

作業データベースにおける映像情報の解析

林 路彦, 今井 さやか, 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: {osaru,sayaka,arisawa}@arislab.dnj.ynu.ac.jp

あらまし

本研究ではリアルワールドデータベースの産業応用として、生産技術分野での工場における作業データベースを取り上げ、その作業に対する解析内容、解析方法について考察し、その手法を提案する。

具体的には、工場内で行なわれている作業を撮影した映像を利用し、そこから作業に関する情報を抽出して解析を行なう手法を提案し、その実例を提示する。また、作業評価の効率化、簡便化、作業の最適化を図るため、作業映像やそこから抽出したデータを管理、蓄積、流用するための作業データベースについて考察し、そのシステム設計を行なう。

Analysis of Video Image on Work Database

Michihiko HAYASHI , Sayaka IMAI , Hiroshi ARISAWA

Division of Electrical and Computer Engineering
Faculty of Engineering
Yokohama National University
156, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, Japan

E-mail: {osaru,sayaka,arisawa}@arislab.dnj.ynu.ac.jp

Abstract

This paper describes a database application to the factory workers in the field of manufacturing process design. We proposed a new concept "Real World Database" as an advanced multimedia database which can handle three-dimensional and temporal object in the real world. For the purpose of analyzing, we used video image and developed the "picking up" and the measuring mechanism of unit works. Also, we consider Work Database improving efficiency, evaluating comfort and optimizing works.

1 はじめに

生産技術分野では、生産設計、工程設計、生産準備および生産管理などを有機的に統合するために、CAD/CAM、CIMのようなコンピュータ支援環境が導入され、実用化されている[1][2]。しかしながら、生産工程での作業要素分割・割り当ての最適化、生産評価など、依然として人の手によるところが多く、そのためにさまざまな問題点、改善すべき点があげられている。これらを解決する手段として、古くから、インダストリアル・エンジニアリング (Industrial Engineering: IE) が提案されている[3]。

従来のIE調査では、多品種小量生産に対応して、最適なスケジューリングの設定を行なうために、要素作業や要素動作にかかる時間の計測が手動で行なわれたり、作業時間の超過や作業の不正確さを検出し、原因の分析を行ない、そのことにより、工具や材料・部品のレイアウトの改善を行なうなどの作業改善提案が行なわれてきた。これらは、それぞれ、目的に合わせて単体のシステムを構築し、測定が行なわれてきた。

しかし、現在では、以上のような単純計測だけではなく、一見すると計測することが困難に見える事象の計測が行なわれようとしている。例えば、生産活動におけるヒューマンファクターズ[4]を考慮し、作業者が得る達成感や喜びといったものまでもシステムに取り込もうとすると、もはや従来の方法では、対応することが困難となってきた。そこで、生産技術に必要とされる様々な情報を整理・体系化し、共通のデータベースの上で管理・蓄積する必要性が生まれる。

さらに、作業の成功例 (Scene of Success) の要因獲得などでは、成功した原因を簡単に判断することは困難である。そのために、作業に関連したあらゆるデータの収集の必要性が生まれる。このような場面では、必要な測定データのみでなく対象となる世界のあらゆる情報を獲得するために映像を利用することは非常に有効である。

映像から得られる情報は様々であり、例えば、物体の位置や相互関係の情報を得たり、作業者の動きを取り出し、シミュレーションに利用したりすることが考えられる。このように、映像に対して種々の解析やモデル化を行なった結果も有効に利用した

い。そのためには、数値データ、テキストデータ、音声、グラフィック、画像、映像といった異なる表現形態の情報を統合し、それらにまたがった検索・処理を行なう必要がある。

以上の観点から、我々はマルチメディアデータを取り扱うことができるプラットフォームとして、リアルワールドデータベース (Real World DataBase: RWDB) の概念を提唱した[5]。本稿では、RWDBの概念を生産技術分野に応用する際に必要となるさまざまなデータを管理・蓄積・流用するための作業データベースについて考察し、そのシステム設計を行なう。

2 リアルワールドデータベースシステムの概念

RWDBに基づく作業データベースの概要を図1に示す。

RWDBの目的は、対象とする世界をできる限り忠実にデータベースに取り込み、記録し、さらに、データベースに記録されたデータに対する種々の解析やモデル化を行なった結果も同一の枠組の中に蓄積することである。

従来、特に3次元のかつ時間的変化を伴う対象に関しては、その膨大な情報量をリアルタイムにとらえることは不可能であると考えられてきた。そのため、モーションキャプチャリングのようにアプリケーションからの要求に応じて、入力時に非常に少ないデータに変換して蓄積することがよく行なわれてきた。しかし、最近では、フルカラー精密画像を非圧縮でリアルタイムに取り込むことが可能となり、その結果、情報の獲得と、解析・モデル化のフェーズを完全に切り離すことが可能となった。この解析・モデル化システムをリアルワールド・モデラ (Real World Modeller) と呼ぶ。

