

## 仕様記述法HSCの適用と評価

黄 錦法      高橋 薫      白鳥 則郎      野口 正一

東北大学

あらまし    我々は、理解性に優れ、仕様の初期開発に向き、システム全体の記述の見通しがよい通信システム向けの仕様記述法として、シーケンス図に基づいた「HSC (Hierarchical Sequence Chart)」を提案した。本稿では、HSCの有効性を示すため、HSCを用いて、交換システムとOSIアーキテクチャのサービスを例として記述する。これらの記述を通し、HSCの評価として、その記述能力について議論する。また、HSCと関係の深い仕様記述法であるシーケンス図、MSCおよびLSDLとの比較を行う。

## The Application and Evaluation of the Specification Method HSC

Ching Fa Huang      Kaoru Takahashi      Norio Shiratori      Shoichi Noguchi

Tohoku University

**Abstract**    In the past, we had developed a specification method HSC(Hierarchical Sequence Chart) based on the conventional Sequence Chart. With the conventional Sequence Chart we add ①the function of modularity and hierarchy, ②the representation of condition and iteration, ③the meaning of message and its relationship, and ④the mechanism of reusability to get the HSC. In this paper, we use examples to show that HSC can be applied to the switching system and OSI architectures. We then evaluate the description capability of HSC, and compare it with the Sequence Chart, MSC, and LSDL.

## 1. はじめに

従来、シーケンス図[1]は、主に自然言語の補助ツールとして、通信システム(特に、交換システムとOSIアーキテクチャ)の仕様記述に使われてきた。一方、自然言語で記述された仕様には曖昧さがあるため、形式記述技法(FDT)が開発された。国際標準のFDTとして、CCITTのSDL、ISOのLOTOS、Estelleなどがあげられる[2]。しかし、FDTでは、仕様を曖昧なく記述できるが、通信エンティティ(プロセス)の各々を主対象に記述するため、プロセス間の関係は分かりにくい。また、形式的で抽象的に定義されているので、非専門家は、うまく使えず、仕様の初期段階の用途には向いていない。

そのため、通信エンティティ間の関係をより分かりやすく表現し、また、より仕様の初期開発向けの記述法として、シーケンス図に基づいた仕様記述法の研究が行われている[3][4][5]。

[3]と[4]の仕様記述法では、仕様の構造化(モジュール化、階層化)や再利用などの点が弱く、複雑で構造化を持った仕様をうまく表現できない。筆者らが提案している[5]のHSC(Hierarchical Sequence Chart)は、[3]と[4]の弱点を補足する記述機構を提供している。

本稿では、まず、交換システムとOSIアーキテクチャの実際の記述に、HSCの適用を行う。そして、これらの記述を通して、HSCの適用範囲とその有効性を示す。次に、HSCと関係の深い仕様記述法であるシーケンス図、MSCおよびLSDLとの比較を行う。

HSCでは、構造化の導入により、図同士の関係が明確になり、[3]と[4]と比べ、仕様全体の理解性が向上した。これは、本稿で述べたHSCの実際の適用を通して確認した。また、交換システムとOSIアーキテクチャなどの通信システムに対して、有効な記述能力を有することを確認した。

## 2. 仕様記述法HSC[5]

HSCは、シーケンス図に基づき、シーケンス図の持つ分かりやすさなどの長所を保存しつつ、その弱点を補強した仕様記述法である。

具体的には、モジュール化と階層化の概念の導入により、従来不可能であった図同士の関係が表現でき、仕様の冗長性が少なく簡潔に記述できるように工夫している。

また、条件分岐と繰り返しの表現を導入し、表現力を向上させている。さらに、記述性をより高めるため、メッセージの意味とその間の関係を導入している。これにより、仕様により厳密に規定され、メッセージ間の関係の正しさなどの正当性をチェックすることができるようになる。加えて、メッセージのやりとりが視覚的に理解しやすくなる。そして、仕様を簡単かつ効率的に記述するために、記述された仕様を再利用できるメカニズムを与えている。

HSCには、初心者学習しやすく、使いやすいbasic HSCと、熟練者が高い記述性と共に、簡潔な仕様を記述することができるfull HSCの2つがある。HSCの詳細については文献[5]を参照されたい。

## 3. HSCの適用

HSCの適用として、通信システム、特に交換システムとOSIアーキテクチャへの適用を行う。

### 3.1 交換システムへの適用

#### 3.1.1 適用範囲

従来、シーケンス図は、主に交換システムの端末と交換ノード間のメッセージのやりとりの記述に使われてきた。そのため、HSCも端末と交換ノード間のメッセージのやりとりの記述への適用性を持つ。主に、シーケンス図系の記述法では、端末と交換ノード間のメッセージインタラクションだけに注目するため、シーケンス図をベースとしたHSCにおいてもメッセージインタラクションを中心としたサービスを対象とする。その他のサービス(例えば、課金や論理番号による接続などの交換ノードの内部処理や情報処理に関するサービス)に対しては、記述対象としない。これは、HSCも含めて、シーケンス図系の記述法が、通信シ

