

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：32702

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2010～2011

課題番号：22860063

研究課題名（和文） 立体画像解析を用いた構造部材の非接触型三次元変形計測システムの開発

研究課題名（英文） A Non-contact type three-dimensional measurement system using image analysis for the deformation of structural members

研究代表者

齊藤 隆典 (SAITO TAKASUKE)

神奈川大学・工学部・特別助手

研究者番号：90586497

研究成果の概要（和文）：本研究では、建築構造部材を対象に画像解析を用いた非接触型変形計測システムを新たに開発することを目的とし、この計測システムを用いた載荷実験からその実用性について検証を行っている。計測結果の比較・考察から、本計測システムは計測精度に今後の課題を残しているものの、従来型の計測方法による計測値と比較しても概ね良く対応した結果が得られており、その妥当性について示した。また、従来型では計測が困難とされる比較的大きな部材変形についても、本計測システムが計測し得る可能性を表し、今後の発展性についても示している。

研究成果の概要（英文）：In this study, a new non-contact type measurement system using image analysis for the deformation of structural members is developed. Loading tests of several material specimens are conducted to confirm the validity of the proposed measurement system. The comparisons of test measuring results show that although the proposed system has left a number of problems of measuring precision, the measuring results of both a non-contact type measurement system and usual type measurement method corresponded mostly well. Furthermore, the measuring results show that the proposed measurement system has the potential of measuring large deformations of structural members.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,110,000	333,000	1,443,000
2011年度	540,000	162,000	702,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,650,000	495,000	2,145,000

研究分野：建築構造学

科研費の分科・細目：建築構造・材料

キーワード：画像解析、非接触型計測、構造部材

## 1. 研究開始当初の背景

建築構造物を構成している鋼材やコンクリート部材等の性能評価を行う際には、外力を作用させることでその変形挙動を把握することが基本となる。この変形を計測する際

には、従来から変位計やひずみゲージといった計測用センサーを、対象物に物理的に接触させて計測することが一般的な方法としてよく用いられてきた。しかしながら、これらの方法では、測定した値は測定範囲内で生じ

ている変形の平均値として得られることになるため、特に、計測対象がコンクリートの場合には、一般的にひずみゲージでは部材全体に生じる変形挙動を詳細に把握することは困難であり、更に、通常は計測対象物表面にゲージを貼付するため、ひび割れ発生後に測定されるひずみ値については信頼性が薄いこと、また、鋼材に関しては変形が局所的に集中する座屈現象が生じるような場合には、計測位置におけるゲージの貼付や変位計の設置自体が困難になる、等の問題点がある(図1参照)。

一方で、このような接触型の計測方法に対して、対象物の変形状態を光学機器からの画像情報として取得し、刻々と変化する変形挙動を全視野的に把握する試みが近年行われている。この方法では画像情報を用いることで、対象物と非接触の状態に変形の計測が可能であるために前述のような問題は生じず、更に、連続的な広がりを持つひずみ分布の可視化やひずみ集中箇所の目視による特定が可能である等、大きな利点を有している(図1参照)。また、昨今のデジタル機器の進歩により、画像情報を取得する用途の光学機器の有効画素数や画像処理を行うパーソナルコンピュータの処理能力は、ごく一般的なものを用いても計測に必要な条件を十分に満足しているため、この方法は比較的安価に計測システムを構築することが可能であり、機器の処理能力向上によって実験実施中のリアルタイムでの計測も実現し得る可能性も有している。

建築構造の分野では近年、損傷制御型の構造を目標とした研究・技術開発の機運が高まりつつあり、特にダンパーやブレースといった構造躯体に設置するエネルギー吸収デバイスの開発が大きな注目を集めている。これらは建物に入力される地震エネルギーを積極的に吸収するために架構に設置されることになるので、この部材には大きな変形性能が要求されることになる。即ち、より効果的にエネルギー吸収性能を発揮させるデバイスを開発するためには、被震時の全体的な荷重-変形関係のみならず、部材の局部的に生じる変形挙動を詳細に捉えることが可能な計測方法が必要であると思われる。また、ダンパー等のデバイスの形状は一般的に単純な形状のみを持つものは少なく、曲面形状を有する場合が多い。そのため、部材各部の変形計測を詳細に行う場合には、この形状の問題が大きな障害となることが想定され、通常の接触型計測方法では多くの課題が残されているものと考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、光学機器より取得した画像情報

