

# インタラクティブマルチメディアプレゼンテーション のための同期制約管理モデル

A Management Model for Synchronization Constraints of  
Interactive Multimedia Presentation

桂 智 之

**要 約** 本稿では、インタラクティブマルチメディアプレゼンテーションのための同期制約管理モデルを提案する。このモデルにおいて、全てのオブジェクトおよび双方向イベント間の同期は Allen の時区間論理を拡張した同期制約で記述される。このモデルの特長はどのオブジェクトからでも全てのオブジェクトとの関係が記述されていることである。また、同期制約を作成するアルゴリズムも合わせて提案する。これらの提案により同期制約の追加、削除、不足検査、矛盾検査、プレゼンテーションデータの動的生成といったインタラクティブマルチメディアプレゼンテーションシステムに必要な機能を実現することが出来る。さらに、本モデルをリレーショナルデータベースに適用するスキーマを提案し、プレゼンテーション作成者および利用者が必要となる問合わせ例を示す。

**Abstract** This paper proposes a management model for synchronization constraints of interactive multimedia presentations. Temporal constraints among objects and interactive events in a presentation are represented in terms of extended Allen's interval logic, which allows us to specify specific playback timing among objects and bidirectional events. Also, our model keeps complete relationships among them. Thus, we can realize functionalities, such as insertion, deletion, and examination of constraints, which is indispensable for interactive multimedia presentation systems. In addition, we propose a relational schema for implementing our model on a relational database, and then, show some examples based on the schema.

## 1. はじめに

近年、インターネットの普及により情報の伝達手段は大きく変化している。特に、従来の静的で一方向的なテキストベースのドキュメントに加えて動的で利用者との双方向対話が可能なマルチメディアプレゼンテーションが多く利用されるようになってきている。これをインタラクティブマルチメディアプレゼンテーション (IMP) と呼ぶ。

IMP は従来のテキストベースのドキュメントと比べ、視覚的に情報を伝えることができ、近年では、ニュースサイト、企業の商品、サービスの説明等、多くの Web サイトで目にすることができる。また、Real Player, Media Player のような IMP を使用者の計算機で再生するためのアプリケーションソフトウェアも多くの人々が使用している。今後も大学の講義やインターネットショッピング等、幅広い分野で IMP を目にする機会が増えることが想定される。

## 2. IMP システム

### 2.1 IMP の概要

IMP はいくつかの異なったメディアオブジェクト (ビデオ, 音声, テキスト, イ

メージ画像等)から構成され、メディアオブジェクトは互いに同期を取って再生される。これを同期制約と呼ぶ。また、IMPにはメディアオブジェクトだけでなく、選択(分岐)や他IMPへのリンクといった双方向イベントも含まれており、これらとメディアオブジェクトとの同期も考慮しなくてはならない。さらに、IMPの再生時には、利用者の特性により同期制約を動的に変更する必要がある。図1はIMPの例である。これは「奈良公園の紹介」を行うIMPであり「奈良公園概略」、「歴史」、「付近の名所」、「四季の特徴」、「交通手段」、「関連情報」という流れで構成されている。「付近の名所」と「四季の特徴」、「交通手段」では、そこで説明される「東大寺」、「興福寺」、「春日大社」、「若草山」や「春」、「秋」、「ライトアップ」、そして、「車」、「電車」といったさらなる詳細な説明を行うIMPの選択が用意されている。また、最後の「関連情報」では関連する他のIMPへと移る選択が用意されている。個々の説明では複数のスライドと説明の音声から構成され、時間的同期を取り再生される。

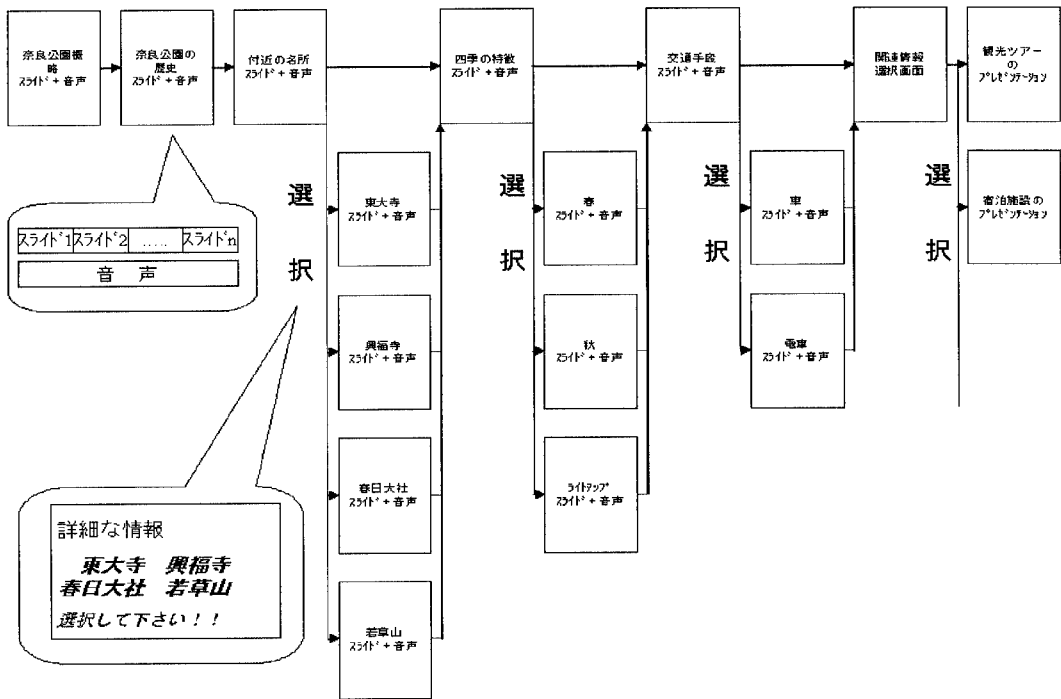


図 1 奈良公園紹介 IMP

以下では、IMPにおいて必要な機能をIMPの作成者、利用者に分けて考え、本稿で提案する同期制約を管理するモデルの必要性について述べていく。ただし、本稿では、時間、空間、QoS (Quality of Service) の3種類の同期制約のうち、時間制約のみを扱う。

