

## Use Case Maps を用いたサービス競合可能シナリオの導出と実験的評価

パッタラ リーラーブルット<sup>†a)</sup> 中村 匡秀<sup>††</sup> 松本 健一<sup>††</sup>  
菊野 亨<sup>†</sup>

Derivation and Evaluation of Feature Interaction Prone Scenarios with Use Case Maps

Pattara LEELAPRUTE<sup>†a)</sup>, Masahide NAKAMURA<sup>††</sup>, Ken-ichi MATSUMOTO<sup>††</sup>, and Tohru KIKUNO<sup>†</sup>

あらまし サービス競合 (Feature Interactions) とは、複数の通信サービスを組み合わせたとき、単独サービスで予期しない動作が発生する不具合を指す。すべてのサービス競合を厳密に検出し、解消することは、サービス数及びシナリオ数の組合せ爆発により、非常に困難な問題として知られている。そこで、本研究では電話通信サービスを対象として、サービス開発の要求段階において、「競合が起こりがちな」シナリオを低コストで導出するための枠組みを提案する。具体的には、Use Case Maps (UCMs) と呼ばれる要求記述法のスタブプラグインという概念を利用し、基本電話サービスと付加サービスのシナリオを記述する。その後、UCMs 上の三つのパス条件により、サービス競合が発生する可能性の高いシナリオを導出する。UCMs のシンプルなパス解析により、競合の可能性があるシナリオを大幅に絞り込むことができる。また、実際の携帯電話サービスに提案法を適用して評価実験を行った。2560 の全サービスシナリオに対して、提案法の適用により競合可能シナリオを 148 にまで絞り込むことができた。検証の結果、導出された競合可能シナリオには、既知のサービス競合がすべて含まれることが分かった。更に、いくつかの新たなサービス競合を発見できた。

キーワード サービス競合, 競合可能シナリオ, シナリオ導出, Use Case Maps, 電話通信サービス

## 1. ま え が き

サービス競合 (Feature Interactions) とは、複数の通信サービスを組み合わせる際、サービス間で予期しない機能競合が発生し、単独サービスの機能が正常に動作しなくなる現象を指す [8], [13]。例えば、携帯電話における以下の付加サービス間の競合 (実例) を考える。

ワン切り着信拒否サービス (WN): ワン切り業者の電話番号 [20] を事前に登録しておくことで、着信を拒否できるサービス。

着信転送サービス (CF): 着信があると、あらかじめ登録しておいた番号へ自動的に転送するサービス。

サービス競合シナリオ: ユーザ  $C$  が WN を用いて、ワン切り業者の番号  $A$  からの着信を拒否していると仮定する。またユーザ  $B$  が CF を用いて、着信を  $C$  に転送設定していると仮定する。このとき、 $A$  が  $B$  に電話すると、 $A$  からのワン切りの電話が  $B$  を経由して  $C$  に着信してしまう。

サービス競合問題は、サービス品質の劣化や新規サービスの開発遅延を引き起こす深刻な要因となるため、競合を検出し解消するための体系的な枠組みが求められている [21], [27]。しかしながら、今後増え続けるサービス間の競合のすべてを厳密に検出し、解消することは、サービス数の組合せ爆発 [25] により非常に困難な問題として知られている。更に、サービスの各組合せに対しても、サービスシナリオが多岐にわたるため、すべてのシナリオをしらみつぶ的にテストす

<sup>†</sup> 大阪大学大学院情報科学研究科, 吹田市  
Graduate School of Information Science and Technology,  
Osaka University, Suita-shi, 565-0871 Japan

<sup>††</sup> 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 生駒市  
Graduate School of Information Science, Nara Institute of  
Science and Technology, Ikoma-shi, 630-0192 Japan

a) E-mail: pattara@ist.osaka-u.ac.jp

るのは非効率である。

本論文では、電話通信サービスを対象とし、サービス開発の上流工程である要求段階で、「サービス競合が発生しがち」なシナリオ（競合可能シナリオと呼ぶ）を導出する手法の提案を行う。

まず、与えられたサービスの要求文書をもとに、Use Case Maps (UCMs) [5], [24] と呼ばれる要求記述法を用いて、サービスのシナリオを記述する。一般的に電話サービスは、ユーザが最初から利用できる基本サービスが存在し、ユーザは必要に応じて後から付加サービスに加入するというサービス形態をとる。付加サービスは、基本サービスのシナリオの一部を変更・拡張し、ユーザに特別な機能を提供する。提案手法では、UCMs のスタブプラグインという概念を用いて、付加サービスへの加入が基本サービスのどのシナリオに影響するのかを構造的に表現する。

次に、UCMs を用いて記述したサービスシナリオを解析し、競合可能シナリオの導出を行う。サービス競合は、複数サービスの加入により単独サービスでは存在しなかった新たなシナリオ上で起こる。この必要条件に着目し、UCMs パス上で 3 種類の条件を定義してシナリオの絞込みを行う。理論上、サービス競合の厳密な検出は不可能であるが、競合の可能性の高いシナリオを低コストで導出でき、これらのシナリオは開発の下流工程において、有益な情報（例えば、テストケース）として利用できる。

最後に、提案手法を実際の携帯電話サービスに適用し、評価実験を行った。8 種類のサービスのうち任意の 2 サービス間の競合解析において、全 2560 シナリオの中から、148 の競合可能シナリオを絞込み導出することができた。また、シナリオの検証を通して、競合可能シナリオが、既知のサービス競合をすべてカバーすることが分かった。更に、いくつかの新たなサービス競合を発見することができた。その結果、提案法が競合可能シナリオの効率的な絞込みを行えること、及び、実際のサービス競合を完全にカバーすることが確認された。

## 2. UCMs を用いたサービスシナリオ記述

### 2.1 Use Case Maps (UCMs)

Use Case Maps [5], [24] は、自然言語で書かれた要求文書と、厳密な仕様言語で書かれる設計仕様との橋渡しを行うことを目的として提案された要求記述法である。システムで実現すべきシナリオを、シナリオ

パスとパス上で発生するイベント (Responsibility と呼ばれる) の順序関係のみに基づいて記述する手法である。複雑な理論を必要とせずにシステムの全体像を (シナリオの観点から) 構造的に概観することが可能であり、実際の企業においても、システムの抽象レベルが高い上流工程で用いられている [3]。紙面の制限上、以下では本論文で用いる主要部分のみを説明する。UCMs の詳細については文献 [5], [24] を参照されたい。

