

Vol. 18  
Mar. 2021

## 目次

## 論文

|   |                             |    |
|---|-----------------------------|----|
| 顔認識および音声認識を搭載した多機能型ソーシャルロボットの製作<br>.....      | 林 誠治                        | 3  |
| 運動連鎖の違いによる走力の変化.....                          | 米重修一                        | 11 |
| ドリップ施肥および養蜂のIoT システムを利用したモニタリング<br>.....      | 袁原隆, 竹下正哲, 前山利幸, 高橋丈博, 日比哲也 | 15 |
| 電極貼り直しに対してロバストな表面筋電位による動作識別システムの研究<br>.....   | 西川佳男, 舒 羽, 香川美仁             | 21 |
| パラドックスを再現したアーチェリーのシューティングマシンの製作と性能評価<br>..... | 平野孝典                        | 27 |

## 研究速報

|   |       |    |
|---|-------|----|
| FPGAを用いたFDTD法による電磁界計算の高速化の検討<br>.....           | 高橋丈博  | 35 |
| 日本語能力試験に見られる形容詞の特徴<br>——理工系教科書との比較のための予備調査..... | 小林伊智郎 | 39 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 研究所所員及び研究課題一覧..... | 43 |
|--------------------|----|

|               |    |
|---------------|----|
| 研究活動一覧・他..... | 51 |
|---------------|----|

論文

FULL PAPERS



# 顔認識および音声認識を搭載した多機能型ソーシャルロボットの製作\*

## A multifunctional social robot equipped with facial and voice recognition

林 誠治 Seiji HAYASHI\*\*

### Abstract

In this research, facial and voice recognition functions corresponding to the eyes and ears of the robot, along with a caterpillar movement control mechanism corresponding to its legs are newly added to the social robot *Mugbot* developed by Professor Koike of Tokyo City University, thus creating a derivative robot system known as *Rchu-Dchu*. To facilitate facial recognition, an efficient recognition inference system was constructed using the camera module and the OpenCV 4.2 machine learning image library. For voice recognition, a communication system based primarily on the Julius voice recognition engine was constructed. Next, an interlocking facial and voice recognition system was developed with a focus on seamless correspondence with humans, and a certain degree of practicality was obtained by adopting the functions of recorded messages.

**Keywords:** Social robot, Facial and voice recognition equipment, Web remote control, Human-computer interface

### 1. はじめに

ソーシャルロボットとは、人間とのコミュニケーションを主眼においた人間をサポートするロボットと定義される。人型ロボットなど様々な形態があり、その共通点としてユーザフレンドリーの必要性が求められる。東京都市大学の小池星多教授は、企業の知的所有権の保護にとらわれないハードウェアとソフトウェアのオープンソース化を目指し、図1に示すマグボットを誕生させた<sup>1)</sup>。これは頭部にマグカップを使用していることからネーミングされたソーシャルロボットであり、2010年から研究が開始され「ユーザにとって作りやすい」身近なソーシャルロボット開発の切り札となった。小池星多教授の小池研究室では、数多くのMaker Faireへの出展と地域コミュニティとの連携<sup>1-7)</sup>、マグボットの部品改良(専用基板、アクリルを使用したサーボブラケットの製作)<sup>2,3,4)</sup>、東京都市大学の図書館業務の一員としての図書館内での設置<sup>4,7)</sup>などソーシャルロボットの普及とロボットの役割と機能を環境に合わせて構築してきている。マグボットの製作方法に関しては、マグボット公式サイト<sup>9)</sup>、2016年には書籍が出版され<sup>10)</sup>、

マグボットが世の中に広く知られることになった。その後、多くの支持者を得ることになり、マグボットの派生ロボットが誕生した。ファブラボ関内の有志たちによるマグボットのシステムを使用した新たな派生ロボット「fabot」の製作およびロボットユーザコミュニティが構築され、多摩市在住の地域住民が製作したマグボット(対人センサー、リアルタイムクロック搭載)、高校の技術教育用のマグボット、小学生が製作した「タケノコット」などを挙げるができる<sup>2)</sup>。また、教育分野では山梨英和大学の杉浦教授の協力を得て「Scratch」を用いたマグボットの制御など教材としての有意義性を示しており、教育コミュニティとの連携などを推進している<sup>2,11)</sup>。さらに小池教授らは2018年度よりNode-REDをプログラミング言語として採用している<sup>6)</sup>。マグボットはユーザインタフェースとしてのロボット・教育プログラミングとしてのロボットへと進化しているとも言えよう。

これまでマグボットの生い立ちや開発経緯について述べてきたが、上述の派生ロボットにはない機能として、ロボットの目と耳となる機能があげられる。ロボットの目の機能とは、いわゆるカメラから取得できる動画像に基づいて、例えば物体認識や顔認識あるいは現場状況の判断を行うことができることを指し、一方でロボットの耳の機能とは、マイクロフォンから取得できる音声データを解析することで、音声認識を行うことができることを指す。昨今の機械学習による顔認識処理が目覚ましい発展を遂げ、様々なアルゴリズムが提案されており、また音声認識についても従来のオフライン型に加え、スマートスピーカーに代表されるオンライン型の認識処理システムも登場してきている。一方で、エッジマイコン上で行われるAI機能、いわゆる顔認証処理や音声認識処理がリアルタイムで行われる開発環境も整ってきた。

このような背景のもと、本研究では顔認識や音声認識アルゴリズム自体の研究を行うのではなく、OpenCV画像処理ライブラリ<sup>12)</sup>に含まれている顔認証機能、およびオープンソース大語彙連続音声認識エンジンJulius<sup>13)</sup>やGoogle音声認識API<sup>14)</sup>を使用することで、ロボットの目と耳の機能をエッジコンピュータRaspberry Pi<sup>15)</sup>上に実装する。また、ロボット



図1 ソーシャルロボットマグボット<sup>9)</sup>

\* 原稿受付 2020年10月8日

\*\* 工学部電子システム工学科

の脚としてキャタピラ移動機構も搭載する。近年急速に普及しているAI画像認識および音声認識の機構をマグボットに組み込み、派生ロボットとしての多機能型ソーシャルロボットの製作およびそのソフトウェア開発を目的とし、本ソーシャルロボットでのヒューマンインタフェースの可能性について述べる。本研究で開発する多機能型ソーシャルロボットの機能の一部を以下に示す。

1. ウェブ遠隔操作によるロボットの制御（表情・動き・音声出力・各種機能の開始/停止など）
2. 音声合成によるきめ細かい音声メッセージの出力
3. 複数のユーザの顔認証機能による個人特定
4. 顔認証と音声認識機能の連携（伝言メッセージなど）

## 2. 多機能型ソーシャルロボットのハードウェア構成

図2に本研究で製作したソーシャルロボット RchuDchu（以下、Rchu-Dchuと呼ぶ）の外観を示し、図3に本研究のハードウェア構成を示す。図3はマグボットのハードウェア構成<sup>9)</sup>に本研究で必要なマイクロフォン、カメラモジュール、キャタピラ機構を追加したものである。

### 2.1 ソーシャルロボット本体

メインボードはRaspberry Pi 3 Model B<sup>+15)</sup>とArduino Leonardo<sup>16)</sup>で構成され、ロボットの顔の表情に相当する複数のLEDと動きに相当するサーボモータが2個搭載されている。また、音声認識のためのUSBマイクを本体の前面に配置した。Arduinoはアクチュエータ等のハード制御を、Raspberry Piはネットコミュニケーション、顔認証、音声認識、音声合成およびそれらの連携機能を担当する。また電力はRaspberry PiからUSBケーブルでArduinoに供給し、同時にシリアル通信を行う。スピーカユニットは1WのD級アンプモジュール（10mm x 10mm 型番: PAM8012）とフェライト型ダイナミックスピーカ（φ50 x H17.5mm 型番: FA200C）により製作した。これにより市販のアンプ機構を持ったスピーカを搭載する場合に比べ、ロボット内部の省スペース化を可能にした。

### 2.2 Google 音声認識ボード

クラウド型音声認識を行うため、Google Voice Kit Version 2<sup>17)</sup>の音声認識ボードVoice BonnetをRaspberry Pi 3+に実装する（図4）。キット付属のVoice Bonnetは本来Raspberry Pi nano用とされているが、ほぼ問題なく動作させることができる。

### 2.3 キャタピラ移動機構

Rchu-Dchuのウェブ操作インタフェースにキャタピラ動作ボタンとスライダーを配置し、遠隔で操作することができる。キャタピラ移動機構はキャタピラとモータおよびモータドラ



図2 本研究のソーシャルロボットの外観

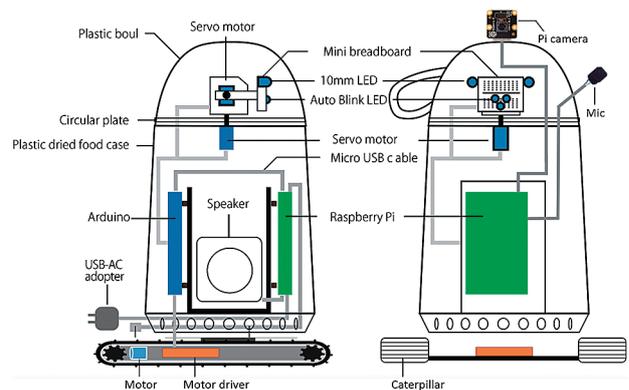


図3 本ソーシャルロボットの主なハードウェア構成

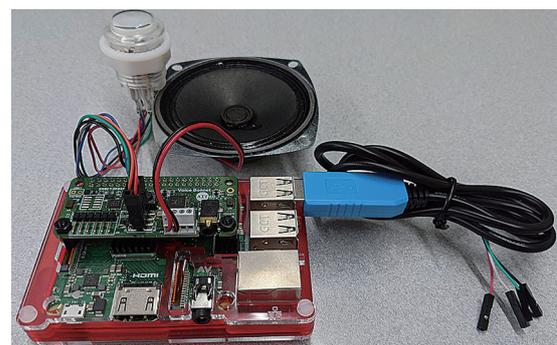


図4 Google Voice Bonnetを搭載した Raspberry Pi

イバで構成され、上部にモータ駆動式ターンテーブルを、その上にRchu-Dchu本体を積載した。これによりキャタピラを動かさなくてもRchu-Dchu本体の方向転換を行うことができる。移動機構部で使用した部品を表1に示し、その外観図を図5に示す。モータドライバとターンテーブルへの制御命令はArduinoから送信される。

表 1 移動機構の使用部品

| 名 称   | 仕 様                                    |
|---|--|
| Tri-Track Chassis Kit (キャタピラ)<br>12V DC 120RPM 15oz-in GHM-02<br>(モーター) | 2.27kgまで積載可能<br>12V DCトルク:<br>8.8kg-cm |
| Sabertooth dual 5A motor driver for R/C                                 | 6~18V入力最大<br>5A出力/個                    |
| Base Rotate Kit (ターンテーブル)<br>HS-485HB (ターンテーブル用サーボモータ)                  | 5.54kgまで積載可能<br>トルク: 5.2kg-cm          |
| ヨコモ HYPER 3900mAh<br>ストレートパック   | ニッケル水素バッテリー<br>7.2V                    |



図 5 本研究で使用した移動用キャタピラ

### 3. 多機能型ソーシャルロボットのソフトウェア構成

図6に本研究のソフトウェア構成を示す。従来のマグボットに対して本研究で追加された大きな機能は顔認証と音声認識であり、それらに必要なソフトウェアコンポーネントと本研究における制御プログラムが追加されている。以下、本研究で使用しているそれぞれの機能について述べる。

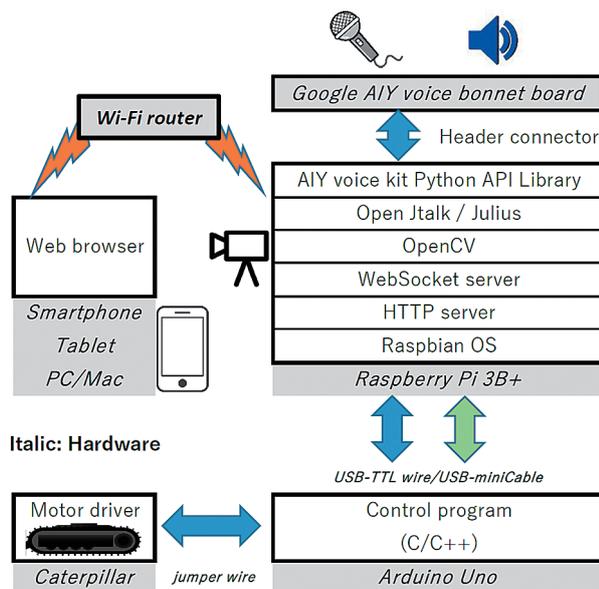


図 6 本ソーシャルロボットのソフトウェア構成

#### 3.1 HTTP/WebSocket サーバー機能

(1) HTTPサーバー HTTPサーバーはNginx (エンジンエックス) を使用する。Nginxは少ないメモリで高速に動く軽量サーバーである。図7に示すように、PC、スマートフォン、タブレット等のWebブラウザから有線/無線LAN経由でRaspberry Pi内のHTTPサーバーにアクセスし、Rchu-Dchuの操作インタフェースであるHTMLファイルを開くことができる。

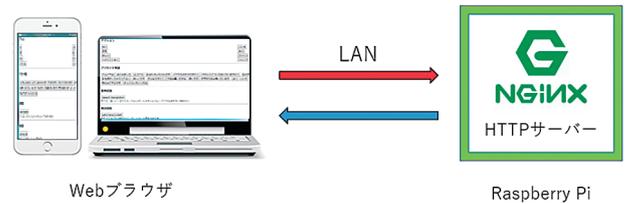


図 7 HTTPサーバーの使用用途例

(2) WebSocketサーバー WebSocketサーバーは図8に示すように、ブラウザとサーバーの間で双方向通信、非同期通信を実行するためのプロトコルを使用したサーバーである。Rchu-Dchuではウェブ操作インタフェースからWebSocketサーバーを経由してArduinoに接続したLEDやサーボを制御するために用いる。

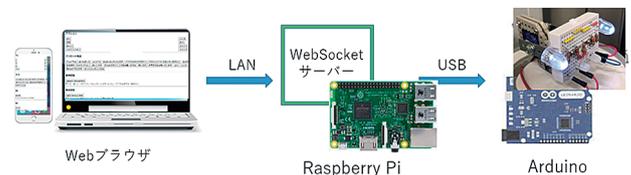


図 8 WebSocketサーバーの使用用途

#### 3.2 音声合成機能

(1) 日本語音声合成ソフトウェア Open JTalk Open JTalkとは名古屋工業大学の徳田・李・南角研究室が開発している、文字列を音声 (Wavファイルなど) に変換するオープンソースの日本語テキスト音声合成システムである<sup>18)</sup>。リモートによる音声出力は、図9に示すように、ウェブ操作インタフェースから入力した文字列をOpen JTalkによりWavデータに変換し、Raspberry Pi OS標準コマンドのaplayによりスピーカから出力することで実現する。また、顔認証や音声認識処理の過程で、Rchu-Dchuから利用者に、プログラムによって音声メッセージを伝える手段としても活用する。

(2) Google Speech text API クラウド型音声合成モジュールとして代表的なものに、Google Speech API (Google Cloud Text-to-Speech) がある<sup>19)</sup>。一部有料でインターネットに接続する必要はあるが、一般に高音質で多様な音声合成が生成できる。本研究ではオフラインで使用可能なOpen JTalkと

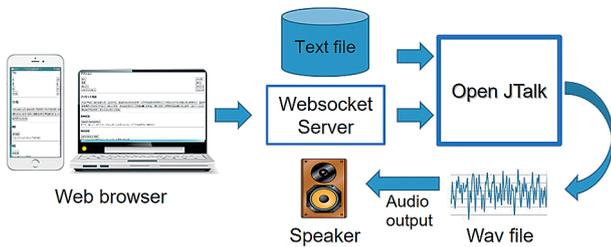


図9 Open JTalkモジュールの使用用途

Google Speech text APIをプログラムで切り替え可能であり、実際の利用者が希望するパフォーマンスに合わせることができる。

### 3.3 音声認識機能

(1) Julius 音声認識 Juliusは音声認識システムの開発・研究のためのオープンソース大語彙連続音声認識エンジンである。単語辞書のモジュールを組み替えることで、ソーシャルロボットに特化した音声認識語彙システムを構築できる。本研究では、音声の収録にUSBマイクを使用し、Raspberry Pi上にJulius音声認識ソフトウェア（Julius本体、ディクテーションキット、グラマーキット）を実装した<sup>13)</sup>。

具体的にRchu-DchuのLEDとサーボによるロボット表現では、認識したい言葉として「笑って・悲しい・びっくり・ウィンク・ハイテンション・どこから来たの・終わり」を単語辞書に登録し、ディクテーションファイル（口述筆記）を生成した後、Juliusディクテーション実行キットを使用してJulius音声認識を実行した。Pythonスクリプト上で、モジュールモードのJuliusサーバーをバックグラウンドで動作させ、Socketモジュールを用いてJuliusからの認識結果を取得できるようにした。Juliusサーバーの受信データからRECOGOUTキーをXMLとして随時パースし、単語辞書中の言葉を判別して、各々の言葉に対する動作（サーボ動作、LED制御、音声合成）を行っている。

また、本研究ではRchu-Dchuで音声操作により各種機能が使えるようにも設定している。Juliusの認識辞書リストword.dicに操作語彙（顔認証、録音など）および研究室所属メンバーの名前を追加登録することで、音声認識の対象語彙を増やすことができる。認識辞書リストの生成コマンドの一例を以下に示す。

```
1 iconv -f utf-8 -t eucjp julius/word.yomi | ./julius/yomi2voca.pl > ./julius/word.dic
```

word.yomiファイルの文字コードを変換後、Julius単語分解プログラムを用いて音声認識辞書word.dicを生成している。また、登録した操作語彙などは本研究で開発した音声認識プログラムでも読み込む。顔認証機能と録音機能のプログラム

からの起動は、subprocess関数を利用して実行している。

(2) Google Speech Recognition API Juliusはオフラインでの動作であるが、インターネットクラウドサービスを利用するオンライン音声認識では一般に認識精度の向上が見込める。一部有料でインターネットに接続する必要があるが、Google Speech Recognition APIのオンライン音声認識を使用する<sup>14)</sup>。APIを利用するにはWeb上からGoogle APIキーを取得し、requestsライブラリのpost()メソッドを使用して、認識用URLとWav形式の音声データ、サンプリングレートなどを指定する。認識結果はJSON (JavaScript Object Notation)形式で返ってくるので、音声認識の結果候補の中から最初のtranscriptの要素（信頼性が最も高い結果）を本研究での認識結果として採用した。本研究ではオフラインで使用可能なJuliusとGoogle Speech Recognition APIをプログラムで切り替え可能であり、実際の利用者が希望するパフォーマンスに合わせることができる。

(3) docomo雑談会話API ロボットと人間との自然な会話を実現する一つの方法として、オンラインのdocomo雑談会話APIを利用した<sup>20)</sup>。APIを利用するにはWeb上からdocomo APIキーを取得し、requestsライブラリのpost()メソッドを使用して、雑談会話用URLとこちらから話しかける言葉などをJSON形式のペイロードとして指定する。ペイロードにはニックネーム、性別、年齢、出身地など話者の情報を指定できる。会話が成功するとJSON形式のオブジェクトが返ってくるので、そのuttの要素を取り出すことでdocomoからの雑談会話の返事を受け取ることができる。2020年9月現在、docomo雑談会話APIはサービス提供を終了しているが、他の同様なサービスが異なるベンダからも提供してされており、入れ替えて組み込むことが可能である。

### 3.4 顔認識機能

OpenCVはインテルが開発・公開したオープンソースのコンピューター・ビジョン・ライブラリであり、画像や動画のデータを処理するのに必要な様々な機能を提供している<sup>12)</sup>。本研究ではPi CameraまたはWebカメラから取得した動画データから、OpenCVのライブラリであるLocal Binary Patterns Histograms (LBP) アルゴリズムとPredict()関数を用いて顔認証のアプリケーションを開発した。使用するOpenCVのバージョンは4.2.0である。図10に顔認証を行うための3つのステップを示す。

Step 1: データセットの準備 OpenCVライブラリにあるhaarcascade\_frontalface\_default.xmlファイルを利用して、カメラから認証したい人物の顔の領域だけを検出し、その領域

を指定された枚数まで撮影する。その後、これらの画像すべてに対して対象人物に対する固有のIDを付けて保存する。  
**Step 2: データセット用いた学習** 学習データを numpy 配列に追加し、OpenCVのLBPアルゴリズムで学習させ、その出力としてYAMLファイルを生成する。  
**Step 3: 顔認証のための推論** 学習されたYAMLファイルを利用し、Step 1と同じ手順で人の顔領域を検出した後、その顔に対するIDをPredict()の関数を用いて推論する。

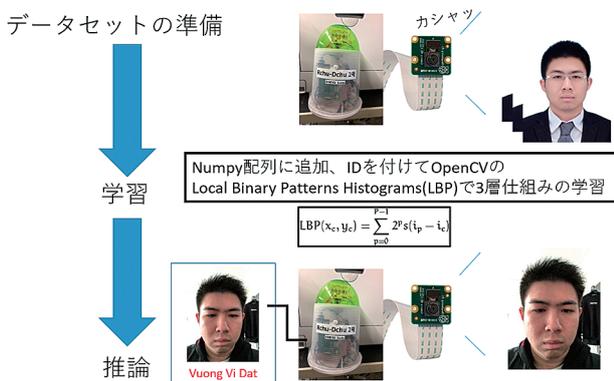


図 10 顔認証システムの作成手順

また、上述の学習における処理時間を短縮するため、Raspberry Pi上ではなくWindows上でVisual Basic言語により“Face Recognition”というアプリケーションを開発した(図11)。本研究ではWindows上でこのアプリケーションを利用して上記のStep 1とStep 2を行い、学習して得たYAMLファイルをRaspberry Piに転送することで、Rchu-DchuでStep 3の顔認証を行う。

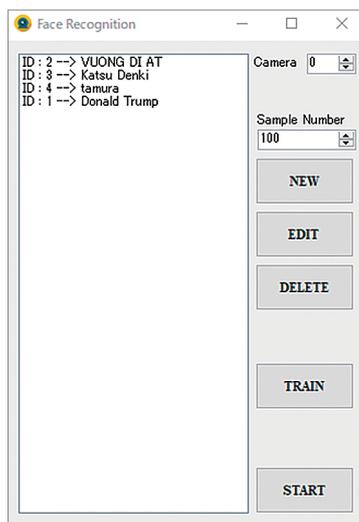


図 11 Visual Basicで開発したWindowsアプリケーション

図11の[NEW][EDIT][DELETE]ボタンで人物の顔を登録、登録する名前の修正およびデータの削除を行うことができる。Cameraは使用するカメラの番号(複数のカメラに対応可)であり、Sample Numberは動画で撮影したときの静止画写真の枚数である。この撮影枚数が入力データセットの枚数に相当する。データセットが準備できたら[TRAIN]ボタンを押すことで、Pythonで作成した学習スクリプトを実行する。その後、[START]ボタンを押すことで顔認証の推論プログラムを実行し、顔認証が正常に動作するかどうかを確認する。最終的には、推論に必要なYAMLなどの情報ファイルをRaspberry Piに転送することで使用する。

### 3.5 顔認証と音声認識との連動

連動機能は、顔認証と音声認識の両方の機能を同時に実行する必要がある。図12に各機能の役割と状態遷移の説明を簡単に示す。ここで、ボタンとはウェブ操作画面のボタンを表し、強制的に処理を変更あるいは中断することができる。

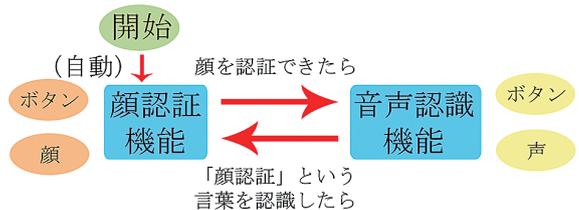


図 12 音声認識と顔認証との連動の動作図

まず、連動システムが開始されると、予め登録された人物の顔が認識されるまで顔認証が続けられる。顔認証に成功すると認識対象人物の名前と挨拶のフレーズが音声合成で読み上げられる。同時に認識対象人物の名前をテキストファイルの名前として保存する。そしてその人物が認識できなくなった場合には当該のテキストファイルを削除することで、どの人物を現在認識対象としているのかを判別することができる。顔認証に成功すると、顔認証機能を内部的に一旦停止し、音声認識機能に処理が移る。

具体的な連携動作のイメージとしては、顔認証が済んだ後で、1) Rchu-Dchuに話しかけると、会話中に含まれるある特定の単語(笑って、びっくり、ハイテンションなど)に対応した動きをロボットが披露する。2)「録音」という単語が音声認識されるとある特定の人物にメッセージの録音機能(伝言メッセージ)を開始することができる。このときの音声メッセージは波形データとして音声ファイルに保存される。3) キヤピラ移動機構の操作として、予め認識語彙「前進・停止・後進・右旋回・左旋回」を音声認識単語辞書に登録し、これらの操作語彙を音声認識することでキヤピラなどを動作させることができる。一方でウェブ操作画面による機能は

常時有効であるため、緊急停止時などはボタン一つでも行うことが可能である。

### 3.6 メッセージ録音機能

顔認証の登録対象者に伝言メッセージを残したい場合は、Rchu-Dchuのメッセージ録音機能を使用する。そのため、ウェブ操作インターフェースにテキストボックスと [Leave A Message] を設置した。ウェブブラウザでメッセージを送りたい人物の名前を入力した後、[Leave A Message]のボタンをクリックすることで、WebSocketサーバー経由で“@vr<受け手の名前>”の文字列をRaspberry Piに送信する。この文字列に応答する処理を書くため、ruby言語で作成した本研究のWebSocketサーバースクリプト“rs.rb”に、メッセージ録音機能に関する次のコードを追加した。

```

1  ...
2  elsif msg[0,3]=="@vr"
3    puts "録音開始"
4    sp.puts "t"
5    msg.slice!(0,3)
6    if msg=="
7      system('/home/pi/mugbot-talk-1.1.sh "だれにメッセージをおくりますか"')
8    else
9      system('/home/pi/mugbot-talk-1.1.sh "るくんかいし"')
10     system('/home/pi/start-VoiceRec.sh '#{msg}')
11   end
12   sp.puts "n"
13   ...

```

もし、テキストボックスに名前を入力することを忘れた場合は、「だれにメッセージをおくりますか」という警告の音声出力を促す。それ以外の場合はシェルスクリプト“startVoiceRec.sh”にて5秒間の録音を開始する。

```

1  #!/bin/bash
2  #start-VoiceRec.sh
3
4  cd /home/pi/ai/Messages/
5  file="$1.wav"
6  arecord -D plughw:0,0 -d <録音の長さ> $file

```

\$1は上記の“rs.rb”から人物の名前をパラメータして渡される文字列であり、録音ファイル名は伝言を残したい人物の名前で保存している。また、録音自体はRaspberry Pi OS標準コマンドの arecordを使用した。図13に示すように、顔認証機能で登録した人物の顔を認識した際、録音フォルダにその認識人物の名前の音声ファイルがあるかどうかを確認し、もし音声ファイルがある場合は「〇〇さんにメッセージがあります」と音声メッセージを流す。続いて、録音された伝言メッセージの音声ファイルを再生する。一旦再生したメッセージの音声ファイルは再生後、削除するようにした。

### 3.7 キャタピラとターンテーブル制御機能

ArduinoのPWM出力を用いてモータドライバを制御する。PWMの値は左右のモータおよびターンテーブルモータに対して0~255の範囲で指定することで、「前進」「停止」「後進」「右旋回」「左旋回」の5パターンのキャタピラ動作とターンテーブルの左右回転を行うことが可能である。さらにウェブ

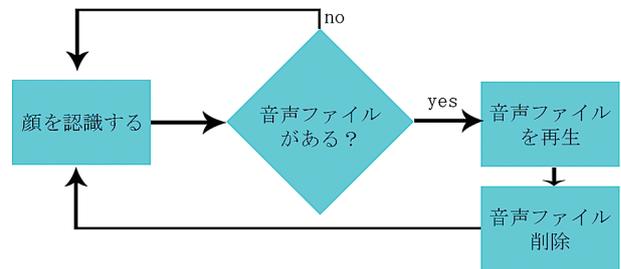


図13 メッセージの録音機能の動作図

操作画面のスライダを操作することにより、マニュアルでキャタピラの速度調整も可能である。

## 4. 実行結果と考察

### 4.1 ウェブ操作画面からの制御例

ウェブブラウザを用いた制御の動作例として、「笑う」の動作について説明する(図14)。まず、Raspberry Pi内のHTTPサーバーにアクセスし、HTMLファイルをウェブブラウザに表示する。次に操作インターフェースの「笑う」ボタンをクリックすることにより、WebSocket通信を利用してRaspberry Piに“@L”の文字列を送る。“@”から始まる文字列はArduinoの制御コマンドとして定義しているので、そのままシリアル通信を経由してArduinoに送り、Arduinoから対応するボットの顔に相当するLEDと上下のサーボモーターを動作させることで「笑う」の動きを実現する。

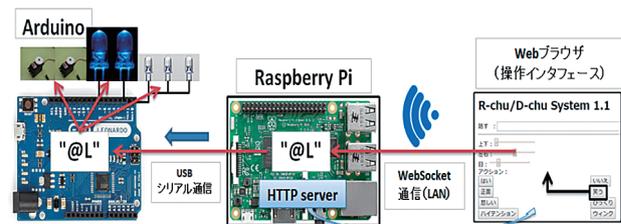


図14 ウェブブラウザ制御の動作例

### 4.2 顔認識の動作例

ウェブ操作画面の [Face Recognition] ボタンを押す、あるいは音声認識で「顔認証」の言葉を認識させて、顔認証機能を起動させる。研究室の学生9名に対して一人あたり100枚の顔画像を撮影し、合計900枚のデータセットとして学習した。学習された結合ネットワークを用いて実際に推論した結果、ランダムに顔認証を10回行ったときの平均正解率は30~70%であった。正解率の低い推論した画像を検証してみると、顔が若干横向きになった場合が多くみられた。また、同一人物に対しても、正解率は顔の表情に応じて異なるという結果が得られた(図15)。

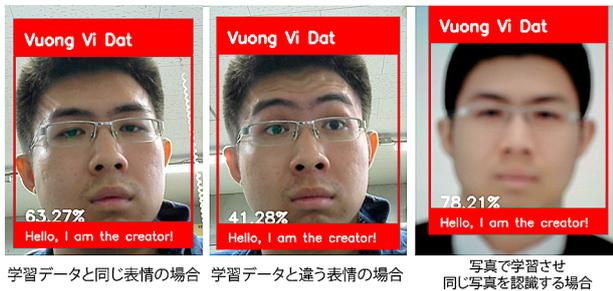


図 15 顔認証の実行結果例

顔認識が正常に行われた場合、図16に示すように「こんにちは、〇〇さん」という挨拶の言葉が流れ、音声が発している間は顔認証は一旦中止するようにした。途中で他の人物の顔が認識されても、挨拶の音声合成が中断することのないよう工夫している。また、一度、顔認識によってある特定の人物が認識された場合、その後10秒間は認識対象が他人にとって代わることをないようにホールドする機能を追加した。この10秒はプログラムにより容易に変更可能である。これによって音声による挨拶の不自然なタイミングを減らすことができた。また、いったん顔認識したものの10秒以上、同一人物が認識できない場合は認識状態を内部的にリセットするようにした。

