

産業用データベース・ミドルウェアの開発

1W-6

- 時間/場所/物体モデルとトラッキング機構 -

高田 秀志

島川 博光

竹垣 盛一

三菱電機(株) 産業システム研究所

1 まえがき

産業システムにおいては、物の移動を伴う対象を扱う場合が多い。代表的な例としては、バッチ型製造プロセスにおけるバッチや、鉄道における列車などが挙げられる。このような対象を扱うシステムでは、「いつ、どこに、何が、どのような状態で」を常に把握し、それに応じた対象の制御や、履歴の蓄積・検索などを行なう必要がある。本稿で提案する「時間/場所/物体モデル」は、「時間軸上で複数の場所間を物体が移動する」という概念で対象を表現し、物の移動を履歴として蓄積・検索することを可能にする。また、本モデル上で、物体の移動を事象としてルールを起動することにより、プラントへの制御コマンド発行等を行なえるトラッキング機構を実現する。

2 時間/場所/物体モデル

2.1 時間/場所/物体

定義 1 時間 (Time)

時間 $T = \{t_0, t_1, \dots, t_{k-1}\}$: k 個の時刻 t_0, t_1, \dots, t_{k-1} の順序集合。□

定義 2 場所 (Place)

場所 $P = \{p_0, p_1, \dots, p_{l-1}\}$: 空間 S を分割して得られる l 個の部分空間 p_0, p_1, \dots, p_{l-1} の集合。個々の部分空間を場所と呼ぶ。任意の二つの場所 p_i, p_j は、交わりを持たない ($p_i \cap p_j = \phi$)。また、時刻 t_j における場所 p_i の状態を $\sigma_{p_i}(t_j)$ と表記する。□

定義 3 物体 (Object)

物体 $O = \{o_0, o_1, \dots, o_{n-1}\}$: 場所間を移動する n 個の物体 o_0, o_1, \dots, o_{n-1} の集合。物体 o_i の空間 S への出現時刻、消滅時刻をそれぞれ $t_b(o_i)$ 、 $t_d(o_i)$ で表す。また、時刻 t_j における物体 o_i の状態を $\sigma_{o_i}(t_j)$ を表記する。□

物体 o_i の存在時刻は時区間 $[t_b(o_i), t_d(o_i)]$ である。物体は、場所間を移動する際に、複数の物体が統合されて一つの物体になったり、一つの物体が複数の物体に分裂したりする。このような性質は、以下のように表現される。

定義 4 関連物体 (Associated Objects)

統合により物体 o_i になった物体の集合を $O_c(o_i)$ 、 o_i の分裂によって出現した物体の集合を $O_s(o_i)$ で表す時、

物体 o_i の関連物体 $O_A(o_i)$ は、物体 o_i それ自身、および、 $O_c(o_i)$ と $O_s(o_i)$ を再帰的に探索することによって得られる物体の集合とする。すなわち、 $o_j \in O_c(o_i)$ あるいは $o_j \in O_s(o_i)$ が満たされる時、 $O_c(o_j)$ あるいは $O_s(o_j)$ も $O_A(o_i)$ の要素である。また、場所 p_k に対する物体 o_i の関連物体 $O_A(p_k, o_i)$ は、 $O_A(o_i)$ のうち、場所 p_k を通過した物体の集合とする。□

2.2 写像

時間、場所、物体間の関連を得るために、これらの上での写像を定義する。

定義 5 場所/物体写像: $Time(p_i, o_j) \rightarrow T_{p_i, o_j}$

場所/物体写像は、物体 o_j が場所 p_i に存在していた時刻の集合 T_{p_i, o_j} を得る。□

この写像により、場所と物体の組で時刻が導出される。一般に、 T_{p_i, o_j} は時区間の集合 $\{[t_{s1}, t_{e1}], [t_{s2}, t_{e2}], \dots\}$ を形成する(同じ物体が同じ場所を複数回訪れてもよい)。

