

目 次

【第 67 巻 10 月分】

将棋の最年少プロ棋士藤井聡太の強さを測る
-レーティングによる評価と問題点-

.....高津和紀 高田宗樹 平田隆幸 1

Method to Diagnose Lubricating Oils by Analysis of UV-VIS-NIR Reflectance and
Transmittance Spectrum and Colorimetry

.....Tomomi HONDA 11

油中汚染物混入量と種類がメンブランパッチの色に及ぼす影響

.....本田知己 17

【第 67 巻 3 月分】

異文化教育支援のためのスマートフォンゲームの実装

.....今井佑輔 黒岩丈介 小高知宏 諏訪いずみ 白井治彦 加藤優子 23

英単語の適切な日本語の意味表示システム

.....鎌田訓史 黒岩丈介 小高知宏 諏訪いずみ 白井治彦 31

自己消去プログラムによる情報漏洩防止システム

.....石川達大 小高知宏 黒岩丈介 白井治彦 39

IT 技術を活用した教育支援システムの実現

.....三谷文乃 小高知宏 黒岩丈介 白井治彦 諏訪いずみ 47

Twitter データを利用したサッカー音声実況システム

.....三輪将吾 小高知宏 黒岩丈介 白井治彦 諏訪いずみ 57

The Use of Research Articles in an ESP Course for Engineering Undergraduates
—An Investigation into the Effectiveness of a Genre-Specific Rhetorical Approach—

.....Masayo KANNO and Hisao TAOKA 65

**Memoir of Graduate School of Engineering, University of Fukui
Vol. 67, March 2019**

CONTENTS

[Vol.67 October]

How to Estimate the Rating of the Youngest Professional Shogi Player Souta Fujii —About Elo Rating of Professional Shogi Player—Kazuki TAKATSU, Hiroki TAKADA and Takayuki HIRATA	1
Method to Diagnose Lubricating Oils by Analysis of UV-VIS-NIR Reflectance and Transmittance Spectrum and ColorimetryTomomi HONDA	11
Influence of the Contaminant Amount and Its Type in Oils on the Membrane Patch ColorTomomi HONDA	17

[Vol.67 March]

Implementation of Smartphone Game Supporting Cross-culture EducationYusuke IMAI, Jousuke KUROIWA, Tomohiro ODAKA, Izumi SUWA, Haruhiko SHIRAI and Yuko KATO	23
Display System of Appropriate Japanese Meaning of English WordsNorifumi KAMADA, Jousuke KUROIWA, Tomohiro ODAKA, Izumi SUWA and Haruhiko SHIRAI	31
Information leakage prevention system by self-clearing programTatsuhiko ISHIKAWA, Tomohiro ODAKA, Jousuke KUROIWA and Haruhiko SHIRAI	39
Educational support system using IT technologyFumino MITANI, Tomohiro ODAKA, Jousuke KUROIWA, Haruhiko SHIRAI and Izumi SUWA	47
Soccer sound commentary system using Twitter dataShogo MIWA, Tomohiro ODAKA, Jousuke KUROIWA, Haruhiko SHIRAI and Izumi SUWA	57
The Use of Research Articles in an ESP Course for Engineering Undergraduates —An Investigation into the Effectiveness of a Genre-Specific Rhetorical Approach—Masayo KANNO and Hisao TAOKA	65

将棋の最年少プロ棋士藤井聡太の強さを測る - レーティングによる評価と問題点 -

高津和紀* 高田宗樹** 平田隆幸**

How to Estimate the Rating of the Youngest Professional Shogi Player Souta Fujii — About Elo Rating of Professional Shogi Player —

Kazuki TAKATSU*, Hiroki TAKADA** and Takayuki HIRATA**

(Received September 27, 2018)

Ways to estimate the Elo rating of professional shogi player were discussed. The rating system was used to express the strength of chess players. The ratings are also used for other board games players (e.g. go players, shogi players and so on). The rating system is used not only for human players but also for computer software. Souta Fujii is the youngest professional shogi player. He achieved the 29 straight wins after the debut as a professional shogi player. The difficulties of applying this rating method for such a young player Souta Fujii are discussed.

Key Words : Shogi, Elo rating, Board game, Souta Fujii

1. 緒言

平成28年10月1日、14歳2か月という史上最年少で将棋のプロ棋士になった藤井聡太は、将棋界で大きな注目を集めた。日本将棋連盟によると、プロの公式記録が整備された1927年以降、藤井以前の最年少プロ棋士記録は、加藤一二三の14歳7か月である。藤井は、この記録を5か月も更新した。これは近代将棋始まって以来の快挙である。さらに、藤井はデビュー以降負けなしの29連勝を達成し、将棋界のみならず大きな社会現象を引き起こした。

ここで、将棋の歴史を振り返ってみよう。将棋の歴史は古い。将棋の起源は古代インドのチャトランガだと言われている。チャトランガは、紀元前に発明された8×8マスの盤と5種8枚の駒を使用する4人制または2人制のゲームである。このチャトランガが世界に広まり、チェス、シャンチー、チャンギ、マー

クルック、将棋などに発展した。

将棋は、時代とともに変遷をしている。将棋の伝来時期は、資料や駒の出土場所から10世紀後半から11世紀前半であると考えられている。寺院で将棋の駒が多く出土することから僧侶など当時の知識人が将棋を嗜んでいたことが分かる^[1]。また、奈良県興福寺から出土した駒には、酔象など現在は使用されていないものがあり、当時の将棋は現在の将棋と大きく異なっていたことが分かる。さらに、12世紀以降に、将棋についての記述がある文献は急増している。これは上流階級で将棋を嗜む人が現れていたことが原因だと考えられる。この頃、一般庶民に将棋が知られていたかは文献の記述に記載されていないため明らかでない。また、12世紀には大将棋が作られていたと同時に、持ち駒のルールが存在していなかったと言われている^[1]。

中世(15, 16世紀)には、一般庶民にも将棋が普及した。この時代の将棋には、小将棋、中将棋、大将棋(盤面が広く、駒の種類が増える)があったが、中将棋の全盛期の時代であったと考えられている^[1]。なお、駒の多い中将棋を指していたのは、時間にゆとりがあった上流階級である。

現代の将棋のルールの確立は、戦国時代と考えられている。17世紀以降、将棋は身分を問わず普及し

* 工学部知能システム工学科

** 大学院工学研究科知能システム工学専攻

* Dept. of Human and Artificial Intelligent Systems, School of Engineering

** Human and Artificial Intelligence Systems Course, Graduate School of Engineering

た。この頃、大将棋、中将棋は廃れ、一般に指されたのは現在の将棋のルールと同じ本将棋(小将棋から酔象を取り除いた将棋)と小将棋である^[1]。また、捕獲した駒の再利用という持ち駒ルールも導入された。持ち駒ルール(チェスなどにはない日本の将棋の大きな特徴である)が導入されたことにより、小将棋、や本将棋で、駒の取り捨てでは勝負がつかなくなることが多かったのが解消された。チェスなどにはない駒の再利用は、戦国時代の日本は同一民族であったことから寝返りが多かったこと、および駒の形の特性(チェスの駒は、白黒の区別があるが、将棋の駒は5角形であり、置く方向を変えるだけで敵味方を区別している)に起因すると考えられる。この持ち駒ルールにより将棋というゲームはより複雑になった。

職業としてのプロ棋士の成立は、17世紀初頭に徳川家康が大橋宗桂、本因坊算砂を含めた8名に俸禄を与え、囲碁将棋所の創設に始まる^[1]。将棋家の家禄は定められており、御城将棋において勝っても家禄は増えなかった。さらに、将棋家として幕府に定められた行事に出席しなければならなかったため、その生活は多忙を極めた。加えて将棋の家元としての消費や副業の禁止など様々な要因で十分な金銭を持つことが出来ずに裕福ではなかった。

明治維新後の家元制崩壊以降、複数の将棋指しの団体が乱立していた。また、棋界を統一しようとする動きも見られた。1924年に東京の将棋指し三団体が、名誉会長に関根金次郎、会長に土居市太郎を据え東京将棋連盟を結成した。1935年に、第十三世名人であった関根金次郎が実力による短期名人制へと移行することを決定した^[2]。この東京将棋連盟が発展し1947年に日本将棋連盟となった。この時に会長に就任したのが実力制に移行後初の名人である木村義雄である。このようにして名人を頂点とする近代的なプロ棋士の歴史は始まった。

将棋のプロのランク付けは、段位によって行われてきた。しかし、一度段位が上がると、棋力が衰えても下がることがない。そのため実際の棋力とのかい離が発生するという問題が生じた。そこで、新しいランキングの方法を考える必要性が生じた。将棋の強さを測る1つの方法としてレーティングがある。レーティングとは対象となる物事に対してある基準に基づき等級分けや数値化を行ったものである。レーティングは競技、ボードゲームなどの強さを表す指標として用いられている。特にボードゲームにおいてはイロレーティングが用いられる。イロレーティングは2人制ゲームのレーティング計算法として考案されたものであり、チェスや将棋の公式レーテ

ィングとして使用されている。

しかし、イロレーティングには短期間の実力の向上をレーティングとして正確に表すことができないという欠点が示唆されてきた。そこで本論文では、イロレーティングについて、史上最年少棋士である藤井聡太を例として問題点を検証した。さらに、イロレーティングによる棋力推定法の欠点を補うものとして、棋譜解析による新しい棋力の評価法について議論する。

2. イロレーティング

ゲームのプレイヤーの強さを客観的に測る指標として、レーティングが用いられる。将棋、チェスなどのボードゲームの評価に良く用いられるものに、イロレーティングがある^[3]。イロレーティングは、アメリカの物理学者 Arpad E. Elo が考案したものである。一般的には、プレイヤーの初期レーティングを1500と設定し、ゲームの勝敗に基づいて、対戦したプレイヤー間でレーティングの点数を移動させる。勝利したプレイヤーのレーティングを上昇させ、敗北したプレイヤーのレーティングを下降させる。引き分けの場合は、レーティングを移動させない。また、移動させるレーティングは、強い相手(レーティングの高い対戦相手)に勝利した場合に大きく、弱い相手に勝利した場合は、小さい。

イロレーティングの移動は、

$$R'_A = R_A + K(C_A - L_A) \quad (1)$$

$$L_A = \frac{1}{1+10^{(R_B-R_A)/400}} \quad (2)$$

によって定義される。ここで、 R'_A は新たなレーティング、 R_A はAの現在のレーティング、 K は定数(将棋では16)、 C_A はAの勝敗に基づく値(勝ち:1,負け:0,引分け:0.5)、 L_A はAが勝利する確率、 R_B はBの現在のレーティングである。

具体的な例を見よう。表1は、対戦者間のレーティング差とレーティング差から予測される勝率をまとめたものである。表1から、レーティング差が200点ある対戦者間では、レーティング上位者の勝つ確率は約76%であることが分かる。実際、将棋連盟棋士別成績一覧サイトでは、レーティングから期待される勝利確率と実際の勝敗の差異が計算されており、レーティングは勝敗予測をよく表していることが分かる^[4]。

2.1 チェスにおけるレーティング

最初に、イロレーティング使用の歴史が長いチェスについて見てみよう。イロレーティングは、チェス

表 1 レーティング差に基づく期待勝率とレーティング増減

レーティング差	期待勝率(%)		レーティングの増分	
	上位者	下位者	上位者	下位者
0~21	50~53	47~50	8	8
22~45	53~56	44~47	7	9
46~65	57~59	41~43	7	9
66~88	59~62	38~41	6	10
89~112	63~66	34~37	6	10
113~143	66~69	31~34	5	11
144~162	70~72	28~30	5	11
163~195	72~75	25~28	4	12
196~221	76~78	22~24	4	12
222~257	78~81	19~22	3	13
258~292	82~84	16~18	3	13
293~338	84~87	13~16	2	14
339~394	88~91	9~12	2	14
395~494	91~94	6~9	1	15
495~596	95~97	3~5	1	15
597~726	97~98	2~3	0	16
727~	99	1	0	16

プレイヤーの強さを評価するために考案され、国際チェス連盟(FIDE)の公式レーティングにおいても使用されている^[5]。しかし、長く用いられていることにより問題が生じてくるようになった。1980年代からレーティングのインフレが起こり始め、グランドマスター(レーティング 2500 以上)、インターナショナルマスター(レーティング 2400 以上)、FIDE マスター(レーティング 2300 以上)といったタイトル保持者が増加する一因となっている問題点が指摘されている。このことは、将棋のレーティングにおいても生じる可能性があることに留意しよう。

さて、一人のチェスプレイヤーについてレーティングの変遷を見ていこう。ヒカル・ナカムラは、日系の世界的なチェスプレイヤーである。図 1 はヒカル・ナカムラのレーティングに関する年次推移である。ヒカル・ナカムラのレーティングは FIDE のチェスレーティングを使用した^[5]。図 1 から 10 代のレーティングの伸びが大きく、また 10 代以降のレーティングの伸びが緩やかになることが分かる。これは 10 代では短期間でプレイヤーの実力が大きく向上するというを示している。

次に、多数のチェスプレイヤーについてレーティングの変遷を追跡した。ここでは USChess のものを使用した(図 2 を参照)^[6]。各年齢の上位 20 人の 5% トリム平均をその年齢のレーティングとしている。なお、19 歳から 65 歳までの年齢別レーティングは USChess に

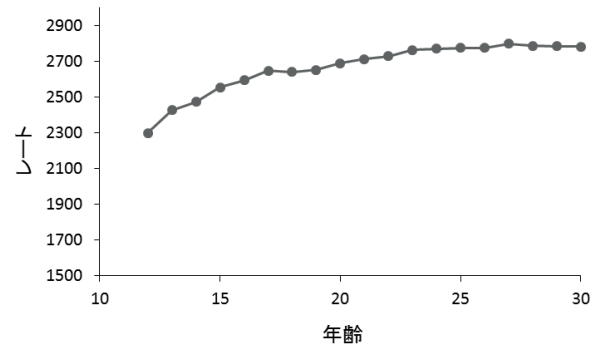


図 1 ヒカル・ナカムラのレーティングに関する年次推移

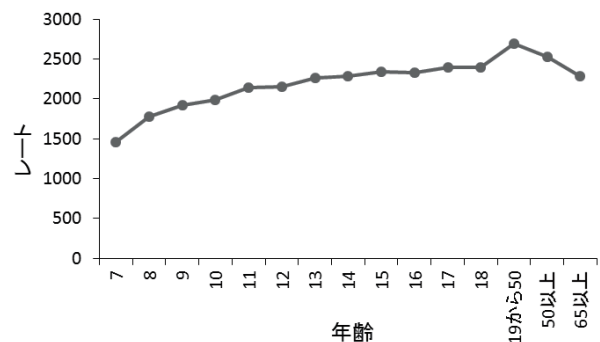


図 2 US のチェスプレイヤーのレーティングに関する年次推移

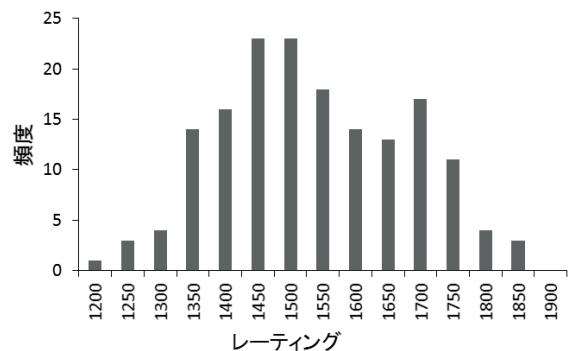


図 3 プロ棋士のレーティングのヒストグラム

記述されていなかったため、プレイヤー全員のレーティングランキングのレーティング 2600 以上のプレイヤーから 19 歳以下と 50 歳以上のプレイヤーを除いたレーティングの平均を使用した。図 2 からレーティングのピークが 19 歳から 50 歳の間にあることが分かる。ヒカル・ナカムラを含めたこれらの例は、Arpad E. Elo によって示されている成長曲線^[3]と一致している。

2.2 将棋におけるイロレーティング

将棋においてもイロレーティングを用いる試みがなされている。現在、プロ棋士のレーティングを計算し、Webに掲載しているサイトが複数存在する。これらのサイトにおけるレーティングには、少し差異がある。これは、どの時点からレーティングの計算を始めたのかにより生じたもので、大きな違いはない。ここでは、もっとも古くからWEBで公開しているもの（将棋連盟棋士別成績一覧のレーティングを使用）を用いる⁴⁾。

将棋のプロ棋士のイロレーティングのヒストグラム（2018年4月9日時点）を図3に示す。中央値は1547.5、平均値は1561.0、標準偏差は143.5であった。図3から、多くの棋士が1400から1700の範囲に位置していることが分かる。また、最大のピークは1450と1500に存在している。さらに、特徴としては、1700の頻度とその前後のレーティング（1650, 1750）の頻度と比べて大きい。

ここで、イロレーティングの問題点を考えていこう。イロレーティングは、実際の対戦歴のない対局者間の期待勝率の推定ができるという利点がある一方、短期間の実力の向上がレーティングに反映されにくいという問題点がある。これはイロレーティングが単純な勝敗のみでレーティングを算出するため、プロ棋士のように年間30局ほどの対戦頻度が多くない場合、レーティングの増加が実際の棋力の向上に追いつかない場合がある。また、初期値を一律に1500に設定していることも、プレイヤーの本来の実力を表せない原因になっている可能性がある。初期値を一律に与える場合、十分に時間が経過すると問題が生じないが、短期的には実際の実力を反映しない。

プロのデビューから29連勝を達成した藤井聡太のレーティングの推移は、レーティングの問題点が顕在化した例とみなせるかもしれない。図4に藤井のレーティングの変遷を示す。レーティングは、藤井の（その月の）1日時点でのレーティングとした。図4から、藤井のレーティングは1500から始まり、2018年6月時点で約1800であることが分かる。このレーティングが藤井の現在の実力を表しているのかを棋士に29連勝する確率から推定する。なお、対局相手のレーティングは対局当時のものを使用した。表2はレーティングを固定したときのレーティング毎の29連勝する確率である。表2から29連勝するためのもっともらしいレーティングは2100程度であることが分かる。このことから、藤井のレーティングも2000以上であると推定される。しかし、図4から分かるように藤井の最高レーティングは約1800となっているため、適正レーティングに達していない。

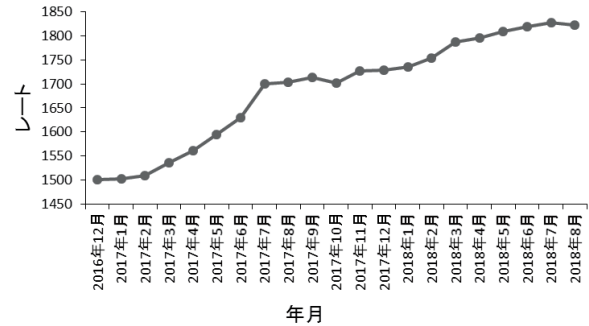


図4 藤井聡太のレーティングの変遷

表2 レーティング毎の29連勝する確率

レーティング	確率 (%)
1500	4.17×10^{-10}
1600	1.50×10^{-6}
1700	8.06×10^{-4}
1800	6.39×10^{-2}
1900	1.18
2000	7.78
2100	21.9

イロレーティングの初期値を1500としていることが、藤井聡太の実力を表せていない原因である可能性が高い。そのため、成長速度の早い若い参加者が多い場合、補正が必要である可能性がある。なお、イロレーティングでは対局を重ねれば、どのような初期値であってもプレイヤーの適正レーティングに落ち着く。

ここで藤井聡太の初期値1500は正しい数値なのかを藤井のレーティング1500時点で行われた炎の7番勝負（非公式戦かつレーティング戦ではない。2016年12月～2017年2月に対戦（放送2017年3～4月））から検証する。炎の7番勝負において対局相手7人の平均レーティングは1747であり、結果は6勝1敗の勝ち越しとなり勝率は8割5分となった。表1からレーティング1747の相手に8割5分勝つには300点のレーティング差が必要ということが分かる。表1に基づく藤井の初期レーティングは2047になるが、実際の初期値は1500であり、また図4から分かる藤井の現時点での最高レーティングでさえ、想定される初期値にも届いていない。これらのことより、藤井のレーティングの初期値を1500に設定したことは、最適ではないことが分かる。

3. 棋譜解析による棋力の評価

イロレーティングは、短期間に变化するプレーヤ

一の実力を正確に表すことが困難であることが分かった。そこで、勝敗によって実力を評価するイロレーティングではなく、1回の対戦(棋譜)から、棋力を推定することを試みる。勝敗ではなく、棋譜解析を行うことで、実力を推定する。棋譜解析を利用してレーティングを作成した例として山下宏の将棋名人のレーティングと棋譜解析がある^[7]。また、棋譜解析は人間の指し手の特徴を調べることもできる^[8]。ここでは、藤井聡太の棋力の推定を山下にならって、棋譜解析で行う。

3.1 棋譜解析に用いたソフトとハード

棋譜解析とは、将棋ソフトに棋譜を読み込ませることで1手毎の形勢や悪手の有無などを調べる手法である。棋譜解析で示される形勢評価は使用する将棋ソフトの強さに左右される。それゆえ、使用する将棋ソフトは、プロ棋士の将棋倶楽部24での平均レーティング3000以上であることが望ましい。また、解析結果は、将棋ソフトのみならず、解析に用いたコンピュータのスペックの影響を受ける。ハードウェアは、Core i7-7700CPU, クロック周波数 3.60 GHz, 4コア, 8スレッドマシンを使用した。

ソフトウェアは、技巧 2 ver2.0.2(以下技巧)と Bonanza6.0(以下 Bonanza)の2つを使用した^[9]。なお、技巧と Bonanza は、フリーソフトとして公開されている(複数の version が存在することに注意しよう)。技巧は、将棋倶楽部24で推定レーティング3000以上である。また、解析に用いた将棋ソフトによる棋力推定の偏りをなくすため、アマチュアトップ以上かつ下位のプロ棋士の平均レーティングである Bonanza(将棋倶楽部24で推定レーティング2800)も使用した^[10]。将棋用 GUI は、技巧、Bonanza とともに GUI (ShogiGUI) を使用した。

解析に使用したコンピュータ上でのハードウェアの設定(ハイパースレッディング)による棋力差と2つの将棋ソフトの棋力差を実際に対戦させることにより調べた。対戦は、1手1秒の持ち時間で、先後を入れ替えて100局させた。256手を超えたときは、引き分けに分類した。なお、この条件では、持将棋は発生しなかった。

Bonanzaのような2016年以前の将棋ソフトはハイパースレッディングが有効でないとされており(論理コアより物理コアが優位)、スレッド数を8にした場合、棋力が下がると考えられている^[10]。そこで、4スレッドと8スレッドの Bonanza を対戦させ、ハイパースレッディングの有効性を調べた。その結果、4スレッド Bonanza の45勝48敗7引き分けとなった。この4スレッドと8スレッドで大きな差がない

結果から、ハイパースレッディングが有効でないと考えられる。さらに、持ち時間を長くした場合、ハイパースレッディングによる並列思考の弊害が生じる可能性が存在する。それゆえ、Bonanza のスレッド数は、4とした。なお、技巧のスレッド数は、最大限の能力を発揮できるように8とした。

次に、技巧と Bonanza の棋力差の検証を行った。技巧と Bonanza の棋力差は、コンピュータ将棋対局場である floodgate のレーティングで推定することはできる。しかし、将棋ソフトの棋力はコンピュータのスペックの影響を受けるため、本研究で使用するコンピュータでの技巧と Bonanza の棋力差を調べた。なお、2つの将棋ソフトを8スレッドで対戦させた。その結果、技巧の全勝となった。この結果と表1から、少なくとも2つの将棋ソフトのレーティング差は、700点以上あるとみなせる。

以下に、棋譜解析に用いた設定をまとめておく。ハイパースレッディングは、技巧は8、Bonanza は4で行った。思考時間を短くすることで最善手を誤認することを防ぐため、思考時間は、技巧および Bonanza とともに1手あたり60秒とした。

3.2 悪手と一致率の定義

棋譜解析では、以下の2つのことを検証した：1) 平均悪手を使用した藤井聡太の時期ごとの棋力の検証、2) 藤井の一致率の検証である。解析には、解析ソフトと GUI の持つ機能を利用した。具体的には、ShogiGUI の機能の一つである平均悪手を使用した^[11]。

まず、悪手の定義を述べよう。将棋ソフトの示す最善手とプレーヤーの指し手が一致するかを判断し、一致せず、かつ指した手との評価値(ある局面における将棋ソフトの形勢評価)の差が700点以上になった場合を悪手と定義した。これは、解析に用いた将棋ソフトからみた悪手であって真の悪手とは異なる場合があることに留意しよう。それゆえ、解析ソフトが異なると、悪手と判断されるものも異なってくる。さらに、小さな悪手と大きな悪手とを表現できる悪手値を考える。悪手値とは、将棋ソフトの最善手との差し手の評価値の差 ΔX とする。たとえば、最善手の評価値が200、指し手の評価値が-600の場合、悪手値は800となる。ここで、一局の将棋の悪手値を合計したものを一局の悪手値 B_{total} とする。なお、 B_{total} を悪手の個数 B_N で割ったものを平均悪手 B_m とした。1局でたった1度しか悪手を指さなかったとしても、それが大きな悪手の場合、 B_m は、大きくなる。なぜ、このような数値に注目したかは、将棋というゲームの特性によっている。将棋は、最善手を続けていても、たっ

た一手の悪手で負けになってしまうという特色を持つ(逆転のゲーム)からである。例えば、小さな悪手を10回するより、大きな悪手を1回するほうが悪い結果(負け:敗着)に繋がる。

次に、一致率の定義を述べる。将棋ソフトの示す最善手と実際の指し手が一致したときの回数をその対局で指した手数で割ったものを一致率とした。一般的に、将棋ソフトとの一致率が高いほど、プレイヤーの実力は高いと判断されている。

3.3 藤井聡太の悪手の検証

平均悪手を使用した藤井聡太の時期ごとの棋力を検証した。図5は技巧での藤井の月別平均悪手である。図5から9月(秋)の平均悪手が他の月と比べて大きいことが分かる。また、2017年の月別平均悪手を見ると1月からピークの9月まで平均悪手が増加していることが分かる。2018年は棋譜が十分でないため検証することはできないが、5月から7月にかけて平均悪手が増加していることから、2017年と同様に夏から秋にかけて平均悪手が増加することが予測できる。

Bonanzaを用いて、藤井聡太の平均悪手を月別にプロットしたものを図6に示す。図5と図6を比べると、技巧によるピークが9月だったのに対し、Bonanzaによるピークは7月となっている。これは2017年7月11日の都成竜馬対藤井聡太戦での平均悪手が、技巧が91であったのに対してBonanzaが625であったことが原因だと考えられる。また、技巧では2017年の2月からピークの9月まで平均悪手が上昇傾向だったのに対して、Bonanzaではピークの7月以外の平均悪手に大きな差が見られない。Bonanzaの評価値は、中盤、終盤の局面において、技巧の評価値に比べて、敏感に反応する傾向がある。これは、技巧とBonanzaの対戦でもみられたことである。例として、技巧がマイナス100点と判断している局面で、Bonanzaはマイナス500点であり、技巧が互角としている局面で、プラス600点となることがあった。これにより、技巧と比べて優劣を大きく表現する傾向があることが分かる。この大げさな評価値が平均悪手に大きく影響していると考えられる(例えばプロ棋士の指し手が技巧でプラス300点だったときBonanzaが800点と判断。その手が悪手と判断された場合前の手との差が大きくなる。これが平均悪手を大きくする。)

また、技巧とBonanzaでの、藤井聡太の2016年12月から2017年11月までの季節ごとの平均悪手を表3にまとめた。表3の技巧での季節別平均悪手から、夏、秋の平均悪手が春、冬に比べて大きいことが分かる。

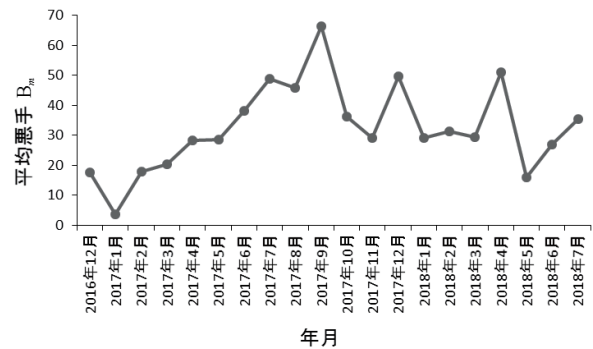


図5 藤井聡太の月別平均悪手(技巧)

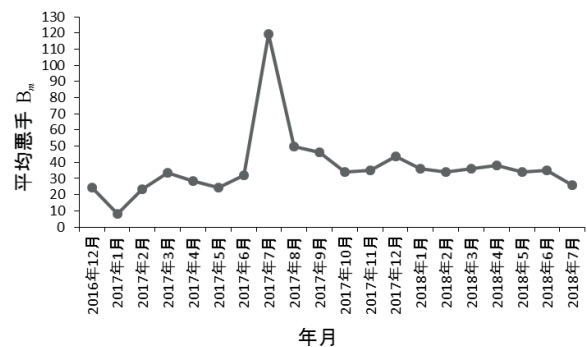


図6 藤井聡太の月別平均悪手(Bonanza)

図5と表3の技巧での季節別平均悪手から分かった春、冬と夏、秋(特に9月)の平均悪手が大きく異なるということから、藤井は暑い時期に棋力が下がる(大きい悪手を指す)のではないかと考えられる。また、Bonanzaでの季節別平均悪手から、夏、秋の順で平均悪手が大きいことが分かる。Bonanzaでの夏の平均悪手が技巧での平均悪手と比べて大きいのは、月別平均悪手と同じ原因であるが、暑い時期に棋力が下がるという結果は同じである。なお、データが1年分しかないので参考データとして取り扱うものであることを付記しておく。

3.4 藤井聡太の一致率の検証

次に、藤井聡太の一致率の検証を行った。具体的には、藤井の一致率から棋力の推定が出来るかを検証した。図7は技巧での藤井の月別平均一致率である。図7から月別の一致率に相関関係がないことが分かる。これは藤井の棋譜が少ないことが原因だと考えられる。

Bonanzaで解析した藤井聡太の平均一致率を図8では毎月にプロットした。図8から、図7と同様に月別の一致率には相関関係がないことが分かる(悪手には、月によって偏りがあった。しかし、一致率には月による偏りはなかった)。また、図6で平均悪手の

表3 藤井聡太の季節別平均悪手*

平均悪手 季節	技巧	Bonanza
春(3,4,5月)	28	25
夏(6,7,8月)	67	44
秋(9,10,11月)	38	43
冬(12,1,2月)	18	13

*悪手は将棋ソフトと指し手が一致せず、かつ評価値より700点以上低くなったとき。

ピークが7月であり、他の月と比べて大きかったことから7月の一致率が低いことが予想される。しかし、7月の一致率は53%であり、平均悪手が小さい6月の一致率54%とほぼ同率であった。この結果から平均悪手と一致率は必ずしも相関があるわけではないことが分かる。

ここまで、技巧とBonanzaの月別平均一致率を見てきた。しかし、一致率は形勢が悪い局面でも将棋ソフトと指し手が一致すれば大きくなる。よって単純な一致率では棋力は測れない。そこで、優勢な局面での一致率、戦型ごとの一致率、先後での一致率を調べた。表4は、技巧とBonanzaでの藤井聡太の条件ごとの一致率である。戦法に関しては、対局数が10局以上に限った。表4の技巧での一致率から、負けた対局は、一致率が50%と勝った対局の一致率61%と比べ低く、勝敗と一致率に相関があることが分かる。しかし、先後、戦型に関しては、一致率に差が出なかった。また、表4のBonanzaでの一致率と技巧での一致率とを比べると、Bonanzaで解析した一致率は、全ての条件において技巧で解析した一致率より低いことが分かる。また、技巧で解析した一致率と同様に、負けた対局は、勝った対局の一致率と比べ低く、先後、戦型の一致率に差がないことが分かる。技巧、Bonanzaの先後、戦型の一致率から、得意戦法の場合、一致率が上がるなどの採択した戦型によって棋力のゆらぎが生じると結論付けることはできなかった。

4. 議論

藤井聡太が史上最年少4段、史上最年少6段、史上最年少7段で話題になったように、一般的には、段位は強さを測る指標であると考えられている。現在では、段位は柔道や剣道などにも使用されているが、元々は囲碁、将棋に用いられていたものである。段位という伝統的な指標は、一般人にもなじみやすく分かりやすく伝統のあるものであるが、実際の実力を反映していない。強さの指標としての段位の欠点は、

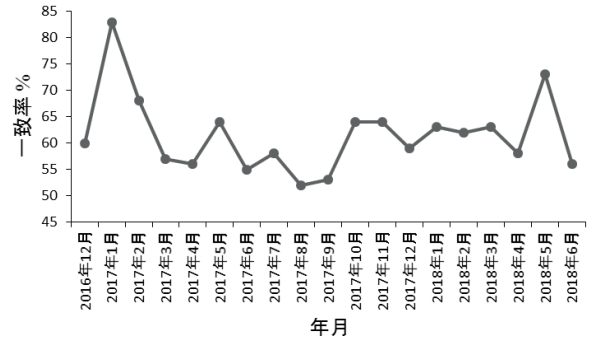


図7 藤井聡太の月別平均一致率(技巧)

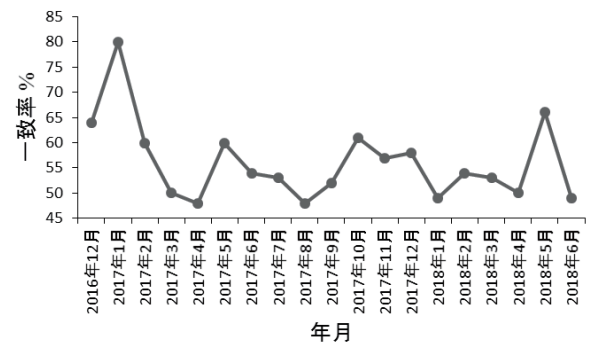


図8 藤井聡太の月別平均一致率(Bonanza)

表4 条件ごとの藤井聡太の指した手の一致率*

条件	対局数	一致率 A	一致率 B
先手	42	62	56
後手	58	58	53
勝ち	83	61	55
負け	14	50	49
相居飛車	63	59	54
対振り飛車	34	60	54
角換わり	22	58	53
相掛かり	10	63	57
対中飛車	12	60	56

