

配筋検査 AR システム BAIAS (バイアス) 技術仕様書

第 1.3 版



改版履歴

日付	版	内容
2022/11/30	1.0	新規作成
2025/1/22	1.1	4.1.3. ダブル配筋間隔・本数の計測原理を追記
		4.1.4. 鉄筋かご主筋間隔・本数の計測原理を追記
		4.1.5. 重ね継手長の計測原理を追記
		4.1.6. かぶり厚寸法の計測原理を追記
		4.1.7. スペースの個数計測原理を追記
2025/3/31	1.2	3.1. 使用機器 iPadOS16 サポート終了を反映、M4 モデル追加
2025/12/18	1.3	2.1.1. 主な機能 本製品の利用イメージを修正
		3.1. 使用機器 iPadOS17 サポート終了を反映+、M5 モデル追加
		3.2.2. iPad Pro アプリケーション仕様 最大計測範囲、計測対象の修正
		4.1. 計測原理 「ダブル配筋間隔・本数の計測原理」を 4.1.1. 配筋間隔・本数の計測原理に統合し修正
		4.1.5. かぶり厚寸法の計測原理を修正
		4.1.7. 正円の円弧上に配置された鉄筋の配筋間隔・本数の計測原理を追記
		4.1.8. 計測精度 最新の精度検証結果を追記
		4.2. キャリブレーション方法 キャリブレーションが不要である理由を追記

目次

1. はじめに.....	1-1
1.1. ご注意.....	1-1
1.2. 商標について.....	1-1
2. 本製品の概要.....	2-1
2.1. 特徴.....	2-1
2.1.1. 主な機能.....	2-1
2.1.2. メリット.....	2-1
3. 使用機器及びソフトウェア仕様.....	3-1
3.1. 使用機器.....	3-1
3.1.1. iPad Pro モデル別対応状況.....	3-1
3.1.2. iPad Pro 11 インチ(第 2/3/4 世代、M4/M5) 推奨仕様.....	3-1
3.1.3. iPad Pro 12.9 インチ(第 4/5/6 世代、M4/M5) 推奨仕様.....	3-2
3.1.4. レンタル端末仕様.....	3-2
3.2. ソフトウェア仕様.....	3-3
3.2.1. クラウド仕様.....	3-3
3.2.2. iPad Pro アプリケーション仕様.....	3-3
3.2.3. 処理プロセス.....	3-4
3.2.4. データ改ざん防止機能.....	3-4
4. 計測性能.....	4-1
4.1. 計測原理.....	4-1
4.1.1. 配筋間隔・本数の計測原理.....	4-1
4.1.2. 鉄筋径の計測原理.....	4-1
4.1.3. 鉄筋かご主筋間隔・本数の計測原理.....	4-2
4.1.4. 重ね継手長の計測原理.....	4-2
4.1.5. かぶり厚寸法の計測原理.....	4-2
4.1.6. スペースの個数計測原理.....	4-3
4.1.7. 正円の円弧上に配置された鉄筋の配筋間隔・本数の計測原理.....	4-3
4.1.8. 計測精度.....	4-4
4.2. キャリブレーション方法.....	4-5

1. はじめに

本書には、配筋検査 AR システム BAIAS(以下、本製品)の技術仕様を記載しています。

※BAIAS は、Bar Arrangement Inspection AR System の頭文字から命名されました。

1.1. ご注意

1. 本書の内容の一部または全部を無断で転用、転載しないようお願いいたします。
2. 本書の内容および製品仕様、外観は、改良のため予告なく変更することがあります。
3. 本書の作成にあたっては万全を期しておりますが、本書の内容の誤りや省略に対して、また本書の適用の結果生じた間接損害を含め、いかなる損害についても責任を負いかねますのでご了承ください。