## 2.2 IMPの技術的要求

まず、IMPの技術的要求を、作成者がIMPを作成および保守する側面と利用者がIMPを要求する側面とに分けて考えてみる。作成者がIMPを作成および保守する側

面では、同期の記述があげられる。図1で言えば、個々の説明の中の複数のスライドと音声は同期をとって実行されている。例えば、「スライド1の次にスライド2が実行される」、「スライド1と音声は同時に開始される」等である。また、この同期はスライドや音声といったオブジェクトだけでなく、選択のような「イベント」にも当てはまる。例えば、「付近の名所の説明が終了したら、この詳細説明を見るか否かの選択イベントを表示する」、「『選択イベント』が選択されたら、その説明のスライドおよび音声を開始する」、「『関連IMP』が選択されたら、選択されたIMPを開始する」等である。さらに、これらの同期制約を記述する際には、IMPとして成立しているか否かの検査を行う必要がある。例えば、スライド1と音声1を同時に開始し、同時に終了させたい時、同期の記述によりスライド1および音声1の実行時(Duration)、開始時刻(又は開始タイミング)、終了時刻(又は終了タイミング)が一意に決定されていなければならない。すなわち、同期制約不足の検査が必要となる。また逆に矛盾した制約が入力された際には、それを発見する機能とさらにIMP作成のための検索機能が必要である。検索はオブジェクトの更新時、前後関係や並列関係であるオブジェクトの確認等にも使用することができる。特に一つのオブジェクトが複数のIMPで共有され、それを変更しなければならない場合、このような機能は重要である。

次に利用者がIMPを要求する側面からは、利用者の特性により、IMPを動的に生成することが必要となる。例えば、利用者が図1のIMPに至る前に「東大寺」のIMPを経由したとする。この場合、「付近の名所」の詳細説明である「東大寺」の選択は不要となる。すなわち、利用者の属性やIMP経路、ショッピングサイト等では利用者の購買履歴等により、IMPを利用者の特性に合わせて動的に生成できる機能が必要である。さらに、それを行うための同期制約データの管理機能が必要となる。

ここで、IMPに要求される技術要素をまとめると、

1. 同期制約記述
2. 双方向イベントの付加
3. 同期制約不足検査
4. 同期制約矛盾検査
5. 同期制約の検索
6. IMPデータの動的生成

となる。これらの技術的要素はIMPの作成((1),(2)),管理((3),(4),(5)),再生用データ生成((6))の三つの役割に分類することができる。

### 2.3 IMPシステムの要求

前述の技術的要素の分類を、IMPのシステム(以下IMPSと呼ぶ)に対する要求としてまとめると、

1. 作成時および保守時に効率よく支援できる記述モデル
2. IMPデータを利用者の特性に合わせて動的に生成するモデル
3. 上記二つの要求を満たせる同期制約管理モデル

となる。前述の要求される技術要素はそれぞれのモデルに反映されるべきものである。同期制約記述および双方向イベントの付加は記述モデルに、IMPデータの動的生成は動的生成モデルに、さらに、同期制約の不足検査、矛盾検査、検索は同期制約管理

モデルに反映されなければならない 図 2 はこの要求を示した IMPS の全体像である。以下でそれぞれのモデルの役割と同期制約管理モデルへの要求およびその時に必要となる機能をまとめる。

#### 1. 同期制約記述モデル

##### (a) 役割

オブジェクトおよびイベント間の同期制約を記述

##### (b) 要求

IMP 作成および保守を効率よく支援

##### (c) 機能

同期制約の検索，追加，削除，不足検査，矛盾検査

#### 2. 動的生成モデル

##### (a) 役割

利用者情報を元に利用者の特性を考慮し 利用者に最適な IMP データを生成

##### (b) 要求

利用者に最適な新しい IMP を生成するための支援

##### (c) 機能

基礎となる IMP に新たな同期制約，オブジェクト，イベントを追加又は削除し，不足および矛盾のない新しい IMP を動的に生成

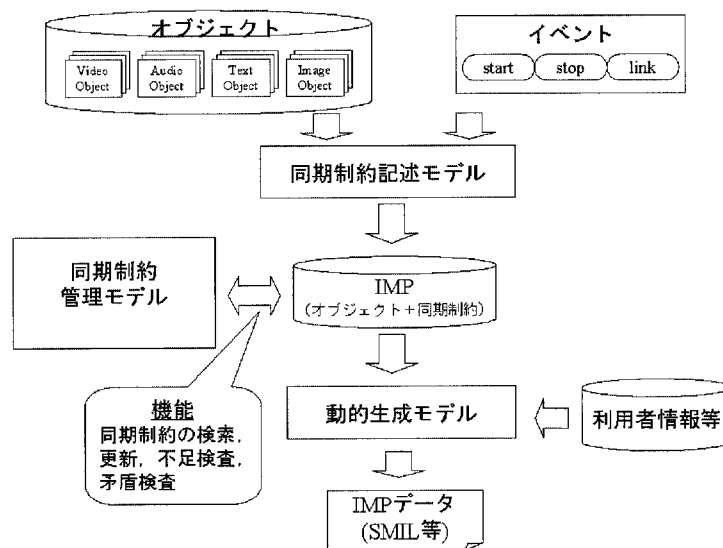


図 2 要求される IMPS の全体像

#### 2.4 同期制約管理モデル

IMP は双方向イベントを含んでいるため複雑な同期記述が必要であり，IMP として正しく再生するために必要な同期制約の不足，矛盾検査は欠かせない機能である。さらに，同期制約の矛盾，不足を解消し，同期制約の一貫性を保ちながら同期制約の更新を行う，又は，動的生成をサポートすることは，IMPS において必要不可欠な機

