

Vol. 20  
Mar. 2023

## 目次

## 論文

人間の選択動作とカメラ画像から時系列を考慮した学習により 自律動作を決定する二足歩行ロボット .....	茂木 学	3
ウォーミングアップで走力と筋力を同時に向上させる方法 .....	米重修一	11
ランニングフォームの力学的考察 .....	関野恭弘, 米重修一	17
アクティヴ・ラーニング：共同学習が与える大学生英語学習者への影響 工学部の学生と法学部の学生の比較 .....	小島和枝	23
High-Throughput JPEG 2000 対応コーデックの開発と検証 .....	渡邊 修, 前山利幸	33
ビジネス文書に見られる形容詞の特徴 —— 理工系教科書や日本語能力試験との比較 .....	小林伊智郎	43

## 研究速報

研究所所員及び研究課題一覧.....	49
研究活動一覧・他.....	57

論文

FULL PAPERS



# 人間の選択動作とカメラ画像から時系列を考慮した学習により 自律動作を決定する二足歩行ロボット\*

## Examination of autonomous behavior of biped robot by learning camera images considering time series

茂木 学 Manabu MOTEGI\*\*

### Abstract

Currently, COVID-19 is prevalent worldwide, and people spend more time at home avoiding contact with others. In such an environment, it is expected that avatars with physicality will act in the real world. This makes it possible to promote social life and economic activities through each person's avatar, even if people do not engage in face-to-face activities. In such a world, it is desirable for humans to remotely control robots, and for robots to learn from those logs and operate autonomously.

Therefore, in this paper, as a basic study on this, we examined a method in which the robot continues its autonomous behavior without colliding with the environment.

**Keywords:** Camera image, Biped robot, Autonomous behavior, Machine learning, Avatar

### 1. はじめに

著者は人間が小型二足歩行ロボットを操作した際の選択動作情報と、ロボットが搭載するカメラから取得した画像情報のログから学習することで、小型二足歩行ロボットを自律動作させるための基礎的検討を行っている<sup>[1]</sup>。しかし、著者の従来手法では小型二足歩行ロボットの自律動作時において、行動の時系列を考慮していないことから一部の動作パターンを繰り返す現象が見られた。そこで本論文では、この現象を抑えることを目的として、時系列情報の学習に適したリカレントニューラルネットワーク（以降では RNN と記述）を活用することとした。

2019 年末頃から COVID-19 が急速に感染拡大し、2021 年 6 月現在でも世界中の人々の対面による生活活動が制限されている。このような状況下において、感染防止のために、人々がお互い接触せずに生活活動を継続可能な方法が模索されている。経済活動に関しては遠隔会議システムを利用したリモートワークが推進され、ニューノーマルな働き方として定着しつつある。しかし、介護や物流等に関する仕事、旅行等の移動を伴う生活活動等、リアル世界とのインタラクションが必要な領域では遠隔会議システムだけでは解決困難な問題がある。そこで、このようなリアル世界とのインタラクションに関して、身体性を有するロボットの活用が考えられる。ロボットを遠隔操作することで、人同士の直接接触を回避したより生産的な活動の実現が期待される。しかし、ロボットが自律性を持たず、遠隔操作機能のみしか有さない場合は非常に利用しづらい。なぜなら、常に遠隔操作を強いられるのは、操作者にとっては大きな負担になるからである。しかし、ロボットの遠隔操作を不要とし、どのような環境でも自律動作可能とすることは、現状の技術レベルでは困難である。そこで、著者は、最初は人間がロボットを操作するが、その後操作履歴を用いて学習することで、ロボットが長時間自律動作

可能となるように学習構造を検討した<sup>[1]</sup>。しかし、この手法では動作の時系列を考慮しておらず、自律動作時に右ターン、左ターン、右ターン……というように一部の動作パターンを繰り返す現象が見られた。そこで、本論文では、動作の時系列を考慮し、自律動作時においてこの動作パターンを繰り返す現象を抑制する学習機構を検討した。

以下、2. では従来研究に関して記述する。3. では、本研究のコンセプトに関して述べる。4. では、コンセプトを実現するための要件を整理する。5. では、検討した実現方式を示す。6. では、構築したシステムに関して述べる。7. で、システム評価結果を示す。最後に、8. でまとめを示す。

### 2. 従来研究

従来より、遠隔ロボットを自分の分身として利用し人間の時空の制約を開放しようとする試みとして、テレグジスタンス<sup>[2]</sup>やテレプレゼンス<sup>[3]</sup>の概念が提唱されている。これらの概念では、人間が分身ロボットを介して実効的に存在する環境に関して、等身大の空間性、実時間インタラクション、自己投射性が必要とされている。また、ロボットがある環境で自律動作している状況で、何らかの原因でロボットの自律性では作業等がうまくこなせない場合に、遠隔にいる人間が手助けすることが想定されている。

このうち、自己投射性には、遠隔ロボットにおいて操作者の存在感を創出し、周囲の人が遠隔ロボットを介して操作者の存在感を感じられることが含まれる。近年、テレグジスタンス関連で商品化されているロボットとしては Double Robotics 社の Double<sup>[4]</sup>や、Suitable Technologies 社の Beam<sup>[5]</sup>がある。これらは、遠隔にいる操作者をモニタやタブレット PC 上に表示することで自己投射性を実現している。しかし、自己投射性に関しては、遠隔ロボットのモニタ等に操作者を表示するだけでなく、遠隔ロボットの動作時においても操作者の動作に関する特徴が反映され自律性が向上することが望ましい。また、操作者の特徴をロボットの自律動作に反映することで、ロボットがより環境に適した動作を実施可能となる。

\* 原稿受付 2022 年 12 月 13 日

\*\* 拓殖大学工学部機械システム工学科

そして、自律動作時のロボットがデッドロック等に陥ることもなくなり、遠隔にいる人間が手助けする必要性もなくなる。

一方、近年ではロボットやドローン、自動車に関する自律移動に関する研究がなされている。しかし、これら多くの手法ではカメラ画像に加えて赤外線や、レーダー、超音波等多数のセンサを利用しているためコストがかかり、自律移動のためのアルゴリズムも複雑になりやすい<sup>[6]</sup>。また、従来の画像ベースのナビゲーションでは、多段階のプロセスを実施する必要があった。例えば、最初にカメラ画像から特徴抽出<sup>[7]</sup>し、次にそれら結果を用いて地図作成<sup>[8]</sup>し、最後に事前に決定しておいたルールに沿って動作を決定する<sup>[9]</sup>というのが一般的な方法である<sup>[10]</sup>。しかし、これら多段階のプロセスでは、環境が変化したら各段階において再調整が必要となる。また、各段階でエラーが生じ、それが蓄積するという問題がある。そのため、カメラ画像を入力として、そこから直に出力を生成する、いわゆるend-to-endの手法としてディープラーニングを活用した研究もなされている<sup>[10][11]</sup>。しかし、これらは多数の画像を学習データとして利用することを前提としており、本研究のように学習データが少ない場合を考慮していないようである。

そこで、著者は人間の操作時における特徴をロボット自律動作時に反映するための初期検討を実施した。具体的には、ロボットを操作する人間の選択動作と画像情報に関する少数のログから学習し、ロボットが歩行する際の動作を自律的に選択する手法に関して検討した<sup>[1]</sup>。しかし、この手法では自律動作時に一部の動作パターンを繰り返す現象が見られた。そこで、本論文ではこの現象を抑制することを目的として、機械学習構造に関して更なる検討を行った。

### 3. 基本コンセプト

図1に、本論文におけるコンセプト図を示す。

下記のようにロボット操作者の特徴を反映した自律性向上を考えた場合、ロボットが環境の状況に応じてどのような動

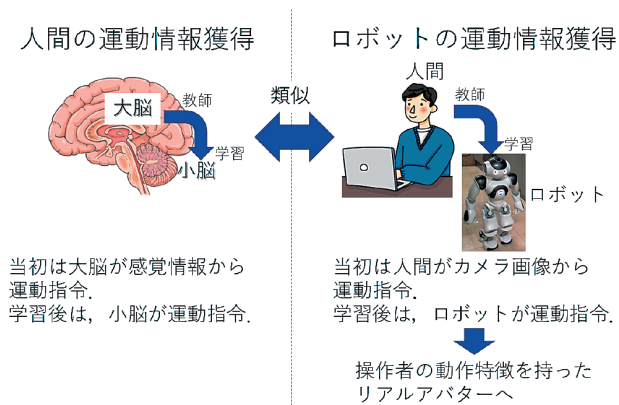


図1 コンセプト図

作を選択するのか知識として獲得する必要がある。

また、人間が運動動作を知識として獲得する場合を考えると、初期においては脳が感覚器から取得した情報をもとに動作指令を生成する。しかし、脳は他の膨大な処理も行っているため、脳が動作指令を生成している間は、ぎこちない動作になることが知られている。そこで、何回も同じ運動動作を繰り返すと、脳が感覚器からの情報と、脳が生成する動作指令を学習していく。これにより、脳が動作指令を生成できるようになり、人間は運動動作をより円滑に実施できるようになる。このように運動動作を獲得する場合には、脳が教師となって脳が学習をおこなっている<sup>[12][13]</sup>。そこで、基本コンセプトとして、図1に示すように上記の脳と脳の関係性を、人間とロボットの関係性としてとらえることとした。脳が学習するまで脳が動作指令を行うように、ロボットが学習可能なように人間が動作指示を行う。そして、脳が脳の動作指令を学習するように、ロボットが人間の操作した際の情報の履歴を学習する。そして、実際にロボットが自律動作する際には、その履歴から学習した結果に基づいて、どのような環境であればどのような動作を選択するのかを決定する。このようにすることで、上記における脳の役割を人間が行い、脳にあたる学習機能をロボットが獲得しているとみなせる。

### 4. 実現に向けたシステム要件

前述したように、ロボットが自律動作するためにカメラ画像と人間の動作指示を活用する場合、人間はどのようなシーンでどのようにロボットを操作しているのかを把握する必要がある。言い換えれば、カメラ画像情報と、人間が操作した際の情報をセットにして履歴として取得する必要がある。また、ロボットの遠隔操作を人間が長時間行うことは負担となるため、ある程度の操作履歴があれば、それを学習することでロボットが自律動作可能なことが望まれる<sup>[1]</sup>。さらに、ロボット自律動作時には不必要に一定の動作パターンを繰り返すこと、例えば右ターン、左ターン、右ターン……という繰り返しは可能な限り避けたい。また、ロボットが自律動作する際には環境に衝突しないで移動することが望まれる。そこで、システム要件を以下のように整理した。

- (1) 人間が操作する際の、カメラ画像情報とロボット操作履歴が取得可能であること (ログ取得)
- (2) 人間がロボット操作した少数のカメラ画像情報・動作指示からでも学習可能であること (少数データにおける学習)

上記に加えて、本論文では自律動作時の一部動作を繰り返す現象を抑えるために以下の要件を追加することとした。

- (3) 自律動作時に無意味な動作パターンを繰り返さないよう、人間が操作した選択行動の時系列を自律動作時に反

映可能であること（動作時系列反映）

本論文では、特に上記要件(3)に関して検討を行った。

それから、以下の要件に関して評価を行った。

- (4) ロボットが自律動作する際には、環境と衝突せずに自律動作可能であること（自律動作決定）

## 5. 実現方式

上記要件に対して実現方式を以下のように検討した。

### 5.1 要件(1)（ログ取得）に関する実現方式

上記要件(1)に関しては、まずロボットにあらかじめプリミティブな行動を設定する。例えば、「10cm前進」、「10度左ターン」、「10度右ターン」等である。GUI上にはプリミティブな各行動に対応するボタンを用意し、人間はGUI上のボタンをクリックすることで所望の行動を選択する。その際、人間がクリックして選択した行動と、ロボットがその動作をする前のカメラ画像を取得・記録する。

### 5.2 要件(2)（少数データにおける学習）に関する実現方式

また、上記要件(2)に関して、学習データが少ない場合にはファインチューニングが有効であることが知られている<sup>[14]</sup>。ファインチューニングとは、既に学習済みの機械学習モデルに対して、新たに取得した学習データを用いて学習することである。これにより、学習済みデータと新たに取得した学習データとの間で共通する特徴等に関して学習する必要がなくなる。そのため、新たに取得した学習データが少量であっても高精度なモデルを作成できる可能性がある。

そこで、既に物体判別に関して学習済みのモデルを用いることにする。そして、上記要件(1)に対して取得・記録したロボットのカメラ画像を入力し、人間が選択したロボット動作を教師データとしてファインチューニングを行うものとする。また、ファインチューニングに関しては、元のデータセットと新しいデータセットが類似しておらず、新しいデータセットサイズが小さい場合にはサポートベクターマシン（以降、SVM）の活用を推奨するものもあり<sup>[15]</sup>、これも考慮することにする。

### 5.3 要件(3)（動作時系列反映）に関する実現方式

さらに、上記要件(3)に関して、自律動作時に動作パターンを繰り返すことのないように、人間が選択した動作の時系列を考慮して学習する必要がある。時系列データの推定に関する一手法としてRNNがある。これは前の時刻の中間層を次の時刻の入力と合わせて学習に用い、時系列情報を考慮したネットワーク構造になっているものである。RNNの応用例として、例えば文章が途中まで与えられている時に次の単語を予測する問題に関して、時系列を考慮して文脈を学習し単語

の予測を行うものがある<sup>[16]</sup>。そこでRNNを活用して動作の時系列を考慮することとする。そのために、画像の時系列情報を学習することを狙いとして、画像認識に用いる畳み込みニューラルネットワークとRNNとの組合せに関して検討を行った。

### 5.4 要件(4)（自律動作決定）に関する実現方式

それから、上記要件(4)に関しては、テーブルや椅子、キャビネット、冷蔵庫等が置かれた屋内環境において、環境に衝突せずに継続して自律動作可能か確認することとする。前述した要件(1)、(2)に関する手法により学習データ取得、ファインチューニングを実施し、要件(3)に関する手法により動作の時系列を考慮したシステムを用いてロボットの自律動作実験を行うこととする。

以降では、上記実現方式に関して実装したシステム、および実施した実験内容に関して記述する。

## 6. システム実装および実験

図2にシステム構成および実験で用いたロボットと、学習データ取得時にユーザがロボットを操作するためのGUIを示す。また、図3に実験環境を示す。図4には取得した学習データの一部を示す。表1には実験で用いた畳み込みニューラルネットワークの構造を示す。それから、図5では、畳み込みニューラルネットワークにSVMを追加した学習部分の構造を示す。図6に、畳み込みニューラルネットワークにRNNを追加した構造を示す。図7には、図6の構造で学習した際のaccuracy値推移例を示す。図8では、図6にさらにSVMを追加した構造を示す。また表2には、図8で学習した際のSVMの混同行列例を示す。

### 6.1 要件(1)（ログ取得）に関する実装

まず、構築したシステムにおいて、前述した要件(1)のログ取得に関する部分を記述する。

図2(a)に示すように、実験で利用したロボットはNAO6（Softbank Robotics社製）である。このロボットにはあらか

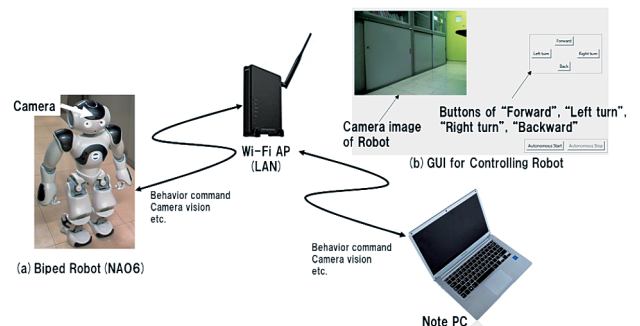


図2 システム構成（実験で用いたロボットとGUI）



図3 実験環境

じめプリミティブな動作として、前進、右ターン、左ターン、後退を設定した。なお、各動作のパラメータは、前進、後退で各10cm進み、右ターン、左ターンは各10度ターンするものとした。また、NAO6は額部分と口に相当する部分に計2台のカメラを有しているが、今回の実験では額部分のカメラのみを用いた。NAO6への動作指令送信および学習を行うPCにはノートPC (FUJITSU製LIFEBOOK WA3/D3, CPU: Intel Core i7-9750H, メモリ: 8GB) を使い、NAO6とはWi-Fi AP経由で通信する構成とした。また、ソフトウェア言語はpythonを用いてシステム構築を行った。

図2(b)に示すGUIを構築した。実験では、まず最初にこのGUIにて人間がロボットを操作した。システムでは人間がGUIの各動作ボタンをクリックした際に、その選択した動作と、動作する前のロボットカメラ画像を記録した。システムPCでは、各動作ごとにあらかじめフォルダを用意しておき、人間がGUIの各動作ボタンをクリックした際にカメラ画像を取得し、人間が選択した動作フォルダに保存した。例えば、あるカメラ画像Aを見て人間が「前進」ボタンをクリックした際には、その画像Aを「前進」フォルダに保存するように

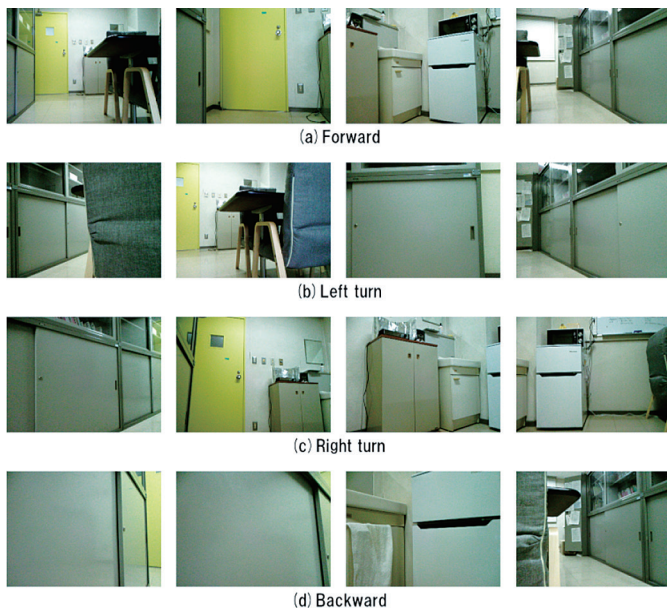


図4 学習データ例 (ロボットのカメラ画像)

した。

図3に示した実験環境は著者の大学研究室である。この環境にて、図2(b)を用いてロボットを操作した。上記のように、この操作時の選択動作と画像を学習データとして保存することとした。

### 6.2 要件 (2) (少数データにおける学習) に関する実装

次に、前述した要件 (2)の少数データにおける学習に関して、システム実装した手法を記述する。

学習データとして、図3(a)の手前から、(b)の冷蔵庫までを3往復程度させ、後退22枚、前進310枚、左ターン77枚、右ターン215枚の合計624枚を取得した。なお、学習データ取得時は、人間がロボットのカメラ画像を見つづ、ロボットの位置も目視しながら操作を行った。また、図3(a)手前ほぼ同一位置・方向からスタートして、図3(b)冷蔵庫手前での折り返しは右ターンする経路で操作した。それから、人間が操作した際には後退動作が少なかったり、また自律動作時には図3(a)左のキャビネットに直進しながら衝突することがあった。そのため後退動作や右ターンを行う学習データを後から追加した。全データのうち約80%のデータを学習データ、残り約20%を評価データとした。図4は実際に学習データとして取得したロボットカメラ画像の一例である。

上記学習データを用いて、入力をロボットカメラ画像、出力をそのカメラ画像において人間が選択した動作として、既に学習済みの畳み込みニューラルネットワークをファインチューニングした。ここで、今回用いた畳み込みニューラルネットワークは画像認識用のデータセットである ImageNet<sup>[17]</sup>を用いて1,000種類の画像分類用に学習済みの MobileNetV2であ

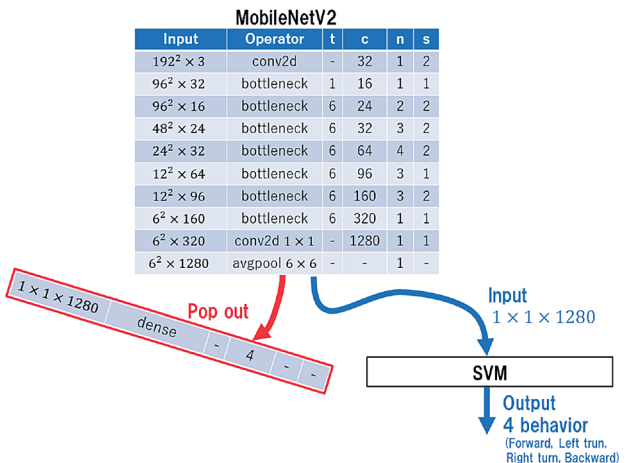


図5 畳み込みニューラルネットワークに SVMを追加した学習部分の構造

る<sup>[18]</sup>。MobileNetV2は表1に示すような構造をしており、スマートフォンでも機械学習可能なように軽量に実装されたアルゴリズムである。これをpythonの深層学習ライブラリであるKeras<sup>[19]</sup>をインポートして活用した。なお、表1に示すようにMobileNetV2への入力、NAO6で取得した320×240のカメラ画像を学習時間を考慮してサイズ192×192のカメラ画像に変換して用いた。出力は上述したプリミティブな動作である前進、右ターン、左ターン、後退の4つとしている。

ファインチューニングでは、MobileNetV2のどのブロック以降を学習させるのが最良か試行錯誤する必要がある。MobileNetV2のブロックとは表1のbottleneck部分に対応しており、第1ブロック～第16ブロックまで存在する。そこで、MobileNetV2の第9ブロック（block\_9\_expand）以降から第16ブロック（block\_16\_expand）以降まで1ブロックずつずらしながら学習を行った。評価データに対して最もaccuracy値が高かったのは第13ブロック以降をファインチューニングしたものであったが、それでも約0.25と低いものであった。ここで、accuracy値とは正解率の事で、予測結果における正解数をデータ数で割った値を示す。式で表すと、accuracy値 =  $\frac{\text{正解数}}{\text{データ数}}$  である。そこで、図5に示すようにファインチューニング後のMobileNetV2から各動作選択をするための全結合層を削除し、アベレージプーリング層の出力をSVMの入力とした。そして、SVMの出力は前進、右ターン、左ターン、後退の4つとし、これをロボット自律動作時の動作として利用するものとした。なお、MobileNetV2の第13ブロック（block\_13\_expand）以降とは、表1の点線より下の層である。また、SVMを用いるためにpythonのscikit-learnライブラリを利用し、GridSearchCV関数を用いてSVMのパラメータを決定した。なお、この際の評価データに対するaccuracy最大値は約0.81であった。しかし、この手法のみでは、動作の時

系列を考慮しておらず自律動作時に右ターン、左ターン、右ターン……というように一部の動作パターンを繰り返す現象が見られた<sup>[1]</sup>。

### 6.3 要件(3) (動作時系列反映) に関する実装

上記および図5に示すようにMobileNetV2にSVMを組合せて学習することにより、SVMを追加しなかった場合よりも衝突せずに長い時間自律動作可能であった<sup>[1]</sup>。しかし、動作の時系列を考慮していないため、一部動作パターンを繰り返す現象が見られた。そこで、動作の時系列を考慮するためにRNNを活用することにした。具体的には、図6に示すように、図5のSVMの代わりにRNNを用いて学習を行った。この際、MobileNetV2は上記学習データによってファインチューニング済みのものを用いて再学習はしないものとしRNN部分のみ学習するものとした。なお、上記学習データは時系列順に取得していないものもあったため、RNNの学習用に図3に示す環境において新たに5往復させた際の時系列データ、後退42枚、前進359枚、左ターン82枚、右ターン176枚の計659枚の画像データを用意した。なお、上記6.2節において記述した3往復程度の学習データは、前述のように衝突を回避するよう各動作データを追加していた。しかし、この学習データは時系列が重要であるため、衝突回避のためのデータ追加はしていない。そのため、1往復当たりの学習データはこの場合の方が少なくなっている。また、この場合も80%を学習データ、20%を評価データとした。RNNの実装としては、pythonの深層学習ライブラリであるKeras<sup>[19]</sup>で用意されているSimpleRNNを用いた。図6に示すように上記学習データおよびRNNを用い、MobileNetV2のアベレージプーリング層の出力である1×1×1,280を整形して1×1,280を入力とした。また中間層の数、および次の動作を推定するための過去データのサンプ

表1 実験で用いた畳み込みニューラルネットワーク (MobileNetV2)

Input	Operator	t	c	n	s
192 <sup>2</sup> × 3	conv2d	-	32	1	2
96 <sup>2</sup> × 32	bottleneck	1	16	1	1
96 <sup>2</sup> × 16	bottleneck	6	24	2	2
48 <sup>2</sup> × 24	bottleneck	6	32	3	2
24 <sup>2</sup> × 32	bottleneck	6	64	4	2
12 <sup>2</sup> × 64	bottleneck	6	96	3	1
12 <sup>2</sup> × 96	bottleneck	6	160	3	2
6 <sup>2</sup> × 160	bottleneck	6	320	1	1
6 <sup>2</sup> × 320	conv2d 1 × 1	-	1280	1	1
6 <sup>2</sup> × 1280	avgpool 6 × 6	-	-	1	-
1 × 1 × 1280	dense	-	4	-	-

t:expansion rate, c:output channel, n:repeat number of same layer, s:stride

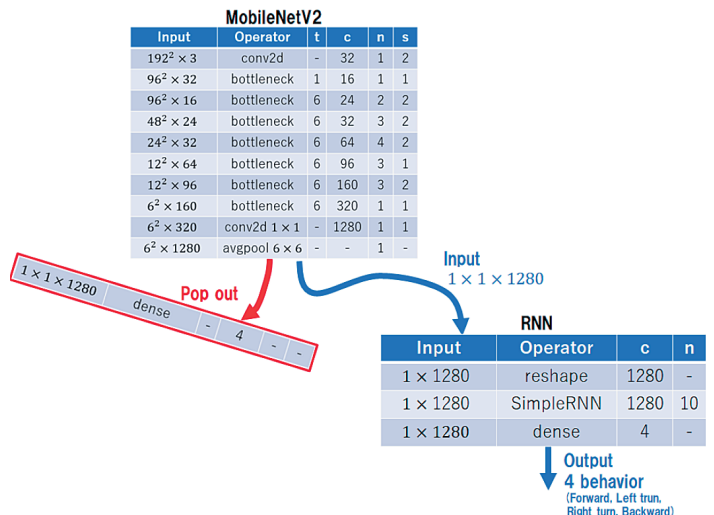


図6 畳み込みニューラルネットワークにRNNを追加した学習部分の構造



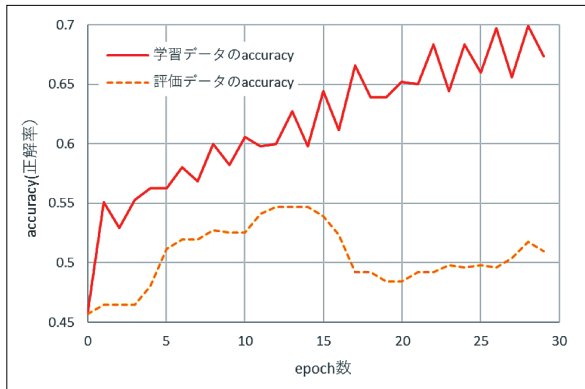


図7 畳み込みニューラルネットワークにRNNを追加した際の学習結果 (中間層の数 1,280, 考慮する過去データのサンプリング数 10)

リング数を様々調整して学習を試みた。実際には、RNNの中間層の数を80~1,280, 考慮する過去データのサンプリング数を1~16の間で変化させ、エポック数も100または30で学習したが、評価データに対するaccuracy値は最高で0.5程度で向上は見られなかった。例えば、図7に示すように、RNNの中間層の数を1,280, 考慮する過去データのサンプリング数を10として、エポック数30で学習した際の評価データに対するaccuracy値(図7の点線)の最終値は約0.51であった。また、図7の実線は学習データに対するaccuracy値推移を示している。図6の構造で学習データを変更したり、前述のように中間層の数等を変更してaccuracy値推移を観測したが、良好な学習条件を見出すことは困難であった。そこで、図8に示すように、RNNの全結合層を削除してSVMによる自律動作決定を試みた。なお、前述した例のようにRNNにおける中間層の数1,280, 次の動作を推定するための過去データのサンプリング数は10とした。これは、これら各パラメータを調整して学習したRNNに上記のようにSVMを追加した際、評価データに対して最大のaccuracy値である約0.80を示したため経験的に決定したものである。このRNNの出力1×1,280をSVMの入力として各動作に相当する4分類を行った。前述のようにSVMを用いるためにpythonのscikit-learnライブラリを利用し、GridSearchCV関数を用いてSVMのパラメータを決定した。この際、図8に入力する学習データは、前述した図6に適用したのと同じ5往復させた際のデータを用いた。