1.2. 商標について

1. 「BAIAS」はエコモット株式会社の登録商標です。
2. その他文中の商品名、会社名は、各社の商標または登録商標です。

3. 使用機器及びソフトウェア仕様

3.1. 使用機器

本製品は iPad Pro にインストールしたアプリケーションにより動作します。
その他の機材は不要です。

3.1.1. iPad Pro モデル別対応状況

モデル別の対応状況は以下の通りです。

モデル	発売日	対応状況
iPad Pro 12.9 インチ	2015 年 11 月 11 日	×
iPad Pro 9.7 インチ	2016 年 3 月 31 日	×
iPad Pro 10.5 インチ	2017 年 6 月 6 日	×
iPad Pro 12.9 インチ(第 2 世代)		×
iPad Pro 11 インチ	2018 年 11 月 7 日	×
iPad Pro 12.9 インチ(第 3 世代)		×
iPad Pro 11 インチ(第 2 世代)	2020 年 3 月 25 日	○
iPad Pro 12.9 インチ(第 4 世代)		○
iPad Pro 11 インチ(第 3 世代)	2021 年 5 月 31 日	○
iPad Pro 12.9 インチ(第 5 世代)		○
iPad Pro 11 インチ(第 4 世代)	2022 年 10 月 26 日	○
iPad Pro 12.9 インチ(第 6 世代)		○
iPad Pro 11 インチ(M4)	2024 年 5 月 15 日	○
iPad Pro 13 インチ(M4)		○
iPad Pro 11 インチ(M5)	2025 年 10 月 22 日	○
iPad Pro 13 インチ(M5)		○

3.1.2. iPad Pro 11 インチ(第 2/3/4 世代、M4/M5) 推奨仕様

本製品を iPad Pro 11 インチで使用した場合の最低スペックは以下の通りです。

モデル	iPad Pro 11 インチ				
	第 2 世代	第 3 世代	第 4 世代	M4	M5
OS	iPadOS18 以上				
CPU	A12Z Bionic	Apple M1	Apple M2	Apple M4	Apple M5
容量	128GB 以上			256GB 以上	
メモリ	8GB RAM 以上				
サイズ	幅: 178.5 mm、高さ: 247.6 mm、厚さ: 5.9 mm			177.5 × 249.7 × 5.3 mm	
重量	Wi-Fi モデル: 466 g Wi-Fi + Cellular モデル: 468 g			Wi-Fi: 444 g W-Fi + Cellular: 446 g	
センサー	Face ID/LiDAR スキャナ/3 軸ジャイロ/加速度センサー/気圧計/環境光センサー				
システム 条件	Apple ID インターネットアクセス(クラウドとの同期時のみ)				
動作環境	動作時環境温度: 0° ~ 35° C 相対湿度: 5% ~ 95%(結露しないこと)				
バッテリー	28.65Wh リチャージャブルリチウムポリマーバッテリー内蔵			31.29Wh	

3.1.3. iPad Pro 12.9 インチ(第 4/5/6 世代、M4/M5) 推奨仕様

本製品を iPad Pro12.9 インチで使用した場合の最低スペックは以下の通りです。

モデル	iPad Pro 12.9 インチ			iPad Pro 13 インチ	
	第 4 世代	第 5 世代	第 6 世代	M4	M5
OS	iPadOS18 以上				
CPU	A12Z Bionic	Apple M1	Apple M2	Apple M4	Apple M5
容量	128GB 以上			256GB 以上	
メモリ	8GB RAM 以上				
サイズ	幅: 214.9 mm、高さ: 280.6 mm、厚さ: 6.4 mm			215.5 × 281.6 × 5.1 mm	
重量	Wi-Fi モデル: 682 g Wi-Fi + Cellular モデル: 684 g			Wi-Fi: 579 g Wi-Fi + Cellular: 582 g	
センサー	Face ID/LiDAR スキャナ/3 軸ジャイロ/加速度センサー/気圧計/環境光センサー				
システム 条件	Apple ID インターネットアクセス(クラウドとの同期時のみ)				
動作環境	動作時環境温度: 0° ~ 35° C 相対湿度: 5% ~ 95%(結露しないこと)				
バッテリー	40.88Wh リチャージャブルリチウムポリマーバッテリー内蔵			38.99Wh	