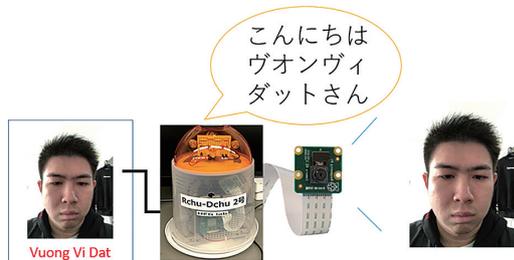


図 16 音声合成と顔認証との連動機能

#### 4.3 メッセージ録音機能（伝言メッセージ）の動作例

ウェブ操作画面から伝言メッセージを残したい人物の名前を入力し [Leave A Message] のボタンを押すと、5秒間の音声録音ができる。もし、伝言メッセージが保存されている人の顔が認識された場合、「〇〇さんにメッセージがあります」と伝えてから、伝言メッセージの音声ファイルを再生する（図17）。しかしながら、この方法では誰からのメッセージなのか、つまり発信者が不明である。ウェブ操作画面にもう1つのテキストボックスを追加し、送り手の名前を入力することも可能であるが、この場合他人へのなりすましを防ぐことができない。そこで、テキストボックスを追加する代わりに顔認証機能を利用する。次節の音声認識と顔認証の連動機能を使用することで、メッセージの発信者を容易に特定することが可能である。



図 17 メッセージ録音機能の動作例

#### 4.4 音声認識と顔認証を連動した機能の動作例

Rchu-Dchuは電源投入後、自動的に顔認証機能が起動するようになっている。既に登録されている人物の顔認証に成功すると音声認識が自動的に起動され待機状態になる。ここで「録音」という言葉を認識することにより、伝言メッセージの送り手を顔認証の人物として決定することができる。このとき、人物が同時に2人以上認識した場合は送り手が一意ではないため録音は不可能となる（図18）。また、Julius音声認識とメッセージ録音はともにRaspberry Pi上のサウンドカードを使用するため、両方を同時に行うことができない。そのため、伝言メッセージを録音する場合は音声認識を一旦中止し、録音終了後に再度音声認識の待機状態へ戻るようにした。さらに上記のオペレーションにおいて、ウェブ操作画面からはいつでも強制的に処理を中断したり、各種の機能を手動で操作できるようにした。

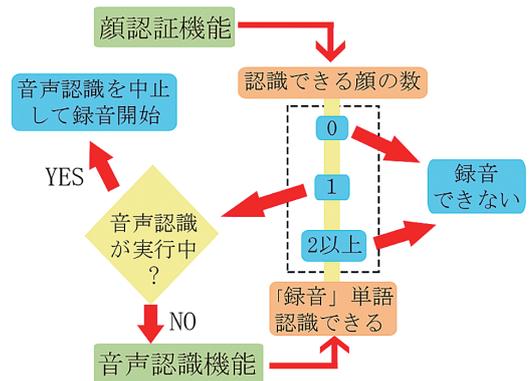


図 18 音声認識と顔認証における動作図

#### 4.5 キャタピラ移動機構の動作例

Rchu-Dchuの「前進」の動作について説明する（図19）。まず、ウェブ操作画面上の「前進」ボタンを押すことにより、WebSocket通信を利用してRaspberry Piに“@mf”文字列を送る。さらにArduinoにキャタピラコマンド“mf”送られ、対応する移動機構のモータをPWMで制御することで「前進」の動作を実現する。ウェブによる操作以外にも音声認識による動作も可能であり、正常に動作することを確認した。しかしながら、周囲雑音の影響を受けるため注意する必要がある。

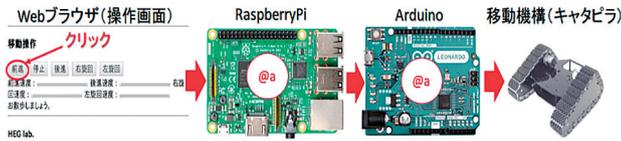


図 19 移動機構のシステム動作例

5. まとめ

本研究では東京都市大学で開発されたソーシャルロボット“マグボット”にロボットの目と耳に相当する顔認識機能と音声認識機能および脚に相当するキャタピラ移動制御機構を新たに追加し、派生ロボットとして“Rchu-Dchu”を製作し、そのシステム開発を行った。顔認識ではカメラモジュールとOpenCV 4.2の機械学習画像ライブラリを使用することで、効率の良い顔認識推論システムを構築でき、音声認識では主としてJulius 音声認識エンジンを用いた音声コミュニケーションシステムを構築できた。また、顔認証と音声認識との連動においては、人間とのシームレスな対応となるように主眼において開発を行い、伝言メッセージの機能においては一定の実用性が見い出せた。

本稿ではソーシャルロボットとして必要な機能を取り上げシステムへの組み込みを行ってきたが、それぞれの部分的な機能を示すだけにとどまっており、今後いかに更なる機能連携を取り入れるかが大きな鍵となろう。現在のソーシャルロボットにはできることに限界があり、現状の機能を理解したうえで、ユーザの環境や仕事のどの部分に組み込めるのか、ユーザにとってのロボットの価値を見出す必要があると思われる。例えば、付帯業務でのロボットを目指すのか、プライベートユースでのロボットを目指すのか、ユーザとのコミュニケーションが基本となるヒューマンインタフェースのデザインが重要である。

参考文献

- 1) 小池星多, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2014.4 第 15 号, 2014
- 2) 小池星多, 本郷紗也佳, 田名田佑亮, ルック理沙, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(2)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2015.4 第 16 号, 2015
- 3) 小池星多, 菅沼政彬, 藤原大和, 篠川知夏, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(3)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2016.4 第 17 号, 2016
- 4) 小池星多, 岩崎奨吾, 工藤赳夫, 齋藤歩美, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(4)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2017.4 第 18 号,

- 2017
- 5) 小池星多, 岩崎奨吾, 鈴木真広, 千田翔太, 中島裕輝, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(5)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2018.4 第 19 号, 2018
- 6) 小池星多, 大藤龍也, 小島昌悟, 杉江真一郎, 沼宣良, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(6)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2019.4 第 20 号, 2019
- 7) 小池星多, 二瓶柊介, 片岡美亜, 三島ニア, “ソーシャルロボット「マグボット」のデザイン(7)”, 東京都市大学横浜キャンパス情報メディアジャーナル 2020.4 第 21 号, 2020
- 8) 小池星多, “ソーシャルロボットのデザイン方法の研究”, 科学研究費助成事業研究成果報告書, 2017
- 9) マグボット公式サイト, Making Mugbot マグボットの作り方, <http://www.mugbot.com/> (参照 2020-08-31)
- 10) 小池星多, “おしゃべりロボット「マグボット」ラズパイと Arduino で電子工作”, リックテレコム, 2016
- 11) 杉浦学, “オープンハードウェアロボットの多用途化を目指した制御プログラミング環境の再構築”, 山梨県若手研究者奨励事業費研究成果概要書, 2017
- 12) OpenCV, <https://opencv.org/> (参照 2020-08-01)
- 13) Julius, <http://julius.osdn.jp/> (参照 2020-04-06)
- 14) Google Cloud Speech-to-Text, <https://cloud.google.com/speech/?hl=ja> (参照 2020-04-06)
- 15) Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/> (参照 2020-04-06)
- 16) Arduino, <https://www.arduino.cc/> (参照 2020-04-06)
- 17) AIY Projects, Google Voice Kit Version 2, <https://aiyprojects.withgoogle.com/voice/> (参照 2020-08-31)
- 18) Open JTalk, <http://open-jtalk.sourceforge.net/> (参照 2020-04-06)
- 19) Google Cloud Text-to-Speech, <https://cloud.google.com/text-to-speech?hl=ja> (参照 2020-04-06)
- 20) NTT docomo, “docomo Developer support”, <https://dev.smt.docomo.ne.jp/?p=index> (参照 2020-08-31)
- 21) 小比田尚紀, 加登大地, 林誠治, “Raspberry Pi と Arduino を用いたソーシャルロボットに関する研究”, 第 9 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, pp.192-193, 2017.
- 22) 稲村虹輝, 飯野拓海, 林誠治, “カメラ機能および移動機構を実装した音声認識付きマグボットの製作”, 第 10 回大学コンソーシアム八王子学生発表会, P025, 2018
- 23) VUONG VI DAT, “ソーシャルロボットにおける画像認識と音声認識の連動に関する研究”, 拓殖大学工学部電子システム工学科卒業論文, 2020

## 運動連鎖の違いによる走力の変化\*

### Changes in Running Ability due to the Differences of Kinetic Chain

米重 修一 Shuichi YONESHIGE\*\*

#### Abstract

The running method based on the BMLT(Beginning Movement Load Theory) allows the runner to put out his strength from the core of the body to the hamstring muscle and land under his body with ease. This method moderates a shock upon landing and prevents blood destruction.

**Keywords:** ランニングフォーム, ヘモグロビン, 着地衝撃, 溶血性貧血, 初動負荷走法, 運動連鎖

#### 1. はじめに

長距離走において、効率の良いランニングフォームと、高い酸素能力のための、血液の状態を保つことは重要な観点である。そこで、筆者が継続して実践、研究し、成果をあげてきている実践的試みを報告する。

筆者が大学2年生時、前年度10000mのタイムが29'31"であったのに対して、35'30"と5'59"のタイムロスがあった。医師の診察結果は、ヘモグロビンの数値が8.9g/dlで、「国立スポーツ科学センターにおける貧血、鉄プロファイルの基準値、(男)13.5g/dl~17.5g/dl(女)11.5g/dl~15.0g/dl<sup>(1)</sup>より、遥かに低い数値であり、足裏に着地衝撃を受けるランニングフォームによる、血管の中で赤血球が破壊される「溶血性貧血」との見解であった。「溶血性貧血」とは石田(2012)<sup>(1)</sup>によれば「足底部への衝撃が原因で物理的に赤血球の破壊が亢進→溶血を起こし、血中ハプトグロビンの結合許容量を超えたヘモグロビンが尿中へ排泄されることで生じる」(スポーツと貧血)<sup>(1)</sup>と報告されている。

それまで、当たり前のように行っていた、地面を強く蹴って、大腿四頭筋を使い膝から下を振り出して着地する走法の、着地衝撃による「溶血性貧血」を招く走法から、着地衝撃の少ないランニング動作への変換を行った。「膝から下が身体の重心に近い位置で着地するランニング動作」<sup>(2)</sup>榎本(2012)に変更したことで、着地衝撃が軽減され、ヘモグロビンの数値は、8.9g/dlから14.1g/dlへと上昇し「溶血性貧血」が完治したことが確認された。10000mのタイムも29'32"8から28'35"5へと大幅に記録が向上したように、ヘモグロビンの数値と競技記録の相関が得られた。

大学4年生時、日本代表選手に選ばれ、国際大会で成果を出すため、更なるパフォーマンス向上の目的で、脚筋力強化の技術練習手段として、下に記したバウンディングトレーニングを行った。このトレーニングを行ったことで、ハムストリングからの出力ができるようになり、着地の際、地面からの反力を得られ、地面からの反力をパワーとして活用する走法の契機となった。

社会人となり、初動負荷理論<sup>(3)</sup>(1994) 考案者、小山裕史氏により、初動負荷トレーニングによる事前刺激トレーニングの説明を受けた。体幹からハムストリングへと出力し、地面からの反力を利用する初動負荷走法を行い、走力の向上で、

世界グランプリ5000mで優勝を果たした。

この研究は、筆者が実践してきた「人間の筋活動は中心部(根幹部)から末端へと活動し、この順で力を伝達することで合目的で合理的なものとなります。これらの機能を、運動連鎖と呼びます」小山(1994)<sup>(4)</sup>という報告に基づいて、運動連鎖の違いによるランニング動作の違いが、血液の状態、記録に変化が起ることの効果を、データの的に確認し、今後の指導に結びつけることを意図するものである。

近年、ランニングエコノミーという考え方が注目され、体幹の下で着地するランニングフォームの研究がなされているが、ランニングフォームを作るために末端部の筋肉を、能動的に先行してしまうと運動連鎖の崩壊となる、力の伝達を考察すると、理論的説明はなされているとは言い難い。

初動負荷走法は、上に記した、体幹部からハムストリングへと順に出力することで、立ち上がり筋であるハムストリングが力を発揮し、身体の下で自然と着地する《動作によって自然とランニングフォームが構築される》という考え方である。

この研究の目標は、筆者が実践して成果を挙げてきた初動負荷走法を、少しでも分かりやすい形にして、多くの人が使えるようにすることである。

#### 2. ヘモグロビンの数値と大会結果

1982年、着地衝撃の少ないランニング動作による血液の状態の改善に取り組んだ。血液の状態改善は注射での治療が可能であるが、血液ドーピングのモラル上、ランニングフォームの着地改善で治療させることが望ましいとの医師の指示であった。

近年、ドーピング検査でしばしば問題になっているEPO(エポスロポイエチン)は、赤血球を増やし酸素運搬能力を向上させる目的で用いられる。長距離自転車競技においてトップ選手の使用が発覚したことは記憶に新しいが、裏を返せば、ヘモグロビン値が持久系競技に与える影響はそれだけ大きいということである。

ランニング動作を変えたことで、ヘモグロビンの数値は8.9g/dlから、14.1g/dlとなり「溶血性貧血」によるヘモグロビンの数値が改善された。10000mのタイムは28'35"5へと29'32"から58"記録が向上した。社会人となり初動負荷トレーニングで、事前刺激トレーニングを行っての初動負荷走法が、より効率的なランニング動作となり、ヘモグロビンの数値は

\* 原稿受付 2020年10月27日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列

Table. 1 大会のタイムとヘモグロビン

| 開催日        | 大会名                   | タイム                                | ヘモグロビン | 備考                      |
|------------|-----------------------|------------------------------------|--------|-------------------------|
| 1980.7.3   | 埼玉県選手権 10000m         | 2位 29'32"8                         | 13.1   |                         |
| 1981.6.4   | 日体大記録会 10000m         | 35'35"1                            | 8.9    |                         |
| 1982.10.17 | 全日本インターカレッジ 1000m     | 1位 29'10"9                         | 14.1   | この年より、着地衝撃の少ないランニングフォーム |
| 1982.10.24 | 埼玉県記録会 10000m         | 1位 28'35"5                         | 14.1   |                         |
| 1983.6.24  | ロサンゼルスプレオリンピック 10000m | 1位 29'30"6                         | 14.2   | この年より、バウンディングトレーニング開始   |
| 1983.6.26  | ロサンゼルスプレオリンピック 5000m  | 1位 13'41"2                         | 14.2   |                         |
| 1983.7.8   | カナダユニバーシアード 10000m    | 1位 28'53"3                         | 14.2   |                         |
| 1986.7.1   | 世界グランプリ 5000m         | 1位 13'28"7                         | 14.7   | この年より、事前刺激トレーニング開始 ↓    |
| 1987.6.27  | 世界グランプリ 3000m         | 4位 7'49"97                         | 14.8   |                         |
| 1987.6.30  | 世界グランプリ 5000m         | 4位 13'22"93                        | 14.8   |                         |
| 1988.5.3   | 東京国際陸上 10000m         | 4位 27'43"04                        | 14.9   |                         |
| 1988.9.29  | ソウルオリンピック 10000m      | 17位                                | 14.6   |                         |
| 1988.9.30  | ソウルオリンピック 5000m       | 11位                                | 14.6   |                         |
| 1990.2.4   | 別府大分マラソン              | 2位 2 <sup>h</sup> 12'00" 初マラソン 日本新 | 14.6   |                         |

学生時代の 14.1g/dl~14.2g/dl に対して、14.6g/dl~14.9g/dl へと上昇した。10000m のタイムは 27' 43"04 へと、28' 35"5 から 52" 記録が向上した。「ヘモグロビンは 1g あたり約 1.34ml の酸素と結合するので、通常の男性のヘモグロビン値 15g/dl とすると、血液 1dl あたり約 20ml の酸素を運搬していることになる、貧血すなわちヘモグロビン量の低下は血液中の酸素運搬能力の減少につながるの特に持久力を競う競技では、その影響が大きい」(石田：2012)<sup>(1)</sup> と述べるように、Table. 1 のヘモグロビンの数値の上昇が、大会結果に大きな影響を与えることが示唆されるが、長距離ランナーは、有酸素能力向上のため、多くの走行距離のトレーニングを必要とするため、ヘモグロビンの破壊は避けて通れない。そこで、血液の破壊が少ないランニングフォームで、走行距離を増やすことが、走力の向上に繋がると推察できる。

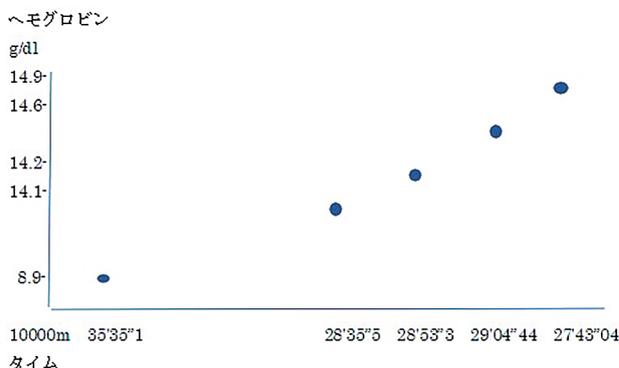


Fig. 1 10000m タイムとヘモグロビン値の相関図

### 3. ランニング動作構築トレーニング

#### 1) バウンディング

大学4年生から、着地衝撃の少ないランニングフォームの構築とハムストリングの強化を目的に、脚筋力強化トレーニングとして、ランニングを終えた後、グラウンドの芝生を利用してバウンディングを行った。片足で強く跳ね、片足で全体重を捉え、交互する連続動作を10回程行った。本来は、短距離選手が脚筋力強化の為行うトレーニングメニューであり、スプリント能力目的で大腿四頭筋先行で出力すると、下腿が振り出され、着地衝撃を受ける動作となる。そこで地面を蹴って大腿四頭筋で出力せず、ハムストリング先行で出力して行った結果、衝撃の少ない着地と、地面からの反力を得ることを確認出来た。ハムストリングの役目を「下に力を伝える一ぐつと踏み込んだ最初の動作の初期に強力に働くのは、ハムストリングの二関節筋です。この筋群の出力、そして使われるタイミングがキックの強さの鍵となります。」(小山：1994)<sup>(4)</sup>と報告されている。このバウンディングトレーニングで得た、ハムストリング出力の動作タイミングで、ランニングを行った結果、着地衝撃が少なくなり、更に地面からの反力を得る走方となり、自己記録を更新し、地面を蹴って大腿四頭筋で出力するランニング動作よりも有意であることを確認した。

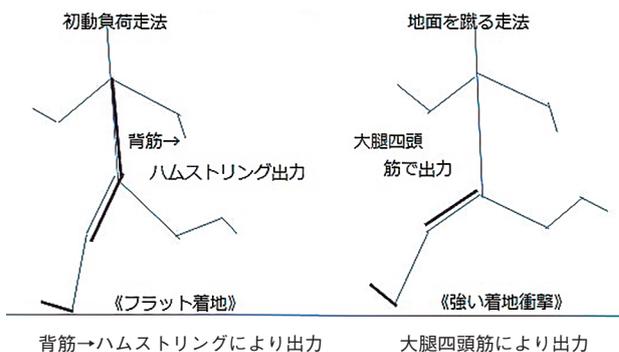


Fig. 2 出力の違いと着地の変化

## 2) 初動負荷トレーニング

1986年、初動負荷理論の発案者の、小山裕史氏の指導のもと、初動負荷トレーニングを開始した。初動負荷理論の定義については「反射の起こるポジションへの身体変化及び、それに伴う重心位置変化等を利用し、主導筋の「地緩—伸張—短縮」の一連動作を促進させると共に、その拮抗筋ならびに拮抗的に作用する筋の共縮を防ぎながら行う運動」<sup>(3)</sup>と述べられている。初動作に根幹部に負荷を与えて、末端部へと伝達させる方法である。従って、バーベルやレッグカールマシンを使つてのトレーニングであるものの、筋肥大や最大筋力を伸ばすことが目的ではなく、「神経と筋肉の合目的な協調性を高めます」<sup>(3)</sup>と報告があるように、神経、筋機能の促進が、初動負荷トレーニングの目的である。小山裕史氏が初動負荷理論を発表したのは1995年であるが、この時の手法は既に、初動負荷理論の原型であったと考えることができる。

下に記した4つの種目を、出力させたい筋肉の拮抗筋⇒主導筋⇒反射的に出力する、初動負荷トレーニングを行った。全ての種目において、体幹から出力し末端へ出力する運動連鎖で行った。特にハーフスクワットは、骨盤が前傾された状態で腰椎がストレッチされ、伸張反射を起こしながら行う、ランニング姿勢の構築トレーニングである。また、レッグカールは、ハムストリング強化のトレーニングであり、この筋肉は、後方スイング筋、立ち上がり筋として両方の役目を果たし、強く押し素早く着地する力を発揮する。両方の足でトレーニングを行うと、脚筋力の強い方に負荷が掛かり、弱い方が取り残された形となるため、片方の足で行い、左右の筋力差を無くすることに重点を置くことで、故障予防に役立つトレーニングである。

ランニングのスタート地点に立った際、初動負荷トレーニングにより、体幹から下腿へ反射的に出力出来る状態となり、地面からの反力を得て、2つの反射的エネルギーが発揮される状態、すなわち初動負荷走法が出来る状態へ築くことを、初動負荷トレーニングの目的とした。

Table. 2 初動負荷トレーニング

|                                       |
|---------------------------------------|
| トレーニングメニュー                            |
| ベンチプレス 55kg×10回 (リカバリー60") ×3セット      |
| アップライトローイング 25kg×10回 (リカバリー60") ×3セット |
| ハーフスクワット 60kg×10回 (リカバリー60") ×3セット    |
| レッグカール 20kg×10回 (リカバリー60") ×3セット      |
| ポイント練習、週3回                            |
| (30km ペースランニング、インターバルトレーニング等スピード練習)   |

## 3) 初動負荷走法

「反射的、加速的に動くためには、右足が出る時に、右足に右胸を乗せるように、左足が出る時に左胸を左足に乗せるように動作させる。垂直軸が形成された上に交互に上体が乗り込

むので、地面を押し力が大きくなる。肩、肩甲骨、鎖骨の動きが柔らかい動作のできる人であれば、右足に右胸が乗る時、肩甲骨がスライドして、右胸は加速的に内向きに動く・・・これを Dodge Movement か わし 動作と呼ぶ。この動作ができると、反射的に骨盤を通じて接地足のもも裏の出力を爆発させる。そして、その後、振り出し足の緊張を緩めて、振り出しやすくする・・・初動負荷走法定義」<sup>(4)</sup>と述べられるように、先ず初動負荷トレーニングを行い、つま先、膝、骨盤のラインが揃う垂直ライン状態にして、体幹からハムストリングへと反射的に出力し、地面を強く押す、そして地面からの反力を利用して、爆発的な推進力を得るというものである。以前、事前刺激トレーニングによる効果を、コンピュータに取り込み解析(動作解析ソフト frameDIASV・DKH社製)するため、群馬大学の中尾<sup>(6)</sup>と、群馬県強化指定に選ばれている、男子中学11名の協力を得て150mの全力疾走にて事前刺激トレーニング後の計測を行った報告をした。

(t検定において、p値が0.05未満を有意とする)

1回目と、2回目の150m走のタイム、片足ずつのレッグカールトレーニングによる事前刺激なし  $23.70 \pm 2.38''$ 。事前刺激ありで  $23.76 \pm 2.26''$  と優位な差は認められなかった。また、ストライドやピッチといった疾走速度に係る項目においても有意な差は認められなかった。疾走時の足が地面に接地している時間と両足ともに空中に浮いている滞空時間の比率を比較した結果、両数値に有意な変化は認められなかった。

しかしながら、疾走中に接地した足が、地面から最も離れたところにつま先が通った位置を表す、大腿骨の上外方にある突起の大転子(以下大転子と記す)からつま先までの距離において、事前刺激なしでは  $0.672 \pm 0.048$ 。事前刺激ありでは  $0.689 \pm 0.043$  と有意な差が認められ、事前刺激なしに比べて、ハムストリングから出力が出来るようになり、つま先が股関節よりも遠方を通過していることが認められる。すなわち、スピードやピッチ・ストライドには変化が認められたものの、大転子からのつま先の距離が後方にシフトするいわゆる足の流れの動作が発生したことから、中学生において事前に筋刺激を行うことで、疾走動作に変化が訪れる可能性はあるものの、下肢筋力が未成熟なことから得たパワーを有効に生かすことができないなど中学生のフォーム改善の課題が示された。

長期に渡り、このトレーニングを継続して行うことで、これまで使えていなかったハムストリングからの出力が出来るようになることと、ハムストリングの筋力強化ができて、走力の向上に繋がるのが推察できる。

ハムストリングに刺激を与えるためには、通常レッグカールマシンを使用するが、今回の研究のように2人1組で行うことで、レッグカールマシンのない環境でも、効果が得られることの確認が出来た。

Table. 3 事前刺激トレーニングによる測定結果

|                 |        | 刺激なし        | 刺激あり          |
|-----------------|--------|-------------|---------------|
|                 |        | Mean±Sd     | Mean±Sd       |
| 150m 走タイム       | s      | 23.70±2.38  | 23.76±2.26    |
| ストライド           | m      | 1.67±0.12   | 1.67±2.26     |
| ピッチ             | step/s | 2.03±0.11   | 2.01±0.13     |
| 大転子からつま先までの最速距離 | m      | 0.672±0.048 | 0.689±0.043 * |

対空時間を接地時間で割った値\*p<0.05

#### 4. まとめ

本研究報告に示した、運動連鎖の違いにより、出力パワーとランニングフォームの変化によるヘモグロビン値の推移が、記録の向上に繋がることを検討した結果、以下のような考察ができる。

- ① 大腿四頭筋を使って下腿を振り出すランニングフォームは、強い着地衝撃によって、溶血性貧血を引き起こす。
- ② バウンディングトレーニングにより強化された、ハムストリングの役目は、後方スイング筋、立ち上がり筋である。押す、引く両方の力を発揮するため、身体の重心近くで着地出来るようになり、着地衝撃が少なく、地面からの反力を得るため、走力の向上に繋がる。
- ③ 初動負荷走法を行うことで、②の走法よりも運動連鎖の、体幹から出力→ハムストリング出力で、正しい運動連鎖の出力向上で、更に走力の向上に繋がる。ヘモグロビン値も、初動負荷走法の際、最も高い数値である。

筆者が実践してきた初動負荷トレーニングと初動負荷走法を、本学の指導者に就任し、選手に伝えた結果、本学卒業生、小林史和が、23年間破られなかった1500mの日本記録を更新し、現在も保持している。マラソンでは、中本健太郎、藤原新が、オリンピックマラソン日本代表という結果に繋がった。

「拓殖大学で、監督から、滑るように走れと言われたのは、常に意識していました……拓殖大学からは中本健太郎のように、卒業してから活躍する選手が多いですね。」(2019)<sup>(7)</sup>と藤原新が陸上競技の専門誌で対談した記事が記載されている。

筆者は、学生に初動負荷走法を説明する際、「能動的に地面を蹴らず、体幹からハムストリングの順で地面を押して走れるようになると、何処にも無理がないので、滑るように走る感覚が得られる」と伝えた。

初動負荷走法による、体幹からハムストリングへと出力し、地面反力を使った走法が、ランニングにおける溶血性貧血の予防、国際大会で成果を得るために有意な走法であることを意識し、今後さらに本研究を深めていく。

最後に、上記のように、理論面、実践面双方において、かけがえのないご恩を頂いた、我が国の各種のスポーツ指導に当たっておられる、小山裕史先生に心から感謝申し上げる。

#### 参考文献

- 1) 石田浩之, “ス貧血ヘモグロビン正常, フェリチン低下にどう対応するか?”, 慶応義塾大学論文9-14, 2012.
- 2) 榎本靖士, “長距離走における走速度増大にともなう着地衝撃と走動作の関係”, 筑波大学体育系論文, 2012.
- 3) 小山裕史, “奇跡のトレーニング初動負荷理論が「世界」を変える”, 講談社 34-39, 2004
- 4) 小山裕史, “新トレーニング革命”, 講談社 69, 1994
- 5) 小山裕史, “小山裕史のウオーキング革命”, 講談社 117, 2008
- 6) 中尾勇人, 米重修一, “特定の筋への刺激が疾走フォームに与える影響”, 55:55-59 群馬大学紀要, 2020
- 7) 藤原新, “月間ランナーズ”, 80-81, 2019

# ドリップ施肥および養蜂のIoT システムを利用したモニタリング\*

## Agricultural Monitoring for Drip Fertilization and Beekeeping using IoT Systems

荻原 隆 Takashi MINOHARA\*\*

竹下 正哲 Masanori TAKESHITA\*\*\*

前山 利幸 Toshiyuki MAEYAMA\*\*

高橋 丈博 Takehiro TAKAHASHI\*\*

日比 哲也 Tetsuya HIBI\*\*\*\*

### Abstract

Precision agriculture, which aims to improve the yield and quality of crops by using information systems, is attracting attention. Since the cultivation and breeding lasts for a long period of time, the dependability of the data collection system is very important in the precision agriculture. In this research we developed a set of monitoring system using IoT technology and conducted some actual operation at the experimental farm in the Hachioji International Campus of Takushoku University. In the sweet corn cultivation by drip irrigation and fertilization, the difference of environmental conditions, such as soil moisture content, electrical conductivity, were observed, and the effectiveness of our system was confirmed. To improve the dependability, we employed multiple sensor and communication paths for redundancies, and machine learning for data complementation. For beekeeping, we developed devices to monitor the temperature and the sound inside the hives. The abnormal situation caused by high temperature in the summer was observed, and consequently it is shown the usefulness of the monitoring system.

