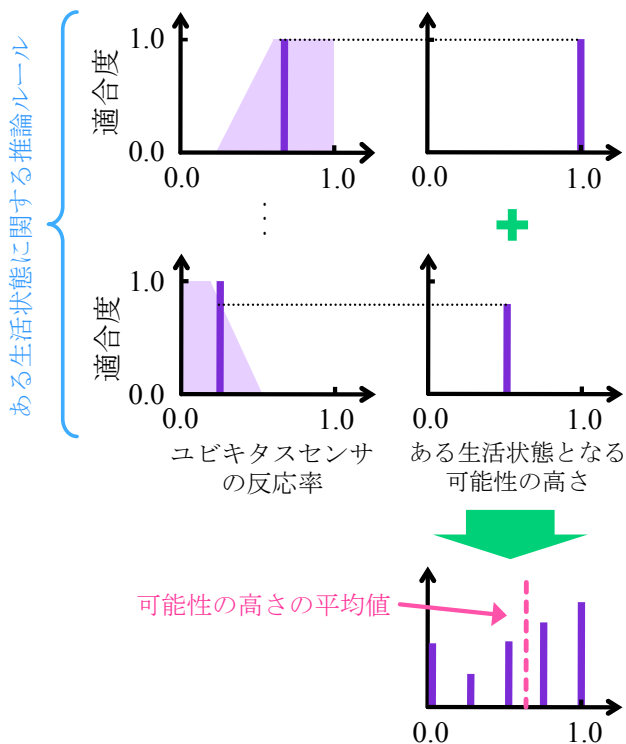


図 7：簡略化ファジィ推論

3.2.2 物品移動の認識

お水で服用するとき使用する物品とお酒で服用するとき使用する物品は異なるため、服用方法の確認には服薬者の居場所や家電の使用状況の他、物品の移動も有用な情報となる。また、薬と食品の食べ合わせを考慮するためには、冷蔵庫から出された食材情報が必要となる。そのため、我々は図 8 に示すとおり、冷蔵庫やキッチンなど全 11ヶ所に IC リーダーを配置し、研究室内の物品に IC タグを張り付けた。よって、iMec システムは納豆と一緒に服用すると副作用の発生する薬が取得されたとき、一定時間内に納豆が食されていないかどうかを確認することができる。



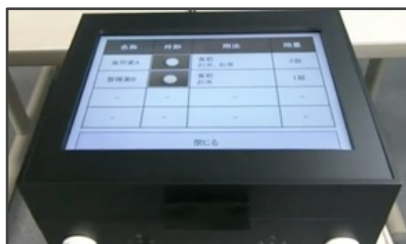
図 8：キッチンの IC リーダーと物品の IC タグ

3.3 服薬管理支援方法

iMec の人感センサに反応がない場合、iMec はディスプレイ全体を黄や赤に点滅させ、スピーカーから警告音声を再生する。人感センサに反応がある場合は、取得すべき薬が保管されている分割スペースを黄や赤で強調する (図 9)。もし服薬者が間違った分割スペースから薬を取得した場合はバツ印が表示され、服薬者はバツ印をタッチすることで処方内容を簡単に確認することができる。つまり、iMec システムは、飲み忘れや飲み違いの予防だけでなく、セルフメディケーションの促進にも利用することができる。



(a) 取得間違いの警告画面



(b) 処方内容の確認画面

図 9：服薬者向け服薬管理支援画面

介護者に対しては図 11 に示すウェブインターフェースが提供される。この機能により、介護者は過去 1 週間の服薬状況と iMec の補充状況を手軽に確認することができる。

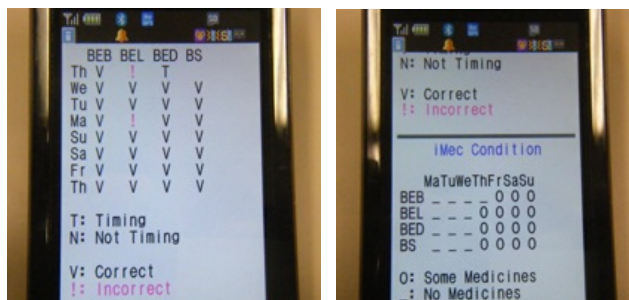


図 10：介護者向け服薬確認支援画面

4. 服薬管理支援システムの動向

近い将来、認知能力の低下した高齢者でも iMec システムなど服薬管理支援システムを用いることによって自分自身で服薬を管理できるようになると考える。しかしながら、服薬管理支援システムには依然として多くの課題が残されている。

1 つ目の課題は、服用する薬の量は血液内の有効成分濃度に合わせて適切に調節されるべきであるが、血中濃度を連続的・非侵襲的に計測することは非常に難しい点である。筆者はその代わりにして、血圧や体温などの生体情報に基づいて量を調節する方法が妥当だと考えており、ネットワーク化された血圧計や体温計と連動した服薬管理支援システムが開発されると予測する。

2 つ目の課題としてはシステムによる適切な服薬指導方法について十分に検討されていない点である。もしシステムが不適切な服薬指導を行った場合、服薬者の誤服薬を誘発してしまうかもしれない。そのため、薬剤師の服薬指導を注意深く分析し、服薬者が正しく服薬したくなるように警告・指導できるシステムを開発する必要がある。

5. おわりに

本稿ではどのように高齢者の服薬管理を支援すべきかについて述べてきたが、正しい服薬が継続することは結果として家庭内での医療の質の向上に繋がる。また、介護者による服薬確認は独居高齢者の見守りにも利用することができ、孤独死の予防にも効果的であると考えられる。

著者略歴

1984 年 10 月 22 日生まれ。2005 年 3 月 茨城工業高等専門学校 電子制御工学科 卒業、2007 年 3 月 豊橋技術科学大学 生産システム工学課程 卒業、2010 年 3 月 筑波大学 知能機能システム専攻 博士前期課程 修了、修士 (工学)。現在に至る。

日本機械学会、計測自動制御学会、日本生体医工学会、IEEE 会員。専門分野はサイバニクス、福祉工学、制御工学、生体信号処理、行動認識技術。



参考文献

- 1) 小川 英邦ら, “服薬・食事時間記録システム”, 日本医療機器学会 医科器械学, Vol.76, No.4, p.277, 2006.
- 2) 村井 純ら, “センサーネットワークを用いた服薬見守り (システム設計)”, 情報処理学会 研究報告, Vol.2010-UBI-28, No.21, pp.1-7, 2010.
- 3) Saul Greenberg, et al., “The Context-Aware Pill Bottle and Medication Monitor”, ACM Proc. of the 6th Int. Conf. on Ubiquitous Computing (UbiComp2004), video, 2004.
- 4) Peng Hin Lee, et al., “Smart Mote-Based Medical System for Monitoring and Handling Medication Among Persons with Dementia”, ACM Proc. of the 5th Int. conf. on Smart Homes and Health Telematics (ICOST2007), pp.54-62, 2007.
- 5) Takuo Suzuki and Yasushi Nakauchi, “Dosing Monitoring System Using iMec and Ubiquitous Sensors”, IEEE Proc. of the 31st Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2009), pp.6163-6166, 2009.
- 6) Takuo Suzuki and Yasushi Nakauchi, “Intelligent Medicine Case for Dosing Monitoring and Support”, IEEE/RSJ Proc. of the 2010 Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems (IROS2010), pp.3471-3476, 2010.

ノーマライゼーションを目指すロボット技術

関西学院大学 理工学部 人間システム工学科
中後 大輔

1. はじめに

「介護福祉分野のロボット技術」について原稿依頼を頂いた。我が国における 65 歳以上の高齢者は人口の約 20[%]に達しており、今後も急速な高齢社会化が進むものと思われる¹⁾。高齢社会における大きな問題は、加齢に伴う身体機能の低下により、高齢者が日常生活を自立して営むことが困難になることである。そのため、我が国では 2000 年より介護保険制度が施行され、社会全体で高齢者の介護を支える体勢が確立された。

しかし、介護保険の導入後、親切にされ過ぎた高齢者がどんどん自立度を下げていった。その根本原因は、日本人の介護と欧米人の介護は理念の点で違うことにあると考える。我が国において誰しもが望む Quality of Life は「人の世話にならずに、自らの意思で自由に活動する」ことである。私達は自立した生活を奪ってしまう過剰な親切に気づかねばならない。自立を支援する装置には、常に不足を測り不足分を助け、時にはリハビリモードで予備能を試すような機能が必要と考える。

以上の認識を踏まえ、本稿は高齢者の日常生活における自立を阻害する最大の要因になっている起立障害²⁾に対応するロボット技術の概要について述べ、その一例として筆者らが取り組んでいる起立支援装置について紹介する。

2. 起立支援の現状

2.1. 起立支援の必要性

一般に、身体機能が低下した高齢者は、下肢の衰えに伴って起立ができなくなることで、座った

きり（車椅子の生活）、寝たきりの状態に陥り、座ったきり・寝たきりの状態で下肢の体力を使わないことで、下肢の衰えがますます促進される、という悪循環に陥るケースが多い³⁾。現在、入院等はせずに自宅にて生活しているが、日常生活に影響のある 65 歳以上の高齢者（健康上の問題で、日常生活の動作・外出・仕事・家事等に影響のある者）の割合は、高齢者人口 1,000 人当たりで 235 人となっている⁴⁾。これらの人々が日常生活を自立して営むためには、身体機能が低下しても自立した生活を維持しやすい環境が必須であり、すなわち全ての日常動作の起点となる起立動作を補助することは重要である。

2.2. 従来の起立支援装置

ロボット技術を用いた起立動作支援装置の開発研究は、従来多くの研究者によって成されている。これらの支援装置は、大きく二種類に分けて考えることができる。

① 重度要介護者を前提としたシステム

病院・介護施設等で、寝たきりやそれに近い状態の人を対象としたシステムである。起立動作支援では、支援を行う者の負担が大きく、介助者の負担軽減を狙って設計されることが多い。一般的に、これらの装置は介護施設で使われることを前提としているため大がかりであり、居室の改造を伴う設置工事を要することもある。また、対象が重度の要介護者であるため、リハビリモードのような発想は見あたらない。実例として、永井らは天井レールを移動する装置よりワイヤにて被介護者を吊り上げるシステムを提案しており⁵⁾、舟久保らは移動式リフトを用いて被介護者を持ち上げるシステムを提案している⁶⁾。

② 軽度要介護者を前提としたシステム

介護施設（各人の個室）や家庭にて使用することを前提に、比較的軽度な介護度の人を対象としたシステムである。家庭内で使われることを前提に、設置に工事を要するような大がかりなシステムではなく、設置するだけで使用することが出来る小型・低コストなシステムとして設計されることが多い。実例として、Mederic らが開発した、肘掛けに肘を載せた被介護者を、肘掛けごと上方に持ち上げることで起立させるシステムがある⁷⁾。このシステムは、小型に設計した起立支援装置に車輪を設けることで、室内での使用を容易にしている。

2.3. 起立支援装置の実用化

以上のように、従来多くの起立支援装置が提案されており、一部は実用化されているが、普及には以下のような課題がある。

- ・ リフトは多くの高齢者施設に設置されているが、ほとんどは利用されていない。これは、装置を利用する事に対して、介護者・被介護者共に心理的なバリアがあるためと言われている。
- ・ 介護保険の給付対象品目に載らないと、国内メーカーは動かず、旧製品の改良に留まる。一方、実績がないと制度に反映されず、制度がないと産業界は動かない、停滞ループにある。
- ・ 使い手側の挑戦が製品を磨く好循環をつくるが、そもそも磨く過程まで完成された支援装置（研究室レベル+ α の完成度が求められる）が少ない。

これらの問題を解決するために我々研究者がとるべき方針は、研究レベルより一歩進め、実用性も考慮した研究を進めると共に、そのシーズを広く世の中に公開することで、作り手・使い手が密接に連携しながら支援装置をブラッシュアップしていく研究開発体制の構築が必要である。

3. リハビリ機能を持つ起立支援装置

筆者の研究室では、前章で述べた家庭内における軽度ではあるが起立支援が必要な高齢者を対象として、これ以上の体力低下を防ぐリハビリ機能を併せ持つ家庭用起立支援装置の開発を行っている。この研究では、家庭で使用しやすい小型・低コストな支援機構の開発と足りない体力分のみを補助する支援手法の開発が主なテーマとなる。

3.1. 介護ベッド連動型起立支援システム

本開発研究では、介護の現場で提唱されている高齢者自身の体力を最大限発揮させることに主眼を置いた起立方法を実現するため、バーおよびベッドシステムを協調して動作させる低コストな分散制御システムを提案した⁸⁾。

3.1.1. 装置の概要

提案システムの概要を図 1 に示す。試作機は 2 自由度の可動式バー（図 1①）と上下に移動することが可能なベッドシステム（図 1②）より成る。各自由度ごとに本研究で開発した直動アクチュエータ（図 2(a)）を備え、各々独立に駆動することが可能である。試作機は最大で体重 150[kg]の被介護者まで起立支援を行うことができる。バーは、力センサ（図 2(b)）⁹⁾を直動アクチュエータに内蔵し、接触時の衝撃を緩和するための弾性要素を持つ。本研究は、高齢者がバーを手で把持することを想定し、高齢者はベッドに腰掛けた状態からバーを掴んで起立動作を行う。

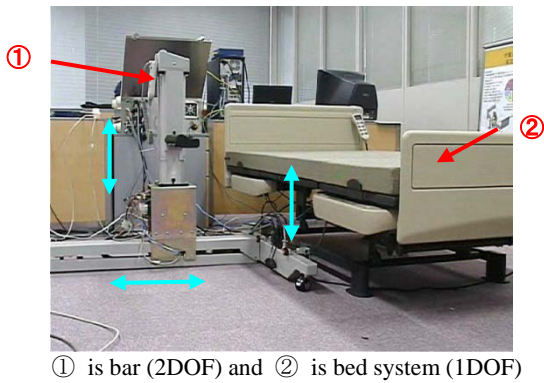
3.1.2. 動作の解析と生成

現在、種々の起立方法が提案されているが、それらは高齢者自身の体力を発揮させることを考慮していない。一方、紙屋らは看護師としての経験を生かし、高齢者自身の体力を最大限発揮させることに主眼を置いた起立支援方法（図 3）を提唱している¹⁰⁾。

そこで本研究は、紙屋らが提唱する起立支援方法を基に起立支援軌道を生成するため、解析対象である被介護者の動作を 2 次元平面における剛体リンクモデルの運動として表現し¹¹⁾、図 4(a)に示すとおり各関節角（各リンクを接合するジョイン

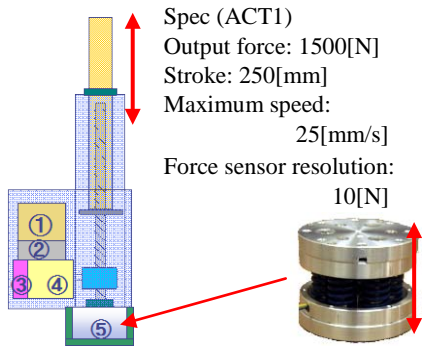
トの回転角度) を計測した. 計測結果を図 4(b)に示す. 計測の結果, 紙屋らが提唱する起立支援方法は, 臀部離床時に被介護者の体幹を前方に傾ける. 一般的に, 体幹を前方に傾けながら起立する方法は膝の負荷を軽減すると言われており¹²⁾, 紙屋らの起立支援方法は, 筋力の低下した高齢者に有効であると考えられる.

さらに計測結果を基に, この動作を実現するために必要なベッド・バーの動作軌道を図 5 のように導出した.



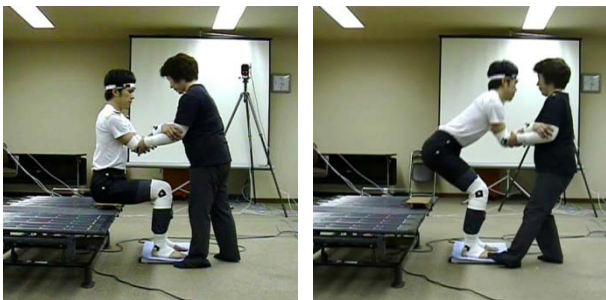
① is bar (2DOF) and ② is bed system (1DOF)

Fig. 1 Our Prototype

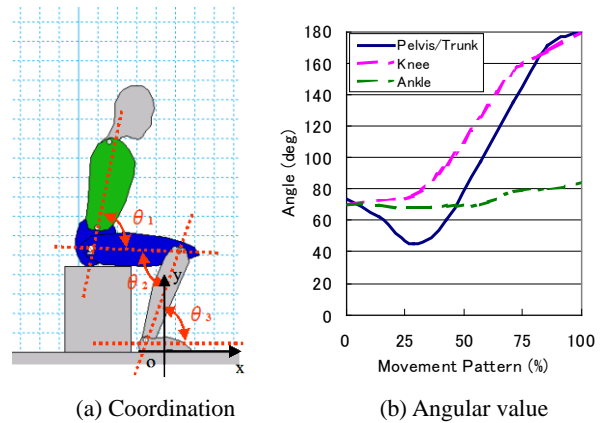


(a) Overview of our linear actuator (b) Force sensor
 ① is controller, ② is motor driver, ③ is encoder,
 ④ is DC motor and ⑤ is our developed force sensor.
 All devices are built in the actuator body.

Fig. 2 Developed linear actuator



(a) (b)
 Fig. 3 Standing up motion by nursing specialist



θ_1 shows the angular of the pelvis and the trunk. θ_2 and θ_3 shows the angular of the knee and the ankle, respectively.

Fig. 4 Standing-up motion with Kamiya scheme

3.1.3. 力支援法の設計

先行研究より, 一般的に人間の起立動作は連続した 4 相の動作に別けて考えることができる¹³⁾. 第 1 相では被介護者は着座状態のまま体の重心を前方に移動させる. 第 2 相では臀部を離床させ, 第 3 相では図 3(b)に示すように体幹を上方に持ち上げる. 最後に第 4 相にて被介護者は膝を伸ばし起立動作を完了する.

一般に, 一番筋力を必要とする相は第 3 相であり, 他の相ではそれほど大きな筋力を必要としない. そこで高齢者の起立動作をリハビリ効果を得ながら支援するためには, 第 3 相において足りない力を補助し, それ以外の相では積極的な力支援は行わない, すなわち本人の力による動作に任せるべきである.

そこで, 本研究は図 2(b)に示す力センサ情報を用い, ダンピング制御則を基本とした力制御手法を導入することで, 上記の仕様を満たした. 制御則の詳細は, 参考文献を詳細されたい.

3.1.4. 動作テスト

提案システムは, 健常者によるテスト (図 5) にて安全性を確認後, 介護施設のご協力を得て, フィールド実証試験を行い, システムとしての有効性を評価した.

定量的評価は, 局所的な負担に関する指標として関節モーメントを, 全体的な安定性に関する指

標として、ZMP の変動幅を用いた。この結果、本装置を用いずに行う立ち上がり動作の場合と比較して、安定性を最大 2 倍以上に高める効果を有することが確認できた。一方、装置を用いた場合に被験者が使った体力は、本装置を用いずに行う立ち上がり動作の約 9 割であり、装置を用いながらも自らの体力を使っていることが確認できた。

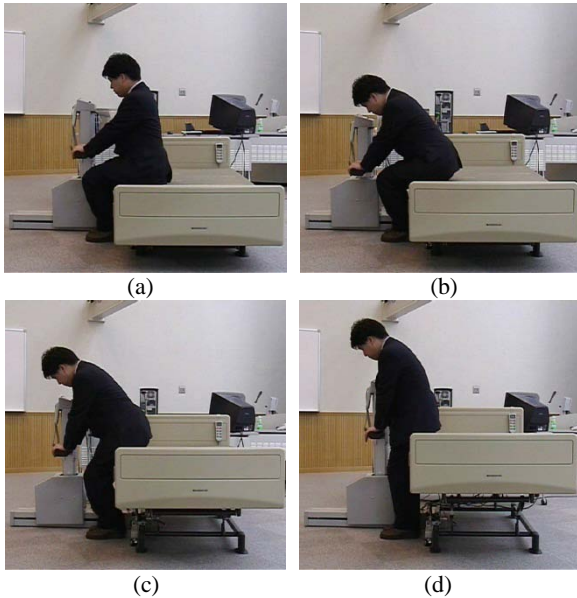


Fig. 5 Experimental results

3.2. 起立支援機能を有する歩行器システム

本開発研究では、前章とコンセプトは同一であるが、“環境に実装された支援機器だけでは支援できない領域が残り、その結果動線が途切れる”と言う問題点を解決するために、自走式の低コストな起立支援装置の開発に取り組んだ¹⁴⁾。そこで、家庭で広く用いられている歩行器に、起立支援機能を組み込む方法を用いた。

3.2.1. 装置の概要

本研究で提案する起立動作支援装置の概要を図 6 に、試作機を図 7 に示す。本研究は、家庭内使用とコスト低減を考慮し、市販の歩行器を基本に、3 自由度の体幹保持パッドを組み合わせた構成とした。被介護者は、おぶさるように前方からパッドに体幹を預け、肘掛けに腕を載せることで体を固定する。一般的に、起立時に高齢者が抱く前方への転倒の恐怖感は、高齢者の起立能力を低下さ

せることが知られている¹⁵⁾。提案する体幹保持パッドは被介護者が前方からおぶるよう利用するため、高齢者の前方への転倒に対する恐怖感を緩和すると期待できる。

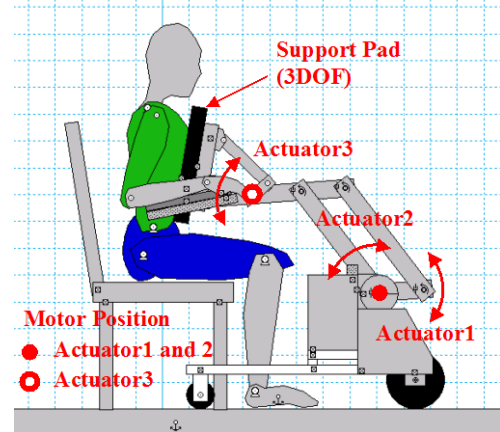


Fig.6 Overview of our system.

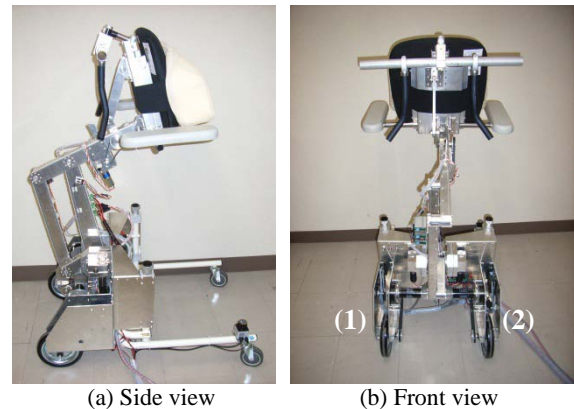


Fig.7 Our prototype. Its weight is about 35[kgf] without batteries. It requires an external power supply and control PC. (In future works, we will use batteries and built-in controller.) (1) is EC Actuator No.1 and (2) is No.2.

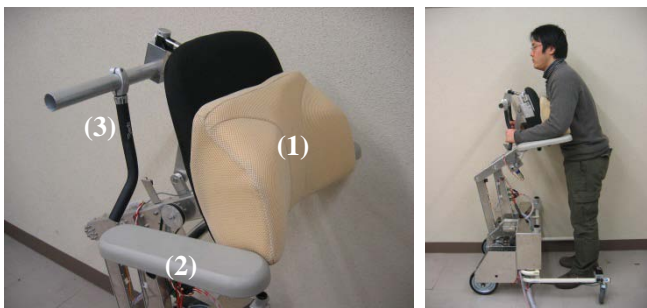
3.2.2. 体幹保持パッド

本研究は、開発中の試作機を福祉イベントに出展し、ユーザとなる高齢者、身障者および理学療法士らから体幹保持パッドに求める条件についてアンケートを行った¹⁶⁾。アンケートの結果、主な意見を以下に示す。

- 肘掛けがあった方が、特に上半身を支えやすく、身体全体の安定を保ちやすい。
- 握りやすい太さのグリップがあると、握力が少ない被介護者でも身体を支えやすい。
- 体幹保持パッドの形状は、左右に身体がずり落ちないように形とすべき。

- ・ 血行を阻害するので、体幹保持パッドのクッションには適度な弾力が必要。

これらの意見を基に試作した体幹保持パッドを図 8(a)に示す。体幹保持パッドは、クッション、肘掛け、ハンドルより成る。クッションは V 字型低反発クッションを用いており、左右に身体がずれることを防ぐと共に、適度な弾力を有する。ハンドルは、図 8(b)のように、被介護者が肘掛けに肘を置いた時、握りやすいように太さ及び配置を決定した。肘掛けには力センサが 2 基内蔵されており、被介護者の体のバランスを推定することが出来る。



(a) Support Pad (b) Assistance Posture

Fig. 8 Our proposed support pad. (1) is the pad with a low repulsion cushion, (2) is the arm holder and (3) is a handle. Its diameter is 0.24[m] which is easy to grip for the elderly.

