

## 画像処理を用いたケーブル動的挙動の3次元計測

東京大学 学生員 千々和 伸浩  
 三菱スペース・ソフトウェア(株) 熊野 史朗  
 東京大学大学院 フェロー 藤野 陽三

### 1. はじめに

斜張橋・吊橋等の橋梁，スタジアムなどの大空間構造物，宇宙構造物など，様々な局面において，ケーブル構造は重要な構造形式となっている．しかしこの構造形式は大スパンを可能とする反面，大振動が容易に発生するという先天的な問題も抱えている．この問題を解決・制御するために，これまで光学式変位計，加速度計，レーザー変位計など様々な計測機器が考案・実用化されてきた．しかしこれらの計測機器は，基本として点での測定であって，また加速度計など一部を除いては大変形にも対応できないものでもあった．これに対し近年のIT技術の発展に伴い，新たに画像による計測が新たな計測手法として台頭してきた．この計測手法では，対象を面的に捉えることができ，また大変形対しても対応可能である．そこで本研究では画像解析による計測手法を3次元物体であるケーブルに対して適応したシステムを構築し，それを用いてケーブルの動的挙動を計測することを目的とする．

### 2. 実験

本研究では画像計測により，3次元物体であるケーブルの動的挙動を追跡するが，まず画像解析を用いた計測におけるケーブルの特徴として，

- ・ 3次元であり，ケーブルの表側と裏側とで対称性の仮定をおくことができない．
- ・ 動きにはねじれが含まれ，これによりカメラから「見えない領域」が発生する可能性がある．

ことが挙げられる．

そこで本研究では図1に示すように，まずCCDカメラを6台使い，これをケーブル断面360度に対して各カメラが120度のカバー領域をもち，隣り合うカメラ同士が60度の重ね合わせ領域を持つことで，ケーブルの丸みによる影響を抑えながら，全断面での立体視を行うことができるようにした．またねじれを追跡するために，ニトリルゴム丸棒にスプレーで擬似ランダムパターンを付け，それを擬似無応力下において画像計測を行い，画像処理を行って，後に使用する画像相関法における照会先として，図2のようなケーブル展開図を予め作成しておくこととした．

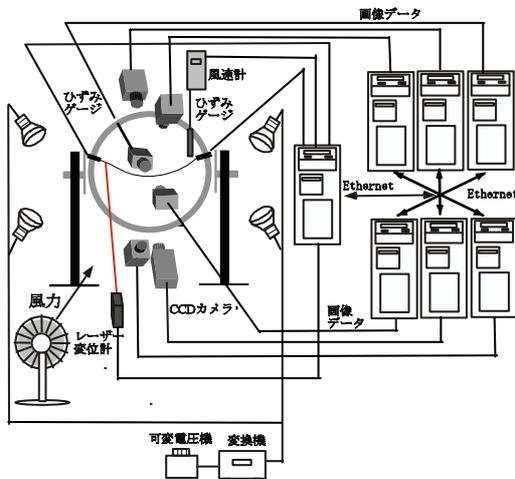


図1 計測システム全体図

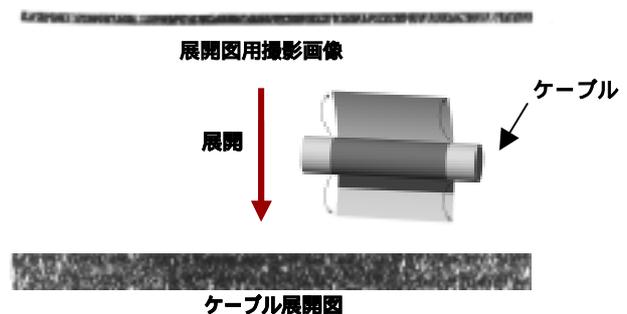


図2 ケーブル展開図作成

キーワード ケーブル構造，画像処理，3次元計測，ねじれ

連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 東京大学工学部土木工学科 TEL 03-5841-6099

