

(長岡高専専攻科<sup>1</sup>、長岡高専<sup>2</sup>)○下田明<sup>1</sup>・土田泰子<sup>2</sup>・外山茂浩<sup>2</sup>・竹部啓輔<sup>2</sup>・村上祐貴<sup>2</sup>

キーワード：英文読解、視線計測

## 1. 緒言

英語能力の評価手段として英検や TOEIC テスト等があるが、これらは実施から結果が出るまでに時間がかかるという問題点が挙げられる。本研究では、視線計測を用いることで、被験者が英文を読む際の視線情報を基に被験者の英語能力を即時的に判定することを目的とする。本稿では、英文読解中の視線情報と被験者の英語能力との相関関係について調査した結果を報告する。

## 2. 実験器具・方法

視線計測には、株式会社ディテクトの非接触型視線計測システム QG-PLUS を用いた。TOEIC スコアの異なる 24 名の学生 (表 1) を被験者として、以下に述べる実験を行った。被験者に PC のディスプレイに表示した英文を 1 分間読んでもらい、その際の被験者の視線情報を QG-PLUS を用いて計測する。具体的には、読みやすさレベル (YL) がそれぞれ 1.0~1.9、2.0~2.9、3.0~3.9 の英語多読本、TOEIC テストの長文読解問題、英語雑誌をそれぞれ 2 冊ずつ、8 種類の難易度 (表 2) で計 10 冊用意し実験を行った。計測によって得られたデータを元に、英文読解中の視線の停留、逆行、読解速度、瞳孔径、瞬目について英語能力との相関係数を算出し評価を行った。

表 1. 被験者の TOEIC L&amp;R テストスコア

被験者	スコア						
A	940	G	685	M	520	S	425
B	840	H	680	N	505	T	420
C	795	I	650	O	495	U	400
D	685	J	585	P	470	V	395
E	685	K	580	Q	450	W	380
F	685	L	540	R	430	X	360

表 2. 英文の難易度と ID

ID	
1	YL1.0~1.9[フィクション]
2	YL1.0~1.9[ノンフィクション]
3	YL2.0~2.9[フィクション]
4	YL2.0~2.9[ノンフィクション]
5	YL3.0~3.9[フィクション]
6	YL3.0~3.9[ノンフィクション]
7	TOEIC問題文
8	英語雑誌

## 3. 実験結果・考察

各視線情報と被験者の TOEIC スコアとの相関係数を表 3 に示す。実験の結果、停留の中でも  $0.20[s] < t < 0.40[s]$  の停留に正の相関が、 $0.80[s] < t < 1.00[s]$  の停留に弱い負の相関がそれぞれ見られた。これより、英語能力が高くなるにつれて停留時間が短くなると考える。読解速度について正の相関が見られたことから、英語能力が高くなるにつれて英文読解が速くなると考える。また、瞳孔径の平均についても正の相関が見られた。瞬目については、本実験では相関が見られなかった。

これらの結果から、複数の視線情報を推定材料として用いることで、被験者の TOEIC スコアを推定することができると予想される。

表 3. 各視線情報と TOEIC スコアとの相関係数

	停留時間の割合	
	(0.20[s]~0.40[s])	(0.80[s]~1.00[s])
ID1	0.449	-0.256
ID2	0.433	-0.268
ID3	0.508	-0.142
ID4	0.415	-0.350
ID5	0.296	-0.155
ID6	0.427	-0.293
ID7	0.534	-0.458
ID8	0.475	-0.248

逆行の回数	読解速度 [wpm]	瞳孔径の平均 [mm]	瞬目回数の平均
0.240	0.671	0.473	0.106
-0.115	0.579	0.510	0.166
0.009	0.661	0.355	0.041
-0.053	0.630	0.318	0.103
-0.266	0.546	0.550	0.006
-0.057	0.562	0.639	0.177
0.062	0.704	0.517	0.128
0.105	0.678	0.476	0.155

## 4. 結言

今回の実験では英文読解中の視線情報と被験者の英語能力との相関係数について調査を行った。実験結果から、一部の視線情報と TOEIC スコアとの間に相関関係があることが確認できた。今後は、自己組織化マップ等を用いて視線情報から英語能力を推定する手法の開発を検討している。また、本研究は JSPS 科研費 17K18683 の助成を受けて行われた。ここに謝意を表する。

お問い合わせ先

氏名：外山茂浩

E-mail：[toyama@nagaoka-ct.ac.jp](mailto:toyama@nagaoka-ct.ac.jp)

## 『枕草子』章段可視化システムの開発 ～3次元空間内での章段の球体表現とシステム評価～

(仙台大専<sup>1</sup>, 一関高専<sup>2</sup>, 東北大学<sup>3</sup>, 鶴岡高専<sup>4</sup>, 香川高専<sup>5</sup>)  
 ○通野航輔<sup>1</sup>・八木麗樹<sup>1\*</sup>・奥村俊昭<sup>1</sup>・渡辺仁史<sup>2</sup>・大原理恵<sup>3</sup>・  
 森木三穂<sup>4</sup>・森あかね<sup>5</sup>

キーワード：枕草子，可視化，3次元表現，ユーザインターフェース，システム評価

### 1. 緒言

近年、電子書籍が普及しつつあり、その利便性の拡張が期待される。平安文学『枕草子』は折々の“書きつけ”(『枕草子』跋文)であり、ストーリー性に乏しい一方、素材重視の類聚的・随想的章段間では特有の連想の強弱が窺える。強弱とは「雪」「月」「花」のように頻出し、単独で章段のテーマとなる素材の出現、章段内でのそれらの並存、その他一回的素材を基準とする区分である。本研究では冊子体の『枕草子』の章段順序にとらわれず、章段間の連想を見出す鑑賞方法を導く章段可視化システムの開発を目的とする。

### 2. 『枕草子』可視化システムの概要

平安時代の寝殿造風の部屋を仮想3次元空間中に構築し、そこに複数の球体が空中を漂っているイメージとした(図 1(a))。球体は1つ1つが『枕草子』の章段1つ1つに対応しており、球体をクリックすることで章段の本文や現代語訳文、関連画像が別ウィンドウで表示される(図 1(c))。また、球体は半透明で内部にその章段のキーワードをイメージしたアイコンを配置した(図 1(b))。ユーザは仮想空間中を自由に移動し、球体を自由に選択し章段本文・画像閲覧し、その球体内部に配置されたアイコンから連想される別の球体を探し出して新たな章段を読む。読解順序を自由に選択するシステムでは冊子体の書籍では難しい作品論理に即した非線条的な理解を提供できる。[1]



(a)構築した一部屋



(b)章段球体



(c)章段本文と関連画像(206段)

図1 『枕草子』可視化システム概要

### 3. システム評価

システム評価を平成30年12月に一関高専2年生39名と鶴岡高専2年生40名に対して行った。システム利用とアンケート回答記入でそれぞれ90分間、50分間行った。質問項目の1つ「平安時代のイメージと合っていますか」への回答結果を表1に示す。また、閲覧履歴には球体のランダム配置を実装しなかったための偏向が見られた。ちなみに初期画面手前の球体から閲覧する傾向が顕著であり、今後システム構築に活用したい。

表1 イメージに関する回答結果(単位「人」)

評価	一関	鶴岡	計
1(合わない)	0	1	1
2	1	2	3
3	10	10	20
4	17	13	30
5(合う)	8	11	19

### 4. まとめ

システム評価の結果、3次元空間内のオブジェクトや諸機能について高評価があった一方、ランダム配置機能の実装等、システムの高度化を目指す必要性もある。システム改良とともに今年度中に再度評価を行う予定である。

### 謝辞

本研究は、仙台大専(広瀬)奥村研究室の歴代卒業生の成果を基にしている。八戸高専齋麻子先生、山形産技短大澁谷倫子先生、長岡高専猪平直人先生にも一時期共同研究に参加いただいた。また、システム評価に協力いただいた一関高専情報ソフトウェア系2年生(当時)並びに鶴岡高専化学・生物コース2年生(当時)の皆様方に感謝の意を表す。なお、本研究は、国立高専機構平成30年度研究ネットワーク形成支援事業の成果である。

### 参考文献

[1] 我妻, 高嶋, 奥村, 澁谷, 渡辺, 齋, 大原. “『枕草子』可視化カード提示システムの開発～章段の整理手法・3次元表現の検討～”, 映像表現・芸術科学フォーラム2017. (2017.3)

発表者のうち1\*は平成30年度卒業生である。

お問い合わせ先

氏名:奥村俊昭

E-mail:okumura@sendai-nct.ac.jp

キーワード：ダイヤモンド大山，アプリ開発，iOS

### 1. 緒言

中国地方の最高峰である大山は、西側から見ると富士山の形に良く似ており伯耆富士とも呼ばれ親しまれている。「ダイヤモンド富士」と同じように、太陽が大山の頂上びったりで輝く様子を「ダイヤモンド大山」と呼ぶ。本研究では、指定の地点で観測できる日時を計算して表示する Web アプリおよび iOS アプリを開発する。本アプリにより、快適かつ簡単にダイヤモンド大山が観測でき、鳥取県の魅力度の向上が期待される。

### 2. 研究内容

このアプリケーションでは、以下の機能を実装する予定である。

- (1) 鑑賞に適した場所とそこから撮影された写真の提示
- (2) 選択した地点から鑑賞できる日時の算出
- (3) 選択した地点の位置情報を地図に表示
- (4) 写真一覧からの場所検索
- (5) 自身の位置情報から鑑賞できる日時の算出
- (6) 日時から鑑賞できる地点の提示
- (7) 天気情報との連携
- (8) 通知機能

(1)～(4)を基本機能、(5)～(8)を発展機能として順次開発を行う。

Web 版は HTML, CSS, JavaScript を用いて開発した。図 1 に開発中の Web アプリ画面を示す。現時点で機能(1)～(5)を実装している。機能(2)では調べたい地点をリストから選択し、そこから緯度、経度、高度の情報を取得し、以下の手順で日時を算出している。機能(5)では Geolocation API を用いて端末の位置情報を取得して計算を行った。

- ① 地点からの大山の方位角と山頂の角度を計算
- ② 地点から見た、大山と方位角が重なる瞬間の 1 年(365 日)分の太陽の高度を算出
- ③ ①と②を比較し、高度の差が許容範囲内のものを差が小さい順に提示

機能(3)では Inline FRAME を用いて選択した地点に対応する Google map を表示した。

iOS 版では Swift を用いて開発した。図 2 に開発中の iOS アプリ画面を示す。現時点で機能(1)～(3)を実装している。機能(3)の地図は

Google map ではなく、一般的に iOS アプリに用いられる MapKit を用いて実装した。前者の方が情報量は多いが今回のアプリでは必要ないため、実装しやすい後者を採用した。機能(5)の位置情報は CoreLocation というフレームワークを用いて取得することができる。

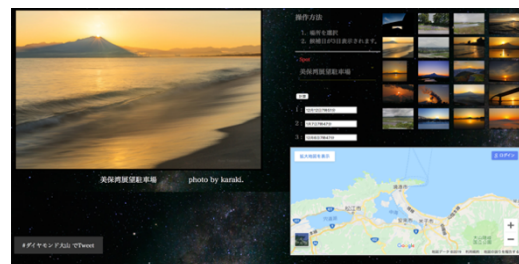


図 1 開発中の Web アプリ画面



図 2 開発中の iOS アプリ画面

### 3. まとめ

本研究では、Web 版および iOS 版のダイヤモンド大山鑑賞支援アプリの開発を行っており、これまで、位置情報から鑑賞できる日時の算出や撮影された写真の提示、地図との連携機能の実装を行った。今後は未実装の機能を順次追加していく予定である。

