

令和元年6月19日現在

機関番号：34425

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26330093

研究課題名(和文) インフラとソフトを融合したシステムアーキテクチャメトリクスの提案と計測環境の構築

研究課題名(英文) System architecture metrics integrating infrastructure and software

研究代表者

花川 典子 (Hanakawa, Noriko)

阪南大学・経営情報学部・教授

研究者番号：60351673

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：コンピュータシステムのインフラストラクチャとソフトウェアをシームレスに障害を特定するためのシステムアーキテクチャメトリクスを提案し、本メトリクスを使ったツール群を装備するシステム環境を構築し、実践的なプロジェクトにて検証した。

まず、インフラストラクチャのネットワーク設計書等を利用してインフラの品質を示すメトリクスを提案し検証した。次にソフトとインフラの品質を融合して計測するためのシステムメトリクスを提案した。同時に本メトリクスの有効な開発工程の範囲を決めた。本メトリクスを取り入れたシステム環境と障害特定モデルを構築し、実際のプロジェクトで発生した障害の原因箇所を特定することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代の大規模なコンピュータシステムの重要さはますます大きくなっている。障害が起きた時は社会は混乱し、世界経済に影響を及ぼすこともある。大規模システムはインフラとソフトが互いに影響しあって障害が発生するケースが多い。障害は早急な原因特定と修正が必要となるが、インフラストラクチャとソフトウェアの技術的、産業的な分断が早急な対応を妨げている。分断されているインフラとソフトの技術者たちはシームレスに障害原因を特定することが困難である。そこで、提案したメトリクスやツール群や環境を利用すると、インフラとソフトの区別なく障害原因箇所を特定でき、障害発生による社会への影響を最小限にすることができる。

研究成果の概要(英文)：System architecture metrics were proposed in order to detect system faults' causes seamlessly between infrastructure and software. After tools and environments including the metrics were achieved, the usefulness of the metrics was evaluated in real projects.

At first, infrastructure metrics were proposed using network design documents. Next, integrated metrics between software and infrastructure were built and evaluated in real projects. After that, the faults' causes detection model was built. The tools and environments including the proposed metrics and the model were evaluated in detecting real system faults' causes.

研究分野：ソフトウェア工学

キーワード：ソフトウェア インフラストラクチャ 障害 メトリクス ログトレース リプレイヤ 実践的

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、社会に深刻な影響を与えるコンピュータシステムの障害原因は、ソフトウェアよりもネットワーク機器等のインフラストラクチャ（以降、インフラとする）構築の設定ミスに起因することが多い。2012年1月から6月までの新聞紙上で報道された社会的に深刻な影響のあったシステム障害は14件であり、そのうちインフラ機器の設定ミス起因の障害が7件、純粋なハードウェア故障が4件、電源障害が2件、純粋なソフトウェア不良は1件であった。最も多いインフラ機器の人的設定ミスによる障害は近年増加の傾向にあり、ネットワーク機器やサーバ機器の高性能化、高機能化、ネットワーク規模の拡大によって、論理的物理的設定項目数の増加とそれらの依存関係が複雑化したことに起因する。その結果、従来のソフト不良やハードの物理的故障のみならず、インフラ構築の人的設定ミスを未然に防ぐ必要が生じた。同時に大規模で複雑なシステムは、インフラとソフトがお互いに影響して障害原因の特定がますます困難となっている。運用稼働時に障害が発生した時、早期の原因特定や修正が難しくなっている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、コンピュータシステムのインフラストラクチャとソフトウェアの特徴を融合した新しいシステムアーキテクチャメトリクスを提案し、自動計測する開発環境を提供することで、ソフトウェアのみならずインフラストラクチャの人的ミスによる致命的なシステム障害発生を未然に防ぐことである。さらに、運用中に障害が発生した時にインフラストラクチャとソフトウェアをシームレスに調査し、早急に原因を特定し、システムダウンによる社会的影響を少しでも少なくすることである。

3. 研究の方法

まず、インフラストラクチャの品質を計測するメトリクスをネットワーク設計書等のドキュメントを使って提案する。図1に示すネットワーク設計書類の項目から規模と複雑さを計測するメトリクスを提案する。デザインシートの項目数とデザインシート間の関連性、その複雑さを3つの目とメトリクスとし、その関係を明らかにした（図2参照）。

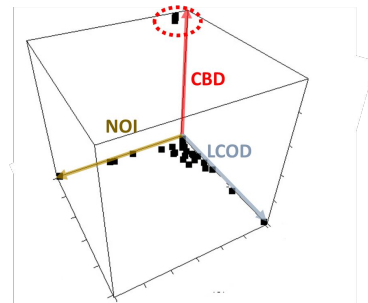
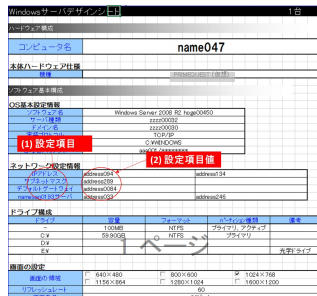


