

令和 5 年 6 月 29 日現在

機関番号：32410

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04154

研究課題名（和文）デュアルAEセンシングによるトライボロジー現象の高精度計測

研究課題名（英文）High Accuracy Measurement of Tribological Phenomena by Dual AE Sensing Method

研究代表者

長谷 亜蘭（Hase, Alan）

埼玉工業大学・工学部・准教授

研究者番号：10552953

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：二つのアコースティックエミッション（AE：材料の変形・破壊で生じる弾性波）センサを両摩擦試験材料にそれぞれ取り付け、摩擦系で生じるAE信号のデュアルセンシング（デュアルAEセンシングと呼ぶ）による計測・評価手法を確立した。そして、様々な実用材料および摩擦条件下（潤滑時や異物粒子介在時など）のその場観察（in situ観察）実験結果に基づいたAE信号特徴量のデータベース構築を行い、評価指標となるAE信号-トライボロジー特性マップおよび評価アルゴリズムを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

デュアルAEセンシングによって、二つの摩擦材料の各々のトライボロジー特性を別々に評価することができ、これによって、複雑に混在する摩擦・摩耗モードを摩擦材料ごとにその場計測（in situ計測）・評価でき、新たな視点で原因究明や材料開発などの議論ができるようになる。

本研究でバージョンアップしたAE信号-トライボロジー特性マップなどの相関関係を活用することにより、様々な分野でのトライボロジー現象のin situ計測・評価が可能になり、摩擦材料の状態監視（IoT化や知能化への応用）のみならず最適設計への視野が大きく広がる。

研究成果の概要（英文）：Two acoustic emission (AE: elastic stress waves generated by deformation and fracture of materials) sensors were attached to both friction materials in friction and wear experiments to establish a measurement and evaluation method using dual sensing of AE signals generated in friction systems, called dual AE sensing. Then, a database of AE signal features based on the results of in situ observations of various practical materials and friction conditions (e.g., lubrication and foreign particles) was constructed, and correlation maps between tribological properties and AE signals and evaluation algorithms to serve as evaluation guidelines were created. The dual AE sensing allows the tribological properties of two friction materials to be evaluated separately. This enables in situ measurement and evaluation of complex mixed friction and wear modes for each friction material, and allows for discussion of the causes of problems and material development from a new perspective.

研究分野：トライボロジー

キーワード：トライボロジー 摩擦・摩耗モード アコースティックエミッション 高精度化 AE信号-トライボロジー特性マップ in situ観察 in situ計測 短時間周波数解析 摩

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

トライボロジー現象は、二つの材料表面の相互作用（雰囲気物質も関与）によって生じ、その摩擦界面で起こる表面の変形・破壊現象は逐次変化していくため、とても複雑である。高精度に摩擦界面の摩擦・摩耗状態を把握するためには、各表面の状態を in situ 計測（その場計測）・評価する必要がある。摩擦面の状態や摩耗量の計測・評価は、摺動を停止させて分析評価する ex situ 計測（摩擦系外計測）・評価によるのが一般的である。しかし、摺動を停止させて摩擦界面を離してしまえば、実際の状態が保持されていないため、摩擦系の高精度な計測・評価とは言い難い。

トライボロジー特性の in situ 計測としては、主に摩擦力（摩擦係数）計測や変位・振動加速度計測などにより評価されている。しかし、摩擦力や変位・振動加速度は巨視的な現象を捉えているに過ぎず、微視的な変形・破壊現象までは認識することが難しい。そこで、アコースティックエミッション計測（AE 計測：材料の変形・破壊時に生じる弾性波を検出して材料の評価診断を行う非破壊検査手法の一つ）を利用し、トライボロジー特性を高精度に計測・評価することを考える。AE 計測は変形・破壊現象で生じた AE 波から直接情報を得るため、摩擦力や変位・振動加速度の変化で捉えることのできない微視的なトライボロジー現象の情報が得られる。

トライボロジー特性は、二つの摩擦材料を合わせた摩擦系としての値で in situ 計測・評価されることが多い。摩擦材料の変位と相手材料の摩耗痕深さを計測して、それぞれの摩耗量を in situ 計測している例もあるが、摩擦振動の影響が介在するなどの問題がある。摩擦系としての値のみならず、材料各々のトライボロジー特性が in situ 計測・評価できれば、摩擦材料の状態監視（IoT 化や知能化への応用）のみならず最適設計への視野が大きく広がる。

### 2. 研究の目的

本研究では、材料の変形・破壊の際に生じる AE 波を計測・解析して評価に用いる AE センシングを利用し、二つの AE センサを両摩擦試験材料にそれぞれ取り付け、摩擦系で生じる AE 信号のデュアルセンシング（以下、デュアル AE センシングと呼ぶ）による計測・評価手法の確立を目指した。主な目的は、下記の通りである。

