

大分工業高等専門学校

紀 要

Memoirs of
National Institute of
Technology, Oita College

第 58 号

令和 3 年 11 月

NO. 58

November 2021

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 58 号
令和 3 年 1 1 月

[表紙](#)

[目次](#)

[令和 2 年（2020）10 月～令和 3 年（2021）9 月本校教員による著書、他誌等論文目録](#)

〔研究論文〕

[1258年のブリアン・オニールとオコナー、オブライエンとの同盟](#) 1

田中 美穂

一般科文系

[VOLUNTEERING AS AN NOC/NPC OWN ASSISTANT AT THE TOKYO 2020 OLYMPIC AND PARALYMPIC GAMES - A COMPARATIVE RETROSPECTIVE IN TIMES OF COVID-19](#) 5

Tomek ZIEMBA

Dept. of General Education

[高等教育機関の学生における遠隔授業と面接授業期間のストレスとストレス反応](#) . . . 9

平川 武仁¹・大庭 恵一²・山田 英生³

¹ 大阪体育大学, ² 一般科理系, ³ 鳥羽商船高等専門学校

[歯科インプラントへの適用を想定した多孔質チタン複合材料の製作と評価](#) 16

坂本 裕紀¹・川上 雄二²

¹ 機械工学科, ² 久留米高専 材料システム工学科

[CADとVBAを活用した線形代数の学習教材](#) 21

山本 通¹・片伯部雅清¹・田中 真樹¹

¹ 機械工学科

[振動解析に関する取組みの一例](#) 26

山本 通¹・佐藤 寿哉¹・桐井 彩斗¹

¹ 機械工学科

実習工場の換気性能に関する実験的評価	30
--	----

稲垣 歩¹・大隈 悠也¹・清家 玲里¹・米津 裕人²

¹ 機械工学科, ² 技術部

画像統合のスマホアプリとサイン計画のフィールドワークの試行	34
---	----

前 稔文¹・永家 忠司¹・松本 裕司²・上野 大輝³

¹都市・環境工学科, ²京都工芸繊維大学, ³都市・環境工学科

令和2年(2020)10月～令和3年(2021)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)
憲法講義HANDBOOK：要約版講義案及び資料集 (図書)	小関 康平	インプレスR&D (NextPublishing Authors Press) (2020. 12) (単著／pp. 1-167)

1258年のブリアン・オニールとオコナー、オブライエンとの同盟

田中 美穂

一般科文系

アイルランドの年代記には、1258年に、ティローン王ブリアン・オニールと、後のコナハト王エイド・オコナー、トモンドの王族タイグ・オブライエンが同盟を結び、ブリアン・オニールに「統治権が与えられた」という記述がある。ブリアンは、「アイルランドのアイルランド人(=ゲール人)の王(=上王)」とも記されるが、13世紀のアイルランドでこの称号を持つ王は、ブリアンだけである。

本稿では、まずブリアン・オニール、エイド・オコナー、タイグ・オブライエン各自の人物像を探り、1258年のこの同盟が史料ごとにどのように述べられているのかについても言及したい。その上で、この同盟が歴史的にどのように位置づけられているのかについて考察する。

キーワード：13世紀アイルランド史、アイルランドの上王、ブリアン・オニール

はじめに

12世紀後半から13世紀前半にかけて、イングランド勢力が、アイルランドを、侵入、占領、支配していった。イングランド側にとって侵入しやすい土地や利用価値が高い土地から占領されていった。ブリテン島に近く、肥沃な土地であるアイルランド南東部のレンスターやアイルランド中心部のミーズは、その典型的な地域であった。イングランドの支配地域は、やがてアイルランド西部のコナハトやマンスターの大部分にも拡大していった。

一方、アイルランド北東部のアルスター地方は、ノース海峡に面する一部の地域のみがイングランド勢力、つまり、ジョン・ド・カーシーや歴代アルスター伯の直接の支配領域となった¹⁾。その他の大半の地域は、アルスター伯に忠誠は誓ったものの、実質的には現地のアイルランドの王たちが支配をしていた。

本稿では、まずブリアン・オニールの生涯をたどる。続いて、1258年の集会で、ブリアンと同盟し、ブリアンの「アイルランド王位」を認めた後のコナハト王エイド・オコナー(1274年没)、マンスターのトモンドの王族タイグ・オブライエン(1259年没)についても見ていきたい。さらに、1258年と1260年の年代記史料の記述について検討する。アイルランドの複数の年代記で「アイルランドのアイルランド人(=ゲール人)の王」などと記されたティローン王ブリアン・オニールを中心に取り上げる。最後に、1258年のこの同盟の意義について考察をする²⁾。

1. ブリアン・オニールの生涯

ここでは、ブリアン・オニールの生涯についてたどっていき³⁾。生まれた年は不明であり、1238年までの状況はよく分かっていない。この年に、アルスター伯ヒュー・ド・レイシー(1242年没)からティローン王として認められた。ティローンという王国は、おおよそ今日のティローン州、アーマー州、デリー州に相当する。このアルスター地方の大部分を、ブリアン・オニールは王として、1241年から実質支配していたと見られている。1241年に、ライバル関係にあったマクロフリン家を倒し、そのマクロフリン家の娘とブリアンは結婚した。一方、現在のドニゴール地方を支配したティアコネル王マイルシェフラン・オドネル(1247年没)は、ブリアン・オニールの味方であり、ともにマクロフリン家を攻撃した。

1249年、ブリアンは、コナハト王フェドリミド・オコナー(1265年没)をかくまった。この人物は、エイド・オコナーの父親である。フェドリミドは、モーリス・フィッツジェラルド(1257年没。1232～45年にアイルランド総督)により、コナハトから追放されていた。翌年の1250年まで、フェドリミドはブリアンのもとにいた。ブリアン・オニールとオコナーとの同盟関係は、ここに始まったようである。

この頃、ブリアンは、ブレイフネ王カハル・オライリー(1256年没)らの攻撃を受けた。ブレイフネは、アルスターとコナハトの境界にあった王国で、現在のリートリム州とキャヴァン州の辺りに位置した。1252年までにブリアンは力を回復し、イングランド人との戦争を始めた。そして、モーリス・フィッツジェラルドの次に1245～55年にアイルランド総督となったジョン・フィッツジェフリー(1258

年没)がティローンに進軍し、ブリアンの服従と、ブリアンの兄弟を人質として渡すことを迫った。さらに、ティアコネル王ゴフリー・オドネル(1258年没)もティローンに侵攻し、ブリアンに対して勝利した。ゴフリーは、ブリアンの生涯にわたってのライバルともいえる人物で、ゴフリーの兄弟である前記のマイルシェフランは、ブリアンの味方であったが、マイルシェフランの死後にティアコネルの王位を継いだゴフリーとは、幾度も戦うことになる。

1253年には、ブリアンは、モーリス・フィッツジェラルドの遠征軍を撃退した。また、東アルスターで、イングランド人への復讐を果たす。イングランド人勢力が築いたダンドークなどの町や城を徹底的に破壊した。この時から、ブリアンはアルスター伯への貢納の支払を免除されることになった。

1255年からは、同盟を結ぶオコナーとより親密になり、オコナーの宿敵であるオライリーを3回にわたってともに攻撃するが、すべて失敗に終わっている。オライリーは、ブリアン・オニールにとってもライバル関係にあり、共通の敵の存在もあって、オコナーとの同盟関係が強まったものと考えられる。

1257年、ゴフリー・オドネルは、モーリス・フィッツジェラルドとの戦いで致命傷を負った。フィッツジェラルドもこの戦いで受けた傷のために死去した。翌年、ブリアン・オニールは、ティアコネルに侵攻し、ゴフリーに服従を要求した。しかし、ゴフリーは、弟のドヴナル・オドネル(1281年没)に後継者として王国を託して息を引き取ったという。

ブリアンはこの年の1258年後半に、オコナー、オブライエンと改めて同盟し、「アイルランドの上王」、すなわち「アイルランド人の王たちの王」として認められる。

1259年には、スコットランド人領主の娘を新たに妻とした。また、ドヴナル・オドネルに兄のゴフリー同様に服従を要求したが、ドヴナルは、ブリアンのいとこの子に当たるエイド・ブデ・オニール(1283年没。ブリアンの死後に次のティローン王となる)と手を結び、ブリアンに攻撃を仕掛けた。1258年の同盟者のタイグ・オブライエンは1259年に死去したが、ブリアンはもう一人の同盟者のエイド・オコナーと行動をともにした。

1260年5月、アルスターでのイングランド人との戦いに加わるようにエイドに要請し、エイドはコナハトから大軍を率いてやって来た。このダウンの戦いが、ブリアンにとって最後の戦いとなった。ブリアンの親族のエイド・ブデ・オニールはイングランド人の側につき、ブリアンは戦死した。一方、エイド・オコナーは逃亡に成功した。

ブリアン・オニールは斬首され、その首は、イングランド王ヘンリー3世(在位1216～72年)のもとに運ばれた。

2. エイド・オコナーとタイグ・オブライエン

次に、ブリアン・オニールの同盟者であるエイド・オコナーについて見ていきたい⁴⁾。「エイド」に対して「ヒュー」という英語名が用いられることもある。このエイドの父のコナハト王フェドリミドは、上述のように、コナハトから追放されていた1249年にブリアンのもとにいた。この時、息子のエイドは、西レンスターでイングランド人と戦っていた。もともとオコナー家とオニール家は、アイルランドにおける入植者、すなわちイングランド勢力とずっと戦ってきた歴史があった。

エイドは、1259年、ヘブリディーズ諸島の有力な一族マク・ドヴナル(＝マクドナルド)家の娘との結婚により、嫁資として、160人のギャロウグラス(スコットランド出身のゲール系兵士)を手に入れた。エイドは「エイド・ナ・ガル(＝異国人のエイド)」と表記されることがあるが、ギャロウグラスの獲得に由来すると考えられている⁵⁾。

1260年5月のダウンの戦いで、ブリアン・オニールとともに戦ったが敗北し、生き残ったエイドはコナハトに帰還した。その後、1265年の父の死にともない、エイドがコナハト王となった。

オコナー家の人々は、マンスターのトモンド王の娘を母親に持つリチャード・ド・バーグ(1243年没)の頃から、すなわち1220年代から、コナハトの覇権をめぐって、ド・バーグ家と戦ってきた。ド・バーグ家にはヘンリー3世という有力な後援者がついていて、1228年に、エイド・オコナーのおじにあたる同名のエイドが殺害されたことによって、アイルランド総督も務めたリチャード・ド・バーグが、コナハトの征服者となった⁶⁾。

エイド・オコナーも、リチャードの息子であるアルスター伯ウォルター・ド・バーグ(1271年没)とコナハトの覇権をめぐって争ってきたが、1270年によくエイドが勝利を収め、ド・バーグを退け、エイドがコナハトの支配者となった。

他にも、オドネル家とともに、1265年にはスライゴー中のフィッツジェラルド家の城を取り壊した。また、1266年には西コナハトとスライゴーの多くの入植者の居住地をエイドの軍が焼き払った。

このようにコナハトからイングランド勢力を排除することに成功したエイドであったが、王位を継ぐ息子を残すことなく、1274年に死去した。

タイグ・オブライエンについては、情報が少ない。父親はトモンド王コンホヴァル・オブライエン(1268年没)で、タイグがトモンド王として父の跡を継ぐはずが、父より早世したために王になることはなかったようである。『アルスター年代記』には、その死を伝える1259年の記述に「未来のマンスター王」とある⁷⁾。また、『イニスファレン年代記』では、タイグの死は、「異国人にとって良き知らせ」と記されている⁸⁾。

タイグは、父コンホヴァルとともに、ヘンリー3世によりシャノン川の北に土地を与えられたイングランド人た

ちと戦った。1257年には勝利を収め、翌年、ブリアン・オニールに会うためにカイル・ウィシュケ (Cáel Uisce) を訪れた。そのためか、タイグ・オブライエンは、タイグ・カイル・ウィシュケ・オブライエンとも称される。1258年の同盟を結んだ翌年、理由は不明であるが、タイグは死去した。このことは、ブリアン・オニールとエイド・オコナーにとっても、痛手となったであろう⁹⁾。

3. 1258年の集会とブリアン・オニールの称号

この時代のゲール人の王たちについての記録は、もっぱらアイルランドの年代記史料に残されている。

1258年にブリアン・オニールが、特別な称号を得たことについて、『アルスター年代記』から見ていきたい。エイド・オコナーとタイグ・オブライエンによって、大勢の者がブリアン・オニールに会うためにカイル・ウィシュケに連れて行かれ、そこでブリアン・オニールに‘ardchennus’を与えたとある¹⁰⁾。‘ardchennus’は、アイルランド語で「第一の支配者 (の位)」といった意味になる。

続いて、『ロホ・ゲー年代記』には、やはり、カイル・ウィシュケでエイド・オコナー、タイグ・オブライエンによって大きな集会が開かれ、ブリアン・オニールもそこにいたことが記される。その時、彼らは和睦し、ブリアン・オニールには、アイルランドのゲール人に対する「統治権 (rige)」が与えられたと記されている¹¹⁾。

『コナハト年代記』でも、エイド・オコナーとタイグ・オブライエンがカイル・ウィシュケでブリアン・オニールと大きな集会を開いたとある。そこで彼らは和睦し、ブリアン・オニールにアイルランドのゲール人に対する統治権 (rige) を与えたとある¹²⁾。

『ロホ・ゲー年代記』と『コナハト年代記』は、同じ系統の年代記と考えられており、内容がよく似ている。

『四学者によるアイルランド王国の年代記』(以下、『アイルランド王国の年代記』と略す) は、1630年代に、4人のドニゴールのフランシスコ会所属の学者によって編纂された。内容が各種年代記史料の総まとめのようになっており、古い史料も含まれていることから、中世の歴史研究においても利用されている。この年代記の内容は、他の3点と同じような内容となっている。カイル・ウィシュケでブリアン・オニールに会うために、エイド・オコナーとタイグ・オブライエンにより大きな集会が開かれたこと、首長たちが互いに和平を結んだ後に、一致して、ブリアン・オニールにゲール人に対する統治権が授けられたことを伝えている¹³⁾。

1258年にオニール、オコナー、オブライエンが参加した集会が開かれた場所カイル・ウィシュケは、現在の北アイルランド南西部ファーマナ州のベリーク (Belleek) 近くであったとされる¹⁴⁾。カイル・ウィシュケとは、「狭い水路」といった意味になる。

ブリアン・オニールは、2年後の1260年にダウンの戦いで戦死するが、その出来事も各年代記に記されている。この戦いは、現在のダウン州 (北アイルランド南東部) のダウNPトリックの近くで行われた。『アルスター年代記』では、アイルランド北部の異国人によって、ブリアン・オニールなどゲール人の多くの貴族たちが殺害されたことを伝える。ブリアンについての称号は記されていない。くり返しになるが、この戦いには、エイド・オコナーも参加していた。エイドは戦死することなく、逃れている。

『ロホ・ゲー年代記』でも、上述のようなダウンの戦いについての描写が見られるが、注目したいのは、戦死したブリアンの称号である。「アイルランドのゲール人の王」(ri Gaoidel Erenn) と表記されている。『コナハト年代記』にも、綴りが少し異なるものの、同じ表記が見られる (ri Gaidel Erenn)。1260年の『アイルランド王国の年代記』では、戦死したブリアンに対して、「アイルランドの支配者」(uachtarán Erenn) と記されている¹⁵⁾。

主な先行研究では、1258年の同盟についてどう評価しているのであろうか。S・ダフィーは、オコナー家とオブライエン家が、彼らの祖先の主張を捨てて、ブリアンに対して「アイルランドのアイルランド人の王としての権利」を認めたことに対して、1258年の集会を「異例の集会だった」とし、「75年も上王の位が不在であった後の復活の試みに等しい」と論じる。コナハト王ルアリー・ウア・コンホヴァル (=ローリー・オコナー) の1183年の退位後、「アイルランド人の上王」は不在だったのだ。J・ライドゥンは、この「ブリアン・オニールによる上王位復活の試みなどが最初のゲーリック・リヴァイヴァルの表明となった」と述べる。一方、イングランド王室がアイルランドを放置していたこともその重要な要因と見なす。K・W・ニコルスも、ブリアン・オニールは、「アイルランドのイングランド人支配を打ち倒すために、自ら偉大なゲール連合の長になった」「彼は未来の王になるべく選ばれたが、1260年のダウンの戦いで敗北し、殺害された」と記す¹⁶⁾。

以上、この時代を専門とする主要な研究者たちは、1258年の集会および同盟について、「(他に類のない) 特別なもの」と評価している。ゲーリック・リヴァイヴァルの最初の例と見なす向きもある。

おわりに

ブリアン・オニールに対して年代記史料で与えられた称号やその生涯から判断すると、ブリアンは、あくまでも当時のアイルランドにおいて、「現地のアイルランド人の、すなわちゲール人の中で最高位の王 (上王)」という位置づけであったと言えよう。オコナー家とオブライエン家の同意を得たことで、1258年当時のゲール人の王の中では、ブリアン以上の権力者はいなかったと考えられる。

ブリアン・オニールに限ったことではないが、当時のア

イルランド勢力もイングランド勢力も、敵と味方の構図が目まぐるしく変化する。同じ民族内はもとより、同じ親族内でさえ戦いが起こっていた。そんな中、各自の思惑が何であれ、いわばアイルランドにおける名門であるオニール、オコナー、オブライエンの 3 家が同盟関係を結んだことには確かに意義がある。引き続き、13 世紀後半のゲール側の動きを見ることで、この同盟の重要性もより明らかになってくるのではないか。今後の課題としたい。

注

- 1) 田中美穂「ルアリー・ウア・コンホヴァルと二人の侵入者たち—中世後期アイルランドの政治的変容に関する一考察—」『メトロポリタン史学』第 9 号, 2013 年, 117—126 頁。
- 2) 中世アイルランド史の研究では、13 世紀頃からアイルランドの固有名詞に対して、英語化した表記が用いられるようになる。たとえば、本稿で扱うオニール (O'Neill) がこれに相当するが、中世初期の時代では「イー・ネール (Uí Néill)」と表記される。意味は「(伝説的な王) ニール (Niall) の子孫」である。13 世紀のアイルランド語の年代記史料を見ると、オニールの「オ」の部分に対して、アイルランド語で、「Ui」や「Ua」といった、「Ó」や「O」に移る前の表記も見られ、流動的である。アイルランド語のカタカナ表記については、本邦で全てが一致しているわけではないし、統一することも難しいだろう。何より、上記のように、時代によって、原語の綴りも発音の仕方も変わってくる。本稿で扱う時代は過渡期である。それゆえ、今後の研究のことも考慮し、「オニール」という表記を用いる。オコナー、オブライエンについても同様である。
- 3) 以下、下記の研究を参照した。Sean Duffy, *Ireland in the Middle Ages* (Dublin: Gill & Macmillan, 1997), pp. 117, 122-123; Robin Frame, *Colonial Ireland 1169-1369* (Dublin: Four Courts Press, 2nd ed., 2012), p. 41; Emmett O' Byrne, 'O' NEILL (Ó Néill), Brian (d. 1260)', in J. McGuire and J. Quinn (eds.), *Dictionary of Irish Biography: from the earliest times to the year 2002 (under the auspices of the Royal Irish Academy)* (Cambridge: Cambridge University Press, 2009) (以下 *DIB* と略す), vol. 7, pp. 739-741. E. O' Byrne, 'O'DONNELL (Ó Domnaill), Gofraid (d. 1258)' in *DIB*, vol. 7, pp. 377-378.
- 4) 以下、下記の研究を参照した。Duffy, *Ireland in the Middle Ages*, pp. 122-123; E. O' Byrne, *War, Politics and the Irish of Leinster, 1156-1606* (Dublin: Four Courts Press, 2003), p. 55; K. W. Nicholls, *Gaelic and Gaelicized Ireland in the Middle Ages* (Dublin: Four Courts Press, 2nd ed., 2003), p. 168, ; E. O' Byrne, 'O'CONNOR (Ó Conchobair), Fedlimid (d. 1265)' in

DIB, vol. 7, pp. 243-244.

