

### 3 次元画像解析を用いた橋梁の水平振動およびその歩行者の歩行特性の分析とその応用

東京大学大学院	学生会員	東上床かよ子
山梨大学	正会員	吉田純司
東京大学大学院	正会員	阿部雅人
東京大学大学院	フェロー	藤野陽三

#### 1. はじめに

大量の歩行者のある歩道橋において、大規模な水平振動が発生するという問題が生じている。この水平振動は歩行者の安全性・歩行快適性を損なうだけでなく、橋梁の疲労を促進する可能性も有する。そのため、適切な制御手法を用いてこの水平振動を低減させることが必要であるが、そのためにはまず、実計測を行い、振動発生メカニズムを定量的に把握することが必要である。

ここ数年の情報機器の進歩により高精度のデジタル画像を記録できるようになってきた。画像は可視情報を空間的に記録できることから交通量の把握、流体の速度場などの算出に応用されてきている。しかし、これらの解析ではいずれも背景と個々の計測対象が明確に分離されており、複数の対象が複雑に重なり合った場合については、まだ解析手法が構築されていない。

本研究では、画像解析を応用して橋の水平振動現象を計測するためのシステムを構築し、それを応用して3次元的に振動の発生メカニズムを把握すること、そしてさらに得られた特性の橋梁モデルへの応用により橋梁の水平振動低減手法を提案することを目的とした。

#### 2. 計測

T-斜張橋(埼玉県)を計測するための画像計測システムを構築し、現地での実計測を行った。本計測システムは、図1のように3つのCCDカメラおよび2つの加速度計を用いている。3つのCCDカメラは互いに画像を同期して記録することが可能である。また、RAIDシステムを用いて並列化したハードディスクに直接画像を記録しているため、長時間オンラインの計測が可能である。これら3つのカメラにより、橋梁および橋桁上を歩行する群集を異なる角度から空間的に計測することができる。一方、加速度計は、図2に示されるように1つを橋の端部に、他方を歩行者の1人に設置し、個々の振動特性を計測している。

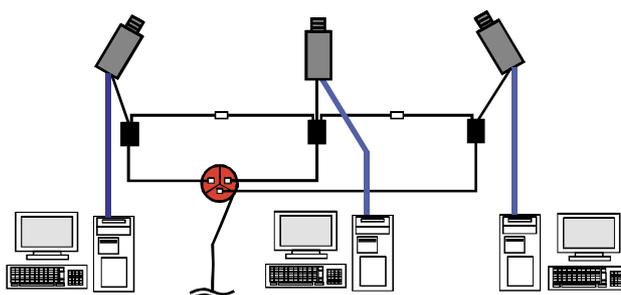


図1 計測システム

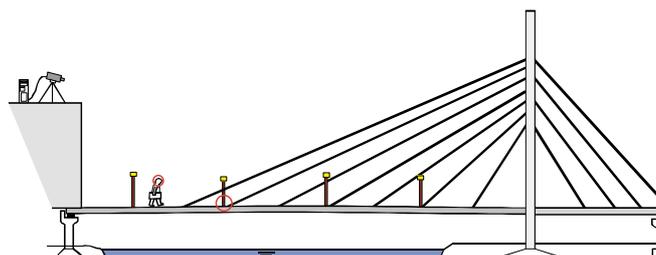


図2 橋梁の計測

#### 3. 解析

3方向からの実計測データに画像相関法を適用し、橋梁の3次元変位応答を算出した。この解析では変位応答の振幅が1画素程度であったため、サブピクセルまでの追跡を行った。そして、画像による変位応答の精度を検証するために、同時に計測した加速度計による計測結果を積分して得られた変位との比較を行った。その結果、画像解析により得られた変位応答は加速度データによる特性と整合していることを定量的に示した。また、画像中の歩行者を抽出するために、実計測データに図3に示す輝度による二値化と図4に示す差分による

キーワード：画像解析，橋梁の水平振動，群集，振動モデル

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷7丁目3-1 東京大学 TEL 03-5841-6099 FAX 03-5841-7454

動体の抽出をそれぞれ単独で行い、相互の位置関係を用いることにより歩行者の頭部を抽出した。さらに、抽出した頭部を相関法で追跡し、歩行者の振動特性を得た。そして、これらを用いて図5に一例が示されるように橋梁の水平振動およびその歩行者の振動特性の相互関係を調べた。

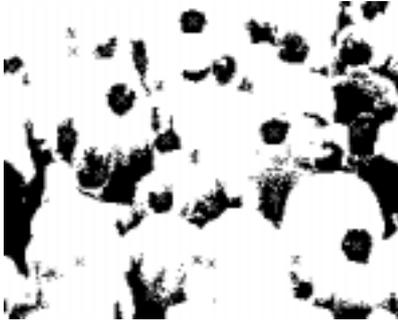


図3 頭部の抽出



図4 肩の抽出

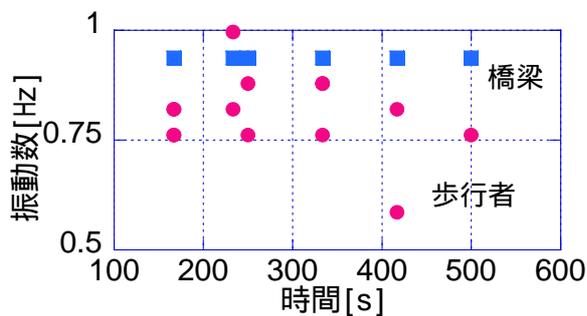


図5 振動数変化

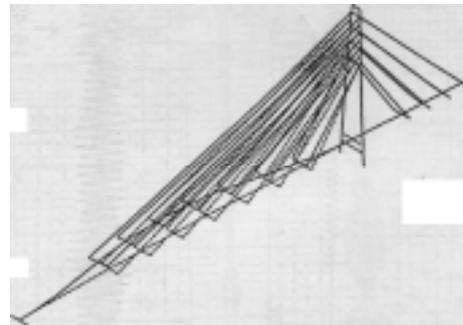


図6 橋梁モデル

#### 4. 橋梁モデルへの応用

コンピューター上に図6のように計測を行ったT-斜張橋の3次元モデルを構築し、さらにモデル上に振動低減のための装置を配置し、そこに実計測画像を用いた画像解析により得られた橋梁の水平振動および歩行者の歩行特性を導入して、振動応答を調べた。振動低減のための各種ダンパー等の装置は数量や配置を変えてシミュレーションが行われ、振動低減の効果と設置コストの両面から各手法が評価され、最適な振動制御手段が選択された。

#### 5. まとめ

本研究では、画像による橋梁および群衆の振動計測システム、加速度計測システム、画像解析プログラムを構築した。また、これらを用いて橋梁の水平振動およびその歩行者の振動特性の傾向を3次元的に解明することができた。さらに、画像解析により得られた特性を橋梁モデルに導入することで最適な振動低減手法を提案することができた。

#### 参考文献

- 1) Y.Fujino, B.M.Pacheco, S.Nakamura, P.Warnitchai: Synchronization of human walking observed during lateral vibration of a congested pedestrian bridge (Earthquake Engineering And Structural Dynamics, Vol.22, 741-758, 1993)
- 2) 阿部雅人, 藤野陽三: 2足剛体モデルを用いた歩行者による歩道橋の水平励進に関する1つのシミュレーション(土木学会論文集 No.441/I-18, pp.199~202, 1992)
- 3) 安居院 猛 他: 画像の処理と認識(1992)
- 4) 徐 剛, 辻 三郎: 3次元ビジョン(1998)
- 5) 徐 剛: 写真から作る3次元CG(2001)