

## CCITT / SDL の状態内図式の モデル化とその応用

小山田 正史, 紫合 治  
日本電気(株)ソフトウェア生産技術研究所

CCITT / SDL の状態遷移図では, ある状態におけるシステムの状況を Pictorial elements を用いて図式的に安定状態上に記述することができる(状態内図式, State picture). 本論文では, 状態内図式の性質を, システム構成, システム動作表現の視点から考察し, システムの表現モデルを提案する. さらに, 状態遷移図をベースとしたシステムへの適用を検討し, その有効性について述べる.

### ON A SPECIFICATION MODEL BASED ON CCITT/SDL DIAGRAM WITH STATE PICTURE

Masashi KOYAMADA and Osamu SHIGO  
Software Product Engineering Laboratory, NEC Corporation  
14-22, Shibaura 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108, Japan

The CCITT Specification and Description Language (SDL) has been widely used in communications software design, because of its visual and understandable form. In this paper the role of pictorial symbols of SDL is discussed in terms of visual specification. A specification model to represent system structure and interface structure is proposed. Advantages of this model are demonstrated applying to interface consistency check and state transition diagram design.

## 1. はじめに

交換ソフトウェアや通信ソフトウェアの開発において、システムの動作を記述するために状態遷移図が広く利用されている。CCITT（国際電信電話諮問委員会）/SDL（Specification and Description Language）は、状態遷移図の代表的な記法の一つであり、特徴の一つとして、安定状態の中に記述できる状態内図式がある[1]。状態内図式の導入により、より直感的で分かりやすい状態遷移図になっている。しかし、SDLでは、状態内図式のシンタックスは定義されているが、セマンティックスの定義は十分とは言えない。このため、SDL支援システムの多くは、状態内図式を状態遷移図の理解を助けるための単なるコメントとして扱っている[2]。

筆者らは、状態内図式を扱うための基本的な概念を[3]において述べた。本論文では、SDLの状態内図式の役割をいくつかの視点から考察する。このようなビジュアルな安定状態表現をベースとした動作表現モデルを提案する。さらに、その適用について述べ、本モデルが状態遷移図の作成やチェックに有効であることを示す。

## 2. SDLの状態内図式に対する考察

SDLは、開発対象システムの動作仕様を表現するための拡張状態遷移モデルおよびその図式表記法（状態遷移図）を提供している（図1）。さらに安定状態には、その時点でのシステムの状況をビジュアルに表現するために、図2に示すシンボル（Pictorial elements）を用いた状態内図式を記述することができる。

CONCEPT	GR	PR
state		STATE
nextstate		NEXTSTATE
input		INPUT
output		OUTPUT
task		TASK
decision		DECISION ENDDCISION

図1 SDL状態遷移図シンボル（一部）

1) Functional block boundary		[
2) Terminal equipment	(a) telephone on-hook	
	telephone off-hook	
	(b) trunk	
	(c) subscriber line	
	(d) switchboard	
3) Switching path	(a) connected	
	(b) reserved	

図2 状態内図式のシンボル（一部）

例えば、図3は、電話交換処理の中で「AがBを呼び出している」状態を状態内図式で記述したものである。

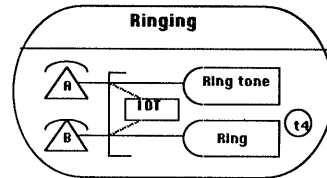


図3 安定状態「呼び出し中」の記述例

単に安定状態シンボルだけでは、その時点でのシステムの状況は分からない。しかし、状態内図式を導入することにより、より直感的にシステムの論理的な状況とその変化とを理解することができる。

以降、本章では状態内図式の役割について、[I] システム構成、[II] システムの階層性、[III] システム動作、[IV] インタフェースの捉え方、の4つの視点から考察する。

### 〔考察I〕構成装置および構成装置の状態

まず、図4の安定状態「呼び出し中」の状態内図式を構成するシンボルから、電話機Aがオフフックという状態であること(1)、リングトーン装置の活性化されていること(3)、などを知ることができる。また、シンボル間のアークにより、電話機Aとリングトーン装置とが接続されていること(2)、などが分かる。