- 5) Duffy, *Ireland in the Middle Ages*, p. 123; Frame, *Colonial Ireland 1169-1369*, p. 52; Beth Hartland, 'The Height of English Power: 1250—1320', in Brendan Smith (ed.), *The Cambridge History of Ireland : volume I, 600 — 1550* (Cambridge: Cambridge University Press, 2018), pp. 227-228; Katharine Simms, 'The Political Recovery of Gaelic Ireland', in *ibid.*, p. 285.
- 6) 田中美穂「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王たちの闘争—」『メトロポリタン史学』第 15 号, 2019 年, 158—160 頁。
- 7) *Annals of Ulster*, W. M. Hennessy and B. MacCarthy (ed.), 4 vols. (Dublin, 1887-1901), 1259.7. 以下, *AU* と略す。なお、本校で複数取り上げる年代記史料は、現在ではネットで全て公開されている (CELT: The Online Resource for Irish history, literature and politics. <https://celt.ucc.ie/index.html>).
- 8) *The Annals of Inisfallen*, S. Mac Airt (ed.) (Dublin: Dublin Institute for Advanced Studies, 1951), 1260.6.
- 9) 以上、タイグ・オブライエンについては、下記の研究を参照した。Duffy, *Ireland in the Middle Ages*, p. 123; Nicholls, *Gaelic and Gaelicized Ireland in the Middle Ages*, pp. 182-183; Frame, *Colonial Ireland 1169-1369*, p. 45.
- 10) *AU*, 1258.3.
- 11) *The Annals of Loch Cé*, W. M. Hennessy (ed.), 2 vols. (London: Rolls Series, 1871), 1258.7. 以下, *ALC* と略す。
- 12) *Annála Connacht: the Annals of Connacht*, A. M. Freeman (ed.), (Dublin: Dublin Institute for Advanced Studies, 1983); 1258.9. 以下, *AC* と略す。
- 13) *Annála ríoghachta Éireann: Annals of the kingdom of Ireland by the Four Masters*, J. O'Donovan (ed.), 7 vols. (Dublin, 1851; rep. Dublin: De Burca rare books, 1990), 1258.12. 以下, *AFM* と略す。
- 14) Katharine Simms, 'The Medieval Lords of Tír nEógain (Tyrone)', in Sean Duffy (ed.), *Medieval Ireland: An Encyclopedia* (New York and London: Routledge, 2005), p. 479.
- 15) 以上, *AU*, 1260.1; *ALC*, 1260.1; *AC*, 1260.2; *AFM*, 1260.4.
- 16) 順に, Duffy, *Ireland in the Middle Ages*, p. 123; James Lydon, *The Lordship of Ireland in the Middle Ages* (Dublin: Four Courts Press, new ed., 2003), p. 94; Nicholls, *Gaelic and Gaelicized Ireland in the Middle Ages*, p. 152.

(2021.9.30 受付)

VOLUNTEERING AS AN NOC/NPC OWN ASSISTANT AT THE TOKYO 2020 OLYMPIC AND PARALYMPIC GAMES - A COMPARATIVE RETROSPECTIVE IN TIMES OF COVID-19

Tomek ZIEMBA

Dept. of General Education

The Tokyo 2020 Olympic and Paralympic games were held after a one-year delay due to the ongoing coronavirus pandemic. Although there was significant backlash from many people on still holding the games during these times, both games had finished without significant incident. This paper is a retrospective analysis on how the management of the games had changed in comparison to the PyeongChang 2018 winter games, and will predict and give suggestions for improvements for the Beijing 2022 and Paris 2024 games as well. From a volunteer perspective, going from a regular assistant to an own assistant for a specific NOC and NPC, reflections on the difference in responsibilities are detailed.

Key Words : Olympics, Paralympics, Tokyo 2020, Volunteering, COVID-19

1. BACKGROUND

The Tokyo Summer Olympic and Paralympics were initially scheduled to be held in the summer of 2020, but with the sudden global COVID-19 pandemic, the Organizing Committee of the Olympic and Paralympic Games (OCOG) made the executive decision to hold the games one year later in the summer of 2021. Now that both games have finished, even with varying levels of support and lack thereof from the general international public, the athletes and international committees of sport are now switching their focus to the Beijing 2022 winter and Paris 2024 summer games.

As mentioned in previous research based on reflection as a volunteer at the PyeongChang 2018 winter games (Ziemba, 2018), volunteers desire to participate in a global super sports event and create once in a lifetime memories and experiences trumps most other desires, regardless of level of ability and field of placement as a volunteer.

Furthermore, there are multiple differences between the summer and winter games, not just in terms of temperature and climate. The scale of the games themselves, and it turns the sizes of delegations and number of volunteers is also almost double that of even the winter games. Especially for the home team of Japan, the delegation was comprised of over 600 participants, including athletes, coaches and officials.

(1) Variations of volunteers

One key point that was not detailed in the previous research was the existence and use of what is known as Own Assistants, which is when the National Olympic and Paralympic Committees (NOC/NPC) are allowed to choose up to 2 or 3 people they want to work with their teams as volunteers for various reasons – their familiarity with the sports teams, knowledge in their field, or existing connections or linguistic abilities as well. The Own Assistant program that gained attention during the 2016 Rio summer games, but has become a norm since then (Feng, 2017) to guarantee the team with a volunteer of their choice, and not someone based on the selection criteria of OCOG.

(3) Volunteering under extreme circumstances

One of the biggest concerning factors from the volunteer perspective of the Tokyo 2020 games is that due to the COVID-19 pandemic, only volunteers that already resided in Japan were allowed to continue as volunteers. No overseas residents were allowed to enter Japan to volunteer, even if they were fully vaccinated as the border restrictions were kept very tight and limited to the NOC/NPC members exclusively to maintain the COVID bubble throughout the games and prevent another wave of infections during the event. The same will occur for the Beijing 2022 games as well.

2. CHANGING THE VOLUNTEER NORM



Fig.1 Posters of the Games in the Toyosu district of Tokyo

The Tokyo 2020 games were announced 8 years ago in September of 2013, and since then the entire country was head over heels for the revisiting of the games since 1964 – over 50 years ago. After the first Tokyo games, the entire world gained an interest in this post Second World War nation that had developed so much technologically since its end. Now with the games coming back in the 21st century, the key-phrase was ‘*omotenashi*’, or the Japanese sense of hospitality. Education systems changed to include mandatory English language education in elementary schools, and of course patriotism from nationals to help spread the good news of their country to the world was high, as noted in Lee et al. (2014). Even with public support being low just before the games started, with protests happening almost daily and very little media support, it was clear that volunteers for these games would be dealing with a very different situation than initially expected.

The first and biggest change came in only recruiting domestic volunteer hopefuls. It was expected given the state of the global pandemic, but fully vaccinated people from overseas were still disappointed. But this situation was just confirmed to be the same in the upcoming Beijing 2022 winter games as well, so this is first new norm. Due to this and the executive decision to allow no spectators at all events shattered the hopes of some volunteers, and even cancelled volunteer shifts completely. With the Rugby World Cup in Japan in 2019, most volunteers who had started with those games were worried if they could continue in their legacy, as detailed in Tomazos & Luke’s study on continuity in volunteering (2015).

Vaccination was encouraged and provided, but not all were able to be fully vaccinated before the start of the games. Still, over 90% of the staff within the athletes village were fully vaccinated and with

social distancing, regular temperature checks and PCR testing, positive case counts within the village were low – a sharp contrast to the explosive fourth wave that happened in Tokyo at the same time.

Koutrou et al. (2016) mentioned in their study on volunteer management at the London 2012 games that some volunteers were upset even after the life-changing experience because they were not used to their full potentials. It is safe to say the same for the volunteers for these games as well, as interviews with athletes village volunteers showed a majority of them disappointed with the communication and decision making of the NOC/NPC Assistant desk in particular. This branch is in charge of the assistants that work closes with the teams and their athletes, and is often considered one of the most difficult positions in games volunteering. However, recent studies have brought to light the exitance and growing popularity of the Own Assistant program (Feng, 2017), in which the NOC/NPCs are able to tell the OCOG which assistants they want and have them assigned regardless of the interview process, so long as they have applied to the volunteer program. The satisfaction rate was also very high and has seen many of these committees using this option recently.

3. OLYMPIC GAMES

Given that the scale of the summer games in comparison to the winter equivalent, the number of volunteers necessary is significantly larger. However, due to the lack of public support, many volunteers who had applied, been selected, got their accreditation, and even obtained their uniforms simply did not show up for their shifts without reason. It is assumed that public opinion was a big factor in this, but it is very difficult to verify these claims as almost all cancelled volunteers refuse to comment on their reasons, let alone respond to contact requests by those involved in this study.

Regardless, the NOCs had to push through with whatever people they had, Own Assistants or not. Recent years has seen some NOCs bring their own employees as Own Assistants due to the limitation in accreditation passes provided to each delegation, which can lead to even further confusion among regular volunteers, especially those who are new to this field of experience (Ziemba, 2018). Furthermore, some NOCs were not able to bring in their designated Own Assistants due to the strict border regulations. Some teams went as far as bringing these people in as part of the delegation in some anonymously confirmed cases.

Throughout the researcher's volunteering activities in the athletes village, despite the games being held in the host country of the team assigned, there were many opportunities to use linguistic knowledge during the duration of the games. From interpreting official visits to other delegations common spaces within the village, to translating confidential documents that needed urgent attention to international sporting bodies not located on the premises, it was a welcome surprise that despite the COVID bubble keeping everyone inside a tight-kept loop, there was the opportunity for genuine efforts in international exchange all in the same location. As stated in the work of Guntert et al (2014), volunteers are most motivated and satisfied with their participation when involved in their field of expertise, which was a surprising possibility for the researcher involved, as they did not initially foresee this being possible given the circumstances.



Fig.2 Inside the empty New National Stadium in Tokyo

4. PARALYMPIC GAMES

With the Olympic games complete, there was a short layover window for a smooth transition to the following Paralympic Games. Contrary to the lack of seriousness in transition efforts seen in the previous winter games (Ziemba, 2018), the replacement of the Olympic rings symbolism was quickly replaced with the Three Agitos, and furthermore the inclusion of the new #WeThe15 campaign to increase disability awareness even beyond the scope of the Paralympic Games.

This campaign aimed to give representation to the 15% of the world population that has some sort of disability, and to show that they are no different from anyone else and still deal with the same ups and downs of any able-bodied person. This also linked with the main theme of diversity and inclusion, detailed later in the paper, which is also a big topic of discussion in modern Japan as well.

The most important rule for volunteering in Paralympics is to not help without getting permission first. What was often seen in previous games and a common misconception by able-bodied people is to resist the natural urge to help those with a physical disability at first glance. It is always important to ask first and get permission, as jumping in and doing something for someone can be seen as condescending in some instances. If an athlete in a wheelchair is struggling going up a ramp, ask if they need help before pushing them from behind. If a visually impaired delegate seems lost within the village complex, as if they need help and offer an elbow or shoulder for direction before attempting to take their hand suddenly and make them panic. It is the lack of everyday exposure to these kinds of everyday situations that lead to a misunderstanding of working and living with disabled people, let alone the occasional media glorification of some of these stories for personal gain as well.

5. DIVERSITY AND INCLUSION

One of the biggest focal points by the OCOG to the volunteers was the promotion of diversity and inclusion at these games. Not simply within the participating delegations, but also among the volunteers themselves. The message would have been further implemented had there been international volunteers allowed, but foreign nationals residing in Japan did comprise a small fraction of the domestic volunteer body, and they were seen as a valuable resource to other volunteers.

As stated in Benson & Wise's guide to volunteering at international sporting events (2017), volunteer motivation is mostly for the participant interest and potential to grow and must be reminded that there is no financial remuneration whatsoever. So, despite the volunteers being limited to a domestic workforce in a largely homogenous society, just how diverse were the volunteers?

Most volunteers were older aged, most were retirees, in comparison to the majority student body of volunteers seen at the PyeongChang 2018 games (Ziemba, 2018). Regardless of this clear age gap in volunteer bodies, they all had the same motivations by wanting to use their skills to the best of their abilities and help promote the spirit of Japanese hospitality, despite a global pandemic. These are also seen in research by Ahn (2018) on PyeongChang 2018 volunteers and was still seen at these games as well.

Although there was not much other diversity seen in the volunteer body within the athlete's village, the reassurance of being part of a once in a lifetime experience was definitely seen and felt, similar to those previously detailed by Koutrou et al (2016). Although the diversity of the volunteer body was not necessarily seen on the outside, the sense of inclusion through hospitality efforts was made clear to the athletes and delegations within the village.

Noordegraaf & Celebi (2015) has said in previous research that motivation and disappointment occur when volunteers' intrinsic motivation goals are not met, so small gestures of hospitality seemed common – gifting handmade origami, friendly greetings throughout the complex, and much more. The spirit of *omotenashi* had come through.

6. CONCLUSION

With the games at an end and NOC/NPCs struggling to make the switch to Beijing 2022 with very little time, it was seen that it is possible to hold an international super sporting event safely with volunteers (albeit domestic only) during a global pandemic. Despite there being many known benefits and learning opportunities for international sporting event volunteering (Qi et al, 2018), the confirmation of only domestic staff for the next games severely limits the possibilities for volunteers to act to their fullest potentials. Regardless, having experienced the successes of Tokyo 2020 as a participant has the world hopeful for the same glimpse of hope in the middle of an ongoing global pandemic.

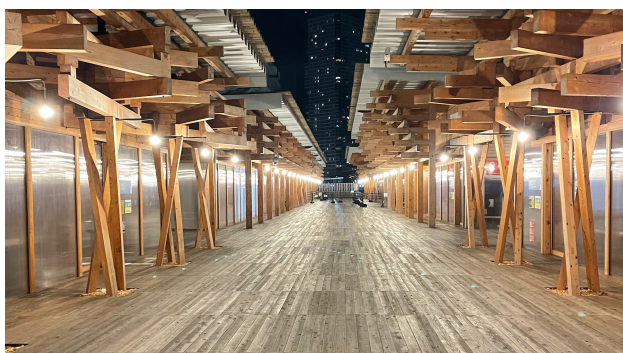


Fig.3 An empty Village Plaza at the end of the games

ACKNOWLEDGMENTS: The author would like to acknowledge the understanding and cooperation of the NIT, Oita President Yamaguchi and Vice-president Takahashi for their permission to participate as a volunteer for the games' duration.

REFERENCES

- 1) Ahn, Y-J. (2018). Recruitment of volunteers connected with sports mega-events: A case study of the PyeongChang 2018 Olympic and Paralympic Winter Games, *Journal of Destination Marketing & Management*, 8, 194-203.
- 2) Benson, A. M., & Wise, N. (2017) *International Sports Volunteering*. London: Routledge.
- 3) Feng, X. (2017). *The Study of the NOC Own Assistant Program of the Rio Olympic Games*, (Memos XX 2016-2017), [Master's thesis, Universite catholique de Louvain], Olympic World Library.
<https://library.olympics.com/Default/doc/SYRACU SE/185077/the-study-of-the-noc-own-assistant-program-of-the-rio-olympic-games-xiao-feng>
- 2) Guntert, S. T., et al. (2014). Motives for event volunteering : Extending the functional approach, *Nonprofit and Voluntary Sector Quarterly*, 44(4), 686-707.
- 3) Koutrou, N., et al. (2016). *Post-Event Volunteering Legacy: Did the London 2012 games induce a sustainable volunteer engagement? Sustainability*, 8(1221), 1-12.
- 4) Lee, C-K., et al. (2014). The influence of volunteer motivation on satisfaction, attitudes and support for a mega-event. *International Journal of Hospitality Management*, 40, 37-48.
- 5) Noordegraaf, M. A., & Celebi, M. (2015). The challenges of volunteering during international sport organizations/events, *International Journal of Human Sciences*, 12(1), 1263-1279.
- 6) Qi, H., et al. (2018). Cross-cultural event volunteering: Challenge and intelligence, *Tourism Management*, 69, 596-604.
- 7) Tomazos, K., & Luke, S. (2015). Mega-sports events volunteering: Journeys with a past, a present and a future, *Voluntas*, 26, 1337-1359.
- 8) Ziemba, T. (2018). Personal Growth Through Volunteering at an International Sporting Event – Reflections on Participation in the PyeongChang Winter Games, 大分工業高等専門学校紀要, 55, 11-15.

(Received September 30, 2021)

高等教育機関の学生における遠隔授業と面接授業期間の ストレッサーとストレス反応

平川 武仁¹・大庭 恵一²・山田 英生³

¹大阪体育大学, ²一般科理系, ³鳥羽商船高等専門学校

本研究の目的は遠隔授業期間における高等教育機関で学ぶ学生のストレッサーとストレス反応を明らかにすることを目的とした。ストレッサーとストレス反応を評価するために、35項目で構成された質問紙を用いた。調査対象者は高等教育機関で学ぶ40名であり、2020年5月と10月に経験したトレッサーとストレス反応について回答を求めた。これらの調査を2020年10月に実施し、回答率は90%であった。結果は以下であった：1) ストレス反応では、抑鬱、不安、怒り、情緒的混乱、身体疲労感で、2020年10月よりも5月のほうが有意に高かった。ストレッサーでは、授業に関する4項目、他者との交流に関する3項目、生活習慣に関する2項目、身体に関する1項目が2020年10月よりも5月のほうが有意に高かった。これらの結果は、活動範囲の制限、同級生とのコミュニケーションの減少、遠隔授業の形態によって引き起こされたストレッサーとストレスの因果関係を示唆している。

キーワード：授業内容と運営の変化、同級生とのコミュニケーション、生活習慣

1. はじめに

2020年1月6日に、厚生労働省のホームページでの報道発表一覧⁷⁾において「中華人民共和国湖北省武漢市における原因不明肺炎の発生について」⁸⁾が掲載された。その後、世界的に蔓延した新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19と略す）は、欧米でのワクチン開発そして接種を皮切りに、2021年2月17日から日本国内でも接種が始まった状況であるが、未だ収束の兆しがみえない（日本国内では、本論文執筆中2021年4月25日に緊急事態宣言が発出された時点で568,291人、NHK調べ）。COVID-19に対する県境を跨いだ不要不急の移動の自粛など感染予防の行動規制だけでなく、高等教育機関において、2020年3月24日に文部科学省から日本国内の各高等教育機関に対する「令和2年度における大学等の授業の開始等について（通知）」¹⁸⁾による指針が出されて以来、感染拡大を防止するため¹⁵⁾に、2020年度前期の授業において面接（対面）形式の授業の開講を控え、インターネットを介した遠隔形式の授業（オンデマンド配信型、双方向同時通信型など）を実施せざるをえない状況に至った。これらは教育機関で学ぶ生徒や学生だけでなく、教育に携わる人全てにおいて、COVID-19感染を避け、健康さらには生命を保護する不可欠な教育環境の対応策・措置であったが、学修習慣や生活習慣の混乱が発生し⁶⁾、従前の規則的な生活を送ることが

困難になっていた。

近年、小学校、中学校、高等学校だけでなく、大学などの高等教育機関においても、アクティブラーニング⁹⁾を筆頭として、生徒間あるいは学生間の協同の学びを実現する授業になるように、教授内容を改善してきた経緯がある。そのため、生徒や学生は協同の学びを中心とした面接授業に慣れてきており、たとえ双方向同時通信型授業による小グループでの討論の時間が設けられたとしても、授業に参加している感覚が薄くなると思われる。この双方向同時通信型やオンデマンド配信型授業は感染予防のために在宅での受講とされる。そのため、家族と同居しながらも静かな環境で受講することから、一人で室内に籠もってインターネットを介した授業を受講することになり、遠隔型の授業に順応できない、あるいはその授業形式をストレスに感じている学生もいることが推測される。このように、従前でない、これらの新奇の環境に遭遇することは、外界の環境との関わりによる負荷、つまりストレス要因になりうる境遇ともいえる。先行研究²⁷⁾においては、このストレス要因はストレッサーと呼ばれ、人間のストレス反応を引き起こすものであることが明らかにされてきている。

尾関²⁴⁾によれば「ストレス（stress）は、もともとは物理学用語で外的な圧力の負荷がもたらす歪みという意味」であり、Selye²⁷⁾が医学分野に導入し社会と人間の多様な現象に適用した、とされる。またSelye²⁷⁾は、身心の適応

能力に対して要求される刺激をストレスラーとして、その刺激によって引き起こされる身心の緊張状態をストレスとした。そして、このストレスが、個人に様々な身心の反応を引き起こし、個々人のストレス反応として表出する。ストレスは、外界のストレスラーとなる刺激を受けて、ストレスを受けた個人が認知的に評定し、その後ストレス反応を低減する対処方略を経て、心理的にストレス反応として表れる過程によって、個人が不適応状態に至る過程である¹⁰⁾。つまり、個人が経験した刺激が、認知的な評定においてストレス過多であった場合、ストレスラーとなる。このストレスラーへの対処方略をとり、その対処が失敗した場合に情動反応を中心としたストレス反応となる。

特に、高等教育機関で学ぶ学生においては、生活面や学業面での不適応がメンタルヘルスの問題に至ることが明らかにされている²⁵⁾。メンタルヘルスとは、谷口³²⁾によれば「生き生きと自分らしく生きるための条件であり、具体的には自分の感情に気づいて表現できること(情緒的健康)、状況に応じて適切に考え、現実的な問題解決ができること(知的健康)、他人や社会と建設的によい関係を築けること(社会的健康)」と定義される。この点を踏まえると、生活面や学業面でのストレス経験がメンタルヘルスの不調を引き起こす可能性があるといえる。そのため、このストレス経験の原因となるストレスラーと、ストレス反応を知ることが、この世代の若者のメンタルヘルスの状況を把握するためにも肝要であるといえる。これまで、大学生のストレスに繋がる原因であるストレスラーには「充実感の乏しさ」などの因子が報告されている⁴⁾。2020年度初頭の高等教育機関での教育内容では、学校行事の中止、学内入校制限、遠隔授業実施のために、他の在学生との交流の機会の欠如となり、良好な学修環境というよりも、ストレスラーとなりうる環境に至っていることが懸念される。つまり、面接授業よりも遠隔授業は、充実感が乏しくなる可能性を十分孕んでおり、学生がストレスを抱えざるをえない状況に遭遇していることは否めない。

