

# 画像処理を用いたワイヤロープ 直径計測装置の開発

加藤 充

(Mitsuru Kato)

日本オーチス・エレベータ株式会社

野田 祥希 (Yoshiki Nota) 庄 司 豊 (Yutaka Shoji)

株式会社 明電舎

## 1. はじめに

エレベーターの保守点検作業において、日々の運転により摩耗するワイヤロープの状態を点検管理することはエレベーターの安全性の観点から非常に重要なことです。エレベーターの保守技術者は、点検時にワイヤロープの外観目視確認とノギスを用いたワイヤロープ直径の測定を行うことで劣化の状態を把握し、ワイヤロープの交換計画を立てています。

エレベーター業界は、近年高層ビルの建設数の増加に伴い、保守作業が長時間化しており、点検効率を求める要望が強くなっています。図1は高層ビル・都市居住協議会（CTBUH）が発行している地上高さ150m以上のビルの年間建設数を示したグラフです。このグラフより20年前と比較すると近年の建設数は約4倍となり、高層ビルの建設数の増加が著しいことがわかります。これに応じて、エレベーターも高層階向けのエレベーターに対する需要が増加しています。このような高層階向けのエレベーターは、一般的なエレベーターと比較して昇降距離や使用しているワイヤロープの本数が増加しているため、ワイヤロープの点検作業に多くの点検時間を必要としています。また、高層ビルでは1棟に対して複数台の

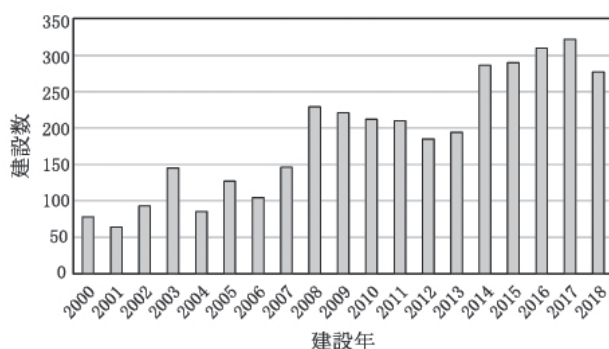


図1. 高層ビルの年間建設数

エレベーターが設置されているため、その点検作業の時間は台数に応じて長時間化しています。

そこで、弊社はワイヤロープの点検作業の効率化を目的に、ワイヤロープ直径計測装置の開発を行い、エレベーター実機を用いて本装置の有用性を実証しました。

## 2. 機器構成

本装置の機器構成を図2に示します。装置はロープの撮影を行う撮影部とエレベーターの稼働速度と位置情報を取得する入力部、さらに撮影した画像を解析する解析部で構成されています。また、装置は1台で複数台のエレベーターのロープ直径計測を行うことをコンセプトとしているため可搬式となっています。以下に装置の詳細について説明します。

まず、ロープ撮影部では、画像撮影用のラインセンサカメラ2台とロープの前後に設置する前方、後方の2台のLED照明で構成されています。ロープ撮影時にはロープを前後から挟み込むような形で設置し、ロープの前後から照明を照らします。前方のLED照明によりロープの表面状態を鮮明に撮影することができます。また、後方照明によりロープ以外の背景部分を除去できるため、ロープのシルエットをより明確に撮影することが可能となり、画像処理によるロープ直径計測の精度が向上します。ラインセンサカメラは高周期高解像度にて画像撮影が可能なカメラで、10m/sでエレベーターが昇降した場合においても1.6mmピッチでロープの画像を撮影することができます。また、ラインセンサカメラ2台を左右並列に設置することで、ステレオ方式による距離計測が可能になり、エレベーター昇降中にロープドローする設置条件やロープに揺れが生じた場合においてもロープ直径

