Online version: ISSN 2432-7956

## 国際 ICT 利用研究学会

# 国際 ICT 利用研究 研究会講演論文集 第 11 回

2022 年 3 月 20 日 オンライン開催@ZOOM

#### 第11回 国際 ICT 利用研究学会 研究会 プログラム

下記のように第 11 回研究会を Web 開催しますので、ひとまずご案内申し上げます。

今回も集合開催は中止し、Web 上での開催を実施します。この Web でのご講演・聴講によって本研究会が成立したものといたします。

本研究会の講演論文集は後日 OnLine edition: ISSN 2432-7956 として Web 上に置きます。

また、会員により発表された内容で、あらためて投稿された後、査読を経た論文(非会員共著者は1名まで)については、Transactions of the IIARS(IIARS 研究会論文誌)No.3、もしくは Journal of IIARS(IIARS 学術研究論文誌)Vol.5 以降に掲載します。

山下倫範(立正大学)

日時 2022年3月20日(日) 12:05-15:35

会場:Web

(会員には直接お知らせいたします。

また非会員でも参加ご希望の方は office@iiiar.org までご連絡下さい。

zoom情報をお知らせいたします。)

参加費 無料

#### プログラム

12:05 開会の挨拶 上山俊幸 (千葉商科大学)

特別セッション (11:05-12:00, 座長-次郎丸-沢 (カンファレンスサービス))

<del>一※講演者がセントルイスから接続されるため,現地時間との調整から時刻設定を少し早めていま</del> <del>す。</del>

<del>11:05</del>—<del>11:50</del>

<del>○畑中紀子 (Brown School of Social Work at Washington University in St. Louis)</del>

"Where Data Science can be used?" Lecture and Student's Feedback

11:50-12:00- 質疑応答

第1セッション(12:10-13:10, 座長 鈴木治郎(信州大学)

12:10-12:25

○松本貴裕, 山本紗也, 高見友幸(大阪電気通信大学)

Python 学習 Web サイトのシステム設計

12:25 - 12:40

○吉岡輝貴、佐藤礼華、高見友幸(大阪電気通信大学) Python/MediaPipe によるエクサテイメントの設計

12:40 - 12:55

○鎌田光宣(千葉商科大学)

VR フォーマットの現状及び HMD(ヘッドマウントディスプレイ)向けのコンテンツ制作 12:55-13:10

○永田 清(大東文化大学)

Java 言語による多言語処理プログラミングについて

第2セッション(13:10-14:10, 座長 宮田大輔(千葉商科大学)

13:10-13:25

○山本隼也,田中竜二,高見友幸(大阪電気通信大学)

地球電離圏のビッグデータ解析 ~F 層高度の平均日変動特性~

13:25 - 13:40

○神谷一生,中村洋介(福島大学)

日本全国の活断層における撓曲帯の土地利用と勾配の関係について

13:40 - 13:55

○田中敏幸 (慶應義塾大学)

機械学習による生体画像解析について (仮題)

13:55-14:05 休憩

第3セッション (14:05-14:50, 座長 佐久間貴士 (千葉県立保健医療大学))

14:05-14:20

○鈴木治郎,松本成司(信州大学)

LEGO ブーストを活用した入門 STEM 教育

14:20 - 14:35

○田村禎章 (ユマニテク短期大学),田中雅章 (ユマニテク看護助産専門学校) 紙方式とデジタル方式のリフレクション活動に関する研究

14:35 - 14:50

○田中雅章 (ユマニテク看護助産専門学校),田村禎章 (ユマニテク短期大学) アプリを活用したリフレクション活動の試み

**第4セッション**(14:50-15:35, 座長 田中雅章 (ユマニテク看護助産専門学校)

14:50 - 15:05

○次郎丸沢 (カンファレンスサービス)

学術会議におけるハイブリッド開催の現状と今後の展望

15:05 - 15:20

○宮田大輔,永岡淳一(千葉商科大学) N-竜王問題の解の個数について

15:20-15:35

○高見友幸(大阪電気通信大学) 唐長安城の復原 ~初期平安京正方形仮説の検証~

15:35 閉会の挨拶 高見友幸 (大阪電気通信大学)

#### Python 学習 Web サイトのシステム設計

†大阪電気通信大学大学院 総合情報学研究科

‡大阪電気通信大学 総合情報学部

キーワード:プログラミング学習サイト, Web アプリケーション, Python

#### 1 はじめに

現在、プログラミング学習の手段としてプログラミング学習サイトや競技プログラミングサイトが用いられており、様々なサイトが公開されている。プログラミング学習サイトの代表のものとして progate[1]、paiza ラーニング[2]、CheckiO[3]などがある。それぞれ、プログラミング環境が構築不要であり、Web 上のエディタからプログラミングを行い、学習を進めていく。

しかし、従来の学習サイトでは、コンピュータサイエンスや数学の問題が出題されており、プログラムの文法や論理的思考力を身に付けることができるが、ファイルデータの処理、画像処理、データベース、Web スクレイピングといったエンジニアスキルを網羅的に学習することができない。

本研究では、PC やスマートフォンといった様々な端末や Windows や MacOS, Linux などの様々な OS からアクセスし、Python プログラミングが可能な学習サイトを開発した。また、従来の学習問題に加え、ファイルデータを用いた問題や画像処理の問題、画像を出力とする問題を実行できる環境を構築した。

そして、現在、他サイトではプログラミング学習サイトと競技プログラミングサイトは独立して運営されている。本研究の目標として、それらが連動するWebサイトの構築がある。それを想定し、競技プログラミングの問題の選定に必要となる、正答率や回答時間などのデータベースを構築した。また、ユーザーの回答ソースコードのデータも収集し、他ユーザーに公開した。

本研究では、他サイトのように C や C++、Java といった様々なプログラミング言語に対応せず、Python に限定して、より実践的な問題を構築した。

#### 2 Python

Python とは、インタプリンタ型言語であり、近 年話題のDeep Learning やInternet of Things (IoT), ビッグデータ処理などの開発を得意としている。 特徴としてCやC++などと比べて文法仕様がシン プルである点。標準で豊富なライブラリがあるた め,幅広い分野で適応可能な点がある。また,思 考した内容をプログラムで表現しやすい点もあげ られる。これらの特徴から 2014 年に Online Python Tuor[4]によると U.S.News&WorldReport 誌で選ば れた大学でプログラミング学習の入門に用いられ た言語で 69%にあたる 27 校が Python を入門講座 として用いられている。また,2022年度からの日 本の高校情報科目の拡充[5]でも注目されると考 えられる言語である。本研究では、Python の豊富 なライブラリや思考力を活用できる学習コンテン ツを開発した。

#### 3 プログラミング学習システム

#### 3.1 システム概要

プログラミング学習システムは、競技プログラミングサイト[6][7]との相互連携も踏まえ機能を構築した。また、従来のサイトとは異なり、ファイルを用いる問題や画像が回答の問題を作成した。ユーザーは、始めに自身のアカウントを作成しログインする。ログインするとステージ選択画面に遷移する。そこからステージを選択し問題一覧ページに遷移する。ユーザーは問題のタイトルを確認し、各問題回答ページへと向かう。問題回答ページでは Web 上に表示されたエディタからプログラミングし回答する。提出ボタンを押すことでソースコードの採点が行われる。問題に正解した場合は、他ユーザーのソースコードを確認する

ことができる。また、他ユーザーと交流ができる 質問ページやサイトの管理人に問い合わせるページを作成しコミュニケーションを行えるようにした。以上の機能を有するプログラミング学習システムを構築した。システム構成図を図1に示す。

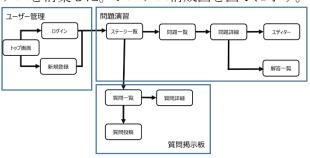


図1.システム構成図.

#### 3.2 ログイン機能

ログインページ(図 2)では、始めにログインか新規登録を選択する。新規登録では、ユーザー名、メールアドレス、パスワード、確認用パスワードをそれぞれ入力して登録する。ログインでは、ユーザー名とパスワードを用いる。メールアドレスは、パスワードを紛失した際の復旧用に用いる。ログイン後は、ブラウザの Cookie にセッション IDが保存され、ページ遷移しても ID を照合することで通信を行っている。



図 2. ログインページ.

#### 3.3 学習機能

学習ページでは、管理者が出題した問題を解く 方式を採用した。始めにユーザーはステージ一覧 からステージを選択する。ステージは難易度また は、分野ごとに分類される。ステージ選択後は、 問題一覧ページ(図 3)に遷移し、タイトルや Elementary、Easy、Normal、Hard、Hard+の5段階 の難易度、回答者数、正答率から問題を選択する。 既に解いた問題については問題一覧にチェックマ ークが表示される。問題選択後は、問題詳細ページに遷移し、問題文を閲覧することができ、回答ボタンを押すことでエディタページに遷移する。



図 3. 問題一覧.

#### 3.4 回答機能

#### 3.4.1 概要

回答機能では、エディタページ(図 4)にある問題文を参照、エディタからプログラムを記述し、問題を解いていく。これは、環境構築を必要としないため、デバイスに限らず学習することができる。ユーザーが入力したプログラムはサーバーで実行される。エディタは、Aceエディタを用いて、シンタックスハイライトや入力補完が可能である。

#### 3.4.2 各機能

ユーザーは実行、保存、提出、リセットのボタンを押すことができる。実行ボタンでは、記述したコードを実行し、エディタの下部に実行結果を表示する。この時点では、採点は行われない。保存ボタンでは、記述したソースコードを保存し、再度ページに訪れても途中からプログラミングが再開できる。提出ボタンでは、記述したコードの採点し、正解、不正解を表示する。採点は、関数の返り値から正誤を判断している。リセットボタンでは、エディタのコードをデフォルトに戻す。

#### 3.4.3 画像表示

画像表示機能では、従来のローカルで扱っていたような別ウィンドウで表示する機能を Web 上で再現した。表示するために、従来の関数とは異なり独自モジュールの cv2\_imshow()を作成した。関数名は利便性を重視し Google Colaboratory で疑似的に画像表示を行う独自関数と同名にした。この関数では、表示させたい画像を png 形式にエンコードしメモリに画像を保存、base64 でエンコー

ドを行い、html の画像表示タグにこの画像を指定 することで表示を可能にしている。

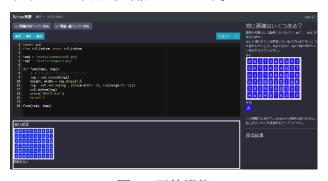


図 4. 回答機能.

#### 3.5 解答一覧

本サイトでは、他ユーザーの正解した回答を閲覧することができる。閲覧には、問題を正解している必要がある。解答一覧(図 5)は問題の解説ではなく、別解を閲覧する機能である。そのため、自分の考えとは異なる解法を閲覧し学習することや公開用に特殊な解き方をするなど幅広いデータを得ることができる。また、解答一覧では、単語検索ができ、ソースコード内の特定のモジュールや関数を用いた解答を絞り込むことができる。それにより、幅広い知識を得ることが期待できる。



図 5. 解答一覧.

#### 3.6 質問機能

質問機能(図 6)は、ユーザー間でプログラムや疑問を投稿、閲覧、回答できる機能である。投稿にはマークダウン記法を用い Python コードや画像を貼り付けることでエラーの質問やコードの最適化など他ユーザーに質問することができる。また、質問の回答も行うことができる。

質問ページでは、投稿された質問のタイトルが 羅列されている。タイトルや検索フォームから質 問探す。検索機能では、タイトルや内容に含まれ ているワードから探すことができる。



図 6. 質問掲示板.

#### 3.7 お問い合わせ

お問い合わせページは、管理者に直接質問するページであり、メールアドレスと本文が必要である。実装には、Google フォームを用いた。送信された内容は、管理者のメールに届く。

#### 3.8 マイページ

マイページ(図 7)ではユーザーが投稿した質問やコメント、ステージごとの進捗状況の確認、パスワードやニックネームの変更が行える。他ユーザーとコミュニケーションや進捗状況を確認することで学習のモチベーション向上を望む。



図 7. マイページ.

#### 4 コンテンツ

#### 4.1 コンテンツ概要

本研究では、他サイトとは異なり Python に特化 した問題や扱っていないテキストファイルや画像 を題材としたコンテンツを開発した。コンテンツ として通常の問題、ファイル読み込み、画像処理 のプログラミングスキルを確認できるものを用意 した。通常の問題では、さまざまな回答手法が見 られたものを紹介する。

#### 4.2 通常の問題

#### 4.2.1 連続した数字のチェック

整数の要素だけを持つリストを大きさ順に並べ替えた。このとき、連番(数が 2,3,4,5…と 1 ずつ増加する)となっているかどうかを判定せよ。そうでないときは False を出力すること。入力例として[7,4,6,5]や[8,3,1,6,4,9,7,5]などがある。この問題では、様々な回答例が見られた。

#### 回答例1

回答例2

def func(data):

return max(data) - min(data) == len(data) - 1

これは、この問題の最もシンプルな回答例である。最大値と最小値の差がリストの長さの1少ないことに気づくと解くことができる。

# def func(data): if max(data)+1==min(data)+len(data): ans = True else:

ans = False

return ans

これは、回答例1と同等のプログラムだが、比較演算子の性質を知らなく、不必要な if 文と ans 変数への代入が行われている。

#### 回答例3

def func(data):

a=sorted(data, reverse=True) a2=[a[i]-a[i+1] for i in range(len(a)-1)]

ans=all([\*map(lambda x: x==1, a2)])

return ans

これは、問題文をそのまま当てはめた回答例である。2行目で大きさ順に並び替え、3行目でそれぞれ隣の数字の差をとり、4行目でそれらが1ずつ増加しているかを判定している。

#### 4.2.2 リストの総和

渡されたリストの要素の総和を求めてください。 リストの要素はすべて整数,または文字列です。 リストの和を計算する際,文字列は無視してくだ さい。入力例として[1,3,'b',5]がある。この問題 では、様々な回答例が見られた。

# 回答例 1 def func(data): ans = 0 for i in data: if type(i) is int: ans += i return ans

これは、正解だが Python の特徴を活かせれていない回答例となっている。このような場合は、正解していても、指導をする工夫が必要である。

#### 回答例2

```
def func(data):
    a=sum(i for i in data if isinstance(i, int))
    return a
```

これは、sum 関数の中の内包表記と isinstance 関数をもちいて回答している。この回答は Python の性質を熟知していると考えられる。

#### 4.3 ファイルを用いる問題

#### 4.3.1 0が3つ

関数の引数としてファイルが渡されます。ファイルの中に数字 0 がちょうど 3 個含まれる数はいくつあるか, その個数を表示せよ。(80020 は題意であるが 80208 や 80000 は題意ではない)

#### 回答例

```
def func(file):
    with open(file) as f:
    d = f.read().split()
    ans = sum(i.count("0")==3 for i in d)
    return ans
```

この問題は、ファイル読み込みと処理方法について学習することができる。split メソッドを使って文字列からリストに変換し、そこから count メソッドを用いて 0 をカウントし答えを見つけ出す。

#### 4.4 画像を用いる問題

#### 4.4.1 同じ画像はいくつある?

関数の引数として画像ファイルパス'img1', 'img2'が渡される。img1 (図 8) の画像と同じものが img2 (図 9) にもいくつか描かれている。img2 のなかに img1 と同じ絵がいくつあるか答えよ。



図 8. img1 の画像.

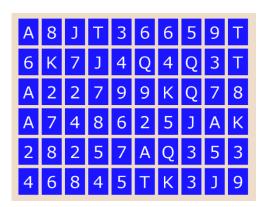


図 9. img2 の画像.

この問題は、画像ファイルを読み込み、数字データを出力するものである。テンプレートマッチングを用い imgl の画像の数を求める。テンプレートマッチングのプログラム例を図 10 に示す。

```
Python读習 質問・お問い合わせ

《問題手観ページへ戻る

東行 保存 提出

8 def func(img1, img2):
9 img = cv2.imread(img1)
10 img.g = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
11
12 tmp = cv2.imread(img2, 0)
13 h, w = tmp.shape
14
15 res = cv2.matchTemplate(img.g, tmp, cv2.TM_CCOEFF_NORMED)
16 loc = np.where( res >= 0.95)
17
18 count = 0
19 for in zip(*loc[::-1]):
20 cv2.rectongle(img, i, (i[0] + w, i[1] + h), (0,0,255), 5)
21 count = 1
22 print(count)
23 cv2_imshow(img)
24 return count

東行結果
5

A J T 3 6 6 5 9 T 6 7 3 7 4 7 4 3 15 3 4 7 7 4 8 6 2 2 1 7 1 8 7 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3 4 6 8 4 5 7 8 1 3 1 3
```

図 10. テンプレートマッチングの回答例.

