

 電子情報通信学会 東海支部

平成 25 年度卒業研究発表会

論文集

日時：平成 26 年 3 月 10 日 (月)

会場：三重大学 環境・情報科学館 3 階

主催：電子情報通信学会東海支部

共催：三重大学工学部

平成25年度 電子情報通信学会東海支部 卒業研究発表会 プログラム

9:40	受付開始			
10:00	開会			
	口頭発表A1 アルゴリズム (座長) 河合敦夫 (三重大学)	口頭発表B1 画像・信号処理 (座長) 川中普晴 (三重大学)	口頭発表C1 通信 (座長) 森香津夫 (三重大学)	
10:15	[1] 拡張SpikePropの学習法 —不要な結合の除去の効果の検討— 松本崇 (三重大)	[6] 能動的学習支援のためのタブレット端末上で入力された記号の種類判別・太田雅矢 (三重大)	[10] CAZAC系列を用いた上り回線OFDMA通信システムのチャネル推定法に関する一検討・村山雄紀 (三重大)	
10:30	[2] 人工社会による創発研究のためのエージェントルール探索アルゴリズム・甲村啓伍 (名工大)	[7] 古文書文字解析のための類似文字検索手法の高精度化・寺田智貴 (三重大)	[11] 双方向2-timeslot OFDMリレー伝送におけるML法を用いた高効率チャネル推定手法の一検討・北嶋直人 (三重大)	
10:45	[3] BDD/ZDDを用いた魔方陣の解の数え上げについて・山田穂高 (名城大)	[8] 多重円柱モデルを用いた単一カメラによる非接触液体流量推定・磯村淳 (愛知県立大)	[12] 光通信イメージセンサを用いた車車間可視光通信への光OFDM方式の適用・後藤裕樹 (名大)	
11:00	[4] スペクトラルクラスタリングに基づいた投資信託分析・榊原拓将 (名工大)	[9] 自前の家具を使った配置替えシミュレーション・田中雄也 (名城大)	[13] イメージセンサを用いた路車間及び車路間可視光通信の通信路特性比較・木下雅之 (名大)	
11:15	[5] ベクターフィッティングによるフィルタ特性の有理関数近似・松原稔樹 (岐阜大)		[14] MIMOメッシュネットワークのテストベッド構築と状態監視法の検討・峰松容浩 (名大)	
11:30~12:45	休憩			
	口頭発表A2 ハードウェア (座長) 辻琢人 (鈴鹿工業高等専門学校)	口頭発表B2 画像・信号処理 (座長) 河中治樹 (愛知県立大学)	口頭発表C2 システム (座長) 北英彦 (三重大学)	口頭発表D2 感覚・思考 (座長) 政清史晃 (近畿大学工業高等専門学校)
12:45	[15] コプロセッサの実装によるFabScalarのLinux対応・武藤郡 (三重大)	[21] 円のHough変換と濃度こう配特徴による道路標識の自動検出・加藤祐嗣 (三重大)	[27] 初級者を対象とした囲碁学習システム・佐藤慎也 (名城大)	[33] 個人に注目した社会ネットワークとその変化の分析・菅田貞治 (名工大)
13:00	[16] ヘテロジニアスマルチコアプロセッサ用超音波を用いた心筋運動追跡におけるオンチップ同時多対多通信及びオフチップ通信のためのバスシステム自動生成に関する研究・川島弘晃 (三重大)	[22] 超音波を用いた心筋運動追跡における追跡範囲の自動設定・濱口雅司 (三重大)	[28] 言語変換系を用いたソフトウェア開発におけるソースレベルデバッグ支援・西村将広 (愛知県立大)	[34] 友人ネットワークからのグループ抽出と分析・武川平 (名工大)
13:15	[17] キャッシュの可視化ツールを用いた可変レベルキャッシュの改良・近藤舞佳 (三重大)	[23] Kinectを用いたベッド上の人体認識・古橋知大 (豊橋技科大)	[29] Haskellプログラムの学習支援を目的とした実行トレースの可視化手法・伊東宥 (愛知県立大)	[35] 友人生成のためのネットワーク特徴の分析と班分け手法・荒谷康太 (名工大)
13:30	[18] アイリス結合導波管のFDTD法による解析・藤山悠太 (鈴鹿高専)	[24] 路面標示維持に向けた車載カメラとCANデータログを用いた大規模路面画像合成・西野咲子 (愛知県立大)	[30] 磁界共鳴結合マルチホップワイヤレス電力伝送における結合係数の測定・小山田圭佑 (豊橋技科大)	[36] 個人の色覚特性を補う色変換手法の提案・山口岳人 (近大高専)
13:45	[19] 光再構成型ゲートアレイへの変換サイズスポット構成手法・赤木昂太 (静岡大学)	[25] 多数の実例との照合による旋律に対するコード進行付与手法・前田高志 (愛知県立大)	[31] P300 spellerにおける二画面インタフェースの性能評価・山本裕也 (名大)	[37] 見やすさを考えたWebページのアイコンの配色変換・藏地辰弥 (名城大)
14:00	[20] 光再構成型ゲートアレイへの色構成手法・藤森卓巳 (静岡大学)	[26] 2ポート測定による4ポートSパラメータ推定に使用する負荷の条件・大野慎治 (岐阜大)	[32] シミュレータとエミュレータの統合評価環境による歩行者を想定した無線LAN環境上でのWebユーザビリティの評価・柴田将旭 (名工大)	
14:15~14:30	休憩			

	口頭発表A3 制御 (座長) 大山航 (三重大学)	口頭発表B3 ネットワーク (座長) 内藤克浩 (三重大学)	口頭発表C3 測定・評価 (座長) 桂田浩一 (豊橋技術科学大学)
14:30	[38] ロボットによる自律回診業務実現に向けた患者行動認識に基づくロボット制御・岩本真司 (豊橋技科大)	[43] マルチホップ通信におけるネットワーク全体電力の理論解析・渡邊領 (沼津高専)	[48] 立体音響IP電話サービスにおける複数音源に対する音源定位能の評価・坪田穂 (名工大)
14:45	[39] 車両型ロボットの経路生成と自律走行・安瀬海渡 (名城大)	[44] スマートオブジェクトによる分散型センサネットワークの構築と評価・石川陽介 (名大)	[49] IPv6やIPsecを用いたIP環境下におけるWebユーザビリティの評価・溝口知彦 (名工大)
15:00	[40] モデル予測制御による倒立振子の終端位置・速度制御・牛田大樹 (名城大)	[45] NTMobileを用いた組み込みボード用相互接続技術の実装と評価・杉原史人 (三重大)	[50] 聴音支援を目的とした音源に対する楽器演奏音の正確さの評価尺度に関する検討・高島田良介 (名城大)
15:15	[41] Ultra-Wide Band信号による位置推定手法を用いたスマートグリッド省電力化・中島啓太 (名工大)	[46] 異種アンテナ混在アドホックネットワークにおけるReceiver Blocking問題と短縮NAVの効果・杉本健二 (豊橋技科大)	[51] 雑音環境下の講義室の位置と雑音音声の母語・非母語による音声了解度の違いの分析・田邊将也 (名城大)
15:30	[42] ロバスト制御系と最適制御系におよぼす無線通信路誤りの影響・小倉貴志 (名大)	[47] G3-PLCを用いた屋内電力線通信における通信経路を考慮した通信品質の測定・遠藤健司 (名大)	[52] 心拍変動量解析による作業負荷後の香り呈示が生体に及ぼす影響・柴田千里 (愛知県立大)
ポスターセッション			
15:45	[53] 潜在的ディリクレ配分法に基づく文書への自動タグ付与に関する研究・加藤亮 (名大)	[60] カメラベース文字認識のための複数要素文字の抽出・魚住久祥 (三重大)	[74] スマートフォンによるドライバの運転状態の検出に関する検討・加藤祐輔 (名城大)
	[54] 音声雑談システムにおけるトピックシフトの一手法・浅野慎平 (名城大)	[61] 固相拡散源で形成した拡散層を有する太陽電池の作製と評価・山下雄也 (鈴鹿高専)	[75] カメラ配置の工夫によるラウンドエッジ誤差低減を目指した基礎研究・吉野真之 (静岡大)
	[55] 手書き楽譜からの音楽記号の抽出と認識・中川大樹 (三重大)	[62] 専門英語の語彙学習の効率比較・福田凌平 (三重大)	[76] 重み付けマーカーによる高精度画像計測に関する実験的研究・和田竜太郎 (静岡大)
	[56] 確率的テンソル主成分分析に基づくデータの欠損補完に関する研究・福田智広 (名大)	[63] マルチホップ通信におけるルーティングプロトコルが端末消費電力に及ぼす影響・栗林隆太 (沼津高専)	[77] M元コヒーレント状態信号に対する逐次的な射影測定を用いた量子準最適受信機の構成・佐藤和輝 (名城大)
	[57] 環境発電型無線センサネットワークにおけるデューティ比制御に関する基本特性評価・糸数大己 (豊橋技科大)	[64] プログラムを読みやすくする変数名の付け方を学習する方法に関する研究・秋田大介 (三重大)	[71] HEMSの於ける宅内発電の可能性について・中田夢元 (近大高専)
	[58] 無線センサネットワークに適した低消費電力な予測機構の検討・伊尻雄太 (豊橋技科大)	[65] 多素子白色チップLEDを用いた並列可視光通信システムの研究・高井康行 (名城大)	[72] 一時的な外的刺激による睡眠リバウンド現象に関する実験検証・小島茂也 (名城大)
	[59] ファクトリーオートメーション用ドット文字の抽出・鈴木鴻志 (三重大)	[66] ミリ波通信・レーダーに適した60GHz地上短距離回線の降雨減衰特性と継続時間をパラメータとした稼働率の評価・小川雄紀 (名城大)	[73] 生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法における効果検証・川口雅人 (名城大)
16:45			
17:00~ 18:00	閉会・懇親会		

余分なスパイクを出さない拡張 SpikeProp の学習

－ 不要な結合の除去の効果の検討 －

松本 崇 (指導教員: 高瀬治彦)

三重大学 情報処理研究室

1. はじめに

近年、時系列信号を処理できるニューラルネットワークとして、スパイクングニューラルネットワークが注目を集めている。この一つに、Booij らにより提案された拡張 SpikeProp がある[1]。これは、入力スパイク(パルス)列から、出力スパイク列の各スパイクの発火時刻を教師有り学習により学習するものである。本研究では、この拡張 SpikeProp において、学習できなかったスパイク数を調整する手法について検討する。具体的には新たに提案された手法を高速化することを目的とする。

2. 従来手法とその問題点

新たによると、拡張 SpikeProp で学習したネットワークは、教師として指定した出力スパイクよりも過剰にスパイク(以降、余分なスパイクと呼ぶ)を出力する。これらの余分なスパイクを減少させるために、荷重減衰(Weight Decay)を学習の際に用いることを提案した(以降、従来法と呼ぶ)。しかし、この手法を用いる予備実験をしたところ、出力誤差だけを減少させる場合とくらべ、出力誤差と余分なスパイクを減少させる場合は、学習回数が大幅に増大した。具体的には、従来法により学習する際に、誤差が許容誤差まで下がるまで・余分なスパイクが無くなるまで・その両方を同時に満たすまでのそれぞれの学習回数は、それぞれ平均約 2,000 回・約 3,000 回・約 10,000 回であった。併せて学習過程も調査したところ、誤差と余分なスパイク数では後者の方が減少しにくい傾向にあった。次節では、余分なスパイクを少ない学習回数でなくすことにより、全体の学習回数を減少させることを試みる。

2. 提案手法

従来法では、余分なスパイクを荷重減衰により減らしている。荷重減衰は、徐々に不要な結合(余分なスパイクを引き起こしている結合)の荷重を 0 に近づける。そのため、十分な効果を発揮するためには多くの学習回数が必要となる。そこで、不要な結合を、できるだけ早い時期に除去してやることで、学習回数を削減することを提案する。不要な結合は、出力誤差 E の各結合荷重 w_{ij} に対する微係数より判断できる。微係数が 0 の結合荷重は、出力誤差に影響を与えないため、不要な結合といえる。またこの値は、拡張 SpikeProp による学習の際に計算するため、その際に判定できる。学習終了前(仮に、出力誤差が許容誤差の 5 倍を下回ったときとする)に、不要と判定された結合の荷重を 0 とし、0 にするのは 1 度きりである。また、学習終了前のみ限定したのは、学習序盤では不要な結合を正しく判定できないと考えたためである。

3. 実験

この節では提案手法の有効性を、従来法との比較実

験により確認する。

実験条件は、おおむね文献[2]のものになった。また、教師パターンも文献[2]で用いられている時間版 XOR 問題とした。学習終了条件は許容誤差 1[ms]以下及び不要なスパイクが 0 となったときとし、学習回数が 5 万回に達した時点で学習失敗とした。結果は、異なる 50 の初期荷重から学習したものの平均である。

表 1 に学習成功率と、学習に成功したものの平均学習回数を示す。成功率は向上したものの、学習回数に有意な差はみられなかった(有意水準 5%)。

表 2 に学習回数の分布(各区間の頻度)を示す。1 万回未満で学習が終了する場合は、提案法・従来法はほぼ同数である。その反面、学習失敗(5 万回以上)の場合が提案法では減少し、1 万回から 5 万回の場合が増加した。

以上の実験結果より、提案法は元々少ない回数(1 万回未満)で学習できていた場合については効果が薄いですが、学習失敗と判定されるほど学習回数が多かった場合については学習の高速化ができたといえる。

表 1: 時間版 XOR 問題の学習結果

	従来法	提案手法
成功率[%]	60	78
学習回数[回]	10,485	12,476

表 2: 学習回数の分布

学習回数	0 ~ 1 万	1 万 ~ 2 万	2 万 ~ 5 万	学習失敗
従来法	20	6	4	20
提案法	20	12	7	11

5. まとめ

この稿では、拡張 SpikeProp において、余分なスパイクを出力しない学習法について、文献[2]の手法で問題となっていた、学習に時間がかかる問題を解決することをめざした。そのために、荷重減衰により徐々に減少している不要な結合の荷重を強制的に 0 にする手法を提案した。実験により、問題となっていた学習回数が多かった場合について、それらの学習回数を減少させることができた。

参考文献

- [1] O. Booij, T. H. Nguyen: A gradient descent rule for spiking neurons emitting multiple spikes, Information Processing Letters 95, pp.552-558 (2005)
- [2] 新友太, 高瀬治彦, 川中普晴, 鶴岡信治: スパイクングニューラルネットワークにおける複数スパイクの発火時刻の学習法—余分なスパイク抑制に関する一検討—: ファジィシステムシンポジウム講演論文集 29, pp.716-720(2013)

人工社会による創発研究のための エージェントルール探索アルゴリズム

甲村 啓伍 (指導教員: 武藤 敦子 犬塚 信博)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

人工社会とは、エージェントと環境とルールにより構成されるマルチエージェント実験である。ルールによりエージェントと環境の振る舞いが変わり、模擬実験で現象の創発を研究する。従来研究として西山らはルール学習を用いて仮説空間内で網羅的に実験を行い、創発に有用なルールを発見することにより創発現象の研究を行った [1]。しかし、提案された枠組みは制限され、探索の方法がメカニズムとしては入っておらず、有用なルールの探索という形になっていなかった。そこで、西山らによって提案された枠組みを一般化させ、評価値を用いてルールを発展させて探索する枠組みを提案する。

2. Sugarscape モデル

Sugarscape モデルとは人工社会の一つでエージェントと砂糖を二次元座標上の環境に配置したモデルである [2]。エージェントはルールに従い行動し移動先座標から砂糖を集める。全エージェントが1度行動したときを1ターンとし、エージェントは各固有に砂糖を消費し、環境は各座標一斉に砂糖を一定量回復する。各座標毎に砂糖の最大容量と、エージェントの砂糖の蓄積上限と消費率が定まっている。

3. 行動ルールを探索する提案手法

人工社会での研究は環境を定め、環境の観察により現象の創発を研究する。本稿では環境の定め方に論理プログラミングを用いる。以下の2点を提案する。

1. 結果をフィードバックさせ、良い振る舞いをするルール探索をする枠組みを提案
2. 提案する枠組みに対応するために従来の枠組みの一般化を行う

仮説は述語論理式で表され、仮説空間は仮説の記述言語で定まる。記述言語の制約を言語バイアスと呼び、仮説空間に制限を加える。本手法は、言語バイアスの制限による環境の設定、仮説の生成、シミュレーション、現象観察、結果を新たな仮説の生成のためにフィードバックするといった順で人工社会を研究する枠組みである。言語バイアスは使用する述語の種類、引数のモード及び型を制限する。モードは述語の各引数において入力、出力の別を表し、型は引数の取りうる領域を与える。言語バイアスに従いエージェントの行動ルール

$move(A, P) \leftarrow rule0(A, X_0), rule1(X_0), \dots, ruleN(X_k, P)$ を生成する。後件部はエージェントの番号 A と二次元座標の移動先 P を示す述語 $move$ である。前件部はバイアスの制限化で定められた述語の連言であり、これで移動先 P を定めるが、途中で fail した場合そのエージェントはその場に留まる。図1にルール生成アルゴリズムを示す。背景知識は言語バイアスの制限を表現する。言語バイアスによって制限された仮説空間内を探索し、出力

条件を満たしたものを順に生成結果に追加していく。ここでの出力条件は、後件部にある述語 $move$ の第二引数であるポイント型の変数を前件部が持つとする。

```

input  $B$ : 背景知識  $I$ : 発展するルール output  $R$ : 生成結果
1. let  $R := \emptyset$ 
2. let  $T := I$  の変数のタイプ情報と各述語の順序の情報
3. let  $L :=$  全てのリテラルの集合
4. for each  $l \in L$  do
5. let  $l$  の入力引数を  $T$  より選択
6. add  $l$  をルール  $I$  の最後に追加
7. if  $l$  にゴールとなる変数のタイプが存在する
8. then let  $move$  の第二引数を  $l$  のゴールとなる変数に変更
9. else let  $move$  の第二引数は変更しない
10. if ルール  $r$  が出力条件を満たす
11. then let  $R := R \cup \{I\}$ 

```

図1 エージェントの行動ルール生成アルゴリズム

4. 提案手法の評価

実験では Sugarscape モデルと提案する実験環境を実装した。図1のアルゴリズムを用い述語長が5までの行動ルールを生成し実験した。図2より、評価値を総資産、生存数とした場合でも1つ前の結果を下回ることではなく、結果のフィードバックが生かされていることがわかる。評価値を総資産とした場合に生成された行動ルール数244であり、評価値を生存数とした場合に生成された行動ルール数は186であった。

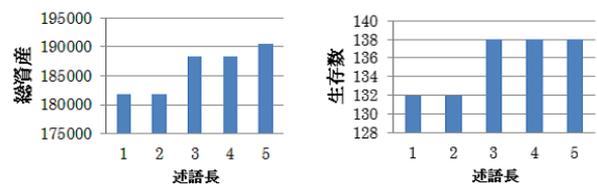


図2 提案手法を用いた実験結果

5. まとめ

提案手法では人工社会における創発研究の探索的環境設定の枠組みを用いて探る方法を検討し、創発に有用なルールを発見することにより創発現象を研究する手法を提案した。また、西山ら [1] が提案したアルゴリズムの一般化を行い、様々なルールが探索できるモデルを提案した。西山らの研究で課題となっていた、探索の方法のメカニズムを実装し、よい振る舞いをもつエージェントを探索する枠組みを与えることで仮説空間を効率よく探索できるようにした。

参考文献

- [1] 西山, 山崎, 西尾, 武藤, 犬塚, "人工社会を用いて創発現象を研究するためのルール学習の検討", 情処全大, 6M-4, 2013.
- [2] Epstein, J. and Axtell, R., "Growing Artificial Societies: social science from the bottom up", The MIT press, 1996.

魔方陣の解の個数の数え上げのための解集合の分類について

山田 穂高 (指導教員: 山本 修身)

名城大学理工学部情報工学科

1 はじめに

魔方陣とは, $n \times n$ の格子状に並んだマスに 1 から n^2 までの数字を, 各行, 各列および対角線上の和が全て等しくなるように配置したものである. この和は魔法和と呼ばれ, $n \times n$ の魔方陣に対して $n(n^2 + 1)/2$ となる. 図 1 は 4×4 の魔法陣の一例である. また魔方陣を, 左右反転, および回転 (右 90 度, 左 90 度, 180 度) させることで, 配置が同じになるものを対称形と呼び, 通常魔方陣の解を数え上げる際には, まとめて一つとして扱う.

魔方陣の数は 5×5 の魔方陣まではバックトラックを用いて現実的な時間で数え上げることができる (5×5 の魔方陣は 275,305,224 個) が, 6×6 の魔法陣については, モンテカルロ法によって $(1.7745 \pm 0.0016) \times 10^{19}$ 個 [1] の範囲であることはわかっているが, 正確な個数はまだ数え上げられていない.

5×5 の魔方陣についてはバックトラックを用いて数え上げると 18 時間要する (3.4 GHz Intel Xeon の PC を利用). この結果より, 6×6 の魔方陣の数え上げには, 解の総数の比から類推して 1 億年程かかることになる.

そこで, 魔方陣を列挙するのではなく, 数え上げることに特化したアルゴリズムの作成を考える. 本研究では, 特に BDD/ZDD [2][3] を用いた方法について考える.

2 BDD/ZDD を用いた数え上げ

BDD/ZDD は共にブール関数の冗長性を減らすデータ構造である. 魔方陣の数え上げに BDD/ZDD を用いる研究は既にあるが, どれも 4×4 の魔方陣の数え上げまでしか行っていなかった. 実際に自分で BDD/ZDD で魔方陣を作成するプログラムを Python 言語で書いて実行したところ, 4×4 の魔方陣までは作成できたが, 5×5 の魔方陣ではメモリ 64GB の PC でもメモリ不足で作成できなかった. このことから, そのまま魔方陣の解全てを BDD/ZDD で数え上げることは難しいことがわかる.

そこで, 作成する BDD/ZDD の規模を小さくするために, 探索範囲を複数に分割し, それぞれに対して魔方

6	12	7	9	⇨ 34
15	4	1	14	⇨ 34
2	13	16	3	⇨ 34
11	5	10	8	⇨ 34
⇩⇩	⇩⇩	⇩⇩	⇩⇩	⇩
34	34	34	34	34

図 1: 4×4 の魔法陣の解の一例.

0	0	1	1	⇨ 0
1	0	1	0	⇨ 0
0	1	0	1	⇨ 0
1	1	0	0	⇨ 0
⇩⇩	⇩⇩	⇩⇩	⇩⇩	⇩
0	0	0	0	0

図 2: 4×4 の 2 を法とする魔法陣の一例.

表 1: BDD/ZDD の最大ノード数.

	3 × 3 (BDD)	3 × 3 (ZDD)	4 × 4 (BDD)	4 × 4 (ZDD)
全ての魔方陣を一度に数える場合	3,120	1,016	4,385,618	572,024
2 を法とする魔方陣を用いて分割した場合	496	224	260,976	55,386

陣の解を数え上げ, 合計することで全ての魔方陣の解の個数を数え上げる方法を考えた. 本研究ではその方法として 2 を法とする魔方陣を使用する方法を考えた.

3 2 を法とする魔方陣

各マスに 0/1 を配置していき, 各行, 各列および対角線上の和が, 魔法和 (偶数なら 0, 奇数なら 1) になるものを, ここでは 2 を法とする魔方陣と呼ぶ. この時, $1 + 1$ は 0 になるとする. 図 2 は 4×4 の 2 を法とする魔法陣の一例である.

これらの 2 を法とする魔方陣に対して, 0 のマスには偶数を, 1 のマスには奇数を当てはめていき, 通常魔法陣の解を数え上げていく. 2 を法とする魔方陣間で作成される通常魔法陣は重複しないため, 先ほど説明した方法を用いることができる.

実際にこの方法で BDD を用いて魔方陣の解の個数の数え上げを行ったところ, 3×3 の魔方陣および 4×4 の魔方陣ともに最大ノード数が減少した. しかし, 5×5 の魔方陣ではメモリ不足になってしまい, 全体を数え上げる BDD の作成同様に数え上げることができなかった. 表 1 に 3×3 の魔方陣および 4×4 の魔方陣におけるそれぞれの最大ノード数を示した.

4 今後の課題

BDD/ZDD を用いた魔方陣の解の数え上げは 5×5 の魔方陣でさえ行えないというのが現状である. しかし, 分割することによって最大ノード数を減らすことに成功した. より細かい分割を行うことで, さらに最大ノード数を減らし, 5×5 の魔方陣や 6×6 の魔方陣についても BDD/ZDD の作成ができる可能性がある.

参考文献

- [1] K. Pinn and C. Wierckerowski: Number of magic squares from parallel tempering Monte Carlo. *Int. J. Mod. Phys. C*, vol. 9, Issue 4, pp. 541-546, 1998.
- [2] H. R. Anderson: An introduction to binary decision diagrams. manuscript, available from <http://aima.eecs.berkeley.edu/~russell/classes/cs289/f04/readings/Andersen:1997.pdf>, 1999.
- [3] Shin-ichi Minato: Zero-Suppressed BDDs for Set Manipulation in Combinatorial Problems. *30th Conference on Design Automation*, 1993. pp. 272-277.

スペクトラルクラスタリングに基づいた投資信託分析

榎原 拓将 (指導教員: 犬塚 信博, 武藤 敦子 (名古屋工業大学), 松井 藤五郎 (中部大学))
名古屋工業大学 工学部

1. はじめに

投資信託(ファンド)とは、投資家から集めた資金を運用し、その成果を分配する金融商品のことである。投資家は運用方針の決定やリスク管理のためにファンドの性格を把握しておく必要があるが、類似したファンドを把握することは難しい。そこで武田ら [1] はファンドが投資している銘柄について着目しクラスタリングとネットワーク構造を用いてファンドの分析を行ったが他の多くのファンドとは違った銘柄に投資しているファンドに対してうまくクラスタリングを行うことができなかった。そこで本論文ではファンドの性格を分析するために従来研究ではできなかった独自性の高いファンドもクラスタリングできる手法について提案する。

2. 投資信託の構造

Yahoo!ファイナンスの提供する MORNINGSTAR の投資信託情報の中から、投資割合上位 10 銘柄の公開されている国内株式型投資信託を抽出した。このデータには各ファンドの投資割合上位 10 銘柄の銘柄名、投資割合などの情報が含まれている。抽出したファンド総数は 496 であり投資先銘柄総数は 688 個であった。各銘柄ごとに投資されているファンドの数を調べると、ほとんどの銘柄は 5 程度のファンドからしか投資されていない一方、100 や 200 を超えるファンドから投資されている銘柄の存在が確認できる。これは似通った投資をしているファンドが多数存在していることを意味する。本稿では他の多くのファンドとは違った銘柄に投資しているファンドを独自性の高いファンドと呼び、多くのファンドと似通った銘柄に投資しているファンドを独自性の低いファンドと呼ぶ。

3. 投資信託クラスタリングの問題点

ファンドの投資割合が高い上位銘柄を属性とした属性ベクトルに対し、 k -means 法、階層的クラスタリング手法の一つであるワード法、スペクトラルクラスタリング [2] を行う。そして「ファンド間で共通する投資銘柄の数を重みとしたネットワーク」の密度について調べる。各手法のクラスタごとの密度を調べると独自性の高いファンド群が一まとめにされその密度は小さかった。武田はこの問題を解決するために HITS アルゴリズムで独自性の高いファンドを取り除いた後で k -means 法を適用する手法を提案した。しかし HITS アルゴリズムでは独自性の高いファンドを選別できない可能性があり、また独自性の高いファンドもまたファンドの性格を知る上で重要であるという考えから取り除かずクラスタリングできる手法を提案する。

4. 提案手法と評価

スペクトラルクラスタリングはグラフ分割の問題としてクラスタリングを行うがこの手法は対象を類似度行列に変換する必要があり、変換する手法に結果が大きく影響される。そこでファンド間の類似度は共通する投資銘柄の数に比例すると考え、第 3 節で用いた共通銘柄数を重みとしたネットワークを直接類似度行列として与える手法を提案する。また、分散投資を目的に k -means 法、ワード法、スペクトラルクラスタリング、提案手法でファンドを k 個にクラスタリングし ($k=5, 10, 20, 30, 50$)、各クラスタからランダムに一つ取り出した k 個のファンドで構成されたポートフォリオについて、重複しない銘柄数とポートフォリオ内の密度について評価すると提案手法がすべてのクラスタ数 k において優れていた (図 1)。銘柄数は多いほど、密度は小さいほどよい。

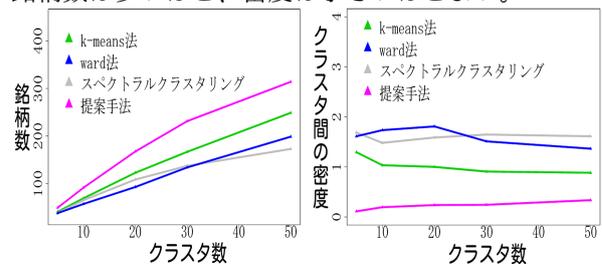


図 1: 提案手法の評価

(左: ポートフォリオの銘柄数 右: クラスタ間の密度)

また、一般性について検討するために上位 5 銘柄の情報のみを用いてクラスタリングを行いポートフォリオの構成を試みた。評価に上位 10 銘柄を用いて比較したところ、上位 10 銘柄の情報でクラスタリングを行った場合と同様の結果が得られた。このことから、投資割合上位 11 銘柄以降の銘柄情報を用いた場合についても同様の手法が有効であると考えられる。

5. おわりに

本稿では独自性の高いファンドもクラスタリングできる手法を提案し、それが幅広い銘柄への投資に役立つことを確認した。またクラスタ内のファンドのパフォーマンスを調べることで同じ投資先でのファンドの優劣を調べられると考えられる。

参考文献

[1] 武田祐太, 松井藤五郎, 犬塚信博, 「投資信託と銘柄のネットワーク構造に基づいた投資信託の分類」, 第 75 回情報処理学会全国大会, 5M-9 (2013)

[2] U. von Luxburg, "A tutorial on spectral clustering", Stat. Comp. Vol. 17, Issue 4, 395-416 (2007)

発表論文

[1] 榎原 拓将, 松井藤五郎, 武藤敦子, 犬塚信博, "スペクトラルクラスタリングを用いた投資信託分析", 人工知能学会第 28 回全国大会, 2014 (発表予定) .

ベクターフィッティングによるフィルタ特性の有理関数近似

松原 稔樹 (指導教員: 関根 敏和, 高橋 康宏)
 岐阜大学 工学部

1. まえがき

波形伝送では, 減衰特性と群遅延特性の両方が仕様として与えられる. しかし, これら両特性の同時特性近似はまだ未解決で, 最適化問題などとして求められている. 本文では両特性の同時特性近似の基礎的な検討として, フィルタ回路の通過特性と反射特性に対しベクターフィッティング (Vector Fitting) [1] による同時近似を行い, Vector Fitting がフィルタの特性近似に適用できるか検討する.

2. Vector Fitting による 2 関数同時近似

無損失相反回路の S 行列 \mathbf{S} は, 実周波数 ω' の多項式 f, g, h を用いて

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} S_{11} & S_{21} \\ S_{21} & S_{22} \end{bmatrix} = \frac{1}{g} \begin{bmatrix} h & f \\ f & \frac{f}{f^*} h^* \end{bmatrix} \quad (1)$$

ただし $gg^* = hh^* + ff^*$, $g^*(\omega') = \overline{g(\omega')}$ と置ける. ここで, f の最高次の係数は 1 で, 回路が虚抵抗を含む場合の g は広義のフルビッツ多項式である. フィルタの減衰特性と群遅延特性の同時特性近似を考えると, 回路の無損失性 $|S_{21}|^2 + |S_{11}|^2 = 1$ を利用して S_{21} と S_{11} のどちらか一方から他方を求めることができないので, S_{21} と S_{11} の 2 関数同時特性近似を行う. ここでは, 2 個の関数 $f^{(1)}(s), f^{(2)}(s)$ を

$$f^{(k)}(s) = \sum_{n=1}^{\frac{N}{2}} \left(\frac{c_n^{(k)}}{s - a_n} + \frac{c_n^{(k)*}}{s - a_n^*} \right) + d^{(k)} + sh^{(k)} \quad (2)$$

($k = 1, 2$)

と置いて Vector Fitting を適用する. ここで式 (2) のように置くのは, 極と留数の複素共役性を確保するためである.

3. 数値例

伝送零を $\omega'_{\infty n} = \pm 2, \infty$ に, 通過域偏差を 0.1dB, カットオフ周波数を ± 1 と与えて求めた S_{11} と S_{21} を, Vector Fitting で有理関数近似する. 図 1, 2 はこのときの周波数特性で, 通過域と阻止域共に良く近似している. 図 3 は, Vector Fitting での収束状況で, 早い段階で収束するのがわかる. 図 4 は, このときの規格化群遅延特性で, よく近似している.

4. むすび

フィルタ特性を持つ反射・透過係数の有理関数による同時特性近似を Vector Fitting で行い, 良い近似が得られることを確かめた. 今後, 減衰特性と群遅延特性の同時特性近似を検討する.

参考文献

[1] B.Gustavsen and A.Semlyen, "Rational approximation of frequency domain responses by vector fitting," IEEE Trans.Power Del., vol.14, no.3, pp. 1052-1061, July 1999.

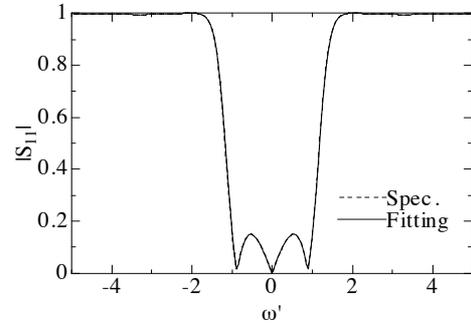


図 1 S_{11} の周波数特性

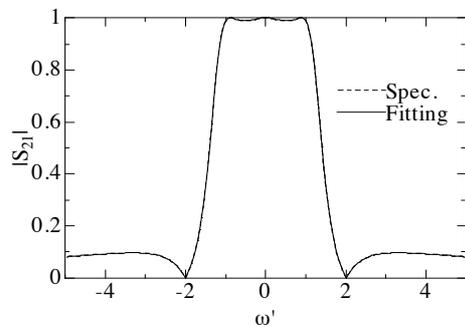


図 2 S_{21} の周波数特性

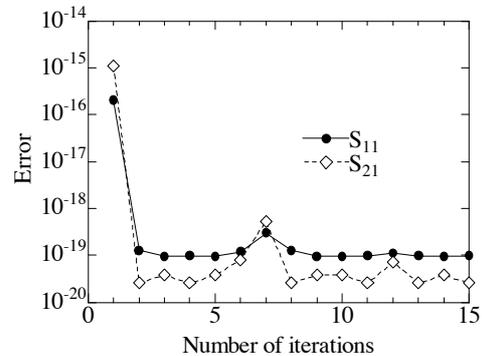


図 3 S_{11}, S_{21} の収束状況

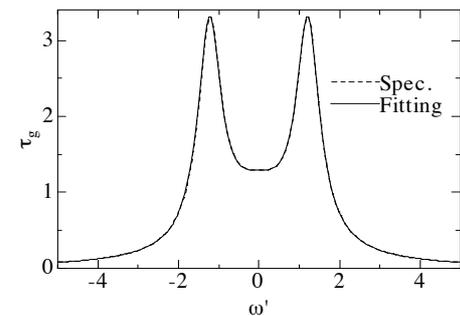


図 4 群遅延

能動的学習支援のためのタブレット端末上で入力された記号の種類判別

太田 雅矢 (指導教員: 鶴岡 信治)
三重大学 工学部 電気電子工学科

1. はじめに

近年,総務省より”フューチャースクール推進事業[1]”,文部科学省からは“教育の情報化ビジョン[2]”が提言され,小中学校において実証実験が行われるなど,教育の情報化が活発に進められている.また学習の方法として注目を浴びている能動的学習(アクティブラーニング)がある.このような自主的な学習を行う上で,疑問に思った瞬間にその場所で解決できず,放置,結果として貴重な学習の機会を逃してしまう現状がある.よって本研究では電子書籍へ紙媒体書籍と同様の「書き込み」を可能にし,さらに記号に対して「1重線なら用語集へ追加」「2重線なら翻訳」など異なる機能を持たせることで能動的学習を促進させるシステムを提案する.

2. 従来研究とその問題点

服部らの研究[4]では,教科書画像への書き込みから「記号」と「メモ」の判別.また記号で示された字句の切り出しの2つを提案し,Windows上で動作するソフトウェアを作成した.記号の「種類」に関しては区別していなかった.

3. 記号の種類判定法

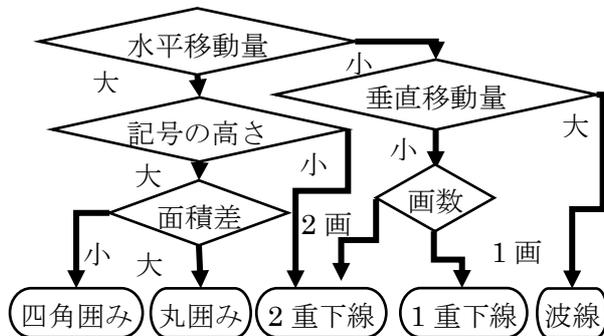


図1 記号の種類判別フローチャート

以下5つの判定を上図1のように組み合わせ,1重下線,2重下線,波線,丸囲み,四角囲みの計5つの記号を判別する.

(a).軌跡の水平移動量判定

囲みの水平方向の移動量の絶対値の和は記号自体の幅より大きいという条件を用いて囲みと下線を区別する.

(b).軌跡の垂直移動量判定

波線では垂直方向の移動量の絶対値の和が記号自体の高さよりも大きくなるという条件を用いて他の線と区別する.

(c).記号部と外接四角形部の面積差判定

丸囲みでは,記号部の面積が外接四角形の面積より小さくなるという条件を用いることで,四角と丸を区別する.

(d).記号の高さ判定

2重線は囲みより記号の高さが低いことから区別する.

(e).画数判定

記号の画数により,1重下線と2重下線を区別する.

4. 提案システム

記号の種類を元に,1重下線であれば用語集への追加,丸囲みであれば該当字句を TesseractOCR により日本語 OCR を行い,得られたキーワードから Wikipedia のページへジャンプするなど,記号の種類によって異なった機能を提供する.

5. 評価実験の結果と考察

使用した端末は富士通製の10.1インチ ArrowsTabFAR70A.今回は6名被験者に対して,指による入力での1重下線,2重下線,波線,丸囲み,四角囲みの計5種を2つずつ筆記させた.その結果を表1に示す.

表1:実験結果

記号	1重下線	2重下線	波線	丸	四角
認識率	90%	95%	85%	95%	70%

記号が斜めに筆記された場合,記号の高さが過剰に増す,また面積差が大きくなり,誤認識の原因となった.丸囲みと四角囲みなど,記号自体が曖昧な場合もみられた.

なお評価とは無関係であるが,被験者より「指入力では文字が隠れて細かい入力が難しい」という指摘も受けた.

5. まとめ

本稿では,能動的学習を促進させるためのシステムとして,記号の種類判別手法と,機能の提供について提案した.また記号により示された字句に対して OCR を行い,得られたキーワードを用いて Web 検索や用語集などの機能提供を行った.今後は認識率の向上,また教科書や講義動画などの連携など更なる機能強化が必要とされる.

参考文献

- [1] 総務省:フューチャースクール推進事業
http://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/kyouiku_joho-ka/future_school.html(2013/7/19 閲覧)
- [2] 文部科学省:教育の情報化ビジョン
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/_icsFiles/afieldfile/2011/04/28/1305484_01_1.pdf(2013/7/19 閲覧)
- [3] 平成24年度 三重大学 地域イノベーション学研究所 修士論文 服部 晋之介「タブレット端末より書き込んだ記号の認識とキーワード抽出」

古文書解析のための類似文字検索手法の高精度化

寺田 智貴 (指導教員: 大山 航)
三重大学工学部情報工学科

1. まえがき

古文書は現在でも新たに多く発見されており、その中には学術的に重要な文献が多い。しかし、古文書の翻刻作業は手作業で行われており、膨大な作業時間を要する。また専門家不足の問題が深刻化している。専門家の翻刻作業を支援するためにコンピュータを用いた類似文字検索手法が研究されている。従来の研究においては、ニューラルネットワーク [1] を用いた研究があるが、研究に用いることができるデータセットの問題により十分なデータを確保することができず認識対象とするクラス数が少なかった。本研究では、楷書とくずし字を含んだ漢字 386 クラスを認識対象に含め、多クラスでの認識精度の向上を図る。

2. 研究手法

研究手法を以下に示す。

1. 評価用データと学習用データを入力する。
2. 大津の判別分析法, 異方性膨張処理による平滑化, 非線形正規化を施す。
3. 濃度こう配特徴 392 次元を抽出する。
4. 抽出した特徴量の平均ベクトル, 共分散行列の固有値・固有ベクトルを計算し辞書に書き込む。
5. 抽出した特徴量と辞書から識別関数の値を計算する。
6. 正解候補として識別関数値の小さいもの上位 K クラスを提示する。

2.1 データセット

本研究では東京大学史料編纂所 [2] の古文書文字画像 21442 画像を扱う。これらの画像から評価用データには漢字のみ, 学習用データにはひらがな, カタカナ, 漢字を含む以下のようなデータセットを作成した。

- データセット 1
評価用データ: 2482 画像 (386 クラス)
学習用データ: 18960 画像 (4665 クラス)
- データセット 2
評価用データ: 2629 画像 (386 クラス)
学習用データ: 18813 画像 (4665 クラス)

2.2 学習用データ生成

上記のデータセットにおいて, 学習用データがクラスによって 1~数十画像であり, 1 クラス平均 4~5 画像である。学習用データが不足すると標本平均ベクトルや標本共分散行列の推定誤差が増大し認識率の低下につながる。この問題を解消するために人工的に学習用データを生成し, 認識率の向上を試みた。本研究では手書き文字におけるすべての字種に共通な変形として考えられる図 1 のような変形 [3] を文字画像に施し学習用データを生成する。これにより学習用データは原画像を含む 29 倍になる。

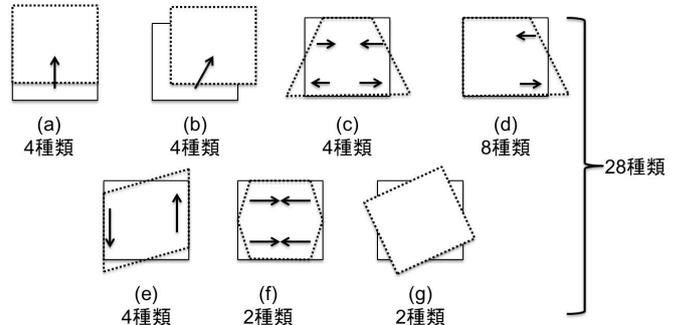


図 1 手書き文字におけるすべての字種に共通な変形
表 1 実験結果

方法 \ 累積認識率 (%)	RANK1	RANK10	RANK15
学習用データ生成なし	22.62	51.46	56.64
学習用データ生成あり	24.33	54.58	59.5

3. 認識実験

作成したデータセットと研究手法を用いて, 学習用データ生成あり, なしそれぞれの場合の比較実験を行った。識別関数としては学習用データを生成なしの場合において k-近傍法・ユークリッド距離・線形識別関数・擬似ベイズ識別関数の内, 最も高い認識率を示した擬似ベイズ識別関数を用いた。

3.1 実験結果

実験結果を表 1 に示す。表 1 の認識率はデータセット 1 の結果とデータセット 2 の結果を平均したものを示している。学習用データ生成を行うことで認識率が RANK10 において約 3% 向上した。

4. まとめ

学習用データを生成し学習に用いることで認識率の向上が見られたが, さらに認識率を向上させる必要がある。今後の課題としては, 古文書文字では 1 つの字種に楷書とくずし字の形が異なる文字が存在しており特徴量がばらつくと考えられるので事前に形が異なる文字を別クラスとして分類することが挙げられる。

参考文献

- [1] 和泉勇治, 加藤寧, 根元義章, 山田奨治, 柴山守, 川口洋: “ニューラルネットワークを用いた古文書個別文字認識に関する一検討”, 情報処理学会研究報告, Vol.2000, No.8(CH-45), pp.9-15, 2000.
- [2] 東京大学: “東京大学史料編纂所-Historiographical Institute The University of Tokyo”, 1984, <http://wwwap.hi.u-tokyo.ac.jp/ships/db.html>.
- [3] 澤和宏, 若林哲史, 鶴岡信治, 木村文隆, 三宅康二: “こう配特徴ベクトルと変動吸収共分散行列による手書き漢字認識の高精度化”, 電子情報通信学会論文誌 (D-II), Vol.J84-D-II, No.11, pp.2387-2397, 2001.

多重円柱モデルを用いた単一カメラによる非接触液体流量推定

磯村 淳 (指導教員: 小栗 宏次)
愛知県立大学 情報科学部情報科学科

1. はじめに

循環器系疾患の入院患者数は約 25 万人であり, このような人々は身体の水分管理を調節する機能が低下しているため, 排尿量を管理する必要がある. しかし, 既存の尿流量計測には多くの問題点がある. Kristy らの先行研究ではカップ内の排尿を撮影する計測手法 [1] を提案したものの, 尿に機器が非接触でない問題がある. 我々のこれまでの研究では画像から流量を求めたものの, 推定精度は± 30%と低く, 液体の太さを1つの値に仮定しているという問題があった [2].

本研究では, 推定精度の向上及び画像内から液体の太さを求める新たなモデルを提案する.

2. 流量推定モデル

排尿状の液体の放水される時点に着目することで円柱に近似できると仮定し, 液体の総流量を連続して重なる円柱の体積とみなすことでモデルを構築した.

n 枚撮影された画像の中の i 番目の画像を処理するためにまず, 背景差分による 2 値化を行った. 次に 2 値画像から液体の存在領域を示す白色画素の近似 2 次方程式を最小二乗法を用いて計算した. 求めた近似 2 次方程式を用いて, そのフレームの液体の太さ及び液体の初速度を求めた. 液体の太さから i 番目の円柱の底面積 S_i [pixel²] を計算し, 液体の初速度から円柱の高さ H_i [pixel] を求めることで円柱の体積 V_i [pixel³] を計算した. これを ml(cm³) に変換するために校正值 k ($\frac{\text{cm}^3}{\text{pixel}^3}$) を用いる. n 枚の画像全てに同様の処理を行うことで, 液体の総流量 V は式 (1) のように求まる.

$$V = \sum_{i=1}^n (H_i \times S_i) \times k \quad (1)$$

3. 精度検証実験

排尿を模擬するために図 2 に示す環境での実験を行った. 実験に使用したのは, USB カメラ, 3つの注射器(口径 2.0, 2.5, 4.0 [mm]), 白色の背景, 照明(蛍光灯 (60 [Hz])) である. 撮影した液体の流量は 40, 50, 60 [ml] を各 5 回ずつである. 実験結果を表 1 に示す. 推定精度を検証するために各流量毎の推定誤差 (ϵ %) および平均推定誤差 ($\bar{\epsilon}$ %) を計算した. 全ての結果において推定誤差は± 3% 以内であり, 平均推定誤差は 1.3% であった. 各口径から放水された液体の速度及び液体の太さの時系列変化を解析することで, 液体の速度と太さに何かしらの関係があることを見出した. また, 初速度を計算する際に誤差が生じることがあった.

4. まとめ

既存の尿流量計測器の平均推定精度は± 10% であることから, カメラを用いた尿の流量計測方法の有効性を

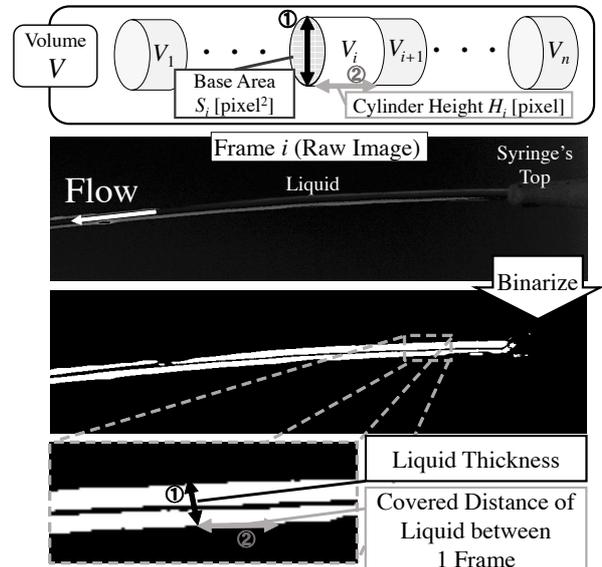


図 1 各画像から抽出する多重円柱モデルのパラメータ

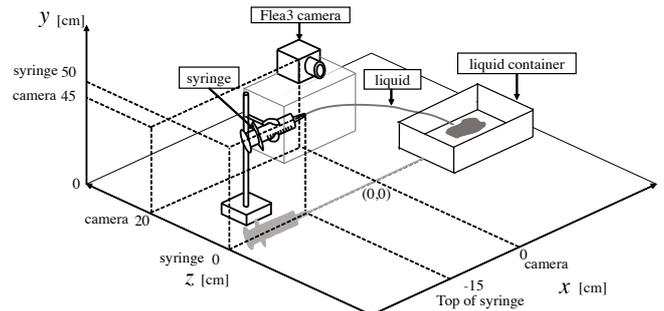


図 2 実験機材の設置位置
表 1 精度検証実験の結果

正解流量 [ml]	推定流量 [ml]	ϵ %	$\bar{\epsilon}$ %
40	41.1	2.8	1.3
50	51.2	2.5	
60	59.2	-1.3	

示した. 今後の課題は液体の速度と太さの関係を調べること及び, 液体の初速度を計算する方法を変更することで推定精度を上げることである.