目的 1) 二つの AE センサから得られる AE 信号の検出タイミングや周波数スペクトルの特徴などから、二固体各々の摩擦・摩耗状態を同時にリアルタイム計測・評価する。

目的 2) AE 信号の解析に予測分析および機械学習を取り入れて効率化を図るとともに、in situ 観察に基づいた AE 信号特徴量のデータベース構築を行い、評価指針となる AE 信号-トライボロジー特性マップおよび評価アルゴリズムを作成する。

目的 3) 本計測・評価システムを用いて、様々な実用材料および摩擦条件下（潤滑時や異物粒子介在時など）で検証評価を行う。

### 3. 研究の方法

図 1 および図 2 は、デュアル AE センシングシステムを搭載した摩擦界面 in situ 観察装置の概略図とその外観である。摩擦系はピン・オン・ブロック方式であり、試験片の双方に同型の AE センサを取り付け、それぞれの AE 信号を同時計測した。このとき、AE 信号波形をリアルタイムで周波数解析する計測システムを構築した。また、ピン支持部の板ばねに貼り付けたひずみゲージによって、摩擦力を同時計測した。摩擦界面で生じる摩擦・摩耗現象と AE 信号との紐づけを行うために、摩擦界面の様子を光学顕微鏡で in situ 観察し、各種データと同期させて観察動画を記録した。別途、ピン・オン・プレート方式の摩擦試験機を利用して、デュ

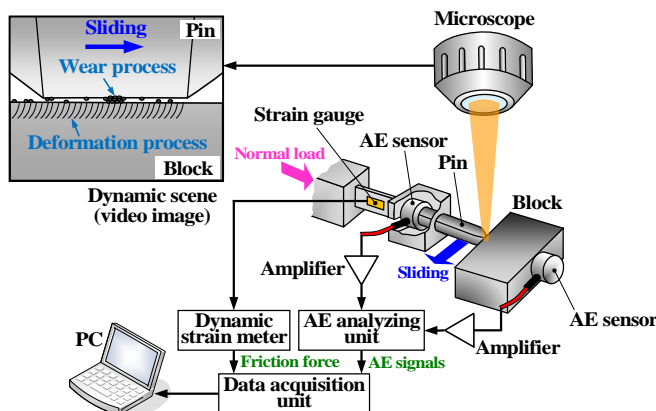


図 1 デュアル AE センシングシステムを搭載した摩擦界面 in situ 観察装置の概略図

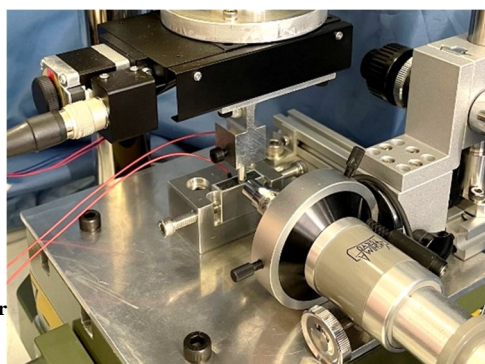


図 2 デュアル AE センシングシステムを搭載した摩擦界面 in situ 観察装置の外観

アル AE センシングの実験検証も実施した。さらに、予測分析および機械学習プログラムを導入し、摩擦実験中に計測される膨大なデータを効率的に分析できるようにした。

現象解明のための in situ 観察・デュアル AE センシング実験として、様々な材料（機械的特性の異なる数種類の金属材料、樹脂材料、ガラス材料など）および表面粗さの異なる研磨紙を用いて摩擦実験を行った。加えて、潤滑下（粘度の異なる潤滑油を使用）や異物混入時（SiC 粒子を介在）の摩擦実験も行った。ここでは、アプレシブ現象（削り取られる摩耗）や凝着現象（くっついて千切れる摩耗）の特性を発現させ、各現象時に検出される AE 信号波形（振幅値変化や周波数解析）の特徴を調査した。また、摩擦界面の in situ 観察や摩耗面観察などから相互関係の対応づけを行い、AE 発生メカニズムの考察を行うとともにトライボロジー特性を高精度に計測・評価するための AE センシングの指針について検討を行った。

#### 4. 研究成果

デュアル AE センシングを用いた摩擦・摩耗過程の in situ 計測・評価の一例を図 3 に示す。これは、ピン・オン・プレート方式で銀めっき材料同士を摩擦させた実験結果であり、上から摩擦力、接触電気抵抗、AE 信号振幅〔上部：ピン側（インデント側）、下部：プレート側（ベース側）〕の変化である。摩擦力は、摺動回数 100 回付近から上昇し、最終的に変動が大きくなっていくことが確認できる。接触電気抵抗は、摩擦力が上昇する前の摺動回数 96 回で急激に上昇し、この時点で基材の銅が完全に露出したといえる。デュアルセンシングした二つの AE 信号の変化を比べると、基本的に同様の変化を示しているが、部分的に異なる変化を示す箇所がある。これは、後述する塑性変形や移着現象がどちらの表面で進行しているかを捉えていると考える。また、摺動回数 20 回付近で突発型 AE 信号が検出されており、摩擦力や接触電気抵抗からは判断が困難な初期の現象変化も AE センシングでは捉えることができることがわかる。摩耗面をエネルギー分散型 X 線分析した結果から、(a) フェーズ Ⅰでは最表面の銀のみであり、(b) フェーズ Ⅱ初期に停止した場合は下地めっきのニッケルが微小領域で存在していた。したがって、突発型 AE 信号の発生が大きな移着に伴い生じたものと説明できる。この際、フェーズ Ⅰ初期のプレート側で大きな突発型 AE 信号が検出された時点で試験を停止しており、プレート側からピン側に移着した際の AE 信号を検出したと考える。