さらに、ストレスによる影響や有害性の認知が精神的健康に影響する¹²⁾ため、高等教育機関などの学校保健の一部を担う体育・スポーツの授業においては、身心の健康教育を務める立場にあり、在学生におけるストレスラーとストレス反応の実態を把握しておくことが、実技の授業を実施して健康を管理する資質を育成することに加え、身心の健康を管理する行動育成のために必要であろう。これは、学校保健の現場においても、学生を取り巻く多くのストレスが身心への影響を無視することはできないことを意味し、学生相談室の利用者増になってしまう可能性も孕んでいる。本稿執筆時の2021年4月上旬の時点では、関西圏を中心に、すでに第4波とも捉えられる感染再拡大に向き合う状況にあるように、今後も感染状況が収束する見込みは少ないように考えられ、学生の心理社会的な状況を明らか

にし、把握しておくことが、教育環境の整備の一助になると考えられる。

本研究は、高等教育機関に就学する大学生を対象に、COVID-19によって遠隔授業となっていた期間における大学生のストレス状況と、面接授業が徐々に再開されてきた期間における大学生のストレス状況について、実際にストレスラーとして経験した出来事のうち心理的負担に感じた出来事と、その当時のストレス反応を明らかにする。このことにより学生の精神的健康を把握し、授業改善の一助となる知見を得ることを目的とした。

2. 方法

(1) 調査対象

高等教育機関に就学する学生であり、体育・スポーツの実技を受講する学生40名(男性6名、女性34名)を調査対象とした。2020年10月に調査を実施し、授業開始前と終了後に、任意で回答する調査用紙で協力を得た。回収率は90%(男性5名、女性31名)であった。

(2) 倫理的配慮

研究上の倫理についての説明を、口頭および書面にて実施した。調査の趣旨、調査への協力は任意であり、途中で回答をやめることも可能であること、回答を途中で止めても不利益は発生しないこと、データは匿名化されており、結果は平均値化した上で統計的に処理されること、個人情報に厳重に保護することを伝え、研究倫理上の配慮を十分行った上で、同意を得た者に対して調査を実施した。

(3) 調査用紙

調査用紙は無記名であり、性別、年齢、家族との同居の有無、回答者による任意の3桁の数字、で構成した。任意の3桁の数字は、後述の調査票Aと調査票Bについて、授業前後での回答の比較をするためのIDとして利用するものであり、匿名性が保証される形式で調査された。

ストレス尺度とストレスラー尺度では、大学生用ストレス自己評価尺度²⁴⁾の調査票のうちの「ストレス反応尺度」(調査票A, 35項目)と「ストレスラー尺度」(調査票B, 35項目)を用いた。授業の前後で調査を実施したため、授業がストレス解消になって調査票AとBに影響している可能性を確認する目的で、質問項目「今日の授業は、ストレス解消になった」についても、授業後に調査票AとBに併せて回答を求めた。

調査票Aと授業に関する調査用紙は、「あてはまらない」、「ややあてはまる」、「かなりあてはまる」、「非常にあてはまる」の4件法(0から3点)、調査票Bは「体験なし」、「なんともなかった」、「ややつらかった」、「かなりつらかった」、

「非常につらかった」の5件法(0から4点)で回答するものであった。

(4) 分析

ストレス反応尺度は各因子が5項目で構成されており、情緒的反応3因子「抑うつ(悲しい気持ちだ、さみしい気持ちだ、気分が落ち込み沈む、泣きたい気分だ、心が暗い)、不安(びくびくしている、恐怖感をいだく、重苦しい圧迫感を感じる、不安を感じる、神経がピリピリしている)、怒り(いらいらする、不愉快な気分だ、不機嫌で怒りっぽい、憤まんがつのる、怒りを感じる)」、認知・行動的反応2因子「情緒的混乱(仕事に手につかない、話や行動にまとまりがないと思う、行動に落ち着きがない、頭の回転が鈍く考えがまとまらない、根気がない)、引きこもり(話すことが嫌でわずらわしい、他人に会うのが嫌でわずらわしい、自分の殻に閉じこもる、人が信じられない、生きているのが嫌だ)」、身体的反応2因子「身体的疲労感(身体がだるい、体が疲れる、脱力感がある、動作が鈍い、頭が重い)、自律神経系の活動亢進(呼吸が苦しくなる、動機がする、胸部がしめつけられる、耳鳴りがする、吐き気がする)」であり、各因子各5項目の平均値を各因子に対する個人の評価とした。統計的検定では、被験者内の二要因(半年前・現在×7因子)分散分析した。事後検定では、Bonferroni法による多重比較をした。ストレス尺度の各項目では、半年前と現在の比較をするため、対応のあるt検定をした。授業前後で調査したため、運動に伴うストレス軽減の可能性を検定するため、質問項目「今日の授業は、ストレス解消になった」の評価について、一標本のt検定を実施し、「かなりあてはまる」(2点)と標本集団の平均値の差があるかどうかを推定した。これらの統計的な有意水準を5%とした。

4. 結果

(1) 授業の前後での調査によるストレス軽減の有無

質問項目「今日の授業は、ストレス解消になった」への回答の平均とその標準偏差は、 2.22 ± 0.75 であった。「かなりあてはまる」(2点)との平均値の差があるかどうかを推定するため、一標本のt検定の結果、有意差は認められなかった($t(35)=1.78$)。

(2) ストレス反応

ストレス評価の対象期間の要因(半年前, 現在)における各ストレス要因での分散分析の結果, ストレス評価の対象期間の要因(半年前, 現在)の主効果($F(1, 35)=18.51$, $p<.01$), ストレス要因(7要因)の主効果($F(6, 210)=11.35$, $p<.01$), 交互作用($F(6, 210)=3.65$, $p<.01$)がそれぞれ有意

であった。

図1は、各ストレス因子の単純主効果の結果を示したものである。各ストレス因子では「自律神経系の活動亢進」(半年前, 現在の平均値±標準偏差: 0.23 ± 0.45 , 0.12 ± 0.27)以外の因子で「現在」よりも「半年前」が有意に高かった(抑鬱: 0.78 ± 0.70 , 0.30 ± 0.32 , $F(1, 35)=16.10$, $p<.01$; 不安: 0.77 ± 0.64 , 0.28 ± 0.32 , $F(1, 35)=25.25$, $p<.01$; 怒り: 0.51 ± 0.55 , 0.14 ± 0.30 , $F(1, 35)=17.29$, $p<.01$; 情緒的混乱: 0.59 ± 0.73 , 0.29 ± 0.41 , $F(1, 35)=7.52$, $p<.05$; 引きこもり: 0.46 ± 0.58 , 0.21 ± 0.36 , $F(1, 35)=7.11$, $p<.05$; 身体的疲労感: 0.61 ± 0.72 , 0.30 ± 0.39 , $F(1, 35)=6.89$, $p<.05$)。ストレス評価の対象期間「半年前」には、「抑うつ」、「不安」、「情緒的混乱」、「身体的疲労感」の4因子が「自律神経系の活動亢進」よりも、さらに「抑うつ」、「不安」の2因子が「引きこもり」よりも有意に高かった($p<.05$)。また、ストレス評価の対象期間「現在」では「抑うつ」、「不安」、「情緒的混乱」、「身体的疲労感」の4因子が「自律神経系の活動亢進」よりも、「抑うつ」、「情緒的混乱」、「身体的疲労感」の3因子が「怒り」よりも有意に高かった($p<.05$)。

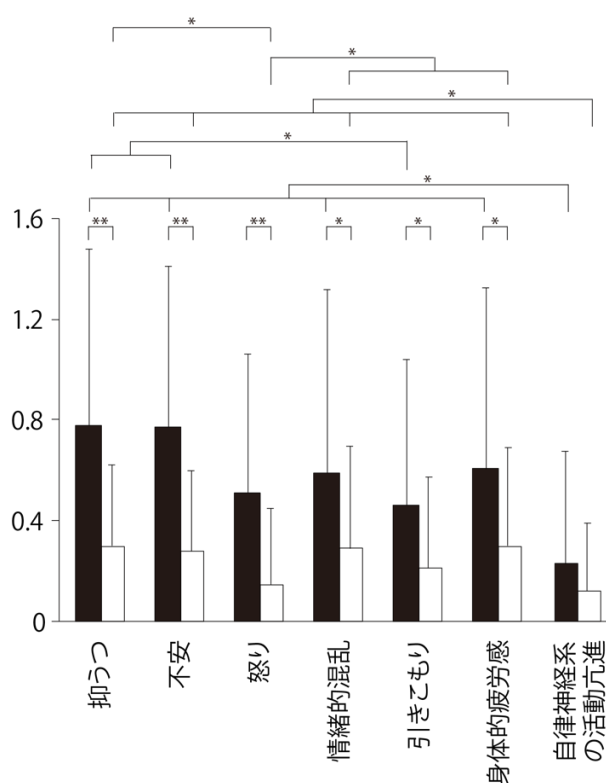


図1 各ストレス因子の平均と標準偏差. 黒塗りの棒グラフは「半年前」、白塗りの棒グラフは調査当時「現在」の平均値を示す。

(3) ストレッサー

ストレス評価の対象期間の要因(半年前, 現在)におけ

るストレス計35項目の評価でのt検定の結果、両要因の平均値に10項目の有意差が認められた。「課題や試験が大変な授業を受けるようになった」(半年前, 現在の平均±標準偏差; 1.69 ± 1.43 , 0.86 ± 0.76 , $t(35)=3.25$, $p<.01$), 「自分の勉強, 試験, 卒業などがうまく進まない」(1.47 ± 1.28 , 0.80 ± 0.79 , $t(35)=3.82$, $p<.01$), 「興味の持てない授業を受けるようになった」(1.14 ± 1.03 , 0.74 ± 0.73 , $t(35)=2.16$, $p<.05$), 「現在専攻している学問(分野)に対する興味が失せた」(0.97 ± 0.93 , 0.49 ± 0.60 , $t(35)=2.92$, $p<.01$) など「授業」に関する4項目, 「一人で過ごす時間が増えた」(1.64 ± 0.95 , 0.91 ± 0.73 , $t(35)=3.74$, $p<.01$), 「いっしょに楽しめる友人が減った」(1.11 ± 1.02 , 0.51 ± 0.69 , $t(35)=3.11$, $p<.01$), 「家族の誰かと議論, 不和, 対立があった」(0.81 ± 0.99 , 0.46 ± 0.69 , $t(35)=2.41$, $p<.05$) など「交流」に関する3項目, 「生活が不規則になった」(1.72 ± 0.96 , 0.94 ± 0.86 , $t(35)=4.06$, $p<.01$), 「暇を持て余した」(1.42 ± 0.92 , 0.63 ± 0.96 , $t(35)=3.64$, $p<.01$) など「生活」に関する2項目, 「体重が増えた」(0.89 ± 0.99 , 0.46 ± 0.77 , $t(35)=2.30$, $p<.05$) という「身体」に関する1項目のストレスが, 現在よりも半年前に有意に高かった。

5. 考察

本研究は, 高等教育機関に就学する学生を対象に, COVID-19感染予防によって自宅あるいは下宿等にて, インターネットを使って受講する授業形式である遠隔授業の期間と面接授業が再開された期間におけるストレス反応とストレスを明らかにし, 今後の授業に資する知見を得ることを目的とした。

(1) ストレス反応

初等・中等教育に比べて, 高等教育で学ぶ学生の生活習慣は, 自分自身で生活習慣を調整できる年代であるために悪化傾向があるとされていること³¹⁾に加え, 生命を脅かし健康被害となるCOVID-19感染症を予防するために, 新しい生活様式を取り入ることが社会的にも推奨された。さらには, 1回目の緊急事態宣言後には, 近所を散歩することだけでも精神的に憚られるステイホームの状況となり, 外出自粛による生活が続いていた。そのため, 他者との社会的関係の構築・維持をする機会も減少し, 運動活動あるいは交流によるメンタルヘルスの維持・調整が困難な身心状況に至ってしまい, 精神的不調となる事態²⁸⁾になりかねない状況であった。そのため, 高等教育機関に就学する学生においては, この社会的状況, そして学修環境の劇的な変化が, 「自律神経系の活動亢進」以外の因子で, 半年前のストレス反応が高い, という結果に結びついていたと考えられる。また, 「自律神経系の活動亢進」でのストレス

反応が低かった点に関しては, 調査対象者の生活環境やパーソナリティに関連する可能性があり, 今後, 詳細な調査に進展させていく必要があると考えられる。

また, 外出自粛生活となり, 屋外に出かける機会や時間が大幅に減少するだけでなく, 通学あるいはアルバイトなどによっても, 運動行動の機会が激減した。さらに, 運動習慣や生活習慣の変化が精神的ストレスに関係していること²⁹⁾を踏まえると, 特に「悲しい気持ちだ, さみしい気持ちだ, 気分が落ち込み沈む, 泣きたい気分だ, 心が暗い」といった抑うつ因子, 「びくびくしている, 恐怖感をいなく, 重苦しい圧迫感を感じる, 不安を感じる, 神経がピリピリしている」といった不安因子, 「仕事が手につかない, 話や行動にまとまりがないと思う, 行動に落ち着きがない, 頭の回転が鈍く考えがまとまらない, 根気がない」といった情緒的混乱因子, 「身体がだるい, 体が疲れる, 脱力感がある, 動作が鈍い, 頭が重い」といった身体的疲労感が, 調査当時よりも半年前の遠隔授業の期間において特に高い, という結果に結びついていると考えられる。これらの因子は, 生活習慣や運動不足の状況, さらには収束する見通しがないCOVID-19に対する不安や情緒不安定であることを示唆しているだろう。

さらに, 「話すことが嫌でわずらわしい, 他人に会うのが嫌でわずらわしい, 自分の殻に閉じこもる, 人が信じられない, 生きているのが嫌だ」といった引きこもり因子よりも, 抑うつ因子と不安因子が高い, という結果は, ストレスの結果での「一人で過ごす時間が増えた」「いっしょに楽しめる友人が減った」ことを認知していることが示しているように, 他者との交流を求め, 面接授業による修学だけでなく, 余暇活動における友人とのコミュニケーションの機会, アルバイト等の活動, を渴望している可能性を示しているだろう。

そして調査当時には, 抑うつ因子, 情緒的混乱因子, 身体的疲労感因子よりも, 「いらいらする, 不愉快な気分だ, 不機嫌で怒りっぽい, 憤まんがつのる, 怒りを感じる」といった怒り因子が低く, 半年前よりも調査当時の怒り因子が低いという結果であった。例えば, 文部科学省からの指針として, 初等・中等教育では, 2020年3月から一斉休校が実施されたが, 緊急事態宣言下であっても, 時差通学や三密を避ける取り組み, 夏期休業の短縮をして, 学校での面接授業による学修の機会を確保していた。一方で, 高等教育機関では2020年10月調査¹³⁾で示されていたように, 開講科目の半数以上が遠隔授業となっている大学も多く¹⁴⁾, 学生の憤まんがストレスになっていった可能性も考えられる。そのため, 調査当時においては, 面接授業が徐々に再開¹⁶⁾¹⁹⁾され, 情緒的に安定してきている兆しを示していると考えられる。今後, 遠隔授業と面接授業が並行して実施されるハイブリッドな学修環境が継続されていくとしても, 就学者が精神的に安定して修学できる状況とな

っていくことが期待される。

(2) ストレッサーの特徴

情動に関連する心理的ストレス・モデル²²⁾に基づくと、ストレッサーを経験した人には、そのストレッサーの強度に応じて負の情動反応が発生するとされる。つまり、調査当時よりも半年前のストレス反応においては、前節で考察された結果である、抑うつ因子、不安因子、怒り因子、情緒的混乱因子、引きこもり因子が高い、ということが示唆するように、負の情動反応が発生していると考えられる。さらに、この情緒的反応と認知・行動的反応だけでなく、身体的疲労感因子も高い値であったことは、この社会的状況や調査対象者の周辺状況におけるストレス要因が身体的反応まで影響を及ぼしている可能性がある。先行研究³⁰⁾において、個々人の対処スキルによるストレス・コーピング(対処の仕方)がなされずにストレス反応が長期間持続されてきた場合、身体反応が生じることに至ることが明らかにされている。現代の社会に生きている人たちが経験したことのない未曾有の感染症であるが故に、多くの人が持ちうるコーピングあるいはコーピング・ストラテジーでは対処しきれず、ストレス反応に至ってしまった可能性も考えられる。

また、本研究の結果から「授業」に関して調査当時の「半年前」にストレッサーとして強く認知されていた項目は、「課題や試験が大変な授業を受けるようになった」、「自分の勉強、試験、卒業などがうまく進まない」、「興味の持てない授業を受けるようになった」、「現在専攻している学問(分野)に対する興味が失せた」であった。これらは従前の受動的な講義形式や対話的なアクティブラーニングによる授業形式であったものが、遠隔授業形式に移行せざるを得なかった状況を如実に示している可能性がある。つまり、ITインフラが十分に整っていない状況で遠隔による授業形式を強いられる高等教育機関、遠隔授業に順応できていない教員による運営形式やカリキュラム構成、であったことである。面接授業でのカリキュラムをそのまま遠隔授業に転用した結果、「課題や試験が大変な授業」を受けることになり、さらには不慣れな遠隔授業であるために「自分の勉強がうまく進まず」、従前の面接授業であれば魅力的な授業であったカリキュラム内容が「興味の持てない授業」として受け止められてしまい、「専攻している学問への興味が失せる」結果となってしまった可能性も考えられる。放送大学では、授業時間の半分に相当する45分に短縮された動画視聴や音声受講、補助教材(指定教科書)の利用、そして各学期の中期に通信指導(選択解答による在宅受験の中間テスト形式)を取り入れて、学生の学問への興味が減退させない工夫をしている。このような遠隔授業での授業改善の工夫が必要であろう。今後も、遠隔授業が中心となる開講形態ではその効果は十分なものとはいえない

可能性があるが、高等教育機関において面接授業のカリキュラムによる学習の補完として遠隔授業の効果が認められる報告²³⁾もあり、面接授業が徐々に再開¹⁷⁾された暁には、遠隔授業が学修効果を高めるための一助になることを期待したい。

次に、「交流」に関して強く認知されていた項目は、「一人で過ごす時間が増えた」、「いっしょに楽しめる友人が減った」、「家族の誰かと議論、不和、対立があった」であった。これらの結果のうち、前二項目は、不要不急の外出自粛の要請、在宅受講、人との接触を極力避ける行動の推奨、といった従前とは異なる新たな生活様式を強いられることになったことが大きな要因と考えられる。特に、高等教育機関に就学する学生においては、調査当時の「半年前」には、ITインフラが十分に整備されていないこともあり、多くの大学ではオンディマンド形式の遠隔授業を取り入れざるを得ない状況にあったことが関係している可能性がある。つまり、オンディマンドによる授業形式では、他の就学者などの他者は介在せず、個々人の閉鎖的時空間での一方的な教授となるため、「一人で過ごす時間が増える」ことになる、そして、教育機関における他の受講生との関係構築が乏しくなってしまう「いっしょに楽しめる友人が減った」ことに繋がっていたと考えられる。遠隔授業では、通学時間の有効活用、IT技能の修得も想定できる一方で、面接授業などと異なり、他の受講生との協同的な学び²⁾を得ることが困難となりうる。教育機関での面接授業は、受講生同士がコミュニケーションをとり、協同的な学修を構築する時空間となっていることも、全人教育としての就学において重要な機会でもある。将来的にも、企業で求められている能力³³⁾である、コミュニケーション、主体性の育成ともなるアクティブラーニング⁹⁾による能動的な学びが近年拡充されてきている中で、面接授業で教育のファシリテーターとしての教員の効果的な役割が遠隔授業では十二分に発揮できず、就学者間の協同的な学びが希薄となってしまうことが懸念される。また「家族の誰かと議論、不和、対立があった」ことは、新たな生活様式、不要不急の外出自粛など、在宅だけでなく、従前の活動範囲から規制されてしまった社会的状況との関係が影響して、高等学校に就学する生徒で抑うつ30%、自傷26%の傾向⁶⁾、家庭内での不和²⁶⁾、オンライン授業の影響²¹⁾、さらには高等教育機関で就学する世代のメンタルヘルスへの影響²⁰⁾などの要因が想定され、精神的にも疲弊している可能性が考えられる。

そして「生活」に関して強く認知されていた項目は、「生活が不規則になった」、「暇を持て余した」の2項目、「身体」では「体重が増えた」であった。ストレス反応に関する考察で前述したように、初等・中等教育に比べて、高等教育で学ぶ学生の生活習慣は、自分自身で生活習慣を調整できる年代であるために生活習慣の悪化傾向があり³¹⁾、「生活

が不規則になった」こと、そして外出行動の自粛や通学機会・時間の減少により、在宅時間が強く意識され、「暇を持て余した」ことが強く意識されていたのであろう。一方で、規則的な生活を送る学生は良好な修学状況となっていること⁵⁾を踏まえると、今後、面接授業が徐々に再開されていく過程¹⁷⁾によって、十分な修学に改善されていくことが期待される。また「体重が増えた」ことは、従前の2020年2月上旬よりも2020年4月上旬の緊急事態宣言下での国民の生活では座位時間の増大、中・高強度の運動時間の減少だけでなく、歩数は30%も減少していること¹⁾、さらに「生活が不規則になった」ことと併せて考察すると、今後、食事療法や運動療法によって生活習慣を改善し、良好なメンタルヘルスに変化させていくこと³⁾が必要と考えられる。

これらの結果から、通学によっても「運動不足」が少しずつ改善され、外出自粛という状況から身体活動への取り組みによるメンタルヘルス改善、面接授業に規則的に出席することによって生活習慣の改善、さらには学友との交流によって、メンタルヘルスが改善されることを期待したい。