この際の評価データに関するSVMの混同行列を表2に示す。表2の行は正解データを示し、列は予測結果を示す。後退動作の予測結果が76%程度であり前進と誤認識される場合が17%であった。これは操作者が前進できる場合でも後退動作を余裕をもって行っていたために誤認識の原因となったと考えられる。

一方、前進動作に関しては88%と高い割合で予測結果が正解となっている。これは、前述のようにRNN学習に用いた前

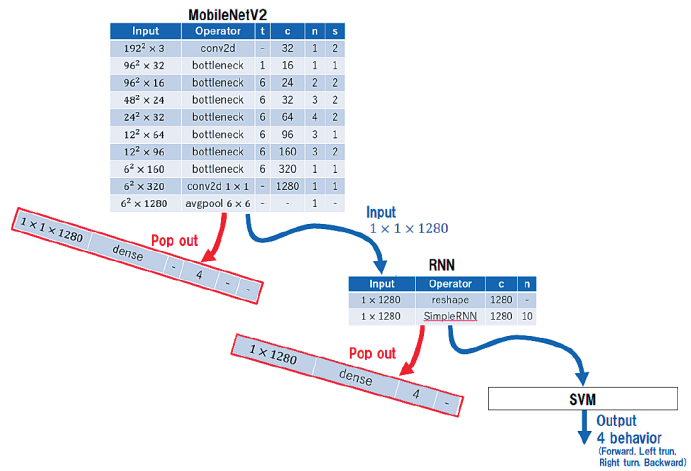


図8 畳み込みニューラルネットワークにRNNを追加し、さらにSVMを追加した学習部分の構造

表2 評価データに対するSVM出力の混同行列

		Predicted behaviors			
		Backward	Forward	Left turn	Right turn
Correct behaviors	Backward	76%	17%	8%	0%
	Forward	2%	88%	4%	6%
	Left turn	0%	28%	72%	0%
	Right turn	12%	18%	0%	70%

進時のデータが359枚と比較的多いためである。また、図4から、操作者が前進を指示した際の画像は他の動作指示時に比べて空間的に前方が開けた画像が多く、比較的区別しやすいことが原因と考えられる。

左ターンに関しては予測結果に関する正解が72%であり、前進と誤認識する場合が28%であった。これは、学習データ内で、類似したカメラ画像において前進できる場所でも早めに左ターンする場合と、そのまま前進する場合のものがあったためと考えられる。

また、右ターンに関しては予測結果に関する正解が70%であり、前進と誤認識する場合が18%、後退と誤認識する場合が12%であった。これは、実験環境において左側に障害物がある場合が多く、前進できる状況でも操作者があらかじめ右ターンすることが多かったためと考えられる。また、操作者が障害物を回避する際に、後退と右ターンを併用したためと考えられる。

## 7. システム評価

### 7.1 要件(4) (自律動作決定)に関する評価

図9にロボット自律動作実験時の写真を示す。

前述した要件(4)に関して、学習データ取得環境下で、MobileNetV2にRNNとSVMを追加して学習したシステムを用いてロボットを自律動作させた。比較のために以下の各場



図9 自律動作実験時の画像

合において、ロボットが環境に衝突するまでの自律動作を観察した。

(1) 図5に示したように第13番ブロック以降をファインチューニングしたMobileNetV2の最終層を削除し、その出力をSVMで分類した場合<sup>[1]</sup>

(2) 図8で示したように、上記(1)のSVMを削除して代わりにRNNを追加し、その出力をSVMで分類した場合

図9は、上記(1)、(2)によって自律動作させた際の、ロボット搭載カメラ画像(左列)と、記録用に撮影した外部カメラ画像(右列)である。両者とも、図3(a)の手前ほぼ同位置からロボットを自律動作させた。

前述したように、人間がロボットを図3(a)の手前から(b)の冷蔵庫間を、上記(1)に関しては人間が3往復、上記(2)のRNNとSVM部分に関しては5往復させた際のデータにより学習を行った。よって、ロボットが冷蔵庫まで到達し、その後自律動作開始地点に戻る事が期待される。

しかし、上記(1)の場合は、冷蔵庫まで自律移動したものの右ターンする際に左腕が冷蔵庫に衝突した。そのため自律動作開始から約9分30秒後に実験中止とした。また、その際、図9(1-3)、図9(1-4)に示すように冷蔵庫近くのタオルがかかったキャビネット付近で右ターンと左ターンの動作を繰り返す現象が見られた。これはロボット搭載カメラ画像から反

射的にプリミティブ動作を選択するのみで、動作の時系列的なコンテキストを考慮していないことが原因である。

一方、上記(2)の場合は、冷蔵庫手前で右ターンして自律動作開始地点に戻る途中で右腕が右側キャビネットに衝突した。そのため自律動作開始から約9分後に実験中止とした。これは、左ターンすべきところを前進と誤認識したためである。またこの際、上記(1)と比較して右ターンと左ターンを繰り返す挙動は見られなかったが、前進、後退を数回繰り返す現象が見られた。しかし、上記(1)と比較して衝突せず、左ターン、右ターンを繰り返すことなしに短時間で長距離移動したことから、動作の時系列を考慮した図8で示す構成の効果を確認した。

本手法である上記(2)において観察された前進、後退を数回繰り返す現象の回避、および冷蔵庫から自律動作地点に戻る動作選択に関しては今後の課題である。

以上より、上記(1)と比較して上記(2)における手法が、右ターンおよび左ターンを繰り返すことなく長距離環境と衝突せずに自律動作可能なことを確認した。

## 8. まとめ

リアル世界におけるアバター実現のための基礎検討として、人間の操作時における選択動作とカメラ画像の履歴から学習し、自律動作を選択するシステムに関して検討した。検討したシステムはMobileNetV2をファインチューニングし、それとRNNおよびSVMを組み合わせたものである。これと、ファインチューニングしたMobileNetV2とSVMのみでRNNを含まないシステムに関して、ロボットが環境と衝突するまでの自律動作を比較した。

後者のファインチューニングしたMobileNetV2とSVMのみの場合には、動作の時系列を考慮していないため自律動作時に右ターンと左ターンを繰り返す挙動が見られた。しかし、本研究で提案したように、これにRNNを組み合わせることで動作の時系列を考慮した学習機構となった。このため、自律動作時に左右ターンを繰り返す現象を抑制可能であった。また、後者の場合よりも提案システムの方が環境と衝突せずに長距離自律動作可能なことを確認した。

## 文献

- [1] 人間の選択動作とカメラ画像を学習することによる二足歩行ロボット自律動作創発, 信学技報, vol. 121, no. 111, LOIS2021-15, pp. 18-23, 2021
- [2] S. Tachi, Telexistence, World Scientific, 2010
- [3] M. Minsky, Telepresence, Omni, 1980
- [4] <https://www.doublerobotics.com>
- [5] <https://suitabletech.com/>
- [6] M. Nieuwenhuisen, D. Droeschel, M. Beul, S. Behnke,

- Obstacle Detection and Navigation Planning for Autonomous Micro Aerial Vehicles, International Conference on Unmanned Aircraft Systems, pp. 1040-1047, 2014
- [7] A. Vale, J. M. Lucas, M. I. Ribeiro, Feature extraction and selection for mobile robot navigation in unstructured environments, 5th IFAC/EURON Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles, Volume 37, Issue 8, pp. 102-107, 2004
- [8] W. Y. Jeong, K. M. Lee, Visual SLAM with Line and Corner Features, Proceedings of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2570-2575, 2006
- [9] T. Belker, D. Schulz, Local Action Planning for Mobile Robot Collision Avoidance, Proceedings of the IEEE/RSJ Inti. Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 601-606, 2002
- [10] Y-H. Kim, J-I Jang, S.Yun, End-to-End Deep Learning for Autonomous Navigation of Mobile Robot, IEEE International Conference on Consumer Electronics, 2018
- [11] C. Liu, B. Zheng, C. Wang, Y. Zhao, A. Fu, H. Li, CNN-Based Vision Model for Obstacle Avoidance of Mobile Robot, MATEC Web of Conferences, 2017
- [12] D. Marr, A theory of cerebellar cortex, J Physiol (Lond), Vol. 202, pp. 437-470, 1969.
- [13] J. S. Albus, A theory of cerebellar function, Math Biosci, Vol. 10, pp. 25-61, 1971.
- [14] P. Agrawal, R. Girshick, and J. Malik. Analyzing the Performance of Multilayer Neural Networks for Object Recognition. European Conference on Computer Vision, pp 329-344, 2014
- [15] CS231n: Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, <https://cs231n.github.io/transfer-learning/>, 2021.
- [16] T. Molkolov, S. Kombrink, L. Burget, J. Cernocky, and S. Khudanpur. Extensions of recurrent neural network based language model. Proc. ICASP, 2011
- [17] J. Deng, W. Dong, R. Socher, L.-J. Li, K. Li, and L. Fei-Fei, ImageNet: A large-scale hierarchical image database. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 2-9, 2009.
- [18] M. Sandler, A. Howard, M. Zhu, A. Zhmoginov, L.-C. Chen, MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks, The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 4510-4520, 2018.
- [19] Keras: Pythonの深層学習ライブラリ, <https://keras.io/ja/>, 2021

# ウォーミングアップで走力と筋力を同時に向上させる方法\*

## Warm-up Exercises for Developing Running Abilities and Muscular Strength

米重修一 Shuichi YONESHIGE\*\*

### Abstract

This article discusses that warm-up exercises developing the order of generating power from the trunk to hamstrings are more effective than normal warm-up exercises.

**Keywords:** ウォーミングアップ, ハムストリングス, 初動負荷走法, 筋肉の運動連鎖

### 1. はじめに

ランニングにおいて、ウォーミングアップは故障予防だけでなく、効率的な走法を構築するためにも重要である。

本論文は、米重 (2017)「高校駅伝チームのウォーミングアップの改善」<sup>1)</sup>で発表した研究を発展させて、その成果をまとめたものである。「ウォーミングアップでハムストリングスの出力と、骨盤の前傾という、初動負荷走法に欠かせない必要な準備を2つ同時にした状態を準備した上で走ることで、走力の向上を得られる」<sup>1)</sup>と考えている。だが、高校生ランナーの各大会のウォーミングアップを観察すると、ウォーミングアップのウインドスプリント「ダッシュ」を行う際、硬い動きで、強く地面を蹴り膝を高く挙げる動作や、腕を抱え込む走法がよく見られる。

初動負荷理論の考案者である小山裕史氏の「奇跡のトレーニング」では、「日常生活をふくめた全ての運動は神経の指令によって行われます。大脳皮質(脳)からの随意的な指令に対し、脊髄から無意識的に起こる指令を「反射的指令」と呼びます。この反射によるものが自然な、しなやかな動作を生み出します。大脳皮質からの指令が動作の途中で強く続くと、反射で起こったしなやかな動作は制限され、硬い動き、故障、血流障害などを起こします」<sup>2)</sup>と説明されているように、レースのウォーミングアップのウインドスプリントの際、レースで好結果を出そうという強い意識から、地面を強く蹴り、膝を高く挙げる動作になるのは想像に難しくないが、これは随意的な指令が大腿四頭筋へ出されることによる動きである。

「今まで『走る』ことの基本として教えられてきた、膝を高く挙げて、つま先で強く地面を蹴るという、全く不合理なこの動作を続けると、腿の内・表・裏側の筋肉が硬化します。これが起きやすいのは、このような指導に忠実に「走る」ことのできる、「運動神経が良い」と言われる子供たちです。腿裏の筋肉が硬くなって骨盤を引っ張り「後傾」し、つまりお尻が常に後方へ引かれるような状態が出現します。これがひどくなるとオスグッド病になります。このため急に動けない、何かやると身体のあちこちが痛いという状態が生まれるのです。この病状に陥った子供達は、今度は「小さい頃は運動神経が良かったのに」と言われてしまいます。本来、良い動き良いトレーニングを行っていれば、この発症例は激減します。」<sup>3)</sup>と述べられている。すなわち、ウォーミングアップ

のウインドスプリントで、つま先で強く地面を蹴る走法をすることで、お尻が後方へ引かれる準備をしてしまい、走力の向上に悪影響を及ぼすと考えられる。

本研究では、前回の研究で走力の向上を確認したウォーミングアップの手法の更なる検証と発展を目指して、拓殖大学第一高校陸上部の協力を得て、ウォーミングアップの後、登り坂の傾斜を使ったタイムトライアルを行った。レースやトレーニングのあらゆる場面(ウォーミングアップ、インターバルトレーニング、ペースアップ、登り坂等)において、先行して出力してはいけない筋肉への随意的な指令を出さず、正しい筋肉の出力順《大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋》での反射的指令による初動負荷走法を行うことが重要である。ウォーミングアップの方法と言葉による注意により、その目的がどれだけ達せられているかを検証するのが狙いである。さらに、登り坂の傾斜を使ったトレーニングを長期間継続することで初動負荷走法に必要な筋力を付けることが出来ると考えられる。

前述の小山氏の「奇跡のトレーニング」では具体的に「普通の人間は右手が出たら左足が勝手に出る、という一見自然そうなこの動作は、出る足と同側の引く腕が、拮抗状態を作るので、決して望ましい動作ではありません。「反射的・加速的に動くためには、右足が出る時に右胸を乗せるように、左足が出る時に左胸を乗せるように動作させる。垂直軸(股関節、膝関節、足首の関節が垂直に並ぶ)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出来る人であれば、右足に右胸が乗る時、肩甲骨がスライドして、右腕は加速的に内向きに動く……これをおかわし動作と呼ぶ。この動作ができると、反射的に骨盤にまでいたる大きな背中筋が瞬時に動かされ、骨盤を通じて接地足の腿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、反射的な動作が出来ると、右足が出る時、右胸が乗ることが確認出来る。走力の向上には肩甲骨の柔軟性が重要である。そこで、第2節で詳述するようにFig. 1に示した、ウォーキングを利用した肩甲骨のストレッチを、肩甲骨の可動域を拡大させるため導入する<sup>1)</sup>。また、初動負荷走法では、ハムストリングスの役目である地面を押し動作が重視されるので、ハムストリングスの出力準備のため、2人一組のレッグカールトレーニングを行う。さらに、Fig. 2に示したような、大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋への筋肉の出力順を意識して、片

\* 原稿受付 2022年10月26日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列

足でジャンプするバウンディングトレーニングを行う<sup>1)</sup>。これらのトレーニングにより準備が整ったところで、反射的指令による初動負荷走法を坂道を使って行い、走力の向上に繋がるかどうか検証する。

2. 方法

狭山緑地フィールドアスレチックコースの脇道、傾斜角度7%、アスファルトの歩道を、メジャーで200メートルを計測した。スタート地点に目印を置き、200メートル地点にも目印を置き、歩道をタイムトライアルコースとして利用した。記録の計測方法は、スタート係の拓殖大学第一高校の陸上部員が、スタート地点横に立ち、位置に着いて、用意GOと合図し、GOのタイミングで旗を小気味良く振り下ろした。

ゴール地点に拓殖大学第一高校の陸上部員がストップウォッチを持って、タイムを計測した。

まず拓殖大学第一高校の陸上部員が通常行っているウォーミングアップ方法の3,000mの集団走を終えて、「高校駅伝チームのウォーミングアップの改善」<sup>(4)</sup>の研究で行った、初動負荷走法の準備を、本研究にも採用し、以下の方法で行った。

1. うつ伏せになった相手の片方の踵にサポートする方が手が添えて、10回でマックスになる負荷を与えて片方ずつのレッグカールトレーニングを、3セット行った。

通常の両足同時ではなく、片方ずつのレッグカールトレーニングを行う理由を以下のように説明した。

「両足同時にレッグカールトレーニングを行うと、左右のハムストリングスにアンバランスがあった場合、強い方のハムストリングスだけが強化され、レッグカールトレーニングを重ねるたびにアンバランスの度合いが強くなってしまいます。片方ずつのレッグカールトレーニングを行うと、左右のアンバランスを知ることができます。アンバランスが判明した場合、筋力の弱い方に重点を置いたレッグカールトレーニングを行いアンバランスを修正しましょう」。

2. ウォーキングを利用した肩甲骨のストレッチを、両手を組んで上に上げ、両腕が耳に着く状態で10m歩行して行った。このウォーキングを利用した肩甲骨のストレッチを行うと、肩甲骨から骨盤までがストレッチされ、骨盤が前傾される。

3. バウンディングトレーニングを、10歩を、5セット行った。この目的を、以下の通り説明した。

バウンディングトレーニングの方法を、Fig. 2で示すように、大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋と筋肉へと、最初に出力する筋肉を大胸筋から行うことに注意しながら行うことで、目的とする筋肉の出力順で出力されランニングと同じ筋肉の出力順となり、筋肉の運動連鎖の構築と筋力アップが同時に得られる。これは、走力の向上に繋がる重要なト

レーニングである。

筆者は、現役選手時代、世界グランプリ大会に出場した際、世界のトップランナーのウォーミングアップを観察した。その中で、ほとんどの選手がバウンディングトレーニングを行ってからウインドスプリントを行っていることを確認した。筆者がウォーミングアップにバウンディングトレーニングトレーニングを行ってから、ウインドスプリントを行うウォーミングアップを取り入れたところ、従来の自己記録を更新した事で、ウォーミングアップでバウンディングトレーニングを行うきっかけとなった。

そのことを、拓殖大学第一高校陸上部の陸上部員に説明した。

そして、以下の事を説明して100メートルのウインドスプリントを3回行った。

1. スタートで地面を蹴らない。

地面を蹴らない理由を小山氏の「つま先の、先行動作をすると、誰でも骨盤が後傾します。骨盤が後傾すると、前大腿の大腿直筋という筋肉が異常に硬化を起こしますこの筋肉は膝の皿の下を通り、そのすぐ下の膝にとまっていますが、この部分が一種の剥離骨折をおこすオスグッドシュラッター病を引き起こしやすくなるのです」<sup>(4)</sup>という考えにもとづいて、つま先で地面を蹴らないことが故障予防に繋がる考え方であると説明した。

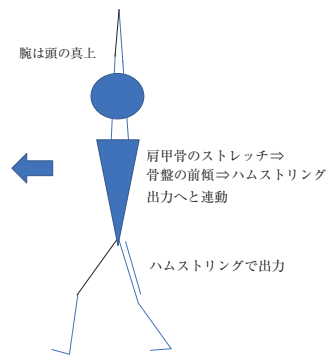


Fig. 1 ウォーキングをしながらの肩甲骨ストレッチ

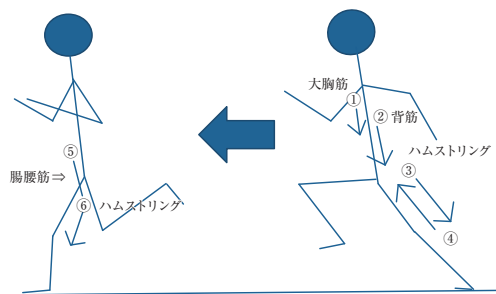


Fig. 2 バウンディングトレーニングによる筋肉の出力筋

2. 腕の筋肉を先行して出力させない。

腕に意識が強くなりやすいが、大胸筋から出力するよう伝えた。

3. 膝を高く上げて走ろうとしない。

1, 2, 3で否定した動作は、全て能動的に末端部の筋肉を先行させた動作なので、この動作を封印して、バウンディングトレーニングで得た、大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと出力するタイミングの感覚を、ゴール地点まで意識し続けて走る「初動負荷走法を行きましょう」と伝えた。

#### 1 回目のタイムトライアル

上記のウオーミングアップを終えて、1回目の登り坂の傾斜を使った、200メートルのタイムトライアルを行った。

1. 「用意」の合図で身体を下げる重心移動。
2. 「用意」の合図で進行方向の反対側の脚への重心移動。
3. 硬い動きで、地面を蹴る走法。

1, 2, 3の動作が、ほとんどの選手から見て取れた。このことは、登り坂の傾斜を目視した視覚情報により、上記の1, 2, 3の随意的指令が脳から出され、大腿四頭筋から出力された事で、目的とする大胸筋からの出力が封印された事が推察される。

#### 2 回目のタイムトライアル

「1回目のタイムトライアルでほとんどの選手が、「登り坂⇒強く出力しよう」という意識が働き、大腿四頭筋から出力していたので、2回目のタイムトライアルはスタートで、「大胸筋からの出力だけを意識しましょう」と説明し、2回目の

Table. 1 拓殖大学第一高校陸上部監督の200mタイムトライアル結果

狭山緑地フィールドアスレチックコース  
傾斜角度7%  
2019年1月7日  
スタート16時 気温7度

	性別	学年	1回目	2回目
1	男	3	38" 63	38" 12
2	男	3	38" 45	38" 31
3	男	2	38" 36	38" 41
4	男	2	38" 16	38" 08
5	男	2	37" 98	37" 12
6	男	2	39" 89	39" 45
7	男	2	38" 49	38" 56
8	男	2	38" 37	38" 11
9	男	1	39" 56	39" 12
10	男	1	38" 35	38" 14
11	男	1	38" 89	38" 67
12	男	1	38" 67	38" 31

タイムトライアルを行った。

#### 3. 結果と考察

Table.1に示したように、12名の被験者の内、10名の記録向上が見られた。1回目の平均タイム38" 65に対して、2回目の平均タイム38" 36へと記録の向上が確認できた。

1回目のタイムトライアルの、初動負荷走法を行う準備でバウンディングトレーニングを5回行ったが、最初は先行して出力してはいけない、大腿四頭筋を先に使ってしまう動作となってしまう、骨盤の回転がスムーズにできていない選手が目立った。だが、大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと筋肉の出力順を意識して繰り返したことで、骨盤の回転がスムーズになることが確認できた。これが2回目のタイムの向上に繋がったと推察する。長期に亘りこのトレーニングを継続することで大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと、筋肉の運動連鎖の構築が出来ることが期待できる。

今回のランニングテストを終えて、傾斜を使った反射的指令による初動負荷走法を、1週間に1回から2回、約10ヶ月間取り入れたところ、2018年の全国高校駅伝東京都予選結果が4位から、2020年の全国高校駅伝東京都予選結果は2位へと順位が上昇し、タイムは、2018年が2時間13'46"から、2020年は2時間09'03"へと4'43"の、記録の向上が確認できた。

今回のポイントに留意した、ハムストリングスの筋力アップを図ることの重要性は、久野らの研究からも示唆されている。久野らは、腸腰筋を構成する大腰筋の横断面積と、100m走の関係を調べた結果、「陸上短距離選手は一般学生と比較して大腰筋の横断面積が1.5倍も大きく、大腰筋が太いほど100m走のパフォーマンスが高かった」<sup>5)</sup>と報告している。ハムストリングスが脚を押して引き戻す両方の役目を果たし、ハムストリングスと繋がる腸腰筋が脚を引き上げる役目の筋肉であり、短距離走長距離走どちらにも重要な筋肉であることを考えると、継続してレッグカールトレーニング、バウンディングトレーニングを行い、ハムストリングスと腸腰筋の筋力アップを図ることが、走力の向上に繋がることが理解できる。

最後に筆者自身の経験に基づく意見を述べたい。

1985年に、世界クロスカントリー選手権に、日本人ランナーで初の参加者として出場した。その際、クロスカントリーレースに対応することが出来ず、力を発揮することが出来なかった。日本が世界の陸上競技界に遅れをとっていることを痛切に感じた。そのことから日本陸上競技連盟が、クロスカントリーレースの重要性を唱えるようになり、日本にもクロスカントリー大会が徐々に増え、クロスカントリートレーニングも浸透しだした。

しかし、ほとんどの指導者やランナーが、クロスカントリートレーニングの効果は、クロスカントリーコースのアップダ

ウンに対応することで、大腿四頭筋の筋力がアップして走力が向上すると信じている。これは、ハムストリングから出力する手法とは逆の考え方である。

筆者はクロスカントリートレーニングの効果を、クロスカントリーコースのアップダウンや凸凹によって、予期しない身体の傾き、ストライドの変化が起きたものを立て直す際、立て直すきっかけを真っ先に大胸筋で行い大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと運動連鎖を繰り返すたびに脊椎反射が適応する、そのため脊椎反射の能力が向上し、走力の向上に繋がるものと考え。

そのことを考えるきっかけは、筆者が1982年の世界陸上10,000m、1984年のロサンゼルスオリンピック10,000m金メダリストのイタリアのアルベルトコバ選手と1986年にクロスカントリートレーニングを共にするチャンスを得たことにある。

アルベルトコバ選手は、筆者が教わってきた、腕を先行して強く振って、路面を蹴ってストライドを稼いで走る走法と逆で、ハムストリングスを先行して出力することで、路面を押し出した脚が素早く戻るため、腰の回転がスムーズになりピッチ数を増やす走法で、クロスカントリーコースのアップダウンに対応したトレーニングを行っていた。筆者が実践したところ、ハムストリングスの出力で、クロスカントリーコースのアップダウンに対応できることを確認した。これが、ハムストリングスを先行させて出力する走法の重要性を認識するきっかけとなった。

筆者は、1988年4つの国際大会に出場した際、下記のTable. 2に示した方法でウォーミングアップを行った。東京国際陸上、カレリアゲームズ（フィンランド）、プジョータルボットゲーム（イギリス）、と3大会でウォーミングアップの中

に、ウォーキングを行いながらの肩甲骨のストレッチ、バウンディングトレーニングを5本行った。3大会で自己新記録を出していることから、これは高いパフォーマンスを出せるウォーミングアップであると考えられる。ビスレットゲームズ（ノルウエー）の際、大会会場のウォーミングアップ施設に芝生が準備されておらず、バウンディングトレーニングを行わずレースに参加したところ、6,000mでスタミナ切れを起こしてしまい、途中棄権となってしまった。その1か月半前に行われた東京国際陸上の10,000mのレースでは、世界ランキング4位の記録を樹立していることで、持久力に問題はなかったと推察する。今大会のウォーミングアップの際、バウンディングトレーニングを行わずレースに出場したことで、大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと目的とする筋肉の運動連鎖の準備が出来ていない状態で走ったことで、スタミナ筋と呼ばれるハムストリングスを機能させることが出来ず、レース中にスタミナ切れを起こしたことが示唆される。

また、筆者が箱根駅伝で選手のウォーミングアップを観察する中で、スタート直前、緊張をほぐすために、つま先でジャンプする選手がいたが、その殆どが本来の走力を発揮出来なかったことを確認した。ジャンプする際つま先で出力し、つま先で着地することで、「つま先走りを行うと、誰でも骨盤が後傾します、骨盤が後傾しているなかでは、ハムストリングの筋肉群もどんどん硬化を起こす<sup>2)</sup>」と小山氏が報告しているように、つま先でジャンプしたことで、体幹以外の筋肉の、つま先を出力させる筋肉が先行し、つま先で着地する走法になることが推測できる。このことから、スタート直前の無意識の無駄な動作が、本来行いたい筋肉の運動連鎖を崩すことが示唆される。

Table. 2 ウォーミングアップ内容と大会結果

	ウォーミングアップ内容	備考
1988. 5. 13 東京国際陸上10,000m 日本（東京）	朝、10km ジョギング レース前、1km ジョギング、ウォーキングをしながらの肩甲骨のストレッチ、バウンディングトレーニング5回、3km ジョギング、100m ダッシュ×4本	4位、27'43"04 世界ランキング4位
1988. 7. 2 ビスレットゲームズ 10,000m（ノルウエー）	朝、10km ジョギング レース前、1km ジョギング、ウォーキングをしながらの肩甲骨のストレッチ、3km ジョギング、100m ダッシュ×4本	6,000mでスタミナ切れを起こして棄権 バウンディングトレーニングが行えなかった。
1988. 7. 5 カレリアゲームズ 3,000m（フィンランド）	朝、10km ジョギング レース前、1km ジョギング、ウォーキングをしながらの肩甲骨のストレッチ、バウンディングトレーニング×5回、3km ジョギング、100m ダッシュ×4本	3位、7'49"92 日本新記録
1988. 7. 8 プジョータルボット ゲーム 5,000m（イギリス）	朝、10km ジョギング レース前、1km ジョギング、ウォーキングをしながらの肩甲骨のストレッチ、バウンディングトレーニング×5回、3km ジョギング、100m ダッシュ×4本	4位、13'22"93 日本新記録

#### 4. まとめ

「ウオーミングアップでハムストリングスの出力と、骨盤の前傾という、初動負荷走法に欠かせない必要な準備を2つ同時にした状態を準備した上で走ることが、走力の向上を得られる」<sup>(1)</sup>研究を更に進化させて、あらゆる場面で初動負荷走法が出来るよう、本研究では傾斜を使い、随意的な指令による大腿四頭筋を先行させず、反射的指令により大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋へと出力することで走力の向上を確認した。

筋力アップの重要性を考えると、トレーニングのウオーミングアップに登り坂の傾斜を使ったウインドウプリントを取り入れることで、長距離走を走るために必要とされる、筋肉の運動連鎖の構築と、ハムストリングス腸腰筋の筋力アップを図ることが出来ると考えられる。

レースや起伏の変化に対応する際、脳からの随意的な指令で、先行して出力させたくない筋肉を、大胸筋を先行して出力させることを、スタート前のアドバイスや、反復トレーニングで結果を表す事にとどまらず、レースや起伏の際、大胸筋が先行して出力するよう意識しておき、反射的指令による大胸筋からの出力が、誰でも無意識に出来るよう、更なる解明を目指し、理論的な側面を詳細に調べる事が今後の課題である。

今回、拓殖大学第一高校の陸上部員の皆さんの協力を得て、反射的指令による大胸筋から出力した初動負荷走法の効果は、従来の走法のタイムトライアルとの比較を示すTable. 1から見てとることが出来る。また、全国高校駅伝東京都予選において、拓殖大学第一高校の陸上部が大幅に記録が向上し、チーム力の向上を示した事も、反射的指令による初動負荷走法の効果を示唆している。卒業して箱根駅伝出場を目標とする高校生が多いが、高校生は5,000mまでが長距離種目である。箱根駅伝の20km以上の距離を競う競技となることを考えると、長い距離に対応出来るために必要とされる、ハムストリングスの強化の重要性は大きい。

#### 5. 付記

今回のランニングテストの実践に協力頂いた、拓殖大学第一高校の陸上部員の皆様および青柳友博監督、筆者とトレーニングを一緒にして頂き、ハムストリングスを出力させる重要性を知るきっかけを作って下さったイタリアのアルベルトコバ選手、理論面実践面において、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、皆様に心から感謝申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 米重修一 “高校駅伝チームのウオーミングアップの改善” 総合文化学会論集第7号, 2017

- 2) 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, 35-39, 2004
- 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, 15-17, 2004
- 4) 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, 15-17, 2004
- 5) 久野譜也ほか “体幹深部筋である大腰筋と疾走能力との関係” 体育の科学 51 (6), 428-432, 2001





## ランニングフォームの力学的考察\*

# Mechanical considerations on the running form based on the “Beginning Movement Load Theory”

関野 恭弘 Yasuhiro SEKINO\*\*

米重 修一 Shuichi YONESHIGE\*\*

### Abstract

We discuss a form for long distance running based on the “Beginning Movement Load Theory” from the point of view of mechanics. The characteristic features of this running form are the role of hamstrings when a leg is pulled up, and the way that leg is brought forward using the rotation around the axis formed by the other leg. We point out that the ground reaction force (GRF) is not used in these movements. The GRF would contribute to the motion of the center of mass of the runner, but this fact suggests that unnecessary vertical motion of the center of mass is kept to the minimum in this running form.

