

要旨

本研究は、オブジェクトモデリング技法(OMT)を用いた FA 制御プログラムの迅速開発を目的としている。本報では、前報で提案した制御プログラムに対する要求仕様のうち、要求作業仕様図からステーションコントローラの制御プログラム開発に有効となるステーションコントローラの状態変化仕様を抽出する手法を提案する。

1. はじめに

1つの生産セルを対象としたFAシステムにおける各制御機器の制御プログラム開発は、制御プログラムに対する要求仕様にもとづいて行われる。要求仕様は主に、FAシステムの機器構成と要求作業の仕様から構成されるが、これらは文書形式で記述される事が多い。

文書形式の持つ曖昧さや、計算機可読な形式での利用の困難さを解決する為に、要求仕様を図的モデルで表現して、それに一定の表現規則を設ければ、構造的に理解しやすくなり、計算機可読な形式での利用が可能となる。

FAシステムに対する要求作業はワークに関連する制御対象の動作と動作順序から構成され、さらに制御対象の各動作は、他の制御対象の状態変化を引き起こす。前報<sup>[1]</sup>では、動作と状態を融合した記述による要求作業仕様図を提案した。

FAシステムの制御プログラムとしては、セルコントローラ、PLC用の制御プログラムおよびステーションコントローラ用の制御プログラムが必要である。しかし、前報では要求作業仕様図の制御ノードからセルコントローラ、PLCの制御プログラムが実現すべき信号レベルでの入出力関係の仕様を抽出する手法のみしか提案していなかった。

そこで本報では、前報で提案した手法を具体的なFAシステムに対して適用し、さらに要求作業仕様図の動作ノードからステーションコントローラの制御プログラム開発に有効となるステーションコントローラの状態変化仕様を抽出する手法を提案する事を目的とする。

2. 機器構成仕様図と要求作業仕様図

本研究で提案する機器構成仕様図と要求作業仕様図は、いずれもグラフ構造の図的モデルである。

2.1 機器構成仕様図

機器構成仕様図は、FAシステムを構成する機器、プログラム等の全ての要素をオブジェクトとして定義して、これらをノードとし、それらの間に存在する関連をアークとしたグラフであり、OMT<sup>[2]</sup>のオブジェクト図に準拠している。図1はその具体例である。

2.2 要求作業仕様図

要求作業仕様図は、FAシステムに要求される作業を構成する制御対象の動作とその順序関係を記述したグラフである。図2は図1の機器構成仕様図に対応した要求作業仕様図の具体例の一部である。

要求作業仕様図は、制御開始ノード、制御終了ノード、動作ノード、制御ノード、動作順序を表すアークから構成されている。動作ノードはアクチュエータが行う動作の内容を表すノードである。また、制御ノードは動作ノード間に存在し、

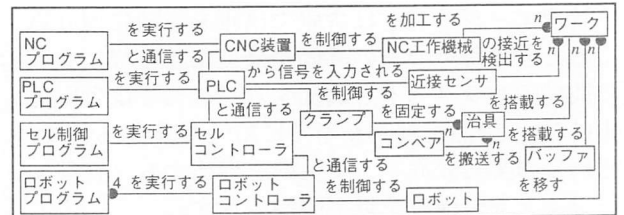


図1 機器構成仕様図の具体例

それらの動作ノード間の遷移条件を表すノードである。動作ノードと制御ノードはセルコントローラ、PLC、ステーションコントローラの制御プログラム開発に有用な仕様を抽出する為に後で詳細化されるが、要求仕様の分析の初期段階においては、自然言語による簡潔な記述にとどめておく。

3. 動作ノードと制御ノードの詳細化

セルコントローラ、PLCの制御プログラムが実現すべき信号レベルでの入出力関係の仕様を得る為に、要求作業仕様図を構成する全ての動作ノードと制御ノードの記述内容はそれぞれ一定の手順<sup>[1]</sup>に従って下記のように詳細化される。

3.1 動作ノードの詳細化

図2の網掛け部分の動作ノードを例に挙げ、動作ノードの詳細化の過程を以下に述べる。この動作ノードは図3のような「ロボットがワークを治具上からNC工作機械上へ移す」という動作内容を表しており、機器構成仕様図から動作に関連するオブジェクトを同定して詳細化された後、図4のような動作に関連するオブジェクトの状態遷移グラフの集合となる。動作に関連するオブジェクトは、動作を実行するアクチュエータである *activated object* と、動作によって状態変化を引き起こされる機器である *affected object* からなる。

