

モーションキャプチャおよび 3次元スキャナのマシンビジョンへの 適応について

株式会社ノビテック／佐藤眞平

従来、モーションキャプチャシステムはリアルタイム性と高い精度を持ちながら、学術研究用途以外の目的への適応例が以下の理由によりごくわずかに限られていた。

- I. 1システム当たり1千万円からの高額機器
- II. 有識者による詳細なパラメータ設定が必要
- III. 計測目的としてのAPI等の整備

弊社モーションキャプチャシステムVENUS3Dは、上記問題点を解決し、FAをはじめとした様々な現場での適応事例が増えてきている。その1例を本稿にて紹介したい。

また、弊社新商品の高速3次元スキャナMephistoにおいても、1秒以下の高速にて高精度スキャンを行うことが可能であることから、マシンビジョンとしての今後の適用が数多くのユーザから期待されている。今回は、Mephistoの計測原理やマシンビジョンとしての今後の応用見込みを紹介する。

1 VENUS3Dの特徴

モーションキャプチャシステムVENUS3Dの計測原理は、ダイナミックキャリブレーションとエピソードマッチングによるもので、本件に関しては既知の技術であり、詳細は割愛するが、本システムの最大の特長はマーカラベリングのアルゴリズムにある。従来は複数マーカの配列を認識させ剛体として扱うか、マーカ配列をテンプレート化し、位置関係や可動域による情報をもとにラベリングを行っていた。そのため、多くのマーカ数を用いる必要がある多関節の対象においては、ラベリングの全自動化が困難となり、マシンビジョン用途も含め、様々な現場への適合が困難であった。

VENUS3Dは独自のアルゴリズムを組み込むことにより、必要な場所に必要な数のみのマーカセットを施せば全自動でマーカラベリングを行うため、様々な現場での適応領域が飛躍的に向上した(図

1～3)。また1マーカでの認識を行うことにより、誤差を最小限に止めることができることも本システムの特長である(剛体認識の誤差は複数マーカの誤差すべてが反映されるため)。次章にてその代表的な使用事例を2つ紹介する。

2 モーションキャプチャ応用例事例 その1(可動部品の検査)

今回は可動域と速度を検査対象項目とし、加えるエネルギーとの相関を検査することを目的としたシステムを構築した。生産現場においては、以下を実現する必要がある。

- I. 安価であること
- II. 生産ラインの環境下で使用出来ること
- III. 現場作業(非有識者)でも継続して利用できること

従来にないシンプルな計測手順

1. カメラの設置: 三脚等にカメラを設置します。映像はUSB接続でPCにてライブ画像が確認出来ます。(約10分)
2. キャリブレーション: キャリブレーションワンドを空間内にて振るだけでキャリブレーション終了。(約5分)
3. 計測: 計測点数は無制限です。動作したその場で3次元データが出力されます。
4. 解析: 計測データを基にポイント、軌跡、スティックピクチャー等のデータ確認。
変位、加速度、角度といった物理量の変化グラフも直観的なオペレーションですぐに算出が可能です。