**Keywords:** 中長距離走, ランニングフォーム, 初動負荷理論, バイオメカニクス, 力学

### 1 はじめに

良いランニングフォームとは何かという問には、誰しも興味があると思うが、その明確な答は分かっていない（少なくとも広く知られていない）。余計なことを考えずに走るにより自分に合ったフォームを見つけるのが一番だ、という考え方は間違いではないだろう。しかし、誰にでも通用する一般的な良いフォームというものは存在すると考えられる。それがどのようなものか説明できれば、専門的な選手はもちろん、運動が苦手な人や若くない人がランニングを始める場合などに大きな助けになるだろう。本稿は、それに寄与することを目標としている。ここでは、中長距離走の場合を考える。

著者の1人（米重）は、選手および指導者として一貫して「初動負荷走法」に取り組んできた。初動負荷走法、およびより広い意味の「初動負荷理論」<sup>1)</sup>は、小山裕史氏により提唱された、体幹から末端部への筋肉の運動連鎖を重視する考え方である<sup>2)</sup>。米重は選手時代に小山氏に出会ってトレーニング方法を見直し、初マラソン日本最高記録、ソウルオリンピック5,000mおよび10,000m出場をはじめとする業績を挙げることができた<sup>3)</sup>。また、米重はこの走法に基づき、拓殖大学陸上部監督として、後にロンドンオリンピック・マラソン日本代表として活躍した藤原新、中本健太郎らを指導した（藤原選手の回想<sup>3)</sup>参照）。また近年、米重は一般の走者を被験者とした研究調査を行っており、初動負荷走法を意図した簡単な説明とトレーニングをタイムトライアル直前に行うことにより、ある程度のタイム向上が見られることを示した<sup>4,5,6)</sup>。

本稿の目的は、このように実践的に優れていることが立証されている初動負荷走法を、著者の1人（関野）が専門とする物理学の知識を踏まえて考察することである<sup>2)</sup>。

人体の動きはニュートン力学により表されるので、原理的には、運動方程式を解くことにより、良いランニングフォームとは何かが分かるはずだが、残念ながら現状はそれにはほど遠い。それは、以下の理由からだと思われる。力学では、

力を加える物体と力を受ける物体が完全に分離している場合、問題が比較的簡単になる。力を受ける側の物体の加速度は、力が与えられれば運動方程式から分かるので、加速度を時間について積分することにより、速度や位置が容易に求まる。そのため例えば、投擲競技、短距離走のスタート、野球のバッティングなどについては、力学に基づく理解が比較的進んでいるようである（例えば、文献<sup>7,8)</sup>参照）。しかし、一般に筋肉の力は、人が自分自身に及ぼす力である。ランニングの際、人は地面に力を加えることにより、地面反力（作用反作用の法則により、地面から反作用として受ける力）を受ける。ここで興味のあるのは、人がほぼ一定の速度で走る場合である。そのとき、筋肉をどう使えばよいかという問題は、力を及ぼす物体と力を受ける物体が分離できない典型例であり、答はすぐに明らかではない。

本稿では、第一原理から何が良いランニングフォームかを解明しようとまでは考えず、実践的に優れていることが知られている初動負荷走法がどのようなものかを説明することを目指とする。初動負荷走法は、初めて聞いた人には難解な謎めいた理論だと感じられることもあるので、物理の言葉を使った記述がこの走法の理解の助けになることを期待している。

本稿の構成は以下の通りである。第2節では、初動負荷走法の説明を、創始者の小山氏の著書や米重の論文からの引用を交えて行う。第3節では、まず力学におけるごく基本的な注意点として、座標系の混同に注意すべことを述べ、その後、初動負荷走法を初めて聞く人が誤解しやすい点について説明を与える。この節では、走者の重心運動を理解することを主な目的とする。第4節では、ハムストリングスの力で足を持ち上げる動きについて説明する。第5節では、初動負荷走法の特徴的動作である足を出す動きが角運動量保存則に基づいていることを指摘する。そして、それを含む一連の動きを解説する。第4節と第5節では、走者の重心のまわりの相対運動を理解することを主な目的とする。第6節では、初動負荷走法を実践するにあたっての筋力トレーニング等に関するアドバイスを述べる。第7節では、まとめと今後の展望を述べる。

\* 原稿受付 2022年10月31日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列

## 2 初動負荷走法

初動負荷走法は、創始者の小山裕史の著書「奇跡のトレーニング」<sup>1)</sup>で以下のように定義されている。

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〈股関節、膝関節、足首の関節が垂直にならぶ<sup>2)3)</sup>〉が形成された上に交互に上体が乗り込むので、地面を押す力が大きくなる。

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、右腕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、反射的に骨盤にまでいたる大きな背中筋の筋肉が瞬時に働かされ、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。

同書では、さらに、以下のように説明されている。

人間の場合、膝を深く曲げず、足底全体で着地するという連続動作の中で、進行方向に骨盤が前傾できると、重心が先に移動し、足底部はまだ地面を押さえています。その最後のギリギリの瞬間に拇趾球が地面を押すと、更なる加速度が生まれます。これが本当の「キック」です。旧来の「速く走るには拇趾球で地面を蹴りなさい」とは全く逆の動作ですね。スピーディーでしなやかな走りのできる馬やピューマ達の動きに近いのが「初動負荷走者」です。

米重の論文<sup>2,4,5,6)</sup>で強調されているように、初動負荷走法の筋力の出力順は、

大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋となる。ここでは、太ももの力(大腿四頭筋)ではなく、ハムストリングスの力が重要とされる。米重は、この考え方の妥当性を検証することと、一般走者のトレーニングを改善することを目的に、ハムストリングスへの事前刺激や、背筋をストレッチしながらのウォーキング等を取り入れた事前トレーニングにより、走力の向上が見られるかを調べている<sup>4,5,6)</sup>。

初動負荷走法の理想的フォームを持ったランナーとして、イタリアのアルベルト・コバ (Alberto Cova) 選手が挙げられる。インターネットで検索すると、1984年ロサンゼルス・オリンピックや1983年ヘルシンキ世界選手権の10,000m走優勝時の動画を見ることができるので、一見をお勧めしたい。可能なら、スローモーションやコマ送りで視聴されると理解しやすいかもしれない。それを見ると、背筋が伸びていて、他の選手に比べて、上体が地面に垂直に近いことがまず分か

る。また、上体の軸のぶれがほとんどなく、上下動が非常に少ないという顕著な特徴がある。

## 3 地面を後方に押す動き(重心運動)

初動負荷走法を考える前に、力学に関するごく基本的な注意を与えたい。力学では、まず座標系(何を基準に運動を記述するか)を指定する必要がある。ランニングを考察する際、静止した地面を基準にするか(静止系)、走者を基準にするか(重心系)の2通りが考えられる。後者では、正確には走者の体のどこを基準にするかに応じていくつか候補があるが、ここでは、走者の重心を基準にすることとして重心系と呼ぶことにした。もちろん、どの座標系を使っても、正しく計算を行えば答は一致するが、問題によっては、ある座標系では簡単だが別な座標系では難しいという場合もある。力学でよくある間違いは、自分が使っている座標系を他の座標系と混同することに起因するので、その点に特に注意が必要である。

初動負荷走法を始めて聞いた人は、大腿四頭筋を使って体を押さないと走れるわけがないではないか、と思うことが多いようである。これは、走者と地面の両方が止まっている座標系が存在するように錯覚してしまうことによると思われる。走者が静止した状態から走り出す瞬間を考えるなら、短距離走のスタートのように大腿四頭筋の力で体を押すのが有効だろう。この場合は、静止系も重心系も同じであるが、走者が走っている状態では、静止系か重心系かどちらかで考えなければならない。

中長距離走では、コバ選手の映像からも分かるように、着地するときには既に、着地する足の膝はまっすぐに近く、足は地面に垂直に近くなっている。このように、オーバーストライドにならず、なるべく体の真下にフラット接地(地面に対して垂直に、足裏全体で着地)するよう意識することが重要である。(オーバーストライドの弊害については、米重の過去の論文<sup>2)</sup>で詳しく述べられている。)

慣性の法則より、物体は力を受けなければ速度を保つので、着地した後、静止系の言葉では、体は水平方向の速度をほぼ保ってそのままに進む。重心系の言葉では、着地した足は後ろに流れていく。これは、ももを高く上げて前方に着地し、大腿四頭筋の力で体を前に進めるといふのは全く違った動きである。実際は、着地する足は地面に垂直よりやや前に着地し、その際、重心運動を減速する向きの地面反力を受けるので(例えば、文献<sup>8)</sup>参照)、その際、大腿四頭筋の力は着地の衝撃を和らげる役割を果たす。しかし、重心運動を前向きに加速する地面反力は、足が重心より後ろにあるときに地面を押すことにより得られる。米重は、指導の際、「滑るように走れ」という表現でこれを表している(藤原新選手は、大学時代このように言われて常に意識していたと回想している<sup>2)</sup>)。

このとき、足の接地時間が長いことが望ましい。そのほう

が、地面反力による力積（力×時間）が大きいからである。また、足を地面から離す直前に、足と地面の法線との角度が一番大きくなり、地面反力の前向き成分が大きくなる。前節の引用文で「ギリギリの瞬間に（中略）更なる加速度が生まれます」と表現されているのはこの意味だろう。

このような走り方をするには、脊柱起立筋の役割が重要である。地面にほぼ垂直にフラット接地し、その足で地面を後方に押すのに伴い下半身は前傾していくが、その際、脊柱起立筋により骨盤を前傾させ、上半身をなるべく鉛直に保つことが重要である。初心者にはこれを聞くと、体が反り返って足を前に出すフォームになってしまうかもしれないが、言うまでもなく、それではフラット接地にならないので、第一に前傾を意識すべきである。

(a)下半身が前傾していて上半身が鉛直に近い場合を、(b)体全体が棒のように直線状に前傾している場合と比べると、足と地面がなす角が同じなら、当然、(a)のほうが重心が高く保たれる。そのため、動作中に足を伸ばすことにより（大腿四頭筋の力で、少し曲がっていた膝を伸ばすことにより）重心の高さを保つことを考えるなら、(a)の場合のほうが容易にできる。その際の地面反力は足の方向に働く。足の方向は、(b)の場合、足の接地点と重心を結ぶ方向だが、(a)の場合、それより水平に近いので、地面反力の水平成分の割合が比較的大きい。米重の指導するランナーが、脊柱起立筋を意識したら爆発的な加速が得られた、という感想をしばしば述べているが、これは、地面反力の水平成分が想像より大きかったことを意味していると思われる。今後の研究で、この(a)と(b)を表す数理モデルを詳しく調べたいと考えている。

#### 4 足を持ち上げる動き（ハムストリングスの力）

足を地面から持ち上げるにはハムストリングスの力が必要になるが、その重要性は、静止して立っている姿勢を思い浮かべてしまうと分かりにくいかもしれない。その状態からハムストリングスを収縮し始める瞬間は、持ち上げる足の膝より下の部分にかかる重力は足に沿った上向きの力とつり合っているため、必要な力は、（膝より下の部分の質量）×（その部分の加速度）だけで済む。しかし、ランニング中は、上述のように足と地面の法線の角度が大きい状態から足を持ち上げるので、上記の力に比べて、膝より下の部分にかかる重力の分だけ大きな力が必要になる。

足を地面から持ち上げるときにハムストリングスの力を使うということは、地面反力をあまり使わないということである。持ち上げた足が、地面を離れる直前に地面を押したことによる地面反力は多少あるが、もう一方の足は空中にあるので、当然そちらからの地面反力は無い。ハムストリングスの力は内力（走者が自分自身から受ける力）であり、重心運動には寄与しない。しかし、地面反力は外力（走者が外部から

受ける力）なので、走者の重心はそれに応じた加速度を受ける。足を持ち上げるために余計な地面反力を使わずにハムストリングスを積極的に使って走れば、重心の余計な動きが抑えられ、上下動が少ないフォームが実現されると考えられる。それと対照的に、ももを高く引き上げる動作においては、接地している反対側の足からの地面反力を使っているため、重心が上向きの加速度を得る。それにより上下動の多い、ボールが跳ねるようなフォームになる。それが中長距離走に適していないことは明らかだろう。近年では、短距離走でそれが有利かどうか不明かとされている（例えば、文献<sup>8)</sup>参照）。

なお、ハムストリングスの力を使うと聞くと、足が後ろにだらんと流れたようなフォームになると思われるかもしれないが、そういうわけではない。前述のように、静止して立っている人を思い浮かべてしまうと、そう錯覚してしまうかもしれない。もちろん、足の接地時間が長ければ、それだけ接地している足が重心に比べて後方まで達するが、足が地面を離れた後はハムストリングスの力が強ければ、足は上向きの力を受けて折りたたまれる。足の付け根を中心とした回転半径を考えると、当然、足を折りたたんだ場合のほうが、足を伸ばしている場合より小さいので、前者のほうが、次節で説明する力によって足を前に振り出すことが容易になる。それにより、「かかとの返しが速い」と表現される良いフォームになる。

#### 5 足を前に運ぶ動き（重心まわりの相対運動）

初動負荷走法の大きな特徴であり、難解と思われがちでもあるのが、第1節の引用文で述べられている「かわし動作」（右足に右胸が乗る時、右腕は加速的に内向きに動く）という部分だろう。

この動作は本質的には、角運動量保存則により以下のように説明できる。角運動量保存則についての一般的な説明はしないが、ここでは、回転していない物体が、外部からのトルク（力のモーメント）を受けずに回転し始めることはないという意味だと思って頂きたい。歩行運動において、角運動量保存則のため、上半身と下半身が上から見て逆向きに回転することはよく知られている（例えば、文献<sup>8,9)</sup>参照）。以下の動きは、それを積極的に利用したものと考えてよいだろう。

ここでは、右足が着地した直後を考える。前述のように、右足は地面に垂直に近い角度になっている。この軸（「垂直軸」）のまわりの回転を考える。この軸のまわりに走者の体が外部から受けるトルクは無いので、この軸のまわりの角運動量（回転の勢いを表す量）は保存される<sup>註4</sup>。

右腕を少し内側に入れることにより、垂直軸のまわりに、上からみて反時計回りの回転が上半身に生じる。（この動きを生じさせたトルクは、主に大胸筋による。これはわずかな動

きなので、走者としては後述の腸腰筋の動きを意識すべきかもしれない。)角運動量保存則より、体全体としての角運動量はゼロでなければならないので、このとき同時に、上半身の角運動量と反対向きの角運動量がどこかに生じなければならない。具体的には、上から見て時計回りの回転が下半身に生じ、後ろに振り上げられていた左足が前に引っ張られる。この動きを生じさせるトルクは腸腰筋によるものである。走者が大胸筋と腸腰筋のどちらを意識するにせよ、もう一方の筋肉の動きは「勝手に」同時に起こる。

前節のハムストリングによる動きと同様、この動きにも地面反力は使われていない。右足からの地面反力は、回転軸を支えるためにだけ使われており、軸のまわりの回転には寄与しないためである。

言うまでもないが、この動きは「腕を大きく振ってもも高く上げて走る」という動きとは違うことを強調しておく。腕を大きく振るといのは、ももを上げた場合の重心を保つための動作だと考えられるが、その動きは、ここで考えている垂直軸のまわりの自然な回転を妨げることになる。

以上で述べたことを、前節で説明した「大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋」という筋肉の出力順に従って、振り返ってみる。右足が着地した瞬間から考えると、まず、大胸筋の働きにより、右腕が少し内側に入る。

そこから、右足で地面を押す動きが始まる。その際、背筋(広背筋、脊柱起立筋)の役割が重要である。右足から上向きに地面反力を受けているが、重心はそれより左にあるため、重力により体は左側に倒れようとするトルクを受ける。それを打ち消すため、右側の広背筋の力で、体の右側を下げる(重心を持ち上げる)ことが必要になる。(胸を張って背筋を伸ばした姿勢で、左足を伸ばして宙に浮かせて前に出してみると、右肩の下あたりの筋肉が緊張するのが感じられることから、広背筋が働いていることが分かる。)これは、懸垂で体を引き上げる際に使うのと同じ筋力である。

前節で記したように、足の接地時間が長いことが望ましい。その際、脊柱起立筋により骨盤を前傾させ、上半身を地面に垂直に近い状態に保つ。それにより、安定した姿勢を保って地面を強く押すことができる。

右足を地面から持ち上げるのにハムストリングスの力を使う。両足が地面から離れている時間がしばらく続く。

その後、振り出していた左足が着地して、左足について同様の動きが始まる。左側の大胸筋の出力と同じタイミングで、右側の腸腰筋が働き、跳ね上げられていた右足が前方に振り出される。この最後の動きは、同時になるように走者が意識するという意味ではなく、物理法則(角運動量保存則)により同時に起こらざるを得ないという意味であることを、再度強調しておく。この一連の動きが繰り返される。

## 6 実践に向けてのアドバイス

上で説明した動きは、歩く際に試してみるとある程度理解できると思う。上で述べたことを全て意識することはできないだろうが、一部を意識することにより全体として良い動きにつながる事が感じるのが重要である。

ランニングにおいて初動負荷走法を行う際は、ゆっくりと動作を確認しながら走るのがよい。また、チェンジ・ウォーキング・フロム・ランニング(走っている状態から歩いている状態に移行する)と、チェンジ・ランニング・フロム・ウォーキング(歩いている状態から走っている状態に移行する)は、良いフォームを確認するのにとりわけ有効とされている<sup>1)</sup>。また、米重は、ランニング時に動作を確認するには、「骨盤の動きに意識を集中して」、「競歩のように腸腰筋を使って走る」のが有効であると指導している。

以下のような、背筋のストレッチを行いながらのウォーキング(ウォーキングストレッチ)は、良いフォームで走るために非常に有効なウォーミングアップである。

### ウォーキングストレッチ:

Fig. 1 左上のように、組んだ手を真上に上げる。この際両腕を耳に付けると、肩甲骨がストレッチされる。この状態で歩行すると骨盤が前傾され、腸腰筋がのばされていることが確認できる。



Fig. 1 : 左上:ウォーキングストレッチ, 右上:ベンチプレス(バーを下げる水平位置に注意), 左下:同場面を別角度より(バーを下げる最大の深さは肘が約90度), 右下:体幹から末端部への出力順を意識した懸垂

さらに、以下のようなスクワットも、骨盤の前傾を身につけるのに大変効果的である。

#### スクワット：

上と同様に、組んだ手を両腕を耳につけて真上に上げた状態で、下を向かず正面を向いたまま、膝を曲げる。膝を深く曲げる必要は無いので、膝がつま先より前に出ないように、おしりを後ろに突き出すようにして行う。止まらずに、ある程度リズムカルに行うのがよい。膝を曲げていくと、脊柱起立筋が強く緊張し、骨盤が前傾するのが感じられるだろう。

初動負荷走法のためには、ある程度の筋力があることが望ましい。そのためのトレーニングとして、ベンチプレス、懸垂、レッグカールの3種がある。米重が指導している、それらの内容を以下に記す。いずれのトレーニングも、脊柱起立筋の出力を意識しながら行う。これらの目的として、筋力アップ以上に重要なのは、体幹から末端部へ正しい出力順を体で覚えることである。

#### 1. ベンチプレス

ベンチに横になり、脊柱起立筋に力を入れて骨盤を前傾させる。おしりの上部と肩甲骨をしっかりとベンチにつけ、腰とベンチに手のひらくらいの空間が出来ていることを確認する。足の裏は床につける。以下の動作の間、常にこの姿勢を保つ。

バーを持ち上げてスタート。バーは、深呼吸をして胸が一番高くなる位置に下ろす (Fig. 1 右上)。これより顎に近い位置に下ろしてしまう人が多いので注意。肘が約90度になる位置まで下ろす (Fig. 1 左下)。それより深く下ろすと腕の力で挙げるようになってしまうので、角度は浅めでよい。

この切り返しのタイミングで脊柱起立筋を出力させ拳上する。すると脊柱起立筋⇒ハムストリングス、脊柱起立筋⇒腸腰筋⇒背筋⇒大胸筋⇒腕へと出力し、体幹から末端部へ筋肉の運動連鎖が構築される。力まかせではなく、「スポン」と抜けるようにバーを挙げる感覚をつかむことが重要である。

脊柱起立筋は姿勢保持の役目をするため、骨盤前傾に必要な重要な筋肉である。通常ベンチプレスは、胸と腕の筋肉を強化させるトレーニングと考えがちだが、脊柱起立筋から出力することで、ランニング時と同様の体幹から末端部へと出力する動作が構築される。

最大筋力の70%の重量で10回を4セット行い、セット間のリカバリーは60~90秒。

#### 2. 懸垂

鉄棒を握る際、手を肩幅より少し広めにして、親指を外して握る。親指を外さずに鉄棒を握った懸垂では、鉄棒を握っ

た瞬間に腕の筋肉から先行して出力され、目的の体幹から末端部へと出力する動作が崩壊してしまう。

脚を組んだ状態で骨盤を前傾して鉄棒にぶらさがり、胸を鉄棒に寄せるように体を上げる (Fig. 1 右下)。このとき、顎ではなく胸を鉄棒に寄せる意識を持つ。上げる高さは、Fig.1の写真くらいまで。懸垂で主に使われるのは広背筋だが、脊柱起立筋を使って骨盤の前傾を保ちながら行うことにより、体が軽くスムーズに上下する感覚が得られる。

ベンチプレスの場合のように、脊柱起立筋⇒腸腰筋⇒広背筋⇒大胸筋⇒腕と出力し、ランニング時と同様の体幹から末端部へと出力する動作が構築される。

最大負荷で3セット行い、セット間のリカバリーは90秒。

#### 3. レッグカール

レッグカールマシーンにうつ伏せになり、片足ずつで、脊柱起立筋⇒ハムストリングスへと出力しレッグカールトレーニングを行う。このトレーニングは、両方の脚を同時に行うと、左右のハムストリングスに筋力差があった場合、筋力のアンバランスがさらに大きくなるため、左右別々に行う必要がある。

このトレーニングでは、ランニング時と同様の脊柱起立筋⇒ハムストリングスへと出力する動作が構築される。

最大筋力の70%の重量で10回を4セット行い、セット間のリカバリーは60~90秒。

良いフォームを実感として身につけるには、上記のトレーニングを行って筋肉に刺激を与えた後にランニングを行うのが非常に有効である。米重の論文では、一般のランナーに、事前刺激としてレッグカールを行ってもらい、ごく簡単な走り方の注意を与えることにより、タイムトライアルを行い、それだけで通常のタイムトライアルに比べて、ある程度タイムの向上が見られることが確認されている<sup>4,5,6)</sup>。

#### 7 まとめと今後の展望

本稿では、初動負荷走法がどのようなものかを紹介する目的で、物理学(力学)の言葉を使った説明を行った。第3節で、ごく初歩的な点として座標系の混同に関する注意を述べ、初動負荷走法を初めて聞いた人が誤解しやすいと思われる点について説明した。第4節では、ハムストリングの働きについて解説した。第5節では角運動量保存則を用いて、初動負荷走法の特徴的動きに関する説明を与えた。

本稿では、動作の個々の段階でどのような力が働いており、どのような姿勢を取るのが望ましいかについての詳しい説明を与えるには至らなかったため、今後の研究でより詳しい考察を行いたい。第3節最後で触れた(a)(b)の場合に相当する簡単な数理モデルの解析を現在行っている。それにより、脊柱

起立筋により骨盤の前傾を保つことの重要性を分かりやすく示したいと考えている。

第4節で指摘した、ハムストリングスの力を使うことにより重心の上下動が少ないフォームになるという事実や、第5節で指摘した、右足が着地した際に右肩が内側に入ると、振り上げられた左足が前に引っ張られるのが、厳密に同じタイミングで起こるという事実は、これまで意識されていなかったように思われる。このように、どのような走者についても成り立つ一般的事実を導くことが出来るという点は、物理の強みと言えると思う。

本研究の重要な結論は、初動負荷走法では、足を持ち上げて前に運ぶという動きにおいて、余計な地面反力を使っていないという点である。米重は、「大胸筋⇒背筋⇒ハムストリングス⇒腸腰筋」という筋肉の動きが「つながるように」と指導しているが、「つながる」という感覚は、余分な地面反力を使っていないときに得られるように思われる。地面反力は重心運動に寄与するので、重心まわりの相対運動を実現したいときにそれを使ってしまうと、体の各部分のスムーズな動きを妨げるためである。さらに言えば、中長距離走の良いフォームの条件とは、重心のまわりの相対運動の際に地面反力をなるべく使わないことなのではないだろうか。これは、今のところ仮説の段階だが、今後の研究で詳しく検討したい。

また、第6節で筋力トレーニングを紹介したが、良いランニングフォームのために必要とされる筋力として、著者らが経験的に感じている目安がある。今後の研究で、体の各部分に働く力の大きさを見積り、その経験的目安に対して理論的根拠を与えたい。

近年の画像解析や加速度センサー等の進歩により、体のさまざまな部分に働く力の測定が原理的に可能になりつつある。今後、多数のランナーの映像の機械学習により良いフォームとは何かが導かれる時代が来るのかもしれない。そうだとすると、本研究のように、良いフォームがなぜ優れているかの理解を目指した研究の必要性が薄れることはないと思う。

ランニング動作の力学による説明がある程度分かりやすい形でできたら、物理教育における題材として利用することも考えたい。力を加える物体と力を受ける物体が分離している単純な例ばかりが扱われていることが、学生たちの物理に対する潜在的な不満の1つであるように感じられる。ランニングのような例への力学の応用を紹介できれば、学生達に力学の有用性を大いに印象付けられるのではないかと思う。

## 注釈

注1) イチロー選手や山本昌選手をはじめとする野球選手が、小山裕史氏のもとで初動負荷理論に基づくトレーニングを行っていたことを報道でご存じの方も多いかもしい。

注2) 小山氏の著書<sup>1)</sup>では、神経伝達系の働きにも触れられている。ここでは力学的側面に絞って考察するが、そのような生理学的側面を否定するわけではない。進化論の観点からは、力学的に優れた動きと生理学的に優れた動きが一致していることは十分ありうるのではないだろうか。

注3) 股関節、膝関節、足首の関節が垂直にならぶは、「一直線にならぶ」の意味だと考えてほしい。

注4) 厳密には、この軸が傾いていく効果も考える必要があるが、本稿では、足は地面に垂直に着地したとして、その角度が変わらない程度の短時間を考えることにする。

## 参考文献

- 1) 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, 2004.
- 2) 米重修一, “運動連鎖の違いによる走力の変化,” 拓殖大学理工学研究報告 vol. 18, 11-14, 2021.
- 3) 藤原新, 月間ランナーズ 7月号, 80-81, 2019.
- 4) 米重修一, “高校駅伝チームのウォーミングアップの改善,” 総合文化学会論集 第7号, 2017.
- 5) 米重修一, 中雄勇人, “クロスカントリーコースを用いたトレーニングがランニングフォームへ与える影響,” 拓殖大学論集 人文・自然・人間科学研究 第43号, 97-102, 2020.
- 6) 中雄 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,” 群馬大学教育学部紀要 芸術・技術・体育・生活科学編 第55巻, 55-59, 2020.
- 7) Irving P. Herman, “人体物理学～動きと循環のメカニズムを探る～,” NTS, 2010.
- 8) 金子公宥, 藤原敏行, “スポーツ・バイオメカニクス入門 第4版,” 杏林書院, 2020.
- 9) 深代千之, “骨・関節・筋肉の構造と動作のしくみ,” ナツメ社, 2014.