*一致率 A は技巧、一致率 B は Bonanza である。なお、単位は%である。

上がりにくいところ、かつ、一度上がると下がらないところにある。実力を表す近代的な指標として、イロレーティングがある。イロレーティングは、段位より良い指標であるが依然として欠点が存在する。本論文では、イロレーティングの欠点の一つである成長が著しい若いプレイヤーの実力レーティングが追いつかないという問題を、藤井のレーティングを例に検証した。

イロレーティング以外にも棋力を推定する方法として、棋譜解析による方法が提案されている。山下

は、棋譜解析により棋力を推定するため、悪手、一致率などの解析を行っている。その結果、悪手に注目することで、プレイヤーのレーティングを推定できることを示唆している^[7]。しかし、悪手のみに注目した解析にも欠点がある。悪手は将棋ソフトの示す最善手と指し手との差によって定義されるため、将棋ソフトの最善手によって悪手と判断される指し手が異なってくる。同一将棋ソフトでさえ、短時間の場合、最善手が揺らぐ。さらに、判断が難しい局面においては、読みの深さが浅い場合は、大きく誤った評価値になることがある。これらのことから、悪手のみに重点を置いた棋譜解析には問題があることが分かる。

さらに、人間と将棋ソフトの指し手の決め方の違いから、悪手のみに注目した棋譜解析の欠点を議論する。悪手のみを棋譜解析に用いている評価関数は、将棋ソフトのために開発されたものである。将棋ソフト同士の対局では、お互いに、評価関数の示す最善手を指し続ける。しかし、人間同士の対局では、最善手を指し続けることは難しい。将棋ソフトの評価関数は、揺らがないが、人間の評価関数（指し手の決め方）は揺らぎが著しく大きい。それゆえ、人間にとっての最善手は、一貫していないのである。さらに、真の最善手（現実的には知ることは不可能であるが、完全解析ができたとして見つかった絶対的な最善手）を指してさえ、勝利に結びつきやすいとは限らない。なぜなら、人間の対戦においては、最善手以外の手を指す方が勝ちやすいことがあるからである。

例えば、2つの指し手の候補がある：候補手 A) 評価値 1500 点の指し手であるが、1500 点リードを維持するには、それ以降も最善手を指し続けなければならないという場合である。最善手以外の次善手を選んだ場合、評価値は一挙に悪くなり、逆転しやすい指し手である。候補手 B) 評価値 1000 点の指し手であるが、それ以降の指し手が次善手であっても 1000 点差を維持できる指し手である。将棋ソフト的には、候補手 A) の指し手が最善であるが、人間が指す場合、候補手 B) の指し手が最善とみなせるときがあるのではないだろうか。

よく似たことが、局面においても発生する。評価値的には大きな差がないが、逆転の起こりにくい局面 C) と、評価値で大きくリードしているが最善手でないとすぐに評価値は入れ替わる局面 D) である。トッププレイヤー同士のタイトル戦でも、評価値的に優勢な局面から二転三転することがよくある。これは、トッププレイヤーの場合、不利な方が、局面 C) よりも局面 D) に誘導する指し手を選んでいく可能性が高いためであると考えられる。所謂「羽生マジック」が、形勢が不利な時に、局面 D) に誘導する指し手で

あると言える。局面 D) に誘導する指し手は、相手に最善手を返された場合は、悪手になってしまう。

ゆっくりと勝ちを狙う候補手 B) や、局面 D) に誘導する指し手は、将棋ソフト的には最善手ではなく疑問手と判定されるかもしれない。また、誘導された局面 D) で最善手を指し続けて優位を保つことは、最善手以外でも戦える局面で優位を保つことよりもはるかに難しい。これらの人間の対戦では実践的に勝ちやすい指し手や、将棋の難しい局面で最善を指し続ける強さを、将棋ソフトは評価できない。これは、人間の棋力を推定する上での大きな欠点である。

具体的な棋譜解析の例として、藤井聡太の棋譜を解析し、悪手、一致率の傾向を調べた。棋譜解析から得られた月別の藤井の平均悪手には、暑い時期に悪手が増加するという傾向が見られた。このことから、藤井は暑い時期に集中力が落ちているのかもしれない。他の棋士に関しても月別の平均悪手を調べることにより、夏には悪手が増加するという法則が見つかる可能性がある。また、一致率に関しては、大きな偏りは見られなかった。しかし、条件別に一致率を調べたところ、勝敗の一致率には相関が見つかった。なお、先後、戦型の一致率には差が見つからなかった。例えば角換わりの場合に一致率が有意に高いなどという戦型ごとに一致率が変化しなかったことより、採択した戦型による棋力のゆらぎを明らかにできなかった。なお、一致率は、劣勢の局面でも将棋ソフトの最善手と一致すれば大きくなるため、棋力の推定には使用しにくいという問題もあった。

今後は、本論文で明らかにしたレーティングにおける初期値問題の補正法や、棋譜解析において、悪手のみに重点を置かず、局面での人間らしい指し手を評価できる新しい棋力推定法を提案していきたい。

参考文献

- [1] 増川宏一：日本遊戯史—古代から現代までの遊びと社会，平凡社，pp. 61-154 (2012).
- [2] 公益社団法人日本将棋連盟，
<<https://www.shogi.or.jp/>> (2018 年 9 月 19 日)
- [3] Arpad E. Elo: The Rating of Chessplayers Past & Present, Artwork by Zastrow Studios, Thiensville, Wisconsin, (1978).
- [4] 将棋連盟棋士別成績一覧(レーティング)，
<<http://kishibetsu.com/rating.html>> (2018 年 4 月 9 日)
- [5] World Chess Federation，
<<http://www.fide.com/>> (2018 年 6 月 1 日)
- [6] US CHESS FEDERATION，
<<https://new.uschess.org/home/>> (2018 年 6 月 1 日)

[7] 山下宏:将棋名人のレーティングと棋譜分析, ゲームプログラミングワークショップ 2014 論文集第 2014 巻, 9-16 (2014).

[8] コンピュータ将棋 Qhapaq,
<<http://qhapaq.hatenablog.com/>>(2018 年 9 月 19 日)

[9] Bonanza - The Computer Shogi Program,
<http://www.geocities.jp/bonanza_shogi/>(2018 年 9 月 19 日)

[10] 将棋フリーソフト レーティング,
<www.uuunuuun.com>(2018 年 9 月 19 日)

[11] ShogiGUI,
<<http://shogigui.siganus.com/>>(2018 年 9 月 19 日)

Method to Diagnose Lubricating Oils by Analysis of UV-VIS-NIR Reflectance and Transmittance Spectrum and Colorimetry

Tomomi HONDA*

(Received September 6, 2018)

The degradation of lubricating oil, which is used in various machines and devices, can be broadly classified into two types: the one which is caused by solid particles and the other by oxidation. For the present study, we collected lubricating oils and hydraulic oils at random from operational machines and filtered the oils through membrane filters. Using UV-VIS-NIR(Ultra Violet-Visible-Near InfraRed) spectrophotometer, we diagnosed these oils by reflectance from the contaminants caught in the membrane filter and by transmittance through the oils. In addition, we used the colorimetric technique. We calculated the average reflectance for a given visible wavelength and examine the relationship between the average reflectance and the transmittance at 496 nm, and found a difference in the degradation path for the oils. For degradation due to solid particles, the membrane filter became gray or black, and the average reflectance changed significantly whereas the transmittance only changed slightly. On the other hand, for degradation by oxidation products, the membrane filters were brown, and both the average reflectance and transmittance changed significantly. Finally, we confirmed the usefulness of this method applying to the hydraulic oils used for press machines.

Key Words : Spectrophotometer, Colorimetric analysis, Hydraulic oil, Contaminant, RGB, Membrane patch, Maintenance

1. Introduction

Lubricating and hydraulic oils used for various types of machines and equipment degrade with use, and about 70% of hydraulic problems are attributable to contaminants in oils^[1]. Therefore, a proper diagnosis of the causes of oil degradation is important to prevent the machine-malfunction problems that are associated with oil deterioration. Lubrication management based on good diagnostic technology would thus be able to prevent equipment malfunction, thereby increasing productivity. In a previous publication, we reported the colorimetric technique to diagnose oil condition, which is based on analyzing the color of contaminants^[2]. In the present study, we develop a combined technology of colorimetry, reflectance spectrophotometry of oil contaminants, and transmission spectrophotometry of the oil.

2. Experimental

To filter the lubricating oils, we used a membrane filter with a pore size of 0.8 μm and a diameter of 25 mm that was clamped between the filter support of a vacuum flask and the filter funnel (see Fig. 1). By reducing the pressure, a 10 ml sample of oil was forced through the filter and into the flask, following which the membrane patch was dried. To obtain color information we scanned the contaminant-impregnated membrane patch using a

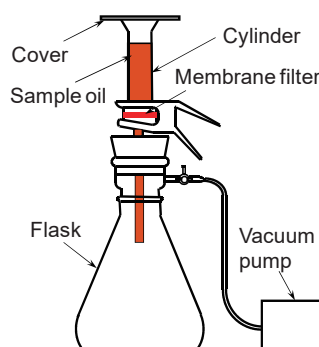


Fig.1 Filtering equipment.

* Mechanical Engineering Course, Graduate School of Engineering

general-purpose image scanner and recorded the images as 256-level red-green-blue (RGB) images.

With the help of image-editing software, the RGB values from the images were adopted as intermediate values from a histogram.

Using a spectrometer, we measured the reflectance of the membrane patches and the transmittance of the oils. Table 1 gives the specifications of the spectrometer and the measurement conditions. The reflectance was obtained by comparison with a new membrane filter and the transmittance was obtained by comparison with an empty quartz cell.

The lubricating oils and hydraulic oils analyzed in this study were collected at random from operational machines. The number of oils collected and their types are shown in Table 2. In the experimental results, we focused on the hydraulic oil.

Table 1 Specifications of spectrometer and test condition.

Monochromator		Prism-grating type Double monochromator
Detector		Photomultiplier (UV-VIS)/ Cooling type PbS (NIR) ø60 mm integrating sphere: Inner face coated with BaSO ₄
Light source	UV	Deuterium lamp
	VIS·NIR	50W tungsten Halogen lamp
Photometry method		Double beam direct ratio method
Wave length		190~2600nm
Sampling interval		0.5nm

Table 2 Summary of analyzed oil samples.

Oil	Number of Samples	Oil	Number of Samples
Processing oils	19	Antirusting oils	3
Test oils	24	Pump oils	15
Hydraulic oils	190	Others	23
Lubricating oils	7		
Total		281	

3. Results and discussion

3.1 Color of membrane patches

Figure 2 shows some examples of used membrane patches. Each membrane patch was scanned with the image scanner, and exhibited various colors such as black, gray, brown, yellow, and white. For hydraulic oils, the RGB levels of the membrane patches were in the order $R > G > B$ for 179 samples, $G > R > B$ for 6

samples, and $R = G > B$ for 5 samples.

For the latter two sets, the difference between the R and G values is less than 2. In other words, the majority of hydraulic-oil contaminants are reddish in color. Similar results were obtained from the other oil samples.

The R value was the largest of the three colors for most of the membrane patches. For membrane patches in which the RGB values do not follow the $R > G > B$ ordering, each color exceeds the value of 230, indicating that there is little coloration. Figure 3 shows a three-dimensional distribution of the colors. The diagonal line extends from black to white and includes gray between these two extremes. The off-diagonal colors are in the direction of red and yellow. The oil-contaminant colors occupy the brown area from the diagonal toward red and yellow. Therefore, all colors are in the pyramid with four apexes of black, white, red and yellow.



Fig.2 Some examples of the membrane patches.

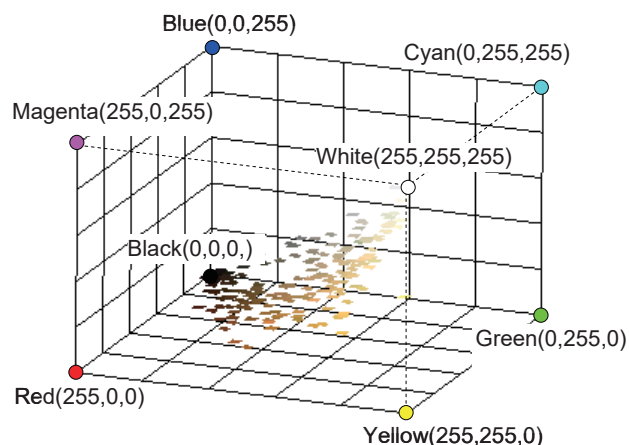


Fig.3 Color distribution of analyzed membrane patches.

3.2 Spectroscopic analysis

Figure 4 shows the reflectance of several membrane patches. In the near-infrared region ($\lambda > 780$ nm), the reflectance spectrum has dips near 1200, 1415, 1720, 1910, and 2307 nm, although each sample oil has a distinct reflectance. In the visible regime ($380 < \lambda < 780$ nm), the reflectance decreases with decreasing wavelength. In the ultraviolet range ($\lambda < 380$ nm), the reflectance exhibits its smallest value near 300 nm.

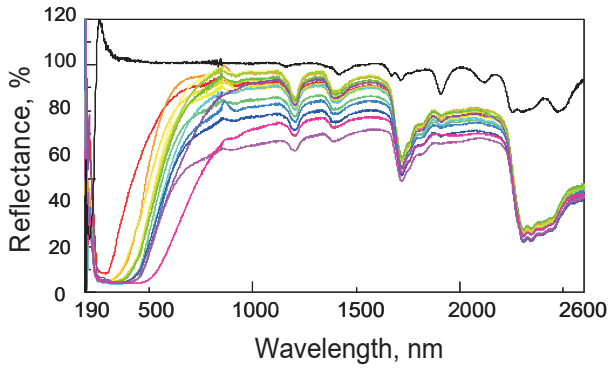


Fig.4 Spectrum curve of membrane patches.

To quantitatively evaluate the color data, we calculated the average reflectance of visible light, as shown in Fig. 5 and compared it with transmittance at 496 nm, which is related to ASTM color^[3].

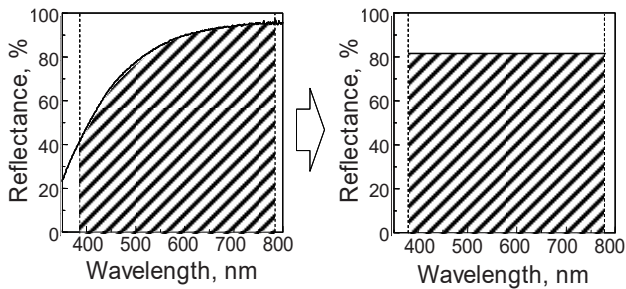


Fig.5 Calculation method for average reflectance.

Figure 6 shows the results of the analyses of the hydraulic oils used for 100- ~ 600-tons press machines. The operating conditions are given in Table 3. In all cases, the membrane patches were brown, as shown in Fig. 7. These oils were used for 1000 ~ 8000 hours, and the quantities of the oils ranged from 1500 to 1800 liters. The oils were purified by an electrostatic dust cleaner (EDC). For the 100-tons press machine, transmittance varies with operation time, whereas for the 600-tons press machines, transmittance variation is less and the variation in average reflectance is significant. The corresponding values for the oils used in the 300-tons press machine were distributed between the values for those used in the 100- and 600-tons press machines.

When the average reflectance is below 80%, the membrane patch is colored. It appears that the progress of oil degradation is indicated by the deepening of the brown color. This coloration is caused by the appearance of substances that are insoluble in oil. Most color disappears when these contaminants are dissolved in toluene and re-filtered. In other words, brown substances

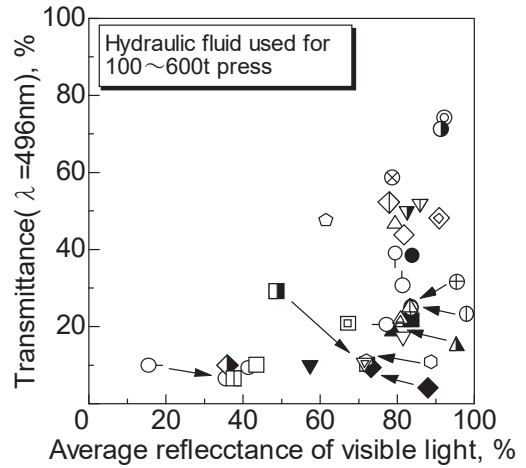


Fig.6 Relationship between average reflectance and transmittance at 496 nm.

Table 3 Operating conditions of lubricating oil used in Fig.6.

Load, t	Symbol	Time, hours	Load, t	Symbol	Time, hours
100	■	1102	400	▲	1903
	○	2171		⊗	2023
	▽	3869		⊙	4155
	◻	4142		▲	8300
	⊕	5950		○	1924
	△	6049		◻	1928
	♀	7900		▽	1976
	▽	1094		▲	2022
	◻	1876		△	2022
	▲	2651		○	2022
300	⊕	3994	◆	2217	
	○	6834	■	2249	
	■	-	○	4079	
	◇	-	◻	4079	
	▽	-	▽	4205	
	◆	-			
	▲	-			
	◇	-			
	♀	-			
	○	-			

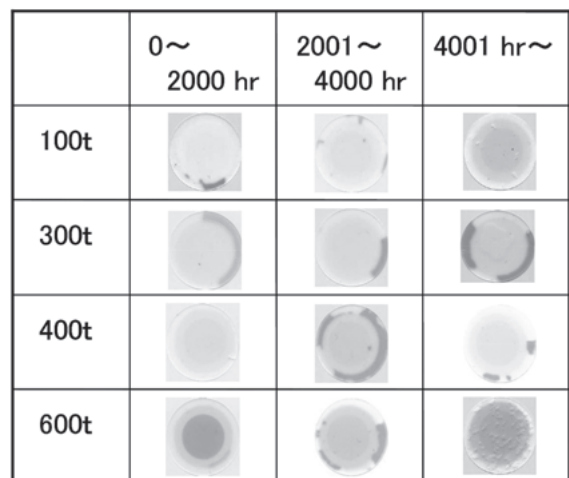


Fig.7 Typical samples of the membrane patch images in Fig.6.

are oxidation products that are soluble in toluene. Heating hydraulic oils is considered to significantly influence its oxidation^{[4]~[6]}.

The oils for the 1000-tons press machines are the same brand as those for the 100- to 600-tons press machines and the oils were not purified by the EDC. Figure 8 shows the results of the analyses of the hydraulic oils used for 1000-tons press machines. Each membrane patch used to filter the oils is gray in color, as shown in Fig. 9. Compared with Fig. 6, the change in reflectance is significant, but that in transmittance is less. In contrast to contaminants such as oil-oxidation products, which are molecular sized and numerous, contaminants such as wear debris are large in size and few in number. Therefore, only a weak diffuse reflection is observed, and transmittance is high. However, the size of wear debris causes a reduction in the average reflectance because most of the large contaminants are caught by the membrane filter.

Membrane patches washed with toluene to dissolve the oxidation products were observed with a scanning electron microscope (SEM) to investigate the color difference of the contaminant with insoluble material and

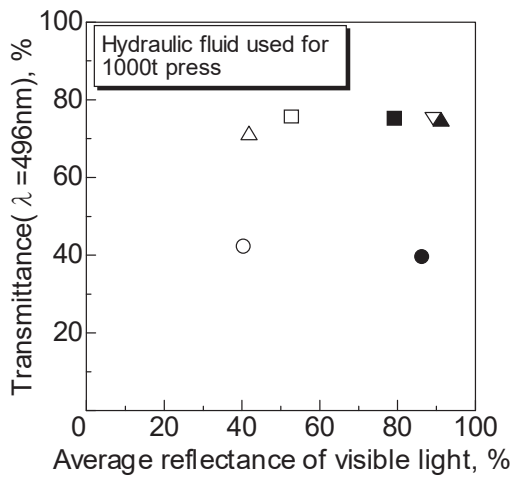


Fig.8 Relationship between average reflectance and transmittance at 496 nm.

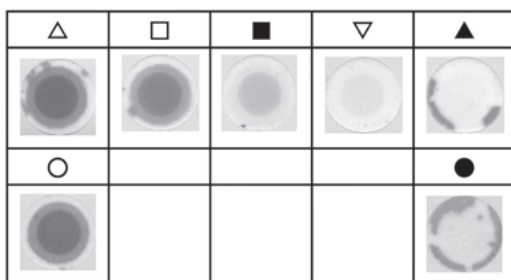


Fig.9 Membrane patch images of Fig.8.

the transmittance. Figure 10 shows an SEM photograph of a membrane patch used for the 100-tons press machines with an oil purifier, while Fig. 11 shows an SEM photograph of a membrane patch used for the 1000-tons press machine with no oil purifier. This latter membrane patch contains a lot of contaminants, mainly composed of Zn, which are cylindrical or spherical in shape and have an average size of 10 μm . Because of the operating conditions, most contaminants are believed to be metallic wear debris generated from the bearings.

These results indicate that the degree of oxidation can be estimated by transmittance and the degree of degradation and the contaminant properties can be estimated by the color and the average reflectance of membrane patches.

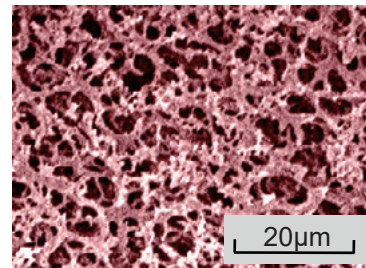


Fig.10 SEM photograph of the membrane patch of the 100-ton press machine with an oil purifier.

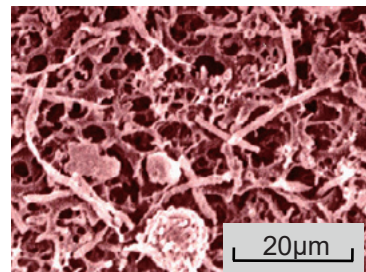


Fig.11 SEM photograph of the membrane patch of the 1000-ton press machine without an oil purifier.

4. Conclusions

The color of oil contaminants ranges throughout the area in Fig.3 from the diagonal line toward red and yellow, (i.e., brown). Therefore, all colors in the pyramid have four tops: black, white, red, and yellow.

The difference in the relationship between the average reflectance and the transmittance was related to the color of the membrane patches. If the membrane patch turns brown, the change in transmittance is large compared with the average reflectance. If the membrane patch turns gray and the color is displaced along the diagonal

line toward white or black, the change in the average reflectance is large compared with the transmittance.

A reduced transmittance and an average reflectance are caused by an increase of the amount of oxidation products and of the number of solid particles, such as the wear debris.

Acknowledgments

The author expresses the gratitude to the following organizations. This study was supported in part by KAKENHI Grant Number 19560139 of the Japan Society for the Probbehavior of Science(JSPS), Japan. Sample oils were supplied by KLEENTEK Co. Ltd. The valuable experiments were carried out by Mr. Yoshihiro Ito.

References

- [1] J. B. Spencer and C. Balmer : Effective contamination control in fluid power systems, Sperry Vickers, 2 (1977).
- [2] T. Yamaguchi, S. Kawaura, T. Honda, M. Ueda, Y. Iwai and A. Sasaki, Investigation of Oil Contamination by Colorimetric Analysis, Lubrication Engineering, 58-1, 12 (2002).
- [3] A. Bondi, Physical Chemistry of Lubricating Oils, Reinhold, New York, 172 (1952).
- [4] S. Korcek and R. K. Jensen, Relation between Base Oil Composition and Oxidation Stability at Increased Temperatures, ASLE Trans., 19-2, 83 (1975).
- [5] M. H. Stephen, S. K. Charles and T. P. Patrick, Oxidative Degradation Mechanisms of Lubricants, ASTM Spec Tech Publ, 916, 27 (1986).
- [6] T. Shibata, Tribological characteristics and diagnosis of deteriorated lubricating oil, J. of Jpn. Soc. of Tribologists, 39-7, 559 (1994).

油中汚染物混入量と種類がメンブランパッチの色に及ぼす影響

本田 知己*

Influence of the Contaminant Amount and Its Type in Oils on the Membrane Patch Color

Tomomi HONDA*

(Received September 6, 2018)

Degradation of lubricating oil and hydraulic oil is roughly classified into two types, one is caused by solid particles and the other is caused by oil oxidation products. Current diagnosis methods for detecting solid particles such as a spectrometry oil analysis program, particle count method and ferrography method are very useful for it. However, there are few diagnostic methods for the oil oxidation products. The authors have developed a new diagnostic method for lubricating oils by the colorimetric analysis of membrane patches. In the present paper, color characterization of membrane patches was discussed using degradation oils which were prepared in the laboratory. We also investigated the relation between reflectance of membrane patch and transmittance of lubricating oil using a spectrophotometer.

As a result, we found the coloration of membrane patch was different by degradation of the amount and type of contaminant. It seems that new color parameters basis of the RGB value can distinguish them and evaluate the contamination level of the oil.

Key Words : Colorimetric analysis, Contaminant, Membrane patch, RGB value, Reflectance, Transmittance

1. 緒言

潤滑油や作動油が劣化し、性能が低下すると機械の精度低下や故障を引き起こし、そのメンテナンスに要する補修費を含めて、機械停止による損失は甚大となる^[1]。例えば、油圧装置の故障の70%以上は油の汚れが原因といわれており^[2]、製品の品質、生産性、経済性の向上には、高精度の汚染物抑制が必要とされる。特に、近年重視されているプロアクティブ保全においては、油を清浄に維持する汚染度管理が最も重要視されている。

油の汚染度診断法の一つである重量法^[3]では、ろ過後のメンブランフィルタの重量が測定される。この診断法では、汚染物の総重量のみ知ることができ、その種類や割合を特定することはできない。しかしながら、重量法で用いられるメンブランフィルタに

残る汚染物の色が、現場での簡易的な汚染管理に役立っている。この色と汚染物の種類や性質との関係を見出せば、メンブランフィルタの色から簡便に汚染原因を特定できると言える。これまで著者らは、ろ過後のメンブランフィルタの色に着目し、光の三原色であるRGB法を使ってメンブランフィルタの色を調べる油劣化診断システムの開発を行ってきた^[4]。第一段階の研究は実機で用いられている潤滑油や作動油を323種類採取し、それらの色の傾向を反射光で綿密に調べた^[5]。第二段階の研究として、現実のタービンに使われているタービン油の汚染物を調べた。実機のカスタマービンのような高温で使われている油の中の汚染物は主に油の酸化生成物であり、使用中の油温でも溶けない高分子化した油の酸化生成物で機械の潤滑面に吸着・付着してバーニッシュを形成するものと、使用油中の高温では油に溶けているが、試料油を取り出して室温で冷却すると油に溶けなくなる油の酸化生成物であり、通常バーニッシュ前駆体とよばれるものがあることがわかった。

* 大学院工学研究科機械工学専攻

* Mechanical Engineering Course, Graduate School of Engineering

後者の油の酸化生成物の分子量を測定したところ、分子量が 550-1900 程度であることを明らかにした^[6].

本研究では、それらを参考にして模擬劣化油を作製し、油中汚染物混入量とその種類がろ過後のメンブランフィルタの色に及ぼす影響を調べた。さらに、実機使用油をろ過した後のメンブランフィルタ上の汚染物の走査電子顕微鏡(SEM : Scanning Electron Microscope)観察を行い、前述の実機における使用油でのメンブランフィルタの色と比較することによって、汚染物の量やその種類とメンブランフィルタの色との関係を検証した。

2. 試料油および測定方法

2.1 試料油

潤滑油の劣化は、酸化などの内的要因と金属摩耗粉や外部からのゴミなどの混入物による外的要因に大別できる^{[7]-[9]}。本研究では、Table 1 に示すように劣化要因の明らかな油を模擬的に作製した。

Table 1 Property of sample oil.

Sample No.	Oil composition
WD00	New base oil + Wear debris
WD03	3 hours oxidized oil + Wear debris
WD06	6 hours oxidized oil + Wear debris
WD09	9 hours oxidized oil + Wear debris
WD12	12 hours oxidized oil + Wear debris
WD15	15 hours oxidized oil + Wear debris
WD18	18 hours oxidized oil + Wear debris
OP00	New base oil + Oxidation products

劣化の外的要因の一つである固形粒子のみを含む劣化油は、Table 2 に示す無色透明の未使用の水素化精製パラフィン系鉱物油の基油に摩耗粉を混入して作製した (Sample No.WD00)。混入した摩耗粉は、粒度#2000 の研磨紙を用いて作製した WJ2 の粒子である。Figure 1 に摩耗粉の粒径分布および SEM 写真を示す。計測可能最小粒子径 $2 \mu\text{m}$ のパーティクルカウンタで計測した粒子径から体積を算出したところ、体積割合では粒径 $10 - 20 \mu\text{m}$ の摩耗粉が多かった。

Table 2 Physical properties of non-additive oil.

Density, g/cm^3		0.863
ASTM color		0.5
Kinematic Viscosity, mm^2/s	@40 °C	30.6
	@100 °C	5.29
Viscosity Index		104

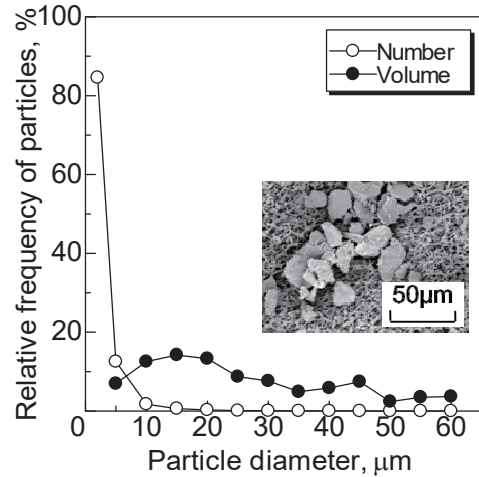


Fig.1 Relationships between particle diameter and relative frequency of the number of particles.

固形粒子と酸化の両要因による劣化を模擬した劣化油は、酸化油に上述の摩耗粉を一定量混入して作製した(Sample No.WD03 ~ WD18)。酸化油は内燃機関用潤滑油酸化安定度試験^[10]により、Table 2 の基油を酸化させて作製した。酸化油の加熱時間ともなう性状値の変化を Fig.2 に示す。加熱時間とともに、全酸価および動粘度の変化量は単調に増加した。また、Table 2 の基油に酸化生成物のみを一定量混入した酸化劣化油を作製した(Sample No.OP00)。ここでは、静電浄油フィルタにて捕捉されたスラッジから溶剤抽出法^[11]より抽出した酸化生成物を用いた。

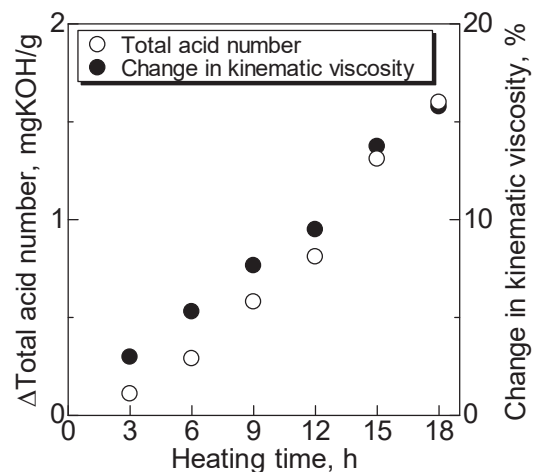


Fig.2 Changes of total acid number and kinematic viscosity as a function of heating time.

2.2 測定装置および測定方法

ろ過装置のシリンダとフラスコの間には外径 25 mm、厚さ 0.125 mm、孔径 $0.8 \mu\text{m}$ のメンブランフィルタを取り付け、試料油 10 ml をシリンダに注入する。次に、真空ポンプを使用してフラスコ内を減圧し、

試料油をメンブランフィルタでろ過する。ろ過により色が付いたメンブランフィルタをメンブランパッチと呼ぶ。メンブランパッチから石油エーテルで油分を取り除いた後、ファンネルを外し、フィルタの縁から石油エーテルを滴下した。メンブランパッチを取り外し、50 °C に設定したホットプレートにパッチを乗せ、石油エーテルを再度滴下後 10 分間乾燥させた。

メンブランパッチを乾燥後、スキャナを使用して色情報を取得した。スキャナの仕様は、CIS (Contact Image Sensor) 平面走査方式で、解像度 300 dpi × 600 dpi, 入力 30 bits/pixel, RGB 各色 1024 階調(約 10 億色), 出力 24 bits/pixel, RGB 各色 256 階調(約 1677 万色)である。得られた色は画像編集ソフトにより、赤(R), 緑(G), 青(B), 各色 256 階調で表される。RGB 値はそれぞれに正規分布を持つため、ヒストグラムによる中間値を採用した。

使用した分光光度計の測定原理はダブルビーム方式の相対比較法で、反射率は未使用のメンブランフィルタとの比較により、透過率は石英製の空の液体セルとの比較により測定された。本研究では可視光領域(波長 $\lambda = 380 \sim 780 \text{ nm}$)の反射率を定量的に評価するために、平均反射率を用いた^[12]。

3. 試験結果および考察

3.1 汚染物の色傾向

作製した試料油をろ過したメンブランパッチ画像の一例を Table 3 に示す。図中の重量は油 10ml 中に含まれる汚染物量を示す。メンブランパッチの色は捕捉した汚染物により異なり、摩耗粉の捕捉により灰色や黒色に、また、酸化生成物の捕捉により黄色や茶色になった。

Table 3 Membrane patch images (Sample No. WD00, WD09, WD18 and OP00)

	Amount of contaminants, mg/10ml				
	0	0.06	0.10	0.27	0.57
WD00 New base oil + Wear debris					
WD09 9 h oxidized oil + Wear debris					
WD18 18 h oxidized oil + Wear debris					
PO00 New base oil + Oxidation products	0.01	0.06	0.11	0.31	0.88

3.2 分光光度計による反射率と透過率の測定

摩耗粉を混入した試料油について、メンブランパッチの反射率と油の透過率を測定した。Figure 3 に油 10 ml 中に含まれる汚染物の量とメンブランパッチの平均反射率の関係を示す。平均反射率と摩耗粉量には良い相関があり、平均反射率は油の加熱時間にはほとんど影響を受けなかった。

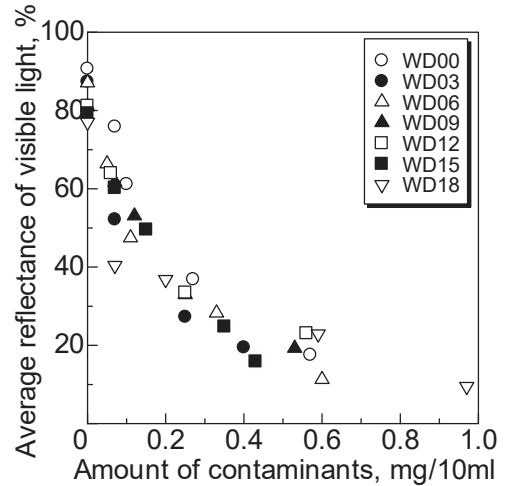


Fig.3 Relationships between average reflectance of visible light and amount of contaminant.

