

令和 4 年度

研究報告

大分県産業科学技術センター

令和 5 年 8 月発行

目次

【技術シーズ創出型研究】

製品の多面的評価による快適性評価指標の作成（第3報）	1
電磁推進機構の開発（第2報）	4
品種の異なる裸麦の醸造適性の評価に関する研究	8

【経常研究】

EMC試験におけるAIの活用に関する研究	13
----------------------------	----

製品の多面的評価による快適性評価指標の作成（第3報）

—評価指標ソファの開発と評価—

兵頭敬一郎*, 疋田武士*, 佐藤寿喜*, 佐藤幸志郎**, 北嶋俊朗**, 野呂影勇****, 戸上英憲*****

*製品開発支援担当, **企画連携担当, ***工業化学担当, ****早稲田大学・エルゴシーティング株式会社,
*****産業医科大学医科物理学

Creating comfort evaluation guidelines based on multi-evaluation of products (3rd Report)

—Development and evaluation of evaluation index sofa—

Keiichiro HYODO*, Takeshi HIKIDA*, Hisaki SATOU*, Koushirou SATOU**, Toshirou KITAJIMA**,
Kageyu NORO****, Hidenori TOGAMI*****

*Product Design and Development Section, **Planning and Coordination Section, ***Industrial Chemistry
Section, ****Waseda University・ErgoSeating Co., Ltd,
***** Physics, University of Occupational and Environmental Health, Japan

要 旨

仮説「ソファから受ける触知覚は、体格差、主に体重差により異なる」⁽¹⁾⁽²⁾を確認するため、クッションの硬さを変更可能な評価用ソファを用いて、座り心地についての主観評価と、クッションの沈み込み変位量を測定した。

クッションの沈み込み変位量は、ラック&ピニオンの原理で測定する方法に変更し精度が向上した。座面のスラブクッション2種（ソフト・ミドル）のうちミドルの沈み込み変位量は体重に相関し、座り心地に影響することが示唆された。（本報は2022年12月9日に開催された日本人間工学会九州・沖縄支部大会発表「体重によりクッションが変わるソファの開発 一第六報 座り心地は体重に左右される」の抄録⁽⁶⁾の内容に、口頭発表時の補足説明内容を追記して作成した。）

1. はじめに

1.1 社会的ニーズ

大分県日田市周辺地域の木製家具産業の主力製品であるソファについて、人間工学による技術支援を行っている。

近年では、在宅勤務が一定の割合で定着したことで、ソファの用途がリラクセスからワークまで拡大し、1人掛けのパーソナルソファが注目されている。

1.2 理論的追及

ソファの座り心地などの着座時の触知覚は、他の座具（椅子や乗り物のシート）とは異なる。

第三報⁽⁴⁾で、包み込まれる感じなど11項目でそれが評価できた。それら評価項目の大半は座面等のクッションの特性に関係している。

ソファのクッションの特性として、他の座具と明確な違いがあるものに「厚さ」がある。椅子や乗り物のシートに比べて厚い。この厚さにより、身体を支える。臀部や大腿は、複雑な触知覚を有する。

本研究では、着座時の触知覚を、表面触・クッション中間の透触（transparent touch）・底部の底つき感に作業仮

説（working hypothesis）として分類している。（Fig.1）

人がソファに座るときの過渡現象（transient phenomena）Fig.2は、体重により着座時の沈み込みが発生する。



Fig.1 ソファの特別な知覚現象を印象付ける
ソファの特殊な着座動作 Posture Surfing

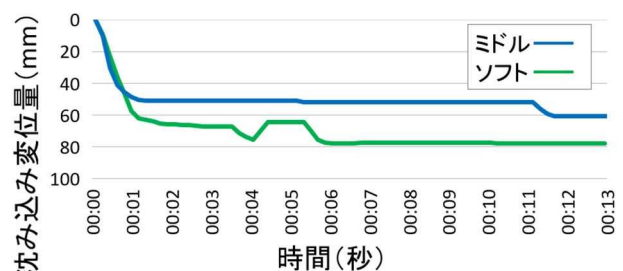


Fig.2 沈み込み変位量と時間の関係

本報告では、骨盤の傾きを防ぐ仙骨サポート他、複数の知見の総合により実現される高機能座面 high functioning seat pan concept (HFSP) ⁽³⁾ のコンセプトに従ったソファを設計し評価した。

また、ソファのクッション部分の触知覚は、表面面・透触面・底つき面の三つに分類されると仮定した。

このうち透触面は、着座時の transient な過程での知覚現象を指すとされ、複数の材料を複合的に積み重ねて作られているソファのクッション部の座り心地は、透触面からの触知覚が大きな影響を与えている可能性がある。

本報では、ソファの透触面から受ける触知覚は、座っている人間の体格差 (体重差+下腿長) により異なると仮定し、仮説 1・2 について確認することを目的に、用途に応じて健康で快適に使用できるよう体格差に対応したソファの設計と椅子と人が対話するシステムを開発し評価した。

- ・仮説 1 沈み込み変位量は体重に相関し、座り心地に影響する。
- ・仮説 2 適度な沈み込みが、よりよい座り心地を生ずる。

2. ソファモデルと実験方法

実験用ソファは、利用者が体格に合わせて仕様の異なるクッションの好みの組み合わせを選択できる、フレームとクッションの分離仕様とした。

クッションは、2 種 (ソフト・ミドル) の硬さの座面用スラブクッション、硬さ (ソフト・ミドル) と高さの異なる背面用かまぼこ状クッション 3 種、座面後方に仙骨サポートクッション (ハード) 1 種を配置した。

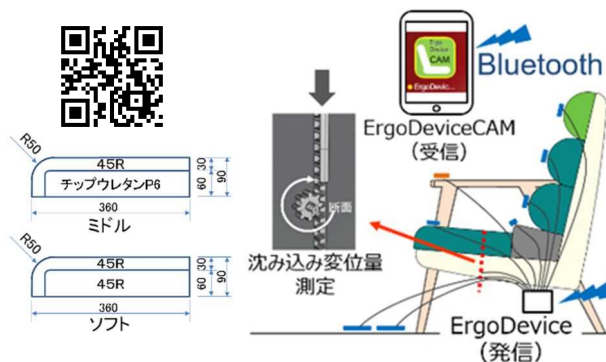
クッション表面と床面には圧力センサーを取り付け、発信装置 (ErgoDevice) と専用ソフト (ErgoDeviceCAM) でデータを取得した。(Fig. 3)

被験者は (株) アサヒ大川ショールームの一般来店者や関係者、女性 3 名、男性 10 名に協力いただき、最小体重者は 53.3Kg、最大体重者は 85.0Kg であった。

クッションの沈み込み変位量は、座骨結節部が乗る部分の中心から右に 5cm 離れた位置に、ラックギアを貫通させピニオンギアを取り付けたポテンショメーターの回転量を計測した。

主観評価は、クッションの最も座り心地のよい組み合わせを選択後、深く沈み込む感じ、跳ね返る感じ、底に付く感じ、締め付ける感じ、心地よい感じ、不快な感じ、総合して座り心地が良い感じ、の 7 項目を 5 段階で評価した。

また、整形外科クリニックに評価用ソファ着座時の X 線撮影を依頼し、仙骨サポートクッションの有無による骨盤や腰椎の状態を比較した。(Fig. 4)



・座面クッション ・実験用ソファの構成
Fig. 3 実験用ソファでの沈み込み変位量の計測



Fig. 4 整形外科クリニックでの X 線撮影

3. 結果

第三報 ⁽⁴⁾ では、ロール状クッションの沈み込み変位量が体重を概ね反映することを報告した。

本報では、被験者 13 名がスラブクッションに座った際の沈み込み変位量と体重の関係についての結果を Fig. 5 に示す。ミドルについては相関係数 $r=0.713349$ であり、t 検定では有意であった ($p < 0.05$)。よって座面クッションミドルの沈み込み変位量は体重に相関している。

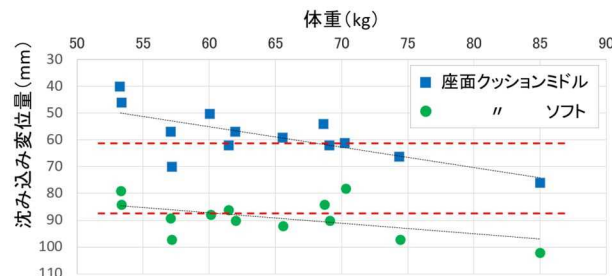


Fig. 5 椅座時の沈み込み変位量と体重の関係

沈み込み変位量は座り心地にも影響すると考えられるため、被験者にその場で主観評価 (SAS) を取ったところ Fig. 6 のような結果であった。

総合して座り心地がよいと回答した沈み込み変位量の

範囲は、61～97mmであった。以上により沈み込み変位量は座り心地に影響し、適度な沈み込みがよりよい座り心地を生ずると考えられる。

X線撮影の結果、整形外科医より「仙骨サポートクッションが腰椎の前弯に影響を与えている可能性がある」との見解であった。(Fig. 7)