# アクティヴ・ラーニング：共同学習が与える大学生英語学習者への影響\* 工学部の学生と法学部の学生の比較

## The Effects of an Active Learning Strategy (Cooperating Learning) on University English Learners A Comparison between Engineering Students and Law Students

小島 和枝 Kazue KOJIMA

### Abstract

Once that goal has been achieved, students can focus on their majors and no longer have to focus on English. After entering universities, college students might have no clear goals in a mandatory English course. However, when I was using an Active Learning (Cooperative learning), I felt the chance to work on core competencies and on students' communication, which is valuable for students' success in life and in school curricula. It offers students the possibility to learn by applying knowledge in an environment more similar to the one they will encounter in their future life. The purposes of this research were 1) to study the effects of Cooperative Learning on English Learners in a mandatory English course 2) to investigate the students' attitudes towards cooperative learning method used in English classroom 3) to compare with Engineering students and Law students using cooperative learning method in a mandatory English course. This study utilized a convenience sampling, and surveys. The findings can not be generalized because of limited numbers of participants and convenience samplings. However, this research found that Cooperating Learning Strategies to encourage learners to enjoy and study English more to share goals with peers.

**Keywords:** Active Learning, Cooperating Learning, English, Motivation, Goals

### 1. 問題と目的

2017年、文部科学省が国公立中学校約600校の3年生6万人の生徒に英語学習に対する調査をした結果、「英語が好きではない」と答えたのが、45.4%だった<sup>1)</sup>。最も高かった理由(34%)は、「英語そのものが嫌い」ということだった<sup>2)</sup>。高等教育の大学の現場でも「英語の授業は必修だから英語を取っているだけ」と答えられることは多い。そんな中、どのような授業が、学習者にとって、効果的に英語を学び、習得することができるのかを探っていきたく感じた。

授業を行っている際に学生が積極的に取り組み、授業が円滑に進むと感じたのがアクティヴ・ラーニングを行っている時だった。文部科学省もアクティヴ・ラーニングは、「主体的な学び、対話的な学び深い学び」として、推奨している<sup>3)</sup>。

東京及び近郊2校の工学部で授業を行っているが、アクティヴ・ラーニングに対し、学生の肯定的な意見と積極的な授業への参加が目立つようになった。しかし、他大学の法学部で授業を行っている際に、少数ではあるが、アクティヴ・ラーニングに批判的な意見が寄せられた。グループワークで問題を解いている時にメンバーの中で学習意欲が低い学生がいると不公平ということであった。そこで、授業でアクティヴ・ラーニングが及ぼす学習者への影響を調査することにした。(1) 英語教育とアクティヴ・ラーニングについて、(2) 学習者のアクティヴ・ラーニングに対する動向、(3) 今後のアクティヴ・ラーニングに対する考えや工学部と法学部の考え方の相違点や類似点について調査することにした。

様々な研究がアクティヴ・ラーニングと語学、その他の教科に置いても良い影響を及ぼしていることが示され、推奨さ

れている<sup>4,5)</sup>。だが、アクティヴ・ラーニングと学習者のパフォーマンスが点数化され、その関係性や影響に重点が置かれた調査<sup>6,7)</sup>が多かった。本研究では、アクティヴ・ラーニングに置ける学習者の考え方やプロセス、そして動向を学び比較調査することを目的としている。その目的としては、工学部の学生は、実験やプロジェクトをグループで行うことが多いこと、他学部の法学部は、工学部よりもグループプロジェクトが少ないとの経験値からくるものなのか探る為である。工学部の学生はグループワークについての考えやプロセス、同行は、調査前からのフィードバックを見ても、抵抗が少ない言動が見受けられた。このことから、工学部の学生はアクティヴ・ラーニングには肯定的な学生が法学部よりも多いということが予測される。この調査結果をもとにこの今後の研究と授業作りに役立てていきたい。

### 2. アクティヴ・ラーニング

アクティヴ・ラーニングは、いくつかの種類がある。特によく使われるのが、チーム盤方教育 (Team-based learning: 以下TBL) と共同学習 (Cooperative Learning: 以下CL) である。理由としては、問題や課題に取り組み、考え、ディスカッションをして進めていくことで、何を学んでいるかが明確になるからである<sup>8)</sup>。どの学科でも高等教育現場では広く使われていることが確認されている<sup>9)</sup>。

#### 2.1 TBL

TBLは、1970年代後半に大人数のクラスに対応するためにMichaelsenにより、考えられた教育手法である<sup>10)</sup>。グループに分け、ディスカッションを重ねる。そして、グループ全員で一つの課題に取り組み、課題作成、プレゼンテーション作成や発表をするようなことに使われることが多い。個人の点

\* 原稿受付 2022年10月11日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列



数以外にもグループの点数が加点され、チームワークの結束力が高まることが多い<sup>11)</sup>。

## 2.2 CL

CLは、古くから教育で使われてきたが、1970年代に再度、注目を集め研究されるようになった<sup>12)</sup>。CTは、小さなグループで構成され、教員がよく目標と目的を考えられた問題や課題を学習者に与え取り組む<sup>13)</sup>。そして、グループで同じ目標に向けて取り組むようなモチベーションを保つことが成功のカギとなる<sup>14)</sup>。そして、グループや個人でタスクをこなすことにより、授業内で得点を得るといような競争とは異なる、ゆったりとした環境でタスクに取り組むということを主としているが、時にはグループで得点を得られるようなグループワークを加えると結束力が高まる<sup>15)</sup>。

## 2.3 CLを使った授業

授業中に積極的に学習者が意見を述べるのが少ないと感じたことから、CLを取り入れることにした。英語の会話をするにもクラスの人数が多いのも理由であった。グループで文章を読み意見を問うというような課題もあるが、問題を解くということが多く、ディスカッションを重ねて、何かを作成するとかプレゼンテーションを行うということではない為、TBLではなく、CL（以下から一般的に使われているグループワークとする）を取り入れた。

グループで話し合った解答や意見を述べてもらい、解答が正解不正解に係わらず、加点をするということを学生に伝えている。加点することで、モチベーションやチーム力を高める為であった<sup>16)</sup>。

## 3. 調査方法

授業開始直後に紙のアンケート用紙を配り、11問の質問(①②英語について、③～⑦はグループワークについて、⑧⑨グループ分けについて、⑩⑪今後のグループワークについて)をした。選択問題7問、自由に意見を述べてもらう問題4問で構成をした。これらの質問により、この調査の目的である主な3つの質問の解答を探る。

### 3.1 対象者

東京及び近郊の工学部Ⅰ(35名)とⅡ(91名)の2校(合計126名)である。工学部Ⅰは総合大学で、対象者は、1年生と2年生であった。工学部Ⅱは工業大学の学生で、全員が1年生であった。法学部(93名)は、総合大学で1年生から4年生の学習者である。工学部Ⅰだけ2名留学生はいたが、アンケートをした日には欠席であった為、この調査には留学生は参加していない。全てクラスは英語必修科目であった。この調査は、便宜的サンプルである。

### 3.2 倫理的配慮

アンケートを配り、グループワークについての調査の為であると伝え協力を願った。強制的なものではないことと、アンケートの結果は、研究材料に使われることと今後の授業の向上に使うという説明をアンケートの冒頭に書いた。口頭でも同じことを説明し、質問があれば質問にも応じた。名前やクラス等を書く必要はなく、アンケートの回答が個人を特定できるものではないことも伝えた。

### 3.3 授業の概要

各大学とも教材は異なったが、毎時、何らかの課題を与え、グループで取り組む作業を取り入れた。予習は毎時、個人で取り組むようにさせた。例えば、単語を調べさせることや文章を読んでくるように指示し、問題に取り組むような課題を与えた。復習として、授業の内容を復習できるような授業の問題に取り組んでもらうような課題を出した。

授業は、前回の授業を思い出してもらえようような説明や、復習の課題の説明や答え合わせから授業を始めることが多く、発表者には個々にポイントを与えた。その後、どの大学も英語検定試験の得点を上げるということが目標になっていることもあり、配布プリントで過去検定試験多肢選択問題等に取り組ませた。その際に2名から4名のグループにわけたが、授業2回目から6回目は、ランダムにグループ分けをし、7回目から11回目は、学習者にグループ分けを委ねた。グループで問題を解き、解答を述べる際にも全員が参加するように工夫した。1人が英文を読み、違う1人に日本語訳を読ませ、答えを選んだ理由等を他の1人が答えるようにした。そして、どのクラスでも教材や配布プリントで文章を読む作業、もしくは、字幕付きの映像を見る作業を取り入れた。リスニングをするような作業を行い、グループでディスカッションをし、感想などを述べてもらう問題も取り入れた。

## 4. 結果

授業内にアンケートをした為、回収率は100%であったが、工学部Ⅰが1名、工学部Ⅱが2名、法学部の13名の回答がエラーとなった。エラーの理由はディスカッションで述べていく。

### 4.1 英語について

アンケートの間1と2では、英語についてどう感じているかを聞いた。

表1：①英語は好きですか。

	好き	どちらかとい えば好き	どちらかとい うと嫌い	嫌い
工学部Ⅰ	17.1% (n=6)	34.3% (n=12)	37.1% (n=13)	11.4% (n=4)
工学部Ⅱ	10.1% (n=9)	36% (n=32)	42.7% (n=38)	11.2% (n=10)
法学部	12.9% (n=12)	33.3% (n=31)	36.6% (n=34)	17.2% (n=16)

どの大学も、英語が「好き」もしくは「どちらかという  
好き」(工学部Ⅰ：51.4%，工学部Ⅱ：46.1%，法学部：46.2%)  
とどちらかという嫌い嫌い(工学部Ⅰ：48.5%，工学部  
Ⅱ：53.9%，法学部：53.8%)でわけた場合、大差はなく、約  
半分にわかれている。

表2：②英語の授業は必修だから受けている。

	はい	どちらかとい うと そうである	どちらかとい うと そうではない	いいえ
工学部Ⅰ	54.3% (n=19)	31.4% (n=11)	14.3% (n=5)	0% (n=0)
工学部Ⅱ	52.8% (n=47)	37.1% (n=33)	5.6% (n=5)	4.5% (n=4)
法学部	49.5% (n=46)	39.8% (n=37)	7.5% (n=7)	3.2% (n=3)

表1では、英語が「好き」もしくは「どちらかという  
好き」が約半数で、「どちらかという嫌い」と「嫌い」が約半  
数であるが、②の英語は必修だから受けているという問いに対  
して、「はい」もしくは、「どちらかというそうである」と  
答えている(工学部Ⅰ：85.7%，工学部Ⅱ：89.8%，法学部：  
89.3%)のは、どの大学も高く85%以上だった。「はい」と答  
えているのもどの大学も約半数である。

そして、工学部Ⅰについては、「いいえ」と答えているのが  
0%であった。その他でも「いいえ」と答えているのが、4.5%  
が最高となりかなり低い結果となった。

#### 4.2 グループワークについて

問3から問11までグループワークについて聞いた。そのう  
ち4問が記述式で、意見を述べてもらう質問であった。

③今までに英語の授業でグループワークをしたことがある  
には「はい」(工学部Ⅰ：68.6%，工学部Ⅱ：85.4%，法学部：  
65.4%)となり、「いいえ」(工学部Ⅰ：22.9%，工学部Ⅱ：7.9%  
，法学部：30.1%)よりも高くなっている。これは、2014年文部  
科学省が、学習指導要領を改正し、アクティヴ・ラーニング  
を推奨した<sup>17)</sup>ことにより、学習者がグループワークを経験し  
てきたのではないかと推測できる。

表3：④グループワークについてどう思いましたか。

	好き	どちらかとい えば好き	どちらかとい うと嫌い	嫌い
工学部Ⅰ	34.3% (n=12)	48.6% (n=17)	14.3% (n=5)	2.9% (n=1)
工学部Ⅱ	15.4% (n=14)	53.9% (n=48)	25.8% (n=23)	4.5% (n=4)
法学部	50.5% (n=47)	33.3% (n=31)	14% (n=13)	2.2% (n=2)

グループワークも「好き」もしくは「どちらかという  
好き」と答えた学習者が多く、一番低いのは、工学部Ⅱで69.3%  
となっている。だが、7割がグループワークについて肯定的  
な意見である。一番高いのは法学部の83.8%で、工学部Ⅰの  
結果(82.9%)とは、あまり差がない。

⑤④で答えた理由に対しては、どの大学の学習者も多かつ  
た意見としては「わからない時に協力し合いながら理解を深  
められる」と答えたのが、工学部Ⅰは9人(25.7%)、工学部Ⅱ  
は12人(13.2%)、法学部が19人(20.4%)であった。「多くの  
人と話すことで視野が深まる」と答えたのが、工学部Ⅰ  
が7人(20%)、工学部Ⅱが9人(9.9%)、法学部が17人(18.3%)  
であった。「友達ができ、大学生活が楽しくなる」と答えたの  
が、工学部Ⅰが4人(11.4%)で、工学部Ⅱが8人(8.8%)、法学  
部が14人(15.1%)であった。

表4：⑥グループワークをすることにより、課題に取り組もうとい  
う気持ちになった。

	はい	どちらかとい うと そう思った	どちらかとい うと そう思わなかった	いいえ
工学部Ⅰ	54.3% (n=19)	34.3% (n=12)	8.6% (n=3)	2.9% (n=1)
工学部Ⅱ	18% (n=16)	56.2% (n=50)	14.6% (n=13)	11.2% (n=10)
法学部	50.5% (n=47)	25.8% (n=24)	16.1% (n=15)	7.5% (n=7)

この課題に取り組もうという気持ちになったと答えているの  
は、工学部Ⅱの「はい」は、(18%)と低い「はい」もしくは  
「どちらかというそう思った」と見てみると高い結果(工学  
部Ⅰ：88.6%，工学部Ⅱ：90.5%，法学部：76.3%)となった。

④の質問で法学部は、グループワークが「好き」もしくは  
「どちらかという好き」と答えている学生が一番高いが、一  
人で取り組むよりも課題に取り組もうという気持ちが一番低  
いという結果になった。

⑦⑥で答えた理由を聞き、多かつた意見としては、「他の人  
と話すので、準備をしてくるようになった」工学部Ⅰは2人  
(5.7%)、工学部Ⅱは4人(4.4%)、法学部7人(7.5%)と答えて  
いる。「わからない問題をそのままにしておくのではなく、取  
り組むようになった」と答えたのは、工学部Ⅰは3人(8.8%)、

工学部Ⅱは6人(6.6%)、法学部7人(7.5%)となった。「一人の問題ではないので、取り組まなくてはいけないという気持ちになる」と答えたのは、工学部Ⅰは4人、工学部Ⅱは8人、法学部は8人となった。「友人とともに達成感があり、やる気がでる」と答えたのが、工学部Ⅰは4人(11.4%)、工学部Ⅱは5人(5.5%)、法学部8人(8.6%)であった。

問8と9は、工学部の大学ではなかったが、数名からグループワークについての批判的な意見があった。その理由は、ランダムにグループをわけていた時に協力してくれない人がいるという理由からだった。問8ではグループ分けをランダムではなく、自分たちが主体となり決めたいかどうかといこと質問した。そして、問9では、問8で答えた理由を聞いた。

表5：⑧グループは自分たち主体で決めたい。

	はい	どちらかという うとしたい	どちらかという とそうしたくない	いいえ
工学部Ⅰ	22.9% (n=8)	28.6% (n=10)	22.9% (n=8)	25.7% (n=9)
工学部Ⅱ	13.5% (n=12)	27% (n=24)	32.6% (n=29)	27% (n=24)
法学部	23.7% (n=22)	35.5% (n=33)	25.8% (n=24)	15.1% (n=14)

グループを自分たちで決めたい、もしくはどちらかというとうとそうしたいと考えているのは、工学部Ⅰでは51.5%、工学部Ⅱでは40.4%、法学部は59.2%で、法学部が一番高いことがわかった。工学部Ⅱと比べると約20%の違いであった。ここは、ディスカッションで述べていく。

問8の解答の理由では、選択肢の中から回答してくれている為、エラーにはならなかったが、問9の自由回答欄で、⑧に対しての意見を求める質問で、「どちらでも良い」と記入していることが目立った(工学部Ⅰは4人(11.4%)、工学部Ⅱは6人(6.6%)、法学部8人(8.6%))。そして、その他の問9の自由回答で目立った意見は、自分たち主体でグループを決めたいと答えた回答者の意見では、もう既に知り合いなのでその人たちとグループ作業をしたい(工学部Ⅰは1名(2.9%)、工学部Ⅱは3人(3.3%)、法学部6人(6.5%))知らない人とグループ活動をするとう課題に取り組む人(やる気のある)と取り組まない人(やる気のない)で別れるからという意見であった(工学部Ⅰは1名(2.9%)、工学部Ⅱは0名(0%)、法学部2名(2.2%))。

その反対で「どちらかというとうとそうしたくない」という意見で目立ったのは、色々な人と知り合いになれる(工学部Ⅰは3名(8.6%)、工学部Ⅱは4人(4.4%)、法学部9名(9.7%))、いつも同じグループの人となるのはつまらない(工学部Ⅰは1名(2.5%)、工学部Ⅱは3名(3.3%)、法学部4名(4.3%))、知らない人の方が、取り組まないといけないというやる気がでる

(工学部Ⅰは2(5.7%)名、工学部Ⅱは2人(2.2%)、法学部は9人(9.7%))というものであった。

表6：⑩グループワークをこれからも取り入れて欲しい。

	はい	どちらかという とそうして欲しい	どちらかという とそうして欲しくない	いいえ
工学部Ⅰ	40% (n=14)	51.4% (n=18)	5.7% (n=2)	2.9% (n=1)
工学部Ⅱ	19.1% (n=17)	52.8% (n=47)	21.3% (n=19)	6.7% (n=6)
法学部	62.4% (n=58)	25.8% (n=24)	8.6% (n=8)	3.2% (n=3)

「今後のグループワークをしてほしい」の問いに「はい」と答えているのは、法学部が工学部の学習者よりも高いことがわかる。「はい」と「どちらかというとうとそうして欲しい」と見ると、差が狭まる(工学部Ⅰ：91.4%、工学部Ⅱ：71.9%、法学部：88.2%)が、「いいえ」だけを見ると、多少ではあるが、工学部Ⅱが一番高く(工学部Ⅰ：2.9%、工学部Ⅱ：6.7%、法学部：3.2%)なる。

⑩⑩でグループワークを取り入れて欲しいかどうかという答えに対しての意見を聞いた。多かった意見としては、「友達が増えるからグループワークをして欲しい」と答えたのは、工学部Ⅰが6人(17.1%)、工学部Ⅱが13人(14.3%)、法学部が14人(15.1%)であった。「他の人がいることで、積極的に取り組めるようになったから続けて欲しい」と答えたのは、工学部Ⅰが7人(20%)、工学部Ⅱが12人(13.2%)、法学部が20人(21.5%)であった。

ここでは、類似した意見「他の人がいるので、やる気がでたので、続けて欲しい」「他の人に迷惑を掛けまいとと勉強がしたくなるので、やる気が増すため続けて欲しい」という意見も入れた。「グループで行う授業がないので、楽しいので、続けて欲しい」と答えたのが、工学部Ⅰでは1人(2.9%)、工学部Ⅱでは3人(3.3%)、法学部では10人(10.8%)であった。「わからない問題がわかるようになる」と答えたのが、工学部Ⅰでは6人(17.1%)、工学部Ⅱでは9人(9.9%)、法学部では11人(12.1%)であった。

### 5. ディスカッション

この調査の質問(1)英語教育とアクティヴ・ラーニングについて、(2)学習者のアクティヴ・ラーニングに対する動向だが、「英語について好きか・嫌いか」という問いに対しては、2017年に文部省が公立中学校に行った調査とベネッセが2015年から2021年まで高等学校で行った動向調査も今回の結果も約半分の学習者が「好き」もしくは「どちらかというとうと好き」と類似した結果になっている<sup>18)</sup>。だが、この調査の質問で、英語の授業は必修だから受けている、もしくは、ど

ちらかというとそうだと感じている学習者がどの大学も85%と高い。1989年にBerwickとRossが行ったアンケート調査で、日本人大学生は、必修で英語教育を学び、大学に入ってから英語は必修科目であり、英語は学びたいという気持ちはあるが、大学受験という目標が終わり、英語を学ぶというモチベーションが下がり、選択するという意思に任せられるのではなく、仕方なく英語を学ぶという傾向が高いことを発見している<sup>19)</sup>。この研究が行われ、33年以上経過しているが、この調査でも類似した結果が出ているのかもしれない。インタビュー形式の定性調査をすることにより、学習者の動向やプロセス、そして考え方、どのようにしてそうなったのがより深く学べる<sup>20)</sup>可能性があることから、この調査を通じて、定性調査の必要性を学んだ。言葉や行動を深く読み解くことで、原因が把握できる可能性があるからだ。

2022年から新学習指導要領が、3年間の移行期間を経て、小学校にも英語の必修化が導入されている<sup>21)</sup>。勿論、この英語を必修授業として行う利点も考えられる。例えば、日本の義務教育は文部科学省により、認定された教科書が使われ、学習内容が取り決められていることにより、カリキュラムが組まれている。どこの地域の学校に行ってもほぼ同じレベルの教育が受けられるということだ。これは世界の中から見てもとても珍しいことだ。しかし、ここで考えなければならぬのが、義務教育が終わった後の高等教育の場でも英語が必修科目となっていることだった。前に述べたBerwickとRossの調査で発見したように、学びたいと思う学習者や必要性を感じるにより、学ぶことが重要ではないか。勿論、その為に教員はどのような授業作りをすることが有効か等を考える必要はある。

グループワークについて聞いた質問に対しては、工学部Ⅰと法学部の結果は類似していたが、工学部Ⅱが「好き」と「どちらかという好き」という答えが低かった。そして、この調査を行うひとつの理由は、法学部の学生のグループワークについて、数人から批判的な意見が寄せられたことが理由であったことと、この調査の予測としてグループワークの経験が多い工学部の学生の方が法学部の学生よりも肯定的に考える傾向があるということであった。しかし法学部の学生の方が、肯定的に考えているという結果になった。

グループワークについて自由に意見を述べてもらう箇所では、グループで話し合うことにより、「答えを互いに話し合い見つけ出すことで、達成感や満足感が増える」という意見が目立った。わからないことなどを教員に聞くよりもグループで話し合うことで、お互いに学び、自分たちで調べ上げ、教え合うという達成感が生まれてきているのだと考える<sup>22)</sup>。教員から受けるフィードバックと学習者同士の話し合いから導いた答えとフィードバックでは、異なった学びであり、お互いに学びや解答と一緒に導くというプロセスを学ぶことがで

きる<sup>23)</sup>。このプロセスこそが、生きる上で、日々行われているプロセスで、アクティヴ・ラーニングが学習者の役に立つものだ<sup>24)</sup>。例えば、学生が社会に出る際には、話し合いをすることが必要不可欠となり、授業で使うアクティヴ・ラーニングは語学力だけでなく、人間教育にも役立っていると考えられる。勿論、最後のフィードバックでは、教員から学習者による解答の解説をすることも重要である。自分たちの解答が正しく導かれたのか、又は、どこで間違えをしたのかという説明をされることにより、言語習得が効果的になると考えられるからである<sup>25)</sup>。

そして、「課題に取り組みないと他の人に迷惑が掛かるので、やる気が出る」という意見が目立った。語学を学ぶには、モチベーションを保ち、目標を達するという気持ちが持続されることと、目標が達成できないことで、負の影響があるというような多少の緊迫感があることが必要だとされている<sup>26)</sup>。アクティヴ・ラーニングではある程度の緊張感を保ちながら学ぶことができていることがこの調査でわかった。このことを考えるとアクティヴ・ラーニングは、モチベーションを保つことや高めるといった影響を与えている可能性があると考えられる。

この調査の質問(3)今後のアクティヴ・ラーニングに対する考えや工学部と法学部の考え方についての相違点や類似点だが、工学部と法学部両学部とも「今後、グループワークを取り入れたいか」という質問に対し「取り入れて欲しい」と「どちらかという取り入れて欲しい」という意見が高かった。理由の違いとして感じたことは、法学部では、10人から、「他のクラスではグループワークがないので、続けて欲しい」という要望が書かれていた。法学部のグループワークの取り組みについて多少、把握することができたが、工学部Ⅰ・Ⅱとも特にグループワークの経験を書かれていない為、比較は出来なかった。しかし、この調査が、インタビュー形式の定性調査であれば、学習者たちの経験も調査することができ、深く調査ができたと考える<sup>27)</sup>。

法学部の学習者3人から、この調査前に「学習意欲が低い人がグループにいると自分までもが学習意欲が低くなる」という意見も調査前からあった為、グループ分けをランダムに決めるのではなく、後半から学習者が主体になりグループ分けをしていた。この調査でも法学部の学習者が、自分たちが主体でグループ分けをしたいという意見が工学部よりも若干、多いことがわかった。だが自分たちが主体となりグループ分けをすると工学部の中には、「同じ人とばかりでグループになってしまい、面白くない」という意見や「新しい友達が多かった」「色々な人と友達になれた」という意見が多いことがわかった。

