第51回 東海ファジィ研究会
(ヒマ研2022)
予稿集

主催：日本知能情報ファジィ学会 東海支部
共催：日本経営システム学会 中部支部
協賛：IEEE 名古屋支部
日時： 2022年２月17日(木)～2月18日(金)
会場：愛知工業大学本山キャンパス3階講義室
ZOOM

第51回東海ファジィ研究会（2022年2月17日～18日）プログラム（案）

2月17日（木）

13:00-13:05　【開会挨拶】研究会幹事 野崎佑典（名城大学）

13:05-14:25　セッション1　座長 吉川大弘（鈴鹿医療科学大学）

S1-01　先行音効果を伴う音源と走査音源に対する方向認知特性の比較
三好　哲也

S1-02　全探索を用いたシックスメンズモリスの接待AI
鈴木暢真　西野順二

S1-03　セキュリティ評価用偽ログインサイト自動生成手法の開発
蛭川想矢　野崎佑典　吉川雅弥

S1-04　グリッチを利用したAI向け認証関数の安全性評価
野崎佑典　吉川雅弥

14:25-14:45　休憩

14:45-16:25　セッション2　座長 中村剛士（中部大学）

S2-01　BGMのテンポが計算課題に及ぼす効果に関する研究
小川龍一　橋山智訓

S2-02　Web会議におけるチャットログを再利用した記録支援に関する研究
笹川峻矢　橋山智訓

S2-03　タグによるSNSからのスポット抽出とペアスポット推薦システムの提案
堤良介　橋山智訓

S2-04　検索ツイートを感情分類することによる意思決定への影響に関する研究
林慎己　橋山智訓

S2-05　オンライン会議における運動の動機付けと創造性の向上を図るシステムの提案
荻野 隼　橋山 智訓

2月18日（金）

9:30-10:50　セッション3　座長 矢野良和（愛知工業大学）

S3-01　教師なし形態素解析器NPYLMの少数言語への適用に関する一考察
松下真也　村瀬亮太朗　高瀬治彦　北英彦

S3-02　日本人の名前の男女クラス分類
梅村友槙　中村剛士

S3-03　神名の音象徴に関する調査
清水郁　中村剛士

S3-04　親しみやすく愚痴を聴く対話システムの開発
坪井開　森田賢太

10:50-11:00　休憩

11:00-12:20　セッション4　座長 早瀬光浩（豊橋創造大学）

S4-01　複数魚眼カメラによる全周画像合成のためのカメラ相互位置関係の推定
田中啓太　三浦唯広　福井皐河　矢野良和

S4-02　段階的に前件部を縮小する逐次法によるファジィモデリング
Zhang Ruirui　西野順二

S4-03　記号化による複数環境を対象としたゲームAI
望月亮佑　西野順二

S4-04　イベント認知に基づく動的目標獲得システム
岡野光稀　西野順二

12:20-12:25　【閉会挨拶】東海ファジィ研究会・支部長　川中普晴（三重大学）

先行音効果を伴う音源と走査音源に対する方向認知特性の比較

Comparison study between direction recognition for preceding sound and emitting sound

○三好哲也　　○Tetsuya Miyoshi
阪南大学　Hannan University

Abstract: In this study, we investigated the effect of sound sources with a preceding sound effect and emitting sound sources as guidance signals. We conducted several experiments to compare the recognition performance of the direction of guidance. The results show that the use of emitting sound sources is more effective than the use of sound sources with preceding sound effects on recognition of the guidance direction in all areas without being affected by the position of the listeners.

１．はじめに

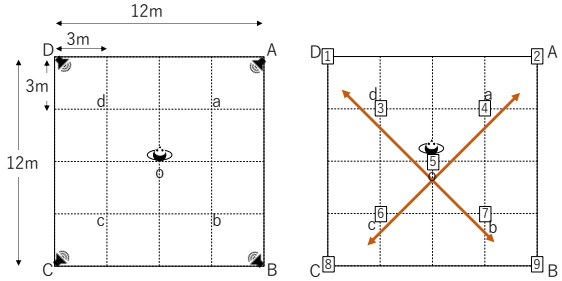
災害時において迅速な避難を実現するために，不特定多数の来訪者がある施設では，避難口誘導灯や通路誘導灯の設置が義務付けられている[1]．これらの避難誘導の施策に加えて，光源や音源を用いて積極的に避難を補助するシステム[2][3][4]やモバイルフォンによる避難誘導システムの提案がなされている[5]．音刺激を提示して避難誘導する方法に，先行音効果を伴う音刺激を活用した避難誘導法[2]と多数のスピーカ上を順に音刺激を発信する走査音源を用いる方法が報告されている[3][4]．

先行音効果とは，空間的に離れた同種の 2 つの音刺激がほぼ同時に発信された場合に，聴取者に早く到来した音刺激の方向に音源を定位する人間の聴覚特性である[2]．2 つの音刺激の到来時間差が大きくなりすぎるとエコーとして知覚されるため，それらの音源との距離に応じて音刺激の発信時間差を調整する必要がある．2 音源の距離と発信時間差の基準が（社）日本照明器具工業会 JIL5505 として定められている[6]．一辺 12m の正方形の 4 頂点に音刺激を発信するスピーカを配置する場合は，誘導方向のスピーカから，順に 0ms, 40ms, 80ms 遅延させて音刺激を発信することで，対象領域全域において，誘導方向のスピーカから音刺激が発信されているように認識させることが可能であると報告されている[2]．

一方で走査音源を用いる避難誘導法では，音刺激を発信する音源位置を一定の時間間隔で移動させることにより，誘導方向を認識させる方式であり，0.2s から 1s 間隔で音源移動した場合の走査方向認知の可否について報告されている[4]．

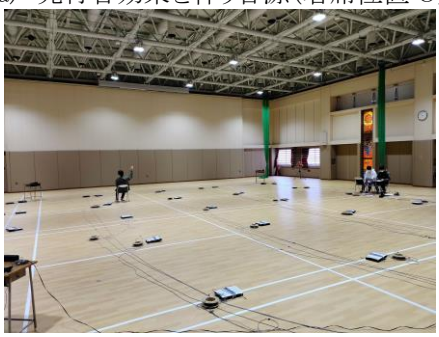
以上のように誘導音の提示方法として先行音効果を伴う音刺激を用いる場合と走査音源を用いる場合のどちらの方法であっても，誘導方向を聴取者に認知させることができると報告されている．

そこで，本研究では，先行音効果を伴う音源と走査音源を誘導音源として用いた場合に，それぞれの誘導方向の認知における容易性や避難者の位置による誘導方向認知への影響の程度についての比較検討を行う．その比較実験を行うために，先行音効果を伴う誘導音の提示システムの構築を行う．その上で，音刺激の音圧レベルや誘導対象領域の広さなどの誘導環境に関する条件を一致させて，音刺激提示方法を実験要因として，誘導方向認知に対する影響についての評価および考察を行う．



(a)　先行音効果を伴う音源　(b)走査音源
図1　音刺激発信方法別スピーカの配置

(a)　先行音効果を伴う音源（着席位置 O）



(b)　走査音源（着席位置d）
図2　実験環境

２．誘導方向認知に関する比較実験の方法

2.1　比較を行うための実験環境

音刺激を用いて誘導方向を認知させるための音刺激提示方法を変化させて，誘導方向認知の割合やそのしやすさの比較評価を行った．そのため図 1 に示すように，1 辺 12m とする正方形の領域で，4 頂点

方向への誘導音を提示する共通の環境で，音刺激提示方法のみを変化させて，その誘導方向を回答する実験を行った．1 回の実験では，被験者に提示する誘導方向を C→A，D→B，A→C，B→D の 4 方向として，それぞれの方向に 5 回，合計 20 回の音刺激をランダムに提示する．被験者は，最初に中央（O 点）に着席して，提示された音刺激を聴取し誘導方向を回答する実験を行う．その後，誘導方向に近づけた a から d の 4 か所に着席させ，それぞれの着席位置で，ランダム順に提示される 20 回の音刺激を聴取して誘導方向を回答する実験を順に実施する．上記の通り，1 人の被験者は，着席位置を変えて 5 回の実験を行う．両実験の様子を図 2 に示す．

本実験では，「こちらが非常口です」というフレーズを女性の音声で再生した音刺激を誘導音として用いた．先行音効果を伴う音刺激を提示する実験を先に実施し，その後，走査音源を提示する実験を実施した．両実験において，音刺激の音圧レベルは，スピーカから 1m のところで，A 特性騒音レベル 70dB に設定した．音圧レベルの測定には，積分平均型普通騒音計（LA-1441，小野測器製）を用いた．

被験者は，聴覚の健常な 13 人（全員男性，21 歳から 22 歳）とした．被験者には，「提示される音刺激を聴取し，誘導方向を認識できればできるだけ速くその誘導方向を回答する」ように教示した．被験者の回答，回答時間を記録するとともに，表 1 の範疇に沿った基準で回答に対する被験者の確信度も記録した．

2.2　先行音効果を伴う音刺激提示実験の方法

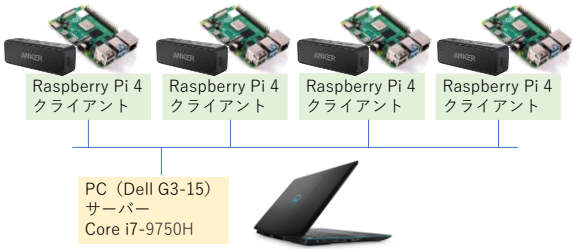
先行音効果を伴う音刺激の発信のために，図 3 のような発信システムを開発した．スピーカを接続したクライアントマシンには Raspberry Pi4 を用い，サーバー（PC，Dell G3，Core i7-9750H）とスイッチングハブを介して LAN ケーブルで接続した．サーバーから送信されるトリガー信号に応じて音源の再生を開始，終了する仕様とした．先行音効果を伴う音刺激を提示するために，論文[1]と同様の発信時間差となるように音刺激を提示した．サーバーからクライアントにトリガーを送り，クライアントでの音源発信終了後に，終了トリガーをクライアントからサーバーに発信し，刺激提示の遅れを確認した．各スピーカの音量の設定もクライアント器ごとのばらつきがあるので，4 つのスピーカの音圧レベルの測定を音圧レベルの設定を行った．

2.3　走査音源を用いる実験の方法

走査音源とは，提示音響刺激を配置したスピーカ上を一定時間間隔で順に発信した音刺激である．これまでの走査音源に対する走査方向認知に関する先行研究[3][4]から，走査方向を正しく認識する可能性が高い発信条件として，走査時間間隔は 1s とした．スピーカは，反射，回折の影響を低減するために，

表 1　回答に対する確信度の基準

確信度	基準
4	回答は間違いなく正しい
3	回答は正しい
2	回答に自信はないが正しい
1	回答はあいまいである



(a)機器構成

(b)実験時の配置

図 3　先行音効果を伴う音刺激発信装置

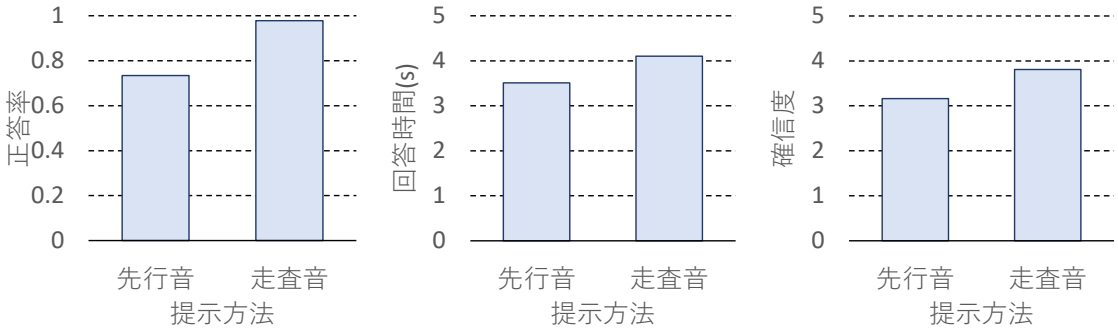
図 2（b）のように床に配置した．

３．比較実験の結果

3.1　正答率，回答時間，確信度の比較

先行音効果を伴う音刺激を提示する方法と走査音源を提示する方法の 2 方法での音刺激提示方法の場合の正答率，回答時間，回答に対する確信度の平均値を図 4 に示す．図 4(a)に示した正答率を比較すると，走査音源を用いる場合の正答率が高くなっている．また，図 4（c）に示した確信度についても同様の結果である．一方で，図 4（b）に示した回答時間は，先行音効果を伴う音刺激を用いる方法の場合が短くなっている．

これらの結果を総合的に比較すると走査音源を用いる場合は，その誘導方向の認知において正しく認識しやすい特性があるが，認知に要する時間は，先行音効果を伴う音刺激提示の場合よりも長くなっている．先行音効果を伴う音源を用いる場合は，発信された音刺激が聴取者に到来した時点で，先行して発信された音源方向に音像を認知するため，平均的に短時間で回答できる．一方で，走査音源の場合，誘導方向を認知するためには音刺激を一定の距離以上移動させる必要があるため，先行音効果を伴う音源の場合よりも回答時間が相対的に長くなっている．



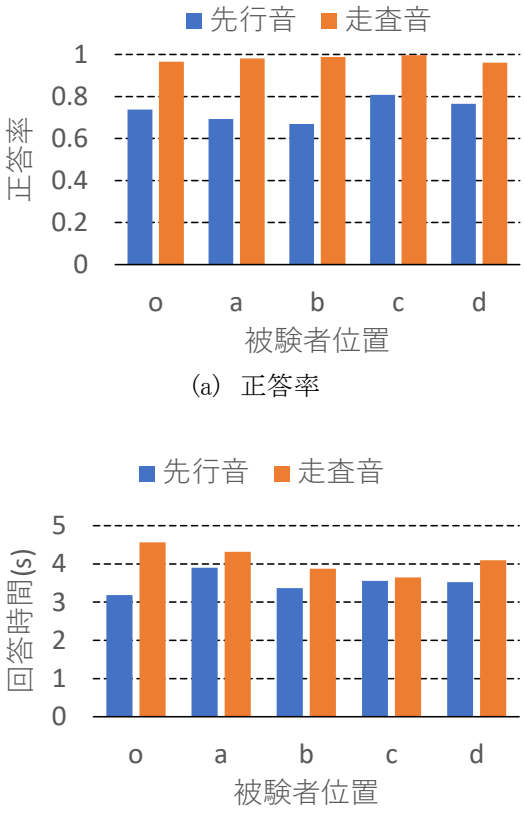
(a) 正答率の比較　(b) 回答時間の比較　(c)確信度の比較

図 4 方向認知に関する比較

3.2 聴取位置による誘導方向認知に関するばらつき

図 5 に被験者の着席位置（音刺激聴取位置）ごとの正答率と回答時間の平均値を示す．先行音効果を伴う音源を用いた方法では，誘導方向認知において，着席位置が中央の場合と比較してスピーカに近寄った位置での正答率にばらつきがある．先行音効果は，2 つの音源が聴取者へ到来する時間差によって生じる心理的効果である．到来時間差の大小によって先行音効果の心理的影響の程度も変化する[1]．そのため，聴取位置が音源に近い場合，誘導方向による正答率や回答時間がばらつく可能性がある．このような音源提示方法の影響が着席位置ごとの正答率のばらつきや回答時間のばらつきの要因になっていると考えられる．聴取者への 2 音源の到来時間差によって認知される先行音効果は，聴取者の環境を受けやすいことが一つの原因であると考えられる．

走査音源を用いる場合は，正答率に関しては聴取位置によるばらつきは小さいが，回答時間に関しては，先行音効果を伴う音源を使用する場合と同様に，聴取位置によるばらつきが確認された．



(a) 正答率

(b) 回答時間

図 5 聴取位置別正答率と回答時間の比較

4．おわりに

本研究では，音刺激を用いた積極的避難誘導方法として提案されている先行音効果を伴う音源を用いる場合と音刺激を多数のスピーカ上を順に発信する走査音源を用いる場合の誘導方向認知に関する比較実験を行い，両者の長所短所を考察した．音刺激提示方法による誘導方向認知のばらつきなどの原因の考察を引き続き進める必要がある．

謝辞

本研究は，JSPS 科研費 基盤研究(C) 19K04937 の助成を受けたものである．ここに謝意を表します．また，音響機器および音走査機材のご提供をいただきましたヤマハ(株)に謝意を表します．

参考文献

[1] 山崎芳男, 橘秀樹, 矢野博夫, 徳山久雄, 神忠久, 河合悟, 五月女弘海:音による避難誘導システムに関する基礎的調査, 日本音響学会講演論文集, 1990

[2] 伊藤洋一, 大串健吾:音声による積極的避難誘導システム, 照明学会, Vol.79, No.9, 532-537, 1995

[3] 三好 哲也：走査音を用いた積極的避難誘導システムにおける走査方向定位特性, 知能と情報, Vol.32, No.5, 891-896.2020

[4] 三好 哲也：走査音源の走査方向認知に影響する要因分析, 第 37 回ファジィシステムシンポジウム, 2021

[5] 原 崇, 笹部昌弘, 笠原正治, 避難者・モバイル端末間連携型自動避難誘導における経路の長さと信頼性を考慮した避難経路選択方式に関する一検討, 信学技報 116(484), 517-522, 2017

[6] 日本照明器具工業会, JIL5505 積極避難誘導システム技術基準, 1993

連絡先

三好哲也　阪南大学経営情報学部

E-mail：miyoshi@hannan-u.ac.jp

全探索を用いたシックスメンズモリスの接待 AI

OMOTENASHI AI with Full Search of Six Men's Morris

◯ [1] 鈴木　暢真,　　[1] 西野　順二

◯ [1]Suzuki Nobutaka,　　[1]Nishino Junji

[1] 電気通信大学

[1]The University of Electro-Communications

Abstract: In this paper, we introduce the method to construct an OMOTENASHI AI that makes playing fun for users. Our method is based on the full search information over a given game tree, compared to some existing OMOTENASHI AI using only partial search. The method of guiding the situation through the fun of the game is better than the method of increasing the fun through the adjustment of strength and winning rate, because it directly increases the fun.

1　はじめに

本研究の目的は、全探索を用いた接待 AI について、最善手や有力手などの一部のみを探索した既存の接待 AI と比較して優れている点など、その特徴を調べることである。

ゲーム産業の成長や、ゲーム人口 [1] の増加を背景として、今後はより幅広い層がゲームをプレイするようになる。そういった中で、普段ゲームをしない層や、あまり得意でない層の対戦相手になるために接待 AI の必要性はますます増す。

接待 AI の実証のためのゲームを N メンズモリスとした。N メンズモリスとは、2 人で交互にコマを並べたり移動させたりしながら、3 つコマを連続して並べることで相手のコマ取り除くことを繰り返し、相手のコマを 2 つ以下にすることを目指すゲームである。その中でもシックスメンズモリスは、ナインメンズモリスに比べてフライングステップが存在せず、表 1 に示すように、配置数がおよそ 7,000 分の 1 であり、計算しやすい対象として選択した。

表 1: N メンズモリスの配置数の見積もり [2]

種類	配置数
ファイブメンズモリス	470,793
シックスメンズモリス	1,107,656
セブンメンズモリス	9,042,475
ナインメンズモリス	7,673,755,215

1.1　N メンズモリス

N メンズモリスとは、シックスメンズモリスおよびその類似ゲーム 6 種のことを指す表現であるこれらのルールにはいくつかの解釈があるため、武田らのルール [2] を用いる。二人ゲームであり、1 つのゲーム盤と、N 個のコマを用いる。2 人で交互にコマを並べたり移動させたりしながら、3 つコマを連続して並べることで相手のコマ取り除くことを繰り返し、相手のコマを 2 つ以下にすることを目指すゲームである。それぞれのゲーム盤を図 1 に示す。N により用いるゲーム盤が異なり、a は、N が 3 のとき、b は、5 と 6、c は、7、d は、9、e は、11 と 12 で用いる。ゲームは、3 つのステップで構成される。また、これらのステップは区別され、ステップ 1 から順番に行われる。ステップが巻き戻ることはない。

1 プレイヤが交互に手元にあるコマを 1 つづつを置いていく。手元のコマがなくなれば第 2 ステップに進む。
2 プレイヤが交互に盤上にあるコマを 1 つ選び、隣り合った空きマスに移動させる。盤上の自身のコマが 3 つになったら、そのプレイヤのみ第 3 ステップとなる。
3 第 2 ステップと同じく、コマを 1 つ選び好きな空きマスに移動させる。

第 3 ステップをフライングと呼び、N が 6 以下では適用しない。

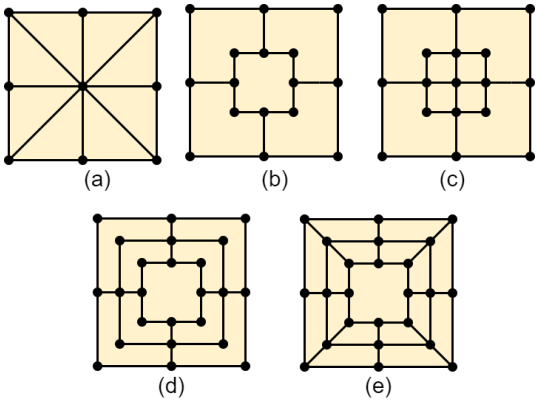


図 1: シックスメンズモリスのゲーム盤の例

1.2　シックスメンズモリスのルール

各プレイヤ 6 つのコマを用いる。ゲームの局面の例を図 2 に示す。ここでコマの色は、白と灰色である。灰色のプレイヤは 3 つコマを並べており、白のプレイヤは、2 つコマを並べている。どちらのプレイヤも後 1 手でミルが成立する。ゲームの進行は、コマを配置するステップと、コマを移動するステップの 2 つに分かれている。このため、探索はこのステップに合わせて行う。

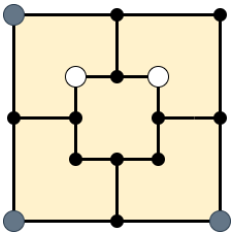


図 2: シックスメンズモリスのゲーム盤の例

2　シックスメンズモリスの全探索

接待を行う AI（接待 AI）を作るためには、強いプレイヤから強くないプレイヤまでの着手について検討を行わなければいけないため、全探索により相手の実力によらず接待行うための準備が必要である。そこで、接待のためにシックスメンズモリスの全探索を行ったときのゲーム木の節点数を推定する。配置数の全探索については、より規模の大きいナインメンズモリスで Gasser ら [3] により行われている。また、シックスメンズモリスの配置数についても、武田ら [2] により解明されている。

ここでは、節点数の推定を行う。GHI と形勢の情報を保存するため節点数が増え、シックスメンズモリスにおいて深さ 31 以上、展開される子節点の平均数が 5 であるため、全探索したときの節点数は $5^{31} = 4 * 10^{21}$ 以上になり、完全な全探索は困難である。そこで、深さを 20 に制限して探索を行うことにした。

3　GHI 問題の対策

探索の際に、高速化のため盤面のハッシュ化をし同一盤面を転置表にまとめた。しかし、シックスメンズモリスのルールでは同じ局面が 2 度現れた場合引き分けとなるため、同じ盤面でもゲーム値（勝敗や引き分け）が変化する場合がある。

これを GHI 問題 [4] といい、千日手のルールをもつ将棋やチェスなどでも発生する。具体例をに図 3 示す。

この例では、同じ局面を繰り返したとき引き分けとなる。まず、A、B、E、H、E の順に探索すると H には引き分けが格納される。次に、A、B、D の順で探索すると B には負けが格納される。さらに、A、C、F、H の順で探索する。H には引き分けが格納されているため、F、C も引き分けになる。B が負け、C が引き分けなので、A でのゲームの値は引き分けに見えるが、正しくは A、C、F、H、E、G の順で先手勝ちである。

岸本ら [4] では、ある盤面において既にゲーム値が求まった一連の着手を似た盤面で流用できないかをシミュレーションにより検討することと、経路のハッシュ化によりこの問題の解決を行った。本研究ではこの手法の内、