シナリオ：一つのシナリオは、起点 (丸 で表す) と終点 (棒 | で表す) とを結ぶシナリオパス (線で表す) で表される。シナリオ上で発生するイベント (Responsibility) は、 $\times$  で表され、ラベルで区別される。また、各シナリオは開始・終了のための前条件 (pre-condition) と後条件 (post-condition) をもつことができる。各条件は、括弧 [ ] で囲んで記述する<sup>(注1)</sup>。

分岐・結合：複数のシナリオの共通部分をマージし異なる部分を分岐させることで、一つの UCMs 内に複数のシナリオを記述できる。分岐には OR 分岐 (選択実行) と AND 分岐 (並列実行) が存在し分岐条件を指定できる。同様に、シナリオを結合するための AND 結合, OR 結合も存在する。

スタブプラグイン：スタブ (ひし形 で表す) は、その部分のシナリオが別の UCMs で定義されることを表す。親 UCMs (ルートマップ) のスタブに、様々な子 UCMs (サブマップ) をはめ込む (プラグイン) ことで、シナリオの動的な変更・拡張を表現できる。

### 2.2 基本サービスの記述

電話サービスにおいては、ユーザが最初から利用できる基本サービスと、必要に応じて後から加入できる付加サービスが存在する。付加サービスは、基本サービスのシナリオの一部を特別なシナリオに変更・拡張し、残りの大部分は基本サービスのシナリオを再利用する。このことに着目し、基本サービスの UCMs を以下の方針に基づいて作成する。

- 基本サービスシナリオは一つの UCMs (ルートマップ) で記述し、後に付加サービスによって変更・拡張される可能性のある部分はスタブとする。
- 各スタブには、基本サービスのシナリオを定義するデフォルトのサブマップをプラグインする。

図 1 に、ある通信キャリアの携帯電話サービスの基

(注1): UCMs における Responsibility や条件には、形式的な厳密さや意味合いはなく、人間の理解を助けるためにパスに付与される単なるラベルととらえられる。

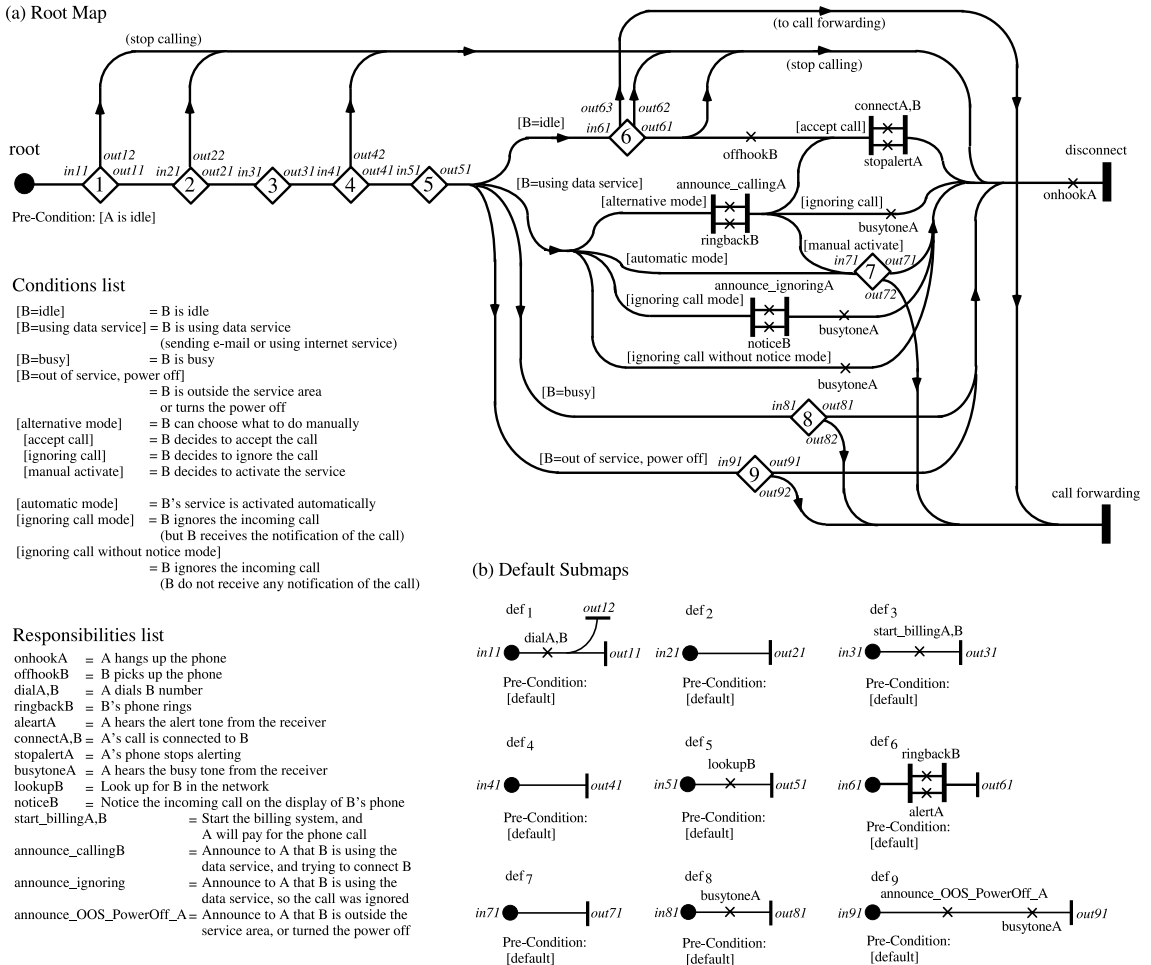


図 1 携帯電話の基本サービス UCMs  
Fig. 1 UCMs for the basic service scenario of a mobile phone service.

