

要旨

生産システムの中にコンピュータが導入され、設計段階・工程計画段階においてシミュレーションにより検討を行い高効率な生産システムが開発されつつある。しかし、このためには物理的空間のモデル化はもとより、時間に関するモデル化が必要不可欠になる。本研究では、時間情報を表現する3つの要素である長さ・開始時刻・終了時刻を座標軸として、時間情報を表現する新しい方法を提案する。

1 はじめに

生産や設計の分野にコンピュータが導入されるに伴い、コンピュータの中で実世界を表現することが要求される。時間情報は、このモデル化の最も重要な問題のひとつであり、時間情報をモデル化することによって、生産工程のスケジューリングやシミュレーションが可能になる。しかし、従来のモデル化方法では、時間情報を表現するための3つの要素である長さや開始・終了時刻が明示的に表現されていない。本研究では、この3つの要素を座標軸として時間情報を表現する方法を提案する。

2 モデル化に関する問題点

本研究で用いる用語を以下のように定義する。

- 時刻 : 時間軸上の1点、時間点
- インターバル : 時間軸上の2点の間隔、時間間隔
- 事象 : ある特定の作業に結びついた時刻またはインターバル

時間情報モデル化手法にはAllenの方法[1]とDean&McDermottの方法[2]とがあり、それらの方法を比較したものを表1に示す。Allenの方法では、インターバルのみを対象としており時刻を考慮することはできない。これに対して、Dean&McDermottの方法では、両者を対象としており、インターバルの開始時刻や終了時刻同士を比較することによって情報を表現している。しかし、事象の情報をもとにスケジュールを立てるためには、事象の長さ・開始時刻・終了時刻の範囲を明示的に表現できなければならない。以上をまとめて、モデル化方法に要求される項目は以下の通りである。

- ・モデル化の対象は、インターバルと時刻の両方である。
- ・時刻、インターバルに関係なく事象を同じように扱える。
- ・事象の長さ、開始・終了時刻が明示的に表現される。

表1 モデル化方法の比較

	Allen	Dean&McDermott
対象	インターバルのみ	インターバル 時刻
事象の表現法	インターバル ベース	時刻ベース
時刻	—	陽に表現
インターバル	陽に表現	時刻を用いて表現
表記法	ネットワーク	タイムマップ
時刻	—	点で表記
インターバル	線分で表記 長さの情報を持たない	線分で表記
例		
制約の表記法	A before B	$(pt \leq (\text{end A}) (\text{begin B}))$
関係	13種のインター バル関係による	時刻同士の関係 で表現

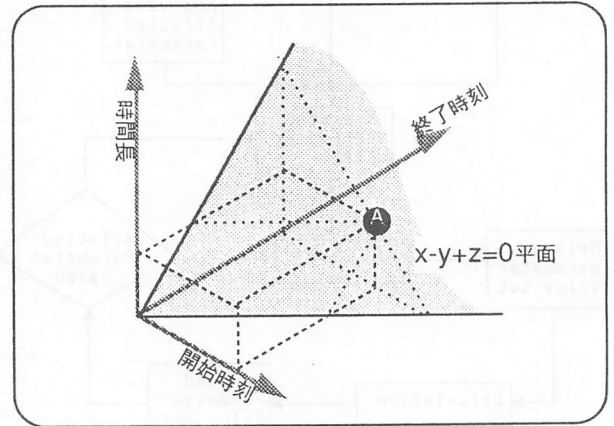


図1 事象の3次元表現

3 幾何操作による時間表現

3.1 事象の表現方法

事象を表記するときは、時間軸上で表現するのが一般的である。しかし、事象を表すために重要な時間情報の要素は、事象の長さ・開始時刻・終了時刻の3つである。そこで本研究では、これらを独立な時間軸にとり3次元で表現する方法を提案する(図1参照)。さらに、事象は、(終了時刻y)-(開始時刻x)=(時間長z)という条件を満たさなければならないので、事象は、 $x-y+z=0$ の平面上の点で表現される。従って、事象はこの平面上で表現する。図2は、この平面上の点で表される事象の例である。この点を左にたどると時間長が3であり、左下60度にたどると開始時刻は1、右下60度にたどると終了時刻は4であることが分かる。また、この事象が時間間隔でなく時間点であれば、時間長が0である線上の点で表され、時刻もインターバルも同じく点で表現される。図3は、事象の長さや開始時刻