この問題を解くことで画像処理,画像認識を学習できる。画像処理では,認識のためにグレースケール化する。画像認識では,テンプレートマッチングを適切なメソッドを用いて閾値を調整しデータの取得をする。また,マッチングした画像を赤枠で囲むことで新たな技術を獲得できる。

#### 4.4.2 赤を青に変換しよう

関数の引数として画像ファイルパスが渡されます。この画像の RGB 値が R=255, G=0, B=0 の色を R=0, G=0, B=255 の色に置き換えよ。入力画像を図11の左図,出力画像を図11の右図に示す。

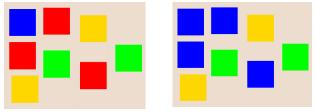


図 11. 左)入力画像,右)出力画像.

この問題は、画像を出力値とした問題である。問題文では、具体的な色を指定し回答に混じりがないようにした。これを解くことで画像処理の技術と画像出力を学習できる。画像処理には、画像を Pillow で読み込み、画像サイズを取得。画像サイズで二重 for ループし画像の 1 ドットずつ色を置換する。以上により、この問題を解くことが可能である。色変換のプログラム例を図 12 に示す。



図 12. 色変換のプログラム例.

#### 5 収集データ

#### 5.1 収集データの概要

収集データは、コンテンツの充実化やユーザー の傾向の分析といった、ユーザー向け、管理者向 け、双方それぞれのデータを収集した。

収集したデータとして,

- ・演習問題の閲覧数
- ・ 演習問題の回答数
- 演習問題の正解者数
- ・質問の閲覧数
- ・質問のコメント数

それぞれ,各ユーザーのデータベースから算出 したものである。これらを元に演習問題の難易度 や適否を考えることが可能である。また,質問の 閲覧数やコメント数からは解説すべき内容を見出 すことができる。

#### 5.2 データの可視化

データの可視化では各問題において正解,不正解,未回答の3つに分類し,積立棒グラフを用いて表示した。このとき不正解とは,回答コードがデータベースに存在するが問題に正解していないものを指す。未回答は問題詳細ページの閲覧を行ったが,データベースに回答コードが保存されていないものを指す。データを可視化することで直感的に問題ごとの比較,分析を行うことができる。回答状況のグラフを図13に示す。

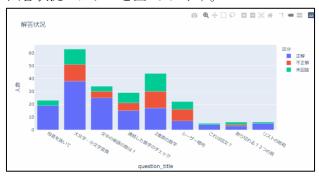


図 13. 回答状況グラフ.

#### 6 おわりに

本研究では、Python 学習 Web サイトのシステム 設計と開発を行った。Web サイトでは、アカウン トを用い様々なページへとアクセスすることがで きる。問題演習では、プログラミング環境の構築 が不要で Python プログラムをコーディングする ことが可能である。また、従来の学習サイトとは 異なり、テキストファイルや画像の入出力が可能 であるため、演習問題の幅が大きく広がる。また、 他ユーザーの解答を閲覧することができ、新たな 解法の学習を行うことができる。 質問、お問い合 わせページでは、ユーザー間、ユーザーと管理者 間でコミュニケーションすることができ、コンテ ンツがその数ほど増えることになる。マイページ では、自身の活動を網羅的に確認することができ、 学習のモチベーションに繋がると考える。

今後の展望として、競技プログラミングサイト と連携し、双方のデータを元に両サイトのコンテ ンツの強化、問題の選定などを行うことでより発 展したサイトになることを期待したい。

#### 参考文献

- [1] 「Progate」, https://prog-8.com/, (参照 2022 年 3 月 18 日).
- [2] 「paiza ラーニング」, https://paiza.jp/works, (参照 2022 年 3 月 18 日).
- [3] 「CheckiO」, https://checkio.org/, (参照 2022 年 3 月 18 日).
- [4] 「Online Python Tuor」,
  https://cacm.acm.org/blogs/blog-cacm/176450-py
  thon-is-now-the-most-popular-introductory-teach
  ing-language-at-top-us-universities/fulltext,
  (参照 2022 年 3 月 18 日) .
- [5] 文部科学省:【情報編】高等学校学習指導要領(平成30年告示), https://www.mext.go.jp/content/1407073\_11\_1\_2.pdf,(参照2022年3月18日). https://www.mext.go.jp/content/20200722-mxt\_jogai02-100013300\_005.pdf, (参照2021年2月9日).
- [6] 尾有栄光, 平塚太一, 松本貴裕, 高見友幸, 「Python競技プログラミングサイトの設計と 開発」, 第 8 回 国際 ICT 利用研究 研究会講演論文集, pp.24-27, 2020.
- [7] 松本貴裕,福井昌則,高見友幸,「画像を題材とした競技プログラミング用コンテンツの開発」,第9回 国際 ICT 利用研究 研究会講演論文集,pp.26-29,2021.

#### Python/MediaPipe によるエクサテイメントの設計

吉岡輝貴 佐藤礼華 高見友幸 大阪電気通信大学 総合情報学部

キーワード: MediaPipe, Python プログラミング, エクサテイメント

#### 1 はじめに

人の動きやモノの動きをデータ化する技術モーションキャプチャが注目されている。映画やゲームなどの CG キャラクターのアニメーションとして使用されることが多いが、スポーツや医療、ロボット制御等の分野でも使用されている。モーションキャプチャには、光学式、センサ式、機械式磁気式といった様々な手法があるが、本研究では、web カメラで使用可能な画像式の手法を使う。MediaPipe のライブラリを Python プログラムで用いることで、リアルタイムモーションキャプチャを組み込んだ運動系のアミューズメントを設計する。

#### 2 MediaPipe によるモーションキャプチャ

MediaPipe は Google が提供している機械学習と画像処理の機能が搭載されたフレームワークである[1]。画像,動画,リアルタイム映像から人体全ての動作検出と細かな顔の各パーツ動作検出や手の動作検出,その他物体の検出を行うことが可能である。Pythonの他 C++や iOS やアンドロイドといったスマートフォン用 OS にも対応しており手軽に使用が可能である。表1に MediaPipe の基本性能を示す。

表 1. 基本性能

	Hand	Human Pose Detection	Face Mesh
	Tracking	and Tracking	race wiesii
フレームレート (fps)	20~30	15~30	15~30
ランドマーク	21	33	468

表1からわかるとおり、Hand Tracking (手指の 検出) については、フレームレートが安定してい るが、Human Pose Detection and Tracking(全身検出)はカメラと人との距離が離れていることから激しい動きをするとフレームレートが落ちる場合があり、注意する必要がある。Face Mesh(顔の検出)についても、全身検出と同様、ランドマークの数が多いため、動作が早いとフレームレートが低下する傾向がある。

図1は Hand Tracking を用い,ジャンケンの判定を行なったものである。リアルタイム映像のキャプチャ,文字の描画,動画の読み込みにはオープンソースの OpenCV を使用した。Python 対応OpenCV は動画を VideoCapture 関数で読み込むことができ MP4 や AVI, MOV 等多くの形式に対応しているため OS が異なった場合でも対応可能である。





図1. 手指のモーションキャプチャ.

図1に表示される赤色の小さな点が、ランドマークの位置を示しており、この位置座標を分析することで、手指のポーズを推測することができる。この点については、全身のポーズについても同様である。

ジャンケンの判定方法は指の付け根のランドマークと指の先端のランドマークの座標の差で指の曲げ伸ばしを判定し、5本の指が曲がっていた場

合は「グー」、人差し指と中指が曲がっていた場合は「チョキ」、全ての指が曲がっていない場合は「パー」と判定した。なお、Hand Tracking では、右手と左手の両方の判定が可能であり、便利である。

データの収集にあたって NumPy モジュールの savetxt 関数を使用し, csv ファイルにランドマークの座標データを保存した。これにより Jupyter Notebook で Pandas や Matplotlib を使用し詳細なデータ解析を行うことが可能である。

#### 3 光学式と画像式の比較

カメラの精度や台数、ソフトウエアの機能の違いにより画像式にはいくつかの欠点がある。画像式の欠点として、1)腕や足等の体の一部が隠れた場合検出ができない(もしくは予測値になる)、2)服装によっては正確な関節の位置を測ることができない、といった点を挙げることができる。たとえば、図2のように左足が隠れてしまうと検出ができなくなる。

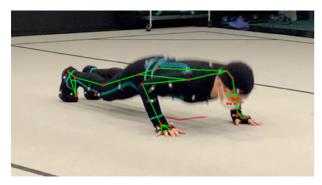


図2. 全身モーションキャプチャの例. 左足が隠れており, 検出できない.

図3は、図2と同時に光学式のモーションキャプチャで撮影を行ったデータである。カメラは12台、マーカは57点、ソフトウエアは VICONの Shogun を使用した(参考サイト[2]を参照のこと)。一部のマーカが隠れることはあるが、他のマーカの情報から補完できる機能がありブレがほとんど無い状態で撮影することが可能である。精

度は他の手法より良いが高性能な設備が必要であるが、個人で使用するのは難しい。

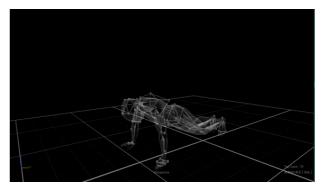


図3. 光学式モーションキャプチャ.

#### 4 アプリケーション

本開発では、近年脂肪燃焼やアスリートの体力 向上のトレーニングで注目されている HIIT (High Intensity Interval Training:高強度インター バルトレーニング)を題材とし、MediaPipe でリ アルタイムでの解析を行い、トレーニングしなが らその場で正しいフォームの確認や使用者の体力 に応じたテンポの調整を行うことができるエクサ テイメントの設計を目指している。

あらかじめ動作のパターン(HIIT の種目)を 撮影し、そのデータを標準として web カメラを 搭載したデバイス(PC もしくはスマートフォン) で体全体を撮影したデータを解析し、どの関節が 標準の動作と異なっているかを確認することで使 用者がその都度動作の調整を行うことが可能であ る。

#### 参考文献/参考サイト

- [1] MediaPipe, <a href="https://google.github.io/mediapipe/">https://google.github.io/mediapipe/</a>, (参照 2022 年 3 月 17 日).
- [2] Shogun,

https://www.vicon.com/software/shogun/, (参照 2022 年 3 月 17 日).

### VR フォーマットの現状及び HMD (ヘッドマウントディスプレイ)向けのコンテンツ制作

#### 鎌田光宣

#### 千葉商科大学

kamata@cuc.ac.jp

**要旨** HMD(ヘッドマウントディスプレイ)で映像を見る場合,CGで世界を再現する場合は,頭の向きに合わせて左目用と右目用の画像をレンダリングすれば良い.ところが,実写映像の場合は,ドームマスター(全天球),正距円筒図法,キューブマップ,EAC など多数の投影方式が存在する.また,立体視(ステレオ)の場合,左目用と右目用の画像の配置方法に,SBS(サイドバイサイド)とトップボトムの2つの方式がある.本稿ではこれらのフォーマットの現状と動向について概観する.

**キーワード** バーチャルリアリティ エクイレクタングラー VR180

#### 1 VR(仮想現実)

VR の研究は 1960 年代に始まり、HMD(ヘッドマウントディスプレイ)の原型はエイバン・エドワード・サザランドの制作した「The Sword of Damocles」とされる. 1983 年には「人工現実感」という言葉が登場した. 1984 年に設立された VPL Research 社は、手袋状のデバイス「DataGlove」を入力装置として利用し、HMD「Eye-Phone」で表示するシステムを開発した. これは、CGで描かれた部屋に、通話相手が入ってきて、そこでバーチャル世界でのコミュニケーションをとるものであった. そして、バーチャルリアリティ(Virtual Reality; VR) という言葉が最初に使われたのは 1989 年である. [1]

VR を構成する要素として、3次元空間性、リアルタイム性、自己投影性が挙げられる[2]. 実物や現物ではないが、視覚、聴覚、触覚、嗅覚、味覚を含む感覚を刺激することにより体験することができるものである. なお、VR には、大きく分けると「視聴型」と「参加型」の2通りがある. 視聴型は流れている映像を見るだけであるが、立体視や周囲を見渡したりすることがき、通常の動画よりも臨場感を感じることができる. 参加型の VR では、映像の中を自由に歩き回るだけでなく、映像内のものを触ったり動かしたりすることもできるため、遠隔地から手術や治療を支援する医療事業や、機械の運転などで活用されている. 入力システムとして、グローブ上のコントローラー、ヘッドトラッキング、アイトラッキング、モーションキャプチャなどがある[3].

HMD には、スマートフォンに装着するもの、PC や家庭用ゲーム機に接続するもの、そして軍用、研究用 HMD

などがある.

スマートフォンに装着するタイプの代表的なものには「モバイル VR」「Galaxy Gear VR」「ハコスコ」「Google Cardboard」などがある.これらの製品にはトラッキング装置を内蔵しておらず,スマートフォンに内蔵された加速度センサやジャイロセンサによって頭部の動きが検出され、それに追随して映像が変化する.

PC や家庭用ゲーム機に接続するタイプの代表的なものに「Oculus Rift」「HTC VIVE」「PlayStation VR」があり、これらはミドルレンジ VR とも呼ばれる. これらの製品には頭部やコントローラーの位置を検出するセンサが用意されている. また、HTC VIVEでは、部屋の対角線上に2基のセンサを設置することで、部屋の中のプレイヤーの位置を検出する. これによって、プレイヤーは実際に部屋の中を歩き回ることも可能となる.

#### 2 VR フォーマット

本稿では HMD を用いた視聴型の VR 動画について述べる.

CG で世界を再現し、リアルタイムで見る場合は、左目用と右目用の画像を別々にレンダリングして HMD に送ればよい.ところが、CG あるいは実写映像を 360°、もしくは立体視(ステレオ)で記録・配信する方法はいくつもあり、それぞれ特徴の異なる多くのフォーマットが存在している.

なお、本稿に掲載した画像は、360 度全天球カメラとして RICOH THETA V を、180 度ステレオカメラとして Vuze XR を用いて撮影したものである.

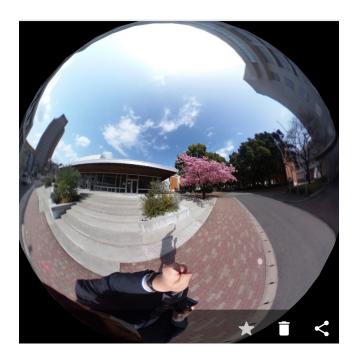


図 1: ドームマスター(全天球)

#### 2.1 ドームマスター形式

全天周映像の標準的なフォーマットとしてドームマスター形式がある。これは全天球形式とも呼ばれ、360度の画像・映像を1枚におさめた円形の画像である(図1)。全天球を魚眼レンズで撮影したように平面上に展開したもので、仰角が中心からの距離に均等にマッピングされた射影方式になる。このドームマスターの形式で用意された画像であれば、ドームシアターで全天周画像として表示することができ、プラネタリウムで使用されることが多い。

この1枚の画像を、VR用のプレイヤーにより再生すると図2のようになる。単なる平面の画像とは異なり、VR画像では視点の方向が動くことによって新しくレンダリングされ、画面に表示される。

#### 2.2 エクイレクタングラー形式

エクイレクタングラー(equirectangular)は日本語で 正距円筒図法といい,パノラマ写真,VR や 360 度カメ ラでは標準的なフォーマットである.

一眼レフやミラーレス,スマートフォンなどのカメラで撮影した画像はアスペクト比(縦と横の比率)が 3:2, 4:3, 16:9 などの長方形の画像として保存されることが一般的であり,エクイレクタングラーに変換された映像は 図 3 のように長方形の1 つの動画になる.この形式のメ



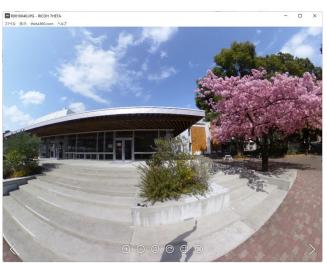


図 2: プレイヤーによる出力画像

リットは,変換してしまえば,通常の動画と同じように 編集ソフトで処理できることである.

しかし、球の極に行くほど横に引き伸ばされてしまう. 長方形の中で割り当てられるピクセルの数は極も中心付近も同じであるため、中心付近は相対的にピクセル数が少なくなる.そのため、コンテンツの目玉が多く存在する映像の中心付近に当たる部分ほど解像度が低いことになってしまう.

#### 2.3 キューブマップ形式

正距円筒図法を改善したものがキューブマップである. この方法では、球を直接平面にするのではなく、一度立方体に投影した後、その立方体を展開して平面にする.正六面体のスクリーン6面にそれぞれ映像を貼り付けて、そ



図 3: エクイレクタングラー(正距円筒図法)

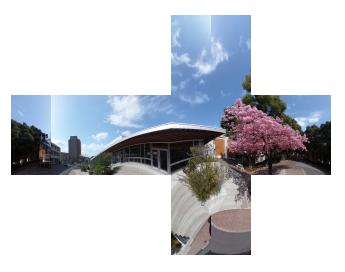


図 4: キューブマップ

の中央から映像を見たときに 360 度が正しく見える形式 のフォーマットである. 映像が 6 面あればよいことから, 並べ方により複数のフォーマットが存在する. 3DCG の マッピングによく使われる.