ステムの仕様の初期段階への適用を主目的とし、インタラクション以外の処理記述などを対象としていないからである。

#### 3.1.2 記述例

交換システムには、基本サービスと付加サービスがある。基本サービスは、通常の電話サービスを指す。付加サービスは、基本サービスをベースとして、いくつかの機能を加えたサービスを指す。例えば、CW(コールウェイトリング)サービス、フリーダイヤルサービスなど。ここでは、メッセージインタラクションを中心とした①電話サービスと②CWサービスを例として記述する。

#### 1) 仕様枠組部の記述

仕様枠組部では、仕様の全体構造を宣言する。以下、電話サービスとCWサービスの仕様枠組部について述べる。

##### a) 電話サービス

図A-1(付録A参照)に電話サービスの仕様枠組部を示す。電話サービスは、“接続確立”、“通話・切断”の2つのフェーズからなる。“接続確立”フェーズでは、4つのケースがあり、それらは選択の関係にあるから、図のように選択の関係の表現(点線)を用いて書く。その中でケース1だけが“通話・切断”フェーズに進みうるので、図のようにフェーズの遷移の表現(下矢印)を用いている。

“通話・切断”フェーズでは、4つのケースがあり、“通話(AB)”と“通話(BA)”のケース間には並列の関係(二本の縦線)がある。これは、両者同時に通話していることを表す。“通話(AB)”と“通話(BA)”、“切断(userA)”および、“切断(userB)”の間には選択の関係がある。両者同時に通話が発生する場合、このフェーズを繰り返す(これは、図のようなループ状の矢印で示している)。“切断(userA)”あるいは“切断(userB)”が発生する場合、サービスが終了する(これは、図のような×印で示している)。

図A-1のように、フェーズ1と2は、交換システムの通話路の接続、また、接続してから通話あるいは通話路の切断ができることと対応する。各フェーズの中で宣言したケースは、実際のシステムの動きを抽象化したものである。このように、仕様枠組部の提供により、仕様をトップダウン的に記述できるようになっている。また、仕様全体が分かりやすくなっている。

その他、従来のシーケンス図では、通話中(通話の状態)について明確に記述していなかったことに対して、HSCでは、通話中を、“通話(AB)”と“通話(BA)”のケース、また、図A-1に示しているようにこの2つのケース間に並列の関係があることで記述する。“通話(AB)”はユーザAからユーザBへの通話を表し、“通話(BA)”はユーザBからユーザAへの通話を表す。この2つのケース間の並列の関係はユーザAとBが同時に通話できることを示す。このように、通話中の記述ができる。

##### b) CWサービス

ここでは、まず、CWサービスについて簡単に説明する。CWサービスは、通話中のユーザに着呼の通知を行った時に、すでに通話中の呼を保留し、新たな着信に対して応答するサービスである。さらに通話中の呼と保留中の呼を切替えることができる[6]。このように、自然言語で定義されたCWサービスをHSCで記述すると、付録Bになる。以下、CWサービスの仕様枠組部(図B-1)について説明する。

CWサービスは5つのフェーズからなる。フェーズ1は両者通話(ユーザAとB)の接続確立を表す。userBの応答があれば、ユーザAとBが通話の状態(フェーズ2)に入る。通話中の着呼の通知を“CW設定”ケースで表す。ユーザAが新たな着信に対して応答すると、CW通話ができる(フェーズ3)。さらに通話中の呼と保留中の呼を切替えることができることは、“CW通話(AとC)”サブフェーズ3-1と“CW通話(AとB)”サブフェーズ3-2、また、その間の切替えを表すこの2つのサブフェーズ中のそれぞれのケース3で記述している。このように、自然言語で記述された仕様をHSCでうまく対応でき、分かりやすく記述できる。

フェーズ4は、CW通話中に通話中のユーザが切断了時、保留中の呼だけが残されていることを表す。フェーズ5は、CW通話の状態から抜けた両者通話の状態を表す。各フェーズにそれぞれのケースが宣言されている。このように、従来のシーケンス図では、自然言語を用いてしか記述できなかった図同士間の関係を、HSCでは、仕様枠組部で記述できるようになっている。

また、その中で、フェーズ3~5にはそれぞれサブフェーズが含まれている。サブフェーズの表現により、仕様をモジュール化しやすくなる。さらに、フェーズの遷移とフェーズの繰り返しの記号をうまく組み合わせると、複雑な制御構造を持つ仕様も分かりやすく記述できる。

その他、従来のシーケンス図で表現しにくい通話中の状態における着信は、図B-1のフェーズ2の"CW設定"ケースのように表現できる。

## 2) シーケンス部の記述

シーケンス部では、メッセージのやりとりだけでなく、メッセージの意味とその間の関係も図式記号で表している。以下、電話サービスとCWサービスのシーケンス部について述べる。

