

## 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25年 5月 27日現在

機関番号：32689

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2012

課題番号：22656134

研究課題名（和文）ステレオカメラ画像を用いた建築物の品質記録と品質検査技術に関する研究

研究課題名（英文）Study of Quality Records and Inspections Using Photographic Measurement Methods with Stereo-Camera Images

研究代表者

嘉納 成男（KANO NARUO）

早稲田大学・理工学術院・教授

研究者番号：60112992

研究成果の概要（和文）：

ステレオカメラの原理を用いた写真計測は古い技術ではあるが、デジタルカメラの出現によって、複雑な形状を有する建築物の計測技術として非常に重要な位置付けにある。本研究では、この技術を用いて、建築物の品質記録と品質検査を行うための基礎技術を建物・工事現場における計測実験に基づいて考察し、その計測方法の確立及び計測写真の処理システムのプロトタイプを作成を行った。

研究成果の概要（英文）：

Photographic measurement based on the principle of a stereocamera has been regarded as a conventional technology. Now, with the appearance of digital cameras, it is considered to be one of the extremely important measuring technologies for buildings with complicated shapes. This study, based on various measuring experimental results, develops not only a basic technology for recording and inspection of building quality, but also a prototype of computer systems for quality management using photographic images.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	0	1,300,000
2011年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	510,000	3,510,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・都市計画・建築計画

キーワード：ステレオカメラ、3次元CAD、品質管理、鉄筋工事、配筋部材

## 1. 研究開始当初の背景

建築物の品質不良については、コンクリートの強度や溶接部の不良等、目視では判断できない項目もあるものの、鉄筋径の違い、

配筋位置の違い、型枠材の位置、仕上部材の寸法や取り付け位置など、目視で品質を確認し得る事項は非常に多い。しかし、これらの検査対象となる個所は膨大な数となり、そ

の検査に多大な労力が掛けられているのが現状である。さらに、目視した内容と図面との照合をその都度行うことが必要であり、検査員の集中力と判断力に大きく頼った検査方法と云える。そのため、ヒューマン・エラーによって検査漏れや検査の見過ごしが多発し、大きな社会問題となっている。

## 2. 研究の目的

本研究では、ステレオカメラを用いて、建築物の鉄筋コンクリート躯体の精度、及び工事の配筋段階における結果をデジタル写真画像として記録し、この写真画像と3次元CADモデルとの差異を解析することによって、建築物の形状・寸法・位置等の品質の検査・確認を着実にを行う技術を確認することを目的とする。

## 3. 研究の方法

本研究では、市販のデジタルカメラを使用し、その複数の画像をコンピュータ処理することによってステレオ画像に変換した。そしてこの技術を用いて、以下に示す鉄筋コンクリート構造物における品質計測実験を行い、それぞれにおける計測精度を確認し品質管理における計測技術を検討した。

- (1) コンクリート躯体の精度計測
- (2) 鉄筋部材の配筋計測

## 4. 研究成果

### 4.1. コンクリート躯体の精度計測

#### 4.1.1. 実験の概要

実験の対象は、早稲田大学西早稲田キャンパスにある研究棟 55 号館 N 棟である。この建物の 1F2F 柱・梁部分を計測対象とした。



図.1 計測実験の対象とした箇所

#### 4.1.2. 実験結果

図.2 は、複数枚の写真画像を撮影した後、

画像の同一点を指定して、その画像の3次元的特性を算出している画面を示している。

この解析結果に基づき、作成した線モデルが図.3である。この線モデルは、3次元CADモデルによって、コンクリート躯体の各部分の位置座標を取得することが出来るとともに、躯体の面精度を数量的に算出することを可能にする。

