5L-5

通信ソフトウェア仕様の制約論理型記述

林　潔，西園 敏弘，門田 充弘

ＡＴＲ通信システム研究所

1．はじめに

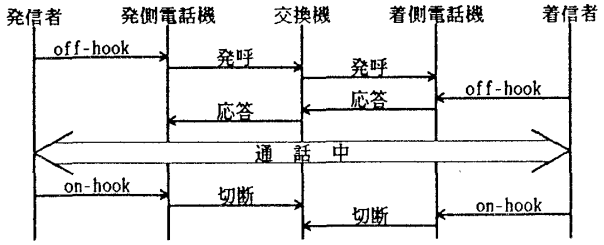
ソフトウェアの仕様記述は、通常、なんらかのモデルに基づく表現形式が用いられる。この形式はコーディングのターゲットとなるプログラミング言語の表現法に適していることが重要である。例えば、手続き型言語による通信ソフトウェアの記述では、有限状態機械モデルに基づく状態分析テーブルの記述が効果をあげている。

近年、計算をより抽象的なレベルで捉え、その意味を等式や論理式で宣言的に記述できるプログラミング言語や仕様記述言語が開発されて来た。通信ソフトウェアの仕様をこの種の言語により記述する場合、要求をダイレクトに記述できる宣言型の表現形式が必要となる。[1)]

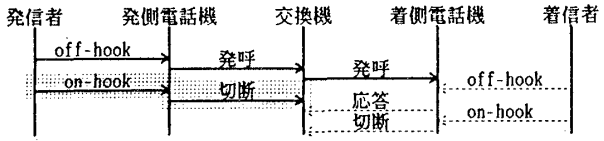
本稿では、宣言型の記述が可能な言語を対象とした仕様の表現形式として、動作の起動条件に関する制約に着目した記述法（制約論理型記述と呼ぶ）を提案する。また、通信ソフトウェアの仕様を状態分析テーブルと制約論理型記述の両方により表現し、適用分野について比較・考察する。

2．要求仕様の表現形式

通信ソフトウェアの要求例として、受話器を上げると直接相手につながるホットライン電話機について図1(a)のシーケンスで示される制御ソフトウェアの仕様を記述した。このシーケンスを分析し状態遷移図により表すと図2の様になる。但し、網かけ部分は3章における追加（図1(b)）に関する記述である。



(a)　正常通信シーケンス



(b)　応答待ち切断シーケンス　〔注〕▨：追加部分

図1　要求のシーケンス

Constraint Logic Description for Communication Software Specifications

Kiyoshi HAYASHI, Toshihiro NISHIZONO, Michihiro MONDEN
ＡＴＲ Communication Systems Research Laboratories

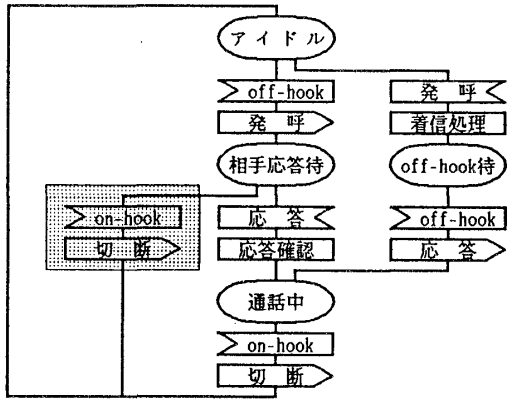


図2　状態遷移図

2.1　状態分析テーブルによる記述

この方法では、図2における実行すべき動作と次状態を、現状態と入力イベントから分析するためのテーブル表1(a)で表す。この表は電話機の制御動作の起動条件を示すものであるが、状態（内部変数）を介して実行すべき動作を特定している。この記述法によると、状態間のアークの個数だけの記述が必要となるが、動作を実行する手続きの起動制御に必要な情報が含まれるので、手続き型言語での記述に向いている。

表1　起動動作分析テーブル

(a)

現状態	入力イベント	動作	次状態
アイドル	off-hook	発呼	相手応答待ち
アイドル	発呼	着信処理	off-hook待ち
相手応答待ち	応答	応答確認	通話中
off-hook待ち	off-hook	応答	通話中
通話中	on-hook	切断	アイドル

(b)

相手応答待ち	on-hook	切断	アイドル

2.2　制約論理型記述

動作に着目した仕様化手法としてジャクソン法[2)]があるが、この手法はＣＳＰモデル[3)]に基づきジャクソン構造木を手続き型のコルーチンに展開する。一方、制約論理型記述ではコルーチンの処理単位を動作として捉え、同一の動作をまとめて、その起動のための条件を動作の順序と入力イベントの関係を用いて規定し、それらの前提条件を制約として並記する形をとる。また、この記述では動作の起動の制約を宣言的に記述するだけでよく、手続き型言語で必要であった状態に対応する起動制御を陽に記述する必要がない。

