

## 上位インタフェースに着目した OSI相互接続試験システムの開発と評価

澤井克哉 高橋健一 旗福正俊 後藤邦弘 鈴木真治 風間敬一  
高度通信システム研究所 (A I C)

OSI標準に従ったシステムを運用するためには、事前に適合性試験ならびに相互運用性試験の実施が必要不可欠なものとなっている。しかし、現在では、これらの試験のみでは十分に相互接続性は確保できないと考えられており、さらに相互接続試験の必要性が認識されている。そこでわれわれは、この試験を実現するAICTS相互接続試験システムの開発を行なった。本論文では、われわれが提唱する相互接続試験法とAICTS相互接続試験アーキテクチャ、システム構成、実現機能について述べる。

## Development and Evaluation of an OSI Interconnectability Testing System Focusing on Upper Interface function

Katsuya SAWAI Ken'ichi TAKAHASHI Masatoshi HATAFUKU Kunihiro GOTOH Shinji SUZUKI Keiichi KAZAMA

Advanced Intelligent Communication System Laboratories (AIC)

OSI products require conformance testing and interoperability testing. Also, it is recognized that these tests cannot guarantee complete interworking among OSI products. Testing techniques for interconnectability is an important subject for the realization of interworking of heterogeneous systems that are interconnected through products implementing OSI standard protocols. Therefore we are developing a novel interconnectability test system for protocol implementations, named AICTS(AIC's interconnectability testing system). This paper presents the interconnectability testing method we proposed and the architecture of AICTS, system configuration, summary of functions.

## 1. はじめに

コンピュータ資源の有効利用等を目的として、異機種間通信を可能とするための開放型システム間相互接続(OSI; Open Systems Interconnection)が標準化されている。このOSIに従うことにより異なる情報システム間での相互接続が可能であるが、プロトコル標準およびサービス定義に関する実装規約は、必ずしも実装に必要な十分な細部仕様までを定義していない。このため同一の標準にしたがって開発された実装であっても機種ごとに細部の仕様・設計は異なり、運用にあたって相互接続できないことがあるという可能性を残している。

現在、これら標準に従って開発された実装に対して、適合性試験と相互運用性試験が行なわれている。

適合性試験は、試験対象が実装規約を満たすことで相互接続性を確保できるようにという意図のもと規定された試験であるが、単体の実装を対象とした試験であることや、上述のような、実装規約に対する選択性の問題から、この適合性試験に合格しても相互接続の可能性は完全には保証されていない。

一方、相互運用性試験は、実際の運用形態での動作を確認するための試験にすぎず、システム間の相互接続性の確認という立場よりも、むしろ特定のアプリケーションを稼働するシステム全体の動作確認という意味合いが強い。このため試験手法的にも、故意に設定された異常状態下での試験といった様な詳細な試験は困難なことから、やはり相互接続性を確認するための試験としては不十分なものと考えられる。

また実際の試験で相互接続に問題が生じた場合でも、適合性試験ならびに相互運用性試験では、問題箇所の特定が困難であるという問題もある。

このため、この2つの試験を補完し、異常時条件下における試験などを含めた、システム間の相互接続の確認に重点を置いた試験、すなわち相互接続試験の必要性が高まっている、しかし、相互接続試験法に関しては、いくつかの研究報告例はあるものの、その統一的な試験法は未だ確立されていない。

そこでわれわれは、相互運用性試験において、試験対象システムを構成する各実装の、上位層に対するインタフェースに着目した試験法の検討を行なった。われわれは、この(N)層に着目した試験法を相互接続試験法として定義し、本試験法の確立を目指してAICTS(AIC's Interconnectability Testing System)相互接続試験システムの開発を行なった。この試験で対象となるのは、システム全体ではなく、相互に接続されたシステムの個々の実装である。相互接続試験では、双方のシステムの同位層の実装である。