油の劣化を油自体の色で表現する ASTM 色と相関があると言われている波長 496 nm での油の透過率^[13]と摩耗粉量の関係を Fig.4 に示す。油の透過率は油の加熱時間により大きく変化したが、摩耗粉量の違いにはほとんど影響を受けなかった。酸化劣化した油中にはサブマイクロメートルサイズの酸化生成物があり、加熱時間によりその濃度が異なり、透過率に影響を及ぼす。光の透過に影響する主な因子は高い濃度で存在している微細な酸化生成物であり、

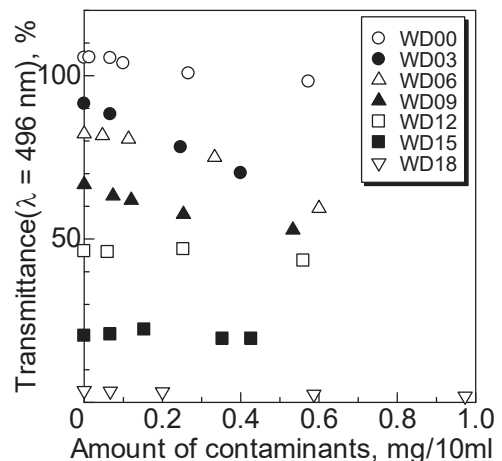


Fig.4 Relationships between amount of contaminants and transmittance.

相対的に粒径が大きく低い濃度で散在している摩耗粉は光の透過にほとんど影響を与えない。

ここで、摩耗粉量が透過率に及ぼす影響について定量的に検討する。No.WD00 の試料油において、まず摩耗粉量から摩耗粉体積を算出し、その体積から平均粒径を $17.5 \mu\text{m}$ として総粒子数を求める。求められた粒子の全てが重なり合うことなく透過率測定の光路に存在するとき、透過率に影響を及ぼす割合が最も大きいことになるが、粒子数が一番多い $0.57 \text{ mg}/10 \text{ ml}$ の場合でも、透過率測定領域に占める割合は 2 % 弱であった。また、粒子数が一番多かった粒径 $2 \mu\text{m}$ の場合では、最大でも 0.003 % となり、透過率に及ぼす摩耗粉の影響は極めて小さいと言える。このように、メンブランパッチの平均反射率と汚染物の量、油の透過率と酸化度に良い相関が見られた。

3.3 メンブランパッチの RGB 値

Figure 5 に混入した汚染物量とメンブランパッチの RGB 値との関係を示す。すべての試料油で汚染物量の増加に伴い R, G, B 各値が減少し、メンブランパッチの色は濃色化した。また、RGB の 3 色のうちの 2 色間での色差のうち最大となるのは $|R-B|$ であった。

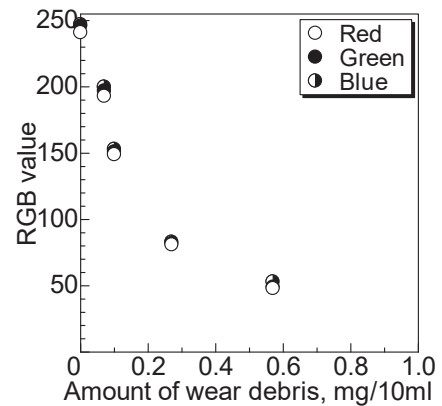
新油に摩耗粉のみを混入した No.WD00 (Fig.5(a)) では、RGB 値に差が見られなかった。酸化油に摩耗粉を混入した No.WD18 (Fig.5(b)) では、混入した摩耗粉量が少ない場合には、RGB 値に差が見られたが、摩耗粉量の増加にともない差は見られなくなった。一方、新油に酸化生成物のみを混入した No.OP00 (Fig.5(c)) では、酸化生成物量が増加しても RGB 値に差が見られた。色差 $|R-G|$ と $|G-B|$ を比較すると、捕捉した酸化生成物量の増加により、色差の値は $|R-G| < |G-B|$ から $|R-G| > |G-B|$ に変化した。メンブランパッチの色が濃色化した。

3.4 RGB 値から算出する 2 つの色パラメータと潤滑油汚染物との関係

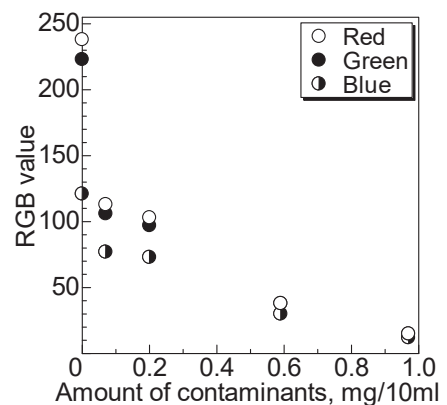
著者らは、メンブランパッチの色を定量化する試みとして、二つの色パラメータ ΔE_{RGB} と最大色差を提案している。 ΔE_{RGB} は RGB 値の 3 次元立体における白からの距離であり、次式で表される。

$$\Delta E_{\text{RGB}} = \{(255 - R)^2 + (255 - G)^2 + (255 - B)^2\}^{0.5}$$

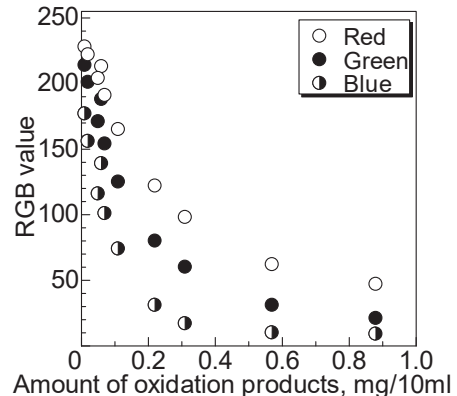
Figure 6 に ΔE_{RGB} と汚染物量との関係を示す。 ΔE_{RGB} はすべての試料油で汚染物の量とともに増加した。一方、最大色差は RGB 値のうち 2 色間に



(a) WD00 : New base oil + Wear debris



(b) WD18 : 18 hours oxidized oil + Wear debris



(c) OP00 : New base oil + Oxidation products

Fig.5 Relationships between amount of contaminants and RGB value

における最大差と定義される値である^[4]。最大色差と汚染物量との関係を Fig.7 に示す。例えば、あるメンブランパッチの RGB 値が R:120, G:42, B:10 の場合、最大色差は R と B の差から 110 となる。最大色差は試料油により異なる傾向が見られた。基油もしくは酸化油に摩耗粉を混入した試料油 (No.WD00 ~ WD18) のメンブランパッチを比較する。油の酸化度により最大色差には差が見られたが、混入した摩耗粉量の増加に従い、その差は小さくなり、最大色差は 0 に近づいた。一方、基油に酸化生成物を混入し

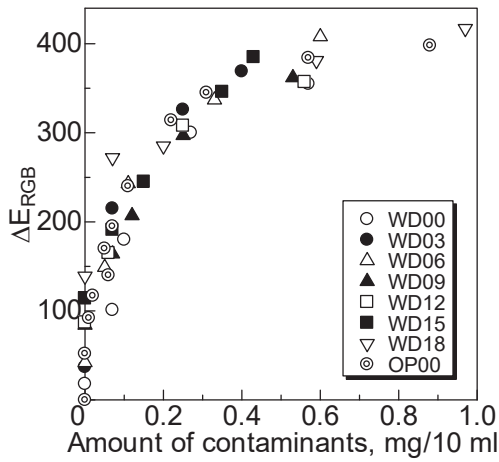


Fig.6 Relationships between amount of contaminants and ΔE_{RGB} .

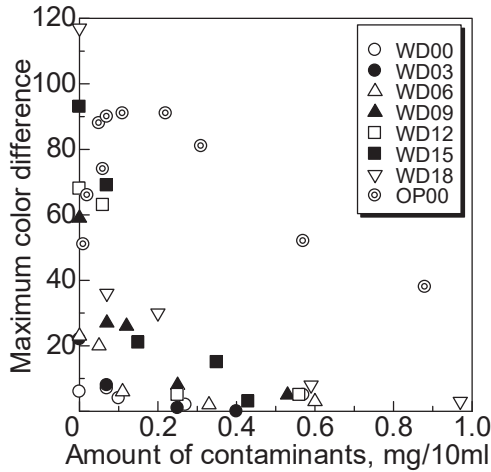


Fig.7 Relationships between amount of contaminants and maximum color difference.

た No.OP00 の最大色差は、混入量が約 0.2 mg のときに最大となり、0.2 mg 以上では汚染物量の増加に従い緩やかに減少した。また、すべての試料油で、汚染物量の増加に伴い最大色差の変化割合が小さくなった。Figure 8 に ΔE_{RGB} と最大色差の関係を示す。メンブランパッチの色の分布はそれぞれの試料油の劣化状態により異なり、摩耗粉を混入した試料油 (No.WD03 ~ WD18) のメンブランパッチは図中に波線で示す三角形内に分布し、酸化生成物を混入した試料油 (No.OP00 : ◎印) のメンブランパッチは上に凸の放物線を描くように分布した。これらの結果を検証するために、実機で使用されている油との比較を試みた。図中の×印は実機使用油 145 サンプルの結果を示す。実機使用油は劣化状態や種類を選ばせず、様々な機械や場所、条件で使用された潤滑油および作動油から無作為に採取された。実機使用油の多くは、Fig.8 の図中で上に凸の放物線形状内に分布した。

実機使用油における汚染物とメンブランパッチの色との関係を確認するため、Fig.8 上の(a) ~ (d)で示したメンブランパッチの SEM 観察を行った。まず、試料油をろ過した後のメンブランパッチをトルエンにて洗浄する。次に、トルエンで洗浄したメンブランパッチを再びろ過装置に取り付け、洗浄に用いたトルエンをすべてろ過することにより、トルエンに溶解しない汚染物を捕捉した。Figure 9 にトルエン洗浄前のメンブランパッチの SEM 画像とトルエン洗浄後のメンブランパッチの SEM 写真を示す。 ΔE_{RGB} がほぼ同じ値で最大色差の異なる(b)と(c)について比較すると、Fig.8 中の三角形の領域内に分布している(b)では、固形粒子がフィルタ上に捕捉されていた。一方、(c)の汚染物の大きさは $2 \mu\text{m}$ 以下で、

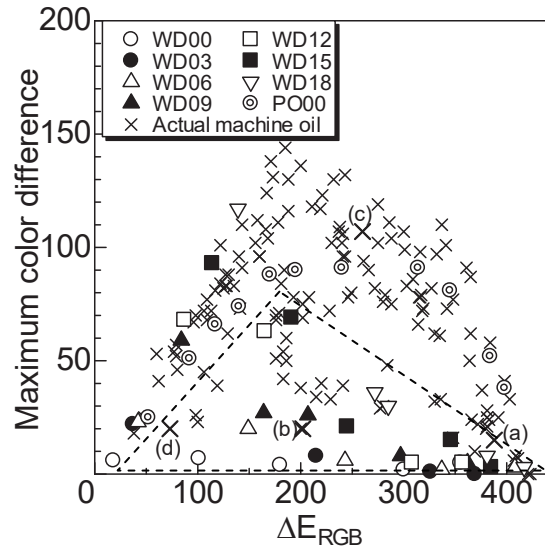


Fig.8 Relationships between ΔE_{RGB} and maximum color difference.

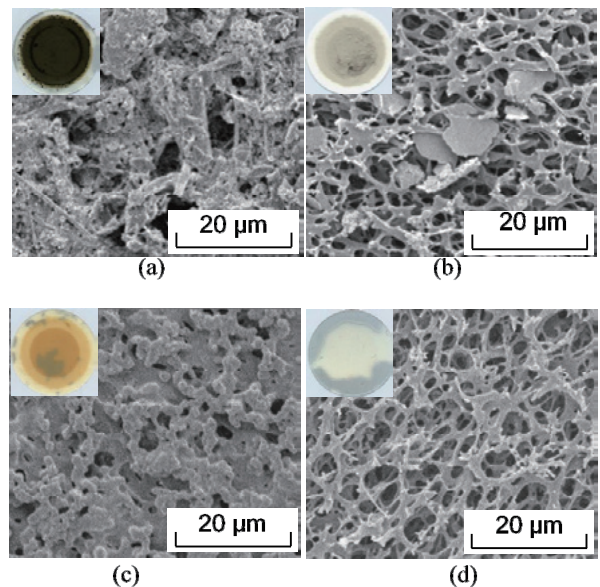


Fig.9 SEM and OM photos of the membrane patch.

摩耗粉などの固形粒子は確認できなかった。最大色差がほぼ同じ値で ΔE_{RGB} の違う(a), (b), (d)を比較すると、 ΔE_{RGB} が大きくなるにつれてメンブランフィルタ上に捕捉される汚染物の量が増加した。

4. 結 言

摩耗粉等による劣化および酸化による劣化を模擬した試料油を作製し、それをろ過したメンブランパッチの色を詳細に調べた結果、以下の結論を得た。

- (1) メンブランパッチの色は摩耗粉の捕捉により灰色もしくは黒色になり、酸化生成物の捕捉により茶系色になる。
- (2) メンブランパッチの色の特徴量として定義した ΔE_{RGB} と最大色差は、それぞれ汚染物の量と酸化度と良い対応が見られる。
- (3) 汚染物混入量の増加に伴いメンブランパッチの色は濃くなり、 ΔE_{RGB} も大きくなる。

謝 辞

本研究は、文部科学省科学研究費補助金基盤研究(C) (19560139) の助成を受けて行ったものである。本研究における測定のおおくは福井大学大学院生の河戸希美氏(現 三菱重工業株式会社)により実施された。ここに謝意を表します。また、本研究の遂行にあたり、佐々木徹氏(メインテック・コンサルタント)、奥住陽介氏(日本グリース株式会社)に多大なるご協力を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

- [1] 佐々木徹：油の酸化生成物に起因する油圧バルブの固着について、トライボロジスト, 40-5, 386 (1995).
- [2] J. B. Spencer and C. Balmer : Effective contamination control in fluid power systems, Sperry Vickers, 2 (1977).
- [3] 日本工業規格 JIS B 9931 (2000)
- [4] T. Yamaguchi, S. Kawaura, T. Honda, M. Ueda, Y. Iwai and A. Sasaki : Investigation of Oil Contamination by Colorimetric Analysis, Lubrication Engineering, 58-1, 12 (2002).
- [5] T. Honda, Y. Ito, K. Kodo Y. Iwai and A. Sasaki : Color Characterization of Membrane Patches, 62nd STLE Annual Meeting & Exhibition, Philadelphia(USA), CD-ROM (2007).
- [6] A. Sasaki, H. Aoyama, T. Honda, Y. Iwai and C. K. Yong : A study of the colors of Contamination in used oils, Tribology Transactions, 57-1, 1 (2014).
- [7] S. Korcek, and R. K. Jensen : Relation between Base Oil Composition and Oxidation Stability at Increased Temperatures, ASLE Transactions, 19-2, 83 (1975).
- [8] S. M. Hsu, C. S. Ku and P. T. Pei : Oxidative Degradation Mechanisms of Lubricants, ASTM Spec Tech Publ, 916, 27 (1986).
- [9] 柴田正明 : 潤滑油の劣化診断とトライボロジー, トライボロジスト, 39-7, 559 (1994).
- [10] 日本工業規格 JIS K 2514 (1996)
- [11] A. Sasaki, M. Kawasaki, T. Sakai, H. Kojima and S. Takayama : A Study of Hydraulic Valve Problems, Lubrication Engineering, 45-3, 140 (1989).
- [12] T. Honda, Y. Ito, Y. Iwai and A. Sasaki : Diagnosis for Lubricating Oils by Colorimetric Analysis, 62nd STLE Annual Meeting & Exhibition, Philadelphia(USA), CD-ROM (2007).
- [13] 日本トライボロジー学会編, トライボロジーハンドブック, 養賢堂, 614 (2001).

異文化教育支援のためのスマートフォンゲームの実装

今井 佑輔* 黒岩 丈介* 小高 知宏* 諏訪 いずみ* 白井 治彦** 加藤 優子***

Implementation of Smartphone Game Supporting

Cross-culture Education

Yusuke IMAI*, Jousuke KUROIWA*, Tomohiro ODAKA*, Izumi SUWA*,
Haruhiko SHIRAI** and Yuko KATO***

(Received January 29, 2019)

In this paper, we develop a smartphone game in which we can easily train cross-culture education. In the cross-culture education, we can learn the handling method which prevents us from getting stress by the difference of common sense and values under the cultural background if we face the persons with different culture. In this paper, we focus on cross-culture games, which are cross-culture education methods. However, the cross-culture games cannot be performed easily because of necessity of the expertise on the cross-culture education and finding other participants of the game. In order to overcome the problem, we develop a smartphone game of the cross-culture education. In addition, we evaluate an educational utility of our smartphone game. Our smartphone game can appropriately provide an opportunity of the cross-culture education, and anyone can easily perform the training. Our smartphone game is useful for the cross-culture education.

Key words : *Cross-culture Education, Smartphone Game, Back to Back Game, Single Play*

1. はじめに

グローバル化の進行により、国内外の旅行者や留学生、海外企業との取引、また日本国内では外国人雇用者が増加している。それに伴って我々日本人は、いろいろな場面で海外の人々と接する機会も増加している。しかし、現代の日本人は文化的背景の異なる人と接する際、必要とされるその人々と仲良く生活するための知識及び、能力を持ち合わせていると断言できない。それどころか、自文化を主体的に見るあまり、異文化に対しての常識や価値観などの違いに対しての理解に苦しみ、人によってはそれが原因でストレス

を感じてしまうこともある^[1]。更には、外国人との交流の際に文化摩擦が起こってしまい、対外関係での様々な社会問題が発生してしまうのではないかと問題視されている。

しかし、このような文化的背景の違いから感じてしまう可能性のあるストレスは、特別な訓練をすることである程度回避が可能である。その訓練法を教育法として取り上げているものが異文化教育である。異文化教育は、大きく2つに分類することができる。1つは、自分が海外や国内で自文化と異なる人々と接触した際、どのように振る舞えば良いか、どのような能力が必要なのかを主に講義形式で解説するものである。もう1つは、異文化環境を疑似体験できるゲームを通して、実際に異文化の人と交流したときに起こる気持ちを疑似体験し、その際に感じた気持ちについて互いに議論を行い、対処法を学ぶものである。

しかし、この異文化教育は実際に教えることが出来る人が少ないという理由から、ほとんどの教育現場

* 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

** 工学部技術部

*** 仁愛大学 人間学部 コミュニケーション学科

* Human and Artificial Intelligence Systems Course,
Graduate School of Engineering

** Technical Division

*** Department of Communication Faculty of Human Studies,
Jin-ai University

で取り入れられていない。その改善策として、先行研究では、インターネット技術を用いた異文化教育支援システムを実装し、個人で異文化教育を受講出来るようにした^[2]。この研究において挙げられた問題点は、講義形式の教育手法を題材にしているため、1つ1つの演習問題やその解説が長くなり、ユーザーの回答率が徐々に低下してしまうことである。これは、講義形式であるため、面白みが欠如していたためであると考えられる。そこで我々は、ゲーム形式にすることで、この問題を解決出来ると考えた。実際、先に述べたようにゲーム形式で行うような、異文化教育手法もある。そこで、異文化教育ゲームにインターネット技術を導入する。

異文化教育ゲームは基本的に集団で行うものであり、ゲームの趣旨を理解し、ゲームの進行調節ができる司会役が必要である。また、複数人で行うものばかりであるため、ゲームを行う機会を設けることが困難である。このような問題に対し、我々は近年急速に普及しているスマートフォンのゲーム化により解決出来ると考えた。また、スマートフォンゲームとすることで、場所や時間を気にすることなく異文化トレーニングをすることができる。

以上より本研究の目的は、異文化教育の1つである異文化教育ゲームをスマートフォンゲーム化し、手軽に異文化トレーニングを可能にすることである。異文化教育ゲームの中でも特に、背中合わせゲームを題材とする。背中合わせゲームは「共通理解のない状況下での相手への説明の困難性」、及び「説明を理解することの困難性」を理解することを趣旨としている。本来背中合わせゲームは2人1組になり行うトレーニングであるが、手軽に利用可能にするために、1人でも利用可能なように実装をし、「共通理解のない状況下での相手の説明を理解することの困難性」を、疑似体験出来るようにする。更に、実際に開発したスマートフォンゲームを被験者を集い実行してもらい、相手の説明を理解することの困難性を再現出来ていたかについて評価を行う。

2. 異文化教育と支援方法

2.1 異文化教育とは

異文化教育を通して、学ぶべき一番の目標は、「自分の文化を基準にし相手と接することが、相手と良い関係を作ることを阻む最大の原因である」という多くの人が持つ考えを改めさせ、相手文化の理解と尊重をすることである^[3]。この教育を通して生まれた共通理解こそが、異文化の人との友好関係を深めるキッカケとなる。異文化教育とは、そのコミュニケー

ション能力を養う教育法として取り入れられている。

異文化教育には様々な種類の教育手法が存在する。大別すると、「大学モデル」の延長である講義形式の教育法と、異文化環境をゲーム形式で疑似体験することが出来るものに分類が可能である。講義形式のものでは、講義内で心理テストやクイズを行い、一人で考えさせたり、グループワークをし、理解を深めさせるものがある。もう一方のゲーム形式の学習法では、集団で行うコミュニケーション体験ゲームが存在する。本研究では、そのゲームに着目をし、研究を行った。具体的なゲームのルール及び、研究題材としたゲームに関しては、以降の章で説明を行う。

2.2 教育ゲームの種類とルール

異文化教育ゲームの代表例として、「背中合わせゲーム」、「Bafa Bafa (バファバファ)」、「Barnga (バーンガ)」が挙げられる^[3-5]。これらのゲームにはそれぞれに異文化理解に繋がる異なる意図が存在している。ゲームには司会進行役が必要であり、進行役は文化背景の異なる集団で何が起きているかの理解力と、ゲーム進行具合の調節、集団をまとめる統率力が要求される。以上のように集団で行う異文化疑似体験型ゲームを異文化教育支援ゲーム(異文化理解ゲーム)という。以下には本研究で題材とした、「背中合わせゲーム」のルールや趣旨を示す。

目的

「共通理解のない状況下での説明を行うことの困難性」及び、「説明を理解することの困難性」を理解することを趣旨としている。

手順

参加者には紙とペンを配布し、各自簡単な絵を描いてもらう。描き終えた後、その絵に対する特徴の説明をそれぞれ各自考えてもらう。その際、絵の具体的な名前や特徴の名称を説明に加えることは出来ない。参加者は二人ペアになってもらい、背中合わせになる。一方は絵の説明を与える役(話し手)、もう一方は説明を聞いて絵を描く役(聞き手)となる。話し手は、描いた絵を聞き手に見えないようにし、絵の説明を順番に聞き手に与える。聞き手は、説明を元に何を描くべきか想像しながら絵を描き完成させる。聞き手が絵を描き終えた後、話し手が描いた元の絵と比較し、答え合わせを行う。その後、話し手と聞き手の立場を交代し、上記の手順を再度行う。答え合わせを行う際、近い絵を描くことは出来ても、全く同じ絵を描くことは出来ない。この結果から、自分の伝えたいことを相手に正確に

伝えることの困難性と、相手の意図を理解する困難性を学習できる。

また、口頭伝達で理解しやすかった情報と理解しにくかった情報の原因を考察する。そして、日常生活でどのような工夫を施すことで正確に情報の伝達ができるのかを話し合う。このゲームから、異文化の人と交流する上で大切なのは、相手の理解に合わせることであり、それを参加者が理解することに期待する。

2.3 背中合わせゲームの問題点

背中合わせゲームは、共通理解のない人と接した際に、感じるストレスを回避する方法を学習することが出来る。それにも関わらず、一般的にはあまり知られてはいない。原因は主に2つ挙げられる。1つは、背中合わせゲームは基本的に複数人で行うものであるため、なかなか行う機会を設けることが困難なことである。もう1つは、ゲームを理解した進行役ができる人が少ないことである。進行役は集団の中で状況判断能力と、ゲームを習熟していることが前提条件である。しかし、この二つの条件を満たしている人間がそもそも少ない。上記が原因で、異文化教育は世間で教育手法として、あまり取り入れられていない。

2.4 スマートフォンを用いた教育支援方法の提案

前述の2つの問題点は背中合わせゲームをスマホゲーム化することで、解決可能ではないかと考えた。利用率の高いスマートフォンに注目し、そのゲームアプリケーションとして実装することで、手軽に異文化教育を利用することが可能である。また、本来集団で行うゲームをアプリゲーム化し、進行役をゲームシステム内に実装することで、進行役に対する問題点も解決可能であると考えられる。以上の理由から本研究で

は、異文化教育ゲームをアプリゲーム化することで、異文化教育が抱えている問題点を改善することが出来る。

2.4.1 背中合わせゲームアプリ運用

本研究では、異文化教育ゲームの中でも比較的に参加人数の少ない「背中合わせゲーム」を題材として、ゲームアプリ実装を図る。このゲームに注目した理由として、司会進行役と対戦相手の二人を、ゲームアプリ内に実装することで、他の異文化教育ゲームよりも簡単に実装が可能に感じたためである。また、人数の都合を合わせたり、進行役の不足という問題を抱えているため、「背中合わせゲーム」というゲームの本質は残し、スマートフォンで簡単に利用できるような「背中合わせゲームアプリ」の実現を目指す。実装する「背中合わせゲームアプリ」のイメージを図1に示す。図1は実装が完成した際のゲームアプリ及び、ゲーム進行のイメージである。

2.4.2 スマホゲーム全体構造

本研究の実装では、一人でも手軽にゲームが利用可能な「シングルプレイ」の実装を行う。シングルプレイはユーザーは本来のゲームでの「聞き手」の立場でゲームを行う。スマートフォン画面に順番に出力されてくる絵の特徴の説明文を元に絵を描き、最終的に完成した絵と答えとなる元の絵を比較し、どの説明が理解しにくく、どの説明が理解しやすかったのかを自身でフィードバックしてもらう。ゲーム終了後に背中合わせゲームの趣旨を説明する。その際、共通理解のない相手に対して自分の意思を伝えることの困難性を、ユーザーに理解してもらうことを期待している。

3. 背中合わせゲームアプリのシステム設計

3.1 要求分析

背中合わせゲームのスマートフォンアプリケーション実装にあたり、必要な機能及びゲーム性に対する要求分析を行った。

シングルプレイではユーザーがゲームをするためのディスプレイが必要である。また、ゲームのルールなどのシナリオデータを保管するためのデータベース、データベースからシナリオを読み込むための機能がまず必要となる。ユーザーが利用するにあたって、ユーザー利用しやすさを向上させるような便利機能や、ゲームの趣旨をどのユーザーにも理解してもらえるような工夫も必要である。これらの機能を踏まえて、シングルプレイではデータベースのシナリオ及び絵の特徴を示した文章を順に取り出し、ディスプレ

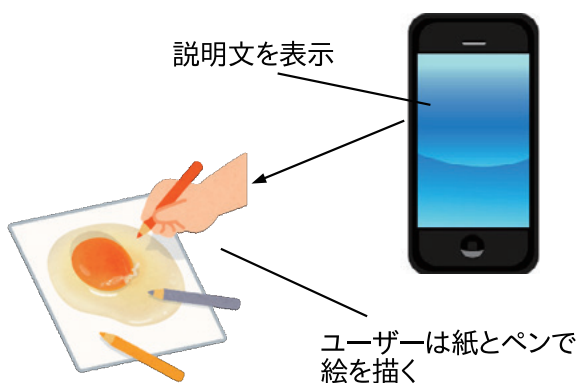


図1 背中合わせゲームアプリのイメージ

イに表示していく流れとなる。ユーザーの進捗に合わせてルール説明のシナリオを進めていく事が望ましいため、その機能を本来のゲームの進行役とする。

3.2 背中合わせゲームアプリの設計

要求分析を元に実装で必要と思われる機能を抽出し、機能間の流れを一つのシステムダイアグラムにしたものを図2に示す。以下では、図2で示したそれぞれの機能の説明を述べる。また、説明を述べていない機能に関しては、シングルプレイでは使用しない機能であるため、本紀要では省略する。

グラフィカル表示機能

グラフィカル表示機能はユーザーインターフェイス機能も兼ねていて、スマートフォンのディスプレイ上に実装する背中合わせゲームアプリを出力する機能である。「進捗コントロール機能」がデータベースより得たデータを画面出力する。ゲーム開始時、グラフィカル上でシングルプレイかマルチプレイかを選択する「ゲームの種類選択機能」を動作させる。

ゲーム種類選択機能

「グラフィカル表示機能」でまず始めにゲームの種類を選択する。シングルプレイかマルチ

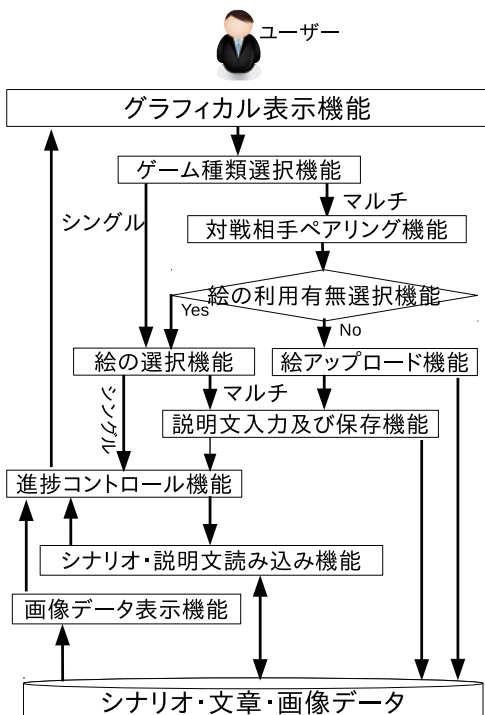


図2 背中合わせゲームの機能ダイアグラム

プレイで選択可能にする。この機能はユーザーのその選択に選ばれたゲーム手法でゲームを起動する機能である。ユーザーがシングルプレイを選択した場合は、次に「絵の選択機能」に移る。

絵の選択機能

「ゲーム種類選択機能」でシングルプレイを選択した場合に次に移行する機能である。シングルプレイでは、ユーザーは絵を選択するのではなく、どのシナリオで背中合わせゲームを行うかの、シナリオ選択機能とみなす。選ばれたシナリオに応じて「進捗コントロール機能」が動作する。

進捗コントロール機能

ユーザーのゲーム進行具合を調節する機能である。「絵の選択機能」での作業が終わり、ユーザーがゲームを始める際に起動する。ゲームの進行具合によって、次に出力しなければならないシナリオの範囲を指定し、「シナリオ・説明文読み込み機能」へ送信する。また、データベースから読み込んだシナリオ以外にも、ユーザーが入力した説明文及び絵のデータも他の機能から受け取り、「グラフィカル表示機能」へ送る。

シナリオ・説明文読み込み機能

「進捗コントロール機能」から送られてくる、データベース内で読み取るシナリオの箇所を直接読み取り、その内容をまた「進捗コントロール機能」へ送る。データベースと「進捗コントロール機能」の中間役となる実装である。この機能ではユーザーの進行具合によって読み取るシナリオの範囲が変わってくるため、臨機応変な実装が要求される。

画像データ表示機能

データベースに保存されている答えとなる絵の画像データを携帯画面上に表示するために、データベースから画像を読み取り、表示させる機能である。「進捗コントロール機能」より画像データを求められた際に、データベースから必要とされている画像を探し、画像データを受け取る。このデータを「進捗コントロール機能」に返し、画像データを表示する手助けをする。

データベース

データベースには予め用意されているゲームの趣旨とルールが記されたシナリオデータと答えとなる絵の画像、ユーザーが用意した絵と絵に

対する特徴の説明文が保存されている。「シナリオ・説明文読み込み機能」が必要としているデータを「シナリオ・説明文読み込み機能」及び、「画像データ表示機能」へと出力する。

4. 背中合わせゲームアプリの実装

4.1 シングルプレイの実装

背中合わせゲームの実装にあたり、使用した OS は debian8, 実装環境は Android Studio2.1.2, 言語は java を用いた。今回の実装したアプリケーションは, Android 端末のみで利用可能である。Android 端末は ASUS MeMO Pad 7 ME176-BL16 でバージョンは 4.4.2 を使用している。

背中合わせゲームアプリのスタート画面を図 3 に示す。図 3 のようにスマートフォン画面に出力することで、「グラフィカル表示機能」を実現している。グラフィカルに表示する画面のデザインは Android Studio 内に存在する XML ファイルを編集する事で、自由に設定可能である。スタート画面でゲーム利用方法を決めることができる。このゲーム種類選択が「ゲーム種類選択機能」である。それぞれのゲーム画面にボタンを配置することで、ボタンをユーザーが押せば次のシナリオを読み込むことが出来るように、「進捗コントロール機能」を実装した。「シナリオ・説明文読み込み機能」と「画像データ表示機能」はデータ読み取りプログラムであるため、ユーザーがボタンを押してゲームを進める毎にデータベースから必要なデータを取り出す実装となっている。これらの読み込みのプログラムは, java におけるファイルの入出力プログラムを参考に作成した。Android Studio 内にシナリオや画像データが格納されているデータベースを作成し、ユーザーがインターフェイス側でボタンを押すと同時にアプリ画面が遷移する。それと同時に、データベースから必要なデータを読み込み出力している。

4.1.1 絵描き歌の利用

シングルプレイでは、相手の説明を理解する困難性をユーザーに学んでもらうため、データベースには答えとなる絵と、それに伴う絵の特徴の説明文が必要である。しかし、絵や説明文の例は存在しないため、自作する必要がある。作成する際の条件として、描きやすい絵であり、出来るだけ多くの種類を用意することである。絵の説明文に対しては、説明文を考えることが容易であることと、聞き手も理解出来ることが重要である。このような条件を満たすものとして、我々は絵描き歌に注目した。「ドラえもん」の絵

描き歌のように、絵描き歌には我々は馴染みがあり、内容の理解が容易である。また、様々な絵描き歌を参考にすれば、独自のものを作成することが可能である。そこで、我々は絵描き歌を用いて、絵とその説明文を作成することとした。

現状では、絵描き歌を題材とした絵は、「羊」と「ペンギン」の 2 種類を作成した。各絵に対して、難易度「easy」、「normal」、「difficult」と説明文を設定し、それぞれシナリオを用意した。3つのシナリオを利用ユーザーが比較して分かるように、伝達する言葉の表現方法や情報量に差をつけることで難易度を設定した。