#### 文献

- [1] 森巧尚, 作って学ぶ iPhone アプリの教科書, マイナビ出版, 2017.
- [2] 太陽の高度と方位角, (2019/12/4)  
<http://kichikawa.blog.enjoy.jp/etc/HP/js/sunShineAngle/ssa.html>

お問い合わせ先  
氏名：浅倉邦彦  
E-mail : asakura@yonago-k.ac.jp

# PC-04 2ch スピーカを用いた簡便な立体音響再生方式の提案

(仙台高専専攻科生産システムデザイン工学専攻<sup>1</sup>、仙台高専<sup>2</sup>)

○鈴木凌<sup>1</sup>、矢入聡<sup>2</sup>

キーワード：立体音響，頭部伝達関数，トランスオーラルシステム，空間インパルス応答

## 1. 背景・目的

2ch での立体音響再生方式としてヘッドフォンのほかに、トランスオーラルシステム<sup>[1]</sup>がある。使用条件として、無響室で聴取すること、聴取者の頭部を動かさないこと、頭部伝達関数(以下 HRTF)は聴取者本人のものを使用することが挙げられる。本研究では、環境の制限を取り除けるような 2ch スピーカを用いた簡便な立体音響再生方式を考案し、音像定位精度の評価をおこなうことを目的とする。

## 2. 概要

トランスオーラルシステムはヘッドフォンと違い音源位置から耳まで距離があるため、環境音や逆チャンネルの音がノイズとして入ってきてしまう(クロストーク)。このノイズを消去するための音声(クロストークキャンセラ)を構築するには、ノイズをコンピュータ上でシミュレート、もしくはバイノーラルマイクでインパルス応答を測定してキャンセラとして適用させる方法があるが、今回は部屋の音響特性の測定もかねてマイクの手法を採用する。

## 3. 実験手順

はじめに実験環境内でのスピーカ-頭部間のインパルス応答をチャンネルごとに測定し、空間インパルス応答を得る。これを用いてクロストークキャンセラを作成し、各スピーカから HRTF を畳み込んだ音源と同時に再生することで、トランスオーラルシステムを構築する。

再生する音源は映像コンテンツ等によく使用される車のエンジン音を、水平面上にて、正面を 0° とした左回りに 45° 刻みの計 8 方向を用意する。左右 ch で(1)式<sup>[2]</sup>を使った両耳間時間差を付与した。

$$ITD = 2a \cdot \sin \theta / c \quad (1)$$

a が頭部の水平断面半径、 $\theta$  が方位角、c が音速である。今回は頭部の平均半径とされる 0.08 を a に代入する。また、レベル差として基準 ch から -6dB (90, 270) と -3dB (45, 315) の音量差を付与した(括弧内は音源角度)。例えば再現したい音像の角度を 45° に設定した場合、右 ch を左 ch に比べて 3dB 下げ、330[ $\mu$ s]遅らせる。後ろ 3 方向(135, 180, 225)はダミーヘッドの HRTF<sup>[3]</sup>を畳み込んだ。以上を前方左右 30°、被験者から 1m の所に配置した 2ch スピーカからランダムに被験者に呈示し、聴こえた

方向を専用の画面にプロットさせる。被験者は成人男性 3 名とし、測定、評価実験はコンクリート造りの教室(13.6×8.4×3.0[m])で行った。

また、使用した機材はスピーカ(ECLIPSE TD307MK2A)、アンプ(ECLIPSE TDA501 II)、オーディオ I/F(Creative SB-DM-PHD)、PC(Fujitsu SH54/K)である。

## 4. 結果

以下に結果のグラフを示す。横軸が呈示音源の角度、縦軸が被験者の回答角度である。円の直径は被験者の回答頻度を表し、青線に沿っているほど正しく知覚している。

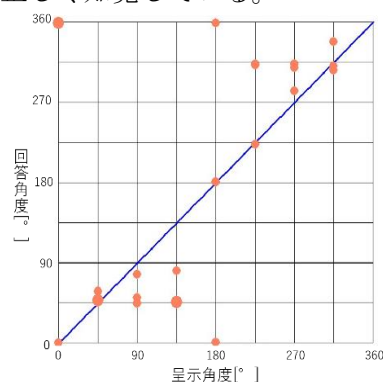


図 1. 評価実験結果

## 5. 考察

今回は音像知覚の重要な手がかりとされる両耳間時間差、レベル差を全周波数帯で一様に変化させていたため、左右スピーカの位置(30°, 330°)周辺に知覚した被験者が多かった。また、ヘッドフォン再生でも誤知覚が多い後方付近でも同様の結果が得られた。さらに、クロストークキャンセラを適用しなかった前回の予備実験と後方付近の正答率に差異はなかったため、今後はキャンセラの作成を見直しつつ、周波数帯域による両耳間差を最適化したフィルタを作り、同様の検証を行っていく。

### 参考文献

- [1] 飯田一博, 日本音響学会誌, pp. 331-342
- [2] Kuhn, G. F, Directional Hearing, pp. 3-25.
- [3] 名古屋大学 HRTF データベース, [takedalab.g.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp/](http://takedalab.g.sp.m.is.nagoya-u.ac.jp/)

お問い合わせ先

氏名：矢入 聡

E-mail: yairi@sendai-nct.ac.jp

キーワード：機械学習，骨格推定，医工連携

1. はじめに

人間の運動機能の発達において乳幼児期間はとても重要である。乳幼児は動きや感覚を通して数多くのことを学習しており、成長後の運動の基礎がつけられるものこの期間である。しかし、運動発達のステップを十分に経験せず成長した場合、適切な体の動かし方を学習することが出来ず、発育に悪影響を及ぼす可能性が高いことが知られている<sup>[1]</sup>。これを防ぐために、乳幼児の身体を刺激する、動きを補助するといった手法を取る発達支援が存在する。そして、その効果量を評価するために定量的な解析が求められている。しかし、乳幼児の特性として、体にマーカーを付けた測定を行うことができない、静止させ測定することが難しいといった問題があるため、データ収集は困難である。

これらの問題を解決するため、画像から乳幼児の骨格推定を行い、足の曲げ角度および開き率を求めるシステムの開発を行う。

2. 骨格解析システム

本システムは骨格推定用ライブラリの1つである OpenPose と、深度カメラ (Asus 社 Xtion2) を利用して対象者の足の曲げ角度および開き率を求めることで、3次元骨格解析を行う。OpenPose は、画像から 25 点の骨格座標を推定する。図 1 に OpenPose の出力フォーマットと解析例を示す。

図 2 に本システムのフローを示す。まず、深度カメラを用いて動画、深度データを取得する。取得したデータをもとに OpenPose を用いて骨格推定を行う。そして、推定した骨格点座標(キーポイントデータ)と深度データを結合し、CSV 形式の対象者の 3 次元骨格データを生成する。この際、撮影前後の対象を測定していないフレームの処理と測定データの補間を行う。補間にはスプライン補間を用いる。その後生成したデータから必要な骨格座標を抽出し、図 1 に示した計算式を用いて足の曲げ角度、足の開き率を求める。最終的に計算結果を整理し、PDF にまとめて出力する。

3. まとめ

本システムを用いることで、画像データと深度データから乳幼児の足の曲げ角度、開き率を求めることができた。これによって 3 次元データによる定量解析が可能となった。

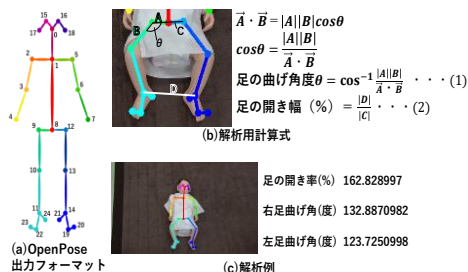


図 1 OpenPose 出力フォーマットと解析例

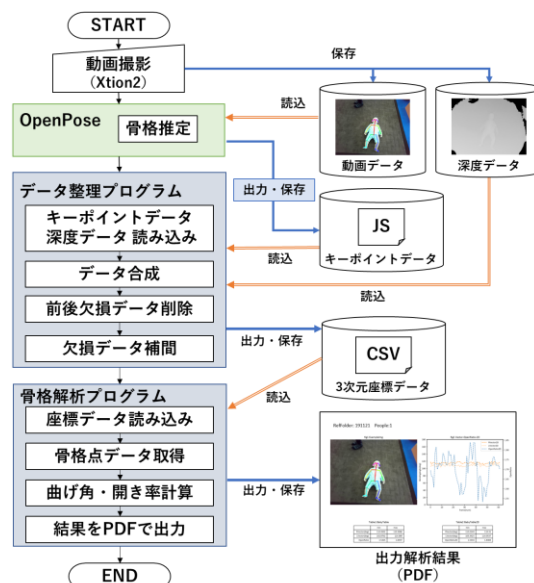


図 2 骨格解析システム・チャート

4. 参考文献

[1] “シェルハブ・メソッド”, <http://shelhav-method-matsue.jp/>  
 [2] Zen Cao, et al. ” Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields”, CVPR2017(<https://arxiv.org/pdf/1611.08050.pdf>)

5. 謝辞

本研究を遂行するにあたり、助言いただきました学校法人藤田学院鳥取看護大学看護学部学科助教 鈴木恭子氏に感謝いたします。

お問い合わせ先  
 氏名：松本正己  
 E-mail：matsu@yonago.kosen-ac.jp

(米子高専専攻科生産システム工学専攻<sup>1</sup>、米子高専電気情報工学科<sup>2</sup>)○林原瑠我<sup>1</sup>・松本正己<sup>2</sup>

キーワード：高齢者支援，Web ベースアプリ，顔表情データベース

## 1. はじめに

日本は高齢化社会を迎えており、2018年10月時点で高齢者の人口は総人口の28%以上となっている。今後も高齢者の割合は増加すると予想され、その生活支援は重要な課題である[1]。

本研究では高齢者の生活支援のため、調査アンケートシステムと顔表情収集システムを作成した。高齢者を対象としたアンケートは、介護支援の適否を判断するものやロコモ診断を行うものが存在するが、その多くは紙ベースであり、確認項目が複数あるため結果を出すのが煩雑な場合がある。調査アンケートをWeb化することで、調査の実施から結果の集計までを自動化し、利便性を向上させる。さらに、顔表情収集システムと連携させることで、高齢者の生活を支援するための基礎データを集約し、人工知能による解析のためのビックデータ化を目指す。

## 2. システム構成

図1にシステム構成図を示す。アンケートシステムはオープンソースのWebアプリケーションフレームワークAngularを用い、シングルページアプリケーションとして作成した。ローカルホストにはNode.jsを用い、アンケート結果はデータベースに保存する。管理者はブラウザから結果データをCSVでダウンロード可能である。システムでは、以下の五つのアンケートを実装した。

- ・基本行動チェックリスト(介護・支援判定)
- ・ロコチェック(ロコモ確認)
- ・閉じこもり調査票(閉じこもり判定)
- ・PGC モラルスケール(モラル測定)
- ・健康関連ソーシャルキャピタル指標(健康に関する社会関係資本の指標)