図 4 は、同様の実験で得られた AE 信号振幅の変化に摩擦回数ごとに区切り線を記入したデータである。上部がピン側、下部がプレート側の AE 信号振幅〔上：包絡線検波波形（ENV）、下：AE 平均値電圧（AVE）〕である。また、プレート試験片の摩耗痕の顕微鏡観察結果と形状測定結果を示している。AE 信号振幅変化において、常時発生している AE 信号よりも大きな突発型 AE 信号が発生した位置を図中に矢印で示している。常時発生する AE 信号は表面の塑性変形および微視的な移着現象に起因し、大きな突発型信号は移着粒子の成長過程に起因すると考える。プレート表面には 10 μm 程度の高さをもつ移着粒子が凝着・残留しており、突発型 AE 信号の発生位置とほぼ一致することが明らかとなった（図 4 における各矢印の色が対応）。これより、摩擦材料相互の移着現象（摩耗量）および移着粒子の生成位置を高精度に in situ 計測・評価できる可能性がある。

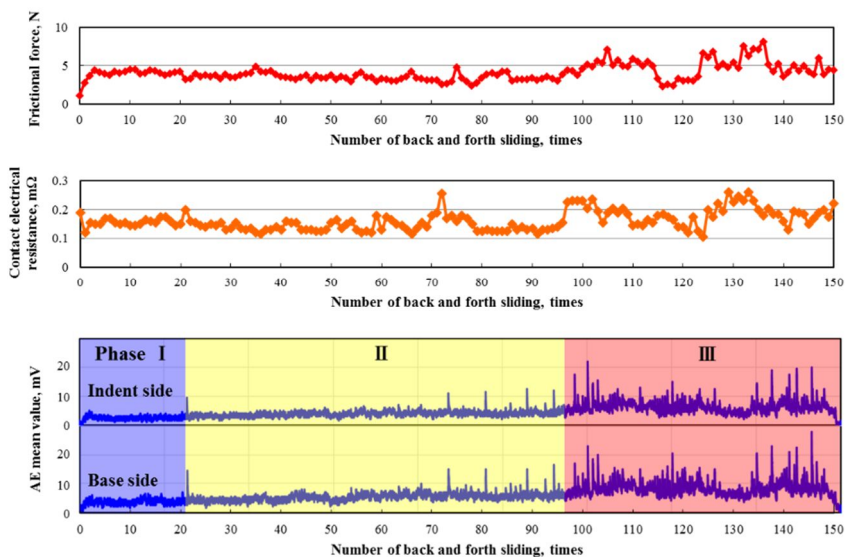


図 3 デュアル AE センシングの一例

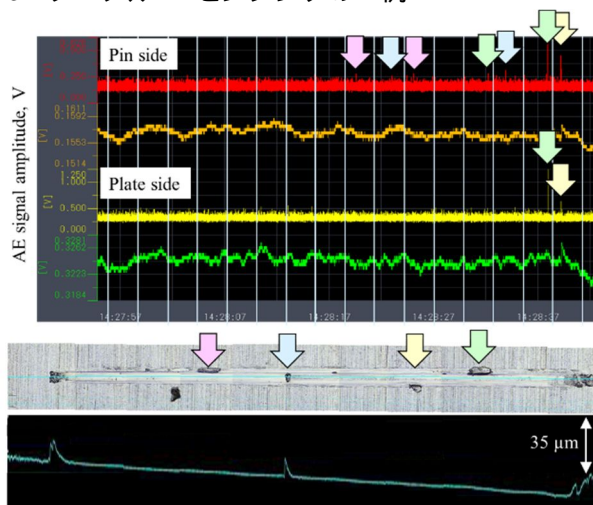


図 4 ピン側およびプレート側の AE 信号変化および移着粒子生成位置との対応



以上の結果から、摩擦力や接触電気抵抗からは判断が困難な摩擦・摩耗過程の進行状況を AE 信号振幅の挙動からインプロセスで認識できるとともに、突発型 AE 信号検出タイミングから各試験材料の損傷状態を in situ 計測・評価できることがわかった。