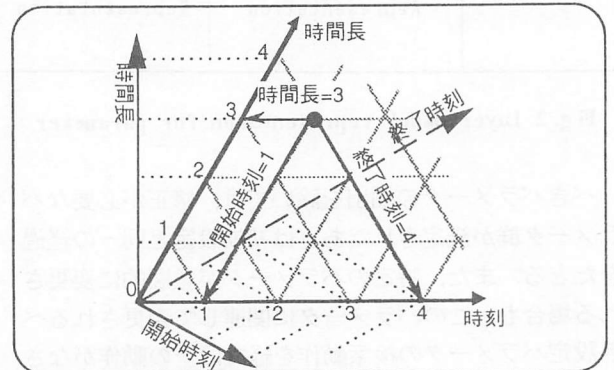


図2  $x-y+z=0$ 平面上の事象(点)

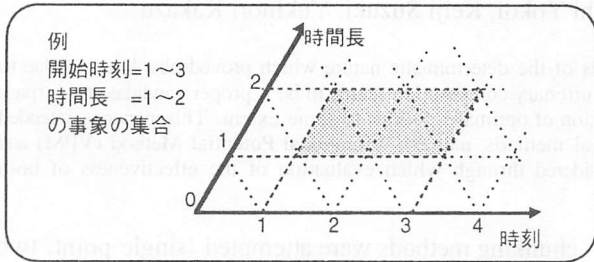


図3  $x-y+z=0$ 平面上の事象 (領域)

が範囲で制約されている場合の例で、開始時刻1~3、時間長1~2の事象の集合は、図中のハッチングの部分である。以上より、考えられるすべての事象を、 $x-y+z=0$ 平面上の領域として表現できることが分かる。

### 3.2 事象間の関係表現

上述したように、数値的な情報を用いた比較が可能な点から、本方法がDean&McDermottの表現方法をカバーしていることが分かるが、Allenのインターバル関係についても、単純にとらえることができる。図4は、事象Aと事象Bの間にA overlaps B (事象Aが起きている間に事象Bが始まり、事象Aが終わってから事象Bが終わる) という関係がある場合を示している。Bの開始時刻についてAの開始時刻とAの終了時刻の間、Bの終了時刻についてAの終了時刻以降の領域が、このoverlapsを満たす点の集合である。他の関係についても、事象Aに対する事象Bの存在する位置によって同様に分類され、AとBのインターバル関係は図5のようにまとめられる。

