

内容に基づく映像 DB 検索のためのオブジェクト指向フレームワーク

元木 誠 佐伯 剛幸

NEC C&C 研究所

〒216 川崎市宮前区宮崎 4-1-1

本稿では内容に基づく映像検索のためのデータモデルと、検索機能の拡張・再利用を可能とするオブジェクト指向フレームワークについて述べる。本データモデルは、映像の内容(対象)を表現する映像メタ情報(シーン・ホットスポットなど)を構成要素として持ち、映像に関する時間的・空間的關係に関する検索が可能である。また、メタ情報の構造の拡張や、検索方式の追加・拡張を考慮したフレームワークを構築することにより、拡張性・再利用性の高い検索機構を提供できることを示す。

An Object-Oriented Framework for Content-based Video Data Queries

Makoto Motoki Saeki Takayuki

C&C Research Laboratories, NEC Corporation
4-1-1 Miyazaki, Miyamae-ku, Kawasaki 216

This paper presents a video data model for content-based queries. It consists of media data, meta data containing spatial temporal information about contents, and attributes. The paper also presents the object-oriented framework based on the proposed data model. Its salient features are that it provides extensible structures capable of adding various types of meta data and a variety of search methods.

1 はじめに

ハイパーメディア AP 構築ツールなど [5] の出現にともない、映像にシーンやホットスポットなどの内容を表すメタ情報を定義し、この内容情報に基づいて様々な機能を提供するマルチメディア AP の作成が容易になってきた。

これにともない、今後、メタ情報が付与された映像情報が大量に蓄積されていくとともに、新しいマルチメディア AP 開発に際して、他の AP 開発者や、コンテンツ・プロバイダにより蓄積された映像情報を検索し再利用するニーズが高まることが予想される。効率的な検索を実現するためにも、映像を BLOB として扱うだけではなく、映像の内容構造に基づく多様な検索機能を提供することは重要である。

これまでにも、シーン・サブシーンなどのメタ情報によって映像を構造化し、シーン間の時間関係に基づく映像検索を提供する映像データベースのためのデータモデルが多く提案されている [2, 4, 6, 7, 8, 11]。

本稿では、ハイパーメディア AP 開発者などにコンテンツ検索機能を提供すること、マルチメディア AP の中で内容に基づく映像検索機能を提供することを目的として、シーン間の時間関係とともにホットスポットの時間・空間関係による検索が可能な映像データモデルを提案する。さらに、提案データモデルに基づく検索機能の実現形式として、メタ情報の構造の拡張と、メタ情報を用いた時空間検索方式の拡張の容易さを考慮したフレームワークを提案し、拡張性・再利用性の高い内容に基づく映像検索機構が提供可能となることを示す。

以下、2 章では内容に基づく映像検索の例を示し、検索に要求される機能について述べる。3 章ではデータモデルを説明し、4 章でデータモデルに基づく検索機能を提供するオブジェクト指向フレームワークについて述べる。最後に関連研究と今後の課題について述べる。

2 内容に基づく映像情報の検索

2.1 内容に基づく検索

マルチメディア AP の開発において映像情報の選択は重要な作業である。アプリケーションを効果的に見せるためには、表示対象が映るシーンの長さ、その中で対象の動き、対象の映像のサイズ、カメラアングルなど、様々な項目を確認して、所望の視覚的効果をもっともよく表現するシーンを選択する必要がある。

1 つのアプリケーションには多数のシーンが必要であり、これらの作業を膨大な量の映像データに対してシーン毎に行なうのは、極めて手間のかかる作業である。

このような内容に基づくシーンの検索作業の負荷を軽減することを目的として、本稿では、映像 DB からの内容に基づく映像検索を提供するフレームワークを提案する。以下、マルチメディア AP として、サッカーゲーム、ハイライト・シーン・ダイジェスト CD などサッカーのあらゆるシーンをコンテンツとして提供する AP を例に、典型的な内容に基づく検索の例をあげ、検索に必要な情報を検討する。

時間情報 「マリノス選手のドリブルが 10 秒以上続く映像」この例の場合、検索には (属性: 所属・マリノス、プレー・ドリブル、時間情報: 10 秒以内) のように属性情報とともに時間に関する情報が必要である。

