

「情報システム運用時の定量的信頼性向上方法」 に関する調査報告書

平成 27 年 4 月 16 日



独立行政法人 情報処理推進機構
Information-technology Promotion Agency, Japan

目次

1. はじめに.....	1
1.1. 調査の背景と目的.....	1
1.2. 調査の内容と作業概要.....	1
1.3. 調査報告書の構成.....	2
2. ITシステム運用を取り巻く環境.....	2
2.1. 社会インフラとしてのITシステム.....	3
2.2. ソフトウェアの巨大化・複雑化と開発・運用.....	3
2.3. クラウドと運用.....	4
2.4. 運用コストの増大.....	5
2.5. 運用に起因する障害.....	5
2.6. ITシステム運用体制とビジネス.....	6
3. 運用プロセスと標準の動向.....	7
3.1. ITIL.....	8
3.2. ISO20000.....	9
3.3. その他の動き.....	10
4. 運用時の定量的指標事例.....	11
4.1. ITILに基づいた指標.....	11
4.2. SLAと運用時の定量的指標.....	12
4.3. 運用時の指標事例.....	16
5. システム運用の信頼性向上ツールと研究事例.....	19
5.1. 運用支援ツール.....	19
5.2. 障害予兆検出ツール.....	20
5.3. 障害予兆研究事例.....	22
5.4. 運用支援ツールの動向.....	24
6. 運用の実態調査.....	25
6.1. 実態調査作業の概要.....	25
6.2. 運用プロセス.....	26
6.3. 運用指標.....	29
6.4. 運用支援及び障害予兆ツールの活用.....	31
6.5. 運用における人材育成.....	32
6.6. 公的機関などへの要望.....	32
7. 運用時の定量的信頼性向上の現状分析と課題.....	33
7.1. 運用時の信頼性の考え方.....	33
7.2. 信頼性向上と計測指標.....	34

7.3. 運用時の定量的信頼性向上.....	35
7.4. 開発と運用を統合した信頼性向上.....	36
7.5. 公的機関などの取組みが期待される課題（案）	38
8. まとめ.....	40
参考文献・資料	42
付録. 調査スケジュール表	44

1. はじめに

1.1. 調査の背景と目的

現代の社会では情報関連技術を使って統合された IT システムは様々な用途で使われている。前世紀後半には情報技術が飛躍的に進歩し、IT システムはオフィスの生産性向上や個人のデスクワークの生産性向上になくてはならない道具になってきた。今世紀に入り IT システムは、生産性向上だけではなく国民生活や社会経済活動を支えるインフラとして無くてはならない存在になっている。半導体など情報技術の進展に伴い IT システムの機能の多くをソフトウェアが担うようになり、IT システムによってより複雑で高度なシステムを構築して質の高い柔軟なサービスを実現することが可能になった。

このように社会インフラを支えるまでになってきた IT システムであるが、その信頼性向上のためには構築時だけではなく運用時の取組みも重要である。システム構築時についてはかなり前から定量的管理の手法等がまとめられ、事例収集の実績も多い。しかし、運用時についてはこれまで十分整理されてきていない。そこで本調査では、運用時の信頼性向上に対する取組みの現状を明らかにし、その課題を見出すことを目的とする。

1.2. 調査の内容と作業概要

システム構築に関しては、そのプロセスが詳細に定義された「共通フレーム 2013」[IPA/SEC, 2013a]が広く活用されており、また、多くの開発に関する定量データが収集分析され「ソフトウェア開発データ白書 2014-2015」[IPA/SEC, 2014]にまとめられているなど、すでに体系的に定量的手法が取り入れられている。本調査は、図 1 にまとめたように、今までシステム構築に関して様々な角度から検討され標準として広く使われているプロセスとそれに対応した指標や技術を、運用時の同様の要素と対比させて検討することから開始した。

	開発管理(システム構築)	運用管理(システム運用)
定量的管理	定量的開発管理あり	定量的運用管理？
目的	目的:開発プロセスの改善 効果:リスクの早期発見 ・プロジェクトの失敗 ・信頼性の低下 見積り/計画 ↓	目的:運用プロセスの改善 効果:リスクの早期発見 ・システム障害 ・キャパシティ超過 見積り/計画? ↓
(究極には)	信頼性向上/生産性向上	信頼性向上/効率向上
対象	開発プロセス (組織、マネジメント含む) システム(構築中プロダクト)	運用プロセス システム(運用中プロダクト) 構築プロセス、アーキテクチャへFB
方法	・メトリクス(判断基準と対策含む) ・分析技術 ・(インプロセス)モニタリング ・ベンチマーキング	・メトリクス(判断基準と対策含む) ・分析技術 ・モニタリング ・ベンチマーキング

図 1 定量的管理に関するシステム構築時と運用時のアナロジー

調査は文献、インターネット上の情報、セミナー、ヒアリングを通じて行った。プロセス関連では、運用時のプロセス作成のために標準的に活用されている ITIL®¹を中心に調査した。指標については、

¹ ITIL®: AXELOS Limited の登録商標 Information Technology Infrastructure Library

ITIL のプロセスやシステムの信頼性を向上させるために使われている標準的な KPI (Key Performance Indicators) 及び SLA (Service Level Agreement) などを調査した。ツールや技術については、プロセスを支援するためのもの、指標計測のための情報を収集するもの、障害予知を支援するものなどを中心に調査を行った。

上記の内容に関する文献及びインターネット上での情報収集による調査と並行して、IT システムの運用を行っている企業や組織のヒアリングを行い、上記に関してどのように実践しているか、どのような問題を抱えているか、独立行政法人情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア高信頼化センター（以下、IPA/SEC）のような中立の機関に何を期待するかなどを調査した。

調査作業のおおよそのスケジュールを付録に掲載する。

1.3. 調査報告書の構成

本報告書は、第 2 章で現在の IT システム運用時の信頼性を考える上で重要と思われる IT を取り巻く環境やシステムの特徴についてまとめる。第 3 章では、運用プロセスとして標準的に参照されている ITIL 及び ISO20000 などに関して IT システムの信頼性向上という観点で俯瞰する。第 4 章では、運用時の定量的指標として提案されているものあるいは実際に使われている指標の事例などをあげ、運用時の定量的指標に関して考察する。第 5 章では、運用時のプロセスや管理を支援するツール及び障害予知に関する研究事例などを紹介し、運用時に関する技術とツールの現状とその動向を考察する。第 6 章では、ヒアリングを通じて得たプロセスや指標に関する実態のまとめとそれ以外の要素も含めた運用時の信頼性に関わる知見や問題点を検討する。第 7 章では、前章までに検討した事項を運用時の信頼性向上という観点で現状を分析し、今後の動向と課題、さらに IPA/SEC のような中立の機関などにおける今後の取組みの提案を行う。第 8 章では、運用時の信頼性向上に関する調査のまとめとして、IT システムのライフサイクルと其中での運用の位置付けを再確認し、運用時の信頼性向上に関する取組みの中でも重要となる方向性を確認する。

2. IT システム運用を取り巻く環境

前述のように、IT の進化とともに IT が単に生産性向上の道具としてだけでなく、新たなサービス提供やビジネスプロセスの基盤としての役割、社会インフラとしての機能などをもつようになった。従来は目的に合わせて、CPU、メモリ、入出力装置、これらを制御するソフトウェア、業務を支援するアプリケーションソフトウェアなどを開発または購入してシステムを構築して使用していた。しかし、技術の進歩や IT システムの活用範囲が広がるにつれ、システムが巨大化・複雑化し専用システムの構築ではコスト的にも納期的にも十分に要求に応えられないことが多くなってきた。そこで、既存のパッケージソフトを活用することが盛んになる一方、仮想化技術やネットワーク技術の進歩に伴い、クラウドと呼ばれる仮想化・一般化されたシステムの上にアプリケーションやサービスを構築する

ことが増えてきた。このような形態では、従来のような要求に基づいた専用システム構築に比較して、開発の短期化、開発・運用のコスト削減、要求や技術の変化に対応しやすい柔軟なシステム利用が可能である。本章では、運用の視点からこのような IT を取り巻く環境を俯瞰し、運用時の信頼性向上のために考慮すべき要素について考察する。

2.1. 社会インフラとしての IT システム

IT システムは様々な分野で社会インフラとしてなくてはならない存在になっている。1960 年代に導入された銀行オンラインシステムは銀行の窓口業務を自動化し、第 2 次、第 3 次オンライン化を経て、現在ではネットバンキングも多く使われている。こうした状況の中で、2011 年には震災後の義援金振込みの集中を起因とするシステムの異常状態が夜間のバッチ処理やオンライン取引処理に波及し、ATM の停止や為替処理遅延などの大きな社会的影響をもたらした。公共分野においても、2001 年に政府より e-Japan 戦略²が策定され、電子申請など公共業務のインターネット活用も進んでいる。新幹線の運行管理は、1964 年の開設当初は列車集中制御装置による集中管理が行われていたが、その後 1970 年台に導入された新幹線運行管理システムなど IT 技術を活用した自動化が進んだ。このような状況の中で 2011 年には、IT システムの障害により新幹線が約 1 時間にわたって停止した。この他にも航空管制システム、各航空会社の旅客系・運航系業務支援システム、通信システムなど、多くの重要システムが IT システムを基盤に持ち、その障害は社会に対する重大な影響をもたらすようになってきた。このように IT システムは社会インフラとしての重要性が増大するとともに、ビジネスの基盤として、単なる効率化のための道具にとどまらず、インフラとして無くてはならない存在になってきた。そのため、IT システムにはノンストップオペレーションの要求も増加してきている。

2.2. ソフトウェアの巨大化・複雑化と開発・運用

半導体などコンピュータハードウェア技術の進歩、ソフトウェア開発技術の進歩、開発ツールの進歩などに支えられ、上述のような社会ニーズへの対応のためにソフトウェアの巨大化・複雑化が進んできた。また、互換性やコストなどの観点から OS やミドルウェアなどでオープンソース・ソフトウェアの活用が多くなってきている。SOA (Service Oriented Architecture) における部品化されたコンポーネントを始めアプリケーションソフトウェアにおいてもパッケージソフトの利用が多くなってきた。さらに、システムのネットワーク化や仮想化技術の進歩に伴い、一機種ハードウェアだけではなく多くの機種をネットワークで繋いで一つのシステムを構築したり一つのサービスを実現したりする例も増えている。このように様々な機種を組み合わせたり、購入による調達やすでに開発済みのソフトウェアを利用して構築したりしたシステムに対しては、要件定義、開発、運用を通じて一貫して運営してきたシステムとは違った運用の考え方が必要になる。最近のシステムの特

² 情報技術 (IT) を積極的に活用してその恩恵を最大限に享受出来る社会の実現を目指した IT 国家戦略

徴として、インターネットなどネットワークが重要な役割を持ち、公開されたネットワークを通じて情報を交換したり、情報の処理を分担したりしながらひとつのサービスを構成することも多くなってきた。そのような状況の必然的な結果として、攻撃や漏洩を含む情報セキュリティの問題も多くなってきている。

ITシステムが社会やビジネスのインフラとして役割を担うことにより、ITシステムの更新にあたって一から新規に作り直して全体を置き換えることができにくくなり、システムを運用しながら更新するという要求も増えている。ソフトウェアの更新やセキュリティ対策の追加など、システムを稼働しながらの変更も必要になってきている。このような要求から、従来のように開発を完了して運用に入るといった開発と運用の明確な境界がなくなり、運用をしながら開発を進めシステムを更新するという新たなスタイルへの対応が重要となっている。アジャイル開発や DevOps³という考え方が注目されているのは上記の理由も大きな要因となっている。

2.3. クラウドと運用

近年、クラウドの活用が増えている。システム構築コストの削減、運用コストの削減、要求の変更や技術の進展に伴うシステムの構成や容量の変更への柔軟な対応が可能となることなどから、今後もクラウドの活用が増大すると思われる。総務省の平成 25 年版情報通信白書 [総務省, 2014]による最近の日本におけるクラウドサービス活用状況を図 2 に示す。同書によると、2012 年には 40 %を超える企業や団体がすでにクラウドを「利用している/利用していた」と回答している。また、米国ではクラウドを「利用している/利用していた」という回答は 2012 年にすでに 70.6 %に達している。IDC は 2020 年には日本でもクラウドの利用が 60 %程度を占めると予想している⁴。

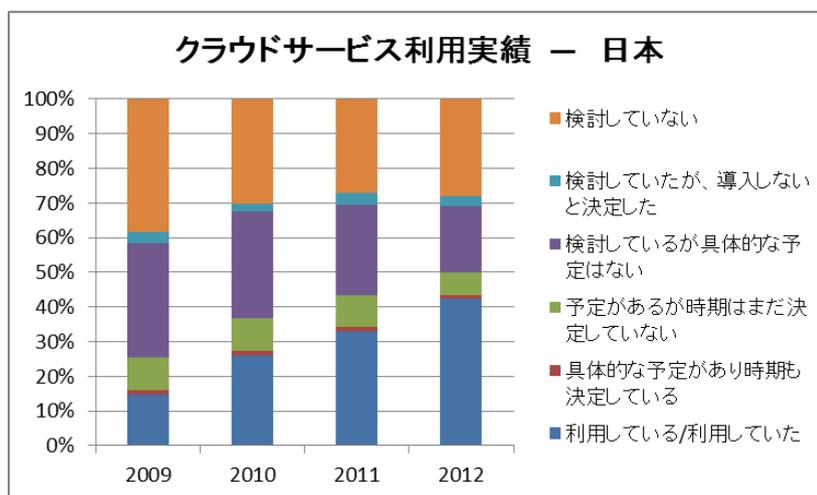


図 2 クラウドサービス利用実績
総務省 平成 25 年版 情報通信白書、2014 のデータに基づいて作成

クラウドには、パブリッククラウド、プライベートクラウド、従来型のオンプレミスとクラウドのハイブリ

³ DevOps: 開発 (Development) と運用 (Operations)が協力してビジネス要求に対して短時間で柔軟に対応できるソフトウェア開発手法

⁴ 2014 年 11 月に開催された第 11 回 itSMF Japan コンファレンスにおける IDC 入谷光浩氏の講演による

ッドなどの形態がある。クラウドへの移行により、開発だけでなく運用における管理の体制や責任分担などにも影響を与える一方、運用管理ツールや運用管理手法の共通化などによる運用の自動化や信頼性の向上も期待できる。