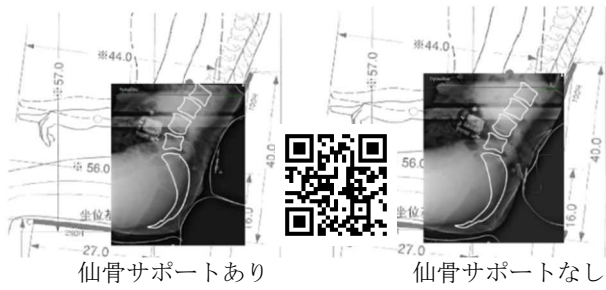
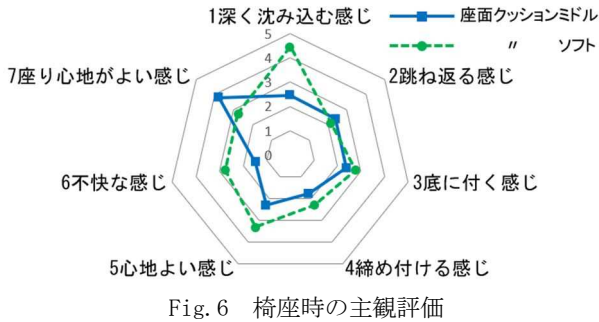


Fig. 7 X線で骨盤や腰椎の状態を確認⁽⁵⁾

4. 考察

実験用ソファの沈み込み変位量の測定では、第三報⁽⁴⁾で報告した指し棒を見直し、ラック&ピニオンの原理で測定する方法に変更し精度が向上した。

本実験において、スラブクッションの沈み込み変位量は被験者の体重を概ね反映し、座り心地に影響することが示唆された。

また、総重量を測定するGross Weight測定装置を利用し、椅子と人が対話するシステムを開発した。(Fig. 8)



Fig. 8 GrossWeight測定装置を利用した椅子と人が対話するシステムの開発

今後、主観評価で座り心地が良いと感じた沈み込み変位量等を参考に、体重により最適なクッションが選べるソファの開発を進める。

謝辞

本究に多大なる支援を頂いた、エルゴシーティング株式会社 渡邊候子様、早稲田大学理工学部理工学術院総合事務・技術センター 中川翔様、(株)アサヒ、医療法人とよた整形外科クリニック(山口県) 豊田 耕一郎様他スタッフのみなさまに心より御礼申し上げます。

参考文献

- (1) D.Katz:Aufbau der Tastwelt, Z.Psychol. Erg., 11, (1925) .
- (2) 吉田正昭：触覚及び自己受容知覚, 和田陽平(編)『感覚知覚ハンドブック』, 誠信書房(1969) 777.
- (3) Kageyu Noro¹, Rani Lueder², Shunji Yamada³, Goroh Fujimaki⁴, Hideki Oyama¹, Yuki Hashidate¹, Revisiting Sitting Cross-Cultural Aspects of Seating, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, vol. 50, 7: pp. 814-819., First Published Oct 1, 2006.
- (4) 兵頭敬一郎他：体重差対応型ソファの設計—第三報 透触面の考えに基づく快適性の追求—, 日本人間工学会九州・沖縄支部大会 第42回大会講演集(2021)
- (5) 小原二郎他：椅子②井上昇編, 山海堂(2006) 33. [連絡先]兵頭敬一郎 e-mail: hyoudo@oita-ri.jp
- (6) 兵頭敬一郎他：体重によりクッションが変わるソファの開発—第六報 座り心地は体重に左右される—, 日本人間工学会九州・沖縄支部大会 第43回大会講演集(2022)

電磁推進機構の開発（第2報）

城門由人・沓掛暁史・池田哲
電磁力担当

Development of the electromagnetic side thruster for pleasure boats (2nd Report)

Yukihiro KIDO・Akifumi KITSUKAKE・Tetsu IKEDA
Electromagnetic Section

要 旨

本研究では、小型船舶（プレジャーボートなど）の姿勢制御などの補助推進装置として、モータ・ギヤ・スクリューがない磁気スラスタ（電磁推進機構）を技術開発する。本報では、推進力を増大する機構モデルとその評価について報告する。

1. はじめに

都心等での移動手段として渋滞や混雑緩和、災害時の緊急搬送手段や陸上交通の代替移動手段などの観点から水上タクシーなど海上輸送が注目されている。

水上タクシーなどの小型船舶（プレジャーボートなど）は、風や海流の影響を受けやすく海洋上で定位置に停まるため、また、桟橋への離着岸を安全に行うために一部の船舶において主推進機以外に補助推進装置（電動スラスタ）を備え姿勢制御を行っている。

本研究では、電動スラスタにおけるギヤの摩耗やスクリューへの藻の絡まりなどの課題を解決するため、磁気を用いたモータ・ギヤ・スクリューがない磁気スラスタ（電磁推進機構）を考案し、実用化技術の構築に取り組んでいる。本報では、推進力を増大する機構とその評価について報告する。

2. 電磁推進機構の原理

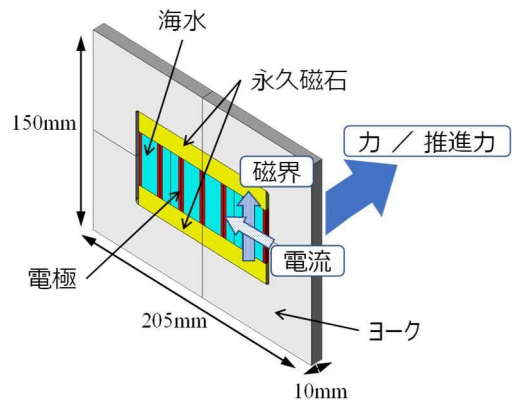
Fig. 1 に電磁推進機構の推進力の発生原理を示す。原理説明のモデルは、電磁推進機構の基本ユニット⁽¹⁾である。電極に挟まれた6個のスロットに海水を通し、スロット上下に配置した永久磁石とヨークにより海水に上下方向の磁界づくり、電極から海水に電流を流すことでローレンツ力により推進力が得られる。ローレンツ力は以下の式から求まる。

$$F = I \cdot B \cdot l \sin\theta \quad (1)$$

ただし、 F ：ローレンツ力、 I ：海水に通す電流、 B ：磁束密度、 l ：電極間距離、 θ ：磁界の向きと電流の向きのなす角である。

Fig. 1 では、磁界の向きが下から上、右から左に電流を流すことで、フレミング左手の法則によりスロット奥方向の力を発生する。

Table 1 は、基本ユニットの構成である。



基本ユニットとローレンツ力（推進力）

Fig. 1 電磁推進機構の推進力の発生原理

Table 1 電磁推進機構基本ユニットの構成

	材質記号	サイズ[mm]	備考
ヨーク	構造用鋼 SS400	長さ 205 幅 10 高さ 150	表面処理： 無電解ニッケルメッキ
永久磁石	ネオジム 磁石 N45	長さ 60 幅 10 高さ 15	磁化方向：15mm 方向 ※4 個（上下各 2 個） ※上下磁石間隔 40mm
電極	銅 C1100	厚さ 1	電極面：10×36mm ※12 極（6 対） ※電極面以外絶縁被膜

3. 電磁推進機構の基本ユニットによる評価

3.1 基本ユニットの改良

電磁推進機構の推進力を増大するため、基本ユニット⁽¹⁾の磁気回路と電気回路の見直し、及び、大電流への対応（漏電対策）を図った。

磁気回路と電気回路の見直しでは、高い磁束密度の領域に電流が集中するように改良した。基本ユニットの磁束密度の分布（Fig. 2）から磁石間の中央付近では磁石近傍の半分以下の磁束密度となることから、高い磁束密度の領域（図の塗りつぶし領域）に電流が集中するように、電極の中央 15mm 程度を絶縁被膜した。

また、大電流による漏電を防ぐため、ヨーク全体を絶縁被膜し、電極の一部を収縮チューブで防水した。

Fig. 3 は、絶縁被膜を施した電極を使用した基本ユニット（改良版）の外観である。基本ユニットは、海水の通路を 6 スロット（1 スロットの開口サイズ 16×40mm、通路長：10mm）に分け、各々 1 対の電極で通電する。

3.2 基本ユニット（改良版）による推進力評価

Fig. 4 に基本ユニット 2 台を連続配置した推進力の実測値と計算（理論）値の結果を示す。なお、実験では海水の代わりに塩分濃度 3.4% の塩水とした⁽²⁾。

印加電圧 12～36V は前報⁽¹⁾の結果であり、印加電圧 48V が今回の測定結果である。改良により高電圧まで試験でき、大きな推進力を得ることができた。

また、効率（ここでは、計算（理論）値を 100 とした場合の発生推進力の割合）は、対策前 50%前後（12～36V）から改良版 74%（48V）に向上した。このことは、高い磁束密度の領域に電流を集中できたためと考えられる。

4. 電磁推進機構の連続一体モデルによる評価

4.1 連続一体モデル

前報⁽¹⁾において基本ユニットの連続配置により推進力を大きくできることを確認した。このことを応用した上で、構造の簡素化と効果的な磁力の活用のため連続一体モデルを製作した。

Fig. 5 に組み立て後のモデル写真を示す。海水を通す 6 スロット（1 スロットの開口サイズ 12×15mm、通路長 60mm）をそれぞれ永久磁石（ネオジウム磁石）と電極で囲う形状とした。Table 2 に連続一体モデルの構成を示す。

磁界解析により得られた磁束密度の 3D 分布を Fig. 6 に、モデル中央断面の分布を Fig. 7 に示す。いずれの図も対称性を考慮した部分モデルの結果を示す。また、図中のマーク球（Fig. 6）と◆（Fig. 7）は、実測値をプロットしている。