法学部から1名「はじめは慣れずにグループワークについて反対で、先生に相談したが、今はグループワークが楽し

くなった」と書かれていた。だが忘れてはいけないのは、少人数ではあるが、グループワークに取り組む意力の低い学習者の対応である。グループワークでは、同じ目標とゴールを持ち、グループで話し合うことで、達成されるということを感じさせ、何らかの得点を与えることと理解することが大切である<sup>28)</sup>。その為、教員がしっかりとグループワークを理解し、フォローしていくことが重要である<sup>29)</sup>。例えば、学習意欲の低下傾向にある学習者に対しては、授業中、声掛けをすることで、グループワークに取り組んでもらえるようサポートする等が必要となってくるだろう。そして、グループで得点を与えるだけでなく、TBLで行われているように個人としての得点を与える工夫も必要<sup>30)</sup>なのかもしれない。法学部は、英語が必修科目であったが、曜日や時間を学習者が選択し、抽選で学生が選ばれるという形式であった。そして、成績評価も相対評価が課されていて、学生も認知していた。批判的な意見を述べていた学生からするとグループワークにより点数化され、グループ全体で、学習意欲の高い学生も低い学生も同じ点数を受け取るという不平感を感じていたのかもしれない。工学部Ⅰ・Ⅱは、法学部程の厳しい相対評価ではなく、絶対評価に近い評価基準を設けていた。

しかし法学部の同じクラスを担当している教員から学習者同士が仲良く、授業を進めやすかったという感想を聞いた。何を授業でしているのかという質問を受けた。他クラスの1人の学生からは、「自分のクラスでは、ただ英語の長文を訳しているだけで学ぶことが少ないので、こちらのクラスに移りたい」という相談も受けた。そして、グループワークについて今後も続けて欲しいかという自由回答の箇所、「このクラスは授業要綱にもアクティヴ・ラーニングを取り入れて授業をするとあるので、グループワークで不満がある人は他のクラスを受講すれば良いと思います。これからもグループワークを続けて下さい」という意見もあった。

「グループワークのグループを学生中心で決めたいか」という質問に対しては、学生中心で決めたいと多く答えたのが、法学部で、一番低い工学部Ⅱとは20%開きがあった。工学部はグループワークの経験が法学部よりも多くあることが考えられ、比較的、抵抗が少ないことが影響していることと反対の法学部にとっては、抵抗が大きいことがこの結果の要因となった可能性が考えられる。

工学部Ⅱの理由を述べる質問に対して、他の大学と異なった意見として「誰とグループになっても同じだから」「決めるのに時間が掛かり、時間の無駄だから、先生が決めた方が早い」「女子が少なく、自分(自分)たちで決めると男子に話づらいから」などが挙げられていた。ここで、述べておかないのは、工学部Ⅱはクラスの人数が多い為、1回105分の授業を2クラスに分け、入れ替え制の授業を行っている。その為、1クラスの対面授業時間は、50分程度とな

る。そこで、時間の無駄という意見が出ているのかもしれない。そして、女子学生が少ないということだが、6人である。ここで、個人情報配慮をした為、男女を記入してもらった欄を作らなかったことで、6人全員がこの調査の対象になったかはわからない。だが、89人の中の6人と考えると少ない割合である。全ての女子学生がこの調査の対象になったと仮定して、工学部Ⅰは35人中4人、法学部は126名中32人である。ここで単純に考えても法学部では女子の方が工学部よりも多いことはわかる。そして、工学部Ⅰは10%女子率を上回っているが、工学部Ⅱでは、10%にも満たない。グループ分けについての質問に対しても女子学生が少ない為、グループ分けで学習者主体になると男子学生よりも難しいと女子学生は感じたということが示されたのかもしれない。この調査で学んだことは、男女差があるとどのような調査でも差が出てくる可能性に気付けた。男女差を無視すると結果に及ぼしかねない<sup>31)</sup>ということだった。今後は、男女差や違いについても言及していけるような調査をしていきたい。

今までのアクティヴ・ラーニングに対する調査では、アクティヴ・ラーニングが及ぼす学力への影響という調査するものが多く、アクティヴ・ラーニングを使うことで、学力向上をデジタル化して論じているものが主流であった。

世界を見ると4人に1人は実用的な英語を話すことができるレベルにまで達してきているとされ、今後もその数は増えると予想されている<sup>32)</sup>。そのことから、英語の重要性は今後も増すと考えるが、アクテアクティヴ・ラーニングと学力だけに重点を置くのではなく、教育として、大きな意味で何を学習者は学ぶことができるのかということ調査する必要性を感じた。短期的に結果を求める教育法もあるが、長期的な結果を見据え教育をしていくことが、真の人間形成につながると考えるからだ。英語を通じて、人間形成に役立つような授業作りを目標にしていきたい。

アクティヴ・ラーニングのグループワークについて、反対意見もあるが、ランダムにグループ分けをすることにより、先にも述べた<sup>33)</sup>が、多少の緊張感も保ちながら学ぶことの利点を知ることができた。「友達が増えた」「知り合いが増えた」という意見が目立ったが、コロナウィルスの影響もあり、コミュニケーションの場が少なくなっていることや大学生活でコミュニケーションを学生が求めていることが、挙げられていたと感じた。特に法学部の大学では、2年間、英語の対面授業は全く行われず、オンデマンド中心の授業形式であった。2020年4月から12月までの文部科学省の調査で行われた調査(新型コロナウイルスの影響を受けた学生への支援状況による調査)では、全国の短期大学を含む国公立大学と高等専門学校の中退者が挙げる多い理由は、「学生生活不適応・意欲低下」が30.3%で、「経済的困窮」の19.9%を上回っている<sup>34)</sup>ことから、学生生活の充実と学習意欲の関係性が重要だと読

み取れる。この調査からも学習者同士のコミュニケーションの重要性がわかった。コミュニケーションを通し、楽しく英語を学ぶことが、語学の効果的な学習方法だと考える<sup>35)</sup>。アクティヴ・ラーニングは、社会生活で通常、行われていることであり、人と話し、ディスカッションするという必要不可欠で最も重要な事である。アクティヴ・ラーニングは、社会生活で役に立っていくのだと考える<sup>36)</sup>。現に学生の中でも「大変だが、知らない人達と問題を解くことで、今後、社会に出た時に役に立つと思うので、知らない人達とグループワークをしたい」という意見もあった。

## 6. 今後の展望

今回の調査では、アクティヴ・ラーニングは、学習者は肯定的に考えられていることは理解できた。調査前は法学部の学生はアクティヴ・ラーニングに対して批判的な意見を持っているのではないかと考えていたので、この調査を通じて理解できたことは良い結果となった。そして、法学部の学生は、グループ分けは学習者主体で決めたいという意見が多かった。これは、グループワークの経験数に関係するのではないかと考えたが、他の可能性として、工学部Ⅰ・Ⅱと異なり、厳しい相対評価も関係している可能性も考えられるようになった。どちらの理由が関係しているのか、両方なのか、もしくは他のことが関係しているのかは、残念ながら断定的な答えを見つけることはこの調査では困難であった。その原因として考えられるのは、自由に意見を述べてもらう箇所はあったが、意見を再度、問うようなインタビュー形式の定性調査ではなかった為、深く意見を探り出すというプロセスまでには至らなかったことが原因だと考える。今回の調査で、経験をもとにして、何故、そのような意見になったのかというプロセスを知ることが、より深いアクティヴ・ラーニング研究になることとその必要性を感じることができた。

今後は、インタビュー形式の定性調査を行いたい。アクティヴ・ラーニングの肯定的な意見が高いことと英語を学ぶのに効果的であろうことが把握できたが、アクティヴ・ラーニングが学習意欲にどのような影響をもたらしていることを深く探っていきたいからだ。そして、他の調査と同様、この調査でも又、高等教育の大学生の学習者が、「英語が好き、もしくはどちらかという好き」と答えているにもかかわらず「必修科目だから英語の授業を取っている」と答えている学生の割合が非常に高いという研究結果の開きも研究していききたいからだ。そのことこそが、学習者が「好きだから英語を学んでいる」という意見が変わり、英語習得につながるからだと考える。

## 引用文献

- 1) 文部科学省, “新しい学習指導要領の考え”, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm) (2017)。
- 2) 文部科学省, “新しい学習指導要領の考え”, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm) (2017)。
- 3) 文部科学省, “新しい学習指導要領の考え”, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm) (2017)。
- 4) C. Bonwell, and J. Eison. “Active Learning: Creating Excitement in the Classroom”, ERIC Clearinghouse on Higher Education, 1991
- 5) 溝上慎一, “アクティヴ・ラーニング導入の実績的課題”, 名古屋高等教育研究, 7, 269-287 (2007)。
- 6) 関谷弘毅, “チーム基盤学習 (TBL) における役割付与が英語学の専門知識習得に与える影響” 中国地区英語教育学学会誌 50, 65-77 (2020)。
- 7) Miller, P. The effect of scoring criteria specificity on peer and self-assessment. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 28, 383-394 (2003).
- 8) L. K. Michaelsen, Team learning in Large Classes, pp. 13-21, In C. Bouton, and R. Y. Garth, “Learning in Groups”, Jossey-Bass, (1983).
- 9) L. K. Michaelsen, A. B. Knight, and L.D. Fink, “Team-Based Learning: A transformative”, 2004.
- 10) R. E. Slavin, “Cooperative Learning. Review of Educational Research Summer”, 50(2), 315-342 (1980).
- 11) E. F. Barkley, C. H. Major, and K. P. Cross, “Collaborative Learning Techniques: A Handbook for College Faculty”, Jossey-Bass, 2014.
- 12) G. M. Jacobs, “Cooperative Learning: A Sourcebook of Lesson Plans for Teacher Education on Cooperative Learning”, Kagan Cooperative Learning, 1997.
- 13) G. M. Jacobs, “Cooperative Learning: A Sourcebook of Lesson Plans for Teacher Education on Cooperative Learning”, Kagan Cooperative Learning, 1997.
- 14) D. W. Johnson, and R. T. Johnson, “An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning”, *Educational Researcher*, 38(5) 365-379 (2009).
- 15) E. T. Higgins, “Promotion and Prevention: Regulatory Focus as a Motivational Principle”, *Advances in Experimental Social Psychology*, 30, 1-46 (2002).
- 16) 文部科学省, “新しい学習指導要領の考え”, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/gaikokugo/](https://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/)

- 1403470.htm (2017)。
- 17) ベネッセ教育総合研究所, “高3生の英語学習に関する調査”, <https://berd.benesse.jp/global/research/detail1.php?id=5748> (2021)。
- 18) R. Berwick, and S. Ross, “Motivation After Matriculation: Are Japanese Learners of English still Alive After the Exam Hell?”, *JALT Journal*, 11(2): 193-210 (1989).
- 19) 文部科学省, “新しい学習指導要領の考え”, [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/kokusai/gaikokugo/1403470.htm) (2017)。
- 20) G. Thomas, “How to Do your Research Project”, SAGE, 2013.
- 21) D. W. Johnson, R.T. Johnson, and M. E. Stanne, “Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis”, University of Minneapolis, 2000.
- 22) G. Gibbs, and C. Simpson, “Conditions under which Assessment Supports Students’ Learning”. *Learning and Teaching in Higher Education*, 1: 3-31 (2004).
- 23) D. W. Johnson, and R. T. Johnson, and E. J. Holubec, “Cooperation in the Classroom”, Interaction Book Company, 2013.
- 24) Z. Dörnyei, “The Psychology of the Language Learner: Individual Differences Second in Language Acquisition”, Lawrence Erlbaum, 2005.
- 25) R. Ellis, Oral Corrective Feedback in L2 Classrooms: What We Know So Far, pp. 1-19, In N. Nassaji, and E. Kartchava (Eds), “Corrective Feedback in Second Language Teaching and Learning”, Routledge, 2017.
- 26) L. Baloche, and C. M. Brody, “Cooperative learning: Exploring challenges, crafting innovations”, *Journal of Education for Teaching*, 43(3): 274-283 (2017).
- 27) U. Flick, “Qualitative Data Analysis”, Sage, 2014.
- 28) D. W. Johnson, and R. T. Johnson, “An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning”, *Educational Researcher*, 38(5) 365-379 (2009).
- 29) D. W. Johnson, R.T. Johnson, and M. E. Stanne, “Cooperative Learning Methods: A Meta-Analysis”, University of Minneapolis, 2000.
- 30) L. K. Michaelsen, A. B. Knight, and L.D. Fink, “Team-Based Learning: A transformative”, 2004.
- 31) J. S. Chafetz, The Varieties of Gender Theory in Sociology, pp. 3-24, In “Handbook of the Sociology of Gender”, J. S. Chafetz (Ed), Kluwer Academic Plenum Publishers, 1999.
- 32) C. Robson, “Real World Research”, Blackwell, 2011.
- 33) Z. Dörnyei, “The Psychology of the Language Learner: Individual Differences Second in Language Acquisition”, Lawrence Erlbaum, 2005.
- 34) D. W. Johnson, and R. T. Johnson, “An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning”, *Educational Researcher*, 38(5) 365-379 (2009).
- 35) 文部科学省, “新型コロナウイルスの影響を受けた学生への支援状況による調査”, [https://www.mext.go.jp/content/20210216-mxt\\_kouhou01-000007001-1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210216-mxt_kouhou01-000007001-1.pdf) (2020)。
- 36) R. Ellis, “Task-Based Language Learning and Teaching”, Oxford University Press, 2003.

添付物 (アンケート)

まずは、こちらを読んで下さい。口頭でも説明をさせていただきますし、質問にも応じます。英語のクラスで行われるグループワークについてアンケートにご協力できれば幸いです。このアンケートは研究材料に使われることがありますが、名前等は記入必要なく、個人情報漏れることはありません。そして、今後の授業向上に役立てていくものです。こちらのアンケートは成績等に関係するものではありません。ボランティアとして、ご協力していただくもので、強制的なものではありません。どうぞよろしく願いいたします。

- ①英語は好きですか。  
 好き    どちらかといえば好き  
 どちらかといえば嫌い    嫌い
- ②英語の授業は必修授業だから受けていますか。  
 はい    どちらかといえばそうである  
 どちらかというところではない    いいえ
- ③今までにこの授業を含めず英語の授業でグループワークをしてきたことがありますか。  
 はい    覚えていない    いいえ
- ④授業で行ったグループワークについてお聞きします。グループワークをどう思いましたか。  
 好き    どちらかといえば好き  
 どちらかというところ嫌い    嫌い
- ⑤④で答えた理由を書きいただけますか。
- ⑥グループワークをすることにより、授業中の課題に対して一人で行うよりも取り組みやすいという気持ちになりましたか。  
 はい    どちらかといえばそう思った  
 どちらかというところ思わなかった    いいえ
- ⑦⑥で答えた理由について理由を書きいただけますか。

⑧ グループ分けについてお聞きします。グループは自分たち  
主体で決めたいですか。

はい どちらかというとうそしたい  
どちらかというとうそしたくない いいえ

⑨ ⑧で答えた理由を書いていただけますか。

⑩ グループワークを授業中にこれからも取り入れて欲しいで  
すか。

はい どちらかといえばそうして欲しい  
どちらかといえばそうして欲しくない いいえ

⑪ ⑩で答えた理由について理由を書いていただけますか。

以上です。ご協力していただき有り難う御座いました。





# High-Throughput JPEG 2000 対応コーデックの開発と検証\*

## Development of HTJ2K Compliant Codec

渡邊 修 Osamu WATANABE\*\*

前山 利幸 Toshiyuki MAEYAMA\*\*

### Abstract

The High Throughput JPEG 2000 (HTJ2K) is Part 15 of the JPEG 2000 family of standards, and it is published as ITU-TT.814 | ISO/IEC 15444-15. HTJ2K significantly improves coding throughput to image compression pipelines with JPEG 2000 technology. In this paper, an open-source C++ implementation of HTJ2K is proposed. The implementation principles are “easy to understand what is done inside HTJ2K codec” and “easy to use.” Unlike the existing open-source implementation, our decoder is fully compliant with the conformance testing defined in the new edition of JPEG 2000 Part 4. The experimental results demonstrate the proposed codec performs well in terms of encoding/decoding speed.

**Keywords:** JPEG 2000, HTJ2K, Open-source, C++

### 1. はじめに

High Throughput JPEG 2000 (以下HTJ2Kと略記)は、JPEG 2000シリーズ標準のPart 15として2019年にITURec. T.814 | ISO/IEC 15444-15として出版された<sup>1)</sup>。HTJ2Kの主な目的は、従来のJPEG 2000 Part 1<sup>2)</sup>(以下J2Kと略記)で規定されているブロックコーダであるEBCOT (Embedded Block Coding with Optimized Truncation)を置き換え、符号化システム全体のスループットを向上させることである。HTJ2Kの標準化作業は、2017年3月の第75回JPEGシドニー会合から始められた。第76回トリノ会合(2017年7月)において、CfP (Call for Proposal)が発行され、具体的な技術提案を募ることとなった。このCfPには、以下に挙げるスコープが記載されている<sup>3)</sup>。

- 符号化効率の大幅な低下を招くことなく、CPU、GPU、FPGA、ASICなどのプラットフォームで、スループットの大幅な向上を提供すること
- 既存のブロック符号化アルゴリズム (EBCOT) との数学的に可逆なトランスコーディングが可能であること
- アルゴリズムは低消費電力で実行可能であること
- 既存のJPEG 2000標準規格群と共に使用可能であること

これらより、HTJ2Kの目的として、スループット向上だけでなく、アルゴリズムの計算複雑性の低減や、既存のJPEG 2000シリーズ標準との親和性を保つことが重視されていることが分かる。HTJ2KがFDIS (Final Draft of International Standard) ステージに達したのは2019年3月のジュネーブ会合であるが、その間に、J2Kへのコードストリームシンタックスへの追補 (後にこの追補の内容はJPEG 2000 Part 1 第4版として出版された) や、HTJ2Kへの適合性試験などの策定作業が並行して進められた。HTJ2Kは、JPEG 2000も豊富なスケラビリティ機能はほぼそのままに、スループット性能を大幅に向上させることから、これまでにJPEG 2000が採

用されてきたデジタルシネマ、アーカイブ、医療画像、衛星画像、各種IDカード等の分野においてJ2Kを置き換えることが期待されている。しかしながら、規格に準拠するための適合性試験をパスしているのはJPEG 2000 Part 5として規格化された参照ソフトウェア<sup>4)</sup>と商用ソフトウェアであるKakaduの2つのみである。参照ソフトウェアのスループットは、J2Kのそれと比べれば大幅に向上しているが、商用ソフトウェアであるKakaduには遠く及ばない。本研究では、十分なスループット性能を持つHTJ2K対応コーデックをオープンソースプロジェクトとして開発することを目的とする。

筆者らは、すでにC++言語ベースのソフトウェアコーデックを開発している<sup>5)</sup>。本論文の内容と文献<sup>5)</sup>との差異は、マルチスレッド化、SIMD化などを用いてソフトウェアコーデックの性能を大幅に向上させたこと、FPGA向けのHDL実装の性能評価を行っていること、の2点である。

本論文の構成は以下のとおりである。第2節では、HTJ2Kの規格の概要、続けて第3節において、HTJ2Kのスループット向上のコアであるHT Cleanup encodingアルゴリズムを説明する。第4節で、本研究におけるオープンソースコーデックの設計・開発方針について述べ、既存のコーデックと比較したスループット評価実験の結果をまとめる。第5節において本研究の総括および今後の展望について述べる。

### 2. HTJ2Kの概要

#### 2.1 規定されるブロックコーダ

図1は、HTJ2Kに対応したコーデックの構成例のブロック図である。HTJ2Kは、青色のブロック部分「HT block encoder/

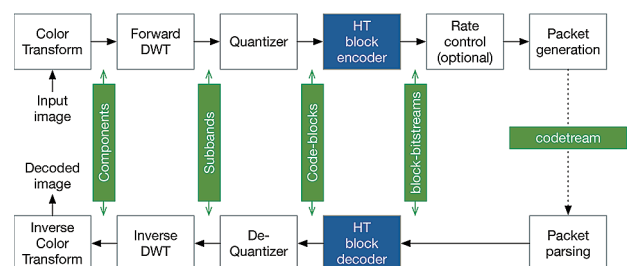


図1: HTJ2Kコーデックの構成例

\* 原稿受付 2022年11月28日

\*\* 拓殖大学工学部電子システム工学科

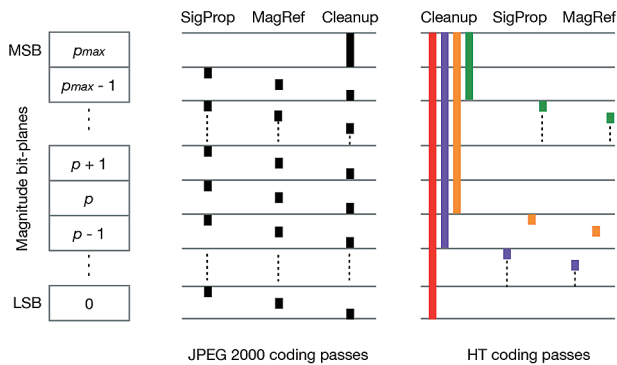


図2：J2KとHTJ2Kにおける符号化パス

decoder」を規定する。HT block encoder/decoder はJ2KにおけるEBCOT<sup>6)</sup>を置換するものでFBCOT (F: Fast) とも呼ばれる。符号化システムのその他の要素 (色空間変換, DWT (Discrete Wavelet Transform), 量子化, コードブロック分割など) は, J2Kと全く同一である。また, 標準で規定されるのは, デコーダのみであり, エンコーダについてはあくまでInformativeな記述となっていることに注意されたい。これは, 規定された手順でデコード可能なコードストリームを出力できることが, エンコーダに課せられた唯一の条件だからである。したがって, 各ベンダーは, それぞれのターゲットアプリケーションに対して適した実装方法を取ることが可能となる。なお, 本稿におけるエンコーダに相当する部分の説明は, このInformativeな記述および, 筆者がプロジェクトエディタを務めたリファレンスソフトウェア<sup>4)</sup>の内容に基づいている。

2.2 符号化パス

HTJ2Kで規定されたブロックコーダ (以下HT block encoder/decoder と略記) は, J2KのEBCOTと同様に, エンコーダでは量子化されたDWTサブバンド上に定義される矩形領域であるコードブロックを入力とし, その圧縮データ, およびパケットヘッダ生成に必要な付随情報を出力とする。デコーダでは, 圧縮データを入力とし, 復号結果である逆量子化前のDWT係数を出力する。

EBCOTにおいては, コードブロック内のDWT係数は, ビットプレーンを単位として, 最上位ビットから最下位ビットまで順にスキャンされ, 各ビットプレーンは図2左に示す3つの符号化パス (SigProp pass, MagRef pass, Cleanup pass) のいずれかに分割される。3つの各符号化パスは独立して圧縮され, 圧縮データを構成する。最上位ビットプレーンはCleanup passのみに属するため, コードブロック内のビットプレーン数を $k$ とすると, コードブロックの符号化パスの総数は $3k - 2$ となる。得られた符号化パスの圧縮データすべてをコードストリームに含める必要はなく, 符号化パスごとに得

表1：HTJ2K によって影響を受けるマーカセグメント

追加規定の内容	対象マーカセグメント
パラメータ値の拡張	COD, COC
制約の追加	SIZ, RGN
新たに定義	CAP, PRF, CPF

られる歪みの予測値に基づいて符号化パスの切り捨てを行うことにより, EBCOT のPCRD-opt (Post Compression Rate Distortion Optimization) 機能が実現される。

これに対し, HTJ2Kでは, 図2右に示すように符号化パスはやはり3通りで, それぞれHT Cleanup pass, HT SigProp pass, HT MagRef passと呼ばれるが, コードブロックをビットプレーン分割せず, ブロック内のDWT係数を一度に処理する。その結果出力される符号化パスは高々3つとなる。このうち, HT Cleanup passのエンコード・デコードが, HTJ2Kの最も特徴的な部分であるので3章で詳述する。HT SigProp passとHT MagRef passについては, EBCOTにおけるBYPASSモードに若干の修正を加えたアルゴリズムとなっている。

2.3 コードストリームシンタックス

ブロックコーダの置き換えに伴い, JPEG 2000コードストリームシンタックスに規定が追加されている。具体的には, J2K第3版で規定されたマーカセグメント群への, 制約の追加, パラメータ値の拡張, そして新たなマーカセグメントの定義であり, この追加規定の内容を表1にまとめる。詳細な内容については, 規定<sup>1)</sup>を参照されたい。

3. HT Cleanup pass エンコーディングアルゴリズム

3.1 MagSgn, MEL, およびVLC ビットストリーム

HT Cleanup pass における圧縮データはMagSgn, MEL, VLC の3つのビットストリームから構成される。並列処理を意識し, それぞれのストリームは独立に生成可能となっている。3つのストリームはエンコーダの最終段において連結され, HT cleanup segment を形成する。

それぞれのビットストリームは, 終端処理 (termination) を経てバイト列となる。このとき, MELとVLCビットストリームは連結され, 合わせて終端処理が行われる。HT cleanup segmentは図3に示すように, 先頭からMagSgn, MEL, VLCの各バイト列が格納される。HT cleanup segment全体の長

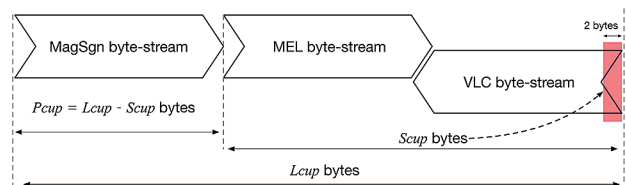


図3：HT cleanup segmentの構成

さを  $L_{cup}$ , MELと VLCバイト列の長さを  $S_{cup}$ と置く。デコーダに  $S_{cup}$ の値を伝達するために、符号バッファ  $D_{cup}$ の最後尾の2バイトを次式にしたがって修正し、HT cleanup segmentが出力される。

$$D_{cup}[L_{cup} - 1] = S_{cup} \gg 4$$

$$D_{cup}[L_{cup} - 2] = (D_{cup}[L_{cup} - 2] \& 0xF0) | (S_{cup} \& 0x0F)$$

ここで、 $\gg$ は右論理シフト、 $\&$ はビットごとの論理積、 $|$ は論理和であり、 $0x$ は16進数であることを意味する接頭辞である。

### 3.2 Quad単位の係数スキャン

コードブロックの水平×垂直方向のサイズを  $W_{blk} \times H_{blk}$ と置く。HT Cleanup passでは、コードブロック内のDWT係数をQuadと呼ばれる単位でスキャンする。1つのQuadのサイズは  $2 \times 2$ であり、コードブロック内に存在する水平方向のQuad数  $QW$ , 垂直方向の数  $QH$ はそれぞれ  $QW = \lceil W_{blk} / 2 \rceil$ ,  $QH = \lceil H_{blk} / 2 \rceil$ である。すなわち、コードブロックサイズが2で割り切れないときには、行または列が追加される。したがって、コードブロック内のDWT係数を  $X_n$ とすると、 $n$ の取りうる範囲は  $0 \leq n < 4 \cdot QW \cdot QH$ となる。図2における色のついていない画素の係数は、この追加された行および列を示している。追加される行および列に属する係数の値は、ゼロである。以下、本稿では、Quadのインデックスを  $q$ で表すこととする。 $q$ の値の範囲は  $0 \leq q < QW \cdot QH$ である。図4に示すように、各Quadはラスタ順にスキャンされる。ここで、量子化ステップサイズを  $\Delta$ ,  $p$ を整数とすると、量子化されたDWT係数の振幅  $\mu_n$  および符号  $s_n$ は、

$$\mu_n = \left\lfloor \frac{|X_n|}{2^p \Delta} \right\rfloor, s_n = \text{sign}(X_n) \quad (1)$$

と与えられる。Quad内の4係数は、北西 ( $n = 4q$ ) → 南西 ( $n = 4q + 1$ ) → 北東 ( $n = 4q + 2$ ) → 南東 ( $n = 4q + 3$ )、の順でスキャンされる。

また、Quadのうち、 $Quad_q$  ( $0 \leq q < QW$ )をInitial line pair,  $Quad_q$  ( $QW \leq q < QW \cdot QH$ )をNon-initial line pairと呼び、以降の符号化手順の一部はInitial line pairとNon initial line pairで異なることに注意されたい。

