

令和 3 年 4 月 27 日現在

機関番号：33917

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00110

研究課題名（和文）開発と運用の密連携を実現するアプリケーションサービス保守開発支援に関する研究

研究課題名（英文）Supporting of application service development and maintenance aiming of which the development and the operation can work closely together

研究代表者

名倉 正剛（Nagura, Masataka）

南山大学・理工学部・准教授

研究者番号：70457141

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：アプリケーションサービスの運用フェーズで発生した問題に対応するための各種方法を提案した。まずシステム障害対処の際の運用担当者の原因特定手順を支援する方式を提案した。そして、アプリケーションを構成するソフトウェアのテストを実施する際に、効果的なテストケースを補完する手法を提案した。また、障害事例サイトから障害事例を自動収集する仕組みを確立し、それによって収集した障害事例について、原因と観測事象をパターン化し、障害原因を推定する手法の流れを明確化した。さらに、アプリケーション開発において障害を発生しやすい状況の存在を、開発データから得られた知見を基に改善方法とともに提示する方式を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アプリケーションサービスの運用状況をもとに障害が発生した際の原因特定や、障害回避の目的でサービスの構成を改善するためのリファクタリング作業を支援する方法や、障害に対して原因を特定し対策を実施した後のテストに必要なテストケースを補完する方法を確立する点が、本研究の学術的な意義である。そしてアプリケーションサービスの保守開発や運用にかかるコストを、より省力化できるような方策を提案したことが、本研究成果による社会的意義である。

研究成果の概要（英文）：We proposed various methods for coping with problems occurred in operation phase of application services. First, we proposed a supporting method for operators' troubleshooting instructions by web search assistance. Second, we proposed complementation method of test cases for software testing. And then, we developed automatically collecting framework which collect accident case from major question and answer sites for professional and enthusiast programmers/administrators. We made patterns of the relations between root cause and occurred events about accident case collected using this framework, clarified the procedures for estimating the root cause. Furthermore, we proposed a method to present the existence of situations which occur the problems easily in the application service development using the knowledge getting from development data.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア保守 リファクタリング 開発データ分析 運用ログ分析

1. 研究開始当初の背景

アプリケーションサービスの規模が拡大しており、同時にシステム更新サイクルの短縮化やリリースの短納期化による開発期間短縮とコスト削減も求められる状況下で、開発者と運用担当者が連携して開発を実施する方法として DevOps がある。しかし、運用フェーズにより想定外の状況により障害が発生するような場合に、障害に対応するための保守作業を支援しない。アプリケーションの設計自体の問題による障害発生を考慮すると、アプリケーションレベルの保守のための開発作業が必要になる。真の意味での開発と運用の密連携のためには、サービス開始後の運用作業と保守に必要な開発作業を一括して支援する仕組みが必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、アプリケーションサービス開発と運用の密連携を実現することで、保守開発コストを削減する開発手法を確立することである。本研究課題開始時点での研究目的において、これを遂行する上での主要な課題を次のように設定していた。

- A) サービス開始後の運用フェーズで発生した問題に対する、アプリケーションレベル細粒度での原因特定手法の確立と、問題回避のための構成変更自動化技術の確立。
- B) 発生した問題事象の解消を確認するための、運用状況に従ったテストケース自動生成手法の確立、および問題事象解消の確認のために効果的なテストケースを選択する手法の確立。
- C) 問題事象として特定された原因と、回避方法およびテストケースの一般化による、運用状況改善のための知識ベースの構築。
- D) 将来的な障害発生防止のためのクラウドアプリケーションのリファクタリング技術の確立。

3. 研究の方法

研究の目的で挙げた各項目について、以下の方法によって達成した。

- A) まず、システム障害対処の際に運用担当者がどのような手順で原因特定を実施するかを調査する。そしてその手順を支援するための方式を提案する。
- B) 運用状況に従ってテストケースを生成する際に、生成すべきテストケースや選択すべきテストケースを明らかにし、必要なテストケースを追加的に生成する手法を検討する。
- C) 障害事例を自動収集する仕組みを確立し、その仕組みを利用して障害の発生パターンを分類し、パターンに応じた対処方法を検討する。
- D) アプリケーションにおいて障害を発生しやすい状況を発見し、リファクタリング方法とともに提示する方式を検討する。

