

リアルタイム・ソフトウェア仕様の 7M-4 時間に関する一考察

岡本克己, 橋本正明, 門田充弘
ATR通信システム研究所

1. はじめに

通信システム等のリアルタイム・ソフトウェアについて仕様記述法を作成するには、まずリアルタイム・ソフトウェアの特徴に着目する必要がある。リアルタイム・ソフトウェアの特徴としては、マルチプロセス、プロセスI/O、外部装置を含めたシステム記述、時間の取り扱い等が上げられる¹⁾。そこで本稿では、時間に着目し、リアルタイム・ソフトウェアの仕様において時間がどのように現れるかを考察し、我々が研究中の非手続き的なプログラム仕様記述法PSDM(Program Specification Description Method)²⁾における時間の取り扱いについて報告する。

2. PSDM

リアルタイム・ソフトウェアでは、1つのシステムを複数のプロセスに分けて設計することが多く、プロセス間の通信も重要な考慮点であるが、個々のプロセスの仕様をいかに表すかも大変重要である。そこで、本研究では当面、後者に着目して研究を行っている。

PSDMはプログラムの入出力データの性質に着目した非手続き的なプログラム仕様記述法であり、入出力データを情報構造、データ表現方法、データアクセス法の3つの側面から捉える。リアルタイム・ソフトウェアにおいては、それぞれの性質はプロセスが処理する対象世界の情報構造、プロセスI/Oデータの形式、そのデータのアクセス方法となり、それを情報層、データ層、アクセス層の3階層に分けて記述する。

情報層では、対象世界に存在する物や事象をエンティティと呼び、物や事象相互の対応付けをリレーションシップと呼ぶ。また、エンティティの集合を定めたものをエンティティ・タイプと呼び、リレーションシップの集合を定めたものをリレーションシップ・タイプと呼ぶ。エンティティの性質は、アトリビュートの値で表す。エンティティ・タイプという集合の中で、個々のエンティティを識別するために用いる特別なアトリビュートをプライマリ・キー

と呼ぶ。

例えば、図1に示す例で見ると、エレベータや要求というエンティティ・タイプがある。その中には各時点のエレベータの状態や、各時点に出された要求などのエンティティが存在している。そして、エレベータというエンティティの性質は、時刻、階、方向というアトリビュートの値で表す。このアトリビュートのうち、時刻はプライマリ・キーである。

次に、エレベータと要求というエンティティ・タイプの間を見ると、要求充足というリレーションシップ・タイプがある。その中には、"t1時刻の要求の要求充足はt2時刻のエレベータの状態で充足されたこと"などのリレーションシップが存在している。

また、エンティティ・タイプやリレーションシップ・タイプに課した制約として以下の3つがある。例えば、要求とエレベータの間の要求充足というリレーションシップを求めるリレーションシップ存在従属性制約、エレベータが動くときにモータに対して新たな指示が生じるといったエンティティ存在従属性制約、エレベータの新たな階や方向を求めるといったアトリビュート値従属性制約がある。

以上のように情報層では、エンティティ・タイプ、アトリビュート、プライマリ・キー、リレーションシップ・タイプ、及び、3種の制約を記述する。

次にデータ層では、要求やモータへの指示などのI/Oデータの形式を記述する。さらに、どのデータ項目と上記のエンティティ・タイプ、アトリビュート、プライマリ・キー、リレーションシップ・タイプと対応付けるかを示すためにデータの情報制約を記述する。

そしてアクセス層では、各I/Oデータの入出力の区別などを記述する。

3. PSDMと時間

情報層で記述される対象世界は時間と共に動いている。従って、情報層の仕様を記述するためには、時間に関する性質を表さなければならない。そこでPSDMでは、時間に関する性質を以下のように取り扱う。

まず、事象の生起、完了の時刻や事象の継続時間は、事象を示すエンティティのアトリビュートとして表すことができる。

次に、ある事象が他のある事象よりも先に生起すること、複数の事象が同時に継続していること、ある事象が完了したら次のある事象が生起することなどはリレ-

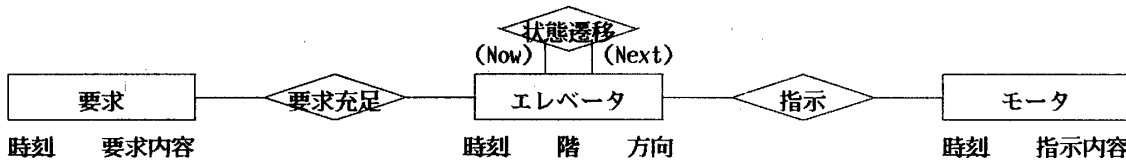


図1 情報層

ションシップ・タイプとして表すことができる。

最後に、それらのリレーションシップ・タイプは、事象の生起時刻を示すアトリビュートなどに基づくリレーションシップ存在従属性制約から求めることができる。また、事象の継続時間は、事象の生起、完了時刻を示すアトリビュートに基づくアトリビュート値従属性制約から表すことができる。そして、ある事象の発生に基づいて他の事象が発生することは、エンティティ存在従属性制約から表すことができる。

