

# 研 究 紀 要

第 56 号

平成 30 年 3 月

RESEARCH REPORTS

OF

KOBE CITY COLLEGE OF TECHNOLOGY

NO. 56

MARCH, 2018

神戸市立工業高等専門学校

# 目 次

---

## 論 文

海外短期研修が高専生の英語の技能・知識及び情意面へ及ぼす影響	今村 一博 . . . . . 1
変位出力を用いた四次のプロパーな局所コントローラによる大型柔軟宇宙構造物の分散ロバスト最適制御	小林 洋二 . . . . . 7
ウォーターフロント開発による地区の形成過程－神戸ハーバーランド地区を対象として－	神吉 晃大, 小塚 みすず . . . . . 17
交通結節駅におけるサードプレイスの現状	塩川 大哉, 小塚 みすず . . . . . 23
河川防災タイムラインの策定・運用の現状と課題	宇野 宏司 . . . . . 29
学生の英文法力についての調査	上垣 宗明 . . . . . 35
演習主体とする授業における BGM 導入による教育効果 2	中川 卓也, 大向 雅人, 津吉 彰 . . . . . 41
内蒙古自治区通遼市扎魯特旗所在の遼代誉州故城について	高橋 学而, 中尾 幸一 . . . . . 49
契丹陶磁の「周縁性」に関する検討 (5) －北京龍泉務窯の発展をめぐって－	町田 吉隆 . . . . . 55

# CONTENTS

---

## PAPERS

- The Effects of Short-Term Study Abroad Programs on the Attitudes, Knowledge, and English Skills of Japanese Technology Students  
Kazuhiro IMAMURA . . . . 1
- Decentralized Robust Optimal Control for Large Flexible Space Structures by Fourth Order Local Proper Controllers Using Displacement Output  
Yohji KOBAYASHI . . . . 7
- A Study on Formation Process around the Bay Area of Waterfront Development - A Case Study of Kobe-Harborland District -  
Kodai KANKI, Misuzu KOZUKA . . . . 17
- Present Situation of the Third Place in Railroad Station as a Function of Transport Nodes  
Hiroya SHIOKAWA, Misuzu KOZUKA . . . . 23
- Current Status and Issues on Formulation and Operation of Time Line for River Disaster Prevention  
Kohji UNO . . . . 29
- A Research on Students' Abilities in English Grammar  
Muneaki UEGAKI . . . . 35
- The Education Effect by BGM Introduction of Drills 2  
Takuya NAKAGAWA, Masato OHMUKAI, Akira TSUYOSHI . . . . 41
- Surveys of “Yu zhou” town sites at Zhelute banner in Inner Mongolia  
Gakuji TAKAHASHI, Kouichi NAKAO . . . . 49
- Examining on the Border Character of the Kitai Pottery in China (5) : To relate with the development of the LongQuanWu Kiln-Site in Beijing  
Yoshitaka MACHIDA . . . . 55

# 海外短期研修が高専生の 英語の技能・知識及び情意面へ及ぼす影響

今村一博\*

## The Effects of Short-Term Study Abroad Programs on the Attitudes, Knowledge, and English Skills of Japanese Technology Students

Kazuhiro IMAMURA\*

### ABSTRACT

This study investigates how a two-week study abroad program in New Zealand influenced 23 Japanese technology students' attitudes to English, and their motivation to learn it. According to the results of this study's questionnaire, the program a) increased their interest in English books, b) increased their motivation to study English every day, c) increased their motivation to improve their English reading, writing, and vocabulary, d) increased their motivation to communicate with various people in English, and e) relieved their fear of English tests to some degree. On the other hand, the results also show that f) the students found reading in English harder, although more detailed research is needed to find the reasons.

*Keywords* : short-term study abroad program, attitudes, motivation, knowledge, questionnaire

### 1. はじめに

現在では海外研修を受ける機会を学生・生徒の希望者または全員に与えている中等・高等教育機関はかなりの数あり、社会全体のニーズとして、多くの他の教育機関で導入しているとして、海外研修を実施したが、その影響を精細に調査していなかったり、導入直後はその影響を調査していても、その後長く詳細な調査・分析をしていなかったりするケースも多いようである。

しかし、海外研修は短期であっても、参加学生の時間的・経済的負担は大きい。その負担に見合う、有意義な海外研修を実施するためには、参加学生に対する影響を把握することが不可欠である。

### 2. 先行研究

Splichal&Yamada<sup>(1)</sup>は、合衆国の提携大学における 2 週間の英語集中研修と国際交流を中心とするプログラムに参加した 13 人の日本の大学生を対象に質問紙調査を行った。研修前と研修後に 44 の質問項目から成る 5 件法の同じ質問紙で調査を実施し、統計処理を

行った結果、2 週間のプログラムでも、「外国の人に話しかけられる時に感じる不安が緩和された」、「外国の人と話をするのが楽しくなった」といった肯定的な影響が見られた。一方、「新しいチャレンジ・独立への態度」に関しては変化は見られなかった。

大塚・根岸<sup>(2)</sup>は、ニュージーランドの工科大学またはオーストラリア語学学校で 2 週間の語学研修を受けた計 24 名の高専 2・3 年生を対象にして、研修前後に英語使用及び英語授業中の不安に関する 6 件法の同じ質問紙による調査を行った。結果として英語を使用することに対する不安、英語の授業に対する不安が共に緩和されたことがわかった。

上記以外にも、海外短期研修が及ぼす影響を調査した先行研究は見られたが、英語及び英語学習に対する態度・動機づけへの影響を含めて詳細に調査した近年の研究は少なかった。

### 3. 研究目的

本研究では、以下の研究課題を設定した。海外短期研修は、参加した学生の英語及び英語学習に対する態度・動機づけへどのような影響を及ぼすか。

\* 一般科 教授

## 4. 研究方法

### 4.1 参加者

ニュージーランドのポリテクニクへ2週間の短期研修に参加した、高専1年生から3年生の23名(男子19名、女子4名)を調査対象とした。全員、ホストファミリーの家に宿泊し、学校では午前中は少人数クラスで英語コミュニケーションの授業を、午後は一般工学コース、機電工学コースの2つのグループに分かれて、工学系の授業を英語で受けた。

### 4.2 手順

今村<sup>3)</sup>で使用した、英語及び英語学習に対する態度・動機づけに関する認識を尋ねる質問紙(6件法、55問)(付録1)を用いた。短期研修開始の約6か月前に事前調査を、短期研修終了後約1か月の時期に同じ質問項目で事後調査を行った。

またニュージーランドでの短期研修の準備をするために、短期研修開始の約6か月前から短期研修の期間前までに計6回のホストファミリーとのコミュニケーション、英語プレゼンテーションのリハーサル等の多様な校内研修を実施した。

## 5. 結果と分析

質問紙の事前・事後の結果の記述統計は表1の通りである。事前と事後に各質問項目間で有意な差があるかを調べるために、ノンパラメトリック検定であるウィルコクソンの符号付順位検定を行った。その結果、計2つの質問項目において、大きな効果量( $r \geq .50$ )が見られ、計10の質問項目において中程度の効果量( $r \geq .30$ )が見られた。

まず、質問項目5の「本屋などで英語の本を手にとってみる」が大きな効果量を示し( $r = .56$ )、英語の授業とは関係なく、以前よりも英語の本に興味・関心を示すようになったことが明らかとなった。また、質問項目19の「ほとんど毎日、英語を学習する習慣がある」も大きな効果量を示し( $r = .59$ )、英語を毎日学習する習慣が強まったことを示した。

次に中程度の効果量を示したものを見ていきたい。その中に「英語の読解力を身につけたい」(項目7)、「英語の作文力を身につけたい」(項目38)、「英語の語彙力を身につけたい」(項目1)があり、英語の読む・書くに加えて語彙力を向上させたいと願う態度・動機づけを示した。一方、英語を話す・聴くことについては、「英語の話す力を身につけたい」(項目15)、「英語の聴きとる力を身につけたい」(項目45)の事前調査において、各々、平均値 5.826+標準偏差.388、平均値 5.696+標準偏差.559の値が6を超え、天井効果が見られていた。よって英語を話す力・聴く力を高めたいという態度・動機づけに関しては、事前調査段階で既に極めて高い水準にあったことがわかる。

それにもかかわらず、読むことに関しては、「英文を

読むことが苦になる」(項目13)、「長い英文を読むのは嫌いである」(項目55)が上昇し、英文を読むことに対して好ましくない情意が増したことが明らかとなった。その原因・理由については次項で考察したい。

しかし、「英語のテストを受ける時、できないのではないかと不安になる」(項目47)が減少し、英語のテストに対する不安が緩和されていた。そして、「外国人と英語でメール交換をしたい」(項目10)、「海外旅行をしたなら、現地の人と英語でコミュニケーションをしたい」(項目31)、「英語で色々な国の人と話したい」(項目39)という3項目において上昇が見られ、英語を通じて多様な人とコミュニケーションしたいという態度・動機づけが強まったことが示された。

さらに「日本国内でも英語ができると仕事で役に立つ」(項目48)が高くなり、英語がコミュニケーションの道具として役に立つだけでなく、仕事の道具としても役に立つと認識するようになったことが示された。

上記の通り、一部を除いて多様な好ましい影響があったことが示された。

## 6. 考察

前項で見た通り、海外短期研修及びその準備期間が、多岐にわたる多くの好ましい影響を及ぼしていることが明らかとなった。書店で英語の本に興味・関心を持つようになることから、広く英語や英語学習に興味・関心を持つようになることが窺える。英語を日々学習する習慣が強まることも、外国語の習得は自習が重要な役割を占めることから、極めて好ましい影響と見られる。2週間の現地での学習や生活は参加学生に多くのものを与えるかもしれないが、その2週間の海外短期留学を機会に英語や英語学習に強い関心を持って、帰国後も毎日学習するようになると、卒業時までの大きな伸びが期待できると考えられる。具体的には、英語の読むこと・書くこと・語彙力を高めたいという態度・動機づけの向上が見られた。先述の通り、事前調査段階での天井効果に注目すると、英語を話すこと・書くことを高めたいという態度・動機づけは、ニュージーランド派遣が決定した、海外短期研修の6か月前の段階で、既に極めて強いことがわかる。実際、本研究以外の短期海外研修に参加した者の中で、4年生で全員受験するTOEIC IPで成績優秀者となる者、成績を大きく伸ばす者、加えて校内外の英語プレゼンテーション・コンテストに参加して成果をあげる者は多い。

他方、英語を読むことに対して好ましくない情意を持つようになることに関しては、現地での研修も含めて、1~3年生の校内の英語の授業でやや比重の高い読むことよりも、現地では話すこと・聴くこと、次に書くことを重視するカリキュラムを実施してもらっていることと関係する可能性がある。また現地で読む多くのものが何かを説明した文章、書籍、雑誌いずれであ

表1 質問紙の回答の記述統計及びウィルコクソンの符号付順位検定

質問 項目	事前調査				事後調査				事前・事後調査間の差			
	平均値	標準 偏差	最小 値	最大 値	平均 値	標準 偏差	最小 値	最大 値	有意 確率	Z 値	効果 量 r	効果量目安
1	5.565	.662	4.000	6.000	5.783	.422	5.000	6.000	.096	1.667	.35	中
2	4.304	1.295	2.000	6.000	4.391	1.373	2.000	6.000	.666	.432	.09	
3	4.043	1.107	1.000	6.000	4.174	1.114	2.000	6.000	.670	.426	.09	
4	4.000	1.128	2.000	6.000	4.130	1.058	2.000	6.000	.571	.566	.12	小
5	2.783	1.413	1.000	6.000	3.565	1.441	1.000	6.000	.007	2.688	.56	大
6	4.826	1.302	1.000	6.000	4.870	1.180	2.000	6.000	.868	.166	.04	
7	5.391	.891	2.000	6.000	5.783	.518	4.000	6.000	.035	2.111	.44	中
8	5.435	.992	2.000	6.000	5.304	1.222	2.000	6.000	.461	.736	.15	小
9	4.870	1.014	3.000	6.000	4.957	1.107	2.000	6.000	.681	.411	.09	
10	4.130	1.456	2.000	6.000	4.609	1.373	2.000	6.000	.118	1.565	.33	中
11	5.565	.662	4.000	6.000	5.522	.846	3.000	6.000	.782	.277	.06	
12	4.522	1.473	1.000	6.000	4.391	1.406	1.000	6.000	.581	.552	.12	小
13	2.913	.848	2.000	4.000	3.478	1.275	2.000	6.000	.049	1.968	.41	中
14	5.565	.662	4.000	6.000	5.522	.994	2.000	6.000	.916	.106	.02	
15	5.826	.388	5.000	6.000	5.870	.344	5.000	6.000	.655	.447	.09	
16	4.783	1.085	2.000	6.000	4.826	1.029	2.000	6.000	.830	.215	.05	
17	4.435	1.273	2.000	6.000	4.609	1.340	2.000	6.000	.604	.519	.11	小
18	4.217	.850	3.000	6.000	4.435	1.199	3.000	6.000	.308	1.020	.21	小
19	2.261	1.010	1.000	4.000	2.870	1.217	1.000	5.000	.005	2.810	.59	大
20	4.000	1.348	1.000	6.000	4.087	1.276	2.000	6.000	.908	.116	.03	
21	5.043	1.147	2.000	6.000	5.130	1.180	2.000	6.000	.713	.368	.08	
22	5.043	1.022	2.000	6.000	5.043	1.224	2.000	6.000	.855	.183	.04	
23	5.870	.344	5.000	6.000	5.870	.458	4.000	6.000	1.000	.000	.00	
24	5.478	.790	4.000	6.000	5.478	.846	3.000	6.000	.916	.106	.02	
25	5.783	.422	5.000	6.000	5.783	.422	5.000	6.000	1.000	.000	.00	
26	4.913	.848	3.000	6.000	5.000	1.206	2.000	6.000	.723	.354	.07	
27	5.217	.795	4.000	6.000	5.478	.790	3.000	6.000	.211	1.251	.26	小
28	5.522	.593	4.000	6.000	5.696	.559	4.000	6.000	.248	1.155	.24	小
29	5.174	.887	3.000	6.000	5.261	1.010	3.000	6.000	.596	.530	.11	小
30	4.739	1.214	2.000	6.000	4.826	.937	3.000	6.000	.617	.500	.11	小
31	5.391	.656	4.000	6.000	5.652	.647	4.000	6.000	.109	1.604	.34	中
32	3.435	1.121	2.000	5.000	3.455	1.262	1.000	6.000	.771	.291	.06	
33	3.739	1.251	1.000	6.000	3.957	1.022	2.000	5.000	.361	.914	.19	小
34	4.522	1.082	3.000	6.000	4.435	1.161	2.000	6.000	.627	.486	.10	小
35	4.870	.968	3.000	6.000	4.522	1.238	2.000	6.000	.248	1.155	.24	小
36	5.652	.647	4.000	6.000	5.652	.573	4.000	6.000	1.000	.000	.00	
37	5.435	.992	2.000	6.000	5.478	.947	2.000	6.000	.792	.264	.06	
38	5.130	1.140	2.000	6.000	5.522	.665	4.000	6.000	.080	1.748	.37	中
39	4.957	1.147	2.000	6.000	5.609	.783	3.000	6.000	.026	2.227	.47	中
40	5.565	.507	5.000	6.000	5.609	.583	4.000	6.000	.782	.277	.06	
41	5.609	.583	4.000	6.000	5.739	.541	4.000	6.000	.477	.711	.15	小
42	5.609	.722	3.000	6.000	5.565	.662	4.000	6.000	.564	.577	.12	小
43	3.522	1.310	2.000	6.000	3.609	.988	1.000	5.000	.768	.295	.06	
44	4.130	1.180	2.000	6.000	3.957	1.364	1.000	6.000	.497	.680	.14	小
45	5.696	.559	4.000	6.000	5.739	.541	4.000	6.000	.792	.264	.06	
46	4.304	1.295	2.000	6.000	4.261	1.287	1.000	6.000	.773	.288	.06	
47	4.174	1.466	1.000	6.000	3.478	1.238	1.000	6.000	.029	2.181	.46	中
48	5.174	.778	3.000	6.000	5.391	.839	3.000	6.000	.132	1.508	.32	中
49	4.826	1.072	3.000	6.000	5.043	1.065	2.000	6.000	.428	.792	.17	小
50	4.783	1.126	2.000	6.000	4.957	1.147	2.000	6.000	.436	.779	.16	小
51	4.522	1.123	2.000	6.000	4.783	1.166	3.000	6.000	.293	1.052	.22	小
52	5.739	.449	5.000	6.000	5.652	.573	4.000	6.000	.527	.632	.13	小
53	4.435	1.754	1.000	6.000	4.696	1.636	1.000	6.000	.469	.725	.15	小
54	3.522	1.928	1.000	6.000	3.565	1.950	1.000	6.000	.964	.045	.01	
55	3.435	1.308	1.000	6.000	4.043	1.186	2.000	6.000	.093	1.679	.35	中

っても、英語母語話者を対象としたもので、語彙レベルも高く、長いものが多く、初級～中級の英語学習者である本校参加者には難しいものが多いことが考えられる。また国内では授業の内外で長い文章を読む機会が少なく、現地では大量の文章を読まなければならない際に困難を感じるということも考えられる。授業内外で無理のない範囲で、多様なレベル、長さの英文を適宜読む機会を学生が持てるように指導することが求められるであろう。

英語のテストを受ける際の不安が緩和されることは好ましい影響で、テストを受験している際に不安の影響をあまり受けずに力を発揮しやすくなる。そして各自の進路に応じて英語の各種テストの準備をする必要のある学生が多いが、そうした準備に前向きに取り組みやすくなるであろう。

英語を使って、色々な人と多様な形でコミュニケーションをしたいという態度・動機づけが強化されたということは、参加者が今後様々な英語コミュニケーション力を高める上で大変好ましいことと考えられる。加えて、卒業後も国内外で英語で外国の人とコミュニケーションをする必要がある場面でしり込みしないで、コミュニケーションしようとするにつながり、参加者にとって大きな財産となるであろう。

日本国内でも英語が仕事に役立つという態度が養成されることにより、高専の上級生になった際に、英語を学習し続ける動機づけにもつながり、好ましい影響を与えると考えられる。

このように海外短期研修自体は2週間という短い期間ではあるが、出発までの6か月間の準備期間も含めて実に多様な好ましい影響を参加者が受けていたことが明らかとなった。

## 7. 本研究の限界と今後の研究

本研究で調査対象とした人数は23人で、海外短期研修の影響に関する調査として、特に少ないわけではない。しかし、統計処理上、対象人数が多いわけではないので、それを考慮してノンパラメトリック検定を利用して統計処理を行った。しかし単年度だけでなく、今後の派遣に合わせて毎年同様の調査を行ってデータを蓄積していくことにより、準備期間を含めた海外短期研修の影響をより正確に示していくことができるであろう。

逆にデータが蓄積されてくると、年度ごとの数値の変化から、年度ごとの参加者の特徴を客観的に知ることができる可能性がある。

同様にある程度データが蓄積された段階で、海外短期派遣プログラムの一部を変更した場合、その影響を客観的に把握する手段として利用できる可能性もある。多様な観点から継続した調査によって、教員の感覚だけでなく、客観的なデータを参考にしながら、海外短

期研修を実施していく必要があると考えられる。

## 参考文献

- (1) Splichal, M. & Yamada, H. : “International exchange I: A pre- and post- analysis of the participants’ perceptions”, 仁愛大学研究紀要, 第5号, pp.43-51, 2006.
- (2) 大塚賢一・根岸純子: 「2週間の海外短期語学研修がスピーキング fluency に与える効果及び fluency と英語使用不安・英語授業不安との関係」, 関東甲信越英語教育学会紀要, 第23号, pp. 59-70, 2009.
- (3) 今村一博: 「高校生に対する多読指導と情意, 使用する読解ストラテジーの認識との関係—縦断的研究—」, Language Education & Technology, 第44号, pp. 87-106, 2007.

## 付録1

### 質問紙の質問項目

1. 英語の語彙(単語・熟語)力を身につけたい。
2. 英語が話される国の映画やファッションに興味がある。
3. 英語で読んでいる内容を自分が理解できたかどうか不安になる。
4. 英語の教科書を読むのが、あまり苦ではない。
5. 本屋などで英語の本を手にとってみる。
6. 英語が話される国の人々や文化にあこがれる。
7. 英語の読解力を身につけたい。
8. 英語が話せたらカッコいいと思う。
9. 英語を学習すると、教養が身につくと思う。
10. 外国人と英語でメール交換をしたい。
11. 速く英文を読めるようになりたい。
12. 英語ができると、ニュースや情報を早く入手できる。
13. 英文を読むことが苦になる。
14. 将来チャンスがあれば、いつか留学したい。
15. 英語の話す力を身につけたい。
16. 英語を学習すると、自分とは違った考え方についても知ることができる。
17. 英語を使う仕事にあこがれる。
18. 英語は学習の成果が出て自分なりに力がついていっている。
19. ほとんど毎日、英語を学習する習慣がある。
20. 英語の本や新聞・雑誌を読みたい。
21. 英語が話される国や外国の文化を知りたい。
22. 英文を読んで内容がわかるとおもしろい。
23. 外国で仕事をする場合には、英語は役に立つ。
24. 英語の文法力を身につけたい。
25. 英語ができるようになりたい
26. 英語を学習すると、自分の人間的な成長に役立つ。

27. 外国の人と色々なことについて話をしたい.
28. TOEICや英検等の英語の試験や資格試験でよい点数をとりたい.
29. 英語の歌を英語のまま理解したい.
30. 英語を学習すると、新しい考え方について知ることが出来る.
31. 海外旅行をしたら、現地の人と英語でコミュニケーションをしたい.
32. 学校の英語の授業が楽しい.
33. 英語は得意な方だ.
34. 英語を学習するのが好きだ.
35. 外国の映画（英語の映画）を字幕なしで見たい.
36. 英語力がすぐれている人々を見ると、「すごい」と思ったりうらやましいと思ったりする.
37. 編入学試験、入社試験等の英語のテストで合格できる英語力をつけたい.
38. 英語の書く力を身につけたい.
39. 英語でいろいろな国の人々と話をしたい.
40. 英語ができると何かと便利だ.
41. 海外旅行をしたら、英語は役に立つ.
42. 英語のテストで良い点を取りたい.
43. 英語を学習している時、不安になることが多い.
44. 英文を読むことは楽しい.
45. 英語の聴き取る力を身につけたい.
46. インターネットで英語のホームページを見たい（英語で読みたい）.
47. 英語のテストを受ける時、できないのではないかと不安になる.
48. 日本国内でも英語ができると仕事で役に立つ.
49. 日本国内でも英語で外国人と話をしたい.
50. 英語を学習すると、幅広い知識が得られる.
51. 英語に対する学習意欲は強い.
52. 英語を習得したい（英語ができるようになりたいという）気持ちは強い.
53. 日本語で本を読むのは好きである.
54. 日本語で読書をする習慣がある.
55. 長い英文を読むのは嫌いである.





# 変位出力を用いた四次のプロパーな局所コントローラ による大型柔軟宇宙構造物の分散ロバスト最適制御

小林 洋二\*

## Decentralized Robust Optimal Control for Large Flexible Space Structures by Fourth Order Local Proper Controllers Using Displacement Output

Yohji KOBAYASHI\*

### ABSTRACT

This paper considers position and attitude control of large flexible space structures composed of a number of subsystems(substructures) which are interconnected by flexible links modeled by springs and dampers. It is assumed that sensors and actuators are collocated in each subsystem. The purpose of the paper is to propose a decentralized control method by fourth order local proper controllers using displacement/angle output, which makes both each closed-loop subsystem and an overall closed-loop system not only robustly stable against uncertainty of characteristic parameters such as mass, damping, and stiffness, but also optimal for quadratic cost functions. By choosing parameters of each local proper controller as it becomes a phase lead compensator, the closed-loop subsystems and the overall closed-loop system become robustly stable. Furthermore, it is shown the closed-loop subsystems and the overall closed-loop system become optimal for quadratic cost functions by making two feedback gains large in each local proper controller.

*Keywords* : large flexible space structure, decentralized control, optimal control, robust stabilization, displacement output

### 1. はじめに

宇宙太陽光発電衛星<sup>(1),(2)</sup>のような宇宙構造物は大型であるため、一度に宇宙へ打ち上げることができず、サブシステム(サブ構造物)に分けて打ち上げられ、宇宙で組み立てられる。このような大型構造物の位置と姿勢を制御するには、サブシステムごとに制御を行う分散制御を適用することが合理的である。一方、打ち上げコスト削減のために宇宙構造物は軽量化され、多数の振動モードをもつ柔軟な構造物になる。さらに、構造物は柔軟であるため、地上では自重を支えることができず、地上実験によって構造物の正確な特性パラメータを得ることが困難になる。これらのことから、制御則には制振性能と構造物の特性パラメータの不確かさに対して閉ループシステムをロバスト安定化する性能が求められる。

このような構造物の位置と姿勢を制御する手法として、センサとアクチュエータを同位置・同方向に配置するコロケーションのもとで、構造物の減衰特性を改善するために速度/角速度出力(以下では速度出力という)の静的フィードバックを行うDirect Velocity

Feedback(DVFB)<sup>(3)</sup>が提案され、この手法についてのロバスト安定性を評価した結果も報告されている<sup>(4),(5)</sup>。さらに、宇宙構造物の剛体モードを制御するために、変位/角変位出力(以下では変位出力という)と速度出力の静的フィードバックを行うDirect Velocity and Displacement Feedback(DVDFB)<sup>(6)</sup>が提案されている。DVDFBは閉ループシステムをロバスト安定化し、二次形式評価関数に対して最適化できるなど優れた制御性能をもっている。しかしながら、DVDFBを実装するためには、変位センサに加えて速度センサが必要となり、このことはコストと信頼性の面から望ましくない。この問題を解決するために、変位出力のみを用いたプロパーなコントローラを用いるDynamic Displacement Feedback(DDFB)<sup>(7)</sup>が提案され、この手法によってもDVDFBと同様に、閉ループシステムをロバスト安定化<sup>(7)</sup>、最適化<sup>(8)</sup>できることが報告されている。さらに、DDFBと同じ変位出力のみを用いたプロパーなコントローラが、構造物の振動モードに対する位相進み補償器になるようにそのパラメータを決定してロバスト安定化を実現する方法<sup>(9)</sup>や二次のプロパーなコントローラのパラメータをチューニングすることによって、

\*機械工学科 教授

閉ループシステムをロバスト安定化し、同時に、ある二次形式評価関数に対する最適レギュレータにする方法が提案された<sup>(10)</sup>。しかしながら、柔軟構造物は多数の振動モードをもち、その制振を図るためには、抑制すべき振動モードの数に応じて、コントローラの次数を大きくすることが望まれる。本論文では、文献<sup>(10)</sup>の局所コントローラを四次に拡張して構造物を分散制御した場合においても、閉ループサブシステムと閉ループ全体システムの両者をロバスト安定化し、かつ最適制御できることを示す。そして、そのために局所コントローラのパラメータが満たすべき条件を明らかにする。

## 2. 制御対象の記述

ここでは  $\ell$  個のサブシステムからなる大型柔軟宇宙構造物を考える。厳密に言えば、柔軟宇宙構造物の運動は無限次元の分布定数系で表される<sup>(11)</sup>。しかしながら、構造物を分布定数系として表した場合、コントローラの設計が困難になるため、本稿では、集中定数系として近似し、第  $i$  番目のサブシステムの運動をつぎの二階線形微分方程式で表す。

$$M_i \ddot{q}_i(t) + D_i \dot{q}_i(t) + K_i q_i(t) = L_i u_i(t) \quad (1)$$

$$y_i(t) = L_i^T q_i(t) \quad (2)$$

ただし、 $q_i(t) \in \mathbb{R}^{n_i}$ 、 $u_i(t) \in \mathbb{R}^{r_i}$ 、 $y_i(t) \in \mathbb{R}^{r_i}$  は、それぞれ変位、操作入力、および検出出力を表すベクトルである。 $M_i$ 、 $D_i$ 、 $K_i \in \mathbb{R}^{n_i \times n_i}$  は質量、減衰、剛性を表す行列であり、 $M_i$  は正定、 $D_i$ 、 $K_i$  は半正定である。 $L_i \in \mathbb{R}^{n_i \times r_i}$  は入力の伝わり方を表す列フルランクの行列、 $L_i^T$  は出力の検出のされ方を表す行列である。この  $L_i$  と  $L_i^T$  の転置の関係はセンサとアクチュエータがコロケーションされていることを表す。なお、各サブシステムにおいて剛体モードは可制御かつ可観測であると仮定する。この仮定は、次式で表される。

$$\text{rank} \begin{bmatrix} D_i & L_i \end{bmatrix} = \text{rank} \begin{bmatrix} K_i & L_i \end{bmatrix} = n_i \quad (3)$$

## 3. プロパーな局所コントローラによる閉ループサブシステムのロバスト安定化

第  $i$  サブシステムのアクチュエータの入力端に次式の高域遮断フィルターをおく。

$$u_i(s) = \frac{(s + z_{i1})(s + z_{i2})(s + z_{i3})}{s(s + p_{i1})(s + p_{i2})(s + p_{i3})} v_i(s) \quad (4)$$

ここで、 $z_{i1}$ 、 $z_{i2}$ 、 $z_{i3}$ 、 $p_{i1}$ 、 $p_{i2}$ 、 $p_{i3}$  は不等式  $z_{i1} < z_{i2} < z_{i3}$ 、 $p_{i1} < p_{i2} < p_{i3}$  を満たす正のスカラーであり、 $v_i(s)$  は仮想的に次式で表されるフィードバックである。

$$v_i(s) = -\gamma_i \{ \alpha_i R_i y_i(s) + \beta_i R_i s y_i(s) + u_i(s) \} \quad (5)$$

ただし、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 、 $\gamma_i$  は正のスカラー、 $R_i \in \mathbb{R}^{r_i \times r_i}$  は任意の正定行列である。(5)式を(4)式に代入することによ

り、次式の局所コントローラが得られる。

$$u_i(s) = -\frac{n_i(s)}{d_i(s)} R_i y_i(s) \quad (6)$$

$$n_i(s) = \gamma_i \beta_i \left( s + \frac{\alpha_i}{\beta_i} \right) (s + z_{i1})(s + z_{i2})(s + z_{i3})$$

$$d_i(s) = s^4 + d_{i3}s^3 + d_{i2}s^2 + d_{i1}s + d_{i0}$$

$$d_{i3} = p_{i1} + p_{i2} + p_{i3} + \gamma_i$$

$$d_{i2} = p_{i1}p_{i2} + p_{i2}p_{i3} + p_{i3}p_{i1} + \gamma_i(z_{i1} + z_{i2} + z_{i3})$$

$$d_{i1} = p_{i1}p_{i2}p_{i3} + \gamma_i(z_{i1}z_{i2} + z_{i2}z_{i3} + z_{i3}z_{i1})$$

$$d_{i0} = \gamma_i z_{i1}z_{i2}z_{i3}$$

この式は、四次のプロパーな局所コントローラに変位出力  $y_i(s)$  を入力することによって、操作入力  $u_i(s)$  が得られることを表す。(6)式の右辺の特性方程式が実数解  $-\tilde{p}_{i1}$ 、 $-\tilde{p}_{i2}$ 、 $-\tilde{p}_{i3}$ 、 $-\tilde{p}_{i4}$  ( $\tilde{p}_{i1} < \tilde{p}_{i2} < \tilde{p}_{i3} < \tilde{p}_{i4}$ ) をもつように  $z_{ij}$ 、 $p_{ij}$ 、 $\gamma_i$  ( $j = 1, 2, 3$ ) を選ぶと、(6)式の  $d_i(s)$  は次式で表される。

$$d_i(s) = (s + \tilde{p}_{i1})(s + \tilde{p}_{i2})(s + \tilde{p}_{i3})(s + \tilde{p}_{i4}) \quad (7)$$

ここで、(6)式の右辺において  $y_i(s)$  を除いた局所コントローラの分子多項式から  $-\gamma_i \beta_i \left( s + \frac{\alpha_i}{\beta_i} \right)$  の項を取り除いた伝達関数

$$\frac{(s + z_{i1})(s + z_{i2})(s + z_{i3})}{(s + \tilde{p}_{i1})(s + \tilde{p}_{i2})(s + \tilde{p}_{i3})(s + \tilde{p}_{i4})} \quad (8)$$

において、 $\gamma_i$  を大きくしたときの根軌跡<sup>(12)</sup>を調べると、

$$\tilde{p}_{i1} < z_{i1} < \tilde{p}_{i2} < z_{i2} < \tilde{p}_{i3} < z_{i3} < \tilde{p}_{i4} \quad (9)$$

が成り立つ。さらに、 $\alpha_i$  に対して  $\beta_i$  を十分に大きく選ぶと、局所コントローラの極と零点は図1に示すような大小関係になる。このとき、 $0 < \gamma_i < \infty$  に対して、

$$\frac{\alpha_i}{\beta_i} < \tilde{p}_{i1} < z_{i1} < \tilde{p}_{i2} < z_{i2} < \tilde{p}_{i3} < z_{i3} < \tilde{p}_{i4} \quad (10)$$

が成り立ち、局所コントローラは位相進み補償器になり、閉ループサブシステムは、構造物の特性パラメータの不確かさに対してロバスト安定化される<sup>(9)</sup>。

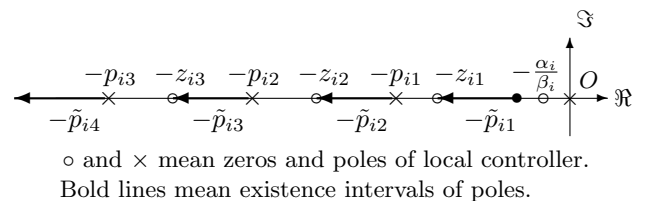


図1 Loci of poles  $\tilde{p}_{i1}$ ,  $\tilde{p}_{i2}$ ,  $\tilde{p}_{i3}$ ,  $\tilde{p}_{i4}$  as a function of  $\gamma_i$

## 4. 閉ループサブシステムの最適制御

(4) 式の高域遮断フィルタの実現の一つは次式になる .

$$\begin{bmatrix} \dot{\zeta}_{i_1}(t) \\ \dot{\zeta}_{i_2}(t) \\ \dot{\zeta}_{i_3}(t) \\ \dot{\zeta}_{i_4}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & I_{r_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{r_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{r_i} \\ 0 & -a_{i_1}I_{r_i} & -a_{i_2}I_{r_i} & -a_{i_3}I_{r_i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \zeta_{i_1}(t) \\ \zeta_{i_2}(t) \\ \zeta_{i_3}(t) \\ \zeta_{i_4}(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_{r_i} \end{bmatrix} v_i(t) \quad (11)$$

$$u_i(t) = \begin{bmatrix} c_{i_0}I_{r_i} & c_{i_1}I_{r_i} & c_{i_2}I_{r_i} & I_{r_i} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \zeta_{i_1}(t) \\ \zeta_{i_2}(t) \\ \zeta_{i_3}(t) \\ \zeta_{i_4}(t) \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$a_{i_1} = p_{i_1}p_{i_2}p_{i_3}, \quad a_{i_2} = p_{i_1}p_{i_2} + p_{i_2}p_{i_3} + p_{i_3}p_{i_1}$$

$$a_{i_3} = p_{i_1} + p_{i_2} + p_{i_3}, \quad c_{i_0} = z_{i_1}z_{i_2}z_{i_3}$$

$$c_{i_1} = z_{i_1}z_{i_2} + z_{i_2}z_{i_3} + z_{i_3}z_{i_1}, \quad c_{i_2} = z_{i_1} + z_{i_2} + z_{i_3}$$

$$\zeta_{i_j}(t) = \begin{bmatrix} \zeta_{i_{j1}}(t) & \zeta_{i_{j2}}(t) & \cdots & \zeta_{i_{jr_i}}(t) \end{bmatrix}^T, \quad j = 1, \dots, 4$$

$$v_i(t) = \begin{bmatrix} v_{i_1}(t) & v_{i_2}(t) & \cdots & v_{i_{r_i}}(t) \end{bmatrix}^T$$

$$u_i(t) = \begin{bmatrix} u_{i_1}(t) & u_{i_2}(t) & \cdots & u_{i_{r_i}}(t) \end{bmatrix}^T$$

ここで,  $I_{r_i} \in \mathbb{R}^{r_i \times r_i}$  は  $r_i$  次の単位行列を表す .(1), (2) 式の第  $i$  サブシステムと (11), (12) 式のフィルタからなる拡大系は次式で表される .

$$\dot{x}_i(t) = A_i x_i(t) + B_i v_i(t) \quad (13)$$

$$x_i(t) = \begin{bmatrix} q_i^T(t) & \dot{q}_i^T(t) & \zeta_{i_1}^T(t) & \zeta_{i_2}^T(t) & \zeta_{i_3}^T(t) & \zeta_{i_4}^T(t) \end{bmatrix}^T$$

$$A_i = \begin{bmatrix} 0 & I_{n_i} & 0 & 0 \\ -M_i^{-1}K_i & -M_i^{-1}D_i & c_{i_0}M_i^{-1}L_i & c_{i_1}M_i^{-1}L_i \\ 0 & 0 & 0 & I_{r_i} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -a_{i_1}I_{r_i} \end{bmatrix}$$

$$B_i = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_{r_i} \end{bmatrix}$$

ただし,  $I_{n_i} \in \mathbb{R}^{n_i \times n_i}$  は  $n_i$  次の単位行列を表す .

