

大分工業高等専門学校

紀 要

Memoirs of
National Institute of
Technology, Oita College

第 57 号

令和 2 年 11 月

NO. 57

November 2020

大分工業高等専門学校
National Institute of Technology, Oita College

大分工業高等専門学校紀要

Memoirs of National Institute of Technology, Oita College

第 57 号
令和 2 年 1 1 月

[表紙](#)

[目次](#)

[令和元年（2019）10 月～令和 2 年（2020）9 月本校教員による著書、他誌等論文目録](#)

〔研究論文〕

[『大鏡』の学芸人 ―その描写方法― 〔二〕 藤原実頼](#) 1

広瀬 裕美子

一般科文系

[切削摩擦加工の研究を通じた教員間の技術伝承と研究成果](#) 7

山本 通¹・薬師寺 輝敏¹

¹ 機械工学科

[本校オープンキャンパスにおける鋳造体験・実演イベント](#) 12

立川 正真¹・江藤 春輝¹・国宗 理恵¹・山本 通¹・薬師寺 輝敏¹

¹ 機械工学科

[高専（KOSEN）発の小型水位計による水位観測システムの大分県内の農業用ため池への
試行](#) 16

前 稔文¹・佐野 博昭²・吉田 晋³・田上 博彰⁴・大鶴 泰史⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科,

³阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 情報コース, ⁴（株）サザンテック, ⁵（株）アイエスター

[スマートフォンにより撮影された沖縄県における赤土を含む懸濁液の画像を用いた濃度
変化の把握と濃度基準の設定の試み](#) 22

前 稔文¹・佐野 博昭²・高橋 徹³・御手洗 良紀⁴・矢野 次郎⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科, ³電気電子工学科,

⁴機械・環境システム工学専攻, ⁵熊本大学 工学部 土木建築工学科

令和元年(2019)10月～令和2年(2020)9月本校教員による著書、他誌等論文目録

論 文 等 題 目	著 者	掲載誌名等（年. 月）
レンスターのウィリアム・マーシャル家：13世紀アイルランドにおけるイングランド人領主や現地の王たちの闘争	田中 美穂	メトロポリタン史学，第15号，pp. 151-174 (2019. 12)
回顧と展望～ヨーロッパ（中世－イギリス）	田中 美穂	史学雑誌，第129編第5号，pp. 328-333 (2020. 5)
Comparison of Latent-image Machining Using 3-axis and 5-axis Machining Center	T. Yamamoto, K. Andou	Proceedings of ASPEN 2019, C10, pp. 1-4 (2019. 11)
敵対的生成ネットワークを用いた深層学習によるレーダ画像のSN比向上	園田潤，木本智幸	電子情報通信学会エレクトロニクスシミュレーション研究会，EST2019-79, pp. 1-6, (2020. 1. 30)
変分オートエンコーダを用いた半教師あり学習による地中レーダ画像からの埋設物識別	木本智幸，園田潤	電子情報通信学会エレクトロニクスシミュレーション研究会，EST2019-80, pp. 7-12, (2020. 1. 30)
深層学習を用いた地中レーダとUAVによる海洋プラスチック検出	園田潤，佐藤匠，金澤靖，木本智幸	電子情報通信学会総合大会講演論文集，B-2-7, p. 165, (2020. 3. 17)
ラベル無しレーダ画像を積極的に利用するためにVAEとMLPを組み合わせた地中レーダ画像からの埋設物識別	木本智幸，園田潤	電子情報通信学会総合大会講演論文集，D-12-22, p. 55, (2020. 3. 17)
3D-CNNを用いた多チャンネル地中レーダ画像の物体識別	中岡黎，木本智幸，園田潤	電子情報通信学会総合大会講演論文集，D-12-23, p. 56, (2020. 3. 17)
Amit型相互作用を有するXYモデルと位相振動子系の対応関係-外場への応答-	宮田佳奈，上江洌達也，木本智幸	日本物理学会講演概要集，第75回年次大会，18pK45-1, (2020. 3. 18)
円周上のメキシカンハット型相互作用と非局所相互作用の場合における古典XYモデルと位相振動子系の臨界現象の対応関係	戸田光，上江洌達也，木本智幸	日本物理学会講演概要集，第75回年次大会，18pK45-2, (2020. 3. 18)
SK型相互作用を有するXYモデルと位相振動子ネットワークの対応--スピングラスオーダーパラメータと低エネルギー状態--	上江洌達也，木本智幸	日本物理学会講演概要集，第75回年次大会，18pK45-3, (2020. 3. 18)
レーダ画像および敵対的生成ネットワークを用いたコンクリート内部欠陥の詳細情報の推定	山本佳士，光谷和剛，園田潤，木本智幸	人工知能学会全国大会(第34回)，1N3-GS-10-04, (2020. 6. 9)

論文等題目	著者	掲載誌名等（年. 月）
複合リモートセンシングと深層学習を用いた海洋プラスチックの自動検出	園田潤，木本智幸，金澤靖	人工知能学会全国大会(第34回)， 1D4-GS-13-03，（2020. 6. 9）
地中レーダによる埋設物識別においてラベルの無いレーダ画像を有効利用した識別性能の改善	木本智幸，園田潤	人工知能学会全国大会(第34回)， 205-GS-13-04（2020. 6. 10）

『大鏡』の学芸人 ―その描写方法― (二) 藤原実頼

広瀬裕美子 1.

1. 一般科

『大鏡』では、道長に至る藤原北家嫡流の人物に共通して「たましひ」ある豪胆な逸話が、対して藤原良房・仲平・実頼・伊尹・道隆の一族は、学芸色豊かな逸話が描かれている。旧稿注¹⁾では『古今』にもあまた侍めるは「(良房伝)」と記されている藤原良房について論じたが、本稿は「和歌の道にも傑れおはしまして、後撰にもあまた入りたまへり」(実頼伝)と記されている藤原実頼に注目し、弟である藤原師輔と比較しながらその描写について検討してみたい。

キーワード・・ 中古文、歴史物語、藤原実頼

一 藤原実頼

藤原実頼は、昌泰三(九〇〇)年に誕生。父に基経男である関白忠平を、母に宇多天皇皇女源順子を持つ。時平女を室とし、子に敦敏・頼忠・斉敏・慶子・述子、孫には佐理・公任・実資らがいる。延喜十五(九一五)年に昇殿、延長八(九三〇)年の蔵人頭任官後、参議・中納言・大納言・右大臣・左大臣を経て、康保四(九六七)年に太政大臣就任。後、安和元(九六八)年関白、翌年摂政となるが、天禄元(九七〇)年五月十八日、七十一歳で没する。以上、実頼の任官は順風満帆であり、摂関家勢力の盤石さが伝わってくる。

しかし、実頼は娘の慶子を朱雀天皇女御に、述子を村上天皇女御としたものの、何れも外戚関係を結ぶことが出来ず、外祖父として権力を持つことは叶わなかった。後、弟師輔が娘安子を成明親王(後の村上天皇)に入内させ、冷泉・円融の外祖父として実権を握ることになる。

父忠平の教命を受けた実頼は、弟師輔と共に有職故実の第一人者となり、それぞれ小野宮流・九条流という流派を形成するに至る。父忠平は有職故実に精通しており、その様子は、

李部王記云延喜御門最後御葉之間春宮朱雀院七歳御時御舅貞信公^{干時左大臣}

為御共参内 主上御対面之間有五ケ条之仰一者可専神事二者可仕法皇三者可聞左大臣訓四者可哀古人其外一ケ条御忘却春宮御退出之時左大臣被奉問之^正文取意

と、『李部王記』では、醍醐天皇が朱雀天皇に対して五箇条の遺誡を伝える際に、その内の三条に忠平の教訓を聞くべきだと言っている」という記載からも伺える。

又、実頼は、家集『清慎公集』を持ち、『秦箏相承血脈』にも名が見られ、『古今著聞集』(巻第六「管絃歌舞」第七)では天曆五年正月二十三日の宴で重明親王らの琴と共に箏を奏した逸話がある等、和歌や箏などの管絃にも造詣が深かった。「詳しくは次項二で触れる。」

『大鏡』(実頼伝)では、実頼の財産を相伝された実資の豪奢な邸宅の様子や、『今昔物語集』(巻第二十四第三)には実頼大饗で主賓師輔に贈られた細長は水に落としても濡れた跡が少しもわからない程精巧であったという逸話が記されており、いかに実頼一族が富裕であったかが看守される。

二 『大鏡』における藤原実頼

『大鏡』(実頼伝)は実に学芸色豊かな伝である。(実頼伝)の概略を見ると、まず実頼に関して、出自・経歴に始まり、「和歌の道にも傑れおはしまして」「何事にも有識に、御心うるはしくおはしま」す人柄で世人の規範になったとある。又、稻荷明神が御覧になると言つて自邸の正殿では常に冠をつけた逸話や、息子敦敏の死去を知らない東国の人に和歌を詠んだ逸話がある。この後、実頼一族の話に転じ、佐理、三島明神の額を書す・佐理、道隆邸の障子色紙形の書を任されるも遅参・佐理女も書家・実資の豪奢な邸宅の様子等の逸話が記されている。次伝の実頼息子(頼忠伝)では、詩歌管弦の「いづれのみちもぬけいで給」ふ公任の様子が描かれており、まさに学芸一族として形成されている。

そこで、以下、何事も有識で世人の規範となった実頼の『大鏡』における逸話に注目し検討してみたい。

①和歌の道にも傑れおはしまして、後撰にもあまた入りたまへり。〔中略〕男君は、時平のおとどの御むすめの腹に、敦敏の少将ときこえし、父おとどの御先にかくれたまひにきかし。さて、いみじうおぼし嘆くに、東の方より、亡せたまへりとも知らで、馬を献りたりければ、おとど、まだ知らぬ人もありけり東路に我も往きてぞ住むべかりける
いと悲しき事なり。
(実頼伝)

実頼は和歌の道に秀で、『後撰集』にも多く入集しており、又、息子敦敏の死去を知らない東国の人敦敏に馬を贈り、これを見た実頼が悲しんで、「まだしらぬ」の和歌を詠んだという逸話である。

実頼が和歌に堪能であったことは周知の事実であった。実頼は家集『清慎公集』があり、歌合の手本として崇拜対象となった有名な「天徳四年内裏歌合」では判者も務め、『栄花物語』(巻第一 月の宴)では、「小野宮の大臣は、歌をいみじく詠ませたまふ。」と記されている。勅撰集(八代集)にも二十三首入首注としており、これは『大鏡』の立伝人物の中では、最も多い。『今昔物語集』(巻第二十四第三十二)には、

大臣、「此ノ花ノ庭ニ散タル様ハ、何ガ見給フ」ト有ケレバ、中納言、「現ニ^{注3}フ候フ」ト申シ給フニ、大臣、「然デハ遅クコソ侍レ」ト有ケレバ、中納言心ニ思給ヒケル様、「此ノ大臣ハ只今ノ和歌ニ極タル人ニ御座

ス。其レハ墓タシクモ無カラム事ヲ、面無ク打出デタラムハ、有ラムヨリハ極ク弊カルベシ。〔以下略〕

と、藤原敦忠が実頼の要請によつて和歌を詠む際に、「実頼は当代の和歌の名人であるから、その人の前で良くない和歌を詠んだなら、歌を詠まないよりも具合が悪いだろう」と思い躊躇する場面がある。結局、敦忠詠歌は実頼の絶賛するところとなるのだが、敦忠は『大鏡』(時平伝)にも「和歌の上手、管絃の道にも傑れたまへりき」とあるように、和歌の達人であった。その人物に一目置かれていた実頼は、まさに当代随一の歌人であったといえよう。

このような実頼について、『大鏡』(実頼伝)では「後撰にもあまた入りたまへり」と具体的に歌集を明記している。事実、『後撰集』に実頼は十首注²入集しているが、時平は十四首注⁴・師輔は十三首注⁵入集していることを考えてみても、実頼に限って殊更に「後撰にもあまた入りたまへり」と記するのは矛盾している。これは『大鏡』の依拠資料とされている『栄花物語』に

この御時には、その古今に入らぬ歌を、昔の今ものも撰ぜさせたまひて、後に撰ずとて後撰集といふ名をつけさせたまひて、また二十巻撰ぜさせたまへるぞかし。それにも、この小野宮の大臣の御歌多く入りためり
(巻第一 月の宴)

とあるのに依つたためであらうか。これについては、次項三で検討する。

又、敦敏の死後、敦敏に馬が贈られてきたのを見た実頼が悲しんで詠んだ「まだ知らぬ」の和歌は、『後撰集』(巻第二十 哀傷 一三八六)に入集されている。

敦敏が身まかりにけるを、まだ聞かで、東より馬を送りて侍ければ

左大臣

まだ知らぬ人も有ける東路に我も行てぞ住むべかりける

他にも、『栄花物語』(巻第一 月の宴)に

小野宮の大臣の御太郎、少将にて敦敏とて、いとおぼえありておはせし、一年うせたまひにしぞかし。その御思ひにて、いみじく恋ひしのびたまひけるを、東の方より、人、かの少将の君にとて、馬を奉りたりければ、見たまひて、大臣詠みたまひける、

まだ知らぬ人もありけり東路にわれも行きてぞ住むべかりける

この殿、おほかた歌を好みたまひければ、今の帝この方に深くおはしまして、をりをりにはこの大臣もろともにぞ詠みかはさせたまひける。

とある。『古本説話集』(巻上)にも同話が収載されており、馬を贈ってきた主

は敦敏の乳母であったと詳細な記事となっている。和歌に関しては、『清慎公集』(一〇一)・『金玉和歌集』(五三三)・『深窓秘抄』(八二二)・『宝物集』(三三二)等にも見られる。

②凡、何事にも有識に、御心うるはしくおはしますことは、世の人の本にぞ引かれさせたまふ。小野宮の南面には、御髻放ちては出でたまふ事なかりき。その故は、稲荷の杉の頭は見ゆれば、『明神、御覧すらむに、いかでかなめげにては出でむ』とのたまはせて、いみじく慎ませたまふに、おのづからおぼしめし忘れぬる折は、御袖を被きてぞ、驚き騒がせたまひける。