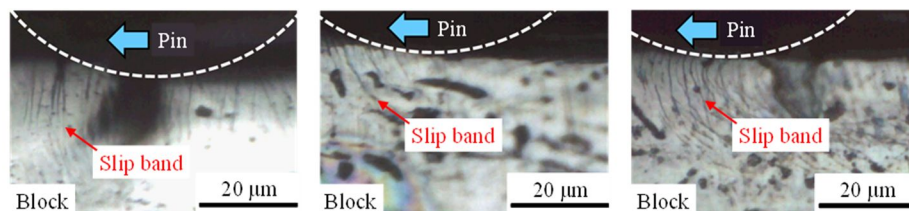
図 5 は、純鉄摩擦時の潤滑条件の違いによるすべり帯の生成過程の in situ 観察結果の一例である。摩擦に伴う摩擦面の塑性変形によって、ブロック側の摩擦表面下ではすべり帯が連続的に生成する。本実験条件下では、ピン側の損傷はほとんどなく、すべり帯の生成もみられなかった。デュアル AE センシングから、ほとんど損傷がみられないピン側の AE 信号振幅値はどの条件でも同様であり、塑性変形を伴うブロック側の AE 信号振幅値が変化することがわかった。

摩擦に伴い摩擦表面下で生じるすべり帯は、摩耗の起点になると考えられるため、その評価がとても重要である。ここでは、in situ 観察の結果からすべり帯の長さを測定して評価に用いた。図 6 は、すべり帯の長さ（生成深さ）と AE 信号振幅値（AE 信号波形）の関係性をまとめた結果である。傾向として、無潤滑下の AE 信号振幅値が大きく、潤滑下では小さくなることわかる。また、基油に比べ潤滑油の方が小さい傾向が得られた。さらには、表面が粗い #400 の AE 信号振幅値が大きいことわかる。これらは、摩擦面に作用する摩擦応力の減少によって、塑性変形すなわちすべり帯の生成が抑制されたと考える。以上の結果から、すべり帯の長さ（生成深さ）と AE 信号振幅値に正の相関があることがわかった。

AE 信号波形の周波数解析に関しては、接触および純粋なすべり摩擦に起因する 0.1 MHz 付近の周波数ピーク、すべり帯生成に起因する 0.15 MHz 付近の周波数ピークが確認された。特に摩擦面の初期粗さの影響として、塑性変形の進行に関連する 0.2~0.3 MHz 付近の周波数成分は、粗い摩擦面の方が大きい傾向を示すことがわかった。窒化処理を施した鋼材料を用いた実験では、表面硬化によって摩擦表面の塑性変形が極めて起こりにくくなるため、正常な摩擦状態では 0.15 MHz 以上の周波数成分は検出されず、かつ摩擦に起因する 0.1 MHz 付近の周波数ピークも小さいことがわかった。

図 7 は、アルミニウム合金の二元アブレシブ摩耗実験で得られた摩耗粒子生成時の in situ 観察結果である。上部のピン試験片が摺動することで、砥粒との接触部で摩耗粒子が生成する様子が観察された〔図 7 (i)〕。このときに検出された AE 信号波形の周波数解析結果を図 8 に示す。これより、削られるピン側の AE 信号強度が大きいことわかる。その AE 周波数（ピーク周波数）は、0.2~0.4 MHz に特徴が現れることがわかった。異なる粒度などでも同様の特徴が得られており、アブレシブ摩耗に起因した AE 信号といえる。一方、ブロック側でも同様の周波数領域に特徴が現れるが、0.8 MHz 以上にも特徴が現れている。これは、目づまり時に現れる特徴でもあり、凝着摩耗に起因した AE 信号と考える。

また、遊離砥粒にき裂が発生して破壊が生じた際の突発型 AE 信号波形の周波数解析結果を図 9 に示す。これより、ブロック側の AE 信号強度が大きいことわかる。また、その AE 周波数は、0.2~0.3 MHz に特徴が現れることがわかった。この周波数は、金属材料における疲労破壊時のき裂発生時の特徴と一致している。図 10 は、摩擦界面で遊離砥粒に回転運動が生じた際に検出された AE 信号波形の周波数解析結果である。これより、回転運動中は



(a) 無潤滑 (b) 基油 (c) 潤滑油

図 5 摩擦面の塑性変形で発生するすべり帯の in situ 観察結果

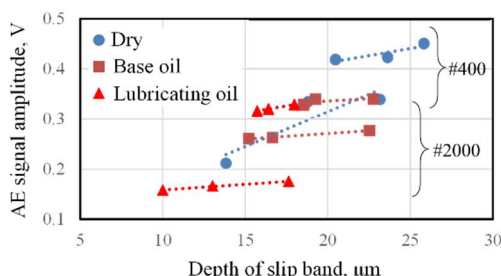


図 6 すべり帯長さ（生成深さ）と AE 信号振幅値の相関

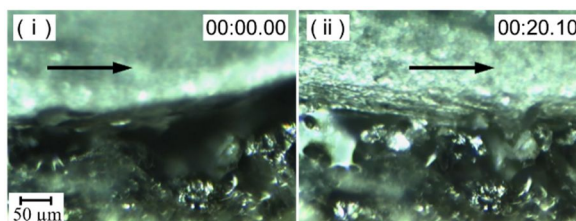


図 7 アブレシブ摩耗粒子生成時の in situ 観察結果 (#80)

