

ゴム材料のスティック・スリップ現象で生じるアコースティックエミッション

埼玉工業大学 ○阿美拓磨, ◎長谷亜蘭

要 旨

あらゆる機械システムにおいてトライボロジー（摩擦・摩耗）現象が存在しており、それらがエネルギーや材料資源などに大きく関わってくる。ゴム材料はAE計測が困難とされる材料であるが、金属と摩擦させることで計測が可能となった。本研究では、往復摺動小型試験機を用いて、ゴム材料の摩擦時に生じるスティック・スリップ現象とAE信号の関係を調査する。

1. 緒 言

トライボロジー（摩擦・摩耗）現象は機械システムのあらゆる箇所に存在しており、エネルギーや材料資源などに大きく関わる。摩擦・摩耗現象は長い間研究されているが、非常に複雑であり、予測は困難とされる。摩擦の解明には力の計測等が行われていたが、それだけでは不十分である。アコースティックエミッション（AE）計測は、高感度かつリアルタイムで変形・破壊過程を評価・診断できるため、マイクロ・ナノレベルの材料評価に有用である。ゴム材料はAE計測が困難な材料であったが、金属と摩擦させることにより可能となった²⁾。

そこで、本研究では、往復摺動小型試験機を用いてゴムの摩擦特性を評価していく。ゴム材料は、摩擦に伴いスティック・スリップ現象が発生する。スティック・スリップ現象が発生すると摩擦特性が不安定になる。そこで、スティック・スリップ現象を評価するため、AE計測を用いて摩擦力とAE信号の関係を調査していく。

2. 実験装置の構成および実験方法

図1は、本実験で使用した往復摺動小型試験機の構成図である。図2は本実験で使われた各センサの取り付け部分である。摩擦力は、板ばねに貼り付けたひずみゲージで計測した。AEセンサは広帯域型（AE-900M-WB）を使用した。AEセンサからの出力信号はプリアンプとディスクリミネータを使用し66dB増幅し、ノイズ信号除去のために100kHzのハイパスフィルタ処理を行った。なお、プリアンプ・ディスクリミネータ・ハイパスフィルタのいずれもがAEテストに内蔵されている。

実験の手順として、ピン試験片とゴム試験片を実験装置に固定する。ゴム試験片は上から板材を当て、ボルト締めをして固定した。AE波を確実に計測するため、白色ワセリンをピン試

験片とゴム試験片の間に塗り密着させた。準備ができれば装置を稼働させ、AE平均電圧値（AE信号振幅値変化）と摩擦力を計測した。

本実験で使用するゴム材料特性を表1にまとめた。表1のNRは天然ゴム、SBNはスタンプタッチエンゴムを表している。また、CRはカーボンブラックを表している。ゴムの硬さは、デュロメータを用いて測定したものである。A/3sはタイプAデュロメータで3秒後に測定したという意味である。

本実験における実験条件を表2にまとめた。ピン試験片はアルミニウム（A6063）を使用した。荷重は1.8N、摩擦速度は41mm/s、摩擦時間は1回の実験につき30sとした。実験は、すべて室温・大気中・無潤滑で行った。

