

デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測技術の概要

1. 会社名・所属 株式会社GRIFFY

2. 担当者氏名 大塚 健太

<p>対象構造物</p>	<p>鉄筋コンクリート構造物</p>
<p>技術の概要          (計測原理、計測機器の構成、計測手順、計測範囲、データ種類、データ取得方法等)</p> <p><u>パンフレット、          発表論文等で概要が分かる場合は、添付して下さい</u></p>	<p>iPad Proで撮影した画像から、鉄筋の本数、配筋間隔の自動計測を瞬時に行う。また画像を専用クラウドサーバにアップロードし、そのサーバ上にある画像を選択することで帳票が自動作成される。</p> <p><b>計測原理：</b></p> <p><b>【配筋間隔・本数】</b></p> <p>○点群データの収集による方法          iPad ProのLiDARスキャナ機能で収集する点群データから、鉄筋の本数・間隔を自動計測する。</p> <p>○ARマーカールの設置による方法          1つの鉄筋の3次元位置をLiDARスキャナ機能により特定し、配筋面に重なるように仮想面を配置する。仮想面上に位置を制限されたマーカールを画面上で鉄筋と重なるように設置することで鉄筋本数・間隔を計測する。</p> <div data-bbox="678 1332 1228 1747" data-label="Image"> </div> <p>図. AR配筋計測原理</p> <p><b>【鉄筋かご主筋間隔・本数】</b>          鉄筋と円形の断面をドーナツ型の仮想面として特定する。仮想面上に位置を制限されたマーカールを画面上で鉄筋と重なるように設置することで鉄筋本数・間隔を計測する。</p>

**【正円の円弧上に配置された鉄筋の間隔・本数】**

1つの鉄筋の3次元位置をLiDARスキャナ機能により特定し、円弧上の配筋面に重なるように仮想面を配置する。仮想面上に位置を制限されたマーカを画面上で鉄筋と重なるように設置することで鉄筋本数・間隔を計測する。

**【重ね継手長】**

鉄筋の3次元位置をLiDARスキャナ機能により特定し、配筋面に重なるように仮想面を配置する。仮想平面上に位置を制限されたマーカを画面上で、重ね継手両端と重なるように設置することで重ね継手長を計測する。

**【かぶり厚寸法】**

計測対象となる型枠や基礎コンクリートの平面位置を特定する。特定した平面から垂直に伸びる仮想線と仮想鉄筋マーカをAR表示し、仮想鉄筋マーカを対象鉄筋に合わせる事で計測が完了し、仮想線の距離が純かぶり厚となる。

**【スペーサーの個数】**

計測対象となる配筋面の位置を特定する。数え上げる範囲を画面内に収めて撮影し、画面上のスペーサーをタップすることでマーカを設置することでスペーサーを数え上げる。

**【鉄筋径】**

鉄筋を静止画撮影し、撮影した画面中央の3次元点群データを利用してiPad Proと計測対象の鉄筋までの距離を算出する。算出した距離から画面中央に計測範囲（仮想定規）として表示された黄色枠内のピクセル数から黄色枠の実サイズを算出し、鉄筋径のサイズに変換して、画面内上部にD10~D51の文字を重畳表示する。

**計測機器の構成：** iPad Proのみ。

**計測手順：**

**【配筋間隔・本数】****○点群データの収集による方法**

iPad Pro上でアプリを起動して対象を撮影する。iPad Proに搭載されたLiDARスキャナ機能によって、予め設定した計測範囲の内側で取得した点群から鉄筋の配置を検出し、鉄筋の間隔を自動で算出する。

**○ARマーカの設置による方法**

iPad Pro上でアプリを起動して配筋の設計値（鉄筋間隔・鉄筋径）を入力する。計測対象の鉄筋を中心に正対して仮想面を仮設

置する。向き・位置を調整して鉄筋径と同径の仮想鉄筋と実際の鉄筋が重なることを正対位置と斜め位置から目視で確認する。マーカーを画面内で鉄筋と重なる位置に設置する。

#### 【鉄筋かご主筋間隔・本数】

iPad Pro上でアプリを起動して配筋の設計値（かごの直径・周長・鉄筋径・鉄筋本数）を入力する。計測対象の鉄筋を中心に正対して仮想の断面と設計値通りのマーカーを仮設置する。向き・位置を調整して鉄筋径と同径の仮想鉄筋と実際の鉄筋の大部分が重なることを正対位置と斜め位置から目視で確認する。マーカーを画面内で鉄筋と重なる位置に微調整する。