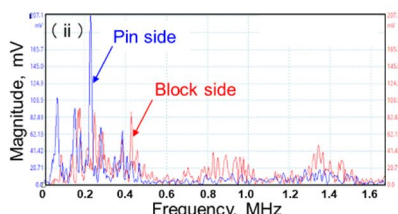


図 8 アブレシブ摩耗粒子生成時の AE 周波数スペクトル

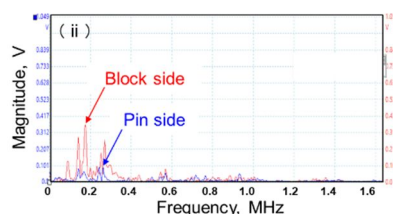


図 9 遊離砥粒の破壊時の AE 周波数スペクトル

図 10 ( ) ~ ( ) で示すように、AE 周波数は 0.1 MHz 以下に特徴が現れることがわかる。この AE 周波数は、転がり摩擦現象の発生時の特徴と一致する。ここで、回転の支点となっているブロック側の AE 信号強度は小さいことがわかる。すべり摩擦へと移行すると、図 10 ( ) で示すように 0.3~0.5 MHz 周辺に掛けてブロック側に AE 周波数の特徴が現れることがわかる。これは、ブロック側での掘り起こし摩擦が進行した影響と考える。この AE 周波数は、アプレシブ摩耗時の特徴に一致している。

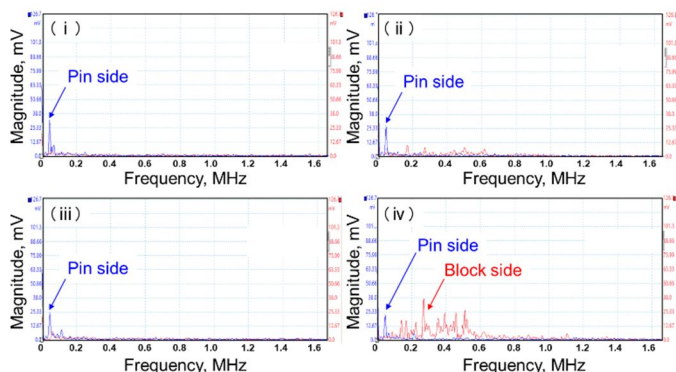


図 10 遊離砥粒の回転運動時の AE 周波数スペクトル

以上、デュアル AE センシングから得られる AE 周波数の特徴を用いて、摩擦材料双方のトライボロジー現象変化を個々に認識・評価できる可能性を見いだした。

図 11 は、ピン・オン・ブロック方式でポリアセタール樹脂同士を摩擦させた実験で得られた AE 信号波形とその短時間周波数解析 (STFT) の結果である。これより、摩擦に起因した低周波の AE 信号に重畳して、塑性変形や摩耗に起因する中周波や高周波の AE 信号の発生がリアルタイムで計測・評価できる。最終的に、様々な実用材料および摩擦条件下の実験で得られた知見を追加し、AE 信号-トライボ

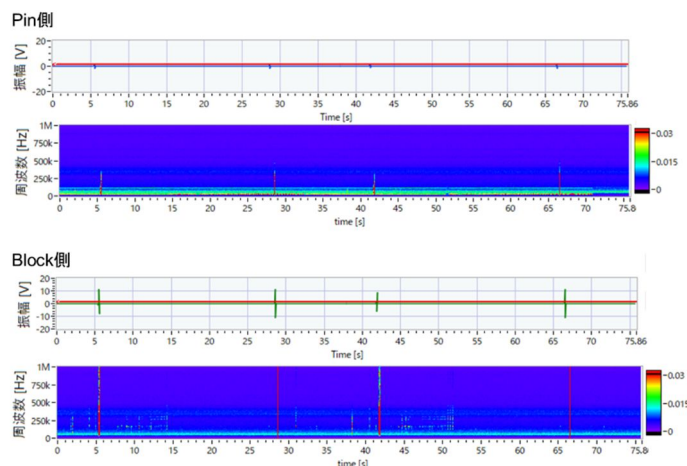


図 11 デュアル AE センシングにおけるリアルタイム短時間周波数解析の一例

ロロジー特性マップのバージョンアップを行った。これらの研究成果を基に、軸受の焼付き予兆検知、潤滑添加剤の耐焼付き性の向上メカニズム解明、自動車ブレーキ材料のクリープグロウンメカニズム解明、鉄道ブレーキ材料の摩擦・摩耗特性評価など、様々な分野でトライボロジー現象のメカニズム解明に AE センシング研究が活用されている。