空間情報 「マリノスの選手のシュートがアップで映る映像」この例の場合、(属性: 所属・マリノス、プレー・シュート、空間情報: 画面の 1/2 以上) のようにサブジェクトの空間的な位置・領域を示す空間情報が要求される。

時空間情報 「画面左から右にベルマーレ選手がセンターリングする映像」この例では (属性: 所属・ベルマーレ、プレー・センターリング、時空間情報: 右へのボール移動) のようにプレーを表す代表的サブジェクトの時間に伴う位置変化を示す情報が必要となる。

相対的關係 これらに加えて「A のシュートに続いて、B がセーブする映像」「A の左を B が並走する映像」など複数のサブジェクトの時間・空間情報の相対的關係に基づく検索や、「A がドリブルする映像」のうち最も動きが速いもの、など選択された映像の中で相対的關係に基づく検索が必要となる。

2.2 検索の多様性

映像の内容に基づく検索として提供するべき基本的な項目は、上述のとおりである。しかし、これら時間、空間、時空間情報に基づく検索の種類は極めて多様である。例えば、時空間関係においては「左へ動く」「左へジグザグに動く」「左に徐々に速く動く」などがあげられる。また、時間関係における「Overlap」の定義についても何フレーム以上重なる場合を「Overlap」と見なすかなど、関係の定義自体も多様性を持ちうる。

このため、検索提供フレームワークは必要な検索ルールが定義できるようなオープンな構成にするべき

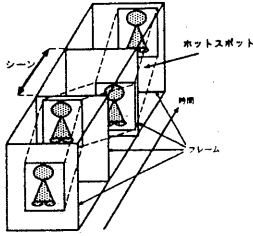


図 1: 時空間情報を保持するための構造

である。

2.3 メタ情報の多様性

検索において、時間情報・時空間情報を扱うためには、これらの情報を保持する構造が必要となる。時間情報の場合、対象が映る映像の開始フレームと終了フレームを持つシーン構造が、時空間情報の場合、対象が映る時間とともにフレーム内での位置を保持するホットスポット (図 1) 構造が必要である。

これらの構造について、特にホットスポットについては、メタ情報構築ツール毎に少しずつ異なる定義を持っている。例えば、あるツールでは対象が画面から消える部分では画面の特定場所に大きさ 0 で存在すると見なし [5]、別のツールでは途中で中断のある構造を許す。また、途中のフレーム情報をすべて持つものから、補間するもの、異なる補間計算方式を持つものなど多様である。

検索提供フレームワークはこのようなメタ情報の定義の差異を吸収し、検索機能利用者に対しては同一のインタフェースを提供するとともに、検索機能作成者に対しては簡単に新しい定義を追加できるようにする必要がある。

3 映像検索のためのデータモデル

本章では、前章で述べた内容に基づく検索の要件を満たすために必要となるオブジェクトとそれらの関係をデータモデルとして定義する。本稿で提案する内容に基づく映像検索のためのデータモデルは図 2 に示すように¹、映像データを表す素材オブジェクト、映像の内容に基づいて付与されたシーン・ホットスポットなどのメタ情報オブジェクト、および、映像に関連するあらゆる外部属性を表す属性オブジェクトの 3 構成要素からなる。

¹ OMT[9] のオブジェクトモデルを用いて表現する。

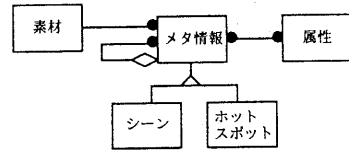


図 2: 映像検索のためのデータモデル

3.1 素材

素材オブジェクト: $V = (location, property)$ は映像データを表現するオブジェクトである。映像データのアドレス (*location*) と映像再生に必要なフォーマット、フレームレート、サイズなどの情報 (*property*) を持つ。

3.2 メタ情報

メタ情報オブジェクト: $M = (V, I, Str, Set(A))$ は、内容に基づく検索データモデルの中心的なオブジェクトである。メタ情報は内容に基づいて切り出した映像データの特定の時区間 (*I*)、すなわち、開始フレームから終了フレームまでのすべてのフレーム列を表す。メタ情報は対応する映像データ (*V*)、メタ情報が表す映像の時区間に対して付与された属性 (*A*) 集合とともに、メタ情報が表す部分時区間を表すサブ構造 $Str = Set(M)$ を持つ。

