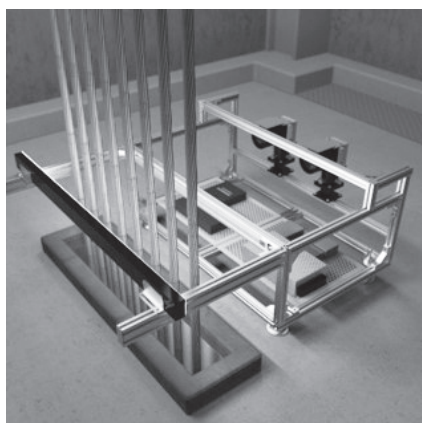


# ビジュアルロープテストの開発

野田祥希 Yoshiki Nota  
庄司 豊 Yutaka Shoji  
加藤 充 Mitsuru Kato

キーワード 画像解析, エレベーターロープ, 外観検査

## 概要



システム全体図

世界的に高層ビルの建設数は増加しており、それに応じて稼働距離が長く、高速で稼働する高速エレベータの普及が進んでいる。これに伴い、保守点検の現場では、点検作業の短縮と精度の向上が望まれている。特にワイヤロープの点検は、作業員の目視やノギスなどの機器を用いた点検方法が一般的であるため、稼働距離が長くなるのに比例して作業が長時間化している。また、作業員の習熟度に応じて目視・ノギス値に人的な計測誤差が生じる問題がある。

そこで、当社は画像処理によってワイヤロープの点検作業を自動化する「ビジュアルロープテスト」を開発した。本システムでは、カメラでワイヤロープを撮影し、その画像を解析することで点検作業を効率化し、人為誤差を低減する。

## 1 まえがき

高速エレベータの普及とともに点検の時間・精度が課題となり改善が望まれている。複数の点検項目の中で特にワイヤロープの点検は、ノギスによる計測や目視点検などの人の手を介する工程が多いため、作業員による計測誤差が発生しやすく、またエレベータの稼働距離に応じて点検箇所が増加するため、作業が長時間化する傾向にある。

そこで当社は、日本オーチス・エレベータ株と共同で点検作業の支援を目的に「ビジュアルロープテスト」を開発した。本システムは、カメラで稼働中のエレベータのワイヤロープを撮影し、その画像を解析することで計測誤差無く短時間で点検できる。また、非接触の点検であるため、作業の安全性も向上する。本稿では、開発したビジュアルロープテストを紹介する。

## 2 ワイヤロープ点検項目

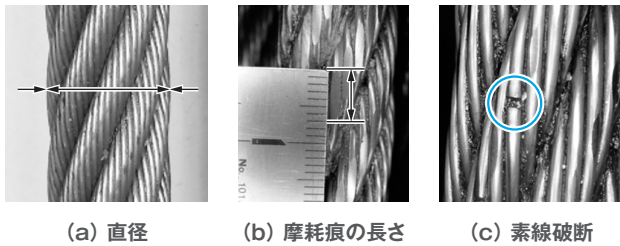
ワイヤロープの点検項目とその点検方法を紹介する。第1図に点検項目を示す。点検項目は、ワイヤロープ直径値・摩耗痕の長さ・素線破断で、それぞれの点検方法は、以下のとおりである。

### 2.1 直径

稼働によって徐々に削れて減径が進むワイヤロープの直径値をノギスで計測する。ワイヤロープの形状はより線であるため、表面には凹凸が存在する。点検時には、直径値が最も太くなる第1図(a)の矢印で示す箇所を作業員が目視で判断し、ノギスで計測する。

### 2.2 摩耗痕の長さ

ワイヤロープを構成する素線の表層部分が削れ



第1図 ワイヤロープの点検項目

点検項目は、直径・摩耗痕・素線破断がある。

て生じる素線摩耗痕の長さを、第1図(b)で示す定規やノギスで計測し、その長さを記録する。

### 2.3 素線破断

ワイヤロープを構成する素線は、摩耗が進行すると第1図(c)の○印で示す素線の破断が生じる。点検時には、素線の破断箇所を目視・触診で確認後、破断数を記録する。

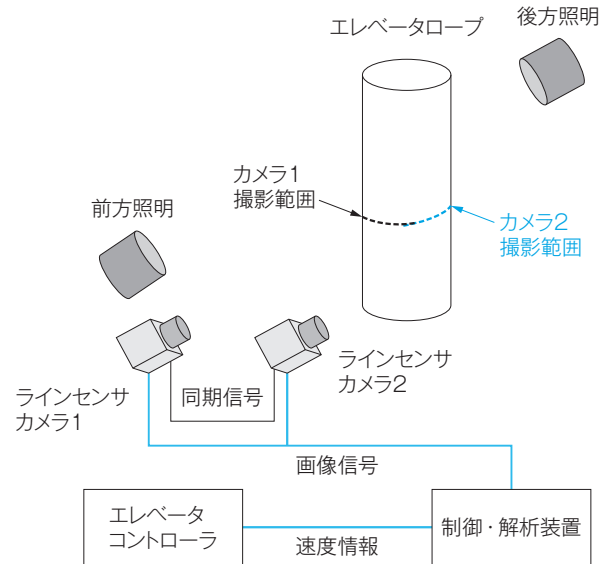
ワイヤロープ点検作業には目視判断やノギス計測など人手による作業内容が多いため、作業時間が長くなり、計測誤差が生じる要因となっている。