3. 2. 3. 動作テスト

本システムでは、前章と同様に紙屋らが提唱する起立動作を実現する軌道を導出・実装した。また、力支援法も前章と同様に、ダンピング制御を基本とした制御則を使用した。

提案システムは、健常者によるテスト (図 9) 後、介護施設のご協力を得て、フィールド実証試験を行った。定量評価指標についても前章と同様とし、その結果、安定性が向上すると共に、被験者の体力を用いながら起立支援を行っていることが確認できた。

4. 開発研究を通じて

以上では、筆者らの研究室で開発・研究を行ってきた支援装置を、工学的な側面から紹介した。最後

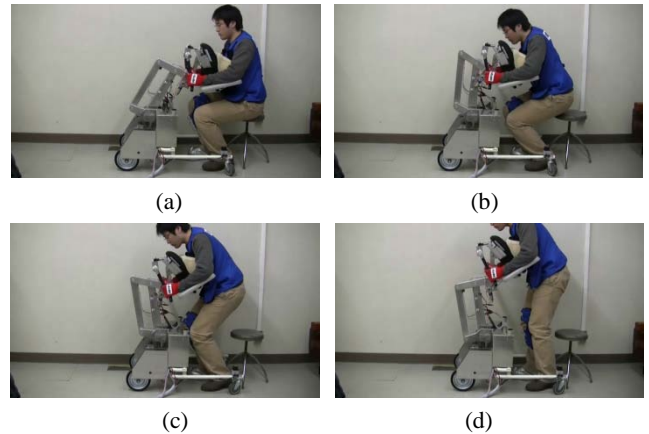


Fig. 9 Experimental results

にそれを通じて、筆者の学んだこと、考えさせられたことを述べる。

4. 1. 力支援と動作支援

筆者らは開発の当初、“力が衰えたのだから力をアシストすれば良い”と単純に考えていたが、高齢になると力だけでなく平衡感覚も衰えて前傾姿勢を取り辛くなる場合も多い、ということが分かった。すなわち、このような起立支援機器は、力だけでなく、平衡感覚に配慮した動作軌跡の誘導、すなわち動作支援も重要である。

4. 2. 力支援と動作支援

試作機を介護施設に持って行って試用を希望すると、普段は立ち上がり動作が不自由で施設職員の助けを借りている被験者が、筆者らの目の前では自力で立ち上がるという場面に何度も遭遇した。他人である筆者らに弱い姿を見せまいと、必死に力を振り絞ってくれたようである。

要は気の持ちようであり、日常生活の繰り返しの中で“立ち上がる”こと、あるいはその先に目的があり、その価値が自らの力を必死に振り絞るに値すると言うことは大切な要素なのだと思う。気力が衰えれば体力も衰える、ということは厳然たる事実である。

筆者も含めて研究者は、支援機器の開発において物理的な動作の支援のみを考えがちであるが、精神的な支援についても心を配ることを忘れてはならないのであろう。

5. おわりに

本稿は「介護福祉分野のロボット技術」について、起立支援機器を取り上げて現状を解説し、また一例として筆者らの研究について紹介した。我が国において介護福祉分野のロボット開発は未だ発展途上であり、本稿が読者の皆さんをこの分野へ誘う一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 総務省統計局: “平成 22 年 11 月 22 日現在推計人口,” <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/>
- 2) N. B. Alexander, *et al.*, “Rising From a Chair: Effects of Age and Functional Ability on Performance Biomechanics,” *J. of Geometry: MEDICAL SCIENCES*, Vol. 46, No. 3, M91-98, 1991.
- 3) M. Hirvensalo, *et al.*, “Mobility difficulties and physical activity as predictors of mortality and loss of independence in the community-living older population,” *J. of the American Geriatric Society*, Vol. 48, pp. 493-498, 2000.
- 4) 厚生労働省: “平成 13 年 国民生活基礎調査,” <http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa01/4-3.html>
- 5) K. Nagai, I. Nakanishi and H. Hanabusa, “Assistance of self-transfer of patients using a power-assisting device,” *Proc. of Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 4008-4015, 2003.
- 6) 舟久保昭夫, 福井康裕, 谷城博幸, “パワーアシスト移動介助用リフト,” *計測と制御*, Vol. 40, No. 5, pp. 391-395, 2001.
- 7) P. Mederic, *et al.*, “Elderly People Sit to Stand Transfer Experimental Analysis,” *Proc. of Int. Conf. on Climbing and Walking Robots*, pp. 953-960, 2005.
- 8) D. Chugo, *et al.*, “Force Assistance System for Standing-Up Motion”, *Industrial Robot*, Vol. 43, No. 2, pp. 128-134, 2007.
- 9) 杉原智明他, “起立・着座動作支援のための簡易な力センサの開発,” *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス 2004 講演会講演論文集*, 1P1-H-11, 2004.
- 10) 紙屋克子, “介護における生活支援技術の開発と評価,” 第 7 回人工物工学国内シンポジウム講演論文集, 東京大学人工物工学研究センター, pp. 116-121, 2005.
- 11) S. Nuzik, *et al.*, “Sit-to-Stand Movement Pattern, A kinematic Study,” *Physical Therapy*, Vol. 66, No. 11, pp. 1708-1713, 1986.
- 12) 野澤雅美他, “立ち上がり動作における体幹前傾と足部体重負荷との関係についての一考察,” *専門リハビリ*, Vol. 1, pp. 19-22, 2004.
- 13) M. A. Hughes, M. L. Schenkman, “Chair rise strategy in the functionally impaired elderly,” *J. of Rehabil Research and Development*, Vol. 33, No. 4, pp. 409-412, 1996.
- 14) D. Chugo and K. Takase, “Force Control of a Rehabilitation Walker for Standing Assistance with Stability,” *Int. J. of Information Acquisition*, Vol. 6, No. 1, pp. 47-60, 2009.
- 15) B. E. Maki, *et al.*, Fear of falling and postural performance in the elderly, *J. of Gerontology*, No. 46, Vol. 4, pp. 123-131, 1991.
- 16) 中後大輔, 高瀬國克, 起立/着座支援機能を有する歩行器の研究, *日本機械学会福祉工学シンポジウム'07*, (2007), pp. 44-47.

深さ選択性近赤外光脳機能計測装置のアルゴリズム

上智大学 理工学部 情報理工学科 准教授
藤井 麻美子

1. はじめに

手軽に利用できる脳機能計測装置として、近赤外光を頭部に照射することにより脳の活動部位をマッピング表示する光トポグラフィ装置あるいは近赤外イメージング装置などと呼ばれる機器がある。この装置は低拘束であるため精神科領域、認知科学、教育他さまざまな分野で利用されマスコミに登場することも多い。図 1 に示すように、複数波長の近赤外光をファイバで頭部に照射し、その照射点から 2, 3 cm 離れた受光ファイバで脳内を伝搬してきた光強度を検出するもので、図 2 のヘモグロビンの吸光スペクトラムの違いを利用し検出光の減衰量から血液の流出入量や血液の酸素化状態の変化を推定しモニタする。大脳皮質は運動野、言語野といったように機能により活動部位が分かれているため、運動や言語活動タスクを被験者に課すと、脳神経細胞にエネルギーを供給するための血流が局所的に増加する。よって、複数個所に配置した光源と検出器の組みの光減衰量を 2 次元マッピングすることで、大脳皮質の賦活部位をイメージングできる。

光トポグラフィ計測では定量性や分解能など様々な課題があるが、本稿では、大きな誤差の原因となる皮膚血流を抑制するためのアルゴリズムに焦点を当て研究を紹介する。

2. 拡散光の順方向問題

波長 700nm から 1 μm 付近の近赤外光ではヘモグロ

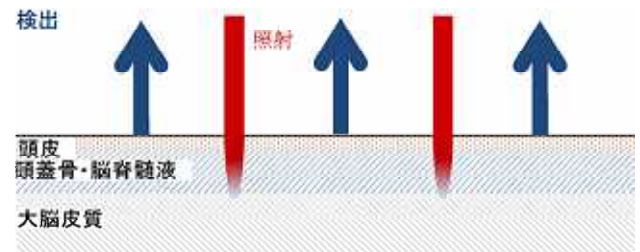


図 1 近赤外光イメージング装置の原理

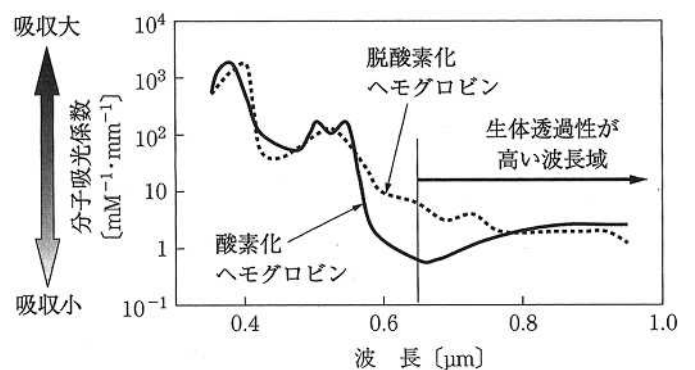


図 2 ヘモグロビンの分光特性 (文献 1 より転載)

ビンが主たる光を吸収する物質となっている。

また生体組織は μ オーダーの細胞がぎっしり詰まっておりその中には核やミトコンドリアといった細胞内の構造や小器官で満たされているため、強い散乱性を持っている。現状の光トポグラフィ装置では Lambert-Beer 則(吸収のみ有する透明媒質の 1 次元の光減衰を表す)に散乱の補正を加えた形で結果を解釈するのが一般的である。しかし生体のように散乱性が極めて強く吸収性がそれほど大きくない媒質をマクロに扱うには光の伝搬を拡散近似した光拡散方程式が便利である(文献 1)。

次の(1)式は一様な拡散無限拡散媒質中の位置 r_s に点光源があるとき、距離 r 離れた位置 r_d での光子

密度を与える定常光拡散方程式の解である．光拡散方程式に現れる媒質の光学パラメータは μ_s' : 換算散乱係数 [mm^{-1}] , μ_a : 吸収係数 [mm^{-1}] の 2 つで，後者は酸素化ヘモグロビン濃度および脱酸素化ヘモグロビン濃度に依存する．式(1)より光源から検出器が離れるにつれ光の強度が急激に弱くなる事が分かる．

$$\Phi(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d) = \frac{1}{4\pi D} \frac{e^{-\sqrt{3\mu_s' \mu_a} r}}{|\mathbf{r}_s - \mathbf{r}_d|}, \quad \dots (1)$$

ただし $D = 1/(3\mu_s')$.

ここで生体内のある位置 \mathbf{r} において吸収係数が変化すると体表面ではどのような光の強度の変化が発生するだろうか．体表面に光源と検出点を配置したときに検出される光の相対的強度変化は(1)式に基づき次の(2)式となることが導かれる．ただし，ここから先の Φ は境界面の影響や半無限媒質の補正がなされている(文献 1, 2) .

$$\Phi_{pert}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d) = -\frac{\delta\mu_a}{D} \frac{\Phi(\mathbf{r}_s, \mathbf{r})\Phi(\mathbf{r}, \mathbf{r}_d)}{\Phi(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d)} \Delta V \quad \dots (2)$$

これは生体内のある一点の体積 V において吸収係数変化 $\delta\mu_a$ があつたとき，ある検出器が観測する光強度の変化率である(図 3 参照) . 生体では大脳皮質の毛細血管はある程度の広がりがあるので各部の点からの吸収係数を考えなければならない．そこで(2)の V をボクセル化して j 個の多数のボクセルでの吸収係数変化の総和を取る．

$$\Phi_{pert}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d) = -\sum_j \frac{\delta\mu_{a,j}}{D} \frac{\Phi(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_j)\Phi(\mathbf{r}_j, \mathbf{r}_d)}{\Phi(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d)} \Delta V_j \quad \dots (3)$$

上式を吸収係数の相対変化を外に出す形でまとめ，媒質や光源・検出点配置で決まる項を $S(\mathbf{r})$ と置いて整理する．

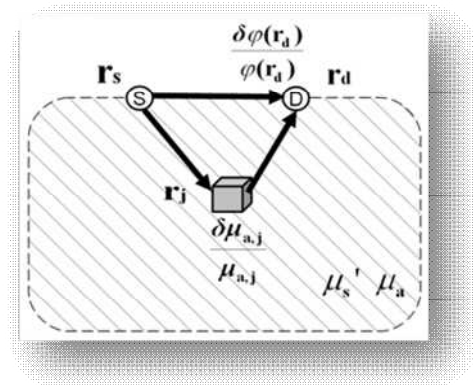


図 3 半無限媒質における定常光拡散方程式のモデル

$$\begin{aligned} \Phi_{pert}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d) &= -\sum_j \frac{\mu_a}{D} G(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d)^{-1} G(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_j) G(\mathbf{r}_j, \mathbf{r}_d) \Delta V_j \frac{\delta\mu_{a,j}}{\mu_a} \\ &= \sum_j S(r_j) \frac{\delta\mu_{a,j}}{\mu_a} \Delta V_j \quad \dots (4) \end{aligned}$$

$$\text{ただし, } S(\mathbf{r}) = \frac{\delta\Phi/\Phi}{\delta\mu_a(\mathbf{r})/\mu_a}$$

ここで $S(\mathbf{r})$ は無次元量の相対感度であり，ある位置の単位微小体積 $dV = 1$ における吸収係数の変化率と検出光の変化率との比として表される．以上は 1 組の光源検出器に関する順問題である．これを多数の光源検出器の組みについて考えると次式

$$b_i = \Phi_{pert_i}(\mathbf{r}_s, \mathbf{r}_d) = \sum_j S_i(r_j) \frac{\delta\mu_{a,j}}{\mu_a} \Delta V_j \quad \text{を連立すればよく, さらに } A_{i,j} = S_i(r_j) \Delta V_j \text{ を用いて整理する}$$

$$\text{と } b_i = \sum_j A_{i,j} \frac{\delta\mu_{a,j}}{\mu_a} \quad \dots (5)$$

となる．

この行列 $A_{i,j}$ は均質な光学特性値を有する散乱媒質内において，位置 \mathbf{r}_j , 体積 ΔV_j の媒質が単位量の相対吸収係数変化を引き起こしたとき， i 組目の観測

データに生じる小さな相対変化量を表し順方向感度行列と呼ぶ。(5)式は(6)式のようにマトリックス形式で表示される。

$$\mathbf{b} = \mathbf{A}\mathbf{x}, \quad x_j = \frac{\delta\mu_{a,j}}{\mu_a} \dots (6)$$

3. 逆問題

この形に観測値と吸収係数変化の関係が置けると、脳活動部位を特定する問題は連立一次方程式を解いて \mathbf{x} の各要素を求める問題となる。こうして、吸収係数変化の空間分布を求めるものが 3 次元拡散光 CT である。

\mathbf{x} を求めるためには式(6)における \mathbf{A} の逆行列が分かればよい。しかし、 \mathbf{b} の要素数すなわち方程式の数は例えば光源が 10 個検出器が 8 個だったとすると全ての組み合わせで観測データが得られたとしてもたった 80 個であるのに対し、 \mathbf{x} は空間を $10 \times 10 \times 3$ 分割したとすると 300 個にもなり未知数の方が圧倒的に多くなる。このような逆問題では解を推定するためにムーア ペンローズ (Moore Penrose) 型擬似逆行列 $\mathbf{A}^\dagger = \mathbf{A}^T(\mathbf{A}\mathbf{A}^T)^{-1}$ あるいは $\mathbf{A}^\dagger = (\mathbf{A}^T\mathbf{A})^{-1}\mathbf{A}^T$ しばしば用いられ、さらに解の不安定性を抑えるため正則化が施される。次式は後者の擬似逆行列に単純な正則化を加えたものである。

$$\mathbf{x}_R = (\mathbf{A}^T\mathbf{A} + \lambda\mathbf{I})^{-1}\mathbf{A}^T\mathbf{b} \dots (7)$$

ここで λ は Tikhonov 正則化パラメータ、 \mathbf{x}_R は、逆問題で得られた解である。われわれのグループは連続光を用いた 3 次元拡散光 CT の基礎検討を行ってきたが、逆問題が不良設定問題であるため、実用機で利用価値のある 3 次元の解を得ることはほとんど不可能であるという考えに至った。図 4 に現行光トポグラフィ、3 次元連続拡散光 CT、および後述する我々のグループで行っている画像再構成法アルゴリズム

の流れをまとめて示す。

4. 深部信号の選択とフィルタ補正法

現行の光トポグラフィは、空間分解能もただか 1 cm 程度にもかかわらず、有益な情報を提供している。被験者が光ファイバ付きヘッドキャップを装着してからしばらく安静に保ち、このときの受光量を基準値とした相対値を観測値 \mathbf{b} としている。この結果、式(3)上では大きな影響を与えそうなファイバ接点や距離のばらつき、不均質構造によるばらつきがかなりキャンセルされる。また、大脳皮質は複雑な深いしわがあり活動部位の深さが一定ではないので血流量信号強度の定量性はないが、被験者の姿勢や測定環境が安定していれば、大脳皮質のある程度の体積における変動を観測できる。

一方、前述の 3 次元連続拡散光 CT の検討の結果によると、逆問題の解は順方向感度の高い部位に返される。すなわち解は表在部に引っ張られる傾向を示し、いろいろな工夫をしてもノイズと位置の正確さを両立させることは困難であった。しかし、浅い部位と深い部位で発生した信号であるかどうか程度ならば十分判別できる。そこで、我々のグループは逆問題の解 \mathbf{x}_R を返すボクセルを関心領域の深部 \mathbf{sig}_1 と感度の極端に高いファイバ直下表在部位 \mathbf{sig}_2 の 2 層のみに限定して逆問題の検討を行った。言い換えると図 4 に示した逆問題解 \mathbf{x}_R というものは、の 3 次元拡散光 CT では 3 次元空間に分布させたが、の逆問題法による深部画像再構成法では $\mathbf{x}_R \equiv \mathbf{sig}_1 + \mathbf{sig}_2$ と置くこととする。このようにすると、ある程度深い部位すなわち大脳皮質での変化は全て深部に対応した要素に返り、表在部で発生した信号は浅い部位に対応した要素に返される。そのま

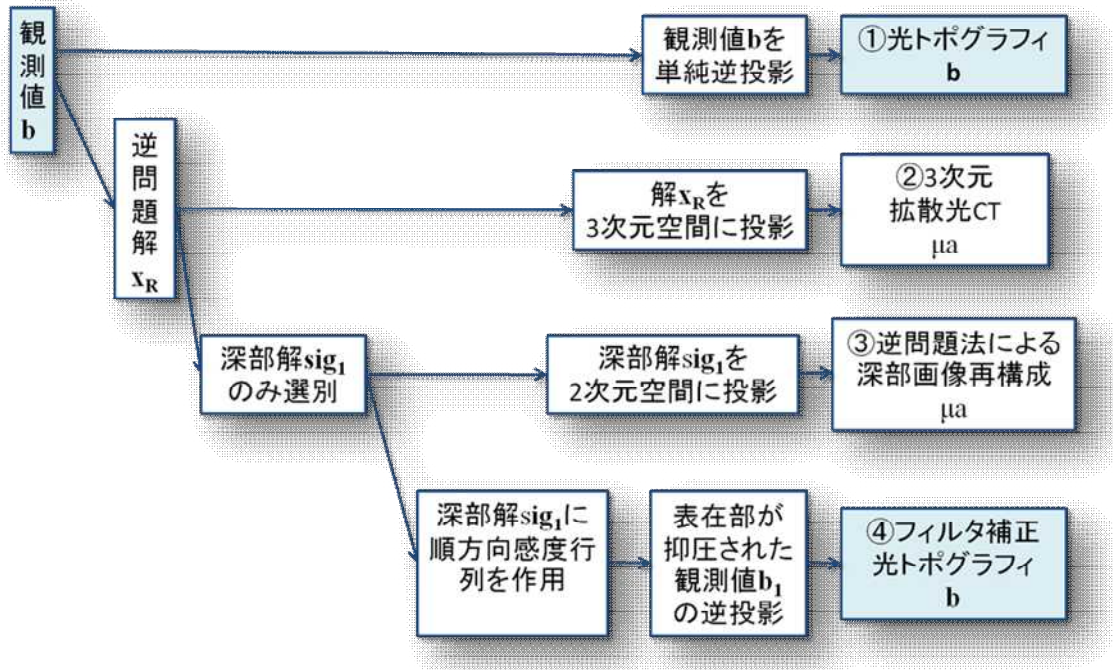


図 4 画像再構成アルゴリズムのブロック図

ま sig_1 を空間投影すると深部信号の吸収係数変化率を表す画像が得られることになる。

しかし、現状の光トポグラフィ利用者は受光量の変化率を画像化したものを見ている。そこで、深部逆問題解 sig_1 に順方向感度行列 A をさらに作用させてみる。 $b = Ax$ であるので得られるものは、深い部位の信号から成る観測値 b_1 となる(図4の)。結果は現行のトポグラフィと全く同じ次元となり、引き続き同様の画像平滑化処理を行うと、表層信号の抑圧された光トポグラフィ画像が得られる。われわれはこれを拡散光トポグラフィにおけるフィルタ補正法と呼ぶこととした。観測値データから表層信号の影響を取り除きフィルタされた観測値を得るからである。

5. 試作機とファントム実験

これらのアルゴリズムの違いを試作機を用いたファントム実験の結果で示す。図5に示すように約 1mm

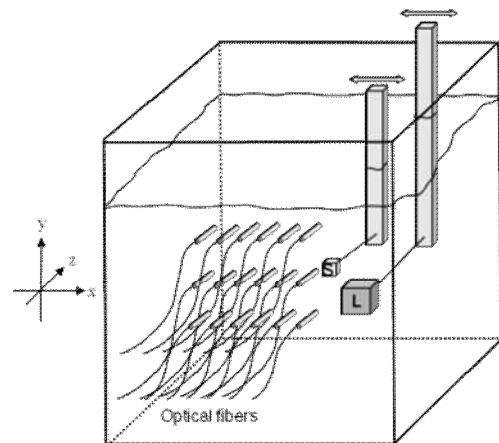


図 5 ファントム実験の概要

角の微小黒アクリル吸収体 S と 4mm 角の大きな黒アクリル製吸収体 L をポリスチレンの分散液に浸し、小吸収体 S はファイバ直下距離 1 ~ 2mm のぎりぎりの面に沿わせ、大吸収体 L は 10mm 奥においてそれぞれ独立に水平移動させた。ポリスチレン溶液は生体の代表的光学特性 $\mu_a = 0.02[mm^{-1}]$, $\mu_s' = 1[mm^{-1}]$ に調整してある。光源ファイバと検出器ファイバの配置は図6に示すようなもので 10 点の光源と 8 点の