#### 【正円の円弧上に配置された鉄筋の間隔・本数】

iPad Pro上でアプリを起動して配筋の設計値（鉄筋間隔・鉄筋径・円弧の半径・円弧に対する計測者の内外立ち位置）を入力する。計測対象の鉄筋を中心に正対して仮想面を仮設置する。向き・位置を調整して鉄筋径と同径の仮想鉄筋と実際の鉄筋が重なることを正対位置と斜め位置から目視で確認する。マーカーを画面内で鉄筋と重なる位置に設置する。

#### 【重ね継手長】

iPad Pro上でアプリを起動して計測対象の鉄筋を中心に正対して配筋面と重なるように仮想面を設置する。重ね継手の始点・終点にマーカーを設置する。

#### 【かぶり厚寸法】

iPad Pro上でアプリを起動して配筋の設計値（鉄筋径・純かぶり厚）を入力する。LiDAR スキャナ機能を使って型枠・基礎コンクリートの平面を認識する。認識範囲は画面上で青く色づけされる。平面を確定すると、平面から垂直に伸びる仮想線と仮想鉄筋マーカーをAR表示する。緑の仮想鉄筋マーカーを鉄筋と重なるように合わせる。

#### 【スペーサーの個数】

iPad Pro上でアプリを起動して配筋の設計値（検査する範囲、スペーサー個数）を入力する。スペーサーを数え上げる範囲を画角に入れて撮影する。写真上のスペーサーをタップしマーカーを設置する。

#### 【鉄筋径】

iPad Pro上でアプリを起動して計測対象の鉄筋を中心に正対して撮影する。写真の大きさをピンチイン・ピンチアウトで変えて鉄筋の幅と黄色枠を一致させ鉄筋径を確定する。

**計測範囲：**

**【配筋間隔・本数】**

○点群データの収集による方法

薄い長方形が2つ重なっている十字形状。長方形の長辺の長さは計測開始時に変更可能。縦長の長方形は横筋，横長の長方形は縦筋を計測する。それぞれの計測範囲は3mまでの範囲内で変更可能。不要な点群を取得しないための奥行き方向（規定値10cm）、1本の鉄筋として計測するために必要な長さを決める短辺の長さ（規定値15cm）も変更可能。

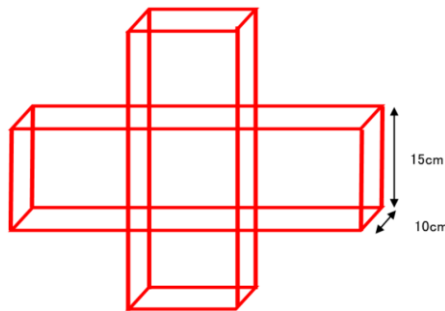


図 計測範囲概略図

iPad ProのLiDARスキャナ機能の解像度の制限により、鉄筋径D10，13を計測する場合は25cm程度まで近づく必要がある。同じくLiDARスキャナ機能の仕様上15cmより近づくこと計測できない。

○ARマーカの設置による方法

画面上で鉄筋とマーカを合わせる必要があり，計測範囲は5m四方程度を推奨。計測開始後の仮想面を仮設置する際の対象との距離は鉄筋径の種類に応じて25cm~1m程度を推奨。