このとき, つぎの定理が成り立つ .

定理 1 (13) 式の拡大系に (5) 式のフィードバックを施した閉ループサブシステムは, つぎの二次形式評価関

数  $J_i$  を最小にする最適レギュレータになる .

$$J_i = \int_0^\infty \left( x_i^T(t) \tilde{Q}_i x_i(t) + v_i^T(t) \tilde{R}_i v_i(t) \right) dt \quad (14)$$

ここで,  $\tilde{Q}_i, \tilde{R}_i$  は次式で与えられる .

$$\tilde{Q}_i = T_i^T Q_i T_i \quad (15)$$

$$T_i = \begin{bmatrix} \gamma_i I_{n_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \gamma_i I_{n_i} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \gamma_i I_{r_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \gamma_i I_{r_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \gamma_i I_{r_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I_{r_i} \end{bmatrix}$$

$$Q_i = \begin{bmatrix} Q_{i_{11}} & 0 & 0 & Q_{i_{14}} & Q_{i_{15}} & Q_{i_{16}} \\ 0 & Q_{i_{22}} & 0 & Q_{i_{24}} & Q_{i_{25}} & Q_{i_{26}} \\ 0 & 0 & Q_{i_{33}} & Q_{i_{34}} & Q_{i_{35}} & Q_{i_{36}} \\ Q_{i_{14}}^T & Q_{i_{24}}^T & Q_{i_{34}}^T & Q_{i_{44}} & Q_{i_{45}} & Q_{i_{46}} \\ Q_{i_{15}}^T & Q_{i_{25}}^T & Q_{i_{35}}^T & Q_{i_{45}} & Q_{i_{55}} & Q_{i_{56}} \\ Q_{i_{16}}^T & Q_{i_{26}}^T & Q_{i_{36}}^T & Q_{i_{46}} & Q_{i_{56}}^T & Q_{i_{66}} \end{bmatrix}$$

$$Q_{i_{11}} = 2\alpha_i K_i + \alpha_i^2 L_i R_i L_i^T$$

$$Q_{i_{14}} = \frac{1}{\gamma_i} \alpha_i a_{i_1} L_i, \quad Q_{i_{15}} = \frac{1}{\gamma_i} \alpha_i a_{i_2} L_i$$

$$Q_{i_{16}} = (\alpha_i a_{i_3} I_{n_i} + \beta_i K_i M_i^{-1}) L_i$$

$$Q_{i_{22}} = 2(\beta_i D_i - \alpha_i M_i) + \beta_i^2 L_i R_i L_i^T$$

$$Q_{i_{24}} = \frac{1}{\gamma_i} \beta_i a_{i_1} L_i, \quad Q_{i_{25}} = \frac{1}{\gamma_i} \beta_i a_{i_2} L_i$$

$$Q_{i_{26}} = \{(\beta_i a_{i_3} - \alpha_i) I_{n_i} + \beta_i D_i M_i^{-1}\} L_i$$

$$Q_{i_{33}} = c_{i_0}^2 \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{34}} = \frac{2}{\gamma_i} c_{i_1} a_{i_1} \tilde{R}_i + (c_{i_1}^2 - 2c_{i_0} c_{i_2}) \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{35}} = \frac{1}{\gamma_i} (c_{i_2} a_{i_1} + c_{i_1} a_{i_2}) \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{36}} = (a_{i_1} + c_{i_1} a_{i_3} - c_{i_0}) \tilde{R}_i - \beta_i c_{i_1} L_i^T M_i^{-1} L_i$$

$$Q_{i_{44}} = \frac{2}{\gamma_i} c_{i_1} a_{i_1} \tilde{R}_i + (c_{i_1}^2 - 2c_{i_0} c_{i_2}) \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{45}} = \frac{1}{\gamma_i} (c_{i_2} a_{i_1} + c_{i_1} a_{i_2}) \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{46}} = (a_{i_1} + c_{i_1} a_{i_3} - c_{i_0}) \tilde{R}_i - \beta_i c_{i_1} L_i^T M_i^{-1} L_i$$

$$Q_{i_{55}} = \left( \frac{2}{\gamma_i} c_{i_2} a_{i_2} + c_{i_2}^2 - 2c_{i_1} \right) \tilde{R}_i$$

$$Q_{i_{56}} = (a_{i_2} + c_{i_2} a_{i_3} - c_{i_1}) \tilde{R}_i - \beta_i c_{i_2} L_i^T M_i^{-1} L_i$$

$$Q_{i_{66}} = \{\gamma_i^2 + 2\gamma_i (a_{i_3} - c_{i_2})\} \tilde{R}_i - 2\gamma_i \beta_i L_i^T M_i^{-1} L_i$$

$$\tilde{R}_i = R_i^{-1} \quad (16)$$

なお, (5) 式のフィードバックにおいて  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i, R_i$  は, (15) 式の  $\tilde{Q}_i$  とつぎの行列  $\tilde{P}_i$  を正定にするように



表す．

$$K_{Cij}(N_{ji}^T q_j(t) - N_{ij}^T q_i(t)) + D_{Cij}(N_{ji}^T \dot{q}_j(t) - N_{ij}^T \dot{q}_i(t))$$

なお， $N_{ij}^T q_i(t)$  は，第*i*サブシステムの結合点における変位を表し，第*i*，第*j*サブシステムにおいて，変位/角変位が原点，すなわち $q_i(t) = 0$ ， $q_j(t) = 0$ で静止しているとき柔軟なリンクは伸縮せず，結合点に作用する力/トルクはゼロであるとする．これらの力/トルクは，第*i*，第*j*サブシステムの間で作用・反作用の関係にあり， $K_{Cij} = K_{Cji}$ ， $D_{Cij} = D_{Cji}$ が成り立つ．

閉ループサブシステムを柔軟なリンクで柔結合して得られる閉ループ全体システムは，(13)式の拡大系を(21)式の右辺第二項の結合項によって柔結合し，各サブシステムに(20)式のフィードバックを施すことによって得られる閉ループシステムと等価である．以下では，変位，操作入力，検出出力，フィルタの状態のベクトルを統合して $\bar{q}(t)$ ， $\bar{u}(t)$ ， $\bar{y}(t)$ ， $\bar{\zeta}_j(t)$ ( $j = 1, 2, 3, 4$ )で表し，すべてのサブ構造物とフィルタからなる全体の拡大系と各サブシステムに施されるフィードバックを記述する．

まず，サブ構造物を柔軟なリンクで結合して得られる全体の構造物は，次式で表される．

$$\bar{M}\ddot{\bar{q}}(t) + \bar{D}\dot{\bar{q}}(t) + \bar{K}\bar{q}(t) = \bar{L}\bar{u}(t) \quad (22)$$

$$\bar{y}(t) = \bar{L}^T \bar{q}(t) \quad (23)$$

ここで，ベクトルと行列はつぎの通りである．

$$\begin{aligned} \bar{q}(t) &= \begin{bmatrix} q_1^T(t) & q_2^T(t) & \cdots & q_\ell^T(t) \end{bmatrix}^T \\ \bar{u}(t) &= \begin{bmatrix} u_1^T(t) & u_2^T(t) & \cdots & u_\ell^T(t) \end{bmatrix}^T \\ \bar{y}(t) &= \begin{bmatrix} y_1^T(t) & y_2^T(t) & \cdots & y_\ell^T(t) \end{bmatrix}^T \\ \bar{M} &= \text{diag}\{M_i\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \bar{L} = \text{diag}\{L_i\}_{i=1,2,\dots,\ell} \\ \bar{D} &= \text{diag}\{D_i\}_{i=1,2,\dots,\ell} + \sum_{i=1}^{\ell-1} \sum_{j=i+1}^{\ell} \bar{N}_{ij} D_{Cij} \bar{N}_{ij}^T \\ \bar{K} &= \text{diag}\{K_i\}_{i=1,2,\dots,\ell} + \sum_{i=1}^{\ell-1} \sum_{j=i+1}^{\ell} \bar{N}_{ij} K_{Cij} \bar{N}_{ij}^T \end{aligned}$$

ただし， $\bar{N}_{ij}$ は以下のように $N_{ij}$ ， $-N_{ji}$ 以外のブロック行列の要素がすべてゼロである行列を表す．

$$\bar{N}_{ij} = \begin{bmatrix} \cdots & N_{ij}^T & \cdots & -N_{ji}^T & \cdots \end{bmatrix}$$

*i*ブロック      *j*ブロック

つぎにすべてのサブシステムの高域遮断フィルタは，

$$\begin{bmatrix} \dot{\bar{\zeta}}_1(t) \\ \dot{\bar{\zeta}}_2(t) \\ \dot{\bar{\zeta}}_3(t) \\ \dot{\bar{\zeta}}_4(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & I_{\bar{r}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I_{\bar{r}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & I_{\bar{r}} \\ 0 & -\bar{A}_1 & -\bar{A}_1 & -\bar{A}_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\zeta}_1(t) \\ \bar{\zeta}_2(t) \\ \bar{\zeta}_3(t) \\ \bar{\zeta}_4(t) \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_{\bar{r}} \end{bmatrix} \bar{v}(t) \quad (24)$$

$$\bar{u}(t) = \begin{bmatrix} \bar{c}_0 & \bar{c}_1 & \bar{c}_2 & I_{\bar{r}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \bar{\zeta}_1(t) \\ \bar{\zeta}_2(t) \\ \bar{\zeta}_3(t) \\ \bar{\zeta}_4(t) \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\bar{\zeta}_1(t) = \begin{bmatrix} \zeta_{11}^T(t) & \zeta_{21}^T(t) & \cdots & \zeta_{\ell 1}^T(t) \end{bmatrix}^T$$

$$\bar{\zeta}_2(t) = \begin{bmatrix} \zeta_{12}^T(t) & \zeta_{22}^T(t) & \cdots & \zeta_{\ell 2}^T(t) \end{bmatrix}^T$$

$$\bar{\zeta}_3(t) = \begin{bmatrix} \zeta_{13}^T(t) & \zeta_{23}^T(t) & \cdots & \zeta_{\ell 3}^T(t) \end{bmatrix}^T$$

$$\bar{\zeta}_4(t) = \begin{bmatrix} \zeta_{14}^T(t) & \zeta_{24}^T(t) & \cdots & \zeta_{\ell 4}^T(t) \end{bmatrix}^T$$

$$\bar{v}(t) = \begin{bmatrix} v_1^T(t) & v_2^T(t) & \cdots & v_\ell^T(t) \end{bmatrix}^T, \quad \bar{r} = \sum_{i=1}^{\ell} r_i$$

$$\bar{A}_1 = \text{diag}\{a_{i1} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \bar{A}_2 = \text{diag}\{a_{i2} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}$$

$$\bar{A}_3 = \text{diag}\{a_{i3} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \bar{C}_0 = \text{diag}\{c_{i0} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}$$

$$\bar{C}_1 = \text{diag}\{c_{i1} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \bar{C}_2 = \text{diag}\{c_{i2} I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}$$

となる．ここで， $I_{\bar{r}} \in \mathbb{R}^{\bar{r} \times \bar{r}}$ は $\bar{r}$ 次の単位行列を表す．

(22)，(23)式の柔結合された全体の構造物と(24)，(25)式のフィルタからなる拡大系は次式で表される．

$$\dot{\bar{x}}(t) = \bar{A}\bar{x}(t) + \bar{B}\bar{v}(t) \quad (26)$$

$$\bar{x}(t) = \begin{bmatrix} \bar{q}^T(t) & \dot{\bar{q}}^T(t) & \bar{\zeta}_1^T(t) & \bar{\zeta}_2^T(t) & \bar{\zeta}_3^T(t) & \bar{\zeta}_4^T(t) \end{bmatrix}$$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} 0 & I_{\bar{n}} & 0 & 0 \\ -\bar{M}^{-1}\bar{K} & -\bar{M}^{-1}\bar{D} & \bar{M}^{-1}\bar{L}\bar{C}_0 & \bar{M}^{-1}\bar{L}\bar{C}_1 \\ 0 & 0 & 0 & I_{\bar{r}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -\bar{A}_1 \end{bmatrix}$$

$$\bar{B} = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \bar{M}^{-1}\bar{L}\bar{C}_2 & \bar{M}^{-1}\bar{L} \\ 0 & 0 \\ I_{\bar{r}} & 0 \\ 0 & I_{\bar{r}} \\ -\bar{A}_2 & -\bar{A}_3 \end{bmatrix}, \quad \bar{B} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_{\bar{r}} \end{bmatrix}$$

$$\bar{n} = \sum_{i=1}^{\ell} n_i$$

ここで， $I_{\bar{n}} \in \mathbb{R}^{\bar{n} \times \bar{n}}$ は $\bar{n}$ 次の単位行列を表す．

さらに，各サブシステムに施されるフィードバックは次式で表される．

$$\begin{aligned} \bar{v}(t) &= -\bar{\gamma}\{\bar{\alpha}\hat{R}\bar{y}(t) + \bar{\beta}\hat{R}\dot{\bar{y}}(t) + \bar{u}(t)\} \quad (27) \\ \bar{\alpha} &= \text{diag}\{\alpha_i I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \bar{\beta} = \text{diag}\{\beta_i I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell} \\ \bar{\gamma} &= \text{diag}\{\gamma_i I_{r_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \hat{R} = \text{diag}\{R_i\}_{i=1,2,\dots,\ell} \end{aligned}$$

最後に，閉ループ全体システムは，(26)式の拡大系に(27)式のフィードバックを施して得られる．

## 6. 閉ループ全体システムのロバスト最適制御

すべてのサブシステムにおいて，フィードバックゲイン $\beta_i$ を十分大きく選ぶと，局所コントローラのパラメータは(10)式を満たす．このとき，閉ループ全体システムは，構造物の特性パラメータの不確かさに対してロバスト安定化されることが文献<sup>(9)</sup>に報告されている．したがって，第5章で得られた閉ループ全体システムはロバスト安定化される．さらに，閉ループ全体システムの最適性について，つぎの定理が成り立つ．  
定理2 (26)式の拡大系に(27)式のフィードバックを施した閉ループ全体システムは，つぎの二次形式評価関数 $\bar{J}$ を最小にする最適レギュレータになる．

$$\bar{J} = \int_0^\infty (\bar{x}^T(t)\bar{Q}\bar{x}(t) + \bar{v}^T(t)\bar{R}\bar{v}(t)) dt \quad (28)$$

ただし， $\bar{Q}$ ， $\bar{R}$ はそれぞれ次式で与えられる．

$$\bar{Q} = \begin{bmatrix} \bar{Q}_{11} & \bar{Q}_{12} & 0 & \bar{Q}_{14} & \bar{Q}_{15} & \bar{Q}_{16} \\ \bar{Q}_{12}^T & \bar{Q}_{22} & 0 & \bar{Q}_{24} & \bar{Q}_{25} & \bar{Q}_{26} \\ 0 & 0 & \bar{Q}_{33} & \bar{Q}_{34} & \bar{Q}_{35} & \bar{Q}_{36} \\ \bar{Q}_{14}^T & \bar{Q}_{24}^T & \bar{Q}_{34}^T & \bar{Q}_{44} & \bar{Q}_{45} & \bar{Q}_{46} \\ \bar{Q}_{15}^T & \bar{Q}_{25}^T & \bar{Q}_{35}^T & \bar{Q}_{45}^T & \bar{Q}_{55} & \bar{Q}_{56} \\ \bar{Q}_{16}^T & \bar{Q}_{26}^T & \bar{Q}_{36}^T & \bar{Q}_{46}^T & \bar{Q}_{56}^T & \bar{Q}_{66} \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\begin{aligned} \bar{Q}_{11} &= \hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} K + K \hat{\alpha} \hat{\gamma}^2 + \hat{\gamma}^2 \hat{\alpha}^2 \bar{L} \bar{R} \bar{L}^T \\ \bar{Q}_{12} &= \frac{1}{2} (\hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} \bar{D} - \bar{D} \hat{\alpha} \hat{\gamma}^2) + \frac{1}{2} (\bar{K} \hat{\beta} \hat{\gamma}^2 - \hat{\gamma}^2 \hat{\beta} \bar{K}) \\ \bar{Q}_{14} &= \hat{\gamma} \hat{\alpha} \hat{A}_1 \bar{L}, \quad \bar{Q}_{15} = \hat{\gamma} \hat{\alpha} \hat{A}_2 \bar{L} \\ \bar{Q}_{16} &= \hat{\gamma} \hat{\alpha} \hat{A}_3 \bar{L} + \bar{K} \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \\ \bar{Q}_{22} &= \hat{\gamma}^2 \hat{\beta} \bar{D} + \bar{D} \hat{\beta} \hat{\gamma}^2 - (\hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} \bar{M} + \bar{M} \hat{\alpha} \hat{\gamma}^2) \\ &\quad + \hat{\gamma}^2 \hat{\beta}^2 \bar{L} \bar{R} \bar{L}^T \\ \bar{Q}_{24} &= \hat{\gamma} \hat{\beta} \hat{A}_1 \bar{L}, \quad \bar{Q}_{25} = \hat{\gamma} \hat{\beta} \hat{A}_2 \bar{L} \\ \bar{Q}_{26} &= \hat{\gamma} (\hat{\beta} \hat{A}_3 - \hat{\alpha}) \bar{L} + \bar{D} \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \\ \bar{Q}_{33} &= \bar{\gamma}^2 \bar{C}_0^2 \bar{R}, \quad \bar{Q}_{34} = \bar{\gamma} \bar{C}_0 \bar{A}_1 \bar{R}, \quad \bar{Q}_{35} = \bar{\gamma} \bar{C}_0 \bar{A}_2 \bar{R} \end{aligned} \quad (30)$$

$$\begin{aligned} \bar{Q}_{36} &= \bar{\gamma} \bar{C}_0 \bar{A}_3 \bar{R} - \bar{L}^T \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \bar{C}_0 \\ \bar{Q}_{44} &= \{\hat{\gamma}^2 (\bar{C}_1^2 - 2\bar{C}_0 \bar{C}_2) + 2\bar{\gamma} \bar{C}_1 \bar{A}_1\} \bar{R} \\ \bar{Q}_{45} &= \bar{\gamma} (\bar{C}_1 \bar{A}_2 + \bar{C}_2 \bar{A}_1) \bar{R} \\ \bar{Q}_{46} &= \bar{\gamma} (\bar{A}_1 + \bar{C}_1 \bar{A}_3 - \bar{C}_0) \bar{R} - \bar{L}^T \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \bar{C}_1 \\ \bar{Q}_{55} &= \{\hat{\gamma}^2 (\bar{C}_2^2 - 2\bar{C}_1) + 2\bar{\gamma} \bar{C}_2 \bar{A}_2\} \bar{R} \\ \bar{Q}_{56} &= \bar{\gamma} (\bar{A}_2 + \bar{C}_2 \bar{A}_3 - \bar{C}_1) \bar{R} - \bar{L}^T \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \bar{C}_2 \\ \bar{Q}_{66} &= \{\hat{\gamma}^2 + 2\bar{\gamma} (\bar{A}_3 - \bar{C}_2)\} \bar{R} - 2\bar{L}^T \bar{M}^{-1} \bar{L} \bar{\gamma} \hat{\beta} \\ \bar{R} &= \hat{R}^{-1} \end{aligned} \quad (31)$$

$$\begin{aligned} \hat{\alpha} &= \text{diag}\{\alpha_i I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \hat{\beta} = \text{diag}\{\beta_i I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell} \\ \hat{\gamma} &= \text{diag}\{\gamma_i I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \hat{A}_1 = \text{diag}\{a_{i1} I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell} \\ \hat{A}_2 &= \text{diag}\{a_{i2} I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell}, \quad \hat{A}_3 = \text{diag}\{a_{i3} I_{n_i}\}_{i=1,2,\dots,\ell} \end{aligned}$$

なお，(27)式のフィードバックにおいて $\bar{\alpha}$ ， $\bar{\beta}$ ， $\bar{\gamma}$ ， $\hat{R}$ は，(29)式の $\bar{Q}$ とつぎの行列 $\bar{P}$ を正定にするように選ばれるものとする．

$$\bar{P} = \begin{bmatrix} \bar{P}_{11} & \hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} \bar{M} & 0 \\ \bar{M} \hat{\alpha} \hat{\gamma}^2 & \hat{\gamma}^2 \hat{\beta} \bar{M} & 0 \\ 0 & 0 & \bar{\gamma}^2 \bar{C}_0 \bar{C}_1 \bar{R} \\ 0 & 0 & \bar{R} \bar{C}_2 \bar{C}_0 \bar{\gamma}^2 \\ 0 & 0 & \bar{R} \bar{C}_0 \bar{\gamma}^2 \\ L^T \bar{\alpha} \bar{\gamma} & L^T \bar{\beta} \bar{\gamma} & \bar{R} \bar{C}_0 \bar{\gamma} \\ 0 & 0 & \hat{\gamma} \hat{\alpha} \bar{L} \\ 0 & 0 & \hat{\gamma} \hat{\beta} \bar{L} \\ \bar{\gamma}^2 \bar{C}_0 \bar{C}_2 \bar{R} & \bar{\gamma}^2 \bar{C}_0 \bar{R} & \bar{\gamma} \bar{C}_0 \bar{R} \\ \hat{\gamma}^2 (\bar{C}_1 \bar{C}_2 - \bar{C}_0) \bar{R} & \bar{\gamma}^2 \bar{C}_1 \bar{R} & \bar{\gamma} \bar{C}_1 \bar{R} \\ \bar{R} \bar{C}_1 \bar{\gamma}^2 & \bar{\gamma}^2 \bar{C}_2 \bar{R} & \bar{\gamma} \bar{C}_2 \bar{R} \\ \bar{R} \bar{C}_1 \bar{\gamma} & \bar{R} \bar{C}_2 \bar{\gamma} & \bar{\gamma} \bar{R} \end{bmatrix} \quad (32)$$

$$\bar{P}_{11} = \frac{1}{2} (\hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} \bar{D} + \bar{D} \hat{\alpha} \hat{\gamma}^2) + \frac{1}{2} (\hat{\gamma}^2 \hat{\beta} \bar{K} + \bar{K} \hat{\beta} \hat{\gamma}^2) + \hat{\gamma}^2 \hat{\alpha} \hat{\beta} \bar{L} \bar{R} \bar{L}^T$$

(証明) 宇宙構造物の不安定極は $s=0$ の剛体モードのみであり，(3)式の条件から

$$\text{rank} \begin{bmatrix} \bar{D} & \bar{L} \end{bmatrix} = \bar{n}, \quad \text{rank} \begin{bmatrix} \bar{K} & \bar{L} \end{bmatrix} = \bar{n}, \quad (33)$$

が成り立つため，(22)，(23)式で表される宇宙構造物は可安定である．さらに，各サブシステムの高域遮断フィルタは原点 $s=0$ に零点をもたないため，構造物とフィルタの間で不安定極の極零相殺は生じない．したがって，拡大系(26)は可安定である．

( $\bar{A}$ ， $\bar{B}$ )が可安定対であれば，正定行列 $\bar{Q}$ ， $\bar{R}$ に対して，つぎのRiccati方程式は唯一正定解 $\bar{P}$ をもつ．

$$\bar{P} \bar{A} + \bar{A}^T \bar{P} - \bar{P} \bar{B} \bar{R}^{-1} \bar{B}^T \bar{P} + \bar{Q} = 0 \quad (34)$$

このRiccati 方程式を満たす  $\bar{P}$  は(32)式で求められる．定理 2 の条件より行列  $\bar{P}$  が正定であるから， $\bar{P}$  は Riccati 方程式の唯一正定解となる．この  $\bar{P}$  を用いたフィードバック  $\bar{v}(t) = -\bar{R}^{-1}\bar{B}^T\bar{P}\bar{x}(t)$  は，(26)式の拡大系を安定化し，閉ループ全体システムは(28)式の二次形式評価関数  $\bar{J}$  を最小にする最適レギュレータになる．一方，(32)式の  $\bar{P}$  を用いてこの  $\bar{v}(t)$  を計算すると

$$\begin{aligned} \bar{v}(t) &= -\bar{R}^{-1}\bar{B}^T\bar{P}\bar{x}(t) \\ &= -\bar{\gamma}\{\bar{\alpha}\hat{R}\bar{y}(t) + \bar{\beta}\hat{R}\dot{\bar{y}}(t) + \bar{u}(t)\} \quad (35) \end{aligned}$$

となり，これは(27)式のフィードバックと一致する．したがって，(26)式の拡大系に(27)式のフィードバックを施した閉ループ全体システムは，(28)式の  $\bar{J}$  を最小にする最適レギュレータになる．（証明終わり）

(注意 2) 定理 2 の条件を満たす局所コントローラのゲインが必ず存在することは，つぎのようにして示すことができる．一つの方法として，(27)式において  $\alpha_i = \alpha, \beta_i = \beta, \gamma_i = \gamma$ , for all  $i$  とする．まず，任意の  $\alpha$  を選び，つぎに  $\alpha$  に比較して  $\beta$  を十分大きくする．さらに，十分大きな  $\gamma$  を選ぶと  $\bar{Q}, \bar{P}$  は正定になる．もう一つの方法としては，すべてのサブシステムにおいて  $\alpha_i$  と  $\beta_i$  の比を一定にして， $\alpha_i$  に比較して十分大きい  $\beta_i$  を与える．そのうえで，すべてのサブシステムで  $\alpha_i\gamma_i^2$  の値を一定にして，十分大きな  $\gamma_i$  を選ぶことによって  $\bar{Q}, \bar{P}$  を正定にすることができる．ただし，これらの方法は  $\alpha_i, \beta_i, \gamma_i$  の選び方の例であり，定理 2 を満たすフィードバックゲインの選び方は，ここで述べた二つの方法に限定されるわけではない．

## 7. 数値例

7.1 構造物の記述 この章では，図 3 のように二つの剛体が，バネとダンパで近似される柔軟なリンクによって  $y$  方向に柔結合されたサブシステム 1, 2 からなる柔軟宇宙構造物の位置と姿勢を制御する例を考える．第  $i$  サブシステムの第  $j$  番目の剛体  $ij$  の質量を  $m_{ij}$ ，慣性モーメントを  $J_{ij}$  で表す．各剛体  $ij$  は  $x_{ij}$  方向と  $y_{ij}$  方向の並進運動，および質量中心  $O_{ij}$  回りに  $\theta_{ij}$  方向の回転運動を行うものとする．また，第  $i$  サブシステム内で剛体を  $y$  方向に結合するリンクのダンパ定数とバネ定数を  $d_{vil}, k_{vil}(l = 1, 2, 3)$  で表し，サブシステムを  $x$  方向に結合するリンクのダンパ定数とバネ定数を  $d_{cp}, k_{cp}(p = 1, \dots, 6)$  で表す．結合点  $ijk$  は剛体  $ij$  における  $k$  番目の結合点を表し， $\ell_{ijk}$  は剛体  $ij$  の質量中心から結合点  $ijk$  までの距離を表す． $\psi_{ijk}$  は質量中心と結合点  $ijk$  を結ぶ線分と剛体の辺がなす角度を表し， $\phi_{ijk}$  は剛体の辺と斜めに取り付けられたリンクがなす角度を表す．センサ，アクチュエータ，局所コントローラは剛体  $ii(i = 1, 2)$  の質量中心に配置され，センサは剛体  $ii$  の変位  $x_{ii}, y_{ii}$  と角変位  $\theta_{ii}$  を検出し，アクチュエータは操作入力として  $x_{ii}$  方向と  $y_{ii}$  方向に力を加え， $O_{ii}$  回り

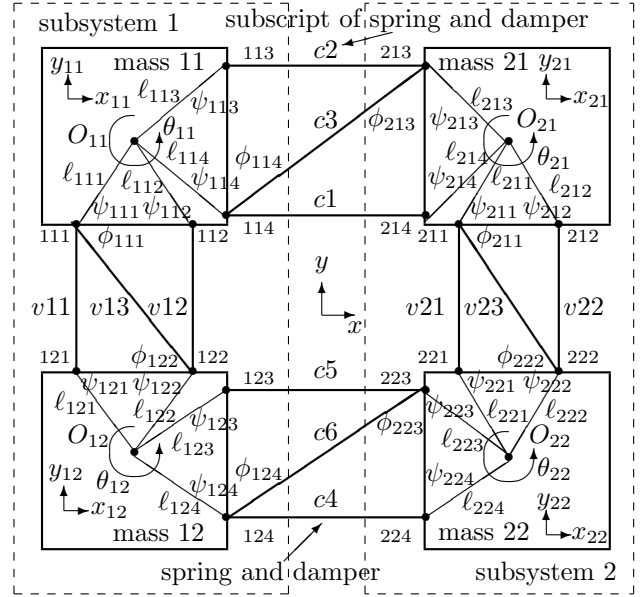


図3 Space structure

表1 Characteristic parameters of structure

$i$	$j$	$m_{ij}$	$J_{ij}$	$k_{vil}$	$d_{vil}$
1	1	10.0	5.0	1000	1.2
	2	10.0	5.0		
2	1	10.0	5.0	1000	1.2
	2	50.0	25.0		

$l = 1, 2, 3$

にトルクを加えるものとする．なお，すべての剛体が  $x_{ij} = 0, y_{ij} = 0, \theta_{ij} = 0$  で静止しているとき，剛体間のリンクにより発生する力とトルクは 0 であるとする．ここで，宇宙構造物の特性パラメータを表 1 のように与える．なお，サブシステムを柔結合するリンクのパラメータは  $k_{cp} = 1000.0, d_{cp} = 1.2$  とした．構造物のリンクの角度と長さについては， $\phi_{111}, \phi_{122}, \phi_{211}, \phi_{222}$  を  $60[^\circ]$ ， $\phi_{114}, \phi_{124}, \phi_{213}, \phi_{223}$  を  $70[^\circ]$ ， $\psi_{ijl}$  を  $60[^\circ]$ ， $\ell_{ijk}$  を 1.0 とする．

7.2 最適制御 ここでは，四次の局所コントローラを用いて，定理 2 の最適条件を満たすコントローラで制御した場合とその条件を満たさないコントローラを用いた場合について数値シミュレーションを行い，構造物の変位/角変位の応答特性を比較する．図 3 の構造物に対して設計された四次の局所コントローラのパラメータを表 2, 3 に示す．表 2 の局所コントローラのパラメータは，定理 2 の最適条件を満たし，表 3 のパラメータは， $\beta_1, \beta_2, \gamma_1, \gamma_2$  の値が小さいため，定理 2 の  $\bar{Q}, \bar{P}$  が正定にならず，定理の条件を満たしていない．なお，両者において  $R_i(i = 1, 2)$  は三次の



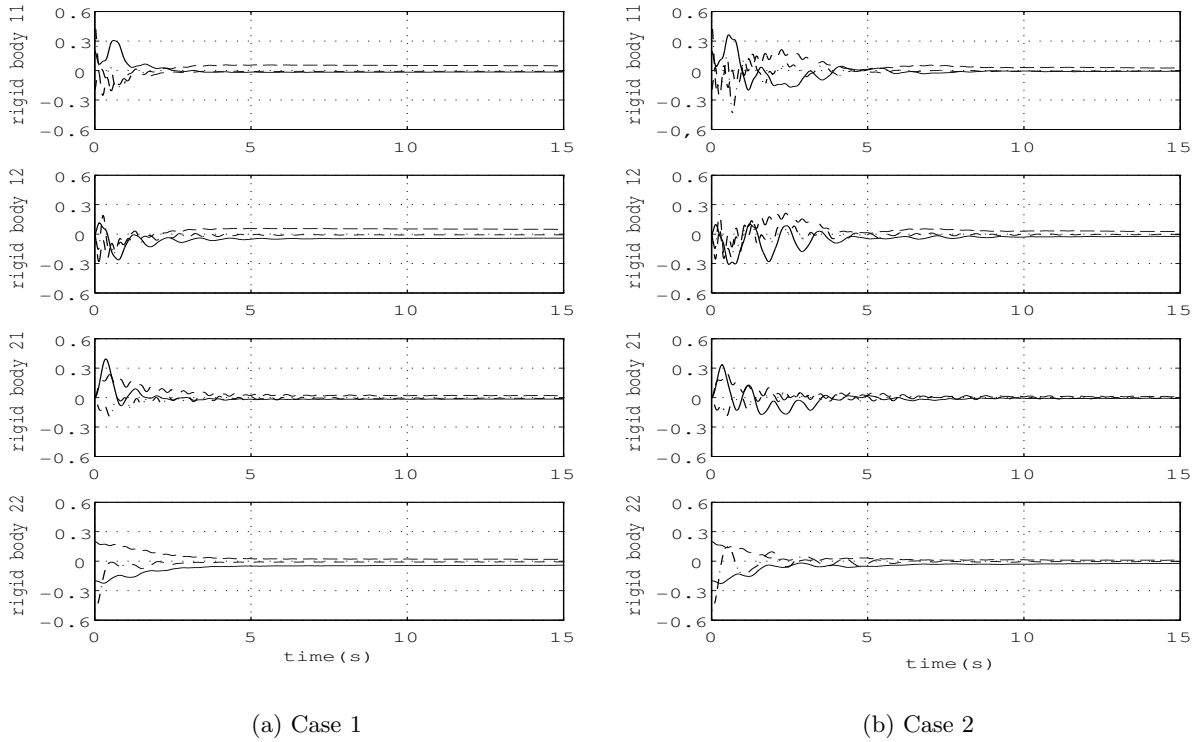


図4 Initial-state responses of displacements and rotational angles

単位行列とした．初期値応答を計算するための初期変位 / 角変位を  $x_{11}(0) = 0.2$ ,  $y_{11}(0) = -0.2$ ,  $\theta_{11}(0) = 0.5$ ,  $x_{22}(0) = -0.2$ ,  $y_{22}(0) = 0.2$ ,  $\theta_{22}(0) = -0.5$  として与え，これら以外の変位 / 角変位の初期値はすべて0とした．なお，シミュレーションにおけるサンプリング時間は  $\Delta T = 1.5 \times 10^{-4} [s]$  とした．

表1に示す特性パラメータをもつ構造物を，表2のコントローラで分散制御した場合(Case 1)と表3のコントローラで分散制御した場合(Case 2)における閉ループ全体システムの初期値応答をそれぞれ図4(a)と(b)に示す．この図において左側の(a)がCase 1，右側の(b)がCase 2の応答であり，グラフは上から剛体11, 12, 21, 22の変位 / 角変位の初期値応答を示している．各図において実線，破線，鎖線はそれぞれ変位  $x_{ij}(t), y_{ij}(t)$ ，角変位  $\theta_{ij}(t)$ を表す．図4よりCase 1, Case 2いずれの場合も閉ループ全体システムは安定化されているが，Case 1の方が，Case 2に比べて振幅が小さくなっていることがわかる．

**7.3 ロバスト安定化** ここでは，本論文で提案した方法によって，閉ループ全体システムがロバスト安定化されていることを示す．構造物の特性パラメータが，表1に示されたノミナルな特性パラメータから，その不確定性のために実際には表4のように変動していた場合を考える．なお，構造物は表2のコントローラで制御されているものとする．

このときの閉ループ全体システムの初期値応答を図5に示す．初期変位 / 角変位は，前節と同じである

表2 Local controllers parameters satisfying conditions of Theorem 2(Case 1)

$i$	$z_{i1}$	$z_{i2}$	$z_{i3}$	$p_{i1}$	$p_{i2}$	$p_{i3}$
1	0.8	2.5	19.1	2.4	19.0	29.3
2	0.4	2.43	9.53	1.8	9.52	16.9

$i$	$\alpha_i$	$\beta_i$	$\gamma_i$
1	1.0	60.0	1500.0
2	1.5	90.0	1224.7

表3 Local controllers parameters not satisfying conditions of Theorem 2(Case 2)

