

リアルワールドデータベースにおける3次元物体のモデル化

小林 みな子 今井 さやか 富井 尚志 有澤 博
横浜国立大学 工学部 電子情報工学科
〒240 横浜市保土ヶ谷区常盤台156

E-mail: {minako,sayaka,tommy,arisawa}@arislabs.dnj.ynu.ac.jp

あらまし

工業、医療など様々な分野において、対象とする物体の形状や時間的な変化についての情報を3次元的にとらえて解析することが必要になってきている。そのような3次元情報をデータベースに蓄積することによって、必要な情報を取り出して計算機上で解析することが可能になる。データベースに3次元情報を蓄積するにあたっては、2次元情報からの3次元情報の抽出、抽出した3次元情報のモデル化などが必要になる。本稿では、マルチメディアデータベース技術を中心としたリアルワールドデータベースシステムを提案し、物体の3次元情報の取得、モデル化に関する手法について述べる。

Modelling of 3-dimensional objects on Real World Database

Minako KOBAYASHI Sayaka IMAI Takashi TOMII Hiroshi ARISAWA
Division of Electrical and Computer Engineering, Faculty of Engineering
Yokohama National University
156, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 240 JAPAN

E-mail: {minako,sayaka,tommy,arisawa}@arislabs.dnj.ynu.ac.jp

Abstract

In many fields of engineering and medical sciences, it is necessary to capture and analyze 3-dimensional shape and temporal variation of a variety of objects. The information can be analyzed on computer by storing 3-dimensional data into databases. For the purpose of storing data, the analysis involves the extraction of 3-dimensional data from 2-dimensional data and modelling of 3-dimensional data. This paper presents the Real World database system based on multimedia database technique, and methods of modelling and capturing of 3-dimensional data.

1 はじめに

近年、コンピュータ技術の発達により、グラフィック情報や画像情報などの、膨大で多様なデータを取り扱うことが可能になってきた。それに伴って、様々な分野で、テキスト、音声、画像情報、および3次元情報などのマルチメディアデータを扱い、操作することが重要になり、そのためのアプリケーション開発が行なわれてきている。

これらの多種多様かつ膨大な量のデータを扱い、利用するためには、データの取得、蓄積を行なうマルチメディアデータベース (Multimedia database: MMDB) が必要となる。マルチメディアデータベースとは、テキスト、音声、映像、グラフィックなどの異なる形態のデータを統合して蓄積し、それらの多様なデータにまたがった検索、操作が可能となるものである。

マルチメディアデータの中で、3次元情報を表現するものとしてはコンピュータグラフィックス (CG) などがあるが、CGは計算機内で設計され、3次元的に表示されるものであって、実世界の3次元情報を取り込んだものではない。実際の物体を3次元的に取り扱う場合には、物体の3次元情報を実世界から取得しなければならない。しかし、ビデオカメラによって得られる情報は、2次元映像としてしかとらえられないので、実世界から得た2次元情報を解析し、3次元情報を抽出する技術が必要となる。

また、物体に対する3次元的な解析やシミュレーションを行なう場合、形状、動き、あるいはそれらを複合した情報など、場合に応じて必要な情報の種類や形式が変わってくる。そのため、3次元情報をデータベースに蓄積する際には、各情報の最適な表現形態を選ぶとともに、情報どうしの関係づけを明確にする必要がある。

我々は以上のことをふまえて、マルチメディアデータベースの発展した形として、リアルワールドデータベース (RWDB: Real World Database) を提案した [1]。本稿ではこれを一歩進めて、3次元情報の取得、解析、モデリングにおいて、それぞれの情報がどのように表現され、またどのような方法で相互に関連づけられるのかを考察する。

2 リアルワールドデータベースシステム

RWDBの概要は [1] に述べられているが、対象とする実世界 (リアルワールド) をそのまま取り込み、それに対する解析や計測の結果得られた情報も同様に記録し、各情報を統合して蓄積し、ユーザの求める形式で情報を提供することを目的とする。

RWDBにおいて3次元情報を取り扱う場合、各構成要素の役割は次のようになる。

- リアルワールドキャプチャ (Real World Capturer)

実世界の情報を取り込む部分。実際の装置としては、2次元映像を取得するビデオカメラ、3次元形状の測定装置などがある。

- リアルワールドモデラ (Real World Modeller: RWM)

複数のカメラによって取り込んだ映像など、実世界から得られた情報を解析し、その中に映りこんでいる対象物体の3次元情報を抽出する。3次元情報抽出の技術は、画像処理の分野などで様々な研究が進められており [4]~[7]、RWMの解析に応用できると考えられる。