回答結果から、自動で介護支援の適否や、閉じこもり現象を起こしているかを判定する。これによりアンケート結果を集計する手間を省き、調査アンケートの実施が簡単化される。図2に2-in-1PC上のシステム利用画面を示す。本システムは高齢者自身が画面を操作してアンケートに回答することを考慮し、フォントサイズをブラウザの標準サイズより大きくし、ユーザが任意にフォントサイズを拡大縮小できるボタンを用意している。また、文字の判読がしやすいよう画面デザインはオレンジ色を基調とし、生年月日の入力には西暦ではなく和暦での入力としている。

顔表情収集システムの利用画面を図3に示す。

システムを起動しシャッターボタンを押すと写真を撮影し、人物の目や鼻など顔のパーツを検出して画像上にプロットする。撮影した画像はデータベースに登録される。さらに、人物の表情から年齢や感情を推定する。感情検出にはMicrosoftのFaceAPIを利用している。ユーザ情報をアンケートシステムと共有しており、アンケート結果と感情データを関連付けることができる。

## 3. まとめ

高齢者の生活支援のために調査アンケートシステム及び顔表情収集システムを開発した。現在、鳥取大学医学部の協力のもと高齢者にアンケートを実施しており、データの収集を行っている。二つのシステムを連携させることで、高齢者の生活を支援するための基礎データを集約し、人工知能によるデータ解析に用いることができる。

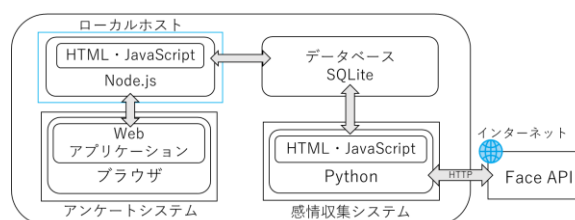


図1 システム構成図

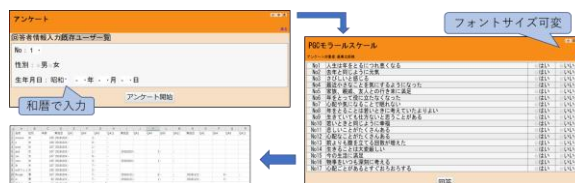


図2 アンケートシステム利用画面



図3 感情検出システム利用画面

## 参考文献

- [1] 内閣府 令和元年版高齢社会白書  
[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/01pdf\\_index.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2019/zenbun/01pdf_index.html)

お問い合わせ先

氏名：松本正己

E-mail：[matsu@yonago-k.ac.jp](mailto:matsu@yonago-k.ac.jp)

キーワード：プログラミング教育，アルゴリズム学習，フレームワーク

### 1. 緒言

2020年度から小学校で導入されるプログラミング教育では、プログラミング的思考の育成を主な狙いとし、アルゴリズムの考え方を学ぶことが必要とされる。そこで本研究では、アルゴリズム演習の教材に適していると考えられるカードゲームを用いた学習支援フレームワークの開発を行う。本システムを用いて、カードゲームがどのような流れで行われているかを考えることで、プログラミング的思考の育成を支援する。

### 2. アルゴリズム学習支援フレームワーク

図1にシステム構成図を示す。本システムは、カードゲームの開発ウィンドウと実行ウィンドウの2つの画面で構成される。

システムの画面は、HTML5とCSS3で構成し、動作をJavaScriptで記述する。本システムはクロスプラットフォーム型の実行フレームワークであるElectron上で実行する。ゲームプレイ時は、Web Socketを扱うことのできるsocket.io APIを用いることで、リアルタイム通信を行う。

本システムでは、「54枚のカード」を使用した「二人プレイ」のトランプゲームを対象とする。ゲームに必要なフィールドとカードは、ゲーム作成時に自動生成される。

ユーザは、オブジェクト一覧のブロックをクリックし、開発用オブジェクトをウィンドウ上にポップさせる。ポップしたオブジェクトをマウス操作で配置し、プレイヤーの動作をビジュアルに記述していく。入力終了したプログラムは、「コード表示ボタン」をクリックすることでポップアップウィンドウを表示し、確認す

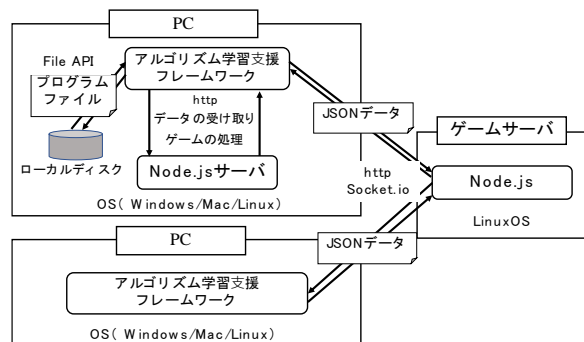


図1 システム構成図

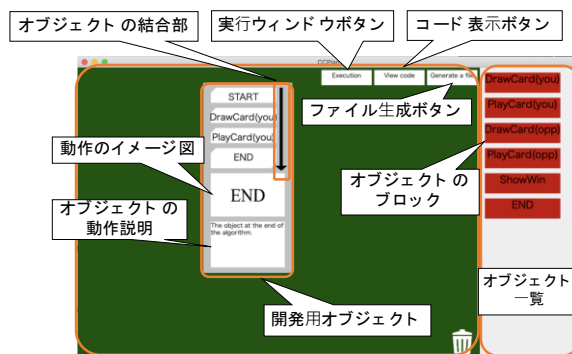


図2 開発用ウィンドウ

ることができる。また、「ファイル生成ボタン」をクリックすることで、JavaScriptファイルとしてローカルディスクにダウンロードすることができる。

開発ウィンドウで生成したカードゲームのJavaScriptファイルは、実行ウィンドウ上で読み込むことで、ゲーム・アプリケーションとしてプレイする。

### 3. まとめ

本研究では、ビジュアルにカードゲームプログラムを作成していくことで、アルゴリズムを学習するフレームワークを開発する。今後は、読み込んだゲームプログラムを実行するプログラムを作成していく。

#### 参考文献

- [1] 文部科学省, 小学校プログラミング教育の手引(第二版), [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162\\_02\\_1.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2018/11/06/1403162_02_1.pdf)
- [2] 小学校段階に置くプログラミング教育のあり方について(議論の取りまとめ)平成28年6月16日, [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/shotou/122/attach/1372525.htm)

お問い合わせ先

氏名：松本正己

E-mail： [matsu@yonago-k.ac.jp](mailto:matsu@yonago-k.ac.jp)

(長岡高専 電気電子システム工学科<sup>1</sup>, 電子制御工学科<sup>2</sup>,  
専攻科電子機械システム工学専攻<sup>3</sup>, 一般教育科<sup>4</sup>)

○和田政輝<sup>1</sup>・下田明<sup>3</sup>・八子亮太<sup>3</sup>・土田泰子<sup>4</sup>・外山茂浩<sup>2</sup>

キーワード：深層学習，英語能力の推定，生体信号

1. 緒言

現在，英語能力を測定する手法に TOEIC Listening & Reading Test (以下「TOEIC」という。)等のスコアを用いる方法がある。しかしそれらは，受験からそのスコアが判明するまでに時間を有すことから，即時的な学習指導への反映が困難であると考えられる。

そこで本論文では，生体信号(視線，脳波)を入力とする深層学習を用いた英語能力の推定方法を提案する。

2. 入力データ

深層学習の入力データに用いた生体信号は，英文読解時の視線と英文読解直後の閉眼時の脳波の二つである。これらを被験者1人に対して英語書籍10冊分取得した。書籍1冊分の生体信号から取得したデータは表1の通りである。これを被験者1人に対して10冊分，つまり350個のデータを用意する。

3. 学習させたネットワーク

ネットワークは，表1のデータを入力データとする全結合層のネットワークを10個構築し，それらの出力を入力とする別の全結合層ネットワークで構成する。そのような構造を有するネットワークによってTOEICスコアを推定するものである。ここで，活性化関数は ReLU を，学習時の最適化関数は Adam を用いた。

4. 検証と考察

まず，検証手順を以下に示す。

- (1). TOEIC スコアが 360~940 の被験者 24 人に対し，10冊分の生体信号を取得する。
- (2). 24人分のデータの内，ランダムに選んだ4人分のデータを検証データとする。
- (3). 残りの20人分のデータをネットワークに学習させる。

(4). 学習が終了したら検証データの TOEIC スコアを推定する。

(5). 以降(2)~(4)を200回繰り返す。

上記の手順で検証を200回行い，学習範囲内のデータのみで評価した結果を表2に示す。この表は，「ネットワークが推定した TOEIC スコア」と「実際の TOEIC スコア」の誤差の大きさを50点間隔でまとめ，それを割合で表したものである。この表から，誤差の大きさが100以内で推定できる確率は54%であることがわかる。また，誤差の大きさが200以上と推定する確率は6.6%と低くなっており，9割以上のデータが200未満で推定できることを表している。

表2: 推定誤差の大きさとその割合

誤差の大きさ	割合
50 未満	27.69 %
50 以上 100 未満	27.27 %
100 以上 150 未満	17.77 %
150 以上 200 未満	20.52 %
200 以上	6.61 %

5. 結言

本論文では，英文読解時の視線とその直後の脳波を深層学習で解析することにより，英語能力を推定する方法を提案した。結果として，54%の確率でTOEICスコアを誤差100以内で推定することができた。今後は，ネットワーク構造の検討や，被験者数を増やしてデータに含まれる個人差による影響をなくすことで，より推定精度を高めることを考えている。

お問い合わせ先  
氏名：和田政輝  
E-mail：[mwada@nagaoka-ct.ac.jp](mailto:mwada@nagaoka-ct.ac.jp)

表1: 前処理を施した1冊分のデータ

脳波	① O1のα波の割合	② O2のα波の割合	③ O1のβ波の割合	④ O2のβ波の割合	⑤ ③/①の値
	⑥ ④/②の値	⑦ ①を正規化 <sup>*1</sup>	⑧ ②を正規化	⑨ ③を正規化	⑩ ④を正規化
	⑪ ⑤を正規化	⑫ ①のランク <sup>*2</sup>	⑬ ②のランク	⑭ ③のランク	⑮ ④のランク
	⑯ ⑤のランク	⑰ ⑥のランク	⑱ 読解速度 [word/min]	⑲ 停留時間 (~0.2s)	⑳ 停留時間 (0.2~0.4s)
視線	㉑ 停留時間 (0.4~0.6s)	㉒ 停留時間 (0.6~0.8s)	㉓ 停留時間 (0.8~1s)	㉔ 停留時間 (1s~)	
	㉕ 瞳孔径の平均値 <sup>*3</sup>	㉖ 瞳孔径の最大値 <sup>*3</sup>	㉗ 瞳孔径の最小値 <sup>*3</sup>	㉘ ㉕の正規化	㉙ ㉖の正規化
その他	㉚ 書籍の難易度 <sup>*4</sup>	㉛ ㉚の正規化	㉜ ㉚のランク	㉝ ㉚のランク	㉞ ㉚のランク

