

特別論説



情報処理最前線

マルチメディアデータベースと時間[†]増 永 良 文^{††}

1. はじめに

社会の急速な情報化にともない、データベース管理システムが管理しないといけなデータも従来の文字・数値型のデータから、近年はテキスト、図形、静止画像、動画像、音等いわゆるマルチメディアデータに展開している。この要求は単にデータベースに対するものだけではなく、情報システムのあらゆる分野にわたっていることは言を待たない。最近では米国の情報スーパーハイウェイ構想に煽られて、日本でも各家庭に光ファイバが入り込む西暦2010年には123兆円のマルチメディア市場が開花すると試算され（電気通信審議会）、多くのコンピュータ・通信関連企業がマルチメディアを標榜するに至っている。

データベース界でマルチメディアデータベースが議論されたのは約10年余り前である。筆者の知るかぎり1984年にシンガポールで開催された第10回VLDB (Very Large Data Base) 国際会議において「マルチメディアデータベース管理システムとは何か」というパネル討論会でそれが議論されたのが世界で最初である。当時、筆者はその会議にリレーショナルデータベースのビュー更新問題の論文を発表しに出席しており、そのパネル討論会で何が議論されたかを知ることができた。結論は「マルチメディアデータベースシステムというものは現存しない」であった。筆者はその重要性を認識し、帰国後直ちにマルチメディアデータベースシステム OMEGA の研究・開発に取り組んだ。また情報処理学会では1987年5月号の学会誌に「マルチメディアデータベースシステム」の特集を組んでいる。

現在、マルチメディアデータベースの開発状況はどうかといえば、真の意味でのマルチメディアデータベースシステムは現在も存在していない。つまり、マルチメディアデータベースの冠の元、いわゆるメディアごと (single medium) のデータベースシステム技術には昨今格段の進歩が見られている。たとえば、テキストデータベースシステム、画像データベースシステム、動画像データベースシステム等の分野では日本でも活発な研究・開発が行われている。しかし、マルチメディアデータベースは個別のメディアではなく様々なメディアのデータベースが統合されてアマルガムのように一体となったものであるとしたとき、その統合法や管理法、あるいは利用法 (=問合せと更新、さらに計算完備性を実現するためにデータベース言語の親言語への埋め込み) の全体像は依然不明のままである。これは一言でいえば、「マルチメディアデータモデルが確立していない」からである。

さて、マルチメディアデータベースは (a) テキストや図形、静止画像といったせいぜい2次元の空間的広がりを持ったマルチメディアデータを管理できるシステム (第1世代)、(b) (第1世代の機能に加えて) 動画像や音 (音声や音響) といった「時間軸」を考えないとモデル化できないマルチメディアデータをも取り扱えるシステム (第2世代)、(c) 3次元の空間と1次元の時間、計4次元の時空間 (つまり我々が存在している世界そのもの) をデータベース化できるシステム (第3世代) に分類できる。明らかに、時間をサポートするメカニズムを解明しておかないと、第3世代はおろか、第2世代のマルチメディアデータベースシステムも構築できないわけで、マルチメディアデータベースと時間の関係を明らかにしておくことは火急の研究・開発課題となっている。

[†] Temporal Issues on Multimedia Databases by Yoshifumi MASUNAGA (University of Library and Information Science).

^{††} 図書館情報大学 図書館情報学部

そこで本稿ではこれまでデータベースおよびその関連分野で時間がどう扱われてきたかを整理しながら、この問題を体系建てて論じてみたい。

2. リレーショナルデータベースと時間

これまで時間の問題がデータベースでどう扱われてきたかという、よく知られた古典にリレーショナルデータベースを対象にした Snodgrass による研究^[Snod87]がある。そこでは有効時刻 (valid time) とトランザクション時刻 (transaction time) が導入され、一方、スナップショット (snapshot) データベース、ロールバック (rollback) データベース、履歴 (historical) データベース、および時間的 (temporal) データベースなる4つのデータベース概念が導入されている。また、時間的データベースに対する質問言語として TQuel (Temporal Query Language) が設計されている。(Temporal という言葉は spatial と対比させてそれぞれ時間的と空間的と訳すことにした。以下 temporal attribute は時間的属性と訳すが趣旨は同じ。)