### 3. 解析

本研究では解析によるケーブル3次元座標復元にあたり，解析精度の向上および解析時間短縮のため，その解析過程を

1. 中心軸3次元位置算出
  2. 中心軸周りの回転算出
- の2段階に分離した。

まず，中心軸3次元変位算出においては，輝度変化による画像からのケーブル抽出，ケーブルの幾何形状特性(上下エッジの midpoint に存在する)，エピポラ幾何の3点に基づき，異なる地点から同時に撮影された2枚の画像間でケーブル中心軸位置の同定を行い，カメラ中心軸の3次元座標の復元を行った。

中心軸周りの回転算出には，先に述べたようにケーブルにつけた擬似ランダムパターンを元に，画像相関法を用いて各画像と，作成展開図との間で照会を行って対応付けをおこなった。ただし，ここでは精度の向上をはかるため，すでに得られているカメラ中心軸の3次元座標を用い，再現されているケーブル軸と展開図とを3次元一定長で区切り(図3-)，その区切り位置を再度各カメラ画像平面に投影しなおすことで(図3-)，最終的に各カメラ画像と展開図との間でねじり計測位置のおおまかな対応をとり(図3-)，探索域の限定を行っている。以上の過程を経て，ねじりを含んで再現されたケーブルを図4に示す。

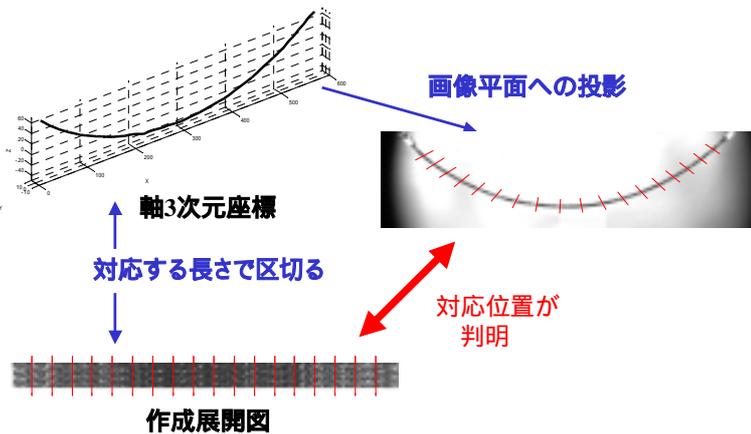


図3 再現された軸3次元座標と，探索域の絞込み

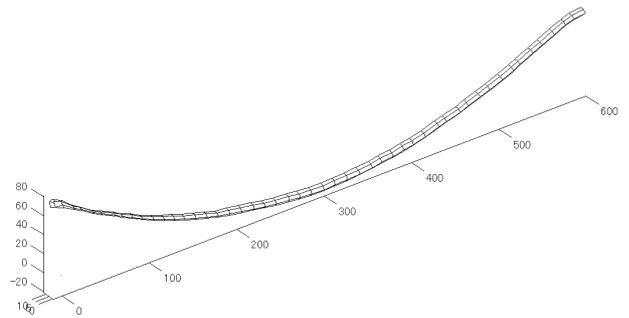


図4 ねじれを含んで再現されたケーブル

### 4. まとめ

本研究により，画像解析によりケーブルの動的挙動を計測するシステムを構築することができた。また再現結果として得られたケーブル形状も，今後有限要素法による内力分布算出に対応した形で得ることができている。しかし一方で計測精度については，現時点ではあくまで定性的なものに留まっており，今後レーザー変位計などによる定量的な精度の評価が求められる。また再現時にはパラメータを適宜人手で調整する必要があり，その面でも更なる改良が求められる。今後は計測精度の向上のため，ケーブルエッジ抽出手法の改良や，マッチング精度をさらに高めるための画像相関法用の標点の改良・新たなマッチング手法の開発などが求められる。

### 参考文献

- ・千々和伸浩：画像処理を用いたケーブル動的挙動の3次元計測，東京大学卒業論文，2004.
- ・徐剛，辻三郎：3次元ビジョン，共立出版，1998.
- ・画像処理のテキストブック編集委員会：イメージプロセッシング画像処理標準テキストブック，財団法人画像情報教育振興協会，1997.