マルチメディアデータベース (Multi Media DataBase: MMDB) にすでに蓄積されているデータに対して、リアルワールド・モデラによる解析が繰り返し行なわれ、その解析による新しい結果がスキーマと共にMMDBに蓄積されていく。このため、MMDBには、多様なデータを効率良く表現し、蓄積し、操作を行なうことができる能力が要求される。

また、MMDBに対する問い合わせは、いろいろな

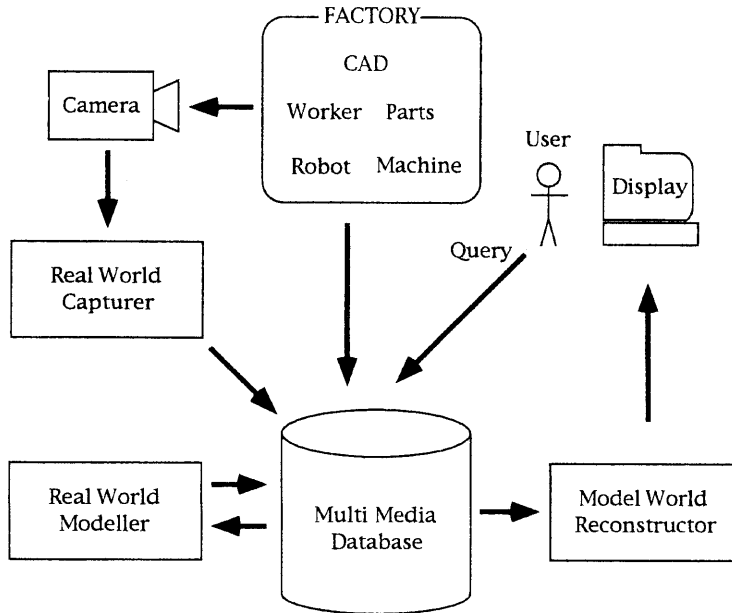


図 1: RWDB に基づく作業データベースシステムのアーキテクチャ

マルチメディアデータを検索して組合せ、それらに対して加工や再構築を行なうことにより為される。その結果は、グラフィック・シミュレーションやバーチャル・リアリティによって可視化されるが、この過程をモデル再構築 (Model World Reconstructor) と呼ぶ。

3 映像の取り扱い

映像を取り扱うに当たって、映像を単位化する必要がある。そこで、物理カット (Physical Cut) と論理カット (Logical Cut) という概念を用いることとする [6]。

物理カットとは、ある一定の意味を持つ区切りで、作業データベースにおいては、1つの工程に当たる。物理カットは連続したフレーム列で、物理カットどうしが重なることはない。

論理カットとは、物理カット内で1つの主題を表す区切りである。例えば、作業者が車にタイヤを取り付けるという要素作業があるとする、作業者が映っているフレームからフレームアウトする直前のフレームまでを作業者についての論理カットとい