〈実頼伝〉

何事にも精通している実頼が、御心端正で世人の規範となり、稲荷明神が御覧になると言つて自邸の正殿では常に冠をつけた逸話である。

「凡、何事にも有識」である実頼については諸書により確認できる。実頼の和歌については、既に①で記しているため、改めて検討するまでもないが、①の和歌逸話に補足すると、『今昔物語集』(巻第二十四第四十二)には実頼女慶子の乳母と和歌贈答の逸話が、『袋草子』(上巻)には実資が幼少の時、馬内侍から小弓を射た褒美に何も書いていない草紙をもらい、それに実頼が和歌を書いて馬内侍に贈った逸話がある。『撰集抄』(巻八第四)には「隴山雲暗」の名句によつて大納言になったとあり、『古今著聞集』(巻第六 管絃歌舞 第七)では天曆五年正月二十三日の宴で重明親王らの琴と共に箏を奏した逸話を始め、『秦箏相承血脈』にも名が見られる。磯水絵氏^{注6}によると、実頼は、「天曆五(九五)年正月二十三日内宴」「天徳四(九六〇)年三月三十日内裏歌合後」「康保三(九六六)年二月二十一日内宴」「同年十月七日殿上侍臣等の楽舞御覧」の御遊において、全て箏を担当している。このことからその腕前は確かであり、詩歌管弦何れも実に多才な実頼の様子が伺える。

更に、父忠平の有識を受け継いだ実頼は小野宮流の祖となり、後、実資が『小野宮年中行事』を記すに至る。このように何事にも精通していた実頼について、仲平は「彼ノ右大将ハ身ノ才モ賢ク座ス。年モ若シ。永ク公ニ仕ラムズル人也」(『今昔物語集』(巻第二十第四十三))と絶賛している。

ところで、忠平の息子、実頼・師輔・師尹について『栄花物語』(巻第一月の宴)では次のように記す。

小野宮の大臣は、歌をいみじく詠ませたまふ。すぎずきしきものから、奥深くわづらはしき御心にぞおはしける。九条の大臣は、おいらかに、知る知らぬわかず心広くなどして、月ごろありて参りたる人をも、ただ今ありつるやうに、けにくくももてなさせたまはずなどして、いと心やすげに思し掟てためれば、大殿の人々、多くはこの九条殿にぞ集りける。小一条の師尹の大臣は、知る知らぬほどの疎さ睦まじさも、思し思さぬほどのけちめげさやかになどして、くせぐせしうぞ思し掟てたりける。そのほどさまざまをかしうなんありける。

実頼は和歌の名人で風流ではあるが気難しい性格、師輔はおっとりとして分け隔てなく人々と接する人当たりの良い性格であり、そのため忠平に仕えた人は多く師輔の元に集まったとある。師尹については好悪の区別が明確で一癖ある性格とされている。実頼の「奥深くわづらはしき御心」は『大鏡』の謹厳な様子と通じており、『古事談』(巻第四一八)には

忠文卿【式家、参議民部卿】勸賞の沙汰の時、左大臣定め申されて云はく、「疑はしきをば質すこと勿かれ」と云々。右大臣申されて云はく、「刑の疑はしきをば質すこと勿かれ。賞の疑はしきをば許せ」とこそ候へ」と申されけれども、左府の申す詞を用ゐらるるに依り、遂に其の沙汰無し、と云々。忠文、此の事を畏み申すに依り、後日、富家の券契を九条殿に奉る、と云々。小野宮殿をば、怨心を結び子孫を失はむと誓ひ、永く霊と成る、と云々。

とある。ここにも実頼と師輔の許容範囲の差が歴然と表れており、厳格な実頼像が浮かび上がってくる。

三 『大鏡』における藤原師輔 ―描写比較―

藤原師輔は、延喜八(九〇八)年誕生。父は忠平・母は源能有女で、兄弟に実頼・師氏・師尹等がいる。師輔は、延長元(九二二)年に昇殿し、承平元(九三一)年に蔵人頭任官・参議・権中納言・大納言を経て、天曆元(九四七)年右大臣となる。左大臣に兄実頼がいたが、師輔は娘安子所生である冷泉天皇の外祖父となつて権力を独占した。天徳四(九六〇)年五月四日、五十三歳で没する。日記に『九曆』がある。

師輔は、『大鏡』が重視する藤原北家嫡流に属する人物で、『大鏡』の中でも〈師輔伝〉は話題豊富な伝となっている。その内容は、村上女御である娘安子

の話に始まり、為平親王不遇の事・斎院選子内親王の事・賀茂の祭りでの道長、彰子らの華やかな様子・村上天皇、安子妹の登りに懸想・師輔男高光の出家・道長男顕信の出家・師輔、百鬼夜行に遭遇・師輔、元方と双六をして勝利・師輔、女房の一言により吉夢ならず・師輔、忠平に借りた魚袋のお礼として貫之に代詠を依頼・冷泉院の事等である。

〈実頼伝〉と比較すると一目瞭然であるが、〈師輔伝〉には〈実頼伝〉のようない趣の雰囲気は全く感じられない。『大鏡』における師輔は、百鬼夜行を冷静に対処したり、双六に勝つたりとまさに「たましひ」ある姿が描かれており、その学芸面については全く触れていない。又、師輔が忠平に借りた魚袋のお礼の和歌を貫之に依頼し、貫之は名譽に思うという逸話がある。ここで『大鏡』作者は、「その御畏まりの悦びは、御心の及ばぬにしもおはしまさざらめど」と、お礼の和歌を師輔自身がお詠みにならないわけではないと記しつつも、自作の和歌を詠むことなく貫之に依頼する師輔を取り上げている。このような師輔像を描く『大鏡』を見る限り、師輔の学芸性は影を潜めている。そこで、以下、師輔の学芸性について考察する。

師輔は、家集『師輔集』を持ち、勅撰集(八代集)にも十六首入集^{注7)}している。既に前項二①でも触れた通り、その内、『後撰集』には十三首とられている。対して、「和歌の道にも傑れおはしまして、後撰にもあまた入りたまへり」(実頼伝)とされている実頼は、『後撰集』に十首入集しており、実際には、実頼より師輔の方が『後撰集』入集歌数は上回っていることがわかる。これについて、松村博司氏^{注8)}は、

この事は実頼が歌人として師輔の下位にあつたことを証するものではなく、むしろ『後撰集』がその撰歌の基準として、歌の優劣よりも、人物の政治的実権の有無を重視した結果に過ぎない。
と藤岡忠美氏^{注9)}の御論を元に指摘されている。

『後撰集』の成立時代は明らかではないが、村上天皇の命によって撰集が開始された天暦五(九五二)年あたりと推測されている。実頼は、天暦元(九四七)年(康保四(九六七)年)まで左大臣、後、関白、太政大臣を経て、安和二(九六九)年摂政となっている。対する師輔は、天暦元(九四七)年(天徳四(九六〇)年)まで右大臣の地位にあり、位階は終始実頼の下であった。師輔は前項二②でも述べたように、分け隔てなく人に接する温厚な人物であり、同じ

く『栄花物語』(巻第一 月の宴)に

九条殿二の人にておはすれど、なほ九条殿をぞ、一くるしき二に、人思ひきこえさせたる

と師輔は右大臣で第二の人であるが、一人である実頼をしのぐ程、優れた方だと評されている。このように世人の信望を得ていた師輔は、更に娘安子所生である冷泉天皇の外祖父になり得たことから、位階は実頼の下であっても、実質的にはやはり師輔が権力を握っていたといえよう。従って、「歌の優劣よりも、人物の政治的実権の有無を重視した」^{注10)}とする『後撰集』の撰歌基準に沿って考えると、師輔の方が実頼より『後撰集』に多数入集しているという矛盾は解決する。

しかし、『大鏡』立伝人物の『後撰集』入集歌数を見ると、師輔の十三首、実頼の十首を差し置いて、時平が十四首入集していることに気付く。『大鏡』では全く触れられていないが、時平は「亭子院女郎花歌合」の公卿唯一の出詠者であり、「本院左大臣家歌合」を催す等、和歌に多大なる関心を持っており、『古今集』編集にも関与していたとも言われている。時平は、昌泰二(八九九)年(延喜九(九〇九)年)に左大臣となり、同九年四月に没している。時平が政権を保持していた時期から、約五十年後の『後撰集』撰進当時、既に時平は故人であり、そこに強力な政治的権力が介在するとは信じ難い。その時平が、左大臣実頼・右大臣師輔より多く『後撰集』に入集しているのはやはり、時平の歌才によると言わねばならない。

又、実頼・師輔の父である忠平は、延喜十四(九一四)年に右大臣、延長二(九二四)年左大臣、同八(九三〇)年に摂政、承平六(九三六)年に太政大臣、天慶四(九四一)年関白となる。このように、『後撰集』撰進時に限りなく近い、栄華を極めた忠平でさえも『後撰集』入集歌数は七首^{注11)}である。従って、師輔の『後撰集』入集歌が実頼以上であるのは、政治的実権によるものであるにしても、やはり師輔の歌才も少なからず関係しているといえよう。

実頼と師輔の歌才については、『古来風体抄』に

そのうちむらかみのおほんとき、又みち／＼おこさせたまひけるに、うたのことをもことにあがめおぼしめしけるにあはせて、上に左右の大臣にてをのゝみやのおとゝ清慎公九條のおとゝ師—おの／＼このみちにふかくいたれる人／＼なるうへに、

と、師輔は兄実頼と共に和歌の道に秀でた人物であったとある。

九条流の祖である師輔には、父忠平から伝授された教命『貞信公教命』や有職故実を集大成した『九条年中行事』、子孫の為に著した『九条殿遺誠』があり、以後、一族を始め、宮廷社会に多大な影響を与えた。その諸書が当時非常に重視された様子が、『江談抄』^{注11}・『古事談』^{注12}等にも記されている。更に師輔は『秦箏相承血脉』にも名が見え、箏の名手でもあった。このように師輔は実に多才であり、学芸優れた人物といえる。

以上、『大鏡』〈実頼伝〉における藤原実頼について検討したが、実頼は学芸的な人物として定評があり、『大鏡』もほぼそれを踏襲している。しかし、実頼弟である師輔は、『大鏡』〈師輔伝〉では「たましひ」を重視した逸話を挙げ、学芸的描写は全くなされていない。事実、師輔は学芸に秀でた多才な人物であり、ここに『大鏡』作者特有の徹底した描き分けが見て取れる。「学芸性」が重視される兄と「たましひ」が重視される弟——実頼と師輔は、『大鏡』では対照的な立場で描写されているのである。

[注]

1 拙稿『大鏡』の学芸人——その描写方法——(二) 藤原良房

(『有明工業高等専門学校紀要』第五十三号 二〇一八年一月)

2 実頼の八代集入集歌は、以下の通り。

『後撰和歌集』

五・一三六・二六六・二九四・七八八・九五〇・九五三・一一九八・

一二八七・一三八六。

『拾遺和歌集』

八六・一五八・二九四・四九七・五五三・六三六・六三七・

一二二〇・一二七四。

『新古今和歌集』

七八二・一一七五・一二三四・一七八八。

3 ■には次の一字が入る。

・偏は「言」、旁は「慈」。

4 時平の『後撰和歌集』入集歌は、以下の十四首。

五四五・七五二・七五五・七五九・八〇八・八二一・八三〇・九〇二・

九三三・一〇六七・一〇七七・一一二八・一二七三・一三四〇。

5 師輔の『後撰和歌集』入集歌は、以下の十三首。

二八一・二八三・二九二・五八七・七五三・七七五・七八二・

一〇一〇・一一一一・一二二七・一三八四・一三九二・一四〇五。

6 磯水絵 『院政期音楽説話の研究』

『今昔物語集』に描かれる音楽場面」 五九頁

7 師輔の八代集入集歌は、以下の通り。

『後撰和歌集』

二八一・二八三・二九二・五八七・七五三・七七五・七八二・

一〇一〇・一一一一・一二二七・一三八四・一三九二・一四〇五。

『拾遺和歌集』

二八六・六五〇。

『新古今和歌集』

一一八〇。

8 松村博司 『栄花物語全注釈』第一巻 五二頁

(角川書店 一九六九年八月)

9 藤岡忠美 『平安和歌史論』「後撰集の構造」

(桜楓社 一九六六年二月)

10 忠平の『後撰和歌集』入集歌は、以下の七首。

二〇三・一〇八七・一三七〇・一三七八・一三八〇・一三八七・

一四〇一。

11 『江談抄』

治部卿伊房云はく、『九条殿の御遺誠に云はく、わが後たる人は、

賀茂・春日の御祭日には必ず社頭に参詣すべきなり。ただし、春日

においては路遠く煩ひ有れば、大原野に参るべきなりといへり。し

かるに大原野に参ることすでもつて断絶せるなり』と。件の事極

じき秘事にして、世間に流布せる遺誠には載せず。もしくは、件の

事、別の御記に在るか。』 (第二一二十八)

12 『古事談』

・知足院殿仰せて云はく、「四条大納言の北山抄は神妙の物なり。大二

条殿を簪に取りて、九条殿の御記をも伺ひ見て作りたる間、めでた

き物にてあるなり。」 (巻第二一一九)

・九条殿遺誠に曰はく、「凡そ不信の輩は、非常天命なること、前鑒已に近し」と。
〔巻第二―五八〕

※原文引用のテキストは以下の通り。

- ・『大鏡』：「日本古典集成」(新潮社)
- ・『栄花物語』：「新編日本古典文学全集」(小学館)
- ・『今昔物語集』『江談抄・中外抄・富家語』『古事談・続古事談』
：「新日本古典文学大系」(岩波書店)
- ・『古来風体抄』：「日本歌学大系 第貳卷」(風間書房)
- ・『後撰和歌集』：「新編国歌大観」(角川書店)
- 又、本稿中に記している和歌番号は全て「新編国歌大観」番号とする。
- ・『河海抄』：「紫明抄 河海抄」(角川書店)

※人物略歴については、「国史大辞典」(吉川弘文館)・「日本古典文学大辞典」(岩波書店)・「平安時代史事典」(角川書店)・「史料綜覧」(東京大学出版会)を参照。

(2020. 9. 30 受付)

切削摩擦加工の研究を通じた教員間の技術伝承と研究成果

山本 通¹・薬師寺 輝敏¹

¹機械工学科

自動車、化学や鉄鋼など日本を代表する一般企業では、ベテラン社員の技術伝承が課題となっている。研究と学生への教育を主な業務としている高等専門学校(以下、高専と言う)でも、毎年、ベテラン教員が数多く定年退官を迎えているが、ベテラン教員の持つ技能、知識や経験等の貴重な財産を、残った教員に引き継ぐような体制は、残念ながら整っていない。そこで、長年ベテラン教員が行ってきた研究の一部を筆者の得意分野で行うことで、OJTのような手法で、ベテラン教員の研究に関する知識や技術を学ばせていただく取組みを、最近独自に開始することができた。取組みを開始してすぐに、興味深い結果を得たため、本稿で、その取組みの過程や研究成果等について紹介する。