技術講座

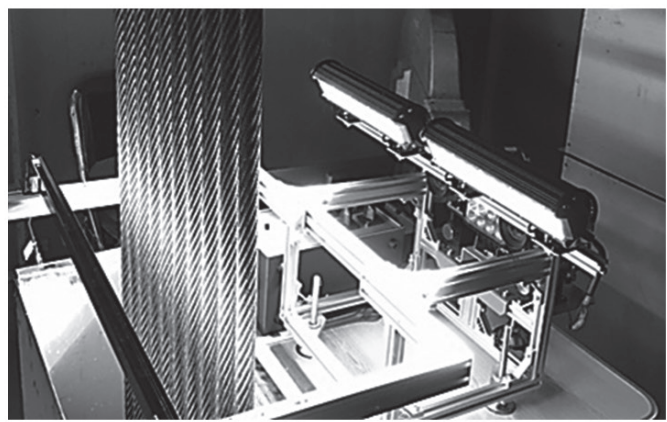
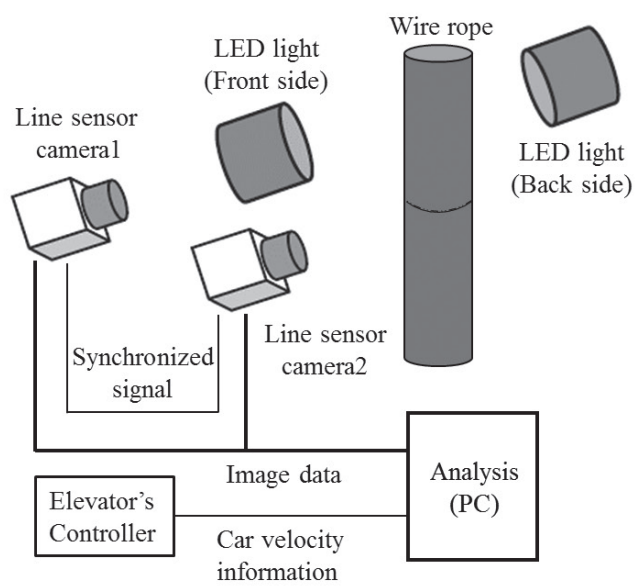


図2. ワイヤロープ直径計測装置のシステム全体図

の計測が可能になります。入力部では画像撮影時のエレベーターの速度情報をエレベーターコントローラから取得し解析部へ出力します。最後の解析部では、撮影した画像の解析を行うと同時に、エレベーターコントローラから取得した情報に応じてラインセンサカメラの撮像周期を適宜変更することでエレベーターの速度に関係なく常に一定のピッチでロープを撮影することが可能です。

3. 画像解析手法

ここでは、撮影した画像からロープ直径を計測するまでの解析方法について述べます。

ワイヤロープ直径計測では、まず撮影画像の中からワイヤロープが撮影された領域を抽出します。画像は後方照明の効果によりワイヤロープのシルエットが強調されているためロープ部分は暗く、それ以外が明るく撮影されます。そのため、2値化処理を用いることで容易にワイヤロープ領域を抽出することができます。

その後、さらにサブピクセル推定によりワイヤロープのエッジを高精度で検出します。サブピクセル推定とは、隣接する画素間でのコントラスト変化に着目することでエッジの検出精度を向上させる手法です。

ワイヤロープの点検位置であるロープ山は、エッジの凹凸から自動判定します。

次に、ワイヤロープの振動補正のためにカメラとロープ間の距離計測を行います。距離計測は、ステレオ方式で設置した2台のラインセンサカメラから算出したワイヤロープのエッジ情報をもとに三角測量の原理を用いて行います。

最後に、算出したエッジ情報と距離情報を用いてボリュウム歪像の補正を行い、画像のピクセル情報 (pix) から実寸 (mm) に変換します。ボリュウム歪像とはカメラ光学系によって生じる画像の歪みであり、画像端付近で撮影されたロープが中心付近で撮影したものと比較して太く間延びしたように撮影される現象です。この現象を補正することで画像内の位置に関わらずロープ直径を正確に計測することができます。

4. 精度実験

まず、開発した装置を用いてロープ直径計測の精度について検証しました。ここではエレベーターに使用されるロープ直径を想定して作成した円柱を計測対象としました。円柱を図3左図のように数字1~36の位置に設置し、画像解析手法にて計36箇所の円柱の直径を計測することで、精度評価を行いました。

図3右図は計測した全36点の計測値と円柱直径値との誤差量を示しています。この結果から開発した装置による計測誤差は0.12mm以内であることがわかりました。

5. 実機検証

次に、実際のエレベーターを用いて本装置の有用性を確認しました。8本のワイヤロープのうち1本が極端に外層摩耗したロープを含むエレベーター実機を使用しました。そのエレベーターを定格速度で最上階から最下階まで稼働させ、その際に機械室に設置した本装置でロープの撮影およびロープ直径計測を行いました。