### a) 電話サービス

電話サービスのシーケンス部を(図A-2~9)に示す。

ここでは、図A-2を例としてとりあげ説明する。図A-2に電話サービスのフェーズ1"接続確立"ケース1"userB応答あり"を示す。まず、userAが交換ノードAに"発呼要求"という操作要求を出し、交換ノードAがこれを受けてから、userAに"発呼可"という結果を返す。次に、userAが交換ノードAに"Bの番号"という操作要求を出し、交換ノードAがこれを受けてから、交換ノードBに"接続B要求"という操作要求を出す。続いて、交換ノードBがこの接続要求を受けてから、userBに"着信指示"という並列操作要求を出す。そのため、交換ノードBがuserBから"着信応答"という結果が返される前に、交換ノードAに"接続中"という状態を通知することができる。さらに、交換ノードAがこの状態の通知を受けてから、userAに"接続中"という状態を通知する。userBから"着信応答"という結果が返された場合、交換ノードBが交換ノードAに"接続B確認"という結果を返す。最後には、交換ノードAがこの確認の結果を受けてから、userAに"Bと通話可"という結果を返す。

このように、メッセージのやりとりだけでなく、操作要求や結果通知や状態通知などの意味も含めている。また、その間の関係も表現している。例えば、"Bの番号"という操作要求メッセージに対して、"Bと通話可"という結果通知メッセージが返される。

### b) CWサービス

CWサービスのシーケンス部は電話サービスと類似しており、一部だけをとりあげ図B-2~7に示す。その記述内容については、a)の図A-2の説明を参照されたい。

## 3.2 OSIアーキテクチャへの適用

### 3.2.1 適用範囲

OSIアーキテクチャのサービスやプロトコルへのHSCの適用は、サービスプリミティブのやりとりの記述やプロトコルデータ単位(PDU)のやりとりの記述である。しかし、3.1.1で述べたように、シーケンス図系の記述法で対象としないパラメータや情報の転送に関する処理(例えば、フロー制御、誤り制御など)を除外する。

### 3.2.2 記述例

OSIアーキテクチャの記述例として、応用層のCCRサービスをとりあげる。なお、他にも、OSIのネットワークサービス、トランスポートサービス、応用層の一部をHSCで記述している。

ここでは、まず、CCRサービスについて簡単に説明する。CCRサービスは、各資源の状態を問合せ、すべての資源からの更新可能な応答を得た上で、資源の更新を指示す

るサービスである[7]。以下、HSCを用いて記述したCCRサービスについて述べる。

### 1) 仕様枠組部の記述

図C-1(付録C参照)にCCRサービスの仕様枠組部を示す。図のように、CCRサービスは、"資源状態の問合せ"、"資源の更新"および"資源状態の復帰"の3つのフェーズからなる。"資源状態の問合せ"フェーズの中では、更新可の場合、資源の更新(フェーズ2)に入る。更新不可の場合、資源状態の復帰(フェーズ3)に入る。このように、サービスの実行順序を分かりやすく記述できる。

### 2) シーケンス部の記述

CCRのシーケンス部を図C-2~18に示す。紙面の都合上、この記述の特徴的なところだけを次に示す。3.1.2で述べたように、仕様枠組部では、ケース間の並列の関係により並列を表現できるが、シーケンス部では、これを任意順序の表現により記述できる。例えば、図C-18では、両方同時の資源状態の復帰を、2つの"C-ROLLBACK req"操作要求メッセージが任意的に発生することで表している。このように、HSCでは、仕様枠組部とシーケンス部の両方でうまく並列性を表現でき、より柔軟な記述が可能である。

## 4. HSCの評価

3章では、HSCの適用範囲とその記述例を与えた。ここでは、HSCの記述能力と他の記述法との比較について述べる。

### 4.1 記述能力

HSCを用いた記述の長所として、次の4点があげられる。

#### ① 図同士の関係の記述

簡単な例をとり、図1に従来のシーケンス図による記述例を示す。この記述例をHSCで記述すると、図2になる。シーケンス図では、記述できない部分を補足的に自然言語で記述するしかない。一方、HSCでは、その記述できなかった部分を仕様枠組部で記述できるようになっている。

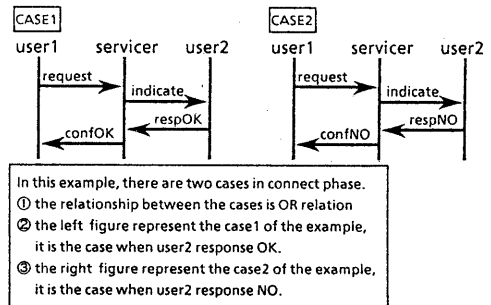


図1 シーケンス図による記述例(1)

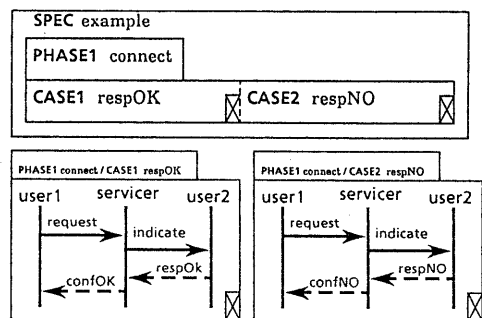


図2 HSCによる記述例(1)

② 条件分岐の記述

シーケンス図では、図3のように、条件分岐のケースが別々の図に書かれるため、条件分岐毎のケース間の関係が分かりにくい。HSCでは、仕様枠組部で、すべてのケースを宣言することができる(図4)。また、シーケンス部において、条件分岐の表現を用いても記述できる(図5)。これらの表現の導入により条件分岐のケースの全体が分かりやすくなる。