本報告では、われわれの考える相互接続試験法とそれを実現したAICTS相互接続試験システムのアーキテクチャ・システム構成・機能および評価について述べる。

## 2. 相互接続試験法

### 2.1 概要

相互接続試験は、適合性試験の実施を前提としており、適合性試験を通過した実装を対象に相互接続性を確認するものである。

本稿で述べる相互接続試験法は、各層実装単位の相互接続性を検証し、それらの結果を積み重ね、最終的に相互運用性試験へと発展させる形をとっている。

すなわち相互接続試験法は、適合性試験と相互運用性試験との間を補完する関係にあり、さらにこれら3種類の試験は互いに必要不可欠なものであると考えられる。これらの試験の実施により、最終的に十分な相互接続性が確保できるものと考えられる。

### 2.2 適合性試験

相互接続試験と適合性試験との違いを明確にするために、適合性試験について述べる。適合性試験は、試験対象実装(IUT: Implementation Under Test)単体を試験対象として行う試験であり、IUTの上下に制御・観測点(PCO: Point of Control and Observation)を配置し試験を行う。この適合性試験の抽象モデルを図1に示す。

ここで、適合性試験は試験対象プロトコルに対して行われるが、IUTの実運用環境とは異なる環境下で試験が実施されるため、以下の問題が起こりうると考えられる。

(1) 適合性試験は、あくまでもIUT単体を対象とした試験であり、IUTが異種システムと相互に接続した状態を制御・観測するものではない。従って、適合性試験を通過したとしても、標準規格の選択性・曖昧性による実装機能の差により、異種システムとの相互接続性が確保できない可能性がある。

(2) プロトコルを中心とした試験であるため、IUTが上位層に対して提供するサービスの試験が、充分ではない。

以上の2点、すなわち「試験対象が相互に接続された状態のIUTではない」ならびに「IUTが上位層に提

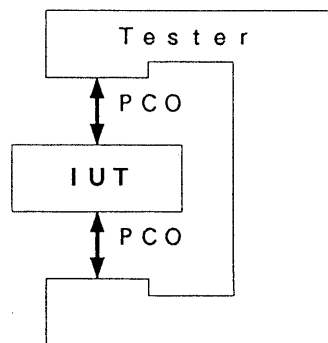


図1 適合性試験の抽象モデル

供するサービスに対する試験が不十分である」を問題とするのは、「(N)実装であるIUTは、実運用環境では、相互に接続され、品質が変動する(N-1)サービスのもとで相互に協調し、上位エンティティに対して(N)サービスを提供することを目的としている」からである。このため、これらを解決するための試験として、相互接続試験の必要性が高まっている。

### 2.3 相互運用性試験

相互運用性試験には、さまざまな定義が存在し、検討課題の部分も存在する。場合によっては、本稿に示す相互接続試験と同義に使われる例もあるが、大半はOSI製品間の機能を主としてOSI第7層を介した試験を中心に検証するものである。すなわち、標準規格に従って開発された実装を組み合わせた実運用システム(およびアプリケーション)を接続し、最上位サービスレベルの相互動作を確認するという形態の試験を指し示す。

この場合、一般に試験システムを用いないため、実運用システムの正常な運用を確認するにとどまり、異常時の動作確認を行うことはむずかしい。

### 2.4 相互接続試験

相互接続試験は、先にあげた適合性試験ならびに相互運用性試験の持つ問題に対処し、IUTの相互接続性の確認を目的としている。すなわち、適合性試験を通過し相互に接続されたIUT双方を対象に、「品質が変動する(N-1)サービスのもとで、相互に協調動作し、上位エンティティに対して(N)サービスを提供する」ことを確認するのが試験の目的である。従って相互接続試験では、これらIUTに対する制御と、それに対するIUTの振舞いを観測できる構成をとる必要がある。

図2に、この相互接続試験法の抽象モデルを示す。このモデルは各IUTの上下にPCOを配置しており、試験対象システムとの間にテストが介在している。このモデルでの相互接続試験を、以下の例に示す。