$i$	$z_{i1}$	$z_{i2}$	$z_{i3}$	$p_{i1}$	$p_{i2}$	$p_{i3}$
1	0.8	2.5	19.1	2.4	19.0	29.3
2	0.4	2.43	9.53	1.8	9.52	16.9

$i$	$\alpha_i$	$\beta_i$	$\gamma_i$
1	1.0	20.0	100.0
2	1.5	30.0	100.0

とし，グラフは上から剛体11, 12, 21, 22の変位 / 角変位の初期値応答を示している．各図において実線，破線，鎖線は，図4の場合と同様に，それぞれ変位  $x_{ij}(t), y_{ij}(t)$ ，角変位  $\theta_{ij}(t)$ を表す．なお，このシミュレーションにおいては，それぞれの変位 / 角変位の応

表4 Perturbed parameters of structure

$i$	$j$	$m_{ij}$	$J_{ij}$	$k_{vil}$	$d_{vil}$
1	1	50.0	25.0	500	0.19
	2	50.0	25.0		
2	1	50.0	25.0		
	2	250.0	125.0		

$l = 1, 2, 3$

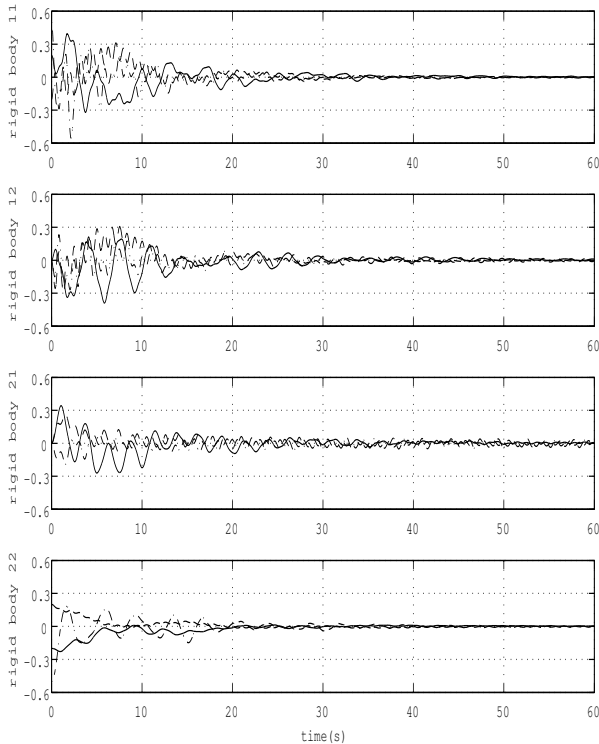


図5 Initial-state responses of displacements and rotational angles of structure with perturbed parameters

答が原点に収束することを示すために、サンプリング時間を  $\Delta T = 6.0 \times 10^{-4} [s]$  とした。この図より、すべての変位と角変には原点に収束し、安定性を保っていることがわかる。したがって、本論文で提案するコントローラは、構造物の特性パラメータの不確かさ、あるいは特性パラメータ変動が生じた場合においても、閉ループ全体システムをロバスト安定化していることがわかる。

## 8. おわりに

本論文では、センサ/アクチュエータ・コロケーションされた大型柔軟宇宙構造物において、変位出力を用いた四次のプロパーな局所コントローラによって構造物の位置と姿勢を分散制御する方法を提案した。まず、各サブシステムの局所コントローラが位相進み補償器

になるようにコントローラのパラメータを与えることによって、閉ループサブシステムと閉ループ全体システムをととも構造物の特性パラメータの不確かさに対してロバスト安定化できることを述べた。そして、その局所コントローラにおいて、フィードバックの二つのパラメータを十分に大きく選ぶことによって、閉ループサブシステムと閉ループ全体システムが、ある二次形式評価関数を最小にする最適レギュレータになることを示した。あわせて、閉ループサブシステムと閉ループ全体システムを最適レギュレータにするために局所コントローラのパラメータが満たすべき条件を明らかにした。最後に、構造物の位置と姿勢を制御する場合、最適レギュレータの条件を満たす提案法のコントローラの方が、条件を満たさないコントローラに比べて、変位/角変位の振幅を抑制できることを数値例によって示した。また、提案法によれば、構造物の特性パラメータに変動が生じた場合においても、閉ループ全体システムをロバスト安定化できることを数値例によって示した。

## 参考文献

- (1) T. A. Hagler: "Building Large Structures in Space", *Astronautics and Aeronautics*, May, pp. 56-61, 1976.
- (2) J. C. Mankins: "The Space Solar Power Option", *Aerospace America*, Vol. 35, pp. 30-36, 1997.
- (3) M. J. Balas: "Direct Velocity Feedback Control of Large Space Structures", *J. Guidance and Control*, Vol. 2, No. 3, pp.252-253, 1979.
- (4) A. Abel and N. K. Gupta: "Robust Collocated Control for Large Flexible Space Structures", *J. Guidance and Control*, Vol. 4, No. 5, pp.480-486, 1981.
- (5) S. M. Joshi: "Robustness Properties of Collocated Controllers for Flexible Space Spacecraft", *J. Guidance*, Vol. 9, No. 1, pp.85-91, 1986.
- (6) 糀谷, 池田, 木田: 「Collocated Feedbackによる宇宙構造物の最適制御」, 計測自動制御学会論文集, Vol. 25, No. 8, pp. 882-888, 1989.
- (7) Y. Fujisaki, M. Ikeda, and K. Miki: "Robust Stabilization of Large Space Structures Via Displacement Feedback", *IEEE Trans. Automat. Control*, Vol. AC-46, No. 12, pp. 1993-1996, 2001.
- (8) 小林, 池田, 藤崎: 「大型宇宙構造物の変位の簡単な動的フィードバックによる最適制御」, 計測自動制御学会論文集, Vol. 38, No. 8, pp. 694-701, 2002.

- (9) Y. Kobayashi and R. Imoto:“ Decentralized Robust Control of Large Space Structures by Local Proper Controllers Using Displacement Output Feedback ”, Proceedings of SICE Annual Conference 2012, pp. 524-527, 2012.
- (10) Y. Kobayashi:“ Decentralized Robust Optimal Control of Large Flexible Space Structures by Local Proper Controllers Using Displacement Output ”, Bulletin of the JSME Mechanical Engineering Journal , Vol. 2, No. 3, Paper No. 14-00555, pp. 1-12, 2015.
- (11) M. J. Balas:“ Trends in Large Space Structure Control Theory: Fondest Hopes, Wildest Dreams ”, IEEE Trans. Automat. Control, Vol. AC-27, No. 3, pp. 522-535, 1982.
- (12) B. C. Kuo:“ Automatic Control Systems ”, pp. 329-388, Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1967.
- (13) 藤井 :「最適レギュレータの逆問題」, 計測と制御 , Vol. 27, No. 8 , pp. 717-726 , 1988 .

# ウォーターフロント開発による地区の形成過程 —神戸ハーバーランド地区を対象として—

神吉晃大\* 小塚みすず\*\*

## A Study on Formation Process around the Bay Area of Waterfront Development -A Case Study of Kobe-Haborland District-

Kodai KANKI\* Misuzu KOZUKA\*\*

### ABSTRACT

The current waterfront district has multiple urban function. The waterfront district has a favorable environment and a peculiar potential. The waterfront development utilizing these is very important in urban planning for the future. The purpose of this research is to clarify change of the district by waterfront development in Kobe-Harborland district. For that purpose, we organized the formation process and the accumulative tendency of the district. We confirmed that the target district was improved urban functions along with the development and that the district became invigorating. In addition, we confirmed that the district was crowded immediately after development, but after that transitions of facilities increased, and it became sluggish. It was possible to clarify transitions of facilities and transitions of related indices to the formation of districts, and to image the transition of the accumulative tendency.

*Keywords* : waterfront development, formation process, transitions of facilities, accumulative tendency

### 1. はじめに

1.1 研究の背景および目的 我が国は島国ということもあり、昔から我々の生活と海は密接な関係にあった。ウォーターフロント地区は第二次産業の発展により物流体系の構築をメインとした港湾機能に特化していたが、1981年の「ポートアイランド」を皮切りに「神戸ハーバーランド」、「みなとみらい 21」、現在もプロジェクトが進行中である「東京臨海副都心」など数々のウォーターフロント開発が行われている。現在のウォーターフロント地区は、災害や国土の保全などの国民の安全・安心確保への貢献、自然環境に配慮した良好な港湾環境の形成、商業や居住、レクリエーションなどの複合的都市機能を有している。ウォーターフロント地区が持つ恵まれた環境、独特の開発ポテンシャルを活かしたウォーターフロント開発は将来にわたって

都市計画の上でも非常に重要といえる。

本研究では、神戸ハーバーランド地区を対象に、地区の開発から現在までの変化を明らかにする。そこで、まず、調査対象地区の形成過程を施設の開店・撤退の状況や神戸市の基本計画等を整理する。次に、地区の形成に寄与する指標を用いて、神戸ハーバーランドの開発が始まった時期からこれまでの統計データを整理することにより、ウォーターフロント地区の集積性の変化についてまとめ、今後のウォーターフロント地区について考察する。

1.2 本研究の位置づけ 本田ら<sup>(1)</sup>はウォーターフロント開発が周辺地域に与える影響、変化を経年的な建物更新状況を見ることで把握した。また、風見ら<sup>(2)</sup>はウォーターフロント開発による好ましくない影響、変化について地域住民に意識調査を行い、ウォーターフロント開発の問題点を指摘している。前者の研究では建物、後者の研究では住民意識という定めた1つ視点からウォーターフロント地区の変化を見ている。これ

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 准教授

を踏まえ本研究では、ウォーターフロント開発地区を歴史的変遷と統計データの両視点から変化を明らかにする。

**1.3 日本のウォーターフロント開発の動向** ウォーターフロントとは、広義には「海、川、湖沼などに面した水辺空間」を意味する。苦瀬ら<sup>3)</sup>は自然的な特性だけではなく、そこにある歴史や文化や居住する人々の活動も重要であると考え、「ウォーターフロントとは、人々が活動を行うときに利用できる水際線近傍の陸域と水域を合わせた空間」と定義している。

かつて我が国のウォーターフロント地区は石油化学、製鉄などの製造業や輸出入の物流拠点など工業地帯として限られた用途でのみ使われてきた。しかし、1970年代頃からウォーターフロント地区は過密化していた都市の新たな開発地区として注目され始め、日本各地で開発により複合的な用途で利用される地区に変化していった。とりわけ、神戸港は我が国のウォーターフロント開発の先駆けと言われ、1960年代からポートアイランド、六甲アイランドやメリケンパークなどの開発が行われ、その後も神戸ハーバーランド、HAT神戸などの複合機能を導入したウォーターフロント開発が積極的に行われて、近年でも整備が続いている。

## 2. 研究対象地区の概要

本研究では、神戸港のハーバーランド地区（以下、神戸ハーバーランド地区）を対象とし、2013年に開店した大型商業施設「神戸ハーバーランド umie」を中心に400m圏内域で、範囲の形状が円形に近い形になるような範囲の町丁目を調査対象地区に設定する。よって、神戸市中央区の相生町1丁目、相生町2丁目、相生町3丁目、海岸通6丁目、栄町6丁目、東川崎町1丁目、弁天町を研究対象とする。

図1は1868年以降の神戸港の埋立による発展過程である<sup>4)</sup>。神戸港は1868年の開港以来、我が国を代表とする国際貿易港として拡大・発展するとともに、市民の生活基盤としても重要な役割を担ってきた。神戸ハーバーランド地区は、1992年にウォーターフロント開発により街開きされた地区であり、メリケンパークやHAT神戸など海岸の一部の港湾地区とともに、親水機能、商業機能、居住機能等を導入した再整備が進められてきた。これらの地区はいずれも神戸の「みなとまち」というイメージに大きく関わっている。また、ウォーターフロントと都心が隣接しており、他地域にはない都市計画上恵まれた環境を有している（図2）。

## 3. 神戸ハーバーランド地区の形成過程

**3.1 対象地区の歴史の変遷** 研究対象地区の歴史の変遷を整理するにあたり、調査期間は統計資料の調査年の関係等も踏まえ、神戸ハーバーランド地区の再開発事業が着手された1985年から2015年までとする。

まず、調査期間において、神戸市の総合基本計画や主要施設の開店・撤退の変遷をまとめ、表1に整理した。次に、整理した内容から、1985年から2015年までの期間を、神戸ハーバーランド地区の開発・運営の側面から「開発期」、「初期」、「低迷期」、「転換期」の4つに区分できる。以降では、これら各期間について考察していく。

### i) ハーバーランド開発期(1985~1992年)

神戸臨港線旧国鉄の湊川貨物駅は、鉄道貨物輸送事業縮小により1982年に貨物駅としての機能を停止した。その後、1984年に神戸市がその跡地とその周辺の土地を買収し、再開発計画が始まった。その翌年から事業が始まり、8年という短い期間ながらも事業は成功し、「神戸ハーバーランド」という名称で街開きした。同時に、複数の商業施設が開店し、大規模な商業地域として街開きした。また、街開きに向け、集合住宅、小学校、公園などのさまざまな都市機能も整備された。

以上より、ウォーターフロント開発地区整備が進められた1992年までは、「開発期」と考えられる。

### ii) ハーバーランド初期(1993~2000年)

街開き当初は、神戸の新しい観光スポットとし

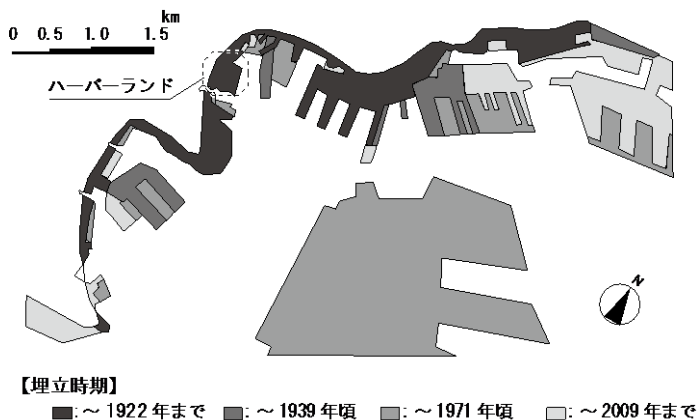


図1 神戸港の発展過程

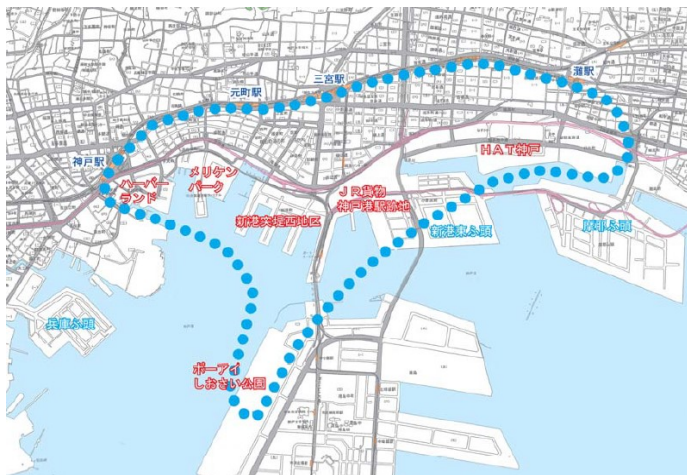


図2 研究対象地域<sup>5)</sup>

て賑わいを見せていた<sup>6)</sup>。しかし、1990年代はバブル経済後の不況であったことから街の賑わいは続かず、街開きから2年後の1994年に神戸西武百貨店が業績不振を理由に撤退した。そして、1995年の1月には阪神淡路大震災で被災した。しかし、都心の三宮に比べ被害が少なかったため、他地域に比べ早い復興を見せた。これが震災後の集客力を伸ばすことに繋がった。しかし、元々都心であった三宮が震災から復興していくに連れて集客力も低迷していった。

以上より、1993～2000年は1995年に震災や世界の経済情勢の変化があったものの、「初期」と考えられる。

iii) ハーバーランド低迷期 (2001～2011年)

徐々に賑わいが薄れていっていた中、2001年に神戸市営地下鉄海岸線ハーバーランド駅が開通した。しかし、対象地区内の店舗の業績は低迷していき、この10年間で主要施設のうち開店した施設が8施設、撤退した施設が7施設と入れ替わりが激しくなった。地区が衰退するなか、2005年にハーバーランド地区を含む地域を「都心ウオータ

ーフロント」と定め、みなとの賑わいを生み出す空間とするための指針として策定された「みなと神戸—いきいきプラン」や2011年に都心ウオーターフロントの描いたものである『「港都 神戸」グランドデザイン』<sup>5)</sup>が策定されるなど、都市計画の上では重要なエリアと位置付けられていた。

以上より、多くの店舗の撤退が相次ぎ、将来構想計画が進められた2001～2011年は「低迷期」と考えられる。

iv) ハーバーランド転換期 (2012年～2015年)

ハーバーランドの街開きした1992年から20年間業績が振るわないにも関わらず営業を続けていた神戸阪急が賃貸借契約の切れる2012年に撤退した。そして、翌年の2013年4月に元神戸阪急、Ha・Re、モザイクの3つの商業施設の名称を統合し、一部店舗を入れ替え、神戸ハーバーランドumie (以下、umie) がリニューアルオープンした。その翌年の2014年4月までの年間来場者数は予想の1.2倍に達した<sup>7)</sup>。さらに、2015年にハーバーランド周辺に相次いでタワーマンションが竣工され、住居機能も向上した。2012年には「神戸都心西部

表1 対象地区の形成過程と計画の変遷

対象地域の主要施設の開店・撤退の変遷	年代	月	総合基本計画			期間
			基本構想	基本計画	関連計画	
旧国鉄湊川貨物駅が機能停止 旧国鉄湊川貨物駅跡地の愛称募集→「ハーバーランド」に決定 再開発に着手	1982	11	人間都市神戸 の基本構想 (1974～1993)	人間都市神戸 の基本計画 (1976年策定)		① 開発期
煉瓦倉庫レストラン開店 神戸ハーバーランド街開き	1984	10				
神戸西武百貨店、ダイエーハーバーランドシティ、 デュオ神戸、オーガスプラザ、阪急百貨店、モザイク開店	1985	10				
神戸クリスタルタワー竣工	1986	9				
ハウジングデザインセンター(HDC)神戸開店	1986	9				
神戸西武百貨店が業績不振により撤退	1993	10				
阪神・淡路大震災被災により各商業施設が一時営業休止	1994	7				
モザイクガーデン開店 神戸ハーバーサーカス開店	1994	9				
神戸新聞松方ホール、エコール・マリン開店	1996	4				
神戸市営地下鉄海岸線「ハーバーランド駅」開通	1996	7				
テナントの相次ぐ流出により、神戸ハーバーランドサーカスが撤退	2001	7	第4次神戸市 基本計画 (1995年策定)	「みなと神戸—いきいきプラン」策定 「神戸2010ビジョン」策定 「中央区・中期計画」策定 「神戸港港湾計画」策定 都市景観形成地域に指定	② 初期	
プロメナ神戸開店	2004	3				
ビーズキス開店	2004	11				
	2005	2				
	2005	6				
Ha・Re開店	2006	2				
	2007	3				
	2008	4				
ファミリオ(familio)開店	2008	8				
ファミリオ事実上の閉鎖	2011	1				
	2011	2	第5次神戸市 基本計画 (2011年策定)	「神戸2015ビジョン」策定 「神戸づくりの指針」策定 「中央区計画(2011-2015)」策定 『「港都 神戸」グランドデザイン ～都心・ウォーターフロントの将来構想～』策定 「神戸都心西部地区都市再生整備計画」策定 「神戸ハーバーランド地区都市再生整備計画」策定	③ 低迷期	
神戸阪急撤退	2012	3				
神戸ハーバーランドumie開店	2013	3				
神戸アンパンマンこどもミュージアム & モール開店	2013	4				
	2014	8				
	2015	9	④ 転換期			
				「神戸都心・ ウォーターフロント地区都市再生整備計画」策定 「神戸の都心の未来の姿 [将来ビジョン]」策定		

地区都市再生整備計画」, 2013年に「神戸ハーバーランド地区都市再生整備計画」, 2014年に「神戸都心・ウォーターフロント地区都市再生整備計画」が策定され, ハーバーランド地区を含む区域の今後の整備方針が設定された。

以上より, 2012~2015年は「転換期」と考えられる。

**3.2 対象地区の主要施設の入替わり** 上述した各期間の主要施設の入替わりを図3に整理する。図から, i) 開発期は地区全体に開店, ii) 初期は撤退した施設も見られるものの開発期と同様, 地区全体に開店している。iii) 低迷期になると, 撤退する施設が目立ち, 特に現在ハーバーセンターとなっているビルは

開店と撤退の入れ替わりが頻繁に繰り返された。そして, iv) 転換期以降は, umieの開店に伴う撤退は見られるものの, その他の施設はまだ撤退していない状況にある。

**4. 人口・産業・交通の変化**

対象地区に寄与する影響要因として, 人口, 産業, 交通に関わる指標を抽出し, 対象機関である30年間のデータを丁目に関わる指標を抽出し, 対象期間である30年間のデータを整理する。なお, データの制約上, まずは町丁目目で収集可能なデータを整理することとしている。



図3 ハーバーランド地区内の主要施設の入替わり

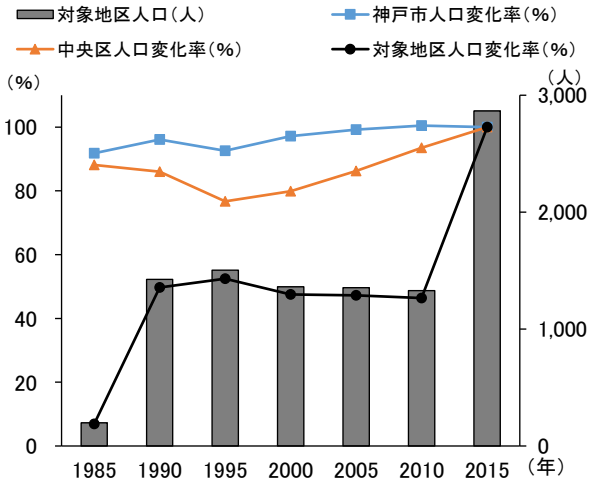


図4 人口（人口の推移）

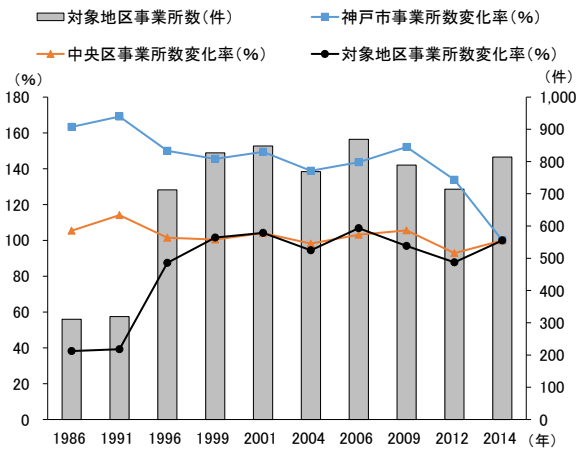


図5 産業（事業所数の推移）

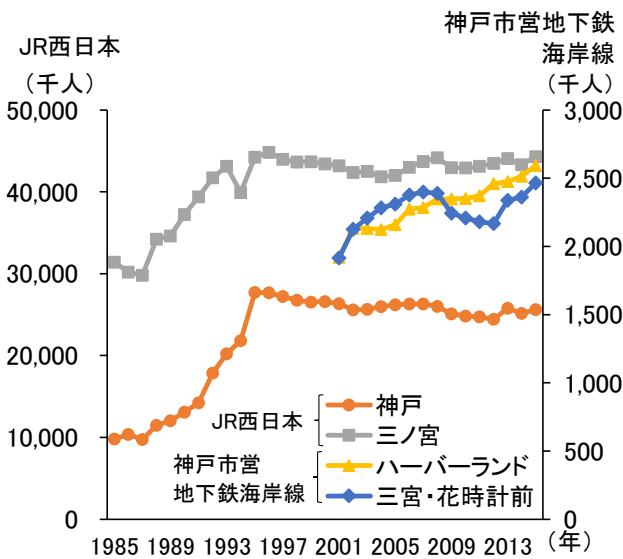


図6 交通（年間乗降客数の推移）

4.1 人口 図4は、対象地区の人口の推移と神戸市、神戸市中央区及び対象地区の人口の変化率の推移を示している。なお変化率は、2015年の人口を100%として、それに対する各年の人口の変化を示したものである。図4より、1985年から1990年に人口が急激に増加し、その後はやや減少傾向であったが2010年から2015年にかけて再び人口が急激に増加している。前章で述べたが、これは再開発やマンション建設による人口増加と推察できる。

4.2 産業 全産業の事業所数を産業のデータとし、収集・整理した。図5は、対象地区の事業所数の推移と神戸市、神戸市中央区及び対象地区の事業所数の変化率の推移を示している。なお変化率は、2014年の事業所数を100%として、図4同様それに対する各年の事業所数の変化を示したものである。図5より、神戸市の事業所数の推移は、1986年当時は2014年比の1.6倍であり、2009年以降に急激に減少した。これに対し、対象地区では1991年から1996年に急増しており、それ以降は増減を繰り返し、2014年には開発当初に比べ2.6倍となっている。

4.3 交通 交通のデータは、対象地区内のJR西日本神戸駅、神戸市営地下鉄海岸線ハーバーランド駅の年間乗降客数を調査した。図6より、神戸駅は、1987年以降1995年まで減少することなく増加してきた。その後は、微増減を繰り返し、近年の乗降客数は安定している。ハーバーランド駅は、開通以降は2015年まで目立った減少はなく、増加傾向にある。

5. 地区の集積性の変遷

前章までの結果から、対象地区の地区集積性について考察する。図7より、対象地区は、開発以前は人口も事業所数も少なかったが、開発に伴い都市機能の整備が進み、地区全体が活性化していった。開発直後は、阪神淡路大震災に被災したが、その影響がほとんど見られないほど、開発の影響を受けていた。その後は、主要施設の入替わりも激しくなり低迷していることが推察できる。対象地区は開発から現在まで紆余曲折を繰り返し、変化してきた。

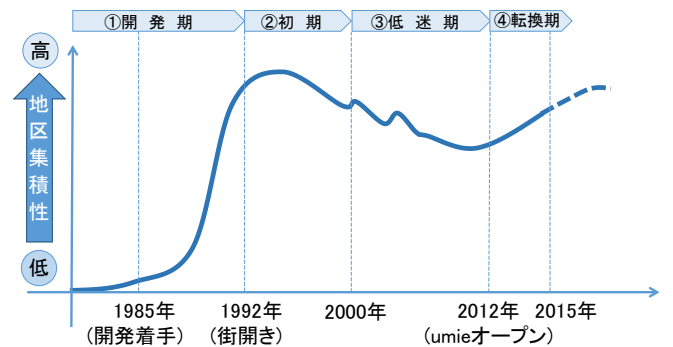


図7 地区集積性の変化のイメージ図



近年は、umie のオープンやタワーマンション建設などを契機に、人口や事業所数も増加しており、地区内の人や施設などの集積が見られるほか、隣接のメリケンパークの整備が進むなど、神戸港全体で地域を活性化させるための取り組みが実施されている。

## 6. まとめ

本研究は、神戸ハーバーランド地区を対象に、地区の開発から現在までの施設の開店・撤退の変遷と人口、産業、交通の変化を明らかにし、地区集積性の変化のイメージを描くことができた。今後、ハーバーランド地区をはじめ、ウォーターフロントの整備や活用については、新たな変化を繰り返しながら持続させることが必要であり、他の地区事例も踏まえて整理する必要がある。

また、本研究においては、長期間一定の水準で、かつ、町丁目で収集できる情報を得ることに限界があり、今後の研究において情報収集の課題が残された。

### 参考文献

- (1) 本田陽子ら：ウォーターフロント開発が与える空間的影響に関する研究-小樽市・函館市・釧路市を事例として-, 日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.297-298, 2001.
- (2) 風見晃衣ら：ウォーターフロント開発と周辺地の整合化に関する研究-(その1)ららぽーと建設が及ぼす影響に対する住民意識-, 日本建築学会大会学術講演梗概集(中国), pp.1181-1182, 1990.
- (3) 苦瀬博仁, 高橋洋二：「ウォーターフロント開発における計画手順と計画課題」, 日本沿岸域会議論文集, 4, pp.33-44, 1992.
- (4) 都心・ウォーターフロント研究会：「『港都 神戸』の誕生 都心・ウォーターフロントのグランドデザインに向けて」, pp.3, 2009.
- (5) 神戸市企画調整局企画調整部総合計画課：「港都神戸」グランドデザイン」, pp.4, 2011.
- (6) 大河原徳三：「ハーバーランドの現状と課題」, 都市政策, 第71号, pp.33-44, 1993.
- (7) 西村佐知子：「神戸市・取り戻した神戸ハーバーランド～商業施設の回遊性が課題～」, 住宅新報, 2014年10月21日, 18面, 2014.

# 交通結節駅におけるサードプレイスの現状

塩川大哉\* 小塚みすず\*\*

## Present Situation of the Third Place in Railroad Station as a Function of Transport Nodes

Hiroya SHIOKAWA\* Misuzu KOZUKA\*\*

### ABSTRACT

People significantly gather around railway station as functions of transport node. Crowded place makes a person who is in there feel that time is fast and gives tiredness the person. Such space needs comfortable places, so development of “The Third Place” is one of problems that railway station has in the future. In this study, it is assumed that the third place will be focused in shopping area within a train station in the future, and the purpose of this study is to grasp current situation of the third place in railway station as functions of transport node that some persons and facilities are gathered. We think that this study will lead to development of railway station in the future. From a survey, we grasped number of stores of the third place and confirmed that it was correlation with the number of passengers. Besides, we confirmed that there were differences of each category of stores between applications of utilization and crowded time.

*Keywords* : the third place, railway station as functions of transport node, crowded time, AHP

### 1. はじめに

近年、高度経済成長期を遂げた我が国では、自動車を中心とするモータリゼーションの進展に伴い、市街地は無秩序に拡大し、中心市街地の衰退やモビリティに地域的格差が生まれるなど様々な障害を生み出している。今後、駅間を交通ネットワークで結び、無秩序に拡大した市街地をコンパクトに集約させるとともに、モータリゼーションの進展を防ぐことを目指して、鉄道駅に都市の機能を集約させた、「コンパクトシティ政策」や「公共交通指向型開発」の展開により、通勤・通学、観光客などによる人の集散がより一層増すことが予想される。特に乗り換えに用いられる鉄道駅、つまり交通結節機能を有する鉄道駅<sup>(注1)</sup>においては人の集散が著しいと考えられる。また、周囲の人の動きが速い空間では、そこに居る人に時の流れを早く感じさせるとともに疲労感を与える。このような空間にはゆっくりと休憩できる場所が必要であり、それらのスペース、つまり「サードプレイス<sup>(注2)</sup>」の創出はこれか

らの鉄道駅の課題であると言える。しかし、サードプレイスを取り上げた既往研究は少なく、例えば「駅ナカ」をキーワードとした既往研究には、駅ナカ店舗の立地実態に関する研究<sup>(1)</sup>や、駅ナカのカフェにおける使われ方に関する研究<sup>(2)</sup>などが挙げられる。また、駅以外で見ると、店舗の場所と利用者の行動の関係に関する研究<sup>(3)</sup>などが見られた。しかし、これらは施設利用の側面からの研究であり、対象が限定されている。本研究は駅ナカ開発が今後期待される JR 西日本を対象とした点や特に人の集積が著しいと考えられる交通結節機能を有する鉄道駅を対象とした点に大きな特徴を有しており、本研究は今後の鉄道駅開発において必要な知見の一つとして役立つと考えられる。

鉄道各社が駅ナカ事業に力を入れ始めたのは 2000 年に入ってからであり、特に JR 西日本は新大阪駅の改良や明石駅の開発事業など、近年、駅開発が進んでいる。今後、駅ナカ開発が期待される JR 西日本の鉄道駅に焦点を当て、現地調査およびアンケート調査によりサードプレイスの現状を把握することを目的とする。なお、本研究では、サードプレイスの基礎的な店舗であるカフェや書店などを調査の対象としている。

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 准教授

## 2. サードプレイスの定義

「サードプレイス」という言葉は、アメリカの社会学者である R.オルデンバーグによって提唱されたものである。R.オルデンバーグは、都市居住者にとって生活上欠かせない居場所として「ファーストプレイス」と呼ばれる自分の住んでいる家などのプライベートの強い場所と「セカンドプレイス」と呼ばれる職場や学校などの自分以外の他の人と共存する場所の2つを挙げており、この2つの居場所に加えてカフェや書店、広義的には居酒屋や理髪店などの場所を「サードプレイス」として位置付けている。また、サードプレイスの定義として中立領域に存在しており、その利用が平等で会話が主たる活動であることや、アクセスのしやすさ、控えめな態度であることなどを挙げている<sup>(4)</sup>。

本研究では R.オルデンバーグの設定した定義から一部変更を加えて、上記のサードプレイスの定義に以下の5つの条件を加え、サードプレイスの選定を行う。

1. 身分による差別がない、中立の場所に立地
2. 外観や内装は落ち着いた雰囲気
3. 就業時間外の営業
4. 安価、もしくは無料で利用可能
5. 特別な利用の制限がない

なおサードプレイスは、一般にカフェ、喫茶店、書店などが挙げられる。本研究上のサードプレイスの定義に該当し、サードプレイスとして選定できる事例を写真-1に示す。



写真-1 サードプレイスの事例。

## 3. 調査対象駅の選定

JR 西日本管内であり、明石駅の駅前整備、元町駅の駅前開発、三ノ宮駅の駅前再整備構想などの駅前開発が活発である兵庫県内の交通結節機能を有する鉄道駅を対象に調査対象駅の選定を行う。

兵庫県内には計 402 の鉄道駅がある。その内訳は、JR：143 駅、民間鉄道：233 駅、地下鉄：26 駅となっている。中でも交通結節機能を有し、JR を含む駅は 25 駅であった。ここで、交通結節機能を有しているというのは、一般に乗換可能であるということであり、本研究においては改札口から人が快適に歩行することが可能な距離が 400m であることから、半径 400m 圏内に駅

が存在すること、もしくは、複数の線を有していることを乗換可能としている。25 駅の内乗降客数の規模が極めて少ない駅<sup>(注3)</sup>については、本研究の対象から除外した。その結果、研究対象駅は 20 駅となった(表-1)。20 駅を乗降客数別に 4 グループに分け、グループ毎の平均乗降客数に近い駅を 3 駅ずつ(グループ A：兵庫駅、加古川駅、舞子駅、グループ B：住吉駅、新長田駅、宝塚駅、グループ C：元町駅、明石駅、神戸駅)抽出し、計 9 駅を調査対象駅とした。なお、グループ D の三ノ宮駅とグループ A の和田岬駅は本研究の調査対象駅から除外している。前者は乗降客数の割合が全体の 3 割超であること、後者は利用目的が極めて限定的な路線であり、一般的な駅とは考え難いためである。

ここで、本研究における調査対象範囲は JR 駅の改札口から駅ナカ施設や付随しているビルなどの建物としての連続性のある場所としている。調査限度は JR 駅の改札口から徒歩 5 分圏内とする<sup>(注4)</sup>。

表-1 調査対象駅選定表。

グループ	交通結節駅\駅種類	乗降客数(人)	割合
A	粟生駅	3,394	0.2
	相生駅	8,972	0.4
	塩屋駅・山陽塩屋駅	15,454	0.8
	須磨駅・山陽須磨駅	28,331	1.4
	和田岬駅	30,647	1.5
	<b>兵庫駅</b>	<b>42,240</b>	<b>2.1</b>
	<b>加古川駅</b>	<b>44,348</b>	<b>2.2</b>
	<b>舞子駅・舞子公園駅</b>	<b>44,811</b>	<b>2.2</b>
	三田駅	53,104	2.6
	西明石駅	61,490	3.0
	垂水駅・山陽垂水駅	79,141	3.9
	尼崎駅	83,586	4.1
	乗降客平均・累積割合	41,293	24.5
B	<b>住吉駅</b>	<b>94,307</b>	<b>4.7</b>
	<b>新長田駅</b>	<b>99,165</b>	<b>4.9</b>
	<b>宝塚駅</b>	<b>114,357</b>	<b>5.7</b>
	姫路駅・山陽姫路駅	120,592	6.0
	乗降客平均・累積割合	107,105	45.7
C	<b>元町駅</b>	<b>127,129</b>	<b>6.3</b>
	<b>明石駅・山陽明石駅</b>	<b>131,995</b>	<b>6.5</b>
	<b>神戸駅・高速神戸駅・ハバ・ランド駅</b>	<b>173,010</b>	<b>8.6</b>
	乗降客平均・累積割合	144,045	67.1
D	三宮駅	663,467	32.9

## 4. 駅構内におけるサードプレイス出店状況

4.1 現地調査概要 調査対象駅として選定された 9 駅について、調査範囲内のサードプレイス店舗数と駅施設やその周辺の状況を把握するため、現地調査を実施した。調査は平成 28 年 9 月～11 月に実施した。

4.2 現地調査結果 調査対象駅 9 駅の駅構内におけるサードプレイスの店舗数とその周辺状況を表-2に示す。A グループの駅は乗降客数が 5 万人未満で、駅自体が小規模なこともあってか、サードプレイスとな

る店舗数は比較的少ない。Bグループの駅は、10万人程度の乗降客数である。サードプレイスの店舗数にはばらつきがあるが、駅ナカだけでなく、駅周辺に様々な施設が整備され、駅を中心にコンパクトな市街地が形成されている。Cグループの乗降客数は13万人前後あるいは17万人程度とグループ内で乗降客数差がある。そして、駅ナカのサードプレイスの店舗数にもばらつきがあり、元町駅は2店舗と少ない。しかし、駅周辺には飲食店をはじめとする商業系の土地利用が広く展開している。加えて、駅周辺施設には観光や買物目的となる店が多いことから来街者の多様性がみられる。

## 5. サードプレイス店舗の営業状況

### 5.1 アンケート調査概要

現地調査により、サードプレイスとして選定された45店舗に対して平成28年12月に郵送調査法によるアンケート調査を実施した。調査は、主に店舗の利用状況の把握を目的とし、店主や経営者を対象としたものである。調査の概要に関しては表-2に示す。

表-2 アンケート調査概要.