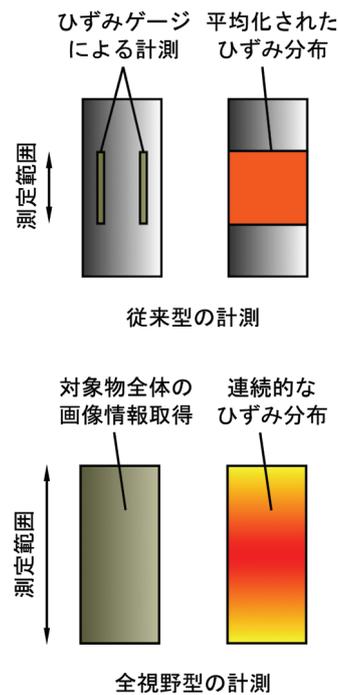


図1 従来型および全視野型計測法の比較

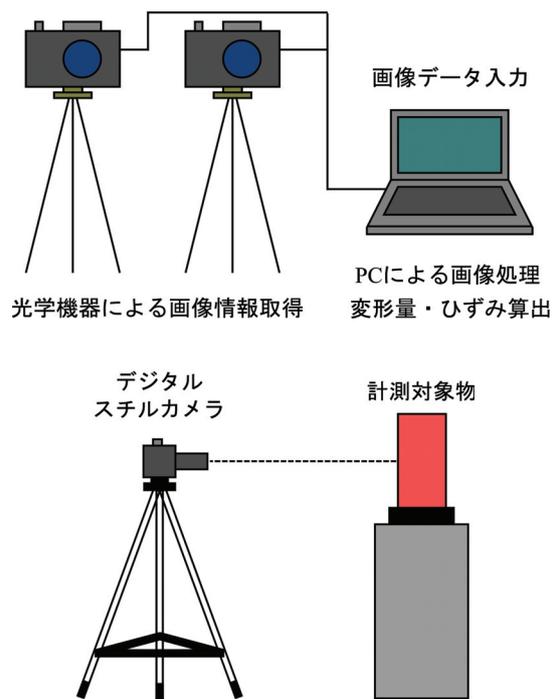


図2 本計測システムの構成と計測方法

を解析することにより、対象物の変形挙動を全視野的に計測可能な非接触型計測法に注目し、建築構造部材を対象とした非接触型変形計測システムを新たに開発することを目的とする。

### 3. 研究の方法

本研究では、計測対象物の変形状態を画像情報として取得し、画像解析による処理を行うことで変形やひずみの可視化を可能とする非接触型の変形計測システムの開発を行い、本計測システムを用いて検証用試験体の載荷実験を行うことで、その有効性の検証を試みる。計測システムは、図2に示すように画像データを取得するためのデジタルスチルカメラと画像解析を行うパーソナルコンピュータにより構築し、データの取得から解析によるひずみの算定・可視化までの一連の処理を実行する。計測時は実験開始から終了に至るまでをインターバル撮影を行うことで、一定周期で対象物の変形状態を画像情報として取得し、時間経過とともに進行する変形を捉えることが可能である。測定システムは段階的な検証実験を行い、計測精度を確認するとともにその有効性を実証する。

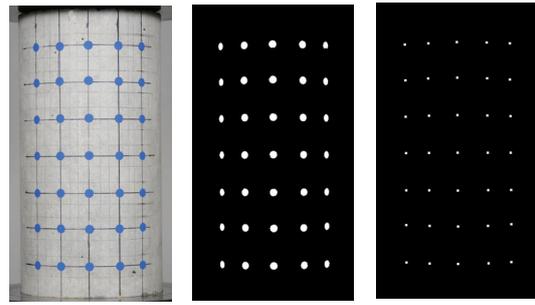
変形計測に用いる画像解析手法について示す。図3は取得画像に施す画像処理の一例である。計測を実施する場合には、予め試験体表面に複数のターゲットと呼ぶ点をマーキング(図中(a))し、それぞれの重心座標の推移からターゲット間の変形量を算出する。各ターゲットの重心座標を求めるためにはまず、画像データに二値化処理を施すことでターゲット部分のみを抽出(図中(b))して、この抽出部分からそれぞれの重心座標について算定する(図中(c))。インターバル撮影により複数取得している画像データのうち、時系列で前後の画像について比較することで、各重心の変位量を求めることができる。更に、隣接する重心の得られた変位量の差を計算することにより、各ターゲット間の変形量を算出することができる。このようなプロセスを取得した画像総数について繰り返すことにより、載荷開始から実験終了に至るまでの計測対象物各ターゲット間の変形量を計測することができる。尚、これら一連の処理は、本研究で開発した計測用プログラムを用いることで、煩雑な作業を必要とせずに容易に計測が可能である。

### 4. 研究成果

本研究では新たに開発した計測システムの精度を検証するために、構造部材を代表する二種の試験体の載荷実験を取り上げ、計測結果の比較・考察を試みた。

#### (1) コンクリート試験体の計測結果

本計測システムを用いて、コンクリート試験体を対象に一軸圧縮試験を行い、変形の計測を行った。試験体は圧縮強度が  $36 \text{ N/mm}^2$ 、直径  $100 \text{ mm}$ 、高さ  $200 \text{ mm}$  のシリンダー型標準試験体である。表1に本計測システムで設定した計測条件を示す。実験では、比較の



(a) 取得画像 (b) 二値化画像 (c) 重心座標

図3 画像解析による処理の一例

表1 計測条件 (コンクリート試験体)