参考文献

- [1] Kristy Weins, S. Green, D. Grecov, Lynn Stothers, "Novel optical uroflowmeter using image processing techniques," Measurement Vol.47, pp314-320, 2014
- [2] Atsushi Isomura, Haruki Kawanaka, Koji Oguri, "Discharged Liquid Volume Estimation by Dynamic Image Processing from a Monocular Camera Based on the Model of Obtaining Initial Velocity," International Workshop on Smart Info-Media Systems in Asia, pp.335-340, 2013

自前の家具を使った配置替えシミュレーション

田中雄也 (指導教員: 田中敏光, 佐川雄二)
名城大学 理工学部 情報工学科

1. はじめに

引っ越しや部屋の模様替えを行う時に、事前に自分が所有する家具を使って配置を検討することができれば、無駄な家具の移動を避けることができる。そこで中野ら[1]は、自前の家具を Kinect で計測して 3D モデルを作成する手法と、それを使った配置替えシミュレータを開発した。しかし先行研究の 3D モデルは、計測漏れや計測誤差による欠損が多く、また、物体表面を点で表示しているため、視点が近づくと隙間が見えてしまう。本研究ではこれらの問題を解決する。

2. 先行研究の概要

家具の周りに AR マーカーを置き、Kinect を使用して複数の方向から家具の三次元形状を計測する。このとき、Kinect のカメラに AR マーカーが写るように計測位置を選択する。そして、AR マーカーを位置合わせの基準として計測した部分形状を統合することで、家具の三次元形状を復元する。家具の形状は 1 辺が 1cm のボクセルで表現する。

計測した三次元形状には、家具だけではなく床や周囲の物体も含まれるため、これらを取り除く。また、家具の形状にも計測誤差などによる欠損があるため、膨張収縮処理を用いて修正する。

部屋の平面図から仮想的な部屋を作成する。この部屋に作成した家具の 3D モデルを対話的に配置する。仮想的な部屋と家具は任意の視点から見ることができる。

3. 提案手法

先行研究の手法に次の 3 つの改良を行う。

3.1 計測方法の改良

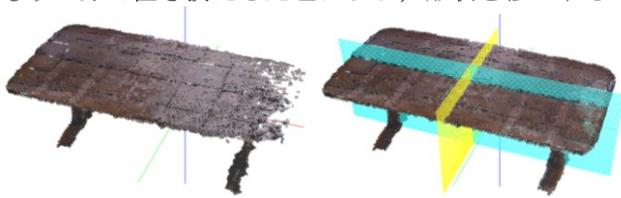
先行研究の計測手法では、Kinect のカメラに写る形状(新たに計測する部分形状)とこれまでに計測した部分形状が同時に表示されないため、計測漏れなどの失敗が起きやすい。これが 3D モデルに欠損が生じる原因の 1 つとなっている。そこで本研究では、計測済みの部分形状と計測予定の部分形状を重ねて同じ画面に表示する。また、計測済みの部分形状の色を少し変えて表示することで、追加される部分が一目で判別できるようにする。

3.2 欠損の修正方法の改良

計測した家具の形状に欠損が多い場合には、先行研究の膨張収縮処理では修正しきれない。本研究では、以下の手法を追加することで欠損を強力に修正する。

3.2.1 対称性を利用した修正方法

家具には前後や左右に対称な形状のものが多い。そこで、図 1(b)のように、家具の中央に対称面を表示して、片側をもう一方で置き換える処理により、形状を修正する。



(a) 修正前 (b) 修正後

図 1 対称性を利用した修正方法

3.2.2 連続性を利用した修正方法

平面や直線で構成された部分では、家具の 3D モデルを構成するボクセルが連続するので、この性質を使って形状を修正する。はじめに X,Y,Z のいずれかの方向と距離を指定する。あるボクセルから指定した方向の指定した距離以内に、家具を構成しているボクセルがあれば、そのボクセル間の空白を埋めることで形状を修正する。

3.2.3 ボクセル単位の修正

上記の 2 つの方法で修正できない場合にはボクセルを直接指定して値を変更する。この手法は手間がかかるため、微調整の手段として用意している。

3.3 家具の 3D モデルの表示方法の変更

先行研究の手法では、ボクセルを点として表示しているため、視点を家具の 3D モデルに近づけると点の間隔が空いて、隙間から背景が見えてしまう。本研究ではマーチングキューブ法で、ボクセルデータをポリゴンデータに変換してから表示することで、隙間の発生を防ぐ。

4. 結果の比較

図 2 に、計測した家具の形状を先行研究の配置替えシミュレータで表示した例を示す。テーブルの奥の端や脚の付け根に欠損が見られる。また、視点が近いと表示される点の間隔が開いて床が透けて見えている。

図 3 は図 2 と同じ計測データに対称性と連続性を用いた修正を行い、提案手法のシミュレータで示した画像である。天板の前後の対称性や脚の左右の対称性を使って、欠損がある側を正しく計測された側で置き換えることで、形状が修正されている。また、ポリゴンで表示しているため、隙間はできず、床が透けて見えることもない。

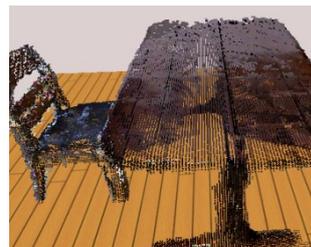


図 2 先行研究の表示
(ボクセルを点で表示)

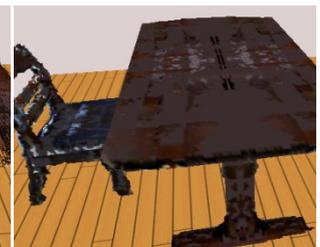


図 3 提案手法の表示
(ポリゴンで表示)

5. まとめと今後の課題

計測時の部分形状の表示方法と家具の 3D モデルの修正方法を改良することで、計測漏れによる欠損を減らすことができた。また、家具をポリゴン表示することで隙間が生じないようにした。しかし、配置替えシミュレータで複数の家具を表示した場合には、表示するポリゴンが多いため画像の更新が遅くなった。このため、平面部分のポリゴンを統合してポリゴンを削減する必要がある。

参考文献

- [1] 中野雄太 他: Kinect と AR マーカーを用いた家具の配置替えシミュレーション, 電気関係学会東海支部連合大会予稿集, Po2-36 (2012-9)

CAZAC 系列を用いた上り回線 OFDMA 通信システムの 伝送路推定法に関する一検討

村山雄紀 (指導教員：小林英雄)
三重大学工学部

1. まえがき

OFDMA 通信システムの上り回線では、1 個のプリアンブルシンボル(PS)を用いて複数の端末(MS)と基地局(BS)間の伝送路特性を一括して推定することが要求されている。これに対して、PS に時間軸信号を位相シフトした互いに直交関係にある CAZAC 系列を利用した伝送路推定法が提案されている[1]。CAZAC 系列は、周波数軸と時間軸上で共に一定振幅となる特徴を有しており、非線形回線下において高精度な伝送路特性の推定を可能としている。しかし、送信機 D/A 変換後に発生するエイリアス除去を目的に周波数軸上の CAZAC 信号の両端に Zero Padding を挿入した場合には、CAZAC 系列の直交性が満足されなくなり伝送路推定精度が劣化するという問題がある。本稿では、上記問題を解決するために、各端末の CAZAC 系列を周波数軸上で一定間隔で配置するスカタードパイロットとしても時間軸信号が一定振幅となる特徴を利用して、周波数軸上のパイロット信号に最尤法を適用した伝送路推定法を提案し、シミュレーション結果より提案方式の有効性について実証する。

2. CAZAC 系列を用いた伝送路推定法の提案

図 1 に、ユーザ数が 4 の場合の上り回線 OFDMA 通信システムの構成と提案フレーム構成を示す。1 シンボル目は、両端が Zero Padding された PS であり、次式により作成された同一の CAZAC 系列を周波数軸上で 4 サブキャリアごとにスカタードパイロット信号として各端末に配置する。

$$A(m) = \sqrt{P} \cdot e^{-j\pi \frac{m(m+1)}{N_c}} \quad 1 \leq m \leq N_c \quad (1)$$

但し、 P は各端末から送信される PS の信号電力であり、 N_c は PS 内の端末当たりの CAZAC 系列長 (パイロット信号数) を示す。各端末から送信される PS は、4 サブキャリア毎の CAZAC 系列のパイロット信号となり、従来の全てのサブキャリアを用いて位相シフトする場合と比べて 4 倍の送信電力とすることが可能となる。また、各端末からの送信時間軸信号は、周期性により一定振幅の CAZAC 信号が PS 内で 4 回繰り返すことになり、PS に亘って一定振幅となる。但し、Zero Padding を含む時間軸信号は若干振幅変動するが、従来の OFDM 信号と比較して PAPR 特性は大幅に改善可能となる。受信側では、周波数軸上で CAZAC 信号の伝送路特性を推定し、これを用いた最尤推定法で全帯域に亘る伝送路特性の推定が可能となる[2]。

3. 提案方式の特性評価

提案方式の有効性を実証するために計算機シミュレーションを行った。変調方式 QPSK, FFT ポイント数 128, サブキャリア数 121, Zero Padding 数 7, 各端末のスカタードパイロット数 (CAZAC 系列長)31, GI 長 16 とした。マルチパスフェージングは、遅延波数 16 の指数関数型電力遅延プロファイルを想定した。提案方式との特性比較のために従来方式 1 では、送信側で各端末の CAZAC 系列を 1/4 シンボルずつシフトし、受信側で自己相関値を求めることでインパルス応答の推定を行った。従来方式 2 は、CAZAC 系列の代わりにランダム情報のパイロット信号を用

いて、提案方式と同様に最尤法により伝送路推定を行った。ここで、従来方式 1 と提案方式の Zero Padding された PS の PAPR 特性は、1.7dB と 1.2dB に対して、ランダム情報を用いた従来方式 2 は 6.0dB であり、CAZAC 系列を用いることにより PAPR 特性が改善可能であることを確認した。図 2 に、入力バックオフ (IBO:Input Back Off) が 4dB で、C/N を変化させた場合の提案方式と従来方式の伝送路推定精度を規格化最小二乗誤差 (NMSE)特性で評価した結果と、ビット誤り率 (BER) 特性を示す。図 2 より、提案方式は従来方式 1, 2 と比較し、非線形回線下において、また Zero Padding を用いても高精度な伝送路推定と優れた BER 特性を達成可能となることが実証された。

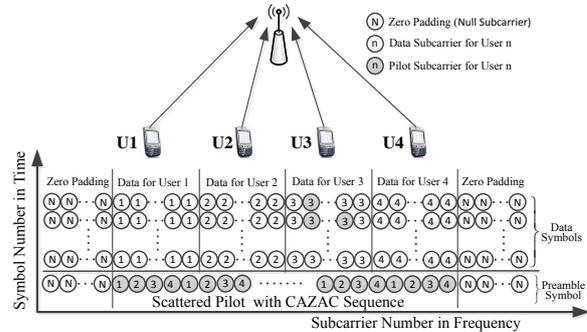
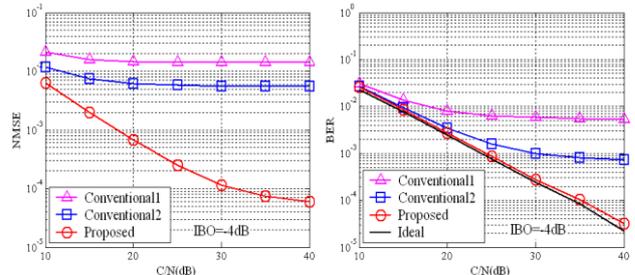


図 1 ユーザ数が 4 の場合のシステム構成とフレーム構成



(a) C/N 対 NMSE 特性 (b) C/N 対 BER 特性
図 2 提案方式の伝送路推定精度(NMSE)と BER 特性

4. まとめ

本稿では、CAZAC 系列を用いた上り回線 OFDMA 通信システム用伝送路推定方式を提案した。計算機シミュレーションにより、提案方式は従来方式と比べ、非線形回線に耐性が有り、また Zero Padding を用いても高精度な伝送路推定が可能となることを実証した。

参考文献

- [1] "On Allocation of Uplink Pilot Sub-Channels in EUTRA SC-OFDMA," 3GPP,R1-050822.
- [2] T. Mata, et al, "Proposal of Channel Estimation Method for OFDM Based Analogue Network Coding in Higher Time-varying Fading Channel," IEICE, RCS2013-286, 2014.

双方向 2-timeslot OFDM リレー伝送における ML 法を用いた高効率チャネル推定手法の一検討

北嶋 直人 (指導教員: 小林 英雄)

三重大学 工学部

1. まえがき

Analog Network Coding (ANC)を利用した双方向中継伝送システムにおいて、Walsh 符号を用いたパイロット信号を周波数軸と時間軸方向に周期的に挿入し、2D-FFT 法により伝送路推定を行う方式が提案されている[1]。しかし、2D-FFT 法は、時間軸上の伝送路推定において推定フレームの前後に冗長信号が必要なため、バーストモード運用においては伝送効率が劣化する問題がある。また、送信機 D/A 変換器後に発生するエイリアシング除去用のアナログフィルタを簡易に実現するために周波数軸上の信号の両端に Zero Padding を施すと 2D-FFT 法の推定精度が劣化するという問題があった。本稿では、これらを解決するために周波数軸上の伝送路推定において最尤法を適用し、時間軸上に Cubic Spline 補間法を適用した方式を提案する。本稿では、シミュレーション結果より提案方式の有効性を実証する。

2. ネットワークモデル

図 1 に、ANC を適用した双方向中継伝送システムの構成を示す。ユーザ端末 UT₁ 及び UT₂ は、中継局 R を介してお互いの情報伝送を行う。各端末は移動端末であり、各ノード間は時間変動する周波数選択性フェージング環境下とする。ここで、パイロット信号用に利用する Walsh 符号 W₂ を次式に示す。

$$W_2 = \begin{bmatrix} W_{11} & W_{12} \\ W_{21} & W_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)の 1 列目を UT₁ に割り当て、2 列目を UT₂ のパイロット信号として割り当てる。図 2 に、提案方式のフレーム構成を示す。Walsh パイロット信号は、周波数軸方向に I_r ごとに挿入され、パイロット信号を含むパイロットシンボルは時間軸方向に I_t ごとに挿入される。ユーザ端末では、Walsh 符号の直交性を用いて 2 つの回線が合成された伝送路特性の推定が可能となる。

3. 最尤推定法を用いた伝送路特性推定法

受信側では、Walsh 符号により分離した離散的な伝送路推定値 \hat{H}_n を用いて最尤法により伝送路インパルス応答を求める。フェージング環境下における周波数軸上での伝送路特性は、インパルス応答を ρ_ℓ とすると、次式で表される。

$$T(n, \rho_1 \sim \rho_{N_g}) = \sum_{\ell=1}^{N_g} \rho_\ell e^{-j \frac{2\pi(\ell-1)(n-1)}{N}} \quad (2)$$

時間軸インパルス応答 ρ_ℓ は、 \hat{H}_n と式 (2) との差が最少となる拘束条件を用いた次式的最尤方程式により推定する[2]。

$$L = \arg \min \left[\sum_{n=L1}^{L2} \|\hat{H}_n - T(n, \rho_1 \sim \rho_{N_g})\|^2 \right] \quad (3)$$

但し、L1, L2 はパイロットサブキャリアの両端の位置を示す。式(3)の最尤方程式は、 $\hat{\rho}_\ell$ を未知数とする次式に示す連立一次方程式を解くことに帰着する。

$$[\hat{\rho}_\ell]_{N_g \times 1} = [A_{m\ell}]_{N_g \times N_g}^{-1} \cdot [B_m]_{N_g \times 1} \quad (1 \leq m, \ell \leq N_g) \quad (4)$$

ここで、[B_m] は \hat{H}_n を要素とする行列であり、[A_m]⁻¹ は受信側で既知のため予め逆行列演算が可能となり、伝送路推定に必要な演算量の大幅な削減が可能となる。式(4)で推定された時間軸インパルス応答は、FFT によりサブキャリア番号を n とする周波数軸上の伝送路特性 \hat{H}_n に変換される。一方、時間軸方向の推定は、パイロットシンボル毎に推定された伝送路特性を 1 フレーム

μ に亘って Cubic Spline 補間法を用いて推定する。

4. 提案方式の特性評価

提案方式の有効性を実証するために計算機シミュレーションを行った。FFT ポイント数 N=256、サブキャリア数 M=201、ゼロパディング数 55、GI 長 32 とした。マルチパスフェージングは、遅延波数 16 の指数関数型電力遅延プロファイルを想定した。従来方式と提案方式ともに、時間軸方向のパイロットシンボルの挿入間隔 I_t と周波数軸方向の Walsh パイロット信号の挿入間隔 I_r は共に 4 とした。図 3 に、変調方式 QPSK、正規化ドップラー周波数 $f_d T_s = 10^{-3}$ で、C/N を変化させた場合の BER 特性を示す。図中の Ideal は、伝送路推定が理想的な場合の結果を示す。図より、提案方式は Zero Padding を施しても理論特性とほぼ同等の BER 特性を達成可能となることを実証した。

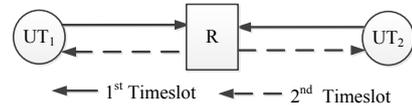


図 1 ネットワークモデル

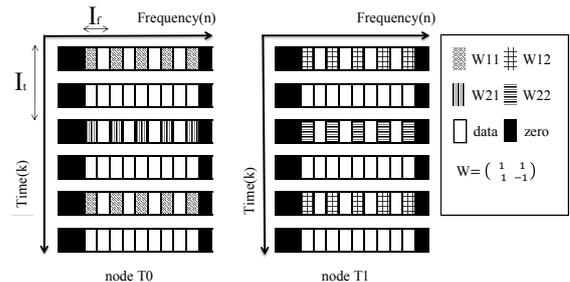


図 2 フレーム構成

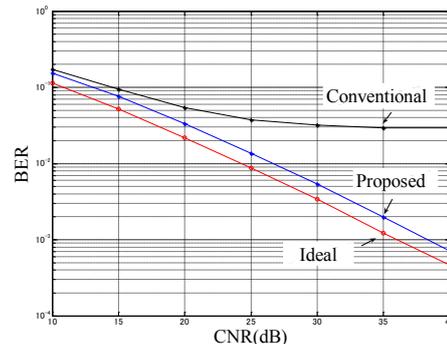


図 3 提案方式の BER 特性

5. まとめ

本稿では、移動通信環境下の双方向中継伝送システムにおいて、最尤推定法と補間法を用いた伝送路推定法を提案した。計算機シミュレーションの結果より、提案方式は Zero Padding を施しても優れた BER 特性を達成可能となることを実証した。

参考文献

- [1] 興水, 岡本, “双方向 2-timeslot OFDM リレー伝送におけるフィードバックを不要とする高効率チャネル推定手法の一検討,” 信学技報, RCS, vol.112, no.286, pp.67-72, 2012.
- [2] T. Mata, et al, “Proposal of Channel Estimation Method for OFDM Based Analogue Network Coding in Higher Time-varying Fading Channel,” IEICE, RCS2013-286, Jan. 2014.

光通信イメージセンサを用いた車車間可視光通信への光OFDM方式の適用

後藤 裕樹 (指導教員: 山里 敬也)
名古屋大学 工学部

1. まえがき

高速可視光通信を目的とした光通信イメージセンサ(OCI:Optical Communication Image sensor)が注目されている[1]. OCIは、LED送信機の捕捉と輝度変化に対する高速な応答を両立し、マンチェスタ符号化により通信速度10Mbpsを達成している。

本研究はOCIを用いた車車間可視光通信の高速化を目的とする。本稿ではOCIの特性を考慮し、より適した伝送方式として光OFDM方式の適用を提案する。代表的な光OFDM方式としてDCO-OFDMおよびACO-OFDM[2]を取り上げ、実験による従来方式との比較を行う。

2. OCIの周波数応答特性

OCIの周波数応答特性を図1に示す。高周波数領域の大きな減衰が確認できる。従来方式であるマンチェスタ符号化では、減衰の小さい領域にスペクトルが集中しておらず、OCIの特性にあった伝送方式ではないといえる。通信速度の向上のため、よりOCIの特性を考慮した伝送方式の適用が必要である。

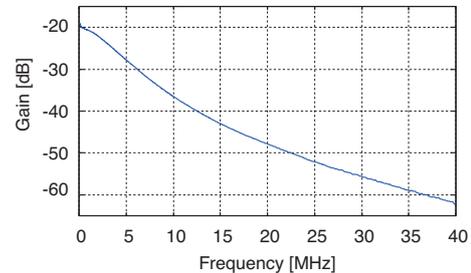


図1 OCIの周波数応答特性(実測値)

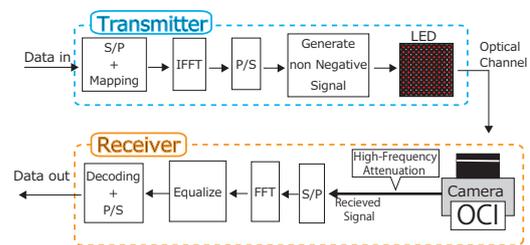


図2 提案システムモデル

3. DCO-OFDMおよびACO-OFDM

光OFDM方式とは、LEDの輝度で送信可能な実数の非負信号を生成するOFDM方式を指す。

DCO-OFDMでは、DCバイアスを印加し、LEDで送信可能な非負信号を生成する。OFDM信号の持つ高いPAPR(ピーク対平均値)のため、要求されるバイアス量は大きく、電力効率の低下が問題となる。

一方、ACO-OFDMはバイアスを用いず負の成分を除去するが、情報の欠損無く非負信号を生成できる。波形の半分を除去できることにより、送信信号の正規化時にDCO-OFDMに比べ波形が拡大され、より雑音に強い方式であるといえる。一方、帯域幅利用効率は低下し、DCO-OFDM比 $1/2$ になってしまうという欠点がある。

4. システムモデル

システムモデルを図2に示す。まず、サブキャリア変調されたデータ列をIFFTを用いて時間信号へ変換し、DCO-OFDM,ACO-OFDMそれぞれの方法で非負信号とする。さらに光信号へ変換し、LED送信機で送信する。

この光信号をOCIを用いて受信し、復号処理を行う。この際、高周波が大きく減衰した信号が受信される。受信機ではFFTにより周波数領域へ変換し、等化処理を行い情報を復号する。

5. データ伝送実験評価

実験諸元を表1に、結果を図3に示す。DCO-OFDM,ACO-OFDMおよび従来方式であるマンチェスタ符号化に対し、データ伝送実験を行い通信速度、誤り率を測定した。光OFDM方式の適用による通信速度の向上が確認された。また、DCO-OFDMがACO-OFDMに比べ優れるという結果が得られた。

6. まとめ

OCIを用いた車車間可視光通信の高速化を目的とし、OCIの特性を考慮した伝送方式として光OFDM方式を適用した。データ伝送実験を行い、従来方式に比べ通信速度の向上したことを確認した。今後、サブキャリア変調方式や送受信機の非線形性などを検討することでさら

表1 実験諸元

伝送方式	DCO-OFDM ACO-OFDM マンチェスタ符号化
LED 駆動電流	80mA \pm 75mA
送信ビット数	10^6
通信距離	1.5m
実験環境	室内静止環境(照明点灯)

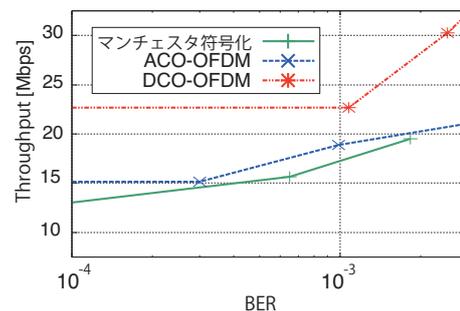


図3 実験結果

なる通信の高速化が期待できる。

参考文献

[1] I.Takai, et al, "LED and CMOS Image Sensor Based Optical Wireless Communication System for Automotive Application," IEEE Photonics Journal Vol.5, No.5, 6801418, Oct. 2013 pp. 1031-1034, Sep. 2011.
[2] Sarangi Devasmita Dissanyake, and Jean Armstrong, "Comparison of ACO-OFDM, DCO-OFDM and ADO-OFDM in IM/DD Systems," IEEE Journal of Lightwave Technology, vol.30, No.9, pp. 1063-1072, April. 2013.

イメージセンサを用いた路車間及び車路間可視光通信の通信路特性比較

木下 雅之 (指導教員：山里 敬也)
名古屋大学 工学部 電気電子情報工学科

1. まえがき

可視光通信の高度道路交通システム (ITS) 分野への応用として路車間可視光通信がある。路車間可視光通信は送信機に LED 信号機、受信機に車載高速度カメラとした道路から車両への通信を指す。先行研究では車両走行時の受信手法 [1] が行われている。別の応用例に車両から道路への通信である車路間可視光通信が考えられる。システムモデルは送信機に車両のヘッドライト、受信機に道路上に設置された高速度カメラを想定する。

ここで路車間と車路間の通信路特性が等価であるのなら、路車間と同じ受信手法を車路間にも利用することができる。そこで路車間と車路間の通信路特性の1つである情報源の位置ずれ特性を比較し、両者の違いを明らかにすることを本研究の目的とする。

2. 実験による位置ずれ特性評価

路車間及び車路間の撮影画像に対して、情報源の重心座標がフレーム間でどれだけ移動したかを検出する。そして位置ずれの発生確率分布により特性評価を行った。実験諸元を表1に示す。

路車間及び車路間の実験結果を図1に示す。路車間、車路間共に位置ずれ特性は平均0を中心に分散し、似た傾向の分布となった。しかし、分散値には差異があり路車間の方が分散が広く、車路間は分散が狭いことがわかった。

3. 情報源の移動モデル

路車間と車路間の位置ずれ特性の分散に差異が生じた原因を考えるため、画像上における情報源の移動モデルを提案する。路車間と車路間を同一モデルで表現するためにピンホールカメラモデルを導入する。ピンホールカメラモデルはワールド座標 (x, y, z) を画像上座標 (u, v) へ投影するモデルであり、その変換は (1) 式で示される。

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} [\mathbf{R} ; \mathbf{t}] \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

(1) 式の右辺において各行列はそれぞれカメラの内部パラメータ (f : 焦点距離), 外部パラメータ (\mathbf{R} : カメラの姿勢, \mathbf{t} : カメラの位置), 送信機の位置と考えることができる。このモデルを路車間と車路間に適用する。路車間ではカメラの姿勢は振動で変動し、カメラの位置は時間関数と振動成分 (n_x, n_y, n_z) の和と考えられるため、(2) 式でモデル化できる。

$$\lambda \begin{bmatrix} u(t) \\ v(t) \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_x(t) + n_x \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_y(t) + n_y \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_z(t) + n_z \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

車路間では外部パラメータは固定、送信機位置が時間関数と振動成分の和と考えられるため、(3) 式の様にモデル

表1 実験諸元

点灯パターン	常時全点灯
焦点距離	35mm
ピクセルピッチサイズ	10 μ m
撮影速度	1000fps
解像度	512 \times 512pixel
車両速度	20km/h
撮影区間	30-60m

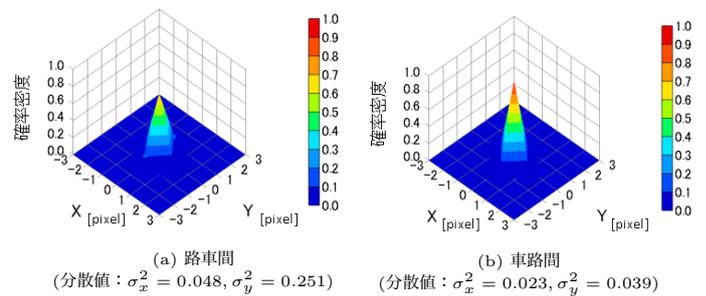


図1 実験による位置ずれ特性解析結果

化できる。(カメラの位置は原点とする。)

$$\lambda \begin{bmatrix} u(t) \\ v(t) \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f & 0 & 0 \\ 0 & f & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x(t) + n_x \\ y(t) + n_y \\ z(t) + n_z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

(2) 式でカメラの姿勢が固定である場合を考える。この時、(2) 式と (3) 式をそれぞれ展開すると2つのモデルは一致する。よってカメラの移動と送信機の移動では相対的な位置関係は等価であり、路車間と車路間の差異はカメラの姿勢項であると考えられることができる。

4. 数値例

提案モデルを用いて実験と同様の環境を想定したシミュレーションを行った。シミュレーション諸元は表1と同一とする。シミュレーション結果は路車間、車路間共に実験結果と特性が一致した。このことから提案モデルは妥当であると言える。よって位置ずれ特性の分散の差異はカメラの姿勢が原因であることがわかった。

5. まとめ

実験により路車間及び車路間の撮影画像から情報源の位置ずれ特性を解析した結果、両者の特性は似ているが分散が異なる分布となることがわかった。

次に分散の差異の原因を調べるために画像上における情報源の移動について路車間と車路間を同一モデルで表現した。提案モデルより路車間と車路間の差異はカメラの姿勢項であり、この影響から位置ずれ特性の分散に差異が生じることがわかった。

参考文献

- [1] 名倉他, "車両走行時の路車間可視光通信のためのLEDアレイ追跡手法," 電子情報通信学会論文誌, vol. J95-B, no. 2, pp. 326-336, Feb. 2012.

MIMO メッシュネットワークの構築と状態監視法の検討

峰松 容浩 (指導教員：片山 正昭)
名古屋大学 工学部

1. 背景と目的

無線メッシュネットワークに MIMO(Multiple-Input Multiple-Output) を適用した MIMO メッシュネットワークを考える。MIMO では送信側と受信側の双方で複数のアンテナを用いて空間多重を行うことで大きな通信路容量を得ることが可能である。しかし、複数のアンテナを用いることで通信路の変化の影響を受けやすくなり、また、リンクの品質(特徴量)も増大する。このような理由から安定したネットワークの運用を行うためにはネットワーク全体の監視が必要である。これまで、MIMO でないメッシュネットワークでは、ネットワークの状態の把握として、ネットワークの接続形態の把握手法、リンク情報の収集手法などが検討されている。また、MIMO メッシュネットワークでは、送信レート制御 [1]、ルーティング手法 [2] などが検討されている。しかしこれらは個々のリンクに着目しており、ネットワーク全体の監視に関する検討はなされていない。

本研究では、まず始めに MIMO メッシュネットワークのテストベッドを構築する。構築したテストベッドを用い、各リンクの品質(特徴量)を測定する。そして測定したリンク品質からネットワークの特徴を見つける方法を検討する。

2. リンク品質の収集

ネットワークの状態監視の方法を検討する前段階として、ネットワークの特徴を知る必要がある。そのために、テストベッドを構築し、実験によりリンク品質を測定する。具体的には、テストベッド内の全ての通信可能なリンクにおいて、全ての送信レートで Iperf による通信を行い、受信側でのスループット、伝送成功率、2本のアンテナそれぞれの RSSI(Received Signal Strength Indicator) を測定する。チャネルは 36(5.18GHz) を使用し、送信電力は 20dBm、1 回の測定時間は 15 秒とする。

3. SOM(Self-Organizing-Map)

SOM はデータ解析の手法のうちの 1 つであり、高次元データの中に存在する傾向や相関関係の発見のために用いられる。高次元の入力データを圧縮して低次元のマップを作成し、入力データをマッピングすると似たデータ同士が近くにマッピングされるという特徴がある。

4. 測定結果への SOM の適用

測定したネットワーク内のリンク品質に SOM を適用してマップを作成した。入力データは各リンクとし、各リンクの成分は 2 節で収集した特徴量を正規化した値とした。ここで、リンクの時間変化も与えるために受信信号強度は測定の前半、中盤、後半の 3 点を用いた。

送信レートが 54Mbps と 81Mbps の時の各リンク品質を入力データとしてマップを作成し、完成したマップ上に入力データをマッピングしたものを図 1、図 2 に示す。

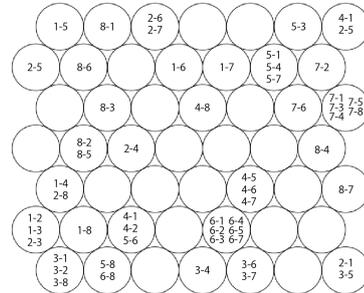


図 1 SOM の適用結果 (送信レート：54Mbps)

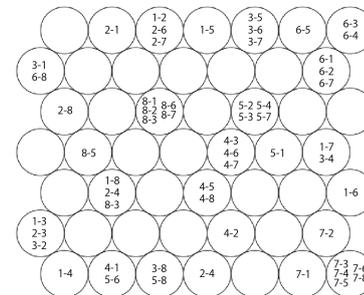


図 2 SOM の適用結果 (送信レート：81Mbps)

図上のラベルはリンクを表し、例えば「4-8」は端末 8 から端末 4 へパケットを送信した際のデータである。また、SOM の性質からこのマップ上では似たリンク品質を持つリンクは近くにマッピングされている。

図 1 において、2-3 と 3-2 は隣のセルにマッピングされており似たリンク品質を持つことが分かる。一方で、2-7 と 7-2 は離れたセルにマッピングされておりリンク品質が異なることが分かる。また、図 1 で、2-4, 8-3, 8-5 は隣接したセルにマッピングされている。これらは、送信レートが異なる場合の図 2 でも隣接したセルにマッピングされている。

また、図としては載せていないが、特徴量毎に色分けをすることで特徴量毎の関係性も捉えることが出来る。

5. まとめ

MIMO メッシュネットワークにおいてネットワークの監視の方法を検討する前段階として、ネットワークの特徴を把握する方法を検討した。テストベッドを作成し、測定実験を行いリンク品質を収集した。このリンク品質に SOM を適用することでネットワーク全体の傾向をつかむことが出来ることを確認した。

参考文献

- [1] I. Pefkianakis, S.B. Lee, S. Lu, "Towards MIMO-aware 802.11n rate adaptation," IEEE/ACM Trans. Networking, vol.21, no.3, pp.692-705, June 2013.
- [2] S. Chu, X. Wang "MIMO-Aware Routing in Wireless Mesh Networks," INFOCOM, Proc. IEEE, pp.1-9, San Diego, CA, USA, March 2010.

コプロセッサの実装による FabScalar の Linux 対応

武藤 郡 (指導教員: 佐々木 敬泰)
三重大学 工学部

1. はじめに

近年, プロセッサの高性能化に伴いスーパースカラの研究が広く行われている. スーパースカラを研究する上で, 容易にプロセッサの RTL 記述が変更でき, かつ Linux 等の OS を起動できるプロセッサデザインが求められている. RTL 記述を容易に変更できるプロセッサデザインは多数あるが, 多くはシングルパイプライン構成であり, 性能が十分に高いとはいえない. このような状況の中, RTL 記述を容易に変更でき, かつ高性能なスーパースカラプロセッサデザインとして FabScalar[1] が提案されている. FabScalar は演算資源数やフェッチ幅等のパラメータを与えることで, 様々な構成のスーパースカラコアを自動生成するツールである. しかし, 現在の FabScalar は, 割込み機構やメモリ管理機構を有しておらず, OS を必要とするような一般的なプログラムを実行できないという問題がある. そこで, 本研究では FabScalar 上で Linux 等の OS を起動させることを目指して, 1) 割込み機構, および 2) メモリ管理機構の追加手法を提案する.

2. 例外処理機構の実装

まず, 例外処理機構を追加するために, FabScalar に Coprocessor 0 を追加する. 当該ユニットは, FabScalar を含む MIPS 系のアーキテクチャで採用されているユニットで, 主に例外処理, 及びメモリ管理を司る.

FabScalar は命令実行の効率化を図るため, プログラム順に関係なく処理できる命令から順に実行 (アウト・オブ・オーダー実行) 機構を有している. しかし, 明示的な依存がないにも関わらず, 他の命令に副作用のあるコプロセッサ命令はインオーダー実行する必要がある. 特殊な制御が必要となる.

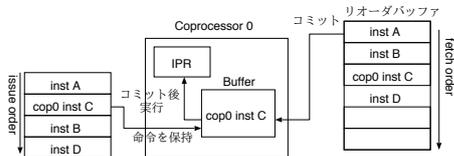


図1 Coprocessor 0 命令をインオーダーに行う機構

そこで, 図1に示すように, Cop0 命令が先行命令を追い越して実行することを避ける為に, 最初にフェッチされた Cop0 命令の実行を保留して Coprocessor 0 内のバッファに保持し, プログラム順を保持するリオーダーバッファの先頭に Cop0 命令が来た時点で実行することで当該命令までの命令をインオーダーに実行する手法を提案する. またこの機構だけでは Cop0 命令より後の命令が Cop0 命令を追い越して実行してしまう可能性があるため, Cop0 命令実行後にパイプラインをフラッシュして一旦該当 Cop0 命令より後の命令をキャンセルする機構

を追加する. これにより, FabScalar の設計を大幅に変更することなく, Cop0 命令に関連する一連の命令をインオーダー実行することが可能になる.

3. メモリ管理機構

Memory Management Unit(MMU) は仮想記憶を実現するためのアドレス変換などを行うユニットである. MMU にはアドレス変換でのメモリ上のページテーブルへのアクセスによるレイテンシを避ける為に Translation Lookaside Buffer(TLB) と呼ばれるバッファが置かれる.

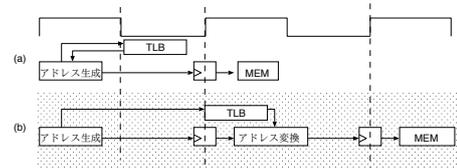


図2 DTLB

データアドレスの変換を行う為の TLB(DTLB) は比較的容量が大きくアクセスに時間が掛かる為, 動作周波数に影響を与える. そこで DTLB の動作タイミングを変化することで幅広い制約条件に対応できるようにする. 図2(a) はアドレス変換を半サイクルで行うパターンである. しかし, アドレス変換テーブルの動作速度の制約等により動作周波数を落とす必要がある場合には, 図2(b)のようにアドレス変換に1サイクル掛けるように変更することもできる. プロセッサ設計者は, パラメータを一つ変えるだけで容易に切替えることができる.

4. 評価

本研究で実装した Coprocessor 0 及び MMU と, FabScalar 全体について論理合成を行い, 総ゲート数を算出した. FabScalar 全体の 1,734,152[ゲート] に対し実装した機構は 87,875[ゲート]. ハードウェア量の増加は 5%程度に収まっており, 妥当な回路規模であるといえる.

5. おわりに

本研究では OS をサポートするスーパースカラコアを設計する為に, OS を動作させるために必要な Coprocessor 0 と MMU を FabScalar に実装した. 検証の結果, 提案した機構が正常に動作し, Coprocessor 0 に関する命令が正常に動作していることが明らかとなった. しかしながら, TLB によるアドレス変換が正常に行われていないため, Linux を動作させるには至っていない. 今後の展望として, TLB を正常に動作させ Linux を動作させることが挙げられる.

参考文献

- [1] N. K. Choudhary, et. al, "FabScalar: Composing Synthesizable RTL Designs of Arbitrary Cores within a Canonical Superscalar Template". ISCA-38, pp. 11-22, June 2011.

ヘテロジニアスマルチコアプロセッサ用の オンチップ同時多対多通信及びオフチップ通信のための バスシステム自動生成に関する研究

川島 弘晃 (指導教員: 佐々木 敬泰)

三重大学工学部情報工学科

1. はじめに

近年、ホモジニアスマルチコアプロセッサからヘテロジニアスマルチコアプロセッサの研究へと注目が移り変わっている。ヘテロジニアスマルチコアプロセッサは特徴の異なるアプリケーションに対して複数種類のコアを使い分けることで、計算性能の向上や、消費電力の低減に大きく貢献する。しかし、コアやそれに付随するキャッシュ、バスの設計・検証にかかる時間がヘテロジニアスマルチコアプロセッサを開発する上で大きな障害となっている。そこで著者らの研究グループでは、様々な構成のヘテロジニアスマルチコアプロセッサを自動生成するツールセット FabHetero を提案している。本論文では FabHetero のフレームワークの内、様々な構成のバスを生成する FabBus について述べる。FabBus¹⁾ はメモリとの通信が効率的に行えず、周辺機器との接続も考慮されていない。そこで本論文では、同時多対多通信と周辺機器との接続を可能にするより実用的なツールを提案する。

2. FabHetero

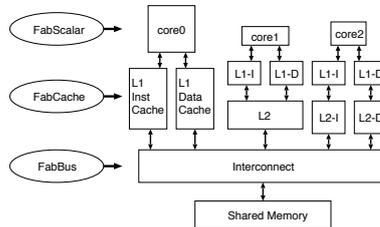


図1 FabHetero

図1にヘテロジニアスマルチコアプロセッサの構成例を示す。個々のコアの特徴によって最適なキャッシュ、バス構成が異なる。しかし、最適なキャッシュ、バス構成を手動で設計・検証するのは組み合わせの膨大さから非常に困難である。そこで著者らの研究グループではこの問題を解決するために、コア自動生成ツール FabScalar¹⁾ に、キャッシュ自動生成ツール FabCache、バス自動生成ツール FabBus を加えた FabHetero を提案している。

3. 実装

3.1 同時多対多通信

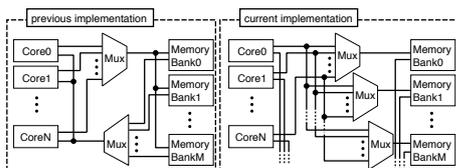


図2 従来の実装方式と今回の実装方式の比較

従来の FabBus の実装方式を図2(左)に、今回実装し

た方式を図2(右)に示す。図2(左)は、バス帯域幅を複数のスレーブ間で共有している。複数のマスターからのアクセス要求が同時発生した場合、順番に一つのマスターを選択して通信しなければならない。この方式ではメモリとの通信が効率的に行えずコアの待ち時間が増大してしまう。一方、図2(右)のバス構成は、それぞれのスレーブに対して専用のバスが用意されている。複数のマスターのアクセス先スレーブが異なっている場合、同時多対多通信が可能となる。

3.2 周辺機器との接続

本研究ではバス幅の異なる周辺機器との接続を、ビット幅変換器を作成することで実現した。通常、多ビットバスから少ビットバスへの変換は1つの読み出し動作を複数のトランザクションに分解することで実現するが、単純にそれを行うと FIFO を持つようなメモリの場合、不必要なデータアクセスを行ってしまい FIFO の中身を破壊してしまう危険がある。そこで、今回実装した変換器ではこの問題に対してプロセッサからのワード単位のアクセスを必要な領域のみへのアクセスに変換することで対応した。

4. 評価・動作検証

CPU とキャッシュメモリ、主記憶を本論文で設計したツールを用いて接続し、SPEC2000INT 中の bzip, gzip, gap, gcc, mcf の5つのベンチマークを実行した。各ベンチマークは最初の1億命令実行完了し、基本的なシステムバス通信が達成できていることを確認した。次に論理合成を行い NAND 換算の総ゲート数と動作周波数を算出した。従来の FabBus と比較して総ゲート数は約4倍増加したが、動作周波数に差は見られなかった。ゲート数の増加は主にアービターの複雑化と多重化によるものだと考えると、妥当な結果であると言える。

5. おわりに

本論文では、ヘテロジニアスマルチコアプロセッサ環境を対象とした同時多対多通信及びオフチップ通信を考慮したバスの実装を行った。今後の展望としてコヒーレンシ機能の実装に加え、より柔軟なバスフレームワークの自動生成に対応していくことが挙げられる。

参考文献

- [1] N. K. Choudhary, et. al, "FabScalar: Composing Synthesizable RTL Designs of Arbitrary Cores within a Canonical Superscalar Template". ISCA-38, pp. 11-22, June 2011.
- [2] 瀬戸勇介, 佐々木敬泰, 大野和彦, 近藤利夫, ヘテロジニアスマルチプロセッサ環境を対象とした AMBA バスフレームワークの設計と評価, SWoPP 2012, 2012年8月

キャッシュの可視化ツールを用いた可変レベルキャッシュの改良

近藤 舞佳 (指導教員: 佐々木 敬泰)
三重大学 工学部

1. まえがき

近年、プロセッサアーキテクチャの分野において高性能と低消費エネルギーの両立が求められている。特に、回路の微細化にともないリークエネルギーの増加が問題になっている。当研究室では低電力キャッシュ手法の一つとして可変レベルキャッシュ[1], Variable Level Cache(VLC)を提案している。しかし、従来のVLCは実行した際のミス率を基準にモードの制御を行っており、キャッシュの詳細な挙動を考慮していなかった。そこで本研究では、キャッシュの動作を解析し可視化出来るツールを開発した。開発したツールを用いてVLCを解析し、その解析結果を基にVLCの改良を行ったところ、改良手法は従来手法よりも消費電力が平均約14%、最大で約37%削減された。

2. 可変レベルキャッシュ

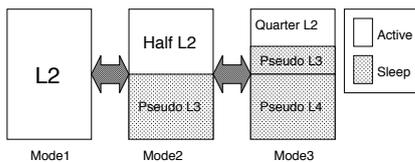


図1 可変レベルキャッシュ

当研究室では低電力キャッシュ手法の一つとしてVLCを提案している。VLCはキャッシュサイズを要求性能により動的に変化させる手法である。VLCのモード遷移図を図1に示す。プログラムの開始時には通常キャッシュと同じ動作をするMode1で動作する。キャッシュのミス率により要求性能を判断し、ミス率が閾値よりも低ければキャッシュサイズを半減させ、逆に大きければ倍増させる。半減する際は余剰領域をスリープモードへと移行し、かつ下位レベルの排他的キャッシュとして扱う事で性能低下を抑制しつつリーク電力の削減を行う。この手法では、実行時のミス率を基準に電力削減を行っており、キャッシュの詳細な挙動を考慮していなかった。そこで本研究ではキャッシュの可視化ツールを開発し、従来の評価手法では発見出来なかった改善の余地を発見・提案を行う。

3. 可視化ツールを用いたVLCの評価・改良

可視化ツールを用いてVLCの動作を解析した結果、要求されるデータの時間的、空間的局所性により一定期間内のスリープ領域へのアクセスはヒット又はミスに偏りやすい事が判明した。また、一定期間内のスリープ領域でのヒットはいずれかの領域に偏在する事も判明した。スリープ領域への無駄なアクセスの増加は動的エネルギーの増加及びリーク電力削減率の低下を引き起こす。そこで本研究では、スリープ領域でも特にデータが不要な部分をシャットダウンする事で性能を保ちつつ更なる

電力削減を目指す。一定サイクル毎にスリープ領域の各部をシャットダウンするかどうかの判断を行う。閾値としてスリープ領域でのヒット数を用い、シャットダウンをする区域はそれぞれキャッシュ総容量の1/4とする。提案手法を図2に示す。シャットダウン領域には再アク

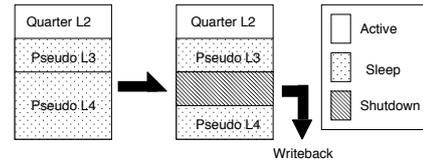


図2 シャットダウンのイメージ図

セスが不要なため無駄な再アクセスを削減し、動的エネルギー及びリークエネルギーを削減出来る。閾値にはアクセス数よりもヒット数を用いる方が、不要なアクセスのカウントが無く各領域の必要性を正確に判断できる。そのため不容易なシャットダウンがなくなり、ミス率の増加やそれに伴うモード切替を防ぐ事ができる。

4. 評価

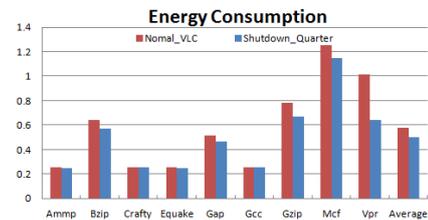


図3 消費電力

評価結果を図3に示す。「Nomal VLC」は従来のVLC、「Shutdown_Quarter」は本研究で提案した手法を示す。評価結果は通常キャッシュの結果で正規化した。提案手法は従来手法と比較して消費電力を平均約14%、最大約37%削減することが分かった。また紙面の都合上図は省略しているが、実行時間の増加はVLCでない通常キャッシュと比べても1%未満となった。

5. まとめ

本研究では、可視化ツールを用いてキャッシュの消費電力削減手法の一つであるVLCの評価・改良を行った。VLCにおいて、スリープモードで保持しているデータが不要な場合には該当部分をシャットダウンすることで更なる電力削減を実現した。提案手法は従来手法よりも消費電力が平均約14%、最大で約37%削減され、実行時間の増加はVLCでない通常キャッシュと比べても1%未満であるため、十分な改良が行えた。

参考文献

[1] K. Watanabe, et al., 'Reducing Dynamic Energy of Variable Level Cache', International Journal of Computer and Electrical Engineering vol.5, no.6, pp.581-586, December, 2013.