### 1. はじめに

農地・農作物の状態を観測し、収集されたデータを元に意思決定、制御を行うことで農作物の収量および品質の向上を実現しようという精密農業<sup>1,2)</sup>が注目されている。しかし、農作物の栽培、飼育は長期間に及ぶことから、データ収集システムの安定した運用が課題となっている。また、測定データと収量等の関係の解析にも長期的な影響を考慮することが必要となっている。本研究は、拓殖大学国際学部実験農園で行われている栽培環境<sup>3,4)</sup>での実験的運用により精密農業のためのIoTシステムの安定性の実現と、実データに基づく解析手法を確立することを目的とする。

本研究の実験対象としてドリップ灌漑による露地栽培と養蜂を設定した。ドリップ灌漑とは専用のチューブの穴から点滴のように灌漑する方法で、水だけでなく液肥を同時にあたえる方法も比較する。露地栽培でのドリップ灌漑の実施例は茶<sup>5,6)</sup>やミカン<sup>7)</sup>などの果樹類を除いてはほとんど存在せず、その効果を評価することは重要である。精密農業の観点からは、気温、降水量、地温、土壌水分量、電気伝導度を測定し、ドリップ灌漑、ドリップ施肥のシステムの動作のモニタリングを行うシステムを開発する。養蜂については、巣箱内外の温度、湿度などの環境の測定、巣箱の外観のカメラによる撮影を行うシステムを実現し観測を行う。また、巣箱を開けずに巣箱内のミツバチの状態を確認する手段として音声センサーによって内部の音を取り出し解析を行う。

### 2. 露地栽培におけるドリップ灌漑および施肥状況のモニタリング

本研究において、ドリップ灌漑および施肥のために実験農場で使用した装置をFig. 1に示す。スイートコーン多本取りにもっとも影響を与える要因は窒素と考えられるため、窒素施肥量300g/10a/日のN1区、500g/10a/日のN2区、700g/10a/日のN3区およびドリップ灌漑なし（降雨のみ）で固形肥料を用いるC区の4区画を準備し、反復5回として完全無作為化法による実験計画を組んだ。結果はC区よりもN1, N2, N3



Fig. 1 Equipments for drip irrigation and fertigation

\* 原稿受付 2020年10月27日  
\*\* 拓殖大学工学部  
\*\*\* 拓殖大学国際学部  
\*\*\*\* 拓殖大学外国語学部

区で有意に収量が多くなり、ドリップ灌漑の効果が見られた。N1, N2, N3 区間には有意差が見られなかったが、窒素施肥量が多くなるほどに、平均収量も多くなった。またN3区の間果数は平均3.27本/株となり、多本取りに成功した<sup>8)</sup>。

栽培環境のモニタリングとしてTable 1に示すように複数のセンサー (Parrot社 FlowerPower) を設置した。センサーによる測定値のうち土壌水分量の測定結果をFig. 2に示す。

Table 1 Sensor assignment for experimental blocks

| 試験区              | N1   | N2  | N3  | N1-a | N1-b | C                |
|------------------|------|-----|-----|------|------|------------------|
| 灌水<br>(回/日)      | 4    | 4   | 4   | 1    | 1/3  | 降雨のみ             |
| 施肥<br>(kg/10a/日) | 0.15 | 1.5 | 3.0 | 0.15 | 0.15 | 固形肥料<br>15kg/10a |
| センサー             | 01   | 02  | 03  | 04   | 05   | 06               |

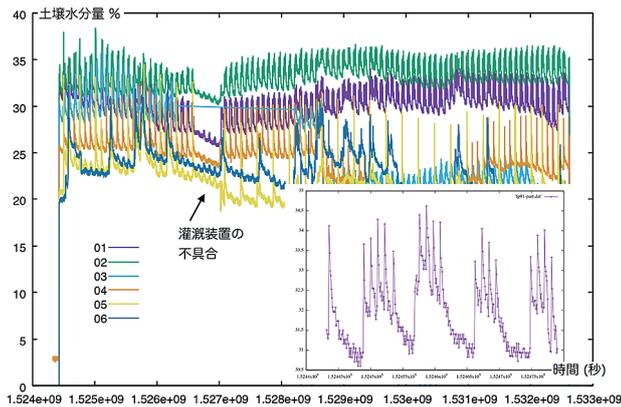


Fig. 2 Soil moisture observed by sensor networks

ドリップ灌漑の滴下地点とセンサーの距離の影響もみられるが、区画による灌漑の有無が測定結果に表われていることが確認できる。また、同図右下に拡大図で示したが、1日4回のドリップ灌漑のタイミングで土壌水分量が上昇していることも観測されている。なお、灌漑を行っている区画に設置したセンサー01, 02にも周期的な水分量の上昇がみられない期間があるが、この期間は灌漑設備に不具合が生じており、灌漑設備が正しく稼働しているかどうかの判断材料としてモニタリングが有用であることを確認した。

一方、激しい風雨や炎天下に晒される環境はモニタリングシステムにとって苛酷で、センサーによっては一時故障として高温時にデータの送信が停止してしまうものや、非通信状態が続く永久故障をするものもあり、信頼性の確保がより重要になることが認識された。

2.1 伝送経路の多重化による信頼性の向上

屋外の苛酷な測定環境において信頼性を上げるために、Fig. 3に示すように、複数のシステムのセンサーを圃場に設置すると

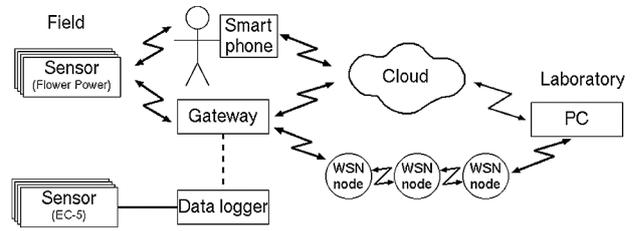


Fig. 3 Redundancy in sensors and communication paths for dependability

ともに、データ収集のための通信経路も複数系統用意した。

センサーのうちFlowerPowerには、周期的に測定したデータをセンサー内部に記憶し、スマートフォンを持った利用者がBluetooth Low Energy (BLE) の通信範囲内にいるタイミングで、スマートフォン上のアプリケーションを利用してクラウド上のサーバにデータを集約する仕組みが用意されている。これとは別系統として、Parrot社が公開しているBLE上のデータ通信プロトコルを利用してデータを収集し、3G回線を利用して別のクラウドシステムに集約するためのゲートウェイ装置をRaspberry Pi上に実装した。このゲートウェイは、FlowerPowerとは別のセンサーとしてMETER社のEC-5センサーを有線でデータロガー (Em5b) に接続し収集したデータも利用できるようにした。

インターネット上のクラウドを利用する経路とは異なるデータ収集の通信経路として、ラピスセミコンダクタ社のLazurite 920J<sup>9)</sup>を使用したSubGHz帯のワイヤレスセンサーネットワーク (WSN) による通信環境の実装も行った。WSNではセンサーによる測定やデータ通信を行っていない期間にノードをスリープ状態にするデューティサイクル動作<sup>10)</sup>を行うことで、電源設備のない場所でも乾電池等により長期間運用できる。このときWSNのノード間での通信タイミングを合わせるための同期メカニズムが必要になる。精密農業のセンサーの測定間隔は、WSNのコントローラのクロック周波数に比べて非常に大きいことから、同期メカニズムとしてLPP (low power probing) と呼ばれる方法を実装した。LPPでは、Fig. 4に示すように、周期的なスリープ状態から起動したノードが受信ノードとして、周囲のノードに対して受信可能であることを通知する。通信すべきデータを保持しているノードは、スリープ状態にはならず、自分より目的地に近いノードの起動を待ってデータを送信し、その後、周期的なスリープ状態に入る。

実装したシステムにおいて通信実験を行った結果、屋外の環境で約80mの通信距離まで安定した通信を行えることが確認された。また、アクティブ時間をスリープ時間の約1/100に設定することで、消費電流を抑えられ、乾電池等で約1年間の動作が可能であることを確認した<sup>11)</sup>。

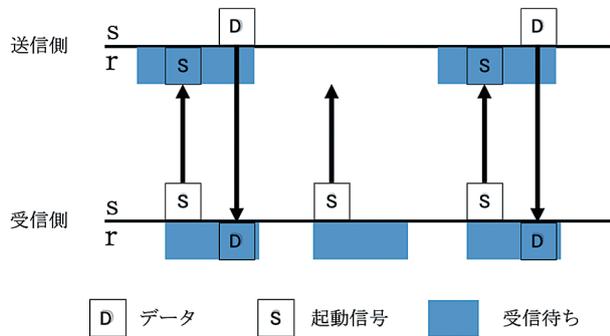


Fig. 4 LPP protocol for duty cycled WSN

## 2.2 LSTM を用いたセンサーデータの補完と異常検出

気温、地温、土壌水分量、電気伝導度などのセンサーデータの変化は、一昼夜を単位とした周期的変化と、天候による不規則な変化、季節の遷移による比較的長期間の変化から構成されると考えられる。これらの変化を機械学習でモデル化し、時間あるいは空間的に隣接したデータを利用することで、センサーノードの一時的な故障に対して、欠落したデータを補完できる可能性がある。周期的なデータの変動を学習するモデルとしては、Fig. 5に示すリカレントニューラルネットワーク (RNN)<sup>12)</sup> が知られている。RNN では、隠れ層の出力を入力にフィードバックさせ、同図の右側のように、時刻  $t$  の隠れ層の値を決めるために、時刻  $t-1$  の隠れ層の出力を利用する。この図に示した単純な RNN では長周期の変化を学習することが困難なことから、Fig. 6に示すように、ニューラルネットワークの情報伝播経路にメモリセルを導入した LSTM (Long Short Term Memory)<sup>13, 14)</sup> と呼ばれる改良されたモデルが提案されている。

LSTM は同図に示すように、過去の隠れ層 ( $h(t-1)$ ) と現在の入力層 ( $x(t)$ ) の値をメモリセルに反映させる割合と現在のメモリセルの値を保持する (逆にすれば忘却する) 割合を  $h(t-1)$

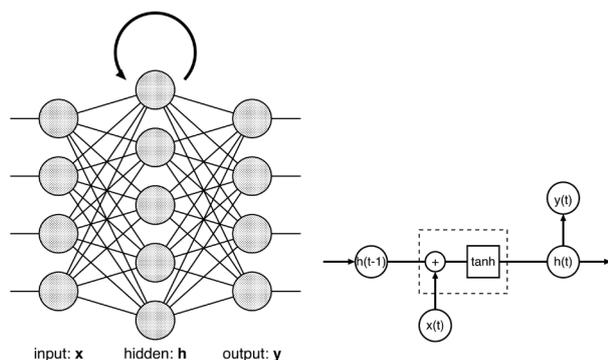


Fig. 5 A simple recurrent neural network

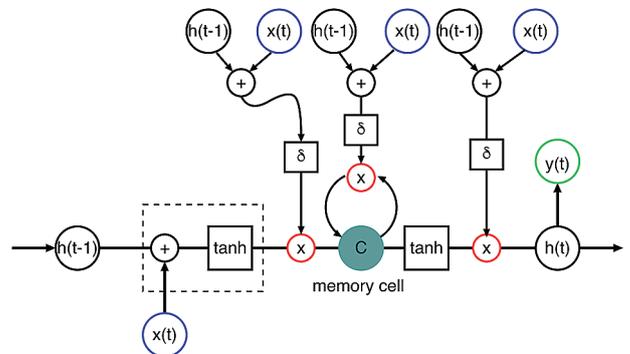


Fig. 6 A LSTM block used in the hidden layers of RNN

と  $x(t)$  で制御し、さらに、メモリセルの出力を現在の隠れ層の出力に反映させる割合も  $h(t-1)$  と  $x(t)$  で制御するというモデルになっている。実験圃場での測定データの学習には季節変動という長周期の変化を考慮する必要があると考えられるので、LSTM を用いた学習実験を行った。

圃場のセンサーで測定した2018年5月~7月の気温データを間引いて1時間ごとにしたデータ (Fig. 7の上のグラフ) の先頭の90%を学習に使い、のこりの10%の期間のデータを予測した結果をFig. 7の下グラフに示す。

学習実験には、MATLABのNeural Network Toolboxを使用し、入力層および出力層のニューロン数を1、隠れ層のニューロン数を200に設定し、入力値に対して1時間先のデータを出力値として、誤差逆伝搬法によってニューラルネットワークの重みを学習させる。学習データに対するRMSE (Root mean square error) が0.25程度から減らなくなったので、学習ステップは250回で打ち切ることとした。

Fig. 7の予測部分は、学習済みのニューラルネットワークから得られる1時間後の予測値を再び入力に入れることを繰り返し、予測を重ねていった結果である。予測部分を拡大したものをFig. 8に示す。この結果から、1日単位での変動の形ができてきているものの、予測部分のRMSEは約3.8°Cとなり、全般に予測の方が実測値を下回っていること多く、測定期間の終盤の季節 (夏) の温度上昇を十分に予測できていないことがわかる。

学習が終わった同じニューラルネットワークに、入力値として予測値ではなく実測値を入れ、1時間後の予測を繰り返すという処理を行った結果をFig. 9に示す。

予測区間のRMSEは約1.8°Cとなり、1時間後の気温の予測については高い精度が得られることが確認できた。また、大きな誤差が連続して出力されていないことから、逆に大きな予測誤差が連続する場合には、センサーによるモニタリングシステムあるいは栽培環境自体に異常が生じていると考えられ、利用者に警告を行うことが可能であると考えられる。

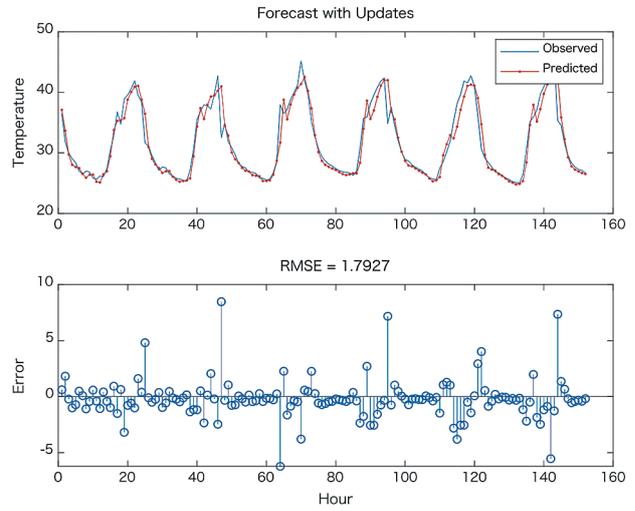
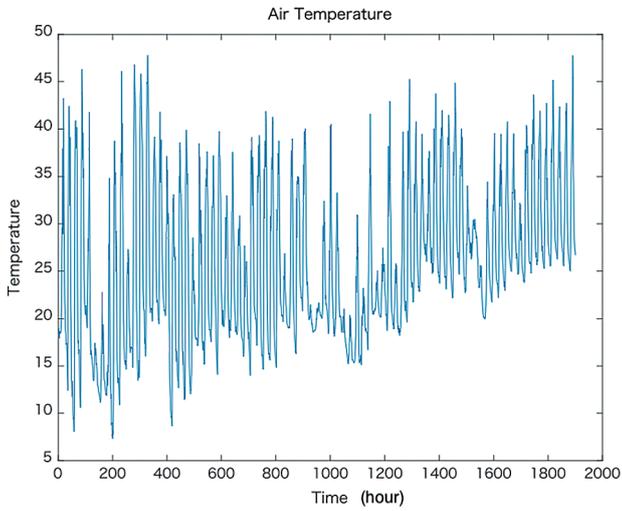


Fig. 9 Errors in the forecast with updates

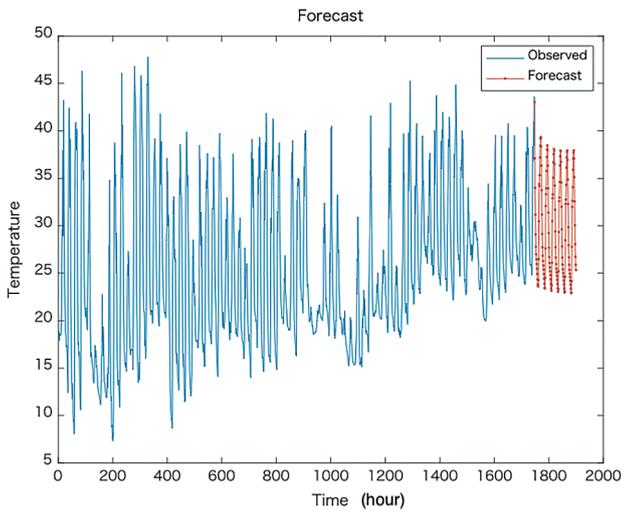


Fig. 7 Air temperature observed and forecast by LSTM

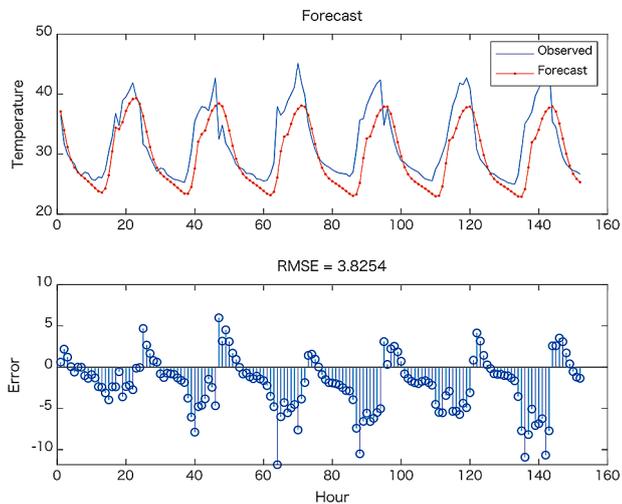


Fig. 8 Errors in the forecast by LSTM

### 3. 養蜂巣箱のモニタリング

ビルの屋上など都市部にある限られたスペースを利用して養蜂を行う都市型養蜂が注目されている。都市型養蜂は、蜂蜜の採取だけでなく、都市の環境保全や環境調査などを目的として行われることが多く、養蜂の非専門家が飼育に携わることから、養蜂巣箱内外のモニタリングが重要であると言われている。本研究では拓殖大学八王子キャンパスにおける学生を中心とした養蜂プロジェクト<sup>15)</sup>を対象にIoT技術を利用したモニタリングの実験を行った。モニタリング装置としては、Fig. 10に示すように巣箱外観の定期的な撮影と外部の気温等の測定をデータテクノロジー社の「みまわり伝書鳩」を利用して行うとともに、巣箱にセンサー装置を取り付けて内部環境のモニタリングも行った。



Fig. 10 Beehives in our experimental field and their monitoring system

#### 3.1 巣箱内外の気温のモニタリング

巣箱内の気温モニタリングは、巣箱内部にLazurite 920J<sup>9)</sup>を取り付け、巣箱外部に設置したRaspberry Piによるゲートウェイを介してクラウド上にデータを記録するシステムを構

築した<sup>16)</sup>。2.1で述べたように、Lazurite 920Jはデューティサイクル動作を行うことで外部からの電源供給なしに1年間程度の連続運用を行うことが可能であり、巣箱を開閉によってミツバチにストレスを与えることなしに環境測定を行うことができる。

2018年8月下旬に測定した巣箱内外の気温と日照照度をFig. 11に、気温と降水量をFig. 12に示す。これの結果から、外気温が40℃未満であるにもかかわらず、巣箱内部の気温は50℃以上にもなっていることが判明した。実際、この年はミツバチ群の大量死が発生しており、夏の高温が死因になっていることが推定される。一方、日照、降水量と巣箱内の気温の関係から、巣箱への日照を制限することや、散水によって温度の異常上昇が避けられる可能性があることも判った。

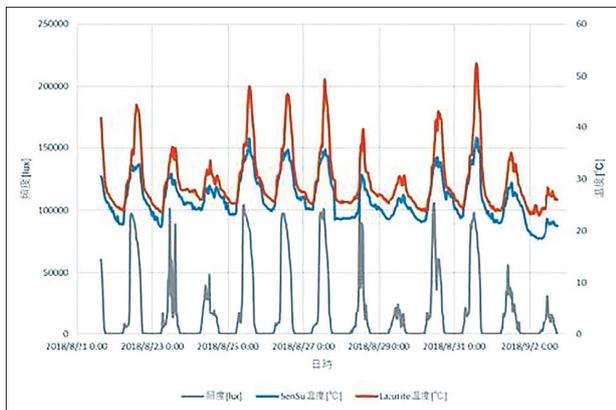


Fig. 11 Observed luminance and interior/exterior temperature of the beehive

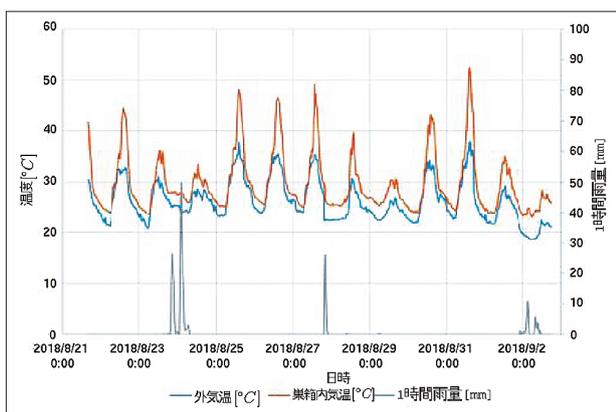


Fig. 12 Observed precipitation and interior/exterior temperature of the beehive

### 3.2 巣箱内の音声のモニタリング

巣箱内のミツバチの活動状況として、羽音などの内部の音声の有効なものではないかと考え、音声のモニタリングシステムの開発も行った。音声データのデータ量は、そのままでは気温などのセンサーデータと比べて非常に大きいため、すべ

でのデータを取り出すとデューティサイクル動作による省電力を実現できない。そこで音声の特徴を取り出し、その情報を取得することにした。

巣箱内に音声レコーダを設置して録音したデータを周波数解析した結果をFig.13に示す。この結果から、ミツバチの羽音と考えられる200Hz前後の音声の成分が他の周波数に比べて目立っていることが判明した。

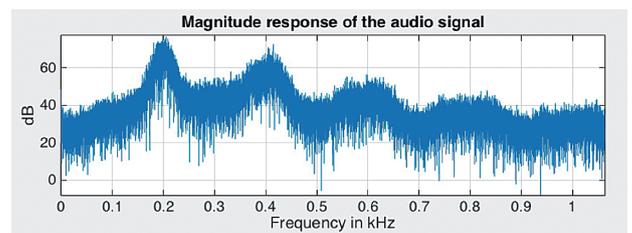


Fig. 13 Frequency analysis on the sound recorded in the beehive

そこで、マイクモジュール(アナログデバイス社 ADMP441)の出力を32ビットでA/D変換し、6.4kHzでサンプリングしたデータに128点のFFTを行って200Hzの成分を取り出し、巣箱外のゲートウェイにSubGHzの通信モジュールで通信するモニタリング装置をArduino MKR-ZEROを使って実装した<sup>17)</sup>。

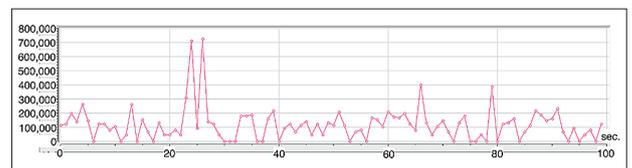


Fig. 14 Outputs of the sound monitoring system

モニタリング装置による測定結果をFig. 14に示す。音声の計測とFFT処理の頻度を1秒に1回に制限することで、データ量を大幅に削減できた。また、巣箱内で録音した音声にはセミの鳴き声などの他の音声が含まれていたが、周波数を限定したことによって、これらの外部雑音を切り分けることができた。

### 4. まとめと今後の課題

本稿では、拓殖大学八王子国際キャンパスの国際学部実験農場で行われている露地栽培でのドリップ灌漑および養蜂を対象とした精密農業として、IoTを利用した環境モニタリングシステムの開発について報告した。

ドリップ灌漑および施肥によるスイートコーンの栽培結果から、土壌水分量、電気伝導度などのモニターが有用であることが確認された。開発したシステムでは、屋外の苛酷な環境での信頼性を向上するために、センサーおよび通信経路の多重化を実現した。また、一時故障などによるデータ欠落を

補完するために、LSTMを用いた機械学習によるデータ補完について検討を行い有効性を確認した。

養蜂については、巣箱内外の環境モニタリングの実験のために、巣箱内の気温と音声のモニター装置の開発を行った。気温の測定では夏季の異常な高温を観測した。音声の測定ではミツバチの羽音の特徴を抽出することで通信データ量を削減し、システムの省電力化を実現した。

今後の課題としては、ドリップ灌漑においてセンサーデータを利用して水分および肥料の供給量を制御したり、養蜂において巣箱内の環境データを利用して遮光や散水による環境改善を行うなど、省労力化につながる自動制御を実現していくことがあげられる。

### 謝辞

本研究は、拓殖大学理工学研究所研究助成金（平成29～30年度）によるものである。

### 参考文献

- 1) Y. Kim, R. G. Evans and W. M. Iversen: "Remote sensing and control of an irrigation system using distributed wireless sensor network", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, Vol. 57, No.7, pp. 1379-1387 (2008).
- 2) K. Langendoen, A. Baggio and O. Visser: "Murphy loves potatoes: experiences from a pilot sensor network deployment in precision agriculture", Proceedings 20th IEEE International Parallel Distributed Processing Symposium, pp. 8-15 (2006).
- 3) 高橋, 蓑原, 前山, 竹下: "センサーネットワークによる圃場のモニタリングシステムに関する研究", 拓殖大学理工学研究報告, Vol. 15, No. 1, pp. 3-5 (2018).
- 4) 竹下, 中西, 高橋, 蓑原, 前山, 戸祭, 益満, 後藤: "ドリップ灌漑およびドリップ・ファーターティゲーションが露地ピーマンの収量に及ぼす影響", 農作業研究, Vol. 53, No. 4, pp. 183-194 (2018).
- 5) 木下: "茶の点滴施肥栽培技術", 農業および園芸, Vol. 81, No. 5, pp. 597-605 (2006).
- 6) 境田, 森山, 中村, 吉岡: "煎茶園での点滴かん水施肥栽培が収量, 品質および土壌浸透水に及ぼす影響", 福岡県農業総合試験場研究報告, Vol. 23, pp. 93-98 (2004).
- 7) 森永, 吉川, 中尾, 関野, 村松, 長谷川: "露地栽培ウンシュウミカンにおける周年マルチ点滴かん水同時施肥法の効果", 園芸学研究, Vol. 3, pp. 33-37 (2004).
- 8) 竹下, 中西, 高橋, 蓑原, 前山, 日比, 戸祭, 益満, 後藤: "ドリップ灌漑およびドリップ・ファーターティゲーションを用いたスイートコーン栽培における増収効果および多本取り", 農作業研究, Vol. 54, No. 3, pp. 151-161 (2019).
- 9) "Lazurite 920J", <https://www.lapis-tech.com/lazurite-jp/products/lazurite-920j> (2020.10.20 アクセス).
- 10) J. Hao, B. Zhang and H. T. Mouftah: "Routing protocols for duty cycled wireless sensor networks: A survey", IEEE Communications Magazine, Vol. 50, No. 12, pp. 116-123 (2012).
- 11) 渡辺: "無線センサーネットワークの低電力化のための通信方式の実現", 2018年度拓殖大学卒業論文 (2019).
- 12) S. Hochreiter and Y. Bengio: "Gradient flow in recurrent nets: The difficulty of learning long-term dependencies", A Field Guide to Dynamical Recurrent Networks (Eds. by S. C. Kremer and J. F. Kolen), IEEE Press (2001).
- 13) S. Hochreiter and J. Schmidhuber: "Long short-term memory", Neural Computation, Vol. 9, No. 8, pp. 1735-1780 (1997).
- 14) K. Greff, R. K. Srivastava, J. Koutnk, B. R. Steunebrink and J. Schmidhuber: "LSTM: A search space odyssey", IEEE Transaction of Neural Networks and Learning System, Vol. 28, No. 10, pp. 2222-2232 (2017).
- 15) "拓殖大学の学生が八王子のキャンパスで養蜂", 八王子経済新聞 (<https://hachioji.keizai.biz/headline/2577/>) (2018).
- 16) 後藤, 前山, 竹下: "IoTを用いた養蜂用巣箱の一検討", ソサエティ大会講演論文集, 電子情報通信学会 (2019).
- 17) 内野: "養蜂巣箱内の環境測定システムの開発", 2018年度拓殖大学卒業論文 (2019).

# 電極貼り直しに対してロバストな表面筋電位による動作識別システムの研究\*

## Robust Identification of Forearm Motion against Electrodes Replacement based on Surface Electromyography Signal

西川 佳男 Yoshio NISHIKAWA\*\*

舒 羽 U JYO\*\*\*

香川 美仁 Yoshihito KAGAWA\*\*

### Abstract

This paper describes an identification method of forearm motions from Surface Electromyography (sEMG). When sEMG is used to control an artificial arm or other device, great care must be taken to avoid improper operations. For this reason, the motions should be estimated from the sEMG without making any mistakes. It is also necessary to estimate the motion in the shortest time after the sEMG begins occurring. In this paper, we developed a motion discrimination system that combined a wavelet transform and a convolutional neural network (CNN) and determined forearm motions by CNN output. The required parameters for the system were experimentally determined. We carried out identification experiments of three motions such as "grasping", "flexing" and "turning" by sEMG, and demonstrated the accurate identification of these motions without mistakes. After that, the effects of electrode replacement and time lapse after attachment on the identification accuracy were investigated. It was exemplified that the proposed motion identification system had robustness to sEMG changes due to the above factors.