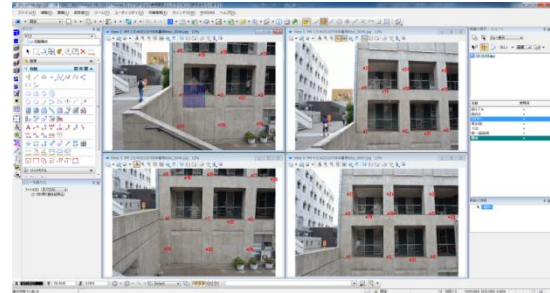


図.2 複数の写真画像に基づいた解析

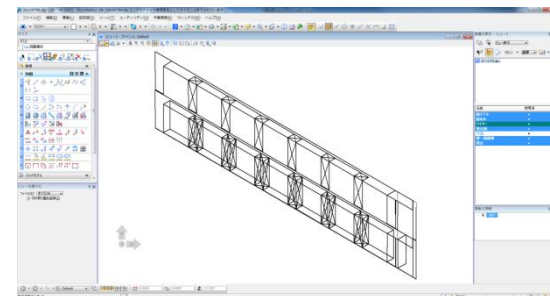


図.3 ステレオ画像をCADモデルに変換

#### 4.1.3. 実験結果の考察

写真計測の結果の精度を確認するために、同時に3次元スキャナーを用いて、計測対象の各部寸法を計測した。図.4は、3次元スキャナーで計測した結果である。

図.4に示す3次元スキャナーの点群データを上記に示す3次元CADに取り込み、写真計測で得られた位置座標と3次元スキャナーで得られた位置座標を比較することによって、計測誤差を算出した。

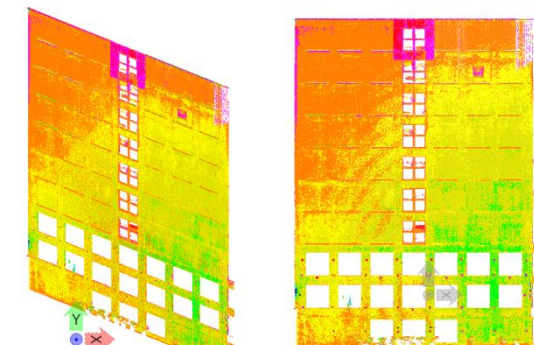


図.4 3次元スキャナーの計測結果

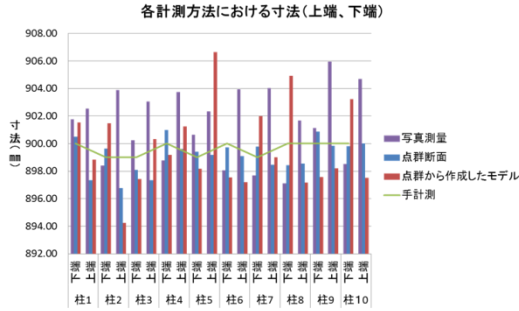


図.5 写真計測の結果

図.5 に示す如く、写真計測の結果は±3mmに全て収まっていることが分かる。点群データの方が精度が悪くなっている部分もあるが、これは実験時において点群の密度が粗いため起こるが、計測密度に準じた精度になっている。また、点群データにおいては、点群データの断面を取り直接計測したものと、点群データから回帰分析により理想平面を作成して寸法計測したものの2通りのデータがあり、点群データから断面を取り直接計測した方が精度が良くなっていることが分かる。これは、点群データから面部分の点群のみを抽出して回帰分析を行っているが、理想平面として近似してしまうため、柱の端部等の歪みを無視していることによる。その為、実際よりも大き目あるいは小さ目に平面化される為、断面から直接計測したものよりも精度がばらついていると考えられる。

## 4.2. 鉄筋部材の配筋計測

### 4.2.1. 実験の概要

柱鉄筋の実物モデルを作成して、この鉄筋部材の径、位置及び配置を写真計測によって計測を行った。

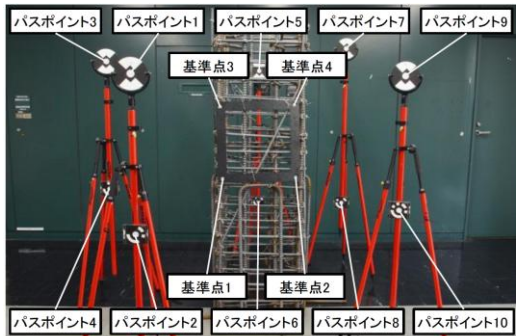


図.6 実験で使用した鉄筋と精度確認点

### 4.2.2. 実験の結果

柱鉄筋に対して複数の写真を撮影し、その画像に基づき、鉄筋の各部の3次元座標を計測して、この結果を3次元CADモデルとして再現した。この3次元モデルを図.7に示す。

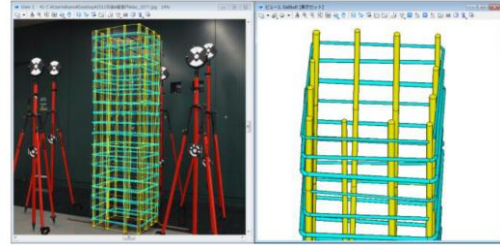


図.7 計測結果に基づく3次元CADモデル

### 4.2.3. 実験の考察

#### (1) 主筋径の計測精度

主筋径の実測値を基準とした測定値の誤差は、図.8に示すように-1.1~0.2mmの間、平均値-0.14mm、標準偏差0.35mmであった。柱鉄筋の配筋位置による差は認められなかったが、鉄筋径は全体的に小さく算出される傾向が認められた。これは特にD19の鉄筋に多く、小さい径であるほどモデル作成時のマウス操作による鉄筋表面の稜線の位置指定ずれが大きく影響していると考えられる。