作成した 2 種類の絵を図 4, シナリオを表 1, 表 2 に示す。具体的な難易度同士の差の付け方として、難易度「normal」をベースとし、「easy」の場合のシナリオでは説明文により正確な位置の情報や特徴の表現を変え、「difficult」の場合には特徴文の内容をわざと曖昧にした。この案をゲーム要素化した難易度の選択画面を図 5 に示す。

3つの難易度を体験することで、ユーザーは表示される特徴文を比較し、言葉の伝わりにくさ及び理解の困難性を体感でき、趣旨の理解という点で背中合わせゲームの再現に適していると考えた。

4.1.2 シングルプレイでのゲーム性

背中合わせゲーム等の異文化教育ゲームはルール及び趣旨で説明する内容が多く、文字にすると文章が



図 3 アプリのスタート画面

表1 羊の絵のシナリオ

難易度 出力順	easy	normal	difficult
1	大きな雲が あります	大きな雲が あります	雲が2つ あります
2	その中に 小さな雲が あります	小さな雲が あります	1つの雲に は山が3つ あります
3	小さな雲の 下側に茶碗 がくっつい ています	小さな雲に 大きな山が 1つあり ます	その中の 1つの山に 顔があり ます
4	茶碗の両隣 に細長い耳 が二つ あります	小さな雲に 小さな山が 2つ あります	大きな雲に 足が あります
5	茶碗には 2つの黒い目 Y字の口が あります	大きな山 には顔が あります	—
6	大きな雲の 下側に指が 2本の足が あります	大きな雲に 足があります	—

多くなってしまう。文章のみで説明をするとユーザーが読む気を無くしてしまうと思い、イラストを添えてイメージをしやすくかつ、見やすくなるような実装を施した。ゲームの解説画面(図6)では、携帯画面の画像をタッチすることで絵が切り替わり、解説を読むことが出来る。

5. 評価実験

背中合わせゲームのアプリ化において、実装前に立てた目的を果たしているかどうかを確認するために評価実験を行なった。シングルプレイでは手軽に短時間で利用可能であるかどうかを評価する。実験方法として、被験者は研究室の学生9名を対象に行なった。実験前に被験者には2人ペアになり、本来の背中合わせゲームを参加者側の人間として行なってもらい、その後アプリをすることで、アプリと本来のゲームを比較した。

5.1 実装に対する評価

シングルプレイと本来の背中合わせゲームを比較して、手軽に利用出来たか、趣旨の理解が出来たかの評価を行なった。被験者は、聞き手の立場のみでゲームをするため、答えとなる絵やその絵の特徴文を考える必要がなく、手軽であると解答したユーザーがほとんどであった。また、どの被験者も背中合わせゲームの趣旨を理解することが出来たと回答した。

少数ではあったが一つの意見として、本来の背中合わせゲームでは、参加者自身が絵と絵の説明文を考

表2 ペンギンの絵のシナリオ

難易度 出力順	easy	normal	difficult
1	卵が1つ あります	卵が1つ あります	ヒビの入った 卵があります
2	卵の上側に M字の模様 があります	卵にヒビが 入ります	ゴマ2つと たらこが あります
3	卵の中には 黒い目2つ とその下に たらこ口 があります	卵に黒ゴマ 2つと たらこを 乗せます	卵から 手足が 生えます
4	卵から 左右横側に 翼が下側に 足が2本ずつ 生えます	卵から 手足が 2本ずつ 生えます	—

えなければならぬが、それらを考えることが少し面倒であるという意見があった。この意見に対して、背中合わせゲームアプリのシングルプレイでは、考える必要がないので利用しやすいという意見があり、手軽で簡単に利用が可能という目的を持ったシングルプレイでの実装は成功したと言える。

5.2 難易度設定機能に対する評価

ユーザーが3つの難易度それぞれでゲームを行なった際、期待した通りに難易度の間でユーザーが描いた絵に差が出来るのか、具体的にシナリオ難易度が「easy」の場合には正解となる元の絵に近い絵が描けるのか、「difficult」の場合には的外れな絵が完成するのかを評価した。答えとなる絵に絵描き歌を題材とし、シナリオを簡単に生成したため、そのシナリオそれぞれが適切であるかどうかを確かめる実験である。また、今回の実験では、羊の絵とペンギンの絵を答え

羊の絵

ペンギンの絵

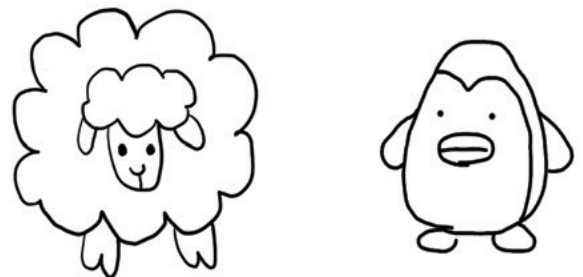


図4 絵描き歌の題材となる2種の絵

表3 難易度設定の評価実験結果

答えの絵	easy	normal	difficult
ペンギン	適切	適切	不適切
羊	不適切	適切	適切

とするゲームを評価対象とした。

ペンギンと羊の絵での結果を表3に、その詳細をそれぞれ以下に述べる。表3に関しては、被験者が難易度「easy」の場合は正解に近い絵が描ければ適切とする。「normal」の場合は、正解とは違う絵、「difficult」場合は、「normal」と比較して更に正解から程遠い絵が完成した場合、適切とする。

ペンギンの絵

難易度が「easy」の場合には、8人の被験者が正解となる元の絵に近い絵を描いた。しかし、難易度が「normal」である場合と「difficult」の場合では、正解となる元の絵とは違う絵を描く被験者ばかりだったものの、その2つの難易度を終えた際、ユーザーの描いた絵が似ていた。これは難易度「normal」と「difficult」にあまりシナリオ的な差が無いことを意味する。考えられる原因として、伝える特徴の位置の表現を曖昧にしているだけで、似たような言葉を使用していることが原因であると考えた。

羊の絵

難易度が「easy」である場合に、正解に近い絵

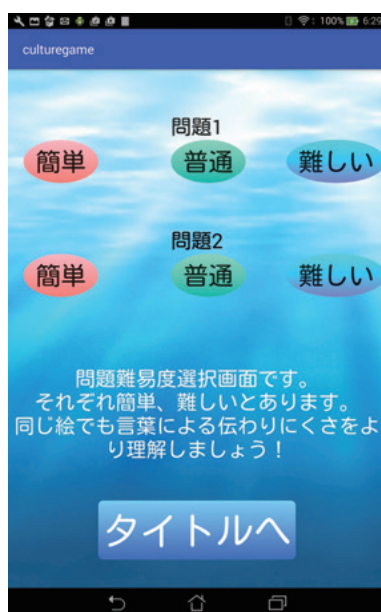


図5 難易度選択画面

を描くことのできた被験者は3人しかいなかった。この原因として考えられることが、出力された説明文を詳しく書いてしまい、に一文一文が長くなり、ユーザーは理解することに時間がかかりすぎてしまっていた。理解に時間をかけすぎてしまったユーザーは、時間内に絵を上手く描くことが出来なかった。

上記の改善策として、一回に出力する文章を短くし、文章の出力回数を増やすことが最善ではないかと考える。文章に変更は与えず、一文あたりの表示時間を長くするという案も考えられるが、この場合一文が長いままであるため、説明文を読むことが面倒だと思うユーザーが現れる可能性もあり、文を短くすることが最善であると考えた。シナリオ難易度が「difficult」の場合と「normal」の場合では、全てのユーザーが正解の絵とは程遠い絵を描いていて、難易度同士でも絵の完成度にも差があったため、この二つの難易度においては実装は成功であるといえる。

以上の結果から、ペンギンの絵の場合は難易度の「difficult」の場合において、ユーザーがイメージしにくい表現を用いることで、難易度同士で差が生まれ、改善できると考えた。

また、羊の絵では、一回に出力する文章を短くし、文章の出力回数を増やすことが最善ではないかと考える。文章に変更は与えず、一文あたりの表示時間を長くするという案も考えられるが、この場合一文が長いままであるため、説明文を読むことが面倒だと思うユーザーが現れる可能性もあり、文を短くすることが最善であると考えた。シナリオ難易度が「difficult」の場合と「normal」の場合では、全てのユーザー



図6 背中合わせゲームの解説画面

が正解の絵とは程遠い絵を描いていて、難易度同士でも絵の完成度にも差があったため、この二つの難易度においては実装は成功であるといえる。

6. 考察

6.1 絵描き歌採用の考察

背中合わせゲームの絵の題材として絵描き歌を採用したことに對して、実際にパターンが豊富で実装が簡単であり、新しい絵とそのシナリオを追加することに時間を費やしすぎずにゲームの実装を進めることができた。結果、絵描き歌の採用はこの背中合わせゲームの実装において適していると考えられる。また、絵描き歌は絵が簡単であるが、出力された文字のみで絵を描こうとするとユーザーは理解が困難であり、元のシナリオの場合で正解と同じ絵を描くことが出来たユーザーはいなかった。そのため絵が的外れの絵になった場合、背中合わせゲームの趣旨をユーザーが理解しやすくすることを期待出来た点も題材に適していると考えられる。

6.2 実装面

シングルプレイにおいて、難易度を3つ用意することによって出力されてくる説明文を読んで最終的に完成する絵にそれぞれ差があったことから、ユーザーに対して共通理解のない状況下では相手の理解に合わせて自分の意図を伝えなければならないというこの理解を期待することができる。出力されていく文章を読み絵を描いている間は何の絵か分からずに、答えを見て解説を読んだ時に納得する被験者が多数であったため、ゲームの流れとして良い流れで実装することが出来たと考える。

7. まとめと今後の課題

7.1 まとめ

これらのシステムをスマートフォンアプリケーションで実装を行ったことにより、従来の異文化理解ゲームである背中合わせゲームよりも、簡単でどこでも異文化理解を行うことを可能にした。これから留学や海外転勤など外国へ行くことを予定している人々に対し、事前に異文化圏の状況下での価値観のズレ、常識の違いから生じる可能性のあるストレスをわざわざ機会を設けること無く、自分の好きな時間にある程度回避する訓練が可能になったと言える。異文化教育は海外へ行く人のためだけに存在するのではなく、地域の違いや年齢層の違いからも生活習慣が異なっている。異文化理解ゲームを身近にすることによって、日本国内での転勤や引っ越しなどの事情による人々に対しても、簡単に利用可能である。

7.2 今後の課題

評価実験を通して得られた意見として、絵を描く機能のアプリケーション追加実装である。現在の実装の段階ではユーザーに紙とペンを用意してもらうことにより、ゲームが成立しているが、これをスマートフォン1台で行うことにより、より手軽さの向上に繋がるよう実装していきたい。

今回の実装では、日本人向けに日本語でのみの実装を行ったが、異文化教育は世界に共通するものであるため、ユーザーの国籍に応じてシナリオがユーザーの母国語に変換され、世界のスマートフォンユーザーが使用できるようにすることも検討していきたい。

参考文献

- [1] 西原真弓: 日本人の異文化コミュニケーション能力の育成に関する考察, pp71-74, <http://ci.nii.ac.jp/els/110009911850>, (2015)
- [2] 上出裕美加: 異文化理解教育支援のためのeラーニングシステムの開発, (平成23年度修士論文)
- [3] 八代京子, 町恵理子, 小池浩子, 磯貝友子: 異文化トレーニング-ボーダレス社会を生きる, pp27-30, pp290-291, (1998)
- [4] 松尾貴司: ゲームシミュレーションによる異文化の体験, 愛知淑徳大学研究紀要, (1991)
- [5] 株式会社 HEART QUAKE: 異文化コミュニケーションを体験するゲーム「バーンガ」, <http://heartquake.com/?p=592>, (2015)

英単語の適切な日本語の意味表示システム

鎌田 訓史* 黒岩 丈介* 小高 知宏* 諏訪 いずみ* 白井 治彦**

Display System of Appropriate Japanese Meaning of English Words

Norifumi KAMADA*, Jousuke KUROIWA*, Tomohiro ODAKA*
Izumi SUWA* and Haruhiko SHIRAI**

(Received January 29, 2019)

In this paper, we develop a support system for reading comprehension in English with AR(Augmented Reality) technology. The system presents appropriate Japanese meaning of the English words corresponding to user's English vocabulary. We construct English-Japanese dictionary database with the level information of English vocabulary. We implement a determination function of the appropriate Japanese meaning of the English words by comparing Japanese meaning in the dictionary database with corresponding one in the sentence given by the translator. We evaluate the success ratio of giving appropriate Japanese meaning for an English sentence with 167 words. The success ratio is 71.6%. In addition, we evaluate required time to read two kinds of English sentences, which include 8 words, among which 3 words are University student level, with use of our system or an electronic dictionary. Our system succeeds to decrease the required time by 49.8s on average. The facts reveal usefulness of our support system.

Key words : AR, Support System, Dictionary Database, Appropriate Japanese Meaning

1. はじめに

近年、グローバル化の進行に伴い、英語に触れる機会が増加している。同時に、英語で記述された書類も増加傾向にある。このため、英文を読解する機会が増え、英文読解能力が必要となっていると考えられる。一般的に、英文読解を行う際、英和辞書やWEB上で利用できる翻訳サービスなどを利用する機会が多い。しかし、英和辞書は英単語を一つ一つ調べてから適切な日本語の意味を判断する必要があるため時間がかかる。また、英語を十分に習得していない人やこれから英語学習を始める人にとって、適切な日本語の意味を判断し読解することは困難である。正確に英文読解ができないことで、英語に対して苦手意識を持ってしまうという危険性がある。翻訳サービスを利用

する方法では、瞬時に英文の日本語訳を得ることができるが、英文を入力する必要があるため時間がかかる。また、英文を理解すること無く日本語訳を取得してしまうと、これから英語学習を始める人にとっては、英語を学ぶことができない。上記の問題を解決するために、利用者の英語の習得レベルに応じて、利用者の分からない英単語のみを最も適切な意味で表示すると良いと考えた。利用者の分からない英単語の適切な意味だけを表示させることで読解時間を短縮できると考える。

更に、より一層、英文読解効率が向上できるようにAR技術の導入も考えた。読解支援システムの先行研究では、ブラウザを利用して日本語学習者が日本語文を読解する時に、漢字の意味をフレームに出力するという研究がある^[1]。このシステムを用いることで、辞書を引く手間を省き、読解が容易になるという利点がある。我々は、辞書の手間を省くことに加え、電子化文書ではない紙で記述された文章でも利用で

* 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

** 工学部技術部

* Human and Artificial Intelligence Systems Course,
Graduate School of Engineering

** Technical Division

きることから、AR 技術を取り入れた、AR 技術を利用した支援システムの研究は様々な分野で行われている。AR 技術を用いて文字や映像を現実空間に可視化する研究では、利用者がすぐに理解できるようにされている [2]。本研究では、AR 技術を利用して日本語の意味を対象の英単語の上に表示させる。AR 技術を利用することで、英単語の意味を瞬時に理解できることに加えて、英単語をシステムに入力する手間を省くことができるので、英文読解効率が向上できると考えられる。

以上より、本研究では、AR 技術を用いて適切な日本語の意味を対象英単語上に表示する英文読解支援システムを開発する。その際、英文中の英単語の適切な意味をどのようにして獲得するのが問題となる。本研究では、英文翻訳機から得られる単語の意味と、辞書内の単語の意味をマッチングすることで、この問題を解決することにした。本手法で得られる適切な意味の獲得率から、システムの実用性を評価する。以上より、本研究の目的は、(i) 実際の英文を対象として、英単語の適切な意味の獲得率、及び (ii) AR 化による英文読解の短縮時間を明らかにすることである。

2. 英文読解支援システムとして望まれる機能

本研究では、利用者の英語の習得レベルに応じて適切な日本語の意味を英単語の上に AR 技術を用いて表示させるシステムを開発する。

英文読解支援システムで求められることを以下に示す。

- システム利用の手軽さ
- 英文読解効率を向上させる
- 英語教育的効果

システムの手軽さは、スマートフォンアプリケーションとして実現する。一般的に最も身近に利用されているスマートフォンで本システムを実装することにより、手軽に使うことができる。スマートフォンアプリケーションであれば、通常携帯しているため、英和辞書や電子辞書などといった他のものを持ち歩く必要なくなる。

英文読解効率の向上には以下の 2 つの方法が考えられる。1 つ目は、適切な日本語の意味だけを出力させる方法である。辞書などを用いて英単語の意味を調べる時、複数の意味が記されていてどれが最も適切か分からなくなってしまう場合がある。この時、適切な意味を判断するためには、英文全体での日本語の意味を考え判断する必要があり、多くの時間を要

する。このため、複数の意味を持つ英単語に対して、最も適切な意味を判断して表示できれば、英文読解効率を向上させることができる。

2 つ目は、AR 技術の利用である。AR 技術を用いることで、目線を英文に向けるだけでシステムが利用できるため、時間効率が向上できる。対象の英単語の意味を瞬時に理解することが可能になるため、時間効率の向上に繋がる。

更に、利用者が意味を知っている不要な英単語を表示することを防ぐために、利用者の英語の習得レベルに応じて日本語の意味を出力する。利用者が分からない英単語だけ意味を表示させることで、理解できる英単語に対しては自力で読解する必要がある。これにより、英単語の読解においてシステムにすべて依存しないため、英語を自分で日本語に翻訳する力は衰えない。また、英文を翻訳するのではなく、英単語の日本語の意味を英単語の上に表示させるので、英単語に触れる単語数は変わらない。

2.1 システム全体の構造

スマートフォンのカメラで英文が出力されるまでの流れを簡潔に説明する。図 1 にシステムの全体像を示し、以下に各機能の説明を与える。

- カメラ画像取得機能
紙で記述された英文の書類に対して、スマートフォンのカメラを用いて撮影した画像を取得し画像解析機能へ渡す。
- 画像解析機能
カメラ画像取得機能で得られた英文の画像から

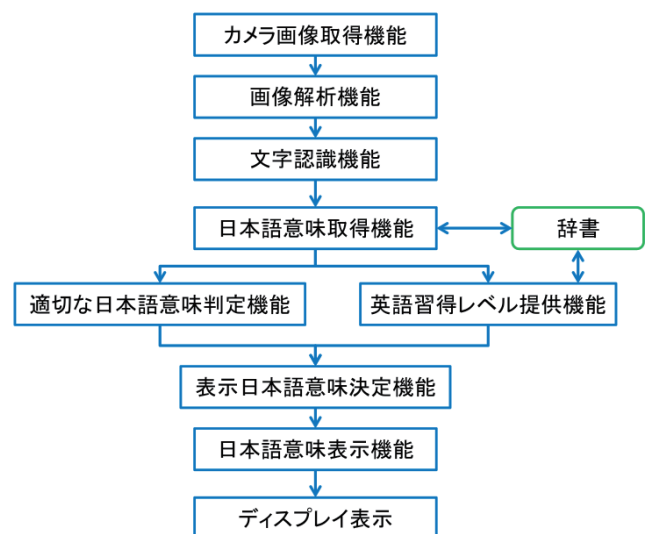


図 1 システムの全体像

文字領域を確保する。この文字領域を文字認識機能へ渡す。

- 文字認識機能
画像解析機能で解析された文字領域から文字認識を行う。文字認識した英文を TEXT ファイルとして出力し、日本語意味取得機能へ渡す。
- 日本語意味取得機能
英文の TEXT ファイル中の英単語に対して、英和辞書データを用いることにより日本語の意味を獲得する。この情報を適切な日本語の意味判定機能と英語習得レベル提供機能へ渡す。
- 英語習得レベル提供機能
英文の TEXT ファイル中の英単語に対して、英和辞書データを用いることにより英語習得レベルの情報を与える。この情報を表示日本語意味決定機能へ渡す。
- 適切な日本語の意味判定機能
英文の TEXT ファイル中の英単語に対して、複数の意味を持つ英単語から最も適切な意味を判定する。この情報を表示日本語意味決定へ渡す。
- 表示日本語意味決定機能
適切な日本語の意味判定機能と英語習得レベル提供機能から受け取った情報を元に、利用者の英語習得レベルと比較して意味表示させる必要がある英単語を判定する。この情報を日本語意味表示機能へ渡す。
- 日本語意味表示機能
日本語意味表示機能から受け取った情報から、対象の英単語に AR 技術を用いて日本語の意味をスマートフォンのディスプレイ上に表示させる。

3. システムの実装

本章では、前章で記述したシステムの設計を踏まえた実装方法について説明する。本システムで現在実装した機能のみ実装方法をそれぞれ示す。本機能のすべての実装において開発言語として Ruby を利用した。

3.1 文字認識機能の実装

文字認識機能は無料で利用できる「Free Online OCR」を使用した^[3]。このサービスでは、PDF ファイルの画像から文字を認識して TEXT ファイルとして文字が出力される。カメラ画像取得機能で取得した英文の画像は JPG ファイルであるため、これを PDF

表 1 変換則マッチング方法の例

変化形	変換方法	基本形
works	s を削除	work
sleeping	ing を削除	sleep
walked	ed を削除	walk
smaller	er を削除	small
fastest	est を削除	fast

ファイルに変換する。その後、このサービスを利用することで、英文の TEXT ファイルが得られる。

3.2 日本語意味取得機能の実装

本機能では、英文中の英単語の日本語の意味を取得する。このため、英単語とその英単語の意味が登録された英和辞書の電子データの作成を行う。

作成するに当たって、インターネット上で公開され、無料で利用できる英和辞書データを用いた^[4]。英文中の英単語の日本語の意味を獲得する際、英文中の英単語と英和辞書データ中の英単語をマッチングすることで実現した。しかし、英文中の英単語は、基本形から変形している可能性があるため、そのままではマッチングすることができない。動詞については、過去形、過去分詞形、現在進行形、3人称単数形である。名詞については、複数形である。これらの英単語については、規則的に変化するものは、変換則をルールとして作成し、英単語の形を変化させマッチング可能とした。不規則変化する単語は、すべて英和辞書データに追加登録した。表 1 に基本形への修正例を示す。

3.3 英語習得レベル提供機能の実装

英語習得レベル提供機能では、英文中の英単語に英語習得レベルを提供する。この機能を実現するために、英和辞書データの各英単語に英語習得レベル情報を追記した。表 2 には英語習得レベルのマーキングする数字を示す。そのレベルは表 2 に示すように、7段階とした。英和辞書データにレベルを追記する際には、各学年ごとに分類されている英単語データを用いた^[5]。この英単語データと英和辞書データ内の英単語とマッチングをとり、英和辞書データ内の各英単語にレベル情報を自動的に追加した。このようにして、英語習得レベル情報が登録されている英和辞書データを作成し、利用者の英語習得レベルと比較することで、英語習得レベルに応じて表示する英単語の選択を可能とした。

表2 英語習得レベルをマーキングする数字

英語習得レベル	マーキングする数字
中学1年生	1
中学2年生	2
中学3年生	3
高学1年生	4
高学2年生	5
高学3年生	6
大学1年生以上	7

3.4 適切な日本語の意味判定機能の実装

適切な日本語の意味判定機能では、多義語の英単語から最も適切な意味を判定する。本機能では、利用者の分からない英単語が含まれる英文の1文を翻訳機を用いて翻訳する。翻訳文の生成には、translate-shellを利用した。この翻訳文をMeCabを用いて分かち書きにし、単語要素毎に分類する。次に英文1文に含まれるすべての英単語の日本語の意味を英和辞書データから獲得する。分かち書きされた翻訳文の単語要素と英和辞書データの日本語の意味をマッチングする。マッチングした場合、この意味が最も適切であると判定する。しかし、分かち書きさせた単語要素には日本語の意味として表示させる必要がないものがある。例としては「は」や「を」などの助動詞である。これらの意味は表示させる必要がないので考慮しない。また、活用された日本語の単語要素は基本形のルールにより、修正してからマッチングさせる必要がある。MeCabには分かち書きさせた単語要素とその品詞、活用されている場合はその基本形が出力される。これらのことを考慮して、分かち書きに加えて、日本語の意味を表示させる単語要素と基本形をTEXTファイルに出力して、英和辞書データの日本語の意味とマッチングした(図2参照)。

3.5 表示日本語意味決定機能の実装

表示日本語意味決定機能では、利用者の分からない英単語を判定して、意味表示する英単語を決める。利用者に自身の英語習得レベルを決めてもらい、表2で示した数字を入力してもらう。英文中の英単語は

パーソナルコンピュータ (名詞-一般)
 日常 (名詞-一般)
 生活 (名詞-サ変接続)
 欠く (動詞-自立) (元の形: 欠か)

図2 単語要素の出力例

すべて英語習得レベル提供機能によって英語習得レベルの数字が割り振られている。利用者の英語習得レベルと英文中の英単語の英語習得レベルを比較させる。比較させた結果、利用者の英語習得レベルの数字よりも大きい数字を有する英単語を意味表示させる対象とする。

3.6 日本語意味表示機能の実装

日本語意味表示機能では、対象の英単語に対して日本語の意味をAR技術を用いて表示する。本システムでは、マーカー型ビジョンベースARを利用する。マーカー型ビジョンベースARにはマーカーとなる画像を用意する必要がある。マーカーには、予めカメラで取得した英単語の画像を用いる。システムがマーカーを認識したら、このマーカーの英単語の上に日本語の意味を出力させる。マーカーの設定と認識にはVuforiaを使用する。Vuforiaとは、ARライブラリである。Vuforiaを用いることで、AndroidでARアプリケーションの開発が可能となる。また、日本語の意味表示の画像処理にはUnityを利用する。

4. 英文読解支援システムの評価実験

4.1 適切な日本語の意味の評価実験

適切な日本語の意味判定機能によって、英単語の適切な日本語の意味の獲得率を算出する。適切な日本語の意味の獲得率から適切な日本語の意味判定機能の有用性を調査する。適切な日本語の意味が獲得できない英単語に対しては、その英単語をリストに記録して、原因を追求する。これらの英単語の原因を改善して、適切な日本語の意味の獲得率を向上させる。

本評価実験は、英文データの167単語数に対して判定を行う^[6]。適切な日本語意味判定機能によって英単語とその英単語の最も適切な日本語の意味を表示させる。適切な意味を判定できなかった場合は空白で表示する。本評価実験では、日本語の意味を必要としない英単語を考慮しないとする。日本語の意味を必要としない英単語は以下に示す。

- 助詞・助動詞・代名詞

- カタカナ語の訳

英単語をそのままカタカナ表記で訳されてしまう場合

- 訳が存在しない英単語

英熟語や過去分詞形で用いられる「have」などの英単語である。

表 3 日本語の意味表示を必要としない英単語の分類

	単語数
助詞・助動詞・代名詞	76
カタカナ語の訳	16
熟語	8

表 4 適切な日本語の意味判定不可能な英単語の分類

	単語数
別の英単語の意味を出力	4
似た意味を持つが辞書に存在しない英単語	11
否定の意味を持つ単語	1
専門用語	3

英文データの総英単語数から日本語の意味を必要としない英単語を抜いて適切な日本語の意味判定機能の評価実験を行う。

適切な日本語の意味判定機能では、英文データを1文毎に取り出して実行する必要がある。英文データの1文から英単語の意味表示をさせて記録する。出力された英単語が適切な日本語の意味であるかを確認し、適切であると判断した英単語の単語数を記録する。日本語の意味が出力されなかった英単語や、日本語の意味が多数出力されてしまうなど、上手く表示することができなかった英単語も記録し、その原因を考察する。上記の手順を繰り返す。英文データのすべての英単語に対して記録を行う。その後、適切であると判断した英単語の単語数から適切な意味の獲得率を算出する。英文データの167単語数に対して日本語の意味を必要としない英単語は100単語数であった。この英単語の単語数の分類を表3に示す。表3に分類される英単語は考慮せずに、残りの67単語数の英単語で適切な日本語の意味の獲得率を算出する。

適切な日本語の意味が判定可能な英単語数は48単語数であった。よって適切な意味の獲得率は約71.6%であった。また、適切な日本語の意味判定不可能な英単語は19単語であった。この英単語が出力されなかった原因を4種類に分類した。これを単語数と共に表4に示す。

適切な日本語の意味判定不可能な英単語の原因を以下に示す。

- 別の英単語の意味を出力

同一英文上に同じ日本語の意味が複数存在する場合に最も適切な意味が判定できなくなる。例としては、「intelligent」という英単語に対して「知能」と「知識」の2つの意味が出力されてしまった。これは「intelligent」を含む英文に「knowledge」

という英単語が存在していたからである。この英文の翻訳文を獲得し、単語要素に分割した時に「知能」と「知識」という単語要素を獲得した。英文中の英単語の日本語の意味を英和辞書データから獲得し、この単語要素と比較させたところ、「knowledge」には「知識」の単語要素のみが存在するが、「intelligent」に「知能」と「知識」の2つの単語要素が存在してしまった。実際は、「knowledge」には「知識」、「intelligent」に「知能」というように適切な日本語の意味を判定させるべきである。この例のように、1つの英単語の日本語の意味に対して、複数の単語要素とマッチングしてしまう時に、別の英単語の意味が出力される。

- 似た意味を持つが辞書に存在しない英単語

翻訳文から得られる単語要素と英和辞書データの日本語の意味の差異から最も適切な意味が出力できなくなる。適切な日本語の意味判定不可能な英単語の中で、これに分類される英単語が最も多かった。「status」という英単語を例として挙げる。「status」を含む英文から翻訳文を取得して単語要素に分けたところ「現状」が最も適切であると想定した。しかし、英和辞書データによる「status」の日本語の意味は「状態」や「事態」などであった。これにより英和辞書データの日本語の意味とマッチングしないため出力されなかった。このように、翻訳文の単語要素と英和辞書データの日本語の意味が殆ど同じような意味であっても、微妙なニュアンスの違いから最も適切な意味を判定することができなくなる。

- 否定の意味を持つ英単語

否定の意味を持つ英単語では、適切な意味の表示ができない場合がある。「indispensable」を例にして考える。この英単語は「欠かせない」という意味を持つ。「欠かせない」を含む翻訳文をMeCabによって分かち書きすると、「欠か」、「せ」、「ない」という単語要素に分割されてしまう。「欠か」は基本形に変換されて「欠く」という単語要素に変換される。「indispensable」の日本語の意味と「欠く」という単語要素を比較させてもマッチングすることができない。このように否定の意味を有する英単語ではMeCabの分かち書きによって、単語要素とマッチングせず、適切な意味表示ができなくなる。

● 専門用語

専門用語の英単語は英和辞書データに登録されていないため、適切な意味を判定できない。これは英和辞書データの評価実験と同様で、一般的に使用されることが少ないため、英和辞書データに存在しない。このため、単語要素と比較することができないので適切な意味の判定ができない。

4.2 表示結果による実用性の評価実験

本評価実験では、日本語意味表示機能の AR 技術によって英文読解に要する時間の向上率を算出する。電子辞書と本システムを実装したアプリケーションの2つを被験者に利用してもらうことで英文読解に要する時間を計測する。予め2つの英文を用意し、どちらか一方を電子辞書で読解し、もう一方はアプリケーションを利用する。被験者8名にそれぞれの英文読解方法で英文を読んでもらい、口頭でその英文の日本語訳を言ってもらい、英文を読み始めてから正解の日本語訳を言い切るまでの時間を測定する。測定結果を元に電子辞書を利用した場合と、アプリケーションを利用した場合を比較して考察する。用意した2つの英文は、英単語数8単語でその内3単語は英語習得レベルが7、その他の英単語は英語習得レベルが1で統一した。用意した2つの英文を英文1と英文2とする。それぞれの英文を図3に示す。被験者4名には、英文1を電子辞書で、英文2をアプリケーションで読解させた。残りの被験者4名には、英文2を電子辞書で、英文1をアプリケーションで読解させた。この結果を表5に示す。

表5から、すべての被験者の読解時間の差は平均して約49.8秒読解速度を短縮することができた。被験者8名の内、7名に対して本システムを用いることにより読解速度を向上させることができた。しかし、userEでは読解速度が下がってしまった。これは、ARの画像認識において、日本語の意味がうまく表示されず、意味表示に時間がかかってしまったためである。

- ① That ceramist is tolerant . He is also geologist .
- ② Ewes are herbivore . They are white and hairy .

