

鏡を用いた変状検知及び特異観測ポイントにおける表示手法

神戸大学大学院工学研究科	学生員	○岩崎健二
神戸大学大学院工学研究科	学生員	田井克昌
神戸大学大学院工学研究科	正会員	芥川真一
オフィスひもろぎ	非会員	中田勝行
牛方商会	非会員	佐々木弘

1.研究背景と目的

現在、様々なモニタリングシステムが存在するが、その多くは高性能である反面、非常に高価である。そのため土砂災害危険箇所や建設工事現場といったモニタリングが必要である箇所が数多く存在するにもかかわらず、コストの問題からそれらの多くに設置するのは困難であり、多くの危険箇所で十分な安全管理が施されていないのが現状である。また、既存のシステムでは、変状が起こってから判断に至るまでに時間を要するため、突発的また予測不能な事態に対応できないという問題がある。これらの問題を解決する為に、情報をその場で可視化し、低コストでモニタリングを行う“On Site Visualization(OSV)”という新しい安全管理の概念が効果的である。そこで本稿では、OSV 概念に基づいた、防災、インフラの維持管理、建設工事の安全管理といった業務を低コストで実施するための新しいモニタリングシステムを提案する。

2.SOP 法の提案

新しいモニタリング手法として Single Observation Point 法(SOP 法)を提案¹⁾²⁾する。SOP 法は鏡と光源だけで、計測対象物に生じる変状(特に傾斜)を可視化し、その情報を限られた場所(Single Observation Point)でのみ観測できる方法論である。図-1 にその基本概念を示す。図-1 のように、任意の不動点に光源を設置し、変状を計測したい箇所に鏡を取り付ける。そして定めておいた観測点から鏡越しに光源が見えるように鏡の角度を調整する。この形が SOP 法の初期状態であるが、この状態から鏡の設置箇所に変状が生じ、鏡が θ 傾いた場合(図-2 の状態)を考える。この時傾き θ の影響により、観測点から鏡越しに見えていた光源が見えなくなっている。このように鏡越しに見える光源の変化により、鏡を取り付けた箇所に任意の変状があ

ったことを検知するのが基本的な方法である。用いるのは基本的に鏡と光源のみであるため非常に低コストでモニタリングが行える手法であるといえる。

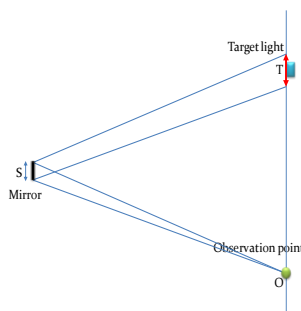


図-1 初期状態での位置関係

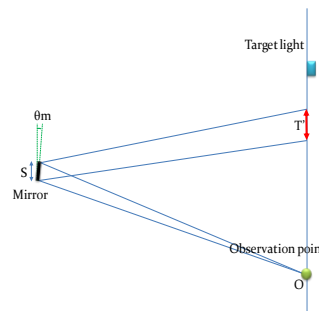


図-2 変化後の位置関係

図-3 には SOP 法の基本的な設置例を示す。計測点を複数にしても光源と観測点は 1 箇所、増えるのは鏡のみであるため、計測点を多く取っても増える費用は鏡の分だけであり広範囲のモニタリングを非常に低コストで行えることがわかる。

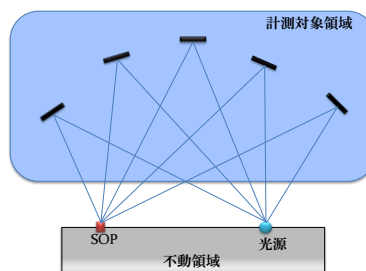


図-3 SOP 法の基本的な設置の例

3.精度、鏡のサイズ、距離の関係

SOP 法では、鏡のサイズ、設置距離の組み合わせにより、計測箇所に応じた精度を設定することが可能である。式(1)は観測点から計測対象ポイント(鏡の中心位置)までの距離と、鏡から光源までの距離を把握したうえで要求される精度を達成するための鏡の大きさ S を求めるための式である。

$$S = 2 \frac{d_1 d_2}{(d_1 + d_2)} \tan(2\alpha) \quad (1)$$

キーワード：OSV, SOP 法, 変状検知, モニタリング

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 TEL 078-803-6015 FAX 078-803-6069