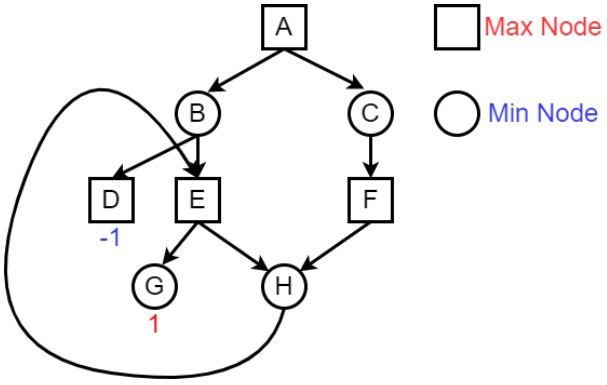


図 3: GHI 問題の例

経路のハッシュ化の部分のみを利用することにし、限定的な全探索において正しいゲーム値を求めることを目指した。

4　接待 AI

接待 AI は、次の 3 つの部分からなる。1 つめに相手プレイヤの着手のモデル化。2 つめに楽しさの評価。3 つめに全探索を用いた形勢の誘導である。

節点の形勢の評価値は、子節点のゲーム値の割合により算出した (式 1)。E は求めたい評価値である。V は現在の盤面のゲーム値である。CW は現在の盤面の先手の勝利する子節点数である。CL は現在の盤面の先手の敗北する子節点数である。CD は現在の盤面の引き分けになる子節点数である。CD は先手の場合そのまま用いるが、後手の場合は符号を負とする。CS は子節点の数である。形勢の評価値を求める研究は Gevay ら [5] も行っている。

$$E = V * 2 + (CW - CL + CD/2)/CS \qquad (1)$$

楽しさの評価値は、形勢の評価値が 1 前後の値のときに大きくなるようにした (式 2)。形勢が少しだけ自分が有利になっているときが一番面白いと考えたからである。T は楽しさの評価値である。

$$T = 1 - Abs(E - 1)/4 \qquad (2)$$

形勢の評価値 E と楽しさの評価値 T の関係を図 4 に示す。

4.1　相手プレイヤの着手のモデル化

着手推定は、荒井 [6] の手法に基づく。形勢の評価値 (式 1) の分布と、今ゲームでのプレイヤの着手の分布から、相手の次の着手を求める。手順を以下に列挙する。

1 プレイヤの着手の節点ごとに候補だった子節点を形勢の評価値 E でソートする
2 プレイヤが候補から i 番目の子節点を選んだとき、配列 count[i] と合計 all に 1 ずつ加算する

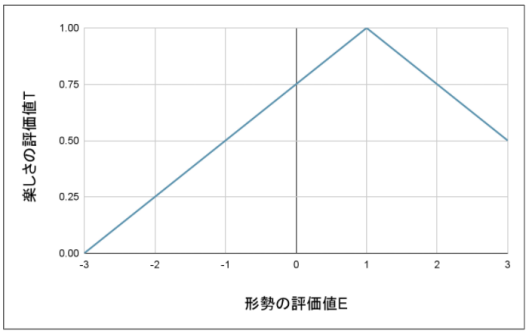


図 4: 形勢の評価値と楽しさの関係

3 推定したい節点から選択の候補となる子節点を形勢の評価値 E でソートする
4 0 から all の内ランダムに数字を選択し pick に格納する
5 配列 count の各要素を pick から減算していって、pick が 0 になったときを推定値とする

4.2 楽しさの評価について

楽しさの評価は、節点の評価と経路の評価が考えられる。節点の楽しさはある節点における形勢の評価値 (式 1) で評価した。経路の評価は、3 つの要素で考えられる。

(i) 経路上の節点の楽しさ
(ii) 終端節点の楽しさ
(iii) 経路の並びによる楽しさ

本研究では、経路上の節点それぞれの楽しさ終端節点の楽しさの総和、さらに盤面の流動性を経路の楽しさとすることにした。盤面の流動性は、評価値の振れ幅から計算する。手順を以下に列挙する。

1 経路の楽しさ評価を保存する変数 R を 0 で初期化する
2 経路に含まれる全ての節点の楽しさ評価値 T の平均値 TA を求める
3 節点の楽しさとして、TA を R に加算する
4 終端節点の楽しさとして、経路の長さ/20 を R に加算する
5 終端節点の楽しさとして、先手勝ちなら 1、引き分けなら 0.5、先手負けなら-0.5 を R に加算する
2 経路に含まれる全ての節点の形勢の評価値 E の平均値 EA を求める
6 経路を順番に確認し、T が EA を上回ったら PM に 2 を加算する。
7 並びによる楽しさとして、PM/経路の長さ、を R に加算する
8 R/4 を結果とする

4.3 全探索を用いた形勢の誘導

現在までの盤面の経路と着手の候補となる子節点をまとめて経路とする。それぞれから、100 回モンテカルロ法と相手プレイヤの着手推定により終端までの経路を作成する。経路の楽しさ評価を行い、その最大値をその子節点を選択したときの経路の楽しさ評価とする。最も楽しさ評価が高くなった子節点を選択する。

図 5 に形勢の誘導のイメージを示す。図で根として描かれる節点に到達したときは、この盤面に至るまでの人間プレイヤの挙動から正確に相手の選択する着手を推定できているとする。よって 1 の部分を満たす。その場合、部分 2 である接待の手順の楽しさ評価を求めることができれば、部分 3 の形勢の誘導を行うことが出来る。

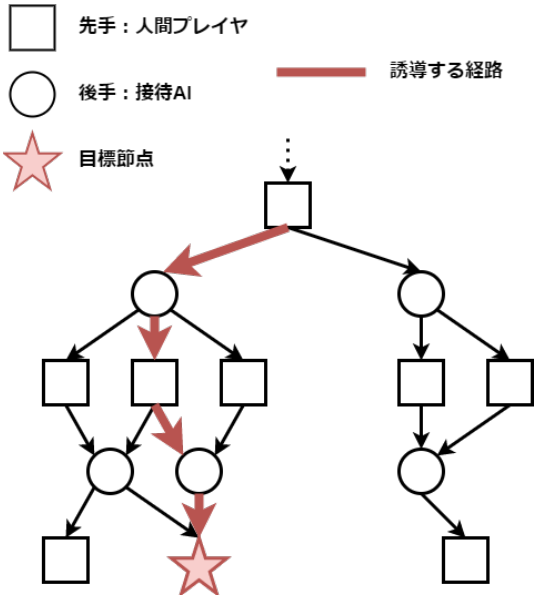


図 5: 形勢の誘導のイメージ

5 被験者実験及び AI 対戦実験

対戦実験は被験者実験と、AI を用いて行った。本実験の目的は接待 AI をその他の AI と比較し特性を調べることである。

5.1 実験

被験者は、本研究室所属の学生 2 名である。実験では、強 AI、弱 AI、接待 AI、弱 AI、強 AI、接待 AI、強 AI の順番で各 AI と対戦をし、一戦ごとに直前の対戦と印象を比較して強さと面白さについてどちらの対戦が優れていたかアンケート評価を行った。被験者には対戦する AI が 3 種類であり強さに差があることのみを伝え、今どの AI との対戦であるかは教えずに実験を行った。AI を用いた

対戦実験は、強 AI、弱 AI、接待 AI とランダム AI との対戦を行った。探索を深さ 20 に制限して行い、20 ターンで打ち切り残コマの多いプレイヤの勝ちとした。

5.2 実験結果

被験者実験の結果の、勝ち数を表 2 に、強さの比較を表 3 に、面白さの比較を表 4 に示す。表 3 の結果は、被験者と強 AI が対戦した直後に、被験者と弱 AI が対戦を行い、その結果どちらが強かったかを聞き取り、1 戦目と 2 戦目なら 1 戦目の方が強いと答えた場合、表で種類 1 が強いと加算したものである。表 4 も同様の手法で行った。

AI における対戦実験の結果を表 5 に示す。縦列が先手で、横列が後手である。勝、負、分はそれぞれ、先手勝、先手負け、引き分けの数を表す。被験者実験の結果からは、被験者間の差はみられなかった。

表 2 の結果から被験者にとって接待 AI と弱 AI は同じくらいの強さで人には判別が難しいことが分かる。強 AI と弱 AI は、良く判別ができており強 AI の方が強いと答えていた。表 4 の強 AI と接待 AI の比較から被験者は自分よりも強い AI を好んでいることが分かる。

表 5 の結果から強 AI 同士の対戦では、ゲーム値通りに引き分けになっていた点及び、強 AI が負けていない点から設計意図通り動作していると考えられる。

6 おわりに

本研究では、相手の着手を推定し終盤までの形勢を予測して誘導し、それによりプレイヤの対戦の楽しさを最大化する接待を、実験に基づいて検討した。被験者実験の結果から、作成した AI の強さの差を被験者が認識できることが確認できた。実験で強 AI が面白いと答えたことから、被験者が面白いと感じる AI の選択は、被験者の強さ、好みの影響を強く受けることが示唆された。AI を用いた対戦実験から、強い手を打つ強 AI には多く勝ちを与えて、ランダムな手を打つランダム AI と弱い手を打つ弱 AI には多くの引き分けを与える接待 AI を作ることが実現したことが分かった。

対戦の楽しさを考えて形勢を誘導することは、強さや勝率などの調整を介して楽しさを高める手法と比較して、直接的に楽しさを高められるため優れていると考えられる。

表 2: 被験者実験 (2 人) の結果ー勝ち数

勝敗 \ 種類	強 AI	弱 AI	接待 AI
勝ち数	0	4	3
負け数	1	0	0
引き分け数	5	0	1

表 3: 被験者実験 (2 人) の結果ー強さ

種類 1	種類 2	1 が強い	2 が強い
強 AI	弱 AI	3	1
強 AI	接待 AI	4	0
接待 AI	弱 AI	3	1

表 4: 被験者実験 (2 人) の結果ー面白さ

種類 1	種類 2	1 が面白い	2 が面白い
強 AI	弱 AI	3	1
強 AI	接待 AI	4	0
接待 AI	弱 AI	2	2

表 5: AI を用いた対戦実験の結果

勝, 負, 分	強 AI	弱 AI	接待 AI	ランダム AI
強 AI	0,0,100	99,0,1	93,0,7	91,0,9
弱 AI	0,99,1	1,3,96	4,29,67	3,38,59
ランダム AI	0,83,17	47,1,52	19,15,66	23,20,57

参考文献

[1] 角川アスキー総合研究所（編）. ファミ通ゲーム白書 2021. 2021.

[2] 武田弾, 保木邦仁ほか. N メンズモリスのコマの配置の数の分析. 研究報告ゲーム情報学 (GI), Vol. 2020, No. 8, pp. 1–8, 2020.

[3] Ralph Gasser. Solving nine men's morris. *Computational Intelligence*, Vol. 12, No. 1, pp. 24–41, 1996.

[4] Akihiro Kishimoto and Martin Müller. A general solution to the graph history interaction problem. pp. 644–649, 01 2004.

[5] Gábor E Gévay and Gábor Danner. Calculating ultra-strong and extended solutions for nine men ' s morris, morabaraba, and lasker morris. *IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games*, Vol. 8, No. 3, pp. 256–267, 2015.

[6] 荒井悠太郎. 人間プレイヤーに対して接待プレイを行うボードゲーム ai の提案. 平成 30 年度 情報数理工学コース卒業論文, 2018.

連絡先

鈴木　暢真

電気通信大学 情報・ネットワーク工学専攻 西野研究室

E-mail: s1810741@edu.cc.uec.ac.jp

セキュリティ評価用偽ログインサイト自動生成手法の開発

○蛭川　想矢[1]，野崎　佑典[2]，吉川　雅弥[3]
○Soya Hirukawa[1], Yusuke Nozaki[2], Masaya Yoshikawa[3]
[1,2,3]名城大学
[1,2,3]Meijo University

Abstract: 悪性 Web サイトの研究では，実在する悪性 Web サイトを使用するため，適切な環境設定が必要であり，研究用評価プラットフォームの開発が必要とされている．提案手法では，セキュリティ評価用偽ログインサイトを本物のログインサイトから自動生成する．評価実験では，本物のログインサイトから偽ログインサイトの生成にすることに成功し，その有効性を明らかにした．

１．はじめに

インターネット上には，デバイスに危害を加えるように設計された悪性 Web サイトが存在する．悪性 Web サイトの研究では，既知の Web サイトや先行研究によって集められた Web サイトを使用する．実験環境の設定を適切に行わない場合，自デバイスだけでなく，ネットワーク内の他のデバイスが被害を受ける可能性がある．そのため，悪性 Web サイトの検出や対策の研究を行うための評価プラットフォームの開発が必要とされている．しかし，これまでにそのような評価プラットフォームに関する研究は行われていない．本研究では，セキュリティ評価用偽ログインサイトを自動生成する手法を開発し，評価実験によりその有効性を検証する．

２．本物のログインサイトについて

一般的に偽サイトは，本物のサイトから画像やタグを流用する [1]．そのため，提案手法では，本物のログインサイトの HTML ファイルから，偽ログインサイトを生成する．対象とする本物のログインサイトは，HTML ファイル上に form タグが存在し，1 度の認証でログインを行うサイトとする．ここで，表 1 に本研究で使用した本物のログインサイトとログインボタンのタグの種類を示す．提案手法では，ログインボタンのタグの種類によって処理を変える．

表 1　本物のログインサイトとボタンタグの種類

No.	本物のサイト	ログインボタンのタグ
1	SNS1	<button type=“submit” …>
2	SNS2	<button type=“submit” …>
3	海外系サイト 1	<button type=“submit” …>
4	海外系サイト 2	<button type=“button” …>
5	海外系サイト 3	<button type=“submit” …>
6	銀行サイト 1	<input type=“submit” …>
7	銀行サイト 2	<input type=“button” …>
8	銀行サイト 3	<a href=“JavaScript:…” …>
9	銀行サイト 4	<button type=“submit” …>
10	動画関連サイト 1	<button type=“submit” …>
11	動画関連サイト 2	<input type=“submit” …>
12	就職支援サイト	<input type=“button” …>

３．提案手法

３．１．偽ログインサイトの仕様

開発した偽ログインサイトの仕様を以下に示す(図 1).

(1) 閲覧者に偽ログインサイトにアクセスし，フォームに必要な情報を入力させる
(2) 入力された情報を指定した PHP に送る
(3) PHP 側で情報を記録し，任意のサイトへ遷移させる(本研究では本物のログインサイトへ遷移させる)

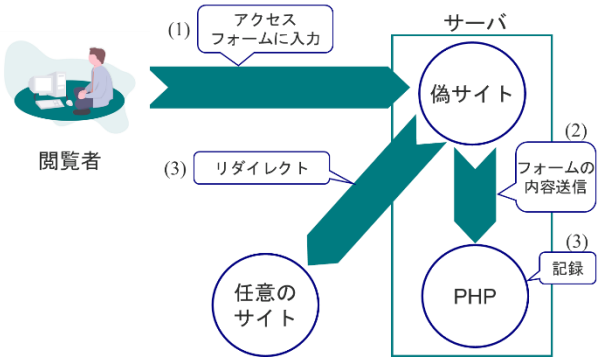


図 1　偽ログインサイトの仕様

３．２．自動生成手法

提案手法の流れを以下に示す(図 2)．(1)では 3 種類の方法で HTML ファイルを取得する．具体的には，curl コマンド，wget コマンド，PhantomJS を使用する．これらの取得方法の詳細については後述する．(2)では CSS ファイル及び画像ファイルのファイルパスを書き換える．wget コマンド以外の方法で HTML ファイルを取得した場合，CSS ファイルと画像ファイルを同時に取得できない．レイアウトやデザインを保持するため，ファイルパスを絶対パスにする必要がある．(3)の詳細は後述する．

(1) 本物のログインサイトから HTML ファイルを取得する
(2) CSS ファイル，画像ファイルのファイルパスを絶対パスに書き換える
(3) form タグを書き換え，入力情報を指定した PHP に送信する JavaScript を挿入する

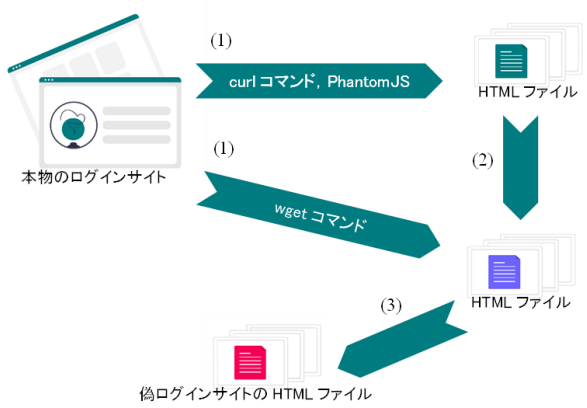


図 2　偽ログインサイト自動生成の流れ

ここで，本研究で使用する HTML ファイルの取得方法の詳細を表 2 に示す．取得方法は各ログインサイトに対して，レイアウトやデザインが本物のログインサイトと相違がなくなる方法を選択する．

表 2　HTML ファイルの取得方法

取得方法	詳細
curl コマンド	様々なプロトコルに対応したデータを転送するためのコマンド，URL を指定してファイルをダウンロードできる [2] 必要な CSS ファイル，画像ファイルを取得しない
wget コマンド	リンクをたどりながら再帰的にファイルを取得できる [3] これにより必要な CSS ファイル，画像ファイルを取得できるが，取得できない Web サイトが存在した
PhantomJS	JavaScript で書けるヘッドレスブラウザ [4] JavaScript でレンダリングされる Web サイトに対して，実行後の HTML ファイルを取得できる 必要な CSS ファイル，画像ファイルを取得しない [5，6]を参照してスクリプトを作成

表 3 に form タグの書き換え，JavaScript 挿入の流れを示す．以降，各タグを“<タグ名>”と表す．入力情報は，“<form>の name 値”．“<input>の name 値”.value とすると，JavaScript 側で取得することができる．

表 3　form タグの書き換え，JavaScript 挿入

	処理	備考
(1)	コメントを消す	この後，正規表現で処理するため，書き換え処理に支障が出ないようにする
(2)	<form>の action 属性を消す	action 属性は，入力情報の送信先を指定するため，本来の送信先へ送らないようにする
(3)	<form>の name 属性値を取得 なければ作成する	JavaScript 上で入力情報を取得するため
(4)	<form>内の<input>の name 属性値を取得 なければ作成する	JavaScript 上で入力情報を取得するため
(5)	<form>に onsubmit 属性を追加 (7)を実行する関数名を入れる	ログインボタンが押されたときに起動するスクリプトを記述する
(6)	ログインボタンのタグが<input>，<button>の場合，onclick 属性を追加する <a>の場合，href 属性を書き換える	ログインボタンが押されたときに起動するスクリプトを記述する
(7)	(3)と(4)で取得した name 属性の値より，XMLHttpRequest で指定した PHP に送信し，任意のサイトへ遷移させる JavaScript を挿入	XMLHttpRequest は，JavaScript を使ってブラウザと WEB サーバ間でデータの送受信を行う際に利用するオブジェクト [7] [7，8]を参照してスクリプトを作成

4．評価実験

表 1 で示した本物のログインサイトを対象に，提案手法を用いて偽ログインサイトを生成した．生成した偽ログインサイトについて，3.1 節で示した仕様通りに動作するか確認した結果を表 4 に示す(仕様通りに動作したサイトを○とする)．

表 4 に示すように，No.6，8，9 以外については提案手法により全てのログインサイトで偽サイトを生成することに成功しており，提案手法が有効であることが確認できる．仕様通りに動作しなかった偽ログインサイトは，本物のログインサイトと同じ動作，またはログインボタンを押しても反応がなかった．この原因として，HTML ファイル内に，<form>とボタンタグが複数あり，どれを書き換えるべきか選定できなかったことが挙げられる．これにより，挿入した JavaScript が動作しなかったり，反応が無かったりしたと考えられる．

表 4　偽ログインサイトの動作結果

No.	本物のサイト	結果
1	SNS1	○
2	SNS2	○
3	海外系サイト 1	○
4	海外系サイト 2	○
5	海外系サイト 3	×
6	銀行サイト 1	○
7	銀行サイト 2	×
8	銀行サイト 3	×
9	銀行サイト 4	○
10	動画関連サイト 1	○
11	動画関連サイト 2	○
12	就職支援サイト	○

５．まとめ

本研究では，セキュリティ評価用偽ログインサイトを自動生成する手法を開発した．提案手法では，本物のログインサイトの HTML ファイルから偽ログインサイトを自動生成する．評価実験では，提案手法により実際に偽ログインサイトを生成することに成功し，その有効性を明らかにした．今後の課題として，書き換えるタグの選定方法の検討が挙げられる．また，各 Web サイトによってタグの構成や種類が異なっていたため，これに左右されない偽サイトの生成方法を検討する必要があると考えられる．

参考文献

[1] norton: 危険なサイトはすぐ見抜ける！簡単な判別法と万が一の対処法，https://japan.norton.com/dangerous-site-3806

[2] ＠IT: 【curl】コマンド―さまざまなプロトコルでファイルをダウンロード（転送）する：Linux 基本コマンド Tips（25），https://atmarkit.itmedia.co.jp/ait/articles/1606/22/news030.html

[3] Linux コマンド.NET: wget コマンド-web ページをダウンロード，https://linuxcommand.net/wget/

[4] PhantomJS - Scriptable Headless Browser，https://phantomjs.org/

[5] techlog.kishiro.com: JavaScript 実行後の HTML ソースを取得する，https://techlog.kishiro.com/2018/12/blog.html

[6] teratail: JavaScript - javascript適用後のソースコードの入手，https://teratail.com/questions/19039

[7] アールエフェクト: これでXMLHttpRequestが理解できる，https://reffect.co.jp/html/xmlhttprequest-basic

[8] 白井優武，岡澤佳寛，三谷和也，小林晴貴，徳永渉，齊藤泰一: Google 検索結果から当選詐欺サイトへのリダイレクトチェーンの調査，2021 年暗号と情報セキュリティシンポジウム講演論文集，3C3-1，pp.1-7（2021）

連絡先

蛭川想矢
E-mail: 180441127@ccmailg.meijo-u.ac.jp

グリッチを利用したAI向け認証関数の安全性評価

○野崎　佑典[1]，吉川　雅弥[2]
○Yusuke Nozaki[1], Masaya Yoshikawa[2]
[1, 2]名城大学
[1, 2]Meijo University

Abstract:　エッジ AI デバイスでのセキュリティを向上させる技術として，Neural Network Glitch Physically Unclonable Function（NN GPUF）が提案されている．しかし，NN GPUF を対象としたモデリング攻撃の研究は行われておらず，その安全性について十分な検証は行われていない．そこで本研究では，NN GPUF に対するモデリング攻撃を提案する．実験では，実デバイス（FPGA）を対象に 10 万個の学習データを使用した DNN によるモデリング攻撃を行った．その結果，予測率は 50%程度であり，NN GPUF はモデリング攻撃に対して耐性を持つことを明らかにした．

１．はじめに

LSI のセキュリティを高める技術として Physically Unclonable Function（PUF）が期待されている [1]. PUF は LSI の製造ばらつきを利用することで各デバイス固有の ID を生成する技術である．PUF で生成する ID は，物理的に複製することが困難とされているため，これらの ID を使用することで個体識別を行うことができる．また，PUF では予測困難なランダムな値をデバイス毎に生成できるため，強力な秘密鍵を利用可能であり，セキュリティを高めることができる．

近年ではエッジデバイスなどの組込機器での人工知能（Artificial Intelligence : AI）の利用が期待されている．そして，これらのエッジ AI デバイスをセキュアにする技術として，AI（Neural Network : NN）と PUF の機能を併用させた NN PUF が提案されている [2]–[4]. NN PUF について，信号伝搬遅延を利用したものに加えて，回路のグリッチ信号を利用した NN Glitch PUF（NN GPUF）も提案されている [5]. 一方で，NN GPUF に関してはモデリング攻撃 [6][7]などの解析が報告されておらず，その安全性の検証は不十分である．

そこで本研究では, NN GPUF へのモデリング攻撃を提案する．そして，Field Programmable Gate Array（FPGA）を使用した評価実験を行い，NN GPUF の安全性について定量的に評価する．

２．グリッチを利用したAI向け認証関数

まず，PUF の概要について説明する．PUF は，LSI の製造ばらつきによって，各デバイスで配線遅延や寄生容量・抵抗などが変化する点に着目する．具体的には，信号伝搬遅延に着目した遅延型 PUF や，メモリセルに着目したメモリ型 PUF などがある．これらの PUF では，チャレンジと呼ばれる入力に基づき LSI のばらつきを抽出し，レスポンスを取得する．特に，デバイス間で得られる ID の違いを評価したユニーク性は重要な指標の一つである．

本研究で対象とする NN GPUF [5]は，NN PUF のユニーク性を改良した PUF 技術である．NN PUF [2][3]は，NN の推論時における信号伝搬遅延差をレスポンスに変換している．このとき，高いユニーク性を実現するためには，レスポンス生成における配線を等長に設計し遅延差を抽出する必要がある．しかし，FPGA では LookUp Table（LUT）や Flip-Flop（FF）などの回路が固定されているため，各回路を等長配線で設計することが難しい．そのため，FPGA 実装で完全に等長配線で設計できないため, NN PUF のユニーク性を向上させることが難しい [5].