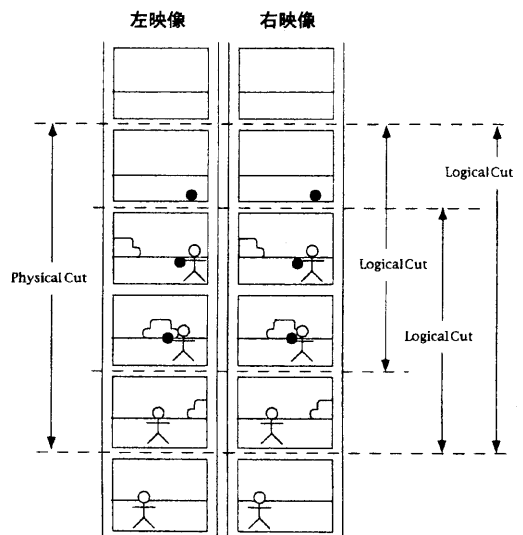


図 2: 物理カットと論理カット

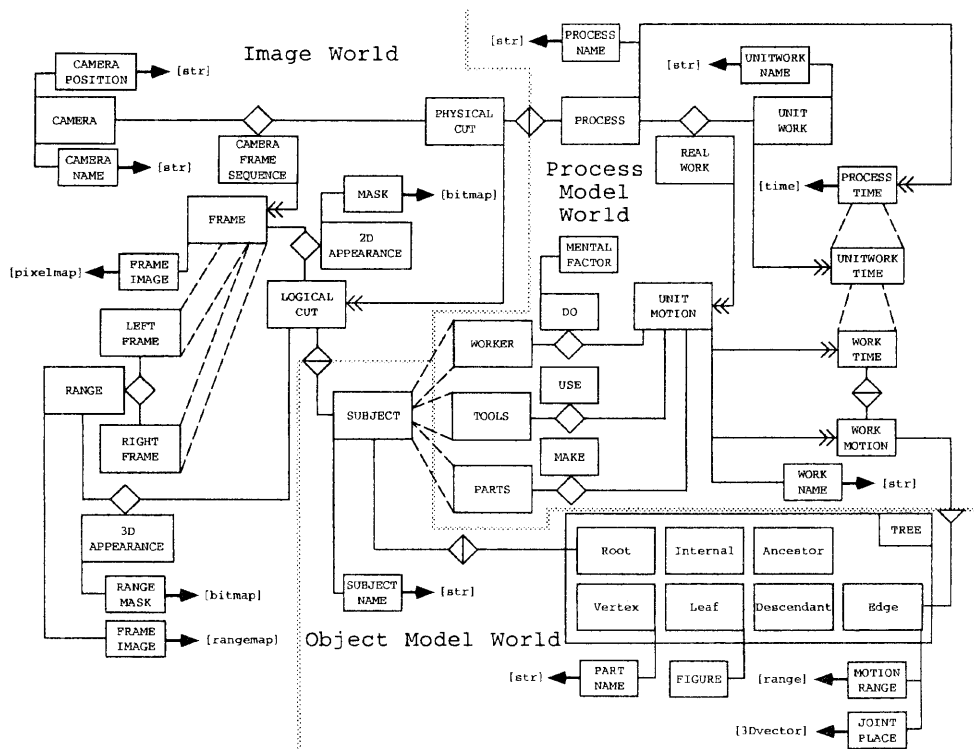


図 3: 作業データベースのスキーマ

う。もちろん、車やタイヤに関しても同じことがいえる。一つのフレーム内に複数の主題が映っている場合は当然考えられるので、論理カットどうしが重なり合うことは許される。また、物理カットを越えた論理カットは存在しない。これは、物理カットを越えた時点で同じ主題でも意味が変化しているためである。

物理カット、論理カットのそれぞれの概念を図 2 に示す。

4 作業データベース

生産工程の設計・記述に必要なデータは、空間的な広がりを持つ 3 次元データ、時間的な連続性を持つ動きのデータなどである。例えば、作業ロボッ

ト・作業者・搬送系からなる工程の設計・管理・最適化・評価、作業チェックや作業シミュレーションなど、様々なアプリケーションのデータが存在している。これらのデータは、作業シミュレーションを行なった結果を生産工程の最適化にフィードバックするなどのように、他のアプリケーションにも用いられる。そのため、それらは、すべて共通の作業データベースに管理・蓄積されていなければならない。

作業データベースの概念スキーマは AIS ダイアグラム [6][7] を用いて、図 3 のように表現される。図 3 のスキーマは、Image World, Model World, Graphic World の 3 つの世界に区別される [9]。

- Image World
複数のカメラによって撮影された映像を蓄積する部分である。この映像は同期した複数の

連続フレーム列(Camera Frame Sequence)であり、左映像(Left Frame)と右映像(Right Frame)から距離画像(Range Image)が得られる。

- Process Model World

生産工程を要素作業に細分化し、また、その要素作業を要素動作に分解し、その要素動作に携わる作業員や部品・工具・産業用ロボット、作り出される製品など生産技術に必要なデータのモデル化が行なわれている部分である。“ある工程(PROCESS)は、どの要素作業(UNIT WORK)から構成されていて、その中の要素作業はどういった要素動作(UNIT MOTION)から構成されているか、また、その要素動作はどの作業員(WORKER)がどの工具(TOOLS)を用いて何を作っているか(PARTS)”という意味情報が記述される。

- Object Model World

作業員、工具、および部品などデータベースに蓄積されている物体の形状データを蓄積する部分である。SUBJECTが物体を表す主体型である。木構造で表されるのは物体と物体のつながりである。例えば、“車はタイヤとボディーとエンジンから構成されている”という意味情報などが記述される。形状情報は、Image Worldに蓄積された距離画像を元にポリゴンや閉曲面で近似し、再構築される。

5 試作システムとその評価

今までに述べた概念を実現するため、我々の研究室で開発しているRWDBプロトタイプシステムの上に簡単化した作業員データベースを実装した。この際に重要な要素技術として、リアルワールド・モデルにおいて要素作業とその主題を抽出する機能が必要である。以下では、半自動主題抽出プログラムCHASERについて述べる。

