

## グリース潤滑下の片状黒鉛鋳鉄摺動面の摩擦・摩耗挙動の可視化と AE 計測

埼玉工業大学 ○米田拓未, ◎長谷亜蘭

## 要 旨

昇降機における様々なユニットに摩擦・摩耗現象が介在している。特に、ロープや巻き上げ機、ガイドレール、滑車などに予期せぬ負荷が掛かり、昇降機が損傷する場合もある。使用時に問題が生じないように、摺動部品の摩擦・摩耗現象を把握しておく必要がある。そこで本研究では、昇降機に使われる摺動部品に関して、グリース潤滑下の摩擦・摩耗現象の in situ 観察（その場観察）を行い、AE計測を用いてその摩擦・摩耗特性の評価手法を検討している。

## 1. 緒 言

昇降機において、様々なユニットに摩擦・摩耗現象が介在している。摩擦・摩耗の進行によって昇降機の破損・事故に繋がることもある。そのため、特に昇降機の摺動部品であるロープや巻き上げ機、滑車等の摩擦・摩耗特性を把握することが安全性を確保するのにとても重要である。そこで本研究では、昇降機に使用されている摺動部品の材料である FC 材（片状黒鉛鋳鉄）を評価対象とし、in situ 観察法（その場観察法）および AE 法（アコースティックエミッション法）を用いて、摺動面で起こる摩擦・摩耗挙動の調査・検討を行った。

## 2. 摩擦面顕微鏡の構成

本研究では、摩擦面顕微鏡を用いた in situ 観察によって、試験片同士の摩擦界面で起こる摩擦・摩耗挙動の観察および解明を行った。図 1 は、その摩擦面顕微鏡の原理図である。摩擦実験はピン・オン・ブロック型で実施し、ワイヤーロープ素線（ピン試験片に接着・固定）とプーリ・シープ材料（ブロック試験片）を供試した。摩擦界面を顕微鏡視野内に設置することによって、その摩擦界面を拡大視察することができる。

図 2 は、計測システムの構成図である。光学顕微鏡を用いて拡大視察する際、ワイヤーロープ素線とブロック試験片の接触部の焦点を一致させる必要がある。そのため、ピン試験片側に調整のための手動 Z 軸ステージを設置した。垂直荷重はピン試験片にリンク機構を用いて錘により負荷し、ピン試験片支持部を摺動させて摩擦実験を行った。電動 X 軸ステージを駆動させ、上視点から顕微鏡カメラを用いて摩擦時の摩擦界面の挙動を PC で録画することができる。摩擦力は、ピン試験片支持部の板ばねに貼り付けたひずみゲージを用いて計測した。AE センサは、ブロック試験片側に取り付け、摩擦・摩耗時の AE 平均値電圧（AE 信号の振幅値）を計測した。図 3 は、本実験で計測される AE 平均値電圧と摩擦力の結果の一例である。これらの変化と in situ 観察の対応付けを行い、摩擦・摩耗挙動の評価と解明を行う。

