

独立行政法人 国立高等専門学校機構

弓削商船高等専門学校

年次報告 第47号

National Institute of Technology, Yuge College

Annual Report No. 47

第 47 号 令和 7 年 3 月

【学術論文】

No.	頁	表題	著者名
1	1-8	2023 年の日本船社外航クルーズ船の運航状況	野々山 和宏, 加藤 博
2	9-18	太陽光発電装置の出力に影響を与える要因の研究	ダワァ ガンバット, 益崎 智成, ハヤンヒリワー サランゲレル
3	19-21	SN 問題	雙知 延行
4	22-24	3 次元 Euclid 空間の実射影平面型完備極小曲面の具体例とそのグラフィックスについて	金田 伸

【教育・研究報告】

No.	頁	表題	著者名
5	25-27	国語授業で実用文書作成を学ぶ意義 — 『型から学ぶ日本語練習帳』を使った実践報告—	要 弥由美
6	28-30	数学と英語学習の相互波及効果	野口 隆, 雙知 延行

2023年の日本船社外航クルーズ船の運航状況

野々山 和宏*・加藤 博**

Voyage Logs of Japanese Ocean-Going Cruise Ships in 2023

Kazuhiro Nonoyama* , Hiroshi Kato**

Abstract

Since 2020, Japan's cruise industry has been aiming to recover from the coronavirus pandemic. In March 2023, foreign cruise ship resumed entering Japan. This brought Japan's cruise industry back to normal. Meanwhile, in January 2023, one cruise ship operated by a Japanese shipping company ceased operations. However, cruise ships operated by Japanese shipping companies in 2023 have had few schedule changes and have even made international voyages. In 2023, the situation almost returned to the state before the coronavirus pandemic.

1. はじめに

2023年3月1日、ドイツ船社フェニックス・ライゼンが運航するクルーズ船「アマデア」が静岡県の清水港に入港した^[1]。新型コロナウイルス感染症拡大のため2020年3月に日本でクルーズ船運航が停止されて以来、約3年ぶりに外国船社クルーズ船の日本寄港が再開されたのである。これにより、日本におけるクルーズは一応コロナ禍以前の様態に戻ったといえる。

振り返れば、2020年2月に発生した大型クルーズ船「ダイヤモンド・プリンセス」での新型コロナウイルス感染症の集団感染は衝撃的だった^{[2][3]}。その後、上述の通り日本におけるクルーズ船は運航停止されたが、日本外航客船協会等が感染予防対策のための各種ガイドラインを策定し、クルーズ再開の準備が進められた^[4]。

2020年7月、国内クルーズ船「ガンツウ」^[5]が運航を再開したのを皮切りに、この年の年末までに国際クルーズ船である「飛鳥II」^[6]、「にっぽん丸」および「ばしふいっくびいなす」も国内クルーズを順次再開していく。ただ、国際クルーズに先んじる形で運航を再開した国内クルーズだったが、その運航は決して順風満帆だったわけではなかった。事実、コロナ禍における日本船社クルーズ船による国内クルーズについて2020年から2021年末までの運航状況を確認した野々山・加藤（2023）^[6]は、この時期

の国内クルーズは運航中止やそれに伴うスケジュール改定が頻繁に行われていたと指摘している。

2022年の日本における国内クルーズは、2021年から続いた運航停止の再開が遅れたことや国際クルーズのキャンセル、船内機器の不具合のための運航中止があったことを除けば、年間を通じて概ね順調に航行していた。特に2022年下半期のクルーズは、コロナ禍を脱したといってもよい状況であった^[7]。

だが一方で、国際クルーズ船「ばしふいっくびいなす」を運航していた日本クルーズ客船株式会社は、2023年1月に客船事業を終了した。報道によれば、運航終了の要因は「コロナ禍の影響による厳しい事業環境」であったという^[8]。やはり、コロナ禍の影響は小さくなかった。

国際クルーズに目を転じれば、2022年12月に「にっぽん丸」がモーリシャスプレシヤスクルーズを催行した^[9]。実に2年10カ月ぶりの日本船社クルーズ船による国際クルーズ再開である。そして冒頭で述べたように、2023年3月には外国船社クルーズ船の日本寄港も再開され、日本におけるクルーズはコロナ禍以前の状態に復帰したのである。

以上を踏まえて、本稿ではコロナ禍からの回復期の最終局面と位置づけられる2023年における日本船社外航クルーズ船の運航状況を確認したい。この確認は、今後のクルーズ振興のあり方を考える上での基礎資料とすることが目的である。

*商船学科

**練習船弓削丸

表1 2023年に運航していた日本船社外航クルーズ船

	飛鳥II	にっぽん丸
所属	郵船クルーズ	商船三井客船
総トン数	50,444トン	22,472トン
全長	240.96m	166.65m
型幅	29.60m	24.00m
喫水	8.00m	6.56m
船籍	日本	日本
カテゴリー	ラグジュアリー	プレミアム/ラグジュアリー
乗客定員	872人	400人
乗組員数	490人	230人
乗組員比率 ¹⁾	1.78人	1.74人
スペース比率 ²⁾	57.85トン	56.18トン

1) 乗組員1人当たりの乗客定員
2) 乗客定員1人当たりの総トン数

出所: 海事プレス社『クルーズ客船データブック2022-2023』より筆者作成

2. 2023年に運航していた日本船社外航クルーズ船

本稿は、その対象として日本船社が運航する外航クルーズ船を扱うが、ここで「外航」の意味を確認する。海事における「外航」とは、国家間を結ぶ国際航海を意味する。対になる用語は「内航」であり、国内航海を指す。クルーズについて考えると、外航クルーズとは複数の国に寄港する国際クルーズのことであり、国内の港のみを周遊するものは国内クルーズと呼ばれる。船舶についても、国際航海を行う船を外航船、国内のみを航行する船を内航船という。

一般に船舶は国籍を有しなければならないが、日本における内航運送は日本の国籍を有する日本船舶（日本籍船）でなければ行うことができない³⁾。すなわち、日本の国内クルーズは日本船舶でなければ実施できず、外国船社のクルーズ船は催行できない⁴⁾。なお、日本船舶であっても、内航運送から外航運送へ切り替える場合は資格変更が必要となる。これを「外変」と呼び、逆に外航資格から内航資格へ切り替えることを「内変」という。日本船社が運航する外航クルーズ船は、この「外変」と「内変」を繰り返しながら国際クルーズと国内クルーズを催行している⁴⁾。

2023年に運航していた日本船社外航クルーズ船は「飛鳥II」と「にっぽん丸」の2隻であった⁵⁾。2隻の主要目を表1に示す。表1をみると、一般に船の大きさを表す総トン数は「飛鳥II」が「にっぽん丸」の約2.2倍であり、乗客定員や乗組員数も2倍を少し超えている。クルーズ船のカテゴリーとはクルーズ船のグレードを表しているが、今回使用した海事プレス社のデータでは「スタンダード」「プレミ

ム」「ラグジュアリー」の順でグレードが上がっていく。このグレードは一般に乗客1人当たりの占有容積（表1では、スペース比率）が大きければ、また乗組員1人当たりの乗客数（同、乗組員比率）が少なければ、高くなる⁶⁾。この2隻では、「飛鳥II」の方がややグレードが高い。

今後のクルーズ振興のあり方を考える上での基礎資料の作成を目指す今回の確認では、日本船社が運航する外航クルーズ船である「飛鳥II」と「にっぽん丸」を対象として、2023年の運航記録を収集した。

3. 2023年の日本船社外航クルーズ船の運航状況

3.1 クルーズ船の運航記録の収集方法等

本稿における確認を行うにあたり、先行研究である野々山・加藤（2023）⁶⁾および野々山・加藤（2024）⁷⁾を参考にして、日本船社が運航する外航クルーズ船の運航記録を集めた。具体的には、日本におけるクルーズ船社の業界団体である一般社団法人日本外航客船協会のウェブサイトにある「クルーズニュース」¹⁰⁾に掲載されていた記事から、2023年における各クルーズ船の運航記録を収集した。「クルーズニュース」の閲覧時期は、2024年8月である。なお、今回の確認で収集する運航記録は、各運航船社が企画・運航する自主クルーズを対象とし、いわゆる「チャータークルーズ」は含めない。また、今回収集した記事の中には、運航予定に記載はないものの運航中止を伝えられたクルーズも存在した。そこで、今回は運航中止のみだけ伝えられたものも含めて「クルーズニュース」に掲載されていたすべてのクルーズを集め、運航日程等の不足した情報は旅行代理店等

2023年の日本船社外航クルーズ船の運航状況

のウェブサイトから内容を補完した。

各船の運航状況を収集すると、2023年も当初予定されていたクルーズが中止になった後に別クルーズ

が組まれるクルーズの再設定が行われていた。このため、クルーズ船の運航記録をまとめる際に、まず各運航会社が最初に発表していた当初予定のスケジ

表2 2023年における「飛鳥II」の運航状況(当初予定)

クルーズ名	開始日	出発港	寄港地	到着港	終了日	泊数	日数	中止
◆飛鳥II 2023年オセアニアグランドクルーズ	2月11日	横浜	神戸/(略)/横浜	神戸	3月21日	38	39	○
◆飛鳥II 2023年世界一周クルーズ	4月2日	横浜	神戸/(略)/横浜	神戸	7月15日	104	105	□
名誉船長 加山雄三と航く 真夏の湘南・伊豆諸島クルーズ	8月21日	横浜		横浜	8月23日	2	3	
横浜・神戸 夏休みクルーズ	8月23日	横浜		神戸	8月25日	2	3	
神戸A-styleクルーズ～夏彩～	8月25日	神戸		神戸	8月27日	2	3	
神戸発着 花咲く高知クルーズ	8月27日	神戸	高知	神戸	8月30日	3	4	
神戸発 晩夏の神戸・博多クルーズ	8月31日	神戸		博多	9月2日	2	3	
博多A-styleクルーズ～秋彩～	9月2日	博多		博多	9月4日	2	3	
◆博多発着 済州島 秋紀行クルーズ	9月4日	博多	済州島	博多	9月6日	2	3	
博多発 博多・伏木クルーズ	9月6日	博多		伏木	9月8日	2	3	
金沢発着 洋上の秋旅クルーズ	9月13日	金沢		金沢	9月15日	2	3	
金沢発着 連休利用 舞鶴・境港クルーズ	9月15日	金沢	舞鶴/境港	金沢	9月18日	3	4	
結航路 金沢・神戸クルーズ	9月22日	金沢		神戸	9月25日	3	4	
神戸発着 爽秋の九州めぐりクルーズ	9月25日	神戸	門司/長崎/八代	神戸	10月1日	6	7	
神戸発 秋の神戸・横浜クルーズ	10月1日	神戸		横浜	10月3日	2	3	
グループサウンズクルーズ	10月3日	横浜	常陸那珂	横浜	10月6日	3	4	
連休利用 駿河・伊豆諸島周遊クルーズ	10月6日	横浜	清水	横浜	10月9日	3	4	
秋の日本一周クルーズ	10月9日	横浜	仙台/八戸/函館/舞鶴/境港/岩国/細島	横浜	10月21日	12	13	
小豆島・阿波オータムクルーズ	10月21日	横浜	小豆島/小松島	横浜	10月26日	5	6	
秋の横浜・神戸クルーズ	10月26日	横浜		神戸	10月28日	2	3	
神戸発着 秋の休日 ウィーンスタイルクルーズ	10月28日	神戸		神戸	10月30日	2	3	
神戸発 秋の神戸・博多クルーズ	10月31日	神戸		博多	11月2日	2	3	
◆博多発着 連休利用 釜山・済州島クルーズ	11月2日	博多	釜山/済州島	博多	11月5日	3	4	
博多発着 秋の瀬戸内 小豆島・熊野クルーズ	11月5日	博多	小豆島/新宮	博多	11月10日	5	6	

※「クルーズ名」欄における◆印は当該クルーズが国際クルーズであることを示す。また、「中止」欄における○印は当該クルーズが中止になったことを示し、□印は当該クルーズが中止になった後に別のクルーズが組まれた(再設定)ことを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表3 2023年における「飛鳥II」の運航状況(再設定)

クルーズ名	開始日	出発港	寄港地	到着港	終了日	泊数	日数	中止
春の週末 伊豆諸島周遊クルーズ	4月14日	横浜		横浜	4月16日	2	3	
海の上の東京 島めぐりクルーズ	4月16日	横浜		横浜	4月19日	3	4	
春の四日市・駿河クルーズ	4月19日	横浜	四日市/清水	横浜	4月23日	4	5	
ひたち・みちのく 春紀行クルーズ	4月23日	横浜	常陸那珂/大船渡/八戸	横浜	4月28日	5	6	
ゴールデンウィーク 九州・沖縄クルーズ	4月28日	横浜	油津(日南)/平良(宮古島)/那覇/鹿児島	横浜	5月7日	9	10	
薫風の九州めぐりクルーズ	5月7日	横浜	油津(日南)/別府	横浜	5月12日	5	6	
横浜発 新緑の別府・博多クルーズ	5月12日	横浜	別府	博多	5月15日	3	4	
◆博多発着 済州島クルーズ	5月15日	博多	済州島(韓国)	博多	5月17日	2	3	
博多発着 北陸・京都 舞鶴クルーズ	5月18日	博多	敦賀/舞鶴/金沢	博多	5月24日	6	7	
博多発 初夏の博多・神戸クルーズ	5月24日	博多		神戸	5月26日	2	3	
神戸発着 九州・奄美クルーズ	5月26日	神戸	鹿児島/名瀬(奄美)/油津(日南)	神戸	6月2日	7	8	
神戸発着 神戸ウィークエンドクルーズ	6月2日	神戸		神戸	6月4日	2	3	
神戸発 初夏の神戸・横浜クルーズ	6月4日	神戸		横浜	6月6日	2	3	
横浜 結航路 駿河・熊野クルーズ	6月6日	横浜	清水/新宮	横浜	6月9日	3	4	
A-style クルーズ ～初夏～	6月9日	横浜		横浜	6月11日	2	3	
初夏の日向・広島 しまなみ探訪クルーズ	6月11日	横浜	細島(日向)/広島	横浜	6月17日	6	7	

