

人体の三次元計測法に関する一考察

清水 義雄

(昭和59年10月15日受理)

A New Method of Three-Dimensional Measurement for a Human Body

Yoshio SHIMIZU

(Received October 15, 1984)

1 序

被服造形工学という立場から、被服製造工程を考えるとき、まず第一に問題にすべきことは人体の計測であろう。被服が人体を覆うものである以上、被服の形は、人体の複雑な形状や動的变化に伴う人体の形状変化に適合したものでなければならない。したがって人体の正確な計測は被服作成上非常に重要である。しかし人体の正確かつ迅速な三次元計測の方法は、いまだに確立されているとは考えられない。

アパレル産業はその性格上、多量の同一生産物を市場に提供することは好ましくなく、多種少量生産がその基本となる。もし可能であれば、消費者一人一人のニーズに合わせて、単品生産をすることが理想である。このような場合には、消費者各人の人体計測が非常に重要となるだろう。しかも、非接触で、短時間での正確な測定が必要となろう。

従来、人体計測にはマルチン法、レプリカ法、スライディング等の直接計測や、等高線図法、シルエット等の非接触計測が用いられてきた。これらの測定法では、静的および動的状態の人体の三次元形状を迅速かつ精密に測定することは困難である。近年、モアレ法がコンピュータの発達の影響で急速に進歩し、一部で人体計測に用いられているが¹⁾、測定の精度や干涉縞の本質的な欠点のため、複雑な人体計測にはあまり有用な方法とは考えられない。

このような背景のもとに、本報では、高速度・高精度の人体の三次元計測法として、光切断三次元計測システムの提案を行いたい。

2 光切断法による人体の三次元計測システムの基本構成例

人体の三次元計測を実時間でを行うためには、データ処理能力やデータの計算機処理の容易さから考えて光切断法が適していると考えられる。このような実時間データ処理は、通常の計算機システムで処理することは難しく、三次元計測専用のハードウェアが必要となろう。幸いにも、身近にカラーイメージプロセッサ Nexus 6400があるので、これを中心にシステムの構成を考えてみる。

この三次元情報収集システムは、三組のレンジファインダーを用いて、人体の各面をくまなくカバーできるようにする。また三組のレンジファインダーのスリット光束は、赤、緑、青等のような異なった波長の光を用いることにする。これは同一のカラーイメージプロセッサで同時に三種類の色情報として入力させ、人体の三方向の座標値を計算させる目的を持たせるためである。

人体の三次元計測は、多くの場合、その形状に関して一定の既知情報が期待される。本システムでは、次のような条件のもとに、実時間測定を行うものとする。

- (1) 人体の形状は、それが動的に変化した場合、静止時の基本体型の変換形としてとらえることができる。
- (2) 人体はどのような三次元的配置に置かれていてもよいが、一度に複数の人体の測定は行わない。
- (3) 人体はスリット光束の照射により線状パターンを発生し、その照射光の反射によって、ノイズとなるような光を発生しない。

以上のような条件が満たされているとき、三次元計測の処理はおおよそ図1のような流れに従って処理される。

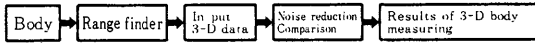


図1. 人体の三次元測定処理の流れ

三次元計測データ（3-Dデータ）の処理は、大きく分けて次の二つに分類される。一つは入力データの局所的な処理であり、もう一つは大域的な処理である。3-Dデータの取り込みと座標値の決定、空間フィルタリングによる雑音の除去等は、局所的な処理である。三次元

形状の特徴抽出や決定等は、大域的な処理である。処理速度向上のためには、処理の並列化がなされなければならない。また並列処理が容易なのは局所処理である。レンジファインダーにより高速、高精度にデータ処理を行うとすればする程、並列処理がものをいう。