#### 2.4 Equi-Angular Cubemap (EAC) 形式

キューブマップでは立方体への変形を行うことによって歪みを軽減できるが、位置によりピクセルの密度は変化してしまう。立方体の面の中心部よりも、角に行くにしたがって多くのピクセルが割り当てられることになる。2017年、Google は 360°/VR ビデオを高品質にストリーミングする新たな手法「Equi-Angular Cubemaps (EAC)」を発表した。YouTube の EAC 形式の 360 動画は、図5のように、画面を 2 分割したフォーマットになっている。これによりピクセル密度の差が補正され、視界の中心の解像度を上げることができる。なお、ステレオ(立体視)形式の場合は画面を 4 分割したフォーマットと



 $\boxtimes$ 5: EAC(Equi-Angular Cubemap) - Lions 360 ° — National Geographic - YouTube



図 6: 180°立体視(SBS)

なる.

なお、この形式は YouTube で用いられているが、一般の VR 動画再生プレイヤーではほぼ対応しておらず、再生しようとしても画面が崩れてしまう.

#### 2.5 立体視と VR180

ステレオ(立体視)カメラを用いて撮影した動画は、右目用と左目用の2視点の映像を並べて記録・再生することで HMD による立体視が実現できる.このとき、映像を上下に並べる「トップボトム」と、左右に並べる「SBS(サイドバイサイド)」がある.図6は SBS 形式のステレオ動画である.

なお、VR におけるステレオ(立体視)形式の動画フォーマット(VR フォーマットとも呼ぶ)は、大きく 360 度と 180 度の 2 つのフォーマットがある.

単純にステレオ形式の 360 度動画を制作しようとすると、視差の問題が生じる. 立体視の実現には、常に最適な視差を示す必要があり、HMDを用いたリアルタイムのVRであれば、ヘッドトラッキングを用いて、常に体験者と同じ位置にカメラを追従させることができる. しかし

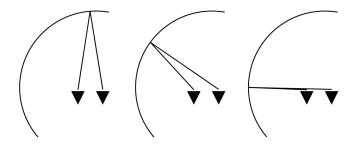


図 7: 360 度ステレオ視の問題点

360 度動画はあらかじめ画像を書き出しておくため、ヘッドトラッキングを用いたカメラの追従はできない.そのため図7のように、正面方向から離れるにつれ視差が小さくなってしまう.これにより、角度によっては立体視ができないという問題が発生してしまう[5].そのため、複数台のカメラを用いた自由視点画像・動画の生成について、キヤノンの「自由視点映像生成システム」[7] をはじめ、盛んに研究が行われている.

「VR180」は Google と YouTube が共同で発表したフォーマットで、360度のエクイレクタングラー形式を前方 180度分切り抜いたものである。視点の後方 180度の情報を捨てることで、上述の視差の問題をあまり気にせずに済む。また、動画データが半分のサイズで済み、前後の映像をつなぐ処理も不要となる。通常の撮影のように撮影者や照明がカメラの後ろに隠れることができることから、制作面のハードルが大きく下がるという利点もある。前面の視野のみで完結するコンテンツにしか対応できないという制限があるものの、平面を立体で見ることができる「立体視」を利用した技術で通常の映像と比べ、より多くの臨場感を得られると考えられている。

#### 3 VR 映像のこれから

いずれの方式においても、細部まで綺麗に表現するには非常に大きなサイズの画像・映像が必要となる.現状の低価格帯のカメラでは、満足のいく画質が得られないのが現状である.8Kで撮影されたVR動画も登場しているが、このような大きなサイズの映像は、コンピュータ上での編集や出力に相当な負荷がかかる.また、ただでさえYouTube にVR動画をアップロードしようとすると通常の動画よりも時間がかかるうえ、撮影機材や編集ソフトとの相性によっては、何らかのトラブルで、YouTube側の処理がいつまでたっても終わらないこともある.

冒頭で述べた通り、「VR」には3次元空間性のほかに、リアルタイム性と自己投影性が必要である. HMD の向

きを変えることで、その方向の画像が瞬時にレンダリングされるだけでも VR と言えなくもないが、インタラクティブに内容が変わることで、より視聴者の興味をひくのではないだろうか.

Unity や Unreal Engine といったゲーム開発プラットフォームには VR 用のプラグインが用意されており,専用のオブジェクトを 3D 空間に置くことで,そこから見える立体視の映像を HMD に出力することができる.逆に,実写の VR 映像を Unity や Unreal Engine の創り出す空間内で再生する仕組みもある.多くの研究者や芸術家により VR の映像にリアルタイムで反応するオブジェクトを組み合わせる試みが行われており,今後ますます映像作品の表現の可能性が広がることが期待される.

#### 参考文献

- [1] インディラ・トゥーヴェニン, ロマン・ルロン著, 大塚宏子訳, "バーチャル・リアリティ百科 進化する VR の現在と可能性", 原書房, 2021
- [2] 養成読本編集部編, "Software Design plus シリーズ VR エンジニア養成読本", 技術評論社, 2017
- [3] I/O 編集部編, "「VR」「AR」技術ガイドブック", 工学社, 2016
- [4] 阿部秀之, "Unity でつくる建築 VR 入門", エクスナレッジ, 2020
- [5] Fulldome 3D for Everyone Part 1/5 Fulldome Database - FDDB.org http://www.fddb.org/fulldome-3d-for-everyonepart-15/ (2022 年 3 月 17 日参照)
- [6] YouTube VR Create YouTube VR https://vr.youtube.com/create/360/ (2022 年 3 月 17 日参照)
- [7] キヤノン 自由視点映像生成システム https://global.canon/ja/technology/frontier18.html (2022 年 3 月 17 日参照)

## Java言語による多言語処理プログラミングについて

永田 清

大東文化大学経営学部

nagata@ic.daito.ac.jp

キーワード 自然言語処理,多言語対応,Java アプリケーション,

#### 1 はじめに

インターネットをそのバックボーンとし、スマートフォンなどの通信機器の普及による情報通信基盤の整備により、2020年には我が国のオンライン学習環境はハード面とそのインターフェースにおいてかなり整備された状況にあった。また、新型コロナウィルスの蔓延によって対面授業が難しくなったことが、大学等におけるオンライン学習利用を否応なく促す結果となった。

オンライン学習自体の歴史はかなり古く、1974年設立の現教育情報システム学会 (JSiSE) は CAI(Computer-Aided Instruction) 学会という名称の時もあり、スタンドアローンの PC を念頭に置いていたとしても、コンピュータを使った学習に関する実践とその研究を目的に設立されたものと考えられる.

インターネットの商用利用が解禁となった 1990 年以降は、教材をストリームでオンライン配信できる環境が整い、CBT(Computer-Based Training) や WBT(Webe-Based Training) などが盛んに行われるようになった。しかし、実際の教育現場では、それらはあくまでも補助的学習としての扱いであり、対面式授業による教育効果を高めるための手段として扱われていた。コロナ禍で対面授業ができなくなった 2020 年以降、オンライン学習はなくてはならない学習手段となったが、多くの教員は対面学習が教育の主体である考えているだろう。

2000年に発表された、大学で経済学を学ぶ学生に対する反転学習 (Inverted Classroom) についての論文 ([4]) では、学習者の学習スタイルも加味した、マルチメディア教育を主体として、教育者がその補完を行う学習方法が有効であることを述べている。我が国においても、前述のJSiSE などで反転学習の実践例が多く発表されている。反転学習においては、特に学習者自身が自分の学習スタイルに合った学習方法で学び、その効果を自己判定して、教育者とのコミュニケーションを通じてその後の学習につなげてい行くことが大切になると考えられる。

我々は、学習者の特性と学習スタイルを考慮した e-

Learning 教材作成に関する研究を行い、いくつかの論文を発表している ([3, 9, 10, 11]). これらの研究の発端は、我が国における情報セキュリティ教育が留学生の出身国事情や、留学生に限らず本人の意識特性を考慮したものとなっておらず、それらに対応するためには意識構造の分析と学習スタイルを組み込んたものとすべきである、といった問題意識があった.

アジアを中心としたいくつかの国における情報セキュリティ意識調査を経て、明らかとなった意識構造をもとにe-Learning 教材の作成の試みを行った.また、その段階で多言語化を行うこととしたが、与えられたテーマや学習した項目についてのまとめとしての自由記述やレポートを作成し、その評価を行うことも重要であると考えた.このようなシステムを使えばe-Learningによる自己学習だけでなく、提出されたレポートなどを教員が評価する際にも役立てることができるだろう.

以下は次のような構成になっている.次節で現在まで 我々が作成した e-Learning System の概要と、多言語化の 方法を簡単に説明する.次に、自然言語処理と既存のプログラムについて述べる.続いて、現在まで状況と今後 の方針について示す.

本研究におけるプログラム開発では、統合開発環境 Eclipse を用い、プログラミング言語は Java で、グラフィカルインターフェースの部分にはクラスライブラリとして JavaFx を使っている.

#### 2 情報セキュリティe-Learning System の概要

情報セキュリティe-Learning System における我々の提案には、学習スタイルと情報セキュリティに対する学習者の意識といった2つの独立した概念がある.

図1は全体像であり、その上部において学習者はアンケートに回答することによって自身の意識構造を分析し、その結果を基にコンテンツリストからコンテンツを選択するプロセスを決定する.下部は、学習者の学習スタイルに関する部分であり、M. J. Lage et al. ([4]) が示した学

習スタイル理論と関係づけられた学習法表を参照することで、適切な学習スタイルを用いて、上部で決定された学習内容が順次表示される。図1においては MBTI(Myers-Briggs Type Indicator)([6]) が示されており、その結果を 4MAT([5]) にマップする設計になっている。

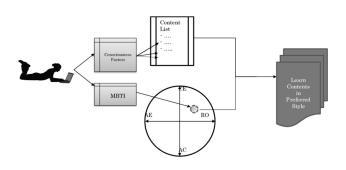


図 1. 情報セキュリティe-Learning システム概要

意識構造に関しては、我々がアジアのいくつかの国において行ったアンケート調査の結果から抽出した意識構造を基に、それらの国々の因子得点平均と学習者の特性を比較してその特徴を求め、コンテンツの選択に反映させることとした。また、学習スタイルの基本となる性格調査には MBTI を用いるようにしているが、MBTI の特許関係でそのままシステムに組み込むことができていない。

もともと在日留学生を念頭において開発を始めたシステムであるので、多言語対応が容易に行えるようにプログラム設計を行った。具体的には、英語によるスタート画面で言語を選択し、その後のページではすべて選択言語による表示を行うようにする。その為に HashMap クラスを使ったクラス作成し、switch 文で選択言語ごとにキーワードに対応する文字列を振り分けることとした。

学習者は選択言語による指示に従って学習を行い、理解度確認のために小テストやレポートを作成するが、ここで問題になるのがレポートの評価である。学習内容に関するキーワードや模範解答を設定して、評価することが考えれるが、それ以前の問題として文章の構成、文法、誤字脱字、句読点混合、文章統一性などといった基本的な評価が望まれる。これらの自然言語処理は難しい問題であるが、以下で一般的な事柄も含め観ていくこととする。

#### 3 自然言語処理

ここで扱う自然言語処理は、基本的にレポートや語句 理解などについて、文字として記述された文書を対象と するので、音声認識などの分野に立ち入らないこととす る.このような自然言語処理を現実のものとしたツール が、Google に在籍していた Tomas Mikolov により提案された単語分散表現 (Word2Vec) で、2層のニューラルネットワークのみで構成されるシンプルな構造により、大規模データによる分散表現学習が現実的な計算量で可能となり、自然言語処理が飛躍的に進む契機ともなった [7.8].

自然言語処理プログラムは Python によるものが多いが、 我々の開発プログラムは Java 言語によっており、主に参考 文献 [14] のプログラムを借用した. ただし、Word2Vec の 取得には deeplearning4j を使うことになっており、この部 分も別途作成したが、実際にプロジェクトに組込んだもの は鈴木氏らによって作成された「日本語 Wikipedia エン ティティベクトル」(http://www.cl.ecei. tohoku.ac.jp/~msuzuki/jawiki\_vector/) のテキストファイルである. これ は、日本語版 Wikipedia の本文全文から学習した単語や Wikipedia で記事となっているエンティティの分散表現ベク トルであり、Wikipedia Entity Vectors (https://github.com/ singletongue/WikiEntVec/ releases) からバイナリとテキス トの両方をダウンロードすることができる. ベクトルの 次元も 100、200、300 から選べるが、当然ファイルサイ ズは順に大きくなり、処理にも時間がかかる.

これらは日本語の分散表現表であり、多言語対応のプログラムを作成するためには、それぞれの言語の分散表現表を作成するか、作成済みのものを探してダウンロードしておく必要がある。実際、各言語に対応するWikipediaのDumpDataが公開されているが(https://dumps.wikimedia.org/backup-index.html)、例えば英語の場合 2019 年 4 月時点でのファイルサイズが 19TB で、bz2 の圧縮フィルでも937GB にもなる。また、deepLearning4j を使って分散表現表を作成する場合、各言語ごとに前処理をする必要があり、特に日本語、中国語、韓国語などのように単語がスペースで区切られていない言語では、それぞれの辞書を使って形態素解析を行わなければならない。

因みに、このような多言語対応自然言語処理、評価システムとしては同志社大学の MTMineR(Multilingual Text Miner with R) があり、テキスト型データを構造化して集計し、Rを用いて統計的に分析することができる。日本語、中国語、韓国語、英語、ドイツ語とフランス語等のデータを扱うことができ、ホームページ上で無償で公開されている (https://mjin.doshisha.ac.jp/MTMineR/mt.html)。 我々のシステムでこれを使うことも考えられるが、ここでは独自のプログラムを開発することとする。

以下では,日本語対応と欧米言語対応の別に,評価指標を含めて述べていくこととする.

#### 3.1 日本語自然言語処理

前掲の文献 [14] における処理プログラムは、日本語を 念頭に置いたものである。日本語や英語の文書処理に関 しては、大学入試改革に関連して導入が検討された、論 述・筆記問題でも話題となったが、AI による評価手法な ど多くの研究が進行している段階である [13].

文章から特殊記号などを除去した後,第1段階として各文章を単語に分解し、品詞などの特徴の付加するといった 形態素解析 (Morphological Analysis) を行う. 日本語形態 素解析ソフトには、ChaSen (https://chasen-legacy.osdn.jp/)、 JUMAN (https://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/?JUMAN)、KAKASI (http:// kakasi.namazu.org/index.html.ja) などがあるが、 ここでは MeCab (https://taku910.github.io/mecab/) を使う.

MeCab 本体のダウンロードは、例えば https://github.com/taku910/mecab にある "Code" から "Download ZIP" により Zip ファイルを解凍して、適当なフォルダの置いてパスを通しておく、形態素解析を行うには辞書が必要であり、これは https://taku910.github.io/mecab/から gz ファイルがダウンロードできるので、解凍した csv ファイルなどを MeCab\dic\ipadic フォルダ内におく、コマンドラインでの MeCab による文書解析は、

mecab "入力ファイル名" -o "出力ファイル名" であり,ファイル名は拡張子(.txt)を付け,文字コードは utf-8 とする.

出力ファイルを指定しない場合は、cmd 内に出力されるのでこれを入力ストリームとして受け取り、String クラスの split メソッドを使って分解することになるが、一行の出力順が"表層形"、"品詞"、"品詞細分類 1"、"品詞細分類 2"、"品詞細分類 3"、"活用形"、"原形"、"読み"、"発音"であり、最初の"単語"と"品詞"の間がタブ区切り、その後はカンマ(、)区切りであるため(図 2)、split("\t)と split("、")の二段階で行う.

図 2. MeCab 出力例

ここで我々が使うのは、文章に使われている単語である"表層形"、大分類の"品詞"、"品詞細分類 1"、およびカタカナで記された"読み"(または"発音") くらいであるが、その他いくつかの項目と欧米系単語に係る"音節"、"文字数"、および分散表現としての"単語ベクトル"などをフィールド変数として持つ Word クラスのインスタンスを生成する.

[文字列"私は学校へ行きます."の各単語インスタンス] // 表層形 (ex:私, public String text; は, 学校, へ, 行き, ます) public String pos; // 品詞 (ex: 名詞-代名詞-一般, 助詞一係助詞, 一般,助詞-格助詞—一般,動詞—自立,助 動詞) public String lemma; // 基本形 (欧米系単 語用) public String basicForm; // 原形(ex: 私,は,学校,へ,行く,ます) public String reading; // 読み(ex:ワタシ,ハ,ガッコウ,ヘ,イキ,マス) public String pronounce; public String conjType; // 活用型 (ex: 五段カ行促音便, 特殊・マス) public String conjForm; // 活用形 (ex: 連用形,基本形) public int syllablesNo; // 音節数 public int charsNo; // 文字数

public VecWord vecW; // 単語ベクトル

形態素解析の後は構文解析として係り受け解析 (Dependency Parsing) を行う. これは一つの文章において, どのまとまりがどこに掛かっているかといった文節間の修飾関係を解析するもので, JUMAN との連携で使われる KNP(https://nlp.ist.i.kyoto-u.ac.jp/index.php?KNP), Python のライブラリとして提供されている GiNZA を使うなどの 手法があるが, ここでは MeCab と連携している CaboCha (https://taku910.github.io/cabocha/) を使う. コマンドラインでの CaBocha による文書解析は, MeCab とほとんど 同じで図 3 のようになる.