S : 鏡の直径 α : 鏡の回転角度

d1 : 観測点から鏡の中心までの距離

d2 : 鏡の中心から光源までの距離

この式を用いて 0.01 度の鏡の回転で光が反射しなくなるための鏡の大きさを求めるグラフを d1, d2 との関係で図-4 に示す。d1 のバリエーションとして, 10m から 400m の結果を示している。グラフより観測点から鏡までの距離(d1)を 200m, 鏡から光源までの距離(d2)を 150m と考えた場合, 直径が約 60mm の鏡を用いれば回転角 0.01 度といった微小変化を視覚的に判定できる高精度センサーを作ることが可能であることがわかる。

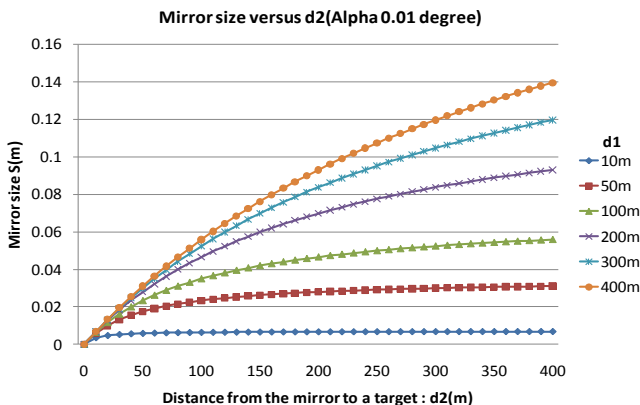


図-4 0.01 度の回転で光が反射しなくなるための鏡の大きさのグラフ

4.変状の段階的表示

光源を工夫し, 鏡の回転に応じて鏡に映る光の色を変えることで計測対象物に生じる変状の度合いを段階的に捉えることが可能となる。図-5 には, いくつかの目的ごとに有効な光源の例を示している。SOP 法ではこのように光源や鏡の形を変えることで適用現場の状況に応じた柔軟なモニタリングが可能となる。

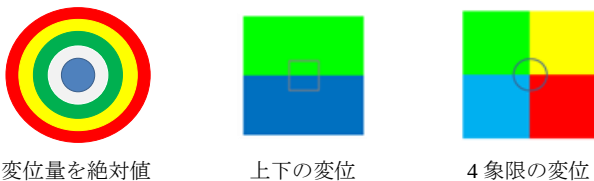


図-5 目的に応じた光源の形

5.SOP 法の設置実験

写真-1³⁾は, 実際に SOP 法を行っている様子である。光っているのは電球ではなくすべて光源を反射している鏡で, 使用している光源は 1 つのみである。ただ 1 つの光源で広範囲のモニタリングが可能であることがわかる。また, 鏡に微小な変化を与えただけで光が見えなくなり, 高精度に変状を捉えることが可能であることが確認できた。さらに観測点から位置が少しでも

ずれるとすべての光を観測することができず, 実際に観測点を限定したモニタリングが可能であった。



写真-1 SOP 法の設置実験の様子

次に変状の段階的表示を想定した実験を行った。光源に直径 1.5cm の青と赤の光が 5cm 離れたものを用い, 観測点と光源を 1m, 直径 2.5cm の鏡をそこから 50m 離れた位置関係で, 鏡に意図的に微小変化を与え, 変位の様子を調べた。結果が写真-2 である。変状を大きくするにつれ, 青, 青と赤, 赤と段階的表示がされていることがわかる。50m 程度の距離では肉眼でも色の变化を捉えることが可能であった。また距離と鏡の大きさの関係から青の時は 0 度から約 0.01 度, 青と赤の時は約 0.01 度から約 0.02 度, 赤の時は約 0.02 度以上という微小な回転変位を捉えていることになる。

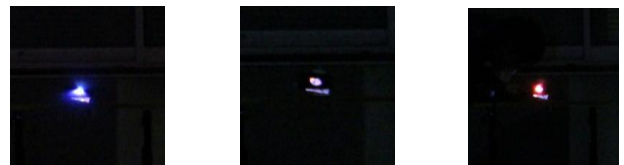


写真-2 各段階の鏡に映る光源の様子

5.今後の課題

低コストで行える新しいモニタリング手法である SOP 法を提案した。そして, 設置実験によりこの手法が実際に有効であることを確認した。今後の課題として, 設置の簡略化, 現場での適用を行い, 実用化に向けたシステムの構築を早急に行う必要がある。

参考文献

- 1) 特願 2011-035265 ミラー調整治具, 構造物変状検知システムおよび構造物変状検知方法
- 2) 田井 克昌: 鏡を用いた変状検知及び特異観測ポイントにおける表示手法の基礎的実験, 卒業研究, 神戸大学工学部市民工学科, 2011
- 3) 金 秀娟: 簡易メカニズムを利用した傾斜のセンサリング及び表示技術の開発, 卒業研究, 神戸大学工学部建設学科, 2010.