2.4. 運用コストの増大

IT システムの運用コストが増大している。日経コンピュータ IT pro [島, 2013]の 2012

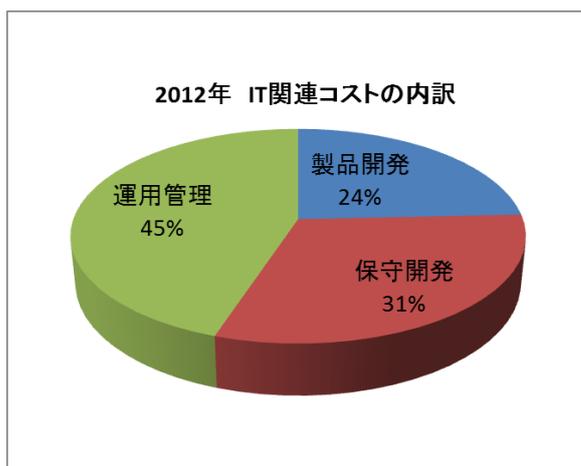


図 3 IT 関連コストの内訳 2012

島 伸行 日経コンピュータ IT pro 2013/07/16 データに基づいて作成

年の調査データに基づく IT 関連コストを図 3 に示す。ハードウェア費（リース、保守費）、ソフトウェア費（ライセンス）、人件費、等を含む運用管理の比率が 45 %を占め、保守開発まで含めると 76 %が運用時のコストになっている。また、政府が公開している IT Dashboard⁵によると、2013 年度の政府の情報システム関係予算は 5,165 億円で、内訳は整備経費 1,166 億円、運用経費等 3,999 億円となっており、運用関連の経費が 80 % 近くに上っている。政府 CIO は、2013

年には 1500 あるシステム数を 2018 年までに半減するとともに、運用経費を 2021 年までに 30 %削減することを目標に掲げている。

運用関連経費に関する内訳は公開されているデータが少ないが、リース料やライセンス料とともに、人件費も大きな割合を占めている。運用の現場では日常の管理やヘルプデスクだけでなく、ソフトウェアのバージョン管理や更新、障害対応などに人的なリソースが使われている。運用時の信頼性向上は、障害の削減により可用性や顧客満足度の向上効果をもたらすことは間違いないが、運用経費の削減効果も大きく、その定量化も重要であり、今後の課題である。

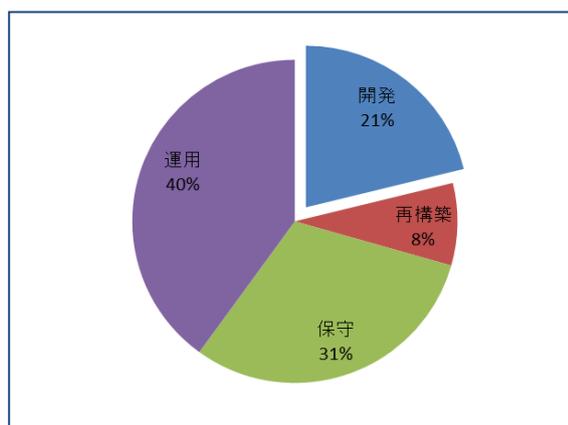


図 4 情報システムの障害原因工程
「システム障害事例の分析と対策指針」 [IPA, 2009]のデータに基づいて作成

2.5. 運用に起因する障害

⁵ IT Dashboard: <http://www.itdashboard.go.jp/>

インフラ分野への IT システムの利用増大に伴い、システム障害は社会に重大な影響をもたらすようになった。障害の原因は要件定義の曖昧さ、設計ミス、プログラムミス、テスト

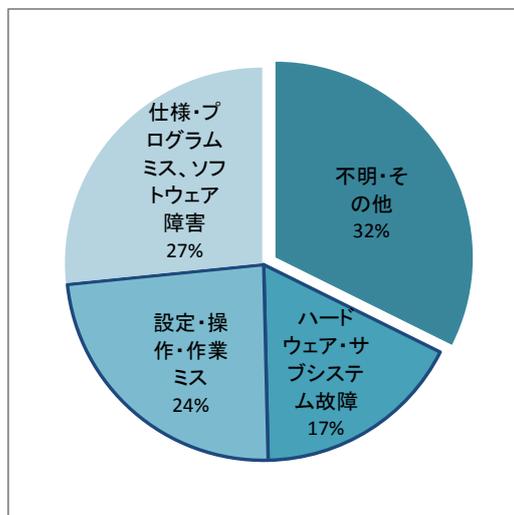


図 5 情報システムの障害原因 (2010-14)

SEC journal 26, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38 「情報システムの障害状況」 [IPA/SEC, 2011-2014] に基づき集計

ト漏れなど開発に起因する問題も数多くあるが、最近の重大な障害は運用に起因するものも多くなっている。図 4 は IPA が 2009 年に公開した 85 の障害事例を障害原因となった工程別に集計したものであるが、80 % 近くの障害が保守・運用時の原因により発生している。IPA/SEC が発行している SEC journal⁶では報道されたシステム障害から重要な障害を定期的に収集し紹介している。この連載で 2010 年から 2014 年の事例として紹介された事例を原因別に集計したものを図 5 に示す。この集計では「不明・その他」に分類されているものを除いた原因の判明している障害のうちの 60 %が保守・運用時に発生している。このように運用時に起因

する重要障害の比率が多くなっており、運用時の信頼性向上が重要な課題になっていることが分かる。

2.6. IT システム運用体制とビジネス

一口に IT システムの運用と言ってもその形態やステークホルダーの関係には様々な形があるので注意を要する。図 6 は IT システムに係る部門の関係の一例であるが、情報部門は一部の管理者を除いてすべて外部委託という場合もある。また、運用と保守だけ外部委託、開発と保守だけ外部委託、ひとつの機能が社内の部門と外部委託とに分かれている場合など様々な事例が考えられる。このような状況を考慮して運用を実施している組織を見ると、図 7 にのように 3 つの代表的な形態に分けることができる。

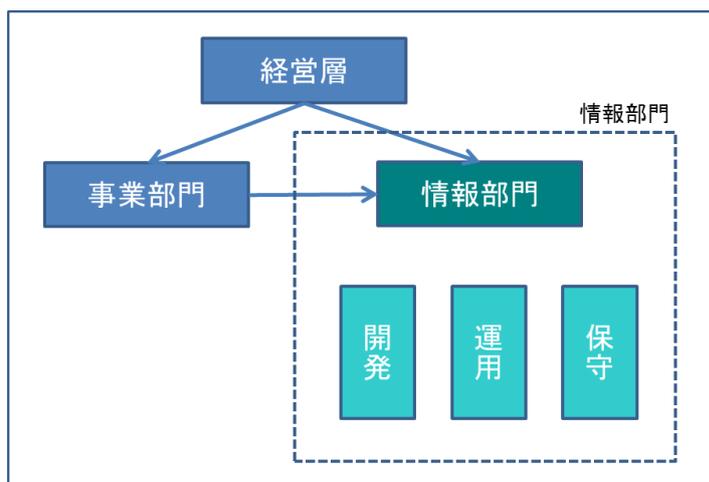


図 6 運用体制と要求の流れ

⁶ SEC journal: IPA/SEC が発行している季刊誌。 (<http://www.ipa.go.jp/sec/secjournal/>)

前述のように実際にはこれらが複合している場合も多くあり、ハードウェアや OS や一部のミドルウェアなどインフラはクラウドのベンダーが運用の責任をもち、その上に構築されたアプリケーションやサービスの運用は運用を委託された組織が責任を持つということもある。また、運用全体はユーザーが自ら実施していても、ハードウェアやパッケージソフトの保守はそのサプライヤーと契約してサプライヤーが保守を行うことが多い。ソフトウェアの保守は共通フレーム

2013 [IPA/SEC, 2013a]によると、図 8 のように修正依頼を起点として「訂正」と「改良」とに分類され、「訂正」はさらにソフトウェアの稼働後の問題を修正する是正保守と潜在的な問題を是正するための予防保守とに分けられる。「改良」は稼働後の環境の変化に対応するための修正である適応保守と性能や保守性の改善のための修正である完全化保守とに分けられる。

- ユーザー（オーナー）
 - ITシステムを利用したビジネス・サービスのオーナー
 - ITシステムは自社開発の場合と、サービスとして調達または開発・保守運用の全部・一部を外注の場合がある
- システムベンダー
 - ITシステムの全部・一部の開発とともに、保守運用を請負
 - 開発フェーズはビジネス・サービスイノベーションのパートナーとして係る場合もある
 - 開発・保守運用の全部・一部を外注する場合もある
- 保守運用ベンダー
 - ITシステムの保守運用を請負
 - 運用に責任を持ち保守やリリース管理は顧客・開発ベンダーが責任を持つ場合もある
 - DC・クラウドのインフラだけをサービスとして提供する場合もある

図 7 運用実施組織の 3 つの形態

運用時の信頼性向上のためには、このような運用の形態の違いによって、システムの構成を考えた時にどのレベルでどのような契約を行うか、PDCA をどのようなレベルで回すか、管理指標をどのように設定するか、発注者と受注者との間でどのような連携を行うか、どのような運用ツールを導入するかなど、運用プロセスの設計や実施方法とその形態とをあわせて最適化する必要が出てくる。

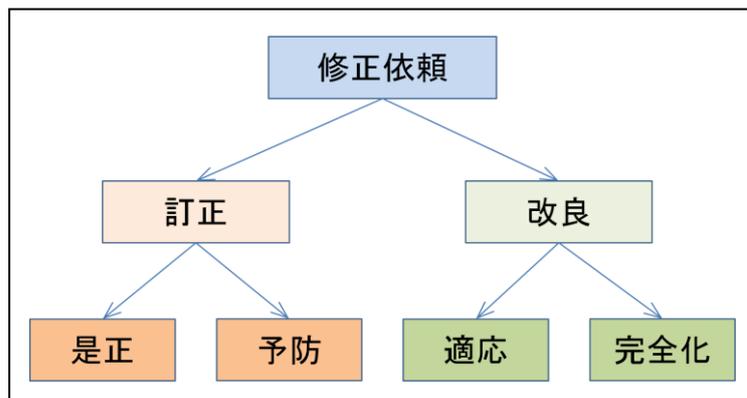


図 8 修正依頼を基点にした 4 つの保守タイプ
出典: IPA/SEC 共通フレーム 2013 [IPA/SEC, 2013a]

後述するように SLA は十分に活用されていないが、限られた項目については通常の契約に含まれるようになってきている。上記のような運用の形態やサービス全体のデリバリ体制に合わせて SLA を活用し、組織間の役割分担の明確化や組織をまたがる PDCA の推進のために利用できる。

後述するように SLA は十分に活用されていない

が、限られた項目については通常の契約に含まれるようになってきている。上記のような運用の形態やサービス全体のデリバリ体制に合わせて SLA を活用し、組織間の役割分担の明確化や組織をまたがる PDCA の推進のために利用できる。

3. 運用プロセスと標準の動向

運用時の信頼性向上を議論する際には、まず信頼性を定量的に測定して可視化し、その上で数値の変化などを見る必要がある。信頼性を評価するための指標については、その調査結果や考察を第 4 章でまとめる。このような指標には、ハードウェアや周辺機器などのシステムやソフトウェアのふるまいを測定することによって得られるものもあるが、運用に関しては大部分がプロセスの結果の数値化、プロセス自身の効率の指標化など、人間系を含むプロセスと密接に関連したものが多い。なお、指標について見る前に、IT システムの運用の標準的なプロセスを調査した結果を本章でまとめる。ここでは、ベストプラクティスとして広く参照されている ITIL、ITIL と密接に結びついた国際標準である ISO20000、及びその他の注目すべき動向についてまとめる。

3.1. ITIL

ITIL (Information Technology Infrastructure Library) は 1980 年代にイギリス政府が行った調査・研究に基づいて出版された IT サービスマネジメントのベストプラクティス集であり、特に運用プロセス設計のための参考資料として広く使われている。このベストプラクティス集はその後改訂が加えられ、バージョン 2、さらにバージョン 3 まで進んでいる。現在はバージョン番号を使わず、ITIL 2011 版と呼ばれるバージョン 3 相当の内容のものが最新版として使われている。日本で ITIL の普及活動を行っている itSMF の Web ページから ITIL の説明を引用する⁷。“ITIL®とは、IT サービスマネジメントのベストプラクティスをまとめた、公開されたフレームワークです。ITIL®は IT ガバナンスのフレームワーク、すなわち「サービス全体を包括するもの」であり、提供される IT サービスの品質の継続的な測定と改善に、事業と顧客双方の観点から焦点を当てています。”

ITIL 2011 は 5 冊のコア書籍及び補完的書籍から成り、ビジネスと IT との統合やアウトソーシングを意識し、サービスのライフサイクルに着目して解説している。図 9 は ITIL 2011 の 5 つの大きな要素と継続的サービス改善を要求する概念を示している。ITIL 2011 では IT サービスマネジメントのプロセスを、サービス戦略を中心に、サービス設計、サービス移行、サービス運用、及び継続的サービス改善という計 5 つのグループとして構成している。図 10 は ITIL 2011 で定義されているプロセス及び機能の概要である。各プロセスはそれぞれさらにいくつかのサブプロセスによっ