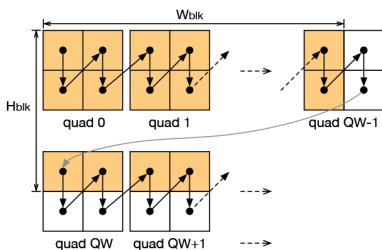


図4：QuadおよびQuad内のスキャン順序

### 3.3 Codeblock significance, MagSgn value, Exponent

符号化手順そのものの説明に先立ち、各手順で使用される変数であるSignificance, MagSgn value, Exponentsについて説明する。

$\mu_n$ の有意状態をSignificanceと呼び、 $\sigma_n$ を用いて表すことにする。 $\sigma_n$ は

$$\sigma_n = \begin{cases} 1 & \mu_n > 0 \\ 0 & \mu_n = 0 \end{cases} \quad (2)$$

と定義される。

$X_n$ の振幅と符号をまとめて表現した値をMagSgn valueと呼び、 $v_n$ を用いて表すことにする。 $v_n$ は、

$$v_n = s_n + 2(\mu_n - 1) \quad (3)$$

と定義される。ただし、 $\mu_n - 1$ は飽和付き減算であり、 $\mu_n - 1 \geq 0$ である。

Exponentはサブバンド係数の振幅  $\mu_n$ を用いて

$$(4)$$

を満たす整数として定義される。ただし、 $2\mu_n - 1$ は飽和付き減算であり、 $2\mu_n - 1 \geq 0$ である。

### 3.4 EMB pattern

ここで、MagSgnおよびVLCビットストリームを生成するために必要なEMB (Exponent Max Bound) patternについて説明する。ここで図5にあるように、EMB pattern導出に必要な  $\gamma_q, \kappa_q, U_q, u_q$ を定義しておく。ただし  $E_q^{\max} = \max\{E_{4q}, E_{4q+1}, E_{4q+2}, E_{4q+3}\}$ ,  $\gamma_q$ はQuad内に有意な係数が2つ以上ある場合に1となり、それ以外は0となる数である。なお、Initial line pairにおいては、参照すべき上部の係数が存在しないため、 $\kappa_q$ の値は1に固定される。

あるQuadのEMB pattern  $\bar{e}_q$ は4ビットの値として以下のように定義される。

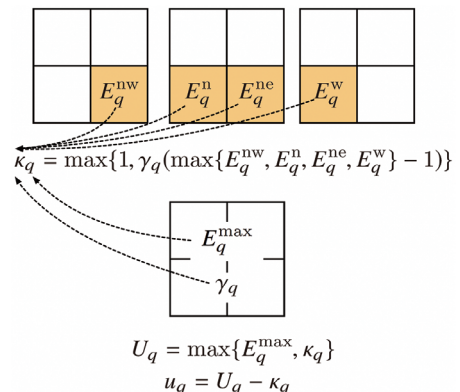


図5：EMB pattern導出のための変数

ただしInitial line pairにおいては  $\kappa_q=1$ に固定

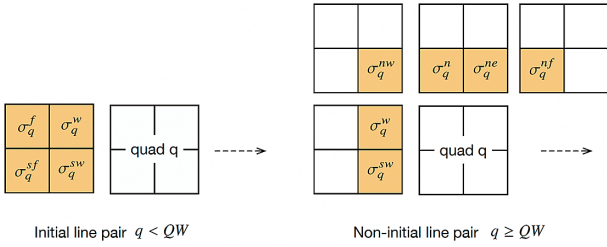


図6：コンテキストの導出

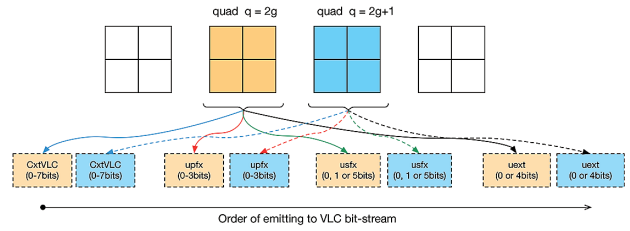


図7：VLC符号化の順序

$$\bar{\epsilon}_q = \epsilon_{4q} + 2\epsilon_{4q+1} + 4\epsilon_{4q+2} + 8\epsilon_{4q+3} \quad (5)$$

ただし、 $\epsilon_n$  および  $u_q^{\text{off}}$  は、それぞれ

$$\epsilon_n = \begin{cases} u_q^{\text{off}} & E_n = E_n^{\text{max}} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

$$u_q^{\text{off}} = \begin{cases} 1 & u_q > 0 \\ 0 & u_q = 0 \end{cases} \quad (7)$$

である。

### 3.5 CxtVLC ルックアップテーブル

MagSgn および VLC ビットストリーム生成のために、CxtVLC ルックアップテーブルを用いて符号化に必要な情報を取得する。このテーブルには 3.3 および 3.4 で説明した諸変数と、コンテキストと呼ばれる Quad の周囲係数の有意状態を用いて計算されるインデックス値を使用する。インデックス値  $n_q$  は次式に基づいて求めることができる。

$$n_q = \bar{\epsilon}_q + 16\rho_q + 256c_q \quad (8)$$

ただし、

$$\rho_q = \sigma_{4q} + 2\sigma_{4q+1} + 4\sigma_{4q+2} + 8\sigma_{4q+3} \quad (9)$$

$$c_q = \begin{cases} (\sigma_q^f | \sigma_q^{\text{sf}}) + 2\sigma_q^w + 4\sigma_q^{\text{sw}} & q < QW \\ (\sigma_q^{\text{nw}} | \sigma_q^n) + 2(\sigma_q^w | \sigma_q^{\text{sw}}) + 4(\sigma_q^{\text{ne}} | \sigma_q^{\text{nf}}) & q \geq QW \end{cases} \quad (10)$$

である (式(10)内の各有意状態については図6を参照)。

CxtVLC の出力は、EMB known bit pattern  $\epsilon_q^{-k}$  および VLC 符号語  $w$ 、VLC 符号語長  $l_w$  である。

### 3.6 MagSgn ビットストリーム出力

MagSgn ビットストリームは、Quad 内の MagSgn value  $v_n$  それぞれの下位  $m_n$  ビットをパッキングすることで生成される。 $m_n$  の値は次式で決定される。

$$m_n = \sigma_n U_q - k_n \quad (11)$$

$k_n$  の値は、Quad 内の係数位置と EMB known bit pattern の関係

$$\epsilon_q^{-k} = k_{4q} + 2k_{4q+1} + 4k_{4q+2} + 8k_{4q+3} \quad (12)$$

により導かれる。対象となる MagSgn value のパッキング時には、J2K での EBCOT 同様、圧縮データのボディ内に  $0x\text{FFFF}90 \sim 0x\text{FFFF}$  の範囲のマーカコードが出現することを回避するために、ビットスタフティング処理が行われる。

### 3.7 MEL ビットストリーム出力

コンテキスト  $c_q$  の値がゼロであった場合、当該 Quad は MEL 符号化の対象となる。HTJ2K の MEL 符号化は MELCODE<sup>7)</sup> に基づいている。Quad  $q$  内の Significance  $\sigma_n$  がすべてゼロである場合、MELCODE におけるゼロラン長がインクリメントされる。このとき、ゼロラン長がしきい値を超えた場合、ビット “1” が符号バッファに送られ、ゼロのラン長はリセットされる。Quad  $q$  内の Significance  $\sigma_n$  がひとつでも有意である場合は、ビット “0” および、その時点でのゼロラン長に応じた符号が符号バッファに送られ、ゼロのラン長がリセットされる。MEL ビットストリームにおいてもビットスタフティング処理が行われる。

### 3.8 VLC ビットストリーム出力

VLC ビットストリームは基本的に、2つの Quad をペアにした Quad-pair を単位として出力される。CxtVLC の出力である  $w$ 、 $l_w$  に加えて unsigned residual と呼ばれる値  $u_q = U_q - k_q$  をインデックスとして U-VLC ルックアップテーブルを引くことで得られる値  $u_{\text{pfx}}$ 、 $u_{\text{sfx}}$ 、 $u_{\text{ext}}$  を合わせて VLC 符号化する (図7を参照)。VLC 符号化では、バッファの最後尾に最初に符号化される Quad に対応する符号語が格納され、以後、バッファの後ろから前へとビットストリームが形成されていく。VLC ビットストリームにおいてもビットスタフティング処理が行われるが、ビットストリームの形成順序が逆であるため、MagSgn および MEL ビットストリームとは方法が異なる。

### 3.9 HT refinement segment

式(1)における  $p$  の値をゼロ以外の値としたとき、HT

cleanup segmentに含まれないビットプレーンが存在する。これは図2右で赤以外の場合に対応する。このようなビットプレーンのうち、最も上位のものをHT SigProp passおよびHT MagRef passにて符号化し、これらをまとめてHT refinement segmentとして出力する。HT refinement segmentは、HT cleanup segmentとは異なり必須ではないsegmentである。前述したように、これらの2つのパスの符号化アルゴリズムはEBCOTのBYPASSモードに若干の修正を加えたものであるため、ここでの説明は割愛する。詳細については、規定<sup>1)</sup>を参照されたい。

## 4. HTJ2Kコーデックの開発と検証

### 4.1 C++言語によるソフトウェア実装

HTJ2K自体は、J2Kのブロックコードの置き換えであるため、その前後の処理、すなわち画像入力、色空間変換、DWT、パケット生成等も合わせて実装しなければならず、相当のコード量が見込まれる。そのため、まずは速度を重要視しないプロトタイピングを行うこととした。プロトタイピングにあたっては、数値計算環境であるMATLABを用いた。MATLABによるプロトタイピングの利点として、メモリ管理が不要となること、内部状態の観察が容易であるためデバッグがしやすいことが挙げられる。このプロトタイプ実装は、オープンソースソフトウェアとして公開されている<sup>8),9)</sup>。このプロトタイプ実装により、エンコーダ・デコーダ内部の処理の流れや、各種データに必要な演算語長等が明らかになったため、このプロトタイプ実装をベースに、C++言語によるソフトウェアコーデックを開発した。C++言語を選定した理由は、実行速度と豊富な対応プラットフォームにある。

HTJ2Kは、現代のCPUで用いられるSIMD (Single Instruction, Multiple Data) 技術や、複数コアによる並列処理を強く意識したアルゴリズムであるため、その性能を最大限に発揮するためには、SIMDおよびマルチスレッドプログラミングの利用が必須である。SIMD演算は、CPUによって用意されている命令が異なる。例えば、広く普及しているIntel系のプロセッサにはSSE、ARM系のプロセッサにはNEONと呼ばれる拡張命令が用意されているが、両者に互換性はない。開発したソフトウェアコーデックは、その方針として幅広いプラットフォームへの対応を掲げているため、IntelおよびARMの両者に向けた別々のSIMDコードを開発した。マルチスレッド処理については、その粒度が並列度、すなわち処理効率に影響を与えることが知られている。今回は、J2Kの符号化単位であるコードブロックが互いに独立に処理できることを利用し、コードブロックのエンコード、デコードをスレッドプールモデルに基づいて並列化した。また、ソフトウェアのビルド (コンパイル) 環境として、CMakeを採用した。C/C++言語で書かれたソフトウェアのビルドは、ビル

ドを行うコンピュータの環境に依存することが多く、ある環境ではビルド可能であっても、別の環境ではビルドできないことがある。CMakeは、環境によるビルド環境の違いを吸収するためのソフトウェアであり、多くのオープンソースプロジェクトで採用されている。CMakeを用いることによって、最小の労力で幅広いプラットフォームで動作するソフトウェアを開発することが可能となる。

デコーダの設計指針は、JPEG 2000 Part 4<sup>10)</sup>に定められた適合性試験をすべてパスすることである。これにはJ2Kで規定される符号化ツールの全てを実装することが求められる。エンコーダの設計は、デコーダとは異なりどの符号化ツールを採用するかは実装側に委ねられる。開発したエンコーダの特長として、Q factorによる直感的な画質指定を可能としたこと、YCbCr色空間入力に対応したこと、出力フォーマットとして、コードストリームのみならずJPHファイルフォーマットにも対応したこと、が挙げられる。Q factorとは、非可逆圧縮時の画質を示す0以上100以下の整数値であり、最高画質は100に対応する。このような画質指定方法はJPEG<sup>11)</sup>エンコーダでは一般的であるが、JPEG 2000エンコーダにおいては、文献<sup>12)</sup>ではじめてその有用性が示されるまで一般的ではなく、これを実現したコーデックは非常に少ない。

### 4.2 性能評価

ここでは、開発したソフトウェアコーデックのエンコード・デコードのそれぞれにおけるスループット性能を評価する。比較対象は、既存のソフトウェアコーデックであるOpenJPH<sup>13)</sup>、Kakadu<sup>14)</sup>、参照ソフトウェア<sup>4)</sup>である。OpenJPHは、世界で初めてのHTJ2K対応のオープンソースソフトウェアであるが、JPEG 2000 Part 1準拠のコードストリームはデコードできず、また、適合性試験をパスするのに必要な機能が実装されていない。Kakaduは、JPEG 2000の商用ソフトウェアとして長年の実績を誇り、Part 1, Part 2, Part 9, Part 15をサポートする非常に高速な実装である。ただし、商用ソフトウェアであるためソースコードは公開されておらず、利用にはライセンス料が要求される。

比較に用いたテスト画像は映像情報メディア学会作成のテストチャート「超高精細・広色域標準静止画像」<sup>15)</sup>の一部である。使用した解像度は4K (3840 × 2160) であり、色空間はRGB、ビット深度は各色成分ごとに12 bit/pixelである。エンコードには、表2に示す符号化パラメータを用いた。なお、非可逆圧縮時の画質指定には、Q factorをサポートしていない実装でも利用可能な量子化ベースステップサイズを用いた。ただし、非可逆圧縮時のエンコーダのスループット性能比較からは参照ソフトウェアを除外している。この理由は量子化ベースステップサイズ指定方法が他の実装と全く異なり、比較が困難なためである。

表2：エンコードに用いた符号化パラメータ

Tiling	no
Number of DWT	5
Color transform	yes
Code-block size	64 × 64
Precinct size	max-precinct
Progression order	LRCP
Quality	lossless, lossy (base step size = 0.03125)

表3：HT Cleanup pass encoding回路のリソース利用率シミュレーション結果

	使用可能数	実際に使用した数	利用率
LUT	53,200	5,175	9.7%
FF	106,400	5,006	4.7%
BRAM	4,900	16	0.3%
DSP Slices	220	4	1.8%

コーデックは、ARMプロセッサ上ではエンコーダ・デコーダともにKakaduに匹敵する性能を持つことが確認された。Intelプロセッサにおいては、Kakaduには及ばないものの、参照ソフトウェアを大きく上回り、OpenJPHと比較して遜色ないスループット性能が確認された。

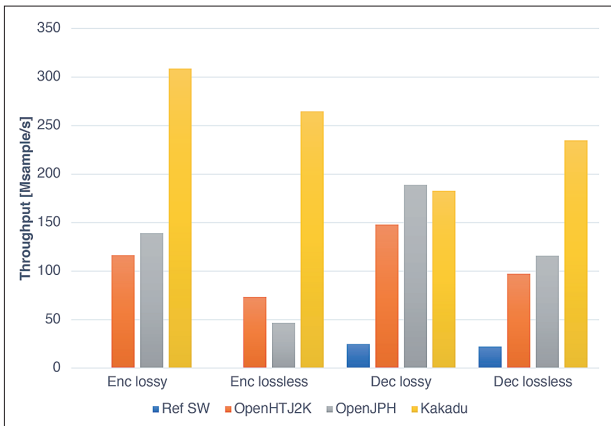
スループットの測定とは別に、JPEG 2000規格に準拠するための適合性試験をJPEG 2000 Part 4<sup>10)</sup>に定められた手順によって行った。その結果、開発したコーデックOpenHTJ2Kは全てのテストをパスすることが確認された。

### 4.3 ハードウェア実装

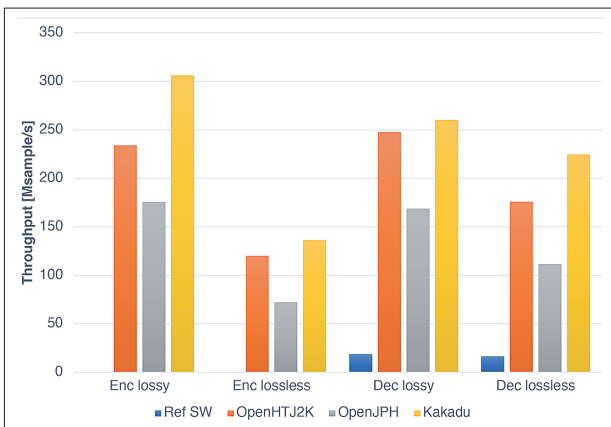
開発したOpenHTJ2KのHT Cleanup encoding部分のソースコードに基づいて、高位合成 (High Level Synthesis: HLS) ツールを用いたFPGAハードウェア化の検討を行った。FPGA (Field Programmable Gate Array) とは、回路構成を書き換え可能なデジタル回路である。FPGAはその良好な電力対性能比から近年様々な分野への応用が進んでいる。今回は、Xilinx社の製品であるZynq 7000 SoCを搭載したFPGAボードを対象に、Xilinx社提供の高位合成ツールであるVitis HLSを用いてシミュレーションを行い、リソース利用率、予想動作周波数などの結果を得た。リソース利用率を表3に示す。このときの動作周波数は約68MHzであった。ブロックコードだけの結果であることを考慮しても、リソース利用率には十分な余裕があると考えられる。また、動作周波数についてはFPGAに向けた最適化を施すことによって大幅に向上できると考えている。

### 5. おわりに

本稿では、HTJ2K規格に準拠したコーデックの開発について、その動機、現状について述べた。スループット比較実験より、特にARM系プラットフォームにおける良好な性能が確認された。実装されたコーデックはオープンソースソフトウェアOpenHTJ2Kとして、GitHubにて公開している<sup>16)</sup>。また、FPGAを利用したハードウェアコーデックについても開発に着手し、ブロックコードに関するシミュレーション結果を得た。今後はソフトウェアコーデックのさらなる改善と、ハードウェアコーデックの実装を進めていく予定である。



(a) Linux (Core i7 10710U)



(b) macOS (Apple M1 max)

図8：開発したコーデック (OpenHTJ2K) と他の実装とのスループット比較

スループットの測定には、Linux (Intel Core i7 10710U プロセッサ) およびmacOS (Apple M1 max プロセッサ) の2つの環境を用いた。ビルドに用いたコンパイラはclang、コンパイラの最適化はオン (-O3) とした。

図8に、開発したコーデック (OpenHTJ2K) と、既存の実装とのスループット比較結果を示す。図8a, 8bはそれぞれLinux, macOSでの実行結果である。一部の実装は、マルチスレッドに対応しているが、この結果はシングルスレッドにおける実行結果である。これらの結果より、開発したOpenHTJ2K

## 謝辞

本研究は、2020年度 – 2021年度拓殖大学理工学研究所共同研究の助成を受けて行われた。

## 参考文献

- 1) Information technology - JPEG 2000 image coding system: High-Throughput JPEG 2000. ITU-T Recommendation T.814 (2019) | ISO/IEC 15444-15: 2019, 2019.
- 2) Information technology - JPEG 2000 image coding system - Part 1: Core Coding System. ITU-T Recommendation T.800 (2019) | ISO/IEC 15444-1: 2019, 2019.
- 3) High Throughput JPEG 2000 (HTJ2K): Call for Proposals. ISO/IEC JTC 1/SC 20/WG 1 N76037, June 2017.
- 4) Information technology - JPEG 2000 image coding system - Part 5: Reference Software. ITU-T Recommendation T.804 (2021) | ISO/IEC 15444-5: 2021, 2021.
- 5) Xuanyu Fang and Osamu Watanabe. Development of Open-Source Codec Compliant with HTJ2K Standard. In *2021 IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 11-14, 2021.
- 6) D. Taubman. High performance scalable image compression with EBCOT. Vol. 9, No. 7, pp. 1158-1170, July 2000.
- 7) F. Ono, S. Kino, M. Yoshida, and T. Kimura. Bi-level image coding with MELCODE-comparison of block type code and arithmetic type code. In *1989 IEEE Global Telecommunications Conference and Exhibition 'Communications Technology for the 1990s and Beyond'*, pp. 255-260 vol. 1, Nov 1989.
- 8) MatHTJ2K. <https://github.com/osamu620/MatHTJ2K>.
- 9) Osamu Watanabe and David Taubman. A Matlab Implementation of the Emerging HTJ2K Standard. In *2019 IEEE 8th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, pp. 491-495, 2019.
- 10) Information technology - JPEG 2000 image coding system - Part 4: Conformance Testing. ITU-T Recommendation T.803 (2021) | ISO/IEC 15444-4: 2021, 2021.
- 11) Information technology—Digital compression and coding of continuous-tone still images: Requirements and guidelines. International Standard ISO/IEC IS-10918-1, February 1994.
- 12) Ayyoub Ahar, Saeed Mahmoudpour, Osamu Watanabe, David Taubman, and Peter Schelkens. Parameterization of the quality factor for the high throughput JPEG 2000. In Peter Schelkens and Tomasz Kozacki, editors, *Optics, Photonics and Digital Technologies for Imaging Applications VI*, Vol. 11353, p. 113530V. International Society for Optics and Photonics, SPIE, 2020.
- 13) OpenJPH. <https://github.com/aous72/OpenJPH>.
- 14) Kakadu. <https://kakadusoftware.com>.
- 15) The Institute of Image Information and Television Engineers. Ultra-high definition/wide-color-gamut standard test images, Aug 2014.
- 16) OpenHTJ2K. <https://github.com/osamu620/OpenHTJ2K>.





研究速報  
SHORT NOTES



# ビジネス文書に見られる形容詞の特徴\* —理工系教科書や日本語能力試験との比較

## Characteristics of Adjectives in Business Documents in Japanese

小林伊智郎 Ichiro KOBAYASHI\*\*

### Abstract

Analyzing adjectives in the official questions in BJT Business Japanese Proficiency Test (BJT), the following points are revealed;

- 1) Both *ii/yoï* and *nai* are found in BJT as frequently as in “Science Laboratory” Textbook (SLT) and Japanese Language Proficiency Test (JLPT) questions. This is because these adjectives are in basic Japanese vocabulary.
- 2) Regarding *ii/yoï*, BJT’s texts have similar style with SLT. They have similar contents and function with JLPT on the other hand.
- 3) *Nai* in BJT is used mostly for abstract noun. This differs from JLPT in which it is used for concrete noun and SLT in which it is used for instructing students.
- 4) *Hayai* and *yasui* are found more frequently in BJT than in SLT and JLPT. This can be because BJT needs these adjectives in the context.
- 5) *Kakubetsu*, *atsui*, *kyoshuku*, and *fumei* used on typical business documents in Japanese are found frequently as expected. *Kakubetsu* and *fumei* are sometimes not followed by *na*, but by less standard *no* when modifying noun. This seems to be intended to sound politer.

**Keywords:** BJT Business Japanese Proficiency Test, Overseas students, Science and engineering, Communicating in Japanese office

### 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、理工系の学生が触れる文章に見られる形容詞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. 「基礎科学実験」の教科書<sup>1)</sup> (以後「実験」と略記)の形容詞<sup>2)</sup>

使用頻度が高かったのは、初級レベルのものだった。

- 1) 「小さいー小さな」「大きいー大きな」: 「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」では「回数Nがじゅうぶん大きい」のように、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。
- 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。
- 3) 「よい」: 物事の評価や判断を表す例は少なく、「～ばよい」「～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。
- 4) 「正確」: 単に間違いがない状態を表す例より、主に「正

確に計算する」の形で、概算ではない計算を行うという、手順の指示に使われる例が多い。

#### 1.2. 日本語能力試験公式問題集(第二集)N1～N3「読解」問題の本文<sup>3)</sup>(以後JLPTと略記)の形容詞<sup>4)</sup>

- 1) 「いい/よい」については、「実験」では「よい」のみが見られたが、JLPT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・指導のための用法が多かったが、JLPTでは、評価や判断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。

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、BJTビジネス日本語能力テスト(以後BJTと略記)における形容詞の使用状況を「実験」やJLPTと比較することを目的とする。

### 2. 方法

BJTは、ビジネス場面で必要とされる日本語のコミュニケーション能力を測定・認定するテストである。1996年の開始当初は日本貿易振興機構(JETRO)が実施していたが、2009年からは日本漢字能力検定協会が引き継いだ。「実際にビジネスの現場で活躍する会社員や、日本企業への就職を見据えた

\* 原稿受付 2022年12月19日

\*\* 拓殖大学工学部基礎教育系列

大学生が多く受験して」おり、「客観的な指標として昇給・昇格の条件や語学手当の支給基準など、人事評価に活用されるケースが増えて」いる<sup>5)</sup>。2021年度の受験者は5,191人(国内3,687人、海外1,504人)であった<sup>6)</sup>。

BJTは第1部「聴解」(約45分25問)、第2部「聴読解」(約30分25問)、第3部「読解」(30分30問)の三部構成となっている。また2017年4月からはCBT(Computer Based Testing)方式で実施されている<sup>7)</sup>。

本稿では、以下の試験問題集A～Cを資料とし、それぞれの「聴読解」「読解」の問題用紙に印刷された文字言語の形容詞を調査対象とした。

- A) 『BJT ビジネス日本語能力テスト 公式ガイド』<sup>8)</sup>
- B) 『BJT ビジネス日本語能力テスト JLRT 体験テストと解説』<sup>9)</sup>
- C) 『BJT ビジネス日本語能力テスト 公式 模擬テスト&ガイド』<sup>10)</sup>

なお、本稿ではいわゆる形容動詞についても、日本語教育の一般的な文法概念に従い、「形容詞」として研究対象とした。また接辞が付いた「良さ」「早め」や、一般的な形容詞型の活用形がそろわない「大きな」「同じ」などの語も、研究対象として扱った。

また用例(1)「繁忙」など、名詞と形容動詞とのどちらにも分類されるものについては、文の中で主格を取らない(主語にならない)と判断できるものは研究対象とした。なお各用例には、出所である前掲資料の符号(A～C)とページ番号を付す。また、原文のルビや下線等は適宜省略する。

(1) ご繁忙の折、恐縮ですが、どうかお引き受けいただきますよう、よろしく願いいたします。 C-64

ただし、形容詞型の活用をするものであっても、「知らせしてほしい」「わかりやすい」など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。

なお資料問題の設問文については、同じ語句が繰り返されて使用頻度に影響を与えるため、対象から除外した(用例(2))。また、選択肢で同じ語句が繰り返される場合は、1例としてカウントした。たとえば、用例(3)の場合は「早い」「安い」各1例とした。

(2) 最もよいものを、1, 2, 3, 4の中から C-58

- (3) 1 金額、見積もり通り。納期、1週間早く。
- 2 金額、安く。納期、1週間早く。
- 3 金額、見積もり通り。納期、2～3日早く。
- 4 金額、安く。納期、2～3日早く。 B-50

### 3. 結果

対象範囲に見られた形容詞は、延べ語数145、異なり語数79語であった。

このうち、使用例の多かった形容詞上位9語は、以下のとおりである。なおこれら9語52例は、形容詞全体の延べ語数の35.9%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>11)</sup>。

- 1) いい／よい④ 9例
- 2) ない④ 8例
- 3) 格別① 6例
- 3) 厚い④ 6例
- 3) 早い④ 6例
- 6) 安い④ 5例
- 7) 恐縮② 4例
- 7) 大切④ 4例
- 7) 不明① 4例

### 4. 考察

結果を概観すると、BJTの上位語は、9語のうち4語が漢語の形容動詞である。ところが、前稿<sup>2,4)</sup>の上位9語に入った漢語の形容動詞は、「実験」で「確率的」、JLPTで「必要」の各1語のみであった。漢語の使用率が高いことが、ビジネス文書の特徴と言える可能性がある。

語彙のレベルに着目すると、旧基準1級該当語が2語、同2級が1語エントリーしている。前稿<sup>2,4)</sup>の上位9語には1級の語はなく、2級について「実験」で2語(「等しい」「確率的」)、JLPTで1語(「様々」)が見られたにすぎない。ここから、BJTは「実験」やJLPTに比べて、レベルの高い語彙が使われていると言える。