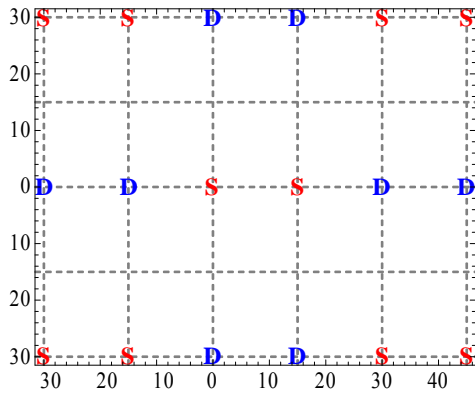


図 6 光源ファイバ，検出ファイバの配列
S は光源を，D は検出器をそれぞれ表す。

検出点から成り 75mm×60mm の領域を覆っている．ここでは 15mm 間隔の光源・検出点の組み合わせ 6 組と 30mm 間隔の光源検出点の組み合わせ 24 組の合計 30 組の観測値を観測データ b とした．15mm 間隔の観測値は浅い領域を通過してきた光の情報を多く含み，30mm 間隔の観測データはより深い領域を通過してきた光の情報も含む．なお，図 6 の配列で観測可能なデータ数は 80 組であるが，3cm 以上間隔が広がると信号の SN が低下し計測が困難になるほか，引き続き増幅器や AD の数も膨大となるので，いたずらに多くの組み合わせでデータを取る必要はない．

ここではハードウェア構成については省略し，浅い部位と深い部位に同時に吸収が発生した場合の結果を次に示す．図 7 は現行光トポグラフィで使われている単純逆投影法によるものである．図中の緑丸および赤四角はそれぞれ紙面奥 10mm の深さの大吸収体 L の位置と紙面 2mm の深さの微小吸収体 S の位置とをそれぞれ示している．微小吸収体の位置は図 6 における (30,0) の位置で検出器用のファイバの直下となっている．この結果この検出器と組みを成す光源 (15,0) , (30, -30) , (30,30) との中間点に大きな雑音信号が表れている．この結果から分かるように，現行の光トポグラフィのアルゴリズムでは皮膚血流量

がわずかでも変化するとあたかも大脳皮質で大きな血流量変化があったかのごとく表示してしまう．緑丸で示された部位にはそれなりに深部信号の存在が現われているが，表層信号の影響の方がはるかに強い．

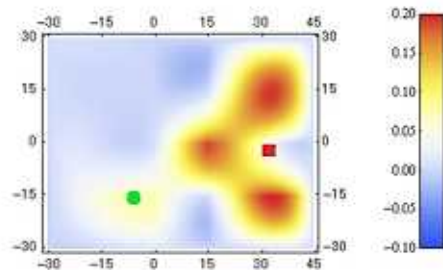


図 7 単純逆投影法による再構成画像と吸収体の位置

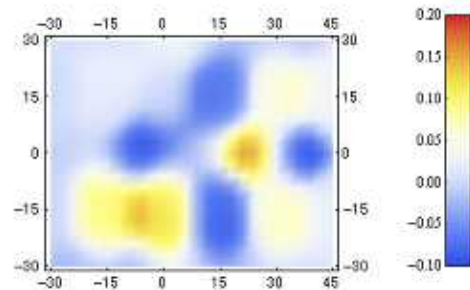


図 8 逆問題法による再構成画像

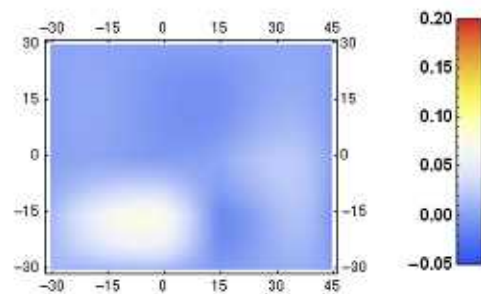


図 9 フィルタ補正逆投影法による画像

図 8 は逆問題法による再構成画像である．図 7 に比べると表層信号のノイズは効果的に低減されているもののゴーストのような暗い領域も同時に出現している．これは逆問題解が振動的なためである．図 9

は図 8 フィルタ補正法を適用した観測値データの逆投影画像である．強大な表層雑音はほぼ除去されており，3つの再構成画像の中では利用者に最もなじみやすいと思われるものとなった．

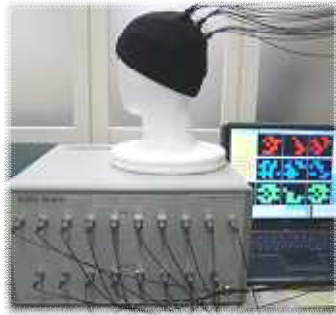


図 10 試作機

以上のように 3つの画像再構成アルゴリズムを比較したが，図 4のアルゴリズムはいずれも一つの簡単な行列式にまとめてしまうことができる．生体の光学パラメータを仮定した上で光源検出器配置を定めれば，予め感度行列が計算でき，擬似逆行列も，さらに擬似逆行列に感度行列を作用させた”フィルタ”も用意して置くことができる．しかも観測データから表層信号の抑圧された観測データを生成する行列としてファントム実験で使ったものは 30×30 にすぎない．逆問題法は一見難しいような気がするが，結局 30組の観測データの重みづけの加減算をしているに過ぎず，“フィルタ行列”は 15mm 間隔の観測値を 30mm 間隔の観測値から重みづけ引き算を行うように作用する．これらの手続きを合理的に提供するものが光拡散近似に基づく順方向問題 + 逆問題であると言える．

なお表層皮膚血流の影響を取り除くため標準距離である 3cm 間隔の送受光ファイバの内側に距離の短い送受光ファイバを設けそのペアで引き算する手法も試みられている．分かりやすく確実な方法であるがこの手法では 30mm 間隔の計測点の全てに内計測点を設けなければならず不経済といえよう．

6. 結語

紙面の関係上十分な説明ができなかったが，逆問題法を利用したフィルタ補正画像再構成が表層信号抑圧に効果的であることを示した．実際の装置の試作(図 10)では，異なる間隔での光検出を行うため十分なダイナミックレンジを取る工夫や蛍光灯などの混信の抑圧，多チャンネル同時計測の技術など面白い課題がある．

略歴

藤井麻美子 (フジイマミコ)

1978 年上智大学理工学部電気電子工学科卒業，1984 年上智大学理工学部電気電子工学科助手，現在上智大学理工学部情報理工学科准教授博士 (工学)．研究テーマは生体の散乱・吸収特性，生体光拡散場における画像再構成，生体電気インピーダンス計測など．日本生体医工学会，電子情報通信学会，Optical Society of America の会員



参考文献

- 1) 電気学会次世代バイオメディカル・レーザ応用技術調査専門委員会編 電気学会，バイオメディカルフォトンクス-生体医用光学の基礎と応用-，2009
- 2) 藤井麻美子他，感度適応型正則化を用いた深さ選択性拡散光イメージング，生体医工学，48(4)pp.383-395，2010
- 3) Reiko Endoh, et al, "Depth-Adaptive Regularized Reconstruction for Reflection Diffuse Optical Tomography" Optical Review, Vol15, No1, pp.1-6, 2008

サービス推薦のための情報公開制御方式

Disclosure Control Method of Personal Information for Service Recommendation

荒 未来子 岩田 直樹 新津 善弘
Mikiko Ara Naoki Iwata Yoshihiro Niitsu
芝浦工業大学システム工学部

B-7

Faculty of Systems Engineering, Shibaura Institute of Technology

1. まえがき

ユーザは個人情報の公開を最小限に抑えることを望むが、サービスはユーザが望まない個人情報の開示を求めめることがある。本研究ではこのトレードオフを解決するものとして、ユーザに負担がかからない方式を提案し、その有効性を評価する。

2. 先行研究

先行研究[1]では、サービスとユーザの間にエージェント機構を設け、エージェントが両者の意見のトレードオフを解決しており、トレードオフを解決するためにユーザポリシーを設定している。ユーザポリシーとはユーザの個人情報の扱い方で、ユーザポリシーは値が大きいかほど公開する傾向にある。

2.1. 先行研究の問題点

先行研究ではユーザポリシーの初期値をユーザが0~19の数値を手入力していた。しかし細かい値を設定することはユーザにとって負担となる。

3. 研究の目的とアプローチ

ユーザの入力作業による負担を軽減しつつ、ユーザが望むユーザポリシーの作成方法を明らかにする。本研究では、ユーザポリシーの初期値を4段階にし、エージェント機構がユーザの公開した情報や公開の可否といったフィードバックを用いて、ユーザポリシーをカスタマイズする。

4. 提案方式

4.1. 信頼度

本研究ではトレードオフを解決するためにユーザポリシーの他に2種類の信頼度を設けている。一つは第3者機関が設けたサービスのセキュリティと品質を数値で表した外部評価信頼度である。もう一つはユーザがサービスに要求する外部評価信頼度を表したユーザ評価信頼度である。

4.2. システム概要

提案するシステムの概要を図1に示す。

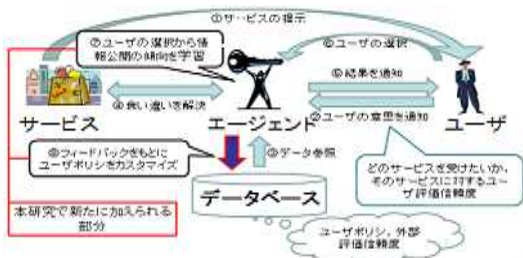


図1: システム構成

データベースにはユーザポリシーと外部評価信頼度が登録されている。

提案するシステムの流れを以下に示す。

- サービスがサービス内容をユーザに提示
- ユーザは受けたいサービスとそのサービスに対するユーザ評価信頼度をエージェントに通知
- エージェントはデータベースからユーザポリシーと外部評価信頼度を参照
- 参照したデータを元にエージェントはサービスとユーザの先行研究の手順に則りトレードオフを解決
- エージェントはトレードオフの解決の結果をユーザに通知
- ユーザはサービスを受けるか否かの選択をエージェントに通知
- エージェントはユーザの通知からユーザの情報公開の傾向をカスタマイズ
- エージェントはフィードバックをもとにデータベース内のユーザポリシーを更新

4.3. 方式案

フィードバックを用いたユーザポリシーのカスタマイズ方法について各方式案を提案する。

- ・方式案1: 単純増減方式
ユーザポリシーを増減する値は任意の定数を試行回数で割ったものとする。ユーザポリシーは個人情報を公開したときに増加され、公開を拒否したときに減少される。
- ・方式案2: ユーザ評価信頼度考慮方式

ユーザ評価信頼度を利用してユーザポリシーの値の変動率を変更する。ユーザ評価信頼度の低いサービスに対して情報を公開したとき、その個人情報は公開する傾向にあると判断できる。これよりユーザポリシーを増加させる式は次のようになる。

$$\text{変更後のユーザポリシー} = \text{変更前のユーザポリシー} + k +$$

kを任意の定数、 λ をユーザ評価信頼度、 n を試行回数とする。またユーザ評価信頼度の高いサービスに対して情報の公開を拒否したとき、その個人情報は公開したくない傾向にあると判断できる。これよりユーザポリシーを減少させる式は次のようになる。

$$\text{変更後のユーザポリシー} = \text{変更前のユーザポリシー} - k - (1 - \lambda)$$

5. 評価

5.1. 評価項目

評価項目は初期設定ユーザ負担度、ユーザポリシー適合率(5.2に示す)、ユーザポリシーに対するユーザ満足度の3つである。

5.2. 評価実験

被験者にアンケートを行い、ユーザポリシーの初期値と被験者が正解と思うユーザポリシーを取得する。また、サンプルサービスを複数用意し、アンケートによってユーザ評価信頼度を取得する。エージェント動作をシミュレーションで実現することにより適合率を算出した。

5.3. 評価結果

提案方式の平均入力時間は65秒なのに対し、従来方式では165.4秒かかった。作業訂正回数は両方式とも0.6回となった。ユーザポリシーの再現率を図2に示す。ユーザポリシーに対するユーザ満足度の評価結果を表1に示す。

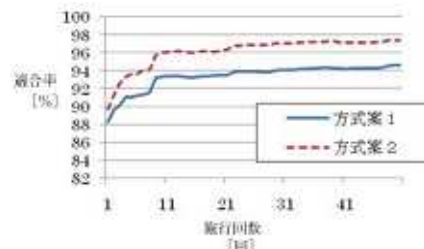


図2: ユーザポリシーの適合率

表1: ユーザポリシーに対するユーザ満足度

実験回数	1~16回	17~33回	34~50回
方式案1	75%	93%	93%
方式案2	87%	93%	100%

5.4. 考察

初期設定ユーザ負担度は平均訂正回数に違いは見られなかったが、平均入力時間に大きな差が生じた。この結果から従来方式の初期設定を20段階で定める方法より、提案方式である初期設定を4段階で定める方法の方がユーザに負担は少ないといえる。ユーザポリシーの再現率は両方式とも10回を超えた時点で変化が緩やかになっている。この結果から最低10回試行を行えばユーザポリシーのある程度再現できるということがわかる。全体として方式案2のほうが優れている結果となった。これは方式案2が方式案1の方式に加え、ユーザの行動を考慮に入れたためである。

6. むすび

本研究ではサービス推薦に利用される個人情報公開制御方式について方式案を提案し、有効性を評価した。今後、各方式案に利用される定数の適切な値などを検討する。

参考文献

[1]内藤 一樹, 戸井 麗葉, 新津 善弘, "個人情報の粒度を考慮した公開制御方式", 電子情報通信学会東京支部学生会, 103, 2009.

光インターコネクション用テーパ構造ポリマー光導波路

C-3 Polymeric Tapered Optical Waveguide for Optical Interconnection

石澤 信彦^{*1} 神田 昌宏^{*1} 三上 修^{*1} 塩田 剛史^{*2}
 Nobuhiko Ishizawa Masahiro Kanda Osamu Mikami Tsuyoshi Shioda

^{*1} 東海大学 ^{*2} 三井化学株式会社
 Tokai University Mitsui Chemicals, Ins.

1. はじめに

近年、IT 機器の高速・大容量化の対策として、機器内に光配線を取り入れる光インターコネクションが注目されている[1]。しかしながら、光インターコネクションにも解決しなければならない問題がある。その一つが、光結合における位置合わせ精度およびそれに伴うコストであり、また、携帯電話等のヒンジ部においては高屈曲性を持った光導波路が要求されている。そこで我々は、厚み方向にテーパ構造を持つフレキシブルなポリマー光導波路を提案する。この光導波路によって、前述の2つの問題を同時に解決できることが期待される。本稿では、この光導波路と光ファイバとの光結合特性を報告する。

2. フレキシブルポリマー光導波路

図1に、ポリマー光導波路の概念図を示す。テーパ部では光入射端を最大コア厚とし、約40mmの長さで連続的にコア厚が50 μ mになるまで変化させた。今回、最大コア厚が150、130、110、90 μ mとなる4種のサンプルを試作した。また、テーパ部のコア厚分布を光学顕微鏡により測定すると、最大テーパ角がそれぞれ0.33、0.12、0.12、0.07deg.となっていた。この光導波路は膜厚分布を持ったコアフィルムを上下のクラッド層で挟む3層の積層構造ならびに、ダイシングプロセスを用いて形成された2本の溝で光を閉じ込める構造を有する。材料はポリイミドを用い、コアとクラッドの屈折率は波長850nmにおいて、それぞれ1.56と1.51である。

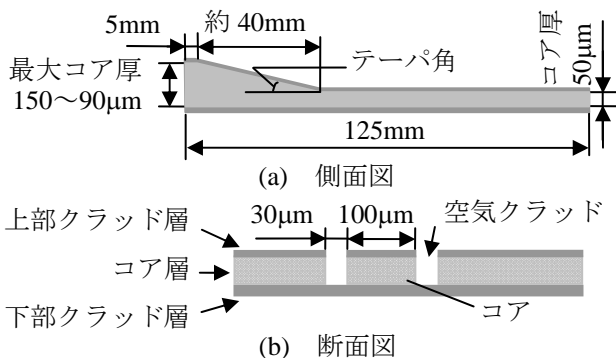


図1 光導波路構造

3. 挿入損失およびトレランス測定

3.1 挿入損失測定

提案する光導波路の光結合特性を確認するため、挿入損失の測定を行った。波長850nmのレーザー光を、長さ500mの光ファイバ(GI-MMF[50/125 μ m])を介して光導波路のテーパ側に入射し、出射端の光強

度を測定し、損失を算出した。図2に最大テーパ角ごとの挿入損失を示す。結果より、テーパ角依存性はないことが分かった。ただし、挿入損失は入射光の励振条件に依存する可能性があり、現在検討中である。

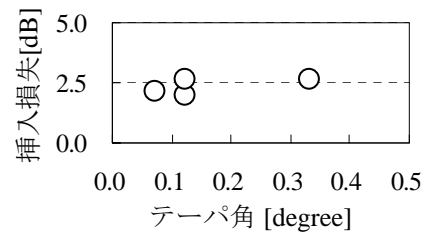


図2 テーパ角変化時の挿入損失

3.2 トレランス測定

次に、光導波路を固定しながら入射側の光ファイバのコア中心位置を、光導波路の厚さ方向にずらした時の挿入損失の変化を測定した。その最小値から1dB増加する2点間の距離を1dBトレランス幅とした。図3に各コア厚を持つ光導波路の1dBトレランス幅をまとめた。なお、比較のためにコア厚50 μ mでテーパ構造のないフラットな光導波路の結果も示した。図3より、最大コア厚と1dBトレランス幅は、最大コア厚が大きくなった分だけトレランス幅が大きくなることが観測された。励振条件の依存性については検討している。

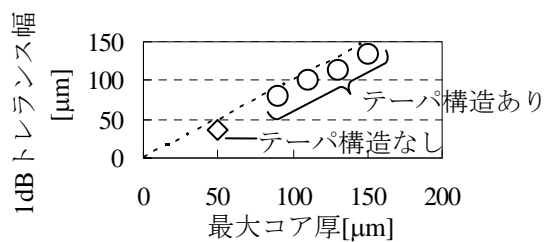


図3 最大コア厚と1dBトレランス幅の相関

4. まとめ

厚み方向にテーパ構造を持つフレキシブルなポリマー光導波路を作製し、その光結合特性について報告した。挿入損失測定より、光導波路のテーパ角を大きくしても挿入損失は変わらず、入力端の最大コア厚を150 μ mにした場合はコア厚が50 μ mの時に比べ約3倍のトレランス幅が得られた。このことより、提案した光導波路は、光インターコネクションの実現に大きく貢献すると考えている。

参考文献

[1] 三上修 監修，“光配線実装技術ハンドブック”，オプトニクス社，2008年。

電波強度と到来時間差に基づくパーティクルフィルタを利用した位置推定法

Location Estimation Method Using Arrival Time Difference and Signal Strength with Particle Filtering

大田 悠祐
Yusuke OHTA

三好 匠
Takumi MIYOSHI

芝浦工業大学システム工学部電子情報システム学科
College of Systems Engineering, Shibaura Institute of Technology

1. まえがき

近年、無線通信技術の発展と無線デバイスの小型化に伴い、センサネットワークが注目を集めている。センサネットワークでは、空間に配置された多数のセンサの情報を集めて統合的に処理する場合、対象物あるいはセンサの正確な位置情報が必須である。センサネットワークにおける位置推定法として、信号の受信信号強度 (RSSI: Received Signal Strength Indication) や信号の到来時間差 (TDOA: Time Difference Of Arrival) を用いる方法がある。しかし、従来用いられているアルゴリズムでは、ターゲットの位置・速度・方向などの事前情報を有効に活用できていない。

本稿では、RSSI方式とTDOA方式に対して、ターゲットの事前情報を用いる方法と、計測値のみを利用する手法について提案し、測位精度の性能をシミュレーションにより評価する。

2. 従来研究

センサネットワークにおける位置推定法として、信号の減衰特性を利用するRSSI方式、信号の到来時間差を利用するTDOA方式などがある。TDOA方式はRSSI方式に比べて測位精度は高い反面、受信側で高精度な時刻同期を取るためのデバイスが必要となるため、高コストとなる。また、両方式ともマルチパスやシャドウイングなど、非一様伝搬路に起因した信号の時間遅延や受信レベルの変動によって測位精度が劣化してしまう問題がある。

そこで、電波強度や到来時間差を用いて確率的に位置を検出手法が提案されている [1]。この手法では、ターゲットが存在し得る場所を確率的に表現し、非一様伝搬路に対する誤差を軽減するものである。しかし、測位対象が静止していることを前提としており、時間変動によりターゲットが移動するような状態は考慮されていない。

3. 提案方式

本研究では、パーティクルフィルタを用いて、事前情報と計測値を利用する方式と、計測値のみを利用する方式を提案する。以下にパーティクルフィルタを適用したアルゴリズムを示す。

(1) 提案方式 1: 事前情報と計測値のみを利用した方法

1. 初期粒子の生成: M 個の粒子 $s_t^{[i]} = [\bar{x}_t^{[i]} \ \bar{v}_t^{[i]} \ w_t^{[i]}]^T$ ($i = 1, 2, \dots, M$) を一様に発生させる。ここで $\bar{x}_t^{[i]}$ は位置ベクトル、 $\bar{v}_t^{[i]}$ は速度ベクトル、 $w_t^{[i]}$ は重みである。

2. 粒子の予測: M 個の粒子を状態遷移確率 $p(\bar{x}_t^{[i]} | \bar{x}_{t-1}^{[i]})$ に従って粒子を遷移させる。

$$\bar{x}_t^{[i]} = \bar{x}_{t-1}^{[i]} + \bar{v}_{t-1}^{[i]} \Delta t + \varepsilon_{\sigma_2} \quad (1)$$

ここで、 Δt はサンプリング間隔、 ε_{σ_2} は、正規分布に従うランダムな変化量である。

3. 尤度計算: 電波強度、到来時間に含まれる雑音を正規分布、指数分布でそれぞれモデル化できる [2]。電波強度、到来時間差に基づく尤度関数をそれぞれ $P(z_j | x_t^{[i]})$, $P(\delta_{jk} | x_t^{[i]})$ とすると、式 (2), (3) のように表わせる

$$P(z_j | x_t^{[i]}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_r^2}} \exp\left(-\frac{z_j^2}{2\sigma_r^2}\right) \quad (2)$$

$$P(\delta_{jk} | x_t^{[i]}) = \begin{cases} \frac{1}{\tau_j + \tau_k} \exp\left(-\frac{\delta_{jk}}{\tau_j}\right) & (\delta_{jk} \geq 0) \\ \frac{1}{\tau_j + \tau_k} \exp\left(\frac{\delta_{jk}}{\tau_k}\right) & (\delta_{jk} < 0) \end{cases} \quad (3)$$

ここで、ターゲット-ノード間における距離から求まる電波強度と計測された電波強度の差分を z_j , $j(j = 1, 2, \dots, N)$ 、距離から求まる到来時間差と計測された到来時間差の差分を δ_{jk} とした。

4. 重み付け: M 個の粒子に対して、尤度関数から重みを計算する。ノード間の観測値が独立であるとする、尤度値は観測値の積で表すことができる。電波強度、到来時間差から得られる重みを $w_{z,t}^{[i]}$, $w_{\delta,t}^{[i]}$ とすると、式 (4), (5) のように表せる。

$$w_{z,t}^{[i]} = \prod_{j=1}^N P(z_j | x_t^{[i]}) \quad (4)$$

$$w_{\delta,t}^{[i]} = \prod_{j=1}^{N-1} \prod_{k=j+1}^N P(\delta_{jk} | x_t^{[i]}) \quad (5)$$

5. リサンプリング: 粒子の重み $w_t^{[i]}$ に比例して M 個の粒子から別の M 個の粒子を選ぶ。各粒子が選ばれる確率は、その粒子の重みである。そして、粒子群により近似的に得られる確率分布から、ターゲットの位置推定を行う。

(2) 提案方式 2: 計測値のみを利用した方法

提案方式 2 では、粒子の生成に計測値を利用する。電波強度からノードを中心とする円周上に、時間到来差からノードを焦点とする双曲線上に位置を絞り込めるので、それらの付近に粒子を撒く。

4. シミュレーションによる評価

30m 四方の領域に、4 個のノードを配置し、ターゲットの移動速度を 1[m/s] とし、1 秒毎に計測を行う。粒子の数を 200 個、 $\sigma_r^2 = 5$, $\tau = 2$ とした。試行回数は 1000 回とする。

シミュレーション結果として、位置検出誤差平均の累積分布を図 1 に示す。RSSI 方式では、提案方式 1 が全体的に高い精度が得られた。一方、TDOA 方式では、提案方式 2 の精度が安定しているのに対し、提案方式 1 では誤差にばらつきがあることが分かった。

5. むすび

本研究では、センサネットワークにおけるパーティクルフィルタを利用した位置推定法を提案し、シミュレーションを用いて提案手法の有効性を確認した。今後は、粒子の動作モデルの最適パラメータの推定や適応的に粒子数を変化させる手法などを検討する必要がある。

文献

- [1] R. Yamamoto, H. Matsumoto, H. Matsuki, T. Oono, and H. Ohtsuka, "Position location technologies using signal strength in cellular systems," IEEE VTS 53rd Vehicular Tech. Conf. (VTC 2001 Spring), Vol. 4, No.4, pp. 2570-2574, May 2001.
- [2] C. C. Chong, C. M. Tan, D. I. Laurenson, and S. McLaughlin, "A new statistical wideband spatio-temporal channel model for 5-GHz band wlan systems," IEEE J. Select. Areas in Commun., Vol. 21, No. 2, pp. 139-150, Feb. 2003.