従って、三次元計測システムは、システム全体をコントロールしたり、大域処理を実行する親システムと、局所処理を並列に実行する複数台の子システムが必要である。

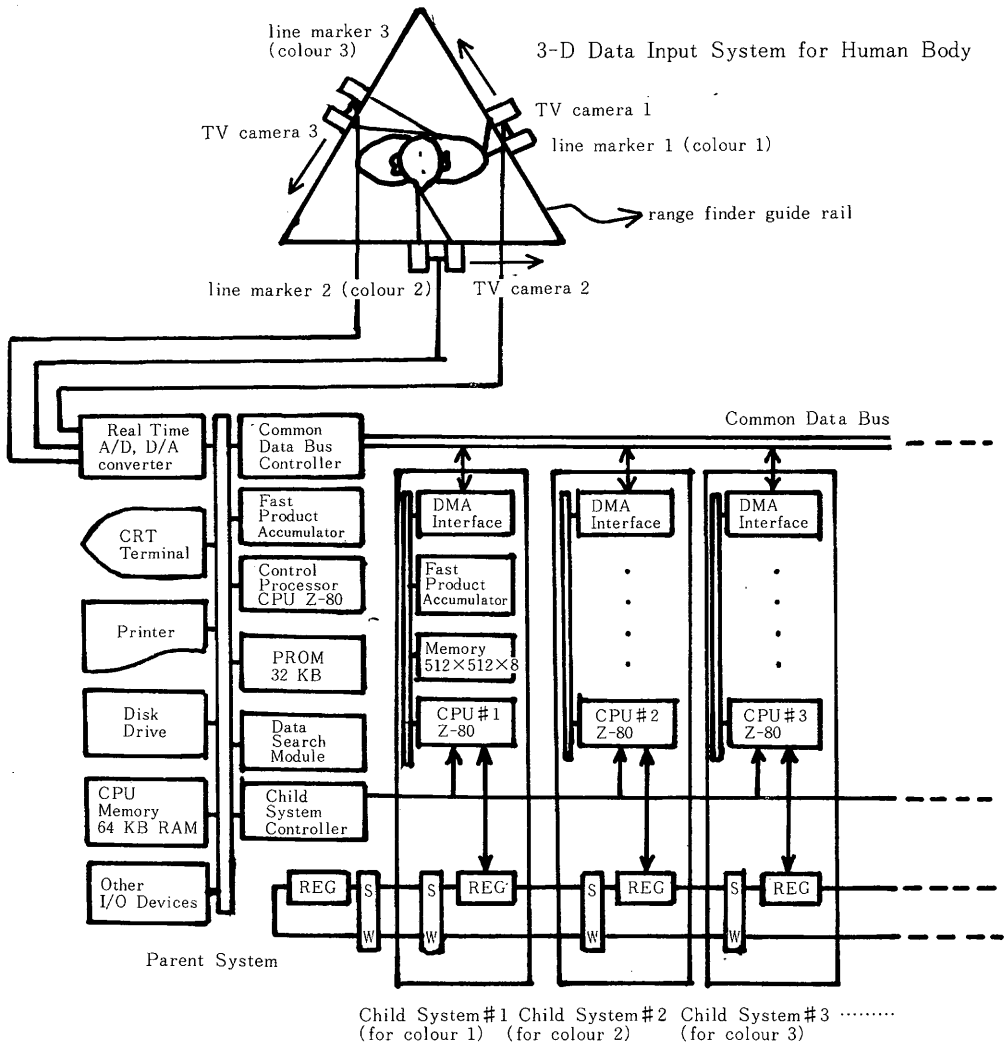


図2. 人体の三次元測定システム基本構成例

局所処理や大域処理を円滑に行うためには、情報の流れが親システムと子システム、或いは子システムどうしで高速にやりとりされなければならない。このために大量の情報を高速にやりとりする転送路が必要である。

また、レンジファインダーにより投影された画像情報を実時間で高速処理するためには、乗算、加算、積和演算が高速になされなければならない。本システムは 512×512 画素の画像を扱うが、約 10^8 回/sec. 程度の乗算処理能力が必要である。これは通常のマイクロプロセッサでは不可能であり、積和演算専用のハードウェアが必要となる。

図2に人体の三次元計測システムの基本構成例を示す。システムは、レンジファインダーを中心としたデータ取り込み部と全体的なコントロールや大域処理を担う親システム、それに局所処理を実行する子システムからなる。