**【鉄筋かご主筋間隔・本数】**

「配筋間隔・本数」のARマーカの設置による方法に同じ。

**【正円の円弧上に配置された鉄筋の間隔・本数】**

「配筋間隔・本数」のARマーカの設置による方法に同じ。

**【重ね継手長】**

「配筋間隔・本数」のARマーカの設置による方法に同じ。

**【かぶり厚寸法】**

計測範囲は1箇所。

対象との距離は鉄筋径の種類に応じて25cm~1m程度を推奨。

**【スペーサーの個数】**

目視で数え上げられる計測範囲・距離。

**【鉄筋径】**

かぶり厚寸法に同じ。

	<p><b>データ種類：</b> 画像データとしてjpeg形式，帳票データとしてpdf形式.</p> <p><b>データ取得方法：</b> iTunesを利用したデータ取得，または 外部ストレージ（box）を利用したデータ取得，または 専用システムクラウドサーバーを利用したデータ取得.</p> <p>参考資料</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・ BAIAS技術仕様書</li><li>・ 林学，太田稔，細川博之：鉄筋出来形計測における省力化への取り組み，土木学会第 77 回年次学術講演会，VI-742 2022</li><li>・ 林学，太田稔，細川博之ほか：鉄筋出来形計測システムの更なる高度化への取り組み，土木学会第 79 回年次学術講演会，VI-862 2022</li></ul>
--	--

計測項目	<p>○：自動計測可能 △：画像上で手動計測可能 ×：計測不可能</p> <table border="1" data-bbox="616 450 1227 1227"> <thead> <tr> <th colspan="2">計測項目</th> <th>計測可否</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">鉄筋の材質</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋の外観</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋の本数</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋径</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td colspan="2">鉄筋間隔</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">鉄筋の定着</td> <td>フックの形状</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>フック長</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">鉄筋の重ね 継手</td> <td>継ぎ手の位置</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>重ね継手長</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>結束線による緊結</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">かぶり厚</td> <td>スペーサーの個数</td> <td>△</td> </tr> <tr> <td>スペーサーの寸法</td> <td>△</td> </tr> </tbody> </table>	計測項目		計測可否	鉄筋の材質		×	鉄筋の外観		×	鉄筋の本数		○	鉄筋径		△	鉄筋間隔		○	鉄筋の定着	フックの形状	×	フック長	△	鉄筋の重ね 継手	継ぎ手の位置	×	重ね継手長	△	結束線による緊結	×	かぶり厚	スペーサーの個数	△	スペーサーの寸法	△
計測項目		計測可否																																		
鉄筋の材質		×																																		
鉄筋の外観		×																																		
鉄筋の本数		○																																		
鉄筋径		△																																		
鉄筋間隔		○																																		
鉄筋の定着	フックの形状	×																																		
	フック長	△																																		
鉄筋の重ね 継手	継ぎ手の位置	×																																		
	重ね継手長	△																																		
	結束線による緊結	×																																		
かぶり厚	スペーサーの個数	△																																		
	スペーサーの寸法	△																																		
<p>計測毎にばらつきがないことを確認する方法</p> <p>例えば、従来方法との比較を行う頻度（現場毎に1回、段階確認毎に1回、確認部位毎に1回等）</p>	<p>従来方法との比較を行う頻度は以下とする。</p> <p>現場毎に</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・使用初回時に1回</li> <li>・段階確認毎に1回</li> <li>・確認部位毎に1回</li> </ul> <p>計測データ数は各回、縦筋横筋10本程度として平均間隔の差を比較する。</p>																																			

