405　事象の3要素による時間情報の幾何学的表現法（第2報）
―事象間の制約の伝播について―

北海道大学工学部　○大橋洋明　田中文基　岸浪建史

要旨

従来の時間情報モデル化方法では、事象を表現するためには時刻軸のみを用いた手続き的方法によって行われていた。本研究では、事象の時間長、開始時刻、終了時刻を時間情報の要素としてとらえ、この３つの要素を幾何学的に表現する。本報では、与えられた制約条件を満たすようなすべての解を集合として扱い、その集合間の関係を幾何学的に表現・操作する方法を提案する。

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って、コンピュータの中で実世界を表現することが要求されている。時間情報表現は、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。本研究では、与えられた制約条件を満たすようなすべての解を集合として扱い、その集合間の関係を幾何学的に表現・操作する方法を提案する。

2.　スケジューリングに関する要求事項

まず、スケジューリングのための時間情報のモデル化方法には、以下のようなことが必要である。

1)事象の数値的な制約を表現できること。

2)2事象の間の相対的な制約を表現できること。

これに加えて、最も重要な点は、

3)与えられた制約すべてを満たすような解すべてを推論し、表現できること。

である。しかし従来の方法では、解すべてを明示的に表現できなかった。

そこで、事象の数値的な制約や相対的な制約を表現し、考えられる事象をすべて調べる必要がある。本研究の第1報[1]ではこれらの要求事項を満たしたアルゴリズムを提案したが、事象点関係表現をベースにしていたため制約伝播の計算機での処理が困難であった。

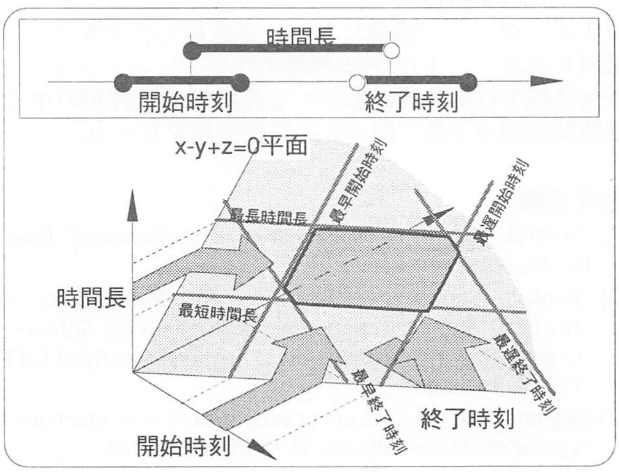


図1　一般的な事象の表現

本報では、考えられる事象すべてを集合とした、集合ベースのアルゴリズムを考える。これによって、与えられた制約すべてを満たすような事象の集合を求めることが可能となる。

3.　集合表現へのアプローチ

まず、時間情報の3要素をそれぞれ独立な3つの座標軸にとる。事象の長さz、開始時刻x、終了時刻yの間には、z=y-xの関係があるので、事象は、すべてx-y+z=0の平面上に存在する。さらに、3つの要素に対して制約が与えられるとすると、考えられる解の集合(SOPO:Set Of Possible Occurrence[2])は一般的に図 1のような六角形になる。この六角形の各辺は、それぞれ3つの要素の最大値と最小値に対応している。

$$SOPO=\{(x,y,z) \mid x-y+z=0,\ x_0 \leqq x \leqq x_1, y_0 \leqq y \leqq y_1, z_0 \leqq z \leqq z_1\} \quad \cdots (1)$$

また、このように事象を集合的に考えると、事象の和集合や積集合は、 (2),(3) 式で与えられる。

$$SOPO=\{(x,y,z) \mid x-y+z=0,\ (x_0^1 \leqq x \leqq x_1^1, y_0^1 \leqq y \leqq y_1^1, z_0^1 \leqq z \leqq z_1^1)\ \mathrm{AND}\ (x_0^2 \leqq x \leqq x_1^2, y_0^2 \leqq y \leqq y_1^2, z_0^2 \leqq z \leqq z_1^2)\} \quad \cdots (2)$$

$$SOPO=\{(x,y,z) \mid x-y+z=0,\ (x_0^1 \leqq x \leqq x_1^1, y_0^1 \leqq y \leqq y_1^1, z_0^1 \leqq z \leqq z_1^1)\ \mathrm{OR}\ (x_0^2 \leqq x \leqq x_1^2, y_0^2 \leqq y \leqq y_1^2, z_0^2 \leqq z \leqq z_1^2)\} \quad \cdots (3)$$