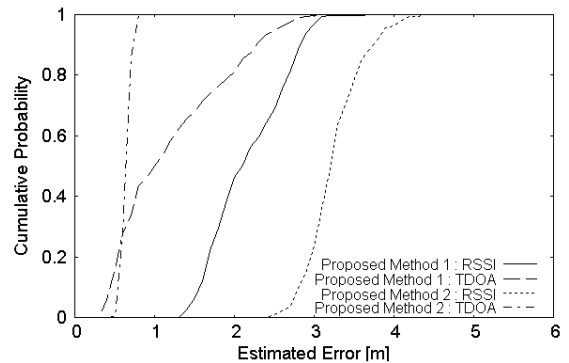


図 1 累積分布

ホログラフィック光ディスク型光相関システムにおける 高密度記録の検討

Improvement of Recording Density by Optimizing Exposure
on Optical Correlation System Using Holographic Disc

岡田和希子 渡邊恵理子 今井元 小舘香椎子
Akiko Okada Eriko Watanabe Hajime Imai Kashiko Kodate
日本女子大学 理学部

Faculty of Science, Japan Women's University

1. はじめに

2011年からのデジタルハイビジョン放送の本格化と、ブロードバンドネットワークの急速な普及に伴い、増え続ける動画のデータ量に対応可能な、演算速度と記録容量の2つの要求を同時に実現可能なコンピュータの処理速度が求められている^[1]。しかし、データの照合速度だけでなく、大容量データベースからの転送速度が処理速度のボトルネックとなっているのが現状である。このような背景のブレイクスルーとして、本研究では、構築した光相関アルゴリズムと、大容量記録可能かつ唯一演算機能を持ったホログラフィック光メモリを融合し、光で直接高速アクセス可能なホログラフィック光ディスク型光相関システム FARCO (Fast Recognition Optical Correlator) 2.0を構築している^[2](Fig.1)。本稿では、ホログラフィック光ディスクへの記録露光量を最適化し、記録間隔 10 μm という狭間隔での実証実験を行い、高密度化による高速演算・転送を目指したので報告する。

2. ホログラフィック光ディスク型 光相関システム FARCO 2.0

光相関システムでは、記録方式に同軸型を採用しており^[3]、同軸面上に配置した物体光と参照光をレンズでフーリエ変換し、ホログラム面に干渉縞をマッチトフィルタとして記録している。記録画像と入力画像が同一であれば出力面に参照光が光強度として高く出力される(自己相関)。また、異なる画像を入力すると相関値が低く出力される(相互相関)。FARCO 2.0では、記録に瞬時に高出力発振が可能な Q-SW レーザ、再生には微小な相関信号を連続して検出するために CW レーザを使い、受光素子に光電子倍增管(ホトマル)を利用している。この2種のレーザにより高速・高精度な相関を実現しており、2008年に20 μm での多重記録を実現している。

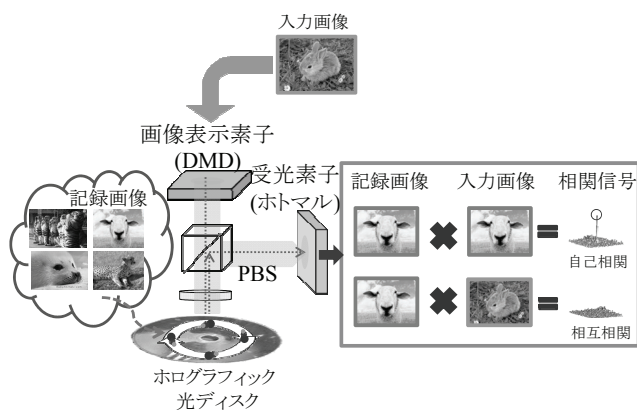


Fig.1 ホログラフィック光ディスク型
光相関システム FARCO 2.0の概念図

3. 記録露光量による高密度記録実験と結果

FARCO 2.0の記録露光量は、Q-SW レーザのパルス回数を変動させることにより制御することが出来る。これまで、記録パルス回数は 256 pulse、これに相当するエネルギーは 1367 μW であった。今回、高密度記録を行うために、低露光量での検討を行った。実験に使用したデータベース画像は、180x240 pixelの動画画像から切り出した画像 30枚を用いた。FARCO 2.0にて記録露光量 30 pulse (159 μW)、回転数 600 rpm、多重記録間隔 10 μm にて光相関実験を行った。その結果、登録画像拒否率と、未登録画像受け入れ率においてイコールエラーレート 0.0%、しきい値範囲 0.062という高精度な相関結果を得た^[4](Fig.2)。この結果をスペックに換算すると、画像の相関演算速度 38万 frame/s、転送速度 29Gbps相当の値になる。

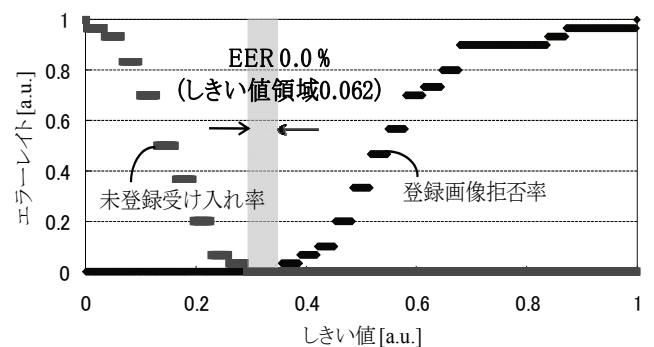


Fig.2 低露光量における実証実験結果

4. まとめ

ホログラフィック光ディスク型光相関システムの記録露光量を検討し、記録露光量 159 μW 、回転数 600 rpmにて、10 μm 間隔での多重記録に成功した。この結果は画像の相関演算速度 38万 frame/s、転送速度 29Gbpsに匹敵し、高速演算・転送を達成した事になる。現在、1800 rpm以上での高速回転が可能なアクチュエータの施策に成功しており、これらの技術を統合して、転送速度 100 Gbpsでの光相関演算の実現を目指している。

謝辞: 本研究は NEDO 大学発事業創出実用化研究開発事業の助成を得て行っている。

[参考文献]

- [1] NEDO, 技術戦略マップ 2009, <http://www.nedo.go.jp/roadmap/index.html>
- [2] E. Watanabe et al., Jpn. J. Appl. Phys. 47, 5964-5967 (2008).
- [3] H. Horimai et al., Appl. Opt., 44, 13, 2575-2579 (2005).
- [4] A. Okada et al., OPJ., 270-271 (2009).

V1モデルによる錯視図形の検討 I

D-2 Investigation of Optical Illusion using V1 model

小川 清彦, 飯合 越夫, 原 一之

Kiyohiko Ogawa, Takeo Iiai, Kazuyuki Hara

東京都立産業技術高等専門学校

Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1 まえがき

人間の視覚は3次元を網膜で2次元に落とし、両眼視などの補助情報を用いて脳内で3次元を知覚している[1]。このように人間の視覚は入力器である網膜から初期視覚野であるV1(visual cortex 1), V2,V3,V4と高次な視覚処理が行われる。このシステムの一部をモデル化したしたパターン分類器にネオコグニトロンがある[2]。このような人間の視覚システムの3次元知覚は錯視が起こることが知られている。錯視は物理的な実態と視覚が異なる場合に起こり、視覚研究で多く用いられている[3]。そこで我々は錯視図形として有名なカニツアの三角形[4]を初期視覚のモデルであるネオコグニトロンを用いて調べたので報告する。

2 定式化

ネオコグニトロンは福島らによって開発された視覚系のモデルである。我々はネオコグニトロンのプログラムを入手し[5]、錯視図形を用いて実験を行った。ネオコグニトロンは図1のように網膜、単純細胞と複雑細胞をセットにしたネットワーク、認識細胞からなり、網膜から処理が進むに従って単純細胞と複雑細胞の受容野は広がる。これによって位置ずれや回転を許容出来るようになる。

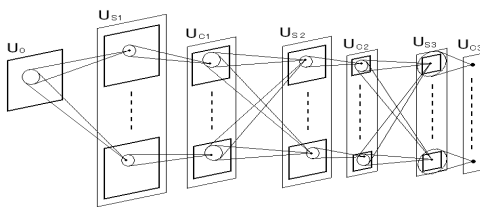


図1 ネオコグニトロンの概念図

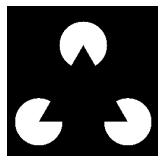


図2 カニツアの三角形

一方、カニツアの三角形を図2に示す。物理的にない三角形が知覚されることから、このように呼ばれる。図形は一部の欠けた3つの円から成る。なぜ三角形が

知覚されるかについては、多くの研究があるが、我々は「物体の遮蔽に関する経験から発生する」という仮説を立て、実験を行った。

3 実験

我々は「3つの円の上に三角形を置いた状態」を記憶した人が錯視を起こすと仮定した。そこで(1)3つの円および三角形の2つをネオコグニトロンに学習させ(2)カニツアの三角形や類似の図形をネオコグニトロンに分類させる、という実験を行った。提示した図形(刺激)は10個であり、1a,2aは丸と三角、3aから5aはカニツアの三角形、1b,2bは1aと2aの輪郭、3bから5bはカニツアの三角形の辺を書いた図形である。3から5は刺激番号が大きくなると円が大きくなる。表より丸と三角形は異なった細胞出力が異なることから、学習は正しく行われたことが分かる。また、カニツアの三角形に対しては丸、三角形とは異なった反応であり、三角形が知覚されていないことが分かった。

表1 認識実験の結果

刺激	細胞番号				
	1	2	3	4	5
1a	0.420875	0.000000	0.000000	0.646179	0.436806
2a	1.098231	0.347611	0.110763	1.211339	1.384490
3a	1.546506	0.936660	0.856791	0.647635	0.676715
4a	1.443898	1.182699	1.055749	0.083305	0.067000
5a	0.993135	1.206202	0.960309	0.000000	0.000000
1b	0.168072	0.000000	0.000000	0.527273	0.442950
2b	0.930662	0.117726	0.000000	1.459045	1.454690
3b	1.547729	0.963550	0.882590	0.726468	0.719521
4b	1.437277	1.185194	1.058494	0.077381	0.057412
5b	0.981864	1.207279	0.953823	0.000000	0.000000

参考文献

- [1] D. Marr, ビジョン, 産業図書 平成12年
- [2] K. Fukushima, *Neocognitron: A Hierarchical Neural Network Capable of Visual Pattern Recognition*, Neural Networks, vol. 1, pp. 119-130, (1988).
- [3] <http://www.ritsumei.ac.jp/~akitaoka/>
- [4] Kanizsa, G. *Margini quasi-percettivi in campi con stimolazione omogenea.*, Rivista di Psicologia vol. 49 no. 1, pp. 7-30 (1955).
- [5] <http://visiome.neuroinf.jp/>

薄型 LTCC 基板を用いた UWB フィルタと SAW フィルタを用いた RF フロントエンドモジュール用小型ダイプレクサ

C-2 Compact Diplexer Using UWB Filter in Thin LTCC Substrate and SAW Filter for RF Front-end Module

勝本 達也¹ 大島 心平^{1,2} 村田 龍司² 海老原 均² 和田 光司¹
 T.Katsumoto S.Oshima R.Murata H.Ebihara K.Wada

電気通信大学¹ 太陽誘電株式会社²
 The University of Electro-Communications TAIYO YUDEN Co.,Ltd.

1 まえがき

近年、無線通信のマルチバンド化に伴いアンテナを複数のシステムで共有した RF フロントエンドモジュールの実現が要求されており、その要素回路である分波回路の研究が行われている [1]。しかし、異なる種類のフィルタの組み合わせによる狭帯域及び広帯域特性を有する分波回路は著者らの知る限り実現されていない。そこで、本研究では低温同時焼成セラミックス (LTCC) 基板による超広帯域無線 (UWB) フィルタ、及び表面弾性波 (SAW) フィルタを用いた小型ダイプレクサを提案する。

2 UWB フィルタ及び SAW フィルタ

本検討では、UWB フィルタを電磁界シミュレータ (Ansoft HFSS ver.11) を用いて構成し、SAW フィルタは実際の製品を用いる。図 1 に UWB フィルタの構成を示す。この構成により通過帯域の低域側に 2 つ及び高域側に 2 つの減衰極を実現し、それらを制御することで UWB の Lowband (3.168[GHz]-4.752[GHz]) に対応したフィルタを構成した。また、提案の UWB フィルタは基板厚 0.32[mm] のストリップ線路で構成され、従来のフィルタと比較して薄型化を実現している。また、SAW フィルタについては 1.575[GHz] で利用される全地球測位システム (GPS) 用の EPCOS 社製 B9444 の測定値を用いる。

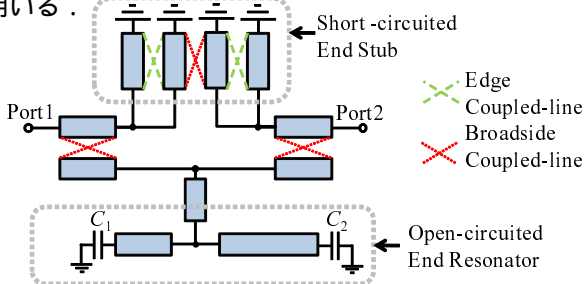


図 1 UWB フィルタ

3 小型ダイプレクサ

提案の UWB フィルタと SAW フィルタを組み合わせたダイプレクサの概念図を図 2 に、その概観を図 3 にそれぞれ示す。また各フィルタを直接接続すると、相互に悪影響を及ぼすため整合回路には基板に内蔵された並列キャパシタ及び基板表面に実装されたチップ素子を用いる。図 4 にその伝送特性を示す。図 4 に示した特性より GPS 及び UWB の Lowband に対応した狭帯域及び広帯域通過特性が確認できる。なお、それぞれの通過帯域の中心周波数における挿入損失は GPS で 1.59[dB] 及び UWB で 1.96[dB] である。

4 まとめ

3.21[GHz]-4.68[GHz] の通過帯域を有する UWB フィルタと SAW フィルタを組み合わせたダイプレクサを 3.95[mm] × 4.75[mm] × 1.11[mm] の大きさで実現した。謝辞

本研究の遂行にあたり SAW フィルタを提供いただいた EPCOS AG 様にこの場を借りて感謝の意を表します。

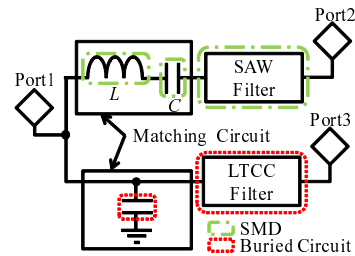


図 2 小型ダイプレクサの構成の概念図

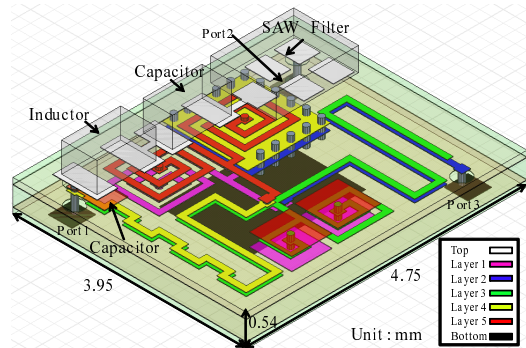


図 3 小型ダイプレクサ

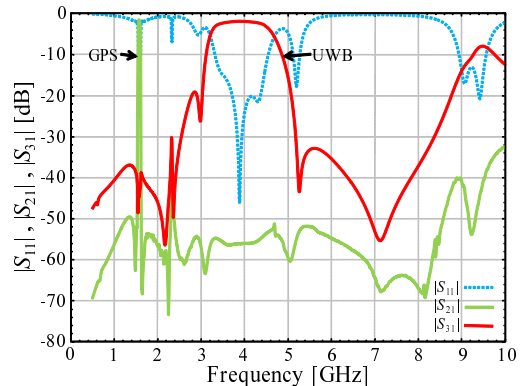


図 4 図 3 に示したダイプレクサの特性

参考文献

[1] M.Weng, et al., IEEE Microwave and Wireless Components Let., Vol.17, No.7, pp.519-521, (2007).

CTAB で形成した有機半導体の電気特性評価

Electric Properties of Organic Semiconductors Using CTAB

C-13

亀海 静夏 川口 優 田口 真理 小澤 あつみ 今井 元
 Shizuka KAMEGAI Yu KAWAGUCHI Mari TAGUCHI Atsumi OZAWA Hajime IMAI

日本女子大学 理学部
 Faculty of Science Japan Women's University

1.はじめに

近年、有機半導体は有機 EL ディスプレイなどの応用で注目されている。有機半導体の特徴として無機半導体と比較し、軽量でフレキシブル性に優れ、大面積化が可能であるなどの利点がある。しかし、無機半導体と比べ導電性が不安定であることや、同一素材での p 型、n 型半導体の作製が困難であることが課題として残っている。我々は、これまでに CTAB という界面活性剤を材料とした有機半導体試料を作製し半導体的性質を確認してきた[1]。

CTAB は単斜晶であり[2]、方向によって性質に違いが生じるのかを検討するために電極面に平行である横方向試料と電極面に垂直である縦方向試料を用いて測定した。

2. 試料作製方法

C₁₆TAB 50mmol / lの水溶液を作製し、不純物としてヨウ化カリウムを加える。これらの水溶液を印加電圧 10Vにかけ、各時間ごとに陰極、陽極の両電極付近の溶液を採取し、サリチル酸ナトリウムを加えた。金蒸着したスライドガラスに採取した溶液を滴下し、乾燥させ薄膜を作製した。作製した横方向と縦方向試料の断面を図2に示す。

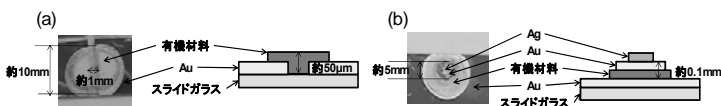


図2. 試料断面図(a)横方向、(b)縦方向

3. 実験結果・考察

横方向と縦方向の試料の電流-電圧特性の結果を図3に示す。

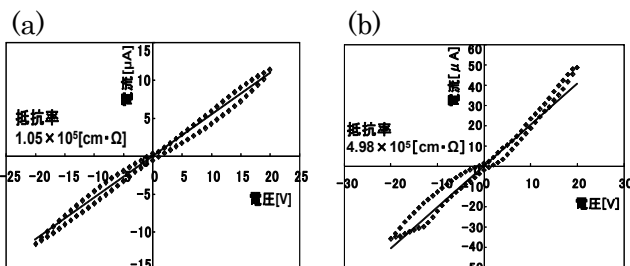


図3. 電流-電圧特性(a)横方向、(b)縦方向

横軸に電圧、縦軸に電流をとり、抵抗を求め、抵抗率を算出した。これらの抵抗率を縦軸に、通電時間を横軸にとりプロットした。(図4)

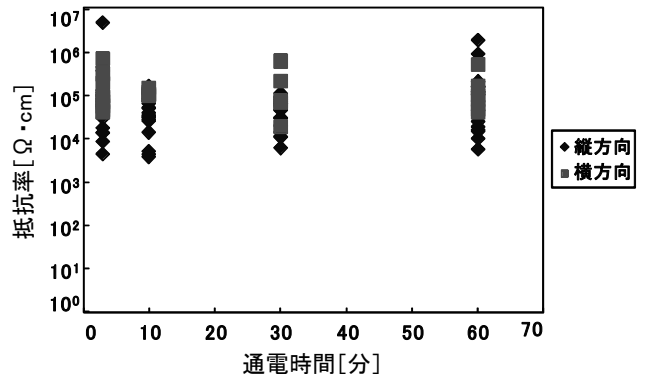
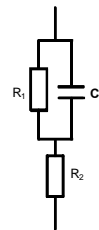


図4. 通電時間により抵抗率分布

図4より横方向と縦方向の抵抗率はほぼ等しいことがわかった。また、横方向の試料の電極を90度回転させ測定したところ抵抗率はほぼ等しかった。このことから、この試料の抵抗率は方向に依存しないことがわかった。

電流-電圧特性より直線性を確認できたが、多少のうねりが生じている。その原因を探るため、周波数測定を行った。測定結果より抵抗率の周波数依存を確認し、この原因が試料内のコンデンサー的成分であると考えた。このことから、図5に示す等価回路を考えコンデンサー容量を求めた。 図5. 試料の等価回路



測定値と計算値を合わせた結果、ほぼ等しい事から容量性を持つものがあることが確認できた。容量は横方向試料が30~60pF、縦方向試料が40~60pFある。試料は多結晶であることから試料内や電極と有機材料の接合部分に空隙があり、それがコンデンサー要因となっていると考えた。

4. 参考文献

- [1] 大井 知美、川口 優、小沢あつみ、今井元、 “CTAB で形成した有機半導体の作成と特性評価Ⅱ”、電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会第13回講演論文集、C-13、東京電機大学、(2008)
- [2] A.R.Campanelli and L.Scaramuzza, 'Hexadecyl trimethyl ammonium Bromide', Acta Cryst, C42, pp.1380-1383(1986)

反強誘電性液晶を用いた空間光変調器における高速駆動及び多値変調の検討

Examination of high-speed drive and multi-modulator on spatial light modulator using anti-ferroelectric liquid crystal

小林恵¹⁾ 鈴木康²⁾ 小川賀代¹⁾
 Megumi KOBAYASHI¹⁾ Yasushi SUZUKI²⁾ Kayo OGAWA¹⁾
 日本女子大学 理学部¹⁾ (有)エルシーエー²⁾
 Faculty of Science, Japan Women's University¹⁾ LCA²⁾

1.はじめに

光技術を用いる市場において光波面の制御は必須であり、低消費電力、利便性の面から液晶空間光変調器(LC-SLM)が利用されている。近年、光通信や光情報処理の分野の技術の発展により高速駆動可能な LC-SLM の需要が高まっている。市販品としてツイストネマチック液晶(TNLC)と強誘電性液晶(FLC)を用いた SLM はあるが、TNLC は電圧制御による位相変調は可能だが、応答速度が数十 ms と遅く、また FLC は応答速度が数 ms と速いが、位相変調は 0 と π の 2 値しか制御出来ない。そこで高速応答かつ、電圧制御による多値の位相変調の可能性を持つ反強誘電性液晶(AFLC)による SLM の試作および評価を行った。

2.高速駆動の評価

[駆動方法] AFLC に三角波電圧を印加した応答波形の速度は、立ち上がりは速いが、立ち下がりが遅い特性¹⁾がある。これを改善するため、印加電圧と逆向きの「バイアス電圧」を掛ける手法²⁾を提案し、応答速度の高速化を目指す。提案駆動波形を図 1 に示す。On 時のセレクト電圧の印加時間に対するバイアス電圧の印加時間の割合をリセット区間とする。試作した液晶セルの仕様を表 1 に示す。

[実験結果] LC-SLM において任意の振幅変調、位相変調を行うためには、高周波駆動においても安定した矩形波の応答信号を得たい。そこで、応答波形の評価方法として立ち下がり比率を図 2 のように定義し、評価を行った。この時、立ち下がり時間 τ は最大の透過率を 1 とした時、透過率が 0.9 から 0.1 へ変化するのに要する時間とする。