次に，NN GPUF の概要を図 1 に示す．NN GPUF では，NN で生じる信号の遷移情報（グリッチ）をレスポンスに変換する．具体的には, NN の出力をトグルフリップ（Toggle FF: TFF）に接続し，グリッチの偶奇から 2 値のレスポンスを生成する．このように NN GPUF では, 各信号での遅延差をゼロに近づけるための等長配線を必要とせず，FPGA 実装での PUF のユニーク性を改善することができる [5].

３．提案手法

本研究では, NN GPUF に対するモデリング攻撃を提案する．これまでに PUF に対する機械学習を用いたモデリング攻撃がいくつか報告されている [6][7]. 提案手法では，これらの手法をベースに NN GPUF を対象に Deep Neural Network（DNN）を構築する．

本研究で用いる DNN のモデルを図 2 に示す．図 2 に示すように，入力層は NN GPUF のチャレンジに合わせて N 個のニューロンで構成する．そして，中間層はそれぞれ 4,000 個，8,000 個，4,000 個，32 個のニューロンで構成し，活性化関数には ReLU 関数を使用する．また出力層は，0 か 1 のレスポンスに合わせて 2 個のニューロンで構成し，活性化関数には softmax 関数を使用する．さらに，勾配消失を抑えるためにバッチ正規化やドロップアウト処理を導入する．攻撃を行う際には，NN GPUF のチャレン

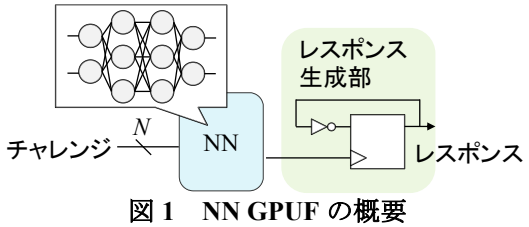


図 1　NN GPUF の概要

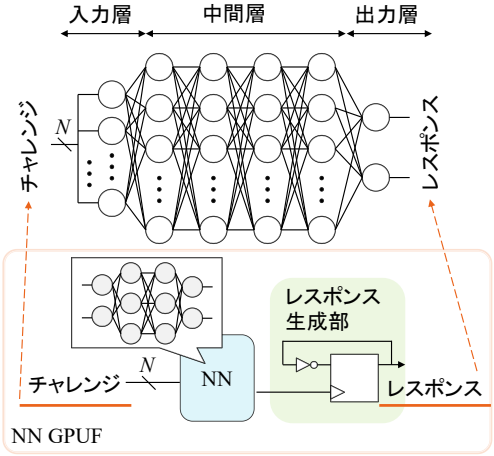


図 2　提案手法の概要

ジとレスポンスをそれぞれ DNN に与えて学習モデルを生成する．そして，未知（テストデータ）のチャレンジに対するレスポンスを，DNN を用いて予測する．

4．評価実験

実験では，FPGA 評価ボード SAKURA-G を利用し，SAKURA-G に搭載されている FPGA Spartan-6（XC6SLX75）に NN GPUF を実装した．実装には，Xilinx ISE Design Suite 14.7 を利用した．NN GPUF の NN の実装には，LUT-Network [8]を利用し，MNIST の手書き数字文字が認識できる NN を実装した．MNIST では 28×28 の入力画像に対して，0～9 の数字の認識を行う．そのため，NN GPUF の入力チャレンジは 28×28＝784bit（N＝784）である．また，レスポンスはレスポンス生成器で 10bit の出力が XOR 演算されて，TFF へ入力されるため 1bit である．実験では，784bit チャレンジを 12 万個乱数で生成し，NN GPUF へ入力した．そして，12 万個の Challenge and Response Pairs（CRPs）を取得した．12 万個の CRPs のうち，10 万個を学習データに，1 万個を検証データに，1 万個をテストデータに使用した．また，機械学習には，Google Colaboratory を使用し，エポック数は 41 で学習モデルを生成した．

実験結果を図 3 に示す．図 3 の横軸は学習データ数を，縦軸はレスポンスの予測率を示している．このとき，NN GPUF のレスポンスは 1bit であるため，ランダムに予測した場合でも予測率は 50%となる．図 3 より，10 万個の学習データを使用した場合でも予測率は 50%であり，NN GPUF はモデリング攻撃に対して耐性を持つと考えられる．

5．まとめ

本研究では，NN GPUF に対する DNN を用いたモデリング攻撃を提案した．実験では，NN GPUF を FPGA ボードに実装し，CRPs を使用してモデリング攻撃を行った．その結果，10 万個の学習データを使用した場合でも，レスポンスの予測率は約 50%であり，NN GPUF はモデリング攻撃に対して耐性

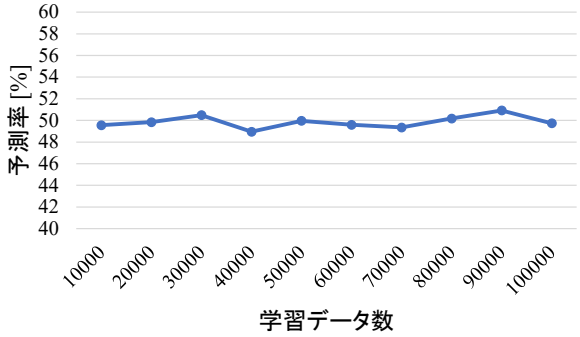


図 3　実験結果

を持つことを明らかにした．

今後は，サイドチャネル攻撃などの別の攻撃手法に対する安全性について検討する予定である．

参考文献

[1] C. Herder, M.-D. Yu, F. Koushanfar, S. Devadas, “Physical Unclonable Functions and Applications: A Tutorial,” Proc. of the IEEE, vol. 102, no. 8, pp. 1126-1141, 2014.

[2] 野崎佑典，柴垣和也，竹本修，吉川雅弥，“AI ハードウェアを指向したニューラルネットワーク物理的複製不可能関数とその評価，”電気学会論文誌 C，vol. 140，no. 7，pp. 689–696，2020.

[3] 竹本修，柴垣和也，野崎佑典，吉川雅弥，“小面積・低遅延を指向した NN PUF とその評価，”電気学会論文誌 C，vol. 140，no. 12，pp. 1297–1306，2020.

[4] 野崎佑典，吉川雅弥，“SAKURA-G に実装した AI 向け認証デバイスの性能評価，”第 49 回東海ファジィ研究会予稿集，no. S1-04，pp. 1–2，Feb. 2021.

[5] Y. Nozaki and M. Yoshikawa, “Neural Network Based Glitch Physically Unclonable Function,” Proc. of 2021 IEEE 12th Annual Ubiquitous Computing, Electronics & Mobile Communication Conference (UEMCON 2021), pp. 160–164, Dec. 2021.

[6] Y. Ikezaki, Y. Nozaki, and M. Yoshikawa, “Deep Learning Attack for Physical Unclonable Function,” Proc. of IEEE 5th Global Conf. on Consumer Electronics (GCCE 2016), pp. 457–458, Oct. 2016.

[7] 飯塚知希，小笠原泰弘，片下敏宏，堀洋平，粟野皓光，池田誠，“PUF を用いた個体識別システムにおける機械学習攻撃に対する脆弱性の評価，”電子情報通信学会技術研究報告，IEICE-HWS，vol. 118，no. 458，pp. 237–242，Feb. 2019.

[8] R. Fuchikami and F. Issiki “Fast and Light-weight Binarized Neural Network Implemented in an FPGA using LUT-based Signal Processing and its Time-domain Extension for Multi-bit Processing,” Proc. of 2019 IEEE 9th Int. Conf. on Consumer Electronics (ICCE-Berlin), pp. 120–121, Sep. 2019.

連絡先

野崎佑典
E-mail: 143430019@ccalumni.meijo-u.ac.jp

BGM のテンポが計算課題に及ぼす効果に関する研究

Research on an Effect of the Tempo of Background Music on a Calculation Task

○小川　龍一[1]，橋山 智訓[1]
○Ryuichi Ogawa[1], Tomonori Hashiyama[1]
[1]電気通信大学
[1]The University of Electro-Communications

１．はじめに

人が何かのタスクを行うとき，それに伴って他の視聴覚刺激などを得ながら行うという場合がある．中でも音楽を聞きながらの作業は，多くの人が実行しているであろう．BGM(Back Ground Music) という表現があるように，音楽は何かの背景として使われる場合が多い．ながら作業に使用する音楽に対して「作業用 BGM」という言葉もよく用いられている．

作業用 BGM には，主に情意的側面での支えが期待される[1]．音楽を聞きながら作業をすることで疲労感や飽きを感じずに作業を継続できることが，作業用 BGM に期待される役割である．BGM に作業妨害効果がなければ，快く作業を継続できるはずである．

音楽の特徴には，ジャンル，テンポ，楽器構成や，歌詞の有無といった要素がある．音楽の印象は，簡単に指標化できるものではなく非常に複雑な要素である．BGM の特徴それぞれが作業に対してどのように影響するかを調べることは，作業時の BGM の役割や目的を明確化して BGM を選択する際に有用であると考えられる．もし BGM の特定の特徴が作業に対して影響を与えるならば，音楽が人間の行動に与える影響についての知見が深まる．音楽を作業時の背景とする人にとって，よりよい行動選択に役立つだろう．そこで本研究では，BGM の音楽的特徴が作業に与える影響を，実験により検証した．

２．関連研究

計算課題と音楽を扱った研究は，いくつか行われている．菅ら[1]は，高揚的な BGM，抑鬱的な BGM，BGM なしの 3 条件で計算課題を行わせた．作業効率に対し有意な促進および妨害効果は認められなかったという．阿部ら[2]は，計算課題，タイピング，歩行の 3 種類の課題を対象として，BGM の速さの違いによる各作業効率への影響を調べた．歩行課題に対しては BGM のテンポが速い場合に時間あたりの歩行距離が有意に伸びた．一方他の課題ではテンポの違いによる有意な効果が認められなかったという．

店舗での購買行動について，BGM のテンポが影響を与えたという研究がある．店内 BGM のテンポが速い場合，購買行動を速め，時間あたりの買物件数は増加した[3]．一方で，BGM のテンポを遅いものにすると行動がゆっくりになり，店内にとどまる時間が増加した結果買物件数は増加した[4]．

これらの研究結果から，本研究では人間の行動に影響を与える場合があったというテンポに着目した．作業を行うことに対して BGM のテンポが与える影響について明らかにすることを目的とする．本研究では，作業課題のやり方を見直した．具体的には，時間内にできるだけ問題をこなすのではなく，制限時間を設けずに，一定の問題数の処理にかかった時間を成績とした．アンケートにより，BGM が作業に与える影響を調べた．

３．実験

実験の様子を図 1 に示す．

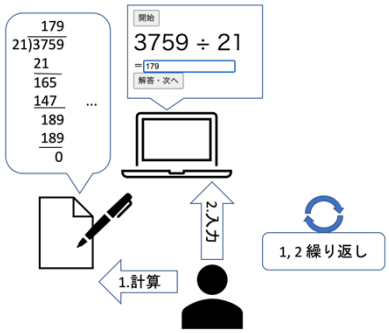


図 1　実験の様子

実験に参加した被験者は，22～27 歳の大学生・大学院生 10 名(男性 9 名，女性 1 名 いずれも日本人)であった．課題には菅らの研究[1]をもとに，4 桁÷2 桁の余りの出ない計算課題を使用した．1 回当たり 30 問とし，問題数は参加者には伏せられた．被験者 1 人あたりに BGM なし条件，遅い BGM 条件，速い BGM 条件の 3 パターンを割り当てた．問題の順序は一定とし，条件の順序が各被験者でできるだけ異なるよう割り当てた．課題成績は，解き終わるまでの時間とした．

普段の音楽聴取習慣についての事前アンケート，各課題終了ごとの直前の課題遂行についての逐次アンケート，最後に全体を通しての所感についての総合アンケートを実施した．

使用した音楽を表 1 に示す．

表 1　BGM として実験に使用した音楽

テンポ属性	楽曲タイトル	作曲者	BPM(推定)
遅い	そらにうかぶどうくつ	安藤浩和	132
速い	(同上)	(同上)	180

煩わしくないよう電子音があまり使われておらず緩急が激しくないものを用いた．歌唱は含まれていない．遅い BGM にはそのままのテンポのものを，速い BGM には加工により速めたものを使用した．

４．結果と考察

各 BGM 条件における課題成績の比較を Friedman 検定により行った結果，いずれの条件間にも有意な差は認められなかった．

アンケートの結果について一部抜粋して結果を示す．逐次アンケート結果より，設問 4「課題遂行を集中して進められましたか」の回答結果は図 2 のようであった．

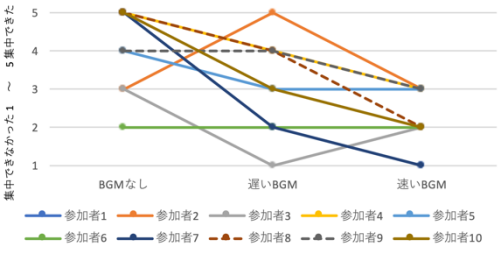


図 2　逐次アンケート設問 4 への回答結果

Bonferroni 補正のもとの Wilcoxon の符号付順位和検定による多重検定結果は表 2 のようであった．

表 2　逐次アンケート設問 4 への回答の検定結果

条件間	p値	有意差
なし-遅い	0.23	-
なし-速い	0.041	$p<0.05$
遅い-速い	0.12	-

検定の結果，速い BGM 条件は BGM なし条件に比べて集中できなかったと感じたことが明らかになった．また設問 2「課題中の音楽は不快ではありませんでしたか」の回答および Wilcoxon の符号付順位和検定による検定結果を表 3 に示す．

表 3　逐次アンケート設問 2 への回答結果
(1～5：不快だった～不快ではなかった)

参加者	遅いBGM	速いBGM
1	2	1
2	5	2
3	4	3
4	2	1
5	3	2
6	2	1
7	2	1
8	5	2
9	4	2
10	2	1
	検定統計量V	55
	p値	0.00195**

(†$p<.10$ *$p<.05$ **$p<.01$)

遅い BGM よりも速い BGM の方が有意に不快に感じたという結果になった．課題成績の比較において BGM が不快という不要な影響が及んでしまうことを考え，BGM を特に不快に感じた被験者のデータを除いて Friedman 検定による分析を行った．結果を表 4 に示す．

表 4　BGM を特に不快に感じた被験者を除いたデータの分析結果

検定統計量χ^2	2.800
自由度	2
p値	0.247

有意な差は見られなかった．今回の計算課題の成績，つまり解答にかかった時間は，BGM の有無やテンポの違いからの影響は受けなかったと考えられる．

アンケートの結果から，速い BGM が遅い BGM に比べて不快だったこと，速い BGM 条件は BGM なし条件に比べて集中できなかったことがわかった．速い BGM を特に不快と感じた参加者は多かった．速い BGM は課題遂行に不適であったと考えられる．

５．まとめと今後の課題

本研究では，計算課題中の BGM のテンポが課題遂行へ与える影響について明らかにする実験を行なった．BGM なし条件，遅い BGM 条件，遅い BGM 条件の 3 条件で，制限時間を設けない 4 桁÷2 桁の計算課題を行うものであった．それぞれの条件間での課題遂行時間に有意な差は見られなかった．アンケートより，元々の BGM を不快に感じた被験者がいた．これより，BGM のテンポが課題遂行へ与える影響を調べるという目的のために不必要な要素である，BGM が不快だったということの影響を考え，特に BGM に対して不快に感じた被験者のデータを除いた実験結果に対しても分析を行なった．しかし有意な差は認められなかった．アンケートの結果から，速い BGM 条件では BGM なし条件に比べて集中できなかったことがわかった．今回の速い音楽では集中が阻害され作業時の BGM として好ましくなかったことが示唆された．

今回は，BGM として使用した音楽が多くの人にとって快感情を与えなかったことが実験の精度に影響を与えたと考えられる．元々の音楽のテンポを速くする場合，速める程度や速くした状態の音楽としての感じ方を考え，できるだけ不快に感じないようなものにすることが必要であった．あるいは元々速いテンポで作られた別の音楽を準備する必要があった．予備実験などを行い，あらかじめ計算課題に対して適切と思われる音楽や実際の被験者の音楽嗜好をなど知っておくことが音楽の選定に役立つと考えられる．

参考文献

[1] 菅千索，岩本陽介．計算課題の遂行に及ぼす BGM の影響について-認知的側面と情意的側面からの検討．和歌山大学教育学部教育実践総合センター紀要，No. 13, pp. 27-36, 2003.

[2] 阿部麻美，新垣紀子．BGM のテンポの違いが作業効率に与える影響．日本認知科学会大会発表論文集 (27), pp. 3-47, 2010.

[3] 池上真平，森角香奈子，増根徹．店内 BGM のテンポがコンビニエンスストアでの購買行動に及ぼす影響．音楽音響研究会資料, Vol. 39, No. 6, pp. 39-44, 2020.

[4] 高橋惠子，河合優年，仲真紀子．感情の心理学，pp. 165-176．放送大学教育振興会, 2007.

連絡先

小川 龍一
E-mail: o1810151@uec.ac.jp

Web会議におけるチャットログを再利用した記録支援に関する研究

A Research on Record Support by Reusing Chat Logs in Web Conferences

◯ [1] 笹川　峻矢,　　[1] 橋山　智訓

◯ [1]Shunya Sasakawa,　[1]Tomonori Hashiyama

[1] 電気通信大学

[1]The University of Electro-Communications

1　はじめに

会議での決定事項や議論の内容を記録することは重要である．作成した記録は，後から会議を振り返る際に理解を深めることや，会議に参加しなかった第三者にもその内容を伝えることを可能にする，重要なコンテンツとなる．

遠隔会議には，発言する際に音声とチャットの 2 つの発言用チャネルが存在する．チャットは遠隔会議特有の発言手段で，一般的にマルチモーダルな発言を可能にする利点から使用される．テキストログが残るという性質から再利用して記録を支援するのに使えないか、と考えたのが本研究の発端である．また，遠隔会議にて記録を作成する際には，オンライン上で使えるホワイトボードやマインドマップなども用いることができる．これらのツールをチャットと併用する場合，チャット内容を改めて別のツールに転載する必要があることから，チャット単体で記録を作成できることが望ましいと考える．

従来の時系列順に並ぶチャットログを記録として第三者に見せる場合，情報量と一覧性に欠けることが予想される．本研究では先行研究より，“情報の構造化”と“意図の明示”の 2 つの観点を取り入れたチャットシステムを実装し，システムによって作成されたチャットログの記録としての有用性について実験により評価する．

2　関連研究

会議においてチャットを使用する利点として，文字による発言であることと，匿名性，リアルタイム性が挙げられる [1]．これらの性質から，議論の活性化や発言の平滑化を目的とした会議支援チャットシステムが提案されている．しかし，いずれの取り組みも会議中の支援を目的としており，会議後の連絡や振り返りが考慮されていない．そこで本研究では，チャットログを記録として再利用する手法を提案する．先行研究から，逐語的な情報の構造化 [2] と，発言者の意図を明示するセマンティック・チャット [3] を応用し，チャットログが一覧性のある記録となるようなチャットシステムを提案する．

3　システム

情報の構造化と意図の明示の 2 つの観点からチャットシステムを構築し，そのログが従来の時系列順に並ぶチャットログより記録として有用になるかを調査した．今回の実験で使用したセマンティック・チャットは，“TimeOrderSC”と“SelfOrderSC”の 2 種類を実装した．図 1 に示す TimeOrderSC は，時系列順に並ぶセマンティック・チャットで，図 2 に示す SelfOrderSC は，ユーザーが任意にチャットの配置を操作できる．

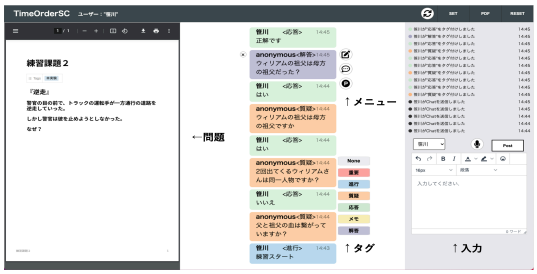


図 1: TimeOrderSC のシステム画面（本実験用）

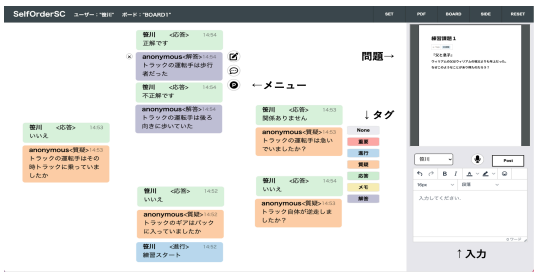


図 2: SelfOrderSC のシステム画面（本実験用）

セマンティック・チャットで使用する意図を明示するタグは，会議内容に適したタグを設計者が利用可能か判断する [1] とされているので，表 1 に示す計 7 種類を用意し，その妥当性を予備実験にて定量的に確認した．

表 1: タグの種類と使用例

タグ	使用例
None	他のタグで表現できないもの全般に付与
重要	重要な発言に付与
進行	出題者が話し合いを進行する時に付与
質疑	質問する時に付与
応答	質問へ回答する時に付与
メモ	メモする時に付与
解答	解答する時に付与

4　予備実験

本実験前に被験者をシステムに慣れさせることと，システムとタスクについて理解させることを目的として予備実験を実施した．

4.1　実験方法

実験には，2 種類のタスクを用意した．複数人で話し合いながらウミガメののスープ問題 [4][5][6][7] を解き，2 システム条件で記録を作成する記録作成タスクと，正解を伏せたそれらの記録を見て個人で同様の問題を解く記録再現タスクである．記録作成タスクの会議時間は 20 分として，3 人組 3 グループと 4 人組 1 グループに対して実施した．記録再現タスクは同被験者に対して制限時間 10 分で行い，解答と解答に要した時間を報告させた．概要を図 3 に示す．

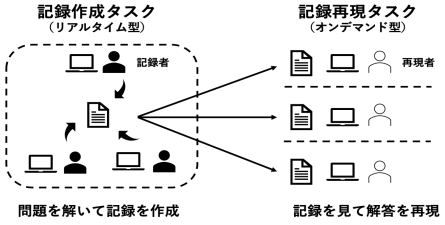


図 3: タスクイメージ図

4.2　結果

質問紙調査の結果より，システムやタスクに対する慣れや理解度は本実験に影響しないと判断された．また，タグは初めに用意した 7 種類で適当であることがわかった．

5　本実験

予備実験で使用したシステムとタスクにいくつか変更を加えて実施し，記録の有用性について再現性の観点から，従来の時系列順に並ぶチャットログと比較した．

5.1　予備実験からの変更点

本実験では，記録作成タスクと記録再現タスクをそれぞれ別の被験者に対して実施した．各タスクの変更点としては，記録作成タスクでは，5 分ごとに解答を出すように指示し，記録再現タスクでは，正解以外の解答全てを伏せた記録を参照させた．また，意図を明示するタグについて,「重要」タグは他のタグに重ねて付与できる仕様に変更した．

5.1.1　評価タスク

評価タスクとは，各タスクにて解答を考える際に有用であったチャットをタスク後に選択するタスクであり，両タスクの終了後に実施した．評価タスクにおける“有用な”という言葉は，解答を出すのに役立った，解答を出すときに参考にした，解答と関係のある，のような意味合いであると被験者に説明した．

5.2　評価方法

本実験では，第三者が記録を見た時に会議内容をどれだけ再現できるかで記録の有用性を判断するものとし，以下の 3 指標から定量的に評価した．

結果の再現性　記録者の解答と再現者の解答一致率
再現時間　再現者が解答に要した時間
過程の再現性　記録者と再現者の有用なチャットの一致度

5.3　結果

各評価指標に関する結果を表 2 に示す．再現時間にのみ有意傾向が見られ，他の指標には有意差は認められなかったものの，質問紙結果を含めて全ての結果において，SelfOrderSC の方が好成績を収めた．

表 2: 本実験結果

評価指標	TimeOrderSC 条件	SelfOrder 条件
結果の再現性 - 解答の再現度（%）	27.1	35.0
結果の再現性 - 再現の信頼度（%）	26.6	48.4
再現時間（s）	408*	251*
過程の再現性 - 記録者間	0.29	0.33
過程の再現性 - 記録者ー再現者間	0.27	0.29

$*p < .1$

6　まとめ

本研究では，チャットログを記録として利用することを目的とし，従来の時系列順に並ぶチャットログよりも記録としての有用性を上げるために，情報の構造化と意図の明示の手法を組み込んだシステム SelfOrderSC を実装した．時系列順に並ぶチャット TimeOrderSC を実装し，それぞれのログを比較実験した結果，提案手法により記録の再現時間が短いという結果が得られた．今後は，今回実装したシステムによるチャットログに対して，記録としての有用性について絶対的な評価を行うことと，他の記録ツールとの比較が課題である．

参考文献

[1] 平光節子, 白井正博, 杉山岳弘, チャットをベースにした会議のコミュニケーション活性化システムの検討, 情報処理学会 研究報告 IPSJ SIG Technical Report 2003-HI-105(2) pp.7-12, 2003.
[2] 森幹彦, 八村太輔, 喜多一，リフレクションのための逐語議事録を用いた議論の構造化法, The 21st Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence, 2007, pp.1-4, 2007.
[3] 由井薗隆也, 重信智宏, 榧野晶文, 吉田壱, 吉野孝, 宗森純, セマンティック・チャットの RemoteWadamanV を用いた電子ゼミナールへの適用 情報処理学会 研究報告 IPSJ SIG Technical Report 2005-GN-55(12) pp.69-74, 2005.
[4] ポール・スローン, デス・マクヘール, ポールスローンのウミガメのスープ, エクスナレッジ, 2004.
[5] ポール・スローン, デス・マクヘール, ポールスローンの腕を送る男, エクスナレッジ, 2005.
[6] ポール・スローン, デス・マクヘール, ポールスローンの札束を焼く強盗, エクスナレッジ, 2006.
[7] ポール・スローン, デス・マクヘール, ポールスローンの借金を踏み倒せ, エクスナレッジ, 2007.