本サービス UCMs を示す。正確な要求文書は入手不可能であったため、サービスのマニュアル [18], [19] 及びカスタマサポートから入手可能な情報に基づいて作成した（次節で述べる付加サービスも同様）。

基本サービスの UCMs は一つのルートマップと九つのサブマップから構成される。ルートマップは九つのスタブをもち、各サブマップ  $def_i$  がスタブ  $i$  にプラグインされる。条件や Responsibility の詳細を図中左側のリストに示す。基本サービスのシナリオの大きな流れは以下のとおりである。

- ユーザ A がユーザ B に発信する。
- B がアイドルの場合は B の端末を呼び出し、B が応答すると接続される。
- B が話中の場合はビジートーン、圏外または電

源が入っていない場合はその旨 A にアナウンスする。

- B がデータ通信中の場合は、B の端末の設定モードにより、呼出しを行うか、着信を無視するか等の処置を行う。

### 2.3 付加サービスの記述

付加サービスの UCMs は、基本サービスの UCMs にプラグインするサブマップ（の集合）として作成される。本論文では次の八つの携帯電話付加サービスを例として用いる。以下の説明では、ユーザ A, B をそれぞれ任意の発信者、着信者とする。

発信者番号非通知 (CNDB): A の番号が B の端末に表示されなくなる。

留守番電話 (VM): B へ着信した際、B があらかじめ設定した時間内に応答しなければ、呼が留守番電

話センタに接続され、 $A$  はメッセージを残すことができる。 $B$  が話中、データ通信中、圏外の場合も動作する。

着信転送 (CF):  $B$  へ着信した際、 $B$  があらかじめ設定した時間内に応答しなければ、あらかじめ設定した番号に呼の転送を行う。設定により、 $B$  が話中、データ通信中、圏外の場合も動作する。

番号通知要求 (NNR):  $A$  が番号非通知で発信した際、 $B$  は着信を拒否し、 $A$  に対して番号通知を要求するアナウンスを流す。

着信拒否 (CS):  $B$  が  $A$  の番号を着信拒否リストに登録すると、 $B$  の状態に関係なく  $A$  からの着信が拒否される。

ワン切り着信拒否 (WN): CS とほぼ同様であるが、リストへの登録は一般電話の番号のみとなる。拒否リストの検索に関しては、CS よりも優先度が低い。

フリーナンバー (FRE):  $B$  にフリーダイヤルの番号が付与され、 $A$  から  $B$  への着信が、 $B$  に課金される。

海外ローミング (RM):  $B$  が海外にいる際に、 $A$  が  $B$  の番号に発信すると、海外のキャリア経由で  $B$  に電話が転送される。

上記八つの付加サービスのうち、CNDB は発信側サービスであり、 $A$  が加入者 (使用者) となる。それ以外の七つはすべて着信側サービスであり、 $B$  が加入者 (使用者) となる。

図 2 に付加サービス UCMs の作成例を示す。各付加サービスは、一つ以上のサブマップで構成され、ユーザのサービス加入条件に応じて、基本サービスのルートマップ (図 1) の適当なスタブにプラグインされる。このとき、基本サービスのサブマップ ( $def_i$ ) は、付加サービスのものに上書きされる。例えば、ユーザ  $B$  が VM に加入したと仮定すると、図 2 (g) の四つのサブマップがそれぞれ図 1 のスタブ 6, 7, 8, 9 にプラグインされることになる。その他のスタブでは、デフォルトのサブマップがそのまま用いられる。

### 3. サービス競合可能シナリオの導出

#### 3.1 サービス競合

電話サービスでは、一つの呼において複数の付加サービスが実行されると、サービス競合が発生する可能性がある。過去の文献において、サービス競合は (広義に) 以下のように定義されている [8], [13]。

定義 F: サービス競合とは、複数のサービスを組み

合わせて実行することで、個々の単独サービスで本来要求された機能が実行されなくなる現象を指す。

この定義をサービスシナリオの観点から考えると次の命題が成り立つ。

命題 P: サービス  $f$  と  $g$  の間にサービス競合が発生する。⇒  $f$  または  $g$  単独では存在しないサービスシナリオが、組み合わせ後新たに出現する。

命題 P の逆は必ずしも成立しないことに注意されたい。すなわち、新たなサービスシナリオが必ずしも単独サービスで要求された機能を阻害するとは限らないからである。

過去の研究では、様々なサービス競合の事例が報告され、より厳密 (狭義) な競合クラスの定義が数多くなされている (例: [21], [22])。しかし、これらの定義の多くは、より詳細なサービス定義、厳密なモデリングを必要とするものが多い。本研究の目的は、抽象度の高い要求段階で「競合が発生しがちな」サービスシナリオを導出することであるから、命題 P による緩い必要条件によってサービス競合を性質づける。

例えば、1. で述べたサービス競合は、「 $B$  の CF の転送先である  $C$  が WN に加入していた」という、単独サービスでは存在しないシナリオで発生している。

#### 3.2 サービス競合可能シナリオ

命題 P におけるサービス競合の必要条件を更に掘り下げ、サービス競合が発生し得るサービスシナリオ (競合可能シナリオと呼ぶ) を UCMs 上で定式化する。二つの付加サービス  $f, g$  を組み合わせた際、新たに出現するシナリオパスとして、次の 3 種類が考えられる。

競合可能シナリオ C1 (同時実行):  $f$  のサブマップと  $g$  のサブマップが、ルートマップの同じスタブ  $i$  にプラグインされるケースである (図 3 (a) 参照)。この場合、スタブ  $i$  を通るシナリオ  $s_k$  において、異なるサービスシナリオが同時に実行されることになり、 $f$  と  $g$  が衝突する。したがって、 $s_k$  を競合可能シナリオと定義する。

競合可能シナリオ C2 (逐次実行):  $f$  のサブマップと  $g$  のサブマップがそれぞれスタブ  $i$  と  $j$  にプラグインされ、スタブ  $i$  と  $j$  を通るシナリオパス  $s_l$  が存在するケースである (図 3 (b) 参照)。この場合、 $s_l$  において、 $f$  と  $g$  が逐次的に起動され、機能が衝突する可能性が生じる。したがって、 $s_l$  を競合可能シナリオと定義する。