4.　事象の集合表現

4.1.事象間の関係表現

事象を集合的に考えると、図2のように事象Aから事象Bへの相対的な関係R_{AB}は、集合から集合への写像として考えることができる。

$$SOPO_B=f(SOPO_A) \quad \cdots (4)$$

まず、集合の要素である1点からの写像を考える。点によって表される事象Aは、関係の種類によってAの右の領域や左の領域などに写像される。図3はAllen[2]の13種類の関係に分けて、事象Aの写像をマッピングしたものである。例えばbeforeは、事象Aの終了時刻以降に事象Bが始まることなので、事象Aは、終了時刻直線

図2　事象の二項関係

と開始時刻=終了時刻直線の交点から引かれる最早開始時刻直線の右側に写像される。

同じように、集合によって表される六角形の事象Aについての写像である事象Bは、図4のようになる。これらは、図3の事象Aに対する写像の集合を、事象Aの六角形の中でくまなく走査させ、その和集合をとることで得られる。例えばstartsについて、六角形の領域内で事象点Aを走査させ、starts領域（図3参照）の軌跡の和集合をとると、事象Aのstarts写像が得られる。これを定式化すると、

$$SOPO_A=\{(x,y,z)\mid x^A-y^A+z^A=0,\ x_0{}^A\leq x^A\leq x_1{}^A,\ y_0{}^A\leq y^A\leq y_1{}^A,\ z_0{}^A\leq z^A\leq z_1{}^A\}$$

$$SOPO_B=\{(x,y,z)\mid x^B-y^B+z^B=0,\ x_0{}^B\leq x^B\leq x_1{}^B,\ y_0{}^B\leq y^B\leq y_1{}^B,\ z_0{}^B\leq z^B\leq z_1{}^B\}$$

$$\text{where}\quad x_0{}^A=x_0{}^B,\ x_1{}^A=x_1{}^B,\ y_0{}^A=y_0{}^B \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5)$$

となる。この $x_0{}^A$ などに関する制約を図 4の表に与える。

ここまでで、事象の数値的な制約や、2事象間の相対的な制約が表現できるようになった。つぎに、これらの表現された制約をもとにして他の事象間の関係を推論することを考える。

4.2. 関係の伝播

図5は、事象Aから事象Bへの関係と、事象Bから事象Cへの関係をもとにして、事象Aから事象Cへの関係を推論している。事象Aからstartsの関係にある事象Bへの写像を導入し、さらにその事象Bからbeforeの関係にある事象Cへの写像を導入すると、

$$SOPO_C=f_{BC}(SOPO_B)=f_{BC}(f_{AB}(SOPO_A)) \ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6)$$

のように、事象Aに対する事象Cの可能な解の集合は、事象Aから事象Bへの写像と事象Bから事象Cへの写像の、合成写像をとることによって求めることができる。

5. おわりに

本研究では、提案した幾何学的表現は以下のことを満たすことを確認した。

1) スケジューリングに必要な以下の要求事項を満たすモデル化方法を提案した。
   - ｲ)事象の数値的な制約を表現できること。
   - ﾛ)2事象の間の相対的な制約を表現できること。
   - ﾊ)与えられた制約すべてを満たすような解すべてを推論し、表現できること。
2) 事象を集合として考えることで以下のようなメリットがある。
   - ｲ)考えられる解が、集合ですべて表現される。
   - ﾛ)事象間の関係が、簡単な写像によって表現できる。
   - ﾊ)制約の伝播が、合成写像によって表現できる。

参考文献

[1] 大橋洋明："1996年度精密工学会春期学会学術講演会学術論文集，" pp451, 1996

[2] Jean-Francois Rit : "Proragation Temporal Constraints for Scheduling," Proc. AAAI, 1986

