



北海道情報大学紀要

ISSN 0915-6658

Memoirs of Hokkaido Information University Vol.33 No.2 March 2022

33-2

Memoirs of Hokkaido Information University

北海道情報大学紀要

第33巻 第2号

2022年3月



北海道情報大学

目 次

〈論 文〉

肝臓がん培養細胞 HuH-7 の流血中モデルおよび転移モデル の作成と 4℃における生存率	佐藤 裕二 上杉 正人 高橋 昌宏 西平 順	1
アカデミック・ライティング講義の 運営支援チャットボットの開発に向けて	福光 正幸 田中 里実 杉澤 愛美 金 銀珠	11
青森県内の小学生を対象とした床からぶき運動と運動能力との関係	綿谷 貴志	29
〈報 告〉		
短編映画『Vampire Bus Stop』制作プロジェクトの報告	島田 英二	35

〈論文〉

肝臓がん培養細胞 HuH-7 の流血中モデルおよび転移モデル の作成と 4℃における生存率

佐藤裕二* 上杉正人† 高橋昌宏‡ 西平順§

The Establishment of Culture Model on Circulating and Metastatic Hepatoma Cell Lines (HuH-7), and Their Survival Rates at 4 °C

Yuji SATO* Masahito UESUGI† Masahiro TAKAHASHI‡ Jun NISHIHIRA §

要旨

癌患者の自己血輸血を想定し、肝臓癌培養細胞を用いて原発巣、流血中、転移巣のモデルを作成した。それぞれの細胞の 4℃における経時的な生存を検討した。通常の培養条件では、転移巣モデルの増殖が、他の 2 者より高かった。4℃保存 24 時間では、それぞれの形態を保ったまま生存する細胞が多く見られたが、96 時間保存では、原発巣が判定保留、転移巣は死滅、流血中モデルは生存した。流血中の癌細胞は生存が長いことが示唆された。

Abstract

To ascertain the influence of autologous blood transfusion on the metastatic potential of malignant cells, three models (primary site, circulating site, metastatic site) were prepared using hepatoma cell lines, HuH-7. The cell growth rate of metastatic tumor model with 37°C, at 5%CO₂ were higher than that of the primary model and the circulating model. After 24 hours, most of cells in three models were viable in a blood storage temperature set at 4 °C. However, after 96 hours of storage at 4°C, the primary cells could not be evaluated, metastatic cells were not viable, while the circulating cells remained viable. In sum, the viability rate of circulating cells was better than that of primary cells and metastatic cells at 4°C storage.

キーワード

自己血輸血(autologous blood transfusion) 流血中腫瘍細胞(circulating tumor cells)

* 北海道情報大学医療情報学部教授, Professor, Faculty of Medical Management and informatics, HIU

† 北海道情報大学医療情報学部教授, Professor, Faculty of Medical Management and informatics, HIU

‡ 北辰病院院長, Director, Sapporo Hokushin Hospital,

§ 北海道情報大学学長, President, HIU

1. はじめに

手術時,事故,疾病などによる貧血は赤血球輸血が行われる。人口の高齢化に伴い献血不足も重大な問題となっている。また,このような同種血輸血によるデメリットは,ウイルスを主体とした感染症とアレルギーなどの同種免疫が2大副作用である。

手術時に循環血液量の15%(成人では約600ml)の出血量が予想される場合,術前に患者自身の血液を保存する自己血輸血が行われている。通常,自己血採血の保存は,4-6°Cで液状保存(全血保存)されている。そのメリットは,輸血における2大副作用が避けられることである。自己血は,液状保存で全血をCPD(citrate-phosphate-dextrose)保存液などで保存する。CPD保存液では,採取後クエン酸Na,クエン酸水和液,ブドウ糖,リン酸二水素Naを含有し21日までの保存期間とされている。また,CPDA-1(citrate-phosphate-dextrose-adenine-1)を使用する場合には35日間とされている。その適応は,産婦人科手術,心臓血管手術(開心術など),外科手術(大腸切除や肝臓切除など),脳外科手術(未破裂脳動脈瘤や脳腫瘍),泌尿器科,形成外科,歯科口腔外科手術など,輸血を必要とする予定手術全般であり幅広い。悪性腫瘍についても適応とされる。

一方,悪性固形癌進行例では,血行性転移が生存率に大きな影響があり,流血中悪性腫瘍細胞の生存により,癌の転移の危険性が高まり,自己血輸血をする場合,時間経過と血液にある癌細胞生存の有無が重要となる。

今回,固形癌悪性細胞とその流血中のモデル,さらに転移巣のモデルを作成し,増殖の差および4°Cで保存した場合の癌細胞の生存率を比較検討した。

2. 対象および方法

2-1 対象

用いた細胞は,肝細胞癌患者から採取した高分化腺癌HuH-7を使用した。HuH-7は,本学元教授中林らが1982年に発表した培養癌細胞で,広く研究に使用されている(Nakabayashi, Takeda, et al.1982;中林・武田ほか2012)。

2-2 方法

2-2-1 細胞培養容器

培養容器は以下の2種類を設定した。

1) 通常の固形癌培養容器に使用するCorning 430639(Corning, 25cm² cell culture Flask, Life Science, NY,以下639と略)で培養した。これは,癌細胞が容器下面に接着して増殖する。

2) 細胞接着せずに増殖する容器 Corning 3815 (Corning, 25cm² cell culture Flask, Ultra-Low Attachment Surface Products, Life Science, NY,以下3815と略)で培養した。この容器は細胞が培養液中を浮遊して増殖する。

2-2-2 細胞培養条件

通常の細胞培養は,639容器を用いた。HuH-7は,DMEM Medium (Dulbecco's Modified Eagle's Medium-high glucose, SIGMA, UNITED KINGDOM)に10% FBS(Fetal Bovine Serum, GIBCO, MA), Penicillin 60,000 IU/L, Streptomycin 0.05 g/Lを加えて,37°C,5% CO₂,95% airの条件で培養した。細胞は,PBS (Phosphate Buffer Solution, 塩化ナトリウム 8,000mg,塩化カリウム 200mg,リン酸水素二ナトリウム 1,150mg,リン酸二水素カリウム 200mg, ニッスイ,東京)を用いて粉末より作成し,洗浄後 Trypsin(Trypsin-EDTA (0.05%), Phenol Red, GIBCO, MA)で細胞剥離し,DMEM液で洗浄,1,000rpm 5分遠心し継代した。

2-2-3 癌細胞流血中モデルおよび転移モデルの作成

1) 通常の固形癌培養モデル：通常の 639 容器に細胞液を入れ、培養液を加えて総量 5ml として培養し、これを原発巣モデルとした(原発巣モデル,以下 639 細胞と略)。

2) 639 容器で trypsin 処理した細胞液を 3815 容器に入れ、7 日間培養した細胞を流血中モデルとした(流血中モデル,以下 3815 細胞と略)。

3) 3815 容器で 7 日培養した後、細胞を Trypsin 処理し、再び 639 容器に入れ、培養した細胞を転移モデルとした(転移巣モデル,以下 3815-639 細胞と略)。

2-2-4 原発巣, 流血中, 転移巣の各モデルの 7 日間培養による細胞増殖と形態変化

639 容器より得られた癌培養細胞を準備して、各モデル培養 7 日後の増殖を検討した。培養液は DMEM Medium+ 10% FBS で統一した。

1) 639 細胞(原発巣モデル)：継代している細胞を trypsin 処理し、培養液で 3×10^5 個/ml として、この 1ml に培養液 4ml 追加して培養した。

2) 3815 細胞(流血中モデル)：639 細胞を trypsin 処理し、3815 容器に入れ、培養液で 3×10^5 個/ml として、この 1ml に培養液 4ml 追加した。

3) 3815-639 細胞(転移巣モデル)：3815 細胞を Trypsin 処理し、 3×10^5 個/ml として 1ml を 639 容器に入れ、培養液 4ml 追加した。

各細胞の形態変化は、7 日後の細胞を 200 倍の光学顕微鏡で観察した。

以上、細胞数の測定は、0.2% Trypan Blue で染色後に Fucks-Rosenthal 計算盤を用いて生細胞数を測定した。各細胞 n=3 とし、有意差は t 検定を行った。

2-2-5 4℃保存における経時的生細胞の有無

細胞培養条件の違いによる生存率の違いを検討するため、培養 7 日後の細胞が安定し、増

殖期にあることを確認して、それぞれの細胞を 4℃の冷蔵庫に入れた。その後 24,48,60,72,96(4 日),144(6 日)時間冷蔵庫に保存した後に生細胞を確認した。生細胞の確認方法は、639 細胞と 3815-639 細胞は、そのまま 37℃の培養器に入れて顕微鏡で観察した。また、3815 細胞は、浮遊細胞であるため 639 容器に移し、容器に固着することで生存を確認した。細胞が固着することを確認し、さらに鏡検にて細胞周囲に光沢があり、内部均一で球形であるものを生存、細胞が球形でないが光沢のある細胞を生存の可能性として保留、固着があるが光沢がなく、萎縮した細胞を壊死とした。なお、生細胞の確認は、冷蔵から 37℃培養器に移行して 3 日目に死細胞を除去して判断した。

3. 結果

3-1 培養条件による 7 日後の細胞数

細胞 3×10^5 個の培養 7 日目の細胞数は、639 細胞: $(18.0 \pm 0.50) \times 10^5$, 3815 細胞: $(17.6 \pm 0.83) \times 10^5$, 3815-639 細胞: $(25.3 \pm 1.17) \times 10^5$ であった(平均±標準偏差)。多い順から 3815-639, 639, 3815 であった。t 検定では、639 細胞, 3815 細胞と比較して、3815-639 細胞は有意に増殖力が高かった。(表 1)

表 1 培養 7 日後の増殖(細胞数)

	639細胞*	3815細胞‡	3815-639細胞*‡
No1	19	19	23
No2	17	18	26
No3	18	16	27
平均	18.0	17.6	25.3
標準偏差	0.50	0.83	1.17

各数字は $\times 10^5$ を示す。*、‡ともに $P < 0.05$

3-2 培養後の経時的および形態学的変化

639 容器の細胞は、7 日目にはほぼ底面を覆うように増殖して confluent に近い状態である。培養容器底面に強く癒着している像が見られ、

高分化腺癌とされている (図 1-a)。

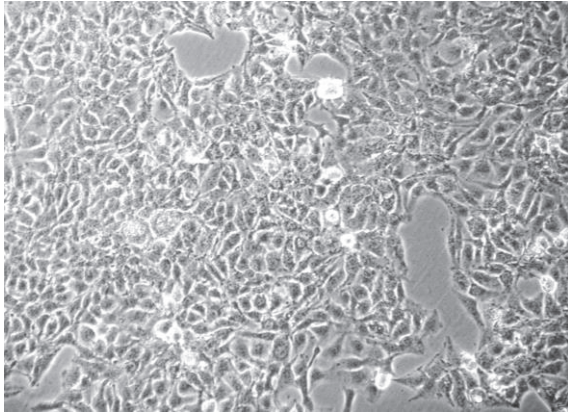


図 1-a 639 細胞培養 7 日目

一方, 3815 容器の細胞は, 浮遊しながら細胞集団を徐々に形成しつつある像を呈し, 3 日目には円形の小さな集団が互いに癒合する像も見られた(図 1-b)。

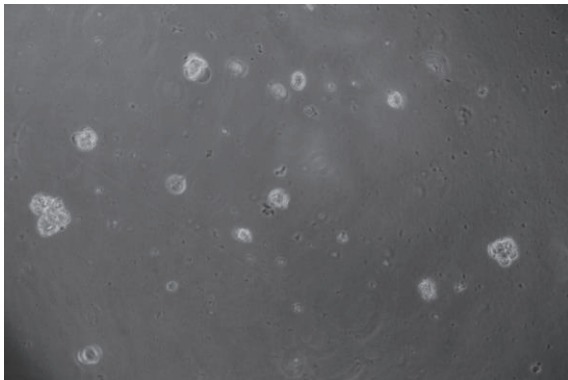


図 1-b 3815 細胞培養 3 日目

7 日後には, 同様な細胞集団が癒合して大きさを増し, 培養液中を浮遊している(図 1-c)。

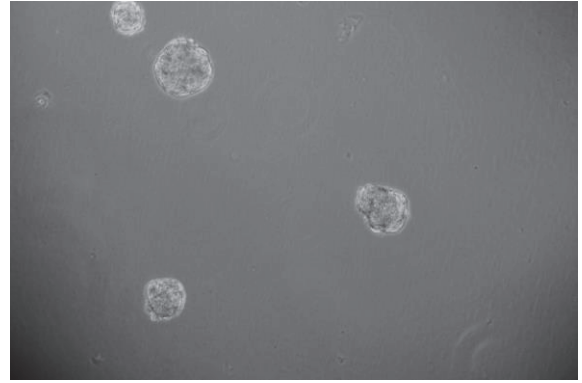


図 1-c 3815 細胞培養 7 日目

3815-639 容器の細胞は, Trypsin 処理して改めて 639 容器に培養すると元の細胞(図 1-a)と比較し, やや極性が乱れた像となった(図 2)。

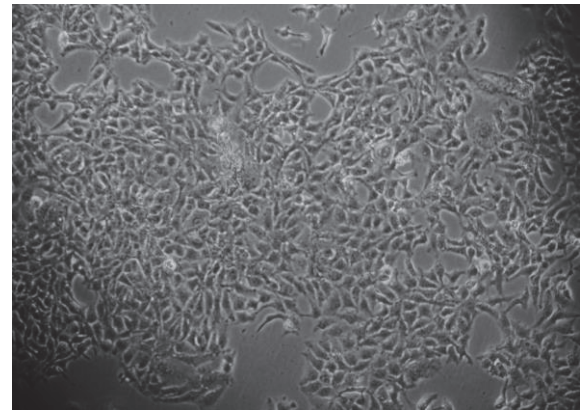


図 2 3815-639 細胞, トリプシン処理後

なお, 3815 容器から Trypsin 処理せずに直接 639 容器に移し替えた場合は, 3815 の円形の細胞集団がそのまま接着した像となり, きわめて細胞密度が高い状態であった。また, その中心部は, 壊死となりこの部位から容器に固着したものと思われた。この細胞集団は, 個々の細胞が小さく, コロニーを形成していた (図 3)。

なお, この Trypsin 処理しないで, 639 容器に移行した細胞は, 図 2 にみられるような細胞集団ではなく, 集団の大きさが異なることから,

細胞数の測定が困難と判断し、今回の実験には使用しなかった。



図 3 3815-639 細胞, トリプシン処理なし

3-3 冷蔵保存からの時間的経過と細胞生存

冷蔵保存 24 時間後では, 639 細胞, 3815 細胞, 3815-639 細胞とも壊死細胞が多く見られた。そのため, それらの壊死細胞を除去して, 37℃培養して生存確認した。その結果, 3 日目には, コロニーを形成していた。

冷蔵後 24 時間では, 639 細胞は形態学的に変化ないものの, 1/2 程度の細胞が壊死して浮遊していた。

また, 639 培養容器に固着した細胞は, 大小不同で極性が乱れた集団が見られた (図 4-a)。

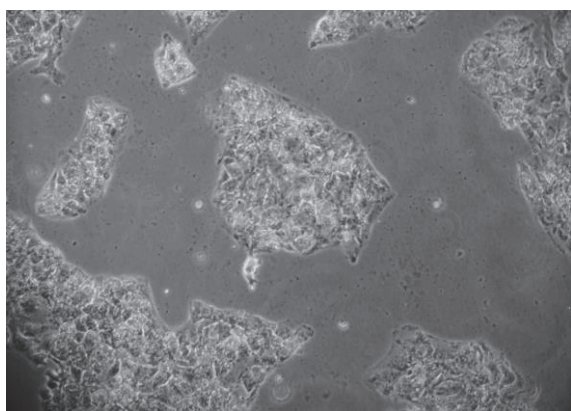


図 4-a 24 時間 4℃保存後, 培養 3 日目の 639 細胞

生存を確認するため冷蔵後に 3815 容器から 639 容器に移した細胞(3815 細胞)は, 浮遊細胞がそのまま容器に固着した状態で生存が確認されたが, 約半数の細胞が死滅し中心部は壊死していた (図 4-b)。

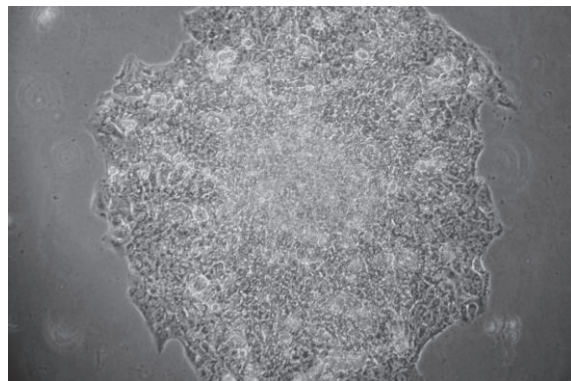


図 4-b 24 時間 4℃保存後, 培養 3 日目の 3815 細胞

3815 細胞から 639 容器に移して培養し, 冷蔵した細胞(3815-639 細胞)は, ほぼ図 4-a と同様であったがコロニー数が少ない状態であった (図 4-c)。

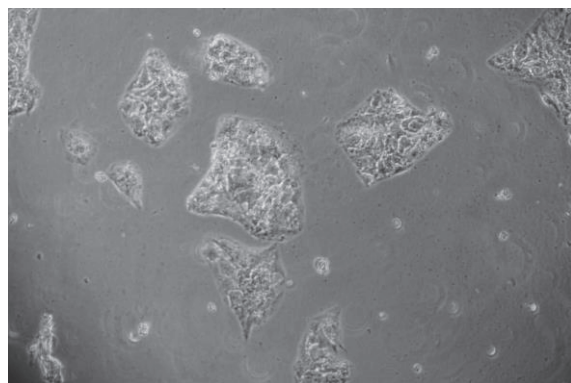


図 4-c 24 時間 4℃保存後, 培養 3 日目の 3815-639 細胞

冷蔵 48 時間後では, 639 細胞, 3815 細胞, 3815-639 細胞すべての視野においてコロニーは消失し個々の細胞となり, 大半の細胞が死滅していた。この壊死細胞除去後, 3 日間 37℃

で培養して生存確認した。

鏡検像を拡大し観察した 639 細胞は周囲に光沢をもち、細胞突起もみられ、形態が保たれていることから生存と判定した(図 5-a)。

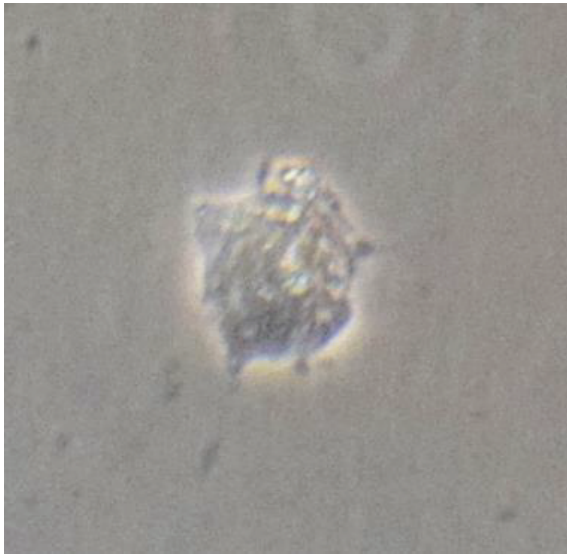


図 5-a 48 時間 4℃保存後、37℃培養 3 日目の
639 細胞：生存

しかし、3815-639 細胞は、形態はどうか保っているが、内部不均一で保留と判定した(図 5-c)。

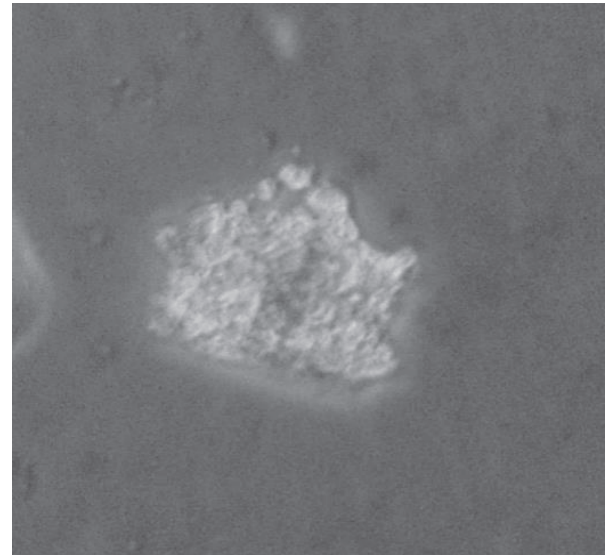


図 5-c 48 時間 4℃保存後、37℃培養 3 日目の
3815-639 細胞：保留

3815 細胞は、ほとんど細胞が重なっている像が見られたが、形態が保っていることより生存と判定した(図 5-b)。

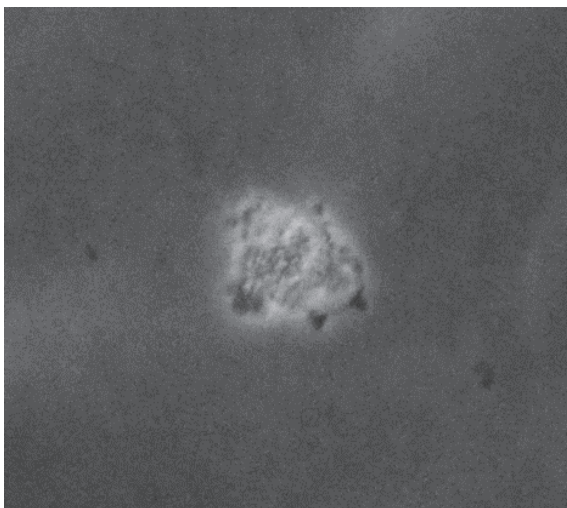


図 5-b 48 時間 4℃保存後、37℃培養 3 日目の
3815 細胞:生存

その後の冷蔵 60,72 時間後の細胞判定は、それぞれ 48 時間冷蔵細胞と同様であった。

4℃保存 96 時間では、639 細胞は、形態は保っているが、内部不均一のため判定保留とした(図 6-a)。3815 細胞は、形態が保たれて内部も均一で光沢があり生存とした(図 6-b)。

3815-639 細胞はこのような細胞は見られず、死滅したと判断した。また、4℃保存 144 時間(6 日)では、すべての細胞が死滅していた。

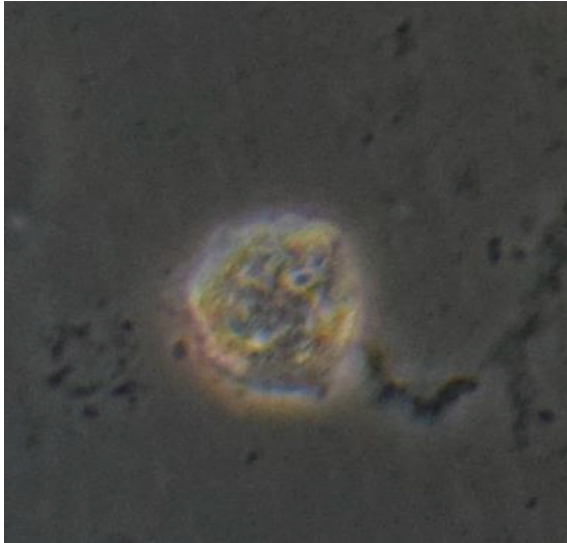


図 6-a 96 時間 4℃保存後, 37℃培養 3 日目の
639 細胞 ; 保留

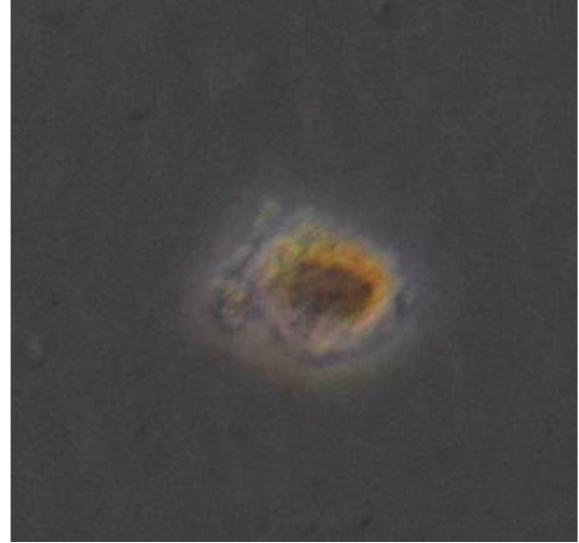


図 6-b 96 時間 4℃保存後, 37℃培養 3 日目の
3815 細胞 ; 生存

これら 3 種類の細胞の 4℃保存による判定結果をまとめた判定結果を表 2 に示す

表 2 冷蔵時間と細胞生存

	24h	48h	60h	72h	96h	144h
639細胞(原発巣)	○	○	○	○	△	×
3815細胞(流血中細胞)	○	○	○	○	○	×
3815-639細胞(転移巣)	○	△	△	△	×	×