3.1.4. レンタル端末仕様

iPad Pro を弊社からレンタル端末で使用した場合、iPad Pro は保護ケースに収納された状態で、肩掛け可能なショルダーストラップ付きとなり、仕様は以下の通りです。

モデル	iPad Pro 11 インチ		
	第 2 世代	第 3 世代	第 4 世代
OS	iPadOS18 以上		
CPU	A12Z Bionic チップ	Apple M1 チップ	Apple M2 チップ
容量	128GB		
メモリ	8GB RAM		
保護ケース サイズ	幅: 212.0 mm、高さ: 268.0 mm、厚さ: 21.0 mm (突起部、ショルダーストラップ除く)		
重量	980 g 前後		
センサー	Face ID/LiDAR スキャナ/3 軸ジャイロ/加速度センサー/気圧計/環境光センサー		
システム 条件	Apple ID インターネットアクセス(クラウドとの同期時のみ)		
動作環境	動作時環境温度: 0° ~ 35° C 相対湿度: 5% ~ 95%(結露しないこと)		
バッテリー	28.65Wh リチャージャブルリチウムポリマーバッテリー内蔵		

※株式会社 GRIFFY のレンタル在庫の状況により、iPad Pro 11 インチ 第 2~4 世代のどれかとなり、レンタル端末のモデルは変化します。

3.2. ソフトウェア仕様

3.2.1. クラウド仕様

本製品のクラウドの管理画面をブラウザから参照した場合の最低スペックは以下の通りです。

項目	仕様
対応ブラウザ	Microsoft Edge 最新バージョン Chrome 最新バージョン
インターネット接続回線	光回線を推奨
解像度	1366 × 768 以上を推奨