図 9 ITIL 2011 の概念図

⁷ itSMF Web ページ「ITIL®とは」：<http://www.itsmf-japan.org/aboutus/itil.html>

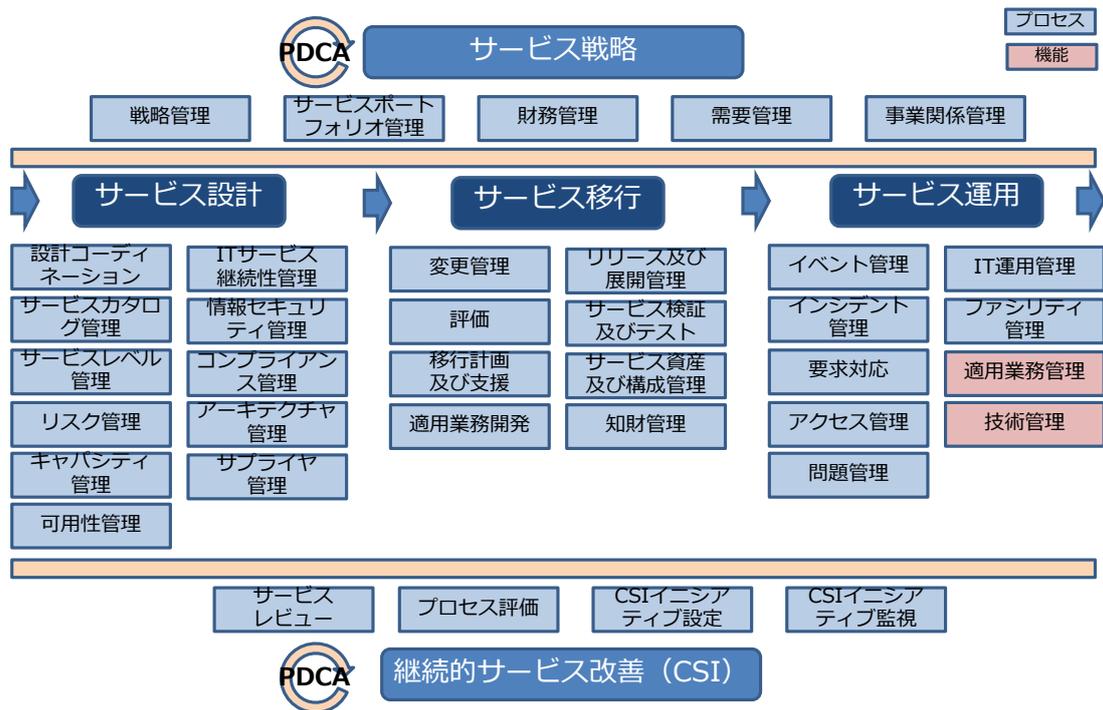


図 10 ITIL 2011 プロセス俯瞰図 (ITIL Wiki に基づいて作成)

て構成されている。

運用に関しては第 6 章で述べたように、多くの企業や組織で独自のプロセスを策定している場合が多いが、ほとんどの運用現場において ITIL をベンチマークとして活用しプロセスの整備を図っている。

ITIL の普及促進のための会員制ユーザー・フォーラムとして itSMF (The IT Service Management Forum) が 1991 年に英国で設立され、その後欧米を中心にグローバルに活動が展開されている。日本では 2003 年に NPO 法人 itSMF Japan が設立され、ITIL の普及促進活動を行っている。

3.2. ISO20000

ISO20000 は IT サービスを提供する組織の IT サービスマネジメントが適切であるかどうかを評価するための認証基準及びガイドラインとして策定され、要求事項を記載した「ISO20000-1 サービスマネジメント仕様」、及び実施基準と要求事項を満たすための指針を記載した「ISO20000-2 サービスマネジメント実践のための規範」、とで構成されている。ITIL がベストプラクティスを集めた参考書であるのに対し、ISO20000 では ITIL をベースとして実施する IT サービスマネジメントのルールを規定し、IT サービスのマネジメントプロセス、手順と運用状況、IT サービスの品質、などの可視化及び PDCA サイクルの構築を規格として要求している。また、自己診断 (内部監査)、外部監査 (審査登録機関による審査)、マネジメントレビュー等の手段を組み込むことにより運用における判断基準を明確に

することを要求している。

ISO20000 の要求事項はこの規格自身の説明的な内容である「適用範囲」、「用語及び定義」も含めると図 11 に示すように 10 の大項目から成っている。このうち 1 から 4 まではマネジメントシステム構築に対する要求事項であり、5 から 10 までがサービス提供プロセスに関する要求になっている。さらに詳しくは JIPDEC⁸が公開している「ITSMS ユーザーズガイド」[JIPDEC, 2007]などが参考になる。また、ISO20000 では図 12 に示すように要求事項 6 から 10 の大項目に対応して 13 のプロセスを定義している。

- | | |
|---------------------------|--|
| 1. 適用範囲 | |
| 2. 用語及び定義 | |
| 3. マネジメントシステム要求事項 | |
| 4. サービスマネジメントの計画及び導入 | |
| <hr/> | |
| 5. 新規サービスまたはサービス変更の計画及び導入 | |
| 6. サービスデリバリプロセス | |
| 7. 関係プロセス | |
| 8. 解決プロセス | |
| 9. コントロールプロセス | |
| 10. リリースプロセス | |

図 11 ISO20000 要求事項

- | |
|-------------------|
| ● サービスデリバリプロセス |
| 1. サービスレベル管理 |
| 2. サービスの報告 |
| 3. サービス継続性及び可用性管理 |
| 4. サービスの予算管理及び会計 |
| 5. キャパシティ管理 |
| 6. 情報セキュリティ管理 |
| ● 関係プロセス |
| 7. 顧客関係管理 |
| 8. サプライヤ管理 |
| ● 解決プロセス |
| 9. インシデント管理 |
| 10. 問題管理 |
| ● コントロールプロセス |
| 11. 構成管理 |
| 12. 変更管理 |
| ● リリースプロセス |
| 13. リリース管理 |

図 12 ISO20000 の 13 プロセス

ISO20000 適合の認証は、日本では IT サービスマネジメントシステム (ITSMS) 認証として行われており、JIPDEC がその認定機関になっている。

3.3. その他の動き

運用プロセスに関連するその他の標準として、組織における情報資産について、機密性、完全性、可用性を維持し改善して情報セキュリティを管理するための仕組みを定めた「情報セキュリティマネジメントシステム (ISMS: Information Security Management System)」、ISMS の標準を定めた ISO/IEC 27001、IT 管理のベストプラクティスを提供する COBIT (Control Objectives for Information and related Technology) などがある。また、IT サービスマネジメントはビジネスへの価値提供のための一つの要素と捉え、ビジネスま

⁸ JIPDEC: 一般財団法人日本情報経済社会推進協会

で包括し結果を測定可能な形で表現することを目指した IT-CMF (IT Capability Maturity Framework) が提唱されている。

4. 運用時の定量的指標事例

運用に関する定量的指標はサービスあるいはシステムごとに設定されている場合が多く、ビジネスと密接な関連があるため具体的な事例として公表されているものは少ない。指標は顧客あるいはステークホルダーとの間での契約としての SLA などエンドユーザーに対するサービス品質を直接的に表す指標を運用の最終目標として定めている場合が多い。最終目標の指標はシステム全体の可用性のように、いくつかの要素が複合しているため、SLA を実現するために必要な要素に分解した指標として、あるいは SLA を補うための目標となる指標として KPI などの内部指標を定めて運用の目標値としている。図 13 にその一例を図示する。4.3 節で具体的な指標例を見ていくが、例えば顧客満足度というサービス要求を

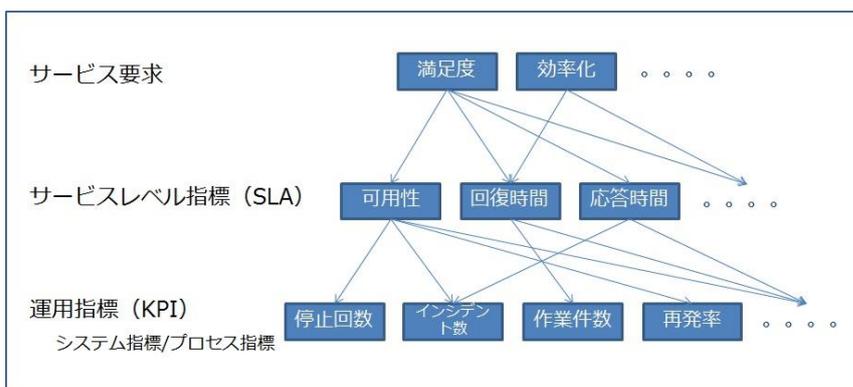


図 13 指標の階層構造例

を満たすためにはシステムの可用性、回復時間、応答時間などサービスの内容や対象とする顧客によって、システムの達成すべきサービスレベル指標が決まってくる。それぞれのサービスレベル指標

はさらに停止回数、インシデント数、再発率などの運用指標 (KPI) に分解して管理できる。その他にもシステム運用プロセスの管理項目を数値化し KPI として管理目標にする場合が多い。図 13 では表されていないが、運用プロセス、効率などの指標を活用して PDCA サイクルを回しその改善が定量的に可視化できるようにする。KPI はさらにその指標を構成するシステムのパラメータなどに分解して管理される場合もある。

本章では、ITIL の KPI として提案されている指標、SLA 事例、非機能要件、など運用時の定量的指標としての提案例及び運用時の指標の事例について概説する。

4.1. ITIL に基づいた指標

ITIL Wiki [IT Process Maps GbR, 2014]では、図 14 に示すように、ITIL 2011 のプロセスに準拠して合計 97 項目の KPI を定義している。これらの KPI は、IT サービスを運用している組織が ITIL のプロセスに則って期待通りにプロセスを遂行しているかを評価するための指標である。

	# of Defined KPI s
ITIL KPIs Service Strategy	
KPIs Service Portfolio Management and Strategy Management for IT Services	5
KPIs Financial Management	6
KPIs Business Relationship Management	5
ITIL KPIs Service Design	
KPIs Service Level Management	6
KPIs Availability Management	5
KPIs Capacity Management	7
KPIs IT Service Continuity Management	5
KPIs Information Security Management	6
KPIs Supplier Management	3
ITIL KPIs Service Transition	
KPIs Change Management	5
KPIs Project Management (Transition Planning and Support)	5
KPIs Release and Deployment Management	4
KPIs Service Validation and Testing	5
KPIs Service Asset and Configuration Management	6
ITIL KPIs Service Operation	
KPIs Incident Management	9
KPIs Problem Management	6
ITIL KPIs Continual Service Improvement	
KPIs Service Review	2
KPIs Process Evaluation	5
KPIs Definition of Improvement Initiatives	2

図 14 ITIL KPI

出典： ITIL Wiki [IT Process Maps GbR, 2014]

例としてあげると、ITIL KPIs Service Operation の KPIs Problem Management は以下の 6 項目の KPI から成っている。

1. 登録された問題の数
2. 問題解決に要した時間 (平均時間)
3. 未解決の問題の数
4. 解決済みの既知の問題に関連したインシデント報告の数
5. インシデントの報告から原因特定までに要した時間 (平均時間)
6. 問題解決に要した労力 (平均ワークロード)

この例に見られるように、全体的に作業が発生する原因となるイベントの数、作業結果の有効性、作業の効率など、プロセスに対する負荷やその効率を可視化するための指標が中心になっている。

4.2. SLA と運用時の定量的指標

SLA はサービスを利用する側と提供する側とのサービス水準に関する合意事項であり、

サービスの契約を行う際にその品質目標値として合意し、その目標が満たされない場合は提供者にペナルティを課すという使われ方をすることが多い。後述するように、経済産業省、JISA⁹、JEITA¹⁰などが SLA ガイドを公開している。これらのガイドの中では多くの指標を提案しているが、SLA は契約やペナルティにつながるため複雑なものは実用的ではなく、実際の合意においては可用性など利用者の最も関心のある項目に限定し、その他は管理指標あるいは運用者側の内部指標として管理される場合が多い。

インターネットの接続サービスや DB (Database) などプラットフォームをインターネット上で提供しているサービスの事業者は、Web ページに SLA を提示している。実際に Web ページで公開されている SLA をサービスのカテゴリ別に見てみる。詳しくは以下に記載の Web ページを参照されたい。下記の 12 例の中では、Microsoft Azure クラウドプラットフォームサービスでサービスの部品に分けて部品ごとの可用性や接続性ごとに細かく SLA を規定しているが、それ以外は 1 から 4 項目程度を SLA としている。

1. インターネット接続サービス

- IIJ (Internet Initiative Japan) <http://www.ij.ad.jp/svcsol/sla/>
 1. 可用性
 2. 遅延時間
 3. パケット損失率
 4. 障害通知
- NTT 東日本ビジネスネットワークサービス
<http://www.ntt-east.co.jp/business/service/sla/>
 1. 故障回復時間
 2. 遅延時間
 3. 稼働率
- NTT 西日本ビジネスイーサ
<http://www.ntt-west.co.jp/solution/solution/category/sp/04.html>
 1. 稼働率
 2. 遅延時間
 3. 故障回復時間
- 法人向け OCN <http://www.ocn.ne.jp/business/bocn/sla/>
 1. 遅延時間
 2. 故障通知時間
 3. 故障回復時間
 4. パケット損失率

⁹ JISA: 一般社団法人情報サービス産業協会 (Japan Information Technology Services Industry Association)

¹⁰ JEITA: 一般社団法人 電子情報技術産業協会 (Japan Electronics and Information Technology Industries Association)

2. DB 及びクラウドサービス

- さくらのクラウド <http://cloud.sakura.ad.jp/sla/>
 1. 月間のサーバー稼働率
- ニフティクラウド <http://cloud.nifty.com/sla/>
 1. 月間のサーバー稼働率
- ファーストサーバ <http://www.fsv.jp/sla.html>
 1. 稼働率
- Microsoft Azure <http://azure.microsoft.com/ja-jp/support/legal/sla/>
 1. Active Directory 可用性
 2. API 可用性
 3. 自動ジョブの開始時間
 4. バックアップ機能及び復元機能可用性
 5. BizTalk Services 環境とインターネット ゲートウェイの間の接続
 6. Cache エンドポイントとマイクロソフトのインターネット ゲートウェイの間の接続
 7. CDN (Content Delivery Network) 可用性
 8. Cloud Services、Virtual Machines 外部接続性、Virtual Network ゲートウェイ可用性
 9. ExpressRoute 専用回線可用性
 10. HDInsight 外部接続性
 11. Media Services のエンコード用 REST API トランザクションの可用性
 12. REST API 呼び出し可用性
 13. Multi-Factor Authentication 可用性
 14. RemoteApp サービスを介したアプリケーションへの接続
 15. スケジュールされたジョブの開始時間
 16. Service Bus 接続・操作実行
 17. Site Recovery サービスの可用性
 18. SQL Database 接続性
 19. ストレージへのデータの読み取り要求・書き込み要求処理
 20. StorSimple サービス可用性
 21. Traffic Manager 応答受信
 22. Visual Studio Online 可用性
 23. Web サイトのクライアントの要求応答
- Amazon EC2 <http://aws.amazon.com/jp/ec2/sla/>
 1. 月間使用可能時間割合
- Google Apps <http://www.google.com/apps/intl/ja/terms/sla.html>

