

データベース構築促進及び技術開発に関する報告書

人体形状画像データ合成のための技術開発

平成 6 年 3 月

財団法人 データベース振興センター
委託先 社団法人人間生活工学研究センター

KEIRIN

00

この事業は、競輪の補助金を受けて実施したものです。

序

データベースは、わが国の情報化の進展上、重要な役割を果たすものと期待されている。今後、データベースの普及により、わが国において健全な高度情報化社会の形成が期待される。さらに海外に対して提供可能なデータベースの整備は、国際的な情報化への貢献および自由な情報流通の確保の観点からも必要である。しかしながら、現在わが国で流通しているデータベースの中でわが国独自のものは1/3にすぎないのが現状であり、わが国データベースサービスひいてはバランスある情報産業の健全な発展を図るためには、わが国独自のデータベースの構築およびデータベース関連技術の研究開発を強力に促進し、データベースの拡充を図る必要がある。

このような要請に応えるため、(財)データベース振興センターでは日本自転車振興会から機械工業振興資金の交付を受けて、データベースの構築および技術開発について民間企業、団体等に対して委託事業を実施している。委託事業の内容は、社会的、経済的、国際的に重要で、また地域および産業の発展の促進に寄与すると考えられているデータベースの構築とデータベース作成の効率化、流通の促進、利用の円滑化・容易化などに関係したソフトウェア技術・ハードウェア技術である。

本事業の推進に当って、当財団に学識経験者の方々に構成されるデータベース構築・技術開発促進委員会(委員長 山梨学院大学教授 蓼沼良一氏)を設置している。

この「人体形状画像データ合成のための技術開発」は平成5年度のデータベースの構築促進および技術開発促進事業として、当財団が社団法人 人間生活工学研究センターに対して委託実施した課題の一つである。この成果が、データベースに興味をお持ちの方々や諸分野の皆様方のお役に立てば幸いである。

なお、平成5年度データベースの構築促進および技術開発促進事業で実施した課題は次表のとおりである。

平成 6 年 3 月

財団法人 データベース振興センター

平成5年度 データベース構築・技術開発促進委託課題一覧

分野	課題名	委託先
社 会	1 CD-ROMによるテレビ視聴率データベースの構築 2 輸入畜肉貨物の規格・重量等の検証用データベースの構築 3 知的資源型データベースの調査研究 4 ビジネス雑誌記事データベースの共同構築とその利用に関する調査研究 5 新しい電子情報サービスに関する調査研究 6 研修用教材データベースのプロトタイプ作成 7 マイクロマシン技術情報データベースの構築調査	(株)ビデオ・リサーチ 五十嵐冷蔵(株) (株)ジャパンコミュニケーションズ インスティテュート 経済文献研究会 (株)日本経済新聞社/(株)日経データ社 (財)大阪科学技術センター (財)マイクロマシンセンター
中小企業振興 地域活性化	8 異分野研究のための知的オリエンテーション・データベースシステムの構築 9 関西広域データベースセンター設立のための調査研究 10 地域活性化のための産・学交流支援データベースのプロトタイプ作成 11 中小企業技術情報データベースの構築 12 地域情報を対象にした分散協調型データベースシステムの開発	(株)けいはんな 関西データベース協議会 東北インテリジェント・コスモス 学術機構 (株)オーネット (株)エマーズ
海 外	13 電子デバイス情報の海外提供サービスに関する調査 14 英日キーワード変換機能をもつデータベース検索システムの開発 15 CD-ROMによる5カ国対訳特許用語辞典及び関連諸制度一覧の構築	電子デバイス情報サービス(株) カテナ(株) 丸善(株)
技 術	16 人体形状画像データ合成のための技術開発 17 OCRを利用したキーワード自動抽出に関する調査研究 18 既存画像データのフォーマット変換システムのプロトタイプ作成 19 安全研究における多量シソーラス・システム構築のための基本安全用語データベースの開発 20 データベース検索サポートシステムのプロトタイプ作成 21 グループワーク支援のための分散型トランザクション管理方式の調査研究	(社)人間生活工学研究センター (株)エレクトロニック・ライブラリー (株)ジー・サーチ (株)紀伊國屋書店 セントラル開発(株)情報図書館 RUKIT (株)新世代システムセンター

目 次

第1章 総論

1. 1 緒言	1
1. 2 本報告書の構成	2
1. 3 本技術開発の目的	
1. 3. 1 人体計測データベースの構築	3
1. 3. 2 画像データの合成	3

第2章 技術開発概要

2. 1 3次元画像データ位置合わせ技術開発概要	7
2. 2 3次元人体モデル生成技術開発概要	9

第3章 開発内容

3. 1 3次元データ位置合わせ	
3. 1. 1 前処理	12
3. 1. 2 位置合わせ処理設計方針	16
3. 1. 3 2次元エッジ画像データを用いた フィッティングのアルゴリズム	19
3. 1. 4 各手法詳細	24
3. 1. 5 3次元座標値を用いたフィッティング	30
3. 1. 6 位置合わせの評価	34
3. 2 3次元人体モデル生成	
3. 2. 1 3次元人体モデルデータ構造	37
3. 2. 2 3次元人体モデルデータ 生成プログラム設計方針	40
3. 2. 3 断面抽出アルゴリズム詳細	42
3. 2. 4 断面補間アルゴリズム詳細	44
3. 2. 5 平滑化アルゴリズム詳細	46
3. 2. 6 三角パッチデータ生成	47
3. 3 システムの性能	49

第4章 今後の課題（まとめ）

4. 1 今後の課題	52
4. 2 まとめ	54

第 1 章 総 論

1. 1 緒 言

本来、製品そのものは使う側の要求から生まれるものである。しかし、経済の高度成長に伴い、生産体制の合理化や効率化を最優先に考えた技術開発が進み生産者が主体となった製品開発が行われ続けてきた。生活者の視点の不十分なままで生産が進められ、使用する側は製品をあてがわれてきたのである。

しかし現在、生産技術の向上もある程度の収束を見せはじめ、製品開発における新たな局面が求められ始めていると同時に、経済をはじめとする情勢の変化により使用する側においても製品設計の本来の姿を見つめ直すゆとりが生じ、過去の受け身の状況ではなく使う側の要求に応じた製品を求め始めた。このような状況の中、今後の新たな方向性として使う側の要求を満足させる製品開発があらゆる分野において考えられる。

現在の使用者の要求するものは、人間の身体や生理的な要求に即した使いやすさや疲れにくさ、そして安全性という「質」、さらには使う人間の嗜好や価値観に添った満足感という「ゆとり」や「豊かさ」である。これらは製品本来のあるべき姿であり、人間の特性に基づいた「質」「ゆとり」や「豊かさ」を製品設計に取り入れることで生産者側が「人間性豊かな製品づくり」という原点に戻ることとなる。「質の高い」「人間性豊かな」製品づくりとは言い換えれば「人にやさしい」製品づくりである。

「質の高い」「人間性豊かな」製品設計を行うためには、形態、運動、生理、感覚、認知、情緒、言語等の人間の基本的な特性を十分に研究した上での多くのデータが必要となる。各産業分野においてこのような人間特性データを求める声が多く聞かれてはいるが、現時点でのこれらのデータの蓄積は極めて少なく、またあらゆる分野に広く応用される様な形のものではない。

当センターは前述のような人間の特性についてのあらゆるデータをデータベース化し、様々な分野に広く提供することを大きな目標としている。その第 1

段階として、まず形態特性に関するデータベースの作成を現在行っている。

形態特性に関する状況としては、国際的には人間に関する諸特性の規格化を目的として人体計測項目名や測定方法を定義したISO (TC 159) やCENがある¹⁾。データについては、国内では日本人間工学会の委員会における人間に関する諸データ、或いは一部の産業分野（アパレル、繊維製品産業、自動車等）ではJISを設定する為の座位姿勢、立位姿勢における人体寸法等がそれぞれの分野の視点において整備されてはいる²⁾が、いずれもデータそのものが体格の変化により現代の人の特性を的確に表現しておらず、また広い範囲での汎用性にかけるものである。そのため各産業分野より新たなデータベース構築が希望されている。

当センターで収集・蓄積・データベース化された形態データは、家電、建築・住宅、自動車、化学、アパレル、特殊器具等さまざまな企業において安全で快適な使う側に立った製品を生み出す基として利用され、人々の生活にゆとりと豊かさを育むであろう。

1. 2 本報告書の構成

本報告書は全4章からなり、「第1章 総論」に続く第2章以下は今回の人体形状画像データ合成システムの開発について報告するものである。

第1章では人体計測データベースの構築及び今回のシステムの技術開発における目的について記述する。

第2章「技術開発概要」では、6つのブロックに分割して計測、保存されている画像データに対し、半自動で位置合わせをし3次元人体モデルデータを生成する今回開発したシステムのそれぞれの過程について考慮している点や手法、手順などの概要を述べている。

第3章「開発内容」では、第2章で概要を述べた“3次元データ位置合わせ”と“3次元人体モデル生成”の2過程について詳細に述べている。“3次元データ位置合わせ”では、データ収集時の様々な要因による複雑な位置ずれを自動計算で補正し、位置合わせを行う。さらに自動で評価計算を行い、基準に

満たないデータについて再処理を行うよう考慮されている。“3次元人体モデル生成”では断面抽出したうえで不可視領域の補間、平滑化を行い、最終的に三角パッチデータによる3次元人体モデルを生成している。

第4章において本技術開発における今後の課題、将来の展望について報告する。

1. 3 本技術開発の目的

1. 3. 1 人体計測データベースの構築

当センターでは、2年の歳月をかけ全国10地区において、小学生以上の全ての年齢層の男女を対象に人体形状に関するデータを収集している。データは収集方法により、手計測、スライディング・スケール計測によって得られる数値で収集されるデータと3次元形状計測機のレーザー光計測によって得られる画像で表現される形のデータ（画像データ）の2種類が存在する。このデータを用いて、まずデータとして取扱いがしやすく、一般的に利用され易い過去にある程度計測例の存在するサイズデータ（バスト、ウエスト等の数字データ）のみをデータベース化し採寸・統計データベースを作成した³⁾。

しかし、これは形態特性データベースを作成する第1段階としての“人体計測データベース”事業の第1ステップである。

当センターが保有する人体形状に関するデータは、そのほとんどが人体形状を正確に記述した画像データである。“人体計測データベース”事業の第2ステップとして、このような画像データの有効利用のために画像データをデータベース化し、様々な局面においてユーザーのニーズを満たす画像データベースの構築を目標としている。

1. 3. 2 画像データの合成

当センターが保有する画像データは人体形状そのものを精密に表すものであ

り、人体の特徴部位間距離データであるサイズデータを取り出すことはその利用法のほんの一部でしかない。次の段階での画像データの有効利用としては、コンピュータグラフィック（CG）への取り込みが考えられる。ここ数年のCGの進歩はめざましく、CGを用いたプレゼンテーション、CAD、CAMによる製品設計が多くの場面で見られるようになってきている。画像データはこのCGに容易に取り込むことができる。CGの技術を用い製品と人体モデルを同時にビジュアル情報としてとらえ、人体モデルを動かしながら人体にフィットする最適な製品設計を行うことが可能である。

収集段階での3次元画像データは上半身正面、上半身後面、下半身正面、下半身後面、上半身左側面、下半身左側面の6つのブロックに分割されている。すなわち、この6つを合成することで初めて人体全体の形状を表現することができ、人体モデルとしてCGにおける製品設計等への有効利用や、周囲長、表面長計算だけでなく直接計測では難しい任意方向の断面形状抽出や部位体積、表面積計算を行うことが可能となるのである。（図1-1参照）

そのために画像データの合成による単一データでの全身形状の表現が必要となる。今回、当センターでは、画像データのデータベースを構築する前段階として人体全体を表現する6つのデータを合成し、1つの完成された3次元人体モデルを生成するプログラムを作成した。

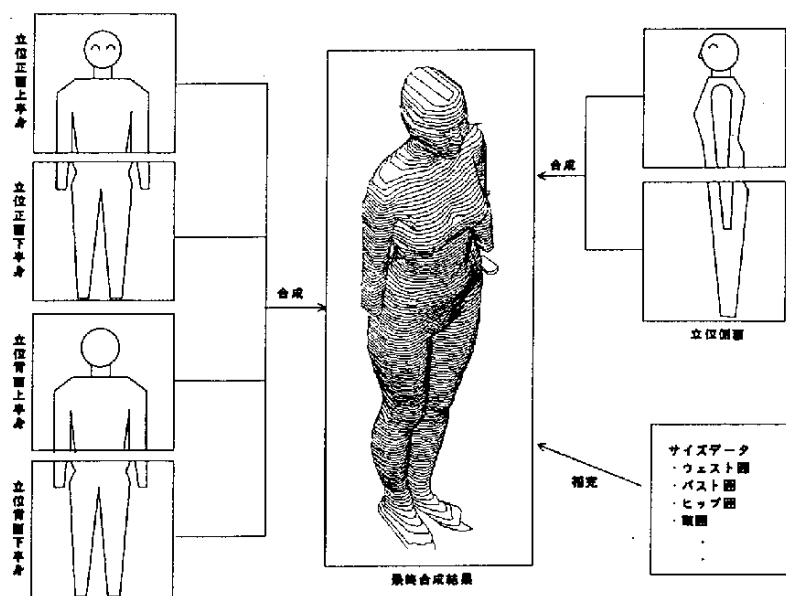


図1-1 画像の合成

第 2 章 技術開発概要

本技術開発では、3次元形状計測機によって6つのブロックに分割して計測、保存されている画像データに対し、半自動計算で位置合わせ、モデリング（現実の3次元形状をコンピューター内部の表現に置き換えること）を行い、1つの完成された3次元人体モデルデータを生成するシステムを設計、開発した。

レーザースリットスキャン方式の非接触3次元形状計測装置では、スリット状のレーザ光を被計測物に照射し、この映像をCCDカメラで入力する。入力画像に対し、三角測量の原理を適用することにより、被計測物表面のカメラ視線軸方向の座標を検出する。

これらの座標値データから白黒256階調で表現されたビジュアルデータである輝度画像データと、形状を表すX、Y、Zの3次元座標データである高さ画像データの2種類が得られる。

レーザ光形状計測システムは、カメラの視野内にある1方向の面しか計測できない。そのため、人体全身の形状データを取得するためには複数方向からの計測が必要となる。本システムに入力される形状データでは、人体を回転ステージに載せて180°回転し前面と後面を、さらに人の移動によって側面を計測することで、全身のデータをカバーしている。そのため、1人の計測データは、それ自体では何枚かの座標系がばらばらな高さ画像の集まりである。高さ画像を横断して計算を行わなければならない断面周囲長等は、既存のデータ構造では処理できない。そこで、まず各高さ画像の座標系を統一し、次に複数の画像を1つのデータとしてまとめる必要がある。

以上のことを行うため、以下の点に留意して本システムの設計を行った。

1)位置合わせは作業効率の観点から、可能な限り自動計算により行う。

2)位置合わせの精度、確度を向上させるため、自動計算された結果に対し評価を行い、一定のレベルに満たないものは手動によって再処理を行う。

3)位置合わせの一連の手順（アルゴリズム）は安定性、処理時間の観点から、単純かつ高性能な方式を採用する。

4)対象物が人体であり、計測時間が比較的長いことを考慮して、複雑な位置ずれも吸収する処理を行う。

5)3次元人体モデルデータの生成にあたり、今後の広範囲な分野でのデータの使用が可能なデータ構造を設計する。

図2-1に本システムの処理の流れを示す。

まず、必要なデータ（高さ画像、輝度画像、補助データ等）を読み込む。

次に後に述べる3つの手法による位置合わせを行い、各高さ画像の座標系を修正、統一する。このとき、位置ずれを自動計算し、精度に満たない場合は入力データの修正追加を行って再び位置合わせ処理を施す。