(3) 本研究の限界と今後の課題

本研究は、まず小規模で横断的な調査研究であるため、大学生全般に一般化した結果であると結論づけることは難しいことが研究の限界として挙げられる。そのため、様々な学部での授業の開講形態に基づいて、ストレス者とストレス反応を検討していくことが必要であると考えられる。次に、ストレス者とストレス反応の直接的な因果関係を実証することが困難であったことが挙げられる。これらを改善するため、対処の仕方(コーピング)を加え、今後、大規模調査によって高等教育機関で就学する学生のメンタルヘルス、ストレス者、コーピング、ストレス反応、そして授業体制による生活習慣の関係について、個人と環境との相互作用を視野に入れたトランスアクションモデル¹¹⁾を踏まえた検討に拡張する必要もあるだろう。また、後期の面接授業が開始され、前期の遠隔授業の期間よりも、情緒的に安定した期間に、前期の状況を回想的に回答させたことが挙げられる。つまり、緊急事態宣言下で外出自粛や行動制限があった社会的状況の中で遠隔授業を受講していた時期には、調査当時よりもストレス者の認知の程度やストレス反応が高かった可能性がある。そのため、ストレス者、コーピング、ストレス反応に対する評価については、遠隔授業期間での評価でないことに注意することも必要であろう。

6. 結論

本研究におけるストレス反応の結果から、情緒的反応3因子「抑うつ、不安、怒り」、認知・行動的反応2因子「情

緒的混乱、引きこもり」、身体的反応1因子「身体的疲労感」の認知的評価が面接授業期間よりも遠隔授業期間で高いということ、しかしながら身体的反応1因子「自律神経系の活動亢進」という重篤なストレス反応が高まっていないことが明らかになった。また、ストレス者の結果から、従前の面接授業から変更を余儀なくされた遠隔授業による授業体制やカリキュラム、他者交流の機会欠如もしくは低減、そしてこれらに伴う他者との不和状態の経験、さらには生活習慣や運動習慣の変化による身心状態の変化に関して認知していることが明らかになった。これらのストレス要因や反応に対しては、反応の生起を阻止するためのストレスマネジメント³⁰⁾に関する教育やその能力を養う機会を各教育機関で提供することも重要である。

本研究では、高等教育機関に就学する学生に対して、遠隔授業期間と面接授業を徐々に取り入れていく期間におけるストレスに関する認識調査であった。今後は、面接授業が徐々に再開されていく中での、生活習慣の変化、ソーシャルサポートとの関係にも研究を進展させていくことが有用な情報を得るために重要だろう。

文献

- 1) 天笠志保・荒神裕之・門間陽樹・鳥取伸彬・井上茂(早期公開) 新型コロナウイルス感染症流行下における身体活動研究の現状：デジタル技術の革新・普及による身体活動研究の方法論的特徴とその知見. 運動疫学研究.
- 2) 石田裕久・鈴木稔子(2006) 協同学習の考え方「協同」を学ぶ授業実践. 人間関係研究, 5: 15-30.
- 3) 石原礼子・馬場園明・亀千保子・八尋玄徳・西岡和男(2005) 生活習慣病予防事業におけるメンタルヘルスの変化と生活習慣改善および身体的健康度改善との関連. 日本衛生学雑誌, 60: 442-449.
- 4) 菊島勝也(2002) 大学生ストレス尺度の作成：ストレス反応、ソーシャル・サポートとの関係から. 愛知教育大学研究報告：教育科学, 51: 79-84.
- 5) 木内敦詞・中村友浩・荒井弘和・浦井良太郎・橋本公雄(2010) 大学初年次生の生活習慣と取得単位数の関係. 大学体育学, 7: 69-76.
- 6) 国立成育医療研究センター(2020) コロナXこどもアンケート第3回調査報告書.
https://www.ncchd.go.jp/center/activity/covid19_kodomo/report/CxC3_finalrepo_20210206am3.pdf, (参照日2021年2月13日)
- 7) 厚生労働省(2020a) 報道発表一覧(新型コロナウイルス).
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000121431_00106.html, (参照日2020年4月23日)
- 8) 厚生労働省(2020b) 海外の状況：中華人民共和国湖北

- 省武漢市における原因不明肺炎の発生について。
https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_08767.html (参照日 2020年4月23日)
- 9) 小山理子・溝上慎一 (2018) 「講義への取り組み方」と「アクティブラーニングへの取り組み方」が学習成果に与える影響. 日本教育工学会論文誌, 41 : 375-383.
- 10) Lazarus, R.S. and Folkman, S. (1984) Stress, appraisal, and coping. Springer Publishing Company:NY.
- 11) Lazarus R. S. and Folkman S. (1987). Transactional theory and research on emotions and coping. *European Journal of Personality*, 1:141-169.
- 12) 真船浩介・鈴木綾子・大塚泰正 (2006) 大学生におけるストレスの特徴：認知的評定, 及び心理的ストレス反応と関連の検討. 学校メンタルヘルス, 9:57-63.
- 13) 文部科学省 (2020a) 大学等における後期授業の実施方針の調査について (地域別状況).
https://www.mext.go.jp/content/20201002-mxt_kouhou01-00004520_3.pdf, (参照日2021年1月30日)
- 14) 文部科学省 (2020b) 大学等における後期等の授業の実施状況に関する調査.
https://www.mext.go.jp/content/20201223-mxt_kouhou01-00004520_01.pdf, (参照日2021年2月15日)
- 15) 文部科学省 (2020c) 大学等における新型コロナウイルス感染症への対応ガイドラインについて (周知).
https://www.mext.go.jp/content/20200605-mxt_kouhou01-00004520_5.pdf, (参照日2020年10月18日)
- 16) 文部科学省 (2020d) 大学等における新型コロナウイルス感染症対策の徹底と学生の学修機会の確保について (周知).
https://www.mext.go.jp/content/20201223-mxt_kouhou01-00004520_03.pdf, (参照日2021年2月15日)
- 17) 文部科学省 (2020e) コロナ対応の現状, 課題, 今後の方向性について.
https://www.mext.go.jp/content/20200924-mxt_keikaku-000010097_3.pdf, (参照日2020年12月20日)
- 18) 文部科学省 (2020f) 令和 2 年度における大学等の授業の開始等について (通知).
https://www.mext.go.jp/content/20200324-mxt_kouhou01-00004520_4.pdf, (参照日2020年10月20日)
- 19) 文部科学省 (2021) 大学等における新型コロナウイルス感染症対策の徹底と学生の学修機会の確保について (周知).
https://www.mext.go.jp/content/20210106-mxt_kouhou01-00004520_02.pdf, (参照日2021年3月10日)
- 20) Newsweek (2020) コロナ禍による将来展望の悪化が, 若者のメンタルを蝕んでいる.
<https://www.newsweekjapan.jp/stories/world/2020/09/post-94451.php>, (参照日2021年3月10日)
- 21) NHK NEWS WEB (2020) 5か月連続で自殺した人は前年比増 学生や働く女性などで深刻に.
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20201222/k10012776801000.html>, (参照日2021年3月10日)
- 22) 新名理恵 (1995) 介護の心理的ストレス・モデル. ストレス科学, 10 : 220-223.
- 23) 西村昭治・向後千春 (2015) 早稲田大学eスクール-10 年間の実績とシステム-. 教育システム情報学会誌, 32 : 8-15.
- 24) 尾関友佳子 (1993) 大学生用ストレス自己評価尺度の改訂：トランスアクションな分析に向けて. 久留米大学大学院比較文化研究科年報, 1 : 95-114.
- 25) 尾関友佳子・原口雅浩・津田彰 (1991) 大学生の生活ストレス, コーピング, パーソナリティとストレス反応. 健康心理学研究, 4 : (2) 1-9.
- 26) 産経新聞 (2021) 自殺増加の原因, 家庭内不和, 孤独感…コロナ自粛生活の影響か.
<https://www.sankei.com/life/news/210122/lif2101220074-n1.html>, (参照日2021年4月13日)
- 27) Selye, H. (1956) *The Stress of Life*. McGraw-Hill.
- 28) Shepherd, H.A., Evans, T., Gupta, S., McDonough, M.H., Doyle-Baker, P., Belton, K.L., Karmali, S., Pawer, S., Hadly, G., Pike, I., Adams, S.A., Babul, S., Yeates, K.O., Kopala-Sibley, D.C., Schneider, K.J., Cowle, S., Fuselli, P., Emery, C.A., and Black, A.M. (2021) The impact of COVID-19 on high School Student-athlete experiences with physical activity, mental health, and social Connection. *International Journal Environmental Research and Public Health*, 18:3515.
- 29) Suda, M., Nakaya, K., and Morimoto, K. (2007) Relationship between behavioral lifestyle and mental health status evaluated using the GHQ-28 and SDS questionnaires in Japanese factory workers, *Industrial Health*, 45: 467-473.
- 30) 鈴木伸一 (2004) ストレス研究の発展と臨床応用の可能性. 坂野雄二 (監) ストレスマネジメント実践マニュアル. 北大路書房, pp.3-11.
- 31) 高本真寛・古村健太郎 (2018) 大学生におけるアルバイト就労と精神的健康および修学との関連. 教育心理学研究, 66 (1) : 14-27.
- 32) 谷口幸一 (2008) 心の健康論. 財団法人健康・体力づくり事業団 (編) 健康運動指導士養成講習会テキスト (下). pp.1401-1416
- 33) 帝国データバンク (2020) 求める人材像, コミュニケーション能力が高い人材が増加 (2020年11月11日)
<https://www.tdb.co.jp/report/watching/press/pdf/p201101.pdf>, (参照日2021年3月25日)

(2021.9.30受付)

歯科インプラントへの適用を想定した多孔質チタン複合材料の 製作と評価

坂本 裕紀¹・川上 雄二²

¹ 機械工学科, ² 久留米高専 材料システム工学科

チタンは人体に無害で組織適合性に優れているため、生体材料として使用されているが、チタンの弾性係数は骨の弾性係数とは異なるため、骨と直接結合させることは困難とされる。その解決策として、チタンを多孔質にすることが挙げられる。多孔質化することで骨の弾性係数に近似が可能であり、更に、骨が気孔に浸透することで強い結合が期待できる。本研究では、歯科インプラントを想定した多孔質チタン複合材料を製作する目的で、リン酸カルシウムをチタン粉末に添加した試料を放電プラズマ焼結 (SPS) 法により焼結した。重量比を変えた試料を評価した結果、機械的性質は重量比5%まで保持されることを明らかにし、多孔質チタンの特性を生かしながら生体適合性の向上を期待できることが分かった。

キーワード：多孔質チタン、放電プラズマ焼結、インプラント

1. 緒言

純チタン及びチタン合金は軽量で耐熱性・耐腐食性に優れた金属材料として、航空機・化学プラント・潜水艦と用途が多岐に渡る。また、人体に無害で組織適合性が良いため、現在歯科インプラントなどの歯科臨床によく用いられている¹⁾。しかし、チタンと骨の弾性係数が異なることから (チタン：105～110GPa, 人骨：17～20GPa)²⁾、ストレスシールドリングが発生し、骨と直接結合しにくいことが問題となっている。チタンインプラントの治療期間は、一般に約6～12ヶ月を要するといわれる。よって、歯科インプラントは人体への強固な早期結合が求められている。解決策として、チタンを多孔質化する方法がある。チタンの多孔質化は、骨の弾性係数に近似できるほか、チタンの表面積が増加し、また気孔に骨が侵入することによって強固な結合が期待できる^{3,4)}。多孔質チタンの最も簡単な製作法として、粉末の粒子間隙を利用して気孔を形成させる粉末焼結法が多く研究されている。特に放電プラズマ焼結 (SPS : Spark Plasma Sintering) 法はホットプレスなどの従来法に比べエネルギー制御性、短時間焼結などにおいて優れており、従来法より 200～500℃ほど低い温度域で、5～20分程度の短時間で焼結あるいは焼結結合を可能とする材料合成加工技術である⁵⁾。しかし、多孔質チタンをインプラントに用いるには強度、弾性係数が不足している状態であり、それらの改善が求められている。

現在、純チタンとチタン合金の研究は進んできてはいる

ものの、多孔質チタンの医療応用に関する研究は進んでいない。また、今まで多孔質チタンを用いた歯科インプラントでの *in vivo* 実験が行われた例は少ない。*in vivo* 実験とはマウスなどの実験動物を用い、生体内に直接被験物質を投与する実験である。生体内や細胞内での反応を検出し、ヒトに対する化学物質の影響を評価するためのより正確な情報が得られることが期待される。その為、多孔質チタンインプラントの実用化のために *in vivo* 実験は必須である。本研究では、実際に歯科インプラントに用いるための多孔質チタン複合材料の研究を行った。従来はチタン粉末のみで試料を製作していたが⁶⁾、骨との早期結合性という面で実用化に向けて不安な部分がある。したがって、今年度は放電プラズマ焼結 (SPS : Spark Plasma Sintering) によって試料を製作する際に、骨類似の成分を有する二リン酸カルシウム CaHPO_4 を添加し、歯科インプラント製作した。その後、骨への埋入時に最適な強度、早期結合性と多孔性を有する多孔質チタン複合材料の医療応用の前段階として、圧縮試験、SEM 観察、XRD を用いた成分分析の物性評価を行った。

2. 供試材

多孔質チタンの試料には粒度 125 μm アンダーの球状純チタン粉末を用い、放電プラズマ焼結 (SPS) によって製作した。Fig.1 に SPS の概略図とダイスとパンチの画像を示

す。ダイスに粉末を投入し、カーボンシートとパンチで挟み、上下両側からパルス電流を印加し、加圧する。その際の加圧力とジュール熱によって粉末を焼結させる。チタン粉末とリン酸カルシウムの複合材料は、リン酸カルシウムとチタン粉末の重量比を変化させ、SPS を行うことで製作した。

昨年の研究より、SPS の焼結条件は圧縮力を 30 MPa、焼結温度 570℃を一定とし、保持時間 15 分間で製作した。製作した複合材料は、直径 $d=5\text{ mm}$ 、長さ $l=10\text{ mm}$ の円柱状である。Table 1 にチタン粉末とリン酸カルシウム複合材料の重量比の変化を示す。

3. 実験方法

(1) 圧縮試験

強度評価として、AG-X 材料試験機を用いた圧縮試験を行った。この試験機は各種材料あるいは製品に負荷を与え、その経過や結果として強度・剛性・弾性・硬さ・粘性・耐久性などの物理的特性を数値として検出、あるいは形状を観察するために用いる試験機であり、多くの分野で用いられている。試験治具の取り付けにより多様な使い方ができることから万能試験機と呼ばれているが、主に引張試験機として用いられ、圧縮・曲げ・硬さ試験などにも利用される。実際に人工骨や歯科イプラントとして使用することを想定すると、ヒトの日常的動作において骨や歯根には屈伸や咬合など主に圧縮方向の荷重が加わることがわかる。

本研究では、万能試験機を用いて圧縮試験により強度評価を行った。試験ではクロスヘッド速度を 2.0 mm/min で圧縮を行い、試料あるいはグラフから明らかに材料が破壊したと確認できるまで試験を行った。その後、圧縮応力とひずみを計算し、弾性係数を算出した。

(2) 表面観察

本研究では、SPS によって製作したチタン粉末とリン酸カルシウム複合材料の気孔の有無、結合の状態を調べるため、走査型電子顕微鏡 (SEM) による観察を行った。また、焼結前と焼結後での成分の変化を XRD 測定によって比較し、リン酸カルシウムの焼結前後での成分変化を評価した。

(3) NC 旋盤によるねじ切り加工

歯科インプラントとして実際に医療に用いる際には、切削やねじ切りなどの加工を施す。そこで、各条件の加工特性を SEM による観察から評価した。

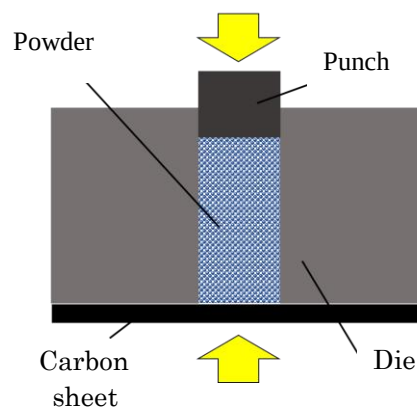
本研究ではコレットチャックを用いてチタン粉末とリン酸カルシウム複合材料をチャッキングし、複合材料側面の加工にスローアウェイの外形バイト、ねじ切り加工にねじ切りバイトを用いてテーパ加工、ねじ切り加工を行い、SEM による観察を行った。

4. 結果および考察

(1) 圧縮試験

チタン粉末にリン酸カルシウムを複合させた材料のリン酸カルシウムの割合による密度の変化を Fig.2 に示す。すべての条件においてチタン粉末のみの材料よりも密度が低いことが確認できた。また、リン酸カルシウムの割合による気孔率の変化を Fig. 3 に示す。リン酸カルシウムを添加した複合材料の場合、チタン粉末のみの材料よりも気孔率が高くなるということがわかった。

次に、チタン粉末にリン酸カルシウムを複合させた材料の条件別の応力-ひずみ線図を Fig.4、圧縮強度と弾性係数の比較を Table 2 に示す。結果より、チタン粉末のみの材料よりも弾性係数が向上したことがわかる。しかし、圧縮応力は全てチタン粉末のみの材料よりも下回ってしまった。Conditions B はチタン粉末のみの材料とほぼ同等の圧縮応力になった。リン酸カルシウムを添加すれば生体適合性の向上が期待できるが、機械的強度の面で問題である。したがって、リン酸カルシウムを重量比 5%まで添加することで、チタンの機械的特性を保った複合材料が製作することがわかった。しかし、人骨の弾性係数である 20 GPa を下回った結果であるため、今後も SPS の条件変更、リン酸カルシウムの添加量調整が必要不可欠であると考えられる。



(1) Schematic



(2) Die



(3) Punch

Fig.1 Schematic diagram of discharge plasma sintering (SPS) and die image.

Table1 Weight ratio of calcium phosphate and powder titanium (g)

	Calcium phosphate : Powder titanium
Conditions A	3 : 97
Conditions B	5 : 95
Conditions C	10 : 90

(2) 表面観察

SEM による表面観察の画像を Fig5 に示す. (1)は従来の研究で製作したチタン粉末のみの材料である. (2)以降が各条件のチタン粉末とリン酸カルシウム複合材料である. 比較すると画像より, 球状のチタン粉末の隙間に白色の物質を確認することが出来る. チタン粉末とリン酸カルシウムを複合した材料であるため, この物質はリン酸カルシウムであると考えられる. また, すべての条件において焼結によって起こる酸化膜の生成などの問題点は見られなかった. よって, この焼結条件の設定は妥当であったと考えられる.

また, 各条件での XRD 測定を行った. 試料形状は, 円柱型の複合材料を側面から中心まで研磨によって削り, その断面に対して X 線を照射した. ステージはバルク体用に変更した. 測定条件は銅管球を使用し, 測定電圧は 45kV, 電流は 40mA, 角度は 20~80°までとした. 最もリン酸カルシウム含有量が高い Conditions C を測定したところ, リン酸カルシウム由来と思われるピークを検出することが出来なかった. そこでリン酸カルシウムの割合を増やした 50 : 50 の複合材料を製作した. リン酸カルシウム粉末と 50-50 複合材料の重ね合わせを Fig.6 (1)に示す. また, Conditions C と 50-50 複合材料の重ね合わせを Fig.6 (2)に示す.

重量比 50 : 50 複合材料に関して XRD 測定を行ったところ, リン酸カルシウムと全く同じピークは検出されなかった. しかし, $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ などリン酸カルシウム由来と思われるピークは存在しているため, 焼結によりリン酸カルシウムが化学変化を起こしているものの, 消失していないと考えられる. 焼結体であるため, 結晶の配向性の違いにより強度ピークの大きさに差があるのではないかと考え, 複合材料に X 線が当たる角度を 45°, 90°と変化させて測定を行ったが, ピーク強度の変化は確認されなかった. これより試料表面において, 結晶の配向性が揃っており, XRD の結果に影響を及ぼしているといったことはないと考えられる.

本研究で用いたチタンと二リン酸カルシウム CaHPO_4 を混合して焼結し, 検出されたピークはチタンおよびピロリン酸カルシウム $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ のものであった. この結果より焼結前後でのリン酸カルシウムの変質は起こっていると考えられる. しかし, CaHPO_4 から $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ という変化は特異的なものではなく, 本研究における原材料の焼結では普遍的に起こり得ることだと考えられる. 以上より, 本研究

では正しく焼結が行われたことが考えられる.

(3) ねじ切り加工

NC 旋盤によるねじ切り加工を各条件の複合材料に施した. 各条件において, ねじ切り加工を行った際の SEM による観察結果を Fig.7 に示す. すべての条件においてねじ切り加工時の摩擦による溶着は確認されなかった. また, Conditions A と Conditions B においてインプラントのねじ山よりもフィクスチャーに近い部分に緻密な部分が出来ていた. これはねじ切り加工時の摩擦ではなく SPS による焼結時に起因していると考えられる.

Fig.1 のように電流がパンチ部分のみとカーボンシート部分全体に流れるため, パンチ部分側の焼結が早期に完了し, 焼結終了時に相対的にパンチ部分側が緻密, カーボンシート側が気孔を多く含んだ材料になった.