(1) IUT#Aの上位PCOに対し刺激を与え、下位PCOでの振舞いを観測する。

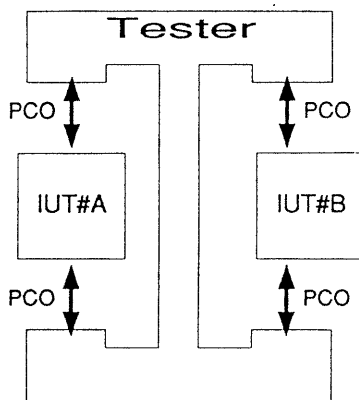


図2 相互接続試験の抽象モデル

(2) IUT#Aの下位PCOの観測結果を、IUT#Bの下位PCOに刺激として与え、上位PCOでの振舞いを観測する。

(3) このIUT#Bの上位PCOでの観測結果から、IUTが正しい相互動作をしたかを判断する。

このとき相互の実装機能に矛盾があれば、IUT#Aの上位PCOに与えた刺激に対するIUT#Bの上位PCOでの反応が、期待と異なる形で現われる、または全く現われないという結果を得ることができるため、矛盾点を発見することが可能である。

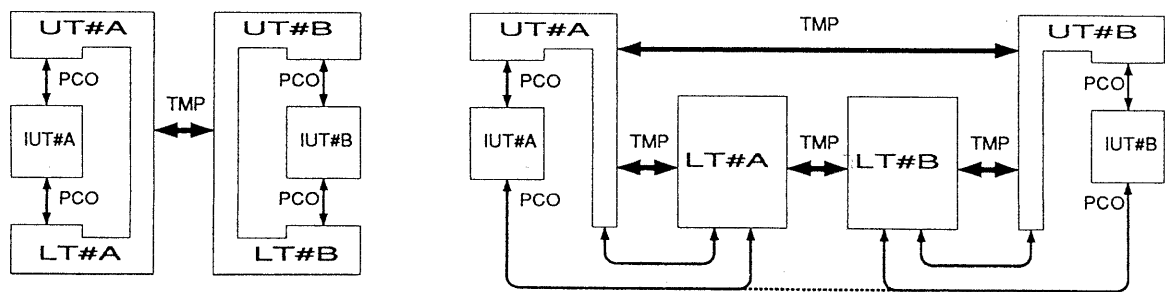
また、IUTは下位PCOを介して他方のIUTと接続するため、介在するテストが下位PCOに対して下位層の異常を模擬することが可能であり、特殊状況下でのIUTの相互動作を観測することが可能である。

## 3. AICTS相互接続試験システム

### 3.1 相互接続試験システムの論理構成

これまで述べてきた相互接続試験法の抽象モデルと対比させ、今回われわれが開発したAICTS相互接続試験システムの、実際の論理構成について述べる。

図3に、今回開発したAICTS相互接続試験システムのシステム構成を、抽象モデルから導出するまでの手順を示す。



(a) テスタの分散

-----: LTを使用しない試験の時のIUTの下位コネクション  
(b) LTの集中配置

図3 抽象試験モデルからのAICTSの論理構成の導出

(1) 相互接続試験は、相隔たった位置にある2つのIUTに対し行うのが通常である。そこで、図2で示した試験システムを、中心から左右に分割し、双方のIUTと同じ位置に置く。この左右に分割した試験システムは、互いにIUTに対する制御・観測情報をやり取りし、協調動作を行う必要がある。このため、試験システム間で試験管理プロトコルを定め、これにより規定されるメッセージの交換を行ない、協調動作を行なう。また、双方のIUTの上位PCOを制御・観測する部分を上位テスト(Upper Tester) UT#A・UT#Bとし、下位PCOを制御・観測する部分を下位テスト(Lower Tester) LT#A・LT#Bとする(図3(a))。

(2) LTが実際にIUTの直下に位置し直接的に下位PCOを制御・観測することは、種々の試験対象システムを構成する上で難しい。また、IUTが実運用状態で実際に使用する下位層を用い試験することが望ましい。そこで、LTは、双方のIUTから見て離れた中間の位置に配置し、下位層を介して間接的にIUTの下位PCOを制御・観測する。また、この構成であるならば、LTを使用せずにUTのみで上位PCOだけを制御・観測する試験も可能である(図3(b))。