さらに位置合わせの終了した高さ画像はデータの欠落している領域の補間を行い最終的に1つの3次元人体モデルデータとして出力される。

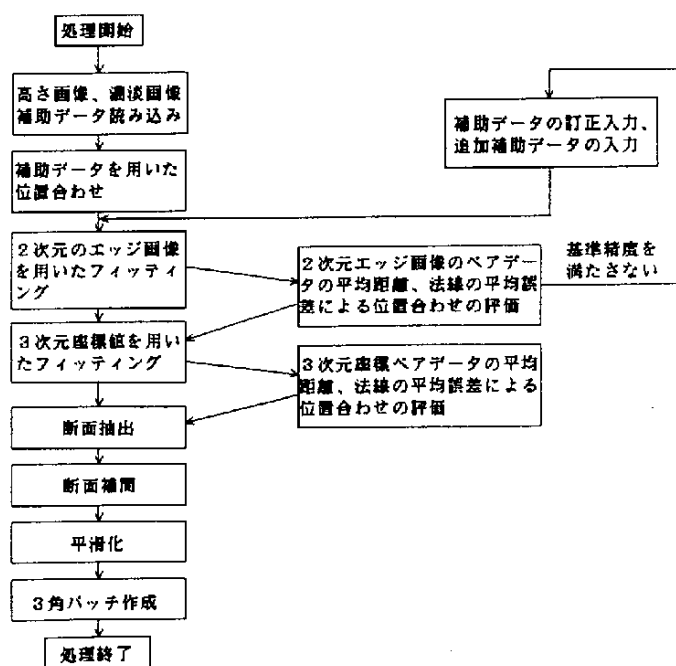


図2-1 合成システム処理フロー

2. 1 3次元画像データ位置合せ技術開発概要

本システムに入力されるデータは次の3種類である。

1) 高さ画像

レーザー光形状計測によって得られた被験者の高さ画像

2) 輝度画像

レーザー光形状計測のときに同時に計測される被験者の輝度画像

3) 補助数値データ

手計測、あるいは高さ画像等より算出された178項目のサイズデータ

1)及び2)は同時に計測されており、計算機処理によって画像内各画素は同じ3次元空間の輝度値、及び高さデータを保持する。

高さ画像、および輝度画像は図2-2のように被験者の方向を変えることにより、前後、左側面からのデータを保持している。また、上下2つのカメラで計測するため、1被験者につき6方向からの画像データが生成される。前後の180°方向転換は回転ステージによって正確に行われるが、左側面の計測では被験者本人が足元のマークに合わせて方向転換する。

3方向から被験者を計測した高さ画像は統一された座標系を持っていないため、このまま3次元人体モデルを生成することはできない。また、回転ステージの回転角情報を使って座標変換を行っても、計測が数十秒に渡って行われるため、被験者の各部位の相対的な位置ずれは避けられない。特に側面データに関しては客観的な位置合わせの基準情報が存在しない。

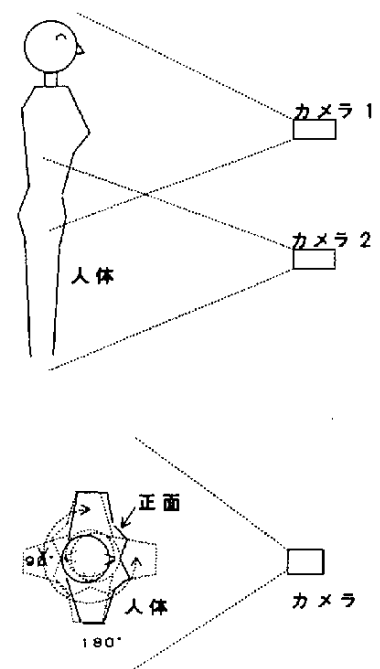


図2-2

そこで以下の手法を用い、これらの複雑な位置ずれを補正するプログラムの設計と作成を行った。

1) 補助データを用いた位置合わせ

計測時のシステムの位置決め等の情報を用いて、複数のデータの座標系の統一を行う。

2) 2次元のエッジ画像を用いたフィッティング

独立な座標系を持つ2つの形状で、重複する形状を含んでいるとき、これら重複形状が重なり合うように座標変換等を行うことを形状のフィッティングと呼ぶ。

高さ画像から人体の輪郭画像（エッジ画像と呼ぶ）を生成し、合わせたい2つのエッジ画像の各点の距離が最小になるようにフィッティングを行う。

距離の計算を行う2つのエッジ画像上の点（ペアデータと呼ぶ）は修正前の距離、及び法線の差が最も小さな2つのポイントを使っている。

3) 3次元座標値を用いたフィッティング

2)では解消できない3次元的なずれを解消するために、3次元空間上の各ペアデータの距離が最小になるようにフィッティングを行う。距離の計算を行うペアデータは修正前の距離、および、法線の差が最も小さな2つのポイントを使っている。

以上が本開発でとった手法の主なものであるが、実際にはもっと細かな工夫もとられており、これらに関しては次章で詳しく述べる。

また、位置合わせ処理の確度を向上するため、以下のものを基準として位置合わせ精度の評価計算を自動で行っている。

1) 修正後前後面エッジ画像のペアデータの平均距離

2) 修正後前後面エッジ画像のペアデータの法線の平均誤差

3)修正後前後面 3 次元データと側面 3 次元データのペアデータ平均距離

4)修正後前後面 3 次元データと側面 3 次元データのペアデータ法線の平均誤差

これにより精度の低いデータに対しては、補助データの訂正入力、及び追加補助データの入力を行い、精度の向上を図っている。

2. 2 3 次元人体モデル生成技術開発概要

単に位置合わせが行われただけの高さ画像では、今後作成されると予想される解析、表示のプログラムでの処理が以下の点において困難である。

1) 6 方向の高さ画像では重複する領域、あるいはどこにも検出されていない不可視領域が存在する。また、座標データが統一的な配列でない。そのため、断面面積、表面長等のマスプロパティの計算、コンピューターグラフィックス表示時に複雑な処理が必要となる。

2) 高さ画像のファイルは、カメラの画像データをすべて含んだラスタ形式（画像を矩形の点の集まりとしたデータ構造）になっているため、人体データが存在しない無効領域もデータに含まれており、メモリの使用効率が悪い。

3) 1 人のデータが複数のファイルに渡るため、データ管理が複雑になる。

以上のような問題を解決するためには、6 方向の画像データを併合処理して余分なデータを削除し、不可視領域を補間したデータを生成する必要がある。これを 3 次元人体モデルと呼ぶ。

この本システムの出力となる 3 次元人体モデルデータは以下のことを考慮し、断面間に張られた 3 角パッチをベースにしたデータ構造をとることにした（図

2 - 3 参照)。

1)開発後のデータの使用範囲の広さを考え、様々なデータ構造に変換し易いフォーマットとする。

2)元の高さ画像の精度を低下させない。

3)輝度画像と高さ画像の対応関係が失われないようにする。

4)面の裏表情報が失われないようにする。

5)今後の部位の変形処理や、アニメーション化などを考慮し、胴、手、脚など各部位のデータを分割処理（セグメント化）する。

6)レーザー光形状計測システムでの不可視領域は、データの補間を行い穴埋めをする。ただし、補間領域はそれ以外の領域との識別を行うため、データの状況を示す変数（フラグ）を用意して計測データとの区別ができるようにする。

3角パッチとは3角ポリゴンともよばれ、3点でひとかたまりの微小平面領域を形成する一般的な自由曲面を表現するデータ構造である。

それぞれの3角パッチには輝度画像データのアドレスが付加されており、このデータ領域を利用して補間領域の識別フラグも立てられている。

ファイルフォーマットの詳細については次章で詳しく述べる。

実際の3次元人体モデル生成処理は次の4つの段階に分けられる。

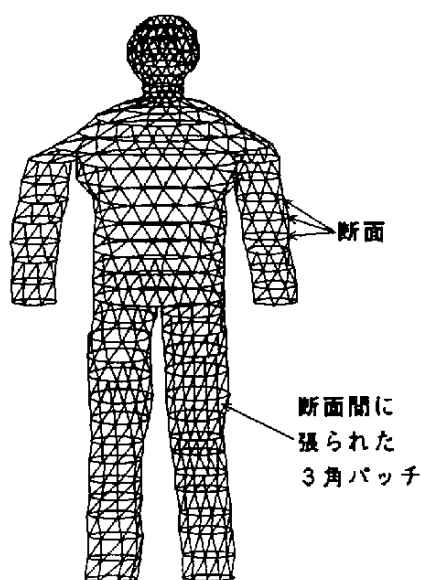


図 2 - 3

1) 断面抽出

位置合わせが行われた高さ画像から、水平断面を抽出する。一般に用いられているアルゴリズムでは安定性、性能の面で不安があるため、本システムで入力されるデータの特性を活かしたアルゴリズムを採用している。また、補間による誤差を極力おさえるため、高さデータがそのまま反映されるように工夫した。

2) 断面補間

抽出した断面に対し不可視領域の補間を行う。補間は3次曲線を用いて行われ、平滑化により断面間のデータの滑らかさを得ている。

3) 平滑化

移動平均（注目するデータ点近傍の平均を用いて平滑化を行う）による平滑化を行う。ただし、元データの精度を落とさないよう補間領域と、前後側面データの繋ぎ目を中心に処理を行っている。

4) 3角パッチデータ生成

3)までに得られた、人体の断面モデルに対し、断面間に3角パッチを張ることにより3角パッチデータを生成している。

以上の手順により3次元人体モデルデータを生成する。

第 3 章 開発内容

3. 1 3次元画像データ位置合わせ

3. 1. 1 前処理

3次元画像データの位置合わせは主に、フィッティングプログラムによって行われる。しかし、これらのプログラムは合わせようとする2つのデータが初期状態でかなり近い位置にないと、正しい処理ができない。

本計測では以下に示すように、位置合わせのための高さ画像の座標原点校正作業（キャリブレーション）が行われ、その情報が提供されている。ここではこれらの情報をもとに、フィッティングプログラムが正常に処理できるように必要な位置合わせと余分なデータの削除を前処理として行った。

図3-1に高さ画像、および、輝度画像のデータフォーマットを示す。

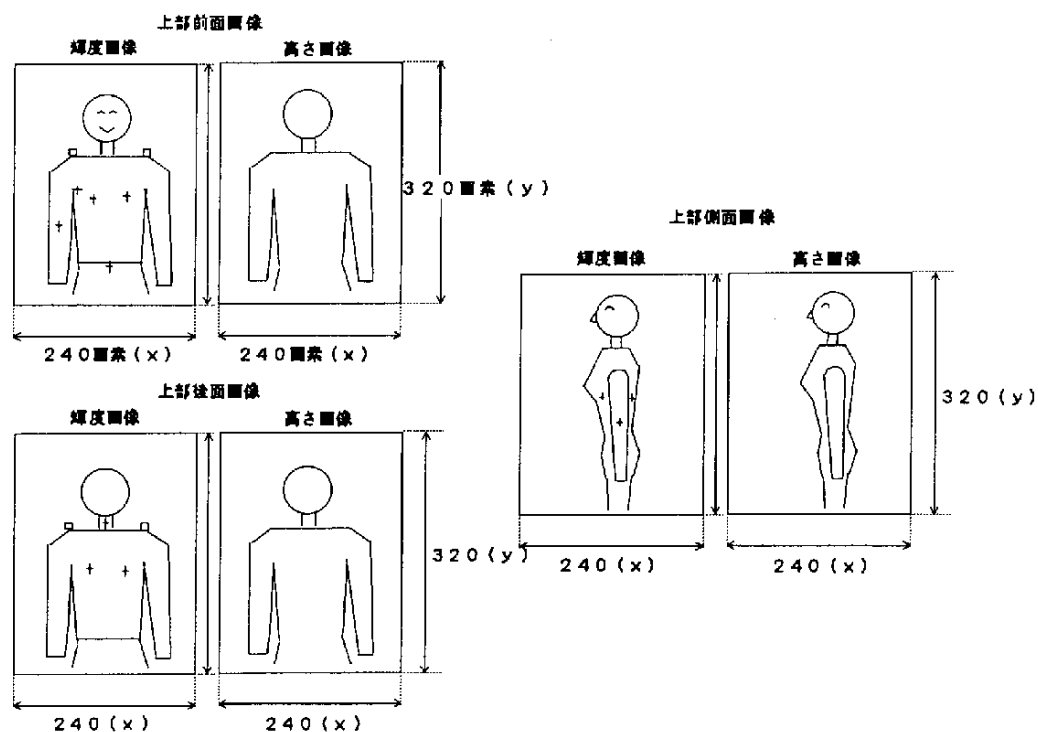


図 3 - 1 データフォーマット

高さ画像では各画素に高さ情報（Z）が格納され、X Y座標は格納されている画面上の座標 x, y から算出される。高さ画像の座標系、および X Y Z 座標の算出式を式 3 - 1 に示す。

（注意：レーザー光形状計測システムによって得られる高さ画像の座標系と、本システムで出力される 3 次元人体モデルの座標系は異なっている）

また、図 3 - 2 に高さ画像と実際の計測領域 3 次元空間座標の関係を示す。

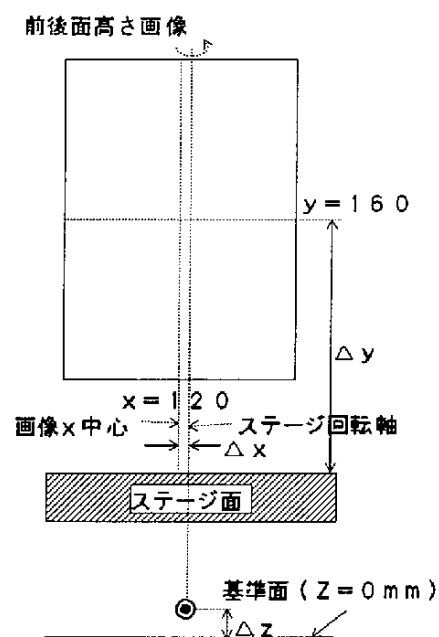


図 3 - 2

$$X = (x - 120) \times X_{bai} - \Delta x$$

$$Y = - (y - 160) \times Y_{bai} - \Delta y$$

$$Z = z \times Z_{bai} - \Delta z$$

（式 3 - 1）

ただし、X、Y、Z は実寸値による絶対座標

x, y は画像左上端を原点とする画像座標

$X_{bai}, Y_{bai}, Z_{bai}$ は画像 1 画素辺りの実寸値

$\Delta x, \Delta y, \Delta z$ はステージ上面回転中心と画像中心、基準面のずれを示す

それぞれ、 $X_{bai}, Y_{bai}, \Delta x, \Delta y, \Delta z$ は毎計測日の始めのキャリブレーションにより計算され、画像データとともにファイルとして保存されている。これらのデータを用いて計算することにより、上下方向の 2 データは前処理としての位置合わせを行うことができる。

回転ステージによる回転、および、被験者本人による方向転換は図 3 - 3 のように 3 方向から計測を行ったことと等価と考えられる。

回転ステージの中心軸、および、頭部支持機構（回転を行うときに人体がぶれないように回転ステージと同じ回転中心を持つ後頭部の枕状の支持器）の回

転軸と計測器が持つY軸はキャリブレーションによって一致している。したがって、Y軸を中心に後面のデータは 180° 、側面データは半時計回りに約 90° の回転座標変換を行う。