能である。これらの機能は、ほぼ全てのオブジェクトおよびイベント間の同期制約を必要とするため、これに適した同期制約の管理モデルが必要である。しかし、現在までの研究では、同期制約を作成することに重点を置いているため、IMPS で必要な管理機能を効率よく構築する視点からの研究が行われていない。また、市場で入手することができる IMP データ作成ツールも同様である<sup>[11]</sup>。筆者はこの要求を満たす同期制約管理モデルが必要であると考える。

本研究では、最初のステップとして、前述の IMPS への要求 (3) を主目的とし、作成時および保守時の効率化、個別性を考慮した IMP データの動的生成をサポートする IMP 同期制約管理モデルの提案を行う。このモデルの基本的な考え方は、全てのオブジェクトおよび双方向イベント間の同期を Allen の時区間論理を拡張した同期制約で記述することである。全てのオブジェクト、イベント間の関係が記述されているため、同期制約の検索、追加、削除、不足検査、矛盾検査、IMP データ動的生成といった IMPS で要求される機能が本稿で提案する同期制約アルゴリズムも付加することにより容易に実現することが可能となる。さらに本モデルをリレーショナルデータへ変換するスキーマを提案し、IMP 作成者および利用者の要求する問合せ例をあげ、本モデルの適用例を示す。

以下、本稿では、3章で関連研究について述べ、4章で提案する同期制約管理モデルおよび同期制約作成アルゴリズムを述べる。また、これを利用した同期制約の追加、削除、不足検査、矛盾検査、利用者の特性に依存した動的生成方法の説明を行う。5章では、提案した管理モデルの有効性の確認を行い、6章はまとめと今後の課題について述べる。

### 3. 関連研究

本章では、本研究の関連研究として重要である同期制約記述モデルに関する研究を紹介する。また、IMP を再生するためには同期制約を記述する言語が必要である。その言語の一つである SMIL (Synchronized Multimedia Integrated Language) も併せて紹介する。

#### 3.1 同期制約記述モデル

同期制約記述は現在までに多数のモデルが研究、開発されており<sup>[217][18][19]</sup>、市販のソフトウェア (IMP データ作成ツール) にも適用されている。同期制約記述モデルは大きく以下の 7 種類に分類することができる<sup>[11]</sup>。

- (1) インターバルモデル
- (2) 時間軸モデル
- (3) 階層モデル
- (4) リファレンスポイントモデル
- (5) ペトリネットモデル
- (6) イベントモデル
- (7) スクリプトモデル

図 3 はインターバルモデルの基礎となっている Allen 時区間論理である<sup>[7]</sup>。この論理は二つのオブジェクト間の時間関係を七つの関係に分類し、その反転も含めて

(equal は除く) 13 の関係で記述したものである。例えば、一つ目の「A before B」はオブジェクト A の終了後、ある間隔(interval)後にオブジェクト B が開始される、二つ目の「A meets B」はオブジェクト A 終了後、直ちにオブジェクト B が開始されることを意味する。しかし、この論理は二つのオブジェクト間の関係を分類しただけであり、IMP に適用するにはオブジェクト間の明確な時間関係を示す必要がある。また、双方向イベントのように実行時間が利用者に依存する時には、関係が一意に決まらないといった問題がある。

これらの問題を踏まえ、これを拡張したモデルも多数あり、その中の一つとしてオブジェクトの開始と終了を別々に考慮し、29 個の関係で表すモデルが提案されている<sup>[8]</sup>。これを使用し IMP の流れや順序を示すことが可能である。

また、これらのモデルをベースに IMPS として必須である同期制約の矛盾を検証する研究<sup>[316]</sup>や問い合わせに関する研究<sup>[5]</sup>、また IMPS そのものに対しての研究<sup>[4110]</sup>等多数の関連する研究が存在する。

ここで、前章で述べた IMPS で必要となる機能とこれらの先行研究を照らし合わせてみる。IMPS で必要となる機能は、全てのオブジェクト間の同期制約を必要とする。しかし、ここで紹介したモデルを使用しただけでは、機能が必要とする同期制約を導出する必要があり、機能の使用頻度が多い場合には、効率的ではない。

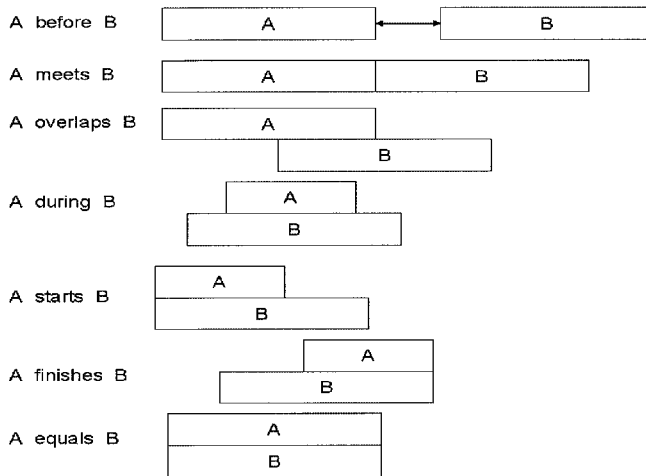


図 3 二つのオブジェクト間の関係

### 3.2 SMIL

SMIL は、W3C( World Wide Web Consortium )によって勧告された規格であり、IMP データの作成、レイアウト、表示をする上で重要な位置付けとなるマークアップ言語である<sup>[12]</sup>。SMIL を利用することで、IMP を構成するオブジェクト(ビデオ、音声、テキスト等)を非常に柔軟に制御することができる。また、IMP の流れをいつ、どこで、どのように再生するかを指定するフレームワークを提供している。また、市場に広く普及している XML ( Extensible Markup Language ) に準拠していることから、Web 上の IMP 標準言語になると考えられる。SMIL は 3.1 節で紹介した同期

制約記述モデルの中のインターバルモデルに分類される<sup>[9]</sup>。

このように SMIL は有効な言語であるが、双方向性を含んだ IMP を作成することを考えると、どのオブジェクトがいつ、どこで、どのように再生されるかといった制御に多数の条件を設定しなければならなくなり、複雑な流れを持った大きなデータとなってしまう。これは IMP の保守や利用者へのデータ転送を考える上で問題であり、複雑な IMP の流れを管理できるモデルが必要であると言える。