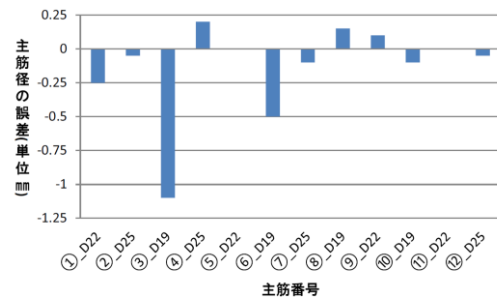


図.8 主筋径の計測誤差

#### (2) フープ筋径の計測精度

フープ筋径の実測値を基準とした測定値の誤差は、図.9に示すように-1.1~0.7mmの間、平均値-0.41mm、標準偏差0.56mmであった。また、柱鉄筋の中央付近のフープ筋については軸周りの角度の小さな画像から3次元モデルを作成したために、1.0mm以上の誤差が認められた。

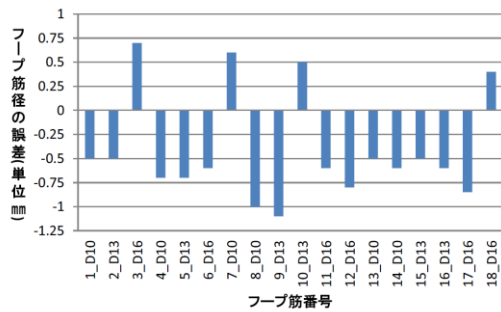


図.9 フープ筋径の計測誤差

(3) スペーサー位置精度検査

図.10 は、鉄筋に設置したスペーサーの外周部の3次元位置を計測して、型枠面に対応する三角ポリゴンを作成した。これによって、スペーサーの作る平面を型枠の平面と仮定した場合における型枠面位置を求めることが出来る。この型枠面の位置分析によって、所定の型枠と実測したスペーサー位置から推定した型枠面との差から、鉄筋のかぶり厚さを推定し、スペーサーの位置が正しく入っているか否かを確認することが出来る。

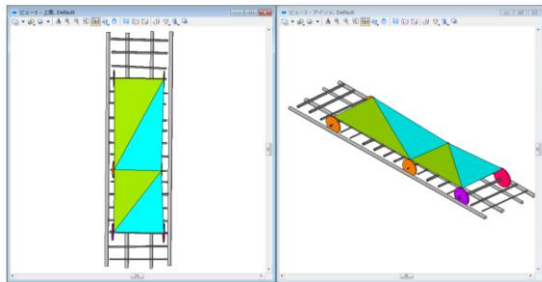


図.10 型枠の推定位置の3次元CADモデル

4.3. 品質管理におけるステレオカメラ技術

本研究では、鉄筋コンクリート躯体における品質管理について、遠方より撮影した写真画像による躯体の位置や寸法の精度管理を行うとともに、近接から撮影した写真画像による鉄筋の径や位置についての精度管理が可能であることを示した。

ステレオカメラによる計測技術は、市販のデジタルカメラを用いることによって可能であることが大きな特徴であり、現在行われている現場写真による工事記録で使用する器具やその撮影方法を若干工夫することによって、精度管理までを実施できる。さらに、この利点として、目視で観察し得る品質項目

等を写真画像によって、正確に記録保存できる点大きい。

現在、3次元スキャナーが普及しつつあるが、その機器の価格等を考えると、現場の日々の管理活動への実用化にはしばらくの年数が必要とされるため、写真計測技術によって、建築物の品質管理技術を体系化し、それを実用化する意義は大きいと考えられる。

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)

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

(1) 鉄筋工事における写真計測の活用に関する研究—柱鉄筋の3次元モデルの作成及び精度検証—、蓬田隆史、嘉納成男、中村友也、査読無、関東支部研究報告集、日本建築学会関東支部 東京 2012.3、

6. 研究組織

(1) 研究代表者

嘉納 成男 (KANO NARUO)  
早稲田大学・理工学術院・教授  
研究者番号：60112992