ただし、側面データの回転軸は計測器のY軸と合っていないため、側面データは以上の回転座標変換を行っても方向が合っていないだけで、依然として位置はかなりずれており、フィッティングプログラムの適用はできない。

一方この前処理段階で、回転座標変換と同時に被験者身体以外の余分なデータの削除を行っている。

以下にその主な処理を述べる。

(1) ノイズデータの除去

レーザー光形状計測システムによる画像のノイズデータは実際の計測奥行き(Z)領域から大きくはみ出した3次元座標値として算出される傾向がある。そこで、経験的にZ方向に $\pm 500\text{ mm}$ の領域を設定し、ここからはみ出すデータをノイズとして除去している。(図3-4参照)

また、ノイズデータの多くは3次元空間上で不連続な微小面積の面しか作らない。高さ画像に対し、一種の3次元空間的なローパスフィルター(3次元形状の空間周波数が高い領域を削除する)を適用させることにより、これらのノイズデータを除去している。

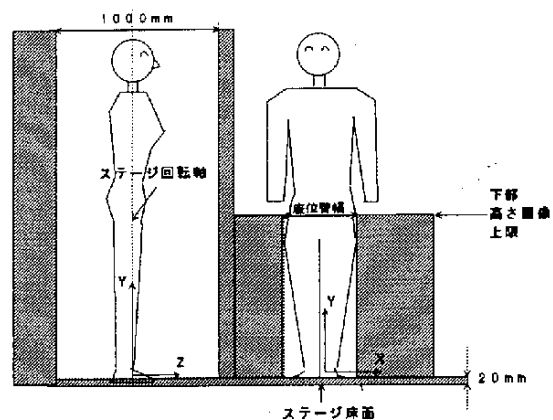


図3-4

(2) 床面、腕支持棒データの除去

レーザー光形状計測システムで計測を行う際、床面、支持棒(被験者の腕部を固定するために設けられたボール。被験者はこの先端球を握り、腕を固

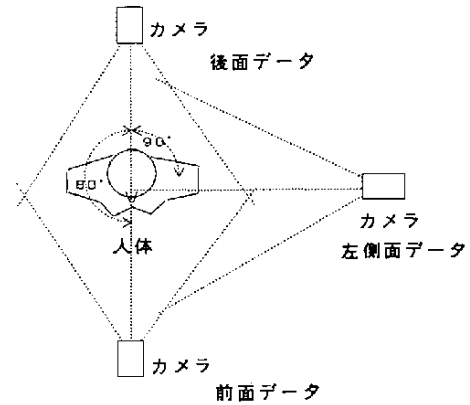


図3-3

定する)などをノイズと判定できないため、身体以外のデータが検出されている。これらのデータはマスプロパティ計算を行う際、誤った計算結果を導く恐れがあるため、次のように補助データを用いて削除した。

a) 床面

床面がXZ平面に一致するようにキャリブレーションされていることを考慮し、Y座標が0mmの床面から下のデータを削除した。

b) 支持棒

下部データにおいて、腕部データは上部データ腕部と重複するところが多いため、削除している。さらに手計測データ座位臀幅を補助データとし、Y軸方向に±座位臀幅より外のデータを支持棒と判定して削除した。(図3-4参照)

(3) 収縮、膨張

レーザー光形状計測システムのデータの特徴として、カメラ視線軸に対して、浅い角度を持つ面のデータは誤差が大きく、面として検出される確度も不安定となる。結果として、検出された面の端面領域の形状は鋸歯状になる場合が多い。本システムでは、これらのデータを削除するため、2次元画像処理でよく行われる収縮、膨張処理を行った。高さ画像で有効データを持つ画素と、無効データを持つ画素の境目を検出、収縮の場合は境界に隣り合った1つの有効画素を削除する。収縮を行うことにより、細く突出した鋸歯部分が削除される。

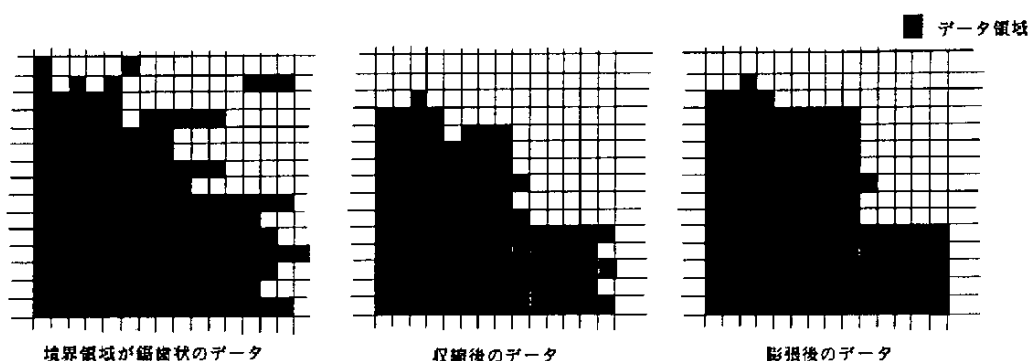


図3-5 画像の収縮膨張の過程

収縮を数度行い、今度は検出した境目に隣り合った無効データとして削除されたデータを再び有効データとして復帰させ膨張を行う。膨張を行っても、鋸歯の部分は復帰せず性質のよいデータだけが生き残るようになる。(図3-5)

以上の3つの手法を用いて、被験者身体のみと比較的精度のよいデータを抽出している。

3. 1. 2 位置合わせ処理設計方針

3. 1. 1ではキャリブレーション情報を用いて、高さ画像から3次元座標値を算出し、回転角情報から前後面の前処理としての位置合わせを行った。しかし、側面データにおいてはまだかなりずれがあり、前後面のデータも実際には部位によって数センチもずれているものがある。本システムではこれらのずれを同一の処理で修正せず、以下のように各方向のデータによって最も適した修正を行っている。

(1) 上部前後面データの位置ずれ修正の方針

前後面データのずれはキャリブレーションの誤差によるものも考えられるが、主な原因は計測時間中に被験者が動いてしまったことにあると考えられる。

ここでののは、人体の場合、剛体のように全体が同一のずれを生じるのではなく、胴、腕、脚などがそれぞれ関節を境にして各個人ばらばらな方向のずれを起こしていることである。

とくに上部の3面のデータでは、腕部のデータが大きくずれている。腕部は前、後面データでの誤差を少なくするため、計測時に支持棒を用意して被験者に握らせ腕先端での誤差を軽減する工夫

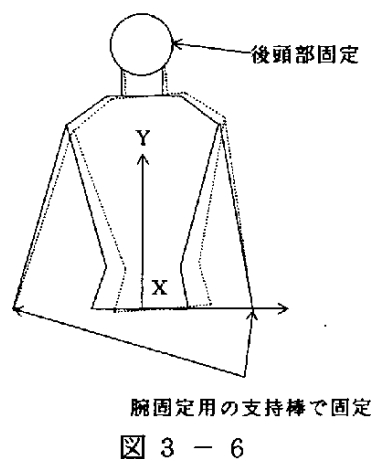


図3-6

を行っている。しかし、実際には肘関節、肩関節の自由度があるため、図3-6のようなずれを起こしている。

また、後頭部支持機構を設け、人体のさい差誤差を軽減する工夫もなされているが、実際には腰関節、頸関節に自由度があるため、これに関しても同様のずれを生じている。

これらのことから、最も厳密な方法は各関節間ごとに位置合わせを行うことであるが、関節部の検出、処理時間などの問題から現実には難しい。また、上に挙げたもの以外では大きなずれは見られなかった事などから、上部前後面に関して次のような方針をもとにプログラムを作成している。

- 1) 胴体と腕部の相対位置は前後面でかなりのずれがあるため、このふたつの領域を分割してそれぞれに位置合わせを行う。
- 2) 頭部後面はほとんど有効データを持たないため、頸関節の影響は考慮しない。
- 3) 肘関節での動きは小さいため考慮しない。
- 4) 1)～3)の修正はX Y平面でのみ行う。
- 5) 厳密には相対位置の変更は筋肉形状の変形を伴うが微小であるためここでは考慮しない。

(2) 上部側面データの位置ずれ修正の方針

側面データでは厳密な方向転換が行われていないため、全体的なずれが大きい。また、上で述べた胴体と腕部の相対的な位置関係については、側面計測時に支持棒を使用していないため前後面データと大きく食い違っている。これらのことから、側面データは、3次元人体モデルデータを作成するにあたり、なるべく使用を避けることにした。具体的には前後面データと、側面データの重複領域がある場合は、前後面データを優先し併合処理を行っている。

る。これらより上部側面に関して次のような方針をもとにプログラムを作成している。

1) 胴体と腕部の相対位置は前後面とのかなりのずれがあるため、このふたつの領域を分割してそれぞれに位置合わせを行う。

2) 前面データを優先した場合、頭部の側面データの有効データ数は小さいため、頸関節の影響は考慮しない。

3) 支持棒を掴んでいない側面データの肘関節から下の腕部データは前後面データと全く形状が一致しないため、3次元人体モデルデータでは使用しない。よって、肘関節の影響は考慮しない。

4) 厳密には相対位置の変更は筋肉形状の変形を伴うが微小であるため、ここでは考慮しない。

(3) 下部前後面データ位置ずれ修正の方針

下部前後面データでは脚の裏が回転ステージに接しているため、図3-7のようなずれかたをしている。

このずれを修正するために上部データと同様に下部前後面に荷関して以下のような方針でプログラムを作成した。

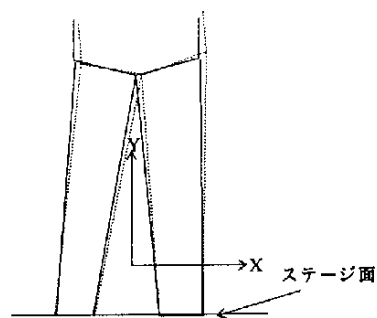


図 3 - 7

1) 胴体領域と両脚を分割し、それぞれに位置合わせを行う。

2) 頭部、両手が固定されており、膝を曲げることは通常考えられないため、膝関節の影響は考慮しない。

3) 厳密には相対位置の変更は筋肉形状の変形を伴うが、微小であるためこ

こでは考慮しない。

(4) 下部側面データ位置ずれ修正の方針

下部側面データは3次元人体モデルデータにおいて使用面積が少ないため、全体を剛体と考え位置合わせを行っている。

また、下部側面データに含まれる腕部側面のデータについては、前後面データとの形状がかなり違うため、3次元人体モデルでは使用しない。

以上の方針をもとに位置合わせ処理プログラムを設計した。

3. 1. 3 2次元エッジ画像データを用いたフィッティングのアルゴリズム

レーザー光形状計測システムで得られた高さ画像から、2次元のエッジ画像を抽出し前後側面それぞれの位置合わせを行う。

図3-8に6方向各データの位置合わせアルゴリズムの概要を示す。
以降の説明については、各方向のデータにそれぞれ以下のような番号を用いる。

- ①：上部前面データ
- ②：上部左側面データ
- ③：上部後面データ
- ④：上部右側面データ（補間データ）
- ⑤：下部前面データ
- ⑥：下部左側面データ
- ⑦：下部後面データ
- ⑧：下部右側面データ（補間データ）

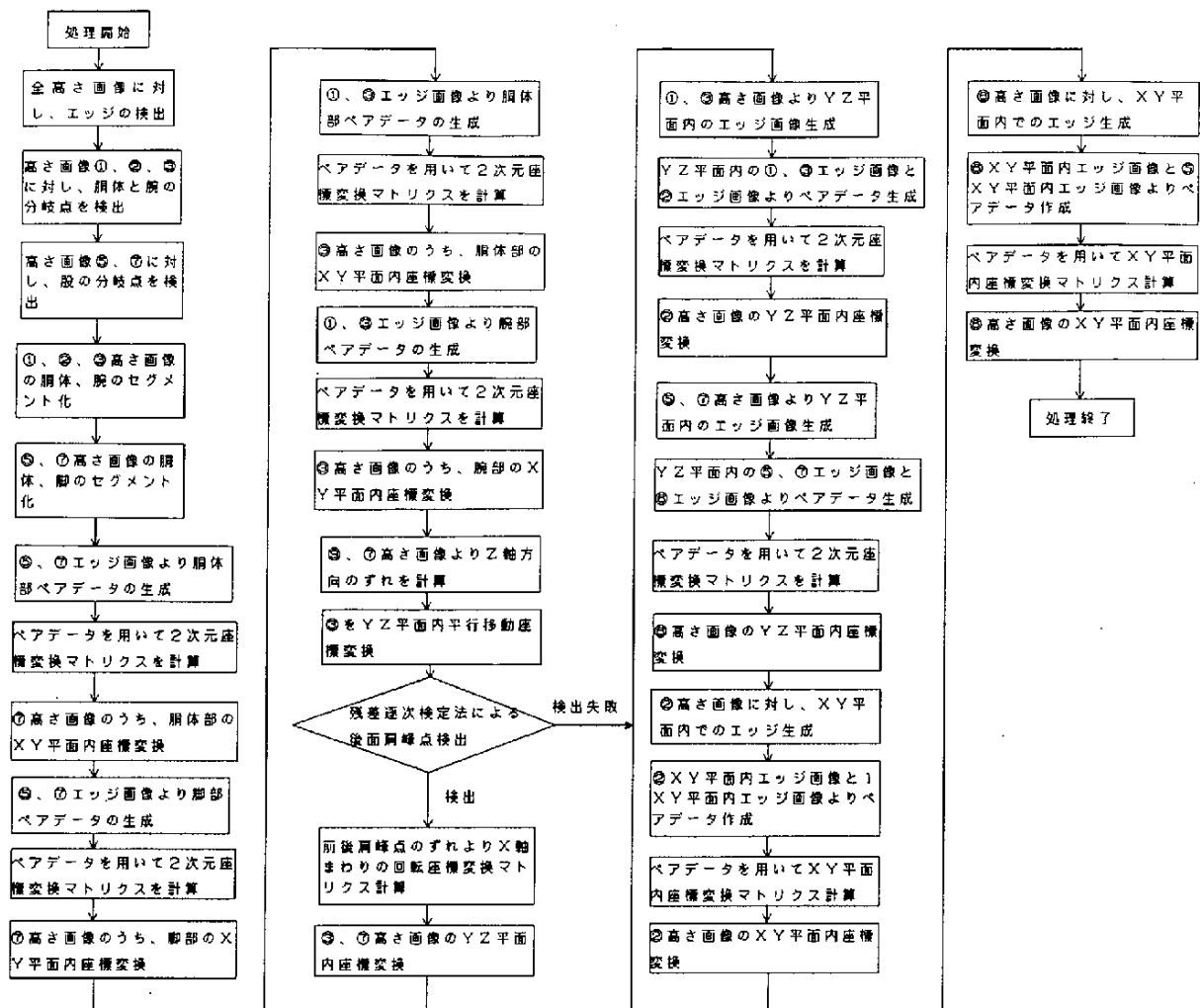


図 3 - 8 位置合わせのアルゴリズム

(1) 参照データの検出

まず、上部前面、左側面、後面のデータに対し、腋窩点（正確には高さ画像で、胴体と腕の分岐する点の座標）を検出する。これは、後に胴体と左右腕部データをセグメント化するために用いる。

同様に、下部前、後面に対し、両脚の分岐点を検出する。

これらの腕、脚の分岐点ポイントを利用し、高さデータを胴体、両腕、両脚の5つの領域にセグメント化する。実際には高さ画像と同じサイズのセグメントフラグ配列を用意し、それぞれを示すフラグを格納している。