磁石間（磁石間隔 15mm）中央の平面から磁石に向かっ

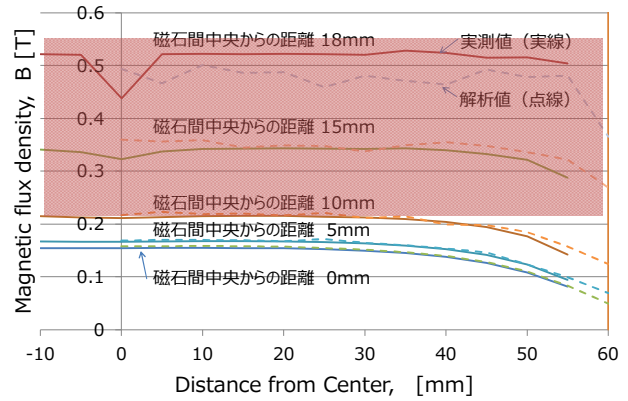


Fig. 2 基本ユニットの磁束密度の分布（測定値）

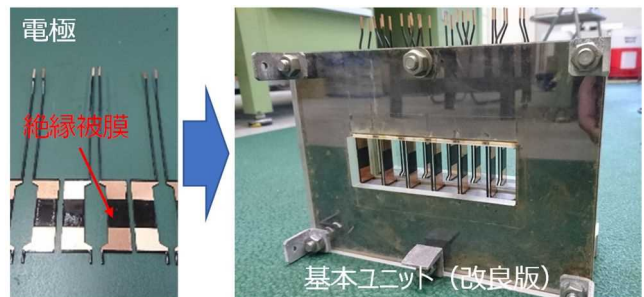


Fig. 3 基本ユニット（改良版）

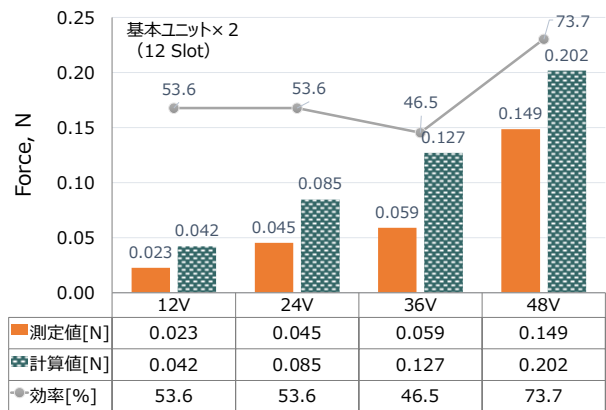


Fig. 4 基本ユニット（改良版）による推進力評価

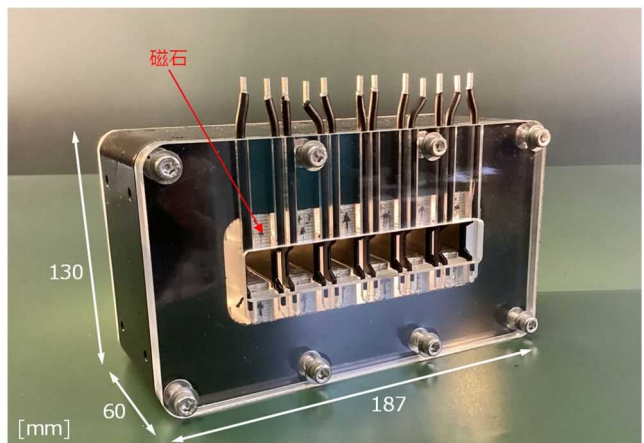
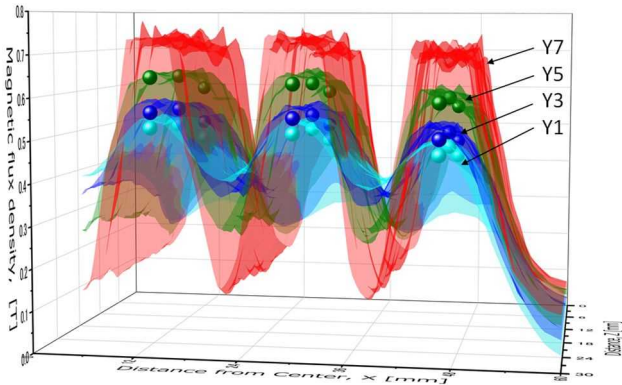


Fig. 5 連続一体モデル（電磁推進機構）



※Y [mm] : 磁石間(15mm)中央からの距離

Fig. 6 磁束密度分布 (3D)

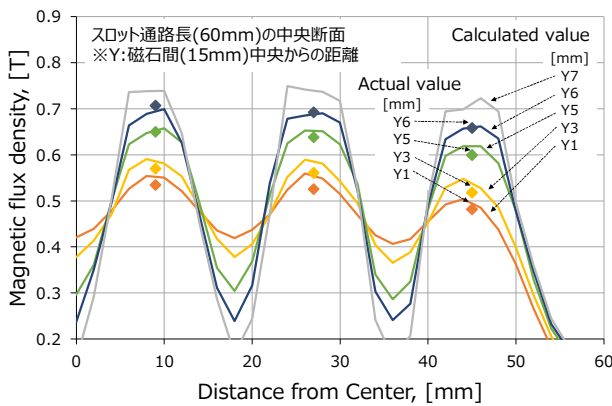


Fig. 7 磁束密度分布 (スロット通路中央断面)

て1, 3, 5, 6 (Fig. 7のみ), 7mm オフセットした平面での分布であり, 海水を通すスロット部に高い磁界を発生している。また, 3D 分布 (Fig. 6) おいてモデル端部 (図の奥方向) 側で磁束密度が小さくなるのが分かる。

解析結果と実測値については, 近似の結果が得られている。

4.2 連続一体モデルによる推進力評価

海水の代わりに塩分濃度 3.4% の塩水⁽²⁾ にモデル浸漬して推進力の試験を実施した。

Fig. 8 に連続一体モデルにおける推進力の実測値と計算 (理論) 値を示す。印加電圧 12~48V の試験を実施したが, 36~48V 試験において一部のスロットで電源リミットにより所定の電圧を印加できなかった。そのため, 図では印加電圧 40V までの結果を示している。電源仕様により 40V 以上の試験結果は無いが, 印加電圧を高めることで, モデル単体で目標の 1N 以上の推進力を達成できると推測できる。

効率 (ここでは, 計算 (理論) 値を 100 とした場合の発生推進力の割合) は, 電圧が上がるに従い向上する傾

Table 2 電磁推進機構連続一体モデルの構成

	材質記号	サイズ[mm]	備考
ヨーク	構造用鋼 SS400	長さ 187 幅 60 高さ 130	表面処理: 無電解ニッケルメッキ
永久磁石	ネオジム 磁石 N45	長さ 60 幅 10 高さ 15	磁化方向: 15mm 方向 ※12 個 (上下各 6 個) ※上下磁石間隔 15mm*
電極	アルミ A5052	厚さ 1.5	電極面: 15×60mm ※12 極 (6 対) ※電極面以外絶縁被膜

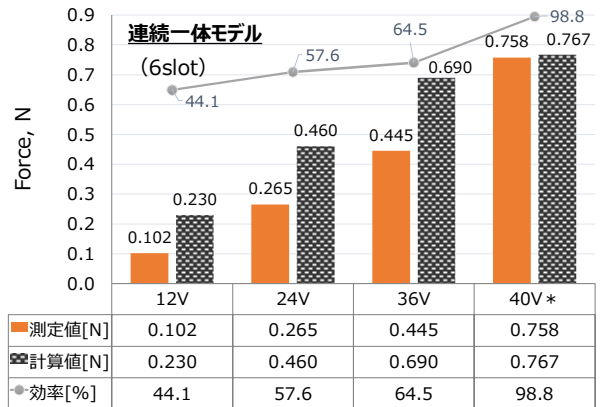


Fig. 8 連続一体モデルの推進力

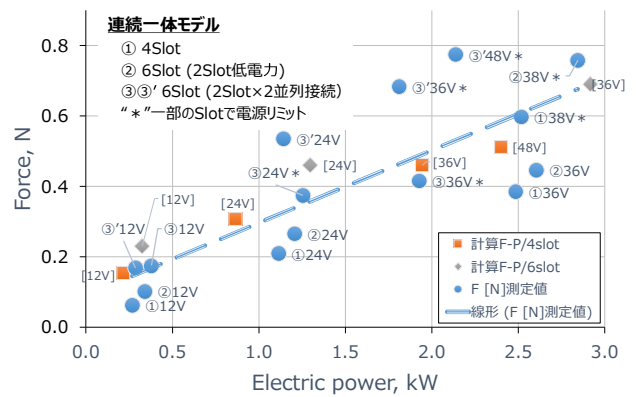


Fig. 9 電力と推進力の関係

向にあることが分かる。

いくつかの試験結果を電力と推進力の関係として Fig. 9 に示す。測定値 (図中●印) にばらつきがあるものの点線で示す線形の関係が認められる。これに, 計算 (理論) 値をプロット (図中■-4slot, ◆-6slot) すると, 点線で示す測定値の線形近傍にあり, 測定値と計算 (理論) 値がよく一致する。このことは, 本モデルにおいて理論に基づく推進力が得られていることを示している。

5. まとめ

小型船舶の姿勢制御を行う新しい機構である磁気を応用したモータ・ギヤ・スクリューがない電磁推進機構の開発において、前報⁽¹⁾の結果を反映した新しい実験モデルを製作し、推進力の評価を実施した。目標としていた機構単体で数 N の推進力の測定には及ばなかったが、約 0.76N が測定され数 N の出力の可能性を十分得ることができた。

実用レベルの推進力としては、数十～数百Nが目標であり、電磁推進機構の複数配置を考慮した場合でも実験モ

デル単体で数N以上の推進力が必要であり、さらなる磁気回路及び電気回路の見直しなど機構の改良に取り組む予定である。

参考文献

- (1) 城門由人, 沓掛暁史, 池田哲: 電磁推進機構の開発, 令和3年度大分県産業科学技術センター研究報告
- (2) 「海水」『フリー百科事典 ウィキペディア日本語版』. 2022年3月1日(火) 05:20 UTC, URL: <https://ja.wikipedia.org/wiki/海水>