キーワード：切削摩擦加工，5軸マシニングセンタ，技術伝承，被削材の評価

1. 緒言

一般企業では、団塊の世代が大量退職される時期などに、ベテラン社員の技術伝承が課題となっており、多くの取組みがされている¹⁻⁴⁾。

一方、高専における研究は、大学のように教授の下に、准教授、講師や助教などが付く講座制ではなく、各教員が自分の得意とする専門分野で、テーマを決め研究を行っている場合が多い。このような研究形態は、若手教員でも教員が行いたいテーマを自由に決められること、余計なしがらみなどを気にする必要がなく研究が行いやすいなどのメリットがある。次に、研究環境について考えると、高専教員は、授業の持ちコマが多く、部活動、学生寮の宿直業務や学生指導に関する業務も多いことから、研究に割ける時間は大学等の研究機関に比べて確保しにくく、高専教員に赴任しても数年で他の研究機関に異動する者も少なくない。しかし、このような状況でも教育、研究や学生指導を精力的に取り組んでいる教員もあり、特にベテラン教員の中に、そのようなスーパー教員が含まれることが多い。しかし、そのような教員の持つ技能、知識や経験を、定年退官までに、残った教員に引き継ぐような体制は、残念ながら整っていない。そこで、筆者らの所属する機械工学科において、長年ベテラン教員(以下、教員Aと言う)が行ってきたCNC旋盤を使った切削摩擦加工に関する研究を、筆者(以下、教員Bと言う)が研究対象としている5軸マシニングセンタで行うことで、技術伝承を行う取組みを、2020年6月より独自に始めた。本稿では、その取組み過程や研究で得た成果等について紹介する。

2. 各教員のこれまでの取組みと本取組みに至った経緯

(1) 教員Aと切削摩擦加工

教員Aは、高専教員として30年以上の勤務経験があり、多くの実績⁵⁻⁸⁾を残してきている。その中で、本取組みの基盤となった切削摩擦加工⁹⁾について、以下で説明する。切削摩擦加工とは、CNC旋盤等を用いて行う表面強ひずみ加工であり、形状成形から表面処理をCNC旋盤のみで行える加工法である。一般的な改質処理と比較すると、特別な装置を必要とせず、短時間、低コストで表面処理を行える特長がある。また比較的大型の被加工材にも対応できるなどのメリットがあり、教員AらはCNC旋盤で使用する専用の切削摩擦加工用工具を製作し、Ti-6Al-4V、S45CやSCM435などの材料で疲労強度を向上させることに成功している。

(2) 教員Bと5軸マシニングセンタ

教員Bは、民間企業(工作機械メーカー)で十数年の勤務をした後、高専教員として約7年間勤務をしている、いわゆる中堅教員である。工作機械メーカーでマシニングセンタに関わる仕事を主にしていたことから、これまで5軸マシニングセンタの精度や加工品位向上に関する研究^{10, 11)}や、5軸マシニングセンタを使った切削による潜像加工¹²⁾に関する研究を行ってきた。しかし、学生への教育や指導を最優先にしてきたため研究にかけられる時間は多くなかった。また近隣に類似の研究を行っている機関や施設等もなく単独で研究を進めており、年に数度、地場企業から切削

加工に関する相談に対応する程度で、世の中に大きく貢献できるような研究を行うまでには至っていなかった。

(3) GEAR5.0と共同研究

GEAR5.0とは、社会実装を主たる目的とした研究を高専のみならず様々な外部組織と連携して行い、その研究活動を通じて、学生を研究者、技術者として育成する国立高等専門学校機構のプロジェクトである。本年度より本校でも活動を開始し、十数名の教員や職員らでチームを構成し、社会実装と人財育成につながる研究の推進を行っている。今回、教員AとBもこのチームのメンバーとして選出され、研究活動を進めていくことになった。そこで、以前より教員Aのものづくり教育の方法や研究方法に関心を持っていた教員Bよりの提案で、教員Aの知識や技術を教員Bの研究に応用する方法を模索することとなった。手始めに、教員Bの専門としているマシニングセンタで切削加工を行う共同研究を開始した。

3. マシニングセンタによる切削摩擦加工

(1) 加工機と加工概要

前章でも説明したが、機械的性質を向上させるための切削摩擦加工は、これまでCNC旋盤を用いて行われていたが、これを、マシニングセンタに適用することで、より多様な形状に対応できる可能性が高い。ここで、工具側が回転するマシニングセンタで切削摩擦加工を実現するのは、CNC旋盤で切削摩擦加工を行う場合と比べて、変更する点も多いと容易に想像できた。そこで、まずは特別な治具や工具などを準備せず、すぐに準備できる道具を使い、かつ簡単な加工で現状を確認しながら、教員Aの知識や技術を応用する手法を採用した。

加工機は、図1に示すようなA軸とB軸を有する5軸マシ

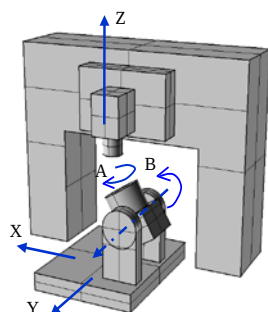


Fig.1 Experiment environment

Table1 Medium machining conditions

Spindle speed	1500 min ⁻¹
Feed rate	150 mm/min
Depth of cut	0.02mm
Tool	φ16mm end mill (OSG製 FX-MG-EDS 16)

ニングセンタを使用し、ボールエンドミルで平面加工を行い、そのときの被削材の状況を確認する。教員Aの切削摩擦加工は切れ刃以外の部分で加工していることから、極力切れない刃先で加工したほうが良いことになるが、どのような刃先処理をどのような方法で行うか検討するのは容易ではないと考え、よりシンプルな方法がないか検討した。その結果、主軸を逆回転にすれば、極力切れない刃先に近くなるのではと考え、主軸を正回転で加工した場合と、主軸を逆回転で加工した場合での被削材の状況を確認することとした。

(2) 加工実験

被削材の取り代を一定にするため、被削材の表面を表1の条件で前加工した後、図2に示す加工パスで、平面加工を行う。図に示すように、送り方向はX軸と平行にし、ピックフィード方向はY軸の正方向に向かって平面加工を行う。ただし、実線が切削送り、破線が早送りである。加工には、B軸を傾けない場合と30度傾けた場合で、それぞれ主軸を正回転と逆回転させ、表2に示すような4種類の加工方法で実験を行う。加工条件は表3に示す通りで、加工領域はそれぞれ5mm(X軸方向)×8mm(Y軸方向)とした。

Table2 Machining methods

Machining method number	A-axis angle	B-axis angle	Spindle rotation direction
1	0°	0°	Positive
2	0°	0°	Negative
3	0°	30°	Positive
4	0°	30°	Negative

Table3 Finishing machining conditions

Spindle speed	8000 min ⁻¹
Feed rate	800 mm/min
Pick feed	0.2mm
Depth of cut	0.05mm
Tool	R5mm ball end mill (OSG製 WXL-EBD R5×18)

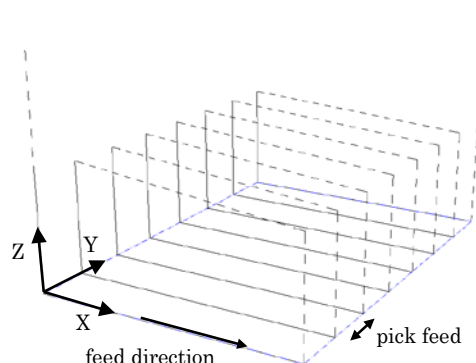


Fig.2 Machining path

4. 切削摩擦加工片等の評価

前章の実験で得た被削材は、目視や手触りでも表面の状態が大きく異なった。そこで、以下のような評価を行い、被削材の機械的性質等が向上されたかや各加工条件で機械的性質等がどの程度異なったかを確認した。

(1) 加工面の外観

加工面の外観写真を図3に示す。図中の番号1から番号4で示す領域が、それぞれ前章の表2で示す加工法で加工した領域で、番号5は表1に示す加工条件で前加工を行った領域を示す。次に、それぞれの加工面の外観の詳細をマイクロスコプ(キーエンス製 VHX-1000)で撮影した結果を図4に示す。B軸を傾けずに加工した加工方法1と2の加工面は、ボールエンドミルの周速ゼロ部付近で加工しているため、B軸を傾けた場合と比べて、金属の光沢感や加工品位に明らかな違いが見られた。

(2) 粗さ曲線

表面粗さ・輪郭形状統合測定機(東京精密製 Surfcom2000 DX3)で、ピックフィード方向に各加工位置の粗さ曲線を測定した結果を図5に示す。当然のことではあるが、主軸を正回転させたほうが、逆回転に比べて外観、面粗さと

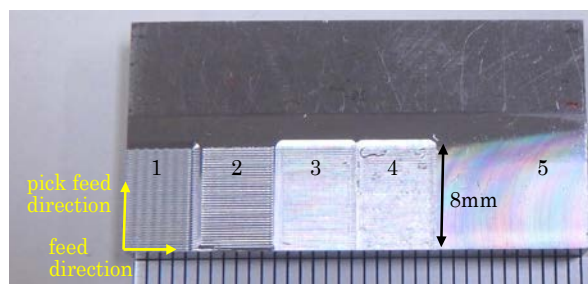
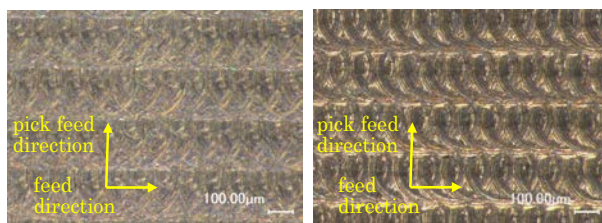
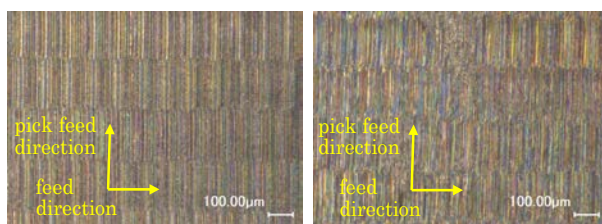


Fig. 3 Machining result



(a) Machining method 1

(b) Machining method 2



(c) Machining method 3

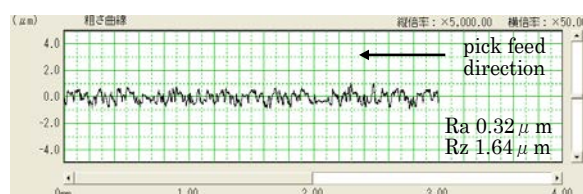
(d) Machining method 4

Fig. 4 Enlarged photos of machined surface

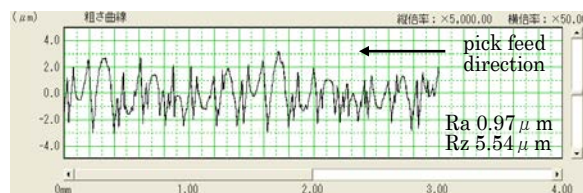
も良好であるが、ワークを30度傾けた場合は、主軸を逆回転させても、加工方法1で加工した場合と同等に近い結果を得ることができた。

(3) 表面硬さ

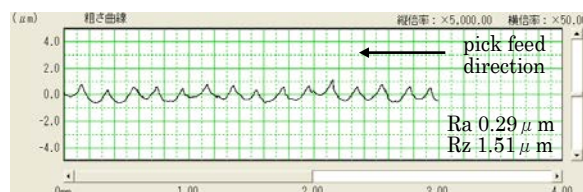
各加工位置の表面硬さをビッカース硬さ試験機(島津製作所製 HMV-1)にて測定した。測定条件は、押込み荷重 980.7mN, 保持時間15sとし、それぞれの加工方法で加工した加工面から任意の3点を測定し平均した値を表4に示す。表から読み取れるように、主軸を逆回転させて加工したほうが、いずれも表面硬さは向上していることが分かる。



(a) Machining method 1



(b) Machining method 2



(c) Machining method 3



(d) Machining method 4

Fig. 5 Roughness curve

Table 4 Hardness test results

Machining method number	HV
1	485
2	521
3	444
4	497
5	422

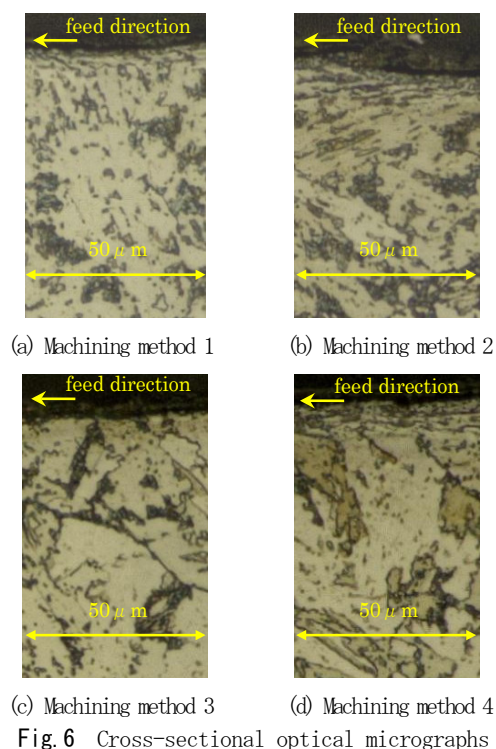


Fig. 6 Cross-sectional optical micrographs

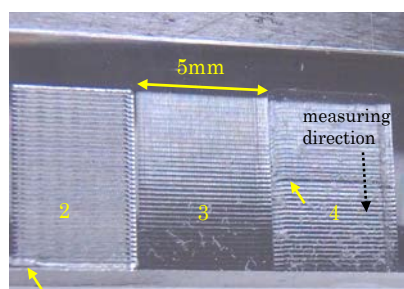


Fig. 7 Enlarged photo of machining result

(4) 組織観察

被削材をファインカッターで切断し、その切断面をエメリー研磨した後、バフ仕上げを行った。その後、ナイトール液で腐食させ、光学顕微鏡(Nikon ECLIPSE LV150N)で組織観察を行った。その結果を図6に示す。図から工具を逆回転して加工した場合、いずれも表面近くに塑性流動の痕跡が確認できる。また、工具を正回転させた場合でもボールエンドミル周速ゼロ部が加工に関わる加工方法1では、わずかながら塑性流動の痕跡が観察できる。一方、切れ味が良好だと考えられる加工方法3では、それらの痕跡は観察できない。以上のように、塑性流動の痕跡の大きさは、表4に示した表面硬さの結果と相関があり、大きなひずみが付与されたことで、被削材の表面硬さが向上したものと考えられる。