※「クルーズ名」欄における◆印は当該クルーズが国際クルーズであることを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

表4 2023年における「にっぽん丸」の運航状況

クルーズ名	開始日	出発港	寄港地	到着港	終了日	泊数	日数	中止
にっぽんの楽園クルーズ～奄美・徳之島・屋久島～	2月1日	横浜	奄美大島(名瀬)/徳之島/屋久島	横浜	2月7日	6	7	
記念日の船旅	2月7日	横浜		横浜	2月9日	2	3	
東京発着 小笠原と硫黄島周遊クルーズ	2月9日	東京	父島	東京	2月14日	5	6	
にっぽん丸スペシャルエンターテイメントクルーズ	2月14日	横浜		横浜	2月16日	2	3	
にっぽん丸で航くしまなみ海道	2月17日	神戸	瀬戸田	博多	2月19日	2	3	
神戸発着 河津ざくらと富士山クルーズ	2月21日	神戸	下田/清水	神戸	2月24日	3	4	
美食の船旅～別府・日南～	2月24日	神戸	別府/油津	神戸	2月27日	3	4	
にっぽん丸瀬戸内Navigate	2月27日	神戸		神戸	3月1日	2	3	
名古屋発着 春の小笠原クルーズ	3月5日	名古屋	父島	名古屋	3月10日	5	6	
東京発着 春の小笠原クルーズ	3月17日	東京	父島	東京	3月21日	4	5	
東京発着 春の八丈島・青ヶ島周遊クルーズ	3月21日	東京	八丈島	東京	3月24日	3	4	
にっぽん丸ファミリークルーズ	3月24日	横浜		横浜	3月26日	2	3	
にっぽん丸 春の船旅	3月26日	横浜	宮崎/徳島	横浜	3月31日	5	6	
春旅にっぽん丸～和歌山・英虞湾周遊～	4月1日	東京	和歌山	東京	4月4日	3	4	
八代発着 喜界島クルーズ	4月6日	八代	喜界島	八代	4月8日	2	3	
飛んでクルーズ九州～隠岐・上五島～	4月9日	博多	隠岐/青方	博多	4月12日	3	4	
にっぽん丸 エンターテイメントクルーズ～ミュージカル～	4月26日	横浜		横浜	4月28日	2	3	
ゴールデンウィーク日本一周クルーズ	4月28日	横浜	壱岐/鳥取/七尾/男鹿/青森/根室	横浜	5月7日	9	10	
屋久島・種子島・奄美大島クルーズ	5月7日	横浜	名瀬/種子島/屋久島	横浜	5月12日	5	6	
熱海花火クルーズ～初島～	5月12日	東京	初島	東京	5月14日	2	3	
初夏の伊勢志摩クルーズ	5月24日	横浜	鳥羽	横浜	5月26日	2	3	
◆神戸発着 対馬・済州島クルーズ	5月27日	神戸	対馬/済州島	神戸	5月31日	4	5	
神戸/金沢クルーズ	5月31日	神戸		金沢	6月2日	2	3	
金沢発着 輪島花火クルーズ	6月2日	金沢	輪島	金沢	6月4日	2	3	
金沢発着 奄美大島・上五島クルーズ	6月4日	金沢	名瀬/青方	金沢	6月8日	4	5	
新潟発着 利尻・奥尻クルーズ	6月9日	新潟	奥尻島/利尻島	新潟	6月12日	3	4	
函館/横浜クルーズ	6月13日	函館		横浜	6月15日	2	3	
横浜/奄美/那覇クルーズ	6月15日	横浜	名瀬	那覇	6月18日	3	4	
飛んでクルーズ沖縄 Aコース～与那国島・西表島～	6月18日	那覇	与那国島/西表島	那覇	6月21日	3	4	
飛んでクルーズ沖縄 Bコース～サガリバナ～	6月21日	那覇	石垣島	那覇	6月24日	3	4	
飛んでクルーズ沖縄 Cコース～宮古島・本部～	6月24日	那覇	宮古島/本部	那覇	6月27日	3	4	
◆飛んでクルーズ沖縄 Dコース～石垣島・台湾～	6月27日	那覇	石垣島/基隆	那覇	6月30日	3	4	
那覇/神戸クルーズ	6月30日	那覇		神戸	7月2日	2	3	
海の絶景クルーズ～角島・上五島・錦江湾～	7月2日	神戸	青方/下関	神戸	7月6日	4	5	
名古屋発着 夏クルーズ～宇部花火・SHIRAHAMA2023 花火ラリー・四万十～	7月20日	名古屋	土佐清水/宇部	名古屋	7月24日	4	5	
にっぽん丸花火とファミリークルーズ	7月25日	横浜		横浜	7月27日	2	3	
熱海花火とエンターテイメントクルーズ～狂言～	7月27日	横浜	熱海	横浜	7月29日	2	3	
蒲郡花火と淡路島クルーズ	7月29日	横浜	蒲郡/淡路島	横浜	8月2日	4	5	
東北夏祭りクルーズ	8月2日	横浜	秋田/青森	横浜	8月7日	5	6	
夏休み 館山花火と伊勢志摩クルーズ	8月7日	横浜	館山/浜島	横浜	8月10日	3	4	
阿波おどりクルーズ	8月13日	横浜	徳島	横浜	8月16日	3	4	
◆熊野大花火・錦江湾大花火・済州島クルーズ	8月16日	横浜	鹿兒島/済州島/下関	横浜	8月24日	8	9	
飛んでクルーズ北海道 A コース	8月28日	小樽	利尻島/羅臼	小樽	8月31日	3	4	
飛んでクルーズ北海道 B コース	8月31日	小樽	利尻島/羅臼	小樽	9月3日	3	4	
飛んでクルーズ北海道 C コース	9月3日	小樽	利尻島/羅臼	小樽	9月6日	3	4	
飛んでクルーズ北海道 D コース	9月6日	小樽	利尻島/羅臼	小樽	9月9日	3	4	
飛んでクルーズ北海道 E コース	9月9日	小樽	利尻島/羅臼	小樽	9月12日	3	4	
苫小牧/横浜クルーズ	9月16日	苫小牧		横浜	9月18日	2	3	
にっぽん丸 秋クルーズ～石巻・白老～	9月18日	横浜	石巻/白老	横浜	9月23日	5	6	
にっぽん丸 スターライトクルーズ～青ヶ島周遊～	9月23日	横浜		横浜	9月25日	2	3	

表4 2023年における「にっぽん丸」の運航状況(つづき)

クルーズ名	開始日	出発港	寄港地	到着港	終了日	泊数	日数	中止
にっぽんの楽園クルーズ～八丈島～	9月25日	東京	八丈島	東京	9月27日	2	3	
名古屋発着 八丈島と大洗海上花火クルーズ	9月28日	名古屋	八丈島/大洗	名古屋	10月1日	3	4	
◆神戸発着 秋の三連休 ハウステンボス・釜山クルーズ	10月7日	神戸	釜山/佐世保	神戸	10月10日	3	4	
にっぽん丸で航く 熊野プレミアム	10月18日	横浜	新宮	横浜	10月21日	3	4	
秋の絶景クルーズ～宮古・松島～	10月29日	東京	宮古/石巻	東京	11月1日	3	4	
伊勢志摩と英虞湾周遊クルーズ	11月1日	東京	浜島	東京	11月3日	2	3	
船旅にっぽん丸～紀伊の国～	11月8日	横浜	日高	横浜	11月11日	3	4	
秋の絶景クルーズ～耶馬溪・小豆島・香嵐溪～	11月11日	横浜	中津/小豆島/蒲郡	横浜	11月16日	5	6	
神戸発着 秋の高千穂・伊予大洲クルーズ	11月20日	神戸	細島/伊予長浜	神戸	11月23日	3	4	
博多発着 にっぽん丸で航く しまなみ海道	12月1日	博多	瀬戸田	博多	12月3日	2	3	
神戸発着 小笠原クルーズ	12月4日	神戸	父島	神戸	12月9日	5	6	
サンタクルーズ神戸/名古屋	12月9日	神戸		名古屋	12月10日	1	2	
名古屋発着 高知・南紀白浜クルーズ～冬の味～	12月10日	名古屋	高知/紀伊田辺	名古屋	12月13日	3	4	
館山花火と小笠原クルーズ	12月14日	横浜	父島	横浜	12月19日	5	6	
にっぽん丸Winter Wonderland～大塚国際美術館貸切コンサート～	12月19日	横浜	徳島	横浜	12月21日	2	3	
神戸発着 別府・瀬戸内海クリスマスクルーズ	12月22日	神戸	別府	神戸	12月25日	3	4	
◆にっぽん丸 迎春クルーズ～高雄・基隆～	12月27日	横浜	高雄/基隆/細島	横浜	1月6日	10	11	

※「クルーズ名」欄における◆印は当該クルーズが国際クルーズであることを示す。

出所：一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」等より筆者作成

ュールを作成し、その後の再設定クルーズについては別にまとめた⁶⁾。

以上のような作業を経てまとめた日本船社の運航する外航クルーズ船の運航状況を表2以下に示す。表2・表3は2023年における「飛鳥Ⅱ」の当初予定された運航スケジュールおよび再設定されたクルーズスケジュールである。続いて、「にっぽん丸」のスケジュールをまとめたのが表4である。2023年の「にっぽん丸」に再設定されたクルーズはなかった。次節では、これらから2023年の日本船社が運航する外航クルーズ船の動向を概観する。

3.2 2023年における「飛鳥Ⅱ」の運航状況

2023年1月、「飛鳥Ⅱ」を運航する郵船クルーズは2月10日に出発を予定していた「飛鳥Ⅱ 2023年オセアニアグランドクルーズ」(39日間)と4月21日からの「飛鳥Ⅱ 2023年世界一周クルーズ」(105日間)の中止を相次いで発表した。ただし、中止理由はそれぞれ異なった。オセアニアクルーズは「電気関係機器の不具合」のためであり、世界一周クルーズでは寄港予定地域において「新型コロナウイルス感染症の流行により日本人旅客の受入れ態勢が大きく変化しており、一部寄港地への寄港が困難となっていること」等によって、クルーズの円滑な実施が極めて困難との理由だった⁷⁾。

その後、「飛鳥Ⅱ」は4月14日から6月17日までの16クルーズが再設定された。「飛鳥Ⅱ」は8月

以降に22クルーズが催行されたが、年間の実施クルーズ数は38に留まり、外国人乗組員の入国困難や船内電気関係機器の不具合のために運航が中止された2022年(50クルーズ)よりも少ない状況だった。なお、再設定されたものも含めて、4月以降の「飛鳥Ⅱ」のクルーズに催行中止はない。

2023年に「飛鳥Ⅱ」が実施したクルーズをみると、韓国の済州島や釜山への国際クルーズが3回あり、また比較的長期の日程を組んだ国内周遊クルーズも催行されていた。

3.3 2023年における「にっぽん丸」の運航状況

2023年の「にっぽん丸」は年間で67クルーズが予定され、その全てが実施された。前年と比べると、予定クルーズ数にあまり違いはないが、2022年のクルーズ催行率が88%であったことを考えると、クルーズを取り巻く環境はさらに整ったといえる。国際クルーズも5回実施され、韓国のほか台湾へも寄港している。クルーズの出発地や到着地をみると、横浜や神戸のほか小樽や金沢、那覇といった各地に広がっており、年間を通じてクルーズが催行されていた。これらのことから2023年の「にっぽん丸」は、やはりコロナ禍を脱したといえる状況であった。

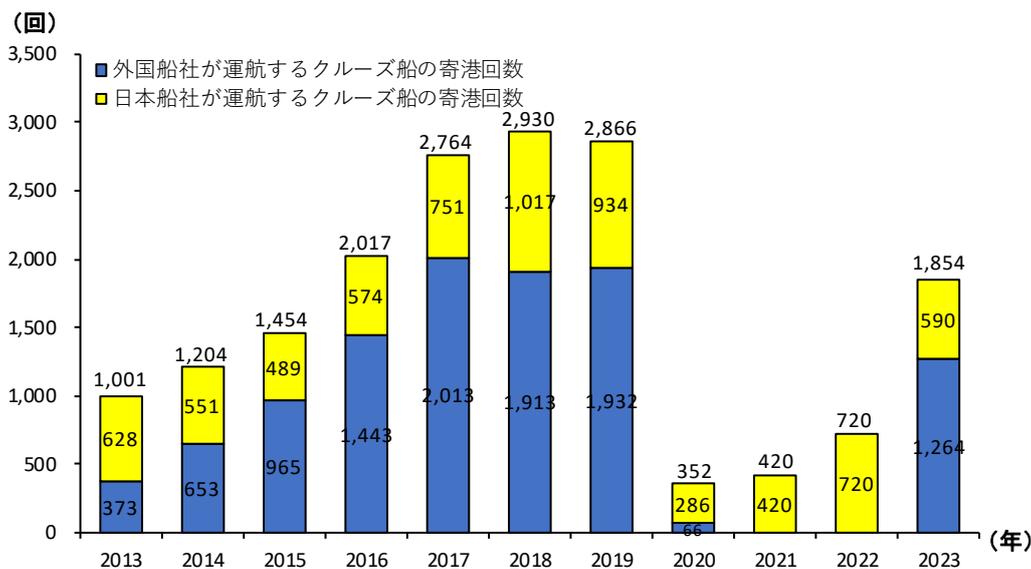
4. むすびにかえて

以上で確認したように、2023年における日本船社

外航クルーズ船の運航状況は、キャンセルされたクルーズは「飛鳥Ⅱ」で予定されていた 2 つの国際クルーズのみであり、その意味でほぼ通常状態に回復したと考えられる。2023 年の運航状況の中で、新型コロナウイルス感染症の影響をうかがわせるものは唯一「飛鳥Ⅱ」で予定されていた世界一周クルーズの中止理由だけだった。