新しい用語がいくつか出現したので若干の解説が必要であろう。まず、実世界にて事象が何時から何時まで (from...to...) 有効であったかを記録した時刻を有効時刻という。それがデータベースに記録された時刻 (とその後削除された時刻) をトランザクション時刻という。一般にデータベースは時間の経過と共に移り変わる実世界のある瞬間の断面をモデル化した結果得られるものであり、その意味でスナップショットデータベースという。(通常のリレーショナルデータベースはスナップショットデータベースである。) しかし、スナップショットデータベースではデータベースの過去の状態に遡って (たとえば1年前の状態に遡って) 質問を受け付けることは不可能である。そこで、データベースの状態はトランザクションの実行とともに一貫した状態から次の一貫した状態に変化していくことに着目すれば、スナップショットデータベースがトランザクション時間軸上を遷移していくとモデル化できる。他方、実世界で事象は時事刻々と変化していく。たとえば、教官の肩書きは助手、講師、助教授、教授と変化していく。したがって、いつからいつまで助教授であったかなどという質問に答えることができるよ

う、それを記録しておくことは意義のあることである。このような履歴は有効時間軸を用いて記録され履歴データベースを構成する。つまり、トランザクション時間軸上でスナップショットをサポートしつつ、一方各スナップショットでは有効時間軸が定義され履歴データを管理する。このデータベース全体を Snodgrass は時間的データベースと呼んだ。

TQuel はこの時間的データベースに対する質問言語なので、二つの機能を有する。一つはデータベースをどの時点までロールバックさせるかを指定するためのロールバック質問機能で、もう一つは立ち返ったその時点での履歴データベースを対象に履歴質問を記述できる機能である。ここで TQuel による質問の例をあげて理解の一助としよう。

【例題1】(TQuel の質問文の一例)

Faculty (Name, Rank) と Associates (Name) をリレーションとする (個々のタプルに有効時刻とトランザクション時刻も記録されているがここでは省略)。トムが助教授に昇任したとき教授であった人の名前を求める TQuel 質問文を示せ。

```
range of f is Faculty
```

```
range of a is Associates
```

```
retrieve into Full (Name = f.Name)
```

```
where a.Name = "Tom" and f.Rank = "full"
```

```
when f overlap begin of a
```

質問文中では when 句, valid 句 (valid at, valid from ... to ... といった指定が可能), as-of 句 (ロールバックを指定するために使用する句で、たとえば as of end of "1990" と指定すればデータベースはその時点までロールバックされる) が指定できる。文中で使える演算子としては begin of, end of といった単項演算子, overlap, precede, equal, extend といった2項演算子がある。関連して、時間的リレーショナル代数の提案もある^[TuC190]。最近 Snodgrass らはリレーショナルデータベース言語 SQL2 に時間的拡張をほどこした TSQL2 を SQL3 制定時に国際標準とすべく活動している^[SAA*94]。

3. 時間区間論理

Snodgrass の研究の注目すべき点として履歴を時間区間 (time interval) として認識している点

がある。この視点はマルチメディアデータベースで音や動画像をモデル化する場合に、それらを時間区間というオブジェクトと捉えると統一的な表現が可能となることから注目に値する。

一方、データベースとは一見無縁な分野、たとえば認知科学や計算幾何学などでも時間区間をモデル化する研究は鋭意行われてきた。その中でも Allen の研究^[All83]は時間区間論理 (interval-based temporal logic) を導入した先駆的研究としてよく知られている。彼が示した主な結果は、時間区間とは開始時刻 (stp; start time point) と終了時刻 (etp; end time point) をもつ時間軸上の閉区間 [stp, etp] であるとしたとき、時間区間の間に 13 種の (2 項の) 時間的關係 (temporal relation) が定義できることを示し体系化したことにある。それらの時間的關係とは equal, before, after, during, contains, overlaps, overlapped_by, meets, met_by, starts, started_by, finishes, finished_by であり、次のように定義される。(ここに m1.stp なるドット記法は時間区間 m1 の stp 値を表す便法である。)