### 1. 緒言

筋肉が収縮する際に計測可能な表面筋電位 (Surface Electromyography, 以降sEMGと記す) は、電動義手やパワーアシスト装置などの制御用信号として期待されている。ところが、計測できる電圧信号には複数の筋肉のsEMGが重畳する上にアンプの高いゲインにより無視できない雑音が入るため、sEMGの利用には取得データの処理と解析が重要なテーマとなる。sEMGを筋の収縮開始および収縮中を示す情報として利用する研究<sup>1)</sup>はあるが、人体動作の誘因であるsEMGを十分に活用しているとは言えない。sEMGと人体動作との関係を1対1に対応付け、運動の種類や速度、力まで関連付けることができれば極めて有用である。このような視点に立ち、粕谷<sup>2)</sup>らは、sEMGの時系列データからその時に生じている実際の動作を高精度に推定する手法を提案した。立ち上がり時のsEMGを利用することによって高速な識別も可能としている。しかし、動作の誤識別については言及していない。sEMGを義手などの福祉機器の制御に供するには、識別精度、反応速度の向上に加えて、機器が誤作動しない安全性が必要である。このような視点から筆者らは、立ち上がり時のsEMGによる高速動作識別に加え、誤識別しないシステムの構築を目的として、「不明な動作」という出力を加えたシステムを提案している<sup>3)</sup>。

本研究では、筆者らが提案するシステムを、電極貼付後の時間経過や電極の貼り直しによるsEMGの変化に対しても動作の誤識別がないように再構築することを目的とする。なお、一般にsEMGには、誘導コードが電極を引っ張ることによって、電極内のゲルの変形に伴う基線の揺れや皮膚と電極表面の擦れに伴う雑音が入ることがあるが、これらのアーティファクトのみを完全に除去することは困難な上に、システム

を実用に供する際これらの混入は避けられない。そこで本研究では、アーティファクトも含めてsEMGとして扱うこととする。

### 2. 識別対象動作と動作時sEMGの抽出方法

#### 2.1 動作とsEMG取得位置

図1(a)~(c)に、本研究で対象とする人体動作、図1(d)に、sEMG取得用の電極貼付位置を示す。対象動作は、「手を握る」、「手首を屈曲する」、「腕を回内する」の3動作

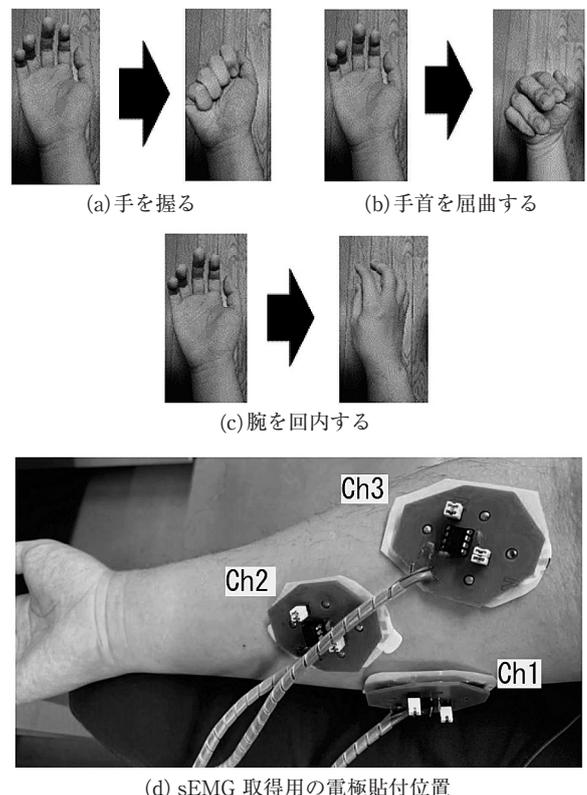


図1 識別対象動作と表面筋電位 (sEMG) 取得位置

\* 原稿受付 2020年11月5日

\*\* 拓殖大学工学部

\*\*\* モリカトロニクス(株)

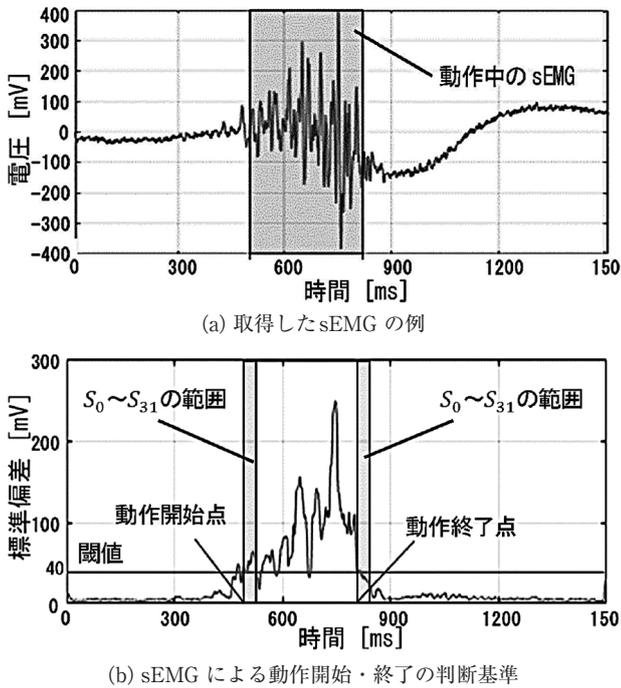


図2 前腕動作中のsEMG 取得方法

である。電極は各動作時に主に収縮する筋の上部3か所に貼付した(図1(d)中のCh1~Ch3)。各計測位置には19×36mmのディスク電極対を10mm離して貼付し、増幅率約1010倍、カットオフ周波数1kHzでローパスフィルタをかけ、サンプリング周波数10kHzでトリガをかけずに連続取得した。

### 2.2 前腕動作中sEMGの抽出

取得したsEMGには、図2(a)に示すように、前腕動作中の電圧と非動作時の電圧が含まれる。この図には、アーティファクトの影響の1つである基線の揺れが見られる。このデータから標準偏差を利用して動作中のsEMGを抽出する。20ms分(200個)のsEMGを1グループとして、+1msずつ時間をずらしながら各グループの標準偏差を計算し、その値が32回連続して40mV以上となるとき最初の時間を動作開始時刻、32回連続して40mV未満となる最初の時間を動作終了時刻とした。このようにしてsEMGから前腕動作の開始と終了時刻を調べた一例を図2(b)に示す。抽出した前腕動作中のsEMGの信号長は、同じ動作であっても計測毎に異なる。

## 3. 前腕動作識別システム

### 3.1 前腕動作識別システムの概要

sEMGは前腕動作が生じる約100ms前から筋肉収縮が終了するまで発生するが、その大きさや周波数と実際の動作との関係は、動作の速さや力の入れ具合など様々な要因によって大きく変化する。すなわちsEMGと実際の動作の間には強

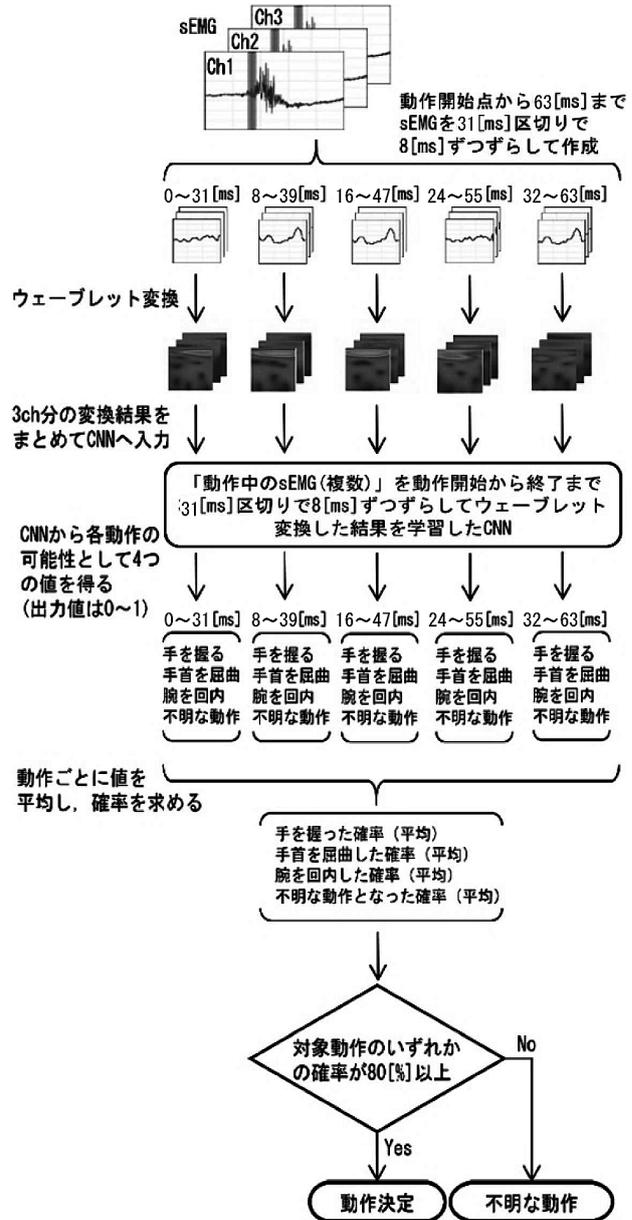


図3 提案するシステム

い非線形性を有し、同じ動作を行ったつもりでも同じsEMGが得られることはほほないため、電圧の大きさと変化のみを特徴量として動作推定するのは困難である。そこで本研究では周波数特性の変化をsEMGの特徴量として利用する。図3に本システムの概要を示す。システムは、sEMG取得部、ウェーブレット変換による特徴量抽出部、ニューラルネットワークによる動作識別部、識別結果確定部から構成される。動作開始時刻から63ms分のsEMGを3か所に貼付した電極対で取得し、0-31msのsEMGをウェーブレット変換して特徴量を求める。次に、畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network, 以降CNNと記す)に入力し

て、3動作（握る、屈曲、回内）および不明な動作のいずれに該当するか推定する。この操作は、このニューラルネットワークを利用してウェーブレット変換結果である画像を識別することに相当する。ここまでの操作にて、3か所で取得した0-31msのsEMGから、ウェーブレット変換とCNNによって動作推定結果を得る。次に、同様の操作を、8msずつ時間をずらしたsEMG（8-39ms, 16-47ms, 24-55ms, 32-63ms）に対して繰り返し、それぞれ動作推定結果を得る。最後に、上述5回の推定結果の平均値が0.8以上（最大値1.0）である動作について、その最大値を与える動作を識別結果とする。0.8を超える動作がない場合には「不明な動作」となる。ここで、63msのsEMGを対象として31msずつ分割してウェーブレット変換するのは、学習の収束と推定速度向上のためである<sup>4)</sup>が、データ長31msのデータをウェーブレット変換しているため、基線の揺れのような低周波信号については、一周期に満たない信号を解析することとなる。そのために生じる実動作とは無関係なアーティファクトによるウェーブレット変換結果への影響も含めて動作の特徴量と見なし、動作推定を試みる。このようにアーティファクトの影響も特徴量の一部と見なすのは、電極を貼り直さない限り類似の影響が混入するとの仮定に基づいているが、この影響への精査は今後の課題である。

### 3.2 ウェーブレット変換

本研究では式(1)のモルレーウェーブレット $\psi$ を用いる<sup>5)</sup>。

$$\psi\left(\frac{t-b}{a}\right) = \pi^{-\frac{1}{4}} \left( e^{i\omega_0\left(\frac{t-b}{a}\right)} - e^{-\frac{\omega_0^2}{2}\left(\frac{t-b}{a}\right)^2} \right) e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-b}{a}\right)^2} \quad \dots (1)$$

ここで、 $t$ は時間、 $a$ はウェーブレットの窓幅を決定する定数、 $b$ はウェーブレットの中心位置を決定する定数、 $\omega_0$ はウェーブレットの中心周波数 $f_0=0.849\text{Hz}$ とする中心角周波数である。

動作中のsEMGを $x(t)$ とするとウェーブレット変換は式(2)により行う。解析周波数 $f_a$ は式(3)である。

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \psi^*\left(\frac{t-b}{a}\right) dt \quad \dots (2)$$

$$f_a = \frac{f_0}{a} \quad \dots (3)$$

なお、解析周波数を20Hz から2Hz刻みで128ライン、274Hzまでとなるように式(3)の $a$ を変更し、モルレーウェーブレット $\psi$ の中心位置を0sから1ms刻みで32ライン、31msまで移動するように $b$ を変更する。ウェーブレット変換は、31ms分の $x(t)$ に対して式(2)で行い、このとき、 $\psi$ は0~31ms間でのみで値を持つものとする。そして、次式で得る大きさを求める。

表1 ResNet-18 を用いて作成したCNN構成

| Layer Name      | Output Size  | ResNet-18   |
|-----------------|--------------|---|
| input           | 128 X 32 X 3 |   |
| conv1           | 64 X 32 X 64 | 7 × 7, 64, stride (2X1)   |
| conv2_x         | 32 X 16 X 64 | 3 × 3 max pool, stride (2X2)<br>$\begin{bmatrix} 3 \times 3, 64 \\ 3 \times 3, 64 \end{bmatrix} \times 2$ |
| conv3_x         | 16 X 8 X 128 | $\begin{bmatrix} 3 \times 3, 128 \\ 3 \times 3, 128 \end{bmatrix} \times 2$                               |
| conv4_x         | 8 X 4 X 256  | $\begin{bmatrix} 3 \times 3, 256 \\ 3 \times 3, 256 \end{bmatrix} \times 2$                               |
| conv5_x         | 4 X 2 X 512  | $\begin{bmatrix} 3 \times 3, 512 \\ 3 \times 3, 512 \end{bmatrix} \times 2$                               |
| average pool    | 1 X 1 X 512  | 4 X 2 average pool  |
| fully connected | 4            | 512 × 4 fully connections   |
| softmax         | 4            |   |

$$|W(a, b)| = \sqrt{(W_R)^2 + (W_I)^2} \quad \dots (4)$$

ここに、 $W_R$ は $W(a, b)$ の実部、 $W_I$ は $W(a, b)$ の虚部である。

### 3.3 畳み込みニューラルネットワーク (CNN)

CNNの層増加による性能悪化を対策したResidual Network (ResNet)<sup>6)</sup>を利用し、表1に示す形で“conv1”から“fully connected”までが18層となるResNet-18を用いる。

“input layer”はCNNの入力層である。ここではデータを正規化するのが一般的であるが、同じ動作を行っても速さや力によってsEMGの大きさもピーク間の関係も変化する。そこで、式(4)の最大値で正規化したのでは、実動作の情報の一部を失うことになるため、正規化の代わりに式(4)の自然対数を取ってCNNの入力とする。この処理により、4096個 (=128 × 32) の要素を持つ入力を得る。以後、これを入力セットと呼ぶ。

出力層である“softmax layer”では、「手を握る」「手首を屈曲する」「腕を回内する」「不明な動作」それぞれについて0~1の実数を出力する。この数値が1に近いほど、その動作である可能性が高いことを示している。

## 4. CNNの学習

### 4.1 学習データ

健康な成人男性1名の右前腕から、3動作のsEMGを約320回ずつ取得した。これらのデータを2.2節の方法で動作時と非動作時に分類し、各100動作分を実験用、残りを学習用データとした。学習用データは、各動作時データを「3動作」用に、非動作時データを「不明な動作」用にした。ここで、非

表2 動作識別結果

| 識別結果 |    | 正しく識別 [%] | 誤識別 [%] | 不明な動作 [%] |
|------|----|-----------|---------|-----------|
| 入力信号 | 握る | 92        | 0       | 8         |
|      | 屈曲 | 83        | 0       | 17        |
|      | 回内 | 87        | 1       | 12        |

動作時データを「不明な動作」学習用とするのは、アーティファクトのようなデータの混入による誤識別への影響を軽減しようとしたためである。

全sEMGの0~31ms(31ms間)の入力セットを第1グループとして、8msずつ時間をずらしながら、動作中のsEMGが終了するまで順次31ms間の入力セットを作り、第2、第3…グループとする。同じ動作でもsEMG長によって作成できるグループ数は異なる。これらのグループから、「手を握る」「手首を屈曲する」動作の学習データには、各動作のグループから400入力セットずつランダムに合計2400入力セットずつ選び、「腕を回内する」動作用には、sEMG長が短いため、この動作の第1、第2グループおよびその他から800セットずつ計2400入力セット、「不明な動作」用にはこの動作の第1~3グループおよびその他から600セット計2400入力セットをランダムに選んだ。また、学習時の出力データは、3動作と「不明な動作」に該当する時を1、それ以外を0とした。

4.2 学習の検証

学習の検証には10分割交差検証を用いた。これは、学習用データを10グループにわけ(A, B, C, …, Jグループとする)、Aグループをテストデータ、残りを訓練データとして、訓練データで学習し、テストデータAを入力してその正答率を求める。これを1回の学習として、テストデータ、訓練データを変えながら同様の学習を繰り返していく方法である。Jグループをテストデータ、残りを訓練データとした学習で1学習サイクルを終える。本研究ではこのサイクルを、どのグループをテストデータとしても95%以上の正解率が得られるまで繰り返すこととして行った結果、どのグループをテストデータとしても100%の正答率を得た。

5. 前腕動作識別システムの実験検証

5.1 動作推定結果と考察

これまで述べてきたシステムを、学習に使っていない各動作100回、計300動作分のsEMGを用いて検証した。動作識別結果を表2に示す。83%以上の高確率で正しく識別でき、誤識別も「腕を回内する」動作のみ1%という結果となった。

ここで生じる1%の誤識別は、システムの反応速度を上げるために、3.1節で述べたように、動作開始時刻から63msのみのsEMGで識別しているために生じていると考えられる。

表3 動作候補連続回数と動作識別結果

|                   |    | 正しく識別 [%] |    |    |    | 誤識別 [%] |   |   |   |
|-------------------|----|-----------|----|----|----|---------|---|---|---|
| 同じ動作が連続して候補となった回数 |    | 2         | 3  | 4  | 5  | 2       | 3 | 4 | 5 |
| 入力信号              | 握る | 97        | 97 | 97 | 97 | 1       | 1 | 1 | 0 |
|                   | 屈曲 | 93        | 93 | 92 | 92 | 0       | 0 | 0 | 0 |
|                   | 回内 | 88        | 86 | 81 | 73 | 0       | 0 | 0 | 0 |

表4 「動作候補」連続5回を条件とした場合の推定時間

| 入力信号 | sEMG全体(平均) [ms] | 動作決定に要する時間(平均) [ms] | 動作決定(最小) [ms] |
|------|-----------------|---------------------|---------------|
| 握る   | 237             | 100                 | 96            |
| 屈曲   | 226             | 104                 | 96            |
| 回内   | 145             | 100                 | 96            |

表5 sEMG(全体)に対する識別に用いたsEMGの割合

| 入力信号 | 平均 [%] | 最短 [%] | 最長 [%] |
|------|--------|--------|--------|
| 握る   | 45     | 22     | 95     |
| 屈曲   | 47     | 20     | 92     |
| 回内   | 62     | 29     | 100    |

この間のsEMGは実際の前腕動作が生じる前の信号(実際の動作が生じる100ms程前からsEMGが発生すると言われていた)であることから、これを入力したCNN出力が推定の度に変化するので、識別結果確定部でこれを補正できないと考えられる。

5.2 動作識別結果の変化を考慮した識別法と考察

前節の誤識別の一因でもあるCNN出力の変化は、電極を貼り直した際にも生じると予測できるため、識別結果確定部におけるCNN出力の観察時間を、CNN出力が安定するまで延長することとする。

はじめの0~63msで得られる5つのCNN出力を「第1動作候補群」とし、sEMG取得時間を8ms延長して8~71msの63ms分のsEMGで「第2動作候補群」を得る。このように8ms単位で時間を延長しながらsEMG取得と動作識別を繰り返し、「動作候補群」内の各動作候補が一定の条件を満たしたとき、その動作を識別結果とする。ここで、CNN出力の「不明な動作」は「動作候補群」に加え、sEMGの終了時刻まで動作を特定できない場合にのみ「不明な動作」と決定することとする。

「動作候補群」内の動作候補の連続回数と識別正答率の関係を調べる。使用するデータは5.1節の300動作分のsEMG(各100動作)である。表3に、連続して「動作候補」となることを動作識別条件としたときの結果を示す。識別結果を出す

表6 電極貼り直し・時間経過後の識別結果

| 識別結果              |    | 正しく識別 [%] | 誤識別 [%] | 不明な動作 [%] |
|-------------------|----|-----------|---------|-----------|
| 同じ動作が連続して候補となった回数 |    | 5         | 5       | 5         |
| 入力信号              | 握る | 29.8      | 8.9     | 61.3      |
|                   | 屈曲 | 83.3      | 0.0     | 16.7      |
|                   | 回内 | 49.8      | 0.0     | 50.2      |

までに連続して「動作候補」となる回数を増やすと、正しく識別できる確率が下がるものの、連続回数を5としたとき誤識別が0%となった。この結果より、動作識別条件を「5回連続で動作候補になること」とする。また、この識別結果を得るまでに要する時間を表4に示す。各動作の平均sEMG長は237ms（握る）、226ms（屈曲）、145ms（回内）であり、識別結果を得るまでに要した時間はどの動作も平均100ms程度、最小96ms（64ms+8ms×4）となった。実動作が生じる前に動作識別結果を得ている場合を実時間ということとして、このシステムの実時間性について検討するために、動作1回分のsEMG（全体）に対する識別に用いたsEMG長の割合を表5に示す。このように比を考えたのは、一般に、実動作の100ms程度前にsEMGが発生すると言われるが、表4から分かるように、「回内」動作ではsEMG全体が平均145msであるので、動作開始前のsEMGは100msより短いと考えるのが妥当であるからである。

表5より、「腕を回内する」では、動作決定に必要なsEMG長の平均が全体の60%を超えているので、この動作ではシステムの実時間性が問題になると予想できる。なお、各動作の最短は20~30%であり短時間で動作を識別できていると考えられるが、最長である92~100%となるような場合には、手や腕を動かし終わってから識別結果が出ることになる。

以上より、本実験において、誤識別の無い3動作識別が可能であることが分かった。一方で、実時間性と誤識別とはトレードオフの関係にあるといえる。

## 6. 電極の貼り直しに対するロバスト性の検討

### 6.1 電極貼り直し後の識別実験と結果

電極の貼り直しと電極貼付後の時間経過の識別率への影響を検討する。電極は同じものを使用して各動作500回ずつデータを取り直し、取得データの標準偏差の検討により動作時のsEMGを抽出し、「手を握る」460回、「手首を屈曲する」466回、「腕を回内する」436回分を取得した。このすべてのデータを、表3を得たシステムで識別した結果を表6に示す。表3の「連続して候補となった回数5」の結果と比較すると、正しく識別した割合が、30%~80%と極端に低くなっている。しかしながら、誤識別は「握る」で8.9%（40回/460回）、そ

表7 極貼り直し・時間経過後の識別結果（追加学習後の結果）

| 識別結果              |    | 正しく識別 [%] | 誤識別 [%] | 不明な動作 [%] |
|-------------------|----|-----------|---------|-----------|
| 同じ動作が連続して候補となった回数 |    | 5         | 5       | 5         |
| 入力信号              | 握る | 78.1      | 0.0     | 21.7      |
|                   | 屈曲 | 82.2      | 0.0     | 17.8      |
|                   | 回内 | 50.0      | 0.0     | 50.0      |

他の動作は誤識別0%であることから、CNNの出力変化を考慮して、動作識別条件を「5回連続で動作候補になること」とした効果が見られていると考えられる。

## 6.2 再学習と考察

前節の識別実験で使用したsEMGの一部（動作時と非動作時sEMGの1回目から100回分）を用いて再学習してCNNの改善を図り、残りのデータで再度識別実験を行った。学習方法は4章の通りである。表7に識別結果を示す。「手を握る」動作で50%弱識別率が向上して78.1%、その他の動作ではほぼ変化なしという結果となった。いずれも誤識別は0%である。また、識別結果を得るまでに要する時間が、動作識別条件に比例するため、最短で96ms必要である点は変わらない。

以上より、CNNの出力を識別候補とした本動作識別システムは、電極の貼り直しとそれに伴う時間経過があっても誤識別しないシステムであることが例証された。この結果には、追加学習が必要であるが、本学習に比して非常に低コストである。一方で、異なる条件での効果を保証するために実験を重ねる必要がある。また、誤識別を排除するために動作識別条件を厳しくしたため、実時間性の課題は無視できない。これは義手等の機器を制御する際に、動かそうとする意志と実際の機器動作間でのタイムラグを引き起こすので、使用時の違和感や使いにくさ、それに伴う誤動作などに対する考慮が必要である。

## 7. 結 言

義手やロボットアーム等をsEMGで制御可能なシステムを開発するために、右手前腕の3ヶ所で同時に取得したsEMGから、「手を握る」「手首を屈曲する」「腕を回内する」の3動作を誤りなく識別可能な動作識別法を構築するために、電極貼り直しおよび貼付後の時間経過によるsEMG変化に対するロバスト性を検証した。得られた結果は次の通りである。

- (1) ウェーブレット変換によりsEMGの特徴を画像として捉え、これをCNNで解析してsEMGに対する動作候補を上げ、この変化を考慮して、動作推定するシステムを構築した。
- (2) 健常な成人男性の前腕3動作（「手を握る」「手首を屈曲する」「腕を回内する」）時のsEMGを取得し、構築したシス

テムで動作識別実験を行った。CNNで連続5回動作候補となった動作を識別結果とすることで、誤識別なく、73%～97%の精度で正しく動作を推定することが可能であった。

- (3) 電極貼り直しとそれに伴う電極貼付後の時間経過による動作識別率への影響について検討し、本実験の範囲において、追加学習により、これらの要因によるsEMGの変化があっても誤識別しないことから、誤識別へのロバスト性を示した。一方で、追加学習が必要なこと、異なる条件での効果の検討などの課題がある。

## 引用文献

- 1) 石井峰雄, 山本圭治郎, 兵頭和人: 完全独立型パワーアシストスーツの開発 (機構の改良と実用可能性). 日本機械学会論文集 (C編). 2006 ; vol.72 No.715 : 175-182.
- 2) 粕谷昌宏, 加藤龍, 横井浩史: 時系列情報を用いた筋電パターン識別精度向上フィルタの提案. 生体医工学. 2015; vol.53 No.4 : 217-224.
- 3) 西川佳男, 舒羽: 前腕の表面筋電位から動作を誤推定しないための識別システムの構築 (義手などの機器操作のためのシステム研究). 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会誌. 2020 ; vol.18 No.1 : 82-89.
- 4) Yoshio Nishikawa, Yoshihito Kagawa, Jun Kurabayashi: High Accurate Discrimination Method of Forearm Motions from Surface Electromyogram and its Condition. Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics. 2011 ; vol15, No.5, 545-553
- 5) 山田英司, 加藤浩, 宮本賢作・他: ウェーブレット変換を用いた等速性運動中の筋電図周波数解析. 理学療法学. 2003; vol.30 No.7 : 391-396.
- 6) K. Simonyan, A. Zisserma : Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. ICLR. 2014 ; arXiv : 1409.1556.

# パラドックスを再現したアーチェリーのシューティングマシンの製作と性能評価\*

## Production and performance evaluation of archery shooting machine reproducing paradox

平野 孝典 Takanori HIRANO\*\*

### Abstract

In Archery, the mainstream method for selecting vane is to make a judgment based on the shot grouping of the arrow on the target surface at the time of test shot, and the shape and pattern of dispersion (hereinafter referred to as grouping). Human errors such as heartbeat and arm tremors have a greater effect than arrow selection mistakes. Therefore, in order to objectively evaluate arrows including vane, it is necessary to carry out a grouping test with good reproducibility while eliminating human error. In addition, it is necessary to be able to reproduce the Archer's paradox. In this report, I report the details and performance evaluation results of the test shooting device manufactured to eliminate human error and reproduce the Archer's paradox with accurate performance evaluation of arrows and vanes.

**Keywords:** Archery, Shooting device, Releaser, Archer's paradox, Shot grouping

### 1. はじめに

オリンピック競技の一つであるアーチェリーの弓具は、競技種目として指定されてから150年間、進化し続けてきた<sup>1)</sup>。弓具は多くの部品で構成されているが、ヴェイン（矢羽根）は、弓具の中でも点数に結びつく大きな要因の一つである。弓具本体の性能評価では、競技者本人の感覚も大きな要素であるが、自身に適した選択を行うことは比較的困難ではない。しかし、矢においては、矢そのものが性能を発揮するのは弓から離別した後であり、感覚判断することは難しい。ヴェインの選定では、試射したときの的（まと）面での矢の集弾性（集合率）、分散の形状やパターン（以下グルーピング）を基に判断する手法が主流であるが、矢の選択ミスよりも鼓動や腕の震えなどのヒューマンエラーの影響が大きい。そのため、矢（ヴェインを含む）の客観的評価を行うためには、ヒューマンエラーを排除した状態で、再現性の良いグルーピング試験を行う必要があると考えられる。さらに、アーチャーズパラドックスを再現できることも必要である。そのような試射装置は現在見当たらないのが現状である。

アーチェリーの矢に関する研究では、安藤ら<sup>2)</sup>、宮崎<sup>3)</sup>、松本ら<sup>4)</sup>、オルティスら<sup>5)</sup>、長谷川ら<sup>6)</sup>は、矢（シャフト）の振動について実験的解析結果を報告している。著者<sup>7)</sup>は非回転式と回転式ヴェインの特性把握及び非回転式ヴェインの表面に粗さを付加した自作ヴェインの特性について風洞実験を行った結果を報告している。ただし、これらの研究の一部で行われている実射試験では、前述したヒューマンエラーの排除やアーチャーズパラドックスの再現は考慮されていない。

本報告では、ヒューマンエラーを排除し、アーチャーズパラドックスを再現できる、矢とヴェインの精度の良い性能評価を行うために製作した試射装置の詳細および性能評価を行った結果について報告する。

### 2. アーチャーズパラドックス

アーチェリーでは、弓を引く際に人差し指、中指、薬指の三本の指をフック状にして引く。この際に弦は指に沿って離

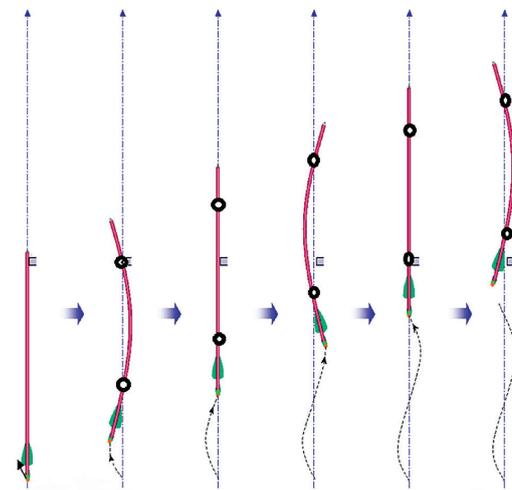


Fig. 1 Archer's paradox

れていくので左右に蛇行しながら矢を押していく。これにより、弦につがえられている矢は、図1に示すように蛇行しながら弓から放たれる。この現象をアーチャーズパラドックスと呼ぶ。この現象が起こることにより、矢は弓をよけるような軌道を描きながら進むため、矢を射た時に、矢は弓に接触しない。アーチャーズパラドックスは命中精度には有利に働くわけではないが、アーチャーズパラドックスが起これないと、矢を射た際にヴェインが弓に接触して方向性に悪影響を及ぼしたり、ヴェインの破損やはがれが生じることもある。

このようなアーチャーズパラドックスを再現可能な試射装置は見当たらない。本研究ではアーチャーズパラドックスを常に同じ状態で再現できるように、リリーサーを工夫した。

### 3. 試射装置

ここでは製作した試射装置について詳細を示す。

#### 3.1 試射装置本体

図2に製作した試射装置本体を示す。本体はアルミ合金製とした。アーチャーズパラドックスを再現することが可能なように、リリーサーは指の形を模擬して製作した。また弓の

\* 原稿受付 2020年11月9日

\*\* 拓殖大学工学部

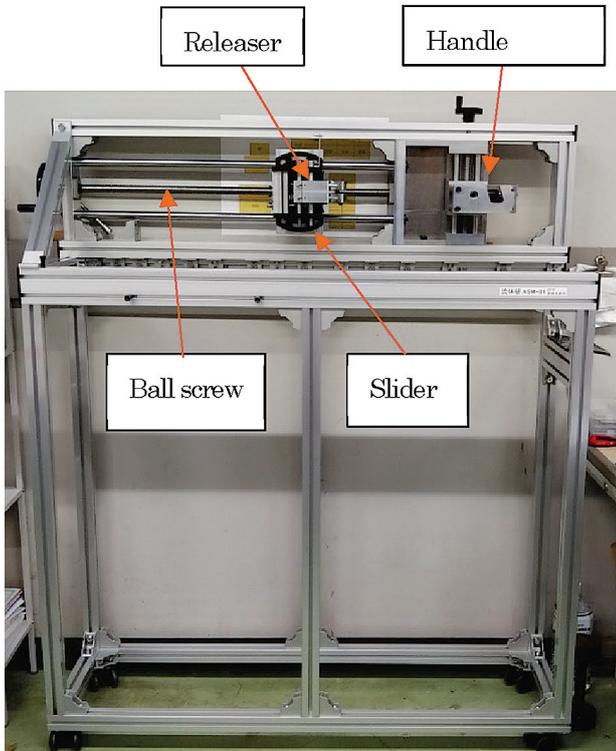


Fig. 2 Shooting device

ハンドル保持部のシャフトはリニアブッシュにより保持されており、競技者が矢を放った後に起こるフォロースルーを再現できるようになっている。

ハンドル保持部に弓をセットし、弦をリリーサーに掛けてボールネジを回すことにより、リリーサーが取り付けられたスライダが後方に移動して弓を引く。また、ハンドル保持部は発射角の調整が容易に行えるようにするために、スライダー機構によって上下に可動できる構造にした。これにより、アーチャー競技の競技者と同様に様々な距離にある的（ま）を狙うことが可能である。装置自体の高さは、競技者が弓を構えた時の平均的な高さになっており、実際の競技者に近い状態で弓を射ることが可能である。