アイリス結合導波管の FDTD 法による解析

藤山 悠太 (指導教員: 井瀬 潔)

鈴鹿工業高等専門学校 専攻科

1. 緒 論

アイリス結合導波管形帯域通過フィルタの設計に際して、導波管内の電磁界分布の把握は不可欠である。従って、電磁界を解析するため手法の一種である FDTD(Finite Difference Time Domain)法[1]をアイリス結合導波管帯域通過フィルタの解析に応用することを本研究の目的とする。

2. FDTD 法

FDTD 法では、まず解析領域全体を微小セルに分割し、全セルに対して Maxwell 方程式を適用して解析する。本研究では通過域を 25[GHz] (管内波長 $\lambda_g=16.7$ [mm]) 程度と考えたので3軸のセルサイズをそれぞれ $\Delta x=\Delta y=\Delta z=0.1$ [mm]、時間ステップは $\Delta t=0.15$ [ps] とした。また、吸収境界条件は PML(Perfectly Matched Layer)を使用した。

3. アイリス結合導波管への応用[2]

3.1 解析構造

今回は 25.75[GHz]を通過域の周波数として得られるようにアイリス板の間隔等を図 3.1 の構造とした。ただし $a=8.6$ [mm], $b=4.3$ [mm], $t=1.0$ [mm], $w=2.4$ [mm], $L=7.9$ [mm]。

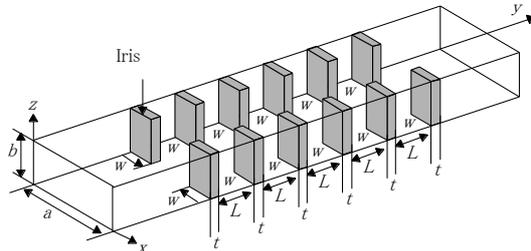


図 3.1 アイリス結合導波管の構造

3.2 ガウシヤンパルス入射

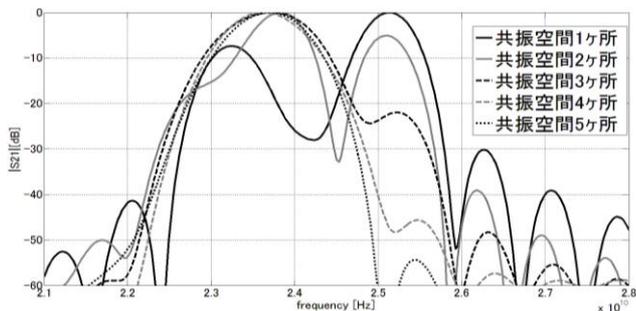


図 3.2 周波数特性

励振源に 3[dB]低下を 40[GHz] としたガウシヤンパルスを用いて、3.1 の構造においてアイリス板を装荷していき、共振する空間を1ヶ所 (アイリス板4枚) ~5ヶ所 (アイリス板12枚) まで増加させた時の伝搬波 TE_{10} の周波数特性を図 3.2 に示す。解析結果より共振空間を増やしていくに従って1つの周波数のみを通していき様子が観察できた。

3.3 正弦波入射

3.2 の結果より、導波管をもっとも通過する周波数は 23.7[GHz]となっていたため、励振源として $E_0=1$ [V/m], $f=23.7$ [GHz] の正弦波を用い、磁界と電界の様子を解析した。アイリス板12枚装荷したとき (共振空間が5ヶ所するとき) の解析結果の磁界と電界の様子を図 3.3.1 に示し半周期後の磁界と電界の様子を図 3.3.2 に示す。

解析の結果より、入射側から2番目あるいは5番目の共振空間と、3番目と4番目の共振空間のように電磁界の共振の仕方が2通りあることがわかる。

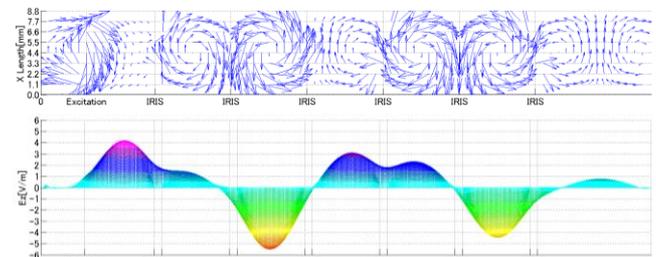


図 3.3.1 フィルタ内部の磁界と電界

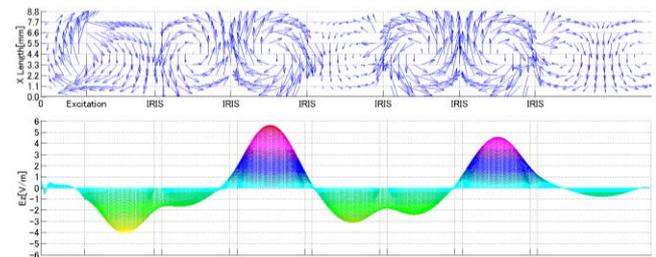


図 3.3.2 フィルタ内部の磁界と電界 (半周期後)

6. まとめ

通信衛星に必要な 3[GHz]~30[GHz]間の周波数帯における導波管内の電磁界を FDTD 法を用いて時間を追って解析することができた。特に、導波管内に適切な間隔でアイリス板を装荷すると特定の周波数だけを通すフィルタとしての役割を得ることがわかった。

このとき、1つの共振空間で共振を起こす場合と、連続する2つの共振空間にまたがって共振を起こす場合があることがわかった。二つの共振方法と周波数特性の関係を調べることが今後の課題である。

参考文献

- [1] 宇野亨: FDTD 法による電磁界およびアンテナ解析, コロナ社(1998).
- [2] 原田真也, 飯田幸雄: 導波管形帯域通過フィルタと FDTD 法解析, 電子情報通信学会論文誌, C Vol.J86-C No.2, pp.139-146(2003).

光再構成型ゲートアレイへの可変サイズスポット構成手法

赤木 昂太 (指導教員: 渡邊 実)
静岡大学 工学部

1. はじめに

我々は、光を用いて、高速な動的再構成が可能な光再構成型ゲートアレイ (ORGA: Optically Reconfigurable Gate Array) の研究開発を行っている。本稿では、光再構成型ゲートアレイのさらなる高密度化を目指し、可変サイズスポット構成手法を提案し、その試験結果を報告する。

2. 光再構成型ゲートアレイ

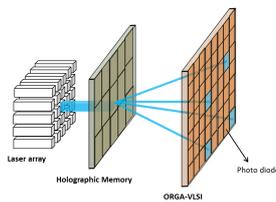


図1 光再構成ゲートアレイ概略図

光再構成型ゲートアレイの基本構造は図1に示すように、レーザアレイ、ホログラフィックメモリ、ゲートアレイ VLSI の3層からなる。ゲートアレイ VLSI の構造は、一般的な FPGA(Field Programmable Gate Array) と同様な構造であるが、それぞれのプログラムポイントに1対1でフォトダイオードが接続されている点異なる。このフォトダイオードによって、光情報として転送されてきた回路情報(コンテキスト情報)を電気的な情報に変換し、所望な回路をゲートアレイ VLSI 上に実装する。また、光再構成型ゲートアレイでは、大容量のホログラフィックメモリを使用し、時々刻々と回路を書き換えることで、仮想的に大規模なゲートを実現することが可能である。

3. 可変サイズスポット構成手法

光再構成型ゲートアレイ VLSI の高密度化に寄与する新しい可変サイズスポットを提案する。ゲートアレイ VLSI に実装されるフォトダイオードの間隔はホログラムを介して読み出される光の明点の大きさ(スポットサイズ)に依存する。通常、スポットサイズは回折限界により決まり、回折限界を超える読み出しは不可能である。しかし、ホログラフィックメモリの場合でも、レンズと同様に、ホログラフィックパターンの中央部分を不透過とし、フリッジ部分のみを使用することで、スポットサイズを縮小することが可能である。この場合、光のパワーは低くなるものの、高分解能な照射が実現できる。

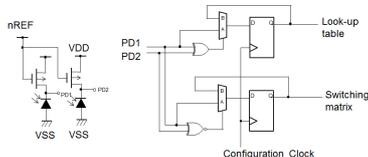


図2 可変サイズスポットを用いた回路構成

実際の動的再構成では、新たに図2に示す、2つのフォトダイオードで LUT(Look-up table) と SM(Switching matrix) 等の配線部の構成を行う回路を使用する。LUT 構成時には、従来のホログラムを使用する。その場合、スポットサイズ径が大きく、双方のフォトダイオードに照射されることになるが、それを LUT の1ビット分として再構成を行う。一方、再構成頻度の低い SM 構成時は、縮小手法を用いたホログラムを使用し、2つのフォトダイオードのうちどちらかのみに光を照射するように設計する。SM を構成する頻度は LUT を構成する頻度と比べて低いため、高速な再構成を維持しつつ、高分解能の再構成が可能になる。

今回は、実際に縮小手法を用いたホログラムを使用し、スポットサイズ径の縮小を観測した。

4. 試験結果

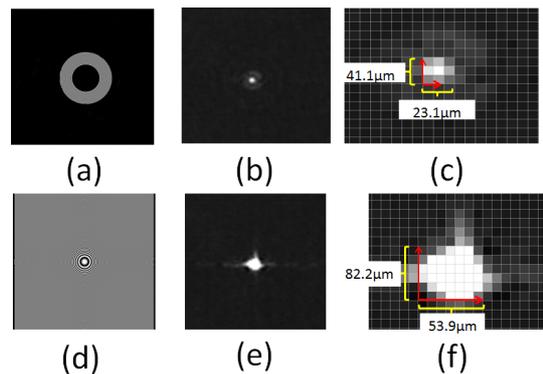


図3 (a) 縮小手法を用いたホログラフィックパターン (b)(a) から読み出されたコンテキストパターン (c)(b) の拡大図 (d) 従来のホログラフィックパターン (e)(d) から読み出されたコンテキストパターン (f)(e) の拡大図

図3(a),(d) から読み出されたコンテキストパターンをそれぞれ図3(b),(c) 及び (e),(f) に示す。このようにスポットサイズを1/2以下に縮小することに成功した。

5. まとめ

内側を不透過とする特殊なホログラフィックパターンを使用することで各明点のスポットサイズの縮小が行えることを示した。このホログラムを用いることで、従来よりも高集積化した光再構成型ゲートアレイの開発が可能になる。また、図2のような回路を実装することで、従来並みの高性能な再構成も可能である。今後、高密度光再構成型ゲートアレイ VLSI を試作する予定である。

参考文献

[1] 赤木昂太, 渡邊 実, 「光再構成型ゲートアレイへの可変サイズスポット構成手法」電子情報通信学会技術研究報告(リコンフィギャラブルシステム研究会) Vol. 113, No. 221, pp. 109-112, 北陸先端科学技術大学院大学, 9月19日, 2013.

光再構成型ゲートアレイへの色構成手法

藤森 卓巳 (指導教員: 渡邊 実)
静岡大学 工学部

1. はじめに

宇宙空間で使用される組み込みデバイスは宇宙放射線の影響を受ける. 一般的な SRAM(Static Random Access Memory) 型 FPGA(Field Programmable Gate Array) は MBU(Multiple-bit upset) の影響を抑制するのが難しいため, 宇宙用組み込みシステムの基幹部には使用されない.

我々はこの問題を解決するために, 光再構成型ゲートアレイの研究を行っている.

2. 光再構成型ゲートアレイ

図 1 に示すように, 光再構成型ゲートアレイはレーザーアレイ, ホログラフィックメモリ, ゲートアレイ VLSI の 3 要素で構成されている. 本デバイスは FPGA のコンフィギュレーション ROM に相当する部分にホログラフィックメモリを採用している. このため, 宇宙放射線による回路情報の破損に対する耐性が強い. また, ホログラフィックメモリに記憶されたコンテキスト情報はレーザーアレイによってアドレッシングされ, 完全並列にゲートアレイ VLSI に転送されるため, 回路実装にかかる時間も短い. この特徴により, ゲートアレイ VLSI 上にプログラムされた回路が宇宙放射線によって破壊された場合でも, ホログラフィックメモリから正しいコンテキスト情報を即座にゲートアレイにダウンロードし, 回路を再スタートさせることができる.

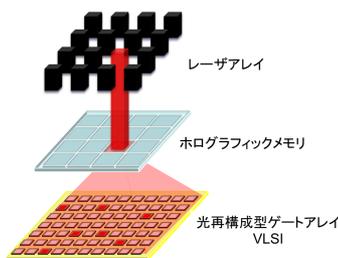


図 1 光再構成型ゲートアレイの構成

3. 色構成手法

従来の光再構成型ゲートアレイでは, 単一波長のレーザーを用いて回路情報を読み出してきた. 3次元ホログラフィックメモリを用いれば, たとえレーザーアレイの各レーザー光がホログラフィックメモリ上でオーバーラップしたとしても, それぞれのレーザーの入射角が異なることから, 異なる回路情報の読み出しが可能であった. しかし, レーザーアレイのレーザー間隔を小さくしていくと, 各レーザーからの入射角が非常に近くなり, 回路情報の読み出しが困難であった. そのため, この問題を解消する手法として, 色構成手法を提案している [1]. この手法は複数波長のレーザーアレイを用いることで, 理論上, レーザー光

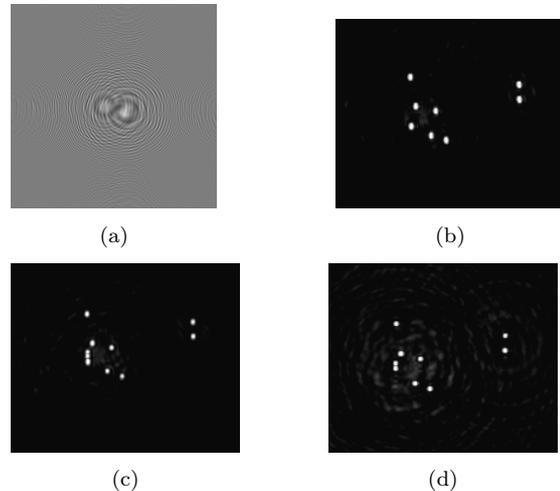


図 2 (a) 色構成手法を用いたホログラフィックパターン (b) 波長 404nm レーザで読み出した AND 回路 (c) 波長 532nm レーザで読み出した OR 回路 (d) 波長 632.8nm レーザで読み出した EXOR 回路

が同経路でホログラムに入射した場合でも, 異なる回路情報の読み出しが可能となる. これにより, 従来の光再構成型ゲートアレイよりレーザーアレイの実装密度をあげることが可能となる.

色構成手法を用いたホログラフィックパターンを図 2(a) に示す. このホログラフィックパターンには 3 つの回路情報が記憶されている. 実際にこのホログラフィックパターンを用いてプログラム可能か検証した.

4. 試験結果

図 2(a) のホログラフィックパターンから読み出されたコンテキストパターンを図 2(b),(c),(d) に示す. わずかなスポットの乱れは確認できるものの, 明暗のコントラストは十分であり, 回路の構成試験にも成功した.

5. まとめ

従来の光再構成型ゲートアレイの単一波長を用いた構成手法は, レーザの入射角が非常に近くなった場合には異なる回路情報を読み出すことが困難になる問題があった. しかし, 本稿で提案する色構成手法では, 入射角を気にする必要はなく, レーザーアレイのレーザー間の距離がゼロでさえも再構成が可能である. 本手法はレーザーアレイの密度を増加させることができ, 将来的に光再構成型ゲートアレイのパッケージサイズをより小さくすることが可能となる.

参考文献

- [1] T. Fujimori, M. Watanabe, "Color configuration method for an optically reconfigurable gate array," International Conference on Field-Programmable Technology, pp. 406-409, Kyoto, Japan, Dec., 2013.

円の Hough 変換と濃度こう配特徴による道路標識の自動検出

加藤 祐嗣 (指導教員: 大山 航)
三重大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

近年, 交通事故を減少させるために, 自動車の安全運転支援技術が研究されている. 注目されている運転支援技術の一つに道路標識の自動認識システムがある. しかし, 道路標識の自動認識は様々な課題があるため, まだ実用化に至っていない. 道路標識の自動認識の実現には, 道路標識の自動検出が必要である. 道路標識の自動検出に関する研究は, カスケード型識別器による標識検出手法 [1] や, 色特徴を利用した手法 [2] などがある. しかし, 色特徴を利用する手法では天候や照明等による色変動の影響を受けやすいという欠点がある.

本研究では, 形状特徴を利用した円の Hough による検出手法 [?] に, 濃度こう配特徴とサポートベクターマシンの (SVM) による処理を組み合わせることで, 道路標識の検出精度向上を図る.

2. 提案手法

本研究の提案手法を以下に示す.

1. 入力画像対して, sobel フィルタを用いて各画素におけるこう配を抽出する.
2. 円の Hough 変換 [3] により, 標識の候補点を見つける.
3. 各候補点に対し, 円の半径推定 [3] を行う.
4. 標識候補の領域から 400 次元の濃度こう配特徴を取得する.
5. 濃度こう配特徴を利用し, SVM により標識・非標識の分類を行う.

2.1 濃度こう配特徴

標識の候補点と半径から標識候補の領域を取得し, この領域に Sobel フィルタによるエッジ抽出処理を行う. この処理により, 円の候補点領域のこう配強度と向きを取得する. 取得した強度と向きにより濃度こう配ヒストグラムを作成し, これを特徴ベクトルとする. 本手法では, ブロックサイズ数 5×5 , 方向量子化数 32 方向の 800 次元の特徴を 16 方向に削減した 400 次元の特徴ベクトルを用いる.

3. 評価実験

3.1 データセット

本研究では, 走行中の車載カメラで撮影した動画から, 円形標識を含んだシーンを静止画として取り出した 2304×1296 pixel のカラー画像を使用する. シーン数は 48 あり, 各シーン標識までの距離が異なる 3 画像を用意し, 144 枚の画像を入力画像とした. 標識までの距離が 50m, 30m, 10m の画像をそれぞれ frame1, frame2, frame3 と定義する. 画像中の各標識には正解データとして, 中心座標と半径を目視で与える.

表 1 各 frame 毎の検出率 (RANK 5)

	frame1(50m)	frame2(30m)	frame3(10m)	Total
従来手法	35.4%	81.3%	89.6%	68.7%
提案手法	36.5%	82.3%	93.8%	70.9%



(a) 正解画像

(b) 失敗画像

図 1 結果画像例

3.2 実験概要

144 枚の画像のうち, 各フレーム 16 枚の計 48 枚を学習データ, 各フレーム 32 枚の計 96 枚を評価用データとして使用した. 分類器は SVM(libsvm-2.89), 特徴ベクトルは濃度こう配特徴を用いた. SVM により取得した評価値の高い候補を複数出し, その中心座標及び半径と正解データを比較し, 誤差がそれぞれ 10pixel 以内の時に検出成功とする.

4. 結果とまとめ

認識率を表 1 に, 正解画像・失敗画像の例をそれぞれ図 (a)・図 (b) に示す. 各 frame における検出率は, frame1 で 36.5%, frame2 で 82.3%, frame3 で 93.8%, 全体では 70.9% であった. 従来の方々に比べて検出率が各 frame で増加した. また, 低 RANK における検出率が向上し, 提案手法の有効性が認められた. 今後の課題として, 交通標識までの距離が遠い場合の検出率が低いことが挙げられる. 標識・非標識の特徴で類似しているものを学習している事が理由と考えるので, 検討していく必要がある.

参考文献

- [1] 道満恵介, 高橋友和, 目加田慶人, 井手一郎, 村瀬洋, "生成型学習とカスケード型識別器による道路標識検出・認識", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008) 講演予稿集, pp.376-381, July 2008.
- [2] 明珍甲太, 景山陽一, 西田眞, "カラー情景画像における円形道路標識の認識に関する検討", 電子情報通信学会技術研究報告, pp.181-185, 2005.
- [3] 伊藤康孝, 大山航, 若林哲史, 木村文隆, "濃度こう配を利用する円の Hough 変換を用いた両目の検出", 電気関係学会東海支部連合大会論文集, P5-2, August 2010.

超音波を用いた心筋運動追跡における追跡範囲の自動設定

濱口 雅司 (指導教員: 大山 航)
三重大学 工学部情報工学科

1. はじめに

今日、日本人の年間死亡者数のうち、心疾患が死因となる割合は全体の約 16 % である。心臓の診断方法の一つとして、超音波診断装置を用いて、医師の目視と主観により診断が行われている。しかし、図 1 で示されるような時間的変化を記録する超音波 M モード画像は画質が低く、医師の経験や熟練度に診断が左右されるという問題がある。

従来研究 [1] は、心筋運動の追跡と追跡結果の評価を自動化する手法であるが、追跡範囲は手動で設定する必要がある、手動による追跡範囲の誤差が含まれる問題点があった。

本研究は、追跡範囲の設定を自動化して、先行研究の心筋運動追跡と組み合わせることで全自動の運動追跡を実現することが目的である。

2. 提案手法

研究手法を以下に示す。

1. 手動で追跡開始時刻を時間軸上に設定する。
2. 次式で定義される正規化相関が最大値となる時間軸上の点を追跡終了時刻とする。

$$\gamma(M_0, M_i) = \frac{M_0 \cdot M_i}{\|M_0\| \|M_i\|} \quad (1)$$

ここで、 $M_i = \{ m_{i,0}, m_{i,1}, m_{i,2}, \dots, m_{i,n-1} \}$ は時間軸上の i 番目の超音波強度値のベクトルを表す。 $M_0 \cdot M_i$ はベクトルの内積であり、 $\|M_0\|$ 、 $\|M_i\|$ はノルムである。

3. M モード画像全体を、大津の判別分析法で二値化し、 20×20 画素の正方形の構造化要素を用いて、白色用域に対してクロージング処理を行う。1 で入力された追跡開始時刻のライン上で縦方向下向き白色、黒色それぞれのランレングスを求める。一定値以上の長さを持つ白色 (黒色) ランレングスの開始点を追跡深さ範囲の上端 (下端) とする。
4. 原画像において、1 で入力された追跡開始時刻のライン上の輝度値の変化を用いる。左室後壁に相当する領域は、心腔 (黒色)、左室後壁 (灰色)、左室外膜側心筋 (白色) の三段階の輝度変化を持つ。それぞれの輝度変化が起きている箇所を追跡深さ範囲の上端、下端とする。

3. 実験と評価実験

3.1 実験環境

性能評価実験を正常被験者 10 例 (一心拍以上の心筋運動のデータ) を用いて行った。

機器は日立メディコ EUB6500 を使用した。

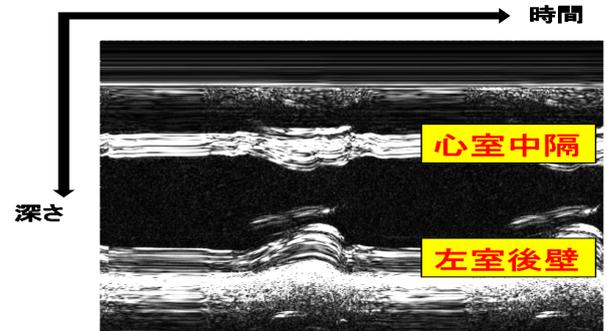


図 1 Mモード画像

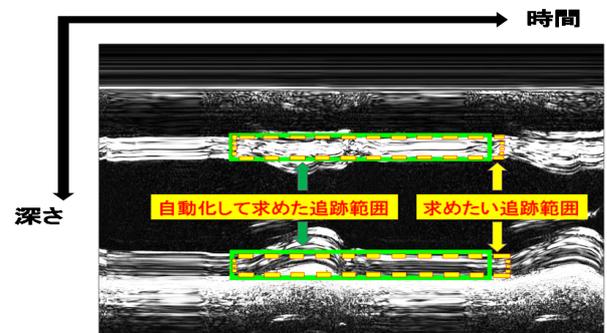


図 2 正解データと実験結果

3.2 実験

図 2 に提案手法を用いた追跡範囲自動設定結果の例を示す。図中の破線、実線はそれぞれ手入力された追跡範囲、自動設定された追跡範囲を示す。

提案手法による自動設定の精度を、手動設定を正解として評価した。評価は時間範囲、心室中隔、左室後壁の深さ範囲それぞれの自動、手動の重複率で行う。10 例の実験データに対して平均した重複率を表 1 に示す。

表 1 平均重複率

追跡時間範囲	心室中隔	左室後壁
94.5 %	70.1 %	70.3 %

4. まとめ

ノイズ頑健性を向上することが出来れば、さらなる推定率の向上につながる。

また、追跡開始時刻を手動で入力しているため、追跡開始時刻も自動化を行い、全自動化を出来るようにする必要もある。

参考文献

- [1] Chen Chao, Naoki Maesako, Wataru Ohyama, Tetsushi Wakabayashi, Fumitaka Kimura : "Motion Tracking of Local Myocardial Tissue Using a DP+E Tracking Method on M-mode Echocardiograms", Fifth International Conference on Emerging Trends in Engineering and Technology (ICETET-12), pp. 1-6

Kinect を用いたベッド上の人体認識

古橋 知大 (指導教員:大村 廉)

豊橋技術科学大学 情報・知能工学科

1. はじめに

看護や介護において、ベッド上での患者の状態を把握することは非常に重要である。例えば、ベッド上で長時間同じ姿勢でいることは褥瘡を発生させる原因となり、一日のうち長時間をベッド上で過ごさなければならない患者にとって非常に大きな問題となる。そこで、本研究では、患者の姿勢を取得するシステムの開発を行う。

患者の姿勢を取得するに当たり、ベッドに仕込んだ感圧センサを用いる方法があるが、高価なシステムになってしまう、という問題があった。一方で天井からカメラを用いて患者を観察する方法がある。吉武らは、特に比較的安価に入手可能となった3次元深度画像センサ Kinect を用いた医療用の患者監視システムの提案を行っている[1]。このシステムでは深度情報から患者が動いたかどうかの判別を行ったが、人間の骨格を検知し、人体を認識することは実現できなかった。そのため、患者の細かい姿勢が推定できず、正確な姿勢や状況を取得することが難しかった。

本研究では、吉武らと同様、ベッド上部に設置した Kinect を用いる。Kinect の仕様上、人体と背景の深度差分が小さすぎる場合、人体を検出することは難しい。本研究では、外れ値にロバストなモデルフィッティング手法として知られる RANSAC 法によってベッド平面を推定し、距離画像から除去して、そこから人体認識を行う手法を提案し、ベッド上の患者の姿勢を取得する手法を提案する。

2. 設計

2.1 システムの設置環境

提案手法の動作環境を、図1に示す。図1左のように、深度画像の取得には、Kinect を用いる。Kinect は患者が横たわった時に Kinect のカメラが全身を捉えられるよう(図1右)、ベッドの中心から上2.5m程度の位置に設置した。また、OpenNI2を使用して深度画像の取得、処理を行った。なお、ベッドの両脇には手すりを取り付けられ、その他の障害物、例えば掛布団などは存在しない。



図1 システムの動作環境

2.2 RANSAC 法によるベッド平面の推定

本研究では、ベッド平面の推定に RANSAC 法を用いる。これは、ランダムに取り出したパラメータの誤差範囲に閾値を設け更新することで、外れ値を含む点群から2次元ならば直線、3次元ならば平面を一意に決定する、もっともらしいパラメータを推定する手法である。閾値内のパラメータ数が最大になる時、それを正しい推定とみなす。これを3次元に適用し、ランダムに取り出した3点を更新していくことで平面を推定する。平面推定を行うための別の手法に、最小メジアン法がある。RANSAC 法が最適モデルのパラメータの誤差範囲に閾値を設けるのに対して、最小メジアン法は全データの二乗誤差のメジアンで評価を行い、メジアンが最も小さくなる時を正しい推定とみなす。これ

ら二つの手法は、外れ値に対するロバスト性は同等であるが、最小メジアン法は全データの二乗誤差を計算するため、計算量が多くなってしまふ。よって、リアルタイムに患者の状態を把握するために、本研究では比較的計算量の少ない RANSAC 法を用いる。

3. 実験

図1の環境のもとで、Kinect による距離画像の取得、RANSAC 法を用いた平面推定と除去、再構成した距離画像からの人体骨格抽出を4名の被験者に対して行った。図2に、平面除去後の距離画像と、人体骨格抽出の結果を示す。仰臥位、側臥位、腹臥位、それぞれのケースで平面推定と除去は問題なく行われ、人体のシルエットが抽出できた。この際、ベッドの両脇にある手すりは、特に平面抽出の妨げになることがなかった。人体骨格抽出については、平面除去画像に対し、OpenNI2を使用する際のスケルトン制御に用いられる NiTE2 で行った。図2右、赤色の点で検出した各ジョイント部を示し、人体骨格モデルの取得に成功し、人体の動作への追従を確認した。

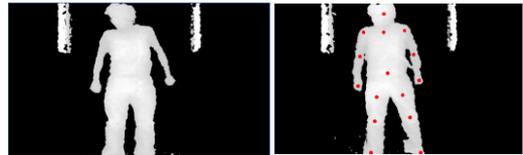


図2 平面除去距離画像と人体骨格抽出

4. 考察

本実験で想定した環境では、図2に示した通り良好な出力結果が得られた。本研究によって、ベッド上の患者の姿勢が検出可能になったことにより、動作を分析することによる異常動作の監視や動作支援などに役立つことが予測される。例えば、吉武らの手法では深度の変化で姿勢変化の有無を判定するため、患者が同姿勢で別の位置へ移動した場合対応できないが、提案手法では対応が可能である。

今回の実験は限定された理想的な環境に対してのみ行われたため、実際の医療現場で考えられる状況に対応させることが課題となる。起こり得る状況として、ベッドが起き上がった状態が考えられる。これに対しては RANSAC による平面抽出を二平面同時に行う必要がある。複数面の同時抽出に対応できれば、障害物に対してよりロバストなシステムの構築が可能になると考えられる。

5. まとめ

医療の質や効率の向上を目的とし、ベッド上の患者の状態をモニタリングするシステムの構築を行った。ベッド上に設置した Kinect から得られた距離画像から RANSAC 法を用いてベッド平面の推定を行い、その除去を行って、人体骨格モデルの抽出に成功した。今後の展望として、ベッドが起き上がった状態における人体検出や、アームテーブルのような障害物への対応など、あらゆる状況にロバストなシステムの構築を目指す予定である。

参考文献

- [1] 吉武 伸泰, 恒田 晃完, 灘口尚大, 田中康一郎: Kinect センサを用いた医療用患者監視システムにおける姿勢検知機能の実装, 情報処理学会研究報告 火の国情報シンポジウム 2013, B-5-3.

路面標示維持に向けた車載カメラと CANデータログを用いた大規模路面画像合成

西野 咲子 (指導教員: 小栗 宏次)
愛知県立大学 情報科学部 情報科学科

1. はじめに

日本の道路の総延長は年々増加している。それに伴い、維持すべき道路インフラが増加しているにも関わらず、道路の維持管理費の予算は年々減少傾向にあり、コスト削減のための工夫や基準の見直しが行われている。この状況は道路インフラの1つである路面標示にも当てはまる。路面標示は種類により管轄が異なり、塗り替えの時期についても明確な基準が存在しない。したがって、路面標示を維持するためにその状態をデータベースで管理することが必要であると考えた。本研究ではその実現の第一段階として、車載カメラ画像とCANデータログを用いた大規模路面画像合成の手法を提案する。

2. 大規模路面画像合成手法

手法の流れを図1に示す。車両上部に設置した車載カメラから道路面の撮影を行い、走行画像を取得する。撮影画像は奥行きのある画像になる。しかし、画像内の位置によって投影された対象の大きさが異なるのでそのままでは路面標示の劣化を正確に推定するのは困難である。そこで、ホモグラフィ変換 [1] を用いて路面上方から俯瞰した画像を得る。次に、CANデータログの中のジャイロセンサの値から車両ヨー角の角速度を取得し、時系列に積分することで基準からの回転角 θ [deg] を算出する。その後、各連続フレーム間で道路領域のマッチングを行う。探索範囲は1フレーム間に進む距離 d [pixel/frame] をもとに決定する。類似度の算出方法にはZNCCを用いる。ジャイロセンサの誤差を考慮して、テンプレート画像を算出した回転角 θ [deg] を中心に $\theta - 1 \leq \Delta\theta \leq \theta + 1$ となる範囲内で 0.1 [deg] ずつ回転させ、最も類似度の高い角度と位置座標を求める。求めた角度と位置座標をもとに画像を回転および移動を行い、画像を撮影順に合成画像上に重ね合わせることで路面画像の合成を行う。

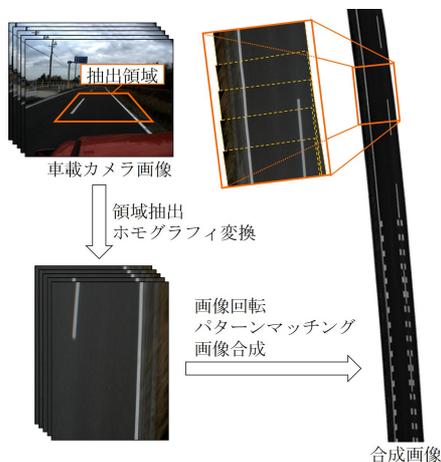


図1 大規模路面画像合成手法

3. 精度評価実験

出発および到着地点が同じで反時計回りに周回する約 300 [m] のコースを実車両で走行した。車両には上部にカメラ、ダッシュボードにCANデータログシステムを搭載した。車載カメラの画像サイズは 1280×1024 [pixel]、フレームレートは 30 [fps] であり、 2000 [frame] を撮影した。速度センサとジャイロセンサはサンプリングレート 10 [Hz] で記録した。

出発および到着地点が同じになっていることから、走行後の車両ヨー角の真値を 360 [deg] とした。表1は $\Delta\theta$ 固定法と $\Delta\theta$ 探索法のそれぞれの走行後の車両ヨー角の誤差およびその誤差比率である。 $\Delta\theta$ 固定法とは類似度探索を行う回転角を $\Delta\theta = \theta$ とした場合、 $\Delta\theta$ 探索法の回転角は提案手法のとおりである。この結果から、ジャイロの値を直接用いて回転させた際に誤差が大きく生じているが、画像から得られる特徴も用いて路面画像の合成位置や回転角度を決定することで精度が向上した。 $\Delta\theta$ 探索法による合成画像およびGoogleマップの航空地図の道路標示(進行方向)部分を図2に示す。これらの比較を行うと、航空写真に比べ合成画像のほうがエッジがはっきりしていることが確認できた。また出発および到着地点に着目すると、コース周回後の回転角の誤差は 2.67 [deg]、真値に対する誤差比率は 0.74 [%] であり、位置の誤差は 0.66 [m]、コース1周に対する誤差比率は 3.55 [%] となった。

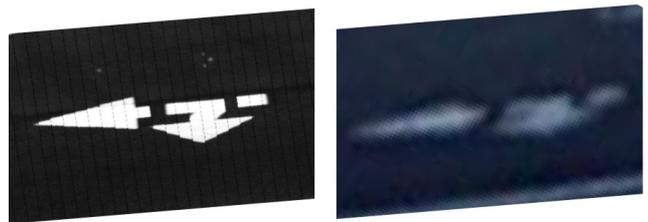


図2 合成画像(左)と航空写真(右)の道路標示部分

表1 車両ヨー角による評価

手法	車両ヨー角 [deg]	誤差 [deg]	誤差比率 [%]
$\Delta\theta$ 固定法	425.23	65.23	18.12
$\Delta\theta$ 探索法	362.67	2.67	0.74

4. おわりに

本研究では、路面標示維持のための大規模路面画像合成手法の提案および精度評価を行った。今後の課題は、合成した路面画像を用いて路面標示の劣化状態推定を行うことである。

参考文献

- [1] 出口: “コンピュータビジョン, グラフィックスのための射影幾何学 [II]”, 計測と制御, **29**(12), 1114-1122, 1990.

多数の実例との照合による旋律に対するコード進行付与手法

前田 高志 (指導教員: 山本 晋一郎)
愛知県立大学 情報科学部

1. 背景と目的

音楽においてコードとは音程の異なる複数の音が同時に鳴るときの合成した音のことであり、時間の変化に伴ったコードの変化のことをコード進行という。旋律は直感でも作曲することができるが、その旋律に適したコードを考えることは難しい。旋律に対して適したコードを提示する既存の手法 [1][2] はダイアトニックコードのみの使用や、旋律の臨時記号に対応していないといった制限がある。本研究は、旋律は作曲できるが、その旋律に適したコードを考えることができない者を対象とし、(様々なコードの使用と旋律の臨時記号に対応するという意味で既存手法よりも) より適したコード進行を提示する(ことによる作曲支援) 手法を提案する。

2. 提案するコード進行付与手法

提案手法はコード進行の実例の中から旋律に適すると考えられるコード進行を提示する。多くのコード進行の実例と対象の旋律を一つ一つ照合し、各コード進行がその旋律にどれくらい適しているかを算出して適したコード進行を探す。旋律に対するコード進行の適合度を示すスコアを以下のように定義する。

1. 小節ごとに、旋律音がコードの構成音に含まれている割合を小節の適合率とする。ここで割合は(音符の個数ではなく)小節に対する音の長さで数える。なお、休符はコードの構成音に含まれているとみなす。
2. 各小節の適合率の相乗平均を、旋律に対するコード進行の適合度スコアとする。

旋律が構成音に含まれていることは旋律とコードが協和することを意味する。またコード進行に実例を使用することで、コード間の移り変わりが適切なコード進行を出力することができる。一小節でも旋律とコードが不協和な小節があればそのコード進行を旋律に対して不適切な進行とするために、小節内の適合率に対して相乗平均ではなく相乗平均をここでは用いる。

3. 実装

提案した手法を実証するためにシステムを構築した。システムは(MusicXML形式による)旋律を入力されると、あらかじめ登録された実際の楽曲のコード進行との適合度スコアを全て計算する。その処理手順を以下に述べる。

- 1 非和声音の処理 旋律の音で非和声音と考えられる音を和声音と考えられる音に変える。旋律から非和声音と明確に判断できる経過音と刺繍音を和声音にする。
- 2 度数表記変換 コード進行と旋律をそれぞれ音名表記から度数表記に変換する。これは照合を調に依存させない為である。
- 3 照合 2節の定義に従い旋律とコード進行の適合度スコアを算出する。

- 4 終止の考慮 入力旋律の最後の小節は終止と呼ばれる曲の終わりや区切りと判断できる。旋律に対して不適切な終止となるコードの場合、旋律の音はそのコードの構成音に含まれていないものとみなす。

またシステムには、適合度の順にコード進行を提示する機能及び、旋律とコード進行を合わせた MIDI ファイルを生成する機能を結果出力の方法として実装した。

4. 評価

手法の評価を次のように行った。コード進行の実例として、8小節、4分の4拍子のさまざまな(プロによる)楽曲のコード進行を照合対象として収集した。これらの楽曲から、クラシック音楽4曲と日本のポピュラー音楽の11曲の旋律を無作為に選び、各コード進行の適合度スコアを算出した。これらの楽曲の本来のコード進行も照合対象に含まれているが、それが301個のコード進行において何位になるかを調査した。評価結果を表1に示す。

表1 評価結果

手法	平均順位	最低順位	1位の曲数
提案手法	1.7	9	11
相加平均	2.0	9	10
非和声音を考慮しない	2.2	10	11
終止を考慮しない	2.3	13	9

旋律に対してプロの音楽家が付与したコード進行を正解とみなすと、提案手法が最も平均順位が高く、最低順位も高く、1位に選択する回数も高いことから、提案手法は適切なコード進行を提示できていると考えられる。また、これら15曲の旋律には臨時記号が含まれているものも含まれており、既存手法では適切なコード進行を付与できない。

5. まとめと今後の課題

和声理論に基づく構成的なコード付けではなく、実例との照合によるコード付けを行うことで、様々なコードの使用や臨時記号の対応という高度なコード付けを行った。今後の課題として旋律に実際に使われたコード進行以外の適合度スコアの高いコード進行が、旋律に適したコード進行であるかどうかを評価する必要がある。また現在は8小節のコード進行のみを用意したので、8小節以外の旋律にも対応できるようにコード進行を用意すべきである。

参考文献

- [1] 三浦雅展 他: “ポップス系の旋律に対する和声付与システム:AMOR,” 情処論, Vol. 46, No. 5, pp. 1176-1187, 2005.
- [2] Koops, H.V., J.P.Magalhaes, and W.B. de Haas, “A Functional Approach to Automatic Melody

2ポート測定による4ポートSパラメータ推定に使用する負荷の条件

大野 慎治 (指導教員: 関根 敏和, 高橋 康宏)
岐阜大学 工学部

1. まえがき

車載ケーブルや高密度に集積された基板およびICなど, 入出力の各ポートのグラウンドが共通電位とみなせない回路, あるいは, 測定器を直接接続するのが困難なポートを持つ回路のSパラメータを, 測定によって推定する一方法を先に報告している [1]. 本文では, その方法で使用する既知の負荷が満足すべき条件を述べる. また, 本方法では, いくつかのSパラメータの符号を確定できないが, 推定Sパラメータの回路に接続した回路のSパラメータは, 完全に推定できることを示す.

2. 既知の負荷の条件

図1(a)に既知の負荷 $S_3^{(k)}, S_4^{(k)}$ で終端された相反4ポート回路を示す. このとき, ポート1,2間の反射係数と透過係数 $\hat{S}_{ij}^{(k)}$ を測定によって求めると, 相反4ポート回路のSパラメータ S_{ij} の推定式は

$$\begin{bmatrix} 1 & S_3^{(k)} \hat{S}_{ij}^{(k)} & S_4^{(k)} \hat{S}_{ij}^{(k)} & S_3^{(k)} & S_4^{(k)} & S_3^{(k)} S_4^{(k)} \hat{S}_{ij}^{(k)} & S_3^{(k)} S_4^{(k)} \end{bmatrix} \cdot \mathbf{m}_{ij} = \hat{S}_{ij}^{(k)} \quad (i, j) = (1, 1), (1, 2), (2, 2) \quad k = 1 \dots 7 \quad (1)$$

ただし

$$\mathbf{m}_{ij} = \begin{bmatrix} m_{ij}^{(1)} \\ m_{ij}^{(2)} \\ m_{ij}^{(3)} \\ m_{ij}^{(4)} \\ m_{ij}^{(5)} \\ m_{ij}^{(6)} \\ m_{ij}^{(7)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{ij} \\ S_{33} \\ S_{44} \\ S_{i3}S_{j3} - S_{ij}S_{33} \\ S_{i4}S_{j4} - S_{ij}S_{44} \\ S_{34}^2 - S_{33}S_{44} \\ (S_{ij}S_{33}S_{44} + S_{i3}S_{j4}S_{34} + S_{j3}S_{i4}S_{34}) \\ (-S_{i3}S_{j3}S_{44} - S_{i4}S_{j4}S_{33} - S_{ij}S_{34}^2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

である [1]. ここで, $S_{13}, S_{14}, S_{23}, S_{24}, S_{34}$ については, その2乗が求まり, 取りうる符号の組み合わせは表1になる. 式(1)で \mathbf{m}_{ij} の係数行列は1次独立でなければならないから, 既知の負荷の必要条件として以下を得る.

- (i) $\{S_3^{(k)}, S_4^{(k)}\}$ の組は, すべての k で他の組と同一であってはならない.
- (ii) $S_3^{(k)}$ と $S_4^{(k)}$ および $S_3^{(k)} \cdot S_4^{(k)}$ は, それぞれ, すべての k で同一であってはならない.
- (iii) $\{S_3^{(k)}, S_4^{(k)}\}$ の組は, すべての k で $S_3^{(k)} = S_4^{(k)}$ であってはならない.

3. 未知の負荷のSパラメータの導出

今, 相反4ポートのSパラメータを

$$\mathbf{S} = \begin{bmatrix} \mathbf{S}_{aa} & \mathbf{S}_{au} \\ \mathbf{S}_{au}^T & \mathbf{S}_{uu} \end{bmatrix} \quad (3)$$

とおき, 図1(b)に示すように, Sパラメータ \mathbf{S}_c が未知の負荷を接続するときのポート1,2間のSパラメータを $\hat{\mathbf{S}}_c$ とすると, \mathbf{S}_c は

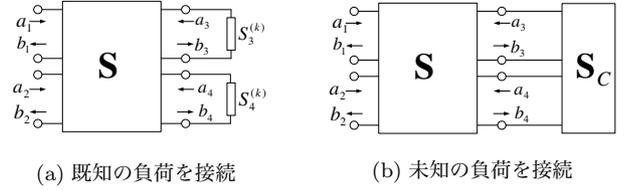


図1 相反4ポート回路

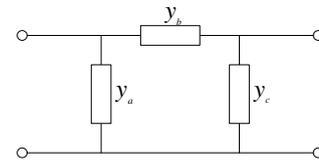


図2 未知の負荷の例

表1 4ポートの取り得る符号の組み合わせ

	#1	#2	#3	#4
S_{13}	+	+	-	-
S_{14}	+	-	+	-
S_{23}	+	+	-	-
S_{24}	+	-	+	-
S_{34}	+	-	-	+

$$\mathbf{S}_c = \left(\mathbf{S}_{uu} + \mathbf{S}_{au}^T (\hat{\mathbf{S}}_c - \mathbf{S}_{aa})^{-1} \mathbf{S}_{au} \right)^{-1} \quad (4)$$

と表される.

4. 数値例

未知の負荷として図2を接続するとき, 4ポートのSパラメータにおいて, 符号の組み合わせは表1の4通りになり, それらの値と他のパラメータ値は一意に定まる. これらを用いて \mathbf{S}_c を式(4)で求めると, 4通りすべての場合で, 同じ値が求まった. このことから, 4ポートのSパラメータの符号が確定されなくても, 未知の負荷のSパラメータは確定することが推定される.

5. むすび

文献 [1] に示す推定法において用いる既知の負荷の条件を述べた. また, 4ポートのSパラメータの符号は一意に定まらないが, 負荷として接続する2ポートのSパラメータは一意に定まることを数値例で示した. このことを解析的に示すことが今後の課題である.

参考文献

- [1] 大野慎治, 関根敏和, 高橋康宏, “2ポート測定による4ポートSパラメータ推定の一方法,” 信学技報, vol. 113, no. 427, CAS2013-86, pp. 67-70, Feb. 2014.

初級者を対象とした囲碁学習システム

佐藤 慎也 (指導教員: 山本 修身)
名城大学 理工学部情報工学科

1. はじめに

古くから世界で親しまれてきた戦略性の高いボードゲームの一つに囲碁がある。従来、囲碁プログラムは評価関数を用いた木探索のアルゴリズムが用いられてきた。しかし近年、囲碁プログラムではモンテカルロ法による乱数を用いたアルゴリズムが開発され、これが主流となっている。本稿では、このモンテカルロ法を使ったアルゴリズムを用い、囲碁の初級者を対象とした学習システムを構築する。この学習システムの構築では、初級者は上級者に比べて盤上の状況判断の能力が低いということに着目してシステムを構築する。そのため、盤上の状況についてわかりやすくプレイヤーに情報を提示することを考える。これにより初級者の実力向上の手助けをすることを目的とする。

2. 囲碁におけるモンテカルロ木探索

囲碁では、モンテカルロ木探索 [1] と呼ばれる手法が成功を収めている。そのため、学習システムの構築にモンテカルロ木探索を用いる。囲碁におけるモンテカルロ木探索は、囲碁が終局状態では勝敗の評価が容易であるという性質を上手く利用した手法である。囲碁におけるモンテカルロシミュレーションでは、以下の操作を繰り返す:

1. 乱数で終局までの盤面を作成 (プレイアウト),
2. 勝敗の記録 (盤面の評価).