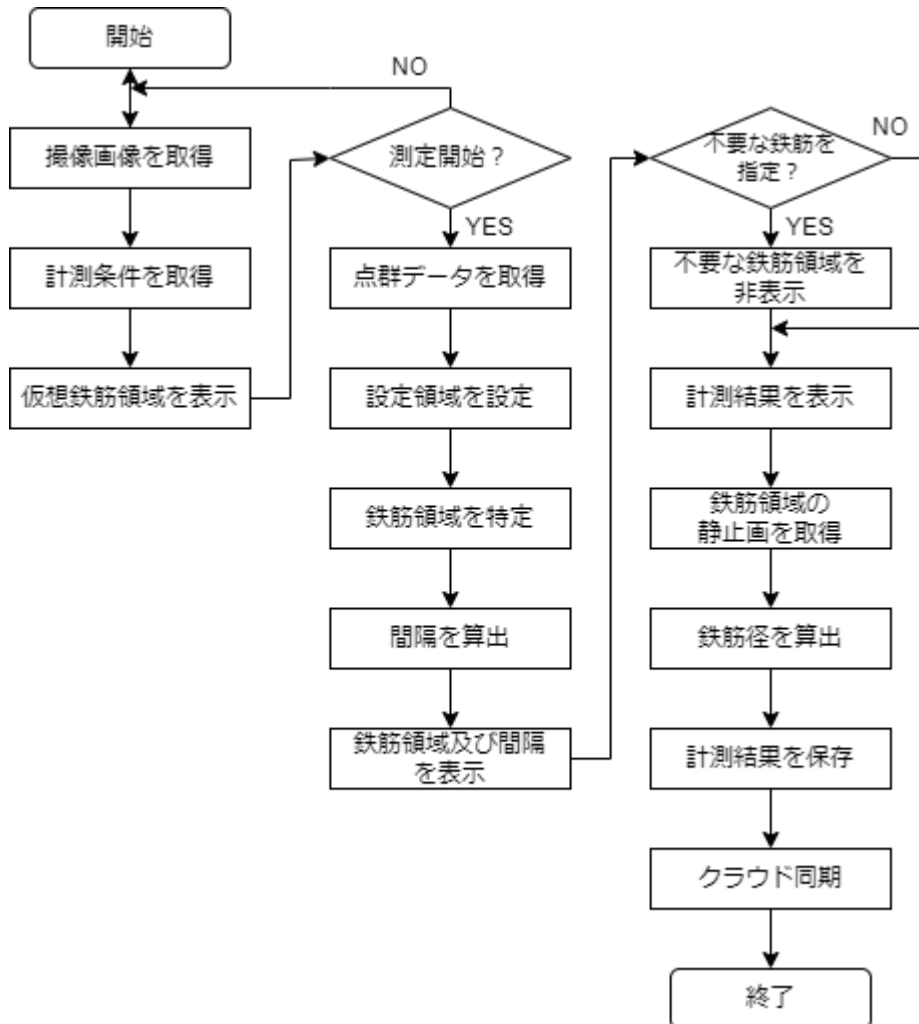
3.2.2. iPad Pro アプリケーション仕様

本製品のアプリケーション仕様は以下の通りです。

項目	仕様
アプリケーション名	BAIAS
最大計測範囲	点群計測: 3m 四方 / AR マーカー計測: 5m 四方
計測対象	地面から垂直方向に配筋された鉄筋(壁、柱、梁) 地面と水平に配筋された鉄筋(スラブ、梁) 円形の鉄筋(鉄筋かご) 正円の円弧上に配筋された鉄筋
撮影距離	壁・柱方向 15cm～50cm スラブ方向 15cm～120cm
撮影角度	壁・柱方向 ±15° スラブ方向 ±30° ※上記は点群データ収集による計測時に適用。 その他機能活用時は制限なし
保存画像拡張子	JPEG
記録画素数	1280 × 960 ピクセル (120 万画素相当)
帳票データ	PDF/CSV
保存可能計測データ数	20,000 件以上 (1 件約 1.5～2.4MB、iPad Pro の空容量に依存)
標準クラウドストレージ	BAIAS クラウド
外部クラウドストレージ	Box (計測データのバックアップ用)
通信回線	以下操作時のみ Wi-Fi もしくはモバイル回線が必要 ② BAIAS クラウドとの同期 ② Box への計測データバックアップ ③ Microsoft Teams や Zoom による遠隔臨場 ※配筋の計測時に通信回線は不要

3.2.3. 処理プロセス

本製品の処理プロセスは以下の通りです。(点群データの収集による配筋間隔・本数を例に示します)



3.2.4. データ改ざん防止機能

本製品は、一般社団法人 施工管理ソフトウェア産業協会から提供された信憑性確認(改ざん検知)ライブラリを用いて、計測結果保存時の画像の情報から SHA-256 アルゴリズムのハッシュ値を画像ファイルに書き込みます。

計測結果保存時の画像ファイルに対して、以下の操作を行うとハッシュ値が変化するため、計測結果保存時に書き込まれたハッシュ値と比較することにより、データ改ざんを防止することが可能です。

- (ア) 撮影日時の変更
- (イ) 市販の画像ソフトウェアを利用して画像を編集

4. 計測性能

4.1. 計測原理

4.1.1. 配筋間隔・本数の計測原理

<点群データの収集による方法>

本方法による配筋間隔計測の基本原理は、iPad Pro に搭載されている LiDAR(Light Detection And Ranging) スキャナ機能により、レーザー光を計測対象の鉄筋に照射して、その反射光の情報から、鉄筋までの距離および 3 次元点群データを取得しています。

iPad Pro の AR(拡張現実)機能を用いることで、本製品のアプリケーションで設定した計測範囲(赤枠)を画面に重畳表示します。この計測範囲内の LiDAR スキャナ機能により収集される 3 次元点群データから垂直・水平方向に配筋されている鉄筋を検知してマーカーおよび検知ラインに変換し、リアルタイムに画面内の鉄筋上に重畳表示します。

3 次元点群データの位置情報からマーカーの芯-芯間の距離を算出し、縦筋・横筋の配筋間隔および鉄筋本数を画面内にリアルタイムに AR 表示します。

<AR マーカーの設置による方法>

本方法による配筋間隔計測の基本原理は、実際の鉄筋に仮想の鉄筋を AR(拡張現実)上で重なるように設置することで配筋間隔・本数を取得しています。

iPad Pro の AR(拡張現実)機能を用いることで、本製品のアプリケーションで設定した、実際の鉄筋と同じ径のマーカーと、マーカーを設置できる範囲を表す直線の計測範囲を表示します。計測範囲を配筋面に合わせて調整し、マーカーを実際の鉄筋と重なるように設置します。