1. 対象サービスのウェブインターフェース利用可能性
 - WP Engine (Web hosting) <http://wpengine.com/sla/>
 1. 可用性
3. その他のサービス
 - カブドットコム証券 <http://kabu.com/item/sla/default.html>
 1. 注文執行時間

先にも述べたように、公共の組織や団体などが SLA のガイドラインを公表している。上記の SLA 事例と異なり、これらのガイドラインでは多くの項目を提示して数値目標に基づいたサービス契約を提唱している。「SaaS 向け SLA ガイドライン」[METI, 2008]では、4つのエリアにわたり 29 項目について基幹業務系とそれ以外の業務の場合のサービスレベル設定例を提示している。JISA クラウド技術調査 WG SLA チーム「クラウドインテグレーションにおける SLA の検討ポイント (2014)」においては、8 分野 40 項目の SLA 検討項目を設定してアンケート調査を行っている。「民間向け IT システムの SLA ガイドライン(第三版)」[JEITA, 2006]では、① IT サービス・リソースの性能、② IT サービスの機能、③ IT サービスのマネジメント機能の 3 つの要素に分け、約 480 項目に及ぶ SLA サービス項目とサービスレベル値を定義している。システム管理者の会が「SLA 合意と契約の進め方について」¹¹の中で公開しているサービスレベル合意書サンプルは、稼働時間・可用性、ユーザー問題の解決率、変更管理、IT サービス財務管理、セキュリティ管理の 5 項目を SLA としてあげている。このように SLA に関しては多くのガイドラインが公開されているが、「クラウドインテグレーションにおける SLA の検討ポイント」[JISA, 2014]には今まで公開されている 23 のガイドラインがリストされている。また、同ガイドラインは、クラウド上でシステムを構築する SI 事業者のための SLA 検討ポイントとして以下の 8 つの分野を挙げている。

1. サービスの継続性
2. バックアップデータ保全
3. OS/MW の動作保証、マイグレーション
4. 性能保証
5. 運用 — リソースの見える化・通知機能
6. 契約関連
7. 拡張性
8. セキュリティ

EU (European Union) では「Cloud Service Level Agreement Standardisation Guidelines」[EU, 2014]を公開し、SLA そのものの事例は示していないが、クラウドに関

¹¹ 「SLA 合意と契約の進め方について」：<http://www.sysadmingroup.jp/kh/itsm/001/444.html>

して SLA を考えるときのガイドとして SLO (Service Level Objectives) を例示している。SLO については、性能、セキュリティ、データ管理、個人情報の 4 つの分野に分けて、それぞれ 16、22、15、13 項目を示している。

4.3. 運用時の指標事例

運用時の指標あるいはそれに準ずるものとして一般に公開されている指標がある。ここでは公開されている指標の例と、運用に携わる組織の指標の事例を紹介する。4.2 節で概観した SLA を運用時のサービスの品質に関わる総合的目標とすれば、4.1 節で例示した KPI や本節で概観する指標は、SLA を補う総合的目標、あるいは SLA などサービス品質に関わる総合的目標を達成するために必要なその下位の目標、あるいはその目標を達成するためのプロセスを管理する指標、さらに PDCA をまわしていくために改善のレベルを可視化するための指標などによって構成される。

運用時の信頼性に係る要素として、非機能要求がある。システムの本来の目的を達成するための要求として機能要求があり、システム品質を維持して運用するための信頼性要求などを表すものとして非機能要求がある。非機能要求は要求として明示されないことが多く、その結果として開発の最終段階や運用段階で問題になることも起こる。IPA/SEC では「非機能要求グレード」というツール群を公開しており¹²、システムの受発注者間でこのツール群を利用して非機能

要求を重要な項目から段階的に詳細化しながら確認を行うことにより、非機能要求を明確化し合意することを目的としている。非機能要求グレードでは、図 15 及び図 16 に示すように、運用時のシステムの信頼性に関する要求を可用性、性能・拡張性、運用・保守性、移行性、セキュリティ、システム環境・エコロジー

大項目	要求内容	要求例
可用性	<ul style="list-style-type: none"> ●システムを継続的に利用可能とするための要求 ●広義の信頼性 	<ul style="list-style-type: none"> ●運用スケジュール（稼働時間・停止予定など） ●障害、災害時における稼働目標
性能・拡張性	<ul style="list-style-type: none"> ●システムの性能と将来のシステム拡張性に関する要求 	<ul style="list-style-type: none"> ●業務量および今後の増加見込み ●システム化対象業務の特性（ピーク時、通常時、縮退時など）
運用・保守性	<ul style="list-style-type: none"> ●システムの運用と保守のサービスに関する要求 	<ul style="list-style-type: none"> ●運用中に求められるシステム稼働レベル ●問題発生時の対応レベル
移行性	<ul style="list-style-type: none"> ●現行システム資産の移行に関する要求 	<ul style="list-style-type: none"> ●新システムへの移行期間および移行方法 ●移行対象資産の種類および移行量
セキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> ●構築する情報システムの安全性の確保に関する要求 	<ul style="list-style-type: none"> ●利用制限 ●不正アクセスの防止
システム環境・エコロジー	<ul style="list-style-type: none"> ●システムの設置環境やエコロジーに関する要求 	<ul style="list-style-type: none"> ●耐震／免震、重量／空間、温度／湿度、騒音 ●CO₂排出量や消費エネルギー

図 15 非機能要求の分類 大項目

出典：「非機能要求グレード研修教材」 [IPA/SEC, 2013]

の 6 つの大項目に分け、さらに中項目及びその下位の小項目、定量的に表現するためのメトリクスへと細分化して運用の品質管理に利用することを推奨している。

¹² 非機能要求グレードの研修教材と利用ガイド: <http://sec.ipa.go.jp/reports/20130311.html>

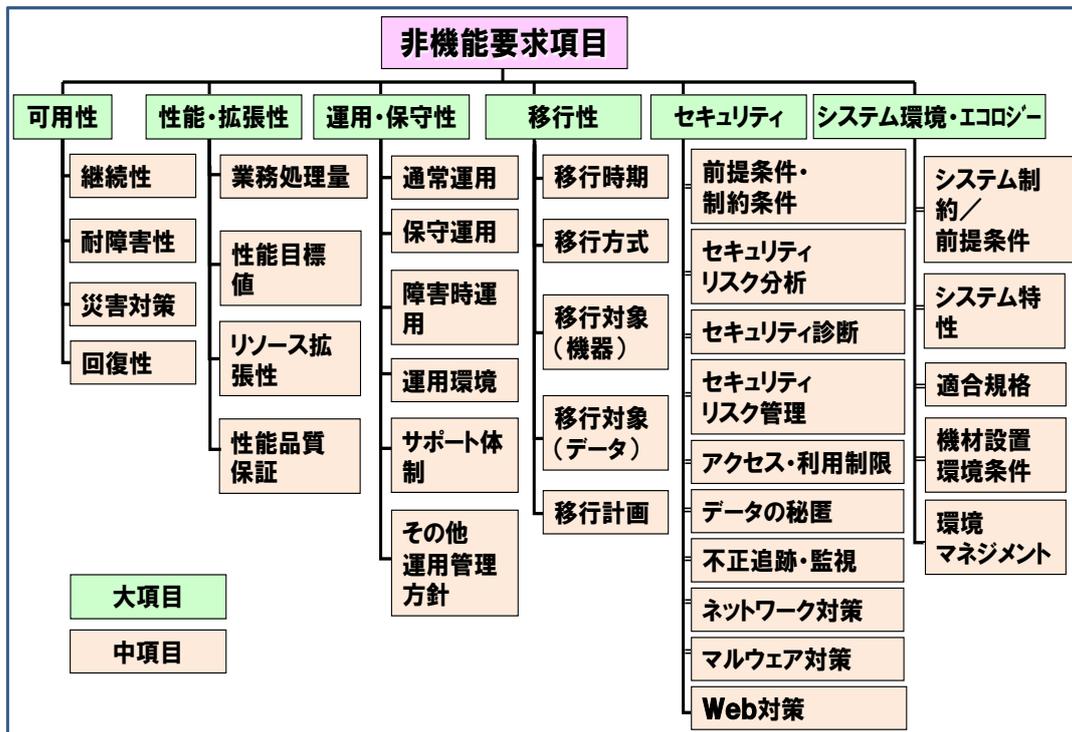


図 16 非機能要求の分類 大・中項目

出典: 「非機能要求グレード研修教材」 [IPA/SEC, 2013]

JUAS¹³が公表している「ソフトウェア開発管理基準に関する調査報告書」 [JUAS, 2014]

では、システムの評価の観点として稼働、稼働品質、顧客満足、投資効果の4つの大区分を挙げ、それぞれに下記のように評価項目を対応させている。

稼働 : 稼働率/延べ稼働率

稼働品質 : 業務停止回数、規定時間外停止回数、オンライン平均応答時間

顧客満足 : お客様迷惑度指数、ユーザー満足度

投資効果 : 投資・費用、効果

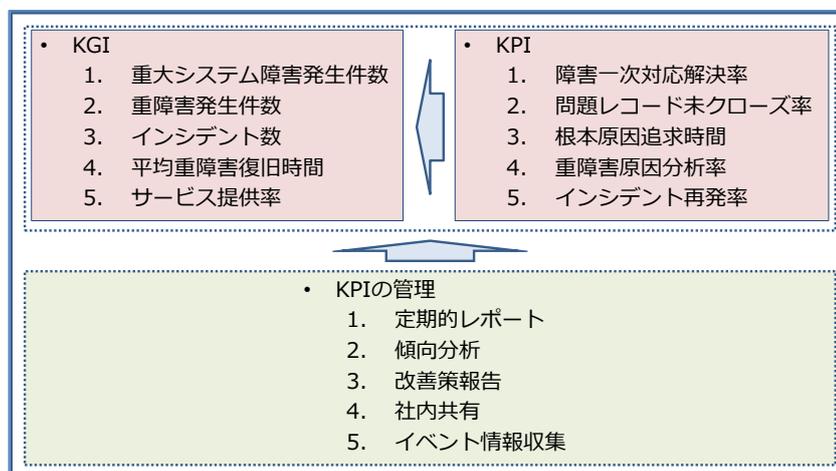


図 17 ANA システムズのシステム運用品質の見える化

小野内俊治氏の講演に基づき作成

¹³ JUAS: 社団法人 日本情報システム・ユーザー協会 (Japan Users Association of Information Systems)

ANA システムズでは、システムの運用品質を管理するために、図 17 に示すように、KGI (Key Goal Indicators) と KPI を 5 項目ずつ定め、さらに KPI 群の管理手法を定めている¹⁴。KPI を適切に管理することにより KGI の目標値を達成できるように考えられている。

JEITA サービス仕様項目 (クラウド)		JISA 運用プロセス管理指標		JUAS システムの評価指標		IPA/SEC 非機能要求グレード		ANAシステムズ	
大分類	中分類	管理分野	管理指標	大区分	評価項目	大項目	中項目	種別	指標
基本情報	提供事業者	障害発生状況	オンライン障害発生件数	稼働	稼働率	可用性	継続性	KGI	重大システム障害発生件数
	提供サービスの概要		バッチ障害発生件数		延べ稼働率		対障害性		重障害発生件数
提供機能	提供機能の構成	移管管理	デリバリー障害発生件数	稼働品質	業務停止回数	性能・拡張性	災害対策	KPI	インシデント数
	提供機能の利用条件		作業登録件数		規定時間外停止回数		回復性		平均重障害復旧時間
	提供機能の性能・可用性		割合の経時変化		オンライン平均応答時間		業務処理量		サービス提供率
サポート	提供機能の拡張性	稼働管理	オンライン開局状況	顧客満足	お客様満足度指数	性能・拡張性	性能目標値	KPI	障害一次対応解決率
	情報通知		オンライン利用状況		ユーザー満足度		リソース拡張性		問題レコード未クローズ率
	問い合わせ窓口	性能管理	バッチジョブ稼働状況	投資効果	投資・費用	運用・保守性	性能品質保証	KPI	根本原因追求時間
	障害対応		サービスデリバリー実施状況		効果		通常運用		重障害原因分析率
サービス管理	要望対応	セキュリティ管理	オンライン稼働状況	投資効果	効果	運用・保守性	保守運用		インシデント再発率
	教育		バッチジョブ稼働状況				障害時運用		
サービス管理	可用性	セキュリティ管理	ID管理			移行性	運用環境		
	キャパシティー		入退館管理				サポート体制		
データセンタ設備	情報セキュリティ					セキュリティ	その他・運用管理方針		
	サービス継続性						移行時期		
サービス提供・契約	データセンタシステム					システム環境・エコロジー	移行方式		
	ファンリテイ						移行対象(機器)		
サービス提供・契約	サービス利用条件					システム環境・エコロジー	移行対象(データ)		
	サービスレベル						移行計画		
サービス提供・契約	特記事項					システム環境・エコロジー	前提条件・制約条件		
							セキュリティリスク分析		
							セキュリティ診断		
							セキュリティリスク管理		
							アクセス・利用制限		
							データの秘匿		
							不正追跡・監視		
							ネットワーク対策		
							マルウェア対策		
							Web対策		
							システム制約/前提条件		
							システム特性		
							適合規格		
							機材設置・環境条件		
							環境マネジメント		