### 3.2 リリーサー

アーチャーズパラドックスを生じさせるためには、弦をリリースするときに弦を横方向に押すことが必要である。人間がリリースする場合、これは指から弦が離れるときに、中指と薬指の第1関節までの指先の膨らみ（曲面）に沿って弦が滑りながら移動することによって生じる。そのため製作したリリーサーは指を模した形状で2本が独立して可動でき、指部に弦を掛けられるようになっている。図3に2本の指形状を模したリリーサーを上から見た写真を示す。凹み部に弦が掛けられる。矢を放つ際の指の抵抗を再現するために、指部

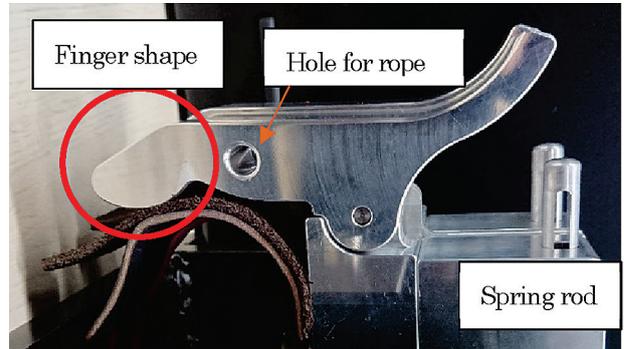


Fig. 3 Finger-shaped Releaser

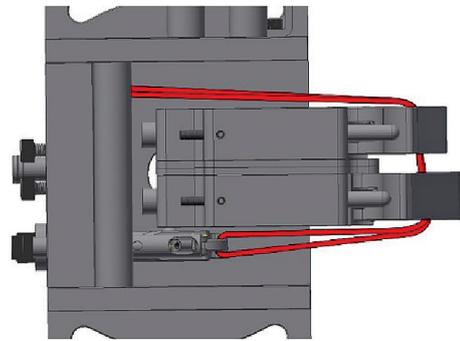


Fig. 4 Release mechanism

の動きを調整するためのばね（写真に示す2本のspring rod）が取り付けられている。ばねの硬さとネジの締め込み状態を各リリーサーで変えることが可能であり、パラドックスの調整やリリースミス再現ができるようにした。また、リカーブボウ（図5参照）を射る際に使用するタブと呼ばれる指を保護する道具によく使用される革（コードバン）を、リリーサーの指部に取り付けている。リリーサーは、図3に示す指部に空けた穴にφ2mmのポリエステルロープを通しておき、このロープをリリースすることで指部に掛けられた弦をリリースする。これにより、常に同じ状態でリリースすることを可能にしている。図4にリリース機構を示すが、これは図3のリリーサーを裏から見た図で、以下で説明するように、2本の指型リリーサーの穴を通してロープをセットした様子を示している。2本のリリーサーの穴を通した輪形状のロープは、中指を模した上側のリリーサー側はリリーサー後方の固定板に固定され、薬指を模した下側のリリーサー側のロープを固定板に取り付けたコンパウンド競技用のリリーサーに掛ける。矢を射るときは、このリリーサーの爪を外してロープをリリースするが、この時にロープは下側から上に向かって抜けていく。これにより実際に競技者がリリースした際に、薬指から中指に向かって力が抜けるようにリリースしていく様子を再現している。

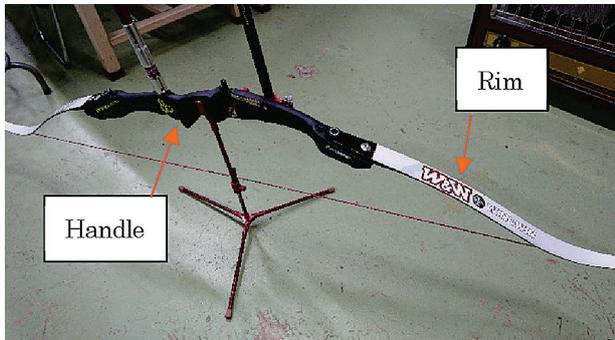


Fig. 5 Recurve bow

今回使用した弓（リカーブボウ）の写真を図5に示す。ハンドルはWIN&WIN社のWIAWIS TFT-G、リムはWIN&WIN社のWINEXを使用した。リムはSサイズ、強さは表示34ポンド、弓の重量（実質ポンド）は30.79ポンドである。また、使用する矢の長さは253/4インチである。

#### 4. 性能評価について

製作した試射装置の性能評価は、実際に矢を試射して的に当たった矢のグルーピングにより再現性の善し悪しを見て性能評価を行う。今回使用した矢の仕様を表1に示す。

Table 1 Details of arrow

|       | product name                   | details                  |
|-------|--------------------------------|--------------------------|
| shaft | EASTON A/C/E                   | count 920<br>group C6    |
| point | EASTON A/C/E<br>Breakoff point | No breakoff<br>80 grains |
| knock | EASTON pin knock               | Size S                   |
| vane  | RANGE-O-MATIC<br>Spinwing vane | 45mm<br>black            |

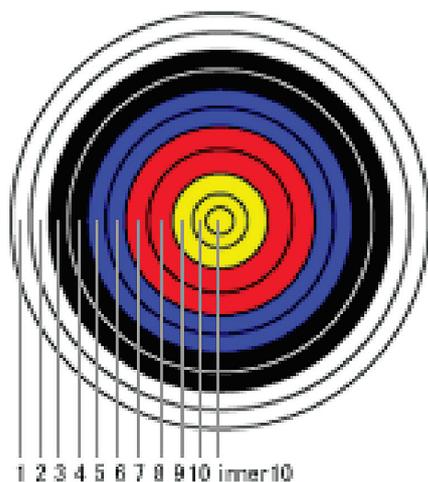


Fig. 6 Target

今回の実験は、的までの距離が30mで行った。無風時に試射装置で6エンド（18本）の矢を射ち、的中位置を記録した。その結果からグルーピング（集弾性）の程度を確認して、試射装置の性能を評価した。また、高速カメラにより、リリース後の矢の挙動を撮影し、パラドックスの発生を確認した。

使用した的を図6に示す。的の大きさは直径800mmで、これは短距離（30m唐50m）の競技で使用されているものである。的は、中心から外側に向かって同心円状に得点帯が並んでおり、中心にあるもっとも点数の高い10点の大きさは直径80mmである。また10点の円内の中心部（図中のinner10）はXとなり、同点の場合に勝敗を決めるために使われる。

#### 5. 結果および考察

製作した試射装置で試射実験を行い、パラドックス発生の確認およびグルーピングの程度から、本装置の性能評価を行う。

##### 5.1 パラドックスの発生

高速カメラによるビデオ撮影を行い、矢のリリース後にパラドックスが再現されているか確認を行った。図7に、リリーサー後部から撮影した矢のハイフレームレート撮影画像を示す。弦の横方向振動および矢が蛇行している様子が明確に確認できる。つまり、本装置はアーチャーズパラドックスを再現可能であることが確認できた。

##### 5.2 グルーピングについて

3射ごとの的中位置を図8に示す。全てにおいて10点とXの得点となっており、命中精度が高いと言える。

次に、これら全射をまとめた結果を図9に示す。この図では、外側の円は10点（直径80mm）、内側の円はX（直径40mm）を表している。全てが10点以内であり、18試射のうち半数以上の10回はXに入っていることが分かる。このことから、本装置は十分な再現性を有していることが確認できた。

次に、図9のグルーピングの最大径を円で囲み中心に合わせた結果を図10に示す。図においてグルーピング最大径は56mmであった。グルーピングの形状が中心を基準としたヒトデ型であり偏りを示していないことから、グルーピング最大径の56mmという値は信頼性があると言える。

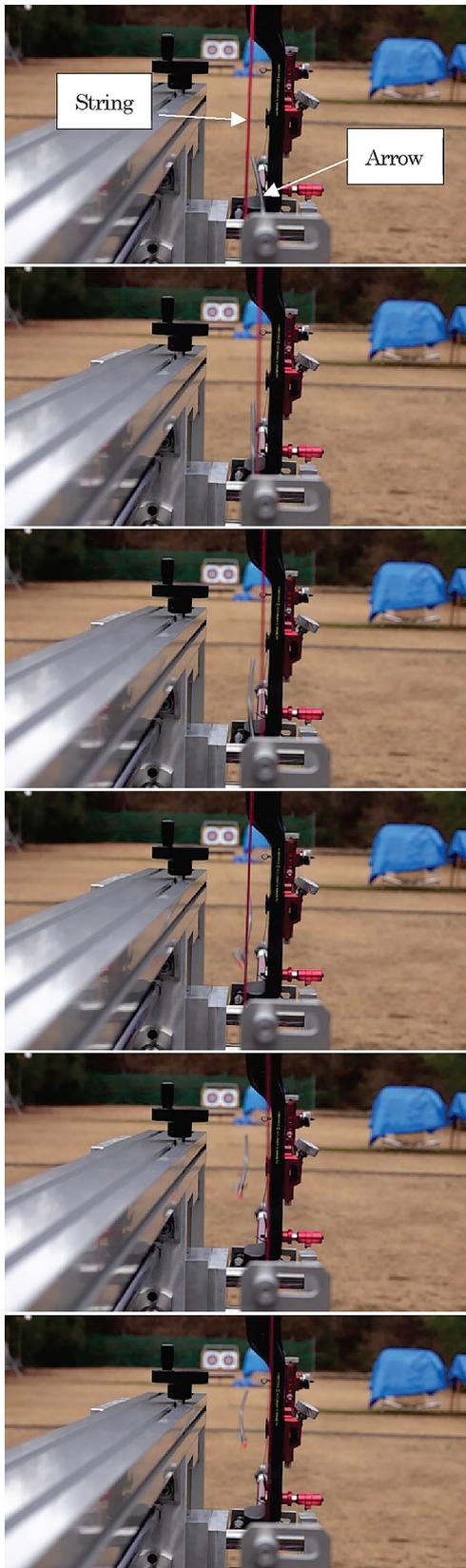


Fig. 7 State of arrows and strings after shooting (Reproduction of Archer's paradox)

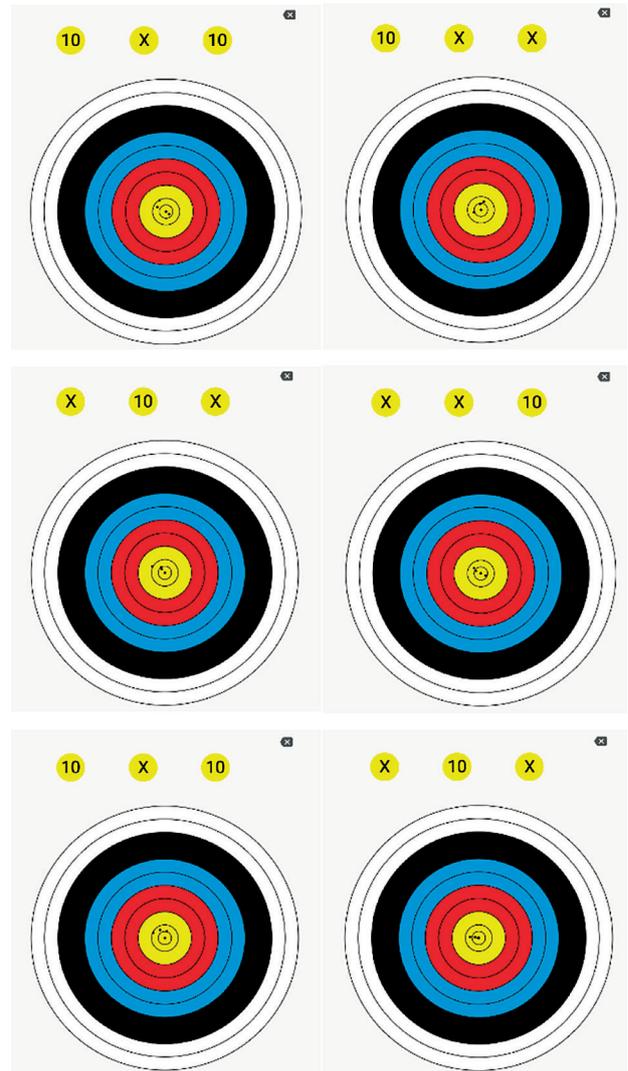


Fig. 8 Hit position

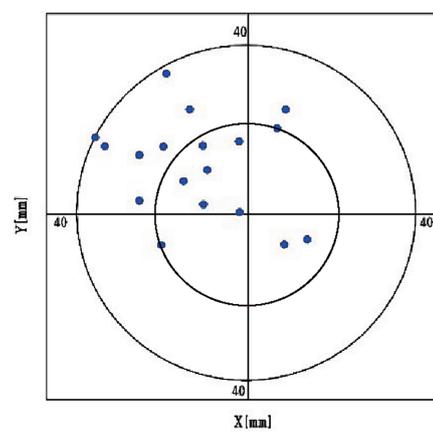


Fig. 9 All hit positions (Grouping)

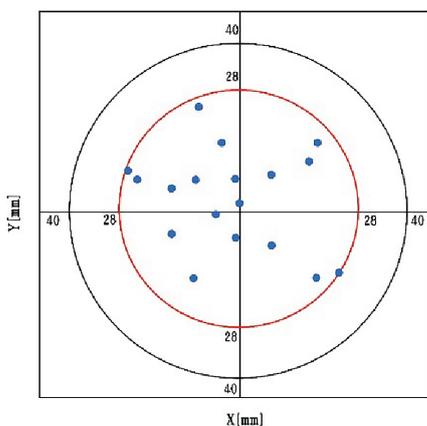


Fig. 10 Grouping shape

## 6. 結論

本研究では、ヒューマンエラーを排除し、リリース時のアーチャーズパラドックスを再現可能な試射装置を製作した。特に、アーチャーズパラドックスを再現するために、リリース形状とリリース手法に工夫を施した。

30mの距離で試射実験を行い、グルーピングの検証を行った結果、全射が10点以内に収まり、散らばりの最大径が56mm、分布形状がヒトデ型で偏りが無い結果であった。また、高速カメラによる撮影画像から、アーチャーズパラドックスが再現されていることを確認した。

以上の結果から、製作した試射装置は、矢の性能試験に十分な性能を有すると言える。

## 参考文献

- 1) 亀井 孝, arechery.com, 弓の素材のこと (<https://www.a-rchery.com/bowl17.htm>)
- 2) 安藤 龍, 他3名, アーチェリー矢の空力特性—たわみ振動の及ぼす影響—, 日本機械学会 2014年度年次大会, J0520102, 2014
- 3) 宮崎 武, アーチェリー矢の流体力学最前線, 日本機械学会 2015年度年次大会, W231001, 2015
- 4) 松本樹昌, 他4名, アーチェリー矢の飛翔姿勢と乱流遷移, 日本機械学会 2016年度年次大会, J2340101, 2016
- 5) フリオ オルティス, 他2名, アーチェリー矢の飛翔軌道と飛翔姿勢—背景風による影響の推定—, 日本機械学会 2018年度年次大会, J2340203, 2018
- 6) 長谷川 俊成, 他4名, アーチェリー矢の側面境界層流れの線形不安定性, 日本流体力学会, ながれ第38巻第3号, pp. 208-217, 2019
- 7) 平野 孝典, アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究, 拓殖大学理工学研究報告, Vol.17, pp. 11-15, 2020



研究速報  
SHORT NOTES



# FPGAを用いたFDTD法による電磁界計算の高速化の検討\*

## Study on high speed calculation of electromagnetic simulation by FDTD method using FPGA

高橋 丈博 Takehiro TAKAHASHI\*\*

### Abstract

To understand the change of electromagnetic effect quickly due to parameter change, high speed calculation of FDTD method is studied. In this study the FPGA (field programmable gate array) which is a programmable hardware logic circuit is employed to calculate iterated calculation part of FDTD method. From the comparison of calculation speed between CPU and FPGA using 1st order FDTD, same performance is investigated by hardwareization of whole iteration part of FDTD calculation.

**Keywords:** electromagnetic simulation, numerical calculation, FDTD method, FPGA, high speed calculation

### 1. まえがき

電子機器の高速化、高機能化に伴い、機器内部の電気信号の高周波化が進み、電磁ノイズなどによる信号品質の低下や、放射ノイズの増加などが生じている。また、電磁的な現象も複雑になり、問題の解決に時間がかかっている。

電磁的な現象の解決方法の1つとして、計算機による電磁界シミュレーションが活用されている。電磁界シミュレーションを使って、電気信号の伝送の様子、周囲への干渉の様子、放射の様子などを計算することで、波形の歪や電磁干渉の程度などを見積もったり、波形を可視化したりすることができ、波形歪の改善や電磁干渉の低減などに役立てることができる。また、電磁界シミュレーションの結果を可視化することは、電磁界の現象を直観的に理解することにつながるため、教育的な効果も高いと考えられる。

ここで、電磁界シミュレーションを使って電子機器の物理的な構造と電磁的な振る舞いとの関連を把握する場合、配線や筐体形状などのパラメータを変化させて、電磁界の変化を調べることが多いが、計算に時間がかかると、パラメータの変化と現象の変化との関連を直観的につかみにくくなり、ノイズ低減の対策も進みにくくなるのではないかと思う。

そこで、今回電磁界シミュレーションの高速化を試すことにした。計算の高速化には様々な方法が考えられる。スーパーコンピュータや並列計算で、CPUによる計算を早くする方法、DSPやGPUなどの高速計算ボードを利用する方法などが考えられる。青木ら<sup>1)</sup>はGPUを用いて3次元FDTD法を実装し、さらに高速表示を実現するためのモデルを提案し実現している。翁ら<sup>2)</sup>はFPGAに熱拡散シミュレーションやFDTDシミュレーションを実装し、メモリアクセス評価をし、データストリームの量を増やし本数を減らすことで計算性能の向上が見込めることを示している。さらに、平井ら<sup>3)</sup>は大規模科学計算のためのマルチFPGAシステムにおけるモジュール配置の最適化をSAで行うなどの試みを行っている。これらの知見はとても有益であるが、計算性能や効率向上が目的で、計算結果の利用を見据えたものではない。本研究では、基本的に計算結果を設計に反映させるために有効なシステムを目指すことにする。

今回は、FPGAを利用した計算の高速化を試した。本来は、いろいろな方法を使って比較すべきであるが、現在は、FPGAによる計算高速化の可能性を調べることや、進化の著しいFPGAの計算法を確かめるなどの目的もある。また、結果を表示する場合、ハードウェアから直接画像で結果を表示することができれば、計算から表示までのトータルの速度を高速化できる可能性もあり、今回はFPGAによる計算高速化を試した。

### 2. FDTD法の概要 [4-5]

電磁界の計算機シミュレーション手法は様々あるが、基本となるのは電磁界の振舞いを表すマクスウェル方程式で、積分領域の方程式を基にした周波数領域の解法と微分形式の方程式を基にした時間領域の解法との2つに大きく分けられる。前者に代表されるのがモーメント法で、計算は対象物を分割したセグメント同士となるので、ある程度範囲が限定されるが、プログラムには複雑な数値計算が含まれる。一方、後者に代表されるのがFDTD法で、後に述べるような単純な差分計算を解析空間内で繰り返す。単純計算を繰り返す方法はハードウェアにより高速化が期待できるため、本研究ではFDTD法を利用することにする。

FDTD法は、解析空間をYee格子と呼ばれる格子状に区切り、交点に離散的な電界あるいは磁界を配置する。空間の電磁界の伝搬の様子は次のマクスウェル方程式の回転の式によって計算できる。

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \quad (1)$$

$$\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \quad (2)$$

電界と磁界の格子を半セルずらすことによって、電界の回転の中心に磁界、磁界の回転の中心に電界を配置することができる。

3次元モデルにおけるYee格子の一部を図1に示す。図1(a)の格子は、格子の辺の中心に、辺の方向の電界成分を持っている。例えば、下奥の四角で囲んだ $E_x$ 成分を計算するには、半セルずらした磁界の格子(図中の四角)の辺の中心に配置されている磁界成分 $H_y, H_z$ を使い、次の式で計算する。

\* 原稿受付 2020年10月27日

\*\* 拓殖大学工学部

$$E_x^n \left( i + \frac{1}{2}, j, k \right) = \alpha_e E_x^{n-1} \left( i + \frac{1}{2}, j, k \right) + \beta_e \left[ \frac{\Delta H_z^{n-\frac{1}{2}}}{\Delta y} - \frac{\Delta H_y^{n-\frac{1}{2}}}{\Delta z} \right] \quad (3)$$

但し

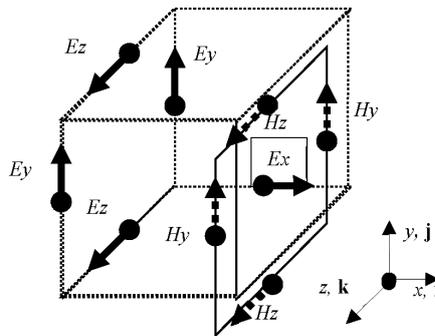
$$\Delta H_z^{n-\frac{1}{2}} = \Delta H_z^{n-\frac{1}{2}} \left( i + \frac{1}{2}, j + \frac{1}{2}, k \right) - \Delta H_z^{n-\frac{1}{2}} \left( i + \frac{1}{2}, j - \frac{1}{2}, k \right) \quad (4)$$

$$\Delta H_y^{n-\frac{1}{2}} = \Delta H_y^{n-\frac{1}{2}} \left( i + \frac{1}{2}, j, k + \frac{1}{2} \right) - \Delta H_y^{n-\frac{1}{2}} \left( i + \frac{1}{2}, j, k - \frac{1}{2} \right) \quad (5)$$

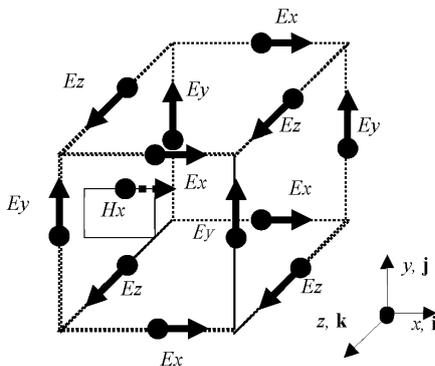
ここで、nは時刻で1つ前の時刻のExに、1/2前の時刻のHy, Hzの回転を差分を使って計算し、加えている。αe, βeは係数、Δy, Δzは格子の大きさを表す。Ey, Ezも同様に計算する。

同じく、図1 (b)の格子では左側の面の中央にある四角で囲んだHxを、それを囲むEy, Ezの回転から計算するための配置を表したものである。計算式は次の通り。

$$H_x^{n+\frac{1}{2}} \left( i, j + \frac{1}{2}, k + \frac{1}{2} \right) = \alpha_m H_x^{n-\frac{1}{2}} \left( i, j + \frac{1}{2}, k + \frac{1}{2} \right) - \beta_m \left[ \frac{\Delta E_z^n}{\Delta y} - \frac{\Delta E_y^n}{\Delta z} \right] \quad (6)$$



(a) 磁界Hy, Hz成分による電界Exの計算



(b) 電界Ey, Ez成分による磁界Hxの計算

図1 Yee格子と電界, 磁界成分の位置

但し

$$\Delta E_z^n = \Delta E_z^n \left( i, j + 1, k + \frac{1}{2} \right) - \Delta E_z^n \left( i, j, k + \frac{1}{2} \right) \quad (7)$$

$$\Delta E_y^n = \Delta E_y^n \left( i, j + \frac{1}{2}, k + 1 \right) - \Delta E_y^n \left( i, j + \frac{1}{2}, k \right) \quad (8)$$

同様に、Hy, Hzも計算できる。

このように、時刻を1/2ずつ進めながら、電界E, 磁界Hをそれぞれ計算してゆく。

### 3. FPGAについて

今回は、Xilinx社のFPGAであるZynq-7000を搭載した、Digilent社のZyboボードを使って検討を行った<sup>6,7)</sup>。FPGAでは、以前よりFPGA上にCPUを構成し、さらに周辺回路を構成して接続することにより、CPUで動かすソフトウェアと構成するハードウェアとで協調させて動作させ、バランスのとれたシステムをつくることのできる点が特徴の1つだった。Zynqはそれをさらに進め、最初からCPUであるARM Cortex-A9を2個搭載しており、関連するコントローラやペリフェラルなどもあらかじめ用意されている。この部分はPS (Processing System) 部と呼ばれている。一方、自由に回路を構成できるPL (Programmable Logic) 部もあり、PS部とPL部は汎用のAXIポートによって接続することができる。

本ボードを利用すると、CPU上でプログラムだけを動かすこともできるし、プログラムの一部を回路で表現し、CPUのプログラムから関数のように計算回路に数値を渡し、計算結果を受け取るという処理ができる。そこで、回路化する部分を変えながら、どの程度の高速化が見込めるかを試すことができる。

問題は計算の回路化である。まず、回路による計算では、浮動小数点計算が苦手であるため、浮動小数点計算は避けて計算を行いたい。そこで、計算の桁を操作し、浮動小数点計算をしないで、FDTD法の計算をする工夫を行った。

次の問題として、計算を回路化する方法である。0から作成するのは困難であると考え、Xilinx社が提供する、高位合成ツールを利用することにより、Cプログラムで作成されている計算を回路に自動変換することにした。このツールを使うと、変換された回路はIPと呼ばれる1つの部品として登録され、CPUに簡単に接続することができ、プログラムからの簡単に呼び出すことができる。高位合成にはXilinx社のVivado HLS 2018.3. FPGAの全体の構成や動作は同じくVivado 2018.3を使って行った。

### 4. 1次元FDTD法による検討

#### 4.1 プログラムの修正

文献<sup>5)</sup>に掲載されている1次元FDTDのサンプルプログラムを使い、FPGAで実行させた。

プログラムのフローを図2に示す。このフローは基本的に計算する次元数には依存しない。まず、初期設定で空間配列の確保とパラメータの準備を行う。メインルーチンでは、空間内の電界の更新を行い、時間を半ステップ進める。境界の処理を行い、磁界の更新を行って、時間を半ステップ進める。これを終了時間になるまで続ける。

文献<sup>9)</sup>にある解析モデルを図3に示す。長さ2mの1次元の空間を1000分割し、中心付近の500~550に比誘電率 $\epsilon_r=3$ の誘電体を配置し、その他は自由空間として設定している。100の位置に幅20のガウシアンパルスを加し、その時間変化を計算している。境界処理にはMurの1次元吸収境界を用いている。

サンプルプログラムはFortranで記述されていたため、まずC言語に書き換え、同様の結果が得られることを確かめた。これらのプログラムは浮動小数点演算で計算されている。これを、少なくともメインルーチンにおいて整数計算にするため、次の処理を行った。

- ・メインルーチンで使用する変数をint型にした
- ・ガウシアンパルス信号は電界の振幅が1V/mのため、境界の振幅も考慮し $10^6$ 倍とした

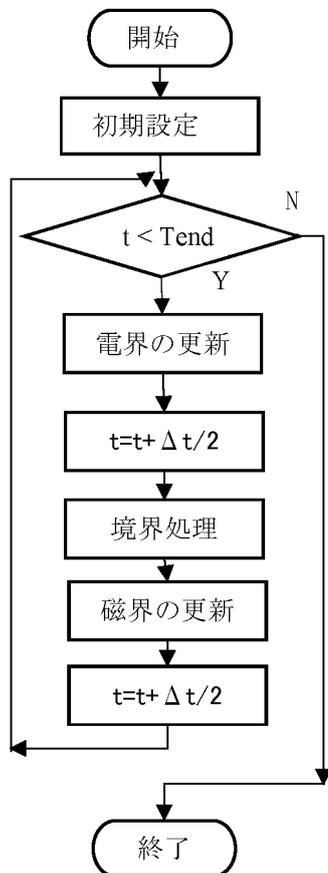


図2 FDTD法プログラムのフロー

- ・係数で1以下や、1以下の数が必要なものは、あらかじめ大きくしておき、係数をかけたところで、全体を小さくする処理をした

まだ十分ではないが、このような処理を行うことにより、整数計算でも、ある程度計算精度を保持して計算できると考えられる。

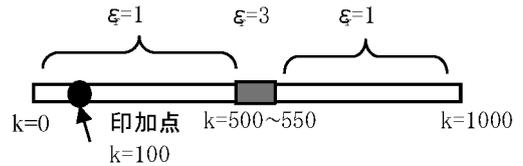


図3 文献<sup>9)</sup>の1次元解析モデル

#### 4.2 プログラムの実行

プログラムの動作と、FPGAの動作を確認するため、ZYBOボードでCPUだけを使い、プログラムを実行した。FPGAを設計するツールVivadoを使い、CPUだけを配置して回路を生成すると、CPUだけが動作する回路が作られる。Vivado付属のSDKツールを起動し、CPUでプログラムを実行する。

C言語で書き直したサンプルプログラムと、それを整数計算処理したものについて、時刻100と700における、電界の分布を図4、5に示す。図5の整数計算の方は、印加信号の大きさを $10^6$ 倍しているため、大きな値となっているが、相対

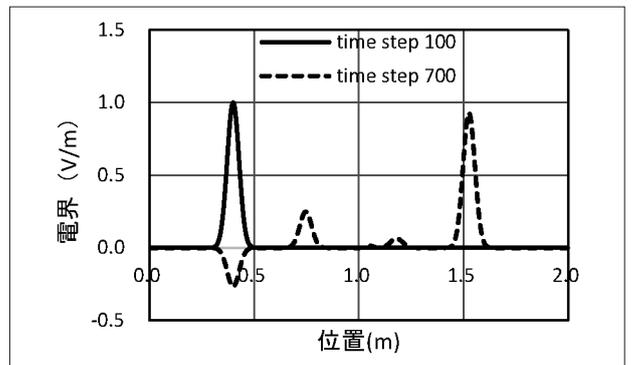


図4 浮動小数点計算によるサンプルプログラムの動作結果

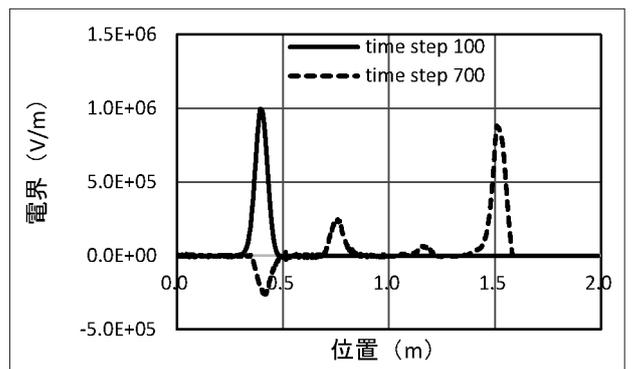


図5 整数計算によるサンプルプログラムの動作結果

的には両者ほぼ一致している。

文字の表示に時間がかかるため、printf文を除いて、両者の動作時間をプログラムに埋め込んだXTime()関数で計測したところ浮動小数点計算が295ms、整数計算が273msでほとんど差がなかった。