本来であればすべて均等に焼結することが理想であるが, 歯科インプラントに用いる際において, 実際に埋入する部分が多孔質であればよいので, 本研究では SPS によって緻密から徐々に多孔質になる材料は非常に理想的な材料だと考えられる.

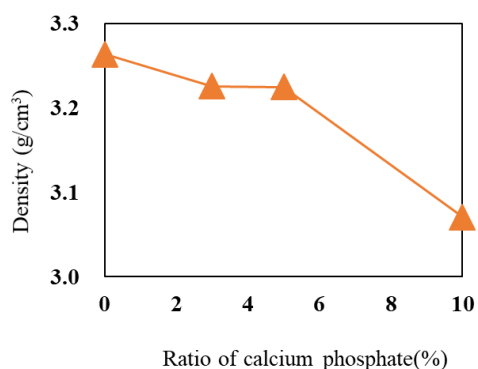


Fig.2 Change of density by ratio of calcium phosphate.

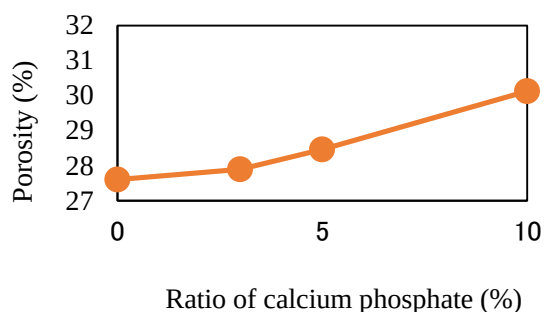


Fig.3 Change in porosity with proportion of calcium phosphate.

5. 結言

歯科インプラントに用いるための多孔質チタン複合材料を製作するために、SPS を用いて試料を製作し、圧縮試験、SEM 観察、XRD 測定などの物性評価を行い、評価した。得られた結果を以下に示す。

1) 圧縮試験の結果より、チタン粉末のみの材料よりも弾性係数が向上した。しかし、圧縮応力は全てチタン粉末のみの材料よりも下回ってしまったため、複合材料の圧縮応力、弾性係数がチタン粉末と同等である Conditions B のように、リン酸カルシウムを重量比5%まで添加することで、チタンの機械的特性を保った複合材料が製作できる。

2) SEM による観察において、チタン粉末とリン酸カルシウム複合材料において SPS 後、チタン粉末とリン酸カルシウムが混合されていることが確認できた。ねじ切り加工では、Conditions A, Conditions B においてフィクスチャーに近い部分で緻密な部分が確認されたが、これは SPS に起因している。

3) XRD 測定では、重量比 50 : 50 の複合材料を製作し XRD 測定を行い、リン酸カルシウムと全く同じピークは検出することが出来なかった。しかし、 $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ などリン酸カルシウム由来と思われるピークは存在しているため、焼結によりリン酸カルシウムが化学変化を起こしていることがわかった。

4) 本研究で用いたチタンと二リン酸カルシウム CaHPO_4 を混合して焼結し、検出されたピークはチタンおよびピロリン酸カルシウム $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ のものであった。しかし、この変質は特異的なものではなく、焼結時に普遍的に起こり得ることだと考えられる。本研究では正しく焼結が行われたことを示しており、今後の実験では、同様の手法で多種のリン酸カルシウム(HA や TCP)を用いた場合には、変質せずにそれらが検出されることが期待できると考えられる。

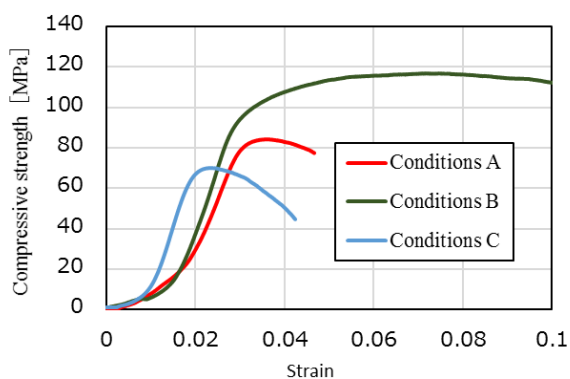
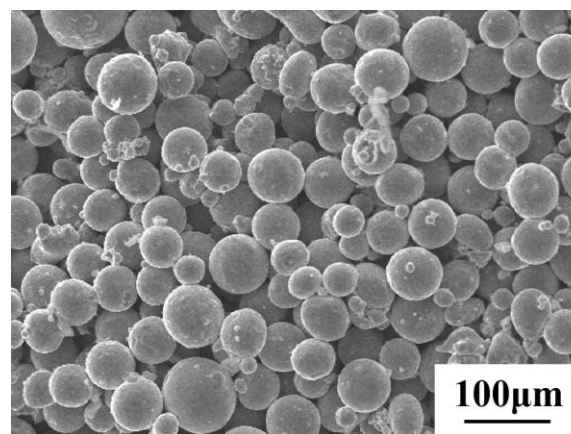


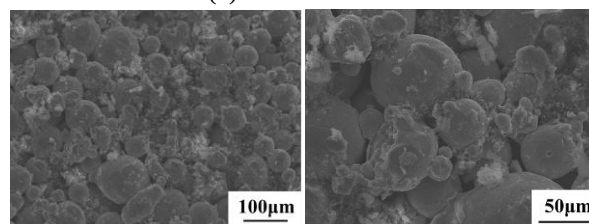
Fig.4 Stress strain diagram under each condition.

Table2 Compressive strength and elastic modulus of composite material.

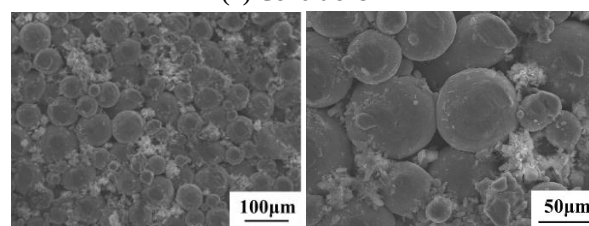
	Compressive strength [MPa]	Elastic Modulus [GPa]
Porous titanium	120MPa	4.7GPa
Conditions A	87MPa	5.6GPa
Conditions B	111MPa	6.7GPa
Conditions C	69MPa	5.1GPa



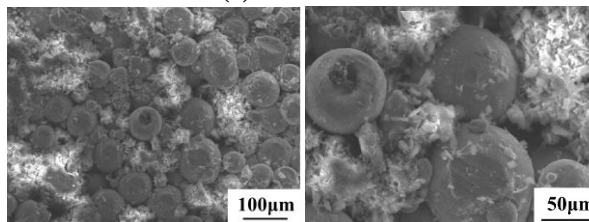
(1) Porous titanium



(2) Conditions A



(3) Conditions B



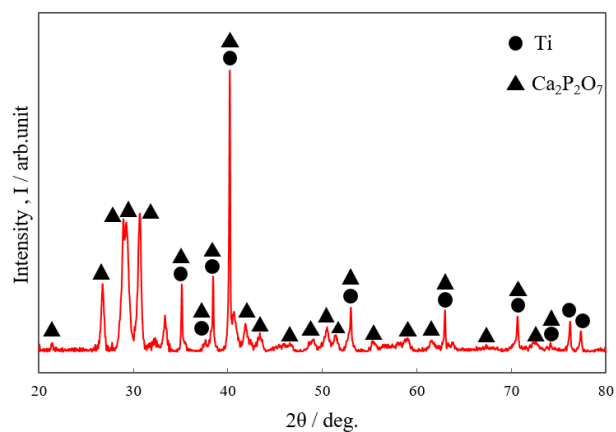
(4) Conditions C

Fig.5 Surface image under each condition by SEM observation (1) ~ (4).

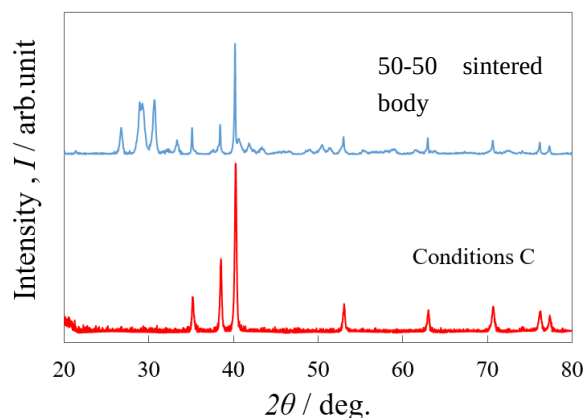
参考文献

- 1) H.J. Breme, J.A. Helsen : John Wiley & Sons, England (1998) , pp.37-71.
- 2) W.G. Billotte : ed. by JD. Bronzino, The Biomedical Engineering Handbook. 2nd ED. FL : CRC press LLC (2000), pp.11-38.
- 3) R. Van Noort : J. Mat. Sci, **22** (1987), pp.3801-3811.
- 4) S.J Simske, R.A. Ayers, T.A. Bateman : Mater. Sci. Forum, **250** (1997), pp.151-182.
- 5) K. Asaoka, M. Kon : Mater. Sci. Forum, **426** (2003) , pp.3079-3084
- 6) Y. Sakamoto, A. Hayato : J. Jpn. Soc. Powder Powder Metallurgy, **62**(2015) , pp.53-58

(2021.9.30受付)

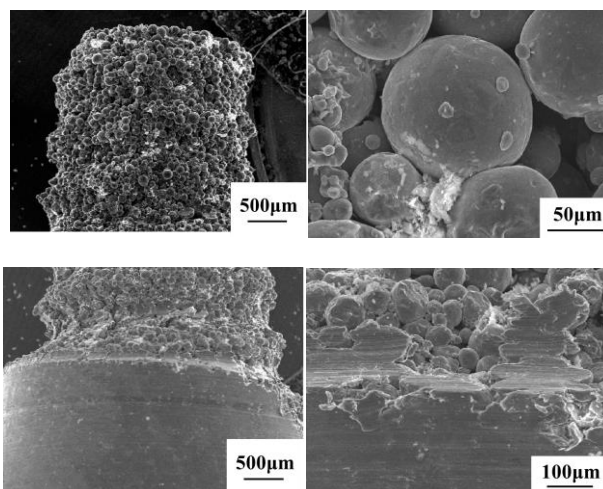


(1) XRD measurement result of 50-50 sintered body

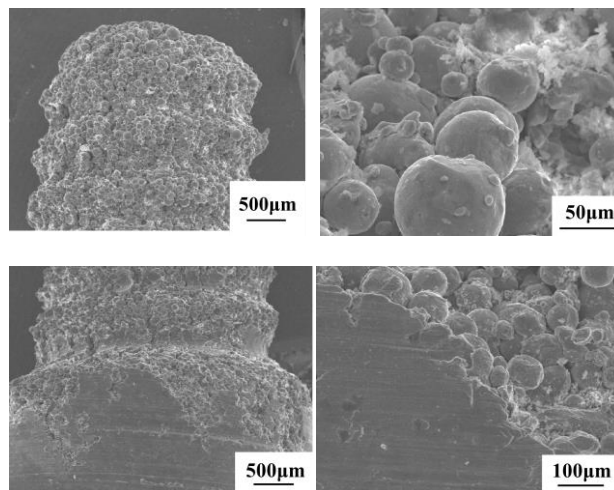


(2) Overlay of weight ratio conditions C sintered body, 50-50 sintered body

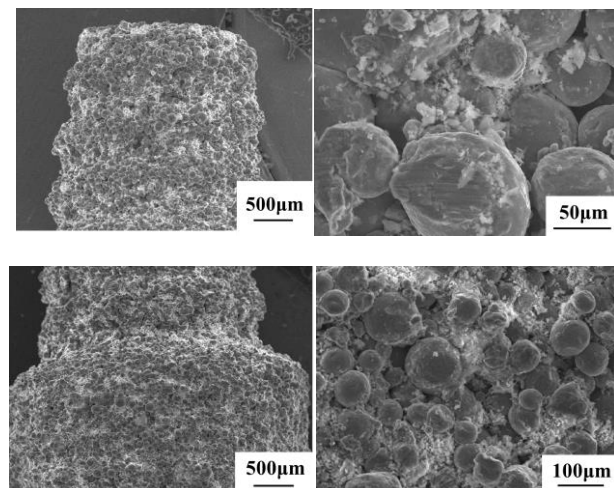
Fig.6 Component analysis results by XRD.



(1) Conditions A



(2) Conditions B



(3) Conditions C

Fig.7 Image of threaded surface under various conditions by SEM observation.

CADとVBAを活用した線形代数の学習教材

山本 通¹・片伯部雅清¹・田中 真樹¹

¹機械工学科

少子化によって入学が容易な状況となったからか、小学校や中学校の教え方と高専の教え方の違いによるものか、本校では、今まで以上に一部の学生に対して、基礎教育の充実やサポートが不可欠な状況となってきた。一方、益々加速化する情報化社会において、情報教育の強化は必須となっており、本校でも、BYOD(Bring Your Own Device)の実施や情報に関するカリキュラム改訂などの準備が進められているが、教材の検討や開発も進める必要がある。そこで、学生の数学力向上を図りながら、同時に情報教育も充実させるような方法がないか検討を行い、手始めに学生が2年次に学ぶ線形代数の内容の一部を、CADで視覚化したり、VBAを使って数値計算プログラムを作成させたりするような取組みを行った。本稿では、その詳細や効果について紹介する。

キーワード：線形代数，CAD，VBA，学力低下，BYOD，ITスキル

1. 緒言

高等専門学校は、実践的・創造的技術者を養成することを目的とした高等教育機関で、現在は50を超える国立高等専門学校が全国に設置されている¹⁾。本校は、これまでの実績や地理的条件(県庁所在地に設置されている)などから、中学時に学業成績が比較的優秀であった生徒が入学する傾向にある。しかし、昨今の少子化の影響で中学生総数が減少しているにも関わらず、入学定員は変更されていないため入試倍率は年々減少してきており、以前と比べると、入学が容易な状況となっており、それにともなって学生の平均的な学力も低下しているように思われる。特に、本校の低学年では、微分積分や線形代数などの数学、物理や化学で、つまづく傾向があるように思われ、各教科担当教員が様々な工夫をして、学生の理解を深めようと努力している。このような学力低下に関する傾向は、本校だけでなく他の高専や大学でも問題となっているようで、さまざまな工夫や対策が進められている²⁻⁶⁾。

一方、情報活用能力を卒業後の進路を問わず習得させる目的で、2022年から、高校でもプログラミングを含む情報Ⅰの授業の必修化が予定されている⁷⁾。技術者育成を目的とした高専では、当然、普通高校よりレベルの高いより実践的な教育が求められることから、全国の国立高専の上部組織である高専機構が旗振り役となり、情報教育のカリキュラム改訂に向けた活動が行われており、本校でもそれに伴うカリキュラム改訂やBYODの実施準備なども進められている。ここで、現在、本校・機械工学科では、1年次に

機械実習Ⅰの授業でレゴを使ったプログラミング、2年次に機械実習ⅡでMicrosoft Officeの基本的な操作方法の習得や3DCADでの図面作成、機械工作法ⅠでMicrosoft Excel(以下、Excelと言う)を使つての数値計算、3年次に情報工学ⅠでC言語によるプログラミングなど、情報スキルを向上させるための授業が行われているが、現状では、低学年では情報教育に関して、十分な授業時間が確保されているとは言えない。

以上のようなことから、学生の数学力を向上させながら、情報教育も充実させるような方法がないか検討を行い、手始めに、線形代数で学ぶ内容の一部を、CADで描かせることで理解を深めたり、Excel付属のVBA(Visual Basic for Applications)を使って必要な関数のプログラミングをさせたりすることで、CAD操作のスキル向上、プログラミング教育と数学の基礎力向上が図れるか検証してみることとした。本稿では、それらの取組みについて紹介する。

2. ソフトウェア

(1) 3次元CAD

ご存じのように、設計、解析、生産など、ものづくりの現場でCADが有効利用されている。本校・機械工学科でも機械技術者として最低限のスキルを身につけさせるため、CADで設計を行ったり、CAE解析を行ったり、CAMと連動させてものづくりを行ったりする授業を提供しており、2年次から、実際にCADを使う実習を取り入れている。本校機械工学科では、SOLIDWORKS[®]というCADを使用してお

り、これから紹介する取組みは、SOLIDWORKSを使ったものとなるが、基本的なレベルの図形描画のみであるので、他のCAD（フリーで利用できるものも含む）でも同様の操作は可能と思われる。

(2) VBAとC言語

VBAは、Microsoft社のアプリケーション開発用言語であるVisual Basicをもとに、Excel、WordなどのOfficeアプリケーションにおいて、特定の処理を自動化するために開発されたプログラミング言語⁹⁾で、比較的覚えやすくweb上の記事や入門書もとても多く、初心者向きのプログラミング言語とも言われる¹⁰⁾。

本校・機械工学科では、3年生後期から情報工学Ⅰという授業において、Borland C++ compiler 5.5というCコンパイラ¹¹⁾を使用して、C言語を学ばせている。大学や他高専でも、プログラミング言語としてC言語を採用している例が多く、進学時に抵抗が少ない点や、C言語を学ぶことでOSや言語の仕組みが理解しやすいなどの理由で、本校ではC言語をプログラミング言語として採用している経緯があるようである。しかし、初めてプログラムを学ぶ言語としては、コンパイル作業や文法など少しハードルが高い部分があるのも否めない。また、上記のCコンパイラでは、コマンドプロンプトに、コマンドを打ち込む作業が多く、何をやっているのか理解できないまま、授業を受講している学生も一定数いるように思われ、大きな課題であった。そこで、2年次に学習する線形代数の授業の一部の計算を、初心者向きのプログラミング言語とも言われるVBAを使用して、算出させる方法を検討した。線形代数を選択した理由は、CADでの視覚化が行いやすいため、CADとVBAで算出した値等の比較が行いやすいと考えたためである。次章以降で、それらの取組み例を紹介する。

3. 2つのベクトルのなす角度の算出

本校のシラバスによると、2年次の線形代数では、前期中間試験前の第2回目の授業で内積を学習している¹²⁾。内積は、2つのベクトルのなす角度を求めたり、関数の内積などにもつながったりする重要な項目であるので、図形的意味や使い方をマスターしておくことが求められる。そこで、CADとVBAを使い、内積について理解を深めるための教材を作成し、90分授業を想定して補講を行う。

(1) 内積

任意のベクトル $\vec{a}$ と $\vec{b}$ とのなす角度 θ が、以下の式(1)で表現されるのは周知の通りである。

$$\theta = \cos^{-1}((\vec{a} \cdot \vec{b}) / (|\vec{a}| |\vec{b}|)) \quad (1)$$

この内積の公式を授業で習ったばかりの学生に対して、次節で示すようなテキストを作成し補講を行う。ちなみに、補講前に口頭で、「内積について何か覚えていますか？」という質問を学生にしたところ、おおよそ7割程度の学生は、授業で習った覚えはあるが、公式や使用方法などについて、ほとんど何も覚えていない状況であった。

(2) VBAによる2つのベクトルのなす角度の算出

具体的に2つのベクトルを示し、それらがなす角度を以下のように、Excelで算出させる。最初は、図-1(a)に示すように、セルに計算式を打ち込む形、つまり通常のExcelでの算出をさせ、Excelの使用法の確認を行う。恥ずかしながら、本校機械工学科2年生では、このようなExcelの基本操作も出来ない者も複数いると思われるので、Excelの基本的なスキルが身についているか否かを学生自身に確認させる意味もある。

その後、VBAの概要について説明し、図-1(b)のように、2つのベクトルのなす角度を算出する自作関数を作成させ、自作関数の作成手順を学ばせるとともに、自作関数の有用性についても実感させ、プログラミングの基礎を学ばせる。

F5		=ACOS((B5*D5+C5*E5)/(SQRT(B5*B5+C5*C5)*SQRT(D5*D5+E5*E5)))*180/PI()							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1									
2	計算式をセルに入力した計算結果								
3	ベクトル1		ベクトル2		2つのベクトルのなす角度				
4	x	y	x	y	(度)				
5	6	2	10	7	16.557				

(a) 通常計算

F5		=kakudo(B5,C5,D5,E5)				
	A	B	C	D	E	F
1						
2	自作関数を使って計算した結果					
3		ベクトル1		ベクトル2		2つのベクトルのなす角度 (度)
4		x	y	x	y	
5		6	2	10	7	

(b) 自作関数を使った計算

図-1 内積を使った演習例

(3) ベクトルのなす角度のCADによる視覚化

図-2に示すように、CADで、2つのベクトル(線)を描かせて、それらのなす角度を測定させる。本校機械工学科では、2年次前期中間試験前は、授業でCADに触れた時間はほとんどない状況であり、CADの基本的な操作方法から、教える必要があるが、ベクトルを2本描かせて、その角度を求める程度ならば、新たに覚えることは少ない。むしろ、今後、CADを使用する授業が増えるため、良いスキルアップの機会だと考えられる。また、実際にExcelで算出した値と、CADで算出した値が同じになることで、内積に関する理解が深まるのではないかと期待し、CAD操作の手順をテキスト化し、それを学生に配布し、テキストに沿って、CAD操作を覚えさせる。