図 18 定量的指標項目例

JEITA サービス仕様項目 <http://conf.itsmf-japan.org/download/F1-4.pdf>

JISA 運用プロセス管理指標 http://www.rieti.go.jp/jp/events/08100601/pdf/7-1_J_JISA_ppt_o.pdf

JUAS システムの評価指標

IPA/SEC 非機能要求グレード

ANA システムズ システム運用品質の見える化 (KGI/KPI)

前述の JUAS、IPA/SEC、ANA システムズの指標、JEITA 及び JISA の提案している指標を一覧表にし、図 18 にまとめる。それぞれの指標の設定目標が異なることもあるが、指標の区分や項目に関してはこの図で見られるように必ずしも一致していないことが分かる。

¹⁴ 2014 年 11 月に品川で開催された第 11 回 itSMF Japan コンファレンス/EXPO における ANA システムズ 小野内俊治氏の講演「システム運用品質の見える化と運用品質向上策について」より

全体を整理すると、サービスや運用を管理する指標として一般的には以下の分野をカバーすることが必要と思われる。

1. ビジネス目標・要求、基本情報
2. プロセス品質
3. 可用性・性能
4. セキュリティ

「ビジネス目標・要求、基本情報」には、ビジネスの目標、サービスの目的、システムの規模などビジネスレベルでの要求やシステムの規模などで運用に関連する指標が設定されている。「プロセス品質」には、システムを運用するプロセスの品質を可視化するための指標を設定している。運用の効率、インシデントに対する処理の効率、対応の精度などが含まれる。ITIL 関連の指標の多くがこの範疇に入るとと思われる。「可用性・性能」には、SLA で最も重要視されることの多いシステムの可用性に関連する稼働率、障害発生件数、復旧時間などが含まれる。「セキュリティ」は「プロセス品質」や「可用性・性能」と関連するために別項目にしているが、この両者に分解することも可能と思われる。

5. システム運用の信頼性向上ツールと研究事例

運用信頼性向上ツールとしては、システム監視・操作、運用手順自動化、構成管理、予兆検出、メッセージ収集・分析、などを支援するツールが数多くあり、製品として販売されているもの、オープンソース・ソフトウェアとして提供されているもの、システムや運用形態に合わせて独自に開発したものなどが使われている。IT システムの運用ツールは障害や障害予兆への対応やシステムの更新などに関して完全な自動化には至っておらず、オペレーターなど人的なプロセスを支援するツールが主体となっている。従って、システムに対する機能だけではなくオペレーターやユーザーに対するインターフェースの使いやすさも重要な機能の一つになっている。運用プロセス支援ツールには ITIL 準拠ツール群として、システム管理、サービスデスク支援、インシデント管理、問題管理、変更管理、リリース管理、CMDB¹⁵管理、レポート作成を支援するものなどがある。

本章では、運用信頼性向上ツールとして ITIL 準拠の運用支援ツールと、予兆検出に関するツール及び研究事例をとりあげる。運用支援ツールは機能の違いや各メーカーの呼び方の違いにより、統合監視ツール、統合管理ツール、運用支援システム、運用支援ソフトウェアなどと様々な呼び方があるが本章では各メーカーの呼び方などに従って特に区別をせずに使用する。

5.1. 運用支援ツール

運用支援ツールは各メーカーより様々なものが製品化されているが、BMC ソフトウェア、NEC、日本 CA、日本 IBM、日本ヒューレット・パッカー、野村総合研究所 (NRI)、日

¹⁵ CMDB: Configuration Management DataBase (構成管理データベース)

立製作所、富士通などが ITIL 対応製品を提供している¹⁶。オープンソース・ソフトウェアの統合監視ツールとしては、Nagios、Xymon (Hobbit から移行)、Zabbix、Hinemos などがよく知られているが、その他にも多く提供されている。

統合監視ツールは通常、ネットワークを介して複数のシステムの監視を行う。同ツールを用いて収集したデータを集中管理し、監視データに閾値を設けることによりシステムが正常か異常かを検知することができる。履歴やシステムの状態はダッシュボードやメール機能などを使って管理者に通知する。以下に統合監視ツールの例を紹介する。

① **Senju Family** — 野村総合研究所 (<http://senjufamily.nri.co.jp/products/>)

Senju Family は ITIL 準拠のサービスデスク業務ソフト **Senju Service Manager**、システム運用を自動化する **Senju Operation Conductor**、複数の運用管理ソフトの情報を収集して統合管理する **Senju Enterprise Navigator** から成り、イベント通知や問い合わせ／サービス要求などのインシデントの一元管理、発生したシステム障害の自動的切分けと結果に応じたパターン対応の自動的実行、情報の可視化などの支援を行い、モバイル機器などを使用して遠隔からも運用状態をリアルタイムに把握できる機能などを提供する。

② **JP1** — 日立製作所 (<http://www.hitachi.co.jp/Prod/comp/soft1/jp1/product/>)

JP1 は「運用の見える化／共有化」や「運用の標準化／自動化」を支援する。運用手順書を必要とする操作のテンプレート化、稼働状況レポート収集、仮想サーバー追加作業、ネットワーク設定作業などの自動化を可能にするワークフロー制御、実行履歴を活用した運用の効率化、上記テンプレートのコンテンツを共通化することによる運用の標準化、使いやすい Web 画面の機能などを提供する。

③ **Software Systemwalker** — 富士通 (<http://systemwalker.fujitsu.com/jp/?soft=top>)

Software Systemwalker は、ライフサイクル管理、性能監視・可視化、運用の自動化、資産管理、構成管理、ネットワーク監視などのシステム運用管理、インシデント・問題管理、ビジネスサービス管理、セキュリティ管理などを支援する様々なコンポーネントで構成され、IT 環境の変化に対応できる運用を支援する。

システム開発から運用に至るプロセスを非常に大きなレベルで図示したものが図 19 である。上記の統合監視ツールは、監視、報告、評価、及びイベントを通知し必要に応じて保守あるいは修正プロセスを経て再び通常の運用にもどる過程を自動化し、あるいは運用管理者を支援し、運用全体の効率と信頼性を向上する。監視から報告に至る過程で、次節で見る障害予知ツールなどを活用してイベントを事前に把握してシステムの調整を行ったり、より早く察知したりするような機能をもつ場合がある。

5.2. 障害予兆検出ツール

¹⁶ 2007 年 06 月 08 日付 IT pro (<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20070529/272876/>)

障害予兆や異常を検出するツールにはいくつかのタイプがある。まだ研究段階のものも多いが、研究に関しては次節で俯瞰することにして、本節では製品化されているものやある程度実用に供されているものの事例について述べる。

予兆を検出する方法としては、システムの正常動作のモデルを作成し、モデルと実際のシステムの挙動とを比較して不一致部分を異常の予兆として検知するもの、システムの動作モデルは作成せずシステムのパラメータなどを記憶してその組み合わせとイベントとを関係づけることによりパラメータとその動き方を記憶したデータ及びイベントと比較することによりイベントの予兆を検知するもの、オペレーターやユーザーのメッセージを記録・分析しイベントと関連付けることにより、メッセージからイベントの予兆を検知するもの、イベントやシステムパラメータのログとオペレーターのアクションとを関連付けて自己学習して予兆検知につなげるものなどがある。いくつかの予兆検知ツールを以下に紹介する。

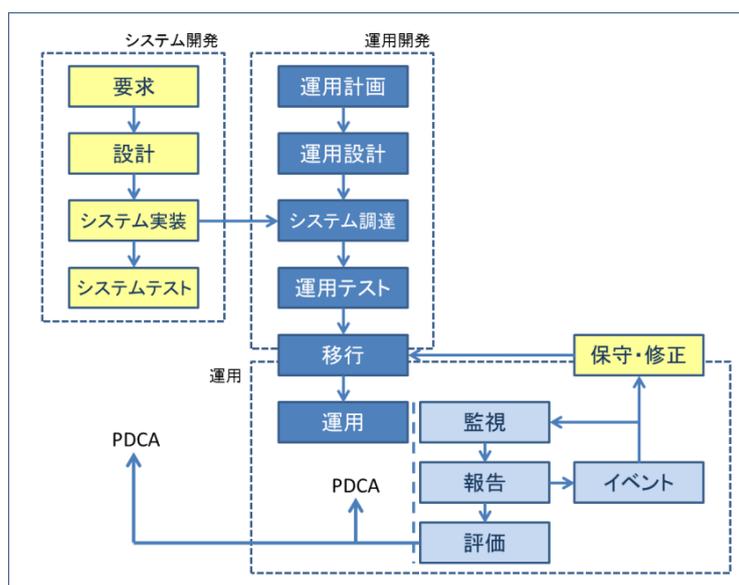


図 19 運用プロセスの流れ

予兆を検出する方法として、システムの正常動作のモデルを作成し、モデルと実際のシステムの挙動とを比較して不一致部分を異常の予兆として検知するもの、システムの動作モデルは作成せずシステムのパラメータなどを記憶してその組み合わせとイベントとを関係づけることによりパラメータとその動き方を記憶したデータ及びイベントと比較することによりイベントの予兆を検知するもの、オペレーターやユーザーのメッセージを記録・分析しイベントと関連付けることにより、メッセージからイベントの予兆を検知するもの、イベントやシステムパラメータのログとオペレーターのアクションとを関連付けて自己学習して予兆検知につなげるものなどがある。いくつかの予兆検知ツールを以下に紹介する。

① HP Service Health Analyzer / HP Operations Analytics — 日本 HP

HP Service Health Analyzer (SHA) [HP, 2011]は動的なサービスモデルに基づいて問題発生を予知するツールであり、自動的な学習により周期的変動パターンを調べて基準を確立し、データを分析することにより近い将来のイベントを予測する。SHA は測定値の履歴に基づいて、週、月、あるいは季節の変動も含めた動的な閾値を学習して閾値を自動生成する。SHA にはランタイム異常検出 (RAD) エンジンがある。測定値の異常を発見すると、ランタイムサービスモデル (RTSM) と呼ばれる機能がサービスを構成するアプリケーションとインフラストラクチャの情報を提供し、RAD は異常と RTSM から得られた情報とを関連付けることにより障害の予兆を検出しオペレーターに通知する。SHA には Anomaly DNA Technology という機能もあり、異常が起こった時の情報をデータベースに保存し、新たな異常を過去のデータと比較することにより、一致が見られた場合は修復方法を提供する。

HP Operations Analytics [EMA, 2013]はビッグデータ解析を活用した運用のためのソリューションであり、構造化及び非構造化データ、関連イベント、サードパーティも含む監視ログなど、あらゆるソースからのログ情報を収集し、関係者ごとに異なる優先事項に基

づいて分析ダッシュボードに表示することができる。

② IT Operations Analytics 及び研究事例 — 日本 IBM

IT Operations Analytics [IBM]というビッグデータ分析により運用を支援するソリューションを提供している。このソリューションは、システムの動作を学習して測定値の傾向や関係を検知し障害の予兆を検出する IBM SmartCloud Analytics、クラウドのパフォーマンス分析を行いリソースの状況を表示する IBM SmartCloud Monitoring、IT ストレージ・インフラストラクチャ全体を最適化する IBM SmartCloud Virtual Storage Center、リアルタイム分析と履歴分析を使用してサービスに影響を与えるイベントを管理する Netcool Operations Insight などの製品群から成り、時間経過とともに変化するシステムの振舞いを自動学習し予兆を検出することができる。また、データが構造化されているかいないかに関わらずデータを分析して洞察を引き出すことができる。

Graphical Gaussian Model を用いた機械学習と異常検知を行う ANACONDA-GGM [井手, 2013]は、公表された時点では製品化はされていないが、船舶、自動車、運輸、エネルギーなどの分野での適用実績がある。また、 β -Version として紹介されている TASP (IBM Tivoli Analytics for Service Performance) [五十嵐, 2013]は自己学習により各 KPI 値間の因果関係を発見し因果の崩れによる予兆検知を行う。

③ インバリエント分析 — NEC (日本電気)

インバリエント分析という技術を使った障害の予兆検出を提唱し統合運用管理システム WebSAM に適用している [加藤 矢吹, 2012]。この技術は、時系列の数値データを分析対象として正常な期間の数値データから性能モデルを学習し、リアルタイムに得られる数値データから異常を発見することにより予兆検出を行うものである。WebSAM は、監視エージェントからマネージャへの通信機能、メッセージ分類や通報などのメッセージ管理機能、ログ監視や性能閾値監視などの共通監視機能、性能情報や構成情報などの共通データベース、運用管理に共通な対話画面などを共通機能として備え、この他にプラグイン機能を追加することにより予兆検出などを支援することができる。インバリエント分析技術の適用事例として中国電力の事例¹⁷などが公開されている。この例では大規模施設に大量のセンサを設置し、そこから得られる情報から専門的な知識や複雑な設定なしに通常運転時のモデルを作成し、モデルと実測値を比較することにより設備の異常やその予兆を検出するインバリエント分析技術を用いている。

5.3. 障害予兆研究事例

障害予兆の技術については様々な手法が研究されている。障害予兆の研究には、対象となるシステムをモデル化し、そのモデルの挙動に対して正常と異常の閾値を設定し、センサなどを活用して実際のシステムの動作特性を測定し、モデルの閾値と実測値との比較に

¹⁷ “NEC、中国電力 島根原子力発電所 2 号機に「故障予兆監視システム」納入”
http://jpn.nec.com/press/201405/20140523_01.html

よって異常の有無や予兆を判断するものが多い。システムのモデル化の手法、閾値の設定の仕方や閾値の動的な変化のさせ方、センサなど実際のシステムの動作特性の測定方法、時系列に従ってログされた履歴とモデルとの比較の方法、異常や予知の通知の方法、障害修復や予兆回避のアクションの取り方などの違いによって様々な手法が提案されている。

障害の予知に関しては、予知した障害が実際に起った場合 (TP)、予知をして警告を上げたが実際は障害につながるものではなかった場合 (FP)、障害を予知していないにも関わらず実際は障害が起こってしまった場合 (FN)、障害を予知せず実際に障害が起こらなかった