図1 ネットワーク設計書の項目 図2 インフラの3つのメトリクスの関係図

次に、インフラストラクチャのメトリクスと従来のソフトウェアメトリクスを融合した新しいシステムメトリクスを提案し、インフラとソフトを統合的に品質管理することを可能とする。さらに、本メトリクスを組み込んだログトレースツールやリプレイヤツールを開発し（図3に設計の一部を示す）、それをシステム上で利用できる環境を構築する。本環境上で構築されたシステムに障害が発生した時、ツール群を使って障害原因箇所を早急に特定する。同時に障害モデルを構築し、メトリクス値の特徴による障害が発生しやすい箇所をインフラとソフトの区別なく予測できるシステム環境である。

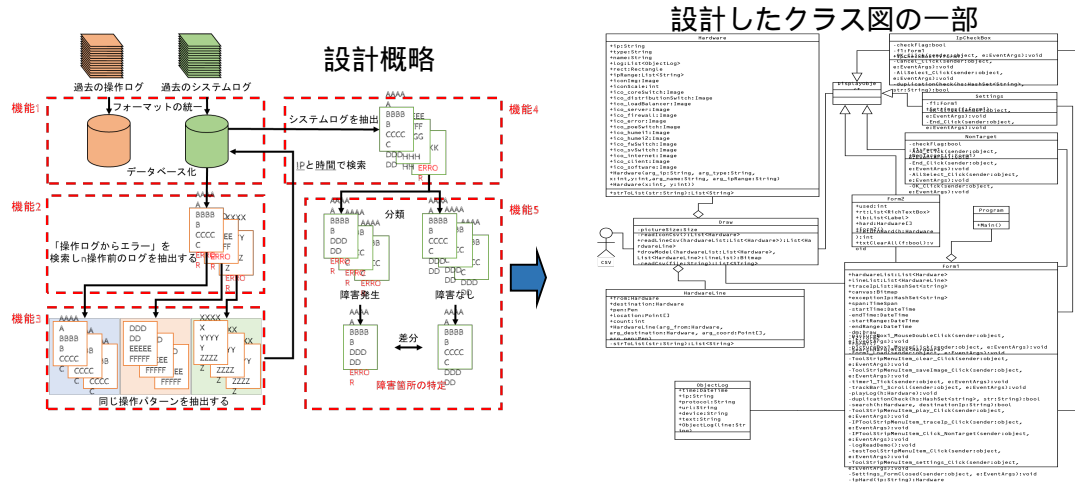


図3 提案メトリクスを組み込んだツール群を含むシステム環境の設計

#### 4. 研究成果

インフラストラクチャのメトリクスをネットワーク設計書を基に提案した。さらに、インフラとソフトのそれぞれの特徴に基づいたシステムメトリクスを提案した。これらのメトリクスを取り込んだログトレースツールとリプレイヤツール、それらのツール群が稼働する環境を構築した(図4参照)。

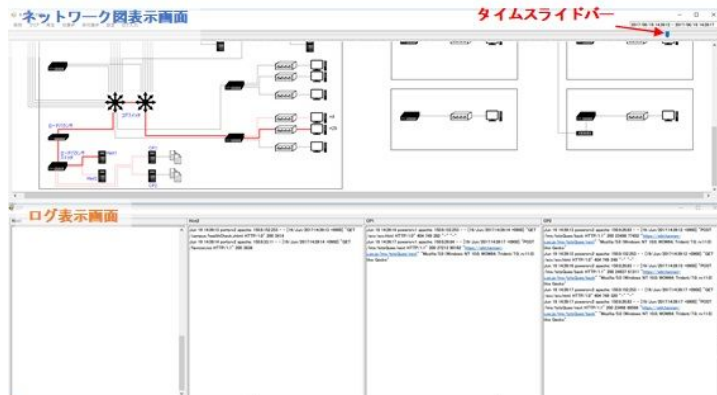


図4 実装したシステム環境のリプレイヤとログトレースのツールの画面イメージ

その環境上でシステム運用中に障害が発生した場合に、障害原因箇所をインフラとソフトの区別なくシームレスに調査することが可能となり、早急な原因特定と修正が可能となった。本環境上で複数のシステム開発プロジェクトで検証した結果、一部の障害の原因を特定することができた。検証では、実際の運用稼働中のシステムにおいて発生した数件のシステム障害を対象とした。これらの障害は開発者たちの早急な対応にもかかわらず、原因の特定が困難な障害であった。本システム環境のツール群を適用した結果、障害発生箇所の特定の重要な情報を提供することができた。図5に示すようにWebアプリケーションのリクエスト中にセットされるセッションIDの誤りが原因であった。ツール群を含む本システム環境では図6のように原因箇所を示唆する情報を自動的に提供することができた。