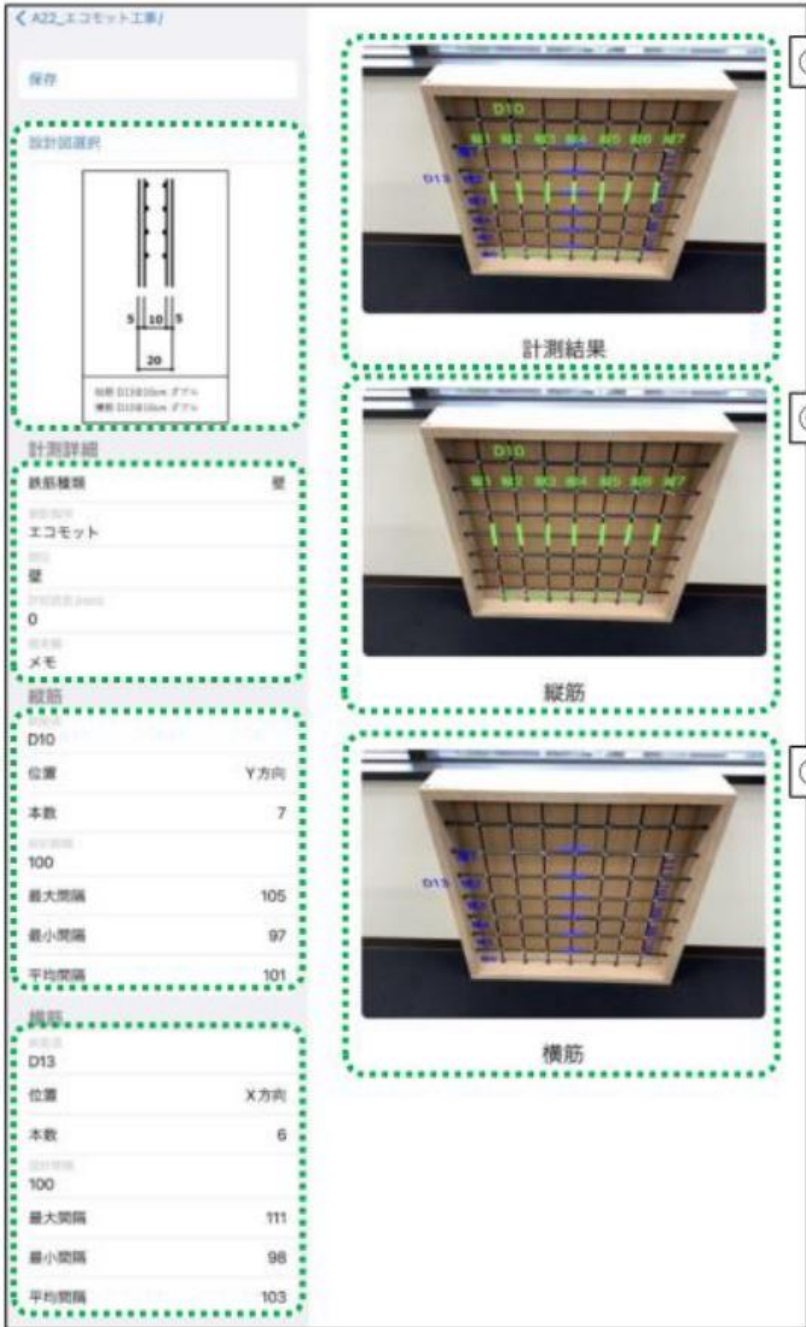
計測に必要な準備作業（マーカの設置等）	不要																																								
計測上の制約条件（気象条件、仮設物が必要等）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・現場作業ができる明るさでの計測</li> <li>・非常に明るい物体（太陽やライト等）がカメラに向いている場合は計測不能</li> <li>・高温下での長時間計測は不可</li> <li>・大雨，大雪下での計測は不可</li> <li>・振動がある環境での計測は不可</li> </ul>																																								
計測結果の表示方法、表示例等	 <p>The screenshot displays a software interface for reinforcement bar measurement. It includes a design drawing (1), measurement details for 'エコモット' (2), and specific data for reinforcement bars D10 and D13 (3, 4). On the right, three 3D visualizations show the overall measurement result (5), vertical bars (6), and horizontal bars (7).</p> <p><b>① 設計図選択</b></p> <p><b>② 計測詳細</b></p> <table border="1"> <tr><td>鉄筋種類</td><td>型</td></tr> <tr><td>鉄筋規格</td><td>エコモット</td></tr> <tr><td>型</td><td>型</td></tr> <tr><td>計測対象 (mm)</td><td>0</td></tr> <tr><td>備考</td><td></td></tr> <tr><td>メモ</td><td></td></tr> </table> <p><b>③ 縦筋</b></p> <table border="1"> <tr><td>鉄筋規格</td><td>D10</td></tr> <tr><td>位置</td><td>Y方向</td></tr> <tr><td>本数</td><td>7</td></tr> <tr><td>設計間隔</td><td>100</td></tr> <tr><td>最大間隔</td><td>105</td></tr> <tr><td>最小間隔</td><td>97</td></tr> <tr><td>平均間隔</td><td>101</td></tr> </table> <p><b>④ 横筋</b></p> <table border="1"> <tr><td>鉄筋規格</td><td>D13</td></tr> <tr><td>位置</td><td>X方向</td></tr> <tr><td>本数</td><td>6</td></tr> <tr><td>設計間隔</td><td>100</td></tr> <tr><td>最大間隔</td><td>111</td></tr> <tr><td>最小間隔</td><td>98</td></tr> <tr><td>平均間隔</td><td>103</td></tr> </table> <p><b>⑤ 計測結果</b></p> <p><b>⑥ 縦筋</b></p> <p><b>⑦ 横筋</b></p>	鉄筋種類	型	鉄筋規格	エコモット	型	型	計測対象 (mm)	0	備考		メモ		鉄筋規格	D10	位置	Y方向	本数	7	設計間隔	100	最大間隔	105	最小間隔	97	平均間隔	101	鉄筋規格	D13	位置	X方向	本数	6	設計間隔	100	最大間隔	111	最小間隔	98	平均間隔	103
鉄筋種類	型																																								
鉄筋規格	エコモット																																								
型	型																																								
計測対象 (mm)	0																																								
備考																																									
メモ																																									
鉄筋規格	D10																																								
位置	Y方向																																								
本数	7																																								
設計間隔	100																																								
最大間隔	105																																								
最小間隔	97																																								
平均間隔	101																																								
鉄筋規格	D13																																								
位置	X方向																																								
本数	6																																								
設計間隔	100																																								
最大間隔	111																																								
最小間隔	98																																								
平均間隔	103																																								