#### 4. 同期制約管理モデル

本章では、本稿で提案する同期制約管理モデルについて述べる。IMP 作成者は IMP の構成要素であるオブジェクト、双方向イベントの同期制約を記述しなければならない。本研究では同期制約記述に Allen の時区間論理を拡張した記述を用いる。この拡張は、オブジェクト間の明確な時間関係を示すため、時間のパラメータを加えた。Allen の時区間論理をベースとした理由は、再生時間が予め決まっていないオブジェクトおよび双方向イベントの組み込みが容易であり、IMP 標準言語と考えられる SMIL と同様、インターバルモデルであるため、IMP データの生成が容易となるからである。

また、本稿でいう双方向イベントは大きく二つに分類することができる。一つは図 1 の関連情報で現れるような他 IMP へ誘導、リンクするイベントであり、EI イベント (External Interaction event) と呼ぶ。もう一つは選択イベントのようにその IMP 内で制御するイベントで、DI イベント (Double I event (Internal Interaction event)) と呼ぶ。また、この二つをまとめて I イベント (Interactive event) と呼ぶ。

以下、本章では、4.1 節で、モデルの定義を行う。4.2 節では、IMP の作成方法について、4.3 節はデータの追加と削除、4.4 節はデータ不足の検査について、4.5 節はデータ矛盾の検査について、最後の 4.6 節では IMP データの動的生成について説明を行う。

##### 4.1 同期制約モデル

まず、IMP を構成するオブジェクトから定義する。

定義 4.1 (IMP オブジェクト)  $OBJ = \{obj_1, obj_2, \dots, obj_j\}$  を IMP を構成するオブジェクト (ビデオ、音声、テキスト等)、また、 $I = \{i_1, i_2, \dots, i_k\}$  を I イベントとする。IMP オブジェクト  $PO$  は以下のように定義される。

$$PO = \{(o, d) \mid o \in OBJ \cup I, d > 0\} \quad \dots (1)$$

$d$  は  $o$  が実行される時間

定義 4.1 の実行時間 ( $d$ ) について若干補足を加える。I イベントが利用者の操作によって、実行される時間は変動する。本モデルでは、このような I イベントに対して、最大の時間 (無限大も有り得る) を仮定する。また、あるオブジェクト ( $obj_j$ ) は、IMP で 2 回以上使用されることや複数の IMP で使用されることがある。この時、IMP オブジェクトの実行時間 ( $d$ ) は同一オブジェクトであっても異なる。

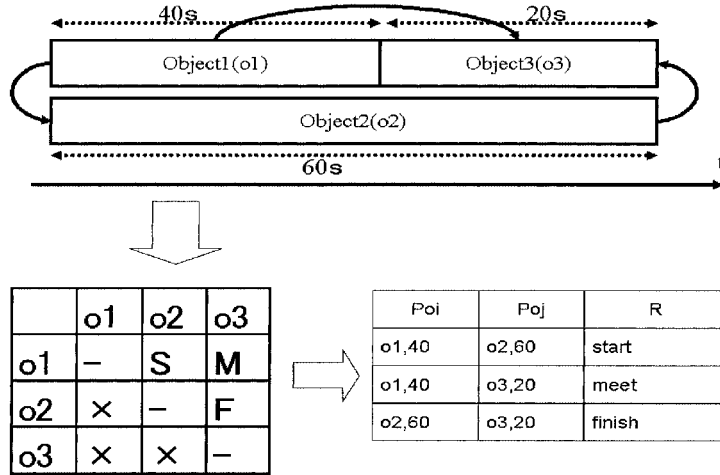


図 4 同期制約管理モデル例

例 4.1 (IMP オブジェクト例) 図 4 は本モデルの例である . 定義 4.1 を用いてこれを記述する . ただし , object 1, object 2 , object 3 の実行時間は 40 秒 , 60 秒 , 20 秒とする .

$$PO = \{po_1, po_2, po_3\}$$

$$po_1 = (o_1, 40)$$

$$po_2 = (o_2, 60)$$

$$po_3 = (o_3, 20)$$

次に Allen の時区間論理をオブジェクト間の明確な時間関係を示すように拡張した論理を定義する .

定義4.2 (拡張時区間論理)  $x, y$  をオブジェクトとすると  $start(x)$  はオブジェクト  $x$  の開始時刻を表す . また ,  $end(x)$  はオブジェクト  $x$  の終了時刻を表す .

$B_{iv}(x, y) : start(x) < end(x) + iv_s = start(y) < end(y)$

$M(x, y) : start(x) < end(x) = start(y) < end(y)$

$O_{iv}(x, y) : start(x) < start(y) + iv_s = end(x) < end(y)$

$F(x, y) : start(x) < start(y) < end(x) = end(y)$

$D_{iv}(x, y) : start(x) + iv_s = start(y) < end(y) < end(x)$

$S(x, y) : start(x) = start(y) < end(x) < end(y)$

$E(x, y) : start(x) = start(y) < end(x) = end(y)$

$N(x, y) : non\_relation$

定義 4.2 で示した  $N$  とは無関係という関係を示す . これは双方向イベントによりブレンゼンテーション内に分岐が起こり , 前後関係が存在しない場合に用いられる .

