

2012 年 7 月 4 日

博士学位論文審査報告書

大学名	早稲田大学		
研究科名	人間科学研究科		
申請者氏名	朱 依水		
学位の種類	博士（人間科学）		
論文題目	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		
論文審査員	主査 早稲田大学教授	金 群	博士（工学）（日本大学）
	副査 早稲田大学教授	菊池 英明	博士（情報科学）（早稲田大学）
	副査 早稲田大学准教授	尾澤 重知	博士(知識科学)(北陸先端科学技術大学院大)
	副査 早稲田大学教授	西村 昭治	

情報通信技術の急速な発展に伴い、ユビキタス、サービス、クラウドといったコンピューティングパラダイムが提唱され、ユビキタスネットワーク社会が実現されつつ、生活に密着したさまざまな便利なネットワーク情報サービスを提供可能なインフラが整備されている。ネットワーク経由で多くの情報サービスが用意されているが、どうやって必要としている利用者に合ったサービスまたはその組み合わせを、より人間に利用しやすい方式で提供するか、まだ多くの課題が残されている。技術的な問題や課題だけではなく、いかにサービスを受ける利用者の満足度を高めるか、サービスを提供するコストを削減するか、人間的な要素や社会的な側面を考慮したサービスモデルが求められている。

本研究では、ユビキタスネットワーク社会とクラウドコンピューティング環境において、利用者が置かれている状況に応じて動的再構築可能なサービスモデルとして、**Flowable Service Model**（FSM、「流れる」サービスモデル）を提案し、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（**Mash-up**、組み合わせ）し、あたかもひとつに統合されているサービス（**Integral Service**）として、利用者が受け入れやすいかたちで提供する仕組みを研究開発することを目的としている。

本論文は、6つの章からなる。各章で述べられている内容は以下の通りである。

第1章は、序論である。高度情報化社会においてサービスコンピューティングの重要性和課題を示し、それらの課題を解決するには、人間的要素や社会的な側面を十分に考慮した学際的統合アプローチの必要性を論じたうえ、本研究の目的を示している。

第2章では、ユビキタス、サービス、クラウドといったコンピューティングパラダイムの基本概念を説明しながら、サービスコンピューティングの問題点と課題を整理し、分類している。さらに、それらの問題点や課題に取り組む関連研究と、エージェントやコンテキストアウェアなど各種のアプローチをサーベイし、サービスのセレクションやコンポジションにおける課題と最新の動向について述べ、本研究の指針としている。

第3章は、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 **Flowable Service Model (FSM)** の定義と特徴について記述したものである。まず、FSM を提案に至る基本的な考えについて述べている。19世紀の心理学者ウィリアム・ジェームズの研究によると、すべての意識は運動性をもつことである。情動の表出 (**Emotion expression**)、本能 (**Instinct**)、意図的行為 (**Intentional action**) といったいくつかの重要な形式がある。人間の表情や行動などは内在的意識を反映し、そして、意識は時間的に連続し瞬間から瞬間へと変化する。習慣は行動から検知できるが、意識は行動だけでは判断できない。習慣的行動は必要な意識的注意を減ずることである。本研究はこういった考えに基づき、利用者の表情変化、本能行動、習慣行動の3つに分けて、人間的な要素を考慮し、モデルに取り入れている。すなわち、サービスの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めざすのである。次に、**Flowable Service Model (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している。すなわち、柔軟性、ポータビリティおよび相互運用性をもつ、水のようにかたちのない「滑らかに流れる」メタファーである。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築可能なモデルにより、サービス提供側のコストの削減と利用者側の満足度の向上をめざしているのである。さらに、FSM の2つの主要な性質である柔軟さと流動性 (**Flowability**) と構造類似性 (**Constitutional Similarity**) について詳しく論じ、コンテキストを取り入れた FSM の概念的構成を示しながら、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、そのうえ、FSM モデルに対応した人間の思考メタファーについて考察している。

第4章では、第3章で論じた FSM を実現するためのコンテキストアウェアなシステムのアーキテクチャについて論じている。まず、FSM をベースにしたシステムにおけるコンテキストを、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) の3つに分けて考え、コンテキストをキャプチャする手法を検討している。次に、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ている。さらに、提供されるサービスに応じたシステムのレイヤについて論じたうえ、**Situated Behaviors Capturing**、**Rules/Contexts Matching** と **Services 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アウェアなシステムアーキテクチャを提示し、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述べている。

第5章では、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ける重要な一環であるサービスのセレクトシヨンプロセスについて、新たに **Adaptively Emerging Mechanism** (AEM、適応的に「浮かび上がる」メカニズム) という仕組みを提案し、関連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、本研究で提案している FSM と AEM の有効性と有用性を検証している。AEM の基本的な考えは、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により、**Flowable** (「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」ものである。これによって、利用者の満足度の向上とサービスのコスト削減を実現することが可能となる。シナリオに基づいたシミュレーションは、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、社会的コンテキストを取り入れ、フィードバックには現実に則した確率分布を導入している。その結果、利用者の満足度の高低とサービスセレクトシヨンとの関係を明らかにし、サービスセレクトシヨンプロセスにおいて利用者の満足度といったフィードバック要素を考慮されれば、セレクトシヨンプロセスの合理性を増すことが可能である。

第6章は、本論文の結論である。本研究のまとめと今後の研究課題を示している。

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。FSM や AEM を備えたコンテキストウェアな実装システムでは、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、さらに、満足度といったフィードバック情報を動的にキャッチし、利用者に合ったサービスを動的に組み合わせし、利用者の意識流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あたかもひとつに整合されたサービスが「滑らかに流れて」提供される。これ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の満足度を向上させ、サービスを提供するコストを削減することが期待できる。

なお、本論文(一部を含む)が掲載または採録された主な学術論文は以下の通りである。

- [1] Y. Zhu, R.Y. Shtykh and Q. Jin: "A Human-Centric Framework for Context-Aware Flowable Services in Cloud Computing Environments," *Information Sciences* (Elsevier, 2012).
- [2] Y. Zhu and Q. Jin: "An Adaptively Emerging Mechanism for Context-Aware Service Selections Regulated by Feedback Distributions," *Human-centric Computing and Information Sciences* (Springer, to appear).

以上のことに鑑みて、本審査委員会は本論文が博士(人間科学)の学位を授与するに値する学術的な価値を有するものと認める。

以上