調査対象店舗数	45店舗		
調査期間	H28 11/17~12/10		
回収率	全体:19/45	カフェ:14/35	書店:5/10
調査方法	郵送方式		
調査内容	問1 「サードプレイス」の認知度		
	問2 店舗の席数状況に関して		
	問3 滞在時間に関して		
	問4 平均滞在時間に関して		
	問5 混雑時間に関する一対比較		
	問6 混雑する時間帯に関して		
	問7 平均使用金額に関して		
	問8 店舗利用用途に関して		

### 5.2 サードプレイスの現状評価

#### I) サードプレイスの認知度

サードプレイスについての認知度を図-1に示す。書店、カフェともに6割以上がサードプレイスという言葉を知っていることが分かる。一般に言葉の認知度は高くないと言える。

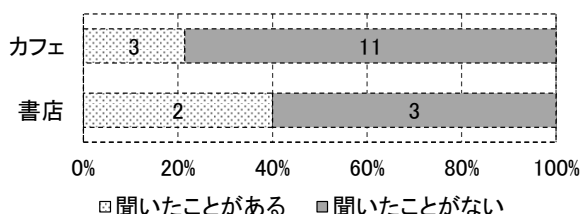


図-1 サードプレイス認知度.

#### II) 店舗滞在時間および利用目的

来客者の平均滞在時間について、出店者が滞在時間に限度や目安となる時間を設定しているか否かを確認した。その結果、全店舗において限度は設定していないことが分かった。つまり出店者からすると何時間でもそこに居てもらっても良いというように捉えることができる。これはファストフード店などの商業形態とは異なる点であると言える。次に店舗の利用目的を図-2に示す。カフェにおいては「飲食」が最も多く、次いで、「会話」、「待ち合わせ」である。サードプレイスの提唱者であるR.オルデンバーグが『会話が重要である』<sup>(4)</sup>と述べているように、実際にサードプレイスとして利用されている店舗で会話がその利用目的として多いことが分かる。書店では、「待ち合わせ」と「読書」の利用目的が多い。ここで、単純集計結果の中でも特筆すべきは、店舗によって利用時間帯が異なるということである。図-3にはカフェと書店を合わせてみた時の混雑時間帯を示したものである。ここでは12時の昼時と18時の夕方2つのピークの山があることが分かる。これをカフェのみと書店のみの場合で分けて示したものがそれぞれ図-4、図-5である。ここでカフェと書店の混雑時間帯を比較すると、カフェは昼の12時に向けて混雑度が上昇している。一方、書店では夜の18時に向けて混雑度が上昇していることが分かった。これはカフェにはランチサービスがあること、書店は会社や学校帰りに少し立ち寄りという目的での利用などが影響していると考えられる。このように同じサードプレイスであっても店舗種別に利用状況の違いがあると言える。

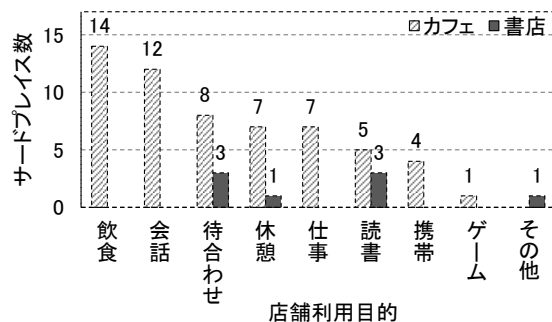


図-2 サードプレイス店舗の利用目的.

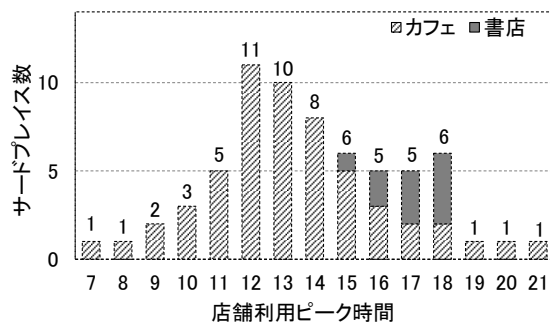


図-3 サードプレイス店舗の混雑時間帯.

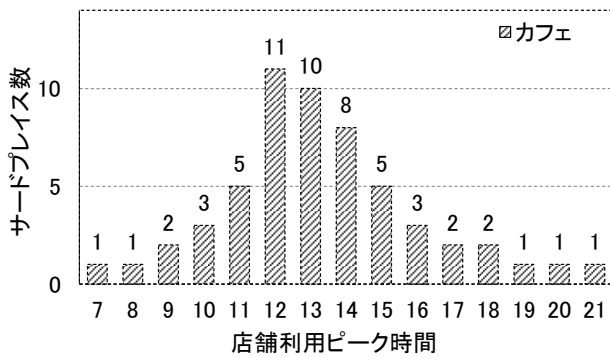


図-4 サードプレイス店舗(カフェ)の混雑時間帯.

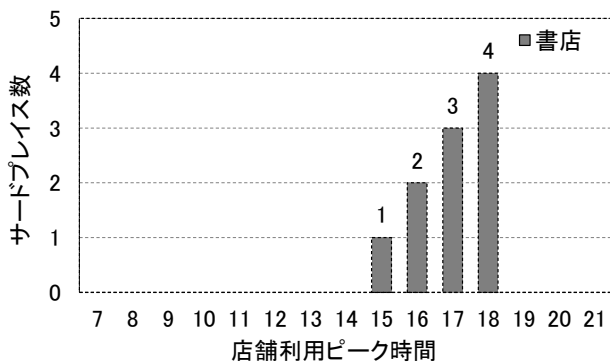


図-5 サードプレイス店舗(書店)の混雑時間帯.

言える。これはカフェにはランチの時間などでお得になったりすることや、仕事の昼休みなどの時間の利用などの要因が影響していると考えられる。夜に比べ朝の方が混雑する理由としてはカフェでは一般的にモーニングサービスを提供しているケースが多く、その影響が反映されていると考えられる。一方で、ランチやモーニングサービスなどは飲食を目的としたものであるとも言え、サードプレイスの空間利用としては本来の機能である多様な利用用途を限定的にしていると言える。書店においては夜が68.3%と最も混雑しており、次いで昼の23.2%、朝の8.5%となっている。書店では夜が特に高く、最も混雑していると言え、朝の通勤・通学時間に比べ夜の帰宅時間に向けて増加傾向にある。これらの結果は単純集計の結果と整合性がとれ、店舗種別に利用状況が異なることが分かる。

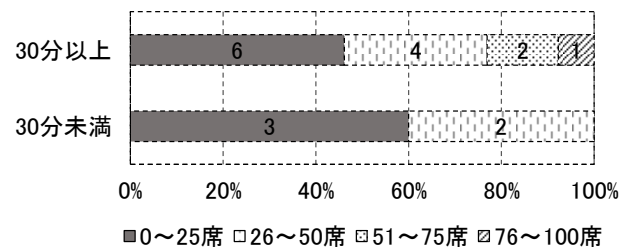


図-6 カフェの滞在時間と店舗席数の関係.

Ⅲ) 滞在時間と店舗の席数の関係 アンケート調査の結果から、特に関連性があると思われる項目間の関係性を把握することを目的にクロス集計を行った。カフェにおける滞在時間と店舗の席数の関係を図-6に示す。席数が少ない店舗では席数が多い店舗に比べて、来客者の平均滞在時間が短いという結果が得られた。これは席が少ないことによる窮屈感や圧迫感といったような精神的な尺度が影響しているのではないかと考えられる。なお、書店については、一般に書店内には席数が少なく、最近こそ座って読むスペースが出来てきているが、傾向に偏りが生じる可能性があることから、集計の対象外とした。

Ⅳ) 混雑度の評価 朝・昼・夜のどちらがどの程度混雑しているかということを一対比較評価の結果からAHP<sup>(注5)</sup>により朝昼夜の混雑度のウェイトを把握する。分析の結果を表-3に示す。全体として朝昼夜の重要度(混雑度)を見ると、昼が43.7%と最も高く、次点で夜の35.4%、最も低かったのは朝の20.9%であった。この結果からサードプレイス全体では昼に最も混雑していて、次に夜、朝は最も混雑していない時間帯と言える。カフェにおいては昼が52.5%と最も混雑しており、次いで朝の26.2%、夜の21.3%となっている。このことからカフェのみに焦点を絞った場合、全平均に比べ、夜の重要度が減り、昼が増加していると読み取れる。カフェにおいては朝夜に比べて昼が最も混雑していると

表-3 AHPによる分析結果(混雑度).

	朝	昼	夜	合計
全体	0.209	0.437	0.354	1.00
カフェ	0.262	0.525	0.213	1.00
書店	0.085	0.232	0.683	1.00

### 6. サードプレイス店舗数の関係性

サードプレイス店舗数の多少がどのような要因に影響されているのかを把握するために、下記の2つの仮説を立て、統計的有意性の有無を検証した。

(仮説1) サードプレイスの店舗数と鉄道駅乗降客数との間には相関関係がある

(仮説2) サードプレイスの店舗数と昼夜間人口比率との間には相関関係がある

まず(仮説1)について、各調査対象駅のサードプレイス店舗数と日平均乗降客数の2データ間の関係を図-7に示す。両者には一般的な相関関係があり( $r=0.656$ )、有意水準10%で統計的有意性を確認した。次に、(仮説2)について、サードプレイス店舗数と昼夜間人口比率の関係を図-8に示す。両者は弱い相関( $r=0.323$ )であり、t検定の結果、統計的有意性を確認できなかった。図-8 図中の右上の神戸駅のデータは他のものに比べて値が大きく外れており、この要因が傾きを少し大きくしていると考えられるが、特殊解と見なして除外した

場合、相関関係はほとんど見られなくなる可能性がある。この点については、サンプル数を増やし確認する必要性や、分析に用いた昼夜間人口比率が都市規模での値を用いていることなど、指標の採り方が要因となっている可能性があるなど、今後の課題としたい。

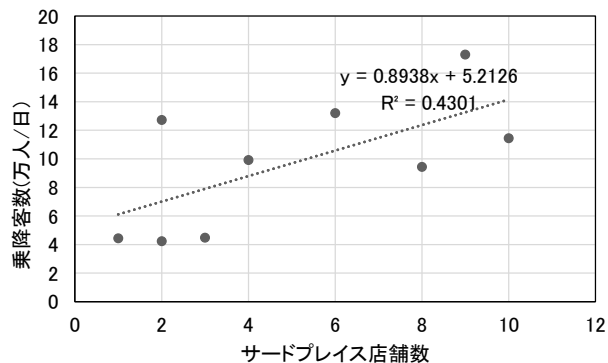


図-7 サードプレイス店舗数と乗降客数の関係。

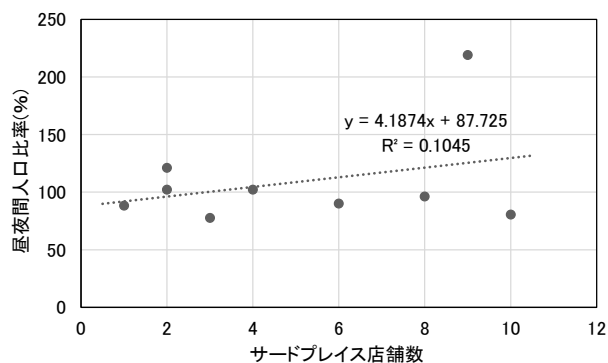


図-8 サードプレイス店舗数と昼夜間人口比の関係。

## 7. 結論

本論は、交通結節機能を有する鉄道駅構内におけるサードプレイスの現状について、現地調査及びアンケート調査に基づき明らかにした。以下にその成果をまとめる。

- ・現地調査からサードプレイス店舗数と駅周辺状況の把握を行った。乗降客数が比較的少ない駅はサードプレイス店舗数も少ない傾向があること推察される。
- ・アンケート調査から、サードプレイスという言葉の認知度や席数、利用状況の把握を行った。サードプレイスという言葉の認知度は高くなく、利用用途や混雑時間帯などは店舗種別に大きな違いが見られた。
- ・サードプレイス店舗数と関連のある要因の把握を行った。サードプレイスの店舗数と乗降客数との間に統計的に有意な相関関係があることを確認できた。

本研究では、駅ナカを対象にサードプレイスを考えてきた。これは多くの人が集まる鉄道駅にはサードプレイスという空間が必要であると考えたためである。しかし、サードプレイスという空間は駅周辺だけではなく、他にも必要とされている場所があるのではない

かと考える。サードプレイスの必要性の把握は今後の研究課題としたい。

## 補注

- (注1) 交通結節機能を有する鉄道駅の定義は乗り換え可能な駅、乗り換えが誘導される駅である。
- (注2) アメリカの社会学者であるレイ・オルデンバーグ(Ray Oldenburg)は自身が書いた「The Great Good Place」<sup>3)</sup>で、都市居住者にとって生活上欠かせない二つの居場所として家をファースト・プレイス、学校や職場をセカンドプレイスと位置づけ、二つの居場所に加え、カフェや書店などを居心地の良い第三の場所とし、サードプレイスを提唱した。
- (注3) 「駅乗降者数総覧'15」<sup>5)</sup>にデータ無記載の佐用・上郡・和田山・豊岡・谷川駅の5駅を乗降客数規模の極めて少ない駅とする。
- (注4) 人が快適に歩行する限度の時間として、満足している割合が最も高いとされる時間である。
- (注5) AHP(analytic Hierarchy Process)は、多様な価値観がある多基準社会における価値観の優先度を評価するための手法。評価結果の整合性を確認するためにコンシステンシー指数を求め、コンシステンシー指数が0.15以上の場合には不整合性が高いと見なし、考察対象から除外する。

## 謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケート調査にご協力いただいた店舗関係者様に感謝を申し上げます。

## 参考文献

- (1) 虫賀久晃, 宇崎勝也: 駅ナカにおける店舗の立地実態に関する研究 - 東京近郊3路線の駅を対象に -, 日本建築学会, 学術講演梗概集 2014, pp.521-522, 2014.
- (2) 土屋淳, 白石光昭: 駅中カフェにおける使われ方の実態調査 - 駅周辺, 街中のカフェと比較して -, 日本建築学会, 学術講演梗概集 2008, pp.877-878, 2008.
- (3) 畠山ら: 立地環境および利用者傾向が行動分布に与える影響, 日本建築学会計画系論文集第80巻第711号, pp.1067-1073, 2015年5月.
- (4) Ray Oldenburg: The Great Good Place, New York: Marlowe & Company, 1989.
- (5) エンタテインメントビジネス総合研究所: 駅別乗降者数総覧'15, エンタテインメントビジネス研究所, 2015.
- (6) 竹内伝史ら: 地域交通の計画 政策と工学, 鹿島出版会, p146, 2011.
- (7) 刀根薫: ゲーム感覚意思決定法—AHP入門—, 日科技連出版社, 1990.



# 河川防災タイムラインの策定・運用の現状と課題

宇野宏司\*

## Current Status and Issues on Formulation and Operation of Time Line for River Disaster Prevention

Kohji UNO\*

### ABSTRACT

2014年以降、1級河川を対象に、①市区町村における避難勧告等の発令に着目したタイムラインを策定すること、さらに、②多数の機関が連携した本格的なタイムラインが試行的に策定されることとなった。これら河川防災タイムライン策定以降も各地で水害が多発しているが、その際のタイムラインの運用状況や課題については検証が不十分な状況である。本研究では関係機関へのアンケート調査を実施し、策定・運用の現状と課題を明らかにした。タイムライン策定の場合は、想定内の洪水に対して、役割分担の明確化、余裕をもった対応・迅速な対応ができる等のメリットを感じているところが多く、河川防災タイムラインは有効なソフト防災対策の一つであることがわかった。一方、大規模出水や複合災害等の想定外の災害時に活用できるかどうか不安視する声も上がっており、策定後の平時のタイムラインに対する取り組み（見直し、訓練・研修の実施）が重要である。

Keywords : time line plan, pre-mitigation for flood damages, questionnaire survey

### 1. はじめに

タイムラインとは新しい河川防災のひとつの概念であり、災害が始まることを前提として、「いつ」「誰が」「何をするのか」を、時間軸に沿って整理し、関係者の間であらかじめ合意形成して明文化したもので、図1に示すような手順<sup>(1)</sup>で策定・改善されるものである。

この概念の発祥は、2005年米国でのハリケーン・カトリーナでの高潮災害により、1,800人以上の犠牲者を出した経験にさかのぼることができる。当時、多くの防災関係者が「想定外の災害であった」と述べたが、米国連邦緊急事態管理庁（FEMA）がそれ以前に実施した図上演習では超過外力によるニューオリンズ一帯の浸水危険性が指摘されていた。この経験で、災害リスクの評価を最悪な状況を含めて行うことが重要であり、さらにそのリスクを市町村や防災関係機関、地域、企業、住民等の様々な主体が理解し、情報を共有しておくことが重要であるという認識がなされるようになった。これを踏まえ、2012年のハリケーン・カトリー

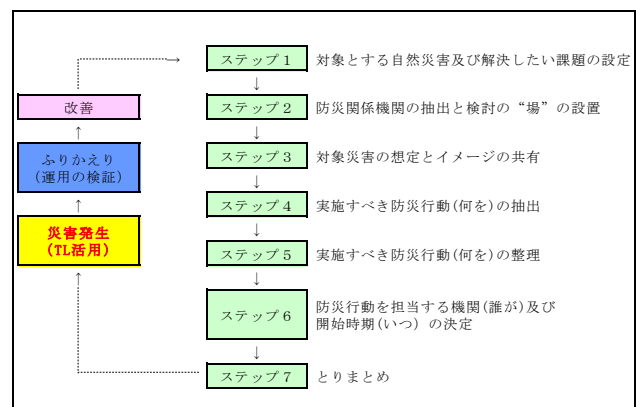


図1 タイムラインの策定・改善の流れ

ナ来襲時にニュージャージー州のバリアアイランドで試行されたタイムラインでは、早めの対応が功を奏し、死者が発生しないという結果を残した<sup>(2)</sup>。以来、米国では事前に災害時に何が起こるのかというリスクを評価し共有した上で、そのリスクに対して必要となる行動をタイムラインを用いて実行する防災対策が社会に受け入れられつつある。

わが国においても台風等に伴う大規模な洪水や高潮

\* 都市工学科 准教授



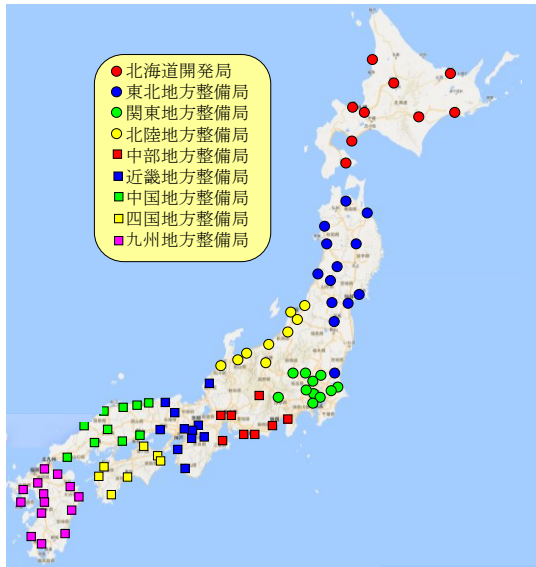


図2 河川管理事務所の分布

表1 河川管理事務所の一覧

地整名	河川(国道)事務所	河川名	対象市町村
北海道	札幌	石狩川	滝川市
東北	秋田	子吉川	由利本荘市
関東	荒川下流	荒川	北区、足立区、板橋区
北陸	信濃川下流	信濃川	三条市
	千曲川	千曲川	長野市
中部	庄内川	庄内川	名古屋市
		土岐川	多治見市
近畿	紀南	相野谷川	紀宝町
	福知山	由良川	福知山市
四国	中村	四万十川	四万十市
	那賀川	那賀川	阿南市
九州	武雄	六角川	小城市
	八代	球磨川	人吉市、球磨村

※北海道は開発局，対象事務所は開発建設部



図3 課題解決型タイムラインの実施対象自治体の分布

表2 課題解決型タイムラインの実施対象自治体の一覧

地整名	事務所名	河川名	対象市町村
北海道	札幌	石狩川	滝川市
東北	秋田	子吉川	由利本荘市
関東	荒川下流	荒川	北区、足立区、板橋区
北陸	信濃川下流	信濃川	三条市
	千曲川	千曲川	長野市
中部	庄内川	庄内川	名古屋市
		土岐川	多治見市
近畿	紀南	相野谷川	紀宝町
	福知山	由良川	福知山市
四国	中村	四万十川	四万十市
	那賀川	那賀川	阿南市
九州	武雄	六角川	小城市
	八代	球磨川	人吉市、球磨村

※北海道は開発局，対象事務所は開発建設部

による被害を最小化するための、総合的、緊急的に取り組む対策の一つとしてタイムライン導入の必要性が議論されてきた。そうした中で、2014年4月に開催された国土交通省の「水災害に関する防災・減災対策本部」による第2回対策本部会議において、国直轄河川を中心に、市区町村における避難勧告等の発令に着目したタイムライン（以下、本論文中では「避難勧告型タイムライン」と表記する）を策定すること、さらに、多数の機関が連携して当該地域固有の課題の解決に向けた本格的なタイムライン（以下、本論文中では「課題解決型タイムライン」と表記する）を試行的に策定

すること等の決定がなされた。前者は、図2、表1に示す国土交通省の河川(国道)事務所(ただし、北海道開発局は開発建設部)が管理する河川を対象に、2016年7月時点570市町村で策定されている。一方、後者は、荒川<sup>③</sup>や熊野川<sup>④</sup>など、図3、表2に示す13河川で策定され、いずれも試行版が運用されている(2017年1月現在)。

これらのタイムラインの策定は2014年度以降、全国的に急ピッチで展開されたものの、運用の現状や課題、改善点については十分に議論されていない。また、タイムラインに関する先行研究もまだ十分ではなく、モ

表3 アンケート調査の質問項目

分類	質問項目
0. 属性	地整名・事務所名・管轄河川名
1. タイムライン策定概要	制定年・対象市町村地区数・ 河川流域特性（河川長・流域面積）
	既往最大の災害イベント
2. タイムライン運用状況	運用実績（回数・時期）
	運用時の内容【自由記述】 （できたこと・出来なかったこと）
	課題とその改善状況
3. 平時の水害タイムライン策定に対する取り組み	策定時に参考にしたもの
	策定内容の独創性や特徴【自由記述】
	避難行動要支援者への配慮事項【自由記述】
	タイムラインを用いた訓練研修状況（頻度）
	他機関からの支援
	他機関との連携
課題や不安・困っている点【自由記述】	

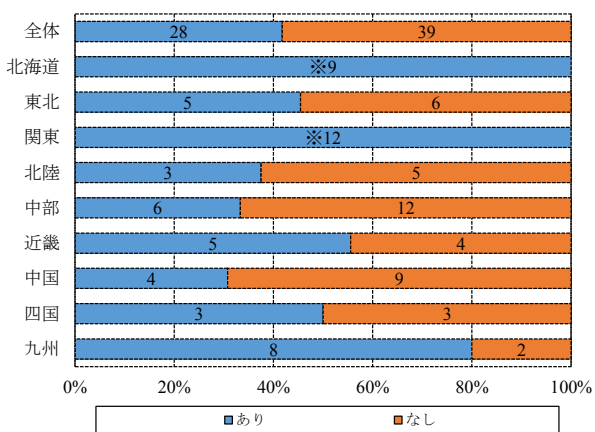


図4 避難勧告型タイムラインの運用実績

デル地域を対象に経験を活用したタイムライン策定手法の提案<sup>6)</sup>や、要配慮者利用施設での活用の有効性について論じられたもの<sup>6)</sup>が散見される程度で、全国レベルでの状況を調べた例は少ない。より実効性のあるタイムラインを策定していくためには、運用上の改善点や課題を整理し情報を共有しておくことが重要である。そこで、本研究では、河川防災情報を提供する立場にある国土交通省の事務所を対象に、管理河川の防災タイムラインの策定・運用状況についてのアンケート調査を実施した。

## 2. 調査方法

2017年1月中旬に表1に示す各河川管理事務所（全93事務所）宛に、表3に示す避難勧告型タイムラインの策定・運用に関するアンケートを送付した。送付方法は、電子メールまたは各河川事務所のホームページ

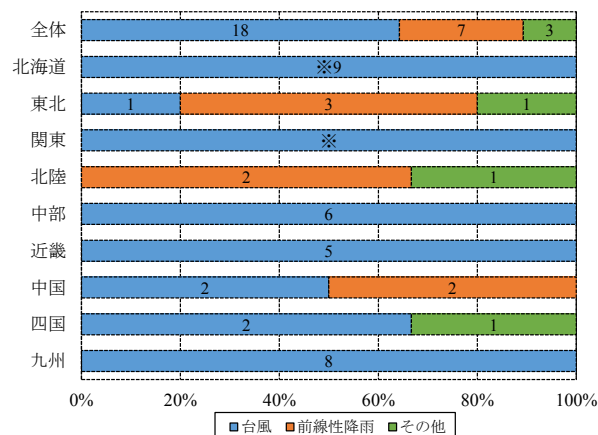


図5 運用時のイベントの種類

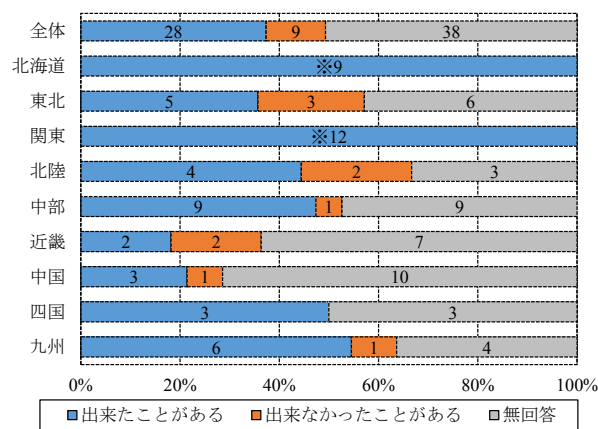


図6 タイムラインの実効性(複数回答可)

上にある「お問い合わせフォーム」からとし、同月末まで回収した（回答数69、回答率約70%）。回答は原則、各事務所の管理河川ごとと依頼したが、北海道開発局と関東地方整備局からの回答は、局でまとめた一括回答となっている。

また、比較・参考のため、表2に示す課題解決型タイムラインを策定しその試行版を運用している自治体にも同様のアンケートを送付したが、検体数が少ないため、本稿では自由記述で得られた事項の一部のみを紹介する。

## 3. 調査結果

3.1 避難勧告型タイムラインの運用状況 図4に避難勧告型タイムラインの運用実績についての回答結果を示す。運用実績があるのは全体の4割だが、少なくとも全ての地域で既に運用されていることがわかる。実績率が低いのは、タイムライン策定開始が2014年であり、運用開始以来、時間がまだ浅いことによるものと考えられる。

図5に避難勧告型タイムラインが運用状況された時のイベントの種類についての内訳を示す。「台風」起因

表 4 避難勧告型タイムラインの内容

地整	タイムラインで出来たこと	タイムラインで出来なかったこと
北海道	・洪水予報や水防警報等の情報提供	(回答なし)
東北	・実出水における関係機関との連携・実出水における適切なタイミングでのホットラインの実施 ・事前準備からの一連の行動について確認 ・危険が迫っている関係自治体への避難行動の助言 ・関係機関相互での防災計画の共有 ・自治体担当者の水防災に対する意識向上 ・関係住民、水防団等に対する水防災の意識向上	・タイムラインのシナリオから外れた事象に対する対応 ・タイムラインに記載されていない機関からの情報収集 ・隣接する自治体との情報共有
関東	・タイムラインに即した適切なタイミングでの河川防災情報提供(河川管理者→自治体) ・適切なタイミングでの避難勧告あるいは避難勧告の見送り(市)	(回答なし)
北陸	・水防警報、水位予測などの河川防災情報の発信 ・出水時の対応職員の流れの確認 ・イベントに対する関係機関の行動状況の把握 ・実施すべき事項への早い目の対応	・住民避難に関する情報発信の確認(出水が氾濫注意水位を超える規模の出水に留まったため)
中部	・台風接近前に関係機関間でタイムラインを参考に災害対応に当ることを確認 ・情報連絡員(リエゾン)の円滑な派遣 ・関係市への状況に応じた河川防災情報の提供 ・ホットラインの電話を活用した情報提供で、市の避難勧告の発令判断を支援 ・早い目の準備と確認(対応人員の確認・工事現場の安全確認など)	(回答なし)または「特になし」
近畿	・職員の役割分担の明確化 ・事前確認、点検項目等行動内容の明文化 ・町、气象台との情報共有 ・各市による避難対応の迅速化	(回答なし)または「特になし」
中国	・沿川自治体へ台風接近の数日前からの気象情報提供 ・災害対応人員の確実な確保、連絡体制、排水機場等の燃料確保等の再確認の徹底と注意喚起 ・河川占用者や種門操作員への注意喚起 ・河川敷の利用規制(坂路や陸門の事前閉鎖) ・水防資機材や災害対策車両の事前点検	・実際の災害支援要請時の手続きにおいて、被災現場の情報把握が不十分であった事などから、時間を要した
四国	・当該河川で自治体の避難勧告等に参考となる河川防災情報を、タイムラインに則した適切なタイミングで確実に提供できた	(回答なし)または「特になし」
九州	・TV会議等の通信手段を活用し、避難所開設等の市村の速やかな意思決定の支援 ・段階的に防災対応を実施することで、早め早めの避難のための準備と周知を実施	・河川水位がタイムラインで扱う上位のレベル相当には至らなかったため、運用の検証は出ていない

によるものが全体の6割、次いで、「前線性の降雨」が2割程度であった。「その他」には、「洪水」(台風起因か前線性降雨によるものなのか判断できない)のほか、「融雪期出水」が含まれている。

**3.2 避難勧告型タイムラインの実行性** 図6に避難勧告型タイムラインの実行性についての回答結果を示す。また、表4に具体的な記述内容を示す。本項目についても地域差はあるが、全体的には「出来たことがある」の方が「出来なかったことがある」よりもはるかに多い傾向にあることがうかがえる。また、表4の具体的な内容をみても、「出来たことがある」の方が記述量が多く、「役割分担の明確化」「早い目の対応」「適切なタイミングでの確実な(情報)提供」といった河川防災タイムラインの特徴が共通して見られる。しかしながら、本表が示すより大切な情報は、運用中のタイムラインにおいて出来なかったこと(課題)についてであり、これを改善につなげるPDCAサイクルの確立が重要である。

表5に、現行タイムラインの課題について示す。タイムラ

表 5 避難勧告型タイムラインの課題

地整	見つかった課題
北海道	(回答なし)
東北	・複数河川、複数自治体で同時に出水となった場合の体制の構築 ・タイムラインのシナリオから外れた事象に対する対応 ・タイムラインに記載されていることだけを追いついでいる(タイムラインに記載されていない機関からの情報収集が出来ていなかった) ・隣接する自治体との情報共有 ・一般住民に向けたわかりやすいタイムラインが必要
関東	(回答なし)
北陸	(回答なし)
中部	・市町による「避難準備・高齢者等避難開始」の発表は、時刻や災害の状況によるため、氾濫警戒情報発表よりも前になる場合もある(※タイムライン上では、「避難準備・高齢者等避難開始」発表のリミットとして、氾濫警戒情報発表のタイミングに記載している)
近畿	・複数河川を抱えており、ホットラインの連絡先が多い ・河川管理施設(水門、排水ポンプ等)の点検のタイミング
中国	・現在のタイムラインは基本的には台風が対象になっている。ゲリラ豪雨などの突発的な災害においては、早期の被害状況の把握、避難に関する判断など、各期間による迅速な対応が必要
四国	・現行タイムラインより早い水位上昇界の出水が発生(※氾濫危険水位を見直し中)
九州	・タイムラインに記載項目の運用の見やすさ、使いやすさの精査が必要

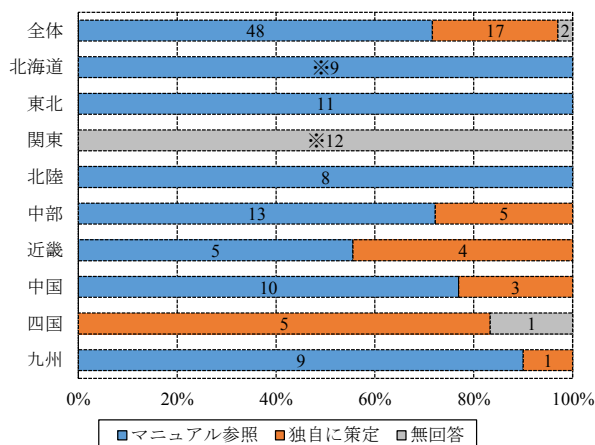


図7 避難勧告型タイムラインの策定方法

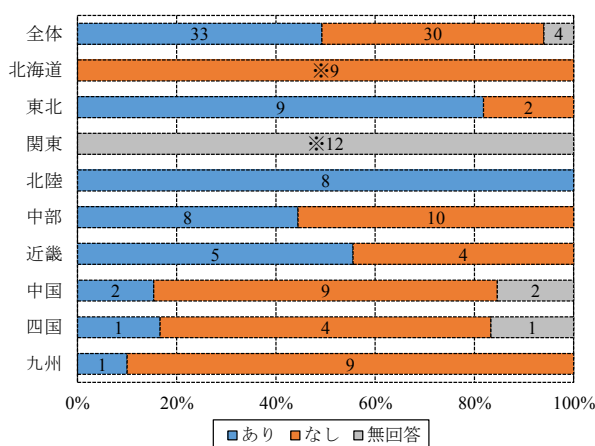


図8 避難勧告型タイムラインの独自性

インの性格上、あらかじめ想定している事項に対する対応は得意とする反面、不測の事態に対しては、対応がままならないことを懸念する声が見受けられる。自然災害は必ずしも想定内で起こるとは限らないため、想定外の対応についてはタイムラインによらない方法でも最善を尽せる体制づくりが不可欠である。ここに挙げられた課題については一部にその改善が見られるものの、多くは「検討中」という回答であった。なお、課題解決型タイムラインにおいても、「タイムラインのシナリオに基づかない災害(集中豪雨、内水氾濫、土砂災害等)の対応」「タイムライン上での0時間の設定(災害の種別に応じて事態進行が異なるため、一元化は難しい)」「住民への周知(事前準備から避難行動まで)」「タイムライン運用時における関係機関内で共有すべき情報の整理(必要最低限の情報に限定)」「台風予想進路に入るか否か微妙な場合、タイムライン立上げ時では、実施しない、または躊躇した行動項目があった」「民生委員との連絡体制」「作業手順が異なる行動があった」「行動項目の詳細が不足し、行動に時間を要することがあった」「タイムラインを解除するタイミングが不明確」「担当者が配備していない時の対応」「地下街の滞留者に対する情報収集や提供のあり方」「自治体などの行政機関だけでな

