

# EXPRESS-E2を用いたFA制御対象の動的挙動モデリングに関する研究(第1報)

## — 離散事象システムレベルでの挙動モデリング —

旭川工業高等専門学校  
北海道大学工学部

○戸村 豊明  
金井 理, 岸浪 建史

### 要 旨

生産セルを構成するFA制御対象は、複数の系が混在したシステムであり、動的挙動も含めたモデリングに使われるボンドグラフ、MechaSTEPは、離散事象システムとして記述不可能なため、生産セルの協調シミュレーションに適さない。

本報では、機械、電気、油圧・空圧系からなるメカトロニクス系シミュレーションに使われるSTEPデータモデルであるMechaSTEPを拡張する事で、状態遷移を動的挙動として持つFA制御対象モデルの参照モデルを提案する。

### 1. はじめに

メカトロニクス系は電気、機械、油圧・空圧といった系が混在するシステムであり、生産セルを構成するFA制御対象(ロボット、工作機械)もこれと同様である。制御対象はコンポーネント(アクチュエータ、センサなど)を組み合わせて製造されるのが一般的だが、コンポーネント自身が複数の系を持つため、動的挙動を持つモデルとしてFA制御対象を统一的に記述する事は困難である。それを解決するため、ボンドグラフを使った手法<sup>[1]</sup>やMechaSTEP<sup>[2]</sup>が提案されているが、連続系を対象とするため、離散事象システムとしての記述は不可能である。

生産セルにおける制御装置とFA制御対象間の協調シミュレーションを考えた時、FA制御対象は離散系と考えれば充分であるので、連続系・離散系の両系に対応したFA制御対象モデルを記述可能な言語が必要となる。また、モデルを迅速に開発するためには参照モデルが必須で、メーカーによるFA制御対象モデルの供給を実現するには、モデル記述言語は一般に知られた言語で、さらに、供給の利便性を考慮すれば、レキシカルな言語である事が望ましい。

本報では、機械、電気、油圧・空圧系からなるメカトロニクス系シミュレーションに使われるSTEPデータモデルであるMechaSTEPを拡張する事で、状態遷移を動的挙動として持つFA制御対象モデルの参照モデルを提案する。

### 2. MechaSTEPとFA制御対象参照モデル

MechaSTEPは、メカトロニクス系を構成する機械系、電気系、油圧・空圧系の情報をリンクさせて、微分方程式により動的挙動を表したSTEPデータモデルであり、メカトロニクス系のシミュレーションを目的としている。

本研究では、EXPRESS<sup>[3]</sup>言語で記述されたMechaSTEPを拡張し、図1のようなFA制御対象参照モデルを提案する。このモデルは静的構造モデルと動的挙動モデルからなり、FA制御対象モデルのシミュレーションレベルに応じて、2種類の動的挙動モデルのいずれかを静的構造モデルに関連付ける。アイテムモデルは、FA制御対象モデルにおけるコンポーネントの集合であり、それぞれの系モデルと内部で関連付けられている。

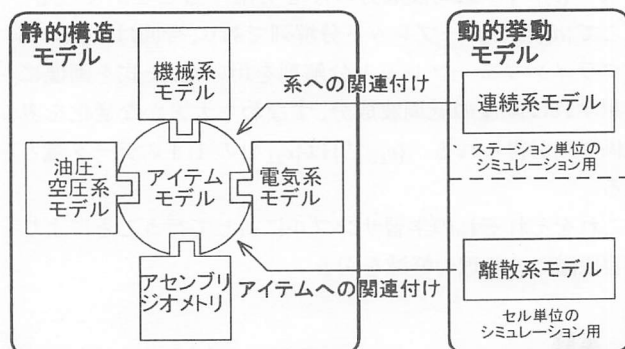


図1. FA制御対象参照モデル

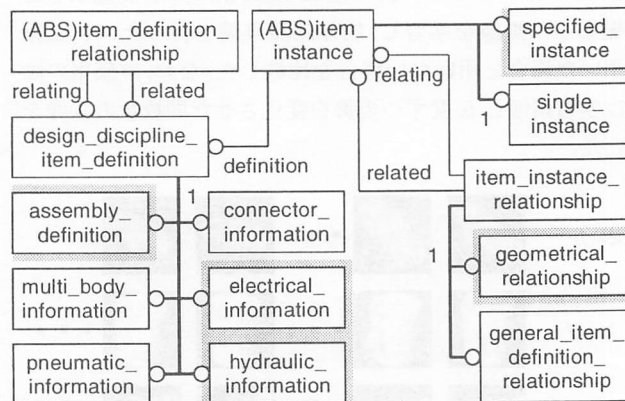


図2. アイテムモデル

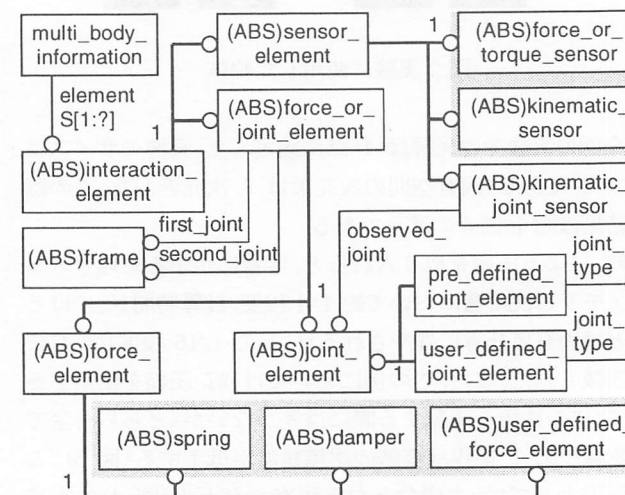


図3. 機械系モデル

### 2.1 アイテムモデル

アイテムモデルの EXPRESS-G 表現を図 2 に示す。このモデルは MechaSTEP の構造をそのまま継承しており、item\_instance は FA 制御対象のコンポーネントを表し、design\_discipline\_item\_definition のサブクラスは、アイテムモデルにバインドされるそれぞれの系のモデルであり、item\_instance の定義を表す。single\_instance は、アセンブリ構造を持たないコンポーネントである。塗り潰されたエンティティについては、本報では議論しない。