【Allen による時間区間間の 13 種の時間的關係】

- 1) equal (m1, m2) iff m1.stp=m2.stp and m1.etp=m2.etp
- 2) before (m1, m2) iff m1.etp<m2.stp
- 3) after (m1, m2) iff before (m2, m1)
- 4) during (m1, m2) iff m2.stp<m1.stp and m1.etp<m2.etp
- 5) contains (m1, m2) iff during (m2, m1)
- 6) overlaps (m1, m2) iff m1.stp<m2.stp<m1.etp and m2.stp < m1. etp < m2.etp
- 7) overlapped_by (m1, m2) iff overlaps (m2, m1)
- 8) meets (m1, m2) iff m1.etp=m2.stp
- 9) met_by (m1, m2) iff meets (m2, m1)
- 10) starts (m1, m2) iff m1.stp=m2.stp
- 11) started_by (m1, m2) iff starts (m2, m1)
- 12) finishes (m1, m2) iff m1.etp=m2.etp
- 13) finished_by (m1, m2) iff finishes (m2, m1)

容易に分かるように、上記には before と after のように、ある関係とその逆関係がリストアップされているので、それらの片方だけとれば実質的

には時間的關係は 7 個 (equal, before, during, overlaps, meets, starts, finishes) である。

Allen の研究結果は Little らにより一般に n 項関係に拡張され時間的複合マルチメディアオブジェクトの記述に用いられている^[Lig93]。音や動画像といった時間的マルチメディアオブジェクトを時間区間と見なして時間直線 (time line) 上で表現するモデルは Gibbs^[Gib90]、Oomoto ら^[OoTa93]、Hamakawa ら^[Har93]等で論じられている。時間区間代数の研究も Leban ら^[LeMF86]、福田ら^[FAKM94]等で行われている。また筆者らが開発しているマルチメディアデータベースシステム OMEGA も時間的マルチメディアオブジェクトの表現と操作は時間区間論理に基づいている。その紹介は次章に譲るとしても、ここで Snodgrass も指摘したとおり時間的關係は「述語」としてのみならず「演算子」と捉えることもできることを注意したい。たとえば meets (m1, m2) は時間区間 m1 と m2 が meets の関係を満たしているので値として真を返す述語と解釈することもできるし、meets の関係を満たす時間区間 m1 と m2 が接合されて値として複合時間区間 meets (m1, m2) を返す演算子とも解釈できる。この両義性は時間的複合オブジェクトをモデル化するときにも有効な概念である。議論を先取りして、クラシック音楽を時間的複合オブジェクト (temporal composite object) として表現する例を次に示す。

【例題 2】(時間的複合オブジェクトの例)

実世界で演奏された 4 楽章からなる音楽 (たとえば交響曲オブジェクト s) を各楽章オブジェクトの複合オブジェクトとして捉える (これらの楽章オブジェクトを順に時間区間 m1, m2, m3, m4 とモデル化する)。さらに楽章間の演奏のない時間 (つまり pause) を「空時間区間 (null time interval)」オブジェクトとして捉える (これらを順に p1, p2, p3 とする)^[FAKM94]。するとこの交響曲全体は、 $s = \text{meets}(\text{meets}(\text{meets}(\text{meets}(\text{meets}(m1, p1), m2), p2), m3), p3), m4)$ という時間的複合オブジェクトで表される。

なお、時間とそれに付随する概念 (たとえば時間的必然性) とは何かを数理論理学の一分野として論じる時間的論理学 (temporal logic) があるが、これはここで述べた時間区間論理とは基本的には別のものである。また計算幾何学での結果はた

たとえば文献[Asan90]に紹介されている。

4. マルチメディアデータベースと時間的オブジェクトのモデル化

マルチメディアデータベースを構築するにはテキスト、図版、静止画像、動画像、音といった異質なメディアデータを等質化すべくすべてをオブジェクトと見なすオブジェクト指向アプローチが適している[Masu87a,87b]。Woelkらもオブジェクト指向データベースシステムを使ったマルチメディアデータベース管理を報告している[Wolk87]。テキストや図形、静止画像に加えて動画像データや音データをも統一的に表現・管理するためにはそれらをオブジェクト指向パラダイムの中できちんとモデル化しておくことが必要である。そのための基本的アプローチがそれらを「時間的オブジェクト」とモデル化することである。しかし、現行のオブジェクト指向データベースはマルチメディアデータベースを構築するための必要条件であるが十分条件ではない[Mat91]。具体的にはオブジェクト指向言語（たとえばオブジェクト指向プログラミング言語 C++ や Smalltalk、あるいはそれらを永続化してオブジェクト指向データベース言語として提供されているもの）ではオブジェクトの時間的特性を記述するために必要な機能が欠けている。（本章では時間的（temporal）という言葉は第2章で Snodgrass が使ったよりは少しルーズに時間的特性を有する場合という程度の意味で使用していることも多いのであらかじめ断る。）このような問題を解決するため OMEGA では従来のオブジェクト概念を以下に述べるように機能拡張して得られた時間的オブジェクトを用いてシステム構築を行っている[Masu93,94,95a,95b]。それらを例を用いて示す。