#### < 引用文献 >

- A. Hase、M. Wada、H. Mishina、Acoustic Emission Signals and Wear Phenomena on Severe-Mild Wear Transition、Tribology Online、Vol.3、No.5、2008、pp.298-303
- A. Hase、M. Wada、H. Mishina、Scanning Electron Microscope Observation Study for Identification of Wear Mechanism Using Acoustic Emission Technique、Tribology International、Vol.72、2014、pp.51-57
- A. Hase、H. Mishina、M. Wada、Correlation between Features of Acoustic Emission Signals and Mechanical Wear Mechanisms、Wear、Vol.292-293、2012、pp.144-150
- A. Hase、Early Detection and Identification of Fatigue Damage in Thrust Ball Bearings by an Acoustic Emission Technique、Lubricants、Vol.8、2020、37
- A. Hase、H. Mishina、Identification of Micro Tribological Phenomena on Metal Surfaces by SPM-AE In Situ Measurement、Proc. of the 44th Leeds-Lyon Symposium on Tribology、Lyon、2017、p.21
- M. Morita、S. Tachiyama、K. Onodera、A. Hase、Study on Reaction Mechanism of Sulfur and Phosphorus Type Additives Using an Acoustic Emission Technique、Tribology Online、Vol.17、No.2、2022、pp.78-85
- 嵯峨信一、長谷亜蘭、AE 法を用いた鉄道車両用制輪子の実験的評価 第 2 報、第 29 回鉄道技術連合シンポジウム講演論文集 (J-RAIL2022) 2022、S1-4-4
- 矢澤佑介、豊田 一、新井信一、小野 学、原 泰啓、長谷亜蘭、アコースティックエミッション計測を用いたクリープグロウン発生時のスティックスリップ現象解析、自動車技術会論文集、Vol.54、No.2、2023、pp.271-277
- 獅子原祐樹、長谷亜蘭、AE 法を用いた円すいころ軸受の焼付き予兆検知に関する研究、トライボロジスト、第 68 巻、第 5 号、2023、pp.342-351
- A. Hase、M. Morita、K. Onodera、Analysis of seizure-resistance-improvement mechanism of polymer additives by acoustic emission sensing、Tribology International、Vol.184、2023、108441