3.2 制御ノードの詳細化と論理式の分配

図2の網掛け部分の制御ノード「クランプが治具を固定した」を例に挙げ、制御ノードの詳細化の過程を以下に述べる。この制御ノードは、自身に連結された動作ノード内の信号レベルで同定された退場事象・入場事象を制御入力・制御出力と連結し、信号レベルで与える事が不可能な遷移条件を条件入力として与え、さらに制御出力を制御入力と条件入力の論理式で表現する事で、図5(b)のように詳細化される。図6(b)において、制御入力は  $i_1$ 、制御出力は  $o_1$ 、条件入力は *True* である。次に、機器構成仕様図から各制御ノードの制御入出力に関連する制御機器を同定して、図5(c)のような制御入出力のブロック図を作成する。セルコントローラ、PLCの制御プログラムが実現すべき信号レベルでの入出力関係の仕様は、各制御ノード内の論理式に相当する動作をセルコントローラ、PLCへ分配する事で得られる。

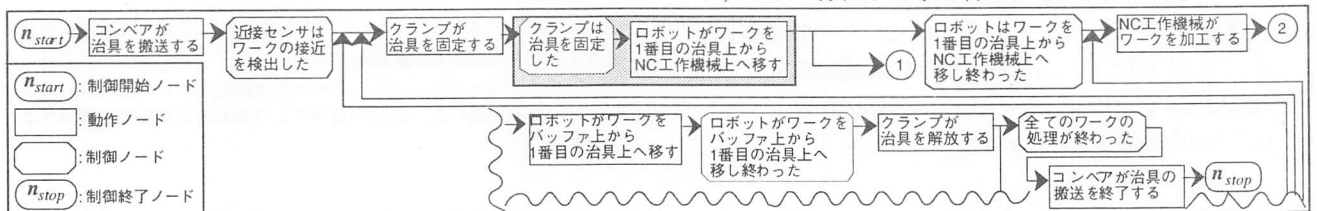


図2 要求作業仕様図の具体例の一部

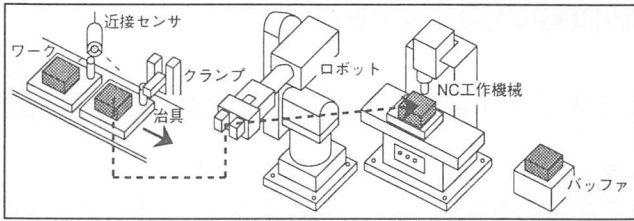


図3 動作ノードの動作内容

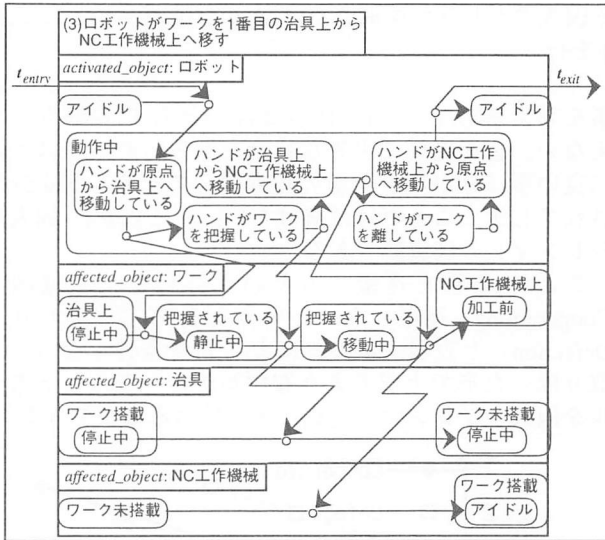


図4 詳細化された動作ノードの具体例

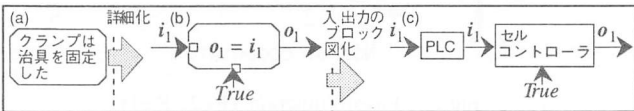


図5 制御ノードの詳細化・入出力のブロック図化の具体例

#### 4. ステーションコントローラの状態変化の仕様の抽出

ステーションコントローラの制御プログラム開発に有用となるステーションコントローラの状態変化仕様は、詳細化された動作ノードから得られる。

図4の詳細化された動作ノードを例に、ステーションコントローラの状態変化仕様を抽出する手順を以下に述べる。

- (1) 詳細化された動作ノードの内、セルコントローラ、PLC以外の制御機器によって直接制御されるアクチュエータが *activated\_object* になっている動作ノードのみを選び出し、*activated\_object* を制御しているステーションコントローラを機器構成仕様図の関連から同定する。
- (2) (1)で同定されたステーションコントローラが本来持っているハードウェア固有の状態遷移を図6(a)のようなステーションコントローラの状態遷移グラフとして記述する。図6(a)は、ロボットコントローラが制御プログラムをセルコントローラからダウンロード・実行する場合の状態遷移グラフである。