タグによるSNSからのスポット抽出とペアスポット推薦システムの提案

Proposal of Spot Extraction and Pair-spot Recommendation System from SNS by tags

◯ [1] 堤　良介,　　[1] 橋山　智訓

◯ [1]Ryosuke Tsutsumi,　[1]Tomonori Hashiyama

[1] 電気通信大学

[1]The University of Electro-Communications

1　はじめに

近年，団体での観光から，個人での観光が増加傾向にある．それに伴い，個人で観光情報を探す必要性が高まり，個人観光客に向けた観光情報提供の重要性が増した [1]．また，ソーシャルメディアの発展に伴い，ソーシャルメディアデータを実際の観光体験に基づく重要な情報として，観光情報源とする観光客や研究が増えた [2]．本研究ではソーシャルメディアである Instagram に焦点を当てる．Instagram は日本全国でユーザ数 3,300 万人 [3] の画像をメインとしたソーシャルメディアであり，若者の間で Instagram を参考にして観光計画を立てる人が増えている [2]．また，Instagram ではハッシュタグによるジャンル分けや関連情報の付与などが頻繁に行われている．ハッシュタグによってジャンル分け，言語化された情報源として，Instagram を用いることで，新たなスポットを発見し，適切に推薦できる可能性がある．

これまでのスポット推薦は各観光スポットが独立的に扱われており，推薦された 2 つのスポットを訪れることができない場合があった．酒井ら [4] は観光客の回遊行動のうち，多くの人が選択した 2 つのスポットの移動パターンは，今後も多くの観光客が取る可能性が高いことを示唆した．また，事前調査より，観光スポットの人気度と評価値の間には正の相関があることが分かっている．これらのことから，Instagram の投稿から人気のスポットのペアを求めて推薦することで，充実した観光計画が可能になると考えた．

2　提案手法

本研究では Instagram を情報源として，新たなスポットを発見し，満足度の高いペアスポットの推薦を行い，観光計画の支援を行うことを目指す．そのために，Instagram の投稿データを収集し，スポットとスポットを表すハッシュタグを抽出する．そして，抽出したスポットを表すハッシュタグを全投稿から集計することで，ペアスポットの総数を求めるシステムを作成する．ペアスポットを推薦するにあたり，ユーザは事前に訪れたいエリア，またはスポットが決まっていることを想定し，入力はそのどちらかとする．

2.1　スポット抽出

スポットは，投稿に付けられているハッシュタグから抽出する．スポットを抽出する処理は「不要ハッシュタグの除去」「TF-IDF を用いた特徴語の抽出」「類似度判定」の 3 つから構成される．

不要ハッシュタグの除去では MeCab と英語辞書を用いて，スポットではない一般単語のハッシュタグを除去する．また対象エリアの都道府県，市区町村を求め，それらを表すハッシュタグを除去する．

TF-IDF を用いた特徴語の抽出では，投稿内の特徴的な単語を抽出することで，スポットになり得るハッシュタグを抽出する．事前に TF-IDF によって分析する対象，タイミング，特徴語とする閾値を変えたすべての条件に対して F 値を求め，最も F 値の高い条件を採択する．本研究では投稿本文から抽出した固有名詞と未知語のうち，不要ハッシュタグを削除したものに対して TF-IDF の分析を行い，閾値.031 以上のものを特徴語とする．

類似度判定は，以上の 2 つの処理で残ったハッシュタグに対して行う．ハッシュタグをクエリとして Google Maps Platform にリクエストする．返ってきたスポット名とクエリとしたハッシュタグの文字列から類似度を求めることで，ハッシュタグとリクエスト結果が同じものであるかを判定する．同じと判別する類似度には閾値を 0 から 1 まで 0.01 ずつ変化させ，最も F 値の高い時の値である，閾値 0.34 を用いる．

2.2　ペアスポット推薦

ペアスポット推薦は図 1 のように行う．

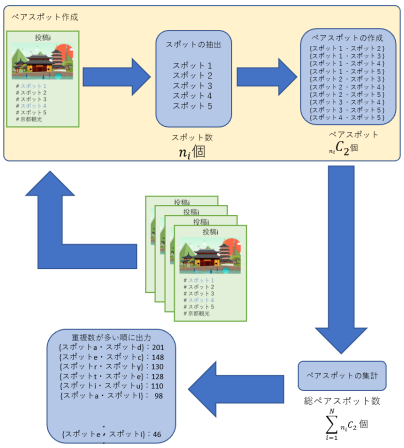


図 1: スポット推薦　システム設計

(i) 抽出したスポットを用いて，投稿からスポットを表すハッシュタグを抽出する

(ii) 1 で抽出したハッシュタグが示すスポットで全通りの

ペアスポットを作成する

(iii) 全投稿に 1,2 を行い，ペアスポットを集計する

(iv) 集計したペアスポットに対して，各ペアスポットごとの重複数を求め，重複数が多い順に並べる

(v) 入力がエリアであれば，4 で求めたペアスポットを重複が多い順に推薦する

(vi) 入力がスポットであれば，5 の推薦結果のうち，入力されたスポットを含むペアスポットのみ推薦する

3 評価実験

評価実験はスポット抽出とスポット推薦それぞれに対して別々に行った．評価において有意水準は p<.05 とした．

3.1 スポット抽出

スポット抽出では,「スポットの抽出率」「新たなスポットを抽出できたか」「推薦するに値するスポットを抽出できたか」の 3 点を評価した．

「スポットの抽出率」を評価するにあたり，求めた F 値，再現率，適合率を表 1 に示す．F 値は 0.52 と低い結果となり，適合率と再現率からスポットではないもの，スポットなのに抽出されなかったものが多く含まれていることが分かった.「新たなスポットを抽出できたか」では，上位 10 個の Web サイトに載っているスポットと同じ数だけシステムを用いてスポットを抽出し，比較した．重複率は 26.1%となり，Web では得られない新しいスポットを抽出できたことが分かった.「推薦するに値するスポットを抽出できたか」では評価するにあたり，Web とシステムで抽出したスポットのうち，重複しなかったスポットの Instagram での投稿数を調べた．その結果，有意に Web サイトから抽出したスポットの方が投稿数が多いことがわかった．

表 1: スポットの抽出率

設定閾値	適合率	再現率	F 値
0.34	0.67	0.43	0.52

3.2 スポット推薦

スポット推薦では,「推薦されるペアスポットに一緒に訪れたいか」「既存手法よりも良いペアスポットを推薦できたか」の 2 点をシステムと目視によって抽出したスポットそれぞれに対して評価した．比較する既存手法にはアイテムベースの協調フィルタリングを用いた．実験は 21 人の被験者に対してアンケート形式で行った．被験者には抽出方法の異なる 2 つのスポット群それぞれに対して，ベースとなるスポットを選択してもらった後に，提案手法と既存手法の両方で得られた推薦結果を 5 個ずつ提示し，それぞれベースとなるスポットと一緒に訪れたいかを 10 点満点で評価させた．

「推薦されるペアスポットに一緒に訪れたいか」をサイン検定で評価した結果を表 2 に示す．提案システムではシステムと目視で抽出したスポットの両方で，有意に一緒に訪れたいスポットを推薦できた．しかし，既存手法では有意に一緒に訪れたいスポットを推薦できなかった.「既存手法よりも良いペアスポットを推薦できたか」の評価をマン・ホイットニーの U 検定で行った結果を表 3 に示す．システムと目視の抽出，どちらにおいても有意差が見られなかった．しかしながら，評価時に Map を利用していた被験者を対象に検定を行った結果，目視でスポットを抽出した場合に有意差が見られた．

表 2: 推薦されるペアスポットに一緒に訪れたいか

提案手法	システム抽出	p=0.01108∗
	目視抽出	p=0.01928∗
既存手法	システム抽出	p=0.0512
	目視抽出	p=0.8414
		∗$p < .05$

表 3: 既存手法よりも良いペアスポットを推薦できたか

全体	システム抽出	p=0.4532
	目視抽出	p=0.1188
Map 利用者	システム抽出	p=0.2714
	目視抽出	p=0.0488∗
		∗$p < .05$

4 まとめ

本研究では観光計画の支援を行うために，Instagram を情報源として，新たな観光スポットの発見，そして満足度の高いペアスポットの推薦を行う手法を提案した．その結果，スポットを正確に抽出すること，推薦するに値するスポットを抽出することはできなかった．しかしながら．新たな観光スポットを抽出することができた．スポット推薦においては，Map 利用者に対してスポット抽出を正しく行えていた場合，既存の推薦手法よりも有意に良いペアスポットを推薦できた．また，ユーザにとって訪れたいと思うスポットを推薦することもできた．

参考文献

[1] 松原仁, 山本雅人, 川村秀憲, 鈴木恵二. 観光情報学: 情報処理技術の観光への適用 (< 特集 > システム情報技術と観光の接点). システム/制御/情報, Vol. 57, No. 8, pp. 316–322, 2013.

[2] アンケート結果発表! 令和世代の旅行は - |Stayway. https://stayway.jp/tourism/travel-survey2019. 閲覧日：2022/01/25.

[3] 2021 年 12 月更新！ 12 のソーシャルメディア最新動向データまとめ. https://gaiax-socialmedialab.jp/post-30833/. 閲覧日：2022/01/28.

[4] 酒井勇人, 熊野雅仁, 木村昌弘ほか. Flickr データに基づいた インタラクティブ観光スポット推薦システム. *SIG-AM*, Vol. 14, No. 05, pp. 24–29, 2016.

連絡先

堤良介

E-mail: t1810431@uec.ac.jp

検索ツイートを感情分類することによる意思決定への影響に関する研究

A Study on the Effect of Emotional Classification of Search Tweets on Decision Making

○[1]林　慎己，　　[1]橋山　智訓

○[1]Masaki Hayashi，　[1]Tomonori Hashiyama

[1]電気通信大学

[1]The University of Electro-Communication

1 はじめに

我々は日々情報を得て，その情報をもとに物事の判断を行なっている．インターネットを利用して検索したり，他人と会話したりと情報の取得方法はさまざまである．インターネットで検索する際に，全ての情報を閲覧して判断をすることは不可能である．そのために，検索結果を個人に合わせて変更することで，対立する意見などから孤立するという状況があり，フィルターバブルがある．フィルターバブルとは，利用者が接する情報の範囲に関する問題である．推薦などの個人化技術により，利用者は知らないうちに関心があると判断された話題において，限定された情報のみにしか接しないようになっており，まるで泡の中に閉じ込められたような状態になる．利用者が新たな話題に関心を持つ機会が奪われたり，社会の中での情報や知識の共有が困難になったりするなどの影響があると Pariser が指摘している[1][2]．意思決定を行う際にはこのような状況を避け，幅広い情報を得て判断を行うことが必要である．

SNS が広く普及している今日では，他人の意見に触れる機会は多い．「意見」は「事実」とは異なり，個人の感情が含まれた主張である．ある否定的なツイートを UserLocal 社のテキスト感情認識 AI[3]を利用して感情分析を行なった．その結果，否定的なツイートでもそのツイートを代表する感情が，異なっていることがわかった．

反対の立場である否定的な意見でも主な感情が異なることがわかった．ある話題に対する意見を多次元の感情で分類することで幅広い意見に触れることができ，自身の立場と似た意見・反対意見をより詳しく閲覧することができると考えられる．感情を付加することによる話題に関する詳しい情報を閲覧することで，話題の全貌を捉え，意思決定を行えると考える．そこで本研究では，さまざまな意見が数多く投稿される Twitter のツイートを利用して，感情分析の結果を提示するシステムを作成する．そのシステムを用いて実験を行い，意思決定の変化を分析し，システムの有用性を検証する．

2 関連研究

Yahoo!Japan のリアルタイム検索では，検索する単語に対するツイートと検索結果のツイート全体のポジティブ・ネガティブの感情割合を閲覧することができる．しかし，個々のツイートの感情を見ることはできない．ここでは，2 つの感情でしか分析が行われていない．意思決定に関して小野田[4]は，自分の意見や判断の正当性を客観的に内省する効果的な方法は，自分に有利な賛成論と不利な反論の双方について考えることだと述べている．池田・牛尼[5]は，普段閲覧しない立場や主張と閲覧している主張を比較することを中立的に考えるとした．

本研究では，ツイートを多次元の感情で分析し，個々のツイートの感情を閲覧することを可能する．中立的に考えるために提供情報を変更することを中立化するとした．また，自身に有利な意見と不利な意見の双方を見せることで元々の意見や判断を客観的に内省でき，中立的に考えることができると考えられる．そして，客観的な情報で意思決定を行うことができると考える．

3 提案システム

提供される情報に感情を付加することで閲覧する情報を中立化し，意思決定に影響を与えるという仮説を検証するためにシステムを作成した．

TwitterAPI で最新ツイートを取得した．形態素解析を行い，動詞・名詞・形容詞・副詞・形容動詞を感情分析の単語とした．日本語感情表現辞書[6]を利用して，文章に対する感情毎の単語平均の値を算出した．感情は，悲しみ，不安，怒り，嫌悪感，信頼，驚き，喜びの7つと

した.

システムでは，ツイートを選択すると感情分析の結果として，そのツイートのレーダーチャートと他の感情を代表するツイートを表示した．例えば，選択したツイートの最も値が高い感情が怒りであった場合(図 1)，怒り以外の 6 つの感情を代表するツイートを表示するようにした．

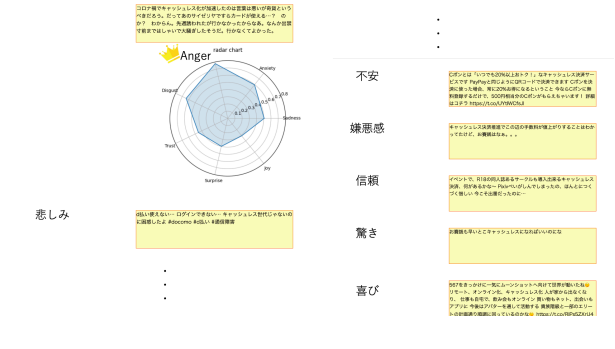


図 1 システムの感情分析結果表示例

4 実験

4.1 実験方法

被験者は実験前にアンケートに回答した．その後に提案システムを 10 分間使用した．その際興味のあるツイートを見つけたらメモさせた．双方のアンケートで提示した話題に対する賛否の立場とその立場を支える根拠・意見を回答させた．実験前のアンケートから実験後のアンケートまでを 2 回行った

条件は，Twitter のように縦にツイートが羅列されている従来条件，ツイートを選択するとレーダーチャートと選択したツイートを代表する感情とは異なる感情を代表するツイートを表示する提案条件とした．

4.2 話題

提示する話題は，「電動キックボードに乗ること」「原子力発電を積極的に稼働させること」とした．賛否の割合を同等にするため，検索単語に「楽しい」や「危険」などの単語を追加して検索することで，賛成・反対・中立のツイートを収集した．各感情を代表するツイートは，各感情の上位 5 件のうちランダムに 1 件を表示した．

4.3 結果

アンケート解答結果の平均値で t 検定を行なった．実験後のアンケートで「提示された情報で話題の全貌がわかりましたか？」という質問項目で提案条件よりも従来条件の方が有意に高かった(図 2)．

アンケートに回答させた根拠・意見に関して，話題に関する事前知識のない被験者は，条件関係なく選択した立場を支える根拠・意見がより詳細なものになっていた．また，実験後に順位づけした 1 位のツイートが主に被験者の賛否の立場を支えるものであった．

実験前後で根拠・意見が変化した場合，提供情報を中立化したことで従来条件とは異なり，新たな情報が追加された根拠・意見になっていた．しかし，影響を与えた要因がシステムによるものだという定量的な根拠がないため仮説を検証できたとは言えなかった．

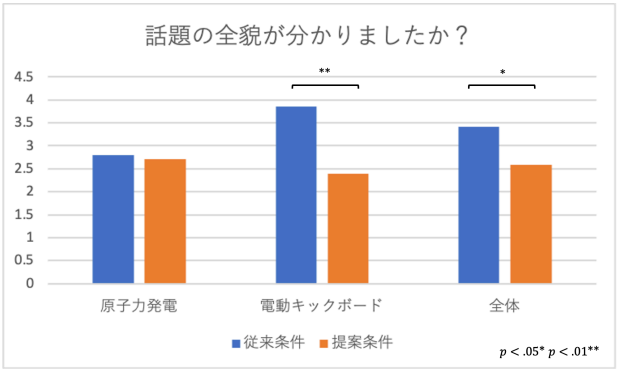


図 2 アンケート回答平均値の結果

5 まとめ

本研究は，「提供される情報に感情を付加することで閲覧する情報を中立化し，意思決定に影響を与えられる」という仮説を検証することを目的にシステムを作成し，実験を行なった．システムは，ツイートを感情分析し，その結果をユーザに提示するものであった．収集したツイートの賛否の割合を同程度にした．感情を付加することで提供する情報を中立化し，意思決定の元になる根拠・意見が変化した．しかし，統計的に有意差は見られなかったため，さらなる実験や文献調査が必要である．

参考文献

[1] E.Pariser The Filter Bubble: What The Internet Is Hiding From You. Viking, 2011

[2] イーライ・パリサー,訳：井口耕二.閉じこもるインターネット:グーグル・パーソナライズ・民主主義.早川書房,2012

[3] 株式会社ユーザーローカル．テキスト感情認識 AI, https://emotion-ai.userlocal.jp/,(最終閲覧日:2022/1/26)

[4] 小野田 亮介．対立的議題における立場選択が理由の産出とその評価に与える影響—反論の産出に着目して—．読書科学, 57:35–46, 2015.

[5] 池田 将， 牛尼 剛聡. Twitter 上で配信されるニュースの偏りを考慮した推薦手法. *DEIM2019*, pages C3–3, 2019.

[6] ソーシャル・コンピューティング研究室．日本語感情表現辞書. https://sociocom.naist.jp/jiwc-dictionary/, (最終閲覧日:2022/1/26)

オンライン会議における運動の動機付けと創造性の向上を図るシステムの提案

A System for Motivating Exercise and Enhancing Creativity in Online Meetings

◯ [1] 荻野 隼,　　[1] 橋山 智訓

◯ [1]Jun Ogino,　　[1]Tomonori Hashiyama

[1] 電気通信大学

[1]The University of Electro-Communications

1　はじめに

「座りすぎ」による身体活動不足は，健康リスクを脅かす問題の一つである．COVID-19 の影響によるテレワークの普及でその問題は以前にも増して顕著になっており，運動の必要性が高まっている．しかし，実際には運動の習慣化は心理的ハードルが高く，実現しないことの方が多い．その原因の多くは運動時間の新たな確保ができないことと，運動をする際の環境的要因の 2 つである．

運動の習慣化を最も阻害する原因として挙げられている仕事に着目すると，仕事の時間の多くが会議に使われていることがわかっている．会議は従来座って行うものとされているが，会議の種類の一つである新たなアイデアを考える創造会議に着目すると，軽い運動が創造力の活性化に有益であることが明らかになっている [1]．しかし，先行研究では個人の創造力についてのみ触れており，複数人での会議において運動をした際のグループに対する影響は調べられていない．

会議中に運動をすることができれば，運動の習慣化における心理的ハードルである運動をするための新たな時間の確保は必要なく，オンライン会議であれば運動をする際の環境的要因をクリアすることは可能である．そのため，運動を取り入れるタイミングとしてオンライン会議は適していると考えられる．そこで本研究では，運動を促進させ，オンライン会議における会議の質の向上を図るシステムを作成し，それを用いて実験を行いシステムの有効性を評価する．

2　関連研究

運動の心理的ハードルを下げ，運動の動機づけを支援するシステムはナッジを活用するものが提案されている [2]．会議の質の向上を支援するシステムは Guilford の認知的思考過程 [3] を基にした新しいアイデアを考える発散的思考を用いる会議と，一つの答えを導き出す収束的思考を用いる会議の 2 種類に分けられ提案されている [4][5]．しかし，運動を会議に取り入れることで会議の質を向上しようと試みている研究は存在しない．自然な運動の促進をナッジにより実現し，インセンティブとして会議の質を向上させる要素を組み込むことができれば，運動の促進と会議の質の向上を同時に実現できるシステムになると考えられる．

3　実験 1: 会議中の運動が会議の質に与える影響の検証

運動を実施する条件と実施しない条件でオンライン会議を実施し比較することで運動が会議の質に与える影響を実験により検証した．

3.1　実験方法

3.1.1　会議の種類

収束的思考を用いる会議として情報共有会議，発散的思考を用いる会議としてブレインストーミングを行った．会議の時間は 1 回 30 分とし，1 グループに対しブレインストーミングで 3 条件，情報共有会議で 3 条件の計 6 回の会議を行う被験者内実験であった．

情報共有会議　図 1 のように会議参加者それぞれに配られる部分情報から全員で一つの地図を完成させる地図作成課題を行った．情報共有会議では，会議参加者が持っている情報を効率よく他の参加者に伝達できているかどうかが会議の質を決めることになる．そこで，本実験では作成された地図に描かれた施設の方角と位置の両方が模範解答とあっている割合である課題正答率で会議の質を評価した．

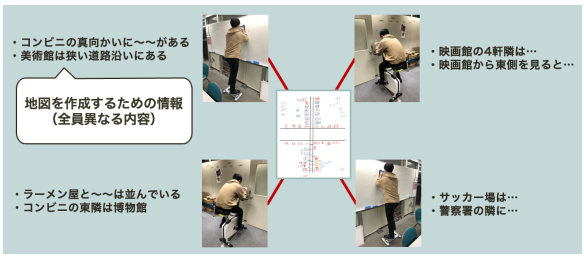


図 1: 地図作成課題の概要図

ブレインストーミング　会議開始時に提示されるテーマに対して新しいアイデアを考えるブレインストーミングを行った．本実験ではアイデア出しの手助けとなるように，文献 [6] を参考に提示されるテーマに対ししりとりで繋がる単語を掛け合わせる方法を用いた．ブレインストーミングでは質よりも量を重視するため，本実験では出されたアイデアの個数で評価を行った．