品種の異なる裸麦の醸造適性の評価に関する研究

山本優・後藤優治・松田みゆき・水江智子・山本展久

大分県産業科学技術センター 食品産業

Study of evaluation two types naked barley suitable for brewing

Yu YAMAMOTO・Yuji GOTO・Miyuki MATSUDA・Satoko MIZUE・Nobuhisa YAMAMOTO

Food industry section in Oita industrial research institute

要 旨

本研究は裸麦「トヨノカゼ」と「ハルアカネ」の2品種について醸造利用における特徴を明らかにすることを目的とした。搗精工程ではハルアカネはトヨノカゼに比べ搗精時間が長く要することが分かった。搗精時間は麦の硬度によって長くなる傾向があるため、ハルアカネの方が硬質であると考えられた。醸造において重要とされる吸水特性ではトヨノカゼの吸水速度がハルアカネよりも速く、60分以下の吸水時間ではトヨノカゼの吸水率が高い結果となった。それぞれの裸麦で焼酎用麴を製麴し、麴について品質を評価した。得られた麴の品質に大きな差はなかったものの、それぞれの麦で焼酎を仕込んだところろみの発酵経過に違いが現れた。ハルアカネで仕込んだもろみは発酵経過の遅れが確認されたが、仕込み時にグルコアミラーゼを添加することでトヨノカゼと同様の発酵経過をとることがわかった。

1. はじめに

六条裸麦は米と混ぜて炊飯し麦ごはんとして食されるほかに味噌・焼酎用原料としても利用される。大分県では六条裸麦品種としてトヨノカゼが主に栽培されているが、2020年にハルアカネが奨励品種に認定されたことで今後ハルアカネが主に栽培されることとなっている。それに伴い、醸造用としてこれまで用いられてきたトヨノカゼがハルアカネに変わっていくことが予想される。本研究ではトヨノカゼとハルアカネについて、醸造における特徴を明らかにしハルアカネの醸造利用に役立てることを目的とした。

2. 実験材料

本研究には大分県農林水産研究指導センター農業研究部水田農業グループから提供された2018・2019・2020・2022年産のトヨノカゼとハルアカネ、および大分県味噌醤油工業協同組合より提供された2021年産のトヨノカゼとハルアカネの計5年分のサンプルを用いた。

3. 実験方法

3.1 搗精試験

搗精にはサタケ製テストミル TM05B(装置条件：ロール#40, 1100rpm)を使用した。一回あたり玄麦150gを投入し、搗精後1.7mmメッシュのふるいにかけて破砕粒や糠分を除去した後に重量を測定した。搗精前の重量に対して60~65%になるまでこの操作を繰り返し、搗精に要した時間を比較した。⁽¹⁾

3.2 吸水試験

精麦後のサンプルを10g測り、底面が多孔状の金属製遠心管に入れて25℃の恒温水槽に浸漬した。吸水時間を15分・30分・45分・60分・90分・120分・180分間に設定し一定時間経過したところでサンプルの入った容器を水槽から引き上げ、遠心分離(TOMY RX200, ロータ：TS-39H, 2800rpm, 2分間)して付着水を除去した。その後重量を測定し、重量増加率から麦の吸水率を求め^{(2), (3)}、時間ごとの吸水率を比較した。

3.3 製麴

2021年産の両品種の麦を使って一般的な焼酎製麴法に

準じて⁽⁴⁾ 焼酎用白麹を製造した。種麹には焼酎用ピオック K 型菌を使用した。得られた麹の評価に際して過去に実験室で製麹した二条大麦白麹を加えて並行試験を行った。

3.3.1 酸度測定

国税庁所定分析法^{(6), (7)}に従って各麹の酸度を測定した。

3.3.2 糖化力測定

キッコーマンバイオケミファ社製糖化力測定キットを用いて測定手順に従い各麹の糖化力を調べた。

3.4 焼酎の小仕込み試験

3.3 で得られた 2 種類の麹と二条大麦麹を用いて焼酎の小仕込み試験を行った。酵母には乾燥大分酵母を使用し、100 mg/kg になるように復水した酵母液を一次仕込み時に添加した。30℃条件下で一次もろみを 6 日間発酵させ、6 日目に使用した麹と同じ品種の燕麦をそれぞれに加え二次仕込みを行った。同じく 30℃条件下で二次もろみを 12 日間発酵させた。一次もろみ・二次もろみとも発酵容器の上部にメイセル管を装着し通気部分に濃硫酸を満たした。仕込み配合を Table 1 に示した。容器全体の重量を測定し各もろみの一日当たりの減少量から発酵の程度を評価した。なお並行してサンプリング用に同一スケールで仕込んだもろみから 13・15・17 日目にサンプリングし、もろみ中のアルコール度数を測定した。^{(6), (7)}

Table 1 麦焼酎仕込み配合

	一次仕込み	二次仕込み	合計
麦麹 (g)	100	-	100
掛け麦 (g)	-	200	200
汲み水 (ml)	120*	330	450
総量 (g)	220	530	750

*・・・汲み水の一部で乾燥酵母を復水した

3.4.1 酵素添加仕込み

それぞれの裸麦に対する糖化酵素の影響を調べるため麹に代わりグルコアミラーゼを用いて仕込みを行った。仕込み配合を Table 2 に示した。煮沸後室温まで冷ました麦とグルコアミラーゼ酵素剤 1g あるいは 5g を加え、そこへ復水した大分酵母と水と同じタイミングで添加した。全部

で 4 パターンの酵素添加仕込みもろみを仕込んだ。以下、グルコアミラーゼ 1g 添加を G1、グルコアミラーゼ 5g 添加を G5 と表記する。

Table 2 酵素添加仕込み配合

	仕込み	合計
燕麦 (g)	100	100
汲み水 (ml)	130*	130
酵素剤 (g)	1 または 5	
総量 (g)	230	231~235

*・・・汲み水の一部で乾燥酵母を復水した

4. 実験結果および考察

4.1 搗精試験結果

搗精試験の結果を Table 3 に示した。すべてに共通してハルアカネはトヨノカゼよりも搗精時間が長い結果となった。5 年分のサンプルの平均値で比較したところ両品種の間で 30 秒程度の差があることが分かった。⁽⁸⁾ 穀粒硬度が高いほど搗精時間が長いとされており、今回の試験結果からもハルアカネの穀粒硬度が高いことが確認できた。

Table 3 各年度の搗精歩合と搗精時間

生産年	ハルアカネ		トヨノカゼ	
	搗精時間 (秒)	搗精歩合 (%)	搗精時間 (秒)	搗精歩合 (%)
2018	200	63.8	180	64.5
2019	200	65.0	160	62.8
2020	225	61.5	210	62.5
2021	207	64.5	147	62.7
2022	210	64.2	170	64.4
平均値	208	63.7	174	63.1

4.2 吸水における両品種の特徴

各年の吸水率の変化の結果を Fig. 1~5 に示した。2018 年・2022 年産ではすべての吸水時間においてトヨノカゼの吸水率が高かった。2019 年産では 90 分以下でトヨノカゼの吸水率が高く、2020 年産では 60 分以下でトヨノカゼが高かった。2021 年産は 60 分以下では両品種とも同程度

だった。一方で、2019年～2021年産のハルアカネは吸水時間が長くなるにつれて次第にトヨノカゼを上回っており、最大吸水率ではトヨノカゼよりも高いと推察された。以上の結果よりトヨノカゼはハルアカネよりも吸水速度が速い傾向があり、醸造利用での目標吸水率⁽⁹⁾への到達はトヨノカゼが速いと考えられた。トヨノカゼでは60分間前後の吸水時間が妥当であったが、ハルアカネを利用した場合では従来の吸水時間よりもやや長くなることが示唆された。