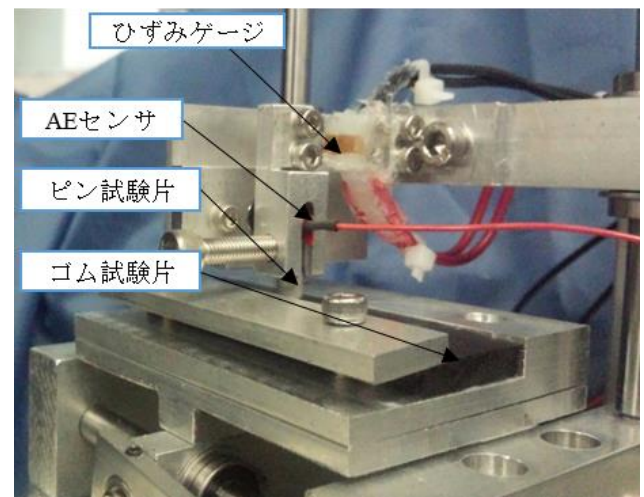


図2 実験に使用したセンサ取り付け部

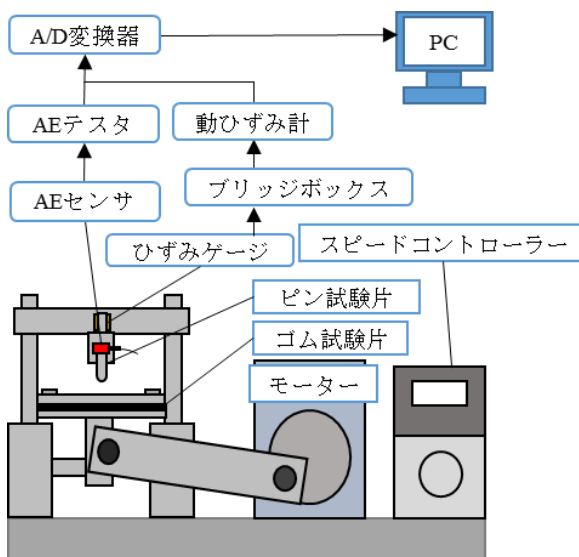


図1 実験装置の構造図

表1 ゴム材料特性

	NR	SBR	CB	シリカ	破断伸び (%)	破断応力 (Mpa)	300%引張り時応力 (Mpa)	硬さ (A/3s)
1	100		50		521	28.6	15.4	32.2
2		100	50		406	22.4	14.7	30.4
3	100		30		720	27.8	4.9	28.8
4		100	50		769	20.6	5.3	31.2
5		100		50	827	23.5	4.3	30.2

表2 実験条件

AEセンサ	広帯域型 (AE-900M-WB)
ピン試験片	アルミニウム (A6063)
荷重 (N)	1.8
摩擦速度 (mm/s)	41
摩擦時間 (s)	30

3. 実験結果および考察

図3は、ゴム材料2の摩擦前(左)と摩擦後(右)の比較写真である。摩擦前と比べて摩擦後は、表面の凹凸が少なくなっていた。図4~6グラフは、ゴム材料2とゴム材料4のそれぞれの4回目の実験データである。ここでは、実験中にスティック・スリップ現象の発生が確認しやすかったゴム材料のデータを取り上げる。どちらも摩擦中にAE信号が大きく反応していることがわかる。実験の結果、スティック・スリップ現象が起きやすい材料は、材料2と材料4であった。実際に、ピン試験片が摩擦振動している様子が確認できた。このことから、スタンブタチエンゴムはスティック・スリップを起こしやすく、天然ゴムはスティック・スリップを起こしにくいと考える。材料4の摩擦力の方が材料2と比べると、波形が乱れていることがわかる。このことから、硬いゴム材料の方がスティック・スリップ現象は発生しやすいと考えられる。

図8は、それぞれの材料の摩擦力とAE平均値電圧の比較である。材料1, 3, 5では、本実験条件下でスティック・スリップ現象があまり確認できなかった。このことから、スティック・スリップ現象が発生時はAE平均値電圧が大きく反応することがわかる。したがって、摩擦力とAE信号には関係性があると考えられる。

4. 結 言

本実験では、異なるゴム材料によってスティック・スリップ現象の発生の違いを評価することができた。また、スティック・スリップ現象の発生時の摩擦力やAE平均値電圧を計測し、スティック・スリップ現象が発生時はAE平均値電圧が大きく反応することがわかった。今後は、荷重および摩擦速度の影響や潤滑下の実験を実施し、相関関係を調査する必要がある。また、スティック・スリップ現象が観測できていない材料についてもAE信号計測からスティック・スリップ現象を評価方法を検討していく課題がみえた。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、ゴム供試材料を提供いただきました株式会社ブリヂストン 山口 健 氏に厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- (1) 長谷亜蘭：トライボロジー現象下で生じるアコースティックエミッション，トライボロジスト，58巻，11号(2013) pp.798-803.
- (2) 長谷亜蘭：ゴム摩擦時に生じるアコースティックエミッション計測の試み，先端科学研究所アニュアルレポート，第13号(2015) pp.29-35.