鏡検で, ○ : 固着細胞で生存, △ : 容器に固着しているが生細胞の判断できない(判定保留), × : 固着生細胞がない(死滅) とした。

4. 考案

手術時輸血を必要とする場合に,自己血輸血が行われる。その指針は,日本自己血輸血学会に示され,心疾患,高血圧等の合併症がなく,ヘモグロビン値 11.0g/dl 以上の貧血がない患者を対象としている(日本自己血輸血学会 2020)。自己血の利点は,細菌やウイルスの感

染リスクがないこと,輸血による蕁麻疹や GVHD(Graft versus host disease:移植片宿主病)などの免疫学的副作用がないことである。また,近年の輸血用血液不足を補うものとして重要である。反対にデメリットとして,採血時や血液保存によるエルシニア菌感染症などの発生や採血時の VVR(vaso-vagal reaction:血管

迷走神経反応)が起こることである。

VVR は、採血時に起こる血圧低下・徐脈などを主症状とする反応で、軽度では顔面蒼白・冷汗・嘔吐であるが、重症となると失禁・心停止など重大な副作用があることである。この要因は、空腹、不眠などとされている(佐藤・西部ほか, 2002)。

自己血の保存は、通常そのまま全血を保存する液状保存が簡単で一般的である。凍結保存や成分採血保存は、化学療法や小児の輸血などに用いられる。成分採血はアフレーションで行われ、目的に沿って効率よく採血される(佐藤・西部ほか, 2002)。凍結保存・液状保存は、採血・保存、投与がそれぞれ保険収載されているため、医療現場に広く普及している。小田は、赤血球保存において糖代謝・酸素解離曲線を調べた結果 CPD 保存液が ACD (acid-citrate-dextrose solution) 保存液より優れていることを報告している(小田, 1981)。

しかし、肝臓や膵臓などの固形癌手術でも自己血輸血の適応とされ、自己血による癌転移の危険性はないとされる。

自己血輸血を行うことで、癌患者の流血中の癌細胞による転移助長の危険性について古くから議論が行われている。吉田らは、4種類の扁平上皮癌細胞を用いて CPD, MAP(マンニトール, アデニン, リン酸二水素ナトリウム) など 4 種の保存液で癌細胞を保存し、Trypan blue 染色で生存を調べた結果、4°C 保存では 7 日以内ですべて死滅したが、保存液を使用しない培養対照液では 7 日後でも 3 癌細胞の 3.7% が生存したとしている(吉田・河野ほか, 1994)。

今回われわれの使用した肝臓癌細胞 HuH-7 では、保存液の影響をなくするため CPD, MAP などの保存液は使用せずそのまま DMEM+10%FBS 培養液で実験を行った。細胞生存については Trypan blue 染色で行わず、培養容器の接着により判定した。その理由は、細胞数が少なく Trypan blue 染色で生存と判定し

ても、固着が可能か不明であることより、容器に接着する細胞を見つける方法としたが、その判定方法で鏡検のみであるため、今後の培養で増殖を確認する必要があると思われた。

また、今回のわれわれの実験は培養癌細胞を原発巣、流血中、転移巣の 3 つのモデルを試みたことが特徴であり、このような実験報告はない。その結果、HuH-7 細胞では、4°C 保存では 6 日以内にすべてのがん細胞が死滅し、この後の自己血輸血は問題ないことが判明した。ただ、今回は HuH-7 細胞のみでの実験であるため、他の細胞でも調べる必要がある。

山崎は、子宮広汎手術(悪性)に自己血輸血を用いて術後の経過に問題はなかったとしている(山崎, 1989)。小川らも、頭頸部癌 12 例にエリスロポエチンを使用した自己血を行い、術後 18 か月自己血に伴う再発はないと報告している(小川・江川ほか, 1996)。

Lane は、担癌マウスの実験で、転移に自己血の影響はなく、癌細胞の転移能力も経時的に低下すると述べている(Lane, 1989)。

癌の接着について、Matus らは、線虫を用いてアンカー細胞が基底膜に浸潤して広がる過程を明らかにした。癌の浸潤と増殖は同時には起こらず、浸潤する細胞は分裂を停止する必要があり、すなわち、転移する細胞は増殖しないと述べている(Matus, Chang et al., 2014)。

また、最近の研究で、癌の転移には細胞外小胞の一種であるエクソソームが関与していることが判明し注目されている。癌細胞に由来するエクソソームは、発現するインテグリンにより、転移先の特定の細胞に取り込まれ、臓器特異性を持つとされている(星野・橋本ほか, 2019)。乳癌において、転移を促進するエクソソーム分泌が温度依存性に増加するとの報告もある(Kurataka Otsuka, Yusuke Yamamoto et al., 2020)。また、癌細胞や非癌細胞が分泌するエクソソームが、癌の休眠状態を誘導し長期再発に関与していることも明らかにされている(Ono, Kosaka, et al., 2014)。

今回の 4°C 保存実験でも、3815-639 細胞（転移モデル）は、増殖能が高いにもかかわらず、4°C 保存では培養器の接着能が時間を増すごとに原発巣モデル、流血中モデルと比較して低い傾向にあることは興味深い。細胞接着と増殖能との関連について、これらのモデルと温度、接着能の違いを検討する必要があると考えられた。

5. まとめ

今回、担癌患者の自己血輸血を想定して、肝臓癌培養細胞 HuH-7 を用いて原発巣、流血中、転移巣のモデルを作成して、それぞれの癌細胞の 4°C における生存を検討した。細胞の確認方法は、培養容器に細胞固定が見られ、光沢がある均一な細胞を生存とした。

- (1) 通常条件 37°C, 5%CO₂ での細胞培養では、転移巣モデルの増殖が、他の 2 者と比較して優位に高かった。
- (2) 4°C 保存 24 時間では、それぞれの形態を保ったまま生存する細胞が多く見られた。
- (3) 48 時間保存では、細胞の大部分が死滅し、各細胞が単独となっていたが、転移巣モデルは、固定細胞が見られるものの内部不均一等があり判定保留となったが、他の 2 者は生存細胞が見られた。
- (4) 96 時間保存では、原発巣が判定保留、転移巣は死滅であったが、流血中モデルは生存していた。
- (5) 144 時間(6 日)後では 3 者とも死滅し、4°C 保存では、4-6 日に HuH-7 癌細胞がすべての条件で死滅することが判明した。

以上より、癌細胞の増殖能と細胞接着能は相反する可能性がある。

参考文献

- David Q Matus , Emily Chang , Sasha C Makohon-Moore, Mary A Hagedorn, Qiuyu Chi and David R Sherwood (2014) "Cell division and targeted cell cycle arrest opens and stabilizes basement membrane gaps" *nature communications* 5:4184
Doi:10.1038/ncomms5184 www.nature.com/naturecommunications(2021 年 10 月 29 日アクセス)。
- Hidekazu Nakabayashi, Kazuhisa Takeda , Keiko Miyano , Takashi Yamane and Jiro Sato (1982) "Growth of human hepatoma cell lines with differentiated functions in chemically defined medium" *Cancer Res*, vol. 42, pp. 3858-3863。
- 星野歩子, 橋本彩子, David Lyden (2019) 「がんの転移先はがん細胞に由来するエキソソームが規定しその臓器特異性はエキソソームに含まれるインテグリンによって決定される」『ライフサイエンス』
<http://first.lifesciencedb.jp/archives/11957>, DOI:10.7875//first.author.2015.136(2021 年 11 月 05 日アクセス)。
- Kurataka Otsuka, Yusuke Yamamoto and Takahiro Ochiya (2020) "Uncovering temperature-dependent extracellular vesicle secretion in breast cancer" *J of Extracellular Vesicle*. DOI: 10.1002/jev2.12049,
Doi:10.1126/scisignal.2005231(2021 年 11 月 01 日アクセス)。
- Makiko Ono, Nobuyoshi Kosaka, Naomi Tominaga, Yusuke Yoshioka , Fumitaka Takeshita, Ryou-u Takahashi , Masayuki Yoshida , Hitoshi Tsuda , Kenji Tamura and Takahiro Ochiya (2014) "Exosomes from bone marrow mesenchymal stem cells contain a microRNA that promotes dormancy in metastatic breast cancer cells" *Sci. Signal*, vol. 7, issue 332, ra63。
- 中林秀和, 武田和久(2012) 「高分化型ヒト肝臓

- 由来細胞株“HuH-7” 岡山医学会雑誌 第124 卷, pp. 231-238。
- 日本自己血輸血学会(2020)「貯血式自己血輸血実施指針」w.jsat.jp>jsat_web>kijun(2021年11月01日アクセス)
- 小田貢(1981)「ACD液, CPD液による全血および赤血球濃厚液の経時的変化(代謝性変化および機能性変化)」Journal of the Japan Society of Blood Transfusion Vol. 27, No.1, pp. 11-23。
- 小川和昭, 江川雅彦, 廣田常治, 徳重栄一郎, 牛飼雅人, 福田勝則(1996)「頭頸部悪性腫瘍患者における術前自己血貯血療法」『日耳鼻』第9巻, pp.286-291, 1996。
- 佐藤裕二, 西部俊哉, 近藤正男, 神山俊哉, 安田慶秀, 中瀬俊枝, 山本定光, 池田久實(2002)「よりよい術前自己血貯血のためのアフレーシス採血と全血採血の比較」『日臨外会誌』第63巻, 4号, pp.807-812。 ,
- 佐藤裕二, 西部俊哉, 小林寿美子, 岩谷ユリ子, 篠原敏樹, 近藤正男, 神山俊哉, 安田慶秀(2002)「自己血採血におけるVVR発症例の検討と対策」, 『日輸血会誌』第48巻, 4号, pp.329-334。
- Thomas A Lane(1989)“The effect of storage on the metastatic potential of tumor cells collected in autologous blood”
TRANSFUSION Vol. 29, No. 5, pp.8-420。
- 山崎正人(1989)「自己血輸血 2. 婦人科手術に対する自己血輸血の試み(低血圧麻酔又は内腸骨動脈塞栓法の併用)」
Japanese Journal of Transfusion Medicine,
Vol..35.No.6 ,pp.707-720。
- 吉田雅司, 河野一典, 新名主宏一, 山下佐英(1994)「4. 赤血球保存液中における悪性腫瘍細胞活性」『自己血輸血』第7巻, 1号, pp.14-16。

〈論文〉

アカデミック・ライティング講義の 運営支援チャットボットの開発に向けて

福光正幸* 田中里実† 杉澤愛美‡ 金銀珠§

Developing an FAQ Chatbot to Support Academic Writing

Masayuki FUKUMITSU* Satomi TANAKA† Manami SUGISAWA‡ Eunju KIM §

要旨

アカデミック・ライティング指導のための北海道情報大学の科目「日本語表現 II」において、質疑応答用のチャットボットを導入することで、受講者は執筆作業中に生じた疑問を自ら解決できると考えられる。しかし、この種の科目について、チャットボットを導入した事例は未だない。そこで本研究では、質疑応答用チャットボット実現に向け、受講者がしうる質問内容と、チャットボット設置による反応について調査する。

Abstract

In a “Japanese Expression II” class at Hokkaido Information University, an FAQ chatbot was introduced to help students resolve questions they may have during the academic writing process. As there are no previous studies on the use of chatbots in this context, this paper is a pilot investigation of the kinds of questions that students may ask, and solicits their responses to the introduction of the FAQ chatbot.

キーワード

アカデミック・ライティング (Academic Writing) 質疑応答 (Question and Response)
チャットボット (Chatbot)

* 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科准教授, Associate Professor, Department of Information Media (Dept. of IM), HIU

† 北海道情報大学医療情報学部医療情報学科講師, Lecturer, Department of Medical Management and Informatics (Dept. of MMI), HIU

‡ 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科講師, Lecturer, Dept. of IM, HIU

§ 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科准教授, Associate Professor, Dept. of IM, HIU

1. はじめに

文部科学省(2018)の毎年の大学改革状況調査の初年次教育の実施状況の調査項目からも伺える通り、「レポート・論文の書き方などの文章作法を身に着けるためのプログラム」は重要項目の一つである。北海道情報大学においても、「日本語表現 II」という科目を設置し、アカデミック・ライティングの指導を行っている。特に、本講義では「執筆方略の指導」と「指導に対する負の感情への配慮」を重要視している。2019年度後期の講義は、図1に示す通り、実際にレポート執筆過程を経験できる講義を実施した。この際、受講者から多種多様な質問が寄せられた。その内容は、講義資料内に記されている用語の意味に関する質問のような短時間で応答できるものから、執筆方略など対応に長時間を要する質問までが認められた。特に、後者の長時間を要する質問に対応していた場合、質問がある他の受講者は教員からの回答を待つこととなり、レポート執筆作業が停滞してしまっていた。

この受講者の執筆作業が停滞してしまう問題に対し、受講者自身が短時間で対応可能な疑問に対処できるようにする方法を検討する必要がある。そこで、この方法として、「チャットボット」の導入に着目することとした。チャットボットとは人間のように自然な会話を実現する会話プログラムのことである(Caldarini, Guendalina, et.al. 2022)。これまでも大学の講義において講義支援用チャットボットを導入する先行研究はある。渥美・村田ほか(2017)は、ソフトウェア演習の講義において学生支援のためのロボットによる質疑応答用チャットを導入した。彼らのチャットは、質問に教員やTA(Teaching Assistant)も応答することを前提とするものであった。また、小菅・高木ほか(2020)は、数学科目の反転授業

において、受講者が予習した内容の理解度を確認することを目的としたチャットボットを開発した。

前述の先行研究では、教員やTAも応答することを前提としていたり、授業前に受講者が予習した内容の理解度を確認したりする際にチャットボットを使用していた。しかし、講義内での受講者からの質疑にチャットボットのみで即座に対応できる研究は認められなかった。

本研究の目標は、日本語表現 II の講義内で、受講者からの質問のうち、短時間で応答できる質問に即座に対応するチャットボットを実現することである。しかし、上述の通り、本研究が目指すチャットボットはこれまでに実現されていない。そこで本論文では、アカデミック・ライティングの講義において受講者の多様な質疑に即答できるチャットボットの開発に向け、必須と考えられる次の2点について調査・分析し、今後の研究にあたっての基礎的資料を得ることを目的とする。

調査項目1 アカデミック・ライティングの講義において質疑応答のチャットボットを設置した場合、受講者がいかなる質問をするか。

調査項目2 アカデミック・ライティングの講義に質疑応答のチャットボットを設置した場合の受講者の反応はどうか。また、チャットボットに望む機能は何か。

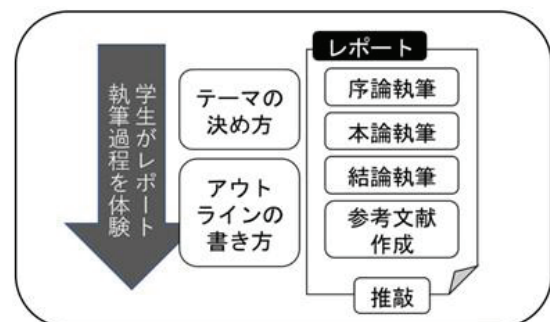


図1 「日本語表現 II」講義内容の概略図

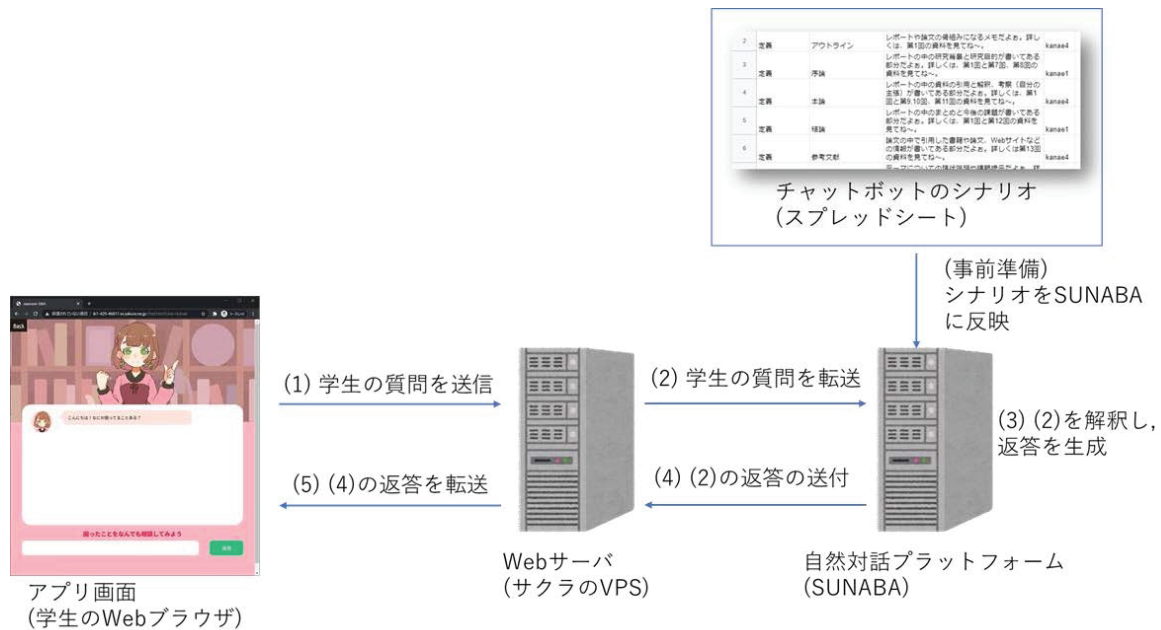


図 2 チャットボットの全体像

2. 日本語表現 II で使用するチャットボット

本節では、開発したチャットボットについて述べる。特に、第 2-1 小節ではチャットボットの構成について、第 2-2 小節では第 2-1 小節の構成実現のための実装技術について、第 2-3 小節では受講者からの質問内容の解釈方法と質問・応答のペアのリスト（以下、シナリオと記す）について、第 2-4 小節ではチャットボットのキャラクターについてそれぞれ述べる。

2-1 チャットボットの構成の概要

図 2 に本研究で開発したチャットボットの全体像を示す。日本語表現 II の受講者の情報環境（貸与の PC、受講者自身のスマートフォン、タブレットなど）の多様性に対応するため、Web アプリケーション（以下、Web アプリと記す）として実装している。本チャットボットは次の手順で動作する。

手順① 受講者はチャット画面の質問入力フィールドに質問内容を記入し、Web サー

バに送信する。

手順② Web サーバは、手順①の質問内容の意図を解析する。

手順③ Web サーバは、事前登録のシナリオに従い、手順②で解析した質問に対応する応答を選択し、チャット画面に送る。

手順④ チャット画面側では、手順③で受け取った応答を画面に表示する。

2-2 実装技術

本チャットボットにおいて、手順①での質問の入力と手順④の応答を表示するためのチャット画面の実装には、Web インターフェース実装のためのフレームワークの一種である Vue.js (You 2021) を、Web サーバの実装には、Python の Web フレームワークの一種である Bottle (Hellkamp 2021) を採用している。両フレームワークは、構成のシンプルさから選定した (You 2021; Hellkamp 2021)。これは、本研究終了後に継続運用する場合、講義期間中に本チャットボットのトラブルがあった際の対応を含む運用・保守を、学部の講義で Web アプリ開発の基礎を学習した学生も行うこと

を想定している。

2-3 質問解釈とシナリオ

図 2 での受講者からの質問の意図を解釈するため、NTT DOCOMO による自然対話プラットフォーム「xAI ML SUNABA (NTT DOCOMO Inc. 2021)」を採用している。xAI ML SUNABA では、マークアップ言語 xAI ML と呼ばれる形式でシナリオを記述することで、受講者の質問の揺らぎも含め意図解釈を行い、シナリオの中から適切な応答を選択することを意図している。この場合、シナリオの記述を xAI ML 形式で行う必要があり、チャットボットを実装する講義担当者である教員が HTML を含む Web ページの実装を行った経験がない場合、敷居が高いものと考えられる。シナリオ設計自体は、チャットボットの開発者・管理者よりも、講義担当者が行うことが考えられる。この敷居の高さは、シナリオの実装や、定期的な更新を困難にする要因となると考えられる。そこで、スプレッドシートで記述されたシナリオを xAI ML 形式に自動変換する Python スクリプトも併せて実装した。

2-4 チャットボットキャラクターの導入

本研究で開発したチャットボットでは、単なる言語情報での受講者との対話に加え、図 3 に示す複数の SA (Student Assistant) 役のキャラクターを導入した。これらキャラクター導入の目的は、対話相手の感情を理解できるかのような人間らしさを付加することで、チャットボットへの親近感を表現し、利用促進を図ることにある。さらに、応答の口調もこれらキャラクターと合わせるよう工夫した。キャラクターの設定については、受講者の多様な嗜好が考えられたため、複数のキャラクターを制作した。受講者は、これらキャラクターを任意のタイミングで選択できるように設定した。



図 3 チャットボットに導入したキャラクター

3. チャットボットへの質問ログの収集・分析にまつわる予備調査

本節では、調査項目 1 の調査のため、第 2 節で紹介した本チャットボットを講義で導入した際の質疑応答内容について分析する。第 1 節で述べた通り、アカデミック・ライティングの科目においてチャットボットを設置した場合の受講者の反応がこれまでに調査されていなかったため、まず 2020 年度後期に 1 クラスのみに対し、予備調査を実施した。

3-1 実施要領

予備調査の実施要領を以下に記す。

目的: 受講者からの質問を基に、チャットボットのシナリオを定める。

期間: 2020 年 9 月 29 日～2021 年 1 月 12 日
(以下、講義期間 1 と記す)

対象: 情報メディア学科 1 年生 23 名

講義形態: 1 講義 90 分全 15 回実施した。

- ・第1回：オンラインリアルタイム双方向講義
- ・その他：オンデマンド講義

倫理的配慮：受講者の質問収集・記録・分析にあたっては、図4のように明示し、同意を得た。

調査方法：過年度（2020年前期）の「日本語表現II」の講義記録を分析した上で、「日本語表現II」の講義資料（2020年前期作成）をもとに質問を整理・分類し、シナリオを設計する。このシナリオを質疑応答チャットボットに導入し、シナリオで想定した分類に基づく実態の分析と応答精度について質問件数に対する割合から検証した。

ik1-429-46811.vs.sakura.ne.jp の内容

このアプリでは、日本語表現IIでのチャットボット導入による学習効果・環境に関する研究調査や、アプリ自体の改善のため、「質問内容」を記録します。ここで収集データは先に述べた目的のみで利用し、データの公表の際も個人が特定されないよう統計処理いたします。なお、チャットボット構築のためドコモの「xAIML SUNABA」を使用しており、こちらでも質問内容が記録されています。詳しくは、こちらの利用規約をご確認ください (<https://sunaba-authoring.xaiml.docomo-dialog.com/agreement>)。これらに同意の上、アプリを利用してください。次の「OK」ボタンを押していただくことで、同意いただいたものとみなします。