3.1.2　実験で実施した運動

本実験ではエアロバイクやステッパーを使用した有酸素運動とストレッチの 2 種類を採用した．運動の条件で

はこの 2 種類に加え，通常の会議と同様の座位姿勢で会議に参加するコントロール条件を行い計 3 条件で行った．

3.2 結果

それぞれの会議における評価指標の結果を表 1 と表 2 に示す．それぞれの指標において，条件間に有意な差は認められなかった．

表 1: 情報共有会議における条件ごとの平均正答率 (%)

コントロール条件	ストレッチ条件	有酸素運動条件
65.1	57.8	60.1

表 2: 創造会議における条件ごとの平均アイデア数

コントロール条件	ストレッチ条件	有酸素運動条件
29.5	35.7	33.5

考察では，情報共有会議における運動が文字の書き込みや資料の閲覧に支障をきたす可能性が指摘された．また，創造会議においてアイデアを出すことよりもしりとりを続ける方に意識がいき，無駄な時間が発生していたことがわかった．この結果をふまえ，実験 2 では支援する会議の対象を創造会議に限定し，しりとりによる単語提示を運動のインセンティブとして提供することで運動の動機づけと創造会議の質の向上の両方が期待できるシステムを作成した．

4 実験 2: 運動の促進・創造会議における会議の質の向上を促すシステムの評価実験

4.1 提案システム

提案システムの画面を図 2 に示す．アクセスしているユーザのスマートフォンの加速度変化に応じてグラフが埋まっていき，グループで合計 2 分間運動することで画面中央に表示されている単語がしりとりで繋がるように変化する．

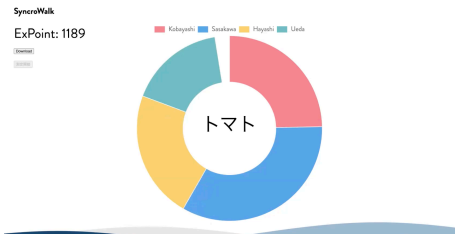


図 2: 提案システムの概要

4.2 実験方法

被験者には物体に対しての一般的ではない新しい使い方を考える代替使用タスクを行わせた．アイデアの出し方は実験 1 と同様であるが，しりとりで繋がる単語を提案システムを使用することで自動化する．実験は単語刺激提示要因と運動要因の 2 つの要因を持ち，それぞれが「あり」と「なし」の 2 水準を持つ被験者内計画であった．会議は 1 回 15 分で，1 グループに対し 4 条件の会議を行った．評価方法は実験 1 と同様のアイデア数に加え，課題に沿わないアイデアを削除したユニークアイデア数，評定者によるアイデアの 5 段階評定を行った独創性得点，運動量の 4 つの指標で評価した．

4.3 結果

4 つの指標の評価の結果を表 3 に示す．アイデア数と独創性得点には有意差は認められなかったものの，システムを使用した条件でアイデア数が最も多く，独創性得点が最も高い結果になった．運動量に関してシステムを使用した条件と使用していない条件の間には有意な差が認められ，提案システムを使用することで有意に運動が増加することがわかった．このことから，システムが運動の動機付けと創造会議の質の向上に有効である可能性が示された．

表 3: 実験 2 の評価結果

	なし-なし	なし-あり (運動のみ)	あり-なし (単語刺激提示のみ)	あり-あり
総アイデア数	28.3	36.3	36.5	39.0
ユニークアイデア数	23.8	28.2	28.3	30.3
独創性得点	3.04	3.08	3.10	3.14
運動量 (分)	-	3.87**	-	6.93**

**$p < .01$

5 まとめ

本研究の目的は，オンライン会議において運動の促進と会議の質の向上を同時に実現するシステムの提案をすることであった．運動が会議の質に与える影響の検証をした実験では，会議の質と運動の間に関連は見られなかった．その結果を踏まえ，運動のインセンティブとして創造会議の参加者に対する手助けとなる単語提示を行うシステムを作成した．提案システムの効果を検証する実験では，会議の質を測る指標ではシステムを使用する条件が使用しない条件よりも良い結果となり，運動量は有意に増加することがわかった．このことから，提案システムが運動の動機づけと創造会議の質の向上に有効である可能性が示された．

参考文献

[1] Oppezzo, Marily and Schwartz, Daniel L, *Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking.*, Journal of experimental psychology: learning, memory, and cognition Vol.40, No.4, p.1142, 2014.

[2] ITOKI Co., Ltd., *Workcise*, https://www.itoki.jp/solution/workcise/

[3] Joy Paul Guilford, *The nature of human intelligence.* McGraw-Hill, 1967.

[4] Jay F. Nunamaker Jr., Lynda M. Applegate, and Benn R. Konsynski. *Facilitating group creativity: Experience with a group decision support system.* Journal of Management Information Systems, Vol. 3, No. 4, pp. 5–19, 1987.

[5] 阿部花南, 越後宏紀, 小林稔ほか. ボタンによる会議円滑化支援システムの検討. ワークショップ 2019 (GN Workshop 2019) 論文集, 第 2019 巻, pp. 26–32, 2019

[6] 高橋晋平. アイデアが枯れない頭の作り方. CCC メディアハウス, 2014

教師なし形態素解析器NPYLMの少数言語への適用に関する一考察

A study on the application of unsupervised morphological analyzer NPYLM to minority languages

○ 松下　真也,　　村瀬　亮太朗,　　高瀬　治彦,　　北　英彦
○ Shinya Matsushita,　Ryotaro Murase,　Haruhiko Takase,　Hidehiko Kita
三重大学
Mie University

1　はじめに

少数言語とは，使用者が少ない言語である．こうした言語は近い将来に消滅が危惧されることから，言語学者らによって保護活動が行われている [1][2]．保護活動の一つに「少数言語の耳を頼りにした書き起こし」という手作業が，言語学者らによって進められている．この手作業における，書き起こされた発話情報（音声）を単語単位に分割するというタスクに注目する．本研究ではこの単語分割をコンピュータによってサポートする．ここでの単語分割は形態素解析という技術に相当するが，こうした技術で必要な辞書を少数言語は持ち合わせないことから，本研究では教師なし形態素解析器 NPYLM (Nasted Pitman-Yor Language Model) に注目する [3]．しかし，NPYLM は大量の学習データが前提となっており，学習データ量が零細な少数言語にそのまま適用することは困難である．本研究では，少数言語における NPYLM の分割精度向上を目的として，改善手法「置き換え」を提案すると共に，置き換え対象について簡単な実験を通じて検討する．

2　少数言語を対象としたNPYLMの改良

ここでは，学習データ量の不足を前提とした NPYLM の課題と「置き換え」について説明する．

2.1　少数言語における NPYLM の課題

NPYLM は統計的な手法であり，高精度な分割結果を得るためには 100 万文字程度（50 文字/文）のテキストデータを必要とする．本研究で扱う少数言語は，1 万文字程度のテキストデータであり，十分に少ない．

予備実験として，この少数言語から NPYLM を構築し単語分割を実施した．その結果，細かすぎる分割（1 文字ごとの分割）や想定外に繋がってしまう部分が存在した．ここで，NPYLM は文と単語を同時に学習するような言語モデルである．上記のような結果が出力される要因としては，学習データ量が少ないことに起因して，単語分割に有用な水準で単語が学習されていないと考えられる．したがって，少数言語に NPYLM を適用するにあたって，少ない学習データからでも効率的に単語を学習するような改良が必要と考えられる．

2.2　改良手法：「置き換え」

前章において，細かすぎる分割を確認した．こうした分割は NPYLM の分割精度に悪影響を及ぼすと考えられるが，NPYLM に正しい記号列という情報は含まれていない．あくまで事前知識と照らし合わせた時のみ，細かすぎるという認識が可能である．少数言語の事前知識は存在しないことから，本研究では細かすぎる分割結果を許容する．

想定外に繋がってしまう部分には改良の余地がある．例えば「きょうはいいてんきだ」は，正しくは「きょう/は/いい/てんき/だ」と分割される．しかし，学習データ量が零細では「きょ/う/は/い/いてんきだ」のように誤って分割される．ここで,「いてんきだ」のような想定外に繋がってしまう記号列に注目すると,「てんき」の前後に余分な「い」と「だ」が繋がっている．仮に「てんき」を別記号（①や A など）に置き換え後を学習データに用いれば，余分に繋がる可能性を事前に排除できる．同時に，ある記号列における正しく繋がる確率が相対的に向上する可能性がある．

3　課題：置き換え対象の選定基準

前章で示した「置き換え」において，正しい記号列を利用することが前提となってしまう．あらゆる少数言語への適用においては，少数言語が日本語や英語のように体系化（語彙や文法が整理済み）されておらず，正しい記号列の特定・抽出が困難である．

NPYLM を適用した結果から，正しい記号列を近似的に得られるかを検討する．現状で得られる情報を整理する．NPYLM の適用結果では，教師なしで区切り文字が挿入されたテキストが出力される．区切り文字を境界に存在する記号列を単語とするならば，単語数，単語長，各単語の出現頻度が得られる．さしあたって，これら三つの情報から置き換え対象を検討する．

4　実験

少数言語における NPYLM の分割性能を向上させるため，以下 2 つの実験から「置き換え」効果を検証する．実験に用いた言語は日本語であり，Wikipedia から余分な記号を除いて抽出した．その後形態素解析器 MeCab を用

表 1: 実験結果

実験-条件		再現率	置き換え数
置き換えなし		0.84	0
1-1	頻度 70 以上	0.88	1592
1-2	単語長 10 以上	0.87	14
2-1	頻度 100 以上	0.65	3893
2-2	単語長 10 以上	0.55	7

いてカナ文字に変換し，53,255 文字からなる日本語（カナ文字）を学習データとした．評価のための正解分割箇所は，カナ変換前のテキストを MeCab によって分割したものである．実際の少数言語への適用を見据えると,「切れるべき箇所が切れているか」が重要であるため，分割性能を再現率から評価する．

実験 1 MeCab による正しい単語を置き換えたものを学習データとして，再度単語分割する

実験 2 NPYLM による単語を置き換えたものを学習データとして，再度単語分割する．

条件 1：出現頻度の高い 2 文字以上の単語を置き換える
2：単語長の長い単語を置き換える（10 文字以上）

4.1 実験結果

実験結果を表 1 に示す．実験 1 では値が共に向上し，分割性能が向上したと考えられる．同様にして，実験 2 では分割性能が著しく低下していると考えられる．正しい記号列を置き換えるべきことが分かったが，頻度重視や単語長重視といった極端な条件では，正しい記号列を NPYLM の適用結果のみから置き換えることはできなかった．

表 1 より，実験 1 における置き換え数は，頻度が 1592 個，単語長が 14 個である．ここで，置き換え数 1 個あたりの再現率の上昇率は単語長の方が大きいことから，単語長に基づいた置き換えの方が効率的であると考えられる．ただし，実験 1 は正しい記号列が置き換えられていることから,「正しくかつ長い記号列の置き換え」と言い換えられる．しかしながら，実験 2 のように NPYLM の適用結果のみから,「正しくかつ長い記号列」を抽出することは現実的ではない．実際，実験 2 の単語長を重視した置き換えが，最も低い再現率を出力している．この要因は，誤った長い単語が NPYLM の適用結果に存在することであり，そうした語を置き換えてしまうと，再学習しようとも改善の余地がなくなる．

5 まとめと今後

少数言語の単語分割というタスクにおいて，教師なし形態素解析器 NPYLM の適用方法を検討した．適用にあたり，少数言語は学習データが零細であるという特徴を持っており，従来の NPYLM ではこの特徴を考慮していない．そこで，本研究では「置き換え」という改良手法を提案し，置き換え対象についても検討した．実験では，少数言語における NPYLM の分割性能を向上を目指し，4 つの実験を通じて「置き換え」効果を検証した．その結果，正しいかつ長い単語を置き換えることで，NPYLM の性能が効率的に向上することが分かった．

今後は「置き換えるべき語」の現実的な選定方法について，引き続き検討する．

参考文献

[1] Krauss, Michael, “The world’s Language in crisis,” Language Volume 68, Number 1, 1992, pp.4-10.

[2] Christopher Moseley, “UNESCO Atlas of the World’s Languages in Danger,” UNESCO, 2010.

[3] Daichi Mochihashi, Takeshi Yamada, and Naonori Ueda, “Bayesian unsupervised word segmentation with nested pitman-yor language modeling,” In Proc. of ACL-IJCNLP 2009, pp.100-108.

連絡先
松下 真也
E-mail: 420d052@m.mie-u.ac.jp

日本人の名前の男女クラス分類

○梅村　友槙，　中村　剛士
中部大学

1. はじめに

我々の最終目的は，音象徴の全容解明である．音象徴とは，音そのものがある特定のイメージを喚起する事象のことである[1]．音象徴は，主に言語学・音声学・心理学・認知科学等の分野で研究がされてきた．我々は，音象徴を工学的アプローチによって定量的に解明することを目指す．

本研究では，音象徴全容解明をボトムアップに進める．すなわち，音象徴を持つ可能性のある事例を多数収集し，それらの持つ特徴を発見する．その後，得られた特徴から音象徴の規則性を一般化することを試みる．本稿では，音象徴を持つ可能性のある事例の一つとして，日本人の名前を採用した．我々は，日本人の名前が男女によって異なることに着目し，名前には男女の印象を与える音象徴が存在するのではないかと考えた．そこで，名前における男女の違いについて分析を試み，一音象徴事例の特徴を明らかにしたいと考えている．

本研究では，機械学習を用いた分類器によって，音象徴の分析を行う．機械学習によって，音響特徴量によって表された名前を男性名クラスと女性名クラスに分類できるならば，男女の名前の間で何らかの音響的な違いがあることが期待できる．また，その特徴が男女を識別しうる印象を与えている可能性があると考える．本稿の目的は，分類器の分類結果に基づいて，男女の名前を識別する音響的な特徴を発見することである．また，その特徴に基づいて，名前が音象徴を持つ可能性について議論する．

2. 日本人の名前のデータセット

名前のデータセットは，明治安田生命が公表している名前ランキングの読み方ランキングに記載の名前を採用した[2]．2004～2020 年の上位 50 位の名前の内，男女両方でランクインした名前を除いた男性名 112 個，女性名 109 個，合計 221 個をデータセットとした．

3. 実験

名前の各データを機械学習によって分類する実験を行った．実験では，図 1 に示すとおり，名前を音響特徴量の一つである MFCC(メル周波数ケプストラム係数)に変換して入力した．分類器には CNN(Convolutional Neural Network)を採用した．出力は，男性名と女性名の 2 クラスである．実験では，Leave one out 法で学習・評価を行った．

また，機械学習による分類の比較対象として，人間の主観による男性名と女性名の 2 クラス分類実験をアンケートとして実施した．今回，9 名の実験協力者から回答を得た．主観実験における男女クラスの判定は，過半数の票が集まったクラスを全体の回答としてまとめた．

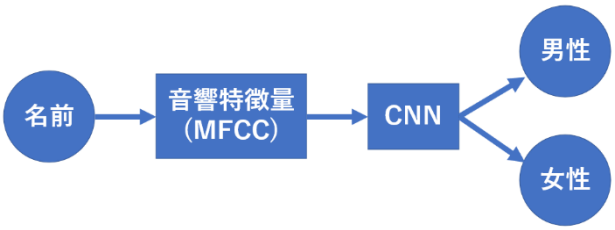


図 1:機械学習による名前のクラス分類

4. 実験結果

機械学習による分類結果を表 1 に，人間の主観による分類結果を表 2 に示す．

表 1:機械学習による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	83	29	112
	女性名	26	83	109
計		109	112	221
正解率				0.751

表 2:人間の主観による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	106	6	112
	女性名	0	109	109
計		106	115	221
正解率				0.973

表 1 の実験結果から，機械学習による分類においても正解率 0.751 となっており，音響特徴量によって一定の分類が可能なことが分かる．表 2 に示す人間の主観による実験結果と比較すると，機械学習による分類は正解率が低い．これは，人間が名前に関する前提知識を持っていることによる差異ではないかと思われる．表 1 に示す実験結果は，日本人の名前には，男女の違いを識別しうる音響的な特徴が存在することを示唆しているのではないかと考える．

5. 考察

分類結果について，特定のモーラを含む名前に注目し，音象徴の分析を行った．表 3，表 4 に示すように「ト」を含む名前 29 個のうち，27 個が男性名であり，分類結果でも機械学習で 25 個，人間の主観では 26 個が男性に分類されている．また，表 5，表 6 に示すように「ナ」を含む名前は 34 個のうち 30 個が女性名であり，分類結果でも機械学習で 23 個，人間の主観では 30 個全てが女性に分類されている．以上のことから，「ト」には男性的な音象徴が，「ナ」には女性的な印象を与える音象徴がある可能性があるのではないかと考える．

他方，分類結果について，モーラ数に関する分析を行った．図 2 はモーラ数とそのモーラ数を持つ名前の総数を示す．女性名には 2 モーラと 3 モーラの名前しかなく，モーラ数が少ないほど女性名の割合が大きくなる傾向がある．図 3 は各モーラ数を持つ名前が女性名に分類された比率を示す．機械学習，人間のどちらの分類においても，モーラ数が少ない程女性に分類される比率が高いことが分かる．このことは，モーラ数が少ないほど女性的な名前であり，モーラ数が多いほど男性的な名前であることを示唆している．このことから，モーラ長が男女の印象の違いを与える音象徴に関連している可能性があるのではないかと考える．

表 3:「ト」を含む名前を対象とした機械学習による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	24	3	27
	女性名	1	1	2
計		25	4	29
正解率				0.862

表 4:「ト」を含む名前を対象とした人間の主観による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	26	1	27
	女性名	0	2	2
計		26	3	29
正解率				0.966

表 5:「ナ」を含む名前を対象とした機械学習による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	4	0	4
	女性名	7	23	30
計		11	23	34
正解率				0.794

表 6:「ナ」を含む名前を対象とした人間の主観による分類結果

		予測		計
		男性名	女性名	
真値	男性名	4	0	4
	女性名	0	30	30
計		4	30	34
正解率				1.000

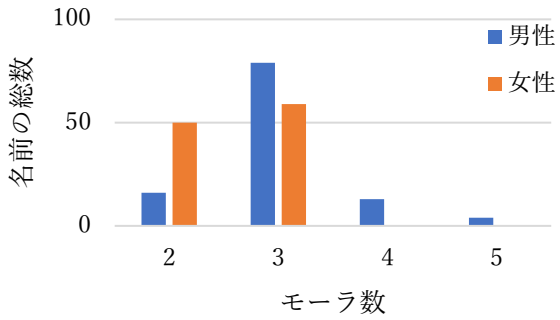


図 2:各モーラ数を持つ名前の総数

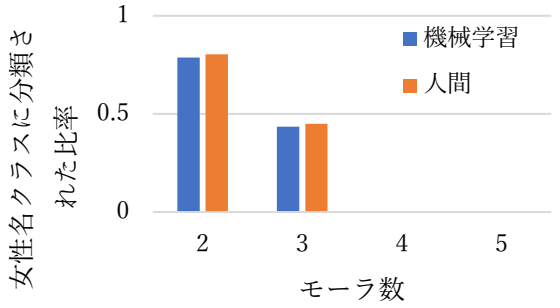


図 3: 各モーラ数を持つ名前が女性名クラスに分類された比率

6. おわりに

本研究では，音象徴を持つ可能性がある事例として，日本人の名前に着目した．とくに，名前には男女の印象を与える音象徴が存在するのではないかと考え，機械学習による分類実験を実施し，その結果に基づいて分析を行った．分析の結果，男性名には「ト」，女性名には「ナ」のモーラを持つ特徴が発見された．また，モーラ数が男性名・女性名で異なる傾向があることも分かった．今回の分析は，男性名・女性名に音響的な特徴があることを示唆するものではあるが，現段階でこれらの特徴が音象徴を示すか否かについては明らかになっていない．

今後は，今回発見した男女名の音響的特徴が音象徴に関連しているのか否かについて明らかにしたいと考えている．そのために，多数の日本語話者による主観実験を実施し，音象徴の有無について調査する予定である．また，今回発見した音響的特徴以外にも音象徴に関連した特徴が存在する可能性は否定できない．さらなる分析を続け，日本人の名前の持つ音象徴について明らかにしたいと考えている．

参考文献

[1] 丹野眞智俊. "日本語音韻における音象徴の存在." (2003): 1-10.
[2] "明治安田生命名前ランキング." (2021): https://www.meijiyasuda.co.jp/sp/enjoy/ranking/index.html

連絡先

中部大学工学部情報工学科　梅村友槙
ep19019-3980@sti.chubu.ac.jp

神名の音象徴に関する調査

○清水　郁[1]，中村　剛士[1]
[1]中部大学

キーワード:　音象徴，音響特徴，機械学習，クラス分類

１．はじめに

特定の音が特定のイメージを喚起する事象は音象徴と呼ばれる[1]．例えば「わんわん」,「メーメー」といった生き物が発する音を元にした擬声語や,「ザーザー」,「ドカン」のような無生物が発する音を元にした擬音語などが音象徴をもつ．また，音象徴は言語学，心理学，音声学等で多数の研究がされているテーマの一つであり，Sapir [6] の報告によれば，徒を中心とする 500 名を被験者とし実験した結果，/a/と/i/の組み合わせの刺激音において 75%から 96%が/a/のほうが「大きい」と答えたとされる．その他に，Ohara[4,5]によって，高周波の子音は小さいもの，鋭いもの，すばやい動きを表し，低周波の子音は大きなもの，柔らかさ，鈍重な動きを表すことが報告されている．

これまで音象徴に関して様々な報告がされているが，現状においても未解明な部分が多い．我々の最終目的は音象徴の全容解明である．音象徴の全容解明のために,音象徴を持つと思われる事例を収集し，多くの事例群からボトムアップに音象徴の全容解明を目指す．

本研究では,“神名”に焦点を当て神々の名前において日本的な音象徴の有無とその規則性について調査を行った．調査にあたっては，神名を音響特徴量で表し，機械学習による“日本的”か“外国的(非日本的)”の 2 クラス分類を行った．これによって，神名の音響的な特徴による分類の可否を示す．また，その分類結果に基づいた分析結果として，神の名前が持つ音象徴についての可能性として，いくつかの仮説を示す．

表１　日本の神名の一例

ア行が語頭の神名	カ行が語頭の神名
アオヌマヌオシヒメ	カナヤマヒメ
アカルヒメ	カムオオイチヒメ
アキビメ	カムヤタテヒメ
アクトビメ	カモタマヨリヒメ
アタヒメ	カヤノヒメ
アネクラヒメ	カナヤマヒコ
アマシルカミヅヒメ	キサガイヒメ
アマノタナバタヒメ	キサカヒメ
アメノサデヨリヒメ	ククリヒメ
アメノミツタマテルヒメ	クシナダヒメ
イコマツヒメ	コノハナチルヒメ
イチキシマヒメ	コノハナノサクヤビメ

２．神名について

表 1，表 2 は神名の一例である．表 1 にある日本の神名の多くが名前の最後に“ヒメ”,“ビメ”とつく名前が多いことが分かる．また，表 2 のローマ神話の神名には名前の最後に“ス”が付く名前が多いことが分かる．このように，国によって名づけに特徴があるのではないかと思われる．神名は，その国の言語的特徴が反映されている可能性があり，そのため，音象徴性を強く持つことが期待される．

表２　外国(非日本)の神名の一例

ローマ神話の神名	ギリシア神話の神名
ウーラヌス	アスクレーピオス
ウーラノス	アストライオス
ウゥルカーヌス	アトロポス
ウェヌス	アルテミス
カイルス	アレース
ケレース	イーアペトス
サートゥルヌス	イーリス
ネプトゥーヌス	ウーラノス
バックス	エウロス
プルートゥス	エーオース
プルートス	エリーニュス

そこで，我々は，各国の神名を音象徴事例の一つとして仮定して収集を行った．収集した神名のデータセットは,日本の神名を 389 個,外国の神名を 291 個の合計 680 個である．収集においては, Wikipedia の記事（「神の一覧」）[2]を参考にした．ここでは，これらの神名の持つ音象徴として,“日本的”か“外国的(非日本的)”の 2 クラス分類について注目し調査を行った．

３．実験方法

神名を音響特徴量（MFCC）に変換し，Leave-1-out 法を用いたクラス分類を行った(図 1 参照)．分類器は CNN によって構成した．この分類器は，入力された神名に対して“日本”か“外国”のいずれかのクラスを出力する．

なお，音声合成器での処理の都合上，14 文字以上で構成される神名は，今回のデータセットに含めていない．また，すべてカタカナ表記にし,“・”,“＝”が含まれている名前は“・”,“＝”を消去した上で,MFCC に変換して分類を行った．

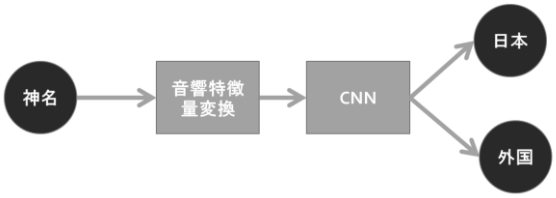


図１　神名のクラス分類

４．実験結果と特徴分析

分類実験を行った結果を表 3 に示す.分類の結果，正解率は約 88%，F1 値は約 86%であった．このことから，音響特徴量によって，神名をある程度分類可能であることが分かった．音響的な分類の可能性が示されたことから，実験で得られた分類結果に基づき，各クラスの特徴について調査した.