シーン シーンは映像データ (*V*) の時区間 (*I*)、すなわち、開始フレームから終了フレームまでのすべてのフレーム列を表すオブジェクトで、この時区間に含まれる任意の大きさのシーンおよびホットスポットをサブ構造 (*Str*) として持つ。

シーンオブジェクトが保持する情報は、第 2 章で述べた内容に基づく検索で必要となる時間情報に相当する。

ホットスポット ホットスポット: $HS = (V, SI, Str, Set(A))$ は映像データ (*V*) の開始フレームから終了フレームまでのすべてのフレームの時空間情報列 (*SI*) を表すオブジェクトである。ここで時空間情報とは、フレームと内容 (対象) が映る領域座標の組のことである。

ホットスポット・オブジェクトが保持する情報は、第 2 章で述べた空間情報および時空間情報である。

相対的關係はメタ情報オブジェクト間の關係として表される。

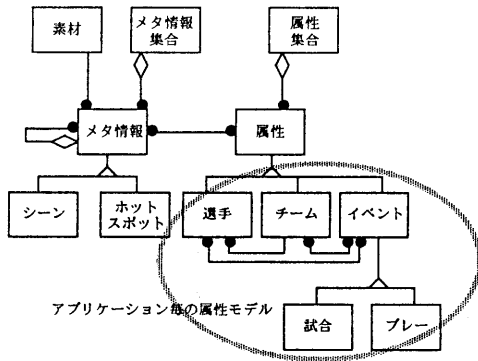


図 3: フレームワークの一構成例

3.3 属性

属性 ($A = (Val, Set(M))$) とは属性 / 属性値集合 (Val) と付与の対象となる内容を表すメタ情報の集合 ($Set(M)$) を保持するオブジェクトである。映像内容に対する外部属性の任意の構造を定義することができる。

4 内容に基づく検索のためのオブジェクト指向フレームワーク

第 2 章で述べたように、内容に基づく映像検索ツールでは、時間・空間に対する検索手段の多様性を吸収し、追加・拡張可能なオープンな枠組を提供すべきである。また、時間・空間情報を定義する構造の多様性を許容する枠組でなければならない。本章では、前章に示すデータモデルをベースにこれらの要件を考慮した内容に基づく映像検索のためのフレームワークを提案する。

4.1 フレームワーク

内容に基づく検索のためのフレームワークとは、内容に基づく検索の処理に関する機能を提供する再利用可能な具体・抽象クラスの集合のことである。したがって、本フレームワークでは、検索を可能とするデータモデルとともに、このデータモデルを用いた内容に基づく検索処理の流れを再利用可能な形で提供する必要がある。

本データモデルを用いた内容に基づく検索は一般に、メタ情報、または、属性の集合に対する検索となる。例えば、「マリノス選手のシュートがアップで映

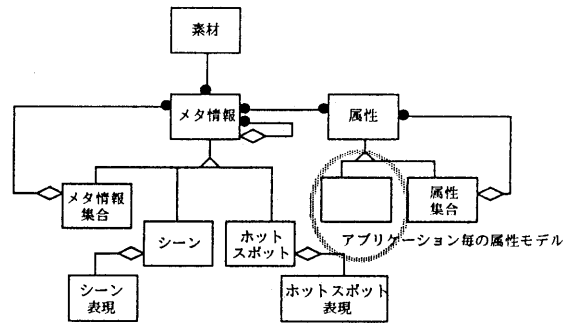


図 4: 内容に基づく検索のためのフレームワーク

るシーン」の検索の場合、

1) 属性集合に対して、属性条件に合うメタ情報集合を要求する。

1-1) 「チーム：マリノス」を満たす「選手」オブジェクト集合を要求する。

1-2) 1-1) で求めた選手オブジェクトの「プレー」メンバのうちで「プレー：シュート」を満たす「プレー」オブジェクトを求める。

1-3) 1-2) で求めた「プレー」オブジェクトが保持するメタ情報集合 (ホットスポット) を返す。

2) 得られたメタ情報集合に対して空間情報を満たすメタ情報集合を要求する。

2-1) メタ情報集合に対して、空間情報 (画面の 1/2 以上に映る) を満たすメタ情報集合を要求する。

2-1-1) メタ情報集合が保持する各メタ情報 (ホットスポット) に対して空間情報 (画面の 1/2 以上に映る) を満たすメタ情報集合を要求する。

2-1-2) メタ情報が各サブ構造に対して空間情報 (画面の 1/2 以上に映る) を満たすメタ情報集合を要求する。

2-2) 2-1) で得られるシーン集合をメタ情報集合として返す。

3) 得られたメタ情報集合に表示を要求する。

3-1) メタ集合の要素ごとに対応する素材を求め、メタ情報に従って該当するフレームを表示する。

このような検索処理を提供するためには、図 3 に示すように、属性の集合に対する処理を提供する「属性集合」、メタ情報に対する同様の「メタ情報集合」をフレームワーク構成要素として追加する必要がある。