(5) 加工面の乱れ

加工後の被削材を目視で確認すると、加工方法4で加工した面の中心付近に、加工方向と平行な意図しない筋が見

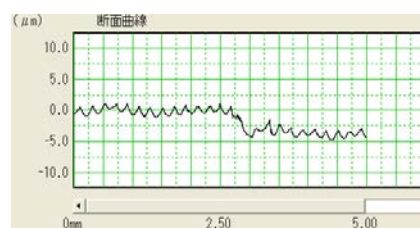
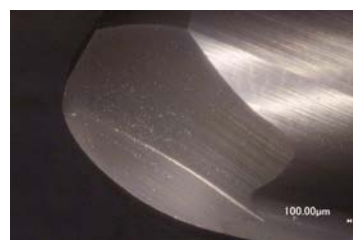
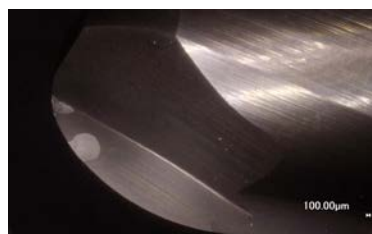


Fig. 8 Profile curve



(a) Before machining



(b) After machining

Fig. 9 Ball end mill pictures

られた。その加工不具合が分かるように撮影した写真が図7で、加工面に乱れが確認できる部分を、加工方法4で加工した領域の一部に斜め矢印で示している。次に図7の破線矢印方向に断面曲線を測定した結果が図8で、約4μm程度の段差があるために筋のように見えることが分かった。また、図7を観察すると、加工方法2で加工した面も加工開始直後に斜め矢印で示すような加工面の乱れが発生していることも分かった。その後、図9に示すようにボールエンドミルの加工前と加工後の写真を確認すると、加工に関わったすくい面側に欠けが生じていた。これは、工具を逆転させたために、発生した欠損だと考えられる。

5. 結言

主題の取り組みを開始して、数ヵ月ほど経過した。この間、通常の授業、学生指導や部活動の業務も行う必要があったため、本取り組みにかかることのできた時間は、実質わずか数十時間程度である。しかし、かけた時間は多くはなかったが、興味深い成果を得ている。本研究で得られた結果や今後の課題や予定等を以下に示す。

1) ボールエンドミルを逆転させるだけで、部品の改質処理が行える可能性があることを示せた。ただし、工具を逆転させて使用する場合、今回のように工具欠損が発生する

可能性が高いため、実用化には、最適な工具開発や工具選定が必要であることも分かった。

2) 今回は、過去にCNC旋盤を使って行った切削摩擦加工の加工条件を参考に実験を行ったが、当然、工具形状、主軸回転速度、送り速度や切込み等の加工条件を変化させることで、その効果は異なると思われる。このような課題は、学生の卒業研究のテーマとしても最適ではないかと考えており、本取り組みを通して、社会実装に向けた取り組みを行いながら人材を育成できる新たな卒業研究テーマの発掘を行うこともできた。

3) 本取り組みを通して、筆者がこれまで経験したことのなかった組織観察などの材料評価手法を、ベテラン教員の指導のもと実践的に学ぶことができた。今後、疲労試験や残留応力測定等の技術伝承も行い、本研究が社会実装可能か確認していく予定である。

4) 本稿で紹介したような教員間の技術伝承に関する取り組みは、既に他の高専等でも行っておられる事例もあると考えるが、高専全体で、そのような取り組みを行っているわけではない。高専を取り巻く現状を考えると、このような取組みは、個別に行っていくしかないのかもしれないが、ベテラン教員が持つ技能、知識や経験などの財産を残った教員に引き継げるような何らかの仕組み作りも必要ではないかと考える。そのような取組みが、より高度な研究やより良い授業の構築につながり、結局は、学生を世界に通用する研究者や技術者として育成することにつながるのではないかと考える。

参考文献

- 1) 戸田伸一: エンジニアリング業における技術伝承, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 41, 6, pp.26-30, (2006)
- 2) 鈴木陽一郎, 小山秀夫, 金雁: 適切な技能伝承の進め方を定量的に選択する手法に関する研究(技能伝承過程に

おける生産プロセスのシミュレーションによる再設計), 日本機械学会論文集, 80, 812, DOI: 10.1299/transjsme.2014dsm0107, (2014)

- 3) 津村治: 日本製鋼所鑄造部門における教育, 人材育成の取り組み, 鑄造工学, 83, 8, pp.454-459, (2011)
- 4) 川西港, 布引雅之: きさげ作業の熟練度の定量化手法に関する研究ーきさげ動作の運動解析ー, 2019 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, pp.522-523, (2019)
- 5) 薬師寺 輝敏, 鹿毛 正治, 西谷 弘信: 低炭素鋼の疲労き裂停留に及ぼすひずみ時効の影響, 日本機械学会論文集 A編, 62, 593, pp.82-88, (1996)
- 6) 薬師寺 輝敏, 鹿毛 正治, 西谷 弘信: 低炭素鋼における疲労き裂停留の要因 : (酸化物誘起き裂閉口の影響), 日本機械学会論文集 A編, 65, 635, pp.1546-1551, (1999)
- 7) 薬師寺 輝敏, 岡 茂八郎, 吉田 敬志, 榎園 正人, 槌田 雄二: 残留磁気測定法によるSUS304鋼の疲労被害検出(生活温度範囲における平面曲げ疲労), 日本機械学会論文集 A編, 72, 724, pp.1970-1977, (2006)
- 8) 薬師寺 輝敏, 後藤 真宏, 鳥居 幸代: ワイヤ放電加工したS45C材の疲労強度, 材料, 64, 11, pp.940-945, (2015)
- 9) 薬師寺 輝敏, 徳澄 翼, 後藤 真宏: SCM435切削摩擦加工材の疲労特性に及ぼす圧縮残留応力の影響, 日本機械学会論文集, 85, 876, DOI: 10.1299/transjsme.19-00131, (2019)
- 10) 山本 通, 堤正臣: 微細溝切削による5軸制御マシニングセンタの幾何誤差推定方法の開発, 精密工学会誌, 77, 8, pp.776-780, (2011)
- 11) T.Yamamoto, S.Ninomiya: Flat Machining Test for five-axis Machining Center, Proceedings of International Design and Concurrent Engineering 2017 & Manufacturing Systems, No.4, pp.1-5, (2017)
- 12) 山本通, 安藤開: 切削による潜像加工への挑戦, 精密工学会誌, 84, 9, pp.796-800, (2018)

(2020.9.30受付)

本校オープンキャンパスにおける鑄造体験・実演イベント

立川 正真¹・江藤 春輝¹・国宗 理恵¹・山本 通¹・薬師寺 輝敏¹

¹機械工学科

大分工業高等専門学校では、毎年6月末から7月初旬頃の休日に、オープンキャンパスを開催している。その中で、筆者らはこれまでに、携帯ストラップを鑄造で製作するイベントを行ってきた。本イベントは、小学生から大人の方まで参加できるイベントで、来場者がスチレンボードにデザインを描き、それを切り取って型とし、注湯や穴あけまでの一連の作業を体験できるもので、例年、非常に盛況を博していた。しかし、新型コロナウイルスの影響で、本年度のオープンキャンパス(2020年9月に実施)は体験型のイベントは自粛せざる得なくなった。そこで、今年は、鑄造実演を来場者の前で行った後、鑄造で製作した記念品を配布することで、来場者に鑄造や切削加工などの工作法や、ものづくりの楽しさを伝えられないか模索した。本稿では、それらの一連の取組みについて紹介する。

キーワード：鑄造，低融点合金，マシニングセンタ，金型，スチレンボード型

1. 緒言

鑄造とは、金属を溶解し、型に流し込み、冷やして目的の形状にする加工方法である¹⁾。古くは東大寺の盧遮那仏の製作、最近では自動車部品等の製作に使われている²⁻⁴⁾。筆者らは、これまで本校のオープンキャンパスで、主に小中学生向けに、鑄造でオリジナル携帯ストラップ製作を体験してもらうイベントを行ってきた。そのイベントは、来場者がデザイン制作から鑄造品製作までの一連の作業を体験できるものであり、毎年、準備した約200人分の材料が、数時間で無くなるほど好評であった。一方、本校5年生のエンジニアリングデザイン⁵⁾という授業で、本研究室所属の学生は、本イベントの改善点を見つけ改良するように要求され、2名もしくは3名の学生主体でものづくりを行い、その成果をオープンキャンパスで披露してきた。しかし、本年度は新型コロナウイルスの影響で、体験型のイベントは自粛せざる得なくなり、どのような手法とするか、再検討を行った。その結果、今年はこれまで行ってきた鑄造体験の実演を来場者の前で行った後、金型を用いた鑄造で製作した記念品を配布し、来場者に鑄造や切削加工の基本や、大分高専での取組みを伝える目的で準備を進めた。見栄えのする記念品を作るには、これまでの鑄造法では困難であったため、マシニングセンタで一から金型を製作し、さまざまなデザインをメダルに付加できるような工夫も行った。本稿では、それらの鑄造体験・実演イベントに関わる取組みについて紹介する。

2. 鑄造体験イベント(これまでの取組み)

(1) スチレンボード型を使った鑄造体験イベント

鑄造体験イベントは、例年、希望する来場者には、以下の全工程を体験してもらい、図1に示すようなオリジナル携帯ストラップを製作してもらっていた。その作業は、最初に作りたいものの絵を湯口も含めて、準備したスチレンボードに鉛筆で書いてもらい、その輪郭に沿って発泡スチ



Fig.1 Casting samples



Fig.2 Styrene board mold

ロールカッターで型となる部分を図2のように切り取る。次に、できたスチレンボード型を準備している木型で挟みバイスで固定し、融点が138℃である低融点合金を図3に示すように流し込む。その後、できた鋳造品の不要な部分を削り取り、ストラップを通すための穴あけを行う作業となる。このイベントでは、担当学生が丁寧に各作業に参加者に教える体制をとっていたことから、小学生でも鋳造体験が行えるものであった。

(2) エンジニアリングデザイン

本校・機械工学科では、5年生の前期にエンジニアリングデザインという授業が設置されている。これは、研究室の指導教員がクライアントとなり、学生がその要求を明確化し、要求を満たす最適なシステムやプロセスを提案・開発する授業である。本研究室では、数年前より、この授業で、オープンキャンパスでの鋳造イベントの課題を明らかにし、より良くするための手段を考えるように学生に要求してきた。次節に学生から出された提案の一例を紹介する。

(3) 3Dプリンタを使ったハンコの製作

鋳造体験イベントでは、前述したようにスチレンボードに鉛筆で好きな絵を描いてもらう作業があるが、実際はあらかじめ筆者らが紙で準備していたデザインを、スチレンボードとカーボン紙の上に置き、それを鉛筆でなぞって、デザインを描く来場者がほとんどであった。しかし、カーボン紙とスチレンボードの相性が悪く、鉛筆でデザインを

なぞってもスチレンボードにうまくデザインが転写できないという課題があった。そこで、エンジニアリングデザインの授業時間を使って、本研究室の学生達が、図4に示すような形状を3Dプリンタで製作した。これを、印肉につけてスチレンボードに押せば、誰でも簡単にスチレンボードにデザインが転写できるというアイデアである。

3. 鋳造実演イベント（本年度の取組み）

前述したように、2020年度のオープンキャンパスは、体験型の鋳造イベントの実施を自粛する必要があったため、鋳造実演と記念品配布で、来場者に鋳造や切削加工の基本や、大分高専・機械工学科の取組みを見せることとした。具体的には、以下のような取組みを行った。

(1) 金型設計

記念品として、鋳造で製作したメダルを配布することを学生間で検討し、金型製作を行った。

金型は、図5に示すような外板、中板、デザインプレートと蝶ネジによって構成される。それらを組み立てた金型を図6に示す。メダルの裏表のデザインを自由に変えられるように、文字などが加工されたデザイン部は金型から独立しており、組み換え可能になっている。デザインプレートを用意することで両面に個々のデザインを刻印できる



Fig.3 Pouring work



Fig.4 Stamp produced by 3D printer

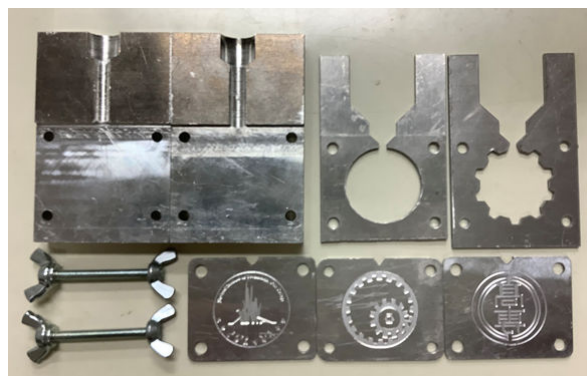


Fig.5 Mold parts



Fig.6 Mold

ため、今後、鑄造の体験イベントが再開できた際に、子供たちがデザインを自由に選択できるメリットもある。また、中板は円形だけでなく、歯車型やハート型等も用意した。

なお、外板はマシニングセンタを用いて加工を行い、中板、デザインプレートの切り出しは、ウォータージェット加工機を使用した。

(2) デザイン部加工

デザイン部の文字等は、マシニングセンタで加工を行った。今回、デザインの加工には本校に設置されている5軸マシニングセンタを使用した。加工には、X、Y、Zの3軸しか使用しないため、3軸マシニングセンタでも同様の加工が可能である。

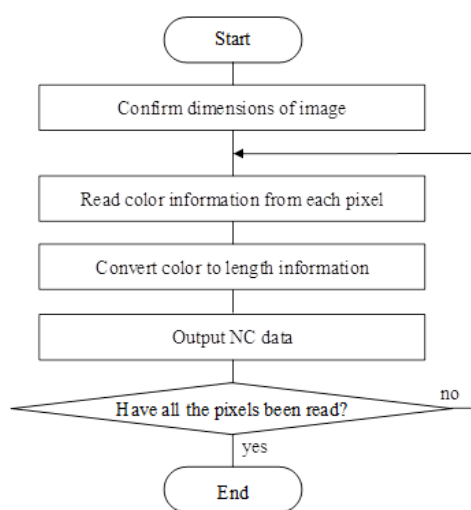


Fig.7 Flow chart



(a) Oita-kosen logo



(b) Monument

Fig.8 Design



(a) Sample1



(b) Sample2

Fig.9 Casting medal

ここで、加工に用いるためのNCデータは、Pythonを用いて、作成した。その原理は、図7に示すような手順で、任意画像を開発したプログラムに入力し、その画像の濃淡情報を高さ方向に変換し、NCデータを作成する。プログラムに加工溝の深さなどの加工条件、加工する画像のファイル名(.bmp)と出力するファイル名(.NC)を入力し、実行するだけの容易な操作性を有しているのが特徴である。加工条件は表1に示す通りである。なお、デザイン部の画像としては、図8に示すような画像を作成した。図8(a)が本校の校章、図8(b)が本校正門にあるモニュメントをイメージしたデザインである。