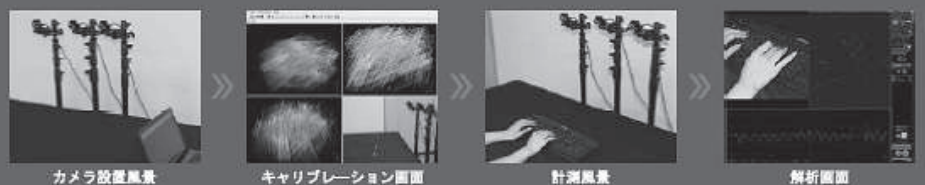


図1 簡単な計測手順

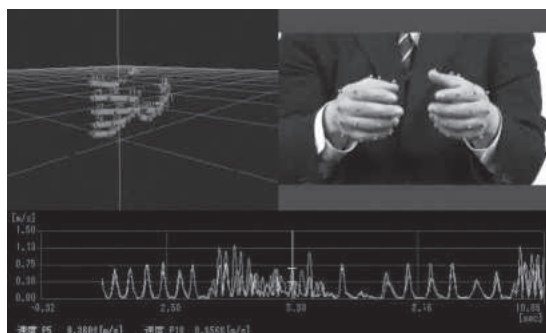


図2 指先などの多関節対象も独自アルゴリズムにより自動ラベリング

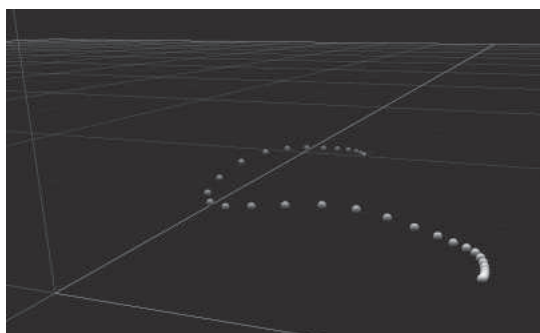


図3 独自アルゴリズムによるラベリング

弊社のVENUS3D Duoは、上記の問題を解決することを可能としている。上記ユニットはステレオセンサが1ユニットに内蔵されているため、生産現場における次の3次元計測を実現することができる。

- I. 100万円台の低価格
- II. キャリブレーション不要の為、設置後の準備や設定が不要で3次元計測可能(図4)
- III. 誤ってセンサが移動しても再度校正の必要がなく、そのまま継続利用可能

可動部品と本体にマークを張り付け、その座標をリアルタイムで取得する。可動部品の座標をリ

アルタイムで取得しつつ本体の座標により移動成分を算出し差分することにより、可動部品の純粋な動きである相対座標変位を取得することが可能となっている。

ロードセルや加速度計等の他機器との同期計測が可能であることから、加えたエネルギーに対する可動部品の動きを短いタクトタイムで自動取得をし、計測の目的を果たすことができたシステム事例である。また、応用例として本システムは赤外線投影によるマーカ反射による座標算出を行っているが、金属部品を対象とした際のノイズの対策として、反射式ではなく、自発光するマーカも準備している。自発光マーカは防水加工もしており、水中での計測の実績としてある。



図4 キャリブレーション不要の一体型モーションキャプチャユニット

3

モーションキャプチャ応用例事例 その2(マーカレスでの検査)

基本的にモーションキャプチャシステムは、マーカが必須のシステムであるが、一部の用途ではマーカレスでの計測も可能である。座標の認識は輝度による認識を行っているため、次の方法で計測対象物を認識しマシンビジョンとして応用利用ができる。

まずは、3点のレーザーポインタ照射によるワークの高さや傾きの認識している事例である。レーザーポインタをワーク設置位置上部に設置し、運ばれてくるワークの情報をリアルタイムで認識し、

ロボット座標に変換した上でロボット側に情報を送信することが可能となる(図5)。

次に、照明の工夫により突起物等のある一部のエリアのみを照射し、突起物の高さ情報や位置情報を認識して、合否判定を行うことが可能である。

4

高速3次元スキャナMephisto 概要

高速3次元スキャナMephistoは0.3秒～の高速で3次元形状を読み取ることが可能なシステムである(図6)。指紋などの微細な凹凸から乗用車全体まで、様々な計測対象を高速で高精度にスキャンすることが可能なシステムである(図7)。CAD、CGソフトウェアなど、様々なファイル出力に対応している。形状の読み取り方式もレーザーをしないため、人体を対象とした計測も安全・容易に行うことができる。黒色や金属の対象もスキャン可能であり(図8)、広範囲な用途に対応し、コンパクトなシステムで様々なフィールドでの形状計測を行うことを目的としたシステムであり、弊社にも多方面のユーザよりマシンビジョンとしての利用を期待し、お問い合わせをいただいている商品である。