図4 データ収集に関する同意画面

3-2 シナリオ設計

過年度の講義記録をもとに質問を整理・分類した結果、合計179件の質問を想定し、以下の7種類に分類した。

- ・講義資料に記載されているアカデミック・ライティングに関連する質問（例：研究背景とは、研究目的とは）49件を「定義」と命名し分類した。
- ・講義資料に書かれている執筆作業の指示内容の詳細や、文章執筆の際に用いる記号の使い方などの質問（例：研究背景はどのように書くか、句点の使い方は？）20件を「理解の補助」と命名し分類した。
- ・話し言葉かどうかの判断に関する質問（例：「なので」は話し言葉か？）85件を

「話し言葉」と命名し分類した。

- ・現在行っている作業の次の作業に関する質問（例：推敲の次は何を行うか？）12件を「次の作業」と命名し分類した。
- ・講義中に使用しているツールの使い方（例：Wordがありません）3件を「ツールの使い方」と命名し分類した。
- ・教員のレポートに書かれた添削コメントに関する質問（例：感想になってしまっています、という添削コメントにはどうすればいいですか）7件を「添削コメントのコメント」と命名し分類した。
- ・その他は「一文の長さは？」、「一文は何文字？」、「一文が長い」のように上記6分類に属さない内容である。

質問が「研究背景」であった場合は、「研究背景の意味」、「研究背景の書き方」、「研究背景の次に書く内容」という意味が含まれる。このように受講者が語句だけで質問を行った場合、複数の分類に属することが想定される。そこで、図5のようにチャットボットが質問内容を明確化できるよう詳細な質問内容を提示し、受講者が選択できるようにシナリオを設計した。

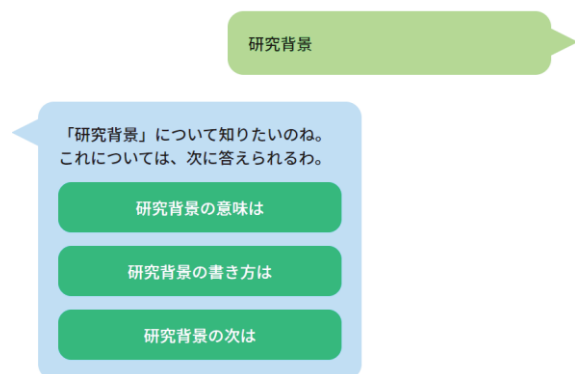


図5 語句を質問された場合の応答可能質問の候補の表示

3-3 結果

本節では、予備調査の結果について、質問の件数及び種類と、シナリオにおける応答精度に分けて議論する。

3-3-1 質問の件数及び種類

調査期間 1 でチャットボットに寄せられた質問は、のべ 195 件であった。シナリオの 7 分類別の質問件数を図 6 に示す。シナリオの質問分類で最も多く寄せられた質問は、「語句」の 45 件 (23.1%) であった。次に多く寄せられたシナリオ分類は、「定義」の 33 件 (16.9%) であった。最も少ない質問分類は、「次の作業」、「ツールの使い方」でそれぞれ 1 件 (0.5%) であった。寄せられた質問の中には、シナリオの 7 分類に分類できていなかった質問が 30 件 (15.4%) あった。そこで、これらの質問を「検討分類外」と命名し分類した。また、「あなたのお名前は?」、「趣味はなに?」といったようにチャットボットキャラクターに対する質問も 32 件 (16.4%) あった。そこで、この質問を「雑談」と命名し分類した。

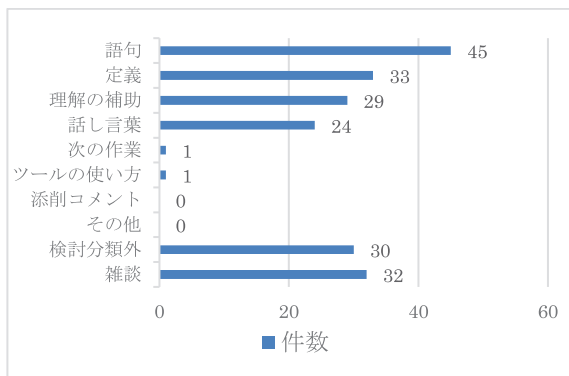
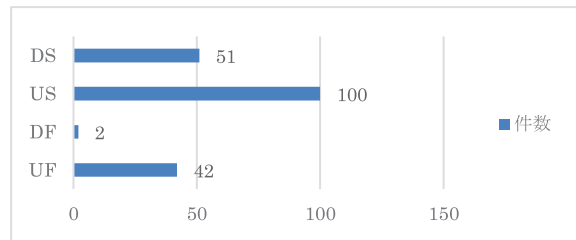


図 6 講義期間 1 内のチャットボットへの質問の分類

3-3-2 シナリオにおける応答精度

寄せられた 195 件の質問について、シナリオの定義における有無と応答への成否から質問への応答精度を検討し、図 7 のように分類した。その結果、最も件数が多かった質問は、シナリオで定義されていないため「わからない」と応答した質問 (US: Undefined/Succeed) の 100 件 (51.3%) であった。シナリオで定義され応答に成功した質問 (DS: Defined/Succeed) は 51 件 (26.2%) であった。シナリオで定義されているが応答に失敗した質問 (DF: Defined/Failure) は、2 件 (2.1%) であった。

シナリオに定義されておらず応答にも失敗した質問 (UF: Undefined/Failure) は、42 件 (21.5%) であった。



DS: シナリオに定義済みで、意図通り応答できている質問
 US: シナリオに定義されておらず、「わからない」旨応答できている質問
 DF: シナリオに定義済みであるが、誤った応答をした質問
 UF: シナリオに定義されていない上、誤った応答をした質問

図 7 講義期間 1 でのチャットボットの質疑応答精度

3-3-3 DS 以外の応答精度の詳細

次に、シナリオの改善に向け、シナリオで定義され応答に成功した質問 DS 以外の、シナリオで定義されていないため「わからない」と応答した質問 US, シナリオで定義されているが応答に失敗した質問 DF, シナリオに定義されておらず応答にも失敗した質問 UF における質問の内容から分類を行った。質問内容を分析したところ、シナリオ設計において作成した 7 分類、雑談の他、各講義の目的・課題内容についての質問など「講義内容」に関する質問、「講義教材の例文」の用語に関する質問、誤字脱字、意図不明、英語といった現時点では「その他想定外質問」の質問に分けることができた (表 1)。

この結果、第 3-2 小節の 7 種類いずれかに属する質問において、US が 52 件 (144 件中 36.11%), DF が 2 件 (1.39%), UF が 23 件 (11.97%) となった。次いで、「講義内容」に関する質問の US・DF・UF の件数は、それぞれ 9 件 (6.25%)・0 件 (0.00%)・7 件 (4.86%), 「雑談」は、それぞれ 18 件 (12.50%)・0 件 (0.00%)・11 件 (7.64%), さらに、「講義教材の例文」に関する質問は、US のみで 9 件

(6.25) %となった。その他想定外質問については、US が 12 件 (8.33%), UF が 1 件 (0.69%) という結果となった。すなわち、約 7 割がシナリオで定義されていないため「わからない」と応答した質問 US に分類するものとなった。

表 1 図 7 の US・DF・UF に属する質問 144 件の分類

	US	DF	UF	件数
第 3-2 小節の 7 種類いずれかに属する質問	52	2	23	77
「講義内容」に関する質問	9	0	7	16
雑談	18	0	11	29
講義教材の例文にある用語に関する質問	9	0	0	9
その他想定外質問	12	0	1	13

3-4 考察

本節では、第 3-3 小節の結果について考察する。

3-4-1 寄せられた質問の種類

第 3-3-1 小節で言及した「質問分類で最も多く寄せられた質問は、「語句」の 45 件 (23.1%) であった。」の理由について考察する。これは、実社会で利用されているチャットボットが、用語を問いかけることでその語句について回答できる質問の選択肢を推薦してくれることや、本チャットボットに質問した際に受講者が予期した応答を得られなかった際に、質問の仕方を変えてみたことから得られた結果と考えられる。特に、前者は第 3-2 小節で述べた意図に合致するため、この推薦機能が有効に機能しているものと考えられる。

3-4-2 応答精度

第 3-3-2 小節の応答精度結果について、全ての質問が「シナリオで定義され応答に成功した質問 DS」に分類されることが望ましいが、144 件 (73.8%) が DS に属しなかった。この結果について考察し、シナリオ改良を行う必

要がある。まず、図 7 の分類の内、シナリオで定義されていないため「わからない」と応答した質問 US が最も多かったが、さらに表 1 を用いて分類すると、このうち最も多かったものが「第 3-2 小節で検討した 7 分類」であったことから、予備調査前の想定だけでは、具体的な想定質問が不足していたことが推察される。そこで、調査期間 1 に寄せられた質問をシナリオ内で設定することで改善が期待される。

3-4-3 DS 以外の応答精度の詳細

次に、シナリオで定義されているが応答に失敗した質問 DF2 件については、いずれも「論文」というキーワードが含まれていた。この改善には、第 2-3 小節で述べた xAIML 生成の際に、「論文」と書かれた質問の意図解釈を優先的に判断できるようにすることで改善できると考えられる。また、シナリオに定義されておらず応答にも失敗した質問 UF については、主に、チャットボットが定義済みの他の質問と意図解釈を誤ったことが原因となり、UF に属する質問をシナリオに定義することで改善できると考えられる。

3-5 シナリオの改良

予備調査の結果をふまえ、シナリオを改良した (表 2)。表 1 における、US・DF・UF の質問については、第 3-4-2 小節で議論した方針で改良した。なお、このうち「講義内容」に関する質問の応答については、講義開講曜日や各回の課題など受講クラスによって異なる。そこで、これらの質問については、北海道情報大学の学習管理システムの第 3 版である「POLITE3」を参照するよう応答できるようにした。次に、「雑談」について、挨拶や礼への返事ができるようにした。さらに、「わからない」と漠然とした質問に対し、励ましの対応ができるようにした。

また、DS の 51 件のうち 5 件について、例

えば「書き言葉」や「話し言葉」の定義に対し、単に意味を説明するだけでなく、教科書の出現箇所を提示したり、「参考文献の閲覧日の記述方法」について教員に直接尋ねる旨返答したりするなど、第 3-2 小節よりも適切な応答となるよう改良した。

さらに、第 3-2 小節の段階では、「だから話し言葉か？」のような話し言葉であるかどうかの判定ができるようにシナリオを設定していた。本改良では、これに加え、「従って書き言葉か？」のように書き言葉かどうかの判定もできるようにした。

表 2 講義期間 2 のチャットボットの改良点

	件数
図 7 の DS 以外に属する 144 件のうち 「講義内容」にまつわる質問・応答	37
図 7 の DS 以外に属する 144 件のうち 「雑談」にまつわる質問・応答	23
図 7 の DS 以外に属する 144 件のうち、 上記 2 項目以外にまつわる質問・応答	14
「書き言葉」判定に関する質問	44

4. チャットボットへの質問ログの収集・分析並びにアンケート調査を基にした本調査

本節では、第 3 節の予備調査の結果を基に実施した本調査について述べる。本調査では、予備調査同様、チャットボットへの質問のログ解析のほか、アンケート調査を実施した。

4-1 実施要領

本調査の実施要領を以下に記す。

目的：予備調査で改良したシナリオをチャットボットに導入し、調査項目 1・2 を明らかにする。

期間：2021 年 4 月 6 日～2021 年 7 月 30 日（以下、講義期間 2 と記す）

対象：日本語表現 II を履修した先端経営学科

50 名、システム情報学科 114 名、医療情報学科 48 名、合計 212 名であった。調査対象は、予備調査とは異なる。日本語表現 II では予備調査の対象学科の学生の他、上記 3 学科の学生も必修科目として履修する。そこで、予備調査のシナリオ改善が他学科の学生においても汎用性が求められることから上記 3 学科の学生を調査対象とした。

講義形態：1 講義 90 分、全 15 回の講義全てをオンデマンド形式で講義を実施した。初回時にチャットボットの利用について説明を行い、全ての講義で利用できるようにした。

倫理的配慮：予備調査と同様、図 4 の通り、受講者の質問収集・記録・分析にあたっては、下記のように明示し、受講者から同意を得た。また、アンケート調査については、図 8 のように明示し、承諾した受講者のみ回答することを求めた。

調査方法：まず、調査項目 1 の客観的な調査のため、予備調査で実施した質問の分類に基づく件数及び DS, US, DF, UF の件数について予備調査の結果と比較し、応答精度の改善状況について検討した。

また、調査項目 1 の主観的な調査と調査項目 2 のため、受講者のチャットボットの利用におけるアンケート調査を実施した。本論文では、このアンケート項目のうち、調査項目 1・2 に関連する項目についてのみ議論する。これらの項目としてまず、「利用用途」7 項目、「満足度」8 項目、「要望」10 項目が挙げられる。なお、回答者は複数選択可能なものとなっていた。その際、チャットボットを利用しなかった受講者に対して利用しなかった理由についても 3 項目から複数選択を可能とし回答を求めた。また、3 項目中の「チャットボットを利用する必要性を感じなかった」を選択した受講者にはその理由を 6 項目から複数選択を

可能とし回答を求めた。さらに、チャットボットの必要性を感じなかった理由における「チャットボットにアクセスするのが面倒だったから」の関連質問として、「今回同様、ウェブサイトでよい」、「POLITE3 内で使用できたらよい」、「LINE で使用できたらよい」の3項目について複数選択を可能とし回答を求めた。その他、チャットボットについての感想・意見・要望についての自由記述欄を設けた。

アンケート調査の結果は、チャットボットの利用の有無が学力と関連があるかについて、小テスト（12問）の正解率から Python 統計ライブラリの一種である `scikit_posthocs` (Terpilowski, Maksim 2021) により分析した。

日本語表現Ⅱチャットボットに関するアンケート

「日本語表現Ⅱチャットボット」をご利用いただきありがとうございます。お手数ですが、日本語表現Ⅱの授業へのチャットボットの改良や、導入に関する研究調査の一環として、アンケートへのご協力をお願いします。

日本語表現Ⅱの授業を15回受講する前後についての調査の関係上、回答内容とともに、回答者のメールアドレスを記録させていただきたく存じますが、回答内容につきましては、本システムの研究・開発に関する事柄にのみ利用し、それ以外の目的では利用いたしません。なお、調査結果を公表する際には、統計処理を施すなど、プライバシーについて、特段配慮いたします。

以上に同意し、ご協力いただける場合は、「次へ」ボタンを押していただき、アンケートへのご回答をお願いいたします。

図8 アンケートデータ収集に関する同意画面

4-2 結果

本小節では、実験結果について、第3-3小節と比較しながら議論する。

4-2-1 講義期間2の質問内容と応答精度

調査期間2でチャットボットに寄せられた質問は、のべ302件であった。シナリオの質問分類別件数は図9のようになった。シナリオの質問分類で最も多く寄せられた質問は、「講義内容」の81件(26.8%)であった。次に多く寄せられたシナリオ分類は、「雑談」の52件(17.2%)であった。この他「理解の補助」が50件(16.6%)、「定義」が47件(15.5%)であった。

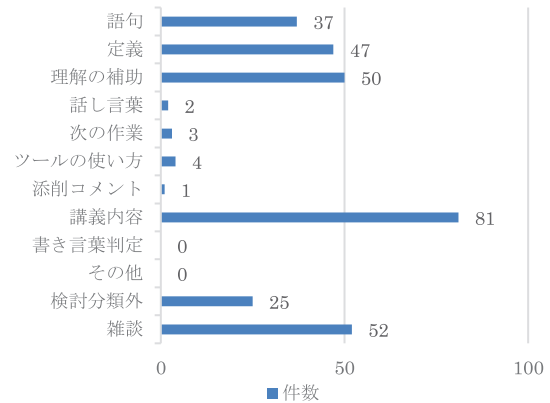
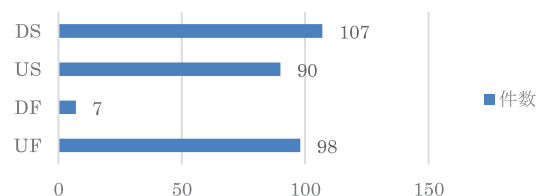


図9 講義期間2内のチャットボットへの質問の分類

4-2-2 改良したシナリオにおける応答精度

予備調査と同様に、302件の質問について応答精度をDS, US, DF, UFの4つに分類した(図10)。DSに属する質問は、107件(35.4%)であった。予備調査のDSは51件(21.6%)であったことから全質問件数に対する割合は増加していた。USに属する質問は90件(29.8%)であり、予備調査のUSは100件(51.3%)であったことから全質問件数に対する割合は減少していた。次に、DFに属する質問は7件(2.3%)であった。予備調査のDFが2件(2.1%)であったことから全質問件数に対する割合は概ね同じであった。UFに属する質問は98件(32.5%)であったが、これは予備調査のUFの42件(21.5%)に比べ、全質問件数に対する割合は増加していた。



DS: シナリオに定義済みで、意図通り応答できている質問

US: シナリオに定義されておらず、「わからない」旨応答できている質問

DF: シナリオに定義済みであるが、誤った応答をした質問

UF: シナリオに定義されていない上、誤った応答をした質問

図10 講義期間2でのチャットボットの質疑応答精度

4-2-3 DS 以外の応答精度の詳細

予備調査同様に、シナリオで定義され応答に成功した質問 DS 以外の、シナリオで定義されていないため「わからない」と応答した質問 US, シナリオで定義されているが応答に失敗した質問 DF, シナリオに定義されておらず応答にも失敗した質問 UF における 195 件の質問を内容別に分類した (表 3)。質問内容を分析したところ、シナリオ設計において作成した 7 分類は、US が 15 件 (195 件の質問中 7.69%), DF が 3 件 (1.54%), UF が 23 件 (11.79%) であった。これは、予備調査の US の 36.11% と比べ割合が大きく減少し、一方、DF と UF は同程度であったことが分かる。次いで、「講義内容」に関する質問の US・DF・UF はそれぞれ 39 件 (20.00%)・0 件 (0.00%)・38 件 (19.49%) であったが、予備調査の US・UF に比べ割合が増加した。雑談は、それぞれ 21 件 (10.77%)・4 件 (2.05%)・22 件 (11.28%) と、予備調査の DF が若干増加しているが、他は同程度であった。講義教材の例文にある用語に関する質問は US・UF がそれぞれ 3 件 (1.54%)・2 件 (1.03%) となり、予備調査とくらべ減少傾向にあった。最後に、「その他想定外質問」は、US・UF それぞれ 12 件 (6.15%), 13 件 (6.67%) であり、予備調査の UF に比べ割合が増える結果となった。

表 3 図 9 の US・DF・UF に属する質問 195 件の分類

	US	DF	UF	件数
第 3-1-1 小節で設定した 7 種類いずれかに属する質問	15	3	23	41
「講義内容」に関する質問	39	0	38	77
雑談	21	4	22	47
講義教材の例文にある用語に関する質問	3	0	2	5
その他想定外質問	12	0	13	25

4-2-4 応答の成否による応答精度の比較

シナリオの改善の程度を予備調査と本調査のシナリオにおける定義の有無と応答の成否から比較を行った。予備調査と本調査別の全質問項目に対する応答に成功した件数の割合 $((DS+US) / (DS+US+DF+UF))$, シナリオに定義されていた質問の件数に対するシナリオに定義され応答にも成功した件数の割合 $(DS / (DS+DF))$, 応答に成功した件数に対するシナリオに定義され応答にも成功した件数の割合 $(DS / (DS+US))$ の結果を示す (表 4)。応答に成功した件数に対するシナリオに定義され応答にも成功した件数の割合 $(DS / (DS+US))$ が、予備調査 (33.8%) から本調査 (54.3%) と 20.5% 増加していた。

表 4 講義期間 1 と講義期間 2 のチャットボットの質問への応答成功率の比較

	期間 1	期間 2
応答成功割合	77.4	65.2
シナリオ定義済み質問中の応答成功割合	96.2	93.9
応答成功質問中の定義割合	33.8	54.3

4-3 日本語表現 II 内でのアンケート調査

本節では、アンケート調査結果について述べる。

4-3-1 チャットボットの利用回数

アンケート調査への回答が得られたのは、受講者 212 名中 56 名であった (回答率 26.4%)。このうち、チャットボットの説明を行った初回講義後にチャットボットを利用していたのは 11 名であった。初回のチャットボット説明時のみ利用あるいは全く使用しなかったのは、45 名であった。初回のチャットボット説明時以外で利用した回答者を群 A, 初回のチャットボット説明時のみ利用あるいは全く利用しなかった回答者を群 B に分け、次節以降の結果を示す (表 5)。

表 5 『チャットボットは何回くらい使いましたか?』の

回答結果		人数
群 A	6 回以上使った (初回講義での説明時を除く)	0
	5~2 回くらい使った (初回講義での説明時を除く)	5
	1 回だけ使った (初回講義での説明時を除く)	6
群 B	初回講義での説明時だけ使った・全く使わなかった	45

4-3-2 群 A のチャットボットへの「利用用途」, 「満足度」, 「要望」

群 A の回答者に対して, チャットボットの利用用途, 満足度, 質問の種類, 要望について尋ねた結果を表 6, 表 7, 表 8, 表 9 それぞれに記す。なお, 表 5 の通り, 群 A の回答者が 11 名と統計処理を行うには十分な回答数でないことに注意した上で結果について言及する。まず表 6 の通り, 群 A の回答者の 11 名中 5 名が, 講義資料内の定義や, 課題の内容について問い合わせていたことが分かった。また, 表 7 の通り, 「教科書などを見ていて理解できなかった箇所について教えてもらった点」を満足した点の 1 つとして挙げた回答者が 5 名いたことも確認できた。

一方, 表 6 の「勉強の息抜きをしたいとき」に利用したと回答した回答者が 3 人いたことや, 表 7 の「好意的だと感じるキャラクターがいた点」を満足した点の 1 つとした群 A の回答者が 4 名いたことも確認できた。

表 6 群 A の回答者の『どんな時にチャットボットを使いましたか (複数回答可)』の回答結果

回答結果		人数
	教科書に理解できないところがあったとき	5
	課題で何をしたらいいか (指示・作業) がわからなかったとき	4
	課題提出などに使うアプリ (Word など) のことで困ったとき	0
	教師の添削にわからないことがあったとき	3
	教師にチャットボットを使うように指示されたとき	0
	勉強の息抜きをしたいとき	3
	その他	0

表 7 群 A の回答者の『チャットボットについて満足した点を教えて下さい (複数回答可)』の回答結果

回答結果		人数
	教科書などを見ていて理解できなかった箇所について教えてもらった点	5
	課題で何をしたらいいか (指示・作業) を教えてもらった点	1
	課題提出などに使うアプリ (Word など) のことを聞いた点	0
	教師からの添削内容でわからないことが聞いた点	0
	勉強の息抜きができた点	1
	時間・場所を問わず質問できた点	3
	好意的だと感じるキャラクターがいた点	4
	その他	0

表 8 群 A の回答者の『チャットボットにどんな質問をしましたか？質問のタイプを以下から選んでください（複数回答可）』の回答結果

	人数
定義 教科書の用語の意味についての質問 (例：考察ってなんですか？)	6
理解の 演習の方法についての質問 (例：裏付け 補助 ってどう書けばいいですか？)	2
使い方についての質問 (例：接続詞って どうやって使いますか？)	0
添削コ 教員からの添削内容の詳細に関する質 メント 問 (例：「文がねじれています」とはど んな意味ですか？)	0
話し言 話し言葉についての質問 (例：「なので」 葉 は話し言葉ですか？)	0
次の作 次の作業についての質問 (例：研究目的 業 の次って何を行えばいいですか)	1
ツール 講義で使用する教材についての質問 の使い (例：Word 持っていないんですけど、 方 どうすればいいですか？)	1
雑談 雑談・日常会話 (例：今日何食べた？)	1
雑談・キャラのプライベートについての 会話 (例：好きな食べ物は？)	2
何を聞いたか忘れた	0

表 9 群 A の回答者の『日本語表現のチャットボットは、今後どんな会話ができたらよいと思いますか？以下から選んでください（複数回答可）』の回答結果

	人数
学習についてのより多様な会話 (質問一回 答の種類を増やす)	4
学習についての質問への的確な回答 (質問 への誤答を減らす)	5
学習についての励まし・応援の会話 (例： 課題提出まであと少し！がんばって！)	2
雑談・日常会話 (例：今日何食べた？)	1
雑談・キャラのプライベートについての会 話 (例：好きな食べ物は？)	1