## 3 システム構成

第2図に全体構成を示す。本システムは、ワイヤロープの撮影装置と制御・解析装置から構成される。各装置の詳細は、以下のとおりである。

### 3.1 ワイヤロープ撮影装置

ワイヤロープ撮影装置は、ラインセンサカメラ2台と照明から構成される。撮影に用いるラインセンサカメラは、高周期かつ高解像度で画像撮影ができるカメラである。ラインセンサカメラを用いることで、エレベータ速度が600m/minで昇降した場合でもワイヤロープを数mmの間隔で点検することができる。また、エレベータ稼働時には、ワイヤロープに揺れや振動が生じる。そこで本システムでは、2台のラインセンサカメラをステレオ構成で設置し、稼働に伴うワイヤロープの揺れ幅を計測する。これにより、エレベータ昇降中の揺れや振動を補正し正確にワイヤロープ直径値を計測できる。



第2図 全体構成

ビジュアルロープテストの全体構成を示す。

システムに用いる照明は、ワイヤロープを挟み込むように前方・後方の2か所に設置している。前方の照明でワイヤロープを前方から照らすことによって、摩耗痕長さ・素線破断を撮影できる。また、後方の照明でワイヤロープを後方から照らし、ロープのシルエットを鮮明にすることによって、画像解析による直径計測精度が向上する。

### 3.2 制御・解析装置

本装置は、撮影装置の制御と画像解析を行う。撮影装置の制御は、外部のエレベータコントローラからエレベータ速度情報を取得し、カメラのフレームレートを制御する。速度情報に応じて適宜カメラのフレームレートを変動させることで、エレベータ速度に関係なく常に一定の間隔でワイヤロープの画像を撮影できる。解析部分では、その画像を解析する。

提案した点検システムは、上記の2つの装置によって構成される。また本システムを適用する高層ビルには、ビル1棟に対して複数台のエレベータが設置されている場合が多い。そこで1つの点検システムで複数のエレベータを点検できるように、システムは可搬式とした。第1表に従来の点検方法との比較を示す。本システムを用いることで、点検時間の短縮と精度の向上を実現している。

## 第1表 従来の点検方法との比較

従来の点検方法と開発したシステムの比較を示す。

従来	開発システム
位置移動24m/min→特定位置を計測	計測24～600m/min
ロープ1本ごとに計測	全てのロープを一括計測
計測位置・精度に個人差有り	計測位置・精度に個人差無し
異常箇所を目視確認	画像で保存。事後確認が可能

## 4 検証実験

実際に稼働するエレベータに開発したシステムが有効であることを検証するために、以下の実験を行った。

### 4.1 ワイヤロープ直径計測試験

ワイヤロープ計測試験では、システムを用いて600m/minで稼働するエレベータのロープを撮影し、直径値を計測した。第3図に装置で撮影した画像を示す。高速で稼働中のエレベータでも正確にロープを撮影できる。第4図に解析結果を示す。各グラフはそれぞれのワイヤロープの直径値を示し、ロープ3本のより線の凹凸形状が計測されていることが分かる。またこの時のシステムを用いた計測値と作業員のノギス値を比較し、0.2mm以内で直径を計測できることを実証した。

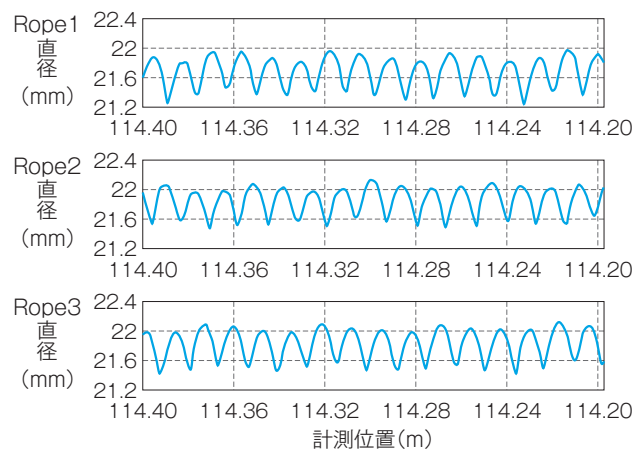
### 4.2 ワイヤロープ摩耗痕長さ試験

摩耗痕長さ試験では、150m/minで稼働するエレベータを想定した環境で、摩耗しているロープをシステムで撮影・解析し、従来のノギス計測値と比較することで妥当性を検証した。第5図に摩耗痕解析画像を示す。左図の白色箇所はロープ表面が摩耗しており、前方の照明で表面を照らし摩耗を撮影している。右図は実際に画像解析で摩耗痕を計測した結果で、摩耗痕上に表示している直線は計測した摩耗痕長さである。この結果から、ロープの各摩耗痕を正確に検出できる。また、システムの計測結果とノギス値の計測値を比較し、誤差1.0mm以内であることを確認した。