ただし、図 3 のフレームワークでは、メタ情報とメタ情報集合は共通の上位クラスを持たない。このため、例えば、利用者が検索結果として得られた、マリ

ノス選手のアップシーンのうち、特定のシーン1つについてそのサブシーンに対してさらに検索を加えようとするとき、最初の検索で参照していたメタ情報集合とは別に、メタ情報を参照する必要がある。すなわち、フレームワーク利用者はメタ情報に関して複数の参照を区別しなければならないという問題がある。

ここで、メタ情報とメタ情報集合を再検討してみると、メタ情報はその部分としてメタ情報の集合を参照し、メタ情報集合はその部分としてメタ情報の集合を参照する。そして、上述の手順の2-1-1),2-1-2)に示すように、検索処理に際しては、参照構造にしたがって検索を同様な手順で委譲する。したがって、メタ情報とメタ情報集合を1つの概念としてまとめることができる。

本フレームワークでは、これらの点を踏まえ、図4に示すように、メタ情報クラスのサブクラスとして、シーン、ホットスポットなどと同様にメタ情報集合を持つ枠組を提供する。属性集合も同様の構造を用いて提供する²。これにより、利用者は、属性からの検索においては、属性を常に参照し、メタ情報からの検索においては、メタ情報を参照すればよいことになる。本フレームワークの構成要素を以下に示す。

4.2 メタ情報の構造

メタ情報を構成する各オブジェクトのインタフェースは以下の通りである。

シーン

```
Bool isTemporally(Query* tq);
Bool isTemporally(Query* tq, MetaInfo* m);
MetaInfo* get(Query* tq);
MetaInfo* get(Query* tq, MetaInfo* m);
Attr* getAttribute();
MetaInfo* components();
Rep* getRep();
Void display();
Void play();
```

シーンは時間情報に関する検索機能を提供する。ここで、tqはwithin 10 sec、あるいは、before、meets、contains、overlapsなどの時間関係に基づく検索キーワードである。例えば、isTemporally(after, m)はmとして与えられたメタ情報がすべて当該オ

²図4より以下のオブジェクトモデルにおいて、集約記号は集約オブジェクト側が部分オブジェクト側の参照(ポインタ)を持つという意味で用い、通常の関連は双方向参照を持つという意味で用いることにする。

ジェクトとafterの関係[6, 7]にあるか否かを返し、get(after, m)はmのうち当該オブジェクトとafterの関係にあるメタ情報集合を返す。

component()は当該シーンの部分シーン(の集合)を返し、これに基づいて部分シーンに対する検索を行なうことができる。display(), play()は検索結果表示機能で、前者は代表フレームの縮小画表示を行ない、後者是对応する素材に対して映像の対応する部分を再生するように指示する。

ホットスポット

```
Bool isTemporally(Query* tq);
Bool isTemporally(Query* tq, MetaInfo* m);
Bool isSpatially(Query* sq);
Bool isSpatially(Query* sq, MetaInfo* m);
Bool isTempoSpatially(Query* tsq);
Bool isTempoSpatially(Query* tsq, MetaInfo* m);
MetaInfo* get(Query* q);
MetaInfo* get(Query* q, MetaInfo* m);
Attr* getAttribute();
MetaInfo* components();
Rep* getRep();
Void display();
Void play();
```

ホットスポットは時間情報に加えて空間・時空間情報に関する検索機能を提供する。ここで、sqはquarter、halfなどフレームに占める内容情報の大きさ、あるいは、left、right、aboveなどの空間関係に基づく検索キーワードであり、tsqはmovingLeft、movingAboveなど時空間関係に基づく検索キーワードである。検索機能の提供の仕方はシーン・オブジェクトと同様である。

