

# 研 究 紀 要

第 61 号

令和 5 年 3 月

RESEARCH REPORTS  
OF  
KOBE CITY COLLEGE OF TECHNOLOGY  
NO. 61  
MARCH, 2023

神戸市立工業高等専門学校

# 目 次

---

## 論 文

- 神戸市立工業高等専門学校におけるベースボール型授業の事例的研究 ―KH coder を用いた分析から―  
石村 広明, 吉本 陽亮 . . . . 1
- 種々の粗砂の平面的な粒子形状分布  
野並 賢 . . . . 7
- オンライン授業におけるタブレット端末とペンタブレット端末導入の教育効果  
中川 卓也, 大向 雅人, 津吉 彰 . . . . 13
- 画像処理による小径切削工具と被削材間の距離検出法  
東 義隆 . . . . 19
- 淡水域ブルーカーボン実証実験地における基礎的環境調査  
摺石 瑞希, 宇野 宏司 . . . . 23

---

## 資 料

- Preparing for a Study Abroad and Opportunities for KCCT's Students in the University of Hawai'i  
Yutaka TAKASHINA . . . . 29
- ソーラーカーレース 『白浜 ECO CAR チャレンジ 2022』の開催報告  
福井 智史, 野村 圭佑, 筒井 貴広, 池上 敦哉, 小佐田 真克 . . . . 37

# CONTENTS

---

## PAPERS

- A Case Study of Baseball-type Lessons at Kobe City College of Technology -Analysis Using KH coder-  
Hiroaki ISHIMURA, Yosuke YOSHIMOTO . . . . 1
- Distribution of Planer Particle Shapes of Various Course Sands  
Satoshi NONAMI . . . . 7
- Comparison Between Two Kinds of Devices in Online Lecture: Pen-Tablet Device and Tablet  
Takuya NAKAGAWA, Masato OHMUKAI, Akira TSUYOSHI . . . . 13
- Detection of Distance between Endmill and Work Based on Image Processing  
Yoshitaka AZUMA . . . . 19
- A Basic Environmental Survey at the Freshwater Blue Carbon Demonstration Test Site  
Mizuki SURIISHI, Kohji UNO . . . . 23

---

## RESEARCHES AND FINDINGS

- Preparing on a Study Abroad and Opportunities for KCCT's Students in the University of Hawai'i  
Yutaka TAKASHINA . . . . 29
- Report of Organizing on Solar Car Race "Shirahama ECO CAR Challenge 2022"  
Satoshi FUKUI, Keisuke NOMURA, Takahiro TSUTSUI, Atsuya IKEGAMI, Masakatsu KOSADA . . . . 37

# 神戸市立工業高等専門学校におけるベースボール型授業の 事例的研究 -KH coder を用いた分析から-

石村広明\* 吉本陽亮\*\*

A Case Study of Baseball-type Lessons at Kobe City College of Technology  
-Analysis Using KH coder-

Hiroaki ISHIMURA\* Yosuke YOSHIMOTO\*\*

## ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the subjective learning effects of baseball-type sports in physical education classes at colleges of technology. A survey was conducted using an open-ended questionnaire, and the results were analyzed and discussed using KH coder. The results showed that the subject's subjective learning effects were related to communication with others. The results also indicated that the participants' feelings toward baseball-type sports changed positively as a result of their perceived growth in the defensive aspects of the skill test. On the other hand, the results indicated difficulty in batting and understanding the rules. The following two points should be addressed in the future for the continuation of a rich sports life.(1) Establishment of evaluation methods for hitting skills.(2) Development of task games to help players understand the rules.

*Keywords* : baseball-type sports , college of technology , KH coder , content analysis , physical education

## 1. はじめに

学習指導要領の改訂により 2011 年から野球に代表されるベースボール型スポーツが必修化された。野球と言えば国内でも人気のスポーツであるが、近年、その競技人口が減少の一途をたどっている。その影響もあってか、教育現場にはこれまでベースボール型スポーツを経験したことのない教員も多く存在し、その指導法や授業展開に課題を抱えていることが先行研究によって多く報告されている。その例となるものをいくつか紹介しながら、現場の抱える課題についてまとめたい。森 (2016) はベースボール型スポーツにおける攻防を、「集団の連携による『本塁へ進塁するための打撃・走塁』対『それを阻止する捕球・送球』の攻防」と定義し、この攻防を保障することが重要であると述べている<sup>(1)</sup>。また、技能の習得が困難な子がいることや、プレー中に止まっている時間が長く、体育としては運動量が少ないことも現場が抱える課題として指摘されている。そして、岩田 (2017) はベースボール型スポーツについて、ルールが複雑で高度な技能が要求されるため技術練習偏重の内容になりやすいことや男女差や運動量、施設や設備の問題といった多くの課題

が散在することを指摘している<sup>(2)</sup>。

つまり、ベースボール型スポーツはこれまで馴染みのない子ども達にとっては、理解するべきルールが多く、かつ、ゲームを成立させるために必要な技能レベルが高いことが課題であると捉えることができる。また、身体活動としての体育授業にとって、十分な運動量が確保できないということは大きな問題点であると指摘できる。そうした課題を解消するべく現場では数多くの工夫や実践が行われている。竹内ら (2006) や幸阪 (2010) のように特定の場面を強調する取り組みによって簡素化したルールによって実施されたものも散見される<sup>(3),(4)</sup>。こうした工夫や取り組みはルールの複雑さや求められる技能レベルの軽減といった課題を克服できているといえる。しかしながら、森 (2016) によって定義された本質的なベースボール型の攻防の機会を保障できないという課題を残す結果となっていることも事実である。体育実技における指導運営上の課題はあるものの、ソフトボール競技を含むベースボール型スポーツ自体は学校体育で実施される種目の中では、比較的外傷・障害発生リスクが少ないというポジティブな側面についても報告されている<sup>(5)</sup>。

先行研究でも指摘されているように、学校体育におけるベースボール型スポーツはそれぞれの現場において創意工夫の元で実践されているが、未だ多くの課題

\*桃山学院大学スポーツ教育センター共通教育機構講師

\*\* 一般科 講師

を抱えているという実態が明らかとなっている。一方で、障害発生リスクの低さといった指導・運営上のポジティブな側面についても報告されている。そうしたポジティブな側面は継続しつつ、残存する課題を克服し、より良いベースボール型スポーツの授業を展開していくためにも、現場の実態を把握することが求められるだろう。そして、その実態に合わせた指導を行っていくことが必要であるといえる。

次に、本調査のフィールドとして選択した高等専門学校(以下、高専)における体育・スポーツを対象とした研究についてみていく。まず、高専は一般の公立高校と比較して1週間の体育の授業が少ない場合が多い。また、勉学との両立の難しさから、運動部に所属する学生は多いとは言えず、入部しても活動への参加率が低い傾向にあることも少なくなく、日常的な運動の機会が少ない高専に通う学生の体力レベルは、公立高校生よりも低いことが報告されている<sup>(6)</sup>。また、松崎ら(2018)は高専生の体力について運動嫌い・勉強時間・通学時間から検討している。結果として、運動については嫌いな傾向にはないことが示されたが、運動習慣の獲得には至っていない。また、新体力テストの多くの項目において全国平均よりも低い値を示しており、通学・勉強時間が長い学生は運動する機会が少ないことで、体力・運動能力が低くなることを示唆している<sup>(7)</sup>。

体育授業や高専生全体の体力調査ではなく、特定の種目に限定して行われた研究も紹介する。河内谷ら(2016)は高専における柔道授業の成果と課題についてアンケート調査を実施し、以下のようにまとめている。礼法やルールを含む柔道の基本的な考え方や態度、技の習得が期待できることが明らかになった一方で、友達との関わりや協調性、自分の役割の遂行、体力の高まりに関する項目で授業成果を感じた学生は少なかった<sup>(8)</sup>。つまり、柔道という種目の特性を活かし、それらが学べるような内容で実施されていたが、自己の健康や体力、仲間との関わり合いという生涯スポーツ実践に繋がる指導に課題を残した結果となったといえる。そして、柴山ら(2019)はこれまでに発表された高専における体育科教育に関する研究をレビューし、学習指導要領に縛られない自由な発想と生涯スポーツへと繋がる体育科教育実践という特徴を挙げている。そして、今後、更に高専における体育が研究対象として増加していくことを予測している<sup>(9)</sup>。

高専体育を対象とした先行研究からも、同年代と比較しても体力レベルが低値の傾向であることが示されており、それらはカリキュラム上の問題や学業との両立の難しさという課題によるものであることが指摘されている。一方で、学習指導要領に縛られない自由な発想や5年間の一貫教育という高専の特色を活かした実践が求められているといえよう。高専体育ではそうし

た特色を活かしつつ、高専生の日常的な運動習慣の獲得が期待されていると捉えることができる。

## 2. 研究目的と方法

先行研究でも報告されている通り、高専体育授業においては日常的な運動習慣の獲得が期待されている。そうした目的の達成を目指したアプローチを実践していくためにもまず、現場での高専生の実態を把握することが重要だろう。また、高専体育においてベースボール型スポーツの実践を対象として行われた先行研究は管見の限りなく、ベースボール型スポーツの指導法という点においても、本研究から得られる結果は有用な視座となることが考えられる。そこで本研究の主たる目的は、高専におけるベースボール型スポーツ授業による自覚的な学習効果について明らかにすることである。

2022年度前期に行われた神戸市立工業高等専門学校(以下、神戸高専)の第2学年におけるソフトボールの授業の受講生79名を今回の調査の対象とした。全4回の授業実施後に選択式および自由記述式のアンケートを実施した。自由記述の内容は以下に示す通りである。なお、対象者にはアンケートは匿名であることや、回答内容が成績評価に一切の影響を与えないことを予め説明した上で実施した。アンケート実施当日に欠席した者を除く76名(男性61名、女性15名)から回答が得られた。授業の進行に関する単元計画や活動内容については表1にまとめた。

- ①性別
- ②年齢
- ③所属クラブ
- ④運動・スポーツの実施時間(学校の体育の授業を除く)について
- ⑤1日の運動・スポーツの実施時間(学校の体育の授業を除く)について
- ⑥ベースボール型スポーツの経験の有無
- ⑦ベースボール型スポーツの好き嫌い
- ⑧好き嫌いについて回答した理由(自由記述)
- ⑨受講を通じたベースボール型スポーツに対する感情に変化(自由記述)
- ⑩受講によって得られた学び(自由記述)

表1 単元計画および活動内容

	活動目的	活動内容
1 時 限 目	安全に留意するため、正しい用具(バット・グローブ・ベース・ソフトボール・マスク)	・準備体操 ・準備運動 ・グローブのはめ方、投げ方、捕球の

	の使い方を覚える。キャッチボールを通して、様々な送球（ピッチングを含む）と捕球の方法を学ぶ。トスバッティングを通して、バット操作の方法を学ぶ。	仕方について説明 ・キャッチボール ・バッティングの方法について説明 ・5人組でトスバッティング
2 時 限 目	前回の学習内容を定着させる。また、簡易ゲームを通して、ルールや試合の運営方法を学ぶ。	・準備体操 ・準備運動 ・キャッチボール ・上投げキャッチボール 30秒スキルテスト ・ゴロキャッチ 30秒スキルテスト ・下投げるあて練習 ・簡易ゲーム
3 時 限 目	グループ活動を通して、前回の学習内容を定着させる。また、簡易ゲームを通して、状況に応じたバット操作と走塁、安定した捕球や送球と状況に応じた守備などの動きを高める。	・準備体操 ・準備運動 ・キャッチボール、フライ ・ロングロングスキルテスト 30秒 ・的あて 10球スキルテスト ・ノック練習 ・ゲーム
4 時 限 目	正式ゲームを通して、チームの特徴に応じた作戦を立てて、勝敗を競う楽しさや喜びを味わい、自主的にゲームを展開できるようになる。また、ボール操作・バット操作技能を修得しているかについて、実技試験で評価する。	・準備体操 ・準備運動 ・体操、サーキット ・キャッチボール ・テスト ・ゲーム

自由記述アンケートの内容分析に関しては、テキストデータの分析を行うためのフリーソフトウェアである KH coder を用いた。このソフトを用いて数多くの応用研究が行われており、その分析対象は、自由記述アンケートやインタビュー、会議録のみならず、twitter などの SNS やマス・コミュニケーション媒体など多岐に渡る<sup>(10)</sup>。KH coder を用いた計量テキスト分析は質問紙調査における自由記述やインタビューデータの分析といった社会調査で役立てられており<sup>(11)</sup>、近年発表され

た KH coder を用いた研究としては西田ら (2021) や佐々木 (2022) などのものが挙げられ、体育科教育分野においても活用されている分析ソフトである<sup>(12), (13)</sup>。本研究の目的である高専におけるベースボール型スポーツ授業による自覚的な学習効果について自由記述の回答から、KH coder を用いた計量テキスト分析によって明らかにする。

### 3. 結果

まず、アンケート結果から得られた数的データから運動習慣の実態について示す。対象者において、部活動に加入している者は 65 人 (85.6%) であり、そのうち運動部に所属しているのは 50 人 (76.9%) であった。部活動に所属していない者は 11 人 (14.4%) という結果であった。そして、「運動・スポーツの実施時間(学校の体育の授業を除く)について」の項目では、「ほとんど毎日行う」が 42.1%、「週 3.4 日行う」が 19.7%、「週 1.2 日行う」が 10.5%、「ほとんど行わない」が 27.6% であった。「1 日の運動・スポーツの実施時間(学校の体育の授業を除く)について」の項目では、「30 分未満」が 36.8%、「30-60 分」が 9.2%、「60-120 分」が 36.8%、「120 分以上」が 17.1% であった。スポーツ庁が実施した「平成 29 年度 運動部活動等に関する実態調査報告書<sup>(14)</sup>」によると、高等学校年代において部活動に加入している者の割合は、81% であり、そのうち運動部（文化部との掛け持ちも含む）に所属している者の割合は 54.5% であった。また、部活動の実施状況に関する項目では、1 週間の活動日数において「5-6 日程度」、「6-7 日程度」、「7 日」の合計が 90.8% を占める結果となっている。1 週間の活動時間も「14-21 時間程度」が最も多く、38.7% であり、1 日当たりになると 2-3 時間であることが示されている。先行研究で指摘されていたように、公立高校生と比較して高専生の運動部活動の実態は日数・活動時間共に低い傾向にあることが明らかとなった。一方で、運動部への所属率については公立高校生とほぼ同数を示した。

ベースボール型スポーツの経験の有無については、76.3% にあたる 58 人が「高専入学までに体育の授業で行ったことがある」と回答しており、完全な未経験者は 6 人 (7.9%) であった。学習指導要領においてベースボール型は必修となっているが、未経験の者がいた。その点については、中学校学習指導要領（平成 29 年告示）解説保健体育編<sup>(15)</sup>において、「『ベースボール型』の実施に当たり十分な広さの運動場の確保が難しい場合は、指導方法を工夫して行う」という記載があることから、学校の実態に合わせた指導を行った結果、ベースボール型の実施が困難であったことが推察される。「ベースボール型スポーツに対するあなたの気持ちとして最も近いものはどれですか？」という質問に対して、「好き・やや好き・やや嫌い・嫌い」の 4 件法で

回答を求めた。その結果、「とても好き」が 21.1%「やや好き」が 44.7%、「やや嫌い」が 32.9%、「とても嫌い」が 1.3%という結果であった。約 65%の学生はベースボール型スポーツを好意的に捉えていた。一方で、ベースボール型スポーツに対してネガティブなイメージを持っている学生が一定数いることも示された。

次に「ベースボール型スポーツに対するあなたの気持ちとして最も近いものはどれですか？」で回答を選択した理由について自由記述で回答を求めた。その際、自由記述の内容をテキストファイルにして、KH coder で読み込ませた。そして、自由記述回答に含まれる単語の出現頻度や単語間の関連性については、単語同士のつながりを可視化するために共起ネットワークを描画する機能を利用した。共起ネットワークとは、ある単語がどの単語と共に使用（共起）されている頻度が高いかを太さの異なる線で結び図として表した網目（ネットワーク）を意味している。描写される円の大きさは抽出語の出現頻度、円同士を繋ぐ線の濃さが繋がり強さを表現している。「ベースボール型スポーツに対するあなたの気持ちとして最も近いものはどれですか？」という質問に対する回答を「好き・やや好き」の好き群と「嫌い・やや嫌い」の嫌い群に分類し、それぞれの共起ネットワーク図を作成した。それらを下の図 1、2 に示す。また、共起ネットワーク図に示された語がどのような文脈で現れていたかについては、KH coder の「KWIC コンコーダンス」のコマンドを用いて確認した。KWIC コンコーダンスの表示画面は図 3 に示す。

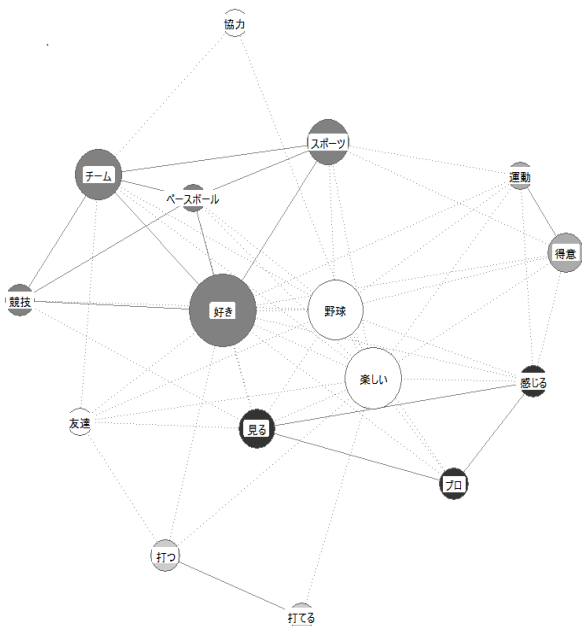


図 1 「ベースボール型スポーツに対するあなたの気持ちとして最も近いものはどれですか？」について「好き・やや好き」と回答した者の共起ネットワーク図

好き群の共起ネットワーク図から読み取れる結果として、「スポーツ(ベースボール競技)が好き」や「野球が得意(楽しい)」というような語のつながりが確認できた。このような運動やスポーツ自体が好きまたは得意であることが、ベースボール型スポーツに対してポジティブな感情を抱かせている最も大きな要因であることが示された。また、ベースボール型スポーツにおいて特にバッティング(打つこと)の楽しさを体験することが好きというポジティブな印象を抱かせることに貢献していると推察できる。また、好き群の対象者はプロ野球等を積極的に観戦していることも示されており、するスポーツとしてだけでなく、見るスポーツとしてもベースボール型スポーツに関与していることが明らかとなった。

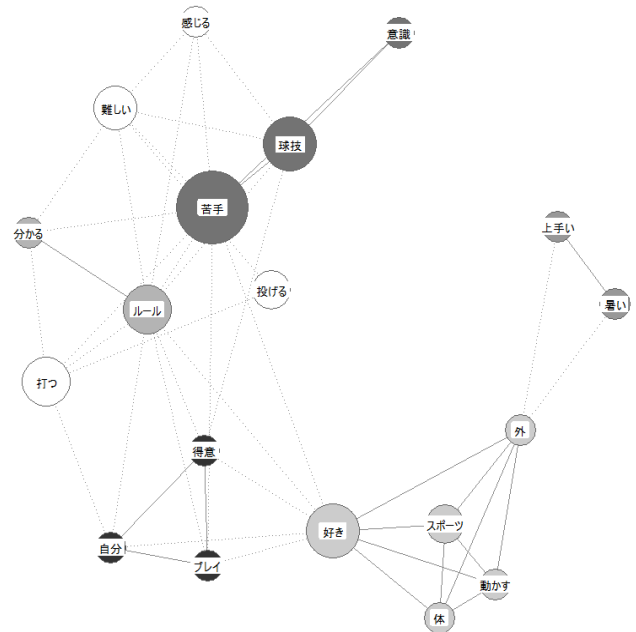


図 2 「ベースボール型スポーツに対するあなたの気持ちとして最も近いものはどれですか？」について「嫌い・やや嫌い」と回答した者の共起ネットワーク図

嫌い群の共起ネットワーク図では好き群とは対称的に打つ・投げるといったベースボール型スポーツにおける特徴的なスキルが苦手であることやルールを理解することが難しいと感じているといった要素によってネガティブイメージが惹き起こされていることが示された。具体的な語のつながりは「球技に苦手意識がある」や「ルールが難しい(わからない)」、「打つ・投げることが苦手」といったまとまりが描写されている。中には、「好き」や「得意」といったポジティブな言葉が登場しているが、KWIC コンコーダンスを用いて確認したところ、「好きではない」や「得意ではない」といった否定形で用いられていたことが明らかになった。それらのことから、嫌い群はベースボール型スポーツに限らず、体を動かすこと自体が好きではないことやスポーツが得意ではないという実態が表されているといえる。



図3 KWIC コンコーダンスの操作画面

次に、「ソフトボールの授業を通して、あなたはどのような学びを得ましたか」という問いに対する自由記述の回答から作成した共起ネットワーク図を図4に示す。

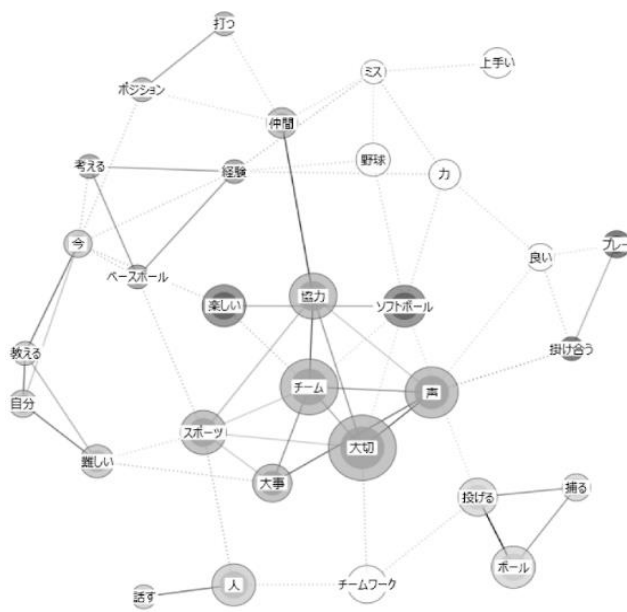


図4 「ソフトボールの授業を通して、あなたはどのような学びを得ましたか」に対する回答の共起ネットワーク図

描写された図の解釈として、「仲間」、「協力」、「チーム」、「声」、「大切」といった語群に強いつながりがみられた。また、チームワークや声を掛け合うこと、人と話すという他者との関りやコミュニケーションに関連する語が多く出現している。語のつながりとしては「チームで協力することが大切(楽しい)」や「声を掛け合うことで良いプレーができる」などの他者との関わりに関することや「ボールを捕る(投げる)」というスキルに関する記述があったことが示されている。これらのことから、学生はチームワークやコミュニケーションという他者を意識した学びや守備スキルにかかわる学びが得られたことが明らかとなった。