次に、各高さデータに対し、エッジ検出を行い、輪郭を抽出する。この際、前処理により、ノイズデータや床面、支持棒などの不要なデータは削除されている。また、上部側面データに対して、胴体エッジ、腕部エッジをそれぞ

れ抽出する。

このような手順で、2次元エッジ画像によるフィッティングを行うための参照データが生成された。

(2) 各画像の位置合わせ手順

実際のフィッティングアルゴリズムの詳細に関しては後に述べるが、ここでは位置修正後、同一ポイントになると思われるペアデータを抽出し、その距離が最小になるような2次元座標変換マトリックスを最小二乗法を用いて導出している。

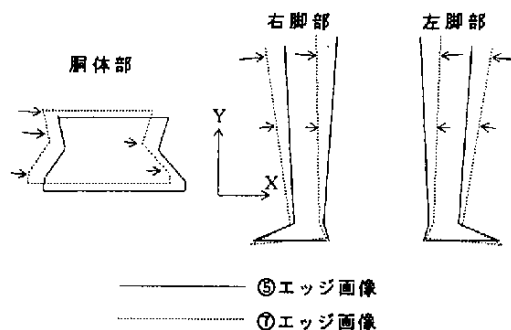


図 3 - 9

a) 前後面データのフィッティング

フィッティングは、前面を基準としている。まず、下部前後面データのエッジ画像から、2次元座標変換マトリックス(XY平面内)を算出、後面データを座標変換する。この際、胴体セグメントフラグの格納されている画素のみを使ってマトリックス計算、座標変換を行い、胴体セグメントのみを位置合わせする。

同様にして、両脚をそれぞれ前後面でフィッティング(XY平面内)させる。(図3-9参照)

また、上部前、後面のエッジ画像からペアデータを生成、2次元座標変換マトリックスを算出、胴体、腕を別々にフィッティングさせる。(図3-10参照)

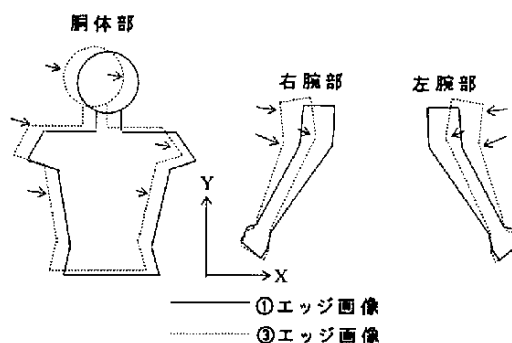


図 3 - 1 0

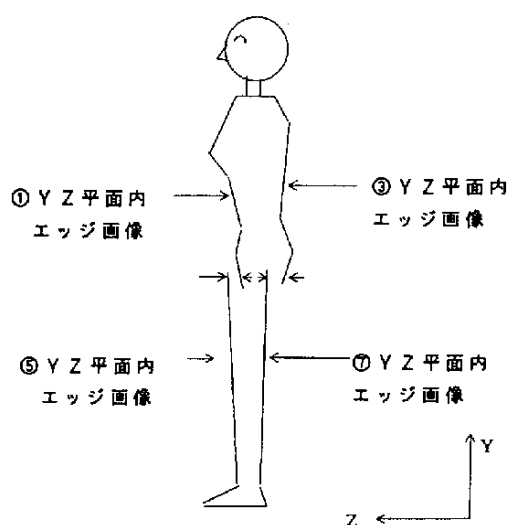


図 3 - 1 1

さらに、前後面データの上下部の重なりを利用し、上下部Z方向のくい違いを計算し、上部データを下部データにフィッティングさせる。(図3-11参照)

b) ステージの回転によるさい差の修正

次に、ステージの回転による人体のさい差誤差(ステージの本来の回転軸と人体の実際の回転軸の違いによる誤差)を補正する。被験者がステップを踏み変えていないと仮定すれば、図3-12に示す様なX軸を回転中心とするぶれがあると思われる。

この修正に肩峰点立体マーカーを補助データとして利用する。

肩峰点を示す立体マーカーはここまでのところXY平面内での座標がほぼ前後面画像で一致している。よって、前面データの肩峰点立体マーカー中心のXY座標を補助データとして入力すれば、後面データ肩峰点立体マーカーのZ座標を得ることができる。このZ座標が前後面で同じになるようにX軸回りの回転座標変換マトリクスを計算、後面上下部データの座標変換を行う。(YZ平面内)

実際には前後面胴体のXY平面でのフィッティングを行っても、正確に同じXY座標に前後面の立体マーカーの中心が一致しているとは限らない。

そこで、輝度画像、前面立体マーカーの中心のまわりに適当な大きさのウ

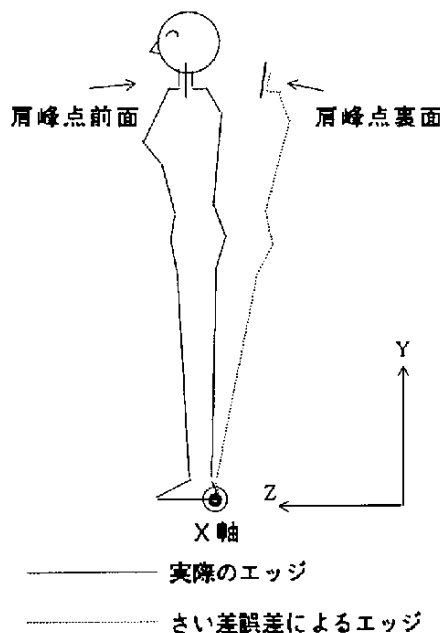
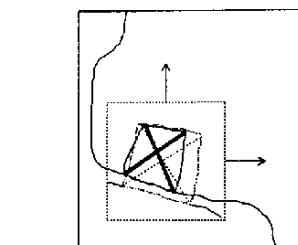
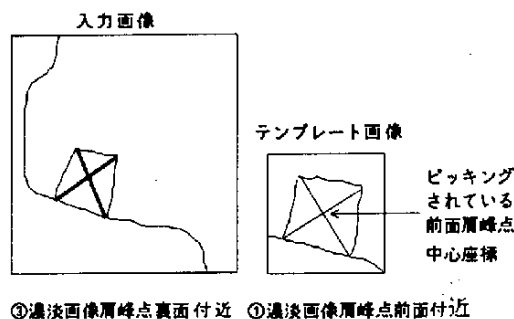


図3-12



残差逐次検定法による肩峰点裏面中心の推定。テンプレート画像を移動させながら、入力画像との残差が最小になる位置を決定する。

図3-13

インドを前後面データの近傍に設定する。マーカーが裏表同一の模様を持つことを利用し、前面のマーカー画像をテンプレートとする。残差逐次検定法を適用してマッチングを行い、後面データ上の立体マーカー中心位置を推定し、そのZ座標を検出している。（図3-13参照）

ただし、この方法は画像によっては不安定であるため、残差がある一定値以下でない場合や、裏表でマーカー中心XY座標があまりにも離れている場合は裏面のZ座標は取得せず、さい差の補正処理も行わない。

c) 側面データのフィッティング

次に前後面データから、胴体、腕部それぞれのYZ平面でのエッジ画像を検出する。上部側面エッジ画像と組み合わせて、胴体、腕それぞれの座標変換マトリクスを計算。胴体、腕それぞれに座標変換する。（YZ平面内、図3-14参照）

さらに前後面胴体および側面胴体データに関し、同じYZ座標を持つ画素どうしでX座標を比較、上部側面データのX軸方向のずれを計算、平行移動により位置合わせを行う。

同様に、側面腕部に関してもX軸方向のずれを計算する。（図3-15参照）

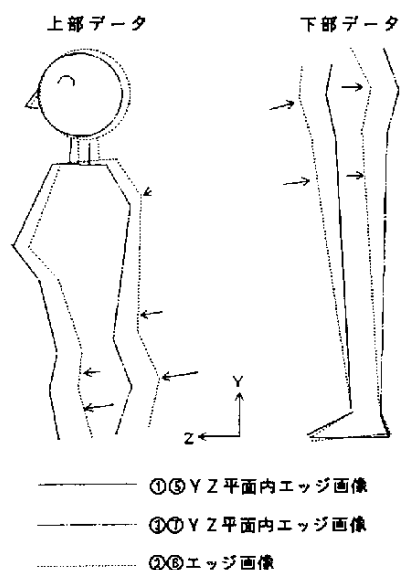


図3-14

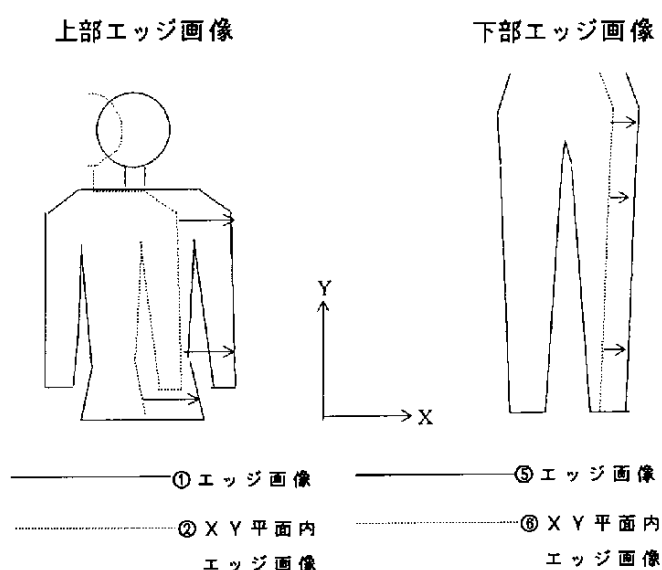


図3-15

3. 1. 4 各手法詳細

次に、各処理で用いられた手法について詳しく解説を行う。

(1) 高さ画像に対する輪郭（エッジ）の検出

通常、2次元輝度画像に対するエッジ検出では、輝度の微分を用いたり、2値画像（連続した輝度に対し適当な分割値を設けて2数値化した画像）からエッジを検出したりする。高さ画像に対しても同様の手法は有効と思われるが、本データの場合、元データで面として検出されなかった画素には無効データフラグ（-3 2 7 6 8）が書き込まれているため、この無効データフラグと有効データの境目を検出すればよい。図3-16にエッジ検出のアルゴリズムを示す。

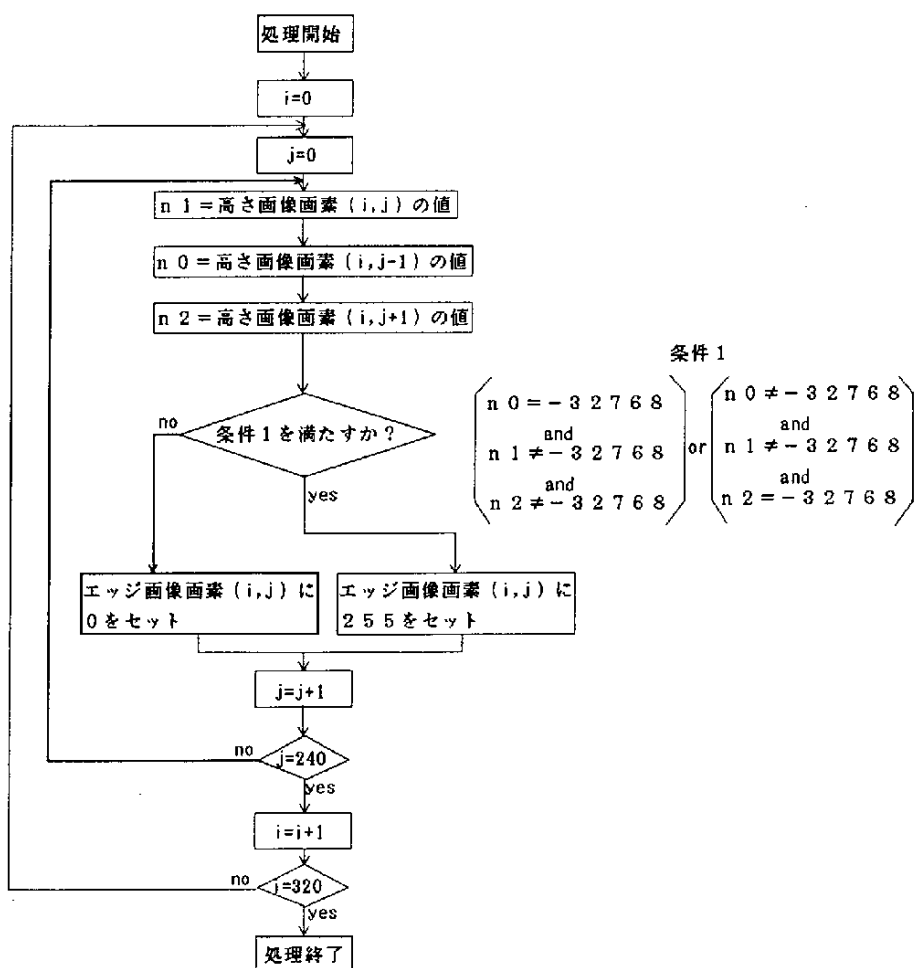


図 3 - 1 6

無効データフラグの境目検出にはX軸方向の判断のみを行っている。これは人体がY軸方向に平行に近いエッジを多く持っており、逆に、X軸に近い方向のエッジを持つ肩や頭頂部などでは、もともと正確なデータが検出できないからである。検出されたエッジはエッジ画像として用意された配列に格納される。

(2) 胴体と腕の分岐点、股の分岐点の検出

胴体、両腕、両足をセグメント化するために、補助データとして用いる胴体と腕、股の分岐点を求める。図3-17に胴体と腕の分岐点を検出するアルゴリズムを示す。

このアルゴリズムでは、予め補助データとして右前腋窩点の座標値を入力している。経験的に右前腋窩点のY座標値の上下100mmに高さ画像の胴体と腕の分岐点が存在すると仮定し、検出処理を行っている。

分岐点の判断はエッジ画像をこの範囲内でX軸方向に上から順に走査したとき、エッジにぶつかる回数が2からそれ以上に増えることで判定している。

同様に、股の分岐点も股下高を補助データとして検出範囲を限定し、X方向に走査したときのエッジにぶつかる回数の変化をみて検出している。

検出された、左右胴体と腕の分岐点、股の分岐点は用意された変数に格納される。

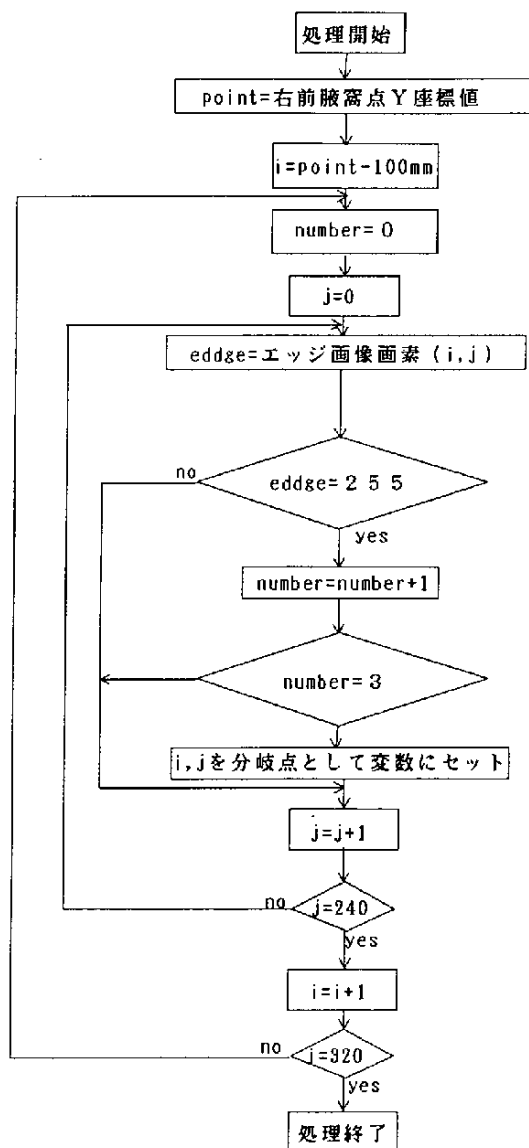


図3-17

(3) 胴体、両腕、両脚のセグメント化

各高さ画像は左右胴体と腕の分岐点
股の分岐点を使って、図3-18の
ようにセグメント化される。

分割線を、XZ平面に平行に取った
理由は、後に断面モデルを作成する
とき、各断面がXZ平面に平行である
ことで、各セグメントの接続処理を容易
にするからである。

図3-19に上部前後面で胴体、両
腕をセグメント化するアルゴリズムを
示す。

ここでは、両腕ともに胴体と腕の分
岐点より内側に腕が入ることがないこ
とを仮定している。これは被験者が前
後面データ計測時、支持棒を握ってい
るためである。

胴体と腕の分岐点を1頂点とする長方形領域を考え、この長方形領域内を
画像の外側から内側にエッジ画像を走査する。胴体より両腕は必ず外側にあ
るから、1度目にぶつかるエッジから2度目にぶつかるエッジまでが腕と判
断できる。残りの領域のうち、高さ画像で無効データフラグがたっていない
部分を胴体と判定する。