競合可能シナリオ C3 (バイパス):  $f$  のサブマップ

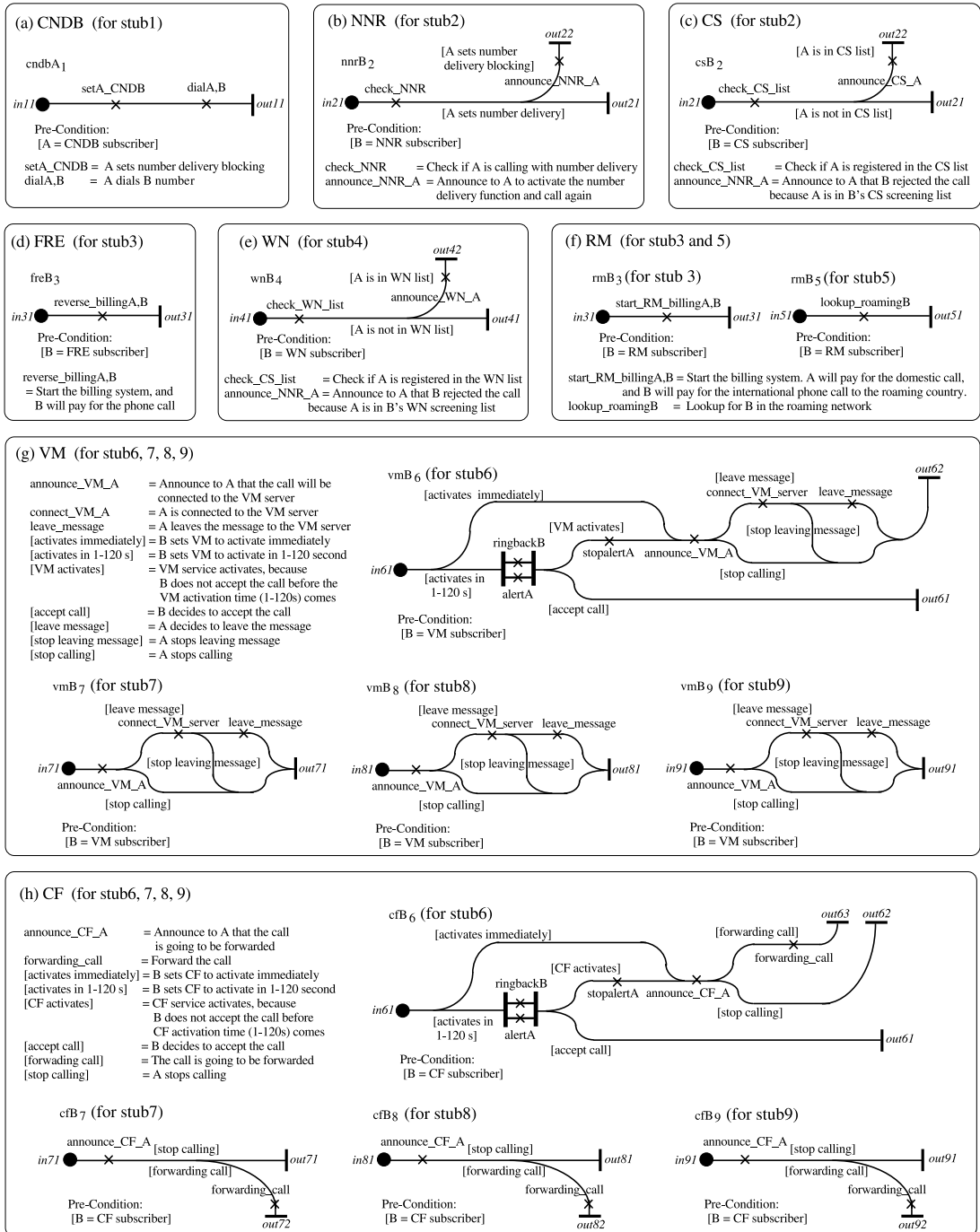


図 2 携帯電話の付加サービス UCMs

Fig. 2 UCMs for supplementary service scenarios of a mobile phone service.

と  $g$  のサブマップがそれぞれスタブ  $i$  と  $j$  にプラグインされ、起点からスタブ  $j$  までのパス  $s_n$  をスタブ

$i$  の経路で迂回 (バイパス) するような別のパス  $s_m$  が存在するケース (図 3(c) 参照). この場合,  $s_m$  に

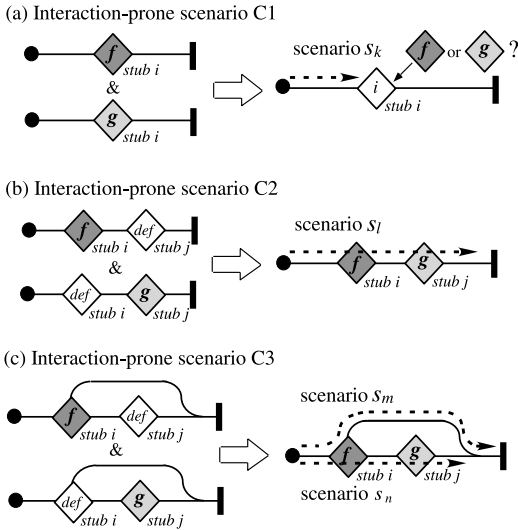


図 3 UCMs 上の競合可能シナリオ  
Fig. 3 Interaction-prone scenarios on UCM paths.

において、 $f$  が  $g$  の機能をバイパスしてしまい、 $g$  の機能が正常に実行されない可能性が生じる。したがって、 $s_m$  を競合可能シナリオと定義する（なお、 $s_n$  は、競合可能シナリオ C2 として導出の対象となる）。

上記の C1, C2, C3 は、UCMs 上の単純なパス解析によって導出可能である。これらのシナリオは、サービス競合の必要条件によって定義されるものであるから、必ずしも実際のサービス競合を含むとは限らない。しかし、実際のサービス競合がこれらのシナリオ以外では発生しないことがいえるため、競合の解析範囲を絞り込むことが可能となる。

### 3.3 サービス加入パターンの絞込み

付加サービス  $f$  と  $g$  が与えられたとき、これらがどのユーザに実行されるかによって、サービスシナリオが変わってくる。よって厳密には、与えられたユーザの  $f, g$  に対するすべての加入パターンを網羅<sup>(注2)</sup>して、サービス競合の解析を行う必要がある。しかし、付加サービスは発信側サービスと着信側サービスとに分類されること、サービス競合は  $f$  と  $g$  が一つの呼においてともに実行される必要があることから、解析すべき加入パターンを以下の 4 パターンに絞り込むことができる。

[単一ユーザ  $u$  が  $f, g$  の両方に加入する場合]

(D0)  $f, g$  がともに発信側サービスで、 $u$  が発信する。

(D1)  $f, g$  がともに着信側サービスで、 $u$  が着信

する。

[異なるユーザ  $u, v$  がそれぞれ  $f, g$  に加入する場合]  
(D2)  $f$  が発信側サービス、 $g$  が着信側サービス、かつ、 $u$  が  $v$  に発信する。