\*1 英語書籍10冊分のデータの平均値を1として正規化した値である。  
\*2 英語書籍10冊分のデータのうち，その書籍の値が何番目に小さいかを小さい順に1~10で表す。  
\*3 瞳孔径の各パラメータは1冊の書籍を読んでいるときの瞳孔径の変化の平均値，最大値，最小値である。  
\*4 書籍の難易度は英語多読の読みやすさレベル (YL) に基づいて決め，簡単なものを1とし，1~8の値とする。



(長岡高専専攻科機械システム工学専攻<sup>1</sup>, 長岡高専一般教育科<sup>2</sup>,  
長岡高専電子制御工学科<sup>3</sup>, 長岡高専環境都市工学科<sup>4</sup>)

○八子亮太<sup>1</sup>・土田泰子<sup>2</sup>・外山茂浩<sup>3</sup>・竹部啓輔<sup>3</sup>・村上祐貴<sup>4</sup>

キーワード：EEG, 脳波,  $\alpha$  波, 英語能力

### 1. 序言

近年のグローバル化に伴い、英語力の向上は必須の課題である。言語学習で重要となるのは、インプット、アウトプット、フィードバックの三要素であり、英語力向上のためには、より適正なフィードバックが重要となる。本研究グループは生体信号の一つである脳波に焦点を当て、英語能力の即時的な推定手法を提案している。本稿では、英文読解中の被験者の脳波変化特性について調査した結果について報告する。

### 2. 実験方法

本研究では、難易度別に分けられた英文を読んでいる際の脳波を Polymate Pro MP6000 (Miyuki Giken) で計測し、解析を行う。英文は、英語多読の読みやすさレベル (YL) を基に 3 種類の難易度 (計 6 冊) と TOEIC 長文問題 (計 2 題)、英字新聞 (計 2 紙) の合計 10 種類を用意した。被験者は、ランダムな順でディスプレイ上に表示されるこれらの英文を読解し、その間の脳波を計測した。計測は、計測開始から 1 分間の読解、その後 1 分間の閉眼安静という流れで計測を行った。

また、今回の実験では、安静時に出現する  $\alpha$  波と覚醒時に出現する  $\beta$  波による解析を行うため、電極配置は  $\alpha$  波が優位に出現する後頭部 (10-20 法における O1,O2) と、脳波計測における主要な位置 (10-20 法における Fp1,Fp2, C3,C4,Cz,A1,A2) の計 9 個で計測を行った。

被験者は 20 代の学生男女 24 名である。

### 3. 評価方法

$\alpha$  波はリラックス時に多く出現するとされる脳波の周波数帯である。英文が難しい、すなわち脳への認知負荷が高い場合には、活性化した脳が沈静化するのに時間がかかり、 $\alpha$  波の出現が遅れると考えられる。そこで、 $\alpha$  波が優位に出現するとされる後頭部 (O1,O2) で得られた脳波データを解析し、比較・評価した。

計測した脳波の時系列データに、フーリエ変換を行うことで、その時系列データに含まれる周波数成分を分析する。今回の実験では閉眼直後からの 20 秒間を切り出した時系列データを使用した。

得られた周波数スペクトルデータを  $\alpha$  波と  $\beta$  波について評価するため、 $\alpha$  波と  $\beta$  波の定義区間における総面積を算出し、面積比  $\alpha/\beta$  を比較する。

### 4. 実験結果

実験結果を図 1, 2 に示す。

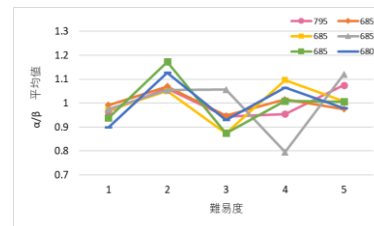


図 1 TOEIC スコアが 680-795 の被験者

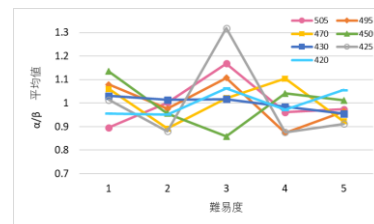


図 2 TOEIC スコアが 420-505 の被験者

グラフの横軸は英文の難易度を表し、1 を YL1.0-1.9, 2 を YL2.0-2.9, 3 を 3.0-3.9, 4 を TOEIC 長文問題, 5 を英字新聞とした。また、縦軸は脳波の  $\alpha/\beta$  比を表している。 $\alpha$  波は脳への負荷が大きい場合に出現が遅れる。そのため、 $\alpha/\beta$  の値が低い場合は脳への負荷が大きいと考えられる。

図 1 は TOEIC スコアが 680 から 795 の被験者の計測結果であり、図 2 は TOEIC スコアが 420 から 505 の被験者の計測結果である。図 1 の被験者群では難易度 3 に最小ピークがでる傾向が見受けられ、図 2 の被験者群では難易度 2 に最小ピークがでる傾向が見受けられた。これらの結果から、負荷が大きすぎる場合は  $\alpha$  波の出現は遅れず、脳の活性度が低いのではないかと考えられる。

### 5. 結言

今回の実験結果から、被験者の TOEIC スコアによる脳波変化の特性が見受けられたため、脳波を用いた英語能力の推定が可能だと考えられる。また、本研究は JSPS 科研費 17K18683 の助成を受けて行われた。ここに謝意を表す。

お問い合わせ先

氏名：外山茂浩

E-mail：toyama@nagaoka-ct.ac.jp

キーワード：α波，脳波，クラシック音楽，集中力，記憶力

### 1. 背景

近年、小型電子機器が急速に普及したことで生活はより便利なものとなる一方で、人々の記憶力や集中力は低下してきている。記憶力や集中力は、脳からのα波が発生している状態だと向上すると言われている。α波は、脳がリラックスしている状態で発生することが確認されており、クラシック音楽やヒーリング音を聴くこと意図的に発生させることが出来る[1]。そこで、クラシック音楽などを聴くことで記憶力や集中力が向上するのではないかと考えた。

### 2. 目的

クラシック音楽を聴くことで集中力・記憶力が通常時より向上するか実験を行い確認する。また、人によって音楽の捉え方は異なるため結果に個人差が生じると考えられる。そのため、本研究では対象者に適した音源を提示する個人化システムの提案を最終的な目的とする。

### 3. 実験内容

実験は、被験者の集中力と記憶力における音楽の影響を評価するために、クラシック音楽の聴取有りとし、18歳~22歳の男性12名を対象とした。

集中力テストでは、数あるクラシック音楽からパッフェルベルのカノンとオッフェンバックの天国と地獄を使用した。この2曲は、知名度も高く広く親しまれており、同じクラシック音楽でも曲のテンポの違いによる結果の変化を調べるために採用した。音楽聴取有りの場合は、実験開始から終了まで日常会話に支障が出ない程度の音量でスピーカーから流した。テストは音楽聴取無し、カノン聴取時、天国と地獄聴取時の3回実施した。テストの内容はA4用紙の中に0~48までの数字をランダムに配置し、0から順番に目で追い48に到達するまでの時間を測定した。テストを行う順番が結果に影響を与えないために、被験者12名を4人3グループに分け実験条件の順番を変えて行った。

記憶力テストでは、音楽聴取なし、カノン聴取時の場合の2回実施し、聴取条件は集中力テスト時と同様にして行った。テスト内容は、A4用紙にランダムに描かれた図形を15秒で暗記し、その後図形に関する10の設問に回答する問題と、12種類のイラストが描かれたA4用紙を15秒で暗記し、その後用紙に描かれて

いたイラストの名前を同じ位置に記入する問題を準備し、それぞれの正答率を求めた。この実験でも、被験者を3人4グループに分け実験条件の順番を変えることで、実験条件の順番による影響を考慮せずに済むようにした。

### 4. 実験結果と考察

集中力テストの結果、音楽聴取により集中力が向上することが確認できた。また、曲のテンポが異なるカノンと天国と地獄では結果に大きな差が得られなかった。実験で得られたデータを1要因分散分析にかけた結果、音楽聴取は結果に影響を与えていることがわかった( $f(11.2)=9.339, p<0.01$ )。

表1. 集中力テストの平均回答時間

	音楽なし	カノン	天国と地獄
時間[s]	204	169	170

記憶力テストの結果、図形問題・イラスト問題ともに被験者全体の平均正答率に大きな差が得られず、また1要因分散分析でも音楽聴取は結果に影響を与えていないことが確認できた( $f(11.1)=0.054, n.s.$ )・( $f(11.1)=0.086, n.s.$ )。しかしながら個々の正答率を見ると、音楽聴取時の正答率が大きく向上した場合と低下した場合が存在しており、個人差が大きく出る結果となった。

表2. 記憶力テストの平均正答率

	正答率[%]	
	音楽なし	カノン
図形	64.2	65.8
イラスト	47.9	49.3

### 5. まとめ

音楽聴取により集中力は向上するが、記憶力は個人差があることが確認できた。今後は個人差の原因を調査し、個人に合う音源について考察していく。

### 参考文献

[1] 松井 琴世, "音楽刺激による生体反応に関する生理・心理学的研究" 臨床教育心理学研究, vol.29, No.1, pp.43-57, 2003.

お問い合わせ先

氏名：矢入 聡

E-mail : yairi@sendai-nct.ac.jp

# 染色体数可変 GA を用いた近傍波の 2 次元到来方向推定 における演算量削減に関する一検討

(旭川高専専攻科 生産システム工学専攻<sup>1</sup>, 旭川高専 電気情報工学科<sup>2</sup>,  
苫小牧高専 創造工学科<sup>3</sup>)

○工藤 宏斗<sup>1</sup>・大島 功三<sup>2</sup>・村本 充<sup>3</sup>

キーワード：染色体数可変 GA, 到来方向推定, MUSIC 法

## 1. 緒言

波源が近傍の場合, 到来波は平面波とみなすことができず, 球面波としてアンテナに入射するため, 従来の MUSIC 法[1]等の手法では誤差が生じてしまう. これまでの研究で, 1次元から2次元へと次元を拡張した近傍波の到来方向推定を行い, 高い推定精度であることが確認できた[2]. しかし, 次元の拡張に伴い, パラメータ増加, アンテナ素子数増加の要因によって演算量の多さが課題となった. そこで本検討では, 高い推定精度を維持しつつ, 演算量削減のための検討を行う.

## 2. 染色体数可変 GA, 改良

本検討に用いるアルゴリズムは, 染色体数可変 GA (FCGA: Flexible Chromosomes Genetic Algorithm) という, 生物の進化過程を工学的に模した GA をベースに改良された手法である. 手法の詳細は文献[3]を参照のこと. 本検討では, 演算量削減のために, 評価関数に 5%以上の変化がない世代が 5 世代続いた場合, その中で良い結果のものを用いて染色体数を増加させるというような改良を行った.

## 3. シミュレーション

先述の改良の有効性を確認するために, Table 1 に示すようなパラメータで距離を 1~10[m]に変化させてシミュレーションを行い, 改良前と改良後の評価関数の変化と計算時間を比較した. なお, 試行回数は 1 回としており, GA のパラメータは, 個体数が 100, 世代数が 50, 突然変異率を 20% とする. シミュレーションによって得られた評価関数を Fig.1 に示す. 評価関数に関しては一部少しだけ悪化している部分はあるものの, 概ね同程度, あるいは高精度であることがわかる. 計算時間に関しては, 1~10[m]の推定で約 30%削減できており, ある程度の推定精度を維持しつつ, 演算量を削減できているといえる.