同様の処理を下部前後面において、股の分岐点を補助データとして行う。

(4) 2次元エッジ画像のペアデータ抽出

エッジ画像同士でのフィッティングを行う際、位置合わせ後に同一ポイン
トになると推定される2点の座標データ（ペアデータ座標）を抽出する。

人体の場合、3次元形状的に明確な特徴点が存在しないため、ペアデータ
の正確な抽出は難しい。そこで、本プログラムではエッジ画像内での2次元
的な距離と、エッジ線分の傾き（輪郭線の向き）からペアデータを決定して

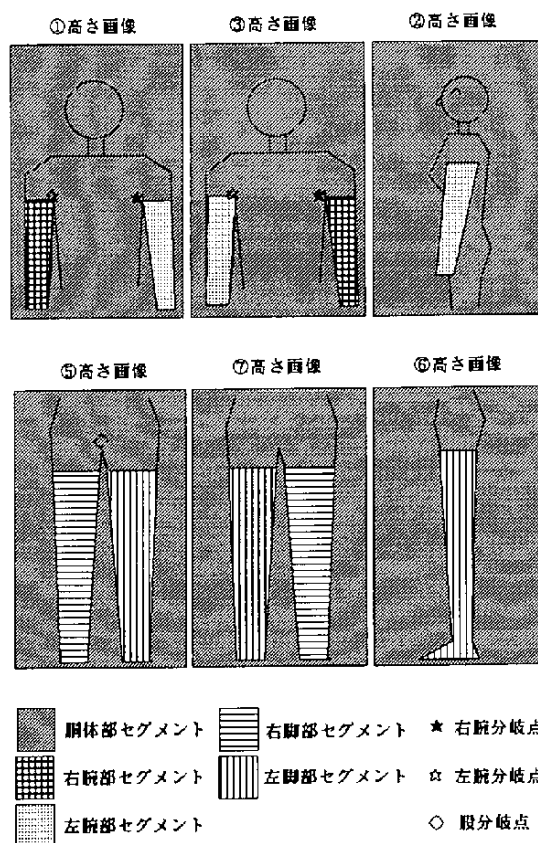


図3-18

いる。

参考として、図 3 - 20 にそのアルゴリズムを示す。

厳密には回転の影響も考慮しなければならないため、エッジ曲線の曲率も評価に入れなければならない。しかし、実際にはエッジ線分の傾きと 2 次元距離を用いた評価と、曲率を考慮した評価で有為な違いはみられず、計算速度の問題から今回は曲率の評価は行っていない。ただし、この結果は前処理の段階で、2 つのデータの位置と姿勢がかなり近いことが前提となっており、今回のデータに限って有効な手法である。

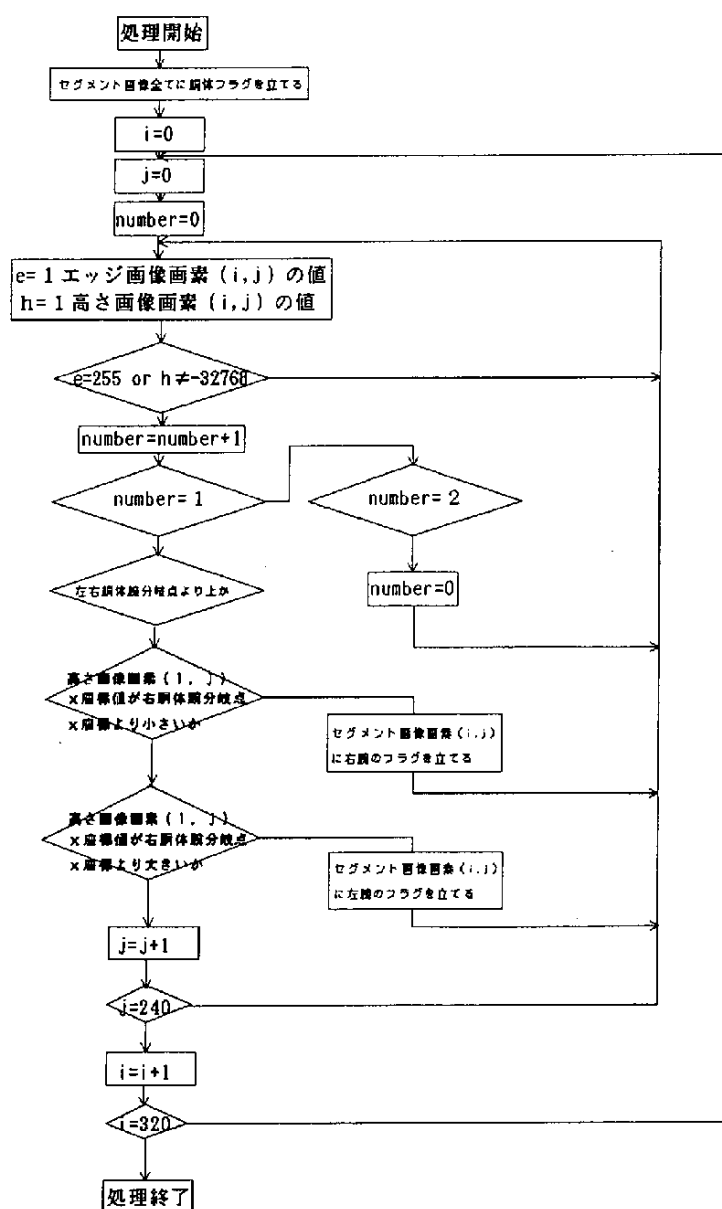


図 3 - 19

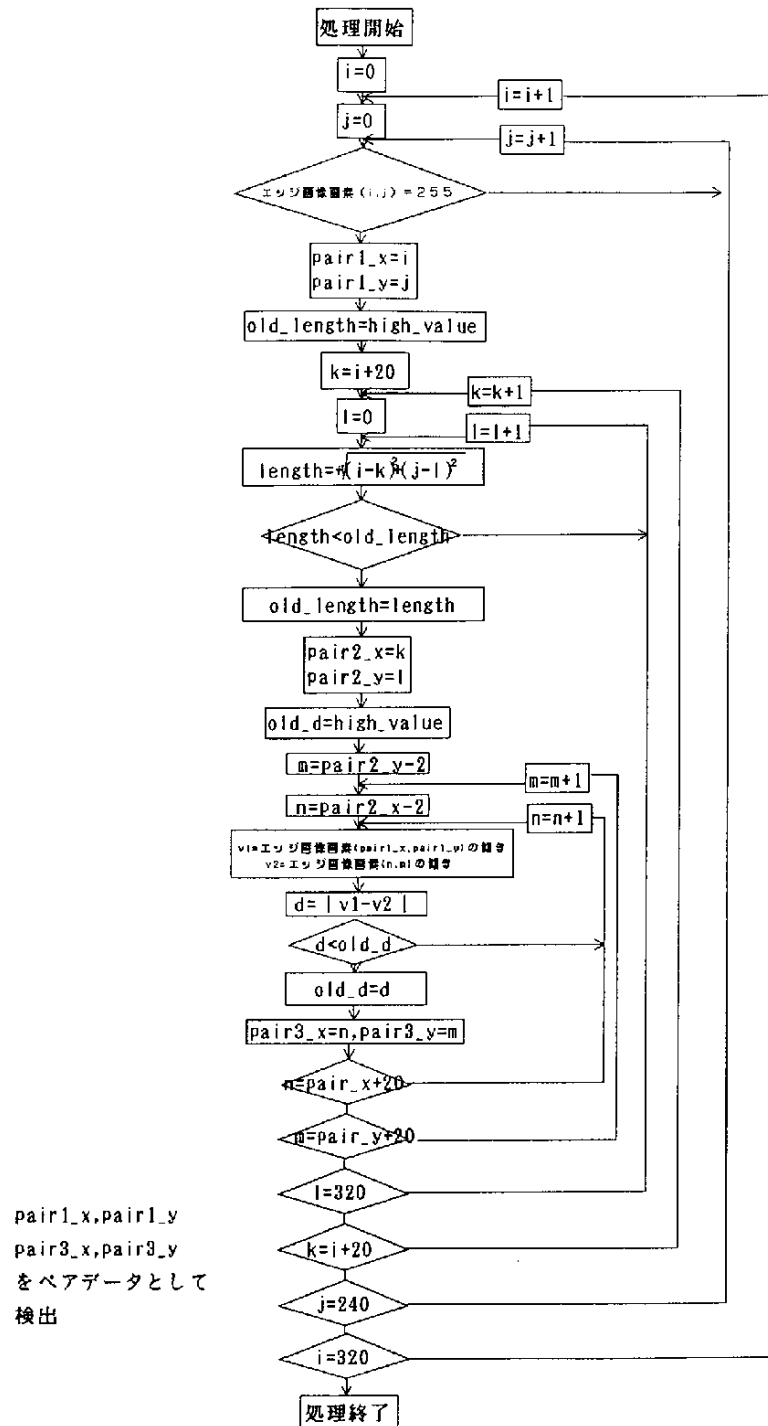


図 3 - 2 0

(5) 座標変換マトリックスの最小二乗法による導出

ペアデータに関し、ペアの一方の座標データを基準とし、もう一方の座標データをある座標変換マトリックスで座標変換したときに、おのこのペアデータの2次元的な距離が最小になるような座標変換マトリックス成分を求める。

座標変換に用いるヘルマート変換（相似変換）は同次座標表現では式 3 - 2 のようなものである。

$$\begin{aligned} u &= a x + b y + c \\ v &= -b x + a y + d \end{aligned}$$

縮尺

$$m = \sqrt{a^2 + b^2}$$

回転角

$$\theta = \tan^{-1}(b/a)$$

（式 3 - 2）

ここで、 u 、 v は変換後の 2 次元座標値、 x 、 y は変換前の 2 次元座標値である。

今、ペアデータが n 個得られたとすると式 3 - 3 が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} u_1 \\ v_1 \\ u_2 \\ v_2 \\ \vdots \\ u_n \\ v_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & 1 & 0 \\ y_1 - x_1 & 0 & 1 \\ x_2 - y_2 & 1 & 0 \\ y_2 - x_2 & 0 & 1 \\ \vdots & & \\ x_n & y_n & 1 & 0 \\ y_n - x_n & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{pmatrix}$$

（式 3 - 3）

この式から、最小二乗法により式 3 - 2 のヘルマート変換パラメータを算出している。

ヘルマート変換を用いたこれらの変換では直交性が保たれたまま、回転、平行移動、拡大縮小が行われる。これらの計算では縮尺に関する制限を設けていないが、前処理で 2 つのデータが十分近い距離、姿勢にある場合はほとんど影響を受けない。

3. 1. 5 3次元座標値を用いたフィッティング

前述の 2 次元画像エッジ画像を用いたフィッティングではそれぞれ、X Y、Y Z 平面内での位置合わせを行った。この操作でもある程度の貼り合わせ精度は保たれるが、3 次元的な複雑なずれは補正できない。そこで、ペアデータを使ったフィッティングの手法を 3 次元座標値に拡張し、これら 3 次元的な位置ずれの補正を行った。ただし、この手法は 3 次元的な重複領域を持たなければ適用できないため、前後面データと側面データとのフィッティングのみに使用した。図 3 - 2 1 に 3 次元座標値を用いたフィッティングの処理手順を示す。

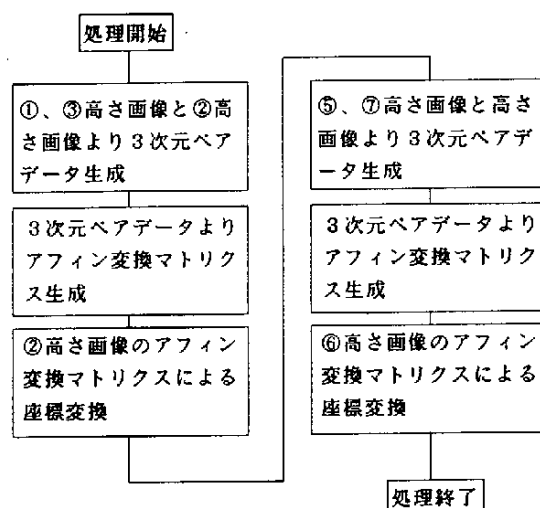


図 3 - 2 1

(1) ペアデータ生成

2 次元データのとおり同様、前後面データと側面データがかなり接近していることが前提であるため、ペアデータの生成には 3 次元的な距離と面の法線成分の違いのみを基準としている。