(D3)  $f, g$  がともに着信側サービスで、 $f$  が  $v$  に発信する機能をもち（例えば着信転送（CF）サービス等）、かつ、第三者  $w$  が  $u$  に発信する。

上記の D0~D3 に当てはまらないケースは、サービス競合可能シナリオが存在しないため、解析の対象から除外できる。例えば、 $u$  と  $v$  がそれぞれ発信側サービス  $f$  と  $g$  に加入した場合、 $f$  と  $g$  は同じ呼で実行されることはないため、 $f$  と  $g$  は競合しないことが（解析せずに）保障される。

### 3.4 競合可能シナリオの導出

競合可能シナリオの導出は以下の手順によって行う。

(1) 与えられた付加サービスから任意の二つを選ぶ ( $f, g$  とする)。

(2) 加入パターン D0~D3 に基づき、ユーザに  $f, g$  を割り当てる。

(3) 各割当てに従って、 $f, g$  のサブマップをルートマップにプラグインし、3.2 の競合可能シナリオ C1~C3 を導出する。加入パターンが D3 の場合には、 $v$  の着信用のルートマップを新たに追加して、 $g$  のサブマップをプラグインする。

図 1, 図 2 に示した携帯電話サービスに対する競合可能シナリオの導出例を図 4 に示す。

VM<sub>B</sub>&CF<sub>B</sub>: 図 4(a) に、着信者  $B$  が VM と CF の両付加サービスに加入している場合の導出例を示す。このケースは、3.3 の加入パターン D1 に相当する。プラグインにより、VM と CF のサブマップが、ルートマップのスタブ 6, 7, 8, 9 で衝突する。その結果、図中点線で表す五つの競合可能シナリオ C1 (同時実行) が導出される。これらのシナリオは、 $A$  が  $B$  に発信すると、VM と CF のどちらが実行されるか非決定になる可能性を示唆している。実際のサービスでは、このサービス競合は既知の問題とされており、ユーザが CF と VM の間に優先順位を付与し、どちらか一方のみを優先的に実行することで、衝突が回避されている。

CF<sub>B</sub>&WN<sub>C</sub>: 図 4(b) に、着信者  $B$  が CF に加入

(注2): 例えば、ユーザ  $A$  が  $B$  に発信するとき、(1)  $A$  が  $f, g$  の両方に加入する場合、(2)  $B$  が  $f, g$  の両方に加入する場合、(3)  $A, B$  がそれぞれ  $f, g$  に加入する場合、(4)  $A, B$  がそれぞれ  $g, f$  に加入する場合の 4 通りに対して、シナリオ解析を行う必要がある。

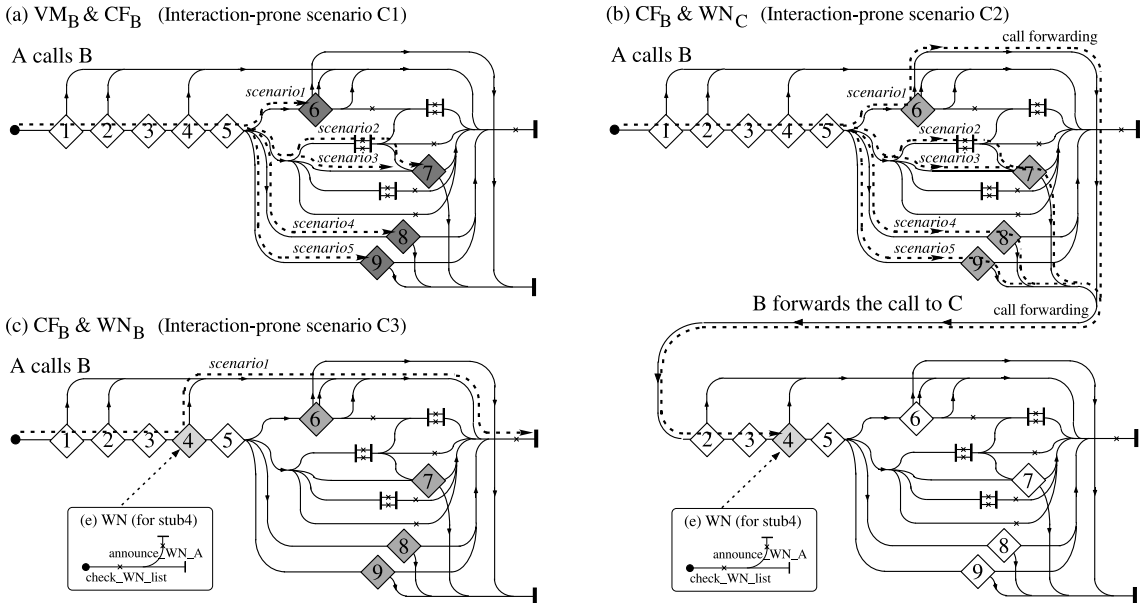


図 4 競合可能シナリオ導出の例  
Fig. 4 Derivation of interaction-prone scenarios.

し、転送先のユーザ  $C$  が WN に加入する場合の導出例を示す。このケースは、3.3 の加入パターン D3 に相当する。新たに  $C$  の着信用のルートマップが用意され、call forwarding の終点に連結されている。プラグインにより、CF のサブマップが  $B$  の着信ルートマップ 6, 7, 8, 9 に、WN のサブマップが  $C$  の着信ルートマップ 4 にそれぞれプラグインされる。その結果、図中点線で示す五つの競合可能シナリオ C2 (逐次実行) が導出される。  $A$  が  $B$  に発信すると、  $B$  の転送実行後に続けて  $C$  の WN サービスが起動するシナリオであり、実際のサービスにおいて、論文の冒頭 1. で述べた競合が発生するが、この競合はサービスマニュアルには記述されていない。

CF<sub>B</sub>&WN<sub>B</sub>: 図 4(c) に、着信者  $B$  が CF と WN の両サービスに加入する場合の導出例を示す。このケースは、3.3 の加入パターン D1 に相当する。CF のサブマップがスタブ 6, 7, 8, 9 に、WN のサブマップがスタブ 4 にプラグインされる。その結果、図中点線で示す競合可能シナリオ C3 (バイパス) が導出される (図中、C2 によって導出されるシナリオは記載されていない)。  $B$  が  $A$  の番号をワン切り着信拒否リストに登録し、  $A$  が  $B$  に発信した場合、先に起動される WN により着信が拒否され、CF が実行されなくなる。このシナリオを実用面から解釈すると深刻なサー