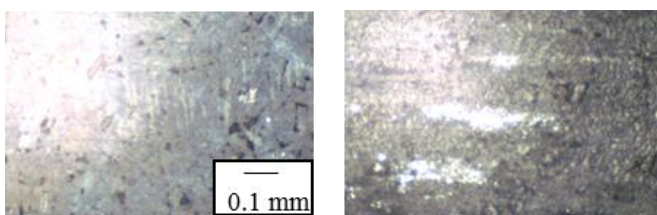


図3 摩擦実験前後の摩擦面の比較

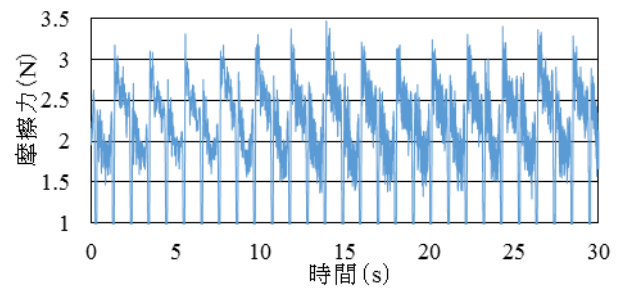


図4 材料2における摩擦力の変化

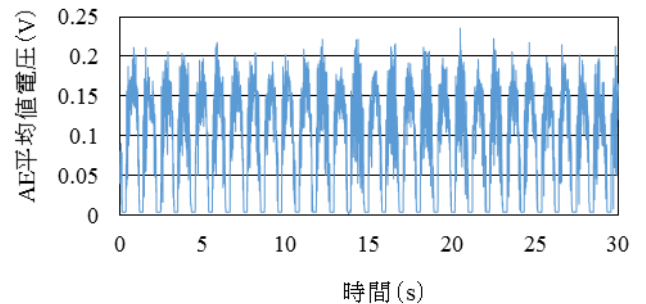


図5 材料2におけるAE平均電圧値の変化

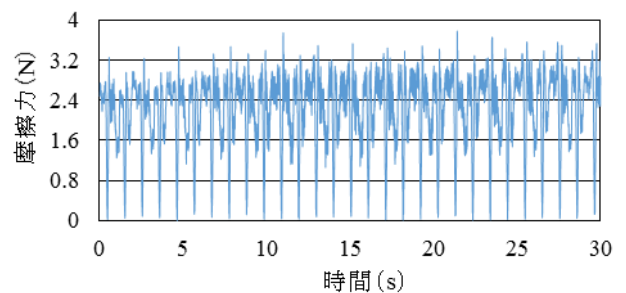


図6 材料4における摩擦力の変化

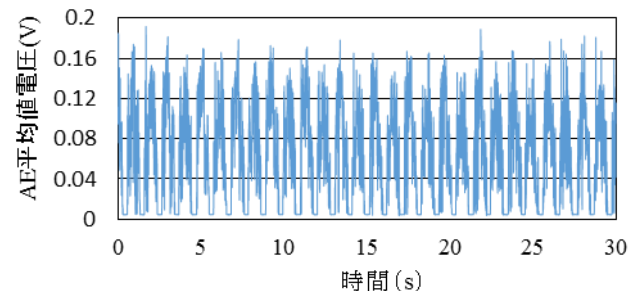


図7 材料4におけるAE平均電圧値の変化

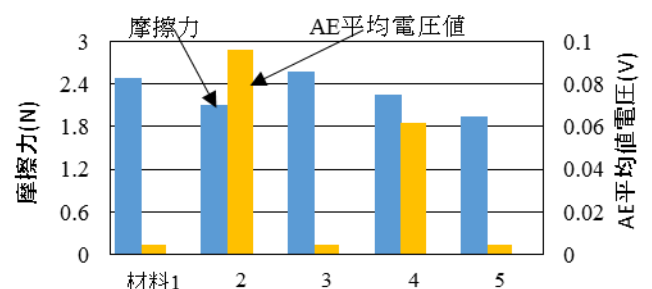


図8 摩擦力とAE平均電圧値の比較