この繰り返しにより、ある場面の勝率を得ることができる。囲碁プログラムでは、この勝率が高い着手をより良い着手とする。勝率による評価を木構造と組み合わせることでより良い着手の探索を行う。また、勝率の高い着手により多く探索を行う手法に、Upper confidence bound applied trees (UCT) [1] がある。この手法を用いることで、有望な着手について多く子要素を展開でき、無効な着手よりも有効な着手について、より多くシミュレーションを行うことができる。

3. 学習システムの構築

本稿における囲碁学習システムはプレイヤーに情報を提示し、実力の向上の手助けを行うものである。学習システムでは、モンテカルロ木探索 (UCT) を用いる。本稿では学習システムの対象を初級者と仮定する。学習システムは良い着手と悪い着手がどこに存在するのかということを情報としてプレイヤーに提示する。そのために着手に順位をつけることを考える。その手法は以下の通りである:

1. モンテカルロ木探索で最善手を探索する,
2. その手を探索の候補から削除する,
3. 候補手がなくなるまで、1に戻る。

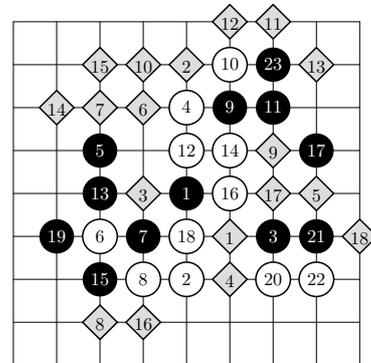


図 1 着手候補の順位付けの出力結果, ダイヤの 18 番目まで良手. (棋譜:大橋拓文五段 (白) 対プログラム Zen(黒)24 着手まで)

この手法により探索された順に、着手の順位をつけることができる。この着手の順位と着手の勝率の二つの情報を用いて学習システムを構築する。良い手と悪い手の判別の閾値は、着手の順位と勝率の情報に対して判別分析法を用いることで決定することを考えた。

4. 学習システムの出力結果と今後の課題

学習システムのある出力結果を図 1 に示す。図 1 では、ある状況での次の一手の順位付けを行うクラスタリングの手法 (K 平均法) によって良い着手と悪い着手をクラス分けした。図 1 でダイヤモンドマークの部分が良い着手、それ以外は悪い着手であると判別を行うことができた。ダイヤの中に書かれた数字は着手の順位を示している。実際のゲームの展開は、順位が 10 番の着手で進行する。実際のプロの着手が良い手と判別されているため、良い判別が行われていると考えられる。また、その他の実験結果においても、一定の実力を持つ人間から見て、おおよそ良い評価であると判断できた。ここで、盤上の手順は大橋拓文プロ [2] と囲碁プログラム Zen のゲーム (23 手まで) を使用した。

本稿では初級者の学習支援を目的として学習システムを構築した。今後の課題としては、より正しい結果を出力するための学習システムの探索能力の向上が挙げられる。また、より教育的な学習システムを構築するために機能を追加する必要がある。対話型のシステムを構築することで、プレイヤーに正しい判断を促すような情報をより多く提供することが今後の方針として挙げられる。

参考文献

- [1] 美添一樹, 山下宏: コンピュータ囲碁 モンテカルロ法の理論と実践. 共立出版 (2012)
- [2] エンターテイメントと認知科学研究ステーション (電気通信大学), コンピュータ囲碁がプロ棋士に挑戦. <http://entcog.c.ucoo.jp/entcog/event/event20121125.html>

言語変換系を用いたソフトウェア開発における ソースレベルデバッグ支援

西村 将広 (指導教員: 山本 晋一郎)
愛知県立大学 情報科学部

1. はじめに

プログラミング言語の処理系の形態には、インタプリタ、コンパイラの他に、他の高級言語へと変換するトランスレータ(以下、言語変換系とする)がある。特に最近では、Webブラウザにおけるクライアントサイドのプログラミング言語がJavaScriptのみであるため、JavaScriptの代替を目的とした言語変換系が多く開発されている。

言語変換系を用いたプログラム開発に関して本稿では、プログラマが記述するS(ソース)プログラムと、言語変換系が出力するT(ターゲット)プログラムを考える。プログラムの開発は、デバッグやプロファイリングなどプログラムの実行時の挙動を観察しつつ進められる。このときプログラマはSプログラムの意味論に基づくモデルを考えている。これに対して計算機上の実行は言語変換系が出力したTプログラムで行われる。Tプログラムに対する実行時情報はSプログラムの意味モデルとは距離があり、それを用いた直接のデバッグは困難である点が言語変換系共通の問題である。

この問題に対応するため、JavaScriptにおいてはSourceMaps[1]が提案されている。これはSプログラムとTプログラムであるJavaScriptの行の対応を示すことでソースレベルデバッグを支援する。しかしSourceMapsは、JavaScriptと意味モデルが近い種類の言語のみを対象としており、関数型のように意味モデルを異にする言語への適用は考えていない。

2. 提案手法

本稿では、遅延評価関数型言語HaskellをSプログラムとし、手続き型言語JavaScriptをTプログラムとする言語変換系Fay[2]を対象として、Tプログラムの実行時情報からSプログラムの実行時情報を擬似的に生成する手法を提案し、その手法に基づくソースレベルのデバッグ支援環境を実現する。支援環境はFirefox上のJavaScriptデバッガであるFirebugのプラグインとして実装する。

JavaScriptの実行時情報からHaskellの実行時情報を生成するために、Haskellプログラム中に現れる変数や関数のシンボルと、Fayの出力したJavaScriptプログラム中に現れるシンボルの対応関係テーブルを用いる。

3. 実装

Fayの出力するJavaScriptにおいて、Haskell中の変数名は同じ名前で見え、関数名は“モジュール名.関数名”という形で現れるため、HaskellとJavaScriptで対応したシンボルが現れる行番号の組を保持するテーブルを作成した。ここで双方向の対応を保持しておくことで、JavaScriptの実行時情報をHaskellに対応付けることが

可能となる。

このテーブルを用いて、実行中のJavaScriptの行番号から対応するHaskellの行番号を求め、その行におけるJavaScriptが持つ変数の値を取得する。しかし、取得した変数に関する情報は、Haskellでは引数であるシンボルがJavaScript中では局所変数として出現することや、Fayが内部的に使用する変数を含むことから、Haskellに直接対応していない。そのため、この情報をHaskellの対応する変数の値として表現することでHaskellの擬似的な実行時情報を生成した。

4. 評価

提案環境は以下の機能を提供するため、ソースレベルデバッグを可能にすると考えた。

- ソースレベルでブレークポイント設置可能
Haskellプログラムの行にブレークポイント設置すると、対応するJavaScriptの行にブレークポイントを設置する。ブレーク時にHaskellの擬似的な実行時情報を提示することでHaskellの観点で変数の値を調査することが可能である。
- 実行時エラー発生時のHaskellの行を検出可能
HaskellとJavaScriptの行番号の対応を保持しているため、JavaScriptのある行で実行時エラーが発生した場合に対応するHaskellの行を検出することが可能である。組み込み関数実行時のエラーにおいても、直近に実行したHaskellの行を取得することで、エラーの原因となった行の検出が可能である。

また提案環境は、表1に示すようにHaskellデバッガであるGHCiデバッガが提供する4つの機能のうち2つを実現した。未実装の2つの機能の実装も技術的に問題はないと考える。提案手法が意味モデルが大きく異なる言語間の言語変換系にも対応できることを示した。

ブレークポイント設置	ステップ実行	トレース取得	エラー行検出
○	×	×	○

表1 提案環境が提供する機能

5. 今後の課題

実現した支援環境では、プログラムの実行位置を対応付けることはできたが、変数の持つ値はJavaScriptのものをそのまま表示している。これをHaskellの表現で利用者に提示するためには、Haskellの代数データ型と遅延評価をFayがJavaScriptで表現する方法を逆に行う必要がある。この機構の実現は今後の課題である。

参考文献

- [1] Source Maps, <http://www.html5rocks.com/en/tutorials/developertools/sourcemaps/>
- [2] Fay, <https://github.com/faylang/fay/wiki>

Haskell プログラムの学習支援を目的とした 実行トレースの可視化手法

伊東 宥 (指導教員: 山本 晋一郎)
愛知県立大学 情報科学科情報科学部

1. はじめに

純粋関数型言語 Haskell の特徴の一つは遅延評価である。これにより無限のデータ構造を自然に扱うことができる一方で、Haskell 初学者にはプログラムの実行順序が不可解なものになる。また、純粋であることから副作用をプログラムに容易に挿入できず、printf デバッグのように実行途中で中間結果を確認することも難しい。

Haskell 初学者の理解支援を目的として、プログラムの実行トレースを一般的なプログラミング言語で採用されている正格評価の評価順序に擬似的に再構成し提示する手法を提案し実現した。

2. 実行トレースの取得手法

現在 Haskell 言語の代表的な処理系は GHC[3] である。実行トレースを取得するひとつの方法は、GHC に必要な改変を加えることである。しかしこの方法は GHC が大規模なソフトウェアであること、現在も活発な開発が続いていることから、この方法によるトレース取得ツール作成は開発・維持のコストが大きい。

そこで本手法では、実行トレースを取得するために独自のインタプリタを実装した。ただし、フルセットの言語に対応するのではなく、Core 言語 [1] を対象とした。Core 言語とは、GHC がコンパイルの過程で生成する表現である。Core プログラムは Haskell プログラムより構文規則が少なくインタプリタの作成はより容易である。また GHC の実装に依存せず公開された Core 言語の仕様のみに基づくため開発・維持のコストが抑えられる。インタプリタの実装は Ruby 言語により約 800 行になった。

実行トレースとしては、評価された関数名、関数の実引数、関数の評価結果、関数呼び出しの深さを取得する。遅延評価であることから、引数や評価結果には、サンクと呼ばれる未評価な部分が含まれる。この状況はそのまま記録される。

実行トレースは関数呼び出しと戻りのタイミングで取得する。取得した情報は実行する式を表す構文木に追加していくことで、次節で述べる可視化手法で正格評価の評価順序に擬似的に再構成することが可能となる。

3. 可視化手法

評価戦略の違いがあるが、同じ関数型言語である LISP のトレース表示方法 [2] はプログラムの実行を可視化する手法として普及している。そこで本手法では LISP の表示方法を模倣して前節の実行トレース結果をユーザに提示する。

表示の文法は以下のとおりである。

- > は関数呼び出しの発生を表す。評価される式が続く

- < は関数呼び出しから戻ったことを表す。返り値が続く

- | は関数呼び出しの入れ子の深さを表す

前述したように値は部分的にまたは全体がサンクである可能性がある。そのような (部分) 値は <Thunk> と表示する。

前節で情報を追加した構文木から行きがけの順で関数名と実引数の情報を取得し、取得情報とその関数の呼び出しの入れ子の深さだけ | を表示する。そして、関数呼び出しの発生に対応するように評価結果を関数の呼び出しの入れ子の深さとともに表示することで、LISP のトレースに準じた表示方法を得る。

提案手法に基づき実現したツールによる可視化結果の例を図 1 に示す。

```
> sum (take 5 (from 1))
|> take 5 (from 1)
||> from 1
||< [1, 2, 3, 4, 5 <Thunk>]
|< [1, 2, 3, 4, 5]
< 15
```

図 1 可視化結果の例

4. 終わりに

Haskell 初学者の理解を支援するため、Haskell の遅延評価される実行トレースを取得し、擬似的な正格評価の順序に再構成する手法を提案した。また、提案手法を Core 言語インタプリタとトレースの可視化ツールにより実現した。

現在の実装では初期の入力に現れた部分式のみがトレースに提示され、それらの内部から呼び出される関数の呼び出しの状況提示できない。これを可視化するためには、Core プログラムの関数定義を解析して関数定義の内部から呼び出している関数についても実行トレースを取得するようにする必要がある。この改良は今後の課題とする。

参考文献

- [1] Andrew Tolmach, Tim Chevalier and The GHC Team, "An External Representation for the GHC Core Language (For GHC 6.10)", <http://www.haskell.org/ghc/docs/6.10.4/html/ext-core/core.pdf>, 2009/05/08
- [2] 湯浅 太一, 萩谷 昌己, "Common Lisp 入門", 岩波書店, 1986/7/18
- [3] The Glasgow Haskell Compiler, <http://www.haskell.org/ghc/>

磁界共鳴結合を用いた マルチホップワイヤレス電力伝送における結合係数の測定

小山田 圭佑 (指導教員：上原 秀幸, 宮路祐一)
豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学課程

1. まえがき

近年、磁界共鳴型ワイヤレス電力伝送(WPT:Wireless Power Transfer)が注目されている。WPTでは、インピーダンスマッチング手法 [1] や電力分配手法 [2] などが提案されている。これらの制御及び解析を行う上で共振器間の磁界結合強度を示す結合係数が必要となる。結合係数の測定手法はシングルホップWPTでは既に検討されているが、マルチホップWPTにおいては検討されていない。そこで本研究は、送受電器及び中継器からなるマルチホップWPTにおける結合係数を測定する手法について提案する。

2. 結合係数 k_{23} の導出

マルチホップWPTシステムの等価回路を図1に示す。図1において考慮すべき結合係数は、送電器と中継器間の結合係数 k_{12} 、送電器と中継器間の結合係数 k_{23} 及び送電器と受電器間の結合係数 k_{13} である。本研究では、 k_{12} を一定、 k_{13} は弱い結合であり無視する。よって未知となる結合係数は、中継器と受電器間の結合係数 k_{23} となる。

図1より回路方程式を求め、回路方程式から k_{23} を算出する式を導出した。導出した式を式(1)に示す。

$$k_{23} = \sqrt{\frac{k_{12}^2 L_1 (R_3 + Z_0)}{L_3 (Z_{in} - R_1)} - \frac{R_2 (R_3 + Z_0)}{\omega_0^2 L_2 L_3}} \quad (1)$$

式(1)より共振器パラメータ ($R_1 \sim R_3$, $L_1 \sim L_3$ 及び Z_0) が既知であるとき入力インピーダンス Z_{in} を測定することによって k_{23} を求めることができる。

3. 検証実験

式(1)の検証実験として実機実験を行った。実験諸元及び測定系を表1及び図2に示す。

図2において d_{12} は8cmで一定、 d_{23} を0~50cmとして入力インピーダンス Z_{in} を測定し、結合係数 k_{23} を求めた。実機での k_{23} の測定結果を図3に示す。また、シングルホップWPTにおける距離と結合係数の関係を真値 k_{true} とする。図3より $d_{23} < 15\text{cm}$ の範囲で正確に測定できていることがわかる。しかし、 $d_{23} \geq 15\text{cm}$ の範囲においては誤差が大きくなり、正確に測定が行えな

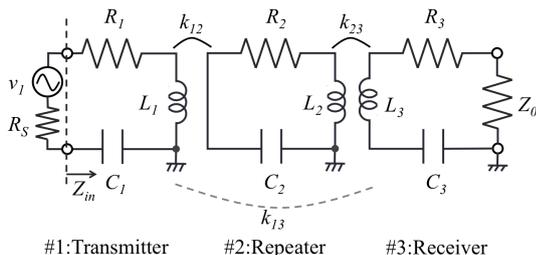


図1 マルチホップWPTシステムの等価回路

表1 実験諸元

形状	ヘリカルアンテナ
自己共振周波数 f_0	14.3MHz
共振器の直径	30cm
共振器の巻数	7巻
共振器の高さ	9cm
共振器のピッチ	10mm

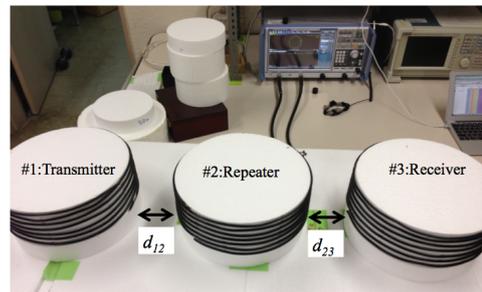


図2 測定系

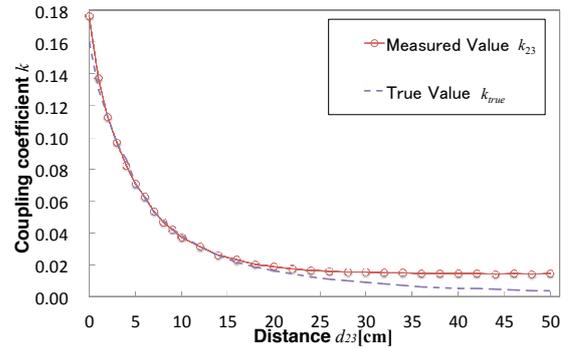


図3 距離対結合係数 k_{23}

かった。この理由として $d_{23} \geq 15\text{cm}$ の範囲においては放射損の影響が大きくなったためであると考えられる。

4. むすび

本稿では、マルチホップWPTにおける中継器と受電器間の結合係数 k_{23} を算出する手法について提案した。等価回路より回路方程式を求め、 k_{23} を算出する式を導出した。導出した式について実機実験により検証を行った。結果として本提案手法では、 $d_{23} < 15\text{cm}$ の範囲について正確に測定を行うことができた。

参考文献

- [1] 粟井郁雄, 石崎俊雅, “結合共振器形無線電力伝送システムの解析と設計”電子情報通信学会誌, Vol. 95, No.11, pp.38-42, Jan. 2012.
- [2] Akiro Shimada, Shinsuke Ohtake, Yuichi Miyaji, Hideyuki Uehara, and Takashi Ohira, “Power division ratio on multi-hop WPT considering coupling of the receiver with two couplers,” IEICE Electronics Express, Vol. 11, (to appear)

P300 spellerにおける二画面インタフェースの性能評価

山本 裕也 (指導教員: 吉川 大弘)
名古屋大学 工学部

1. はじめに

近年, 脳信号をもとに, 思考のみで外部機器の操作を可能とする Brain-Computer Interface(BCI) の研究が盛んに行われている [1]. この BCI の一種に, 脳波から得られる特徴量の P300 を用いることで, ユーザーが思考のみで文字入力を行える P300 speller がある. P300 speller では, 行列型に配置された文字を 1 行または 1 列ごとにランダムに点灯し, 視覚的な刺激を使用者に呈示する. 使用者は選択したい文字に対して意識を向けることで, 選択したい文字が含まれる行や列の点灯時に P300 が誘発される. この P300 を捉えることにより, 使用者の選択したい文字が特定され, 文字入力が可能となる.

P300 speller のインタフェースは主にアルファベットの表示された英字インタフェースが用いられてきた. しかし日本語入力のためのローマ字入力では, 日本語を直感的に入力できないため, 一文字一文字に若干の思考時間が必要であり, また文字入力の正答率が低下してしまう. そこで, 英字インタフェースに代わり, ひらがな (50 音) が配置された, 図 1 に示す日本語入力インタフェースが用いられてきた. しかし一方でひらがな表示は, 選択肢の増加と文字間隔が狭くなることにより, 入力時間の増加, 正答率の低下といった問題が発生する可能性がある. そこで本稿では, これらの問題を解消する新しい日本語入力インタフェースを提案し, 従来のインタフェースよりも文字の入力性能が向上することを示す.



図 1 従来インタフェース



図 2 提案インタフェース

2. 提案手法

本稿では, 図 2 のように, 1 つの画面を二分割し, 1 画面に表示される行列サイズを 6×5 と小さくし, 文字間隔を広くとったインタフェースを提案する. また本稿では, 図 1 の従来の日本語インタフェースを 1matrix, 図 2 の提案インタフェースを 2matrix と呼ぶ.

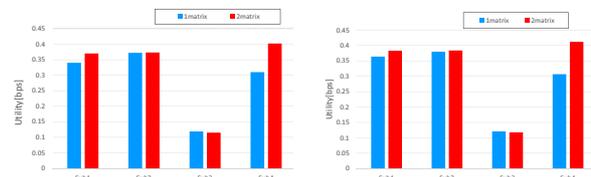
3. 実験と考察

本稿では, 1matrix および 2matrix のインタフェースについて, オフライン実験を行い, 正答率および入力時間について検証した. 本実験には, 予め計測した 4 名の P300 speller 使用時の脳波データを用いた. 脳波の計測においては, 刺激呈示間隔を 400ms とし, 図 1 および図 2 の 2 種類のインタフェースにより, 各被験者から 40 文字分のデータを計測した. 実験は, 事前学習として, 各インタフェースにおける 12 文字分の脳波データを用いて, Stepwise Linear Discriminant Analysis により学

習を行った. 文字入力を行うテストセッションでは, 1 試行で 10 文字の判別を行い, 異なる事前学習データおよびテストデータを用いて, これを 100 試行行った. また, 文字判別の手法としては, 動的に点灯数が決定される RB-ARQ[2] を用い, 閾値を 0.95 と 0.9 の二通りで実験を行った. 実験により得られた, 正答率と入力時間はトレードオフの関係にあるため, この両者を同時に評価する指標として, Utility の算出を行った. 以下の式により算出される Utility は, 誤った文字が入力された際に, “BS” によりその文字を消去し, 完全に正しい文章を入力する場合の情報伝達速度を表している.

$$\text{Utility} = \frac{(2p - 1) \log_2(N - 1)}{d} \quad (1)$$

ただし p は判別正答率, N は選択できる候補数 (本実験では 1matrix : $N=60$, 2matrix : $N=58$), d は 1 文字を入力するのに要した平均時間である. 図 3(a), 図 3(b) はそれぞれ閾値が 0.95 および 0.90 の場合の, 各被験者におけるそれぞれのインタフェースでの Utility を示している. 閾値がいずれの場合においても, ほとんどの被験者に対して, 2matrix により Utility の向上が確認できた. この結果に対して, 被験者間の影響を除いた検定を行ったところ, インタフェースの違いに対して Utility に統計的有意差があるという結果が得られた.



(a) 閾値 0.95

(b) 閾値 0.90

図 3 各インタフェースにおける Utility

4. まとめ

本稿では, P300 speller において, ユーザの負担軽減を目的として, 従来の日本語インタフェースを二つの画面に分割した二画面入力インタフェースを提案した. 実験の結果, 2matrix を用いることにより, Utility が向上することを示した. 今後の課題として, 2matrix での文字の大きさや間隔の違いが及ぼす, 正答率への影響に関する検討, および二画面入力におけるユーザの心理的負担に対する検討が挙げられる.

参考文献

- [1] 木村達洋, 山崎清之, “最近の Brain-Computer-Interface (BCI) 研究の動向”, 東海大学紀要. 開発工学部, vol. 20, pp. 7-12, 2001.
- [2] H. Takahashi and T. Yoshikawa and T. Furuhashi, “A study on application of reliability based automatic repeat request to brain computer interfaces” Advances in Neuro-Information Processing, pp. 1013-1020, 2009.

シミュレータとエミュレータの統合評価環境による 歩行者を想定した無線LAN環境上でのWebユーザビリティの評価

柴田 将旭 (指導教員: 伊藤 嘉浩)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

現在、無線LANの普及に伴い、ユーザが移動しながらWebサービスを利用することが多くなっている。そのため、移動体を考慮した無線LANにおいて、ユーザ視点のWebサービスの品質を評価する必要がある。

ユーザ視点でのWebサービス品質の評価には、ユーザが実際にそのサービスを利用する環境が必要となるが、ユーザとして移動体を対象とする場合、評価環境を柔軟に構成することは困難である。

本研究では、[1]で開発されたシミュレータとエミュレータの統合評価環境を用いて、歩行者を想定した無線LAN環境上でWebユーザビリティの評価を行う。

2. シミュレータ-エミュレータ統合評価環境

本環境はシミュレータ部とエミュレータ部からなる。シミュレータ部はns-3上で実験環境を構築し、リアルタイムでイベントを処理する。エミュレータ部では、シミュレータ部と実インターフェイスの間でパケットの送受信を行う。

3. 評価実験

3.1 無線LAN環境のシナリオ

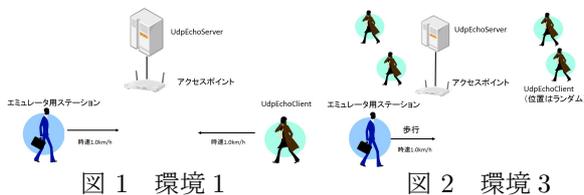


図1 環境1

図2 環境3

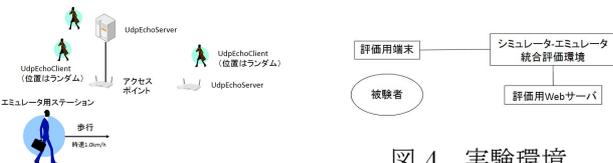


図3 環境5

図4 実験環境

シミュレートする無線LANの環境として基地局 (AP) と端末 (STA) の組み合わせ、及び伝搬損失モデルの種類により、以下の6つの環境 (環境1~環境6) を扱う。伝搬損失モデルは、無線LANにおけるパケットの欠落をモデル化したものである。

環境1(Env1) 1つのAPに二人が接続し、2人がすれ違う環境を想定したものである。1人は評価を行うSTAとして動作し、もう1人は負荷をかけるためにUDPパケットの送受信を行う (図1)。

環境2(Env2) 環境1の伝搬損失モデルをJakesPropagationLossModelにしたものである。

環境3(Env3) 1つのAPに4人が接続し、そこを1人が通過する環境を想定したものである (図2)。

環境4(Env4) 環境3の伝搬損失モデルをJakesPropagationLossModelにしたものである。

環境5(Env5) APを2つとし、そのAPに3人が接続する。そこを評価者の1人が通過する環境を想定したものである (図3)。

環境6(Env6) 環境5の伝搬損失モデルをJakesPropagationLossModelにしたものである。

3.2 実験環境

実験環境を図4に示す。被験者は、評価用端末から、対象となるWebサービスを利用する。評価用Webサーバは、統合評価環境を介して評価用端末と接続される。対象サービスはショッピングサービスとWikiサービスである。Webユーザビリティとして、満足度と有効さを扱う。また、QoSとしてスループットとWebページファイル取得時間を計測する。

4. 実験結果と考察

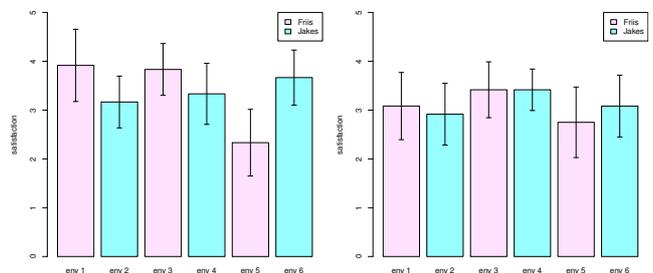


図5 満足度(ショッピング)

図6 満足度(Wiki)

図5と図6にショッピングサイトとWikiサイトにおける満足度をそれぞれ示す。実験の結果から、満足度を見ると、Wikiサイトでは有意な差は見られなかったが、ショッピングサイトでは環境5と他の環境において有意な差が見られた。有効さは、ショッピングサイト、Wikiサイトともに有意な差はみられなかった。このことから、歩行者の移動する無線LAN環境では一部の環境を除き、Webユーザビリティは劣化しないことがわかった。

5. まとめ

本研究ではシミュレータ-エミュレータを用いた統合評価環境を用いて、歩行者を想定したシミュレーションを行いWebユーザビリティの評価を行った。

参考文献

[1] R. Koshimura and Y.Ito, "Development of Web-QoE evaluation system for wireless LAN with combination of simulator and network emulator", Proc. IEEE GCCE, 2013.

個人に注目した社会ネットワークとその変化の分析

菅田 貞治 (指導教員: 武藤 敦子, 犬塚 信博)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

近年、社会ネットワーク分析の研究が盛んに行われており、友人関係のネットワークが手軽に入手可能になった。そこで本研究では友人ネットワーク(以下、友人ネット)から各個人の近隣のネットワークを抽出し、その特徴的な構造などに基づいて個人を分類した。

さらに友人が新しく出来る時その要因となった人物を友人ネットを用いて推定する方法と、それに関する評価値を定めて分析に利用した。最後に分類と評価値の関係性などを調べた。

2. エゴセントリックネットワーク

注目する頂点(エゴ)と、それと隣接した頂点(オルター)から誘導される部分グラフをエゴセントリックネットワーク(以下、エゴネット)と呼び[1]、本研究ではオルターのみで構成される物を扱う。ここでクラスター係数はエゴネットに現れた辺の数をオルターから2つ選ぶ組み合わせ数で割った値とし、エゴネットでの連結成分を島と呼ぶ。

3. 構造に基づくエゴネットの分析

3.1 分類方法

次のA~Hの8つのクラスタに分類する事を考えた。Aは次数0のエゴで「孤立」、Bは次数3以下のエゴで「友人少」と呼ぶ。Cはクラスター係数0のエゴで「スター」、Dはクラスター係数1のエゴで「完全」と呼ぶ。Eは島1つで、かつクラスター係数が平均以下であるエゴで「島低」、Fは島1つで、かつクラスター係数が平均以上であるエゴで「島高」と呼ぶ。Gは頂点数2以上の島が1つのみで残りの頂点は全て次数0の物で「ゲート」、Hは頂点数2以上の島が2つ以上ある物で「ハブ」と呼ぶ。なおGとHの分類は頂点のコミュニティ志向の役割の中でのゲートウェイとハブを参考にした[2]。

3.2 分類結果の分析

分類に用いたネットワークは2012年7月での本学科1年生の友人スコア[3]によって生成された友人ネットNとWS, BA, CNNと呼ばれるネットワークモデルである。結果を表1に示す。なお各モデルについては友人ネットNと頂点数と辺数が同じになるように調節して結果は100回行った平均とした。

各モデルにおいて特徴が現れた点を述べる。WSはGが非常に多くなり、BAはEとFが少なかった。CNNはCの数が非常に少なく、また各モデルに共通してDに属するエゴが現れにくい事が解った。一方、友人ネットNは各モデルより偏りが小さく、AとDに属する学生も居たがCだけは非常に少なかった。よって現実の友人ネットは各モデルとは大きく異なる分類結果になる事が判明した。

表1 各ネットワークにおける分類の比率(%)

	WS	BA	CNN	N
A(孤立)	0	0	1	6
B(友人少)	10	65	60	23
C(スター)	6	6	1	1
D(完全)	0	0	0	7
E(島低)	8	1	10	10
F(島高)	7	1	8	13
G(ゲート)	60	23	18	33
H(ハブ)	9	4	2	7

4. 関係発生の要因に関する分析

4.1 キューピッドとパイオニア

友人ネットの変化において新しく関係が出来た2頂点X, Yに関してX, Yの両方に関係を持っていた頂点Zが存在した場合、Zを関係発生の要因としキューピッドと定義する。Zが存在しなかった場合、X, Yを関係発生の要因としパイオニアと定義する。

さらに、この考え方に基づいた評価値としてキューピッド値(C値)、パイオニア値(P値)を全ての頂点に対して用意した。C値は大きいほど自分の周りの友人同士を友人にする力が強く、P値は大きいほど共通の友人が居ない人物を友人にする力が強い事を表す。

4.2 評価値の分析

4, 5, 6, 7月の4つの友人ネットを用いて、この3回の変化での各学生のC値, P値の合計の分布を調べた。さらに翌年1月の友人ネットを分類した時の各クラスタ内に属する学生の過去の評価値の平均を調べた。その結果、学生の評価値によって、その後の分類されるクラスタが予想できる可能性を示した。

5. おわりに

本研究ではエゴネットの構造などに基づいてエゴを8つに分類して実際の友人ネットと各種モデルに対して分類を行って結果を比較した。さらに関係発生の要因となった頂点をキューピッドまたはパイオニアとし、それらを数値化した評価値を用いて分布や分類との関係性などを分析した。

参考文献

- [1] 竹内, 犬塚 「エゴセントリックネットワークのパターンマイニング」 情処全大, pp.653-655.2011.
- [2] B.Chou, E.Suzuki. Discovering Community-Oriented Roles of Nodes in LNCS 6263, pp.52-64, 2010
- [3] 松島, 門坂, 山本, 犬塚 「学生の出席記録を用いた友人ネットワークの分析」, 第24回人工知能学会全国大会, 1G2-4, 2010.

友人ネットワークからのグループ抽出と分析

武川 平 (指導教員: 犬塚信博 武藤敦子)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

友人関係やインターネット、飛空路等、ネットワークはあらゆる所に存在している。社会ネットワーク分析はそのような社会的関係構造を点と線によるネットワークで表現し対象間の関係性やネットワーク全体の構造的特徴を探る研究である。ネットワーク内で他と区別できるような形で結び付いた集団(サブグループ)の抽出を行うことはこの特徴を探ることに重要である。本稿では友人関係ネットワークからのサブグループ抽出について2つの指標を用いた特徴分析を行った。また各種ネットワークモデルに対して提案手法を適用しそれを比較分析した。

2. 密度と共有頂点による抽出

サブグループの抽出にグループ内の全て点同士が直接繋っているサブグループ(クリーク)をとりだす方法が考えられる。本研究はクリークの上記の条件が現実ネットワークのグループ構造には即していないことに着目しクリーク条件を緩めた手法を2つ用いる。

まずサブグループ内の密度値を緩め1から0.7に設定しこの設定値になるまでグループ形成を繰り返す手法である。ここで「密度=現在辺数/最大辺数」とした。第2の方法は「共有頂点割合=共有頂点数/全頂点数」を緩め1から0.4に設定しこの設定値になるまで繰り返す手法である。

この密度値及び共有頂点割合としたのは密度2/3以下、頂点1/3以下でのグループ抽出は頂点数2のクリークをグループと見做してしまい頂点数2のクリーク同士でグループ形成を行ってしまうからである。現実で2人の集まりをグループと見做さないと考え本研究では除外した。なお設定値になるまで密度、「共有頂点数/全頂点数」の高い値からグループ形成を行う。グループ形成に2通り、グループ抽出の終了値に2通りの手法を用い組合せて4通りの方法を行う。

3. グループ抽出実験及び結果

学生の友人ネットワークに対してグループ抽出を行った。下村ら[1]の提案手法によって得た30個の友人ネットワークに2章の4通りの手法を用いた。手法による大きな違いはなかったため代表例として密度の高い値からグループ形成を行い共有頂点割合でグループ抽出終了を行う手法を用いた時のグループ構成人数毎の平均学生数の結果を図1(友人)に示す。なお共有頂点割合は複数のグループに所属する人数が最小の0.4を用いた。頂点が2つ以上のグループに属している場合その頂点は頂点数の多いグループに表示する。ネットワーク図例を図2に示す。図ではネットワーク内で頂点数の少ないグループから順にグループ毎の番号を付けグループが重複する場合大きいグループ番号を表示している。またネットワークモデルWS,BA,CNNに対して同様に手法を適用した。

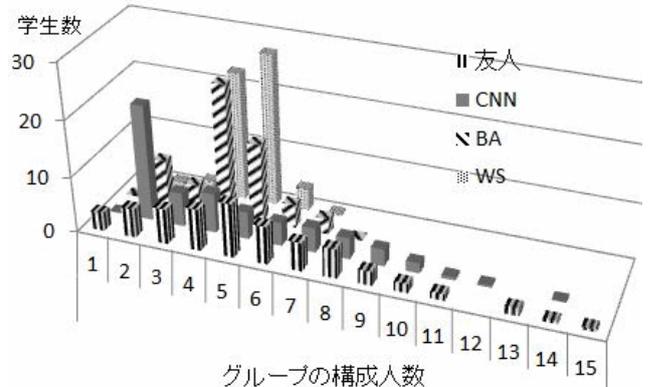


図1 最大グループに属する学生の数の分布

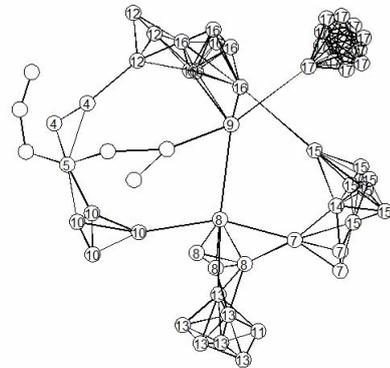


図2 グループ抽出例

友人ネットワークと比較出来るよう頂点数と辺数を合わせた。図1は各種モデル100個に対してグループ抽出を行った平均グループ構成人数の結果をあわせている。

4. 考察

図1について友人ネットワークとCNNモデルはグループ数の変化割合が似ており全体的に増減は緩やかであるがCNNモデルの2人グループが際立って高い点が異なる。WSとBAは4,5人グループの数が際立って高い。また友人やCNNに比べ9人以上のグループが存在していない。結論として友人ネットワークはCNNと比較的变化が似ておりWS,BAとは4,5人グループの構成人数が多いという点が等しい。

図2について例えばグループ番号17はクリークによるグループ抽出を行う場合1つのグループと見做されないと考えられる。しかし14と15は適切にグループ抽出が行われているか不明である。

参考文献

[1]Inuzuka,N.,Nakano,Y.,Shimonura,T.,“Friendship Analysis Using Attendance Records to University Lecture Classes”,TL 2008,478-486,2008

友人生成のためのネットワーク特徴の分析と班分け手法

荒谷 康太 (指導教員: 武藤 敦子 犬塚 信博)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

学生間の友人関係は主に学校教育の過程で形成されており、班による活動はその形成に大きな影響があると考えられる。教師の介入により学生の良好な友人関係の生成を促すことは、学級運営において有用であると考えられる。これまでに社会ネットワーク分析に基づいた友人生成のための班分け手法が複数提案された [1]。本研究ではさらにこれらの手法の特徴を分析し、より効果的な友人生成を促すために、友人関係ネットワークの構造特徴から各ネットワークに適した班分けの選択手法を提案し、実際の授業の班分けに適用する。友人関係ネットワークは出欠記録の打刻差から算出される友人関係のデータを用いて作成される。

2. 友人生成のための班分け手法

加藤ら [1] の提案手法における班の作成の流れを示す。

1. 班の初期ノードを選び、1つの班とする。
2. その班に追加するべきノードを規定の数までである評価値に基づいて決定する。

班の初期ノードの決定方法には以下の2通りを用いる。初期状態は2つのノードのペアとなる。

初期状態 1 班内に友人生成の余地を残すためにモジュラリティ [2] という概念を導入する。モジュラリティとは、ネットワーク内のすべてのリンクのうち両端点が同一の班内に存在しているものの比率であり、全ての2つのノードの組み合わせの中でモジュラリティが最も低くなるペアを配置する。

初期状態 2 友人数の多い人と少ない人 (次数高低ノード) を各班に配置する。

各ノードの所属させる班を決定する評価値は以下の2通りを用いる。

評価値 1 モジュラリティが小さくなるように班にノードを追加する。

評価値 2 班内に共通の友人の数が多く存在するように班にノードを追加する。

以上の初期状態2通りと評価値2通りを組み合わせた全部で4通りの班分け手法を本研究では用いる。

3. ネットワーク構造に基づいた班分け手法の選択

各班分け手法を適用した友人ネットワークの変化の分析を行った結果、適用する班分け手法の違いによりネットワークの変化に特徴的な差を確認することができた [3]。すなわち、適用するネットワークの構造に応じて目標とするネットワークに近づけるために、適切な班分け手法を選択することができれば、より良い班分けの効果が期待できると考える。そこで、目標とするネットワークの条件を以下のように定める。

1. 次数の分散が低い。

2. クラスタ係数が高い。

3. 平均次数が高い。

本研究では、適用するクラスのネットワーク構造が上記の条件を満たしているかを事前に調査し、目標とするネットワークに近づけるような作用のある班分け手法を選択する。提案手法の流れは以下ようになる。

1. 適用するネットワークの指標 (クラスタ係数、次数分散) を算出。
2. ネットワークの次数の分散が基準より高い場合は初期状態 2 を、低い場合は初期状態 1 を用いる。ネットワークのクラスタ係数が高い場合は評価値 1 を、低い場合は評価値 2 を用いる。

4. 実験と結果

提案手法で選択した班分け手法を実際の講義における班活動で友人ネットワークに適用する。表 1 に班分けを適用した友人ネットワークの開講前と3ヶ月後のネットワーク指標の変化を示す。

表 1 ネットワーク指標の変化

指標	初期状態 1 +評価値 2	初期状態 2 +評価値 1	評価値 1 +評価値 1
総友人数	149 → 160	121 → 111	96 → 118
班内友人数	2 → 14	3 → 6	0 → 6
モジュラリティ	-0.089 → -0.018	-0.077 → -0.050	-0.104 → -0.058
次数の分散	5.536 → 14.147	6.004 → 5.917	3.403 → 5.510
クラスタ係数	0.520 → 0.529	0.673 → 0.570	0.637 → 0.567

実験の結果、全てのクラスにおいて班内の友人数は増加し、各ネットワーク指標を目標とするネットワークの条件に近づける効果があることが確認できた。

5. おわりに

本研究では、過去に班分け方法を適用した友人ネットワークの変化を分析することで、その特徴を確認し、各ネットワークに最適な班分け方法を選択する手法を提案した。また、提案手法で選択した班分け方法を実際の友人関係ネットワークに適用した。その結果、選択した班分けがネットワークをそれぞれの目標とするネットワークに近づける一定の効果があることが示唆された。

参考文献

- [1] 加藤, 松島, 武藤, 加藤, 犬塚, “コミュニティ分割に基づいた友人生成のための班分け手法”, 情処全大, 6ZH-2, 2012.
- [2] Newman and Girvan, “Finding and evaluating community structure in networks”, Phys. Rev. E, 69, 026113, 2004.
- [3] 荒谷, 加藤, 武藤, 犬塚, “友人生成のためのネットワーク特徴に基づいた班分け手法の選択”, WiNF 2013, 2013

個人の色覚特性を補う色変換手法の提案

山口 岳人 (指導教員: 政清 史晃)

近畿大学工業高等専門学校 生産システム工学専攻

1. まえがき

人によって色覚特性が異なり、色の認識の不一致が生じている。そのため、標記文字が見えない、共感できない、コミュニケーションが取りづらいなどのことが日常で起こる場合がある。白人男性の 8%、黒人男性の 4%、そして日本人を含む黄色人男性の 5%は色覚異常といわれる。色覚異常は特定の範囲の色についてその差を感じにくいという色覚特性を有している。表 1 は色覚異常の分類である。

(表. 1) 色覚異常の分類

現医学用語	旧医学用語	CUDOの呼称	特徴
正常色覚	正常色覚	C型色覚	一般的なLMS錐体を持つ
一型二色覚	第一色盲	強度P型色覚	L錐体が欠損している
二型二色覚	第二色盲	強度D型色覚	M錐体が欠損している
三型二色覚	第三色盲	強度T型色覚	S錐体が欠損している
一型三色覚	第一色弱	弱度P型色覚	L錐体に異常がある
二型三色覚	第二色弱	弱度D型色覚	M錐体に異常がある
三型三色覚	第三色弱	弱度T型色覚	S錐体に異常がある

2. 目的

本研究の目的は、色覚異常の色弁不能色を画像変換によって色弁させ、一般色覚の色差に改善する手法を提案することである。従来の画像変換手法において混同色を検出し、それらの色を同一混同色線外に色を置き換える理論がある。しかし、この手法では変換に時間が掛かり実用的でないと考えた。また、先行研究においてそれらの色変換システムを既に提案しソフトウェアとして実現しているため、本研究ではフルカラー画像と変換値を一对一に対応した変換テーブルを用いて高速に変換するソフトウェアの作成を目指した。

3. 画像変換手法

色覚を光のスペクトルから得たLMS錐体信号から分光感度のXYZ三刺激値を経て、デジタル画像出力のRGB表色系や、人の知覚尺度に対応したLab表色系に相互に変換できるようにする。また、色覚のメカニズムを解析し定量化を行う。この方法は、色覚補助の基礎理論に基づいたカラー画像の色変換手法である。色覚異常の種類ごとに減衰または欠落している錐体の感度比をコントラスト補正などで用いられるシグモイド関数で補正する。さらに、ゲインの値などを調整し、画像が潰れないように調整する。xは補正の対象の錐体値であり、補正値Rは、式1を用いた。

$$R = \frac{1}{1 + e^{-gain(x-0.5)}} + x \quad (式. 1)$$

4. 実験結果および考察

実験は、今回提案する画像変換手法を用いて、弱度D型色覚者1名と強度P型色覚1名を対象に行った。

図1のWindowsアプリケーションをC#言語を用いて開発した。



図1 開発した補正アプリケーション

実験結果は、弱度D型色覚者へのみ効果が見られた。今回の実験では被験者の数が少なく強度P型色覚者に対しては石原式色覚検査表での観測で色弁させる効果は顕著に表れなかった。

5. まとめ

本研究では色覚補助理論に基づくカラー画像の高速な色変換システムを提案した。

今後はより多くの色覚異常者を対象者に実験を行い、強度色覚異に対して色弁能力を補助し、改善させる手法を検討していきたい。さらに、動画等に対応したリアルタイムのフィルタリングを行うため、画像変換の高速化について検討を行う予定である。

参考文献

[1] 「色彩工学入門一定量的な色の理解と活用」、篠田博之、藤枝一郎、森北出版(2007)

見やすさを考えた Web ページのアイコンの配色変換

藏地 辰弥 (指導教員: 田中 敏光, 佐川 雄二)

名城大学 理工学部

1. はじめに

加齢などで視覚機能が低下した閲覧者にとっては、見づらく感じる Web ページが少なくない。その原因の1つが配色(背景や文字の色使い)である。そこで、深谷ら[1]は、文字と背景の色を置き換えることで見やすくする手法を開発した。ただし、この方法では画像の色は変更されない。

Web ページで使われている画像のうち、アイコンやバナーは、主に文字や記号を画像として表示しているため、使われる色数が少ない。また、色を変えてもそれが示す情報が失われる恐れは小さい。このため、配色変換することで文字と同様に視認性を高めることができる。

2. 先行研究

深谷らの手法[1]は、背景色、基本文字色、強調文字色(複数)、リンク色を次の手順で変換する。

- (1) 事前に多くの見やすい配色を登録しておく。
- (2) 閲覧したいページの配色を抽出する。
- (3) 登録された配色から最も近いものを選ぶ。
- (4) ページの各色を線形補間で選んだ色に近づける。

背景色と基本文字色は HTML ファイルの冒頭で指定された値を使う。強調文字色はファイル中の font タグで指定された色とする。登録された配色のそれぞれについて、ページの配色との距離を調べ、最も近いものを選択する。配色間の距離は対応する色の RGB 色空間におけるユークリッド距離の総和とする。

3. 提案手法

以下の手順でアイコンの配色を変換する。

3.1 アイコンの検出

HTML ファイルの img タグから Web ページ内の画像を見つけ出す。アイコンは比較的小さいので、表示サイズが 30[mm]×30[mm]以下、または画像サイズが 150[pixel]×150[pixel]以下のものだけを残す。

3.2 配色の抽出

原画像の各画素を RGB 色空間にプロットする。このとき、色数が多い場合には、画像のサムネイルとみなして処理を中止する。次に、各色を 1 つのクラスタとして、画素数が閾値より少ないクラスタを再近傍のクラスタに統合する。この処理を行っても、色数(クラスタ数)が 9 を超えている場合には、最も画素数が少ないクラスタから順に最近傍のクラスタに統合することで、色数を 9 色まで減らす。

各クラスタに含まれる画素の RGB 値の平均を、そのクラスタの色とする。そして、画像中のクラスタの色の集合をその画像の配色とする。このとき、各クラスタの画素数も求めておく。

3.3 配色の選択

本研究では、9 色の見やすい色の組み合わせを見やすい配色と定義している。これを多数用意し、その中から、画像の配色に最も近いものを 1 つ選ぶ。

画像の配色を G, 見やすい配色の 1 つを C とする。まず、G に含まれる色の中で画素数が最も多いものを選び、C に含まれる色の中から RGB 色空間で距離が最も近いものを探して対応付ける。次に、対応がついた色を除いて、画素数が最も多い色を同様に対応付ける。この処理を G のすべての色が対応付けられるまで繰り返すことで、G のそれぞれの色を C の色と 1 対 1 に対応付ける。

次に、対応がついた色の間の距離をそれぞれ計算し、その距離を画素数で重み付けして足し合わせる。これを配色間の距離と定義する。画素数で重み付けするのは、画像中の画素数が多い色の変化を抑えるためである。

以上の処理をすべての見やすい配色に対して行い、配色間の距離が最も近いものを変換後の配色として選択する。

3.4 配色の置換

原画像のそれぞれの画素を、その画素が属するクラスタの配色変換後の色に置き換える。提案手法では、同じクラスタに含まれる画素は同じ色に変換されるので、元の画像にグラデーションが付いていても、変換後の画像ではその部分は塗り分けとなる。

4. 実験結果

図 1 に提案手法でアイコンを変換した例を示す。上 2 つは、各部分の色を色相が近く彩度が高い色に置き換えることで、図や文字がはっきりした。ただし、使った配色に薄い灰色が含まれていなかったため、背景は白くなっている。一番下の例では、部分の輝度差が大きくなることで、アイコンが見やすくなった。



変換前 変換後
図 1 配色の変換の例

5. 今後の課題

グラデーションが付いた部分の検出と変換方法を検討する。また、今回の実装では色数を 9 色まで減らしているため、イラストの付いたバナーを表現するには色が足りない。そこで、イラストの配色変換の方法を検討する。

参考文献

- [1] 深谷 他, “高齢者にも見やすい Web ページ配色変換システム” 照明学会東海支部若手セミナー予稿集, pp. 11-12 (2013).