このようにPSDMでは、エンティティ・タイプ、アトリビュート、プライマリ・キー、リレーションシップ・タイプ、3種の制約を用いることによって時間に関する様々な性質を表すことが可能である。

4. リアルタイム・ソフトウェアと時間

リアルタイム・ソフトウェアの仕様記述法で特に時間が問題になるのは、対象世界とソフトウェアが同じ時間軸で動いているからである。具体的には以下のような問題がある。

(1) 入力タイミング

入力データに入力時刻が表されていれば、その入力時刻に生起した事象の間の前後関係を表すリレーションシップ・タイプは上記のようにリレーションシップ存在従属性制約で取れる。

入力データに入力時刻が無い場合、手続き型言語では、入力タイミングを容易に知ることができ、時間的前後関係を取ることは可能であるが、非手続き型言語では、入力タイミングから事象間の前後関係が分かるような特別な工夫が必要となる。

(2) ソフトウェアの動作時間軸

入力データ中には、次元の異なる時刻、例えばダイヤル通話料金の明細内訳に書かれた時刻（電話を実際に使用した時刻）と、そのデータの入力時刻が現れることもある。この場合、後者の時刻はデータ中で昇順に並ぶなどの性質を持ち、効率の良いプログラムの生成に活用できる。従って、ソフトウェアの動作時間軸を明示するような工夫が必要である。

(3) プロセス入力時刻の付与

手続き型言語では、システム内部の時計から時刻を付与してもらう場合、例えば、システムコールで対応することができる。このような機能は非手続き型言語にも必要である。

(4) 応答時間

リアルタイム・ソフトウェアは、対象世界の時間軸にあわせて動かないといけないので、出力データについて応答時間に関する制約も生じる。

5. 時間の仕様記述法

前章で述べたように、リアルタイム・ソフトウェアにおいて時間を取り扱うためには特別な工夫を必要とする。そこで本研究では以下、これらの工夫をどのようにPSDM仕様記述法に反映するかについて述べる。

なお、表1はPSDMの記述要素であり、網かけ部分()がリアルタイム・ソフトウェアにのみ使用される部分である。

(1) 入力タイミング

入力タイミングのみから時間的前後関係を取る時

には、次のような制約を記述する。

① どの入力データ項目の間に時間的前後関係があるのかをデータ形式と合わせて記述する。

② その入力データ項目を含むプロセス入力について時間的前後関係が定義されていることをデータ・アクセスの性質として記述する。

(2) ソフトウェアの動作時間軸

入力データ中の時刻を表しているどのデータ項目が、動作時間軸であるかを明示するための付加条件として記述する。

(3) プロセス入力時刻の付与

システム内の時計から時刻データを取り込む場合には、どのデータ項目の値が該当するのかをデータ・アクセスの性質として記述する。

(4) 応答時間の制約

これについては、常に制約を満足するようなプログラムの生成が困難なため、コメント的仕様として記述する。

情報層	<ul style="list-style-type: none"> ・エンティティ・タイプ ・アトリビュート ・プライマリ・キー ・リレーションシップ・タイプ ・リレーションシップ存在従属性制約 ・アトリビュート値従属性制約 ・エンティティ存在従属性制約
データ層	<ul style="list-style-type: none"> ・データ形式 ・データの情報制約 ・入力データ項目間のタイミング制約 ・動作時間軸の付加条件
アクセス	<ul style="list-style-type: none"> ・データ入出力名 ・入出力の区別 ・プロセス入力のタイミング制約 ・プロセス入力時刻の付与 ・応答時間の制約

表1 PSDMの記述要素

6. おわりに

本稿では、リアルタイム・ソフトウェアの時間に関する特徴に注目し、時間がどのような形で仕様に現れ、それらをPSDMにどのように反映すれば良いかについての考察を行った。

また現在、本稿で考察した内容を反映したPSDMの言語仕様、PSDMによって記述されたプログラム仕様からのプログラム構造設計の自動化、及び、PSDMを用いた要求分析の検討を行なっている。

参考文献

1) Robert L.Glass: Real-Time SOFTWARE, PRENTICE-HALL (1983).
 2) 橋本正明: E A Rモデルに基づく情報構造記述を用いたプログラム仕様記述法PSDM, 情報処理学会論文誌, Vol.27, No.7 (1986).