図3 英文1と英文2

表5 英文読解に要する時間の結果

	電子辞書	システム	読解時間差
userA	2分14秒	40秒	1分34秒
userB	1分44秒	19秒	1分25秒
userC	1分53秒	28秒	1分25秒
userD	45秒	26秒	19秒
userE	58秒	1分32秒	-34秒
userF	43秒	10秒	33秒
userG	1分42秒	59秒	43秒
userH	1分31秒	18秒	1分13秒

5. 考察

5.1 適切な日本語の意味の評価実験の考察

適切な日本語の意味判定機能の評価実験の結果から考察をする。適切な日本語の意味の獲得率は71.6%であった。71.6%の獲得率では適切な意味を表示できない場合が存在してしまうため、実用性は高いことが分かる。このため、適切な意味判定が不可能な英単語を確認して改善する必要がある。適切な日本語の意味判定不可能な英単語の問題を解決する方法を以下に示す。

● 別の英単語の意味を出力

英文を翻訳させて翻訳文を獲得する時に、英文中の英単語がどの日本語の意味に対応しているか分かるようにする必要がある。例えば、「intelligent」という英単語が存在する英文を考える。この英文を翻訳させた時に、英和辞書データを介さずに「intelligent」が翻訳文では「知能」という意味に対応していると確認する。ここで英和辞書データの「intelligent」の日本語の意味と比較して「知能」が存在することが確認できれば最も適切な意味と判定することができる。本実験では、翻訳時に英文の翻訳文しか得ることができないため、MeCabを用いて分ち書きさせて英文中の英単語のすべての日本語の意味を英和辞書データから入手して比較する必要がある。改善方法として、翻訳時に英文中のそれぞれの英単語が翻訳文のどの日本語の意味であるかが分かる翻訳機を利用する必要があると考える。

● 似た意味を持つが辞書に存在しない英単語

これは、翻訳文の単語要素と英和辞書データの日本語の意味が殆ど同じような意味であっても、微妙なニュアンスの違いから生じる。この改善方法としては2つ挙げられる。1つ目は、適切な日本語の意味判定機能で利用した翻訳機が使用している辞書と英和辞書データを一致させる

方法である。前章で挙げた「status」という英単語では、翻訳機の訳では「現状」、英和辞書データでは「状態」や「事態」という意味であった。英和辞書データを翻訳機で利用した辞書と同じ内容にすることで、共に「現状」という意味で一致するため適切な意味を取得することができる。このためには、翻訳機で利用した辞書を獲得する必要がある。2つ目は、類義語を取得して英和辞書データの日本語の意味と比較させる方法である。「現状」という単語の類義語を取得して、その類義語のすべての単語と英和辞書データの日本語の意味を比較させて、適切な意味を判定させる。これにより、英和辞書データの日本語の意味に翻訳文の似た意味が存在しても適切な意味として出力する可能性があると考えられる。

- 否定の意味を持つ英単語

これは、MeCab の分かち書きによって分類された単語要素が複数合わさることで適切な意味となる場合に生じる。この場合、英文中に「not」などの否定の意味が存在するか確認する必要がある。これらの英単語が存在しない場合、否定の単語要素とその前の単語要素を組み合わせて1つの単語要素を確立してマッチングさせる必要がある。この方法で改善できると考えられるが、翻訳文に否定の意味が含まれる度に確認する必要があるため、システムが適切な意味を判定するのに時間を浪費してしまう恐れがある。そこで、別の英単語の意味を出力の改善方法と同様に、翻訳時に英文中のそれぞれの英単語が翻訳文のどの日本語の意味であるかが分かる翻訳機を利用する方法が最適であると考えられる。これにより、MeCab の分かち書きによる単語要素と日本語の意味との不一致を防ぐことができると考える。

- 専門用語

専門用語に分類される英単語は、その英単語の意味を調べて英和辞書データに登録する。

5.2 表示結果による実用性の評価実験

表示結果による実用性の評価実験の結果から考察をする。本機能を用いることで、英文読解速度を約49.8秒向上させることができた。このため、本機能を用いることで英文読解速度が向上することができた。しかし、日本語の意味がすぐに表示させることができない場合があった。これは、スマートフォンを英文

にかざす時に近づけ過ぎてしまったり、暗い場所で使用してしまったためであると考えられる。この問題を解決するためには、スマートフォンを前後に動かしたり、極力明るい場所で使用するなどの注意を利用者に提示する必要がある。このため、本システムを利用する前に、スマートフォンの画面でこのような注意書きを示すことで解決できると考える。また、本評価実験において、英語習得レベルが7の英単語でも被験者が意味を理解している場合があった。このため、英語習得レベルを学年だけではなく、TOEICのスコアなどで分けて、より細かく設定することを検討する。

6. まとめと今後の課題

評価実験を通して、英文読解速度の向上を確認することができたが、適切な意味の獲得率は高い数値が得られなかった。適切な意味の獲得率は、考察で記述した解決方法を実装して向上させることを考える。本実験での日本語表示機能では、予め用意した英単語だけを出力したため、実際の英文には対応していない。このため、すべての機能を一連の流れで利用できるようにシステムを実装して、実際の英文でもリアルタイムで利用できるような検討していきたい。

参考文献

- [1] 寺 朱美, 北村 達也, 落水 浩一郎: WWW ブラウザを利用した日本語読解支援システム, 日本科学教育学会 年会論文集 20, (1996)
- [2] 安達 拓也, 小島 有貴, 濱川 礼: OCR 技術を活用した電子回路図から AR を利用した三次元水路図への自動変換システムの構築, 情報処理学会インタラクティブ2018, pp. 942-947, (2018)
- [3] くじらはんど, 無料英和辞書データダウンロード, <https://kujirahand.com/web-tools/EJDictFreeDL.php>
- [4] SmartSoft, Free Online OCR, <http://www.free-online-ocr.com/>
- [5] 活きた英語の情報発信! 英語漬け.com, <http://www.eigo-duke.com/tango/tangoindex.html>
- [6] Michael Negnevitsky: Artificial Intelligence: A Guide to Intelligent Systems (2nd Edition), Addison-Wesley, pp.11-14, (2005)

自己消去プログラムによる情報漏洩防止システム

石川 達大* 小高 知宏* 黒岩 丈介* 白井 治彦**

Information leakage prevention system by self-clearing program

Tatsuhiko ISHIKAWA*, Tomohiro ODAKA*, Jousuke KUROIWA* and Haruhiko SHIRAI**

(Received January 31, 2019)

In this paper, we proposed a new method to prevent information leakage which is not found in conventional information leakage prevention systems. Using the method of the new information leakage prevention system, the usefulness of the system was discussed.

In recent years, information systems have been used in various places such as personal computers and smart phones due to the spread of the Internet. However, even if companies and organizations take measures against information leakage, information leakage remains unchanged at present.

In this research, we propose new information leakage prevent method using the self-clearing program. To attach the self-clearing program to the confidential information itself, the self-clearing program can delete the confidential information if information leakage occurs.

We conducted an experiment on whether the information leakage prevention system by the self-clearing program actually operates, and examined the usefulness of whether it is possible to prevent information leakage in a new method.

Key words : *Confidential information*

1. はじめに

近年、情報システムはインターネットの普及によりパソコンやスマートフォン等様々なところで利用されている。[1] また、IOT[2] の進歩により、身の回りのあらゆるモノがインターネットにつながるようになった。例えば、家庭用ゲーム機や家電製品、カーナビ、医療の分野まで広がっている。そのため、情報システムは社会生活になくてはならないところまで浸透している現代になっている。

しかし、各企業や団体等で情報漏洩対策をしても情報漏洩が跡を絶たないのが現状である。なぜ、情報漏洩が跡を絶たないのか、それは新しい攻撃・ウイルス等が攻撃者によって考えられたり、組織内部の人

間による情報漏洩が発生しているからと考えられる。攻撃者は、セキュリティ対策を固めてもそこから抜け穴を見つけ出し攻撃する。それを防止したとしても、また次の抜け穴を見つけ出し攻撃してくる。

そのため、セキュリティ対策を施してもその度に突破されてしまい、完璧な情報漏洩防止システムを作成することは難しいと考えられる。また、組織内部の人間による情報漏洩は、誤送信や管理ミス、置き忘れなどヒューマンエラーであるため、DLP[3] や注意喚起、閲覧できるサイトを制限して防ぐことしか出来ない。しかし、ヒューマンエラーであるためすべてをなくすことは出来ず、対策を講じるのが難しいと考えられる。

そこで、本研究での目的は、機密情報の漏洩をすべて防ぐことが出来ないという前提をもとに、機密情報が外部に出た場合に情報漏洩を防止するシステムの開発・実装を行う。

本研究での目的を果たすために、自己消去プログ

* 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

** 工学部技術部

* Human and Artificial Intelligence Systems Course,
Graduate School of Engineering

** Technical Division

ラムによる情報漏洩防止システムを開発した。[4] このシステムは、例えばハッキングなどによる情報漏洩や組織内部の人間による情報漏洩などで機密情報が許可されたパソコンから外部に出た際に、機密情報自体を消去することによって情報漏洩を防止するシステムである。

本論文では、2章で自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムの詳細について述べる。3章で自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムの動作実験の方法、動作例、結果について述べる。4章では、自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムの考察、そして情報漏洩対策における新しい手法の提案を述べる。

2. 自己消去プログラムによる情報漏洩防止システム

本章では、自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムについて述べる。自己消去プログラムとは、自分自身を消去するプログラムである。この自分自身を消去するという性質を利用して、機密情報と合わせることで機密情報自体を消去する。機密情報自体を消去することによって、情報漏洩を防止するシステムを作成し、実装する。

2.1 自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムの構成方法

本説では、自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムの構成について述べる。自己消去プログラムとは、自分自身を消去するプログラムである。この自分自身を消去するという性質を利用して、機密情報と合わせることで機密情報自体を消去する。機密情報自体を消去することによって、情報漏洩を防止するシステムである。機密情報自体を消去するかどうかは、許可されたパソコンか許可されていないパソコンかで処理が分かれている。条件判定としては、パソコン固有の情報を用いる。パソコン固有の情報を用いることによって、機密情報を見ることを許可されたパソコンか許可されていないかを判断する。

許可されたパソコンの場合の自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムが、機密情報を編集できるまでの流れを以下に示す。

1. 自己消去プログラムの中に機密情報を埋め込む
2. 許可されたパソコンに機密情報が存在する
3. 許可されたパソコンでプログラムを実行する

4. 許可されたパソコンまたは許可されていないパソコンかを判断する
5. 自分のパソコンの場合、機密情報が開かれ編集することが出来る

許可されていないパソコンの場合の自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムが機密情報自体を消去するまでの流れを以下に示す。

1. 自己消去プログラムの中に機密情報を埋め込む
2. 攻撃者に機密情報が抜き取られる、組織内部の人間による誤送信や管理ミス、紛失・置き忘れなどにより間違った相手に機密情報を送ってしまう
3. 許可されていないパソコンでプログラムを実行する
4. 許可されたパソコンまたは許可されていないパソコンかを判断する
5. 許可されていないパソコンの場合、機密情報自体を消去する

自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムは上記のような流れのシステムである。許可されたパソコンと許可されていないパソコンで処理が分かれている。許可されたパソコンか許可されていないパソコンかを IP アドレスによって判断している。

IP アドレスとは、インターネット上に接続された機器が持つ番号のことである。データをやり取りする際、ネットワーク上で通信相手を間違わないようにするために使われる。IP アドレスには種類やルールが存在する。IP アドレスは、ネットワーク上の機器を識別するために割り当てられているため、インターネット上での住所のような役割をしている。

自己消去プログラムがどのように機密情報自体を消去するのかのフローチャートを図 1 に示す。

まず、自己消去プログラムが実行されるかどうかで処理が分かれる。自己消去プログラムが実行されなかった場合、機密情報自体を見る事が出来ない為機密情報は守られている。自己消去プログラムが実行された場合、実行されたパソコンの IP アドレスを取得する。次に、取得した IP アドレスが許可されたパソコンのものであるかどうかで処理が分かれる。IP アドレスが許可されたパソコンのものであった場合、機密情報編集システムへ移行する。許可されていないパソコンの場合、自己消去処理を行い、機密情報自体を消去する流れに移行する。

2.2 機密情報編集システム

本説では、機密情報編集システムについて述べる。

知られたくない情報が書いていないソースファイルを用意する。ここで知られたくない情報は、機密情報の中身とする。まず、知られたくない情報が書いていないソースファイルをコンパイルする。コンパイルして出来た実行ファイルを実行する。次に、機密情報編集を許可されているかの条件判定に入り、次の処理へ進む。次の処理としては、gedit やメモ帳を新規に立ち上げて開く。そこで、機密情報を編集し閉じた場合、次の処理に移る。機密情報の中身を知られたくない情報が書いていないソースファイルの機密情報の配列の行を書き換える。この処理が終わった時点では、知られたくない情報、機密情報の中身が入った状態のソースファイルとなっている。次に、機密情報の中身が入った状態のソースファイルをコンパイルし、機密情報の中身が入った実行ファイルを作成する。これと同時に、機密情報のファイルを消去する。機密情報の中身が入った実行ファイルが作成された時に、機密情報のファイルを消去することによって前回編集した機密情報が実行ファイルの中に残っている状態になっている。次に、機密情報の中身が入った状態のソースファイルの機密情報が入った配列の行を消去する。そして、機密情報が空の状態の配列に書き換える。この処理を行うことによって、機密情報の配列の中身が空のソースファイル、元のソースファイルに戻すことが

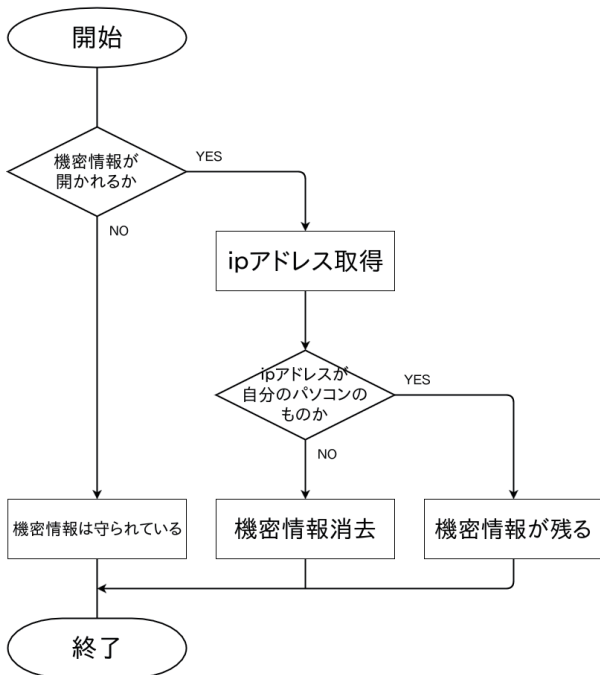


図1 自己消去プログラムの流れ

出来る。そのため、ソースファイルを抜き取られり、誤送信などで送ってしまった場合でも、機密情報が簡単に見ることができず、漏洩しない状態となっている。上記のような手順によって前回編集・保存した機

2.3 java の自己消去プログラム

本説では、java 言語の自己消去プログラムについて述べる。

java 言語の自己消去プログラムは、実行環境に依存しない自己消去プログラムである。実行環境に依存しなければ、自己消去プログラムは確実に実行することができ、機密情報を見られる可能性を低くすることが出来ると考え、実行環境に依存しない java 言語での自己消去プログラムを作成した。

java の自己消去プログラムを作成する上で問題なのは、機密情報編集システムである。機密情報編集システムでは、OS のコマンドを用いて実行する。OS のコマンドは、OS ごとに違うため処理が OS ごとに分かれる。java の自己消去プログラムのフローチャートを図2に示す。

まず、自己消去プログラムが実行された場合、IP アドレス取得の処理に入る。取得した IP アドレスが許可されたパソコンのものかどうかで処理が分かれる。許可されていないパソコンの場合、機密情報消去の処

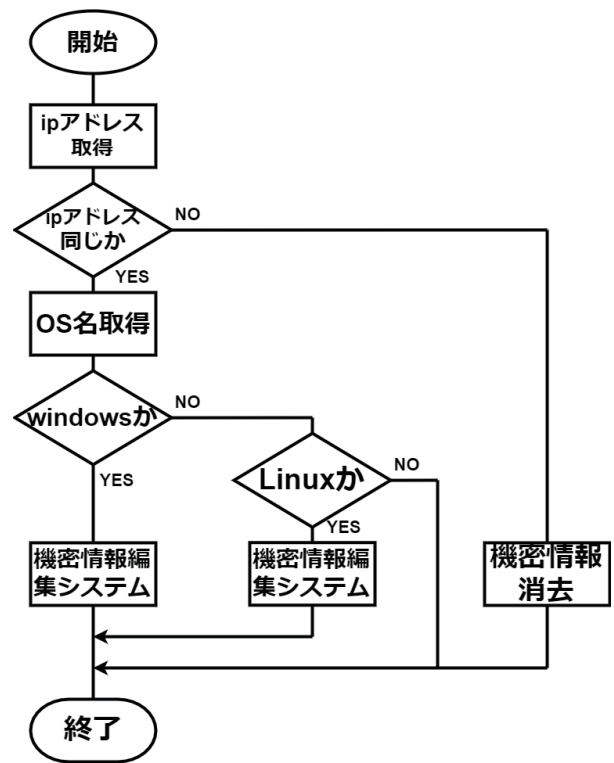


図2 java の自己消去プログラムフローチャート

理に入る。機密情報消去の処理では、java 言語のプログラムで実行することが出来るため、OS に関係なく機密情報自体を消去することが出来る。IP アドレスが許可されたパソコンのものの場合、OS 名取得の処理に入る。OS 名を取得した次にその取得した OS 名が Windows かどうかで処理が分かれている。OS 名が Windows の場合、機密情報編集システムの処理に入る。取得した OS 名が Windows ではない場合、次に取得した OS 名が Linux かどうかで処理が分かれている。OS 名が Linux の場合も機密情報編集システムの処理に入る。OS 名が Window、Linux でない場合は、機密情報消去の処理に入る。

上記のような流れで java の自己消去プログラムは動作する。ip アドレスが許可されたもので、自己消去プログラムが実行されたパソコンが Windows、Linux の場合は、機密情報編集システムの処理に入り機密情報を編集することが出来る。

ip アドレスが許可されていないものまたは、ip アドレスが許可されていても自己消去プログラムが実行されたパソコンが Windows、Linux でない場合は、機密情報を消去する。機密情報自体を消去することによって情報漏洩を防止するシステムである。

2.3.1 Linux での実現

本説では、OS が Linux の場合の java での自己消去プログラムについて述べる。java の自己消去プログラムを実行した際、機密情報編集システムが OS ごとによって処理が分かれている。OS ごとに処理が分かれているため、それぞれの処理をフォルダに分けた。OS が Linux での処理があるプログラムをまとめたフォルダが Linux フォルダである。Linux フォルダの内容を図 3 に示す。

OS が Linux である場合のそれぞれのプログラムについて述べる。

gedit.java は、Linux で機密情報を編集するためのプログラムである。Linux では、機密情報を編集する場合、gedit を用いる。そのため、gedit.java では、gedit を起動して編集・保存して閉じるまでの処理が書かれている。

sed1.java、sed2.java、sed3.java は、Linux の sed コマンドを用いるためのプログラムが書かれている。sed の s コマンドを用いることによって、文字列を全置換したり、行単位で抽出したり、削除したり、様々なテキスト処理が出来る。このコマンドを用いることによって、ソースファイルの sample.java の中身を置換

することによって、機密情報編集システムを構成している。

sed1.java では、gedit で編集し終わった機密情報の中身を取得し、ソースファイルの sample.java の機密情報を格納する配列の行を書き換えている。

sed2.java、sed3.java では、機密情報が簡単に見られないようにするためのプログラムである。sed1.java によって、ソースファイルの sample.java の機密情報を格納する配列の行を書き換えているため、gedit で編集し終わった機密情報の中身がそのままソースファイルの sample.java に残っている。そのため、ソースファイルの sample.java を抜き取られてしまった場合、簡単に機密情報を見ることができ、すぐに機密情報が漏洩してしまう。そこで、sed2.java により、ソースファイルの sample.java の機密情報が格納されている行を消去し、sed3.java によって機密情報が格納されていない元の空欄の行を挿入する。上記のような処理を行うことによって、sed1.java によってソースファイルの sample.java の機密情報を格納する配列の行を書き換えて、sed2.java、sed3.java によってソースファイルの機密情報を格納する配列が空欄の元の行に戻す処理を行う。この 2 つの処理を行うことによって、ソースファイルの sample.java が抜き取られてしまった場合でも、機密情報が簡単に見れてしまうことを防いでいる。

compairu.java は、2 回目のコンパイルを行うプログラムである。sed1.java によって、gedit で編集し終わった機密情報を取得するが sed2.java、sed3.java によって元のソースファイルに戻してしまう。そのため、機密

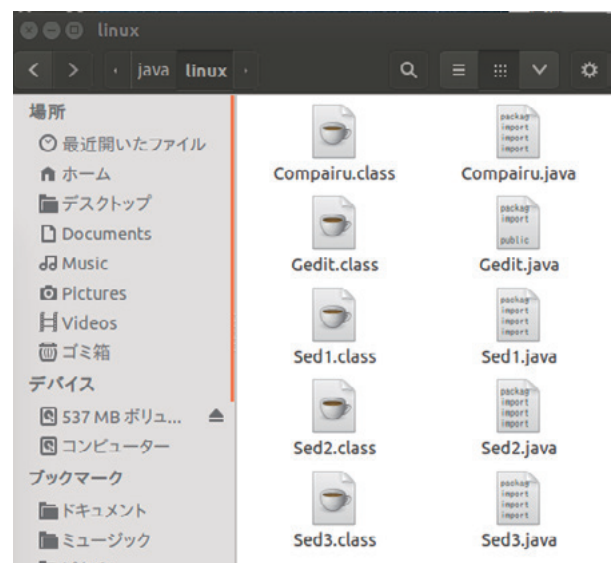


図 3 Linux フォルダの中身

情報がどこにも残らないので自己消去プログラムの2回目の実行で機密情報が新しくなり、前回編集した内容が見れなくなってしまう。そこで、`compairu.java`によって2回目のコンパイルを行うことによって、2回目に実行した場合、前回の機密情報を見れるようなプログラムになっている。2回目のコンパイルのタイミングは `sed1.java` によって `gedit` から機密情報を取得し配列に格納した後にコンパイルを行う。このタイミングでコンパイルすることによって、機密情報が格納された配列が書かれているソースファイルの `sample.java` ごとコンパイルするため、実行ファイルの中に機密情報が残る形になっている。その後 `sed2.java`、`sed3.java` によってソースファイルの `sample.java` に書かれている機密情報を格納する行を消去することによって簡単に機密情報を見ることを出来なくし、タイミングよくコンパイルすることによって前回の機密情報が2回目の実行の時に見れる形になっている。

OS が Linux の場合は上記のような内容で、プログラムが動作することによって自己消去プログラムを実行している。

2.3.2 Windows での実現

本説では、OS が Windows の場合の `java` での自己消去プログラムについて述べる。`java` の自己消去プログラムを実行した際、機密情報編集システムが OS ごとによって処理がわかれている。OS ごとに処理が分かれているため、それぞれの処理をフォルダに分けた。OS が Windows での処理があるプログラムをまとめたフォルダが Windows フォルダである。その内容を図4に示す。

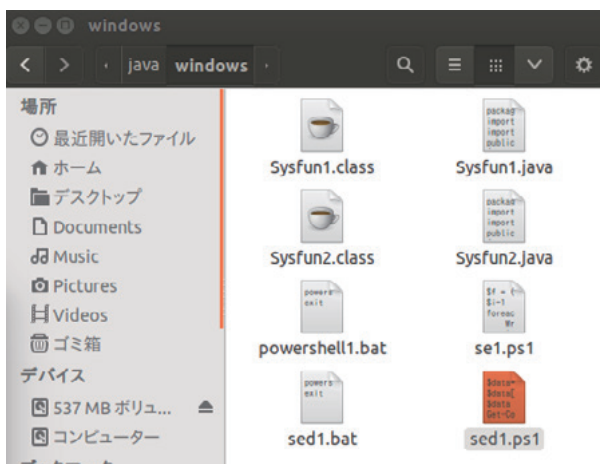


図4 Windows フォルダの中身

OS が Windows である場合のそれぞれのプログラムについて述べる。

`sysfun1.java` は、Windows で機密情報を編集するためのプログラムである。Windows では、機密情報を編集する場合、`notepad`・メモ帳を用いる。そのため、`notepad` を起動して編集・保存して閉じるまでの処理が書かれている。

`powershell1.bat`、`sed1.bat`、`se1.ps1`、`sed1.ps1` は、機密情報を書き換える処理である。Linux の場合、`sed` コマンドがあるため、ファイルの中の文字列を書き換えることが容易にできた。しかし、Windows では `sed` コマンドのような容易に文字列を書き換えるコマンドが無いため、`powershell` を用いて機密情報の中身を書き換えている。

`powershell` とは、マイクロソフトが開発した拡張可能なコマンドラインインターフェースシェル及びスクリプト言語である。`powershell` は Windows7 から有効になった機能であり、コマンドプロンプトよりもさらに強力で、スクリプトを書く為の言語として導入されている。`powershell` を用いることによって、コマンドプロンプトより様々な処理が出来るようになり、ファイルの中身を書き換えることが出来る為、`powershell` を用いている。

`powershell1.bat`、`sed1.bat` では、スクリプトファイル `se1.ps1`、`sed1.ps1` を別端末で実行させるためのファイルである。`se1.ps1`、`sed1.ps1` は、`powershell` でしか実行することが出来ないため、あらかじめ `powershell` に入って `se1.ps1`、`sed1.ps1` を実行しなくてはならない。しかし、すべて自動で自己消去プログラムを実行するために `powershell1.bat` によってコマンドプロンプトから `se1.ps1`、`sed1.ps1` を実行させている。それぞれのスクリプトファイルを実行した後に新しい端末を閉じるための処理が書かれている。

`se1.ps1` は、機密情報の中身を配列に格納する処理が書かれている。`se1.ps1` では機密情報のテキストファイルから機密情報を取得し、機密情報を格納する配列の行のみ書き換えてそれを別のファイル `sample1.java` に保存する。次に `sample1.java` のファイルの中身全部を `Sample.java` に上書きを行い、`sample1.java` を消去する処理を行っている。`se1.ps1` は Linux での `sed1.java` と同じような処理を行っている。

`sed1.ps1` は機密情報を簡単に見れないようにするための処理が書かれている。Linux と同様に Windows でも機密情報の中身を取得しソースファイルの `sample.java` に書き換えている。そのため、ソースファイルの `sample.java` を抜き取られてしまった場合、簡単に機密情報を見ることができ、すぐに機密情報が漏

洩してしまう。sed1.ps1 では、sample.java の機密情報が格納されている配列の行を消去し、機密情報が格納されていない元の空欄の行を挿入している。sed1.ps1 は Linux での sed2.java、sed3.java と同じような処理が書かれている。

sysfun2.java は Linux の場合と同様に 2 回目のコンパイルを行うためのプログラムが書かれている。Linux と Windows の場合でコンパイルの仕方が違うため、Windows ではオプションをつけてコンパイルしている。Windows では-encoding UTF-8 というオプションをつけることによってファイル処理における文字化けがなくなるようになっている。Windows でのコンパイルのタイミングは、se1.ps1 によって機密情報の中身を取得しソースファイルの Sample.java を書き換えた後に 2 回目のコンパイルを行う。そして、sed1.ps1 によって、ソースファイルの Sample.java の機密情報が格納される配列の行を機密情報が格納されていない元の空欄の行を挿入している。

OS が Windows の場合は上記のような内容で、プログラムが動作することによって自己消去プログラムを実行している。

3. 実験結果

本章では、2 章で述べた java の自己消去プログラムが実際に動作するかの 2 つの動作実験の方法について述べる。次に、動作実験によって得られた動作例、結果について述べる。

3.1 実験方法

java の自己消去プログラムでは、環境に依存しない自己消去プログラムの作成を目的とした。動作実験 1 として、java の自己消去プログラムを許可されたパソコンで、OS が Windows、Linux の場合、実際に動作し機密情報が表示され編集できるのかの実験を行う。次に 2 回目以降を実行し、前回編集・保存した機密情報の内容が保存されていて機密情報を表示できるのかの確認を行う。動作実験 2 として、自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムを USB やメールなどを用いて、OS が Windows、Linux 以外のパソコン・許可されていないパソコンへ移す。OS が Windows、Linux 以外の場合と許可されていないパソコンの場合、実際に動作し機密情報自体が消去されるのかの実験を行う。

3.2 動作例

本説では、java の自己消去プログラムの動作例・結果について述べる。java の自己消去プログラムの動作例を図 5 に示す。

図 5 から図 7 では、OS が Windows であり、IP アドレスが許可されたパソコンでの画面である。

図 5 では、IP アドレスが許可されたパソコンのもので、OS が Windows である場合にメモ帳で機密情報 kimitu.txt を開いている画面である。まず Sample.java をコンパイルしている。OS が Windows である場合、文字コードが異なる為オプションにて文字化けしないようにしている。許可されたパソコンの IP アドレスは、192.168.56.1 である。そして、取得した IP アドレスは 192.168.56.1 である。設定された IP アドレスと取得した IP アドレスが同じである為、次に OS 名を取得する処理に移っている。取得した OS 名が Windows であるため、OS が Windows の場合の処理に移っている。OS が Windows である場合の機密情報編集システムが実行されメモ帳によって機密情報と仮定した kimitu.txt が開かれるようになっている。メモ帳によって kimitu.txt が立ち上がっている間は、kimitu.txt は Windows フォルダ内に表示されている。図 5 の動作時にメモ帳の kimitu.txt の中に「機密情報」という文字列を書き込み保存している。

図 6 は、メモ帳を閉じた後の画面である。メモ帳を閉じた後に前回編集した内容を保存するために機密情報編集システムの処理を行っている。機密情報編集システムの中で Windows フォルダ内の kimitu.txt を消去する処理に移っている。kimitu.txt を消去することによって機密情報が残らない形になっている。

図 7 は、2 回目の実行の画面である。2 回目の実行の際も ip アドレスが許可されたパソコンのものか、OS 名が Windows であるかを条件判定している。2 回目の実行の際、機密情報編集システムによって前回編集・保存した機密情報がメモ帳を用いて kimitu.txt 内

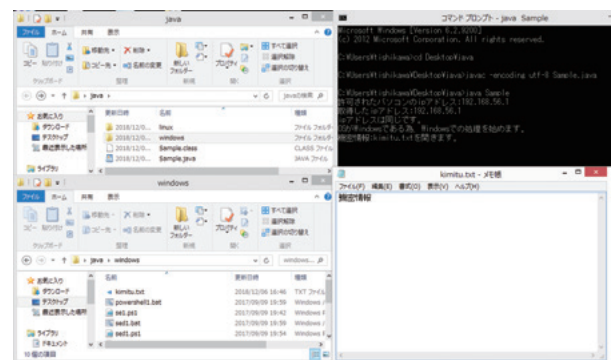


図 5 機密情報を開いた画面

に表示されている。機密情報編集システムによって2回目以降前回編集・保存した機密情報が残る形になっている。

図5から図7のようにOSがWindowsであり、IPアドレスが許可されたパソコンの場合、実際に動作し機密情報を編集することが可能であり、2回目以降の実行の際も前回編集・保存した機密情報を表示することが出来た。

IPアドレスが許可されたパソコンでOSがLinuxの場合でも同様の結果を表示することが出来た。

次に、javaの自己消去プログラムが許可されていないパソコンで実行された場合を示す。

図8、9は許可されていないパソコンでjavaの自己消去プログラムを実行した図である。ipアドレスが許可されていないパソコンのため機密情報自体を消去している。USBなどを用いてjavaの自己消去プログラムを移動し実行している。

図8では、許可されていないパソコン上でソースファイル Sample.java をコンパイルしている画面である。端末の名前が異なるため、許可されていないパソコンと分かる。

図9は、許可されていないパソコン上でjavaの自己消去プログラムを実行している結果画面である。java

の自己消去プログラムを実行したパソコンが許可されないパソコンのため機密情報自体を消去している図である。許可されたパソコンのIPアドレスとして設定した値は192.168.111.10である。次に取得したIPアドレスの値は192.168.111.140であり、許可されていないパソコンである。設定されたパソコンのIPアドレスと取得したIPアドレスで相違があるため機密情報自体を消去する処理に移っている。javaのフォルダ内にはソースファイル Sample.java、実行ファイル Sample.class、window フォルダ、Linux フォルダが存在している。2つのファイルはそのまま消去し、2つのフォルダはフォルダ内のファイルごと消去している。図40からわかるようにjavaの自己消去プログラムが実行された後のjavaフォルダ内には、すべてのファイル、フォルダが消去されていることがわかる。図のように機密情報自体を消去することで機密情報の中身を見ることが出来ないため、情報漏洩を防止している。

図8、9のようにOSに関係なく、IPアドレスが許可されていないパソコンの場合、機密情報自体を消

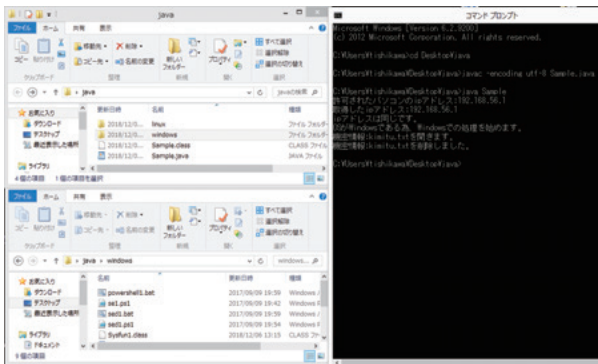


図6 機密情報を閉じた画面

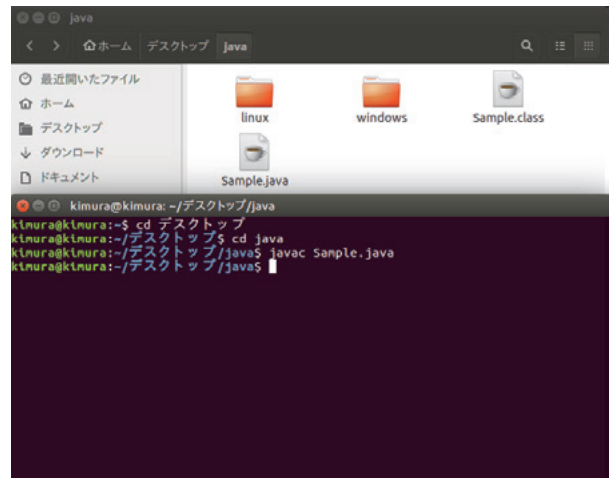


図8 消去前の画面

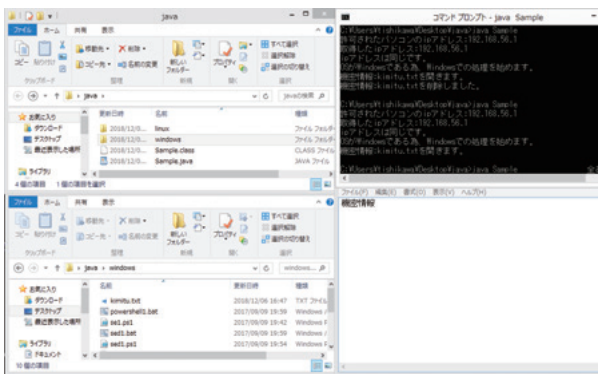


図7 機密情報を開いた画面(2回目)

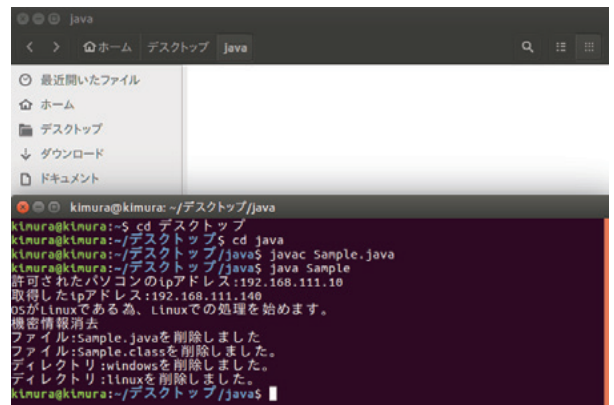


図9 消去後の画面

去することが出来た。機密情報自体を消去することによって情報漏洩を防止する結果となった。

4. 考察

本章では、java 言語を用いた自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムについて考察を行う。

java 言語を用いることによって自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムが許可されたパソコンかつ OS が Windows と Linux の 2 つの場合に機密情報を編集することができ、許可されていないパソコン又は OS が Windows と Linux ではない場合に機密情報自体を消去することが出来た。

機密情報編集システムをそれぞれの OS ごとに処理を分けることによって自己消去プログラムの中に機密情報を格納することが出来た為、機密情報自体を消去することが出来る。

本研究では、従来の情報漏洩防止システムにはない、機密情報が外部に出た後にも情報漏洩を防止することが出来るシステムを開発することによって、今まで情報漏洩をしてきた原因にも対処することが出来ると考える。

しかし、本手法では自己消去プログラムによる情報漏洩防止システム自体が守られていないため、逆コンパイルやコードを書き換えられた場合、機密情報が漏洩してしまう。そのため、自己消去プログラムによる情報漏洩防止システム自体を守るためにコードを書き換えづらくすることや、従来の情報漏洩防止システムと組み合わせることによって、様々な情報漏洩のケースに対応することが出来ると考える。

以上のことから、本研究で開発した自己消去プログラムによる情報漏洩防止システムは従来の情報漏洩防止システムの問題点を改善でき、情報漏洩を防止することが出来る新しい手法であるため有用性があると考えられる。

5. 参考文献

[1]<https://iphone-mania.jp/news-201799/>

[2]<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h29/html/nc133100.html>.