表 3　分類結果

	真値(外国)	真値(日本)	合計
予想クラス(外国)	249	39	288
予想クラス(日本)	42	350	392
合計	291	389	680

特徴分析として，まず，神名を構成する文字数に焦点を当てた．表 4 は，外国と日本それぞれの全データの平均文字数と分類実験の正解データの平均文字数の平均と不正解データの平均文字数を算出した結果である．全データ平均文字数と平均正解文字数は日本のほうが多いのに対し，平均不正解文字数は日本のほうが外国より少ないことが分かる.

表 4　神名の平均文字数

	外国	日本
平均文字数(全データ)	4.62	6.03
平均正解文字数(分類実験の正解データ)	4.48	6.16
平均不正解文字数(分類実験の不正解データ)	5.43	4.13

次に，日本と外国の神名において，語頭に多く使用された文字について使用率と分類実験の正解率を調査した（表５参照）．表 5 から，日本と外国どちらも語頭に“ア”が使用される割合が高いことが分かる．また，正解率は日本の“エ”を除きどれも正解率が高いことが分かる.

表 5　多く使用された語頭の正解率

語頭	使用率			正解率		
	全体	外国	日本	全体	外国	日本
ア	20.9%	15.8%	24.7%	83.1%	67.4%	90.6%
イ	5.7%	2.7%	8.0%	89.7%	87.5%	90.3%
ウ	2.9%	3.8%	2.3%	95.0%	100.0%	88.9%
ヴ	1.0%	2.4%	0.0%	100.0%	100.0%	
エ	2.2%	4.8%	0.3%	93.3%	100.0%	0.0%
オ	6.2%	1.7%	9.5%	92.9%	80.0%	94.6%

さらに，神名の語尾で多く使われていた文字について調査した．表 6 より，日本の神名で語尾によく使われていた文字は“メ”，“ミ”，“チ”であり，正解率も約 100%であった．また，さらにデータを詳しく見ると，語尾に「ヒメ」，「カミ」，「ヅチ」などといった特定のフレーズが付く名前が多いことが分かった．外国の最後の文字によく使われていた文字は表 7 より，“ス”，“—(長音)”，“ト”であった．これらの文字も全体的に約 80%以上と正解率は高く，それに対し日本は 50%や 66%と低いことが分かった.

表 6　日本の神名で多く使用された語尾を持つ神名の正解率

語尾	使用率			正解率		
	全体	外国	日本	全体	外国	日本
メ	11.8%	0.0%	20.6%	98.8%		98.8%
ミ	6.8%	0.3%	11.6%	100.0%	100.0%	100.0%
チ	5.7%	0.0%	10.0%	100.0%		100.0%

表 7　外国の神名で多く使用された語尾を持つ神名の正解率

語尾	使用率			正解率		
	全体	外国	日本	全体	外国	日本
ス	11.2%	25.4%	0.5%	94.7%	95.9%	50.0%
ー	6.5%	15.1%	0.0%	79.5%	79.5%	
ト	5.1%	10.0%	1.5%	85.7%	89.7%	66.7%

５．考察

分類実験の結果，日本と外国では神名のつけ方に違いがあることが分かった．表 4 より，名前の文字数によって日本に分類されるか外国に分類されるかどうかが変わり，文字数が多いほうが日本に分類されたため，文字数が多いと日本的な印象を与える名前になる可能性があると考えられる.

また，語頭文字についての分析では，表 5 より，日本と外国の神名で使用率や正解率に目立つ差はなかった．そのため，語頭文字は今回注目したクラス分類に関する音象徴には関係しないのではないかと考えられる.

さらに，語尾の文字を分析した結果，表 6，表 7 に示すとおり，日本と外国の神名において使われる文字に偏りがあり，各正解率も高かった．このことから，語尾に使う文字によって日本的な印象を与える名前になる可能性があると考察する．また，語尾に使われる文字には，日本と外国の間で大きく偏りがあった．これは日本独自の歴史や文化が名づけに影響しているなどの理由が考えられるが，今後のさらなる調査が必要である.

６.さいごに

本研究では，神名を音象徴事例として仮定し，日本的または外国的の 2 クラス分類の音象徴について調査した．機械学習による実験の結果，日本と外国で神名を音響特徴量である程度分類可能であることが分かった．このことは，日本的または外国的な印象を与える音象徴が存在する可能性を示唆するものであると考える．また，分類実験の結果を分析した結果，今回の音象徴に関連するいくつかの仮説を示すことができた.

今後は，今回得られた仮説について検証を行う予定である．また，日本やその他の国の名づけの仕方についての文献調査を行い，神名の音象徴を解明したいと考えている.

参考文献

[1]https://ja.wikipedia.org/wiki/音象徴
[2]https://ja.wikipedia.org/wiki/神の一覧
[3] Jakobson, Roman (1978) Six lectures on sound and meaning. Cambridge: MIT Press.
[4] Ohala, John J. (1983) “The origin of sound patterns in vocal tract constraints.” In Peter MacNeilage (ed.) The production of speech, 189-216. New York: Springer-Verlag.
[5] Ohala, John J. (1994) “The frequency code underlies the sound symbolic use of voice pitch.” In Leane Hinton, Johanna Nichols and John J. Ohala (eds.) Sound symbolism, 325–347. Cambridge: Cambridge University Press.
[6] Sapir, Edward (1929) “A study in phonetic symbolism.” Journal of experimental psychology 12.3, 225-239.

連絡先

中部大学工学部情報工学科　清水郁
E-mail: ep19053-3707@sti.chubu.ac.jp

親しみやすく愚痴を聴く対話システムの開発

Development of an interactive system that listens friendly to complaints

◯ [1] 坪井　開,　　[1] 森田　賢太

◯ [1]Kai TSUBOI,　[1]Kenta MORITA

[1] 鈴鹿医療科学大学

[1]Suzuka University of Medical Science

Abstract: In this study, the purpose was to develop an interactive system for listening to complaints. The proposed interactive system retains user identification and conversation content. The proposed system gives back-channel feedback or repeats what a user says. We confirmed the effectiveness of the proposed system by questionnaire. As a result, We confirmed that the proposed system listens friendly to complaints like friends.

1　はじめに

日常生活を送っていく中で，人間は何らかの要因によりストレスがたまる．そのストレスを発散するために，人間は他人にストレスの原因を愚痴として話す．

人間は，愚痴を聴いてもらうことにより，気持ちが楽になる．しかし，だれもが気軽に他人に愚痴を聴いてもらえるわけではない．例えば，一人暮らしなど、話し相手が身近にいない場合は愚痴を聴いてもらうことは難しい．

愚痴などを聴いてもらう相手がいない場合，対話システムなどの機械に話を聴いてもらうことで，その問題を解決することができる．対話システムには種類があり，AIりんな [1]，SELF[2] などのチャットを用いた対話システムや，音声を用いた対話システム [3] がある．対話システムは主にこの２種類がある．

ロボットと音声を用いて会話をすることで気分の改善が認められことが分かっている [4]．しかし，機械の場合は親しみやすさなどが無く，気軽に愚痴を話しづらいなどの問題がある．齋藤らの調査によると，愚痴を言う相手は，友達など親しみを持った身近な相手を対象とすることが多い [5]．

本研究では，親しみやすく，気軽に話せるような対話システムの開発を目的とする．対話システムの返答ルールを人間の応答に近いようにすることで，使用者に愚痴を話して気持ちが楽になってもらうことをめざす．

2　開発した対話システム

開発した対話システムは，リアルタイムで音声データから音声認識と自然言語処理を用いて会話内容を把握し、会話内容に対して提案する返答ルールに基づいて返答文を作成し、作成した返答文を合成音声で返す．親しみやすく気軽に話せる対話システムとするために，開発した対話システムは，最初にシステムがユーザーの名前を聴くことで会話ユーザーを特定し，ユーザーごとに会話内容をデータベースとして記録し，会話内容を聞き返したりすることで，友達のような人が聴いているようすを再現する．また，提案している独自の返答ルールでは，ユーザーの発話に対して相づちやオウム返しでの返答を行い，人が愚痴を聴いているようすを再現する．発話後の相づちやオウム返しは，システムに入力された発話内容が出来事であるかによって決まる．図１は，開発した対話システムの処理の流れを示している．会話の内容が出来事の場合には，判定された出来事と保持されている出来事を照らし合わせそれに応じた返答をする．また，会話の内容の出来事が保存されてない場合は，データベースにその内容を保存する．会話の内容が出来事ではない場合には，相づちを返す．

出来事の判定は，自然言語処理を用いて行う.「今日」や「最近」などの時間を表す言葉と過去形の語尾である「タ形」の言葉が共に会った場合，出来事と判定する．例えば、「最近友達と喧嘩したんだ」という音声データがシステムに与えられた場合，自然言語処理により,「最近」という時間を表す語と「した」という過去形の語が抽出され，出来事と判定される．

3　実験

本システムの有効性を確認するために，５人を対象に使用実験を行なった．実験は，各被検者に本システムに約３分程度の愚痴を話してもらい，アンケートを記入してもらった．アンケートでは，話した後の気持ちの変化，親しみやすさ，使いやすさの３つを回答してもらった．

図２は，話した後の気持ちの変化についてのアンケート結果である．実験に協力した４人の方が「愚痴を話してみて，気持ちが楽になったか」という質問に対して満足，やや満足と回答した．このことから愚痴をどんな形でも言葉にして発声することでストレスの発散につなげることができ，気持ちが楽になると分かった．

図３は，親しみやすさについてのアンケート結果である．３人の方が親しみを持てると回答した．愚痴を相づちなどで返答しながら聴く点が親しみやすさにつながっていることが分かった．しかしその他２人はロボットのような返答のため親しみは感じられないと回答した．

図４は，使いやすさについてのアンケート結果である．使いやすさについては３人の方がそう思う，ややそう思うと回答した．正確な音声認識や相づちのタイミングなど一方的に話すには使いやすいことが分かった．その他２人は話すタイミングのテンポが悪いと回答した．

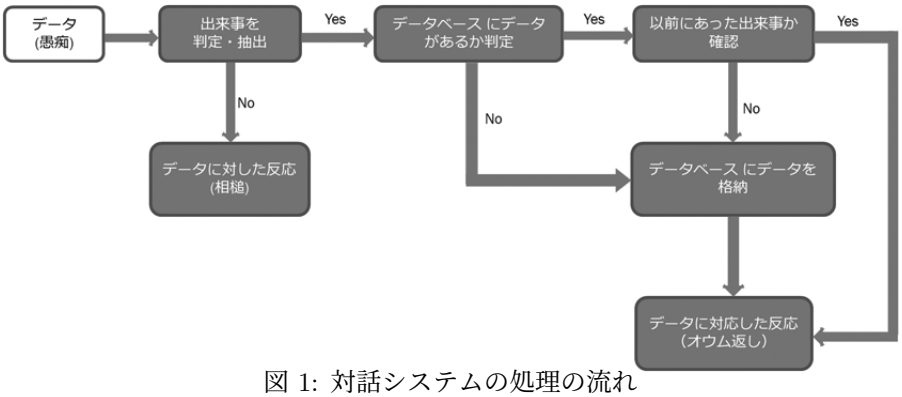


図 1: 対話システムの処理の流れ

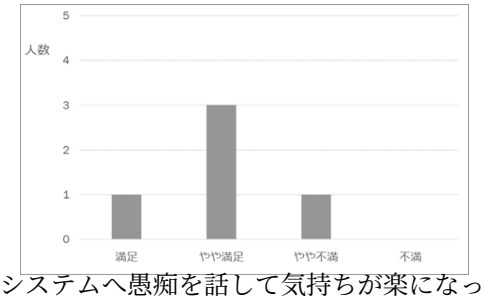


図 2: システムへ愚痴を話して気持ちが楽になったか？

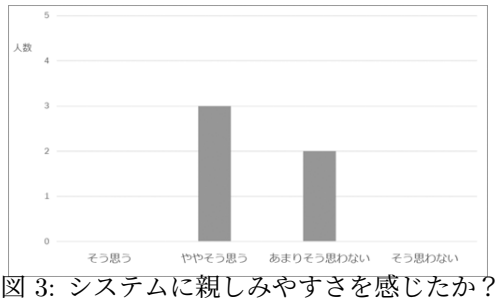


図 3: システムに親しみやすさを感じたか？

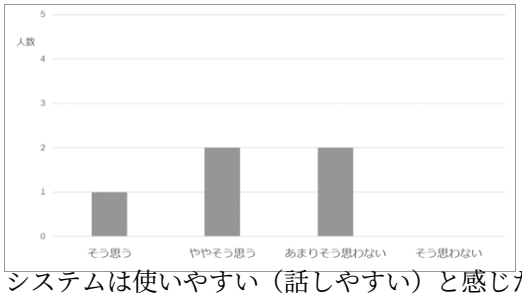


図 4: システムは使いやすい（話しやすい）と感じたか？

以上の結果と考察から，親しみやすく，気軽に話せる対話システムの開発ができたと考える．

4 おわりに

本研究では音声認識や自然言語処理を用いて，ユーザーの話す愚痴を認識し，相づちなどを返答するシステムの開発を行った．簡易的な実験を行い，被検者のアンケート結果から本システムの有効性を確認した．今後の課題として，返答時のロボットのような発音や話し始めと返答のタイミングが挙げられる．この課題を解決することでより親しみを持ち，話しやすくなると考える．

参考文献

[1] rinna 株式会社.「りんな」 https://www.rinna.jp/, （参照 2022-2-7）

[2] SELF 株式会社.「SELF AI （セルフ）—人工知能 AI と会話できるアプリ：SELF（セルフ） 」 https://self.software/. （参照 2022 2-2-7）

[3] 下岡 和也, 徳久 良子, 吉村 貴克, 星野 博之, 渡部 生聖: 音声対話ロボットのための傾聴システムの開発, 自然言語処理, Vol. 24, No. 1, pp. 3-47, 2017

[4] 齋藤 智子, 椎塚 久雄: 人間とロボットの感性コミュニケーションについて, 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集 第 23 回ファジィ システム シンポジウム, pp. 158-161, 2007

[5] 齋藤 智子, 椎塚 久雄: コミュニケーションロボットによる会話効果とその要因について, 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集 第 24 回ファジィ システム シンポジウム, pp. 326-327, 2008

複数魚眼カメラによる全周画像合成のための カメラ相対位置関係の推定

Estimatation of the camera relative position relations for spherical image synthesis with fisheye cameras

◯ 田中 啓太, 三浦 唯広, 福井 皐河, 矢野 良和
◯ Keita Tanaka, Tadahiro Miura, Koga Fukui, Yoshikazu Yano
愛知工業大学
Aichi Institute of Technology

1 研究背景

近年、免許返納による高齢者の移動支援や過疎地域の移動手段として、自動車の自動運転実用化が進められている。一方で不整地や住宅地周辺の環境など自動運転の適用が困難な領域においては、遠隔運転による人間の介在が期待される。また遠隔運転は自動車以外にも遠隔地で作業する大型ロボットなどにも広く利用される。

遠隔運転では遠隔にいる操作者が車両周辺をはじめとした車両全周の映像を見て運転を行う。全周映像の撮影には全周パノラマ映像を撮影できるカメラユニットが利用される。全方位が見渡せる車両ルーフにカメラユニットを設置し、全周画像を提供する。しかし、映像の下部にルーフなど車体自身が映り、車両周辺の近距離領域が死角となる。複数カメラを取り付け、それぞれの映像を確認する方法なども使われるが、個別の映像情報から実際の車両周辺の状況を直感的には理解できない。

そこで本研究では、車両の前後左右に複数の魚眼カメラを設置し、撮影した 4 方向の画像を統合して死角のない全周映像の取得を試みる。

2 複数カメラ画像による全周合成

180 度視野を持つ魚眼レンズカメラを用いると全天球面の半分の領域を撮影でき、前後の半球面映像を合成することで全天球面の画像にできる。自動車など大型の移動体に対し、近傍や全周を死角なく映像で確認するため、移動体の前後左右に魚眼レンズカメラを設置する。各カメラ画像をそれぞれを経緯度画像に変換し、適切に統合できれば天地前後左右を確認できる全周画像が生成できる。画像合成には各カメラごとに調整すべきレンズ歪みなどの内部パラメータやカメラ間の相互位置情報などの外部パラメータが必要となる。

魚眼画像は光軸中心からの方向に基づき撮像される。光軸を中心とした方位角と、光軸とで成す仰角により座標表現される。この仰角については様々な投影モデルがあるが、安価な民生カメラのレンズでは投影モデルが反映されない製品が多く、計測として使う場合はレンズ歪みとして不具合となる。これらカメラレンズごとの特性を内部パラメータと呼び、パラメータを推定しレンズ歪みを解消する必要がある。このレンズ歪み修正については 2.1 にて説明する。

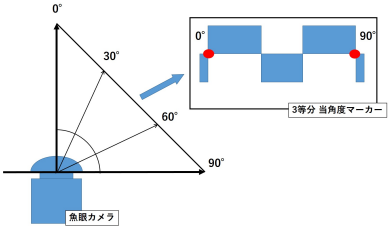


図 1: 等角度マーカーの概要

外部パラメータの推定においては、画像連結する際の合成位置に大きく影響する。カメラ間距離が離れると撮影対象への位置関係が同一にならず、撮影方向に差が生じる。画像上では対象物体がそれぞれで異なる撮像位置に投影され、カメラごとの画像を比較すると視差として確認される。視差を抑えるべく対象物体の位置で合成するとそれより遠方の領域が消失し、無限遠方が重なるように合成すると近傍物体が二重に映り込むことが知られている。対象物体の消失を避けるため、本研究では無限遠方での画像連結を試み、その合成方法を 2.2 にて詳細を説明する。

2.1 カメラキャリブレーション

VR 空間の表現に利用される全周画像は経度緯度の座標系で構成される。これら広範囲を撮影するため魚眼カメラが多用される。全周画像の経緯度に対応する情報取得が必要になるため、魚眼画像を座標変換して適切な経緯度画像を生成する。しかし、安価な民生品では魚眼レンズが座標変換に適した形状になっておらず、レンズ歪みとして不適切な位置に撮像された画像となっている。

これら歪みを簡単に推定する手法として、図 1 に示す等角度マーカーを提案する。マーカー交点を計測することで直接的にレンズの歪み量を計測する。紙面の都合、詳細については文献 [1] を参照されたい。光軸とで成す仰角方向の補正を各カメラごとに行うことで適切な方位角での投影が実現でき、経緯度画像においてもズレのない画像を得ることができる。

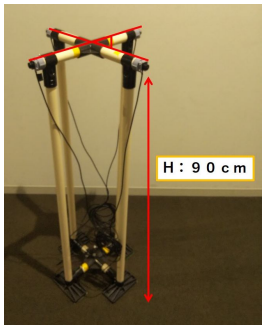


図 2: 実験装置

2.2 画像連結

外部パラメータを適切に設定しても、カメラ間の位置関係により連結合成において近傍物体は二重化や消失が生じる。本研究では無限遠方で画像連結し、全物体の背景画像として全周画像を生成する。こうすることで近傍物体が二重化する問題は残るが、画像データの消失を防ぐことができる。

外部パラメータの推定により接合位置を算出できる。一方、本研究では隣り合うカメラ間で重複して撮影できる領域をもつ。そこで重複領域から特徴点を抽出し、対応点で位置合わせをする手法の適用を試みる。重複領域には無限遠方の対象が映る状態とし、それら無限遠方の対象から特徴点を抽出して対応関係を調べる。対応関係をもとに、画像の変形を行って画像の連結を試みる。

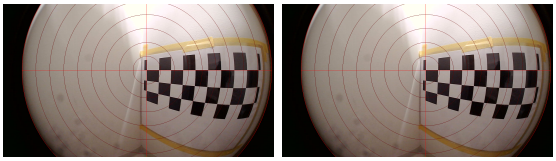
3 実験

本実験では、図 2 に示すようにカメラを設置した。この装置において、対角のカメラ間の距離は 37.4cm であり、地面から高さ 90cm にカメラ設置平面を設定した。魚眼レンズカメラとして GENIUSPY-GS-A15WDCM-1.5MM を利用した。画像は 1280 × 720 pixel の解像度で取得した。

(a) front-cam (b) right-cam

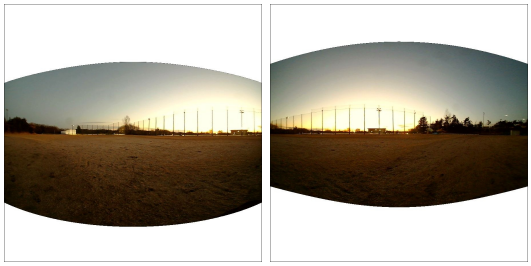
(c) back-cam (d) left-cam

図 3: 魚眼カメラでの撮像画像



(a) 補正前画像 (b) 補正後画像

図 4: 等角度マーカーによるレンズ歪みの補正



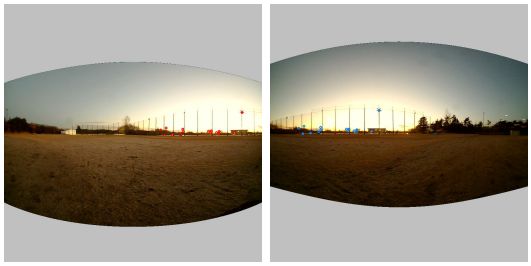
(a) front (b) right

(c) back (d) left

図 5: 生成した経緯度画像

得られる画像例を図 3 に示す。画像の左右には黒く外光が投影されない領域が確認できる。この非黒領域である円周部までが撮影視野となり、カメラの仕様から光軸から ±90 度の範囲が撮像されている。グラウンドで撮影をし、画像に映る木々は 70m 以上離れた対象物である。それぞれ前後左右の画像となっており、隣り合う画像どうしで共通する領域が写っている。90 度づつ方向を変えて撮影しているため、無限遠方で 90 度の範囲が重複しているとみなせる。なお、上下部分においては撮像センサー外に投影されている部分があるため、このレンズでは上下に死角が生じている。

この魚眼画像は歪みを持っているため補正を行った。ここでは歪みが補正された様子のみを図 4 に示す。経緯度の展開には中心からの距離が中心からの角度に相当する等距離投影方式の画像が必要となる。中心から 10 度間隔になるよう同心円を描いた画像で検証すると、補正前は横軸と同心円との交点位置にマーカーが現れていないことがわかる。それに対し、提案する補正手法により同心



(a) front (b) right

図 6: 経緯度画像の重複領域内での対応特徴点

円上にマーカーの交点が現れることがわかる。

図 3 の画像に各カメラごとのレンズ歪み補正を適用し、経緯度画像にしたものを図 5 に示す。画像を取り囲む正方形の枠が画像境界を示す。この画像は横方向に経度、縦方向に緯度を示しており、中心から上下左右に ±90 度の範囲を示している。上下の白領域は魚眼画像の切れた上下部分に相当している。レンズ歪みを補正してあるため、重複領域においては適した方位 (経度) に対応する物体が現れることが確認できる。

経緯度画像の解像度は 900x900 pixel とした。1 pixel が 0.2 度に相当する。隣接カメラ間の距離が 26.4cm であるため、三角測量で計測できる最大距離 (無限遠方) は 80m 程度となる。撮影に用いているグラウンドの木々はほぼ無限遠方とみなせることが確認できた。