(3) 配布用メダル製作

オープンキャンパス前日に配布用のメダルを製作した。鑄造時の金属の温度は非接触式の温度計で測定し、160～190℃の状態で鑄造を行った。所要時間は1つあたり組み立てと鑄造に2分程度、バリ取りに1分半程度要した。また、連続で鑄造を行うと金型本体が熱を持つため5回に1回ほど水冷を行う必要があった。図9が完成したメダルの外観である。湯回不良⁶⁾のような表面欠陥も多少見られ、まだまだ改良の余地はあるが、来場者に配布できるだけの加工品位を実現することができた。

(4) オープンキャンパス

本年度は、ソーシャルディスタンスを保つ工夫をしたうえで、昨年まで行っていた鑄造イベントの工程をパワーポイントで説明した後、図10に示すように実際にその場で型に注湯する実演を行った。型は全ての説明の終了後、実際に開けて鑄造された物を公開した。

製作したメダルの配布は、鑄造実演終了後クイズを出題

Table1 Machining conditions

Spindle speed	8000 min ⁻¹
Feed rate	800 mm/min
Pick feed	0.1mm
Tool	R0.5mm ball end mill (Union-Tool C-CHB2010 R0.5×2.4)



Fig.10 Casting event picture at open campus

し、正解者に配布する方式を取ることで参加者がより楽しめるようなプログラムとした。

5. 結言

本研究室で、これまでに取り組んだ鑄造体験や実演イベントに関する取組みについて本稿では紹介した。本取組みで得られた成果等について以下に記す。

(1) オープンキャンパスで実施するイベント内容に関する改善や改良を、エンジニアリングデザインの授業で取り組むことで、オープンキャンパスイベントについて学生自身が熟知でき、イベント参加者に安全に適確な指導ができるメリットがある。

(2) エンジニアリングデザインの成果発表の場は、別に設定されているが、オープンキャンパスも授業で取り組んできた成果発表の場となっている。自分達に取り組んできたことに関する来場者の生の声が聞けることは、モチベーシ

ョンアップにつながり、教育効果も高いと考える。

(3) イベント内容については、まだ改善や改良すべき点が多々あり、今後もこのような取組みを継続する価値があると考えている。

参考文献

- 1) 千々岩健志，長尾高明，木内学，畑村洋太郎：機械製作法通論 上，東京大学出版会，p. 75，1982.
- 2) 尾崎龍夫，矢野満，濟木弘行，里中忍：機械製作法 I，朝倉書店，pp. 3-6，2014.
- 3) 鬼鞍宏猷：機械製作要論，養賢堂，p. 3，2016.
- 4) 海野邦昭：トコトンやさしい 金属加工の本，日刊工業新聞社，p. 24，2013.
- 5) 薬師寺輝敏：エンジニアリングデザイン，大分工業高等専門学校webシラバス，2019.
- 6) 和栗明：要訣 機械工作法，養賢堂，pp. 31-33，1975.

(2020.9.30受付)

高専（KOSEN）発の小型水位計による水位観測システムの 大分県内の農業用ため池への試行

前 稔文¹・佐野 博昭²・吉田 晋³・田上 博彰⁴・大鶴 泰史⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科,
³阿南工業高等専門学校 創造技術工学科 情報コース, ⁴(株) サザンテック, ⁵(株) アイエスター

小型水位計を用いた大分県内の農業用ため池の水位を観測するシステムの構築を目指し、本研究では、大久保ため池と香下ダムに小型水位計を設置した。小型水位計は、センサ面から超音波を発して水面までの距離を計測するものであり、そのデータは計測時刻や水位計により計測された気温、日射量、および電池電圧と共にサーバに送られる。

気温や日射量、並びに気象庁の観測データである降水量と併せて水位を確認したところ、降水と共に水位は上昇し、気温が高く全天日射量が多い晴天の日が続くと水位が下降していることが確認できた。このことから、大分県内のため池を対象とした小型水位計の活用は十分に可能であるといえる。

キーワード：高専（KOSEN）発、小型水位計、農業用ため池、水位

1. まえがき

近年の大きな気象の変化により降雨は激甚化し、河川および沿岸地域では大きな被害を受けている。それらの災害は河川や海岸だけでなく、農業用ため池（以下、ため池と称する）においても発生している。

ため池とは、降水量が少なく、流域の大きな河川に恵まれない地域などで、農業用水を確保するために人工的に造成された池とされており、令和2年3月の時点で、全国に159,543箇所存在し、大分県内でも2,134箇所のため池が存在している¹⁾。

ため池の多くは江戸時代以前に作られたものが多く、老朽化したため池は、豪雨による漏水や決壊が懸念されている。最近では、平成30年7月豪雨により、全国で32箇所のため池の決壊による被害が発生し、「水位計等の観測施設を備えたため池は限られているが、全てのため池でこれを備えることは困難」と振り返られている²⁾。このように、ため池の災害対策のひとつとして、水位計等による観測施設の設置は重要視されていることがわかる。

一般に、水位計は数十万円から数百万円と高額であり、維持管理も含めるとため池を管理する自治体にとって水位計の設置は経済的に大きな負担となる。それに対して、高専（KOSEN）発の小型水位計^{3, 4, 5))}は、通信機器が組み込まれているので設置以外の工事費は不要で、また水位計の製作費（材料費）が1台あたり37,000円程度なので、市

販の水位計に比べて非常に安価であることから、経済的な負担は小さいと考えられる。

このような小型水位計をため池に設置できれば、豪雨時であっても遠隔からリアルタイムで水位を知ることができる。さらには、貯水および放流の計画や調整も可能となる。

なお、開発された小型水位計は、これまでに徳島県内と長野県内の河川、奈良県内のため池における性能評価試験では、その有効性は確認されている。

そこで、本研究では、小型水位計のさらなる性能評価試験として、大分県内の大久保ため池（大分県大分市大字松岡6350）と香下ダム（大分県宇佐市院内香下字妙見南平）に小型水位計を設置し、その計測結果について報告する。

2. 小型水位計の仕様

写真-1は、小型水位計の外観を示す。本体の上部に小型のソーラーパネルが取り付けられており、太陽光を受けて蓄電する。その電力をもって、小型水位計は稼働するが、安定して稼働するには3.6V以上の電池電圧が必要な仕様となっている。

また、本体の下方から10分毎に超音波を発して、センサ位置から水面までの距離を測定している。測定データは、1時間に1回サーバに送られ、送信した時刻、水面距離(cm)、

日射量(W/m²), 電池電圧(V), 温度(°C), および水位(cm)がスプレッドシートに書き込まれる。

なお, 10分前の測定値と比べて, 測定値に大きな上昇や下降が見られた場合は, その時刻や水面距離(cm)等の測定データがサーバに送られ, スプレッドシートに記録されるようになっている。その閾値は水位計ごとに設定できるが, 本研究では上昇時を8cm, 下降時を15cmとしている。

3. 小型水位計の設置状況

写真-2は, 大久保ため池における小型水位計の設置状況を示す。設置にあたっては, 保守・管理のための点検時に小型水位計の取り外しを容易にできるように専用の設置架台を作製した。また, ため池の擁壁を避けて水位を測定するために, 片持ち(張り出し長さ4.33m)でパイプを伸ばす必要がある。このとき, 風などの影響を受けて水位計が大きく揺れるのを防ぐためにワイヤが取り付けられている。

このように水位計を設置し, 2020年6月19日から大久保ため池の水位の計測を開始した。

一方, 写真-3は, 香下ダムにおける小型水位計の設置状況を示す。ダム堤体(ダム天端 EL 89.60m)に敷設されている取水設備操作室まわりの腰壁に小型水位計設置の架台が設置されている。この架台も同様に, 小型水位計の取り外しを容易にできるように専用の設置架台を作製した。

香下ダムの場合, 張出した取水設備操作室の腰壁から直下に塩ビパイプを伸ばし, その先端に小型水位計を設置している。その際, ダム完成後の最高水位(平成16年10月20日に86.51mを記録)は設計洪水位HWL(87.80m)よりも低く, 設計洪水位まで水位が到達する可能性は低いと判断し, 小型水位計を設計洪水位HWLの高さに設置した。

このようにして, 2020年7月20日から香下ダムの水位計測を開始した。

4. 小型水位計を用いた測定結果

ここでは, 両小型水位計の測定結果について述べるが, 測定開始日が異なることと気象庁の観測データ等を月ごとに参照していることから, 大久保ため池については7月および8月のデータを, 香下ダムについては8月のデータを測定結果とする。

図-1は, 小型水位計により測定された大久保ため池における水位の推移を示す。水位計測の開始が梅雨の時期だったため, 7月の水位は常時満水位FWL(43.85m)付近を変動している。梅雨が明けて, 8月上旬から水位が下がっていることが確認できる。

図-2は, 気象庁による観測データである日降水量R₀を示

すが, 7月7日の降水量252.5mmをピークに降雨があった。それを受けて, 7月8日未明に急な水位上昇がみられ, 7月7日23:55の測定結果から7月8日0:27に10cm, さらに同日0:48に10cmの水位上昇がみられ, 測定水位は44.29mにまで達した。その後も降雨が確認できたが, それに合わせて水位も上昇していることが図-1からも確認できる。

図-3は, 大久保ため池における小型水位計設置位置の気温の推移と, 気象庁による最高, 最低および平均気温の観測データを示す。この期間の気温の推移をみると, 7月よりも8月の気温の方が全体的に高いことが明らかで, 気象庁の観測データを参照すれば, 7月の平均気温は25.1°C, 8月のそれは29.3°Cとなっており, 測定結果と同じ傾向を



写真-1 小型水位計の外観

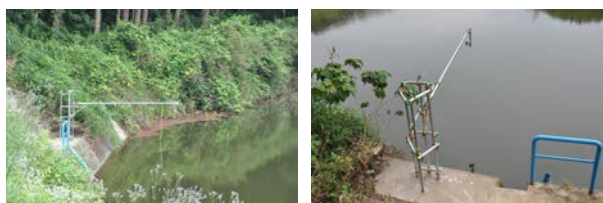


写真-2 小型水位計の設置状況 (大久保ため池)



(a) 小型水位計架台 (b) 塩ビパイプと小型水位計

写真-3 小型水位計の設置状況 (香下ダム)

示している。ただし、小型水位計は電池電圧の確保のため、日照に曝されて直射日光を受けていることから、小型水位計の測定による気温は 40°C を超え、気象庁が観測した最高気温より高くなっている。

また、図-4は、その小型水位計により計測された全天日射量 S_R の推移を示す。この測定期間における全天日射量 S_R のピークは7月31日13:16に $813\text{W}/\text{m}^2$ が記録されており、晴天時は十分な日射量を確保できているといえる。一方、雨天の日においては、一日の全天日射量 S_R は、 $399\text{W}/\text{m}^2$ しかない。当然のことながら、全天日射量 S_R は天候に大きく左右され、小型水位計の電池電圧 V_B の確保にも影響があると考えられる。

図-5は、その電池電圧 V_B の推移を示す。小型水位計が外部から電源供給されないため、安定稼働するためにも、電池電圧 V_B は常に把握しておく必要がある。なお、小型水位計は、電池電圧 V_B が 3.5V 以上であれば動作するが、電池電圧 V_B の定格が 3.6V となっていることから、安定稼働するための電池電圧 V_B は 3.6V 以上と考える。

図より、電池電圧 V_B は常に 4.0V 以上で推移しており、日照量も十分に確保できていることから、大久保ため池に設置した小型水位計は、安定した稼働が可能な環境にあるといえる。