定義 6 場所/時間写像: $Object(p_i, t_j) \rightarrow O_{p_i, t_j}$

場所/時間写像は、時刻 t_j において場所 p_i に存在していた物体の集合 O_{p_i, t_j} を得る。□

この写像により、場所と時刻の組で物体が導出される。一般に、複数の物体が同一時刻に同一場所に存在していてもよい。ただし、バッチプロセスのように、一つの場所(製造設備の一単位)には一つの物体(バッチ)しか存在できないような対象も存在する。

定義 7 物体/時間写像: $Place(o_i, t_j) \rightarrow p_k$

物体/時間写像は、時刻 t_j において物体 o_i が存在していた場所 p_k を得る。□

この写像により、物体と時刻の組で場所が導出される。物体は、ある時刻に複数の場所に存在することはできない。

2.3 視点

前節で述べた写像を用いて、時間、場所、あるいは物体のいずれか一つに着目して対象を観測する視点(View)を提供することができる。本節では、時間視点、場所視点、物体視点を定義する。

定義 8 時間視点: $V_{time}(t_i)$

時間視点は、場所集合 P 中のすべての p_j と、場所/時間写像 $Object(p_j, t_i)$ で得られる物体 o_k の組 (p_j, o_k) の集合である。□

時間視点は、時刻 t_i における空間 S のスナップショットであると捉えることができる。時間視点のある時間区間 $[t_{sp}, t_{ep}]$ 内の各時刻について連続的に得ることにより、物体の全体的な流れを掴むことができる。

定義 9 場所視点: $V_{place}(p_i, t_{sp}, t_{ep})$
 場所視点は、時間区間 $[t_{sp}, t_{ep}]$ におけるすべての時刻 t_j に対する組 $(t_j, o_k, \sigma_{p_i}(t_j), \sigma_{o_k}(t_j))$ の集合である。ここで、 o_k は、場所/時間写像 $Object(p_i, t_j)$ で得られる物体、 $\sigma_{p_i}(t_j)$ は時刻 t_j における場所 p_i の状態、 $\sigma_{o_k}(t_j)$ は時刻 t_j における物体 o_k の状態である。□

場所 p_i を傍観した時、物体が一つ一つ通過していく。場所視点は、その場所の状態と、その場所を通過していく物体の状態を得るものである。時間区間 $[t_{sp}, t_{ep}]$ は、場所 p_i のどの時間区間に着目するかを指定するために指定される（時間区間を考慮しないと、すべての時刻を扱う必要があり、現実的でない）。

定義 10 物体視点: $V_{object}(o_i)$
 物体視点は、物体 o_i に関するすべての関連物体 $o'_i \in O_A(o_i)$ の生存時間区間 $[t_b(o'_i), t_d(o'_i)]$ の和に含まれるすべての時刻 t_j に対する組 $(t_j, o'_i, p_k, \sigma_{p_k}(t_j), \sigma_{o'_i}(t_j))$ の集合である。ここで、 p_k は物体/時間写像 $Place(o'_i, t_j)$ によって得られる場所、 $\sigma_{p_k}(t_j)$ は時刻 t_j における場所 p_k の状態、 $\sigma_{o'_i}(t_j)$ は、時刻 t_j における物体 o'_i の状態である。□

物体視点は、空間 S における物体の履歴を、統合や分裂に伴う関連物体を含めて追跡するものである。

2.4 表現例

本モデルによる対象の表現例を図1に示す。この例の対象は、3つの場所 p_1, p_2, p_3 から成る。物体 o_1 は場所 p_1 に時刻 t_1 から t_2 まで、場所 p_2 に時刻 t_2 から t_4 まで存在し、現在は p_3 に存在している。一方、物体 o_2 は場所 p_1 に時刻 t_3 から t_5 まで存在し、現在は場所 p_2 に存在している。