表6 策定にあたっての獨創性

地整	策定にあたっての獨創性
北海道	(回答なし)
東北	<ul style="list-style-type: none"> <li>避難情報発令の助言に関する情報は一段階早くホットラインで発信</li> <li>避難所開設までの時間を配慮した</li> <li>関係市町村毎に作成し、見やすく、わかりやすくした</li> <li>災害対応の行動漏れの防止と担当者の異動があった場合でも行動可能な「行動チェックリスト」を別途作成し、「タイムライン+ 行動チェックリスト」の合体版を作成した</li> <li>H27.9.11の反省点を踏まえ、リードタイムを早めに取り、避難所開設を早めに行う</li> <li>確実な避難行動が取れるように簡潔に見やすく、分かりやすくした</li> </ul>
関東	(回答なし)
北陸	<ul style="list-style-type: none"> <li>出水時に国土交通省からの防災情報と市町村の避難勧告等の発表・住民避難開始のタイミングを明記</li> <li>他地区より先に避難する地区は「〇〇地区避難」と明記</li> <li>国交省が対応する事項については、担当する(災害対応)班名を記載し、責任の所在を明確化</li> </ul>
中部	<ul style="list-style-type: none"> <li>管轄する河川の「放水路の操作」や、内水対策のための「災害対策機械の派遣」をタイムラインに入れている</li> <li>国土交通省の発表する「水位情報や洪水予警報に対応した、避難勧告の発令にかかる行動計画となっている</li> </ul>
近畿	<ul style="list-style-type: none"> <li>基準観測所の氾濫危険水位等を使用するのではなく、市町ごとに氾濫危険水位等を設定し、避難準備・高齢者避難開始や避難勧告等を発令することになっている</li> <li>町、気象台、道路管理者、河川管理者が連携してタイムラインが運用できるよう、全国で初めて協定を締結</li> <li>町では地区ごとに「地区版タイムライン」を作成し、より住民の方が行動を起こしやすいよう配慮</li> <li>実際に被災した平成25年台風18号洪水を想定シナリオに設定</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>斐伊川下流の宍道湖、中海については台風の通過に伴う降雨よりは高潮による浸水被害が主であり一般的な河川とは多少異なる</li> <li>最大の支川が下流域で合流し、急激な水位上昇が発生するという河川特性があるので、次の行動までの時間を短く設定している</li> </ul>
四国	<ul style="list-style-type: none"> <li>那賀川(上流)については基準観測所(古庄)と無堤部水位(加茂谷)の2ケースで避難行動水位を設定し早く到達した方で避難勧告等を発令している</li> </ul>
九州	<ul style="list-style-type: none"> <li>球磨川における戦後最大の水害は「昭和40年7月」洪水で、その他の主要洪水も梅雨前線性の降雨によってもたらされたものが主であるそのため、タイムラインのシナリオは全国先駆けで策定された紀宝町の「台風性」ではなく、日本で初めて「梅雨前線性」を想定したものとなっている</li> </ul>

く、民間企業との連携が必要」「市区町村レベルでは、中小河川や土砂災害の警戒についても対応を求められる。大河川の対応のみに専念できない」といった課題が挙げられた。

### 3.3 避難勧告型タイムラインの策定方法と独自性

図7に避難勧告型タイムラインの策定方法についての回答結果を示す。避難勧告型タイムラインの策定にあたっては、多くの事務所で、『「避難を促す緊急行動」の概要』<sup>(7)</sup>、2014年「水災害に関する防災・減災対策本部会議」で提示された簡易版の作成事例といったマニュアルのほか、他河川での先行事例を参考にしているところが多かった。ただし、そうしたところであっても、図8に示すように、全体の約半数の河川で、地域の実情に見合った内容を盛り込むなどの工夫をしている。具体的な独自性については、表6に示すとおりである。

### 3.4 避難勧告型タイムライン運用に際しての不安な点

表7に、避難勧告型タイムラインの運用に際して、担当者が不安に感じていること、困っていることを整理した。これによると、大きく分けて以下の3つに分類される。一つ目は、想定ハザードが策定後に発生していないため、実効性を検証できていないことから

表7 困っている点・不安な点

地整	困っている点・不安な点
北海道	(回答なし)
東北	<ul style="list-style-type: none"> <li>自治体内で防災担当部局以外への情報共有とさらなる意識改革が必要</li> <li>近年大きな水害もないため、住民にも、水害リスクを適切に理解してもらう必要がある</li> <li>小川原湖という大きな湖の水位上昇(緩やかな上昇、高水位の長期化)が影響するため、降雨パターンにより時間軸が異なるため、タイムラインは行動の目安として使用する必要がある</li> <li>自治体の首長等に対するその地域の水害リスクを説明し、災害の「勘どころ」を共有する必要</li> <li>実際に避難情報を出す地域の決定に悩んでいる</li> <li>空振りを恐れず避難情報を出しているが、そうは言っても、予測どおりにいかない</li> </ul>
関東	(回答なし)
北陸	<ul style="list-style-type: none"> <li>制定後の運用実績がなく、課題抽出や市の情報発信等の確認ができていない</li> </ul>
中部	(回答なし)
近畿	<ul style="list-style-type: none"> <li>出水時のホットラインの連絡先が19と多く、タイミングが同時期になるため、連絡のたまえの人員確保が課題である</li> <li>各自治体においてタイムラインの位置づけを組織全体としてオーソライズし、地域防災計画との関係性を明確にしていくことが望まれる</li> <li>滋賀県の河川は琵琶湖へ流入しており、野洲川の浸水範囲は隣接する日野川の浸水範囲と重なる特徴を有している。現在は、野洲川のみを対象にしたタイムラインを作成しているが、実際の防災行動を考えた場合、日野川を考慮する必要があると考えている</li> <li>河川管理者の水位予測の精度向上。台風の進路、規模、流域の状況からより正確な予測を行い、各機関が精度の高い防災行動がとれるように継続的な検討が必要</li> <li>机上訓練等ではしか使用していないため、災害発生時の使用回数を増やし経験を蓄積することが必要</li> <li>洪水対応時には情報が多く錯綜する中で、関係機関が入手した情報等、どこまで情報共有すべきか検討の必要がある</li> <li>由良川増水による想定シナリオであるため、内水氾濫や土砂災害等の他災害想定が含まれていない</li> <li>実洪水対応時における0時設定の判断</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>タイムラインに基づけば、防災行動が誰でも実施出来るのはよい事だと思うが、本当の災害時(いろいろな情報が入ってくる中)に漏れなく対応できるかどうかの不安がある</li> </ul>
四国	(回答なし)
九州	<ul style="list-style-type: none"> <li>球磨川では今年度が策定後はじめての試行運用であったため、来年度以降も引き続き運用と検証、改善に取り組んでいく予定</li> <li>タイムラインの項目は、市村の防災対応を主眼に構成しており、使用者は市村となる。現在は河川管理者等が参画する検討会の枠組みにおいて主に検討を行っているが、上記PDCAサイクルの継続の中で、市村の防災対応における習慣として身につけて行くことが必要</li> </ul>

る不安である。これについてはタイムラインが策定されてからの日も浅いためしばらくは時間を要するものと思われる。二つ目は、タイムライン上に明文化されていない想定外の事態への対応への不安である。タイムラインの策定は、想定内のことに対しては確実に対応できる一方で、その枠組みから外れた事象に対しては、担当者の判断に委ねるよりほかに、そのための職員一人ひとりのスキルアップが不可欠である。三つ目は、タイムラインという概念の市民への浸透である。現行のタイムラインは、自助・公助・共助のうち、公助に資する情報が明文化されていると考えられるが、市民に馴染みのあるものにしていく必要がある。そのためにはこれの策定段階から参画し、合意を形成させながら地域の実情に見合ったものをつくる必要があり、管理者と関係自治体の連携に、地域住民の声を反映させていくことが重要である。

#### 4. まとめ

本研究では関係機関へのアンケート調査を実施し、策定・運用の現状と課題を明らかにした。タイムライン策定の場合は、想定内の洪水に対して、役割分担の明確化、余裕をもった対応・迅速な対応ができる等のメリットを感じているところが多く、河川防災タイムラインは有効なソフト防災対策の一つであることがわかった。一方、大規模出水や複合災害等の想定外の災害時に活用できるかどうか不安視する声も上がっており、策定後の平時のタイムラインに対する取り組み(見直し、訓練・研修の実施)が重要である。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたり、アンケート調査にご協力頂きました関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- (1) 国土交通省水災害に関する防災・減災対策本部防災行動計画ワーキング・グループ:タイムライン(防災行動計画)策定・活用指針(初版), pp.430-463, 岩波書店, 1962.
- (2) 国土交通省・防災関連学会団合同調査団:米国ハリケーン・サンディに関する現地調査報告書(第二版), 107p., 2013.
- (3) 里村真吾, 狩野豊, 香取孝史, 佐藤希世, 代島昌泰, 中村良二, 宮崎達也, 幸弘美, 町田岳, 竹下幸美:関係機関と一体で取り組む荒川下流域におけるタイムラインの策定手法について, 河川技術論文集, 第22巻, pp.367-372, 2016.
- (4) 加藤翔:熊野川タイムラインの取り組みについて, 平成27年度近畿地方整備局研究発表会 論文集, 防災・保全部門, No.09, 6p., 2015.
- (5) 三宅英知, 林春男, 鈴木進吾, 古橋勝也:災害対応経験を活用したタイムライン策定手法の提案-平成25年台風第18号の際の地域における対応を事例として-, 地域安全学会論文集, No.28, 11p., 2016.
- (6) 金井純子, 湯浅恭史, 中野晋, 渡辺一也:要配慮者利用施設の初動対応・事業継続におけるタイムラインの必要性, 土木学会論文集 F6(安全問題), Vol.71, No.2, I\_47-I\_54, 2015.
- (7) 国土交通省水管理・国土保全局:「避難を促す緊急行動」の概要, 2015.

# 学生の英文法力についての調査

上垣宗明\*

## A Research on Students' Abilities in English Grammar

Muneaki UEGAKI\*

### ABSTRACT

This study aims at evaluating the students' English grammatical abilities and their knowledge of English grammatical terms. To evaluate their grammatical abilities, I made an original test consisting of 25 questions ( Test I ) for first grade students, and they had Test I in July 2015. Adding new 25 questions ( Test II ) to Test I, second grade students had Test II in April 2016. In July 2017, third grade students had Test III, consisting of Test I, Test II and Test III which was added new 25 questions. Concerning the knowledge of grammatical terms, third grade students had an original questionnaire in July 2017. According to the result of grammatical term questionnaire, I divided them into two groups. With the statistic analysis, I analyzed their results. I found out the correlation of their English grammatical ability with their knowledge of grammatical terms. So I could say that to arouse their English ability is necessary to increase not only their English grammatical ability but also their knowledge of English grammatical terms.

*Keywords* : English Grammatical Ability, English Ability, Knowledge of Grammatical Terms

### 1. はじめに

平成 27 年 4 月に神戸市立工業高等専門学校(以下、神戸高専)に入学した 1 年生 3 クラスを対象に、過去 2 年にわたり、英語力や英語学習に対する意識や動機づけなどに関する調査を行ってきた。平成 27 年度の調査では、英文法テストと中間・定期試験の相関が高いことがわかった<sup>(1)</sup>。平成 28 年度の調査では、平成 27 年度の調査内容に加え、ディクテーション能力についても調査を行った。その結果、平成 27 年度の調査と同様に、ディクテーション能力も、試験との相関が高いことが明確になった。平成 28 年度の調査の過程で、中学で学習した文法項目と神戸高専 1 年で学習した文法項目の理解度を比較すると、中学で学習した文法項目の理解度の方がかなり高いことがわかった<sup>(2)</sup>。

文法の指導について、文部科学省の現行の高等学校学習指導要領では、コミュニケーションを支えるものであることを踏まえ、言語活動と効果的に関連付けて指導すること<sup>(3)</sup>や文の仕組みや組み立てに関する文法を組織的に教授することは、聞く・話す・読む・書く活動を有機的に積み上げていくために不可欠である<sup>(4)</sup>との記述があり、授業中での効果的な指導が重要である。本年度は、平成 27、

28 年度で調査した文法に関する資料も分析対象に加え、さらに詳しく調査する。

### 2. 調査項目について

今回の調査は、平成 28 年度の調査で分析した中学、神戸高専 1 年、それぞれで学習した文法項目についてのテスト結果を再度さらに詳しく分析する。また、新たに神戸高専 2 年で学習した文法項目のテストを実施した。以下のテストを分析対象とする。

1 年実施:平成 27 年 7 月中旬に神戸高専 1 年生 3 クラスを対象に実施。中学校で学習した文法項目 25 問(以降、テスト I)。2 年、3 年でも出題。

2 年実施:平成 28 年 4 月中旬に神戸高専 2 年生を対象に実施。テスト I (25 問)に加え、神戸高専 1 年で学習した文法項目の 50 問の中の 3 年で受験した共通の 25 問(以降、テスト II)。3 年でも出題。

3 年実施:平成 29 年 7 月中旬に神戸高専 3 年生を対象に実施。テスト I、テスト II の合計 50 問に加え 2 年で学習した文法項目 25 問(以降、テスト III)。

テスト I は、1 年、2 年、3 年の 3 回とも同じ問題を出題し、テスト II は 2 年、3 年と 2 回同じ問題を出題した。テスト I、II、III を受験したクラスは 3 年とも

\* 一般科 教授

同じクラスである。

これらのテスト以外に、文法用語をどの程度知っているかを平成29年7月上旬に神戸高専3年生3クラスを対象に質問紙を利用し調査した。文法テストの結果とともに文法用語の周知度についても分析する。

学生の英文法力や文法用語の周知度をより正確に把握するために、全ての試験や質問紙に回答した105名を分析対象とした。

## 2.1 文法テストについて

テスト I, II, III の出題形式は全て同じで、以下の通りである。

例 1) Who was late for school ?

解答) o \_\_\_\_\_ → \_\_\_\_\_

例 2) Which do you like good, tea or coffee ?

解答) x good → better

英文が記述してあり、それが文法的に正しいか、間違っているかを判断する問題である。問題作成については、日本人英語学習者は、文法的文は適格であると判断することができるのに、非文法的文をも容認してしまう傾向がある<sup>(5)</sup>との指摘を意識し、著者が独自に作成し、非文法英文を訂正させる問題を多く出題した。テスト I では 25 問中 2 問、テスト II では 25 問中 5 問、テスト III では 25 問中 5 問、文法的に正しく訂正する必要がない英文を含んでいる。例 1) の出題形式である。それ以外の英文は、例 2) のように、文法的に正しくない英文で、間違っている箇所を指摘し、訂正する問題である。

テスト I は、中学で学習した文法項目の理解度を調査する目的で作成した。文法項目として、名詞の複数形・単数形に関するもの 10 問、進行形や受動態に関するもの 7 問、(代)名詞の格に関するもの 4 問、その他の項目は、進行形にならない動詞“know”、不定冠詞“a”と“an”の違い、be 動詞の時制、品詞について、それぞれを 1 問ずつ出題した。全て、基礎的な問題である。

テスト II は、神戸高専 1 年で習った文法項目から抽出して出題した。テスト I に比べ、応用問題を多く含んでおり、問題のレベルはテスト I と比べるとかなり高い。出題した問題は、分詞(現在・過去)に関するもの 2 問、過去完了に関するもの 2 問、分詞構文に関するもの 4 問、仮定法過去に関するもの 3 問、形容詞の級に関するもの 2 問、to 不定詞に関するもの 4 問、関係詞に関するもの 5 問、その他は、名詞節で使われる“will”、仮主語、関係詞節を間に挟んだ主語と動詞、それぞれ 1 問ずつ出題した。

テスト III は、神戸高専 2 年で習った文法項目から抽出して出題した。テスト II に比べて応用問題や複雑な文法項目を出題している。出題した問題は、複合関係詞に関するもの 2 問、仮定法過去完了に関するもの 2 問、比較(“than”を使わない文と強調)に関するもの 3 問、受動態(群動詞と IV 文型)に関するもの 2 問、強調(強調構文と動詞)に関するもの 2 問、使役動詞に関するもの 2 問、(動詞の目的語としての) to 不定詞と動名詞の違いに関するもの 4 問、その他は、否定語の倒置、現在完了進行形、進行形の受動態、“will”と“can”、知覚動詞、分詞構文の否定、前置詞を含む関係代名詞、“occur”の過去形、それぞれ 1 問ずつ出題した。

## 2.2 文法用語の周知度について

文法用語の周知度については、平成 29 年 7 月上旬に質問紙を利用し調査した。調査対象とした文法用語は 22 で、その用語から、文法内容がわかるかどうかを判断させ、わかる用語を番号で回答するという形式である。

回答する前に、成績とは全く関係がないことと完全に理解している必要がなく、その用語を見れば、なんとなく英文などが思い浮かぶかどうかで判断するように周知した。

## 3. 結果について

### 3.1 テスト I の結果

文法テスト I は、1 年実施、2 年実施、3 年実施とも同じ 25 問を 3 回出題している。各問題を 1 点とし、25 点満点で採点した。その結果を表 1 に示す。

表 1 テスト I の結果

	平均	最高	最低	標準偏差
1 年実施	16.8	23	6	3.39
2 年実施	16.16	24	8	3.64
3 年実施	16.02	24	4	3.87

表 1 が示すように、中学で学習した文法項目を入学 3 ヶ月後の 7 月に受験した 1 年実施の平均点が 1 番高い。そして、学年が進むにつれ平均が下がってくるが、標準偏差の値は高くなっている。通常は、平均値が下がると標準偏差も低くなるが、それとは異なる傾向を示している。つまり、良い点数を取得した学生とそうでない学生の差が広がっていることを意味している。次に、取得点の度数分布を表 2 に示す。

表 2 から、25 点中 13 点以上、つまり半分以上の点数を取得している学生がどの学年とも 9 割程度いるので、中学時代の文法項目は、ほぼ理解できているとい

表2 テストIの得点分布表

得点	1年実施		2年実施		3年実施	
	人数	計	人数	計	人数	計
23・24	3	3	3	3	6	6
21・22	9	12	12	15	7	13
19・20	21	33	18	33	14	27
17・18	30	63	14	47	21	48
15・16	19	82	23	70	21	69
13・14	10	92	18	88	21	90
11・12	8	100	9	97	8	98
9・10	4	104	5	102	4	102
7・8	0	104	3	105	1	103
5・6	1	105	0		1	104
3・4	0		0		1	105

えるだろう。さらに、詳しく検討すると、1年実施の得点分布では、17・18点を取得した学生が30名とかなり多い。しかし、2年実施では15・16点が23名、3年実施では17・18点、15・16点、13・14点が21名ずつと、一番人数が多い得点域が、1年実施と比べて、低い点数となっている。17点以上を取得した人数も、1年実施は63名、2年実施は47名、3年実施は48名と1年実施の方が、他学年実施よりも15名程度多いことがわかる。このような取得点の分布の違いのために平均点に差が生じている。標準偏差に関しても、1年実施は、17・18点取得の30名を中心に両側に緩やかに広がっているが、2年実施では15・16点取得が一番多いが、高得点側は17・18点よりも19・20点の学生が多くなっているので標準偏差の値も大きくなっている。3年実施も、7・8点、5・6点、3・4点を取得した学生がそれぞれ1名ずつなので標準偏差の値が大きくなっている。このようなことが影響し、バラツキが大きくなっている。

次に、統計的に有意差があるのかを調査した。本調査の全ての統計処理に、「エクセル統計(BellCurve for Excel)」を使用した。クラスカル=ウォリス検定で3回の実施分で有意な差があるのかを分析した結果、有意差は見られなかった( $\chi^2$  値: 3.65, 自由度: 2, p 値: 0.16)。各実施分の多重比較(Scheffe法)の結果を表3に示す。

表3 文法テストIの3回分の分析

	差	$\chi^2$ 値	p 値	判定
1年実施:2年実施	0.64	2.20	0.33	
1年実施:3年実施	0.78	3.18	0.20	
2年実施:3年実施	0.14	0.09	0.96	

平均点や標準偏差では少しの差はみられたが、統計処

理の結果、表3のように、各実施分の対の比較においても5%水準の有意差は認められなかった。

テストIで、特徴的な結果を示した問題に絞り、考察する。全体の平均点は、学年が進むにつれてわずかだが下降していたので、3年間で徐々に平均点が下がっている問題を示す。

**My sisters was out when I came back.**

2通りの解答が考えられ、2通りとも正解とした。

正答率: 78.1 (1年), 74.3 (2年), 65.1 (3年)

**Tom looks happily.**

正答率: 88.6 (1年), 81.9 (2年), 69.5 (3年)

**I am interesting in English.**

正答率: 81.9 (1年), 71.4 (2年), 61.9 (3年)

**Those is your pens.**

正答率: 95.2 (1年), 92.4 (2年), 88.6 (3年)

上記の4問は、非常に基本的な問題といえるが、学年が進むにつれ、正答率が下降している。基本的な問題にもかかわらず理解できていない学生が増えているということは、高専に入ってから英語をほとんど勉強していない学生が増えているのではないかと推測できる。

上記とは反対に、学年が進むにつれて平均点が上昇した問題もあった。

**Every boys likes to watch this movie.**

正答率: 17.1 (1年), 25.7 (2年), 38.1 (3年)

**Takeo wathcs TV every day.**

正答率: 42.9 (1年), 51.4 (2年), 59 (3年)

**Each student study English very hard.**

正答率: 26.7 (1年), 34.3 (2年), 35.2 (3年)

上記の3問とも基本的な問題だが、正答率が高いとはいえない。“every”と“each”に関しては、教科書に出てくる毎に“単数の目印だ”と、繰り返し学生に周知していたために、それに気づく学生が増えている。正答率が上昇しても、理解できている学生が35%程度なので、多くの学生が周知しているとはいえないが、今後も、繰り返し気づかせていけば、理解する学生が増えると予想できる。

### 3.2 テストIIの結果

テストIIは、テストIと同様に25問出題し、25点満点で採点した。その結果、2年実施は平均: 8.17, 最高: 18, 最低: 1, 標準偏差: 3.65であった。3年実施は、平均: 9.0, 最高: 18, 最低: 3, 標準偏差: 3.51であった。平均で、0.83点の差があり、標準偏差でも1.4異なっている。2年実施も3年実施も25点中、平均8.17と9と低い値を示しており、あまり、1年で学習した文法項目が理解できておらず、さらに定着していないといえる。あるいは、問題が難しすぎて、学生のレベルとあっていなかったということも考えられる。

次に、テストIIの得点分布を表4に示す。



表4 テストIIの得点分布表

得点	2年実施		3年実施	
	人数	計	人数	計
21・22	0	0	0	0
19・20	0	0	0	0
17・18	2	2	5	5
15・16	4	6	4	9
13・14	6	12	7	16
11・12	16	28	12	28
9・10	18	46	27	55
7・8	18	64	22	77
5・6	25	89	19	96
3・4	10	99	9	105
1・2	6	105	0	0

表4より、10点以下の学生数が2年実施では59人、3年実施では50人と9人の差があり、3年実施の方が下位層は少ないことがわかる。テストIでは、有意差は見られなかったが、学年が進むにつれて平均点が下がる傾向にあったが、テストIIでは、逆の傾向を示し、学年が進むにつれて平均が高くなり、わずかだが、下位層の得点が上昇している。テストIIの差の平均の検定においては、5%水準で有意差（ $t: 2.44$ , 自由度: 104,  $p$  値: 0.017）が見られた。つまり、文法テストIIにおいては、統計的にみても、3年実施の方が有意に高いことがわかった。

神戸高専1年で学習した文法項目は、2年でテストするよりも、3年でテストをした方が良い結果であったということは、平均点からみると理解度は低いが、学生たちは2年で少しずつだが、1年で学習した文法項目を理解しつつあるといえる。

2年実施と3年実施で、特に、正答率に大きな差があった問題を個別に示す。

2年実施の方が正答率の高かった問題は、以下の4問であった。

The flight that goes to Sydney leave Narita at 9:00.

正答率: 25.7 (2年), 16.2 (3年)

Eating is as happier as sleeping.

正答率: 66.7 (2年), 57.1 (3年)

People live in Hawaii are very friendly.

正答率: 30.5 (2年), 22.9 (3年)

If there were no mines in the park,  
we can play tennis.

正答率: 49.5 (2年), 41.9 (3年)

それぞれの文法項目は、最後の問題を除き、中学で学習する内容である。特に、2番目の問題は、中学の教科書にそのまま出てきても良さそうな非常に基礎的な問題だが、3年実施の正答率が低いのは、日頃勉強していない学生がこの文法項目を忘れてしまった可能性が高

いということ裏付けている。最後の問題については、1年で学習する項目なので、2年進級後直ぐに受験したときの方が、3年でテストを受けたときよりも、その文法項目について覚えている学生が多かったのだろう。

次に、3年実施の正答率の方が高かった3問を以下に示す。

This is all the money which I have now.

正答率: 10.5 (2年), 17.1 (3年)

Enter the hotel, the actor saw his father.

正答率: 21.0 (2年), 27.6 (3年)

I read the book before you told me about it.

正答率: 4.8 (2年), 22.9 (3年)

全ての問題で、正答率が低く、かなり難しい問題といえる。2番目の問題は、基本的な分詞構文で、1年で学習した内容だが、2年の授業中に幾度となく説明したので、2年で分詞構文を理解できるようになった学生が増えたのだろう。最後の問題は、時制を理解していないと解けない問題だが、3年の方が、時制の違いに気づいた学生が多かったといえる。

### 3.3 その他のテストの結果

次に、2年で実施した文法テスト75点分と3年で実施した文法テスト75点分の結果を比較した。2年で実施した文法テストは、テストIの25問、テストIIの25問の計50問に加え、1年で学習した文法項目25問の合計75問の問題からなるテストである。3年で実施したテストは、文法テストI(25問)、II(25問)、III(25問)の合計75問のテストである。2年実施のテストと3年実施のテストは、50問が共通の問題である。このテストの結果は、2年のテストで、平均: 34.7, 最高: 61, 最低: 15, 標準偏差: 9.36 に対し、3年は、平均: 34.0, 最高: 62, 最低: 13, 標準偏差: 9.0 であった。平均値で0.7、2年テストの方が良かったが統計処理の結果、有意差は見られなかった（ $t: 0.92$ , 自由度: 104,  $p$  値: 0.36）。

### 3.4 文法用語周知度の調査結果

上記で示したように、平成29年7月上旬に、3クラス105名を対象に、文法に関する22用語の周知度についての調査を行った。調査した用語は以下の通りである。

- 1 分詞構文, 2 独立分詞構文, 3 仮定法過去,
- 4 仮定法過去完了, 5 使役動詞, 6 知覚動詞,
- 7 時制を下げる, 8 現在分詞の後置修飾,
- 9 過去分詞の後置修飾, 10 不定詞の3用法,
- 11 現在完了の経験, 12 3単現のs, 13 動名詞の意味上の主語,
- 14 第V文型, 15 文の要素,
- 16 原形不定詞, 17 強調構文, 18 補語と目的語の違い,
- 19 関係代名詞, 20 先行詞を含む関係

代名詞, 21 形式目的語, 22 不定詞副詞的用法の結果,

その結果, 平均で 9.3 語, 最大 21 語, 最少 1 語, という結果であった. 分布としては, 3 語 : 8 人, 4 語 : 8 人, 5 語 : 6 人, 6 語 : 9 人で, 3 語から 6 語を知っている 31 人の山があり, その次に, 12 語 : 8 人, 13 語 : 8 人, 14 語 : 9 人, 15 語 : 7 人と, 12 語から 15 語で 32 人の 2 つ目の山があった. 文法用語をあまり知らない学生と知っている学生の 2 つの山があることがわかった.

次に, 22 の文法用語を 105 人中, それぞれ何人の学生が周知しているのかを表 5 に示す

表 5 文法用語周知度 (105 人)

用語	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
人数	70	3	63	50	46	43	51	25	21	83	50
用語	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
人数	82	43	62	30	30	53	27	80	40	7	15

表 5 からわかるように, 文法用語の周知度に関しては, 高いものと低いものがある. 80 人以上の学生に周知されている用語は, 10 不定詞の 3 用法, 123 単現の s, 19 関係代名詞の 3 つであり, その次が 1 分詞構文であった. それ以降, 3 仮定法過去, 14 第 V 文型と続いているが, 周知度の高いこの 6 つの用語しかわからないような学生, つまり, これらの用語以外はあまり理解できていない学生が 31 人, 約 3 割もいるということがわかった.

上記とは逆に, 周知度の低い用語を順番にみると, 2 独立分詞構文, 21 形式目的語, 22 不定詞副詞的用法の結果, 9 過去分詞の後置修飾, 8 現在分詞の後置修飾, 18 補語と目的語の違い, の順であった. 周知度の低いこの 6 つの内の 18 以外は, 授業中にそのような用語での説明をあまりしていない. しかし, 18 に関しては, 神戸高専入学以降, 幾度となく説明してきているが, 未だに, 補語と目的語の違いを 3 割程度の学生しか理解できていないということが明らかになった.

#### 4. 結果の考察

3 章では, それぞれのテストや調査について, 個別に結果を示した. 本章では, これらの結果を総合的に考察していく.

これらの結果が, 同じ概念を示しているかを示す指標ともいえるクロンバック  $\alpha$  係数で分析した. その結果, テスト I (3 回実施), テスト II (2 回実施), テス

ト III, 文法用語の 7 つの資料でクロンバック  $\alpha$  係数を求めた結果, 0.837 と高い数値であった. このことから, これら 7 つは, 同じ概念を評価しているといえる. 次に, 各得点がどのような相関関係にあるのかを, ケンドールの順位相関行列を利用し検定した. その結果を表 6 に示す.

表 6 より, 文法用語とテスト I 1 年実施, テスト II 2 年実施以外は, 高い相関関係にあるといえる. 相関が低いこの 2 つの対について考察する. テスト I 1 年実施に関しては, 1 年生の 7 月に受験しているので, 文法用語をあまりわからずに受験していたことが考えられる. テスト I に出題された文法の用語は, 高専入学後, 英語の授業で何度となく耳にしていたので, 少しずつ理解し, 1 年後には, ある程度文法用語を理解して, テスト I 2 年実施を受験できたと思われる. その 1 年後に受験したテスト I 3 年実施では, さらに文法用語とテストの相関が高くなっていった (0.22 から 0.24 と 0.02 上昇).

テスト I と同じ傾向がテスト II でも見られる. テスト II 2 年実施と文法用語では, 相関係数が 0.13 と相関関係にないことがわかるが, その 1 年後のテスト II 3 年実施では相関係数が 0.25 と上昇し, 0.01%水準で有意な相関関係にあると判定されている.

表 6 テスト及び文法用語の相関

	I1 年	I2 年	I3 年	II2 年	II3 年	III	用語
テスト I 1 年		0.34	0.38	0.19	0.34	0.35	0.15
テスト I 2 年	**		0.39	0.39	0.24	0.34	0.22
テスト I 3 年	**	**			0.38	0.39	0.24
テスト II 2	**	**	**		0.35	0.35	0.13
テスト II 3	**	**	**	**		0.38	0.25
テスト III	**	**	**	**	**		0.23
文法用語	*	**	**		**	**	

右上 : 相関係数 左下 : 判定 \* $p < 0.05$  \*\* $p < 0.01$

テスト III に関しては, 3 年で文法用語の理解と文法問題の理解が強い相関関係を示している. テスト I の 3 回のテストやテスト II の 2 回テストでも, 学年が進むにつれて文法用語とテストの点数の相関係数が高くなっていることも, 共通している.

テスト I, II, III の 6 つの文法テストでは, 全てにおいて 1%水準の強い相関を示していた. その中で 1 番低い相関係数を示したのは, 唯一 0.2 点台のテスト I 2 年実施とテスト II 3 年実施だけであった.

さらに詳しく, 文法用語と文法テストの関係を調査するために, 多くの文法用語を理解しているグループとそうでない 2 つのグループに分けて, 分析を加える.

10語～21語を理解している学生の合計が53名で、1語～9語を理解している学生が52名だったので、10語以上と9語以下で、テストIとテストIIの取得点に違いがあるのかを調査する。

文法用語を10語以上知っている学生をグループA、9語以下の学生をグループBとして、その結果を示す。文法用語に関しては、グループA平均：13.7語、標準偏差：2.47、グループB平均：4.8語、標準偏差：2.18、であった。平均の差は8.85と大きく異なっており、差の検定においても、1%水準の有意差が確認できた(t：18.55、自由度：103、 $p < 0.001$ )。

文法用語の理解度が、文法テストの結果にどのような影響を与えているかを、さらに詳しく調査する。テストI(1年、2年、3年)、テストII(2年、3年)、テストIIIの6つの文法テストにおいて、グループAとBでは、文法テストの取得点に有意差があるのかをt検定で分析した。その結果を表7に示す。

表7 グループA(53名)とB(52名)の結果

	グループ A	グループ B	差	t	F	p
文法用語	m.s.:13.7 S.D.:2.47	m.s.: 4.8 S.D.:2.18	8.85	18.55	103	**
テストI 1年	m.s.:17.3 S.D.:3.34	m.s.16.3 S.D.:3.42	1.05	1.59	103	
テストI 2年	m.s.:17.2 S.D.:3.28	m.s.:15.2 S.D.:3.77	2.0	2.89	103	**
テストI 3年	m.s.:16.9 S.D.:3.61	m.s.:15.1 S.D.:3.96	1.87	2.52	103	*
テストII 2年	m.s.:8.77 S.D.:3.66	m.s.:7.56 S.D.:3.58	1.22	1.72	103	
テストII 3年	m.s.:10.2 S.D.:3.92	m.s.:7.83 S.D.:2.58	2.32	3.58	103	**
テストIII 3年	m.s.:9.91 S.D.:3.33	m.s.:7.94 S.D.:2.68	1.96	3.29	103	**

(m.s.:平均値 S.D.:標準偏差 差:平均値の差  
t:統計量 F:自由度 \*\*:1%有意 \*:5%有意)

表7より、文法用語を多く知っている学生の方がテストI2年、テストII3年、テストIIIにおいて、平均点の差に有意差が認められた。特に、注目すべきは、テストIIの結果である。2年実施のテストIIでは、平均の差が1.22と少なく有意差も認められない。しかし、同じ問題を3年に実施した際の結果では、平均の差が2.32と1.1も開き、1%水準で有意差が確認された。平均点もグループAは、1.43上昇しているのにも関わらず、グループBでは、わずか0.27しか上昇していなかった。神戸高専1年で学習した文法項目を出題しており、2年の4月上旬の受験だったので、教師は教えたつもりでも学生は、その内容が理解できておらず定着

していないために、テストIIの2年実施は平均が低い。しかし、その1年後の3年実施では、2年の授業中に何度かその文法項目を目にし、再度、理解する機会があったと思われる。その際に、初出では、丁寧に文法項目を解説し、理解できるまで説明したが、2回目、3回目となると、理解しているのが前提となり、説明も簡略化され、用語だけの説明をすることもあった。文法用語を周知している学生は、その用語を聞いて文法項目を確認することができるが、用語を知らない学生は認識することもできないまま、授業が進んでいくことになり得る。その為に、文法項目を定着できないままになってしまっているのだろう。

## 5. まとめ

普通の授業から文法項目と文法用語の結びつきを強いものにするような授業を心がける必要を感じた。既習の簡単な文法項目や文法用語でも忘れてしまう学生がいるので、そうならないためにも、その文法項目が使われている英文に気づかせ、繰り返し文法項目を思い出させ、文法用語と関連付けることが必要である。

中学校の文法項目は容易で、理解しやすく定着しやすいが、入学後、学年が進むにつれて難しくなり、理解しにくくなってくる。例えば、分詞構文や仮定法などは、非常に理解するのに時間がかかり、日常の英文では目にする機会が少ないために、定着しにくい傾向にある。教科書で記載がある毎に、その項目だと気づかせ、分かりにくいようであれば、繰り返し解説していくことで、理解する学生が増え、さらに、定着させることへの効果が期待できる。

今後は、文法項目に関して、さらに詳細に分析し、理解や定着しやすい文法項目とそうでないものを区別し、学生が効果的な文法学習を行う時に効果的な指導ができるように、調査を積み重ねていきたい。

## 参考文献

- (1) 上垣宗明:「動機づけと英語力について」、神戸市立工業高等専門学校研究紀要、第54号、pp.27-32、2016.
- (2) 上垣宗明:「英語の学力について」、神戸市立工業高等専門学校研究紀要、第54号、pp.69-74、2017.
- (3) MEXT 新学習指導要領 第4章 外国語活動  
[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/gai.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/gai.htm)
- (4) JACET 教育問題研究会 編:「新英語科教育の基礎と実践」、三修社、2005.
- (5) 島田勝正:「文法性判断テストにおける問題提示時間制限の有無と明示的・暗示的知識」、英米評論、第24号、pp.41-53、2016.