[3]Kevin Alejandro Roundy, El Segundo,CA (US);
Anand Kashyap, Pune (IN):SYSTEMS AND
METHODS FOR DETECTING INFORMA-
TION LEAKAGE BY AN ORGANIZATIONAL

INSIDER,US 9,652,597 B2,May 16, 2017

[4]石川 達大,小高 知宏,黒岩 丈介,諏訪 いずみ,
白井 治彦.自己消去プログラムによる情報漏洩
防止システム.平成 28 年度電気関係北陸支部連
合大会 2016.

IT 技術を活用した教育支援システムの実現

三谷 文乃* 小高 知宏* 黒岩 丈介** 白井 治彦*** 諏訪いづみ**

Educational support system using IT technology

Fumino MITANI*, Tomohiro ODAKA*, Jousuke KUROIWA**,
Haruhiko SHIRAI*** and Izumi SUWA**

(Received February 1, 2019)

In this paper, we show how to construct an educational support system using Information Technology(IT). Since IT technology is evolving day by day, utilization of Artificial Intelligence(AI) and big data are expected to spread. From that expectations, it is necessary to promote education using Information Communication Technology(ICT) even in the educational setting. However, there are many lecture type lessons in current classes but few lessons utilizing ICT. We have developed an educational support system that utilizes IT technology for lecture-type lessons. We have created three main systems, which are the Web blackboard system, the preliminary review video delivery system, and the remote lesson support system. The Web blackboard system saves the labor of writing on the instructor's blackboard and it helps students review their preparations. The preliminary review video distribution system distributes prepared lecture explanation video on the Web page. The remote lesson support system supports distant class by delivering lecturer's video together with Web blackboard system. By using these class support systems, it is possible that ICT can be used for lecture-type lessons, which can encourage students' willingness to learn.

Key words :Class Support, IT technology, Web Blackboard System, WebRTC, Video

1. はじめに

近年、情報通信技術 (ICT) が急速に発達しており、特に日本国内において平成 26 年度末におけるインターネットの人口普及率は 80%を超えている。

文部科学省は新学習指導要領において、情報活用能力が、言語能力、問題発見・解決能力等と同様に「学習の基盤となる資質・能力」と位置付けられ、「各学校において、コンピュータや情報通信ネットワークなどの情報手段を活用するために必要な環境を整え、

これらを適切に活用した学習活動の充実を図る」ことが明記されるとともに、小学校においては、プログラミング教育が必修化されるなど、今後の学習活動において、積極的に ICT を活用することが想定されると述べている [1-3]。

また近年の教育現場の傾向として、将来問題解決能力を持った人材を育成するために、学生が能動的に学ぶことができるような「アクティブ・ラーニング」といった授業形態が推進されてきている [4]。アクティブラーニングの授業形態は、主に少人数授業やグループワークなど用いて行う場合が多い。

しかし、大学での講義になると一つの講義に受講する学生は 20~100 人の大人数が一般的である。よって、1 対大人数の講義形式の授業にならざるを得ない。

アクティブ・ラーニングが注目され、今後増加することが予想できる中、すべての講義型授業をアクティ

* 大学院工学研究科 原子力・エネルギー安全工学専攻

** 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

*** 工学部技術部

* Nuclear Power and Energy Safety Engineering Course,
Graduate School of Engineering

** Human and Artificial Intelligence Systems Course,
Graduate School of Engineering

*** Technical Division

ブ・ラーニング型授業にすることは難しい。しかし、学生の学習意欲を向上させ、将来生きる力を持った人材を育成することは必要であると考えられる。

そこで本研究では、大学生を対象とした、主に講義型授業における ICT を活用した教育支援システム構成方法について検証していく。具体的には、3つのシステムを開発する。そのシステムとは、「Web 黒板システム」、「予習復習動画配信システム」、そして「遠隔授業支援システム」の3つである。このシステムを使用して、学生の学習の支援を行い学習意欲を高め、効率を高める。また、教員の講義の質を高めるためにも利用できる。

本論文では、2章で現代の教育現状について述べ、3章では本研究における教育システムの構築について述べる。4章では教育システムの実装について具体的に述べ、5章で開発したシステムについて考察し、総括する。

2. IT 技術と教育支援システム

2.1 ICT を活用した教育支援システム

現在、ICT を活用した教育支援システムと呼ばれるものの種類として主に講義中に使われる「授業支援システム」、学生が自主学習などで活用する「学習支援システム」、などが存在している。

2.1.1 授業支援システムの例

ここでは、製品として取り扱われている授業支援システムを紹介する。講義中に使われる授業支援システムの例として、電子黒板システムや教材表示装置が挙げられる。これらは、黒板に文字を書くような感覚で使用することができ、スマートフォンやタブレットのように拡大や縮小を行うことができる。パソコンの内容を映し出すことが可能なため、実際には表示することが難しい写真や画像、さらには動画なども表示することができる。

他には、遠隔授業を支援するシステムなども商用で販売されている。近年地方と都市部での教育格差が問題となっており、地方でも都市部と同じような教育を受けられるような遠隔授業支援システムというものが注目されてきている。主に Web 会議システムを利用しているものが多く、主に多くの製品がタブレットなどを使っている。これにより映像や音声、また資料などをリアルタイムでやり取りすることも可能になっている。

2.1.2 学習支援システムの例

次に、学生の自主学習などを支援していく、学習支援システムについても紹介する。学習支援システムとして代表的なのが、「e-learning」といったものである。e-learning とは、インターネットを使った学習のことであり、いつでもどこでも好きな時間に学習ができることが利点である。

その中でも、オンデマンド授業配信システムがある。これは、予め授業を録画しておき、その動画を閲覧しながら好きな時間に授業を受けることができるといったシステムである。動画のコンテンツ形式には、主に3つに分けられる。

- 資料同期型
- 動画一画面型
- 教室授業収録型

まず資料同期型について説明する。この方法は主に PDF のスライドのようなものを映しておき、その資料に沿って講師の解説音声に乗せていくといった動画形式である。学生は、実際に教室でスクリーン上に表示されるスライドを見ながら授業を受けるような感覚でオンデマンド授業を受けるという形になる。

次に動画一画面型である。主に使われるのはクロマキー等を使う。クロマキーとは、天気予報などで緑のスクリーン上に CG で天気予報図を合成している場合によく使われる技術である。これは動画などを用意しておき、緑のスクリーン上に映し出される映像に講師が身振り手振りを交えながら解説、その動画を見ながら学生は授業を受ける。

3つ目は教室授業収録型である。これは図1を参照してもらえば分かるように、黒板もしくはスクリーンと講師を録画しておき、その動画を配信する方法である。これは授業開始前にカメラを設置しておけばよく、この3つの中では準備をするのが一番簡単である。

2.2 既存システムの問題点

2.1 節では、ICT を活用した教育支援システムの例を挙げた。しかしこれらには問題点が存在している。

2.2.1 既存の講義支援システムの問題点

まずは、電子黒板システムの問題点を述べる。電子黒板システムは、確かに拡大縮小を手軽に行えたり、黒板に文字を書くような感覚で使うことが可能であ

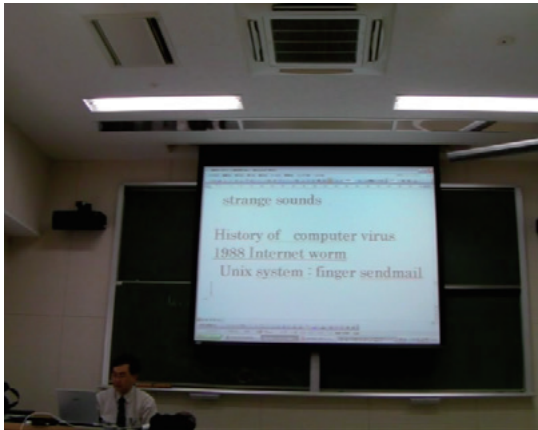


図1 教室授業収録型配信システムのイメージ

る。しかし、電子黒板システムを使用することを考えると、それを映し出すためのプロジェクタやPC、もしくは既存の商用システムを準備しなければならない。そのため、教育現場への導入にコストがかかってしまう点が問題点であると考えられる。

また、遠隔授業支援システムの問題点として、一般的に行われている黒板を使った講義型授業で遠隔授業を行おうとすると、電子黒板システムと同じような理由で機材の準備にコストが掛かってしまう。また、遠隔授業ではリアルタイム性が求められる。遠隔授業ではWeb会議システムを利用したものも存在する。Web会議システムならば、PCやマイク・カメラさえあれば簡単に導入できるといったメリットはあるものの、閲覧するクライアント側が大人数になってしまうと、商用製品を使う場合だと人数に応じてコストがかかってしまう。その理由はリアルタイム通信になるとどうしても配信側に負荷がかかってしまうためである。

2.2.2 既存の学習支援システムの問題点

次に、予習復習用動画配信システムの問題点を述べる。このシステムの問題点は、動画を用意するのが大変になってしまう点である。もし教室収録型の動画を配信しようとする場合、カメラを用意して逐一録画しておく必要がある。また、動画の編集や変換などを行いWebに公開するのも手間がかかってしまう。教員不足が問題になっている近年、講師に負担がかかりすぎるシステムは不適切である。

2.3 本研究の手法

2.2節で述べた既存システムの問題点から考えられる、解決すべき課題は教育現場への導入がしやす

くコストがかかりにくいようなシステム設計にすることが望まれる。ICTを使ったほうが便利になる点があるのは明白である。資料の共有や、テキスト・動画などの配信や編集・保存などである。しかし、導入がされにくいのは今の指導スタイルのほうが慣れているため、新しい授業スタイルを導入するのが大変、または面倒だという弊害があるからだと考えられる。その壁をまずは解決し、講義形式の授業にICTを導入してみて、学生が能動的に学習に取り組めるような教育支援システムを作っていく。

具体的には、2.2節で挙げた3つのシステム、「Web黒板システム」、「予習復習用動画配信システム」、「遠隔授業支援システム」の3つを組み合わせた教育支援システムを開発し、そのシステムの性能面での評価、実際に教師と学生に使用してもらい、その使用評価をしていく。

3. 本研究における教育支援システムの構築

本章では、教育支援システムの構築方法について述べる。現在の我が国の教育方針として、社会の情報化・グローバル化に対応した人材を育成するために、ICTを活用した教育が推進されてきている。また、講師不足や講師に求められる教育の質の負担を減らし、学生の能動的な学習の手助けのためにもICTを活用した教育支援システムが必要になってきていると考えられる。

よって本研究では、授業中の支援を行う「授業支援システム」「学習支援システム」の機能を組み合わせた教育支援システムをIT技術を用いて構築する。そして今回実装するのは以下の教育システムの3つの機能である。

- Web黒板システム
- 予習復習動画配信システム
- 遠隔授業支援システム

以下の節でその機能について詳しく述べていく。

3.1 Web黒板システム

まず、Web黒板システムの利点について詳しく述べる。Web黒板システムというのは、Webページを使った黒板システムである。Web黒板システムがあることにより、講師は黒板に文字を書く手間が省ける。黒板にチョークを使って文字を書くことがなくなれば、文字を書くのにかかっていた時間を、学生の質問に答える時間や解説に当てることができる。

また、学生は学生用 Web ページを見ながら黒板内容を確認することができるので、一人一人が見たい部分を閲覧することができる。黒板だと板書を消されてしまったら、あとで他の人に見せてもらう事しか確認ができない。Web 黒板システムならば授業が終わったあとでも黒板内容を確認することができるので、復習にも利用することができる。また、教室が広くて黒板が見えづらい場合でも Web 黒板システムならば拡大して閲覧することができる。

次に、Web 黒板システムの構成について詳しく述べる。まず講師と学生用でそれぞれ Web ページを用意する。講師は講師側ページでタイピングによって黒板内容をリアルタイムで打ち込んでいく。学生は学生側ページ、もしくは Web ページに反映された黒板内容を映したスクリーンを閲覧しながら授業を受ける。講師が Web ページから書き込んだ内容は、サーバーを通してやり取りされ、リアルタイムで保存・反映がされる流れになる。

詳しい使用の流れを図 2 に示す。

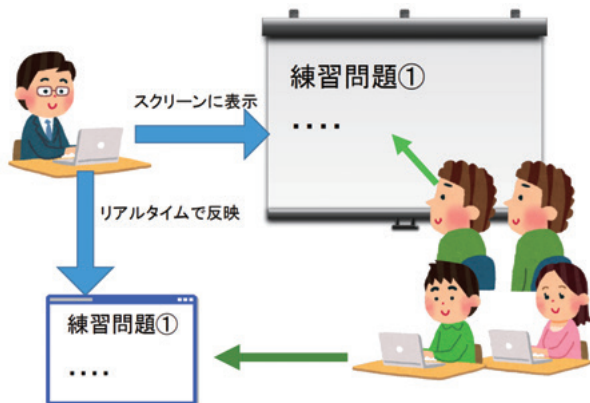


図 2 Web 黒板システムの構成

3.2 予習復習用動画配信システム

次に予習復習用動画配信システムについて図 3 を示しつつ述べる。予習復習用動画配信システムというのは、学生が授業時間外で利用するオンデマンド動画配信システムである。解説動画は、講師が PC の画面キャプチャ機能を利用して、PC 上資料を動かしながら説明しながら作成する。講師の解説を PC のマイク機能を使って収録するので、PC のみで動画を作成できる。そしてデータベースに保存をしておくことも可能である。

また、学生は予習復習動画を閲覧することで、Web 黒板システムだけでは聞き逃してしまう授業中の講師の解説を補うことができる。これにより、より能動的に学習できると考えられる。

的に学習できると考えられる。

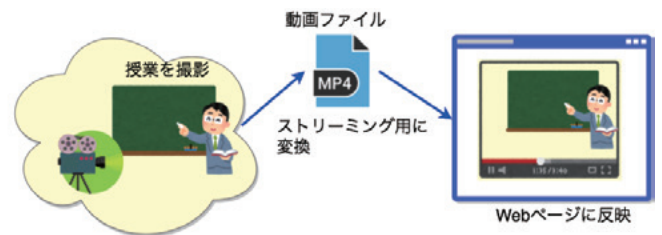


図 3 予習復習用動画配信システムの構成

3.3 遠隔授業支援システム

次に遠隔授業支援システムの構成について詳しく述べる。遠隔授業支援システムとは、学生が遠隔地からでも授業を受けられるように支援するシステムのことである。もし学生が遠隔地にいる場合、風邪や病気などで授業を受けるのが困難な場合、このシステムを利用する。授業内容を理解するだけならば、Web 黒板システムと予習復習用動画配信システムである程度は理解ができる。しかし、現在の教育方針は「どう学ぶか」という点を重視している。学生が能動的に学び、学ぶ姿勢を重要視している。そのため、遠隔授業支援システムでは学生が実際に質問などをしながら遠隔地でもリアルタイムで授業を受けることができるようなシステムにするべきだと考えられる。

本研究では、講師と学生の総合的な教育支援システムの開発を目的としている。そのため、Web 黒板システムを利用しながらの遠隔授業支援システムの開発が必要になると考えられる。図 4 に示す。

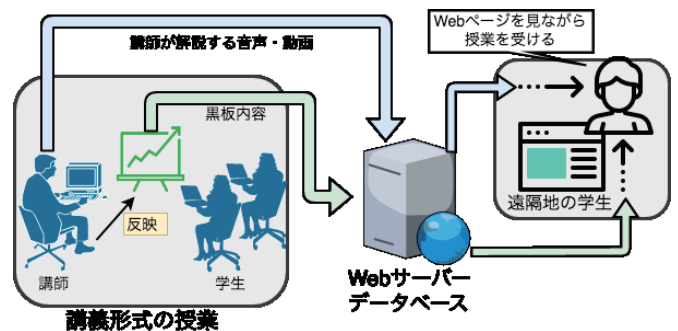


図 4 遠隔授業支援システムの構成

講師は Web 黒板システムを利用しながら黒板内容を表示させる。ページ上に組み込んである動画配信機能を起動させると、カメラが起動し講師の解説音声と動画がリアルタイム配信される。学生側は、Web 黒板システムで黒板内容を閲覧すると同時に、動

画配信される講師の解説音声と動画を見ながら講義を受ける。

4. 実装

本章では、本システム機能の詳しい実装方法について述べる。

4.1 サーバ

表1に本研究で構築したサーバの設定を示す。

表1 サーバの環境

CPU	3.60GHz,Intel(R) Core(TM) i7-7700
メモリ	16GB
OS	Ubuntu(Ver.16.04.5 LTS)
データベース	MySQL(Ver 14.14 Distrib 5.7.24)
Web サーバ	Apache(Ver2.4.18) Node.js(Ver10.2.1)
導入言語	PHP(Ver.7.2.9-1)

教育支援システムを実装する際、講義内容を保存するDBや動画配信の動画を変換し配信するストリーミングサーバを用意しておく必要がある。必要になるサーバ機能としては、大きく分けて

- Web サーバ
- データベース
- 動画配信機能

の3つである。以下の節で詳しく説明する。

4.1.1 Web サーバ

Web サーバは、サーバ内に保存された講義内容や講義動画を Web ページを通して表示、配信するために必要な機能である。今回の研究で使った Web サーバは、Apache2とNode.jsに搭載されているHTTP通信ができる機能を使用した。

Web 黒板機能、遠隔授業支援システムではリアルタイムの通信が必要となる。そのため、静的なページ、たとえば学生のログインページや講師の講義名登録ページなどはApache側で実装し、動的な通信が必要となるWeb黒板機能と遠隔授業支援システムでは、Node.jsを使ってSocket通信を使いデータのやりとりを行うように実装した。これにより、大人数の学生がアクセスした場合でもサーバが耐えられるような構成になった。

4.1.2 データベース

Web 黒板機能、予習復習用動画配信システムでは、それぞれ黒板内容や講義動画をデータベースに保存する必要がある。そのため、今回はMySQL(Ver14.14)を使って構成した。以下の表2にWeb黒板機能で使ったデータベース構成と、動画配信機能で使ったデータベース構成について示す。

表2 Web 黒板機能のデータベーステーブル

id	講義の識別
title	講義名
comment or video	講義内容 もしくは 講義動画
flag	講義表示・非表示判断

それぞれのデータベースのテーブルについて図5を用いて説明する。データベースはテキストデータ(講義内容)用と動画データ(予習復習用)で分けて作成している。表2のidというのは、講義名が同じものが追加されても、混同しないようにするための識別子である。講義名が追加されるたびに、数字も増加するようにしている。titleは講義名で、commentの中に講義内容か講義動画が格納されるようになっている。flagというのは、講義を表示、または非表示を判別する識別子である。前期後期で表示する講義名を絞り込めるように表示する場合は1、非表示の場合は0を入れるようにしている。

4.1.3 動画配信機能

動画配信機能としては、オンデマンド配信とライブ配信の2つを実装した。オンデマンド配信とは、授業の録画もしくは授業の解説動画を閲覧できる方法である。いつでも授業の予習や復習ができる点がメリットの一つである。ライブ配信とは、遠隔授業支援システムで使われる機能である。講師と学生が文字だけでなく音声と動画でリアルタイム通信をすることでより能動的に授業を受けることができると考えられる。

オンデマンド配信は、予習復習動画配信システムとして実装を行った。動画の撮影には、Windows10に標準搭載されている「ゲームバー」機能を使って録画を行っている。この機能を使うには、「Win+G」を押すだけで画面の録画と音声の録画を行うことができる。講師はWordに図を載せながら授業の解説を行ったり、プログラムを見せながらマウスポインタで指し示しながら解説を行うことができる。そして、撮影し

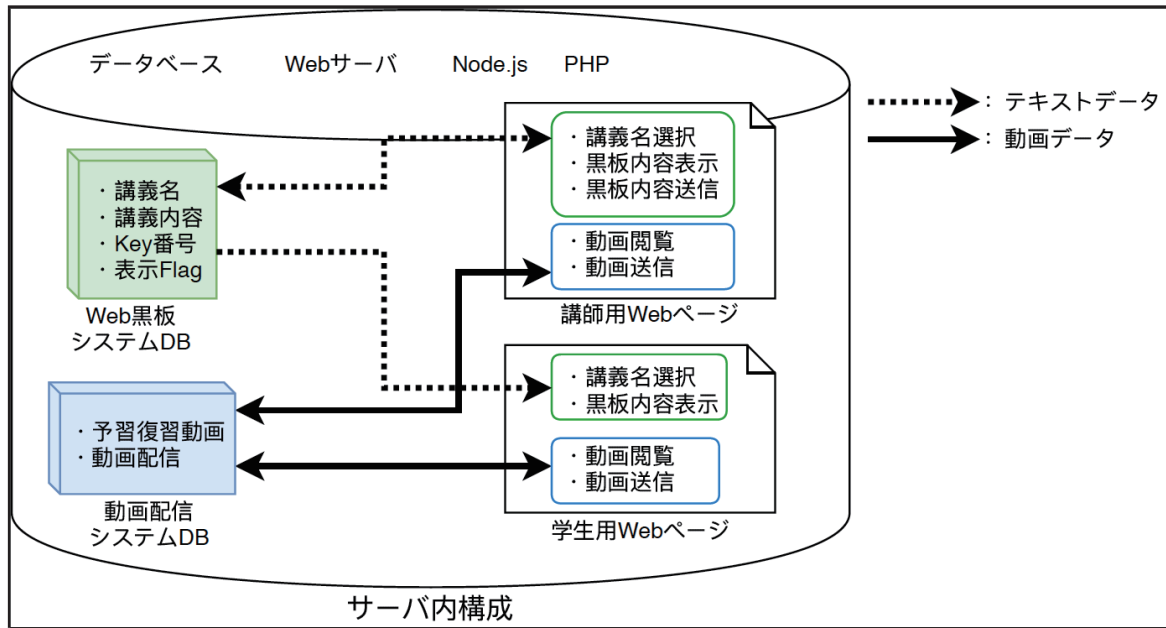


図5 教育支援システムのサーバ構成

た動画をアップロードするページからアップロードすることで、学生は動画の見たいところだけを読み込める、ストリーミング形式に変換するような設計にしている。動画配信を行うまでの、サーバ内でのデータの流れを以下に示す。

まず、アップロードされた動画をストリーミング配信用に ffmpeg を使って細かい”ts ファイル”というファイル形式に分割する。その後、分割したts ファイルと、そのリストが載っている m3u8 ファイルをデータベースに保存する。保存する際は、講義名や年度ごとに分類する。PHP を使い、データベースにアクセスする。HTML5 でストリーミング形式で動画配信を行う。

ライブ配信は、遠隔授業支援システムとして実装を行った。ライブ配信を行う技術として、WebRTC を利用する。WebRTC とは、リアルタイムコミュニケーション用の API 技術である。ブラウザのみで音声と動画を配信することができる。今まではライブ配信を行うには、映像データをストリーミング形式に分割しそれを配信する流れをリアルタイム処理で行っていた。しかし、閲覧する人数（クライアント）が多くなったり動画を高画質で配信したい場合に遅延が20～30秒ほどかかってしまったり配信側に負荷がかかりすぎてしまう問題があった。WebRTC ではその問題を JavaScript を利用し、Web 黒板システムと同じ Node.js を使ってライブ配信を実装した。

WebRTC には通信方法として、ブラウザ間のみで P2P 通信を行いライブ配信する方法と、サーバを用意

する SFU(selective forwarding unit) というやり方がある [5]。

P2P 通信でライブ配信を行うメリットとして、用意するのがブラウザのみで良いという点がある。しかし、その場合配信・閲覧を行う側に負荷がかかってしまうので、大人数での配信は現実的では無い。

SFU でのライブ配信のやり方は、P2P 通信で起きていてクライアント側での処理をサーバが行い、処理を分散させて配信者・閲覧者の負担を減らす方法である。

今回の実装では、オープンソース SFU である mediasoup を利用してライブ配信機能の実装を行った。mediasoup はサーバーサイドで動く JavaScript であり、Node.js 上で機能する。これにより、今までのライブ配信方法よりも低負荷で低遅延のライブ配信技術を教育支援システムに埋め込むことができた。

5. 動作例

本章では動作例を講師側と学生側に分けて説明する。

5.1 Web 黒板システムと遠隔授業支援システム

5.1.1 講師側 動作例

本節では、講師側の Web 黒板システムと遠隔授業支援システムの動作と、扱われるデータの流れてについて説明する。

まずは、Web 黒板システムの流れについて説明する。講師はログインページより ID・PW を入力し講

師用書き込みページ(図6)にログインする。次に、講師用ページに設置されているセレクトタブより、講義名を選択する。すると、選択した講義番号がサーバ上に送られる。その情報を元にサーバ内のDBから講義内容を取り出す。講義内容はキーボードより入力し、EnterボタンでDBに格納、学生ページへ反映する。

次に遠隔授業支援システムの流れについて説明する。遠隔授業を行う際は、図6のページ左下の[Start Video]ボタンを押し、カメラとマイクを接続する。するとページ上に映像が映し出されるので、配信したい場合は【Connect】ボタンを押し、動画を学生ページに配信する。映像データと音声データはサーバに送られ、学生ページで繋がっている学生にのみ配信される。授業が終わったならば、【Disconnect】ボタンを押しして終了する。

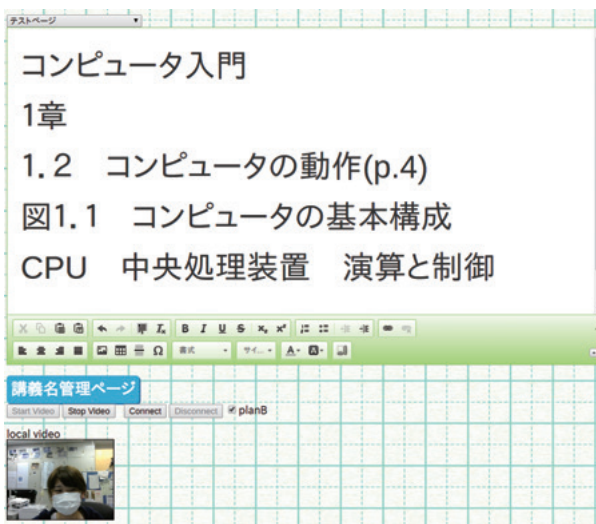


図6 講師側 Web 黒板・遠隔授業システム動作例

5.1.2 学生側 動作例

この節では学生側のWeb黒板システムと遠隔授業支援システムの使い方について説明する。

まずは、Web黒板システムについての流れを説明する。学生はログインページから学生用のID・PWを入力し、学生用ページ(図7)にアクセスする。学生ページに設置されているセレクトタブより、講義名を選択し講義番号をサーバに送る。そして送られた情報を元に、DBから黒板内容を読み込む。講師ページ側で黒板内容が更新され、現在開いている講義名が一致していた場合、画面が自動で更新される。

次に、遠隔支援システムについて説明する。もし遠隔授業を受ける場合は、ページ上の【Connect】ボタン

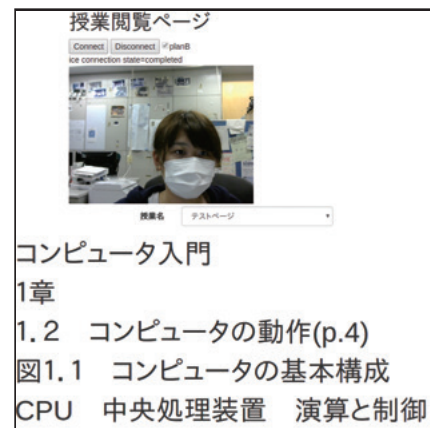


図7 学生側 Web 黒板・遠隔授業システム動作例

を押し、もし動画が配信されていれば講師の動画と音声が見ることができる。授業が終わったならば、【Disconnect】ボタンを押しして終了する。

5.2 予習復習用動画配信システム

この節では予習復習用動画配信システムについて説明する。講師側はアップロードの動作例を示す。

5.2.1 講師側 動作例

講師は予習復習用動画を4.1.3節で述べたように、PCの画面をキャプチャした動画を用意する。この動画に解説音声を載せて予習復習用動画を作成する。

そしてその後は、図8にあるアップロードページより動画をアップロードする。対応している動画形式はmp4である。アップロードを行うとアップロードした動画の名前から名前を切り取り、変換した動画をDBに格納する。そして、アップロードした動画は、アップロードページに一覧として表示されるようになっている。

5.2.2 学生側 動作例

学生側ページは図9に示すように表示される。左側にスワイプすることで予習復習動画の一覧が表示されるようになっており、講師が動画を追加するところの一覧も更新されるようになっている。動画はストリーミング再生ができるように設定されているので、閲覧したい部分のみを閲覧することができる。

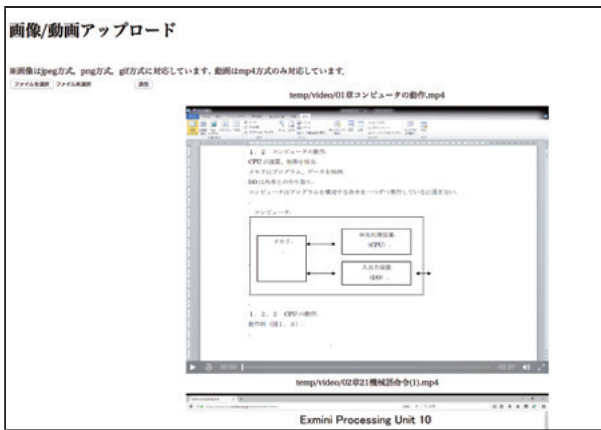


図8 講師側 予習復習動画アップロードページ画面

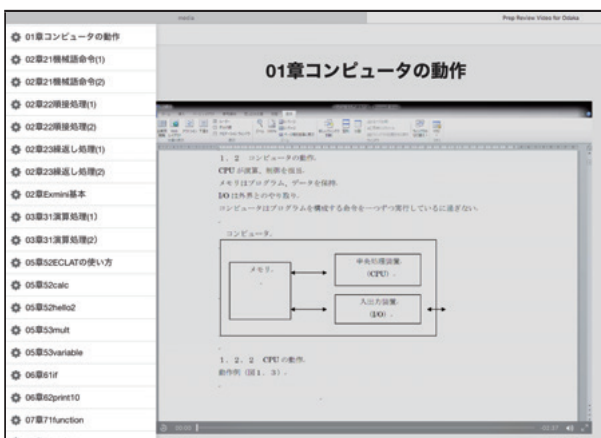


図9 学生側 予習復習動画閲覧画面

6. 動作実験・実験結果

本章では、実装した教育支援システムの動作実験を行った。また、本システムを使った学生に対しアンケートを行った結果を示す。Web 黒板システムでは、実際に福井大学の講義で使ってもらい、学生に対してアンケートを行い、機能評価を行う。また、システムの負荷を使用時と非使用時で測定し、結果を示す。

予習復習用動画配信システムと遠隔授業支援システムは、実際に授業で使ってもらって評価実験を行えなかったため、Web 黒板システムの結果のみを示す。

6.1 Web 黒板システム

本節では、Web 黒板システムを利用した講義で、システムを使った学生に対してアンケートを行った。その結果について示す。今回は、福井大学の機械システム工学科の学部2年生と4年生に対してアンケートを行った。どちらの授業も情報系の講義で、演習を行わない講義形式の授業である。そのうち、51名の学

生からアンケートの回答があった。

質問内容は、PC/スマートフォンの所持率や常備率、また Web 黒板システムを使ったことがあるかどうかという点と、使いにくい点・使いやすい点・改善機能についてアンケートを行った。

また、Web 黒板システムを利用することで能動的学習ができたかどうかを、自己判断してもらい、アンケートを行った。その結果を図10に示す。この結果

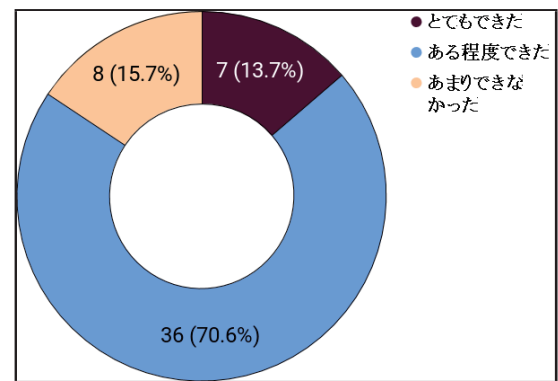


図10 Web 黒板システムを使い能動的学習ができたか

から、8割強が能動的学習ができたと回答している。その理由として考えられるのは、スマートフォンから利用可能で、復習に利用が可能である点が挙げられた。また、改善点として多くの学生が、ログイン機能の廃止、文字の検索機能追加などスピードや効率を重視した学習方法を望んでいることが分かった。

次に、Web 黒板システム使用時と非使用時のサーバ負荷を測定した結果を表3に示す。サーバ負荷は Load average という値に着目する。この値は、1CPUにおける単位時間あたりの実行待ちとディスク I/O 待ちのプロセスの数を示している。この値が小さければ小さいほど、負荷がかかっていない状態だと判別することができる。今回使用している CPU は 4 コアのため、Load average が 4 より小さければ問題なくシステムが動いている状態である。そのため一番高い 0.17 でも、ほとんど負荷がかかっていないことが分かる。

表3 システム使用時・非使用時の Load average

測定日時	閲覧使用の有無	Load average
2018-12-20 12:35:50	×	0.01
2018-12-20 14:15:00	○	0.08
2018-12-20 14:20:55	○	0.17

7. 考察

本研究では、IT 技術を使って講義型授業の支援を行う教育支援システムを開発した。主に作成した機能としては、Web 黒板システム、遠隔授業支援システムと予習復習動画配信システムである。

Web 黒板システムでは、教員は講義の準備や講義中の黒板を書く負担が減り、学生は Web 黒板を授業中や自宅学習で使うことで、学習をより能動的に取り組むことができるようになる。

遠隔授業支援システムでは、遠隔地の学生と講師を繋ぎ学校の敷地内だけでなく幅広い教育を行うことができるようになる。また、病気などで学校に行けない学生も本機能を使って自宅で授業を受けることができる。

予習復習用動画配信システムでは、Web 黒板システムだけでは聞き逃してしまう講師の解説などを閲覧することができるため、学生の学習支援に役立つと考えられる。

本システムは、文部科学省が推進している、「学ぶ力」と「情報活用能力」の育成、これらを育成するために IT 技術を使って教育支援システムを開発した。教育支援システムを IT 技術を使って開発することにより、これをきっかけとして ICT に興味を持ち、また使うことができるようになると考えられる。

現在、能動的な学習を推進されていながらも講義型授業が多い。これは、今までの講義型授業の教育基盤があるからこそ、急な教育転換は難しいためであると考えられる。しかし、今回講義型授業における教育支援システムを開発することにより、完全に受け身の講義型授業から ICT を活用したと能動的学習への橋渡しとして本システムを利用できるのではないかと考えられる。

8. まとめと今後の課題

近年、IT 技術がめざましく発達していくなかで 10 年、20 年先には今とは違った社会や問題に直面していくことが懸念されている。それゆえ、文部科学省は情報活用能力の育成と「生きる力」を養うために能動的に学ぶことを推奨している。これにより、教育現場では学生が能動的に学ぶことができるような教育システムが必要とされてきている。

よって、本研究では講義型授業に着目して、講師の授業の負担を減らし、学生がより能動的に学んでいけるような教育支援システムを IT 技術を使い開発した。主な機能は Web 黒板システム、遠隔授業支援シ

ステム、予習復習用動画配信システムの 3 つである。

本システムを利用することにより、講師は黒板に書く負担を減らすことができる。また、授業前にも黒板内容をサーバに保存しておき整理できるので、授業中の講師の負担を減らすことができる。また、遠隔授業支援システムでは Web ページと PC さえあれば配信が可能になっているため、準備の手間が省ける。

学生は、Web 黒板システムを利用することで授業中に黒板のスピードに追いつけない場合でも自分が閲覧したい部分を表示しておける。また、授業中以外でも復習として利用できる。予習復習用動画配信システムでは、動画を使ってより分かりやすく授業の復習を行える。遠隔授業支援システムでは、講師の動画を閲覧できるので文字だけでなく解説音声を聞くことができる。

今後の課題としては、今回は講義形式の授業の教育支援システムを開発したが、今後の授業形態はおそらくグループワークや少人数形式に変化していくと予想される。その場合、IT 技術を駆使して教育支援を行っていくには、Web 黒板機能を更に発展させていくようなシステムが必要であると考えられる。また、現在は学生ページは個別に分類しておらず、黒板内容を表示するのみとなっている。これを個人ページとして分けるように設定し、自分でノートを取るように書き込める機能があれば、更に学生の能動的学習の手助けになると考えられる。

参考文献

- [1] 文部科学省: 学校における ICT 環境の整備について (教育の ICT 化に向けた環境整備 5 か年計画 (2018 (平成 30) ~2022 年度)), http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/detail/1402835.htm, (2018).
- [2] 文部科学省: 「教育の情報化ビジョン」の公表について, http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/23/04/1305484.htm, (2011).
- [3] 文部科学省: 昭和 22 年教育基本法制定時の規定の概要、第 1 条 (教育の目的), http://www.mext.go.jp/b_menu/kihon/about/004/a004_01.htm,(2009).
- [4] アクティブ・ラーニング、2020 年、次期学習指導要領～消えた「アクティブ・ラーニング」, https://edutmrw.jp/2017/innovation/0410_2020education,(2017).