ビス競合とは考えにくいですが、CF の機能がバイパスされる観点からは競合可能シナリオとして導出するべきである。図 4(b) のケースと比べ、サービスの組合せが同じでも、ユーザの加入パターンが異なれば、異なる競合発生の可能性が生じることに注意されたい。

#### 4. 実験的評価

##### 4.1 実験方法

提案法の有効性を確認するため、図 1 及び図 2 に示した携帯電話サービスを対象に、評価実験を行った。まず、八つの付加サービスの任意のペアについて、加入パターン D1, D2, D3 に基づいてユーザ割当を決定し、各割当について競合可能シナリオ C1, C2, C3 の導出を行った。なお、八つの付加サービスのうち発信側サービスは CNDB の一つだけであったため、加入パターン D0 は除外された。次に、提案法によってシナリオの絞込みがどの程度行われるかを評価するため、全組合せの全加入パターンにおける UCMs のシナリオパスの総数を計測した。

また、実験用に携帯電話を複数台契約し、八つの付加サービスに加入して、競合可能シナリオの検証を行った。具体的には、導出された各シナリオに従って、付加サービスを起動・実行し、実際にサービス競合が発生するかどうかを観測した。観測においては、3.1

表 1 競合可能シナリオ導出結果  
Table 1 Results of interaction-prone scenario derivation.

CNDB			VM			CF			NNR			CS			WN			FRE			RM					
D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3			
-	-	-	C2(5)	-	-	C2(5)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-
			-	-	C1(5)	-	C2(5)	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)	-	-	C2(5) C3(1)
						-	C2(25)	C2(5) C3(1)	-	C2(5)	C2(5) C3(1)	-	-	C1(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)
												-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)	-	-	C2(1) C3(1)
															-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)	-	-	C2(1)
																		-	-	C1(1)	-	-	C1(1)	-	-	C1(1)

表 2 シナリオの検証結果  
Table 2 Results of the scenario validation.

CNDB			VM			CF			NNR			CS			WN			FRE			RM					
D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3	D1	D2	D3			
-	-	-	Free	-	-	Free	-	-	Free	-	-	Free(m)	-	-	FI(m)	-	-	Free	-	-	Free	-	-	FI(m)	-	-
			-	-	FI(m)	-	Free	FI(m)	-	-	FI	-	-	FI	-	-	FI	-	-	FI(m)	-	-	FI	-	-	FI
						-	FI	FI(m)	-	Free	FI	-	Free	FI	-	Free	FI	-	Free	FI(m)	-	-	FI	-	-	FI
									-	-	FI(m)	-	-	Free	-	-	FI(m)	-	-	FI(m)	-	-	FI	-	-	FI
												-	-	Free	-	-	FI(m)	-	-	FI(m)	-	-	FI	-	-	FI
															-	-	FI	-	-	FI	-	-	FI	-	-	FI
																		-	-	FI(m)	-	-	FI(m)	-	-	FI(m)
																					-	-		-	-	

の定義 F に当てはまる現象をサービス競合と判断した。更に、サービスマニュアル及びカスタマサポートから得られた情報に基づき、発見されたサービス競合を既知の競合（通信キャリア側で、何らかの説明、記述、対策があるもの）とそれ以外の競合とに分類を行った。

4.2 実験結果

実験の結果を表 1 に示す。表の各エントリは、付加サービスの各組合せに対して、加入パターン D1, D2, D3 を設定し、シナリオ導出を行った結果を表す。C1, C2, C3 は、その設定で導出された競合可能シナリオとその数を示している。空欄 (-) は、D1~D3 に該当しないケースを表し、これらの設定に対しては、サービス競合が発生しないことが保障される。結果として、D1, D2, D3 に合致する 35 ケースから、148 の競合可能シナリオが導出された。シナリオの内訳は、C1 (同時実行) が 7 シナリオ、C2 (逐次実行) が 128 シナリオ、C3 (バイパス) が 13 シナリオであった。

付加サービスの任意の二つの組合せにおいて、全加

入パターン (D0~D3 を考慮しない) を設定すると、UCMs の総シナリオパス数は、延べ 2560 シナリオあることが分かった。したがって、提案法の適用により、サービス競合の解析対象を全体の 5.78% (= 148/2560) まで絞り込むことができた。

また、シナリオの検証結果を表 2 に示す。表の各エントリについて、FI はサービス競合と判断した設定、Free はサービス競合が存在しなかったものを表す。また、エントリ中の (m) は、サービスマニュアルに記述があった、または、カスタマサポートで確認された既知の競合であることを表す。

検証の結果、24 のサービス競合が観測された。このうち、11 が既知の競合、13 がそれ以外の競合に分類された。結果から、提案法で得られた競合可能シナリオは、既知のサービス競合を漏れなくカバーしていることが分かった。また、マニュアルに明確な記述がなかった 13 種類の新たなサービス競合を発見した。提案法では、サービス競合の緩い定義 (3.1 定義 F 参



照)を用いているため、これら 13 種類のすべてが深刻なサービス競合であるとは限らないが、以下にいくつかの興味深い競合事例を示す。

WN と FRE のサービス競合 (D1):  $B$  が FRE と WN に加入し、 $A$  をワン切り着信拒否の対象に設定する。このとき、 $A$  が  $B$  に電話すると、本来 WN が起動され着信が拒否されるはずである。しかし、 $A$  が  $B$  の FRE 番号に電話すると、WN の拒否機能が作動せず  $A$  からの電話を着信してしまう。提案法では、このシナリオは加入パターン D1 に該当し、C2 (逐次実行) の競合可能シナリオとして導出される。

WN と RM のサービス競合 (D1):  $B$  が RM と WN に加入し、 $A$  をワン切り着信拒否の対象に設定する。このとき、 $A$  が  $B$  に電話すると、本来 WN が起動され着信が拒否されるはずである。しかし、 $A$  が海外にローミング中の  $B$  に電話すると、WN の拒否機能が作動せず  $A$  からの電話を着信してしまう。提案法では、このシナリオは加入パターン D1 に該当し、C2 (逐次実行) の競合可能シナリオとして導出される。