# 演習主体とする授業における BGM 導入による教育効果 2

中川 卓也\* 大向 雅人\*\* 津吉 彰\*\*\*

## The Education Effect by BGM Introduction of Drills 2

Takuya NAKAGAWA\* Masato OHMUKAI\*\* Akira TSUYOSHI\*\*\*

### ABSTRACT

In our previous study, an educational effect for BGM introduction has been reported. So we investigated what kind of music is effective and when it should be introduced. As a result, the questionnaire to the students showed that the classical music and next the contemporary music have high effect and that the best timing of BGM introduction is practice time.

*Keywords* : practice in a class, educational effect, , kind of music, timing of introduction

### 1. はじめに

高専教育は、5 年間という限られた教育課程において、1 年次より徐々に専門教育が増えていくといった特徴がある。しかし、専門科目になればなるほど、学生の理解度には個人差が生じ、単に講義を行うだけでは学生全員の習熟度レベルを引き上げることは難しいため、低学年から継続して学習を行う環境を作ることが重要であると考えられる。そこで、継続して学習を行う教育効果の工夫の一つとして BGM 導入を行い、

- ・演習を行うとき等、緊張状態にある場合はリラックス効果がある

- ・学習の導入効果、もしくは学習の持続効果がある

といった効果から、BGM の導入に関しては大きな教育効果をもたらしている<sup>(1)</sup>という結果が得られた。

そこで、今回は BGM を導入するにあたり、

- ・音楽の種類
- ・導入のタイミング

がどのように影響を及ぼしているか検証を試みた。また、BGM 導入による教育効果に関して、学生にアンケート調査を実施し、その報告を行う。

### 2. BGM の導入方法について

2.1 BGM の種類について まず、導入する BGM の種類についての検討を行う。導入する BGM の種類は、

- ・クラシック
- ・現代音楽
- ・森をイメージした環境音

の 3 種類について導入検討を行った。

クラシックは特に興味がなくとも、小中学校の音楽授業で聞いたことがあり、好き嫌いといった好みにかかわらず誰もが慣れ親しんだ音楽と考えられるため、その効果が期待される。

次に現代音楽であるが、現代音楽とは 20 世紀頃から生まれた音楽で、協調・リズム・形式等のいわゆるクラシック音楽の伝統的な決まりごとから逸脱している音楽である。いいかえると、人によっては音楽とも雑音ともとれる音楽であるため、好みが分かれると考えられる。逆に、協調・リズム・形式等の決まりごとから逸脱している音楽の及ぼす効果が期待される。

最後に、“森をイメージした環境音” は一般的にヒーリング効果<sup>(2)</sup>があるといわれるため、その効果が期待される。

以上をまとめると、

- ・クラシック: 好みにかかわらず慣れ親しんだ音楽 (バッハ: ブランデンブルグ協奏曲 (K30Y 12))
- ・現代音楽: 協調・リズム・形式等、決まりごとから逸脱している音楽

\* 明石工業高等専門学校 技術教育支援センター  
技術専門職員

\*\* 明石工業高等専門学校 電気情報工学科 教授

\*\*\* 神戸市立工業高等専門学校 電気工学科 教授

(矢代秋雄:ピアノソナタ(CZ30-9012))

- ・森をイメージした環境音:一般的にヒーリング効果がある音楽

(小鳥のさえずり(BY30-5035))

の3種類のBGM導入を試みることにした。

**2.2 導入するタイミングについて** BGMを導入するタイミングは

- ・演習時のみ
- ・講義時のみ
- ・授業開始 50 分後
- ・授業中ずっと (90 分)

の4パターンについて導入検討を行った。

まず、演習時のみとしたのは、前回の研究<sup>(1)</sup>において、BGMが流れていると気持ち良く授業を受けられると思ったことがあるという意見が50.0%あり、自由記述において“前に出て(黒板前で)演習を解いているとき、BGMが流れていて良かった”という意見が複数寄せられたためである。演習の開始時間にかかわらず、演習を行う時には必ずBGMを流すこととする。つまり、授業開始10分後演習を行う時は、演習が始まったときにBGMを流し、演習終了時にBGMを止めるということである。

次に、講義時のみとしたのは、“演習時のみ”のとの比較を行うためである。効果としては期待が薄いと考えられるが比較を行うための重要なファクターと考えられる。

さらに、授業開始50分後としたのは、一般的に集中力の持続時間は平均50分といわれている<sup>(2)</sup>ためである。講義・演習にかかわらず、授業開始から50分が経過したらBGMを流すこととする。

最後に、授業中ずっと(90分)としたのは前回の研究<sup>(1)</sup>において、授業後半にしかBGMを流していなかったが“授業中ずっと(90分)BGMを流してほしい”という意見が42.5%もあり、授業中ずっと(90分)BGMを流した時の効果・検討を行うためである。

以上をまとめると、

- ・演習時のみ:効果が高いと考えられる
- ・講義時のみ:演習時との比較に重要なファクター
- ・開始50分後:一般的に集中力が切れ始める
- ・授業中ずっと:90分導入したときの効果

の4パターンのBGM導入を試みることにした。

**2.3 導入するパターンについて** BGMを導入するパターンは

1) パターンⅠ:【演習時のみ】

- ・クラシック
- ・森をイメージした環境音
- ・BGMなし

2) パターンⅡ:【授業開始50分後】

- ・クラシック
- ・森をイメージした環境音

・現代音楽

・BGMなし

3) パターンⅢ:【パターンⅠ+パターンⅡ】

<導入のタイミング>

- ・演習時のみ
- ・講義時のみ
- ・授業開始後50分後
- ・授業中ずっと(90分)

<BGMの種類>

- ・クラシック
- ・現代音楽
- ・BGMなし

の3パターンについて導入検討を行った。

パターンⅠは、慣れ親しんだクラシックとヒーリング効果があるといわれる“森をイメージした環境音”が及ぼす効果について、パターンⅡは、パターンⅠに加えて協調・リズム・形式等、決まりごとから逸脱している現代音を導入することによる影響について、パターンⅢは“パターンⅠ+パターンⅡ”の条件を導入することで、BGMの種類や導入のタイミングが明確にできると考えられる。ただし、導入するBGMをクラシックと現代音楽とした。

以上を踏まえ、パターンⅠからパターンⅢの導入を試みることにした。

### 3. 授業アンケートの実施

BGM導入について“電気回路Ⅰ(第1学年, 通年)”において試みた。なお、この講義を選択したのは、

- ・基本的な講義方法・講義内容が基礎的な内容であり、毎年同じ内容の講義が提供できている。
- ・学生の基礎知識の差にばらつきがない。電気回路Ⅰは1年生(入学直後)において行う講義であるため、学生の基礎知識にはほとんど差がみられない。そのため、BGM導入の効果が素直に反映されると考えられる。

という二つの理由が挙げられ、それらが客観的な検討が可能であると考えられるためである。

また、BGM導入に関して“学生はどのように感じているのか”“BGMを導入するにあたり、種類やパターンに効果の違いあるのか”等、アンケート調査を実施した。

アンケートの対象は平成27年度の学生とし、アンケート内容は『参考資料1』から『参考資料3』の3通りとした。また、BGM導入の効果の関連について明確な回答を得るため、アンケートは質問に対して記述式ではなく、回答を選択する形式とした。

### 4. アンケート結果と考察

**4.1 BGM導入について** BGM導入に関して、それらが学生に対してどのような効果があるのかの検討を

行う。

実際、普段私たちの身の回りには様々な音、風の音や TV、冷蔵庫といった家電の動く音等が取り巻いている。言い換えると、無音状態は音響機器の『無響室』という部屋でしか体験できず、音のない世界は地球上においては人工的に作り出さなければ生まれないのである。また、人は自然界のさまざまな音に囲まれながら生活しているので、静かすぎると環境音を探そうとして注意が分散されるといった研究報告<sup>(4)</sup>もある。

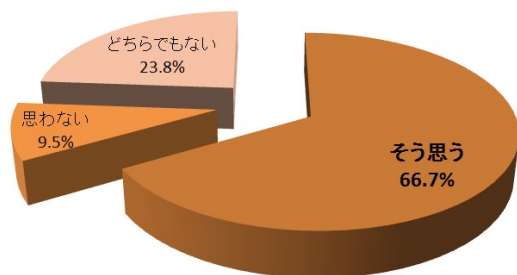


図1 パターン I\_BGM が流れていて良かったと思ったことがある

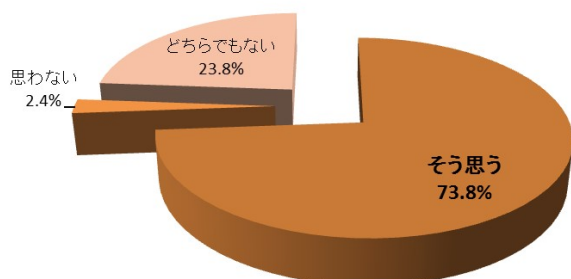


図2 パターン II\_BGM が流れていて良かったと思ったことがある

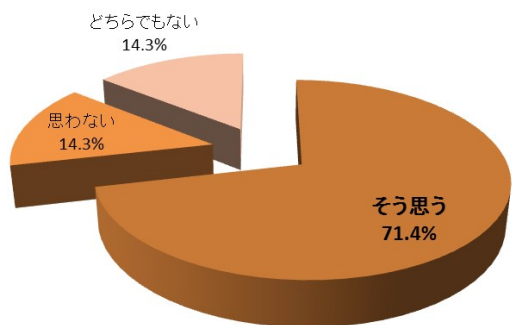


図3 パターン III\_BGM が流れていて良かったと思ったことがある

まず、“BGM が流れていて良かったと思ったことがある”の問いに関して、パターン I（演習時のみ）を図 1、パターン II（授業開始 50 分後）を図 2、パターン III（演習時のみ・講義時のみ・授業開始後 50 分後・授業中ずっと(90 分))を図 3 に示す。

“BGM が流れていて良かったと思ったことがある”の問いに関して、図 1 のパターン I（演習時のみ）は 42 人中 28 人（66.7%）、図 2 のパターン II（授業開始 50 分後）は 42 人中 31 人（73.8%）、図 3 のパターン III（演習時のみ・講義時のみ・授業開始後 50 分後・授業中ずっと(90 分))は 42 人中 30 人（71.4%）が“そう思う”と回答しており、約 7 割の学生は BGM が流れていて良かったと感じているという結果となった。

以上より、過去の関連する研究を踏まえた上で、図 1～図 3 をまとめると、

- ・パターンに関係なく、授業に BGM を導入することにより、良い意味での効果があると考えられる。

4.2 BGM の種類について 導入する BGM の種類についての検討を行う。

“BGM のジャンルについて良いと思うものを選んでください”の問いに関して、パターン I（クラシック・森の音・BGM 無）の結果を図 4、パターン II（クラシック・森の音・現代音楽）の結果を図 5、パターン III（クラシック・現代音楽・BGM 無）の結果を図 6 に示す。

図 4 より、パターン I（クラシック・森の音・BGM 無）において、クラシックを選択したのは 42 人中 24 人（57.1%）、森をイメージした環境音を選択したのは 42 人中 14 人（33.3%）という結果となった。図 5 より、パターン II（クラシック・森の音・現代音楽）において、クラシックを選択したのは 42 人中 19 人（45.2%）、現代音楽を選択したのは 42 人中 15 人（35.7%）、森をイメージした環境音を選択したのは 42 人中 6 人

（14.3%）という結果となった。図 6 より、パターン III（クラシック・現代音楽・BGM 無）において、クラシックを選択したのは 42 人中 21 人（50%）、現代音楽を選択したのは 42 人中 13 人（31%）、その他 42 人中 6 人（14.3%）という結果となった。

まず、クラシックについて着目すると、導入条件が違うにもかかわらずパターン I からパターン III において共通していることは“クラシックが選ばれている”ということである。やはり、小中学校の音楽授業で聞いたことがあり、好き嫌いといった好みにかかわらず誰もが慣れ親しんだ音楽であることが大きく影響していると考えられる。

次に、森をイメージした環境音に着目すると、パターン I では 42 人中 14 人（33.3%）選択されていたが、パターン II では 42 人中 6 人（14.3%）まで落ち込んでいる。自由記述においても“考えているときに鳥の鳴

声（ピヨピヨ鳴く声）を聞いたら、考えていたことをすべて忘れた”といった意見があった。考え事をしているときに甲高い音を聞くと不快感をおぼえると考えられる。

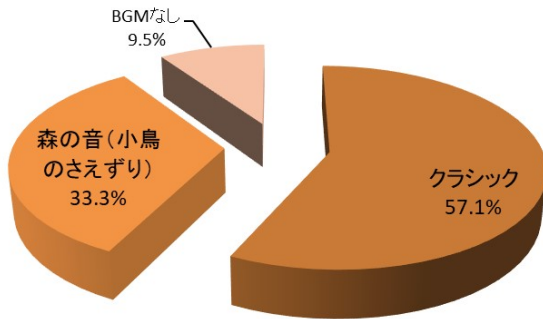


図4 BGM 種類\_パターン I (クラシック・森の音・BGM 無)

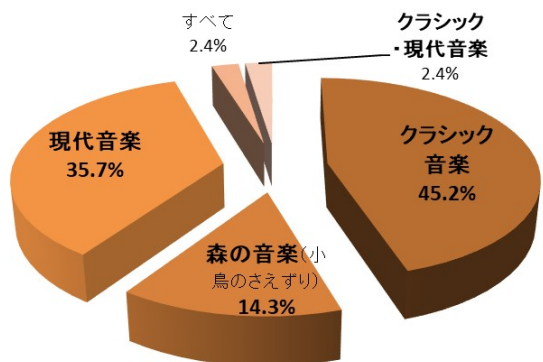


図5 BGM 種類\_パターン II (クラシック・森の音・現代音楽)

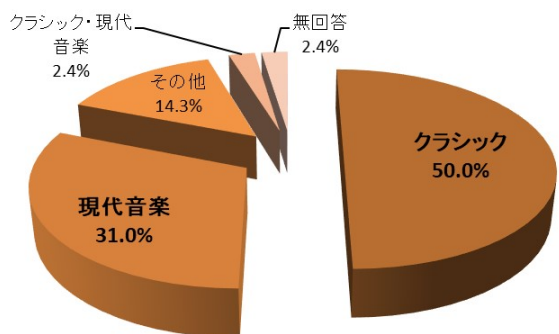


図6 BGM 種類\_パターン III (クラシック・現代音楽・BGM 無)

最後に、現代音楽に着目すると、パターンIIでは42人中15人(35.7%)であったが、パターンIIIでは

42人中13人(31%)となっている。一方、クラシックに着目すると、パターンIIでは42人中19人(45.2%)、パターンIIIでは42人中21人(50%)となっている。条件を変えても数値的には大きな変化がなく、ほとんど同程度であることから、意外と現代音楽も好評価であると考えられる。

過去の研究において、気分向上音楽・リラックス音楽・無音における暗算作業において、リラックス音楽環境が有用な条件下である可能性が示唆された<sup>(5)</sup>との研究報告もある。しかし、図5・6の結果から、人によっては雑音ともとれるであろう現代音楽が、導入効果を発揮していると考えられる。

以上、過去の関連する研究を踏まえた上で、図4～図6をまとめると、ヒーリング効果があるといわれる“森をイメージした環境音”よりも、好き嫌いといった好みにかかわらず誰もが慣れ親しんだ

- ・クラシック音楽が良い
- また、協調・リズム・形式等、伝統的な決まりごとから逸脱している
- ・現代音楽も導入効果を発揮している

#### 4.3 BGM 導入のタイミングについて BGM を導入するタイミングについての検討を行う。

“BGM を流すタイミングについて良いと思うものを選んでください”の問いに関して、パターンII(授業開始50分後)の結果を図7に示す。

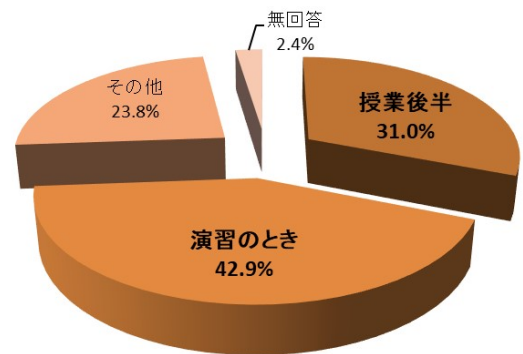


図7 BGM 導入のタイミング\_パターン II (授業開始50分後)

図7より、パターンII(授業開始50分後)において演習のときを選択したのは42人中18人(42.9%)、授業後半(授業開始50分後)を選択したのは42人中13人(31%)という結果となった。

次に、パターンIIIの質問B(複数回答にチェックする質問)において、BGM 導入に関する項目について着目し、検討を行う。関連する項目とは、

- ・BGM を流すタイミングは、授業中ずっとが良いと思う

- ・ BGM を流すタイミングは、講義の時の良いと思う
- ・ BGM を流すタイミングは、演習問題を解いている時の良いと思う
- ・ BGM を流すタイミングは、授業後半が良いと思う
- ・ BGM を流さない方が良いと思う

の 5 項目である。この 5 項目を選択したアンケート結果を図 8 に示す。

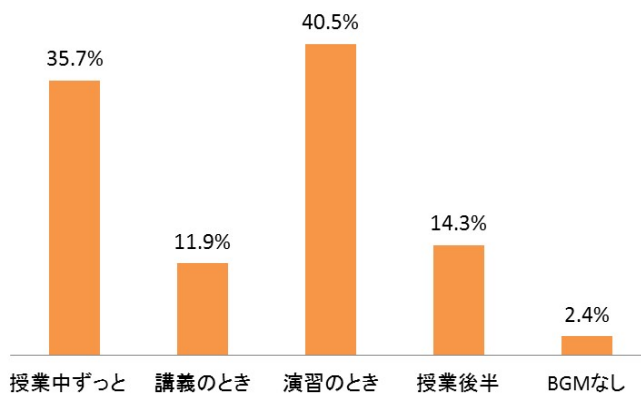


図 8 質問 B 関連アンケート結果\_パターンⅢ (演習時のみ・講義時のみ・授業開始後 50 分後・授業中ずっと(90 分))

図 8 より、質問 B (複数回答にチェックする質問) において、“BGM を流すタイミングは、授業中ずっとが良いと思う”を選択した学生は 42 人中 15 人 (35.7%)、 “BGM を流すタイミングは、講義の時の良いと思う” を選択した学生は 42 人中 5 人 (11.9%)、 “BGM を流すタイミングは、演習問題を解いている時の良いと思う” を選択した学生は 42 人中 17 人 (40.5%)、 “BGM を流すタイミングは、授業後半が良いと思う” を選択した学生は 42 人中 6 人 (14.3%)、 “BGM を流さない方が良いと思う” を選択した学生は 42 人中 1 人 (2.4%) という結果となった。

また、中川らの研究 (2016) <sup>(1)</sup> における自由記述において

- ・ 前に出て (黒板前で) 演習問題を解いているときに、BGM が流れていて良かった
  - ・ (黒板前で) リラックスして解くことができた
- といった意見もある。これらを踏まえた上で、図 7 から図 8 をまとめると

- ・ BGM を導入するタイミングは演習のときが良いと考えられる。

4.4 まとめ 以上、これまでの考察をまとめると、

- I) パターンに関係なく、授業に BGM を導入することによる効果がある
- II) 導入する BGM の種類はクラシック音楽が良い
- III) 導入する BGM の種類は、意外にも現代音楽も十分効果を発揮している
- IV) BGM を導入するタイミングは演習のときが良い

ということが考えられる。

上記考察から、BGM の導入には肯定的な学生の意見が多く、また演習のときにクラシック音楽や現代音楽を好んでいることがわかった。

## 5. おわりに

本論文では、演習主体授業において教育効果を上げる工夫の一つとして BGM を導入し、導入する BGM の種類とタイミングについて論じた。アンケートからも “演習のときにクラシック音楽や現代音楽を導入すると良い” という結果が得られた。しかし、BGM を導入するには個人差があることも忘れてはならない。今後、少しでも多くの授業に BGM を導入することが望まれる。

## 参考文献

- (1) 中川卓也, 大向雅人, 津吉 彰: 「演習主体とする授業における BGM 導入による教育効果」, 神戸高専紀要, 第 55 号, pp. 1-6, 2016.
- (2) <https://healingplaza.jp/musics/5537/> 参照
- (3) <http://shuuchuuiryoku.net/category1/entry2.html> 参照
- (4) 高橋翔人, 野本弘平: 「周囲の環境音が情報伝達における情報認知に与える影響」, 平成 23 年度第 8 回情報処理学会東北支部研究会 (山形大学), 資料番号 11-8-A3-5, 2012.
- (5) 相馬洋平, 松永哲雄, 曾我 仁, 内山尚志, 福本一郎: 「音楽環境の違いによる作業効率に関する人間工学的基礎研究」, 電子情報通信学会技術研究報告, vol.105, pp. 43-46, 2005.



《参考資料 1》

## 電気回路 I 授業アンケート

A.下記問いについて、最も近いものを選んでください

Q1.BGMが流れていて良かったと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q2.BGMが流れていても流れていなくても、変わらないと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q3.BGMのジャンルについて良いと思うものを選んでください

クラシック

森の音(小鳥のさえずり)

BGMなし

Q4.BGMが流れていると、演習問題を解きやすいと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q5.BGMが流れていてもいなくても、演習問題の解きやすさは変わらないと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

B.下記項目に当てはまると思うものにチェック☑をしてください(複数回答可)

- BGMが流れていると集中して演習問題が解けると思ったことがある
- 演習問題を解くにあたって、BGMは関係無いと思ったことがある
- BGMが流れているとリラックスしながら演習問題を解けると思ったことがある
- BGMを流すなら、クラシックが良いと思う
- BGMを流すなら、森の音(小鳥のさえずり)が良いと思う
- BGMを流さない方が良いと思う

C.その他、気付いたことなどを自由に記述してください

《参考資料 2》

## 電気回路 I 授業アンケート

A. 下記問いについて、最も近いものを選んでください

Q1. BGMが流れていて良かったと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q2. BGMが流れていても流れていなくても、変わらないと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q3. 演習を解くときにBGMが流れていたほうが良いと思う

そう思う

思わない

どちらでもない

Q4. BGMのジャンルについて良いと思うものを選んでください

クラシック

森の音(小鳥のさえずり)

現代音楽

Q5. BGMを流すタイミングについて良いと思うものを選んでください

その他

演習のとき

授業後半

B. 下記項目に当てはまると思うものにチェック☑をしてください(複数回答可)

- BGMが流れていると授業に集中できると思ったことがある
- BGMは流れていても流れていなくても授業には関係無いと思ったことがある
- BGMが流れているとリラックスしながら授業を受けれると思ったことがある
- 演習問題を解くとき、BGMが流れていたほうが良いと思ったことがある
- 演習問題を解くとき、BGMが流れていても流れていなくてもかわらないと思ったことがある
- BGMが流れているとリラックスしながら演習問題を解けると思ったことがある
- BGMを流すなら、クラシックが良いと思う
- BGMを流すなら、森の音(小鳥のさえずり)が良いと思う
- BGMを流すなら、現代音楽が良いと思う
- BGMを流すタイミングは、演習問題を解いている時が良いと思う
- BGMを流すタイミングは、授業後半が良いと思う
- BGMを流さない方が良いと思う

C. その他、気付いたことなどを自由に記述してください

《参考資料 3》

## 電気回路 I 授業アンケート

A.下記問いについて、最も近いものを選んでください

Q1.BGMが流れていて良かったと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q2.BGMが流れていても流れていなくても、変わらないと思ったことがある

そう思う

思わない

どちらでもない

Q3.演習を解くときにBGMが流れていたほうが良いと思う

そう思う

思わない

どちらでもない

Q4.BGMのジャンルについて良いと思うものを選んでください

クラシック

現代音楽

その他  
( )

B.下記項目に当てはまると思うものにチェック☑をしてください(複数回答可)

- BGMが流れていると授業に集中できると思ったことがある
- BGMは流れていても流れていなくても授業には関係無いと思ったことがある
- BGMが流れているとリラックスしながら授業を受けれると思ったことがある
- 演習問題を解くとき、BGMが流れていたほうが良いと思ったことがある
- 演習問題を解くとき、BGMが流れていても流れていなくてもかわらないと思ったことがある
- BGMが流れているとリラックスしながら演習問題を解けると思ったことがある
- BGMを流すなら、クラシックが良いと思う
- BGMを流すなら、現代音楽が良いと思う
- BGMを流すタイミングは、授業中ずっとが良いと思う
- BGMを流すタイミングは、講義の時に良いと思う
- BGMを流すタイミングは、演習問題を解いている時に良いと思う
- BGMを流すタイミングは、授業後半が良いと思う
- BGMを流さない方が良いと思う

C.その他、気付いたことなどを自由に記述してください

# 内蒙古自治区通遼市扎魯特旗所在の遼代誉州故城について

高橋学而\* 中尾幸一\*\*

## Surveys of “Yu zhou” town sites at Zhelute banner in Inner Mongolia

Gakuji TAKAHASHI\* Kouichi NAKAO\*\*

### ABSTRACT

Walled town “Yu zhou” (豫, 誉州) in Liao dynasty is the first town where the location was revealed in several Tou xia zhou (頭下州) where it exists in a pasture. This study has added an analysis of a satellite imaging data to result based on an actual investigation. It's being also analyzed about the near various remains including a grave as well as “Yu zhou” sites. The epitaph which could specify the location of “Yu zhou” above all, the unearthed grave is important.

*Keywords* : Tou xia zhou (頭下州), pasture, satellite, investigation

### 1. はじめに

近年、筆者の一人高橋は、内蒙古(内モンゴル)自治区をたびたび訪れ、所在する多くの遼代の遺跡を踏査する機会に恵まれた。今回報告する遺跡は、自治区の通遼市に所在するが、その通遼市は、中華人民共和国とモンゴル国が接する地に弓型に張り出して設けられている内蒙古自治区のほぼ中央、その弓型の屈曲部に位置している。市全体の人口は約310万人であるが、そのうちモンゴル族の人口は138万人を数え、中国全体のモンゴル族のおおよそ4分の1を占めている。現在、通遼市は、自治区の中心である呼和浩特市を超えて、中国国内で最多のモンゴル族人口を擁する都市となっている。本稿で取り上げる、現地名ウエンドゥルハダ古城は、通遼市の西北部に位置する扎魯特(ジャールト)旗のやや北寄りに所在する。城址は、1995年、近郊から出土した墓誌の記載から遼代の誉(豫)州城址に比定されるに至った。城址について、以前、筆者は簡略な踏査報告中に触れたことがあるが<sup>1)</sup>、一般に同古城を誉州ともいい、豫州とも記すのは、墓誌と『遼史』地理志のそれぞれの表記の相違に拠っている。本稿では、墓誌に従い、行論の上で統一的に誉州を用いる。以下、2012年次の踏査成果に、ALOSのprismの解析を加え、同州城について整理を進める。

\* 博多女子中学校・高校 教諭

\*\* 都市工学科 名誉教授



図1 誉州故城の位置

### 2. 比定の経緯

誉州について、『遼史』地理志は、頭下州の条に豫州として「横帳陳王牧地、南至上京三百里、戸五百。」と記すだけであって、その情報は非常に限定されている。位置についても、この記載からでは上京(現在の赤峰市巴林左旗林東鎮の南に位置する上京故城)の北300里に所在することが知られるのみである<sup>2)</sup>。従って、誉州の地理的位置について専考する論考は皆無であり、また、誉州

に言及したものを数えても決して多くはない。中国東北地方に於ける歴史地理研究の上で記念碑的著作である『満洲歴史地理』<sup>(3)</sup>、或いは、20世紀後半に出版された『東北歴代疆域史』<sup>(4)</sup>ともに扎魯特旗の西境と推定するだけであった。一方、1950年代後半から、60年間の長きにわたり東北地方の遼代の城郭址について精力的に調査を進めて来た馮永謙氏は、先ず『遼史』や『契丹国志』、更には『亡遼録』に示された頭下州城の異同に着目し、建城の経緯について分類を行い<sup>(5)</sup>、また、『遼志』地理志に記された16頭下州城の位置について考察を進め、誉州についても、その論考中に扎魯特旗の西部にある格日朝魯郷に所在する格日朝魯古城に比定を試みた<sup>(6)</sup>。その後、1995年、扎魯特旗の公安局によって、旗の中心である魯北の北方、哲北農場で墓誌が一点回収されることがあった。灰色の砂岩製、無蓋、方形、一辺67cm、厚さ15cmを測る、その墓誌は盗掘された遼代の墓葬から出土したものであった。誌面には、楷書で「故聖宗皇帝淑儀贈寂善大師墓誌銘并引」以下、887字が陰刻されている。その記載内容から、墓主が遼朝全盛期の聖宗の妃であった耿淑儀贈寂善大師であることが判明した<sup>(7)</sup>。耿淑儀は、統和元年(983年)に生まれ、清寧9年(1063年)に没したことが墓誌の記載からは知られるが、注目されるのは埋葬地点について「礼葬于誉州東、赤崖之北」と記していることである。耿淑儀墓の位置は明瞭であって、その結果、埋葬地点から山を挟んだ西隣に位置するウエンドルハダ古城が誉州に比定されるに至ったのである。この寂善大師墓の発見の後、ようやく誉州故城の紹介がなされるようになってきている<sup>(8)</sup>。

さて、城址は、内蒙古自治区通遼市の北部に位置する扎魯特(ジャールト)旗の巴雅爾吐胡碩蘇木(パヤルトウフシユオスム)に所在する。ジャールトは、モンゴルの族名であり、スムとは村落を指すが、巴雅爾吐(パヤルトウ)は、モンゴル語で「喜び」、胡碩(フシユオ)とは「山の端」という意味で、喜びの山の端という意味になる。ただ、1949年以前は、6軒の家屋という意味のジルガンゲールと称されていた。しかし、その後、ナーダムがこの地で開催されたことからパヤルトウと改称され、その後、2006年、東隣の烏蘭哈達蘇木(ウランハダスム)と合併、現在の巴雅爾吐胡碩蘇木へ編制されることとなった。古城は、そのパヤルトウフシユオの南に所在する、ウエンドウルハダ(温都爾哈達)の地に位置している。ウエンドウルハダとは「高い岩山」という意味を持つが、古城は、誉(豫)州城址と称される他、温都爾哈達古城と表記されることがある。古城は、1975年に発見され、1989年にもとの哲里木盟の重点文物保護単位に認定され、更に2013年には全国重点文物保護単位に昇格することとなった<sup>(9)</sup>。

### 3. 城址の概要

3.1 平面図の作成 陸地域観測技術衛星だいち(ALOS)搭載のセンサの prism の画像を用いて誉州城の

現況を表す平面図を作成した。図2が誉州城付近の衛星画像である。2010年2月15日観測データで、リモートセンシング技術センターより提供されたものである。



図2 誉州故城付近の prism の画像

画像上で城址の平面図を作成する方法を以下に述べる。

- (1)画像は1シーン縦14000、横29432点(ピクセル)で構成され、35km×73.580kmの領域をカバーしている。この画像上、左上隅を原点とした平面直角座標で城址を表す骨組を構成する点の位置を測定する。測定される座標は原点からのピクセル数で、1ピクセルの間隔は2.5mであるので、そのピクセル数に2.5mを乗じた値が座標値となる。
- (2)骨組み上の適当な2点について、Google earth 上で緯度、経度またはUTM座標を求める
- (3)(2)で求めたUTM座標と、画像上で求めた座標を標定点として骨組みの座標をUTM座標に変換する。
- (4)骨組みの点を基準として prism の画像上の城址を表す点の位置を測定して図を作成する。

測定した図を画像に上描きしたものが図3である。図4は測定値を用いて作成した誉州城址の図である。

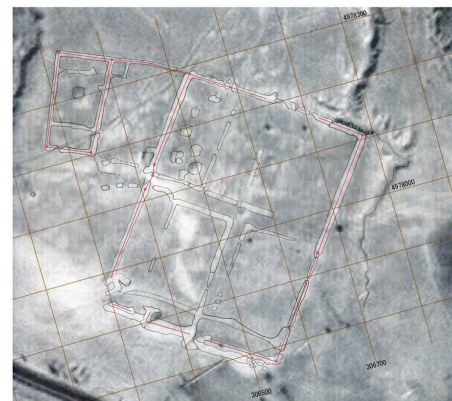


図3 prism の画像に城址の図を重ね描きした図

3.2 誉州城の規模 図5は誉州城の城壁を表す骨組み図である。主部は309m×411mで、西に主部の約4分の1の区画をそなえている。主部は壁によって区割されていたことがよみとれる。

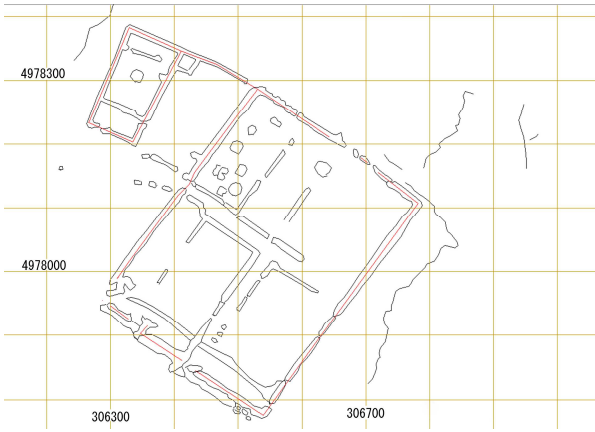


図4 營州故城の平面図



図7 東壁(北→南)

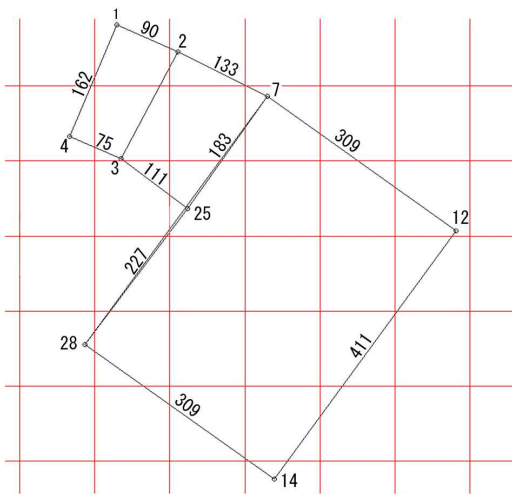


図5 營州故城骨組み図

3.3 鳥瞰図の作成 平面図に高さを加えると鳥瞰図を描くことができる。營州故城の区域内は約30m以内の高低差であるので、同一平面として概略の鳥瞰図をえがいた。図6は南方1km、高さ1kmから見た鳥瞰図である。

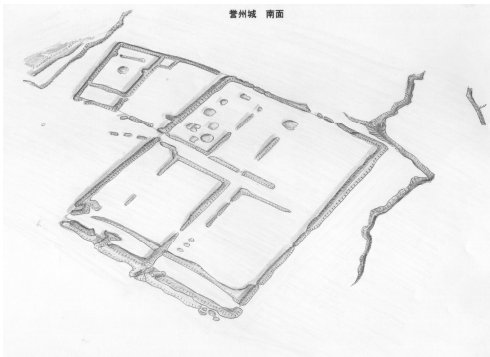


図6 營州故城の鳥瞰図

#### 4. 城郭の構造, 機能した時期

營州故城について、以前、閔洪森氏は踏査を試み、外周1460m、南、北、西、東北隅に各一門を開き、城壁の現

高0.5~1m前後、現在の基底部の幅を22~25mと報告している<sup>(10)</sup>。また、城内には我々の踏査時も建築基壇と推定されるいくつかの方形状の土地の隆起が認められた。更に閔氏等の報告によれば、古城の西北隅や東北隅の外方には建築址が確認されるとのことであるが、画像からは、西北隅外方の囲郭のみが確認される。図4に明らかなように故城は、南北中軸線がおおよそ西に30度振れている。