表 計測結果の詳細情報		
番号	名称	詳細
①	設計図貼り付け	設計豆図の貼り付け
②	計測詳細欄	撮影箇所，部位，備考欄を入力。 鉄筋種類（壁，スラブ）を表示。
③	縦筋数値欄	鉄筋径、間隔の設計値を入力。 位置（X方向，Y方向），本数，最大・ 最小平均間隔を表示。 計測していない数値欄の表示はなし。
④	横筋数値欄	位置：縦筋の場合はY方向，横筋の場合は X方向を示す。 〇〇間隔：計算に失敗した場合は「0」と 表示。
⑤	計測結果写真	縦筋，横筋の計測結果を重畳表示した写 真を表示。
⑥	縦筋写真	計測結果を重畳表示した写真を表示。
⑦	横筋写真	計測していない位置の写真は表示なし。

従来方法に比較 した生産性向上 効果	計測条件（耐震補強工 柱配筋）																							
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">作業内容</th> <th colspan="2">作業量（人・時間）</th> </tr> <tr> <th>従来方法（スケール等）</th> <th>画像計測</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>準備作業</td> <td>2名・4分（1名・8分）</td> <td>1名・1分</td> </tr> <tr> <td>片付作業</td> <td>2名・1分（1名・2分）</td> <td></td> </tr> <tr> <td>自主検査</td> <td>2名・5分（1名・10分）</td> <td>1名・3分</td> </tr> <tr> <td>立会確認</td> <td>2名・1分（1名・20分）</td> <td>1名・5分</td> </tr> <tr> <td>帳票作成</td> <td>1名・10分</td> <td>1名・6分</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>1名・50分</td> <td>1名・15分</td> </tr> </tbody> </table>		作業内容	作業量（人・時間）		従来方法（スケール等）	画像計測	準備作業	2名・4分（1名・8分）	1名・1分	片付作業	2名・1分（1名・2分）		自主検査	2名・5分（1名・10分）	1名・3分	立会確認	2名・1分（1名・20分）	1名・5分	帳票作成	1名・10分	1名・6分	計	1名・50分
作業内容	作業量（人・時間）																							
	従来方法（スケール等）	画像計測																						
準備作業	2名・4分（1名・8分）	1名・1分																						
片付作業	2名・1分（1名・2分）																							
自主検査	2名・5分（1名・10分）	1名・3分																						
立会確認	2名・1分（1名・20分）	1名・5分																						
帳票作成	1名・10分	1名・6分																						
計	1名・50分	1名・15分																						
その他留意事項	従来：50分，本システム15分として，70%の削減。																							