参考として、図 3 - 2 2 に 3 次元ペアデータの生成アルゴリズムを示す。

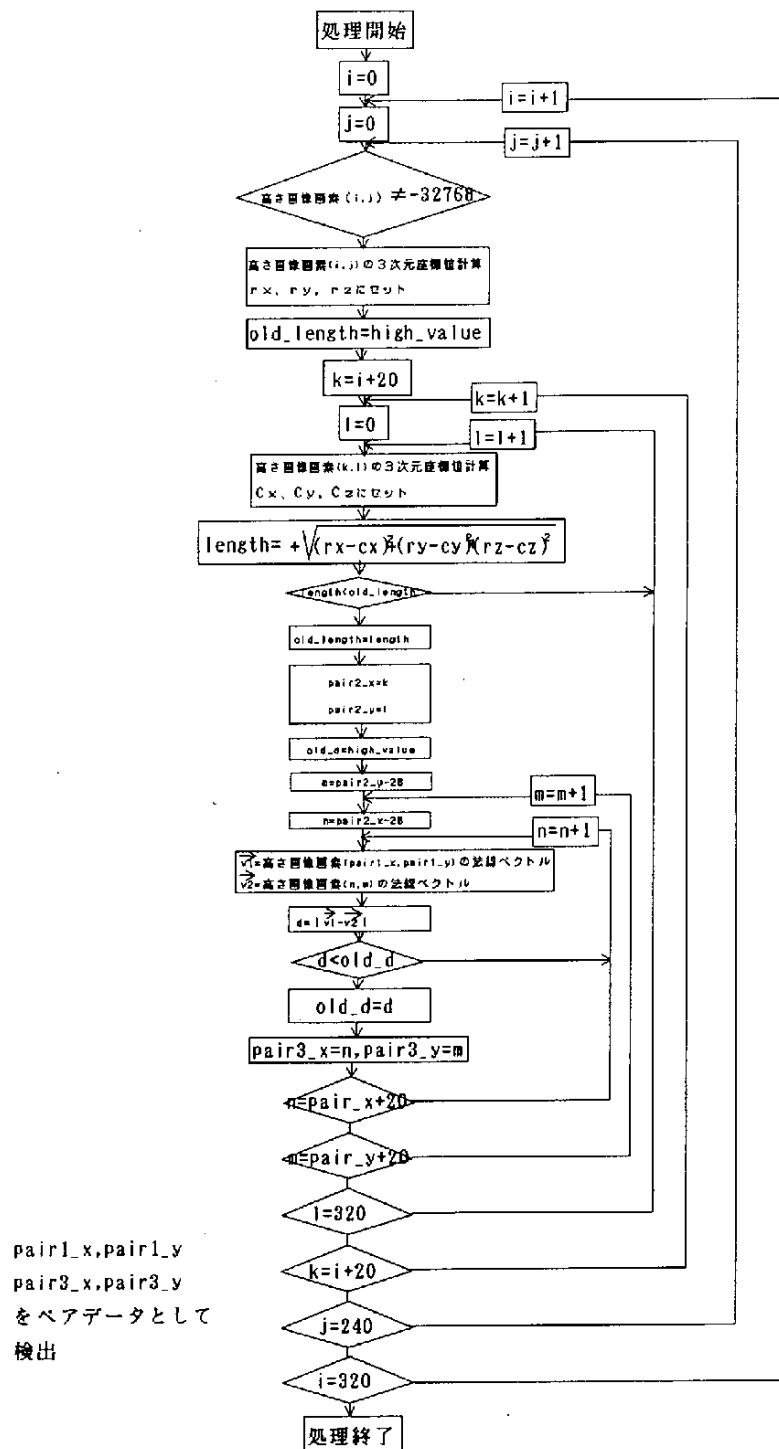


図 3 - 2 2

(2) 座標変換マトリックスの最小二乗法による導出

2次元エッジ画像に関して行ったものと同様の処理を行う。3次元的な平行移動、回転、拡大縮小などを含むアフィン変換マトリックスは同次座標表現では式 3 - 4 のようなものとなる

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ W \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & R_{13} - t \\ R_{21} & R_{22} & R_{23} - u \\ R_{31} & R_{32} & R_{33} - v \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ x \\ 1 \end{pmatrix} \quad (\text{式 3 - 4})$$

ここで、直交変換である条件は式 3 - 5 で表され、

$$\begin{aligned} R_{11} &= \cos \phi \cos \theta \\ R_{12} &= \sin \phi \cos \theta \\ R_{13} &= -\sin \phi \\ R_{21} &= -\sin \phi \cos \theta + \cos \phi \sin \theta \sin \theta \\ R_{22} &= \cos \phi \cos \theta + \sin \phi \sin \theta \sin \theta \\ R_{23} &= \cos \phi \sin \theta \\ R_{31} &= \sin \phi \sin \theta + \cos \phi \sin \theta \cos \theta \\ R_{32} &= -\cos \phi \sin \theta + \sin \phi \sin \theta \cos \theta \\ R_{33} &= \cos \phi \cos \theta \end{aligned} \quad (\text{式 3 - 5})$$

となる。

これらの条件から、求めるべきパラメータの数を減らし、2次元エッジ画像で行ったのと同じく最小二乗法を適用しようとする、非線形なモデルに対する最小二乗法計算を行わなければならない。非線形な数学モデルに適用する最小二乗法の手法としてはMarquardt法などが比較的安定で精度がよいが、実際にはデータ同士はかなり近づいており、直交変換の条件をかけなくても側面データの歪みはほとんど見られない。そこで、2次元画像の場合と同様、線形モデルとして正規方程式を解く方法を使った。計算結果をみても側面データの歪みは小さく、また、3次元人体モデルデータで側面データが使われる割合も小さいことを考えると、計算時間、プログラムの煩雑さからみて、この方針は適当であると思われる。

2次元エッジ画像と同様にt、u、vを変換後の3次元座標値、x、y、zを変換前の3次元座標値とすると、観測方程式は式 3 - 6 のようになる。

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \\ X_2 \\ Y_2 \\ Z_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ X_n \\ Y_n \\ Z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_1 & y_1 & z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & z_1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ x_2 & y_2 & z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & z_2 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_2 & y_2 & z_2 & 1 \\ \cdot & & & & & & & & & \cdot & & & \\ \cdot & & & & & & & & & \cdot & & & \\ \cdot & & & & & & & & & \cdot & & & \\ x_n & y_n & z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & z_n & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x_n & y_n & z_n & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{11} \\ R_{12} \\ R_{13} \\ -t \\ R_{21} \\ R_{22} \\ R_{23} \\ -u \\ R_{31} \\ R_{32} \\ R_{33} \\ -v \end{pmatrix}$$

(式 3 - 6)

これを式 3 - 7 のように置き換える。

$$V = C T \quad (\text{式 3 - 7})$$

最小二乗法では式 3 - 8 から 3 次元座標変換パラメーターが算出される。

$$T = (C^T C)^{-1} C^T V \quad (\text{式 3 - 8})$$

以上で、すべての高さ画像データに対する全方向の位置合わせ処理を行っている。

通常、形状フィッティング処理は同一領域を幾つかの異機種計測機で計測したデータに対し行われ、重複部分が多いため様々な手法を用いて精度の高い結果を出すことが可能となっている。今回、本プログラムで処理した人体形状のデータでは前後面では 3 次元的な重複領域が存在しない。また、側面と前後面ではある程度の重複領域があるものの、前後面と側面では姿勢の異なったデー

タがほとんどであるため、従来のアルゴリズムが使えなかった。

本プログラムでは輪郭（エッジ）による位置合わせを行っているが、この手法ではペアデータの対応精度が問題と思われる。明確な特徴点が使えないため統計的な処理を行っているが人体計測の精度としては十分である。

3. 1. 6 位置合わせの評価

本システムは位置ずれの修正を自動計算で行っており、処理件数が膨大なため、通常オペレータは確認処理を行わない。しかし、処理対象が計測データであるため、ノイズなどの影響から、常に最善の精度を保つことは難しい。そこで、位置合わせ結果の評価を以下の4項目について自動計算し、基準に満たないデータを削除してオペレータの補助入力により再処理を行う方針とした。

1) エッジ画像のペアデータの平均距離

2次元エッジ画像による各フィッティングを行う際、修正後の各ペアデータ点の2次元距離を計算し、平均する。

2次元エッジの場合、正確なエッジ画像を抽出できないため、位置合わせ成否をきめる許容平均距離はかなり大きくとっている。この項目の評価は、精度の検出というよりは入力データ（距離画像の組み合わせ、手計測データ等）の誤り検出を主な目的としている。

2) エッジ画像のペアデータの傾きの平均誤差

2次元エッジ画像による各フィッティングを行う際、修正後の各ペアデータ点付近の線分の傾きをそれぞれ計算し、その差の平均を評価する。

前後面エッジ画像のペアデータの平均距離と同様にこの項目の評価は入力データの誤り検出を主な目的としている。

3) 3次元座標データのペアデータの平均距離

前後面データと側面データの3次元座標データによるフィッティングを行う

際、修正後の各ペアデータ間の3次元距離を計算、平均する。ペアデータは計測方向の関係から、常に画像の周辺領域に存在する。そのため、ノイズデータが含まれている確率も高い。よって、距離の平均はただちに絶対精度とするには無理があるが、相対的なフィッティング精度の評価としては意味があると考えられる。

この評価は合成の精度の情報として3次元人体モデルデータに出力する。

4) 3次元座標値データのペアデータの法線の平均誤差

前後面データと側面データの3次元座標データによるフィッティングを行う際、修正後の各ペアデータを中心とする平面の法線ベクトルを計算し、これら2つの法線の始点を一致させたときの終点の3次元距離を計算、平均する。

3次元座標値データのペアデータの平均距離の場合と同様、絶対精度ではなく、相対精度として3次元人体モデルデータに出力する。

1)、2)の2項目は2次元画像のエッジ画像による位置合わせを行う際に逐次計算され、評価結果が基準を満たさなかった時点で位置合わせ処理を中断する。3)、4)の2項目については参照評価として3次元人体モデルデータに出力するが、基準数値を設けて処理の中断制御は行わない。

3. 1. 7 再処理システム

位置合わせの自動評価のうち、エッジ画像のペアデータによる項目で基準誤差内に収まらなかったものに関して再処理を行う。

これらの誤差の原因として次のようなものが挙げられる。

1) 前後側面データの計測時の被験者の姿勢、位置が規定のものから大きくずれている。

2)計測系のなんらかの不調で、画像に大きなノイズが入りデータそのものが大きくくずれている。

3)補助データとして用いている右腋窩点、左右肩峰点座標、股下高データに
入力ミスがあった。

エッジによる補正が有効であるのは経験的に言って50mm程度であるが、
これ以上のずれは計測時に使用している人体支持具を正しく使っているかぎり
考えにくい。

従って、1)の原因で起こるずれは、いずれかの関節を大きく曲げた場合に現
われている可能性が高い。本プログラムの仕様では局所的な部位の変形を修正
する機能は備わっていないため、この種のデータの位置合わせは行えない。た
だし、変形した部位以外の位置合わせをオペレータの追加補助データ入力を使
って行い、その旨を評価フラグとして3次元人体モデルデータファイルに出力
することが可能である。

また、2)に関しても同様に一部のノイズ領域を除いた部分に対して処理を行
うことが可能である。

3)に関しては補助データの入力誤りを修正すれば正しい処理をできる可能性
が高いため、入力を再度行い、再処理をする必要がある。

再処理の具体的な手順を図3-23に示す。

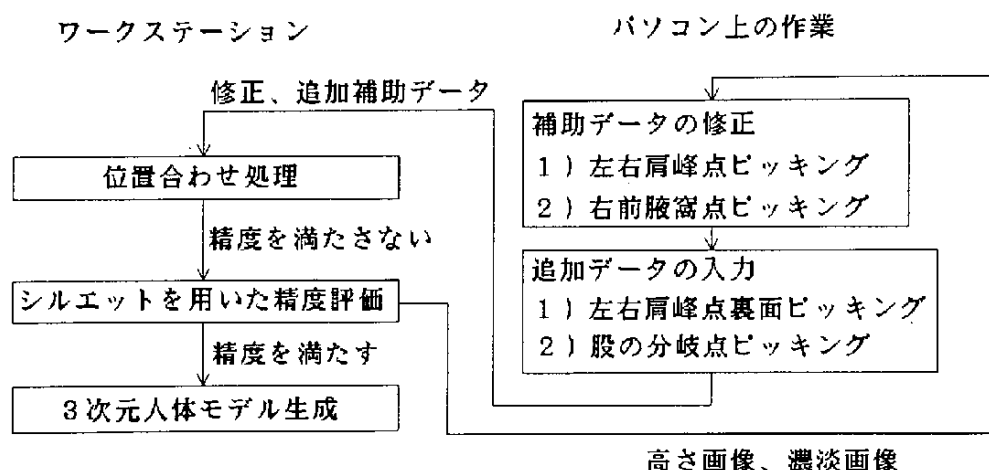


図 3 - 2 3

再処理では追加補助データとして肩峰点立体マーカ－裏面座標を入力する。
これにより、前後面のシルエットを用いた
フィッティングに頼らず、正確な対応点を
使った位置合わせが行えるようになる。

再処理を行うための追加補助データ入力、
誤り訂正の補助入力はパソコンで行われる。
図 3 - 2 4 にパソコンの入力用メニュー画
面を示す。

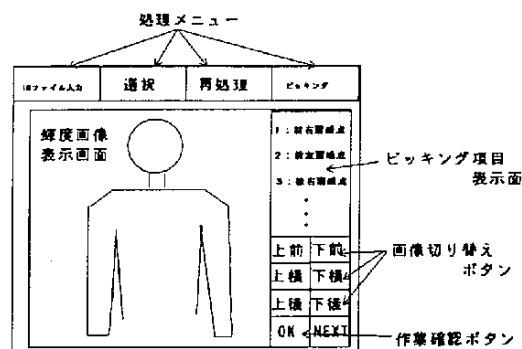


図 3 - 2 4

3. 2 3 次元人体モデル生成

3. 2. 1 3 次元人体モデルデータ構造

図 3 - 2 5 に、3 次元人体モデルデータファイルフォーマットを示す。

本ファイルフォーマットは大まかに断面点列と頂点リストの 2 つから成り立っている。

ファイル前半には実際のデータが存在する点の 3 次元座標値が全て順序づけられて並べられている。後半の頂点リストではこの断面点列のどの 3 点で 1 つのパッチが構成されるのかを示している。

このようなフォーマットにした理由は、3 角パッチごとに各頂点の 3 次元座標を書く方法では 1 頂点が複数のパッチで使われるため頂点が重複するが、頂点リストを用いた表現ではこれらの重複が避けられるためデータファイルを不必要に大きくしなくてすむためである。

3 角パッチは断面ごとに順序づけられ、断面ごとの初めに、1 断面内のパッチ数が書き込まれている。また、胴体、右腕、左腕、右足、左足はこの順に格納されており、それぞれの境界には境界を示すフラグがたてられている。

これらのファイル構造により、大規模な検索処理や並べ替え処理が予想される任意方向の断面抽出や、マスプロパティ計算での処理を軽減することが可能である。

```

char pn
short int dl
short int dv
long int N

short int x1, short int y1, short int z1
short int x2, short int y2, short int z2
short int x3, short int y3, short int z3
      .
      .
short int xn, short int yn, short int zn

long int P, C

short int T1
short int n10, n11, n12, char IF1, short int IX1, IY1
short int n13, n14, n15, char IF1, short int IX1, IY1
short int n20, n21, n22, char IF2, short int IX2, IY2
      .
      .
short int n130, n131, n132, char IF13, short int IX13, IY13

short int T1
short int n10, n11, n12, char IF1, short int IX1, IY1
short int n13, n14, n15, char IF1, short int IX1, IY1
short int n20, n21, n22, char IF2, short int IX2, IY2
      .
      .
short int n130, n131, n132, char IF13, short int IX13, IY13

short int T1
short int n10, n11, n12, char IF1, short int IX1, IY1
short int n13, n14, n15, char IF1, short int IX1, IY1
short int n20, n21, n22, char IF2, short int IX2, IY2
      .
      .
short int n130, n131, n132, char IF13, short int IX13, IY13

```

頂点座標データ群

1断面の頂点リスト

pn : 処理回数
dl : 前後、側面
 ペアデータの平均距離
dv : 前後、側面
 ペアデータの法線ベクトル誤差
N : 頂点数
x, y, z : 頂点座標
P : 3角パッチ総数
C : 断面数
T : 各断面3角パッチ数
N : 頂点番号
IF : 濃淡画像番号
IX : 濃淡画像x座標
IY : 濃淡画像y座標

頂点リストデータ群

図 3 - 2 5

また、各部位が認識されているため、腕、胴体を横断するような断面 指定しても誤りを起こす事なく処理を行う。

また、3角パッチの法線はすべて外に向いている（表面方向から3角パッチをみて時計まわりに順序づけられている）。
 （図 3 - 2 6 参照）

これらのデータ構造はサーフェイス表示（3角パッチに実際の平面を張り、仮想の光源を設定したときの平面の輝度を計算し、表示する。データ点間が補間された面として表示されるため、より形状を直感的に理解しやすい）などに適して