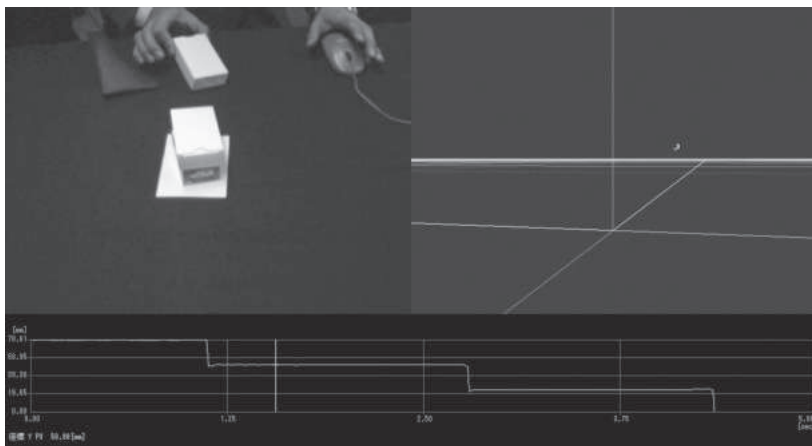


図5 レーザーポインタによるマーカレス計測



図6 人体も3~4秒で360°スキャン

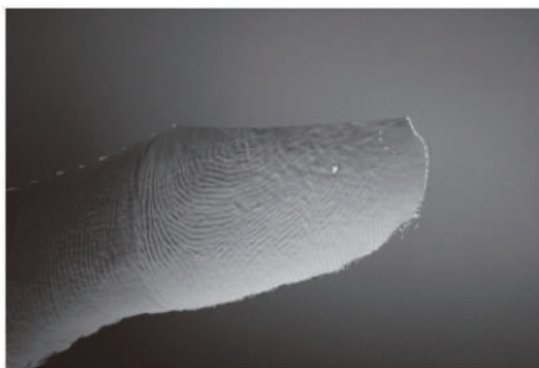


図7 指紋の微細な凹凸も忠実に再現可能

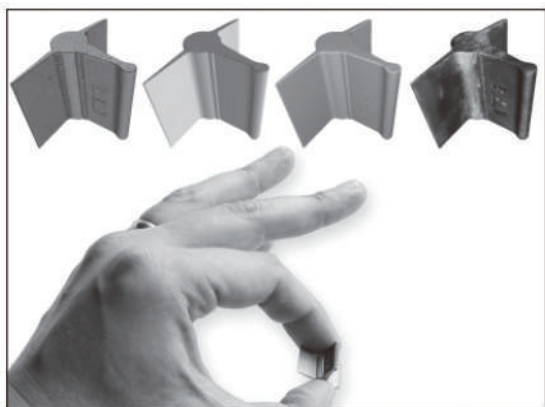


図8 小さい金属部品も高精度スキャン

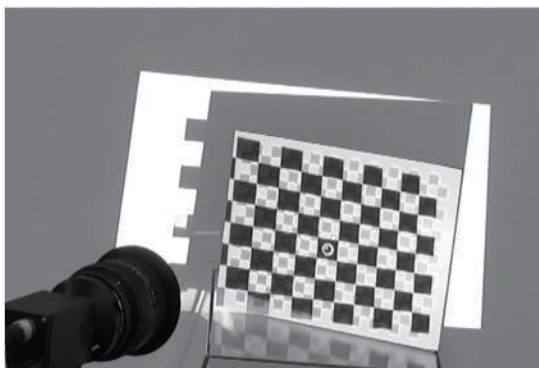


図9 キャリブレーションイメージ

5 3次元スキャナ計測原理

Mephistoの特長は、様々な計測対象の計測を目的とし、光を投影するプロジェクタと形状を認識するカメラの位置やレンズを自由に交換することが可能となっている。また、様々な環境下でスキャンすることも可能である。そのため、キャリブレーションボードを用い、システム内の機器設置位置および計測環境下での照度のキャリブレーション作業が必要になる(図9)。まず位置の校正は次の手順となる。

- I. 市松模様が描かれているキャリブレーションボードを設置し、その中心とプロジェクタ投

影中心点とカメラ画角中心を大マーカに合わせる。

- II. キャリブレーションボードの向きや傾きを6回変化させることにより、カメラセンサとプロジェクタ投影センサの角度、距離を算出することにより位置を校正する。

次に照度の校正だが、プロジェクタから51段階の光をキャリブレーションボードに投影し、カメラが受光した輝度をマッチングすることにより様々な環境下での安定したスキャンを行うことを可能としている。