4. 研究成果

研究の方法で述べた各項目について実施した成果を報告する。各項目番号はそれぞれ前述の各項目に対応する。

A) システム障害対処の際の Web 検索を支援する手法の提案

まず OSS で構成されたシステムに対するシステム障害対処の手順を調査したところ、多くの運用担当者は Web で情報収集していることと、その際に障害事象を基に検索語を指定していることが分かった。

また一回の検索の結果として得られた上位候補では障害対処のための解決方法の導出まで結びつかず、多くの場合は原因を絞り込むために複数回の検索を実施していることが分かった。そこで運用担当者が望む情報に関連する特徴語を検出結果から抽出することで、複数回検索を実施する際に効率の良い Web 検索を実現する手法を提案した(図 1)。

具体的には検索結果をあらわす特徴語から、ユーザである運用担当者が自分の検索意図に関連するかを指定することで、次の検索にその特徴語をフィードバックさせる手法である。

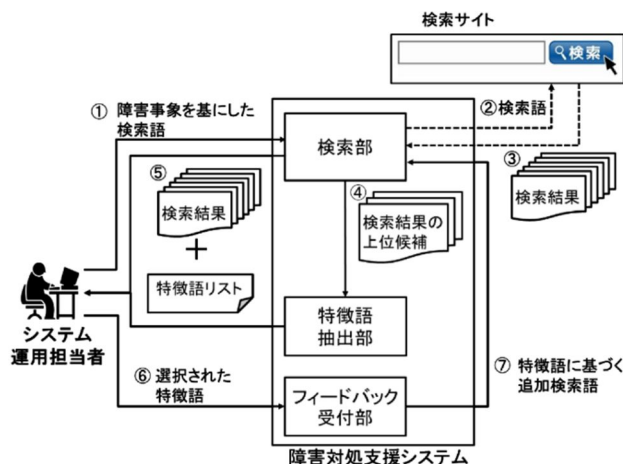


図 1 Web 検索支援手法の処理の流れ

B) テストケース生成手法の提案

障害原因を特定するために、フォルトローカイゼーションに関する研究が多く行われている。これらの研究によりある程度障害原因を特定できるものの、運用中システムに対する障害を対象にすると事前にテストケースをすべて取り揃えられる状況ではないことに起因して、障害原因の特定精度が低くなるという問題がある。そこで既存のフォルトローカイゼーション手法の精度を向上させるために、精度が低くなる原因のテストケースを排除し、逆に精度を向上させるテストケースを追加する手法を提案した。

C) 障害対処事例収集方法の検討と運用中障害発生事例の調査

まず既存の障害事例を、障害事例報告サイト（Stack Overflow など）から自動的に収集する仕組みを確立した。そして、サーバサイドアプリケーションの一般的な構成である LAMP のソフトウェアスタックに対して発生する障害事例を約 2,500 件収集し、収集した事例を分類した。この事例には障害の解決に全く関係しない事例も含まれたが、問題発生時の原因特定方法に対する手順を導出する質問を含む事例や、パフォーマンスに関する障害が発生した際のベストプラクティスを含む事例も存在した。それらの事例を、原因事象に合わせて LAMP の各レイヤに分類し、それぞれの事象を再現させることにより、障害の発生によりどのような現象が観測され、その現象をどのように分析するかを整理した。

まず障害発生に対して観測される事象と原因の関係を整理し、障害発生時にログファイル等に観測される現象が、どの原因でどのように現れるかをパターン化した。そのうえで、パ

ターンごとの対処の手順も同様に整理して分類した（図 2）。

またこの図で原因推定に利用するサイズ変化による分析やベースライン分析の一例として、IoT デバイスを利用したアプリケーションシステムを対象に、リソースコントロールに関する見積り手法を提案した。

D) アプリケーションにおいて障害を発生しやすい状況の調査とリファクタリング支援方式の提案

まず、アプリケーションにおいて障害を発生しやすい（不具合を埋め込みやすい）状況の調査を行った。調査結果として 2 種類の事実を発見した。1 つはコードの書き方に関する取り決めであるコーディング規約を遵守しないコードを基にしたアプリケーションは障害を発生しやすいということ、そしてもう 1 つは必ず実装されるような機能を実装しない場合には障害を発生しやすいということである。前者についてはアプリケーションサービス全体のソースコードを対象にするために、特にドメインを特化せずにオープンソースソフトウェアのリポジトリを解析することにより明らかにした。そして後者については、クライアントサイドのアプリケーションでユーザインタフェースを伴う場合にリリース間隔が一般的に短く、振る舞いの確認が十分でなく機能が欠落することがあるということが先行研究で明らかにされていたので、そのようなアプリケーションで障害を発生しやすいと考え、Android 端末等の比較的クライアントとしての利用機会が多く、利用者数やユースケースも多い端末で利用されるオープンソースソフトウェアのアプリケーションのリポジトリを解析することで明らかにした。