次に、香下ダムの測定結果について述べる。

図-6は、小型水位計により測定された水位の推移を示す。

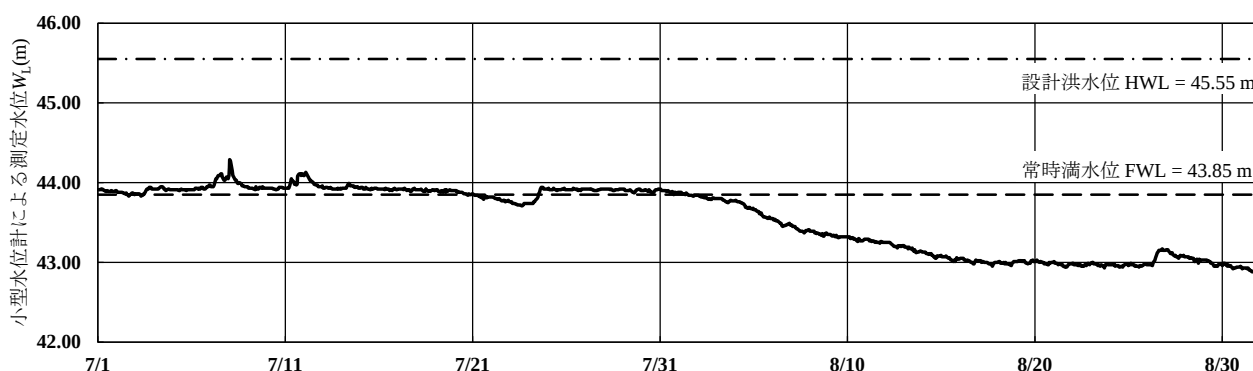


図-1 小型水位計により測定された大久保ため池の水位の推移

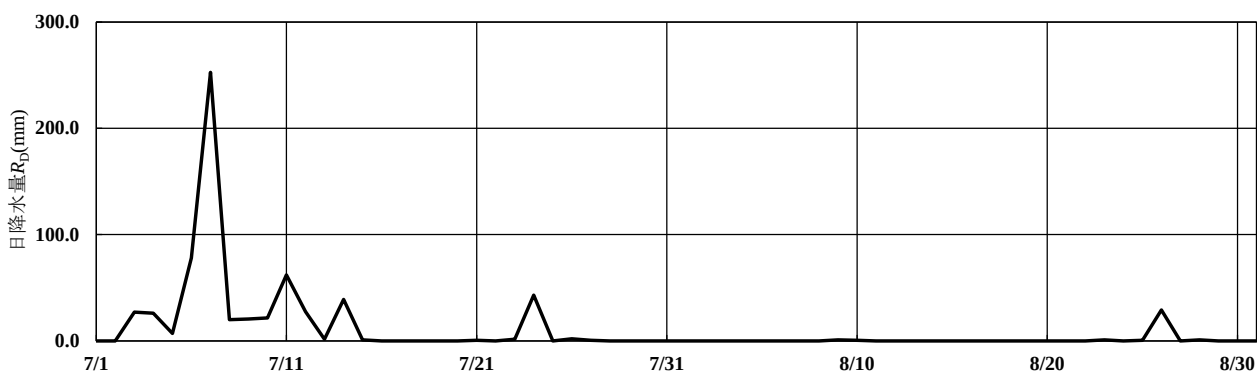


図-2 気象庁の観測による大分市における日降水量の推移⁶⁾

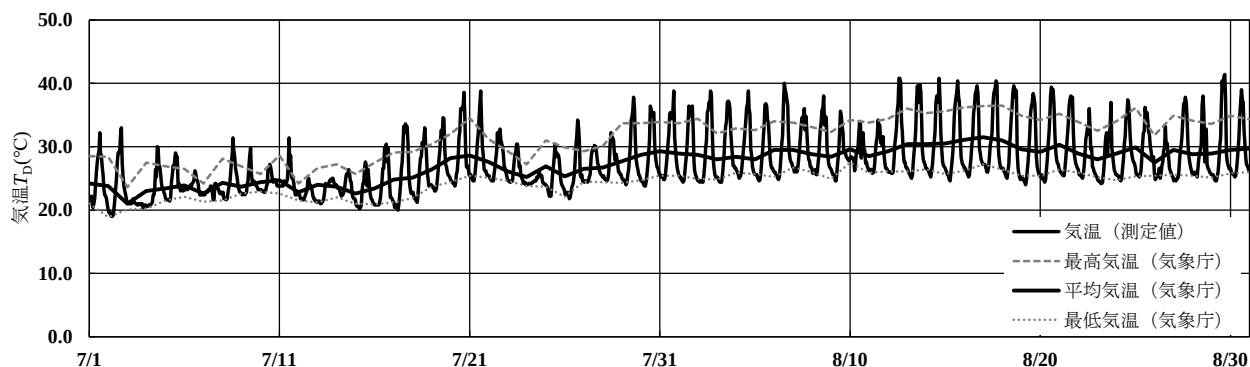


図-3 小型水位計により測定された大久保ため池における気温と気象庁の観測による大分市の気温⁶⁾の推移

8月上旬の水位は、85.72mと常時満水位FWL(85.60m)を超えていたが、梅雨が明けて猛暑が続いた8月は、徐々に水位が下降していることがわかる。

図-7は、気象庁による観測データである日降水量 R_D を示すが、8月に降水量を記録したのは僅か4日であり、ダムへの雨水等の流入はほとんどなかったといえる。

図-8は、香下ダムにおける小型水位計設置位置の気温の推移と、気象庁による気温の観測データを示す。この期間の気温は、電池電圧 V_B の確保のため直射日光を受けていることから大久保ため池と同様に日中の気温は高い。

図-9は、小型水位計により計測された全天日射量 S_R の推移を示し、図-10は、その電池電圧 V_B の推移を示す。香下ダムにおける全天日射量 S_R は、晴天時には $800\text{W}/\text{m}^2$ を超えている。また、降雨が確認された8月11日でさえも、一日の全天日射量 S_R は、 $1,551\text{W}/\text{m}^2$ に達していることから、8月は日射量を確保できているといえる。電池電圧 V_B は、常に 4.0V 以上で推移しており、日照量も十分に確保できていることから、香下ダムに設置した小型水位計は、大久保ため池と同様に、安定して稼働していたといえる。

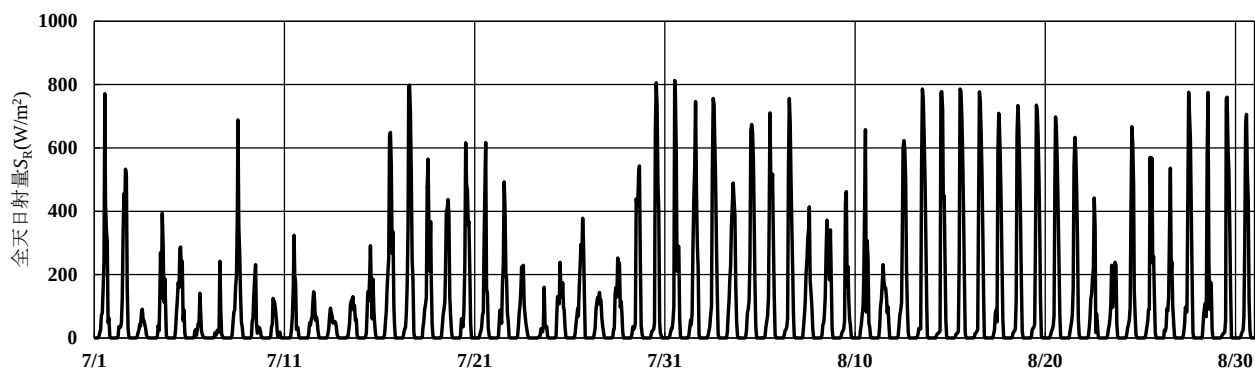


図-4 小型水位計により測定された大久保ため池における日射量の推移

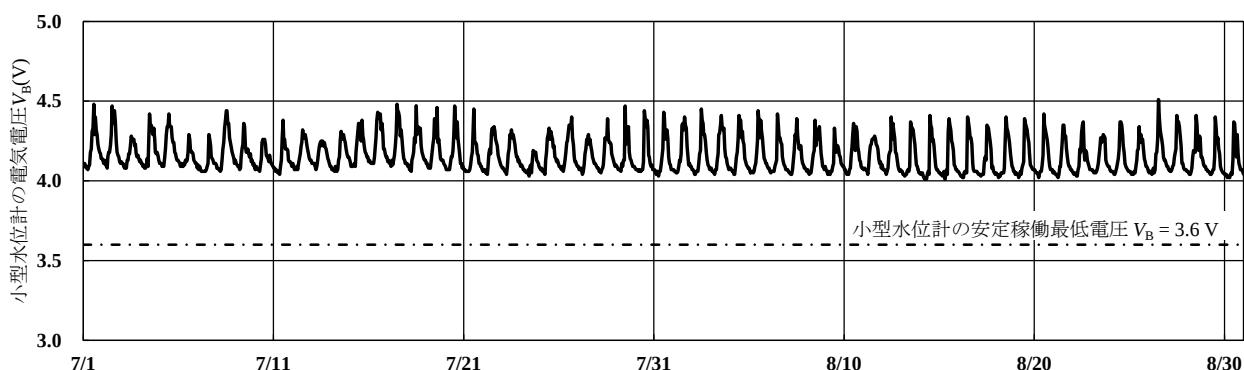


図-5 小型水位計により測定された大久保ため池における電池電圧の推移

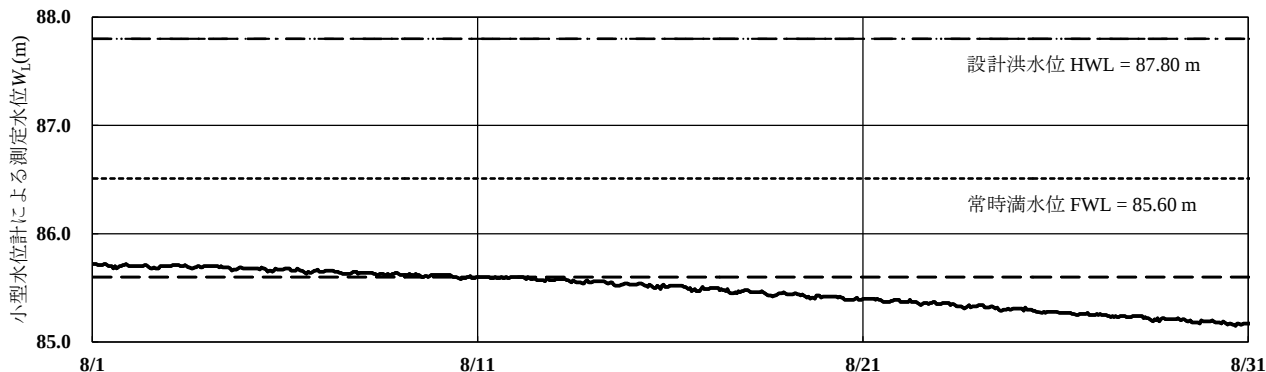


図-6 小型水位計により測定された香下ダムにおける水位の推移

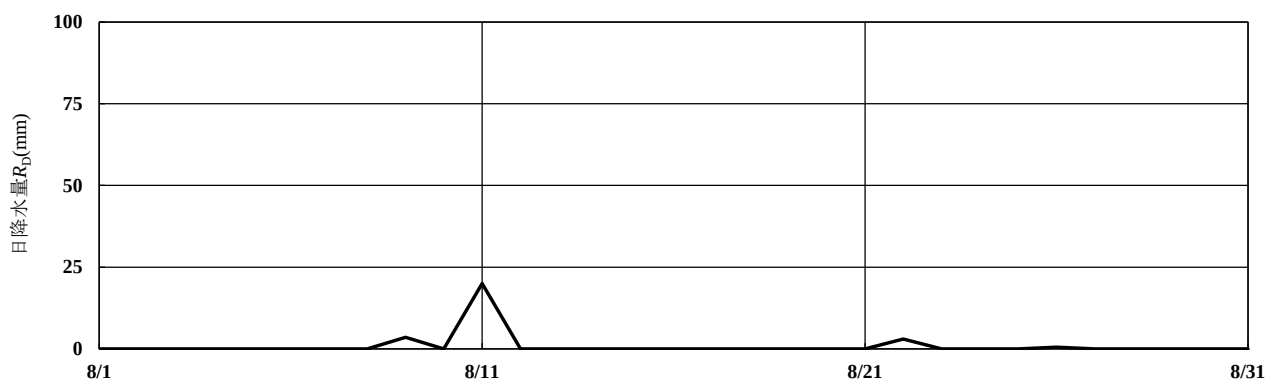


図-7 気象庁の観測による香下ダムにおける日降水量の推移⁶⁾

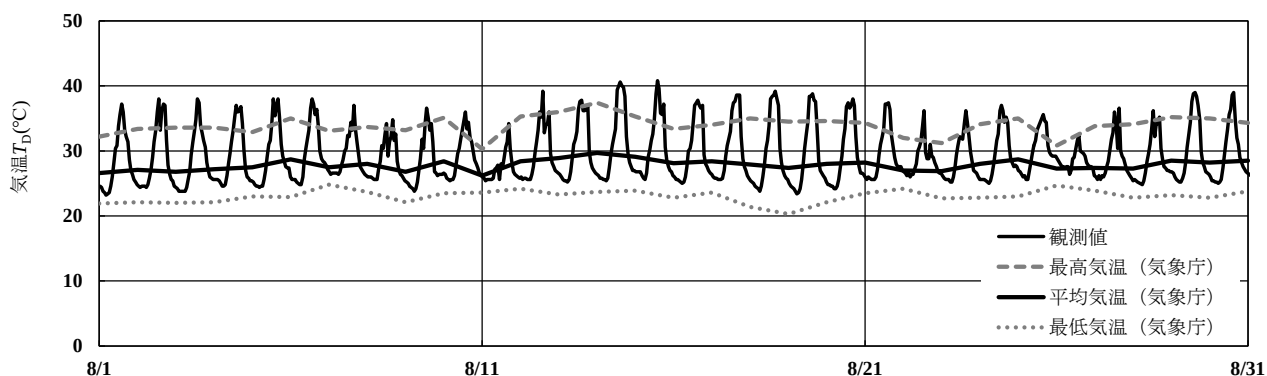


図-8 小型水位計により測定された香下ダムにおける気温と気象庁の観測による院内の気温⁶⁾の推移

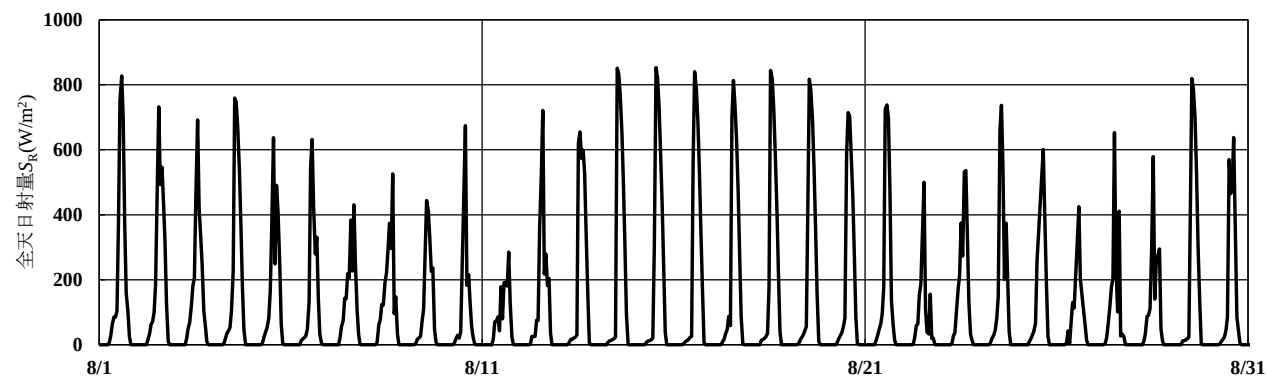


図-9 小型水位計により測定された香下ダムにおける日射量の推移

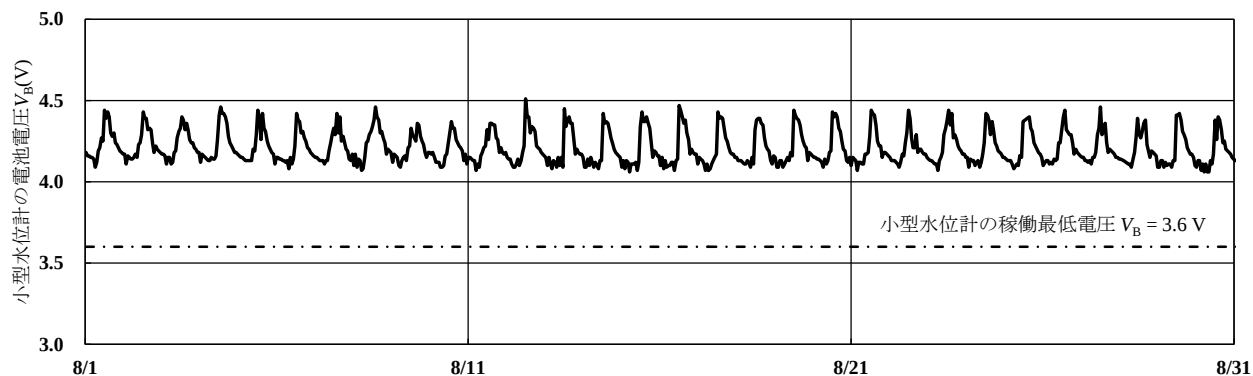


図-10 小型水位計により測定された香下ダムにおける電池電圧の推移

5. まとめと今後の課題

大久保ため池と香下ダムに小型水位計を設置し、水位の計測を行った。降水量や気温等のデータを背景とした水位の上昇や下降の変化を確認することができた。特に、急な水位上昇がみられた時の計測データがサーバに送られていることも確認できた。