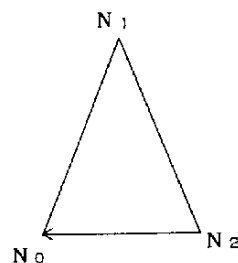


図 3 - 2 6

おり、また、3角パッチデータは断面の間に張られているので人体の断面モデル（人体を断面線の集まりとして表示したもの）も容易に表示することが可能である。

また、本ファイルフォーマットでは、高さ画像と輝度画像の対応情報を保持するため、各頂点に対応する輝度値が格納されている輝度画像ファイル識別番号と、実際の輝度画像上の2次元座標を格納している。

これらの情報により、3角パッチと輝度画像との画素ごとの対応がとれるため、輝度画像上の画素を指定することにより実際の3次元座標を得る事が可能になる。また、簡易的な3角パッチモデルに対する輝度画像のマッピング表示（3次元形状データと輝度画像との対応をとり、サーフェイス表示したものに輝度画像を貼り付けたもの）も行えるため、特徴点を示すマーカーなどを3次元表示したモデルに対してピッキングすることも可能となる。

実際のデータファイルでは容量などに関し次のようなスペックとなっている。

1) 高さ画像に対するデータ密度

高さ方向に1画素とばし。（320画素以下）水平方向には同密度。

2) 平均断面数（可変）

500断面程度。（同じ高さの2断面をそれぞれ数える）

3) 平均パッチ数（可変）

30000ポリゴン程度

4) ファイル容量（可変）

1 M b y t e 程度

また、3次元人体モデルを生成するにあたり、計測機独特の座標系ではなく、一般的な重力軸をZ軸とするような右手座標系を採用している。（図3-27参照）

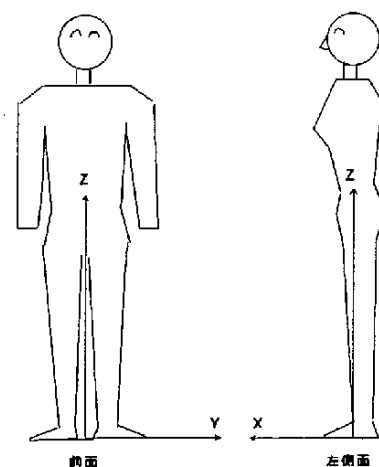


図 3 - 2 7

以下の報告ではこの3次元座標系と高さ画像とを同一座標系で表現するため、高さ画像に対し、先の座標系を改め、図3-28のような座標系とする。

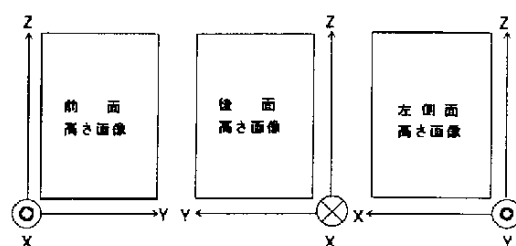


図3-28

前後側面の各データで画像縦横深さ方向に座標軸が異なるのは位置合わせ処理によって元の高さ画像が座標変換されているからである。なお、以下の報告のなかでは3次元人体モデルの座標値を大文字X、Y、Zで、高さ画像の座標値を小文字x、y、zと表現することにする。

以下、この座標系表現を用いて報告を行う。

3. 2. 2 3次元人体モデルデータ生成プログラム設計方針

3次元人体モデルデータ生成プログラム作成にあたっては、それぞれの手順について以下のような方針で設計を行った。

(1) 断面抽出

人体は重力軸方向に長いため、XY平面に平行断面を抽出する。人体全身をXY平面に平行断面で表現すると、各部位の接続が容易になり、後に行う3角パッチの生成アルゴリズムも統一できる。

元の高さ画像データ精度を可能な限り保持するため、上下部ともに前面データに関しては補間を行わず、そのままの数値を用いる。ただし、側面、後面データは位置修正を行っており、必ずしも求めたい断面上にデータ点があるとは限らないため補間を行う。また、側面データの精度の問題から重複部では前後面データを優先して採用する。断面は点を抽出するだけでなく、常にZ軸に対し反時計周りにソーティング（並べ替え処理）する。

断面ピッチは高さ画像の2画素分に相当させる。また、水平方向には元の高さ画像とほぼ同じピッチでデータを抽出する。したがって、元の高さ画像に対し、重力軸方向にデータ密度を1/2に間引く事になる。このことはデ

ータ精度の低下につながる可能性があるが、人体形状が重力軸方向より水平方向に空間周波数が大きい事、保存するために必要なデータ容量、グラフィック表示やマスプロパティの計算にかかる処理時間等を考えると適当であると思われる。

(2) 補間

不可視領域のうち、右側面外側に関しては、人体の対象性を仮定し、左側面データをY軸に関して反転させ(④、⑧高さ画像がそれにあたる)、胴体、腕それぞれに前後面データにフィッティングさせる。(断面抽出処理前に行っている)

これ以外の不可視領域に関しては断面ごとに補間を行っている。この方法は3次元空間上で面を張る事により補間を行う方法に比べ、断面に垂直な方向での連続性が劣っている。しかし、実際に補間を行う領域では断面垂直方向の空間周波数が小さく、断面ごとに補間を行っても平滑化を行う事により連続性は保たれている。パラメトリックな曲面を発生させるための制御点グリッド生成の不安定さや、処理時間の問題から、本プログラムでは単純で安定性のある本手法を採用した。

(3) 平滑化

フィッティングによる位置合わせでは重複領域全体にたいして最もフィットする位置が選ばれるため、断面を抽出したとき必ずしもつなぎ目が滑らかにつながらない。また、断面ごとの補間では断面に垂直な方向の連続性が保証されないため、面が波打つ場合もある。

そこで、本プログラムでは断面抽出や補間時に生成された断面データが前後側面データのどれから生成されたか、あるいは補間によって生成されたかをフラグ情報として持ち、つなぎ目、補間領域を選択して平滑化を行う。このよにすることにより、不必要にデータの精度を下げることなく、つなぎ目、補間領域のみの平滑化を行うことができる。

(4) 3角パッチデータ生成

断面はソーティングされているが、2断面間の点列同士の対応はとれていないため、不用意に2断面の3点を選択すると、つぶの揃わないパッチを生成してしまう。

このような問題を回避するために、ここでは、自動的に最も3次元距離的に近い3点を選択するアルゴリズムを採用し、パッチの大きさがある程度揃えるようにした。

また、この手法では断面ソーティングと同じ方向にパッチもソーティングされているため本システムの出力フォーマットを実現しやすい。

3. 2. 3 断面抽出アルゴリズム詳細

断面抽出は部位ごとに行われる。これは一つの断面平面内に二つの閉曲面が存在するような状況为避免のためである。実際の断面抽出処理は前処理で生成した人体のセグメント画像を参照しながら行っている。

図3-29に断面抽出のアルゴリズムを示す。

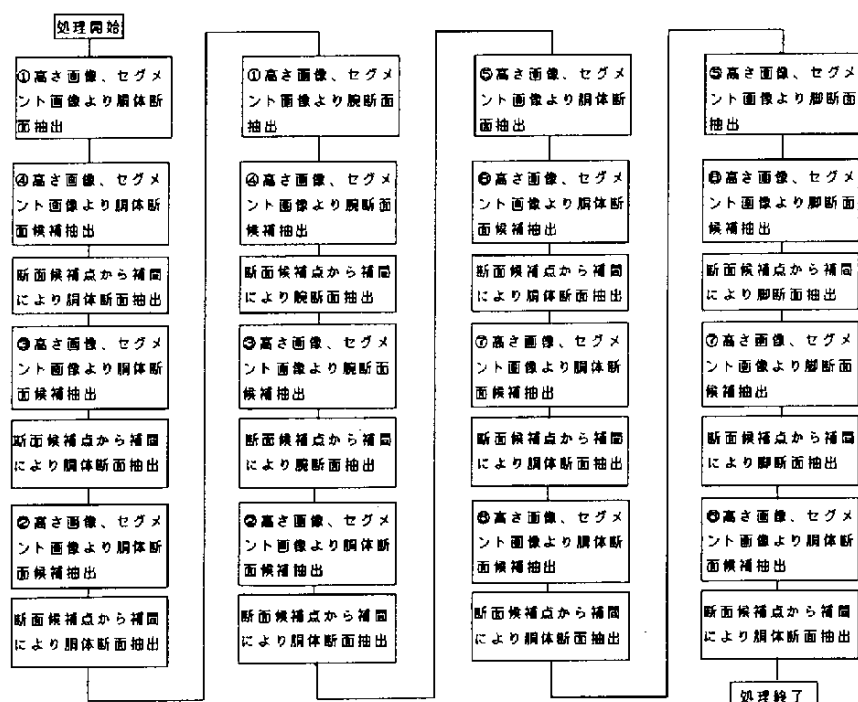


図 3 - 2 9

まず、前面データに関しては高さ画像をY軸方向（人体水平方向）にサーチし、その順番に断面として配列にセットしていく。Y軸方向終端まできたら右側面データをサーチする。このとき、重複がないように、前面で抽出した最後の点のX座標を憶えておき、このX座標より小さい側面データから抽出される断面点列を配列にセットしていく。

側面データは位置合わせ処理によってすでに画素位置とX、Z座標が対応していないため、前面のように抽出すべき高さにデータポイントがあるとは限らない。しかし、位置合わせ処理での移動量はそれほど大きくないため、前面データでサーチした画像Z座標の上下10ラインを側面データ内でサーチし、抽出すべき高さに最も近い断面の上下にあるデータポイントを抽出する。これら上下2点を一次補間して断面上の点を得る。このサーチ、一次補間の処理を側面データX軸方向に行い、前面で抽出した断面点列をセットした配列に順次セットしていく。後面データに対しても、重複が起こらないように、前面と側面で施したような処理を行う。

以上の処理を前面→右側面→後面→左側面の順に行い、1断面の処理を終わる。これをZ軸方向に頭頂部から、股の分岐点高さまで行い、胴体部の断面抽出を完了する。

また、同様な処理を両腕、両足に行い、人体全身の断面モデルを作成する。

断面抽出処理ではこれらの処理を行う際、抽出された断面点の抽出元の前後面データの識別番号、対応する輝度画像データのファイル番号、画像上の座標値等を断面点列配列と同サイズの配列にセットしている。

以上のような処理に加え、実際の断面抽出プログラムでは、次処理の断面補間を行うための前処理も行っている。

断面補間は3次曲線で行っているが、元データと補間データの接続を保証するため、元データ側の端部の傾きを検出し、補間曲線のパラメータを計算している。計測データの場合、端面のデータが荒れやすいことは先に述べたが、これらが補間曲線のパラメータ計算を誤らせる原因となる。

そこで、断面抽出時に断面点間それぞれの傾き、前後5点程度で計算される断面曲線の曲率を監視し、極端に変化する傾きや曲率を持つ断面点を削除している。これらの処理により断面補間では比較的単純なアルゴリズムで安定した

結果が得られている。

本手法は、レーザー光形状計測システムによる複数の高さデータが円筒方向に並んでいること、人体が胴体、両腕、両足ともに重力軸に沿った円筒形に近似できることを利用している。本計測データにのみ有効なアルゴリズムであるが、この手法により人体のモデリングに特有な幾つかの問題がクリアされている。通常、今回のようなメッシュ状データから等高線を発生させるアルゴリズムとして追跡法が用いられる。この手法は被計測物の形状が複雑なものでも有効に働くため、汎用性が高い。しかし、レーザー光形状計測システムなどで得られる計測データではノイズが発生する確率が高いため、頻繁に追跡が途中で途切れる。また、今回のように複数枚の高さ画像に適用すると、幾本もの途切れ途切れの断面点列が生成され、併合、並べ替えが煩雑になり、安定性が非常に悪くなる。これに対し、円筒断面モデルでは、抽出したい断面内に含まれる断面点列をすべてのデータを検索して抽出し、それらの重心を計算して円筒の中心とし、角度による並べ替え処理を行う。

この手法は追跡法に比べ、安定性において優れているが、形状に制約がかかる。人体水平断面では細長い楕円が多く、等角に断面点が検出されるこの手法では場所によってデータ密度が変化してしまう。また、形状によっては断面を正確に検出できない場合もある。

本システムで採用した手法では、ノイズデータが含まれていても確実に断面曲線を1本の並べ替え処理された点列として検出する。また、元データのデータポイントを全て検出できるため、形状の制約を受けず、データ密度も元データ以上に変動しない。これらの観点から、本データに対する断面抽出の方法としては最も適した手法と思われる。

3. 2. 4 断面補間アルゴリズム詳細

図3-30に断面補間アルゴリズムを示す。

本システムでは断面補間に3次曲線を用いている。

まず、補間すべき不可視領域を検出する。断面抽出時に各断面点列が前後側

面データのうちどれから得られたかを示すフラグデータを生成しているため、前後面データフラグが隣り合っている部分を補間すべき不可視領域として検出できる。

次に、補間領域に接続する断面曲線の傾きを計算する。先にも述べたが、計測データの場合ノイズ、計測誤差の影響から、曲線端点の傾きのみで計算を行うと大きな誤差を生じる。そこで、補間領域前後20点ずつ程度を用いて断面曲線を3次曲線に近似する。3次曲線は4パラメータからなるため、20点のデータから最小二乗法を用いてこのパラメータを算出、断面曲線の補間領域との接続点の傾きを計算する。

これら、断面曲線両端点の傾き、位置を用いて補間に用いる3次曲線のパラメータを計算する。

抽出されている断面曲線を近似した3次曲線をそれぞれ式3-9のようにおく。

$$\begin{aligned} y &= a_1 x^3 + b_1 x^2 + c_1 x + d_1 \\ y &= a_2 x^3 + b_2 x^2 + c_2 x + d_2 \end{aligned} \quad (\text{式 3-9})$$

また、補間3次曲線を式3-10のようにおく。

$$y = a x^3 + b x^2 + c x + d \quad (\text{式 3-10})$$

各曲線の微分は式3-11となり

$$\begin{aligned} y &= 3 a_1 x^2 + 2 b_1 x + c_1 \\ y &= 3 a_2 x^2 + 2 b_2 x + c_2 \\ y &= 3 a x^2 + 2 b x + c \end{aligned} \quad (\text{式 3-11})$$

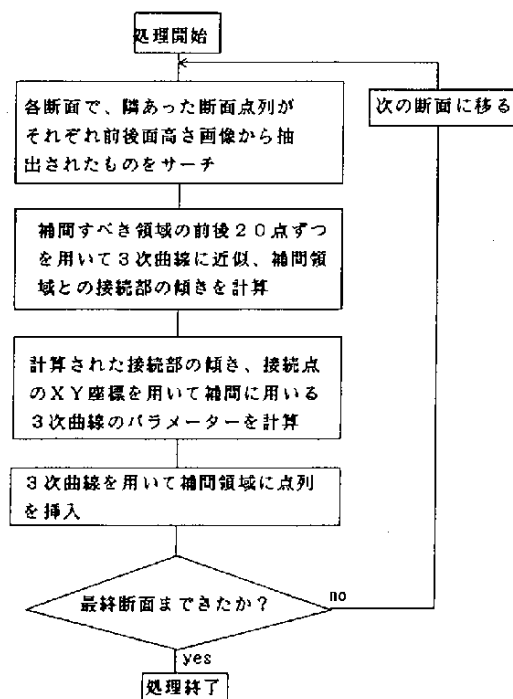


図 3-30

補間領域の X 軸方向の両端座標を X_1 、 X_2 とすると、これらの曲線が C1 連続を満たすためには式 3 - 1 2 の条件を満たさなければならない。

$$x_1^3 (a_1 - a) + x_1^2 (b_1 - b) + x_1 (c_1 - c) + d_1 - d = 0$$

$$x_2^3 (a_2 - a) + x_2^2 (b_2 - b) + x_2 (c_2 - c) + d_2 - d = 0$$

$$3 x_1^2 (a_1 - a) + 2 x_1 (b_1 - b) + c_1 - c = 0$$

$$3 x_2^2 (a_2 - a) + 2 x_2 (b_2 - b) + c_2 - c = 0$$

(式 3 - 1 2)