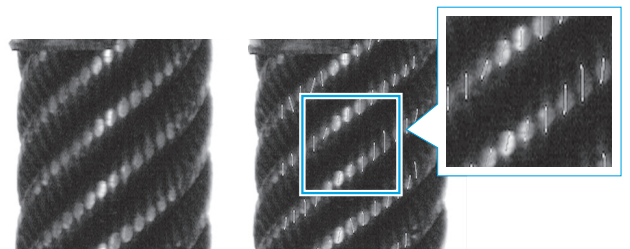
### 第3図 装置で撮影した画像

装置を用いて600m/minで稼働するエレベータのロープを撮影した画像を示す。



### 第4図 解析結果

ロープ径の解析画像結果を示す。



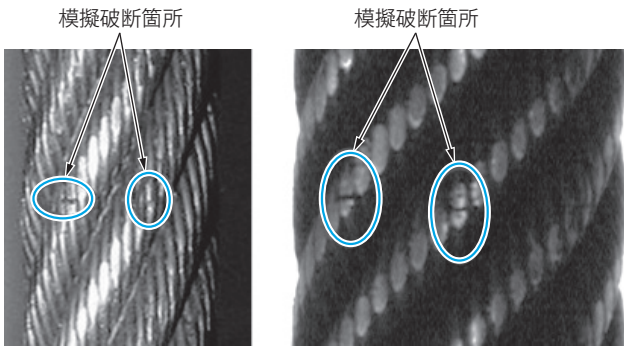
### 第5図 摩耗痕解析画像

摩耗痕計測の解析画像を示す。左が解析前画像、右が解析結果画像である。

### 4.3 ワイヤロープ素線破断試験

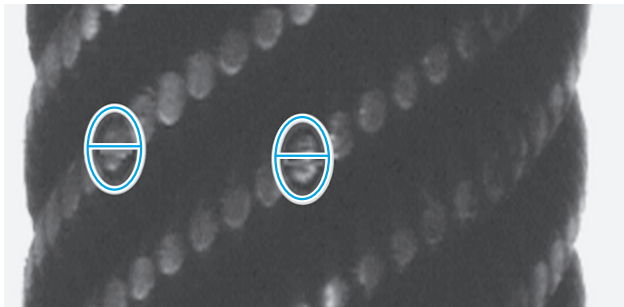
素線破断試験では、150m/minで稼働するエレベータを想定した環境で、素線破断を模擬した0.4mmのテープを2か所貼り付けて検証した。検証では、開発したシステムで模擬破断を撮影・解析し





第 6 図 模擬素線切れ画像

模擬素線切れの画像を示す。左がデジタルカメラで撮影した画像，右がラインセンサで撮影した結果である。ラインセンサカメラで素線切れを撮影できることが分かる。



第 7 図 模擬素線切れ解析結果

模擬素線切れの画像に対しての解析結果を示す。○印は素線切れが検出されている箇所である。

た。第 6 図に模擬素線切れ画像を示す。左図は実際のロープに対して模擬破断の0.4mmシールを2か所貼り付けた画像である。右図は開発システムで撮影した模擬破断の画像で、システムを用いて0.4mmの素線破断を撮影できた。第 7 図に模擬素線切れの解析結果を示す。○印は検出した素線破断箇所、直線（θの中線）は破断が発生している画像領域にプロットしたものである。このように、稼働中のロープ画像から素線破断を検出できた。

## 5 むすび

ワイヤロープ点検作業の効率化・高精度化のために画像解析を用いたロープ点検システム「ビジュアルロープテスタ」を開発した。本システムでワイヤロープの直径値・摩耗痕の長さ・素線破断を計測できる。また、エレベータの実機で開発システムを検証試験し、エレベータ速度600m/minでロープ直径を精度0.2mm以内、150m/minの速度で摩耗痕長さを精度1.0mm以内及び0.4mmの素線切れを計測できることを実証した。

今後、エレベータのみならずクレーン・建設機械などのワイヤロープを使用した製品への本システムの適用を目指す所存である。

・本論文に記載されている会社名・製品名などは、それぞれの会社の商標又は登録商標である。

### 《執筆者紹介》



野田 祥希  
Yoshiki Nota

基盤技術研究所  
エレベータロープ点検システムの研究開発に従事



庄司 豊  
Yutaka Shoji

電動力応用事業部営業部  
電動力応用製品のエンジニアリング業務に従事



加藤 充  
Mitsuru Kato

日本オーチス・エレベータ(株)