- [5] WebRTC SFU Mediasoup Sample update,
インフォコム株式会社 がねこまさし ,
[https://www.slideshare.net/mganeko/webrtc-
sfu-mediasoup-sample-update](https://www.slideshare.net/mganeko/webrtc-sfu-mediasoup-sample-update) ,(2017).

Twitter データを利用したサッカー音声実況システム

三輪 将吾* 小高 知宏* 黒岩 丈介** 白井 治彦*** 諏訪いずみ**

Soccer sound commentary system using Twitter data

Shogo MIWA*, Tomohiro ODAKA*, Jousuke KUROIWA**,
Haruhiko SHIRAI*** and Izumi SUWA**

(Received February 1, 2019)

In recent years, the Internet and communication technology have been dramatically spreading. Many people are using services on the Internet regardless of time or place. Among them, social media are used by many people. In this research, we will focus on Twitter among social media. We aim to develop a system that enables sound commentary of football using Twitter data. We acquire only the necessary data from Twitter, process it properly, and generate commentary sentences. Speech output can be enabled from generated commentary sentences using text-to-speech engine. To extract and output the optimum Tweet, a document summarization algorithm is utilized in the system.

Key words :Twitter data,Natural language processing,LexRank,Synthesized voice

1. はじめに

近年、インターネットや通信技術が飛躍的に普及してきている。それに伴って、スマートフォンやタブレットなどの携帯端末が普及し、多くの人々が時間や場所を問わずにインターネット上のサービスを利用するようになってきている。

その中でもソーシャルメディアと呼ばれるサービスが世の中の人々に広く受け入れられ、利用されている。ソーシャルメディアとは、インターネット上で展開される情報メディアのあり方で、個人による情報発信や個人間のコミュニケーション、人の結びつきを利用して情報が社会に拡散されるように設計されたメディアのことを指す。ソーシャルメディアでは一般の人々から著名人、企業や国の組織など別け隔てなく利用されており、全ての人々が情報を世界に向けて発信

することが出来る。

近年、ソーシャルメディアに注目しているのは一般的なユーザーのみにとどまらない。多くの研究機関や企業がソーシャルメディア上のデータの二次的活用について注目している。ソーシャルメディア自体が持つ特徴や、そこで投稿される情報の特徴を活かして新たな知見を得るための様々な研究が行われている。

例を上げると、Twitter 上の投稿を用いて、災害時の救助活動の支援に役立てるような研究がある^[1]。また、その他の研究として Twitter 上の投稿からスポーツ速報を行うシステムの研究も行われている^[2]。

これらの研究では、テキスト形式の投稿に対し様々な処理を行い、テキスト形式で結果を出力させるのが一般的である。そこで本研究では、Twitter 上のデータと合成音声の技術を用いることで、ラジオのような形式で様々なイベントの状況把握が可能なのではないかと考えた。

本研究では、Twitter 上でサッカーの試合観戦者による投稿を元にして、試合のリアルタイム音声実況を可能にするシステムの開発を目的とする。リアルタイムで試合観戦者のみの Tweet を取得し続け、それらを適切に処理し、テキスト読み上げエンジンを用

* 大学院工学研究科 原子力・エネルギー安全工学専攻

** 大学院工学研究科 知能システム工学専攻

*** 工学部技術部

* Nuclear Power and Energy Safety Engineering Course,
Graduate School of Engineering

** Human and Artificial Intelligence Systems Course,
Graduate School of Engineering

*** Technical Division

いて音声出力する。そうすることで Twitter 上のデータからリアルタイムに試合の状況把握を可能にする。また本システムでは、得点などの重要な出来事が発生した際、その時間帯に得られた Tweet から重要内容が含まれる Tweet を抽出する手法を導入する。そうすることで、取得したデータ量に関わらず、リアルタイム性を保持したよりの確かな音声実況を再現する。

本論文の流れは以下のとおりである。2章では、本システムの全体構成と、データの取得や処理に関する点について具体的に述べる。3章では、実際のサッカーの試合を対象にデータの取得実験を行った結果と、重要 Tweet の抽出に関する実験結果について述べ、最終的に音声出力される実況 Tweet の例を示す。4、5章では、本システムに対する考察と、今後の展望について述べる。

2. Twitter を用いたサッカー音声実況システム

2.1 システム構成

本研究では、Twitter データを用いてプロサッカーの試合の音声実況を可能にするシステムの開発を行う。そのためにはリアルタイムに取得した試合観戦者の Tweet を適切に処理して、音声出力を行う必要がある。また、取得するデータ量に関わらずリアルタイム性を確保した音声実況を行うために、一定時間に得られた Tweet から重要な文のみを音声出力することが適切であると考えた。

これを実現するための手法について本章で具体的に述べていく。まず、試合観戦者による Tweet の投稿から音声出力までの本システムの流れを図 1 に示す。

本システムはサッカーの試合観戦者が存在し、Twitter 上に実況 Tweet を投稿するという前提としたシステムである。試合開始と共に本システムを起動させることによってリアルタイムでの音声実況がスタートする。Twitter API を用いて本研究で考案した取得条件で、試合観戦者のみの実況 Tweet の取得を行う。観戦者による実況 Tweet はリアルタイムで取得され、ストリーミング形式でクライアント PC に保存される。具体的な取得条件については 2.2 で述べる。

取得した、実況 Tweet に対してはいくつかの処理を行う。具体的な処理内容については 2.3 で述べる。この処理を行うことで、より適切な実況文を生成して、音声出力を行うことを可能にしている。処理後の実況文を音声データに変換して、出力することで試合の音声実況を実現する。

また、データ量が膨大であった際にも、リアルタイム性を保持するためのアルゴリズムを導入している。

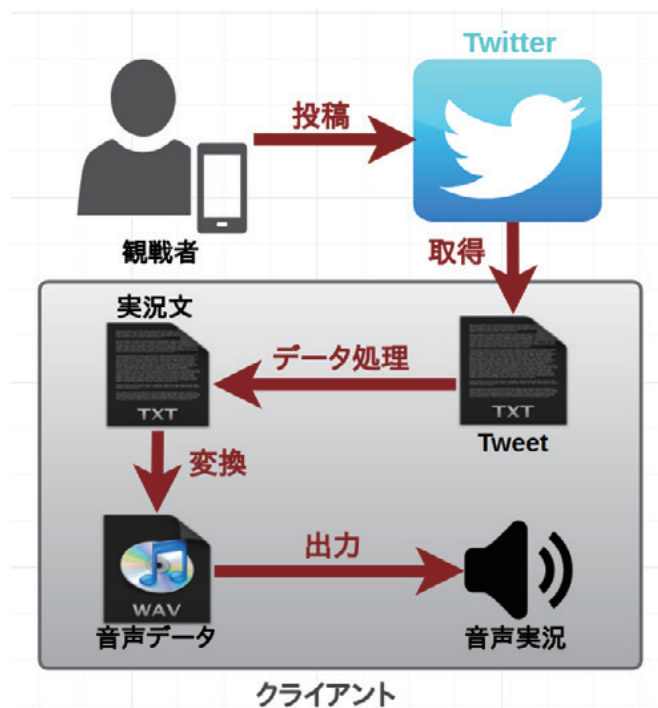


図 1 システム構成図

文書要約アルゴリズムを用いることで、複数の Tweet から適切な実況文を出力可能となる。これについては 2.4、2.5 にて詳細に述べる。

実況 Tweet の取得から音声出力までの流れは、試合時間帯に絶えず行われ、ストリーミング形式でリアルタイム性を保持して音声出力が行われる。

本章の各節において、データの取得条件や具体的なデータの処理手法、音声実況のためのアルゴリズムについて詳細に説明を行う。

2.2 Twitter データの取得

本システムでは Twitter API を用いて、必要なデータの取得を行う。使用する API は Filter realtime Tweets API の Status/filter である。これによって、リアルタイム性を確保してストリーミング形式で Tweet の取得を行う。

試合観戦者による Tweet のみを適切に取得するために今回は以下の様な条件を与え、Tweet データの取得を行う。

- 日本語による Tweet のみを取得
- #”対戦チーム名”を含む Tweet を取得

本研究では、日本語によって投稿された Tweet のみを対象としているため、日本語 Tweet のみを取得する。

Twitter では、ユーザーが Tweet の投稿を行う際に任意のハッシュタグを追加することができる。このハッシュタグを用いることで、ユーザーは自身の投稿がどのようなジャンルについての内容であるのかカテゴリ化することができる。そこで本システムでは、ハッシュタグに注目した。サッカーの試合観戦者による Tweet の中には、対戦しているチーム名を表記しているハッシュタグを記述しているものが多く存在する。試合時間帯においては、このようなハッシュタグが記述された Tweet は、試合観戦者によるものがほとんどであると考えられる。そのため本システムではハッシュタグによって、必要な Tweet の取得を行う。

2.3 Twitter データの処理

2.2 述べた取得条件で取得したデータは、大多数が試合観戦者による Tweet であるが、試合状況把握が可能であるかという点で、不必要と考えられる内容の Tweet も多く見られた。そのため取得した後に、実況文として不適切な Tweet を出力対象とさせないためのアルゴリズムを導入する。また、本システムは最終的な実況 Tweet の出力手法として、テキスト読み上げエンジンを用いた音声による出力を検討している。音声による出力を行うために、取得した Tweet のテキストについて、適切に加工を行う必要がある。本説では取得したデータを適切に音声出力するためのデータの処理に関して述べていく。処理を行った最終的な Tweet を実況文の出力対象とする。

具体的には、与えた条件で取得した Tweet から以下のような Tweet を判別して実況文の対象 Tweet から排除する。

- リツイート
- リプライ
- URL を含む Tweet

本システムで使用する Twitter API である Status/filter では、指定した条件に該当していれば、リツイートやリプライといった Tweet データも全て取得される。リツイートとは他のユーザーによる Tweet を自分のフォロワーに向けて引用して Tweet をする機能であり、他者の Tweet を拡散するために用いられる。つまり、リツイートは元となる Tweet と同一内容の情報ということになる。同一内容の Tweet を多数出力してしまう可能性を排除するためにリツイートと判断した Tweet は出力対象から排除する。

リツイートと同様に、リプライも出力の対象からは除外するようにしている。リプライとは基本的に

特定のユーザーへの返信という意味で使用されるため、プライベートな内容となる可能性がある。また、個人に対しての投稿であるため、試合に対してのコメントが乏しいのではないかと考えられる。

それ以外に URL 付きの Tweet を不適切な Tweet と考え、排除するようにしている。サッカーの試合中には、TV やニュースサイトや、その他の公式サイトなどのアカウントによる Tweet が投稿されている。そのようなアカウントによる Tweet は、外部サイトに誘導させるためにリンク付きの Tweet 投稿されている場合がある。リンク付きの Tweet には、外部サイトの URL が付加されている。このような、URL 付きの Tweet は試合以外の情報が含まれているため、不要であるとして出力対象から排除する。

不要と考えられる Tweet を識別した後に、出力対象となる Tweet を本システムで使用するのに適切な形に加工する必要がある。具体的には各 Tweet に対して以下のような加工を行う。

- 全てのハッシュタグの削除
- 絵文字や顔文字の削除
- Tweet の末尾に句点を追加

今回取得する Tweet は、全てハッシュタグが付加された Tweet である。本システムでは必要となる Tweet を取得するためにはハッシュタグは必要であるが、音声出力による実況を行うには不必要な情報である。そのためハッシュタグは出力対象となる Tweet から削除する。ハッシュタグは、様々なソーシャルメディアで用いられる記述方法であるが、Twitter では Tweet の末尾に付加するのが一般的となっている。その特徴を利用して # 以下を Tweet から削除することで、Tweet から全てのハッシュタグを削除するようにしている。

また、出力対象となる Tweet からは絵文字や記号の削除も行う。Twitter ユーザーのほとんどがスマートフォン上から Tweet の投稿を行っている。そのため Tweet にはスマートフォン用の絵文字や、顔文字が含まれていることが多々ある。図で示したいいくつかの Tweet の例でも絵文字を用いていることが分かる。これらは不要な情報であり、音声ファイルへの変換や、後に説明する重要 Tweet 抽出のアルゴリズムにおいても支障をきたす可能性がある。そのためこれらが Tweet 中に含まれる場合は削除する。

また、Tweet からハッシュタグや絵文字、記号を削除した後に、Tweet の文末に句点を追加するようにしている。これは、後に説明を行う LexRank による重要内容 Tweet の抽出を適切に行うための処理であ

る。Tweet 抽出の際に、一つの Tweet を一つのセンテンスとして認識させるためにこのような処理を行っている。

ここまでで説明した全ての処理を行った Tweet を音声出力の対象となる実況文として、次の異なる処理を行う。

2.4 音声実況のリアルタイム性保持アルゴリズム

本システムでは、取得した実況 Tweet を音声データに変換した後に、再生することで音声による出力を可能にする。音声出力を実現するために OpenJTalk というシステムを利用した。OpenJTalk とは名古屋工業大学で開発された、日本語テキストの読み上げを可能にするための合成音声システムである。BSD ライセンスを取得しておりフリーソフトウェアとして利用することが出来る。これを用いることで、テキスト形式のファイルを WAV ファイルに変換して音声出力することが可能となる。

音声出力をリアルタイム性を保持して適切に行うためには、考慮すべき点が存在する。音声による出力では、一定時間に出力するデータ量を適切に設定しなければならない可能性がある。実況文の対象 Tweet をそのまま音声出力することは、取得したデータ量によっては問題となる場合がある。それは、音声によるテキストの読み上げを行うことで一定の時間を浪費してしまうためである。これが原因となり、一定時間に対する出力量に関する制約を設けなければ、リアルタイム性が阻害されてしまう恐れがある。

そこで、リアルタイム性を保持した音声出力を常に行えるようにするために、一定時間に対して出力する Tweet を制御するためのアルゴリズムをシステムに取り入れる。Tweet データの取得、処理、加工を行ってから音声出力までのアルゴリズムの流れを図2に示す。Tweet の取得を開始してから 10 秒間に得られた Tweet から一つを選択し、それを音声出力の対象とする。これを 10 秒毎に繰り返し行うことで、リアルタイム性を保持した音声出力を行う。

選択する実況 Tweet は無作為に選択するのではなく、文書要約に用いられるアルゴリズムを利用することによって、いくつかの Tweet から出来るだけ重要な内容を含む Tweet を選択する。そのためのアルゴリズムとして LexRank という文書要約アルゴリズムを導入する。

2.5 重要 tweet の抽出

複数の Tweet から 1 つの Tweet を抽出するために、本システムに文書要約に用いられるアルゴリズムを

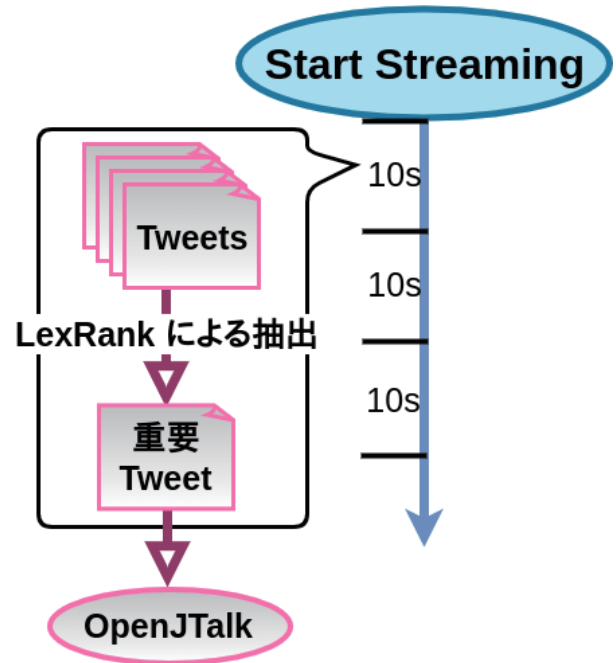


図2 リアルタイム性保持のためのアルゴリズム

導入する。本節では、そのために適したアルゴリズムのについて検討し、システムに実装する手法について述べる。

文書要約の手法については様々な研究が行われており、現在一般的な文書要約のアルゴリズムは大きく分類すると以下の2種類が存在する。

- 抽出型 (Extractive)
- 抽象型 (Abstractive)

抽出型は、要約対象の文章の中から重要と考えられる文を抽出することによって、その文章の中で特徴的な文を要約文とする手法である。抽象型は、人間が文章の要約を行うように、文章の意味を読み取った上で新たな文を生成することによって要約を行う手法である。今回は、いくつかの Tweet からできるだけ重要な内容の Tweet を抽出したいため、抽出型の文書要約アルゴリズムを適用させるのが適切であると考えた。

そのために Erkan らが PageRank の概念を元に提案した、抽出型文書要約のアルゴリズムである LexRank を用いる^[3]。LexRank は、入力文書からグラフ構造を生成して、重要な文のランキングを作ることで重要と考えられる文を発見し、それを要約文として出力する。LexRank では以下の2つの概念を重要視して文書要約を行う。

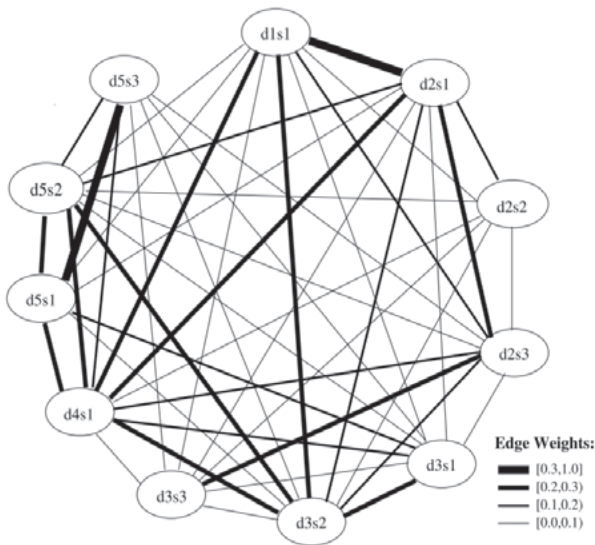


図3 LexRankによる類似度グラフの例

- 多くの文に類似する文は重要である
- 重要な文に類似する文は重要である

この概念を元に、ノードを文、エッジを2文間の類似度として入力文章の無方向グラフを生成する。提案論文では、TF-IDFによって、文同士のコサイン類似度を算出している。TF-IDFは情報探査においてよく用いられる手法であり、文章中に出現した単語の重要度を評価する手法の1つである。

上記の理論をグラフにして可視化したものを図3に示す[3]。各ノードにはdXsYと示されている。これは、文書XのY番目の文であるということを示している。エッジ数の多いノードは、多くの文と類似していることを示している。また、エッジの太さは、ノード間の類似度の高さを示している。図3の場合、エッジ数が多く、かつエッジが太いd5s1やd4s1が重要度が高いと判断し、要約文の候補となる。本システムでは、重要度が最も高いものを1つ抽出するようにしている。

3. 動作実験

3.1 Twitterデータの取得実験

前章までで検討を行ったデータの取得方法とデータ処理を行い実況文の対象となるTweetの抽出までのシステムの動作実験を行った。そこで得られたデータに試合の状況を把握できるようなTweetが含まれているのか、またリアルタイム性を保持した実況を

表1 動作実験の詳細

実験概要	詳細
試合日時	2018年6月24日
対戦チーム名	イングランド vs パナマ
試合結果	イングランド 6 - 1 パナマ
得点時間(分)	前半: 8、22、36、40、46 後半: 62、78
取得 Tweet の使用言語	ja (日本語)
Tweet の取得条件	# eng (イングランド) or # pan (パナマ) を含む Tweet
取得する Tweet データ	タイムスタンプ、ユーザー名、Tweet
データ処理後の Tweet 数	前半: 約 800 件 後半: 約 400 件

可能にするためにどのような処理が求められるのかについて検討し、リアルタイム性を保持するためのアルゴリズムの実装について考察を行う。そこで今回は2018年に開催されたFIFAワールドカップのいくつかの試合を対象に試合観戦者のTweetの取得実験を行った。例として、ある試合に関するデータの取得実験の詳細を以下の表3に詳細を示す。

この試合は、他に取得対象とした試合と比較して得点などのサブイベントの発生が多数見られた試合であるため例として選択した。サッカーの試合は、前半戦と後半戦の2つのパートで構成されている。試合時間はそれぞれ45分間である(それぞれ、アディショナルタイムが追加される可能性がある)。得点が多数見られた前半戦の時間帯において約800件の出力対象Tweetが得られ、得点の少なかった後半戦と比較して倍のTweetが得られた結果となっている。今回取得するTweetデータとして投稿時間を示すタイムスタンプと、投稿者を示すユーザー名も取得するようにしている。取得し、データ処理を行った後のTweetデータを取得順にテキストファイルに記述するようにして実験を行っている。

例に示した、試合において前半戦で、Tweet数がどのように推移したのかを時系列グラフにしたものを図4に示す。

グラフを見ると、ある時間帯にTweet数が上昇していることが分かる。表1と図4を対応して見ると、Tweetの上昇が見られる時間帯は、試合中に得点発生した時間帯とリンクしていることが分かる。それぞれ

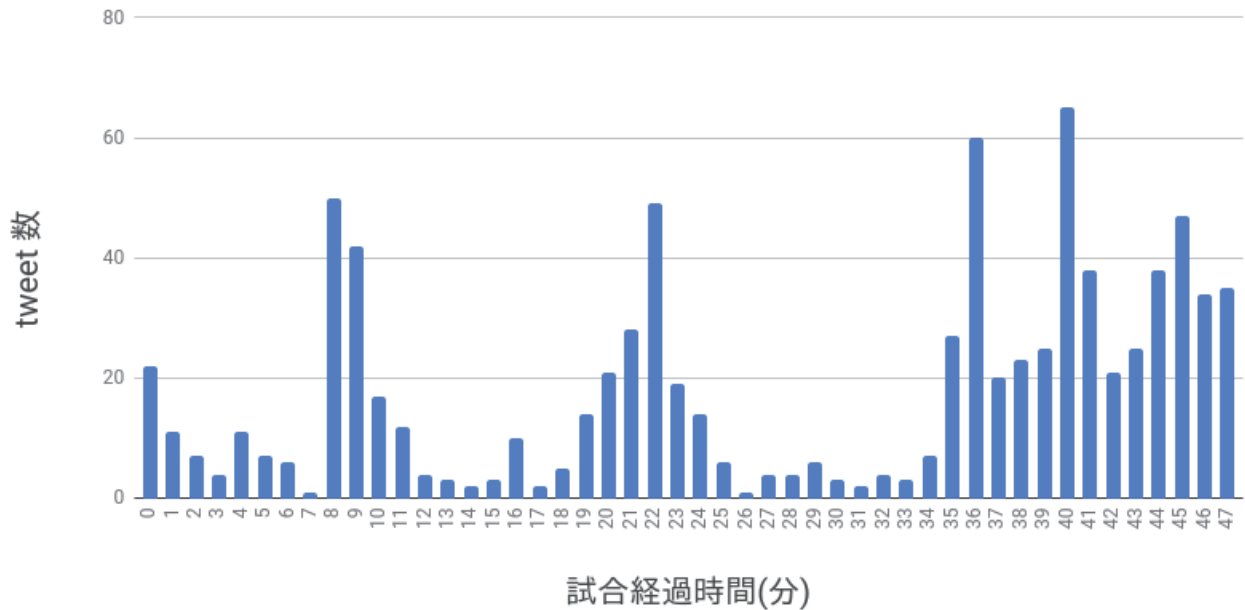


図4 実況文対象 Tweet の時間ごとの変位 (前半戦)

の得点時において、得点発生から約1～2分間に極端に Tweet 数が上昇している。このことから、Tweet 数の上昇が見られた時間帯においては、得点に関する情報が含まれた Tweet を多数取得しているということが考えられる。

Tweet の上昇が見られた際の実況 Tweet の一部を表2、3に示す。ここに示したのは、前半の8分と後半17分において取得できた Tweet の一部である。表2、3を見ると、得点に関する情報が含まれていることが分かる。どちらのチームの得点であるのか、どの選手による得点であるのかといった大まかな情報から、得点に至るまでの経緯を解説するような内容まで様々な内容の Tweet が存在していた。その他には、得点に対してユーザーの感情のみを表すような内容の Tweet も多数見受けられることが分かった。表2では、「イングランドによる得点」「ジョン・ストーンズ選手による得点」「先制点」といった、サブイベントに付随する重要な内容を含む Tweet が多数存在しており、適切に処理、出力することで得点に関する殆どの情報を把握できると考えられる。

今回示した例以外の得点発生時においても同様な内容の Tweet が多数取得されており、得点というサッカーの試合における主なサブイベントの発生を把握することが可能である内容の Tweet を取得、抽出できているという結果といえる。また、選手交代や決定機などの際にも、Tweet の上昇が見られる点があり、同様にそれらのサブイベントに関して言及した Tweet

が見られるということが分かった。

取得実験の結果、得点発生時には過度な Tweet の集中が見られ、そのまま音声出力を行うことは、出力内容のリアルタイム性を損なう恐れがあることが分かった。この試合において最も Tweet を取得した時間帯(後半33分)には約70件の Tweet が取得されている結果となっている。この約一分間の Tweet を取得順に音声出力した結果、約80秒の時間が必要であった。その他のイベント発生時の時間帯においても、一分間に60秒を超える出力量になることが考えられる。そのため取得したデータ量が膨大だった際、一定時間に出力する Tweet を制御しなければ、リアルタイム性を保持した音声出力が困難であるため、図2で示したアルゴリズムを導入し、重要 Tweet のみを抽出して音声出力を行う。

3.2 重要 Tweet の抽出実験

得点時に見られた Tweet を対象に LexRank による重要 Tweet の抽出が適切に行われるのかについて実験を行う。表2、3に示しているのは、得点時の約10秒間に取得した後に不要 Tweet を排除し、加工を行った Tweet である。今回は表2、3で示した Tweet に対して重要 Tweet の抽出を行った結果を例として示す。

今回はそれぞれの Tweet から、重要度の高いと判断された上位2つの Tweet を例として示す。表4で抽出された Tweet では、「セットプレー」から「イングランド」の「先制」という、表2中の Tweet に含

表 2 イングランドの得点時における Tweet の内容

Tweet の取得時間	Tweet の内容
21:08:53	ジョン・ストーンズ ゴoooooooooooooールイ ングランド先制。
21:08:54	ストーンズイングランド先制! どフリーや。
21:08:54	イングランド先制すげえな。
21:08:54	キタセットプレー理想的。
21:08:55	わーおイングランド先制ドンピシ ヤヘッド。
21:08:55	イングランド先制。
21:08:57	ペナ内でドフリー、完璧な形から イングランド先制。
21:08:57	セットプレーからイングランド先 制。
21:08:58	早速イングランド先制きたー。
21:08:58	イングランドまたセットプレーや んなんやこのチーム。
21:08:59	しゃあーイングランド先制ジョ ン・ストーンズナイスヘディング。
21:08:59	ストーンズ。
21:08:59	もうシャワー行っていいかな。

まれる重要なキーワードを含んだ Tweet が要約の上位に位置づけられている結果となっている。表 5 で抽出された Tweet では、「イングランド」による得点であり、「ハリー・ケイン」という選手が「ハットトリック」を記録したといった、この場面での得点について詳細に把握することの出来る内容の Tweet が Tweet が要約の上位に位置づけられている結果となっている。得点以外に言及した内容の Tweet は抽出されず、得点に関する重要な内容を含んだ Tweet が出力できるような結果となった。

10 秒間に得られた Tweet に対して、この手法で抽出を行い、上位 2 つの Tweet を音声出力の対象として、OpenJTalk によって音声ファイルへと変換し出力する。これを繰り返し行うことによっていくつかの Tweet から重要内容を含んだ Tweet を、リアルタイム性を保持して出力することが可能となる。

表 3 イングランドの得点時における Tweet の内容

Tweet の取得時間	Tweet の内容
22:21:00	イングランド 6 点目無慈悲なスコ ア (決まり方そのものが無慈悲) ハリー・ケインのハットトリック (暫定得点王浮上)。
22:21:01	9 番ケインハットトリック達成。
22:21:01	イングランド 6-0 パナマケイン、 今大会 2 人目のハットトリック。
22:21:01	わーい、ヴァーディ来る～。
22:21:02	ケインハットトリックおめでとう。
22:21:02	ケインのハットトリックでイン グランド 6 点目。
22:21:02	サッカーロシア W 杯前半イン グランド 6-0 パナマイングランド、 ケインのゴール、ハットトリック。
22:21:06	イングランド 6 点目あれケインの ゴールになるのか笑意外な形で ハットトリック達成。
22:21:08	ゴール確定ハットトリックか。
22:21:10	ともかく、ケインおつヴァーディ。

表 4 重要 Tweet の抽出 (表 2)

ランク	抽出された Tweet
1	セットプレーからイングランド先 制。
2	イングランドまたセットプレーや んなんやこのチーム。

表 5 重要 Tweet の抽出 (表 3)

ランク	抽出された Tweet
1	イングランド 6 点目無慈悲なスコ ア (決まり方そのものが無慈悲) ハリー・ケインのハットトリック (暫定得点王浮上)。
2	サッカーロシア W 杯前半イン グランド 6-0 パナマイングランド、 ケインのゴール、ハットトリック。

4. 考察

4.1 Tweet の取得実験に関する考察

今回は、ハッシュタグに着目してサッカーの試合観戦者の Tweet の取得を行った。与えた条件で取得した Tweet から、リツイートやリプライ、URL 付きの Tweet を排除した。その結果ほとんどの Tweet が試合に対して言及した Tweet であったため、今回の取得条件と取得後の処理手法で試合観戦者による Tweet を適切に取得することが可能であると言える。

サッカーの試合では、得点や決定機、選手交代といった事象が試合における重要なサブイベントであるが、それらが発生した時間帯では Tweet の上昇が見られた。またそのポイントで取得した Tweet はそれらの事象に言及したものがほとんどであり、試合状況を把握可能である内容となっていた。

4.2 音声出力とリアルタイム性に関する考察

本システムでは OpenJTalk を利用することで、音声による実況文の出力を可能にした。取得した Tweet を音声ファイルに変換し音声による出力を可能にすることで、本システムをラジオを聞くような感覚で利用することができる。テキスト形式による実況と音声による実況をうまく使い分けることで利用者は様々なシチュエーションで本システムを利用できるのではないかと考えられる。

取得実験の結果、得点時において過度な Tweet の集中が見られることがわかった。そのため一定時間に出力するデータ量を制限しなければリアルタイム性を確保した音声出力が困難となる場合があることが分かった。そこで 10 秒間に取得した Tweet のうち 2 つのみを音声出力の対象とすることによってリアルタイム性を保持した音声実況を可能にした。

4.3 重要 Tweet の抽出に関する考察

複数文書要約の手法である LexRank を用いた、重要 Tweet の抽出実験を行った。10 秒間に得られた Tweet からこの手法を用いて出来るだけ重要な内容を含む Tweet を出力することで、より正確な音声実況を行うことが可能となると考えられる。得点時においては、観戦者の感情のみを示した Tweet と、どのようなシチュエーションでどのチームの誰による得点かについて説明した Tweet が混在していた。複数の文から類似する文を判断し、それに類似する文を重要文とする LexRank を用いることで、後者のような得点についての情報を多く含んだ Tweet を抽出出来ている結果となっていた。

5. まとめと今後の課題

サッカーの試合観戦者が Twitter 上で試合に関して言及した Tweet をリアルタイムで取得、処理、出力することで、試合状況を把握することが出来るシステムを提案した。音声による実況を行うことで、本システムをラジオ実況を聴く感覚で利用することが出来る。そのため利用者は、手の離せない状況でも音声によって試合状況を把握することが可能である。

今後は、本システムを実際に使用してもらい、試合状況が適切に把握出来たかどうかについて検証する必要がある。

本稿ではサッカーの試合実況に重点を置いて論述したが、本システムは災害時における現地の状況把握を計るためのシステムとしての発展を目指している。災害時においてはサッカーの試合実況と異なり、注目しなければならない事象が単一ではないため、異なる取得条件や処理手法を検討する必要がある。また、個人が欲している情報なのか、消防署や政府が欲している情報なのかといった情報ニーズを意識する必要がある。本研究では、被災者の救助要請 Tweet に着目し、消防署や自衛隊の救助活動を支援するようなシステムを開発できないかと考えている。

本システムを災害状況把握に利用するために、今後は災害時の Tweet について調査し、適したデータの処理手法を検討していきたい。

参考文献

- [1] Muhammad Imra, Fernando Diaz, Carlos Castillo, and Sarah Vieweg. Processing social media messages in mass emergency:survey summary. WWW 2018, April 23-27, 2018, Lyon, France, pp. 507511.
- [2] 久保 光証, 笹野 遼平, 奥村 学, 高村 大也. “ 良い実況者 ” に着目した Twitter からのスポーツ速報生成. 言語処理学会 第 19 回年次大会 発表論文集 (2013 年 3 月). pp.138 - 141
- [3] G. Erkan and D. R. Radev. Lexrank: Graph-based lexical centrality as salience in text summarization. Journal of Artificial Intelligence Research, pp. 457 - 479, 2004.