4-3-3 群 B の回答者がチャットボットを利用しなかった理由

アンケート調査において、初回の説明時のみチャットボットを利用した学生と全く利用しなかった学生に、チャットボットを利用しなかった理由について回答を求めたところ、表 10 のような結果が得られた。群 B の 26 名の回答者全員が「チャットボットを利用する必要性を感じなかった」を選択したことが明らかになった。「チャットボットを利用する必要性を感じなかった」を選択した回答者に理由を問う追加項目では「講義内容についての質問がなかったから」を選択した回答者は 26 名中 17 名 (65.4%) であった (表 11)。

表 10 群 B の回答者の『使わなかった理由として最もあてはまるものを以下から選んでください。』の回答結果

	人数
チャットボットにアクセスする場所がわか らなかった・忘れた	7
チャットボットの使い方がわからなかつ た・忘れた (質問を入力する方法など)	9
チャットボットを利用する必要性を感じな かった	26

表 11 『チャットボットを利用する必要性を感じなかった』の回答者の『利用する必要性を感じなかった』理由を以下からすべて選んでください（複数回答可）』の回答結果

	人数
講義内容についての質問がなかったから	17
講義内容についての質問は、先生に聞いたから	2
講義内容についての質問は、友人など先生以外の人に聞いたから	3
チャットボットに興味がなかったから	2
質問しても意図した返答が得られなかったから	0
チャットボットにアクセスするのが面倒だったから	5

4-3-4 チャットボットの利用とアカデミック・ライティングにまつわる小テストの正解率の分析

アンケートにおいてチャットボットを利用した回答者群 A, チャットボットを利用しなかった群 B の中で「講義内容について質問がなかったから」と回答した回答者 17 名を群 B1, B1 以外の群 B の回答者を群 B2 としてさらに分けた。3 群におけるアカデミック・ライティングの小テスト 12 問における正解率の度数分布を示す (図 11)。群 A, 群 B1, 群 B2 の平均, 標準偏差を算出したところ, 群 B1 は, 群 A, 群 B2 より 4.2 点平均が高かった (表 12)。次に, 3 群におけるデータ数やデータの分布を仮定することが困難であると判断し, Steet-Dwass 法による 3 群の多重比較法による検定を実施した (表 13)。その結果, 任意の 2 群について p 値が 0.05 以上となり, 帰無仮説 (群間の間で小テストの平均正解率について有意な差がない) が採択される結果となった。

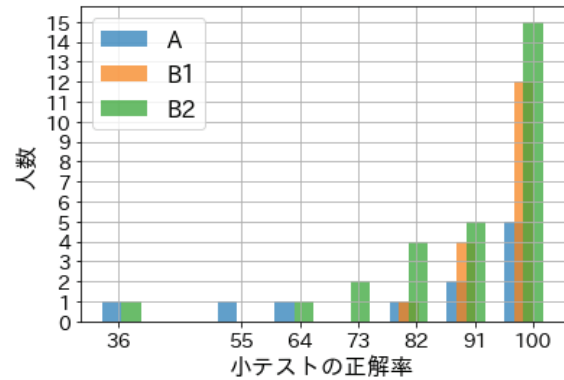


図 11 A (青)・群 B1 (橙)・B2 (緑) ごとのアカデミック・ライティングにまつわる小テストの正解率 (横軸) と人数 (縦軸) の関係

表 12 アカデミック・ライティングにまつわる小テストの解答正解率

	人数	正解率の平均	標準偏差
A 群 A の回答者	11	92.6	22.19
B1 「講義内容についての質問がなかったから」と回答した群 B の回答者	17	96.8	5.46
B2 B1 以外の群 B の回答者	28	92.6	14.82

表 13 Steet-Dwass 法の結果

	P 値
群 A-群 B1	0.198
群 A-群 B2	0.729
群 B1-群 B2	0.297

4-3-5 学生が求めるチャットボットを実装するツール

アンケートにおけるチャットボットの必要性を感じなかった理由の「チャットボットにアクセスするのが面倒だったから」の関連質問としての 3 項目への回答結果を表 14 に示す。群 A では, 11 名中 6 名が LINE での実装と回答していた。群 B では, 45 名中 18 名が POLITE3 での実装と回答していた。

表 14 各群の『今回、チャットボットはウェブサイトでの利用でしたが、他にどんなツールで利用できたらよいと思いますか』の回答結果

	群 A	群 B
今回同様、ウェブサイトでよい	3	10
POLITE3 内で使用できたらよい	2	18
LINE で使用できたらよい	6	17

4-3-6 チャットボットに関する自由記述

アンケートにおけるチャットボットへの感想・意見・要望に関する自由記述を表 15 に示す。

表 15 『「日本語表現 II」のチャットボットについての感想・意見・要望などがあれば、教えてください』の回答結果（特になし 2 件を除く）

	記述内容
A	教科書を読んでわからない状態で聞いているのに、その内容が書いたページを教えられてもわからないままで困った。
A	解らないところを気軽に質問出来るのがとても良かったです。
B2	あまりチャットボットを使えませんでした。すみません。
B2	ありがとうございました。
B2	1つ1つの課題をしっかりと見えていて、とても良かった。

5. 考察

本節では、本調査の結果から、まず予備調査と比較しての本調査でのチャットのシナリオの精度について考察する。次いで、調査項目 1・2 に関して考察する。

5-1 チャットボットの改良精度

まず、第 4-2-4 小節で述べた本調査の結果、表 4 の通り、応答成功質問中の定義割合が予

備調査よりも高くなったが、応答正解割合やシナリオ定義済み質問中の応答成功割合が低くなった結果について考察する。これについては、第 4-2-2 小節で述べた DS の割合が予備調査より高くなり US が低くなったにも関わらず、UF が高くなってしまった結果とも関連する。応答正解シナリオ中の定義割合の増加や DS の割合増加については、チャットボットの改良の際に、予備調査時になかった分類である「講義内容」についての質疑応答をシナリオに追加したことに起因しているものと考えられる。

次に、応答正解割合やシナリオ定義済み質問中の応答成功割合や UF の割合が増加している結果について検討する。受講者からの質問について、チャットボットは意図解釈をした後にシナリオから対応する応答を選択する。このシナリオについて、本調査では、3-5 小節で述べた通り、シナリオを改良し、対応できる質問数を増やした。しかし、チャットボットは、受講者からの質問に対し、応答の選択肢が増加したことから誤った選択肢が選択されてしまった可能性があると考えられる。今後、意図解釈のルール等を更新することで、応答正解割合やシナリオ定義済み質問中の応答成功割合や UF の割合が減少できるであろう。特に、第 4-2-3 小節の通り、「講義内容」、「雑談」が UF の中でも割合が減少していたことから、これら項目の改善が UF 全体の割合の減少に繋がると考えられる。

また、US の項目について、全体的な割合は予備調査時よりも減少しているが、「講義内容」については増加傾向にあるため、多様な定義の設定が全体的な US の更なる減少に繋がると考えられる。

5-2 調査項目 1 にまつわる考察

調査項目 1 に関して、図 9 の通り、想定していた質問分類のうち「定義」や「理解の補助」

の割合が高く、さらにそれ以上に「講義内容」についての質問が多かった結果について考察する。この理由として、レポート執筆に際し、受講者自身がどのように作業すれば良いのか不明瞭であったり、自身の執筆方針への不安があったりしたことが考えられる。実際、表 6 より、群 A の 11 人中 4 名が「課題で何をしたらいいか(指示・作業)がわからなかったとき」にチャットボットを利用したと回答していたことから伺える。また、講義期間 2 の授業形態が完全オンデマンドであったが、この場合、対面授業やリアルタイム双方向授業と異なり、課題についての詳細を尋ねる際も自発的に教員に尋ねなければならないことから、この種の質問が多くなったと考えられる。課題理解を促す応答や作業手順についてのきめ細やかな応答を用意することにより、第 1 節で紹介した日本語表現 II の講義の狙いの一つである「指導に対する負の感情への配慮」につながる可能性があると考えられる。実際、表 15 の自由記述にて「解らないところを気軽に質問出来るのがとても良かったです。」との記載があったことからこのことは推察される。

5-3 調査項目 2 にまつわる考察

調査項目 2 について考察する。まず、図 9 や表 8 から、第 5-2 小節で述べたような「講義内容」や「定義」、「理解の補助」に関する質問の他、「雑談」に関する質問が見られたことについて述べる。この事象については、加えて表 7 の通り、キャラクターを好意的に感じていた群 A の回答者が確認できたことから、キャラクターや雑談が受講者の学習につながる可能性が見受けられる。この点については今後の課題の 1 つとして設定する。

また、表 15 の群 A の回答者のコメントから、チャットボットの設置により気軽に質問できる可能性があることも伺えた。一方、チャットボットの応答について、不十分さもある

ことから、応答の仕方については今後も検討の必要がある。

次に、表 5 の通り、群 B の人数が、アンケート回答者 56 人中 45 人と多くなり、さらに、群 B の回答者のうち、26 人が必要性を感じていないという結果となっていた。これは、多くの受講者が講義資料を熟読することで理解が完結するものが多かったことが要因として考えられる。この点について、第 4-3-4 小節では、チャットボット利用とアカデミック・ライティングにまつわる小テストの関係を調査し、図 11 と表 12 の通り、「チャットボットの必要性を感じなかった」群 B1 の回答者の小テストの正解率は他群よりも高い結果となった。しかし、Steet-Dwass 法による検定には有意な差は認められなかった。今後、回答者を増やした追調査を行っていく必要がある。

また、表 10 にて群 B の回答者のうち、チャットボットを利用しなかった理由として、チャットボットへのアクセス・利用方法が不明であったことを回答している回答者もいた。このことから、現状の Web アプリとしての実装以外で、受講者のニーズに応じた他のツールにおけるチャットボットの提供体制の整備について検討していく必要があると考えられる。実際、表 14 の通り、POLITE3 や LINE 上での実装への要望の回答者数からもこのことが伺える。

最後に、表 9 のチャットボットに対する要望について、群 A の被験者の半数近くが、「学習についてのより多様な会話（質問一回答の種類を増やす）」や「学習についての質問への的確な回答（質問への誤答を減らす）」の選択肢をチェックしていたことについて述べる。この結果について、表 4 の講義期間 2 の応答成功質問中の定義割合が 54.3%となっていることから伺える。この原因について、図 9 の通り、回答者はチャットボットに対し「講義内容」についての質問割合が多いものの、表 3 の

通り、正確に応答できなかった質問数として最も多かったことが挙げられる。すなわち、「講義内容」に関する質問の対処ができるよう改良することで解決できると考えられる。また、表 15 の自由記述のうち「教科書を読んでもわからない状態で聞いているのに、その内容が書いたページを教えられてもわからないままで困った。」について、チャットボットの応答についてもこの改良の際に同時に議論する必要がある。

6. おわりに

本論文では、アカデミック・ライティングの科目である日本語表現 II にて、短時間で応答できる質問に即座に対応できる講義支援のチャットボット実現に向け、チャットボットに寄せられる質問（調査項目 1）とチャットボット設置による受講者の反応（調査項目 2）について調査した。

この結果、調査項目 1 について、受講者がレポート課題を遂行するため、「講義内容」についての質問が多く、次いで、講義資料に記されている語句の「定義」に関する質問、作業内容の「理解の補助」にまつわる質問が多いことが分かった。一方、調査項目 2 について、現状のチャットボットがなくとも講義資料のみで作業内容を理解できる受講者が多かったものの、利用の仕方が分からなかった受講者もいたことから、チャットボット利用に向けて改良の余地があるといえる。また、表 15 のアンケートの自由記述にもある通り、単に講義資料の該当箇所について述べるだけでなく、応答の仕方の工夫についてもさらに検討する。

結びとして、今後の課題を紹介する。まずは、「講義内容」に関する質問への応答精度を改善することが挙げられる。この質問については、「課題の締め切りはいつであるか」のようにクラスごとに回答が異なる質問があるこ

とに留意する必要がある。この種のクラスごとに応答が変化する質問への対応の仕組みの実現方法について検討する。

次に、POLITE3・LINE 上でのチャットボットの実装が挙げられる。現状の Web アプリとしての実装の場合、受講者自身が意図的にチャットボットにアクセスしなければならない問題があった。そこで POLITE3・LINE にアクセスした時点でチャットボットと対話できるようになることで、アクセスの容易性を向上させたいと考えている。

さらに、POLITE3 や LINE の公式アカウントとしての実装に際し、継続した利用を促す仕組みを検討する。その候補の 1 つとして、チャットボットから受講者に呼びかけたり、チャットボットキャラクターが受講者の名前を呼んだりする仕組みを導入することが挙げられる。これは、宮下・神田ほか（2008）の研究でも述べられている通り、名前を呼ぶなどの対話を意識した仕組みが、購買意欲に影響を及ぼすことが示唆された結果をもとにしている。そこで、この機能を本チャットボットに導入することで、継続した利用につながるかどうかについても検証する。

謝辞

本研究の大部分は、令和 2 年度北海道情報大学学内共同研究の支援の下で実施されたものである。また、本論文を執筆するにあたり、重要な知見の提供並びに受講者に対する本研究で開発のチャットボットの利用協力について、説明いただいた「日本語表現 II」の講義担当教員の先生方に心より感謝の意を表す。本論文に対する有益な改定案をくださった査読者に重ねて感謝の意を表す。

参考文献

渥美雅保・村田祐樹・安川葵（2017）「オープンチャットとロボットの関係によるティ

- 「一対一チャットアシスタントとの協働システム」
『人工知能学会第31回 全国大会論文集』
第4G1-OS-14a-5号, pp.1-4。
- Caldarini, Guendalina, Jaf, Sardar and McGary,
Kenneth (2022) “A Literature Survey of
Recent Advances in Chatbots,” in Information,
Vol. 13, No. 1-41, pp. 1-22.
- Hellkamp, M. (2021) “Bottle: Python Web
Framework” <https://bottlepy.org/docs/dev/>
(22 November 2021).
- 小菅李音・高木正則・市川尚 (2020) 「チャット
ロボットと個別指導を併用した数学教育
における理解困難箇所の学習支援の実践
と評価」『情報教育シンポジウム論文集』
第2020巻, pp.31-38。
- 宮下善太・神田崇行・塩見昌裕・石黒浩・萩田
紀博 (2008) 「顧客と顔見知りになるシ
ョッピングモール案内ロボット」『日
本ロボット学会誌』第26巻第7号,
pp.821-832。
- 文部科学省 (2018) 「平成30年度の大学に
おける教育内容等の改革状況について
(概要)」
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/daigaku/04052801/_icsFiles/afieldfile/2019/05/28/1398426_001.pdf (2021年9月3日アクセス)。
- NTT DOCOMO Inc. (2021) “xAI ML
SUNABA” [https://sunaba-
authoring.xaiml.docomo-dialog.com/](https://sunaba-authoring.xaiml.docomo-dialog.com/) (22
November 2021).
- Terpilowski, Maksim (2021) “scikit-
posthocs” [https://scikit-
posthocs.readthedocs.io/en/latest/](https://scikit-posthocs.readthedocs.io/en/latest/), (18
January 2022).
- You, E. (2021) “Vue.js”
<https://jp.vuejs.org/index.html> (22
November 2021).

〈論文〉

青森県内の小学生を対象とした 床からぶき運動と運動能力との関係

綿谷 貴志*

The relationship between the floor-polishing exercise and athletic ability
in elementary school students in Aomori Prefecture

Takashi WATAYA*

要旨

本研究では、床からぶき運動と運動能力との関係性を検討した。被験者は青森県内の小学生 66名（5年生：男子 16名と女子 12名，6年生：男子 15名と女子 23名）だった。実験と相関分析の結果，男女で 20m 床からぶき走のタイムは 20m 走のタイム，垂直跳の記録，リバウンドジャンプ指数，50m 走のタイム，立幅跳の記録との間に有意な相関関係が認められた。また，女子のみでウェイトボール投げの記録との間に有意な相関関係が認められた。

Abstract

In this study, we investigated the association between a floor-polishing exercise and athletic ability. A total of 66 elementary school students (16 boys and 12 girls in the 5th grade, and 15 boys and 23 girls in the 6th grade) in Aomori Prefecture were included in the study. Analysis revealed significant correlations for both boys and girls between a 20-meter floor-polishing times and 20-meter dash time, vertical jump record, rebound jump index, 50-meter dash time, and standing long jump record. A significant correlation was also found between 20-meter floor-polishing time and weight-ball throw record, but only for girls.

キーワード

小学生 (elementary school students) 床からぶき運動 (floor-polishing exercise)
運動能力 (athletic ability)

* 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科講師, Lecturer, Department of Information Media, Faculty of Information Media, HIU

1. はじめに

近年、日本での子どもの体力は低下傾向にあり、昭和 60 年頃から子どもの走力、投能力、握力などはすべての年代 (6~19 歳) で長期的に低下の一途をたどっている (中央教育審議会 2002)。

青森県内における小学生の新体力テストの結果をみると、平成 30 年度の総合点数は男子の全年齢層 (6~12 歳) で全国平均を下回っている。女子は 6 歳を除いたすべての年齢層で全国平均を下回っている。さらに、小学校における肥満傾向児の出現率は男女ともに全国平均を上回っている。なお、肥満傾向児とは性別、年齢別、身長別標準体重から肥満度を求め、その値が 20% 以上の児童である (生魚・橋本ほか 2010)。これらの理由のひとつとして、男女ともに小学 1 年生から 3 年生において 1 日の中での「運動をしない児童生徒の割合」と「運動時間 30 分未満の割合」が依然として高いことが挙げられ、子どもの運動時間と運動機会の確保が急務であると考えられている (青森県教育庁 2019)。

このような現状を踏まえ、青森県教育委員会では平成 30 年度から令和元年度にかけ、「子どもの健康づくり体制支援事業」を実施した。青森県内 6 つの地域からそれぞれ 1 つの小学校をモデル校として指定し、学校と地域が一体となって肥満傾向児の出現率低下や子どもの体力向上と健康増進に取り組む体制づくりを構築し、その事業を実行することが目的であった (青森県教育庁 2020)。

その中で、本稿の研究対象となった小学校では、床からぶき運動 (図 1) を体力トレーニングとして推奨し、全校生徒を対象に朝の運動時間、授業内、掃除時間などで積極的に実施させている。床からぶき運動は屋内で実施可能であり、雑巾の他に特別な用具を必要とせず、誰もが簡便に行えるという利点がある。床からぶき運動は身体各部に負荷をかけられる

であろうと予想され、多くの子どもが体験したことがある動作でもあることが推奨された主な理由であった。

そこで本研究では、床からぶきの姿勢で走る「床からぶき走」のパフォーマンスと各種運動能力との関係性を検討することにより、床からぶき運動の運動特性に関して有益な知見を得ることを目的とした。



図 1 床からぶき運動の姿勢

2. 研究方法

2-1 被験者

本研究の被験者は、青森県内のある小学校に在籍している 5・6 年の小学生 66 名 (5 年生男子 16 名、5 年生女子 12 名、6 年生男子 15 名、6 年生女子 23 名) であった (表 1)。実験を実施するにあたり、被験者が在籍している小学校長に書面と口頭で実験の目的や方法、実験に伴う危険性、データの使用方法に関して説明し、実験実施の承諾を得た。実験当日には、被験者全員に対して口頭で体調と怪我の有無について確認し、実験参加への同意を得た。

表 1 身長、体重の平均値

	身長 (m)	体重 (kg)
男子全体 (31名)	1.42 ± 0.06	36.0 ± 7.4
5年男子 (16名)	1.40 ± 0.05	35.0 ± 6.6
6年男子 (15名)	1.44 ± 0.08	37.1 ± 8.2
女子全体 (35名)	1.45 ± 0.07	36.6 ± 7.6
5年女子 (12名)	1.45 ± 0.08	36.6 ± 7.0
6年女子 (23名)	1.46 ± 0.07	37.3 ± 8.0

なお、本研究は青森県教育委員会による「子

どもの健康づくり体制支援事業」の一部として行われたものである。

2-2 測定項目

実験は被験者が在籍する小学校の体育館を使って実施した（2020年2月7日）。試技前に体育授業担当教員の指示のもと、被験者にジョギングや体操など、普段の授業で行っているものと同様の準備体操を行ってもらった。本研究で用いた測定項目は以下の通りである。

2-2-1 20m からぶき走のタイム

図2は、本研究での実験図である。体育館フロアに直線20mのコースを白テープで作成した。スタート前に身体が光電管センサーを誤って切らないように、スタートラインは計測区間の始まりから1m後方とし、試技は全力努力度での21mの床からぶき運動とした。スタートのタイミングは各被験者の任意とし、計測区間20mに要した時間を計測した（以下、20mからぶき走とする）。スタート時の姿勢は雑巾に両手を着き、短距離走のクラウチングスタートのような姿勢をとってもらった。なお、からぶき走で使用した雑巾は縦18cm、横28cmの市販のものであり、全被験者で同じものを使用した。試技は1回のみとした。

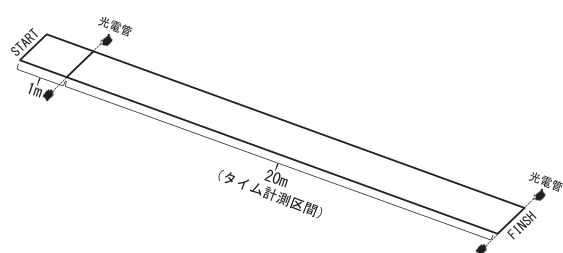


図2 実験図

2-2-2 垂直跳の記録

垂直跳の跳躍高の算出には、マットスイッチ計測システム（Multi Jump Tester, DKH社製）を用いた。マットスイッチ上で直立姿勢

の状態から、両手を腰に沿えた状態のまま最大努力度で垂直跳を行わせ、その際の跳躍高を算出した。試技は2回行い、高い方の記録を代表値とした。

2-2-3 リバウンドジャンプ指数

リバウンドジャンプ指数（跳躍高を接地時間で除した値）の算出にも、マットスイッチ計測システムを用いた。マットスイッチ上で直立姿勢の状態から、両手を腰に沿えた状態のまま連続6回のジャンプを行わせた。被験者には試技前に、「可能な限り接地時間を短くして高く跳ぶこと」と口頭で伝えた。得られた5つのリバウンドジャンプ指数のうち、もっとも高い値を代表値とした。

2-2-4 ウェイトボール投げの記録

ウェイトボール投げの実施方法は、メディシンボール投げに関する先行研究を参考にした（酒井・吉本ほか2013）。本研究では安全面に配慮し、メディシンボールと比べて小さく、柔らかな3kgのソフトウェイトボールを使用した（直径13cm, TIGORA社製）。被験者に対して、両脚を開いたまま両手でボールを保持し、下肢関節の反動動作を使って前方へ投擲するように口頭で指示をした。投擲前の下肢関節の屈曲量（しゃがみ込む深さ）は自由にした。試技は2回とし、それぞれの投擲距離をメジャーで計測し、高い方の値を代表値とした。

2-2-5 新体力テスト項目の記録

文部科学省（2014）が作成した新体力テスト実施要項に従い、握力、上体起こし、長座体前屈、反復横とび、20mシャトルラン、50m走、立幅跳、ハンドボール投げの計8種目の体力テストを実施した。

2-3 分析および統計処理

本研究では、被験者を男子（5・6年31名）

と女子（5・6年 35名）の2群に分けてそれぞれで分析した。20m からぶき走と各種運動能力との関係を検討するため、20m からぶき走の記録を目的変数とし、20m 走のタイム、新体力テストの各項目の値を独立変数として男女別に相関分析を行った。すべての統計処理は Microsoft Excel 2016 (Microsoft 社製) を用いて行い、有意水準を 5%未満とした。