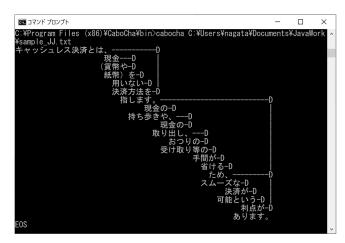


図 3. CaBocha 出力例

この図3は、文書構造を図示したものなので、データとして扱ためには"cabocha-f1"としておくと図4のように、MeCabの解析結果を含んだ出力が得られる.



図 4. CaBocha 出力例

記号 "\*" 後に 0 から始まる文節連番, "数字+D" がこの文節が掛かっている先の文節番号となっており, それらがスペース ("") で区切られているので, cmd の出力からのストリームを作り, split("") メソッドで分解して, Chunkクラスのインスタンスに, 係り受け関係と共に文節に含まれる Word インスタンスを格納する.

単語ベクトルは、Wikipedia Entity Vectores の 200 次元 テキストファイル jawiki.word\_vectors.200d.txt(約 1.6GB) をダウンロードし、その見出し部分と Word インスタンスの "text" フィールドとを比較して対応するベクトルを取得し Word インスタンスのフィールド変数 vecW 追加した.

語彙レベルの計算には、当面日本語教育語彙表 ver1.0 (http://jhlee.sakura.ne.jp/JEL.html)を利用することとし、ホームページ (http://jhlee.sakura.ne.jp/JEV/)から 17,290項目の見出しからなる EXCEL ファイルをダウンロードして、0から6段階に分類した表と Word インスタンスの"text"フィールドとを比較して値を取得した。この値は語彙水準平均の計算にだけ用いたので、Word インスタンスのフィールド変数には設定していない。

評価の前にレポートやエッセイのタイトルとキーワードを設定するウィンドウをポップアップで作り、設定があった場合は文章内のキーワード数を求めるボタン項目を作成した。文章内でのキーワード頻度に関しては TF-IDF(Term Frequency-Inverse Document Frequency) を用いることが多いので、その組み込みも検討する。それ以外の評価項目の多くは、山本達の論文 [15] を参照し、以下のようになっている。

- 1. 句読点の統一, および"です・ます"調, "である"調 の統一
- 2. 文長妥当性 = 文の平均文字数 = 全文字数/文節数
- 3. 句読点妥当性(句読点間平均文字数)=全文字数/句読 点数,文節毎の平均
- 4. 漢字使用率 = 漢字文字数/全文字数
- 5. 主述妥当性 (係助詞の平均数) = 係助詞の数/文の数 (適正値 1.0)
- 6. 構文妥当性 (係り受けの平均距離) = 全係り受け数/ 文節総数 (適正値 1.988)
- 7. 語彙豊かさ = 異なり語数/全語数  $(0.0 \rightarrow 1.0)$
- 8. 語彙水準平均 = (名詞, 形容詞, 動詞) 語彙水準 (0 ~6) 平均
- 9. 表記ゆれ = 表記の異なり, 意味が同じ可能性ある もの
- 10. 冗長性 (文節毎) = (助詞と助動詞を除いた) 単語の 繰り返し数/(助詞と助動詞を除いた) 単語総数
- 11. 誤字脱字
- 12. テーマ適合性

ただし、1の句読点統一等、11の誤字脱字、12のテーマ適合性は追加項目であり、11に関しては誤字脱字表を、12に関しては分散表現ベクトルの利用を考えているが、未完成部分である。

#### 3.2 欧米系自然言語処理

欧米系の言語では単語がスペースで区切られているので、単語だけを抽出するのならば String クラスの split メソッドだけ使えばよいが、文章評価には単語の品詞が必要になるので、やはり形態素解析ソフトウェアとして Tree-Tagger を使う。これは perl で動いているようなので、まず https://www.activestate.com/products/perl/から OS(ここでは Windows64) に対応したものをダウンロードし、インストールして path を通しておく。次に、ホームページ https://www.cis.lmu.de/ schmid/tools/TreeTagger/から OS に対応した Zip ファイル (tree-tagger-windows-3.2.3.zip) をダウンロードして展開し、全体を適当なフォルダ内に移す。形態素解析プログラム自体は tree-tagger-windows-3.2.3\TreeTagger\bin 内にあるが、それぞれの言

語に対応したパラメータ (辞書) が必要になるので、先ほどのホームページ上から必要なものをダウンロードし展開して \lib フォルダに移しておく. これらのファイル形式は english-bnc.par.gz のように gz ファイルである.

また,実際に形態素解析を行うときは,\bin 内の tag-english.bat のような言語に対応したバッチファイルを使うことになる.ここには,chunk-english.bat,chunk-french.bat,chunk-german.bat といった,英語,フランス語,ドイツ語にそれぞれ対応した Chunker があり,これらを使うと文節解析が行えるはずであるが,chunk-french.bat はうまく動作しなかった.

Tree-Tagger の出力は単語自身 "word", 品詞 "pos", および原型 "lemma" の 3 つで, 品詞は言語ごとにその記述記号が異なっている (図 5). これらに対応するために,やはり HashMap クラスを使って扱う言語ごとに判定を行えるようにした.

図 5. TreeTagger による形態素解析例

単語ベクトルは、各言語に対応したものが見つからなかったが、幸いにして fastText が非常に多くの言語に対応しているので、それを組み込むことにした.

FastText は、Word2Vec を考案した Tomas Mikolov が Google から Facebook の人工知能研究所 (Facebook AI Research) に移籍して生み出したものである。標準的な CPU を用いた場合でも 10 分以内で 10 億語を学習でき,5 分以内で 50 万もの文を 30 万のカテゴリーに分類できるといわれている。

#### (https://research.facebook.com/blog/2016/08/fasttext/)

ここでは、多くのコーパスを学習させて独自の辞書を作成するのではなく、https://fasttext.cc/docs/en/crawl-vectors. html 上に、Wikipedia から学習済みのものが多くの言語 (157 言語) ごとに用意されているのでそれを使うことにする. ただし、これらの学習済みファイルデータを使うためには FastText 本体が必要であるが、OS ごとの実行

ファイルが配布されるのではなく, GCC++によって各自 がコンパイルする必要がある. 以下 GCC++, make, git などを含め, fasttext の生成手順を示す.

- GCC++コンパイラーのインストール:
   http://win-builds.org/doku.php/download\_ and\_ installation\_ from\_ windows から [win-builds-1.5.0] のダウンロードして展開
- make のインストール:

http://gnuwin32.sourceforge.net/packages/make.htm か ら "If you download the Setup program of the package,"

- $\rightarrow$  http://gnuwin32.sourceforge.net/downlinks/make. php から [make-3.81] の自動ダウンロード  $\rightarrow$  path を通す
- git のインストール:

https://git-scm.com/download/win  $\hbar^{3}$   $\delta$  64-bit Git for Windows Setup

- → [Git-2.35.1.2-64-bit] のダウンロード
- → path を通す
- コマンドプロンプト起動:
  - > git clone https://github.com/facebookresearch/ fastText.git
  - > cd fastText
  - > make

make や git がインストールされていない場合はこの手順が必要であり、GCC++のコンパイラーはバージョンが違っているとエラーになる。FastText の実行には言語に対応したバッチファイル作成し、予め用意しておいた文書からの単語ファイル(改行区切り)をリダイレクトすることで得られる出力(図 6)を、Java の入力ストリームに取り込んで Word インスタンスの "vecW" フィールドに設定する。下記は、英単語に対応するバッチファイルであり、"cc.en.300.bin" の部分が対応する言語パラメータとなるので、例えばフランス語処理ならば "cc.fr.300.bin"となる。

#### [fasttextEE.bat]

これらは、前述のhttps://fasttext.cc/docs/en/crawl-vectors. html からダウンロードできるが、それぞれのファイルサ イズが 7GB 前後となるので容量に注意が必要である. ダウンロードできる bin ファイルは 300 次元のものだけであるが, マニュアルにはこれを以下のコマンドで 100 次元のものに変換できるとの記載があった.

./reduce\_ model.py cc.en.300.bin 100



図 6. FastText による (300 次元) 単語ベクトル例

音節 (Syllable) 数は、基本的には単語内の母音の数だが、英語やフランス語では最後の "e" が無音となり、ドイツ語では有音となる。また母音の連続が一つの音節に数えられる場合と、そうでない場合があり、若干の修正が必要である。

語彙水準に関しては、さまざまなホームページ上にデータがあり、水準の設定方法を含め多種多様である。ここでは以下のサイトから単語の頻度順に並べられた".txt"ファイルを必要な言語ごとにダウンロードして、各単語の頻度によってレベル付けを行ったものを使うこととする. https://github.com/hermitdave/FrequencyWords/tree/master/content/2018

このサイトからは、62ヶ国で使われている単語が頻度その頻度順に並べられたファイルをダウンロードできる. 単語数は言語によって異なっているが、例えば英単語ならば 100 万語以上のリストである.

文章全体の可読性指標 (Readability Index) として [1] による, Flesch Reading Ease Score (p.21), Dall-Chall Readability Score (p.23), Fog Grad Level (p.25), Coleman Index (p.42), SMOG Grading (p.47), ARI(Army's Automated Readability Index) (p.49), Flesh-Kincaid Readability Grade (p.50) などを組み込む. ただし, いくつかの指標の計算には"読みやすい"単語数が必要で, 英単語に関しては以下のサイトから 3,000 語リストを入手できるが,他の言語では難しい場合もある. また,上記指標の計算式における係数も言語によって若干異なるものもあるので,注意が必要である.

#### [Dale-Chall Words List]

https://help.readable.com/en/article/dale-chall-words-list-w877fe/

現時点で組み込ん済みの指標は以下の2つだけであるが、上記可読性指標は簡単に組み込めるものである.

- 1. Number of Words(Basic Feature Values)
- Number of Nouns, Verbs, Adjectives, Adverbs, Conjunctions (Basic Feature Values)

これらの指標は、文章全体の平均値と各文節 (Sentence) 毎の値、および標準偏差を求めて表示する。名詞 (Nouns)、動詞 (Verbs)、形容詞 (Adjectives)、副詞 (Adverbs)、接続詞 (Conjunctions) の個数に関しては、全体平均に円グラフを、文節ごとの比較に積み重ね棒グラフを表示させることとした。

#### 4 現状システム

Start ウィンドウでは、希望する言語を選択する(図7). その際、テキストやメディアを読み込むフォルダを指定するようにしている. この画面の表示は英語にしており、選択できる言語は英語、日本語、中国語、韓国語、ドイツ語、フランス語、スペイン語、イタリア語であるが、"情報セキュリティe-Learning"システムでは最初の4言語に、テキスト解析では中国語と韓国語を除いた6言語に対応する部分だけができている。韓国語の形態素解析はMeCab-koが使えるようだが、現状ではうまく使えない.

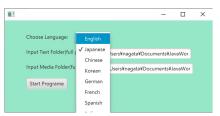


図 7. Start ウィンドウ

図8は日本語対応"情報セキュリティe-Learning"システムの初期画面であるが、ここから左中ほどのボタンをクリックすることによってテキスト解析ウィンドウへ移る.

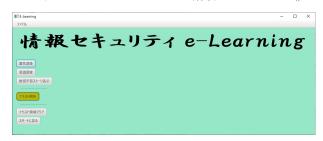


図 8. 日本語版 e-Learning の初期ウィンドウ

テキスト解析ウィンドウは図9のように、テキスト領域を持っており、ここにテキストを取り込んで左上の"形態素解析・係り受け解析"ボタンをクリックすると、MeCabと CaboCha による解析が始まり、文節ごとに単語要素を表示する。テキスト領域に入力する文字列は句点("."または"。")までを一つの文節と考えるようにしたので、改行に意味がない。この時点で、形態素解析結果や単語ベクトルなども計算するので、文の長さにもよるが、処理が終わるまでに時間がかかる。



図 9. 日本語版テキスト解析ウィンドウ

形態素解析結果を保持した状態で、左上から3番目のテキスト解析ボタンをクリックすると、図10のように評価指標ボタンが表示される.これらの項目は3.1で述べたものであるが、上から2番目のボタンでテーマやキーワード設定を行っていないと、いくつかの指標が計算できない.また、"誤字脱字"、"テーマ適合性"は単語ベクトルを使って行う予定であるが、現状では最適な手法に至っていない.



図 10. 日本語版テキスト解析結果

Start ウィンドウで "English" を選択した場合の "情報セキュリティe-Learning" システムの初期画面が図 11 である. 日本語選択時と同様に, "Analysing Text" ボタンでテキスト解析ウィンドウに移行する.



図 11. 英語版 e-Learning の初期ウィンドウ

Start ウィンドウで "English" や "German" を選択した場合のテキスト解析ウィンドウが、それぞれ図 12、図 13である。テキスト領域には、英語やドイツ語の文を入力して "形態素解析・係り受け解析" に対応するボタンをクリックした時の Tree Tagger (Chunker) による解析結果が表示されているが、各品詞を表現する記号が違っていることがわかる。

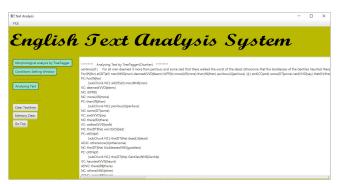


図 12. 英語版テキスト解析ウィンドウ



図 13. ドイツ語版テキスト解析ウィンドウ

図 14, 15 は"テキスト解析"に対応するボタンをクリックして表示される"Number of Nouns, Verbs, Adjectives, Adverbs, Conjunctions (Basic Feature Values)"に対応する処理を行った状態である。各品詞の平均値割合が円グラフで、文節ごとの数が積み重ね棒グラフで表示されており、文節ごとのバランスが視覚的にとらえられている。

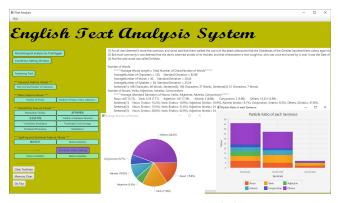


図 14. 英語版テキスト解析結果

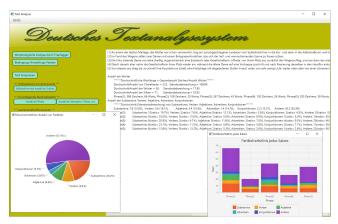


図 15. ドイツ語版テキスト解析結果

#### 5 結果と考察

多言語対応"情報セキュリティe-Learning"システムの概要説明と、その中に組み込んだテキスト解析システムについての現状報告を行った。自然言語による文書評価には多くの課題があり、メニューとして取り入れた評価指標もまだ開発途上の段階である。

"情報セキュリティe-Learning"システムは、主にアジア各国からの留学生を対象に開発を進めていたが、テキスト解析の段階では、欧米系言語だけとなってしまった、理由としては、アジアの国々で使われている言語に対し基本的な形態素解析を行うソフトウェアが見つけにくいことがある。また、欧米言語でこれから組み込んでいく予定である文法チェックが難しいといった問題もある。これらを解決するためには、それぞれの国におけるパートナーが必要になってくるかもしれない。

#### 参考文献

[1] DuBay, W. H., *The Principles of Readability*, Impact Information, Cost Mesa California

- [2] Ishioka, T. and Kameda, M., Automated Japanese Essay Scoring System based of Articles Written by Experts, Proceedings of the 21st International Conference on Computational Linguistic and 44th Annual Meeting of the ACL (2006), pp. 233-240
- [3] Kigawa, Y., Nagata, K., and Aoki, T., Multilingual E-Learning System for Information Security Education with Users' Consciousness, *Proceedings of Advances in Web-Based Learning ICWL2014*, Lecture Notes in Computer Science 8613, Springer, (2014), pp. 201–206.
- [4] Lage, M., Glenn, P., and Michael, T., Inverting the Classroom: A gateway to Creating an Inclusive Learning Environment, *Journal of Economic Education* 31No.1 (2000) pp. 30–41.
- [5] McCarthy, B., Using the 4MAT System to bring learning styles to schools, *Educational Leadership*, 48(2) (1990), pp. 31–37.
- [6] Myers, I. B., McCaulley, M. H., Quenk, N. L., and Hammer, A. L., MBTI manual: A guide to the development and use of the Myers-Briggs Type Indicator (3rd ed.), Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press, Inc. (1998)
- [7] Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., and Dean, J., Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space, *ICLR Workshop Paper* (2013)
- [8] Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S., Dean, J., Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. *Advances in Neural Information Processing* Systems (2013), pp. 3111–3119
- [9] Nagata, K., Kigawa, Y., Aoki, T., and Nemenzo, F., E-Learning System based on User's Consciousness and Characteristic *Proceedings of International Conference on Computer Application Technologies* (2015), pp.108–113.
- [10] Nagata, K., Kigawa, Y., and Aoki, T., Learning Style and Consciousness Factors in E-Learning System on Information Security *Proceedings of Teaching and Learning in a Digital World*, Intelligent Systems and Computing, Vol.715, Springer, (2017)
- [11] Nagata, K., Kigawa, Y., and Aoki, T., Trial for E-Learning System on Information Security Incorporate with Learning Style and Consciousness Factors, *International Journal of Engineering Pedagogy (iJEP)*, Vol. 8, No. 3, Intelligent Systems and Computing, Vol.715, Springer, (2018), pp. 120–136
- [12] Suzuki, M, Matsuda, K., Sekine, S., Okazaki, N., and Inui, K., A Joint Neural Model for Fine-Grained Named Entity Classification of Wikipedia Articles, *IEICE Transactions on Informa*tion and Systems, Special Section on Semantic Web and Linked Data, Vol. E101-D, No.1 (2018), pp.73-81
- [13] 宇都雅輝, テスト理論と人工知能に基づくパーフォーマンス評価の新技術, 教育システム情報学会誌, Vol. 37, No. 1 (2020), pp. 8-18
- [14] 杉本 徹, 岩下 志乃, Java で学ぶ自然言語処理と機械学習, Ohmsha, 2018
- [15] 山本恵, 梅村信夫, 河野浩之, ルーブリックに基づくレポート自動採点システム, 大学 *ICT* 推進協議会 2016 年度年次大会論文集 (2016), https://reg.axies.jp/pdf2016/TP35.pdf, (参照: 2022/03/19)