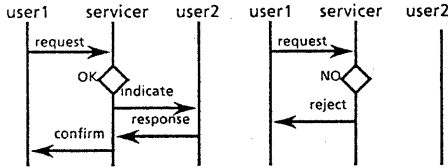


図3 シーケンス図による記述例(2)

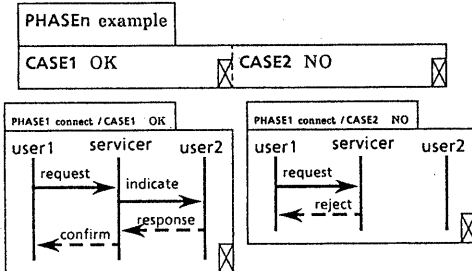


図4 HSCによる記述例(2-1)

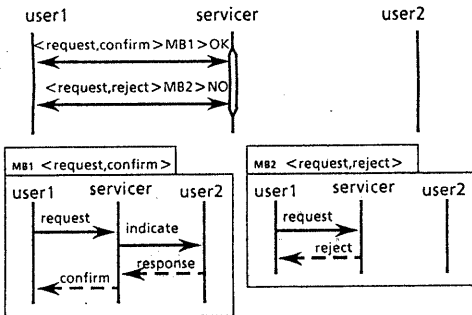


図5 HSCによる記述例(2-2)

③ 繰り返しの記述

シーケンス図では、繰り返しの表現ができない。一方、HSCでは、例えば、図B-1のサブフェーズ3-1と3-2のケース3のように、通話中の呼と保留中の呼を繰り返し切替えることを表現できる。

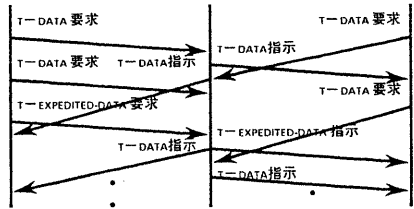
④ 同時複数メッセージの記述

シーケンス図にはないその他の機能として、HSCでは、同時複数メッセージのやりとりを記述できることがあげられる。図6の上部に同時複数の普通データ転送や優先データ転送の記述を示す。これを、図6の下部のように、4つのケース、また、仕様枠組部で記述されたその間の並列関係を用いて記述することができる。このように同時複数メッセージの記述が可能であるが、その反面、直感的な理解性がやや低くなっている。

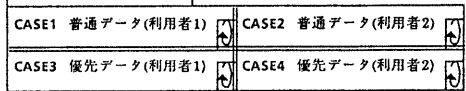
4.2 他の記述法との比較

ここでは、4.1であげた4つの記述能力の項目について他の記述法と比較する。また、理解性と学習性について比較する。他の記述法としては、HSCと関係の深いシーケンス図[1]、CCITTで標準化中のMSC[3]および、NTTで開発した

利用者1 提供者 利用者2



PHASEn データ転送



PHASEn データ転送 /CASE1 普通データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE2 普通データ(利用者2)

PHASEn データ転送 /CASE3 優先データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE4 優先データ(利用者2)

PHASEn データ転送 /CASE1 普通データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE2 普通データ(利用者2)

PHASEn データ転送 /CASE3 優先データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE4 優先データ(利用者2)

PHASEn データ転送 /CASE1 普通データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE2 普通データ(利用者2)

PHASEn データ転送 /CASE3 優先データ(利用者1)

PHASEn データ転送 /CASE4 優先データ(利用者2)

図6 同時複数メッセージの記述

LSDL[4]をとりあげる。表1にHSCと他の記述法との比較を示す。

1) 記述能力の比較

a) 図同士の関係の記述

シーケンス図、MSCおよびLSDLでは、図同士の関係の記述の機能を与えていないが、HSCでは、仕様枠組部の導入を行ったことにより、図同士の関係を記述でき、仕様全体を見通しよく表現できる。

b) 条件分岐の記述

シーケンス図、MSCおよびLSDLでは、条件分岐による各々のケースが別々の図に書かれる必要がある。一方、HSCでは、4.1で述べたように条件分岐の全体が分かりやすく記述できる。

c) 繰り返しの記述

シーケンス図とMSCでは、繰り返しの表現を与えていないが、LSDLでは、ラベルと制御の移行点を設けることにより記述できる。一方、HSCでは、仕様枠組部およびシーケンス部で繰り返しの表現(ループ状の矢印)を使って表すことができる。

d) 同時複数メッセージの記述

シーケンス図、MSCおよびLSDLでは、同時複数メッセージの記述の機能を与えていないが、HSCでは、図6で与えたような形式で記述が可能である。

2) 理解性と学習性の比較

a) 仕様全体の理解性

シーケンス図、MSCおよびLSDLでは、図同士の関係の記述の機能を与えていないため、仕様全体が分かりにくい。一方、HSCでは、仕様枠組部の提供により、仕様全体が分かりやすくなる。

b) 直感的な理解性

MSCやLSDLは従来のシーケンス図と類似しているため、直感的に理解しやすいが、HSCは、メッセージの意味とその間の関係も図式記号で表現しているため、直感的に分かりにくくなる。

c) 記述内容の把握

シーケンス図、MSCおよびLSDLでは、主にメッセージのやりとりを記述している。しかし、HSCでは、メッセージのやりとりだけでなく、メッセージの意味とその間の関係も図式記号で表現しているため、記述内容の把握がしやすくなる。

d) 学習性

シーケンス図は記号の数が少ないため、学習しやすい。一方、MSC、LSDLおよびHSCでは、いくつかの記号が加えられているため、学習しにくくなる。しかし、HSCでは、記号の数を減らしたHSCの簡易バージョン(BasicHSC)を用意しており、学習の容易性の向上を図っている[5]。

