

早稲田大学審査学位論文
博士（人間科学）
概要書

An Adaptively and Dynamically Reconfigurable Service
Model in Ubiquitous Cloud Environments

ユビキタスクラウド環境における状況に応じて動的再構
築可能なサービスモデル

2012年7月

早稲田大学大学院 人間科学研究科
朱 依水
ZHU, Yishui

研究指導教員： 金 群 教授

ユビキタスクラウド環境では、「サービス」は人間が情報を活用するための最も有望な方法のひとつである。ユビキタスクラウド環境で有効なサービスを実現するためには、解決しなければならない多くの技術的な問題点および非技術的な問題点が存在する。そのような問題点の例としては、ユーザの満足度が低いこと、サービスを提供するコストが高いこと、および、さまざまなサービスをシームレスに融合するのが難しいことが挙げられる。このような問題点を解決するためには、人間的な要素や社会的な側面を考慮した新たなコンピューティングサービスモデルが必要である。

本研究では、そのようなサービスモデルを実現するために、利用者が置かれている状況に応じて動的に再構成可能なサービスモデル (**Adaptively and Dynamically Reconfigurable Service Model**) を提案し、「流れる」サービスモデル (**Flowable Service Model: FSM**) と呼ぶ。FSM は、ネットワーク環境に提供されているさまざまなサービスをシームレスにマッシュアップし、あたかもひとつに統合されているサービスとして、利用者が受け入れやすいかたちでサービスを提供するモデルである。本研究では、さらに、そのような FSM を実現するため、コンテキストアウェアなシステムアーキテクチャおよび、状況に応じて動的にサービスを構成するためのメカニズムを提案した。そして、それらアーキテクチャおよびメカニズムを備えたシステムに関する基盤技術を開発し、シナリオに基づいたシミュレーションによる検証を行った。

本研究で提案している FSM では、19 世紀の心理学者ウィリアム・ジェームズが提唱した利用者の表情変化、本能行動、習慣行動といった 3 つの人間的な要素を考慮している。これにより、サービス提供における情報の提示が、利用者の意識流に沿うようなかたちで行われることを目指している。そのため、FSM を、種々のサービスをシームレスに統合しあたかもひとつに整合されている「流れる」サービスの論理的なストリームとして定義する。これは、柔軟性、ポータビリティおよび相互運用性をもつ水のように、「形がなく滑らかに流れるサービス」というメタファーで表現したものである。このような状況に応じてサービスをすばやく動的に再構成可能なモデルにより、利用者の満足度の向上とサービス提供側のコストの削減を可能となる。

FSM の 2 つの主要な性質として、柔軟さと流動性 (**Flowability**) と構造類似性 (**Constitutional Similarity**) が挙げられる。本研究ではこれらについて考察したうえ、ミンスキーが提唱する人間の情報処理と意識流に沿ったニーズ推測の考えに基づき、ユーザファクターを考慮したサービス提供モデルを構築した。また、FSM モデルに対応した人間の思考メタファーについても考察した。そのような人間のメタファーを考慮した FSM においては、「コンテキスト」を取り入れた概念的構成が重要である。FSM をベースにしたシステムにおけるコンテキストとしては、ヒューマンコンテキスト (生理的、精神的なものなど)、ネイチャーコンテキスト (時間、場所など)、カルチュラルコンテキスト (社会的、集団的なものなど) の 3 つが挙げられる。円滑に正確にサービスを提供するためには、このような各ユーザのコンテキスト情報が不可欠である。これらユーザのコンテキスト情報を利用することにより、コンテキストアウェアなサービス流に基づいた人間中心のフレームワークを実現することができる。

本研究では、サービスモデルを評価する指標を導入し、従来のサービスモデルより FSM モデルの優位性を分析した。そのうえ、**Situated Behaviors Capturing**、**Rule/Contexts Matching** お

よび **Service Synthesizing** という 3つのサブシステムから構成されるコンテキストウェアなシステムアーキテクチャを提示した。そして、サービスおよびワーキングフローを例示したシステムのデザインと実装技術について論じた。FSM を実現するコンテキストウェアなシステムアーキテクチャにおいては、サービスのセレクションプロセスが重要である。そこで、本研究では、合理的なセレクションプロセスを実現するために、サービス候補を適応的に「浮かび上がらせる」メカニズムを新たに提案した。このメカニズムを **Adaptively Emerging Mechanism (AEM)** と呼ぶ。AEM の基本的な考え方は、各種の適用可能なコンテキスト情報に基づいて、サービスを動的にグループ化し、利用者の満足度などのフィードバック情報やサービスのコストを考慮することである。これによって、流れるサービスを構成するサービスの候補を適応的に「浮かび上がらせる」ことが可能になる。これによって、利用者の満足度の向上とサービスコストの削減を実現するのである。本研究では、AEM に関連するアルゴリズムの開発とシナリオに基づいたシミュレーションを行い、提案した FSM と AEM の有効性と有用性を検証した。

本研究では、AEM のセレクションプロセスの合理性を増すことを目的に、シナリオに基づいたシミュレーションを行った。このシミュレーションでは、サービスのコスト、マッチング結果の精度、応答時間、個人的コンテキスト、および社会的コンテキストを取り入れた。そして、フィードバック（利用者の満足度）情報の表現としては、現実に応じた確率分布を導入した。その結果、利用者の満足度の高低とサービスセレクションとの関係が明らかになった。このシミュレーション結果により明らかになった事柄を要約すると以下の通りである。（1）本質的に満足度フィードバックが低い（LOW）ユーザに対する選択プロセスを改善できることがわかった。（2）満足度フィードバックが中ぐらい（MEDIUM）または高い（HIGH）ユーザに対する選択プロセスへのマイナス・インパクトはないことがわかった。（3）サービス選択プロセスに対して、満足度フィードバックの要素が有効であり、これにより選択プロセスの合理性を増強できることがわかった。

本研究は、人間的要素や社会的な側面を考慮した学際的統合アプローチにより、新たなコンピューティングサービスモデル **Flowable Service Model** を提案し、それを実現するためのコンテキストウェアなシステムアーキテクチャおよび、状況に応じて動的にサービスを構成するための **Adaptively Emerging Mechanism** などの基盤技術を研究開発し、シナリオに基づいたシミュレーションによる検証を行ったものである。本研究で提案している FSM および AEM を備えたコンテキストウェアなシステムでは、利用者がシステムやサービスの流れを感知し、それに合わせることなく、システムやサービスが利用者のニーズや状況などのコンテキスト情報や満足度などのフィードバック情報を動的にキャッチし、利用者へ合ったサービスを動的に組み合わせることが可能になる。このようなシステムでは、利用者の意識の流れと思考方式に沿うかたちで情報が提示され、さまざまなサービスを統合したサービスが「滑らかに流れて」提供される。このことにより、従来のサービスモデルでは考慮されていなかった、利用者満足度の向上とサービス提供コストの削減が可能となり、サービスがより人間に利用しやすい方式で提供されることを実現できるのである。