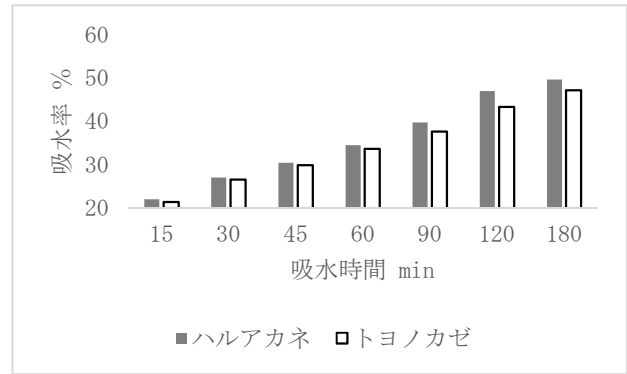


Fig. 4 2021年産裸麦吸水率の変化

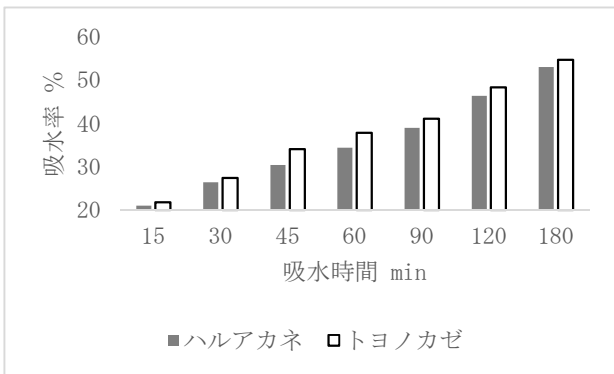


Fig. 1 2018年産裸麦吸水率の変化

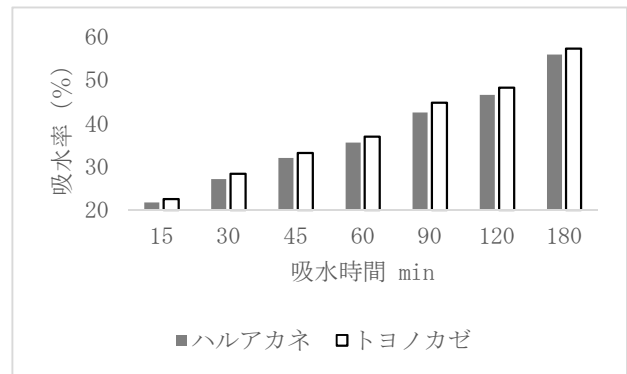


Fig. 5 2022年産裸麦吸水率の変化

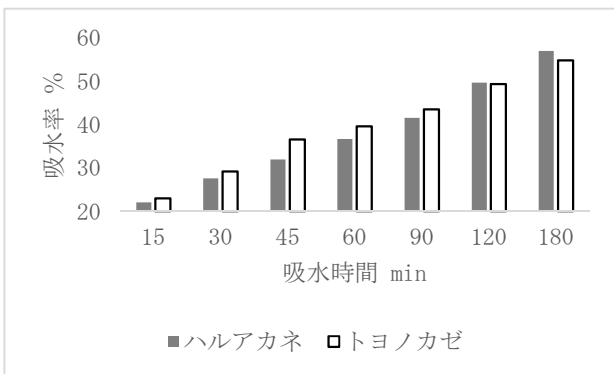


Fig. 2 2019年産裸麦吸水率の変化

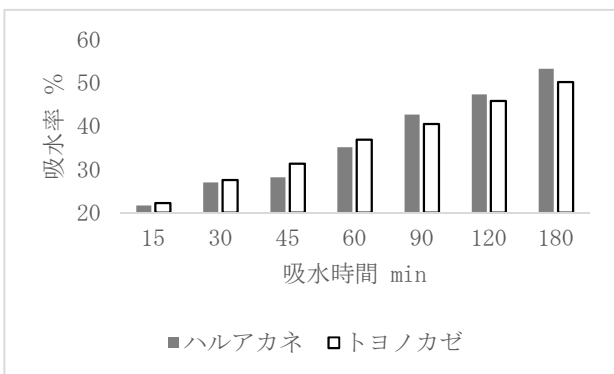


Fig. 3 2020年産裸麦吸水率の変化

4.3 製麴および麦焼酎仕込み試験結果

各麴の分析結果を Table 4 に示した。ハルアカネ麴は他に比べやや低い分析値であるが、 α アミラーゼ活性 120 U/g 麴以上、グルコアミラーゼ活性 250 U/g 麴以上⁽⁴⁾を満たしており焼酎製造に用いる麴としては十分であった。また、焼酎麴の場合クエン酸の生成も欠かせない要素であるが、本研究で製麴した裸麦 2 品種の麴については十分にクエン酸を生成していることが確認できた。

Table 4 麴の品質評価

	αアミラ ーゼ	グルコ アミラーゼ	糖化力	麴 酸度
ハルアカネ	120.2	442.6	3.03	5.34
トヨノカゼ	130.6	728.9	5.25	5.98
二条大麦	137.1	514.8	3.01	4.89

単位：U/g 麴（麴酸度を除く）

小仕込み試験のもろみ発酵経過を Fig. 6 に、二次もろみの 13・15・17 日目にサンプリングしてアルコール度数を測定した結果を Table 5 に示した。

一次もろみの経過では二条大麦、トヨノカゼ、ハルアカネの順に重量減少量が大きかったが、二次もろみでは二条大麦とトヨノカゼが同程度であるのに対してハルアカネは最も重量減少量が小さい結果となった。さらに、二次もろみ仕込み直後からハルアカネのもろみ減少量の推移は緩やかであり発酵経過が他の 2 種類に比べ遅れていることが確認された。

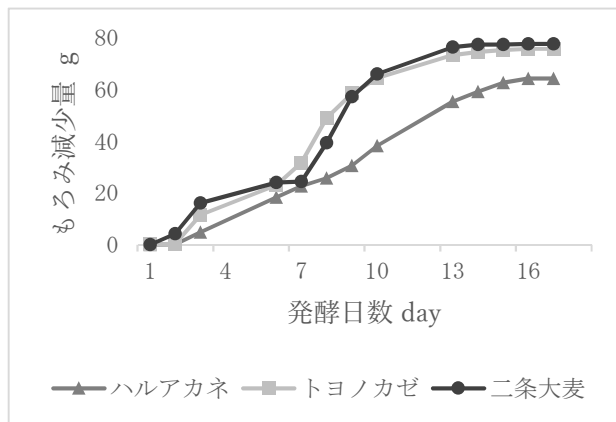


Fig. 6 もろみ発酵経過

二次もろみのアルコール度数については、ハルアカネは 13 日目と 15 日目で最も度数が低いが、最終的に 17 日目ではトヨノカゼを同じ程度のアルコール濃度となっており、アルコール収量としてトヨノカゼと同等であることが推察された。

Table 5 各もろみのアルコール度数

	13 日目	15 日目	17 日目
ハルアカネ	12.5	13.6	14.0
トヨノカゼ	13.7	14.4	14.1
二条大麦	15.1	15.2	15.1

単位：%

二次仕込み後の発酵経過の遅れは全体的な発酵日数の延期,あるいはアルコール低濃度状態による雑菌汚染が予見されるため避けるべきである。そのため、ハルアカネの発酵の遅れを改善させるために糖化酵素の添加を検討し、ハルアカネとトヨノカゼに対する酵素作用の違いを調べた。麴の代わりにグルコアミラーゼを添加して仕込んだもろみの発酵経過を Fig. 7 に示した。

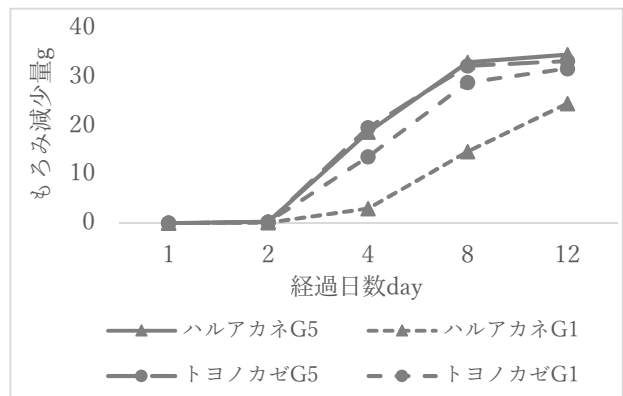


Fig. 7 もろみ発酵経過

グルコアミラーゼ 1g 添加した場合には、ハルアカネは 4 日目までの減少量が小さく、トヨノカゼは発酵の立ち上がり方が速かった。この結果から同じグルコアミラーゼの添加量であっても発酵速度がハルアカネとトヨノカゼで異なっており、グルコアミラーゼの作用に差があることが確認できた。次にグルコアミラーゼ 5g 添加した場合には、ハルアカネとトヨノカゼはもろみ減少量がほぼ同じであり、発酵経過も同程度であった。グルコアミラーゼ 5g 添加したことによりハルアカネの発酵経過はトヨノカゼと同じ水準になっていたことから、仕込み時にグルコアミラーゼ活性を高く保持することによってハルアカネのもろみでも従来通りの発酵経過に改善されることが明らかとなった。

この結果から、ハルアカネでは酵素の分解作用が異なることにより原料デンプンの糖化と酵母によるアルコール生産が連続的に進んでいないものと考えられた。つまり同じ六条裸麦であってもトヨノカゼとハルアカネではデンプンの組成あるいは構造に違いがあるため発酵経過が異なると考えられた。

5. まとめ

新品種ハルアカネを醸造利用した場合、トヨノカゼよりも硬質であるため搗精時間が長くなり、吸水速度も遅く、醸造における最適吸水率に到達させるためには吸水時間を延長する必要があることが分かった。麴に関しては両品種ともほぼ同じ性質であり、焼酎製造には問題ないことが確認できた。一方で、焼酎製造における発酵段階でハルアカネのもろみはトヨノカゼより発酵経過が遅い傾向が認められた。この発酵経過の違いはグルコアミラーゼの糖化作用に起因しており、品種によるデンプンの性質に違いがあるためと考えられた。グルコアミラーゼの酵素剤を仕込み直後に添加することでハルアカネの発酵経過もトヨノカゼと同程度になることが分かった。

6. 今後の展開

ハルアカネの醸造利用に関する試験データが得られたことから、実際の醸造現場での支援に役立てたい。一方で、糖化酵素の反応からハルアカネとトヨノカゼの各デンプン構造の違いや細胞組織を構成している多糖類の構造について違いがあるものと予測されたが解明には至っていない。これを明らかにすることは、麦の産業利用や今後の品種転換に活用できることから、引き続き検討したい。

7. 参考文献

- (1) 塔野岡ら 九州農業研究報告第59号平成9年5月
- (2) 奥田将生・上用みどり・福田央・玉村隆子 「泡盛用原料米の白米水分及び砕米化が吸水性に及ぼす影響と二度蒸しによる蒸米吸水率の向上」 醸協, 112 (9), 629 (2017)
- (3) 大森俊郎・長野壮一・手島菜奈子・下田雅彦 「精麦歩合が異なる焼酎原料大麦の成分分析および吸水性」 醸協, 87 (7), 527 (1992)

- (4) 日本醸造協会 本格焼酎製造技術
- (5) 石田莉菜・小坂忠之 栃木県産業技術センター 平成30年度研究報告
- (6) 第三回改正 国税庁所定分析法
- (7) 酒類総合研究所標準分析法注解
- (8) 西日本農業研究センター2019年報告 吉岡藤治・杉田知彦 「「早生・多収で高品質の六条裸麦新品種」「ハルアカネ」
- (9) 大森俊郎・下田雅彦 「焼酎原料大麦の吸水に関する研究」 醸協, 87 (5), 373 (1992)