例 4.2 (拡張時区間論理例) 定義 4.2 を用いて図 4 における時間的制約は以下のようになる .



$$S(p_{01}, p_{02})$$

$$M(p_{01}, p_{03})$$

$$F(p_{02}, p_{03})$$

次に、拡張時区間論理の記述を用いて同期制約を定義する。

定義4.3 (同期制約)  $p_0$  の集合  $PO$  が与えられた時、同期制約  $C$  は以下のように定義する。

$$C = \{r(p_{0i}, p_{0j}) \mid p_{0i}, p_{0j} \in PO \wedge i \neq j, r \in R\} \quad \dots (2)$$

ただし、 $R = \{B_{1v}, M, O_{1v}, F, D_{1v}, S, E, N\}$

ここで制約  $c = r(p_{0i}, p_{0j})$  は  $p_{0i}, p_{0j}$  が  $r$  の関係を満たしていることを表す。ただし、その関係は  $p_{0i}, p_{0j}$  が再生される順番に依存する。すなわち、 $r(p_{0i}, p_{0j})$  である時

$$\cdot \text{start}(p_{0i}) < \text{start}(p_{0j})$$

ただし、

$$\cdot \text{start}(p_{0i}) = \text{start}(p_{0j}) \text{ ならば、} \text{end}(p_{0i}) < \text{end}(p_{0j})$$

また、

$$\cdot (\text{start}(p_{0i}) = \text{start}(p_{0j})) \wedge (\text{end}(p_{0i}) = \text{end}(p_{0j}))$$

ならば、先に登録された IMP オブジェクトを先行とする。

例 4.3 (同期制約例) 定義 4.3 を用いて図 4 を示す。

$$C = \{S(p_{01}, p_{02}), M(p_{01}, p_{03}), F(p_{02}, p_{03})\}$$

また、

$$C \cdot \{r(p_{02}, p_{01}), r(p_{03}, p_{01}), r(p_{03}, p_{02})\}$$

であることに注意されたい。

最後に、IMP オブジェクトおよび同期制約を用いて IMP を定義する。

定義4.4 (IMP) IMP はIMPオブジェクト  $p_0$  の集合  $PO$  とその同期制約集合  $C$  が与えられた時、以下のように定義される。

$$\text{imp} = (PO, C) \quad \dots (3)$$

ただし、

$$|C| = (|PO| \times (|PO| - 1)) \div 2 \quad \dots (4)$$

式 4 は IMP オブジェクトの数と同期制約の数の関係を示している。これは、図 4 のマトリックス表の関係  $r$  を持たなければならないセル数と一致する。図 4 で、IMP オブジェクト数は 3 であるから、マトリックス表の関係  $r$  を持つべき個数は 3 である。また、持つべき組み合わせも定義 4.3 で決定される。

#### 4.2 IMP 作成方法

本節では、与えられた同期制約から全ての IMP オブジェクト間の同期制約を生成する同期制約作成アルゴリズムを提案する。

アルゴリズム 4.2.1 (同期制約作成アルゴリズム) アルゴリズムの入力と出力はそれぞれ次の通り .

入力 : IMP, PO, c

出力 : IMP\_

ただし,  $0 \leq |PO| \leq 2$

このアルゴリズムは既存の IMP と IMP オブジェクト po , 同期制約 c を入力とし, 新しい IMP を出力する . 以下で入力およびアルゴリズムの機能について説明を行う .

#### 1. 入 力

入力される同期制約 c は既存の同期制約 (c C) であっても, 新しい同期制約 (c C) であってもよい . また, IMP オブジェクト po も同様である .

#### 2. 機 能

本アルゴリズムの機能は以下の通りである .

- (a) 入力検査
- (b) 実行時間算出 (Duration check)
- (c) 同期制約算出 (Relation check)
- (d) 矛盾検査 (Inconsistency check)
- (e) 不足検査 (Short check)

ただし, 機能名右の括弧内は本アルゴリズムで使用する関数名である . 図 5 は同期制約作成アルゴリズムの手続き全体を示す .

**Make\_Presentation(P,C);**

Relation\_check(P,C)

Duration\_check(P,C)

Inconsistency\_check1 (入力同期制約と既存同期制約のチェック)

while C\_P and C\_C (child\_parentsレコード数ループ更にChild\_children数ループ)

Relation\_check(P,C\_P) (2オブジェクト間の関係を決定しinsert)

Duration\_check(P,C\_P) (2オブジェクトそれぞれのdurationを決定)

while P\_P and P\_C (Parent\_parentsレコード数ループ更にParent\_children数ループ)

Relation\_check(P\_P,C)

Duration\_check(P\_P,C)

while C\_P and C\_C

Relation\_check(P\_P,C\_P)

Duration\_check(P\_P,C\_P)

Short\_check (同期制約数のチェック)

Inconsistency\_check2 (新同期制約と旧同期制約の比較チェック)

図 5 同期制約作成アルゴリズム

入力検査では, 上記(1)入力で示した条件で入力引数が適切であることを検査する . 実行時間算出 (Duration check) では, IMP オブジェクト間の関係 r より, 実行時間を算出する . ただし, 実行時間が決定しない場合もある . 図 6 は実行時間算出のアルゴリズムを示す .

```

Duration_check;
case
  E : copy
  B : skip
  M : skip
  O and Parent : parent object Max duration決定
  O and child : child object Min duration決定
  S and Parent : Parent object Max duration決定
  S and child : child object Min duration決定
  D and parent : parent object Min duration決定
  D and child : child object Max duration決定
  F and parent : parent object Min duration決定
  F and child : child object Max duration決定
    
```

Presentation No	Object No	duration	Max duration	Min duration	Fix flag
-----------------	-----------	----------	--------------	--------------	----------

Duration record format

図 6 実行時間算出アルゴリズム

同期制約算出 (Relation check) とは時区間論理の推移律を用いて新たな同期制約を導出することである。例えば、オブジェクト 1, 2, 3 があり、1 と 2 の関係および 2 と 3 の関係が判れば、1 と 3 の関係を決定することが可能である。また、同期制約には無関係という関係を作成することもある。図 7 は無関係 (N) を判定するアルゴリズムである。基本的な考え方は双方向イベントがどの関係にあるかを検査することである。これによりその双方向イベントとの関係が並列関係 (Before | Meet 以外) か順序関係 (Before | Meet) かを考慮することで判断する。

```

Relation_check(P,C);
Case
(P_P,C)
IF Relation(P,C)=Seq and Relation(P,P)=Par
  and (P_P=event or C=event)
  Relation(P,P,C) ← N;
(P_C,C)
IF (Relation(P,C)=Par and Relation(P,P_C)=Seq
  and (P=event or C=event))
  or (Relation(P,C)=Seq and Relation(P,P_C)=Par
  and P_C=event)
  Relation(P,P_C) ← N;
(P_C,P)
(P_C,C)
IF Relation(P,C)=Par and Relation(C,C_C)=Seq
  and (P=event or C=event)
  Relation(P,C_C) ← N;
(P_P,C_P)
(P_P,C_C)
IF Relation(P,C)=Par and Relation(P,P_P)=Par and Relation(C,C_C)=Seq
  and P_P=event
  Relation(P,P,C_C) ← N;
(P_C,C_P)
IF Relation(P,C)=Par and Relation(P,P_C)=Seq
  and Relation(C,P_C)=Par
  and (C_P=event or P=event)
  Relation(P,C,C_P) ← N;
(P_C,C_C)
IF Relation(P,C)=Par and (Relation(P,P_C)=Par
  and Relation(C,C_C)=Seq
  and (P_C=event or C=event))
  or (Relation(P,P_C)=Seq and Relation(C,C_C)=Par
  and (C_C=event or P=event))
  or (Relation(P,P_C)=Seq and Relation(C,C_C)=Seq
  and (P=event or C=event))
  Relation(P,C,C_C) ← N;
    
```