3. 結果

表 2 は、男子の 20m からぶき走のタイムおよび各体力要素の平均値と、20m からぶき走のタイムを目的変数としたときの各項目値との相関係数を示したものである。20m からぶき走のタイムと 20m 走のタイムとの間に有意な正の相関関係 ($r=0.746$, $p<0.01$)、垂直跳の記録とリバウンドジャンプ指数との間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.547$, $r=-0.597$, それぞれ $p<0.01$)。また、20m からぶき走のタイムと 50m 走のタイムとの間に有意な正の相関関係 ($r=0.369$, $p<0.05$)、立幅跳の記録との間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.505$, $p<0.01$)。

表 3 は、女子の 20m からぶき走のタイムおよび各体力要素の平均値と、20m からぶき走のタイムを目的変数としたときの各項目値との相関係数を示したものである。20m からぶき走のタイムと 20m 走のタイムとの間に有意な正の相関関係が認められた ($r=0.686$, $p<0.01$)。また、垂直跳の記録、リバウンドジャンプ指数、ウェイトボール投げの記録との間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.672$, $r=-0.488$, $r=-0.450$, それぞれ $p<0.01$)。20m からぶき走のタイムと 50m 走のタイムとの間に有意な正の相関関係 ($r=0.535$, $p<0.01$)、立幅跳の記録との間に有意な負の相関関係が認められた ($r=-0.465$, $p<0.01$)。

表 2 各測定項目の平均値 (男子)

	平均値 ± 標準偏差		相関係数 (vs 20mからぶき走)
	平均値	標準偏差	
20mからぶき走(秒)	5.68	± 0.70	—
20m走(秒)	3.68	± 0.22	0.746 **
垂直跳(cm)	26.0	± 4.7	-0.547 **
リバウンドジャンプ指数	1.183	± 0.361	-0.597 **
ウェイトボール投げ(m)	4.9	± 1.0	-0.228 n.s.
握力(kg)	16.6	± 3.3	-0.210 n.s.
上体起こし(回)	22.7	± 4.3	0.153 n.s.
長座体前屈(cm)	31.2	± 8.1	-0.236 n.s.
反復横とび(回)	44.2	± 5.5	-0.296 n.s.
20mシャトルラン(回)	62.6	± 16.1	-0.241 n.s.
50m走(秒)	9.2	± 0.6	0.369 *
立幅跳(cm)	157.1	± 18.0	-0.505 **
ハンドボール投げ(m)	24.4	± 6.6	-0.261 n.s.

n.s.: not significant, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

表 3 各測定項目の平均値 (女子)

	平均値 ± 標準偏差		相関係数 (vs 20mからぶき走)
	平均値	標準偏差	
20mからぶき走(秒)	6.24	± 0.69	—
20m走(秒)	3.93	± 0.27	0.686 **
垂直跳(cm)	23.0	± 3.9	-0.672 **
リバウンドジャンプ指数	1.105	± 0.303	-0.488 **
ウェイトボール投げ(m)	4.9	± 1.1	-0.450 **
握力(kg)	17.6	± 4.3	-0.146 n.s.
上体起こし(回)	19.4	± 5.3	-0.255 n.s.
長座体前屈(cm)	35.3	± 5.8	-0.230 n.s.
反復横とび(回)	41.2	± 5.3	-0.219 n.s.
20mシャトルラン(回)	50.1	± 13.8	-0.326 n.s.
50m走(秒)	9.8	± 0.9	0.535 **
立幅跳(cm)	148.8	± 20.7	-0.465 **
ハンドボール投げ(m)	15.9	± 4.0	-0.148 n.s.

n.s.: not significant, *: $p<0.05$, **: $p<0.01$

4. 考察

相関分析の結果、男女ともに 20m からぶき走のタイムは 20m 走のタイム、垂直跳の記録、リバウンドジャンプ指数、50m 走のタイム、立幅跳の記録との間に有意な相関関係を有していた。また、女子のみでウェイトボール投げの記録との間に有意な相関関係が認められた。

垂直跳と立幅跳は、下肢筋力・パワー発揮能力の指標として広く用いられ、リバウンドジャンプは短い時間でできる限り大きなパワーやエキセントリックな筋収縮によって発揮できる力を評価している(岩竹・山本ほか 2008; 大宮・木越ほか 2009)。これらは、短距離走のパフォーマンスに影響を及ぼす要素であり、アスリートから小学生など幅広い対象でその関係性が数多く報告されている(岩竹・小田ほか 2002; 坂口・藤林ほか 2014; 吉本・高井

ほか 2015)。短距離走で前方への推進力を効果的に得るためには、大きな股関節伸展トルクの発揮によって支持中の脚全体スイング速度を上げ、支持中の大きな膝関節伸展トルクと足関節底屈トルクの発揮によって膝関節と足関節が過度に屈曲しないようにすることが必要である（伊藤・市川ほか 1998；渡邊・榎本ほか 2003）。本研究では筋電図等による解析はできなかったが、20m 走と 50m 走のタイムとも関係性があったことを加味すると、からぶき走の下肢は短距離走と近い運動様式である可能性が高いと考えられる。

また、女子のみで 20m からぶき走のタイムとウェイトボール投げの記録との間に有意な相関関係が認められた。本研究のウェイトボール投げと酷似した運動であるメディシンボールの前方投げは、下肢の stretch shortening cycle (SSC) を利用した爆発的筋発揮能力（瞬間的に大きな筋力を発揮する能力）を高める手段のひとつとされ、その投擲距離は短距離選手のスプリント能力との間に有意な相関関係を有していることが報告されている（三本木・黒須 2011；吉本・酒井ほか 2015）。このことも、前述したからぶき走が短距離走と近い運動様式であることを支持するものと考えられるが、女子のみでみられた傾向だったことには疑問が残る。小学校高学年から中学生の時期は、第二次性徴の出現にともない、体格、骨格筋量、体脂肪量等の身体的な変化が著しいとされる（古泉・伊藤ほか 2010）。また、四肢の筋断面積は年齢とともに増加するが、男子では 12 歳以降に急激に増加し、女子では 11 歳から 12 歳にかけての増加が最も著しいことが報告されている（金久・福永ほか 1985）。本研究の被験者も小学校高学年を対象にしていたころから、ウェイトボール投げとの関係についてより詳細に検討するのであれば、個々の発達度や性差による影響を考慮する必要があると考えられる。

5. 今後の課題

以上のように、本研究では床からぶき運動と各種運動能力との関係性を示すことはできたが、床からぶき運動を一定の期間継続して実施することによる効果（トレーニング効果）に関しては検討できなかった。まず、床からぶき運動のトレーニング効果を明らかにするためには、床からぶき運動を一定期間継続させた被験者の運動能力を横断的に測定していく必要がある。また、からぶき走の動作をバイオメカニクス的に分析したり、運動中の筋電図に関する分析を行うことによって、床からぶき運動の効果に関してさらなる知見が得られることから、今後の課題とする。

参考文献

- 青森県教育庁（2019）「平成 30 年度児童生徒の体力・健康」
https://www.pref.aomori.lg.jp/soshiki/kyoiku/e-sports/files/30_jidouseitonokenkou_tairyoku.pdf（2021 年 10 月 21 日アクセス）。
- 青森県教育庁（2020）「子どもの健康づくり実践資料」，青森県教育庁，p.1。
- 中央教育審議会（2002）「子どもの体力向上のための総合的な方策について(答申)」
https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chukyo/chukyo0/toushin/021001.htm（2021 年 10 月 21 日アクセス）。
- 生魚(澤村)薫・橋本令子・村田光（2010）
 「学校保健における新しい体格判定基準の検討—新基準と旧基準の比較，および新基準による肥満傾向児並びに痩身傾向児の出現頻度にみられる 1980 年度から 2006 年度にかけての年次推移について—」『小児保健研究』第 69 巻，pp.6-13。
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道（1998）「100m 中間疾走

- 局面における疾走動作と速度との関係」『体育学研究』第 43 巻, pp.260-273。
- 岩竹淳・小田宏行・鈴木朋美・永澤健・中村夏実・岩壁達男 (2002)「陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係」『体育学研究』第 47 巻, pp.253-261。
- 岩竹淳・山本正嘉・西菌秀嗣・川原繁樹・北田耕司・冨子浩二 (2008)「思春期後期の生徒における加速および全力疾走能力と各種ジャンプ力および脚筋力との関係」『体育学研究』第 53 巻 1 号, pp.1-10。
- 金久博昭・福永哲夫・角田直也・池川繁樹 (1985)「発育期青少年の単位筋断面積当りの筋力」『体力科学』第 34 巻, pp.71-78。
- 古泉佳代・伊藤千夏・金子佳代子 (2010)「小・中学生における成熟度, 身体活動及び牛乳・乳製品の接種頻度と踵骨骨量との関連」『発育発達研究』第 49 巻, pp.1-11。
- 文部科学省 (2014)「文部科学省新体力テスト実施要項」
https://www.mext.go.jp/sports/content/1408001_1.pdf (2021 年 10 月 19 日アクセス)。
- 大宮真一・木越清信・尾懸貢 (2009)「リバウンドジャンプ能力が走り幅跳び能力に及ぼす影響: 小学校 6 年生を対象として」『体育学研究』第 54 巻第 1 号: 55-66。
- 酒井一樹・吉本隆哉・山本正嘉 (2013)「陸上競技短距離選手における疾走速度, ストライドおよびピッチとメディシンボール投げ能力との関係」『スポーツパフォーマンス研究』第 5 巻, pp.226-236。
- 坂口将太・藤林献明・荻山靖・冨子浩二 (2014)「2 歳から 6 歳までの幼児におけるリバウンドジャンプ遂行能力と疾走能力との関係」『発育発達研究』第 62 巻, pp.24-33。
- 三本木温・黒須慎矢 (2011)「陸上競技選手における 30m 走の疾走能力と無酸素性パワーおよび柔軟性との関係」『八戸大学紀要』第 42 巻: pp.57-64。
- 渡邊信晃・榎本靖士, 大山卞圭悟・宮下 憲・尾懸貢・勝田茂 (2003)「スプリント走時の疾走動作および関節トルクと等速性最大筋力との関係」『体育学研究』第 48 巻第 4 号, pp.405-419。
- 吉本隆哉・高井洋平・藤田英二・福永裕子・山本正嘉・金久博昭 (2015)「発育期男子における 50m 走の疾走速度に与える身体組成, 力発揮能力および跳躍能力の影響」『体力科学』第 64 巻第 1 号, pp.155-164。
- 吉本隆哉・酒井一樹・山本正嘉 (2015)「陸上競技短距離選手を対象とした運動指導現場で用いられる各種コントロールテストと疾走速度, ピッチおよびストライドとの関係」『スプリント研究』第 24 巻, pp.21-31。

〈報告〉

短編映画『Vampire Bus Stop』制作プロジェクトの報告

島田英二*

Production report of the short film “*Vampire Bus Stop*”

Eiji SHIMADA*

要旨

本稿は、2019（令和1）年9月から2020（令和2）年3月にかけて北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科の映像表現系ゼミナール（島田ゼミ）において制作した実写短編映画『Vampire Bus Stop』（2020）制作プロジェクトについて報告する。本稿では映画制作のワークフローに従い、作品が完成するまでの過程とプロジェクトの成果について主に記載した。完成した作品は第15回札幌国際短編映画祭に入選し、2020（令和2）年10月に上映された。

Abstract

This paper reports on the production of the short film, *Vampire Bus Stop (2020)*, produced by Eiji Shimada’s seminar (Faculty of Information Media, Hokkaido Information University) from September 2019 to March 2020. The following topics are discussed: planning, pre-production, shooting, and editing. This film was nominated and screened in the 15th Sapporo International Short Film Festival and Market (SSF) in October 2020.

キーワード

映画制作 (Film Production) 短編映画 (Short Film) 映画演出 (Direction) 映画祭 (Film Festival)

* 北海道情報大学情報メディア学部 准教授, Associate Professor, Department of Information Media, HIU

1. はじめに

北海道情報大学では2011（平成23）から学生のコンテスト参加支援制度を開始した。これを受け筆者のゼミナール（以下島田ゼミ）では毎年、15～20分程度の短編映画を制作し、札幌国際短編映画祭へ出品している。本稿では、2019（令和1）年に制作を開始し2020（令和2）年に完成した短編映画『Vampire Bus Stop』の制作プロジェクトについて報告する。

2. プロジェクトの流れ

本プロジェクトは以下の流れで行った。

- ①企画開発, ②プロット開発, ③脚本執筆,
 - ⑤プリプロダクション, ⑥撮影, ⑦編集,
 - ⑧映画祭への応募, ⑨映画祭への参加
- プロジェクトの目的は第15回札幌国際短編映画祭へ出品するための作品制作と映画祭への参加である。

2-1 企画開発

2019年の島田ゼミ生は当時3年生8名であった。企画案提出の課題を課し、初期案として10案が集まったが、この段階で決定的なものなかったため、企画を絞りながら次回までにプロットを書いてくることとし、次回新規案を持ってくることも推奨した。

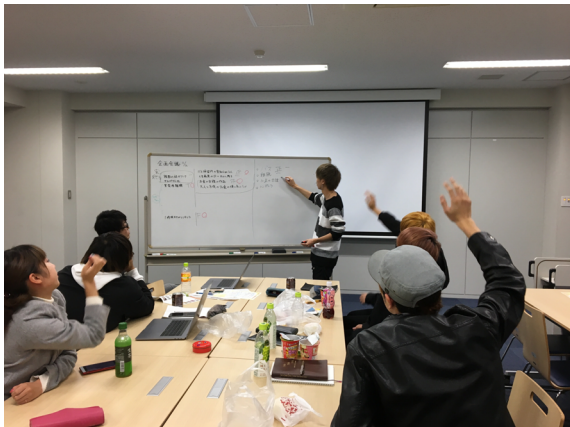


写真1 第一回企画会議

この段階ではコメディ的な案も多く、「北海道が右半分になる」「日本があひるに支配される」「お金の行方を追いかける」といったユニークな案もあった。こうした自由な発想から実際に撮影する案を選んでいった。二回目の案出し（写真1）では、お金の行方の物語のアイデアが3つと、新規の案が2つ発表された。この新規2案のうちの一つであった「停留所」がチームに支持され、今回制作する企画として採用した（写真2）。

停留所

ある日、小説家の主人公はネタがつまり気分転換に外に出かけた。主人公は停留所に座り小説を読む。そこに一人の女性が電話をしながら入ってきた。内容はわからないが何やら怒った口調で話していた。電話を切るとその女性はベンチに座りため息をつく。そのあとに目から涙がこぼれ落ちる。主人公は正面面倒だから関わりたくないと思っていた。しかし、向かいで泣いている人がいては集中して小説が読めない。主人公は立ち上がり、その人にハンカチを渡す。女性は最初は驚いたがそのハンカチを受け取り涙を拭く。主人公はハンカチを渡すとすぐに自分が座っていた場所に座り小説を読み直す。これで集中して読めると思った矢先に声をかけられる。その声はさっきの女性だった。その女性は主人公に向かって礼をしたいからこのあと時間があるかを尋ねてくる。

写真2 「停留所」発表プロット

2-2 脚本執筆

プロットをもとに脚本を執筆する。登場人物は小説家の大家樹（いつき）と販売員の鈴木ゆきの2名で、執筆に行き詰まった小説家と女性がバス停で出会うというあらすじであった。脚本会議ではここからビートフローをチェックし、本作のコンセプト「共生」「共感」というテーマを導き出した（写真3）。第2稿では2人はバーで話をするだけであったが、改稿する中で作家のイメージを妄想

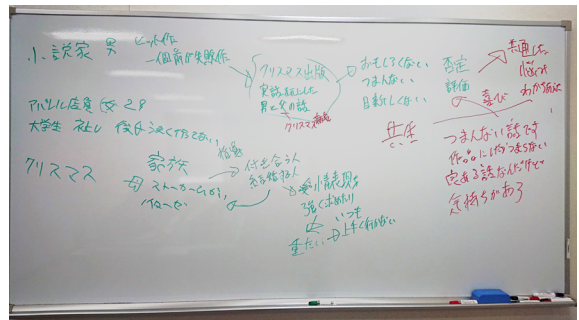


写真3 脚本会議の板書

としてインサートする構造となった。第4稿では樹の妄想内容としてファンタジーとホラーを1回ずつ挟む構成とし、映像的に複数のジャンルが混成するものとした。第4稿を修正して決定稿とし脚本は完成した。またこの次点でタイトルを「停留所」から「Vampire Bus Stop」に変更した。

2-3 スタッフィング

脚本を執筆した学生を監督とし、撮影、照明、録音などの技術部は希望者を募った。撮影経験が最も豊富な学生は撮影監督として配置し技術的にバックアップ可能なポジションとした。プロデューサーはチームの中で最も対外的に活発な学生が担当することとなった。8名の分担で制作部の人員が不足したが、先輩と後輩に参加してもらい補強した。

2-4 予算・経費

本プロジェクトの制作予算は、本学から助成金約20万円、大学祭での売上金2万円、学生から12万円（ひとり1万5千円×8名）の合計34万円であった。これらを各費目に割り振って各部予算とした。撮影機材を学生所有のBlackmagic Pocket Cinema Camera (BMPCC) 4Kとしたため、その分バッテリーなど周辺機材や照明機材、照明フィルター等に回すことができた。今回はヴァンパイアが登場するため特殊メイクがあり外部スタッフを入れる想定で予算を確保した。

2-5 キャスティング

主な俳優は2名であったため、キャスティング会社に依頼して候補者を探した。送られてきた書類の資料から絞り込み、候補者から本読みの動画を送ってもらい、それらをオーディション資料としてキャストを決定した（写真4）。その他のキャスティングはバーテンダーやバーの客であったため、スタッフが知人に声がけして参加してもらった形とした。



写真4 オーディション映像の共有

2-6 ロケーション・ハンティング

主なロケ地はタイトルにも入っている「バス停」と、登場人物が飲みに行く「バー」の2箇所であった。バーに関してはプロデューサーの学生がアルバイト先から撮影許可を得られたためスムーズに決めることができた。バス亭に関しては、バス停でない場所をバス停のように見せる案と、実際のバス停を借りる案の2案があった。江別市に相談したところ野幌駅北口のバス停で撮影許可が得られたため、実際のバス停で撮影することとした。

2-7 撮影・照明計画

本作はすべて夜の物語であるため、撮影計画を入念に行った。バス停では改めて撮影時刻に技術ロケハンを行い、背景のイルミネーションや、バス停上部に取り付けられたダウンライトの当たり方、隣接する街頭の照明範



写真5 スタンドインでの照明チェック

困などを確認した（写真5）。バーのシーンの撮影地「スナック ALES」では貸し切りの撮影許可が得られたため、照明フィルタを使った色彩や照明を追加・間引きすることで空間全体の光を設計した（写真6）。技術ロケハンでは複数の色照明のテストと棚のLEDライトテストを行った。カラー空間のレファレンスとしては長編映画『ジョン・ウィック』（2014年）／チャド・スタエルス監督や『LOVE 3D』（2015年）／ギヤスパー・ノエ監督等を参考とした。既設のダウンライトにブラックフィルムで部分遮光を行い被写体への光の落ち方を調整した。画面の大部分を占める壁のスリット付きランプ（黄色）には緑色の照明フィルタを被せ、被写体の衣装を補色（赤）とすることでコントラストを出している。（写真7, 8）。バーの棚部分にはLEDライトを追加しガラスに光を反射させインテリアとして見せている（写真9）。このLEDライトは撮影部が電気工作で自作した。入口部分は赤色のフィルタを付け、撮影角度によって抜けの色が異なるようにした。全体としては赤と緑の印象の空間となっている（写真10）。

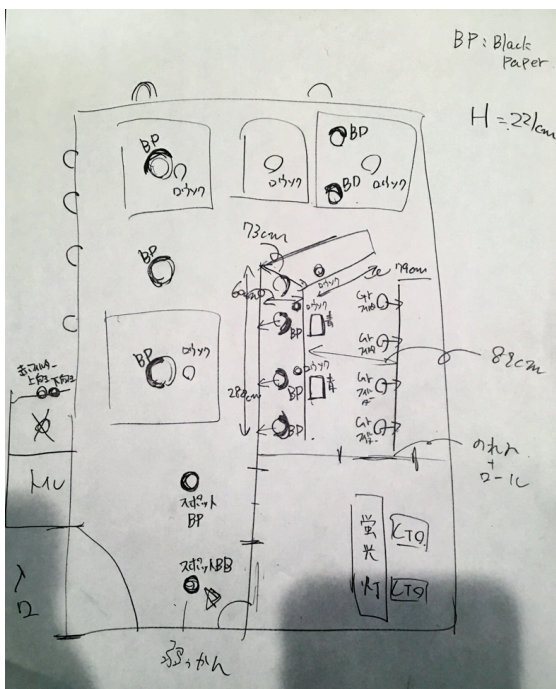


写真6 バーの照明設計



写真7 ロケ地の壁の照明



写真8 劇中の壁の照明



写真9 ロケ地のカウンター

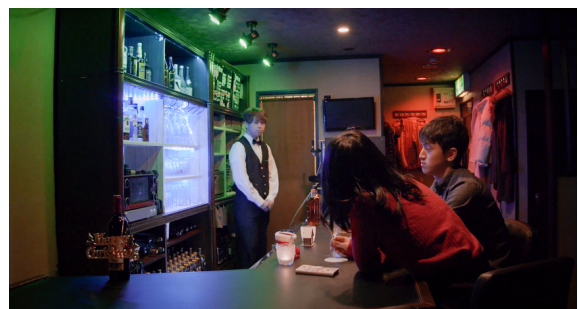


写真10 劇中のカウンター

2-8 美術制作

今回は脚本中に小説家の妄想としてファンタジーおよびホラーのシーンがあった。ファンタジーのシーンでは女性が雪だるまに変身させられる演出があったため、美術部では雪だるまを制作した。この年は雪が少なかったため雪の多い場所で事前に大きな雪玉を作り、当日撮影地に運搬して現場で積み上げることとした（写真 11）。



写真 11 雪だるま用の雪玉（撮影当日）

ホラーのシーンではヴァンパイア、および拳銃の登場があった。ヴァンパイアの牙は仮装用に販売されているものを購入し複数のサイズの中からメイクと合わせて事前に方向性を決定した（写真 12）。拳銃は本学のサバイバルゲーム同好会からモデルガンを借りることができた。小説家の本についてはタイトルが「喉仏にホーホケキョ」と決まっていたためそのタイトルから想起したイラストを制作しレイアウトした（写真 13）。



写真 12 ヴァンパイアの牙テスト



写真 13 劇中の小説の表紙デザイン

2-9 撮影

撮影は2020年1月25日（土）、26日（日）、の2日間行った。前日にはオールスタッフミーティングを行い、出演者の三澤将太郎さん、丸山琴瀬さんほか外部スタッフとして札幌ビューティーアート専門学校からヘアメイク担当の村田静音さん、ゼミナールの4年生、2年生も参加した（写真 14）。今回の物語は夜のバス停からバーに行くという設定であるため、全体の撮影スケジュールは昼間に屋内でバーのシーンを撮影し、暗くなると屋外でバス停のシーンを撮影する構成となった。



写真 14 オールスタッフミーティング

2-10 撮影 1 日目

1 日目はバーのシーンから撮影した。エキストラも含め約 20 名が入り、ほぼ順撮りで撮影していった。カメラポジションによっては椅子を移動したり照明を足したりする必要があったが、ロケセットの照明の準備が前日に終了していたため、円滑に撮影することがで

きた（写真 15, 16）。撮影終了後は一旦すべての機材を撤収し「スナック ALES」の営業開始時間前に原状復帰を行った。



写真 15 バーのシーンの撮影風景



写真 16 昼食時の集合写真

暗くなる 17 時ころには次のロケ地である野幌駅前のバス停に向かった。現場は朝から降り続いていた雪で大雪となっており、撮影の前には除雪が必要であった。除雪の器具は準備していなかったが、近隣の店舗からスコップなどを借りることができスムーズに対応することができた。撮影現場は野幌駅前のバスターミナルであり、JR の発着時には多くの利用客が往来する。歩道の上には照明用の発電機から引き込んでいた延長ケーブル等も床を走っており、歩行者の安全確保と保守のためカラーコーンと誘導員を配置した(写真 17)。撮影はバスの発着外の時間と、人通りのない