- MMDB

実世界から得た情報、およびRWMによる解析結果を統合して蓄積する。

- モデル再構築 (Model World Reconstructor)

データベースから検索された結果を元に、実世界での物体の動きを形状モデルとキネマティクスの表現に再構築したり、評価を行なったりする。更に出力システムに応じたデータ構造に変換する。

RWDBは、メディア依存処理を組み込んだ検索言語 [2]、多種のデータを統合して記述するモデルによって、異なるメディア情報を同様に扱い、また変換や統合を行なってモデルの再構築を行なうことができる。

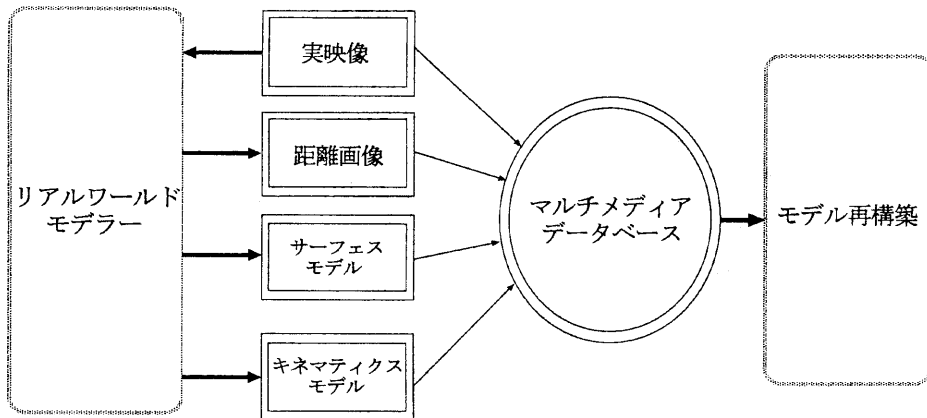


図 1: MMDB に蓄積されるデータ

3 AIS モデルを用いた 3 次元データベース

MMDB に蓄積されるデータは、図 1 に示したものが考えられるが、この中に含まれるような 3 次元情報を蓄積するためには、少なくとも次の 3 種類に情報を分類することが必要である。情報の解析は相互の参照によって行なわれるので、DB を構築する際には情報の相互の関係を明確にし、統一的に記述することが必要になる。

- 実世界から取り込んだ情報

2 台以上のビデオカメラによって撮影された、ビデオ映像、すなわち同期した複数の連続フレーム列、およびそこから得られる多方向からの距離画像の列など、実世界から得られたままの情報を含む。この部分に含まれる 3 次元情報は、その物体の構造などの意味的な情報を持たない。

- モデル情報

物体の構造や、運動に関する情報など、物体に付加される意味的な情報を持つ。例えば対象物体が人間の場合、全身の関節の個数や相対的な位置関係、各関節の可動範囲などが考えられる。モデル情報は、物体の取得した 2 次元映像を解析することによって得られる場

合もあるが、別の手法によって獲得することも可能である。

- グラフィック情報

実世界の物体の情報にモデル情報を付加して解釈することによって得られる、3 次元情報を表す。具体的なデータとしては、ポリゴンや曲面で近似された形状モデルを持つ。距離画像を解析することによって得られるので、実世界の情報と深く関わりを持つ。

上に述べた目的を満たす DB を構築するためには、情報どうしの様々なつながりを表現し、様々な見方に基づいた形で情報を取り出せる、という観点から、単位となる情報が小さく、それぞれの情報どうしの関係を記述でき、かつ平坦な構造を持つモデルが望ましい。ここではデータモデルとして、関数型データモデルである AIS モデル [8] を採用した。

3 次元情報を RWDB で取り扱うにあたっては、モデリングにおいて次のような問題点を解決しなくてはならない。

- 距離画像から得られた物体の距離情報を表すスキーマ設計
- 物体表面を近似したポリゴンや曲面のスキーマ表示
- 2 次元画像中の各点と、ポリゴンや曲面で近似された立体情報の対応の表現法