また、計測期間は、それぞれ計測場所で夏季の2か月と1か月ほどではあるが、日照量や電池電圧が十分に確保されていることが確認できた。

小型水位計の実用化と長期的な運用を目指すには、今後も計測を継続し、水位の精度や小型水位計の耐久性について検証する必要がある。

水位の精度に関しては、現地での実測値と比較しながら向上を目指す。また、豪雨や強風に対する物理的な耐久性や、冬季の短い日照時間における電池電圧の確保についても確認する予定である。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、小型水位計の設置にあたって、大分県農林水産部農村基盤整備課、大分市農林水産部生産振興課、宇佐市経済部耕地課、駅館川（やっかんがわ）土地改良区連合、地元ため池管理者等の関係各位には貴重なご意見を賜った。ここに、深甚なる謝意を表する。

参考文献

- 1) ため池：農林水産省：
https://www.maff.go.jp/j/nousin/bousai/bousai_saigai/b_tameike/index.html (2020年9月16日参照)
- 2) 農林水産省：資料1:平成30年7月豪雨等を踏まえた今後のため池対策の進め方(概要),
https://www.maff.go.jp/j/press/nousin/bousai/attach/pdf/181113_9-2.pdf (2020年9月16日参照)
- 3) 小野瀬博貴, 吉田晋：ため池の水位監視システムの小型化・低価格化の検討, 平成30年度計測自動制御学会四国支部学術講演会, pp.34-35, 2018
- 4) 福本小夏, 吉田晋, 福見淳二：痕跡調査用超音波水位計における強風対策の検討, 令和元年度計測自動制御学会四国支部学術講演会, PS2-12, pp.47-48, 2019
- 5) 狩野真毅, 吉田晋, 福見淳二：IoTプラットフォームを活用した水田用水位センサの開発, 2019農食施設CIGR, VI国際大会講演要旨, p.232, 2019
- 6) 気象庁|過去の気象データ・ダウンロード:
<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php> (2020年9月16日参照)

(2020.9.30受付)

スマートフォンにより撮影された沖縄県における赤土を含む 懸濁液の画像を用いた濃度変化の把握と濃度基準の設定の試み

前 稔文¹・佐野 博昭²・高橋 徹³・御手洗 良紀⁴・矢野 次郎⁵

¹都市・環境工学科, ²防衛大学校 システム工学群 建設環境工学科, ³電気電子工学科,
⁴機械・環境システム工学専攻, ⁵熊本大学 工学部 土木建築工学科

本研究では, 赤土を含む懸濁液の濃度と彩度の推移についてスマートフォンにより撮影された画像を用いて把握し, 懸濁液の濃度の基準の設定を目指した。

その結果, 彩度の大きな推移について把握し, 懸濁液の濃度4.0g/Lを境に測定した彩度の推移は異なることがわかったが, カラーアナライザーによる実測値と異なる濃度も見られた。このことは, 実験の環境下の違いから生じた結果と推察され, 今回の実験が屋内の実験室で実施されたことから, 撮影画像は蛍光灯の影響を受けている可能性が示唆された。懸濁液の濃度基準を設定するには, 自然光を受けた状態に近い環境をつくることが求められる。

キーワード：赤土, 懸濁液, デジタル画像, 彩度, スペクトル分布

1. まえがき

近年, 激しい降雨等によって激甚な災害が頻発しており, 沖縄県における農地からの赤土等の流出も深刻な状況にある。赤土等の流出によって, 河川や沿岸海域における生態系の破壊など, 観光業や水産業にも大きな被害をもたらしている。

赤土等流出による汚濁度を表す指標には, 懸濁物質含量 (SPSS)¹⁾をはじめとして, 懸濁物質質量 (SS), 濁度, 透度などがあり, 流出水の汚濁程度の評価については, 主として懸濁物質質量 (SS) を用いている。

懸濁水汚濁度の測定に関する研究として, 伊原ら^{2)~5)}, 斎藤ら⁶⁾は, デジタルカメラで撮影された画像から濁度を測定する方法について検討している。そのうち, 文献2)では, 光の減衰特性を利用することでデジタルカメラの画像から濁度の推定が可能になると報告している。

この赤土等流出の問題を沖縄県民が沖縄県の環境問題として主体的に取り組むためには, 河川や沿岸海域の汚濁度を容易に測定できる方法の確立が必要であることから, これまでにスマートフォンで簡単に赤土等懸濁液の汚濁度を測定できるアプリケーションの開発^{7)~9)}に取り組んできた経緯がある。

さらに, 著者らは, 沖縄県内の各地域における汚濁度測定結果を専用サーバにアップロードできるようにし, 沖縄県全域にわたった住民参加型の赤土等汚濁度監視網の構

築を最終的に目指している。

一連の研究では, スマートフォンのカメラで撮影した懸濁液の画像からHSV空間 (色相Hue, 彩度Saturation, 明度Value) の色情報を取得し, 汚濁度の推定の可能性について検討してきた。具体的には, 撮影した懸濁液の画像の彩度Sに着目し, 赤土を含む懸濁液の濃度と共に彩度Sは高くなり, 懸濁液のピクセルのほとんどが妥当な汚濁度に該当することが確認できた⁷⁾。

さらに, 沖縄県内の沈砂池に滞留した赤土を含む水の画像を対象にシミュレーションしてみたところ, いずれの画像においても, 1つか2つの汚濁度に多くのピクセルが分布しており, 開発したアプリで懸濁水の汚濁度を推定できる可能性を示すことができた⁹⁾。

また, 懸濁液の画像ごとに色相Hの5YR (色相H:18~54) に含まれるピクセルを対象に彩度Sと明度Vの分布性状を示したところ, 汚濁度が高くなると彩度Sの範囲は広くなり, 高彩度のピクセルも多く見られ, 明度Vの範囲も広くなる傾向が見られる色彩特性があることが分かった⁸⁾。

しかし, これまでのシミュレーションは, 著者が所有するスマートフォン (SH-02J, Android 7.0) による推定であり, 他の機種による検討も必要である。また, これまでは, 濃度が3.0g/L以下の懸濁液を扱ったが, 実際に流出する県濁水には十数g/Lの赤土が含まれていることから, それ以上の濃度の懸濁液の色彩分析も必要である。

そこで, 本研究では, 濃度が3.0g/L以上の懸濁液も対象

として、複数の機種種のスマートフォンによるシミュレーションを実施し、懸濁液の濃度にもなる彩度Sの推移についてまとめた結果を報告する。その際、彩度Sの見直しも視野に入れ、色彩計を用いた実測との違い、懸濁液の背景の違い、および白色補正の有無による違いについても報告する。

2. スマートフォンで撮影した懸濁液の画像の彩度の決定方法

ここで、スマートフォンで撮影した赤土を含む懸濁液の画像の彩度Sの決定方法について述べる。

写真-1a)は、スマートフォンで撮影した赤土の濃度0.2g/Lの懸濁液の画像を示す。このようなビーカーに入れた懸濁液の画像に対して、文献8)の自作のソフトウェアを用いて、赤土が含まれる色相5YRにおけるピクセルを抽出する。写真-1b)は、画像内の色相5YRのピクセルのみを抽出したものである。

図-1は、写真-1b)の色相5YRのピクセルを彩度Sごとに数えたものである。また、図-2は、写真-1b)の彩度S-明度Vの分布性状を示す。この図から、彩度Sは0~50程度、明度Vは40~73の範囲で分布していることがわかる。このとき、図-1では彩度Sが26でピクセルが最多の37,471を数えていることから、この懸濁液の彩度Sを26とし、他の懸濁液についても同様の方法で彩度Sを決定することにした。

3. スマートフォンで撮影した懸濁液の画像の彩度測定

本研究で用いたスマートフォンは、iOSの機種としてiPhone X、Android OSの機種としてHuawei nova lite 3であり、また、色彩計としてカラーアナライザー ((株) 佐藤商事製, RGB-1002) を用いた測定も行った。

懸濁液の画像の彩度測定は、2020年7月22日14:00から17:00に大分工業高等専門学校地盤環境工学実験室で実施した。なお、当日の天気は曇り、気温25.4℃、湿度67.9%であり、ビーカー設置高さの照度は278.8lxであった。なお、実験室内に取り付けられている蛍光灯は、Panasonic製のFHF32EX-N-Hである。

シミュレーションには、濃度が0.0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 12.0, 14.0, 18.0g/Lの懸濁液を用いた。

画像の撮影においては、ビーカーおよびカメラの位置を固定し、カメラと被写体との距離を20cmとした。また、背景色による彩度Sへの影響もあると考え、黒と白の背景を用意し、撮影画像に白色補正を行えるように、カラーアナライザーに付属の白色構成カードも被写体として写る

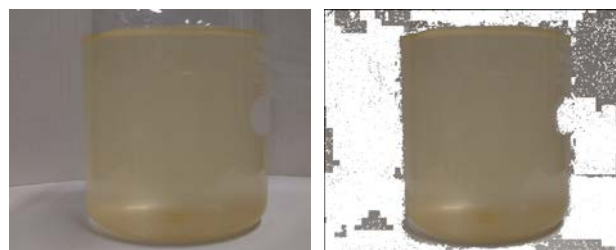


写真-1 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの抽出前と抽出後

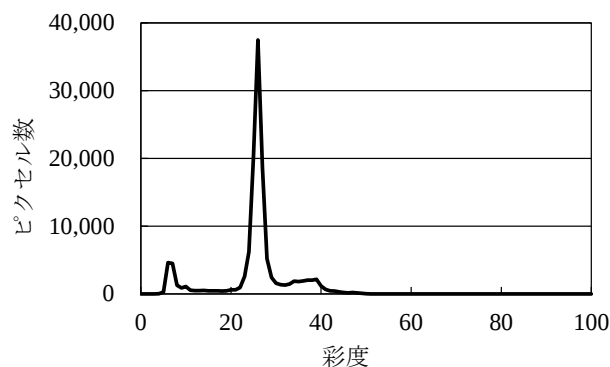


図-1 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの彩度Sとピクセル数の関係

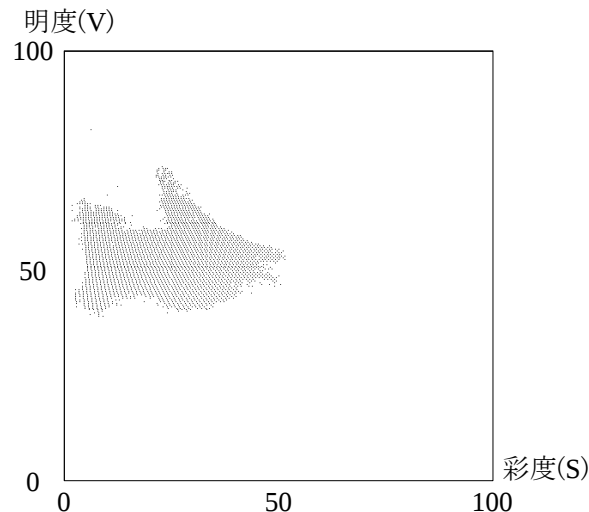


図-2 濃度0.2g/Lの懸濁液の画像における色相5YRのピクセルの彩度Sと明度Vの分布性状

ように撮影した。

図-3は、懸濁液の濃度と彩度Sの関係を示しており、a)は「背景黒、白色補正無」、b)は「背景黒、白色補正有」、c)は「背景白、白色補正無」、d)は「背景白、白色補正有」を示す。

なお、図中においてデータが欠落している箇所があるが、これは撮影画像においてビーカー周辺の他のピクセルを

数えたために、推移から大きく外れたことから、それらのデータは外れ値と見なして削除している。

いずれの図においても、懸濁液の濃度が高くなるにつれ、彩度Sも高くなる傾向にあることが確認できる。スマートフォンで撮影した画像の場合（○および■），彩度Sは2.0g/Lまでは急激に高くなり、それを超えると高止まりする傾向にある。また、Huawei（■）で撮影した画像の方が、iPhone（○）で撮影した画像よりも彩度Sは高い。

一方、カラーアナライザーで測定した彩度Sに着目すると、濃度2.0g/L以下の懸濁液では上下の変動があるものの、濃度が6.0g/Lまでは一定の上昇が認められる。しかし、それより濃度が高くなると、彩度Sは緩やかに上昇し、濃度が16.0g/Lになると変化はほとんど見られない。

スマートフォンで撮影した画像から求めた彩度と、カラーアナライザーにより測定した彩度とを比較すると、濃度が4.0g/L以下の懸濁液においては両者の差は大きく、スマートフォンの方が高くなった。しかしながら、さらに濃度が高くなると、図-3d)では、iPhoneで撮影し、背景白で白色補正有の場合（○），濃度が4.0g/Lを超えるとカラーアナライザーの彩度Sよりも低くなった。

ここで、懸濁液の背景の違いについて着目すると、同図のa)とc)は、いずれも白色補正無しで、背景色は黒および白で撮影した画像の彩度Sの推移を示すが、両者に差はほとんど見られなかった。しかしながら、背景色に黒を用いた方が、両スマートフォンによる値の差は小さく、機種による依存性は低いと考えられる。また、b)とd)は、白色補正を施した場合の彩度Sの推移を示すが、全体的に背景を白として撮影した画像の方が彩度Sは低い。

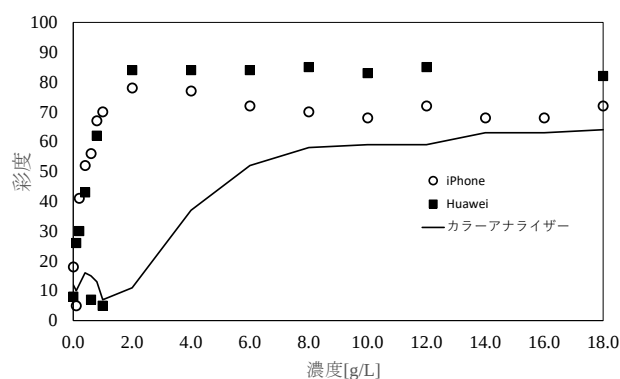
次に、白色補正の有無について着目すると、補正前の画像に関しては、背景色に関係なく、濃度2.0g/L以下の懸濁液において彩度Sの上下の変動が見られたが、補正によりその変動は見られなくなった。また、白色補正により彩度Sの値は全体的に低くなるが、背景色が白の場合、彩度Sの低下は顕著に表れた。