駆動波形はセレクト電圧 17V とし、データ電圧、バイアス電圧は各周波数における最適値とした。セル厚 1.1 μm の結果を図 3 に示す。リセット区間 10、15%時、立ち下がり比率が 0.1 以下となり、5kHz まできれいな矩形波が得ることが確認でき、高速駆動の可能性を見出した。

3.位相変調量の評価

光波面の制御は、多値で位相制御を行えることが望ましい。AFLC は、FLC と同様に自発分極を持つため、多値での制御は難しいと考えられてきたが、メモリ性を持たない性質を利用し、電圧制御による位相変調量の特性的評価を行った。位相変調量は偏光顕微鏡にベレックコンペンセータを挿入してリタデーションを測定し、次式によって算出する。ただし、リタデーションを Re 、波長を λ である。今回の測定波長は 550nm で行った。

$$\text{位相変調量} = 2\pi \frac{Re}{\lambda}$$

実験結果を図 4 に示す。セル厚 1.1 μm 、2.2 μm で、各々 0.42π 、 0.83π の位相変調量が確認できた。さらに、

電圧変化に伴って位相変調量も変化し位相制御が可能であることの確認が出来た。

4.まとめ

AFLC の立ち下がり比率の評価では 5kHz まで矩形波の応答波形を確認し、位相変調量の測定では電圧制御による位相変調の確認が出来た。この結果より高速な LC-SLM として活用できる可能性を得た。

参考文献

- [1] 液晶便覧編集委員会編, “液晶便覧”, 丸善株式会社
- [2] 特許 2009-191444, “反強誘電性液晶表示装置の駆動方法”

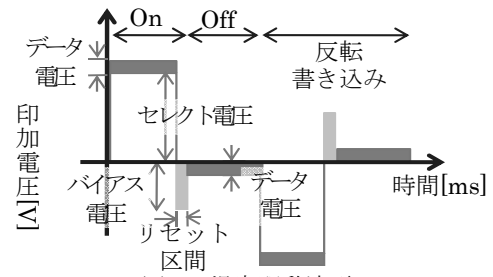


図 1 提案駆動波形

表 1 試作液晶セルの仕様

電極ピッチ	300 μm
開口サイズ	14×9mm ²
ガラスの厚み	0.7mm
セル厚	1.1 μm 、2.2 μm

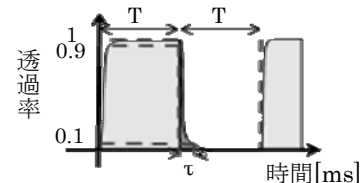


図 2 立ち下がり比率の定義

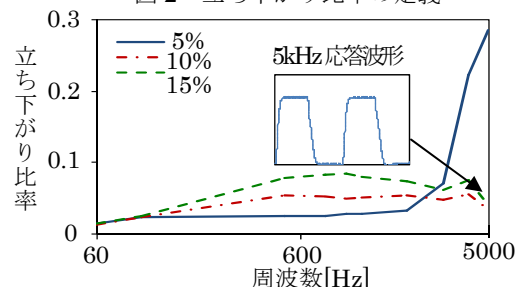


図 3 立ち下がり比率の結果

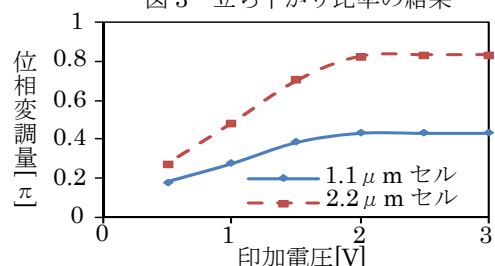


図 4 位相変調量の結果

自立 GaN 基板 N 面におけるオーミック電極の形成 及びその物性評価

C-10 Fabrication of Ohmic contact on N-face free-standing GaN and physical evaluation

齋藤 雅彰[†] 野崎 眞次^{††} 内田 和男^{††}

Masaaki SAITOU[†] Shinji NOZAKI^{††} Kazuo UCHIDA^{††}

[†] 電気通信大学 電気通信学研究所 ^{††} 電気通信大学 電気通信学部

[†] Graduate School of Electro-Communications, University of Electro-Communications

^{††} Faculty of Electro-Communications, University of Electro-Communications

1. はじめに

近年、Ⅲ族窒化物半導体に関する研究が盛んになっており、その中でも重要な位置を占める窒化ガリウム(GaN)は自立基板化が進んでいる。この自立基板はサファイアやSiC上にGaNを厚膜成長させ下地の基板を剥離することで得られる。しかしこの自立GaN基板は成長面(Ga面)と基板剥離面(N面)とで性質が異なり、N面でオーミック電極が形成し辛いといった問題が存在する。

本研究の目的は自立GaN基板Ga面とN面それぞれにオーミック電極やショットキー電極を形成し、その電気特性を比較することで性質の違いを解明することである。

2. 実験方法

自立n-GaN基板にBHFによる酸化膜除去、1:1:1 磷酸硫酸混合溶液によるエッチングを行い、フォトリソグラフィ技術を用いてGa面、N面それぞれに対しAl/Ni/Au=5000/2000/3000ÅのC-TLM電極を形成した。また、上と同じ処理を施した試料にショットキー電極を直径500μmの円形ドットパターン状に形成し、裏面にオーミック電極を形成した縦型のショットキーダイオード構造をGa面側、N面側でそれぞれ作製した。ショットキー電極にはAu(3000Å), Ni/Au(3000Å/3000Å), Pd/Au(3000Å/3000Å), Pt/Au(3000Å/3000Å)の4種類を用いた。これらの試料に対してI-V測定、C-V測定を行い、それより得た結果からGa面とN面の性質の違いについて考察した。

3. 結果

3.1 オーミック電極による比較

Ga面とN面におけるオーミック電極でのI-V測定結果を図3.1に示す。Ga面における特性では線形性が非常によく、電極のギャップ幅との相関性も高かった。N面ではある程度の線形性と相関性が確認できたがGa面と比べるとその特性は悪い。得られた接触抵抗率はGa面： $3.99 \times 10^{-5} \Omega \text{cm}^2$ 、N面： $3.12 \times 10^{-3} \Omega \text{cm}^2$ であった。

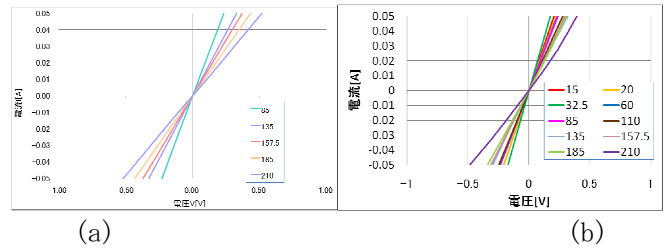


図3.1 オーミック電極でのGa面(a)とN面(b)のI-V特性

3.2 ショットキーダイオードでの比較

室温におけるI-V特性の結果から求められたショットキー障壁高さ ϕ と理想因子 n を表に示す。N面にAuショットキー電極を形成した試料ではショットキー特性が得られなかったが、それ以外の試料ではショットキー特性が得られた。表3.1の結果から、障壁高さはGa面の方が大きく、逆に理想因子はN面の方が大きくなるのが分かる。

	Ga面		N面	
	障壁高さ ϕ	理想因子 n	障壁高さ ϕ	理想因子 n
Au	0.54V	1.42		
Ni/Au	0.54V	1.65	0.51V	1.78
Pd/Au	0.59V	1.07	0.51V	1.13
Pt/Au	0.59V	1.80	0.56V	2.07

表3.1 室温I-V測定から求められた障壁高さ ϕ と理想因子 n

低温でのI-V特性の温度依存性の測定から、温度が低くなるにつれて障壁高さは減少し、理想因子が増大していくことが確認された。

C-V測定からも障壁高さを求めたところ、I-V測定による結果に比べ大きい値が得られた。C-V測定の原理では表面での電界や固定電荷による影響が現れないためであると考えられる。

4. 結論

最終的な結論については発表時に述べる。

参考文献

- [1]J. Osvald:” Temperature dependence of GaN Schottky diodes I-V characteristics”, Microelectronic Engineering 81 (2005) 181- 187
- [2]B. Akkal:” Electrical characterization of Au/n-GaN Schottky diodes”, Materials Chemistry and Physics 85 (2004) 27- 31

Λ 形負性抵抗素子を用いた多値 SRAM の消費電流に対する検討

A Study on Current Consumption of Multistable-Value SRAM using Λ-Shaped Negative Resistance Devices

A-1

佐々木 芳樹 佐伯 勝敏
Yoshiki Sasaki Katsutoshi Saeki
日本大学理工学部

College of Science and Technology, Nihon University

1. まえがき

急速に半導体の微細化技術が発達し半導体チップが小型化していく中、近年その物理的な限界が予測されている。先に我々は、半導体デバイスの中でも特に SRAM に着目し、並列接続法により安定点となる電圧が独立可変な Λ 形負性抵抗素子を用いた多値 SRAM を提案している[1]。しかし、従来の構成では一つの単位回路に対して定常的に流れる消費電流が大きいため、消費電力という点で不利となる。

本論では、今回新たに低消費電流化可能な回路構成について検討したので報告する。

2. 本論

図1に多値 SRAM の構成図を示す。同図は M_{Pi} , M_{Ni} で構成した Λ 形負性抵抗素子を i 段並列接続し、更にバイアス部および負荷電流源を接続した構成である。先に我々が提案した構成では、ドライバ部の $DL' - M_{Pi}$ ゲート間電圧が一定となるようバイアスを設計した。今回、我々が提案する回路では $DL' - M_{Ni}$ ゲート間電圧が一定となるようバイアスを設計し、更にダイオード接続した M_{Di} を付加する構成とした。 $DL' - M_{Ni}$ ゲート間電圧はドライバ部において一様であることからバイアスの統合を行うことが可能である。この回路における安定点は、次式の条件を満たすとき生成され、バイアス電流 I_{BIAS} は安定点生成に対して影響を及ぼさない。

$$I_{DATA} = I_{SINK} - I_{\Lambda} = 0 \quad (1)$$

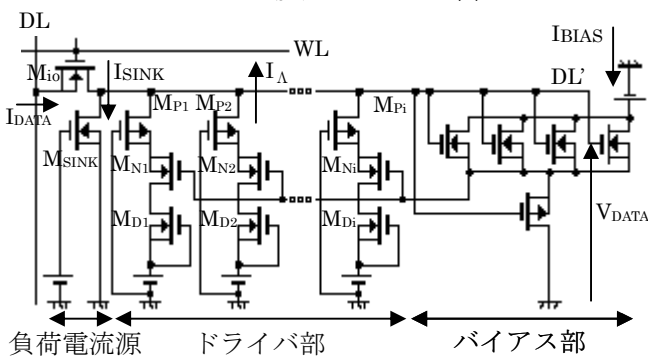


図1 多値 SRAM の構成

図2に、図1で示した多値 SRAM の静特性を示す。今回、一例として図1中の $i=8$ とした 8 値 SRAM の静特性を示す。図中、横軸に V_{DATA} 、縦軸に I_{DATA} を示す。同図において、電圧軸と特性の負性抵抗領域との交点 $P_1 \sim P_8$ が不安定点、正抵抗領域との交点 $Q_1 \sim Q_8$ が安定点を示している。また、電圧 Q_i に引込まれる V_{DATA} の範囲は $P_i \leq V_{DATA} < P_{i+1}$ となる。同図より、安定点が 8 個存在することから、8 値 SRAM が動作可能であることを示している。このことは、バイアス位置の変更、及び M_D を付加す

ることでバイアス段の統合が可能であることを示している。また、ドライバ部を流れる貫通電流が $2.5 \sim 7.5 nA$ であることから消費電流を抑えることが可能であることを示している。これをもとに、外部入力 I_{DATA} 及び V_{DATA} をスイッチ M_{i0} により制御可能な構成とした。書込み制御はワードライン WL およびデータライン DL により行う。

図3に、図1中の $i=8$ とした 8 値 SRAM を用いて書き込みシミュレーションを行った結果を示す。図中、横軸に時間、縦軸に WL, DL, V_{DATA} を示す。同図より、 M_{i0} が ON である間に入力された DL の値によりドライバ部に電圧値が書き込まれ、保持を行うことが可能であることを示している。以上より、低消費電流化可能な多値 SRAM が構成できることを示している。

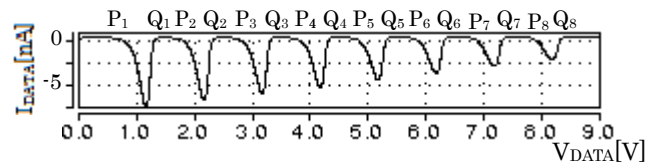


図2 8 安定回路の静特性

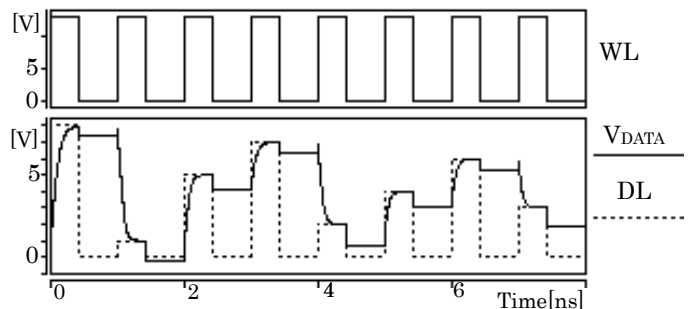


図3 8 値 SRAM のシミュレーション結果

3. まとめ

今回、低消費電流化可能な回路構成について検討した結果、安定点生成に影響を及ぼさないバイアス回路を用いることで低消費電流化が図れ、多値 SRAM を構成可能であることを明らかにした。

今後は、ニューロン MOS を用い、閾値の制御を行うことで電源の統合を図るとともに、今回提案した Λ 形負性抵抗素子を用いた多値 SRAM を、VDEC を通して IC 化し検証を行う予定である。

4. 参考文献

[1] K.Saeki, H.Nakashima, Y.Sekine, CMOS Implementation of a Multiple-Valued Memory Cell Using Λ-Shaped Negative-Resistance Devices, IEICE Trans.Fundamental, Vol.E87-A, No.4, pp.801-806, Apr. 2004.

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

B-17 A Spectrum Sensing Scheme using Overlap FFT Filter Bank

佐藤 貴則 田辺素洋 梅比良 正弘
Takanori Sato Motohiro Tanabe Masahiro Umehira
茨城大学 工学部

College of Engineering, Ibaraki University

1. はじめに

ダイナミックスペクトラムアクセスは、未使用の周波数帯を検出して通信に利用することで周波数有効利用を図るものであるが、プライマリシステムの有無を判定するスペクトルセンシング技術が必要になる。検出方法として、ピリオドグラム法や、Multitaper法、フィルタバンク法が提案されているが、フィルタバンク法は通信に利用する回路で実現できるため、実装が容易という利点がある[1]。一方、ダイナミックスペクトラムアクセスのためにオーバーラップFFTフィルタバンクを用いた方式が提案されている[2]。本文では、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を提案し、特性評価を行った。

2. 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

オーバーラップFFTフィルタバンクの原理を図1に示す。受信データを T_{Overlap} シンボルだけオーバーラップさせた T_{FFT} シンボルのブロックデータに分割する。分割したデータを Short FFT でフーリエ変換し、検出帯域に合わせて周波数領域でフィルタリングする。その後、IFFT で時間領域へ戻し、各 T_{Overlap} 部分を除去し、連結する。本方式では、周波数領域で柔軟にフィルタリングを行うことができるため、任意の帯域のスペクトルセンシングが可能である。また、各 T_{Overlap} 部分に合わせて窓関数をかければ、隣接チャネル干渉の低減により、特性改善が期待できる。

3. 隣接チャネル干渉特性

希望信号の帯域幅と周波数を既知とした時の、提案方式の窓関数の有無による隣接チャネル干渉を評価した。 T_{FFT} で正規化した信号帯域幅=16, 32, 64 ($1/T_{\text{FFT}}$)、フィルタのロールオフ率=0.05 の場合の、希望信号電力に対する隣接チャネル干渉特性を図2に示す。窓関数にはハニング窓を用いた。図より、帯域幅が狭く、ガードバンドが小さい場合に、窓関数による干渉電力低減効果が大きく、帯域幅=16、ガードバンド=6 では、干渉電力は約 20dB 低減できることがわかる。

4. スペクトル検出特性

信号帯域幅=32、ガードバンド=2 とした時のスペクトル検出の誤検出確率 (未使用帯域を使用中と判定する確率) を図3に示す。雑音電力を 0dB とし、雑音のみの誤検出率が 0.05 となるように検出閾値を設定している。図3より、希望信号電力が大きくなると隣接チャネル干渉により誤検出確率が大きくなる。窓関数により干渉が低減でき、信号電力=32dB の時、誤検出確率を 0.15 から 0.05 に改善できる。0.05 は雑音のみの場合に等しい。

5. まとめ

オーバーラップFFTフィルタバンクを用いたスペクトル検出を提案し、窓関数により隣接チャネルからの干渉による誤検出が改善できることを示した。

<参考文献>

- [1]Behrouz Farhang-Boroujeny, "Filter Bank Spectrum Sensing for Cognitive Radios", IEEE TRANSACTIONS ON SIGNAL PROCESSING, VOL.56, NO.5, MAY 2008.
- [2]M.Tanabe, M.Umehira, K.Ishihara, Y.Takatori, "A Novel Dynamic Channel Access Scheme Using Overlap FFT Filter-Bank for Cognitive Radio" IEICE TRANS. COMMUN., VOL.E92-B, NO.12, DECEMBER 2009.

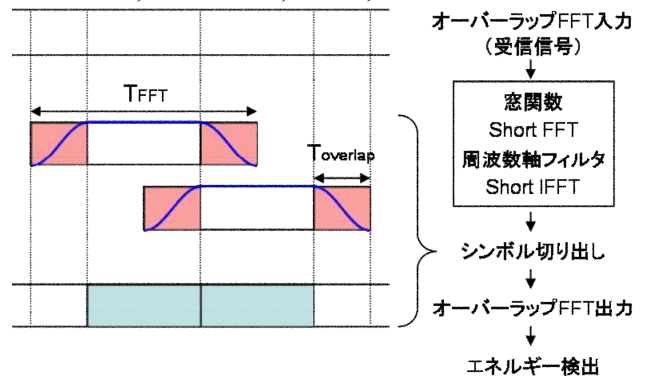


図1 オーバーラップFFTフィルタバンクの原理

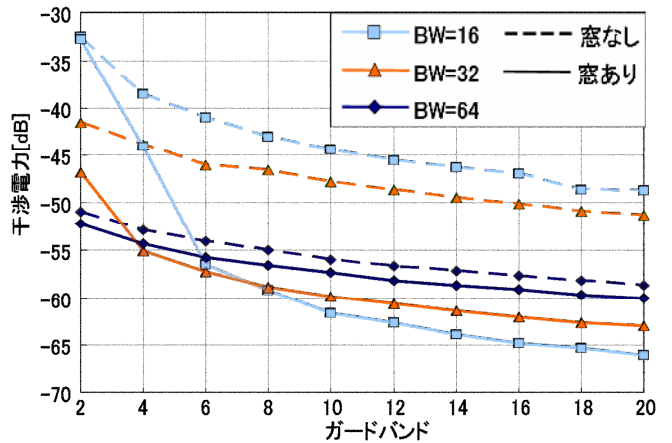


図2 ガードバンドに対する隣接チャネル干渉特性

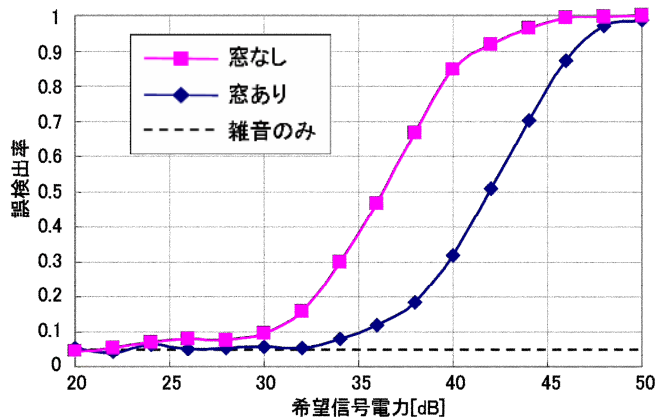


図3 スペクトル検出の誤検出確率

カオス時系列解析によるバランス評価を用いた4脚歩容生成法

Generation Method of Quadrupedal Gait that Using Balance Evaluation by Chaotic Time Series Analysis

瀧 晃司¹
Koji Taki

鈴木 秀和²
Hidekazu Suzuki

西 仁司³
Hitoshi Nishi

¹ 東京工芸大学大学院
Graduate School, Tokyo Polytechnic University

² 東京工芸大学
Tokyo Polytechnic University

³ 福井工業高等専門学校
Fukui National College of Technology

1 緒言

近年、動物の癒し効果を利用したアニマルセラピーに代わる新しい方法として、動物型ロボットを用いるロボットセラピーが注目され始めている。ヒーリング効果への影響を考えた場合、ロボットセラピーではロボットが動物的な動きをすることが最も重要である。特に動的なセラピーを行う場合、歩く・走るなどの基本的動作は頻繁に使用するため必要不可欠である。

本研究ではSONY製のAIBOを使用し、人が動物らしいと感じる4脚歩行ロボットの歩容生成を目標とし、これまでに台上で推進力が高く動物らしく見える脚軌道を生成している[1]。本報告ではこの歩容を地面に適応させる為に、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いた実環境への適応学習を行う。GAの評価値にカオス時系列解析を用いることで歩行時のバランスを評価し、動物らしい歩容の実現を目指す。

2 実環境への適応学習

本研究では、カオス時系列解析の1つであるリカレンスプロットを用いて解析を行う。時系列データとして歩行中の加速度センサ X の値を使用してリカレンスプロットを作成し、歩行中のバランスを評価することで地面に適応した動物らしい歩容を目指す。

2.1 解析方法

リカレンスプロットを作成する為に、まず、1辺の長さがアトラクタ上の点の総数 N となるような2次元画像を用意する。そして、アトラクタ上の2点間距離

$$D(i, j) = |v(i) - v(j)| \quad (1)$$

を計算し、適当な閾値 θ を定める。次に、2点間の距離が $D(i, j) < \theta$ となるときに第 (i, j) 画素に描画することによりリカレンスプロットを作成することが出来る。

2.2 閾値の決定

この方法を用いて、評価の良し悪しが明確な時系列データを使い閾値 θ を決定する為、簡単な前実験を行った。実験は路面に高さの違う3種類の障害物をそれぞれ互い違いに等間隔で置き、この上をAIBOをスケートボードに乗せ走らせている。このときの加速度センサ X の値を保存してさまざまな閾値を使ってリカレンスプロット作成し、最も模様がはっきりと見え変化の様子が分かる値を閾値 θ として決定した。

この閾値 θ を使用した時の加速度センサ X のリカレンスプロットを図1~3に示す。これらの画像から分か

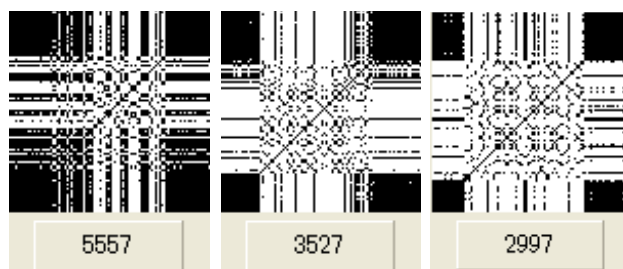


図1 障害物：小 図2 障害物：中 図3 障害物：大



図4 最適化後の歩容

るように、リカレンスプロットの下の方の総点数を見ると障害物が小さい方が数値が大きくなっているのが分かる。これを利用して、総点数が多いほどバランスが良いものとして歩容生成を行って行く。

2.3 適応学習

上記で決定した閾値 θ を使い、実際に地面において歩容学習を行った。実験ではAIBOを歩行させ歩行中の加速度センサ X の値を保存し、そのデータからリカレンスプロットを作成することにより総点数を評価値として世代交代を行う。

歩容学習後の歩行中の様子を図4に示す。AIBOは世代を重ねるごとにしっかりと前に進むようになり、10世代目には動物らしさを保ったまま70[cm]ほど直進させることに成功した。