AR 上の各マーカーの 3 次元位置情報からマーカーの芯-芯間の距離を算出し、縦筋・横筋の配筋間隔および鉄筋本数を画面内にリアルタイムに AR 表示します。

4.1.2. 鉄筋径の計測原理

鉄筋径計測の基本原理は、計測対象の鉄筋の静止画の撮影時に取得した画面中央の 3 次元点群データから距離を算出し、その距離から画面内のピクセル単位の実サイズを算出します。

画面中央に表示される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 の文字を重畳表示します。

本製品のアプリケーションの操作者が、画面のピンチイン・ピンチアウト操作により、計測対象の鉄筋の静止画が拡大および縮小され、同時に黄色枠内の画像のピクセル数が変化します。

この変化した黄色枠内のピクセル数をカウントして、リアルタイムに黄色枠の実サイズから鉄筋径のサイズに変換して、画面内上部に D10~D51 を重畳表示します。

画面中央の黄色枠を計測対象の鉄筋の幅に合わせた段階で計測は終了し、画面内上部に表示された D10~D51 の鉄筋径のサイズが計測値となります。

4.1.3. 鉄筋かご主筋間隔・本数の計測原理

鉄筋かご主筋間隔・本数の計測原理は、実際の鉄筋に仮想の鉄筋を AR(拡張現実)上で重なるように設置することで配筋間隔・本数を取得しています。

iPad Pro の AR(拡張現実)機能を用いることで、本製品のアプリケーションで設定した、実際の鉄筋と同じ径のマーカート、それに直交するマーカを設置できる範囲を表すドーナツ型の計測範囲を表示します。計測範囲を鉄筋かごの断面に合わせて調整し、マーカを実際の鉄筋と重なるように設置します。

AR 上の各マーカの 3 次元位置情報からマーカ間の距離を算出し、鉄筋かご主筋の配筋間隔および鉄筋本数を画面内にリアルタイムに AR 表示します。

4.1.4. 重ね継手長の計測原理

重ね継手長の計測原理は、実際の重ね継手の両端に仮想のスケールを AR(拡張現実)上で合わせるように設置することで重ね継手長を取得しています。

iPad Pro の AR(拡張現実)機能を用いることで、本製品のアプリケーションで設定した、直線のマーカート、それに直交するスケールを設置できる仮想面を表示します。計測対象の鉄筋と直線のマーカが重なるように仮想面を調整し、スケールを実際の重ね継手長を測るように設置します。

AR 上のスケールの端端の距離を算出し、重ね継手長を画面内にリアルタイムに AR 表示します。

4.1.5. かぶり厚寸法の計測原理

かぶり厚寸法の計測原理は、iPad Pro に搭載されている LiDAR スキャナ機能を用い、計測対象の鉄筋および型枠の空間座標を取得することで算出されます。

具体的な平面特定プロセスとして、まずユーザーが型枠上の任意の 2 点を指定します。アプリ内部では、これら 2 点の座標にデバイスの加速度センサーから得られる重力方向(鉛直方向)の情報を加味し、3 点目の仮想座標を算出することで、幾何学的に一意的な型枠平面を定義します。この手法により、従来のスキャン方式では困難であった狭小部や奥まった箇所においても、精緻な平面特定が可能となります。

最終的に、この定義された型枠平面と、実物の鉄筋に AR(拡張現実)上で重なるよう配置した仮想鉄筋との最短距離を導き出すことで、かぶり厚寸法を取得し、かぶり厚寸法を画面内にリアルタイムに AR 表示します。

