（ 続紙 １ ）

京都大学	博士（情報学）	氏名	松本　亮介
論文題目	Webサーバの高集積マルチテナントアーキテクチャに関する研究		

（論文内容の要旨）

本論文は、クラウドサービスやWebホスティングサービスのような、サービスに配置されるWebコンテンツをサービス事業者が管理できないWebサービスにおいて、セキュリティを担保しながらも、性能とハードウェアリソース使用量を最大化するための高集積マルチテナントアーキテクチャに関するものであり、全7章から構成されている。それぞれの章の内容は以下のとおりである。

第1章は緒論である。本研究の背景や目的、高集積マルチテナントアーキテクチャにおけるセキュリティ、運用コスト、性能、および、リソース管理の課題について説明している。

第2章は高集積マルチテナントアーキテクチャにおいて、Webコンテンツをサービス事業者が管理できない場合の、動的コンテンツの実行に関する運用面やセキュリティ上の課題について体系的に整理し、従来研究の課題について述べている。

第3章では、Webホスティングサービスの運用技術とセキュリティに着目し、高集積マルチテナントアーキテクチャを採用した場合の、収容ホスト間での権限分離を行うアクセス制御アーキテクチャと運用技術の課題を整理している。システムに対して大きな運用・管理手法の変更を必要とせず、セキュリティレベルを向上させ、ホストの高集積時にも性能が劣化しないCGI方式のアクセス制御アーキテクチャを提案している。CGI方式においてアクセス制御を適用しない場合と同等の性能を得ている。

第4章では、動的コンテンツの実行方式として、DSO方式に対するアクセス制御アーキテクチャについて述べている。DSO方式に対する従来のアクセス制御アーキテクチャでは、権限分離のためにリクエスト毎にプロセスの破棄が必要なため極めて低い性能となっていたのに対し、Linuxのスレッドと特権機構を利用しスレッド単位で高速に権限分離を行うことにより、アクセス制御を適用していない場合のDSO方式の本来の性能と遜色ない性能で動作することが示されている。

第5章では、Webサービスの高度化に伴い、Webサーバそのものの機能をスクリプト言語で容易に拡張でき、性能も劣化しない機能拡張支援機構について述べている。Webサーバプロセスに対してインタプリタを最適に組み込むアーキテクチャについて論じており、提案する方式が高速かつ安全に動作することが示されている。

第6章では、高集積マルチテナントアーキテクチャにおけるホスト間でのリソース管理について、HTTPリクエスト単位で仮想的にハードウェアリソースを割り当てるアーキテクチャについて述べられている。HTTPリクエストの様々なパラメータを利用してプログラマブルにリソース制御が行うことも可能であり、適切にリクエスト単位でリソース制御できることが示されている。

第7章では、結論として、Webサーバの高集積マルチテナントアーキテクチャにおける運用技術、セキュリティ、性能、リソース管理を考慮した最適なアーキテクチャに関する研究を総括し、今後の展望について述べている。

注）論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は１頁を３８字×３６行で作成し、合わせて、３，０００字を標準とすること。
論文内容の要旨を英語で記入する場合は、４００～１，１００wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語５００～２，０００字程度で作成すること。

（続紙　２　）

（論文審査の結果の要旨）

本論文は、Webホスティングサービスのようなサービス事業者がサービス利用者のWebコンテンツを管理できない状況において、収容ホスト数が増大しても、セキュリティを担保しながらも性能とハードウェアリソース効率を最大化し、Webサーバの機能拡張を容易にすることにより、サービス事業者の観点から運用に耐えうる高集積マルチテナントアーキテクチャについて論じている。本論文の特徴的な点は以下のとおりである。

Webサーバのセキュリティと性能に関しては、従来のシステム仕様を大きく変更することなく、Webサーバの動的コンテンツを実行する方式であるCGI方式とDSO方式に対して、それぞれの方式の特徴を活かすアクセス制御アーキテクチャについて述べている。CGI方式では、Webサーバのアクセス制御に必要なオーナ情報を、HTTPリクエスト時に実行ファイルのオーナ情報から動的に取得する方式を提案し、収容ホスト数に依存して読み込み設定データが肥大化せず、Webサーバプロセスのメモリ使用量が増大しないため、性能が劣化しないことを示している。DSO方式については、一時的にスレッド単位で権限分離を行うことにより、アクセス制御を適用しないDSO方式の本来の性能に遜色ないアクセス制御アーキテクチャであることを示している。

Webサーバの機能拡張に関しては、Webサービスの高度化に伴い、Webサーバの設定だけでなくWebサーバ機能を容易に拡張したいという要求があったが、従来のスクリプト言語による機能拡張は、性能と安全性に問題があった。本研究では、組み込みスクリプト言語mrubyを対象に、Webサーバ用途に最適なインタプリタ組み込みのアーキテクチャについて論じている。組み込まれたインタプリタにおいてHTTPリクエスト処理の性能を低下させず同時に安全性を担保するために、複数のHTTPリクエストで単一のインタプリタを共有し、安全性の問題となるグローバル変数やバイトコードのみをリクエスト毎にインタプリタから解放するようにしている。また、Webサーバプロセスが起動中に拡張機能を変更する必要がない場合は、より高速に動作させるためにWebサーバプロセス起動時にスクリプトのコンパイルを行うようにしている。このアーキテクチャにより、Webサーバ処理においては、C言語による拡張に遜色ない程度の性能を示している。

Webサーバのリソース管理に関しては、HTTPリクエスト単位でハードウェアリソースを仮想的に割り当てるアーキテクチャによって、従来よりも粒度の細かい制御を高い精度で可能にしている。また、Webサービスの高度化に伴い、制御記述も複雑になることを想定し、制御記法をプログラマブルに記述可能にしており、適切にリクエスト単位でリソース制御できることが示されている。

このように本研究は、Webサーバの高集積マルチテナントアーキテクチャにおいて、相互に関連の深い、Webサーバのセキュリティ、性能、リソース管理、機能拡張における複雑な課題を体系的に整理した上で、それぞれの課題を解決するために新しいアーキテクチャを提案しており、事業者に新たな負担をかけることなく実運用可能なレベルで導入可能なソフトウェアとして実装し公開している点に意義がある。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値があるものと認める。

また、平成２９年４月２５日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果、合格と認めた。

注）論文審査の結果の要旨の結句には、学位論文の審査についての認定を明記すること。
更に、試問の結果の要旨（例えば「平成　年　月　日論文内容とそれに関連した口頭試問を行った結果合格と認めた。」）を付け加えること。

Webでの即日公開を希望しない場合は、以下に公開可能とする日付を記入すること。
要旨公開可能日：　　年　　月　　日以降