今回の平面図作成において、その規模を前節で主部309m×411mと記した。詳細には図5に示すように北壁309m、東壁411m、南壁309m、西壁410m、外周1439mとなる。閔氏の踏査報告に基づく数値とは約1.5%の相違があるが、実測に基づく測量図が報告されていない状況では双方の測定値にこのレベルでの相違が生ずることは許容せざるを得ないと考える。

また、城門の確認は容易ではないが、南壁、北壁それに西壁のそれぞれほぼ中央に城壁の断裂が見られる。更にその断裂部付近には、いずれも城壁外方に一部突出部が見られる。城壁上を踏査している際には気付かなかったが、或いは甕城の痕跡として理解すべきものなのかも知れない。城内の街路については城内中央に十字街、或いはT字街の存在を推定することが可能である。

西北隅に接する西方の囲郭については、北壁223m、東壁183m、南壁186m、西壁162mを測る。この囲郭については踏査しておらず、その性格については今後の調査に拠らなければならない。ただ、囲郭内左方の、その中央やや北寄りに円形の土地の隆起が見られることは注意すべきであると考え。南北に二重に囲郭された中央に位置する、その円形の隆起は、前出の閔氏等によれば現高約2.5m、直径約15mと報告され、この隆起上には大量の埴片、陶磁器片、彩釉陶器片が発見されているとのことである。埴塔址の可能性も含め、この故城西面の囲郭が寺廟

址である可能性も考慮しておきたい。

次に故城が機能した時期であるが、既に記しているように比定の拠りどころになった寂善墓誌に従うと、清寧 9 年(1063 年)の時点で既に機能していたことは明らかである。ただ、現在まで発掘が行われているわけではなく、その建城の時期を特定することはできない。城内では遺物が散見し、それら獣面瓦当、鴟尾、手紋磚など遺物の一部は、扎魯特旗博物館に収蔵され<sup>(11)</sup>、また、我々の踏査時にも、図8に示すように、遼代の遺跡中でしばしば出土する灰陶の筒瓦片が容易に発見された。しかし、これら城内から出土した遺物は遼代当時の特徴を有する理解されてはいるものの、城壁の調査がなされていない現在、時期を特定するには至らない。第2節で示したように、『遼史』地理志は、頭下州の条に横帳陳王の牧地と記している。前述した聖宗の妃寂善の逝去以前では、韓制心が知られる<sup>(12)</sup>が、現在、遼代に数人知られる陳王の検討はなされねばならない。



図8 城内で確認された筒瓦

## 5. 近郊の諸遺跡

古城の近郊には、冒頭で述べているように古城比定の根拠となった寂善大師墓が、哲北農場、別に烏日根塔拉(ウリゲンタラ)農場とも言われるが、その一分場である東北山で発見されている。ウリゲンタラとは、モンゴル語で「広々とした草原」を意味するが、大師墓所在地一帯は、大師墓のみならず、およそ2kmの範囲内で大小 200 基以上の墓葬が存在すると報告されている。大師墓そのものは盗掘に遭い、正式な報告はないが、八角形の磚室墓で、甬道左右に耳室を有することが確認されている<sup>(13)</sup>。また、1996 年の7月から9月に行われた緊急調査では、3号墓に整理される寂善墓の南で4号墓が確認され、契丹小字墓誌が出土している<sup>(14)</sup>。墓主は、報告者である楊杰氏によれば、聖宗と寂善の子である耶律宗愿の子耶律弘用とその妻蕭氏である<sup>(15)</sup>。また、その耶律宗愿については、その墓誌が扎魯特旗東隣の科爾沁右翼中旗の公安局によって、盗掘者の手から2000年5月に回収されている<sup>(16)</sup>。宗愿墓誌の釈読

を進めた盖之庸氏は、出土地不明と述べるが<sup>(17)</sup>、ウリゲンタラより出土したとの伝聞情報も一部残されており<sup>(18)</sup>、また、何に拠ったか不明だが、耶律宗愿墓がその母寂善と同じ墓域に所在していたことを直截的に記す記述も確認される<sup>(19)</sup>。更に、国道 304 号線沿いでは、20 数基の遼墓群が発見されており、304 号線の整備に伴う過程で多くが破壊されてしまっている。そこで、扎魯特旗文物管理所の支援の下、内蒙古考古研究所、通遼市博物館が緊急発掘を進めたのだが、その報告によれば、營州の南 15 kmに所在するこれらの墓群は、発掘された4基の墓葬から中級の貴族墓である可能性が指摘されている<sup>(20)</sup>。その他、これら墓群から出土した鍍金銀面具、鍍金鳳冠、銀製の刀子などの遺物について報告がなされているが、その報文には、いずれも盗掘によることが記されている<sup>(21)</sup>。これらから、1995 年の寂善墓の盗掘前後から、少なくとも数年間、当該地域一帯で盗掘が盛んに行われていたことが推測される。その他、營州故城の東方 40km、扎魯特旗の中心である魯北からは東北 45kmの嘎亥図鎮の金門山では、山内に3カ所の遼代の墓葬と、それらの墓葬の更に外方の広い地域にはやはり遼墓が分散して発見されている<sup>(22)</sup>。

また、墓葬以外には、巴雅爾吐胡碩蘇木の四家子嘎查で、青色磚、布紋瓦、灰色陶器片を出土する遼代の古城が1カ所発見されている。現地の農民は金羅城と称しているとのことであるが、詳細は知りえない<sup>(23)</sup>。更に、同じ巴雅爾吐胡碩蘇木の梨樹溝で遼代の寺院址が発見され、1987年に扎魯特旗の、次いで1996年には哲里木盟の重点文物保護単位に認定されたが<sup>(24)</sup>、金羅城、梨樹溝の寺院址のいずれも報告は発表されていない。

## 6. 終わりに

今回、本小稿で報告を行った營州故城は、牧地に設けられた頭下州城の位置が特定された貴重な事例である。『遼史』地理志が掲げる16カ所の頭下州のうち、牧地に築く事例は以下の諸城である<sup>(25)</sup>。

表1 牧地に造営された州城

州名	建城に関する記載	戸数	位置情報
營(豫)州	横帳陳王牧地	500	上京の北 300 里
遂州	南王府五帳放牧于此	500	上京の東南 1000 里 檀州の西 200 里
豊州	遥輦氏僧隱牧地	500	上京の南 350 里
閭州	羅古王牧地	1000	上京の東南 950 里 遼州の西 130 里
松山州	横帳普古王牧地	500	上京の南 170 里
寧州	横帳管寧王放牧地	300	上京の東北 350 里 豫州の東 80 里

これらの諸州城について、前述の馮氏は、既に紹介した論考中で豊州城址を翁牛特旗烏丹鎮東北の遼代の遺跡

に当てる以外、いずれも古城址の比定を試みている<sup>(26)</sup>。これらの州城は表1に示したように地理情報に乏しく、考察も大きく進捗しておらず、また、馮氏の論考発表後に発見された寂善大師墓によって營州の位置が確定した現在、寧州についてもその位置の再検討はなされねばならないが、營州、寧州を除く他の諸州城が当てられる諸古城、遺跡を整理すると以下の通りとなる。

表2 牧地に建城された州城比定地

州名	比定される古城等	概況:外周,構成要素等	註
遼州	遼寧省彰武県四合城 郷土城子村古城	一部損壊,東西現420m, 南北現210m	①
閭州	遼寧省阜新県十家子 郷焼鍋屯古城	外周1300m,布紋板瓦, 陶磁器片が散布	②
松山州	内モンゴル右旗白音 查干郷布敦花村古城	外周2210m,内外重城. 甕城	③
豊州	内モンゴル牛旗烏丹 東北の遼代遺跡	瓦片,陶磁器片の散布が 見られる.	④

[註]

- ①張春宇,劉俊玉,孫杰『彰武県文物志』(遼寧民族出版社,1996年)全415頁,孫杰,高慶昇「阜新地区遼代古城考」(『阜新師專學報』1992-2)23~29頁  
 ②李宇峰「阜新地区遼代古城址」(『遼金契丹女真史研究』1987-1)29~32頁,孫杰,高慶昇「阜新地区遼代古城考」(『阜新師專學報』1992-2)23~29頁  
 ③韓仁信『遼代城址探源(巴林右旗文史資料第六輯)』(遠方出版社,2003年)全139頁  
 ④馮永謙「遼代十六頭下州地理考」(『遼海文物學刊』1988-1)79~98頁

表2に掲げられるように、これらの州城のうち、豊、松山2州は内蒙古自治区に所在し、遼、閭2州は遼寧省西部の蒙古族自治県である阜新県とその隣接する彰武県に位置している。營州古城址の所在する科爾沁地区とも一部重なる西遼河の流域では、遼代200年間にあっても、或いは、現在と比較しても植生が異なるとの理解も呈されており<sup>(27)</sup>、現在の自然景観から城郭造営時のそれとを直ちに結びつけることはできない。しかし、現在、これらの州城比定地が人口の稠密な地域でないことについては共通している。従来、遼代の州県城が、その外周によって階梯的に分類出来ることは早くから指摘されてきた<sup>(28)</sup>。近年では特に内蒙古自治区東南部の遼代の城郭を総観した畢頭忠氏は、多くの県城の外周が1500m前後に集中していること<sup>(29)</sup>、また、王曉琨氏は県城が1500mを越えることは数例見られるものの、大多数は1500m以下であることを述べている<sup>(30)</sup>。諸説様々な理解がなされるが、外周1500mを下回る方形城郭が、基本的に県城に相当することについては諸説におおよそ異論がない。表1に示すように、地理志に従うと閭州のみが1000戸の住民を抱えてはいるが、他の諸城は同じく

300~500戸と極めて少ない。これは城郭周囲の可耕地が限定されていた可能性が一因として推測される。『遼史』に記された戸数が建城時のものであるかどうかは今後の調査に待たねばならないが、牧地に建設された州城が、立地の異なる他の地域の州城に比較し狭少であることは十分に考えられる。

その他、州名比定の根拠となった寂善墓誌中の記載に「赤崖の北」との記載が見られるのは既に記している通りである。扎魯特旗のモンゴル語地名については、近年、その地域の特徴に着目した論考が発表され、同地のモンゴル語の地名が、16世紀半ば、明の嘉靖年間以降という比較的新しい時期のものとする指摘がなされている<sup>(31)</sup>。しかし、現在の巴雅爾吐胡碩蘇木の中心である巴雅爾吐胡碩鎮の西に營州故城が所在すること、現在の巴雅爾吐胡碩蘇木の東部がもとの烏蘭哈達蘇木であり、その烏蘭哈達(ウランハダ)がモンゴル語では、赤い岩山であることを考えれば、勿論、後代、変わらぬ自然景観の特徴に従って命名された地名が、結果的に前代のものと一致する場合も考えられるが、また同時に、墓誌に記された地名が現在にまで継続する可能性も指摘される。

最後に、ここに付記したいのは、目下、やはり位置が不明瞭である寧州についてである。『遼史』地理志は、寧州について、「本大賀氏勒得山、横帳管寧王放牧地。在豫州東八十里、西南至上京三百五十里。戸三百。」と記している<sup>(32)</sup>。この記載に従うならば、寧州は營州の東80里に位置する。そこで、營州故城の東方一帯、直線にして八十里、おおよそ40~45kmを最遠とする範囲を地図上で確認すると<sup>(33)</sup>、現在の扎魯特旗嘎亥図鎮の北部一帯、塔拉宝力皋蘇木南部一帯となる。従って、寧州は、その西方に候補地を求めると考える。前節で紹介した遼代の墓葬が複数確認される金門山は、おおよそその条件とは齟齬しない。筆者は、衛星画像中に目下、明瞭な圍郭を見出さないが、金門山周囲一帯に寧州故城の候補地が求められるのではないかと考えている。

以上、2012年度の踏査結果に基づき、遼代營州故城、ウェンドルハダ古城について報告を進めて来た。踏査に費やせた僅かな時間では、城門を始め、城郭の構成要素について新たに報告することはできないが、城郭の四周と城外の遺跡の現況について報告を試みた。また、併せて、目下、扎魯特旗政府が、古城一帯の地域を観光基地化し、観光客の誘致に努めていることもあり<sup>(34)</sup>、同古城が、形を変えた観光資源として整備される以前の状況をここに示しておきたいと考える。

## 付記

本論考は、高橋学而「遊牧民社会に於ける都市の出現と社会変容についての考古学的追究—契丹を事例に」(『日本学術振興会平成29年度(2017年度)科学研究費補助金:奨励研究)による成果の一部である。



## 謝辞

リモートセンシング技術センター提供の prism 画像は平成 24 年度神戸高専共同研究費(研究助成)「内蒙古東部および遼寧省における 10-16 世紀の都城遺跡と窯業遺跡の総合的研究」(町田吉隆, 中尾幸一)により購入したデータを利用した。記して謝意を表す。

## 参考文献及び註

- (1) 高橋学而「2012 年度内蒙古自治区東部遼金代遺跡踏査記—興安盟を中心に—」(『遼金西夏史研究会ニューズレター』第 6 号, 2014 年)26~37 頁
- (2) 『遼史』卷三十七・志第七・地理志一・上京道
- (3) 松井等「満洲に於ける遼の疆域」(『満洲歴史地理』第二卷, 南満洲鉄道株式会社, 1911 年)1~108 頁
- (4) 張博泉, 蘇金源, 董玉瑛『東北歴代疆域史』(吉林人民出版社, 1981 年)全 324 頁
- (5) 馮永謙「遼代頭下州探索」(『北方文物』1986-4)80~85 頁
- (6) 馮永謙「遼志十六頭下州地理考」(『遼海文物学刊』1988-1)79~98 頁
- (7) 郝維彬「遼《故聖宗皇帝淑儀贈寂善大師墓誌銘》考, 釈」(『哲里木盟博物館館刊』第 4 号, 1996 年)69~74 頁  
郝維彬「遼《故聖宗皇帝淑儀贈寂善大師墓誌銘》考釈」(『内蒙古文物考古文集』, 中国大百科全書, 1997 年)537~543 頁, 郝維彬「遼《故聖宗皇帝淑儀贈寂善大師墓誌銘》考釈」(『考古学集刊』第 14 集, 2004 年)433~440 頁
- (8) 閔洪森「扎魯特旗豫州城遺址」(『通遼文化遺産』, 文物出版社, 2014 年)144~147 頁, 等
- (9) 郭洪申, 劉浩森「扎魯特旗 2 处文物遺址晋升為“国字号”」(『内蒙古日報』2013 年 5 月 30 日)
- (10) 註(8)及び張立軍, 徐長春『神奇科爾沁』(内蒙古人民出版社, 2006 年)全 224 頁
- (11) 註(1)に同じ。
- (12) 『遼史』卷八十二・列伝第十二・耶律隆運, 等
- (13) 閔洪森「扎魯特旗寂善大師墓」(『通遼文化遺産』, 文物出版社, 2014 年)188~189 頁, 等
- (14) 陳乃雄, 楊杰「烏日根塔拉遼墓出土的契丹墓誌銘考釈」(『西北民族研究』1992-2)72~90 頁
- (15) 楊杰「烏日根塔拉遼墓出土的契丹墓誌銘考再考」(『西北民族研究』2003-4)68~70 頁
- (16) 趙彦昌, 王紅娟「遼代石刻档案研究」(『遼金歴史与考古』第 2 輯, 2010 年)343~372 頁
- (17) 盖之庸「遼耶律宗愿墓誌考釈」(『中国歴史文物』2002-3)49~57 頁, 王昕「遼耶律宗愿墓誌釈文商榷」(『中国歴史文物』2004-5)77~81 頁
- (18) 註(1)に同じ。
- (19) 郝維彬「《科爾沁歴史珍宝展》展覽大綱」(『科爾沁博物館館刊』2005-1)17~23 頁
- (20) 賁鶴齡, 王崇存, 哈日乎「内蒙古扎魯特旗哲北遼代墓葬群」(『北方文物』2002-4)30~31 頁, 色音, 姜為民,

- 賁鶴齡「内蒙古扎魯特旗哲北遼代墓葬群」(『科爾沁博物館館刊』2005-1)14~15 頁
- (21) 武雄琴, 李鉄軍「扎魯特旗出土遼代器物」(『内蒙古文物考古』2001-2)96~97 頁
- (22) 註(10), 等
- (23) 註(1). 2012 年度訪問時の扎魯特旗博物館展示のパネル資料による。
- (24) 通遼市文化局「通遼市各級重点文物保護單位名單」(『科爾沁博物館館刊』2005-1)1~2 頁
- (25) 註(2)に同じ。
- (26) 註(6)に同じ。
- (27) 郭紹礼「西遼河流域沙漠化土地的形成和演變」(『資源科学』1980-4)46~52 頁, 王守春「10 世紀末西遼河流域沙漠化的突進及其原因」(『中国沙漠』2000-3)238~242 頁, 韓茂莉「遼代西遼河流域氣候变化及其環境特徵」(『地理科学』2004-5)550~556 頁, 等。
- (28) 吉林省考古研究室, 吉林省文物考古工作隊「統一的多民族国家的歴史見証—吉林省文物考古工作三十年的主要収獲」(『文物考古工作三十年』, 1981 年)100~112 頁, 李逸友「遼代城郭宮建制度初探」(『遼金史論集』第三輯, 書目文献出版社, 1987 年)45~94 頁, 高橋学而「中国東北地方に於ける遼代州県城—その平面構造, 規模を中心として—」(『東アジアの考古と歴史』: 岡崎敬先生退官記念論集上巻, 同朋社, 1987 年)279~324 頁
- (29) 畢顯忠「内蒙古東南部遼代城址分類举例」(『東北史地』2009-2)76~81 頁
- (30) 王曉琨「内蒙古東南部遼代城址的分佈及類型研究」(徐光輝編『東北アジア古代文化論叢』, 北九州中国書店, 2008 年)299~323 頁, 王曉琨「内蒙古東南部遼代城址的分類及研究初識」(『北方民族考古』第一輯, 2014 年)287~314 頁
- (31) 斯琴朝克因, 烏蘭因雅「内蒙古農牧交錯地帯地名特徵浅析—以扎魯特旗為例」(『内蒙古林業科技』2011-1)40~44 頁
- (32) 註(2)に同じ。
- (33) 遼代の 1 里の長さについては諸説見解の統一をみておらず, おおよそ 500~560m の範囲で様々な理解が呈されている。近年の論考としては, 于学双「遼里長度析」(『松州学刊』2010-6)49~51 頁が挙げられる。
- (34) 扎魯特旗旅游局局長白乙拉「讓特色旅游成爲通遼市独具魅力的朝陽産業」(『通遼日報』2011 年 5 月 3 日), 劉楊「通遼市旅游發展現狀及旅游線路設計」(『才智』2015-1)5~7 頁

## 補註

1. 図 1 は高橋作図による。
2. 図 2 はリモートセンシング技術センター提供による。
3. 図 3.4.5.6 は中尾作図による。
4. 図 7.8 は高橋撮影 (2012 年 8 月) による。
5. 表 1.2 は高橋作成による。

## 契丹陶磁の「周縁性」に関する検討（5）

### —北京龍泉務窯の発展をめぐって—

町田吉隆\*

Examining on the Border Character of the Kitai Pottery in China(5)  
: To relate with the development of the LongQuanWu Kiln-Site in Beijing

Yoshitaka MACHIDA\*

#### ABSTRACT

We are able to find out an archaic style in the Kitai(契丹)Pottery. These styles are similar to the pottery in the Tang(唐)Dynasty rather than the pottery in the Northern Sung(北宋)Dynasty of the same era(A.D.10-12c). In other words, the style of the Kitai pottery is the border character. This paper will survey the LongQuanWu kiln-site(龍泉務窯) in Beijing. the LongQuanWu kiln-site is most important kiln-site in the Kitai Pottery. It's learned that the LongQuanWu kiln-site undergoes influence of the Xing Yao(邢窯) and the Ding Yao(定窯) in Hebei(河北). However, those influential relations also exist in the part just resemblance is difficult to say where. We will consider about a change in the structure of the tool and the kiln used for production here.

*Keywords* : pottery, Kitai(契丹), the LongQuanWu kiln-site(龍泉務窯), China, history

#### 1. はじめに

10世紀初めから12世紀初めにかけて華北の一部を含む北東アジアから内陸アジアにまたがる領域を支配した契丹国（遼朝，以下，契丹国と表記）の陶磁器のうち，その領域内で生産された陶磁器を，ここでは「契丹陶磁」と規定する。

契丹国の陶磁器には古風な特徴があることが指摘されている。それは10世紀から12世紀にかけて生産されたものであるにもかかわらず，むしろ唐代の陶磁器に類似しており，同時代の北宋時代の陶磁器とは異なる様式であることを意味する。そして，それはしばしば中心文化が地方へと波及する時差により遅れることを意味する「周縁性」として説明されてきた<sup>(1)および(2)</sup>。

筆者はその「周縁性」について，

①唐代に盛行した器種（form）である「唾壺」や「陶枕」などが契丹陶磁にも見られるが，前時代の唐代とも，同時代の北宋時代とも異なる点が多いこと。

②低下度鉛釉陶器の技法は唐代の中原地域（陝西省・

\*一般科教授

河南省）の陶磁窯の影響を受けていることは間違いないが，その直接的な継承関係は器種や技法でも跡づけることは現時点では難しく，今後の検討を要すること。

③契丹陶磁を生産した陶磁窯は契丹国（遼朝）の都城造営に関連して，「官窯」的な性格を持っていたと推定されてきたが，必ずしも都城や州県城の造営・立地にもなつて発展した「官窯」ではなく，陶磁器の需要や購買層の成立により発展した陶磁窯の存在が先行し，「官窯」としての性格は二次的なものであったと思われること。

などから，契丹陶磁が周縁的な性格を有することは認めつつ，その「周縁性」には多様な要素が含まれることを指摘した<sup>(2)</sup>。

本稿では，契丹国の支配領域の南にあった邢窯と定窯との関係について考察する。両窯はすでに唐代，華北の名窯と呼ばれていたが，陶磁器生産において具体的にどのような影響を受けたのか，その検討を通じて，「周縁性」の多様な側面について考察する。



図1. 10-12世紀における河北の陶磁窯址  
(大阪市立東洋陶磁美術館『定窯—優雅なる白の世界 窯址発掘成果展』, 2013 所載地図より加工・転載)

## 2. 邢窯

### 2.1 窯址調査の概要

邢窯は河北省邢台市管轄の内丘県および臨城県管内に点在する窯址群である。1987-91年間の調査では両県にまたがる南北約30km, 東西約10kmの範囲に21箇所の窯址が確認されている。内丘県は隋代(内邱)以降, 臨城県は唐代以降, 河北西路の邢州に属していた。また両県から約30km南に離れた邢台市西堅固村からも6世紀北朝時代とされる窯址が確認されており, また臨城県山下村では12世紀金代に生産していた保存状況のよい窯炉が発掘された。1987-91年に行われた内丘県城関村と臨城県祁村の調査に基づいて整理する<sup>(3)</sup>。

(3)

### 2.2 陶磁器生産の時期区分

#### ① 第一期：隋代・6世紀末～7世紀初

粗製の白磁が多く, 青磁や黄釉磁, 精緻な白磁が見られるほかは鉄釉を用いた例は少ない。薄胎の白磁の中には二度焼成したのものがある。二度目に緑釉で文様を描いたものを低温焼成している。窯具としては三葉型の支釘(トチン), 匣鉢(サヤ)以外に窯柱(支台)を使用している。

#### ② 第二期：唐代前期・7世紀初～8世紀初

粗製の白磁を主として, 黄釉磁と鉄釉を用いた陶磁器が増加する。一方, 青磁の数量は第一期に比べ減少している。白磁と黄釉磁は胎土の上に白化粧土(スリップ)を施している。三彩や陶俑など中原(河南省・陝西省)の陶磁器窯で用いられた技法や器種が出現し

ている。

支釘(トチン)は三葉型から丸みを帯びた三角形平板に変容している。

#### ③ 第三期：唐代中期・7世紀末～9世紀初

内丘県城関村と臨城県祁村双方において堆積層が最も厚く, 邢窯の最盛期に当たる。調査地点が増えればより細かい編年を作成することも可能という。精緻な白磁, 粗製白磁, 鉄釉系統, 黄釉系統, 三彩など多様な技法を用い, 器種も最も多様である。陶俑に加え, ミニチュアの動物玩具も作られている。また飲茶器, 急須(執壺)や浅碗(盞)および茶托(盞托)も多く出土している。窯具は窯柱と支釘(トチン)に加え, ささまざまな器種に合わせた匣鉢(サヤ)が用いられた。これらの匣鉢(サヤ)の中には薄く成形されたものがあり, 窯炉内の空間を有効に利用して, 一度の窯入れで多種大量の陶磁器を生産しようとした志向がうかがえるという。

#### ④ 第四期：唐代後期・9世紀～10世紀初

臨城県祁村の窯址からのみ確認できる。白磁と鉄釉系が多く, 黄釉や青磁は数量が少なくなり, 精緻な白磁はほとんど見られない。原因としてすぐれたカオリン土が減少したとも, 粗製の白磁においても器面装飾を十分に施すことで, 需要を満たそうとしたとも考えられるという。薄壁の匣鉢(サヤ)は依然使用されているが, 支釘(トチン)は変化して六角など多角形の薄い円盤状に変化した。

#### ⑤ 第五期：五代・10世紀前半

この層も臨城県祁村の窯址からのみ確認できる。白磁が主体で, 鉄釉を用いた黒褐色の陶磁器がこれに次ぐ。碗類を筒型匣鉢(サヤ)に重ねて焼成する例が増え, 生産量は増大しているが, 精緻な白磁は少なくなっている。白磁も第四期に続き, クリーム色を呈する釉色が増え, 日常雑器としての碗などが作られていたようだ。また瓶類が器種(form)に占める比率が増え, その器型(type)も多様であるという。窯具については④と同じく円盤状の支釘(トチン)も筒型匣鉢(サヤ)と共に用いられている。

### 2.3 窯炉の構造

窯炉の残存状況は城関村より臨城県祁村遺跡の方がよく, 北区で3基, 南区で1基が発掘されている。

北区1号窯炉(Y1)の燃烧室はほぼ三角形で東西方向の幅2m, 南北方向の長さ1.05mで深さは2.26mで, 磚と匣鉢で壁を作り, 底には草木灰の堆積が見られる。窯室は長さ3.5m, 幅約2.20~3.05mの台形で, 後述の定窯饅頭窯の窯室が文字通り偏円形に近いのに対し, 方形縦長である。窯床の堆積物には草木灰の堆積が見られる。煙突は東西方向に0.82m離して2本設けられていた。1号窯炉は第五期, つまり五代・10世紀前半に稼働していたとされる。他の3基の窯炉は第四期, 唐代後期・9世紀から10世紀初の遺構に比定されてい

るが、窯室の長さが約3mと短く、幅も2m前後で、形状はより長方形に近い。第五期の大量生産志向は窯炉の形態変化にも現れていたとみなすことができよう。

### 3. 定窯

#### 3.1 窯址調査の概要

定窯は河北省保定市管轄の曲陽県管内に3箇所の窯址が確認されている。同地域は唐代には河北道定州恒陽県、北宋、金代には河北西路の曲陽県に属していた。

窯址の調査は1950年代に表面採集調査が、1960-62年に河北省文化局による潤磁村での試掘調査が1985-87年に河北省文物研究所により潤磁村、北鎮村、野北村、燕川村での発掘調査が行われた。最も新しい調査は2009-10年に河北省文物研究所、北京大学、曲陽県文物保管所による潤磁村、北鎮村、燕川村の6箇所での発掘調査である。ただし、これら一連の調査については簡潔な報告書のみしか公開されていない。

ここでは2009-10年調査の窯址発掘成果展での報告内容に基づいて整理する<sup>(4)</sup>。

#### 3.2 陶磁器生産の時期区分

潤磁村の遺跡は陶磁器の破片が堆積した潤磁嶺区を中心とする。これは唐代後期9世紀後半に生産を開始した北鎮村より遅れ、10世紀以降、唐末、五代の時期に生産を始めたと思定される。通天河に面した低地から西側丘陵地に窯場が移動したと考えられる。

定窯遺跡の指標となる潤磁嶺区から判明する陶磁器生産は以下の6期に区分することができるという。

##### ①第一期前半：唐末・五代10世紀前半

出土陶片のうち、精緻な白磁が約45%、酸化焼成による青黄色釉磁器が約半分である。窯具としては三葉型の支釘（トチン）と高級器と思われる白磁は匣鉢（サヤ）に格納して焼成していた。

##### ②第一期後半：北宋初期・10世紀後半～11世紀初

出土陶片のうち、精緻な白磁が90%以上を占める。鉄釉を用いた黒釉や醬色釉の陶磁器が少数出土する。窯具は前半と同じである。生産された器種は碗、鉢、水注などを網羅しているが、器下部が碗の高台も含め、精緻な白磁でも無釉な点が第一期前半とは異なる。

##### ③第二期：北宋中期・11世紀初～11世紀末

精緻な白磁が出土陶片の95%以上を占めるが、鉄釉系の碗や浅碗（盞）、瓶の数量は増加している。窯具には匣鉢（サヤ）が用いられ、碗や皿（碟）、大皿（盤）を重ねて匣鉢（サヤ）に納めて焼成するため、口縁部の釉薬を削いだ例が見られる。また円盤上の窯具（支圈）に碗などを伏焼するために口縁部が無釉の陶磁器も見られる。細線で彫った器面装飾も増加する。

##### ④第三期：北宋晩期11世紀末から1127年北宋滅亡

精緻な白磁陶片が約88%、白化粧土を施した分厚い白磁が約3.6%、鉄釉系が約8%含まれる。釉色は青みを帯びた白からクリーム色の白に変わり、酸化焼成が

主流になった。また器面に装飾を施した器が約4割を占める。窯具には円環状の支圈に碗を伏せて、複数の碗と支圈を一つの匣鉢（サヤ）に納めて焼成する大量生産が始まった。また青銅器を模した器や器面に装飾を施した如意頭形の上面を持つ陶枕など他の時期に見られない陶片も出土している。

##### ⑤ 第四期前半：金初期・1127年～12世紀半

最も堆積層が厚い、つまり生産量が多かった時期である。精緻な白磁が出土陶片の90%近くを占める。釉色や成形の水準が第三期以前より劣るとされる。装飾技法には印花（型押し）が増える。精緻な白磁にあってもほとんどが口縁部に釉がかからない芒口となり、円環状の支圈と匣鉢（サヤ）を利用している。それ以外には碗や皿（碟）の器内面を同心円状に釉を剥いで仰向け重ねに焼成する大量生産の技法も用いられており、同じ窯場で製品のクラスに応じて異なる方法を採用していた。

##### ⑥ 第四期後半：金後期・12世紀半ば～13世紀初

精緻な鉄釉を用いた黒褐色の陶磁器が約7%、残りは精緻な白磁である。⑤の時期と大きな違いは無いが、全体のうち、器面装飾のないものが約80%、線彫り装飾が約11.2%、印花（型押し）が約8%で、印花（型押し）の比率が最も増える。このような技法の合理化、簡便化の一方、この時期においても龍文のある碗や盤の底面裏に「東宮」と記す例も多く、金朝の宮廷用の陶磁器をこの時期においても生産していたことがわかる。

#### 3.3 窯炉の構造

窯炉や工房などの生産施設は以前の発掘調査においても発見されているが、比較的保存状態のよい第一期前半期の窯炉と第四期の窯炉が出土している。前者、つまり五代の時期のそれは長さ5.84m、幅4.72mの馬蹄型饅頭窯で窯門、燃焼室、窯室、煙突、保護壁に作業場を備えていた。後者、つまり金代の窯炉は窯室が幅4.2mのほぼ円形の窯室を持つ饅頭窯である。通風道や煙道壁などが設けられ改良の痕がうかがわれる。金代以降の窯炉において燃焼室が大きくなっているのは、床面に堆積している燃焼した石炭滓から、燃料が柴薪から石炭に変化したためと考えられる。第一期前半期に用いられていた柴薪がいつ頃から用いられなくなったかについては、精緻な白磁の釉色に変化が生じた第三期が想定される。薪木燃料では比較的容易であった還元焰焼成が難しくなり、器表釉薬内に含まれる酸化物が釉色を変えたと考えられるからである。

### 4. 北京龍泉務窯

#### 4.1 窯址調査の概要

北京龍泉務窯（以下、龍泉務窯）は北京市門頭溝区龍泉務村の永定河西岸に窯址が確認され、1990-94年に永定河の川岸から東西方向約240m、南北方向約150m

の範囲を調査区域として発掘調査が行われた<sup>(5)</sup>。この地域は唐代至徳年間に広平県が置かれ、五代には玉河県と改称され、契丹国が燕雲十六州を得た後にはその県名のまま南京析津府に属した。

#### 4.2 陶磁器生産の時期区分

##### ①第一期：契丹国前期 10世紀前半～11世紀前半

白磁が多く、器壁は分厚いが、白化粧土(スリップ)は施されていない。釉色に青灰色を帯びるものがあり、唐末、五代時期の定窯に類似するところがあるという(3.2①項参照)。器種は大皿(盆)、碗も大ぶりなものが多く、小型の作例の比率は低い。堆積層はかなり厚く、窯具としては碗型の匣鉢(サヤ)や窯柱、円盤状の墊餅(ハマ)などが用いられていたが、三葉型や三角状の支釘(トチン)は出土していない。

##### ② 第二期：契丹国中期・11世紀半

さまざまな器種が作られるようになり、また線彫り、型押しなど器面の装飾技法が多様になった。陶片は白磁が圧倒的に多いが、胎土は第一期に比べ、細かく精錬され、白化粧土(スリップ)も施されていない。また黄釉、黒釉など鉄釉系や銅を呈色剤とする緑釉が生産されるようになり、いわゆる「遼三彩」の方形小皿や動物のミニチュアが出土している。窯具は第一期の種類に加え、三葉型の支釘(トチン)が使用されている。堆積層から出土した銅銭のうち、最も新しいものが北宋の「嘉祐通宝」(嘉祐 1056-63)であるところから、この時期の下限が11世紀後半の早い時期にあったと推定されている。

##### ③ 第三期：契丹国後期から金初期・11世紀後半～12世紀前半

白磁の碗や大皿(盤)などの中には高台だけでなく口縁部まで無釉の例が見られるが、胎土は灰白色で粗いものの白化粧土(スリップ)は施されていない。白磁の釉は厚くかけられ、器面はなめらかである。三彩は器種が増え、菩薩像などの仏像は龍泉務窯の代表的な作例である。窯具は第二期と同じ種類で、三葉型の支釘(トチン)も使用されている。北宋の「宣和通宝」(宣和 1119-25)より新しい銅銭は出土していないため、下限は12世紀前半と推定される。

##### ④ 第四期：金・12世紀

皿(碟)、大皿(盤)が数多く出土するが、それ以前に特徴的な器型(type)であった輪花形(蓮瓣口、荷葉口)は消える。また緑釉や黄釉はほとんどなくなり、鉄釉系統の黒褐色の釉薬もしくは白釉のモノクロームの釉薬が主流になった。いずれも白化粧土(スリップ)は施されていない。窯具としては三葉型の支釘(トチン)がなお用いられているほか、漏斗状の匣鉢(サヤ)の上に碗を重ねて伏焼する技法が用いられた。金の「大定通宝」(大定 1161-89)が出土銅銭の下限である。

#### 4.3 窯炉の構造

発掘調査の結果、第一期2基、第二期3基、第三期5基、第四期3基の窯炉が発掘調査された。すべて饅頭窯である。第一期1号炉(Y1)は全長3.1m、幅約1.5m、第二期13号炉(Y13)は全長5.5m、幅5.8m、第三期9号炉(Y9)は全長6.4m、幅3.3m、第四期6号炉(Y6)は残存長約5m、残存幅約2.2mである。窯室の形態は1号炉(Y1)は楕円形で、第二期13号炉(Y13)、第三期2号炉(Y2)、第四期6号炉(Y6)とも方形に組まれている。