表 1 は、本実験の摩擦条件および AE 計測条件である。今回、

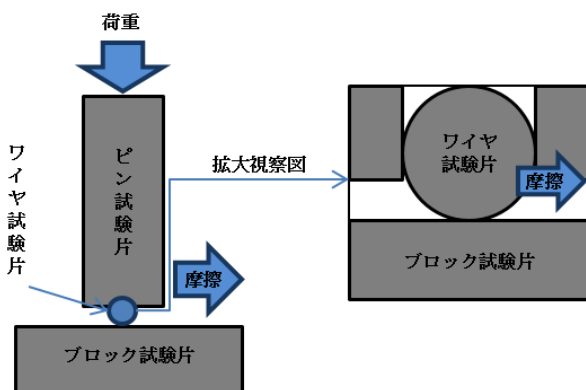


図 1 摩擦面顕微鏡の概略図

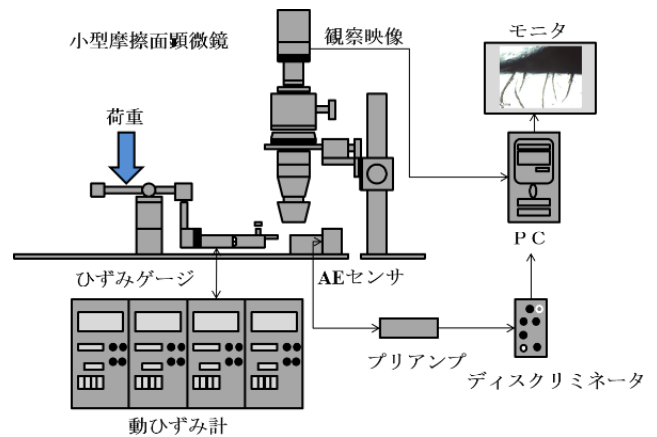


図 2 計測システム構成図

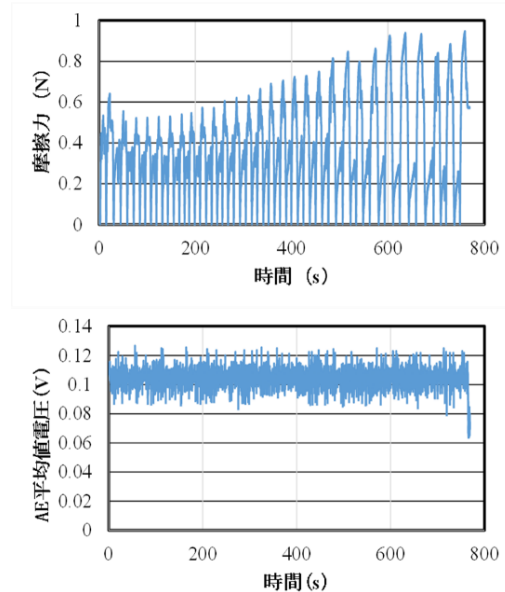


図 3 実験で計測される摩擦力と AE 平均値電圧の一例

表 1 実験条件

試験片材料	ピン試験片：鋼材（直径 0.8 mm） ブロック試験片：FC 材（15×30×10 mm）
垂直荷重	0.5 (N)
摩擦速度	200 (μm/s)
摩擦回数	30 往復×5 回（計 150 回）
グリース	ちょう度：120, 100, 80, 60
AE センサ	広帯域型（AE-900M-WB）
AE 増幅率	50 (dB)
AE フィルタ	ハイパスフィルタ 500 (kHz)

異なるちょう度のグリースを用いて、摩擦・摩耗の挙動の変化を調査した。ちょう度は侵入深さの数値であり、値が大きいほど軟らかい。摩擦実験は、すべて室温・大気中で実施した。

### 3. 実験結果および考察

ちょう度 60 における *in situ* 観察の結果を中心に述べる。図 4 に示す *in situ* 観察像から、摩擦応力によって黒鉛部分に変形・破壊し、内部の黒鉛が排出していく様子が観察された。

図 5 および図 6 は、それぞれ AE 平均値電圧と摩擦力の変化であり、0~30 往復間（上図）と 60~90 往復間（下図）を示している。図 5 の AE 平均値電圧のグラフから、黒鉛の変形が起きてからの AE 平均値電圧の変化が大きくなっていることがわかる。

図 7 は、摩擦回数ごとの摩擦力の推移である。図 6 の摩擦力変化からも摩擦回数が増えるにつれ上昇傾向にあることがわかる。図 7 からは、90~150 往復において摩擦力の値が大きく上昇している。今回の実験から、特に黒鉛が排出してからの摩擦力の値が大きく上昇していることが確認できた。

以上の結果から考察すると、図 5 の 30 往復までの AE 平均値電圧が大きいののはグリースの影響と考える。また、摩擦応力により黒鉛部の変形・排出が起きた際に、摩擦力と AE 平均値電圧の変化が大きくなった。これは黒鉛の変形に伴って生じるひずみエネルギーの解放のためと考える。さらに、黒鉛粒子が排出されたことで摩擦力が大きくなった。黒鉛粒子は摩擦を低減することもあるが、今回は硬いグリースの効果によって、グリースが広がらず溜まり、そこに黒鉛粒子が介在することで摩擦力が上昇したといえる。