#### 地球電離圏のビッグデータ解析 ~F層高度の平均日変動特性~

山本隼也1) 田中竜二2) 高見友幸1)2)

1) 大阪電気通信大学大学院 総合情報学研究科

2) 大阪電気通信大学 総合情報学部

キーワード:電離圏 F 領域, 平均日変動, Python プログラミング, アイオノゾンデ

#### 1 はじめに

地球の上層大気は太陽放射により一部が電離大気の状態になっており、特に、高度 80~1000km の間では電子密度が大きい。この領域は電離圏と呼ばれており、D層、E層、F層に分類される。本研究は、このうち、F層の高度に注目し、その日変動を解析した。日本の電離圏観測の5地点(稚内、秋田、国分寺、山川、沖縄)のデータを1960年から2020年まで収集し、Pythonで、データの統計処理および可視化を行った。

なお、本研究は、電離圏を地球物理学的な研究 対象としてデータ解析を行うのが目的ではない。 ビッグデータ処理の試行体験学習を目的としてお り、通常の表計算ソフトウェアでは処理できない 大容量のデータベースとして、電離圏観測のデー タが選択された次第である。

電離圏の様相は、時刻、季節、緯度、地磁気活動度、太陽活動度に大きく依存することがわかっている。そのため、学習者は、データ処理に先立ち、インターネット上で公開されている様々な観測データの収集を行うことから始めなければならない。これは一種の面白さとなるであろう。

どの観測データを収集するかで、当然、データ 処理の観点も導かれる結果も変わる。通常、デー タ処理の演習は、題材とするデータベースがすで に用意されている。本研究では、データ処理の手 法ではなく、データ解析する際のいろいろな試行 錯誤を体験することができるような、教材として のデータベースを探すことが研究目的である。

#### 2 アイオノグラム

電離圏観測に用いられる最も一般的な装置はアイオノゾンデと呼ばれる。アイオノゾンデは周波

数 1MHz から 25MHz 程度までの HF 帯電波を掃引 して上空に送射する一種のレーダーである。パル ス電波が電離層まで伝搬し、反射して戻ってくる までの時間を計測することで、図1に示されたア イオノグラムを得ることができる。

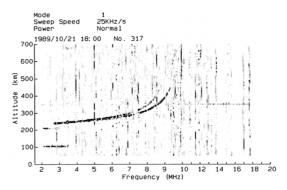


図1. アイオノグラムの一例.

アイオノグラムからは h'F (F層の高度の目安となる物理量) や foF2 (電離圏の最大電子密度) の他,いくつかの特徴的なパラメータを読み取ることができる。今回の解析では h'F の値だけを用いて解析を行った。時間分解能は1時間,データ総数は約 150 万個である。表1に今回の解析で用いた電離圏のデータ個数を示した。

表1. 電離圏データの個数(観測点別).

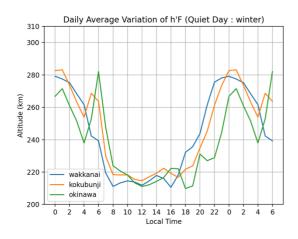
	稚内の	秋田の	国分寺の	山川の	沖縄の
	h'F	h'F	h'F	h'F	h'F
データの個数	389,494	164,114	454,863	338,664	282,715
地磁気静音時の個数	307,717	121,041	352,880	268,132	222,907
地磁気擾乱時の個数	81,777	43,073	101,983	70,532	59,808

#### 3 平均日変動

本稿で取り上げる解析では、地磁気静穏日における h'F の平均日変動を、季節および観測地点ご

とに分類して比較検討した。平均日変動の特性を抽出するために用いた Python のライブラリは、データ解析に Pandas、データ可視化には Matplotlib を用いている。地磁気活動は kp 値が 3+以下の時間帯のデータを静穏日のデータとみなした。季節の分類は、<math>11 月~1 月を冬、2 月~4 月を春、5 月~7 月を夏、8 月~10 月を秋としている。

図2と図3に、それぞれ、観測点と季節を比較して変動特性を図示した。23 時以降の 0 時から 6 時と値は同じである。



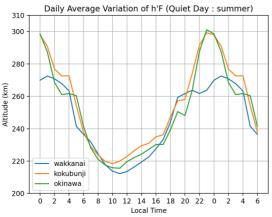
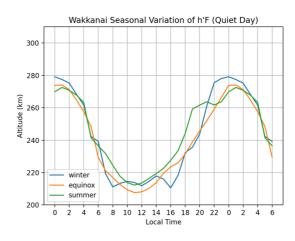
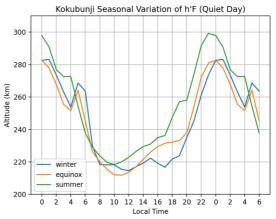


図2. 地磁気静穏日の稚内, 国分寺, 沖縄における h'F 平均日変動の比較. 上) 冬, 下) 夏.

冬では国分寺と沖縄が 4 時から 8 時ごろに値が 急に伸びているのに対し、稚内ではほとんど変化 がない。また、20 時から 4 時ごろでは沖縄が最も 低い結果となった。夏では、4 時から 8 時ごろの 値の伸びは無くなっており、20 時から 4 時ごろで は、稚内のみ値が低いことがわかる。続いて、各 地点ごとの季節のグラフを確認する。





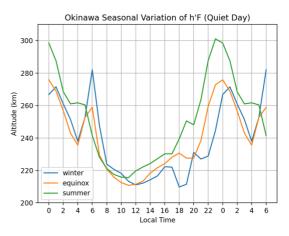


図3. 地磁気静穏日における h'F 平均日変動の季 節比較. 上) 稚内, 中) 国分寺, 下) 沖縄.

稚内は h'F 最高地点が 280km と他の地点より低く,季節による変化が少ない。中でも沖縄は上下を繰り返しており,稚内が最もグラフが滑らかである。このことから,北では冬で F 層が高く,南では夏に高くなり,北よりも南の方が F 層の上下が激しくなることが確認できる。

#### 日本全国の活断層における撓曲帯の土地利用と勾配の関係について

神谷一生\*1 中村洋介\*2 \*1\*2 福島大学

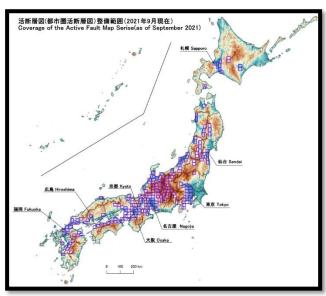
#### 1. はじめに

内陸でマグニチュード7以上の直下型地震が発生すると、地下の断層のずれが地上に現れることがある。これを地表地震断層と呼ぶが、地下に軟らかい地層が厚く堆積している時には地下の断層のずれが地上まで達せずに地表を変形させる。これを撓曲地形と呼ぶが、地震が発生した際の被害が大きくなることから幾何学的な形態などを中心として研究がおこなわれてきた。しかしながら、変動地形と社会と関わりに着目し撓曲帯と土地利用の関係を広範囲で取り扱い、考察した先行研究は存在していなかった。撓曲崖は低断層崖のように地上で直接的な地形が分離するような変位を生じさせるわけではないが、大地震が発生すると傾斜を増幅させるため、直上の土地利用に関しては同様の危険性をはらんでいると考えられる。実際に2011年の東日本大震災の際には、液状化で1~2度程度傾いた家屋での生活が困難になったが、大地震の際には撓曲帯でも同様の現象が発生すると考えられる。そこで、本研究では都市圏活断層図ならびに地震本部の長期評価を用いて日本全国の撓曲帯について幅や距離、面積、傾斜などの

基礎情報とともに、将来の活動にも着目しながら日本全国の撓曲帯と土地利用の関係について考察した。

#### 2. 方法





「主要活断層の長期評価」 地震調査研究推進本部 「都市圏活断層図(活断層図)」 国土地理院

#### ●主要活断層の長期評価

・本調査資料に対して、断層のずれの向きと種類、断層帯の将来の活動、将来の地震発生確率の3点の データを追加した。また、考察において「我が国の主な活断層における相対的評価」を参考に危険度が 高い撓曲帯の関連性などについて考察した。

#### ●活断層図(都市圏活断層図)

- ・基礎資料として、『日本の活断層地図―北海道・東北・新潟―』『日本の活断層地図―関東甲信越―』 『日本の活断層地図―中部・近畿・中国・四国・九州―』『図説日本の活断層―空撮写真で見る主要活断 層帯36―』から日本全国の活断層をリストアップした。
- ・本調査資料として、活断層図217枚を確認し、基礎資料にまとめた活断層の中でも撓曲帯の存在が確認できるものを地方別、県別に分けてリストアップした。
- ・活断層図内で計測ツールを用いて撓曲帯の箇所数、走向、段丘面、距離、幅、面積のデータを計測した。 →条件として、撓曲帯が区切れその間隔が1km以上のものは新たに1箇所とカウントする。段丘面が 異なるものは新たに1箇所とカウントする。撓曲帯の最大幅が100M以下のものに関して今回は対象外と する。以上3点を設定した。
- ・撓曲帯1箇所ごとにクリップを作成し、対象となる活断層については空中写真のクリップも作成した。

#### ●土地利用に関して (CanvasX)

- ・活断層図のクリップに 1 mm/マスのグリッド線を引き、空中写真と照らし合わせながら各マスがどのような土地利用にあるか判断し、カウントした。
- ・土地利用は、①住居・商業建築物、②公共建築物、③宗教施設・遺跡、④工業建築物、⑤農業用地(果樹園)、 ⑥農業用地(畑)、⑦農業用地(水田)、⑧鉄道、⑨道路、⑩森林、⑪その他、の11項目に分類した。

#### 3. 対象となる活断層の特徴

地方	北海道	東北	関東	中部	近畿	四国	九州
箇所	33	68	21	118	75	11	9

順位	1	2	3	4	5	6	6	8	9	10
県名	長野	北海道	富山	大阪	新潟	秋田	三重	山形	福島	宮城
箇所	37	33	28	26	22	19	19	18	14	13

本研究では、糸魚川静岡構造線をベースに東西を分けて考えた。したがって、東西の分け目を東日本、 新潟県、長野県、静岡県、西日本、富山県、岐阜県、愛知県としている。このように東西日本で分析する



と、東日本はプレート同士の圧縮方向に力がかかっているので 逆断層型の活断層が多くなる傾向があり、併せて撓曲帯も生じ やすいことから、対象となる撓曲帯が東日本に多く存在してい ることが考えられる。

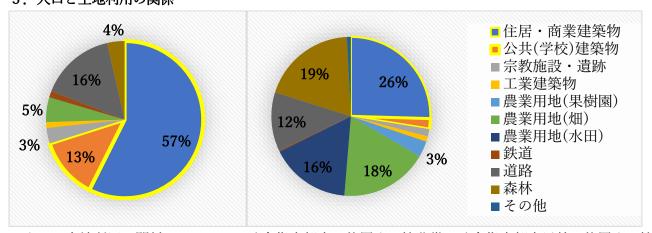
また、断層の種類を比較すると、東日本での逆断層の割合は93%、横ずれ断層の割合は7%に対して、西日本では逆断層の割合は72%に留まり、横ずれ断層は22%まで高まっている。このことからも、西日本では逆断層型の活断層が少なく、撓曲帯が少なくなる傾向があると言える。

#### 4. 日本全体の撓曲帯上の土地利用について

地方名	住居・商業施設(%)	公共施設(%)	農業用地(果樹園・畑・水田)(%)	森林 (%)
北海道	14	3	37 (0 · 33 · 4)	24
東北	19	1	41 (5 · 21 · 15)	25
関東	55	4	19 (2 · 11 · 6)	4
中部	24	3	43 (4 · 10 · 29)	18
近畿	53	8	9 (3 · 1 · 5)	12

撓曲帯の土地利用について、北海道、東北、中部の3地方については、「日本の食糧基地」と呼ばれる北海道をはじめ、農業用地としての利用率が高く、赤い枠で囲まれているように全体の面積の3分の1以上を占めている。また、同様に黄色の枠で囲まれている森林の割合も高く、地方の都市においては、ある程度の面積を有しているため住居が密集することも少なく、撓曲帯の直上での住居・商業的建築物及び公共建築物、工業建築物の割合が自然に小さくなる結果になったと考えられる。その一方で、関東、近畿地方は、三大都市圏の中でも首都圏、近畿圏が入り、人口が特に集中している。関東、近畿共に住居・商業的建築物のみで半数以上を占めており、公共建築物、工業建築物を合わせると3分野で撓曲帯の7割近くを占める結果となっている。近畿地方では、奈良教育大学、神戸常磐大学、大手前大学など小・中・高も含めた学校施設が直上にある例も確認できたが、それ以上に、行政施設及び図書館・博物館の数が他地域に比べて多く、災害時に避難所となる可能性が高い公共建築物が撓曲帯上にあると避難に支障をきたす恐れがあり、設置場所、建設場所としては今一度、検討・改善の必要があると考えられる。

#### 5. 人口と土地利用の関係



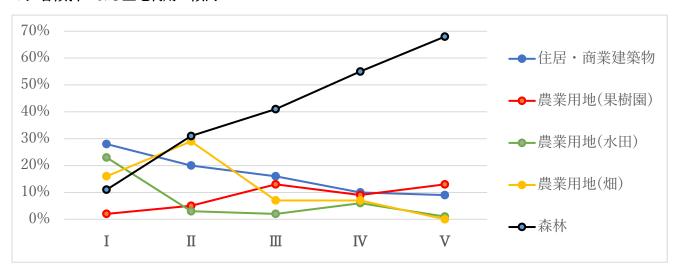
人口と土地利用の関係については、政令指定都市に位置する撓曲帯と政令指定都市以外に位置する撓曲帯を比較した。政令指定都市20都市のうち撓曲帯をもつ以下の7都市におけるデータをもとに検討した。

札幌市:当別・野幌丘陵断層帯 大阪市:上町断層 熊本市:立田山断層

仙台市:長町-利府線断層帯 堺市:上町断層 京都市:花折断層、桃山断層 神戸市:諏訪山断層

政令指定都市における土地利用の特徴としてやはり住居・商業建築物の割合及び公共建築物の割合の 高さが挙げられる。政令指定都市以外(他地域)では合わせて 30%に満たない一方で、政令指定都市では 合わせて 70%に達する結果となっている。また、他地域では農業用地(果樹園・水田・畑)及び森林の 割合が56%と土地利用の半数以上を占めているのに対し、政令指定都市では9%に留まっており、住居・商業建築物に利用できる平面的余裕がほぼない状態であることが伺える。加えて、調査結果の空中写真クリップより判読すると政令指定都市では人口の集中により平面的な空間が小さく立体的な空間が大きい印象があり、面積当たりの人口も大きくなっていることが想定できる。結果として、他地域では平面的な広がりを見せる住居・商業建築物においてもマンション、アパートが高層化し、スーパーやコンビニエンスストア、娯楽施設などもビルにテナントとして入るなど、災害時のリスクが高まる傾向にあると言える。

#### 6. 各傾斜による土地利用の傾向



IからVまで傾斜が急になるにつれて住居・商業建築物の割合が減少していき、森林の割合が増加している。また、水田、畑、果樹園の各農業用地は傾斜に合わせたものが選択されている傾向にあり傾斜ごとの特徴を表している。本研究における調査では10°以上の傾斜をもつ撓曲帯上で公共建築物が確認されなかったことから、建設のための土地の整備に費用が掛かることが最大の理由であることは明白であるが、法律上の規制はないものの、防災や減災の観点からそれらの土地を避ける傾向にあるのではないかとも考えられる。

本研究における調査では、都市部を中心に整備されている活断層図を用いたため急傾斜となるような地域のデータが少なく、IV、Vに分類されるような急傾斜のデータが相対的に少なかったように思われる。今後、活断層データベースなどの別資料を組み合わせることで急傾斜の撓曲帯上の土地利用についてさらに詳細に分析することができるのではないかと考える。

#### 引用文献

岡田篤正,八木浩司. (2019). 「 図説日本の活断層-空撮写真で見る主要活断層 36-」. 朝倉書店. 久田嘉章ほか. (2020). 「 2016 年熊本地震の地表地震断層の近傍における建物の被害調査と活断層対策」. 国土地理院. (2021 年 12 月 22 日). 活断層図(都市圏活断層図). 参照先: https://www.gsi.go.jp/index.html, 地震調査研究推進本部. (2021 年 12 月). 主要活断層帯の長期評価.