以下では、上位語について個別に考察する。

#### 4.1. 「いい／よい」

「いい／よい」が上位にあるのは、「実験」とJLPTを調査対象とした前稿<sup>2,4)</sup>と同じ結果である。

語形に着目すると、「いい」が会話場面の1例のみで、他は「よい」であった。この状況は、JLPTより「実験」に近いと言える。

(4) 出してきてもいいですか C-61

ところで、「実験」では「～してもよい」「～するとよい」など、読み手(学生)に許可や示唆を与える用法が多く見られた。一方、JLPTでは発話者の判断や評価を表す例が多く見られた。BJTでは、用例(4)の許可を求める例以外は、以下のように判断・評価の例であった。この状況は、「実験」よりJLPTに近い。

(5) 経営状態がよくないので、 B-68

(6) お宅の会員サポート、なかなかよさそうですね。 A-69

このことから、BJTの読解文は文体的には「実験」に近いが、内容や機能面ではJLPTに近いと言える。

#### 4.2. 「ない」

BJTでもJLPT同様、「ない」の使用頻度が高いのは、基本語彙に属することから必然であると言える。ただし、「実験」における「ない」の用例は比較的少なかった。これは、単純に「物事の有無」を述べるより、「～必要はない」「～ないように」など、学生に対する示唆の文で使われることが多かったという、テキストの性格が反映されたものと考えられる。

ここで、BJTとJLPTとで「ない」の主体（「何がないか」という点で比べる。すると、JLPTでは「本」「携帯電話」「傘」（2例）といった具体的な意味を表す名詞について使われているのに対し、BJTでは

(7) 在庫がなくなったため C-43  
の1例のほかは、「時間」（2例）「根拠」など、抽象的な意味を表す名詞に限られる。

#### 4.3. 「早い」「安い」

BJTで上位に入った「早い」「安い」は、「実験」やJLPTでは上位9位に入らなかった。これは、BJTで設定される場面や話題ゆえの特徴的な結果と考えられる（用例(3)参照）。

#### 4.4. 「格別」「厚い」「恐縮」「不明」

これらの語は、以下のようなビジネス文書特有の文体の中で使われる。「実験」とJLPTにおいては、いずれも上位9位に入らなかった。

- (8) 平素より当社製品の販売に格別なご尽力を賜り、厚く  
御礼申し上げます。 C-68  
(9) 誠に恐縮ではございますが、 C-39  
(10) ご不明な点は、当事業部に直接お問い合わせ下さい。  
B-72

これらの語は、理工系の学生が日本企業等に就職した場合、理解だけでなく、使用が必須となる。日本人学生ならともかく、留学生であれば、大学生としての学修活動や、一般的なアルバイトなどの社会生活だけでは、これらの語に十分触れる機会がないまま、就職する可能性がある。したがって、日本企業への就職を希望する留学生には、BJTの受験に取り組ませるなどの示唆が有効と考えられる。

なお「格別」「不明」については、共通する特徴について付記しておきたい。これらはいずれも名詞にも形容動詞にも分類されうるものである（用例(1)の「繁忙」も同様）。しかし、BJTでは「不明」については用例(10)のほか「の」による連体修飾の用例が見られる。また「格別」については、用例(8)以外の5例はすべて「の」が後接していた。

- (11) 何かご不明の点は、システム管理部（佐藤/吉田）まで。  
B-81  
(12) 毎度格別のご愛顧をいただき、厚く御礼申し上げます。  
C-71

筆者はかつて、名詞と形容動詞語幹との境界について述べた<sup>12)</sup>。そして本研究から、慣習化されたビジネス文書において、本来形容動詞である語が「な」ではなく「の」によって連体修飾することによって、文書の丁寧度を上げる意図があるように思われた。

#### 5. まとめと今後の課題

BJTに見られる形容詞を抽出したところ、「実験」やJLPTに比べ、漢語の形容動詞が多いことがわかった。さらに、使用頻度が高かった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」は基本語彙に属する語で、「実験」JLPT同様に多く見られた。
- 2) 「いい/よい」の観察から、BJTは文体的には「実験」に近いが、内容や機能面ではJLPTに近いと言える。
- 3) BJTの「ない」は抽象名詞について使われる例が多かった。これは、「ない」が具体的な意味を表す名詞について使われるJLPTや、学生への示唆に使われる「実験」とは異なる傾向である。
- 4) 「実験」やJLPTでは上位に入らなかった「早い」「安い」が、BJTでは比較的多く見られた。これは、BJTで設定される場面や話題ゆえの特徴的な結果と考えられる。
- 5) ビジネス文書のなかで定型的に使われる「格別」「厚い」「恐縮」「不明」が多く見られた。このうち「格別」「不明」については、「な」ではなく「の」が後接して連体修飾するという例が目立った。これには、文書の丁寧度を上げる意図があるものと推察される。

1～5から、BJTの形容詞の用法は、「実験」とJLPTの双方に似た部分と、異なる部分を併せ持っていることがわかる。これはビジネス文書の性格によるものと考えられる。こうしたビジネス文書特有の用法は「実験」やJLPTに触れただけでは習得できないと思われるので、日本企業への就職を希望する留学生には、こうした試験の受験を示唆するのも有効であろう。

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。

- ・本稿では分析を使用頻度上位の語に限ったが、さらに対象を低位語まで拡大する。
- ・理工系の留学生が触れる文章をさらに多く対象とし、本稿の観察結果を検証する。

#### 引用文献

- 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) 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
- 3) 日本語能力試験ウェブサイト  
<https://www.jlpt.jp/samples/sampleindex.html>
  - 4) 小林伊智郎, “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”, 拓殖大学理工学研究報告, Vol. 18, pp. 39-41, March, 2021
  - 5) BJT ビジネス日本語能力テストウェブサイト  
<https://www.kanken.or.jp/bjt/candidate/>
  - 6) 同  
[https://www.kanken.or.jp/bjt/pastdata/results/2021\\_bjt\\_3.pdf](https://www.kanken.or.jp/bjt/pastdata/results/2021_bjt_3.pdf)
  - 7) 同  
[https://www.kanken.or.jp/bjt/brochure/data/190912\\_tantousya.pdf](https://www.kanken.or.jp/bjt/brochure/data/190912_tantousya.pdf)
  - 8) 加藤清方, “BJT ビジネス日本語能力テスト 公式ガイド”, 日本貿易振興機構, 東京, 2006
  - 9) 加藤清方, “BJT ビジネス日本語能力テスト JLRT 体験テストと解説”, 日本貿易振興機構, 東京, 2006
  - 10) 日本漢字能力検定協会, “BJT ビジネス日本語能力テスト 公式 模擬テスト&ガイド”, 京都, 2017
  - 11) 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
  - 12) 小林伊智郎, “名詞”, 沖森卓也 (編), “日本語文法百科”, 朝倉書店, 東京, pp. 44-46, 2021

理工学総合研究所員及び研究課題一覧

RESEARCHERS & TITLES

(2022年度)





## 機械システム工学科

ロボット制御 香川 美仁 教授 博士 (工学)	<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>
接着・設計 木原幸一郎 教授 博士 (工学)	<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>
機械力学 鈴木 保之 教授 博士 (工学)	<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>
熱物性 松永 直樹 教授 工学博士	<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>
情報生体システム 西川 佳男 准教授 博士 (工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 生体信号を利用したインタ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>
流体工学 平野 孝典 准教授 博士 (工学)	<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>
生物流体力学 前田 将輝 准教授 博士 (工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 鳥の羽根の空気力学に関する研究</li> <li>• 植物の葉のまわりの流れに関する研究</li> </ul>
ユーザ支援型知的システム 茂木 学 准教授 博士 (工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ロボットの知的動作創発に関する研究</li> <li>• IoTを活用したユーザ等の状態推定に関する研究</li> <li>• 革新的な情報提示UI創出に関する研究</li> </ul>
機能設計 森 きよみ 准教授 博士 (工学)	<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>

## 電子システム工学科

<p>機械学習・ニューラルネット 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 長谷川 淳 教授 博士 (工学)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <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>・生体情報による自律神経の評価に関する研究</li> <li>・小児用生体情報センサの開発研究</li> </ul>
<p>デジタル信号処理 林 誠治 教授 博士 (工学)</p> <p>渡邊 修 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ロボットアームの制御に関する研究</li> <li>・多重解像度解析を用いた機械学習による音声強調および広帯域化に関する研究</li> <li>・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</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 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活用した 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 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>・パワーエレクトロニクスによる再生可能エネルギーの有効利用に関する研究</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 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 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>行動認識・ロボットシステム 何 宜欣 准教授 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>
<p>ミリ波工学 常光 康弘 准教授 博士 (工学)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ミリ波帯ラジアルラインスロットアレーアンテナに関する研究</li> <li>・ミリ波帯平面導波管スロットアレーアンテナに関する研究</li> <li>・ミリ波帯超広帯域 FMCW レーダーに関する研究</li> <li>・無人探査機搭載用ミリ波帯センサに関する研究</li> </ul>

## 情報工学科

教育情報工学 佐々木 整 教授 博士 (工学)	<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>
計算機支援設計 高橋 丈博 教授 博士 (工学)	<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>
プログラム解析 西田 誠幸 教授 博士 (工学)	<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>プログラム解析を利用したプログラミング教育支援</li> <li>安全な Web アプリケーションの開発支援環境</li> </ul>
計算機システム工学 早川 栄一 教授 博士 (工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>組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>
知識処理 水野 一徳 教授 博士 (工学)	<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>
高信頼性システム工学 蓑原 隆 教授 工学博士	<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>
画像工学 諸角 建 教授 工学博士	<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>
形式手法・システム検証 島川 昌也 准教授 博士 (工学)	<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>
自然言語処理 寺岡 丈博 准教授 博士 (学術)	<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>
コンピュータグラフィックス 藤堂 英樹 准教授 博士 (情報理工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>3DCGを活用したアート表制作支援</li> <li>CG制作のための映像合成技術</li> <li>画像解析によるCG表現のモデル化</li> </ul>
プログラミング言語処理系・機械学習・ 歴史情報学 澄川 靖信 助教 博士 (理学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>コンパイラのコード最適化の研究</li> <li>機械学習を用いた歴史学の研究</li> <li>機械学習を用いた歴史教育の研究</li> </ul>
統計的機械学習 西垣 貴央 助教 博士 (工学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>データの独立性に基づく話題分析に関する研究</li> <li>楽器演奏初心者のための自動編曲に関する研究</li> <li>作家の特徴に基づいた文章校正に関する研究</li> </ul>

## デザイン学科

用品設計 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 大島 直樹 教授 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 岡崎 章 教授 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 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 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 アルバレス・ハイメ 教授 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 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 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>
ユーザエクスペリエンスデザイン 森岡 大輔 准教授 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>
ヒューマンコンピュータインタラクション 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>

## 基礎教育系列・その他

文学 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 織田 寛 教授 博士 (数理学)	<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> <li>• Heckman-Opdam超幾何関数</li> </ul>
日本語 小林 伊智郎 教授 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</li> <li>• 異文化理解</li> </ul>
理論物理学 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>• ブラックホールの熱力学</li> </ul>
素粒子理論 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>
数理解析学 川本 敦史 准教授 博士(数理学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 偏微分方程式に対する逆問題の研究</li> <li>• 異常拡散現象の研究</li> </ul>
英語教授法 小島 和枝 准教授 博士(人文科学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 語学習得モチベーション</li> <li>• 教材研究</li> <li>• 資格英語研究</li> <li>• 英語教授法</li> </ul>
教職 早川 信一 教授 修士(工学・教育学)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 科学技術教育に関する研究</li> <li>• 工業技術教育に関する研究</li> <li>• 理数教育に関する研究</li> </ul>
体育 コーチング学 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) 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) 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 (拓殖大学北海道短期大学) 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> <li>• 黒米の品種改良</li> </ul>

<p>栽培土壌学  (拓殖大学北海道短期大学)  岡田 佳菜子 准教授 博士 (農学)</p>	<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>
<p>農学  (拓殖大学北海道短期大学)  二木 浩志 教授 学士 (農学)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 畑作物の生産性向上に関する研究</li> <li>• 畑作物栽培への窒素質肥料の利用</li> </ul>

理工学系専任教員研究活動一覽・他

ACADEMIC REPORTS & SOCIAL ACTIVITIES

(2021年4月～2022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	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～		
香川 美 仁	論文	Decision-Making of Communication Robots Through Robot Ethics	Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	2021年7月	共著	Vol.25, No.4, p.467-p.477
香川 美 仁	討論	Design of Form and Motion of a Robot Aimed to Provide Emotional Support for Pediatric Walking Rehabilitation Design	the 23rd HCI International Conference HCII	2021年7月	共著	p.403-p.419
香川 美 仁	論文	ロボットリクリエーション効果の検証と課題	日本ヒューマンケア・ネットワーク学会誌	2021年12月	単著	Vol.19, No.1, p.114-p.118
香川 美 仁	口頭	リハビリテーション支援ロボットのサイズと感情誘起効果の検討	第23回SICE SI部門講演会論文集	2022年12月	共著	p.1363-p.1364
木原 幸一郎	論文	丸棒突合せ接着継手の直径, 縁部丸み半径及び接着層厚さの比率がその強度に及ぼす影響	日本接着学会誌 第58巻 第2号	2022年2月	共著	58-65
木原 幸一郎	論文	断面積が変化する棒を伝播する応力波	拓殖大学 理工学研究報告 Vol.19	2022年3月	共著	2023/03/08
松 永 直 樹	論文	Stefan法による有機化合物蒸気の空気に対する拡散係数の測定(第三報 CFC113-空気系およびトリクロロメタン-空気系)	熱物性 第35巻	2021年5月	単著	
西川 佳 男	論文	Decision-Making of Communication Robots Through Robot Ethics	Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	2021年7月	共著	Vol.25, No.4, p.467-p.477
西川 佳 男	口頭	105分授業の振り返り	令和4年度拓殖大学FDワークショップ	2022年9月		
西川 佳 男	口頭	工学部の教員・学生アンケートによる工学部105分授業の振り返り	令和4年度第1回拓殖大学工学部FDワークショップ	2022年12月		
西川 佳 男	口頭	リハビリテーション支援ロボットのサイズと感情誘起効果の検討	第23回SICE SI部門講演会論文集	2022年12月	共著	1363-1364
平野 孝典	運営	代議員	ターボ機械協会	2021年5月～		
平野 孝典	運営	学術講演会委員	日本ガスタービン学会	2006年6月～		
前田 将輝	論文	Kinematics and hydrodynamics analyses of swimming penguins revealed a thrust enhancement effect of wing bending	Journal of Experimental Biology	2021年	共著	Vol.224, jeb242140
前田 将輝	論文	Raptor wing morphing with flight speed	Journal of the Royal Society Interface	2021年	共著	Vol.18, 20210349
前田 将輝	口頭	数値シミュレーションによる葉面まわりの気流の検討	第54回 種生物学シンポジウム	2022年11月	単著	
茂木 学	論文	人間の選択動作とカメラ画像を学習することによる二足歩行ロボット自律動作創発	信学技報, vol. 121, no. 111, LOIS2021-15,	2021年7月	単著	pp.18-23,
茂木 学	受賞	LOISグッドプレゼンテーション賞	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	2021年12月		
茂木 学	運営	副委員長	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	2022年6月～ 2024年6月		
茂木 学	受賞	2021年LOIS研究賞	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	2022年6月		
茂木 学	招待	人間の選択動作とカメラ画像の学習による二足歩行ロボット自律動作	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	2022年9月		
森 きよみ	論文	多層遮熱コーティング材の衝撃加振による高温下弾性率測定システムの開発	実験力学, Vol.21, No.3	2021年9月	共著	215-221
森 きよみ	運営	評議員	日本実験力学学会	2022年6月～ 2024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
森 きよみ	運営	主査	日本実験力学会 多分野交流分科会	2005年12月～2021年6月		
森 きよみ	運営	理事	日本接着学会	2018年6月～2021年5月		
森 きよみ	招待	接着接合部の力学	日本接着学会 第7回 接着技術者養成講座 講師 ～社内で接着設計・接着管理技術の中核となる技術者を養成～	2022年11月	単著	172-192
森 きよみ	運営	会長	日本接着学会 構造接着研究会	2021年5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4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	2022年4月～2023年3月		
森 きよみ	招待	接着の力学物性	日本接着学会 第3回 基本を学ぶ接着基礎講座 講師	2022年11月	単著	18-32
森 きよみ	招待	接着の力学的試験方法と継手の強度評価事例	スマートプロセス学会 第15回 有機/無機接合研究委員会	2022年12月	単著	39-55

## 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	論文	Development of Hugging Type System for Measuring Vital Signs	Proc. of SICE2021	2021年9月	共著	
小川 毅彦	論文	幾何学演算子を用いた四元数ニューラルネットワークのための入力逆推定法	計測自動制御学会論文集	2022年2月	共著	Vol.58, No.2, pp.105-111
小川 毅彦	論文	Estimation of Forearm Motion Based on EMG Using Quaternion Neural Network	Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	2022年5月	共著	Vol.26, No.3, pp.269-278
長谷川 淳	論文	Introduction of Heart Rate Measurement by Facial Video to Hugging-Type System	Proc of the 8th International Conference on Health Informatics & Medical Systems, (HIMS'22)	2022年7月	共著	
長谷川 淳	口頭	小児医療支援に向けた移動ロボットの開発	第40回日本ロボット学会学術講演会	2022年9月	共著	RSJ2022 AC4J2-04
長谷川 淳	解説	VMS用振動子の開発=振動型マイクロインジェクションに適した振動特性をめぐりて=	超音波 TECHNO 第33巻6号	2021年12月	単著	57-61
長谷川 淳	論文	Development of Hugging Type System for Measuring Vital Signs	Proc. of the SICE Annual Conference 2021	2021年9月	共著	159-164
長谷川 淳	論文	多層遮熱コーティング材の衝撃加振による高温下弾性率測定システムの開発	実験力学 21巻3号	2021年9月	共著	215-221
林 誠治	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	拓殖大学 理工学研究報告 Vol.18	2021年3月	単著	pp.3-10
林 誠治	討論	Touchless Information Provision and Facial Expression Training using Kinect	Proc. of 23rd HCI International Conference (HCII 2021)	2021年7月	共著	Volume 1420, DOI: 10.1007/978-3-030-78642-7_13, pp.90-97
林 誠治	討論	Implementation of Remote Control of a Robot Arm by Hand Gestures	Proc. of 24rd HCI International Conference (HCII 2022)	2022年6月	共著	Vol. 1581, DOI: 10.1007/978-3-031-06388-6_3, pp.18-25
渡邊 修	運営	co-chair	ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1 ICQ subgroup			
渡邊 修	運営	主査	情報規格調査会 JPEG小委員会	2020年7月～現在		
渡邊 修	運営	幹事	第37回信号処理シンポジウム	2022年12月		
渡邊 修	運営	常任査読委員	映像情報メディア学会 和文論文誌			
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～2021年6月		
渡邊 修	運営	幹事	電子情報通信学会 信号処理研究会	2021年6月～2022年6月		
渡邊 修	運営	研究専門委員	電子情報通信学会 信号処理研究会	2022年6月～2024年6月		
渡邊 修	口頭	JPEG XL概説	画像電子学会 第49回年次大会	2021年6月	単著	
渡邊 修	口頭	JPEG 標準化動向—JPEG AIを中心に—	画像電子学会 第49回年次大会	2021年6月	単著	
渡邊 修	論文	Development of Open-Source Codec Compliant with HTJ2K Standard	IEEE GCCE 2021	2021年10月	共著	DOI: 10.1109/GCCE53005.2021.9621970
渡邊 修	論文	HTJ2K (High Throuput JPEG 2000) の概要	画像電子学会誌 Vol.50, No.2	2021年4月	単著	287-292
渡邊 修	論文	High Throughput JPEG 2000 for Video Content Production and Delivery Over IP Networks	Frontiers in Signal Processing	2022年4月	共著	Vol.2, <a href="https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frsip.2022.885644">https://www.frontiersin.org/article/10.3389/frsip.2022.885644</a> , DOI: 10.3389/frsip.2022.885644, ISSN 2673-8198.

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	論文	920MHz band propagation characteristics near metal ceiling for secure IoT communication	IEICE Communications Express	2021年11月	共著	2021 Volume 10 Issue 11 864-869
三堀 邦彦	口頭	Van der Pol発振器の結合系での一般化同期と振幅の死の同時発生	電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ/NOLTA ソサイエティ大会	2022年9月	共著	N-1-2
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～2022年3月		
何宜欣	運営	Associate Editor	2021 IEEE/SICE International Symposium on System Integration	2021年		
何宜欣	運営	Special Session Chair	The 26th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence	2021年		
何宜欣	運営	海外リエゾン	2021年度人工知能学会全国大会(第35回)	2021年		
何宜欣	論文	Development of Hugging Type System for Measuring Vital Signs	Proceedings of the SICE Annual Conference 2021	2021年9月	共著	pp.159-164
何宜欣	論文	Pothole Detection Based on Deep Learning	2022 RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'22)	2022年2月		pp.57-60
常光 康弘	その他		日本国国家 防衛省 予備自衛官 技能区分 情報2等陸曹	2021年7月～2022年6月		
常光 康弘	その他		日本国国家 防衛省 予備自衛官 技能区分 情報2等陸尉 特技 システム防護	2022年7月～		
常光 康弘	論文	A Single-Layer Center-Feed Slotted Antenna Array with Reflection Canceling Stairs in 38-GHz Waveband	2022 16th European Conference on Antennas and Propagation	2022年3月	共著	EuCAP 2022 Virtual Conference PT1.18
常光 康弘	論文	Grating Sidelobe Suppression in Single-Layer Center-Feed Waveguide Antenna Array at 38 GHz	2022 IEEE International Symposium on Antennas and Propagation and USNC-URSI Radio Science Meeting (IEEE AP-S 2022)	2022年7月	共著	WE-A1.2 P.6, Oral presentation
常光 康弘	口頭	オクターブバンド自己補対アンテナに広帯域で整合する同軸切りかけ構造を同軸給電線路に用いた解析と実験の比較	電子情報通信学会, 2022年 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, オンライン開催	2022年9月	共著	B-1-64, 7 Sept. 2022.
常光 康弘	口頭	非共振クロススロットペアを放射部終端整合スロットとして用いた同心円アレーラジアルラインスロットアンテナの解析と実験	電子情報通信学会, 2022年 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, オンライン開催	2022年9月	共著	B-1-70, 7 Sept. 2022.

## 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
佐々木 整	運営	会長	技能五輪職種別分科会業務用ITソフトウェア・ソリューションズ	2021年1月～		
佐々木 整	運営	委員	教育システム情報学会全国大会プログラム委員会	2010年11月～		
佐々木 整	運営	監事	教育システム情報学会	2021年6月～		
佐々木 整	運営	委員	研究会委員会	2003年9月～		
佐々木 整	運営	委員	私立大学情報教育協会 情報リテラシー・情報倫理分科会	2022年4月～		
佐々木 整	運営	主査	第16回若年者ものづくり競技大会業務用ITソフトウェア・ソリューションズ職種競技委員	～2022年3月		
佐々木 整	運営	Technical Program Chair	The 6th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology,	2021年9月～ 2022年8月		
佐々木 整	運営	Reviewer	the World Conference on Computers in Education (WCCE) 2022	2022年3月～ 2022年8月		
佐々木 整	運営	program committee member	IEEE TALE 2022 (IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering 2022)	2022年6月～		
佐々木 整	運営	Program Committee	The International Conference on Artificial Intelligence and Education 2023	2022年8月～ 2023年3月		
佐々木 整	口頭	専門学校の留学生に対する判りやすいAI教育の指向	日本教育工学会2022年春期全国大会講演論文集	2022年 3月20日	共著	5-S036-1
佐々木 整	口頭	Development of an Application to Support Web-based Recreation for the Aging of the Population	The 5th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology,	2021年8月22日	共著	
佐々木 整	口頭	An Attempt to Improve the Coding Skill through the Clone Coding	The 6th International Conference on E-Society, E-Education and E-Technology,	2022年8月	共著	
佐々木 整	討論	Development of a coding skill training system using "clone coding"	the World Conference on Computers in Education (WCCE) 2022	2022年 8月22日	共著	
高橋 丈博	運営	委員	IEC SC77B国内委員会	2017年9月～		
早川 栄一	口頭	スマートバーベルの開発	情報処理学会第84回全国大会	2022年3月		1Y-02 (3-127～128)
水野 一徳	討論	パネリスト	朝日教育会議2021 (拓殖大学) パネルディスカッション (朝日新聞社, 拓殖大学)	2021年10月～		
水野 一徳	運営	委員	技能五輪国際大会選手強化委員会職種別分科会業務用ITソフトウェア・ソリューションズ (中央職業能力開発協会)	2021年4月～		
水野 一徳	運営	競技委員	第16回若年者ものづくり競技大会 (中央職業能力協会)	2021年4月～ 2022年3月		
水野 一徳	口頭	フェロモン蓄積を動的に変更する蟻の集団による制約充足アルゴリズム	人工知能学会第35回全国大会	2021年6月	共著	2E1-OS-13a
水野 一徳	口頭	物体追跡による動画内の物体速度の可視化とシミュレーションの検討	NICOGRAPH2022	2022年11月	共著	pp.P-13 (1-2)

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	口頭	Ant Paintingを用いた迷彩模様の生成と類似性評価の検討	進化計算シンポジウム 2022	2022年12月	共著	pp.353-359
水野一徳	口頭	個別指導塾における時間割・勤務表作成支援システム	進化計算シンポジウム 2022	2022年12月	共著	pp.33-39
水野一徳	口頭	Ant Paintingを用いたカモフラージュパターンの生成	情報処理学会第84回全国大会	2022年3月	共著	6Q-4
水野一徳	口頭	アリコロニー最適化によるベイジアンネットワークの構造最適化	情報処理学会第84回全国大会	2022年3月	共著	6M-6
水野一徳	口頭	遺伝的アルゴリズムを利用した個別指導塾の勤務表作成システム	情報処理学会第84回全国大会	2022年3月	共著	4M-1
水野一徳	口頭	個別指導塾の勤務表作成のための二段階最適化	人工知能学会第36回全国大会	2022年6月	共著	1G1-GS-10-03
水野一徳	口頭	人工アリ群による迷彩模様の創発的生成	人工知能学会第36回全国大会	2022年6月	共著	4Yin2-11
水野一徳	運営	Program Committee Member	The 26th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2021)	2021年8月～		
水野一徳	運営	Technical Committee Member	Asia Conference on Electronic Technology (ACET 2023)	2022年12月～		
水野一徳	運営	Program Committee Member	The 27th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2022)	2022年7月～		
水野一徳	論文	Adaptive Ant Colony Optimization with Several Pheromone Updates for Constraint Satisfaction Problems	The 26th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2021)	2021年11月	共著	19-24
水野一徳	論文	ELTHON: An Escher-like Tile design method using Hierarchical Optimization	Applied Soft Computing, Vol. 112, Elsevier	2021年11月	共著	107771
水野一徳	論文	Escher-like Tiling Design from Video Images Using Convolutional Variational Autoencoder	Journal of Information Science and Engineering, Vol. 37, No. 3	2021年5月	共著	pp.575-592
水野一徳	論文	Emergent Generation of Camouflage Patterns by Artificial Ants	The 27th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2022)	2022年12月	共著	accepted
水野一徳	論文	Two-Phase Optimization for Shift Scheduling in Individual Teaching Cram School	The 27th International Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2022)	2022年12月	共著	accepted
水野一徳	受賞	Merit Paper Award	The 26th Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2021)	2021年11月～		
西田誠幸	口頭	Processingにおけるプログラミング初学者向け外部入力機能の開発と評価	Vol.2022-CE-163 No.1, pp.1-7	2022年2月	共著	
鳥川昌也	運営	member	ワークショップWCTP PC	2016年～		
鳥川昌也	論文	Efficient Realizability Checking by Modularization of LTL Specifications	The Computer Journal	2021年9月	共著	PaperID: bxab116 (全14ページ)
寺岡丈博	口頭	事象の連想と共起性に基づいたマルコフ連鎖による文生成	教育システム情報学会2021年度学生研究発表会	2022年3月	共著	2023/11/12
寺岡丈博	口頭	単語置換を用いたBERTによる慣用句曖昧性解消	教育システム情報学会2021年度学生研究発表会	2022年3月	共著	13-14
寺岡丈博	口頭	日本語照応解析における深層格推定に基づいた先行詞の同定	言語処理学会第28回年次大会発表論文集	2022年3月	共著	1942-1945

