

VI-61

モアレ縞を使った長距離距離における微小変位計測に関する一検討

関西電力(株) 正会員 〇木村 徳一 (株) ニューゼック 正会員 大萩 力  
 (株) パソ・アウェイ 辰巳 允邦 三菱スペース・ソフトウェア(株) 喜田 徳秀

1. はじめに

発電土木設備に関連して、長大法面のはらみ出し、ダム堤体の変形や設置地域の一部に見られる地滑り、斜面崩壊、落石などの変位・変形現象があり、予防保全の観点から、これらの変動傾向を把握することは重要な課題である。しかし、観測対象の大きさに比べて変位量は極めて小さく、観測期間内に必ずしも変動するとは限らないことや観測対象に接近不能である場合が多いことなどが特徴である。そのような微小変動を継続監視して変動傾向を把握するシステムの基礎検討とシステム機能の評価を行うことを目的とし、モアレ縞応用非接触微小変位計測技術の適用性の検討を行った。距離100mで1mmの変位を精度10%以下で計測することを目標として、実験により実現性を評価した結果、十分に可能であることを確認した。

2. モアレ縞による変位計測の概要

モアレ縞は、図1に示すように、わずかに格子ピッチの異なる平行格子D1、D2を重ね合わせることで発生する。格子ピッチをそれぞれd1、d2(但しd2>d1)とすると、両者の格子が一致している所からn番目の格子D2の所が2つの格子のピッチの最小公倍数の位置に相当していると、そこで再び両者が一致し、その近傍の濃度が高くなって、その間隔で周期的に縞模様を生ずる。このとき、格子ピッチの差(d2-d1)のn倍がd1に等しくなるので、d2×nの間隔でモアレ縞が発生し、nとモアレ縞の間隔Dは

$$n = \frac{d1}{d2 - d1} \quad , \quad D = \frac{d1 \cdot d2}{d2 - d1}$$

の関係にある。この原理は、機械自動制御の精密位置決めや、人体計測などに応用されているが、計測距離は高々数メートル以下であり、長距離距離での実施例は見当たらない。

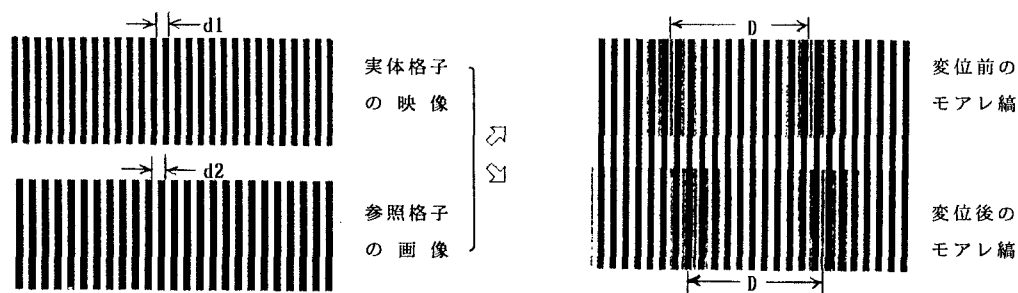


図-1 モアレ縞の発生と変位量の計測

実験は次の手順によって行った。

- ① 図2に示すように、実体格子と望遠レンズを配置して実体格子を撮像し、プログラムで生成した参照格子と重ね合わせて基準位置のモアレ縞を発生させる。
- ② 実体格子をXYテーブルで左右に移動して、測定対象の微小変位を発生させる。
- ③ 移動後の実体格子を撮像し①と同様に変位後のモアレ縞を発生させる。
- ④ 基準位置と変位後のモアレ縞の変位を計測する。

実験に用いたTVカメラは、ソニー(株)製のCCD白黒カメラ(DXC77-RR)で、画素数は38万画素、望遠レンズは35mmカメラ用の日本光学(株)製ニッパル/180mm/f3.5、中型カメラ用の旭光学(株)製SMC17フレックスマ-67/1000mm/f8、Celestron製SC200L2000mm/f10である。モアレ縞の生成と間隔計測にはAdobe製Photoshopを用いた。