(3) これらUT・LTは、試験管理プロトコルに従って協調的に動作を行うが、この協調動作を管理し、テストの負荷軽減と交換手順の簡略化のために、メッセージの中継と整理を行うテストマネージャ(TM: Test Manager)が必要となる。このTMは、IUTの中間にある試験システム本体のLT上に配置され、各UT・LTに対しメッセージを送受信することにより試験システム全体の協調動作を実現する。以上の手順により、図3(b)に示す相互接続試験システムの論理構成を導出した。

この論理構成では、LTを使用する相互接続試験とLTを使用しない相互接続試験が実現可能である。両者の違いを以下に示す。

(1) LTを使用しない相互接続試験では、IUTの上位PCOのみを制御・観測しており、IUT間の下位コネ

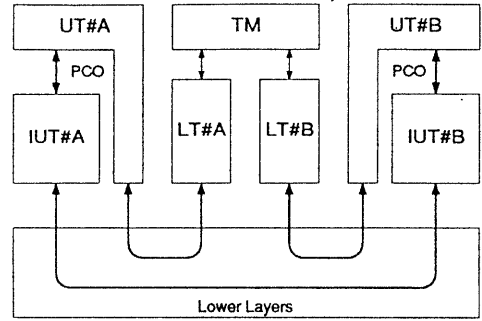


図4 開発システムの論理構成  
クションを直接的に確立するため、実運用状態に近い環境で試験を行うことができる。

(1) LTを使用する相互接続試験では、LTが相互のIUTに介在し、IUT間の下位コネクションをLTを介した間接的に確立するため、実運用状態から離れたものになる。しかし、下位PCOを持つことにより、試験結果が失敗のとき、原因となったIUTと、失敗となった理由を特定することが可能である。

今回開発したのは、図4に示す、LTを使用しない相互接続試験システムであり、図中のLT部は試験管理メッセージの中継のみを行なう。相互接続試験システムの基本機能である、「IUTの上位エンティティに対する(N)サービスの提供」を確認することが可能である。

### 3.2 AICTSのシステム構成と機能

これまで述べてきた内容と以下の諸元に基づき、AICTS相互接続試験システムの開発を行った。

- (1) 試験対象：トランスポート層エンティティ [6]
- (2) プロトコル：トランスポート・プロトコル・クラス2
- (3) 抽象テストスイート記法：TTCN.GR
- (4) 下位層：X.25インタフェースによるネットワーク層
- (5) 試験法：調和試験法

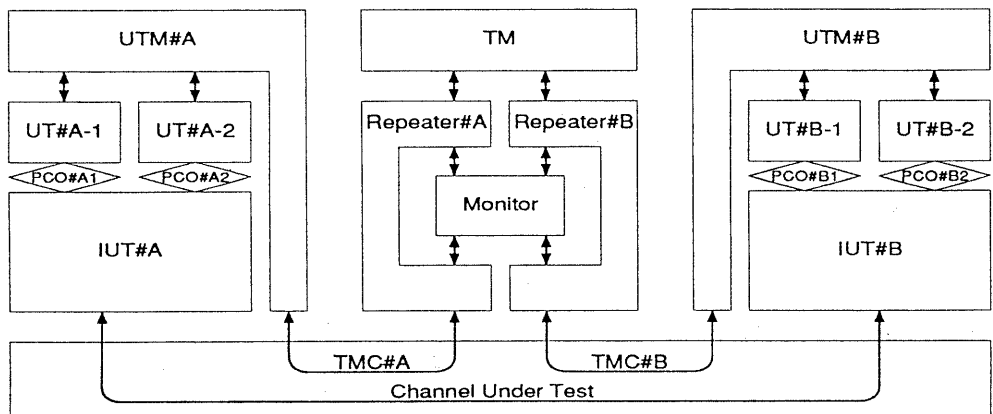


図5 相互接続試験システムAICTSのシステム構成

また設計にあたり、実運用状態に限りなく近い環境となるよう、留意した。

図5にAICTS相互接続試験システムのシステム構成を示す。

試験対象システム側に、上位テスト部(UTならびにUTマネージャ(UTM))を配置する。個々のUTはIUTの上位PCOに対する制御・観測を行ない、UTMは試験システム上のTMとメッセージを交換して、UTの協調動作を制御する。UTは、トランスポート・プロトコルで支援される複数コネクションの確立を試験するために各IUTに2つずつ設けられている。