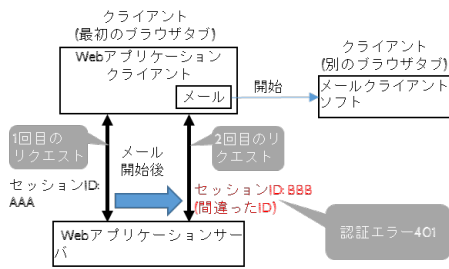


図5 検証の対象とした障害の原因

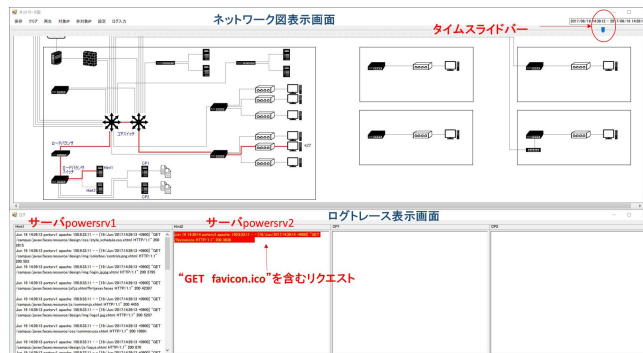


図6 ツール上に表示された原因箇所

同時に図7に示すように障害の根本原因となるリクエストとそれを指示したサーバをテキストログデータで具体的に示すことができた。図7の障害ケースは明らかにリクエスト先のサーバ名が誤っており、誤ったサーバを指定したインフラ(本ケースでは負荷分散装置)の設定ミスであることを示唆する重要な情報を提供した。これによって開発者たちは早期に負荷分散装置の設定ミスに気づき、修正することができた。

System log (normal case)

```
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:09 +0900] GET /ims/img/pc/icon/all/open.png HTTP/1.1 200
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:09 +0900] POST /ims/corsCol.invokeLoad HTTP/1.1 200
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:09 +0900] GET /favicon.ico HTTP/1.1 200
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:10 +0900] GET /ims/img/pc/icon/arrow/open.png HTTP/1.1 200
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:12 +0900] POST /ims/corsCol.invokeLoad HTTP/1.1 200
Jun 19 14:30:00 powersrv2 apache: 150.9.26.121 - [19/Jun/2017:14:30:12 +0900] GET /ims/css/cs/report/fulcos HTTP/1.1 200
```

Same server

System log (fault case)

```
Jun 19 14:37:24 powersrv1 powersrv1: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /ims/js/lib/templ/UI/modules/infragistics.uti
Jun 19 14:37:24 powersrv1 powersrv1: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /ims/img/pc/icon/system/open.png HTTP/1.1 200
Jun 19 14:37:24 powersrv1 powersrv1: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] POST /ims/corsCol.invokeLoad HTTP/1.1 200
Jun 19 14:37:24 powersrv1 powersrv1: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /favicon.ico HTTP/1.1 200
Jun 19 14:37:24 powersrv1 powersrv1: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /ims/img/pc/icon/arrow/open.png HTTP/1.1 200
Jun 19 14:37:24 powersrv2 powersrv2: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /ims/img/pc/icon/arrow/open.png HTTP/1.1 200
Jun 19 14:37:24 powersrv2 powersrv2: 150.9.26.81 - [19/Jun/2017:14:37:24 +0900] GET /ims/css/cs/report/fulcos HTTP/1.1 200
```

Different server "GET favicon.ico" request

図7 本システム環境で障害原因箇所の示唆した具体例

このように本環境上で提案メトリクスを含む障害特定モデルを使い、ログを収集し、さらに障害発生時にログを使って障害をリプレイやログトレースをすることで、障害原因箇所を早期に特定すると同時に、障害特定モデルが今後障害が発生する可能性が高いソフトやインフラの箇所を限られた範囲内では特定することができた。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 12 件)

(1) Masaki Obana, Noriko Hanakawa, Process evaluation based on meeting quality of requirement analysis phase in software development projects, International Journal of Software Engineering and Applications, Vol.7, No.10, Sep. 2014, PP. 828-843.

DOI: 10.4236/jsea.2014.710075

<https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=49626>

(2) 尾花将輝, 花川典子, ソフトウェアメトリクスアプローチに基づくコンピュータシステムのインフラストラクチャ品質の検証, ソフトウェアエンジニアリングシンポジウム 2014 (SES2014), pp137-pp142, 2014年9月.