水平方向ターゲット		鉛直方向ターゲット	
プロット数	プロット間隔	プロット数	プロット間隔
5点	25 mm	7点	25 mm
計測周期	3秒	画像画素数	2144×1424 px

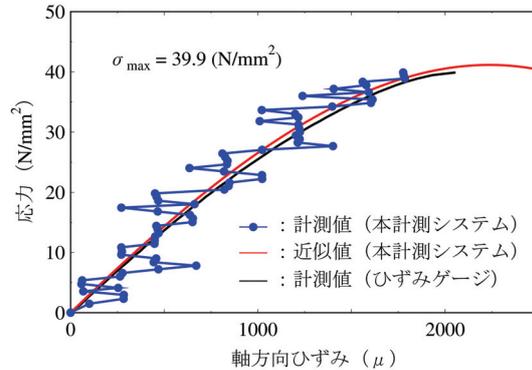


図4 計測結果の比較 (コンクリート試験体)

表2 計測条件 (CFT 試験体)

水平方向ターゲット		鉛直方向ターゲット	
プロット数	プロット間隔	プロット数	プロット間隔
5点	25 mm	9点	25 mm
計測周期	5秒	画像画素数	2144×1424 px

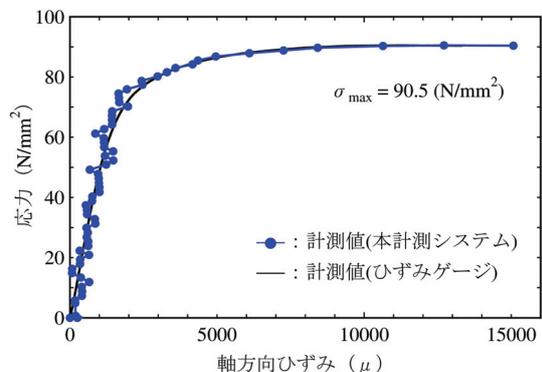


図5 計測結果の比較 (CFT 試験体)

ためにコンクリート用ひずみゲージを撮影面から見て裏面に貼付し、同時に計測を行った。図4にコンクリート試験体の計測結果の比較を示す。まず、本計測システムによる計測値とひずみゲージによる計測値について比較すると、本計測システムによるひずみの計測値は全体的に乱れが生じる結果となった。これは、試験体表面照度のフリッカ等の外乱がターゲット抽出時の画像処理精度に影響を与えたものと考えられる。しかしながら、図中に併せて表示してある本計測システムによる計測値を回帰した近似曲線についても見てみると、近似値とひずみゲージによる計測値は良好に対応していることがわかる。この結果は現状で、本計測システムが外乱による影響を受けるものの、試験体に生じたひずみの進展の傾向を概ね捉えることが可能なことを示している。

(2)コンクリート充填鋼管試験体の計測結果

コンクリート充填鋼管(CFT)試験体を対象に一軸圧縮試験を行い、計測を行った。試験体に使用した材料性状は、内部コンクリート圧縮強度 36 N/mm<sup>2</sup>、鋼管降伏強度 400 N/mm<sup>2</sup>、鋼管直径 113 mm、鋼管高さ 334 mm である。表2に本計測システムで設定した計測条件を示す。試験体には、比較のために鋼材用ひずみゲージを撮影面と同一面の各ターゲット間に 25 mm ピッチで貼付し、同時に計測を行った。図5に CFT 試験体の計測結果の比較を示す。計測値を比較してみると、本計測システムの計測値はひずみゲージによる値に比べ、先のコンクリート試験体の結果と同様に外乱の影響をやや受けているものの、両者が対応していることがわかる。特に、鋼管が降伏したひずみ 2000 $\mu$  以降から、鋼管が目視でも座屈したと確認できるひずみ 10000 $\mu$  程度まで、その対応関係を良好に保持しており、本計測システムが部材に比較的大きな変形が生じる場合にも安定して計測可能であることが読み取れる。

以上、本研究成果についてまとめると以下のようなになる。

- (1)画像解析手法を用いた非接触型変形計測システムを新たに開発し、その妥当性を検証するために構造部材を代表する二種の試験体について載荷実験を行った。
- (2)実験結果から、本計測システムによる計測値は計測環境の外乱の影響を受け、計測精度がやや不安定になるものの、従来型方法による計測値と概ね良好に対応する結果が得られた。
- (3)本計測システムは、座屈等により変形が比較的大きくなる場合にも、従来型と比

べてより安定して計測可能であり、今後の計測応用範囲についての発展性を有しているものと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計1件)

- ①齊藤隆典、趙衍剛、画像解析手法を用いた構造部材の非接触型変形計測システムの開発、日本建築学会大会学術講演梗概集、情報システム技術、2012. 9. 13、名古屋大学 (確定)

6. 研究組織

(1)研究代表者

齊藤 隆典 (SAITO TAKASUKE)  
神奈川大学・工学部・特別助手  
研究者番号：90586497

(2)研究分担者

( )

研究者番号：

(3)連携研究者

( )

研究者番号：