ところで、2023 年の外国船社クルーズ船も含めたクルーズ業界は、コロナ禍からの回復が著しい。本

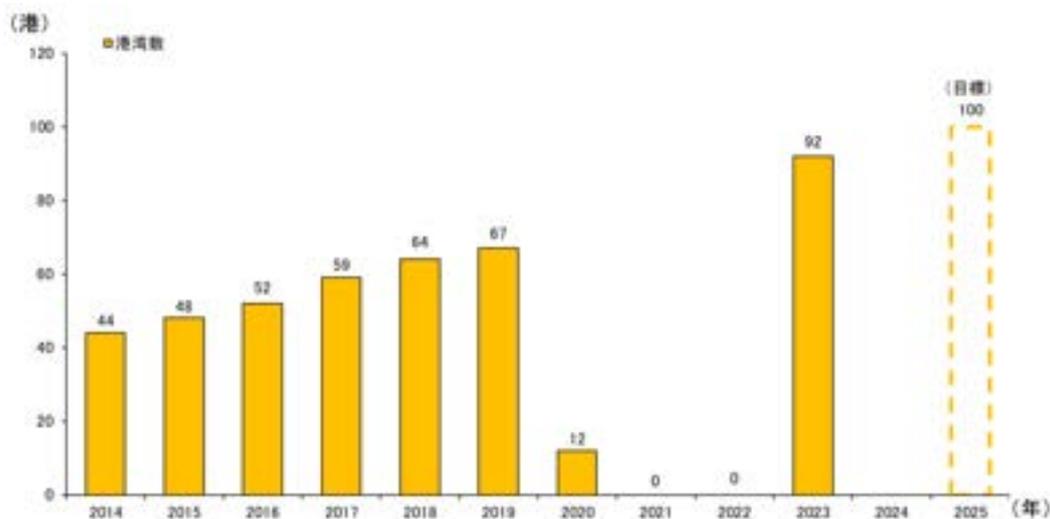
稿執筆時点では速報値しか公表されていないが、2023 年における日本の港湾へのクルーズ船の寄港回数は、1,854 回と前年比で約 2.5 倍と大幅に増加した⁸⁾(図 1)^[11]。なお、図 1 における「日本船社が運航するクルーズ船の寄港回数」には、本稿が対象とした「飛鳥Ⅱ」と「につぼん丸」も含まれるが、本稿ではチャータークルーズを扱っておらず、また内航クルーズ船である「ガンツウ」も対象としていないため、図 1 の寄港回数と本稿のデータは一致し



※ 2023 年値は、港湾管理者からの聞き取りによる速報値であり、今後変動する可能性がある。

出所: 国土交通省「訪日クルーズ旅客数及びクルーズ船の寄港回数(2023年速報値)」p.2

図1 我が国港湾へのクルーズ船の寄港回数



出所: 国土交通省「訪日クルーズ旅客数及びクルーズ船の寄港回数(2023年速報値)」p.5

図2 外国クルーズ船が寄港する港湾数

表5 外国クルーズ船の寄港した港湾(2023年速報値)

2023											
順位	港湾名	寄港回数	順位	港湾名	寄港回数	順位	港湾名	寄港回数	順位	港湾名	寄港回数
1	横浜	101	26	徳島小松島	12	51	尾道赤崎	3	76	岡津(佐渡島)	1
2	長崎	95	27	八代	12	52	青方(中通島)	3	77	御前崎	1
3	鹿児島	78	28	室蘭	11	53	細島	3	78	伊根漁港	1
4	那覇	72	29	釧路	11	54	伊弉(沖永良部島)	3	79	釧路	1
5	博多	59	30	油津	11	55	龍代	2	80	鳥取	1
6	広島	58	31	宮之浦	11	56	岡田(大島)	2	81	西郷	1
7	神戸	54	32	新潟	10	57	敦賀	2	82	犬島	1
8	清水	53	33	新宮	10	58	田子の浦	2	83	薩摩	1
9	高知	51	34	宇野	10	59	浦郷漁港	2	84	宇都	1
10	大阪	46	35	萩	9	60	御手洗(大崎下島)	2	85	長浜	1
11	函館	42	36	宇和島	9	61	仙崎	2	86	福江(福江島)	1
12	東京	33	37	宮古	7	62	小豆島	2	87	与論	1
13	石垣	33	38	仙台塩釜	7	63	豊(上砥島)	2	88	吉仁屋(奄美大島)	1
14	金沢	32	39	舞鶴	7	64	湾(喜界島)	2	89	下砥島(長浜港)	1
15	青森	29	40	下関	7	65	座間味	2	90	与那国(祖納港)	1
16	横	25	41	北九州	7	66	西表島(小浜港)	2	91	竹富島	1
17	秋田	21	42	酒田	6	67	兼城	2	92	波照間島	1
18	別府	19	43	小木(佐渡島)	6	68	宍形	1		合計	1264
19	名古屋	18	44	福山	6	69	苫小牧	1			
20	佐世保	18	45	松山	6	70	榎家	1			
21	平良(宮古島)	17	46	和歌山下津	4	71	蟹泊	1			
22	小樽	15	47	厳原(対馬)	4	72	神威漁港	1			
23	高松	14	48	茨城	3	73	八戸	1			
24	唐津	13	49	伏木富山	3	74	八丈島(八重根港)	1			
25	名瀬	13	50	鳥羽	3	75	三宅島(三池港等)	1			

※赤字は外国クルーズ船初寄港の港湾等

※港湾管理者からの聞き取りによる速報値であり、今後変動する可能性がある

出所: 国土交通省資料「クルーズを取り巻く状況(令和6年5月20日)」p.14

ない。

2023年3月31日に閣議決定された新たな「観光立国推進基本計画」^[12]では、「令和7年に訪日クルーズ旅客をコロナ前ピーク水準の250万人まで回復させるとともに、外国クルーズ船の寄港回数がコロナ前ピーク水準の2,000回を超えることを目指した取組を推進する」とされ、「地方誘客を進めるため外国クルーズ船が寄港する港湾数について、令和7年にコロナ前ピーク水準の67港を上回る100港とすることを目指して取り組む」ことが明記された(p.53)。

2023年に外国クルーズ船が寄港した港湾数は速報値で92港であり、過去最多となった(図2)。このうち、29港は外国クルーズ船が初寄港であったという(表5)。このような港湾は、どのような期待を抱いて外国クルーズ船を受け入れたのか。興味は尽きない。今後もクルーズ研究を進めたい。

注

1) 「ダイヤモンド・プリンセス」は約3700人の乗客・乗員を乗せ、2020年1月20日から「初春の東南アジア大航海16日間」クルーズを催行

- していた。2月1日、同船を1週間前に香港で下船した男性乗客の新型コロナウイルス感染症の陽性結果が判明した。その後、「ダイヤモンド・プリンセス」は横浜港に帰港したが、乗客・乗員はそのまま約2週間、船内隔離されることになった。結果として、3月1日に「ダイヤモンド・プリンセス」の全乗客・乗員の下船又は自国への帰還が完了したが、この間、国内メディアのみならず海外メディアも同船の動向を連日報道した(牧原・坂上(2023) pp.34-35, 一般財団法人アジア・パシフィック・イニシアティブ(2020) pp.78-94)。
- 2) 「ガンツウ」は常石造船グループのせとうちクルーズが運航する小型クルーズ船であり、瀬戸内海を周遊している(海事プレス社(2022) p.234)。
- 3) 船舶法第3条の規定による。このことを「カボタージュ」という。
- 4) 外国船社クルーズ船のクルーズは、日本国内の港だけでなく、必ず日本以外の海外港に寄港しなければならない(一般社団法人みなと総合研究財団クルーズ総合研究所(2023) p.5)。

- 5) 前述したが、「ぱしふいっくびいなす」は 2022 年 12 月 27 日出発 (2023 年 1 月 4 日終了) の「【神戸発着】びいなすニューイヤークルーズ」を最後に、営業運航を終了した。このため、2023 年に運航していたクルーズ船には含めない。
- 6) 今回の運航記録は、クルーズ船の運航を基準にまとめた。クルーズ日程に複数のコースが設定されていても、クルーズ船の運航が同一の場合は 1 つのクルーズとした。
- 7) 運航中止の理由は「クルーズニュース」の記事に拠った。
- 8) 因みに、2023 年の訪日クルーズ旅客数は 35.6 万人であった。訪日クルーズ旅客は 2020 年 3 月に国際クルーズが停止されたため、2021 年および 2022 年は 0 人だったが、2023 年はコロナ前ピーク水準 (2017 年: 252.9 万人) の 14% だった。
- 浜港からモーリシャスに出航、2 年 10 カ月ぶり国際クルーズ」 (<https://www.cruise-mag.com/news/24484/> 閲覧日: 2024 年 11 月 28 日)
- [10] 一般社団法人日本外航客船協会ウェブサイト「クルーズニュース」 (<https://www.jopa.or.jp/news/news.html>)
- [11] 国土交通省「訪日クルーズ旅客数及びクルーズ船の寄港回数 (2023 年速報値)」
- [12] 「観光立国推進基本計画 (令和 5 年 3 月 31 日閣議決定)」

参考文献

- [1] WEB CRUISE ウェブサイト「清水港に「アマデア」入港、3 年ぶりに外国客船による日本寄港が再開」 (<https://www.cruise-mag.com/news/26662/> 閲覧日: 2023 年 11 月 28 日)
- [2] 牧原出・坂上博『さしむ政治と科学 コロナ禍、尾身茂氏との対話』中央公論新社, 2023
- [3] 一般財団法人アジア・パシフィック・イニシアティブ『新型コロナ対応・民間臨時調査会 調査・検証報告書』ディスカヴァー・トゥエンティワン, 2020
- [4] 一般社団法人みなと総合研究財団クルーズ総合研究所『クルーズポート読本【2024 年版】』成山堂書店, 2023
- [5] 海事プレス社『クルーズ客船データブック 2022- 2023』2022
- [6] 野々山和宏・加藤博「コロナ禍の日本におけるクルーズ船の運航状況—2020 年から 2021 年の記録—」『弓削商船高等専門学校紀要』45, 11-22, 2023
- [7] 野々山和宏・加藤博「2022 年の日本におけるクルーズ船の運航状況」『弓削商船高等専門学校紀要』46, 5-13, 2024
- [8] トラベルボイス 2022 年 11 月 4 日付記事「日本のクルーズ客船「ぱしふいっくびいなす」が事業終了、コロナ禍からの回復厳しく、会社は解散へ」 (<https://www.travelvoice.jp/20221104-152335> 閲覧日: 2024 年 11 月 28 日)
- [9] WEB CRUISE ウェブサイト「にっぽん丸、横

太陽光発電装置の出力に影響を与える要因の研究

ハヤンヒリワー サランゲレル*¹・ダワァ ガンバット*²・益崎 智成*³

Study of Factors Affecting the Output of Photovoltaic Power Generation Equipment

Sarangereel Khayankhyarvaa*¹, Ganbat Davaa*², Tomonari Masuzaki*³

Abstract

A cooperation agreement was established in 2014 between the National Institute of Technology, Yuge College (NITYC), and the School of Power Engineering (SPE) at the Mongolian University of Science and Technology (MUST). This partnership aims to foster educational exchange and collaboration in academic and related fields. This article presents the findings of experimental research conducted on solar cell generators, utilizing the facilities of the Renewable Energy Laboratory located on the roof of the T Building at SPE, MUST. The experiment was jointly conducted by students from NITYC and SPE, highlighting the collaborative efforts of the two institutions.