RM と VM (または RM と CF) のサービス競合 (D1):  $B$  が RM と VM に加入し、VM の起動時間を長めに (例えば 120 秒) に設定する。 $B$  が海外でローミング中のときに、 $A$  が  $B$  に発信すると、RM が起動し海外にいる  $B$  に転送が行われる。しかし、 $B$  がいる海外のネットワークの仕様によっては、VM の起動時間がくる前に、呼出しのタイムアウトがきてしまうことがある。この場合、VM が正常に起動されることなく切断される。VM の代わりに、CF の場合でも同じ競合が観測された。提案法では、このシナリオは加入パターン D1 に該当し、C2 (逐次実行) の競合可能シナリオとして導出された。

## 5. 考察

### 5.1 提案法の特長と限界

提案手法の主な特長をまとめると以下ようになる。

(1) UCMs を用いることで、要求段階においてサービスシナリオの全体像が構造的に把握できる。提案手法によって得られた競合可能シナリオは、下流工程でテストケースとして利用したり、サービス競合を避けるサービス設計・実装の検討に用いたりすることが可能となる。

(2) スタブプラグイン機構を用いることで、基本サービスと付加サービスのシナリオを切り離すことができる。これにより、スタブに着目した簡単なパス解

析によって競合可能シナリオの導出が可能となる。

(3) 実験の結果から、実用サービスの競合解析に適用可能であることが分かった。加入パターンによる組合せも考慮することで、競合解析範囲の効率的な絞り込みが行えた。更に、いくつかの新しいサービス競合を発見できた。

もちろん、提案手法がすべての面で優れているわけではなく、現状以下のような限界が存在する。

UCMs の非形式性: UCMs は、記述の自由度が高いシンプルな要求記述法であるが、いわゆる形式手法 (Formal Method) ではない。したがって、数学的・論理的に厳密性が求められるサービスの競合シナリオ解析を行う目的には不向きである。

競合検出の厳密性: 競合可能シナリオをサービス競合の必要条件に基づいて定義しているため、導出されたシナリオ内で必ずしも実際のサービス競合が発生するとは限らない。したがって、サービス競合を厳密に検出するためには、シナリオに従った検証作業 (例えば、テストや形式的検証 (Verification) 等) が必要である。

### 5.2 関連研究

サービス競合に関する研究は過去にも数多くなされている (サーベイ論文 [7], [13], 著書 [11])。サービス競合検出技術は、サービスを形式的にモデル化し、アルゴリズムによって競合を厳密に検出するものである。検出技術に用いられる技術は多岐にわたり、例えば、ルールベース仕様 [12], [21], ペトリネット [17], モデル検査 [10], [23], 時相論理 [4] 等がある。これらの検出法は、サービス競合を厳密に自動検出できる。その反面、サービスのモデル化にスキルを要すること、サービスのある程度の詳細が必要なこと、ユーザ数、サービス数の増加に伴い状態爆発問題が生じるといった問題点が知られている。

競合検出の厳密さをある程度犠牲にして、準最適な検出を狙うアプローチもある。サービスモデルの抽象化を行う手法 [9], ペトリネットの P-Invariant を用いる手法 [17], ルールベース仕様の構造解析 [26] を用いる手法等である。これらの手法も形式的な手法が多く、サービスの抽象度が高い要求段階で直接利用することは難しい。提案手法で得られた競合可能シナリオに基づき、実際に検出を行うプロセスで利用可能であると考える。

要求レベルの競合解析ツールとして、Chisel が提案されている [1]。しかし、Chisel は、並列なシナリオや

動的なシナリオの変化を記述することができない。シナリオの全体像を構造的に解析する目的においては、UCMs が優れているといえる。

競合検出の前処理として競合可能性を粗く見積もるための、サービス競合フィルタリング技術も存在する [6], [14], [15]。また [16] は、UCMs を用いた競合フィルタリング法を提案している。しかし、これらの手法ではサービスの組合せまでしかフィルタリングできず、具体的な競合可能シナリオの導出を行うには至っていない。

UCMs からシナリオを自動生成する手法が提案されている [2]。しかし、この手法では、生成したシナリオを仕様の検証や設計仕様の作成に利用することが述べられており、サービス競合の解析に利用する方法ではない。

## 6. む す び

本論文では、電話サービスを対象として、サービス競合が発生しがちなシナリオを導出する手法を提案した。サービスシナリオの記述には Use Case Maps を用い、付加サービスのシナリオを基本サービスのシナリオにスタブプラグインする手法を採用した。また、3種類の競合可能シナリオを定義し、簡単なパス解析により導出することができた。更に、実際の携帯電話の付加サービスを用いて、評価実験を行った。提案手法により、競合可能シナリオの十分な絞込みが行えること、既知のサービス競合をすべてカバーしたことを確認した。また、いくつかの新たなサービス競合を発見することができた。

今後の課題は、提案法によって得られた競合可能シナリオを開発の下流工程で有効利用する方法や、インクリメンタルなサービス開発に適用するための手法の拡張について検討を行っていきたい。また、モデル検査等の形式検証技術との組合せにより、競合検出の厳密性を向上する手法の研究を行うことも考えている。

謝辞 論文執筆にあたり御相談に乗って頂きました(株)NTT ドコモ関西・モバイルマルチメディアビジネス企画部・山崎克一郎様に深謝致します。また、評価実験を行うにあたり、サービス内容や動作に関して、丁寧に御教授頂きました DoCoMo インフォメーションセンターのオペレータの皆様へ深謝致します。

## 文 献

- [1] A. Aho, S. Gallanger, N. Griffeth, C. Schell, and D. Swayne, "SCF3<sup>TM</sup>/sculptor with chisel:

Requirements engineering for communications services," Proc. Fifth Int'l. Workshop on Feature Interactions and Software Systems (FIW'98), pp.45-63, IOS Press, Sept. 1998.