場合 (TN) があり、予知をした事象が実際に障害である率 (precision) は $precision = \frac{TP}{TP+FP}$

で表され、起こった障害のうちどのくらい事前に予知できたか (recall) は $recall = \frac{TP}{TP+FN}$ で

表される。この precision と recall が共に十分高い数字にならないと障害回避の自動化、あるいはオペレーターが障害予兆技術を信頼して実際のオペレーションを行うことができない。

本節ではサーベイも含めいくつかの研究事例を紹介する。

① 予兆検知手法のサーベイ

「A Survey of Online Failure Prediction Methods」 [Salfner, Lenk, Malek, 2010]では、

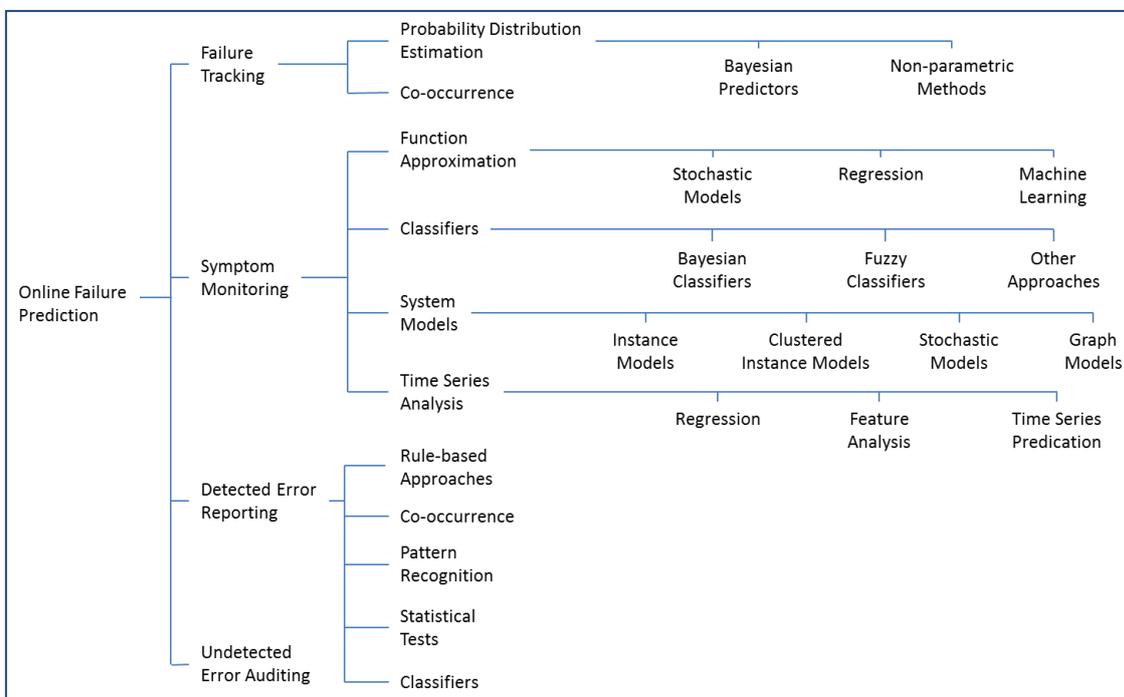


図 20 実行時の予兆検知手法の分類

出典： A Survey of Online Failure Prediction Methods [Salfner, Lenk, Malek, 2010]

公開されている実行時の予兆検知の手法を大きく4つのカテゴリに分類して整理している。図20はこの論文に基づいて作成したものである。“Failure Tracking”は過去に起こった故障などに基づいて確率や関連性から故障を予知する手法である。“Symptom Monitoring”はCPU負荷やシステムのパフォーマンスの変化などシステムの兆候を読み取ることによって障害などを予知する。“Detected Error Reporting”では障害に至らない故障や異常などのイベントに基づいてそのログなどから障害を予知する。“Undetected Error Auditing”はイベントとして報告されない故障や異常を能動的に見つけ出してその情報に基づいて障害を予知する技法であるが、この論文が書かれた時点ではこのカテゴリに対応する手法は知られていないとしている。

② クラウドデータセンターにおけるオンライン障害予知

「Online Failure Prediction in Cloud Datacenters」 [Watanabe Matsumoto, 2014]では、クラウドデータセンターのシステムが発行するメッセージを、時系列にはよらず言葉のマッチングによりパターン学習し、メッセージを分析することにより障害を予知する。論文によると実験的なデータは80%の precision、90%の recall という結果を得ている。

③ レビューサイト情報を利用した不具合検知

「レビューサイトの情報を利用したスマートフォンアプリケーションの開発支援」 [清, 田原, 大須賀, 2014] はスマホアプリの不具合検知の手法の研究であるが、Google Play や App Store の各アプリケーションに対するレビューサイトへのユーザー評価投稿を利用するものである。評価の投稿が通常時はポアソン過程に従うが、不具合発生時の低評価レビューはポアソン過程を逸脱した投稿が行われると考え、直近の低評価レビューの投稿頻度の計算値と予め設定した閾値を比較することにより不具合検知アラートを発生する。

上記のようなモデルに基づく予兆検知の手法は現実の複雑なシステムに対しては適用が限定される場合が多く、前節で述べたように、ビッグデータを活用した予知技術がより実用に近づいていると思われる。

5.4. 運用支援ツールの動向

運用支援ツールについては様々な統合支援ツールが提供されているものの、実際の運用現場の多くではシステム構成が独自であるため、運用ツールも自作のものを使いツールのない部分は人手で作業を行っている場合、オープンソースのツールに独自に変更を加えて使っている場合、市販のツールを使っている場合など、様々な事例が見られる。運用を実施している組織では ITIL を参考にして運用プロセスを独自に定めている場合が多いため、支援ツールもそれに合わせてカスタマイズが必要になることが多い。現時点では、定期的に管理している指標を自動収集し報告書を自動作成したり、イベントが起こった時に決められた手順に従ってアラームやレポートを発行したりするといった使い方が多く、イベントに対する自動対応や障害の予兆検知とそれに伴う自動修復などは今後の課題と思われる。

ビッグデータを活用した予兆検知やヘルプデスクのサポートなどは徐々に実用レベルのものが出てきており、今後はこのような技術が運用のワークロードの削減や信頼性の向上につながるものと期待できる。また、障害などの原因解析は多くの場合高度なスキルを必要とするが、ビッグデータを活用した手法はこのような原因解析の支援や、オペレーターのアクションなどを統合して知識として記録し分析・活用することにより、経験のある人手に頼っていた原因解析やアクションのワークフローの自動化やオペレーターのワークフローの自動作成などが実現できる可能性もある。

今後のクラウド活用化の動向を考えると、システムのインフラ部分は PaaS、IaaS と呼ばれるようなクラウドが利用され、仮想化技術を前提にして運用に関する標準化やツールを活用した自動化が進み、アプリケーションやサービスの運用管理はその上で考えていくという形態が多くなっていくと思われる。同時に、ネットワークを介して **System of Systems** という形でサービスを提供することも普通の形態になってきているため、そのようなシステムへの対応はネットワークセキュリティと併せて今後の重要な課題になると思われる。

6. 運用の実態調査

前章までは IT システムの運用に関して書籍やインターネット上などの情報に基づいて調査したプロセス、指標、ツール、障害予知技術などを中心に見てきたが、本章では、企業などで実際にシステムの運用に携わっている組織のヒアリングを通じて得た運用の実態についてまとめる。6.2 節以降では、運用に関して、プロセス、指標、ツール、人材育成、公的機関などへの要望の 5 つの項目について、ヒアリングを通じて得られた実態をまとめる。

6.1. 実態調査作業の概要

運用の実態調査は 2014 年 10 月から 2015 年 1 月にかけて、図 21 に示す企業や組織の協力を得て行った。ヒアリングは、それぞれの運用方法の特徴や運用に対する問題点などを抽出するために、定型的な質問形式ではなく自由にディスカッションをする形とし、協力企業・組織の責任者 1 名から数名に対して、IPA/SEC のメンバー 1 名から数名がインタビューするという方法で行った。

一口に IT システムの運用に携わる企業や組織といっても、前述のようにユーザー、開発ベンダー、保守・運用ベンダーと大きく 3 種の異なる立場がある。さらにユーザーの立場で見ると、自社開発したシステムを自社で運用する形態、開発ベンダーが開発して運用は自社が行う形態、運用を開発ベンダーあるいは保守・運用ベンダーに外注して行う形態、さらにそれらの複合した形態など様々ある。開発ベンダーの立場で見ると、ユーザーの発注に基づいて開発したシステムをユーザーとの契約に基づいて保守・運用も行う形態、クラウド上のシステムのようにアプリケーションはユーザーとの契約に基づいて開発し保守・運用も行うが、システム基盤はクラウドサービス業者が運用を行う形態などがある。

保守・運用ベンダーの立場で見ても様々な形態があり、ユーザーとの契約に基づいて保守・運用を実施する場合、運用を請け負っているが保守などはユーザーが責任を持つ、あるいは開発ベンダーなど第3者が請け負う形態などがある。運用の信頼性などを考える際には、実際の運用が様々な環境やバリューチェーン（サプライチェーン）のなかで実施されていることを考慮する必要がある。本報告書ではバリューチェーンにまたがる高信頼化に関しては深い考察は行っていないが、この領域は新しい課題であり、このようなガバナンスに関するこれまでの提案や課題をまとめた報告例 [原田 久保, 2015]がある。

6.2. 運用プロセス

保守・運用プロセス

多くの組織が運用時のプロセスを、新機能の追加やシステムの更新などを行う保守と、日常の管理及び障害などに備えた監視を行う運用とに大きく分けて捉えている。一般的に運用はKPIに基づいて図 19の運用の部分に示したように監視、報告、評価、イベントに対するアクションの管理を行うル

カテゴリ	企業名
システムインテグレーター	日本HP
システムインテグレーター	日本IBM
システムインテグレーター	日本電気 (NEC)
システムインテグレーター	NTTデータ
システムインテグレーター	富士通
IT運用・保守	ISID-AO
IT運用・保守	NTT-AT
クラウド・DC	パナソニック
クラウド・DC	富士ゼロックス
システム	セントラル警備保障
システム	富士ゼロックス
学界	北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST)
政府関連	政府CIOオフィス

図 21 運用実態調査ヒアリング協力企業・組織

ープを基本として、その中で得られた知見を元に継続的改善プロセスを実施している。運用を実施している組織はほとんどの場合、提供しているものはサービスであり、ITシステムはサービスを実現するための構成要素あるいは基盤と捉えている。運用時の信頼性を考えるにあたって、ソフトウェアやITシステムそのものの信頼性も重要であるが信頼性はサービスあるいは顧客の要件である、と捉えITはサービスの部品でありサービスのITへの依存をどう扱うかという方向で考える必要がある、としている組織もある。サービス指向で運用を考えることにより運用は障害対策という見方だけでなく、価値の創造につながるものと捉えることもできるようになると考えられている。現在のシステムは、様々なハードウェアのメーカーや機種が組み合わせり、基本ソフトウェアもWindows、Linuxなどが混在して複雑になってきているため、運用が難しくなっていると考える組織が多い。組込み系のソフトウェアに関しては、保守・運用のプロセスが確立されていない例も見られる。

ITILの活用

ITIL/ISO20000は、多くの組織においてITシステム運用の標準としてそのまま使われる

のではなく、各組織の運用プロセスの点検のための参考にされ、自組織のプロセスに抜けないかの確認などのベンチマークとして活用されている。多くの組織の現場では、ITILには具体的な運用プロセスは記載されていないため現場に適用するためには自らの知見に基づいて運用作業標準の作成が必要になると考え、ITILに基づいて組織ごとに独自の運用作業標準を作成している。組織によっては、運用作業標準はITILの公開やISO20000の発行以前からあるため、運用作業標準作成にあたっては自組織ですでに確立されている標準に則りITILはほとんど意識していない場合もある。運用サービスのパンフレットや製品のカタログなどにITIL準拠としている例は多く、事業所単位でISO20000-1の認証をとっている組織もあるが、実際の運用にあたっては顧客がITIL準拠を要求することは少ないという意見が多かった。

前述のようにITILは運用プロセス全体を規定しているものではないが、米国を含めグローバル企業全体の方針としてITILを基本にしている企業もある。言葉の統一・意思疎通のためにITILを活用したり、オペレーターにITIL認定資格取得を奨励したりしている組織の例もある。また、ITILで提唱している3P（People、Product、Process）及びPartner、Purposeを付け加えた5P重要視している企業もある。組織によっては保守運用部分だけをユーザー企業や組織から請け負っている場合があり、その場合ITILにおける多くのプロセスは組織内だけでは完結しないという意見も聞かれた。

ソフトウェア品質文化

システムの運用を実施する立場からみてシステムを開発する組織の間の意思疎通や要求の伝達に関する問題を上げる組織は多い。ITILのようにサービスを提供するという視点にたち、ITシステムの運用を中心にシステムのライフサイクルを見ると、システム運用が継続する中でソフトウェアはサービス機能の追加などの必要に応じて開発をしたり購入したりして調達するものと捉えている例が多く、サービスを提供するという視点にたってソフトウェアの要件を捉えることが重要であるが、現状は運用から開発への要求はなかなか伝わっていないと感じている運用組織が多い。上記は運用の立場からの典型的な意見であり、その解決のためにDevOpsなど運用プロセスと開発プロセスの融合に期待しているという意見もある。

組込みソフトの開発を含む従来のソフトウェア開発は、仕様書に従ってひと通りの機能を揃えて品質を十分に確認した上で出荷したり運用を開始したりする。そのため製品やサービスの品質については、製品全体の仕様書に従って開発し、品質が社内基準を満たすまでテストを繰り返し、問題を十分に解決して初めて出荷する、という従来からの方針を持っている。それに対し、Amazon、Google、Yahooなどを含むWeb系企業に多く見られる最近のソフトウェア開発は、スピードを重視しまず中核となる機能に絞って開発し早期にサービスを開始した後、利用者の反応を見ながら追加機能を開発したり既存機能を改良したりするというものとなっている。特にアプリケーションの更新は、例えば一つのアプリケーションに対して2週間に1回くらいという頻度で行われている例もある。顧客満足度