参照先: https://www.jishin.go.jp/evaluation/long\_term\_evaluation/major\_active\_fault/, 国立技術政策総合研究所,独立法人建築研究所. (2021 年 12 月).

「地盤の液状化による建築物の被害状況について」.

#### 機械学習による生体画像解析について

田中敏幸 慶應義塾大学 理工学研究科

#### 1. はじめに

近年、機械学習を用いた画像解析手法の医療や 美容の分野への利用が注目されている。システム 開発の容易さなど機械学習の利点が強調された 研究が多いが、機械学習の欠点のためにある程度 以上の成果が出ていないのが現状である。本稿で は、肌画像解析[1]-[5]や病理画像解析[6]-[8]を例 として、機械学習のどのような点が問題となって いるのかについて説明を行う。

#### 2. 肌画像解析

#### 2.1 利用する肌画像

解析に用いる画像は、Fig. 1に示すスカラ社製マイクロスコープで撮影を行う。画像は1280×960画素のJPEGフォーマットのRGB画像として保存される。また、対象者は20歳から80歳の成人女性とする。



Fig. 1 入力デバイス (スカラー社製)

Tab]	ما	1	面像	ト	対象者
Tab	ю	- 1	四110%		XI X T

使用機器	Scalar社のUSBマイクロス コープ+25倍拡大レンズ
撮影サイズ	1280×960画素
対象者	成人女性(M=20)
年齢	20-80歳

#### 2.2 解析のためのAIシステム

肌画像解析を行うニーズとしては、肌の性質に合った化粧品の選定、肌アレルギーに対するアレルギー物質の選定などがあげられる。機械学習を用いてこのようなシステムを構築する場合、Fig. 2のようなものが一般的に考えられている。

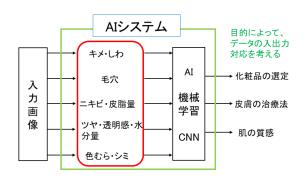


Fig. 2 肌画像解析のための標準的AIシステム

最近では、畳み込みニューラルネットワーク (Convolutional Neural Network, CNN) あるい は深層学習 (Deep Learning) と呼ばれるものが 利用されている。しかし、深層学習を利用する場 合には、次のような点が問題となる。

- (1) 非常に多くのデータセットが必要
- (2)確からしさが十分なデータセットが必要
- (3) 入出力の対応に正解がなければならない データの数を集めるだけであれば時間をかけれ ばよいが、データの質や正確な対応関係について は、十分なものが得られない可能性がある。肌画 像解析の応用では、Fig. 3のように特徴量解析と 機械学習を分けることによって、データセット数 が多くなくても対応できるようにできる。

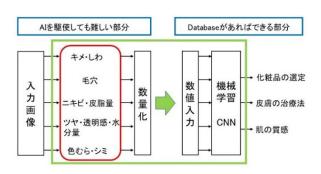
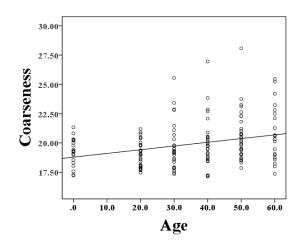


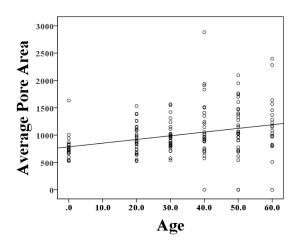
Fig. 3 画像解析を分離した肌解析AIシステム

#### 2.3 肌画像解析の問題点

しかし、確からしさが十分な正確な対応関係という点ではどうだろうか。一例として、肌のキメの細かさと毛穴の大きさを計測した結果をFig. 4に示す。キメや毛穴は肌の質感に大きく影響するパラメータとなっている。



(a) 肌のキメの細かさ



(b) 毛穴の大きさ

Fig. 4 肌画像解析から得られる指標

Fig. 4は各年代における計測結果を表しているが、非常にばらつきが大きいこと、相関が非常に小さいことがわかる。肌の質感は年齢とともに変わると言われているが、年齢で分けたデータセットでは、その後の機械学習がうまくいかないことが容易に想像できる。

このように、人を対象とした機械学習は、学習セットそのものの作り方が難しく、学習セットによって行うことができるサービスが限定されるという問題もある。

#### 3. 病理画像解析

#### 3.1 病理画像の背景と目的

次に病理画像解析について、機械学習の利用方法を見ていくことにする。病理医の中では、遺伝子変異が癌細胞の組織形態に影響を与えているという仮説がある。実際、改訂ベゼスダガイドラインという治療ガイドラインにおいて、ミスマッチ修復遺伝子変異が原因とされるリンチ症候群では、腫瘍内リンパ球浸潤、髄様増殖、粘液癌・印環細胞癌様分化、クローン様リンパ球反応などの組織学的特徴があるとされている。この仮説が正しいとすれば、病理画像の画像特徴から遺伝子変異の有無を予想することができる。これが可能となれば、先述した現状の遺伝子検査のデメリットを改善し、検査期間の短縮、医療費の削減、病理検体の限局につながる。

#### 3.2 利用する画像とCNN

ここでは、国立がん研究センター東病院より提供された検体を用いて解析を行った。これらは、HE染色された生検材料及び手術材料の顕微鏡画像を、バーチャルスライドスキャナによってデジタル画像化したものであり、階調数は256、色空間はRGB色空間のJPEG画像である。オリジナルのバーチャルスライドは、20倍×40倍の解像度が226nm/pixel (112389dpi)である。本研究ではデータ容量を削減するため、20倍×20倍とした画像を用いた。遺伝子検査の結果に関しても検体の画像との対応も含めて同病院から提供を受けている(Table 1参照)。これらの検体と機械学習によってMSI検査による遺伝子変異陽性と陰性の分類を行った。

Table 1 MSI検査結果に対応する材料数

	MSI陽性	MSI陰性
手術材料	40	40
生検材料	20	20

研究では、学習済みCNNとして、2014年のISLVRCにおいて優秀な成績を残したVGG19モデルを用いて転移学習を行った。このモデルは16層の畳み込み層と5つのプーリング層、3つの全結合層で構成されており、本研究では、入力をHE染色画像、出力を遺伝子検査結果予測の2値分類として、出力側の全結合層を作り変えた(Fig. 5)。

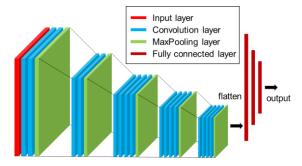


Fig. 5 利用するCNN (VGG19モデル)

#### 3.3 病理画像解析の問題点

VGG19によってMSI検査結果を予測した結果をTable 2に示す。3回の試行に対して、CNNの性能評価によく用いられるAccuracy、Precision、Specificity、F-measureを示している。Specificityの結果はよいとは言えないが、他は80%前後の結果となっている。

Table 2 HE染色画像からのMSI検査予測結果

	Accuracy	Precision	Specificity	F-measure
1回目	0.796	0.812	0.649	0.824
2回目	0.730	0.712	0.500	0.794
3回目	0.734	0.760	0.477	0.811
平均	0.744	0.761	0.542	0.810

CNNの応用としては興味深い内容で、簡単な実装である程度の結果が得られている。しかし、この結果では実際の臨床現場で利用することはできない。十分な結果が得られていない、原因として次のようなことが考えられる。

- (1) 細胞画像に見られる特徴は個人差が大きい
- (2) HE染色画像とMSI検査結果をどのように対応させるかが難しい(画像全体を対応させて良いのか)
- (3) CNNは何を見て判定しているのか不明
- (4) 医師が判定できない資料を利用している特に、上記の(3)については、特徴量マップを調べることによってHE染色画像のどこをとらえたのかを確認した。医師に評価してもらったところ、特徴量マップとMSI検査結果との対応理由が不明とのことであった。

#### 4. 機械学習に用いる生体画像

美容や医療への応用のために生体画像を利用する場合、画像や対応データにいろいろな制約があるので、そのことについてまとめておく。

(1) データのばらつきを抑える

生体画像で個体ごとのばらつきがあるのはやむを得ないが、ばらつきが少なくなるようにグループを分けるなどの工夫が必要となる。肌の解析の際に説明したように、年齢によるグループ分けが正しいとは限らない。

#### (2) 正確な対応関係

病理画像の際に説明したように、入力と出力の 対応がはっきりしていることが重要である。医師 との共同研究においては、医師は最終的に新しい 知見を得たいと考えている場合が多い。そのよう な場合には、正確な対応関係のわからないデータ を扱う場合もある。どのような対応関係としてま とめるかも工夫が必要となる。

生体計測にCNNを用いる場合、ある程度の成果は短時間で得られるが、そこから先については非常に難しい問題となる。

#### 5. おわりに

本稿では、美容関係と医療関係の研究において CNNや深層学習を用いた時、何が難しいのか、な ぜ難しくなるのかを例を用いて示した。機械学習 は多くの分野で期待されている技術であるが、必 ずしも万能ではない。どのような点に気を付ける かだけでなく、機械学習を行いやすい形に研究そ のものを変更したり、サービスを変更したりする ことも含めて考える必要がある。最初から最終目 的が決まっている場合、機械学習を選ぶかどうか も含めて検討が必要である。

#### 参考文献

- [1] Wu Y., Akimoto M., Igarashi H., Shibagaki Y.,
  Tanaka T.: Quantitative Assessment of Agedependent Changes in Porphyrins from
  Fluorescence Images of Ultraviolet
  Photography by Image Processing,
  Photodiagnosis and Photodynamic Therapy,
  Vol. 35, (2021)
- [2] Wu Y., Tanaka T.: Objective and quantitative measurement of skin micro-relief by image analysis and application in age-dependent changes, Skin Research and Technology, (2021)
- [3] Yue Wu, Toshiyuki Tanaka, Makio Akimoto: Utilization of Individual Typology Angle (ITA) and Hue Angle in the Measurement of Skin Color on Images, Bioimages, Vol. 28, pp. 1-8, (2020)

- [4] Wu Y., Yi F., Akimoto M., Tanaka T., Meng H., Dong Y. : Objective measurement and comparison of human facial skin color in East Asian females, Skin Research and Technology, Vol. 26, No.4, pp. 584-590, (2020)
- [5] 田中敏幸:画像解析による特徴量抽出に基づいた AI 肌診断システム、第 12 回化粧品開発展 (アカデミックフォーラム)、(2022)
- [6] 藤原菜穂、田中敏幸: 畳み込みニューラルネット ワークによる胃癌の悪性度判別、パーソナルコ ンピュータ利用技術学会論文誌、Vol. 13, No. 1, pp. 31-36, (2019)
- [7] 藤井琢也,田中敏幸:画像処理と深層学習によるマイクロサテライト不安定性の予測、第16回パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会、A2-3、(2021)
- [8] 佐藤善彬,田中敏幸:深層学習と色差解消手法による肺癌生検組織標本の組織型分類、第16 回パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会、A2-4、(2021)

#### LEGO ブーストを活用した入門 STEM 教育

鈴木治郎 \*1, 松本成司 \*2

\*1,\*2 信州大学 全学教育機構

\*1szkjiro@shinshu-u.ac.jp, \*2 matsu@shinshu-u.ac.jp

キーワード STEM 教育, ロボティクス, LEGO マインドストーム

#### 1 はじめに

STEM 教育の広がりの中で LEGO 社のマインドストームシリーズはそのためのロボティクス教材として、代表的な地位を築きつつあるように思える。筆者らも同シリーズの RIS に始まり、LEGO 社の提供廃止と転換に伴い第2世代の NXT、第3世代の EV3 とロボットキットを移行時期には混ぜての利用を行う中で、教材利用の中心を遷移させてきた [1, 2].

STEM 教育への注目が集まる中で、LEGO 社マインドストーム以外にも多くのロボットキットが登場してきた。ところで、STEM 教育あるいは STEAM 教育の呼び名における"A"は、芸術の A というよりも、設計(ビジネス社会ではデザイン思考ということばで頻繁に取り上げられるようになった)を表すものである。これを意識するとき、目的の作業に対して、柔軟な設計に応じた実現方法を示してきたことが、マインドストームシリーズと他社のロボットキットとを差別化する大きな要因の一つになっている。

筆者らは利用キットを第4世代のスパイクシリーズにまだ転換していないが、それは基本セットのみでも6万円余りすることも理由にある。だから何セットも必要となるクラス単位の導入を考えれば、価格の高さが壁となる場合は多いだろう。

本稿では、本体コンピュータの処理能力はマインドストームキットと比べて低いが安価な同社の「ブースト」キットを活用することで、筆者らがマインドストームシリーズ初期の RIS で取り組んできたロボティクス入門の内容とほぼ同等の演習を実際に企画できた [3] ことを報告する。ブーストキットの場合、たとえば Amazonでの実勢価格は 1.6 万円から 2 万円ぐらいであり、約 25万円あれば、2 人 1 組で 15 組のゼミクラスにロボットキットを用意することが可能である。

#### 2 LEGO ブーストキットの仕様とプログラ ミング環境

LEGO ブーストでは、ロボット胴体を担うコントロールユニットにムーブハブ(MoveHub)製品が使われている。同じムーブハブをもつロボットキットに「ドロイドキット」があり、筆者らは両方とも利用した。

- LEGO ブースト クリエイティブボックス 17101
- LEGO スターウォーズ ドロイドコマンダー 75253

前者を使った作例は LEGO 社の公式サイトに掲載されており [4], また文献 [5] においても様々な組み立てのアイデアが紹介されている. 一方, スターウォーズのR2D2 などの完成モデルを学習の動機付けに活用できる, 後者にも魅力がある. 筆者らは, 購入時期にブーストより若干安価であったドロイドコマンダーを 10 キット揃えた.

#### 2.1 ハードウェア的特徴

ここでは、マインドストームシリーズの内、RIS および、その機能を大幅に刷新した次のモデル NXT を取り上げ、ブーストと比較する. これにより、センサー類の高性能化を除けば、ロボティクスを学習する課題が 20年来あまり変化のないこと、さらにロボットキットは残念ながら、それほど安価になっていないことも実感できると考えた.

実際の演習においては、ロボティクスプログラミング の入門的学習でしばしば用いられる、以下の手順で作業 を進めた.

- 1. プログラミングのための準備をする(キットおよびプログラミングを行う PC 環境設定の双方)
- 2. 左右独立に回転するタイヤを装着したドライブベース(走行ユニット)の製作をする
- 3. センサー類を追加装着することにより、課題に応じたロボットを製作し、プログラミングを進める

以下の比較もこれらの作業に関わる観点による.

**キットに含まれるブロック** RIS と同じく標準的な LEGO のスタッド (いわゆるポッチ) 付きブロックが中心であり, NXT に比ベテクニック系 のリフトアームなど, スタッドなしのブロックは 比較的少ない. ブーストではコントロールユニット本体にモーターを 2 個内蔵しているため, RIS や NXT に比べるとドライブベースは大幅に小型 化・簡易化できる.

#### コントロールユニットと周辺センサーなどとの接続

NXTと同様にモジュラージャックタイプのケーブルで接続する。ただしモジュラージャックの形状は、Powered Upと呼ばれる最近の電装システム [6] で採用されているものであり、第3世代までのモジュラージャック利用デバイスとの直接接続はできない。RIS では LEGO 基本ブロックに似た、接点をもつ特殊ブロックで接続する。しかし組み立て時や経年変化による接触不良が起こりやすかった。

- コントロールユニットと PC との接続 Bluetooth で接続できる. RIS では赤外線送信機を PC に接続して通信した. NXT では Bluetooth の他に USB ケーブル接続もできる.
- 利用できるセンサー RIS や NXT で使えたタッチセン サーは付属しないが、カラー距離センサーにより 同様の課題に取り組める. ただし、NXT 付属の 超音波センサーとは異なり、相対的な距離を測定 できるだけである. このため精度のよい距離測定 はできない. また本体内蔵の IMU (慣性計測ユニット;3 軸加速度センサーおよび3 軸ジャイロセンサー)が用意されている.
- 接続ポートの数 RIS では最大でモーター 3 個とセンサー 3 個を接続できるポートが装備されていた. NXT ではセンサーポートがさらに 1 個追加されて 4 個となった. 一方, ブーストの場合はモー

ターとセンサーの共用ポートで2ポートしかなく,モーターとセンサーを一つずつ接続すれば埋まってしまう.しかしブーストに付属のセンサーには,カラーセンサーと赤外線距離センサーが一体になったカラー距離センサーがあり,またモータ2個とIMUは本体内蔵である.このため入門的な使用であれば,ポートの少なさは致命的な欠点にはならないであろう.