## 4. まとめ

本検討では, FCGA を用いた近傍波の 2 次元到来方向推定における, 演算量削減に関する検討を行い, 評価関数と演算量を比較することで, 改良の有効性を示すことができた. 今後は, 高精度と演算量の削減をより両立できるようなプログラムの設定を検討することが課題として挙げられる.

Table 1: シミュレーション諸元

	#1	#2
電力 [W]	1.0	
周波数 [GHz]	2.0	
天頂角 $\theta$ [deg.]	30	
方位角 $\varphi$ [deg.]	30	60
距離 $L$ [m]	1~10	
SNR [dB]	20	
アンテナ素子数	7×7	
スナップショット数	1000	

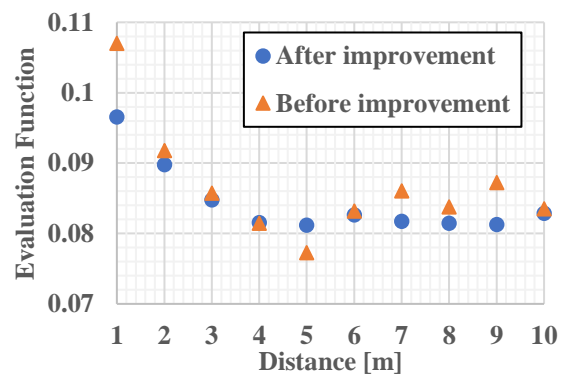


Fig.1: シミュレーション結果

## 謝辞

本研究の一部は, 2019 年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究の助成を受けたものである.

## 参考文献

- [1] R. O. Schmidt, "Multiple emitter location and signal parameter estimation", IEEE Trans., vol.AP-34, No.3, pp.276-280, 1986
- [2] 工藤宏斗, 大島功三, 村本充, "染色体数可変 GA を用いた近傍波における 2 次元到来方向推定に関する一検討", 令和元年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 71, Nov. 2019
- [3] 古川真衣, 村本充, 大島功三, 大宮学, "染色体数可変 GA に関する基礎検討", 情報処理北海道シンポジウム 2014, pp.2-5, Oct. 2014

問い合わせ先

氏名: 大島功三

E-mail: ohshima@asahikawa-nct.ac.jp

(仙台高専専攻科生産システムデザイン工学専攻<sup>1</sup>、仙台高専<sup>2</sup>)○菅井裕<sup>1</sup>・矢入聡<sup>2</sup>

キーワード：自動車 歩行者 交通事故 車両接近通報装置

## 1. 目的

近年では地球温暖化への対策として低燃費性が高いハイブリット車やEV車の普及が進んでいる。一見メリットしか感じないこれらの車両だが、「走行音が小さい」というデメリットも存在している。走行音が小さいことにより、「歩行者が接近を感知しにくい」という問題が発生し、それによる事故も多発している[1]。

2018年から国土交通省がハイブリットカーやEV車に「車両接近通報装置」と呼ばれる「故意に音を鳴らす装置」の搭載を義務付けることを決定したが、当然それ以前の車両に関しては装置が搭載されていない車両も多い。

さらに現行で実際に使用されている車両接近通報装置は「自動車の音とかけ離れている」「音が聞き取りにくい」という問題点がある。ここでは「後付け出来る車両接近通報装置の開発」のために「新しい音源の提案」を研究目的とする。

## 2. 音源の選定

「エンジン音」「現行で使用されている車両接近通報装置の音」「タイヤが砂利を踏む音」「ブザー音」「踏切の警報」の候補音源から音源を選定するために評価実験を行った。図1のように被験者周囲に環境音を流すスピーカー4つと、正面に評価音源を流すスピーカーを設置し、後に記述する「実験1」「実験2」を行った。4つのスピーカーからは「仙台駅周辺アーケード」で収録した環境音が80dB程度で流れ続ける。

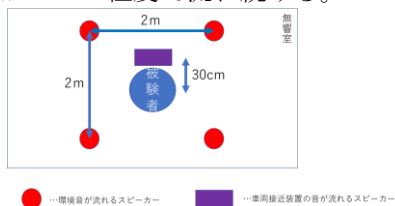


図1 実験配置図

複数の音源に対し「なんとなく聞こえる音量」「何かしていても確実に聞こえる音量」「不快感レベル」「車両感レベル」の4つの項目を複数の被験者に回答させた。前二つの評価項目については、被験者にWindows10標準の音量バーを操作させ「なんとなく聞こえる音量」と「何かしていても確実に音に気付くであろう音量」を被験者の判断で設定させ、その時点での評価音源の騒音レベル(dB)を測定する。後二つの評価項目は被験者の判断にて10段階で評価させる。10名の被験者に対して実験を行った。

また、「車両感」とは「仮に戸外で歩行してい

た場合、その音が車だと思いか」という本実験に関する造語である。

表1、表2はそれぞれの項目毎の偏差を表している。赤色は評価が良かった項目、青色は評価が悪かった項目である。各項目で最も評価が良いか最も評価が悪かった場合太字での表記にしている。

複数の項目を総合的に見て成績が優秀だったのは「エンジン音」「砂利音」だった(実験1)。

この二つに対して更に追加実験を行った。音源を「砂利音」「エンジン音」に加え、「回転数を変化させたエンジン音」と「エンジン音+砂利音」「回転数を変化させたエンジン音+砂利音」という二つの音源を組み合わせた音源も作成し、全く同様の実験を行った。

この実験では「エンジン音+砂利音」が総合的に成績が優秀であった(実験2)。

二つの実験結果から製作する車両接近通報装置の音源は「エンジン音+砂利音」に決定した。

表1 実験1の偏差

	なんとか	何かしていても	不快感	車両感
エンジン	<b>-3.304</b>	-0.99	-0.02	<b>3.32</b>
現行の装置音	<b>3.08</b>	1.08	<b>-1.32</b>	-1.46
ブザー	1.032	-1.26	<b>1.28</b>	-0.92
砂利音	-1.048	<b>-1.86</b>	0.18	1.34
踏切の警報	0.402	<b>3.03</b>	-0.12	<b>-2.16</b>

表2 実験2の偏差

	なんとか	何かしていても	不快感	車両感
エンジン+砂利音	<b>-1.52</b>	-0.42	0.11	0.50
回転数変化	0.95	0.23	0.00	<b>0.80</b>
回転数変化+砂利音	-0.04	-0.30	0.44	<b>0.40</b>
エンジン音	<b>1.34</b>	<b>1.77</b>	<b>-0.56</b>	<b>1.00</b>
砂利音	-0.74	<b>-1.18</b>	0.00	<b>-2.70</b>

## 3. まとめ

ハイブリット車の普及に伴い、走行音が小さい事による事故が発生しているため、車両接近通報装置の取り付けが義務付けられた。

複数の被験者に対して評価実験を行い、複数の音源の中から車両接近通報装置における最適な音源を選定した。

## 参考文献

[1] ハイブリッド車等の静音性に関する対策について

<http://www.mlit.go.jp/common/000057778.pdf>

お問い合わせ先

氏名：矢入 聡

E-mail: yairi@sendai-nct.ac.jp

(旭川高専 専攻科 生産システム工学専攻<sup>1</sup>,  
旭川高専 電気情報工学科<sup>2</sup>, 苫小牧高専 創造工学科<sup>3</sup>)  
岩本 柁平<sup>1</sup>・大島 功三<sup>2</sup>・村本 充<sup>3</sup>

キーワード：染色体数可変 GA, 線状アンテナ, VSWR, 自動設計

### 1. はじめに

現代の無線通信機器の普及に基づき、自動設計を用いたシミュレーションにより所望の特性にあったアンテナを設計すること、アンテナに関する知識のない人でも目的に応じたアンテナの利用が可能になるように支援するといったことを目的とする[1][2].

### 2. 自動設計

自動設計手法は、染色体数可変 GA (FCGA : Flexible Chromosome Genetic Algorithm) [3]を利用し、本研究で用いる FCGA は、以前より筆者らが使用したものと同等である[2].

評価関数は以下のように設定している.

$fit[i]$

$$= \frac{vswr(0) + 1.5vswr(1) + 3vswr(2) + 1.5vswr(3) + vswr(4)}{10^{\frac{gain(0)}{20}} / 10^{\frac{gain(1)}{20}}}$$

$$+ |90 - \theta[1]| + |wire_{center} - 50|$$

- ※  $vswr(0)$ : 270MHz でのアンテナの VSWR
- $vswr(1)$ : 285MHz でのアンテナの VSWR
- $vswr(2)$ : 300MHz でのアンテナの VSWR
- $vswr(3)$ : 315MHz でのアンテナの VSWR
- $vswr(4)$ : 330MHz でのアンテナの VSWR
- $gain(0)$ : 正面(-90°)での利得
- $gain(1)$ : 背面(90°)での利得
- $wire_{center}$ : 素子の中心点

本研究のプログラムでは、評価対象とする VSWR の範囲を広げ、アンテナの中心点の誤差を評価関数に設定する。なお、今回は素子の重なりの影響を考慮し、素子が 15 本以上になった場合に制限を設定する。また、本研究での染色体数増減判断は 100 世代ごとに行うこととする。

### 3. 結果

今回の設計結果は Fig. 1~Fig. 3 の通りである。なお、シミュレーションの条件としては従来、筆者らが使用してきたものを踏襲する[2].

Fig. 1 より、アンテナの中心軸が揃っていることがわかる。Fig. 2 より、ローブ形状が減衰なく、対称的に変化することがわかる。Fig. 3 より、VSWR 値も途中の周波数で急激な変化等が生じておらず、きれいに算出されていることがわかる。

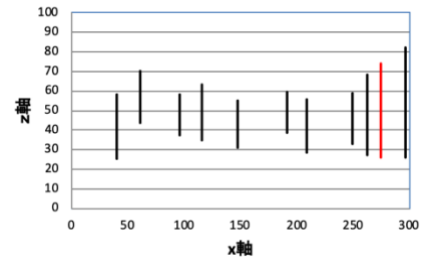


Fig. 1 設計されたアンテナ形状

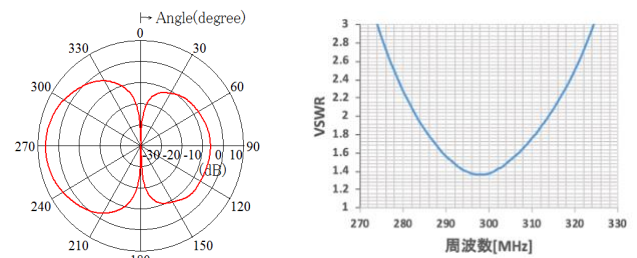


Fig. 2 設計されたアンテナの利得 (左)

Fig. 3 設計されたアンテナの VSWR (右)

### 4. まとめ

今回利用した評価関数や制限の手法によって、アンテナ形状や VSWR が改善されることが確認できた。ただし、今回の設計を繰り返していく中で、メインローブの最大値が小さくなっていくケースが見られた。VSWR とバックローブとの性能のバランスが取れる評価関数の設定を行う。

### 謝辞

本研究の一部は 2019 年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究の助成を受けたものである。

### 参考文献

- [1] 高井他, 平成 23 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 88, Oct. 2012
- [2] 岩本他, 令和元年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 72, Nov. 2019
- [3] 古川他, 平成 24 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 96, Oct. 2013