図 7 無関係判定関数

矛盾検査 ( Inconsistency check ) および不足検査 ( Short check ) については後節で説明を行う。

#### 4.3 データの追加および削除

同期制約の追加, 削除は以下のように行う。まず, 追加は 4.2 節の同期制約作成アルゴリズム 4.2.1 を用いる。すなわち, 追加したい IMP オブジェクトを  $po_x$  とすると, 以下の記述となる。

入力: IMP,  $po_x$ ,  $c_x$   
 ただし,  $c_x = r ( po_x, po_j )$ ,  $po_x, PO_i$ ,  
 $po_j, PO_i, c_x, C$

上記のように  $c_x$  が新しい同期制約である時に追加となる。もし既存の同期制約 ( $c, C$ ) ならば, 変更となる。また, この時  $po_x$  が時間独立オブジェクト ( 静止画像のように予め再生される時間が定まっていないオブジェクト ) であるならば, 必ずしも実行時間を入力する必要はない。何故ならば, 図 6 で示した実行時間算出アルゴリズムで求めるからである。次に削除は, 削除したい IMP オブジェクトが現れる全ての同期制約を削除すればよい。すなわち, 同期制約を  $r ( po_i, po_j )$  とすると, 削除したい IMP オブジェクト  $po_o$  が  $po_i$  又は  $po_j$  と一致する同期制約を全て削除すればよい。

#### 4.4 データ不足検査

本モデルにおいて, IMP としてデータが不足している状態とは, その IMP 内に存在する同期制約が完全でない状態を言う。

定義4.5 (同期制約不足) IMP オブジェクトの集合  $PO = \{ (o, d) \}$  とその同期制約集合  $C = \{ r ( po_i, po_j ) \}$  が与えられた時, IMP を  $imp = ( PO, C )$  とすると同期制約不足は以下のように定義される。

1. IMP オブジェクト  $PO$  に未決定な実行時間  $d$  が存在する。
2. 同期制約  $C$  に未決定な関係  $r ( po_i, po_j )$  が存在する。
3. 定義4.4 の式4 を満たしていない。

もし, 上記の状態ならば, IMP として未完成である。これらの検査は 4.2 節で説明した同期制約作成アルゴリズム内の Duration check ( 定義 4.5 ( 1 ) の検査 ), Relation check ( 定義 4.5 ( 2 ) の検査 ), Short check ( 定義 4.5 ( 3 ) の検査 ) 関数内で行われる。また, IMP が未完成である時には, 作成者に更なる同期制約の入力を促す。

#### 4.5 データ矛盾検査

本モデルにおいて, IMP が矛盾している状態とは, 以下のことをいう。

定義4.6 (同期制約矛盾) 同期制約矛盾を以下で定義する。

1. 入力された同期制約と, 同期制約作成アルゴリズムで導出された同一の同期制約との間で, IMP オブジェクトの実行時間又は同期制約の関係が異なる。ただし, 同期制約の関係は無関係 ( N ) ではない。
2. 入力された同期制約より同期制約作成アルゴリズムで導出した同期制約集合と, その直前の IMP 作成者が入力した同期制約集合との間で IMP オブジェクトの実行時間又は同期制約の関係が異なる。

本稿で提案した同期制約作成アルゴリズムは IMP 作成者が入力した同期制約から全ての IMP オブジェクト間の同期制約を導出する。よって、IMP 作成者が既存の IMP オブジェクト間の同期制約を入力した時、本アルゴリズムでは更新として処理される。この時、更新の対象となる同期制約と入力された同期制約が異なる場合、それ以前に IMP 作成者が入力した同期制約との間に矛盾が生じていることを意味する。定義 4.6 の (1) はこれを意味する。ただし、IMP オブジェクト間の関係が無関係 (N) の時は除かれる。

また、入力した同期制約とそれ以前に IMP 作成者が入力した、どの同期制約とが矛盾しているかを IMP 作成者は知りたい。定義 4.6 の (2) はこれを意味する。これらの検査は 4.2 節で説明した同期制約作成アルゴリズム内の Inconsistency check 1 (定義 4.6 (1) の検査)、Inconsistency check 2 (定義 4.6 (2) の検査) 関数で行われる。また、このような状態であるならば、作成者に対して再入力を促す。

#### 4.6 IMP データの動的生成

4 章の中で、IMP の同期制約モデルを提案した。この節では、IMP データを利用者の特性に合わせるために、このモデルをどのように利用するかを説明する。

IMP データを利用者の特性に合わせる (個別性を考慮する) ためには IMP データをあらかじめ考えられるパターン分用意しておく方法と、特性に応じて動的に生成する方法の 2 種類が考えられる。本研究は後者を行う方法に分類される。