EMC 試験における AI の活用に関する研究（第 2 報） —放射イミュニティ試験における音からの誤動作検知—

浜野遼太郎・首藤高德・後藤和弘
電子・情報担当

Research on the use of AI in EMC testing (2nd Report) —Malfunction Detection from Sound in Radiated Immunity Testing—

Ryotaro HAMANO, Takanori SHUTO, Kazuhiro GOTO
Electronics and Information Technology Section

要 旨

EMC 試験の 1 つである放射イミュニティ試験では、強電界環境において、電子機器に誤動作が起きないかを長時間確認する必要がある、負担が大きいという問題がある。そこで、負担軽減と見逃し防止を目的として、音から、電子機器の誤動作が疑わしい状態を検知・通知させる、誤動作判断支援システムを開発する。本研究では、誤動作判断支援システムを実利用する際の課題を整理し、方針として、AI による教師無し学習、少量の学習データ、短時間の学習、少量の設定項目を立てた。そして、代表的な誤動作のシチュエーションに対して、AutoEncoder を用いた、再構成誤差による異常検知の手法検証を行い、誤動作が疑わしい状態の検知が可能であることを確認した。

1. 背景と目的

EMC 試験の 1 つに、試験対象に妨害波を照射し、誤動作が起きないことを確認する放射イミュニティ試験がある。この試験は、長時間にわたり電子機器の状態を監視しておく必要があり、試験の担当者の負担が大きい。

これに対し、山梨県産業技術センターの中村ら^{(1) (2) (3)}は、電波暗室内に設置されたカメラの映像に画像処理を施し、誤動作が疑わしい状態を検出・通知するアルゴリズムの検証とシステムの開発を行った。これにより、目視による誤動作監視の負担軽減が可能となった。

一方で映像の他に、＜音＞が監視対象として挙げられ、本研究では、AI によりこの問題の解決に取り組む。同時に、近年急速に発展する、AI についてのシーズを蓄積し、企業支援への活用を目指す。

2. 音からの誤動作検知の検証

この章では、まず、音から AI により、放射イミュニティ試験中の誤動作と疑わしい状態を検知（以下、誤動作検知）する上での課題と方針を整理する。そして、使用した手法を説明する。また、手法を検証するための、録音環境と代表的な誤動作のシチュエーションについて説明し、検証結果について考察する。

以降、正常動作時の音を正常音、それ以外、つまり誤動作時の音を異常音とする。

2.1 課題と方針

AI を活用した音からの放射イミュニティ試験中の誤動作検知における、実際の現場で利用する上での課題として次の 3 つが挙げられる。(1) 異常音の定義、(2) 学習データの録音のタイミング、(3) 誤動作判断支援システムの設定項目の量である。

1 つ目の、異常音の定義の課題は、異常音を一意に定義することが困難であるというものである。以下の 3 つに分けられる。誤動作時にどんな音が鳴るかわからない。試験対象の種類に応じて異常音の定義が異なる。誤動作は製品の開発者が決める。また、異常音の定義が困難なことに併せて、多くの場合、異常音を事前に録音することが困難である。

2 つ目の、学習データの録音のタイミングの課題は、AI の学習データをいつ録音するかというものである。候補は、試験前の打合せ段階と試験直前である。試験前の打合せ段階において事前に録音する場合は、試験を希望する担当者（多くの場合、製品の開発者）の負担を増やすこととなる。さらに、録音環境が、学習データ録音段階と評価段階で異なるため、学習データと評価データの分布が異なり、AI の予測性能向上の難易度が上がる。試験する環境に試験対象を送ることで、事前に学習データを録音することは可能だが、試験官の負担が増える。さらに、試験対象が一点物のケースでは、製品の開発者の

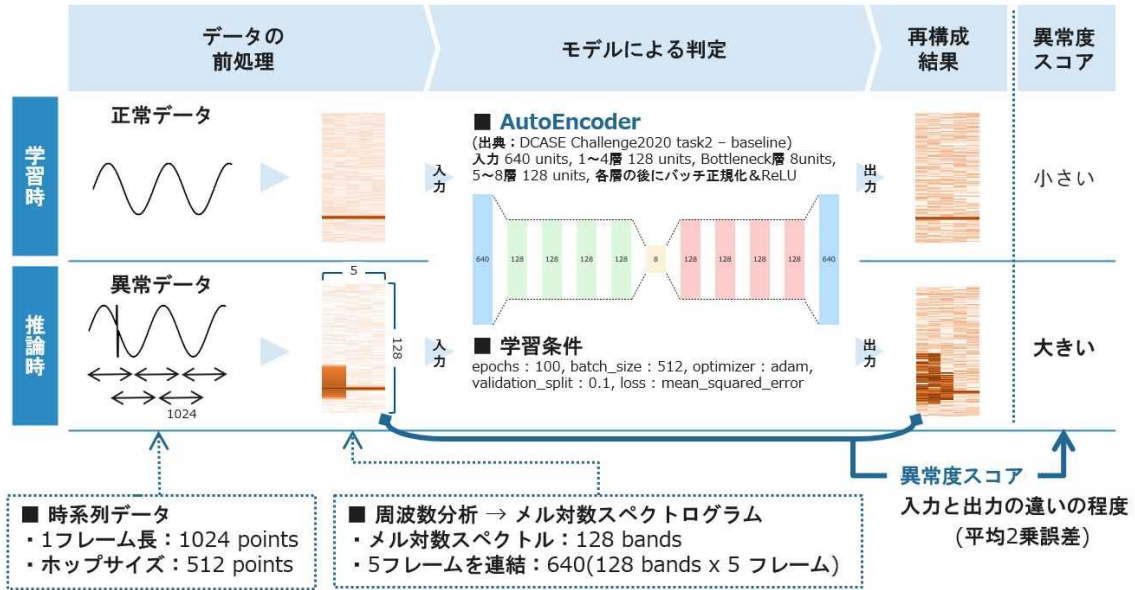


Fig.1 DCASE2020 challenge task2 baseline system の計算器

元から製品が離れるため、開発の時間に影響する。また、試験直前に試験環境で録音する場合、長時間学習データを取ることは、円滑な試験の妨げになる。この場合、学習データの録音時間に加え、計算器の学習時間も考慮する必要がある。前年度の取り組み（第1報⁽⁴⁾参照）では、10秒の音データの学習に3分を要した。

3つ目の、誤動作判断支援システムの設定項目の量の課題は、システムが設定項目を豊富に持つ場合、試験対象ごとの調整に手間がかかるというものである。

本研究では、3つの課題に対する方針として、教師無し学習を採用する。そして、試験直前に試験環境で学習データを録音し、そのデータで計算機を学習するため、学習データの録音時間を短くし、計算機の学習時間も短くすることで、試験時間への影響を少なくすることを目指す。また、システム上での設定項目を減らすことで、試験対象ごとの調整の手間を減らすことを目指す。

2.2 手法

2.1で示した方針を達成するため、本研究では、DCASE2020 challenge task2 から baseline system として提供されている、AutoEncoder ベースの異常度スコア計算器⁽⁵⁾を使用し、性能を検証する。計算器の全体像を Fig.1 に示す。このモデルは、入力層と出力層が 640次元のベクトルであり、音の時系列データからメル対数スペクトログラムへ特徴抽出したデータを扱う。この特徴抽出の工程は、前年度の取り組み⁽⁴⁾と大きく異なる点である。入力と再構成結果である出力の、平均二乗誤差を異常度スコアとしている。正常・異常の判定は、異常度スコアに対して、ユーザーが閾値を任意に設定することで実現し、異常の判定を持って、誤動作検知とする。



Fig.2 放射イミュニティ試験における録音環境

2.3 録音環境

録音環境の構成について述べる。Fig.2 に示す。録音用のマイクは、コロナ電子工業株式会社の光リンクマイクユニット COS-004 である。電波暗室内に設置する当該マイクの送信ユニットは、マイクに金属製のシールドが施されており強電界環境下でも動作が可能で、電波暗室外の受信ユニットへ、光信号で音の信号を伝達する。受信ユニットに届いた音の信号は、アナログ信号へと変換され、オーディオ出力端子からオーディオインターフェース (ZOOM H8) へ入力される。オーディオインターフェースは、録音用のパソコンに接続し、音の信号を音データとして保存する。その後、音データを機械学習用マシンへ取り込み、検証を行う。

機械学習用マシンのスペックは次の通りである。
CPU: Intel Xeon W-2223, RAM: 32GB, System drive: Samsung SSD 860 EVO 500GB, GPU: NVIDIA GeForce RTX 2080 Ti.