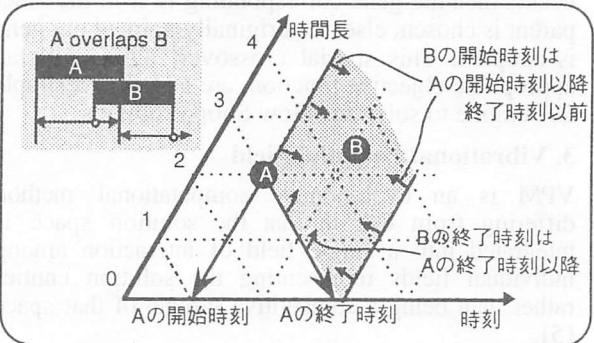


図4 A overlaps Bのとき

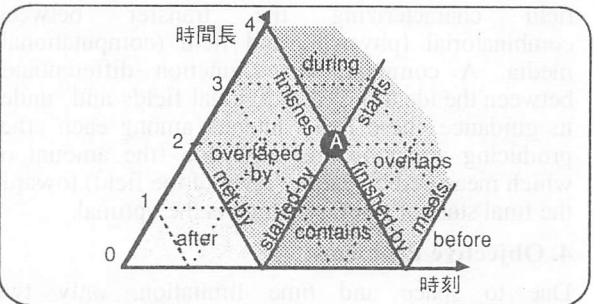


図5 Aに対するBの位置によるインターバルの区別

制約が複数ある場合は、他の表現方法と同様に、制約の共通部分をとることによって事象の存在領域を限定することができる。例えば図4の状態に、事象Bの時間長が1以下でなければならないという制約をつけ加えた場合は、図6のように時間長1以下の領域とA overlaps Bの領域の積集合をとることにより、事象Bの存在可能領域は、その共通部分に限定される。

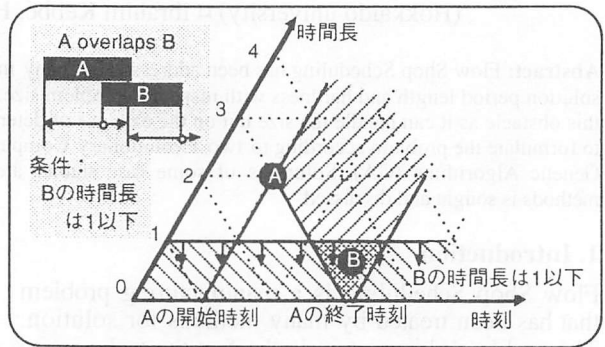


図6 制約が加えられたとき

さらに、A-B関係とB-C関係からA-C関係を導く制約伝播の例を図7に示す。B during CとA overlaps Bが与えられているとき、B during Cの点BをA overlaps Bの領域B内で走査させ和集合をとることで、事象Aに対して事象Cのとりうる領域すべてが得られる。つまり、事象Aと事象Cの間には、A overlaps CまたはA starts CまたはA during Cの可能性があると得られる。このように、可能性をすべて表現できるのがこの方法の特徴のひとつである。

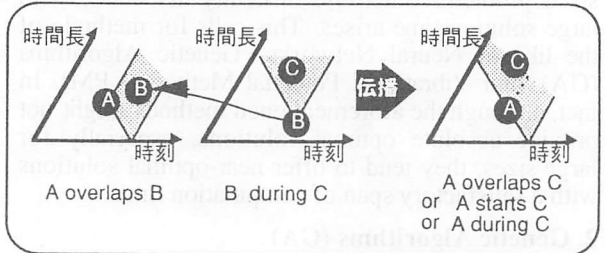


図7 制約伝播

### 3.3 まとめ

以上の特徴をまとめたものを表2に示す。時間要素が時刻であってもインターバルであっても同じように点で表現できる。これまで、明確に表現されなかった不確定な事象も表現することが可能になった。また、事象同士の前後関係のような質的表現ができるだけでなく、数値的な比較をするための量的表現も可能である。

表2 本方法の性質

時間要素	時刻・インターバルとも点で表現
確定的と不確定的	確定的な事象は点で表現 不確定的な事象は領域で表現
量的表現と質的表現	どちらも可能(Allenの13種の関係も可能)
制約の追加	2つの制約を表す領域の積集合
制約の伝播	2つの制約を組み合わせた領域

### 4 おわりに

- 本研究で、以下のことを行った。
- ・時間情報のモデル化方法についての要求事項を提示した。
  - ・時間情報の新たな表現方法を提案し、これがインターバルも時刻も表現でき、情報が数値的に表現可能で、さらにインターバル間の関係を表現できることを示した。

### 参考文献

- [1] James F.Allen : "Maintaining Knowledge about Temporal Intervals," Communications of the ACM, Vol.26, 1983
- [2] Thomas L. Dean , and Drew V. McDermott : "Temporal Data Base Management," Artificial Intelligence, Vol.32, 1987