時間に行ったため想定よりも時間がかかった。



写真 17 バス停のシーンの撮影風景

2-11 撮影 2 日目

2 日目はバーの撮影から開始した。この日は日曜日で終日 ALES の撮影許可が得られており、午前中から照明のセッティングを行って午後から撮影した。外が暗くなる 17 時からビル外観で撮影を行ったが、前日の大雪の除雪で現場には大きな雪山ができていたため、ここでも除雪からのスタートとなった(写真 18)。



写真 18 ビル外観のシーンの撮影風景

19 時からは野幌駅前に移動して撮影した。この日は主に小説家の妄想シーンを撮影した。野幌駅前是一部ロードヒーティングが設置されており路面が露出していたが、前日とつながりがない妄想シーンであったため問題なく撮影できた。ファンタジーのシーンでは雪だるまへの変身シーンがあったため、屋外にク

ロマキー背景を設置した（写真 19）。撮影ではこのまま同ポジ用の背景を撮影し、合成素材として雪だるまも撮影している。



写真 19 クロマキー撮影風景

妄想のホラーシーンのヴァンパイアのシーンではアクションがあり、路面に寝転がるなど俳優の立ち位置の変化があり、今回の作品の中では複雑なカット割りとなった。導入部分はイマジナリーラインを超えてあえてバックショットで計画し、女性の顔が見えない構図とすることで不気味な雰囲気を演出した。そこからヴァンパイアが男性に襲いかかり、転倒した男性がカバンから拳銃を取り出しヴァンパイアを撃つという流れであった。途中から雪が激しく降ってきたが、これは演出的に有り難いということで、スローモーション撮影を取り入れて撮影を続けた（写真 20）。



写真 20 モデルガンを使った撮影風景

撮影は降雪と JR 野幌駅の利用客の断続的な往来、除雪車の出現等で度々中断を余儀なくされた。撮影は深夜まで及んだが、無事 2 日間で予定していた工程を終えて終了した。

2-12 撮影機材

カメラは Black Magic Design Pocket Cinema Camera 4K (BMPCC4K) を使用した。撮影は 4K UHD で Blackmagic RAW 収録、完成フォーマットは FHD でアスペクトは 16:9、FPS は 23.976 とした。

2-13 編集

編集はまずオフライン編集を行い大まかな尺調整と使用するカットを決定していった後、オンライン編集でカラーグレーディング素材に置き換えていった。場所によって合成が前提の撮影がされているため、ワークフローの中で VFX も分担して行った。

雪だるまへの変身シーンでは男性の杖から光線が出るが、撮影時に光線から受ける光を照明で顔に当てている。また呪文とともにフォーカスを送り、髪に風を当てているため、編集で効果音も加えると魔法の光線の勢いを感じさせるショットとなった（写真 21）。

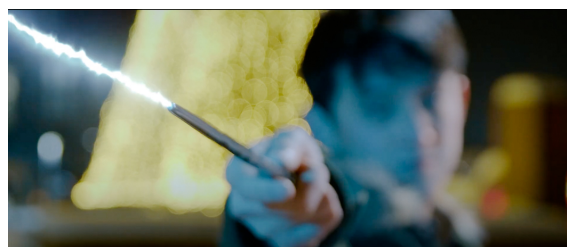


写真 21 劇中の光線のカット



写真 22 劇中のヴァンパイアのカット

ヴァンパイアの登場シーンはハイスピード撮影素材をスローモーションに変換した。降り落ちる雪の速度が変化することや、速い流れの中でここだけがスローなため印象的なカットとなった（写真 22）。拳銃の発砲のマズルフラッシュは、動作に合わせて3回合成した。光の反射や煙、銃声の効果音と合わせることで迫力を出すことができた（写真 23）。これらの妄想シーンは主人公の現実と分けるため、上下をクロップした。結果、現実世界の画面比は 16:9、妄想世界は 2.39:1 とした。



写真 23 劇中の発砲シーン

2-14 MA

音の仕上げは札幌市のスタジオ・リッチョで行った（写真 24）。現実と妄想を行き来する作品であるため、MA では2つの世界のトランジションに気をつけて作っていった。音楽のタイミングを調整したり、ノイズリダクション、尺調整で必要になった追加のセリフのアフレコ等も行った。



写真 24 MA の風景

2-15 作品情報

完成作品の情報は以下の通りである（表 1）。

表 1 作品情報

作品名	Vampire Bus Stop
長さ	14 分 17 秒
フォーマット	FHD 23.976 カラー
ジャンル	フィクション
完成年	2020 年
あらすじ	ある雪の日、ネタに詰まった小説家の大家樹はバス停で一人の女性と知り合う。冷やかして付き合っただけだったが、彼女のつまらない話は意外にも樹のクリエイティブな脳を刺激していく。
主演	三澤将太郎, 丸山琴瀬
作品リンク	https://youtu.be/tHrFDX0cX4A

エンディングのスタッフクレジットは以下の通りである（表 2）。

表 2 スタッフクレジット(括弧内は制作当時の学年)

脚本・監督	勝山裕太(3)
助監督	酒井幸穂(3), 川上達弘(3), 小坂太我(3)
プロデューサー	酒井幸穂(3), 川上達弘(3)
エグゼクティブ・プロデューサー	島田英二
撮影監督	小俣一希(3)
撮影	兵藤大樹(3)
撮影助手	三好健太(2)
録音	小坂太我(3)
録音助手	山口摩玲己(2), 宇野裕貴(2)
照明	野澤祐聖(3)
照明助手	野見山航嘉(4), 富樫翔(4)
美術	野澤祐聖(3), 川上達弘(3), 酒井幸穂(3)
小説表紙デザイン	保坂泰温(3)
役者部	小林由奈(4), 竹田花菜シェルパ(3) 浅川優衣(2)
制作	南川大悟(4), 武内奈緒子(2), 工藤輝弥(2), 高瀬笙馬(4), 鶴田寛也(1)

制作応援	宇野裕貴(2), 浅川優衣(2), 村中涼平(4)
ヘアメイク	村田静音(札幌ビューティーアート専門学校)
メイキングビデオ	村中涼平(4), 富樫翔(4), 浅川優衣(2)
メイキング編集	野澤祐聖(3), 川上達弘(3), 小坂太我(3), 齋藤勇城(3)
MA	塚原義弘(Studio Riccio)
編集	小俣一希(3), 酒井幸穂(3), 勝山裕太(3), 兵藤大樹(3), 小坂太我(3)
Color	小俣一希(3), 酒井幸穂(3)
VFX	兵藤大樹(3), 勝山裕太(3)
車輛	勝山裕太(3), 兵藤大樹(3), 富樫翔(4), 野見山航嘉(4), 浅川優衣(2), 菅野大斗(3), 高橋匠(3), 島田英二
ロケ地協力	ALES, ブロックビル, 野幌駅
協力	スシロー江別店, 山田商店 さくらの花整骨院野幌駅前 kokomoca 江別市建設部土木事務所道路管理課 田中麻耶, 宮北秀樹, 小関高人 大川直久, 杉浦憲太郎, 北潟昌也 江別警察署, 北海道中央バス株式会社 江別市, Casting Office Egg MOVIE ing WORK Media Creative Center (MCC) 北海道情報大学

3. コンテスト応募と参加

完成した作品は第15回札幌国際短編映画祭に応募し入選した。この年の応募数は世界108の国と地域から3,854作品で過去最多であった。この年の映画祭は前年からの新型コロナウイルスの感染拡大の影響で、初めてオンライン開催となったため、映画祭への参加は遠隔となった。また映画祭の開催はインターネットでのオンデマンド配信：2020（令和2）年10月10日（土）～31日（土），特別

上映会（会場：札幌文化芸術劇場 hitaru クリエイティブスタジオ（札幌市民交流プラザ3階）：10月18日（日）：4プログラム（各約90分）であった。本作「Vampire Bus Stop」は北海道セレクションのプログラムで上映された（写真25）。この年は世界的な感染症の拡大の影響で国内外の多くの映画祭が中止や延期となった。

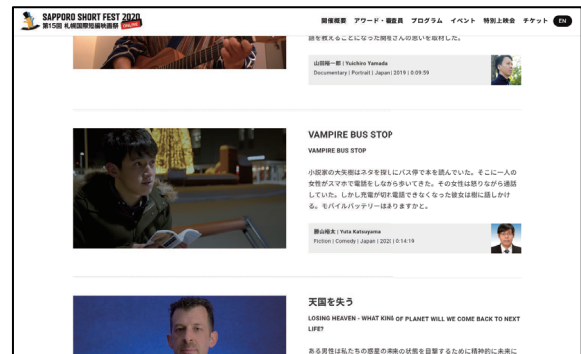


写真25 第15回札幌国際短編映画祭 WEB サイト

4. まとめ

本稿は短編映画『Vampire Bus Stop』の制作プロジェクトの企画から撮影，編集を経て作品が完成するまでの過程とプロジェクトの成果について報告した。本作はロケ地がおおよそ2箇所にとまっております。撮影許可がすぐに得られたためプリプロダクションは比較的スムーズに進行した。例年に比べるとメインスタッフが少数であったため15分以下の比較的小規模のプロジェクトにまとめられたことは良かった。制作面ではプロデューサーが野幌で活発に活動していた学生だったため、各所に交渉もしやすく、撮影許可だけでなく、冬季に問題となりやすい駐車場の交渉や緊急時の相談も柔軟に対応することができた。技術面では1年生から映像制作に携わってきた経験豊富な学生がいたため、カラーグレーディングを伴うRAW撮影もワークフローに取り込むことができた。結果的には、小作でありながら複数のジャンルを内包した映像作品の制作ができて挑戦のしがいがあるプロジェク

トになったと評価している。

本作の撮影終了後すぐに我が国でも新型コロナウイルスの感染拡大（第一波）が始まった。編集は当初、本学のメディア・クリエイティブ・センター（MCC）で行っていたがほどなく休館となった。MA 作業の際には人数を減らしマスクや手指消毒、換気することで対応したが、音データ完成後の映像のブラッシュアップ作業は MCC の休館を受け、編集作業のためにチームが集まることはできなかった。今後もこのような感染症の蔓延が続く場合、今回のように一室に 20 名が集まるような撮影は今後難しくなると思われる。そのため企画段階から感染予防の観点が必要となるかもしれないと考えさせられた。

本作は、グループ作業が困難になってからは YouTube などのビデオ共有や Google ドライブなどクラウドサービスを駆使して完成させることができた。個々の能力もあるが、学生もこうしたツールを日々使っているのも、このような点は本プロジェクトの強みであった。また本作は悪天候や急なスタッフの欠員、感染症といった不測の事態に遭いながらも予定通り完成できたことは幸運であった。これは技術の責任者と制作の責任者がストレスに強い自律的な人物であったためであり、プロジェクトの安定的運営の要因であったと考えている。最後に、このプロジェクトの参加メンバーから一名が映像業界の大手ポストプロダクション会社へ就職した。本気で映画・映像業界へ進みたい学生が学生時代にこのように挑戦できる機会があることを本学の強みとしていきたい。

参考文献

- チャド・スタエルスキ (2014) 「ジョン・ウィック」(アメリカ/101 分)
 ギャスパール・ノエ (2015) 「LOVE 3D」(フランス, ベルギー/135 分)
 ニコラス・ウィンディング・レフン (2016)
 「ネオン・デーモン」(フランス, デンマ

ーク, アメリカ/117 分)

アルフォンソ・キュアロン (2004) 「ハリー・ポッターとアズカバンの囚人」(アメリカ, イギリス/142 分)

クリス・バック, ジェニファー・リー (2013)
 「アナと雪の女王」(アメリカ/102 分)

謝辞

本プロジェクトを行うにあたり本学から多大な援助を頂いた。また撮影協力で全面的な協力をいただいた ALES のオーナー田中麻耶氏に深謝いたします。

令和3（2021）年度
大学院経営情報学研究科（修士課程）
「学位論文等」（概要）

- 橋本 良平 敵対的生成ネットワークを用いた学習型画像超解像手法の高精度化
- 大久保 信 トピックモデルによる文書データの分析
一文書集合に対する多様な解釈の整理と可視化
- 川上 寛弥 IoTデバイスに対する攻撃防御フレームワーク
- 高橋 幸生 高等教育機関における授業改善のための
プライバシー保護データ提供フレームワークに関する研究
- 齋藤 千彰 深層学習による2画像間の射影変換行列を用いた
撮影における位置のガイド

敵対的ネットワークを用いた学習型画像超解像手法の高精度化

橋本良平*

1. はじめに

COVID-19 が現代社会の様相に与えた影響は大きく、その中でもカメラを利用するビデオチャットツールが広く普及することとなった。それは、実際の対面を前提としたコミュニケーションを取ることが難しくなったからこその傾向であることは明らかである。これは、就業時のみならず、娯楽においても同様のことが起こっている。特に対面形式を前提とするようなカードゲームにおいてもビデオチャットツールの利用について情報提供がされている。

しかしながら、ビジネスシーンでは議論や作業の対象となる書類等のデータが、詳細な情報で伝わる必要がある場合、一般的に事前にそのデジタルデータを共有する。すなわち、ビデオチャットツールでは映像情報によって資料のどこに注目すべきか等の付帯的な情報を伝えることで意思疎通を高効率化している。一方で、そのような事前の情報共有を娯楽でもやろうとすると、伝えるべき電子データが無いというケースも考えられるため、ビデオチャットツールの映像と音声のみで意思の疎通をしなくてはならない。さらに、ビジネスシーンで利用するビデオチャットツールとくらべ、娯楽利用では無料のツールを選定する利用者が多数となる事が予想されることより、結果として低画質なツールを選ばざるを得ないという状況もある。低画質な映像でも満足した意思疎通のできる種類の遊戯であれば問題ないが、例えば本研究で対象とするトレーディングカードゲームのように細か

い情報がかかれたカードを、ゲームのフィールドにカードを多数並べるような状況を対戦者に情報共有することは非常に困難である。

2. 目的

2.1 先行事例

ビデオチャットツール等を用いたリモート対戦ではネットワーク等の各種問題によって画質の低下やノイズ、カードが小さく表示されていて見にくい等の問題点が上げられる。これは、テキストやイラストが読めないことを意味するためゲームのための利用として十分な意思の疎通ができなくなることを意味する。

このような状況の中カードゲームを販売しているメーカーも遊び方の例を公式サイト等で提供している。図1はコナミが遊戯王というカードゲーム公式が推奨しているリモート対戦の例を表している。カードゲームの対戦においては自分のフィールドの情報が相手に伝わる必要があるためフィールドを上から撮影している。実際に対戦してみるとカードにカメラを近づけないと情報が読み取れないといった場面に遭遇することがある。

このような状況を解決するため、コナミはカードゲーム遊戯王に特化した Neuron[1]というスマートフォンカメラからカード認識・検索を可能にするアプリを提案している。このアプリは公式が提供し続ける限りは、新たにリリースされる新種のカードへの対応についても問題ない。しかしながら、アプリ側の新規リリースが停止した場合は新たなカードを認識できなくなる。また、他のカードゲームは認識の対象となっていないため、カードゲーム全体へ対応するような汎用性は全くない。

* 北海道情報大学大学院経営情報学研究科

カードゲームによってはデジタルカードゲーム[2]のような実物のカードを必要としないものもあるが、全てのカードゲームにこれらのようなアプリが存在するわけでも無い上に現行のルールやカードプールと違いがあるため比較対象とはならないと本研究では位置付ける。



(a)PC・タブレット両方を
使用した場合 (b)スマートフォン
のみの例

図1 リモート対戦の例

2.2 本研究の目的

カードゲームのリモート対戦を円滑できるよう補助するようなツールを考えた場合、カードの種別を識別するようなツールは汎用性の点で問題があると考えられる。つまり、全てのカード情報を予め収集しておき、検出したカードと照らし合わせる照合のような手法は相応しくない。定期的に追加されるカード情報をデータベースに追加し続ける必要があるため、性能を維持するためのコストが常に必要となる。

そこで本研究では継続的なカード情報の更新が必要のない手法の提案を試みる。すなわち、ゲーム利用時のビデオチャットツールにおける、低画質化してしまう映像への対応に着目する。映像全体の画質化は処理コスト的に高くなる事が考えられるため、本研究においてはカード単体の高画質化実現を目指す。その中で低解像度で得られるカード領域を高画質化する目的のため、超解像の技術を用いた手法を提案する。

3. 提案手法

3-1 予備検討

本研究では最終的に図2のようなアプリとして実装することを目的としている。その中で、本

論文はカードの超解像処理モジュールについて一連の処理の提案と検証をする。

カメラを使い上側からゲームのフィールドを撮影した画像を入力とする。画像中からカードを検出し、アプリ内で任意のカードを選択できるような機能を実装する。そして選択されたカードを別ウィンドウ等で超解像処理して拡大表示することで、通常のゲーム利用に近い感覚でリモート対戦できるように実装することを考えている。



図2 想定するアプリケーションの例

3-2 ネットワークのモデルと各要素

本研究で用いる SRGAN[3]のネットワークモデルは図3に示す。画像を入力とするようなCNNをベースとするネットワークでは、その入力の画像サイズを正方形とすると扱いやすい。本手法においても入力や出力の画像サイズは正方形とし、画像スケーリング処理によってカード形状に合わせた縦長に変形させる。従って、入力Xには任意の画像サイズ $b \times b$ にリサイズされた画像がセットされる。機械学習時には、この画像Xを用意する画像を低解像度画像から復元した真値として取り扱う。そのため入力画像Xを $l \times l$ 低解像度化した画像Zが生成器Gへの入力となる。なお、

本手法においては b を $1/4$ 倍した長さを 1 としてネットワークを構築している。生成器 G の出力画像と入力画像 X を判別器 D で判定し、生成器との学習を繰り返していくことで、 G の性能向上をねらうという GAN の構造をしている。なお、任意の画像を超解像する場合はここで学習した生成器 G の重みを用いる。

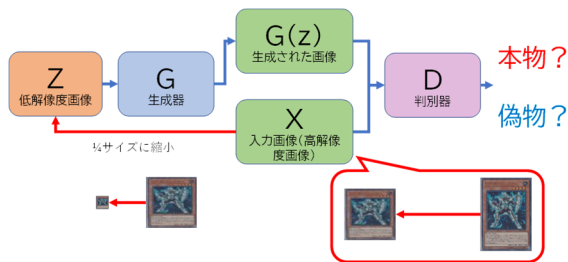


図3 SRGANのネットワークモデル

4. 実験結果・検証

SRGANの学習には縦方向にスケールされたカード画像200枚、短辺の長さで上側と下側から正方形の大きさで切り抜いたカード画像400枚、Open Images Dataset v6からランダムに抽出した8000枚を用いた。バッチサイズを2~16、エポック数を10~100として計算を行った。

本実験において、データセットの種類、学習時のバッチサイズ、エポックサイズを検証の対象とした。また、4.2節で説明した、予め用意した画像の中から以下のようにデータセットを整備した。

- D1: スケール加工した画像のみを用いた学習サンプル
- D2: カードから正方形に切り抜いた画像のみを用いた学習サンプル
- D3: D1 および D2 をマージした学習サンプル
- D4: OIDのみを用いた学習サンプル
- D5: 学習サンプルを2段階にし、前半にD4を用い、後半にD1を用いた学習サンプル

D1~D3はカード情報のみを使った学習サンプルがどのような性能を持つための実験のためで用

意したものである。D4は汎用的な超解像モデルがカード用に有効か、すなわち転移学習がカードを対象として有効であることを確かめるため用意したものである。D5は汎用的なモデルからの再学習が有効であることを確かめるために用意したものである。なお、D5を検証する段階でD1~D3の中ではD1が最も優れているという結果を得ていたため、D4-D2やD4-D3という組み合わせは検証していない。

画像生成には前述のように低解像度化された画像を入力としてSRGANで得られる生成器を用いて超解像処理をしている。図4にD1およびD2のデータセットによって得られたモデルから生成された超解像処理結果例を示す。また、図5にはD4およびD5のデータセットからの結果例を同様に示す。これらは全て目視で最も品質が高くなったバッチサイズ2、エポックサイズ100の結果である。

実験結果で確認できるようにバッチサイズは2、エポック数は100が最も結果が良くなった。学習サンプルの比較ではD1が最も結果が良くなった。



(a) 原画像



(b) 低解像度画像をバイキュービックで拡大した画像



(c) 長方形画像200枚



(d) 正方形画像400枚

図4 実験例1



図 5 実験例 2

Aitken, Alykhan Tejani, Johannes Totz, Zehan Wang and Wenzhe Shi, "Photo-Realistic Single Image SuperResolution Using a Generative Adversarial Network", IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 105-114, 2017

5. 今後の課題

本研究における追加の検証の余地として以下のことが挙げられる。まず、学習サンプルが十分ではなかったため、この数を増やした場合の結果について検証が必要である。また、エポックサイズをさらに増やした場合の確認・分析についても今後の検証を展開する上で必要である。さらに転移学習のためにネットワークのどの層を使うか、すなわち現状の学習で各層がどのような特徴を得ているのかという検証も必要である。

一方、新たなモデルの提案も考えられる。本研究では画像全体を一つの情報として扱ったが、これを文字領域とイラスト領域に分けることで、大幅な精度向上が期待できる。領域分割という異なる困難なテーマが必要となるが、カードゲームのオンライン対戦実装において、満足できるシステムを構築していきたい。

参考文献

- [1] 8000 種類のカードを見分ける, ディープラーニングを使用した画像認識, https://cedil.cesa.or.jp/cedil_sessions/view/1836(2022年2月7日アクセス).
- [2] 遊戯王, 遊戯王マスターデュエル, <https://www.konami.com/yugioh/master-duel/jp/ja/>(2022年2月7日アクセス).
- [3] Christian Ledig, Lucas Theis, Ferenc Huszar, Jose Caballero, Andrew Cunningham, Alejandro Acosta, Andrew

〈修士論文概要〉

トピックモデルによる文書データの分析

文書集合に対する多様な解釈の整理と可視化

大久保信

1. はじめに

現在、文書集合の解析に用いられる手法としてトピックモデルを用いた解析が注目されている。トピックモデルは、アルゴリズムや初期値により結果が変わるため、様々な解が得られ、どの解を選択すれば適切な解なのか分からない。内山ら[1]の先行研究では、特徴分布(=単語分布)に基づき、解の共通点と相違点を明らかにし、解を選択する手法を提示した。

本研究では、その手法の有効性について、実際の文書データを用いて検証した。単語分布に着目し、アルゴリズムや初期値を変えて様々な解を算出し、多様な解の類型化と整理を行った。

2. トピックモデルとは

トピックモデルとは、新聞や Web サイトのニュースなど、様々な文書に含まれるトピックを見つけ、手作業や単純比較では見えにくい文書集合全体からみた様々な内容把握に役立つ。

文書は複数のトピックからなり、トピックモデルでは、文書にどんなトピックが含まれているかを表すことができる。各トピックは単語分布を持っており、単語分布は各トピックの中に含まれる単語の割合を表す。本研究では、人間が理解できる形である単語分布に着目し、実験を行う。

3. 利用データとモデルパラメータ推定

3-1 利用データ

実験に利用したデータは UCI の Machine Learning Repository にある”Bag of Words Data Set”

の NewYorkTimes データセットである。このデータセットの中には、実際の文書データとそのデータ郡の辞書データがある。文書数は 29 万 6829 個あり、単語の種類は 10 万 1631 個から成り立つ。今回の実験では、文書データを学習データとテストデータに分割する。学習データの 90% を学習データに、残りの 10% をテストデータに分割して利用する。

3-2 モデルパラメータ推定

モデルパラメータの推定は 4 つの手法を用いて行った。MAP 推定[2]、情報理論的クラスタリング[3][4]の結果を初期値設定に用いた MAP 推定、崩壊型ギブスサンプリング CGS[5]、崩壊型変分ベイズ推定 CVB0[6]の 4 つである。また、4 つの推定手法全てにおいて、解のトピック数 K は 10 を使用し、学習に用いるハイパーパラメータ α と β は、内山ら[1][7]の論文で用いた値を利用した。ハイパーパラメータ α と β の値は、更新式の違いによる差を調整し[4]、MAP 推定においては $\alpha=1.01$ と $\beta=1.1$ を、それ以外の手法では $\alpha=0.01$ と $\beta=0.1$ を用いた。いずれも乱数系列を 50 通りに変えて実行した。これらにより得られた 200 個の解が提案手法の鉄橋対象である。初期値に関しても内山ら[5]の選考研究の値を利用した。そして、単語分布 θ とトピック分布 ϕ をモデルパラメータとして出力した。