メタ情報集合 メタ情報集合はホットスポットと同じメソッド・インタフェースを提供する。メタ情報集合において、isTemporary(after, m)はオブジェクトが保持するメタ情報のすべてが、メタ集合mとafterを満たすか否かを返す。get(after, m)はメタ情報集合mの要素の中で、自身が保持するメタ情報のすべて要素に対してafterの関係が成り立つものを見出し、そのメタ情報の集合を返す。

4.3 属性の構造

```
Bool is(Query* aq);
Attr* getAttribute();
Attr* getAttribute(Query* aq);
```

```
Attr* getAttribute(Type* t, Query* aq);
Metainfo* getMetainfo();
```

属性と属性集合は基本的に同一構造である。aq は属性に関する検索条件を表す。属性において、getAttribute(q) は当該オブジェクトが q を満たす場合には自身を返す。属性集合においては、自身が保持する属性オブジェクトのうち q を満たす属性の集合を返す。また、属性集合において getAttribute(class_name, q) は、class_name クラスおよびそのサブクラスすべてのインスタンスのうち、q を満たす属性インスタンス集合を返す。getMetainfo() は対応するメタ情報集合を返す。

4.4 フレームワークを用いた検索

本フレームワークの検索機能利用者は、映像の内容表現に必要な属性オブジェクトを定義することで、属性とメタ情報を用いた内容に基づく検索が可能となる。大まかな検索手順は以下の通りである。

1) 属性(属性集合)オブジェクト aset により検索条件を満たす属性を求め、これらの属性が保持するメタ情報集合を求める。

```
Attr* attr=aset->getAttribute(選手,
    "getTeam()==\"マリノス\"");
->getAttribute(プレー,
    "getPlay()==\"シュート\"");
Metainfo* minfo=attr->getMetainfo()
```

2) メタ情報から時間・空間・時空間情報を満たすメタ情報(集合)を求める。

```
Metainfo* rst=minfo->get(half)
```

3) メタ情報を表示する。

```
rst->display()
```

4.5 検索方式の拡張

第2章で述べたように、時空間関係の検索方式は多様であり、検索利用者が追加、修正できるような枠組が必要である。また、このとき、フレームワークはカスタマイズに伴う修正・変更を局所的に抑え、複雑なメンテナンスを必要としないものでなければならない。以下、本フレームワークがこれらの変更・拡張に対応でき、変更に伴う修正が局所化されていることを示す。

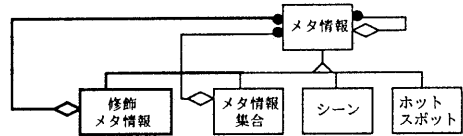


図5: 新しい検索方式の追加

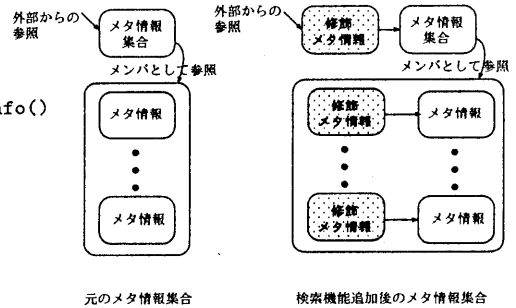


図6: 修飾メタ情報を用いたメタ情報オブジェクトの構造

4.5.1 検索方式の追加

本フレームワークにおいて、元々のオブジェクトが解釈できない新しい検索、例えば、空間関係における「右下」「左上」などの関係の追加や、時空間関係における「ジグザク左移動」などの関係追加は、図5に示す「修飾メタ情報」の追加により行なう。

修飾メタ情報は新しく追加された検索条件、検索キーワードを解釈できるメソッドを追加したインタフェースを提供し、元々のメタ情報が提供する検索機能については参照するメタ情報に委譲する。検索には、元々のメタ情報を直接参照するのではなく、そのメタ情報を参照する修飾メタ情報を参照する。

具体的には、第4.4節の検索手順1)において属性集合が、検索対象となるメタ情報集合を生成する際に、元々のメタ情報の集合を保持するメタ情報集合オブジェクトを生成する(図6の左側)かわりに、メタ情報集合の要素である各メタ情報毎にこれらのオブジェクトを参照する修飾メタ情報を生成し、修飾メタ情報の集合を参照するメタ情報集合を生成する(図6の右側)。