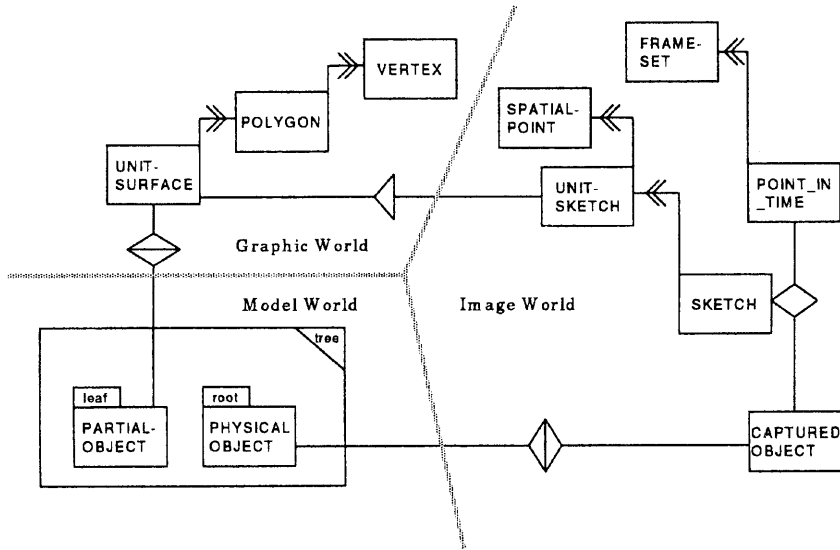


図 2: RWDB スキーマの記述例

AIS モデルによって記述された 3 次元データベースのスキーマの要点を図 2 に示す。スキーマの記述は AIS ダイアグラム [8][9] に従っている。

図 2 のデータベーススキーマは、大きく 3 つの部分に分けて記述されている。それぞれの表す内容は次のようになる。

1. **Image World**—実世界から取り込まれた映像に関する部分

実世界から取り込まれた原データ、そこから抽出された距離情報、原データに含まれている物体に関する情報を含む。ここで UNIT SKETCH はある時点におけるある被写体表面から検出された点の集まりを示す。距離情報は 3 次元座標値の集合として表される。

2. **Graphic World**—映像の情報を解析して得られたグラフィックに関する部分

Image World の距離情報をモデル化した、物体の表面形状の記述を持つ。物体はその構成部品に分けられ、各部品の形状はポリゴンでおおわれた閉曲面 (UNIT SURFACE) で表される。部品の形状モデルは Image World の

距離情報の、その部品に関する座標値の集合と対応する。

3. **Model World**—構造や運動情報を含む部分
物体がどのような部品で構成されているかという構造を記述し、物体の構成部品のつながり目である関節の位置関係を 3 次元座標値で表現する。構成部品の形状は、Graphic World に含まれる各部品のポリゴンで記述される形状モデルに対応する。また、構造を持つものとしての物体は、Image World での原データに含まれる物体と対応する。

4 情報蓄積のアプローチ

2 次元画像の解析によって得られた物体の立体情報 (SKETCH) は、3 次元座標値の集合として表される。この立体情報からサーフェスモデルを生成し、図 2 のスキーマに基づいてデータを蓄積する際には、対象物体の種類によって次にあげるような 2 つのアプローチがあると考えられる。

1. 物体の構造や運動の特性があらかじめ分かっている場合

人間や作業機械など、その構造や骨格に関する情報が既知であり、運動の解析をすることが必要な場合、その物体を剛体と関節の集合であるとみなし、骨格モデルや関節の可動範囲の情報を与える。それによって、関節の個数などの基本的な構造情報を抽出する手順が省略できるため、運動の解析が容易になる。解析によって得られる情報は、時間に依存しない形状モデル(サーフェスモデル)と、与えられた骨格モデルの関節の、時間軸に沿った位置変化についての情報となる。形状モデルは、部品毎に分解してUNIT SURFACEとして蓄積される。

2. 物体の構造や運動が未知の場合

人間の臓器や布、風船のように構造が未知でかつ不規則な変形をする場合、あらかじめ構造や運動に関する情報を与えることができない。この場合は、サーフェスモデルを各時点ごとに生成し、それを時間軸上に並べることによって形状の変化を記述する。すなわち、物体全体を一つの部品とした Unit Surface が、時点毎に蓄積される。構造に関する情報が与えられていないので、Model World の部分にはデータが存在しない。以上のように、形状モデルを蓄積する段階では骨格モデルや運動の記述はないものと考えられるが、物体を、骨格モデルで表されるものとみなして、各時点の形状モデルどうしの対応から関節の位置や運動の記述の情報を抽出することも可能である。関節の位置などの構造に関する情報が抽出されると、Model World の部分に蓄積されていくことになる。

以上のアプローチを使い分けることによって、対象物体や、目的に応じた必要なデータを効率良く解析し、蓄積することができる。DB においては、このような多種の情報を同一のモデルで記述できることが望ましく、RWDB においては解釈の異なる情報の統一的な記述のための枠組を提供する。

5 RWDB の利用例

RWDB の利用例として、工場における作業労働者

の作業シミュレーションをあげる。この場合、RWDB に蓄積されている情報としては、実際の工場における作業を撮影したビデオ映像と映像から得られる距離画像、関節の個数、位置関係、可動範囲などの人間の基本的な骨格構造(スケルトンモデル)、作業者の体型や関節間の距離など、個々の作業者特有の個体情報(個体パラメータ)、実際の作業における、作業者の作業などの、作業内容に関する情報がある。