技術講座

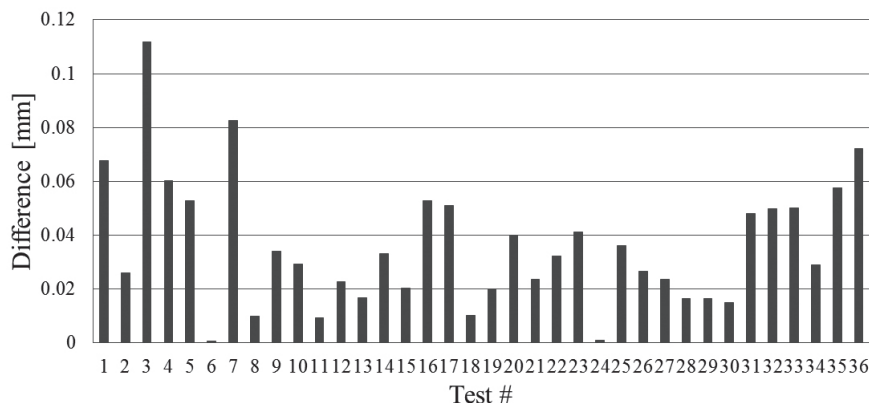
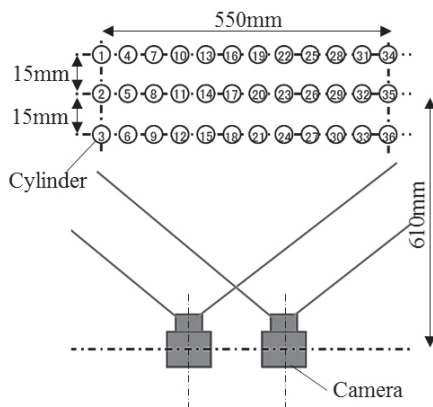


図3. 精度実験結果

図4は、エレベーターのかご位置が100m付近で撮像されたロープ（ロープ#4、ロープ#5、ロープ#6）の画像です。ロープ#5に顕著な外層摩耗があることが、撮影した画像から確認できます。

また、図5にロープ直径計測結果を示します。図はエレベーターのかご位置におけるロープ直径を示したグラフです。このグラフは、計測したロープ山部箇所のロープ直径値を約1m毎に平均してプロットしています。エレベーターのかご位置100m付近のロープ直径をノギスで測定したところ、ロープ#4：22.09mm、ロープ#5：21.68mm、ロープ#6：21.80であり、グラフで読み取った値とほぼ一致していることが確認できました。

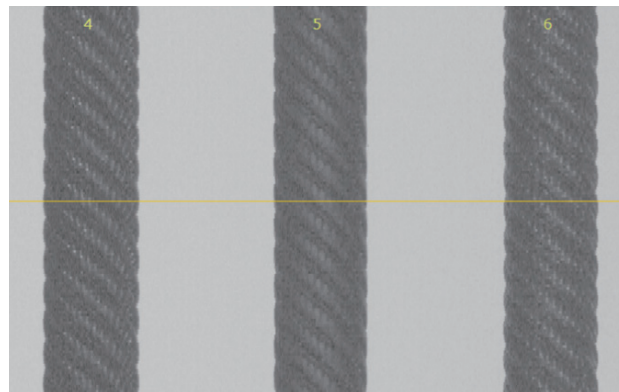


図4. 複数本のワイヤロープ同時撮影

6. おわりに

本稿では、ワイヤロープ点検時のロープ直径値計測における作業効率の向上と人為的誤差の削減を目的に開発したワイヤロープ直径計測装置の検証を行いました。2台のラインセンサカメラを用いてワイヤロープの撮影を行い、提案した画像解析手法を用いて解析することで、実環境下で稼働するエレベーターにおいて、鮮明なロープ画像を撮影し、精度良くロープ直径を計測することが可能であることを実証しました。今後は、本装置を経年的に劣化していくワイヤロープの寿命予兆に役立てていく所存です。

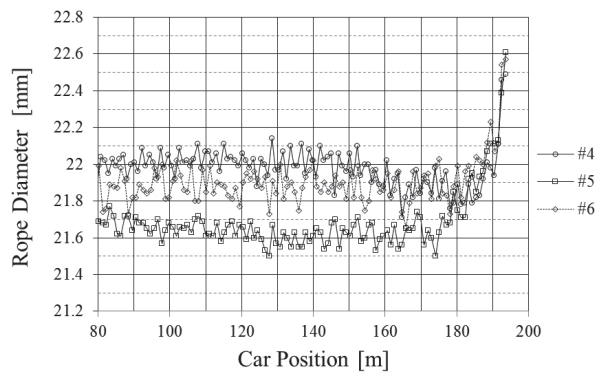


図5. かご位置におけるロープ直径計測結果

出典

図1. 高層ビルの年間建設数

高層ビル・都市居住協議会 (CTBUH) : 世界高層ビルデータベース : <http://www.skyscrapercenter.com/>