問い合わせ先

氏名: 大島功三

E-mail: [ohshima@asahikawa-nct.ac.jp](mailto:ohshima@asahikawa-nct.ac.jp)

(近畿大学高専総合システム工学科<sup>1</sup>、近畿大学高専専攻科<sup>2</sup>)○鈴木一成<sup>1</sup>・寺田幸時<sup>1</sup>・喜田大貴<sup>2</sup>・政清史晃<sup>1</sup>

キーワード：WebRTC, テレグジスタンス, Node.js, ロボット

## 1. 緒言

長期入院患者や体の都合等により、授業に参加することが難しい場合がある。近年発展している VR 技術を用いることで、そのような人達でもまるで現地にいるかのように臨場感のある授業を受けることができるのではないかと考えた。本研究では、インターネットを通して、現地から遠隔地への遠隔制御と全方向カメラの映像を WebRTC を使ったテレグジスタンスロボット（遠隔授業参加ロボット）の製作および制御を目的とする。

## 2. ロボットのローカル制御実験

まず、Arduino に Wi-Fi モジュールを接続し、スマートフォンをリモコンとしてサーボモータの ON/OFF 制御実験を行った。次に、無線コントローラを使ってローカルで制御できるオムニホイール付きのロボットを製作した。制御用マイコンとして Arduino を使い、Wi-Fi モジュールとコントローラを使うことで、無線で制御できることを確認した。

## 3. 全方向カメラを用いた遠隔視聴

図 1 は遠隔授業参加ロボットの概要である。遠隔地（教室）に本人代理ロボットを設置し、ロボットに搭載している全方向カメラの映像を WebRTC を用いてインターネット、クラウドサーバを経由し、現在地（病院）の患者のスマートフォンまで届ける。そのスマートフォンを入れた HMD を患者が装着し、授業の様子を視聴できるようにする。全方向カメラと VR を組み合わせることにより、患者が右を向くと右の映像が、左を向くと左の映像が見られる。これにより、患者は現地で授業を受けているような感覚を得ることができる。

## 4. WebRTC を使ったロボットの遠隔制御

Wi-Fi 通信のみを使ったローカルネットワーク制御では、現在地から遠隔地までの制御ができない。そこで、インターネットを使って、専用のサーバを経由すれば病院から学校のロボットの遠隔制御が可能と考えた。患者が持っているコントローラと HMD に装着したスマートフォン間で Bluetooth 接続を行い、WebRTC のチャット機能を通じて、コントローラの値をロボットに送信する。ロボット側で、受信した

値を Node.js、Arduino、モータドライバを経由して、モータを制御する。これにより、押されたボタンに応じて、オムニホイールを前後左右に動作させることができる。

## 5. システムの統合

全方向カメラと VR を用いた遠隔視聴とコントローラを使った遠隔制御をシステムとして統合した。HMD を患者が装着し、全方向の映像を見ながら、手元のコントローラで、ロボットを自由に移動させることができる。

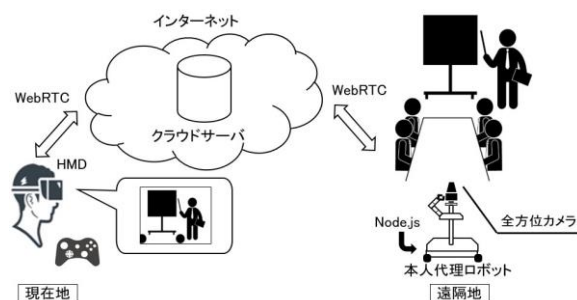


図 1. 遠隔授業参加ロボットの概要

## 6. まとめ

実験を行った結果、インターネットの通信速度がある程度安定していれば、鮮明な全方向の映像の視聴とコントローラによるロボットの移動ができた。これにより、まるで現地にいるかのように移動し、まわりを見渡す臨場感を体験することができた。今後、ロボットアームを取り付けて物を掴む動作を加えたいと考えている。これにより、実験器具や授業で配布されている資料などを掴み、患者が見やすい角度で見ることができると考える。

## 7. 参考文献

政清史晃・喜田大貴・岩佐英彦：「遠隔臨場感システムにおける AR グラスの利用」平 31 年電気学会全国大会。

お問い合わせ先

氏名：政清史晃

E-mail：masakiyo@kctc.ac.jp

# PC-15 下水道管の構造変化による電波伝搬特性への影響に関する研究

(旭川高専専攻科 生産システム工学専攻<sup>1</sup>, 旭川高専 電気情報工学科<sup>2</sup>,

苫小牧高専 創造工学科<sup>3</sup>, 北海道大学 情報基盤センター<sup>4</sup>)

○西川 拓次<sup>1</sup>・大島 功三<sup>2</sup>・村本 充<sup>3</sup>・大宮 学<sup>4</sup>

キーワード：電波伝搬特性，下水道管，FDTD 法

## 1. 緒言

近年，全国的に下水道管の老朽化が急速に進んでおり，その調査へ無線通信により遠隔操作できるロボットの導入が検討されている．しかし，下水道管内部では電波伝搬特性が自由空間中とは異なるため，安定した調査を行うには最適な無線環境を確立する必要がある[1]．

従来の研究[2]では，下水道管の半径や管内部の鉄筋が伝搬特性に影響を与えることが報告されている．本研究では，鉄筋間隔等の構造が異なる下水道管モデルを作製し，FDTD 法に基づく電磁界解析を実施することで，伝搬特性を詳細に検討する．

## 2. 解析手法

計算機シミュレーションには，北海道大学情報基盤センターで開発が行われている大規模電磁界解析システム *Jet FDTD* 及び北大スパコンを利用する．Fig.1 に解析モデルを示す． $D_l$  はパイプ延長， $D_{tr}$  は送受信アンテナ間距離， $D_a$  は端面からアンテナの距離， $D_p$  はパイプの螺旋方向の鉄筋ピッチ間隔， $S$  は土の厚さ， $T$  と  $R$  はパイプの厚さ及び半径である．

解析周波数は 2.4GHz と 5.2GHz，セル寸法は  $\Delta_{2.4} = 5.42\text{mm}$ ， $\Delta_{5.2} = 4.50\text{mm}$  とし，下水道管モデルは Table 1 に示す 4 つを用いる．但し，延長方向に入る鉄筋は  $30^\circ$  ごとに 1 本で固定とし，送受信アンテナ間距離が  $D_{tr} = \{1900, 2500, 3800, 4600, 5700, 6400, 7600, 8700, 9500\}\text{mm} \pm 150\text{mm}$  の点で  $|S_{21}|$  値を算出し，その平均値で距離特性を求める．このとき  $D_p$  のみを変化させ，伝搬特性との関係を求める．また，使用するアンテナは半波長ダイポールアンテナ，特性インピーダンスは  $75\Omega$  とする．

## 3. まとめ

下水道管内部の鉄筋間隔と電波伝搬特性の関係について検討を行った．Fig.2 に，モデル#D を利用したときの伝搬特性を示す．同図から，鉄筋間隔が狭いほど  $|S_{21}|$  は約 8dB 大きい．この理由は，鉄筋の本数が増加したことにより，下水道管内側への反射波が増加したためと考えられる．今後は，他のモデルでも同様の結果が得られるか確認し，より詳細な伝搬特性の調査を行う．

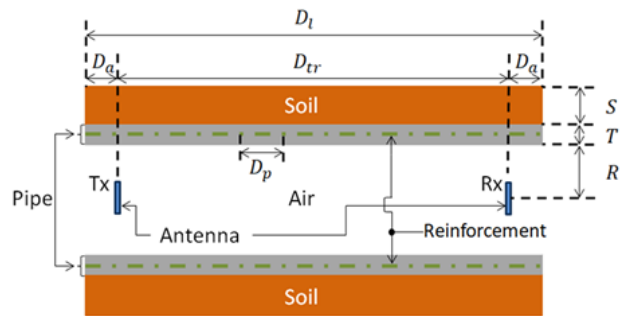


Fig.1 解析モデル

Table 1 下水道管モデルの寸法

モデル名	R:Radius[mm]	T:Thickness[mm]	Dp:Pitch[mm]
#A	200	35	40
#B	225	38	34
#C	250	42	40
#D	300	50	33

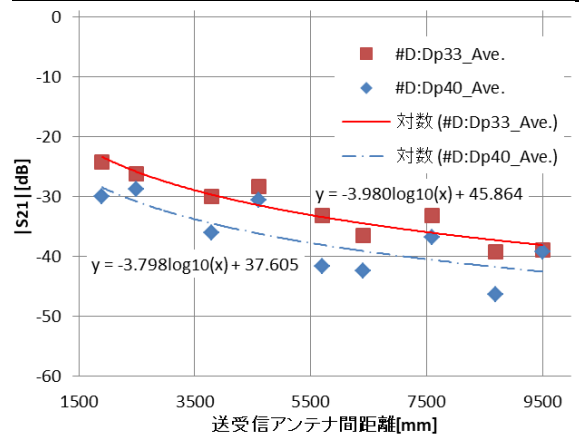


Fig.2 鉄筋間隔と伝搬特性の関係  
(モデル#D:  $D_p$  [33,40]mm)

## 謝辞

本研究の一部は，2019 年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究の助成を受けたものである．

## 参考文献

- [1] 西川他，令和元年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会，68，Nov. 2019.
- [2] 瀧谷他，平成 30 年度 電気・情報関係学会北海道支部連合大会，79，Oct. 2018.

問い合わせ先

氏名：大島功三

E-mail： [ohshima@asahikawa-nct.ac.jp](mailto:ohshima@asahikawa-nct.ac.jp)

PC-16      **マイクロ波加熱における三層構造触媒の誘電率に関する考察**  
 (旭川高専専攻科 生産システム工学専攻<sup>1</sup>旭川高専 電気情報工学科<sup>2</sup>  
 北海道大学 情報基盤センター<sup>3</sup>、苫小牧高専 創造工学科<sup>4</sup>)  
 ○影近巧<sup>1</sup>・大島功三<sup>2</sup>・大宮学<sup>3</sup>・村本充<sup>4</sup>

キーワード：マイクロ波加熱，触媒，誘電率，FDTD 法

1. まえがき

化石燃料に代わるクリーンなエネルギー源として水素への関心が高まる中、水素生成手法の一つとしてマイクロ波加熱による手法が挙げられる。これまで数値解析による触媒形状の最適化について検討してきた[1]。しかし、パラメータの1つである触媒の比誘電率は状態に依存して変化すると考えられる。本研究では、実験との比較を目的に、触媒の比誘電率を変化させたときの、最適化形状について考察する。

2. 解析手法

マイクロ波加熱装置の中央に円柱状触媒を設置する。触媒は三層で、両端を高さ 20mm の炭化ケイ素(比誘電率 20.0, 導電率 0.01S/m)とし、中間層の比誘電率のみを変化させ、その半径及び高さについて全探索を行い傾向を探る。表 1 にシミュレーション諸元を示す。解析には北海道大学情報基盤センターで開発されている FDTD 法 (Finite Difference Time Domain Method) に基づく大規模電磁界解析ソフトウェア JetFDTD を利用する。図 1 にマイクロ波加熱装置と触媒のモデルを示す。誘電体の半径  $r$  および高さ  $h$  をパラメータとする。