(1) 現行のオブジェクト指向言語では時間的属性を直接表現できないこと

たとえば発電機には直流発電機と交流発電機がある。前者は現行のオブジェクト指向プログラミング言語 C++ で素直に表現できるが、後者はそうではない。つまり、クラス直流発電機は次のように定義できる。

【例題3】(クラス直流発電機の概略)

```
class DCG: Object {
// attributes
```

```
int serialNumber;
float outputVoltage;
...
};
```

しかし、交流発電機のクラスはこのようには書けない。たとえば出力が $\text{outputVoltage} = E \times \sin(\omega \times t - \theta)$ 、ここに E は電圧の最大値、 ω は角速度、 t は時刻、 θ は位相角、として表せる交流発電機（のクラス）を次のようには C++ で書けない。

【例題4】(C++ では許されないクラス交流発電機の定義例)

```
class ACG: Object {
// attributes
int serialNumber;
float outputVoltage = E * sin(omega * t - theta);
...
};
```

つまり、現行のオブジェクト指向言語では属性値の時間依存性を直接表現できないので、マルチメディアデータモデリングのみならず、一般に様々な状況で不都合を生じさせている。しかし、上記の書き方は実世界をモデリングするというデータベース本来の立場からするとごく自然である。OMEGA では C++ へのプリコンパイラアプローチでこの表現を可能としている[Masu94]。なお、関数型データモデルで同様な拡張が提案されている[WuDa92]。

(2) イベントと時間区間オブジェクトのクラスライブラリがないこと

時間的マルチメディアオブジェクトに限らず一般に職歴や病歴等時間区間として捉えられる事象は数多くある。しかしながら、オブジェクト指向言語には時間区間を扱うためのクラスライブラリは備わっておらず、時間的オブジェクトをモデル化しようとする場合の障害になっている。

OMEGA では動画像オブジェクトや音オブジェクトは時間区間オブジェクトであると定義し、それらを表すためにクラス TimeInterval を定義している。そうすることにより一般に時間的マルチメディアオブジェクトはクラス TimeInterval あるいはそのサブクラスのインスタンスとなる。イベントは区間 (duration) がゼロの時間区間としてモデル化すればよい。クラス TimeInterval

の概略は次のとおりである。

【例題 5】(クラス TimeInterval の概略)

```
class TimeInterval: Object{
// attributes
Time stp, etp;
...
// operations
float duration () {return etp - stp;}
...
};
```

(3) 時間区間の間の時間的関係をクラス定義中でモデル化できないこと

ここで指摘する問題点はより一般的にいえば、現行のオブジェクト指向言語ではいずれもそのクラス定義でオブジェクト間の論理的、物理的、あるいは意味的関連 (= 制約) を記述することはできない点を改善すべきだということである。データベースでは実世界に存在する様々な制約を記述できなければ、正確なモデリングは不可能である。これまでリレーショナルデータベースではキー制約、外部キー制約、ドメイン制約、関数従属性、多値従属性等がデータベースの一貫性を保持するための制約として議論されてきた。実際国際標準リレーショナルデータベース言語 SQL でもキー制約、外部キー制約、ドメイン制約等は規格化されている。

この問題に対し、オブジェクト指向データベースシステムでは製品ごとに個別に対応してきた経緯があったが、ODMG-93 標準オブジェクトモデルでは参照制約 (referential integrity, たとえば学生と科目の履修を表す多対多の関係において、もし学生が退学をすればその学生が履修していた科目から学生への参照をなくしてデータベースの一貫性を保証すること) を定義できるクラス定義法が提案された^[Cat94]。これはマルチメディアに限らず、CAX (X=D, M, P, I 等) に代表される先進的データベース応用ではオブジェクト間の様々な関連を記述する必要があるので一つの指針を与えてくれた意味で好ましい貢献である。しかしこの参照制約の記述ができるだけでは時間的オブジェクト間の時間関係を表現することはできない。そこで OMEGA はもし必要ならば 13 種の時間関係を記述できるようにクラス定義を拡張した^[Masu94]。このクラス定義の拡張は ODMG-