1. まえがき

日本との留学生関係は、1901年に文部省により留学生の受け入れ制度が制定されて以来、100年以上の歴史を持っている。1954年から国費留学生の受け入れが行われ、1974年の日本・モンゴル文化交流協定に基づき、1976年に日本はモンゴルから初めて国費留学生を受け入れた。2014年5月1日の数値を見ると、国費と私費を合わせて日本に留学した外国人留学生の数は184155人に達している。この中で日本に留学したモンゴル人学生数は1,548人に達した。

2014年、モンゴルに「MUST-Koosen」、「New Mongolian Koosen」、「Mongol Koosen」の3校の高等専門学校が開校され、多くの優秀な技術者を育成した。Koosenは、15歳から学生として入学させ、5年間の工学教育を実施し、最高レベルのクリエイティブエンジニアを育成する日本の「高専」システムを採用したモンゴルの新たな教育機関である。Koosen卒業生の就職率は100%であるため、他の教育機関に比べて有利である。毎年、工学教育の価値は高まり、Koosenに入学する学生の数は飛躍的に増加している。

弓削商船高等専門学校は、2014年9月にモンゴル科

学技術大学 (MUST) の動力工学学校 (SPE) と連携協定を締結し (図1参考)、2015年8月にはMUSTの交通機械工学学校 (School of Mechanical Engineering and Transportation, (SMET) と連携協定を締結した (図2参考)。この協定は、両校の教職員、研究者、職員の相互訪問、学生の交流・受入れ、共同の学術・研究活動の支援等の活動を支援することを目的としている。



図1 SPEとの連携協定を締結 (モンゴル 2014年)

*1 モンゴル科学技術大学動力工学学校, (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology)

*2 弓削商船高等専門学校電子機械工学科, (Department of Electronic Mechanical Engineering, National Institute of Technology, Yuge College)

*3 弓削商船高等専門学校情報工学科, (Department of Information Technology, National Institute of Technology, Yuge College)



図 2 SMET との連携協定を締結 (モンゴル 2015 年)

この協定の締結以来、弓削商船高等専門学校からはモンゴル人教員 1 名、日本人教員 6 名、日本人学生 35 名が計 8 回にわたり MUST の SPE と SMET を訪問し、共同実験や共同研究を行い、研究室や教育設備を見学した。また、モンゴル国の美しい自然や文化施設を視察し、国際文化の学習を行った。図 3 ～ 図 10 には、2015 年から 2024 年までの間、両校の協力の枠組み内でモンゴルを訪問した日本の弓削商船高等専門学校の教員と学生の写真を示している。



図 5 学生 2 名, 教員 1 名 (モンゴル 2017 年)



図 6 学生 5 名, 教員 1 名 (モンゴル 2018 年)



図 3 学生 8 名, 教員 2 名 (モンゴル 2015 年)



図 7 学生 5 名, 教員 2 名 (モンゴル 2019 年)

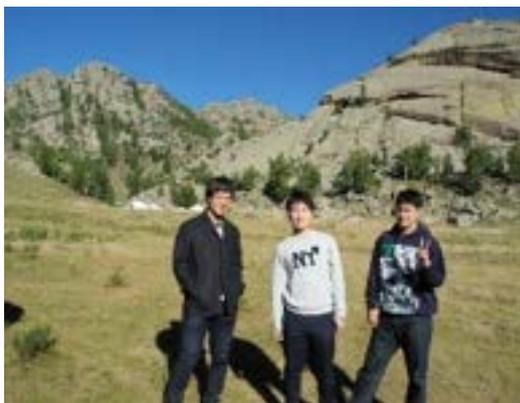


図 4 学生 2 名, 教員 1 名 (モンゴル 2016 年)



図 8 学生 5 名, 教員 2 名 (モンゴル 2022 年)



図9 学生3名, 教員2名 (モンゴル2023年)



図12 佐久間一行 先生がモンゴルを訪問 (2019年)



図10 学生4名, 教員2名 (モンゴル2024年)

弓削商船高等専門学校とモンゴル科学技術大学との連携の一環として、モンゴルから教員8名、学生15名が弓削商船高等専門学校を訪問し、4回にわたり共同研究、共同実験を行った。図13～図16には、2015年から2024年まで両校の協力の一環として来日したモンゴル人教師と生徒の写真を示す[1-4]。

この協力の枠組みの中で、2019年に弓削商船高等専門学校の教員1名が教員交換としてモンゴルを訪問し、MUSTの動力工学学校(SPE)と交通機械工学学校(SMET)の教員や学生とともに12日間研修を行った。交通機械工学学校の学長、副学長と佐久間一行先生が挨拶時の写真を図11に示す。また、佐久間先生がチンギス・ハーン博物館を見学するときの写真を図12に示す。

2024年現在、国立弓削商船高等専門学校では、7名のモンゴル人留学生が卒業し、1名の学生が在学中である。



図13 学生5名, 教員2名 (日本2015年)

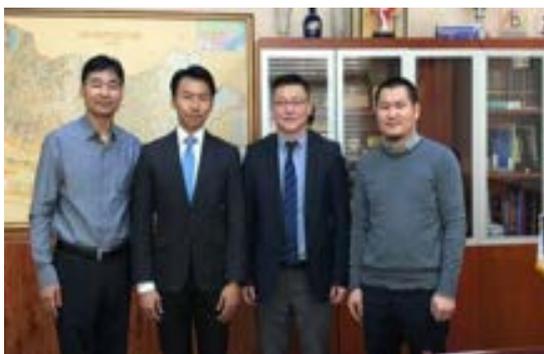


図11 佐久間先生, 学長 (SMET 2019年)



図14 学生4名, 教員2名 (日本2016年)



図 15 学生 4 名, 教員 2 名 (日本 2018 年)



図 16 学生 2 名, 教員 2 名 (日本 2019 年)

2. 共同研究

本章より, 2024 年にモンゴルを訪問した弓削商船高等専門学校の学生が, MUST・SPE の T 棟屋上に建てられた研究室で行った太陽光発電の試験結果を示す。

2. 1 太陽光発電 (PV) 技術

太陽エネルギーを電気エネルギーに変換する単純な半導体デバイスは, 太陽電池 (PV セル) またはソーラーセルと呼ばれる。IV 族元素であるシリコンは, 太陽電池で最も広く使用されている半導体である。ソーラーセルは, 半導体材料内の電子と光子の相互作用により太陽光を直接電気に変換する。ソーラーセルは, p 型半導体と n 型半導体で構成されている。ソーラーセルの概略図を図 17 に示す。

ソーラーセルは太陽光発電機の主要な構成単位であり, 大きさは 1 cm ~ 10 cm で, 比較的少量の電力 (通常は 0.1 ~ 3 W) を生成する。これでは実際の用途には十分ではないため, マイクロエレクトロニクス技術を用いて複数のソーラーセルを直列に接続し, より強力なモジュールを形成する。モジュールは, 48 セ

ル, 60 セル, 72 セル, またはそれ以上の直列接続されたソーラーセルで構成される。

例として, 一般的な 72 セル太陽電池モジュールを図 18 に示す。

多数のモジュールを直列および並列に接続することで, ソーラーパネルを組み立て, 電圧と電流を増加させ, より高い出力を得ることができる [5]。太陽光発電機の基本コンポーネントを図 19 に示す。

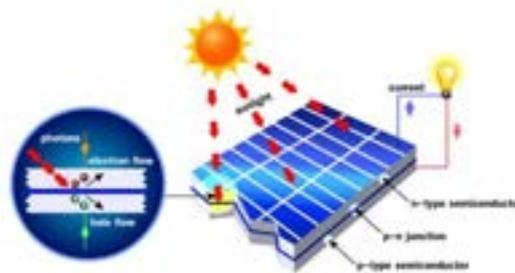


図 17 太陽光発電の原理

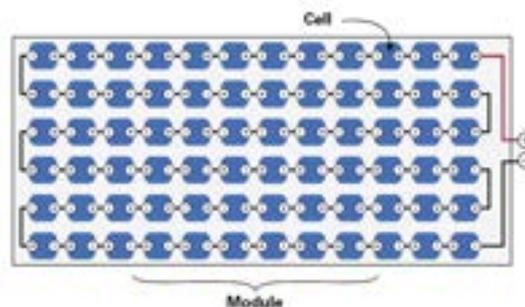


図 18 一般的な 72 セル太陽電池モジュール

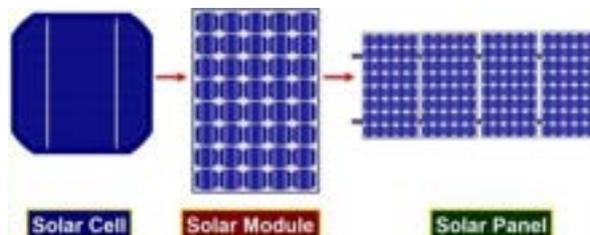


図 19 太陽電池発電機の基本コンポーネント

太陽光発電の効率を決定する主なパラメータは, 最大発電量 (Pmax), 短絡電流密度 (Jsc), 開放電圧 (Voc), および曲線因子 (FF) である。図 20 に太陽光発電装置の電流と電圧の関係を示す。

太陽光発電機の変換効率 (η) は、太陽光発電機の最大発電量と入射日射量 (P_{in}) の比として計算される。

$$\eta_p = \frac{P_{max}}{P_{in}} = \frac{J_{sc} \cdot V_{oc} \cdot FF}{P_{in}};$$

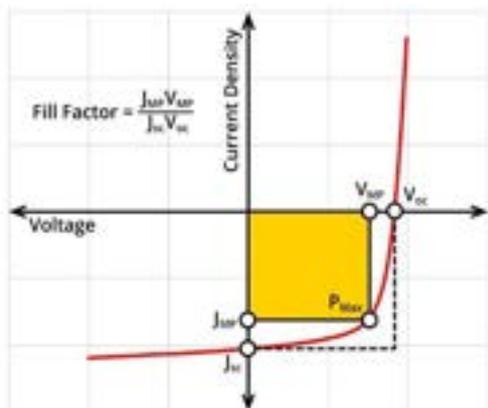


図 20 太陽光発電機の電流と電圧の関係

太陽光発電機の発電量は、温度、日射量、傾斜角、日陰、埃などの多くの外部要因の影響を受ける。さらに、湿度、風速、設置場所といった要因も大きく影響する [6-8]。モジュールの温度が上昇すると、出力電力が低下する。図 21 に示すように、太陽電池発電機の温度が低いほど、より多くの電力を生成でき、温度の変化は出力電力に大きな影響を与える [9]。

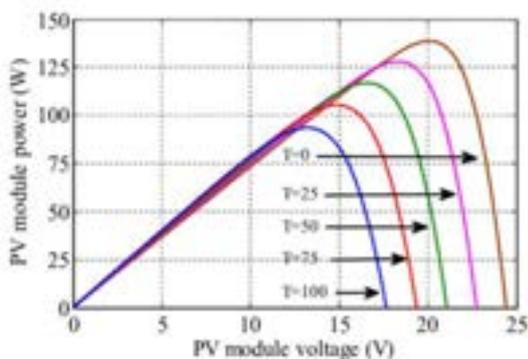


図 21 温度変化と太陽光発電出力の依存性

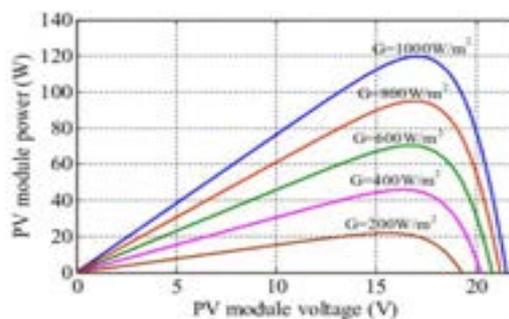


図 22 日射強度と太陽光発電装置の出力依存性

日射量が減少すると、短絡電流の値は大幅に減少しますが、開放電圧にはほとんど影響しない。この影響を図 22 から見る事が出来る。

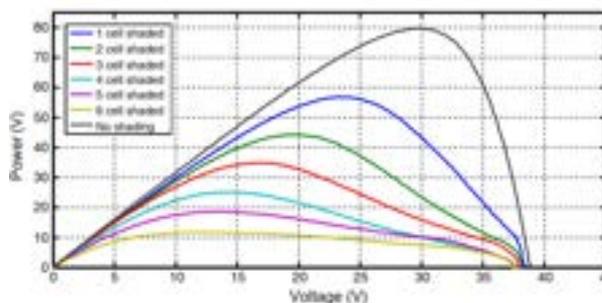


図 23 太陽電池モジュールに対するシェーディングの影響

空に雲が少し出ている場合、太陽電池モジュールの出力は 80% 減少し、曇りの日には電力は 20% に減少する [9]。太陽電池モジュールに対するシェーディングの影響を図 23 に示す。

太陽電池モジュールに太陽の動きに追従する機構が備わっている場合、1 日に生成されるエネルギーは比較的大きくなる可能性がある。

このような太陽光発電機を使用することにより、従来の定置式太陽光発電機を使用する場合よりも 40% 以上多くのエネルギーを生成することが可能である。図 24 には定置式、単軸および二軸の 3 種類の太陽光発電機を示す。



図 24 定置式、単軸および二軸太陽光発電機

2. 2 オブジェクトの選択と機器の選択

計算の対象はモンゴル科学技術大学・SPE の T 棟屋上にある再生エネルギー研究室である。当研究室は、1 kW 独立型風車、4.8 kW 系統並列太陽光発電システム、8.4 kW 系統並列太陽光発電複合システム、5 つの角度で測定、実験を行うことが可能な独立型太陽光発電装置、二軸 1.2 kW の太陽光発電機で構成されている。

また、コンパクトなゲル（ハウジング）と、それを加熱するための太陽熱集熱器を備えている。このコンパクトゲルは、空気熱源ヒートポンプ、太陽熱集熱器、電気床暖房を利用して暖房され、空気熱源ヒートポンプの簡易モードが使用される。暑い夏には涼しく、寒い冬には熱風を送り出すように設計されている。再生エネルギー研究室の実験装置を図 25 に示す。

今年は、モンゴル技術科学大学・動力工学校校の学生、教員が弓削商船高等専門学校から訪問した学生、教員と共に 5 つの角度で測定、および実験を行う事が可能な独立型太陽光発電装置を利用して共同研究を行った。本共同研究に参加した弓削商船高等専門学校のメンバーを図 26 で紹介する。実験の一般的な測定スキームを図 27 に示す。