4. 懸濁液のスペクトル測定

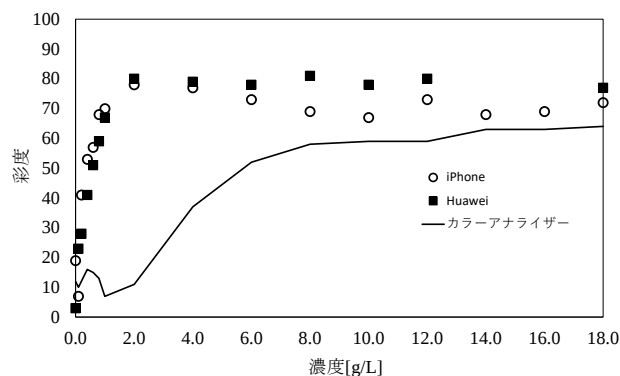
ここで、懸濁液の散乱光の分光スペクトルが、実際にどのように変化しているかを把握するために分光計（URPtek製、MK350N PLUS）を用いてスペクトル測定を行った。なお、測定は、同日の屋外で行い、懸濁液を攪拌した後、5秒間静置してからビーカーのメモリ200mlの位置を測定した。

なお、懸濁液の濃度は、カラーアナライザーとスマートフォンで撮影した画像の彩度Sの差が顕著であった4.0g/Lまでとした。

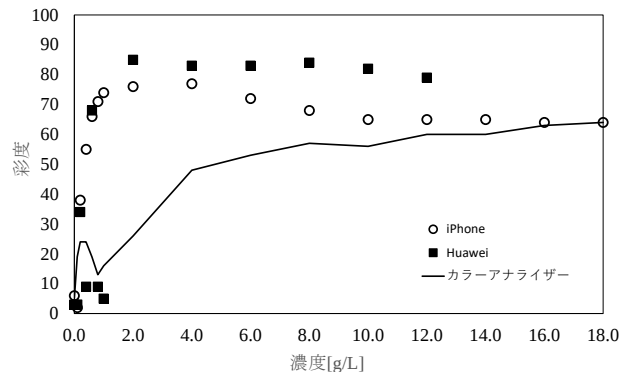
図-4は、屋外における懸濁液のスペクトル測定の結果である。濃度0.1～0.4g/Lの懸濁液では、短波長の青から緑



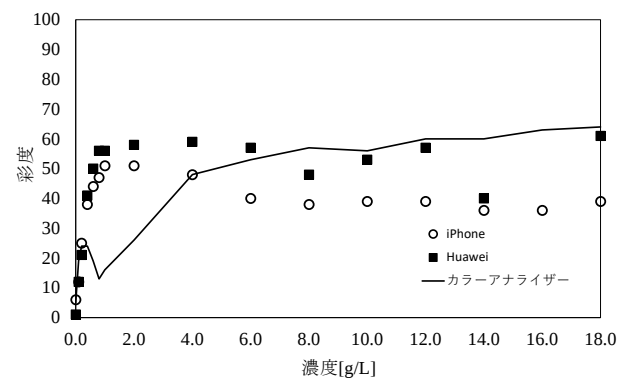
a) 背景黒、白色補正無



b) 背景黒、白色補正有



c) 背景白、白色補正無



d) 背景白、白色補正有

図-3 彩度Sと濃度の関係

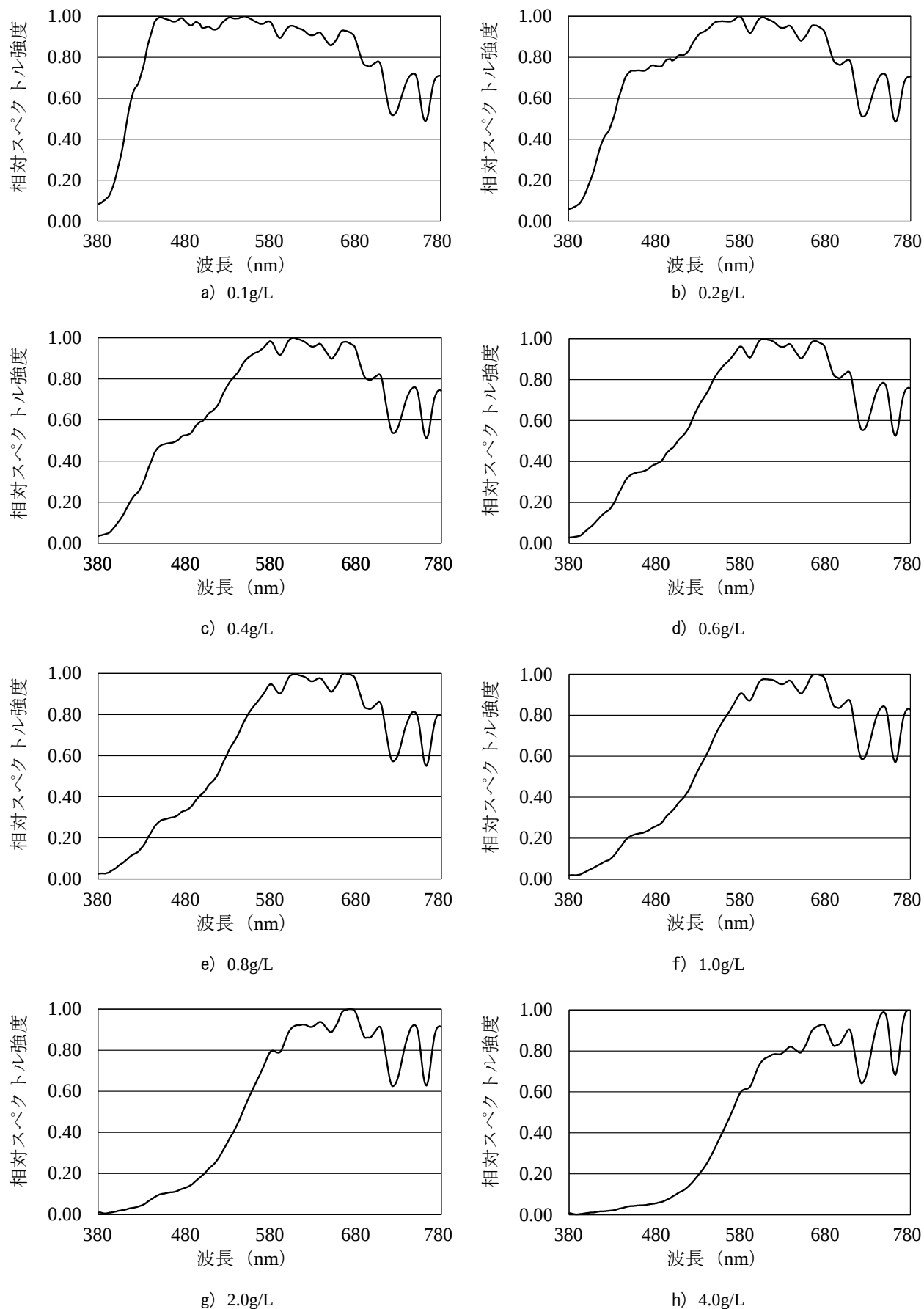


図-4 屋外環境下における懸濁液のスペクトル測定結果

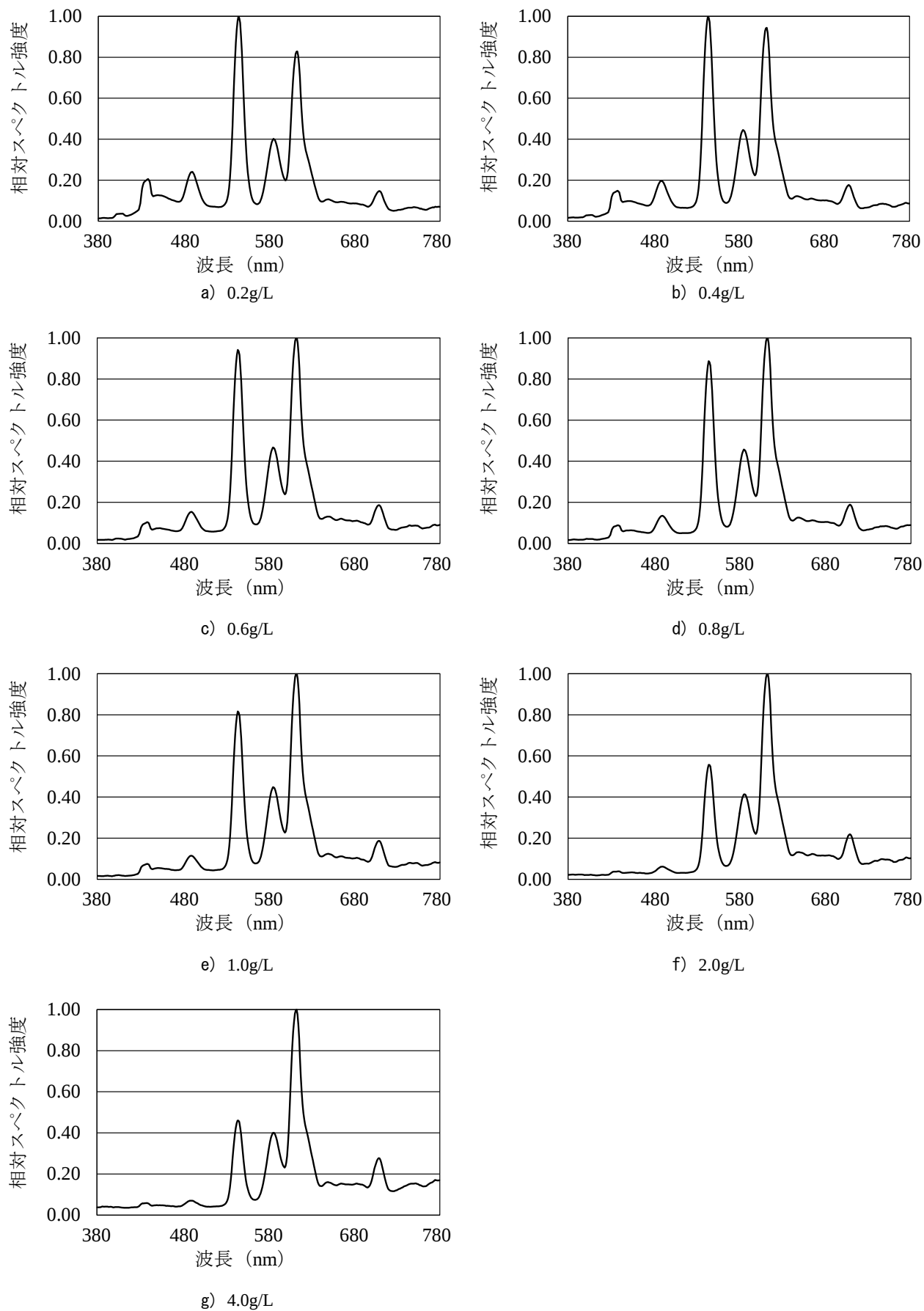


図-5 屋内環境下における懸濁液のスペクトル測定結果

(435~580nm) が強く表れているのに対して、濃度が増していくと、その青から緑(435~580nm)は減衰する一方で赤(610~750nm)は減衰せずに残っており、濃度が4.0g/Lになると、橙から赤(595~750nm)の波長の色が占めていることが確認できた。

一方、図-5は、屋内環境で同様にスペクトル測定を実施した結果であるが、特定の波長の色しか強く表れていない。これは、蛍光管がメーカー特有のスペクトルを発光するためである。また、図-5から濃度が増すとともに青(435~480nm)や緑(500~560nm)のスペクトルが減少する一方、橙(595~610nm)のスペクトルは減衰せず残っていることがわかる。ただし、赤土に見られる顕著な赤(610~750nm)のスペクトルについては、蛍光管が発光していないため観測できていない。

6. まとめと今後の課題

本研究では、懸濁液の濃度変化に伴う彩度Sの推移を示し、濃度の基準の設定を図ろうとした。その結果、濃度4.0g/Lを境に推移が異なることがわかった。

しかしながら、屋内の実験室で実施したことから、蛍光灯の影響を受けていることが懸念され、率直に言えば、本来の狙いである濃度の設定ができたとは言い難い。また、背景色や白色補正により差が生じた原因まで追究できなかった。

今後は、屋内外での実験、ならびに演色ライトを用いるなど、異なる条件を設定して、自然光を受けた状態に近い環境を作成し、懸濁液の濃度の設定を目指す。

参考文献

- 1) 大見謝辰夫：SPSS 測定法とその解説，沖縄県衛生環境研究所報，第 37 号，pp.99-104，2003.
- 2) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用した濁度測定法の検討，第29回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，VII-36，pp.884-885，2001.
- 3) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用した濁度測定法の検討，第4回環境地盤工学シンポジウム講演概要集，pp.95-100，2001.
- 4) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：デジタル画像を利用した濁度・SS濃度測定法の検討，第36回地盤工学会講演概要集，VII-36，pp.2559-2560，2001.
- 5) 伊原浩生，山口晴幸，増永和弘：沖縄県の赤土懸濁水の濁度と化学的性質について，第56回土木学会全国大会講演概要集，pp.664-665，2001.
- 6) 斉藤和伸，山口晴幸，岩田道春，増永和弘：沖縄県における赤土汚染問題に関する研究，地球環境シンポジウム論文集，Vol.11，pp.63-72，2003.
- 7) 前稔文，佐野博昭，他：スマートフォンを用いた沖縄県内の赤土等流出水の汚濁度測定，平成29年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.347-348，2018.
- 8) 前 稔文，佐野博昭，他：スマートフォンを用いた沖縄県内の赤土等流出水の汚濁度測定と基礎的色彩特性，大分工業高等専門学校紀要，第55号，pp.21-26，2018.
- 9) 前稔文，佐野博昭，他：沖縄県内の沈砂池に流入した赤土等懸濁水の汚濁度測定，平成30年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.433-434，2019.

(2020.9.30受付)

編集委員

穴井 孝義（図書館長） 相本 正吾（図書館長補佐・一般科文系）
田中 美穂（図書館長補佐・一般科文系） 樋口 勇夫（教務主事補・一般科理系）
山 本 通（学生主事補） 朝美 淑子（寮務主事補）
手島 規博（機械工学科） 本田 久平（電気電子工学科）
劉 怡（情報工学科） 名木野晴暢（都市・環境工学科）

令和2年11月13日 発行

発行 〒870-0152 大分県大分市大字牧 1666 番地

独立行政法人 国立高等専門学校機構

大 分 工 業 高 等 専 門 学 校

National Institute of Technology, Oita College

TEL (097) 552-6084 (ダイヤルイン)

FAX (097) 552-6786

本誌に記載の論文は発行者の承諾なくして他に記載することを禁ずる