#### 4. 考察

アンケート結果より、ベースボール型スポーツを好きだと感じる大きな要因の一つに打撃の楽しさが挙げ

られた。そのことから、授業での学習を通して、打撃に関するスキルを獲得することがベースボール型スポーツの魅力を感じるきっかけとしての貢献度が大きいことが考えられる。江口ら(2019)は運動の継続理由について、特に楽しさ・高揚感の重要性を示唆している<sup>(16)</sup>。また、片平ら(2020)は長期運動継続者らが「成長する(した)自分」という概念を有していることを明らかにしており<sup>(17)</sup>、学習前後での自己の打撃スキルの向上がベースボール型スポーツに対するポジティブな感情をもたらし、その後の運動継続を惹き起こす可能性が推察できる。

学生による自覚的な学習効果として、「仲間」と「協力」という語に強いつながりがみられたことなどから、他者との関わりやコミュニケーションに関する学びを得たと感じていることが明らかとなった。澤(2017)によると、体育授業における楽しさに関しては、「友人」との関わりを要因として挙げる者が半数以上にのぼっている<sup>(18)</sup>。つまり、体育授業において豊かなスポーツライフの継続に繋げるためには仲間との関わりの中で、成長する自分を経験し、競技の楽しさを感じるということが重要であるといえる。

一方で、ベースボール型スポーツの魅力の一つである打撃スキルの獲得に関する内容を自覚的な学習効果として回答をした者は少ない結果となった。この点については授業内で実施されたスキルテストが守備に関するもの(キャッチングとスローイング)であったことから、対象者が自己のスキル向上を確認する機会がなかったためだと推察される。それを支持するように、授業の受講を通したベースボール型スポーツに対する感情の変化に関する記述では、スキルテストを実施した守備面での成長や学びに触れた内容が確認できた。この点はスキルテストを通して成長した自己を実感できたことが影響していると考えられる。

#### 5. まとめ

本研究では高専体育におけるベースボール型スポーツ授業による自覚的な学習効果について明らかにすることを目的として実施した。結果として、「仲間」と「協力」という語に強いつながりがみられ、他者とのコミュニケーションに関する学びを得たと感じていることが明らかとなった。また、スキルテストを実施した守備面での成長を実感したことで、ベースボール型スポーツに対する感情がポジティブに変化した(より好きになった)という結果が示された。一方で、打撃に関する困難さやルール理解の難しさという課題が示された。そのため今後の課題として次の2点を挙げたい。

- ①打撃スキルの評価方法の確立
- ②ルール理解を助けるタスクゲームの開発



ベースボール型スポーツにおける最大の魅力ともいえる打撃スキルの評価法を検証・確立することで学生自身が成長した自己を確認することができるようになる。また、ルール理解を促すことであるスポーツだけでなく、見るスポーツとして関わる機会の向上に繋がるだろう。こうしたことは運動に対するポジティブな感情を惹き起こし、運動継続に対する貢献度が大きいと予想できる。神戸高専の体育授業の方針では、自主的なスポーツ活動を通して、生涯にわたって心身の健康を保持増進し、豊かなスポーツライフを継続するための資質・能力を育成することを目指すことが示されている。運動習慣の確立を促すためにも仲間との関わりの中で、成長する自己を経験し、競技の楽しさを感じる事が重要である。

### 参考文献

- (1) 森勇示,「小学校ベースボール型授業事例の批判的検討—対案としてのバランスボール・ベースボール—」,『愛知教育大学保健体育講座研究紀要 No.41』,pp.1-6.2016.
- (2) 岩田昌太郎,「投」が追加される陸上運動をどう展望するか-「THROW」の視点から-。『体育科教育,65(7)』,40-43.2017.
- (3) 竹内隆司・岩田靖,小学校体育における守備・走塁型ゲームの教材作りとその検討-特に、守備側の戦術的課題を誇張する視点から-,信州大学教育学部附属教育実践総合センター紀要『教育実践研究』No.7,pp.81-90.2006.
- (4) 幸阪浩,相手に得点させないことを核にした球技の楽しさを探るベースボール型授業の開発,『福井大学教育実践研究第35号』,pp.191-196.2010.
- (5) 嘉屋千紘・熊野陽人,学校管理下でのソフトボール競技における外傷・障害発生状況について,『関西福祉大学研究紀要』第24巻,pp.175-180,2021.
- (6) 小西卓哉・木本理可,道内工業高等専門学校の体育授業における体力トレーニングの実践-保健と体育の関連性を生かして-,『旭川工業高等専門学校研究報文』第55・56号(合併号),pp.21-30,2019.
- (7) 松崎拓也・野口欣照・宮元章,工業高等専門学校生の体力について—運動嫌い・勉強時間・通学時間からの検討—,『北九州工業高等専門学校研究報告』第51号,pp.93-97.2018.
- (8) 川内谷一志・佐野博昭・枝元香菜子・岡村さやか・
- 射手矢岬,工業高等専門学校における柔道授業の成果と課題,『大分工業高等専門学校紀要』第53号 pp.21-27.2016.
- (9) 柴山慧・橋本真・南雅樹,佐賀野健,これまでの高専における体育科教育の研究,『広島商船高等専門学校紀要』第41号,5-12.2019.
- (10) 樋口耕一,計量テキスト分析およびKH coderの利用状況と展望,『社会学評論』68巻3号,pp.334-350.2017.
- (11) 樋口耕一,『社会調査のための計量テキスト分析』,ナカニシヤ出版,p.99,2018.
- (12) 西田順一・木内敦詞・中山正剛・難波秀行・園部豊・西脇雅人・平工志穂・小林雄志・西垣景太・中田征克・田原亮二,新型コロナウイルス感染症第1波の流行直後における大学体育授業の学修成果:遠隔授業による主観的恩恵と身体活動に焦点をあてた検証,『大学体育スポーツ学研究』,18,pp.2-20.2021.
- (13) 佐々木由美子,「保育者論」の授業による保育者養成学生の学び-テキストマイニングを使った学生の「保育観」可視化の試み-,『足利短期大学研究紀要』,第42巻,pp.7-16.2022.
- (14) 平成29年度 運動部活動等に関する実態調査報告書  
[https://www.mext.go.jp/sports/b\\_menu/sports/mcatetop04/list/detail/\\_icsFiles/afieldfile/2018/06/12/1403173\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/sports/mcatetop04/list/detail/_icsFiles/afieldfile/2018/06/12/1403173_2.pdf) (アクセス日:2022.7.19)
- (15) 中学校学習指導要領(平成29年告示)解説保健体育編
- (16) 江口泰正・井上彰臣・太田雅規・大和 浩 運動継続者に見られる継続理由の特色—労働者における運動継続への行動変容アプローチに関する研究—,『日健教誌』,27(3),pp.256-270,2019.
- (17) 片平謙弥・重松良祐,長期運動継続者が運動継続に用いている動機付けの内容,『健康支援』第22巻1号,pp.21-25,2020.
- (18) 澤聡美,楽しい体育授業の満足度に影響する要因,『富山大学人間発達科学部紀要』,第11巻第3号,pp.31-31,2017.

# 種々の粗砂の平面的な粒子形状分布

野並 賢\*

## Distribution of Planer Particle Shapes of Various Course Sands

Satoshi NONAMI\*

### ABSTRACT

In this paper, the planar particle shape which has big influence on the shear strength characteristics was measured to 21 kinds of coarse sands used as a construction material, and the distribution tendency of the measured value was shown. As a particle shape index, I adopted coefficient of form unevenness (FU coefficient) related to a shear-resistance angle with an easy instrumentation. As a result, the production origin and the measured value of a specimen were related. And there is a tendency for a particle-shaped dispersion to become large as FU coefficient becomes small.

*Keywords* : Course sand, Particle shape, Coefficient of form unevenness, Standard deviation

### 1. はじめに

社会インフラとして重要な役割を担っている盛土構造物がこれまでに多数築造されている。それらのほとんどは常時の供用に問題がないものの、地震時や豪雨時になって変状を生じ、初めて安定性の不足が露呈するものがある。一方、盛土の安定性を評価するためには、盛土材のせん断強度特性を把握することが望まれるが、無数にある既設盛土全てに対してせん断試験を実施することは現実的でない。そこで、比較的容易に測定可能な物理特性からせん断特性を推定する手法の確立が望まれている。ここで、粗粒土の物理特性のうち粒径や粒度分布、粒子形状など、試料の生来的な性質である一次性質に着目すると、粒子形状の影響が最も大きいことが知られている。Terzaghi and Peck<sup>1)</sup>は、「乾燥砂の内部摩擦角は角張った粒子ほど、粒度分布の良いほど、また砂粒子が堅硬なほど大きくなる」ことを報告している。また、小田ら<sup>2)</sup>は10種類の砂について、一次性質(粒度組成、粒子形状、鉱物組成)と最大・最小間隙比、せん断抵抗などの関係を検討し、これらに与える粒子形状、粒径、粒度の影響が大きいことを報告している。吉村・小川<sup>3,4)</sup>は、粒状土の強度定数に及ぼす影響因子の中で一次性質に関連する因子に着目し、粒子形状の影響が最も大きいと報告している。

Maeda and Miura<sup>5,6)</sup>はせん断強度の側圧および相対密度への依存性に影響を与える一次性質のうち、粒子形状の影響が大きいことを示している。筆者の研究室では、一面せん断強度に及ぼす異方性の影響に関する実験的検討を実施しており<sup>7,8,9)</sup>、粒子の平面的な凹凸を示す粒子形状と、立体的な粒子形状を表す扁平率の両方がせん断抵抗角に影響を与えることを述べているが、前者の影響の方が大きいこと、後者は異方性に影響を与えることを示している。

粒子形状指標と強度試験結果との対比を行う場合、粒径や粒度分布など他の一次性質に関する指標を揃えればこれらの影響を排除できるため、焦点を絞った議論が可能となる。ただし、筆者らの研究成果を踏まえれば、平面的な粒子形状指標のみで粗粒土のせん断強度特性を説明できるわけではない。このため、平面的な粒子形状を主たる指標とし、粒子の立体的な形状を表す扁平率や、微視的な表面構造と関連のある最大・最小間隙比、粒子の硬さを表す圧裂強度などを補助的な指標としたせん断強度定数の推定手法が提案できれば、平面的な粒子形状のみの指標に基づくものよりも、推定精度の上昇が期待できると考えられる。

以上の背景に基づき、本稿では上記の検討を行うにあたっての第一段階として、建設材料として用いられる、生成由来の異なる21種類の粗砂に対し、粒子の平面形状を測定した。その結果に基づき、試料の生成由来と測定値との関係や、測定値の分布傾向について検

\* 都市工学科 教授

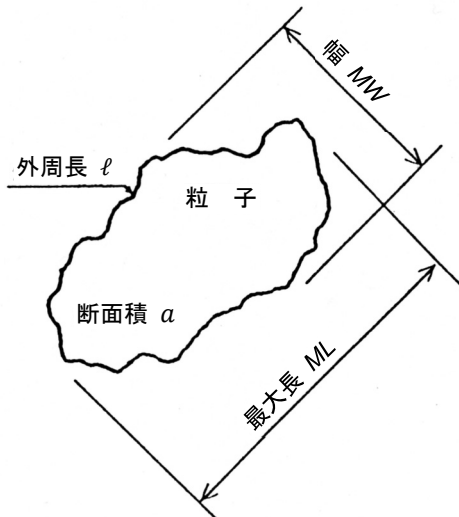


図1 凹凸係数  $FU^{12)}$  の定義方法

討したものである。

2. 粒子形状指標と用いた試料

2.1 粒子形状指標と測定方法 粒子の平面的な形状を表すための指標はさまざまなものが提案されており、既往文献<sup>10,11)</sup>に取りまとめられている。本稿では人為的誤差が含まれず、定量化が容易な指標として、凹凸係数  $FU^{12)}$  を採用する。FU の定義は以下の通りである。図1に示すように、粒子内に直交する三軸を考え、その長軸と中間軸を含む平面に粒子を投影した断面について考える。そして粒子周辺の凹凸の度合いが増すにしたがって、投影断面の外周長が長くなり、断面積との比が大きくなることに着目し、これらの比である無次元量  $f$  を次式で表す。

$$f = \frac{a}{\ell^2} \tag{1}$$

ただし、 $a$  : 影断面の断面積  
 $\ell$  : 投影断面の周長

式(1)は粒子が完全球(投影断面が円)の場合に最大となり、その値  $f_c$  は円の半径を  $R_0$  とすれば次式のようになる。

$$f_c = \frac{\pi \cdot R_0^2}{(2\pi \cdot R_0)^2} = \frac{1}{4\pi} = 0.0796 \tag{2}$$

粒子形状をあらわすFUは、 $f$  と  $f_c$  の比として次式で定義される。

$$FU = \frac{f}{f_c} = \frac{4\pi a}{\ell^2} \tag{3}$$

FU は、粒子の投影断面が球である完全円の場合に1になり、凹凸の度合いが激しくなるほど小さな値となる。そして、FUにより粒子形状を0から1までの数値で表すことができる。

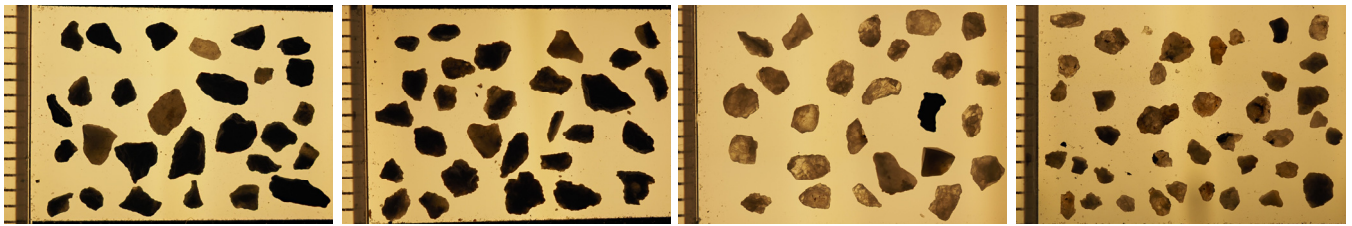
測定方法として、ガラス板上に粒子が重ならないように注意しながら、20mm×15mmの範囲に粒子を30～

表1 試料一覧

カテゴリー	番号	試料名	サブ試料名	備考
1	11	砕砂1	有馬層群流紋岩	神戸市北区
	12	砕砂2	播磨道頁岩	兵庫県佐用町
	13	珪砂1		岐阜県土岐市
	14	珪砂2		南あわじ市
2	21	山砂1	丹波層群砂岩	猪名川町産
	22	山砂2	神戸層群砂岩・泥岩	神戸高専敷地際
	23	山砂3	播磨道土砂	佐用町産風化岩
	24	まさ土1		市販
	25	まさ土2		筑波山産
3	31	陸砂1	大阪層群礫質土細粒分多	神戸市西区桜ヶ丘
	32	陸砂2	大阪層群礫質土細粒分多	小野市産業団地
	33	陸砂3	大阪層群礫質土細粒分少	いなみ野台地
4	41	川砂1	住吉川河口	
	42	川砂2	加古川下流	加古川市
	43	川砂3	加古川中流	加東市
	44	川砂4	加古川上流	丹波市青垣町
5	51	海砂1	慶野松原	南あわじ市
	52	海砂2	明石海岸	明石川河口付近
	53	海砂3	熊野灘ウミガメ公園	三重県紀宝町
	54	海砂4	熊野灘花の窟	三重県熊野市
	55	海砂5	貝殻混じり	和歌山県白浜町

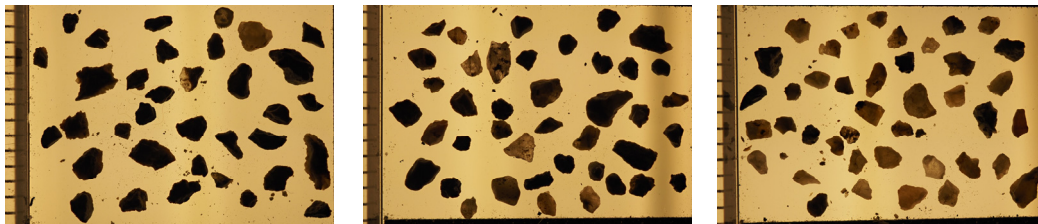
40個程度配置し、背面から蛍光灯をあてシルエットを撮影した。そして、得られたJPGファイルを輝度調整して画像解析ソフトに取り込み、FUを求めた。撮影は2000万画素のマイクロフォーサーズ規格のデジタルカメラとマクロレンズを用いて行い、等倍程度で写るようにピント面の位置を調整した。また、粒子の厚みの違いに起因して、各粒子の輪郭部と撮像素子面の距離は一定でなく、全ての粒子にピントが合わない恐れがある。そこで、鮮明な画像が得られるよう、ピント位置をずらした複数枚の写真を合成し、被写界深度の深い写真を作成する深度合成モードを用いた。撮影は異なる粒子で3回行い、それらの平均値を試料の代表値とした。以下では、代表値をFU値と称する。画像解析ソフトはパブリックドメインの画像処理ソフトウェアであるImageJ<sup>13,14)</sup>を用いた。

2.2 試料 本稿では、建設材料として一般的に用いられる粗粒土の粒子形状分布を把握するため、生成由来の異なる21種類の試料を用いた。準備した原粒度の試料は、細粒分も含む幅広い粒度から構成されるものもあったが、測定対象とした粒径は0.85mm～2mmに調整したものとした。この粒度を採用したのは、今後実施を予定している粒子の扁平率測定や、圧裂強度測定が実施可能かつ、砂の最大・最小密度試験が実施可能な粒径としたためである。このことに加え、板橋ら<sup>15)</sup>が指摘するように、母岩を同一とする試料でも粒径の

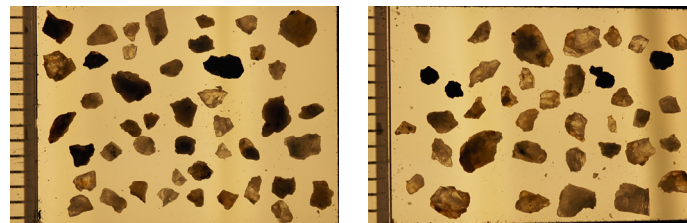


(a) 砕砂 1 (FU 値=0.708) (b) 砕砂 2 (FU 値=0.647) (c) 砕砂 1 (FU 値=0.680) (d) 砕砂 1 (FU 値=0.692)

写真1 砕砂・珪砂の接写写真

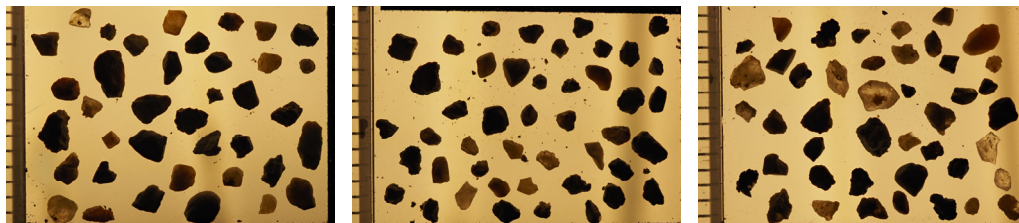


(a) 山砂 1 (FU 値=0.644) (b) 山砂 2 (FU 値=0.695) (c) 山砂 3 (FU 値=0.673)



(d) まさ土 1 (FU 値=0.670) (e) まさ土 2 (FU 値=0.656)

写真2 山砂・まさ土の接写写真



(a) 陸砂 1 (FU 値=0.719) (b) 陸砂 2 (FU 値=0.721) (c) 陸砂 3 (FU 値=0.706)

写真3 陸砂の接写写真

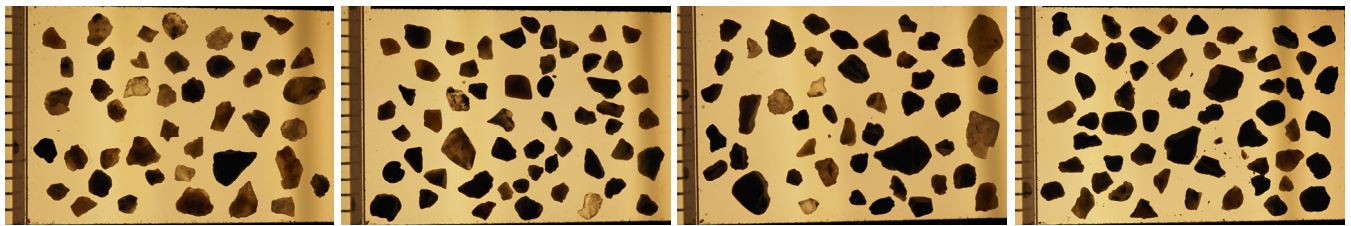
違いにより、粒子形状が異なる可能性があるため、粒径を揃えることでその影響を排除した。

試料の一覧を表 1 に示す。試料は生成由来の違いにより 5 つのカテゴリーに分類した。カテゴリー 1 は岩石をクラッシャーで粉砕して作製したものであり、砕砂 1 は流紋岩質、砕砂 2 は頁岩を母岩とする。珪砂 1、2 は花崗岩質を母岩とするものである。カテゴリー 2 は母岩が現地で風化し残積したものを採取したものであり、山砂と称する。山砂 1~3 は母岩が古生代~中生代の丹波層群および古第三紀の神戸層群である。まさ土 1 はホームセンターで販売されているものを用い、まさ土 2 は室内土槽作製用に大量に準備した茨城県つくば産のものを用いた。カテゴリー 3 は淡水域で運搬、堆積作用を受けた第 4 紀の段丘層（大阪層群）で採取したものであり、陸砂と称する。原粒度はいずれも良粒