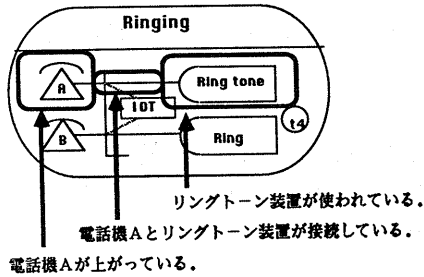


図4 安定状態「呼び出し中」の状態内図式

状態内図式の各シンボルは、システムを構成する論理的な装置（以降、**抽象装置**と呼ぶ）の一つの状態を表していることが分かる。例えば、交換機は図5に示す装置群からなることが各シンボルにより知ることができる。

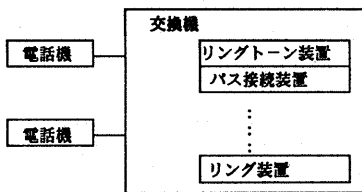


図5 交換機の構成装置例

また、シンボル間のアークは抽象装置間の接続関係を表している。状態内図式は、システムのある状態における、

- ① システムが関連する抽象装置
- ② 各抽象装置の状態
- ③ 抽象装置間の接続関係

を表しているといえる。状態内図式は、システムのある時点時点でのビジュアルなスナップショットと言える。

さらに、状態内図式（システムを構成する抽象装置の状態）により、システムの状態が特定される。状態内図式は、システムの安定状態に対応するビジュアルなアサーションということもできる。

[考察II] 境界シンボルの役割

状態図式の中に、抽象装置自身ではなく、抽象装置の機能的な包含関係を表す境界シンボルがある。境界シンボルは、状態内図式の各シンボルが対象としている抽象装置（交換機）の内部と外部とを区別している。

例えば、安定状態「呼び出し中」の状態内図式から（図6）、交換機は外部装置として電話機A、Bと接

続し、さらに交換機自身は内部装置としてリングトーン装置やタイム装置などから構成されている、ということを理解することができる。

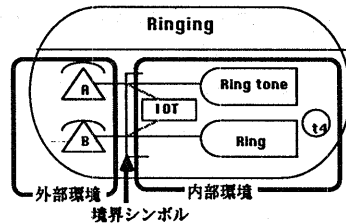


図6 境界シンボルの役割

境界シンボルは、システムを構成する抽象装置の機能階層を表しているといえる。考察I、IIから、状態内図式は、システムを構成する内外の抽象装置の時点時点でのビジュアルなスナップショットと言える。

[考察III] 安定状態の遷移

考察Iでは、システムのある時点での状態内図式の意味を考察した。次に、システムの状態が変化した場合、すなわち安定状態間の遷移、における状態内図式の役割を考察する。

図7は、安定状態「呼び出し中」から安定状態「会話中」への遷移および遷移中に実行されるアクションを表したものである。

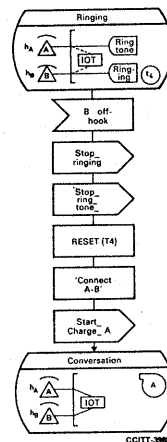


図7 状態遷移の記述例

2つの安定状態の状態内図式は、それぞれその時点での交換機の内外の抽象装置の状態および接続関係を表している。従って、状態内図式を持つ状態遷移図は、システムを構成する抽象装置群の動的な構成およびその状態をビジュアルに表現していると言える。

さらに、この遷移では、2つの状態内図式のシンボルの変化に対応して、表1に示すアクションが実行されている。

表1 状態内図式の変化と対応するアクション

遷移前	アクション	遷移後
	B off-hook	
	Stop_Ringing	
	Stop_ring_tone	
	RESET(T4)	
	Connect A-B	
	Start_Charge_A	

交換機は、この遷移中に、変化した状態内図式のシンボルに対応する抽象装置に対して、

① 抽象装置が状態変化した結果を受け取る信号入力アクション、

② 抽象装置に状態変化させるための信号出力アクション

を実行している。一方、内外の抽象装置の方には、交換機が出力した信号に対してそれを受け取る信号入力アクションがあり、交換機が入力する信号に対してそれを出力する信号出力アクションがある。すなわち、交換機の遷移中のアクションに対して、影響を受ける（あるいは及ぼす）抽象装置がありその状態が変化する。2つの安定状態の状態内図式の差分は、影響がある抽象装置とその状態の変化を表していると言える。

#### [考察IV] 抽象装置のインタフェース

これまで、電話機と交換機の例をもとに考察を進めてきた。交換機から見た電話機は、交換機に接続されている装置そのものである。しかし、より一般的に言えば、電話機自身と言うよりも交換機が想定する一つのインタフェースを表していると捉えることができる。交換機から見れば、電話機と同じ役割を果たす装置ならば電話機でなくてもよい訳である。