(4) 2つのベクトルのなす角度のプログラムによる算出およびCADによる視覚化を活用した授業と学生の反応
内積の定義などを学生に改めて確認した後、作成したテ

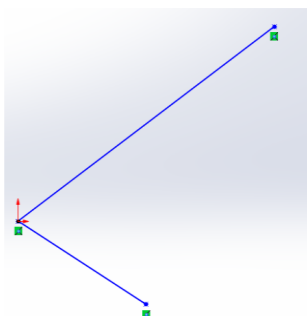


図-2 CAD から求めた 2 つのベクトルのなす角度

表-1 内積教材に関するアンケートと結果

質問	はい	いいえ
内積の公式は、今回の授業を受ける前から覚えていましたか？	12	13
今回の授業を通して、内積に関する理解は深まりましたか？	25	0
今回のような授業形態は、数学などを理解するのに有効だと思いますか？	24	1

表-2 内積教材に関する自由コメント

1. 理解できました。
2. 凄くわかりやすかったです。
3. キヤド難しい。
4. 改めて Excel や SOLIDWORKS が便利だなと感じた。
5. 少し難しすぎて時間が足りなかった。
6. 復習もできたので満足
7. Excel 等の学習は重要と感じます。ですが私個人としてはプログラムについての学習をもっと深めてほしいです。
8. 説明がわかりやすかった。

キストを配布し、2つのベクトルのなす角度を、Excelで算出させたり、CADで図を描き測定させたりして、内積への理解を深める補講を行った。その後、以下のような項目のアンケートを取った。そのアンケート内容と結果を表-1に、自由コメントの抜粋を表-2に示す。アンケート結果から、今回行った補講が概ね学生の内積学習において有効であったと読み取れる。一方、時間が足りなかったり、CAD操作に不慣れな学生もいたりするようで、教材の再検討の余地もあることが分かった。

4. 3点で構成される平面の法線ベクトル算出

本校のシラバスによると、2年次の線形代数では、前期中間試験直前の第8回目で平面の方程式を学習している。平面の方程式は、空間図形を扱ううえでの基本であり、3年次の微分積分Ⅱでは、曲面に対する接平面を計算したり、5年次には筆者の担当する計測工学(選択授業)でも最小二乗平面を扱ったりするため、確実に理解し使えるようになって欲しい内容である。そこで、前章と同様に、CADとVBAを使い、平面の方程式について理解を深めるための教材(以下、平面教材と言う)を作成し、前章と同様に、本校・機械工学科2年生に、90分授業を想定して補講を行う。

(1) 平面の方程式

平面の方程式が、以下の式(2)で表現され、 (a,b,c) が平面の法線ベクトルであることは、高専2年生では、一般常識のようなものである。

$$ax + by + cz = d \quad (2)$$

また、式(2)で (a,b,c) が単位法線ベクトルの時、 d の図形的意味が、原点から平面までの距離であることも知っておくべき知識であると考ええる。これらを、前章と同様にVBAとCADを使うことで、より効果的に学習できないかを以下で検討する。

(2) 3点で構成される平面のCADによる視覚化

図-3に示すように、CADで、3つの点を描かせて、その3点で構成される平面を作成させる。この時点で、CADの内部では、法線ベクトル情報も持っており、CADによっては、プロパティなどから法線ベクトル情報を確認できるが、本

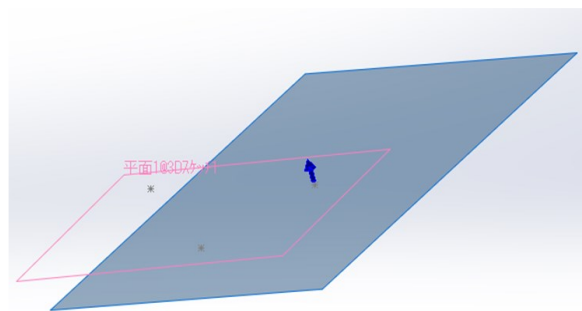


図-3 異なる 3 点で構成される平面

H4									
	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1									
2		ベクトル1			ベクトル2			法線ベクトル	
3		x1	y1	z1	x2	y2	z2	xn	yn
4		-5	5	-3	3	10	4	0.6042986	0.1329457
5		3	出席 番号	4	出席 番号	5	-3		

図-4 外積を使った演習例

法線ベクトル算出

	X	Y	Z
1点目	50	20	-60
2点目	30	-20	-40
3点目	-20	30	-55

計算開始 終了

上の3点で構成される平面の法線ベクトルは

X	Y	Z
0.12143534	0.39466488	0.91076511

図-5 異なる3点で構成される平面の法線ベクトルを算出するユーザーフォーム

校で使用しているCADでは、その情報がユーザー側では、見ることができない仕様のようなのである。したがって、作成した平面に単位法線ベクトルを描く手順を資料化し、それに沿って各学生にCAD上で平面の単位法線ベクトルを描かせる。

(3) VBAによる法線ベクトルの算出

CADで描いた異なる3点から2つのベクトルを取出し、この2つのベクトルから外積を使って、CADで描いた平面の法線ベクトルを求めることができるのは周知の通りである。そこで、平面を構成する2つの異なるベクトルを代入することで、その平面の単位法線ベクトルを算出する自作関数をVBAで作成させる。その演習例を図-4に示す。また、余裕のある者には、コマンドボタンやテキストボックスを使って、図-5に示すようなユーザーフォームを作成させる。

(4) 3点で構成される平面の法線ベクトル算出およびCADによる視覚化を活用した授業と学生の反応

前期中間試験前に、平面の方程式の定義などを改めて確認した後、作成した平面教材に沿って、補講を行った。補

表-3 平面教材に関するアンケートと結果

質問	はい	いいえ
このような授業形態は、有効だと思いますか？	11	0
今回の授業を通し、平面の方程式に関する理解は深まりましたか？	9	2
内積と平面の方程式について、公式も含めて、今、説明できますか？	8	3

表-4 平面教材に関する自由コメント

1. 時間が無かったので平面の方程式が理解しきれなかった。
2. 少し難しかったです
3. ありがとうございます
4. わかりやすかったです。
5. 楽しかったです

講対象の本校・機械工学科2年生の学生は前章でも述べたように授業でほとんどCADを使用していない状況であったが、CADによる平面作成までは操作が単純なため、大きな問題もなく終わることができた。しかし、作成した平面に単位法線ベクトルを描く工程で、多くの学生が意図した通りに法線ベクトルを描けない事象が発生した。

これは、使用したCADに多くの学生が慣れていないことが大きな要因ではあると思うが、使用したCADが平面の法線ベクトルを容易に描く仕様でないことも要因の1つであると考えられる。筆者も、これまで複数のCADの使用経験があるが、平面の法線ベクトルを描くだけで、今回ほどの作業に必要なCADを使用した経験はなく、提案したような授業を行うには、より適したCADを選定する必要もあると考える。以上のように、CADで作成した平面に単位法線ベクトルを描く工程で学生からの支援要請が多発したため、VBAに関する説明を駆け足で行うことになってしまう感があつた。

続いて、補講後に行ったアンケートの内容と結果を表-3と表-4に示す。アンケート結果から今回行った補講が、前章で紹介したテキストと同様に、概ね有効であったと考えられる。一方、現状のテキストではCAD利用時の質問対応に時間がかかる可能性が高いため、90分授業では、ボリュームが過大であることも分かった。

5. 結言

学生の数学力を向上させながら、情報教育も充実させることを目的として、線形代数で学ぶ内積と平面の方程式を題材に、テキストを作成し、それに沿って補講を行った。本取組みで得られた結果や今後の課題等を以下に示す。

1) CADで異なる2つのベクトルを描かせ、それらのなす角度が、手計算やVBAで作成した自作関数で算出した値と同じになるか確認させた。授業後に行ったアンケートでは、回答してくれた学生全員から内積に関する理解が深まったとの回答を得た。一方、時間が足りなかったり、CAD操作に不慣れだったりする学生もあり、一部に検討の余地があることも分かった。

2) CADで異なる3点から平面を作成させ、さらにその平面から単位法線ベクトルを描かせ、それがVBAで作成した自作関数で算出した値や手計算の値と同じになるか確認させようと補講を行った。しかし、CADで単位法線ベクトルを描く部分で、多くの学生が混乱し、想定した以上に時間がかかることが分かった。今後は、CADの操作手順を紙で配布するだけではなく、操作手順の動画も準備するなどの対応を考えたい。

3) 今回のような授業形式は時間がかかったり、CADやプログラミングに関する質問対応で人手が必要であったりするため、通常授業で行うには無理があると考ええる。しかし、数学で習った内容について復習や再確認ができるだけでなく、CADやプログラミングに関する知識や技能も向上させることもできることから、有効な教育方法ではないかと考えている。一方、これらの教育手法について今回は受講者へのアンケートで、概ね高い評価を得ることができたが、教育効果については確認できておらず、検討の余地がある。

参考文献

- 1) 篠崎烈, 坂本武司, 石橋大作, 中島正寛: 機械加工や測定の基礎を学ぶ高専の機械実習教育, 精密工学会誌, 86, 6, pp.485-488, (2019)
- 2) 堤厚博, 太田和彦: 数学教育における視覚化を用いた試み—フーリエ級数の視覚化による数式の理解度向上—, 平成28年度工学教育研究講演会, pp.52-53, (2016)
- 3) 阿部孝之: 低学年における数学の成績不振者の問題点に対応した授業改善について, 木更津工業高等専門学校紀要, 50, pp.50-55, (2017)
- 4) 小林昭三: 物理教育の現状と問題点—学力低下問題と科学教育システム—, 大学の物理教育, 2, pp.30-35, (2001)
- 5) 齊藤亜由子, 若生昌光, 磯部浩一, 渡部英昭, 今田良徳, 宮脇和人: 体験型学習を取り入れた高専における機械工学初年次教育の試み, 工学教育, 67, 3, pp.78-83, (2019)
- 6) 穴田有一: 大学初年次物理学の学修における基礎知識の定着, 大学の物理教育, 24, 1, pp.19-23, (2018)
- 7) 渡部信一: AI研究からわかる「プログラミング教育」成功の秘訣, 大修館書店, pp.1-6, (2019)
- 8) 牛山直樹ら: よくわかる3次元CAD SOLIDWORKS入門 2014/2015/2016対応, 日刊工業新聞社, (2016)
- 9) 金城俊哉: はじめての最新 Excel VBA [決定版] Excel2019/Windows10 完全対応, 秀和システム, p.12, (2020)
- 10) リブワークス: スラスラ読めるExcel VBAふりがなプログラミング, インプレス, p.11, (2018)
- 11) 砂田紀一郎: はじめてのCプログラミング基本マスター編, 秀和システム, pp.19-21, (2007)
- 12) 武口博文: 線形代数, 大分工業高等専門学校webシラバス, 2021.

(2021.9.30受付)

振動解析に関する取組みの一例

山本 通¹・佐藤 寿哉¹・桐井 彩斗¹

¹機械工学科

振動に関する知識やスキルを有することが、技術者として望ましいことは言うまでもない。筆者らは工作機械の精度に関わる研究や切削による潜像加工に関する研究を行ってきたが、振動解析に関しては、ほとんど扱った経験がなかった。しかし、この度、工作機械技術振興財団のプロジェクトの一環で、FFTアナライザなどを購入することができ、筆者らも振動解析に関して、勉強をさせていただける機会をいただいた。本稿では、筆者が研究室所属の学生とともに、一から振動解析に関して、取り組んだ実践的な内容などについて紹介する。本稿で紹介する内容が、これから振動解析を学ぼうとしている学生や振動解析初心者にとって、何らかの助けになれば幸いである。

キーワード： FFT, 加速度センサ, マイクロフォン, 変位センサ, FEM

1. 緒言

機械力学は、機械を設計する際には欠かせない分野の一つで、機械工学の「4大力学」の一つと言われ、機械の運転に伴う振動現象を解析し、振動を軽減あるいは抑制する対策を考える学問である¹⁾。昨今、各種の機械が、高速で精密になるにしたがって、機械の振動問題に関して分析し対策を行うことが、ますます重要になってきており、機械力学などの学問、各種センサ、FFT²⁾やFEM³⁾に関する理解、それらを使って振動現象を把握する技能を向上させることが必要である。

一方、筆者らは、これまで5軸マシニングセンタの精度を向上させるための研究⁴⁾や、切削による潜像加工の実現⁵⁾などに取り組んできたが、振動解析に関して扱った経験は、ほとんどなかった。しかし、工作機械技術振興財団の研究プロジェクトに共同研究者として参画させていただき、重切削やびびり振動を取り扱うこととなったため、研究室所属の学生とともに、基礎的な内容から振動解析について勉強を始めた。また、FFTアナライザ、加速度センサ、マイクロフォンや変位計などを使って実験を行い、より実践的な技能も身につけると同時に、それを本校の学生教育に還元できないか検討した。その結果、鉄琴をイメージしたシンプルな形状を各種材料で製作し、その固有振動数を各種センサで測定した結果を比較したり、手計算やFEMを使って固有振動数を算出した場合と比較したり、考察することが、振動解析のスキルを向上させるうえで有効ではないかと考えた。本稿では、それらの具体的な取組み内容や解析結果などについて紹介する。

2. 音叉の振動解析

楽器のチューニングに使われる音叉は、理科の授業の中では、振動数の等しい2つの音叉を用いて共鳴を確認するために使用されたりもする⁶⁾。本章では、音叉、加速度センサやFFTなどを使用して、振動解析の基礎を理解するために、以下の取組みを行った。

(1) 実験機器と測定方法

音叉をマレットで叩き、その固有振動数を加速度センサ、マイクロフォンと変位センサを使用して測定する。FFTアナライザはOROS 社製 OR34 を、加速度センサはPCB 社製 356B18 を、マイクロフォンはPCB 社製 356B18 を、変位センサはキーエンス製EX-305Vを使用した。ここで、加速度センサでの測定では、ワックスやマグネットベースなどを使って音叉に直接取り付けの必要があり、音叉の質量が変化する。物体の質量を m 、ばね定数を k 、固有振動数 f とすると、固有振動数が式(1)となる⁷⁾ことはよく知られており、加速度センサで音叉の固有振動数を測定すると、正確な固有振動数が測定できない可能性がある。

$$f = 1/(2\pi) \times \sqrt{k/m} \quad (1)$$

そこで、加速度センサの位置を図-1に示すように3通りに変化させ、固有振動数の変化を、用意した各センサで確認する実験を行う。この実験により、加速度センサ取り付けの影響や、各センサによる測定結果を比較する。なお、音叉のみをマレットで叩き、マイクロフォンで測定した音叉の固有振動数は435Hzであった。また、音叉と加速度センサの質量は、それぞれ193gと5gであった。

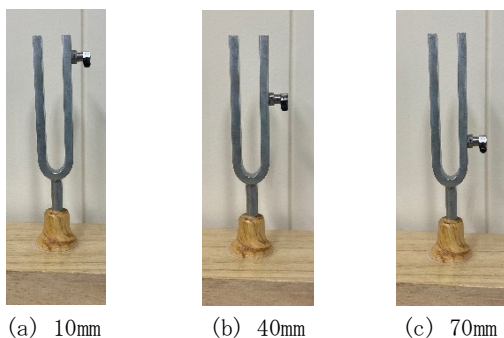


図-1 加速度センサの取付け位置

表-1 音叉の固有振動数測定結果

加速度センサ取付け位置	10mm (Hz)	40mm (Hz)	70mm (Hz)
マイクロフォンでの測定	422.5	430	435
加速度センサでの測定	420	430	435

表-2 FEM 解析から得られた音叉の固有振動数

加速度センサ取付け位置	10mm (Hz)	40mm (Hz)	70mm (Hz)
FEM 解析	424	437	446

(2) 音叉の固有振動数測定結果比較

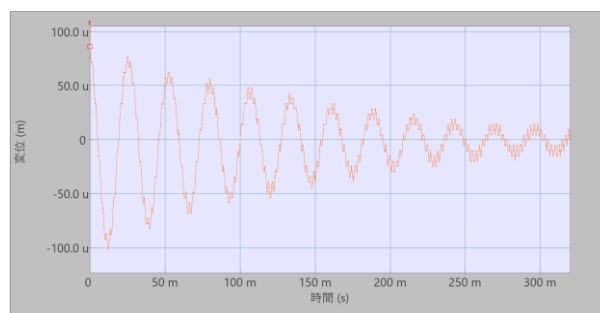
音叉の各位置に加速度センサを取り付けたときの固有振動数を、加速度センサとマイクロフォンで測定した結果を表-1に示す。表から読み取れるように、音叉の下部にセンサを取り付けた場合、加速度センサとマイクロフォンともに、加速度センサを取り付けなかった時の固有振動数と同じになっており、センサ取り付けの影響が固有振動数に影響していないことが分かる。一方、音叉上部は、取り付けしたセンサの影響で、本来の固有振動数より小さい値となっている。ここで、式(1)によると、質量が増えるにしたがって固有振動数は小さくなるため、理論と実験値が同じ傾向を示していることが読み取れる。なお、FFTアナライザは、周波数レンジ2kHz、ライン数1601ライン、周波数分解能は1.25Hzの設定で、全ての測定を行った。

(3) 音叉の固有値解析

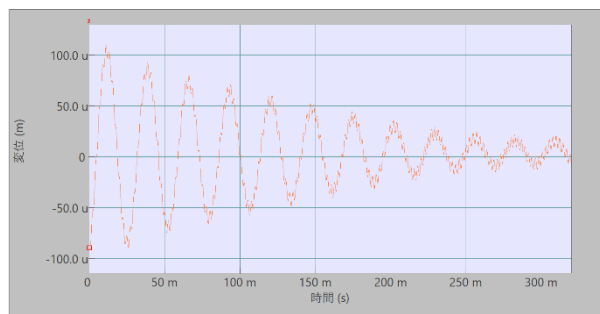
音叉の形状をスケッチし、加速度センサの取り付け位置を前述と同じ3種類の位置にして、SOLIDWORKSにより固有値解析を行った。その解析結果が表-2である。実験値と固有値解析の結果を比較すると、おおむね数値が一致している。しかし、それらを詳細に比較すると、最大で10Hz程度の相違が見られる。固有値解析時の設定値を変更することで、さらに実験値に近づけることができる余地もあるが、どのようにパラメータを設定すべきかについては今後の検討事項としたい。一方、固有値解析では、様々なモード形状があり、実際にどのモードで振動しているのか、固有値解析だけで、見極めるのは、難しいことも分かった。



図-2 音叉と変位センサ



(a) 音叉右側の変位



(b) 音叉左側の変位

図-3 音叉の左右の変位



図-4 モード形状(固有振動数 445.7Hz)

(4) 音叉のモード解析

図-2に示すように、音叉の上部に、両外側から変位センサを取り付け、音叉の振動モードを調べた。その結果、図-3に示すような振動波形となり、上下対称となっていることがわかった。つまり、変位センサを対称に取り付けてい

ることから、音叉は同位相振動モードで振動していたことがわかる。一方、SOLIDWORKSで固有値解析を行った際の445.7Hzのモード形状は、図-4に示すように逆位相モードとなっている。今後、FEM解析のパラメータの詳細などを学習して、その理由を調査していきたい。

3. 金属板の振動解析

前章の実験で各種センサ、FFTやFEM解析のおよその使い方を習得したが、よりシンプルな形状のほうが、切削などで加工が行いやすく、材質の違いによる振動特性を知るのに最適ではないかと考えた。そこで、鉄琴のようにシンプルな形状を作成し、実験値と手計算で算出した固有振動数について比較したり、材質を変更し比較したりして考察を行う。

(1) 金属板の形状、材質と測定方法

炭素鋼：S50C、アルミ合金：A5052、真鍮：C2801、鋳鉄：FC250 を準備し、工作機械を使い、90×20×4mm(真鍮のみ90×20×3mm)の形状に加工する。その後、ゴムの上に金属板を置き、マレットで叩き、前章と同じ条件で固有振動数を測定する。ここで、金属板をゴム以外の素材(木材や金属)の上に設置し、マレットで叩いても、叩いた際の衝撃音が出るだけで、鉄琴のように一定時間振動が続くような状態にするのは、極めて難しい。実験実習などで、このような体験を学生にさせることも振動を実践的に学習するために有効であると思われる。

(2) 金属板の固有振動数

前章と同様に、マイクروفोनとFFTアナライザを使って、用意した金属板の固有振動数を測定した結果と、SOLIDWORKSのFEM解析を用いて求めた固有振動数を表

-3に示す。いずれの材質でも実験結果と解析結果は比較的近い値を示しており、筆者らのように、FEM解析に慣れていないケースでも比較的、実験値に近い値が得られることができることが確認できる。

(3) 手計算による金属板の固有振動数算出

金属板の振動を、梁の横振動ととらえ、物理で学習する「フックの法則」と材料力学で学習する「両端支持梁のたわみ式」を使い、以下のように、手計算で金属板の固有振動数 f_1 を算出する。

まず、力を P 、ばね定数を k 、変位を y 、とすると、フックの法則により式(2)が成り立つ。次に、支持位置となる2つのゴム中心間距離を b 、縦弾性係数を E 、断面2次モーメントを I 、とすると、両端支持梁中央のたわみは式(3)で表すことができる。ここで、式(2)と(3)から式(4)が導出でき、これを式(1)に代入すれば、式(5)のように固有振動数を算出することができる。

$$P = k \cdot y \quad (2)$$

$$y = Pb^3/48EI \quad (3)$$

$$k = 48EI/b^3 \quad (4)$$

$$f_1 = 1/(2\pi) \cdot \sqrt{48EI/m b^3} \quad (5)$$

これらの式を使い、Excelを使って計算したシートを表-4に、そのシートから得た計算結果を表-3の右列に示す。なお、各金属板の質量は、クッキングスケール(タニタ KJ-212)を使用して測定した。