ロボットによる自律回診業務実現に向けた 患者行動認識に基づくロボット制御

岩本 真司 (指導教員: 大村 廉)
豊橋技術科学大学 情報知能工学課程

1.はじめに

本研究は、回診支援ロボットによる自律回診システムを構築することを目的とする。具体的には、入院患者のバイタル測定業務を、回診支援ロボット単体で行えるようにする。これにより、回診業務に医師や看護師の付添いが必要なくなり、より効率的な業務の実現が期待される。

自律回診実現のためには、ロボットが患者の行動や状況を把握し、患者への機具の受け渡しや測定状況などに応じて適切な対応をとることが必要となる。そこで、本研究では、患者の両手首に装着した加速度センサのデータから患者の行動を認識し、認識結果を基にロボットの状態を遷移させるようにする。

過去の研究において、見持らは、画像情報から行動認識を行い、ロボットが困っている人を助けるような能動的なロボットサービスのシステムを構築した[1]。[1]では、不特定の人物を認識対象とするため、ロボットに搭載されたカメラ等のセンサから行動認識を行った。このため、認識される行動は「うろろろする」など人のおおまかな動きにとどまっていた。本研究では、あらかじめ特定可能な入院患者を認識対象とするため、ウェアラブルセンサを用いて、より詳細な行動について認識を行う。

尾崎らは、ロボットが周囲の多種多様な物や相手を認識しつつ、音声認識による指示を受け付けるシステムを構築した[2]。[2]では、家庭や公共の場などにおいて、多様に変化する環境や指示に対応できることを目的とし、「赤いボールを取って」といったタスクレベルでの作業指示を受け付けるようになっている。本研究では、環境や指示を把握することよりも、認識対象の行動や状況を把握することが求められる。

本研究では、具体例として回診業務の一つである「血圧計測」を取り上げ、回診補助ロボット Terapio 上に患者自身が血圧測定を行うことを補助するシステムを実現した。まず、回診業務における血圧計測の作業をシナリオ化し、対応するロボットの状態を定義した。そして、患者の動作や姿勢をトリガとして状態遷移が生じるようにした。適切な動作や姿勢が検出された場合に正常にシナリオを進行させ、不適切な動作や姿勢が検出された場合は患者への注意喚起を行うようにした。さらに、測定結果も、医療機器の無線通信で標準的な規格である Continua 規格に準拠した血圧計を用い、自動でロボットに転送されるようにした。

2.血圧計測のシナリオ

血圧計測で行われる一連の作業をシナリオ化し、ロボットと患者が行う行動をまとめた図を、図1に示す。図1、黒枠白抜きで示されている箇所がシナリオ進行のトリガであり、シナリオは行動認識と血圧計との通信をトリガとして進行するようにした。

図1、黒枠網がけで示されている箇所が、警告対象の動作であり、「患者がどこかに行ってしまう」、「血圧計を腕に装着しないまま測定を開始する」、「測定姿勢が適切な姿勢でない」、「再測定指示に対して、器具を取り外す」といった患者の行動が観測された場合は、ロボットが注意喚起を行うこととした。

表1 姿勢と動作の種類

姿勢	動作
測定姿勢	左手で機具を受け取る
左向きに寝ている	右手で機具を受け取る
右向きに寝ている	機具を着脱する
腹の上で指組みをして寝ている	右手を振る
頭の下で指組みをして寝ている	左手を振る
腹の上で指組みをして起き上がっている	歩く
腕組みをして起き上がっている	

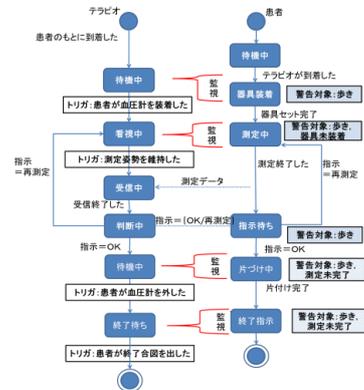


図1 想定する血圧計測のシナリオ

3.実装

行動認識では、高精度化のため、患者の行動を動作と姿勢の2種類で認識を行うようにした。行動の種類を表1に示す。患者の両手首の3軸加速度センサから得た3次元加速度ベクトルの大きさを求め、閾値未満の場合は姿勢認識、閾値以上の場合は動作認識を行った。予備実験の結果から、閾値は1040mGとした。

姿勢認識ではセンサ角度を特徴量とした。各軸のセンサ角度 $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ は、各軸で検出した加速度を x, y, z 、各軸加速度の合成ベクトルの大きさを G として、以下の式によって求めた。

$$\theta_x = \sin^{-1} \frac{x}{G}, \quad \theta_y = \sin^{-1} \frac{y}{G}, \quad \theta_z = \sin^{-1} \frac{z}{G}$$

動作認識では、加速度の平均、分散、エネルギーを特徴量とした。また、識別精度を高めるため、「左手だけが動いている場合」、「右手だけが動いている場合」、「両手とも動いている場合」で学習データを分けた。

4.検証実験の結果

5人の被験者から得た各行動の認識精度を表1に示す。

表2 認識精度

	適合率	再現率
シナリオ中の行動の平均	92.4%	81.1%
トリガ (血圧計着脱動作)	100%	56.0%
トリガ (測定姿勢)	100%	100%
トリガ (終了合図)	100%	66.7%
注意対象 (歩き)	100%	90.7%

図1のロボットの状態の遷移トリガとなる行動の認識精度から、一連の血圧計測を正しく終了、あるいは注意喚起できる確率は、約95%となった。ただし、約5%の確率で失敗した場合も、患者へ修正を促し、正常なシナリオへの復帰を行うことで、ほぼ確実にシナリオが遂行されることが期待できる。

5.まとめ

本研究では、回診支援ロボット Terapio を用いて、患者自身で血圧測定を行うことを補助するシステムを実現した。一連のシナリオに基づいてロボットの状態を定義し、行動認識技術を用いて状態遷移のトリガとした。本研究で想定したシナリオは約95%の確率で正しく測定を補助可能であることを確認した。

参考文献

- (1) 見持圭一, 古結義浩, 宅原雅人. :ネットワークロボットによる人物行動と状況の認識-アンコンシャスロボットとビジュアルロボットとの連携-, 信学技報 NR-TG-2-09. pp9-14
- (2) 尾崎文夫, 大明準治, 辰野恭市. :音声によるロボットへの作業指示とビジュアルフィードバック, 東芝レビュー Vol. 56No. 9, pp16-19

車両型ロボットの経路生成と自律走行

安瀬 海渡 (指導教員：津川 定之)
名城大学 理工学部

1. まえがき

近年、多くの自動運転システムには、GPSによる位置測位が適用されている。しかし、GPSの届かない空間では、車両が持つ情報のみで走行する必要がある。本稿では、車両が到達位置、方位、順序を表す目標点の記載されている地図を持つことを前提とした、経路生成、および経路を追従するラテラル制御則を提案し、シミュレーションによりその有効性を検証する。

2. 制御アルゴリズムの設計

目標点へ到達する自律操舵制御を行う場合、目標点を通過する経路の生成と、その経路を追従するためのラテラル制御アルゴリズムが必要となる。

2.1 車両モデル

使用する車両型ロボットは二輪差動操舵型の室内移動用ロボットである。運動方程式は次式で表され、車両型ロボットと走行経路の位置関係を Fig.1 に示す。

$$\begin{cases} \dot{x} = v \cos \theta & (1) \\ \dot{y} = v \sin \theta & (2) \\ \dot{\theta} = (v_r - v_l) / tr & (3) \\ v = (v_r + v_l) / 2 & (4) \end{cases}$$

ここで、 (x, y) ：車両位置、 v ：走行速度、 v_r ：右車輪速度、 v_l ：左車輪速度、 θ ：相対方位、 d ：偏差、 f ：偏差注目距離、 tr ：トレッド長である。 v が一定であるとき、この車両モデルは v_r と v_l を入力、 (x, y) と θ を出力とするシステムとなる。

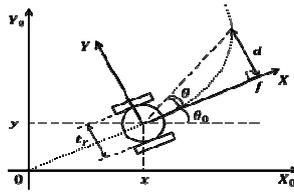


Fig. 1 The vehicle and its path

2.2 ラテラル制御アルゴリズムの設計

Δv を

$$\Delta v = (v_r - v_l) / 2 \quad (5)$$

と定義すると、左右輪の速度は

$$v_r = v + \Delta v \quad (6)$$

$$v_l = v - \Delta v \quad (7)$$

と表されるので、 Δv はロボットへの入力と見なせる。

また、この車両モデルでは、車両は直前の状態から大きく方向を変化させないため $\theta \approx 0$ となり、式(2)を線形化することができる。

これらにより、車両モデルは次の状態方程式を得る。

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} d \\ \theta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & v \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d \\ \theta \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 2/tr \end{bmatrix} \Delta v \quad (8)$$

評価関数 J は以下のように定義する。

$$J = \int_0^{\infty} (q_1 d^2 + q_2 \theta^2 + r \Delta v^2) dt \quad (9)$$

ここで、 q_1 、 q_2 、 r は重み係数である。線形システムにおいて、評価関数を最小にする最適制御入力、次のようになる。

$$\Delta v = -k_1 d - k_2 \theta \quad (10)$$

ここで k_1 、 k_2 はリカッチ方程式を解くことで求まるフィードバックゲインである。評価関数の重み係数は $r=1$ に固定し、 q_1 、 q_2 は車両の応答を見て決める。

2.3 B-スプライン曲線による経路生成

B-スプライン曲線は複数の制御点からなる曲線であり、本稿では4階B-スプライン曲線による経路生成を行う。各制御点の決め方は、車両の現在位置を始点、目標点を終点とし、第一制御点を車頭方向の延長線上、第二制御点を目標点を持つ方位の反対方向の延長線上に設定する[1]。

3. シミュレーション

パラメータは、刻み幅(制御周期)を $0.01[s]$ 、車両の初期値を $(x, y, \theta) = (0, 0, 0)$ 、車両速度を $v = 20 [cm/s]$ (一定)、トレッド長を $tr = 35 [cm]$ 、偏差注目距離を $f = 10 [cm]$ とする。また、フィードバックゲインは、車両が生成された経路を追従し、目標点を全て通過するように決定した ($k_1 = 0.1732, k_2 = 110.1107$)。

シミュレーション結果を Fig.2 に示す。目標点を順に通過する経路が生成され、車両が経路を追従していることから、提案手法が有効であることがわかった。

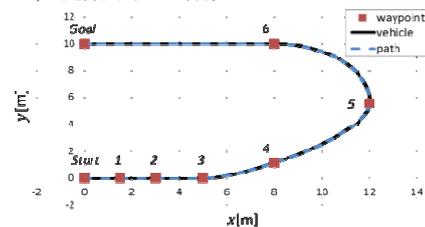


Fig. 2 A simulation result

4. まとめ

地図情報と自己位置情報に基づく、B-スプライン曲線による経路生成、ラテラル制御アルゴリズムを提案し、シミュレーションによりその有効性を検証した。

今後は実機による走行実験を行い、実空間における有効性と問題点を検証する予定である。

参考文献

[1] U. Ozguner, et al : 2.2.4 Polynomial Tracking, Autonomous Ground Vehicle, Artech House, pp.32-34 (2011).

モデル予測制御による倒立振子の終端位置・速度制御

牛田 大樹 (指導教員:小中 英嗣)
名城大学 理工学部

1. はじめに

倒立振子はモータにより駆動されるアームの先端に振子を取り付けられた装置である。本研究ではモデル予測制御を用いて、入力を有限通りに制限された倒立振子を任意の状態へ制御することを目的とし、この最適制御問題を組み合わせ最適化として定式化する。本研究では適切な挙動を得るための評価関数の定義、および探索時間を短縮する手法を提案し、シミュレーションによりその有効性を検証する。

2. 倒立振子のモデル

倒立振子のモデルを図 1、および式 (1) に示す。図 1 中の r 、 L_p はそれぞれアームの長さ、振子の長さである。

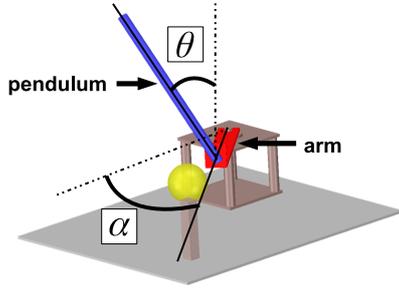


Figure 1: 倒立振子

$$\dot{\mathbf{x}}(t) = f(\mathbf{x}(t), u(t)), \quad \mathbf{x}(t) = (\theta, \alpha, \dot{\theta}, \dot{\alpha})^T \quad (1)$$

$$u \in U = \{u^{(1)}, \dots, u^{(N)}\}$$

ここで $\mathbf{x} = (\theta, \alpha, \dot{\theta}, \dot{\alpha})^T$ および u はそれぞれ倒立振子の状態 (アームと振子の角度及び角速度) および入力 (電圧) を表す。入力は有限集合 U の要素の 1 つであり、サンプル時刻毎に変更が可能である。

式 (2) および (3) で定義される評価関数を最小にする入力が最適入力時系列である。

$$J = \sum_{k=k'}^{k'+N_p} \Delta J(k) \quad (2)$$

$$\Delta J(k) = \begin{cases} (\mathbf{x}_T - \mathbf{x}_k)^T \mathbf{Q} (\mathbf{x}_T - \mathbf{x}_k) + \Delta u^T R \Delta u & (k \neq k' + N_p) \\ (\mathbf{x}_T - \mathbf{x}_k)^T \mathbf{Q}_f (\mathbf{x}_T - \mathbf{x}_k) + \Delta u^T R \Delta u & (k = k' + N_p) \end{cases} \quad (3)$$

ここで k' は現在離散時刻、 N_p は予測区間長、 \mathbf{x}_k は各離散時刻 k での状態、 \mathbf{x}_T は目標状態、 Δu は入力の差分、 \mathbf{Q} 及び \mathbf{Q}_f は重み正定行列、 R は正の重み係数である。また $\mathbf{Q}_f(3,3)$ 、 R の重みを制御開始時刻からサンプル時刻経過毎に変化させる。制御開始直後は R を、制御終盤では $\mathbf{Q}_f(3,3)$ を重視するように設計する。

制御要求及び制約条件は (i) 振子の初期角度は $30 \leq \alpha_0 \leq 60$ [deg]、振子の目標角度は $\alpha_T = 90$ [deg]、アームの初期角度および目標角度は $|\alpha_T - \alpha_0| \leq |\theta_T - \theta_0| \leq |\alpha_T - \alpha_0| + 10$ [deg]、(ii) $1.2 \times |\theta_T - \theta_k| + |\alpha_T - \alpha_k| \leq 12$ [deg] となると、目標を達成したとして探索を打ち切り、その後の倒立振子の状態は問わない、とする。これはそれぞれ (i) アームの初期角度から目標角度までの差は振子のそれと同じか少し小さい、(ii) 振子が直径 7[cm] の球に衝突した、ということを示している。

3. 制御入力の探索手法

本研究では最適入力時系列の探索手法に分枝限定法を採用する [1]。分枝操作によりサンプル時間毎に U の要素を全て与え、次時刻での状態を計算し、限定操作により最適解の見込みが無い状態の探索を中止する。これに加え、次に入力される入力パターン探索時間を制限する (探索時間の制限 (図 2)) などによりさらに計算時間を減らす。ここで L_t は 1 回の探索時間全体の時間、 M_t は余裕時間の割合、 l_t は 1 つの入力パターンに対する探索時間、 k' は現在時刻、 T_s はサンプリング時間、 $u_{k'+T_s}^m \in U$ ($m = 1, 2, \dots, N$) である。

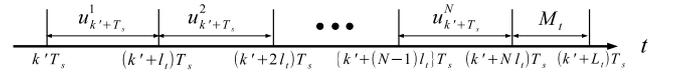


Figure 2: 1 回の探索全体の時間配分

4. シミュレーション

制御要求が満たせるかどうかを検証するため、アルゴリズムを MATLAB で実装した。 $\mathbf{x}_0 = (30, 40, 0, 0)^T$ 、 $\mathbf{x}_T = (90, 90, 12, 0)^T$ 、 $R = 36$ 、 $\mathbf{Q} = \text{diag}(200, 200, 0, 0)$ 、 $\mathbf{Q}_f = \text{diag}(200, 200, 1 \times 10^{-3}, 0)$ 、 $U = \{0, 2, 4, 6, 8, 10, 12\}$ [V]、 $N_p = 6$ 、 $T_s = 0.01$ [s]、予測時刻 $t_f = 0.20$ [s]、 $L_t = 5$ [s]、 $M_t = 0.1$ とした時のシミュレーション結果を図 3 に示す。

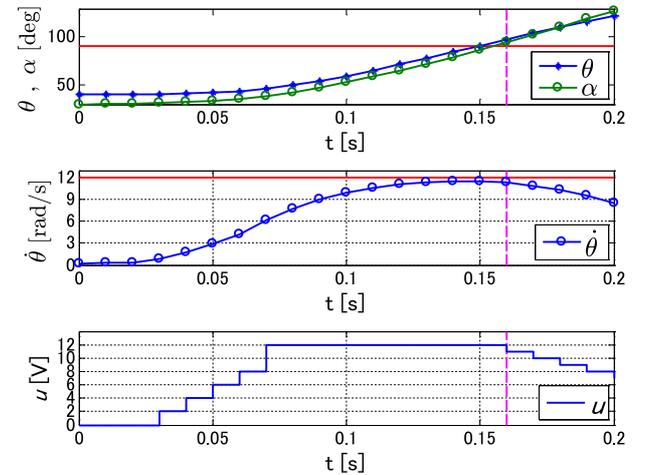


Figure 3: シミュレーション結果

ここで実線は目標状態、破線は探索の打ち切りを行った時刻を表す。図 3 のグラフより、 $t = 0.16$ [s] で目標状態に達している。また、目標達成時のアームの速度は目標値近くまで上昇していることがわかる。

5. まとめ

本研究ではモデル予測制御を倒立振子に適用し、倒立振子の終端位置及び速度の制御がシミュレーション上では可能であることを確認した。

参考文献

[1] D. Toishi, and E. Konaka. in the 18th World Congress on Intelligent Transport Systems, No. 1932-1, 2011

Ultra-Wide Band 信号による位置推定手法を用いた スマートグリッド省電力化

中島 啓太 (指導教員: 岡本 英二)
名古屋工業大学 工学部 電気電子工学科

1. はじめに

現在の日本では原発事故の影響による電力供給及び使用の抜本的な改善が求められている。これを実現できる技術がスマートグリッド(次世代電力網)である。家庭内の電力制御をつかさどる HEMS(Home Energy Management System)と呼ばれる装置の高機能化がスマートハウスの実現には必須である。HEMS の高機能化に寄与する技術の 1 つに、人の滞在情報との連携がある。屋内位置推定技術を用いて人の位置情報を cm 級で把握し、近接の家電には優先的に電力を配分、滞在不あるまたは少ない部屋の電力は可能な範囲で優先順位を下げ、効率的な電力使用と省電力化を実現する。そこで本稿では UWB(Ultra Wide Band)信号を使用し、高精度位置推定情報を用いた場合の室内照明の省電力化手法を提案し、シミュレーションによりその効果を検証した。

2. 計算機シミュレーションとまとめ

8m×8m のセンサフィールド(部屋)を初めに(4,4)に位置しているターゲット(人)が 1 回の試行(1s)で y 軸及び x 軸方向に±0~0.4m 動くと仮定し、TOA(Time of Arrival)位置推定技術を用いて、ターゲットの推定位置を算出する。今回はターゲットを 3600 回(1h)動かし、図 1 に示すように位置によって点灯させる照明の数を決定する手法を用いて、1 時間分の消費電力量を算出し、全点灯している場合(通常点灯)との比較を行い、省電力効果を確認した。今回のシミュレーションに用いた照明は表 1 のようになっている。ここで各照明の消費電力は 4m×4m の 8 畳の部屋を照らすのに十分な光束を有する照明器具または電球を用いた時の値である。LED(Light Emitting Diode)照明は定電流ダイオードにより、照明の on-off による余分な消費電力がなくなるため、LED 照明についてのみ省電力操作を行っている。今回のシミュレーションで用いたセンサフィールドを図 2、各条件での結果を表 2 に示した。位置推定は、ターゲットが送信した UWB パルスを位置が既知の各センサノードが受信して距離を算出し、LS(Least Square)推定の三角測量によって行った。また、NLOS(Non-Line of Sight)環境のセンサノードの影響を低減する手法として IMR(Iterative Minimum Residual)法[1]が存在し、今回はさらにその手法の精度向上に成功した改善 IMR 法[2]を位置推定の際に用いている。さらに点灯成功でないものの中で、本来点くべき照明が点かず暗い場合を未点灯とし、未点灯確率を算出し、表 4 に示した。表 2 より省電力手法を適用することにより、消費電力量が 1/3 程度に抑えられ、かつ表 3、4 のように改善 IMR を適用することで人が位置している場所の照明がほぼ正しく点灯できていることが分かる。今後は提案手法の最適化と家電を追加し、より現実に近い環境でのシミュレーションを行う。それにより HEMS の性能指標のシミュレーションモデルを構築することを目標とする。

表 2. シミュレーション結果

シーリング ライト	消費電力量 [Wh]	電球	消費電力量 [Wh]
条件 1	200	条件 4	1080
条件 2	154	条件 5	188.4
条件 3	48.88	条件 6	59.79

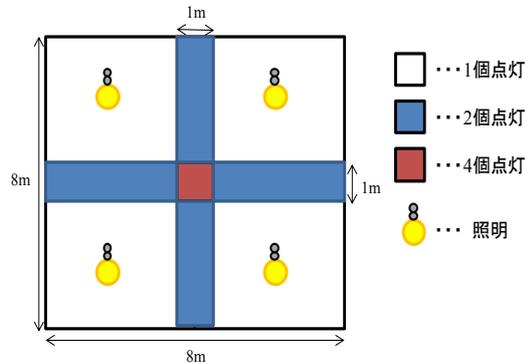


図 1. 照明の点灯数の割り当て図

表 1. 照明の種類と各条件

シーリング ライト	照明の種類	消費電力[W]	点灯の仕方
条件 1	蛍光灯	50	通常点灯
条件 2	LED 照明	38.5	通常点灯
条件 3	LED 照明	38.5	部分点灯
電球	照明の種類	消費電力[W]	点灯の仕方
条件 4	白熱電球	90×3	通常点灯
条件 5	LED 電球	15.7×3	通常点灯
条件 6	LED 電球	15.7×3	部分点灯

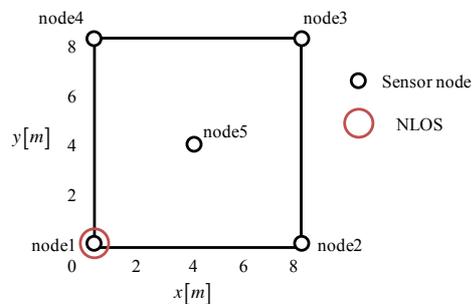


図 2. センサフィールド

表 3. 点灯成功率

低減手法なし	改善 IMR 法適用
77.4%	94.9%

表 4. 未点灯確率

低減手法なし	改善 IMR 法適用
0.57%	0.37%

参考文献

- [1] X. Li, "An iterative NLOS mitigation algorithm for location estimation in sensor networks," in Proceedings of the 15th IST Mobile Wireless Communications Summit, Myconos, Greece, June 2006.
 [2] K. Fukuda and E. Okamoto, "Performance Improvement of IMR-based NLOS Detection in indoor ultra wide-band TOA localization," IEICE Trans. on Fundamentals, vol. E95-A, no. 10, pp. 1658-1666, Oct. 2012.

ロバスト制御系と最適制御系における無線通信路誤りの影響

小倉 貴志 (指導教員: 片山 正昭)
名古屋大学 工学学部

1. まえがき

無線制御は、機器の制御に無線通信技術を導入したもので配線の除去などの利点が考えられる。しかし、無線通信路で発生する伝送誤りが制御品質を劣化させてしまう。この伝送誤りによる制御品質の劣化に対しては、通信技術と制御技術の両面からのアプローチが必要である。通信面からは、伝送誤りを減らすことで制御品質を向上する手法がある。一方、制御の面からは、制御系への外乱の影響抑制を目的としたロバスト制御系の適用が考えられる。しかし、この外乱の影響抑制の効果が伝送誤りの影響抑制に効果的であるかは十分な検討がなされていない。そこで、本研究では制御系による外乱の影響抑制が、伝送誤りによる影響も抑制することが可能なのかを明らかにする。そのため、外乱の影響抑制を目的としたロバスト制御系と外乱の影響抑制を目的としない最適制御系において伝送誤りが与える影響を比較評価する。

2. システムモデル

図1のような制御器と制御対象の間に無線伝送路が存在するサンプリングレート T_s の離散時間制御システムを考える。時刻 $t = kT_s (k = 0, 1, 2, \dots)$ における状態情報を $\mathbf{x}[k]$ 、目標値を $\mathbf{r}[k]$ 、操作情報を $\mathbf{u}[k]$ とした場合の離散時間フィードバック制御システムは以下のように表せる。

$$\mathbf{x}[k+1] = \mathbf{A}\mathbf{x}[k] + \mathbf{B}\hat{\mathbf{u}}[k] + \mathbf{w}[k] \quad (1)$$

$$\mathbf{u}[k] = \mathbf{K}(\mathbf{r}[k], \hat{\mathbf{x}}[k]) \quad (2)$$

ただし、 $\mathbf{w}[k]$ は制御対象で生じる振動や摩擦などのシステム外乱である。まず、制御器では目標値 $\mathbf{r}[k]$ と受信した状態情報 $\hat{\mathbf{x}}[k]$ をもとに、制御対象へ制御器で計算された操作情報 $\mathbf{u}[k]$ を送信する。制御対象では受信した操作情報をもとに制御対象に操作量 $\hat{\mathbf{u}}[k]$ を入力する。この手順により制御対象の制御を行う。無線通信路では確率 p で独立に伝送誤りが発生するとする。状態情報の伝送において伝送誤りが発生した場合、式 (3) のように1サンプル前に値を用いる。

$$\hat{\mathbf{x}}[k] = \begin{cases} \mathbf{x}[k] & \text{if received successfully} \\ \hat{\mathbf{x}}[k-1] & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

操作情報においても同様とする。本研究で比較するロバスト制御系と最適制御系では制御器の設計が異なる。

2.1 ロバスト制御系

ロバスト制御系の一つである H_∞ 制御を用いる。 H_∞ 制御は外乱の影響抑制を目的とした制御器の設計となっている [1]。

2.2 最適制御系

最適制御系の一つである LQ 制御を用いる。LQ 制御は追従性と操作量の大きさを考慮した設計となっている [2]。

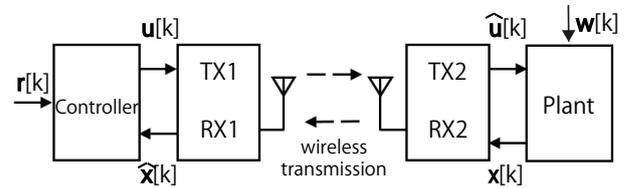


図1 システムモデル

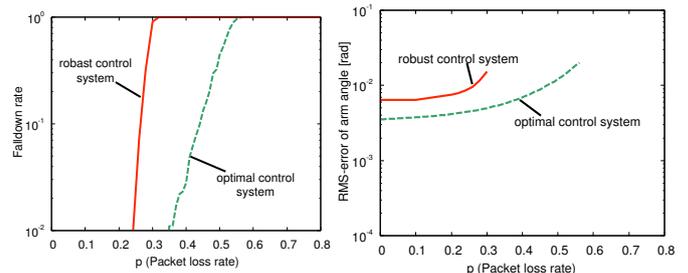


図2 転倒率の比較

図3 位置誤差の比較

3. 数値例

計算機シミュレーションで比較評価を行う。制御対象には回転型倒立振子を用いる。状態情報 \mathbf{x} は振子の角度 θ 、角速度 $\dot{\theta}$ 、アームの角度 ϕ 、角速度 $\dot{\phi}$ からなる4次元ベクトルとし、操作情報はアームを回転させるDCモータへの入力電圧とする。システム外乱は平均0、分散 $(0.001)^2$ の白色ガウス雑音を状態情報の各ベクトル独立に加える。制御対象の振子の目標角度は $0[\text{rad}]$ 、アームの角度の目標角度は5秒ごとに $0[\text{rad}]$ と $\pi/2$ を切り替える。振子の転倒条件は $\pm \pi/6$ としてこれを超えた場合転倒とみなす。サンプリングレートは $100[\text{Hz}]$ で $1000[\text{s}]$ の試行を1000回行った。

それぞれの制御系における転倒率とアームの位置誤差の伝送誤り率 p (Packet loss rate) に対する特性を図3,4に示す。伝送誤り率に対する転倒率とアームの位置誤差はどちらの制御系においても同様の特性を有していることがわかる。

4. まとめ

ロバスト制御系と最適制御系において無線通信路での伝送誤りが与える影響比較を行った。伝送誤りの発生確率に対する転倒率とアームの位置誤差のそれぞれの特性は同様のものとなった。この結果より、制御系での外乱の影響抑制では伝送誤りに対する制御品質の劣化の低減はできないとわかった。

参考文献

- [1] 野波健蔵・西村秀和・平田光男, MATLABによる制御系設計, 野波健蔵(編), 東京電機大学出版局, 東京, 1998.
- [2] 梶原宏之, 線形システム制御入門, 野波健蔵, (株)コロナ社, 東京, 2000.

マルチホップ通信におけるネットワーク全体電力の理論解析

渡邊 領 (指導教員：山崎悟史)

(独) 沼津工業高等専門学校 制御情報工学科

1. まえがき

近年、基地局 - 移動端末に中継局(リレー)を設置し、無線信号を再生中継するマルチホップ(リレー)通信が注目されている[1]。その適用効果は、ガバレッジの拡大とセル端でのスループット向上が見込めることである。同じ距離を伝送する場合、従来の2点間の直接通信(シングルホップ)と比べて、マルチホップ通信はその中継局数が多い程、送信電力は低下できる。しかし、中継局自体が消費する電力が存在する。そこで本稿では、ネットワーク全体の電力(送信電力+中継局の消費電力)の理論式を導出し、その考察に基づきマルチホップ通信の優位性を理論的に明らかにする。

2. ネットワーク全体電力の導出と解析

ネットワーク全体電力 P_{total} は、送信に必要な電力と中継ノードが消費する電力によって構成される。ネットワーク全体電力 P_{total} は端末の送信電力 P_{t-all} [2]と端末の消費電力 P_{node} (一定として扱う)、中継ノード数 n 、再送回数 i (導出略)を用いて式(1)で表せる。

$$P_{total} = i \cdot (P_{t-all} + n \cdot P_{node}) \dots \dots \dots (1)$$

以降において再送回数 $i=1$ として解析する。

(A) マルチホップ通信が優位とならない条件

全体電力が $n=0$ から単調増加する場合、マルチホップ通信の全体電力が直接通信のそれを下回ることはなく、マルチホップ通信が優位とならない。その条件式は式(2)で表せる。

$$P_{total}(0) < P_{total}(1) \dots \dots \dots (2)$$

(B) マルチホップ通信が優位となる条件

マルチホップした場合の送信電力 $P_{t-all}(n)$ と全端末の消費電力の合計がシングルホップした場合の送信電力 $P_{t-all}(0)$ よりも小さい時、マルチホップ通信が直接通信より優位となる。その条件式は式(3)のように表せる。

$$P_{t-all}(n) + n \cdot P_{node} < P_{t-all}(0), \quad 1 \leq n \dots \dots \dots (3)$$

(C) 全体電力を最小とする中継ノード数

マルチホップが優位な区間が存在するとき、全体電力が最小となるホップ数が存在する。その条件式は式(4)のように表せる。

$$\frac{d}{dn} \{P_{total}(n)\} = 0, \quad 1 \leq n \dots \dots \dots (4)$$

3. 特性評価

図1のような送信・受信端末間に中継ノードを配置した線形マルチホップネットワークを対象とし、中継端末は静止を仮定する[2]。

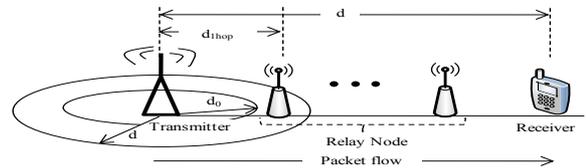


Figure.1 Simulation model.

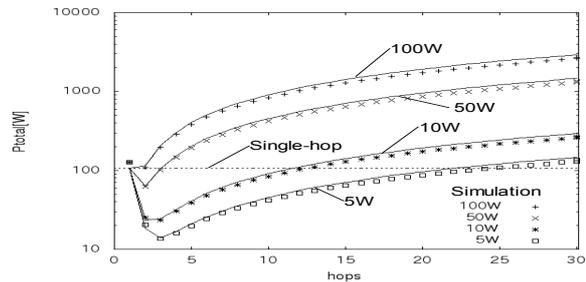


Figure.2 Relation between hops and total power. (The dependency on the electricity consumption pnode)

ネットワーク全体電力の特性は、 P_{node} の値が関係する。そこで、 $P_{node}=5, 10, 50, 100[W]$ を例にとり評価する。表1にシミュレーション結果を、図2に理論特性とシミュレーション結果を示す。

(A) マルチホップ通信が優位とならない条件

$P_{node}=100[W]$ の時、中継ノード数が多いほど全体電力 P_{total} が大きくなっている。このことから、マルチホップ通信が優位でない場合は $P_{node}=100[W]$ 以上であることがわかる。

(B) マルチホップ通信が優位となる条件

P_{node} が $50[W], 10[W], 5[W]$ の時は、中継ノード数によっては全体電力 P_{total} が直接通信よりも小さくなる。消費電力値が小さいほどマルチホップが優位である範囲が広がることがわかる。特に $P_{node}=5[W]$ の時は2hopから21hopの範囲である。

(C) 全体電力を最小とする中継ノード数

消費電力値が小さいほど、全体電力を最小とする中継ノード数が大きくなる。特に $P_{node}=5[W]$ の時、3hopで最小電力 $14[W]$ である。

4. まとめ

本論文では、線形マルチホップネットワークについて消費電力を一定と仮定し、ネットワーク全体電力について理論式を確立し、マルチホップ通信の優位性を示す条件を明らかにした。

今後の課題は、本論文の式(2)~(4)の数値計算を行い、具体的なノード数 n に関する条件を(近似的に)導出することや再送回数 i を考慮した解析を行うことが挙げられる。

参考文献

[1] 岩村幹生, 高橋秀明, 永田聡, “LTE-Advancedにおけるリレー技術”, NTT Docomo テクニカルジャーナル Vol.18 No.2.
 [2] 岩瀬元, 山崎悟史, “シャドウイングを考慮したマルチホップ伝送における送信電力の理論特性評価”, 電子情報通信学会通信ツサエティ大会, B-18-10, 2013.9.17-20.

Table 1. Simulation parameters.

Standard	IEEE802.11
Antenna model	Non-directional
Transmit antenna gain Gt	1
Receive antenna gain Gr	1
Reference distance d0	10 [m]
Constant K	$6.82 \cdot 10^{-6}$
Data rate	2 [Mbps]
Used frequency	914 [MHz]
End-to-end distance d	200 [m]
Path loss exponent γ	3.5
Shadowing deviation σ	6 [dB]
Outage probability Pout	1 [%]
Rx-threshold Rx-th	$8.08 \cdot 10^{-10}$ [W]
Routing protocol	Non

スマートオブジェクトによる分散型センサネットワークの構築

石川 陽介 (指導教員: 片山 正昭)
名古屋大学 工学部

1. 背景と目的

省電力で動作し、CPU性能・メモリ等に制限のあるスマートオブジェクトを用いた分散型センサネットワークの構築を考える。分散型センサネットワークとは、各ノードがそれぞれ環境情報を観測し、ノード間で情報を交換していくことで、各ノードが求める環境情報を取得するネットワークである。分散型センサネットワークでは各アプリケーションに対応したアクチュエータノードが必要な情報を収集するため効率が良い。そこで、本研究では分散型センサネットワークの構築を目的とする。スマートオブジェクトとして arduino を用いて分散型センサネットワークを構築し、実験的に性能を評価する。

2. 提案プロトコル

2.1 プロトコル要点

ネットワーク内のノード全てが数ホップで通信ができることと、データの送信先が複数ある可能性があるためブロードキャスト伝送を行う。ブロードキャスト伝送を用いて情報伝達を行う最も簡単な方法として、フラッディングがある。しかし、フラッディングの問題点として、ネットワーク内の通信量が増加してしまうことが挙げられるため、転送要求によって制御を行い通信量の削減を目指す。

2.2 ネットワークの動作

まず始めに、センサノードは観測した環境情報をフラッディングする。環境情報を受信したアクチュエータノードはその環境情報がアプリケーションに必要な情報かを判断する。必要とした場合、フラッディングによって通ってきた中継ノードの中からいくつかのノードを適切に選択し、選択したノードに転送要求を送信する。転送要求を受け取ったノードはさらに1ホップ前に転送要求を送信していくことで、パケットの通るルートを形成できる。ルート形成後は、転送要求を持ったノードのみが転送を行うだけでアクチュエータノードまでデータを送信し、通信量の削減ができる。

2.3 ノードの選択

パケット配信率とネットワーク内の通信量は転送ノードの選択によって大きく変化すると考えられる。今回、フラッディング時のホップ数の少ないノード1~3個を転送ノードとして選択して、それぞれの場合で実験を行う。そこで、ノードの選択方式としてフラッディングのホップ数が少ないノードを複数選択する。

転送ノードを複数選んだ場合、冗長なパケット伝送が多く生じてしまう。そこで、転送ノードを複数選択した場合、選ばれたノードが全て転送する方式と順に転送する方式を検討する。転送ノードが順番に転送を行う方式を以下、提案転送方式と呼ぶ。

3. 試作実験による評価

今回試作した各プロトコルについて、実際にノードを配置して実機実験を行った。センサノードが送信したパ

表1 実験装置の諸元

無線モジュール		
無線規格	ARIB STD-T108(Ver1.0)	
使用周波数	923.8MHz	
伝送速度	76.8kBaud	
送信電力	1mW	
変調方式	GFSK	
Arduino UNO		
Arduino Pro		
マイコン	ATmega328P	
RAM	2kB	
動作電圧	5V	3.3V
クロック周波数	16MHz	8MHz

表2 実験結果

転送ノード数	パケット配信率	受信パケット量
すべて	100 %	938
1 個	80 %	134
2 個	100 %	368
3 個	100 %	524
提案転送方式	100 %	307

ケットのうちアクチュエータノードまで配信される割合(パケット配信率)とネットワーク内の通信量を比較する。

3.1 実験装置

実験装置の諸元を表1に示す。無線モジュールとして TMJ0914、マイコンとして Arduino を用いる。両機とも省電力で動作可能であるが、Arduino は使用できるメモリが2kBという制限がある。

3.2 実験方法

実験諸元を表1に示す。ノードを20個配置し、センサノードは5秒間隔でデータを送信する。センサノードは100パケットのデータ送信を3回行い、アクチュエータノードまで届く割合と通信量としてアクチュエータノードの受信パケット量を評価する。

3.3 結果

実験結果を表2に示す。転送ノードが1個の時、20%のパケットがアクチュエータノードまで届いていなかった。転送ノードを増やすと、どこかでパケットロスしても他方から届くため、パケット配信率が上がったと考えられる。また、アクチュエータノードの受信パケット量から、全ノードが転送する場合より通信量を削減できたことがわかる。さらに、提案転送方式により、パケット配信率100%を維持し、受信パケット量を削減できた。

4. まとめ

本研究では、提案したプロトコルによって、パケット配信率を100%で維持しつつ、ネットワーク内の通信量の削減ができることを実機実験により示した。さらに、提案転送方式によりネットワーク内の通信量を削減できることを示した。

NTMobile を用いた組み込みボード用相互接続技術の実装と評価

杉原 史人* 内藤 克浩* 鈴木 秀和** 渡邊 晃** 森 香津夫* 小林 英雄* (指導教員：内藤 克浩)

*三重大学 工学部 **名城大学 理工学部

1. まえがき

機器同士が通信ネットワークを介して接続され、自律的に情報交換を行う M2M (Machine-to-Machine) は、今後の情報社会を支える仕組みとして注目されている。M2M では、セキュリティとプライバシーの観点から End-to-End 通信が好ましい。著者らは、通信接続性と移動透過性を同時に実現する NTMobile (Network Traversal with Mobility) を提案している。本稿では、NTMobile を組み込みボードに実装し、検証実験を通して M2M を実現可能であることを確認した。

2. NTMobile の概要

NTMobile は、NTMobile を実装した端末 (NTM ノード)、NTM ノードのアドレス情報の管理やトンネル構築処理を行う DC (Direction Coordinator)、特定の状況下において NTM ノード間または NTM ノードと一般ノード間の通信を中継する RS (Relay Server) から構成される。仮想 IP アドレスとトンネリングを導入することで、IPv4/IPv6 ネットワークが混在する環境において自由な双方向通信を可能とし、かつ通信中に移動しても通信を継続させることが可能である。NTMobile がサポートするトンネル通信を表 1 に示す。NTMobile で行われる通信には、鍵を用いた暗号化および MAC (Message Authentication Code) による認証が行われる。

3. 組み込みボードへの実装

M2M に使用される機器は組み込み機器を想定しており、本稿では組み込み機器としてラズベリーパイ財団によって開発された Raspberry Pi を利用した。OS には Linux を使用した。Raspberry Pi を含む多くの組み込み機器は CPU として ARM プロセッサを採用しており、通常の Linux PC とは異なる CPU アーキテクチャである。そのため、NTMobile を ARM アーキテクチャ向けにクロスコンパイルし、実装を行った。

4. 検証実験

NTMobile を実装した Raspberry Pi を用いて、M2M の動作検証を行った。図 1 にシステムモデルを示す。DC および RS を構築し、それぞれにグローバル IPv4 アドレスおよびグローバル IPv6 アドレスを割り当てた。二つの Raspberry Pi を用意し、一つをセンサノードとし PIR センサを実装し、もう一つをアクチュエータノードとして LED を実装した。組み込み機器に用いられる M2M 用のアプリケーションとして以下のプログラムを用いて検証を行った。

1. センサノードが PIR センサによるセンシングを行い、データをアクチュエータノードに送信する

表 1 NTMobile がサポートするトンネル通信

通信開始側 NTM ノード	通信相手側 NTM ノード		
	IPv4 Global	IPv4 Private	IPv6
IPv4 Global	○	○	▲
IPv4 Private	○	△	▲
IPv6	▲	▲	○

○：End-to-End. △：End-to-End. or via RS ▲：via RS

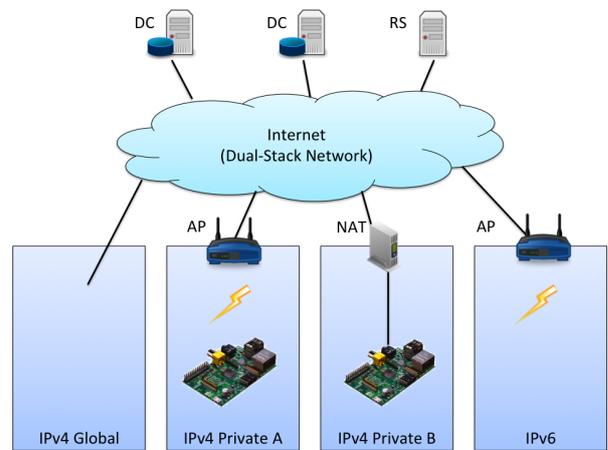


図 1 システムモデル

2. アクチュエータノードがデータを受信し、PIR センサのデータに対応して LED を点灯・消灯させる

上記の検証実験により、NTMobile を実装した端末が IPv4/IPv6 ネットワークが混在する環境において、双方向通信が可能であることを確認した。

5. まとめ

本稿では NTMobile を組み込みボードの Raspberry Pi に実装し、そのうえで M2M 用のアプリケーションを動作させた。検証実験を通して M2M が可能であることを確認した。

謝辞

本研究の一部は総務省 2013 年度 SCOPE, 科研費 (23700075) の助成を受けたものである。記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 鈴木秀和, 上醉尾一真, 水谷智大, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊晃, “NTMobile における通信接続性の確立手法と実装,” 情報処理学会論文誌, vol. 54, no.1, pp. 367-379, 2013.
- [2] 鈴木秀和, 上醉尾一真, 納堂博史, 西尾拓也, 内藤克浩, 渡邊晃, “IPv4/IPv6 混在ネットワークにおいて通信接続性と移動透過性を実現する NTMobile の研究,” マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2012) シンポジウム論文集, pp. 2391-2401, 2012.

異種アンテナ混在アドホックネットワークにおける Receiver Blocking 問題と短縮 NAV の効果

杉本 健二 (指導教員: 上原 秀幸, 宮路 祐一)
豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学課程

1. はじめに

無線アドホックネットワークでは、全方位性アンテナを搭載した端末 (以後全方位性端末とする) や可変指向性アンテナを搭載した端末 (以後指向性端末とする) が混在することが考えられる。このような異種アンテナ混在アドホックネットワークで効率良く機能するメディアアクセス制御方式を実現するため、この環境で発生する問題について十分に検討する必要がある。そこで本稿では、異種アンテナ混在アドホックネットワークにおける、NAV が不必要に設定され通信が制限される問題として Receiver Blocking 問題を提唱する。さらに、Receiver Blocking 問題を改善する方式として NAV タイマを短縮した [1] を使用したメディアアクセス制御方式が有効であるかを検討する。

2. Receiver Blocking 問題

IEEE 802.11 DCF では、NAV が設定された端末に対して RTS の再送を繰り返す Blocking 問題 [2] が発生する。DMAC では、指向性ビームで通信中の端末へ RTS の再送を繰り返す Deafness 問題 [3] が発生する。Blocking 問題と Deafness 問題という別々に存在している問題が、異種アンテナ混在アドホックネットワークでは一つの問題として扱うことができる。この問題を Receiver Blocking 問題と呼ぶ。図 1 に Receiver Blocking 問題が発生する端末配置の例を示す。

図 1 において、端末 C は、指向性ビームを端末 B 以外の方向に向けている。このとき、端末 B が端末 C に通信を試みると、端末 C から CTS が返送されないため、端末 B は端末 C へ RTS の再送を繰り返し Deafness 問題が発生する。この問題により、端末 B が送信した RTS は端末 A に NAV を設定し不必要に送信を抑制する。

3. 計算機シミュレーション

Receiver Blocking 問題を改善する方式として、NAV タイマを短縮するメディアアクセス制御方式 [1] が有効であるかを検討した。シミュレーション諸元を表 1 に示す。1000m × 1000m の領域に端末 30 台をランダムに配置し、マルチホップ環境で評価した。IEEE 802.11 DCF で定義されている標準の NAV と比較した。シミュレーション結果を図 2 に示す。図 2 より、NAV タイマを短縮する方式 (Shorted NAV) を使用した場合、標準の NAV (Standard NAV) と比較してスループットが約 13% 向上した。NAV タイマを短縮することで、Receiver Blocking 問題によって設定される不必要な NAV を短縮することが可能となり、通信機会が向上する。これにより、チャンネルの利用効率が向上するため、スループットが向上した。

表 1 シミュレーション諸元

Data rate	1 Mbps
Directional antenna	Switched Beam
Packet size	1000 byte

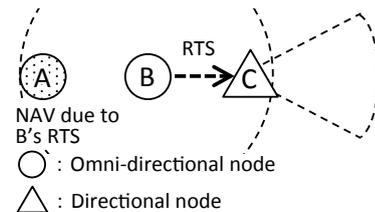


図 1 Receiver Blocking 問題が発生するトポロジの例

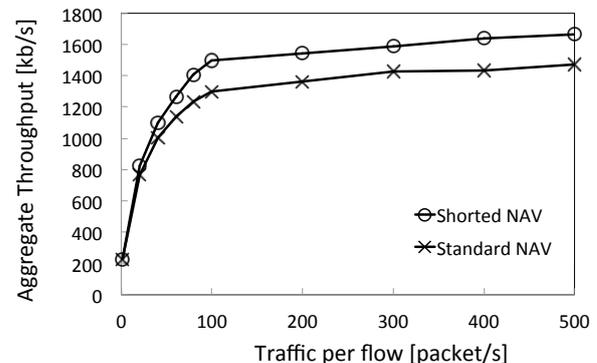


図 2 異種アンテナ混在アドホックネットワークにおける短縮 NAV の効果

4. むすび

本稿では、異種アンテナ混在アドホックネットワークにおいて、不必要な NAV がチャンネルの利用効率を低下させる Receiver Blocking 問題が発生することを明らかにした。さらに、短縮 NAV を用いたメディアアクセス制御方式が Receiver Blocking 問題を改善できることを確認した。今後は、指向性端末の配置や割合を変化させて評価する。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金、基盤研究 (C) 24560455 及び豊橋技術科学大学教育研究活性化経費の援助により行われた。関係者各位に深謝する。

参考文献

- [1] 平川忠之, 重安哲也, 松野浩嗣, 森永規彦, “IEEE802.11DCF の RTS/CTS 機構における NAV タイマ短縮と ACK パケット省略の効果,” 情報処理学会研究報告, vol. 2003, no. 113, pp. 1-6, 2003.
- [2] S. Ray and D. Starobinski, “On False Blocking in RTS/CTS-Based Multihop Wireless Networks,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 56, no. 2, pp. 849-862, March 2007
- [3] R.R. Choudhury, X. Yang, N.H. Vaidya, “Deafness A MAC problem in ad hoc networks using directional antennas,” Proc. IEEE International Conference on Network Protocols, pp.283-292, Oct. 2004.