状態内図式を持つ状態遷移図は、その状態遷移図で表現された抽象装置の動作を規定しているばかりでなく、暗黙のうちに、その抽象装置が想定する内外の抽

象装置群のインタフェースとしての動作を規定している。

### 3. 状態内図式をベースとした動作表現モデル

以上の考察により、状態内図式をベースとしたモデルを提案する。

#### (1) システム構成の表現

システムは、複数の抽象装置により構成される。抽象装置は、外部とのインタフェースとして複数のポートを持つことができる。外部の抽象装置間の信号の通信は、直接抽象装置同士が行うのではなく、ポートを結び付けるチャンネルを通して行う。抽象装置は、内部に複数の（サブ）抽象装置を持つことができる。サブ抽象装置との通信は、内部ポートを通して行うことができる（図8）。

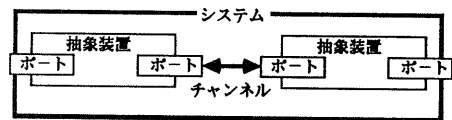


図8 システムの構成

これは、ほぼSDLのモデルと同じである。但し、ポートに対する概念的な意味付として、ポートは抽象装置の信号の出入口と言うのではなく、抽象装置に対する視点の一つとして捉えている。

#### (2) インタフェースの表現

ポートは、各抽象装置のインタフェースである。ポートの静的な仕様は、そのポートを通る入出力信号の集合である。動的な仕様は、それらの信号集合の入出力手順を規定する状態遷移図により表現される。SDLでは、入力ポート、出力ポートに信号の集合を定義している。本モデルでは、ポートには、入出力信号の集合および信号の入出力やアクションの実行手順も記述する。電話機の例を図9に示す。

抽象装置が内部に（サブ）抽象装置をもつ場合、内部抽象装置へのインタフェースを内部ポートと呼び、外部へのインタフェースを外部ポートと呼ぶ。ポートに動的な表現を導入することにより、抽象装置の状態と抽象装置の持つ内外部のポートの状態との間に対応関係が得られる。さらに、抽象装置の遷移中のアクションと、ポートのアクションとの間にも対応関係が得られる。

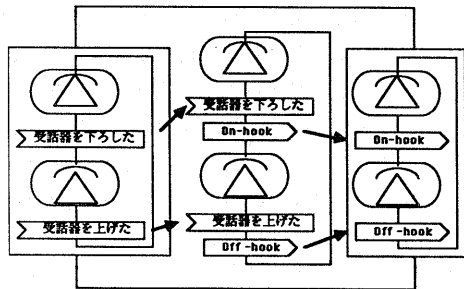


図9 電話機の動作とインタフェースの動作

### (3) 動作の表現

抽象装置およびポートの動的な仕様は、状態遷移図で表現される。これはほぼSDLと同じである。但し、空の入力により遷移することができるように拡張した。また、安定状態における状態内図式のシンボルもSDLの概念に沿っている。

状態遷移の状態は、プリミティブなシンボル、その集合、集合の構造体によりビジュアルにかつユニークに表現できる。例えば、電話機は、電話機本体、受話器（アップ、ダウン）から構成される（図10）。オフフック状態にある電話機は、電話機本体と受話器（アップ）のシンボルにより表される。オンフック状態では、電話機本体と受話器（ダウン）により表される。

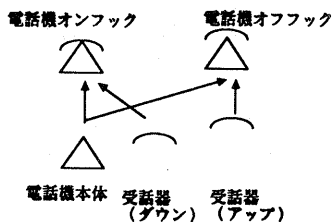


図10 電話機の安定状態例

これらのシンボルは、SDLでも述べているが、適用する分野に合ったシンボルと意味付を与えて使用することができる。

### (4) インタフェース表現の二面性

抽象装置のインタフェースの捉え方として、抽象装置をその外部環境からみた場合（表の視点）と、抽象装置の内部からポートを通して外部環境を見た場合（裏の視点）との2つの視点がある。外部環境から抽象装置への信号の入力は、抽象装置から外部環境を見た場合の信号の出力に対応する。逆も同様である。ポー

トの動作を状態遷移図で表現した場合、この視点の違いにより、信号の入出力が対照な状態遷移図が存在する（表の仕様と裏の仕様）。

抽象装置の外部ポートには、裏の仕様が記述され、内部ポートにはない武装地からみた表の仕様が記述される。図11に、電話機のポートの動作仕様にたいする二面性の例を示す。