図 25 MUST・SPE の T 建物の棟屋上に設置した再生エネルギー研究室



図 26 サラー先生と弓削商船高等専門学校の学生と教員

SPE の T 棟屋上に JMK-605N-78HL4-BDV 自立型太陽光発電装置を 0° 、 30° 、 45° 、 60° 、 90° の傾斜角度で設置した。表 1 に使用した JMK-605N-78HL4-BDV 型太陽電池発電機の仕様を示す。この太陽光発電機は摂氏 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ で動作する事が可能で、システム最大電圧は 1500 V である。



図 27 一般的な測定スキーム

表1 太陽光発電パネルの仕様

太陽素子:	N type Si-mono
太陽光発電機の種類:	JMK-605N-78HL4-BDV
最大出力, (P_{mpp})	605 W
モジュールサイズ,MM (長さ×幅×高さ)	2465×1134×35
最大電力に相当する電圧, (V_{mpp})	45.42 V
開回路電圧, (V_{oc})	55.17 V
短絡電流, (I_{sc})	13.95 A
最大電力に相当する電流, (I_{mpp})	13.32A
モジュール変換効率係数 AYK, (STC)	21.64 %
システムの最大電圧	1500 V
通常の動作温度	-40 ~ +85°C
温度係数, (I_{sc})	0.046 %/°C
温度係数, (V_{oc})	-0.25 %/°C
温度係数, (P_{max})	-0.30 %/°C
	

太陽光発電機の傾斜角のさまざまな値で出力電流と出力電圧を測定した。測定値を表2に示す。

表2 太陽光発電装置の測定値

No	傾斜角度 (°)	I_{mpp} (A)	V_{mpp} (V)	P_{mpp} (W)
1	0	8.53	44.13	377.75
2	30	11.89	43.97	522.80
3	45	12.90	44.98	580.24
4	60	11.05	43.9	485.09
5	90	10	44.18	441.8

2. 3 太陽光発電システムのモデリング

自然要因およびランダム要因は、太陽光発電装置のエネルギー生産に影響を与える。MATLAB simulink プログラムを使用して、周囲温度と日射強度がモンゴル科学技術大学 SPE の T 棟屋上に設置された太陽光発電装置の出力にどのような影響を与えるかを研究し

た。日射強度と温度を入力値として入力し、太陽光発電装置の電流、電圧、電力値を出力として測定し、電流-電圧グラフ、電力-電圧グラフを作成し、計算された理論値の結果と比較する。太陽光発電システムのモデリングをイメージして図28に示す。

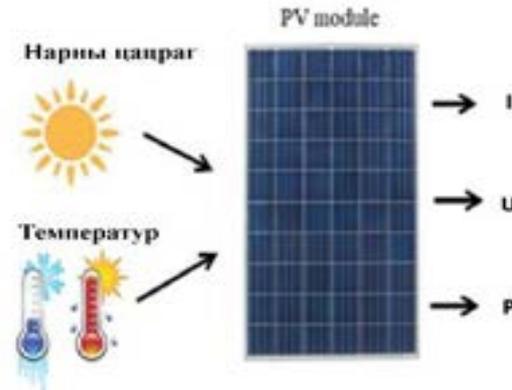


図28 太陽電池発電機の入出力パラメータ

学校の屋上に設置された JMK-605N-78HL4-BDV 型の太陽光発電機の基本パラメータは、下の図29に示すように、MATLAB プログラムの PV Array ブロックに入力される。



図29 太陽電池発電機の基本パラメータを入力するフィールド

図30には、MATLAB Simulink を使用した学校の屋上の太陽光発電システムのシミュレーションを示す。

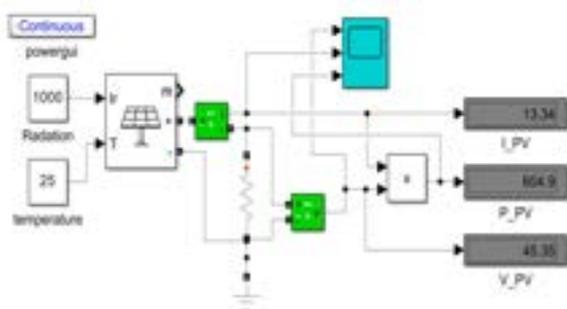


図 30 太陽光発電システムの MATLAB モデリング

2. 4 モデリング結果

出力値に対する日射強度と温度の影響は、MATLAB simulink プログラムを使用して処理され、結果が得られた。太陽光強度が 1000 W/m^2 で一定の場合、モジュールの温度が上昇すると、出力電流は $13.84 \text{ A} \sim 14.13 \text{ A}$ にわずかに増加するが、出力電力は 650 W から 567.9 W に減少し、電圧は $58.42 \text{ V} \sim 52.26 \text{ V}$ に減少する。日射強度 1000 W/m^2 で、気温が異なる場合の出力電力、電圧、電流の関係を図 31、表 3 に示す。

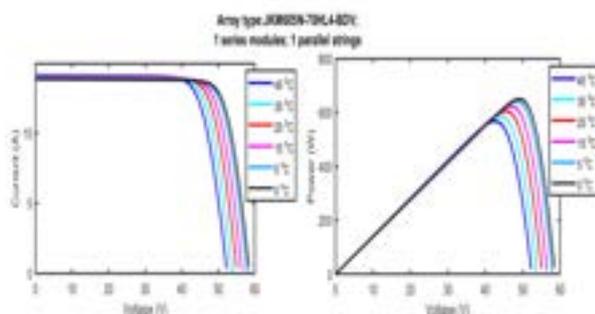


図 31 日射強度 1000 W/m^2 で気温が異なる場合の出力電力、電圧、電流

表 3 1000 W/m^2 の一定の太陽光強度と異なるモジュール温度でのシミュレーション結果

パラメータ	太陽の強さが一定 1000 W/m^2					
	0°C	5°C	15°C	25°C	35°C	45°C
電流, I (A)	13.84	13.87	13.94	14	14.06	14.13
電圧, V (V)	58.42	57.89	56.44	55.01	53.77	52.26
電力, P (W)	650.3	641.3	623.2	604.9	586.9	567.9

一方、モジュール温度が 25°C で一定の場合、日射量が減少すると出力電圧はわずかに低下し、電流と電力は大幅に減少する。一定の周囲温度での出力電流、電圧、電力の変化と日射強度の変化を図 32、表 4 に示す。

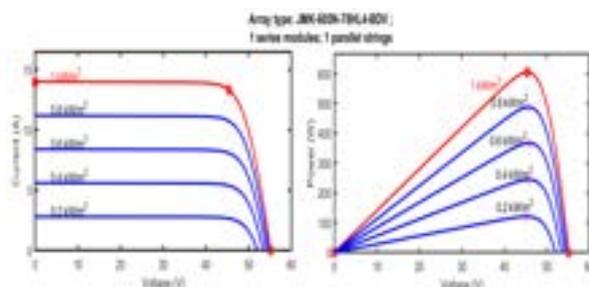


図 32 一定の周囲温度での出力電流、電圧、電力の変化と日射強度の変化

表 4 一定の周囲温度 25°C における、さまざまな期間の太陽光強度でのシミュレーション結果

パラメータ	モジュールの温度は一定 25°C				
	1000 W/m^2	800 W/m^2	600 W/m^2	400 W/m^2	200 W/m^2
電流, I_n (A)	14	11.2	8.4	5.6	2.8
電圧, V_n (V)	55.01	54.7	54.17	53.4	52.01
電力, P_n (W)	604.9	487.3	367.1	244.6	120.7

3. 結論

モンゴル科学技術大学動力工学学校 T 棟の屋上にある再生エネルギー研究室の独立システムである 605 W 太陽光発電装置の出力パラメータを測定し、MATLAB プログラムを使用してシミュレーションを処理した。

- 太陽光発電装置を傾斜角 $0^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 90^\circ$ に置いたときの出力電流と電圧値を測定し、電力値を計算した。出力電力は、傾斜角 45° で最大値に達した。これは、多くの場合、地域の緯度に近い場所に太陽光発電装置を設置するのが有効であることを示している。
- MATLAB simulink プログラムを使用して、太陽光発電機の出力に対する周囲温度と日射強度の影響を研究した。
- 一定の 1000 W/m^2 の日射量で、周囲温度を変化させることによって電力 - 電圧および電流 - 電

圧の関係が確立された。モジュールの温度が上昇すると、出力電流が大幅に増加し、出力電圧と電力が徐々に低下する。これは、太陽電池モジュール内で電子と正孔のペアが形成され、p-n 接合内の移動度が増加し、モジュール電流が増加することを示している。夏の暑さの7月と8月には、エネルギー生産量が低下することが示されている。

- 25°C の一定温度で、太陽光強度を変化させることにより、電力 - 電圧および電流 - 電圧の関係が確立された。シミュレーション結果によると、日射強度が低下すると、太陽電池発電機の出力電流は 14 A から 2.8 A に減少し、出力電圧は 55.01 V から 52.01 V に減少し、出力電力は 605 W から 120.7 W に減少する。曇りの日が多い冬場はエネルギー生産量が少ないが、晴れた日が多い3月、4月はエネルギー生産量が多いことが分かる。
- 環境に優しく省スペースな屋根用太陽電池システムの開発により、環境に優しい太陽エネルギー技術が利用して温室効果ガスの排出量が削減され、太陽エネルギーの利用が増加することが明らかである。

5. 謝辞

モンゴル科学技術大学・動力工学学校 (School of Power Engineering, Mongolian University of Science and Technology) との国際交流の実施に伴う経費の一部は、独立行政法人日本学生支援機構 (JASSO)、弓削商船高等専門学校技術振興会「しまなみテクノパートナーズ」の国際交流の支援によるものである。

参考文献

- [1] Ganbat Davaa, Koichi Kuzume, Takashi Fujimoto, Sarangerel Khayankhyarvaa, Boldbaatar Dalai, Odonkhishig Burenjargal, "Measurement of the Air Pollutants in Ulaanbaatar City – International Exchange Program Between National Institute of Technology, Yuge College and Mongolian University of Science and Technology –", *Memoirs of the National Institute of Technology, Yuge College*, pp.63-69, No.39 (2017)
- [2] Ganbat Davaa, Koichi Kuzume, Hiroshi Takagi, Odgerel Jambal, Junko Wakamatsu, Sarangerel Khayankhyarvaa, Boldbaatar Dalai, Bat-Erdene Amgalanbaatar, Bayarsuren Badarch, "Measurement of the Air Pollutants in Yuge Village – International Exchange Program Between National Institute of Technology, Yuge College and Mongolian University of Science and Technology –", *Memoirs of the National Institute of Technology, Yuge College*, pp.54-62, No.40 (2018)
- [3] Ganbat Davaa, Koichi Kuzume, Shigeji Osawa, Hidetugi Fukuda, Toshihiro Tsutsui, Odgerel Jambal, Sarangerel Khayankhyarvaa, Sadahiro Akiba, Bat-Erdene Amgalanbaatar, Boldbaatar Dalai, Bayarsuren Badarch, Supachai Prainetr, "Technical Training and Specialized Experiences Engaged by an International Exchange Program", *Memoirs of the National Institute of Technology, Yuge College*, pp.48-53, No.40 (2018)
- [4] Ganbat Davaa, Tomonari Masuzaki, Sarangerel Khayankhyarvaa, Munkhtuya Erdenebat, "Measuring the concentration of air pollutants in Ulaanbaatar city, Mongolia", *Memoirs of the National Institute of Technology, Yuge College*, pp.59-64, No.46 (2024)
- [5] Elminir H K, Benda V and Tousek J, Effects of solar irradiation conditions and other factors on the outdoor performance of photovoltaic modules, *Journal of Electrical Engineering*, vol. 52, No. 5-6, pp: 125-133, 2001.
- [6] Haider Ibrahim, Nader Anani, Variations of PV module parameters with irradiance and temperature, *Energy Procedia*, Vol.134, 2017, pp: 276-285, ISSN 1876-6102, doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.617.
- [7] Mekhilef S, Saidur R, Kamalisarvestani M, Effect of dust, humidity and air velocity on efficiency of photovoltaic cells, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 16, pp: 2920-2925, 2012.
- [8] S. M. Salih, "Analysis of Shading Impact Factor for Photovoltaic Modules," *IRAQI JOURNAL OF DESERT STUDIES*, vol. 5, no. 1, pp. 1-9, 2013.
- [9] Ruchpaul, Rikesh & Shamachurn, Heman. (2020). Performance Comparison of Three PV Technologies under the Effect of Partial Shading and Varying Tilt Angles. 9-18.
- [10] Х.Сарангэрэл, Э.Мөнхтуяа, "Барилгын дээвэрт суурилуулсан нарны цахилгаан

системийн эрчим хүчний үйлдвэрлэлд
нөлөөлөх хүчин зүйлийн судалгаа”,
Сэргээгдэх эрчим хүч ба дэвшилтэт
технологи-2023 Эрдэм шинжилгээний
эмхэтгэл, Улаанбаатар 2023, 21х

SN 問題

雙知 延行*

Problem SN

Nobuyuki SOCHI*

Abstract

First, in Section 1, we explain the Problem SN (Safety Net), the rule of the spherical game, and the metric invariants related to those strategies. Next, in Section 2, we consider the optimal solution, and in Section 3, we present the outlook for this research.

1. SN 問題について

まず, 1 章において, SN 問題と球面ゲーム[3]のルールとそれらの戦略に関する計量不変量について説明をする. 続いて, 2 章では, その最適解について考察し, 3 章では展望について述べる.

1. 1 SN 問題

SN 問題: 地球を球体とみなし, 半径を 1 とする. 地球表面上に k 地点の救助拠点を設置して安全網 (Safety Net) システムを作る. 拠点は海面上でも構わない. ここで, 次の条件を満たすものとする.