#### 2.2 プログラミング環境

ロボティクス教育を進める上では、ロボットキット に関わらず、現在は Python と Scratch が広く用いら れるようになっている. そしてブーストキットには、 Scratch に似たタイルタイプのプログラミング環境の提 供がある.

さらにブーストでは、MicroPython をベースに開発された Pybricks[7] を利用できて、Python によるプログラミング演習もできる。Pybricks は、ブラウザ上で作成したスクリプトをボタン一つでムーブハブなどのコントロールユニットに転送して実行する機能を持つので [8]、Web Bluetooth に対応したブラウザさえあれば[9]、別途アプリケーションをインストールする必要がなく、直ちにロボットを動かすことができる。

#### 3 実際の演習内容

ロボティクス入門ゼミで実施した 15 回の内訳は以下 の通りである [3].

- 1. プログラミングのための準備
- 2. とりあえず動かしてみる
- 3. robotics モジュールを使ってみよう プログラミングの際には、Pybricks の用意する DriveBase クラスを使用した. これを用いれば、ロボット本体の速度・加速度および旋回時の角速度・角加速度、あるいは移動させたい距離や旋回させたい角度を指定するだけで容易にロボットが制御でき、プログラムも簡略化(つまりデバイスに対する制御量ではなく運動自体に関する値を与えること)ができる.
- 4. 動作の繰り返し
- 5. 関数を使おう

- 6. カラー距離センサーを使おう
- 7. 机の縁に沿って動くロボットを作ろう
- 8. ライントレース・ロボットを作ろう (1)
- 9. ライントレース・ロボットを作ろう (2)
- 10. ライントレース・ロボットを作ろう (3) ライントレースの課題では, 急カーブや交差点などを含むコースにも挑戦した.
- 11. 物体との距離に応じて動きを変化させよう
- 12. IMU (慣性計測ユニット) を使おう
- 13. 最終課題 (ロボコン課題) の準備 (1)
- 14. 最終課題 (ロボコン課題) の準備 (2)
- 15. 最終課題報告(ロボコン)

課題ではコース上に置かれた 3 個のピンポン玉を運搬し,所定の場所に設置した 350ml の缶の上に置くというミッションを設定し,チームごとに得点を競うゲーム要素を持たせた.

#### 4 ブースト使用上の注意

プログラミング演習としてのロボティクスを考えたい人にとって、最大の欠点はメモリーが小さいことであろう [10, 11].

# ブースト 16KB RAM, 128KB Flash RCX 512KB RAM

このため、機械学習で用いられるような大きな配列を使ったプログラムや何百行もあるような複雑なプログラムを動かすのは難しい. また NXT と違い、浮動小数点の計算ができないため、Pybricks の umath モジュールに含まれている三角関数などが使えない(ただし、RCXも整数演算のみであった).

さらにロボット間の通信も、RCX は赤外線で、NXT は Bluetooth で実現できた. しかしブーストの場合、現時点ではロボット間通信ができない.

#### 5 おわりに

以上、簡単に述べたように LEGO ブーストを活用することで、通常の入門的ロボティクスキット教材でよく扱うライントレースや物体探し・障害物回避などのロボット制御を体験できる。安価であるにも関わらず、LEGO 特有のロボット設計・製作の柔軟さを備え

る LEGO ブーストは魅力あるロボットキットであると 考えられる.このキット利用によりロボティクスの学習 の裾野が広がることを期待したい.

#### 参考文献

- [1] 松本成司, 鈴木治郎, 『ロボティクスを題材にした 実習型授業の総括』, 2006 PC カンファレンス論文 集, 2006 年
- [2] 松本成司, 鈴木治郎, 『マインドストーム EV3 を活用した Python の入門的学習』, 2021 PC カンファレンス論文集, 2021 年
- [3] 松本成司, Pybricks で楽しむロボティクス, http://yakushi.shinshu-u.ac.jp/ robotics-pybricks/
- [4] https://www.lego.com/ja-jp/kids/sets/boost/ creative-toolbox-8c2400c256a843f0b25483ee45acd48c
- [5] Yoshihito Isogawa, The LEGO BOOST Idea Book: 95 Simple Robots and Hints for Making More! (English Edition), No Starch Press, 2018
- [6] https://www.lego.com/ja-jp/themes/ powered-up
- [7] https://pybricks.com/
- [8] https://code.pybricks.com/
- [9] https://developer.mozilla.org/en-US/docs/ Web/API/Web\_Bluetooth\_API
- [10] https://bricks.stackexchange.com/questions/9148/ what-internal-electronics-does-lego-boost-use
- [11] http://crynwr.com/lego-robotics/

#### 紙方式とデジタル方式のリフレクション活動に関する研究

#### 田村 禎章1 田中 雅章2

Email: s\_tamura@jc-humanitec.ac.jp ユマニテク短期大学<sup>1</sup> ユマニテク看護助産専門学校<sup>2</sup>

◎Key Words:リフレクション活動、アクティブラーニング型授業、学習分析

#### 1 はじめに

大学等の教員養成課程では、専門教科や教授法の知識や技術を具体的に学ぶため、アクティブラーニング型授業の実践例が報告されている。その教育法の一つとしてリフレクション活動がある。リフレクションの起源をさかのぼると30年以上前に提唱された「大福帳」にたどり着く。学生と指導者(教員)が紙を媒体として手書きカードで指導者と学生とを行き来する連絡カードである。

リフレクション活動の利点は自由記述ではあり、授業 アンケートを毎回実施している事と同等である。授業毎 に受講生からの授業に関するコメントや質問や学生から 得られた情報に基づき、授業の内容の微調整をしながら 学生の意見を反映させることが可能である。

#### 2 紙方式リフレクションの効果と限界

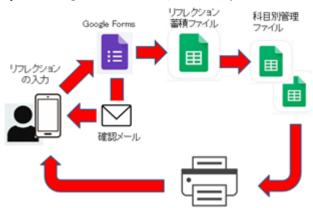
大学等で行われる多数の受講生(学生)を対象とした 一斉型の授業では受講生の個々を把握することは容易で はない。一般的な方法では受講生との信頼関係を確立す るにはかなりの時間を必要とする。

リフレクション活動におけるコメントや回答は受講生 個人に対する個別のメッセージである。リフレクション 活動は指導者と受講者とを相互に結びつけるための環境 を提供している。指導者の作業負担はあるものの短時間 でほぼ全員の受講者との信頼関係を形成する唯一の方法 であると言えよう。

しかし、新型コロナが流行したために非常事態宣言やまん延防止措置の発令で、通常の対面授業が不可能になった。それは、紙媒体によるリフレクション活動も継続できなくなることを意味する。教員が学生の記入したリフレクション活動の内容を確認できるのは全ての授業が終わった時である。これでは学生の理解度に合わせて授業内容を軌道修正しながら授業を進めることができない。つまり、学生のコメントを授業改善にフィードバックもできない。

#### 3 実装したリフレクションの概要 実装したリフレクション活動の仕組みを説明する。

「Google Form」はスマホからデータを受け取ると学生へは入力確認メール、管理者へは提出通知メールが届く。Google Formで受け取ったデータは、連係された「Google Spreadsheet」に加えられる(図1参照)。



#### 図1 実装システムの概要

学生から提出されたリフレクション活動が蓄積されたファイルから、科目別に科目別管理ファイルが抽出される。科目別管理ファイルは学生の提出状況が出席簿のように確認できる。 また、科目別管理ファイルから、学生別にコメント一覧を抽出印刷する。印刷したプリントを学生へフィードバックすることで全体の振り返り活動ができた。リモート授業になってからは、スマホアプリから提出状況とコメント一覧が閲覧できる機能を実装した。

#### 4 まとめ

リフレクション活動は、大学等の教育において指導者と受講者との信頼関係を短時間で培うことを可能にした。さらに受講者の学習状況の詳細を容易に把握し、受講者の学習活動をより活発化させる事ができる。この度、実装したリフレクション活動の仕組みは、コロナ禍であってもリフレクション活動が継続でき、副次的効果として、紙を媒体とした手書き方式と比べ文字数が桁違いに多かった。リフレクション活動のシステム化で学生の学習行動や学習分析で明らかになった。学生にリフレクションを早めに提出する習慣づけを指導することの大切さが示唆された。

#### アプリを活用したリフレクション活動の試み

田中 雅章<sup>1</sup> 田村 禎章<sup>2</sup> Email: m. tanaka@ao-g. jp

ユマニテク看護助産専門学校<sup>1</sup> ユマニテク短期大学<sup>2</sup>

◎Key Words: リフレクション活動, アクティブラーニング, 学習分析

#### 1 はじめに

コロナ禍による流行は大学運営や授業に多大なる影響を与えた。これまで当たり前のように対面授業が実施されていた時は、各授業で紙媒体によるシャトルカードによるリフレクション活動を活発に行っていた。しかし、非常事態宣言や蔓延防止の発令で、通常の対面授業が不可能になった。そのため、紙媒体によるリフレクション活動を継続することに問題が生じてきた。その理由の一つは教員が学生の記述内容を確認できるのは全ての授業が終わった時である。そのため、学生の理解度に合わせて授業内容を軌道修正しながら授業を進めることができない。これでは学生のコメントを授業改善にフィードバックできない問題になった。

本研究では、Google FormとGoogle Spreadsheetを連携させ、Google Spreadsheetの計算式のみでリアルタイム処理を行い、その結果を学生のスマホアプリで閲覧できるシステムを実装した。

#### 2 システムの概要

実装したシステムを説明する。Google Formはスマホからデータを受け取ると学生へは入力確認メール、管理者へは提出通知のメールが届く。Google Formで受け取ったデータは、連携されたGoogle Spreadsheetのシートに加えられる。ただ、2%程度の入力ミスがあるため、定期的に入力されたデータを修正する必要がある。

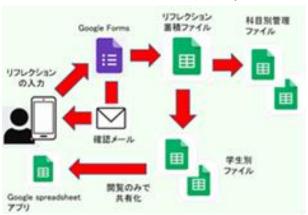


図1 実装システムの概要

学生から提出されたリフレクションが蓄積されたファイルがデータの基準となる。蓄積ファイルから、学生別ファイルと科目別管理ファイルの抽出が行われる。科目別管理ファイルは学生の提出状況が一覧で確認できる。学生別ファイルは学生のアプリで閲覧のみの共有化にした。学生はGoogle スプレッドシートアプリから、自分の提出状況や提出内容が閲覧可能になっている。

#### 3 リフレクションデータの分析結果

このシステムは2021年度の3科目、受講生60名で運用を 行った。1年間で1,343件の提出があった。その内1,280件 を分析の対象とした。

提出日 当日 3日後以降 1日後 2日後 提出数 711 380 47 142 割合 55.5% 29.7% 3.7% 11.1% 最大文字数 1,607 1, 170 413 360 平均文字数 334. 1 280.3 236.9 236.2 107.0 標準偏差 188.6 63.4 66.0 t検定 p<0.001

表1 提出日別一覧表

全体の55.5%は当日中に提出しており、89.9%は2日以内に提出していた。平均文字数では、当日提出が334.1文字で最も多い。提出日が遅れるにしたがって、平均文字数が少なる傾向を示している。標準偏差においても同様の傾向を示している。

当日の提出と1日目以降の提出の2群に分け、文字数の差の検定をt検定で行った。その結果、p値の値が有意であることを示した。

#### 4 まとめ

コロナ禍のためリモート授業が環境でもになったがIC Tを活用することでリフレクション活動を継続することができた。さらにタイムスタンプを活用することで提出 日別の学習分析ができた。学習した記憶が新鮮なうちに 提出することの重要性を理解し、早めに提出する習慣づけの指導の必要性を示唆した。

#### 国際会議の開催状況比較: 2021年と2022年を比較して

次郎丸 沢<sup>†</sup>†株式会社カンファレンスサービス

キーワード:国際会議,開催状況,比較,ACM

#### 1 はじめに

COVID-19 の流行により,2020 年は学術会議を対面で行った学会は2020 年4月に行った日本感染症学会[1]など数える程度しかない.学会の開催状況について正確な統計を取ってはいないが,2020 年に開催予定であった学会の多くは中止もしくは第5回国際ICT利用研究学会全国大会(以下,本会議と表記)と同様にオンラインでの開催となった.また,弊社が担当した2020年の学会はすべてオンラインでの開催となった.

2021 年は Virtual の会議と対面方式の会議を同時進行で行う, いわゆるハイブリッド形式の国際会議が増えてきたが, 2022 年についてはどのようになっているのかについて, 国際会議の開催状況を比較することで現状を明らかにする.

#### 2 ハイブリッド形式での学会開催

本稿では詳しい説明を省くが、ハイブリッド形式での学会開催の場合、ハイブリッド形式を行うための機材や人員配置のためにコストがアップする一方で、Virtual 形式で参加する方に提供する施設利用料や飲食費に関するコストはダウンする.

総合的なコストが上がるか下がるかは、ハイブ リッド形式にかけるコストや施設利用料や飲食費 の多寡で変わってくるので一概に断言することは 出来ない.

#### 3 調査方法

本稿では ACM (Association for Computing Machinery) の Calendar of Events を使用した[2]. そこで以下の条件に合致する国際会議 (Workshop を含む) を抽出した。

- 開始日が2022年3月1日~2022年4月30日 まで
- 参加費がウェブサイト等から確認できる
- 同系列の会議は1種類とカウント

ここで、同系列の会議は「ウェブサイトのレイ アウトが全く同じで、かつ参加費が全く同じ会議 を同系列の会議」と定義した.

なお、参加費の種類は①著者(Author)、発表者 (Presenter)、聴講者 (Listener) の3種類を抽出した。著者(Author)とは発表論文を掲載して発表をする者、発表者 (Presenter) とは発表論文を掲載しない、もしくは Abstract のみ掲載して発表をする者、聴講者 (Listener) とは発表をせずに参加をする者のことである.

また、参加区分は募集時期が複数設定している場合は最も早い時期の金額を使用し、参加者区分は学術系で最も高い金額を抽出した。例えば、国際会議 ICCEEG2021 の参加費には Early Bird と Regular の 2 区分が設定されているが、Early Bird の方が他の Division に比べて募集時期が早いために Early Bird の参加費を抽出し、さらに参加費の区分として Regular と Students の 2 区分が設定されているが、Regular のほうが高額であるため、Regular の料金を抽出する[3].

筆者は同様の調査を 2021 にも行っており[4], 本稿では今年のデータとの比較を行う.

#### 4 結果と考察

#### 4.1 会議形式別会議開催数

調査した結果、2021 年 3 月から 4 月にかけて (以下, 2021 年と表記) は合計 106 の国際会議お よび国際 workshop (以下, 国際会議等と表記) の データを得ることが出来た一方で,2022年3月から4月(以下,2022年と表記)では27の国際会議等しか確認できなかった。国際会議などの開催数は2021年のデータを基準とすると,2022年は74.5%減と大幅に落ち込んでいる。

会議形式別開催数とその割合について,2021年のデータを表 1 に,2022年のデータを表 2 に示す。2021年では Hybrid 会議が過半数を占めていたが,2022年では Virtual の会議が過半数を占めている.

表 1 会議形式別開催数と割合(2021年)

	開催数	割合
Hybrid	63	59.4%
Virtual	36	34.0%
In-Person	7	6.6%
合計	106	100.0%

表 2 会議形式別開催数と割合(2022年)

	開催数	割合			
Hybrid	9	33.3%			
Virtual	14	51.9%			
In-Person	4	14.8			
合計	27	100.0%			

会議形式別参加費種別数の割合について,2021年のデータを表3に、2022年のデータを表4に示す。

表 3 会議形式別参加費種別数割合

	1種類	2 種類	3 種類
Hybrid	0.0%	9.5%	90.5%
Virtual	63.9%	25.0%	11.1%
対面	14.3%	42.9%	42.9%
合計	0.0%	9.5%	90.5%

表 4 会議形式別参加費種別数割合

	1 種類	2 種類	3 種類			
Hybrid	100.0%	0.0%	0.0%			
Virtual	57.1%	42.9%	0.0%			
対面	75.0%	25.0%	0.0%			
合計	74.1%	25.9%	0.0%			

2021 年では開催形式によって参加費の種別に 差があったが、2022 年では参加費の種別が 1 種類 の場合がどの開催形式でも過半数を占めた.

#### 5 考察およびまとめ

考察およびまとめは発表時に行う事とする.