93 標準オブジェクトモデルの上位互換の構文で行われる。例題で示すと次のようになる。

【例題 6】(時間的関係を持つ時間的マルチメディアオブジェクトのクラス定義。equal 関係を例にして)

ある音楽オブジェクト m はその音成分オブジェクト s とビデオ成分オブジェクト v から $m = \text{equal}(s, v)$ の演算で構成されているとする。このとき、クラス Music とクラス Sound の概略は次のようになる (クラス Video はクラス Sound に準ずる)。

```
class Music: TimeInterval{
// attributes
char* title;
Sound s_track;
Video v_track;
...
//operations
void playback ();
...
};

class Sound: TimeInterval{
// attributes
Music s_track_of;
...
// relationships
relationship Video s_track_of.v_track equal
Video::v_track_of.s_track;
...
// operations
...
};
```

補足説明を行う。クラス Sound の relationship 句で宣言していることは、クラス Sound のオブジェクト s はそれを音成分オブジェクトとしている音楽オブジェクト m とは $s.s_track_of=m$ の関係にあり、一方 m のビデオ成分オブジェクトは $m.v_track=v$ なので、 s とこの相棒である (クラス Video の) オブジェクト $s.s_track_of.v_track (=v)$ が equal の関係にないといけないこと、さらにこの関係はクラス Video から見ても同じであること (それを Video::v_track_of.s_track で表している)、である (relationship の表現は他

の2項関係についても同様)。

(4) 時間的質問言語がないこと

さて、時間的マルチメディアデータベースでは時間的関係を持つオブジェクトを対象にして質問(=問合せ)を書き下せることが必須である。しかし、現行のオブジェクト指向データベースシステムが提供する質問言語(たとえば ONTOS が提供する OSQL)、あるいは ODMG-93 標準オブジェクトモデルが提案する質問言語(OQL という)ではそれらを書き下せない。つまり、現状ではオブジェクト指向データベースシステムは時間的マルチメディアオブジェクトを記述するにも、質問を書き下すにも力不足である。

そこで、OMEGA では13種の時間区間関係を SELECT 文中で使用できる OSQL に上位互換な質問言語 MQL (Multimedia Query Language) を設計・実装中である。MQL は質問記述のみならず、質問の結果検索された時間区間オブジェクトをオーサリング空間に移動させ新たな時間的複合オブジェクトを合成する機能も備えている^[Masu95a]。両機能を例題で示す。

【例題7】(MQLによる質問の一例)

その持続時間(duration)が、ある連続した二つのビデオオブジェクトより長い音オブジェクトを検索し、それとその連続したビデオオブジェクトをオーサリング空間に送り、starts 関係にある新しい時間的複合オブジェクトを作成する MQL 文を書き下せ。

```
SELECT meets (x, y), z INTO AUTHORIZING
starts (meets (x, y), z)
FROM Video x, y Sound z
WHERE x.duration () + y.duration () =<
z.duration ()
```

検索されたオブジェクトのコピーがオーサリング空間に送り込まれる。それらを a_meets と b_sound とするとオーサリング空間で新たに複合オブジェクト starts (a_meets, b_sound) が作成されるということである。

5. HyperODA, HyTime, MHEG に見る最近の関連動向—標準化—

ODA (Open Document Architecture; 1989年に IS, 1993年に JIS) と SGML (Standard General Markup Language; 1986年に IS, 1992

年に JIS) はマルチメディア文書の規格としてよく知られている。しかし、近年いずれもが音(たとえばナレーションやBGMなど)や動画像といった時間的マルチメディアデータを文書に取り込むための拡張作業を行っている。現在、前者は HyperODA なる規格の制定作業を進めており([Fuji93], [Appe94]を参考)、一方後者は HyTime (Hypermedia/Time-based Structuring Language; 1992年に IS) を規格化した([Koma93], [DeDu94]を参考)。加えて、世界で唯一商用化に成功したフランスのビデオテックス事業に関係して MHEG (ISO/IEC JTC1/SC29/WG12 Multimedia and Hypermedia Coding Experts Group) がオーディオビジュアル(AV)データの統一的表现のために規格制定作業を行っている([Kame93]を参考)。我々、時間的マルチメディアデータベースシステムの構築に向けて作業を行っている者として、これらの動向は無視できない。一体そこでは何がなされているのか概観しデータベースとの関係を議論する。