G3-PLCを用いた屋内電力線通信における通信経路を考慮した通信品質の測定

遠藤 健司 (指導教員: 片山 正昭)
名古屋大学 工学部

1. 背景と目的

大学キャンパスや地域コミュニティ等のエネルギーマネージメントを実現する上で必要な通信ネットワークについて検討する。現在導入が進んでいるスマートメータは、ある程度の時間にわたって測定し蓄積したデータを一括転送する方式である。また測定範囲は家屋単位である。

それに対し、中高層ビルの各部屋のような多地点から準リアルタイムに環境情報などの測定データを収集するような系を考える。また、この1対多の通信に今後の普及が見込まれる電力線通信規格のひとつであるG3-PLC規格[1]を用いる。本研究は、このような系について実際のビル内電力線における通信品質を実験的に明らかにしようとするものである。具体的には中高層ビルにおいてマルチプルアクセスで高頻度通信を行なった場合の通信品質を評価する。

2. 通信経路について

日本の一般的な配電方式はL1相, L2相, 中性線からなる単相3線式である。典型的な中高層ビルの配線形状では、ビル内の各フロアに配線をするための幹線がフロア内の配線とメインブレーカーを介して接続している。メインブレーカーの負荷側では、複数のブランチブレーカーによってコンセント等の回路に分岐する。同フロア内通信の通信経路を図1に示す。受信機に対して送信機が同じブランチブレーカー(BB)にある同相同系, 同じ相の異なるブランチブレーカーにある同相異系, メインブレーカー(MB)を介して異なる相にある異相の3種類に分類できる。また、異フロア間通信の通信経路の通信経路を図2に示す。受信機と送信機が同じ相にある同相, 受信機と送信機が異なる相にある異相の2種類に分類できる。

3. 実機による実験

電力線通信における通信経路の通信品質への影響を評価するため実機を用いて実験を行なった。G3-PLCを用いた実験を行なうにあたって、高周波利用設備の許可を取得した。実験は、延床面積が10,000m²以上の大規模ビルにて行なった。実験諸元を表1に示す。実験の評価指標はパケット到達率を用いる。

同フロア内通信の通信実験については、受信機を1台、送信機を3台用意した。送信機1を測定対象、送信機2と3を干渉源として実験を行なった。受信機と送信機はビルの9階に設置した。測定対象と干渉源の通信経路をそれぞれ同相同系, 同相異系, 異相とした場合で実験を行なった。実験結果の比較のために干渉源を設置しない通信実験を行なった結果、すべての通信経路においてパケット到達率は100%であった。

異フロア間通信の通信実験については、受信機と送信

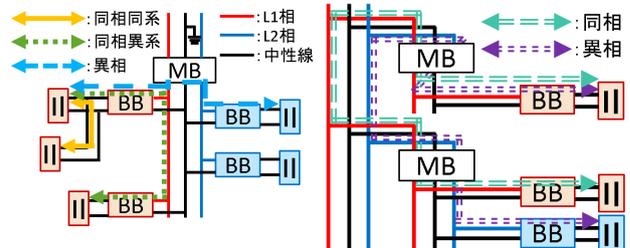


図1 同フロア内通信経路 図2 異フロア間通信経路

表1 実験諸元

使用周波数帯	154.6875~403.125kHz(ARIB)
変調方式	OFDM(サブキャリア数 54)
サブキャリア変調方式	DQPSK
変調速度	230400
パケット長	1360byte(約 30ms)
送信電力	100mW
パケットインターバル	10ms

表2 通信経路ごとのパケット到達率(同フロア内通信)

		干渉源		
		同相同系	同相異系	異相
測定対象	同相同系	99.2 %	97.2 %	97.2 %
	同相異系	99.2 %	99.9 %	98.6 %
	異相	99.3 %	95.4 %	95.5 %

機をそれぞれ1台用意した。受信機をビルの9階に、送信機をビルの8階に通信経路が同相, 異相となるように設置し実験を行なった。

4. 結果

同フロア内の通信実験での測定対象と干渉源のそれぞれの通信経路におけるパケット到達率を表2に示す。1対1の通信実験で100%だった到達率がわずかに下がっているのが分かる。これはパケット衝突が発生していることが原因である。

異フロア間通信では同相, 異相共にパケット到達率は0%であった。しかし、メインブレーカーの電源側と負荷側が同相の時は信号電力は減衰しない。そのため、異フロア同相の通信ができない原因はメインブレーカーによる減衰ではない。現在、その原因は特定できておらず、今後の課題である。

5. まとめ

本研究ではG3-PLCを用いて中高層ビルにおいてマルチプルアクセスで高頻度通信を行なった場合の通信経路の通信品質への影響を実機による実験によって測定した。その結果、同フロア内通信の通信品質にパケット衝突の影響があることがわかった。異フロア間通信では通信できず、その原因については現在調査中である。

参考文献

- [1] “G3-PLC-MAC-Layer-Specification,” Electricite Réseau Distribution France, Aug. 2009.

立体音響IP電話サービスにおける 複数音源に対する音源定位能の評価

坪田 穂 (指導教員：伊藤 嘉浩)
名古屋工業大学 工学部

1. はじめに

次世代のIP電話サービスの一つとして、立体音響を用いたIP電話サービスが提案されている。文献 [1] では単一音源を用いて本サービスにおける音源定位能 [2] が評価されているが、複数音源に対する評価は行われていない。

本研究では本サービスにおいて複数音源に対する立体音響音声の音源定位能を、被験者を用いた実験により評価する。また、IP電話サービスとしての主観評価と客観評価を利用する。

2. 評価実験

2.1 実験内容

実験環境を図1に示す。評価用音声には男性音声と女性音声をそれぞれ別の箇所から発生させた会話音声を用いる。2つの音源は、会議における人間の座る位置を想定した5箇所から2箇所を選択して配置する。図2は音源の配置場所と録音場所を表している。録音された音声は、音声録音・符号化端末で符号化され、ネットワークを介して、音声復号化端末に伝送される。音声復号化端末は音声データを復号化し、音声再生端末を用いて被験者に提示する。これらにはネットワークエミュレータがあり、これはパケット損失によりネットワークの通信品質を変化させる。本実験では、立体音響の音声符号化方式としてITU-T G.711 [3]を用いる。

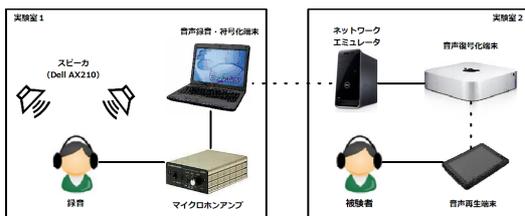


図1 実験環境

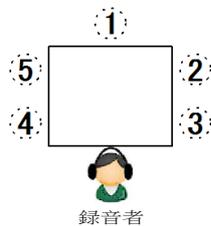


図2 音源配置

本研究では、主観評価、客観評価、音源定位能の三つにより、立体音響IP電話サービスのサービス品質を評価する。客観評価にはITU-Rで規定されたPEAQ [4]のODGを用いる。主観評価には8個の尺度(Q1~Q8)を用いる。

2.2 実験結果と考察

図3はパケット損失0%のLPCM(原音)、パケット損失0%のITU-T G.711 μ -law、パケット損失3%のITU-T G.711 μ -lawにおける正答率を表し、横軸は図2で示した配置を表す。図4は主観評価の実験結果であり、横軸は8個の尺度を表す。

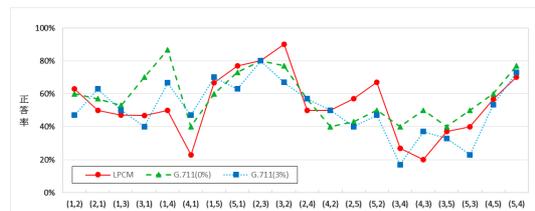


図3 符号化方式、通信品質別の正答率

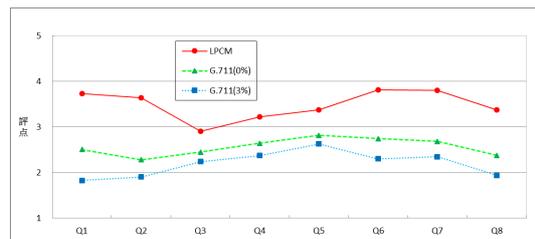


図4 主観評価結果

図3を見ると、配置によって正答率に差が生じているが、音声に対する符号化、パケット損失の付加による正答率の低下は見られない。したがって音源の配置が人間の音源定位能に及ぼす影響は大きいことが分かる。図4を見ると、LPCMと比較してITU-T G.711の符号化、パケット損失による影響で評価が低くなっている。また、文献 [1]の結果との比較から、本実験において複数音源による立体音響音声は人間の音源定位能を向上させることが分かった。

3. まとめ

本研究では、立体音響IP電話サービスにおいて複数音源で構成された立体音響音声に対する音源定位能を実験により評価した。

参考文献

- [1] R.murakami, “立体音響IP電話サービスにおける音源定位能と主観品質に関する研究,” GCCE, 2013.
- [2] Load Rayleigh, “On our perception of sound direction,” Philosophical Magazine, vol.13, pp.214-232, 1907.
- [3] ITU-T, “G.711 : Pulse Code Modulation(PCM) of Voice Frequencies,” , Nov 1988.
- [4] ITU-R, “BS.1387-1 : Methods for objective measurement of perceived audio quality,” , Nov 2001.

IPv6やIPsecを用いたIP環境下におけるWebユーザビリティの評価

溝口 知彦 (指導教員: 伊藤 嘉浩)
名古屋工業大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

現在のインターネットにおけるネットワーク層プロトコルであるIPv4は、アドレスの枯渇やセキュリティの問題があり、広大なアドレス空間をもつIPv6[1]や、IPにセキュリティの機能を追加するIPsec[2]の導入が進んでいる。その結果、IPv4とIPv6に加え、IPv4からIPv6への移行期間に用いられる6to4[1]や、これらにIPsecを適用したものなど、様々なIP環境が構築されるようになってきている。

IPv6やIPsecを用いるIP環境では、IPv4と比べてヘッダ長の増加、カプセル化処理、暗号化処理により、通信品質(QoS)は劣化することになる。したがって、IPv4以外のIP環境を導入した際のQoSの劣化が既存のサービスに及ぼす影響を明らかにしなければならない。

本研究ではWebサービスを対象とし、複数のIP環境下で、ユーザ視点のWebサービスの品質であるWebユーザビリティを、被験者を用いた実験により調査する。

2. IPv6と6to4

IPv6は128ビットのアドレス空間をもち、ヘッダの単純化などによりルータの処理負担の軽減などを目的とするプロトコルである。しかし、IPv4とIPv6に互換性はないため、IPv6への移行が完了するまでは、IPv4とIPv6を共存させるための技術が必要となる。6to4はそのような共存技術の1つであり、6to4ルータとリレールータ間、または6to4ルータ同士間でIPv6パケットをIPv4パケットでカプセル化することにより、孤立したIPv6ネットワーク同士をIPv4ネットワーク上で接続することができる。

3. IPsec

IPsecはIPv4やIPv6にセキュリティ機能を追加するためのセキュリティプロトコル群である。IPsecには鍵交換をするIKEv2やペイロードの暗号化をするESPなどが含まれる。また、IPsecには動作モードとして、エンドツーエンドでIPsecを適用するトランスポートモードと、ゲートウェイ間でIPsecを適用するトンネルモードがある。

4. 評価実験

実験環境を図1に示す。

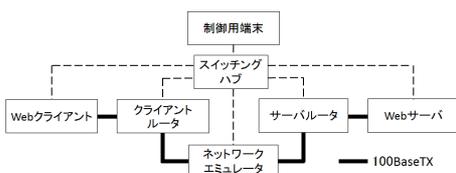


図1 実験環境

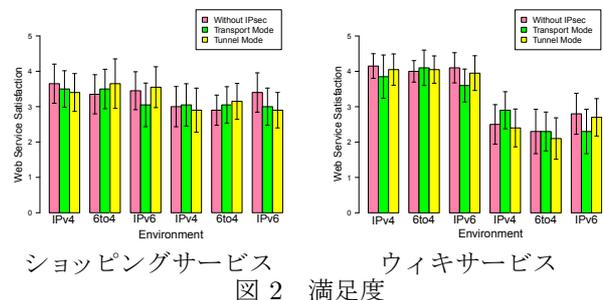
被験者はWebクライアントから対象とするWebサービスを利用し、指定されたタスクを行う。対象のWebサー

ビスとしては、ショッピングサービスとウィキサービスを採用する。タスクとして、ショッピングサービスでは指定された条件の商品を、ウィキサービスでは出題された問題に対する解答を、Webページ上から探すものを考える。被験者は10代、20代の男女20人である。Webユーザビリティとしては、ISO標準の有効さと効率と満足度を扱い、これら进行评估する。

対象とするIP環境は、IPv4、6to4、IPv6の3種類のIP環境と、IPsec無し、トランスポートモード、トンネルモードの3種類のIPsec環境を組み合わせた9種類とする。また、ネットワークエミュレータに、WebクライアントとWebサーバ間の通信品質劣化させる場合とさせない場合を考える。通信品質の劣化がある場合には往復遅延として200ミリ秒、パケット損失率として5%を付与する。

5. 実験結果と考察

実験結果より、TCPスループットや平均ファイル取得時間において、IP環境による通信品質の差が生じることを確認した。満足度の結果を図2に示す。図において横軸は通信環境を表す。



満足度の評価結果からは、IPv4、6to4、IPv6間、IPsec環境間の有意差は見られなかった。また、有効さ、効率でも同様の結果が得られた。以上より、IP環境の違いによるQoSの劣化がWebユーザビリティに及ぼす影響は少ないことが分かった。

6. まとめ

本研究では、IPv6やIPsecを用いたIP環境下での通信が、Webユーザビリティに及ぼす影響を、被験者を用いた実験により調査した。

参考文献

[1] シルビア・ハーゲン, IPv6 エッセンシャルズ 第2版, オライリー・ジャパン, 1998.
[2] S. Kent and K. Seo, Security Architecture for the Internet Protocol, RFC 4301, Dec. 2005

聴音支援を目的とした音源に対する楽器演奏音の 正確さの評価尺度に関する検討

高島田 良介 (指導教員: 坂野 秀樹)

名城大学 理工学部 情報工学科

1. はじめに

楽譜化されていない楽曲を演奏したいと考えた場合、聴音と呼ばれる採譜作業が必要となる。聴音は通常、音源と自分の楽器演奏音を比較して音高を確かめながら行われるが、この作業は音楽経験のある者にとっても時間と労力がかかる。

そこで本研究では、ピアノ演奏音を対象とした音源とユーザーが入力した楽器演奏音を比較することによって聴音結果の判定を行う聴音支援システムの構築を目指す。音源と楽器演奏音の比較には Pitch Class Profile[1]を用いる。

2. Pitch Class Profile

Pitch Class Profile(PCP)とは周波数パワースペクトルを半音階に相当する12個のピッチクラスに振り分けたベクトルで、オクターブ違いは吸収される。本研究ではPCPを算出する際に、[2]で検討されている重み付けを適用する。PCPは音源と楽器演奏音からフレームごとに算出するが、その際フレーム間の音量の違いを吸収するために、各フレームにおいて最大値が1になるように正規化を行う。

3. 判定方法

音源と楽器演奏音のPCPを比較することで聴音結果の判定を行う。音源と楽器演奏音は信号長が等しいとは限らないが、今回テンポの違いは考慮しない。そのため、音源と楽器演奏音のPCPでDPマッチングを行うことで、PCPを時間的に対応付ける。

今回、聴音を行った結果として入力される楽器演奏音に対する判定結果は次のパターンを想定している。

- 聴音結果が正しい
 - 音源で演奏されている音名を入力している
- 聴音結果が間違っている
 - 音源で演奏されている音名を入力していない
 - 音源で演奏されていない音名を入力している

3.1 聴音結果が正しい箇所の検出

音源と楽器演奏音のPCPの要素ごとの積をフレームごとに計算する。PCPは最大値が1になるように正規化されているため、積を計算することで、音源と楽器演奏音の両方で演奏されている音名における値が1に近くなることが期待できる。そこで積の結果に対して閾値を設けることで、閾値以上の値を持つ箇所を聴音結果が正しい箇所として検出する。

3.2 聴音結果が間違っている箇所の検出

音源と楽器演奏音のPCPの要素ごとの差をフレームごとに計算することで、音源のみで演奏されている箇所の値は+1に近くなり、楽器演奏音のみで演奏されている箇所は-1に近い値になることが期待できる。そこで差の結果に対して閾値を設けることで聴音結果が間違っている箇所を検出する。

4. 単旋律に対する性能評価

ツェルニー30番練習曲[3]より29番に対する判定結果を図1に示す。目標とする音源は演奏音を収録した市販のCDである。また楽器演奏音はMIDI演奏音で、正しい音高から半音上げる操作を1小節ごとに4箇所行っている。図1を観察すると、正しい音高の箇所と正しい音高から半音上げた箇所がそれぞれ検出されていることが分かるが、判定結果において誤検出と未検出が確認できた。判定結果の誤りの数と正解精度を表1に示す。

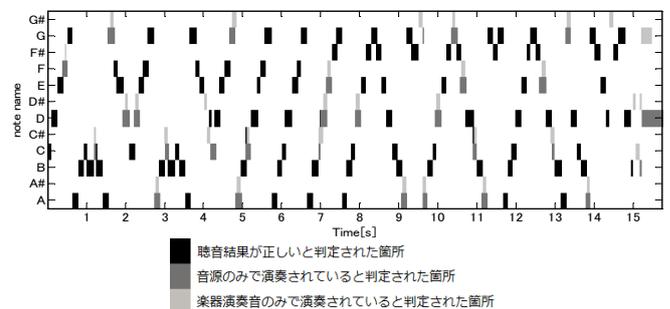


図1 楽器演奏音の判定結果

表1 判定結果の正解精度

総音符数	誤り数	正解精度
153	12	92.2%

5. まとめ

単旋律に対する性能評価で誤検出と未検出が確認できたため、今後はより高精度な判定を行うことができる手法の検討、より聴音が困難である多重音に関する検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] T. Fujishima, "Real-time chord recognition of musical sound: A system using common lisp music," Proc. ICMC, pp. 464-467, 1999.
- [2] Cabral, G, et al., "Impact of Distance in Pitch Class Profile Computation," Proc. SBCM, 2005.
- [3] ツェルニー30番練習曲, p.68, 全音楽譜出版社, 1956.

雑音環境下の講義室内の位置と雑音音声の母語・非母語による 音声了解度の違いの分析

田邊 将也 (指導教員：坂野 秀樹)

名城大学 理工学部 情報工学科

1. はじめに

人の多い場所に行くと、周りの人が話している声が雑音となり話し手の声が聞き取りづらくなることがある。講義室においてそのような状況になった場合、話し手の声が聞き取りやすくするために座る場所を変えることもある。しかしながら、座る場所によっては聞き取りやすさが改善されないこともある。このように座る場所によって聞き取りやすさが変わってくるのは、残響や反射音など、部屋の音響特性による影響が大きいと考えられる。

また、近年では国際化が進み、母語である日本語以外に様々な言語を耳にする機会が増えつつある。聞き手にとって非母語となる言語が雑音として存在する場合、話し手の言葉の聞こえ方に違いを感じることもある。このような違いが生まれるのは、雑音中の音声における言語による影響が大きいと考えられる。

そこで、本研究では、雑音環境下において講義室のどの場所が一番話し手の声が聞き取りやすいかを調べる。ここでの雑音は複数の発声者によって発せられることで得られる音声とする。さらに使用する雑音音声の言語を変えることによって、話し手の声の聞き取りやすさにどのような変化があるか調べる。

2. 音声了解度の分析

2.1 収録音声

本研究では、実際に講義室内で音声を流すのではなく、講義室のインパルス応答の測定を行い、講義室の音響空間を再現する。なお、インパルス応答の測定には TSP 信号を使用した。収録場所は名城大学内の講義室を使用した。講義室の大きさは縦 14.8m、横 9.8m、高さ 3.0m である。講義室の前からスピーカ(ADAM A8X)で TSP 信号を再生し、無指向性マイクロホン(DPA 4060-BM)で収録した。収録には、マイクは 3 つ使用する。スピーカから遠い場所に位置し、講義室の後列に設置したマイクロホンを Mic1 とする。次に講義室の中列に設置したマイクロホンを Mic2、講義室の前列に設置したマイクロホンを Mic3 とした。スピーカと Mic1 との距離は 11.91m、スピーカと Mic2 との距離は 6.61m、スピーカと Mic3 との距離は 1.36m である。

2.2 分析方法

本研究では、講義室の残響を付与したターゲット音声と雑音を同時に出力し、被験者にはターゲット音声を聞こえたおりに回答してもらう。

ここで使用する雑音は男性 30 名の発声音声を重ね合わせて作成したものとする。雑音音声は日本語と英語の 2 種類の雑音を用意する。分析に用いる音声は、単語了解度試験用リスト[1]より、親密度 2.5~1.0 の 4 モーラ単語 50 語を用いた。聞き取りを行う収録音声は以下の 6 通りである。

- 教室の位置による変化：Mic1, Mic2, Mic3
 - 雑音の種類による変化：日本語雑音, 英語雑音
- 被験者は日本語を母語とする成人男性 3 名とした。

2.3 分析結果

図 1 にマイクの位置別の平均正答率を示す。この結果からどのマイクの位置も日本語雑音よりも英語雑音を出力した場合の平均正答率が低い傾向にある。また、スピーカとマイクの位置が遠くなるほど平均正答率が低くなっている。さらに Mic3 と Mic2 の平均正答率の差は日本語雑音、英語雑音共に 30%以上と著しく大きくなっている。これはスピーカとマイクロホンからの位置が遠くなることでターゲット音声の音圧レベルが下がり、雑音に対するターゲット音声の S/N 比が低くなったこともあるが、ターゲット音声に講義室の残響が多く付与され、音声の聞き取りにくくなったからだと考える。

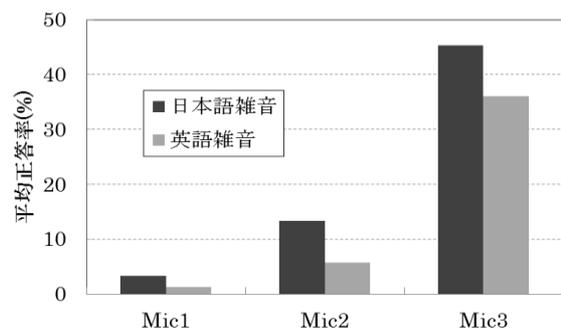


図 1 マイクロホンの位置別の平均正答率

3. まとめ

主観評価実験の結果から、日本語雑音を出力した場合よりも英語雑音を出力した場合の了解度が低くなる傾向があった。今後は英語の雑音を出力した場合に了解度が下がった原因を調査していく。

参考文献

- [1] 坂本修一, 他: 親密度と音韻バランスを考慮した単語了解度試験用リストの構築, 音響誌, Vol.54, No.12, pp.842-849, (1998)

心拍変動量解析による作業負荷後の香り呈示が生体に及ぼす影響

柴田 千里 (指導教員: 小栗 宏次)
愛知県立大学 情報科学部

1. はじめに

厚生労働省が実施した労働者健康状況調査によると、仕事や職業生活に関して強い不安、悩み、ストレスを感じている労働者の割合は、2012年度では60.9%であり、半数以上の労働者がストレス等を抱えている。ストレスの要因の一つとして、質的および量的な作業負担による仕事の緊張が挙げられる。そのような緊張状況下であっても、簡便に導入可能な緊張緩和対策が望まれる。緊張を緩和させるための手法として、香りをういたアロマセラピーが注目されている。アロマセラピーの香りが心身状態に好影響を及ぼすことが、先行研究によって明らかになっている [1]。

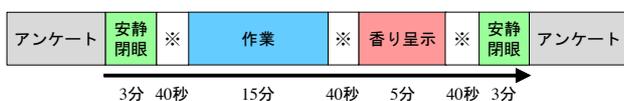
本研究では、緊張状態に対する香りの効果について検証する。具体的には、緊張を伴う作業後に香りを呈示することで、緊張状態に関わる自律神経系の変化を、実証実験を通して確認した。ここで、自律神経の評価指標として心拍変動量を用いた。一方で、香りの感じ方が性別によって異なると報告されているため、緊張状態に対する香りの効果が男女によって異なる可能性がある。そのため、男女での香りに対する自律神経系の反応の違いについても比較した。

2. 実験方法

本研究の目的は緊張状態に対する香りの効果を検証することであるため、実験では成分の異なる複数の香りを用意し、負荷作業を与えた被験者に対して生体指標の変化を観察した。具体的には、健康な被験者男性3名(Sub.A~C)、女性3名(Sub.D~F)に対して、図1のプロトコルを実施し、被験者から心電図、唾液アミラーゼ、主観評価(アンケート)を取得した。作業負荷として内田クレペリン精神検査を採用し、香りには興奮作用のあるグレープフルーツ(GRA)と、鎮静作用のあるラベンダー(LAV)を用いた。加えて、香りの効果を検証するため、香り呈示として無臭(NON)状態も設定し、香りのある場合との比較評価を行った。以上の実験手法で、被験者毎に3種類の香り呈示による実験を行った。

3. 実験結果・考察

本実験では、1回の実験で約30分の時間を要するため短時間フーリエ変換を行い、副交感神経(以降、PNAとする)の時系列データを算出した。各香りについて、開始後の安静区間、作業区間、香り呈示区間、終了前の安静区間に対しPNAの平均値をそれぞれ算出した。



「※」は唾液アミラーゼ測定である。

図1 実験プロトコル

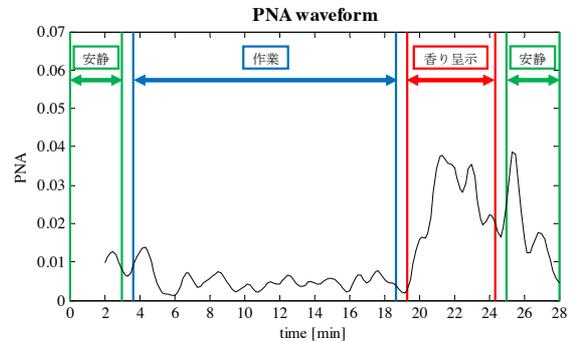


図2 PNA 時系列波形の例

表1 香りの有無によるPNAの影響のまとめ

被験者	NONを基準とした GRAとの比較		NONを基準とした LAVとの比較	
	傾向	有意差	傾向	有意差
Sub.A	+	1%	-	
Sub.B	+	1%	-	
Sub.C	+		-	1%
Sub.D	+	1%	+	1%
Sub.E	+	1%	+	1%
Sub.F	-		+	

3.1 作業時から香り呈示への変化

PNA 時系列波形の例 (Sub.D) を図2に示す。被験者6人中5人は、負荷作業を与えた後に香りを呈示することで、正方向にPNAが増加していることが明らかになった。特に、女性被験者全員が正方向に有意な差を示していた。

3.2 香りの有無による影響

香りの効果を検証するために、無臭状態の平均PNAを基準とし、香り呈示の平均PNAとの差を評価した。結果を表1に示す。無臭とグレープフルーツとの比較結果では、被験者6人中5人に有意差が確認されたが、ラベンダーに関しては女性被験者のみ有意差が生じた。この結果より、女性の方が香りに対する緊張緩和の効果が強いことが示唆された。

4. おわりに

本研究は、緊張状態を緩和するための香りの影響を検証することを目的とし、評価実験を通してその効果を確認した。実験結果より、緊張状態における香り呈示の効果は、女性の方が有意な傾向が示され、香りは女性に対して有効な緩和手法として期待される。

参考文献

[1] 韓在都, 内山明彦, “嗅覚刺激が生体に与える影響の計測と解析”, 電気学会論文誌.C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.122, No.9, pp.1616-1623, 2002.

潜在的ディリクレ配分法に基づく文書への自動タグ付与に関する研究

加藤 亮 (指導教員: 吉川 大弘, 古橋 武)
名古屋大学 工学部

1. はじめに

近年, インターネットの普及により, 膨大な数の文書が発信されており, 有益な情報を絞り込むことは容易ではない. そのため, 所望する文書を効率的に探し出すための, 文書の内容に基づいた知識整理を行うシステムが必要であると考えられる. 知識整理を行う方法として, タグと呼ばれる短い言葉を自動で付与する研究が報告されている [1]. しかし, これらの手法では, あらかじめタグが付与された文書を用いて学習を行う必要がある.

本稿では, 文書に含まれるトピックに着目した自動タグ付与システムの検討を行う.

2. 提案システム

提案システムでは, 文書にトピックを割り当て, 割り当てられたトピックとトピックに着目した単語の特徴量を用いてタグを付与する. まず文書の入力を行い, 単語情報を得る. 得られた単語情報を基に, トピックを自動で推定する手法である潜在的ディリクレ配分法 (LDA) を用いてトピック推定を行う. 推定されたトピックから, 各文書のトピックの出現確率と, 各トピックの単語の出現確率を算出し, トピックの出現確率の最大のもを各文書に割り当てる. また, トピックに着目した単語の特徴量として, term-score[2] を用いる. トピックの総数を K , あるトピック k における語彙 v の出現確率を $p(v_k)$ とすると, term-score は式 (4) で表される.

$$\text{term-score}(v_k) = p(v_k) \cdot \log\left(\frac{p(v_k)}{\prod_{k=1}^K p(v_k)}\right) \quad (1)$$

term-score は特定のトピックに偏って出現する単語が, トピックにおいて高確率に出現する際に, 大きな値をとる指標である. 最後に文書に割り当てられたトピックにおける term-score 上位の単語から, 文書中に出現する単語を順に n_t 個指定し, タグとして付与する.

3. 実験

3.1 実験方法

本実験では, 楽天市場¹ に公開されるレビュー文書のうち, カテゴリ「家電」, 「AV 機器」, 「カメラ」に属するレビューを用いた. 文書へのタグ付与性能について, タグ付与手法において一般的な TF-IDF, トピックの単語出現確率, term-score を用いる提案システムとの比較を行った. 実験では, データセットの全文書に対し, 各手法を用いて 3 個 ($n_t = 3$) のタグを付与した. 続いて, 全文書からランダムに 25 文書を抽出し, 付与された 3 個のタグに対し, 被験者 3 名が文書の内容との一致/不一致を判定した. 一致と判定された回数を, 抽出された文書数で割ることで精度を計算した.

¹<http://www.rakuten.co.jp/>

3.2 結果

各手法のタグ付与の精度 (3 名の被験者における平均の精度) を表 1 に示す. 表から, term-score を用いた提案システムが, 他の手法よりも, 精度が高いことがわかる. 実際に付与されたタグを確認すると, TF-IDF による方法では, 単に他の文書に出現しないだけの単語が抽出され, 内容を表しているとはいえないタグが多く付与されていた. また, 出現確率を用いる方法では, 一般語がタグとして付与されやすい傾向があることが確認できた. それらに対し提案システムでは, まだ十分に内容を捉えたタグ付けができていないもの, トピックに特徴的と思われる単語が多くタグとして付与できており, 提案システムが自動タグ付与手法において有効な手法であることが確認できた.

表 1 各手法におけるタグ付与の精度

	TF-IDF	出現確率	term-score
精度	0.0533	0.36	0.56

また, 各手法が全 2000 文書に付与したタグの種類数を表 2 に示す. 表から, TF-IDF によるタグ付けでは, タグの種類数が著しく多くなっていることがわかる. 種類数が多い場合, 共通のタグを手掛かりに文書の絞り込みを行うことが困難となるため, TF-IDF は文書の分類や検索の面でも適切ではないと考えられる. 一方, トピックに基づく 2 手法では, 平均 12 文書程度に同一のタグが付与されている結果となった. これは, トピックに特徴的な単語をタグとして付与することで, 文書間の内容の共通性をタグ付与に反映させやすいためであると考えられる.

表 2 全文書に付与されたタグの種類数

	TF-IDF	出現確率	term-score
種類数	4013	514	649

4. まとめ

本稿では, トピックモデルにより得られたトピック情報に基づく文書への自動タグ付与システムを提案した. 実際のレビュー文書を用いた実験により, 提案システムのタグ付与性能の有効性を示した. 今後の課題として, 一般語の除去や, トピックへのタグ付与についての検討が挙げられる.

参考文献

- [1] T. Ohkura, Y. Kiyota, and H. Nakagawa, "Browsing system for weblog articles based on automated folksonomy" Proc. WWW 2006 Works. Weblogging Ecosystem: Aggregation, Analysis, and Dynamics, 2006.
- [2] D.M.Blei, and J. D. Lafferty, "TOPIC MODELS" In A.Srivastava and M. Sahami, editors, Text Mining: Theory and Applications. Taylor and Francis, 2009.

音声雑談システムにおけるトピックシフトの一手法

浅野 慎平 (指導教員: 佐川 雄二)
名城大学理工学部

1. はじめに

iOS に搭載された siri などのように音声を利用して様々な機器を操作することが一般的になろうとしている昨今、機械を相手に雑談することも現実的になってきた。たとえば、斎藤らは莫大な情報源である Web の情報に基づいて話題を提供することで、ユーザが飽きずにおしゃべりを続けられるような会話システムを提案した[1]。しかし、基本的に次にどの話題に移るか(トピックシフト)はシステム主導型で、ユーザはシステムが提供する話題を聞くだけであるため、高橋らは、文章の一部(誰が、どこで、など)を伏せて提示することで、ユーザが興味を持つサブトピックを指定できるような会話システムを提案した[2]。しかし、実現されているのは、文字ベースのメニュー方式のやり取りなので、そのままの形では音声によるおしゃべりには適用できない。そこで、本研究では、高橋らの手法を音声ベースの対話システムとして実現することを目的とする。

2. 音声対話への拡張

図1に高橋らのシステムとユーザの対話例を示す。このように、文章中のいくつかの固有表現を「人名1」のように伏せ字にし、どれについて聞きたいかをメニューで選択してもらうことで、間接的にトピックシフトをユーザ側で制御できるようにしている。しかし、これをそのまま音声で実現しようとする、システムからの出力、ユーザからの入力ともに問題があり、変更する必要がある。

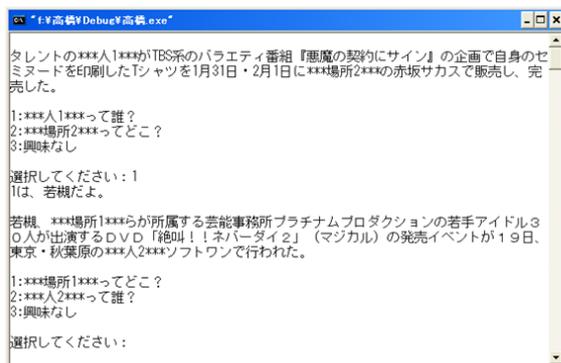


図1. 先行システム[2]との対話例

2.1 システムの発話の変更

高橋らの伏せ字方法を単純に音声で読み上げると、伏せてあることがユーザにわかりづらい、そこで、テレビ放送などでよく使われる「ピー」音を使うことにした。しかし、高橋らの方法では伏せた部分が人名なのか地名なのかがわかるが、この方法ではすべて同じ音なので区別がつかなくなる恐れがある。ただ、多く

の場合、動詞との関連から名詞が隠されていてもその種類(人名か地名か)程度は判別できることが多い(選択的制約)ため、問題はないが、同じ文章中に同じ種類の名詞が複数伏せてあると、この後ユーザにどの伏せた部分について聞きたいか選んでもらうときに難しくなるので、伏せる部分を決定する際に以下のような制約を設けることにした。

(制約1) 一つの発話の中で伏せることのできる部分は、同一種類の固有表現のうち一つに限る。

2.2 ユーザからの入力方法の変更

高橋らのようにメニューを読み上げて番号で選択する方法は、選択肢を覚えていなければならないなど気楽な雑談としては窮屈である。そこで、ユーザからの入力は、「それは何?」「誰?」「どこ?」などのWh疑問詞を含む発話を音声で可能とした。基本的に疑問詞さえ正しく認識できれば、システムの発話のどの伏せた部分と対応するかは解決できる(制約1が守られていれば)。

2.3 対話例

図2に本システムとユーザの対話例を示す。このようにシステムの発話のどの伏せ字部分をたずねるかによってユーザ自身がトピックシフトをある程度制御できる。

システム: DMM.com から配信されている***というゲームが***にユーザ数150万人を超えました。
 ユーザ: それは何のゲーム?
 システム: 艦隊これくしょんというゲームで、プレイヤーは***時代の軍艦を擬人化したキャラクター***を育成していくゲームです。
 ユーザ: いつの時代のゲームなの?
 システム: 第二次大戦時、***の軍艦をモチーフにしたキャラクターが出てきますが時代設定は現代と同じです、ゲーム自体が発表されたのは***年の春です。
 ユーザ: 何の軍艦なの?
 システム: 大日本帝国海軍です、***年から***海軍を手本に設立された組織で1945年まで存在しました。

図2. 本システムとの対話例 (***)はピー音

参考文献

- [1] 斎藤, 広田, 星野: Web 情報を用いたキャラクターの発話・世間話モデル, 情報処理学会研究報告. 自然言語処理研究会報告 2007(94), pp. 53-58 (2007).
 [2] 高橋, 佐川, 田中: Web 情報に基づく雑談システム, 平成20年度電気関係学会東海支部連合大会, 0-386(2008).

手書き楽譜からの音楽記号の抽出と認識

中川 大樹 (指導教員: 大山 航)
三重大学 工学部情報工学科

1. まえがき

楽譜の手書きによる音楽作品の制作が現在でも広く行われている。手書き楽譜には保管場所や、維持費、また紙の劣化によって読譜が困難となる問題がある。そのため、手書き楽譜を自動的にデジタル化する技術が望まれている。手書き楽譜のデジタル化に関する研究がいくつか報告されている [1][2]。しかし、これらは五線と音楽記号を分離する初期段階までであり、認識には至っていない。本研究では五線と音楽記号の分離、音楽記号の認識を目的とする。本報では細線化と距離変換を用いた音楽記号の抽出法、および音符の認識に関する基礎的検討を報告する。

2. 提案手法

本研究にて提案する手法は、手書き楽譜をスキャン (解像度 300dpi) し手動設定されたしきい値で2値化した2値画像を用いる。画像中では前景 (五線や音楽記号)、背景がそれぞれ白 (画素値 1)、黒 (画素値 0) で表現されている。提案手法の処理の流れおよび処理の詳細は以下の通りである。

前処理: まず五線の間隔、太さを推定するために、画像の垂直軸方向の黒画素、白画素それぞれのランレングス出現頻度を調べる。黒画素ランレングスの最頻値を五線の間隔、白画素のランレングスの最頻値を五線の太さとする。次に各水平座標ごとに推定した五線の間隔、五線の太さが重なって現れる回数とそれぞれの始点座標を調べ、最も出現頻度の多かった水平座標において検出した座標を五線の垂直座標として推定する。次に、入力2値画像に対し距離変換を行う。

五線検出: 音楽記号を認識するためには、2値画像の白画素を音楽記号と五線とに分離する必要がある。そのために五線に相当する画素の検出を行う。

まず、Hilditchの細線化 [3] により入力画像を細線化し、4近傍で特徴点を抽出する。注目画素が分岐点、交差点の場合にその画素を背景画素で塗り、線分に分離する。そして各線分をグルーピングし、五線と考えられる線分グループを細線化画像上で検出する。その後、検出した五線と音楽記号の分離を行う。

音楽記号の復元: 五線と音楽記号の分離を細線化された画像上で行ったため、入力画像のように復元する。

前処理で求めた距離画像の画素 $d = (d_x, d_y)$ の値を $f(d)$ とする。細線化画像上のそれぞれの白画素 $p = (p_x, p_y)$ に対して、以下の処理を適用して音楽記号を復元する。注目画素を p_0 とし、その8近傍画素 $p_1 \sim p_8$ のうち

$$f(p_i) \geq f(p_0), (i = 1 \dots 8) \quad (1)$$

の条件を満たす p_i を白色画素とする。その後、各白画素に対し逆距離変換を適用して音楽記号として復元する。



図1 検出結果例: 五線を灰色、音楽記号を白色で表している。

表1 実験結果

	従来手法 [1]	提案手法	従来手法 [2]
E.R (%)	2.90	2.42	1.69

音楽記号の検出・認識: 細線化画像と距離値を参照して符の頭を検出し、五線情報から音符の音程を決定する。

3. 評価実験

提案した音楽記号の抽出法に対し、性能実験を行った。データセットは CVC-MUSCIMA database [4] の Ideal 500 枚を使用した。評価方法は以下に基づく。

$$E.R = \frac{n_{FN} + n_{FP}}{n_{all}} \times 100 [\%]$$

ここで、 n_{FN}, n_{FP}, n_{all} はそれぞれ検出できなかった五線の構成画素数、五線と誤検出された音楽記号の画素数、全白色画素数である。

4. 実験結果

実験結果を表1に、検出結果例を図1に示す。従来手法 [1] では E.R 2.90% に対し、提案手法では 2.42% と従来手法 [1] より良い結果を得た。しかし、従来手法 [2] の 1.69% と比べると劣る結果となった。これは図1のように一部の五線画素が検出できていないためと考えられる。

5. まとめ

音楽記号の抽出法、音楽記号の認識に関する基礎的検討を行った。抽出には E.R 2.42% の結果を得た。この精度を更に上げるためには各画素に対し厳密な分類が必要となるが、検出・認識には問題ない程度の精度で音楽記号と五線の分離ができたと考えている。今後の課題として、実用精度的な検出・認識手法の開発が必要である。

参考文献

- [1] A. Dutta, et al, "An Efficient Staff Removal Approach from Printed Musical Documents," 20th ICPR, pp.1965-1968, 2010.
- [2] J. dos Santos Cardoso, et al, "Staff Detection with Stable Paths," IEEE Transactions on PAMI, vol.31, pp.1134-1139, 2009.
- [3] C.Judith Hilditch, "Linear Skeletons from Square Cupboards," Machine Intelligence, no.4, pp.403-420, 1969.
- [4] A. Fornes, et al, "CVC-MUSCIMA: a ground truth of handwritten music score images for writer identification and staff removal," IJdar, vol.15, no.3, pp.243-251, 2012.

確率的テンソル主成分分析に基づく データの欠損補完に関する研究

福田 智広 (指導教員: 吉川 大弘, 古橋 武)
名古屋大学 工学部

1 はじめに

近年, 企業が販売戦略を立てるための市場調査の方法の1つにアンケート調査がある. しかし, データの中には, 未記入などによって欠損部分が存在する場合があります. 欠損部分があるデータはそのままでは多変量解析手法が適用できないため, 解析をする上で, 欠損を補完する必要がある. そこで本稿では, 確率的成分分析をテンソルへ拡張した欠損補完手法を提案する. 実際のアンケートデータに対して提案手法を適用し, その性能評価を行う.

2 提案手法

確率的成分分析は, 主成分分析に確率的モデルを適用したものである. データの潜在変数を用いることで, 欠損を補完できる [1]. この手法をテンソルに拡張し, 欠損を補完する.

2.1 質問と対象の特徴を考慮したデータ補完

テンソルの mode 展開を用いて, 質問と対象の特徴を考慮したデータ補完をする. 質問 mode 展開に確率的成分分析を用いることで各質問の特徴を考慮することができ, 対象 mode 展開に確率的成分分析を用いることで各対象の特徴を考慮することができる. 以下ではこの手法を提案手法 1 と呼ぶ.

2.2 回答者間の類似性を考慮したデータ補完

回答者間の類似性に着目して欠損を補完する. RMSE に基づいて選択した類似回答者に確率的成分分析を適用することで, その回答者の評点傾向を捉えて欠損を補完することができる. 以下ではこの手法を提案手法 2 と呼ぶ.

3 実験

実際のアンケートデータに対して, 従来手法 [2](質問項目の平均値で補完:従来法(質), 回答者の平均値で補完:従来法(回))とCF(協調フィルタリング)法 [3]および提案手法 1, 2 をアンケートデータに適用し, 欠損補完した際の精度の比較を行った. 全体の1割の回答者にあたる, 100人の評点には欠損箇所がないとし, 残り9割の回答者の評点に欠損箇所を作成した. ここで欠損箇所はランダムに作り, 欠損割合はデータ全体の5%, 10%, 20%, 40%とした. 評価指標には, 真値を正しく補完できたかを示す正答率と, 真値に近い

値を補完できたかを示す $RMSE$ を用いて手法を比較した.

欠損率5%における正答率および $RMSE$ を表1に表す. 正答率は提案手法2が最も高く, 他の手法よりも真値を正確に補完できていることがわかる. また, $RMSE$ は従来法(質)が最も小さく, 真値に近い値を多く補完していることがわかる. 一方で, 提案手法1では正答率, $RMSE$ とともに, 他の手法と比べて大きく下回った.

表 1: 欠損率5%

	正答率	$RMSE$
従来法(質)	47.9%	0.879
従来法(回)	41.0%	0.999
CF法	41.6%	0.956
提案手法1	34.3%	1.14
提案手法2	51.2%	0.904

従来法(質)では, 補完した評点がすべて2~4となっていた. その結果, 真値との誤差である $RMSE$ の値は小さくなったと考えられる. 一方で提案手法2では, 評点が1や5となるものも補完できており, また多くの評点において正答率が一番高かったため, 他の手法よりも正答率が高くなったと考えられる.

4 おわりに

本稿では, 確率的成分分析に基づく, 3階のテンソル構造のアンケートデータの欠損補完手法を提案した. 実際のアンケートに適用し, 提案手法2(回答者間の類似性を考慮)では従来法よりも真値を補完できる割合が高いことを示した. 今後の課題として, 回答者間の類似性について, 評点の付け方を考慮した方法に対する検討などが挙げられる.

参考文献

- [1] L Qu, J Hu, L Li, Y Zhang : PPCA-based missing data imputation for traffic flow volume: a systematic approach, IEEE Trans, Intelligent Transportation Systems, vol.10, pp.512-522, 2009.
- [2] I Myrvtveit, E Stensrud, UH Olsson : Analyzing Data Sets with Missing Data: An Empirical Evaluation of Imputation Methods and Likelihood-Based Methods, IEEE Trans, Software Engineering, vol.27, pp.999-1013, 2001.
- [3] 神島 敏弘 : 推薦システムのアルゴリズム, 人工知能学会誌, vol.22-23, 2007-2008.

環境発電型無線センサネットワークにおける デューティ比制御に関する基本特性評価

糸数 大己 (指導教員：上原 秀幸)
豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学課程

1. まえがき

近年、環境発電を利用した無線センサネットワーク (Wireless Sensor Network, WSNs) が注目されている。環境発電型 WSNs では、端末の獲得できるエネルギーが環境に依存する。そのため、獲得できるエネルギーに応じた端末の状態制御が必要となる。そこで本研究では、端末の状態を残存エネルギーによって切り替える動作を実装した。実機実験によりエネルギー特性、スループット特性について評価した。

2. 端末の状態遷移

端末の状態は、残存エネルギーによって動作状態と待機状態のどちらかに遷移する。動作状態は、通信機能の ON/OFF をデューティ比によって周期的に繰り返す状態である。デューティ比は以下の式で示される。

$$\text{Duty ratio} = \frac{T_{\text{ON}}}{T_{\text{ON}} + T_{\text{OFF}}} \quad (1)$$

本実験では通信機能が ON の時間 T_{ON} は固定とし、通信機能が OFF の時間 T_{OFF} を変更することでデューティ比を決定している。待機状態は通信機能を常に OFF とし、充電中の消費エネルギーを小さく保つ状態である。図 1 に状態遷移図を示す。端末は、残存エネルギー E が下限のしきい値 $E_{\text{th,low}}$ を下回ると待機状態に切り替わる。充電によって上限のしきい値 $E_{\text{th,high}}$ に達すると動作状態に切り替わる。

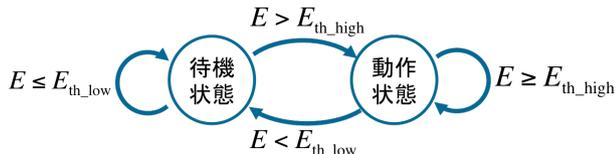


図 1 状態遷移図

3. 実機実験

1対1通信でのスループット特性とエネルギー特性について、実機実験による評価を行った。今回は、WSNs のプラットフォームである TinyOS を搭載した端末を用いた [1]。送信端末には、[2] を参考に設計した定電流電源回路で電力を供給する。実験諸元を表 1 に示す。5

トラフィック 10 packet/s, デューティ比 1 の残存エネルギーの時間変化を図 2 に示す。右上がりか待機状態、右下がりか動作状態を示している。供給電流が大きいほど待機状態時間は短くなった。図 3 はトラフィック 10 packet/s でのスループット特性を示している。スループットが上昇している部分は常に動作状態であり、低下している部分は動作状態と待機状態を繰り返している。よって、供給電流が 25 mA のときは 0.2, 30 mA は 0.3, 35 mA は 0.4 が最適なデューティ比だと考えられる。

表 1 実験諸元

実験時間	600 s
供給電流	25, 30, 35 mA
トラフィック	1, 10, 100 packet/s
上限のしきい値 $E_{\text{th,high}}$	10 J
下限のしきい値 $E_{\text{th,low}}$	5 J

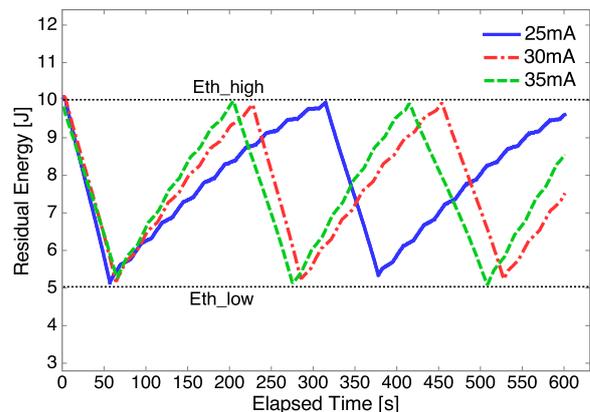


図 2 残存エネルギー特性 (Traffic: 10 packet/s, Duty ratio: 1)

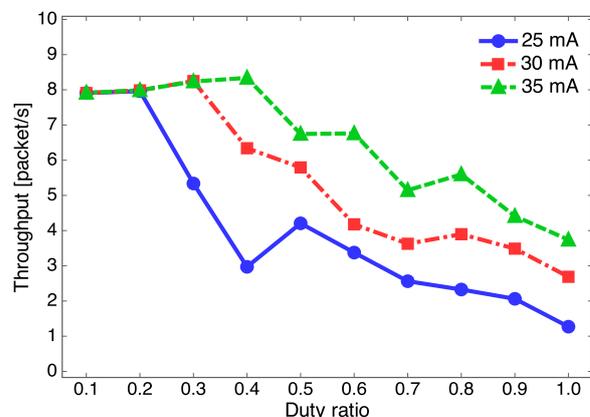


図 3 スループット特性 (Traffic: 10 packet/s)

4. まとめ

本研究では、端末の残存エネルギーに応じた状態制御を実装した。実機実験によりエネルギー特性とスループット特性を評価し、供給電流の大きさによって最適なデューティ比が存在することを確認した。今後は、太陽電池による電力供給環境においての特性評価を検討している。

参考文献

- [1] Crossbow, “<http://www.xbow.jp/mprmib.pdf>”
- [2] 井元則克, 三村智彦, 山本高至, 森倉正博, “バッテリーレス無線センサの残エネルギースリープ制御の実験,” 信学技報 USN2012-6, pp49-52, May.2012.