4.1.6. スペーサーの個数計測原理

スペーサーの個数の計測原理は、実際の計測範囲に仮想の計測範囲をAR(拡張現実)上で重なるように設置したのち、画面上で目視しスペーサーにマークをすることでスペーサーの個数を取得しています。

iPad Pro のAR(拡張現実)機能を用いることで、十字マークと、それに直交するスペーサー計測範囲を表示します。実際の鉄筋と十字マークが重なるように仮想面を調整し、計測範囲を配筋面に合うように調整します。画面上でスペーサーを目視し、マークを設置します。

設置されたマークの個数を数え上げ、スペーサーの個数として画面に表示します。

4.1.7. 正円の円弧上に配置された鉄筋の配筋間隔・本数の計測原理

正円の円弧上に配置された配筋間隔計測の基本原理は、実際の鉄筋に仮想の鉄筋をAR(拡張現実)上で重なるように設置することで配筋間隔・本数を取得しています。

iPad Pro のAR(拡張現実)機能を用いることで、本製品のアプリケーションで設定した、実際の鉄筋と同じ径のマーカと、マーカを設置できる範囲を表す直線(横筋)および円弧(縦筋)の計測範囲を表示します。計測範囲を配筋面に合わせて調整し、マーカを実際の鉄筋と重なるように設置します。

AR上の各マーカの3次元位置情報からマーカ間の距離を算出し、縦筋・横筋の配筋間隔および鉄筋本数を画面内にリアルタイムにAR表示します。

4.1.8. 計測精度

本製品の計測精度は以下の通りです。

壁／柱／梁／スラブ／フーチングを対象に、のべ 105 箇所の特定した範囲(各箇所について鉄筋本数 3～11 本)で計測を実施し、スケールによる実測値と比較した結果を以下に示します。

D10～D51 の計 11 種類の鉄筋について、平均間隔誤差(mm)を鉄筋径(ϕ , mm)で除した値は-28.9%～+29.9%となります。国土交通省「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の実施要領(案)」に規定される規格値の $\pm 30\%$ ($\pm \phi$ は $\pm 100\%$ に相当)に収まっていることが確認されました。