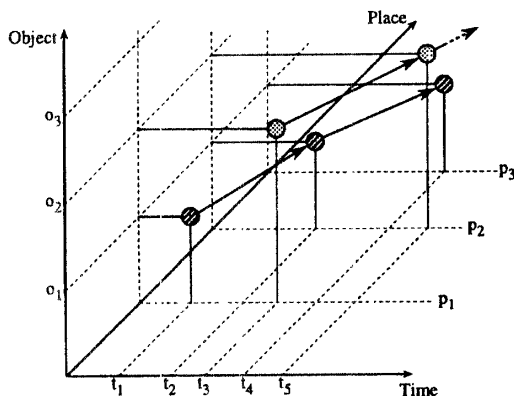


図1: 時間/場所/物体モデルによる表現例

この例における写像操作の結果は以下の通りである。

場所/物体写像: $Time(p_1, o_1) \rightarrow [t_1, t_2]$

場所/時間写像: $Object(p_2, t_3) \rightarrow \{o_1\}$

物体/時間写像: $Place(o_1, t_3) \rightarrow p_2$

また、この例における視点を取得した例は以下の通りである。

- 時間視点
 $V_{time}(t_4)$ は組 $(p_1, o_2), (p_2, \phi), (p_3, o_1)$ の集合。

- 場所視点
 $V_{place}(p_1, t_1, t_5)$ は、組 $(t_1, o_1, \sigma_{p_1}(t_1), \sigma_{o_1}(t_1))$
 $(t_2, \phi, \sigma_{p_1}(t_2), \phi)$
 $(t_3, o_2, \sigma_{p_1}(t_3), \sigma_{o_2}(t_3))$
 $(t_4, o_2, \sigma_{p_1}(t_4), \sigma_{o_2}(t_4))$
 $(t_5, \phi, \sigma_{p_1}(t_5), \phi)$

の集合。

- 物体視点
 $V_{object}(o_1)$ は、組 $(t_1, o_1, p_1, \sigma_{p_1}(t_1), \sigma_{o_1}(t_1))$
 $(t_2, o_1, p_2, \sigma_{p_2}(t_2), \sigma_{o_1}(t_2))$
 $(t_3, o_1, p_2, \sigma_{p_2}(t_3), \sigma_{o_1}(t_3))$
 $(t_4, o_1, p_3, \sigma_{p_3}(t_4), \sigma_{o_1}(t_4))$
 $(t_5, o_1, p_3, \sigma_{p_3}(t_5), \sigma_{o_1}(t_5))$

の集合。この例では、物体の分裂や結合は示されていない。

3 トラッキング機構

「トラッキング」とは、対象において「今現在、どこに、何が、どのような状態で存在しているか」を把握し、それに応じた対象からのデータの獲得や、対象への制御を行なうことである。前章で述べたモデルに基づいて表現された対象の大域的な状態は、物体の移動により変化すると見做せるので、物体の移動をトリガとして起動されるルールを定義する枠組を提供することで、トラッキング機構が実現できる。

データベースにおいて、何らかの事象をトリガとしてルールを起動する機構としては、ECA 機構 [1] が知られている。本モデルウェアで提供する ECA 機構は、物体の移動をトリガとしてルールを記述できるようにするが、物体の移動の前後で起動されるルールを分けたような場合があったり、また、移動処理を行なう上で不整合を発見した場合に起動されるルールを定義したい場合があるため、移動前・移動時・移動後・不整合時の4つに分けて ECA ルールを定義可能にしている。

4 あとがき

本稿では、産業システムの多くの対象で扱う必要のある物体の移動をデータベース中に表現・蓄積・導出するための「時間/場所/物体モデル」と、それに基づくトラッキング機構の概要について述べた。本モデルに基づいて構築されたデータベースミドルウェア Real-Time View Server (RTVS) は、食品プラントでのプロトタイプ評価 [2] を終え、現在、鉄鋼プラントへの実適用を行なっている。

参考文献

- [1] K.R.Dittrich, S.Gatzju, A.Geppert: The Active Database Management System Manifesto: A Rule-base of ADBMS Features, *International Workshop of Rules in Database Systems*, pp.3-17, Sept. 1995.
- [2] 高田, 島川, 浅野, 竹垣: 能動機構と多次元ビュー生成に基づくバッチ製造情報管理システムの実現, システム制御情報学会論文誌, Nov. 1997. (to appear)