UT上には、専用の実行型テストケースが存在し、各UTが独立してIUTの上位PCOを制御・観測を行なう。これら観測結果はTMへと送られるが、試験動作は各UTがテストケースをもとに判断し、実行する。UTの処理を独立させるのは、本システムにおいて双方あわ

せて4つのUTをTMからの指示で動作させた場合、TMに負担が増え、かつシステム間で交換される管理メッセージ量が多くなり下位層に負荷を与えるためである。各UTを同時動作させることで、システムに対する負荷軽減と、試験実行時の信頼性の向上をはかっている。

このほか、試験システム上にはAICTS全体を制御するTMと、試験データを記録するモニタ(Monitor)とおよびこれらと試験対象システムとの通信を中継するリピータ(Repeater)が存在している。

AICTSには、適合性試験と同様、これら機能を用いて行なう動的試験に加え、IUTの仕様を検証するための静的試験の機能も存在する。

静的相互接続試験では、各IUTの実装機能を宣言するプロトコル実装適合性記述書を、プロトコル標準と比較して、静的適合性レビューを行なう。さらに、接続する実装のプロトコル適合性記述書同士を相互に比較して、相互接続性の判定を行なう。また動的相互接続試験に必要なIUTのプロトコル実装補助情報の設定と検査も行なう。

この静的試験手順の実行や、動的な試験のための各種設定の入力などのユーザインタフェース部も、TMが行っている。

### 3.3 試験実行例

AICTS相互接続試験システムにおける、相互接続試験の実行例を以下に示す。

(1) 図6と図7は動的相互接続試験の実行画面例である。

図6は、各テストケース実行中の、モニタ画面である。モニタには、それぞれのPCOで観測されたデータと、それに対するUTの判定結果が、逐次表示される。

図7は、テストケース全体のスケジュール表示である。実行されたテストケースと判定結果が表示される。

(2) 図8は静的相互接続試験の実施画面例である。画面はそれぞれのIUTのプロトコル実装相互接続性記述書の入力設定と、仕様判定を行なっている。さらに、双方

送受信時刻	結果
TEST CASE[ ts001 : Connection Establishment (A->B) and Release (A->B) ]	
[ 11:36:44.421829 ]	[ UTR#1 ] [ UTR#1 ]
[ 11:36:45.055539 ]	T_CONReq → :PASS
[ 11:36:47.848126 ]	→T_CONInd :PASS
[ 11:36:48.519810 ]	→T_CONRsp :PASS
[ 11:36:48.735443 ]	T_CONReq → :PASS
[ 11:36:48.800116 ]	→T_DisInd :PASS
[ 11:37:10.844063 ]	TIMEOUT → :PASS
[ 11:37:12.072219 ]	→TIMEOUT :PASS

送受信時刻	結果
[ 11:02:42.884765 ]	→N_DATReq → :EXS
[ 11:02:42.407229 ]	:EXS → :N_DATReq →
[ 11:02:44.892354 ]	→N_DATInd → :OTS
[ 11:02:45.055616 ]	:OTS → :N_DATReq →
[ 11:02:47.434942 ]	→N_DATReq → :OTS
[ 11:02:48.890486 ]	:OTS → :N_DATReq →
[ 11:02:48.721470 ]	→N_DATInd → :OTS
[ 11:02:50.042390 ]	:OTS → :N_DATReq →
[ 11:02:10.826586 ]	→N_DATInd → :OTS
[ 11:02:10.919854 ]	:OTS → :N_DATReq →
[ 11:02:12.082571 ]	→N_DATReq → :OTS
[ 11:02:12.232678 ]	:OTS → :N_DATReq →
[ 11:02:12.857685 ]	:OTS → :N_DisReq →