#### 参考文献

- [1] 第 94 回日本感染症学会総会・学術講演会, https://www.societyinfo.jp/jaid2020/ (2020 年 11 月 10 日閲覧)
- [2] ACM, "Calendar of Event", <a href="https://www.acm.org/calendar">https://www.acm.org/calendar</a>, (2022 年 3 月 13 日閲覧)
- [3] Registration Instruction, ICEEG 2021, <a href="http://www.iceeg.org/reg.html">http://www.iceeg.org/reg.html</a> (2021年3月15日閲覧)
- [4] 次郎丸 沢, "ハイブリッド形式の国際会議に おける参加費の設定に関する一考察", 国際 ICT 利用研究研究会講演論文集第 9 回, pp55-58, 2021

#### N-竜王問題の解の個数について

宮田 大輔 永岡 淳一 千葉商科大学 商経学部

キーワード: N-竜王, 基本解, 数え上げ

#### 1 はじめに

与えられた条件の下でチェス盤に駒を配置するような問題は古くから研究されている。例えば、 $N\times N$  の大きさのチェス盤にN 個の王妃(クイーン)を互いに取られないように配置するN-王妃問題は有名である。N-王妃問題では、 $N\le 27$  についてバリエーション解(回転と鏡像を考慮しない解)と基本解(回転と鏡像によって一致する配置を同一視した解)の個数が知られている[1]。また、クイーンをキングやビショップに変えた場合など様々な変種の問題が存在する[4]。

本研究では、日本古来のボードゲームである将棋の竜王について同様の問題を考え、N≦30 について基本解の個数を求めたので報告する。

#### 2 N-竜王問題

将棋における竜王は図1のように垂直方向と水平方向には何マスでも動くことができ,左上,右上,左下,右下方向に1マスだけ動くことができる。

× ×	
X X X	
$\times$ $\times$ $\times$ $\times$ $\bullet$ $\times$ $\times$	×
X X X	

図1: 竜王の動き (×が移動可能な位置)

 $N \times N$  の大きさの将棋盤に、互いに取られないようにN個の竜王を置くような配置が何通りあるかという問題をN-竜王問題と呼ぶことにする。

#### 2.1 バリエーション解

回転や鏡像を考慮しない解をバリエーション解と呼ぶ。例えば 5-竜王問題のバリエーション解は 図 2 に示すように全部で 14 個存在する。

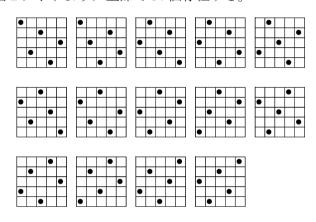


図2:5-竜王問題のバリエーション解

N-竜王のバリエーション解の個数を V(N)で表す。V(N)は、連続する数が現れない 1,2,...,N の順列の総数と一致するが、Abramson らによって次の漸化式が与えられている[2,5]。

$$V(N) = (N-1)V(N-1)$$

$$-(N-2)V(N-2)$$

$$-(N-5)V(N-3)$$

$$+(N-3)V(N-4)$$
(1)

ただし、V(0)=1、V(1)=0、V(2)=0、V(3)=2 である。  $N \le 30$  について V(N)の値を表 1 に示す。

#### 2.2 基本解

回転や鏡像によって一致するバリエーション解を同一視した解を基本解と呼ぶ。例えば5-竜王問題の基本解は図3に示すように全部で3個存在し、これらの基本解に対して回転あるいは反転(鏡像)

を施すことですべてのバリエーション解が得られる。

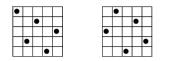


図3:5-竜王問題の基本解

N-竜王の基本解の個数を F(N)で表す。また,各 バリエーション解について,対角線について対称 な解の個数を D(N),90°回転について対称な解の 個数を R(N),盤面中心について点対称な解の個数 を P(N)とする。対角線対称な解,90°回転対称な 解,点対称な解の例を図 4,5,6 に示す。

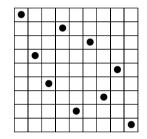


図4:対角線対称な解の例

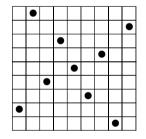


図 5:90°回転対称な解の例

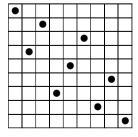


図 6: 点対称な解の例

Cauchy-Frobenius の定理(例えば[6]) によれば、F(N)は D(N), R(N), V(N), P(N)を用いて、次のように表すことができる。

$$F(N) = \frac{1}{8} (2D(N) + 2R(N) + V(N) + P(N))$$
 (2)

また、P(N)については次の漸化式が知られている[3]。

$$P(2N) = (2N+1)P(2N-2)$$

$$-(2N-5)P(2N-4)$$

$$-(2N-5)P(2N-6)$$

$$+(2N-6)P(2N-8)$$

$$P(2N+1) = P(2N)$$
(3)

ただし, P(0)=1, P(2)=0, P(4)=2, P(6)=14 である。 N≤30 について P(N)の値を表 1 に示す。

#### 3 基本解の個数

V(N)と P(N)については式(1),(3)によって効率的に計算可能であるから,D(N)と R(N)が求まれば,式(2)を用いて F(N)を求めることができる。

#### 3.1 対角線対称な解の個数

竜王がまだ置かれていない行のうち、最も上の行から順に竜王を1つ(さらに対称的な位置にも1つ)置くこと考える。このとき、各列の状態を次のような長さmの文字列Sで表現する。

$$S = "s_1 s_2 \cdots s_m"$$

ここで $s_i$  (i=1,...,m)は'o','x','-'のいずれかの文字で,'o'は竜王がまだ置かれていない列で右上にも左上にも竜王が置かれていないような列,'x'は竜王がまだ置かれていない列であるが右上か左上に竜王が配置されている列,'-'はすでに配置済みの列を表す。またSの先頭と末尾は"-"ではなく,途中で連続する'-'は出現しないものとする。例えば,図7のように $9\times9$ の将棋盤に上から2行目までに2個(さらに対称的な位置にも2個)の竜王を置いた場合の状態文字列はS="oox-x-o"である。

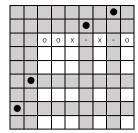


図 7: 状態文字列"oox-x-o"

いま d(S)を状態 S から対角線対称に竜王を配置する配置の数とする。d(S)は次式を満たす。

$$d("") = 1$$

$$d(S) = \sum_{p} d(\delta_{D}(S, p))$$
(4)

ただし、和は $p\neq 2$  かつ  $s_p$ ="o"となるようなp を渡る。また、状態遷移関数 $\delta_D(S,p)$ は、状態S のときに位置p に竜王を置いた場合の次の状態を表す。具体的には状態 $S="s_1\cdots s_m$ "に対して

$$t_i =$$
 "-", if  $s_i =$  "-" or  $i = 1$  or  $i = p$   $t_i =$  "x", if  $s_i \neq$  "-" and  $s_2 \neq$  "-" and  $i = p \pm 1$   $t_i =$  "o", otherwise.

となるように $T = "t_1 \cdots t_m$ "を作成し,T の先頭および末尾の"-"を削除し,連続する"-"を 1 つの"-"に置換したものが $\delta_D(S,p)$ となる。

ここで

$$D(N) = d("000\cdots0")$$

である。ただし"ooo...o"は長さ N の"o"である。

#### 3.2 90°回転対称な解の個数

N=4n+2 または N=4n+3 ならば R(N)=0 であり,また R(4n+1)=R(4n)となることが容易に示せるので,ここでは N として 4 の倍数だけを考える。

いま r(S)を状態 S から回転対称に竜王を配置する配置の数とする。r(S)は次式を満たす。

$$r("") = 1$$

$$r(S) = \sum_{p} r(\delta_{R}(S, p))$$
(5)

ただし、和は $p \neq 1$ ,mかつ $s_p$ ="o"となるようなpを渡る。状態遷移関数 $\delta_R(S,p)$ は、状態Sのときに

位置pに竜王を置いた場合の次の状態を表す。

具体的には状態  $S = "s_1 \cdots s_m"$ に対して

 $t_i = \text{"-"}, \text{ if } s_i = \text{"-" or } i = 1, m, p, m + 1 - p$ 

 $t_i = \text{"x"}, \quad \text{if } s_i \neq \text{"-"}, \ s_2 \neq \text{"-"}, \ i = p \pm 1, p \neq 2, m-1$   $t_i = \text{"o"}, \quad \text{otherwise}.$ 

となるように $T = "t_1 \cdots t_m$ "を作成し,T の先頭および末尾の"-"を削除し,連続する"-"を 1 つの"-"に置換したものが $\delta_P(S,p)$ となる。

ここで

$$R(N) = r("ooo···o")$$

である。ただし"000...0"は長さNの"0"である。

#### 4 結果

計算機を利用して、 $N \le 30$  について式(4)および式(5) から D(N)および R(N)を計算した。計算時には状態文字列をキーとしたハッシュテーブルを用意して、メモ化再帰の手法を用いた。さらに式(2)を用いて F(N)を計算した。その結果を表 1 に示す。

#### 5 おわりに

N-竜王問題の基本解の個数を求めた。今回は 64bit 整数型を使ったため  $N \le 30$  の範囲について 計算したが、多倍長整数を扱える処理系を利用すれば、本手法を用いて一般的なパーソナルコンピュータで  $N \le 40$  程度の計算が可能である。

#### 参考文献

- [1] "Q27 project", https://github.com/preusser/q27, 2022 年 3 月 10 日閲覧
- [2] M. Abramson and W. O. J. Moser, "Permutations without rising or falling ω-sequences", *Ann. Math. Stat.*, **38**, pp.1245-1254, 1967.
- [3] G. Kirchner, Sequence A283184 in the On-line Encyclopedia of Integer Sequences (OEIS A283184), 2017.
- [4] V. Kotesovec, Non-attacking chess pieces 6ed., 2013.
- [5] N. J. A. Sloane, Sequence A002464 in the On-line Encyclopedia of Integer Sequences (OEIS A002464), 2017.
- [6] 成嶋弘,「数え上げ組合せ論入門」,日本評論 社,1996.

表 1: F(N), D(N), R(N), V(N), P(N)の値

N	F(N)	D(N)	R(N)	V(N)	P(N)
1	1	1	1	1	1
2	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0
4	1	0	2	2	2
5	3	2	2	14	2
6	15	8	0	90	14
7	88	22	0	646	14
8	691	74	8	5 242	122
9	6 034	256	8	47 622	122
10	60 299	912	0	479 306	1 262
11	663 109	3 410	0	5 296 790	1 262
12	7 977 637	13 222	76	63 779 034	15 466
13	103 925 690	53 172	76	831 283 558	15 466
14	1 457 771 021	221 152	0	11 661 506 218	219 646
15	21 900 662 747	948 978	0	175 203 184 374	219 646
16	350 861 249 805	4 194 766	1 052	2 806 878 055 610	3 551 194
17	5 970 937 351 402	19 063 676	1 052	47 767 457 130 566	3 551 194
18	107 571 145 016 413	88 956 264	0	860 568 917 787 402	64 431 374
19	2 045 354 932 281 341	425 559 746	0	16 362 838 542 699 862	64 431 374
20	40 932 572 426 626 967	2 084 877 286	18 820	327 460 573 946 510 746	1 296 712 778
21	860 041 178 530 871 948	10 447 267 188	18 820	6 880 329 406 055 690 790	1 296 712 778
22	18 929 568 443 778 542 499	53 496 699 592	0	151 436 547 414 562 736 234	28 672 204 574
23	435 552 898 431 265 302 861	279 648 625 738	0	3 484 423 186 862 152 966 838	28 672 204 574
24	10 456 890 755 680 570 012 467	1 491 144 701 894	412 268	83 655 126 041 771 262 574 458	691 007 296 954
25	261 501 772 512 970 442 765 460	8 103 627 415 428	412 268	2 092 014 180 086 865 279 171 334	691 007 296 954
26	6 800 871 248 889 627 333 624 207	44 853 782 072 000	0	54 406 969 991 009 281 966 468 810	18 029 138 380 846
27	183 667 252 328 772 171 304 281 767	252 677 159 731 962	0	1 469 338 018 629 653 986 976 409 366	18 029 138 380 846
28	5 143 774 546 563 271 588 245 917 793	1 447 856 851 338 494	10 685 764	41 150 196 372 502 770 671 331 103 322	506 320 912 190 506
29	149 197 798 720 124 733 953 009 581 714	8 433 540 754 920 828	10 685 764	1 193 582 389 760 980 498 221 633 250 022	506 320 912 190 506
30	4 476 698 015 235 556 102 181 950 030 641	49 910 905 393 546 640	0	35 813 584 121 884 333 767 012 044 281 386	15 228 632 768 870 462

#### 唐長安城の復原 ~初期平安京正方形仮説の検証~

#### 高見 友幸 大阪電気通信大学 総合情報学部

キーワード: 唐長安城,藤原京,箸墓古墳,天武天皇,初期平安京正方形仮説

#### 概要

藤原京は、通説では、1 辺 1500 丈の正方形とされる。同じように、平城京や平安京も、ある仮説のもとでは1辺 1500 丈の正方形とみなすことができる[1][2][3]。しかしながら、関連学会の現状は、平安京は東西 1500 丈とするものの、南北は 1751 丈と復原する。これまでの一連の研究を考えると、天円地方の思想を深く信じる古代の人々が、都城を 1751 丈という半端な寸法に造るはずはないであろう。

我々の最近の研究から、唐長安城もその内部に 多数の正方形を含むことが明らかとなった。それ は、単に正方形というだけでなく、1辺が1里、 10里、1000丈の正方形なのである。設計に現れ る数値のこうした完全性は、古代史研究において 強く意識されなければならない。図1にその正方 形のいくつかの例を示した。

唐長安城に現れる正方形のうち,1辺3600歩(=1800 丈:唐尺)の正方形をそのまま写したのが藤原京(1500 丈:高麗尺)だったと見る。この1500 丈の寸法がそのまま平安京にまで継承された。ところで,1辺1500 丈の正方形の周囲長は,日本の尺度ではちょうど10000歩に等しいのである(なお,この正方形は唐の尺度では1辺10里の正方形である)。

さて、本稿の仮説を認めるとすれば、藤原京の宮殿は、唐長安城と同じく3600歩の正方形に接した北側の位置に造営されたであろう。したがって、藤原宮の位置(長安の宮城の位置と同じ位置)も正確に見積もることができる。その位置は、ちょうど箸墓古墳(卑弥呼あるいは崇神天皇陵とされる)とほぼ同一の緯度上にある。その地名は「味間」であり、崇神天皇のミマキイリヒコ、皇

后のミマキヒメにも通じる。日本書紀によれば、 天武天皇は新しく造る宮の場所「新城」を訪れた。 通説では、これを新しい宮のことと解釈するが、 仮に地名とみれば、新城は「しき/にいき」で、 磯城、新木(味間の近辺の村)なのである。

周礼の都城モデル「方九里」は平安宮や藤原宮できちんと適用されているが、同様に周礼の「左祖右社」も満たされていると考えるなら、天武天皇は祖先が崇神天皇(または卑弥呼)であることを知っていたのである。

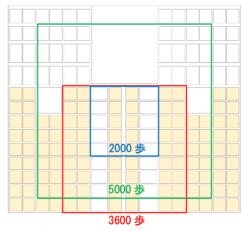


図1. 唐長安城に見られる正方形の例.

#### 参考文献

- [1] 高見友幸, 摩訶大将棋起源説と初期平安京 の復原 ~中国象棋とチェスの起源~, 考古 学ジャーナル 2021 年 11 月号, 40-50, 2021.
- [2] 高見友幸,初期平安京の復原 ~都城の思想 と大型将棋の将棋盤~,国際 ICT 利用研究 学会論文誌第4巻,18-28,2020.
- [3] 高見友幸,初期平安京の復原再考 ~都城に おける設計数値の継承~,IIARS 研究会研究 論文誌第2巻,23-29,2021.

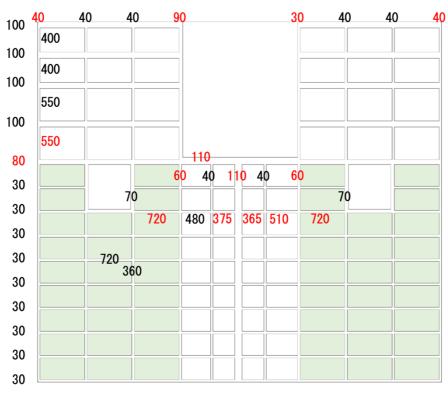


図2. 唐長安城の復原. 数値の単位は歩である. この復原案については,文献(井上和人,日本古代国家と都城・王宮・山城,雄山閣,257-290,2021.)を参照されたい.

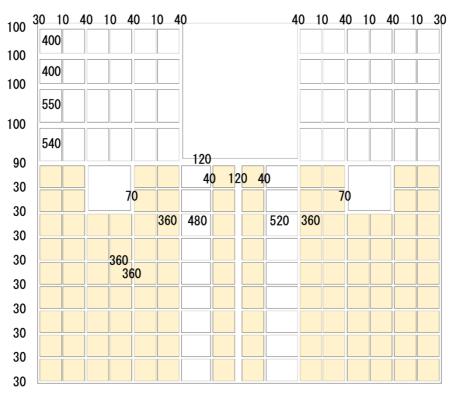


図3. 本稿が提起する唐長安城の復原. 数値の単位は歩である. 薄茶色の区画は一辺 360 歩の正方形を示す。長安城全体の東西幅と南北幅は図2の案と同じである. 図2との差異は,最大でも 20 歩の差である.