無線センサネットワークに適した低消費電力な予測機構の検討

伊尻 雄太 (指導教員: 上原 秀幸, 宮路 祐一)
豊橋技術科学大学 電気・電子情報工学課程

1. はじめに

無線センサネットワークの課題である省電力化を実現する手法の1つとして、センシング値をノードとシンクで同一に予測し、予測値がユーザ指定の許容誤差を超えていた場合のみ通信を行うことで消費電力を削減する予測センシングが提案されている。従来の研究では、様々な予測機構について予測精度の評価が行われてきた。しかし、消費電力の観点での比較検討は十分に行われておらず、省電力化の効果が不明瞭である。そこで本稿では、センサノードに実装可能である、自己回帰、移動平均、自己回帰移動平均、カルマンフィルタ [1], 予測メモリ [2], 定数予測モデル [3] の6種類の予測機構を取り上げ、各予測機構を適用した予測センシングの消費電力削減率をシミュレーションにより評価し、無線センサネットワークに適した低消費電力な予測機構について検討した。

2. 予測に要するクロック数

予測センシングでは、予測成功時に通信を行わないため通信コストを削減できるが、予測を行うことで消費する演算コストが発生する。本稿では、各予測機構の演算コストの算出にクロック数を用いた。各予測機構で使用する命令は、加減算、乗除算、比較・分岐である。各命令の実行に必要なクロック数は IRIS Mote の仕様 [4] を参考に、加減算2クロック、乗算3クロック、除算30クロック、比較・分岐5クロックとした。各予測機構の必要クロック数を表1に示す。ここで、定数予測モデルは、直前の値を予測値とするため必要クロック数を1とした。

3. シミュレーション評価

屋内、屋外において実測した温度データを用いて、予測センシングを適用しない場合と各予測機構による予測センシングを適用した場合の消費電力の比 (削減率) を評価した。諸元を表2に示す。許容誤差は 0.1°C とし、サンプリング間隔を $40\text{s}\sim 80\text{s}$ で変化させた。また、自己回帰、移動平均、自己回帰移動平均、予測メモリの予測に用いるデータ数は、過去3時刻分とした。シミュレーション結果を図1に示す。

図1より、予測メモリの削減率が最も高く、削減率が最も低くなった移動平均と比べ、サンプリング間隔 60s 時において 3.2 ポイント削減率が高くなった。これは、温度データにおいて線形な増減が多く含まれていることが理由であると考えられる。予測対象が線形変化する場合、移動平均では平滑化により予測値が実際の値に追従しない。一方、予測メモリでは直前の値に変化量を足した値を予測値とするため予測精度が高くなる。また、線形予測を行う自己回帰やカルマンフィルタに比べ予測メモリの削減率が高くなるのは演算コストによるものである。以上より、今回想定した環境における無線センサネットワークに最適な予測機構は予測メモリであるといえる。

4. むすび

本稿では、無線センサネットワークの課題である省電力化を実現する手法の一つとして予測センシングを取り上げ、消費電力の観点から予測機構の比較検討を行った。結果、予測メモリによる予測センシングが最も低消費電力な予測機構であることを示した。今後の課題は、様々な時系列データでの評価およびマルチホップ通信環境での特性評価である。

表1 各予測機構の必要クロック数

Auto-Regressive	91 Clock
Moving Average	42 Clock
Auto-Regressive Moving Average	135 Clock
Kalman Filter	186 Clock
Prediction Memory	89 Clock
Constant Prediction Model	1 Clock

表2 シミュレーション諸元

Sensed quantity	Temperature
Period	86400 s
Sampling interval	40 - 80 s
Number of samples	2161 - 1081
Acceptable error	0.1°C

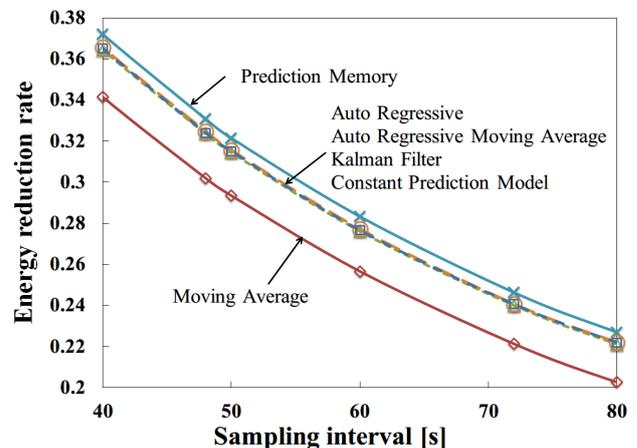


図1 各予測機構の消費電力削減率

参考文献

- [1] G. Wei et al., "Prediction-based data aggregation in wireless sensor networks: Combining grey model and Kalman Filter," *Computer Communications*, vol.34, Issue 6, pp.71-76, 2004.
- [2] 三村恭弘 他, "線形変化に適応した予測カウンタを用いたセンシングシステム," 信学総大通信講演論文集 2, p590, Mar. 2010.
- [3] I. Lazaridis, S. Mehrotra, "Capturing sensor-generated time series with quality guarantees," *ICDE' 02*, Mar. 2003.
- [4] Atmel, "ATmega128L," <http://www.atmel.com/Images/doc2549.pdf>, 参照 Nov. 2, 2013.

ファクトリーオートメーション用ドット文字の抽出

鈴木 鴻志 (指導教員: 大山 航)
三重大学 工学部

1. はじめに

商工業において製品の管理は重要である。製品の情報は作業員や顧客が目視確認をするために印字されているが、それらの情報をOCRを用いて自動認識することが出来れば、品質管理の支援につながると考えられる。しかし、ドットマトリクスで構成された文字(ドット文字)が多く使用されているため、文字を認識する過程で、文字列から一文字ごとに文字を分離するプロセスにおいて、現在広く利用されている連結成分ベースの手法をそのまま使用することは困難である。本研究ではドット文字に適した文字の抽出手法の開発を行った。本研究の目的は、図1(a)に示すようなドット文字で構成された文字列画像を入力し、図1(b)に示すようにそれぞれの文字を正確に抽出することである。

2. 提案手法

本研究で対象とするドット文字は以下の特徴を持つ。

1. 様々なドット配列が存在し、同じ文字が異なる形状を持つ場合がある。
2. 複数文字の接触、文字列の婉曲、字形の崩れを含む。
3. 紙、プラスチック、金属、段差のある面など、素材、状態が様々な面に印字される。

これを正しく抽出するため、本研究では、以下の手法を用いる。

2.1 前処理

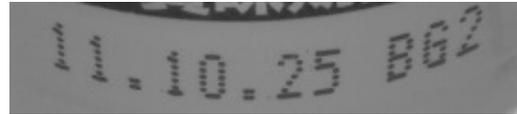
ドット文字を抽出するために、必要な前処理をする。

1. 局所しきい値法 [1] を用いた二値化をする。
2. 背景とノイズの除去をする。
3. 行間の検出を行う。
4. 縦方向に膨張処理を行い、一文字が一個の連結成分となるようにドットを結合する。

2.2 抽出処理

連結成分ごとに、その外接矩形領域の位置関係と大きさの特徴から文字抽出位置の修正をする。

1. 連結成分を取得し、その外接矩形を抽出する領域とする。以降、この領域を基準に抽出位置の修正を行う。
2. 文字の形状特徴 [2] から文字の接触点を検出し、領域を接触点で分離する。
3. 領域の大きさを比較することで [3] 文字の接触点を検出し、領域を接触点で分離する。
4. 領域の重なりから、膨張処理をしても結合しきれなかったドットを検出し、領域を結合する。
5. 領域の大きさと距離の関係から、膨張処理をしても結合しきれなかったドットを検出し、領域を結合する。



(a) 入力画像例



(b) 出力画像例

図1 入出力画像例

3. 実験と結果

実験は製品上に印字されたドット文字を撮影した画像165枚、合計2730文字に対して行う。手動で設定した文字の外接矩形と本手法の出力とが80%以上重複する場合を抽出成功とする。評価は再現性と精度で行う。それぞれの定義は以下のとおりである。結果を表1、表2に示す。

- TP : 正しく抽出された領域の数
- FN : 抽出されなかった領域の数
- FP : 正解でない場所を抽出した領域の数

$$\text{再現性} = \frac{TP}{TP + FN} \quad \text{精度} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

表1 抽出結果

TP	1411
FN	1319
FP	1162

表2 評価結果

再現性	0.516
精度	0.548

4. まとめ

従来手法をベースに、ドット文字に適した抽出手法を開発した。形状と印字面が様々な文字の抽出が可能である。今後は、再現性を重視して手法を改善する。

参考文献

- [1] 加藤裕康, 大山航, 若林哲史, 木村文隆, “ナンバープレート認識を目的とした文字抽出のための文字列分割” 電気情報通信学会東海支部連合大会, Vol.2008, ppO-357, 2008
- [2] Nagaiishi Michihiro, “Segmentation of Handwritten Characters Using Field of Induction on the Retina”, ATR Auditory and Visual Perception Research Laboratories, IEICE, J76-D-2(9), pp1948-1956, 1993
- [3] Berrin A. Yanikoglu, “Pitch-based segmentation and recognition of dot-matrix text”, Sabanci University, IJDAR, 1999

カメラベース文字認識のための複数要素文字認識

魚住 久祥 (指導教員: 大山 航)
三重大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

近年, デジタルカメラの性能が大きく向上してきている. カメラで撮影した画像中の文字を自在に認識できれば, 標識や看板の情報を利用した道案内や博物館の展示物説明文の自動翻訳など様々な応用例が考えられるため, カメラを入力手段とした文字認識への期待が高まっている.

成田, 蔵元らはスキャナベースの文字認識手法 [1] の学習サンプルに3次元回転した文字を加えることによって, 記憶容量と処理時間を増加させずに3次元空間中の文字を認識する手法 [2][3] を提案した. しかし, 複数の連結成分からなる文字の抽出に対応していない.

本研究では, 先行研究の手法をベースに複数要素文字に対応したカメラベース文字認識手法を提案する.

2. 提案手法

提案手法の流れを図1に示す.

2.1 複数要素文字の切り出し

複数要素文字は2つ以上の連結成分から成っているため, 連結成分ベースの先行研究の手法では1文字として切り出すことが出来ない. 複数要素文字を構成する複数の連結成分を膨張処理によって結合させる.

画像の中には大量の連結成分が含まれている場合が多く, そのまま膨張処理を行うと意図しない連結成分同士が結合されてしまう可能性が高い. そのため, 複数要素文字を構成している一部と思われる連結成分のみに対して選択的に膨張処理を行う.

ここで, 複数要素文字を構成している一部と思われる連結成分は先行研究の手法を用いて, 「l」(小文字エル), 「1」(イチ), 「I」(大文字アイ), 「J」(大文字ジェー), 「。」(ピリオド) と認識された5種類の連結成分である.

2.2 回転角度推定と膨張処理

各連結成分の左端と右端の座標値を用いて画像処理的に回転角度を推定し, 推定された回転角度を4方向に量子化した上で膨張処理を行う.

3. 実験

複数要素文字が含まれている画像に対し, 実験を行った.

用いた画像は25枚で, 「i」が65文字, 「j」が20文字含まれている.

それぞれの文字について正しく認識できていれば成功, そうでなければ失敗とする.

4. 実験結果

認識率は表1, 表2, 表3の通りとなった. 文字「j」に対する認識率が30.0%と低いが, これは回転角度推定の精度が低いことが原因であると考えられる.

提案手法

2値化手法: 大津の判別分析法

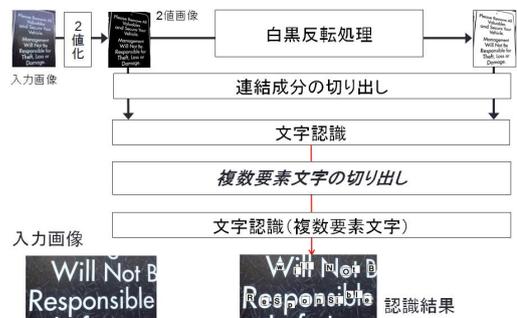


図1 提案手法

表1 文字「i」の認識率

総文字数	65
成功	51(78.5%)
失敗	14(21.5%)

表2 文字「j」の認識率

総文字数	20
成功	6(30.0%)
失敗	14(70.0%)

表3 複数要素文字の認識率

総文字数	85
成功	57(67.1%)
失敗	28(32.9%)

5. まとめと今後の課題

本研究では, 複数要素文字に対応した文字認識手法を提案した. しかしまだ文字「j」に対しての認識率が低いと思われる. そこで, 今後の課題としてモーメント特徴を用いた回転角度推定を用いる等して, 回転角度推定の精度の向上をしていきたいと考えている.

参考文献

- [1] F.Kimura, T.Wakayabashi, S.Tsuruoka and Y.Miyake, "Improvement of Handwritten Japanese Character Recognition Using Weighted Direction Code Histogram," Pattern Recognition, vol.30, no.8, pp.1329-1337, 1997.
- [2] 成田了, 大山航, 若林哲史, 木村文隆, "3次元回転不変文字認識," 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2011) 論文集, OS1-4, pp.26-32, 2011.
- [3] 蔵元侃太, 大山航, 若林哲史, 木村文隆, "3次元空間中の文字の回転角度を利用した情景中文字の検出と認識," 第19回・画像センシングシンポジウム, SSII2013, IS1-03, 2013.

固相拡散源で形成した拡散層を有する太陽電池の作製と評価

富田 昌吾, 山下 雄也 (指導教員: 辻 琢人)

鈴鹿工業高等専門学校 電気電子工学科

1. はじめに

一般に、シリコン(Si)半導体デバイス作製工程における不純物ドーピングは複雑な装置と手間を必要とする。このため、大学や高専で半導体デバイスの作製実験を行うことは容易ではない。本研究室では、スピノングラス(SOG)を用いた簡略化した作製プロセスによる Si 太陽電池作製教材の開発を行ってきた。これまでの研究によりリンケイ酸ガラス(PSG)を用いて、n 型拡散層を有する p-Si 基板上の太陽電池の作製は実現できたが、p 型拡散層を有する n-Si 基板上の太陽電池の作製は実現できていない。

そこで、SOG の種類や拡散層形成条件を変化して太陽電池の作製及び評価を行うことにより、太陽電池の変換効率の改善を試みるとともに、拡散層形成条件が不純物拡散層や太陽電池の特性に与える影響を調べた。

2. 不純物拡散層の形成と評価

各試料(A,B,C)に対して、表 1 に示す SOG を Si 基板に回転塗布した後、マッフル炉で所定の拡散層形成条件において焼成して拡散層の形成を行った。

形成した拡散層に対して、スフェリカルドリル法による切削処理及びステインエッチングによる拡散層の可視化により接合深さ x_j を求めた。そして四探針法により拡散層の抵抗率 ρ 、拡散層の不純物濃度を求めた。

形成したそれぞれの拡散層を評価した結果、表 1 に示す特性を得た。

3. 太陽電池の作製と評価

2.で不純物拡散層を形成した Si 基板の表面にくし型、裏面には全面にアルミニウム電極を真空蒸着法により形成した。表面のくし型電極を中心として Si 基板をそれぞれ約 1.5cm 角に切断後、スライドガラスに取付け、配線を行い、太陽電池を作製した。

作製した太陽電池はソーラーシミュレータにより光起電力特性を測定し、種々の特性値を求めた。

試料 A, B の太陽電池の光起電力特性を図 1 に示す。太陽電池の特性は表 2 に示すように、試料 A, B のそれぞれの変換効率 η 及び曲線因子 FF は、n 型拡散層の熱処理条件を変

化してもほぼ同程度であった。一方、試料 C は、試料 A, B の η 及び FF と比べると著しく劣っていることがわかった。

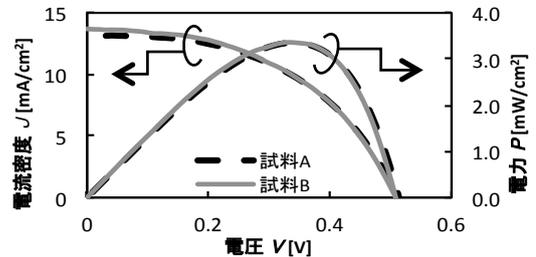


図 1 AM-1.5, 100mW/cm²における太陽電池の光起電力特性

表 2 太陽電池の特性

試料	曲線因子 FF	変換効率 η [%]
A	0.50	3.4
B	0.50	3.4
C	0.24	0.21

4. 考察

試料 A, B の結果より、本研究で試した n 型拡散層形成条件の変化が、作製した n 型拡散層及び太陽電池の特性に大きな影響を与えていないことがわかった。また、試料 C の太陽電池の特性は試料 A, B と比べて、 FF が半分以下、 η も 1/10 以下と著しく劣っていた。このように、試料 C の特性が劣った原因として、BSG の溶媒中の炭素が残留し、バンドギャップ中に不純物準位を形成したためではないかと考えられる。

5. まとめ

固相拡散法により不純物拡散層を形成した太陽電池を作製したところ、PSG を用いた場合、ほぼ同一な接合深さに対して n 型拡散層形成条件を変化させても、不純物拡散層及び太陽電池の特性に大きな影響を与えないことがわかった。一方、BSG を用いて作製した太陽電池は、PSG の場合と比べて、変換効率及び曲線因子が著しく劣っていたことから、最適な p 型拡散層形成条件の検討が必要である。

表 1 不純物拡散層の形成条件および特性

試料	拡散層/基板の種類	SOG	拡散層形成条件	接合深さ x_j [μm]	抵抗率 ρ [Ωcm]	不純物濃度 [cm ⁻³]
A	n / p	PSG	大気 1050°C, 1h	1.37	1.7×10^{-2}	2.0×10^{18}
B		Filmtronics製 P8545SF	雰囲気 1100°C, 20min	1.46	1.9×10^{-2}	2.0×10^{18}
C	p / n	BSG 東京応化工業製 PBF 3M-31	窒素雰囲気 1100°C, 2h	0.69	0.94	1.5×10^{16}

専門英語の語彙学習の効率比較

福田 凌平 (指導教員：河合 敦夫)
三重大学 工学部 情報工学科

1. はじめに

1.1 研究背景

専門分野の英語文書の読解を容易にするためには、事前に、一般英語でなく、その分野の専門英語を学習した方が効率的なことは、定性的には明らかであるが、定量的な観点からの研究は、ほとんどない。また、専門英語の学習にも学科全体からそれぞれのテーマまで幅広い範囲があるが、多くの場合その専門性の区別はされていない。

1.2 調査内容

大学入学時の学生が英語で記述された専門分野の論文(以下「未読論文」)を読解するための語彙を身につけることを想定する。ここでの語彙とは、修得済みの英単語の単語数を表す。その学生が新たに英論文を読解する際に出現する英単語のうち、学習済みでない英単語(以下「未知語」)の数を本研究では評価指標とする。「大学入学時の語彙数の学生」を基準として、その学生がさらに「一般英語を学習した場合」と「専門英語を学習した場合」に分けてシミュレートすることで、同じ英論文を読んだ際のそれぞれ未知語数の割合を定量的に示し比較する。

2. 実験方法

2.1 シミュレーションの流れ

専門英語学習の方法として、(1) 学科範囲:幅広く専門語彙を学習する方法、(2) 研究テーマ範囲:目的に特化した狭い分野の専門語彙のみを学習する方法、(3) 研究室範囲:(1) と (2) の中間、の3種類の学習方法を想定し、それらの学習効率を比較した。実際には図1のように「入学時の語彙」、「一般的な英語学習で得られた語彙」、「専門的な英語学習で得られた語彙」、「未読論文」の4つの単語リストを作成し、照らし合わせることでシミュレーションを行う。「入学時の語彙」、及び「一般的な英語学習で得た語彙」は「大学英语教育学会基本語リスト(JACET8000)」を使用して単語リスト作成した。「入学時の語彙」はJACETでもっとも基礎の2000語(JACET2000)をこれに充て、「一般的な英語学習で得られた語彙」はJACET2000からさらに6000語追加したJACET8000を充てた。「専門的な英語学習で得た語彙」は、複数の情報工学の論文から約6000語の単語リストを作成した。「未読論文」の単語リストは、論文誌「PatternRecognition」から、ランダムに選び、その中に含まれる全ての単語とした。これらの方法で得た単語リストを用いて、最終的に「未読論文」の単語リストにそれぞれの学習方法で得た英単語リストと原形と品詞が一致する英単語(以下「既知語」)がどの程度含まれているかの割合を算出する。そしてその「未読論文」中の英単語に占める割合を全体(100%)から引いた未知

語の割合を学習効率の指標とする。

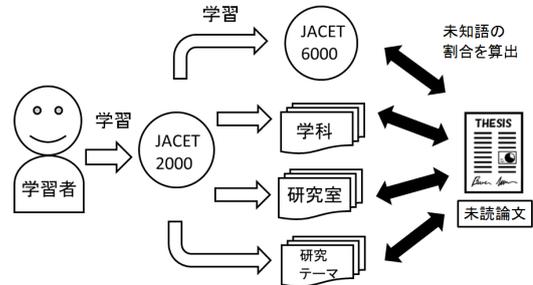


図1 シミュレーションの概要

2.2 専門英語の学習方法

2.1節で述べたように、専門英語の中でも専門性の幅によって3種類の学習方法を行うが、具体的に論文を集める範囲として、学科範囲:情報工学全体から選んだ論文、研究室範囲:未読論文と同じ論文誌から選んだ論文、研究テーマ範囲:未読論文の参考文献から選んだ論文とする。

3. 結果

各学習後の「Pattern Recognition」から選んだ「未読論文」における未知語の割合が表1である。

表1 未知語の割合

学習範囲		学習後
一般		11.2%
専門	学科	6.6%
	研究室	4.7%
	研究テーマ	2.1%

4. 考察

4.1 考察

一般英語を学習した後の未知語の割合が11.2%と最も高く、専門英語を学習した方が未知語は減少することを示している。また、専門英語の中でも研究テーマを学習した後の未知語の割合が2.1%と最も低く、専門性が深い分野の論文を学習することで未知語が減っていくことを定量的に示せた。

4.2 今後の課題

本研究では情報工学及び、その中のパターン認識の論文のみを用いて実験を行った。この実験によって得られた評価結果の傾向が、化学、医学等の他の分野においても同様なのかは不明である。この調査結果にさらなる一般性を持たせるためには、より多くのデータ及び分野に調査範囲を広げる必要がある。

マルチホップ通信におけるルーティングプロトコルが端末消費電力に及ぼす影響

栗林隆太 (指導教員：山崎悟史)

(独) 沼津工業高等専門学校 制御情報工学科

1. まえがき

高速通信を実現するにあたり通信ガバレッジの拡大を目的として、マルチホップ(リレー)通信が期待されている。マルチホップ接続によってセルラシステムのサービスエリア拡大を試みた場合、中継局もまたシャドウイング(建物などの遮蔽物による電力減衰)を受けて接続が出来ない可能性がある。筆者らはこれまで、線形マルチホップ環境にて、中継局の消費電力は一定値を想定し、ネットワーク全体電力について理論解析を進めてきた[1],[2]。

本稿では、2次元マルチホップ通信環境を想定して、アドホックルーティングプロトコルが中継端末の電力消費に及ぼす影響について報告する。

2. アドホックルーティングプロトコル

アドホックルーティングプロトコルは、経路情報(テーブル)の生成タイミングの観点から、大きく Proactive 型と Reactive 型に分けられる[3]。Reactive 型は、無線ネットワーク特有の新たなルーティング方法であり、フラッド方式により各ノードは通信要求が生じた時に経路情報を獲得、保持する。本稿では Reactive 型の AODV(Ad hoc On-Demand Distance Vector)プロトコルを取り上げる。

3. 特性評価

図1にシミュレーションモデル(中継局が固定配置の場合)を、表1に諸元を示す。設定した初期電力(3600J)から送受信の度に指定したパラメータ値(表1)だけ減少する、消費電力モデルを想定する。ノードDを中心として、文献[2]から算出した直接通信可能な限界距離を R_0 し、 R_0 を半径とする同心円上に中継(リレー)局 R#1 ~ R#4 を配置する。始点ノードSが位置 p1 から時計回りに移動し、リレー局を中継しながら終点ノードDとやり取りを行い、最終的に元の位置 p1 に戻る。中継局配置により、ガバレッジ拡大という利点に反して生じる問題点(中継局に生じる電力消費)について特性評価を行う。図2に uplink (図1のSからDへの通信)、図3に downlink (図1のDからSへの通信)の結果を示す。両者とも全中継局において特性の傾きが2種類存在している。これは、AODVを用いる場合、電力消費には、(a)通信の確立と維持、(b)データ送信の2種あることがわかる。最終的に、ノード電力量が3420wに収束する(c)ことがわかる。さらに downlink では、100s~300sまでに通信の遅延がみられる。これは、uplink ではS局からは常に中継局が1つだけ通信範囲内にあり、この中継局からさらにD局のみ

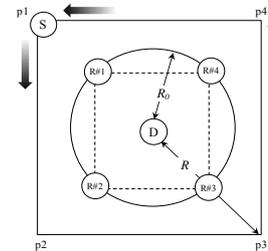


Figure 1. Simulation model.

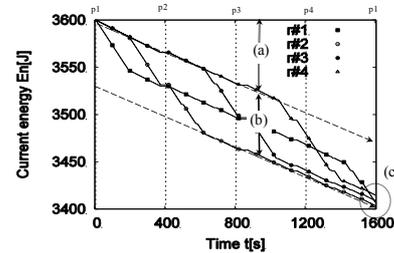


Figure 2. Relation between time current energy for uplink.

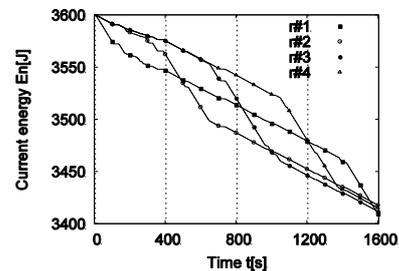


Figure 3. Relation between time current energy for downlink.

がエリアに存在するのに対し、downlink ではD局からエリア内の中継局4つに対してS局を問合せ、この4局がS局探索のためのパケット送信を行っていることに起因すると思われる。しかし、中継局2→3、3→4、4→1の切換え時間間隔は両者とも約400秒となり、両者の結果の妥当性を示せている。

4. まとめ

マルチホップ(リレー)通信によるガバレッジ拡大という利点に反して生じる問題点(中継局に生じる電力消費)に着目し、AODVプロトコルを用いた場合のuplinkとdownlinkについて考察した。両者の結果からシミュレーション手法の妥当性を示せた。特に、downlinkではuplinkと比較して、遅延が生じる点を明らかにした。

参考文献

- [1]岩瀬元, 山崎悟史, “シャドウイングを考慮したマルチホップ伝送における送信電力の理論特性評価”, 電子情報通信学会通信ソサエティ大会, B-18-10, 2013. 9. 17-20.
- [2]渡邊領, 山崎悟史, “マルチホップ通信におけるネットワーク全体電力の理論解析”, 電子情報通信学会東海支部卒業研究発表会, 2014. 3. 10 (発表予定).
- [3]阪田史郎他, “アドホックネットワークと無線LANメッシュネットワーク”, 信学論B, Vol. J89-B, No6, pp811-823, 2006.

Table1. Simulation Parameters.

パスロス係数 γ	3.5 [dB]
シャドウイング 偏差 σ	6 [dB]
直接伝送の境界カバレッジ R_0	200 [m]
R_0 による正規化値 $\alpha (=R/R_0)$	2
対象エリア(正方形)の一边長 $l (=1.14 \times R)$	556 [m]
送信電力	56.9 [w] (直接通信距離200m時を算出[2])
アゲージ効率	3%
リレーノード数	4
リレーノード位置	固定
ノード初期電力量	3600 [J] (単3マンガン2本を想定)
データ送信時間	1900 [s]
パケット長	非固定長
通信プロトコル	AODV(Reactive), DSDV(Proactive)
受信ノードの移動速度	1.415 [m/s] (人間の歩行を想定)
アイドル時ノード消費電力 (idle)	0.015 [w]
スリープ時ノード消費電力 (sp)	0.001 [w]
遷移時ノード消費電力 (tp)	0.02 [w]
遷移時間 (tt)	0.0005 [s]
受信時ノード消費電力 (p_rx)	0.1 [w]
送信時ノード消費電力 (p_tx)	0.5 [w]

プログラムを読みやすくする変数名の付け方を 学習する方法に関する研究

秋田 大介 (指導教員: 北 英彦)
三重大学 工学部 電気電子工学科

1. はじめに

読みやすいプログラムを書くには、適切なプログラミングスタイルを用いる必要がある[1]。プログラミングスタイルには、適切な字下げ、コメント、変数名などがある。

杉山[2]は本学科のプログラミングの講義で用いられている C 言語において、適切な変数名の付け方を学習する方法について研究を行った。チェック項目として、文法を守ること、与えられた規則を守ること、英単語で構成すること、慣習は例外として認めることとし、これらをチェックする機能を開発した。

変数名が統一された形式で書かれていないプログラムは読みづらいものとなる。このため、C 言語の変数名は一般にキャメルケースの形式で書かれている。しかし、杉山の方法ではこの形式をチェックすることは実現できていなかった。本研究ではこの点を加えた方法を提案する。

2. 適切な変数名の付け方

適切な変数名の付け方は、プログラミング言語やコーディング規約により異なる。本研究では C 言語の学習者を対象に、下記の点について変数名の付け方を学習できるようにした。

1. キャメルケースの使用

C 言語で一般に用いられるため、この記法とする。複数の単語をアンダースコア「_」で区切る記法である。

2. 英単語をのみを使用

ローマ字は、ひらがなから漢字に変換してその意味を考える必要があり読みづらいため使用しない。省略語についても、実際のプログラミングにおいて一般に使用するが、今回は練習のため完全な綴りのみを使用する。

3. 適切な変数名を学習する流れ

適切な変数名を付けられるように次のような流れで学習を行うことを提案する。

1. 適切な変数名の付け方についての学習
2. 練習問題を用いた学習
3. 実践できているかの確認

3.1 適切な変数名の付け方についての学習

適切な変数名の付け方について詳しく書かれたプログラ

ミングの教科書は多くない。具体的な方法を知らない学習者も多いと考えられる。このため、変数名の付け方について詳しく書かれたテキスト[1]の必要な箇所を読み理解してもらおう。

3.2 練習問題を用いた学習

変数名のみが書かれていない穴埋め形式のプログラムを提示する。学習者は適切な変数名を考え入力する。そして、チェックを行い正解例とともに表示した。

まず、変数名がキャメルケースの形式で書かれているかチェックする。次に、変数名の各単語について辞書を用いてスペルチェックを行う。

適切な変数名が 1 つであるとは限らない。このため、正解例を表示する際は唯一の正解ではないことを強調した。そして、問題から考えられる変数名として用いる可能性がある英単語を列挙して表示した。これにより、学習者は自分の解答に用いた英単語が適切であるか判断できる。

また、正解例には省略語を用いた例も示した。これを参考にすることで、実際にプログラムを書く際に役立ててもらおうことにした。

3.3 実践できているかの確認

学習者が書いたプログラムに含まれる変数名についてチェックを行う。学習者はチェック結果を見て、適切な変数名を書くことができているか確認を行う。ただし、3.2 のように適切な変数名の正解例を示すことはできない。

4. まとめ

適切な変数名で書かれたプログラムは、理解しやすいものである。その方法を学ぶことにより、学習者は適切な変数名を付けたプログラムを書くことができるようになると期待される。

参考文献

- [1] Steve McConnell : CODE COMPLETE 第 2 版<上><下> 完全なプログラミングを目指して、日経 BP 社 (2005)
- [2] 杉山宏太: プログラムを読みやすくするための変数名の付け方の学習に関する研究、平成 24 年度卒業論文 (2012)

多素子白色チップ LED を用いた並列可視光通信システムの研究

高井 康行 (指導教員名: 中條 渉)
名城大学 理工学部 電気電子工学科

1. まえがき

多素子 LED と CMOS カメラを用いた並列可視光通信システムの研究が行われている[1,2]。しかし、LED とカメラは一般的に非同期であるため同期を取る必要がある。本研究では、16 素子白色チップ LED と低フレームレート 30fps の CCD カメラの非同期通信方式を検討し、並列可視光通信実験を行った。

2. システム構成

図 1 に製作した LED 並列可視光通信システムの構成を示す。送信機は LED 間隔が上下 1.2cm, 左右 1.5cm の 16 素子白色チップ LED を用いた。送信機の制御は 32 ビットマイコンで行った。受信機は 32 ビットマイコンで制御を行い、30fps の CCD カメラを用いて並列可視光通信を行った。

3. LED 光の大きさと素子間隔の関係

通信距離を l , LED の間隔を d とするとカメラが見込む任意の 2 つの LED のなす角度 θ_d は $l \gg d$ のとき次式で表される。

$$\theta_d \cong d/l \quad (1)$$

一方、カメラ画像上の LED 光の半径を θ_r とすると

$$\theta_r < \theta_d \quad (2)$$

のとき、LED の位置検出と通信が可能となる。しかし、実際には θ_r は LED の輝度やカメラの感度などの条件によって段階的に変わる。LED 光を画像として識別できる範囲内で θ_r を最小化すれば式(2)より求まる理論値に近い距離で並列可視光通信を実現できる。

4. LED とカメラの非同期通信方式

図 2 に非同期通信方式の概要を示す。LED とカメラの同期を取るためにプリアンプを用いて送信機のタイミングを取得した。送信信号より短い間隔で割り込みを発生させ、送信信号の位置を検出している。さらに 1 素子を同期専用 LED として用いて定期的に取りながら連続した安定な並列可視光通信を行った。

5. 通信実験と考察

16 素子 LED を用いた BER 測定結果を図 3 に示す。非同期通信方式を用いて 1 素子あたりの通信速度が 20, 25bps で 16 素子 LED 送信機では 1.3m まで誤りなく通信でき、提案する LED とカメラの非同期通信方式の有効性を確認できた。しかし、実験で使用した CCD カメラでは露出値などを任意に設定できないため LED 光の大きさを最小化することができなかった。CCD カメラの受信条件を最適化できれば 16 素子 LED を用いた場合でも 1 素子 LED の限

界 2.6m に近い通信距離まで位置検出および通信が可能と思われる。

6. まとめ

LED とカメラの非同期通信方式を提案し、16 素子白色チップ LED を用いて実験を行った。低フレームレート 30fps のカメラで 1 素子あたり 25bps まで連続した安定な並列可視光通信を実現できた。

参考文献

- [1]山里,信学技報, RCS2011-49, pp85-90, 2011.
- [2]天野 他, IEICE Trans, vol. J96-B, no.7, pp.742-752, 2013.

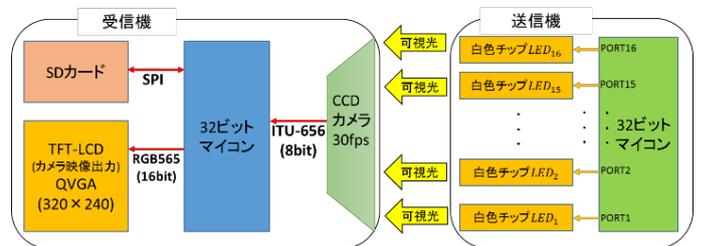


図 1. LED 並列可視光通信システムの構成

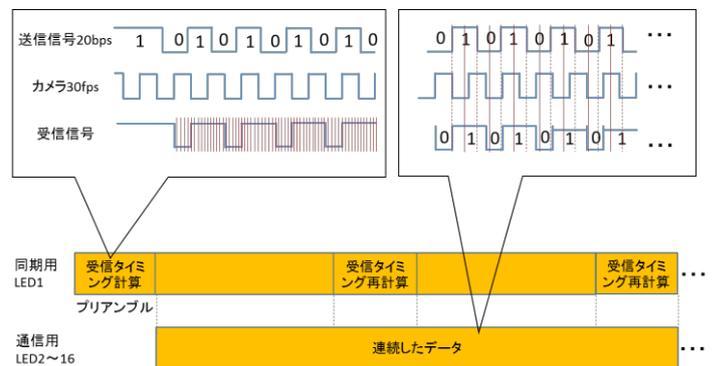


図 2. 非同期通信方式の概要(20bps/素子の例)

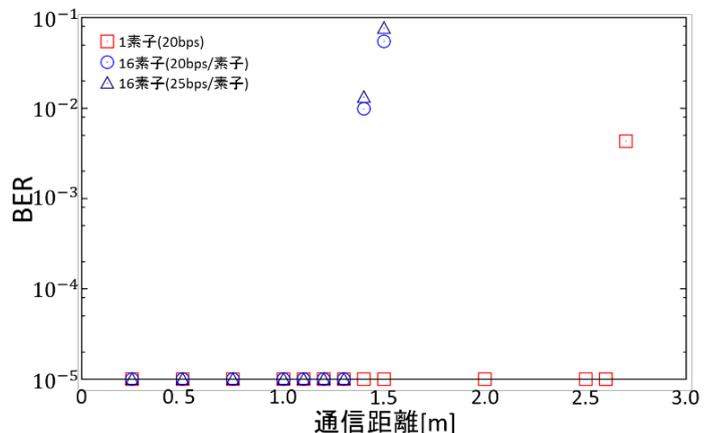


図 3. BER 測定結果(10⁻⁵ 上の点は誤りなし)

ミリ波通信・レーダーに適した 60GHz 地上短距離回線の降雨減衰特性と継続時間をパラメータとした稼働率の評価

小川 雄紀 (指導教員名: 中條 渉)

名城大学 理工学部 電気電子工学科

1. まえがき

屋内だけでなく屋外においてもミリ波回線を用いた無線通信が求められる。しかしミリ波帯では降雨による減衰を考慮しなければならない。本研究ではミリ波通信・レーダーに利用可能な 150m 長で 60GHz 地上回線の降雨減衰の影響を明らかにする。降雨減衰累積分布の評価と継続時間をパラメータとした稼働率の評価を行った。

2. 測定システム

茨城県鹿嶋市に南北方向に設置した伝搬路長 150m の 60GHz 地上短距離回線を用いて 2011 年 8 月 16 日～2013 年 12 月 12 日の降雨イベントを評価した。受信装置で 60GHz を 500MHz に変換し、1 秒毎に降雨減衰を測定した。また受信点屋上に設置した降雨強度計で、1 分毎に降雨強度を測定した。

3. 降雨減衰の累積分布

10mm/h 以上の降雨イベントをすべて用いた降雨減衰累積分布の実測値と森田樋口法(M-H)[1]による計算値の比較を図 1 に示す。60GHz 短距離回線では実測値が計算値に比べて降雨減衰が大きくなる割合がやや多くなる傾向が得られた。このことにより 60GHz 地上短距離回線では降雨強度の空間的・時間的不均一性の影響を受けやすいことが考えられる。

4. 継続時間による稼働率の評価

降雨減衰の時間的特性をさらに明らかにするため、継続時間 T をパラメータとして稼働時間と不稼働時間を評価した。稼働時間と不稼働時間の定義[2,3]を図 2 に示す。稼働時間 AT は初期稼働時間 $AT1$ と回復時間 REC 、稼働時間 $AT2$ の和である。初期稼働時間 $AT1$ は 1 秒間隔の受信レベルがしきい値を連続して T 秒上回った場合、回復時間は稼働時間 $T-1$ 秒以内の不稼働状態の時間である。同様にしきい値を下回った場合を不稼働時間 UT とする。

50mm/h 以上の降雨強度を含む降雨イベント 8 日間のデータを用いた 60GHz 地上回線と Ku 帯衛星回線の稼働率を図 3 に示す。60GHz 地上短距離回線は継続時間 T による稼働率の差がないことから Ku 帯衛星回線に比べ継続時間の短い降雨減衰が多いことがわかる。これより降雨時でも待時系の通信方式を用いることで通信状態を維持できる可能性がある。

5. まとめ

60GHz 地上短距離回線を用いた降雨減衰累積分布の評

価から、降雨強度の空間的・時間的不均一性の影響を受けやすい可能性があることがわかった。継続時間をパラメータとした稼働率の評価を行い 60GHz 地上短距離回線では継続時間の短い降雨減衰が多いことが明らかになった。

6. 参考文献

- [1] K.Morita, et al, IECE Trans, vol.E61, no.6, pp.425-432, 1978.
- [2] 武内 他, 信学論, vol.J71-B, no.5, pp.640-649, 1988.
- [3] 寺本 他, 信学技報, SAT2011-65, pp.1-6, 2012.

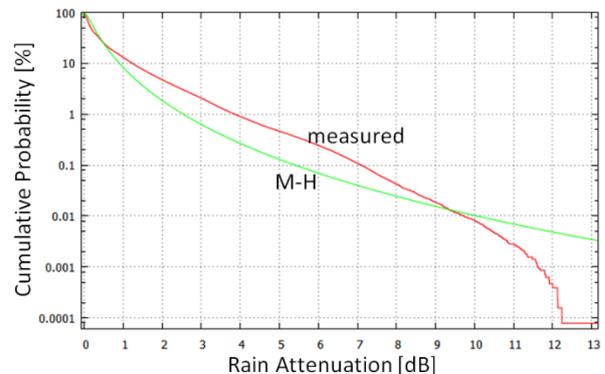


図 1 降雨減衰累積分布

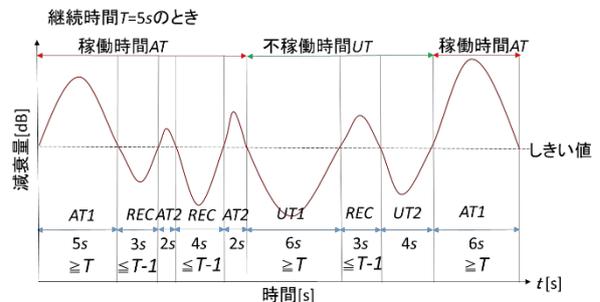


図 2 稼働時間、不稼働時間の定義

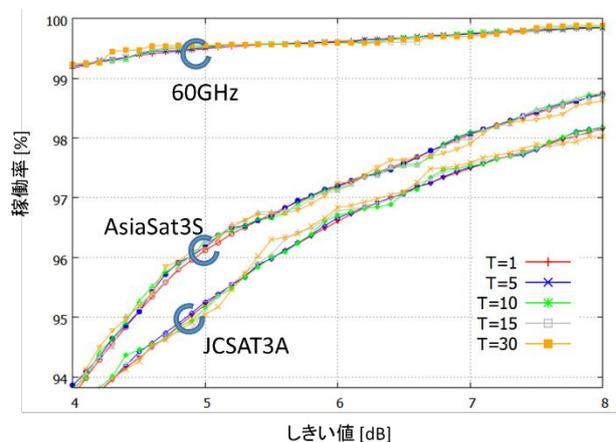


図 3 継続時間 T による稼働率の違い

運転時の認知機能測定のためのシステムとその評価

加藤 良幸 (指導教員: 中野 倫明)
名城大学理工学部情報工学科

1. はじめに

超高齢社会を迎えて、高齢者の交通事故は社会問題となっている^[1]。その主原因は、加齢に伴う運転能力(特に認知機能)の低下とその自覚不足とされている。本研究では、高齢者の自動車運転時の認知機能を測定・評価する方法を実現した測定システムを試作し、システムの有効性を検証したので報告する。

2. 自動車運転時の認知機能

自動車運転に必要な認知機能として、注意機能、プランニング機能、作業記憶機能、視空間認知機能が挙げられる^[2]。これらの機能が低下すると、前方不注意や安全不確認が原因の事故が起きやすくなる。

本研究では、認知機能と高齢者の典型的な事故パターンを対応させ、認知機能測定の運転場面として再現する。図1にその場面の例を示す。注意機能であれば対向車と歩行者に注意しながら右折する場面を想定して場面を作成した。

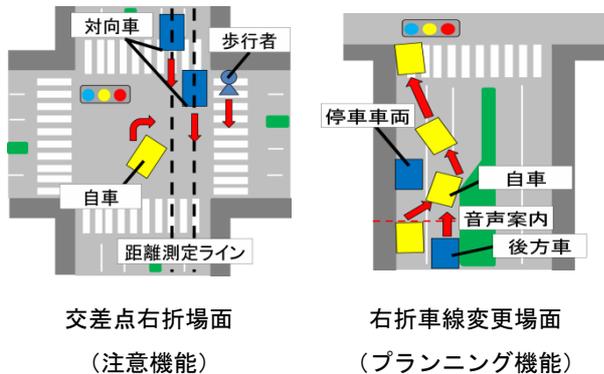


図1 認知機能測定の運転場面

3. 運転時の認知機能測定法

3.1 認知機能測定法

シミュレータにより作成した運転場面を実際に走行してもらい、各機能に対応した場面での運転行動(速度、位置情報など)を測定する。運転行動から認知機能を3段階で評価する。レベル1(事故)、レベル2(ヒヤリハット)、レベル3(安全運転)で評価し、作業記憶機能についてはレベル2、レベル3の2段階評価、その他3つの機能に関しては3段階で評価する。

3.2 認知機能測定システム

図2に認知機能測定システムを示す。本シミュレータは自動車学校の高齢者教育への利用を考え、簡便な構成(運転に最低限必要なハンドル、アクセル・ブレーキ、方向指示器および1画面の液晶モニター)としている。



図2 認知機能測定システムの構成

4. 実験結果

表1 評価実験の結果

	注意		プランニング		作業記憶		視空間認知	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
A	レベル2	2	2	3	3	3	3	3
B	2	2	3	2	3	2	3	3
C	3	2	2	2	3	3	3	3
D	3		3		3		3	
E	1		3		3		3	
F	2		2		2		2	
G	2		2		3		3	
H	2		3		3		3	

表1に実験結果の一例を示す。すべての測定場面でレベル3となったのは被験者Dのみで、他の被験者はいずれかの場面でレベル1・2となった。実験前に行ったアンケートでは、被験者Dは事故経験が一度もなく、他の被験者は日常の運転で事故もしくはヒヤリハットの経験があると答えている。このことから、被験者の日常の運転が本システムの走行結果に反映されているということが確認できた。

5. むすび

本研究では、高齢者の自動車運転時の認知機能を測定・評価する方法を開発し、簡便なシステムとして実現した。このシステムの評価実験により、認知機能の判定結果と日常の運転との相関が確認され、高齢者の自動車運転時の認知機能の評価の妥当性を確認した。今後は測定システムの改良を進める予定である。

参考文献

- [1] 平成25年版交通安全白書, p8~12, 内閣府(2013)
- [2] 熊田孝恒ほか: ユーザビリティ評価のための高齢者の注意・遂行機能評価テストの作成, 第3回日本認知心理学会(2005).