表 1 シミュレーション諸元

セルサイズ	$\Delta=5\text{mm}$
誘電体の半径 $r$	$1\Delta \leq r \leq 27\Delta$
誘電体の高さ $h$	$1\Delta \leq h \leq 40\Delta$
比誘電率	3.0~11.0
導電率	0.01 (S/m)
周波数	2.45 GHz

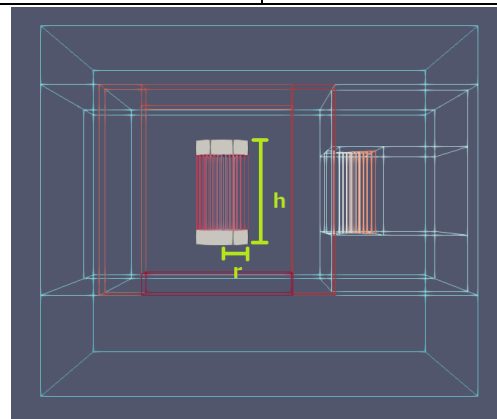


図 1 マイクロ波加熱装置と触媒のモデル

3. 結果

誘電体中心部の電界値を評価値として計算を行った。数値解析結果としては、比誘電率ごとに最大評価値を持つ形状は異なった。しかし、評価値が高いものは、図 2 に示したように  $r$  は 25mm ~60mm 付近に収まった。高さ  $h$  についても同様に検討したが、傾向を見出すことはできなかった。今後は、誘電率と形状の関係について詳細な調査を行う予定である。

4. まとめ

本研究では三層構造触媒について、中間層の比誘電率を変更し、評価値に対する検討を行った。今後、実際の水素生成実験を行い、本データと比較、検討する。また、パラメータを増やすことも検討しており、計算回数を減らすために、個体数が少ない PPGA を用いた最適化についても検討する。

参考文献

- [1] 加藤,大島,村本,大宮 “PGA を利用したマイクロ波加熱に適する触媒の最適形状設計” 平成 28 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 93, Nov. 2016.

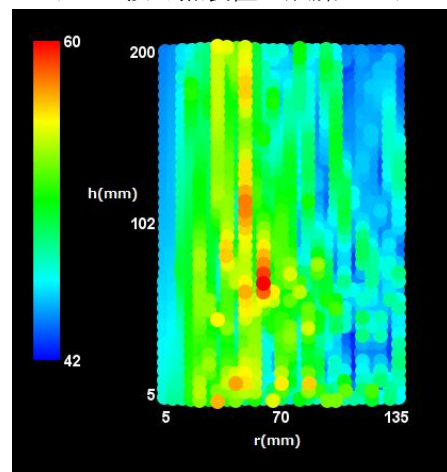


図 2 比誘電率 3.0 の誘電体内部の電界分布

謝辞

本研究の一部は、2019 年度北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究の助成を受けたものである。

問い合わせ先

氏名：大島功三

E-mail : ohshima@asahikawa-nct.ac.jp



キーワード：テレイグジスタンス，NCフライス盤，オムニホイール，ロボット

### 1. 緒言

長期入院患者や常時医療機器の接続が必要な患者が修学機会を得ることは、諸施策に関わらず困難なことが多い。本研究では、本人代理ロボットに搭載したカメラで遠隔地から臨場感のある状況で授業に参加するとともに、コントローラで操作し移動可能な本人代理ロボットを製作する。

### 2. 本人代理ロボットの構成

パソコンを上面に搭載可能な4輪オムニホイールロボットを製作した。ノートパソコンからArduinoの電源を取り、モータの電源は14.4V LiPoバッテリーを使用した。背面には7～15Vに対応したモータドライバとArduinoを搭載しており、PCとのSerial通信で前後左右のオムニホイールの操作を可能にした。

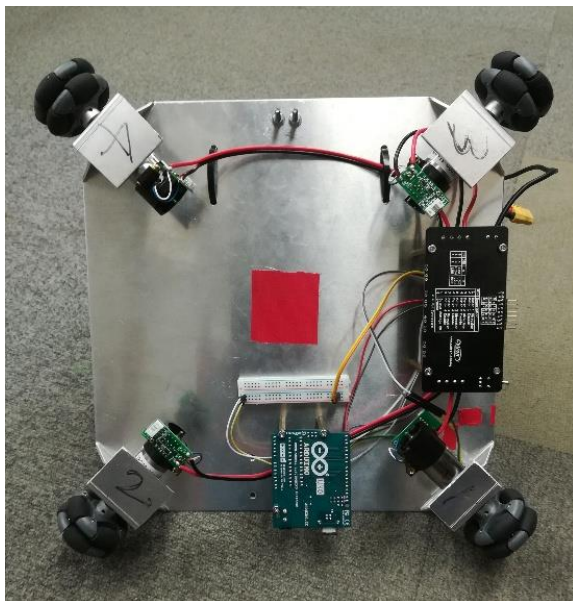


図1. 本人代理ロボット（裏面）

### 3. 加工方法

3DCADソフト(Fusion360)を使用して筐体やモータマウントの設計を行った。NCフライス盤でCAMを行うためにGコード作成してアルミの加工を行った。ロボットにDCモータの固定を行うために90度の曲げ加工を行い取り付けた。遠隔地からロボットの周囲の様子を見るた

めに全方位カメラの台を上方に取り付けた。

### 4. 全体システムの概要

図2は、システム概要図である。現在地にいる患者はスマートフォンを実装したHMDを装着し、コントローラを使ってロボットを制御する。インターネット通信はWebRTCを用いた。遠隔地の本人代理ロボットには全方位カメラを取り付けたノートパソコンで映像の送信を行い、Arduinoとモータドライバを介してオムニホイールを制御した。モータは、PWM制御を行うことにより低速で安全な制御を実現した。

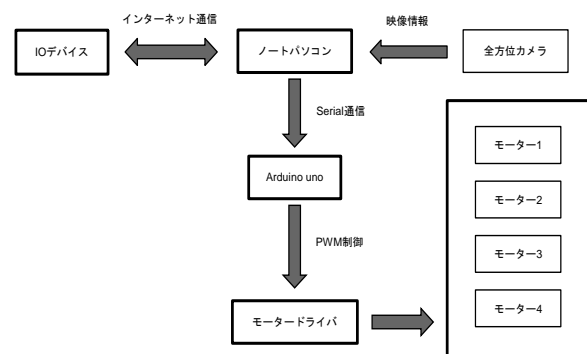


図2. システム概要図

### 5. まとめ

インターネットを介して臨場感のある状況で授業に参加できるロボットを製作した。現状は、カメラのぶれや方向の位置合わせ等の課題がある。さらに、衝突防止用のセンサやロボットアームなどを取り付けるため、マスタースレーブ回路を組み込む予定である。

### 7. 参考文献

政清史晃・喜田大貴・岩佐英彦：「遠隔臨場感システムにおけるARグラスの利用」平31年電気学会全国大会。

お問い合わせ先  
氏名：政清史晃  
E-mail：masakiyo@ktc.ac.jp

# PC-18 到来方向推定における PSO のパラメータ最適化に関する検討

(旭川高専専攻科 生産システム工学専攻<sup>1</sup>, 旭川高専 電気情報工学科<sup>2</sup>, 苫小牧高専 創造工学科<sup>3</sup>)

○古家 駿<sup>1</sup>・大島 功三<sup>2</sup>・村本 充<sup>3</sup>

キーワード：到来方向推定, PSO, GA

## 1. 緒言

到来方向推定に関する技術の重要性が高まっている中、我々は遺伝アルゴリズム (GA) を用いた到来方向推定に関する検討を行ってきたが GA 特有の演算量の多さがネックとなっていた。本検討で用いる粒子群最適化 (PSO) [1] は GA などと比べて演算回数が少なく計算速度の改善 [2] などの利点があり、到来方向推定精度の改善 [3] も行ってきた。本検討では PSO のパラメータ最適化を目的としてシミュレーションを行う。

## 2. 解析手法

本検討では到来方向推定に各個体の情報を群全体で共有しながら探索を進めるといった特徴を持った PSO を用いている。信号電力の推定方法については文献 [3] を参照のこと。具体的な手法は以下の通りである。

- (i) 初期探索点をランダムに生成
- (ii) これらに 2 次元の位置ベクトル

$$\mathbf{x}_i^{k+1} = \mathbf{x}_i^k + \mathbf{v}_i^{k+1} \quad (1)$$

及び移動ベクトル

$$\mathbf{v}_i^{k+1} = w\mathbf{v}_i^k + c_1r_1(\mathbf{pbest}_i^k - \mathbf{x}_i^k) + c_2r_2(\mathbf{gbest}^k - \mathbf{x}_i^k) \quad (2)$$

- を与える。gbest は全体の最良解、pbest は各個体における最良解、 $r_1, r_2$  は 0 から 1 の一様乱数、 $w, c_1, c_2$  は各々の項に対する重みパラメータである。初期の pbest は  $\mathbf{x}_i^0$  とする。
- (iii) 上式の位置ベクトルと移動ベクトルを足すことで位置ベクトルの更新を行う。
  - (iv)  $\text{fitness} = \|\mathbf{R}' - \mathbf{R}_{xx}\|^2$  を用い、評価を行う。
  - (v) 移動ベクトルを更新し、探索点を変更する。
  - (vi) 以後、(iii)~(v) を反復回数だけ繰り返す。

また、信号電力を推定パラメータとしたものを手法 1、信号電力を推定パラメータから外したものを手法 2 としてシミュレーションを行う。

## 3. シミュレーション結果

本検討では上式 (1) で与えられる重みパラメータ  $w, c_1, c_2$  を可変させた場合の推定誤差について、 $w=0.7, 0.8$ ,  $c_1, c_2$  を同じ値  $c$  として 0.7~1.0 に可変しシミュレーションを行った。各諸元については周波数を 2GHz, SNR を 10dB, 信号 #1 の到来方向を 0deg., 信号 #2 の到来方向を 10deg., 信号 #1, #2 の信号電力をともに 1W, 個体数を 100, 反復回数を 1000 とする。 $w=0.7$  の場合の信号電力推定誤差を図 1 に、 $w=0.8$  の場合の信号電力推定誤差を図 2 に示す。結果より  $w=0.7$  の場合では  $c$  が 0.86 以上の場合で両手法の推定誤差が安定している。 $w=0.8$  の場合では  $c$  が 0.86~0.9 の場合に手法 1 で推定誤差が小さくなっており、手法 2 の場合についても同様に若干ではあるものの精度が良くなっている。

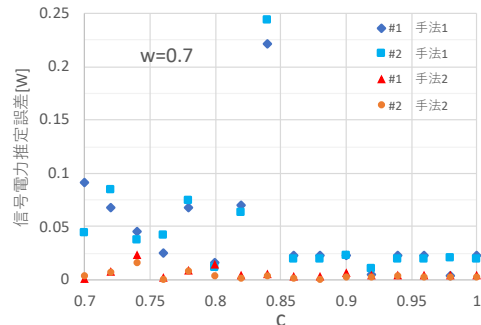


図 1 信号電力推定誤差 ( $w=0.7$ )

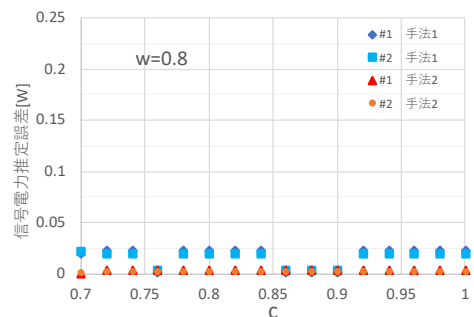


図 2 信号電力推定誤差 ( $w=0.8$ )

## 4. まとめ

本検討では PSO のパラメータを可変させた場合の推定誤差について確認できた。今後の課題としては、個体数と反復回数などの他のパラメータの最適化、および、確認できた最適なパラメータを用いて GA 等の他手法との比較を行う予定である。

## 謝辞

本研究の一部は、北海道大学情報基盤センター萌芽型共同研究 (2019 年度) の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] J.Kennedy et al., "Particle Swarm Optimization", Proc. of ICNN'95, pp.1942-1948, 1995.
- [2] 松村他, "PSO を用いた到来方向推定に関する一検討", 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 89, Oct. 2012.
- [3] 古家他, "PSO を用いた到来方向推定の精度改善に関する研究", 令和元年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 70, Oct. 2019.