図3に示すように、独立した各情報を組み合わせて作業シミュレータに利用することができる。情報の組合せが自由に行なえるので、違う形状を持った複数の作業者が一つの作業をした時の作業の難度、能率などの分析を行なえる。また、入力として、荷重測定のためのセンサー類による数値データを組み合わせることによって、力学的な解析を行なうこともできる。表示方法としては、高度のユーザインターフェースを用いることによって、出力としてはCGで仮想的な工場を設計し、その中で仮想的な作業者に作業を行なわせることによって、シミュレーションが組み立てられる。シミュレーションの結果は、作業現場に反映させたり、作業環境の設計に役立たせることができる。以上のような、RWDB の作業シミュレーションへの利用については、実際に研究が進められている[10]。また、この他にも、医療への応用としてリハビリテーションでの治療経過の記録、解析、予測などへの利用、スポーツ分野の運動解析への利用など様々な分野での利用が可能になると考えられる。

6 まとめ

本稿では、3次元データをも含むマルチメディアデータを統合し、蓄積するシステムとしてRWDBを提案し、構成要素についての考察を行なった。RWDBシステムが実現すれば、すでに述べたように産業技術、医療など、広い分野での応用が可能になると考えられる。

実現に向けての課題としては、情報のモデル化の手法の確定と、詳細なスキーマ設計が残されており、今後、検証を重ねていく予定である。

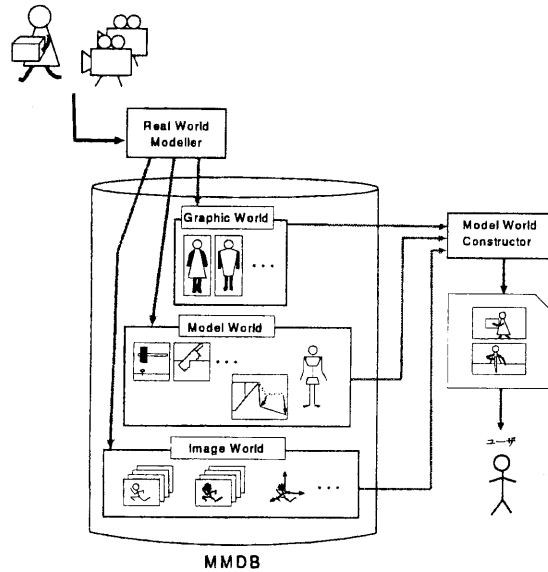


図 3: RWDB の利用例

参考文献

- [1] 有澤 博: “リアルワールド・データモデリングについての考察”, 電子情報通信学会技術研究報告, DE96-5, 1996.
- [2] 富井 尚志, 有澤 博: “マルチメディアデータベースにおける映像モデリングと操作言語”, 電子情報通信学会論文誌 Vol.J79-D-II No.4, 1996.
- [3] 井口 征士, 佐藤 宏介: “三次元画像計測”, 昭晃堂, 1990.
- [4] 横矢 直和: “多重スケールでの正規化によるステレオ画像からの不連続を保存した曲面再構成”, 電子情報通信学会論文誌 D-II Vol.J76-D-II No.8, pp.1667-1675, 1993.
- [5] 蓼沼 眞: “立体画像の左右対応点検索法の最適化”, テレビジョン学会誌 Vol.48 No.10, pp.1222-1229, 1994.
- [6] Kim L. Boyer, Muhammad J. Mirza, and Gapa Gnguly: “The Robust Sequential Estimator: A General Approach and its Application to Surface Organization in Range Data”, IEEE Trans., vol.PAMI-16, No.10, pp.987-1001, 1994.
- [7] 横矢 直和, マーチン D. レビン: “距離画像からの物体の3次元形状記述の抽出-回転体の場合-”, テレビジョン学会誌 Vol.45 No.10, pp.1263-1269, 1991.
- [8] H.Arisawa, T.Tomii, H.Yui, H.Ishikawa: “Data Model and Architecture of Multimedia Database for Engineering Applications,” IEICE Trans. Inf. & Syst, Vol.E78-D No.11, 1995.
- [9] 石川 英彦, 有澤 博: “データベーススキーマの効果的な図示手法”, 情報処理学会データベースシステム研究会, 1996.
- [10] 今井 さやか, 有澤 博: “情報人間工学に基づく作業シミュレーションとマルチメディアデータベース設計”, 電子情報通信学会技術研究報告, DE96-5, 1996.