3 結言

本報告では四脚歩行ロボットAIBOを用い動物的な歩容の生成を試みた。これまでに生成された歩容をベースにGAを用いてさらに最適化した。GAの評価値にカオス時系列解析を用いることで歩行中のバランスを評価し、動物らしさを保ったまま前に歩かせることに成功した。

今後の課題として、まだ解析を行っていない加速度センサ Y, Z についても解析し、より正確に解析することが挙げられる。

参考文献

- [1] 鈴木 秀和, 西 仁司, 瀧 晃司, "人間の感性に基づく動物型ロボットのための4脚歩容生成", 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol. 21, No. 5, pp. 653-662 (2009.10)

湾曲板状アンテナの小形化の検討

B-1

A Study on Miniaturization of Box Type Antenna

中川 雄太 坂口 浩一

Yuta Nakagawa Koichi Sakaguchi

日本大学 生産工学部

College of Industrial Technology, Nihon University

1. はじめに

近年、高速で近距離通信が可能な UWB(Ultra Wide Band)技術が注目を集めている。先にテーパのあるモノポール状素子を箱形に折り曲げ、その先端を接地したアンテナが広帯域な特性を有することを報告した^[1]。本アンテナは携帯機器等への搭載を視野に入れており、小形であることが求められる。本稿では文献[1]のアンテナ形状を検討し、動作帯域を維持しつつ小形化を実現したので結果を報告する。

2. アンテナ構成

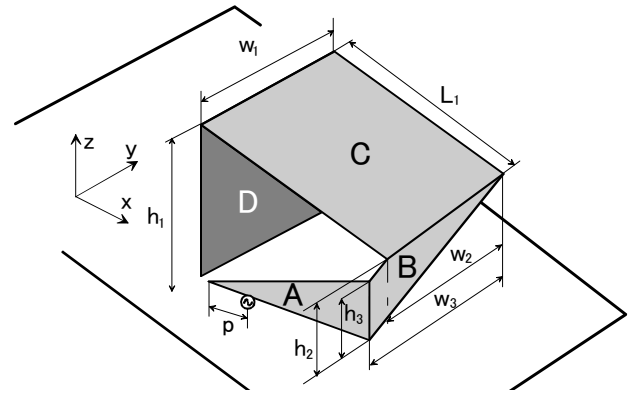
本アンテナは、図1に示すAの三角形形状の板先端から p の点でギャップ給電し、BCDと直角に折り曲げた箱形であり、Dの下端を接地させた構成としている。実験時のアンテナは厚さ 0.2mm の真鍮板で作成し、解析にはモーメント法を用いた。

3. 結果

実験および解析より、UWB に求められる最低動作周波数 3.1GHz を維持するには、給電から接地部までの電流経路長を確保する必要があること、 y 軸方向のアンテナ幅は広帯域特性、整合状態に影響していることが分かった。この結果をもとに文献[1]の形状から幅 w_1, w_3 を小さくし、A面の形状を変更することで、形状変化前に比べ接地板に占めるアンテナ面積を約 33%小形化できた。このときのリターンロス特性を図2に示す。図より形状変化後も UWB 帯域を維持していることが分かる。本アンテナは垂直偏波での利用を考えているため図3に解析により求めた xy 面の放射特性を示す。90° 方向では周波数変化における利得は一定であるが、他の方向ではアンテナ構造の非対称性により放射特性に周波数依存性が認められる。なお、形状変化前に比べ利得は約 3dBi ほど低下したが $\phi=90^\circ$ で 0dBi を得ている。また、指向性に大きな変化はないことを確認している。

4. まとめ

動作帯域を維持しつつ接地板に占めるアンテナ面積を小形化した。今後は z 軸方向の小形化を検討する。



$L_1=13, h_1=12, h_2=11, h_3=10.5,$
 $w_1=15, w_2=15, w_3=17, p=3$ [mm]

図1 アンテナ形状

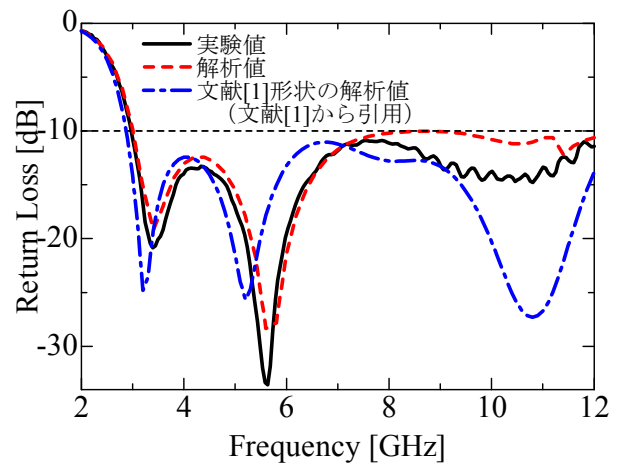


図2 リターンロス特性

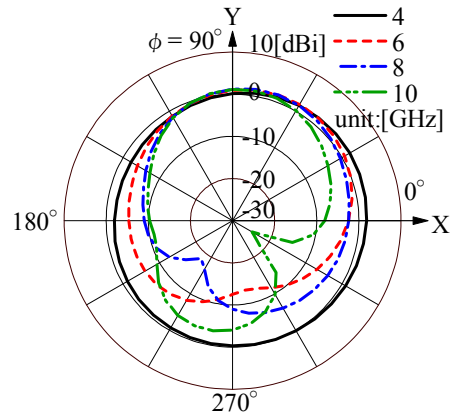


図3 放射特性 xy 面 E_θ (解析値)

参考文献

[1]中川, 坂口, 長谷部: “湾曲板状アンテナの形状に関する検討”, 2009年信学ソ大, B-1-86

周期定常性に基づく信号検出法に関する研究

A Study on Signal Detection Method based on Cyclostationarity

B-17

畠山 信也[†] 梅林 健太[‡] 神谷 幸宏[‡] 鈴木 康夫[‡]

Shinya Hatakeyama Kenta Umebayashi Yukihiro Kamiya Yasuo Suzuki

[†] 東京農工大学工学部

Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

SU2 信号を検出するためには、

$$\alpha_{SU2} = kf_s \pm 2(f_l + \Delta f) \quad (k = 0, \pm 1, \dots) \quad (6)$$

において周期自己相関を観測する。観測点での2つの周期自己相関の干渉をさけるための直交の関係を満たす最小オフセット量の条件式は下記の通り表せる。

$$\Delta f = \min \left(\left| \frac{k}{2NT_s} - f_c \right| \right) \quad (\Delta f \neq 0) \quad (7)$$

上記の(7)の条件を満たすことで、高精度に4状態の検出が可能となる

1. はじめに

既存ユーザ (Primary User: PU) と新規ユーザ (Secondary User: SU) の周波数共用システムの要素技術としてスペクトルセンシング法が検討されている。本稿では、SU 信号と PU 信号が混在する状況を想定し、信号を識別可能な周期定常性に基づく信号検出法の検討を行う。SU と PU の信号形式 (変調方式, シンボルレート, 搬送波周波数) が同一の場合, 周期定常性の違いが現れないため, SU の信号に周波数オフセットを加えることで, 信号識別を可能とすることを考える。

2. システムモデル

PU と複数の SU (SU1, SU2) の周波数共用を想定する。SU1 の観測信号 $x(t)$ は 4 状態仮説を用いて下記の通り表せる。PU 送信信号を $s_{PU}(t)$, SU2 送信信号を $s_{SU2}(t)$, 雑音信号を $w(t)$ とする。

$$\begin{cases} H_0 : x(t) = w(t) \\ H_1 : x(t) = s_{PU}(t) + w(t) \\ H_2 : x(t) = s_{SU2}(t) + w(t) \\ H_3 : x(t) = s_{PU}(t) + s_{SU2}(t) + w(t) \end{cases} \quad (1)$$

$s_{PU}(t)$ は BPSK 信号とし, 以下で表す。

$$s_{PU}(t) = A \cos \{ 2\pi f_l t + \phi_m(t) \} \quad (2)$$

f_l は中間周波数, $\phi_m(t)$ は変調による位相部を表す。 f_l に周波数オフセット Δf を加えた SU2 の送信信号は以下の通りである。

$$s_{SU2}(t) = A \cos \{ 2\pi (f_l + \Delta f) t + \phi_m(t) \} \quad (3)$$

SU1 は, $s_{PU}(t)$ と $s_{SU2}(t)$ の周期定常性の違いを利用して, H_0, H_1, H_2, H_3 の 4 状態を判定する。

3. 周期定常性付加の方法

受信信号 $x(t)$ における, 周期自己相関関数は以下のように表される。

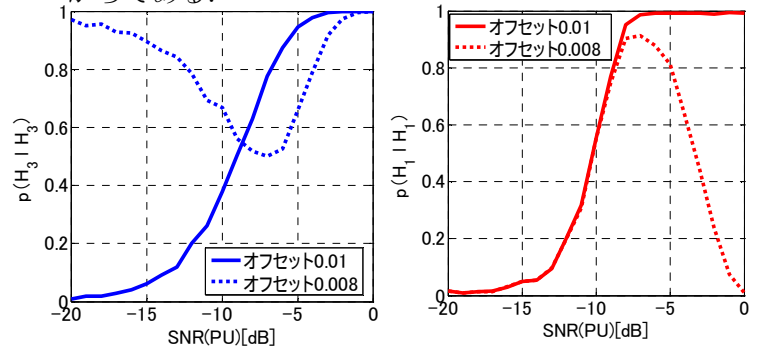
$$R_{xx^{(*)}}(\alpha, \tau) = \frac{1}{M} \int_{t=0}^M x(t)x^{(*)}(t+\tau)e^{-j2\pi\alpha t} dt \quad (4)$$

α は周期周波数, τ は遅延時間, t は時間, M は観測時間を表す。観測信号 $x(t)$ をサンプリング周波数 f_s で N サンプルしたとする。 $\tau = 0$ における周期自己相関関数のピークが立つ周期周波数を計算すると, PU 信号と SU2 信号で, 異なる値を持つ。よって, PU 信号を検出するためには,

$$\alpha_{PU} = kf_s \pm 2f_l \quad (k = 0, \pm 1, \dots) \quad (5)$$

4. 計算機シミュレーション

提案手法を用いて, PU 信号と SU2 信号の識別率を評価する。シンボルレートで正規化した中間周波数を 20Hz とし, サンプル数を 8000 とする。オフセットは, (7) 式の条件を満たす 0.01 と, そうでない 0.008 を用い, SU2 信号の SNR は 0[dB] とする。図 1 (a) と (b) から, オフセットが条件式を満たす場合は SNR が高くなるにつれて識別率が高くなること分かる。一方で, オフセットが条件式を満たさない場合は, 図 1 (a) において SNR=8dB 以外で高い識別率を達成するが, 図 1 (b) において高 SNR においても正確に識別できないことが確認出来る。これは, 条件式を満たさない場合, H_3 へと識別結果が偏るからである。



(a) SNR 対 $p(H_3|H_3)$ (b) SNR 対 $p(H_1|H_1)$
図 1: 識別率

5. まとめ

周波数オフセットを用いた周期定常性に基づくセンシング法を提案した。適切にオフセット量を設定することで, 効果的に信号識別が可能になることを示した。今後は, 複数信号が同時に受信された時の識別率を改善させる提案を目指す。

6. 参考文献

[1] J. Lunden, et al, *IEEE trans. Signal Processing*, vol.57, no.11, pp.4182-4195, Nov. 2009.

24GHz 車載レーダへの適用を想定した FMSK 方式の実験的検証

B-2 Experimental Investigation of Multiple Frequency Shifted Keying for 24GHz Automotive Radar

廣川 裕祐
Yusuke HIROKAWA

稲葉 敬之
Takayuki INABA

電気通信大学
The University of Electro-Communications of Electronic Engineering Dep.

1. まえがき

現行の車載レーダセンサには FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave)方式が多く採用されている。しかし、FMCW 方式は複数目標環境下での距離・速度推定において、up 掃引と down 掃引時の検知ビート周波数のペアリング操作が課題とされている。この課題解決の一方法として、二つの Step-chirp を送信する FMSK (Frequency Modulated Shift Keying)方式が提案されている[1]。FMSK 方式は、検知ビート周波数とその位相差から目標を導出するため、ペアリング操作を行うことなく目標距離と速度を導出可能である。本稿では FMSK 方式を採用し、遠距離車載レーダセンサ用途を想定したパラメータにて、複数目標環境下での距離・速度推定実験を行う。

2. FMSK方式

FMSK 方式の送信シーケンスを図 1 に示す。FMCW 方式の up 掃引に対し、ステップ状に周波数が増加する CW 波を Step-Chirp と呼ぶ。FMSK 方式では、初期周波数が fstep だけ異なる 2 つの Step-Chirp の各 CW 波を交互に送信する(図 1)。目標からの反射波を各 CW 波でミキシングしビート信号が得られる。各 Step-Chirp 毎の周波数 Step 方向のビート信号をフーリエ変換することで式(2.1)のビート周波数 fbeat を得る。ここで同一目標から得られる fbeat は、二つの Step-Chirp で同じ周波数となる。一方、各 Step-Chirp で検出されたビート周波数信号の位相差 $\Delta\phi$ は式(2.2)で表わされる。

$$f_{beat} = -\frac{2B}{c \cdot T_c} \cdot R - \frac{2f_0}{c} \cdot v \quad (2.1)$$

$$\Delta\phi = -2\pi \left(\frac{2f_{step}}{c} \cdot R + \frac{2T_c \cdot f_0}{c \cdot (M-1)} \cdot v \right) \quad (2.2)$$

ここで、搬送波 f0、光速 c、目標の相対速度 v、距離 R である。

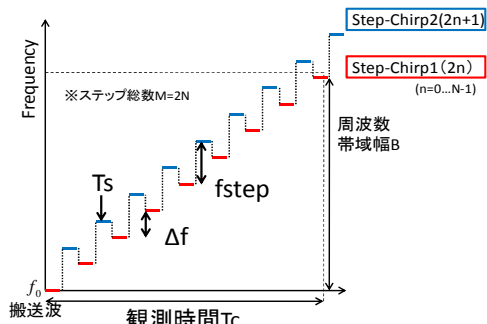


図 1 FMSK 方式の送信シーケンス

3. FMSK方式の実験

24GHz 特定小電力無線局規格に準拠し、かつ遠距離車載レーダに求められる距離・速度範囲を想定して、表 1 に示すパラメータを採用した。Step-Chirp1 時のフーリエ変換の出力結果を図 2 に、距離・速度の推定結果を図 3 に示す。図 3 より、FMSK 方式は、FMCW 方式で課題となるペアリング誤作動なく移動目標(4km/h で往復運動)と静止目標の双方の速度推定が可能であることが確認できる。ここで、静止と移動目標双方の速度と距離推定結果に 50~90cm 程度のバイアス誤差が見られる。これは図 2 に示すように送信波の漏れ込みが大きく、このサイドローブ成分が静

止および移動目標スペクトルへ干渉していることが主な原因であると考えられる。一方、オシロスコープの A/D サンプリグ周波数が 100kHz であるのに対し、オシロスコープの制約から A/D 前 LP(LowPass)フィルタ帯域は 20MHz である。このため雑音レベルが 20dB 以上も増加しているが、ランダム誤差はバイアス誤差に比べ比較的小さいことが分かる。今回、遠距離車載レーダセンサ用途を想定したパラメータを採用し、距離アンビギュイティ(位相差=2π)を 188m に設定しているため、90cm のバイアス誤差は位相誤差に換算すると約 1.7deg というわずかなものである。今後、送信漏れ込みの対処、ならびに信号処理による補正法を検討する必要がある。

表 1 レーダパラメータ

搬送波周波数 f0	24GHz
周波数帯域幅 B	71MHz
周波数ステップ間隔 Δf	0.0695MHz
チャープ間隔 fstep (距離アンビギュイティ)	0.8MHz (188m)
周波数ステップ総数 M	2048
1 ステップ長 Ts	20μs
観測時間 Tc(速度分解能)	40.96ms(0.5km/h)
距離分解能	SN 比に依存する
目標数	コーナリフレクタ 2 個
目標設定値(距離, 速度)	(0.97~2.57m, 4km/h で往復) (4m, 静止)

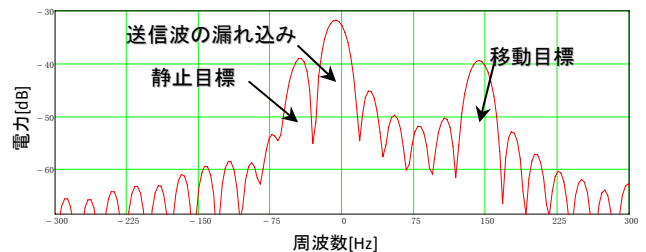


図 2 フーリエ変換の出力結果

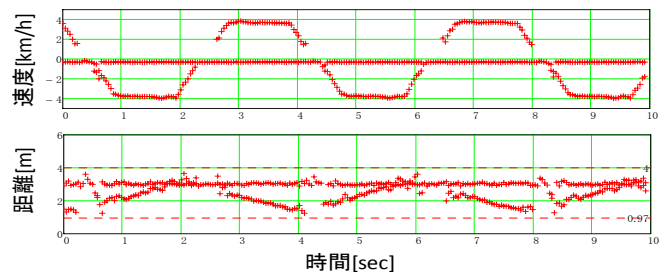


図 3 距離・速度推定結果

4. むすび

移動目標と静止目標が双方存在する複数目標環境下にて、車載レーダセンサ用途を想定した FMSK 方式における原理検証実験を行なった。FMSK 方式は、FMCW 方式で課題となるペアリング誤作動なく移動目標(4km/h で往復運動)と静止目標の双方の速度推定が可能であることが確認できた。

参考文献

[1]H. Rohling, F.Folster, M-M. Meinecke, R. Mende, "A NEW GENERATION OF AUTOMOTIVE RADAR WAVEFORM DESIGN TECHNIQUES," International Conference on Waveform Diversity and Design, Edinburgh, UK, November 2004.

色変化と半透明性を利用した煙草の煙の検出

D-11

Cigarette Smoke Detection using Color Change and Translucency

福島 彩
Aya Fukushima

高橋 正信
Masanobu Takahashi

芝浦工業大学
Shibaura Institute of Technology, College of Systems Engineering and Science

1. はじめに

近年、禁煙区域の監視や防災の観点から、煙草などの煙を映像中から自動検出する手法の研究が進められている。文献[1]を始めとする従来手法の多くは、煙の空間的パターンや時間変化に着目した特徴量を用いている。そうした特徴量は煙の距離や風速などの影響を受けやすいため、多くの学習データが必要となる。また、煙は半透明であるため、背景色の影響を受けるといった問題もある。

我々は、煙草の煙が基本的に半透明であることを利用し、エッジの保存性と煙に特有な色変化の仕方を利用した煙検出手法を提案する。

2. 手法

図1は、3種類の背景色（赤、緑、青）のもとで煙が漂った際のある位置の色をプロットしたものである。背景色に煙の色が混じる程度に応じて色は変化するが、その変化は背景色に依らずほぼ直線的であることがわかった。直線が交わる色は、背景が隠れるほど煙が濃い場合の色（飽和煙色と呼ぶ）に相当する。煙に特徴的なこの色変化を利用し、T1フレーム分の画像を用いて小領域ごとに以下の条件を組み合わせると煙を検出する。

- (1) フレーム間差分が生じたフレーム数が一定以上。
- (2) フレーム間差分の生じたフレームの色のうち背景色近傍でない色の集合を求め、その分布を最小二乗法で直線近似する。その直線からの色の距離の標準偏差が小さい。
- (3) 直線と背景色の距離が小さい。
- (4) 直線と飽和煙色の距離が小さい。

また、煙草の煙は基本的に半透明であり、背景が透けるため、以下の条件も用いる。

- (5) 背景画像のエッジに対するエッジの変化が少ない。

なお、背景の変動に対応するため、各小領域ごとにフレーム間差分がT2フレーム連続して閾値以下であれば、小領域の背景画像を更新する。以上の5条件を満たす領域から小領域削除により誤抽出領域を削減した結果に煙領域が存在すれば煙があると判定する。

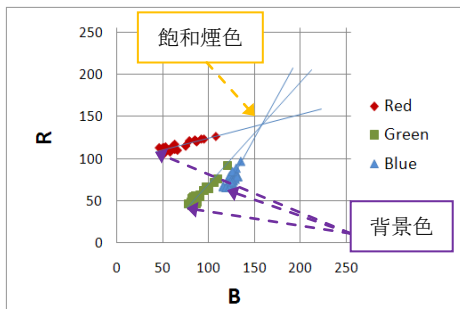


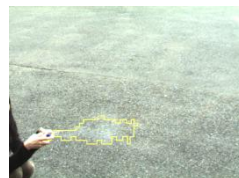
図1 煙による色変化 (B-R 色空間, 背景色 3 種類)

3. 実験

640×480 画素, 30fps で撮影した様々な背景の 15 種類の映像を用いて実験を行った。煙の有無を判断するブロックサイズは 10×10 画素とし、面積が 8 ブロック未満の小領域を削除した。また、T1=30 フレーム, T2=450 フレームとした。条件(3)で用いる飽和煙色はクラスタリングなどにより自動推定する必要があるが、今回は各映像ごとに手動で与え、それ以外のパラメータは全映像で同じ値を用いた。

図2の結果例に示すように、様々な背景のもとで煙の検出が可能であった。1秒ごとに煙の有無を判定した全 440 回の判定結果より正解率を求めた結果を表1に示す。煙が有るのに検出されなかった 9 例のうち 7 例は背景のエッジが検出されないほど煙が濃い場合であった。煙草の煙は急速に拡散し薄くなるため、この場合も後のフレームでは煙が正しく検出されており、実用上は問題ないと考えている。

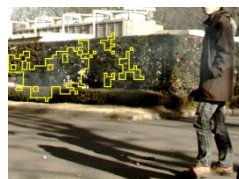
また、煙が無い領域に煙領域が検出された例が図2(d)の例を含めて 8 例(2.5%)あった。これは、背景にエッジがほとんど無い領域で条件をたまたま満たす色変化が起きたことによるものである。こうした誤抽出は、パターン情報など他の特徴量の利用で低減できると考えている。



(a) 成功例 1



(b) 成功例 2



(c) 成功例 3



(d) 失敗例

図2 煙検出結果

表1 正解率

	正解数/判定数	正解率
煙あり	115/124	92.7%
煙なし	308/316	97.5%

4. おわりに

本手法は、特徴量が風速や距離変化の影響を本質的に受けにくく、薄い煙の検出に強いという特長を持つ。今後の課題としては、飽和煙色の自動推定や他の特徴量の利用による誤検出の改善が挙げられる。参考文献 [1] 岩本, 他: “画像認識を用いた煙検出システム”, 第15回画像センシングシンポジウム, IS2-28, 2009.

マルチユーザ MIMO におけるユーザと送信アンテナの同時選択法に関する一検討

B-5

A Study on Joint User and Transmit Antenna Selection Method for Multi-User MIMO

古市 匠[†] 梅林 健太[†] 神谷 幸宏[†] 鈴木 康夫[†]

Sho Furuichi Kenta Umebayashi Yukihiko Kamiya Yasuo Suzuki

[†] 東京農工大学工学部

Faculty of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

1. はじめに

LTE (Long Term Evolution) や IMT-Advanced などの次世代無線通信ではマルチユーザ MIMO 技術に関する検討が盛んであり、その中では送信アンテナ選択法が提案されている[1]. 本稿では、新たにユーザ選択を加えたユーザと送信アンテナの同時選択法について検討を行ない、その有効性を計算機シミュレーションで示す.

2. システムモデル

K_{cell} ユーザと基地局で構成される単一セルでのダウンリンク通信に注目する. 基地局は N_T 本, 各ユーザは N_R 本のアンテナを持つ. 基地局の RF ユニット数を N_{RF} 個とする. ユーザ k と基地局間の伝搬路チャネルを $\mathbf{H}_k \in \mathbf{C}^{N_R \times N_T}$ とし, レイリーフェージングチャネルを想定する. N_k をユーザ k に対する送信サブストリーム数とする.