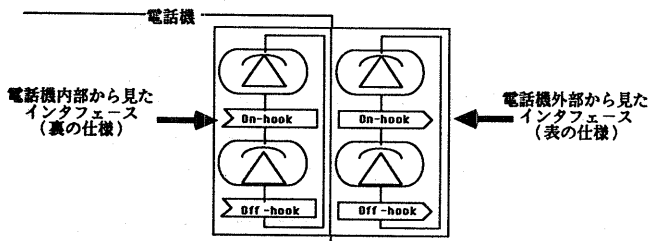


図11 電話機のインタフェースの二面性

### (5) 抽象装置とインタフェースとの対応

#### (a) 安定状態の対応関係

抽象装置の安定状態は、抽象装置の持つ内外部のポートの安定状態により相対的に決まる。抽象装置の各安定状態の状態内図式は、その時点での内外部のポートの安定状態にある状態内図式をまとめたものと常に対応している。

#### (b) アクションの対応関係

抽象装置の状態遷移において、2つの安定状態間の状態内図式の差分に対応するポートも状態遷移を起こす。このとき、抽象装置の遷移中に実行されるアクションと、ポートの遷移中に実行されるアクションが対応している。

ここで対応するアクションとは、信号の入力に対して出力、出力に対して入力、を行うアクションである。信号の入出力に関係のないアクション（タスク）は、それ自身が対応することにする。

## 4. モデルの適用

以下の3つの場合に対する本モデルの適用について述べる。

(1) 既に作成された抽象装置を組み合わせるシステムを構築する場合

抽象装置間のインタフェースの整合チェックを行う。

チャンネルにより接続されているポート間で、インタフェースの信号集合が等しいか、状態遷移図が等しいか、のチェックを行う。どちらのチェックでも、包含関係があるかどうかも判定する。

(2) インタフェースが指定された抽象装置の内部動作を設計する場合

内外部のポートの仕様（状態遷移図）が与えられたとき、その仕様に基づいて、遷移中に行うべきアクションを生成する。

抽象装置の安定状態の状態内図式が与えられているとき、その状態に対応する内外の各ポートの安定状態を得ることができる。各ポートの安定状態の次のアク

ションが信号出力の場合、それらの信号を入力するア  
さらに、遷移可能な2つの安定状態の状態内図式が  
与えられているとき、状態内図式の差分から、影響  
を受けるポートの状態遷移および遷移中のアクション  
を得ることができる。このアクションの対応するアク  
ションを、抽象装置が遷移中に実行すべきアクションと  
して生成する。例えば、「呼び出し中」から「会話中」  
への遷移において、図13に示すアクションを生成す  
ることができる。

クションを抽象装置のアクションとして生成する。例  
えば、図12では、電話機A、B、タイマ t4 に対す  
る入力アクション、On hook, Off hook, Timer t4 を  
生成することができる。