という目で見ると、高品質で間隔の長いリリースを目指すより、こまめなリリースでバージョンアップを続けるほうが良い場合が増えつつあると考えている組織もある。このようにソフトウェアの品質に関する考え方が多様化している中で、他社の開発したアプリケーションなどを使う場合、変更承認に関する手続きの厳しい社内標準とアプリケーション供給元の企業との品質に対する考え方の違いを問題として挙げている企業もいくつか見られる。特に、同じ供給元のアプリケーションの改訂を他社は迅速に取り込んでシステムを更新していくのに対して、自社の品質基準ではテストが間に合わないあるいは品質基準を満たさないために更新できないような場合にビジネスや顧客満足度に対する影響が出てきていると考えられている。

情報セキュリティ

セキュリティパッチは影響範囲の判断が難しく、緊急に適用するべきか、他の機能への影響を十分評価した上で入れるべきかの判断が難しいという意見があった。特に、ソフトウェアの変更にあたっては安全性の確認が最重要である組込みシステムでは変更の適用には慎重にならざるを得ない。十分な評価を行ってからソフトウェアの変更を適用するために、OS、データベース、ミドルウェアなどは逐次更新はせず、ハードウェアの更新などに合わせて更新するという例も多い。セキュリティ対策は運用と切り離せないため、常に不安があると訴えている組織もある。エンドユーザーに対して最終的なサービスを提供している組織はセキュリティに関してもユーザーに対する責任は免れないものの、部品供給者、運用サービスの提供者、第3者などの間で、セキュリティの対応は誰の責任か、責任の切分けをどうするかなどのルールは明確でない、という意見があった。特に組込み機器におけるソフトウェアの不具合や更新の適用判断の責任分担のルールをどうするかは、リコールも絡むために大きな問題になる可能性がある。

運用の信頼性

運用の信頼性向上に係る体制の問題として多くの組織が下記の例に示すような問題を抱えている。運用における信頼性をあげるには、多重化やソフトウェアの検証を十分に行うことなどによりシステムそのものの信頼性を向上するだけではなく、監視のレベルを高く設定することや、監視や障害対応の体制を適切に構築することなどが必要になる。また、運用時の障害を検出することはできるが、問題を把握し、原因を解明し、障害の解決に結びつけるために、原因などを分析しつつどのように必要十分な人員に情報を通知するかが難しく、現実には障害の解決に必要以上の時間がかかってしまっている。例えばひとつの問題を解決するのに、サーバーの専門家に通知するか、ストレージの専門家に通知するか、などの初期の判断は難しく、初期の誤った判断が問題解析の効率に大きく影響する場合がある。

システムの障害はビジネスの継続性や企業の説明責任に直結するため、運用ではマネージャ、オペレーターなどを含む関係者の訓練が重要になる。ある組織では、システム障害が発生した時のエスカレーションプロセスなどの障害系プロセスとサイバー攻撃などセキュリティ

セキュリティの問題が発生した時のエスカレーションプロセスなどの脆弱性プロセスとでは関係者や必要な手順が大きく違うという理由で、障害系と脆弱性とに分けて訓練を行っている。運用の作業手順書は重要であり、手順書すなわち運用品質という見方をしている例もある。ヒアリングを行ったある企業では、運用における品質向上は、プロセス、人、ツール・設備などの整備に基づいて品質・生産性に結びつける必要があると捉え、さらにプロセス、人、ツール・設備などは、PDCA、フィードバックループ、人材育成、新たな価値創造を土台とした組織風土・文化の醸成によって実現するという運用サービス品質の全体概念を掲げている。また、この全体概念の中で、運用作業の内容や手順を標準化すると、人、ツール、プロセスが共有でき効率化できると考えている。

観点は変わるが災害対策を考えてデータセンターをどこにおいたらよいかといったことも、運用に関わる重要な関心事になってきているという意見もあった。

6.3. 運用指標

SLA

IT システムのユーザーと運用ベンダーとの間で SLA を設けていない例もあるが、ヒアリングをした多くの組織では運用開始までに SLA を作成するとともに、SLA で規定された項目についての月次報告などを行って運用品質の確認を行っている。SLA は契約であるため、項目数を増やすことは契約が複雑になることと SLA ですべてを規定できないことなどの理由で、ユーザー及びベンダー双方から好まれない事が多く、重要な SLA 規定項目は 3 項目くらいまでに限定している場合が多い。米国、アジアなども同様の傾向であるという意見がある一方、世界的には 100 項目以上を使う場合があるという例もある。日本でも月次報告に使う SLA 規定項目を 10 項目程度設定している例もある。SLA 項目として可用性を挙げている例が多いが、SLA 項目は顧客により様々であり、業務層の要求からソフトウェア設計などに落としていく中で信頼性、可用性、パフォーマンス、エコロジーなどの非機能要求を元に考えている例もある。非機能要求を元に SLA 項目を検討する場合要求項目数が多くなりすぎる場合があり、項目が多くなると運用コストが増大するのが一般的であり QCD¹⁸のバランスが重要になるという意見があった。

運用の請負業務の場合には可用性などシステムそのものの特性を規定する SLA は特に設けていないが、顧客に報告する指標として、システム監視の間隔や手順書通りに運用作業を実施しているか、などの運用業務自体を評価する指標を使っている。クラウドサービスのユーザーは、クラウドなどのインフラサービスのサプライヤーとの SLA のあり方は課題として挙げている。

内部 SLA/KPI

運用組織では、SLA を基本にしてサービスレベル目標からサービスの要素に分解し、それぞれの要素について KPI を策定する例が多い。SLA を達成するために必要な要素を内

¹⁸ QCD : Quality (品質)、Cost (コスト)、Delivery (納期)

部 SLA、KPI などとして設定し、項目の重要度や内容によって顧客との共有の有無や報告頻度の区分を決め、対応する項目を月報、週報などを通じてユーザーと共有し、あるいは運用チームの内部情報として管理している場合が多い。運用の内部管理用の KPI は 100 項目以上に及ぶ場合があり、コンポーネント、ソフトウェア単位の指標などもある。KPI も SLA と同様運用開始までに設定し、定点観測をしながら適宜項目の見直しを行っている例が多い。運用サービスを行っている企業や組織の場合、標準の KPI テンプレートがあり、それをユーザーに応じてカスタマイズして利用している。

運用に携わるほとんどすべての組織が前記のように KPI を設定して定量的運用管理を行っているが、運用の品質は定量化が難しい領域であり、開発時の指標のように運用全体の品質を評価する指標は確立されていない。運用の効率を定量化して改善を図るためにも、運用のリスクマネジメントを行うためにも、運用全体の品質を評価する指標を望んでいる企業が多い。このような指標を品質に応じた運用サービスの値段を付けるために活用したいという意見もある。また、運用の複雑さや運用の作業量の測り方がない。このような指標があると運用のリスクマネジメントや人員計画などに活用できるという意見があった。運用人員の能力を図るための適切な指標（能力評価）を求めている組織もある。

ただし、現場の感覚では SLA/ KPI で表せないものが信頼性にとって重要と感じている組織もある。そのような組織は、ソフトウェアやシステムの運用としてではなく、サービスの運用として捉えることが必要という考えを持っている。開発もソフトウェアだけではなくシステムさらにサービスという観点で捉えると定量化できていないのではないかという意見があった。例えば、サービスレベルにおける重要な指標のひとつである顧客満足度については、システムやソフトウェアのそれぞれのレベルの要素にどのように分解したらよいかは、多くの運用に携わる組織にとって未解決である。運用時のシステム品質はユーザーの期待値に大きく影響され目標自身も曖昧なため運用開始時に定めた目標に近づく努力とともに状況に応じて対応できるような継続的改善が必須になるという意見があった。

以下では、網羅的ではないが KPI として使われている指標を具体的に挙げる。

- ・ 保守業者との契約： システム切替え時間、障害要因切分けから機器のリプレース完了までの時間、パッチなどの報告義務、等。
- ・ 監視機能に関する社内的な指標： **Accident**（長時間サービス不能）、**Incident**（短時間サービス不能）、**Event**（サービスは継続可能な障害）に分けて管理。
- ・ CPU、メモリなどの閾値： これらの閾値を監視・判断しているが、閾値は予想されるシステムの使用状況の変動に応じて、週・日などの周期でダイナミックに変動させる場合も多い。

運用だけを請け負う場合はどこまで見るか、どこは見ないかを明確に定めて顧客と合意する必要がある。この他に、運用ミスの件数、顧客満足度、重大障害発生件数、プロセス（セキュリティなど）違反件数、QA¹⁹レビュー評価などが指標として使われている。

¹⁹ QA: Quality Assurance（品質保証）

クラウドサービスあるいはPaaSやIaaSという形でインフラをサービスとして提供する
場合、インフラ系を定量化する基本単位がないことを問題として挙げている組織がある。

6.4. 運用支援及び障害予兆ツールの活用

運用支援のツールにはシステム監視、インシデントや問題の管理、変更や構成の管理、
ダッシュボードなどユーザーインターフェースを含む作業支援、報告書作成、自動化支援、
障害予兆など様々な機能があり、多くのツールはこれらのいくつかの機能を持っている。

監視ツールは、障害の予兆検出及びアクション、キャパシティ管理、監査などのための
記録、という 3 つの目的のために広く使われている。ログ監視、機能監視などを行いその
結果の表示やアクションを行うためのユーザーインターフェースの提供などシステムの監
視のためには市販のツールや Zabbix、Hinemos などのオープンソースの監視ツールを活用
している例も多いが、サーバーからの情報収集、トラフィックのカウントなどには自社で
作り込んだツールが必要になる場合が多い。また、市販やオープンソースのツールなど既
存のツールのワークフローなどの手順は自社の運用手順と異なるため運用ツール全体を自
作している例がある。また、費用の観点などから構成管理は人手で行うなど運用の多くの
部分を手作業で行っている場合もある。

監視ツールの活用の事例を以下に挙げる。インシデント報告ツールを使用してインシデ
ントのトラッキングを行い、エスカレーション、根本原因解明、未然防止を支援する。サ
ービス管理ツールを使用してワークフローのテンプレートの作成と活用、監視・インシデ
ント起票・修復・レポートの自動化を行う。構成管理ツール、ソフトウェアインベントリ・
ライセンス管理ツールなども実際に活用されている。重大インシデント報告などのワーク
フローにおいては、場合によっては運用組織の顧客であるユーザーもオペレーターや監視
ツールの発行する通知メールのメーリングリストに含まれることがある。データセンター
の運用など最近のシステムの運用は複雑化して人手に負えなくなってきており、企業のワ
ークフロー管理から出てきたグループウェア的な手法やツールの導入が効果的と考えてい
る組織もある。

システムのユーザーの立場から、システムの仮想化が行われたりシステムがクラウド上
に構築されたりするようになるとシステムのインフラ部分の独自性が少なくなり、市販の
ツールの活用やツールを活用した運用の自動化を行いやすくなるという意見があった。ク
ラウドの利用が多くなっているが、現実のシステムは「自社システム+クラウド」のハイ
ブリッドがかなりある。クラウド化を進めることにより、コスト・障害切分け時間削減の
効果が出ている事例もある。クラウド化によるデメリットも評価されているが、クラウド
化のメリットとデメリットを合わせた総合的なコストや信頼性などの効果に関する結論は
ヒアリングを行った範囲では得られなかった。

障害予知ツールはまだ研究段階のものが多い。研究は精度（precision/recall など）に拘
りがちだが、実用にはそれ以上に予知結果を誰にどう伝えるかが重要と現場では考えられ

ている。障害予知は難しいが、ハードウェアは定期的に交換する、原因が分からないまま障害が回復した場合は状況によりハードウェア／ソフトウェアを入れ替える、ルータは早めに交換する、などの予防策をとっている場合もある。ノウハウを持ったオペレーターの操作履歴を自動収集し、その結果や過去の操作記録を表示してオペレーターを手助けしている例もある。ベテランの操作や操作の手順を自動収集してワークフロー化することも研究として検討されている。また、ヘルプデスクへの問い合わせから FAQ を作成するというも行われている。システムの履歴を自動的に収集し閾値の自動設定を行うなどの自動学習は実用化され製品化もされてきているが、検出した異常や異常予知への対応としての自動修復は再起動以外には具体例がなかった。運用の 24 時間 365 日を実現するためには、実用に耐え得る自動化が必要と考えている組織もある。

6.5. 運用における人材育成

IT システムの運用には、サーバー管理、ネットワーク管理などの専門技術や、障害の初期の切分けやインフラ全体の管理など必ずしも最先端技術ではないが、ある技術に特化した狭い領域の技術力ではなく広い領域にわたる知識とマネジメント技術を備えたジェネラリストとしての高い能力が必要な場合があり、このような人材の育成に関してはすべての組織で問題を抱えている。運用のスーパーマンは育てられないので、開発者も運用に携わるなどの工夫をしている組織もあるが、一方で運用技術者と開発技術者の地位の違いもあり、開発技術者は運用に携わりたがらない、開発技術者と運用技術者間のローテーションが行われにくい、などの問題が多く組織で指摘されており、運用に携わる人のキャリアパスは重要な課題である。育成だけではなく 40 代から 50 代のベテランがいなくても障害対策や障害解析ができるような手順づくりを行うなど、特殊な能力や技術を持たないオペレーターでも運用できる仕組みを作ることを課題として挙げている組織もある。

IT 関連のアウトソーシングを進めている組織が多くなり、それに伴いクラウドサービスを活用するためのサプライヤーコントロールなどサプライヤーをコントロールするスキルの不足を問題として挙げている組織がある。また、運用予算の制約による運用人員の不足は多くの組織が問題として挙げている。運用に関しては何か「こと」が起こらないとお金をかける必要性を理解してもらえないという事情も散見され、上流工程で運用時の適切なリソースの見積りができるようにすることも、いくつかの組織が課題として挙げている。