表1 他の記述法との比較

		シーケンス図	MSC	LSDL	HSC
記述能力	図同士の関係の記述	×	×	×	○
	条件分岐の記述	△	△	△	○
	繰り返しの記述	×	×	○	○
	同時複数メッセージの記述	×	×	×	○
理解性と学習性	仕様全体の理解性	×	×	×	○
	直感的な理解性	○	○	○	△
	記述内容の把握	△	△	△	○
	学習性	○	△	△	△

5. まとめ

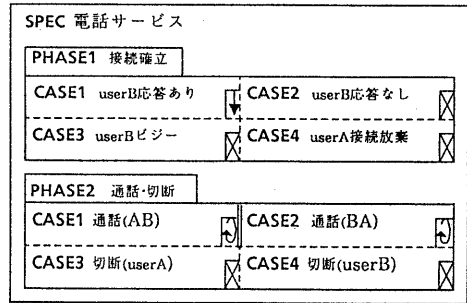
シーケンス図に基づいた理解性に優れ、仕様の初期開発に向き、システム全体の記述の見通しがよい仕様記述法HSCを提案した。本稿では、HSCの適用として、交換システムとOSIアーキテクチャの記述例をあげた。これらの記述例を通して、HSCの適用範囲とその有効性を示した。HSCの評価として、その記述能力を例で示し、さらに、シーケンス図、MSCおよびLSDLとの記述能力の比較を行った。また、HSCの理解性と学習性も評価した。そして、HSCは通信システムの仕様の初期開発向きの記述法として、有効であることを確認した。

現在、HSCを用いた仕様記述支援環境を開発中である。

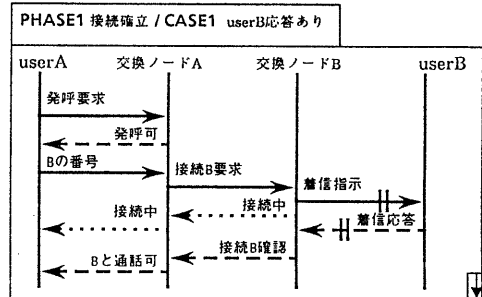
参考文献

- [1] CCITT : "Specification and description language (SDL), " CCITT Recommendations Z.100 (1988).
- [2] 情報処理学会 : "通信システムの形式記述法の標準化," 情報処理学会学会誌, VOL.31, NO. 1 (1990).
- [3] CCITT : "Message Sequence Chart, " CCITT Study Group X (WP X/3), Experts meeting (1991).
- [4] 水野、新津 : "メッセージシーケンス図入力による通信サービス仕様設計方式," 電子情報通信学会論文誌B-1, VOL.J74-B-1, NO. 12 (1991).
- [5] 黄、高橋、白鳥、野口 : "シーケンス図に基づいた仕様記述法HSCの提案とその適用," 信学技報, SSB91-117 (1991).
- [6] 電気通信協会 : "INS ネットサービスのインタフェース第4分冊(レイヤ3回線交換付加サービス編)," 技術参考資料 (1989).
- [7] ISO : "Information technology - Open Systems Interconnection - Service definition for the Commitment, Concurrency and Recovery service element," ISO/IEC JTC 1 N 4611 (1990).

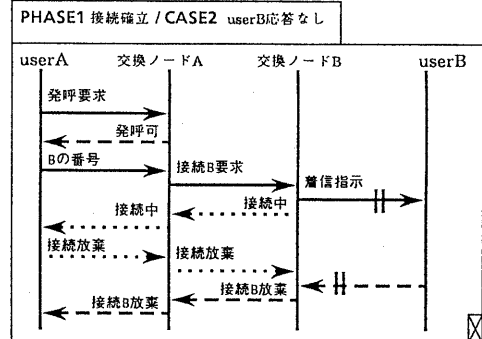
付録A : 電話サービス



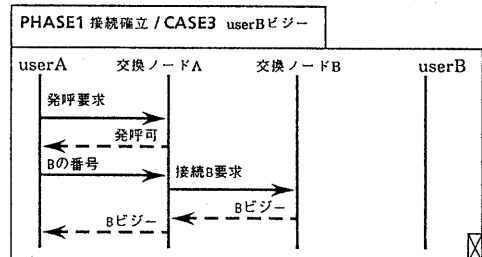
図A-1 電話サービスの仕様枠組部



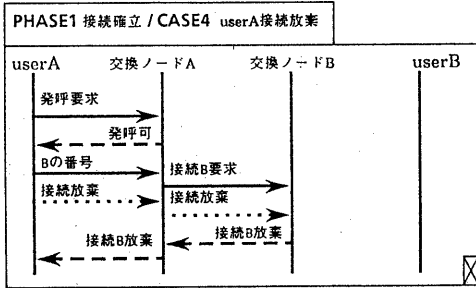
図A-2 電話サービスのフェーズ1のケース1"userB応答あり"