- (3) (2)のステーションコントローラの状態遷移グラフにおいて、ある中間状態への状態遷移が他の制御機器によって引き起こされる場合、図6(a)のようにその中間状態を境界として状態遷移グラフの分割を行い、図6(b)のように分割された2つの状態遷移グラフの退場事象と入場事象を制御ノードで結びつける。
- (4) (3)のステーションコントローラの状態遷移グラフにおける「制御プログラムを実行中」という状態に対して、図7のように「制御プログラムを実行中」状態の下位の状態遷移を同定し、状態遷移グラフで表現する。さらに、*activated\_object* の状態遷移グラフにおける「動作中」状態の下位の状態遷移における事象と、ステーションコ

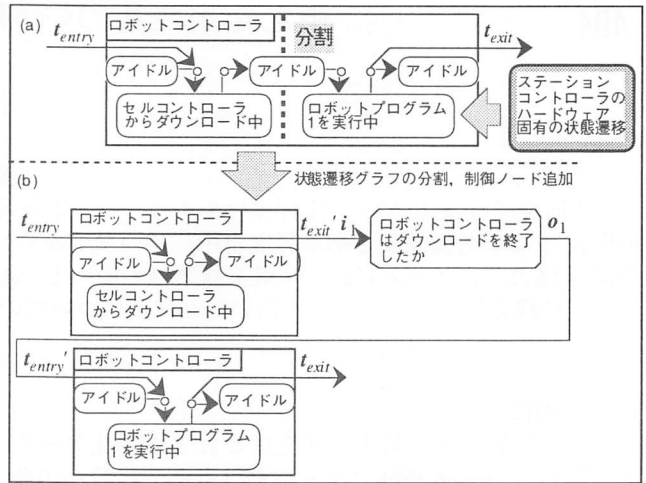


図6 ステーションコントローラの状態遷移グラフとその分割

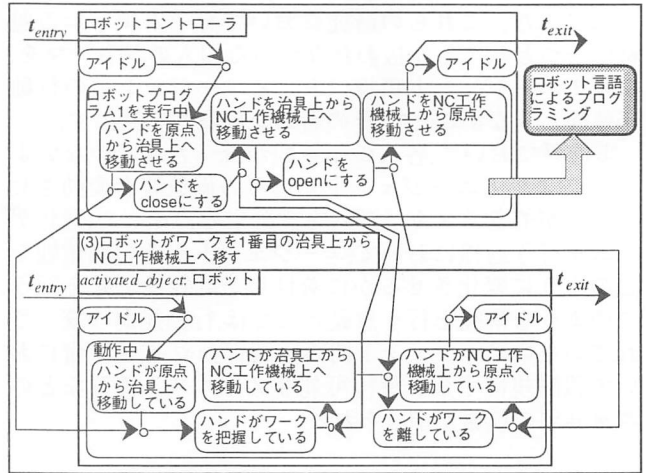


図7 ロボットとロボットコントローラの状態遷移グラフの因果関係

ントローラの状態遷移グラフにおける「制御プログラムを実行中」状態の下位の状態遷移における事象の間を、因果関係を表すワークで結ぶ。

- (5) (4)で詳細化されたステーションコントローラの状態遷移グラフにおいて、上位の状態遷移は外部からの事象に対しステーションコントローラ固有のハードウェアが引き起こす状態遷移であり、また下位の状態遷移は制御プログラムによって引き起こされる状態遷移である。この結果、ステーションコントローラの状態遷移グラフにおける下位の状態遷移グラフのみが、ステーションコントローラの制御プログラム開発に有用となる状態変化仕様として抽出される。

#### 5. おわりに

制御プログラムに対する要求仕様を機器構成仕様図、要求作業仕様図という2つのグラフで定義し、セルコントローラ、PLC に関しては詳細化された制御ノードから制御プログラムが実現すべき信号レベルでの入出力関係の仕様を抽出し、ステーションコントローラに関しては詳細化された動作ノードから制御プログラム開発に有効なステーションコントローラの状態変化仕様を抽出する手法を提案した。

今後は、機器構成仕様図、要求作業仕様図の記述・詳細化を支援する図形エディタの開発を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 戸村, 金井, 岸浪: FA 制御ソフトウェアのラピッドプロトタイプング (第2報), 1996年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 1996 (発表予定)。
- [2] ランボー他: オブジェクト指向方法論OMT, トッパン, 1993。