### 4.3 計算の回路化

図2の計算フローにおいて、電界や磁界の更新は、単純な加減算と乗算によるものである。例えば、電界の更新計算関数e\_cal()は図6のようなプログラムである。ここで、exは電界のx成分の配列、hyは磁界のy成分の配列、ae, beは係数である。配列や係数は全て外部変数のため、引数や返り値はない。この計算を、高位合成によって回路化する<sup>7)</sup>。

高位合成ツールVivado HLSでは、プログラムの中の間数として記述した指定部分を回路化し、IP (Intellectual Property) と呼ばれる部品として使えるようになる。IP化するとPS部と内部のバスを通して接続でき、変数のやり取りも便利になる。

今回は、まずe\_calの中の、exを計算する1行分を高位合成し、図6のfor文から呼び出すことで計算の動作を確かめた。CPUの動作するPS部とIPとの接続は、AXI-Liteバスで接続した。IPは次の手順で呼び出し、実行する。

- 1) あらかじめ、初期化をする。
- 2) 引数をセットする。
- 3) IPをスタートさせる。
- 4) 終了を待つ
- 5) 返り値を読みだす

必要な関数は全てVivadoによって用意される。

実行した結果、図5と同じ波形が出力され、正しく動作していることを確認した。動作時間は3737msとなり、CPUだけで計算した場合(273ms)に比べ、14倍の時間がかかってしまった。これは、引数のセットや読み出しに時間がかかってしまっていることが考えられる。

```
void e_cal() {
    for (int k=1; k<NZ-1; k++) {
        ex[k] = ae[k]*ex[k]
              - be[k]*(hy[k] - hy[k-1]);
    }
}
```

図6 電界更新関数e\_cal()

次に、図2の電界の更新から磁界の更新及び時間を半ステップ進める部分、すなわち、ある時刻における線路上の全ての電界・磁界の更新を行う部分を回路化して比較を行った。線路は1000分割されているので、1000回のループが2回とな

る。回路化にあたり、そのまま回路を生成する場合と、ループをPIPELINE化する場合と、ループを全て個別の回路に展開する場合について比較した。このうち、ループを全て展開する場合は、素子数が不足し、回路構成ができなかった。動作を確かめられた前者2つの場合について動作時間を比較したところ、そのままの場合が2403ms、PIPELINE化した場合が224msとなり、ほぼ同程度となった。1回の計算を行う回路に比べ、1/3の時間となったが、まだCPUだけの計算時間の10倍である。

最後に、上記の計算を2000ステップ繰り返し計算する部分をそのまま回路化した。その結果、計算時間は241msとなり、CPUだけの計算と同等の計算時間となった。この回路を、素子が不足しない程度に並列化できれば、さらに計算時間を短くできると考えられる。

また、データのやり取りに外部メモリを使ったり、表示をハードウェアによって直接行うなどにより、高速な計算と表示を実現できると考えられる。

### 5. まとめ

本研究では、電磁界解析法の1つであるFDTD法のプログラムの高速化を検討するため、FPGAを使ったFDTDプログラムの計算のハードウェア化を行った。FDTDプログラムを整数で計算できるようにし、計算を行うプログラムをハードウェア化して、正しく動作することを確認した。また、繰り返し部分全体をハードウェア化することによって、CPUと同程度の計算速度を得ることができた。

今後は、変数をメモリに格納し、データ転送をなくすことや、2次元、3次元FDTDの高速計算、結果を表示する回路の作成などを行ってゆく。

### 参考文献

- 1) 青木他：“GPUを用いた3次元FDTD法による電磁界シミュレーションの高速な可視化処理の実装”，信学技報，CPSY2013-05，pp. 35-40 (2013)
- 2) 翁他：“高位合成ベースFPGAアクセラレータにおけるステンシル計算用メモリプロファイリングフレームワーク”，信学技報，RECONF2014-11，pp. 55-60 (2014)
- 3) 平井他：“マルチFPGAシステムにおける演算モジュールの配置手法の検討”，信学技報，VLD2013-118 (2014)
- 4) 山下：電磁波問題解析の実際，電子情報通信学会 (1993)
- 5) 宇野，何，有馬：数値電磁界解析のためのFDTD法—基礎と実践一，コロナ社 (2016)
- 6) 岩田，横溝：FPGAパソコンZYBOで作るLinux I/Oミニコンピュータ，CQ出版社 (2016)
- 7) 小林：FPGAプログラミング大全，秀和システム (2016)

# 日本語能力試験に見られる形容詞の特徴——理工系教科書との比較のための予備調査\*

## Characteristics of Adjectives in Japanese Language Proficiency Tests

小林 伊智郎 Ichiro KOBAYASHI\*\*

### Abstract

Analyzing adjectives in the official questions on N1-3 of Japanese Language Proficiency Tests (JLPT), it was found that the most of them in frequent use are in beginner level. The 3 adjectives in the most frequent use, such *ii/yoï*, *ooï*, and *nai*, show the following characteristics;

- 1) Both *ii* and *yoï* are found in JLPT questions while just *yoï* are done in “Science Laboratory” Textbook (SLT). *Yoï* was found just in questions for upper level. Meanwhile *yoï* is used with certain expressions for instructing student in SLT but *ii* and *yoï* are done for evaluation or judgement in JLPT.
- 2) *Ooï* indicates frequency of some occasions and cases more than numbers of things in SLT. It is, however, used without restrictions in JLPT.
- 3) *Nai* is used in JLPT in wider range than in SLT in which it is used for instructing students.

### 1. 背景

筆者は、理工系分野で使われる日本語と、日常生活の場面で使われる日本語を比較し、その違いを明らかにし、大学の理工系学部で学ぶ留学生が、専門分野の論文やレポートを読み書きできるよう指導する際の指針とすることを企図している。

これまで、理工系の教科書を対象とした研究を通して、以下の点を明らかにしてきた。

#### 1.1. CAD教科書の動詞に関して<sup>1)</sup>

基本動作を表す動詞が多いが、日常生活とは違う意味で使われることが多い。

例1) 「する」: 具体的な動作を表す例は少なく、「く/に/とする」の形で、何かを「設定する/決める」という意味で使われることが多い。

例2) 「置く」: 物体をある場所に置く、という一般的な用法の例は少なく、図中に記号などを「配置する/書き入れる」という意味で使われることが多い。

例3) 「引き出す/引く」: 物体を自分のほうへ寄せる、という意味で使われた例はなく、「線を引く」に類する例だけが見られた。

#### 1.2. 「基礎科学実験」の教科書<sup>注1)</sup>(以後「実験」と略記)における機能語(文法項目)に関して<sup>2)</sup>

- ・日本語能力試験の読解問題と比べてバリエーションが少ない。
- ・しかも使用頻度の高い機能語は「によって」「ように」「ため」など、日本語能力試験N3レベルの平易なものが多い。
- ・これらの基本的な機能語は複数の意味を持つが、実験レポートの構成の中では、限られた意味で使われている。

#### 1.3. 「実験」の形容詞に関して<sup>3)</sup>

使用頻度が高かったのは、初級レベルのものだった。

例1) 「小さい-小さな」「大きい-大きな」:

・「な」を伴う用法は、数値を表す概念を伴わず、物体のサイズを表す傾向が強い。

・物事の回数については、一般的に「多い・少ない」を使うと考えられるが、実験用の教科書では「回数*N*がじゅうぶん大きい」と、文字に置き換えられることによって、「大きい」に変換される例があった。これにより「多い/少ない」より「大きい/小さい」のほうが使用頻度が高くなったと見られる。

例2) 「多い」: 数値の多寡より、ある場合やケースの頻度が多いことを表す用例が多い。

例3) 「よい」: 物事の評価や判断を表す例は少なく、「～よい」「～とよい」「～でよい」「～てもよい」などの形で、学生に指導を与える用法が多い。

例4) 「正確」: 単に間違いがない状態を表す例より、おもに「正確に計算する」の形で、実験手順として間違いがないように指示をする例が多い。

本稿は、前稿で確認された「実験」の形容詞の特徴をより明確にするべく、日本語能力試験における形容詞の使用状況を「実験」と比較することを目的とする予備調査である。

### 2. 方法

日本語能力試験は、2019年度は87の国・地域で実施され、2回開催分合計の応募者数は136万人(受験者数117万人)を数える。<sup>4)</sup>

N1～N5に分けられたレベルの認定<sup>注2)</sup>を受けることは世界中の日本語学習者の目標・励みになっており、多くの日本語教育機関でも、認定のための指導に取り組んでいる。本稿では、このうち「基礎科学実験」の受講者のレベルに相当すると見られるN1～N3の問題文「日本語能力試験公式問題集 第二集(2018年発行)」<sup>5)</sup>の「読解」分野の問題の本文を研究対象とする。これを、以下「問題集」と略記する。

本稿では、いわゆる「形容詞」のほか、学校文法でいうところの「形容動詞」も研究対象とする。また、それらに類するもので、一般的な形容詞型の活用形をしない「大きな」「同じ」などの語も、本稿の研究対象として扱った。

\* 原稿受付 2020年10月31日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列

ただし、形容詞型の活用をするものであっても、以下の例は形容詞本来の意味を失い、機能語化していることから、対象から除外した（各例文末尾に、「問題集」のレベルとページ番号を示す。また、原文からルビや下線等は適宜省略する）。

- (1) まちを作ってほしい N1-22
- (2) 車に酔いやすい人 N3-16

なお、読解分野の問題集のうち、大問と小問の設問文および選択肢は、その性格上本文の語句が繰り返されることが多く、本稿で必要とするデータ（使用頻度）に影響を及ぼすので、上記の通り本文のみを研究対象とする。

- (3) 最もよいものを、1・2・3・4から N1-12
- (4) 謎が多いとあるが、謎に合うのはどれか N1-16

### 3. 結果

対象範囲に見られた形容詞は、延べ語数257、異なり語数113語であった。ちなみに、前稿<sup>3)</sup>では延べ語数498、異なり語数169であった。レベル別の語数を、全テキスト（本文）文字数<sup>注3)</sup>100字当たりの出現率と併せて比べると、以下のようになる。

【表】レベル別に見た形容詞の語数

|    | 全テキスト<br>の文字数 | 延べ語数<br>(100字当たり) | 異なり語数<br>(100字当たり) |
|----|---------------|-------------------|--------------------|
| N1 | 5600          | 119 (2.1)         | 75 (1.3)           |
| N2 | 4700          | 85 (1.8)          | 42 (0.9)           |
| N3 | 2550          | 53 (2.1)          | 28 (1.1)           |

この結果を概観すると、テキストの文字数（長さ）が増すにつれて形容詞の語数も増えるが、延べ語数・異なり語数とも、その比率にさほど大きな違いは見られない。

このうち、使用例の多かった形容詞上位9位は、以下のとおりである。なおこれら9語97例は、形容詞全体の延べ語数の37.7%をカバーする。各語に付した丸数字は、旧日本語能力試験出題基準における該当級を示す。<sup>6)</sup>

- 1) いい／よい④ 20例
- 2) 多い④ 19例
- 3) ない④ 16例
- 4) 同じ④ 10例
- 4) 必要③ 10例
- 6) 楽しい④ 7例
- 7) 様々② 5例
- 7) 大きな④ 5例
- 7) 美しい③ 5例

### 4. 考察

これら9語は、7位「様々」を除けば、初級レベルの語彙に

属するものばかりである（現行試験のN3は、旧試験の2級と3級の間のレベルとされる<sup>注7)</sup>）。

以降、これら上位語の特徴について、前稿<sup>3)</sup>との比較の観点から考察する。

#### 4.1. 「いい／よい」

内訳は、「いい」16例、「よい」4例<sup>注4)</sup>となっている。前稿で「実験」で「よい」しか見られなかったという結果とは大きな違いがあると言える。

レベル別にみると、「いい」はN1～3にわたって見られるのに対し、「よい」はN1に3例、N2に1例であり、レベルが高いほうが、「実験」に近い傾向が見られたことになる。

ただし、「実験」では学生に対する指示・指導のために「～ばよい」「～とよい」などの表現が使われていたのに対し、「問題集」では、次の例のように、判断や評価を表す用法が多く、違いが見られた。

- (5) いい思い出がたくさんあるかどうか N2-83
- (6) 必ずといってよいくらい N1-3

#### 4.2. 「多い」

「実験」では、回数を表す場合には数値が文字に置き換えられることによって「大きい」が使われ、回数を表すのに一般的と思われる「多い」が使われることが少ないという傾向が見られた。また「多い」は数値（回数を含む）よりも頻度について使うことが多いことがわかった。一方「問題集」に見られた「多い」の用例は数値にも頻度にも広く使われ19例となり、全体の形容詞の用例数が多かった前稿の13例を上回った。この点からも、「実験」では特に「多い」の用例が少なかったと言える。

- (7) 観光客の多い町でもある N3-33
- (8) 多くの予算を使う必要はない N2-68
- (9) 思いこみや錯誤によって間違うことが多い N1-103

#### 4.3. 「ない」

「問題集」では使用頻度が第3位となった「ない」は、「実験」では第6位、15例にとどまった。そこでは、次のような自然現象の描写(10)や学生に対する指示や注意喚起(11)(12)の例が多かった。

- (10) 月は大気がない p.78
  - (11) 通常 RESET の必要はない p.11
  - (12) 数値誤差がないように注意する必要がある p.30
- 逆に、これら特徴的な例以外には少なかった。一方で、「問題集」では、幅広く物事について使われる傾向が見られた。
- (13) 犬を必要とする理由はなかったのである N1-17
  - (14) これほど子どもにとって不幸なことはない N1-36
  - (15) 突然の雨で、傘がなくて困ったり N3-34

このように比較すると、「実験」では「ない」の現れる場面が限られていることがよくわかる。

## 5. まとめと今後の課題

「問題集」に見られる形容詞を抽出したところ、上位語は日本語教育の初級レベルのものが多いことがわかった。このうち、上位3語について考察した結果、以下の点が明らかになった。

- ① 「いい／よい」については、「実験」では「よい」のみが見られたが、「問題集」ではむしろ「いい」のほうが多く見られ、「よい」はN1, N2に限られた。また、「実験」では学生に対する指示・指導のために「よい」が使われていたが、「問題集」では、判断や評価を表す用法が多かった。
- ② 「多い」については「実験」に見られたような特徴（数値より、頻度について使われることが多い）はなく、広く使われていた。
- ③ 「ない」については「実験」に見られたような特徴（学生に対する指示などに使われることが多い）はなく、広く使われていた

①～③から、「実験」の形容詞の用法は、「問題集」に比べると限定されている傾向が見て取れる。これは文章の性格によるものと考えられるが、逆に言うと、「実験」の文章の読み方・書き方の指導は、効率的に行える可能性を示唆している。

なお、以下の点を今後の課題とし、さらに理工系の文章の形容詞の用法について考察を深めたい。

- ・本稿では分析を上位語に限ったが、さらに対象を下位まで拡大する。
- ・「問題集」のほかにも、一般的な日本語学習者が学ぶ標準的な日本語の素材を多く対象とし、本稿の観察結果を検証する。

## 注記

- 1) 拓殖大学工学部基礎教育系列 編“専門基礎科目基礎科学実験（第1版 第5刷）”，学術図書出版社，東京，2018
- 2) 「日本語能力試験認定目安」参照。  
<https://www.jlpt.jp/about/levelsummary.html>
- 3) 『新しい「日本語能力試験」ガイドブック』第2部「試験の内容」には短文，中文，長文といったタイプごとに標準的な文字数が記載されており，それをもとに計算した。  
<https://www.jlpt.jp/reference/pdf/guidebook1e.pdf>
- 4) 文語的な表現「よき思い出」(N2-85) 1例を含む。

## 引用文献

- 1) 小林伊智郎，“CAD指導用教科書に見られる動詞の分析—基本動詞の意味の特殊性について—”，拓殖大学日本語教育研究，第2号，pp. 1-19, March, 2017
- 2) 小林伊智郎，“「基礎科学実験」教科書に見られる機能語の特徴”，拓殖大学日本語教育研究，第3号，pp.1-18, March, 2018
- 3) 小林伊智郎，“「基礎科学実験」教科書に見られる形容詞の特徴”，拓殖大学理工学研究報告，Vol. 17, pp. 19-21, March, 2020
- 4) 日本語能力試験ウェブサイト  
<https://www.jlpt.jp/statistics/archive.html>
- 5) 同 <https://www.jlpt.jp/samples/sampleindex.html>
- 6) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，“日本語能力試験出題基準（改訂版）”，凡人社，東京，pp. 14-33, 54-117, 2002
- 7) 国際交流基金・日本国際教育支援協会，“新しい「日本語能力試験」ガイドブック概要版”，p. 1, 東京，2009  
[https://www.jlpt.jp/reference/pdf/guidebook\\_s\\_j.pdf](https://www.jlpt.jp/reference/pdf/guidebook_s_j.pdf)



理工学総合研究所員及び研究課題一覧

RESEARCHERS & TITLES

(2020年度)



## 機械システム工学科

|   |   |
|---|---|
| <p>ロボット制御<br/>香川 美仁 教授 博士 (工学)</p>                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2脚ロボットの歩行軌道創出に関する研究</li> <li>• リハビリテーション支援ロボットの研究</li> <li>• ロボット・セラピーの研究</li> </ul>   |
| <p>接着・設計<br/>木原幸一郎 教授 博士 (工学)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 接着接合の構造物への応用</li> <li>• 衝撃負荷を受ける接着接合体に関する研究</li> <li>• CADシステムを用いた機械加工及び組み立て図面の作図方法</li> </ul>                                 |
| <p>機械力学<br/>鈴木 保之 教授 博士 (工学)</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 圧電素子やSMAを利用した機械構造物の振動抑制方法に関する研究</li> <li>• 弾性ロータの釣合せに関する研究</li> </ul>  |
| <p>流体工学<br/>藤本 一郎 教授 工学博士<br/>平野 孝典 准教授 博士 (工学)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ジェットエンジンのエアロダイナミクスに関する研究</li> <li>• ターボ機械の非定常空力特性と性能向上に関する研究</li> <li>• 電気自動車の高効率化に関する研究</li> <li>• 飛行物体の飛行制御に関する研究</li> </ul> |
| <p>熱物性<br/>松永 直樹 教授 工学博士</p>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ガスクロマトグラフ法 (テイラー法) による気体の拡散係数の測定</li> <li>• 蒸発管法 (ステファン法) による気体の拡散係数の測定</li> <li>• バイオディーゼル燃料の物性に関する研究</li> </ul>              |
| <p>計算力学<br/>吉田 勉 教授 工学博士</p>                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 最適設計に関する研究</li> <li>• 材料物性測定に関する研究</li> <li>• 構造物に作用する外力の固有振動数による測定</li> </ul>   |
| <p>機能設計<br/>森 きよみ 准教授 博士 (工学)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 耐熱性新素材の開発と高温物性の評価</li> <li>• エネルギー源となる植物を生産するための植物プラントシステムに関する研究</li> <li>• ソフトアクチュエータを応用したマイクロロボットの開発研究</li> </ul>            |
| <p>情報生体システム<br/>西川 佳男 助教 博士 (工学)</p>                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 生体信号を利用したインターフェースに関する研究</li> <li>• 体の動きを生体信号から間違えずに推定するシステムの構築</li> </ul>  |

## 電子システム工学科

|   |   |
|---|---|
| <p>機械学習・ニューラルネット<br/>小川 毅彦 教授 博士 (工学)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・高次元ニューラルネットの学習・推定とその応用に関する研究</li> <li>・筋電位による生体動作の認識・評価とその応用に関する研究</li> <li>・自律移動ロボットの軌道計画および制御とその応用に関する研究</li> </ul>   |
| <p>医工学<br/>長谷川 淳 教授 博士 (工学)</p>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・音響的方法による人工弁機能診断に関する研究</li> <li>・光学式センサによる振動現象の可視化に関する研究</li> <li>・振動型マイクロインジェクション法に関する研究</li> <li>・生体情報によるフライトシミュレータ訓練の評価に関する研究</li> </ul>  |
| <p>デジタル信号処理<br/>林 誠治 教授 博士 (工学)</p> <p>渡邊 修 准教授 博士 (工学)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タッチレスインタフェースによる情報提供に関する研究</li> <li>・広帯域音声拡張法における高域利得調整フィルタに関する研究</li> <li>・カメラおよび移動機構を実装した音声認識合成ソーシャルロボットの製作</li> <li>・生体認証デバイスを用いた出席管理と鍵開閉連動システムに関する研究</li> <li>・高効率画像符号化に関する研究</li> <li>・画像検索技術に関する研究</li> <li>・国際標準化 (JPEG, JPEG 2000 等) に関する研究</li> </ul> |
| <p>通信・ネットワーク<br/>前山 利幸 教授 博士 (工学)</p>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・アンテナ・電波伝搬に関する研究</li> <li>・ワイヤレス通信技術を応用した IoT に関する研究</li> <li>・次世代ワイヤレス通信技術に関する研究</li> <li>・電磁環境, 電磁解析に関する研究</li> </ul>  |
| <p>非線形回路・非線形システム<br/>三堀 邦彦 教授 博士 (工学)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・電子回路のカオスの解析とその応用に関する研究</li> <li>・強化学習アルゴリズムとその応用に関する研究</li> <li>・マルチエージェントシステムとその応用に関する研究</li> </ul>  |
| <p>超伝導エレクトロニクス・カオス応用<br/>吉森 茂 教授 工学博士</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・超伝導送電に関する研究</li> <li>・超伝導電力貯蔵に関する研究</li> <li>・テラヘルツ領域におけるジョセフソン・テトロードの応用に関する研究</li> <li>・超伝導マイクロストリップ線路に関する研究</li> </ul>  |
| <p>超音波工学<br/>渡辺 裕二 教授 工学博士</p>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・超音波発生用振動体に関する研究</li> <li>・超音波の応用に関する研究</li> <li>・圧電素子の応用に関する研究</li> </ul>   |
| <p>ミリ波工学<br/>常光 康弘 准教授 博士 (工学)</p>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ラジアルラインスロットアレーアンテナの研究</li> <li>・平面導波管スロットアレーアンテナの研究</li> <li>・ミリ波帯超広帯域FM-CW レーダーの研究</li> <li>・ウェアラブルアンテナによる筋電位観測の研究</li> </ul>  |
| <p>行動認識・ロボットシステム<br/>何 宜欣 助教 博士 (工学)</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>・センサーによる人間の日常生活及び生活リズムに関する研究</li> <li>・データマイニングによる情報推薦に関する研究</li> <li>・ロボット及びモバイル端末によるユーザーインターフェースの開発に関する研究</li> <li>・拡張現実(AR) 及び仮想現実(VR) による情報提供に関する研究</li> </ul>   |

## 情報工学科

|   |  |
|---|--|
| <p>プログラミング言語処理<br/>岩澤 京子 教授 博士 (工学)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• コンパイラの最適化技術の研究</li> <li>• プログラミング言語と環境の研究</li> <li>• 自動並列化コンパイラの開発</li> </ul>   |
| <p>教育情報工学<br/>佐々木 整 教授 博士 (工学)</p>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• スマートデバイスの教育利用に関する研究</li> <li>• 教育ビッグデータの分析・活用に関する研究</li> <li>• 不登校児童生徒の学校復帰支援に関する研究</li> </ul>                          |
| <p>計算機支援設計<br/>高橋 文博 教授 博士 (工学)</p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• コンピュータを用いた回路実装設計支援技術に関する研究</li> <li>• 電磁ノイズ発生メカニズムと低減技術の研究</li> <li>• 画像を用いたロボット制御</li> </ul>                           |
| <p>プログラム解析<br/>西田 誠幸 教授 博士 (工学)</p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• プログラム解析を利用したソフトウェアの脆弱性検出</li> <li>• セキュアプログラミング支援環境</li> <li>• 安全な Web アプリケーションの開発支援環境</li> </ul>                       |
| <p>計算機システム工学<br/>早川 栄一 教授 博士 (工学)</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 組み込みシステムを対象とした高信頼オペレーティングシステムとシステムソフトウェア環境</li> <li>• システムプログラミング教育支援環境</li> <li>• 次世代コミュニケーション支援システム</li> </ul>        |
| <p>知識処理<br/>水野 一徳 教授 博士 (工学)</p>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 知的推論のための組合せ探索アルゴリズムの開発と効率評価</li> <li>• 制約充足パラダイムによる知識処理と問題解決支援</li> <li>• マルチエージェントによる複雑現象シミュレーション</li> </ul>           |
| <p>高信頼性システム工学<br/>蓑原 隆 教授 工学博士</p>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ワンタイムアドレスを利用したIPv6 通信のプライバシー向上</li> <li>• 仮想ネットワークを利用したスケーラブルなハニーポットファームの実現</li> <li>• 競合学習型ニューラルネットワークの耐故障化</li> </ul> |
| <p>画像工学<br/>諸角 建 教授 工学博士</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 不可視情報の可視化</li> <li>• 映像の持つ潜在的情報の抽出と機械学習を利用した認識</li> <li>• 色情報と形状特徴を利用した物体抽出</li> </ul>                                  |
| <p>自然言語処理<br/>寺岡 文博 准教授 博士 (学術)</p>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 単語間概念関係を用いた比喩表現の検出と言い換え</li> <li>• 動詞に関する連想オントロジーの構築と自動拡張</li> <li>• 言葉の連想に基づいた語彙学習システムの開発と評価</li> </ul>                |
| <p>形式手法・システム検証<br/>島川 昌也 助教 博士 (工学)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ソフトウェア仕様の形式検証に関する研究</li> <li>• 形式仕様からのシステム合成に関する研究</li> <li>• セキュリティプロトコルの安全性検証に関する研究</li> </ul>                        |

## デザイン学科

|  |   |
|--|---|
| 用品設計<br>阿部 眞理 教授 博士 (工学)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 木材料の開発と製品への応用</li> <li>• 防災に関わる生活用品デザインの研究</li> </ul>  |
| 感性メディアデザイン<br>大島 直樹 教授<br>博士 (デザイン学)   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 感覚間相互作用 (クロスモダリティ) を活用した感性メディアデザインの研究</li> <li>• 創造活動を活性化させる記憶操作の研究</li> </ul>                           |
| 感性インタラクション<br>岡崎 章 教授<br>博士 (感性科学)     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• チャイルドライフ・デザインに関する研究</li> <li>• デザインにおける感性操作と感性評価に関する研究</li> </ul>  |
| コミュニティデザイン<br>工藤 芳彰 教授 博士 (工学)         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• コミュニティデザイン支援に関する研究</li> <li>• デザインの歴史文化に関する地域研究</li> </ul>   |
| 室内設計<br>白石 照美 教授 博士 (工学)               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 内装用材の特性研究とデザイン開発</li> <li>• 室内防災に寄与するインテリアアイテムの研究・開発</li> </ul>  |
| プロダクトデザイン<br>アルバレス・ハイメ 准教授<br>博士 (造形)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 防災製品デザインに関する研究</li> <li>• ものづくりによるソリューションデザインの探求</li> <li>• デザイン理論・方法論・実践の視点から「機能」の概要を再構築する研究</li> </ul> |
| 視覚デザイン<br>小出 昌二 准教授                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• プリントメディアを主としたコミュニケーションに関する研究</li> <li>• 印刷加工と平面構成に関する研究と制作</li> </ul>                                    |
| シビックデザイン<br>永見 豊 准教授 工学修士              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 橋梁デザインにおける機能性, 経済性, 優美性に関する研究</li> <li>• 錯視効果を利用した交通安全対策に関する研究</li> <li>• 地域活性化に関する研究</li> </ul>         |
| ヒューマンコンピュータインタラクション<br>崔 烘碩 助教 博士 (工学) | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 全地球動画を用いたインタラクティブメディア研究</li> <li>• VR インターフェイス研究</li> </ul>  |
| ユーザエクスペリエンスデザイン<br>森岡 大輔 助教 博士 (工学)    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 福祉用具の形状設計に関する研究</li> <li>• デジタル技術を応用した装具設計支援システムの開発に関する研究</li> </ul>                                     |

## 基礎教育系列・その他

|   |   |
|---|---|
| ユニタリ表現論<br>青木 茂 教授 理学博士                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>半単純対称空間上の調和解析</li> </ul>   |
| 文学<br>大森 裕二 教授 文学修士                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>アメリカ演劇</li> <li>比較文学</li> </ul>  |
| 解析学<br>織田 寛 教授 博士<br>(数理科学)                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>実簡約Lie群の表現論と次数Hecke環の表現論の関係</li> <li>Riemann対称空間上のベクトル束に対する調和解析</li> </ul>                               |
| 日本語<br>小林 伊智郎 教授<br>修士(日本語日本文学)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>日本語学</li> <li>日本語教育学</li> </ul>  |
| 理論物理学<br>鈴木 康夫 教授 理学博士                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>物理教育研究</li> <li>ソフトマター物理学</li> <li>ブラックホール</li> </ul>  |
| 素粒子理論<br>関野 恭弘 教授 博士(理学)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>超弦理論による宇宙論とブラックホールの研究</li> </ul>   |
| 体育 コーチング学<br>米重 修一 准教授 学士(経済学)              | <ul style="list-style-type: none"> <li>運動連鎖とランニングフォームの関係</li> <li>初動負荷走法</li> <li>ランニングエコノミー</li> </ul>   |
| 画像解析(外国語学部)<br>日比 哲也 准教授 工学修士               | <ul style="list-style-type: none"> <li>色彩情報を利用した交通標識の画像認識システムの開発</li> <li>視覚情報を認知する自動運転支援システムの開発</li> <li>GPSを利用した自動航法システムの開発</li> </ul>        |
| 農業総合入門(国際学部)<br>竹下 正哲 教授 博士(農学)             | <ul style="list-style-type: none"> <li>イスラエル農業</li> <li>ドリップ灌漑システム</li> <li>世界の農業</li> </ul>  |
| 作物学・農学<br>(拓殖大学北海道短期大学)<br>田中 英彦 教授 博士(農学)  | <ul style="list-style-type: none"> <li>水稲の省力生産技術に関する研究</li> <li>水田水温を用いた水稲の幼穂形成期予測モデルに関する研究</li> </ul>  |
| 栽培土壌学<br>(拓殖大学北海道短期大学)<br>岡田 佳菜子 准教授 博士(農学) | <ul style="list-style-type: none"> <li>水稲の養水分環境</li> <li>水稲移植栽培への窒素質肥料の利用</li> <li>深川市蛇紋岩質土壌における水稲初期生育不良</li> <li>北海道における水稲直播栽培と生育環境</li> </ul> |



理工学系専任教員研究活動一覽・他

ACADEMIC REPORTS & SOCIAL ACTIVITIES

(2019年4月～2020年12月)