HyperODA は ODA 文書が時間的属性を有する場合それを論理構造に陽に記述する。レイアウト作業はそれを参照して行われる。次が簡単な例である^[Appe94]。

【例題8】(HyperODAでの時間的関係の記述例)

論理オブジェクト A と B の内容を A, B の順に表示する。ただし A は(最初の)20時間単位(time unit)期間を表示するだけでよい。HyperODA では A と B の直上のオブジェクトの時間的関係の属性値を次のように設定してそれを指定する。

```
Temporal-Relations: {
synchronization-type: sequential,
subordinate-nodes: {
(node-identifier: A,
duration: 20)
(node-identifier: B)}}
```

もし、duration: 20の代わりに duration: indefinite と指定すると A の表示が始まった後にユーザからのインタラクションが与えられるまでそれを表示し、続いて B の表示に移る。synchronization-type: sequential をたとえば synchronization-type: parallel-last と指定すると、A は20時

間単位期間、Bはその終りまでAと並行して表示される。もし、synchronization-type: parallel-firstと指定すると、(Aの表示期間である)20時間単位期間とBの表示期間を比べてそのいずれか短い方の表示が終了した時点で共に表示を終了する。ここに、AやBはたとえばオーディオオブジェクトと考えればよい。

なお、上記例題を見て分かるように時間的關係はC=composite(A, B)なる複合オブジェクトC(これをAとBの直上のオブジェクトという)の時間的属性値として指定されているということで、記述のレベルはAllenの時間的關係を演算子と見立てて、そのレベルで行われていると解釈できる。

MHEGのスタンスは明快で、AVデータ相互の時間的同期および順序の關係を時間直線(time line)上で指定してできあがるMHオブジェクトをBNF(Backs Normal Form)で記述し、続いてそれをASN.1で記述してHyperODAから見ればファイナルフォーム(final form)としてそれを取り込めることとなる。一方HyTimeで記述すればHyTime文書から同様なことが可能となる。MHEGでは時間的オブジェクト間のマルチメディア同期を表現するため、条件同期(ある条件を満たしたとき、あるオブジェクトが起動されるような条件判断を有する同期モード。たとえばあるBGMが演奏され始めて指定の時間が経過したときナレーションが開始されるなど)を主として用いている。なお、MHEGではマルチメディアオブジェクト間の時間的關係は(HyperODAと同じく)基本的にparallelとsequential、そして前章で導入したnull time interval(これをMHEGではdelayといっている)を使用して記述する点で変わらない。

総じて、マルチメディアデータベースの側から追った時間的複合オブジェクトの表現方法と、マルチメディア文書やAVの表現のために導入しようとしているHyperODAやMHEGの方法はその基本的考え方で一致している。しかし、その細部はそれぞれで異なっており、それらが次々と国際標準として規格化、あるいは業界標準となっていく現状は憂慮すべき事態である。一刻も早く時間的マルチメディアオブジェクトの世界統一モデルを制定すべく活動を開始すべきであろう。

ところで、データベースとこれら関連分野の明らかな相違点の一つはデータベースでは格納されているデータベースから所望のデータを検索したり更新をしたりするためのデータ操作言語(DML; Data Manipulation Language)を持つのに対し、それらでは本来の目的が異なるため十分な検討がなされていない点を指摘できる。ただ一つ、HyTimeには(SGMLにはなかったが)質問言語、HyQという、がある^[DeDu94]。しかし、HyQでは時間的オブジェクトの検索よりも、まずSGML文書が持っている階層的な構造を効率良く扱えるよう(これはリレーショナルデータベースでは得意とはしない)考えられている質問言語のようである。例をあげる。

【例題9】(HyQによる質問文の一例)

「ドキュメント中に現われるすべての“equation”エレメントの位置を求めよ」をHyQで書き下すと次のようになる。

```
<HyQ qdomain=mydoc>
  Select (DOMTREE Eq (Proploc (CAND
    GI) "EQUATION"))
</HyQ>
```

この質問はmydocで識別される木からEq(...)なる命題を満たすすべてのノードを選択する。つまりノードのGI属性(property)がリテラル列"EQUATION"に等しいという命題を満たすノード(リスト)DOMTREEが選択される。ここにSelect(), Proploc(), Eq()はしかるべき関数であるが、Proploc()はノードの属性値を返す関数で、Proploc(CAND GI)によりCANDのGI値を返す。ここにCANDは現在テストされている候補ノードのを表す(リレーショナルデータベース言語SQLの相関変数にあたる)。なお、現在のHyQにどれほどの時間的マルチメディアオブジェクトの探索条件記述能力があるのか筆者は測りかねている。