線形計画法による受講者の希望をより 反映させるテーマ割り当てに関する研究

稲垣 淳士 (指導教員: 北 英彦)
三重大学 工学部 電気電子工学科

1. はじめに

実験や演習の科目では、複数のテーマを用意し、時間や、設備など制約からそのうちからいくつかを選択して受講者に割り当てる方法をとることがある。テーマを割り当てる場合に、受け入れ可能人数などの実施する側の制約を満たす限りは、できるだけ個々の受講者の希望を反映した割り当てにすることが望ましい。テーマの割り当てを講師が人手で行うのは大変手間がかかる。著者の所属する研究室の佐藤は線形計画法のツールを用いてテーマ自動割り当てプログラム[1]を開発し、それ以降はそれを利用してテーマの割り当てを行ってきた。佐藤のプログラムには、割り当てに失敗することがあるなどいくつかの問題がある。本研究は、線形計画法のひとつである整数計画法[2,3]のツールを用いることで割り当てが可能な場合には失敗することのないテーマ自動割り当てプログラムの開発を行った。

2. 対象とする科目と希望調査の仕方

本研究では、著者の所属する学科の電気電子工学応用実験という科目を対象とする。本科目では、それぞれの受講者に6つのテーマの中から3つを選択し割り当てる。テーマのうちのいくつかには実施条件としてあらかじめ単位を取得すべき選択科目がひとつ指定されている。受講者には希望順位のアンケートに対して回答させる。実施条件を満たすテーマを優先するよう指定してある。

3. 従来のテーマ自動割り当てプログラム

従来のプログラムの主な問題点をあげる。

- 実数値を対象とする線形計画法を用いているため割り当てが0と1でなく0.5となることもあり割り当てに失敗することがある。
- 希望調査のアンケートは紙で実施しており、受講者分の調査結果を講師が自動割り当てプログラムに入力する必要がある。
- 開講期間は3つの小期間からなる。ひとつのテーマについて3つの小期間に割り当てる人数を均一するようにしていないため、割り当て人数が偏ることがしばしばあり講師が人手で調整する必要がある。

4. テーマ自動割り当てプログラム

本研究では、従来のプログラムの主な問題を解決するために以下のような検討を行って、テーマ自動割り当てプログラムを開発した。

- 実数値ではなく整数値を対象とする線形計画法である整数計画法のツールある SCIP[4]を用いる。これにより割り当てが可能な場合に割り当てに失敗することがなくなる。SCIP は高速な処理性能を持ち、Windows, Linux, Mac 上で動作可能である。
- 三重大学で使用している e ラーニングシステム Moodle の小テスト機能を用いて希望調査のアンケートを実施する。その結果をダウンロードし図1の Excel シートに貼り付けたものを入力とする。これにより講師が入力する手間がなくなる。
- ひとつのテーマについて3つの小期間に割り当てる人数をできるだけ均一にする。
- 受講者の希望をより反映させるために、1位のテーマを強く希望するか、最下位のテーマを受講したくないかについても希望をとる。Excel シートには○と△で示す。

学籍番号	割り当て可否(不可なら1, 可能なら0を入力)						希望順位						
	O	P	N	C	M	E	O	P	N	C	M	E	
409301	0	0	0	1	0	0	1	4	5	0	3	2	○
409304	0	0	0	1	0	0	1	2	5	0	3	4	△
409305	0	0	0	1	0	0	3	4	2	1	0	5	△
409306	0	0	0	1	0	0	2	1	5	0	3	4	○

図1 割り当てプログラムの希望順位入力用シート

5. まとめ

線形計画法のひとつである整数計画法のツールを用いることで割り当てが可能な場合には失敗することのないテーマ自動割り当てプログラムの開発を行った。今回は電気電子工学応用実験のみを対象としたが、テーマ選択式の科目に対しても適切にカスタマイズすることで適用可能である。

参考文献

- [1] 佐藤麻美: 数理計画法による電気電子設計のテーマ割り当て決定法に関する研究, 三重大学工学部電気電子工学科卒業論文, 2010
- [2] 整数計画ソルバー入門, http://www.tuat.ac.jp/~miya/miyashiro_ORSJ.pdf
- [3] 組合せ最適化入門 線形計画から整数計画まで - システム数理学講座, http://www-sys.ist.osaka-u.ac.jp/~umetani/slide/nlp201303_slide.pdf
- [4] SCIP (整数計画プログラムを解くには), <http://scip.zib.de/>

Excel VBA を使った測定機器の GPIB 測定制御

大戸 紅葉 (指導教員: 辻 琢人)

鈴鹿工業高等専門学校 電気電子工学科

1. まえがき

近年の測定機器には、パソコン(PC)との親和性がとくに優れた、USB ポートや LAN ポートを実装しているものが増えてきたものの、多くの測定機器には GPIB や RS-232C などのレガシーインターフェースが実装されている。これらのインターフェースを介して、LabVIEW などの計測制御ソフトウェアを使うことで測定機器を PC から制御することができる[1]。その一方で、測定結果のデータ整理や解析には Excel が幅広く用いられており、ほとんどの PC にインストールされている Excel を使って測定機器を制御することができれば、様々な点で利便性が高く、都合が良い。そこで本研究では、Excel VBA を使って、GPIB インターフェースを有する測定機器の測定制御プログラムを作成した。

2. Excel VBA による測定制御プログラム

制御対象は、HP 社の半導体パラメータアナライザ 4145B とした。PC(Windows 7 Professional)と 4145B との接続には、ラトック社の USB-GPIB コンバータ(REX-USB220)を用いた。そして、様々な GPIB コントローラを共通のプログラムで記述することを可能とする共通化モジュール: EasyGPIB を用いた。EasyGPIB は、主要な処理を記述したモジュールと共通化モジュールの二つのテキストファイルで構成されており、これらを Excel のブックにインポートするだけで、使用する GPIB コントローラによらない共通のプログラムを作成できるという優れた特徴を持つ[2]。EasyGPIB を使うことで、例えば、4145B のデータバッファをクリアするコマンド(BC)を送信する場合は、「eg.AsciiLine=" BC" 」と記述するだけで良い。このように、簡単にコマンドを送信することができ、またデータを受信することができる。

作成したプログラムでは、測定条件を設定し、測定を実行した後、4145B のデータバッファにストアされたデータを PC で一括して受信、Excel で加工・整形し、I-V 特性と $\log |I|$ -V 特性をグラフ表示するようになっている。

図 1 に、Excel のシート上に表示されている設定画面を示す。4145B の操作に慣れた人が馴染みやすいように、4145B のディスプレイ上に表示される測定設定画面を模倣している。測定開始ボタンを押すことで測定が実行され、データ受信・測定結果の表示が自動で行われる。pn 接合ダイオードの I-V 測定を実行し、表示された I-V 特性および $\log |I|$ -V 特性のグラフを図 2 に示す。

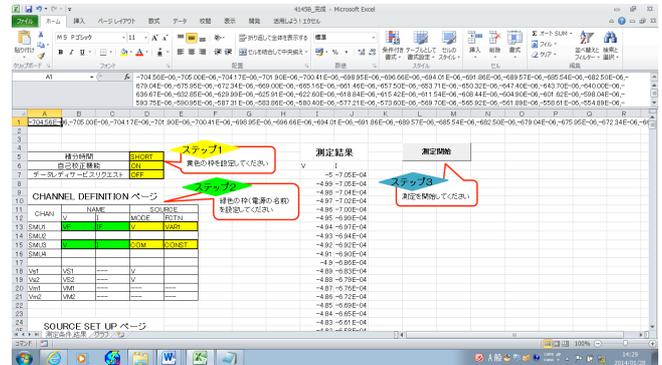


図 1 測定条件の設定画面

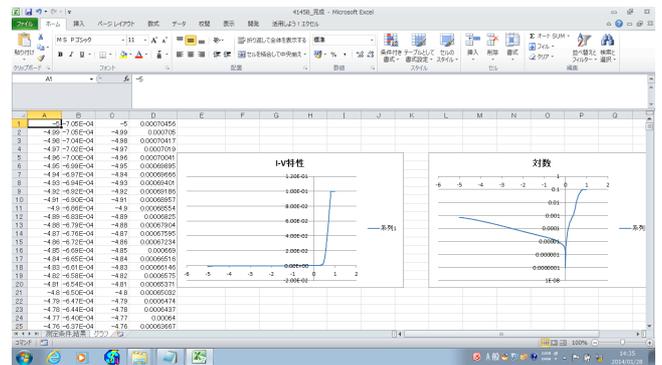


図 2 測定結果の表示画面

3. まとめ

Excel VBA を使って、GPIB インターフェースを有する測定機器の測定制御プログラムを作成した。その結果、LabVIEW などの高価な計測制御専用ソフトウェアを使うことなく、EasyGPIB を組み込んだ Excel VBA を使って測定機器を制御し、測定データを受信し、表示することができた。これによって、Excel VBA を使って、GPIB インターフェースを有する複数の測定機器を使う測定システムの構築に応用できる見通しが得られた。

参考文献

- [1] 堀桂太郎, “図解 LabVIEW 実習: ゼロからわかるバーチャル計測器”, 森北出版, 2006.
- [2] 木下隆, “EasyGPIB の制作と応用”, トランジスタ技術 vol. 40, no. 1, pp. 257-262, Jan. 2003.

差分光再構成型ゲートアレイの放射線耐性向上手法

瀬尾 真人 (指導教員：渡邊 実)
静岡大学 工学部

1. はじめに

近年, FPGA(Field Programmable Gate Array) は様々なシステムに幅広く使用されている. しかし, FPGA は放射線に脆弱であるという問題点があり, 宇宙空間での利用が制限されてきた. そこで, 我々は宇宙空間で使用できるデバイスとして光再構成型ゲートアレイを開発している. 光再構成型ゲートアレイは光学技術を導入することで, FPGA と比較し, 構成, 再構成において高い放射線耐性を実現している. 本稿では, 光再構成型ゲートアレイの回路実装手法に差分再構成手法を用いることで, さらに放射線耐性を高めることができることを示す.

2. 光再構成型ゲートアレイの構成

光再構成型ゲートアレイは, 図1に示すようにレーザアレイ, ホログラムメモリ, ゲートアレイ VLSI の3要素によって構成される. 光再構成型ゲートアレイでは, 大量のコンテキスト (回路情報) をホログラムメモリ内に記憶でき, 仮想的に大規模なゲートが実現できる. ホログラムメモリに記憶されたコンテキストはレーザアレイによってアドレッシングされる. そして, このホログラムにより生成されたコンテキストの光強度分布は, ゲートアレイ VLSI のフォトダイオードアレイによって並列的に読み取られ, その情報に従ってゲートアレイが動作する. ここでは差分再構成手法を用いるが, その差分再構成とは前のコンテキスト情報と違う部位にのみ光を照射することで再構成を行なう手法で, 照射ビット数を大幅に削減することができる.

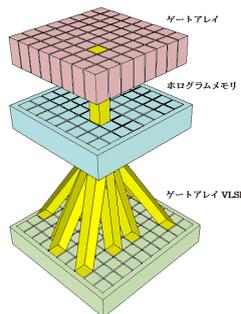


図1 光再構成型ゲートアレイ

3. ホログラムメモリとレーザアレイ

光再構成型ゲートアレイではホログラムメモリを回路情報の記憶に用いる. レーザアレイによりアドレッシングすることで, 多数のコンテキスト情報を読み出すことができる. ホログラムメモリには, 照射ビット (明点の数) 数が減れば, 放射線等によるダメージに対する耐性が上がる特性がある. 本稿ではこの特性を利用して放射線耐性をあげる手法, 差分再構成手法を実証する.

4. 差分光再構成機能によるノイズ耐性の評価

2 bit 加算器, 2 bit 減算器の実装, 2 bit 加算器から 2 bit 減算器への差分光再構成の3つの実装を行い, 放射線耐性を比較した. 図2, 通常の構成法で 2 bit 加算器を実装するホログラムパターン, 通常の構成法で 2 bit 減算器を実装するホログラムパターン, 差分光再構成で 2 bit 加算器から 2 bit 減算器に再構成するホログラムパターンをそれぞれ示す.

以降, 図2のホログラムに対してインパルスノイズを印可し, ノイズ耐性を調べていく. インパルスノイズを 80 %印可した時の差分再構成のホログラム, インパルスノイズを 20 %入れた時の通常の 2bit 減算器の構成のホログラムを図3に示す. 通常の再構成の場合, インパルスノイズは 20 %が限界で, それ以上は正常な構成が不可能になったのに対して, 差分光再構成の場合, 明点が少なくなり, 80 %のインパルスノイズが印可された場合でも正常に回路を実装することができた. 放射線耐性の向上を確認することができた.

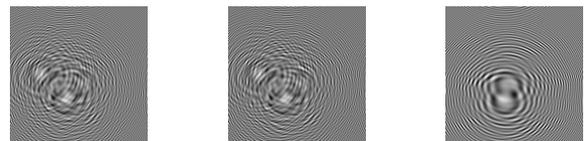


図2 (a)2bit 加算器のホログラフィックメモリパターン (b)2bit 減算器のホログラフィックパターン (c)2bit 加算器から 2bit 減算器を差分光再構成するためのホログラフィックメモリパターン.



図3 (a) インパルスノイズを 80 %印可した時の 2bit 加算器から 2bit 減算器への差分再構成ホログラムパターン (b) インパルスノイズを 20 %印可した時の 2bit 減算器のホログラフィックパターン.

5. まとめ

差分再構成を用いることで, より高い放射線耐性を持たせることが可能であることを実証した. 必要に応じて差分光再構成を選択することにより, より柔軟に光再構成型ゲートアレイを運用することが可能になる.

参考文献

瀬尾真人, 渡邊 実, 「差分光再構成型ゲートアレイの放射線耐性向上実装手法」電子情報通信学会技術研究報告 (リコンフィギャラブルシステム研究会) Vol. 113, No. 325, pp. 83-86, 鹿児島県文化センター (宝山ホール), 11月28日, 2013.

HEMSに向けて家庭内発電の可能性について

Energy Harvesting Potential for HEMS in the house

中田 夢元 桂山 卓也 服部 広
Mugen Nakata Takuya Katsurayama Hiroshi Hattori
松田 翔太 山門 怜史 (指導教員 吉川 隆)
Shota Matsuda Satoshi Yamakado Takashi Yoshikawa

近畿大学工業高等専門学校 総合システム工学科
Kinki University Technical College

1. 背景

これまで著者らは遅々として進んでいない HEMS (Home Energy Management System) を現実のものとするためにセンサネットワークを用いた HEMS の実現に向けて検討を進めてきた。これまでに、HEMS のモデリングを行い、6つのカテゴリーに分けてそれぞれの HEMS に必要な機能と消費電力の関係を明確にした[1]。そこで最も消費電力の小さいモニタリング HEMS において、電池や電源ケーブルを用いない事をコンセプトとした実証実験を行い、室内光のみで長期間に亘って動き続けるセンサネットワークノードの実証を行った[1]。次に室内光以外のエネルギーハーベスティングにも着目し、HEMS モデル 2 (モニタリングだけでなく機器を制御する事を含めたモデル) 以上の HEMS について、エネルギーハーベスティングのみでセンサネットワークノードを稼働し続ける可能性の検討を行った。その結果、出力可能平均パワーを $20\mu\text{W}$ 程度と見積もることが出来た[2]。更に、ハイパワー化を目指して太陽光や風呂の残り湯などを用いた発電方式についても検討を行った[3]。温度差発電については常時発電し続ける対象として人体に取り付け体温と外気の温度差にて発電する方式の可能性検討を行ってきた[4]。本報では温度差発電の追加実験に加えて振動や磁場を用いた発電の可能性について検討を行なう。

2. 振動発電方式

振動発電として宅内での発電を想定する場合、人に取り付けて下肢の動きから発電する方式が検討されているが、人体に付随した利用に限られるため、そのエネルギーを固定の環境で用いることができる発電方式についてその可能性を検討してみた。

発電シーンとしては、換気扇の風による風力発電、床を踏むことによって電気を発生する床発電、水道の蛇口を捻った際の流水による水力発電に関してその発電量の検討を行った。

(1) 換気扇の風による発電

換気扇のファンは一日に何度も用いるものではないが一日あたり一定の安定的な発電量が見込める。この発電量は台所仕事を一日に3度行う場合を想定すると、時間にして約2時間の発電時間が得られ有意義な発電シーンと考えられる。

(2) 人の歩行による床発電

床発電に関しても台所での活用シーンが一番発電量の多くなるシーンと考えられる。行動範囲による設置場所の優位性を検証する。

(3) 水道水の水力発電

水道水から水が出る勢いを利用して発電を行う。主な発電シーンは台所、洗面所、風呂となる。これらのシーンにマイクロ水力発電を設置して発電量を測定する。

3. 磁場・温度差発電

蛍光灯から漏れる磁場を利用する方式が提案されているが、実際の家庭の照明を想定した場合の発電量に関して実験的に測定を実施する。

付加的に温度差発電を蛍光灯近傍にペルチェ素子を取り付けて発電量の測定を行う。

4. モデル実験

以下に示す宅内環境において一日平均として宅内での発電量を測定した。測定はキャパシタへの蓄電量を測定することによって一日平均の発電電力を測定した。



図1 宅内に於ける微小発電測定ポイント

5. まとめ

宅内発電の発電量を明確にするために、実際の生活空間での様々なシーンでのモデル実験を行った。その結果 $100\mu\text{W}$ 以上の発電量が確認できた。

参考文献

- [1] 吉川 隆, “センサネットワーク HEMS”, 電子通信学会講演論文集, P.480, 2011.9.
- [2] 吉川 隆, “センサネットワーク HEMS におけるエネルギーハーベスティング”, 電子通信学会講演論文集, P.426, 2012.9.
- [3] 幸野, 田村, 佐伯, 大和田, 吉野, “熱電変換素子を用いた皮膚装着時における温度差発電の検討(その1)”, 電子通信学会講演論文集, P.409, 2012.9.
- [4] 吉川 隆, 森 優樹, “センサネットワークノード電源用人体温度差発電の可能性について”, 電子通信学会講演論文集, P.428, 2013.9.

一時的な外的刺激による睡眠リバウンド現象に関する実験検証

小島 茂也 (指導教員: 山田 宗男)
名城大学 理工学部

1. はじめに

我々はこれまでに、居眠り運転の防止を目的に、香り刺激によるドライバ覚醒手法とその効果についての検討を行ってきた[1]。香り刺激による覚醒手法は、嗅覚への直接刺激であるため、即効性が高くドライバを覚醒させる手段としては極めて有効である。しかし一方で、強制覚醒後に再度誘発される居眠りは、睡眠リバウンド現象によって睡眠の深さがより深くなることが確認されている[2]。ドライバを直接刺激によって強制覚醒させる手段としては、香り刺激以外に警告画面の提示や振動を与えるなどの方法が研究されているが、睡眠リバウンド現象が確認・検証されているのは香り刺激のみである。そこで本検討では、香り刺激以外の強制覚醒手法による睡眠リバウンド現象について、脳波計測に基づく検証・評価実験を行った。

2. 一時的な外的刺激による睡眠リバウンド現象の検証実験

2.1 検証方法

検討に際しては、ドライビングシミュレータを用いて、進行方向に対して横方向のふらつき度を算出し、居眠り運転に陥ったか否かを判定する。さらに、覚醒度合を客観的に評価するため、脳波計測に基づく覚醒度合の評価を行った。

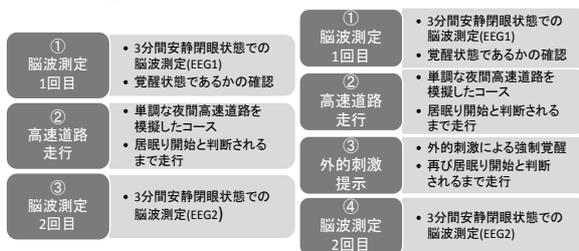
(1) 脳波計測による覚醒度合の評価

脳波に基づく覚醒度合の評価に関しては、パーシャルオーバーオール (以下: PO 値) 法を用いた。PO 値の算出方法は以下の通りである。脳波計測によって得られた脳波データに対して FFT 処理を施し、周波数帯域を δ 帯域 (0.5Hz~4Hz)、 θ 帯域 (4~8Hz)、 α 帯域 (8~14Hz)、 β 帯域 (14~30Hz) の 4 つに分け、帯域ごとにパワースペクトルの積分値を算出する。さらに、0.5~30Hz の積分値を 100% として各バンド帯域が占める割合を PO 値として算出する。

本検討では、睡眠時に現れる δ 波と θ 波を睡眠脳波、覚醒時に現れる α 波と β 波を覚醒脳波として、睡眠脳波と覚醒脳波の PO 値の比率を表す覚醒指数 $(\alpha+\beta)/(\delta+\theta)$ を用いて覚醒度合の評価を行った。

(2) 実験方法

被験者は、運転免許を所有する 20 代男性 15 名である。実験手順としては、居眠り運転が確認された時点で、外的刺激によって一時的に強制覚醒を促し、その後、再度居眠り運転に陥った時点の覚醒度合を評価する。図 1 に詳細な実験手順を示す。



(a)外的刺激提示なし

(b)外的刺激提示あり

図 1 実験手順

外的刺激による強制覚醒手段としては、香り以外の以下の 3 つの手法について検証した。

- 警告画面、警告音の提示
- 身体の振動
- ガムの咀嚼

被験者には、各外的刺激によって覚醒を促す場合と刺激を与えない場合の 2 種類の実験を行ってもらい、各々の覚醒指数に基づいて、睡眠リバウンド現象の有無について評価した。この際、個人差の影響を軽減するため、実験開始前の覚醒指数に対する実験終了後の覚醒指数の比率を表す覚醒比率を算出し比較することで、覚醒度合の評価を行った。また本検証実験において、強制覚醒を促さない場合の居眠りを「平常睡眠」、上述 3 種類の外的刺激による強制覚醒後に再度陥る居眠りをそれぞれ「警告リバウンド睡眠」、「ゆすりリバウンド睡眠」および「咀嚼リバウンド睡眠」と定義した。

2.2 検証結果

図 2 は、被験者 15 名分の「平常睡眠」と「警告リバウンド睡眠」における覚醒比率の比較結果を示している。縦軸が覚醒比率を、横軸は被験者 ID を示しており、15 名中 12 名において「平常睡眠」に比べ「警告リバウンド睡眠」の方が覚醒比率の値が小さくなった。また、「平常睡眠」と「ゆすりリバウンド睡眠」の比較についても同様の結果が得られた。さらに、「咀嚼リバウンド睡眠」についても 15 名中 13 名において、「平常睡眠」に比べ覚醒比率の値が小さくなる結果を得た。これらの結果に対して有意差検定を行った結果、全ての比率の差に有意水準 5%未満で有意差が確認された。

以上の結果より、香り刺激以外の外的刺激においても睡眠リバウンド現象が発生することが確認された。

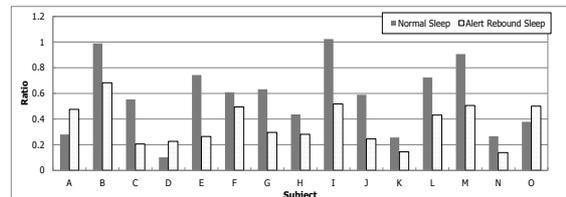


図 2 平常睡眠と警告リバウンド睡眠の比較結果

3. まとめ

本検討では、一時的な強制覚醒後に再度誘発される居眠りがより深いものとなる睡眠リバウンド現象に関して、警告画面・警告音の提示、身体の振動およびガムの咀嚼の 3 つの強制覚醒手段においてその有無を検証した。その結果、全ての手段による強制覚醒後において睡眠リバウンド現象が確認された。

今後は、睡眠リバウンド現象を起こしにくい覚醒手段として、生理刺激に基づく手法について検討すると共に、両者を組み合わせることで睡眠リバウンド現象の抑制手法について検討する予定である。

参考文献

- [1] 各務勇気ら:“香り提示システムの試作とドライバの覚醒への応用”, 電気学会論文誌 C, 電子・情報・システム部門誌, Vol.131, No.2, pp.349-354, 2011
- [2] 小川雄矢ら:“生理的磁気刺激を用いたドライバ覚醒手法における睡眠リバウンド抑制効果の検証”, 平成 25 年度電気関係学会東海支部連合大会講演論文集, poi-31, 2013

生体磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法における効果検証

川口 雅人 (指導教員: 山田 宗男)
名城大学 理工学部

1. はじめに

近年、交通事故の発生件数は減少傾向にあるものの、居眠り運転による交通事故は、依然として後を絶たない。その防止策として、香りや振動など、即効性が高い感覚刺激によるドライバ覚醒手法が研究されている。しかし、一時的な強制覚醒後に再度誘発される眠気は、より深い眠気となるリバウンド現象が発生することが明らかとなっている[1]。

この問題に鑑み我々は、新たな居眠り運転防止策として、睡眠リバウンド現象を起こしにくい磁気プロトニクス原理に基づく生理的磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法を提案すると共に、その有効性について検証してきた[2]。本検討では、未検討課題であった磁気刺激位置による覚醒効果の違いについての実験検証を行った。

磁気刺激位置としては、生理学的に可能性が示唆される脊柱部と鳩尾の2箇所について検討し、脳波計測によって覚醒度合を比較することで、磁気刺激位置による効果の違いについて検証した。

2. 磁気プロトニクス原理と居眠り運転

磁気プロトニクス原理とは、超低周波パルス磁界によって生体細胞水内のプロトン(H+)を活性化させ、生体エネルギー物質ATP(アデノシン三リン酸)の生成能を高める生体活性化原理である[2]。ATPが増加することで、筋細胞、血流および覚醒に関わる神経活動が活性化される。居眠り運転の原因は、長時間の運転による筋細胞や神経細胞で発生した過剰な活性酸素などの疲労物質の生成に関わる酸化ストレスにより、ATP生成能が低下することで生じる。そこで、この原理を運転中のドライバに適用することでATP生成能を高め、覚醒を促すことで居眠り運転を防止することが可能となる。

3. 磁気刺激位置の違いによる効果検証実験

本検討では、ドライバへの磁気刺激位置による覚醒効果の違いについて検証を行った。刺激位置としては、生理学的な知見に基づき、覚醒中枢が集中する脊柱部と、交感神経が集中する鳩尾の2箇所を選定した。

検証に際しては、運転免許を所有する20代男性15名を被験者として、磁気刺激の有無による覚醒度合を比較することで検証を行った。脊柱部への磁気刺激方法としては、磁化石を充填したシリコンチューブを装着したベストを被験者に着用させ、また、鳩尾への磁気刺激方法としては、磁化石を配置したネックレスを被験者に装着させた[1]。いずれも同形状のダミーを用意し、被験者には磁気刺激の有無に関する情報は一切与えず、完全なブラインドテストで行った。

実験手順としては、実験開始前に脳波計測を3分間行い、ドライビングシミュレータにより居眠りが誘発され易い単調な夜間高速道路を模擬したコースを20分間走行後、再度脳波計測を3分間行うという流れで行った。

3.1 検証方法 (脳波による評価)

覚醒効果の評価方法としては、ドライバの覚醒度合をより詳細に評価可能な脳波計測により行った。脳波の評価手法は、パーシャルオーバーオール(以下P0値)法を用いた。P0値の算出方法は以下の通りである。脳波計測によって得られた脳波データに対して、FFT処理を施し、周波数帯域を δ 帯域(0.5Hz~4Hz)、 θ 帯域(4~8Hz)、 α 帯域(8~14Hz)、 β 帯域(14~30Hz)の4つに分け、帯域ごとにパワースペクトルの積分値を算出する。さらに0.5~30Hzの積分値を100%として各バンド帯域が占める割合をP0値として算出する。

本検討では、睡眠時に現れる δ 波と θ 波を睡眠脳波、覚醒時に現れる α 波と β 波を覚醒脳波として、睡眠脳波と覚醒脳波のP0値の比率を表す覚醒指数 $(\alpha+\beta)/(\delta+\theta)$ を用いて覚醒度合の評価を行った。

3.2 検証結果

図1は、磁気刺激の有無(脊柱部と鳩尾)における被験者15名の覚醒指数の値を比較した結果を示している。この結果から、脊柱部では15名中12名、鳩尾では15名中9名が磁気刺激を与えていない場合に比べて覚醒指数の値が高くなる結果を得た。

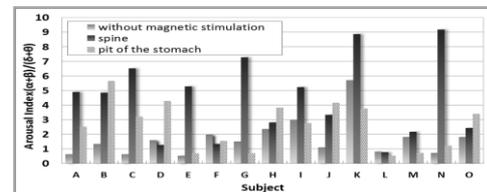


図1 被験者15名の覚醒指数の比較結果

この結果に対して、ウィルコクソンの符号順位による検定を行った結果、脊柱部に磁気刺激を与えた場合と磁気刺激を与えない場合の結果のみに有意な差がある事が確認された。

以上の結果より、本提案手法の磁気刺激を与える位置としては、脊柱部を選択するのが最も有効であるという結果を得た。

4. まとめ

本検討では、生体磁気刺激による新たな居眠り運転防止技術に関して、磁気刺激位置による覚醒効果の違いについての実験検証を行った。その結果、磁気刺激位置としては、脊柱部が最も有効であるという結果を得た。今後は実用化に向け、実装方法などについて更なる検討を行っていく予定である。

参考文献

- [1] 増田光太ら：“脳波による睡眠リバウンド効果の検証”，ITSシンポジウム2012論文予稿集，PP.241-246，2012
- [2] 加藤渉ら：“生理的磁気刺激による新たなドライバ覚醒手法とその効果”，平成25年度電気関係学会東海支部連合大会，Po1-30，2013

スマートフォンによるドライバの運転状態の検出に関する検討 —検出アルゴリズムの検討と検証—

100425077 加藤 祐輔
山田宗男研究室

1. はじめに

わが国では、高齢者の交通事故の割合は年々増加傾向にある。これは、加齢に伴った運転能力の低下に対して無自覚のまま自動車の運転を行っていることが一因であると考えられている。[1]

近年、小型で軽量ながらも高度な機能を有するスマートフォンが急速に普及している。スマートフォンにはGPS、加速度および角速度などの高精度なセンサが搭載されており、通信機能にとどまらず、センシングデバイスとしての活用も期待される。

本研究はこのような背景の下、運転事故を未然に防ぐために、スマートフォンに内蔵されている様々なセンサを用いて運転操舵能力を評価し、自身の運転能力の自覚を促す車載システムの実現を目指している。

これまでに我々は、運転操舵能力を評価するために必要な運転挙動の判別アルゴリズムについて検討を行った[2]。しかし、ふらつき運転における誤判定の可能性が示唆されており、十分な精度検証が行えておらず課題が残されていた。そこで本検討では、上述問題点に関する修正検討を行うことで新たな運転挙動判別アルゴリズムについて提案すると共に、提案アルゴリズムの判別精度について検証を行った。

2. 運転挙動判別アルゴリズム

本提案の運転挙動判別アルゴリズムは、スマートフォンに搭載されている、3軸角速度センサと、GPSから取得した速度情報に着目し、これらの情報を閾値処理することで運転挙動を停止、直進、右折、左折の4つに分類判別のものであり、簡便でリアルタイム性の高い処理を可能にしたものである。

図1に従来アルゴリズム、図2に本提案アルゴリズムを示す。図1の従来アルゴリズムでは、直進とカーブとの弁別に用いる角速度の閾値が $0.1(\text{rad/s})$ と小さく、ふらつき運転との誤判定の可能性が示唆されていた。そのため、図2の本提案アルゴリズムでは、直進とカーブとの弁別に用いる角速度の閾値を $0.25(\text{rad/s})$ とし、ふらつき運転との差別化を図っている。さらに、カーブ判定をした場合にカーブの判定範囲を $0.1(\text{rad/s})$ まで広げる処理を追加した。これは、角速度の弁別閾値を $0.25(\text{rad/s})$ としたことにより、カーブの開始と終了の判定がハンドルを傾けている途中で進む

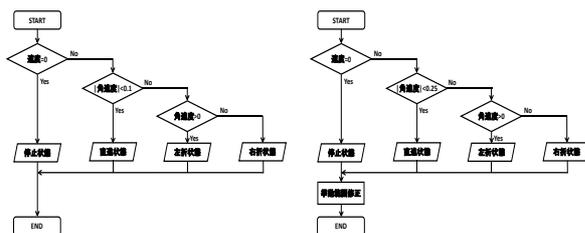


図1 従来アルゴリズム

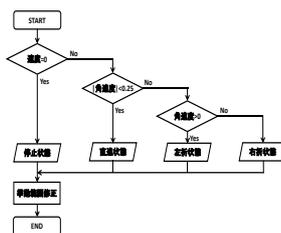


図2 本提案アルゴリズム

れることを防ぐためである。この処理によって、カーブの判定範囲の正確性向上が見込める。なお、各センサデータの取得間隔は、GPS速度については $1(\text{s})$ 、角速度については $0.1(\text{s})$ である。

3. 運転挙動判別精度の検証実験

自動車教習所において、停止、直進、カーブを含む走行コースを設定し、一連の運転挙動に対して図2に示した本提案アルゴリズムを適用し、検出精度についての検証を行った。なお精度検証に際しては、運転中に撮影した前景映像に基づいて目視により判定した運転挙動を真値とした。

4. 精度検証

表1に検証結果を示す。直進、道なりの右左折および交差点の左折においては100%の精度が得られた。また、停車においては95%、交差点右折では87%となり、いずれも高い精度を得ることができた。このことから、本提案運転挙動判別アルゴリズムの有効性が検証された。

表1 精度検証結果

	停止	直進	道なり右折	道なり左折	交差点右折	交差点左折
データ数	33	66	32	34	16	15
正答数	32	66	32	34	14	15
精度(%)	97.0	100	100	100	87.5	100

5. まとめ

本検討では、スマートフォンをキーデバイスとし、取得したセンサ情報に基づく運転挙動判別アルゴリズムの検討および精度検証を行った。その結果、停止、直進、右左折の全ての運転挙動に対して87.5%以上の比較的高い判別精度が得られ、本提案アルゴリズムの有効性が検証された。

今後の課題として、実道における検出精度に関する検証実験および更なる精度向上に関する検討に関して、引き続き検討を行う予定である。

参考文献

- [1] 公益財団法人高速道路調査会 研究部：”高齢ドライバーの高速道路走行に対する運転意識と身体機能”，平成24年度高速道路調査会 研究発表会 (2012)
- [2] Sumi etc, Study on Driver Assistance System with Smartphones, of 20th ITSWORLDCONGRESS TOKYO 2013, Technical/Scientific Sessions, TS090(Driver Assistance Systems (1)) - 4035, (Oct.2013)

カメラ配置の工夫によるラウンドエッジ誤差低減を目指した基礎研究

吉野 真之 (指導教員: 橋本 岳)
静岡大学 工学部 電気電子工学科

1. 研究背景

近年, 工場での生産および製品検査, 自動車に搭載されているブレーキアシストシステムや自動操縦装置, 医療応用, 防災研究など, 高精度な三次元計測技術が用いられる機会が急激に増加している。

このような状況の中で, 本研究では, 画像を用いた計測において多くの計測対象が丸みを帯びていることを考慮し, 対象の縁を計測する際に発生するラウンドエッジ誤差の低減を行うことで, より高精度な三次元計測を目指している。

2. ラウンドエッジ誤差低減法

一般に, カメラ間距離が長いほど, ラウンドエッジ誤差が大きくなることが知られている。本研究室では, カメラ間隔を小さくとり, かつ複数台のカメラの結果を平均して計測を行う平均化効果を用いることで, 通常の画像計測に比べてこのラウンドエッジ誤差の低減に成功している。

しかしこの平均化の際に, 結果の中に1つでも誤差の大きな結果が含まれると, 平均化を行っても, 誤差の低減は可能であっても大きな誤差の低減が見込めなくなる。

そのため本研究では, 誤差の大きな結果を省くため, カメラ配置, つまり2台のカメラ組み合わせに着目した。2台のカメラのなす角度を変化させることでラウンドエッジの誤差の規則性が分かれば, その規則性に則って精度のよいカメラ配置のみを用いて平均化処理を行うことは容易であり, より高精度な計測を行うことが出来る。

3. カメラ配置によるラウンドエッジ誤差の低減

3.1 使用機器

実験に使用した機器を以下に示す。

- ・カメラ: PENTAX 社 OptioWS80 解像度 10M[pixel] (図1)
- ・キャリブレーション用マーカー
- ・リニアスライダ
- ・計測対象: (工業製品の例として) 椅子 (図2)



図1 計測装置



図2 計測対象 (椅子)

3.2 実験方法

- ・カメラ8台をアルミフレームで固定し, カメラキャリブレーションを行い, DLT (Direct Linear Transform) 法による計測を行う^[2]。対応点探索には, エピポーラ拘束とパターンマッチングを用いる。
- ・本研究で提案するラウンドエッジ誤差低減法を用いることで, 誤差の低減前と低減後の結果を比較検討する。

4. 実験結果

計測対象の各々の計測箇所に対して, 計測精度の高いカメラ配置のみを用いて計測結果を得ることで, より高精度なエッジの計測を試みた。計測精度の高いカメラ配置は, 視線配置およびエピポーラ線とエッジの関係からの選択した。以下に, カメラ配置の選択前の実験結果の一例(図3), および, カメラ配置を選択後の実験結果(図4)を示す。

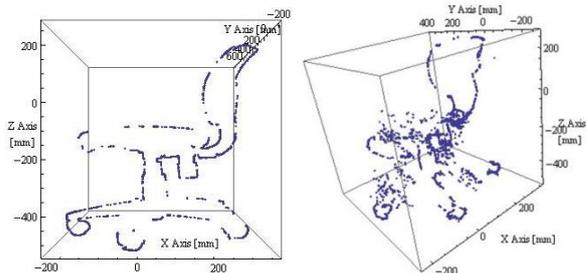


図3 実験結果 (カメラ配置選択前)

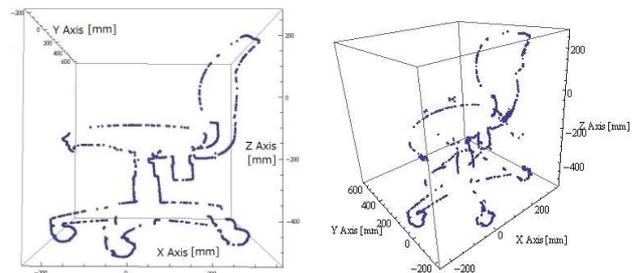


図4 実験結果 (カメラ配置選択後)

図3および図4の左図がカメラ方向から見て正面から, 右図が上方からの三次元計測結果である。図3のようにカメラ配置の選択を行わず計測を行った場合は, ノイズ的な計測点が見られ対象の輪郭が判別困難であるのに対して, 図4のように, カメラ配置の選択を行った場合は対象の輪郭をより明確に計測することが出来た。

5. まとめ

本研究で示したラウンドエッジ誤差低減法を実際の製品を対象に実験を行うことで, 丸みを帯びた椅子の輪郭を計測可能であることを示した。今後は, 本手法と量子化誤差低減法を考慮した研究によって更なる精度の向上を目指す。

参考文献

- [1] 吉田武史, 塩澤秀門, 深尾隆則, 横小路泰義, “Epipolar Transfer を利用した対応点探索と回転型ステレオカメラによる密な三次元再構成”, 日本ロボット学会誌, Vol. 31, No.10, pp. 74-83, 2013.12.
- [2] DLT 資料: <http://www.kwon3d.com/theory/calib.html>

重み付けマーカによる高精度画像計測に関する実験的研究

和田 竜太郎 (指導教員: 橋本 岳)

静岡大学 工学部

1. はじめに

近年、産業応用・医療・防災など多くの分野にて三次元計測の重要性が高まっている。三次元計測手法は、レーザや超音波を用いたアクティブ方式と画像センサを用いたパッシブ方式に大別できる。画像センサによる実用的な三次元計測では、対応点探索のためにマーカを用いられる場合が主流であり、一般にマーカには異なるカメラでの対応を求めやすい工夫をされている事が多い。これに対して、本研究では計測精度の向上のために、黒丸マーカを基本として、マーカの画像座標処理について検討を行った。

2. 実験に用いたマーカ概要

2.1 重み付け処理概要 (提案手法)

図1は撮影したマーカの輝度を抜き出し、二値化の結果である。左右にあるマーカは撮影された時間が数十秒程度異なるだけで同一の物であり、数十秒違うだけで輪郭部分が大きく変化している事が分かる。この原因は、照明環境およびカメラ側の変動等によるものだと考えられ、輪郭画素の変化が誤差の原因となっている。そこで、マーカの中央部分に重みを加える事によって、輪郭画素変動の影響を少なくする重み付け処理を提案する(図2参照)。

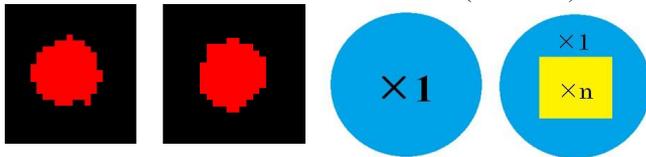


図1 マーカ二値化例 図2 重み付けイメージ図

2.2 グラデーションマーカ概要

グラデーションマーカ^[1](以下、「G マーカ」と略す)とは、マーカから複数個の重心を算出し、それらの平均化により高精度化を実現するマーカである。

3. 実験概要

3.1 使用機器

実験に使用した機器を以下に示す

- カメラ: PENTAX 社製 Optio WS80 2台
解像度 10M[pixel] (図3参照)
- キャリブレーション用マーカ
- 計測マーカ: 全3種類 (図4参照)
- マーカ移動装置: MiSUMi 社製リニアスライダ



図3 カメラシステム

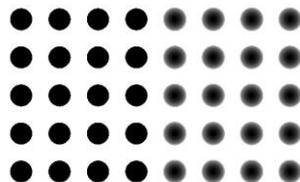


図4 計測マーカの例

図4に示すように、計測マーカは、左半分が黒丸マーカ、右半分がGマーカとした。

3.2 実験方法

図3のようにカメラを水平方向に200[mm]間隔で設置し、カメラキャリブレーションを行った後、計測用マーカを撮影して三次元座標を求めた。なお、図4のマーカ間距離を真値として誤差を算出した。上記操作をカメラからターゲットまでの距離4[m], 8[m], 12[m]にて行った(画像上の急激な変化を避けるため、各距離で異なるサイズのマーカを用いている)。なお、カメラキャリブレーションにはDLT(Direct Linear Transform)法を用いた^[2]。

4. 実験結果

計測対象として、a)黒丸マーカへ重み付け処理を行った場合、b)Gマーカへ重み付け処理を行った場合、c)通常のGマーカの3種類を用いて、それぞれの最大誤差時の誤差低減率を図5に示す。

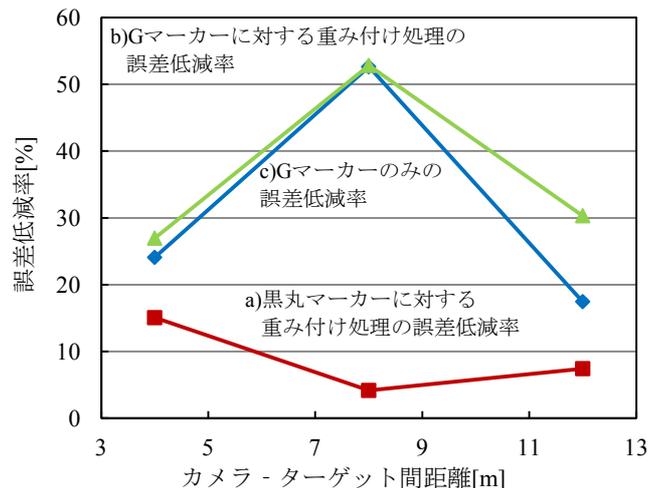


図5 各処理計測結果

図5より、まず通常の黒丸マーカを対象として計測を行ったところ、二値化処理のみに比べて、重み付け処理を行った場合には、全ての距離において誤差低減効果が見られた。その誤差低減率はおおよそ10[%]である。また、所属研究室で開発されたGマーカへ重み付け処理を行った場合、Gマーカのみを上回る誤差低減効果を確認できた。

5. まとめ

本研究は画像計測の課題である計測精度の向上を目標として、マーカ画像に対する重み付け処理を提案し、黒丸マーカ、Gマーカいずれにおいても誤差低減効果を確認し、重み付け処理の有用性を示した。今後、より様々な形状のマーカに対して誤差低減実験を行う計画である。

参考文献

- [1] T. Hashimoto, T. Suzuki, H. Aoshima and A. Rövid, "Real -Time and High Precision 3D Shape Measurement Method", Acta Polytechnica Hungarica, Vol.10, No.8, pp.139-152, 2013.
- [2] <http://www.kwon3d.com/theory/calib.html>.

M元コヒーレント状態信号に対する 逐次的な射影測定を用いた量子準最適受信機の構成

佐藤 和輝 (指導教員：宇佐見 庄五)
名城大学 理工学部 情報工学科

1. はじめに

量子通信は従来の通信では達成できない特性を持っており、量子受信機の実現が鍵となるが、誤り率最小である量子最適受信機はその実現が極めて困難であり、これに準じる受信機 [1] の実現が望まれる。

一方、量子一括復号を実現する手法として逐次的な射影測定を用いた復号法が注目を集めている [2]。本研究では、この復号法を多元のコヒーレント状態信号の検出に応用することで、コヒーレント光に対する受信機として新たにその構成法を提案する。また、このような逐次的な射影測定を用いた量子受信機の構成法を用いた場合の誤り率特性を示す。

2. 逐次的な射影測定を用いた量子受信機

ここでは、 M 相 PSK コヒーレント状態信号に対し基本的な構成を以下に説明する。

信号 $m(m = 0, 1, \dots, M-1)$ に対応する量子状態 $\rho_m = |\alpha_m\rangle\langle\alpha_m|$ を、PSK コヒーレント状態 $|\alpha_m\rangle = |ae^{i\frac{2\pi}{M}m}\pi\rangle$ とする。また状態 ρ_m に対し、 ρ_j か否かという2値的な測定を表す決定作用素を $\{T^{(j)}, F^{(j)}\}$ ($T^{(j)} = \rho_j$, $F^{(j)} = I - T^{(j)}$, $j = 0, 1, \dots, M-2$) で表す。はじめに、状態 ρ_0 に対応する測定 $\{T^{(0)}, F^{(0)}\}$ を行う。この時、確率 $\text{Tr}\rho_m T^{(0)}$ で $T^{(0)}$ に対応する測定結果 T が得られ、受信信号を 0 と決定して終了する。測定結果が F であった場合、1回目の測定により受信状態 ρ_m は以下に従い変化する。ここで t は状態が変化した回数を表している。

$$\rho_m^{(t)} := \frac{F^{(t-1)}\rho_m^{(t-1)}F^{(t-1)}}{\text{Tr}\rho_m^{(t-1)}F^{(t-1)}} \quad (1)$$

次に状態 $\rho_m^{(1)}$ に対し、 ρ_1 に対応する測定 $\{T^{(1)}, F^{(1)}\}$ を行う。以下同様に、信号が決定されるまで2値測定と状態変化を最大 $M-1$ 回繰り返す。この時、信号 ρ_m を送り信号 ρ_k と決定される確率は

$$P(k|m) := (\text{Tr}\rho_m F^{(0)})(\text{Tr}\rho_m^{(1)} F^{(1)}) \dots \\ \dots (\text{Tr}\rho_m^{(k-1)} F^{(k-1)})(\text{Tr}\rho_m^{(k)} T^{(k)}) \quad (2)$$

ただし、 $k = M-1$ の場合は以下ようになる。

$$P(M-1|m) := (\text{Tr}\rho_m F^{(0)})(\text{Tr}\rho_m^{(1)} F^{(1)}) \dots \\ \dots (\text{Tr}\rho_m^{(M-2)} F^{(M-2)}) \quad (3)$$

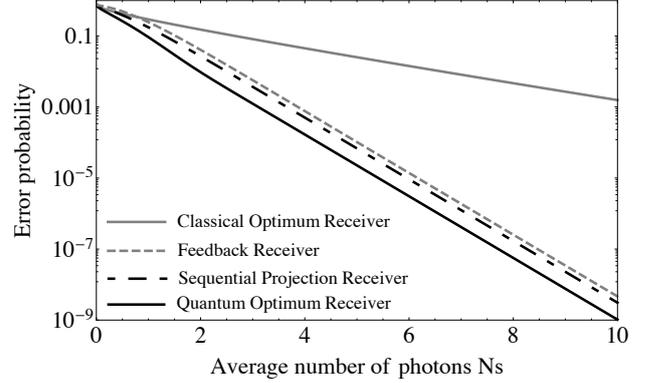


図 1: 4PSK 信号に対する様々な受信機の誤り率

3. 提案受信機の誤り率特性

4相 PSK コヒーレント状態信号に対し、最適な測定順を用いた逐次的な射影測定を用いた量子受信機の平均誤り率を図 1 に示す。比較のため、古典最適受信機とフィードバック受信機、量子最適受信機の平均誤り率を合わせてプロットしている。図 1 から逐次的な射影測定を用いた量子受信機の平均誤り率は平均光子数が小さい ($N_s < 1$) 時には古典最適受信機に近い誤り率となる。また十分大きい時には、量子最適受信機の定数倍程度の誤り率となった。提案受信機は、量子準最適受信機として知られているフィードバック受信機よりも誤り率が良い、量子準最適受信機であると言える。

4. まとめ

本研究では、量子一括復号を実現する優れた復号法として提案されたアイデアを多元信号の検出に応用した、量子受信機の構成法を提案した。4相 PSK コヒーレント状態信号に対し、この構成法を用いた場合フィードバック受信機の誤り率特性よりも良い性能となる、量子準最適受信機であることを示した。

既存の受信機では量子最適受信機とのギャップを埋める為、様々な改善がなされている。提案受信機においても、改善を重ね量子最適受信機との誤り率のギャップを埋めることが、今後の課題である。

参考文献

- [1] R.S. Kennedy, Q.P.R. **108**, MIT, pp.219-225, (1973).
- [2] M.M. Wilde *et al.*, Proc. ISIT2012, pp.551-555, (2012).