①地球上の 1 点 x で水難や自然災害などのトラブルがあったときに, k 地点の中で x に最も近い点から最短距離で救助に向かう. ②偏りなく地球全域を救助の対象とする. ③移動する距離がより小さくなるように拠点を設置する.

最適解については, 球面ゲームと同様に計量不変量を用いて考えることができる. 以下, 球面ゲームのルールと計量不変量について説明する.

1. 2 球面ゲームのルール

球面ゲーム: k 人対 k 人が球面上で対戦する. 両チームが自由に動いて配置を決める. 先攻する一方のチームの 1 人が球を球面上に投げ落とす. 投げてから落ちるまでは両チームの $2k$ 人は動かないものとする. 落ちた瞬間に球の位置まで相手チームの k 人が同時に最短距離で拾いに行き, 球を最初に拾った人が拾った球を投げて, 同様に先攻チームの k 人が拾いに行き, 以下同様にゲームを続ける. なるべく遠く

に球を投げて, 相手チームの k 人のうち 1 人が拾ったらそのプレイヤーの移動した距離を表す数を球を投じたチームの得点にする. このとき, 相手チーム k 人のうち何人かは球の方向に向かわず, 別の方向に向かっても良いものとする. 先攻するチームの k 人は自由に移動して構わない. 得点がある点数に先に達した方を 1 ゲーム勝ちとして, 先攻後攻を入れ替えてゲームを続ける. $2k$ 人は同じ速さで動くものとする. 球面は半径が 1 の 2 次元単位球面とし, 無色透明とする. 球の落下点までの距離が半球領域の $\pi/2$ より遠いか近いかをそれぞれのプレイヤーが判別出来るものとする. [3]

1. 3 計量不変量 $m_k(X)$

球面ゲームにおいて, 両チームの取るべき戦略を不変量 $m_k(X)$ を用いて考える. ここで, 曲面上の 2 点 x, y を結ぶ曲線の長さの下限を x, y の距離と言い, $\text{dist}(x, y)$ で表す. 2 点を結んだその曲線を測地線と言う. 2 点が半径 1 の単位球面上の対蹠点のペアとなるときは, 測地線は無数に存在し, 測地線の長さは大円の半分の長さ π となる.

k 個の点から点 x への距離の最小値において, x を変化させたときの最大値を考え, さらにその最大値において, k 個の点の配置を動かしたときの最小値を, 空間 X での計量不変量 $m_k(X)$ と表す. つまり, 空間 X 上の k 個の点 x_1, x_2, \dots, x_k に対して, $\min_{i=1,2,\dots,k} \text{dist}(x, x_i)$ が最大となるように X の点 x をとって, その最大値を $p_x(x_1, x_2, \dots, x_k)$ と表す. さらに, $p_x(x_1, x_2, \dots, x_k)$ が最小となるように

x_1, x_2, \dots, x_k の配置を選び, その最小値を $m_k(X)$ と表す. すなわち,

$$p_x(x_1, x_2, \dots, x_k) = \max_{\{x \text{ in } X\}} \min_{\{l=1,2,\dots,k\}} \text{dist}(x, x_l)$$

$$\begin{aligned} m_k(X) &= \min_{\{(x_1, x_2, \dots, x_k) \text{ in } X \times \dots \times X\}} p_x(x_1, x_2, \dots, x_k) \\ &= \min_{\{(x_1, x_2, \dots, x_k) \text{ in } X \times \dots \times X\}} \max_{\{x \text{ in } X\}} \\ &\quad \min_{\{l=1,2,\dots,k\}} \text{dist}(x, x_l) \end{aligned}$$

と定義する.

ここで, $m_k(X)$ は covering radius として知られた計量不変量であり, 球面や半球面や実射影空間等における値がいくつか分かっている. [1], [3]

2. 最適解の考察

2. 1 球面ゲームの戦略と計量不変量の関係

X (球面) 上で a チームのメンバー $A_1 \sim A_k$ と b チームのメンバー $B_1 \sim B_k$ の k 人対 k 人の対戦において, まず, a チームの任意の 1 人である A_1 が球を投げ落とす. 落下位置 x から $B_1 \sim B_k$ までの最も近い 1 人がその球を拾う. その際, a チームがより高得点を狙うために, $B_1 \sim B_k$ からなるべく遠方に A_1 は投げる. つまり, 落下点 x と b チームの k 人の距離の最小値において, x を動かしてその最大値を考える. その値が $p_x(x_1, x_2, \dots, x_k)$ で, a チームの得点となる. 従って b チームは, その得点を小さくするために, 事前に, $p_x(x_1, x_2, \dots, x_k)$ が最小となるような配置にいればよい. この値が $m_k(X)$ である. b チームが最適の配置であれば, $m_k(X)$ が a チームの得点となる. このようにこのゲームは, a チームも b チームも同様に, 計量不変量 $m_k(X)$ を用いて戦略を得ることができる. [3]

2. 2 SN 問題と球面ゲームの関係

SN 問題において, 条件①の「最も近い点から最短距離で救助に向かう」は「最も近いものが球を拾いに向かう」ことに対応し, 条件②の「地球全域を救助の対象とする」ことは「配置を固定しトラブル地点を全域で動かして, トラブル地点までの最短距離の最大値を考える」ことより, 「固定された配置での最小距離が最大となるように球を落とすこと」に対応し, 条件③の「移動する距離がより小さくなるように拠点を設置する」ことは「②の最大値において, 最小となる配置を考える」ことを意味し, $m_k(X)$ を考えることになる. [3], [5]

2. 3 $k=1, 2$ の場合の $m_k(S^2)$ の値と戦略

X 上で a チームのメンバー $A_1 \sim A_k$ が b チームのメ

ンバー $B_1 \sim B_k$ と k 人対 k 人で対戦するとする. まず, A_1 が球を投げたとする. 落下位置から $B_1 \sim B_k$ までの距離の近い方が球を拾いに行く. 球面を S^2 で表す.

以下, $m_1(S^2)$ と $m_2(S^2)$ の値と戦略を示す.

① $k = 1$ のとき

1 点 B_1 から x までの最短距離において, x を動かしたときの最大値は π で, その値は 1 点 B_1 の位置に関わらず π なので, $m_1(S^2) = \pi$ が言える.

A_1 はなるべく B_1 から遠くに投げるが, 1 人だと B_1 はどこにいても同じで, $m_1(S^2)$ を考えることになる. $m_1(S^2) = \pi$ となるので, B_1 の対蹠点に球を落とせば良い. [3]

SN 問題においても, $k = 1$ の場合の配置は任意となる. (図 1)

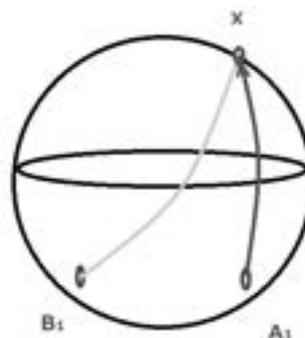


図 1 $k = 1$ のとき

② $k = 2$ のとき

2 点 B_1 と B_2 が対蹠点の位置でない場合は, 2 点 B_1 と B_2 から x までの最短距離において, x を動かしたときの最大値は $\pi/2$ を超えるが, 2 点 B_1 と B_2 が対蹠点の位置の場合は, x がその 2 点の真中の位置で 2 点 B_1 と B_2 から x までの最短距離が最大になり $m_2(S^2) = \pi/2$ が実現される.

B_1 と B_2 の 2 人は S^2 上の対蹠点の位置にいれば良いことになる. 図 2 において, A_1 がどこに投げて, b チームのメンバーからの最小距離は $\pi/2$ 以下となるので, B_1 と B_2 の 2 人からの距離が同じ $\pi/2$ となる点 (お見合い点と呼ぶ) を狙うと良い. b チームは, B_1 と B_2 のうち x により近い方 (お見合い点の場合は任意) が球を取りに行き, 他方は相方の対蹠点に移動して次に備えておけば良い. [3]

SN 問題においても, $k = 2$ の場合の配置は対蹠点の位置となる. (図 2)

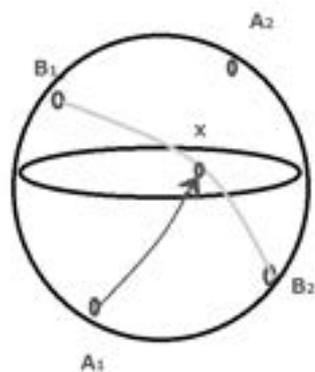


図2 $k = 2$ のとき

3. 展望

X が 2 次元単位球面 S^2 のときに, k の値を大きくした場合のいくつかにおいて, k 個の点の最適な配置として正多面体の頂点が現れることが分かった. k の値がさらに大きくなった場合を考察している. また, X が 2 次元半球面や 2 次元実射影空間の場合における最適な配置も考察している.

さらに, X の次元が 3 次元以上の場合のいくつかの空間においても同様に, 最適な配置を考察中である.

また, 高等専門学校において, 主に低学年の数学の集団授業で, 教材として用いた. 球面三角法はやや難しく, 説明する時間が十分なかったため 3 対 3 の対戦は紹介程度にとどめた. 球面が複数個描かれた用紙を渡し, 配置をいくつか自由に描いてもらって, 解決する過程を描き残してもらった. 球面ゲーム, その解説, SN 問題の順に考えてもらった. 球面ゲームと SN 問題はそれぞれのテーマは一見すると異なるが, $k = 2$ の場合はほぼ全員の学生が同様の戦略と気づき, SN 問題の解決に至った. 演習の際, 変化するものの 1 つ 1 つを (固定して) 図に描かせてその変化を考えるように指示することによって, 動くものの配置を固定して最小値を比較して考えていることが答に至る配置図から確認でき, 球面ゲームと同様の戦略と気付いたことが推察できる. [5]

参考文献

- [1] S. Shteingold, 「Covering radii and paving diameters of Alexandrov spaces」, The Journal of Geometric Analysis, Vol 8, pp. 613-627, 1998.
- [2] 雙知延行, 「球面ゲームについて」, 日本数学教育

学会誌 第 97 回大会特集号, 第 97 巻, 568, 2015 年.

- [3] 雙知延行, 「球面ゲームの戦略と計量不変量について」, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌 第 23 号, pp. 13-24, 2017 年.
- [4] 雙知延行, 「球面ゲームの戦略について—射影空間と半球面での戦略—」, 数学教育学会 2018 年度春季年会予稿集, pp. 98-100, 2018 年.
- [5] N. Sochi, 「Game on the spherical surface」, The 12th International Symposium on Advances in Technology Education 2018 (ISATE 2018), 2018.
- [6] 雙知延行, 「球面ゲームを応用した 1 つの問題」, 日本工学教育協会 第 72 回年次大会, 工学教育研究講演会講演論文集, pp. 322-323, 2024 年.

3次元 Euclid 空間の実射影平面型完備極小曲面の具体例とそのグラフィックスについて

金田 伸 *

Some examples of real projective plane type complete minimal surfaces in the Euclidean 3-space and their graphics.

Shin Kaneda *

Abstract

We construct a complete minimal surface homeomorphic to \mathbb{RP}^2 minus 2 points and draw the picture by software "Mathematica".

1. 導入

3次元 Euclid 空間 \mathbb{R}^3 の曲面で, 平均曲率が恒等的に消えているものを極小曲面という. 極小曲面は石鹸膜の数学的モデルとしても知られており, 18世紀頃から盛んに研究が行われている.

19世紀には, 極小曲面論と複素関数論の強い繋がりを示唆する以下の公式が発見された.

定理 1 (Weierstrass 表現公式 [5]) M を 1次元複素多様体 (Riemann 面), (g, η) を M 上の有理型関数と正則一次微分の組で,

$$(1.1) \quad 0 < (1 + |g|^2)\eta\bar{\eta} < \infty$$

をみたすものとし, この組 (g, η) を用いて

$$\Phi := \begin{pmatrix} (1 - g^2)\eta \\ i(1 + g^2)\eta \\ 2g\eta \end{pmatrix}$$

とおく. 任意の $\ell \in H_1(M, \mathbb{Z})$ に対して

$$(1.2) \quad \operatorname{Re} \oint_{\ell} \Phi = 0$$

をみたすものとする. このとき

$$f = \operatorname{Re} \int \Phi : M \rightarrow \mathbb{R}^3$$

は極小曲面を定める.

組 (g, η) を極小曲面 f の Weierstrass データという.

注意 2 • (1.2) をみたさない極小曲面 (周期的極小曲面) も存在するが本稿では取り扱わない. つまり, 特に断りがない限り, 本稿中の極小曲面は非周期的極小曲面を指す.

- 式 (1.2) は

$$(1.3) \quad \oint_{\ell} g^2 \eta = \overline{\oint_{\ell} \eta} \quad \text{かつ} \quad \operatorname{Re} \oint_{\ell} g \eta = 0$$

と同値である.

事実 3 組 (g, η) を極小曲面 $f : M \rightarrow \mathbb{R}^3$ の Weierstrass データとする.

- 有理型関数 $g : M \rightarrow \mathbb{C} \cup \{\infty\}$ は, f の Gauss 写像 $\nu : M \rightarrow \mathbb{S}^2$ と立体射影

$$\sigma : \mathbb{S}^2 \rightarrow \mathbb{C} \cup \{\infty\}, \quad \sigma(x_1, x_2, x_3) = \frac{x_1 + ix_2}{1 - x_3}$$

を用いて

$$g = \sigma \circ \nu : M \rightarrow \mathbb{C} \cup \{\infty\}$$

と表すことができる. この対応から, $g : M \rightarrow \mathbb{C} \cup \{\infty\}$ も f の Gauss 写像とよばれる.