IMP において利用者の特性に合わせるとは、元となる IMP に新たな同期制約を追加又は削除することを意味する。このような追加や削除は 4.3 節で述べた方法で容易に行うことが出来る。後は同期制約管理データから SMIL のような IMP データに変換すればよい。この変換方法については、本研究では行わないが、本稿で提案した管理モデルの同期制約記述と SMIL は共にインターバルモデルを採用しているので、変換は容易であると考えられる。アイデアを簡単に触れると、IMP の先頭 IMP オブジェクトから順に並列関係 (Before | Meet 以外)、順序関係 (Before | Meet) のグループ分けを行っていけばよい。このグループ分けは SMIL の <Par> や <Seq> に相当する。そして、そのグループ内で個々の IMP オブジェクトの実行時間や開始時間 (開始依存関係)、終了時間 (終了依存関係) 等を同期制約から作成すればよい。

## 5. 評価

### 5.1 適用例

この章では 4 章で提案した管理モデルをリレーショナルデータベースに適用する方法について述べる。最初に、本モデルをリレーショナルデータへ変換するスキーマを示す。また、下線つきの属性は主キーを表す。

1. PO ( IMP\_No, Obj\_Name, Obj\_No, Dur, Type, L\_IMP\_No, L\_Obj\_No )
2. C ( IMP\_No, P\_Obj\_No, C\_Obj\_No, Relation, IV\_Time, UPD\_cls )

PO : オブジェクト管理表

IMP\_No : IMP 番号 (このオブジェクトが属する IMP 番号)

Obj\_Name : オブジェクト名称

Obj\_No : オブジェクト番号

Dur : オブジェクトの実行時間

Type : オブジェクトの種類 {VDO,ADO,TXO,IMO,ANO,DIE,NIE}

VDO : ビデオデータオブジェクト

ADO : 音声データオブジェクト

TXO : テキストデータオブジェクト

IMO : イメージデータオブジェクト

ANO : 動画象データオブジェクト

DIE : DI イベント

NIE : EI イベント

L\_IMP\_No : オブジェクトが所属する IMP 番号 (EI イベントの時のみ)

L\_Obj\_No : オブジェクトが所属する IMP 内でのオブジェクト番号 (EI イベントの時のみ)

C : 同期制約管理表

IMP\_No : IMP 番号 (この同期制約が属する IMP 番号)

P\_Obj\_No : 親オブジェクト番号

C\_Obj\_No : 子オブジェクト番号

Relation : 関係 ({B,M,O,F,D,S,E,N})

IV\_Time : インターバル (Relation = {B | O | D} の時のみセット)

UPD\_cls : 更新区分 ({U : ユーザ更新 | M : 内部生成})

これらの表はモデルの IMP オブジェクト PO および同期制約 C に相当する。表 1 は図 1 の一部 (付近の名所およびその詳細説明を選択できる DI イベント, ただし, 複数スライドは一つと見做し, また選択は東大寺のみとする) を上記スキーマで表したものである。

付近の名称のスライドと音声の関係は表 1 下段の表の 1 レコード目に示される。この関係は equal である。同様に, 付近の名称のスライドから他のオブジェクト, DI イベントに対しての関係も見ることができる (2 レコード目から 4 レコード目まで)。しかし, その逆の関係 (音声とスライド等) は存在しない。

このように, 一つの IMP 内で現れるオブジェクトだけでなく双方向イベントも含めた全ての関係を同期制約管理表で管理する。よって, あるオブジェクト又は双表 1 : 同期制約管理表方向イベントと他の全オブジェクトおよび全双方向イベントとの関係を保有する。またオブジェクト管理表はその IMP 内でのオブジェクト又は双方向イベントの実行時間 (Duration) を保有する。

次に IMP 作成者および利用者が必要とする問合せ例を挙げ, 提案したモデルを適用したスキーマを用いることにより, どのように実現できるかを示す。

1. あるオブジェクト X の変更を行う。しかし, そのオブジェクトは他 IMP でも使用されている可能性があり, その IMP および影響を受けるオブジェクトを検索したい。

- ・以下の問合せにより, 並列関係にあるオブジェクトとそれを使用している IMP を検索することができる。

```
SELECT DISTINCT PO.IMP_No,PO.Obj_Name
```

表 1 同期制約管理表

IMP_No	Obj_Name	Obj_No	Dur	Type	L_IMP_No	L_Obj_No
51	付近の名所スライド*	1	60	IMO		
51	付近の名所音声	2	60	ADO		
51	東大寺選択イベント	3	10	DIE		
51	東大寺スライド*	4	40	IMO		
51	東大寺音声	5	40	ADO		

IMP_No	P_Obj_No	C_Obj_No	Relation	IV_Time	UPD_cls
51	1	2	E		U
51	1	3	M		U
51	1	4	B	10	M
51	1	5	B	10	M
51	2	3	M		M
51	2	4	B	10	M
51	2	5	B	10	M
51	3	4	M		U
51	3	5	M		M
51	4	5	E		U

FROM C,PO

WHERE ( C.P\_Obj\_No = X

and C.C\_Obj\_No = PO.Obj\_No

or C.C\_Obj\_No = X

and C.P\_Obj\_No = PO.Obj\_No )

and C.Relation NOT IN ( B,M,N );

2. あるスライド X の次に新しいスライドを追加する . そので , 影響を受けるオブジェクトを検索したい .

・以下の問合せにより , そのオブジェクトに近い関係にあるオブジェクトを検索することができる .

SELECT DISTINCT PO.Obj\_Name

FROM C,PO

WHERE PO.IMP\_No = 対象 IMP

and ( C.P\_Obj\_No = X

and C.C\_Obj\_No = PO.Obj\_No

or C.C\_Obj\_No = X

and C.P\_Obj\_No = PO.Obj\_No )

and C.Relation NOT IN ( B,N );

3. あるオブジェクト X 以降の選択可能な DI イベントを探す .

・以下の問合せにより , あるオブジェクト X 以降の DI イベントを検索することができる .