度の大坂層群礫質土であるが、陸砂 3 は他の試料と比べて細粒分が少なかった。カテゴリー 4 は河川域で採取した試料であり、川砂と称する。これらは表六甲を流下する住吉川で採取したものと、兵庫県の東南部を流下する加古川で採取したものであるが、後者は試料毎に河口からの距離が異なっている。カテゴリー 5 は海岸で採取したものであり、海砂と称する。瀬戸内海で採取した海砂 1、2 と、太平洋に面した海岸で採取した海砂 3、4、5 を対象とした。

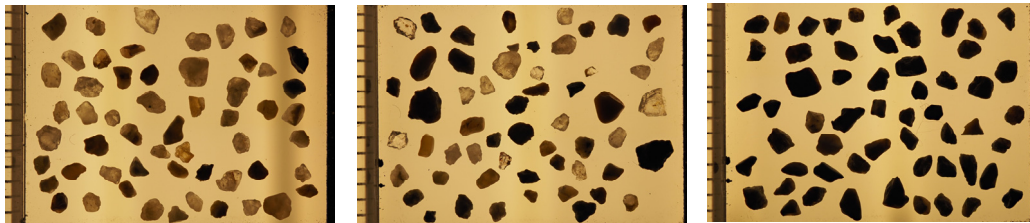
### 3. 測定結果

カテゴリー 1 の各試料の代表的な撮影結果を写真 1 (a)~(d)までに示す。左端に写っている目盛は、1mm 間隔の定規である。各試料の見出しには FU 値もあわせて示している。同様に、その他のカテゴリーの撮影結

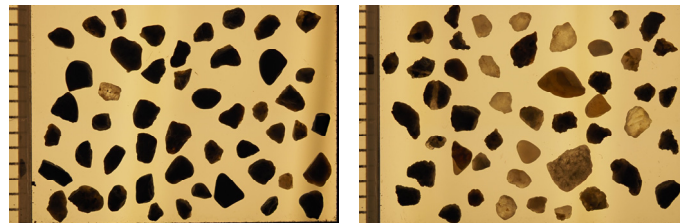


(a) 川砂 1 (FU 値=0.726) (b) 川砂 2 (FU 値=0.760) (c) 川砂 3 (FU 値=0.741) (d) 川砂 4 (FU 値=0.723)

写真4 川砂の接写写真



(a) 海砂 1 (FU 値=0.763) (b) 海砂 2 (FU 値=0.758) (c) 海砂 3 (FU 値=0.761)



(d) 海砂 4 (FU 値=0.766) (e) 海砂 5 (FU 値=0.753)

写真5 海砂の接写写真

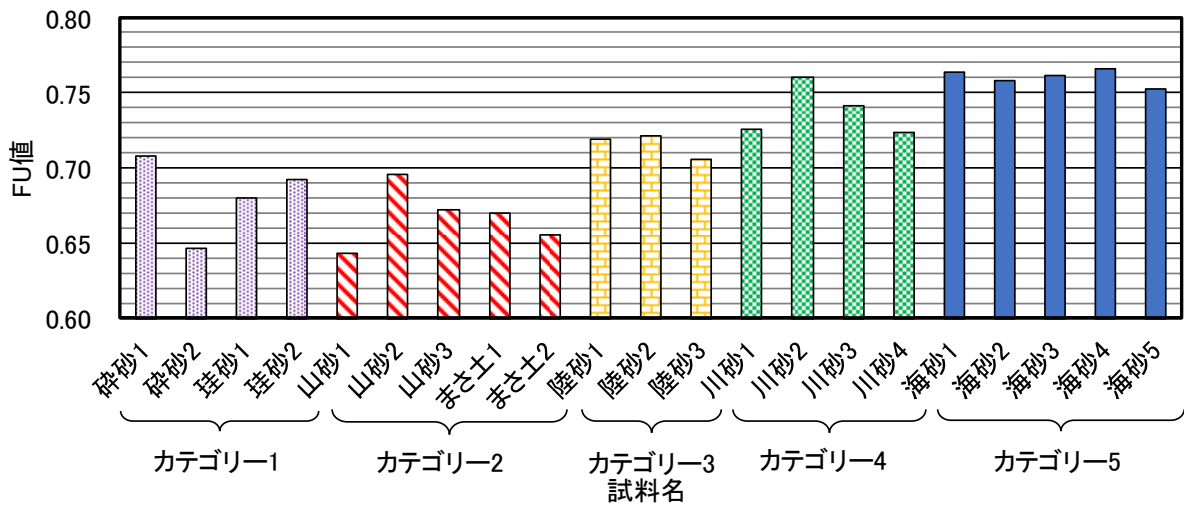


図2 各試料のFU 値測定結果一覧図

果を写真2～写真5までに示す。また、図2に各試料のFU 値一覧を示す。これより、FU 値の最大値が海砂4の0.766、最小値が山砂1の0.644であり、理論上0～1までの値を取り得る指標としては、比較的狭い範囲に分布している。また、FU 値とせん断抵抗角の間には正の相関が見出されているが<sup>16)</sup>、そのことと今回の結果を踏まえると、今回の試料を同じ密度に調整してせん断試験を実施しても、せん断抵抗角は異なることが予想される。

カテゴリー毎のFU 値の出現傾向に着目すると、風化・運搬作用を経していないカテゴリー1のFU 値はいずれも小さく、凹凸の度合いが最も激しいことがわかる。風化作用は受けているものの運搬作用のないカテゴリー2のFU 値も、同程度の値となっている。一方、海流による運搬作用を経たカテゴリー5が最もFU 値が大きく、次いで河川流による運搬作用を経たカテゴリー4のFU 値が続いている。加古川で採取したカテゴリー4の川砂2, 3, 4は下流の方がFU 値は大きくなってお

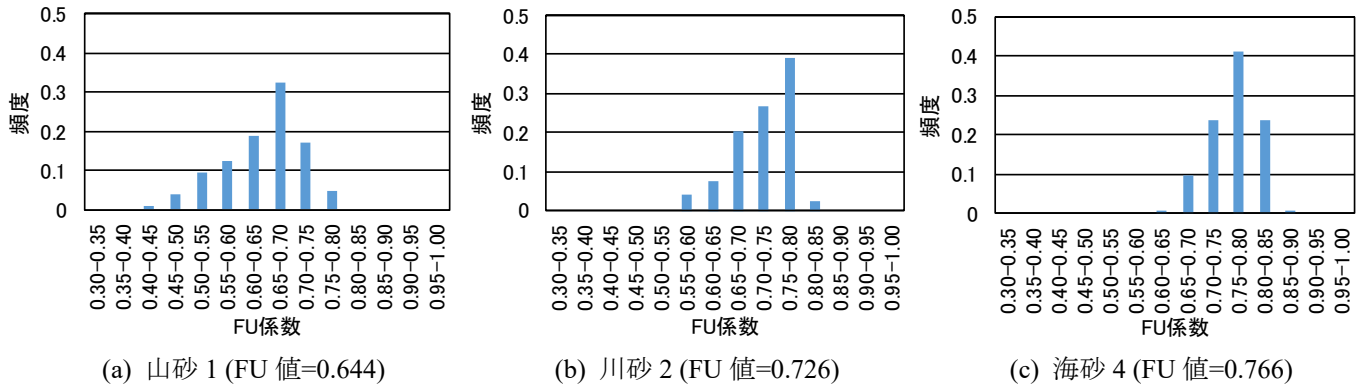


図3 試料毎の測定値の頻度分布図

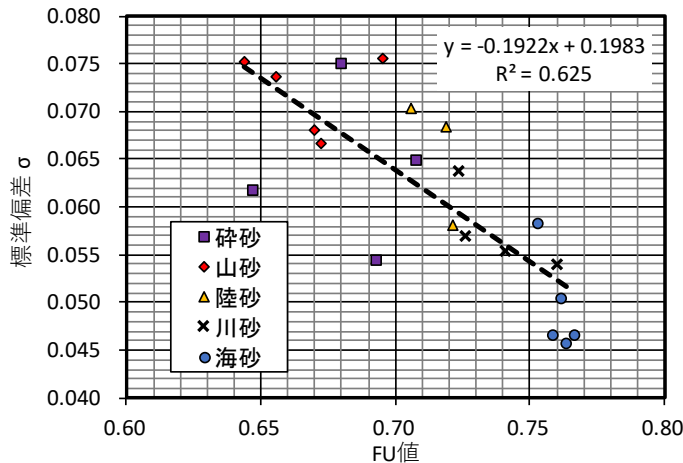


図4 各試料のFU値と標準偏差の関係

り、運搬作用により粒子が丸くなる傾向が確認された。段丘層から採取したカテゴリー3のFU値は中間的な値をとっており、細粒分の多い層であった陸砂1, 2のFU値が陸砂3よりもやや大きい結果となった。なお、地質学分野では、浸食・運搬・堆積過程の違いが粒子の円磨度に大きな影響を与えることが知られているが、粒子形状と生成過程に相関性が見られるという本結果は、その知見に矛盾しないといえる。

同一試料における粒子形状のばらつきを評価するため、図3(a)~(c)に代表的な試料の測定値の頻度分布図を示す。(a)がFU値最小の山砂1、(b)が平均的なFU値の川砂1、(c)がFU値最大の海砂4である。これより、FU値が小さい試料ほど、粒子形状のばらつきが大きく、多様な粒子形状の粒子から構成されていることがわかる。次に、測定値のばらつきの程度を表す標準偏差と、FU値の関係を図4に示す。これより、両者に良好な相関があり、FU値が小さいほど標準偏差は大きくなることがわかる。今のところ、粒子形状のばらつきの程度が力学特性に与える影響は不明であるが、両者の関係を検討するにあたっての基礎的な知見として活用することが期待される。

#### 4. おわりに

本稿では建設材料として用いられる21種類の粗砂に対し、せん断強度特性に大きな影響を及ぼす平面的な粒子形状を測定し、測定値の分布傾向を示した。その結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 粒子形状指標として、せん断抵抗角との相関があり、かつ測定が容易な凹凸係数FUを採用した。0.85mm~2mmに粒度調整した試料を用いて測定を行ったところ、同一の粒度を有する粗砂でも生成由来に応じて測定結果の平均値であるFU値が異なることがわかった。風化・運搬作用を経ていない試料のFU値は小さく、凹凸度合いが激しい。一方、運搬作用の影響が大きいほどFU値は大きくなる傾向が確認された。
- 2) FU値が小さい試料ほど、粒子形状のばらつきが大きく、多様な粒子形状の粒子から構成されることがわかった。

今後同一の試料に対し、扁平率や最大・最小間隙比、圧裂強度などを求め、今回求めたFU値を含めたそれらの測定結果と、せん断強度試験結果との比較を行うことにより、せん断強度定数の推定手法の検討を行う予定である。

#### 謝辞

本研究に用いた一部の試料の採取にご協力いただいた、神戸高専都市工学科卒業生の久保 珠妃氏(現奥村組)と、鈴木 美結氏(現日建設計)に感謝申し上げます。

#### 参考文献

- (1) Terzaghi, K. and Peck, R.B. : Soil Mechanics in Engineering Practice, p.85, Wiley, New York, 1948.
- (2) 小田 匡寛, 榎本 文勇, 鈴木 正 : 砂粒子の形状・組成が砂の土質工学的性質に及ぼす影響に関する研究, 土と基礎, Vol.19, No.2, pp.5-12, 1971.
- (3) 吉村 優治, 小川 正二 : 粒状体の間隙比およびせん断特性に及ぼす一次性質の影響, 土木学会論文集,

- No.487, III-26, pp.98-108, 1994.
- (4) 吉村 優治, 小川 正二: 砂の等方圧密およびせん断特性に及ぼす粒子形状の影響, 土木学会論文集, No.487, III-26, pp.187-196, 1994.
- (5) Maeda, K and Miura, K: Confining Stress Dependency of Mechanical Properties of Sands, Soil and Foundations, Vol.39, No.1, pp.53-68, 1999.
- (6) Maeda, K and Miura, K: Relative Density Dependency of Mechanical Properties of Sands, Soil and Foundations, Vol.39, No.1, pp.69-80, 1999.
- (7) 野並 賢, 吉元 咲葵, 大辻 知樹, 河原 輝虎, 鳥居 宣之: 粗粒土の堆積角および粒子の扁平率が一面せん断強度に与える影響, 第 56 回地盤工学研究発表会概要集, 2021.
- (8) 野並 賢, 大久保 珠妃, 稲上 皓紀, 鳥居 宣之, 加藤 正司: 堆積角と一面せん断強度の異方性の関係に関する実験的検討, 第 57 回地盤工学研究発表会概要集, 2022.
- (9) 野並 賢, 稲上 皓紀, 大久保 珠妃, 鳥居 宣之, 加藤 正司: 粒子配列に着目した供試体作製方法が一面せん断強度に与える影響, 第 57 回地盤工学研究発表会概要集, 2022.
- (10) 松島 亘志, 前田 健一, 石川 達也: 粒子特性の評価と工学的意義, 4. 粒子形状の評価と土の力学挙動, 土と基礎, Vol.55, No.7, pp.37-44, 2007.
- (11) 板橋 一雄, 松尾 稔, 内藤 充則, 神谷 圭吾: 均一な粗粒材料の粒子形状評価と充填特性, 地盤工学会論文報告集, Vol.43, No.1, pp.115-127, 2003.
- (12) 吉村 優治, 小川 正二: 砂のような粒状体の粒子形状の簡易な定量化法, 土木学会論文集, No. 463, III-22, pp. 95-103, 1993.
- (13) Rasband, W.S.: ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, 1997. <http://imagej.nih.gov/ij/>, 1997-2012.
- (14) Schneider, C.A., Rasband, W.S., Eliceiri, K.W. : NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis, Nature Methods 9, pp.671-675, 2012.
- (15) 神谷 圭吾, 板橋 一雄: 海砂・川砂の粒子形状と粒径の関係, 第 37 回地盤工学研究発表会概要集, pp.569-570, 2002.
- (16) 松岡 元, 劉 斯宏, 吉村 優治, 山田 章史, 松山 幸太郎: 粒子形状と相対密度による砂、礫、粗粒材の内部摩擦角の推定法, 第 38 回地盤工学研究発表会概要集, pp.551-552, 2003.

# オンライン授業におけるタブレット端末と ペンタブレット端末導入の教育効果

中川 卓也\* 大向 雅人\*\* 津吉 彰\*\*\*

## Comparison between Two Kinds of Devices in Online Lecture: Pen-Tablet Device and Tablet

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

### ABSTRACT

Nowadays online education is widely spread under the pandemic corona virus situation from 2020 on. We then focus on the two kinds of method: with a pen-tablet device, with a tablet device like iPad. We compared the two methods experimentally, and revealed that the method with a pen-tablet device has the advantage for students on the basis of questionnaire investigation.

*Keywords* : on-line education, pen-tablet, iPad-like tablet device, questionnaire investigation, pandemic corona virus

#### 1. はじめに

新型コロナウイルスの感染爆発の影響により2020年4月に緊急事態宣言が発令され、本校においても急速にオンライン授業を行うことを与儀なくされた。急速にオンライン授業開始が決まったため、非常に短い準備期間の中で授業準備を行うこととなった。そのため、教員のコンピュータのスキルレベルによって講義内容に大きな影響を与えた。準備期間もほぼ無い状況下においては仕方が無いとも考えられる。しかし、実際のところ多くの場合において、

- ・オンライン授業で利用するシステムの使い方を教える側が理解することで手一杯であった
- ・授業内容を充実させるための準備にまで手が回らなかった

といった現状が見受けられた。

語学系の科目であれば、口頭での説明もしやすいためテキストを画面に表示し（静止画像で）説明を行えば、わかりやすい授業を提供することができると思

えられる。しかし、数学系や専門科目で数式を扱う科目等は説明・解説がしづらいという大きな一面がある。そのため、オンライン授業中、口頭説明だけでは伝えることが難しい箇所において、画面上でリアルタイムに式の展開・図示を行うことによる補足が必要であると考えられる。また、授業の基本はあくまでも対面授業である<sup>(1)</sup>、視覚情報の提示が効果的であることは論を俟たない<sup>(2)</sup>という研究報告もある。具体的には、数式の展開方法や展開における注意点、提出課題の修正箇所等図示・説明を行うことで講義内容が充実し、対面授業と同レベルの講義が提供できると考えられる。そこで、講義内容の充実をはかるためにペンタブレットを導入し、数式の解説をオンライン画面上で行えば学生の理解度が向上すると考えた。

実際に、ホワイトボードとペンタブレットを用いたオンライン授業を行い、比較・検討したところ、ペンタブレットを用いた授業の方が分かりやすい<sup>(3)</sup>という結果が得られた。

近年、小・中・高の教育現場でも ICT (Information and Communication Technology) の導入が進み、タブレット端末の普及が進んでいる。それらを踏まえ、オンライン授業においてペンタブレットとタブレット端末を導入し、どのような教育効果が得られるのか、学生にアンケート調査を実施し、比較・検討を行う。

---

\* 明石工業高等専門学校 技術教育支援センター  
技術専門員

\*\* 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



## 2. ペンタブレットの導入検討について

まず、オンライン授業で使用するソフトウェアについては、

- ・Microsoft365 Teams（以降、Teams とする）

を使用した。理由は、

- ・国立高専機構本部が導入・推奨している
- ・双方向授業ができる
- ・録画にも対応している

といったことがあげられる。特に、授業時間に学生の自宅に回線トラブルが起こっていた等、何らかの事情で授業に参加できないケースも想定されるため、録画にも対応している点は大きいと考えられる。

しかし、Teams の場合、双方向授業では画面が 9 分割されてしまうため、受講学生の見ている画面がどうしても小さくなってしまう。そのため、教員が板書しても何をしているか分からない状況に陥ってしまうという問題が起こる。ただし、録画した動画を再生すると画面全体で再生できるため、板書内容もきちんと確認できる状態となる。

以上から、録画配信が前提であれば問題無いが、双方向授業には適さないと考えられる。

次に、筆者達の過去の研究<sup>(3)</sup>を踏まえ、オンライン画面上においてリアルタイムで数式を展開し、説明する方法の検討を行う。オンライン画面上で数式を展開する方法としては、

I：ペンタブレットを用いた板書講義

II：タブレット端末を用いた板書講義  
が考えられる。

過去において、機械操作が苦手な人でも携帯電話や音楽プレイヤーは使いこなせているように、誰もが使いやすい形にコンテンツを整備していくことも重要だ<sup>(4)</sup>という研究報告もある。オンライン授業の充実をはかるために機器を導入する場合、専門知識を持たなくても扱えるようにし、素人でも簡単にオンライン授業の拡充ができるシステムの構築を目指す。

**2.1 ペンタブレットを用いた板書講義について** オンライン授業において、講義資料を画面共有しながら説明を行い、必要に応じて画面共有ファイルにペンタブレットを使って数式の展開や図解、重要事項の補足等をリアルタイムで書き加えるスタイルとなる。この方法が対面授業に一番近く、比較的簡単に導入できる方法と考えられる。

**2.2 タブレット端末を用いた板書講義について** タブレット端末とは、パソコンの基本的な機能を備えており、高性能でさまざまな用途に使えるため、幅広い世代から人気がある。しかも、コンパクトで端末の画面上に直接書き込むことができるため、外付けのタブレットに比べると手書きの入力がしやすい<sup>(5)</sup>という研究報告もある。

ペンタブレットと同様、講義資料を画面共有しなが

ら説明を行い、必要に応じて画面共有ファイルにタブレット端末を使って数式の展開や図解、重要事項の補足等をリアルタイムで書き加えるスタイルとする。

## 3. 導入ペンタブレット・タブレット端末の機器選定について

ペンタブレットを導入するにあたり、選定の条件は、

- ・専門知識を持たなくても扱えること
- ・素人でも簡単にオンライン授業が行えるシステムの構築ができること
- ・誰でも導入しやすいよう、比較的安価なものとする。

上記条件を考慮し、

- ・XP Pen Deco01 V2

を導入する。

導入を決めたポイントは、

- ・ドライバのインストールが不要  
(Windows 10 (以降 Win10 とする) 標準ドライバで対応可能)
- ・タブレットの書込み範囲が、画面サイズ (Full HD) に対応している
- ・電子ペンを充電する必要がない
- ・比較的安価 (5 千円程) に導入できる

といった点である。

Win10 の標準ドライバに対応しているので、USB コネクタを PC に接続すれば使える状態となる。つまり、専用ドライバのインストールや特殊な設定を行わなくても使うことができる。そのため、素人でも簡単に導入できると考えられる。もちろん、専用ドライバをインストールするとより細かな描画が可能となるので、より細かい設定を行って使用することも可能である。

また、ペンタブレットの書込み範囲が、教員側 (配信する側) の PC 画面サイズ (Full HD) と同サイズに対応している。つまり、画面に映し出されている範囲が、タブレットで書き込み可能な範囲となる。そのため、使用する側は特に設定を行わなくても感覚的に使うことができるので、とても使いやすいと考えられる。

他のメーカーにおいては、電子ペン本体を充電する必要があるものが多くある。その場合、授業中にタブレットが使えなくならないよう、前もって電子ペン本体の充電を行う必要がある。今回導入を決めたペンタブレットは、電子ペン本体を充電する必要がないため、授業中に電子ペンの充電が切れて、授業の継続に支障が出るといったトラブルが回避できる。そういった面でも運用もしやすいと考えられる。

ペンタブレット自体は、安ければ 3 千円前後で購入することができる。しかし、価格が安くなると書込み範囲が狭いなどの制限があり、ペンタブレットを使用するにあたりノウハウやコツが必要と考えられる。今回は、“専門知識を持たなくても扱える” “素人でも簡単にオンライン授業が行えるシステムの構築ができ

る”ことを踏まえているため、5千円程のペンタブレット(XP Pen Deco01 V2)の導入とした。また、導入ペンタブレットが5千円程でも比較的安価であると考えられる。

次に、タブレット端末の選定を行う。タブレット端末といってもいくつか種類があり、何をどう選んだらよいかわからない人もいると考えられる。2021年度において、“iPad OSの出荷台数シェアは53%”、“iPad OSは3年連続でシェア50%を超えている”という調査報告<sup>6)</sup>がある。また、文部科学省におけるICT(Information and Communication Technology)の端末利活用状況の実態調査において、“iPad OSのシェアは29%”との報告<sup>7)</sup>がある。これらから、“iPadが普及している”ことがうかがえる。