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 A. Hase, Y. Sato, K. Shinohara, K. Arai	4. 巻 11
2. 論文標題 Identification of the Wear Process of a Silver-Plating Layer by Dual Acoustic Emission Sensing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coatings	6. 最初と最後の頁 737
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/coatings11060737	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 404
2. 論文標題 AEセンシングを用いた回転機械診断の技術動向	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 月刊トライボロジー	6. 最初と最後の頁 36-39
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 34
2. 論文標題 AEセンシングのプラント保守検査への適用可能性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 超音波TECHNO	6. 最初と最後の頁 58-62
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 25
2. 論文標題 AE技術のベアリング管理への適用	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 bmt	6. 最初と最後の頁 35-37
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 65
2. 論文標題 AE計測による転がり軸受の損傷評価技術	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 トライボロジスト	6. 最初と最後の頁 555-562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18914/tribologist.65.09_555	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭, 佐藤陽介, 篠原圭介, 荒井健太郎	4. 巻 30
2. 論文標題 デュアルAEセンシングによる銀めっき層の摩耗過程の認識	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 埼玉工業大学工学部紀要	6. 最初と最後の頁 7-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 671
2. 論文標題 AEセンシングのメンテナンスへの適用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 潤滑経済	6. 最初と最後の頁 42-46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 72
2. 論文標題 見えない摩擦界面で起こるトライボロジー現象の見える化技術	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 201-211
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 64
2. 論文標題 摩耗計測の進化と可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 トライボロジスト	6. 最初と最後の頁 277-281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18914/tribologist.64.05_277	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Imai, A. Hase	4. 巻 17
2. 論文標題 Identification of Tribological Phenomena in Glass Grinding by Acoustic Emission Sensing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Tribology Online	6. 最初と最後の頁 86-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2474/trol.17.86	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 688
2. 論文標題 AEセンシングを活用したプロアクティブメンテナンス	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 潤滑経済	6. 最初と最後の頁 2-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 62
2. 論文標題 金属摩擦界面で起こるトライボロジー現象の可視化～見えない摩擦界面から生きた情報を得る技術～	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 熱処理	6. 最初と最後の頁 265-271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 長谷亜蘭	4. 巻 68
2. 論文標題 電気接触を伴うトライボロジー現象のAEセンシング	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 トライボロジスト	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計47件 (うち招待講演 14件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 今井幸輝, 長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングを用いた砥粒上のトライボロジー現象変化の検出
3. 学会等名 第19回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングによるトライボロジー特性評価 摩擦面下で生じるすべり帯とAE信号の相関
3. 学会等名 第19回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井幸輝, 長谷亜蘭
2. 発表標題 砥粒加工におけるAEセンシングを用いたトライボロジー現象変化の検出
3. 学会等名 2021年度砥粒加工学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 その場観察・デュアルAEセンシングを用いた摺動面下で生じるすべり帯の観察と評価
3. 学会等名 日本機械学会関東支部・精密工学会山梨講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井幸輝, 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦界面その場観察・AEセンシングによる砥粒加工性能変化の評価
3. 学会等名 日本機械学会第20回機素潤滑部門講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井幸輝, 長谷亜蘭
2. 発表標題 マイクロ研削盤におけるAEセンシングに関する基礎研究 砥面の摩擦状態変化で生じるAE信号波形の特徴
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 AEセンシング導入のススメ～AE信号計測・解析で広がる世界～
3. 学会等名 NF Tech フォーラム Online (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦・摩耗メカニズム理解のための摩擦界面その場観察～摩擦面の“死に様”ではなく“生き様”を見る～
3. 学会等名 精密工学会 成形プラスチック歯車研究専門委員会 第25回講習会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井幸輝，長谷亜蘭
2. 発表標題 埼玉工業大学 マイクロ・ナノ工学研究室（長谷研究室）紹介「摩擦界面の現象を見て・聴くことで広がるトライボロジーワールド」
3. 学会等名 第11回トライボロジー秋の学校 オンラインで集まれ！若きトライボロジスト！
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 ものづくり現場における見える化ツールの活用技術 AEセンシングから何が見えるのか？
3. 学会等名 栃木県産業技術センター 令和3年度機械技術講習会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦界面 in situ 観察・AEセンシング研究によるトライボロジー現象の可視化・診断の基盤構築
3. 学会等名 第24回「トライボコーティングの現状と将来」シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 AEセンシングを活用した機械システムのプロアクティブメンテナンス
3. 学会等名 工科大学シーズマッチング会 in 埼玉工業大学
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Hase
2. 発表標題 Correlation Map between Frequency Spectra of Acoustic Emission Signals and Tribological Phenomena
3. 学会等名 The 2nd Korea-Tribology International Symposium (K-TRIB2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須賀雄平, 長谷亜蘭
2. 発表標題 その場観察・デュアルAEセンシングによるトライボロジー特性評価の試み
3. 学会等名 第18回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷亜蘭, 佐藤陽介, 篠原圭介, 荒井健太郎
2. 発表標題 デュアルAEセンシングを用いた接点材料の摩耗機構解明(第1報) 単一センサによる摩耗現象把握
3. 学会等名 第18回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 長谷亜蘭, 佐藤陽介, 篠原圭介, 荒井健太郎
2. 発表標題 デュアルAEセンシングを用いた接点材料の摩耗機構解明(第2報) AEセンサ取付け位置の検討
3. 学会等名 第18回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 純鉄摩擦面直下で生じるトライボロジー過程のin situ観察とAE計測
3. 学会等名 第18回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦界面in situ観察による摺動面で生じる塑性変形時のAE源の追究
3. 学会等名 日本機械学会2020年度年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 不可測なトライボロジー現象のその場計測・可視化解明
3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2020～大学見本市Online
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須賀雄平, 長谷亜蘭
2. 発表標題 In situ観察・デュアルAEセンシングによる摩擦特性評価の試み
3. 学会等名 自動車技術会2020年秋季大会 学生ポスターセッション
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 AEセンシングのマイクロファブリケーションへの適用可能性 切削・研削・研磨におけるトライボロジー現象とAE特徴量の相関
3. 学会等名 理研シンポジウム：第46回 マイクロファブリケーション研究の最新動向（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須賀雄平, 長谷亜蘭
2. 発表標題 In situ観察およびデュアルAEセンシングによる金属摩擦過程の可視化
3. 学会等名 日本機械学会関東学生会 第60回学生会卒業研究発表講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 研究事例にみるAEセンシングの可能性 AE信号計測・解析から何がわかるのか？
3. 学会等名 NF Tech フォーラム Online（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Alan Hase
2. 発表標題 In Situ Measurement of Wear Process Using Acoustic Emission Technique
3. 学会等名 The International Tribology Conference Sendai 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 AEセンサの応用と次世代への期待
3. 学会等名 精密工学会 次世代センサ・アクチュエータ委員会 第18回定期講習会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 その場観察・その場計測による摩擦界面で生じるトライボロジー現象の可視化と評価
3. 学会等名 2019年度自動車技術会秋季大会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 見えない摩擦界面で起こるトライボロジー現象の見える化
3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2019～大学見本市&ビジネスマッチング～JSTショートプレゼン
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横川 遼, 長谷亜蘭
2. 発表標題 Fe摩擦表面におけるすべり帯生成過程の直接観察
3. 学会等名 第17回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 横川 遼, 長谷亜蘭
2. 発表標題 In situ観察・デュアルAEセンシングによる金属摩擦過程の可視化(純鉄におけるすべり線生成過程の評価)
3. 学会等名 2019年度自動車技術会関東支部学術研究講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 A. Hase
2. 発表標題 Listening to Voice of Materials: Identification and Evaluation of Tribological Phenomena by Acoustic Emission Sensing
3. 学会等名 The 15th MIRAI Conference on Microfabrication and Green Technology (15th MIRAI, 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Hase
2. 発表標題 Sensing technology for listening to "voice" of materials: Identification and evaluation of friction, wear, and lubrication phenomena by acoustic emission sensing
3. 学会等名 Sensors Research eConference 2022 (Sensors-eCon2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 電気接触を伴うトライボロジー現象のAEセンシング
3. 学会等名 トライボロジー会議2022 春 東京
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングによるトライボロジー特性評価 摩擦界面における砥粒挙動のその場観察とAE信号変化
3. 学会等名 第20回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 凝着摩耗における移着粒子生成過程のデュアルAEセンシング
3. 学会等名 第20回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯島廉之, 長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングによるトライボロジー現象認識の検証実験 エンジニアリングプラスチックへの適用
3. 学会等名 第20回埼玉工業大学若手研究フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 砥粒表面におけるトライボロジー現象変化のデュアルAEセンシング
3. 学会等名 2022年度砥粒加工学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 表面で起こるトライボロジー諸現象のその場観察～摩擦面の“生き様”を見る研究事例～
3. 学会等名 表面技術協会 第146回講演大会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングによる表面移着過程のin situ計測
3. 学会等名 表面技術協会 第146回講演大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 その場観察・デュアルAEセンシングによるトライボロジー現象の見える化
3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2022～大学見本市Online
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 光学部品の生産技術に寄与するAEセンシングとトライボロジー
3. 学会等名 第9回板橋オプトフォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Hase
2. 発表標題 In Situ Diagnosis and Evaluation of Tribological Phenomena in Cutting and Abrasive Machining by Acoustic Emission Sensing
3. 学会等名 The 19th International Machine Tool Engineers' Conference
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 AEセンシングを用いた切削および砥粒加工で生じるトライボロジー現象のin situ診断・評価
3. 学会等名 第19回国際工作機械技術者会議
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 省エネルギー技術開発のためのトライボロジー・AEセンシング研究
3. 学会等名 広島市産業振興センター 工業技術センター 省エネルギー材料研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦・摩耗試験における摩耗メカニズム判別のエッセンス～AEセンシングから何がわかるのか？～
3. 学会等名 BRUKER トライボロジーウェビナー2022 ～ここでしか聞けない！AEセンシングのノウハウ～（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 摩擦界面 in situ観察・AEセンシングによるトライボロジー現象の可視化～金属・複合材料からゴム・プラスチック材料まで～
3. 学会等名 日本ゴム協会 2022年度 秋季ゴム技術講習会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 飯島廉之，長谷亜蘭
2. 発表標題 デュアルAEセンシングを用いたエンジニアリングプラスチックにおけるトライボロジー現象認識の検証実験
3. 学会等名 2022年度自動車技術会関東支部学術研究講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷亜蘭
2. 発表標題 ブレーキ摩擦材におけるトライボロジー現象とAEセンシングの活用
3. 学会等名 2022年度第1回摩耗研究会
4. 発表年 2023年