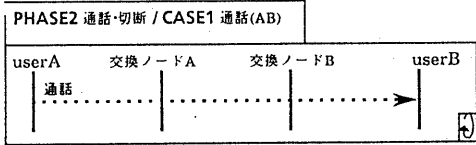
図A-3 電話サービスのフェーズ1のケース2"userB応答なし"



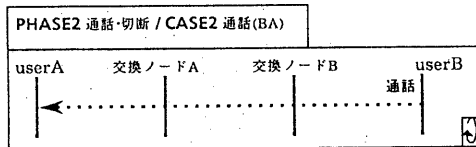
図A-4 電話サービスのフェーズ1のケース3"userBビジー"



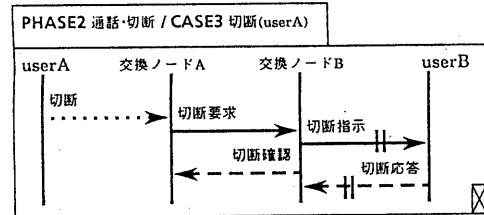
図A-5 電話サービスのフェーズ1のケース4"userA接続放棄"



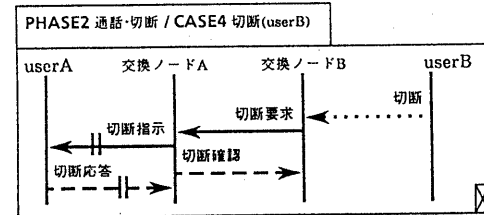
図A-6 電話サービスのフェーズ2のケース1"通話(AB)"



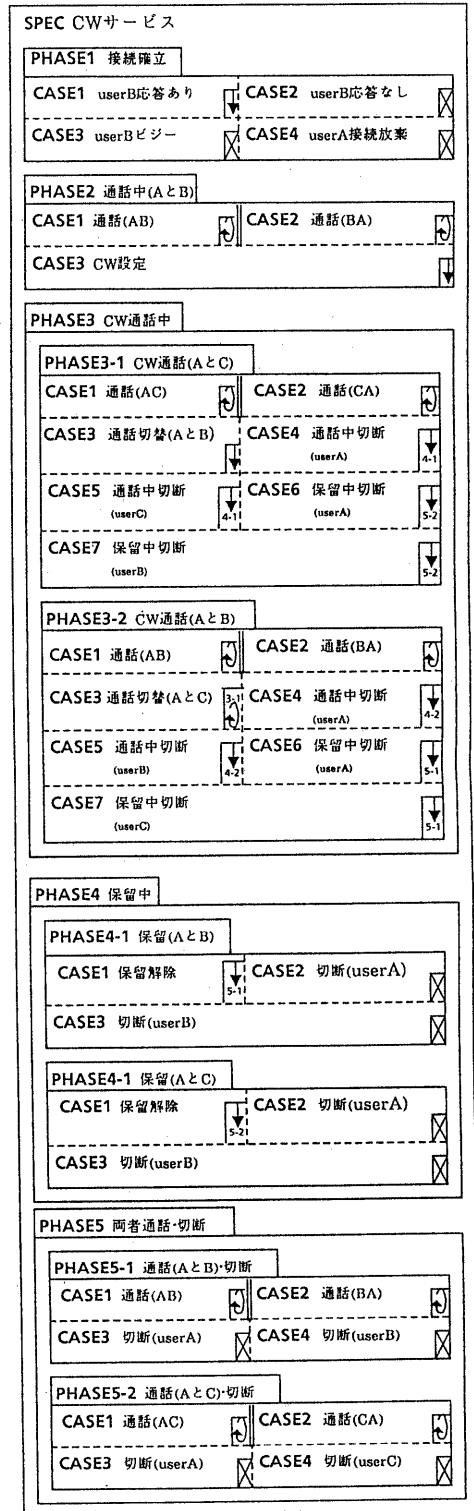
図A-7 電話サービスのフェーズ2のケース2"通話(BA)"



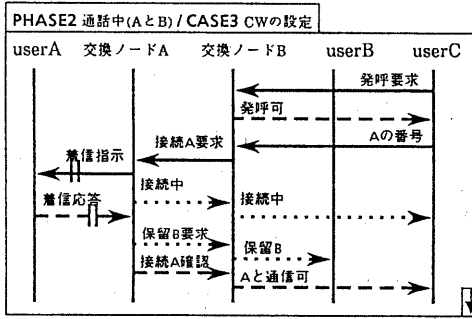
図A-8 電話サービスのフェーズ2のケース3"切断(userA)"