4. 実験結果・検証

4-1 極めて似ている単語分布の集約

トピックモデルのパラメータ推定を用いた 4 種類の種類を使い、トピック数を 10 とし、各推定手法で 200 個の解を算出した。単語分布

2000 個を情報理論的クラスタリング[5][6]で 100 に分割した。集約は単語分布間の JS ダイバージェンスに基づくクラスタリング(ベクトル量子化)で行った。図 4 は、全ての特徴分布間の JS ダイバージェンスについて表している。図 4 の点線は、100 個の代表単語分布間の JS ダイバージェンスの頻度分布を表し、実線は、元の 2000 個の単語文応間の JS ダイバージェンスの頻度分布を表している。点線は実線を近位できているので、単語分布を 100 個に集約しても関係性を保持できることが分かった。

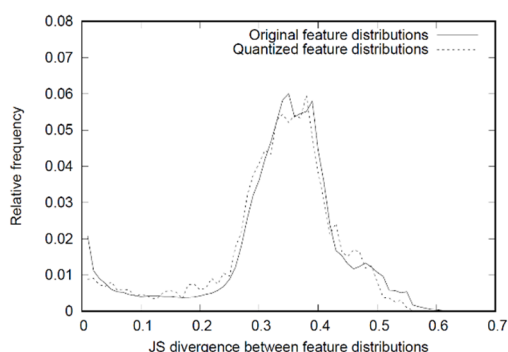


図 1 単語分布間の JS ダイバージェンスの頻度分布

4-2 代表単語分布のグループ化

次に、代表単語分布 100 個の類似関係を隣接関係に着目して、ネットワーク図として作成したもの図 2 に示す。互いに類似している代表単語分布がまとまったものをグループと呼び、大きく 10 個に分けることにした。

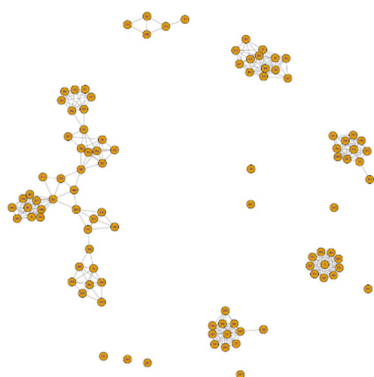


図 2 代表単語分布間の類似関係

グループは、「ボールゲーム、国際紛争、政治活動、ビジネス、インターネット産業、ライフ

スタイル、映画産業、生活、薬、医療治験」とまとめることができた。代表単語分布の上位頻出単語の一例として、ボールゲームというグループでは、上位出現単語は「team, run, season, game, player」などを始めとして、どの代表単語文応にも、4 つ程度の共通する単語が見られた全体的に、グループに含まれている代表単語分布は共通するものが多く見られた。

4-3 解の「グループの出現頻度パターン」による類型化

これまでの実験により、解には 10 個の単語分布が含まれていることが分かった。単語分布は、集約により得られた代表単語分布のいずれかに結び付いている、そして、代表単語分布は、いずれかのグループに属している。ゆえに、解に含まれている単語分布はいずれかのグループに属しているが分かった。

次に、解に含まれる単語分布は属する出現頻度(=パターン)を求める。そして、出現頻度パターンにより解を類型化する。代表的なグループの出現頻度パターンを表 1 に示す。

	g1	g2	g3	g4	g5	g6	g7	g8	g9	g10
p1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
p2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1
p3	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1
p4	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1
p5	1	1	1	1	1	1	1	2	1	0

表 1 単語分布間の JS ダイバージェンスの頻度分布

表 1 について、P1 ではすべてのグループを 1 個ずつ含むパターンで非常にバランスのとれたものとなっていることが分かった。P1 である解は 51 個(200 個中)であった。P2 は、ボールゲームに関するグループを 2 個、インターネット産業に関するグループは 0 個であることが分かった。P2 である解は 31 個であった。

4-4 パターンに属する上位頻出語

各解は、いずれかのパターンに属することが分かった、代表的な 5 パターンについて、そこに属する解を算出た。解に属する単語分布の上位頻出単語を、グループごとに整理した。

gn	pn	上位頻出単語
1	1	team game season player play games point coach win won
	2	team game season player play point games coach win won
		run computer game web season hit team games point run
	3	team game season player play games coach win won
	4	team game season player play point games coach win won
run season game team hit inning player baseball games yankees		
5	Team game season player play game point run coach win won	

表2 パターンに属する上位頻出単語(一例)

表2では、g1(ボールゲーム)に属する上位頻出単語を表している。g1に属する単語の上位頻出単語は、どのパターンでも類似していることが分かった。他のグループにおいても、グループが同じ単語分布は、パターンが異なっても似ている場合が多いことが分かった。

5. まとめ

今回の本論文の目的は、実際の文書集合データからどのような解釈が得られるかを具体的に明らかにすることだった。その際に、単語分布に着目して実験を行った。実験から以下のことが明らかになった。まず、解に含まれる単語分布は、100個の代表単語分布で近似できることが分かった。次に、100個の代表単語分布が10個の類似グループに分割できることが分かった。解に含まれる単語分布が属するグループの出現頻度パターンに基づき解を類型化することができた。グループが同じ単語分布は、パターンが異なっても似ている場合が多いことが分かった。ゆえに、用途や分析目的で必要となるグループを含むパターンの解が選ぶべき解であることが本研究により判明した。

謝辞

図書館担当者に深謝する

参考文献

- [1] 内山俊郎・甫喜本司(2021), 『トピックモデルに関する様々な解の特徴分布に基づく分析』第20回複雑系マイクロシンポジウム。
- [2] J.-T. Chin and M.-S. Wu(2008) "Adaptivebayesian" latent semantic analysis," *Audio,Speech, and Language Processing, IEEE Transactions on*, vol.16, no.1, pp.198-207.
- [3] 内山俊郎(2017), 「情報理論的クラスタリングを用いた確率的洗剤意味解析の性能向上」『電子情報通信学会論文誌 D』, vol.J100-D, no.3.pp.419-426.
- [4] 内山俊郎・江田毅晴・田邊勝義・藤村考(2012), 「競合学習を用いた情報理論的クラスタリング」『電子情報通信学会論文誌 D』, vol.J95-D, no.8, pp.1633-1643.
- [5] Y.W.Teh, D.Newmain, and M.Welling(2007), "A collapsed variational bayesian inference algorithm for latent dirichlet allocation," *Advances in euralinformation processing systems*,pp.1353-1360.
- [6] A.Asuncion,M.Welling,P.Smyth,andY.W.Teh(2009),"On smoothing and inference for topicmodels," *Proceeding of theTwenty-Fifth Conference on Uncertainty in Articial IntelligenceAUAI Press*, pp.27-34.
- [7] 内山俊郎・甫喜本司(2019), 「トピックモデルにおける解の多様性の分析と可視化」『電子情報通信学会論文誌 D』,vol.J102-D,no-10,pp.698-707.

〈修士論文概要〉

IoT デバイスに対する攻撃防御フレームワーク

川上 寛弥*

1. はじめに

近年、センサーやスマートデバイス、ネットワークカメラなどの IoT デバイスが著しく増加しており、これに伴い「Mirai」のようなマルウェアなどによる被攻撃端末となることも増えている。しかし、IoT デバイスは Plug&Play で利用できるという点から管理対象となりにくく、メーカーによる制限によりセキュリティ対策ソフト（以下、対策ソフト）のインストールが困難であるといった背景から攻撃対策は不十分なものとなっている。

本研究では、先に挙げた課題の解決方法として、対策ソフトのインストールや大規模なネットワーク構成の変更を必要としない形での防御方法として、攻撃者をブラックリスト化し共有する機能を含む攻撃防御フレームワークを提案する。

2. 既存の防御方法による課題

2-1 対策ソフトを用いた防御

インターネットに接続されている IoT デバイスの多くは、オペレーティングシステムが動作しておりその上で提供されるサービスが動作している。パソコンなどにおいては、端末に対策ソフトなどをインストールすることで対策を行うが、IoT デバイスに他のソフトウェアをインストールすることは実際上不可能である。

要因としては、メーカーにより Secure Shell などの管理サービスに制限がかけられていることが多く、もし制限がなくソフトウェアのインストールが可能な状態であった場合でも、IoT デバイスにはサービス提供に必要な最小限のリソースしか搭載されていないことが多く、動作が不安定になる恐れがある。

2-2 専用装置による防御

パソコンやサーバ等の端末では、エンドポイントでの対策のほかにルーターに搭載されているパケットフィルタ機能や、別途ファイアウォールなどのセキュリティ装置を介して通信を行うことで侵入対策を行っている。

この方法は外部からの攻撃だけでなく、ローカルネットワーク内にウイルス感染したデバイスがあった場合でも、不正な通信について監査、場合によっては防御を行っている。しかし、多くの IoT デバイスは、管理者の運用・管理の都合や IoT デバイスの機能が Web サービスとして提供されるなどの理由により、インターネットから直接アクセス可能な状態となることが多く、適用が困難である。

2-3 提案する防御方法

先に挙げた要因から、対策ソフトや専用装置の利用、ネットワーク構成の変更による IoT デバイスでのセキュリティ対策には課題が多くある。そこで本研究では、対策ソフトのインストールや、セキュリティ装置を用いない方法での防御の検討を行い、従来行われていない攻撃者の情報（ブラックリスト）を集約・共有することに着目し、ブラックリストをもとに攻撃者の IP アドレスを防御したいサービス（SSH, web

* 北海道情報大学大学院経営情報学研究科,
Graduate School of Business Administration and
Information Science, HIU

サーバ等) に対してアクセス禁止の登録・侵入防御を行う方法を提案する (図 1)。

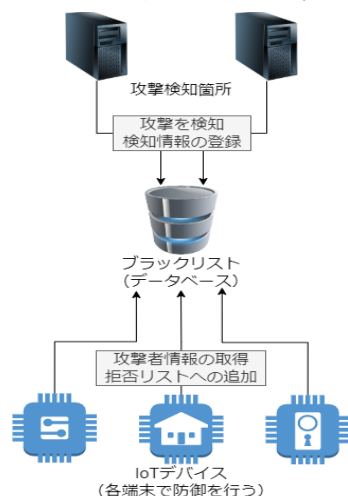


図1 提案するフレームワークの構成図

3. 提案するフレームワークの検討

3-1 提案手法の概要

本研究では、特にこれまで活発に行われていない検知した攻撃者情報の共有及び集約に着目し、この情報を用いた攻撃防御が可能となるフレームワークを提案する (図 2)。

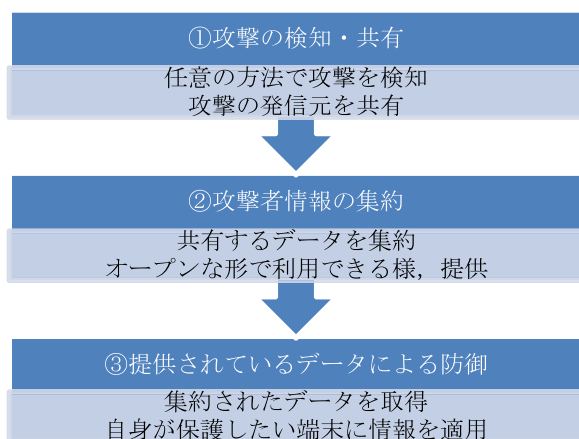


図2 提案するフレームワークの動作フロー

3-2 攻撃の検知手法について

侵入防御に利用するデータとして、従来コンピュータにも使用されているIDS¹やIPS²のように自身が検知した攻撃をもとに防御を行う方法が考えられる。これは、実際に保護対象の端末

¹ Intrusion Detection System (不正侵入検知システム)

自身が不正アクセスなどの通信を検知することで遮断する方法のため、事前に攻撃を防ぐことができない。

この課題に対し、本研究では、任意の検知端末による複数個所での攻撃検知を行い、迅速な情報の取得と検知した情報の集約・共有を行うことにより集団で攻撃防御を行う方法を提案する (図 3)。これにより、個別検知による自身が検知した情報しか使用できない、またベンダー契約によってブラックリストの提供を受ける必要があるという課題を解決可能である。

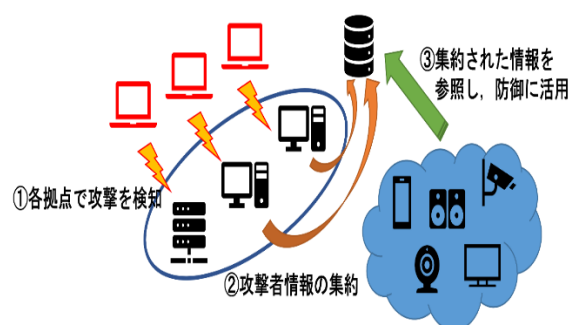


図3 集団防御の概要

3-3 攻撃者情報の集約・共有について

本研究では、検知した攻撃者情報を集約したものをブラックリストとして提供・共有を行う。ブラックリストの共有という点について、インターネット上で公開されている共有ブラックリストを利用する方法の検討も行なった。しかし、既存の物は攻撃者情報の集約は行われているものの、主に海外にて運用されており情報提供元や攻撃の検知箇所が不明である、情報更新に最短でも2~3日かかる、また悪意のない発信元が誤って登録されることが多いなど、利用するにあたって課題が多くある。

既存のブラックリストの課題を解決するため、本研究では新たに共有ブラックリストを作成し、これを利用することとした。今回提案するブラックリストは、

- ・信頼できるコミュニティの参加者の情報
- ・攻撃者の情報は検知した後、即座に登録

² Intrusion Prevention System (不正侵入防止システム)

・登録された情報は一定時間経過後に削除以上の要件を設定し、API を用いて情報の読込・書込を行うものとする。書き込みの際は API トークンを用いてコンソーシアムの参加者か否かを判断する。

4. 提案するフレームワークの実現性の検証

4-1 ハニーポットを用いた情報収集

本研究により提供するフレームワークは API を介して情報の読込・書込を行うため、通常のデータベースへのアクセスよりもスループットが低下し、期待した動作ができない可能性がある。これに対する検証のための事前調査として、ハニーポットを本学のネットワーク管理者の承諾のもと、本学所有の IP アドレスを 1 つ拝借し、直接インターネットに公開する形で設置して情報収集を行った。ハニーポットは、インターネット上に設置される「おとり」であり、単一地点でどれだけ攻撃が観測されるかの調査を行った。

調査は 2020 年 12 月 1 日から 2021 年 2 月 28 日まで行い、ハニーポット全体で受けた総攻撃数は約 2000 万件、一日平均約 22 万件的攻撃を観測した (図 4)。

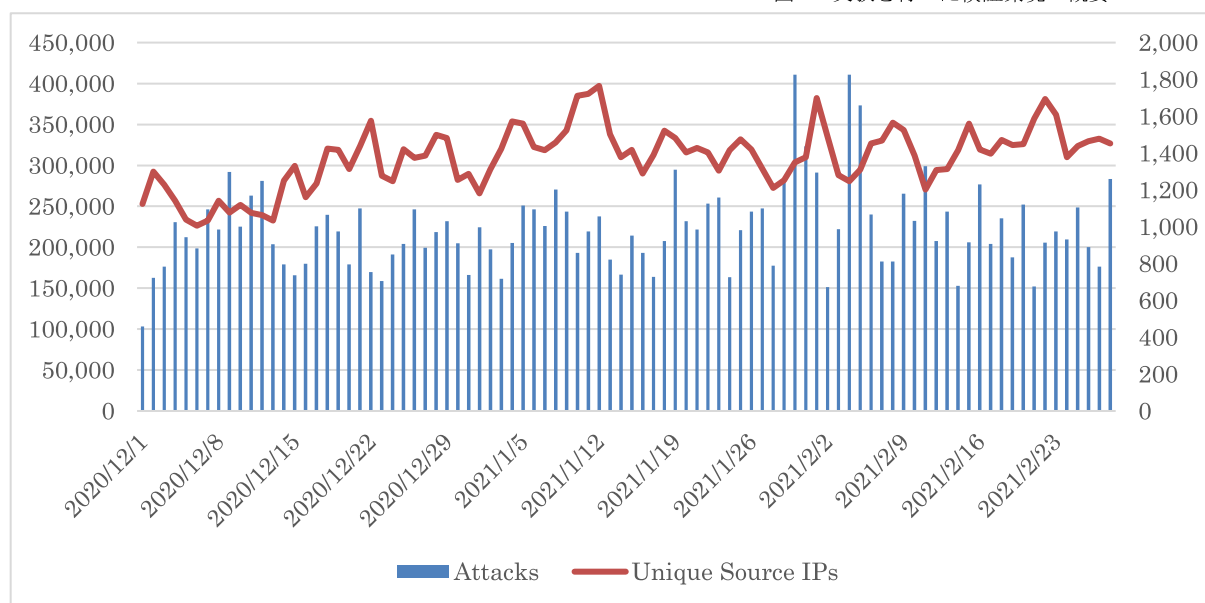


図 4 ハニーポットによる総観測攻撃と発信元

観測した攻撃の中から本研究に関わる Secure Shell・Telnet・Web サービスへの攻撃を抽出した結果、総攻撃数は約 300 万件、一日平均約 3 万件であった。また、攻撃の発信元は重複を排除すると一日平均 500 件程度であったことから、この数値を検証の際に使用する。

4-2 データベース要件の検討

前述した問題に対し、前節で調査した件数の攻撃があった場合、要件としている複数の検知箇所からの登録が確実にできるか、及びどれだけの利用者が同時にブラックリストを利用可能であるかを検証するため、検証環境下で実験を行った。

検証環境は、多くの攻撃者情報が登録された場合でも高速な処理が可能であると考え、NoSQL である Amazon DynamoDB をブラックリストの登録先として、API を実行することで読み込み・書き込みを行う構成とした (図 5)。

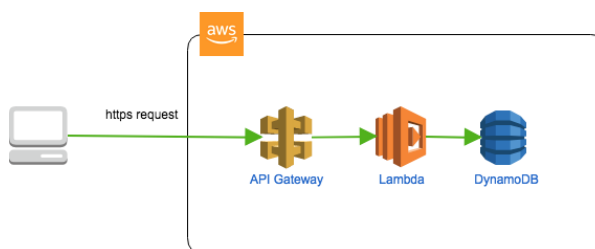


図 5 実験を行った検証環境の概要

4-2-1 データベースへの書き込みの検証

データベースへの書き込みは、用意した仮想マシンの一つから、API を実行して 1kB のファイルを連続して書き込むことで検証を行った。

このテストの結果、使用したデータベースのキャパシティ上限である 60kB/分の書き込み (=1 分あたり 60 件の書き込み、青線) が安定して可能であることを確認した。

4-2-2 データベースからの読み込みの検証

データベースの読み込みは、書き込みと比較して制限が緩かであることから、5 台の仮想マシンを並列に動作させ、API リクエストの限界値の検証を行なった。

この検証の結果、本環境では平均して 1 台あたりに 700 回/秒程度のリクエストに耐えられることを確認した。

4-3 検証結果

今回行ったデータベースの検証により、調査に使用した環境において以下の結果を確認できた。

まず書き込みについて、1 拠点における検知が 1 時間あたり 20 件程度と考えられる中で、データベースへの書き込みは 1 分あたり 60 件、1 時間あたりにすると 360 件可能であった。このことから、18 拠点での同時検知・情報登録が可能であると考えられる。また、読み込みについては 1 秒あたり 700 回程度のリクエストに成功した。IoT デバイスが 1 分間に 1 回リストの更新を行う運用とした場合、

$$700(\text{req}) \times 5(\text{台}) \times 60(\text{秒}) = 210,000(\text{台})$$

となり、約 21 万台の IoT デバイスが同時に利用可能である。これについては、IoT デバイスによる更新頻度を減少させる、レプリカを作成し読み込み先を分散させるといった方法でこれ以上のデバイスにも対応できるものである。

また、本研究はフレームワークとしての提案であるため、実際の運用の際は選択可能な他のプラットフォームの利用も考えられるが、ハニーポットによる事前調査により考えられる攻撃

数を明確にすることで、プラットフォーム選定の際の要件を明確にした。

5. さいごに

本研究では、従来用いられてきたセキュリティ対策の適用が困難な IoT デバイスに対して、侵入を防ぐことで防御を行う方法を検討し、

- ・複数地点で攻撃検知を実施
- ・検知した情報を集約し、ブラックリストとして提供
- ・利用者が任意の方法で防御に利用するといった機能を有するフレームワークを提案した。

今回は、検証目的で特定のデータベースを使用したがる、本研究ではフレームワークとして防御フローの提案を行ったことから、ブラックリストの登録先をブロックチェーンネットワークとする等、実運用の際は様々な技術を活用した運用が見込まれる。また、本研究を進める中で新たに散見された問題についても解決策は考えられるものであり、IoT デバイスに対する攻撃防御として利用可能なものであると確認できた。

参考文献

- [1] マルウェア検知システムにおけるブロックチェーンベースのマルウェア情報共有手法の検討 (2019) [電気情報通信学会]-藤 竜成 他
- [2] SDN Framework for Securing IoT Networks (2017) [UBICNET]-Prabhakar Krishnan; Jisha S. Najeem; Krishnashree Achuthan
- [3] Flow Based Security for IoT Devices Using an SDN Gateway (2016) [IEEE]-Peter Bull; Ron Austin; Evgenii Popov; Mak Sharma; Richard Watson
- [4] For Cyberattackers, Time Is The Enemy – palo alto (2021/11/22 閲覧)
<https://www.paloaltonetworks.com/>

〈修士論文概要〉

高等教育機関における授業改善のための プライバシー保護データ提供フレームワークに関する研究

高橋幸生*

1. はじめに

本学のような高等教育機関では、部署ごとに学生に関する多種多様な情報を扱っている。例えば、教務課では授業に関するデータ(成績データ等)、入試課では入試データや高校在籍時の内申点等、多くの学生に関する情報を収集し業務を行っている。これらの情報はそれぞれ関連づけられておらず、有機的に関連づけることにより、より有用な情報として利用できる可能性を秘めているが、本学では情報が適切かつ有効に活用できる状態とはなっておらず、情報管理や利用環境などが整備されていないという現状がある。

本学では授業改善を目的として、各授業において毎学期末に授業評価アンケートを実施しているが、集計結果が各授業の担当教員へ渡されるのみで、その集計結果や自由記述から授業改善のための目的に使える有用な情報を取り出せていない状況にある。

しかし、授業評価アンケートや学内にある各種学生情報を統合した場合に考慮が必要なこととして、各種情報に対するプライバシー保護の問題があり。授業評価アンケートと学内にある学生情報を分析の目的のために統合した場合に、個人が特定される危険性があるため、データの匿名性を確保する必要が生じると考えた。そして有用な情報を引き出すために、データの有用性も確保する必要があることから、情報の特性に応じた最適なプライバシー保護の方法を検討する必要がある。

* 北海道情報大学大学院経営情報学研究科, Graduate School of Business Administration and Information Science, HIU[Times New Roman,9p]

以上の背景より本研究では教員が授業改善のために必要としている各種学生に関するデータを要望に合わせて統合し、個人が特定されないように匿名化を適切に施し、匿名加工情報を提供できるフレームワークを提案した。はじめに、本学におけるデータ提供の現状調査を行う。その後他大学でのデータ活用事例を調査し、本学の課題を明確にし、フレームワークに求められる要素を考察した。また、データ統合で起こりうる個人特定を防ぐために一般的に用いられている匿名化手法を本学の学生に関する情報にどのように適応させるのかを定性的な評価の観点から検討を行った。