また、筆者達も所有しているタブレット端末にiPadがある。それらを踏まえ、使用するタブレット端末は所有しているiPad Proを使うこととする。また、このiPad Proに対応したApple Pencil(純正品)を購入し、タブレット端末として導入する。

- ・本体：iPad Pro (9.7インチ)
- ・電子ペン：Apple Pencil

なお、Apple Pencil(純正品)は電子ペン本体を充電する必要がある、使用前にバッテリー残量を確認しておく必要がある。

#### 4. タブレット端末を使用した授業方法の検討

タブレット端末(以降、iPadとする)を用いた授業方法の検討を行う。iPadは高機能でさまざまな使い方ができる。大きく分けると

- ・Windows PCに接続し、タブレット端末としてiPadを使用する方法
- ・Mac PCとiPadをミラーリングして使用する方法
- ・iPad単体で使用する方法

がある。

##### 4.1 Windows PCにiPadを接続して使用する場合

Windows PCに接続し、タブレット端末として使用する方法はいくつかある。

- ・ミラーリングする方法
- ・サブディスプレイにする方法

である。

ミラーリングする方法は、Teamsの録画面面にミラーリングした画面が反映されないといった問題が起こった。これは、動画やオンラインゲームを別の大画面を使って皆で楽しむくらいは問題無いが、録画が行われると著作権の問題が発生するため、そういう仕様になっていると考えられる。

サブディスプレイにする方法は、無線LANで接続していることもあり、遅延が起こる。また、接続していても入力が反映されなかったりフリーズするなど、安定して使うことができないといった問題が起こった。

以上から、Windows PCに接続し、iPadを使用する方法はオンライン授業には向かないと考えられる。

##### 4.2 Mac PCとiPadをミラーリングして使用する場合

インターネットで検索を行うと、Mac PCとiPadは簡単にミラーリング可能というHPが見つかる。しかし、筆者達はMac PCを所有していないため、検証することができない。また、一般的にはWindows PCの普及率が高いということも考慮し、この検証は見送る。

4.3 iPad単体で使用する場合 iPad単体でもWindows PCを使うときと同様の操作で、Teamsにログイン、画面共有、録画を行うことができる。この方法がインシャルコストも専門的知識も必要がないため、最も導入しやすい方法と考えられる。

以上より、iPad単体で使用する方法を導入することとする。

#### 5. 板書講義の導入方法

タブレット及びiPadを用いた板書講義の導入において、比較を行うこととする。ただし、Teamsでオンライン授業(双方向授業)を行うと画面が9分割されて比較できないため、授業内容を録画し、学生が受講する形式とする。また、録画時間は3分程度とする。

5.1 ペンタブレットを用いた板書講義について ペンタブレットをPCに接続するとドライバを自動認識し、普通に使える状態となる。操作方法は、

- ・Windows PCからTeamsを起動
- ・レコーディング開始し、授業開始
- ・授業資料を画面共有し、説明
- ・授業終了後、レコーディング停止

といった手順で録画を行う。

5.2 iPadを用いた板書講義について iPadでもTeamsにログインして使用可能である。今回はWindows PCは使わずiPad単体で使用する。操作方法は、

- ・iPadからTeamsを起動
- ・レコーディング開始し、授業開始
- ・授業資料を画面共有し、説明を行う
- ・授業終了後、レコーディング停止

といった手順で録画を行う。

#### 6. 授業アンケートの実施

ペンタブレットとiPadの授業動画の導入を“電気回路I(令和3年度、第1学年、後期)”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、ペンタブレットとiPadの導入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、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、アンケート内容は

- Q1. どちらの動画がわかりやすいですか？
- ・ $\Delta$ -Y 変換（ペンタブ使用）
  - ・Y- $\Delta$  変換（iPad 使用）
  - ・どちらもわからない（同じくらい）
- Q2. 画面や文字の見やすさはどちらがいいですか？
- ・ $\Delta$ -Y 変換（ペンタブ使用）
  - ・Y- $\Delta$  変換（iPad 使用）
  - ・どちらもわからない（同じくらい）
- Q3. 下記項目に当てはまるものを選択してください。（複数回答可）
- ・ペンタブを使った  $\Delta$ -Y 変換の方がわかりやすい
  - ・iPad を使った Y- $\Delta$  変換の方がわかりやすい
  - ・ペンタブを使った場合、資料を配布してほしい
  - ・iPad を使った場合、資料を配布してほしい
- Q4. その他、気づいたことなどを自由に記述してください。

とした。

なお、“ $\Delta$ -Y 変換”“Y- $\Delta$  変換”とは、三相交流において Y 結線と  $\Delta$  結線があり、結線方法を等価回路に変換する方法である。講義内容を“ $\Delta$ -Y 変換”“Y- $\Delta$  変換”としたのは、非常に似た内容であるため、ペンタブと iPad を導入した板書講義を比較するのに最適だと考えられるためである。

### 7. アンケート結果と考察

ペンタブと iPad を導入した板書講義について、それらが学生に対してどのような効果・影響を及ぼしているかについての検討を行う。

まず、設問 Q1 “どちらの動画がわかりやすいですか？”の問いに関する図を図 1 に示す。

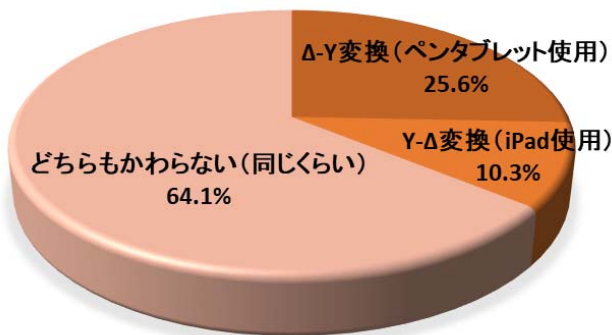


図 1 「Q1：どちらの動画がわかりやすいですか？」に関する回答結果

図 1 より、“ $\Delta$ -Y 変換（ペンタブ使用）が良い”は 39 人中 10 人（25.6%），“Y- $\Delta$  変換（iPad 使用）が良い”は 39 人中 4 人（10.3%），“どちらもわからない（同じくらい）”は 39 人中 25 人（64.1%）という結果となった。

次に、設問 Q2 “画面や文字の見やすさはどちらがいいですか？”の問いに関する図を図 2 に示す。

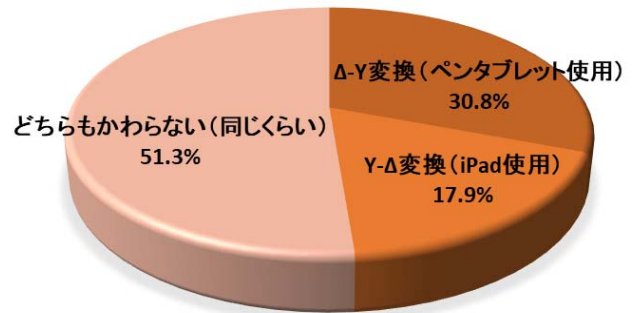


図 2 「Q2：画面や文字のみやすさはどちらがいいですか？」に関する回答結果

図 2 より、“ $\Delta$ -Y 変換（ペンタブ使用）が良い”は 39 人中 12 人（30.8%），“Y- $\Delta$  変換（iPad 使用）が良い”は 39 人中 7 人（17.9%），“どちらもわからない（同じくらい）”は 39 人中 20 人（64.1%）という結果となった。

設問 Q3 “下記項目に当てはまるものを選択してください。（複数回答可）”の問いに関する図を図 3 に示す。

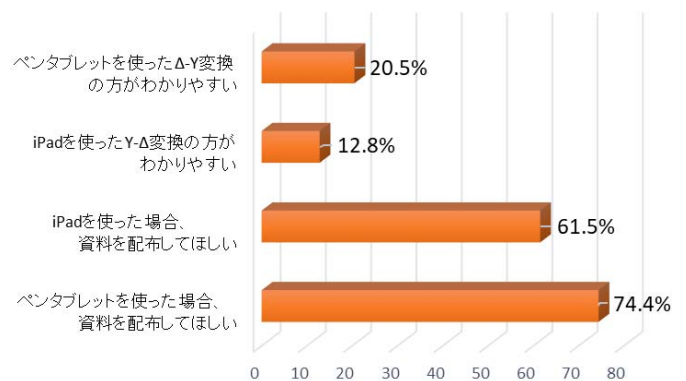


図 3 「Q3：下記項目に当てはまるものを選択してください。（複数回答可）」に関する回答結果

図 1・図 3 を比較すると、“ペンタブを使った方がわかりやすい”、“iPad を使った方がわかりやすい”の各項目の結果に多少の数値の差がみられる。これは、設問形式の異なるアンケートに答えた学生の揺らぎ

(誤差)ではないかと考えられる。しかし、図1,図3共に

・ペンタブレットを使った方がわかりやすい  
という結果が3割前後となっていることから、ペンタブレットを使用した時の方がわかりやすいと考えられる。

次に図2より、画面や文字のみやすさについては“Δ-Y変換(ペンタブレット使用)が良い”という結果が約3割となっている。これはデバイスによる『テキスト表示の画面サイズの差』によるものと考えられる。ペンタブレット使用時の画面を図4、iPad使用時の画面を図5に示す。

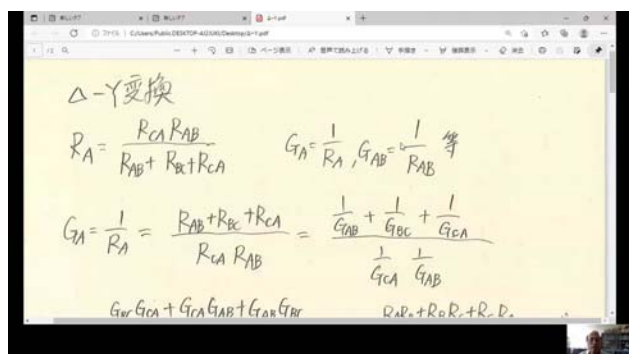


図4 ペンタブレット使用時の画面

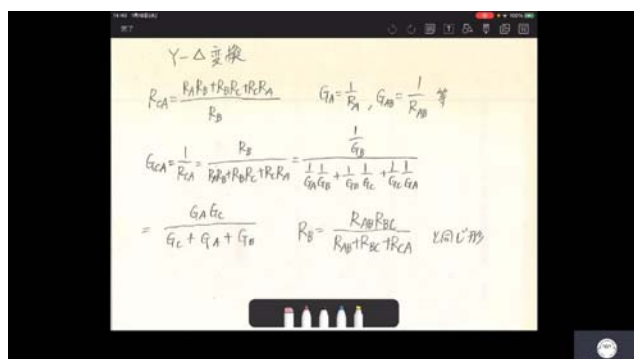


図5 iPad使用時の画面

図4,図5を比較すると、ペンタブレットを使用しているときの方が、テキスト表示の画面サイズが大きいことがわかる。この画面サイズの違いが、画面や文字の見やすさは“Δ-Y変換(ペンタブレット使用)が良い”という結果に反映されたのではないかと考えられる。

次に参考資料について、“ペンタブレットを使った場合、資料を配布してほしい”が74.4%、“iPadを使った場合、資料を配布してほしい”が61.5%という結果となった。どちらの場合も約7割程度の学生が資料の配布を希望しているが、板書をノートに書き写す際に、口述と相まって数式の持つ意味・解釈、展開のコツなどを適切な速度で咀嚼されることが、授業の主題の理

解へとつながる<sup>(2)</sup>という研究報告もあり、今後において資料を配布するのであれば、資料内容をしっかり検討する必要があると考えられる。

最後に、自由記述において、

- ・iPadの場合、ペンタブレットよりも声が遠いような気がしました。それ以外はそこまで相違ないような気がします。また、単純にiPadで行うよりも、ペンタブレットを使用してPCで行う方が授業方法に幅が作れると感じました
- ・ペンタブレットとiPadの動画の違いはあまり感じられなかったけど、iPadだと下の方にペンマークが出てしまって文字とかぶって見えないということがありえるのでどちらかというペンタブレットの方がいいと思いました

との意見が寄せられた。“iPadの場合、ペンタブレットよりも声が遠いような気がしました”とあるが、iPadのマイクは画面の横(図5の右側もしくは左側)についている。しかも、説明者の方にマイクが向いていないため、音声が拾いにくかったのではないかと考えられる。また、“ペンタブレットの方が授業方法に幅ができるのではないか”“iPadはペンマークが邪魔になるかも”(図5参照)という貴重な意見が寄せられた。以上より、ペンタブレットとiPadの動画の違いはあまり感じられないとの意見もありつつ、図1~図3のアンケート結果のより、同様にペンタブレットを使用した方が好評価を得ていると考えられる。

他には、

- ・後から何度でも見直すことができるため、非常にありがたいです

といった少し変わった意見も寄せられた。動画時間が短く、手軽に復習できることが好評価にも繋がっていると考えられる。

以上より、これまでの考察をまとめると、

- I) 説明画面の大きい、ペンタブレットを使った方がよい
- II) 資料を配布するのであれば、資料内容をしっかり検討する必要がある  
ということが考えられる。

## 8. おわりに

本研究では、ペンタブレットを使った場合とiPadを使った場合の授業動画について、比較・検討を行った。授業を行う側としては、共有している資料を手元で確認しながら数式展開・説明が行えるiPadの方が使い勝手が良いため、授業を受ける側もPadの方が好評価を得ると予想していた。しかし、アンケートから“ペンタブレットを使った方がよい”と好評価であった。また、自由記述においても“iPadはペンマークが邪魔になるかも”=画面の説明範囲が狭くなる、といった意見も得られた。これは授業を受ける側としては画面

サイズが大きい方がわかりやすい (図 4・図 5 参照) という結果が反映されたのではないかと考えられる。

また、“ペンタブレットの方が授業方法に幅ができるのではないか”という意見も寄せられた。そういった意味でも、ペンタブレットを導入するメリットは非常に大きいと考えられる。

今後、対面授業だけでなくオンライン授業（双方向授業や動画授業）の機会が増々増えていくと想定される。多くのオンライン授業においてペンタブレットが導入されることが切に望まれる。

#### 参考文献

- (1) 相場博明:「オンライン授業の類型化と教育効果の予察的考察」, 教育実践研究, 第 24 号, pp. 37-50, 2021.3.
- (2) 上田哲史:「黒板に代わるICTツールの一考察」, 徳島大学大学教育研究ジャーナル, 第 14 号, pp. 62-68, 2017.
- (3) 中川卓也, 大向雅人, 津吉 彰:「オンライン授業におけるペンタブレット導入の教育効果」, 神戸高専研究紀要, 第 60 号, pp. 11-16, 2022. 3.
- (4) 珂月彩香:「ICT 教育促進を阻む壁 –教育コンテンツ作成に見る問題の複雑さ–」, 西山学苑研究紀要, 第 14 号, pp. 15-32, 2019.
- (5) 大西智和:「iPad の授業への活用」, 鹿児島国際大学 情報処理センター研究年報, No.17, pp. 33-39, 2011.
- (6) <https://www.m2ri.jp/release/detail.html?id=538>, 参照.
- (7) 「端末利用活用状況等の実態調査(令和3年7月末時点)」, 文部科学省初等中等教育局 情報教育・外国語教育課, 2021.8, 参照.

# 画像処理による小径切削工具と被削材間の距離検出法

東 義隆\*

## Detection of Distance between Endmill and Work Based on Image Processing

Yoshitaka AZUMA\*

### ABSTRACT

The purpose of this study is to develop a convenient and precise method to detect distance between small-diameter endmill and work surface based on image processing. A non-contact method using a CCD camera and a thin reflection mirror was proposed in this study to detect the distance without any skills. The CCD images were subjected to three steps of digital image processing. The first step was an image thresholding. The second step was a Laplacian edge detection and the third step was a pattern recognition of the edges. As a result, an equation was derived for the distance on the image and the actual distance between the endmill and workpiece.

*Keywords* : Precision machining, Small-diameter endmill, Tool position, Mirrored image, Image processing

### 1. はじめに

精密加工や微細加工において、切削工具の刃先位置検出は重要な設定条件の一つである。Pic.1 に示すように、被削材に設置した刃先位置測定器に工具先端部を接触させ、位置決めする方法がよく知られている<sup>(1)(2)</sup>。しかし現状では、工具と被削材間の距離の検出作業に熟練と多くの時間を要している。

本研究では、加工開始直前における工具先端部と被削材間の距離を熟練不要で検出するため、CCD カメラと薄い反射鏡 (SUS304BA) を用い、非接触で測定する方法について検討する。非接触法はコンピュータビジョンにおける画像処理技術に基づいている。この技術は工具摩耗測定<sup>(4)(5)(6)(7)</sup>、工具状態監視<sup>(8)</sup>、マイクロドリル再研磨<sup>(9)</sup>、形状誤差評価<sup>(10)</sup> など、生産加工の分野



Pic.1 Position detecting tool

においてもよく用いられている。しかし、刃先位置検出<sup>(2)</sup>に画像処理を応用した例は、ほとんど見当たらない。本研究ではコンピュータビジョンをもとに、反射鏡を用いた新しい検出法を提案する。

工作機械は CNC フライス盤を使用し、被削材表面に薄い反射鏡を敷く。工具は直径 6mm 以下のフラットエンドミルまたはボールエンドミルとし、ツールホルダーのチャックで保持する。また、CCD カメラを工作機械テーブル上の工具付近に設置し、回転中の工具とその鏡像を同時に撮影して画像を PC に取り込む。その後、これらの画像に 3 段階のデジタル画像処理が施される。第 1 段階は、二値化である。第 2 段階は、ラプシアンフオペレータによるエッジ抽出、第 3 段階がエッジのパターン認識となる。テンプレートマッチングによりエッジが認識された後、工具 (実像) の下端と鏡像の上端の距離がピクセル数として得られることになる。その結果、工具と被削材表面の画像上の距離と実際の距離との関係式が導かれる。

### 2. 切削工具の位置決め

#### 2.1 位置決め法

本研究における小径切削工具と被削材間の距離の検出法の原理を Fig.1 に示す。CCD カメラを角度  $\theta$  ( $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ) で CNC 工作機械のテーブルに設置し、被削材表面に反射鏡 (SUS304BA) を敷く。撮影した CCD

\* 機械工学科 准教授

画像における工具の下端が鏡像の上端に接触するまで、工具を  $z$  軸方向に手動で送り、被削材に近づけていく。ここで、工具と鏡像の先端部が接触した時点を工具位置決め第1ステップとする。

工具と鏡像を含む CCD 画像については、工具回転中に PC に取り込んでいく。

画像上の先端部接触における幾何学的関係を Fig.2 に示す。

工具直径  $d$  が既知であることから、工具先端と鏡面間の距離  $\delta$  が式(1)によって理論的に算出される。

$$2\delta = d \cdot \tan\theta \quad \therefore \delta = d/2 \cdot \tan\theta, \quad \dots(1)$$

ここで、

- $\delta$  : 小径切削工具の先端と反射鏡間の距離,
- $d$  : 小径切削工具の直径,
- $\theta$  : CCD カメラの角度

したがって、小径切削工具と被削材間の距離 ( $h$ ) の理論値は反射鏡の厚さ( $t$ )と  $\delta$  の値を式(2)へ代入することで求められる。

$$h = t + \delta, \quad \dots(2)$$

ここで、

- $h$  : 小径切削工具の先端と被削材間の距離
- $t$  : 反射鏡の厚さ

この位置決め方法では CCD 画像において、工具と鏡像が接触するが、実際には先に述べたように、工具先端と鏡面間の距離  $\delta$  が存在する。もし、CCD カメラの角度  $\theta$  が  $0^\circ < \theta < 90^\circ$  であるならば、画像における見かけの像の接触によって工具が被削材に当たることがない。したがって、小径切削工具を折損することなく、工具先端と被削材間の距離を非接触で検出することが可能となる。

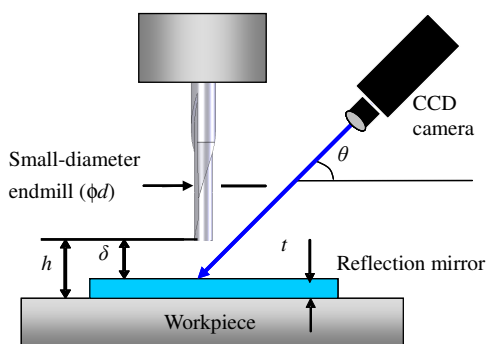


Fig.1 Principle of tool positioning of small-diameter endmill.

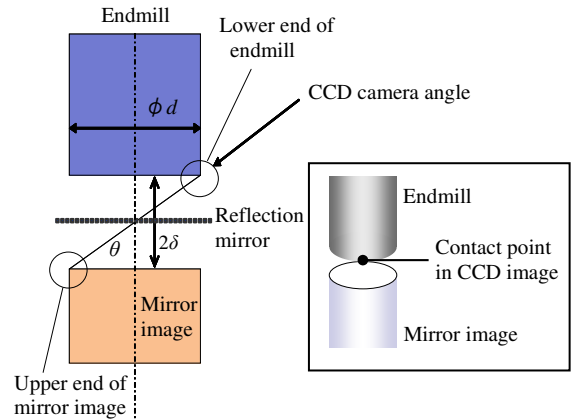


Fig.2 Geometrical illustration of contact point in the CCD image.