5.1 CHASER の概念

CHASERとは、映像から作業員、工具、部品などの主題(Subject)を切りだし、また、それら主題

の位置関係から要素作業の始まりを検出する要素技術である。

主題の完全自動抽出は困難であるので、現在のシステムでは、主題はユーザがそれが現れる最初のフレームで指定する。指定された主題の色相情報を元に、CHASERは、次のフレームの主題の位置を検出する。

また、その主題の属性(作業員、工具、部品)を指定することによって、作業員の手(作業員が特徴的な色の手袋をしているので検出は容易)の位置と工具の位置が共通部分を持った時、つまり、作業員が工具に触れた時を検出することができる。これは、要素作業の1単位を検出していることになる。

5.2 CHASER の実装

CHASERの解析例を図4に示す。図4は、工場内で作業員がミッションケースの組み立て作業を行なっているフレームである。現在では、単一カメラで撮影した映像からの情報抽出のみが行なわれている。輪で示されている部分が位置を検出された主題であり、ここでは、作業員の顔と手の位置が検出されている。

また、作業員が部品箱から部品を取る動作を認識して、要素作業を切り出している。

このシステムは、Hitachi3050RX/330TのHI-UX/WE2上で動作する。

解析速度は、映像の質や内容により大きく左右されるが、サンプルでは30フレームの映像、つまり、1秒分の映像を解析するのにおよそ3分必要である。これに対して、解析が終っているデータベースに対しては、1フレームの作成に要する時間は1秒であり、ビデオディスクを用いてTV精度でリアルタイム再生が可能となっている。

6 まとめ

本研究では、生産工程設計支援の一つの枠組として、作業データベースシステムの提案を行なった。

今後の課題として、複数カメラを用いた映像の解析を行なうことがあげられる。複数のカメラを用いることによって、物体の空間的な位置を検出することが可能となる。さらに、入力情報として、圧力や

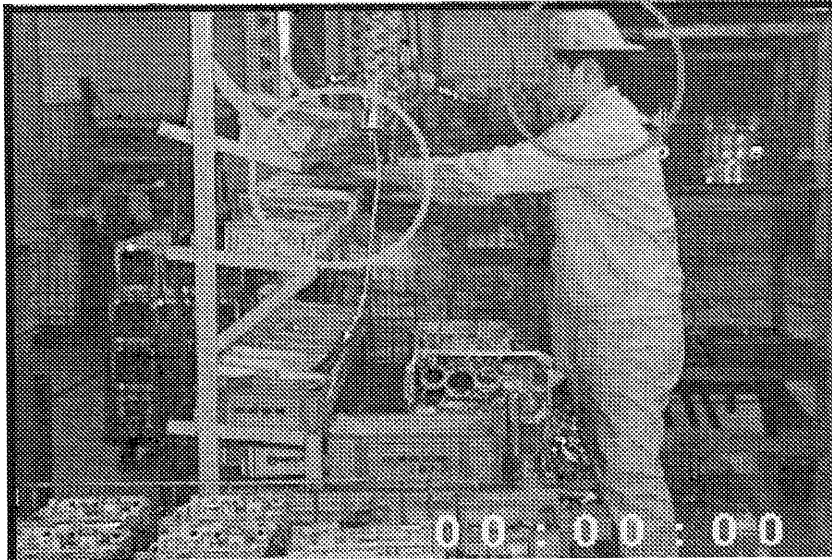


図 4: CHASER の例

温度のセンサー情報など、多様化していくことが考えられる。

謝辞

本研究の実施にあたり、(株)クボタ 生産技術本部の御協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 仲町 英治：ヴァーチャルファクトリー 未来工場への挑戦，工業調査会，1994
- [2] 穂坂 衛，佐田 登志夫：統合化 CAD/CAM システム，オーム社，1994
- [3] 横溝 克巳，三浦 達司，河原 巖，宮代 信夫，小松原 明哲：あたらしいワーク・スタディ，技報堂出版，1994
- [4] 林 善男，小木 和孝，中村 昇太郎，矢頭 介，行待 武生：人間工学，日本規格協会，1990
- [5] 有澤 博：“リアルワールド・モデリングについての考察”，電子情報通信学会，May 1996
- [6] H. Arisawa, T. Tomii, H. Yui, H. Ishikawa：“Data Model and Architecture of Multimeia Database for Engineering Applications,” IEICE Trans. Inf. & Syst, Vol.E78-D No.11, November, 1995
- [7] 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研究会，May 1996
- [8] 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
- [9] 今井 さやか，有澤 博：“情報人現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，May 1996
- [10] 今井 さやか，有澤 博：“Info-Ergonomics における作業シミュレーションと映像データベース設計”，計測自動制御学会 FA 部会シンポジウム「人間-機械協調システムの実現」，June 1995