**【研究業績および研究活動区分】**

原稿及び翻訳＝著書 学位論文＝学論 学術論文＝論文 学会等の受賞＝受賞

学会誌掲載の展望・論説等＝展望または論説 調査報告書＝調査 新聞・専門誌への寄稿等＝寄稿

技術等解説＝解説 招待講演＝招待 国際会議・海外・国内シンポジウム等での発表（審査付）＝討論

大会口頭発表・学会研究会＝口頭 学会等の運営＝運営 学会誌及び各種の審査＝審査

団体または企業よりの依頼製作＝依頼 コンペ・団体展公募＝公募 招待出品及び指名設計，依頼出品＝作品

団体・個人展覧会＝展示

## 機械システム工学科

| 著者・氏名 | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称   | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等                                |
|-------|------|---|--|----------|-------|--|
| 香川 美仁 | 学術論文 | Dynamic tracking control of an SMA wire actuator based on modelmatching   | Sensors and Actuators A 292  | 2019年4月  | 共著    | 129-136                                    |
| 香川 美仁 | 学術論文 | 遠隔操作が可能なロボットによるRAR環境構築に関する考察  | 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会誌 17(1)  | 2019年8月  | 共著    | 105-109                                    |
| 香川 美仁 | 学術論文 | 少人数スタッフで実施する集団実施RARの環境構築に関する考察  | 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会誌 18(1)  | 2020年8月  | 共著    | 90-94                                      |
| 香川 美仁 | 招待   | 軽度認知症高齢者を対象としたロボット介在活動  | 第8回NPO GCM交流フォーラム  | 2020年12月 | 単著    |  |
| 香川 美仁 | 口頭   | 音声コミュニケーションが可能なロボットのRARの考察— 集団実施環境における操作性から—  | 第20回SICE SI部門講演会論文集  | 2019年12月 | 共著    | 2658-2659                                  |
| 香川 美仁 | 口頭   | 感情誘起によるリハビリテーション支援ロボットの研究   | 第20回SICE SI部門講演会論文集  | 2019年12月 | 共著    | 2660-2661                                  |
| 香川 美仁 | 口頭   | 少人数スタッフで実施する集団実施RARの環境構築に関する考察  | 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会第19回学術集会   | 2019年12月 | 共著    | 22   |
| 香川 美仁 | 口頭   | 表情認識による孤独感軽減ロボットの動作選択   | 第15回日本感性工学会春季大会  | 2020年3月  | 共著    | 1P-06                                      |
| 香川 美仁 | 運営   | 主査  | (公)計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 ロボット・セラピー部会  | 2018年1月~ |       |  |
| 香川 美仁 | 運営   | 幹事  | (公)計測自動制御学会 システムインテグレーション部門 ロボット・セラピー部会  | 2020年1月  |       |  |
| 鈴木 保之 | 学術論文 | Dynamic tracking control of an SMA wire actuator based on model matching  | Sensors and Actuators A: Physical  | 2019年4月  | 共著    | DOI information: 10.1016/j.sna.2019.04.011 |
| 松永 直樹 | 学術論文 | HFC134aおよびHFO1234yfの蒸気の空気, 窒素および酸素に対する拡散係数  | 熱物性 第34巻   | 2020年2月  |       | 10-14                                      |
| 吉田 勉  | その他  | Measurement of Time-Varying Stress by Natural Frequency of Impact Sound   | 6th Annual Conference on Engineering, Athens Journal of Technology & Engineering             | 2019年6月  | 単著    |  |
| 吉田 勉  | その他  | Stress Measurement by Spectrum Analyses for Round Bar Subjected to Time-Varying Load  | International Summit on OPTICS,PHOTONICS AND LASER TECHNOLOGIES                              | 2019年6月  | 共著    |  |
| 平野 孝典 | 学術論文 | アーチェリーの矢羽根形状がシャフトの回転および振動特性に及ぼす影響に関する実験的研究  | 拓殖大学理工学研究報告 Vol.17   | 2020年3月  | 単著    | 11-15                                      |
| 平野 孝典 | 口頭   | アーチェリーのヴェイン(矢羽根)形状とシャフトの回転・振動との関係に関する一考察  | 日本機械学会 [No.19-306] シンポジウム:スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス 2019,   | 2019年10月 | 単著    | B-8  |
| 平野 孝典 | 運営   | 委員  | (公)日本ガスタービン学会 学術講演会委員会   | 2010年4月~ |       |  |
| 平野 孝典 | 審査   | 論文査読<br>1. Linear and Non-linear Unsteady Comparison of Aerodynamic Forces of Vibrating Blade Cascades<br>2. Condensation of Moist-air Flow in Transonic Compressor Fan Rotor | IGTC2019   | 2019年7月  |       |  |
| 茂木 学  | 学術論文 | AI×IoTによる次世代展示見学支援システムの大規模企業展示会における適用   | 情報処理学会 デジタルプラクティス  | 2019年7月  | 共著    |  |
| 茂木 学  | 学術論文 | HOW TO CREATE PERSONAL SERVICES OF DIGITAL SIGNAGE WITHOUT BURDENING USERS  | The 6th IEEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2019) | 2019年8月  | 共著    |  |

| 著者・氏名 | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称                                      | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称   | 発行・発表年月             | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|------|---|--|---------------------|-------|-------------|
| 茂 木 学 | 学術論文 | IS WEB-BASED SIGNAGE EFFEC-TIVE?                      | The 6th IIEEJ International Conference on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2019) | 2019年8月             | 共著    |             |
| 茂 木 学 | 受賞   | 画像電子技術賞   | 画像電子学会   | 2019年6月             |       |             |
| 茂 木 学 | 解説   | 展示会見学体験向上を目的とするユニバーサルオブジェクト認識技術を用いたMICEアプリの提供         | 画像電子学会誌 Vol.48, No.3   | 2019年7月             | 共著    | 388-394     |
| 茂 木 学 | 運営   | 会計幹事  | 電子情報通信学会 ヒューマンコミュニケーショングループ(HCG)   | 2018年5月～            |       |             |
| 茂 木 学 | 運営   | 研究専門委員  | 電子情報通信学会 ライフインテリジェンスとオフィス情報システム研究会   | 2019年6月             |       |             |
| 茂 木 学 | 審査   | 論文査読  | 情報処理学会 グループウェアとネットワークサービス研究会論文誌特集号   | 2020年4月             |       |             |
| 茂 木 学 | その他  | サイネージ提示システム   | 特許登録 特許 6591470  | 2019年9月             | 共著    |             |
| 茂 木 学 | その他  | 対象者端末, 対象者情報送信方法, プログラム, 及び救助計画提示システム                 | 特許登録 特許 6675807  | 2020年3月             | 共著    |             |
| 茂 木 学 | その他  | 文書作成支援装置, 文書作成支援システム, 及びプログラム                         | 特許公開 特開 2020-038531  | 2020年3月             | 共著    |             |
| 茂 木 学 | その他  | サイネージ提示システム   | 特許登録 特許 6776406  | 2020年10月            | 共著    |             |
| 森 きよみ | 学術論文 | 接着による金属接合部の強度設計のための試験方法 —ねじ締結・リベット締結・溶接接合と接着接合の違いは何か— | ねじ研究協会誌, Vol.50, No.2  | 2019年11月            | 単著    | 1-6         |
| 森 きよみ | 学術論文 | 構造用金属ラップ接着継手の強度設計のための接着強度試験法                          | 日本接着学会誌 Vol.56, No.6   | 2020年6月             | 単著    | 225-239     |
| 森 きよみ | 招待   | 構造用接着継手の強度設計法に関する研究                                   | 日本接着学会 学会賞受賞特別講演   | 2019年6月             |       |             |
| 森 きよみ | 口頭   | 遮熱コーティングの損傷がコーティング材の固有振動数と減衰比に及ぼす影響                   | 日本実験力学会 2019年度年次講演会 講演論文集 No.19  | 2019年9月             | 共著    |             |
| 森 きよみ | 口頭   | 接着評価 「構造用接着継手の強度設計の手法」                                | 日本接着学会 接着入門講座(第23回) 講師   | 2020年9月             |       |             |
| 森 きよみ | 口頭   | 耐熱性無機接着剤を用いた接着継手の強度に及ぼす諸因子                            | 日本接着学会 構造接着・精密接着研究会 2020年度第2回研究講演会 講師  | 2020年10月            |       |             |
| 森 きよみ | 運営   | タービンの遮熱コーティングの予防保全を実現する健全性試験方法に関する国際標準化 産学官連携委員会 委員   | 経済産業省委託 令和2年度省エネルギー等に関する国際標準の獲得・普及促進事業   | 2020年4月             |       |             |
| 森 きよみ | 運営   | 関東支部副支部長  | 日本接着学会   | 2016年9月～<br>2019年6月 |       |             |
| 森 きよみ | 運営   | 理事  | 日本接着学会   | 2018年6月～            |       |             |
| 森 きよみ | 運営   | 主査  | 日本実験力学会 多分野交流分科会   | 2019年6月             |       |             |
| 森 きよみ | 運営   | 運営委員  | 日本接着学会 2021年度 年次講演会  | 2020年7月             |       |             |
| 森 きよみ | 受賞   | 学会賞   | 日本接着学会   | 2019年6月             |       |             |
| 西川 佳男 | 学術論文 | 前腕の表面筋電位から動作を誤推定しないための識別システムの構築(義手などの機器操作のためのシステム研究)  | 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会誌 Vol.18, No.1   | 2020年9月             | 共著    | 82-89       |
| 西川 佳男 | 受賞   | 優秀講演賞   | SI2019   | 2019年12月            |       |             |
| 西川 佳男 | 口頭   | 前腕の表面筋電位から動作を誤推定しないための識別システムの構築                       | 日本ヒューマンケア・ネットワーク学会   | 2019年12月            | 共著    | 21          |
| 西川 佳男 | 口頭   | 感情誘起によるリハビリテーション支援ロボットの研究                             | 計測自動制御学会   | 2019年12月            | 共著    | 2660-2661   |

| 著者・氏名 | 区分  | 著書, 学術論文, 作品等の名称      | 掲載誌, 発行所, 学会,<br>講演会, 展覧会等の名称  | 発行・<br>発表年月 | 単著<br>・共著 | 刊号頁,<br>分担・担当等 |
|-------|-----|-----------------------|--|-------------|-----------|----------------|
| 西川 佳男 | 審査  | 投稿論文の査読               | Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics | 2019年       |           |                |
| 西川 佳男 | その他 | 表情認識による孤独感軽減ロボットの動作選択 | 第15回日本感性工学会春季大会  | 2020年3月     | 共著        | 1P-06          |

## 電子システム工学科

| 著者・氏名 | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称   | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等   |
|-------|------|---|--|----------|-------|---|
| 小川 毅彦 | 学術論文 | 自己組織化マップを用いた透明アクリル樹脂板の表面性状パラメータ評価方法   | 色材協会誌  | 2020年1月  | 共著    | 93巻1号, pp. 14-22.   |
| 小川 毅彦 | 学術論文 | Facial Expression Recognition for Hugging Type Vital Sign Measuring System                          | Proc. of The 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI) in Las Vegas (remote presentation) | 2020年12月 | 共著    | Paper ID: CSCI2047  |
| 小川 毅彦 | 口頭   | 気液界面培養下の気道上皮細胞への排ガス曝露影響評価法の検討—線毛運動活性化領域の評価法の検討—   | 第60回大気環境学会年会   | 2019年9月  | 共著    | 1G1045  |
| 小川 毅彦 | 口頭   | 表情認識による孤独感軽減ロボットの動作選択   | 第15回日本感性工学会春季大会  | 2020年3月  | 共著    | 1P-06   |
| 小川 毅彦 | 口頭   | 抱きつき型医療支援システムのための呼吸計測法について  | 第15回日本感性工学会春季大会  | 2020年3月  | 共著    | 2P-04   |
| 小川 毅彦 | 口頭   | 医療支援のための抱きつき型システムへの表情認識の導入  | 2020年電子情報通信学会総合大会  | 2020年3月  | 共著    | H-2-20  |
| 長谷川 淳 | 学術論文 | Improvement of Vibration Characteristics of Vibrator for Microinjection                             | Proc. of Symp. on Ultrasonic Electronics, vol. 40  | 2019年11月 | 共著    | 2P5-4   |
| 長谷川 淳 | 学術論文 | Facial Expression Recognition for Hugging Type Vital Sign Measuring System                          | Proc. of The 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI) in Las Vegas (remote presentation) | 2020年12月 | 共著    | Paper ID: CSCI2047  |
| 林 誠治  | 口頭   | 顔の状態認識を用いたリハビリゲーミフィケーションの検討   | 電子情報通信学会2019年ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | A-15-10   |
| 林 誠治  | 口頭   | 全波整流を用いた広帯域拡張法における高域利得調整の検討   | 電子情報通信学会2019年ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | A-8-9   |
| 林 誠治  | 口頭   | 表情認識による孤独感軽減ロボットの動作選択   | 第15回日本感性工学会春季大会  | 2020年3月  | 共著    | 1P-06   |
| 林 誠治  | 口頭   | 歩行リハビリ応援ロボットの動作検討   | 日本デザイン学会 第67回春季研究発表大会  | 2020年6月  | 共著    | H-08  |
| 林 誠治  | 口頭   | ジェスチャーを用いたスカラーロボットの制御に関する研究   | 第12回大学コンソーシアム八王子学生発表会  | 2020年12月 | 共著    | Q214  |
| 前山 利幸 | 学術論文 | Electromagnetic Wave Pattern Detection using Cepstral Features in the Manufacturing Field           | IEICE Communication Express  | 2020年10月 | 共著    | Vol.1, 1-6  |
| 前山 利幸 | 招待   | 依頼講演 電磁解析・シミュレーション技術とEMC  | KEC 関西電子工業振興センター   | 2020年11月 | 単著    |   |
| 前山 利幸 | 討論   | Increasing Spectrum Sharing Opportunities by Radio Link Design in an Urban Environment              | 2019 IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing  | 2019年8月  | 共著    | W11: 5G Networks, 4 pages   |
| 前山 利幸 | 討論   | Urban Field Evaluation of Dynamic Spectrum Sharing by Estimating Communication System for beyond 5G | 2019 IEEE The 22nd International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications (WPMC 2019)  | 2019年11月 | 共著    | Spectrum Management, Cognitive Radio and Game Theory for 5G Communications, 5 pages |
| 前山 利幸 | 口頭   | 屋内大規模空間における電磁解析手法の検討  | 電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究会  | 2019年8月  | 共著    | pp. 23-28   |
| 前山 利幸 | 口頭   | 屋内IoT機器向け指向性, 偏波及び空間ダイバーシティを有した920MHz帯アンテナ設計と実験的評価  | 電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究会  | 2019年8月  | 共著    | pp. 91-96   |
| 前山 利幸 | 口頭   | 大規模屋内空間におけるFDTD法とレイトレス法の比較  | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-1-11  |

| 著者・氏名 | 区分 | 著書, 学術論文, 作品等の名称   | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称                                       | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等  |
|-------|----|--|--|----------|-------|--|
| 前山利幸  | 口頭 | 金属製天井オフィスを想定した簡易モデルにおける 920MHz帯のFDTD法とライトレース法による電波伝搬解析   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-1-12   |
| 前山利幸  | 口頭 | 5G用 28GHz帯アンテナにおける群遅延の検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-1-53   |
| 前山利幸  | 口頭 | IoTを用いた養蜂用巣箱の一検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-15-35  |
| 前山利幸  | 口頭 | 周波数共用のための周波数利用調査   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-17-3   |
| 前山利幸  | 口頭 | 角度毎に補正を行う電力推定方式の一検討  | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-17-4   |
| 前山利幸  | 口頭 | 周波数共用のための機械学習を用いた電波利用状況予測に関する検討  | 電子情報通信学会 無線通信システム研究会   | 2019年11月 | 共著    | vol. 119, no. 296, RCS2019-216, pp. 79-84                  |
| 前山利幸  | 口頭 | マイクロストリップラインと同軸ケーブルとの接合部の電磁界解析   | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | C-6-4  |
| 前山利幸  | 口頭 | 大規模屋内空間における伝搬特性  | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-1-11   |
| 前山利幸  | 口頭 | T字路における伝搬解析の一検討  | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-1-12   |
| 前山利幸  | 口頭 | 屋内建材近傍設置条件における空間相関特性の検討  | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-1-18   |
| 前山利幸  | 口頭 | 群遅延特性を改善した 28GHz帯アンテナ  | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-1-92   |
| 前山利幸  | 口頭 | ミリ波帯における人体ファントムの一検討  | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-1-112  |
| 前山利幸  | 口頭 | Point to Pointシステムを対象とした自律的周波数共用システムの一検討   | 電子情報通信学会 総合大会  | 2020年3月  | 共著    | B-17-34  |
| 前山利幸  | 口頭 | 細線同軸コネクタの電磁界解析   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | C-6-6  |
| 前山利幸  | 口頭 | コンクリート製天井近傍における伝搬特性の検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | B-1-8  |
| 前山利幸  | 口頭 | 自律的周波数共用のためのセンシングに関する一検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | B-17-16  |
| 前山利幸  | 口頭 | コンクリート製天井近傍における伝搬特性の検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | B-1-8  |
| 前山利幸  | 口頭 | 自律的周波数共用のためのセンシングに関する一検討   | 電子情報通信学会 ソサエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | B-17-16  |
| 前山利幸  | 口頭 | FDTD法を用いた屋内伝搬解析の一検討  | 電子情報通信学会 アンテナ・伝播研究会  | 2020年11月 | 共著    | 信学技報, vol. 120, no. 248, AP2020-93, pp. 107-111, 2020年11月. |
| 前山利幸  | 運営 | 座長   | 大学コンソーシアム八王子 産学連携部会  | 2019年4月  |       |  |
| 前山利幸  | 運営 | 座長   | 大学コンソーシアム八王子 産学連携部会  | 2019年4月  |       |  |
| 前山利幸  | 運営 | 委員   | 総務省基地局等評価方法作業部会  | 2019年4月  |       |  |
| 前山利幸  | 運営 | メンター   | 国際電気通信技術研究所 電波COEプログラム   | 2019年4月  |       |  |
| 前山利幸  | 運営 | 委員   | 情報通信研究機構 電波ばく露レベルモニタリングに関する技術情報委員会                               | 2019年4月  |       |  |
| 三堀邦彦  | 討論 | Stability analysis of generalized synchronization of chaos with analytic criterion in coupled Shinriki's circuits based on auxiliary system approach | International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications | 2019年12月 | 単著    | 161-164  |

| 著者・氏名   | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等   |
|---------|------|---|---|----------|-------|---|
| 三 堀 邦 彦 | 討論   | Modification of Near-miss Courses by Reinforcement Learning to Search Ships' Courses  | International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications  | 2019年12月 | 共著    | 633-636   |
| 吉 森 茂   | 運営   | 委員  | 電子情報通信学会 超伝導エレクトロニクス研究会   | 2000年5月～ |       |   |
| 常 光 康 弘 | 討論   | Analysis of Effective Coverage Area in 60GHz-Band Millimeter Wave Wireless LAN for High Speed Railway Passenger Car and Indoor Room | 2019 International Symposium on Antennas and Propagation (ISAP2019)   | 2019年10月 | 共著    | P.32  |
| 常 光 康 弘 | 討論   | The Slotted Waveguide Array Antenna with Reflection Canceling Stairs in Millimeter Waveband   | EuCAP 2020, 14th European Conference on Antennas and Propagation, European Association on Antennas and Propagation (EurAAP) | 2020年3月  | 共著    | Poster2-A10: Slotted-waveguide and Leaky-wave Antennas, P2.052, CopenHagen, Denmark               |
| 常 光 康 弘 | 討論   | THE WAVEGUIDE SLOT ARRAY ANTENNA IN MILLIMETER WAVE-BAND USING THE REFLECTION CANCELING STAIRS FOR THE SIDELobe SUPPRESSION         | 2020 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and North American Radio Science Meeting                      | 2020年7月  | 共著    | WE-A1.6A: Slotted Antennas and Applications, Oral Session, Montreal, Quebec, Canada               |
| 常 光 康 弘 | 口頭   | ミリ波帯実装基板向けに適した一層構造導波管平面スロットアレーアンテナ  | 第33回 エレクトロニクス実装学会春季講演大会   | 2019年4月  | 共著    | 12C1-04   |
| 常 光 康 弘 | 口頭   | ミリ波60GHz帯無線装置による屋内1Gbps通信可能範囲の実験  | 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-1-29  |
| 常 光 康 弘 | 口頭   | 階段状差構造ラジアルラインスロットアレーアンテナの特性   | 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会   | 2019年9月  | 共著    | B-1-49  |
| 常 光 康 弘 | 口頭   | オクターブバンド自己補対アンテナの解析   | 2020年電子情報通信学会総合大会   | 2020年3月  | 共著    | B-1-29  |
| 常 光 康 弘 | 口頭   | 切り抜き同軸給電によるオクターブバンド自己補対アンテナの解析  | 電子情報通信学会 2020年 ソサイエティ大会   | 2020年9月  | 共著    | B-1-44  |
| 常 光 康 弘 | 審査   | 査読者   | ISAP 2020 電子情報通信学会  | 2020年10月 |       |   |
| 渡 邊 修   | 学術論文 | Exact global motion compensation for holographic video compression  | Appl. Opt.  | 2019年10月 | 共著    | 58(34), G204-G217   |
| 渡 邊 修   | 学術論文 | Two-layer Near-lossless HDR Coding using Zero-Skip Quantization with Backward Compatibility to JPEG                                 | IEICE Trans. Fundamentals   | 2019年12月 | 共著    | vol.E102-A, no.12   |
| 渡 邊 修   | 学術論文 | Parameterization of the quality factor for the high throughput JPEG 2000  | Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications V   | 2020年4月  | 共著    | Volume 11353, pp. 177-186.  |
| 渡 邊 修   | 受賞   | 国際規格開発賞   | 情報規格調査会   | 2019年12月 |       |   |
| 渡 邊 修   | 受賞   | 標準化貢献賞  | 情報規格調査会   | 2020年5月  |       |   |
| 渡 邊 修   | 解説   | CDAM text for AMD1 to I5444-5:2015 (HTJ2K Reference Software)   | ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1  | 2019年7月  | 共著    | N84010  |
| 渡 邊 修   | 討論   | JPEG Pleno light field coding technologies  | 2019 SPIE Optical Engineering + Applications  | 2019年8月  | 共著    | 11137-52, <a href="http://dx.doi.org/10.1117/12.2532049">http://dx.doi.org/10.1117/12.2532049</a> |
| 渡 邊 修   | 討論   | A MATLAB Implementation of the Emerging HTJ2K Standard  | IEEE GCCE 2019  | 2019年10月 | 共著    | Accepted  |

| 著者・氏名   | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称   | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等   |
|---------|------|---|--|----------|-------|---|
| 渡 邊 修   | 討論   | Segmentation of Text-Lines and Words from JPEG Compressed Printed Text Documents Using DCT Coefficients | IEEE DCC 2020  | 2020年3月  | 共著    | IEEE SigPort, 2020. [Online]. Available: <a href="http://sigport.org/5001">http://sigport.org/5001</a> . Accessed: May. 08, 2020. |
| 渡 邊 修   | 口頭   | JPEG標準化最新動向—JPEG AI, Fake media, DNA storage—   | 2020年度 画像電子学会年次大会  | 2020年12月 | 単著    |   |
| 渡 邊 修   | 口頭   | HTJ2Kの採用動向と潜在的アプリケーション  | 2020年度 画像電子学会年次大会  | 2020年12月 | 単著    |   |
| 渡 邊 修   | 運営   | 幹事  | 電子情報通信学会 信号処理研究会   | 2017年6月～ |       |   |
| 渡 邊 修   | 運営   | 専門委員  | 電子情報通信学会 信号処理研究会   | 2019年6月  |       |   |
| 渡 邊 修   | 運営   | 主査  | 情報規格調査会 JPEG小委員会   | 2020年7月  |       |   |
| 渡 邊 修   | 運営   | Committee Member  | IEEE IEEE Consumer Technology Society, Audio/Video Systems and Signal Processing (AVS) Technical Stream                                      | 2020年8月  |       |   |
| 渡 邊 修   | 運営   | 主査  | ISO/IEC SC29/WG1 (JPEG) 国内小委員会   | 2020年10月 |       |   |
| 渡 辺 裕 二 | 学術論文 | A design method of applied waveform for high-power ultrasonic monopole pulses                           | Jpn.J. Appl.Phys. 58   | 2019年7月  | 共著    | SGGD15-1～8  |
| 渡 辺 裕 二 | 運営   | 委員  | 日本塑性加工学会 超音波応用加工分科会  | 2004年～   |       |   |
| 何 宜 欣   | 学術論文 | Facial Expression Recognition for Hugging Type Vital Sign Measuring System                              | Proc. of The 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI) in Las Vegas (remote presentation) | 2020年12月 | 共著    | Paper ID: CSCI2047  |
| 何 宜 欣   | 討論   | An Approach of User Modeling for Assisting Provided Service to Older Adults.                            | 45nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON2019)  | 2019年10月 | 共著    | pp.6697-6701  |
| 何 宜 欣   | 討論   | Life-Log Estimation System Towards Healthcare Promotion Using Wearable Sensor                           | The 6th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (IWACIII 2019)                             | 2019年11月 | 共著    | SUN3-B4   |
| 何 宜 欣   | 討論   | Developing Intuitive Control Function to Improve Reading Experiment.                                    | 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'20)                                       | 2020年2月  | 共著    | pp.493-496  |
| 何 宜 欣   | 討論   | Extending Reading Content to Deepen Understanding by Hand Motion Control.                               | 2020 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'20)                                       | 2020年2月  | 共著    | pp.497-500  |
| 何 宜 欣   | 討論   | Reproduce Reading Experience through Smartphone with Augmented Reality Technology                       | 13th International Conference on Human System Interaction (HSI 2020)   | 2020年6月  | 共著    | pp.261-265  |
| 何 宜 欣   | 討論   | Application for Extending and Deepen Reading Contents of Books using Hand Gesture                       | The International Workshop on Intelligent systems (IWIS 2020)  | 2020年12月 | 共著    | pp.114-118  |
| 何 宜 欣   | 口頭   | A Study for Designing Elderly People Assistive Robot  | 第32回 回路とシステムワークショップ  | 2019年8月  | 単著    | 講演番号 B4-3   |
| 何 宜 欣   | 口頭   | A Study on Relationship Between Daytime Activity and Sleep Depth.                                       | 2019年電気学会産業応用部門大会  | 2019年8月  | 単著    | 講演番号 5-S12-5  |

| 著者・氏名 | 区分 | 著書, 学術論文, 作品等の名称      | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|----|-----------------------|---|----------|-------|-------------|
| 何 宜 欣 | 運営 | 研究員                   | 東京都立大学(元:首都大学東京) コミュニティ・セントリック・システム研究センター   | 2015年4月～ |       |             |
| 何 宜 欣 | 運営 | Associate Editor      | 2019 IEEE/SICE International Symposium on System Integration                                  | 2019年    |       |             |
| 何 宜 欣 | 運営 | Special Session Chair | The 24th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence | 2019年    |       |             |
| 何 宜 欣 | 運営 | Publicity Chair       | 13th International Conference on Human System Interaction HSI 2020                            | 2020年    |       |             |
| 何 宜 欣 | 運営 | Special Session Chair | The 25th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence | 2020年    |       |             |