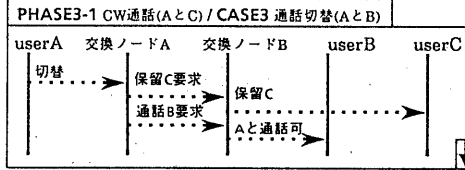
図A-9 電話サービスのフェーズ2のケース4"切断(userB)"



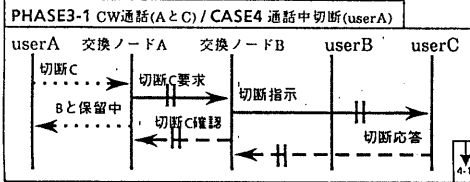
図B-1 CWサービスの仕様枠組部



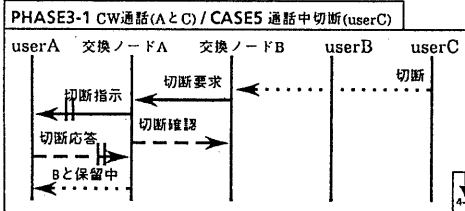
図B-2 CWサービスのフェーズ2のケース3"CWの設定"



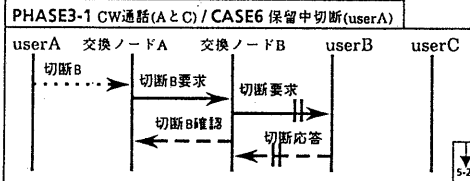
図B-3 CWサービスのフェーズ3-1のケース3"通話切替(AとB)"



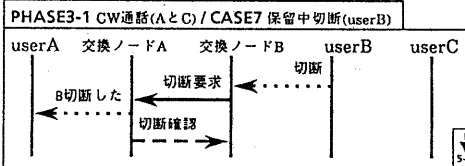
図B-4 CWサービスのフェーズ3-1のケース4"通話中切断(userA)"



図B-5 CWサービスのフェーズ3-1のケース5"通話中切断(userC)"

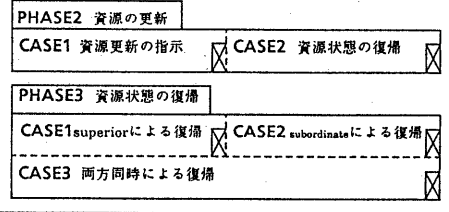
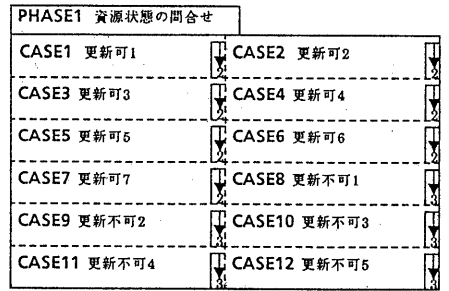


図B-6 CWサービスのフェーズ3-1のケース6"保留中切断(userA)"

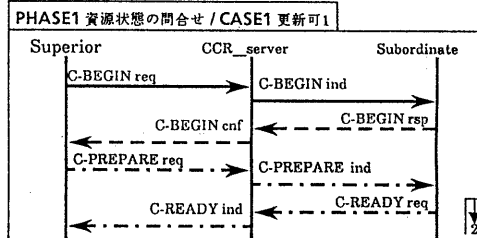


図B-7 CWサービスのフェーズ3-1のケース7"保留中切断(userB)"

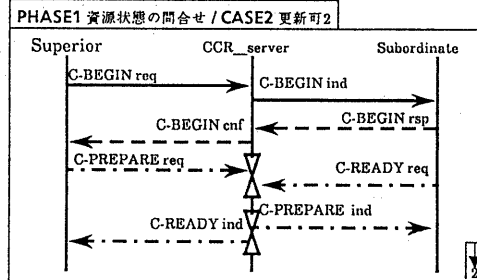
SPEC CCRサービス



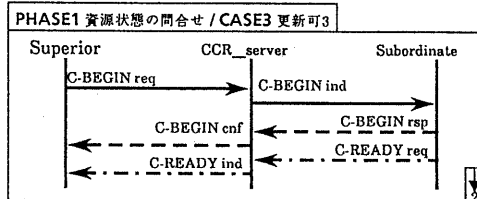
図C-1 CCRサービスの仕様枠組部



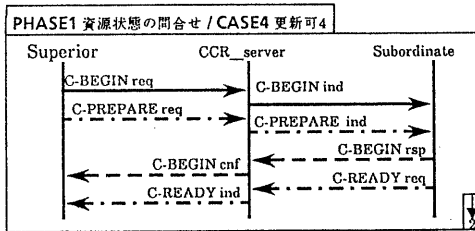
図C-2 CCRサービスのフェーズ1のケース1"更新可1"



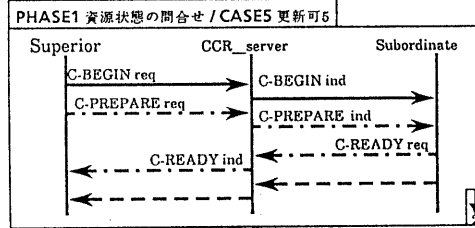
図C-3 CCRサービスのフェーズ1のケース2"更新可2"