三次元データ取り込み部は、スリット状光束を照射するラインマーカーとその反射光を感知するTVカメラ、およびそれらが移動するためのガイドラインから成っており、全体は三つの組で構成されている。もちろんこの組は多ければ多い程、高速高精度で測定ができる。ラインマーカーとTVカメラは一定の位置関係にあり、ガイドライン上を親システムのコントロールのもとに移動する。ガイドライン上には、リニアスケールが付いており、ライン上の正確な位置を検出することができる。

親システムのコントロールにより、TV画像上の画像情報やガイドライン上の位置情報は、実時間A/Dコンバータにより高速に取り込まれる。TVカメラはカラー用のものを用いて、取り込み画像の分解能は 512×512 で、各ドットのカラー分解能は赤、緑、青各8ビットで、 17×10^6 色が可能である。このように取り込み画像にカ

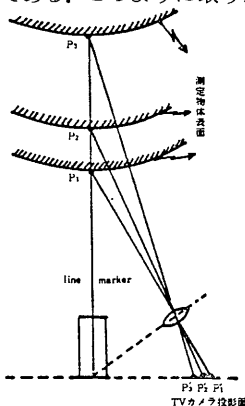


図3. TVカメラ投影面のおお

ラーを用いることにより、色の異なった何組ものレンジファインダーや何本もの異なった色の直線格子を用いることを可能としている。これにより高速に複数の断面形状画像を取り込むことを可能としており、このシステムを拡張性の高いものとしている。またTVカメラには、図3に示すような投影座標面におおりを設け、測定物上の照射曲線がどのような位置にきても、常にピントの合った輝点の像が投影座標面に形成されるようにする。これはシャインプルーグの条件²⁾といい、投影面とレンズ面とスリット光束とが一点で交わるように設定すればよい。このようにおおりを設けることにより、TVカメラ投影面の像質が向上し、高いSN比の画像データが得られる。

親システムは、CPU(たとえばZ-80)を中心として、メモリ(64K RAM)、ディスクドライブ、CRTターミナルそして高速画像取り込み用A/Dコンバータを備えている。また子システムをコントロールしたり、データ転送を行う機能、更に積和演算の高速処理のための高速積和モジュールやメモリのある領域のデータの最大値その他を高速に求めるための多機能データ探索モジュールを備えている。

子システムは、CPU(たとえばZ-80)とメモリ、データ転送用インターフェース、高速積和モジュールを持っている。

三次元入力情報の流れは、大域的なものと局所的なものにと大別されるが、大域的な情報の転送には共通バス転送路を、局所的なものには可変リング転送路を用いる。共通バス転送路は、大域情報を親システムと子システム

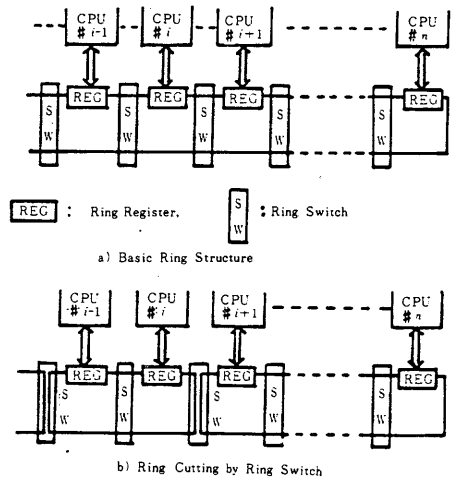


図4. 可変リング状転送路とリングスイッチ

の間で高速に転送するためのものである。転送の高速化を図るために、専用のコントローラでDMA転送を行う。これによりメモリのアクセスタイムに近い速度で転送することが可能である。

大域的な情報の転送にも様々な形態が考えられるが、親メモリと子メモリ間、或いは子メモリ間どうし等のデータ転送の形態は任意に設定できるよう、また転送データの量も自由に変えられるようにする。

局所的な情報転送のために、図4のような飯島³⁾らによって示されたリングレジスタとリングスイッチからなる可変リング転送路を設ける。この転送路は、各子システムのレジスタをリングスイッチにより、リング状に接続したものであり、親システムからの指令により、隣接するレジスタにデータが転送される。このリング状転送路は、図4に示すようなリングスイッチによって、ループの接断を自由に行うことができ、様々なリング構造をとることができる。このようなシステムにより、二次元投影座標データやラインマーカーのスライダー上の位置データを基にして、物体上の照射曲線の三次元座標の一次処理データを作成する等の局所処理を並列かつ迅速に処理することができる。