## 2.2 位置決め実験

前節で述べた方法に基づき、工具を位置決めした際の距離  $\delta$  を計測する実験を行い、位置決め精度についても確認を行った。

実験装置には工作機械の CNC フライス盤を使用し、主軸回転速度を  $3,100\text{min}^{-1}$  とした。また、デジタル角度計を用いて CCD カメラの角度の調整を行い、工具として  $\Phi 3, \Phi 4, \Phi 6$  の 3 種類のステンレス丸棒 (SUS304) を使用した。それぞれの工具はツールホルダーのチャックで保持した。

位置決めは先に述べたように、工具の下端が鏡像の上端に接触するまで工具を被削材方向に送り、理論的な距離  $\delta$  を算出した。

次に、工具先端と反射鏡間の距離  $\delta$  の精度を確認するため、工具が静止している状態で工具と反射鏡の間に隙間ゲージを入れて実際の距離  $\delta'$  の計測を行った。

計測回数は 3 種類の工具それぞれについて、10 回ずつとした。

その結果、理論値  $\delta$  は実測値  $\delta'$  に対して平均で 10% 程度の誤差が生じた。

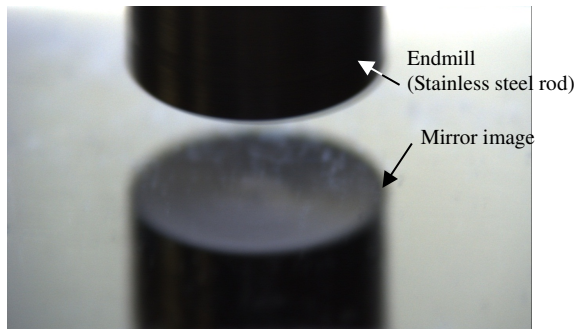
このことは、工具のエッジと鏡像のエッジそれぞれについて、カメラからの撮影距離が異なり焦点が合わないためである。工具下端部にカメラの焦点を合わせると、より遠方にある鏡像上端部がぼやけるため、両者が接触しているかどうかを判断する際に生じる誤差であると考えられる。

## 3. 画像処理による距離 $\delta$ の検出

### 3.1 画像処理の方法

撮影した CCD 画像に対して、デジタル画像処理<sup>(11)(12)</sup>を施した。この処理の目的は小径切削工具の先端部と被削材表面の距離  $\delta$  の精度を向上させるためである。CCD 画像で工具の位置決めを行った後、ぼやけたエッジを鮮明に処理した。使用する画像処理ソフトウェアは、Microsoft Visual C# 2017 を用いて開発した。

Pic.2 に工具とその鏡像の原画像の 1 例を示す。工具にはステンレスの丸棒 (SUS304,  $\Phi 3.0\text{mm}$ ) を使用した。フラットエンドミルを回転させると、その像が丸棒を回転させた場合とほぼ同様になるため、今回は丸棒を使用した。



Pic.2 Endmill and its mirror image.

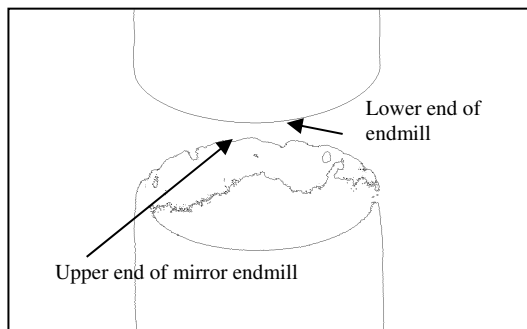


Fig.3 Edges detected by Laplacian operation.

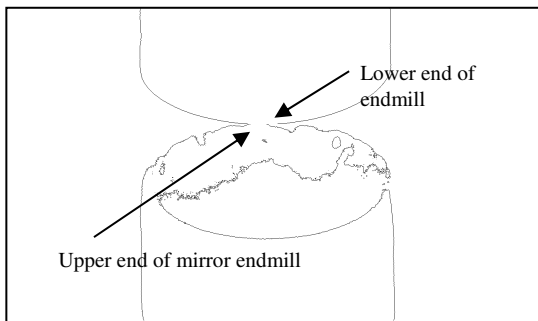


Fig.4 Endmill fine adjusted to mirror endmill.

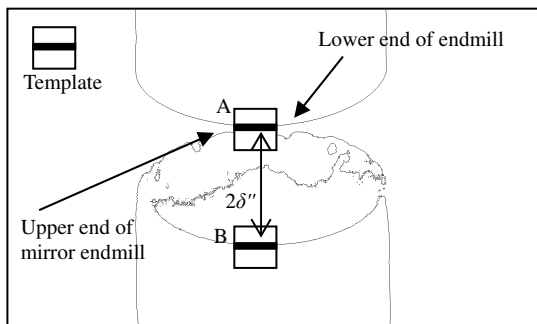


Fig.5 Template matching method.

CCD カメラの角度を  $30^\circ$  に設定し、工具回転中の像を光学 40 倍ズームレンズで撮影して PC に取り込む。

CCD 画像を目視しながら工具を z 軸方向に下げていき、工具の下端と鏡像の上端が接する付近まで近づける。写真において、上側が工具、下側が鏡像である。

画像処理の第 1 段階で、Pic.2 に示す写真が二値化により黒と白の二値画像に変換される。第 2 段階は、Table 1 に示す  $3 \times 3$  のラプラシアンフィルタを用いたエッジ抽出である。

Table 1  $3 \times 3$  Laplacian filter

0	1	0
1	-4	1
0	1	0

二値画像のエッジを抽出して輪郭を強調するため、 $3 \times 3$  ピクセルごとに、画像全体に対してラプラシアンフィルタ<sup>(11)(12)</sup> を適用した。その結果を Fig.3 に示す。Pic.2 において、ぼやけていたエッジが抽出され、輪郭が実線で表れていることが分かる。しかし、Fig.3 では工具と鏡像の間に隙間が存在している。この隙間を微調節することにより、理論的な距離  $\delta$  と実際の距離  $\delta'$  の差を小さくできると考えられる。

工具を徐々に下方へ送り、上記の二値化とラプラシアンフィルタを適用しなおすことによって、Fig.3 における隙間は減少する。Fig.4 に示すように、工具の下端と鏡像の上端が接触していることが分かる。これにより、理論的な距離  $\delta$  に到達できたと見なされるが、これで結論に至ってはいない。実際の距離  $\delta'$  と画像上の距離  $\delta''$  の関係についてさらに検討を進める。

画像処理の第 3 段階は、画像上の距離  $\delta''$  を得るためのエッジのパターン認識である。画像から水平線部分を抽出するテンプレートマッチング法を Fig.5 に示す。テンプレートには、水平線を含む  $25 \times 25$  ピクセルの画像を用いた。このテンプレート画像に一致する箇所を画像上の左上から逐次探索していった。このとき最初にマッチングした箇所を A とし、次にマッチングした箇所を B とする。その結果、A と B の距離が求まる。この値が CCD 画像における工具と鏡像の距離  $2\delta''$  となる。

### 3.2 画像処理に基づく位置決め実験

実際の距離  $\delta'$  と画像上の距離  $\delta''$  の関係を調べるため、画像処理をもとに工具位置決め実験を行なった。実験条件は 2.2 節と同様である。工具としてのステンレス丸棒の直径は  $\Phi 3$ ,  $\Phi 4$ , および  $\Phi 6$  である。CNC フライス盤の主軸回転速度は  $3,100\text{min}^{-1}$  とし、CCD カメラの設置角度は  $30^\circ$  とした。原画像は工具回転中に光学 40 倍ズームレンズで撮影した。

隙間ゲージによる実測値  $\delta'$  と画像上で処理された工具下端と鏡像の距離  $\delta''$  の関係を Fig.6 に示す。図の結果を最小二乗法で近似すると、以下の式が得られた。



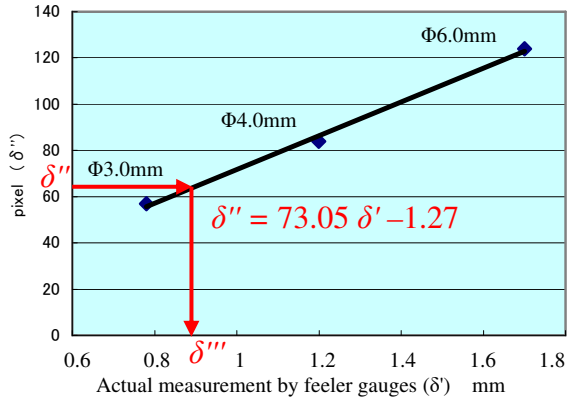


Fig.6 Relationship between  $\delta'$  and  $\delta''$ .

$$\delta'' = 73.05 \delta' - 1.27 \quad \dots(3)$$

$2\delta''$ は Fig.5 に示す第 3 段階の画像処理により得られるため、距離  $\delta'$  の推定値  $\delta''$ は式(3)によって算出される。すなわち、Fig.6 において、画像上の距離  $\delta''$ が決定すれば、回帰直線により、 $\delta'$ の推定値  $\delta''$ が得られる。

推定値  $\delta''$ と実測値  $\delta'$ の平均誤差は約 3%となった。したがって画像処理による距離の検出によって精度が向上する可能性が見出された。

ここで、被削材の上に設置する反射鏡の厚さは  $t = 1.1 \text{ mm}$  である。したがって、小径切削工具先端と被削材間の距離  $h$  は、工具先端と反射鏡の距離の推定値  $\delta''$ に反射鏡の厚さ  $t$ を加えた値となる。

本研究で用いたエッジ検出やエッジのパターン認識は熟練に依存せず、大変効率の良い方法であるといえる。

#### 4. まとめ

本研究では、小径切削工具と被削材の距離を熟練無しに検出するため、CCD カメラと薄い反射鏡 (SUS3 04BA) を用いた非接触法について提案した。

はじめに、回転中の工具とその鏡像を含む CCD 画像を PC に取り込み、画像に対して 3 段階のデジタル画像処理を施した。

第 1 段階は二値化で、第 2 段階はラプラシアンフィルタによるエッジ検出、第 3 段階はエッジのパターン認識である。テンプレートマッチング法によりエッジが認識された後、工具の下端と鏡像の上端の距離をピクセル数として得た。

最後に、工具先端と被削材表面間の画像上の距離と実際の距離について関係式を導いた。

画像処理を適応することにより、距離の検出精度を向上させる可能性が見出され、推定値と実測値の平均誤差は 10.0%から 3.0%に改善された。

画像処理技術を用いた小径切削工具と被削材間の距離検出について今後、自動化することが期待される。

#### 参考文献

- (1)BIG DAISHOWA: Position detecting tool, POINT CENTER,CATALOG No.EXm322-1110-1, <http://www.big-daishowa.com/>(2022)
- (2)Suzuki,S., Kamiya,K., Maeda,Y., Ushima,Y. and Nomura,T.: Non-contact Method for Detecting the Tip Position of a Micro-tool Using the Peak of the Contrast of Images, Journal of the Japan Society for Precision Engineering, 75, 11,(2009),pp.1329-1334(in Japanese).
- (3)Smith,L., Smith,M.: Seeing is believing in the machine vision age, Metal Powder Research, July/ August,(2002), p.20-29.
- (4)Su,J.C., Huang,C.K., Tarng,Y.S.: An automated flank wear measurement of microdrills using machine vision, Journal of Materials Processing Technology, 180,(2006), pp.328-335.
- (5)Kim,J.H., Moon,D.K., Lee,D.W. et al: Tool wear measuring technique on the machine using CCD and exclusive jig, Journal of Materials Processing Technology, 130-131,(2002), pp.668-674.
- (6)Prasad,K.N., Ramamoorthy,B.: Tool wear evaluation by stereo vision and prediction by artificial neural network, Journal of Materials Processing Technology, 112,(2001), pp.43-52.
- (7)Wang,W., Wong,Y.S., and Hong,G.S.: Flank wear measurement by successive image analysis, Computers in Industry, Machine Vision Special Issue, 56, 8-9,(2005), pp.816-830.
- (8)Lanzetta,M.: A new flexible high-resolution vision sensor for tool condition monitoring, Journal of Materials Processing Technology, 119,(2001), pp.73 -82.
- (9)Huang,C.K., Tarng,Y.S., Chiu,C.Y., Huang,A.P.: Investigation of machine vision assisted automatic resharpener process of micro-drills, Journal of Materials Processing Technology, 209,(2009), pp. 5944-5954.
- (10)Halkac,H.S., Mavi,O., Yigit,O.: Evaluation of form error at semi-spherical tools by use of image processing, Measurement, 40, 9-10,(2007), pp.860- 867.
- (11)Gonzalez,R.C., Woods,R.E.: Digital Image Processing (2nd Edition), Prentice Hall,(2002)
- (12)Shen,D.F., Chiu,C.W., Huang,P.J.: Modified Laplacian Filter and Intensity Correction Technique for Image Resolution Enhancement, ICME 2006, (2006), pp.457-460.

# 淡水域ブルーカーボン実証実験地における基礎的環境調査

摺石 瑞希\* 宇野 宏司\*\*

## A Basic Environmental Survey at the Freshwater Blue Carbon Demonstration Test Site

Mizuki SURIISHI\* Kohji UNO\*\*

### ABSTRACT

A Blue carbon is a generic term for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) absorbed by marine organisms, and is attracting attention as a global warming countermeasure due to its high CO<sub>2</sub> absorption efficiency. Kobe City has begun efforts to expand the Blue Carbon Project, which has been implemented in marine areas, to freshwater areas such as lakes, marshes, and reservoirs. In this study, a basic environmental survey of the planned demonstration site was conducted to determine whether the remaining Satoyama reservoirs in the suburbs have the environmental potential suitable for the growth of waterweeds as a CO<sub>2</sub> sink, in order to widely develop the Blue Carbon Project for freshwater in the future. As a result, from the viewpoint that the pCO<sub>2</sub> in Okuikue Pond is higher than that in Karasuhara Reservoir, the site of the preceding demonstration experiment, waterweeds and other plants are expected to be activated through transplantation of waterweeds.

*Keywords* : blue carbon, freshwater area, water plant growth, stratification, pCO<sub>2</sub>

### 1. はじめに

地球温暖化対策として全世界が温室効果ガスである二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の排出削減に取り組む中、優れた CO<sub>2</sub> 吸収源として、ブルーカーボンが注目を集めている。ブルーカーボンとは、海の生物を通じて吸収・貯留された CO<sub>2</sub> のことで、2009 年国連環境計画(UNEP)の報告書において命名された<sup>(1)</sup>。地球温暖化におけるブルーカーボンを隔離・貯留する海洋生態系として、海草藻場、海藻藻場、湿地・干潟、マングローブ林が挙げられ、これらの生態系を軸としてブルーカーボンに関する研究や開発が活発に行われている。図 1 にブルーカーボン吸収・貯留の仕組み<sup>(2)</sup>を示す。

海水への CO<sub>2</sub> 吸収量には、水温、塩分、CO<sub>2</sub> 分圧(以後、pCO<sub>2</sub>)等のパラメータが関係していることが明らかにされている。田多ら<sup>(3)</sup>は、成層の成長に伴い、表層に植物プランクトンによる光合成の影響が集中することで、溶存無機炭素(DIC)が低下し pCO<sub>2</sub> が小さくなることを報告している。また、齋藤ら<sup>(4)</sup>は、混合状態の異なる条

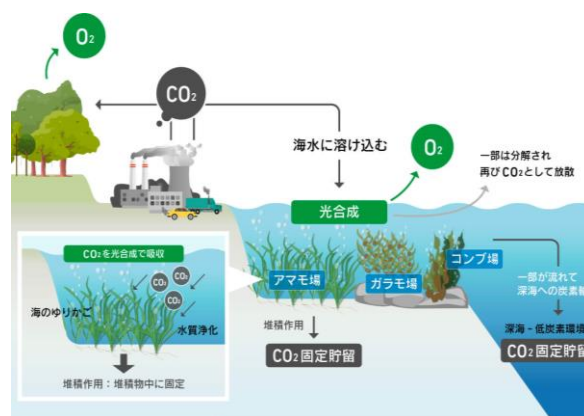


図 1 ブルーカーボン吸収・貯留の仕組み<sup>(2)</sup>

件で現地調査を実施した結果、強い成層の発達に伴う植物プランクトンによる光合成の集中により DIC が低下することを示している。加えて、日中における CO<sub>2</sub> の吸収量が混合状態によらず CO<sub>2</sub> 吸収傾向にあることを指摘している。このように、これまで海域でのブル

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 教授



図2 鳥原貯水池での実証実験の様子



図3 調査地点(奥池・口池)

ーカーボンに関する研究については多くの知見が集約されつつあるが、淡水域においてはほとんど展開されてこなかった。

淡水域ブルーカーボンの先行研究として、神戸市では、2020年度より鳥原貯水池(同市兵庫区鳥原町)において、ササバモ(*Potamogeton wrightii* Morong)の移植実験を行い、同種の定着性を確認した事例(図2)がある<sup>(5)</sup>。ササバモは沈水植物の一種であり、大阪府レッドリスト2014によると「準絶滅危惧種」に指定されているが、北海道、本州、四国、九州と広範囲に生育し、主に湖沼・河川・水路で自生している。花期は7~9月、花茎は4~11cmで、冬には地下茎の先端に殖芽を形成して越冬するという特徴がある<sup>(6)</sup>。

神戸市内の都市河川流域には農業用ため池が多数残存している。それらは、淡水域ブルーカーボンの固定源となる水草の生育ポテンシャルが高い空間となりうるが、近年は管理者の高齢化や離農化によって放棄さ

表1 調査概要

内容	目的	測定項目	調査地点
連続モニタリング調査	水草育成場の物理的環境把握	平均風向風速 水温・気温・水深	奥池
採水調査	水草育成場の化学的環境把握、炭素固定機能評価	栄養塩 T-N, T-P 全アルカリ TA 無機溶存炭素 DIC クロロフィル	奥池 口池

れているところも多く、適切な管理がなされていないために水質悪化が進み流域の環境劣化を招くなど、その機能を十分に発揮できていない状況にある。このような都市近郊に残存する未活用・放棄された貯水池を淡水ブルーカーボンの固定源として活用することが可能となれば、里山の再生のみならず、低炭素社会の実現にも貢献できることが期待される。しかし、当然のことながら、そのような小規模ため池の物理環境や水質についてはデータが皆無なため実証実験を展開できるかどうかの判断がつかない。

このような社会背景を踏まえ、本研究では、都市近郊に残存する農業用ため池を対象に、淡水域ブルーカーボン実証実験の展開のための基礎的環境調査を実施し、ササバモなどの水草の生育に適したポテンシャルを有するかどうか、先行実証実験地で取得されたデータと比較によって検討した。

## 2. 研究方法

本研究で対象とする実証実験地である奥池(同市須磨区)は、かつては数十世帯で構成された小さな集落が農業用ため池として使用していたが、現在は数世帯が利用することにとどまっている。

図3に本研究での調査地点(奥池・口池)を示す。また、調査概要を表1に示す。調査は2021年9月より開始し、現在も継続中である。淡水ブルーカーボンの実証実験が始まって間もない奥池では、ブルーカーボン機能を評価する上で重要な指標である、溶存CO<sub>2</sub>が炭酸イオンや炭酸水素イオンに解離できる能力を表し、CO<sub>2</sub>の移動速度を見積もるためのパラメータであるTA(全アルカリ度)、水中の無機炭素成分である溶存CO<sub>2</sub>、炭酸水素イオン、炭酸イオンの総量であり、TAと同様にCO<sub>2</sub>の移動速度を見積もるためのパラメータであるDIC(溶存無機炭素)、ササバモ等の水草の成長を促す栄養塩量を見積もるためのパラメータであるT-N(総窒素量)、T-P(総リン量)を調べる採水調査と、成層構造や物理環境を把握するための連続モニタリング調査を実施した。連続モニタリング調査では、月1回のペー

表2 水質分析方法の概要

指標	分析方法	分析装置・使用薬品等
TA DIC	クローズドセル法	・全アルカリ度滴定装置 (ATT-15: 紀本電子工業製) ・飽和塩化第二水銀溶液
T-N T-P	連続流れ分析法	・オートアナライザー (QuAAtro 2HR: ビーエルテック製)
クロロフィル	in vivo 蛍光光度法	・アクアフルオハンドヘルド蛍光光度計 (AquaFluor: TURNER DESIGNS) ・ローダミン溶液

スで稼働中の機器からのデータ回収とメンテナンスを実施した。採水は2022年7月までに計7回実施した。なお、奥池の下流で接続する口池では、採水調査のみ行った。また、採水調査にて得られたデータを先行実証実験地である鳥原貯水池のものと比較し、水草の生育に適したポテンシャル空間を有するか検証した。

**2.1 連続モニタリング調査** 奥池での連続モニタリング調査では、水深、池畔の気温と大気圧(以上, HOBO U20L-04, Onset 社), 風向・風速(KDC-S04-05103, Northone 社), 表層0.2m水温 (HOBO TidbiT v2 UTBI-001, Onset 社)と底層直上の水温・水深(HOBO U20L-04, Onset 社)を1時間ごとに測定した。なお、水深については、現地で計測された水圧と気圧データから大気補正を行った上で換算して求めたものである。

**2.2 採水分析による各指標の測定** 採水は奥池の最深地点(図3の○地点)で実施した。底層水は、ゴムポートからハイロートを垂下し、底層直上にて採水し、直ちに表層水をポリ瓶(500ml), デュラン瓶(100ml)に満水状態で充填した。

採水後の各水質の分析方法の概要を表2に示す。大気-水中間のCO<sub>2</sub>の移動に関する重要なパラメータとされるTA(全アルカリ度), DIC(無機溶存炭素)については、水試料100mLあるいは250mLをデュラン瓶にて採取後、速やかに80μLあるいは200μLの飽和塩化第二水銀溶液を添加し、全アルカリ度滴定装置(ATT-15: 紀本電子工業製)を用いたクローズドセル法により測定した。TNとTPについては未ろ過試料を分析に供した。分析はオートアナライザー(QuAAtro 2HR: ビーエルテック製)を用いた連続流れ分析法により行った。

**2.3 pCO<sub>2</sub>の計算** 水中の各炭酸系の濃度を求めるためには、pCO<sub>2</sub>, pH, 全炭酸, 及びTAの4項目のうち、任意の2項目の値を使用すれば、残りの2項目の値を求めることができる。本研究では、水質分析で得られたTA, pHからCDIAC(Carbon Dioxide Information

表3 気温・水温・風向風速の統計値

期間		期間I 2021年 09月	期間II 2021年 11月	期間III 2021年 12月
気象イベント		なし	寒冷前線通過	3つ玉低気圧
平均値	気温(°C)	22.7	11.2	6.7
	表層水温(°C)	23.4	13.4	10.1
	底層水温(°C)	21.8	13.0	9.7
	水深(m)	2.5	2.1	2.2
	平均風速(m/s)	0.5	0.5	1.0
標準偏差	気温(°C)	±1.7	±2.5	±3.2
	表層水温(°C)	±0.6	±0.9	±1.0
	底層水温(°C)	±0.1	±0.4	±0.3
	水深(m)	±0.2	±0.2	±0.1
	平均風速(m/s)	±0.5	±0.4	±0.8
出現風向	最頻出	北 (27.0%)	北北東 (34.2%)	北北東 (24.8%)
	次点	北北東 (19.5%)	東北東 (14.2%)	東 (18.0%)
	次々点	西北西 (12.6%)	北 (9.7%)	東北東 (12.4%)