このように撮影画像に対して経緯度画像が生成できることが確認できた。これらをカメラの外部パラメータに即して連結することで、全周画像を獲得する。

3.1 特徴点に基づく射影変換による合成

対応する特徴点に基づき射影変換を行う手法について結果を述べる。まず、隣り合う 2 つのカメラ (前・右) から得られる画像の連結を試みる。

図 6 に各画像から得られる対応する特徴点を示す。これらは各画像中のすべての特徴点候補から RANSAC を用いて妥当な対応点が存在する特徴点である。それぞれ同一対象物体から適切に特徴点を得られたことが確認できる。これをもとに射影変換行列を求めて画像連結を行った結果を図 7 に示す。この合成では 2 枚の画像を同じ比率でアルファブレンドした合成結果を示している。図中に確認できるフェンスの柱が二重に写っているのは、前と右の画像においてのズレによるものである。それぞれの画像で特徴点を赤丸と青丸で表現したため、合成後の画像で紫色になっていると特徴点が重なったことを意味する。それぞれの対応点が重なり合うよう右側画像が修正され、連続的に変化する画像を得ることができた。こ

図 7: 射影変換に基づく 画像連結 (2 画像)

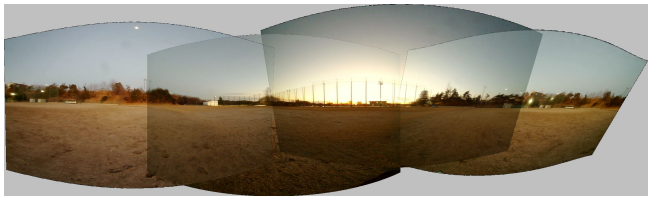


図 8: 射影変換に基づく 画像連結 (4 画像)

の方法を順に適用していき、前後左右の 4 枚の画像を合成した結果を図 8 に示す。この結果は、基準となる前方画像から連結を繰り返して得た。連結において、画像形状が射影変換されるため空間的に傾けた変形を許容していた。特徴点一致の最適を求めた結果、経緯度画像の合成としては不適切な形状変化をさせ、全周をつなぐことができない画像になってしまった。

経緯度画像は縦横が直行する経度と緯度であるべきなので、空間的な傾きを許容してはいけない。この実験では、その制限をせず変換パラメータを得たため、不適切な変形を繰り返し、最後に一周できない形状となってしまった。

3.2 光軸方向を手動補正したカメラによる結果検証

本来であればカメラの方向を補正するための変形とすべきだったため、魚眼画像に再度特徴点を投影し直して魚眼画像の補正を行う必要があった。しかし、これの実現には計算モデルを新たに用意する必要がある。

ここでは経緯度画像上の特徴点の一致で解決できる方法を検討する。空間的な傾きを行った理由はカメラの光軸方向が上下に傾いていたためであり、上下方向の傾きが解消すれば連結実験が継続できると考えた。そこで、図 9 に示すカメラ固定具を新たに作成し、カメラの光軸調整を行う。この固定具では上下左右から固定ネジにより押さえる構造となっており、取り付け位置を手動調整できる。光軸方向、つまり魚眼の中心を同一水平面に向けることで上下の傾きを解消できる。本実験では図 10 および

(a) 正面　(b) 側面　(c) 上面

図 9: カメラ固定器具

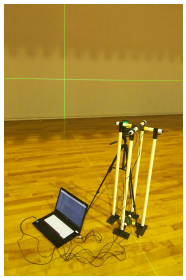
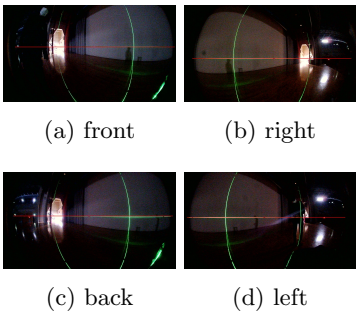


図 10: 姿勢調整の環境



(a) front　(b) right　(c) back　(d) left

図 11: 光軸調整の様子 (魚眼画像)

図 12: 合成画像

図 11 に示すように、壁面照射したレーザー光を撮影し、中心を通る X 軸と重なるようにカメラ角度を調整した。

光軸調整を行った後に同様の実験を行った。特徴点の対応点同士が重なるように画像変換を適用するが、空間的な傾き補正や経緯度の座標空間の単位角度が変化しないよう、平行移動に限定した合成を行う。経緯度画像空間での平行移動は、各カメラの左右方向の傾きおよび 90 度ずつ角度を変えて取り付けた角度分を補正させることに相当する。

合成結果を図 12 に示す。この画像は図 5 の左画像を基準にして、右側に正面画像を、さらに右側に右画像をと順に 4 枚連結した。平行移動のみに制約したため、図 5 のような元画像の形状が維持されている。連結部分について確認する。わずかに対象物の二重化が残るものの、傾きなどの不整合は確認できない事がわかる。二重化のズレについては連結の部分ごとに発生の有無が異なる。それぞれのカメラでのレンズ歪み補正に不具合があると、左右への伸長に影響を及ぼし、ズレ量からもレンズ歪みの影響によるものと推察される。一方で、このズレ量をもとに互いに一致するようカメラ間での情報で歪み補正する方法が期待できる。今後は、こうしたズレ量を基にレンズ歪みの解消を試み、無限遠方での全周画像の高精度連結を実現する。

4　まとめ

本研究では、無限遠方の物体によりカメラの相対位置関係の推定し、画像の連結統合を行った。カメラの上下方向の傾き補正をさせない拘束を入れることで、わずかに誤差があるものの期待された全周画像が得られた。手法の有用性が示せたことから、今後は魚眼画像上でのキャリブレーションを実装し、すべてのパラメータ推定を行う。また、二重化を前提とした近傍物体の適切な再描画法を検討する。

参考文献

[1] Koga Fukui, Yoshikazu Yano, “Validation of Calibration Method for Fish-eye Lens using Equiangular Markers -Aiming for Remote Car Driving-”, Proc. IEEE 10th Global Conference on Consumer Electronics, 2021.

連絡先
愛知工業大学 工学部 電気学科 電子情報工学専攻
E-mail: k_tanaka@hmi.aitech.ac.jp

段階的に前件部を縮小する逐次法によるファジィモデリング

A Fuzzy Modelling with Iterative Mechanism with Stepwise Narrowing of Zenkenbu

◯ [1] 張　瑞叡,　　[1] 西野　順二

◯ [1]Zhang Ruirui,　　[1]Nishino Junji

[1] 電気通信大学

[1]The University of Electro-Communications

Abstract: In this paper, we improve the iterative rule generation mechanism for fuzzy modelling. First we develop an antecedent narrowing algorithm to get a more accurate model. And next, we also introduce a random sampling method to obtain errors of each candidate models to make modelling faster. According to the results of simulations, these methods work effective enough.

1　はじめに

本研究の目的は大規模データを対象として逐次的にルールを生成するファジィモデリングの改良である。ニューラルネットワークを用いたAIは学習結果を人間が理解することが難しい。ファジィ理論に基づくファジィモデリングはこの問題を解消する方法のひとつである。最近のAIは大規模なデータとその学習を前提としている。しかし、ファジィ理論、特にファジィモデリングに関する研究には大規模データを扱うものが少ない。

本研究はファジィモデリングを利用したAIの作成に向けて、大規模データを扱う。逐次法によるファジィモデリング [1] について検討し、その改良を試みた。

2　ファジィモデル

ファジィモデルは入力を受けてモデル内のルールを利用して推論し、結果を出力するシステムである。ファジィモデルは複数のファジィルールによって構成される。

2.1　ファジィ集合、メンバーシップ関数

要素 x がファジィ集合 A に属する度合いを帰属度と呼び、帰属度をメンバーシップ関数 $\mu_A(x) \in [0,1]$ を用いて表す。また、本研究ではメンバーシップ関数の形を図2.1のような左右対称な三角形に設定する。このメンバーシップ関数 $\mu(x)$ を式 (1) で与える。ここで、$d = m_3 - m_2 = m_2 - m_1,\ d > 0, d \in \mathbb{R}$。本研究では図2.1と式 (1) の m_2 を前件部の中心、d を前件部の幅とする。

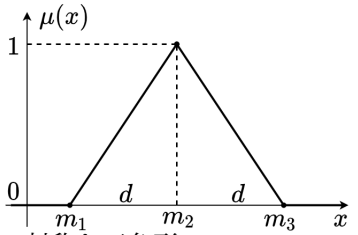


図 1: 対称な三角形のメンバーシップ関数

$$\mu(x) = \begin{cases} \dfrac{x - m_1}{d} & (m_1 < x \leq m_2) \\ 1 - \dfrac{m_3 - x}{d} & (m_2 < x < m_3) \\ 0 & (x \leq m1,\ m3 \leq x) \end{cases} \quad (1)$$

2.2　ファジィルール、ファジィ推論、ファジィモデル

「x is A」というようなファジィ集合の言語的な表現による命題はファジィ述語といい、これの真理値はメンバーシップ関数 $\mu_A(x)$ によって与える。ファジィルールは「IF...THEN...」のように記述されるファジィ述語によって構成される [2]。ファジィルールの「IF...」の部分を前件部、「THEN...」の部分を後件部という。本研究では、後件部のファジィ集合を c_k 実数一点とした簡略化ファジィ推論法を用いる。よって、ファジィルール R_k は式 (2) のようになる。式 (2) における m は R_k が扱える入力の次元数である。

$$R_k : \text{IF } \mathrm{x_k^1} \text{ is } \mathrm{A_k^1} \text{ and} \cdots \text{and } \mathrm{x_k^m} \text{ is } \mathrm{A_k^m} \text{ THEN y is } \mathrm{c_k} \quad (2)$$

ファジィルールを利用してファジィ推論ができる。入力 $\boldsymbol{x} = [x_1, x_2, \ldots, x_m]$ が与えられたとき、ファジィルール R_k（の後件部）が採択される度合いを適合度 $w_k(\boldsymbol{x})$ と呼び、式 (3) によって与える。

$$w_k(\boldsymbol{x}) = \min(\mu_{A_k^i}(x_i)) \quad (i = 1, 2, \ldots, m) \quad (3)$$

r 個のファジィルール $R_i (i = 1, \ldots, r)$ を持つファジィモデルを F として、入力 $\boldsymbol{x}$ に対して F の推論結果 $F(\boldsymbol{x})$ は式 (4) によって与える [3]。

$$F(\boldsymbol{x}) = \frac{\Sigma_{i=1}^{r} w_i(\boldsymbol{x}) c_i}{\Sigma_{i=1}^{r} w_i(\boldsymbol{x})} \quad (4)$$

3　逐次法の改良案

逐次法はモデルの誤差が改善されなくなるまでルールを逐次的に追加するファジィモデリング法である。

追加するルールの前件部のファジィ集合の幅が常に一定な逐次法では、柔軟性に欠けて、モデリングの精度にも上限がある。これは異なる場合でモデルの精度を高めるには、幅が異なるルールが必要になるからである。これを改善するため、提案手法では前件部を予め大きく設定し、その後段階的に縮小するステップを追加した。改良したアルゴリズムを Algorithm1 に示す。

モデルの誤差を全数計算によって獲得する場合、入力データの数を N、入力の次元数を m、後件部の探索回数を t、ファジィルールの数を r、前件部の範囲を連続で縮小できる最大回数を l として、改良した逐次法によるファ

Algorithm 1 改良した逐次法によるファジィモデリング

1: 誤差が最も大きい $(x_1, \ldots, x_m)$ を見つけ、次のルールの前件部の中心とする
2: 誤差が一番小さくなるような後件部の値 $c_k{}'$ を見つけ、次のルールの後件部の値とする
3: 前件部を縮小する条件に当てはまるとき、前件部を縮小して、後件部を探索する
4: 誤差の改善率が最も良いルールをモデルに追加する
5: 誤差が改善られなくなる, または追加したルール数が一定数になるまで 1.2.3.4. を繰り返す

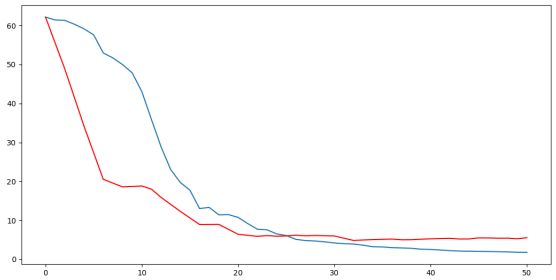


図 2: $f(\boldsymbol{x}) = \sin x$ の違うモデリング中の総誤差の変化の比較図（青：改良手法, 赤：元の逐次法）

ジィモデリングの計算量は $O(r^2Nmtl)$ である。N は実質誤差を計算するときに計算される入力データの数であるため、誤差の計算方法を改良すれば計算量も減ることができる。

4　実験

4.1　改良手法の性能の確認

本研究の逐次法の終了条件は、ルール数が設定値 50 に達したときとした。

本実験では $f(\boldsymbol{x}) = x^2$ と $f(\boldsymbol{x}) = \sin x$ を目標関数としてモデリングし、改良手法の性能を確認した。改良手法と元の逐次法の違いを確認するため、$f(\boldsymbol{x}) = \sin x$ のモデリングにおけるそれぞれのモデルがルールの追加に連れて全数誤差（以下は総誤差と呼ぶ）がどのように変化するかを確認し、その結果を図 4.1 に示す。比較の結果、改良手法はモデリングの前半で元の手法より素早く誤差を改良できなかったが、後半では元の手法がそれ以上誤差を改善できないのと違って更にモデルの精度を上げていた。この結果から、追加するルールの数が一定の場合、改良手法の方がより精度の良いモデルを獲得することができることが分かった。

4.2　複雑な関数への対応の確認

実験は $f(\boldsymbol{x}) = {x_1}^2 + {x_2}^2$ と $f(\boldsymbol{x}) = \sin x_1 + 2\cos x_2$、$f(\boldsymbol{x}) = 10e^{-(x_1+3)^2-(x_2+6)^2} + 5e^{-(x_1-4)^2-(x_2-5)^2}$ の三つの二変数関数を目標関数としてモデリングした（訓練データ数 $N = 10201$）。結果から、改良手法による複雑な関数のモデリングができ、モデルの誤差も許容範囲内であるといえる。しかし、モデリングにかかった計算時間が長いため、高速化の方法が求められる。

4.3　ランダムサンプリングによる高速化

計算の高速化のため、総誤差の代わりに、ランダムサンプリングによって誤差を計算する方法を採用して、比較した。本実験は、サンプリング数を $N/10 = 1020$ として、ランダムサンプリングを行う。また、$f(\boldsymbol{x}) = x^2$ を目標関数とする。ランダム誤差で 20 回モデリングし、それらの結果と総誤差の結果と比較する。

実験の結果、総誤差を利用した方のモデルの最終総誤差 e_0 に対して、ランダム誤差の方は 20 回の中、4 回の結果の最終総誤差が e_0 の 1.5 倍以下であった。ランダム誤差の方のモデリングに掛かった平均計算時間が 827 秒であるため、およそ $827 \times 20/4 = 4135$ 秒で比較的に良いモデルを獲得できることが望まれる。これは総誤差の方の計算時間が 16000 秒に比べると、約 4 倍速くなっている。よって、ランダムサンプリングを利用することにより、アルゴリズムの高速化が可能であると考えられる。

5　おわりに

本研究は将来 AI の作成にファジィ理論を利用するため、大規模データを扱う逐次法によるファジィモデリングについて検討し、改良した。段階的に前件部を縮小する逐次法はより高い精度のモデルを獲得できることを確認し、複雑な関数のモデリングもできることを示した。ランダムサンプリングによる高速化改良アルゴリズムを実装し、実験により 4 倍速いことを確認した。

参考文献

[1] 大海哲平: 大規模データからのファジィモデルの獲得アルゴリズム. 電気通信大学修士卒論 (2020)

[2] 水本雅晴: ファジィ推論. 日本ファジィ学会誌 Vol.4, No.2 p.256-264(1992)

[3] T. Takagi, M. Sugeno: Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics (Volume: SMC-15, Issue: 1, Jan.-Feb. 1985 p.116-132)

連絡先

張　瑞叡

電気通信大学 情報・ネットワーク工学専攻 西野研究室

E-mail: c1710410@edu.cc.uec.ac.jp

記号化による複数環境を対象としたゲーム AI

The game AI aims for multiple titles by symbolization

◯ [1] 望月 亮佑,　　[1] 西野 順二

◯ [1]Ryosuke Mochizuki,　　[1]Junji Nishino

[1] 電気通信大学大学院

[1]The University of Electro-Communications Graduate School

Abstract: The goal of this paper is acquiring a common state among different game titles. We used symbolization to simplify the screen information. Although no performance improvement was observed for individual learning in this study, there is a possibility that the learning policy can be defined by pre-training.

1　はじめに

本論文ではゲームがジャンルに大別されることに注目し、同様のゲーム性を持った異なる複数のタイトルから共通に利用できる知識を獲得することを目的とする。

機械学習の発展によってゲーム AI を強化学習によって獲得する試みが数多く行われている。AlphaGO[1] のような人間を凌駕するほどの強さを目的とした学習や MuZero[2] のようなルールから学ぶことを目的とした学習など、学習する目的にも多様性が見られるようになった。いずれの目的においても対象とするゲームは単一であり、一度獲得した知識が別の対象に活用される例は少ない。単一ゲームを対象とした場合でも、StarCraftⅡのような大規模ゲームを対象にする場面ではマルチタスクをこなすことが求められる。また、様々な強化学習フレームワークの台頭によって並列強化学習が容易になった。オブジェクト認識を学習中に活用する例もある [3]。この例では、報酬が疎な環境の学習において段階的に報酬を自然言語の形で設置することで学習の促進を目的とし、目的語の解釈のために画面中のオブジェクトを学習と並行してテンプレートマッチングによって検出している。

ゲームにおけるマルチタスクネットワークを作成する試みはネットワーク中に効率よく情報を詰め込むことで行われてきた。異なるタスクの連続学習において、以前に学習した知識において重要とみなせるものを忘却しない範囲内でネットワークの重みを更新する方法 [4]、一度各環境で十分な学習を行った後に模倣学習の形で効率的に新規ネットワークに学習させ直す方法 [5] などがある。いずれにおいても環境が増えるにつれて必要な情報が増加してしまい、対応出来る数はネットワークのサイズに依存してしまう。

ゲームがジャンルに大別されることに注目し、同様のゲーム性を持った異なる複数のタイトルから共通に利用できる知識を獲得することを目的とした。観測する状態を簡単にすることで、人間プレイヤが無視するような差異を取り除いて共通の状態を増やすことを試みた。状態を簡素化するだけであれば、新規環境に対して解釈部を追加するだけでネットワークについて大きな更新を必要としない。

2　記号化

環境の状態数を減らすために記号化を行う。記号化とは、物体認識の技術を用いて画面上に表示されるオブジェクトを判定することで、画素情報をオブジェクト情報に置き換えることである。記号化を行うことでオブジェクトの外見による差分を取り除くことが出来る。操作キャラクタや敵キャラクタの外見情報を無視すれば、異なる環境で同一の状態を獲得しやすくなる。

画面を 13x16 のグリッド状に分割し、物体認識によって得られた矩形について中心の位置を利用して画面情報を作成した。ゲームプレイにおいて人間プレイヤは数ピクセルの違いを認識する必要がないと考えるため、位置情報が近似できる状況をまとめることで更なる状態の簡略化を狙った。また、複数の敵プレイヤが重なっている状態についても、対象グリッド付近に敵がいるという情報に圧縮した。敵の数という情報は欠落してしまうが、配置と数の情報の重要度を比較して利用状況を検討することとした。

今回は Atari2600 のゲームタイトルである、Assault、DemonAttack の 2 つの環境について、状態の共有が可能かどうかの実験を行った。

3　強化学習フレームワーク

3.1　HandyRL

今回の実験では学習の並列化のために HandyRL[6] を利用した。HandyRL は PyTorch で並列に強化学習可能なフレームワークである。ゲーム環境に対す

る部分が独立して設計されているため、対象タイトルに対する環境部を記述するだけで並列強化学習が可能になる。

HandyRL では policy,value の更新において、モンテカルロ、TD(λ)、Vtrace、UPGO を選択して利用できる。マルチタスク学習である、並列化するといった観点から UPGO を採用した。

3.2 UPGO

UPGO[7] は DeepMind 社が StarCraftⅡ 向けに作成した AlphaStar というエージェントの中で提案された学習法である。UPGO では以下の更新式に従う。

$$\rho_t(G_t^U - V_\theta(s_t,z))\nabla_\theta \mathbf{log}\pi_\theta(a_t|s_t,z) \qquad (1)$$

ここで G_t^U は

$$G_t^U = \begin{cases} r_t + G_{t+1}^U & \mathbf{if} Q(s_{t+1},a_{t+1},z) \geq V_\theta(s_{t+q},z) \\ r_t + V_\theta(s_{t+1},z) & \mathbf{otherwise} \end{cases} \qquad (2)$$

で表わされる。ρ は

$$\rho = \mathbf{min}\left(\frac{\pi_\theta(a_t|s_t,z)}{\pi_{\theta'}(a_t|s_t,z)}, 1\right)$$

で表される重要度比、Q は行動価値の推定値、$\pi_{\theta'}$ はアクターの軌道を生成した方策である。

4 学習対象のゲームと記号化

4.1 環境設定

本実験は OpenAI Gym 環境で Atari ゲームを動作させ、HandyRL で並列化を行い、OpenCV でテンプレートマッチングによるオブジェクト認識を行った。学習に利用したネットワークはノード数 13x16 の入力層、512 の隠れ層、6 の出力層のサイズで行った。報酬はスコア変動時に一律で 1 を与えた。これによってスコア上の数字の大小を無視出来る。各ゲームにおいてスコア変動が生じるのは敵キャラクタを撃破した時のみである。

今回利用したタイトルの一つである DemonAttack では、敵キャラクタが画面上に同時に 3 体まで出現する。それぞれの高さはある程度区別されており、3 つの区分で各 1 体ずつ配置される。各ステージには敵の上限数が設けられており、一定数の敵キャラクタを撃破することでステージクリアとなる。また、攻撃する敵キャラクタは一番下の区分に配置されたものだけである。この仕様によって、進行状況によって最下部に敵キャラクタが補充されず、プレイヤが敵キャラクタを殲滅する以外にゲームが進行しない状況が発生する。これは報酬が疎な強化学習となり、学習が進まなくなるという問題を引き起こすため、各エピソード 3000 ステップの上限を設けた。

Assault にはプレイヤの連続攻撃を防ぐためのゲージが存在する。一定以上に攻撃を続けるとゲームオーバーの扱いとなる。本ゲージは画面右下に表示されているが、OpenAI Gym では情報を取得することが出来ない。画面上の画素情報を参照するしか方法がないため、本実験では考慮しない。

4.2 実験における記号化

今回の記号化においては各タイトルについて、敵キャラクタ、プレイヤキャラクタ、敵キャラクタの攻撃 (敵弾)、プレイヤキャラクタの攻撃 (自弾) をテンプレートマッチングによって検出した。また、それぞれについて 1~4 の数字を割り当て、何もない空間を 0 とした。敵キャラクタについてはアニメーション用に複数のポーズや色に変動する可能性があるため、すべての状態について検出を行った。ステージの進行に伴って敵キャラクタの外見も変わるため、プレイ中のステージに出現する敵のみ検出対象とした。図 1 は各ゲームにおける検出対象のオブジェクトと変換用の記号 (数字) の対応表である。

図 1: 変換表

5 同一ネットワークでの連続学習

記号化による状態共有の性能を調べるために、同一のネットワークを利用して異なる二つの環境を連続的に学習する実験を行った。今回利用した環境は Assault と DemonAttack である。いずれも Atari2600 で提供されたゲームであり、縦シューティングゲームの形式を取っていることから多少の類似点を持つ環境である。各ゲームタイトルのスクリーンショットを図 2,3 に示す。