〔図書〕 計3件

1. 著者名 長谷亜蘭（公益社団法人精密工学会編，分担執筆）	4. 発行年 2022年
2. 出版社 近代科学社Digital	5. 総ページ数 246
3. 書名 はじめての精密工学 第1巻	

1. 著者名 長谷亜蘭（分担執筆，他17名）	4. 発行年 2021年
2. 出版社 シーエムシー出版	5. 総ページ数 319
3. 書名 トライボロジーの評価制御応用展開	

1. 著者名 長谷亜蘭（分担執筆，他57名）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 株式会社技術情報協会	5. 総ページ数 550
3. 書名 高分子材料のトライボロジー制御	

〔産業財産権〕

〔その他〕

埼玉工業大学 長谷研究室（マイクロ・ナノ工学研究室）ホームページ  
[https://www.sit.ac.jp/user/alan\\_hase/](https://www.sit.ac.jp/user/alan_hase/)

## 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	今井 幸輝  (Imai Kouki)	埼玉工業大学  (32410)	大学院博士前期課程学生(2022年3月修了)
研究協力者	横川 遼  (Yokokawa Ryou)	埼玉工業大学  (32410)	学部学生(2020年3月卒業)
研究協力者	須賀 雄平  (Suga Yuhei)	埼玉工業大学  (32410)	学部学生(2021年3月卒業)
研究協力者	飯島 廉之  (Iijima Renshi)	埼玉工業大学  (32410)	学部学生(2023年3月卒業)

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関