2. 学生に関するデータ提供とデータ活用の課題

本学における教員に対するデータ提供の課題を明らかにした。また、他大学のデータ提供事例、活用事例をもとに課題を明確にすることでフレームワークに求められる要素を考察した。

本学における課題として考えられる要素の一つは、各部署にある学生に関するデータの関連づけがされていないということにある。各部署から分析に必要な学生に関するデータを収集してもデータを組み合わせて分析に用いることができない。

次に、必要となるデータを提供してもらうために依頼が必要で即時にデータを入手することができない。依頼を受けた担当職員は、教員の要望に応じたデータを収集、抽出、加工という過程を踏み、初めてデータを提供することができるため、現

在の本学では即時にデータを入手することができない。

また、教員が根本的に必要となるデータを依頼先がわからないという問題がある。帝京大学については、教学IR推進室に依頼することでデータを得られるようになっている。

これらの問題に加え、最も障害となるのはプライバシー問題である。担当職員がデータの収集、抽出、加工の工程で個人の特定に繋がるデータをそのままにしてしまい、教員に提供してしまう可能性がある。そして、データベース間の通信や匿名化したデータを提供する際に情報漏洩などの観点からセキュアを担保する必要がある。

以上のことを解決するためのデータ提供のフレームワークについて、またデータの提供する上で検討している匿名加工情報の作成する際に用いる匿名化手法と次章以降で記述する。

3. 提案するフレームワーク

3-1 提案フレームワークの構成

本研究における提案するデータ提供のフレームワークの構成を図1に示す。まず教員が分析の目的を提示し、必要データを要求する。その要求に対して、担当職員が要求内容の妥当性を判断し、承認する。承認した要求の対象であるデータを各データベースから収集、抽出し、匿名化を施す。作成したデータを担当職員が内容を確認し、教員へ提供する。

本研究では統合データ一覧を作成するために必要となる匿名化手法の検討、情報提供を行うために、データベース間の通信の情報セキュリティが担保された上で、必要となる各種データを収集・蓄積する方法の提案を行なった。

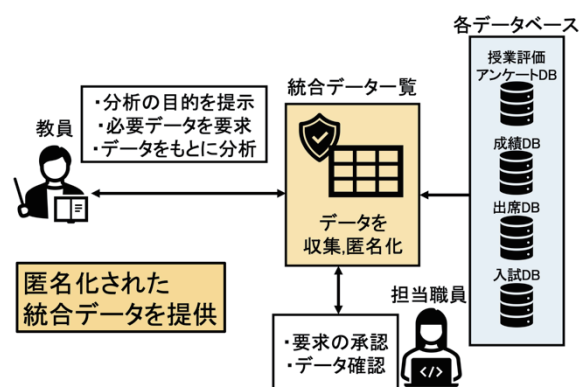


図1 提案フレームワークの構成

3-1-1 データに適用する匿名化手法

学籍番号については、異なるデータを紐付けるために必要なデータであるが、個人識別符号のため、個人情報保護委員会の基準に基づき、仮IDに置き換える加工方法を取る。佐久間淳「データ解析におけるプライバシー保護」[1]を参考に仮IDの生成方法はブルートフォース攻撃と教員間の結託攻撃を防ぐことができる手法である、鍵付きハッシュ関数による仮IDの生成を行う(図2参照)。

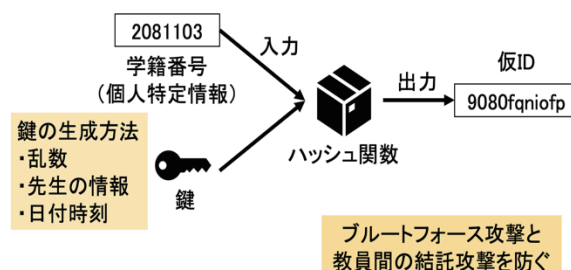


図2 鍵付きハッシュ関数による仮IDの生成

「項目組み合わせで個人識別性があるデータ」[2]である準識別符号に授業改善として用いられると考えられる学生に関するデータから「クラス」、「住所」、「出席率」、「GPA」を選定した。

準識別符号の匿名化手法については「匿名加工情報作成マニュアル ver1.0」[3]や「k-匿名性に関する疑問に答える」[2]を参考に、個人特定のリスクを防ぐことができるように「一般化」を選定した。

一般化とは、

“加工対象となる情報に含まれる記述等について、上位概念若しくは数値に置き換えること又は数値を四捨五入などして丸めることとするもの。例えば、購買履歴のデータで「きゅうり」を「野菜」に置き換えること。[4]”

という匿名化手法である。今回準識別符号として選定した「クラス」、「住所」、「出席率」について一般化で匿名化をする。

GPA については学生個人の成績の平均値であり、0.00~4.00 の間で表すデータで、授業を改善するために最も重要なデータである。しかし、GPA の一覧は学内限定ではあるが、学習 Web アプリケーション上に順位づけされた Excel ファイルが掲載されている。また、他の項目と同様に GPA を一般化で匿名化するとデータ数が少ない場合、上位概念に置き換えても上位概念に該当する個人が 1 人になり、個人が特定される可能性があると考えた。

そこで、GPA の匿名化方法を一般的に用いられる「一般化」、匿名性を持たせるように質的データに変換するという検討中の匿名化手法を比較検証し、適切な匿名化手法を提案する。

3-2 一般化と検討中の匿名化手法の比較検証

GPA を一般化で匿名化するとデータ数が少ない場合、上位概念に置き換えても上位概念に該当する個人が 1 人になり、個人が特定される可能性があるという問題点を検討中の匿名化手法が解消できること、すなわち少ないデータに対する匿名性と有用性を検証する目的として、検証対象データである公開されている本学の医療情報学科(臨床)2 年生 35 名の GPA データに対して一般化と検討中の匿名化手法をそれぞれ適用し、作成した加工データを匿名性、分析に対する有用性という観点で定性的な評価を行なった。

一般化で起こり得る問題であるデータが少ない場合、検討中の匿名化手法の匿名性、有用性を評価するために、所属している学生が少ない本学の医療情報学科(臨床)を選定した。

対象データに対して GPA0.50 刻みの一般化を

行った。匿名化されたデータについての度数分布表をそれぞれ図 3 に示す。図 3 から読み取れるように、対象データの GPA に対する分布を把握することはできるが、0.50 刻みの区分に該当する学生が 1 人になっている区分が存在しており、2 匿名性を確保することができていない。

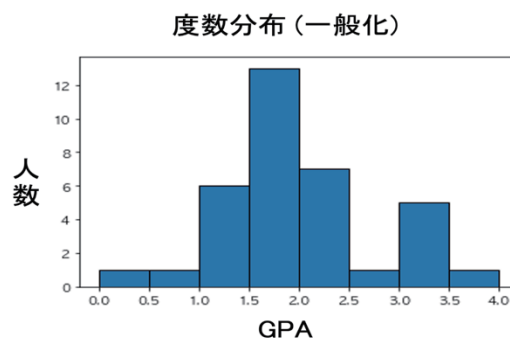


図 3-1 GPA0.50 刻みの一般化による加工結果

検討中の匿名化手法は、対象データに対して、Python にて階級値 2 から 8 の間で区分間の学生が 2 人以上になっている階級を探し、その階級数でグループ分けを行う。区分の値についてもデータ内の最大値と最小値の差分を階級数で割ることでデータに応じて可変する。グループ分けを行なった上で、それぞれ下位グループから 1 という質的データである GPA ラベルに変換していくものである。

以上の加工方法を対象データに適用した度数分布表を次に示す(図 4)。図から読み取れるように、機械的に区分を算出し、ラベルに変換しているため、該当学生が 1 人の場合でも、母集団の実際の GPA がわからないと特定が難しいという利点がある。ただし、データ内での学生の GPA の位置関係として読み取ることしかできなくなるため、相関分析などには適さない。

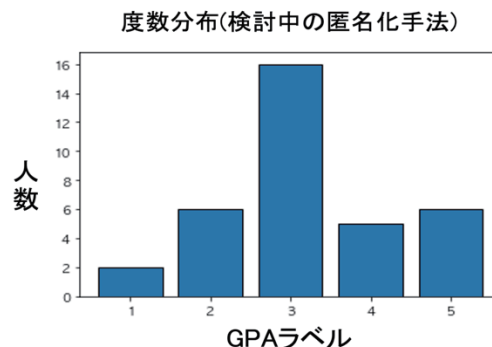


図 4 検討中の匿名化手法による加工結果

この結果より、分析の目的や教員の要求する学生に関するデータ数によって匿名化手法を使い分ける必要があると考察した。GPA のデータに対する匿名化手法は、用途に応じて選択するための基準を設ける必要がある。

3-3 各種データの収集・蓄積方法の検証

個人情報の保護に関する法律についてのガイドライン(匿名加工情報編)の「(別表 2) 加工方法等情報の安全管理で求められる措置の具体例」[4]より、「情報システムの使用に伴う加工方法等情報の漏えい等の防止」が挙げられており、情報セキュリティが担保された上で必要となる各種データを収集・蓄積できる方法が必要である。

そこでエストニアの電子政府基盤技術であり、オープンソースとして公開している「X-road」に着目し、株式会社 Secure DX が提供している「X-road」をベースとしている「Secure DX CONNEQT」を検証した。システム構成について「Secure DX CONNEQT 基本仕様書/技術資料」[5]より図 5 に示す。このシステムの一部である「Security Server」、「Connector」の仕組みを利用することでデータベース間の通信について情報セキュリティを担保し、匿名化したデータを安全に提供ができることを検証した。

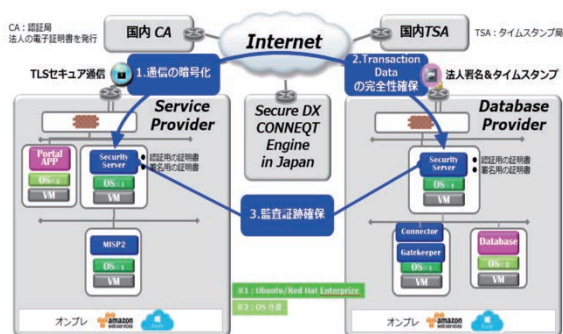


図 5 Secure DX CONNEQT のシステム構成

参考:Secure DX CONNEQT 基本仕様書/技術資料

4. おわりに

データに対する匿名化手法の検討や比較検証、またセキュアに各種データを収集・蓄積する方法の検討を行なったが、実データに対して匿名化を行い、匿名性と有用性の検証やセキュアに各種デ

ータを収集・蓄積する方法の実現、最終的にはシステムとして開発することで、本研究のフレームワークについては、システムとして導入した場合に本学における学生への具体的な支援方法や授業の改善点を導き出せることから、本学の授業改善や学生の学習支援への貢献が期待できると考えている。そのため、匿名化手法や実現方法の研究を重ね、新たな匿名化手法の提案、匿名化したデータをセキュアに提供できるシステムの実現を試みたい。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多くのご指導、ご鞭撻を賜りました中島 潤教授、学位論文審査において研究内容に関する貴重なご意見を賜りました廣奥 暢教授、福光 正幸教授、甫喜本司教授の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 講談社, 「データ解析におけるプライバシー保護」, 佐久間淳, 2016. 8. 24
- [2] 日本電信電話株式会社 NTT セキュアプラットフォーム研究所, 「k-匿名性に関する疑問に答える」, 高橋克巳, 2017. 11. 25
- [3] 経済産業省, 「匿名加工情報作成マニュアル ver1.0」, 2016. 8
- [4] 個人情報保護委員会「個人情報の保護に関する法律に関する法律についてのガイドライン(匿名加工情報編)」, 2016. 11
- [5] 株式会社 Secure DX, 「Secure DX CONNEQT 基本仕様書/技術資料」, 2021. 3. 31

深層学習による 2 画像間の射影変換行列を用いた 撮影における位置のガイド

齋藤 千彰*

1. はじめに

任意の構図や対象について、一定の期間をおいた後に再撮影をしたいというニーズは産業的な用途だけでなくエンターテインメント向けの用途も含めて多岐にわたる。継続的な都市の景観の記録や分析のような社会的意義の高い目的だけでなく、私的・趣味のための撮影・画像化を目的とすることもある。最も確実な方法は定点カメラを用いることであるが、撮影機材の常設に関わる解決すべき種々の問題があるため、限定的な用途でのみ使われることが一般的である。定点カメラに頼らずとも高精度に再撮影を実現する手法は提案されている[1]。しかしながら、この手法のように目的とする精度が高い場合は、利用する機材の準備のコストも無視できないため、気軽に使えるようなシステムとは言い難い。

本研究で対象とする再撮影は、予め記録してある画像に含まれる建造物等のオブジェクトとの位置合わせをすることと定義する。その基準となるべき画像と、同じ様な立ち位置および構図とするために、再撮影時にカメラ位置をどう変更すればよいのかという提示をするアプリケーションの実装を目的とする。

実写のドラマや映画だけでなく、漫画やアニメにおいても、背景の風景として実際の町並みなどを利用することがある。作品のファンの楽しみ方として「聖地巡礼」的に実際にその場所に行き、作品に使われた構図で撮影するような楽しみ方がある。本手法で提案するカメラアプリケーションを用いることで、再撮影の品質向上が期待できるとともに、どのように作品中や資料としての撮

影がされたのか楽しむことで、新たにその作品の魅力について考えるきっかけとなる。

2. 目的

2-1 先行事例とそれらの問題点

画像の位置合わせをする場合、多くの手法では 2 つの画像のどちらかを参照対象として、もう 1 方をどのように変換にすべきか解くという問題設定とする手順を取る。チェスボードを用いたキャリブレーションのように事前の準備を必要とする手法だけでなく、比較対象の画像のみからコーナー特徴から得られた射影変換行列を用い、ステレオマッチング[2]や画像モザイクング等のアプリケーションを実装している手法もある。

これらの手法は 2 画像間の射影変換行列をどのように求めるかという問題であると見なすことができる。ここで、実装がより簡便になる局所特徴を用いる手法は、2 画像間で似通った局所特徴を得ることができる、という前提条件を必須とする。しかしながら、1 章で述べたような実写と漫画や実写とアニメでは、画像間のドメインが異なることより共通した局所特徴を得ることが難しくなる。

一方、再撮影において、同じ様な構図としたい場合、カメラ光軸、すなわち視線のベクトルが同一直線上にあり、さらに視点の位置も再現することができれば、レンズの画角を合わせることで、似たような画像を再撮影することができる。このような状況で画角を決定するような手法[3]も提案されている。

このような手法は、それぞれの撮影におけるカメラ光軸をどのように一直線上にするかという

問題を解く必要があるが、参照対象とする情報が画像しかない場合、撮影した視点を同定することは困難である。

2-2 本研究の目的

本研究の目的は、参照対象の画像に基づき、新たに撮影した画像と比較した結果からカメラ向きのズレを推定し、撮影者へ撮影位置のガイドをするアプリケーションを実現することである。図1に示すように、基準とすべき構図で予め撮影された写真やイラストから事前に読み込んでおき、新たに撮影する際に、図2に示すようなカメラ光軸をroll回転の中心軸となるようなyaw、pitch角度の差異を求め、撮影位置の変更を撮影者に促す。

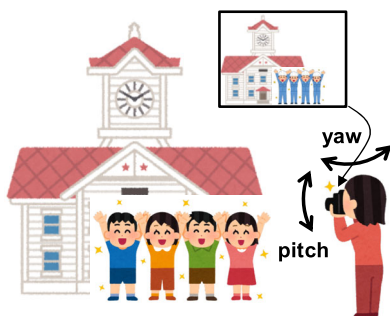


図1 本手法で想定するアプリケーションの概要

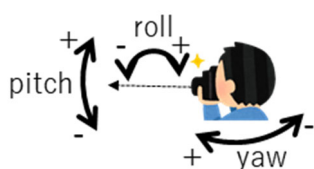


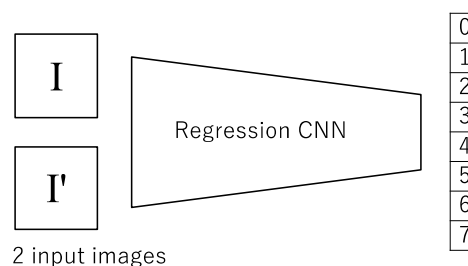
図2 各角度における回転姿勢のズレ方向

これらの各角度は射影変換行列からオイラー角を求める事で得ることができる。従って、本研究においても2画像間の射影変換行列を求める事が前提となっているが、画像間のドメインが異なる場合、共通した特徴点を得ることが困難であることは前節で述べたとおりである。そこで、本研究では、コーナー特徴の検出に基づく射影変換行列の算出ではなく、2画像を入力とする回帰型CNNに基づいて射影変換行列を求める。

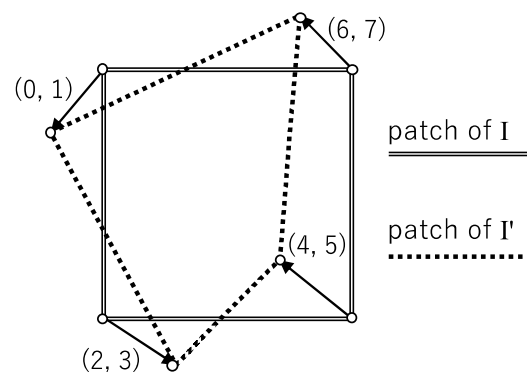
3. 射影変換行列の推定

回帰型CNNを用いて2画像間の射影変換行列を求める手法は先行事例[4]にて提案されている。本研究では、入力する2画像を異なるドメインとした場合の検証をするとともに、射影変換行列をカメラの回転姿勢のズレとして得るという手法としての拡張を試みる。

射影変換行列は以下の手順で求められる。図3に示すように、予め撮影された参照対象である画像Iと新たに現在撮影しているI'を入力画像として用いる。この回帰型CNNでは最終層に8つの値を得る。



(a) CNNのネットワークモデルの概略



(b) 回帰で得られる8つの値とパッチの関係

図3 回帰型CNNの概要

4. 実験

4-1 CNNの学習

本論文では機械学習に用いるデータセットとしてOpen Images Dataset V6からランダムに選択した8,000枚の画像を用いた。バッチサイズを30、エポック数を100として重みを計算した。

4-2 モデルの検証

得られたモデルの検証のため、2 画像間で射影変換行列、また pitch、yaw、roll 各が得られるかを検証した。これらの結果例を図 4~6 に示す。本手法の推定器は入力画像に予め撮影しておく参照画像 R および新たに撮影した画像 I とし、そこから回帰の 8 つの値を出力として得る。後処理として、それらの値から 2 画像間の射影変換行列および各回転角度をもとめている。出力画像 O は画像 I の中心に正方形パッチがあった場合、射影変換行列でどのように変形するかというパッチの形状を画像中に示している。

これらの実験結果の各回転角度のズレを表 1 に示す。実験例 1 では参照画像 R、入力画像 I ともに写真撮影されたものを用いている。一方で、実験例 2 はアニメのキャプチャを画像 R としながらも、画像 I には写真で撮影したものを与えているため、画像間のドメインの違いがあることがわかる。現時点では各結果の検証は著者らによる主観的な評価ではあるが、角度のズレを正しく得ていることがこれらの結果より分かる。



(a) 画像 R (b) 画像 I (c) 画像 O

図 4 実験例 1 (<http://www.town.toyosato.shiga.jp/>)



(a) 画像 R (b) 画像 I (c) 画像 O

図 5 実験例 2 (<http://tsurebashi.blog123.fc2.com/>)



(a) 画像 R (b) 画像 I (c) 画像 O

図 6 実験例 3 (<https://cycle-junrei.hatenablog.jp/>)

表 1 各シーンで推定された角度

	pitch	yaw	role
1	-22	4	1
2	-31	-39	10
3	-10	-31	2

5. おわりに

本論文では、画像間の位置合わせにコーナー特徴のような局所特徴量を用いるのではなく、CNN によるテキストチャ情報の比較によって射影変換行列を得る手法を提案した。また、再撮影用のアプリケーションに必要となる、再撮影時の参照画像とのズレを求める方法について実装している。

今後の課題として、推定モデルの改善があげられる。現状ではドメインの違いについての対応を明確にはしていない。CNN の性質としてドメインの違いを吸収できているが、この現象に対する詳細な調査が必要であると考えられる。また、ドメインの異なる入力画像を用いた学習についても予定している。

また、推定された射影変換行列がアプリケーションでの用途において一定の精度を確保しているか客観的な評価実験が必要である。

これらの結果を用いて、実際に再撮影用のアプリケーションとしての実装についても試みる。

謝辞

本研究を進めるにあたり、丁寧かつ熱心なご指導を頂きました藤原孝幸教授に深く感謝致します。副査をしていただいた伊藤正彦准教授、斎藤一教授に深く感謝致します。同じゼミの橋本君、そして発表練習などに付き合ってくれた大久保君に感謝致します。

参考文献

- [1] Soonmin Bae, Aseem Agarwala and Frederic Durand: Computational re-photography, ACM Transactions on Graphics, Volume 29, Issue 3, June 2010, Article No.: 24pp 1–15, 2010
- [2] 三ツ木 裕隆, 藤田 悟: 複数の航空写真を用いた 3D 都市モデルの作成手法, 第 79 回全国大会講演論文集, 445 - 446, 2017
- [3] 前島 遙, 奈良原 顕郎: 画角の異なる再撮影を補助する携帯端末用アプリケーションの開発, 日本写真測量学会誌 56(2), 44-48, 2017
- [4] Daniel DeTone, Tomasz Malisiewicz, and Andrew Rabinovich, Deep Image Homography Estimation, arXiv: 1606.03798, 2016

CONTENTS

〈Papers〉

The Establishment of Culture Model on Circulating and Metastatic Hepatoma Cell Lines (HuH-7), and Their Survival Rates at 4 °C	Yuji SATO Masahito UESUGI Masahiro TAKAHASHI Jun NISHIHIRA	1 11
Developing an FAQ Chatbot to Support Academic Writing	Masayuki FUKUMITSU Satomi TANAKA Manami SUGISAWA Eunju KIM	
The relationship between the floor-polishing exercise and athletic ability in elementary school students in Aomori Prefecture	Takashi WATAYA	29

〈Report〉

Production report of the short film " <i>Vampire Bus Stop</i> "	Eiji SHIMADA	35
---	--------------	----

執筆者紹介（掲載順）

氏名		主たる専攻
佐藤 裕二	北海道情報大学医療情報学部 医療情報学科教授	消化器疾患
上杉 正人	北海道情報大学医療情報学部 医療情報学科教授	画像診断
高橋 昌宏	北辰病院院長	消化器外科
西平 順	北海道情報大学学長	生化学、食と健康
福光 正幸	北海道情報大学情報メディア学部 情報メディア学科准教授	暗号理論、情報科学
田中 里実	北海道情報大学医療情報学部 医療情報学科講師	日本語教育学
杉澤 愛美	北海道情報大学情報メディア学部 情報メディア学科講師	UI デザイン
金 銀珠	北海道情報大学情報メディア学部 情報メディア学科准教授	日本語教育学
綿谷 貴志	北海道情報大学情報メディア学部 情報メディア学科講師	スポーツバイオメカニクス
島田 英二	北海道情報大学情報メディア学部 情報メディア学科准教授	映像制作、ショートフィルム、 映像教育

2021年度北海道情報大学紀要委員会

(2021年4月～2022年3月)

委員長 上杉 正人 (教授：医療情報学科)
委員 穴田 有一 (教授：先端経営学科)
委員 内山 俊郎 (教授：システム情報学科)
委員 甫喜本 司 (教授：情報メディア学科)
委員 笹山 智司 (講師：情報メディア学科)

北海道情報大学紀要 第33巻 第2号

印刷 2022年3月24日

発行 2022年3月31日

編集者 北海道情報大学紀要委員会

委員長 上杉 正人

発行者 北海道情報大学

学長 西平 順

発行所 北海道情報大学

〒069-8585 北海道江別市西野幌59番2

TEL 011-385-4411 FAX 011-384-0134

URL <https://www.do-johodai.ac.jp/>

印刷 北海道印刷企画株式会社

〒064-0811 札幌市中央区南11条西9丁目3番35号

TEL 011-562-0075 FAX 011-562-0355