検索手順2)以降においては、修飾メタ情報をメタ情報として参照することにより、新しく追加された検索方式を採り入れた検索が可能となる。

新しい修飾メタ情報で検索機能を定義する際には、

メタ情報をもつ時間・空間情報を参照する必要がある。例えば、ジグザク左移動検索機能を定義する際には、メタ情報を持つホットスポットの各時間における領域の座標情報が必要である。本フレームワークでは、メタ情報が保持する時間・空間情報を getRep() によって公開しており、修飾メタ情報はこれを用いて必要な時間・空間情報を参照することが可能である。

4.5.2 検索機能の修正

時間・時空間関係の解釈の仕方はアプリケーションに依存する場合が多い。例えば、「Overlap」「After」などは厳密に定義された関係 [6, 7] であり、一般には変更の必要はないが、検索のニーズに応じて「Overlap」を何フレーム以上の重なりがある場合に制限したい、「After」を近接する時区間の関係に制限したい、などという要請はある。

このような場合にも、本フレームワークでは修飾メタ情報を用いる。図 6 に示すように、それぞれのメタ情報、メタ情報集合毎に修飾メタ情報を生成し、修飾メタ情報において元々の検索機能をオーバーライドする。外部から検索を行なう際には、修飾メタ情報を通してメタ情報を参照する限りは独自の定義を用いることが可能となる。

4.6 メタ情報の拡張

第 2 章で述べたメタ情報の多様性について、本フレームワークでは、再定義可能な「表現」クラスを提供することで解決する。例えば、シーンの定義を現状の単純なフレーム列と見るかわりに、フレームとカメラアングル情報を追加したアングルつきフレーム列と見なす表現方法がある [1]。このような表現を利用したい場合には、図 7 に示すようにシーン表現を再定義することで対応可能である。シーン・ホットスポットそのものまで変更の対象とする必要はない。これに伴う検索機能の追加は前述の修飾メタ情報によって実現できる。

4.7 検討

本フレームワークの特徴について検討する。

1) 本フレームワークは、メタ情報(シーン・ホットスポット)とメタ情報集合をともにメタ情報として参照できる構造にした。これにより、利用者は個数による区別をすることなく、個々のシーン・ホットスポットに関する検索と、それらの集合に対する検索をまったく同一のメソッドインタフェースで行なうことができ

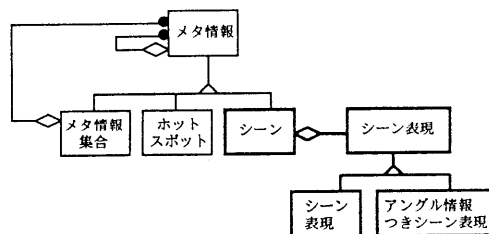


図 7: シーンの表現形式の拡張

る。また、この単純な構造により、修飾メタ情報による機能追加の機構も簡略化されている。

2) 本フレームワークでは、検索機能の拡張手段として修飾メタ情報を利用した。これと同等の拡張はメタ情報の継承によって実現可能である。ただしこれには以下のような問題がある。

検索においては時間・空間・時空間情報はさまざまな組み合わせの下で用いられる。例えば「Overlap」再定義版と「After」再定義版をあわせて利用する場合もあれば、「Overlap」再定義版と「After」のオリジナルを合わせて利用する場合もある。

このような場合に継承を用いた方法をとると、組み合わせの数だけクラスを用意する必要がある。図 8 に示すように、修飾メタ情報を用いると網かけのクラスだけで定義できる変更が、継承を用いると数多くのクラスを必要とする。メンテナンスの上でも大きな問題となる。

3) もう一つ、検索は常に同じ版の組み合わせを使い続けるとは限らず、実行時に前者の組み合わせパターンから後者のパターンに変更することもありうる。継承を用いた場合、一度「Overlap/After 再定義シーン」のオブジェクトを生成してしまうと、実行時に、Overlaps のみ再定義されたシーンに基づく検索を行なおうとしてもそれは不可能である。

4) 一方で、修飾メタ情報を用いた手法にも問題はある。検索実行時に検索対象毎に一時オブジェクトである修飾メタ情報オブジェクトを生成する必要があり、メモリ・実行効率上で問題となる。

5 関連研究

映像を構造化し、内容情報の時間関係に基づく映像検索を提供する映像 DB のデータモデルは多く提案されている。OVID [8] は時間構造を持つデータモデルである。シーンの構造およびシーン包含関係に基づく