以下にシーケンスから動作の起動される制約条件を抽出する手法を示す。

①全ての動作について初期設定以後、その動作の実行に至るまでの実行動作と入力イベントの順序により起動の制約条件を記述する。尚、条件の抜けを防止するためには図2または、ジャクソン構造木の作成と同様な分析が必要である。
②他の動作の起動制約記述を用いて簡約化する。
③初期状態を動作と入力イベントによって置き換える。
④同一の動作に関する記述を統合する。
⑤入力イベントを発生させる外部の制約条件を抽出する。
⑥外部の制約から動作の起動の制約を緩和する。

この手法に則って、ホットライン電話機のシーケンスから動作の起動制約を抽出した例を図3に示す。まず、図3(a)の様に、初期状態からの動作の順序を記述し他の制約を用いて下線部のように簡約化する。さらに、動作を統合する（この場合、切断動作の統合　図3(b)）。また、初期状態は切断動作後で入力イベントが無い場合として置き換えられるので、図3(c)の様に記述できる。

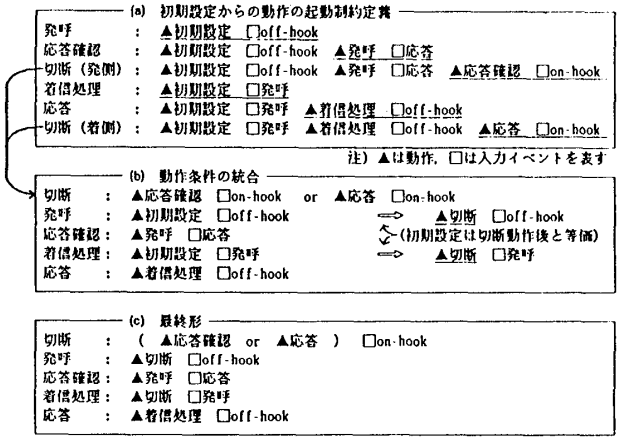


図3　制約論理型記述

3．仕様追加による表現形式への影響

通信ソフトウェアの特徴に、機能追加等による仕様変更が多いことがあげられるが、仕様変更の表現しやすさも記述法の有効性を示す重要な要素である。そこで、例として、前章で記述した両モデルに図1(b)の発側応答待ちタイミングでの on-hookによる切断シーケンスを追加することを考える。

3.1　状態分析テーブルへの影響

図1(b)の仕様を状態遷移図の表現に追加すると図2の網かけ部の入力イベントと処理の追加で表せる。従って、分析テーブルの表現では、応答待ち状態の on-hookで切断動作が起動され初期状態に戻るテーブル表1(b)を追加することで対処できる。

3.2　制約論理型記述への影響

シーケンスより発呼動作後の on-hookによる切断動作の起動制約（図4(a)）が追加される。これを前述した手法により図3(c)の制約と統合すると図4(b)の様にまとめられる。ここで、on-hook とoff-hookは交互にしか発生しないという外的制約を考慮すると図4(b)の切断動作が起動されうる条件はon-hook が発生しうる全ての場合を充足していることがわかる。従って、切断動作の制約が緩和可能であり制御部の動作の起動条件に関する制約が図4(c)の様に記述できる。

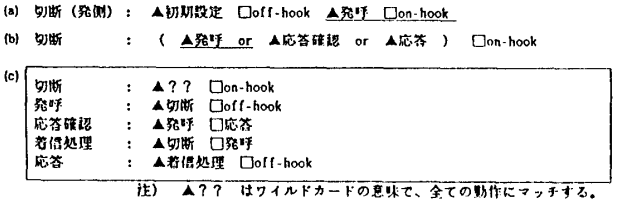


図4　制約型論理記述への影響

4．評価

前章で仕様追加を行う場合の各モデル表現への影響について述べた。

状態遷移モデルは、状態遷移のアークを1つ増やすことで対処できるが、分析テーブルの形式ではアークの個数分のテーブルが必要となり同様の動作をまとめて記述量を削減することはできない。一方、制約論理型記述では、動作に着目して起動条件を制約として記述しているため、仕様追加例の場合、切断動作の起動のための制約が1つ増えることになる。しかし、外的制約を考慮することにより、制約を緩和することが可能であり、記述量を少なくすることができる。

しかし、リソース管理の様な仕様の記述では、制約論理型記述を用いると、似たような動作について異なる制約で記述する必要があるが、空塞表により状態を記述する方が、状態をパラメータとして同様の動作を抽象化できるため記述量が少なくなる。

5．むすび

宣言型の仕様記述言語を対象としたモデルとして、動作の起動条件に着目した制約論理型記述法を提案し、簡単な仕様例を用いて記述のしやすさ及び仕様追加のしやすさの面から評価した。その結果、制約論理型記述は、少なくとも起動タスク分析を目的とした仕様の表現には適していることが分かった。但し、リソース管理の問題等、不向きな問題も存在するため、今後、それらの問題に適した記述法との統合や種々の仕様記述を抽象化したモデルを検討していく必要がある。

【参考文献】

1)二木厚吉：実行可能仕様に基づく変換プログラミング，情報処理 Vol.28, No.7 (1987)
2)Hoare,C.A.R.：Communicationg Sequential Process, CACM Vol.21 No.8 (1978)
3)Jackson,M.A.：System Development, Prentice/Hall International (1983)
4)林，芝本他：設計仕様から見た要求仕様記述法，情報処理学会第36回全国大会,1L-5 (1988)