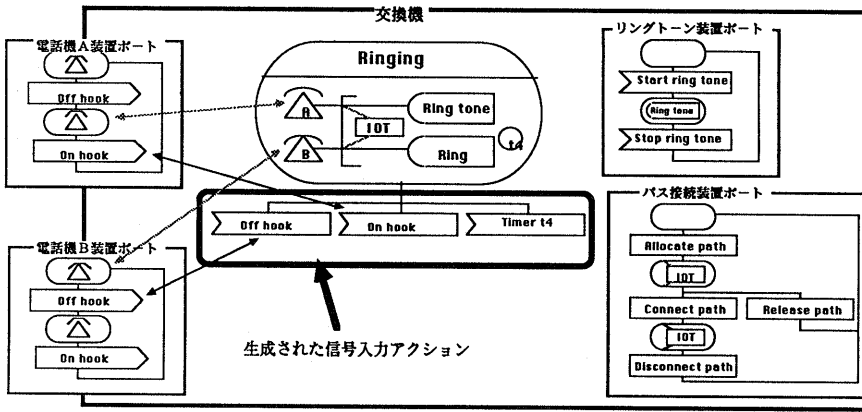


図12 入力アクションの生成例

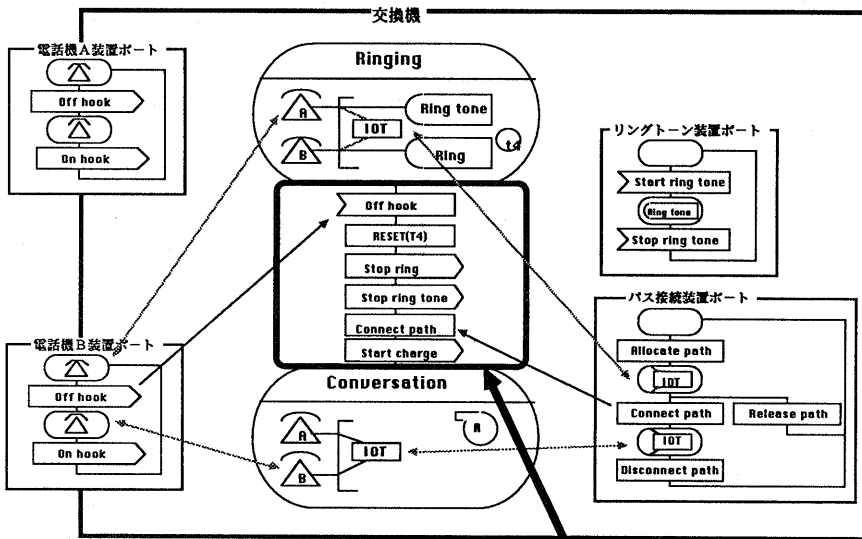


図13 アクションの生成例

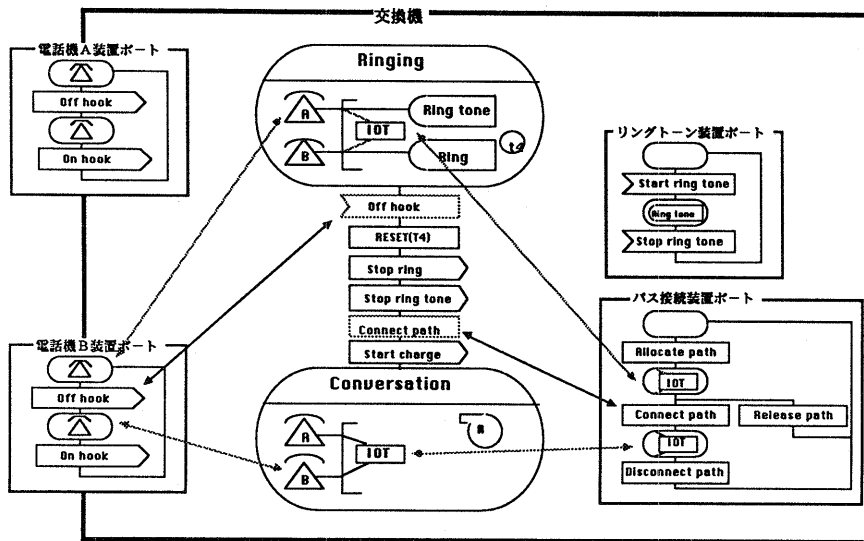


図 14 整合チェック例

(3) 抽象装置の内部動作とインタフェースとのチェックをする場合

内外部の各ポートの抽象装置の状態遷移図が与えられたとき、その間での次の整合チェックを行う。

- ① 抽象装置のすべての安定状態が、ポートの安定状態と対応している。
- ② 抽象装置のすべての状態遷移が、ポートの状態遷移と対応している。
- ③ 抽象装置の安定状態で入力する信号が、安定状態が対応するポートの信号出力アクションとして存在する。
- ④ 抽象装置の状態遷移中のアクションに対応するアクションが、遷移が対応するポートのアクションとして存在する。

例えば、図 13 は、「呼び出し中」から「会話中」への遷移におけるアクションとポートのアクションとの整合性をチェックしている。

## 5. おわりに

以上、CCITT/SDL の状態内図式をベースとした表現モデルと、その適用について述べた。現在、本モデルをベースとした支援システムを開発中である [4]。今後、本表現モデルをベースとした設計技法の検討を進めていく予定である。

## 参考文献

- [1] CCITT, "FUNCTIONAL SPECIFICATION AND DESCRIPTION LANGUAGE (SDL)", Z.100-Z.104, 1984.
- [2] 鈴木, 他「SDL (通信ソフトウェア機能仕様記述言語) 支援システム」, 第 28 回情処全大, 1984.
- [3] 小山田, 紫合「CCITT/SDL の状態内図式モデル化とその応用」, 第 33 回情処全大, 1986.
- [4] Shigo, O. and Koyamada, M. "Designer's Work Environment for Communication Software", GLOBECOM '85, December 1985.