- 極小曲面 f の第一基本形式 ds^2 , 第二基本形式 II, 第三基本形式 III, Hopf 微分 Q は

$$ds^2 = (1 + |g|^2)^2 \eta \bar{\eta}, \quad \text{II} = -2 \operatorname{Re}(\eta dg),$$

$$\text{III} = \frac{4dg\bar{d}g}{(1 + |g|^2)^2}, \quad Q = \eta dg$$

となる. また, Gauss 曲率 K は

$$K = -\frac{4dg\overline{dg}}{(1+|g|^2)^4\eta\overline{\eta}}$$

と表せる.

- 極小曲面 f の第一基本形式 ds^2 が M 上の完備 Riemann 計量を定めるとき, f を完備極小曲面とよぶ.

定理 4 ([4]) $f : M \rightarrow \mathbb{R}^3$ を有限全曲率完備極小曲面, 組 (g, η) をその Weierstrass データとする.

- Riemann 面 M は, 種数 γ の閉 Riemann 面 \overline{M}_γ から有限個の点 p_1, \dots, p_n を取り除いたものと双正則同値になる. また, 取り除いた点は曲面のエンドに対応する.
- Gauss 写像 g は \overline{M}_γ 上有理型に拡張される.

向き付け不可能な完備極小曲面に関する研究は Meeks 氏の [1] により始められた. [1] では向き付け不可能な極小曲面の大域的性質の調査及び具体例の構成とその一意性の証明がなされた. その結果を紹介する.

定義 5 (向き付け不可能な極小曲面) M' を向き付け不可能な曲面とする. $f' : M' \rightarrow \mathbb{R}^3$ が向き付け不可能な極小曲面であるとは, M' の各点における平均曲率が恒等的に消えていることである.

$f' : M' \rightarrow \mathbb{R}^3$ を向き付け不可能な極小曲面, $\pi : M \rightarrow M'$ を二重被覆とする. ただし, M は向き付け可能な曲面とする. このとき, $f = f' \circ \pi : M \rightarrow \mathbb{R}^3$ は向き付け可能な極小曲面となる. 逆に, $f : M \rightarrow \mathbb{R}^3$ を向き付け可能な極小曲面, $I : M \rightarrow M$ を固定点のない反正則対合としたとき, f の Weierstrass データ (g, η) が

$$(1.4) \quad g \circ I = -\frac{1}{g}, \quad I^*\eta = -\overline{g^2\eta}$$

をみたすのであれば, 向き付け不可能な極小曲面 $f' : M' = M/\langle I \rangle \rightarrow \mathbb{R}^3$ で, $f = f' \circ \pi : M \rightarrow \mathbb{R}^3$ をみたすものが唯一つ存在する. 以上のことから (M, I, g, η) を向き付け不可能な極小曲面の Weierstrass データとよぶ.

向き付け不可能な有限全曲率完備極小曲面の性質として以下のものが知られている.

定理 6 ([1]) $f' : M' \rightarrow \mathbb{R}^3$ を向き付け不可能な有限全曲率完備極小曲面, (M, I, g, η) をその Weierstrass データとする. このとき,

$$\chi(\overline{M}') \equiv \deg(g), \pmod{2}$$

が成り立つ. ただし, \overline{M}' は M' のコンパクト化である.

系 7 ([1]) 定理 6 の設定の元,

$$\deg(g) \geq 3$$

が成り立つ.

また, 一意性について以下の結果が得られている.

定理 8 ([1]) $f' : M' \rightarrow \mathbb{R}^3$ を向き付け不可能な有限全曲率完備極小曲面, (M, I, g, η) をその Weierstrass データとする. このとき, $\deg(g) = 3$ を満たす向き付け不可能な有限全曲率完備極小曲面は, [1] で構成された Möbius の帯型 ($\mathbb{R}P^2 \setminus \{1pt\}$ 型) 完備極小曲面 (図 1 参照) に限る.

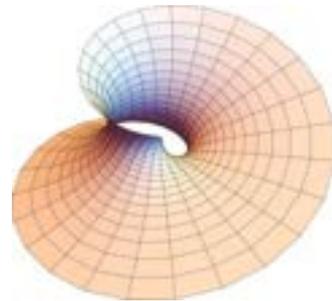


図 1 Möbius の帯型完備極小曲面 ($\deg(g) = 3$)

$\deg(g) > 3$ となる Möbius の帯型 ($\mathbb{R}P^2 \setminus \{1pt\}$ 型) 完備極小曲面は, M. Oliveira 氏の [3] や Meeks 氏と M. Weber 氏の [2] などにより構成されている (図 2 参照).

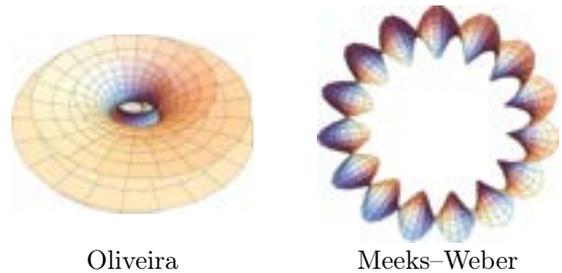


図 2 Möbius の帯型完備極小曲面 ($\deg(g) > 3$)

また, Oliveira 氏は Möbius の帯型 ($\mathbb{R}P^2 \setminus \{1pt\}$ 型) だけでなく, $\mathbb{R}P^2 \setminus \{2pt\}$ 型の完備極小曲面の構成にも成功した. 本稿では, その曲面の構成法とグラフィックスを紹介する.

2. $\mathbb{R}P^2 \setminus \{2pt\}$ 型完備極小曲面の構成法とそのグラフィックス

構成する向き付け不可能な完備極小曲面の Weierstrass データ (M, I, g, η) を以下のように設定する.

$$M = \mathbb{C} \setminus \{\infty, \pm 1\}, \quad I = I(z) = -\frac{1}{z},$$

$$g = \frac{z^3(z-b)(z-c)}{(\bar{b}z+1)(\bar{c}z+1)}, \quad \eta = i \frac{(\bar{b}z+1)^2(\bar{c}z+1)^2}{z^2(z-1)^4(z+1)^4} dz$$

ただし, $b, c \in \mathbb{C} \setminus \{0\}$ である. これが (1.1), (1.4) をみたすことは容易に確かめられる.

次に, (1.3) について考える. 簡単な計算により,

$$\oint_{\ell_1} \eta = -4\pi(\overline{b+c}), \quad \oint_{\ell_2} \eta = 0,$$

$$\oint_{\ell_1} g\eta = 0, \quad \oint_{\ell_2} g\eta = 0,$$

$$\oint_{\ell_1} g^2\eta = 0, \quad \oint_{\ell_2} g^2\eta = -4\pi(b+c)$$

は確かめられる. ただし, ℓ_1, ℓ_2 はそれぞれ $z = 0, \infty$ を囲む閉曲線である. したがって, (g, η) が (1.3) をみたす必要条件是 $c = -b$ である. すると, Weierstrass データは

$$g = \frac{z^3(z-b)(z+b)}{(\bar{b}z+1)(-\bar{b}z+1)},$$

$$\eta = i \frac{(\bar{b}z+1)^2(-\bar{b}z+1)^2}{z^2(z-1)^4(z+1)^4} dz$$

となる. さらに計算すると,

$$\oint_{\ell_3} \eta = -\frac{\pi}{16}(\overline{b^4 + 10b^2 - 35}), \quad \oint_{\ell_4} \eta = -\oint_{\ell_3} \eta,$$

$$\oint_{\ell_3} g\eta = 0, \quad \oint_{\ell_4} g\eta = 0,$$

$$\oint_{\ell_3} g^2\eta = \frac{\pi}{16}(b^4 + 10b^2 - 35), \quad \oint_{\ell_4} g^2\eta = -\oint_{\ell_3} g^2\eta$$

を得る. ただし, ℓ_3, ℓ_4 はそれぞれ $z = 1, -1$ を囲む閉曲線である. したがって, Weierstrass データが (1.3) をみたすことと

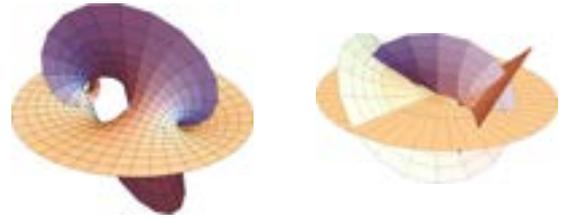
$$b^4 + 10b^2 - 35 = 0$$

は同値である. よって,

$$b = \pm\sqrt{-5 + 2\sqrt{15}}, \quad \pm i\sqrt{5 + 2\sqrt{15}}$$

を得る. $b = \sqrt{-5 + 2\sqrt{15}}$ (resp. $b = i\sqrt{5 + 2\sqrt{15}}$) と $b = -\sqrt{-5 + 2\sqrt{15}}$ (resp. $b = -i\sqrt{5 + 2\sqrt{15}}$)

が同じ曲面を定めることは容易に証明できる. 以上より, 2つの異なる曲面を構成することに成功した (図 3 参照).



$$b = \pm\sqrt{-5 + 2\sqrt{15}} \quad b = \pm i\sqrt{5 + 2\sqrt{15}}$$

図 3 $\mathbb{R}P^2 \setminus \{2pt\}$ 型完備極小曲面

謝辞

本研究は「令和 6 年度校長裁量経費 (個人研究)」の助成を受けたものであり, 本稿は「令和 6 年度校長裁量経費研究報告書」として寄稿させていただいた. ここに記して感謝の意を表す.

参考文献

- [1] W. H. Meeks III, "The classification of complete minimal surfaces in \mathbb{R}^3 with total curvature greater than -8π ", *Duke Math. J.* **48** (1981), 523–535.
- [2] W. H. Meeks III and M. Weber, "Bending the helicoid", *Math. Ann.* **339** (2007), 783–798.
- [3] M. Elisa G. G. de Oliveira, "Some new examples of nonorientable minimal surfaces", *Proc. Amer. Math. Soc.* **98** (1986), 629–636.
- [4] R. Osserman, "Global properties of minimal surfaces in E^3 and E^n ", *Ann. of Math. (2)* **80** (1964).
- [5] R. Osserman, "A survey of minimal surfaces", 2nd edition, Dover Publications, (1986).
- [6] R. Schoen, "Uniqueness, symmetry and embeddedness of minimal surfaces", *J. Diff. Geom.* **80** (1983).

国語授業で実用文書作成を学ぶ意義

—『型から学ぶ日本語練習帳』を使った実践報告—

要 弥由美*

The significance of learning writing practical documents in Japanese language arts classes —Practice report using “Japanese Writing Based on Genre”—

Yayumi KANAME*

Abstract

This paper examined whether Japanese language arts classes contribute to job hunting using “Japanese Writing Based on Genre”. The results showed that the learners’ skill of writing practical documents improved and that, their self understanding deepened. In addition, learners’ anxiety about paperwork eased. In sum, Japanese language arts classes contribute to their job hunting.

1. はじめに

弓削商船高等専門学校の商船学科（5年6か月制）では、4年生の5月にインターンシップ受け入れ企業の説明会が開かれる。そこに参加する企業からの説明書類には「会社訪問後に面接をする」と明記されている。しかし、企業ブースを訪問した学生は、会社訪問の日程を問い合わせるメールの書き方を知らず、就職担当教員を煩わせている。さらに、就職担当教員に「どういう会社がいいと思いますか。」「自分には何が合っていると思いますか。」といった質問をするなど、自己理解ができていない学生も多い。そこで、実用文書の書き方を含む国語テキスト『型から学ぶ日本語練習帳 10代のはじめてのレポート・プレゼン・実用文書のために』（ひつじ書房刊）¹⁾を使用して、学生に履歴書・自己PRや志望動機、照会メールの書き方などを学習させてから、企業説明会に参加させ、国語の授業が就職活動に貢献するかどうかをみた。

2. 実践の概要

授業は週1回、90分で行われた。実施クラスの学生数は40名である。企業説明会は5月18日に午前・午後の2部制で開催され、約100社が出展した。授業の日程と内容を表1に示す。

表1 授業の日程と内容

授業日	内容	テキストの項目
4/8（月）	履歴書	1. 見た目でいい印象を与える履歴書
4/15（月）	添え状	4. 履歴書や書類はそのまま送っちゃダメ！
4/22（月）	自己PR	2. アピールする自己PRは書き直しが肝心
5/13（月）	Eメール	8. ごみ箱に捨てられないメールの書き方
5/18（土）	企業説明会（商船高専生のための仕事研究セミナー）	
5/20（月）	志望動機	3. 熱意が伝わる志望理由を書くための作業
5/27（月）	封筒	5. 封筒はどこに何を書くの？
6/3（月）	得意科目・10年後の私	（3. 熱意が伝わる志望理由を書くための作業）
6/17（月）	中間テスト	

以下に授業のポイントを記す。

2. 1 履歴書（基本事項）

履歴書の基本事項欄では、印鑑の押し方、振り仮

名のひらがな・カタカナの書き分け、西暦・元号の使い分け、注意すべき英数文字の書き方を説明した。また、住所は建物名や部屋番号まで書くことや、現住所と連絡先の書き分けの説明を行った。学歴・職歴、免許・資格欄は、記入位置の注意や学校名(学科・コース名)・資格の正式名称と合格・修了・取得の別の確認・記入を行った。