ユーザと送信アンテナの選択を行なった後, 基地局は, BD (Block Diagonalization) に基づきプリコーディング行列 $\mathbf{T}_k \in \mathbf{C}^{N_{RF} \times N_k}$ を生成し, 送信信号 $\mathbf{T}_k \mathbf{x}_k$ を送信する[1]. ユーザ k の受信信号 \mathbf{y}_k は,

$$\begin{aligned} \mathbf{y}_k &= \mathbf{H}_k \mathbf{T}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{H}_k \sum_{j=1, j \neq k}^K \mathbf{T}_j \mathbf{x}_j + \mathbf{n}_k \\ &= \mathbf{H}_k \mathbf{T}_k \mathbf{x}_k + \mathbf{n}_k \quad (\because \mathbf{H}_k \mathbf{T}_j = \mathbf{0}, \forall k \neq j) \end{aligned}$$

となる. \mathbf{n}_k は平均 0, 分散 1 の i.i.d 複素ガウス雑音である. ユーザは ZF 受信を行う.

3. ユーザ・送信アンテナ同時選択法

ユーザ選択により, ユーザを 1 グループ K 人の S 個のグループに分ける. 但し, $K_{cell} = K \times S$ とする. 以下にまず, 1 番目のグループのユーザと送信アンテナの同時選択法を説明する.

[1 番目のグループ]

K_{cell} ユーザの集合を \mathbf{U}'_1 , K_{cell} ユーザ中の K ユーザ ($K_{cell} > K$) の組み合わせを要素 \mathbf{u}_1 とし, その全集合を \mathbf{U}_1 とする. 基地局の送信アンテナ N_T 本中の N_{RF} 本をとる組み合わせを要素 \mathbf{p} とし, その全集合を \mathbf{P} とする. このとき, 以下の式に基づき, ユーザ・送信アンテナ同時選択を行なう.

$$(\mathbf{u}_{opt_1}, \mathbf{p}_{opt_1}) = \arg \max_{\substack{\mathbf{u}_1 \in \mathbf{U}_1 \\ \mathbf{p} \in \mathbf{P}}} \{ \min_{k \in \mathbf{u}_1} [\lambda_{\min}(\mathbf{H}_{k,p} \mathbf{T}_{k,p,\mathbf{u}_1})] \}$$

$\mathbf{u}_{opt_1}, \mathbf{p}_{opt_1}$ はそれぞれユーザ, 送信アンテナの最適な組み合わせである.

次に, s 番目以降のグループ ($1 < s \leq S$) のユーザと送信アンテナの同時選択法を説明する.

[s 番目のグループ]

$\mathbf{U}'_s = \mathbf{U}'_{s-1} \setminus \{\mathbf{u}_{opt_s-1}\}$, $\{\mathbf{U}'_s\} = K_{cell} - (s-1)K$ である. また, ここで, 以下に基づき, ユーザ・送信アンテナ同時選択を行なう.

$$(\mathbf{u}_{opt_s}, \mathbf{p}_{opt_s}) = \arg \max_{\substack{\mathbf{u}_s \in \mathbf{U}'_s \\ \mathbf{p} \in \mathbf{P}}} \{ \min_{k \in \mathbf{u}_s} [\lambda_{\min}(\mathbf{H}_{k,p} \mathbf{T}_{k,p,\mathbf{u}_s})] \}$$

ここで, $\mathbf{H}_{k,p} \mathbf{T}_{k,p,\mathbf{u}_s}$ はユーザ k の等価 MIMO チャネルである. また, $\lambda_{\min}(\mathbf{H}_{k,p} \mathbf{T}_{k,p,\mathbf{u}_s})$ は $\mathbf{H}_{k,p} \mathbf{T}_{k,p,\mathbf{u}_s}$ の最小特異値を示すが, これは受信 SNR の利得に相当する. $\mathbf{H}_k \mathbf{T}_k$ は送信アンテナ及びグループ内のユーザの組み合わせに依存する.

4. 計算機シミュレーション

マルチユーザ MIMO における, (1): ユーザ・送信アンテナ同時選択法, (2): 送信アンテナ選択, (3): ユーザ選択, (4): 非選択時, について平均 SER (Symbol Error Rate) で評価する. 図 1 より, 同時選択を行なうことで, 他の方法より良好な平均 SER 特性が得られることが分かる.

表 1: シミュレーション諸元

N_k	2	K	3
N_{RF}	11	K_{cell}	6
N_T	12*1	変調方式	QPSK
N_R	3		

(*1: ユーザ選択のみの場合は 11)

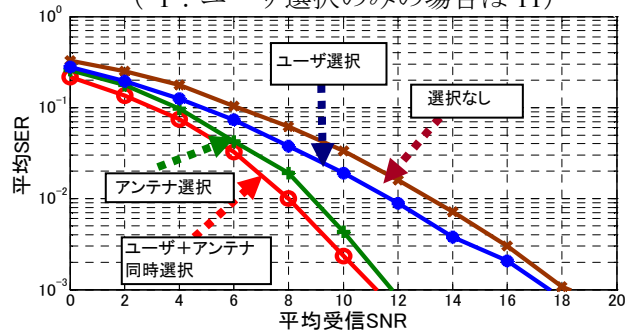


図 1: 平均受信 SNR 対 平均 SER

5. まとめ

ユーザ・送信アンテナ同時選択法について提案し, 計算機シミュレーションで有効性を示した. 今後は, セル内ユーザ数が非常に多くなった場合のための計算量の少ない選択アルゴリズムの提案を目指す.

6. 参考文献

[1] R.Chen, et al, "Transmit Selection Diversity for Unitary Precoded Multiuser Spatial Multiplexing Systems With Linear Receivers," IEEE trans. Signal Processing, Vol. 55, No.3, Mar.2007.

自律移動ロボットにおける自己位置同定法

Self-positional identification method in autonomous mobile robot

堀田 拓希¹
Hiroki Hotta

木戸 耕太²
Kohta Kido

鈴木 秀和¹
Hidekazu Suzuki

¹ 東京工芸大学 工学部

² 東京工芸大学大学院 工学研究科

Faculty of Engineering, Tokyo Polytechnic University

Graduate School of Engineering, Tokyo Polytechnic University

1 緒言

本研究ではサッカーロボットの大会である RoboCup に出場するマシンのための相対自己位置同定法の構築を目指す。サッカーフィールドの環境では全方位画像を用いることで、自己位置同定に必要ないくつかの指標を得ることが出来る。その一つにフィールドの四隅の角がある。画像の中心を自己位置としてフィールドの角を識別することにより、中心と角の角度関係から自己位置が定まると考えられる。本報告では角情報の特徴や性質を検証し、自己位置同定法を構築する。

2 実験環境

本研究では全方位カメラに EVI-D100 を使用した。双曲面ミラーを下から見上げることでミラーに映った 360° の全方位画像を取得する。このときの地面からミラーの高さは 0.8[m] である。取得した全方位画像を図 1 に示す。ここで、サッカーフィールドは縦 8.8 × 横 5.9[m] であり、今回は基礎実験であるため障害物の少ないフラットな状態とした。

3 自己位置同定手法

ロボカップで使用するサッカーフィールドは緑色であるため、HSI 変換で取得した緑領域を特徴量として用いる。また、位置関係の指標として、画像上の画素値と実際の距離から実験的に得た近似曲線式を使用し、実距離の算出を行う。双曲面ミラーを介して全方位画像を取得しているため、カメラから距離が遠くなるほど、1画素あたりの距離情報が冗長になる。そのため、近似曲線式はカメラからの距離が離れるほど値が発散しやすい傾向がある。基礎実験の結果、約 3[m] まで信頼性のある値を取得することが可能であるため、フィールドの端付近では近似曲線式をそのまま実距離の値として用いている。しかし、距離が 3[m] 以上の場合でも、正確な自己位置同定が重要になる。そのため、フィールドの端から離れた、中央付近での自己位置同定手法を別に構築する必要がある。

4 角の検出実験

本研究では中央付近での自己位置同定を行うために、フィールドに存在する角のうち 3 つを利用する。そこで、フィールドの角形状に模した図 2 のような角型モデルを生成し、モデルマッチングを行う。全方位画像では、フィールドの角は必ず画像の中心を向く性質があるため、生成モデルの姿勢は座標により一意的に決定される。また、モデル形状を緑評価用の内部モデルと、フィールドの外を評価する外部モデルで構成することで、モデルの形状に最も適した座標を検出することができる。

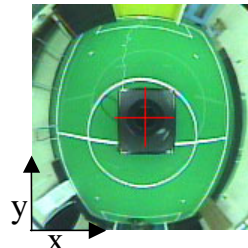


図 1 全方位画像

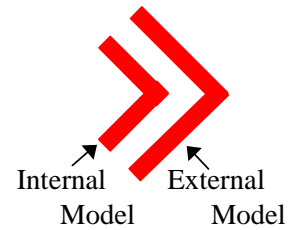


図 2 モデル

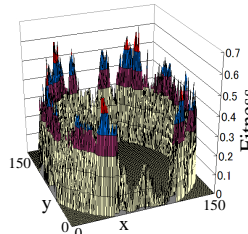


図 3 適合度グラフ

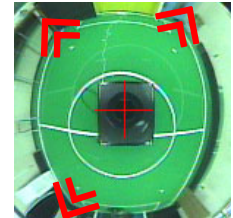


図 4 角検出結果

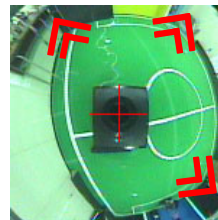


図 5 角検出例 1

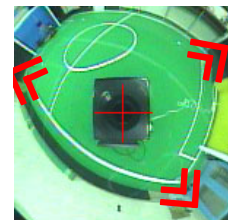


図 6 角検出例 2

図 1 に対して図 2 のモデルを適用した結果を図 3 に示す。図 3 において適合度を比較することにより、探索モデルに適したフィールドの角を検出することが可能となる。図 3 を用いて 3 つの角を検出した結果を図 4 に示す。

同様の実験を他の画像で行った結果を図 5, 6 に示す。様々な位置において正確に角が検出できていることがわかる。検出されたこれら 3 つの角の位置関係から、三角測量と同様の手法で自己位置同定を行うことが可能である。

5 結言

本研究ではフィールドの色情報、角情報を用いた位置同定手法を構築した。今後の課題として、ロボカップサッカーではリアルタイムな自己位置同定が求められるので、探索速度と探索精度の向上が必要となる。

参考文献

- [1] 石垣 淳也, 木戸 耕太, 鈴木 秀和, "移動ロボットのための自己位置同定法の構築", 第 14 回電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会講演論文集, pp. 139 (2009.3)

肝病理組織標本画像の N/C 比算出

D-16

Calculation of N/C Ratio for Microscopic Images of Hepatic Histological Specimen

松下 伸光^{*1}

Nobumitsu Matsushita

高橋 正信^{*1}

Masanobu Takahashi

中野 雅行^{*2}

Masayuki Nakano

芝浦工業大学^{*1}Shibaura Institute of Technology^{*1}東京女子医科大学八千代医療センター^{*2}Tokyo Women's Medical University Yachiyo Medical Center^{*2}

1. はじめに

病理組織診断を支援するため、画像解析により客観的指標を提示する研究が行われている。例えば、初期肝癌であるかどうかを判断する重要な指標のひとつに、N/C 比と呼ばれる、核と細胞の面積比がある。N/C 比を算出するためには核と細胞膜の抽出が必要となるが、このうち核については通常の病理診断で使用する明視野画像を用いて抽出する手法を実現している[1]。一方、細胞膜の抽出は明視野画像だけでは困難であったが、明視野、暗視野、位相差の3種の画像を用いること（マルチイメージングと呼ぶ）で抽出可能であることを示した[2]。しかし、細胞膜が細胞を囲む閉領域として抽出できない場合が多いという問題や、細胞膜抽出に必要な教師データの作成に手間がかかる問題などがあり、そのままではN/C比の算出が困難であった。

本研究では、それらの課題を解決し、肝病理組織標本画像のN/C比を算出するシステムを開発したので報告する。

2. N/C 比算出処理手順

- ① 標本画像から核を抽出し、核の面積を算出する。この処理は従来研究[1]で実現している GUI を用いて行い、細胞膜抽出から N/C 比算出までを本研究で実現した図1のGUIにて行う。
- ② 細胞膜抽出に利用する教師データを作成する。図2に示すように、GUI上で一部の細胞膜に線を引くことで細胞膜の教師データを与える。非細胞膜部分は領域が大きいため、マウスをドラッグして四角形を描くことで、その範囲内を教師データとして指定できるようにした。なお、画像の一部分を拡大して指定する機能も実現した。
- ③ 作成した教師データを学習した識別器を用い、細胞膜を抽出する。識別器としては、SVMと階層型ニューラルネットワークを検討した。その結果、ニューラルネットワークの方が識別正解率が高く、識別時間も200分の1であったため、ニューラルネットワークを用いることとした。なお、抽出結果をさらに改善したい場合は、抽出結果を利用して教師データを再作成する。具体的には、原画像に重畳して表示された抽出結果を実際の細胞膜と比較、修正し、教師データとすれば良い。こうした教師データの改善処理を繰り返すことで、抽出精度を改善できる。
- ④ 抽出した細胞膜が必ずしも閉領域になっているとは限らないため、マウスを用いて細胞膜を修正し閉領域化する。リアルタイムでラベリングを行い、閉領域になった領域を自動的に赤色に

することで、閉領域かどうかの判断が容易にできるようにしている。

- ⑤ 細胞膜の太さの情報は細胞面積の算出には必要ないため、細胞膜を細線化する。また、ひげ除去により余分な細胞膜を除去する。
- ⑥ 閉領域の面積を細胞面積として算出する。そして、核と細胞の面積が両方とも算出できている細胞について、N/C比（核面積/（細胞面積-核面積））を算出する。各細胞のN/C比から、平均N/C比、標準偏差を算出し、GUI上に表示する。

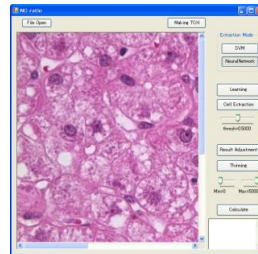


図1: GUI

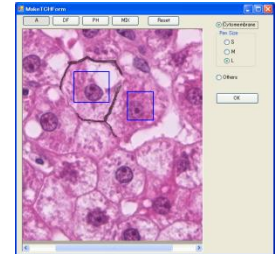


図2: 教師データ作成画面

3. N/C 比算出実験

実現したシステムを用いて、標本画像からN/C比を算出する実験を行った。なお、GUIはC#で作成した。実験には図3の標本画像（600×500画素）を用いた。図4は細胞膜抽出を行い、N/C比を算出できる状態にした画像であり、N/C比の算出結果を表1に示す。

この標本画像では、7細胞がN/C比の算出対象となった。その他の細胞は核が無かったり、画像端で細胞が切れているなどの理由で算出対象にはならなかった。本システムにより、7細胞それぞれのN/C比を算出することができ、平均N/C比、標準偏差を求めることができた。なお、N/C比算出に要する時間は、5枚の標本画像の平均で約5分であった。

今後は、細胞膜閉領域化の自動化などによりN/C比算出時間を短縮し、利便性をさらに向上したい。

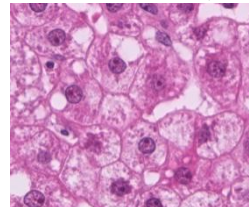


図3: 標本画像

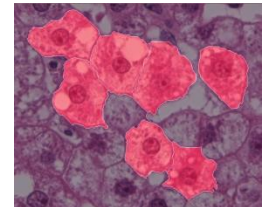


図4: N/C比算出処理後

表1: N/C比算出結果

細胞数	平均 N/C 比	標準偏差
7	12.1%	2.5%

[参考文献]

- [1] M. Takahashi, et al.: "Accuracy Improvement of Nuclear Position Extraction from Hepatic Histopathologic Images", EMBC2008, P142, 2008.
- [2] 鳥澤, 他: "肝病理組織標本画像中の細胞膜抽出におけるマルチイメージング利用の検討", 信学会総合大会, D-16-9, 2009.

線形半無限計画法による安定なIIRフィルタの最適設計

A-4 Optimal Design of Stable IIR Filters using Linear Semi-Infinite Programming Method

松本拓也
Takuya Matsumoto

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) フィルタは、低次数で大きな減衰量を確保できる反面、その実現において安定性を考慮する必要がある。また、その設計問題は元来、複素近似問題であり、かつ安定性の必要十分条件は非線形な制約条件となるため、最適設計を困難にする。

本研究では、安定性条件として正実性 [1] を制約条件として加えた場合の、線形半無限計画法による IIR フィルタの最適設計法を提案する。さらに、周波数特性に制約を加えた場合の設計例を示す。

2 IIR フィルタの設計問題

IIR フィルタの周波数特性 $H(\omega)$ は、

$$H(\omega) = \frac{A(\omega)}{B(\omega)} = \frac{\sum_{n=0}^N a_n e^{-jn\omega}}{1 + \sum_{m=1}^M b_m e^{-jm\omega}} \quad (1)$$

となる。ここで、 a_n, b_m はフィルタ係数である。 $H(\omega)$ に対して、所望特性 $D(\omega) = d(\omega)e^{j\phi(\omega)}$ を与えると、ミニマックス基準によるフィルタ設計問題は、

$$\min_{\substack{a_0, \dots, a_N \\ b_1, \dots, b_M}} \max_{\omega \in \Omega} W(\omega) |D(\omega) - H(\omega)| \quad (2)$$

となる。この問題に安定性保証のための正実性 $\text{Re}\{B(\omega)\} > 0$ を加え、実回転定理 [2] を用いて実領域の最小化問題とすると、次式の問題となる。

$$\begin{aligned} \min \quad & \delta \\ \text{sub.to} \quad & \frac{|B(\omega)|}{W(\omega)} \delta + \sum_{n=0}^N a_n \cos(n\omega - r) \\ & + \sum_{m=1}^M b_m d(\omega) \cos(m\omega - \phi(\omega) - r) \\ & \geq d(\omega) \cos(\phi(\omega) + r), \\ & \sum_{m=1}^M b_m \cos m\omega' \geq \varepsilon - 1, \\ & (\omega, r, \omega') \in (\Omega, \Phi, \Omega') \end{aligned} \quad (3)$$

周波数特性に制約を設ける場合は、(3) 式の問題の制約条件に付加すればよい。

3 線形半無限計画法による最適設計

(3) 式の設計問題を、線形半無限計画法の1つである3段階法 [3] を用いて解く。3段階法は、選択、統合、調整の3段階操作により最適解を算出する手法である。

選択操作では、設計問題に対する有効な制約条件の候補を選択する。そのために、連続パラメータを離散化して、有限個の制約条件をもつ問題へ落とし、シンプレックス法を用いて解く。

統合操作では、選択操作で得られた有効な制約条件の中から退化した制約条件を算術平均により統合する。

調整操作では、設計問題の解に対する最適性条件である KKT 条件を満たすよう非線形連立方程式をニュートン法で解く。

4 設計例

提案法を用いて設計を行った。設計例1として零点配置に関する制約を加えた設計、設計例2として指定誤差制約を加えた設計を示す。図1に振幅特性と通過域振幅特性を示す。

設計結果より、設計例1では最大極半径 $\rho = 0.950$ 、設計例2では $\rho = 0.937$ となり、どちらの設計例とも安定であることが確認できた。

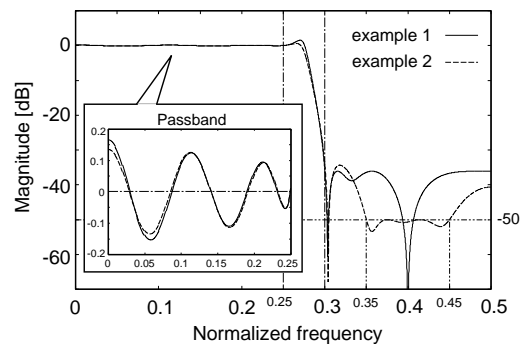


図1 振幅特性

5 まとめ

本研究では、安定な IIR フィルタの最適設計を行った。安定性の保証には正実性を用い、設計問題は3段階法により解いた。その結果、提案法によって、安定な IIR フィルタの最適設計が可能であることを確認した。

また、設計例により、周波数特性に対する制約が有効であることを確認できた。

参考文献

- [1] IEEE Trans.CAS, Vol.CAS-29, No.3, pp.139-149, 1982.
- [2] IEEE Trans.ASSP, Vol.35, N0.2, pp.144-153, 1987.
- [3] 電学論 C, Vol.129-C, No.1, pp.53-58, 2009.

MB-OFDM UWB 車内無線通信における BER 理論式を用いた簡易通信範囲予測法

A Simple Coverage Area Prediction Method Employing Theoretical BER Formula

for In-car MB-OFDM UWB Communication

渡部 雄貴
Yuki WATANABE

金古 亮平
Ryouhei KANEKO

山北 晃大
Akihiro YAMAKITA

前原 文明
Fumiaki MAEHARA

早稲田大学大学院 基幹理工学研究科情報理工学専攻
Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Waseda University

1. まえがき 近年、近距離での高速データ通信を実現できる超広帯域 (UWB) 無線通信方式を用いた車内無線通信が検討されている [1], [2]. 筆者らはこれまでに、UWB 方式の一実現方式である MB-OFDM [3] に着目し、計算機シミュレーションにより車内無線通信の通信範囲を予測してきた [2]. このような計算機シミュレーションによる通信範囲予測では、通信距離によって異なる受信信号電力や遅延スプレッドが変化する毎に、変復調と誤り訂正とが一体となった方式全体の伝送特性を取得する必要があり、計算コストが大きくなる問題があった. 本稿では、通信範囲の予測にかかる計算コストをなるべく低減することを目的として、通信方式が有する機能を変復調と誤り訂正に切り分け、特に、MB-OFDM UWB 方式の拡散率が大きい場合には、遅延スプレッドが誤り訂正利得よりも主に変復調特性に影響を与えることに着目して、変復調の特性は、遅延スプレッドをパラメータとする理論式 [4] により与え、誤り訂正については、固定の符号化利得を与えることにより、効率的に通信範囲を予測する方法を提案する.

2. BER 理論式を用いた通信範囲予測 本稿では、対象とする MB-OFDM UWB 方式の機能を変復調と誤り訂正に切り分け、特に、MB-OFDM の拡散率が大きい場合、遅延スプレッドが主に変復調特性に影響を与えることに着目して、変復調の特性を、提案する理論式 [4] により与え、誤り訂正利得には、比較的簡易な計算機シミュレーションにより得られる固定の符号化利得を与えて、MB-OFDM UWB 方式の総合特性を効率的に取得する方法を提案する. ここで、MB-OFDM の理論誤り率特性は、次のように表現される.

$$\bar{P}_b = \frac{1}{50} \sum_{n=1}^{50} \sum_{m=1}^4 \frac{\Gamma_{n,m}^3}{2 \prod_{k \neq m, k=1}^4 (\Gamma_{n,m} - \Gamma_{n,k})} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{1 + 2/\Gamma_{n,m}}} \right) \quad (1)$$

但し、 $\Gamma_{n,m}$ は互いに相関のあるサブキャリアを独立なサブキャリアに等価変換した場合の平均 CNR である. 図 1 は、MB-OFDM UWB 方式の送・受信機の構成を示したものである. MB-OFDM UWB 方式では、誤り訂正符号化された同一ビットが、比較的大きな周波数間隔をもって配置されることから、遅延スプレッドが大きくなるにつれて、受信側の変復調と誤り訂正における周波数ダイバーシティ利得が増加する. 特に、伝送速度 80Mbps 伝送のような拡散率 $S_F = 4$ の条件下では、伝送特性の遅延スプレッド依存性が変復調のみ集中することから、誤り訂正利得は遅延スプレッドにあまり影響しないものと考えられる. 図 2 は、拡散率の大きい伝送速度 80Mbps における遅延スプレッド対 BER = 1.0×10^{-6} を満たす必要 CNR 特性を示したものである. ここで、誤り訂正がない場合の特性は、理論式による結果であり、誤り訂正がある場合の特性は、計算機シミュレーションによる結果である. 同図に示すように、誤り訂正による符号化利得が遅延スプレッドにかかわらずほぼ 14dB となり、概ね一定となることから、拡散率が大きい場合、誤り訂正利得を固定値として扱うことができることがわかる.