- [2] D. Amyot, D.Y. Cho, X. He, and Y. He, "Generating scenarios from use case map specifications," Proc. Third International Conference on Quality Software (QSIC2003), pp.108-115, Nov. 2003.
- [3] D. Amyot and A. Eberlein, "An evaluation of scenario notations and construction approaches for telecommunication," Telecommunications Systems J., vol.24, no.1, pp.61-94, 2003.
- [4] J. Blom, R. Bol, and L. Kempe, "Automatic detection of feature interactions in temporal logic," Proc. Third Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems, pp.1-19, IOS Press, 1995.
- [5] R.J.A. Buhr, "Use case maps as architecture entities for complex systems," IEEE Trans. Softw. Eng. Archive, vol.24, no.12, pp.1131-1155, 1998.
- [6] M. Calder, M. Kolberg, E. Magill, D. Marples, and S. Reiff, "Hybrid solutions to the feature interaction problem," Proc. Seventh Int'l. Workshop on Feature Interactions and Software Systems (FIW 2000), pp.187-205, IOS Press, 2003.
- [7] M. Calder, E. Magill, M. Kolberg, and S. Reiff-Marganec, "Feature interaction: A critical review and considered forecast," Comput. Netw., vol.41, no.1, pp.115-141, North-Holland, Jan. 2003.
- [8] E.J. Cameron and H. Veithuisen, "Feature interactions in telecommunications systems," IEEE Commun. Mag., vol.31, no.8, pp.8-23, 1993.
- [9] E.J. Cameron, K. Cheng, F.-J. Lin, H. Liu, and B. Pinheiro, "A formal AIN service creation, feature interactions analysis and management environment: An industrial application," Proc. Fourth Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97), pp.342-346, IOS Press, June 1997.
- [10] A.P. Felty and K.S. Namjoshi, "Feature specification and automated conflict detection," ACM Trans. Softw. Eng. Methodol., vol.12, no.1, pp.3-27, 2003.
- [11] Feature Interaction in Telecommunications, vol.I-VII, IOS Press, 1992-2003.
- [12] Y. Kawarazaki and T. Ohta, "New proposal for feature interaction detection and elimination," Proc. Third Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunications Systems, pp.127-139, IOS Press, 1995.
- [13] D.O. Keck and P.J. Kuehn, "The feature interaction problem in telecommunications systems: A survey," IEEE Trans. Softw. Eng., vol.24, no.10, pp.779-796, 1998.
- [14] K. Kimbler, "Addressing the interaction problem at the enterprise level," Proc. Fourth Int'l. Workshop on

- Feature Interactions in Telecommunications Systems (FIW'97), pp.13–22, IOS Press, June 1997.
- [15] M. Kolberg and E. Magill, “A pragmatic approach to service interaction filtering between call control services,” *Comput. Netw.*, vol.38, no.5, pp.591–602, April 2002.
- [16] M. Nakamura, T. Kikuno, J. Hassine, and L. Logrippo, “Feature interaction filtering with use case maps at requirements stage,” *Proc. Sixth Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems (FIW'00)*, pp.163–178, IOS Press, May 2000.
- [17] M. Nakamura, Y. Kakuda, and T. Kikuno, “Petri net based detection method for non-deterministic feature interactions and its experimental evaluation,” *Proc. IEEE Fourth Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunication Networks and Distributed Systems (FIW'97)*, pp.138–152, IOS Press, June 1997.
- [18] NTT DoCoMo mova サービス一覧,  
[http://www.nttdocomo.co.jp/p\\_s/service/mova/](http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/service/mova/)
- [19] NTT DoCoMo 関西, “ドコモ携帯電話 (mova) ネットワークサービス操作ガイド,” July 2004.
- [20] NTT DoCoMo mova サービス, “ワン切着信拒否機能,”  
[http://www.nttdocomo.co.jp/p\\_s/f/akushitsu.html](http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/f/akushitsu.html)
- [21] T. Ohta and Y. Harada, “Classification, detection and resolution of service interactions in telecommunication services,” in *Feature Interactions in Telecommunications Systems*, ed. L.G. Bouma and H. Velthuisen, pp.60–72, IOS Press, Amsterdam, May 1994.
- [22] T. Ohta and F. Cristian, “Formal definitions of feature interactions in telecommunications software,” *IEICE Trans. Fundamentals*, vol.E81-A, no.4, pp.635–638, April 1998.
- [23] M. Plath and M.D. Ryan, “The feature construct for SMV: Semantics,” *Proc. Sixth Int'l. Workshop on Feature Interactions in Telecommunications and Software Systems*, pp.129–144, IOS Press, May 2000.
- [24] Use Case Maps Web Page,  
<http://www.usecasemaps.org>
- [25] A. Valmari, “The state explosion problem,” *Lectures on Petri Nets I: Basic Models*, vol.1491 of LNCS, pp.429–528, Springer, 1998.
- [26] T. Yoneda and T. Ohta, “A formal approach for definition and detection of feature interactions,” *Proc. Fifth Int'l. Workshop on Feature Interactions and Software Systems (FIW'98)*, pp.165–171, IOS Press, 1998.
- [27] P. Zave, “Feature interactions and formal specifications in telecommunications,” *Computer*, vol.26, no.8, pp.20–30, 1993.

(平成 16 年 11 月 8 日受付)



パッタラ リラーブルット  
(学生員)

平 13 阪大・基礎工・情報卒。平 15 同大学院修士課程了。現在、大阪大学大学院情報科学研究科博士課程在学中。主として、通信サービスとサービス競合に関する研究に従事。IEEE 会員。



中村 匡秀 (正員)

平 7 阪大・基礎工・情報卒。平 9 同大学院博士前期課程了。平 11 同大学院博士後期課程了。同年カナダ・オタワ大学ポストドクフェロー。平 12 阪大サイバーメディアセンター助手。平 14 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助手となり、現在に至る。博士 (工学)。通信ソフトウェア検証, サービス競合, ソフトウェアプロテクション, サービス指向アーキテクチャ等の研究に従事。IEEE 会員。



松本 健一 (正員)

昭 60 阪大・基礎工・情報卒。平元同大学院博士課程中退。同年阪大・基礎工・情報工学科・助手。平 5 奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教授。平 13 同大学教授。工博。収集データに基づくソフトウェア開発, 利用支援, ウェブユーザビリティ, ソフトウェアプロセス等の研究に従事。IEEE, ACM 各会員。



菊野 亨 (正員)

昭 50 阪大大学院博士課程了。工博。同年広島大学工学部講師。同大助教授を経て、昭 62 大阪大学基礎工学部情報工学科助教授。平 2 同大教授。現在、大阪大学大学院情報科学研究科教授, 大阪大学中之島センター・センター長。主にフォールトトレラントシステム, ソフトウェア開発プロセスの定量的評価に関する研究に従事。情報処理学会, ACM, IEEE 各会員。