[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?action=pages\\_view\\_main&active\\_action=repository\\_action\\_common\\_download&item\\_id=102863&item\\_no=1&attribute\\_id=1&file\\_no=1&page\\_id=13&block\\_id=8](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?action=pages_view_main&active_action=repository_action_common_download&item_id=102863&item_no=1&attribute_id=1&file_no=1&page_id=13&block_id=8)

(3) Noriko Hanakawa Masaki Obana, "A Comparison between School Life Activities and GPAs under a New Educational E-portfolio System in University", The proceeding of The European Conference on Education 2015, June 2015, pp.461 - 469 .

<http://iafor.org/archives/conference-programmes/ece/ece-programme-2015.pdf>

(4) Noriko Hanakawa, Masaki Obana, "An Analysis of educational Big Data in University using Mobile e-Portfolio System with Smart Concierge", Proceedings of The Seventh International Conference on Emerging Networks and Systems Intelligence, July, 2015, pp.13--18.

[https://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=emerging\\_2015\\_1\\_30\\_5\\_0034](https://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=emerging_2015_1_30_5_0034)

(5) Noriko Hanakawa, "Contest Based Learning with Blending Software Engineering and Business Management", Proceedings of 37th International Conference of Software Engineering, Vol.2, May. 2015, pp.360-359.

DOI: 10.1109/ICSE.2015.340

<https://ieeexplore.ieee.org/document/7202986>

(6) 尾花将輝, 花川典子, ネットワーク設計書を用いたインフラ品質のためのシステムメトリクスの提案, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.10, pp2272-2283, Oct. 2016 .

[https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?active\\_action=repository\\_view\\_main\\_item\\_detail&page\\_id=13&block\\_id=8&item\\_id=175057&item\\_no=1](https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=8&item_id=175057&item_no=1)

(7) Noriko Hanakawa, Masaki Obana, "SOFTWARE DEVELOPMENT BUSINESS MODEL FOR UPPERMOST PROCESS WITH COMPETITIVE BIDDING", Seventh International Symposium on Business Modeling and Software Design, July 2017, pp.173-179.

DOI 10.5220/0006528600000000

<https://pdfs.semanticscholar.org/8acd/4e4645f7577471b5197951dffcbf42cae7ac.pdf>

(8) Noriko Hanakawa, Masaki Obana, "A Proposal for Resolving the Computer System Failures with Infrastructure Problems and Software Problems", 2018 International Conference on Software Engineering and Information Management (ICSIM 2018), Jan. 2018, pp. 45-50 .

DOI 10.1145/3178461.3178470

<https://dl.acm.org/citation.cfm?doid=3178461.3178470>

(9) N. Hanakawa, M. Obana, "A LOG-BASED TRACE AND REPLAY TOOL INTEGRATING SOFTWARE AND INFRASTRUCTURE", The International Journal of Software Engineering & Applications, Vol.9, No.4, pp1-19, July 2018.

DOI 10.5121/ijsea.2018.9401

(10) Noriko Hanakawa and Masaki Obana, “ A Computer System Quality metric for Infrastructure with Configuration Files ’ Changes ”, 2019 International Conference on Software Engineering and Information Management (ICSIM 2019), B1-0019, Jan. 2019 .  
<https://dl.acm.org/citation.cfm?id=3305168>

(11) Noriko Hanakawa and Masaki Obana, “ Software and Infrastructure Log-Based Framework for Identifying the Causes of System Faults ”, the 25th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC2018), Dec. 2018, pp.608-pp.617.  
<http://www.apsec2018.org/accepted-papers/>

(12) Noriko Hanakawa and Masaki Obana, “ Process metrics for system quality with specifications' shifts from a bid phase to an operation phase ”, the 30th International Conference on Software Engineering & Knowledge Engineering (SEKE2018), Jul, 2018, pp.687-690.  
DOI 10.18293/SEKE2018-028  
<https://ksiresearchorg.ipage.com/seke/seke18pgm.html>

〔学会発表〕(計3件)

- (1)花川典子, 障害起因箇所特定のためのログトレース・リプレイツールの開発の試み, ソフトウェア学会主催第24回ソフトウェア工学の基礎ワークショップ, 2017.
- (2)Noriko Hanakawa, “ A Proposal for Resolving the Computer System Failures with Infrastructure Problems and Software Problems ”, the 2018 International conference on Software Engineering and Information Technology, 2017.
- (3) Noriko Hanakawa, “ SOFTWARE DEVELOPMENT BUSINESS MODEL FOR UPPERMOST PROCESS WITH COMPETITIVE BIDDING ”, Seventh International Symposium on Business Modeling and Software Design, July 2017.

〔図書〕(計1件)

- (1) 花川典子 尾花将輝(編), ソフトウェア工学の基礎 XXI, 近代科学者, 2014年, 総ページ数 292

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 尾花将輝

ローマ字氏名: OBANA MASAKI

所属研究機関名: 大阪工業大学

部局名: 情報科学部

職名: 助教

研究者番号(8桁): 00710071

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。