## 情報工学科

| 著者・氏名 | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称   | 発行・発表年月   | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等                    |
|-------|------|---|--|-----------|-------|--------------------------------|
| 岩澤 京子 | 討論   | AN ASSIST TOOL FOR PARALLEL PROGRAMMING   | 16th INTERNATIONAL CONFERENCE on APPLIED COMPUTING 2019                                    | 2019年11月  | 単著    | pp.280-285                     |
| 佐々木 整 | 著書   | ゼロからわかるJava超入門 改訂3版   | 技術評論社  | 2019年8月   | 単著    |                                |
| 佐々木 整 | 著書   | IT Text 一般情報教育  | オーム社   | 2019年9月   | 単著    |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | 委員  | 技能五輪国際大会職種別分科会   | 2018年9月～  |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Reviewer  | NETs 2019  | 2018年12月～ |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Committee member  | ICSET 2019 Technical   | 2019年4月   |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Committee   | IEEE TALE 2019 the technical program committee   | 2019年7月   |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Conference Chair  | 2020 The 4th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology           | 2020年3月   |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Technical Committee   | 2020 The 4th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology           | 2020年3月   |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | Conference Chair  | 2021 The 5th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology           | 2020年12月  |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | 一般情報教育委員会委員   | 情報処理学会   | 2009年～    |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | 研究会委員会委員  | 教育システム情報学会   | 2003年～    |       |                                |
| 佐々木 整 | 運営   | 主査  | 第46回技能五輪国際大会「業務用ITソフトウェア・ソリューションズ」職種日本代表選手選考会 競技委員会  | 2020年8月   |       |                                |
| 高橋 丈博 | 学術論文 | ドリップ灌漑およびドリップ・ファーターティゲイションを用いたスイートコーン栽培における増収効果および多本取り                            | 農作業研究, Vol.54, No.3  | 2019年5月   | 共著    | 151～161                        |
| 高橋 丈博 | 学術論文 | ドリップ・ファーターティゲイションによる窒素肥料の違いがスイートコーンの収量に及ぼす影響                                      | 農作業研究, Vol.55, No.4  | 2020年12月  | 共著    | 221～230                        |
| 高橋 丈博 | 運営   | 実行委員長   | エレクトロニクス実装学会 春季講演大会  | 2018年5月～  |       |                                |
| 西田 誠幸 | 口頭   | タートルグラフィックスにおけるプログラム理解支援手法の提案   | 情報処理学会, コンピュータと教育研究会   | 2020年3月   | 共著    | 2020-C E-154(1), pp.1-7        |
| 早川 栄一 | 討論   | Archery Form Guidance System Using Acceleration Sensors and Foot Pressure Sensors | HCI International 2020 - Posters   | 2020年8月   | 共著    | DOI 978-3-030-50729-9_28,@2020 |
| 早川 栄一 | 討論   | Flow-Based ROS2 Programming Environment for Control Drone                         | HCI International 2020 - Posters   | 2020年8月   | 共著    | DOI 978-3-030-50732-9_58,@2020 |
| 早川 栄一 | 口頭   | アーチェリーにおける射形を一定に保つ補助機能の開発   | 情報処理学会ユビキタスコンピューティングシステム (UBI)   | 2020年2月   | 共著    | pp.1-2                         |
| 水野 一徳 | 著書   | IT Text 一般情報教育  | オーム社   | 2020年9月   | 共著    | 10章                            |
| 水野 一徳 | 受賞   | Excellent Paper Award   | The 2019 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2019) | 2019年11月  |       |                                |

| 著者・氏名 | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称   | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|------|--|---|----------|-------|-------------|
| 水野一徳  | 討論   | Refining a Pheromone Trail Graph by Negative Feedback for Constraint Satisfaction Problems                           | The 2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2019)  | 2019年11月 | 共著    |             |
| 水野一徳  | 討論   | Application of Escher-like Tiling Design to Confectionery Shape Design   | The 2019 International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2019)  | 2019年11月 | 共著    |             |
| 水野一徳  | 討論   | Dynamic Adjustment of Control Parameters in ACO for Constraint Satisfaction Problems                                 | The 3rd International Conference on Intelligent Autonomous Systems (ICoIAS2020)                           | 2020年2月  | 共著    | pp.128-132  |
| 水野一徳  | 口頭   | フェロモン更新に負のフィードバックを取り入れたACOによる制約充足問題の解法   | 人工知能学会第33回全国大会  | 2019年6月  | 共著    | 3J4J-1-01   |
| 水野一徳  | 口頭   | 制約充足問題に対するACOの動的パラメータ調整の有効性の検討   | 第110回人工知能基本問題研究会 (SIG-FPAI-B901), 人工知能学会  | 2019年9月  | 共著    | pp.31-36    |
| 水野一徳  | 口頭   | 様々なテーマパークに対応可能な人流シミュレーション環境の構築   | 情報処理学会第82回全国大会  | 2020年3月  | 共著    | 2R-4        |
| 水野一徳  | 口頭   | 粒子群最適化によるACOの動的パラメータ調整の検討  | 情報処理学会第82回全国大会  | 2020年3月  | 共著    | 4S-5        |
| 水野一徳  | 口頭   | 群知能による制約充足アルゴリズムにおける動的パラメータ調整  | 人工知能学会第34回全国大会  | 2020年6月  | 共著    |             |
| 水野一徳  | 口頭   | 異なるフェロモン蓄積を用いた適応的ACOによる制約充足問題の解法   | 進化計算シンポジウム2020  | 2020年12月 | 共著    | pp.192-197  |
| 水野一徳  | 口頭   | 群知能による動的パラメータ調整を用いた蟻コロニー最適化による制約充足問題の解法  | 進化計算シンポジウム2020  | 2020年12月 | 共著    | pp.270-275  |
| 水野一徳  | 運営   | Program Committee Member   | The 2019 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI2019)                | 2019年6月  |       |             |
| 水野一徳  | 運営   | Program Committee Member   | The 25th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2020) | 2020年6月  |       |             |
| 水野一徳  | 運営   | 競技委員   | 第14回若年者ものづくり競技大会 (中央職業能力協会)   | 2019年4月  |       |             |
| 水野一徳  | 運営   | 競技委員   | 第15回若年者ものづくり競技大会 (第46回技能五輪国際大会「業務用ITソフトウェア・ソリューション」職種日本代表選考会) (中央職業能力開発協会)                                | 2020年4月  |       |             |
| 蓑原隆   | 学術論文 | ドリップ灌漑およびドリップ・ファージェーションを用いたスイートコーン栽培における増収効果および多本取り  | 農作業研究, 54巻, 3号  | 2019年9月  | 共著    | 151-161     |
| 蓑原隆   | 学術論文 | Effects of Different Levels of Nitrogen Fertilizer Application Through Drip Fertigation on Sweet Corn Yield in Japan | 農作業研究, 55巻, 4号  | 2020年12月 | 共著    | 221-229     |
| 蓑原隆   | 運営   | ディペンダブルコンピューティング研究専門委員会委員  | 電子情報通信学会  | 2012年5月～ |       |             |
| 諸角建   | 口頭   | 任意視点からの指文字の認識  | 電子情報通信学会  | 2020年3月  | 単著    |             |
| 寺岡丈博  | 学術論文 | Possibility of Using High-Quality Bow Interface in VAIR Field  | Design, User Experience, and Usability. Design for Contemporary Interactive Environments, Springer        | 2020年7月  | 共著    | 605-619     |

| 著者・氏名 | 区分      | 著書, 学術論文, 作品等の名称   | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等   |
|-------|---------|--|---|----------|-------|---------------|
| 寺岡丈博  | 受賞      | Best Paper Award   | 2019 International Conference for ADADA + CUMULUS   | 2019年11月 |       |               |
| 寺岡丈博  | 受賞      | Best Paper Award   | The 25th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2020)   | 2020年12月 |       |               |
| 寺岡丈博  | 展望または論説 | 比喩理解に関する自然言語処理研究の紹介  | 認知科学, Vol. 27, No.2   | 2020年6月  | 単著    | 227-232       |
| 寺岡丈博  | 寄稿      | 石崎俊 フェロー   | 認知科学, Vol. 26, No.3   | 2019年9月  | 共著    | 299-304       |
| 寺岡丈博  | 討論      | Construction of Associative Vocabulary Learning System for Japanese Learners                     | Proceedings of the 34th Pacific Asia Conference on Language, Information and Computation (PACLIC 34)  | 2020年10月 | 共著    | #87 (7pages)  |
| 寺岡丈博  | 討論      | Deep Case Estimation and Japanese Anaphora Resolution with a Verb-Associative Concept Dictionary | The 25th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2020)   | 2020年12月 | 共著    | 6 pages       |
| 寺岡丈博  | 討論      | Disambiguation of Japanese Idiomatic Expressions Using Bias in Occurrence of Verbs               | The 25th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2020)   | 2020年12月 | 共著    | 5 pages       |
| 寺岡丈博  | 討論      | Application of Archery to VR Interface   | HCI International 2019 - Posters (21st International Conference HCI 2019, Proceedings, Part II), Springer   | 2019年7月  | 共著    | 90-95         |
| 寺岡丈博  | 討論      | An Investigation of Prosodic Features Related to Next Speaker Selection in Spontaneous Japanese  | Proceedings of the 22nd Conference of the Oriental COCODA (International Committee for the Co-ordination and Standardisation of Speech Databases and Assessment Techniques) | 2019年10月 | 共著    | #36 (5 pages) |
| 寺岡丈博  | 討論      | Physical e-Sports in VAIR Field system   | SIGGRAPH Asia 2019 XR (SA'19)   | 2019年11月 | 共著    | 31-33         |
| 寺岡丈博  | 討論      | CUBISTA: Applying Medical Information to Art   | Proceedings of 17th International Conference of Asia Digital Art and Design (ADADA)   | 2019年11月 | 共著    | 138-142       |
| 寺岡丈博  | 口頭      | 対話破綻の特徴に応じた回避手法の提案   | 情報処理学会第82回全国大会講演論文集(2)  | 2020年3月  | 共著    | 421-422       |
| 寺岡丈博  | 口頭      | 動詞出現頻度の偏りを用いた慣用表現の曖昧性解消  | 情報処理学会第82回全国大会講演論文集(2)  | 2020年3月  | 共著    | 435-436       |
| 寺岡丈博  | 口頭      | 述語の連想情報を用いた日本語ゼロ照応解析   | 情報処理学会第82回全国大会講演論文集(2)  | 2020年3月  | 共著    | 445-446       |
| 寺岡丈博  | 口頭      | 三人会話の次話者選択に関わる言語・音響特徴の分析   | 日本音響学会2020年春季研究発表会講演論文集   | 2020年3月  | 共著    |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | 企画幹事   | 映像情報メディア学会 編集委員会  | 2018年6月  |       |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | プログラム委員  | 人工知能学会 第33回全国大会   | 2018年7月  |       |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | プログラム委員  | 人工知能学会 第34回全国大会   | 2019年10月 |       |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | Scientific Committee   | 12th edition of the Language Resources and Evaluation Conference (LREC2020)   | 2019年11月 |       |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | 代議員  | 言語処理学会  | 2019年12月 |       |               |
| 寺岡丈博  | 運営      | 企画幹事   | 映像情報メディア学会 編集委員会  | 2020年6月  |       |               |

| 著者・氏名 | 区分  | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称                                     | 発行・発表年月 | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|-----|---|--|---------|-------|-------------|
| 寺岡 丈博 | 運営  | 上席所員  | 慶應義塾大学SFC研究所   | 2014年4月 |       |             |
| 島川 昌也 | 討論  | Verification of Verifiability of Voting Protocols by Strand Space Analysis                      | International Conference on Software and Computer Applications | 2019年   | 共著    |             |
| 島川 昌也 | 討論  | Towards Efficient Implementation of Realizability Checking for Reactive System Specifications   | International Conference on Software and Computer Applications | 2019年   | 共著    |             |
| 島川 昌也 | 討論  | Towards Interpretation of Abstract Instructions Using Declarative Constraints in Temporal Logic | International Conference on Software and Computer Applications | 2020年   | 共著    |             |
| 島川 昌也 | その他 | member  | ワークショップWCTP PC   | 2016年～  |       |             |

## デザイン学科

| 著者・氏名 | 区分   | 著書、学術論文、作品等の名称   | 掲載誌、発行所、学会、講演会、展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁、分担・担当等   |
|-------|------|--|---|----------|-------|--------------|
| 阿部 真理 | その他  | スギ直交集成板“CLT”を用いたスツールの試作  | 日本デザイン学会第66回春季研究発表大会概要集   | 2019年6月  | 共著    |              |
| 阿部 真理 | その他  | 室内防災に寄与するタケ中空構造シェルフの開発   | 日本デザイン学会第66回春季研究発表大会概要集   | 2019年6月  | 共著    |              |
| 阿部 真理 | その他  | スギ圧縮木材の弾性を利用した座面部材の開発  | 日本デザイン学会第66回春季研究発表大会概要集   | 2019年6月  | 共著    |              |
| 阿部 真理 | その他  | 軽量ラミネートウッドの作製と性質把握   | 日本デザイン学会第67回春季研究発表大会概要集   | 2020年6月  | 共著    |              |
| 阿部 真理 | その他  | タケ材と布材を用いたやわらかい家具  | 日本デザイン学会第67回春季研究発表大会概要集   | 2020年6月  | 共著    |              |
| 阿部 真理 | その他  | 家具用樹脂シート材料および自然材料による生地 の性質比較   | 日本デザイン学会第67回春季研究発表大会概要集   | 2020年6月  | 共著    |              |
| 大島 直樹 | 学術論文 | Facial Expression Recognition for Hugging Type Vital Sign Measuring System | The 2020 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence                   | 2020年12月 | 共著    |              |
| 大島 直樹 | 運営   | 特任理事   | アジアネットワーク ビヨンド デザイン日本協会   | 2016年4月～ |       |              |
| 大島 直樹 | 運営   | 理事   | 日本デザイン学会  | 2018年5月～ |       |              |
| 大島 直樹 | 運営   | 広報委員長  | NICOGRAPH INTERNATIONAL-AL2020  | 2020年6月  |       |              |
| 大島 直樹 | 作品   | TSUMUGU_Fusion of Spin   | ANBD2019 京都展  | 2019年9月  | 単著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | YORU_Fusion of Twist   | ANBD2019 ソウル展   | 2019年10月 | 単著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | ORU_Fusion of Weave  | ANBD2019 天津展  | 2019年11月 | 単著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | MUSUBU_Fusion of Tie   | ANBD2019 台北展  | 2019年11月 | 単著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | NICOGRAPH INTERNATIONAL 2020, Webサイト                                       | <a href="https://art-science.org/nicograph/nicoint2020/">https://art-science.org/nicograph/nicoint2020/</a> | 2020年1月  | 単著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | TYPHOON_Wind of Asia   | ANBD2020 チェジュ特別展  | 2020年4月  |       |              |
| 大島 直樹 | 作品   | NAGO-YAKA : peaceful   | ANBD2020 台北展  | 2020年10月 | 共著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | HANA-YAKA : gorgeous   | ANBD2020 ソウル展   | 2020年10月 | 共著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | NIGI-YAKA : lively   | ANBD2020 バンコク展  | 2020年12月 | 共著    |              |
| 大島 直樹 | 作品   | KARO-YAKA : light  | ANBD2020 上海展  | 2020年12月 | 共著    |              |
| 岡崎 章  | 学術論文 | 痛みのイメージを視覚化するデジタル痛み評価ツールの有効性の検討  | 日本感性工学会論文誌, 19 (4)  | 2020年12月 |       | 405-411      |
| 岡崎 章  | 招待   | 講演：看護のための感性評価ツールデザイン   | 日本官能評価学会  | 2019年11月 |       |              |
| 岡崎 章  | 運営   | 審査委員   | キッズデザイン賞  | 2017年～   |       |              |
| 岡崎 章  | 運営   | 理事（企画委員長）  | 日本デザイン学会  | 2018年6月  |       |              |
| 岡崎 章  | その他  | 特許：感情を評価するプログラム  | 特許第6508988号   | 2019年5月  |       |              |
| 岡崎 章  | その他  | 特許：行動観察装置  | 特許第6603833号   | 2019年11月 |       |              |
| 岡崎 章  | その他  | 特許：バイタルサイン測定ロボット   | 特許第6783000号   | 2020年11月 |       |              |
| 工藤 芳彰 | 運営   | 理事（第2支部 副支部長）  | 日本デザイン学会  | 2018年6月～ |       |              |
| 工藤 芳彰 | その他  | 「地域×大学生」が未来をひらく 実践! まちづくり学 拓殖大学編   | 大空出版  | 2019年7月  | 共著    | 10-13, 58-77 |
| 白石 照美 | 学術論文 | 室内防災に寄与するタケ中空構造シェルフの試作～人にやさしい家具(2)～  | 日本デザイン学会 デザイン学研究作品集 25巻1号   | 2020年3月  | 共著    | 8-13         |

| 著者・氏名     | 区分   | 著書, 学術論文, 作品等の名称  | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-----------|------|---|---|----------|-------|-------------|
| 白石 照 美    | その他  | 室内防災に寄与するタケ中空構造シェルフの開発  | 日本デザイン学会第66回研究発表大会概要集   | 2019年6月  | 共著    | 344-345     |
| 白石 照 美    | その他  | スギ圧縮木材の弾性を利用した座面部材の開発   | 日本デザイン学会第66回研究発表大会概要集   | 2019年6月  | 共著    | 350-351     |
| 白石 照 美    | その他  | タケ材と布材を用いたやわらかい家具   | 日本デザイン学会 第67回春季研究発表大会概要集  | 2020年7月  | 共著    |             |
| 白石 照 美    | その他  | 家具用樹脂シート材料および自然材料による生地 の性質比較  | 日本デザイン学会 第67回春季研究発表大会概要集  | 2020年7月  | 共著    |             |
| 白石 照 美    | その他  | 軽量ラミネーテッドウッドの作製と性質把握  | 日本デザイン学会 第67回春季研究発表大会概要集  | 2020年7月  | 共著    |             |
| アルバレス・ハイメ | 学術論文 | A new approach to Universal Design for architectural spaces                   | Proceedings of the AMPS International Conference Rapid Cities - Responsive Architectures. | 2020年11月 | 単著    | 電子ファイル      |
| アルバレス・ハイメ | 討論   | A new approach to understand and implement Accessibility and Universal Design | Keynote speaker at the 6th International Forum for Inclusive Cities                       | 2019年10月 | 単著    |             |
| アルバレス・ハイメ | 口頭   | 感情誘起によるリハビリテーション支援ロボットの研究   | 第20回SICE SI部門講演会論文集   | 2019年12月 | 共著    | 2660-2661   |
| アルバレス・ハイメ | 口頭   | 表情認識による孤独感軽減ロボットの動作選択   | 第15回日本感性工学学会春季大会論文集   | 2020年3月  | 共著    | 1P-06       |
| アルバレス・ハイメ | 運営   | 審査員   | QS World University Rankings (Art and Design)   | 2018年1月～ |       |             |
| アルバレス・ハイメ | 運営   | 全国理事  | 日本デザイン学会  | 2020年4月～ |       |             |
| 小 出 昌 二   | 学術論文 | 上場会社の比較によるマークとロゴマークのデザイン傾向  | 日本基礎造形学会論文集・作品集 2019 基礎造形028  | 2020年2月  | 単著    | pp.39-46    |
| 小 出 昌 二   | 運営   | 理事  | 日本基礎造形学会 令和元年・2年度理事会  | 2019年4月  |       |             |
| 小 出 昌 二   | 運営   | 評価員   | 一般社団法人ユニバーサル コミュニケーション デザイン協会主催 UCDA AWARD 2019   | 2019年6月  |       |             |
| 小 出 昌 二   | 運営   | 座長・審査員  | 第11回大学コンソーシアム八王子 学生発表会 第5セミナー室 第2セッション  | 2019年12月 |       |             |
| 小 出 昌 二   | 審査   | 査読委員  | 日本基礎造形学会論文集・作品集 2019 基礎造形028  | 2019年4月  |       |             |
| 小 出 昌 二   | 審査   | 査読委員  | 日本基礎造形学会論文集・作品集 2020 基礎造形029  | 2020年4月  |       |             |
| 小 出 昌 二   | 運営   | 専門家評価員  | 一般社団法人ユニバーサル コミュニケーション デザイン協会主催 UCDA AWARD 2020   | 2020年8月  |       |             |
| 小 出 昌 二   | 作品   | 第69回モダンアート展 デザイン部門 WHITE COCOON ACT3  | モダンアート協会主催 東京都美術館、愛知県美術館ギャラリー   | 2019年4月  | 単著    |             |
| 小 出 昌 二   | 作品   | 化粧品LUMIRISEのパフレットデザイン 山野美容芸術短期大学美容総合学科との連携                                    | 山野美容芸術短期大学  | 2019年8月  | 共著    |             |
| 小 出 昌 二   | 作品   | 平面構成作品 WHITE COCOON ACT1  | 日本基礎造形学会 第30回神戸大会 神戸芸術工科大学  | 2019年9月  | 単著    |             |
| 小 出 昌 二   | 作品   | 東京ミッドタウン・デザインハブ第84回企画展「JAGDAつながりの展覧会 Part 3 フレフレハンカチ」                         | 公益社団法人日本グラフィックデザイナー協会企画・運営 東京ミッドタウン・デザインハブ  | 2020年1月  | 単著    |             |
| 小 出 昌 二   | 作品   | 第70回モダンアート展 デザイン部門 WHITE COCOON ACT4  | モダンアート協会主催 京都市立美術館、福岡市美術館   | 2020年7月  | 単著    |             |

| 著者・氏名   | 区分   | 著書、学術論文、作品等の名称   | 掲載誌、発行所、学会、講演会、展覧会等の名称  | 発行・発表年月  | 単著・共著 | 刊号頁、分担・担当等 |
|---------|------|--|---|----------|-------|------------|
| 小 出 昌 二 | 作品   | 片山秀斗スキースクール ロゴデザイン   | 日本基礎造形学会 第31回岐阜大会   | 2020年9月  | 単著    |            |
| 永 見 豊   | 著書   | 実践! まちづくり学—コミュニティを幸せにする、デザインの挑戦—   | 大空出版  | 2019年7月  | 共著    |            |
| 永 見 豊   | 学術論文 | ドライブシミュレータを用いた高速道路サグ部における路面標示対策による速度回復評価   | 第39回交通工学研究発表会論文集  | 2019年8月  | 共著    | 617-622    |
| 永 見 豊   | 学術論文 | ドライビングシミュレータ実験による逆走ドライバーの視行動の特徴に関する分析  | 第39回交通工学研究発表会論文集  | 2019年8月  | 共著    | 703-709    |
| 永 見 豊   | 学術論文 | ドライビングシミュレータ実験による逆走ドライバーの視行動の特徴に関する分析  | 交通工学論文集 第6巻, 第2号  | 2020年2月  | 共著    | B29-B36    |
| 永 見 豊   | 学術論文 | ドライブシミュレータを用いた高速道路サグ部における路面標示対策による速度回復評価   | 交通工学論文集 第6巻, 第4号  | 2020年4月  | 共著    | A1-A5      |
| 永 見 豊   | 学術論文 | トラフィックカウンタデータを用いた交通流イメージ動画の制作と類型化  | 交通工学研究発表会論文集 40   | 2020年8月  | 共著    | 191-194    |
| 永 見 豊   | 学術論文 | 高速道路インターチェンジ出口部の誤進入対策におけるCG動画を用いた気づきやすさの評価   | 交通工学研究発表会論文集 40   | 2020年8月  | 共著    | 443-446    |
| 永 見 豊   | 口頭   | 上り下り両方向から立体に見える横断歩道  | 日本デザイン学会研究発表大会概要集 66巻   | 2019年6月  | 共著    | 516-517    |
| 永 見 豊   | 口頭   | 信号なし横断歩道においてドライバに一時停止を促す立体路面標示   | 日本デザイン学会研究発表大会概要集 67巻   | 2020年8月  | 共著    | 212-213    |
| 永 見 豊   | 運営   | 委員   | 八王子市入札契約制度検討会   | 2019年4月  |       |            |
| 永 見 豊   | 運営   | 委員   | 首都圏における道路情報提供のあり方に関する検討会  | 2020年3月  |       |            |
| 崔 烘 碩   | 学術論文 | Suggested structure of easy-to-read caption tape design for video beginners  | International Conference for Asia Digital Art and Design 2020                                 | 2020年12月 | 共著    | オンライン開催    |
| 崔 烘 碩   | 口頭   | ロービジョン患者ケアを行う看護師を対象としたバーチャルリアリティ教材開発のための文献検討   | 第1回日本看護シミュレーションラーニング学会学術集会  | 2020年6月  | 共著    | オンライン開催    |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | 歩行中のプラスチック短下肢装具に作用する荷重と装具変形の分析—自動装具設計製作システムの開発を目指して—   | 『実験力学』2019年19巻2号  | 2019年7月  | 共著    | pp.99-107  |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | Relation between Kinetic Load and Knee/Ankle Joint Angle during the Stance Phase of walking with a Plastic Ankle Foot Orthosis | Advanced Experimental Mechanics, Vol.4 (2019)   | 2019年8月  | 共著    | pp.173-178 |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | Effects of Processing to Plastic Ankle Foot Orthosis (PAFO) on their Mechanical Strength                                       | The 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics | 2019年11月 | 共著    | A023       |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | Research on Deformation and Mechanical Load acting on Plastic Ankle Foot Orthosis  | The 14th International Symposium on Advanced Science and Technology in Experimental Mechanics | 2019年11月 | 共著    | A043       |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | 室内防災に寄与するタケ中空構造シェルフの試作 ~人にやさしい家具 (2)~  | デザイン学研究作品集, 2019, 25巻1号   | 2020年3月  | 共著    | pp.8-13    |
| 森 岡 大 輔 | 学術論文 | T字型杖の形状と持ちやすさに関する機能分析  | 日本機械学会2020年度年次大会講演論文集   | 2020年9月  | 共著    | J10310     |
| 森 岡 大 輔 | 口頭   | AIを用いた義手持持形態の決定に関する研究  | 日本実験力学学会 分科会合同ワークショップ 2019  | 2019年11月 | 共著    |            |
| 森 岡 大 輔 | 口頭   | ミニショベル操作レバーの形状設計による接触事故低減に関する研究  | 日本実験力学学会 分科会合同ワークショップ 2019  | 2019年11月 | 共著    |            |

| 著者・氏名 | 区分 | 著書, 学術論文, 作品等の名称            | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称 | 発行・発表年月 | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|----|-----------------------------|----------------------------|---------|-------|-------------|
| 森岡大輔  | 口頭 | 階段用手すり形状と握りやすさに関する研究        | 日本デザイン学会 2020年度春季研究発表大会    | 2020年8月 | 共著    | X-03        |
| 森岡大輔  | 口頭 | タケ材と布材を用いたやわらかい家具           | 日本デザイン学会 2020年度春季研究発表大会    | 2020年8月 | 共著    | A-02        |
| 森岡大輔  | 口頭 | 家具用樹脂シート材料および自然材料による生地の性質比較 | 日本デザイン学会 2020年度春季研究発表大会    | 2020年8月 | 共著    | A-03        |
| 森岡大輔  | 口頭 | 軽量ラミネーテッドウッドの作製と性質把握        | 日本デザイン学会 2020年度春季研究発表大会    | 2020年8月 | 共著    | A-04        |

## 基礎教育系列

| 著者・氏名 | 区分    | 著書, 学術論文, 作品等の名称   | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称                                 | 発行・発表年月         | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|-------|-------|--|--|-----------------|-------|-------------|
| 青木 茂  | 運営    | 世話人代表補佐  | 工学系数学基礎教育研究会   | 2019年4月         |       |             |
| 青木 茂  | その他   | 第28回「工学系数学基礎教育研究会」のご報告   | 日本数学会発行「数学通信」第24巻第1号                                       | 2019年5月         | 単著    | p.30        |
| 青木 茂  | その他   | 第29回「工学系数学基礎教育研究会」のご報告   | 日本数学会発行「数学通信」第24巻第3号                                       | 2019年11月        | 単著    | p.42        |
| 織田 寛  | 学術論文  | Spherical functions for small K-types (with N. Shimeno)  | Springer Proceedings in Mathematics & Statistics 290       | 2019年9月         | 共著    | 121-168     |
| 織田 寛  | 学術論文  | ミニスキュル K タイプに対する球関数と Heckman-Opdam 超幾何関数 (with N. Shimeno)   | 2019年度表現論シンポジウム講演集   | 2019年11月        | 共著    | 57-86       |
| 織田 寛  | 学術論文  | Spherical inversion for a small K-type on the split Lie group of type G2 (with N. Shimeno)               | Josai Mathematical Monographs 12                           | 2020年3月         | 共著    | 81-98       |
| 織田 寛  | 口頭    | minuscule K-type に対する球変換 (1階不変微分作用素がある場合)  | 日本数学会2019年度秋季総合分科会函数解析学分科会講演アブストラクト                        | 2019年9月         | 共著    | 61-62       |
| 織田 寛  | 口頭    | Hypergeometric Fourier transform associated with a root system of type BC (with T. Honda and N. Shimeno) | 日本数学会2020年度秋季総合分科会函数解析学分科会講演アブストラクト                        | 2020年9月         | 共著    | 51-52       |
| 織田 寛  | 運営    | 世話人  | 2020年度表現論シンポジウム  | 2020年11月        |       |             |
| 鈴木 康夫 | 学術論文  | 遠隔授業の実践と工夫   | 『大学の物理教育』26-3, 日本物理学会                                      | 2020年11月        | 単著    | 101-104     |
| 鈴木 康夫 | 解説    | ルーブリック   | 『物理教育』日本物理教育学会   | 2019年6月         | 共著    | 100         |
| 鈴木 康夫 | 運営・審査 | 編集委員   | 日本物理学会『大学の物理教育』編集委員会                                       | 2002年9月～        |       |             |
| 鈴木 康夫 | 運営・審査 | 委員   | 日本物理学会分野別JABEE委員会  | 2013年6月～        |       |             |
| 鈴木 康夫 | 運営・審査 | 委員   | 日本物理教育学会会誌編集委員会  | 2016年4月～2020年9月 |       |             |
| 鈴木 康夫 | 運営    | 委員   | 日本物理学会物理教育委員   | 2016年4月～        |       |             |
| 鈴木 康夫 | 運営    | 理事   | 日本物理教育学会   | 2018年6月～2020年8月 |       |             |
| 鈴木 康夫 | 審査    | 委員   | JABEE 審査調整委員会  | 2006年5月～        |       |             |
| 鈴木 康夫 | 審査    | 委員長  | JABEE 分野別審査委員長   | 2013年6月～2019年5月 |       |             |
| 鈴木 康夫 | 運営    | 委員   | JABEE 審査員研修部会  | 2014年6月～        |       |             |
| 関野 恭弘 | 学術論文  | Observational signatures of dark energy produced in an ancestor vacuum: Forecast for galaxy surveys      | Journal of Cosmology and Astroparticle Physics 1905        | 2019年5月         | 共著    | 55          |
| 関野 恭弘 | 学術論文  | Evidence for Gauge/Gravity Correspondence for Dp-branes at Weak't Hooft Coupling                         | Progress of Theoretical and Experimental Physics Letters 2 | 2020年1月         | 単著    | 021B01      |
| 関野 恭弘 | 学術論文  | 加速膨張宇宙におけるフェルミオン場の長距離相関  | 拓殖大学理工学研究報告 Vol. 17  | 2020年3月         | 共著    | 3-9         |
| 関野 恭弘 | 招待    | Evidence for Weak-Coupling Holography from the Gauge/Gravity Correspondence for Dp-branes                | 立教大学理学部 理論物理学研究室 コロナキウム                                    | 2019年11月        | 単著    |             |
| 関野 恭弘 | 招待    | Evidence for Weak-Coupling Holography from the Gauge/Gravity Correspondence for Dp-branes                | 高エネルギー加速器研究機構 KEK Theory Workshop 2019 講演                  | 2019年12月        | 単著    |             |
| 関野 恭弘 | 運営・審査 | 編集委員   | Journal of the Physical Society of Japan                   | 2015年4月～        |       |             |

| 著者・氏名  | 区分 | 著書, 学術論文, 作品等の名称                   | 掲載誌, 発行所, 学会, 講演会, 展覧会等の名称  | 発行・発表年月             | 単著・共著 | 刊号頁, 分担・担当等 |
|--------|----|------------------------------------|---|---------------------|-------|-------------|
| 関野 恭 弘 | 運営 | 特別研究員等審査会専門委員、及び国際事業委員会書面審査員・書面評価員 | 日本学術振興会   | 2018年7月～<br>2019年6月 |       |             |
| 関野 恭 弘 | 審査 | 論文査読                               | SIGMA (Symmetry, Integrability and<br>Geometry: Methods and Applications) | 2020年7月             |       |             |
| 関野 恭 弘 | 審査 | 論文査読                               | Journal of Mathematical Physics   | 2020年10月            |       |             |

## その他

| 著者・氏名 | 区分 | 著書, 学術論文, 作品等の名称 | 掲載誌, 発行所, 学会,<br>講演会, 展覧会等の名称 | 発行・<br>発表年月 | 単著<br>・共著 | 刊号頁,<br>分担・担当等 |
|-------|----|------------------|-------------------------------|-------------|-----------|----------------|
|       |    |                  |                               |             |           |                |

理工学総合研究所

運営委員

○岡崎 章

森 きよみ

吉森 茂

諸角 建

アルバレス・ハイメ

関野 恭弘

表紙デザイン

石田 光男

鳥井 貴彦

拓殖大学理工学研究報告

第18巻

2021年（令和3年）3月22日 印刷

2021年（令和3年）3月31日 発行

兼発行人 岡崎 章

発行所 拓殖大学理工学総合研究所

東京都文京区小日向3-4-14

電話 03-3947-7595

（学務部研究支援課）

印刷所 株式会社外為印刷

## CONTENTS

### FULL PAPERS

|   |   |    |
|---|---|----|
| A multifunctional social robot equipped with facial and voice recognition<br>.....  | <i>Seiji Hayashi</i>  | 3  |
| Changes in Running Ability due to the Differences of Kinetic Chain<br>.....   | <i>Shuichi Yoneshige</i>  | 11 |
| Agricultural Monitoring for Drip Fertilization and Beekeeping using IoT Systems<br>.....                                    | <i>Takashi Minohara, Masanori Takeshita, Toshiyuki Maeyama<br/>Takehiro Takahashi, Tetsuya Hibi</i> | 15 |
| Robust Identification of Forearm Motion against Electrodes Replacement based<br>on Surface Electromyography Signal<br>..... | <i>Yoshio Nishikawa, U Jyo, Yoshihito Kagawa</i>  | 21 |
| Production and performance evaluation of archery shooting machine<br>reproducing paradox .....                              | <i>Takanori Hirano</i>  | 27 |

### SHORT NOTES

|  |                           |    |
|--|---------------------------|----|
| Study on high speed calculation of electromagnetic simulation<br>by FDTD method using FPGA ..... | <i>Takehiro Takahashi</i> | 35 |
| Characteristics of Adjectives in Japanese Language Proficiency Tests<br>.....                    | <i>Ichiro Kobayashi</i>   | 39 |

|   |    |
|---|----|
| RESEARCHERS & TITLES .....                    | 43 |
| ACADEMIC REPORTS<br>& SOCIAL ACTIVITIES ..... | 51 |