問い合わせ先

氏名：大島功三

E-mail: ohshima@asahikawa-nct.ac.jp

# 属性値の位置関係を考慮に入れた 特異性指向マイニング技法の改良

(米子高専電気情報工学科)

○岡田朋也・本村信一

キーワード：特異性指向マイニング技法、確率統計

## 1. 緒言

近年人間が扱うデータがより大規模化する傾向にあり、そのデータに潜む興味深いデータを効率的に抽出するのは困難になっている。

この問題に対して、相対的に他の多くのデータと異なるデータを発見するための技法として、前橋工科大学の鍾らが開発した特異性指向マイニング技法がある。特異性指向マイニング技法は、これまでに肝炎データなどの分析において有用性が確認されているが、従来技法では、属性値のみに着目していたため、各属性値の位置関係を考慮に入れていない。そこで、本研究では、属性の位置関係を考慮に入れた技法を実現する研究を行う。

## 2. 特異性指向マイニング技法

特異性指向マイニング技法とは、データベースの中にある特異データに注目し、データマイニングを行う技法のことである[1][2]。この特異データとは、他とは大きく異なり相対的に数の少ないデータや距離の離れたデータを指し、興味深いデータと位置付ける。特異データの発見は、データの特異性に注目して行う。この特異性を表す方法の一つとして Peculiarity Factor (PF)を用いる方法があり、今回はPFを特異データ発見の基準としている。PFは、式(1)で求めることができ、特異性が大きな場合、PFは大きな値となる。

$$PF(x_{ij}) = \sum_{k=1}^n N(x_{ij}, x_{kj})^\alpha \quad (1)$$

ここで、 $x_{ij}$  は属性  $j$  における  $i$  番目の値、 $N(x_{ij}, x_{kj})$  は属性値間の距離を表しており、値の差の絶対値を距離とする。 $\alpha$  は距離の重要度を定めるパラメータで、通常は0.5としてマイニングを行う。

閾値は全てのPFの平均と標準偏差により決定される。PFの分散を利用して特異データの選択を行う。

## 3. 改良のための一提案

従来のデータセットでは、例として表1のように

「各都道府県の森林率」といった都道府県の位置関係を無視して議論しようとしていた。そこで表2に示すように、都道府県の位置を都道府県庁と定義し、位置を考慮した森林率が議論できるようにする。このとき、位置どうしが近いデータは似通っていて、位置どうしが遠いデータは似ていないという条件をPF導出式に取り入れ、位置が近いが他と値が離れているデータを抽出しやすくする。

表1 データの位置関係を考慮しないデータセット

都道府県名	森林率 (%)
北海道	71
青森	66
...	...

表2 データの位置関係を取り入れたデータセット

都道府県名	北緯	東経	森林率 (%)
北海道	43°03'51"	141°20'49"	71
青森	40°49'28"	140°44'24"	66
...	...	...	...

## 4. 結言

他の多くのデータと異なる興味深いデータを発見するための特異性指向マイニング技法について、従来の技法の問題点を明らかにし、位置情報と値を持ったデータセットから、興味深い特異なデータを抽出できる方法を提案した。

## 文献

- [1] 大島宗哲, 鍾寧 “レコードに基づくリレーショナル特異性指向マイニング”, 人工知能学会論文誌, pp-1-9, 2007  
 [2] N Zhong, S Motomura: Agent-enriched data mining: A case study in brain informatics, IEEE Intelligent Systems, 38-45,

お問い合わせ先

氏名：本村 信一

E-mail : motomura@yonago-k.ac.jp

キーワード：Python, 画像認識, 調剤, 機械学習

## 1. 研究背景

現在、医療業界では人が不足しており、平成21年度から27年度にかけての調査では雇用人数が、毎年平均で25万人ほど増えているが、同時に求人数も毎年増えており、依然として人手が不足している状態にあることが伺える。そんな人員不足の中、薬剤師の仕事は輸液の調製や調剤などの負担の多いものである。それにより、ミスが多く起こり、患者に対しての健康被害が生じることもある。また地方での薬剤師の人材不足から深夜の一人当直での安全性も不安視されている。表1よりわかるように同じ医薬品の規格違いや多剤をピックアップしてしまうという内容のミスが多く医療としてとても危険なものである。

表1 調剤ミスの内容

発生場面	事例の内容	件数
調剤	調剤忘れ	561
	処方せん監査間違い	839
	秤量間違い	192
	数量間違い	3649
	分包間違い	718
	規格・剤形間違い	3710
	薬剤取違い	3801
	説明文書の取違い	88
	分包紙の情報間違い	185
	薬袋の記載間違い	730
	その他(調剤)	2074

## 2. 研究目的

本研究は調剤過誤件数の減少と当直一人体制での安全確保を目的とする。

## 3. 研究計画

### ① 薬剤の読み取りシステムの開発

トレーに取り付けられる小型のカメラを用いて薬剤の名称を認識するシステムを開発する。また、薬剤の数量の正確性よりも種類の正確性を追求する。

### ② 処方箋データとの比較プログラム開発

読み取った薬剤のデータとスキャンした処方箋のデータを比較するプログラムを作成する。

### ③ 試作機の作成

現在使用しているトレーと使用感を変えることがないように小型化、軽量化を図る。誤った薬剤をピックアップした際、音で通知する。

## 4. 進捗状況

市場調査と先行研究からシステムの仕様を決定した。薬剤師が普段のピックアップルーティンの中で使用しているトレーと監査システムを一体化することにより目視での監査と機械での鑑査を同時に行うことができる。また開発環境を構築し、現在は薬剤の読み取りシステムの開発を行っている。また画像判別に関しては先行研究のパターン認識ではなく、Google が提供している機械学習オープンソースソフトウェアライブラリである TensorFlow を用いた機械学習を用いた画像判別を構築している。

お問い合わせ先

氏名：川上誠

E-mail：[kawakami@numazu-ct.ac.jp](mailto:kawakami@numazu-ct.ac.jp)

(久留米高専専攻科機械・電気システム工学専攻<sup>1</sup>,久留米高専制御情報工学科<sup>2</sup>)○古賀哲徳<sup>1</sup>・田中諒<sup>2</sup>

キーワード：能動的外乱除去制御器 (ADRC), 拡張状態オブザーバ (ESO), 倒立振子

## 1. 緒言

プラントのモデル化誤差や外乱に対して優れたロバスト性を有する制御系の1つとして能動的外乱除去制御器 (ADRC) が提案されている. ADRC で用いられる拡張状態オブザーバ (ESO) は, プラントの情報を用いることなく状態変数を推定することができる. また, プラントのモデル化誤差と外乱も推定することができる. ESO で観測された信号をプラントの入力側へフィードバックすることで, 優れたロバスト性を有する制御系を実現する. ADRC を応用した倒立振子の制御は, パラメータの選び方によっては不安定になることがある.

先行研究<sup>1)</sup>ではボード線図を用いて安定判別がされているが, 予め制御器パラメータを決定しないとボード線図による安定度の評価ができない. そこで, 本研究では目標値応答から安定となるパラメータの領域を計算する. 計算結果をもとに, パラメータ変動による操作量の大小や応答の傾向を明らかにする.

## 2. 実験方法

倒立振子に対する ADRC のブロック線図を図1に示す. ADRC1で振子の角度を, ADRC2で台車の位置を制御する仕組みである. 目標値応答にコントローラとオブザーバのパラメータを代入し, 目標値応答の極によりシステムが安定かどうかを判定する.

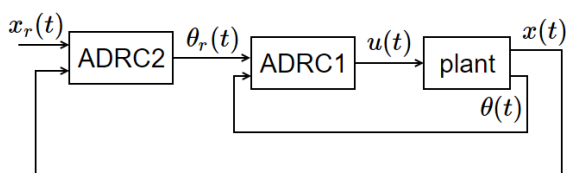


図1 ADRCのブロック線図

## 3. 実験結果

目標値応答から安定な領域を計算し,  $b_x = 20, b_\theta = -1$ , 台車のコントローラのパラメータ  $\omega_{cx} = 1$ , 振子のコントローラのパラメータ  $\omega_{c\theta} = 10$  を固定して  $\omega_{ox}, \omega_{o\theta}$  を変化させたときの応答の一例を図2, 3に示す.  $\omega_{o\theta}$  を大きくしても応答にほとんど変化がないことがわ

かる.  $\omega_{ox}$  を大きくすると振動が大きくなっており,  $\omega_{ox}, \omega_{o\theta}$  はなるべく小さくした方がいいと考えられる.

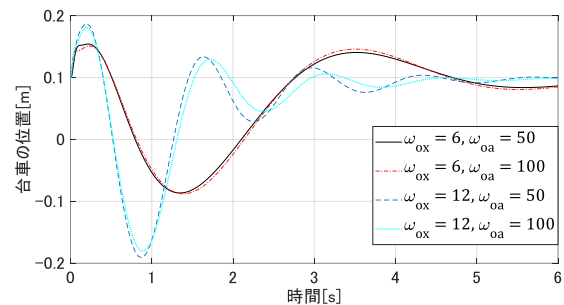


図2 台車の位置

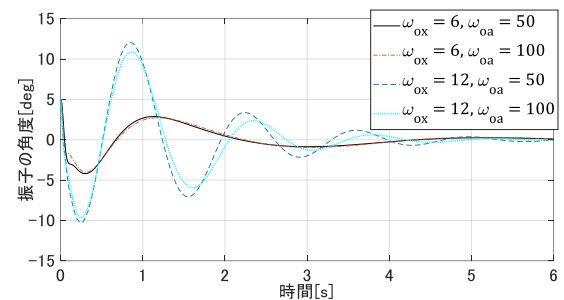


図3 振子の角度

## 4. 結言

ADRC を2つ接続して倒立振子の制御を行うときの安定判別を目標値応答の極を調べることにより行った. 今回は安定なパラメータを求めることができた. しかし, 振動的な応答をするパラメータも含まれていたため, そのようなパラメータを減らす必要がある.

## 参考文献

1) Z. Chao and Z. Jihong, "On stabilization and disturbance rejection for the inverted pendulum," in *Proceedings of the IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2014, pp. 3750-3754.

お問い合わせ先

氏名：田中諒

E-mail：[rtanaka@kurume-nct.ac.jp](mailto:rtanaka@kurume-nct.ac.jp)