Table 1 代表的な誤動作のシチュエーションと
検証用データセットの内訳

	1. 瞬間的な異音 が 鳴る	2. モーターの回転音が 止まる	3. 周期的な音が 止まる	
正常動作時の 挙動と音	 音が鳴らない (無音)	 一定速度で回転する (ウーン)	 周期的に音が鳴る (ピッ!...ピッ!)	
誤動作時の 挙動と音	 瞬間的に音が鳴る (ピッ!)	 回転が止まる (無音)	 音が止まる (無音)	
想定する機器	電子機器全般	モーター等	電子機器全般	
検証用データセット	学習データ	3分 (18サンプル)	3分 (18サンプル)	3分 (18サンプル)
	正常データ	4分 (24サンプル)	2分30秒 (15サンプル)	9分10秒 (55サンプル)
	異常データ	8分10秒 (49サンプル)	3分 (18サンプル)	7分10秒 (43サンプル)

2.4 誤動作のシチュエーションと検証用データセット

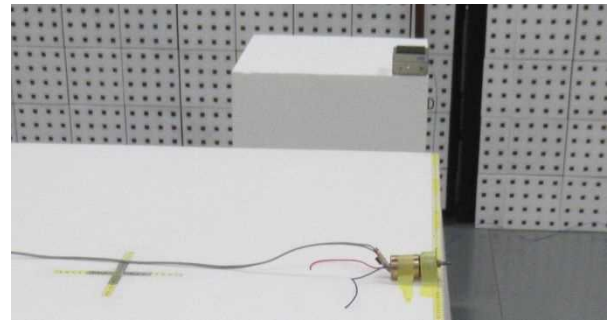
誤動作検知の検証を行うにあたり、実際に誤動作を起こす機器を集めることは困難である。そこで、過去の試験事例から、代表的な誤動作のシチュエーションを3つ列挙し、正常動作と誤動作を模擬した音を作成して、2.3の録音環境で録音した音データを、検証用データセットとして用意する。その内容をTable 1に示す。

1つ目の、瞬間的な異音が鳴るケースは、正常動作時の試験対象からは音が鳴らず、無音であり、誤動作時に瞬間的な音が鳴るという想定である。想定する機器は、スピーカーを有するものや、リレーなどの電磁的スイッチを有するもの、ソレノイドやモーターなどのアクチュエーターを有するものなど、電子機器全般である。誤動作を模擬した音の録音時の環境をFig. 3 (a)に示す。スピーカーとマイクを向かい合わせに置き、スピーカーから音を出して録音する。スピーカーから鳴る音は、音の長さが200msの正弦波、周波数が50Hz-20kHzの範囲でランダムであり、音が鳴ってから10秒以内にランダムなタイミングで次の音が鳴るよう、プログラムで作成した音データである。正常動作時は、試験対象からは音は鳴らないが、録音データへはフロアノイズが記録される。これを、学習データと、評価データのうちの正常データとする。また、先ほどの自作の音データを録音し、これを評価データのうちの異常データとする。

2つ目の、モーターの回転音が止まるケースでは、正常動作時に一定の速度で回転するモーターが、誤動作時に回転を止める想定である。想定する機器はモーターを搭載した電子機器全般である。誤動作を模擬した音の録音時の環境をFig. 3 (b)に示す。DCモーター (TSUKASA ELECTRIC - TG-35B-AM-15-KA) に12Vの電圧を印加し、一定速度で回転させて、その音を録音して音データを作成する。これを、学習データと、評価データのうちの正



(a) 瞬間的な異音が鳴る, 周期的な音が止まる



(b) モーターの回転音が止まる

Fig. 3 誤動作を模擬した音の録音時の環境

常データとする。また、一定速度で回転するモーターへ印加する電圧出力を、別室から手で停止し、モーターが回転を止める際の音を録音し、これを評価データのうちの異常データとする。

3つ目の、周期的な音が止まるケースでは、正常動作時に試験対象から周期的に音が鳴り、誤動作時に音が止まるという想定である。想定する機器はスピーカーを有する電子機器 (例えば心電図モニター) 全般である。誤動作を模擬した音の録音時の環境は、1つ目と同じくFig. 3 (a)である。スピーカーから鳴る音は、音の長さが200ms、周波数が500Hz、音が鳴ってから2秒後に次の音が鳴る、プログラムで作成した音データである。正常動作時の想定としてこの音を録音し、学習データと、評価データのうちの正常データとする。また、音データの再生中に、プレーヤーの音量をリモートで制御し、100%と0%の2つの値を手動で切り替えて誤動作を模擬した音を作り、その音を録音して評価データのうちの異常データとする。

これらの録音した音データを検証用のデータセットとして使い、手法の検証を行う。音データは全て、サンプリングレート44.1kHz、量子化ビット数32bit、1チャンネル、PCM (IEEE) (float) のwavフォーマットで取り扱い、10秒を1サンプルとして、ファイルに分割して保存する。

2.5 結果と考察

サンプル単位の混同行列を Table 2 に、ROC 曲線 (Receiver Operating Characteristic 曲線：縦軸を真陽性率、横軸を偽陽性率として、閾値を変化させながらプロットして描いた曲線。) と AUC (Area Under Curve : ROC 曲線下部の面積。1 に近いほど計算機の予測性能が高く、0.5 に近いほど低いことを示す。) を Fig. 4 に、異常データの一例を、スペクトログラムと異常度スコアを重ねて Fig. 5 に示す。

1 つ目の、瞬間的な異音ที่鳴るシチュエーションについては、混同行列 (Table 2 (a)) の偽陽性率が 29.2%, AUC (Fig. 4 (a)) が 0.971 である。偽陽性率が約 30% と高いように思えるが、これは、サンプルごとの平均異常度スコアにより混同行列を求めたためである。詳細に説明する。Fig. 5 (a) の異常データのスペクトログラム上でレベルが大きくなっている (音が鳴っている) 間、異常度スコアが上昇しているのが確認できる。しかし、その時間が短いため、上昇した異常度スコアが、平均異常度スコアに与える影響は小さい。よって、正常音の平均異常度スコアのばらつきの影響により、サンプル単位の平均異常度スコアを閾値で正常と異常を完全に分離できず、偽陽性率が高い。平均異常度スコアではなく、異常度スコアを時系列で確認すると、Fig. 5 (a) に示す通り、時系列的に出力される異常度スコアに対して、閾値を設けることで、誤動作検知が可能である。

2 つ目の、モーターの回転音が止まるシチュエーションについては、混同行列 (Table 2 (b)) の偽陽性率が 0%, AUC (Fig. 4 (b)) は 1 である。正常と異常を完全に判定することができている。Fig. 5 (b) を見ると、スペクトログラムにおいて、モーターの回転音を表す 500Hz 付近の信号レベルがなくなる、7 秒以降の区間で、異常度スコアが上昇していることが確認できる。閾値を設けることで誤動作検知が可能である。

3 つ目の、周期的な音が止まるシチュエーションについては、混同行列 (Table 2 (c) -1) の偽陽性率が

Table 2 サンプル単位の混同行列 (サンプルごとに異常度スコアの平均を計算し、それを平均異常度スコアとして混同行列を求める。平均異常度スコアの閾値は、真陽性率が 100% になる値を選ぶ。)

(a) 瞬間的な異音が鳴る

		AIの予測結果		陽性率
		正常 (陰性)	異常 (陽性)	
評価データ	正常音	17 (真陰性)	7 (偽陽性)	29.2% (偽陽性率)
	異常音	0 (真陰性)	49 (真陽性)	100% (真陽性率)

(b) モーターの回転音が止まる

		AIの予測結果		陽性率
		正常 (陰性)	異常 (陽性)	
評価データ	正常音	15 (真陰性)	0 (偽陽性)	0% (偽陽性率)
	異常音	0 (真陰性)	18 (真陽性)	100% (真陽性率)

(c) -1 周期的な音が止まる

		AIの予測結果		陽性率
		正常 (陰性)	異常 (陽性)	
評価データ	正常音	2 (真陰性)	53 (偽陽性)	96.4% (偽陽性率)
	異常音	0 (真陰性)	44 (真陽性)	100% (真陽性率)

(c) -2 周期的な音が止まる (フレーム連結数を 5→201)

		AIの予測結果		陽性率
		正常 (陰性)	異常 (陽性)	
評価データ	正常音	24 (真陰性)	31 (偽陽性)	56.3% (偽陽性率)
	異常音	0 (真陰性)	32 (真陽性)	100% (真陽性率)

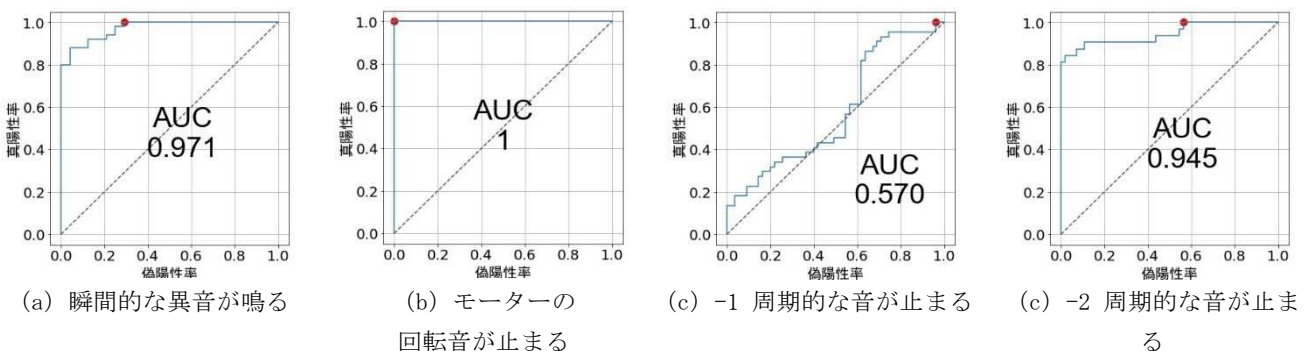
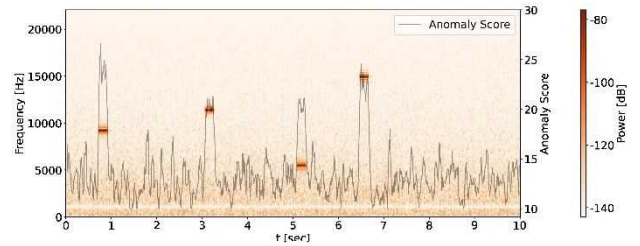