以上のようなデータ取り込みシステムや親システムそして子システムからなる三次元座標測定システムのデータ処理の流れは、図2に述べたとおりであるが、もう少し詳細に述べると次のようになる。

先の測定条件より、測定の対象となる人体は、一度に一つとし、人体の基本モデルが与えられているものとする。次にデータ取り込みシステムにより、同時に複数の方向から、複数の波長（複数の色の光）のラインマーカーで、人体表面上に照射曲線を描く。この曲線の像を投影座標装置により取り込み、二次元カラー画像を得る。また各瞬時の画像に対応する取り込み装置のスライダー上の座標データも取り込む。これらのデータは、共通バス転送路によって、高速で各子システムのメモリに送り込まれる。親システムのコントロール化により、子システムは各色別に、或は各レンジファインダー別に分配されたり、各レンジファインダー上の位置座標別に割り当てられている。次に親システムの指令により、リングスイッチを動作させて、子システム間のデータ転送やシステム内の積和演算モジュールにより、三次元座標値の一次処理データを算出する。この処理の過程で、フィルタリングによる雑音除去を行う。これらの局所並列処理

は各瞬間の取り込み画像に対してなされるが、この画像の取り込み速度は、通常 CRT リフレッシュ周波数（水平15.7KHZ、垂直29.9KHZ）を用いると、30画像/秒である。従って33msで三次元データの一次処理をすべて完了しなければならない。このような繰り返しにより、人体の一次処理データの蓄積をリアルタイムで行うことができる。

しかし、このような一次処理データは、不完全な三次元データの集合であるため、大域的な処理により基本モデルとの照合を行い、データを修正したり、レンジファインダーの計測の対象とすることができなかった脇の下など陰の部分の処理などをしたり、異なったレンジファインダー間のオーバーラップデータの修正等をする。このような処理はリアルタイムで処理する必要はないが、測定の不完全さや雑音のために再測定や局所測定が必要な場合を考えて、なるべく高速で行うことが必要であろう。このように、人体の基本モデルが定められているシステムでは、一次処理データを基本モデルデータと照合させてゆくことによって、人体の測定欠陥や測定不能箇所の存在が明らかになり、再測定や局所測定により、より正確な測定が可能となろう。

3 結 論

以上、カラーレンジファインダーとカラー画像取り込み装置およびカラー画像処理用プロセッサの組み合わせによる、人体の三次元計測の可能性について考察してきた。

レンジファインダーによる三次元計測は、以上のようにモアレ法よりも優れている点が多々あるが、人体のように様々な条件下に測定されるものは、光の反射、散乱、色合いのために測定が難しい状態におかれる場合も考えられる。

本システムの場合には、画像取り込み速度が限定されているため、測定速度の限界が30画像/秒となっているが、ランダムアクセスカメラの使用により、より高速画像の取り込みも考えられる。

この装置の測定対象を被服によって被覆される人体の部分に限定すれば、たて・よこの大きさは、それぞれ数百mm程度のものであろう。この程度の大きさのものならば、画像の画素数が512×512であるから、1mmの分解能で測定できると考えられる。また身体の微小部分を拡大してより詳しく測定したいときには、微小物体用のレ

ンジファイナダーや拡大光学系を用いれば、よりマイクロな測定も可能である。

本報では人体の正確かつ迅速な三次元計測法についての新しい方法を示したが、今後はこの考え方による人体計測装置の試作と実際の測定を行う予定である。

文 献

- 1) 出澤, 谷田貝: テレビジョン学会誌, 34, (9), 28 (1980)
- 2) 藤波重次: 写真測量法, 共立出版(東京), 1977, p. 124
- 3) 佐藤, 松浦, 小川, 飯島: 信学論(D), J64—D, 11, 1021 (1981)

Summary

In the present paper, I shall try to propose a new method of three-dimensional measurement for a human body

By the use of this method, we can get surface dimensions of human body with accuracy, rapidity and without touching. This system is composed of rangefinders, colour cameras and colour image processors. Considering the manufacturing process of clothing, this method seems to provide a new apparel field.