6. おわりに

マルチメディアデータベースと時間的關係を少し視点を広げて考えると実時間(real time)データベースの研究がある。いうまでもなくマルチメディアデータベースでは動画は実時間で再生されねばならない。別の例としてはプロセス制御にデータベースが用いられる状況を想定すればデー

データベースの実時間性が保証されないかぎり実用には供されないであろう。ここに実時間性とはトランザクションを指定された時刻までに確実に終了できるデータベース管理システムの性質をいう。明らかにデータベース管理システム(というソフトウェア)のみでは実時間性は達成しえない。それが機能するためにはOSが実時間性を満たさねばならない。デバイスもそうである。また資源がコンピュータネットワーク上に分散している場合、ネットワークが実時間性を満たさなければならない。マルチメディアデータは一般にネットワーク上に分散しているものであり、近年そのような同期をどうとればよいか(たとえばバッファリングをどうするか)を論じた研究も出始めている^[AnHo91]。時間は空間を非可逆的に無限の彼方に運ぶルールである。データベースの基本的な事柄が明らかになった現在、「時間」を味方につけることこそがこれからのデータベース技術が飛躍的な発展を遂げられるか否かの鍵を握っているといっても過言ではない。

謝辞 本論文をまとめるにあたりご議論や文献の提供をくださった群馬大学教授金森吉成氏、電子技術総合研究所主任研究官藤村是明氏、慶応義塾大学助手飯島正氏に深謝する。

参考文献

- 時間的リレーショナルDB関連
- [Snod87] Snodgrass, R.: The Temporal Query Language TQuel, ACM Transactions on Database Systems, Vol. 12, No. 2, pp.247-298 (June 1987).
- [TuCl90] Tuzhilin, A. and Clifford, J.: A Temporal Relational Algebra as a Basis for Temporal Relational Completeness, Proceedings of the 16th International Conference on VLDB, pp.13-23 (1990).
- [TCG*93] Tansel, A. et al. (ed.): Temporal Databases: Theory, Design, and Implementation (book), Benjamin/Cummings Publishing Co., 621p. (1993).
- [SAA*94] Snodgrass, R., Ahm, I., Ariav, G., Batory, D., Clifford, J., Dyreson, C., Elmasri, R., Grandi, F., Jensen, C., Kaefer, K.N., Kulkarni, K., Cliff Leung, T.Y., Lorentzos, N., Roddick, J., Segev, A., Soo, M. and Sripada, S.: TSQL2 Language Specification, ACM SIGMOD Record, Vol. 23, No. 1, pp. 65-86 (Mar. 1994).
- 時間区間論理とマルチメディアDB関連
- [Alle83] Allen, J.: Maintaining Knowledge about Temporal Intervals, Communications of the ACM, Vol.26, No.11, pp.832-843 (1983).
- [LeMF86] Leban, B., McDonald, D. and Foster, D.: A Representation for Collections of Temporal Intervals,

- Proceedings of the AAAI-1986 5th International Conference on Artificial Intelligence, pp.367-371 (1986).
- [Gibb91] Gibbs, S.: Composite Multimedia and Active Objects, Proceedings of the OOPSLA'91, pp. 97-112 (1991).
- [LiGh93] Little, T. and Ghafoor, A.: Interval-Based Conceptual Models for Time-Dependent Multimedia Data, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol.5, No.4, pp.551-563 (1993).
- [OoTa93] Oomoto, E. and Tanaka, K.: OVID: Design and Implementation of a Video-Object Database System, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 5, No. 4, pp. 629-643 (Aug. 1993).
- [HaRe93] Hamakawa, R., Rekimoto, J.: Object Composition and Playback Models for Handling Multimedia Data, Proceedings of the First ACM International Conference on Multimedia, pp.273-281 (Aug. 1993).
- [FAKM94] 福田紀彦, 天笠俊之, 金森吉成, 増永良文: 時区間に基づく拡張時間データモデル, 情報処理学会データベースシステム研究会主催, アドバンスト・データベースシステム・シンポジウム'94 会議録, pp.175-184 (Dec. 1994).
- [Asan90] 浅野哲夫: 計算幾何学(本), 244p., 朝倉書店 (Sep. 1990).