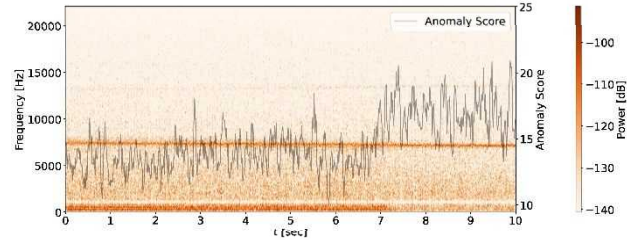
Fig. 4 シチュエーションごとの ROC と AUC (赤点は対応する混同行列の陽性率を示す)

96.4%, AUC (Fig.4 (c) -1) が 0.570 である. ROC を見ると, 対角線, つまりランダム計算器の特性に近い. よって, 実用的な計算器とは言えない. この原因としては, Fig.1 で示した計算器の構成のうち, 特徴抽出後に AutoEncoder の入力データとして扱う, メル対数スペクトログラムの時間方向の幅が小さいことが挙げられる. 入力データとして扱う, メル対数スペクトログラムの時間の幅は, データの前処理の1フレーム長 1024points, ホップサイズ 512points, フレーム連結数 5 フレーム, そして, 音データのサンプリングレート 44.1kHz から, 約 69.7ms となる. この時間は, 音が鳴る周期が 2 秒の音データから, 2 秒の周期という特徴を抽出するには非常に短い. よって, この計算器は, 音が鳴らない区間を正常として学習しており, 異常データの音が鳴らない区間をすべて正常と判定している. このケースに対しては, メル対数スペクトログラムの時間幅を広げることが有効だと考えられる. そこで, 時間幅を約 69.7ms から約 2.3s へと変更し, 検証した結果を次に述べる. Fig.1 の計算器の構成のうち, 特徴抽出のフレーム連結数 5 を 201 に変更して再度検証した. 結果は, 混同行列 (Table 2 (c) -2) の偽陽性率が 56.3%, AUC (Fig.4 (c) -2) が 0.945 となり, 大幅に改善された. 偽陽性率が高いように思えるが, 検証結果の 1 つ目の偽陽性率の考察と同様の理由である. Fig.5 (c) -2 のスペクトログラムと異常度スコアについて確認すると, 音が止まった時間領域で異常度スコアが上昇していることが確認できる (サンプル 10 秒間のスペクトログラムに対して, 異常度スコアの前後約 1 秒がないのは, フレーム連結数が増えたためである.) よって, 閾値を設けることで誤動作検知が可能である.

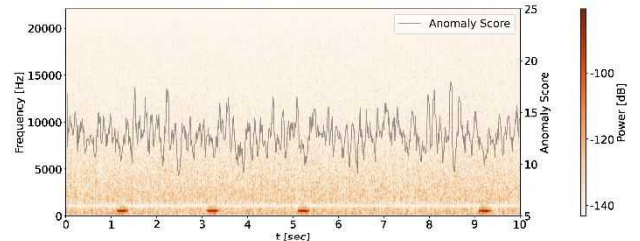
Table 3 に, シチュエーションごとの計算時間と AUC と検証結果を示す. 2.1 の方針で掲げた, 学習データの録音時間を短くすることについては, 3 分間の録音を学習データとして用いることで, 誤動作検知が可能である. この時間は実用的な範囲であると考え. 次に, 計算器の学習時間を短くすることについては, 3 分の学習データに対する学習時間が, フレーム連結数 5 では平均約 1 分, フレーム連結数 201 では 8 分強である. 一部のケースを除いて, 実用的な範囲であると考え. 次に, 2.1 の課題で触れた, 前年度の取り組みの課題⁽⁴⁾ である, 学習時間の短縮については, 2.2 の手法で触れた特徴抽出により大幅に改善された. また, 評価時間について見ると, いずれのケースでも評価データの再生時間に対して評価時間が短く, リアルタイムでの誤動作検知が可能である. フレーム連結数を多くすると, 計算時間が増える点については, データの前処理 (1 フレーム長, ホッ



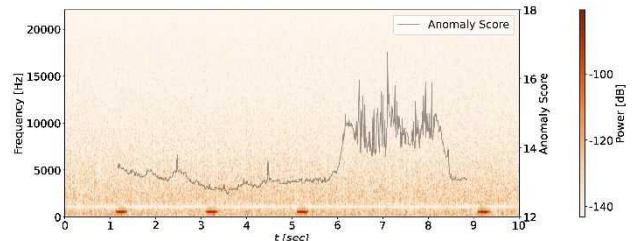
(a) 瞬間的な異音が鳴る



(b) モーターの回転音が止まる



(c) -1 周期的な音が止まる



(c) -2 周期的な音が止まる (フレーム連結数を 5→201)

Fig.5 異常データの一例

(サンプルのスペクトログラムと異常度スコア (黒線))

Table 3 シチュエーションごとの計算時間と AUC と検証結果

	1. 瞬間的な異音が鳴る	2. モーターの回転音が止まる	3. 周期的な音が止まる	
シチュエーション				
フレーム連結数	5		201	
学習データ	3分			
学習時間	56秒	1分7秒	1分3秒	8分26秒
評価データ	12分10秒		16分20秒	
評価時間	7秒	12秒	17秒	49秒
AUC	0.971	1.000	0.570	0.945
検証結果	検知可	検知可	検知不可	検知可

プサイズ, メル対数スペクトルのバンド数) の最適化や, GPU のアップグレードによる計算能力の向上により改善

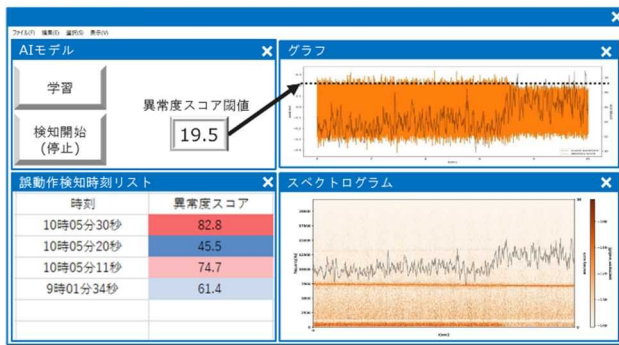


Fig. 6 誤動作判断支援システムのイメージ

可能であると考え、今後の課題とする。また、2.1の方針の、設定項目を減らすことについては、誤動作検知をするにあたり、設定する必要があるのは主に異常度スコアの閾値（ケースに応じてフレーム連結数）のみであるため、達成できると考える。

この異常度スコア計算器を用いた、誤動作判断支援システムの開発を進めている。イメージ図を Fig. 6 に示す。操作をシンプルとすることを目指し、モデル学習と検知開始ボタン、異常度スコアの閾値設定程度の配置を想定している。検知を開始すると、録音データと共に異常度スコアがリアルタイムで表示され、異常度スコアが閾値を超えると、各種情報がリストに記録される想定である。

3. まとめ

本研究では、誤動作判断支援システムを実利用する際の課題を整理し、方針として、AIによる教師無し学習、少量の学習データ、短時間の学習、少量の設定項目を立てた。そして、代表的な誤動作のシチュエーションに対して、AutoEncoder を用いた、再構成誤差による異常検知の手法検証を行い、誤動作検知が可能であることを確認した。現在、誤動作判断支援システムの開発を進めている。

今後は、実試験での活用を進めつつ、併せて、対応するシチュエーションを増やすため、データの特徴抽出の再検討や、LSTM など、別の計算器の性能検証に取り組む予定である。また、企業現場の異常検知などの課題解決のため、蓄積したシーズを活用し、企業支援につなげる。

謝辞

AI に関するご助言をいただいた、北海道大学大学院情報科学研究院 情報理工学部門複合情報工学分野調和系工学研究室 准教授 札幌 AI ラボ テクニカルメンバー 山下倫央先生に深謝する。

映像からの誤動作判断支援システムのデモプログラムと関連資料をご提供いただいた、山梨県産業技術センター 甲府技術支援センター 電子・システム技術部 電子応用科 中村卓氏に深謝する。

参考文献

- (1) 中村卓, 木島一広, 清水章良, 河野裕. イミューニティ試験における誤動作判断支援システムの開発. 平成 28 年度山梨県工業技術センター研究報告, pp. 74-77, (2017).
- (2) 中村卓, 木島一広, 清水章良, 小谷信司. イミューニティ試験におけるモータの回転数変化検出手法. 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌). 138 巻, 11 号, pp. 1375-1383, (2018).
- (3) 中村卓, 木島一広, 清水章良, 小谷信司. イミューニティ試験における誤動作判断支援システムの開発 (第 2 報). 平成 29 年度山梨県工業技術センター研究報告, (2018).
- (4) 浜野遼太郎, 首藤高德, 後藤和弘. EMC 試験における AI の活用に関する研究 (第 1 報). 令和 3 年度大分県産業科学技術センター研究報告, (2022).
- (5) Yuma Koizumi, Yohei Kawaguchi, Keisuke Imoto, Toshiki Nakamura, Yuki Nikaido, Ryo Tanabe, Harsh Purohit, Kaori Suefusa, Takashi Endo, Masahiro Yasuda, and Noboru Harada. Description and discussion on DCASE2020 challenge task2: unsupervised anomalous sound detection for machine condition monitoring. In Proceedings of the Detection and Classification of Acoustic Scenes and Events 2020 Workshop (DCASE2020), pp. 81-85, (2020).

令和5年8月発行
編集 大分県産業科学技術センター

〒870-1117 大分市高江西1丁目4361-10
T E L : 097-596-7101
F A X : 097-596-7110
U R L : <https://www.oita-ri.jp/>
E-mail : info@oita-ri.jp