The Use of Research Articles in an ESP Course for Engineering Undergraduates — An Investigation into the Effectiveness of a Genre-Specific Rhetorical Approach —

Masayo KANNO* and Hisao TAOKA*

(Received February 1, 2019)

Research articles (RAs) are often the main reading material for English for Specific Purposes (ESP) courses within engineering. As such, effective reading of the material is important to student's future. Fifty-six Japanese second-year engineering undergraduates were divided into two groups. Only one group was given instruction on the rhetorical features of RAs. The results showed that the intervention group performed slightly better on the post-reading comprehension test than the control group. Additionally, the intervention group reported significantly more frequent use of reading strategies, which showed a positive correlation with their post-test scores. Follow-up interviews revealed that the awareness on the text structure helped the intervention group to read in a strategic manner, however, they also exposed a weak reader's struggles. This paper concludes with a discussion of pedagogical implications of introducing RAs in an ESP classroom.

Key Words : English for Specific Purposes, Genre-Based Instruction, Reading Strategies, English for Engineering Students, Materials Development

1. Introduction

The development of an effective ESP programme is an important issue in university curriculum development. Commercially produced textbooks are widely used in ESP classrooms. They offer organised teaching materials and a structured syllabus focusing on informing learners about language features and providing activities to practice them. However, the contents may not be relevant to a learner group who major in a certain academic discipline and they may not reflect learners' needs^[1].

This study examines the use of RAs in an ESP course. RAs can be an effective reading material as they offer up-to-date technical knowledge as well as relevant vocabulary. Nevertheless, potential pitfalls could be the difficulties that derive from their length and specific contents especially for learners at beginner and lower-intermediate levels. To address this concern, this study explores the impact of instruction that aimed to enhance learners' awareness of rhetorical features of RAs. It

hypothesises that a genre-specific rhetorical approach can get the students familiarised with the structure of RAs and help enhance their reading performance.

First, this paper reviews relevant literature and raises research questions. Next, it presents the methodology of this study, including a description of classroom materials as well as the three instruments administered for data collection. It then presents the results of the statistical analysis, which is followed by discussion with the interpretation of the qualitative data that addresses the research questions. Finally, this paper concludes by pointing out limitations and pedagogical implications with possible directions for future research.

2. Background of the Study

2.1 ESP Course Development

In order to explore better ESP learning and teaching practice, several needs analyses have been conducted in engineering-related fields. The results revealed a certain type of tasks that was required to carry out in an engineering workplace. These tasks involve reading technical documents, manuals and RAs^{[2]-[4]}.

Needs analysis also specified the types of reading skills and activities that need to be incorporated into

* Electrical and Electronics Engineering Course,
Graduate School of Engineering

classroom tasks. Engineering students tend to perceive that they lack skills such as skimming, scanning and summarizing texts^[5] and reading long, complex and specialized texts^[6], and they preferred up-to-date, unsimplified and subject-specific texts^{[7][8]}. These results suggested the increasing demand for a specifically designed ESP course. They also indicated the need for collaboration between subject teachers and English language teachers to integrate the expertise in subject contents into language teaching^[7].

RAs can be a suitable reading material for an ESP classroom. They offer state-of-the-art information, which are relevant to a certain learner group who belongs to a specific engineering field. As an increasing number of researchers of multiple nationalities are contributing the creation of professional knowledge^{[9][11]}, RAs would be the primary source of information in an academic context, where students are required to read and write about their research.

However, the length and the contents of RAs tend to pose a difficulty, especially for learners with weak reading skills. It has been argued that ESP courses are only suitable for learners who have already reached the intermediate level of English language proficiency^[6]. Thus, there is a need to address these concerns.

2.2 Textual Properties of Research Articles

Swales^{[9][10]} focused on a genre-specific rhetorical structure of RAs in order to help teach and learn academic and research English. He analysed textual properties of RA introductions and developed the Create a Research Space (CARS) model (Fig. 1). In this model, a text segment that performs a communicative function is recognized as a “move”. It contributes to account for the rhetorical movement in RA introductions with some obligatory or optional “steps”. The CARS model has played a remarkable role in connecting the area of language pedagogy and applied discourse analysis^[11].

Kanoksilapatham^[12] specifically analysed the textual organization of RAs in the domain of engineering. She expanded the CARS model and added three moves to each of Methods, Results and Discussion sections (Move 4-12 in Table 1). This model offered thorough understanding of rhetorical organization of published RAs, which would help raise engineering students’ awareness of the genre-specific structure and possibly facilitate reading comprehension.

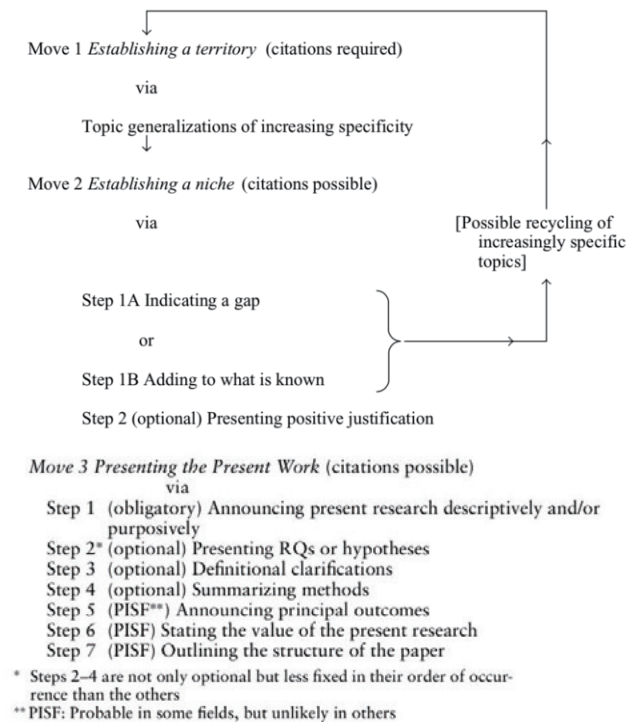


Fig. 1 The CARS model for RA introductions^[10]

Table 1 Moves identified in the Methods, the Results and the Discussion sections

Methods	Move 4: Describing procedures
	Move 5: Featuring other methodological issues
	Move 6: Reporting and consolidating findings
Results	Move 7: Summarizing procedures
	Move 8: Reporting results
	Move 9: Commenting results
Discussion	Move 10: Reviewing the present study
	Move 11: Consolidating results
	Move 12: Stating limitations and future research

2.3 Reading Strategies

A growing number of studies have been conducted to explore the impact of strategic reading skills on second language (L2) learners’ reading performance. This line of research employs a questionnaire which measures learners’ strategy use when reading an L2 text in the hope of making them conscious about their own reading process. Several questionnaires have been developed to assess strategic L2 reading^{[13]-[15]} based on first language (L1) reading literature^[16]. These involve strategies used by skilled L1 readers before, during and after reading.

While L2 reading strategy questionnaires do not

generally specify the genre of reading materials, Mokhtari and Sheorey^[17] developed a questionnaire that specifically focused on L2 reading strategies on academic materials. The Survey of Reading Strategies (SORS) involves 30 items, which are divided into three subscales: global reading strategies, problem-solving strategies, and support reading strategies. Global reading strategies refer to strategies that are oriented towards a global analysis of a text, problem-solving strategies aim to solve problems when a text becomes difficult, and support reading strategies use outside reference materials as supportive tools.

Previous studies which utilised the SORS have shown some consistency in L2 learners' reading strategy use. In a study with university undergraduates, Alhaqbani and Riazi^[18] reported that learners' awareness of global and problem-solving strategies was significantly correlated with their self-rated L2 reading ability, whereas support reading strategies had no correlation. This was in line with the findings by Sheorey and Mokhtari^[19], which implied that support reading strategies were used more by learners with lower self-rated reading ability in order to compensate their lack of L2 proficiency. Hong-Nam and Page^[20] also confirmed these results, in that, self-rated advanced students reported more frequent use of global and problem-solving strategies. These findings need further investigation in the context of an ESP reading classroom.

2.4 Genre-Specific Instruction on the Text Structure of RAs

The CARS model^{[10][12]} could be incorporated into ESP course instruction. The framework has been commonly used as an effective model for writing RA introductions across many disciplines including engineering-related fields^[21]. It could work as an instructional framework for English language teachers to familiarise learners with the target discourse^[22]. The awareness of genre-specific text structures could also help learners build confidence when they read RAs^[23].

Little research has been done into the effectiveness of text structure instruction on L2 learners' reading performance. In the context of L1 reading classrooms, such instruction has been widely reported to be effective in facilitating reading comprehension^[24]. With regard to an investigation into L2 readers, a case study indicated a possibility that language teachers could facilitate reading comprehension through the exploration of genre-specific

features of RAs^[25]. However, there has been very little research conducted into the specific impact of such instruction in an ESP context using RAs. Thus, this present study was an attempt to fill this gap.

2.5 Research Questions

1. Does genre-specific instruction on the textual structure of RAs have a positive impact on learners' reading performance?
2. Does the instruction facilitate learners' self-reported reading strategy use on RAs?
3. Is there any relationship between reading performance and self-reported reading strategy use?

3. Methodology

3.1 Participants

A total of 56 second-year undergraduates who were taking a compulsory ESP course participated in this study. They were divided into two groups and taught the same contents in different classrooms. According to a background questionnaire, which was administered prior to data collection, all participants were Japanese nationals and their self-evaluated English reading skills were beginner to lower-intermediate. The questionnaire further indicated that they had little experience with real-life English texts other than language learning materials. The whole classroom atmosphere could be viewed as unmotivated or uninterested, which is often described as a typical learning context in university English language classrooms^[26].

3.2 Classroom Materials

Classroom reading materials were chosen from a journal issued by the International Council on Large Electric Systems (CIGRÉ) which is a global organization in the field of power systems. The journal aims to keep

Table 2 RAs used in ESP classes

Class 2	TB579 "Green Field Network, Designing Future Networks Ignoring Existing Constraint" (2014)
Class 3	TB598 "Guidelines for the Management of Risk Associated with Severe Climatic Events and Climate Change on Overload Lines" (2015)
Class 4	TB583 "Guide for the conversion of existing AC lines to DC operation" (2014)
Class 5	TB601 "Guide for thermal calculations of overhead lines" (2015)

engineers informed about the results or progress of the work performed by the study committees. Table 2 shows the titles of RAs used in the four reading classes from Class 2 to Class 5.

Reading tasks were given in a separate worksheet (Fig. 2). Comprehension questions were created with regard to the moves in the CARS model. They asked the students' understanding of the rhetorical movement in RA introductions, methods, results and discussions. Some questions could be used as generic questions for all RAs, such as "What is the problem?" and "What are the values and outcomes of this study?", which were accompanied by text-specific questions according to the contents of the RAs.

Fig. 2 Reading comprehension worksheet

3.3 Assessment Materials

Three instruments were employed in application of a mixed methods approach. Quantitative data was collected using pre- and post- reading comprehension tests and a reading strategy questionnaire. Qualitative data was collected from follow-up interviews.

3.3.1 Pre- and Post-Reading Comprehension Tests

The participants' reading performance was measured by pre- and post- reading tests. Both tests also utilised RAs in the same journal of power systems (Table 3). Similar to the worksheet prepared for the classroom use, reading tasks were created to ask students' understanding of the rhetorical structure of the RAs. The participants were allowed to use a dictionary during the tests. The maximum scores were 20 and testing time was 30 minutes for both pre- and post- tests.

Table 3 RAs used in pre- and post- tests

Pre-test	TB523 "System Complexity and Dynamic Performance" (2013)
Post-test	TB557 "Market Design for Large Scale Integration of Intermittent Renewable Energy Sources" (2013)

3.3.2 Reading Strategy Questionnaire

A reading strategy questionnaire based on the SORS^[17] was administered to assess the participants' awareness and perceived use of reading strategies (Table 4). It utilised 5-point Likert-type scale ranging from 1 (I never or almost never do this) to 5 (I always or almost always do this) to rate how frequently each strategy was used. The responses for the 30 items were counted using scoring guidelines and the averages for all and for each subscale, global (GLOB), problem-solving (PROB) and support reading strategies (SUP), were calculated. The overall reliability (Cronbach's alpha) of the questionnaire was .89. This indicated the instrument's reasonable degree of consistency in measuring the participants' reading strategy awareness. The alpha values for the subscales were .81 for GLOB, .77 for PROB, and .67 for SUP.

3.3.3 Follow-Up Interviews

Semi-structured interviews were conducted to explore the students' perceptions on the reading materials and the genre-based instruction. They asked the following items based on the previous study that investigated the effects

Table 4 Items in the reading strategy questionnaire

Reading strategy item	Subscale
1 I have a purpose in mind when I read.	GLOB
2 I take notes while reading to help me understand what I read.	SUP
3 I think about what I already know to help me understand what I read.	GLOB
4 I take an overall view of the text to see what it is about before reading it.	GLOB
5 When text becomes difficult, I read aloud to myself to help me understand what I read.	SUP
6 I think about whether the content of the text fit my reading purpose.	GLOB
7 I read slowly and carefully to make sure I understand what I am reading.	PROB
8 I review the text first by noting its characteristics like length and	GLOB
9 I try to refocus when I lose concentration.	PROB
10 I underline or circle information in the text to help me remember it.	SUP
11 I adjust my reading speed according to what I am reading.	PROB
12 When reading, I decide what to read closely and what to ignore.	GLOB
13 I use reference materials (e.g. a dictionary) to help me understand what I	SUP
14 When text becomes difficult, I pay closer attention to what I am reading.	PROB
15 I use tables and figures in text to increase my understanding.	GLOB
16 I stop from time to time and think about what I am reading.	PROB
17 I use context clues to help me better understand what I am reading.	GLOB
18 I paraphrase (restate ideas in my own words) to better understand what I	SUP
19 I try to picture or visualize information to help remember what I read.	PROB
20 I use text structures like headings and paragraphs to identify key	GLOB
21 I critically analyze and evaluate the information presented in the text.	GLOB
22 I go back and forth in the text to find relationships among ideas in it.	SUP
23 I check my understanding when I come across new information.	GLOB
24 I try to guess what the content of the text is about when I read.	GLOB
25 When text becomes difficult, I re-read it to increase my understanding.	PROB
26 I ask myself questions and try to answer them as I read.	SUP
27 I check to see if my guesses about the text are right or wrong.	GLOB
28 When I read, I guess the meaning of unknown words or phrases.	PROB
29 When reading, I translate from English into my native language.	SUP
30 When reading, I think about information in both English and my mother	SUP
tongue.	

of the genre-based reading instruction.

- (1) What did you do first when you were given the text?
- (2) What percentage of the text do you think you understood?
- (3) What were the most difficult aspects?
- (4) What did you do when you found a difficult sentence?
- (5) Do you think you have learned anything through this course?
- (6) Do you think you have applied what you learned to help you read the text? What are the things you do now that you didn't do before?
- (7) Are there any kinds of reading strategies that you think you need to improve?
- (8) How do you evaluate your overall reading skills?

3.4 Procedure

The data was collected in the ESP course over six weeks (Class 1-6). In Class 1, pre- reading test was conducted. Class 2 through Class 5 were devoted to reading practice using four different RAs. Only one group was given the genre-based instruction. The

intervention group ($n=26$) received instruction at the beginning of the four classes. The control group ($n=30$) received no instruction on the text structure of RAs. In Class 6, the post- reading test and the reading strategy questionnaire were administered. Twelve students in the intervention group and nine in the control group participated in a follow-up interview after completing the post-test and the questionnaire.

3.5 Data Analysis

Data from the reading strategy questionnaire and pre- and post- reading tests was analysed using descriptive statistics, *t*-tests and correlation coefficients. To examine the impact of the genre-specific instruction on reading performance, pre- and post- reading test scores were investigated. Then, similar procedures were carried out to determine whether there was any significance in the differences in self-reported strategy use. Finally, a correlation analysis was conducted for each participant in order to explore the relationship between self-reported strategy use and reading performance.

The interview transcripts were analysed qualitatively in order to enhance the understanding of quantitative results. Some items of the reading strategy questionnaire were also investigated qualitatively for the meanings. This helped understand the phenomenon in the specific context of this present study and capture the students' complex mental processes.

4. Results

The quantitative data obtained from the pre- and post-reading tests and the reading strategy questionnaire was statistically analysed with regard to the three research questions. The results showed the differences between the intervention (Int) and control (Ctrl) groups in terms of the pre- and post- reading test performance and self-reported strategy use. They also suggested the correlations between self-reported strategy use and the performance on the post- reading test.

4.1 Performance on the Reading Tests

Table 5 shows the descriptive statistics for the mean scores on the pre- and post- reading tests. While the mean pre-test score of the intervention group ($M=7.74$) was 0.71 points lower than that of the control group ($M=8.45$), the mean post-test score of the intervention group ($M=11.77$) was higher than that of the control

group ($M=10.83$) by 0.94 points. The paired two-sample t -test indicated that both groups increased the scores from the pre-test to the post-test with a great statistical significance ($p < .001$).

Table 5 Descriptive statistics for pre- and post- reading tests

Group	N	Test	Minimum	Maximum	Mean	Mean Gain	SD	Significance
Int	26	Pre-test	0	14	7.74	-	3.48	$p < .001$
		Post-test	2	18	11.77	4.04	4.2	
Ctrl	30	Pre-test	0	16	8.45	-	4.24	$p < .001$
		Post-test	2	18	10.83	2.38	4.44	

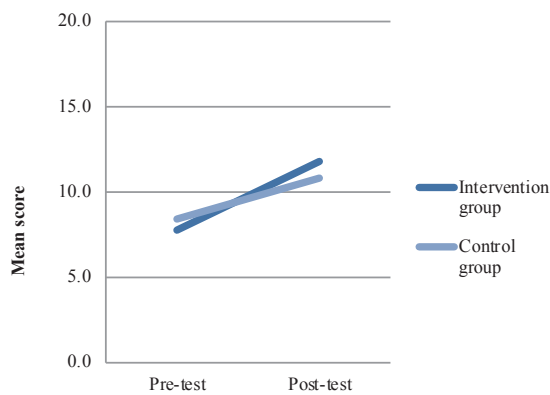


Fig. 3 Mean scores of pre- and post-test

As shown in Fig. 3, the intervention group demonstrated a greater increase than the control group by 1.66 points. However, the results of the independent two-sample t -test showed no significant difference in gain scores between the two groups. The difference in the post-test scores also did not reach statistical significance.

4.2 Reading Strategy Use

Table 6 shows descriptive statistics for the scores on the reading strategy questionnaire. The means indicate that the intervention group reported higher frequency ($M=3.02$; 2.99; 3.15) in use of strategies than the control group ($M=2.74$; 2.68; 2.80) for all three subscales. The independent two-sample t -test revealed that these differences were statistically significant ($p < .05$) except for support reading strategies.

Each individual thirty item in the questionnaire was investigated for the differences in means between the two groups. Table 7 shows eight items with a high absolute value of t -statistics, which indicated significantly more frequent use by the intervention group

than the control group. Specifically, two items (#1 & #9) showed a great significant difference in the means of the frequency in reported strategy use ($p < .01$).

Table 6 Descriptive statistics for the reading strategy questionnaire

	Group	Mean	SD	t statistic	Significance
Overall 30 items	Int	3.02	0.47	1.766	$p < .05$
	Ctrl	2.74	0.66		
Global reading strategies	Int	2.99	0.54	1.822	$p < .05$
	Ctrl	2.68	0.69		
Problem-solving strategies	Int	3.15	0.66	1.738	$p < .05$
	Ctrl	2.8	0.81		
Support reading strategies	Int	2.94	0.44	1.120	-
	Ctrl	2.77	0.69		

Table 7 Strategies showed a significant difference in use between two groups

item # (subscale)	Reading Strategy	Group	Mean	SD	t statistic	Significance
#1 (GLOB)	I have a purpose in mind when I read.	Int	3.12	1.05	2.545	$p < .01$
		Ctrl	2.43	0.92		
#9 (PROB)	I try to refocus when I lose concentration.	Int	3.62	1.11	2.414	$p < .01$
		Ctrl	2.93	0.96		
#10 (SUP)	I underline or circle information in the text to help me remember it.	Int	3.85	1.17	2.248	$p < .05$
		Ctrl	3.03	1.45		
#11 (PROB)	I adjust my reading speed according to what I am reading.	Int	3.38	1.39	2.137	$p < .05$
		Ctrl	2.60	1.31		
#17 (GLOB)	I use context clues to help me better understand what I am reading.	Int	3.35	1.00	1.857	$p < .05$
		Ctrl	2.77	1.26		
#3 (GLOB)	I think about what I already know to help me understand what I read.	Int	3.27	1.06	1.744	$p < .05$
		Ctrl	2.77	1.05		
#12 (GLOB)	When reading, I decide what to read closely and what to ignore.	Int	3.5	1.28	1.692	$p < .05$
		Ctrl	2.93	1.18		
#25 (PROB)	When text becomes difficult, I re-read it to increase my understanding.	Int	3.77	0.97	1.677	$p < .05$
		Ctrl	3.30	1.07		

4.3 Correlations between the Strategy Use and the Performance on the Post-Test

Correlation coefficients were calculated in order to investigate the degree of association between self-reported strategy use and reading test performance. Table 8 and 9 demonstrate remarkable differences between the two groups, in which one star * attached indicates $p < .05$ and two stars ** indicate $p < .01$. Table 8 shows that intervention group reported significantly higher frequency in overall use of the strategies than the control group. Table 9 indicates that different reading strategy items marked a significant correlation between the two groups. The post-test scores of the intervention group showed a significant positive correlation with the

use of seven items (#4, #8, #11, #12, #25 & #30) and a significant negative correlation with one item (#6). Of these items, #8, #11 and #30 indicated a great statistical significance at $p < .01$. In contrast, the post-test scores of the control group correlated with a different item (#28).

Table 8 Correlations between post-test scores and the frequency in use of strategies

Group	<i>N</i>	All	GLOB	PROB	SUP
Int	26	0.35*	0.26	0.33	0.34*
Ctrl	30	0.14	0.14	0.05	0.18

Table 9 Significant correlations between post-test scores and frequency in use of individual strategy items

Group	#4	#6	#8	#11	#12	#25	#28	#30
Int	0.44*	-0.41*	0.52**	0.55**	0.41*	0.38*	0.16	0.48**
Ctrl	0.11	-0.22	0.10	-0.02	0.25	-0.13	0.36*	0.03

The degree of association between score gains and self-reported reading strategy use was further examined. Table 10 indicates that the same but fewer items showed a significant positive correlation with score gains of the intervention group (#4, #6, #11, #12 & #30) with #11 showed a great statistical significance at $p < .01$. With regard to the control group, a different item (#1) was revealed to have a significant negative correlation with score gains.

Table 10 Correlations between score gains and the frequency of strategy use

Group	All	GLOB	PROB	SUP	#1	#4	#6	#11	#12	#30
Int	0.21	0.14	0.21	0.24	0.13	0.38*	-0.36*	0.48**	0.44*	0.34*
Ctrl	-0.09	-0.13	-0.09	0.00	-0.39*	0.03	-0.20	-0.18	-0.03	-0.03

5. Discussion

In this section, the results are discussed with the interpretation of the qualitative data. The three research questions are answered with the analysis of the transcribed data from the follow-up interviews as well as the meaning of reading strategy items that showed a statistical significance. The interview extracts are an English translation from the original Japanese, which are accompanied by the interviewee's pre- and post-test scores indicated in parentheses.

5.1 Research Question 1

The first research question asked whether instruction on rhetorical features of RAs improved reading performance. The quantitative analysis of the pre- and post-test indicated a positive impact, however, there was no statistically significant differences in the improvement between the two groups (Table 5). This generally supported the literature that reported the effectiveness of text structure instruction in L1 and L2 contexts^{[24][25]}, but not at a significant level.

The follow-up interviews implied the effectiveness of the instruction. One student in the intervention group demonstrated his own strategy to make sense of the RA as a meaningful text:

First, I read the title and subtitles. Next, I overviewed the whole text, pictures and images. Then I started to read. (Int3: Pre 3/Post 12)

In contrast, a student in the control group revealed his tactics mainly to hunt for answers to the comprehension questions regardless of the whole meaning of the text:

I didn't even read the title. After reading the questions, I tried to identify the parts where I could find the answers. I focused on conjunctions, such as "however", in order to figure out the context and to tell where the important part was. (Ctrl4: Pre 5/Post 5)

The genre-specific instruction could have raised learners' awareness of the text structure of RAs, which possibly helped them capture the organisation of the text and read in a meaningful way.

5.2 Research Question 2

With regard to the second research question, the results revealed significantly more frequent use of global and problem-solving strategies by the intervention group (Table 6). This also echoed with the previous studies^{[18]-[20]}, which could suggest that the intervention group gained a certain level of confidence when reading RAs^[23].

Strategy items #1 and #9 that showed a great statistical significance (Table 7) implied a positive influence of the instruction. The strategy #1 refers to purposeful reading and #9 involves efforts to keep concentration, both of which would require a specific reading goal. The genre-specific instruction could possibly enhance

learners' awareness and sensitivity when they read RAs^[22].

These were illustrated in the follow-up interviews. A student in the intervention group shared his strategies to read the text purposefully that enabled him to decide where to read closely:

I read the title and then moved on to the Introduction, because I knew the Introduction contained key information for the whole text. I paid less attention to the Description section as its contents are often too much in detail. (Int16: Pre 6/Post 18)

Students in the control group seem to have struggled from developing own reading strategies. Without explicit explanation of the genre-specific text structure, they relied on the comprehension questions as a clue:

I started to read the text without reading the title, because I knew the pattern of the questions. I referred to the text to identify information that was asked in the questions. I found that there are important contents at the beginning and the last parts of the text. (Ctrl11: Pre 0/Post 11)

These suggested that the students' enhanced awareness of the rhetorical organization of RAs could help them read RAs with confidence.

5.3 Research Question 3

The results from the correlation analysis revealed that the students who obtained a high score on the post-test read the text strategically drawing on the rhetorical knowledge gained through the instruction (Table 8). These students overviewed the text (#4 & #8) and decided where to read closely (#11, #12 & #25) (Table 9 & 10).

A positive correlation with the strategy #30 indicated that such students thought about the meaning of the text. This would be related to a negative correlation with #6 which refers to the behaviour that consciously considers whether the text fits the purpose of reading. This implied that they read the RA not exclusively for transferring information from the text to the answer sheet but for understanding the meaning to a certain extent.

In contrast, the control group showed a positive correlation with #28, taking a guess of the meaning of words or phrases. This could imply that high scorers in

the control group tended to focus on detailed elements rather than the overall meaning of the text.

The interview with a student in the intervention group raised an important issue about the effectiveness of the genre-specific instruction as well as the reading practice using RAs. His post-test score fell remarkably from 14 to 7. In the interview, he repeatedly self-evaluated his L2 proficiency as very low and mentioned his struggles throughout the reading process:

I read the title and overviewed the structure of the text to see if this RA was structured in the same way as what we were taught in class. ... I think I could roughly tell the context flow of the text using conjunctions as a clue, but I was not sure if I was on the right track. I used a dictionary only once or twice as I knew using a dictionary didn't help me anyway. There were so many unknown words. From the beginning, I don't deserve to read this type of texts. (Int1: Pre 14/Post 7)

The results indicated that the genre-specific instruction could successfully enhance the students' strategic reading. However, the instruction would have little impact on those who perceived their L2 proficiency as very low, which was suggested in the literature^[6].

6. Conclusion

This paper has explored the use of RAs in an ESP course with an investigation into the effectiveness of genre-specific instruction on learners' reading performance. The findings emphasised that raised awareness of the rhetorical features of RAs could give learners confidence in reading the texts in a meaningful way. This would possibly help enhance their reading performance. Nevertheless, attention should be paid to learners who have not obtained a certain level of L2 proficiency. A lack of L2 knowledge could hinder the effectiveness of the use of RAs as a classroom reading material.

There are several limitations of this study. First, the sample size is small as this study was conducted in a real classroom setting. Next, the one-shot self-report questionnaire would have been insufficient to address the actual use of reading strategies. Finally, the standardised assessment style of pre- and post- reading tests might have been inadequate to measure the students' reading

performance, in that the texts could be read for assessment not for academic reading purposes. Thus, these issues need to be addressed by future research.

Notwithstanding, there are two pedagogical implications drawn from this study. Firstly, RAs could be used as an effective reading material in university ESP classrooms. The texts did pose a challenge for the students who tended to show unmotivated or uninterested attitudes towards English language learning. However, they were capable enough to handle the reading tasks.

Secondly, supplemental activities would be preferable in order to address weak readers' struggles. Activities such as vocabulary preview and review could enhance their knowledge of subject specific terms as well as general academic vocabulary. Hopefully, engineering students will have a positive perception towards academic reading and spend more time reading subject-related professional texts so as to expand their engineering expertise.

7. References

- [1] B. Tomlinson: *Language Teaching*, 45(02), 143-179 (2012).
- [2] C. Kaewpet: *English for specific purposes*, 28(4), 266-278 (2009).
- [3] E. Kaneko, W. Rozycki, & T. Orr: *Professional Communication Conference, 2009. IPCC 2009. IEEE International*, 1-6 (2009).
- [4] P. Spence and G. Z. Liu: *English for Specific Purposes*, 32(2), 97-109 (2013).
- [5] R. M. Pritchard and A. Nasr: *English for Specific Purposes*, 23(4), 425-445 (2004).
- [6] K. Rajprasit, P. Pratoomrat and T. Wang: *English Language Teaching*, 8(3), 111-120 (2015).
- [7] M. R. Atai and L. Shoja: *RELC Journal*, 42(3), 305-323 (2011).
- [8] A. Clement and T. Murugavel: *English language teaching*, 8(2), 116-125 (2015).
- [9] J. Swales: *Genre analysis: English in academic and research settings*. Cambridge University Press (1990).
- [10] J. Swales: *Research genres: Exploration and applications*. Cambridge University Press (2004).
- [11] J. Flowerdew: *Journal of English for Academic Purposes*, 19, 102-112 (2015).
- [12] B. Kanoksilapatham: *English for Specific Purposes*, 37, 74-86 (2015).
- [13] A. Phakiti: *Language Testing*, 25(2), 237-272 (2008).
- [14] M. H. Chou: *Reading Research Quarterly*, 48(2), 175-197 (2013).
- [15] L. Zhang, C. C. Goh and A. J. Kunnan: *Language Assessment Quarterly*, 11(1), 76-102 (2014).
- [16] M. Pressley and P. Afflerbach: *Verbal protocols of reading: The nature of constructively responsive reading*. Routledge (1995).
- [17] K. Mokhtari and R. Sheorey: *Journal of Developmental Education*, 25(3), 2-11 (2002).
- [18] A. Alhaqhani and M. Riazi: *Reading in a Foreign Language*, 24(2) (2012).
- [19] R. A. Sheorey and K. Mokhtari: *System*, 29(4), 431-449 (2001).
- [20] K. Hong-Nam and L. Page: *Reading Psychology*, 35(3), 195-220 (2014).
- [21] L. L. Khaw and W. W. Tan: *IEEE Transactions on Professional Communication*, 61(2), 133-150 (2018).
- [22] A. Cheng: *Journal of English for Academic Purposes*, 19, 125-136 (2015).
- [23] S. Hyon: *English for Specific Purposes*, 20, 417-438 (2001).
- [24] M. Hebert, J. J. Bohaty, J. R. Nelson and J. Brown: *Journal of Educational Psychology*, 108(5), 609-629 (2016).
- [25] I. Kuzborska: *Journal of English for Academic Purposes*, 20, 149-161 (2015).
- [26] K. Sakui and N. Cowie: *ELT journal*, 66(2), 205-213 (2011).

福井大学工学部及び大学院工学研究科紀要編集委員会

田嶋 直樹	物理工学専攻 (紀要編集委員長)		
吉田 達哉	機械工学専攻	川戸 栄	電気・電子工学専攻
橘 拓至	情報・メディア工学専攻	原田 陽子	建築建設工学専攻
阪口 壽一	材料開発工学専攻	高橋 一朗	生物応用化学専攻
長宗 高樹	知能システム工学専攻	平田 豊章	繊維先端工学専攻
中島 恭平	原子力・エネルギー安全工学専攻		

福井大学大学院工学研究科研究報告

http://www.eng.u-fukui.ac.jp/ResearchActivities/memoirs_index.htm

福井大学大学院工学研究科研究報告 別冊 研究活動一覧

<http://www.eng.u-fukui.ac.jp/ResearchActivities/index.html>

国立情報学研究所 論文情報ナビゲータ (福井大学関連) のURL (書誌情報のみ)

<https://ci.nii.ac.jp/ncid/AA12208150>

福井大学工学研究科研究報告

2019年3月22日 発行

福井大学大学院工学研究科

〒910-8507 福井市文京3丁目9-1

電話 (0776) 27-8016 (総合戦略部門研究推進課)

印刷所 能登印刷株式会社