Analysis Center)が提供するpCO<sub>2</sub>の計算ソフトのCO2SYSを用いてpCO<sub>2</sub>を計算した<sup>7)</sup>。

### 3. 結果と考察

**3.1 連続モニタリング調査** 各期間の気温・水温・風向風速の統計値を表3に示す。また、図4~図6に気象擾乱に起因する成層破壊が見られた時の2パターンと晴天時の1パターン、合計3パターンの連続モニタリング結果を示す。なお、これらの図における降雨量は、気象庁アメダスの観測点「神戸」の時間雨量データ<sup>8)</sup>を使用した。

図4のような成層期においては、晴天時では太陽光の影響を受け周期的に変化する表層水温に対し、底層水温はそれに応じた変化が見られずほぼ一定で推移し、期間全体にわたり成層が形成されている様子が確認できる。一方、図5や図6のような混合期においては、晴天時では日射量が低いために表層と底層の水温差が小さいために殆ど成層は形成されず、また水深が低いため風等の攪乱によって表層と底層の水が混合しやすい状態となっている。

図5では、風はそれほど強く吹いておらず、寒冷前線通過時の集中的な降雨によって水深が増加し、一時

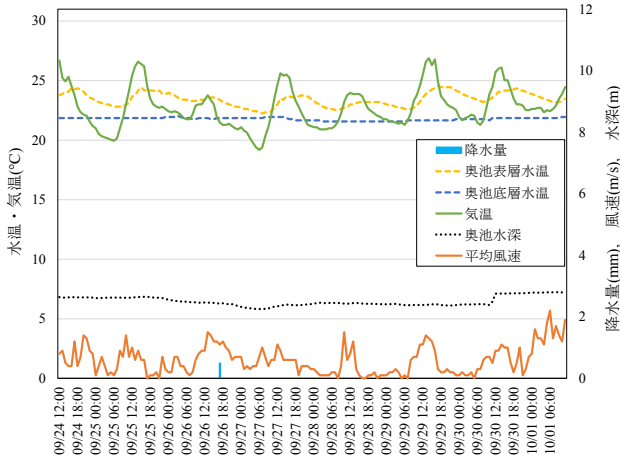


図4 連続モニタリング結果(期間I)

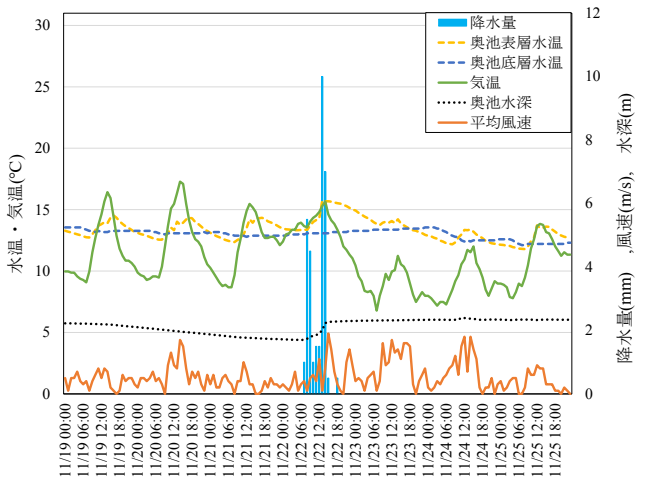


図5 連続モニタリング結果(期間II)

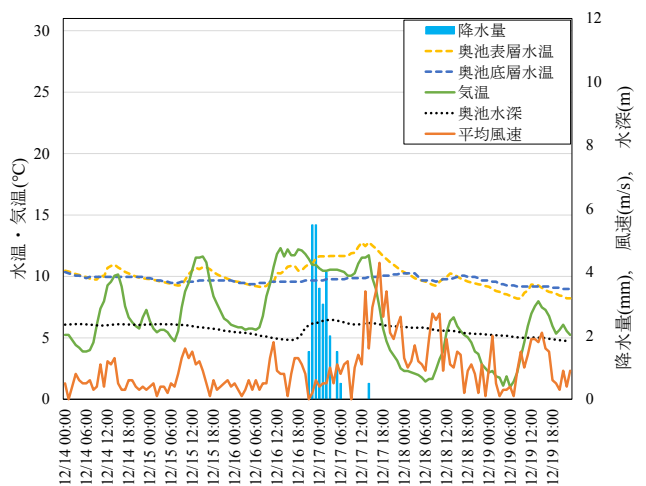


図6 連続モニタリング結果(期間III)

的に混合状態が解消されたと考えられる。これに対し、図6では、降雨によって水深が増加したが、降雨直後

表4 月毎の成層形成の割合, 降水日数, 降水量, 平均水深

	月降水量 (mm)	成層形成割合 (%)	平均水深 (m)	降水日数 (日)
2021年 9月	64.8	98.8	2.47	2
10月	43.0	52.3	2.03	6
11月	59.0	52.3	2.06	7
12月	45.0	52.3	1.90	7
2022年 1月	16.5	42.2	0.75	2
2月	18.0	47.0	0.44	2
3月	86.5	67.2	0.99	8
4月	102.0	99.4	1.97	7
5月	91.0	100.0	2.76	11
6月	77.0	100.0	2.64	8
7月	244.0	100.0	2.59	13

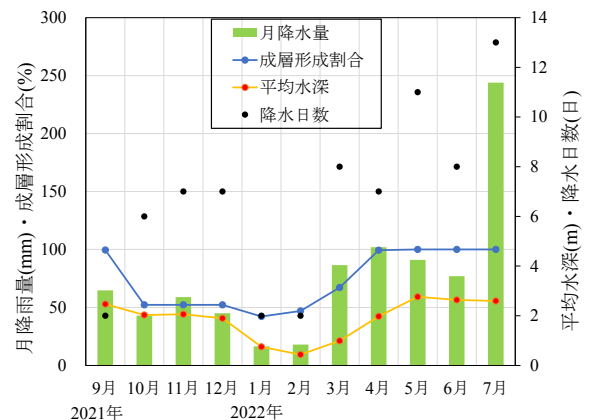


図7 成層形成の割合推移

に 10m/s を超える強い風が吹いたため、すぐに混合状態へと遷移した。当時は表3に示すように、北北東の風が卓越していた。これは南北方向に開かれた谷の下手から風が吹き寄せる方向に相当するため、現地では地形効果によって局所的に風が強められる可能性が高いと考えられる。

木村ら<sup>9)</sup>は、表底層の水温差と成層強度の間には強い相関関係があることを報告している。ここでは、表底層の水温差が正の場合に成層が形成されているとみなして、その期間の割合を月別に算出した。

表4に、2021年9月から2022年7月までの月毎の成層形成の割合, 降水日数, 降雨量, 平均水深の値を、図7にそれらの推移を示す。水深の深い春季・夏季は期間中成層が維持されているが、秋季・冬季では、水

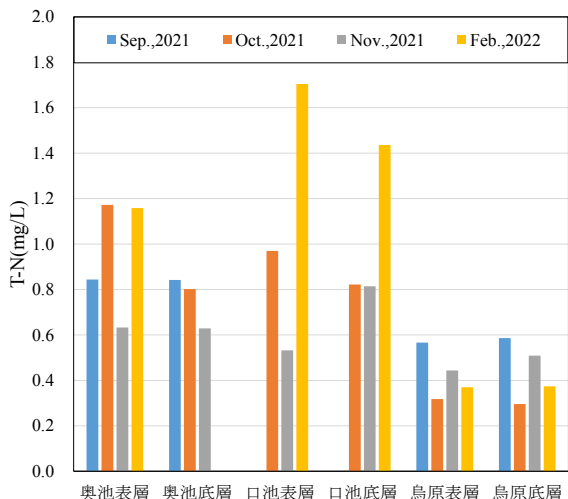


図 8 水質分析結果 (T-N)

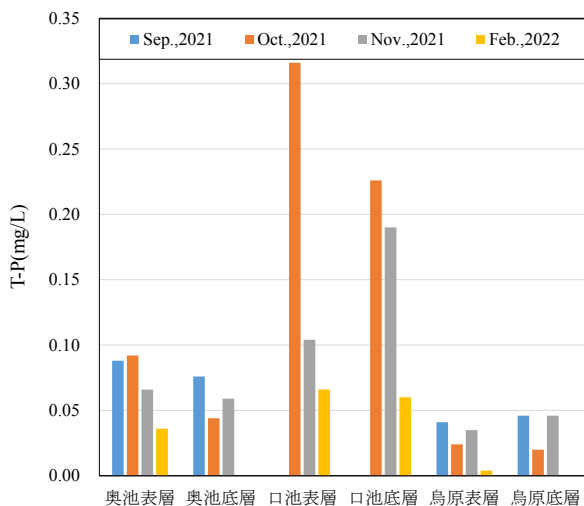


図 9 水質分析結果 (T-P)

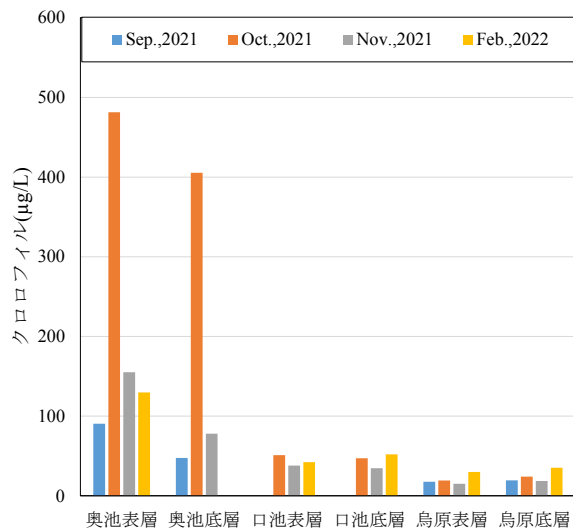


図 10 水質分析結果 (クロロフィル)

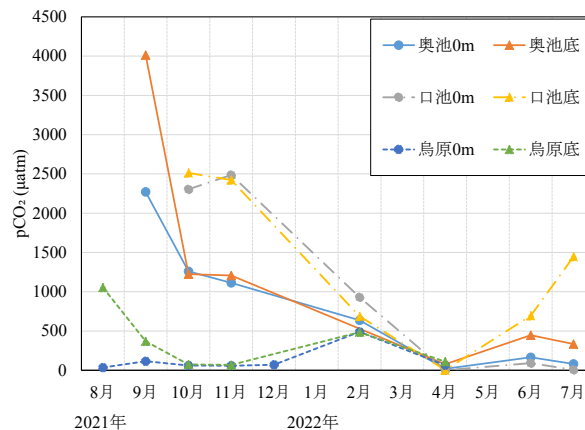


図 11 奥池, 口池, 鳥原貯水池の pCO<sub>2</sub>推移

位低下に伴い、表層と底層での混合が容易に生じやすくなる傾向がうかがえる。なお、12月から翌年1月にかけて平均水深が大きく減じているのは、季節的な降雨量の減少に加え、「掻い掘り」によって人為的に池の水が抜かれたためである。

3.2 採水調査 図 8, 図 9 に 2021 年 9 月, 10 月, 2022 年 1 月, 2 月にそれぞれ実施した奥池・口池及び先行実証地である鳥原貯水池での栄養塩(T-N, T-P)の測定結果を示す。なお、奥池は 8 月, 12 月, 2 月(底のみ), 口池は 8, 9, 12 月, 鳥原貯水池は 12(底のみ), 6, 7 月は未測定である。

T-N, T-P ともに、奥池, 口池の栄養塩の値は表層と底層のいずれとも鳥原貯水池の値よりも大きな値を示していた。また、奥池, 口池は、鳥原貯水池に対し、比較的季節的変動が大きい傾向が見られた。この原因については今後のさらなる調査・分析が必要であるが、鳥原貯水池と比較して相対的に貯水量が少ない奥池, 口池では、降雨時の近隣住宅地から集積してきた雨水排水の流入や、底質からの溶出が影響している可能性が考えられる。

図 10 に奥池, 口池と鳥原貯水池のクロロフィルを示す。奥池は、下流に接続する口池や、鳥原貯水池での値と比較して総じて高い値が出ている。しかし、現地での目視レベルでの観察からは、当該期間中にアオコが発生するような状況は確認できなかった。これについては、継続的な調査・分析を行い、成因を明らかにする必要がある。

図 11 に奥池, 口池, 鳥原貯水池の pCO<sub>2</sub>推移を示す。奥池では夏季である 9 月においてピークの値となり、秋季, 冬季となるにつれて pCO<sub>2</sub>の値が減少する傾向が見られた。また、図 7 より成層形成割合とも似たような季節的傾向を示すことから、pCO<sub>2</sub>の推移は成層強度に依存していると考えられる。また、図 11 では 4 月の値が全て 0 に近い値をとっている。この原因として、CO<sub>2</sub>SYS による pCO<sub>2</sub>の計算結果が全て絶対値で表示

されているからであると考えられる。もし正負の値を考慮するのであれば、恐らく冬季は  $p\text{CO}_2$  の値が正となるため  $\text{CO}_2$  放出傾向となり、4月を超えて夏季に近づくにつれ  $p\text{CO}_2$  が負の値となり、 $p\text{CO}_2$  が吸収傾向になると考えられる。さらに、先行実証実験地である烏原貯水池に比べ、奥池、口池は全体的に  $p\text{CO}_2$  の値が高くなっている。この原因として、図10に示されているように、奥池、口池は烏原貯水池に比べてクロロフィルが高密度で存在しており、植物プランクトンによる光合成や呼吸といった炭素を循環させる生物活動が盛んであるためであると考えられる。通常、海水域では、海水に溶け込んだ  $\text{CO}_2$  の一部は海洋酸性化の原因となる無機炭素になる。しかし、植物の光合成によって無機炭素の割合は保たれ、吸収された無機炭素は植物の成長に使用される。さらに、植物に吸収された無機炭素は、動物の成長に不可欠な有機炭素へと変化する。このように、海洋において、 $\text{CO}_2$  は、生態系の物質循環に欠かせない物質となっている。 $p\text{CO}_2$  は、 $\text{CO}_2$  の濃度に依存して増加することから、 $\text{CO}_2$  濃度が高い奥池のような淡水域においても、水草移植後に水草やその他の生物の生物活動が活発になると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、都市近郊に残存する里山ため池が、淡水域ブルーカーボンにおける固定源となりうる水草の生育に適した環境ポテンシャルを有するかどうかを調べるため、実証実験地にて、物理的・化学的な環境の把握を目的に調査を行い、以下の結論を得た。

連続モニタリング調査の結果より、奥池は冬季に水位が極端に下がり、表層と底層の混合が生じやすくなる傾向が明らかになった。その原因の一つである「掻い掘り」は、急激な水位変動を引き起こし、ササバモ等の水草へのストレスになるといわれているため、このような人為的行為は慎重に行う必要がある。

採水調査の結果より、奥池・口池は、先行的に実証実験が進められている烏原貯水池よりも富栄養な状態であることがわかり、ササバモの生育に必要なレベルの栄養塩を含むことが明らかになった。

奥池・口池の  $p\text{CO}_2$  を算出し、先行実証実験地である烏原貯水池と比較した結果、奥池は、 $p\text{CO}_2$  が高いため、今後水草移植後の水草やその他の生物の生物活動の活発化が期待される。

今後は、ササバモ移植後のため池の物理的・化学的環境の変化や水質調査にて得られた DIC や EC 等のその他の指標からも炭素固定機能について評価していく必要がある。

#### 謝辞

本研究の一部は神戸大学院工学研究科市民工学専攻の中山恵介教授、北見工業大学地球環境工学科環境防災工学コースの駒井克昭教授、神戸市水道局水質試験所の清水武俊係長、上鶴哲矢様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

- (1) 国土交通省：ブルーカーボンとは  
[https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan\\_tk6\\_000069.html](https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk6_000069.html)  
(最終閲覧日：2023年1月3日)
- (2) ENEOS イノベーションパートナーズ合同会社：事業紹介 二酸化炭素を海洋生物、ブルーカーボンで固定化。壮大な事業の協業先を求む  
<https://www.eneos-innovation.co.jp/major-projects/blue-carbon>  
(最終閲覧日：2023年1月3日)
- (3) 田多一史, 中山恵介, 駒井克昭, Jeng-wei TSAI, 佐藤之信, 桑江朝比呂：成層を考慮したアマモ場における溶存無機炭素の変動解析, 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.74, No.2, pp.I\_444-I\_449, 2018.
- (4) 齋藤直輝, 熊柄, 小森博仁, 矢野真一郎, 中山恵介, 駒井克昭, 矢島啓：八代海におけるブルーカーボン動態把握のための海水中  $\text{CO}_2$  に関する現地調査, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.76, No.2, pp.901-906, 2020.
- (5) 朝日新聞デジタル：ko-do 神戸の鼓動, 行動に移すチカラ 山のブルーカーボン 水資源・外来種・温暖化…すべてつながった  
[https://www.asahi.com/ads/ko-do/bluecarbon/report\\_02/](https://www.asahi.com/ads/ko-do/bluecarbon/report_02/)  
(最終閲覧日：2023年1月3日)
- (6) 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所：水草図鑑(在来種) ササバモ  
[http://www.kannousuiken-osaka.or.jp/zukan/zukan\\_database/mizukusa/3550b31d5590e31/2550bc5a881af9c.html](http://www.kannousuiken-osaka.or.jp/zukan/zukan_database/mizukusa/3550b31d5590e31/2550bc5a881af9c.html)  
(最終閲覧日：2023年1月3日)
- (7) Lewis, E. and D.W.R. Wallac: Program developed for  $\text{CO}_2$  system calculations. ORNL/CDIAC-105, Carbon Dioxide Information Analysis Center, pp. 1-21, 1998.
- (8) 気象庁：アメダス 過去の気象データ,  
<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/ctrn/index.php>  
(最終閲覧日：2023年1月3日)
- (9) 木村晴保, 章守宇：水柱位置エネルギーによる浦の内湾の成層度と水温・塩分成分層ならびに底層 DO の関係, 農業土木学会論文集 No.183, pp.25~30, 1996.

# Preparing for a Study Abroad and Opportunities for KCCT's Students in the University of Hawai'i

Yutaka TAKASHINA\*

*Keywords:* study abroad, University of Hawai'i, Intelligence Earth Science Program, lava flow

## 1. Introduction

For the Kobe City College of Technology's (KCCT's) Students, studying abroad is a valuable experience. That will determine their future work in the world. In particular, the United States are a major economic center of the world in new era globalization after the industrial revolution in the Meiji era. Japan learned from Western technology and achieved high economic growth. On the other hand, war broke out in Ukraine this year, and the confrontation between the United States and Putin's Russia became conspicuous. In addition, the relationship between Xi Jinping's China and the United States has deteriorated, and Diplomacy in Japan must also be vigilant about the Taiwan emergency. Japan's defense system with its Asian many neighbor's areas, including North Korea's discharge of a large number of missiles assumed nuclearization, became a major issue. In terms of world economic policy as well, disparities due to monetary and interest rate policies and changes in the era of COVID-19 have distorted the global economic balance and led to a higher price of living in Japan, with the depreciation of the money compared to the American. When the world situation changes drastically, the ideas of young people can greatly change the future of the country. We must aim to develop engineers who can excel more on a global scale at our college, and play an active role on the world stage, based on our educational policy of enhancing education with a rich international perspective. However, studying abroad requires a large amount of money. In addition, it is difficult to say that the curriculum of our college is planned enough about abroad study exchange of class credits. It hopes appropriately matching credits and learning objectives clearly. Studying abroad at a vocational college requires scrutiny of programs that further enhance specialization. In this report, we focus on the significance and benefits of forging an International Exchange Program with the University of Hawai'i. As shown in **Figure1**, this program



Figure1. Birth of the new earth floors by eruption's lava flows through towards the sea

looks at living teaching materials through global issues. This report is based on cooperated by staff members of the International Exchange Center in University of Hawai'i at HILO (UHH) and Hawai'i Community College (Hawcc). The goal is to create an International Activities Program that is suitable for KCCT's students who will be responsible for the future to make effective use of the semester system and receive subsidies from Japan Student Services Organization (JASSO). And this report was also composed by cooperation of Mr. Todd Shumway of the international exchange center in UHH and Ms. Eri Hall in HawCC. It is essential to develop engineers who can solve problems on a global scale. The purpose of this report is to provide information on how to improve human resource skills with an international perspective. It will lead the world stage, as well as opportunities to prepare for it.

---

\* Associate Professor at Civil Engineering Department



## 2. Study Preparation of the Intelligence Earth Science Program

As someone who has always aspired to become a civil engineer, I am convinced that if I can design a program that allows me to appreciate the breath of the earth and consider how people live, it will be the best preparation for studying abroad. Since erupting January, 1983, Kilauea Volcano on Hawai'i Island has continuously been active, with brief pauses, for over 35 years. "It's important to note that Kilauea is still an active volcano that will erupt in the future, and associated hazards have not changed," reported the U.S. Geological Survey's Hawaiian Volcano observatory (USGS). The Pu'u'Ō'o's volcano crater on April 30, 2018 led to an unexpected new eruption, it is greatly effected as continue many eruptions and damages later in the Leilani Estates subdivision in Puna. Since the Pele god, quieted down in early September 2018, lava had blanketed nearly 70 square miles while destroying 1,000 structures and displacing hundreds of human residents<sup>1)</sup>. I am especially invested in learning the live teaching materials through a volcano. We will proceed with the planning of a continuous program that can intelligently predict the damage of the eruption. As Mauna Loa volcanic activity is also active on November 27, 2022.

### 2.1 Nature and Life experience with awareness of the earth itself in Kilauea volcanoes national park

The significance of studying abroad at the University of Hawai'i at Hilo (UHH) and Hawai'i Community College (HawCC) is to have an environment of nature science learning materials that allows students to be conscious of the global environment. For example, eruptions such as the Kilauea volcano in 2018 and scorching lava flows have taken the lives of many people along with their precious homes and possessions. However, the residents who believe that nature is alive with appreciate feeling, do not resent the damage. The greatest attraction of the University of Hawai'i and its colleges is the presence of living teaching materials that are between life and death. The earth and the sky are considered as the live teaching materials. It is based on Intelligence Earth Science Program. **Figure1** shows the birth of earth through lava flows in the sea. This research report introduces outstanding researchers in volcanology from the University of Hawai'i at Hilo. And Hawai'i Volcanoes National Park in the nature field learning and Art center. An example of volcanic field activity and Photographer's Mr. Bruce Omori is shown in **Figure 2**. Photographs of volcanic activity teach us about the way humans and the earth live.