表-3から読み取れるように、単純な金属板であれば、手計算でも容易に実験値に近い固有振動数が得られることが確認できる。このように、物理や材料力学で学んだ計算式を使って手計算で固有振動数を求め、それを実験結果と比較し考察することで、学生が実践的に振動に関する理解を深めることができるのではないかと考える。

表-3 金属板の固有振動数比較

材質	マイクروفोनによる 測定結果 (Hz)	FEM 解析の結果 (Hz)	手計算による算出結果 (Hz)
A5052	2591	2541	2576
S50C	2594	2578	2606
FC250	2113	2103	2108
C2801	1333	1363	1338

表-4 Excel を使った金属板の固有振動数算出

材質	長さ (mm)	幅 (mm)	高さ (mm)	質量 (kg)	断面 2 次 モーメント (mm ⁴)	縦弾性 係数 (GPa)	支点間 距離 (mm)	ばね定数 (N/m)	固有振動数 (Hz)
A5052	90	20	4	0.019	106.7	68	41.2	4978371	2576
S50C	90	20	4	0.056	106.7	205	41.2	15008323	2606
FC250	90	20	4	0.053	106.7	127	41.2	9297839	2108
C2801	90	20	3	0.045	45.0	103	41.2	3181261	1338

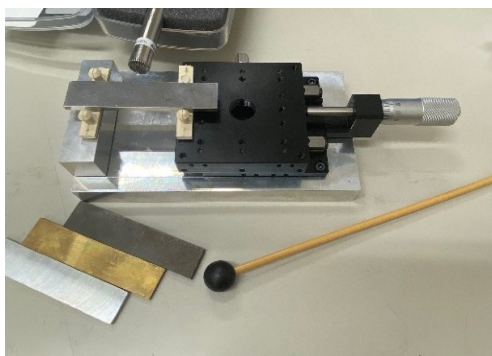


図-5 金属板の節点位置を変更するための実験装置

(4) 金属板の節点位置及び厚さ変更による振動比較

図-5に示すような実験装置を製作して、支点位置を変更しながら振動の変化を調べた。その結果、金属板の長さを l とすると、金属板の両端から互いに $0.2711l$ の位置が最も振動し、節点位置であることが分かった。また、これ以外の位置で支えると固有振動数にあまり変化がないものの、振動の減衰速度が速くなることが分かった。

一方、金属板の厚さと幅の変更では、長さだけを変えずに振動を調べると、固有振動数は大きくなることが分かった。見た目からして、前より大きく重たいものは小さい固有振動数を発しそうであったが、全く逆であり、質量 m が大きくなる反面、断面2次モーメント I も大きくなり、結果的に固有振動数も大きくなった。固有振動数を小さくするのであれば節点間距離を長くする必要があることが、理論式での計算でも実際でも確認でき、このようなことを学生に経験させることは有効であると考ええる。

4. 結言

本研究で得られた結果や今後の課題等を以下に示す。

1) 音叉は、手軽に入手でき、固有振動数の値が既知であるため、振動解析の初心者にとっては、最適な測定対象物の1つであると考えられる。本稿で示したように、加速度センサを取り付ける位置を変更させて固有振動数が変化することを直感的に確認したり、マイクロフォンでの測定結果

との比較が行いやすく、各種センサの取扱いやFFTに慣れていない者にとって、基礎から学習しやすい対象物であると考ええる。

2) 手計算で固有振動数を算出するには、音叉は形状が複雑で困難であったが、鉄琴の一部をイメージしたような金属板であれば、手計算で算出した値と実験結果が、比較的一致することが確認できた。このように、材料力学や機械力学で学習した項目を応用し自ら部材の固有振動数を算出し、実験結果と比較するような手法は、振動を学習する際において、非常に有効な手段ではないかと考える。

3) 解析したい形状をCADでモデリングすれば、FEM解析が比較的簡単に行え、筆者らのようにFEM解析に詳しくない者でも、ある程度実験値と近い値を得ることが出来ることが確認できた。しかし、実験結果とさらに近い結果を得るには、各段にハードルが上がるように思われる。現状では、学生実験などを通して、手軽にモード解析ができることを紹介する程度が現実的であるかもしれない。

参考文献

- 1) 小寺 忠, 矢野澄雄: 演習で学ぶ機械力学, 森北出版, pp.1-3, (1994)
- 2) 西原主計, 山藤和男, 松田康弘: 計測システム工学の基礎, 森北出版, pp.176-183, (2001)
- 3) 大富浩一: FEMを設計に活かすための課題と方策, 日本機械学会 M&M 材料力学カンファレンス CD-ROM 論文集, pp.1-2, (2007)
- 4) 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)
- 5) 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)
- 6) 小倉 明夫: 超実践マニュアル MRI, 医療科学社, p.5, (2006)
- 7) 下郷太郎, 田島清瀬: 振動学, コロナ社, p.21, (2006)
- 8) 本江哲行: 機械力学, 実教出版, pp.121-123, (2016)

(2021.9.30受付)

実習工場の換気性能に関する実験的評価

稲垣 歩¹・大隈 悠也¹・清家 玲里¹・米津 裕人²

¹機械工学科, ²技術部

近年の新型コロナウイルスの影響で感染症対策のため換気性能が注目されており、今後は室内の気流も設計の対象になると考えられる。本校の実習工場でも、感染症対策のために効果的な換気方法が求められることに加えて、新型コロナウイルス以前より作業中の二酸化炭素濃度の上昇による集中力低下が問題となっていた。しかし、換気特性に関する研究はオフィスや家庭を対象としたものが中心で実習工場に関する報告はほとんどなく、例外的な構造物は個別に調査されているものが多い。したがって、本研究では本校の実習工場の換気特性を把握し効率的な換気方法を提案するため、フログマシンの用いた実験的評価を行った。

キーワード：実習工場、換気性能、可視化計測、二酸化炭素濃度、感染症対策

1. 緒言

背景として、以前より実習工場の機械実習で、二酸化炭素濃度の上昇による集中力低下が原因と考えられるポカミスの増加や作業効率の低下による実習時間の間延びが発生していた。室内の二酸化炭素濃度を減少させるためには換気が重要であり、加えて近年の新型コロナウイルスの感染症対策のためにも効果的な換気が必要とされている。

室内の換気性能については様々な研究⁽¹⁻⁴⁾がされているものの、オフィスや家庭を対象としたものが中心となり、一般化されたものも多い。それに対して博物館⁽⁵⁾や船舶⁽⁶⁾、鉄道車両⁽⁷⁾と言った例外的な構造物は個々に検証されており、換気特性はそれぞれの状況で異なると言える。

したがって本研究では、本校の実習工場の換気特性を把握するため、工場内に煙を充満させ時間変化を計測することで換気性能の評価を行った。一般的に換気とは外気を取り入れて内部の空気を排出することであるが、本実験では外部とやり取りされる空気量について計測できていない。しかし実習工場は十分な体積を有することから内部空気の循環が促されることでも換気効果が期待できると考え評価を行った。本内容は令和3年度の大分高専機械工学科のエンジニアリングデザインで学生が行った実験結果をまとめたものである。

(1) 室内空間の二酸化炭素濃度

室内の二酸化炭素濃度については、厚生労働省の建築物環境衛生管理基準で1000ppm以下に適合するように努めなくてはならないと定めている。また学校に対しては文部

科学省による学校環境衛生管理マニュアル⁽⁸⁾より、教室等の換気基準として二酸化炭素は1500ppm以下であることが望ましいとされており、基準を超えた場合には換気を行うようにすること、と記されている。本校の実習工場についてもこれらの基準に従うものと考えられる。

実習工場の作業中の二酸化炭素濃度について、ロボコン部10名程度の技術支援時に計測した値を図1に示す。この結果は窓を閉めた状態のもので、作業開始から60分程度で1000ppmを超えることが明らかとなった。実際の機械実習ではさらに条件が厳しく15名程度で180分間作業を行うため、この値と同等かそれ以上の二酸化炭素濃度になると考えられる。また、二酸化炭素濃度は作業台上に置いた計測器が示した値であり、一般的に二酸化炭素は空気よりも重いため床付近にたまるイメージを持たれているものの、作業者の顔付近でも濃度が高いことが示された。このことについては、日本建築学会が呼吸域の高さで二酸化炭素濃度が高くなること⁽⁹⁾をまとめており、天井の高い実習工場では室内空気の循環だけでも二酸化炭素濃度を低下させる効果があると考えられる。

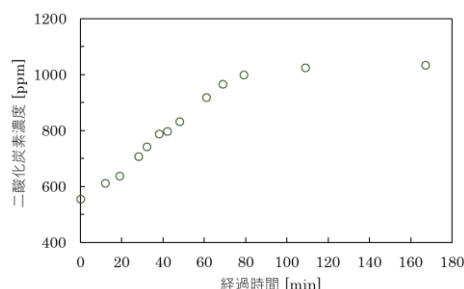


Fig. 1 作業中の二酸化炭素濃度変化

(2) 感染症対策

感染確率は比較的簡単なモデル式^(10,11)から予測できるとされるが、この中には吸込ウイルス量や感染に至るウイルス量という不確定な数値が含まれている。この不確定な数値には換気流量や換気回数に関係しており、この値を下げることで感染確率を低減するため、結果として換気が重要という結論に至る。

換気の効果としては、室内全体の感染確率を3分の1程度へ減少させることが可能⁽¹⁰⁾と示されている一方で、外部と空気の入れ替えが無い場合にはエアコン気流により感染が増加したとの事例⁽¹¹⁾や微風条件がむしろ感染リスクを高める可能性がある⁽¹²⁾との指摘もある。換気による室内気流による影響はさらなる調査が必要と言えるが、吸込ウイルス量を減らすために飛沫を早期に拡散させること、風下を作らずに空気を循環させることが必要とされている。

2. 実習工場の配置および実験方法

実習工場の配置を図2に示す。実習工場は10m×15mで天井の高さは約5mとなっている。図左上に位置するワークショップは予備の工具などを保管する部屋となっており、個別に仕切られているため実習工場との空気の入りは存在しない。実習工場が有する開口部は、図右側に幅3.0m×高さ3.5mの搬入口が、図左下に通常の出入口となる幅1.2m×高さ2.0mのドアが、図左側にマシニングセンターなどを配置するCNC工房へつながる幅1.4m×高さ2.0mのドアが存在する。また、窓は図上側に幅1.35m×高さ1.2mのものが6箇所、搬入口の横に幅1.7m×高さ1.2mのものが2箇所配置されている。それぞれの窓は床から1.2mの位置に設置されており、スライド式のため開口時には半分の幅で空気の入りが行われる。

実習工場に設置されている空気循環システムは、⑤の位置の天井にエアコン(最大流量70m³/min)が設置され、④～①の位置の天井付近(床から4mの位置)に外から内向きへ空気が流入するように換気扇が設置されている。また、追加の空気循環システムとして、⑥の位置に工場中央の天井方向に向けてサーキュレーター(流量2.6m³/min)を配置している。⑧～⑭は今回の実験のために配置した送風機(流量77m³/min)の位置を示しており、常設はされていない。

本実験では、①②の位置に2台のステージ演出用fogマシン(アンタリ製Z800-II)を配置し、工場中央に向かって3分間fogを発生させた。fogのリキッドには、滞留時間の異なるものが用意されているが、本実験では通常10～15分で霧散するとされる比較的滞留時間の短いもの(アンタリ製FLR)を使用した。この充満させたfogの様子を動画で10分間撮影し換気性能を評価した。換気性能の評価は、動画の輝度変化より求めており図3(a)に示す丸で囲った背景の黒い部分に対して、図3(b)に示すfog充満時の輝度との差を求めることで行った。

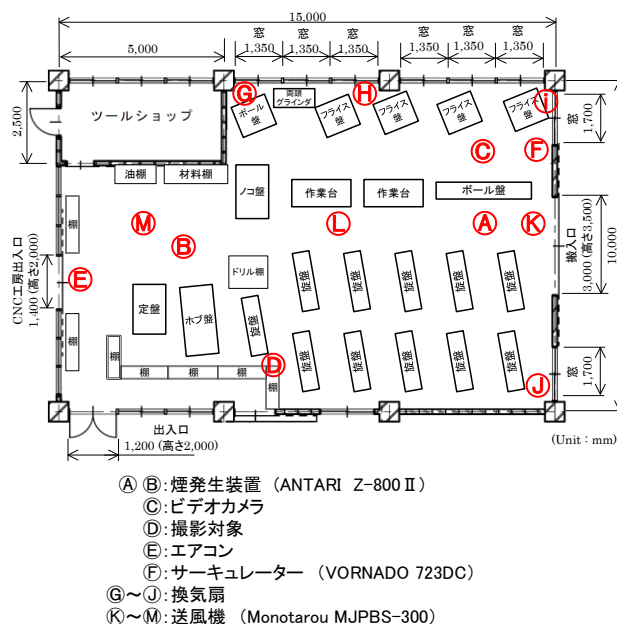


Fig. 2 実習工場の配置図



(a) 通常時



(b) フォグ充満時

Fig. 3 換気性能の計測方法

3. 結果および考察

(1) 開口部の違いによる換気性能の評価

開口部の比較条件を表1に示し、条件ごとに①～⑥の番号を付している。ここでは室内空間に対して開口部を増やすことによる換気性能と、換気扇やエアコンの天井付近の空気循環システムを稼働させた際の換気性能を比較した。実験の都合上、すべての計測において図1左下の通常出入口は開放した状態で計測している。

撮影した動画より切り取った計測位置の画像と輝度値 L を図4に示す. この輝度値を元に, 各時刻の輝度値 L の減少を統一的に評価するため, 計測前の値を基準の輝度値 L_{min} とし無次元化することで比較した. この時, 撮影開始から10分後の輝度値が計測前の輝度値よりも小さい値を示す場合には, 10分後の値を基準の輝度値 L_{min} とした.

表1に示した開口部の違いによる換気性能を図5に示す. この結果より, 窓や搬入口をすべて閉じている①の条件で圧倒的に換気性能が悪いことが確認できる. それに対して, 実習工場の一番大きな開口部である搬入口を解放した②の場合には10分程度で計測前と同等の値まで低下している. この搬入口を解放した②の結果に加えて, 窓の開放や換気扇を動かすことにより換気性能に改善がみられるものの, 各時刻におけるばらつきも確認された. これは動画撮影による計測の誤差も含まれるが, 搬入口の一番大きな開口部が解放されていることで外部の風の影響を受けたことも考えられる.

また特筆すべき点としては, 開口部をすべて閉じた状態でも天井に設置されたエアコンの風量を最大にしてスイングで駆動した⑥の結果が, 開口部をすべて開放し換気扇で対流を起こした⑤の結果と同等の分布を示したことである. これらについては, 外部との空気換気量では⑤が優れていると言えるが, 天井に設置されたエアコンが床方向へ吐出すことは室内の空気循環としては効果的であると言える.

(2) エアコンとの組合せ条件による換気性能の評価

エアコンを駆動させた状態で, 開口部を開けることによる効果と, 換気扇やサーキュレーターの空気循環システムを稼働させた際の効果を比較した. 計測の条件を表2に, 換気性能の比較を図6に示す. 基準として図1のエアコンのみの結果である条件⑥を繰り返し掲載している.

Table 1 開口部の比較条件

	搬入口	窓	換気扇	エアコン
①	close	close	off	off
②	open	close	off	off
③	open	open	off	off
④	open	close	on	off
⑤	open	open	on	off
⑥	close	close	off	on

時間(min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	計測前
①	223	232	215	194	216	206	196	196	163	147	149	54
②	240	163	193	144	144	99	105	78	75	72	69	59
③	237	196	129	88	111	94	76	71	70	64	59	51
④	240	227	176	135	106	102	82	82	63	64	57	72
⑤	230	216	175	110	72	56	55	56	53	51	52	62
⑥	238	218	163	100	79	68	64	65	65	64	63	54

Fig. 4 開口部比較実験の輝度値

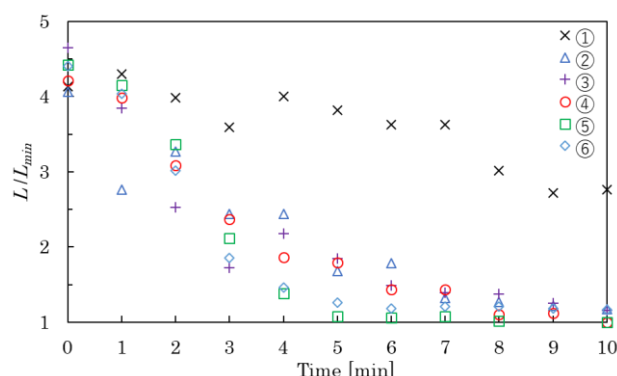


Fig. 5 開口部の比較による換気性能

どの条件においてもエアコンのみの⑥に対して, 同等かそれ以上の換気性能を示し, 5分程度で計測前と同等の値となる. また, ⑩の窓と搬入口を開放し換気扇とサーキュレーターを駆動した場合に対して, ⑨の搬入口を閉めた状態の換気性能が改善されている点については原因が不明である. 他の搬入口を開けた結果である⑦や⑧の条件では換気効率は悪化していないことから, 搬入口の開放が影響を与えたとは考えにくい. 先の開口部の違いによる換気性能の評価と同様に, 一番大きな開口部を開けたことによる外部の風の影響ではないかと推測している.

以上より, 本校の実習工場であれば, 換気扇を用いて天井付近に外気を導入し, エアコンの吹出しにより外気を室内へ拡散させ, 窓から内気を外部へ出すという方法が最適であると言える. これは, 換気扇により強制的に外気を導入するという点で, 本実験で評価を行っていない換気量についても効果があると考えられる.

Table 2 エアコンとの組合せ条件

	エアコン	窓	搬入口	換気扇	サーキュレーター
⑥	on	close	close	off	off
⑦	on	open	open	on	off
⑧	on	open	open	off	on
⑨	on	open	close	on	on
⑩	on	open	open	on	on

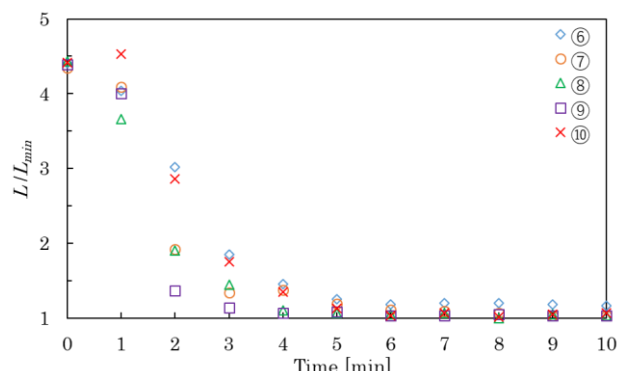


Fig. 6 エアコンとの組合せによる換気性能

(3) 送風機設置位置による換気性能の評価

送風機を追加で設置した場合に換気性能が改善されるのか調査を行うため、搬入口を開放し外に向けて流れが発生するよう送風機を設置し実験を行った。設置場所は図1の㊸～㊻の各位置とし、搬入口に近い側の㊸をnear, 中央の㊹をcenter, 搬入口から遠い側の㊻をfarとして図7に結果を示す。この時、換気扇とサーキュレーターを駆動して実験を行っており、これは条件④にサーキュレーターを追加した状態となるため、条件④の結果も記載している。

搬入口の一番近くであるnearの結果では、④と比較して2分程度まで低い値を示すものの、④に対して送風機とサーキュレーターが追加されているにも関わらず3分以降は同等の結果となった。これは搬入口付近の空気のみが換気されたためだと考えられる。一方で、centerやfarの結果では条件④と比較して換気が促進されており、6分で計測前とほぼ同等の値となっている。

実習工場では図1に示した配置図の左側に外部とつながる窓が無く今回の比較も搬入口のみを開けた実験のため、強制的に換気を行う際には開口部に向けて部屋の奥側から風を送ることが効果的という結果となった。しかし、対角で開口部を有する場合には機械換気の方法¹⁾から考えると、室内が負圧となる開口部付近への送風機の設置が望ましいのではないかと考えられる。

また、実験に使用した送風機とエアコンの空気流量は同程度であるが、エアコンを用いた実験の方がわずかながら換気性能が高い結果が得られた。このことより、水平方向へ空気を送ることに対して、垂直方向へ空気を循環させることの方が効率的と言える。ただし、この結果に対して一般の室内よりも実習工場の天井が高いという事の影響がどの程度現れているかは不明である。

これらの結果より、実習工場内の換気特性としては上下方向への空気を循環させることが効果的と言える。これにより呼吸域の高さでの二酸化炭素濃度を室内に分散させることができる。感染症対策からも、上下方向へ空気を循環することで飛沫を早期に拡散させるとともに、風下を作らずに空気を循環させることが可能となる。最終的には、クリーンルームや塗装ブースのように、上方から空気を流入し床から空気を抜く方法が最適ではないかと推測する。

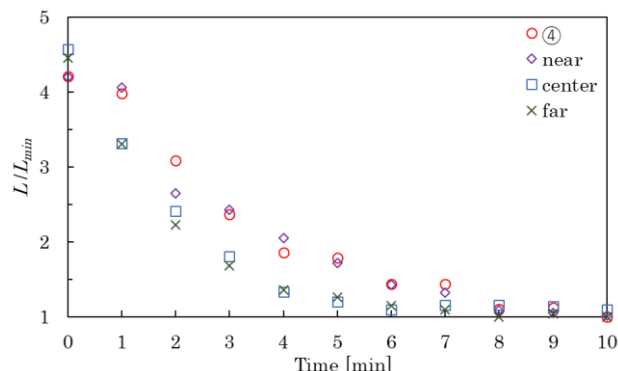


Fig. 7 送風機設置位置による換気性能

実習工場でこれを模すには、人のいない部分で天井付近に空気を送り、人の作業している場所で下降流が起きるように室内気流を設計することが良いのではないかと考える。

4. 結言

本研究では、本校の実習工場の換気特性を把握し効率的な換気方法を提案するため、 Fogマシンの用いた実験的評価を行った。

その結果として、換気扇を用いて天井付近に外気を導入し、エアコンの吹き出しにより外気を室内へ拡散させ、窓から内気を外部へ出すという方法が最適であると言える。この方法で4分程度換気することで十分な空気循環が得られる。通常の室内換気方法としても、上下方向へ空気を循環させることは、風下を作らずに空気を循環させることが可能となるため効果的であると考えられる。

参考文献

- 1) 大岡龍三：「換気」に関して、ターボ機械, Vol.49, No.7, pp. 19-23, 2021.
- 2) 小林弘造：「With/After コロナ」のビルの換気・空調, ターボ機械, Vol.49, No.7, pp. 33-39, 2021.
- 3) 小林敏雄ら：室内換気流の可視化と画像解析, 可視化情報, Vol.17, No.66, pp. 38-43, 1997.
- 4) 加藤信介, 村上周三, 大岡龍三：CFDを用いた居住空間の換気効率評価手法の開発と検証に関する研究, 住宅総合研究財団研究年報, Vol.24, pp. 267-276, 1997.
- 5) 橋本佳延：新型コロナウイルス感染症予防を目的とした換気と空調の効率を両立させる方法を探る, 全国科学博物館協議会研究発表大会, No.28, pp. 33-38, 2021.
- 6) 池田良穂：船舶の換気・空調システム, ターボ機械, Vol.49, No.6, pp. 5-12, 2021.
- 7) 田邊尚紀ら：鉄道車両の換気および空気浄化システムについて, ターボ機械, Vol.49, No.6, pp. 13-17, 2021.
- 8) 文部科学省：学校環境衛生管理マニュアル, pp. 26-33, 2018.
- 9) 日本建築学会：学校における温熱・空気環境に関する現状の問題点と対策, pp. 4.1-4.28, 2015.
- 10) 坪倉誠：「富岳」による室内環境の飛沫・エアロゾル感染リスク評価とリスク低減対策, ターボ機械, Vol.49, No.7, pp. 1-10, 2021.
- 11) 山中俊夫：新型コロナウイルス感染防止対策と空調・換気設備, ターボ機械, Vol.49, No.7, pp. 11-18, 2021.
- 12) 坪倉誠：「富岳」によるウイルス飛沫・エアロゾル飛散シミュレーションと感染リスク低減対策の提案, ながれ, Vol.40, pp. 86-93, 2021.