●オブジェクト指向DB関連

- [WoKi87] Woelk, D. and Kim, W.: Multimedia Information Management in an Object-Oriented Database System, Proceedings of the 13th International Conference on VLDB, pp.319-329 (1987).
- [MaTa91] 増永良文, 田中克己: 次世代データベースシステムの展望, 情報処理, Vol.32, No.5, pp.602-613 (May 1991).
- [WuDa92] Wu, G. and Dayal, U.: A Uniform Model for Temporal Object-Oriented Databases, Proceedings of the 8th International Conference on Data Engineering, pp.584-593 (1992).
- [Catt94] Cattell, R. (ed.): The Object Database Standard: ODMG-93 (book), 169p., Morgan Kaufmann (1994).
- OMEGAとその時間的機能拡張関連
- [Masu87a] Masunaga, Y.: Multimedia Database: A Formal Framework, Proceedings of the IEEE Computer Society Symposium on Office Automation, pp.36-45 (May 1987).
- [Masu87b] 増永良文: マルチメディアデータベース総論, 「マルチメディアデータベースシステム特集号」, 情報処理, Vol. 28, No. 6, pp.671-684 (June 1987).
- [Masu93] 増永良文: マルチメディアデータモデル OMEGA における音データと動画データをサポート, 情報処理学会データベースシステム研究会主催, アドバンスト・データベースシステム・シンポジウム'93 会議録, pp.163-179 (Dec. 1993).
- [Masu94] Masunaga, Y.: Temporal Multimedia Data Modeling in OMEGA, Proceedings of ADIT'94, pp.190-199, October 26-28, Nara (Oct. 1994).
- [Masu95a] 増永良文: Temporal Query and Authoring Language: MQL の概念設計, 情報処理学会第 50 回全国大会予稿集, 1G-3 (Mar. 1995).

[Masu95b] Masunaga, Y.: A Temporal Expansion to the Multimedia Object Model in OMEGA, to appear in the Proceedings of DASFAA'95, 11p., April 10-13, Singapore (Apr. 1995).

● HyperODA, HyTime, MHEG 関連

[Fuji93] 藤村是明: HyperODA の最新動向, 情報処理学会データベースシステム研究会主催, アドバンスト・データベースシステム・シンポジウム'93 講習会資料集, pp.21-30 (Dec. 1993).

[Kame93] 亀山渉: MHEG の最新動向, 情報処理学会データベースシステム研究会主催, アドバンスト・データベースシステム・シンポジウム'93 講習会資料集, pp.31-70 (Dec. 1993).

[Koma93] 小町祐史: HyTime (ハイパメディア及び時間依存情報のための構造化言語) の概要, 情報処理学会データベースシステム研究会主催, アドバンスト・データベースシステム・シンポジウム'93 講習会資料集, pp.71-94 (Dec. 1993).

[Appel94] Appelt, W. (ed.): 2nd DIS ISO/IEC 8613-14/ Draft Recommendation T.424, Information technology - Office document architecture (ODA) and interchange format - Temporal relationships and non-linear structures, 58p. (June 1994).

[DeDu94] DeRose, S.J., Durand, D.G.: Making Hypermedia Work: A User's Guide to HyTime (book),

384p., Kluwer Academic Publishers (1994).

● マルチメディア同期

[AnHo91] Anderson, D. and Homsy, G.: A Continuous Media I/O Server and Its Synchronization Mechanism, IEEE Computer, Vol.24, No.10, pp.51-57 (1991).

(平成7年2月23日受付)



増永 良文 (正会員)

昭和45年東北大学大学院工学研究科電気及び通信工学専攻博士課程修了。工学博士。同年同電気通信研究所助手。昭和58年図書館情報大学助教授。昭和61年同教授。現在に至る。その間昭和50～52年国際応用システム解析研究所研究員。昭和57～58年IBMサンホゼ研究所客員研究員。昭和62年度文部省派遣長期在外研究員。マルチメディアデータベースシステム OMEGA の開発, オブジェクト指向データベースシステムの理論的研究に従事。著書「リレーショナルデータベースの基礎ーデータモデル編ー」(オーム社)など。電子情報通信学会, ACM, IEEE 各会員。本会データベースシステム研究会主査。