Figure2. Hawai'i Volcanoes National Park and photographer's Bruce Omori

### 2.2 Researcher Interview in University of Hawai'i at Hilo (UHH) about volcanology and geology

What are the most important features of volcanoes and lava flow, which represents the breath of our earth? Some questions were actually heard to by Dr. Steve Lundblad in UHH, Professor of Geology and Chair of the Geology Department. Here were his answers as next follows.

#### a) How did the eruption changed the magma and underground structure since the 2018 ?

The 2018 eruption in Puna (Leilani Estates) was the result of magma moving further to the east from where it stopped and erupted (Pu'u'Ō'o crater of a volcano) for about 35 years. It is still in the rift in lower Puna, as proven by the heat still coming to the surface. It will likely continue to cool down there for many years. At the summit, magma evacuated the shallow magma chamber and supplied the lava flows in lower Puna. There was significant collapse of the caldera now. There is a deep lava lake that is filling the void left behind. So I guess we could say that the collapsed area is enough to gather magma making it the surface in quantities due to the events of the 2018 eruption.

#### b) What kind of geologist research do you (or university students) mainly do?

The students and I mainly work on measuring active faults south of Kilauea summit. There was significant motion on some of the faults (up to 40 cm of vertical offset). We also tracked the movement and displacement of the magma moving into the area last year (Fall 2021) before the current lava lake formed, by measuring ground deformation. We have sent three groups of students to regional and national Geological Society of America meetings to present their results. It is good experience for all of them. Kilauea's activities in 2018 and Mauna Loa's activities in 2022, I'm very confused. When I face these events, I am moved to the field of natural science.

I also believe that this experience will be useful for Japan's active volcanoes such as Mt. Fuji.



Figure3. Researchers in Geology Department in UHH (Professor Dr. Steven P Lundblad, Mr. Todd Shumway, etc.)

### c) Can we predict lava flows in the future?

This is very difficult in the long term. But it is reasonably reliable in the short term. For example, in 2018, scientists tracked ground deformation and seismicity from Pu'uo'o. Many geological scientists around the world predicted (with some uncertainty), that an eruption was likely to soon occur in the east area. 3days later, lava started erupting at the surface in Leilani Estates. Similar damage types of features often are precursors to new volcanic eruptions, but they can only be detected a few days or hours before an eruption occurs. It is impossible to say, for example, when Mauna Loa might erupt again until some specific signals are showing up (magma moving to the surface). On **Figure 3** are shown researchers in volcanology in the University of Hawai'i at Hilo. To predict short time disasters and attempt prediction on long term ones, I study prediction of the lava damage from deep learning model with artificial intelligence. It would be my life's work.

### d) How did many lava flows impact the local residents?

There are still main roads covered with lava. About 900 houses were completely consumed by the lava. Land that was used for agriculture and many homes are unusable.

The road to recovery is very long.

### e) What kind of lava disaster prevention and mitigation education is being conducted at your university?

The 2018 eruption is a cautionary to our future. Many people are living in "Lava Zones 1 and 2" land. That place has the highest probability of being overrun with lava. We also do a lot of public outreach on lava flow hazards. But our island in general doesn't seem to prohibit development anywhere based on lava flow hazards.

Thanks deeply to Dr. Steve for many difficult answer questions.

The cycle of volcanic activity in Hawaii, the origin of the earth, is a mysterious world that no one knows.

It is very significant matter that the construction of an intelligent information technology program can contribute to the prediction of eruptions.

### 2.3 Tsunami in Hilo Bay and Japanese disaster prevention and mitigation education program in Earth science

Hilo is also a down town of many Japanese. It has been damaged by tsunamis many times. The sight of the damage caused by the tsunami caused by the Great East Japan Earthquake is unforgettable. In Kobe city, we have a big Hanshin-Awaji Earthquake. Nankai Trough Earthquake also expected in the near future. It may cause a destabilize Japan's socio-economy. And this report also introduces the tsunami's damage mainly against Hilo Bay. There is a tsunami museum in Hilo Bay. Mr. Todd Shumway introduced me to Ms. Kayla McKown, a graduate of the University of Hawai'i at HILO on 2017. She says the 1945 tsunami came from Alaska and destroyed downtown of Hilo. Isn't there a concrete wall in this place where tsunamis hit repeatedly? Why don't you people move to higher ground? I asked some questions. Her answer was that local people love the city of Hilo. It is the most importance issue for civil engineers to take local sentiments, heart feeling and kindness into account when implementing recovery plans.

**Figure 4** is shown in Hanshin-Awaji Earthquake damage and Ms. Kayla McKown in tsunami museum.

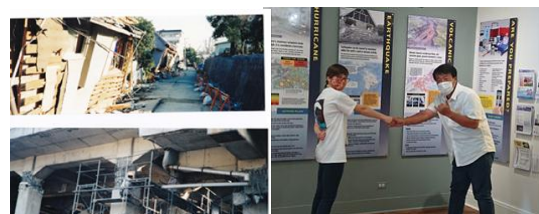


Figure4. Hanshin-Awaji Earthquake damage and Ms. Kayla McKown at Hilo's tsunami museum

### 2.4 International exchange in Hawaii campus life

We explain the experience the lecture and culture of the Hawai'i University campus life and Hawai'i Community College campus life. I have fond memories of walking around the large campus of the University of Hawai'i at Hilo with Mr. Todd as part of a university tour of the various facilities. I also participated in lectures with students in the classroom.

**(1) The University of Hawai'i at HILO and Campus**

Taking English classes abroad is appropriate for relearning. Since I have learned most of the academic content once, I can feel that my expressions, points of emphasis, and attitudes toward learning will naturally change.



Figure5. Complete library with PC



Figure6. Geology Lecture in the classroom

**Figure5-8** is shown the UHH campus life. The English understanding is difficult, but we can be caught about the outline of contents. I was in a position to teach it until now, but I learn again and carry out rectification, and I want to be challenge the new world. As a concrete engineering major, I can find a lot in common with rocks and their diagnostics. By making use of non-destructive inspection and computational processing, we will create a concrete program through interaction with university professors.

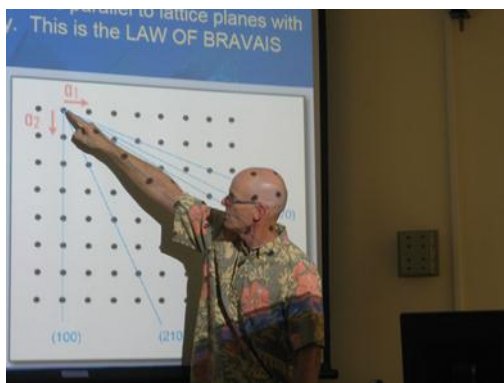


Figure7. Professor toward the earnest lecture



Figure8. Some used textbooks are sold at the bookstore and UHH service campus center

**(2) Hawai'i Community College lifestyle**

Hawai'i Community College (HawCC) has a fine support system for self-learning. By support staff cooperation, it is improvement of problem-solving ability. Access to the University of Hawai'i at Hilo is easy for HawCC students. And the accessible facilities include dormitories. HawCC students can experience 4 year university campus life while studying at HawCC. Students will make friends with the UHH students as well.



Figure9. Hawai'i Community College Campus

Local people won't understand Japanese but with their culturally diverse backgrounds, they are kind and patient so they will listen to you even if your English is not perfect. The Intensive English Program (IEP) is designed for students to learn academic English skills to be successful in future. There are 3 core classes of Writing & Grammar, Reading & Vocabulary, and Listening & Speaking. **Figure 9** shows in HawCC's Campus Life.

In Intensive English Program, age ranges are very wide and some are active members of the society having a job or being married with children while they take classes. As for the Intensive English Program, we regularly have non-traditional students and some could be in their 30's-40's taking off from work and studying abroad. The other could be people who retired from their work.

### (3) Kobe City College of Technology (KCCT)

Kobe City College of Technology offers a curriculum in combined the experiments and lectures. In particular, civil concrete engineering experiments have been consistently conducted from formulation to RC beam and load-capacity calculations in **Figure10**. And more curriculums arrangements have been made to enable students to content qualify for concrete diagnostics.



Figure10. Concrete Mix and Beam experiments

### 3. Many Hawaii's Lifestyle Consideration of about water supply and sewerage etc.

The Hawaiian lifestyle has many faces. There are many contents such as bee dance and traditional Japanese karate. Bee Dance brings awareness to the honey bees with an audio and visual celebration. I feel the most important connection between people there. **Figure11** is shown in Introducing Local programs as Bee dance and KARATE in Hawaii. KARATE's Teacher is very severe for me.



Figure11. Introducing Local Programs as Bee dance and KARATE in Hawaii

**Figure12** is shown in Hula pretty girl in big island's OKINAWA people and Mountain View. On the Big Island, there are 4 active volcanoes which are, Kīlauea, Mauna Loa, Hualālai and Mauna Kea. The mountains on the Big Island of Hawaii are taller than Mt. Fuji. However, because the lava is not sticky, the mountains form gentle ridges. The top of the mountain exceeds the height of the clouds, so most days are sunny and we can see the sky full of stars.



Figure12. Hula girl in big island's OKINAWA people and Mountain View

There is an active volcano under the sea called Kama'ehuakanaloa (Lō'ihī), located southeast of the Big Island. And it comes from the fact that King Kalakaua, who revived hula, which was banned by Christian missionaries, was called "Merry Monarch". The Merrie Monarch Festival brings the entire city of Hilo to life with hundreds of hula dancers. And many Japanese Americans live in Hawaii. Okinawan people also gather at Waimea. In Hawaii, there are many lifestyles viewpoint. Hawaiian Life style's consideration is very necessary.

For example, Japan's waterworks and sewerage facilities are entering a deteriorated situation by many factors. However many of the people living on the island of Hawaii use rainwater. And by returning sewage and filth to the natural soil and land, perform microbial decomposition treatment. The steel construction of rainwater storage catchment systems and the use of sewage treatment in catchment tanks buried in the ground have become established. That is nice ideas. An ecological sense can be learned from Hawaii. Rainwater storage catchment system is shown in **Figure13**. The Hawaii Island makes for a massive land and has been recently focusing on a recycling-oriented society using the best of its blessed natural environment. The lifestyle is different from Japan's lifestyle. There are many points that can be used as a reference between two wheels of a social infrastructure development and environmental protection. For the people of Hawaii, water is life itself. The circulation of water feels like human breathing.



Figure13. Rainwater storage catchment

#### 4. Self-learning and problem-solving ability support system.

Academics should basically be learned by one. Through Covid-19, our lifestyle has changed greatly, and the way we learn has changed greatly. For example, classes are not just a place to provide knowledge, but by using on-demand and YouTube, the students can dig deeper into their own goals and majors from their own learning awareness.

However, most Japanese people have a big language barrier, and they are not able to make use of the skills they have acquired for their future goals. Therefore, that is an important for introducing IEP programs from Ms. Eri Hall that can help promote international exchange.

#### 5. Recurrent Education

I am very supportive of the work system reform. The work style reform aimed at work-life balance so as to improve total factor productivity (TFP).

A declining birthrate and an aging population is very serious problem. Redress disparities is necessary. We have telecommuted from now. If technical college classes can be delivered on demand, students from all over the world will want to research the content. Learning is meaningful only when it can be used in work and real-life. It should not be for testing or educational score only. When studying abroad, we can freely choose our studies. The true learning way of class evaluation is determined by the need for viewing from the world. We want to learn what we need to do again. Learning that is not relevant to our real-life is meaningless. What supports recurrent education is the degree of freedom in the curriculum. We should choose by ourselves, not what is prepared in this research report, the International Exchange Center in the University of Hawai'i at HILO and Hawai'i Community College is produced about Recurrent Education. Because new learning is again, there is an opportunity to discover it is very significant from now on.

#### 6. Interactive learning of the University of Hawai'i

##### 6.1 With the University of Hawai'i at Manoa

The author is submitting with Dr. Lin Shen to ACI materials journal as a joint signature author.

He belongs to University of Hawai'i at Manoa (Oahu).

**Figure14** is introduced in having the joint researchers with Dr. Lin Shen in UH. By thanks his cooperation, the concrete laboratories and classes at the University of Hawai'i have become more familiar to me. And I became a member of the Concrete Society of America. Now, I belong to ACI and JCI member.



Figure14. Shared a joint signature research with Dr. Lin Shen in UH

And the author's Takashina also participates in ASNT's international symposiums conferences on non-destructive testing and conducts exchange activities with American researchers this year. In addition, the author has also participated in practical training for material experiments with students from the University of Hawai'i at Manoa. Actually I studied mortar flow test, steel rebar tensile test with University of Hawai'i students. The experimental content was almost the same at our KCCT.



Figure15. Appearance of a lecture and Experiment in the University of Hawai'i at Manoa

Especially in the field of specialization, I think that English of the curriculum is on-demand or online in becoming it and wants to cooperate with KCCT and UH in advanced learning. At the lunch time break, I could observe several booths showing a sign of political activity from the students on campus. Many campus

activities show in **Figure15-16**. The lively atmosphere of America became a comfortable place for me.



Figure16. Political activity in campus lunch time

I just looked at the student's experimental result report, homework, and examination, but I think that a classroom lesson can be enough followed if used to English in **Figure17**. The experiments that I experienced at the University of Hawai'i were tensile tests of steel bars and flow tests of mortar, which are at the same level at our colleges. It would be good if we could discuss the experimental results by online in the near future. It's wonderful to learn how students with different habits can spread out and acquire perspectives that open their eyes to the world.

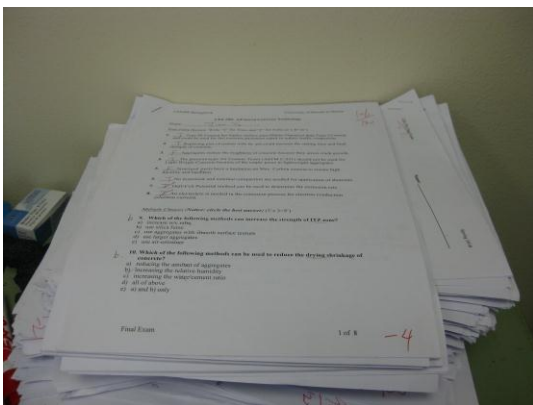


Figure17. Experiment report and test by student

### 6.2 Concrete Inspector and Deep learning

In establishing an international exchange program, we are considering exchanges based on deep learning model technology, using concrete diagnostics, non-destructive technology and its qualifications lesson as program contents. RC's inspector verifies work experience in reinforced concrete construction inspection. And there is

the aim of our fusion program in the information education with the artificial intelligence and English language education. It is important to create a sufficient academic environment that encourages study abroad. To facilitate exchanges, there must be very appropriate commonalities between researchers and mutual benefits.

### 7. U.S.-JAPAN International Relationships for Science and Technology Cooperation

The U.S.-Japan partnership in the science and technology covers a broad array of complex issues facing our two countries and the global community. Under U.S.-Japan Science and Technology, both countries should increase the collaboration in the scientific research domains in the future. Those scientific researchers are in areas such as new energy technologies, AI deep learning, supercomputing, and new materials. The U.S.-Japan's international technology is very necessary for Comprehensive Dialogue Science by deepening cooperation. And I was also able to participate at 7th US-JAPAN NDT SYMPOSIUM 2022 in Hawaii BigIsland. The opening ceremony is shown in **Figure18**. Through presentation and interchange of Non Destructive Inspection, closes of the learning fusion were recognized well. The field of non-destructive testing is being explored from all angles of engineering. However, there are many limitations when trying to apply it to concrete. How to efficiently measure the quality of internal spaces in the field of concrete? It has the ability to search for broken steel rebars in the depth direction of concrete. There is a demand for a method that can rationally grasp a huge amount of concrete structures.



Figure18. 7th US-JAPAN NDT SYMPOSIUM  
In Big island's WAIKOLOA (08/23-08/26/2022)

Before the presentation of the symposium, I am full of the feelings of thanks for the homestay owner's talking in **Figure19**. I had a long time in the middle of the night, and I was able to get on the old age consultation with owner. That owner had been within a spirit of aloha.

Wind of Hawaii was breathed in and was relaxed with a feeling and had taught that I did its best step by step.



Figure19. Owner had been within a spirit of aloha

### 8. Hawaiian Volcano Observation Status at Mauna Loa eruptions at 11/27/2022 by U.S. Geological Survey

The volcano erupted while I was writing this manuscript. This nature living materials are endlessly fascinating. However, I am worried that local residents will be harmed again. By USGS reports, the Northeast Rift Zone eruption of Mauna Loa continues, with two active fissures feeding lava flows downslope. The fissure 3 lava flows are travelling to the north, still moving toward the Daniel K. Inouye Highway (Saddle Road). Fissure 3 remains the dominant source of the largest lava flow. Pele's hair (strands of volcanic glass) is falling in the Humu'ula Saddle area. Seismic monitoring detects tremor (high rates of earthquakes) in the location of the currently active fissures. This indicates that magma is still being supplied, and activity is likely to continue as long as we see this signal<sup>2)</sup>.

Figure20 is shown Lava over roads in Leilani Estates as seen from the intersection of Leilani Street in May 25, 2018. Figure21 is shown Lava over ran to town in 2018. That was just four years ago.

And then the volcano eruption of Mauna Loa restarted to become active again.



Figure20. Lava over roads in Leilani Estates as seen from the intersection of Leilani Street in May 25, 2018<sup>1)</sup>

### 9. Summary

There is a need to study abroad so that we can learn about the earth as if it were our own skin.



Figure21. Lava over ran to town in 2018

The significance of studying at the University of Hawai'i is that there are many such teaching materials. I would like to make the spirit of aloha the framework of program construction by visiting the site and interacting with many people. A civil engineer must be a designer for the people out there. Artificial intelligence technology needs to be designed with a feeling to help humans. Hawaii gives us many hints. So we have to study English more. Japanese technology is second to none in the world when it comes to ingenuity. It is most important for each and every one of us to have a purpose and reconsider opportunity in Hawaii. This KCCT Research Report may be my final personal opinion before our college was incorporated on 04/01/2023. And running this program, I may be the pioneer as first alone. I must do preparation of the Intelligence Earth Science Program.

### Acknowledgments

Finally, the author wishes to express gratitude towards all Hawaiian staff and person related to this publication. There is appreciation for all people in Hawaii, too. Heart-filled thanks for everyone once more. In particular, I would like to thank the staff of the University of Hawai'i for their cooperation in editing through peer review. We also interviewed a professor at the University of Hawai'i. In addition, I was introduced to the graduate student involved. Here we express our gratitude.

### REFERENCES

- 1) CHRISTTIE WILSON, LEE CATALUNA, MICHAEL ROVNER ; 「FIRE & FURY -35 years of eruptions at Kilauea-」 , Honolulu Star-Advertiser, ISBN 978-1-949307-10-8
- 2) <https://www.usgs.gov/volcanoes/mauna-loa/volcano-updates>

# ソーラーカーレース 『白浜 ECO CAR チャレンジ 2022』の開催報告

福井 智史\* 野村 圭佑\*\* 筒井 貴広\*\*\* 池上 敦哉\*\*\*\* 小佐田 真克\*\*\*\*

## Report of Organizing on Solar Car Race "Shirahama ECO CAR Challenge 2022"

Satoshi FUKUI\*, Keisuke NOMURA\*\*, Takahiro TSUTSUI\*\*\*,  
Atsuya IKEGAMI\*\*\*\* and Masakatsu KOSADA\*\*\*\*\*

### ABSTRACT

This paper reviews the organizing on solar car race "Shirahama ECO CAR challenge 2022". It was held for first time at Nanki-Shirahama Airport old runway from 21 to 23 on September. It is most important race for Kobe kosen solar car team, and it is also most important race for a lot of solar car teams in Japan.