図6 動的相互接続試験モニタ画面例

システムメッセージ	開始時間	終了時間	TC名	結果	判定
Test schedule start				UTR#1 UTR#1 TC#1	
ts001 start	11:36:34.519746	11:37:12.278256	ts001	UTR#2 UTR#2 TC#2	((PASS&PASS)=PASS)&(-----)=PASS
Test schedule end					

図7 動的相互接続試験スケジュール管理画面例

静的相互接続試験実施画面例									
IUT#A ファイル名 : /home/Asrs13/toshi/aicts/1file/default.pl1cst1		戻す: (印刷) (終了)							
IUT#B ファイル名 : /home/Asrs13/toshi/aicts/1file/default.pl1cst2									
試験対象レイヤ : トランスポート		IUT#A クラス0 クラス2		IUT#B クラス0 クラス2					
設定項目	区分	設定データ	適合性	区分	設定データ	適合性	相互接続性		
1. ネットワークコネクションへの割当	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
2. TPDU転送	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
3. 分割	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
4. 組立	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
5. 連結	:	- 非実装 実装	○	- 非実装 実装	○	○	○		
6. 分離	:	- 非実装 実装	○	- 非実装 実装	○	○	○		
7. コネクション確立	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
8. コネクション切断	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
9. 正常解放	暗黙的:	■ 非実装 実装	○	- 非実装 実装	○	○	○		
	明示的:	- 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
10. 異常解放	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
11. TPDUのトランスポートコネクションへの転送付	:	■ 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
12. DT TPDUの番号付	転送:	- 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		
	転送:	- 非実装 実装	○	■ 非実装 実装	○	○	○		

図8 静的相互接続試験実施画面例

のIUTの実装仕様が相互接続動作の条件を満たさない場合は、この画面で失敗の判定が出される。

#### 4. おわりに

本論文では、IUTの「(N)サービスの提供」という機能に着目し、IUTの上位にPCOを配置し相互接続性を確認する試験法と、これに基づくAICTS相互接続試験システムについて以下の点を述べた。

- (1) 相互接続試験法と実現モデル
- (2) AICTS相互接続試験システムの機能と構成
- (3) 相互接続試験実施例

今後は、以上の成果をふまえ、以下の通り研究・開発を行なう予定である。

- (1) 下位PCOを持つ相互接続試験システムの開発

これは、異常動作時の模擬を行なう目的と、現行試験システムで結果が失敗となった場合の問題点の特定を可能とするためである。

- (2) 各種試験対象に対する試験の実施

今回、試験対象として社内開発の模擬IUTを用いた。今後はこれに加え、他の適合性試験を通過したIUTを、試験対象としていき、相互接続試験の有効性をさらに確認していく。また、上位テスト部はIUTの構造に依存するため、他のIUTを試験対象としていく過程で、システムのポータビリティを高めていく。

- (3) テストスイートの生成検討

今回の相互接続試験におけるテストスイートは正常時の動作確認が中心であり、その開発は、トランスポート層実装が提供する機能を中心に分析を行ない作成した。今後、正常時の相互接続性を確認するテストケースの一部を、実装仕様を記号的に記述することにより機械的に

生成する方法についても、検討を進めていく予定である。

- (4) 上位層を対象とした相互接続試験

AICTS相互接続試験アーキテクチャを応用して、トランスポート層より上位層の相互接続試験システムについて検討する。

#### 謝辞

本研究を進めるにあたって、有益なご助言を頂いた日本大学の野口正一教授、東北大学の白鳥則郎教授に深謝いたします。また、本研究の機会を与えて頂いたAICTの緒方常務、小林主幹研究員に深謝いたします。

#### 参考文献

- [1] CCITT Recommendation X.290: OSI Conformance Testing Methodology and Framework for Protocol Recommendations for CCITT Applications (1988).
- [2] ISO/IEC 9646: Information technology - Open Systems Interconnection - Conformance testing methodology and framework (Jul. 1991).
- [3] 後藤他: 情報通信システム相互接続のための試験システムAICTSの開発, 情報処理学会マルチメディア通信と分散処理研究会, 56-4 (1992-07).
- [4] TAKAHASHI: Design and Implementation of an OSI Conformance Test System Considering Extensions for Interconnectability Testing, SICON/ICIE'93