図 2: DemonAttack

図 3: Assault

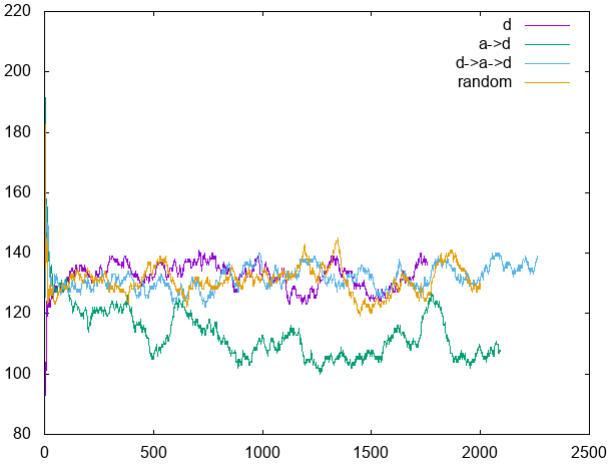


図 4: DemonAttack

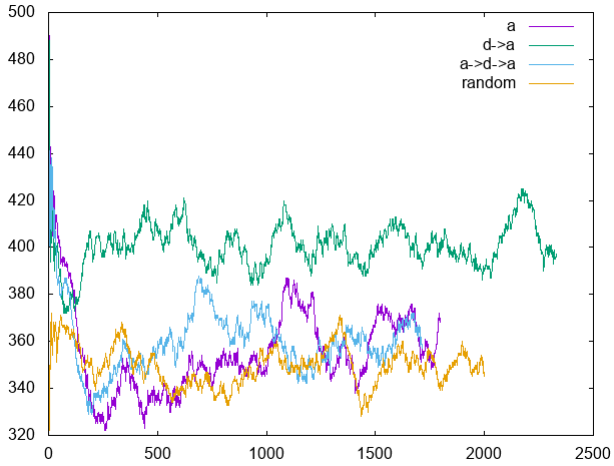


図 5: Assault

5.1 連続学習への記号化の効果

各ゲームにおいて学習を行った結果を図 4,5 に示す。各グラフは直近 100 エピソードの平均獲得報酬の推移を表したものである。横軸はエピソード、縦軸は平均報酬を表す。グラフにおける d,a はそれぞれ DemonAttack,Assault のタイトル名を示し、a→d→a ならば Assault を学習したネットワークで DemonAttack を学習し、再度 Assault の学習を行ったということである。 図 4 のグラフより、DemonAttack においては Assault のみの事前学習時にスコアが低いことが分かる。しかし、いずれにおいてもランダムプレイヤと同等か劣る性能である。逆に図 5 のグラフでは DemonAttack のみの事前学習時にスコアが高い。また、この場合においてのみランダムプレイヤよりも性能が良い。このことから Assault において学習に不都合な要素が含まれることが推測できる。Assault には固有のパラメータとして画面右下に連続攻撃を抑止するためのゲージが存在する。不必要な攻撃行動はゲームオーバーを招く行動として学習されてしまい、行動が消極的になってしまったのではないかと考える。他方 DemonAttack ではプレイヤキャラクタと攻撃用の弾が一対にデザインされており、画面上に一つしか自プレイヤの攻撃が存在出来ない。攻撃ボタンのゲーム入力を行ってもゲーム側で反映されないことが多いため、より積極的に攻撃行動を行うと推測できる。類似のゲーム性であっても、最初に学習するゲームによって全体的な傾向が定まってしまう可能性がある。今回の場合は 3000 ステップの上限を設けており、人間のプレイと比較すると短いエピソードであったと考えられる。短期的にスコアを向上させるには Assault の場合であっても積極的な行動が望まれると考える。

6 まとめ

同じジャンルに大別される類似ゲームにおいて、状態を簡略化することで同一のネットワークで複数のゲームタイトルをプレイ出来るゲーム AI の獲得を試みた。オブジェクト認識で獲得出来る画面上の情報と内部から得られるスコア情報を基に学習を行ったが、考慮外としたパラメータの重要性が高かった可能性がある。また、類似ゲームであっても仕様の違いから学習の進行度に差が出ることも分かった。DemonAttack のような局所的に意図しない形で報酬が疎になってしまうようなゲームでは代替環境で学習することが望まれるため、報酬の疎密度についても環境選択の考慮としたい。

簡略化入力における個別学習の結果も芳しくなかっ

た。学習における必須情報を落としてしまった、学習時間が足りない、といった原因も考えられるため今後の課題としたい。Assault における DemonAttack の事前学習は効果が確認出来たため、学習以前にエージェントの基本方針を定めることが有効な場面があるとも考えられる。

参考文献

[1] Silver, D., Huang, A., Maddison, C. et al. Mastering the game of Go with deep neural networks and tree search. Nature 529, 484–489 (2016). https://doi.org/10.1038/nature16961

[2] Julian Schrittwieser, Ioannis Antonoglou, Thomas Hubert. et al. Mastering Atari, Go, Chess and Shogi by Planning with a Learned Model. https://arxiv.org/abs/1911.08265

[3] Russell Kaplan, Christopher Sauer, Alexander Sosa. Beating Atari with Natural Language Guided Reinforcement Learning. https://arxiv.org/abs/1704.05539

[4] James Kirkpatrick, Razvan Pascanu, Neil Rabinowitz. Overcoming catastrophic forgetting in neural networks. https://arxiv.org/abs/1612.00796

[5] Emilio Parisotto, Jimmy Lei Ba, Ruslan Salakhutdinov. Actor-Mimic: Deep Multitask and Transfer Reinforcement Learning. https://arxiv.org/abs/1511.06342

[6] HandyRL. https://github.com/DeNA/HandyRL

[7] Vinyals, O., Babuschkin, I., Czarnecki, W.M. et al. Grandmaster level in StarCraft II using multi-agent reinforcement learning. Nature 575, 350–354 (2019). https://doi.org/10.1038/s41586-019-1724-z

連絡先

〒 182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1
電気通信大学大学院
情報・工学ネットワーク専攻
望月亮佑
E-mail: m2131157@edu.cc.uec.ac.jp

イベント認知に基づく動的目標獲得システム

A dynamic goal acquisition system based on event perception

○ [1] 岡野　光稀,　[1] 西野　順二

○ [1]Koki Okano,　[1]Junji Nishino

[1] 電気通信大学大学院

[1]The University of Electro-Communications Graduate School

Abstract：In this research, we propose a system for dynamically setting goals for game AI. In setting goals for game AI, it is sometimes necessary to design complex models and evaluation functions. Through this research, we aim to reduce the cost of these designs and contribute to the efficiency of research and development of game AI. In the proposed system, ”event” are defined as in-game information that a player can relate meaning to, and goal setting is dynamically updated with the recognized events. To investigate the required accuracy of event recognition in practical use, we conducted evaluation experiments of event recognition and path learning on two-dimensional grid maps. As a result, we found that a recognition rate of 0.9 or higher is required for an L-shaped map, while 0.9 is sufficient for a square map. It was also shown that the required accuracy of the proposed system may be relaxed for maps with a high degree of freedom such as the open world.

1　はじめに

本研究ではコンピュータゲームプレイヤ（ゲーム AI）がゲームをプレイする際の目標設定を動的に行うシステムを提案する．本システムではプレイヤが意味付け可能なゲーム内情報を「イベント」と定義し，認知したイベントによって新たな目標の獲得や目標達成の判定を行う．

近年では接待プレイ [1] など多様な目標をもつゲーム AI の研究が行われている．このような多様なゲーム AI は人間をより楽しませるゲームプレイなど，ゲーム AI の新たな利用方法をもたらす可能性をもつ．また，人間プレイヤの思いがけない行動を再現することによるゲーム開発のデバッグ作業の効率化や，人間から見て自然で個性的な振る舞いをする bot への利用なども考えられる．

多様なゲーム AI の目標設定において複雑なモデルや評価関数の設計を必要とする場合がある．本研究によってこれらの設計に掛かるコストを削減し，多様なゲーム AI の研究開発の効率化に貢献することを目指す．

1.1　目標設定をする AI

近年の機械学習の進歩より，AI による学習の多くはその目標設定が適切であれば実用的な時間内で実行可能である．よって肝要なのはいかにして AI の目標設定を設計するかであり，これについてさまざまな取り組みがなされている．Minsky の「心の社会」では自律的に思考・判断する AI のコネクショニズムによる構成が検討されている [2]．Pathak らは報酬が疎な環境における強化学習 [3] について，好奇心という内部報酬をゲーム AI エージェント（エージェント）が自らに与えることで探索を進めていく手法を提案した [4]．Savinov らはただ新しいだけではなく，そこに到達するのがむずかしい，到達に要するステップ数が大きい情報にのみ好奇心報酬を与える手法を提案した [5]．増山らはエージェントが過去の成功体験から得られた行動の系列をスキルとして記憶し，さらにアフィン変換不変量を元にそれらにスキル報酬という内部報酬を与えることにより，さまざまな環境で再現可能なスキルの強化とそれを用いた探索空間の縮減を可能とする手法を提案した [6]．Benjamin らは事例の再帰的分類 (RCE:Recursive Classification of Examples) という手法で，報酬関数が不要な強化学習を実現した [7].

2　ゲームにおけるイベントと目標設定の関係

本研究ではプレイヤが観測するゲーム内情報のうち，意味付けによって他の情報と区別可能なものを「イベント」と定義し，これをプレイヤの目標設定として利用することを考える．

ゲーム AI の目標設定の多くは設計者の手によって与えられる．一方で，人間プレイヤは柔軟かつ自律的に目標を設定することが出来る．ゲーム AI が多様な目標を動的に設定するための方法として，人間の高度な認知機能や膨大な事前知識に基づく柔軟な目標設定を再現することが考えられる．Minsky の「心の社会」では人間の幼児が行う積み木遊びなどを例として，人間の心の働きを専門的な役割を持つ小さなエージェントの集まりとして表現することを試みている [2]．本研究ではプレイヤが認知するゲーム内の「イベント」を用いて，ゲーム AI の動的な目標設定を実現するシステムを提案する．

あるプレイヤが目標を設定し，ゲームプレイによってそれを達成したかどうか判断するためには，プレイヤがゲーム内における「目標を達成した状態」を他の状態と区別して認識する必要がある．たとえばアクションゲームにおいて「現在のステージをクリアする」という目標を設定するためには，クリア時の演出や画面遷移などの情報から，そのステージをクリアしたことを認識出来なければならない．逆に，そういった情報に対して「ス

テージクリア」という意味付けが出来なければ，「現在のステージをクリアする」という目標を達成することは不可能である．

「イベント」とはあるプレイヤがゲーム内で他の情報と区別し，意味付けを行う事の出来る情報である．ここで，意味付けとはゲーム内情報集合 I からプレイヤの持つ概念集合 C への写像 f である（式 1）．

$$f\colon I \longrightarrow C \tag{1}$$

概念集合とは，プレイヤがゲーム内情報を解釈するために用いる，情報の見方 (概念) の集合である．写像 $f(i)$ が空でないゲーム内情報 $i \in I$ の集合を，プレイヤのイベント集合 $E \subset I$ と定義する（図 1）．写像 f によって概念 $c \in C$ に意味付けされたゲーム内情報 $i \in I$ は，プレイヤにとって c という意味のある「イベント」$e \in E$ となる．

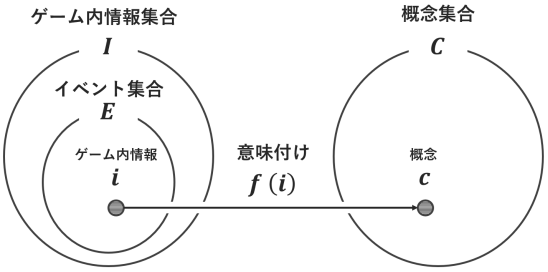


図 1　意味付けとイベント集合のイメージ

一般的な用語としてのイベントは，ゲームにおけるアイテムの取得や敵との戦闘などの，開発者によって設定された出来事（または事件）を意味することが多いが，本システムにおける「イベント」はそれよりも広い意味を持つ．たとえば，ゲーム画面の背景に雲が流れる様子は一般的にはイベントとみなされない．しかし本研究ではプレイヤがその情報に意味付けを行い，それ（雲の流れる様子）を見るなどのゲーム内目標を設定できるのであれば，そういった情報もプレイヤにとっての「イベント」のひとつであると考えることが可能である．

3　イベントの認知と認知率

イベントの認知とは，観測したゲーム内情報 i によってイベント e の発生に気付くことである．認知されるイベントは，プレイヤにとって既知のものだけでなく，そのイベントを認知して初めてその存在を知ったもの（たとえば，ゲーム内オブジェクトの意外な挙動など）も含まれる．

プレイヤが発生したイベントを正確に認知する確率を認知率 p_c とする．プレイヤは観測したゲーム内情報と事前知識（概念集合）に基づいてイベントを認知するが，観測の精度や知識の偏りによって，イベントの見逃しや誤認をする場合がある．このような誤認が発生する確率が高いほど，認知率 p_c はより 0 に近い値となる．

4　イベント認知に基づく動的目標獲得システム

本システムはゲーム AI がゲームプレイ中に認知した「イベント」を目標設定の候補として獲得し，目標達成の判定と動的な目標設定の更新を行う．観測したゲーム内情報をどのような「イベント」として認知するかによって，様々な目標を獲得・設定出来る．目標設定の更新をゲームプレイ中に行うことで，初期の設定にかかるコストを削減しつつ，柔軟かつ自律的な目標設定を実現する．

4.1　システムの機能と構成

本システムは識別機，イベント記憶機，目標設定機，の 3 つの機能から構成される（図 2）．これは，本システムがイベントの認知と目標設定の更新を行うためには，「イベントの認知」と「初めて認知したイベントと既知のイベントの区別」と「認知したイベントによる目標設定の更新」の 3 つの機能が必要なためである．

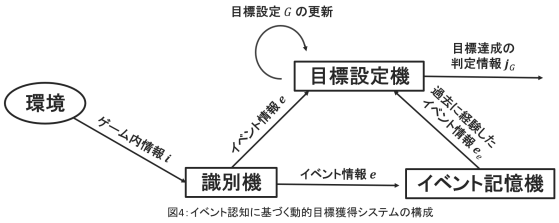


図 2　イベント認知に基づく目標獲得システムの構成

識別機はゲーム内情報 $\boldsymbol{i}$ をイベント情報 $\boldsymbol{e}$ に変換する．変換には事前知識（概念集合）のフィルタ F を用いる．フィルタ F はゲーム内情報 i を概念 c に意味付けされたイベント e として認知するためのものである．フィルタ F の性能はシステムの認知率 p_c を決定する要因のひとつである．ただし評価実験ではフィルタ F の代わりに環境から $\boldsymbol{e}$ を直接受け取るように設計し，認知率 p_c は $\boldsymbol{e}$ を破棄する確率とした．

イベント記憶機はイベント情報 $\boldsymbol{e}$ を過去に経験したイベント情報 $\boldsymbol{e}_e$ に変換する．変換には過去に経験したイベント情報の履歴 M_e を用いる．入力された $\boldsymbol{e}$ に M_e に含まれないイベント e' が存在する場合，e' で M_e を更新する．

目標設定機はイベント情報 $\boldsymbol{e}$ と過去に経験したイベン

ト情報 $\boldsymbol{e}_e$ を用いて目標設定 G を更新し，目標達成の判定情報のベクトル $\boldsymbol{j}_G$ を出力する．$\boldsymbol{e}$ に初めて認知したイベント e' が存在する場合，e' を目標設定の候補 C_G に追加する．現在の目標 g_G と同じイベントを認知した場合，g_G が達成されたと判定し $\boldsymbol{j}_G$ に追加する．その後，C_G の目標のうち最も早く追加されたものを新たな目標 g'_G として設定する．一度達成した目標は外部からの初期化信号を受けることで再設定可能となる．

5 認知率が目標設定や学習に与える影響の調査

本システムとQ学習 [8] を用いて 2 次元格子状マップにおける経路学習を行い，識別機の認知率が目標設定や学習に与える影響を調査する評価実験を行った．

4 節で述べた識別機のフィルタ F は，手作業での設計ではなく自動的に生成することが望ましい．これは人間の膨大な事前知識（概念集合）を再現するフィルタ F をすべて手作業で作成するのは困難なためである．フィルタ F を自動生成する場合，フィルタの性能や観測するゲーム環境によって，イベント認知の精度（認知率）の向上には限界が生じると予想される．

本実験では本システムの実用における認知率の要求精度を調査するため，自由度の異なる 2 つのマップにおいて擬似的な認知率に基づくイベント認知を行い，認知したイベントを用いた動的な目標設定の更新と Q 学習による経路学習を行った．

5.1 Q 学習

Q 学習 [8] は強化学習 [3] のアルゴリズムのひとつであり，状態 s における行動 a の価値 (行動価値)$Q(s,a)$ の値を探索によって更新していく手法である．関数 $Q(s,a)$ は式 (2) で更新する．α は学習率，r は報酬，γ は将来の報酬の割引率であり，s' は次の状態である．

$$Q(s,a) = Q(s,a) + \alpha(r + \gamma \max_a Q(s',a) - Q(s,a)) \quad (2)$$

関数 $Q(s,a)$ の値は次の状態で行動価値最大の行動を選択するという貪欲法に基づいて更新されるが，実際の探索では探索を上手く進めるために確率でランダム行動をとる ε-greedy 方策や，行動価値の重みに応じた確率で行動を選択する softmax 方策などがよく利用される．このように，Q 学習は更新式の方策と実際の方策が異なることから方策オフ型の学習法と呼ばれる．

本実験では行動価値 Q の値はルックアップテーブル形式で用意した．テーブルは目標となるイベント毎に別のものを用意し，目標達成後は次の目標設定に対応するテーブルに切り替えて学習を行った．

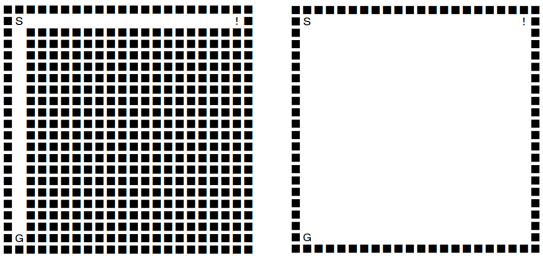
探索手法は ε-greedy 方策とした．ランダムな行動の選択率である ε の値はテーブル (目標) 毎に独立した値を使用・更新するようにした．

5.2 実験設定

実験環境は図 3 の 2 種類のマップを用意した．左上をスタート地点（S），左下をゴール到達イベント（G），右上のをアイテム取得イベント（！）とした．

目標達成時の報酬は 100，1 ステップあたりの行動コストは-0.1 とした．Q 関数の学習率 α は 0.3，報酬の割引率 γ は 0.9995 とした．ランダム行動率 ε の初期値は 0.3，1 エピソード辺りの減衰率は 0.99 とした．

1 エピソードは最大 200 ステップ，学習 1 回は 1000 エピソードとした．学習の終了後，認知率を 1 に再設定した上でゲームプレイを行い，認知したイベントとその順序を記録した（評価フェーズ）．評価フェーズにおいて認知率を 1 に再設定した理由は，ゲームプレイ中に発生したイベントを認知しなかった場合，イベントを偶然見逃したのか，それとも学習そのものが失敗したのかを判別するためである．各マップと認知率で学習および評価フェーズを 1000 回ずつ行い，結果を記録した．



L 字形マップ　　正方形マップ

図 3　実験環境

5.3 結果

L 字形マップおよび正方形マップにおける実験結果を図 4 と図 5 に示す．各図の横軸は認知率であり，縦軸はイベントを認知した回数である．NO_EVENT はイベントを認知しなかった場合のデータである．

5.4 認知率の要求精度

図 4 と図 5 より，認知率 0.9 であれば L 字形マップでは約 80% の確率で，正方形マップでは 90% 以上の確率で何らかのイベントへ到達する経路を学習できた．この結果から，L 字形マップでは 0.9 以上の認知率が必要であるが，正方形マップでは認知率 0.9 で十分であったといえる．正方形マップの方が要求精度が低かったのは，正方形マップではイベントに到達する経路が複数存在したためだと考えられる．発生したイベントを認知でき

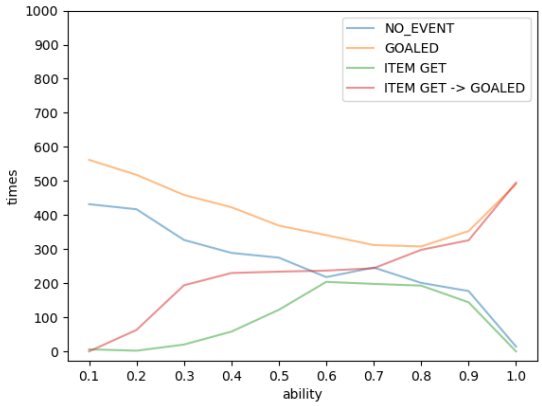


図 4　L 字形マップの実験結果

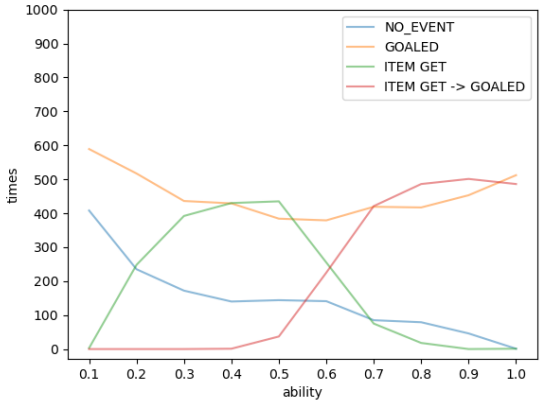


図 5　正方形マップの実験結果

なかった場合，本来得られたはずの報酬より小さい値でテーブルの値が更新され，学習が後退してしまう．経路が複数ある場合はこのような認知失敗の確率が分散されるため，学習が安定しやすかったと予想される．

5.5　自由度の高いマップにおける実用の考察

正方形マップはオープンワールドのような自由度の高いマップを抽象化したものと考えられる．L字形マップのような制限の厳しいマップでの実用では認知率 0.9 の精度が必要な場合でも，正方形マップでは認知率 0.6 程度で実用可能である．このことから，自由度の高いゲームでの実用にける要求精度はある程度緩和されると考えられる．ただし，本実験で使用した正方形マップはサイズが小さいため，より広いマップでの実用における要求精度はまた違った結果になる可能性がある．

6　結論

本研究ではゲーム AI の目標設定を動的に行うシステムを提案した．プレイヤが意味付け可能なゲーム内情報をイベントと定義し，認知したイベントを用いて目標設定の動的な更新を行うシステムの機能と構成を説明した．本システムの実用におけるイベント認知の要求精度を調査するため，2 次元格子状マップにおけるイベント認知と経路学習の評価実験を行った．結果として，L 字形マップでは認知率 0.9 を超える精度が必要であり，正方形マップでは 0.9 でも十分であることが明らかになった．また，オープンワールドのような自由度の高いマップでは本システムの要求精度が緩和される可能性が示された．

参考文献

[1] 池田心．モンテカルロ碁における多様な戦略の演出と形勢の制御: 接待碁 ai に向けて．2012.

[2] 安西祐一郎 Marvin Minsky．心の社会．産業図書株式会社, 1992.

[3] 木村元, 宮崎和光, 小林重信．強化学習システムの設計指針．計測と制御, Vol. 38, No. 10, pp. 618–623, 1999.

[4] Deepak Pathak, Pulkit Agrawal, Alexei A Efros, and Trevor Darrell. Curiosity-driven exploration by self-supervised prediction. In *International conference on machine learning*, pp. 2778–2787. PMLR, 2017.

[5] Nikolay Savinov, Anton Raichuk, Raphaël Marinier, Damien Vincent, Marc Pollefeys, Timothy Lillicrap, and Sylvain Gelly. Episodic curiosity through reachability. *arXiv preprint arXiv:1810.02274*, 2018.

[6] 増山岳人, 山下淳, 淺間一．変換不変性を用いた経験の抽象化と内発的動機づけに基づく強化学習．日本機械学会論文集 C 編, Vol. 79, No. 798, pp. 289–303, 2013.

[7] Benjamin Eysenbach, Sergey Levine, and Ruslan Salakhutdinov. Replacing rewards with examples: Example-based policy search via recursive classification, 2021.

[8] Christopher John Cornish Hellaby Watkins. Learning from delayed rewards. 1989.

連絡先

〒 182-8585 調布市調布ヶ丘 1-5-1
電気通信大学大学院
情報・ネットワーク工学専攻
岡野光稀
E-mail: OkanoKoki@mail.uec.jp