*Keywords*: solar car, race, solar car race, Shirahama ECO CAR challenge, organize

#### 1. はじめに

神戸市立工業高等専門学校(以下、神戸高専と記す)ではソーラーカー研究会が研究会活動の一環として2006年にソーラーカーチームを結成して以来レース活動に取り組んで来ました<sup>(1)</sup>。その主たる活動の場は、鈴鹿サーキット国際レーシングコースで開催されるソーラーカーレースでした。ところが、鈴鹿サーキットでのソーラーカーレースを主催する(株)モビリティランドは2021年のレースをもって鈴鹿サーキットでのレース開催を終了するという発表を行い、30年のソーラーカーレースの開催に幕を下ろしました<sup>(2)</sup>。この決定は、神戸高専ソーラーカーチームが活動の場所を失うだけでなく、全国のソーラーカーチームが切磋琢磨する場を失い、今まで蓄積して来たソーラーカーの設計と製作の知識、レースでマシンをマネジメントして最高の性能を発揮させる知識、さらには年間を通してソーラーカーに取り組む人と技術と物資を次世代へと引き継ぐ機会を失うことになってしまいます。こ

れは環境問題やカーボンニュートラルが呼びかけられている今の時代に、これからこれらの問題解決に取り組むべき技術者の育成に大きな損失であり痛手となります。鈴鹿サーキットでのソーラーカーレース終了を惜しんでいるだけでは、次世代への人材育成も技術伝承も行えないことから、これまでソーラーカーレースに取り組んで来た有志が集まり、鈴鹿サーキットでのソーラーカーレースに代わる全国規模のソーラーカーレースを企画し開催するに至りました。本報告は、ソーラーカーレース開催に至った背景・経緯と、その開催内容について報告するものです。

#### 2. 背景と経緯

ソーラーカーレースは、車の表面に設置した太陽電池パネルから得られる太陽エネルギーによって動く電気自動車、すなわちソーラーカーによるレース競技です。世界で最初のソーラーカーレースは1985年にスイスで開催されたツール・ド・ソルであり、日本では1989年に神戸市立農業公園で開催された朝日ソーラーカーラリーが競技としての最初のソーラーカーレースになります。日本の自動車産業が欧米と比較して数十年の後塵を拝したのと比較して、ソーラーカーレースに関しては、欧米チームとともに日本の各チームは国内外

\*機械工学科 教授, 神戸高専ソーラーカー研究会

\*\*ソーゴインテック(株), 野村商会, TEAM - REDZONE

\*\*\*Economove 関西大会事務局, 泉北高速鉄道(株)

\*\*\*\*ヤマハ発動機(株), 東海大学 solar car team

\*\*\*\*\*自主創造科学工房 Cabreo



のレースで戦って来ました<sup>(3)</sup>。

現在も世界各地でソーラーカーによるレースが数多く開催されています。特に有名な世界規模の大会は、オーストラリアで開催されるワールド・ソーラー・チャレンジ(WSC)、アメリカで開催のサンレース、スイスで開催のツール・ド・ソル、鈴鹿サーキットで開催のソーラーカーレース鈴鹿、秋田県大潟村で開催のワールドグリーンチャレンジ、南アフリカ共和国で開催のサウス・アフリカン・ソーラー・チャレンジなどになります<sup>(3)</sup>。

一方、日本国内でのソーラーカーレースの開催状況は、1990年代に一時的に世間の関心が高まったことにより各地で多くのレースが開催され、企業だけでなく高校・高専・大学チームの参加により盛り上がりを見せました。しかし一部のレースで事故が発生した事や、バブル崩壊により経済状況が悪化したことから徐々に下火になり、現在では大潟村で開催のワールドグリーンチャレンジと鈴鹿サーキットで開催されるレースのみという状況になっていました。この状況での鈴鹿サーキットでのレース開催終了は、特に西日本のチームにとっては活動場所を失うことになる大きな出来事となりました<sup>(3)</sup>。

ここでなぜ他のレースではなくソーラーカーレースの開催が技術者育成にとって重要かについて説明致します。レースには規則(レギュレーション)が必ずあります。世界を見渡した時に、レーシングマシンのシャシに関しては、安全対策のためレギュレーションにより特定のコンストラクタが供給した共通のシャシを使うレースばかりになってしまっています。ベースモデルの無い完全オリジナルのシャシを各チームが自分のチームで設計加工して持ち寄る本格的なレースは、レース頂点のFormula 1と、それ以外はソーラーカー、エコノムーブ、エコノカー、学生フォーミュラー辺りしか残っていません。完成品を買ってくるのではなく、自分達でゼロから線を引き加工してマシンを作る“もの作り文化”と、それを競い合う“走る実験室”であるレースの場は、時代が変わっても技術者としての知識と経験の伝承のために絶対に消してはいけないと感じています。このことから、これまでソーラーカーレースに関わって来た様々な人材が集まり、特に西日本のチームが参加しやすい大会を新たに企画開催することを計画するに至りました。

### 3. 大会の原案

鈴鹿サーキットでのソーラーカーレース終了がアナウンスされた2021年の春には鈴鹿サーキットでのレースに参加する各ソーラーカーチームの代表がWEB上で声を掛け合い、ソーラーカーレースの自主開催へ向けた模索が始まりました。

新しいレースの詳細は、2021年7月30日から31日に開催されたソーラーカーレース鈴鹿最終戦の際に、今後もレース参加継続を希望する各チームのスタッフが相談と最終調整を行い、2021年10月2日から3日に第1回の白浜ECO-CARチャレンジ実施を計画し、その要項を公表しました。その概要を表1に示します。ソーラーカーレース鈴鹿に代わる大会ですので、1年後の2022年にトラブルなく大きな規模で開催するために、プレ大会として2021年10月2日から3日を開催日としました。レースはソーラーカーだけでなく、同様に関西での大会開催が終了し、活動の場を失っていたワールドエコノムーブ(WEM)とKV-40と呼ばれる、競技用電気自動車のレースも取り込んだものとなりました。

表1 白浜ECO-CARチャレンジ2021計画概要。

開催日	2021年10月2日～3日
開催地	南紀白浜空港 旧滑走路
主催	白浜ECO-CARチャレンジ大会実行委員会
協賛	三段壁洞窟, 西尾レントオール, 野村商会
後援	一般社団法人 南紀白浜観光協会 白浜町商工会 一般社団法人 日本機械学会 関西支部 公益社団法人 日本材料学会 関西支部 公益社団法人 日本設計工学会 関西支部 一般団法人 日本太陽エネルギー学会 NPO 法人 クリーン・エナジー・アライアンス
協力	有限会社トータルホケンいでは 有限会社ダッシュ
競技クラス	ソーラーカー: エキスパート, アドバンス, ビギナー 電気自動車: WEM, KV-40
競技日程	10月9日(土) [ソーラーカー]車検, フリー走行, 予選, 2時間スプリントレース [WEM車両]車検, フリー走行, 予選 [KV車両]車検, デモラン 10月10日(日) [ソーラーカー]充電, 4時間耐久レース [WEM車両]90分スプリントレース [KV 車両]60分デモラン

多くのソーラーカーチームの夢を乗せた2021年のこの大会ですが、同年秋以降の新型コロナウイルスの再流行により、開催延期の末に中止となりました。そして再び準

備に取り組み、2022年9月に待望の白浜 ECO-CAR チャレンジ 2022 を記念すべき第1回大会として開催するに至りました。

#### 4. 大会までの準備

初回大会となった2022年の大会の概要を表2に示します。2021年の大会が中止となったことから、実質的に1年半の準備期間を経ての大会開催となりました。

表2 白浜 ECO-CAR チャレンジ 2022 概要。

開催日	2022年9月22日~24日
開催地	南紀白浜空港 旧滑走路
主催	白浜 ECO-CAR チャレンジ大会実行委員会
協賛	西尾レントオール(株), (株)ミツバ, 三段壁洞窟, 野村商会, (有)土井ファーム
後援	NPO 法人 クリーン・エネルギー・アライアンス 般団法人 日本太陽エネルギー学会 公益社団法人 日本設計工学会 関西支部 公益社団法人 日本材料学会 関西支部 一般社団法人 日本機械学会 関西支部 一般社団法人 マグネシウム循環社会推進協議会 一般社団法人 南紀白浜観光協会 白浜町商工会
協力	有限会社トータルホケンいでは 有限会社ダッシュ
競技クラス	ソーラーカー: エキスパート, アドバンス, ビギナー 電気自動車 WEM: オープン, ジュニア
競技日程	9月22日(木) [ソーラーカー][WEM] 搬入, 車検, フリー走行, 予選 9月23日(金・祝) [ソーラーカー] 車検, フリー走行, 予選, 太陽光充電 [WEM 車両] 車検, 決勝レース, 表彰 9月24日(土) [ソーラーカー] 太陽光充電, 決勝レース, 表彰

大会開催期間と前後して旧滑走路敷地の一部で南紀白浜空港専用駐車場の拡張工事が予定されていることが判明しました。これにより競技コースレイアウト、駐車場レイアウト、入退場経路、競技スケジュールなどが大きな影響を受ける事から、大会開催間際まで工事を管轄する和歌山県土木整備部港湾空港局との予断を許さない折衝が続きました。このため、大会運営上の注意事項を大会本部から参加各チームへ伝達する公式通知は21通に上りました。

大会準備として取り組んだ内容を覚書として列挙します。

・競技クラス: ソーラーカーと WEM の2競技とした。

- ・入場経路: 駐車場工事に伴い滑走中央の空港入口ではなく、滑走路端のゲートを使用することとなった。
- ・会場配置: 大会本部, 競技コース, コースポスト, チームピット, 協賛企業ブース, 救護所, 参加者駐車場, 観客駐車場, 観客受付, 観客入場路を配置した。
- ・コース設計: 旧滑走路全面を使用する全長2400mのI型折り返し競技コースとした。レース中のピットでの混雑緩和と安全確保のために、ドライバー交代エリアと、ピット作業エリアを分けた。
- ・トイレ: 会場には常設トイレが無いことから、協賛企業西尾レントオール(株)様に仮設トイレ4基および手洗いを提供頂いた。
- ・駐車場: 参加者駐車場はピットに隣接する空港エプロンに約50台、観客駐車場は入場路路肩に約20台を確保した。未舗装の敷地を利用すれば駐車場の拡張は可能であったが、雨天時の泥濘を考慮して舗装敷地のみとした。
- ・災害対策: 大会前に白浜町役場, 近隣消防署, 近隣警察署への事前の開催連絡を行った。和歌山県病院協会に問い合わせ対対応を相談し、大会開催地近隣の医療機関である(公財)白浜医療福祉財団 白浜はまゆう病院, 付近の広域医療機関である国立病院機構 南和歌山医療センターへ万一の事態における救急対応をお願いした。また、協賛企業西尾レントオール(株)に医療テント2張と担架を提供頂いた。
- ・コロナ対策: 参加者の健康状態把握はチームごとに実施することとし、各チームは毎日健康チェックシートを大会本部へ提出することで情報を集約した。
- ・パンフレット: カラー全12ページのパンフレットを作成して参加者並び観客へ無償配布した。パンフレットには協賛頂いている企業各社の広告を無償で掲載した。
- ・ゼッケン: 慣例としてソーラーカーレースでは横長, WEMレースではほぼ正方形のゼッケンを使用することから、ゼッケンを大会ロゴ部分のシールとゼッケン番号シールに分割して作成し、貼り付け時にそれぞれの形状に収める方法を採用した。これによりゼッケン作成費用を圧縮できた。
- ・ユニフォーム: 参加者が大会オフィシャルを一目で区別できるようにオフィシャルシャツを作成するとともに、それに準じたデザインの記念シャツを作成して参加者に原価で予約販売した。

- ・協賛企業：協賛企業各社には大会階差へ向けた各所との折衝や運営資材の提供において多大な協力を頂きました。その中で、ソーラーカーレース活動の振興、白浜町の地域振興、専門的な技術者育成、それぞれ協賛の目的を考慮した大会準備を進めました。
- ・学協会の後援：本大会は高校・高専、大学チームの活動の場を確保することが大きな開催目的である。学校チームの大会参加手続きをスムーズにするために来年度以降の官公庁からの後援支援の取得を目指すため、初回大会は関西に支部を持つ複数の学協会の後援を得た。特に日本設計工学会関西支部からは、関西の学校チームへの参加支援金提供の提案を頂いた。
- ・記録撮影：大会競技記録としての映像撮影は(有)ダッシュの全面的な協力を頂いた。また、報道カメラマンに対して撮影許可ベストを準備して観客立ち入り禁止エリアでの撮影を許可した。
- ・大会通知：大会運営上の連絡はインターネットを活用し、大会 WEB とメール連絡で実施し、ペーパーレス化を推進した<sup>(4)</sup>。
- ・傷害保険：大会中の事故対策として、主催者が一括して参加申込者を傷害保険に加入させることで対応した。
- ・参加費：チームエントリー費用については、ソーラーカーは一般チーム 50,000 円、学校チーム 40,000 円、加えてチームメンバー登録として大人 1 名 3,000 円、学生 1 名 2,500 円とした。WEM はオープン 45,000 円、ジュニア 35,000 円、加えてチームメンバー登録として大人 1 名 1,500 円、学生 1 名 1,200 円とした。なお、会場に近くに飲食できる店舗や飲食物を購入できる店舗が無いため、外気温による食中毒防止の観点からチームメンバー参加費に昼食弁当代を含むことをエントリー申込規則に明記した。

## 5. 大会期間の運営

大会運営スケジュールを表3に示します。イベントは祝日を利用した23日と24日の2日間となっており、初日は午前にはWEMのフリー走行兼予選、午後にはソーラーカー2時間耐久レースとWEMの決勝レースを予定し、2日目の午前と午後にはソーラーカーの3時間耐久レースを予定していました。しかし23日は台風15号の接近と重なり、強風や豪雨に見舞われ排水性能の良い滑走路でも走行時に水しぶきが上がるほどのヘビ

ーウェット路面となり、安全対策のために急遽ソーラーカーのレースとセレモニーをキャンセルし、表4のタイムテーブルに変更することとなりました。代表写真として図1にセレモニー時の集合写真を掲載します。

表3 白浜 ECO-CAR チャレンジタイムテーブル。

9月22日(木)	
10:00	ゲートオープン, 搬入, 設営
14:00	WEMフリー走行
16:00	ソーラーフリー走行
18:00	1日目終了
9月23日(金)	
6:00	ゲートオープン
7:00	WEM・ソーラー受付
7:30	WEM・ソーラー車検
8:30	WEM・ソーラーブリーフィング
8:50	WEMスタート進行
9:00	WEM90分予選スタート
10:30	WEM90分予選ゴール
12:00	ソーラースタート進行
12:15	セレモニー
12:30	ソーラー2時間耐久スタート
14:30	ソーラー2時間耐久ゴール
15:00	WEMスタート進行
15:15	WEM90分決勝スタート
16:45	WEM90分決勝ゴール
17:30	WEM表彰式
18:00	WEM搬出
19:00	2日目終了
9月24日(土)	
6:00	ゲートオープン
8:15	ソーラースタート進行
8:30	ソーラー3時間耐久①スタート
11:30	ソーラー3時間耐久①ゴール
12:45	ソーラースタート進行
13:00	ソーラー3時間耐久②スタート
16:00	ソーラー3時間耐久②ゴール
17:00	ソーラー表彰式
18:00	ソーラー搬出
19:00	ゲートクローズ, 3日目終了
9月26日(月)	
9:00	仮設トイレ汲取り作業, 協賛企業の資材搬出
10:00	運営終了



図1 セレモニーでの集合写真。

表4 白浜 ECO-CAR チャレンジ変更タイムテーブル.

9月23日(金)	
6:00	ゲートオープン
7:00	WEM・ソーラー受付
7:30	WEM・ソーラー車検
8:30	WEM・ソーラーフリーフィン
8:50	WEMスタート進行
9:00	WEM90分予選スタート
10:30	WEM90分予選ゴール
13:00	ソーラーフリー走行
15:00	WEMスタート進行
15:15	WEM90分決勝スタート
16:45	WEM90分決勝ゴール
17:30	WEM表彰式
18:00	WEM搬出
19:00	2日目終了
9月24日(土)	
6:00	ゲートオープン
8:15	ソーラースタート進行
8:30	ソーラー3時間耐久①スタート
11:30	ソーラー3時間耐久①ゴール
12:15	ソーラースタート進行
12:30	セレモニー
13:00	ソーラー3時間耐久②スタート
16:00	ソーラー3時間耐久②ゴール
17:00	ソーラー表彰式
18:00	ソーラー搬出
19:00	ゲートクローズ, 3日目終了
9月26日(月)	
9:00	仮設トイレ汲取り作業, 協賛企業の資材搬出
10:00	運営終了

天候によりスケジュールに変更が発生した大会でしたが、更に24日にはラップタイム計測システムにトラブルが発生し、午後のソーラー3時間耐久②レースについては、スタート時間が1時間遅延したことにより2時間耐久レースに変更して開催することになりました。大会運営として取り組んだ内容を覚書として列挙します。

- ・運営ボランティア：大会実行委員会メンバーを含めて24名のボランティアで大会を運営した。事前のボランティア募集に対して、全国各地から多くのソーラーカーレース経験者が応募して頂いた。ボランティアに対しては無償でユニフォームシャツと昼食を支給した。
- ・生中継放送：ピットや各コーナーにビデオカメラを配置するとともに実況中継アナウンサーを準備し、レース進行を記録動画として撮影するとともにYouTubeにて生通計動画配信を行った。
- ・会場自治体である白浜町長によるスピーチと記念撮影を開会式セレモニーで実施した。地元の協力は継続的な大会運営に不可欠なことにより、地域振興に貢献できる大会としての運営と対応が大切と考えて

計画した。

- ・夜間対応：雨天への対策やマシントラブルでピット作業を行うチームが複数あったため、大会期間中の夜間ゲートクローズは行わなかった。
- ・資材：コース設置と観客の安全確保のために大量のコーンとコーンバーを会場内で使用した。また夜間作業のためにバッテリー駆動の投光器、会場設営のためにバッテリー駆動掘削機械、レース中の故障停止車両回収のためのローダー等、多くの機材を使用した。これら資材は大会参加チームからの提供に加えて、その多くを協賛企業西尾レントオール(株)から提供頂いた。
- ・入口対応：会場入口は大会本部から遠く離れているため、観客用受付を会場入口に設置した。観客は開場入口ゲート前の駐車スペースに車を駐車し、コースサイドの不整地に草を刈って作成した側道を歩いて大会本部や応援するチームのピットへ歩いて移動して頂いた。24日の降雨のため、一部箇所で泥濘箇所が発生し、今後の対応課題となった。また、大会運営上必要のある車両の場合は、コースマーシャル車両が先導して競技コース内を安全に走行して入口と大会本部を往復することがあった。
- ・企業展示ブース：協賛企業に対して企業技術宣伝を行う展示ブース設置を許可した。WEM やソーラーカーに取組むチームメンバーは、協賛企業にとって魅力ある求人対象であることから、この大会が人材マッチングの場の一つになることを期待した対応であった。
- ・清掃と会場維持：会場内の清掃とゴミの持ち帰りは参加各チームの協力により問題はなかった。資材搬出の際に会場最終チェックを行ったが、ごく小数のゴミを回収したのみであった。

## 6. 大会後の運営

白浜 ECO-CAR チャレンジの競技結果を表5に示します<sup>(6)</sup>。鈴鹿サーキットで開催のレースとは異なり、専任で大会業務を担当できるスタッフが皆無であり、今まで大会に参加する側であった寄せ集めボランティアによる運営であったことから、運営の不手際もありましたが、参加チームの方々も自分達で作り上げる大会として運営に協力を頂き、無事に事故なく大会を開催することができました。唯一、会場の最終チェックを行った際に、滑走路管理者が会場に設置したポール

1 基の破損が発見されたため、これを弁済しました。大会中に来場者から大会本部へ破損の申し出が無かったのは大変残念でした。大会実行委員会では、大会終了後に次年度へ向けた継続事項と改善事項のリストアップと検討を行い、来年度の大会開催へ向けた活動を開始しています。なお、3 日間の大会への来場者は大会実行委員会が準備した参加メンバーとボランティア用の弁当だけで2日目が247個、3日目が205個でしたので、1日目の来場者に加えて弁当を注文していない応援や観戦の来場者を加算すると600名近くになると推定され、想定以上の大きなイベントとなりました。

表5 白浜 ECO-CAR チャレンジリザルト。

・WEM部門オープンクラス 1位(21周)東郷アヒルエコパレーシング[Pursuiter] 2位(14周)Team-K[Red Star] 3位(13周)404ecorun[15mk-2] 4位(8周)星翔高等学校 電気自動車研究部 [顧問's 黒文鳥] 5位(8周)Team Assort[Little Quickie-zoIII]	
・WEM部門ジュニアクラス 1位(9周)堺市立堺高等学校科学部B[SCIENCE822] 2位(2周)堺市立堺高等学校科学部A[SCIENCE922]	
・ソーラーカー部門エキスパートクラス 1位(74周+55周)Team REDZONE[FREEDOM] 2位(63周+48周)大阪工業大学 TEAM REGALIA [Cielo] 3位(64周+40周)工学院大学附属高等学校 [Practice Revive] 4位(63周+33周)和歌山大学ソーラーカー プロジェクト[うめ☆号]	
・ソーラーカー部門アドバンスクラス 1位(59周+45周)呉港高等学校[夢創心] 2位(55周+44周)Team MAXSPEED[Flat Out] 3位(53周+43周)Cabreo[みかん Gen2] 4位(54周+39周)芦屋大学ソーラーカー プロジェクト [Sky-Ace QUAD] 5位(32周+0周)夢考房ソーラーカープロジェクト [Golden Eagle 6] 6位(13周+5周)OECU Solar Team Ku-On [Fortima P2]	
・ソーラーカー部門ビギナーズクラス 1位(52周+45周)STEP江東[えこっく002] 2位(53周+37周)神戸高専ソーラーカーチーム [Red Hawk] 3位(30周+12周)香川高専次世代自動車研究部 [ソーラーカー(NITKG)]	

## 7. おわりに

2022年9月22日から24日に南紀白浜空港 旧滑走路で開催した白浜 ECO-CAR チャレンジ 2022 の概要について報告させて頂きました。ソーラーカーレース

の継続的な開催は、地球環境や SDGs を念頭においた行動であるだけでなく、新しいものを作り出す技術者育成にとって絶対に無くしてはいけない活動だという思いから取り組んで来ました。今回の大会では、参加者とその保護者だけでなく、過去にソーラーカーレースに関わった多くの OBOG の方々が会場に来られ、チームサポートや大会運営など様々な形で時間を過ごされました。著者らが話をさせて頂いたのはごく一部の方々であったかも知れませんが、ソーラーカーレースの継続的な開催は技術者育成にとって必要と考え要る思いは、著者だけのものではなく、ソーラーカー OBOG とも共有できることを確認しました。

## 謝辞

前例ない大会開催に向けた取り組みに寛大な対応を頂いた関係機関ならびに機関の担当各位には甚大なる感謝を表します。また、大会開催に欠かせない多くの資材と人材を協賛頂いた西尾レントオール(株)にはここに改めて謝意を表します。

## 参考文献

- (1) “チーム紹介”，神戸高専ソーラーカーチーム，<http://www.kobe-kosen.ac.jp/groups/solarcar/team.html> (2022年10月30日閲覧)。
- (2) “29 回目のソーラーカーレース鈴鹿、30 年の歴史に幕。”，JAF モータースポーツ，<https://motorsports.jaf.or.jp/enjoy/topics/2021/20210812>(2022年10月30日閲覧)。
- (3) “ソーラーカーの歴史”，ソーラーカー考古学研究所，[http://sunlake.org/solar/archaeology/archaeology\\_top.htm](http://sunlake.org/solar/archaeology/archaeology_top.htm)(2022年10月30日閲覧)。
- (4) “公式通知”，白浜 ECO-CAR チャレンジ 2022，<https://kansaiwem.wixsite.com/economovekansai/blank-13>(2022年10月30日閲覧)。
- (5) “バッテリーEV とソーラーカーが和歌山・白浜町で激戦！新イベント「白浜 ECO-CAR チャレンジ」が1年越しでついに開催！！”，JAF モータースポーツ，<https://motorsports.jaf.or.jp/enjoy/topics/2022/20221024>(2022年10月30日閲覧)。

神戸高専研究紀要第 61 号 編集委員

早稲田 一嘉	(総合情報センター長)	酒井 昌彦	(副センター長)	橋本 好幸	(副センター長)
増田 興司	(副センター長)	朝倉 義裕	(機械工学科)	高科 豊	(都市工学科)
児玉 宏児	(一般科)	東 大樹	(総務係)	小林 克英	(学生係)
清田 実花	(総合情報センター)	中西 厚子	(図書館)		

研 究 紀 要 第 61 号 (非売品)

発 行 日 令和 5 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



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。