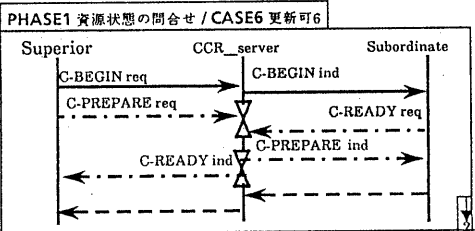
図C-4 CCRサービスのフェーズ1のケース3"更新可3"



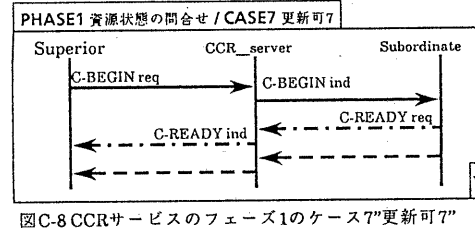
図C-5 CCRサービスのフェーズ1のケース4"更新可4"



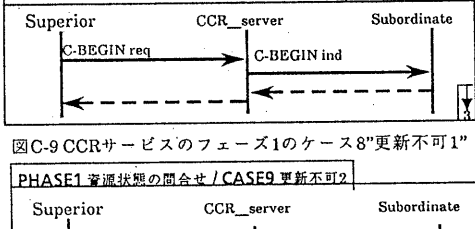
図C-6 CCRサービスのフェーズ1のケース5"更新可5"



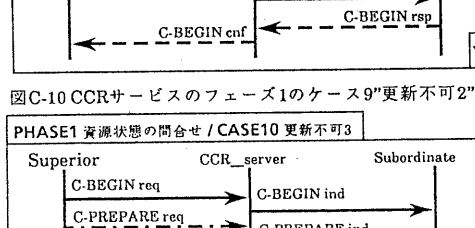
図C-7 CCRサービスのフェーズ1のケース6"更新可6"



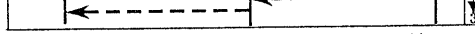
図C-8 CCRサービスのフェーズ1のケース7"更新可7"



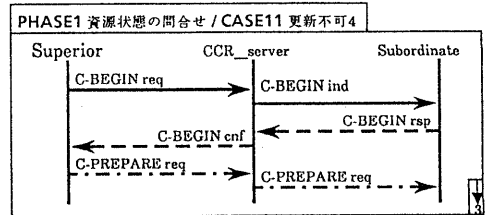
図C-9 CCRサービスのフェーズ1のケース8"更新不可1"



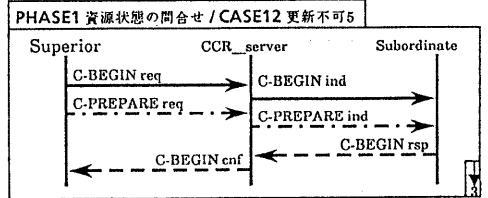
図C-10 CCRサービスのフェーズ1のケース9"更新不可2"



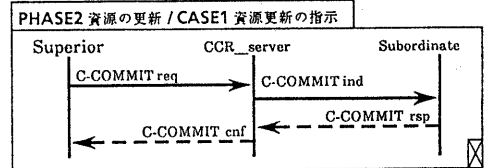
図C-11 CCRサービスのフェーズ1のケース10"更新不可3"



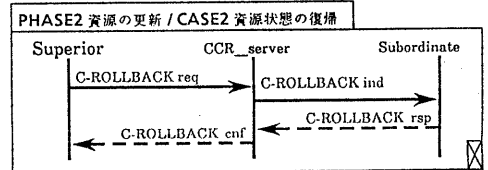
図C-12 CCRサービスのフェーズ1のケース11"更新不可4"



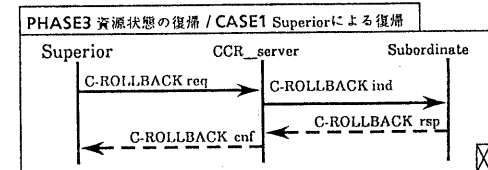
図C-13 CCRサービスのフェーズ1のケース12"更新不可5"



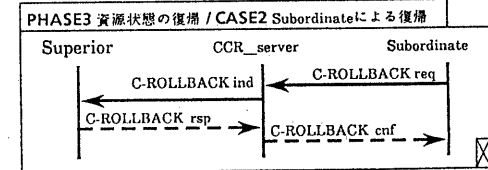
図C-14 CCRサービスのフェーズ2のケース1"資源更新の指示"



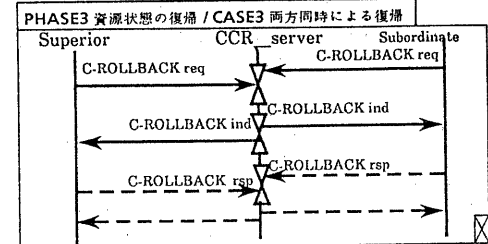
図C-15 CCRサービスのフェーズ2のケース2"資源状態の復帰"



図C-16 CCRサービスのフェーズ3のケース1"Superiorによる復帰"



図C-17 CCRサービスのフェーズ3のケース2"Subordinateによる復帰"



図C-18 CCRサービスのフェーズ3のケース3"両方同時による復帰"