(2021.9.30受付)

画像統合のスマホアプリとサイン計画のフィールドワークの試行

前 稔文¹・永家 忠司¹・松本 裕司²・上野 大輝³

¹都市・環境工学科, ²京都工芸繊維大学, ³都市・環境工学科

本研究は、これまでタブレット型コンピュータを用いたフィールドワークについて、スマートフォンおよびタブレット端末のアプリでの実施を試みたものである。軽量化したことにより、参加者はストレスを感じることなくフィールドワークを実施できたと考えられ、実施後のユーザビリティ評価では高いものが得られたものの、操作性についてはピクトグラムの移動・変形の操作性に課題を残した。

また、画像に位置情報や機能のタグをつけたことにより、デジタルマップとして活用できるようになった。さらに、GISデータへ展開することで、出発地から目的地までのルートにおけるサインの位置関係を示すことができた。このことは、今後のサイン計画において適切な配置計画が可能になることを示唆しているといえる。

キーワード：スマートフォン、アプリ、サイン計画、フィールドワーク、GIS

1. 背景と目的

まちなかに存在する多くのサインには、案内誘導や注意喚起などの意味や役割がある。それらは、その地域で暮らす人や、観光などで訪れた人たちに何らかの意図を伝えるためのものでもある。例えば、初めて訪れる場所においては、看板や案内図等が無いと不安にもなるが、一方で、乱立したり派手であったりすると景観を阻害する一因にもなりかねない。

多くの自治体ではガイドラインを示しており^{1), 2)}、自治体ごとにサインの色や大きさ、設置個所などに規制が設けられている。そのため、その土地の歴史的背景や民意によってサイン計画がなされるべきであり、それには住民参加型のフィールドワークは有効な手法の一つだと考え、タブレット型コンピュータを用いたフィールドワークによるサイン計画について取り組んできた。

これにより、画像統合アプリを用いたフィールドワークによるサイン計画の有効性が確認されたが³⁾、「分かりにくい」、あるいは「誤りやすい」操作がみられることが分かった。また、タブレット型コンピュータは、端末の重量やグラフィック等の性能限界など、携行し操作するには改善すべき事項は多く残った。

そこで、本研究では、ストレスを感じずスマートフォンやタブレット端末で操作できるアプリケーション（以下、アプリ）を作製した^{4), 5)}。本稿では、そのアプリを用いたフィールドワークを試験的に行い、その結果とユーザビリティ評価について報告する。さらに、マップ機能の活用と可能性、およびGISデータへの展開について検討する。

2. フィールドワークの概要

フィールドワークは、2021年5月14日に大分工業高等専門学校（以下、本校）の敷地において一回目を行い、同年5月19日に高城駅周辺で二回目を行った。各フィールドワークの参加者とグループ構成は、それぞれ8人で2グループ、および9人で3グループを構成した。

アプリがインストールされたデバイス（NEC製、Lavie Tab E PX-TE508HAW）は、各グループ1台ずつとし、グループ内で共有した。なお、高城駅周辺のフィールドワークでは、参加者の1名が所有するスマホ（AQUOS sense lite 3（Android OS））にアプリをインストールして使用した。

いずれのフィールドワークにおいてもサイン計画のテーマは設定せず、被験者らが何らかのサインの設置や既存のサインに修正等が必要と感じた場所を対象に携行したデバイスのカメラで撮影し、アプリ内で用意したサインを背景画像に統合した。なお、サインについては、数十種類のピクトグラムが用意されており、予めアプリとともにインストールされている。

統合した各画像には、サインの機能（目的）や位置情報などのタグが付加され、マップに配置される。マップを表示する際には、サインの位置をバールンやサムネイルにより示すことができ、さらには機能ごとにレイヤー分けすることで、サインの種類ごとに分布を確認できるようにした。なお、マップはGoogleマップを利用している。

フィールドワーク終了後には、アプリの評価および作成した画像についてのアンケートに回答することで全ての作業は終了する。

3. フィールドワークの結果

(1) 作成画像について

本校および高城駅周辺におけるフィールドワークで作成された画像は、それぞれ16枚および51枚であった。図-1および2は、作成された画像の一例を示す。

本校におけるフィールドワークでは、学校という施設の特色もあって、駐輪場（駐輪禁止を含む）、食堂、図書館、エレベータなど比較的明確な機能を示すピクトグラムが選ばれていた。その他にも、避難経路を示すピクトグラムも選ばれていた。

高城駅周辺のフィールドワークになると、施設等の機能だけでなく、マナーや注意喚起などのピクトグラムが選ばれていた。

作成画像のうち、64枚が新規に作成したものと回答され、既存の物を修正・変更したものは3枚と回答された。それらの機能としては、「案内」を意図したものが45枚と最も多く、次に多かったものが「注意喚起」で21枚だった。

また、ピクトグラムを合成する際に意識した点は、ピクトグラムの種類の選択が最も多く、43枚に対して強く意識したとの回答が得られた。

一方で、最も意識せずに行われたことは、ピクトグラムの色の選択で、28枚が「あまり意識していない」との回答だった。このことは、注意などの機能や、物理的なものに対する色のイメージを予め抱いたうえでピクトグラムが選択された可能性がうかがえる。

最後に、自身の作成画像を5点満点で評価すると、平均は3.67点であった。この中で、5点の評価は3枚で、2点の評価が1枚であり、ほとんどが3点か4点の評価となった。さらに、「以前のものに比べてよかったか」の問いには、10枚が「良くなった」と回答されたものの、35枚が「少し良くなった」、17枚が「変わらない」と回答され、それほど満足する画像は作成されなかった可能性を示している。

(2) アプリの操作性と機能について

フィールドワーク実施後に行ったアンケート調査について述べる（図-3、4）。アプリの操作性と機能に関する評価として、「画面の見やすさ」、「アイコンのわかりやすさ」、「操作性」について5を最高として5段階で回答させた。

画面の見やすさは、校内と高城駅周辺でのフィールドワークで評価がやや異なり、2回目の高城駅周辺でのフィールドワークの方が評価は低かった。

一方で、アイコンのわかりやすさやアプリの操作性については評価がやや高くなった。なお、操作ミスの有無について問うと、「何回かミスした」の回答数が1回目は4人だったのに対して、2回目は1人と減った。その操作ミスについては、ピクトグラムの配置やサイズ変更が多く、タブレット型PCを携行したフィールドワークの操作ミスと同じ傾向が見られた。



図-1 本校のフィールドワークで作成された画像



図-2 高城駅周辺のフィールドワークで作成された画像

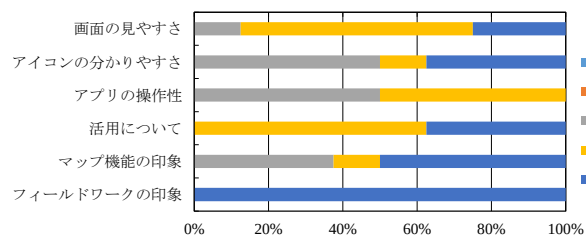


図-3 校内におけるフィールドワーク実施後のアプリの操作性と機能についてのアンケート結果

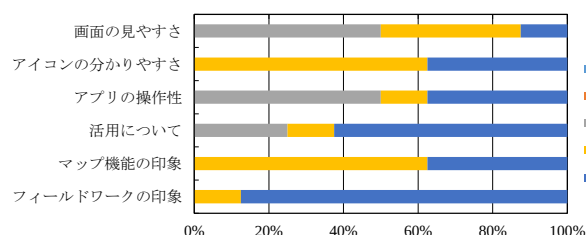


図-4 高城駅周辺におけるフィールドワーク実施後のアプリの操作性と機能についてのアンケート結果

次に、フィールドワークにおいてタブレット端末をうまく活用できたかの問いに対しては、いずれも評価は高く、5の評価は3人から5人へと増加した。このことは、フィールドワークおよびアプリに対する慣れによる評価の上昇とも考えられ、前述の問いである操作性も同様に、参加者の慣れの影響がアンケート結果に反映している可能性がある。

さらに、アプリに新しく搭載したマップ機能について評価した。図-5は、高城駅周辺におけるフィールドワークで各グループが作成した画像の位置をバルーンで表示したサインマップであり、上段がスマホ、中下段がタブレット端末により作成されたものである。なお、このマップはGoogleマップを活用しているため、出発地を定めることにより、バルーン（目的地）までの移動経路を示すことができる⁴⁾。

いずれの画像においても、多くのバルーンは、幅員が広めの道沿いに配置されていることが分かり、これらの記録から、参加者がどのような個所に着目する傾向にあるかを把握することができる。

マップ機能の5段階評価については2回とも高く、平均が4.0を超えた。マップ機能の用途として考えられるものとして、「位置情報を含めた建物情報の取得」、「観光案内」、「ハザードマップ・避難誘導」、「道路情報・ルート案内」などが多く挙げられた。フィールドワークの実施場所で見ると、校内におけるフィールドワークでは「ハザードマップ・避難誘導」が、高城駅周辺におけるフィールドワークでは「観光案内」が最も多く、対象により用途の傾向が異なった。

最後に、フィールドワークは楽しかったかの問いに対しては、いずれも評価5の回答がほとんどで、あまりストレスを感じずにフィールドワークを実施できたのではないかと推察できる。

4. サインマップの活用例

ここでは、フィールドワークで作成したサインマップの活用の可能性について述べる。

図-6は、作成画像にタグ付けされている位置情報を基に、GISソフトであるQGISを用いて作成画像の位置をプロットしたときのインターフェースである。上述の通り、64枚の作成画像のうち、45枚が「案内」を意図して作成されているため、ほとんどのプロットが赤色で占められていることがわかる。

また、高城駅を中心に南北に作成画像は分布していることが分かり、密になっている箇所と疎らになっている箇所を確認できる。

ここで、作成画像の位置を中心に異なる大きさの円を描き、各画像の相互の距離について確認する。図-7は、直径を50m（赤）、100m（青）、200m（緑）とし、それぞれの大きさの円を描いたマップを示す。

直径が50mの円を描いた場合、互いに重なる円の数は少なく、直径が100mになると、一部でやや密になる個所が見られる。当然のことながら、直径が200mの円を描くと重なり合う円は多くなり、一部においては、いくつもの円が重なっていることが確認できる。

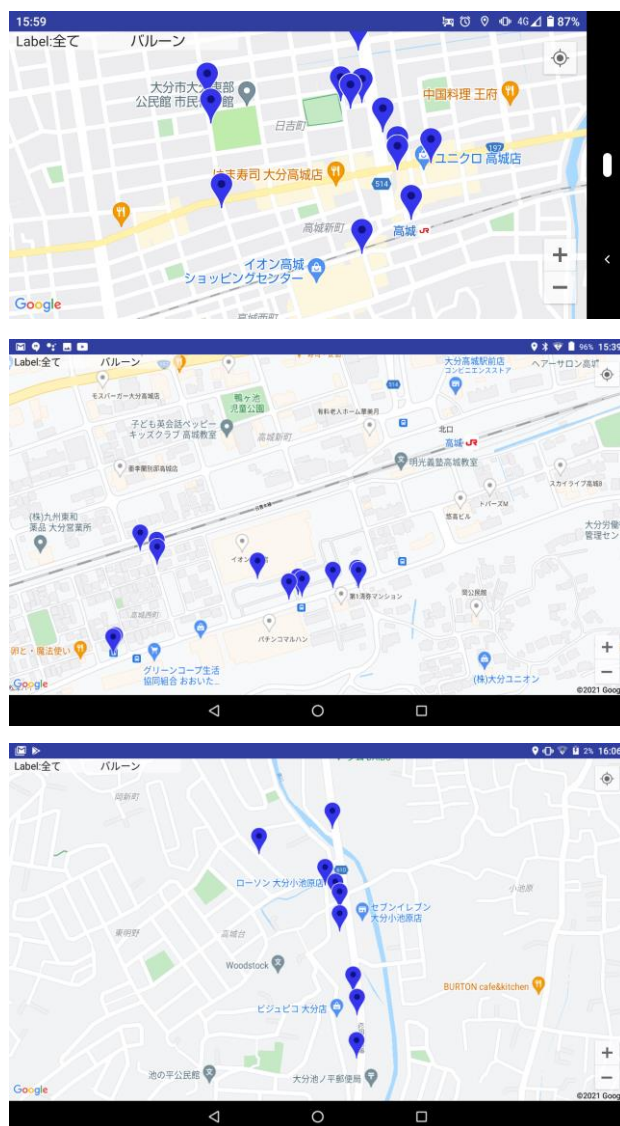


図-5 高城駅周辺におけるフィールドワークの各グループによる作成画像の位置を示すサインマップ

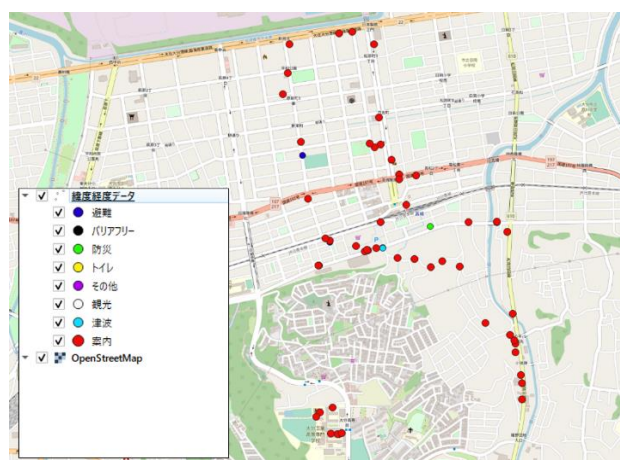


図-6 フィールドワークで作成された画像の位置情報を示すQGISのインターフェース

図-8は、図-7の直径が200mの円を描いたマップを用いて、2地点から高城駅までのルートを示す。なお、図中のSが出発地、Gが目的地（高城駅）を示す。

いずれも最短ルートを通るように設定しているが、このとき、適切にサインが配置される近接の距離を200m間隔と仮定すると、両ルートとも、円内から外れて移動する区間が多いことがわかる。

また、ルートBに着目すると、出発地付近ではサインが多すぎるようにも見え、サインの乱立を印象づけていると思われる。しかし、そこを通過した長い道ではサインを確認することなく目的地に向かうため、初めて訪れる人にとっては、やや不安を覚えるのではないかと危惧される。

5. おわりに

これまで実施してきたサイン計画のフィールドワークについて、携行デバイスの軽量化とマップへの展開を目指したアプリ作製を試みた。

フィールドワークを実施した結果、2回目の方が評価は高かったが、参加者のアプリ操作等への慣れも原因として考えられる。また、参加者は楽しくフィールドワークを実施できたことから、作業にストレスを感じることはなかったと考えられるが、ピクトグラムの配置や変形は操作性の課題として残った。



図-7 配置されたサインの位置および距離の関係

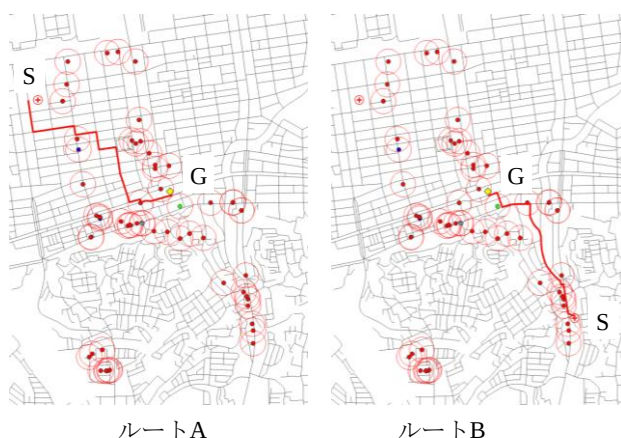


図-8 配置されたサインの位置および距離の関係

作成画像は「案内」が多く、参加者は、機能やものに対するイメージを持ちながら操作している傾向にあるものの、自身が作成した画像に対して、あまり満足していない傾向にあった。

また、画像を撮影する際に位置情報を付け、それにピクトグラムを合成した画像を作成することができた。さらにサインが示す機能をタグ付けすることで、GISソフトに展開することができた。そこでは、各サインの位置や距離の関係を把握することができ、ルートを設定することで、適切なサインの配置が可能となった。

今後は、ピクトグラムの移動や変形を容易に操作できるようにアプリを改善し、ピクトグラムの種類も追加する。また、サインに付けるタグの種類を増やし、画像の合成の際のタグ付けにおけるルール化を検討する。さらに、フィールドワークについては、テーマ設定をしたうえでの実施を検討する。

サインの位置情報を用いた都市分析においては、道の幅員や交通規制などの条件を考慮し、より適切なサイン計画を目指す。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、アプリ化の開発に協力いただいた小林竜一氏（フリーランス）に深甚なる謝意を表す。また、フィールドワークに参加した大分工業高等専門学校都市・環境工学科5年 鎌城 柊平、喜見 優樹、佐々木 愛、庄司 早理衣、末崎 巧瑞、野中 洸伸、姫野 伶郎、タム ジュンシュエン各氏に謝意を表す。

参考文献

- 1) 大分市公共サインガイドラインについて：
http://www.city.oita.oita.jp/o170/machizukuri/toshi/documents/0_oita_city_public_sign_guidelines.pdf (2021年9月30日参照)
- 2) 京都市屋外広告物等に関する条例：
<https://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/cmsfiles/contents/0000056/56450/koukokubutujyourei030329.pdf> (2021年9月30日参照)
- 3) 光野育恵, 前稔文, 松本裕司：大分駅と別府駅における画像統合アプリを用いたサイン計画の基礎的実験, 日本建築学会九州支部研究報告 第55号, pp.365-368, 2016.3.
- 4) 前稔文, 松本裕司, 小林隆一：画像統合アプリが搭載されたスマートフォンによるサイン計画のフィールドワークへの検討, 日本建築学会研究報告九州支部第58号 pp.521-522, 2019.3
- 5) Toshifumi MAE, Yuji MATSUMOTO, Ryusuke NAKA: Sign Planning by Smart Device Installed with Image Integrated Application, ICRP 2019 4th International Conference on Rebuilding Place, p.466-471, 2019.

(2021.9.30受付)

図書館運営委員

田中 美穂（図書館長） 穴井 孝義（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）
藤本 教寛（学生主事補） 小関 康平（寮務主事補）
手島 規博（機械工学科） 常安 翔太（電気電子工学科）
劉 怡（情報工学科） 山本 大介（都市・環境工学科）

令和 3 年 11 月 12 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