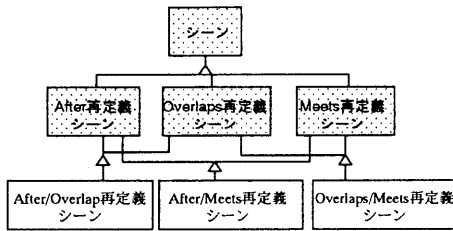


図 8: 修飾メタ情報と継承による再定義の比較

属性の継承が定義されている。本フレームワークでは継承関係に基づく属性継承のみである。Littleら[6]のモデルは属性と時間情報モデルの2層構造を持つ。時間構造は検索・合成・再生のための豊富なオペレータを提供する。OMEGA[7]は時間構造の中に複数の時間概念を持ち、検索・再生に関して豊富なオペレータを提供する。本フレームワークでは再生に関する機能は、現在は対象外である。Hjelsvoldら[4]のモデルは属性として thematic indexing をメタ情報として Structural-component を提供する。

しかし、これらのモデルは時間の構造化を行なったものであり、空間を構造化するホットスポットなどの要素を持たない。また、本稿とは異なり、検索機能を再利用可能な形式で提供するフレームワークという構成はとっていない。

AV フレームワーク [3] は映像・音声の検索・合成・再生を対象とする包括的なフレームワークである。映像の合成演算、再生のための演算などを提供している。一方で、映像の内容情報に関する扱いはAVフレームワークの範囲外であり、本フレームワークが提供する内容に基づく検索は提供されない。

6 まとめ

本稿では、内容に基づく映像検索を目的として、空間情報も対象とする時空間データモデルを提案し、メタ情報の拡張性、検索機能の拡張性を考慮した検索フレームワークを提案した。

本稿で述べたフレームワークは、PERCIO[10]上のクラスライブラリとして構築していく予定である。現在のフレームワークは再生機能を外部ツールに任せる形をとっているが、今後、映像の合成・再生に関する機能を提供していく必要があると考えている。

また提案方式では、データ登録の際、ホットスポット編集作業が多量である。今後、物理カット、論理カットの切り出し [2] などに見られるようなホットス

ポット候補の半自動切り出しについても検討を進めていく予定である。

参考文献

- [1] G. Ahanger, D. Benson, T.D.C. Little : Video Query Formulation, In Proc. of *Storage and Retrieval for Images and Video Databases II. IS&T/SPIE Symposium on Electronic Imaging Science & Technology*, February 1995
- [2] 有澤 博, 由井 仁, 富井 尚志 : 映像データベースシステムの構成の一方式, In Proc. of *ADBS'93*, pp.181-190 (1993)
- [3] S. Gibbs, C. Breiteneder and D. Tschritzis : Audio/Video Databases: An Object-Oriented Approach, In Proc. of *9th International Conference on Data Engineering*, pp.381-390 (1993)
- [4] R. Hjelsvold and R. Midtstraum : Modelling and Querying Video Data, In Proc. of *20th VLDB*, pp.686-694 (1994)
- [5] 平田 恭二, 川崎 成人, 高野 元, 原 良憲 : ネットワーク環境下における動画ハイパーメディア実装方式, In Proc. of *ADBS'94*, pp.165-173 (1994)
- [6] T.D.C. Little *et al.* : A Digital On-Demand Video Service Supporting Content-Based Queries, In Proc. of *ACM Multimedia 93*, pp.427-436 (1993)
- [7] Y. Masunaga : A Temporal Expansion to the Multimedia Object Model in OMEGA, In Proc. of *DASFAA '95*, pp.430-440 (1995)
- [8] E. Oomoto and K. Tanaka : OVID: Design and Implementation of a Video-Object Database System, In *Trans. on Knowledge and Data Engineering*, Vol.5, No.4 (1993)
- [9] J. Rumbaugh, M. Blaha, W. Premerlani, F.Eddy and W. Lorenzen : *Object-Oriented Modeling and Design*, Prentice Hall (1991)
- [10] 鶴岡 邦敏, 木村 裕 : オブジェクト指向データベース PERCIO の機能と構成, *NEC 技法*, Vol.47, No.6, pp.36-41 (1994)
- [11] R. Weiss, A. Duda and D.K. Gifford : Content-Based Access to Algebraic Video, In Proc. of *the International Conference on Multimedia Computing and Systems* pp.140-151 (1994)