車内無線通信の通信範囲は、車内特有の伝搬路特性に基づく通信距離対受信 CNR 特性と理論式及び誤り訂正利得から得られる通信距離対所要 CNR 特性とが交わる通信距離を特定することにより推測することができる. まず、満車の乗車条件における伝搬損失 L_p 及び遅延スプレッド τ_{rms} は、通信距離 d に依存し、次のように与えられる [1].

$$L_p = 50.6 - 0.17f + 10(-0.2f + 3.09) \log_{10}(d)$$

$$\tau_{rms} = -0.215d^2 + 1.52d + 2.79 \quad (2)$$

但し、 f GHz は搬送波周波数であり、本稿では、UWB ローバンドの中心搬送波周波数である 3.960GHz を想定する. したがって、受信 CNR Γ dB は、送信電力 $S_p = -41.25$ dBm/MHz、雑音電力 $N_F = -174$ dB/Hz とすると、通信距離 d とシステム損失 L_s に依

存し、次式のように与えられる.

$$\Gamma = 72.75 - L_p - L_s \quad (3)$$

また、通信距離対所要 CNR 特性は、図 2 より、誤り訂正利得を固定値として扱うことができることから、各通信距離において異なる遅延スプレッドを理論式に代入し、誤り訂正のない場合の所要 CNR 特性を求めた後、それらに固定の誤り訂正利得を算入することにより取得できる.

3. 特性評価 図 3 は、所望 BER = 1.0×10^{-6} における通信距離 d 対受信 CNR 及び所要 CNR 特性を示したものである. なお、伝送速度は 80Mbps、 $L_s = 13$ dB である. 同図において、受信 CNR 特性と所要 CNR 特性の交点となる通信距離を求めることにより、80Mbps MB-OFDM UWB の通信範囲を特定できる. 図 4 は、図 3 に基づき、コックピット中央部分に送信点を配置したときの通信範囲を図 3 の結果に基づき示したものである. 同図より、満車の乗車条件においても、80Mbps の伝送速度を概ね車内全体で実現できることが予測できる.

4. まとめ 本稿では、MB-OFDM を用いた車内無線通信において、その機能を変復調と誤り訂正に切り分け、変復調特性は理論式により求め、誤り訂正利得は、固定値を与えることにより、通信範囲を効率的に予測する方法を提案した. 特性評価の結果、MB-OFDM の拡散率が大きい場合、提案手法により通信範囲が予測できることがわかった.

参考文献 [1] M. Schack, et al. "Measurements and analysis of an in-car UWB channel," Proc. IEEE VTC 2008-Spring pp. 459-463, May 2008. [2] R. Kaneko and F. Maehara. "Coverage area prediction of in-car wireless communications employing MB-OFDM UWB systems," Proc. ITST 2009, pp 667-672, Oct. 2009. [3] ECMA-368, "High rate ultra wideband PHY and MAC standard," ECMA International, Tech. Rep. 3rd Edition, Dec. 2008. [4] R. Kaneko and F. Maehara. "Theoretical derivation of bit error rate in MB-OFDM UWB system," Proc. Wireless Telecommunication Symposium (WTS 2009), Apr. 2009.

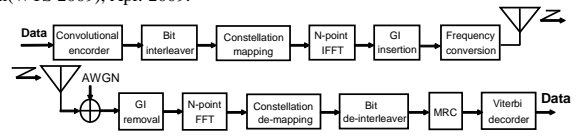


図 1: MB-OFDM UWB のシステム構成

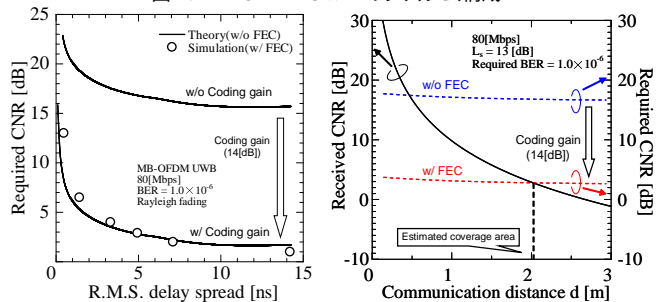


図 2: 遅延スプレッド対所要 CNR 特性

図 3: 通信距離対受信 CNR 特性および所要 CNR 特性

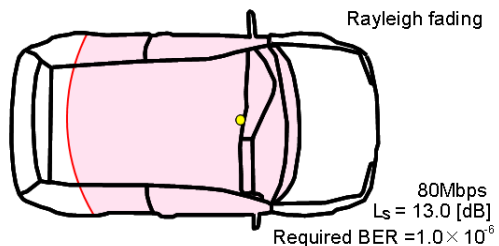


図 4: 伝送速度 80[Mbps] における通信範囲 ($L_s=13$ [dB])

光無線通信における回線稼働率向上に向けた基礎検討

Primary study of improving the utilization efficiency in free space optics

渡邊侑希*¹
Yuki Watanabe

小川賀代*¹
Kayo Ogawa

日本女子大学理学部*¹
Faculty of Science, Japan Women's University

【はじめに】

光無線通信は光波を媒体としており、電波無線と違って電波間の干渉が生じないため、他機器への影響を考慮する必要がない。また、電波法規制の対象外であるので自由に設置・利用可能なシステムである。よって、災害時の復興作業や臨時回線の設置に有効である。更に、ケーブルの敷設工事が不要であるため、通信需要に迅速に対応できるシステムであるといえる。

しかし、光無線通信システムは天候の影響を受けやすく、安定した回線稼働率の確保が難しい。回線稼働率を妨げる主な原因として、視界を遮るような雨・雪・霧においては光散乱による光波の減衰があげられており、これらの条件においては、既に定量的な許容降水量などが報告されている。しかし、それ以外にも、大気の変動による光波面の歪みや雨上がり等の条件下における大気ゆらぎによって発生する光軸のずれによる受光量の減少がある。歪みや軸ずれなどは、波面補償を行うことで、回線稼働率の低下を避けることができる。そこで、本研究では波面補償可能な天候条件を導き、補償デバイスに必要な仕様について検討を行った。

【大気揺らぎの天候条件】

雨滴による散乱が原因となる光波減衰の場合は、光無線通信の通信可否の目安となる視程距離も下がってしまうが、大気の変動が原因となる場合には視程距離は下がらないと報告されている。

大気揺らぎによる光波減衰が発生する天候条件を調べるために、日本女子大学-早稲田大学間(伝送距離800m)にて浜松ホトニクス社の PHOTOLINER シリーズ C7095 を用いて2009年4月-12月にフィールド実験として受信強度の測定を行った。取得したデータは季節や時間帯に左右されず比較できるようにするため、規格化分散を用いた。規格化分散の式を以下に示す。

$$\sigma_{n-1}^2 = \frac{\text{分散}}{\text{平均}} = \frac{\left[\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \langle x \rangle)^2 \right]}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i} \quad \begin{array}{l} \sigma: \text{規格化分散} \\ n: \text{個数} \\ x: \text{受信強度} \end{array}$$

同じ環境下においての原理実験により、光波減衰量の測定を行った所、スループットが 85[Mbps]以上得られる値は受信強度-37[dBm]以上であるという結果が得られている。^[1]

大気揺らぎの発生する雨上がりや雨と雨の間の状況下において、全体に対して通信が不可能となるエラーの割合と個数の関係を図1に示す。図1の棒グラフは全体の個数、折れ線は全体の個数に対してのエラーの割合を示している。結果より、季節によらず年間を通して規格化分散が大きくなると通信が不可能となる割合も大きくなり、全体の7%程度の割合でエラーが存在する事が確認出来た。

また、今回の条件では伝送距離が 800[m]である事から、視程距離が 3[km]以上と十分確保されているのにも関わらず、通信不可能となる光波減衰が発生している事から、これは大気の変動によるものであると考えられる。このようなエラーを波面補償により回避出来れば、光無線通信の回線稼働率の向上につながると思われる。

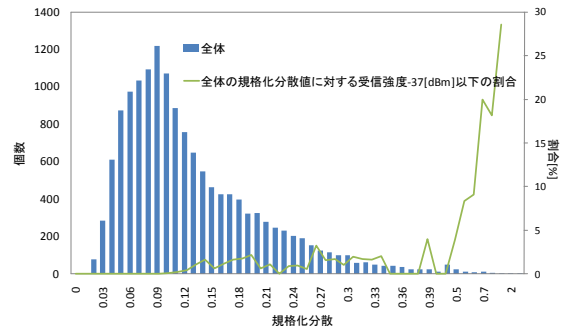


図1 規格化分散値と個数の関係

次に、大気揺らぎの速度に対応可能な波面補償に用いるデバイスについての検討を行った。大気揺らぎが起因のエラーの箇所において、10[kHz]間隔で取得した高速シンチレーションの様子を図2に示す。図2中の○で囲った箇所は、受信強度が 0.05[V]以下と著しく低下した 0.2[msec]分を示しており、このような箇所は、波面補償により受信強度を回復させる事のできる可能性があると考えられる。この時、大気の変動に対応可能なデバイスの応答周波数は 5[kHz]である。

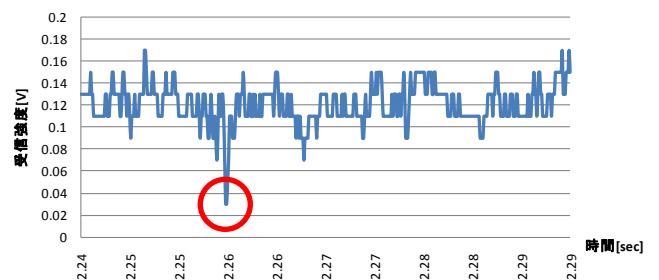


図2 高速シンチレーションの様子

【まとめ】

雨による散乱によるものではなく大気揺らぎによる受信強度の低下を確認することができ、揺らぎによるシンチレーションの速度から、揺らぎの速度に対応可能なデバイスの提案を行う事ができた。今後は、シャックハルトマン方式を用いて波面の検出を行い、波面補償による回線稼働率向上を目指す。

参考文献

[1]藤川ほか, 電子情報通信学会ソサイエティ大会 B-5-188(2003)

講演会 A 感想文

医療とヘルスケアのためのボディエリアネットワーク —標準化と技術—

講師：李還幫氏（独立行政法人情報通信研究機構），井家上哲史教授（明治大学）
講演会 A 幹事校 明治大学 大村剛史，柴田勇佑，松田直之

平成 22 年 1 月 4 日，明治大学駿河台キャンパスアカデミーコモン・309E 教室において，独立行政法人情報通信研究機構（NICT）・李還幫（りかんほう）主任研究員と明治大学理工学部電気電子生命学科・井家上哲史教授をお招きし，「医療とヘルスケアのためのボディエリアネットワーク—標準化と技術—」と題して講演会を開催しましたことを報告いたします。

講演内容は，医療分野における ICT（情報通信技術）がどのように使用されているか，そして今後どのように使われるのかといったお話から，具体的に BAN（ボディエリアネットワーク）における通信の標準化の方法，策定の様子や，BAN による技術の紹介といったお話をさせていただきました。

本講演会では，学内，学外の学部生や院生を中心に約 40 名の方にお集まりいただきました。例年の講演会とほぼ同数の参加人数でしたが，役員会への告知や近隣大学の教授方への告知を行いましたところ，参加者はやはり専攻や研究で通信・医療に関する方々が多く，結果として参加者の約半数は学外の方にご参加いただきました。ただ告知が開催日の直前となってしまったことや東京支部学生会のサイトに誤った開催時間が表記されていたこと等，不手際があり参加者の方々に多大なご迷惑をおかけしてしまいましたが，アンケートの結果を拝見するとおおむね満足といった方が多く，講演会としての意義は果たせたのではないかと感じております。

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李還幫氏，井家上哲史教授のお二方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 グループ役員の皆様，そして本講演にご参加頂いた皆様に感謝いたします。



井家上教授ご講演の様子



李還幫氏ご講演の様子

講演会 B

「講演会を終えて」

講師：山田吉英教授，黒川恭一教授（防衛大学校）

防衛大学校理工学研究科 横田 宗大

講演会 B 幹事校の役員：横田 宗大，渡邊 総平

平成 22 年 11 月 6 日（土），東京支部学生会主催の講演会が防衛大学校で行われました。講演者は防衛大学校の山田吉英教授と黒川恭一教授で，それぞれ「1/100 波長程度の超小形アンテナの設計と性能」，「暗号モジュールへのサイドチャネル攻撃」という演題で講演していただきました。講演内容はとても分かりやすく，専門分野が異なっても理解できるような講演であったと思いました。

山田先生の講演は超小形アンテナに関するものでした。一般的によく知られているアンテナの素子は半波長程度の大きさがありますが，この講演はその 50 分の 1 である 1/100 波長程度の大きさしかないアンテナに関するものであり，非常に興味深いご講演でした。また，このアンテナの応用として，TPMS (Tire Pressure Monitoring System) という自動車のタイヤの空気圧を監視するシステムが例として挙げられており，比較的身近なものへの応用がある事が分かりました。

黒川先生の講演内容は，暗号と暗号に対する攻撃に関するものであり，私の研究分野からは少し遠いものでしたが，基本的な言葉の説明もあり分かりやすい内容であったと思います。身近な例としてクレジットカードについている IC チップの暗号が挙げられており，いろいろところで暗号が使われているのだという事を実感しました。私は，「暗号に対する攻撃はソフトウェアで行うもの」というイメージを持っていたのですが，SPA や CPA という暗号モジュールで消費される電力を解析するという手法があるという事を知り，大変驚きました。

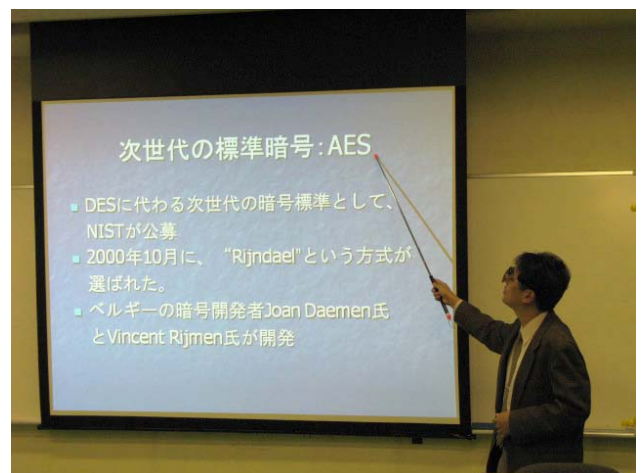
本年度，東京支部学生会の講演会 B の幹事校の役員として講演会を担当させていただく事により，いろい

ろな事を勉強させていただきました。特に計画の段階においては様々な事に配慮しなければならない事が分かり，見識を高める事ができたと思います。

最後に，講演していただいた山田先生，黒川先生に厚く御礼申し上げます。また，本講演会を開催するにあたり様々な形でサポートをして下さった防衛大学校顧問の後藤先生，東京支部事務局の皆様，そして学生会の皆様へ深く感謝いたします。



山田吉英先生のご講演



黒川恭一先生のご講演

見学会 A 感想文

NTT アクセスサービスシステム研究所

見学会 A 幹事校 東京大学 岡村 悠貴

この度平成 22 年 9 月 7 日、電子情報通信学会学生会見学会 A の企画として、NTT アクセスサービスシステム研究所を見学しました。アクセスサービスシステム研究所では、ユーザと NTT ビルを結ぶアクセスネットワークに関する研究開発を行っています。具体的には、光ブロードバンドサービス大量開通に向けた即応化技術をはじめ、ユーザが扱い易く簡単で便利な光ファイバ・ケーブル技術、ケーブル・地下管路といった各種インフラ設備の経済化など、アクセス系に関するさまざまな研究開発に取り組んでいる研究所です。本研究所では、以下の 3 分野を見学させていただきました。

・ NTT 基盤設備の展示

基盤設備の展示では、ファイバを収容する地下管路に関する研究を紹介して頂きました。地下管路は多量のメタル/光回線を収容し、ライフラインとして通信を維持することが求められる分野です。具体的には、巨視的超音波による検査技術、ケーブル収容補修技術、衝撃弾性波による鉄筋破断検知技術、といった技術を説明して頂きました。

・ 媒体系の展示

本展示では、ビル施設や住宅などに光ファイバを配線するにあたり、機能性が高く取り扱いがしやすい光ファイバ・ケーブル技術に関する研究を紹介して頂きました。本分野では、各設備により配線環境が異なる中で、曲げに強いファイバや、摩擦軽減させたファイバにより、膨大な量の光設備の保守・運用・管理を効率的に実現します。具体的には、局内配線試験技術、地下・架空配線技術、構内・宅内配線技術、といった技術を紹介して頂きました。



NTT アクセスサービスシステム研究所

・ 光ケーブル/接続技術の展示

本展示では、既存の光線路設備を利用して数百 Mbps ~ Gbps クラスのより高速な光サービスを実現するための研究を紹介して頂きました。具体的には、低曲げ損失単一モード HAF、超細径光ファイバケーブル、PCF を用いた広波長帯伝送技術、HAF を用いた所内光配線技術、光ファイバネットワークにおける反射点測定技術といった研究を説明して頂きました。

本研究所では、地下管路のようなインフラ設備にまで及ぶ巨大な研究規模を持つため、大学での研究が主となる学生にとって新たな視野を持つきっかけになると思い、見学会を設けて頂きました。地下管路や光ファイバ配線といった設備は、日常生活では目に入らないが、実際には日常に密着しているため、直感的に社会への影響を想像でき、新たな研究分野の視点と社会貢献の形を学ぶことができました。学生と企業を繋ぐ機会として、本見学会は非常に有意義な場を提供して頂きました。社会への接点を実現する場として、今後ともこの様な見学会が継続して開催されて欲しいと思います。

見学会 B

NTT 横須賀研究開発センタ見学会

見学会 B 幹事校 東京工業大学

松田 哲直

この度平成 22 年 9 月 17 日、電子情報通信学会学生会見学会 B の企画として NTT 横須賀研究開発センタを見学しました。NTT 横須賀研究開発センタでは、研究室と展示ホールを見学させていただきだけでなく、就職活動に関する質疑応答も企画していただきました。

見学会では、初めに研究室と展示ホールを見学させていただき、その後で就職活動に関する質疑応答をさせていただきました。研究室の見学では 3 つの研究室を見学させていただきました。1 つ目の研究室では、ライフログ端末の見学をさせていただき、人の歩行に関するログから、その人の体調や状況を監視して、携帯電話からユーザのサポートを行う研究について説明していただきました。ライフログからその人の体調を管理するという発想は興味深く、参加者の皆様も熱心に説明を聞いていました。

2 つ目の研究室では、追記・参照型データ管理システム DMS において、動的なシステムの機能拡張が可能であることを動画と実機とを用いて説明していただきました。システムを停止すること無く機能の拡張が可能であるとのことで、非常に興味深いシステム構造をしていると感じました。システムの詳細な構造までは時間の都合上説明がなかったのですが、機会があればこのシステムについて勉強してみたいと考えています。

3 つ目の研究室では、ブログなどのウェブ上のテキストから商品、店舗等に対する評判情報を自動的に抽出してデータベース化することにより、批評を分かりやすく提示する技術について説明していただきました。批評に関する言葉をどのように処理するのかという点に興味を持つ参加者が多く、活発な質疑応答が行われました。

研究室見学の後は展示ホールで 4 つのブースを見学

させていただきました。1 つ目のブースでは、体の表面に発生する電界による通信技術である RedFacton について説明していただきました。

2 つ目のブースでは多視点映像符号化技術 (MVC) を用いた動画圧縮について説明していただき、MVC を用いて圧縮した動画を見せていただきました。

3 つ目のブースでは、実写映像の被写体を直接つかんで動かしているように操作できる技術である CyberCoaster について説明していただきました。

4 つ目のブースでは、WIPAS を用いたアクセスシステムについて説明していただき、実際の応用事例についても説明していただきました。

見学会の最後に就職活動に関する質疑応答をしていただきました。この質疑応答は、リクルートを目的とした企画ではなかったため、ざっくばらんに質疑応答が行われました。研究所のリクルートや、研究者の仕事について興味がある学生が多かったようで、まじめな質問から、フォーマルな場では聞けないような突っ込んだ質問まで、数多くの質問が挙がりました。これらの質問に対して、研究所の担当の方が親切に答えてくださり、参加者の皆様も満足していただけた様子でした。質疑応答の時間は 30 分を予定していましたが、熱心な議論がされたため、予定をオーバーして質疑応答が行われました。

今回の見学会では、企業の見学を行うプロセスや企業の方とのやり取りを通じて、私自身とても貴重な経験をさせていただいたと感じています。また、NTT 横須賀研究開発センタの皆様には、見学会を快く引き受けていただいたことを感謝いたします。誠にありがとうございました。

平成 22 年度東京支部学生会事業

幹事校 (委員長) 電通大
副幹事校 (副委員長) 神奈川工科大
担当校 (幹事) 明大, 防衛大, 玉川大, 上智大, 千葉大, 東大, 法政大, 東工大,
拓殖大, 都立産技高専, 東海大

講演会 A (担当校: 明大)

題目 医療とヘルスケアのためのボディアエリアネットワーク標準化と技術
講師 李還幫氏 (NICT), 井家上哲史教授 (明大)
日時 平成 22 年 12 月 4 日
会場 明治大学駿河台キャンパス

講演会 B (担当校: 防衛大, 玉川大)

題目 「1/100 波長程度の超小形アンテナの設計と性能」, 「暗号モジュールへのサイドチャネル攻撃」
講師 講師: 山田吉英教授, 黒川恭一教授 (防衛大)
日時 平成 22 年 11 月 6 日
会場 防衛大学校理工学 3 号館 1 階大会議室

見学会 A (担当校: 東大, 法政大)

見学先 NTT アクセスサービスシステム研究所
日時 平成 22 年 9 月 7 日

見学会 B (担当校: 東工大, 拓殖大)

見学先 NTT 横須賀研究開発センタ
日時 平成 22 年 9 月 17 日

学生会報 (第 16 号) (担当校: 上智大, 千葉大)

A4 版, 46 ページ, 発行部数 600 部
特集テーマ 医療・介護・福祉
発行 平成 23 年 3 月 1 日

学生会研究発表会 (第 16 回) 実施予定 (担当校: 都立産技高専, 東海大)

日時 平成 23 年 3 月 12 日
会場 東京電機大学神田キャンパス

編集後記

本年度、上智大学は、学生会報の幹事として編集を担当致しました。私は 2 年目の参加で、学生会報の幹事を担当させていただき、とてもよい経験となりました。昨年度幹事校の茨城大池田さんにいろいろとアドバイスしていただき、スムーズに各校のスケジュールや書類の回収を進めることができたので、至らないところがありながら会報をまとめることができました。

本年度の特殊記事のテーマは、「医療・介護・福祉」と致しました。このテーマに決定したのは医療・介護・福祉というキーワードが現代議論になり、またこの分野への科学技術の応用が多方面から注目されているからです。今回執筆をお願いした方々は先端医療での藤井先生の赤外光での脳機能計測装置、介護では中後先生のロボット技術の応用・鈴木拓央氏の服薬管理支援システム、とそれぞれまったく異なる分野からの知識・考えをご教授いただくことができました。こうした多方面からの学びを得られることこそが学生会報の意義であると考え、問題について考えるきっかけとして、「医療・介護・福祉」をテーマとする特集を掲載致しました。

最後になりましたが、今回の特集は難しいテーマだったと思いますが、お忙しい中、快く執筆に協力していただいた、藤井麻美子先生、中後大輔先生、鈴木拓央氏に、心より感謝致します。また、会報の発行では、学生会役員の皆さん、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、前幹事の池田さん、佐藤さん、副幹事の渡部さん、加藤さん、学生会報担当の皆さん事務局の方々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、厚く感謝いたします。ありがとうございました。

廣岡 雅人



平成 23 年 3 月 1 日発行

編集：廣岡雅人（所属：上智大学）

発行 社団法人電子情報通信学会 東京支部学生会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内

Tel (03) 3433-6691 Fax (03) 3433-6659 E-mail: shibu@tokyo.ieice.org

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