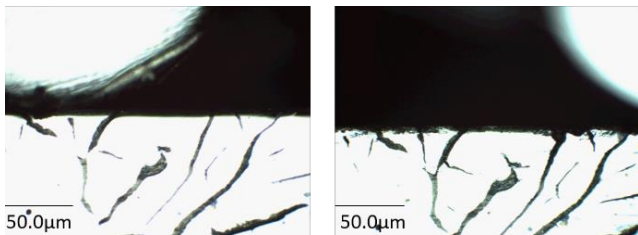


図 4 摩擦初期と後期の *in situ* 観察画像の比較

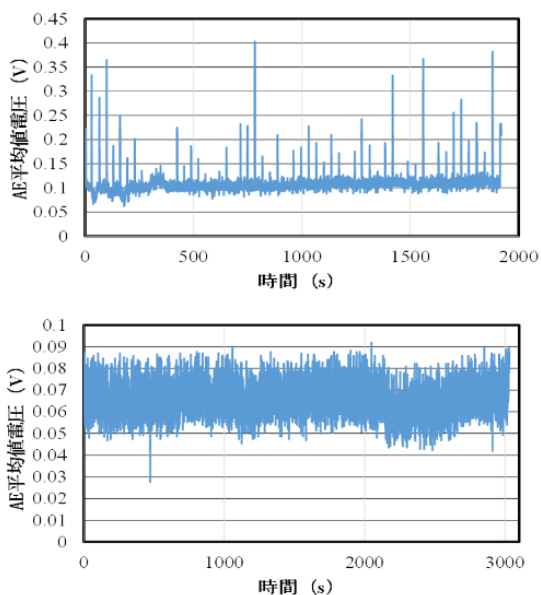


図 5 摩擦初期と後期（ちょう度 60）の AE 平均値電圧変化

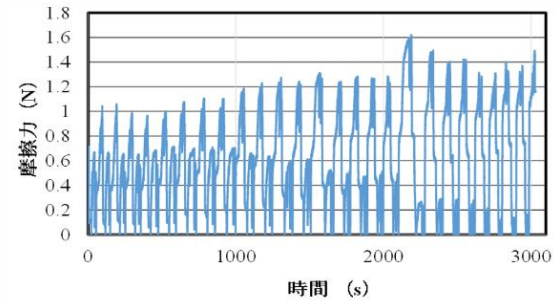
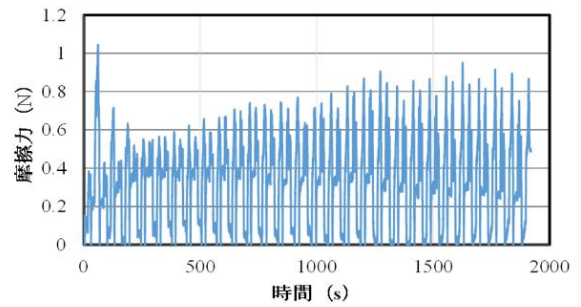


図 6 摩擦初期と後期（ちょう度 60）の摩擦力変化

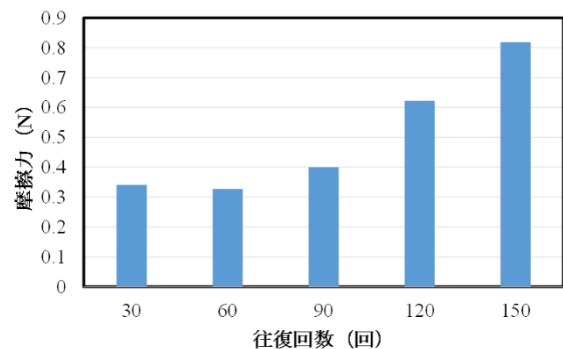


図 7 ちょう度 60 における摩擦力平均値の推移

### 4. 結言

本研究では、摩擦時の *in situ* 観察および AE 平均値電圧・摩擦力の変化による昇降機材料の摩耗メカニズムの評価・検討を行った。得られた結論は以下の通りである。

- (1) *In situ* 観察によって摩擦による黒鉛の変形・排出を観察することができた。
- (2) AE 平均値電圧および摩擦力の変化と摩擦観察から AE 平均値電圧・摩擦力と黒鉛粒子とグリースちょう度の相関を確認することができた。

### 謝辞

本研究の遂行にあたり、ワイヤーロープ材料およびブロック試験片材料、グリースを提供いただきました株式会社日立製作所 佐藤五郎 氏、松岡秀佳 氏、中山真人 氏、堂蘭美礼 氏、吉川敏文 氏、野口直昭 氏に厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- (1) 長谷亜蘭, 三科博司: トライボロジー現象可視化のための小型摩擦面顕微鏡の設計・製作, 埼玉工業大学工学部紀要, 第22号 (2012) pp.13-16.