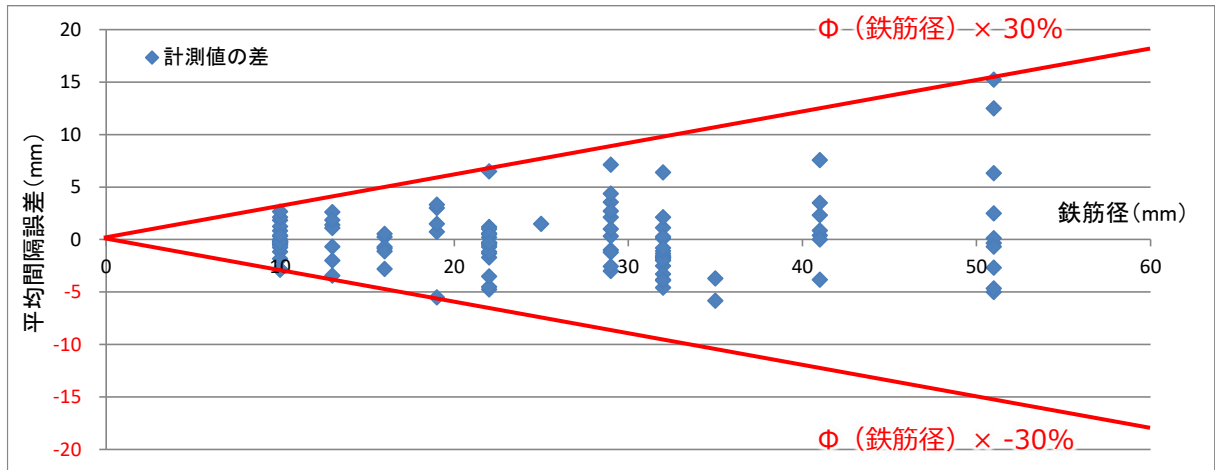


図1 鉄筋径別の計測精度

以下の図は実測値と計測値の差分を鉄筋径で除した無次元量を示しており、-28.9%～+29.9%の値を示しています。

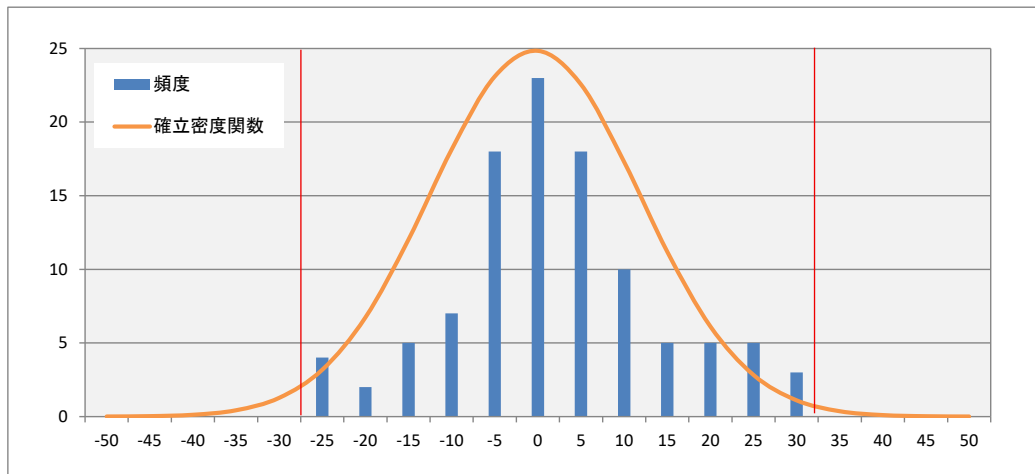
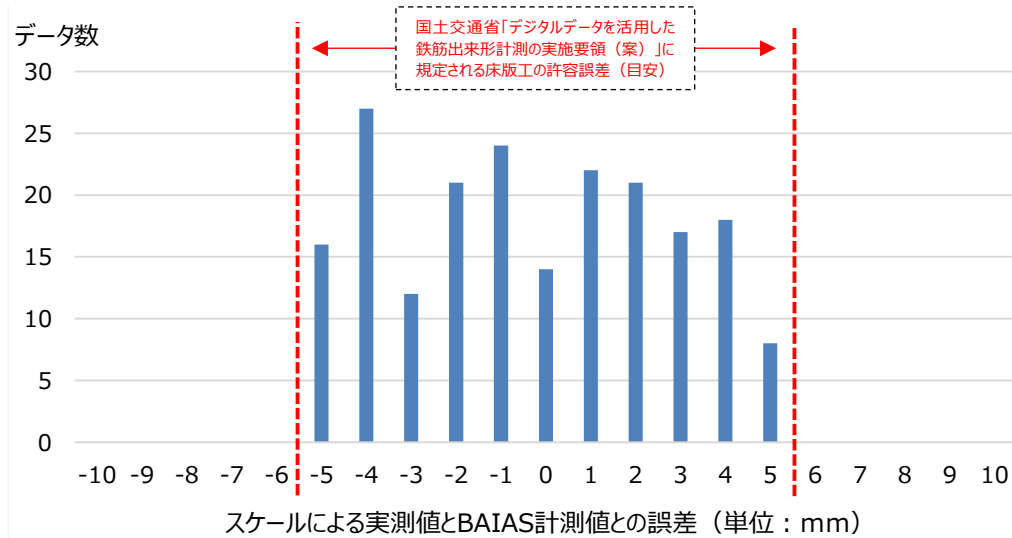


図2 平均間隔誤差のヒストグラム

加えて、床版工を対象に 20 側点(1 測点あたりの鉄筋本数は 11 本)で、AR マーカーの設置による計測を実施し、スケールによる実測値との比較を、個々の配筋間隔について行った結果を以下に示します。

国土交通省「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の実施要領(案)」に規定される床版工の「実測値に対する許容誤差 $\pm 5\text{mm}$ (個々の鉄筋間隔での比較値)」に収まっていることが確認されました。



4.2. キャリブレーション方法

iPad Pro はハードウェアと OS が一体開発されており、全個体のカメラやセンサー特性が工場出荷時に精密に校正(固定値化)されているため、本製品について利用前のキャリブレーションは不要です。