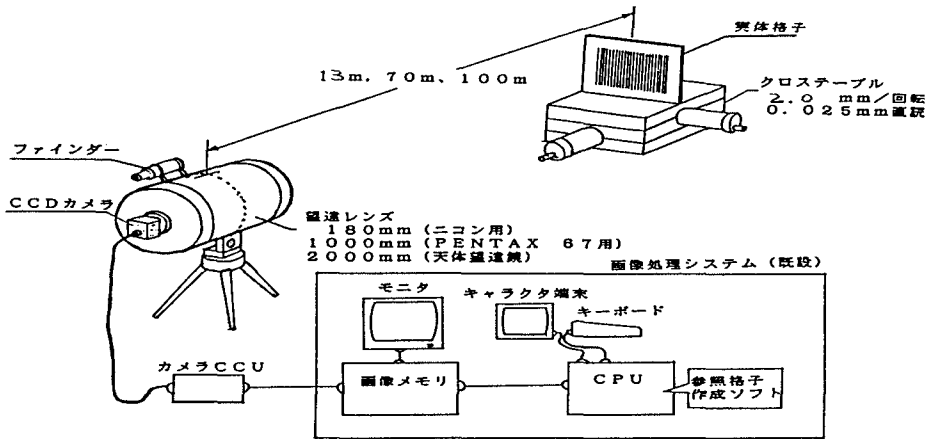


図-2 実験システムの構成

4. 実験結果

図2に示すシステム構成で、焦点距離180mmから2000mmの望遠レンズを用い、離隔距離13mから100mで実験を行い、100mの離隔距離で光軸に垂直な1mmの変位を10%以下の精度で計測することができた。計測結果を実験の諸条件とともに表1に示す。

5. 考察とまとめ

2000mmの望遠レンズと6mmの実体格子を用いると、100mの離隔距離で1mmの変位を10%以下の精度で計測することができた。計測精度は、離隔距離の増加にともなって低下し、13mで0.57%であったものが、100mでは6.46%となっている。低下要因には、長焦点レンズは暗いこと、大気の揺らぎの影響を受けることなどを挙げることができ、大気の影響は、ビデオ信号を複数フレームにわたって積分することにより軽減可能と考えられる。

表1 望遠レンズ光軸の垂直方向に1mm変位したときの計測結果

項目	実験1	実験2	実験3
離隔距離 (m)	13	70	100
望遠レンズの焦点距離 (mm)	180	1000	2000
実体格子ピッチ (mm)	4	6	6
実体格子の対応画素数	4.2	6.8	11.0
参照格子ピッチの画素数	4	8	12
モアレ縞幅の画素数(計算値)	84.5	44.5	134.9
モアレ縞幅の画素数(計測値)	84	44	126
計測された変位量 (mm)	0.9943	0.9888	0.9354
計測誤差 (%)	0.57	1.12	6.46

1mmの変位を100mの離隔距離で安定して計測できることがわかったので、下記の項目について検討を進めることにより、実用化を予定している。

①計測精度の維持向上について

現状の計測精度の向上のため、a)光学系の解像度向上、b)実体格子の対環境性の検討c)画像処理ソフトウェアによるTV映像の画質改善。

②3次元変位計測について

モアレ縞計測の実用化のためには、現状の2次元平面内の変位計測だけでなく、3次元方向の同時変位計測が必要であり、最も重要な課題である。現状のシステムでの3次元変位計測実現のため、a)今年度検討した方式の精度向上、b)同心円格子、放射状格子などの格子形状変更。

<参考文献>

1) 森本吉春: 走査モアレ法による画像計測によるひずみ計測, 非破壊検査, 35, No. 2, pp. 62-72, 1986  
 2) Daniel Post, Bongtae Han, Peter Ifju: High Sensitivity Moire. Springer-Verlag,