これらの式を連立させて解くと求めるべき補間 3 次曲線の各パラメータを求めることができる。

腕部内側、脚部内側、腰、腹部側面などの補間領域は単純な形状をしているため、以上の単純なアルゴリズムでも十分妥当な形状を生成する。しかし、胸部側面は複雑な断面形状を持っているため、これらの領域に対しては 3 次曲線による補間だけでは不十分である可能性もある。しかし、従来のメジャー等を用いた手計測ではこれらの形状を十分に反映できないため、本手法を用いた補間でも人体計測の精度としては十分であると思われる。

本来は、さらに厳密な人体の骨格と筋肉の構造モデルから妥当な補間を行う必要がある。しかし、本システムにそのまま適用できるような研究は現時点ではなく、十分な知識が得られていない。

本システムの 3 次元人体モデルデータでは補間領域データを示すフラグをたて、将来これらの領域に対して精度のよい妥当な補間アルゴリズムが開発されたときに対応できるよう設計されている。

3. 2. 5 平滑化アルゴリズム詳細

図 3 - 3 1 に断面モデルの平滑化手順を示す。

断面抽出時に生成される生成元画像を示すフラグデータを参照し、前後面デ

ータと側面データの接続部、断面補間領域を認識し、この部分のみを平滑化する。

平滑化は 3×3 ポイントを用いた移動平均で行っている。処理対象が画像ではないため、3次元距離的に最も近いデータポイントを選んで平均している。

本手法では2次元画像などに通常行われているメディアン（中間値）フィルターによる平滑化は行われていない。前処理、断面抽出でノイズデータは完全に削除されていることと、3次元座標値に対してこの処理を行うと形状を大きくなませることがあるからである。

本手法は計測データの精度を落とすことなく、データの外観を改善できるため、本システムでは適当であると思われる。

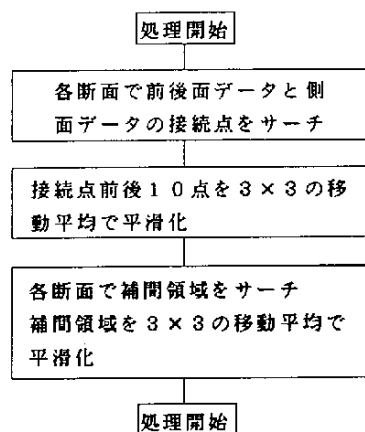


図 3 - 3 1

3. 2. 6 3角パッチデータ生成

図 3 - 3 2 に 3 角パッチデータ生成のアルゴリズムを示す。

3角パッチデータ生成は、胴体、両腕、両足の各セグメントごとに行われる。断面間に最短距離のトリオを生成して3角パッチを貼っていく本手法では、上下断面で点数が異なっても対応でき、安定した出力が期待できる。

また、断面点列データに付加されている、対応輝度データのファイル番号、画像座標もパッチデータに付加される。

このようにして、生成された、各部位のパッチデータは最終的に1つの3次元人体モデルとして結合、ファイル出力される。

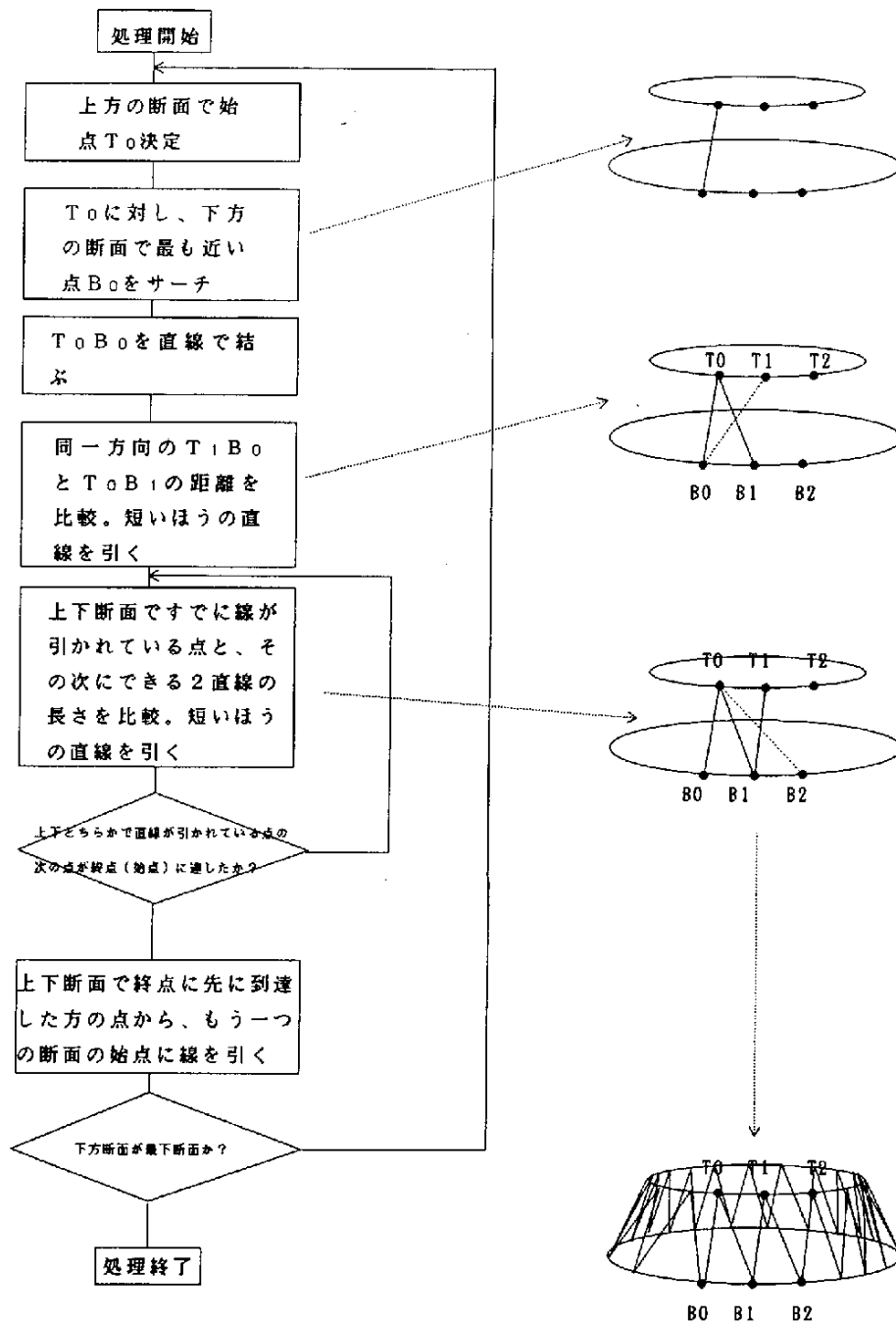


図 3 - 3 2

3. 3 システムの性能

(1) 2次元エッジ画像を用いた位置合わせ精度

胴体部：±1～3 mm程度の誤差

(胴体Y軸方向の大きさに対し0.5%程度)

腕部：±5～7 mm程度の誤差(腕の太さに対し、5～7%程度)

脚部：±1～3 mm程度の誤差(脚の太さに対し、2%程度)

以上の数値は輪郭による前後面データの位置合わせを行ったのち、正確な輪郭と思われる部分について前後面データのずれを計算したものである。よってノイズによる輪郭の荒れは評価に含まれない。

(2) 3次元座標値を用いた位置合わせ精度

胴体部：±5 mm程度の誤差(胴体Y軸方向の大きさに対し1%程度)

腕部：±5 mm程度の誤差(腕の太さに対し、5%程度)

脚部：±3 mm程度の誤差(脚の太さに対し、3%程度)

以上の数値は3次元座標による前後面データと側面データの位置合わせを行った後、断面を抽出し、前後面と側面の断面の繋ぎ目の3次元的なずれを計算した。具体的には側面データの端点の法線と前面、あるいは後面データの端点を直線で延長した交点を計算し、側面データ端点とこの交点の距離を計算している。

(3) 位置合わせの成功率

正しい補助データと、正しい人体支持具の使用を行った画像データに対しては、95%程度の成功率を持つ。ただし、ここでは補助データの明らかな誤り、人体支持具の不正な使用を行った画像データに関しては考えない。

(4) 位置合わせの処理時間

データベースへの画像格納場所問い合わせ、補助データ問い合わせ、光磁気ディスク装置からのデータ読み込みにかかる時間を除いた位置合わせに必要な時間は Sparc Station 10 (64Mメインメモリ) を使用した場合、2分程度となる。

(5) 補間処理の精度

補間処理の精度を表す1つの目安として、いくつかの周囲長データの項目において、剛体のマネキンを用いて本システムによって計算される値と手計測によって得られる値との差異について考察する。

一般に、3次元人体モデルデータと手計測データとの間に生じる誤差の原因として次の3つがあげられる。

- 1) 手計測周囲長の特性として、複雑な形状では平滑化を行う傾向があるため、細かな形状まで反映している3次元人体モデルから算出される周囲長よりも短くなる。
- 2) レーザー光形状計測システムによるデータでは曲率が変化しても、高さ画像の有効画素密度は一定であるため、腕や足など、細い部位では相対誤差が大きくなる。
- 3) 不可視領域では、補間が行われているため、誤差が含まれる。
- 4) 3次元人体モデルでの周囲長が平面で切る断面輪郭線の長さであるのに対し、手計測データでは特徴点を通る最短路の長さを採用している。(ただし、最短路であるかどうかは主観に任されている)

以上の要因が複雑にからんでいるため、補間処理されたデータの誤差を無次元化するのは難しい。そこで、各代表的な部位をとりあげ、補間を含めた達成精度を規定する。

上部胸囲等、比較的単純な形状、有効画素数が大きい部分	： 1 %	以内
乳頭位胸囲等、比較的複雑な形状の部分	： 3 %	以内
下腿最小囲等、有効画素数の小さな部分	： 3 %	以内

これらの数値はマネキンの3次元人体モデルに対し、各部位の断面を抽出断面点間の距離を単純に足し合わせて計算されている。

第 4 章 今後の課題（まとめ）

4. 1 今後の課題

今回の技術開発により、3次元形状計測機によって計測された1人あたり6枚の高さ画像データを半自動的に位置合わせし、モデリングを行い、1つの完成された3次元人体モデルデータを生成することが可能となった。これにより、C A D、C A Mへと取り込みや、人体に対する直接計測で行われるような周囲長、表面長計算はもちろん、直接計測では難しい任意方向の断面形状抽出や部位体積、表面積計算をコンピューター内部で行なうためのベースを築くことができた。

今後当センターにて進めていくべき課題は以下のような点があげられる。

（1）不可視領域補間法の検討

今回の技術開発では不可視領域の補間に単純な3次曲線を適用している。この手法では脚内側、腕内側などの比較的単純な形状を持った部位に関しては精度的に問題は見られない。胴体側面に関しても腹部から腰部側面に渡る部分では大きな誤差は見られない。しかし、腕部と胴体部が密着している脇の周辺は、可視領域のデータ自体が腕の位置により変形し、また、側面に凹形状を持つなど複雑な曲面形状を持っている。メジャーによる手計測ではこれらの複雑な形状を反映せず、また形状そのものを大きく変形させているため、3次元人体モデルから算出されたデータと大きく食い違う。これらの問題を解決するためには、人体の骨格、筋肉の形状、変形情報を3次元人体モデルに反映する必要がある。

（2）3次元画像のデータベース化

“人体計測データベース”事業の第1ステップとして、採寸、統計データベースを作成し、今回第2ステップへの前段階として4分割された画像デー

タを単一データで全身形状を表現する為に画像データ合成の技術開発を行った。

第2ステップとして、当センターが保有する人体形状に関するデータのほとんどを占める画像データの有効利用のため3次元画像のデータベース化を予定している。

今回開発された技術によって合成される画像データを用いて、個々の画像のもつ特徴での検索や統計の処理を行うことができ、様々な局面でのユーザーニーズを満たす画像データベースの構築を進めていく。同時にそのための膨大なデータの取扱い方法や、データベースソフトでの画像データの取扱い及びデータベースへのデータ再登録方法の検討等が必要である。

(3) データ提供のオンライン化

現在の情報化社会において外部利用者に、より使いやすいデータベースとするために電話回線によるオンライン化の必要性が考えられる。それに伴うデータのセキュリティーやプライバシー保護等についても十分な検討を行う必要がある。

(4) 3次元画像データのニーズ対応

a) 形状の平均化

日本人の平均3次元形状や、体型その他の特徴によりカテゴリー化された中での平均3次元形状のニーズが考えられる。これに対して、形状の平均を算出する演算手法の確立が必要となる。

b) 動的な3次元情報の推定

現時点での静止3次元情報では得られない人体の可動領域や動的なニーズに対する技術開発を進めていく。静止画像を可動な状態にすることで、CAD、CAMによる様々な姿勢での製品の設計、評価が可能となる。また可動域の推定が出来れば、建築等の空間設計にも広く応用されるであろう。そのためには静止3次元人体情報に人間の骨格情報等を絡め、動的な

3次元情報を推定する技術が必要となる。

4. 2 まとめ

経済の復興を目指した生産が行われる時代が終わり、人々は生活の中にゆとりや豊かさを求め始めた。個々の使う人間にとっての使いやすさ、質の高さに製品の重点が置かれようとしている。そのような流れの下で、過去の「生活者不在」の製品開発や技術開発は、人間そのものに、また人間の生活に密着したものとなるであろう。

当センターの構築している人体計測データベースは、衣類をはじめ家具、住宅などのさまざまな製品が人間本位につくられるための基礎となり、暮らしそのものをより快適にするための製品設計に用いられるであろう。

今回技術開発された画像データの合成により、まずサイズデータのデータベース化から始まった“人体計測データベース”は、より広い範囲での有効利用に向けて次のステップを登り始めたのである。

これにより人体計測データベースが人間の生活のあらゆる方面においてより快適な製品設計に貢献し、豊かな生活環境を生み出すもととなることを願っている。

[参考文献]

- 1) (財) データベース振興センター、(社) 人間生活工学研究センター
: 重要データベース開発計画調査報告書(1992) 「人間生活工学データベース」
- 2) 日本規格協会: 日本人の体格調査報告書
- 3) (財) データベース振興センター、(社) 人間生活工学研究センター
: データベース構築促進及び技術開発に関する調査報告書(1993) 「人体計測データベースの構築」

———— 禁 無 断 転 載 ————

平成 6 年 3 月発行

- 発 行 財団法人 データベース振興センター
東京都港区浜松二丁目4番1号
世界貿易センタービル7階
TEL 03-3459-8581
- 委託先 社団法人 人間生活工学研究センター
大阪府中央区淡路町四丁目4番13号
南星ビル8階
TEL 06-222-2901
- 印刷所 谷口印刷紙業(株)
大阪府福島区鷺州4丁目2番1号
TEL 06-458-0274