SELECT DISTINCT PO.Obj\_Name

FROM C,PO

```

WHERE PO.IMP_No = 対象 IMP
      and C.P_Obj_No = X
      and C.C_Obj_No = PO.Obj_No
      and PO.type = 'DIE';

```

4. ある IMP へリンクする EI イベントと並列選択可能な IMP を探す .  
 ・以下の問合せにより, 並列選択可能な IMP を検索することができる .

```

SELECT DISTINCT PO.IMP_No,PO.Obj_Name
FROM C,PO
WHERE ( C.P_Obj_No = x
      and P.P_Obj_No = PO.Obj_No
      or C.C_Obj_No = x
      and C.P_Obj_No = PO.Obj_No )
      and PO.type = 'NIE'
      and C.Relation IN ( E );

```

5. ある IMP P のオブジェクト X を削除する .  
 ・以下の SQL で削除できる .

```

DELETE C
WHERE C.IMP_No = p
      and ( C.P_Obj_No = x
      or C.C_Obj_No = x );

DELETE PO
WHERE PO.IMP_No = p
      and PO.Obj_No = x ;

```

6. ある IMP へリンクする選択を追加する .  
 ・並列選択可能な EI イベント Y とある IMP へリンクする EI イベント X の関係を 3.2 節で説明した Make\_Presentation 関数を用いて結ぶ .  
 make\_presentation ( Y,X );

上記 (5), (6) の手法は 4.6 節で説明した動的生成にも適用できる . すなわち, 追加又は削除する IMP オブジェクトを利用者の特性で判別し, IMP データ作成時に上記の手法を用いて, 元の IMP に追加および削除することにより, 個別性を考慮した新しい IMP データを作成することができる .

## 5.2 IMPS への適用

本モデルは全ての IMP オブジェクト間の関係を持っているため, IMP の作成中や更新中に同期制約の不足および矛盾検査が容易に行え, 柔軟な問合せが行えることが利点である . IMPS に本モデルを適用する時, この利点を有効に活用するため, 本モデルに登録する IMP オブジェクトの単位を考慮する必要がある . 本モデルに IMP オブジェクトとして登録する単位はオブジェクトのかたまり (グループ) や IMP そのものとするのが可能である . また, 同期制約の保管時には最低限の同期制約を保持し, 更新時等に同期制約作成アルゴリズムを用いて本モデルへ展開し, 使用することも考えられる . このような適用方法を行うことにより, 従来では, 同期制約の不足検



査, 矛盾検査, 更新, 問合せ等が発生する度に, 全ての同期制約を一時的に算出しなければならなかったが, 本モデルを適用することにより, これらは効率よく機能することができる。

## 6. おわりに

本稿では, IMP 同期制約管理モデルを提案した。さらに, このモデルをベースとした同期制約作成アルゴリズムを提案した。このモデルおよびアルゴリズムを用いることにより, IMPS で必要である同期制約データの追加, 削除, 問い合わせ, 不足検査, 矛盾検査および利用者の特性に合わせたデータの動的生成をも可能とする管理モデルとなる。

以下は今後の課題を示す。

- ・空間制約, QoS (Quality of Service) 制約の付加
- ・同期制約作成インタフェース
- ・IMP データ変換
- ・個別性への拡張

本稿は, 筆者が奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科在学中に研究したものであり, 植村研究科長をはじめ, 植村研究室の方々に多大なる御指導, 御提案, 御助言を賜りました。心から感謝致します。

- 
- 参考文献**
- [ 1 ] Gerold Blakowski and Ralf Steinmetz. A Media Synchronization Survey: Reference Model, Specification, and Case Studies. in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.14, No.1, January 1996.
  - [ 2 ] Michal Haindl. A New Multimedia Synchronization Model. in IEEE journal on Selected Areas in Communications Vol.14, No.1, January 1996.
  - [ 3 ] I.Mirbel, B.Pernici, T.Sellis, S.Tserkezoglou, M.Vazirgiannis. Checking Temporal Integrity of Interactive Multimedia Documents. in VLDB Journal, 2000.
  - [ 4 ] Bal Wang, Ching Fan Chen and Min Huei Lin. A Multimedia Presentation System on Web Dynamic Homepage Approach. in IEICE Trans.Inf. and Syst., Vol.E 82 D, No.4, April 1999.
  - [ 5 ] T.Lee, L.Sheng, T.Bozkaya, N.H.Balkir, Z.M.Ozsoyoglu and G.Ozsoyoglu. Querying Multimedia Presentations Based on Content. in IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering Vol.11, No.3, May/June 1999.
  - [ 6 ] Kasim S.Candan, B.Prabhakaran and V.S.Subrahmanian. Collaborative Multimedia Documents: Authoring and Presentation. in the special issue of the International Journal of Intelligent Systems on Multimedia Computing Systems, Vol.13 ( 12 ) 1998.
  - [ 7 ] J.F.Allen. Maintaining Knowledge about Temporal Intervals. in Commun.ACM, Vol.26, pp.832-843, November 1983.
  - [ 8 ] T.Wahl and K.Rothermel. Representing time in multimedia systems. in Proc. Int. Conf. Multimedia computing and Systems, 1994.
  - [ 9 ] Susanne Boll and Wolfgang Klas. ZYX A Multimedia Document Model for Reuse and Adaptation of Multimedia Content. in Transaction on Knowledge and Data Engineering, DS 8 Special Issue, IEEE, 2000.
  - [ 10 ] Franck Rousseau, J.Antonio Garcia Macias, Jose Valdeni de Lima and Andrzej Duda. User Adaptable Multimedia Presentations for the WWW. In Proc. 8th International World Wide Web Conference, 1999.
  - [ 11 ] Ross Culter and K.Sduk Candan. Multimedia Authoring Systems. in the book of Multimedia Database Systems: Issues and Research Direction, V.S.Subrahmanian and Sushil Jajodia, published by Springer Verlag, 1996.

[ 12 ] W 3 C Working Draft 21 September 2000. SMIL 2.0 Specification. [http : //www.w3.org/2000/WD-smil20-20000921](http://www.w3.org/2000/WD-smil20-20000921) .

**執筆者紹介** 桂 智 之 ( Tomoyuki Katsura )

1967年生．1989年千葉工業大学工業経営学科卒業．同年日本ユニシス(株)入社．金融情報系システムの開発，導入，保守業務を担当．1999年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科入学．マルチメディアデータベースシステムを研究．2001年同大学院修了．現在，金融システム1部システム1室に所属．