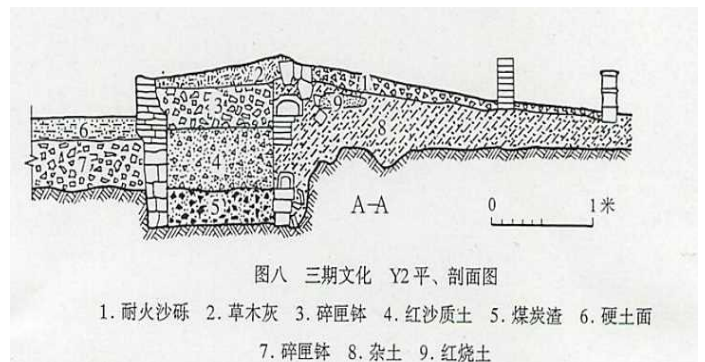
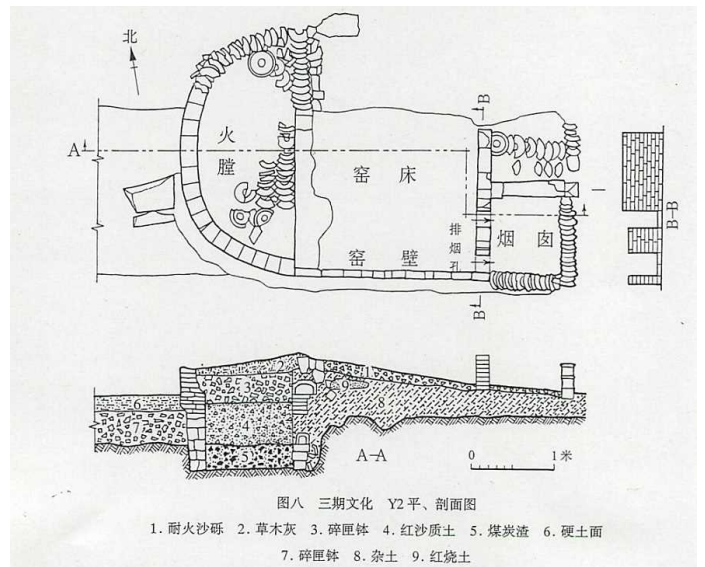


図2. 龍泉務窯 第三期2号炉の実測図および同断面部分の拡大図(参考文献(5) p.48 所載図を転載)

第三期2号炉(Y2)の燃焼室では最下層には燃焼した石炭の残留物の層があるが、その上には砂質土、さらに破碎した匣鉢(サヤ)の破片が充填され、最上層に草木灰の層がある。第二期13号炉(Y13)、第四期6号炉(Y6)の燃焼室には草木灰のみが充填されていたことが報告されている。また2号炉(Y2)と同じく第三期9号炉(Y9)の燃焼室内部には木炭が焼結し、堅い層を形成していること、炭と草木灰が4cmの厚さで堆積していた。つまり、龍泉務窯の窯炉では11世紀後半に一旦、石炭燃料を使用した例はあったものの、その焼成方法は普及せず、再び柴薪燃料を使用するようになったと考えられる。その理由を現時点で絞るこ

とは難しいが、石炭燃料による焼成では生産される陶磁器の品質に問題が生じたのではないかと思われる。石炭燃料は火炎が短く、また還元焰焼成が難しいという特色がある。このような点も関係していたのではないかと考えられる。

## 5. 北京龍泉務窯と邢窯・定窯

### 5.1 契丹国の徙民政策

契丹国が建国直後から支配下に入った他の民族を政治的、経済的な理由によって移住させたことは広く知られている<sup>(6)</sup>。後晋より「燕雲十六州」を獲得した938年以降はその経済的振興のために現在の河北、山西、山東など華北に居住していた漢族が徙民の対象となった。ことに燕州は南京析津府として五京に格上げされ、その郊外に位置することになる龍泉務窯の創焼には河北諸窯の影響があったと想定される。

第二代皇帝の太宗・耶律堯骨は皇太子時代の921年に河北を南下、攻撃し、定窯のあった定州においても住民を略取している<sup>(7)</sup>。また946年に離反を理由に後晋を攻撃し、一時はその首都があった現河南省の開封を占領した<sup>(8)</sup>。その過程で邢窯のあった邢州も占領、略奪を受けている。各々の陶磁窯の工人も契丹国に移住させられたであろう。

951年に後周がほぼ華北を統合し、また960年に北宋が成立すると、このような住民略取は容易ではなくなった。1004年、聖宗・耶律文殊奴は南下を開始し、深州などと共に、邢州を攻略しているが<sup>(9)</sup>、このときは定州を含む河北西路で北宋が防衛し、結果、黄河河畔で対峙した両国は澶淵の盟を結ぶことになる。以降、12世紀初めまで両国間に大規模な武力衝突は起こらないので、平和的な移住を除けば、華北からの組織的な徙民は絶えたと思われる。

龍泉務窯が邢窯、定窯から工人の移動によって影響を受けたと考えられるのは、11世紀初めの聖宗侵攻時にはすでに邢窯の活動が衰退していたので、10世紀、つまり龍泉務窯の第一期にあたる時期になる。

### 5.2 邢窯・定窯との類似点

龍泉務窯はしばしば「倣定窯」として、定窯と同様の陶磁器を焼成、ある意味において模倣しようとしていたと表現される。たとえば白磁の方形皿（碟）などは定窯のそれと非常に類似している。契丹国時代の副葬品にしばしば含まれるので、この小型の浅い皿が広く好まれていたことがわかる。つまり需要の高い器種であったため、輸入される定窯産品だけでなく、龍泉務窯でも作られたのであろう。

皮囊壺は遊牧民が用いる皮袋の形を模した器種として契丹陶磁にさまざまな器型が見られるが、唐代後期の邢窯においても生産されていた<sup>(10)</sup>。契丹国時代の龍泉務窯や赤峰缸瓦窯よりも先行するだけでなく、器面装飾においても完成した形で出現しており、初期の契

丹陶磁が邢窯の影響を受けたであろうことは間違いない。

### 5.3 邢窯・定窯との相違点

龍泉務窯が両窯と異なる点も存在する。たとえば窯具の支釘（トチン）であるが、邢窯においても定窯においても唐代においては三葉型の支釘（トチン）が用いられていたが、次第に三角型や円盤状の支釘（トチン）が出現し、その形態は変化していく。一方、龍泉務窯では第四期、つまり12世紀金代になっても三葉型の支釘（トチン）が見られる。



図3. 龍泉務窯 第二期文化出土の方形小型角皿の型押し具（方碟印花模）

（参考文献(5) 彩版 p.3 所載図を転載）

一方、窯炉に関しては邢窯・定窯とも唐代後期10世紀の段階では窯室はやや細長い方形である。面積・容積も五代10世紀以降に比べると狭く小さかった。龍泉務窯は第一期10世紀の段階で窯室は楕円形であり、第二期11世紀半ばには面積・容積も大きくなり、同時代の定窯と比べてほぼ同じかむしろ大きい。饅頭窯は窯室内に格納した陶磁器を均一に焼成するために窯室の面積・容積も限りなく広く大きくすることは難しい。その意味では龍泉務窯では第二期においてすでに窯炉の形態は完成していたと見てよいだろう。

定窯では第三期11世紀末には燃焼室で用いる燃料が柴薪から石炭へと転換する。北宋時代の中期から後期にかけて燃料が石炭に変わることは、河北磁州窯や陝西耀州窯など華北の陶磁器窯にも見られる。ところが龍泉務窯では先に見たように、第三期11世紀後半に一度、石炭燃料を用いながら、柴薪燃料に再転換したような痕跡が窯炉燃焼室の堆積層から窺われる。

また第四期12世紀以降の窯炉にも石炭燃料の使用の痕跡は見られない<sup>(11)</sup>。契丹国時代の後期は北宋時代の後期に相当するので、焼成燃料に関しては定窯とは異なる生産技法を採用したといえよう。龍泉務窯の位置する北京西郊は現在に至るまで産炭地として知られ

る。契丹国時代に石炭が燃料として用いられたことは第三期窯炉での使用痕跡からも確認できるが、これをなぜ柴薪燃料に戻したのか。一つ考えられる仮説としては、柴薪燃料では比較的容易であった還元焰焼成が石炭燃料では困難になり、陶磁器に施した釉薬の発色に影響があったのではないかと、ということである。華北において石炭燃料が用いられるようになるのは、北宋時代の経済発展にともない、柴薪燃料が枯渇するためであったとされる。龍泉務窯が周辺の産炭地から供給が得られやすいにもかかわらず、柴薪燃料に戻したとすれば、11世紀後半の南京析津府、12世紀金の中都周辺ではなお柴薪燃料が得やすかったことになる。当時の周辺環境復元を試みる必要があるだろう。

化学的な分析によれば、龍泉務窯第四期にあたる金代の精緻な白磁陶片に含まれる酸化鉄含有量は0.2-0.3%であり、邢窯0.61-2.59%、定窯0.59-2.5%に比べて低い<sup>(12)</sup>。これは還元焰による燃焼過程で鉄分に含まれる酸素の割合が低下したと考えられる。また焼成温度も邢窯1,150-1,370°C、定窯1,250-1,320°Cに比べ、龍泉務窯では1,239-1,295°Cという測定値が得られ、平均温度で約30°C低い<sup>(13)</sup>。これも窯炉の形状や燃料の相違によると考えられる。

## 6. むすびにかえて

10世紀、五代の時期の華北に契丹国が侵攻した際に邢窯・定窯の所在地、邢州と定州も一時支配されている。契丹国はその住民を契丹国内に移住させているが、当時、すでに生産活動を行っていた邢窯や定窯の工人集団がその中に含まれていた可能性はある。石刻碑文など一次史料に基づく証拠はないが、龍泉務窯を開創したのは、邢州や定州から連れてこられた工人集団であったとも考えられる。ただ北宋成立後に工人集団の移動や交流があったかどうかは疑問である。たとえば11世紀初めに聖宗自ら河北に侵攻した際には国境のすぐ南に位置していた定州は攻略されていない。

また古いタイプの窯具を用い続けた点に龍泉務窯の後進性が見られるとも考えられるが、窯炉は11世紀において、同時期、北宋の定窯とほぼ同じ規模で築いている。焼成燃料に関しては定窯の第三期(11世紀末-12世紀初め)には石炭燃料が使用されているが、龍泉務窯では第三期11世紀後半に石炭燃料を用いながら、その後は柴薪燃料に戻ったようにも思われる。龍泉務窯の周辺では石炭燃料が産出しており、その供給を受けることは容易であったことを考えると、この再転換は陶磁器生産の上で柴薪燃料が龍泉務窯では選択されたことを意味する。同時代の定窯とは異なる生産上の志向があったと思われる。つまり唐代以降、華北の名窯を模倣し続けていたわけではなく、市場に対し独自の生産志向で陶磁器を供給していたといえる。

今後は墓葬や城郭都市遺跡出土の陶磁器について定

窯製品とどのような棲み分けが行われていたのか、また12世紀以降、契丹国、北宋の支配領域が金朝によって統合された後の華北陶磁器諸窯全体の視点から考察を進める必要があるだろう。

## 註

- (1) 小川裕充「遼・西夏の絵画 総論」『世界美術大全集 東洋編5 五代・北宋・遼・西夏』1998, p.125.
- (2) 町田吉隆「契丹陶磁の「周縁性」に関する検討(4) 西夏陶磁との関連から」神戸高専紀要(52) 2014, pp.73-78 など
- (3) 王会民, 樊書海, 張志忠「邢窯遺址調査, 試掘報告」李恩璋, 張志忠, 李軍主編『邢窯遺址研究』科学出版社, 2007, pp.60-112 (原載『考古学集刊』14, 文物出版社)
- (4) 秦大樹, 李鑫, 高美京「定窯的歴史地位及考古発掘新収獲」新井崇之翻訳「定窯の歴史的位置づけと考古発掘の新たな成果」大阪市立東洋陶磁美術館編『定窯—優雅なる白の世界 窯址発掘成果展』, 大阪市立東洋陶磁美術館, 2013, pp. 27-68
- (5) 北京市文物研究所編『北京龍泉務窯発掘報告』文物出版社, 2002
- (6) 田村實造「徙民政策と州縣制の成立」『中国征服王朝の研究 上』第6章第1節, 東洋史研究会 pp. 272-313
- (7) 『遼史』卷三十四兵衛志上(中華書局本)(神冊)六年, 出居庸關, 分兵掠擅, 順等州, 安遠軍, 三河, 良郷, 望都, 潞, 滿城, 遂城等縣, 俘其民徙内地; 皇太子略定州, 俘獲甚眾.
- (8) 『遼史』卷四本紀太宗下(中華書局本)(会同)八年春正月庚子, 分兵攻邢, 洺, 磁三州, 殺掠殆盡. 入鄴都境
- (9) 『遼史』卷十一本紀聖宗二(中華書局本)(統和二十二年九月)癸丑, 拔馮母鎮, 大縱俘掠. 丙辰, 邢州降. 丁巳, 拔深州, 以不即降, 誅襯將以下, 縱兵大掠.
- (10) 楊俊艷「略談唐代邢窯白瓷皮囊壺」中国古陶磁学会編『越窯青瓷與邢窯白瓷研究』故宮出版社, 2013, pp. 199-208
- (11) 前掲(5)p.419 には「遼中期以降, 大量の石炭燃料を使用したため, 陶磁器の胎土が固く引き締まり, 硬化した磁器化し, 釉薬もきめ細かく滑らかにガラス質が強まった。」とあるが, これらの特徴は高温還元焰焼成による場合に近似しているように思われる. 同書の発掘調査報告部分において燃焼室内部から出土した石炭滓についての記載があるのは第三期下層のみである. (翻訳は筆者)
- (12) 北京市文物研究所編『北京龍泉務窯遼代瓷器科技研究』文物出版社, p.25
- (13) 前掲(12), p.206

## 神戸高専研究紀要 投稿規定（投稿の手引き）

### 1. まえがき

本誌は、神戸市立工業高等専門学校の研究紀要として毎年発行する。

### 2. 編集委員会

『研究紀要』の編集、発行は、研究紀要編集委員会（以下、編集委員会と称する）がその任にあたる。編集委員会は、情報委員会により組織される。

### 3. 投稿資格

原稿の内容は学術に関する未公開の論文、または、資料とする。投稿者は、神戸市立工業高等専門学校の教職員、前教職員、非常勤講師および在学生とする。共著論文または共著資料は、少なくとも前記1名を共著者として含まなければならない。

### 4. 投稿方法

投稿者は、後述の「投稿上の注意」を熟読の上、本規定に適う形式で原稿を作成し、投稿すること。

原稿は、ワードプロセッサなどで作成したA4サイズのPDF形式ファイルを提出すること。フォーマットが投稿規定に準拠していること、図表が十分な品質であること、全てのフォントが埋め込まれていることを確認し、別途案内する方法で提出すること。受理した原稿は全て編集委員会によって査読する。査読後、編集委員会によって採録または修正条件付採録と判定された原稿の著者は、最終原稿を提出すること。

最終原稿の作成、提出にあたっては編集委員会の指示に従うこと。特に、ランニングヘッドおよびページ番号は、編集時に一括処理するので原稿に記入しないこと。

著者には、抜き刷り（別刷）30部を無償配布する。これを超える部数の抜き刷りは自己負担とする。

### 5. 原稿の査読（校閲）

研究成果を発表する論文としての、また教育・研究に有用な資料としての体裁を整えるために、学内学識経験者による査読を行う。査読者は、編集委員会が選出、指名する。

査読結果に基づいて、編集委員会より、変更、削除など、原稿の修正再提出を求めることがある。著者による修正がなされない場合は、編集委員会の判断によって掲載を見送ることがある。また、編集委員会は、資料相当と判断した原稿の資料への、論文相当と判断した原稿の論文への変更を要求することもある。査読終了後の訂正は認められない。

査読者はいかなる理由であっても公表されない。

### 6. 投稿上の注意

以下に示す投稿上の規定、注意は、指示や特記事項がない限り、論文、資料の両者に適用される統一規定となるので、投稿者は、原稿作成の前に必ず熟読すること。

#### <6-1> フォーマット

ワードプロセッサなどを利用して投稿原稿を作成する際に、原稿の余白等は次のように設定する。また、フォーマットの種類は、論文の分野、内容に応じて、投稿者が表1の中から適当なものを選択すること。文字の大きさや文字数は、選択したフォーマットによって異なるので注意すること。

- (a) 原稿は、A4サイズで作成し、本投稿規定最終頁に示す形式を厳守すること。
- (b) 余白：上25mm、下24mm、左右各16mm、段間8mm
- (b) 文字の大きさ、片段の行数、文字数などは、下記の表1に従うこと。



表1 投稿原稿のフォーマット（論文、資料共通）

フォーマット	段組, 文字・行数/1ページ	文字の大きさ	制限枚数
1. 和文（横書）	2段組, 24文字×50行	10ポイント	原則として、 <u>6ページ</u> 以内でまとめること。 超過の場合は10ページ以内とし、それを超えることは認められない。
2. 英文	2段組, 48文字×50行	10ポイント	
3. 和文（縦書）	2段組, 33文字×32行	10ポイント	
4. 和文, 英文(横書特例)	(和)1段組, 50文字×46行 (英)1段組, 100文字×46行	10ポイント	

## <6-2> 表題ページ

### (a) フォント・フォントサイズ

表題ページのフォント、フォントサイズについては、表2を参照すること。なお、表2では、フォントを明朝体、Timesなどに指定しているが、それに酷似した他のフォントを使用しても構わない。また、英語以外の外国語（独語、仏語など）を使用する場合は、表2の英文に準じるものとする。ただし、この場合、英語表題は必要となるので注意すること。

表2 表題ページに使用するフォント・フォントサイズ

フォーマット	表題	著者名	英語表題	英語著者名	英文要旨	本文
1. 和文(横書)	ゴシック体 18ポイント	明朝体 12ポイント	Times 14ポイント	Times 12ポイント	10ポイント ・見出しの「Abstract」はゴシック ・要旨本体はTimes	明朝体 10ポイント
2. 英文	ゴシック体 18ポイント	Times 12ポイント				Times 10ポイント
3. 和文(縦書)	ゴシック体 18ポイント	明朝体 14ポイント	Times 10ポイント	Times 10ポイント		明朝体 10ポイント
4. 和文, 英文(横書特別)	上記の1(和文・横書), 2(英文)に準ずる					

### (b) 表題・著者名

#### [1] 和文（横書）

- ・ 表題は、原稿の2行目中央に記入し、2行にわたる場合は、原稿の2行目～4行目に適当な配置で記入すること。
- ・ 著者名は、表題の後に1行あけて記入し、共著者名も同じ行に略さずに記入すること。
- ・ 英語表題は、著者名の後に1行あけて記入し、2行以上にわたる場合は、適当な配置で記入すること。表題に使われる各単語の頭文字は、大文字とすること。ただし、冠詞・接続詞・前置詞は除く。
- ・ 英語表記の著者名は、英語表題の後に1行あけて記入すること。名(First Name)は頭文字のみを大文字とし、姓(Family Name)は全て大文字とすること。
- ・ 表題・著者名は、段組を行わずに中央揃えとすること。

#### [2] 英文（他の外国語の文）

- ・ 表題は、原稿の2行目中央に記入し、2行にわたる場合は、原稿の2行目～4行目に適当な配置で記入すること。各単語の頭文字は大文字とすること。ただし、冠詞・接続詞・前置詞は除く。
- ・ 著者名は、表題の後に1行あけて記入すること。名(First Name)は頭文字のみを大文字とし、姓(Family Name)は全て大文字とすること。
- ・ 表題を英語以外の外国語で表記する場合、その表題の後に1行あけて、英語表記を記入すること。そして、さらに1行あけて、著者名を記入すること。
- ・ 表題・著者名は、段組を行わずに中央揃えとすること。

#### [3] 和文（縦書）

- ・ 表題は、原稿の3行目から記入すること。このとき、表題の上部には、4字程度の余白をとること。

- ・ 著者名は、8行目に略さずに記入すること。著者名の下部には、4字程度の余白をとること。
- ・ 英語表題と英語著者名は、表題ページには記入せず、論末にアスタリスク記号を表示し、その下に  
“英語表題”：英語著者名  
の形で記入すること。

#### (c) 著者の所属機関

著者の所属機関は、ページ左下に実線を引き、その下に記入すること。なお、連名の場合は、名前の後ろにアスタリスク等の記号を上付きで「\*」、「\*\*」のように付け、ページ左下に対応する所属機関を記入すること。

(注) 著者の所属機関の表記法は、以下を参照すること。

- 著者が本校に属する場合：学科、職名の順で記載。例) 電気工学科准教授、機械工学科名誉教授
- 本校以外の機関に属する場合：所属機関名を記載。例) ××大学、△△株式会社、□□研究所
- 本校に在籍する学生の場合：所属、学科・専攻を記載。例) 本科都市工学科、専攻科応用化学専攻
- 本校の卒業生の場合：所属・卒業年度を記載。例) △△株式会社(平成8年度卒)

#### (d) 英文要旨

論文として投稿する場合は、シングルスペースで150語程度の英文要旨を必要とする。ただし、和文(縦書)の論文、および資料に関しては、英文要旨を必要としない。また、英語以外の外国語(独語、仏語など)で本文を書く場合でも、論文であるならば英語による英文要旨は必要である。

- ・ 英文要旨は、前述(b)の英語著者名の後に1行あけ、中央に「**ABSTRACT**」と表示すること。このとき、フォントはゴシック体で全て大文字とすること。
- ・ 「**ABSTRACT**」から1行あけて、英文要旨の本文を記述すること。要旨を記述する際、左右に2文字程度の空白をとること。

#### (e) キーワード

- ・ 英文要旨から1行あけて「*Keywords:*」と斜文字(イタリック)の文字スタイルで記述すること。
- ・ 同じ行に続けて5つ以内の英文キーワードを記述すること。文字スタイルは、標準(Normal)を用いること。
- ・ 各キーワードは、名詞形で記述し、それぞれをカンマ(,)により区切ること。また、特に意味がある場合を除き、全て小文字で示すこと。尚、文字の大きさは10ポイントとする。
- ・ 英文キーワードが2行にわたる場合は、適切に配置し見やすいものにすること。本文が英語以外の外国語の場合、本文と同じ外国語を用いても構わない。
- ・ 和文(縦書)、資料に関しては、キーワードは必要としない。

#### (f) 本文

上述のキーワードから1行あけて2段組となる本文を書き出すこと。特例を除き、本文は2段組とする。

※ 英語表現、英文要旨、キーワード、および英文論文など、外国語で記述する文章、単語は、それを読んだ国内外の読者が「正確明快に理解できる」ということに注意して執筆すること。

### <6-3> 本文

本文は、章(チャプター)、節(セクション)に分け、それぞれに番号と適当な見出しを付け、読者が理解しやすいようにすること。このとき、章や節の見出しのフォントは、ゴシック体にすること。

#### (a) 章(チャプター)について

本文中の各章の始めには、例えば、「**1. はじめに**」、「**2. 実験操作**」、等々の章番号と適当な見出しを付け、改行してから文章を書くこと。また、各章の区切りは、1行あけること。

#### (b) 節(セクション)について

一つの章をさらに細かい節(セクション)に分ける場合は、例えば、「**2. 1 分析条件**」や「**3. 2 温度変化の追跡**」、等々の節番号と適当な見出しを付けること。文章は原則として改行せずに見出しから2文字あけて書き始めること。構成上、改行したほうが見やすくなる場合は改行しても構わない(例えば、見出しが

長くなり、文章が若干しか書けない場合など). セクションの区切りは、行をあけないこと。

※ 節をさらに細かく分ける場合も、適当な見出しは必要となる。このとき、細節番号の決め方やフォントなどは著者の見識にゆだねることとする。例えば、「2. 2. 1」, 「2. 1. 2」や「(a)」, 「(b)」, 「(c)」など。

#### <6-4> 数式

数式には、「(1)」, 「(2)」のように通し番号を付けること。また、長い数式等が存在し、一つの式が2行以上にわたる場合は、次行の冒頭に、「=」, 「+」, 「-」, 「×」, 「÷」などの記号がくるようにすること。

#### <6-5> 図 (写真を含む), 表

PDF原稿を印刷したとき、図表が鮮明に描かれるように作成すること。説明文 (caption) は図表の中央にくるようにセンタリングし、文字サイズは、本文と同じか少し小さめであることが望ましい。

##### (a) 図 (写真を含む) について

本文中の各図には、「図1」, 「図2」, 「Figure 1」, 「Figure 2」のように通し番号を付け、1文字あけて図の説明文を書くこと。通し番号と説明文は、横書原稿の場合は図の下部に, 縦書原稿の場合は図の右側に書くこと。図の大きさは、左右 (または上下) どちらかの1段の中に納まることが望ましいが、図の性質上、2段にわたる必要がある場合は、2段使用しても構わない。

##### (b) 表について

本文中の各表には、「表1」, 「表2」, 「Table 1」, 「Table 2」のように通し番号を付け、1文字あけて表の説明文を書くこと。通し番号と説明文は、横書原稿の場合は表の上部に, 縦書原稿の場合は表の右側に書くこと。表の大きさは、左右 (または上下) どちらかの1段の中に納まることが望ましいが、表の性質上、2段にわたる必要がある場合は、2段使用しても構わない。

#### <6-6> 謝辞

論文や資料に謝辞を必要とする場合は、最終節の文末の後に1行あけて、段の中央にゴシック体で「**謝辞**」, または「**Acknowledgement (s)**」という見出しを付け、次の行から本文中と同じフォントで記述すること。謝辞には節番号は付けないこと。助成金、装置の借用、資料の提供を受けた場合は、謝辞に記述すること。

#### <6-7> 参考文献 (引用文献)

##### (a) 参考文献の書き方

本文中で引用した参考文献は、最終節の文末の後 (謝辞がある場合は、その後) に1行あけて、段の中央にゴシック体で「**参考文献**」, または「**REFERENCES**」という見出しを付け、次の行から本文中と同じフォントで記載すること。参考文献には節番号は付けないこと。なお、和文、英文以外の論文は、使用した言語で「参考文献」を意味する単語を記載すること。

引用した参考文献には、本文中で現れる順番に通し番号を付け、左詰めで書くこと。参考文献の記述様式は、原則として、著者名、題目 (表題)、論文誌名 (雑誌名または出版社)、巻、号、ページ、発表年月 (出版年月) の順に記述すること。

(参考文献の記述例) 以下の例は全て架空のものである。

- (1) 神戸太郎, 高専次郎, その他: 「高専教育に関する研究」, 神戸高専研究紀要, 第55号, pp.30-35, 2000.
- (2) 神戸太郎著: 「高等専門学校の変遷」, コロナ社, 第2章, 1975.
- (3) 調査専門委員会編集: 「最近の科学の進歩について」, 電気学会, 1989.
- (4) 神戸三郎, その他: 「有機化合物の発光特性」, 応物学会全国大会講演論文集[3], pp.3-75, 2000.
- (5) 神戸花子: 「SIデバイスの応用」, 物理学会SIデバイス研究会講演論文集, Vol.7, pp.23-28, 1998.
- (6) 高専史郎, 高専五郎: 「長良川河口堰の現状」, 土木学会論文誌A, Vol.116-7, pp.245-253, 1997.
- (7) Hanako Kosen, Taro Kobe, et al.: "A Novel Scheme for DSG System", IEE-Transactions on Nuclear Science, Vol.30, No.5, pp.555-561, 1999.
- (8) Taro Kobe: "Design Considerations for New Circuit Topology", Proceedings of IEEE-International Symposium on Power Electronics Circuit (SPEC'98), Vol.1, pp.23-28, 1998.

英文の場合、「Conference」や「Symposium」, 「International」等を「Conf.」, 「Symp.」, 「Int.」と略しても構わない。また、「Proceedings」や「Transactions」等も「Proc.」, 「Trans.」と略しても構わない。

上記の文献(8)を略式で記述すると以下のようになる。

(8) Taro Kobe: "Design Considerations for New Circuit Topology", IEEE Proc. Int. Symp. on Power Electronics Circuit (SPEC' 98), Vol.1, pp.23-28, 1998.

#### (b) 本文中での引用

本文中に引用する場合は、その文章や項目の終わりに、「<sup>(1)</sup>」、「<sup>(1),(3)</sup>」、「<sup>(4)-(8)</sup>」のように、文末に挙げた参考文献の文献番号を上付で記入すること。また、参考文献中の文章等をそのまま引用する場合は、引用符「」や“ ”、で括るか、横書の場合は左端に、縦書の場合は上端に、本文より2～3文字(4～6文字)多めに余白を取り、引用箇所が明確に識別できるようにすること。本文と引用箇所の上に1行空白を入れても構わない。

一般に公開されていない委員会報告等は参考文献としてあげないようにすること。また、掲載は決定しているが未発行の論文等は、巻、ページの代わりに「印刷中」もしくは「in press」と書くこと。

尚、ページのレイアウトに関する詳細は、本規定の末尾に添付した『神戸高専の紀要に関するフォーマット』を参照すること。

## 7. 著作権

神戸高専研究要に掲載された論文、資料の著作権(著作財産権, Copyright)は神戸市立工業高等専門学校に帰属する。

尚、本投稿規定は、平成24年8月に改正され、平成24年度から施行されるものとする。

(平成18年3月改訂)

(平成21年3月改訂)

(平成22年12月改訂)

(平成24年8月改訂)

(1行空ける)

# 神戸高専の紀要に関するフォーマット (18 pt, ゴシック)

(1行空ける)

神戸太郎\* 高専次郎\*\* (12 pt)

(1行空ける)

## Format for Memoirs of Kobe City College of Technology (14 pt)

(1行空ける)

Taro KOBE\* Jiro KOSEN\*\* (12 pt)

(1行空ける)

### ABSTRACT (10 pt, Sans-serif)

(1行空ける)

行頭は字下げせずに、150ワード程度の英文要旨を、10ポイント、Times系書体で書く。この時、左右にはそれぞれ2文字程度の余白を取ることを忘れないようにする。十分に推敲した英文要旨を記載すること。また、要旨は改行せずに一段落で書き、引用番号を付けての文献引用はしない(必要であれば要旨中に記述する)。

(1行空ける)

Keywords : format, reference (Times系10pt, "Keywords"のみ斜体, 5件以内, 左に2文字程度余白)

(1行空ける)

#### 1. はじめに

このファイルは投稿規定の中で特に重要と思われる部分および補足説明を記したものである。詳細については、

<http://www.kobe-kosen.ac.jp/activity/publication/kiyou/> を参照すること。なお、このファイルはWindows版Microsoft Word(2003以前)で作成しているため、これ以外の環境では適宜調整すること。

見出し、本文とも10ptとし、章と節の見出しのみゴシック/Sans-serif体にする。本文は、和文は明朝体、英数字はTimes系とする。和文中に混在する英数字もTimes系とすること。

(章の間は1行空ける)

#### 2. 章の分け方

章と章の区切りは上記のように改行し、必ず1行空ける。また、本文は、章の見出しを記述した行から改行して書き始めること。(↓節の間は改行しない)

2.1 節について 節(セクション)の見出しには、左記のように「.」で区切った節番号をつける。このときセクションの本文は、セクションの見出しを記述した行から改行せず、2文字分あけて書き始めること。ただし、下記のように見出しでその行のほとんどが埋まる場合は改行して本文を書き始めても構わない。(↓節の間は改行しない)

#### 2.2 節を更に細かく分ける場合(サブセクション)

更に細かく分けられた節(サブセクション)には、適当な見出しは必要であるが、その記述方法や使用書体は著者に委ねる。例として、「2.2.1」、「2.2.2」や(a)(b)(c)など。

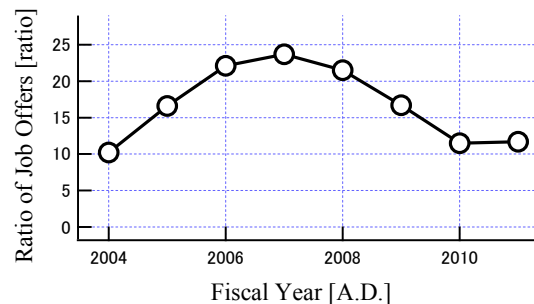


図1 神戸高専本科の求人倍率の推移。

(図表の下は1行空ける)

表1 投稿紀要のフォーマット。

フォーマット	段組・文字×行数	文字	制限枚数
1. 和文	2段, 24字×50行	10 pt	原則6ページ以内。超過の場合も10ページ以内。それ以上は認めない。
2. 英文	2段, 48字×50行		
3. 和文(縦書)	2段, 33字×32行		
4. 横書(和) 特例(英)	1段, 48字×46行 1段, 96字×46行		

(図表の下は1行空ける)

#### 3. 原稿の記述について

下記の指針に従って原稿を作成すること。

3.1 図や表について 図や表は、図1や表1のように

\* 一般科 教授

\*\* 専攻科 電気電子工学専攻

通し番号を付けて掲載すること。通し番号と説明文は、図の場合は下部、表の場合は上部に記載する。

**3.2 単位について** 数値と単位の間空白を入れ、変数を表す文字は斜体(イタリック体)、数値と単位は正立(ブロック体)で記述すること。例：左右マージンは  $d = 16 \text{ mm}$  とする。

**3.3 参考文献について** 参考文献は末尾のフォーマットを参考に引用順に列挙すること<sup>(1)</sup>。引用は上付き、丸括弧で番号を記すこと<sup>(2)(3)</sup>。

**3.4 投稿ファイルについて** 投稿は PDF ファイルとする。その際、図表が十分なクオリティであることと、全てのフォントが埋め込まれていることを確認すること。印刷工程上、フォントが埋め込まれていない原稿は処理できない。フォントが埋め込めているかどうかについては、Adobe Reader であれば、[ファイル]-[プロパティ]-[フォント] で全てのフォントが図2のように「(埋め込みサブセット)」と表示されていることを確認すればよい。

## 参考文献

- (1) 研究振興委員：「神戸高専研究紀要 投稿規定」，神戸高専研究紀要，第 37-2 号，pp.75-78，1999.
- (2) Hanako Kosen, Taro Kobe *et al.*: “A Novel Scheme for Kosen System”，IEEE Trans. on Kosen Education, Vol.12, No. 3, pp.456-789, 2012.
- (3) 高専次郎：「高専紀要執筆学概論」，神戸高専出版，2012.

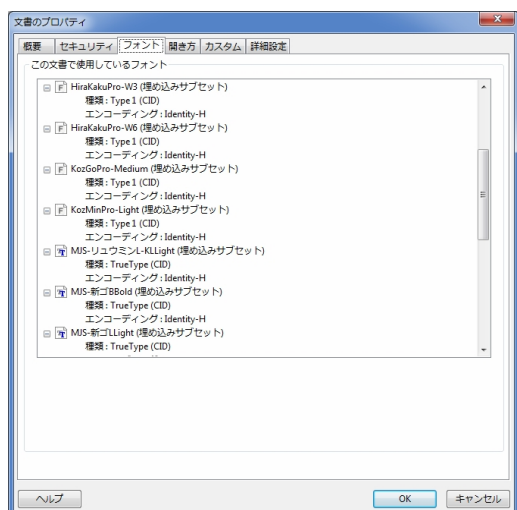


図2 フォント埋め込みの確認。

(図表の下は1行空ける)

なお、オンライン公開なので必要であればカラー図版を使用しても差し支えない。また、ランニングヘッド、ページ番号および受理年月日は、編集時に一括処理するので原稿に記入しないこと。

(章の間は1行空ける)

## 4. まとめ

投稿者が提出した PDF 原稿がそのまま印刷原稿として用いられるため、決められた規定には充分注意を払って原稿を作成して頂きたい。神戸高専研究紀要をより充実したものにするため、みなさまのご協力をお願いする。

(謝辞の前は1行空ける)

### 謝辞

本研究の一部は〇〇の支援を受けて進められました。ここに謝意を表します。

(参考文献の前は1行空ける)

神戸高専研究紀要第 56 号 編集委員

児玉 宏児 (総合情報センター長)	尾山 匡浩 (副センター長)	佐藤 洋俊 (副センター長)
谷口 博 (副センター長)	朝倉 義裕 (機械工学科)	赤松 浩 (電気工学科)
増田 興司 (応用化学科)	野並 賢 (都市工学科)	内藤 哲男 (学生係)
杉岡 節昌 (総合情報センター)	稲田 真一 (図書館)	中西 厚子 (図書館)

研 究 紀 要 第 56 号 (非売品)

発 行 日 平成 30 年 3 月 1 日

発 行 者 神戸市立工業高等専門学校  
神戸市西区学園東町 8 丁目 3 番地

TEL (078) 795-3311 (代)

FAX (078) 795-3314

神戸市広報印刷物登録

平成 29 年度 第 318 号 (広報印刷物規格 A-5 類)



United Nations  
Educational, Scientific and  
Cultural Organization

City of Design  
**KOBE** 

Member of the UNESCO  
Creative Cities Network  
since 2008



古紙パルプ配合率70%再生紙を使用

**リサイクル適性** 

この印刷物は、印刷用の紙へ  
リサイクルできます。