### 2.2 機械系モデル

機械系モデルの EXPRESS-G 表現を図 3 に示す。このモデルは、interaction\_element の集合からなり、force\_element, sensor\_element, joint\_element はそれぞれ、力要素、センサ、ジョイントを表す。塗り潰されたエンティティは、本研究において拡張されたエンティティである。

### 2.3 空圧系モデル

空圧系モデルの EXPRESS-G 表現を図 4 に示す。MechaSTEP では、現在、pneumatic\_information 以外の塗り潰されているエンティティを定義していないため、本研究において拡張した。空圧源、バルブを表す pneumatic\_source, pneumatic\_valve は、いくつかの pneumatic\_port を持ち、それらを pneumatic\_pipe で接続する。pneumatic\_path は、バルブ内部におけるポートの全ての接続状態を表している。

### 参考文献

- [1] J. L. Stein, L. S. Louca : A component-based modeling approach for system design: theory and implementation, Simulation Ser., 27/1, pp. 109-115, 1995.
- [2] Federal ministry for education, science, research and technology : MechaSTEP - STEP data model for simulation data of mechatronic systems. (URL : http://www.dik.maschinenbau.tu-darmstadt.de/english/research/prj\_mechastep/inhalt.html)
- [3] ISO TC184/SC4/WG11 N48 Product data representation and exchange : Description methods : The EXPRESS language reference manual, 1998.
- [4] H. E. Eriksson, M. Penker : UML ガイドブック, トップラン, 1998.

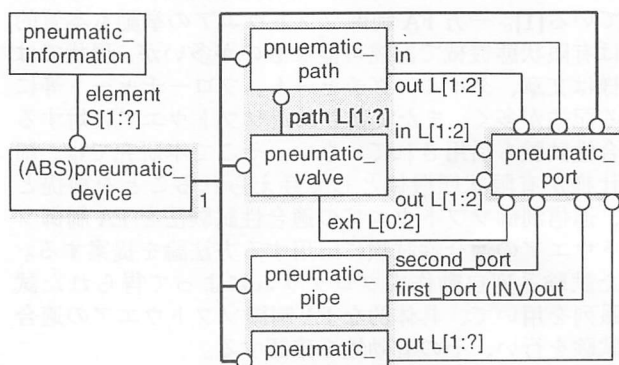


図 4. 空圧系モデル

### 2.4 系モデル間の接続

機械モデル、空圧モデルといった系モデル間の接続は、図 5 に示す connector\_information によって実現される。

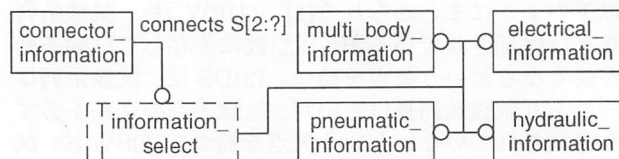


図 5. connector\_information エンティティ

### 3. 本研究で提案する FA 制御対象の離散系モデル

MechaSTEP では、メカトロニクス系の動的挙動を、微分方程式、グラフなどで表現しており、design\_discipline\_item\_definition と関連付けている。離散事象モデルとして FA 制御対象の動的挙動を記述するため、本研究では、MechaSTEP に対し、図 6 のように拡張を加えた。図 6 において、点線上部の連続系は MechaSTEP を継承している。discrete\_event\_behaviour は、離散事象モデルとしての動的挙動を表し、discrete\_event\_element だけに関連付けられる。discrete\_event\_behaviour は、state, event, message からなり、ある状態にある時、イベントが起これば、他のインスタンスへメッセージを発行し、次の状態へ遷移するという概念<sup>4)</sup>に基づいている。

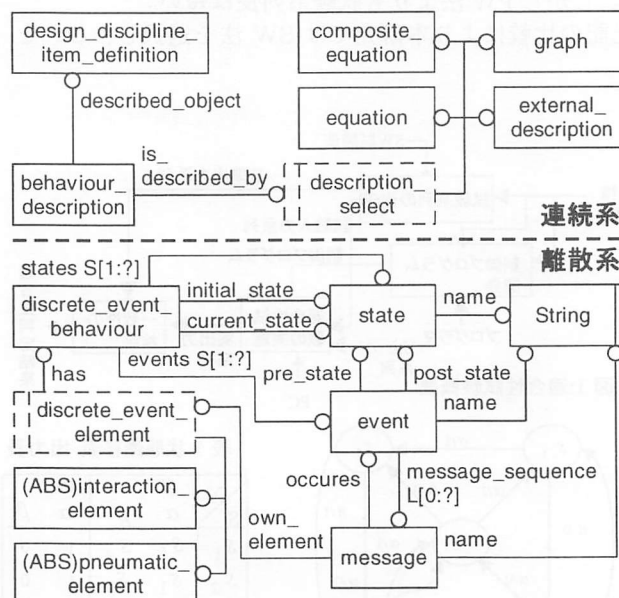


図 6. 動的挙動モデル

### 4. まとめおよび今後の課題

本報では、MechaSTEP を拡張する事で、状態遷移を動的挙動として持つ FA 制御対象モデルの参照モデルを提案した。今後は、その他の系モデル、異なる系間のイベントのやりとり、および、具体的な FA 制御対象へ適用するためのモデリング方法論を提案してゆく予定である。