[3] J. Allen : "Maintaining Knowledge about Temporal Interval," Comunications of the ACM, Vol.26, 1983

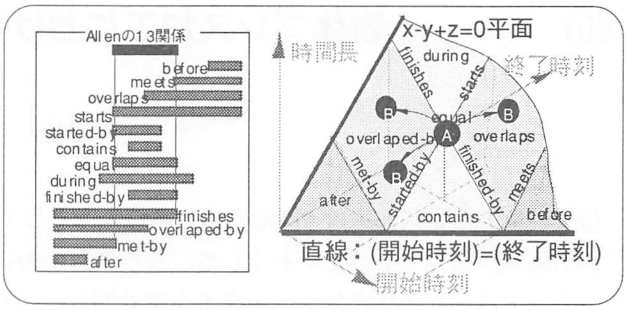
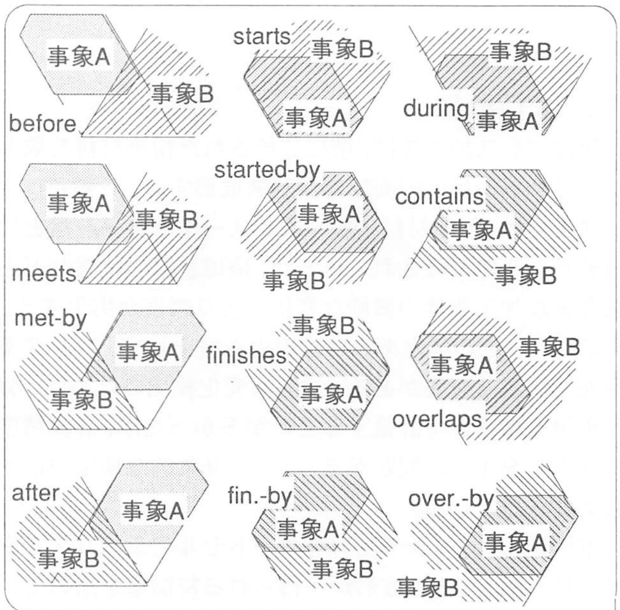


図3　事象間の関係（点→集合）



before	$x0_B = y0_A$
after	$y0_B = x0_A$
meets	$y0_A = x0_B$　$y1_A = x1_B$
met-by	$x0_A = y0_B$　$x1_A = y1_B$
overlaps	$x0_A = x0_B$　$y0_A = y0_B$
overlaped-by	$x0_A = x0_B$　$y1_A = y1_B$
starts	$x0_A = x0_B$　$x1_A = x1_B$　$y0_A = y0_B$　$z0_A = z0_B$
started-by	$x0_A = x0_B$　$x1_A = x1_B$　$y1_A = y1_B$　$z1_A = z1_B$
finiishes	$x1_A = x1_B$　$y0_A = y0_B$　$y1_A = y1_B$　$z0_A = z0_B$
finished-by	$x0_A = x0_B$　$y0_A = y0_B$　$y1_A = y1_B$　$z1_A = z1_B$
during	$x1_A = x1_B$　$y0_A = y0_B$　$z0_A = z0_B$
contains	$x0_A = x0_B$　$y1_A = y1_B$　$z1_A = z1_B$
equal	$x0_A = x0_B$ $x1_A = x1_B$ $y0_A = y0_B$ $y1_A = y1_B$ $z0_A = z0_B$ $z1_A = z1_B$

図4　事象間の関係（集合→集合）

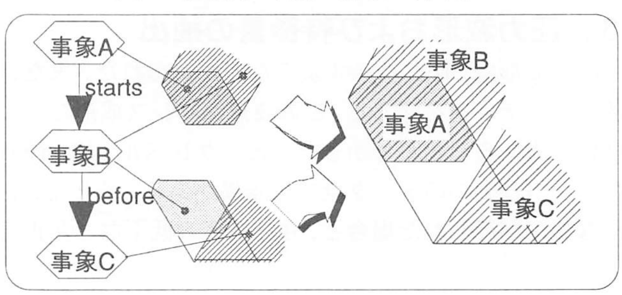


図5　制約の伝播