形状計測はプロジェクタより対象物に投影され

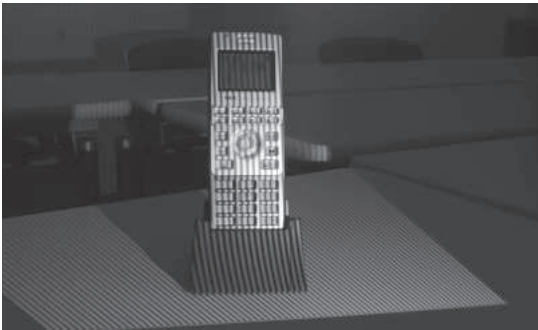


図10 スキャンイメージ1



図11 スキャンイメージ2

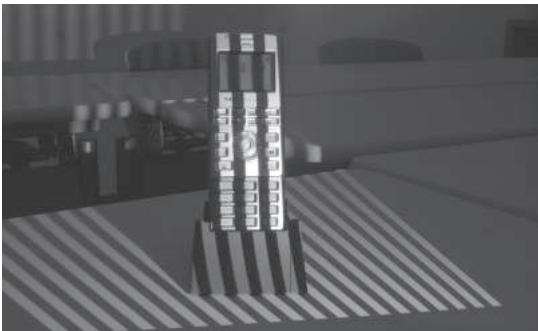


図12 スキャンイメージ3



図13 スキャン結果

る16パターンの正弦波パターンを投写し、縞模様の位相測定を用いることにより行われる。計測対象の形状によって歪んだパターンを従来の計算ではなく独自の最小二乗法および多項式フィッティングアルゴリズムによりサブピクセルの精度にて形状計測を行っている(図10~13)。

カメラとプロジェクタは60Hzで動作しており、プロジェクタ投影とカメラのスキャンを同期して行っていることにより高速スキャンが実現となっている。

6 3次元スキャナラインナップ

Mephistoは用途に応じて以下の様々なラインナップを用意している。

◆PicoScan低価格(50万円)エントリーモデル

静止した小さい対象物をスキャン(図14、15)。

- ポイント距離間 : 0.16mm
- カメラ解像度 : 968 × 644
- 精度(平均) : 0.1mm
- スキャン時間 : 20秒

◆Mephisto EOS スタンダードモデル

静止した対象物を高精度・高精細にスキャン(図16、17)。

- ポイント距離間 : 0.1mm
- カメラ解像度 : 1,936 × 1,288
- 精度(平均) : 0.01mm~0.02mm
- スキャン時間 : 20秒

◆Mephisto CX ミドルレンジモデル

静止した物も生きた物も短時間でスキャン可能



図 14 PicoScan



図 15 iPhone



図 16 Mephisto EOS



図 17



図 18 Mephisto EX

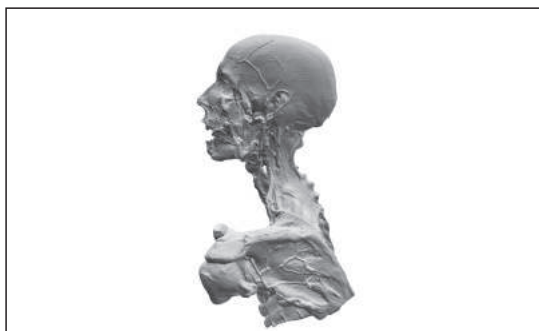


図 19

(図 18、19)。

- ポイント距離間 : 0.52~3.7mm
- カメラ解像度 : 1,024×768
- 精度(平均) : 0.15mm
- スキャン時間 : 0.3~1.5秒

◆ Mephisto EX ハイエンドモデル

小さい物から大きい物まで静止した物も生きた物も短時間でスキャン可能なモデル(図20、21)。

- ポイント距離間 : 0.43~2.8mm、
0.14~0.85mm (Micro アドオン時)



図20 Mephisto EX



図21



図22 Mephisto BodyScanner



図23

- カメラ解像度 : 1,920×1,080
- 精度(平均) : 0.05mm
- スキャン時間 : 0.3~1.5秒

◆ Mephisto BodyScanner

人体を360°全方位同時スキャンを行うシステム(図22、23)。高品質な質感で360°を1~2秒でスキャン。

ト化してきている。しかしながら有識者による都度調整が必要であったり、環境により技術を享受できない製品が多くある中、目的に応じて複雑な計測を有識者でなくても、簡便に低コストで行うことを可能とすることもわれわれの立ち位置として、産業界をはじめとした世の中へ貢献し続ける活動を継続していきたい。

7 さいごに

様々なデバイスが低コスト化し計測手法が発達していく中、様々な計測機器が高性能化、低コス

☆株式会社ノビテック

TEL.03-5728-6330 FAX.03-5728-6331

<http://www.nobby-tech.co.jp/>