2. 2 自己PR・志望動機・10年後の私・得意科目

自己PRでは、PRポイントのトピックとなる文をはじめに置き、その詳細説明を続けるように指示した。また、概念的な書き方ではなく、ドラマのシーンの台本のように、状況を詳しく、何をしたかを具体的に書きこむように指導し、数回の添削をした。

志望動機も同様に具体例を挙げることを指示し、具体的に何がしたいのか、自分の能力が、どのように企業に貢献するかを考えさせた。その際、『会社四季報』や『業界地図』の見方を説明し、同業種の比較ができるようにした。また、「10年後」については、企業内での人事に関わることなので、10年後の家族構成や、家族の希望なども想定して、配属や配置が換わることなどを想像させて書かせた。

2. 3 E-mail

E-mailについては、メッセージアプリではいけない理由や、件名の重要性和そのつけ方、件名に含むべき情報を説明した。また、箇条書きの利用や、1行に書く文字数についての注意に加え、改行、空行の利用も促した。さらに、CCとBCCの違いや使い方を説明し、練習メールを書かせた。

2. 4 封筒・添え状

最近、年賀状すら出したことがない学生もおり、郵便物の記入事項を知らないことも多い。封筒の中央に宛名を書くことや、敬称の「様」と「御中」の違い、郵便番号と宛先住所の表記位置、裏面の差出人情報とその記入位置を説明し、記入させた。封字の種類にも言及した。朱書きについても、赤ペンの使用や記入位置、記入内容を説明した。

3. 学生の学び

中間試験にアンケートを付け、それまでに授業で扱った実用文書について、企業説明会の参加や就職活動に役立ったことを記入させた。以下、学生の記述から、授業で実用文書作成を学んだことによる効果にあたる部分を抜粋する。

3. 1 履歴書が書けた

- 各欄に記入する内容や文字の位置などの書き方がわかった。
- インターンシップ応募のための履歴書がテキストを見ながら自信をもって書けた。
- 履歴書を企業によって書き分けるべきだということがわかった。
- セミナーで(履歴書の書き方を使って)自己紹介シートが書けた。

3. 2 自己理解

- 会社に自分がどういう人間で、何をしてきたのかをアピールするために、自分について深掘りした。
- 「10年後の私」で書くべきことがわかった。
- 自分の性格を深く知ることができた。
- 自分の良さと悪さを改めて知れた。
- 自己分析力がついた。短所もほかの視点から見ると長所としてとらえられる。
- 会社説明会で何を質問すればいいかわかった。
- 自分の理想を落ち着いて考えられるようになった。
- 会社の社風などを考えながら応募書類が見られるようになった。

3. 3 メールが書けた／書ける

- 企業に送るときの書き方がわかった。
- セミナーで興味を持った会社実際にメールが書けた。／書ける。
- メールの書き方は、自己流だと間違いだらけであると気づいた。
- CCの意味がわかった。
- セミナー後にお礼のメールが書けた。
- 中途半端な状態で送らずにすんだ。
- 何回も調べずに、スムーズにメールの文章が書けるようになった。

3. 4 封筒が書けた

- 海技士試験の書類を出すときに、書き方を調べなくてよくなった。
- インターン参加のための書類提出ができた。
- 朱書きは赤ペンで書くことを知った。
- 会社名を太いペンで書くことがわかった。

4. 考察

3の記述内容から、学生たちには社会人が常識だと考えている実用文書の書き方を全く知らなかったことがうかがえる。(履歴書に)記入する内容や文字の位置、(封筒の)書き方、朱書きは赤ペンといったそこに何を書くべきかが明示されている記入欄への記入すら、初めて知ったような書きぶりであったことから、それを知ることができる。また、見栄えを考えて自分で判断すればよいような封書の表書きで「会社名を太いペンで書くこと」さえも学びに挙げられているほど、ふだんから「書く」ことがない様子も浮かびあがってきた。

また、学生たちが応募書類の提出に際して、不安感を抱き続けていたこともうかがえた。昨今はインターネットを利用して何でも調べられるという風潮があるが、「何回も調べずに、スムーズにメールの文章が書けるようになった。」「書き方を調べなくてよくなった。」「中途半端な状態で送らずにすんだ。」といった記述から、何度も調べ、どの書き方が正しいのか判断に迷いながら書類を書いていた様子が見えてくる。さらに、「テキストを見ながら自信をもって書けた。」といった記述からは、学生が、授業で使ったテキストを頼ったこともわかった。ただ、これらの学びは、単に知識を得て、それに対応していった結果である。

しかし、その一方で、実用文書を作成することによって、学生たちが自分と向き合う時間がとれ、これまでの自分とこれからのことを真剣に考えたことがわかる。「自分について深掘りした。」「自分の性格を深く知ることができた。」「自分の良さや悪さを改めて知れた。」などは、これまでの自分を見つめなおしたことの表れであろう。また、「自己分析力がついた。短所もほかの視点から見ると長所としてとらえられる。」は、反省だけでなく、視点の転換ができており、さらに、「自分の理想を落ち着いて考えられるようになった。」「『10年後の私』で書くべきことがわかった。」は、今後どうすべきかといった自己変革のきっかけになる可能性をうかがわせている。このように、学生は授業時間にじっくり文書作成に取り組むことで、知識のみならず、自己理解を深めていったと考えられる。

最終的には、「自己紹介シートが書けた。」「インターンシップ応募のための履歴書が書けた。」「インターン参加のための書類提出ができた。」と、実際に応募書類が書けたようである。また、「セミナーで興味を持った会社実際にメールが書けた。／書ける。」「セミナー後にお礼のメールが書けた。」と能動的に

活動し、「会社の社風などを考えながら応募書類が見られるようになった。」と、企業選択にも役立てられたようである。

5. まとめ

以上、本稿では、『型から学ぶ日本語練習帳 10代のはじめてのレポート・プレゼン・実用文書のために』を使用して実用文書作成を実践し、国語の授業が就職活動に貢献するかどうかをみた。その結果、学生は、実用文書の形式のみならず、自己理解も深めることができていた。また、書類作成の不安感も和らぎ、実際の就職活動に、授業での学びを生かしていることが明らかになった。

参考文献

- [1] 要弥由美：『型から学ぶ日本語練習帳 10代のはじめてのレポート・プレゼン・実用文書のために』、2024年、ひつじ書房

数学と英語学習の相互波及効果

野口 隆*・雙知 延行*

Interdisciplinary Learning Synergy between Mathematics and English

Takashi NOGUCHI*・Nobuyuki SOCHI*

Abstract

Our objective is to focus on KOSEN students with unbalanced interests in mathematics and English learning. By fostering collaboration between mathematics and English teachers, we aim to develop methods that enhance students' engagement with the subject they struggle with, thereby improving their overall abilities.

1. 目的と方法

1. 1 経緯と目的

高専の学生に見られる、興味の偏った学生に注目し、教員側が連携、工夫して苦手な科目にも興味が及ぶような仕組みを取り入れた授業設計と授業を実施し、彼らの能力を最大限活かし伸ばすことが本研究の目的である。そして、他の学生にも同様の恩恵が波及するような授業設計を目指す。

高専において、数学の能力は高いが英語等の興味のない科目については能力を発揮できていない学生がしばしば見受けられる。学生が折り紙を折った際、設計図や手順書をなしに、頭の中のイメージだけで手を使わずに折り紙を立体的に折ることができる幾何の得意な学生が複数人いた。彼らには、数学の成績は非常に良いが英語は苦手という共通の特徴があった。中学で習うSV, SOC, SVOの違いを知らず、英語力は中1レベルで英語には全く関心がない学生もいた。数学の能力からみれば高専卒業後大学に編入学し、理科系の研究者に向いている面白い人材である。本人も理系科目の研究に意欲的だったが、英語の成績があまりにも低調で総合的な成績は伸び悩んだため、大学進学を考える余地もなく学生生活を終えた。このような学生が希望の進路に進めるようにしたいと感じたことがこの取組の契機となった。

入学後、初年次教育（補習）としてネットで課題を配信して、中学英語に遡り演習させている。不得意であることの原因として考えられることは、定着

に時間のかかることや、興味のないことにはあまり集中しないこと等が挙げられる。興味のないことに集中できず時間を割かないタイプの学生は、初年次教育の演習を有意義なものにできない場合が多い。そこで、興味のあることに関連する内容から他の興味へ波及させる方法を思いついた。英語と数学の教員が連携して実践し、さらに、他の教科への汎用性も模索する。今回は、実施方法とアンケートの結果について述べる。

1. 2 方法

今回、事前に英語と数学の教員が相談し、すでに英語の授業において扱われた簡単な英語を含む「数学で扱う用語」を拾って、数学の授業で学生の負担にならない程度にその数学英語を紹介し、話題としてとり上げることで英語に興味を持ってもらう。数学用語に関連する英単語を増やし、その英単語を用いて数学用語を説明する。例えば、英語の授業に「right」が登場した後に、「三角比」の数学授業において直角三角形の直角を「right angle」と紹介し、角度と同時に登場する辺「side」、長さ「length」、比「ratio」、分数「fraction」、三角形「triangle」、四角形「quadrilateral」、平行「parallel」などの、三角比で使う「数学用語」に関連する英単語も負担にならない程度に紹介する。授業が数回進み三角比の定義を復習する際に、「Trigonometric ratios are defined as the ratios of the lengths of 2 sides of a right triangle.」のように英語で説明して復

習, 定着を図る. 他にも, 「right」の様々な使い方を紹介し, 「身の回りのものの形や大きさなどを英語で言ってみよう」など, 図形の形や辺や角度などを話題にして再び意識させる. 例えば, 「The window is rectangular in shape. A quadrilateral in which 4 angles are all right angles is called a rectangle. Here 2 sets of facing sides are parallel.」のように身の回りのものと数学英語を結びつけることを試みる. 他にも, 「A triangle whose 3 sides are all equal in length is an equilateral triangle.」や「A quadrilateral in which 4 angles are all right angles and the lengths of 4 sides are all equal is called a square.」のように, 数学用語の説明を試みる (雙知).

他方, 英語の授業においては, 数学で紹介された数学英語が書かれたものを見せて復習する (野口).

数学と英語教員の双方が関わるクラスにおいて, 数学と英語の興味や得意・不得意についてアンケートで調べる.

1. 3 アンケート項目について

商船系, 電子機械系, 情報系の 3 学科の低学年クラスにおいて, 数学と英語について以下の簡単なアンケートを実施した.

アンケートは低学年の 125 人を対象にして実施した.

アンケート項目 (①から④) は以下となる.

①数学について

a 嫌いだ b やや嫌いだ c どちらでもない
d やや好き e 好き

②数学について

a 不得意 b やや不得意 c どちらでもない
d やや得意 e 得意

③英語について

a 嫌いだ b やや嫌いだ c どちらでもない
d やや好き e 好き

④英語について

a 不得意 b やや不得意 c どちらでもない
d やや得意 e 得意

①から④において, a を-2 点, b を-1 点, c を 0 点, d を 1 点, e を 2 点として①と②の合計点を数学指標 M とし, ③と④の合計点を英語指標 E とする.

意識面における, 数学または英語の優位性を数値化して表にした.

2. 結果と考察

2. 1 アンケート結果について

表 1 意識面での優位性

	数学優位	英語優位	両方優位	両方劣位
商船系	12%	7%	7%	33%
電子機械 工学系	37%	7%	12%	21%
情報系	15%	25%	10%	25%

この表において, ①と②の合計点の数学指標 M がプラスで, ③と④の合計点の英語指標 E がマイナスになった場合を数学優位とする.

①と②の合計点の数学指標 M がマイナスで, ③と④の合計点の英語指標 E がプラスになった場合を英語優位とする.

①と②の合計点の数学指標 M がプラスで, ③と④の合計点の英語指標 E もプラスになった場合を両方優位とする.

①と②の合計点の数学指標 M がマイナスで, ③と④の合計点の英語指標 E もマイナスになった場合を両方劣位とする.

2. 2 扱った数学英語

数学では, 三角比の授業を通して図形を説明するために, 以下のような単語を英語で紹介した.

表 2 扱った数学英語

三角形	triangle
四角形	quadrilateral
辺	side
面	surface
点	point
線	line
角	angle
比	ratio

円	circle
球面	sphere
面積	area
距離	distance
中心	center
弧	arc
直角	right angle
直角三角形	right triangle
相互	mutual
関係	relationship
定義	definition
定理	theorem
一般	general
偶数	even number
奇数	odd number
長方形	rectangle

数学の授業においては、身の回りの中で、三角形、四角形、円等、どの形が多いか言ってみよう、という雑談をした。四角形が多いこと、次に丸いもの、三角形が意外と身の回りには少ないことなどを話す過程で、窓や黒板の形が長方形であることを英語にした（雙知）。

英語の授業においては、三角比の授業で紹介した数学英語を事前に数学教員から情報収集してリスト化し、「side」などの数学英語を学生と確認する中で、「definition」や「theorem」などの身の回りに置き換えられない単語は定着していないことが分かった（野口）。

2.3 考察

アンケートの結果から、専門によって数学と英語の優位性が大きく異なることが分かった。特に、情報系は英語優位、電子機械工学系は数学優位と、優位性が逆になったため、それぞれの特性に留意する必要がある。得意なものをさらに伸ばすことを優先すべきだが、余りにも大きな偏りがあった場合はその差を埋められるように、より広く興味を持ってもらえるような工夫を続けたい。学科によって興味や得意不得意の傾向が大きく異なるので、興味等の推移を学科別に確認し、今後を活かしたい。