そのうえで、まず前者に基づきコーディング規約に対する違反量を利用し、障害を発生するようなソフトウェア変更を行っているかどうかを予測する手法を提案した。この手法では違反することで障害を発生しやすいコーディング規約を学習し、ソフトウェア変更した場合に障害を起こしやすいかどうかを予測し、リファクタリングを行うべき箇所として提示する。また後者に基づきアプリケーション実装時に実装されるべき機能を実装していない場合にリファクタリングすべき箇所として提示する方法を検討した。

さらにこれらとは別の方法として、機能的に似たようなコードがアプリケーション中に散在することにより保守性を低下させその結果が障害を発生させるという状況も、過去に実施した調査により把握しており、この状況に対応するためのリファクタリングすべき類似コードの検出方法についても提案した。

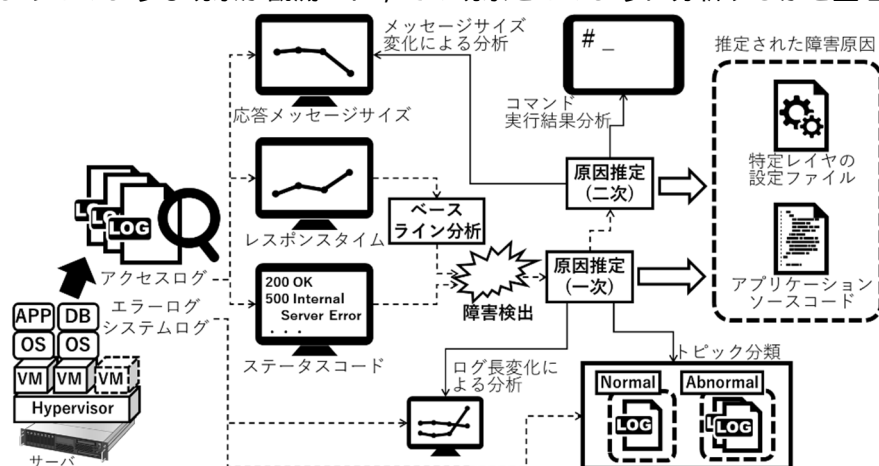


図 2 障害原因推定の流れ

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 名倉正剛, 田口健介, 高田眞吾	4. 巻 61
2. 論文標題 コーディング規約違反メトリクスに基づきソフトウェア変更に対して不具合混入を予測する手法	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 895-907
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20729/00204241	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 名倉正剛, 田口健介, 高田眞吾
2. 発表標題 コーディング規約違反メトリクスに基づくソフトウェア変更に対する不具合予測手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 機能的類似コード検出手法に対する実開発データを利用した評価に関する一考察
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第26回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ (FOSE2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本真, 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 コーディング規約違反メトリクスに基づくソフトウェア不具合予測手法の予測性能向上
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 謝佳智, 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 フォルトローカライゼーションの精度向上に関する研究
3. 学会等名 情報処理学会第82回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田口健介, 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 ソフトウェア変更時のコーディング規約違反と不具合の共起傾向の調査
3. 学会等名 情報処理学会ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 LAMPを対象にした運用中障害発生事例の調査
3. 学会等名 情報処理学会第200回ソフトウェア工学研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Sekizawa, T. Mikoshi, M. Nagura, R. Watanabe, Q. Chen
2. 発表標題 Probabilistic Position Estimation and Model Checking for Resource-Constrained IoT Devices
3. 学会等名 27th International Conference on Computer Communication and Networks (ICCCN) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 薄井駿, 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 既存Androidアプリケーションの実装状況に基づいた実装すべきメソッドの提示手法
3. 学会等名 日本ソフトウェア科学会第 34 回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 西澤玄, 名倉正剛, 高田眞吾
2. 発表標題 システム障害対処のためのweb検索支援手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会第80回全国大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	高田 眞吾  (Takada Shingo)  (60273843)	慶應義塾大学・理工学部(矢上)・教授    (32612)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------