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	口頭	連想情報と時系列を考慮した文章の焦点推定による対話破綻検出	言語処理学会第28回年次大会発表論文集	2022年3月	共著	578-582
寺岡丈博	論文	Focus Estimation Using Associative Information to? Support Understanding of? Art	Design, User Experience, and Usability: Design Thinking and Practice in Contemporary and Emerging Technologie	2022年6月	共著	279-288
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~ 2022年5月		
寺岡丈博	運営	Scientific Committee	13th edition of the Language Resources and Evaluation Conference (LREC 2022)	2021年11月~ 2022年6月		
寺岡丈博	運営	プログラム委員	言語処理学会 第28回・第29回年次大会	2021年8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~ 2022年5月		
藤堂英樹	口頭	Organizers/Presenters	SIGGRAPH 2022 CG in Japan	2022年8月	共著	
藤堂英樹	論文	Stroke Transfer: Example-based Synthesis of Animatable Stroke Styles	SIGGRAPH 2022 Conference Proceedings	2022年8月	共著	pp.1-10
藤堂英樹	口頭	Stroke Transfer: Example-based Synthesis of Animatable Stroke Styles	SIGGRAPH 2022 Labs Demo Session	2022年8月	共著	
藤堂英樹	口頭	ストローク転写: アニメーション可能なストロークスタイルの例示ベース合成	Visual Computing + VC Communications 2022 (SIGGRAPH 招待講演)	2022年10月	共著	
藤堂英樹	運営	編集委員	情報処理学会 JIP 編集委員会	2018年4月~ 2022年3月		
藤堂英樹	運営	プログラム委員	Visual Computing 2021	2021年2月~ 2021年6月		
藤堂英樹	運営	運営委員	コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会	2021年4月~		
藤堂英樹	運営	Program Committee	IEVC 2021	2021年4月~ 2021年8月		
藤堂英樹	運営	Publicity Chairs	Pacific Graphics 2022	2022年4月~ 2022年10月		
澄川靖信	運営	プログラム委員	ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries	2021年12月~ 2022年6月		
澄川靖信	運営	プログラム委員	ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries	2021年1月~ 2021年9月		
澄川靖信	運営	プログラム委員	International Conference on Asia-Pacific Digital Libraries	2021年5月~ 2021年12月		
澄川靖信	運営	プログラム委員	日本ソフトウェア科学会 プログラミングおよびプログラミング言語ワークショップ	2021年8月~ 2022年3月		
澄川靖信	運営	プログラム委員	ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries	2022年12月~ 2023年6月		
澄川靖信	論文	Proceedings of the 6th International Workshop on Computational History (HistoInformatics 2021) co-located with ACM/IEEE Joint Conference on Digital Libraries 2021 (JCDL 2021)	ACM/IEEE-CS Joint Conference on Digital Libraries	2021年10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
澄川 靖信	論文	Event Causal Relationship Retrieval	The 20th IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology	2021年12月	単著	318-325
澄川 靖信	論文	デジタルヒストリーとの対話を促す Twitterチャットボット	電子情報通信学会論文誌	2021年5月	共著	Vol. J104-D, No. 05, pp.486-497
澄川 靖信	論文	Annotated Dataset of History-related Tweets	Data in Brief	2021年9月	共著	Vol. 38, pp.107344
澄川 靖信	論文	Online Discussion Transition Analysis for Group Learning Support	The 21st IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology	2022年12月	共著	accepted
澄川 靖信	論文	Academic Term Search Support System for Beginners in Inquiry-based Learning	9th International Conference on Smart Education and E-Learning	2022年6月	共著	vol. 305, pp.319-329
澄川 靖信	論文	Latent Chained Comments to Retweet Extraction on Twitter	14th International KES Conference on Intelligent Decision Technologies	2022年6月	共著	vol. 309, pp.3-13
澄川 靖信	論文	Temporal and Geological Oriented Event Retrieval for Historical Analogy	The 24th International Conference On Human-computer Interaction	2022年6月	共著	vol. 13315, pp.123-133.
西垣 貴央	運営	Program Committee	CANDAR 2022	2022年4月~2023年3月		
西垣 貴央	運営	大会委員	人工知能学会 第37回 全国大会	2022年7月~		
西垣 貴央	口頭	商船に搭載された航海機器や無線機器の異常予兆検知におけるMT法とOCSVMの比較	人工知能学会 第36回 全国大会	2022年6月	共著	
西垣 貴央	口頭	商船搭載機器の外れ値検出モデルに対するSHAPを用いた要因推定	経営情報学会 2022年 全国大会	2022年11月	共著	
西垣 貴央	口頭	サポートベクター回帰における2種の $\epsilon$ インセンシティブ損失の影響比較	経営情報学会 2022年 全国大会	2022年11月	共著	
西垣 貴央	口頭	Group Ridge回帰の検討	日本経営工学会 2022年秋季大会	2022年11月	共著	

## 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	口頭	タケ材と布材を用いたやわらかい家具	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	
阿部 真理	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	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	
阿部 真理	口頭	軽量ラミネートウッドの作製と性質把握	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	
阿部 真理	論文	家具の材質と構造の違いによる転倒時の衝撃比較	拓殖大学理工学研究報告 Vol.19	2022年3月	共著	
大島 直樹	作品	Venation of CHINESE CHIVE_Asian Leaves	ANBD2021 上海展	2021年10月	単著	
大島 直樹	作品	Venation of NAPPA CABBAGE_Asian Leaves	ANBD2021 ソウル展	2021年11月	単著	
大島 直樹	作品	Venation of PERILLA_Asian Leaves	ANBD2021 台南展	2021年11月	単著	
大島 直樹	作品	Venation of ASHITABA_Asian Leaves	ANBD2021 ブーケット展	2021年12月	単著	
大島 直樹	作品	ORI-ZURU	ANBD2021 オンライン特別展	2021年7月	単著	
大島 直樹	作品	文京区 ハピベジフェスタ2021 Webサイト		2021年8月	単著	
大島 直樹	受賞		ANBD 2021 エクセレント賞 受賞 (Venation of NAPPA CABBAGE_Asian Leaves ソウル展出展作品)	2021年11月		
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～		
岡崎 章	著書	「論文の書き方」	電子書籍 Kindle	2021年9月		
岡崎 章	著書	「感性看護を支援するデザインの考え方」	「小児看護 8月号」へるす出版、カラグラフィ	2021年8月		1098 - 1107
岡崎 章	講演	「チャイルドライフのデザイン」	第8回チア！ゼミ	2021年10月		
岡崎 章	講演	「感性デザインによる情緒的支援と評価」	第41回 日本看護科学学会学術集会	2021年12月		
岡崎 章	講演	「看護とデザイン」	名古屋学芸大学	2022年10月		
工藤 芳彰	運営	みんなで考える都市型広場ワークショップ	八王子市拠点整備都市街地整備課主催	2022年9月～2023年2月		アドバイザー (学識者)
工藤 芳彰	寄稿	八王子城跡の魅力を高めるデザインプロジェクトーコミュニティデザイン支援としての地域連携の取り組みー	まちづくり研究はちおうじ第17号	2022年8月	単著	94-100
工藤 芳彰	運営	特設理事	日本デザイン学会	2020年6月～2022年6月		企画委員会副委員長
工藤 芳彰	運営	理事	日本デザイン学会	2022年7月～2024年6月		企画委員会委員長
工藤 芳彰	口頭	八王子駅北口西放射線通りユーロードおよび隣接街区公園の現状と課題ーコミュニティ支援のための都市空間のリノベーションに関する研究 (1)	日本デザイン学会第68回春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	206-207
工藤 芳彰	口頭	『東京たま未来メッセ』開業と「旭町・明神町地区周辺まちづくり構想」	日本デザイン学会第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	188-189
工藤 芳彰	口頭	八王子市の公立小学校における認知症サポーター育成活動と認知症を題材とした教育絵本	日本デザイン学会第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	134-135
工藤 芳彰	討論	『東京たま未来メッセ』隣接の都市型広場のデザインコンセプト	アジアデザイン文化学会研究発表概要論文集 第3巻	2022年10月	共著	217-220

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
工藤 芳彰	討論	八王子市の公立小学校における認知症サポーター育成活動と認知症を題材とした教育絵本	アジアデザイン文化学会研究発表概要論文集 第3巻	2022年10月	共著	225-228
工藤 芳彰	討論	コミュニケーション・ハブとしての八王子城跡の活用可能性—八王子城跡の保存管理計画書および保存整備基本構想・基本計画書を資料として—	アジアデザイン文化学会研究発表概要論文集 第3巻	2022年10月	共著	221-224
工藤 芳彰	論文	おりかぶと: 八王子城跡の魅力を高めるヘッドアイテム	デザイン学研究作品集 No.27	2022年3月	共著	90-94
白石 照美	口頭	シート状自然材料による収納家具および?壁面ハ?ネルの提案	日本デザイン学会 第68回春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	342-343
白石 照美	口頭	タケを主材としたシェルフ型家具の転倒による衝撃比較	日本デザイン学会 第68回春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	340-341
白石 照美	口頭	家具転倒時の身体的衝撃を軽減する針葉樹混合積層材の開発	日本デザイン学会 第68回春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	296-297
白石 照美	論文	家具の材質と構造の違いによる転倒時の衝撃比較	拓殖大学理工学研究報告 Vol.19	2022年3月	共著	
白石 照美	口頭	金具による家具固定を促す内装システム開発のための基礎的研究	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	358-359
白石 照美	口頭	タケ材を用いた編組構成による収納家具部品への応用可能性検討	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	360-361
白石 照美	口頭	弾性スギ圧縮木材と無垢材による材の強度および振動特性	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	362-363
白石 照美	口頭	フードロス削減を目指した食材の皮および殻の再利用検討	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	464-465
アルバレス・ハイメ	運営	全国理事	日本デザイン学会(論文審査委員会)	2020年4月~		
アルバレス・ハイメ	論文	Design of Form and Motion of a Robot Aimed to Provide Emotional Support for Pediatric Walking Rehabilitation	Proceedings of the International Conference	2021年7月	共著	pp.403-419
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 2021	2021年7月~ 2021年9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 2022	2022年6月~ 2022年8月		
小出 昌二	運営	査読委員	日本基礎造形学会論文集・作品集 2022 基礎造形 031	2021年4月~ 2022年3月		
小出 昌二	論文	日本企業との比較による代表的な中国企業のロゴマークのデザイン傾向	基礎造形 030 日本基礎造形学会論文集 2021	2022年2月	単著	pp.43-50
小出 昌二	作品	第71回モダンアート展 デザイン部門 WHITE COCOON ACT5	モダンアート協会主催 東京都美術館	2021年4月	単著	
小出 昌二	作品	東京ミッドタウン・デザインハブ第90回企画展「JAGDAつながりの展覧会 パラチャリティ」	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	2021年4月	単著	
小出 昌二	作品	「株式会社でんべえ」のマークとロゴおよびパッケージデザイン	日本基礎造形学会 第32回東北大会	2021年8月	単著	
小出 昌二	作品	第72回モダンアート展 デザイン部門 WHITE COCOON ACT6	モダンアート協会主催 東京都美術館	44652	単著	
小出 昌二	作品	プリン用パッケージの帯シールデザイン	日本基礎造形学会 第33回福岡大会 九州産業大学美術館	44774	単著	p.27
小出 昌二	口頭	食材が美味しそうに見える模様の基礎分析	日本基礎造形学会 第33回福岡大会 九州産業大学	44774	共著	p.18
永見 豊	口頭	前方注意を促す立体路面標示のメッセージ内容と出現タイミング	日本デザイン学会研究発表大会概要集 68巻	2021年6月	共著	5D01-02

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
永見豊	口頭	放置自転車禁止を促す床面シートと看板および音声アナウンス	日本デザイン学会研究発表大会概要集 68 巻	2021 年 6 月	共著	P1-10_01-02
永見豊	口頭	ウルシの木を材料とした置き時計と掛け時計の制作	日本デザイン学会研究発表大会概要集 69 巻	2022 年 6 月	共著	P120-121
永見豊	口頭	信号機のない横断歩道直前での一時停止誘導標示による運転者の注視挙動	日本デザイン学会研究発表大会概要集 69 巻	2022 年 6 月	共著	P372-373
永見豊	口頭	テキストマイニングを用いた眺望道路の評価構造	日本デザイン学会研究発表大会概要集 69 巻	2022 年 6 月	共著	P370-371
永見豊	口頭	高齢運転者の一時停止意欲と路面標示の出現タイミングの関係	日本デザイン学会研究発表大会概要集 69 巻	2022 年 6 月	共著	P184-185
永見豊	口頭	路面標示文字の視認距離と可読距離	交通工学研究発表会論文集 42 巻	2022 年 8 月	共著	P289-294
永見豊	口頭	一般道路から高速道路入口へのカラー舗装による進路誘導の評価	交通工学研究発表会論文集 42 巻	2022 年 8 月	共著	P283-287
永見豊	解説	高齢者や軽度認知障害有病者の特性に配慮した高速道路逆走対策の取組み	自動車技術 vol. 75, No. 4	2021 年 4 月	共著	96-101
永見豊	解説	速度回復を目的とした高速道路サグ部における路面標示対策	自動車技術 vol. 75, No. 7	2021 年 7 月	共著	70-75
永見豊	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	交通工学論文集 第 7 巻, 第 4 号	2021 年 4 月	共著	B17-B21
永見豊	論文	交通状況データと交通流イメージの関係	デザイン学研究 69 (2)	2022 年 9 月	共著	2_51-2_56
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～2022年3月		
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	まちづくり専門家	財団法人東京都新都市づくり公社	2009年6月～		
永見豊	運営	査読委員	デザイン学研究	2021年4月～		
永見豊	運営	査読委員	交通工学論文集	2021年4月～		
森岡大輔	口頭	シート状自然材料による収納家具および壁面パネルの提案	第 68 回 JSSD 日本デザイン学会春季研究発表大会	2021 年 6 月	共著	342-343
森岡大輔	口頭	タケを主材としたシェルフ型家具の転倒による衝撃比較	第 68 回 JSSD 日本デザイン学会春季研究発表大会	2021 年 6 月	共著	340-341
森岡大輔	口頭	家具転倒時の身体的衝撃を軽減する針葉樹混合積層材の開発	第 68 回 JSSD 日本デザイン学会春季研究発表大会	2021 年 6 月	共著	296-297
森岡大輔	口頭	持ちやすいスプーンの形状に関する研究	第 68 回 JSSD 日本デザイン学会春季研究発表大会	2021 年 6 月	共著	322-323
森岡大輔	口頭	タケ材と布材を用いたやわらかい家具	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021 年 6 月	共著	4-5
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	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021 年 6 月	共著	6-7
森岡大輔	口頭	軽量ラミネートウッドの作製と性質把握	第67回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2021 年 6 月	共著	8-9
森岡大輔	口頭	表面筋電を用いた階段用手すりの形状と握りやすさの分析	日本実験力学会 2021 年度年次講演会	2021 年 8 月	共著	C207
森岡大輔	口頭	杖グリップ形状の違いによる握りやすさと上肢筋電の関係分析	日本機械学会 2021 年度 年次大会	2021 年 9 月	共著	J151-04
森岡大輔	論文	家具の材質と構造の違いによる転倒時の衝撃比較	拓殖大学理学研究報告 Vol.19	2022 年 3 月	共著	
森岡大輔	論文	視覚的アプリ弱者のためのカスタマイズユーザインターフェースの提案～初期カスタマイズ機能を擁した証明書申請補助アプリでの検証～	拓殖大学理学研究報告 Vol.19	2022 年 3 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	その他		日本実験力学学会	2021年7月～		
森岡大輔	論文	A Measurement System for Deformation and Torsion Angle in Plastic Ankle Foot Orthoses	Advanced Experimental Mechanics, Vol.6	2021年8月	共著	p.53-58
森岡大輔	論文	家具の材質と構造の違いによる転倒時の衝撃比較	拓殖大学理工学研究報告 Vol.19	2022年3月	共著	
森岡大輔	論文	入院患児のためのVR ストレスコーピングツールの開発	デザイン学研究作品集	2022年3月	共著	2021年 27巻1号 1_152-1_155
森岡大輔	論文	視覚的アプリ弱者のためのカスタマイズユーザインターフェースの提案	拓殖大学理工学研究報告	2022年3月	共著	Vol.19, 19~23, 2022
森岡大輔	口頭	杖歩行時のグリップに作用する荷重の分析	第69回日本デザイン学会春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	466-467
森岡大輔	口頭	金具による家具固定を促す内装システム開発のための基礎的研究	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	358-359
森岡大輔	口頭	タケ材を用いた編組構成による収納家具部品への応用可能性検討	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	360-361
森岡大輔	口頭	弾性スギ圧縮木材と無垢材による材の強度および振動特性	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	362-363
森岡大輔	口頭	フードロス削減を目指した食材の皮および殻の再利用検討	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	464-465
森岡大輔	口頭	ララコを用いた下肢運動効果の分析	日本実験力学学会 2022 年度年次講演会	2022年8月	共著	7-8
森岡大輔	口頭	ララコチェアを用いた姿勢改善効果の分析	日本機械学会 2022 年度年次大会	2022年9月	共著	J021-04
崔 烘 碩	口頭	入院患児のためのVR を用いたストレスコーピングツールの提案	日本デザイン学会 第68回春季研究発表大会概要集	2021年6月	共著	2021年 68巻 P1-21
崔 烘 碩	論文	A Measurement System for Deformation and Torsion Angle in Plastic Ankle Foot Orthoses	Advanced Experimental Mechanics	2021年5月	共著	Vol.6 (2021), 53-58
崔 烘 碩	論文	視覚的アプリ弱者のためのカスタマイズユーザインターフェースの提案	拓殖大学理工学研究報告	2022年3月	共著	Vol. 19, 19~23, 2022
崔 烘 碩	論文	入院患児のためのVR ストレスコーピングツールの開発	デザイン学研究作品集	2022年3月	共著	2021年 27巻1号 1_152-1_155
崔 烘 碩	口頭	空き家問題に関心を高めるためのVR体験ツールの提案	日本デザイン学会 第69回春季研究発表大会概要集	2022年6月	共著	432-433

## 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
大森 裕二	口頭	帝国主義とエコソフィアの相克 — 王権のドラマとしての『ジョーンズ皇帝』	日本アメリカ演劇学会第10回大会	2021年8月		
大森 裕二	運営	地区委員	日本アメリカ演劇学会	2010年8月～2022年3月		
大森 裕二	運営	運営委員・演劇分科会世話人	日本アメリカ文学会東京支部	2021年4月～		
大森 裕二	運営	大会準備委員	日本英文学会関東支部	2021年4月～		
大森 裕二	運営	書記	日本アメリカ文学会東京支部	2022年4月～		
大森 裕二	運営	評議員	日本アメリカ演劇学会	2022年4月～		
大森 裕二	口頭	オニールとケルト — ユーラシア的想像力の淵源を探る	日本アメリカ演劇学会第11回大会	2022年8月		
大森 裕二	論文	帝国主義とエコソフィアの相克 — 王権劇としての『ジョーンズ皇帝』	アメリカ演劇 第33号	2022年9月	単著	
大森 裕二	論文	A Conflict Between Imperialism and Ecosophy — The Emperor Jones as a Drama of Kingship	拓殖大学論集 人文・自然・人間科学研究 第48号	2022年10月	単著	
大森 裕二	論文	The Gardens of Adonis, the Drama of the Green World, and Eugene O'Neill's Urban Dystopia	拓殖大学論集 人文・自然・人間科学研究 第49号	2023年3月	単著	
織田 寛	運営	評議員	日本数学会函数解析学分科会	2021年3月～2023年2月		
織田 寛	運営	委員	日本数学会解析学賞委員	2021年6月～2022年5月		
織田 寛	運営	プログラム責任者	第61回実函数論・函数解析学合同シンポジウム (日本大学)	2022年3月～2023年2月		
織田 寛	論文	Inversion formula for the hypergeometric Fourier transform associated with a root system of type BC	Journal of the Mathematical Society of Japan, Advance Publication	2022年12月	共著	DOI: 10.2969/jmsj/88728872
小林 伊智郎	著書	沖森卓也 編『日本語文法百科』	朝倉書店	2021年9月	共著	40-54
鈴木 康夫	論文	ブラックホール形成における自由エネルギーの連続性について	拓殖大学理工学研究報告 Vol.19	2022年3月	共著	p.9
鈴木 康夫	運営	物理教育委員	日本物理学会	2016年4月～		
鈴木 康夫	運営	大学の物理教育誌編集委員	日本物理学会	2002年9月～		
鈴木 康夫	運営・審査	JABEE分野別審査委員	日本物理学会	2018年6月～		
鈴木 康夫	審査	JABEE 審査団長	JABEE	2021年6月～2022年5月		
鈴木 康夫	運営	研修部会委員/講師	JABEE	2014年6月～		
鈴木 康夫	運営	基準委員	JABEE	2021年6月～		
関野 恭弘	論文	Rotating particles in AdS: Holography at weak gauge coupling and without conformal symmetry	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2022年4月	共著	DOI: 10.1093/ptep/ptac041
関野 恭弘	論文	ブラックホール形成における自由エネルギーの連続性について	拓殖大学理工学研究報告 Vol. 19	2022年2月	共著	9-15
関野 恭弘	招待	Rotating strings and particles in AdS: Holography at weak gauge coupling and without conformal symmetry	京都大学基礎物理学研究所 セミナー	2021年10月	単著	
関野 恭弘	口頭	Rotating strings and particles in AdS: Holography at weak gauge coupling and without conformal symmetry	KIAS-YITP 2021 String Theory and Quantum Gravity	2021年12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
関野 恭 弘	口頭	Rotating strings and particles in AdS: Holography at weak gauge coupling and without conformal symmetry	高エネルギー加速器研究機構 KEK theory workshop 2021	2021年12月	単著	
関野 恭 弘	口頭	AdS時空における粒子の運動とそのホログラフィック双対について	日本物理学会 第77回年次大会	2022年3月	共著	
関野 恭 弘	運営	座長	国際会議「Strings and fields 2021」	2021年8月		
関野 恭 弘	運営	世話人, 座長	国際会議「IFQ-ExU Joint Workshop: Extreme Universe from Qubits」	2021年12月		
関野 恭 弘	審査	論文査読	Progress of Theoretical and Experimental Physics	2022年8月		
関野 恭 弘	運営・審査	編集委員	Journal of the Physical Society of Japan	2015年4月～		
関野 恭 弘	審査	審査員	第46回全国高等学校総合文化祭 自然科学部門(物理部門)	2022年8月		
川本 敦 史	運営	世話人	若手研究集会「波動・振動・流れの制御と逆問題—理論と数値計算—」(オンライン開催)	2021年9月		
川本 敦 史	運営	世話人	若手研究集会「波動・振動・流れの制御と逆問題—理論と数値計算—」(愛媛大学(ハイブリッド形式))	2022年11月		
川本 敦 史	論文	Inverse problems for a half-order time-fractional diffusion equation in arbitrary dimension by Carleman estimates	Inverse Problems and Imaging 16	2022年2月	共著	39-67
小島 和 枝	学術団体等		日本英学史学会東日本支部	2018年10月～2022年3月		
小島 和 枝	学術団体等		東京英米文学研究会	2018年9月～		
小島 和 枝	学術団体等		社会言語科学会	2022年8月～		
小島 和 枝	論文	離日後のアストン	日本英学史学会(東日本支部) 21号	2022年3月	単著	111-120
早川 信 一	運営	会長	日本工業教育経営研究会・日本工業技術教育学会	2020年4月～		
早川 信 一	運営	JIS特集版選定委員会委員長(化学)	日本規格協会 工業高等学校用(化学)	2020年4月～2023年3月		
早川 信 一	運営	東京都高等学校スーパーサイエンスハイスクール運営指導委員	東京都スーパーサイエンスハイスクール指定校	2020年4月～2023年3月		
早川 信 一	運営	東京都立高等学校 学校運営連絡協議会委員	東京都教育庁指導部指導企画課	2020年4月～2023年3月		
早川 信 一	運営	役員理事	公益社団法人全国工業高等学校長協会	2020年5月～		
早川 信 一	調査	「第46回全国高等学校総合文化祭 とうきょう総文2022 と 殿町キングスカイフロントとの連携」, 「海外交流の推進とITを利用した研究発表の現状」	自然科学研究(東京都高文連自然科学部門)研究誌2 東京都教育庁指導部高等学校教育指導課文化連盟	2021年8月	単著	pp.102-114
早川 信 一	運営	「とうきょう総文2022」自然科学部門化学部門審査員	東京都教育庁指導部指導企画課 全国高等学校総合文化祭「第46回全国高等学校総合文化祭東京大会」	2021年8月～2022年8月		
早川 信 一	寄稿	「世界シェアNO.1の技術と生徒研究の連携—ハイドラタルサイト技術の開発から—」	工業教育資料 399, 実教出版株式会社	2021年9月	共著	pp.7-11
早川 信 一	調査	高等学校学習指導要領(工業)の変遷を考察する	拓殖大学教職課程 年報 第4号, 拓殖大学教職課程運営委員会	2021年10月	単著	pp.35-51
早川 信 一	寄稿	「Kawasaki Innovation Gateway at SKYFRONT-世界最先端の研究開発エリアと学校連携-」	工業教育資料 400, 実教出版株式会社	2021年11月	単著	pp.12-15

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
早川 信一	調査	「遠隔授業と情報教育」	日本工業教育経営研究会・日本工業技術教育学会「令和3年度第31回工業教育全国研究大会資料」	2021年11月	単著	p.4, pp.18-19
早川 信一	寄稿	「カーボンニュートラルに向けた社会の動向と取組例」	工業教育資料 405, 実教出版株式会社	2022年9月	単著	pp.7-11
早川 信一	寄稿	教職を目指す諸君へ	「教職パイオニア 第25号・第26号」, 拓殖大学教職課程運営委員会	2022年3月・10月	単著	pp.5-6, pp.3-4
早川 信一	運営	「第29回東京都高等学校工業科成果研究発表大会」審査委員長	東京都教育委員会 指導部 指導企画課「第29回東京都高等学校工業科成果研究発表大会」	2022年11月		
早川 信一	運営	「第11回東京都高等学校理科研究発表大会」審査委員(化学)	東京都教育委員会 東京都文化連盟 自然科学部門 令和4年度「第11回東京都高等学校理科研究発表大会」	2022年11月		
早川 信一	口頭	東京都立工業高等学校の改革～その経緯と展望～	日本工業教育経営研究会・日本工業技術教育学会 関東支部総会・研究協議会(東京大会)	2022年12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, 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

理工学総合研究所

運営委員

○香川 美仁

前田 将輝

三堀 邦彦

澄川 靖信

崔 烘碩

織田 寛

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20巻

2023年（令和5年）3月22日 印刷

2023年（令和5年）3月31日 発行

兼発行人 香川 美仁

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



Takushoku University

# TAKUSHOKU UNIVERSITY

HEAD OFFICE : 3-4-14 KOHINATA  
BUNKYO-KU, TOKYO, JAPAN  
RESEARCH INSTITUTE OF  
SCIENCE AND ENGINEERING  
815-1, TATEMACHI, HACHIOJI CITY  
TOKYO, JAPAN

ISSN 0919-8253

## BULLETIN OF SCIENCE AND ENGINEERING TAKUSHOKU UNIVERSITY



### CONTENTS

#### FULL PAPERS

Examination of autonomous behavior of biped robot by learning camera images considering time series .....	<i>Manabu Motegi</i>	3
Warm-up Exercises for Developing Running Abilities and Muscular Strength .....	<i>Shuichi Yoneshige</i>	11
Mechanical considerations on the running form based on the "Beginning Movement Load Theory" .....	<i>Yasuhiro Sekino, Shuichi Yoneshige</i>	17
The Effects of an Active Learning Strategy (Cooperating Learning) on University English Learners A Comparison between Engineering Students and Law Students .....	<i>Kazue Kojima</i>	23
Development of HTJ2K Compliant Codec .....	<i>Osamu Watanabe, Toshiyuki Maeyama</i>	33

#### SHORT NOTES

Characteristics of Adjectives in Business Documents in Japanese .....	<i>Ichiro Kobayashi</i>	43
--	-------------------------	----

RESEARCHERS & TITLES .....	49
ACADEMIC REPORTS & SOCIAL ACTIVITIES .....	57