6.6. 公的機関などへの要望

IT 戦略や標準化に対しては国がリードすることに対する期待が大きい。非機能要件に関しての様々な標準化の試みや事例については 4.3 節で触れたが、非機能要件の標準作成も一部の企業で望まれている。また、人材育成などの観点でオペレーターの仕事の価値の定量化は多くの組織で望まれている。

IPA/SEC 発行の「ソフトウェア開発データ白書」はよく活用されており、運用に関して

も同様の白書がベンチマークなどのために期待されている。クラウド化が進む中で、社内的にシステムのクラウド化に踏み込めないでいる組織からは、クラウドの評価指標を策定してクラウド化のメリットの数値化をして欲しいとの期待もある。また、組込みシステムの運用・信頼性に関する発信をして欲しいという要望もある。

7. 運用時の定量的信頼性向上の現状分析と課題

前章までは文献、インターネット情報、企業などへのヒアリングを通じて運用時の定量的信頼性向上に関するプロセスや技術などについて幅広く見てきた。本章では、今まで見てきた技術やヒアリングを通じて得られた調査内容をもとに、運用時の信頼性向上に関する考え方、その中で特に定量的な信頼性向上をどのように考えたらよいか、またその時の課題や今後運用に関する共通の課題として公的機関などが取り組むべき課題の候補などを考察する。

詳細な検討に入る前に、これまで「運用時の信頼性」について特に定義をせずに運用時の様々な要素を検討してきたが、前章までの調査結果から「運用時の信頼性」について整理する。可用性向上やシステムの障害発生頻度削減、そのためのシステムの多重化や運用プロセスの効率化などは信頼性向上に貢献する要素であるが、サービスのレベルで見るとその他に障害発生時のリスクを事前に把握しておく、リスクに対するアクションを明確にしておくといったことも信頼性向上の重要な要素になる。障害に至る過程のシステムのログを残しておくことも、原因解明と対策の手助けになるだけでなく、特に社会的に重要なシステムの場合などは障害後の説明責任を果たす上で必要なことであり、広い意味での信頼性と捉えることもできる。

7.1. 運用時の信頼性の考え方

既に見てきたように、現代の IT システムの運用は、開発したシステムを開発完了とともに運用組織が引き取って運用できるように開発時に品質を作り込んでおけば運用時の信頼性が向上する、という単純な構図では語れなくなっている。その背景として、サービスやビジネスの基盤としての IT システムの位置付け、アプリケーションやミドルウェアのコンポーネント化と開発によらない調達増加、クラウドなど既存のインフラの活用、運用時の継続的な要求や環境の変化などがある。ITIL の考え方のように、IT システムの運用はサービスの実現そのものとして捉えることが必要である。運用にあたっては、その構成要素として、人、施設、機材、IT システム、運用の手順、実施のプロセス、さらに全体の PDCA などが考えられる。信頼性向上のためには個々の構成要素の信頼性を上げることと、PDCA サイクルを回しながら全体の信頼性を上げていくことが重要になる。このために個々の要素の品質の可視化及び実施するプロセスの可視化のための指標が必要となる。これらの指標は計測、報告、分析、評価を通じてアクションと改善のためのフィードバックに繋がっていないといけない。IT システムは人や施設・機材と並んで上記のサービス実現のため

の一要素であるとともに、指標の収集・分析・報告を行い、PDCA サイクルを回すためのツールとしての役割も果たす。

7.2. 信頼性向上と計測指標

前節で見てきたように運用の信頼性向上のための指標は運用に関わる人、施設や機材、ITシステム、運用手順、実施されているプロセス、PDCA の

- 開発プロジェクトの基本的属性
 - 種別（新規/改修）、規模、形態（パッケージ/受託）、等
- 利用局面
 - 業種、業務、利用形態（特定ユーザー/不特定ユーザー）
- システム特性
 - システム種別（アプリ/システム/ツール）、処理形態（バッチ/オンライン）、アーキテクチャ、プラットフォーム、開発言語、パッケージソフト
- 開発の進め方
 - モデル（WF/アジャイル）、方法論（構造化/オブジェクト指向）、フレームワーク、ツール
- ユーザー要求管理
 - 要求仕様へのユーザー関与、項目別要求レベル
- 要員の経験/スキル
 - PM、要員
- ソフトウェア開発規模
 - FP、SLOC
- 工期
- 工数
- 体制
 - 外部委託工数、外部委託金額
- 信頼性
 - 稼働後の不具合、品質保証体制、テスト計画、テストカバレッジ
- QCD評価
 - コスト、品質、工期

図 22 ソフトウェア開発データ白書 2014-2015 の主なメトリクス

- 運用の基本的属性
 - 運用組織とユーザーとの関係・体制、運用システムの環境・境界
- 利用局面
 - 業種、業務、利用形態（特定ユーザー/不特定ユーザー）、可用性要求レベル
- システム特性
 - サービス形態、アーキテクチャ、プラットフォーム
- 保守要求
 - 機能追加、規模、更新頻度
- ユーザー要求管理
 - SLA、エスカレーション体制
- 信頼性
 - 稼働後の不具合、品質保証体制、更新時の品質保証基準
- 運用プロセス
 - ITIL、管理ツール、障害予知ツール
- 体制
 - 関係者訓練計画・実施、障害発生時の緊急体制、ユーザー・コンポーネント保守を含めた体制
- 工数
 - 要員数
- 要員の経験/スキル
 - ヘルプデスク、バックエンド、障害対応要員
- PDCA
 - KPI設定、PDCA実施、PDCA評価

図 23 運用におけるメトリクスの一案

効果を計測できるように設計する必要があり、結果的にサービスの信頼性向上につながるような観点で設計されなければならない。

「ソフトウェア開発データ白書 2014-2015」[IPA/SEC, 2014]で収集している開発に関するメトリクスの主な項目を図 22 にリストした。IPA/SEC はソフトウェア開発の課題を解決するために、図 22 に示したようにメトリクスを定義し、定期的に収集分析している。ここでのメトリクスはソフトウェア開発の課題改善を目標として

定義されているが、前章までの調査結果をもとに上記のソフトウェア開発のマトリクスを参考にして、運用時の実態を知り運用の信頼性を向上するために必要と思われるマトリクスの一例を図 23 にまとめた。このようなデータを定期的に収集分析することにより運用品質の見える化を行い、運用の信頼性向上やベンチマークに供し、運用時の課題解決に活用できるものと思われる。図 23 は今回の調査に基づいた一案であり、実際の定量データ項目はシステムのユーザーや運用に携わっているグループなどを交えて検討する必要がある。

第 4 章で見てきた指標の例と図 23 の案との比較を図 24 に示す。この様に比較すると、第 4 章で見てきた指標はそれぞれカバーしている分野にばらつきがあること、多くの指標例で工数、スキル、PDCA を見る指標が欠けていることが分かる。また、図 23 のマトリクス案では情報セキュリティは明示的に項目を立てていないが、4.2 節でも触れたようにセキュリティをどのように扱うかは課題の一つである。

7.3. 運用時の定量的信頼性向上

運用時の定量的信頼性向上

ビジネス目標・要求、基本情報		運用の基本的属性	利用局面	システム特性	保守要求	ユーザー要求管理	信頼性	運用プロセス	体制	工数	要員の経験 / スキル	PDCA
JEITA サービス仕様項目(クラウド)												
大分類	中分類											
基本情報	提供事業者	✓										
	提供サービスの概要	✓										
	提供機能の構成	✓	✓									
提供機能	提供機能の利用条件	✓										
	提供機能の性能・可用性	✓										
	提供機能の拡張性	✓	✓									
サポート	情報通知				✓				✓			
	問い合わせ窓口				✓				✓			
	障害対応				✓				✓			
	業務対応				✓				✓			
	教育				✓				✓			✓
サービス管理	可用性		✓		✓				✓			
	キャパシティ		✓		✓				✓			
	情報セキュリティ			✓					✓			
	サービス継続性			✓					✓			
データセンタ設備	データセンタ	✓		✓					✓			
	システム	✓		✓					✓			
	ファシリテイ	✓		✓					✓			
サービス提供・契約	サービス利用条件		✓									
	サービスレベル		✓									
	特記事項		✓									
JISA 運用プロセス管理指標												
管理分野	管理指標											
障害発生	オンライン障害発生件数						✓					
状況	バック障害発生件数						✓					
	データ中心障害発生件数						✓					
移管管理	作業完了率				✓							
	移行完了率				✓							
稼働管理	オンライン稼働状況		✓				✓					
	オンライン利用状況		✓				✓					
	バックアップ稼働状況						✓					
	サービスレベル稼働状況		✓				✓					
性能管理	オンライン稼働状況						✓					
	バックアップ稼働状況						✓					
セキュリティ	ID管理							✓		✓		
ディ管理	入退館管理								✓	✓		
JUAS システムの評価指標												
大区分	評価項目											
稼働	稼働率		✓				✓					
	遅延稼働率		✓				✓					
稼働品質	業務停止回数		✓				✓					
	稼働時間外停止回数		✓				✓					
	オンライン稼働時間		✓				✓					
顧客満足	顧客満足度指数						✓					
	ユーザー満足度						✓					
投資効果	投資・費用効果	✓		✓	✓					✓		✓
IPA/SEC 非機能要求グレード												
大項目	中項目											
可用性	継続性		✓				✓					
	対障害性						✓					
	災害対策						✓					
	回復性						✓					
性能・拡張性	業務処理量		✓				✓					
	性能目標値		✓				✓					
	リソース拡張性		✓		✓		✓					
	性能高負稼働		✓				✓					
運用・保守性	高負稼働		✓				✓					
	保守稼働		✓				✓					
	稼働稼働		✓				✓					
	運用稼働		✓				✓					
	サポート体制		✓				✓					✓
	その他・運用管理方針		✓				✓					
移行性	移行時期				✓				✓			
	移行形式				✓				✓			
	移行対象(機能)		✓		✓				✓			
	移行対象(データ)		✓		✓				✓			
	移行計画		✓		✓				✓			
セキュリティ	前提条件・制約条件		✓						✓			
	セキュリティリスク分析								✓			
	セキュリティ診断								✓			
	セキュリティリスク管理				✓				✓			
	アクセス・利用制限								✓			
	データの取扱い								✓			
	不正アクセス対策								✓			
	不正アクセス対策								✓			
	マルウェア対策								✓			
	Web対策								✓			
システム環境・エコロジー	システム制約/前提条件	✓	✓									
	システム特性	✓	✓									
	適合規格	✓	✓									
	機材設備・環境条件	✓	✓						✓			
	環境マネジメント	✓	✓									
ANAシステムズ												
種別	指標											
KGI	重大システム障害発生件数						✓		✓			
	業務障害発生件数						✓		✓			
	インシデント数						✓		✓			
	平均復旧時間						✓		✓			
KPI	サービス稼働率						✓		✓			
	障害一次対応解決率						✓		✓			
	問題レポート未対応率						✓		✓			
	根本原因追求時間						✓		✓			
	重要原因分析率						✓		✓			
	インシデント再発率						✓		✓			

図 24 運用における定量データ比較

について、今までまとめてきた調査内容に基づき、定量化のための指標の考え方、指標の管理プロセス、運用時の PDCA の観点で考察する。

前節では運用の全容を数値的に把握するためのメトリクスを検討した。図 23 に示したようなメトリクスを継続的に収集分析することにより、運用の実施状況の信頼性や効率性の実態を明確にし、各々の組織においてメトリクスに基づいて運用時の信頼性や効率性の向上策を検討することができる。日々の運用業務においては、SLA の達成のために必要なリソースや業務手順に関する管理指標（KPI）を運用プロセス管理、システム構成管理、システムパフォーマンス管理などにわたって定義し、管理していく必要がある。第 4 章で見てきたように様々なガイドラインや案が提案されており、これらの情報を参考に信頼性向上のために必要な KPI を決めることが一つの方法として考えられる。第 4 章で見てきた事例や第 6 章の実態調査の結果から、通常はこのような KPI は数百項目にのぼるものと思われる。サービスやシステムのユーザーの立場での評価にあたる SLA などの指標と上記のような KPI との関連付けは一般的な手法やテンプレートが確立していると言える状況ではなく、標準化あるいはテンプレート作成を検討する意味がある。

上記の指標の管理とそれに基づくアクションは信頼性向上にとって鍵となるプロセスであるが、システムや運用する組織の形態にあわせて上記の標準やテンプレートを基に個別にプロセスや作業手順を作成し実施することになる。実態調査の結果ではほとんどの組織が ITIL をベースにするか参考にして運用のためのプロセスや作業手順を作成している。ITIL では様々な運用プロセス管理に関してベストプラクティスがまとめられているため、一般的には ITIL をベースにする方法が最善と思われるが、運用だけを請け負っている場合、ネットワークなどでつながった異なるシステムの複合により一つのサービスを提供している場合、などは一つのサービスの提供に必要な運用が複数の企業や組織にまたがって実行されるため、責任範囲の切分け、連携、ステークホルダー間の合意などを明確にしておくことが重要になる。

PDCA については、監視・報告などの日常業務やイベントの確認・処理・報告などそれぞれの小プロセスの中での PDCA、運用全体での PDCA、ビジネスを含む全社的なレベルでの PDCA など様々なレベルでの PDCA サイクルを回していくことがシステム運用の信頼性向上のためにも必要になる。PDCA は ITIL でも重要視されているが、システムが運用されている中で要求や構成が変化し、システムが動作している環境も変化していく中では、運用プロセスをシステムの稼働開始時の設計に合わせて設計したまま固定して運用を続けるのでは、信頼性の向上のみならず維持も図れない。指標を確立し、定量的なデータの評価に基づいて PDCA サイクルを回すことが重要である。

7.4. 開発と運用を統合した信頼性向上

これまでシステム運用時の信頼性を見てきたが、本節では IT システムに対する要求、システム開発、サービス提供、サービスやシステムの変更、サービスの終了といったライフ

サイクルの中に運用の高信頼性サービス実現を位置付けて考察する。最近のシステムの特徴を見直してその視点で定量的手法に基づいて運用時の信頼性を向上するために必要な要件を検討する。

IT システムの業務やサービスにおける活用を見ると、コンピュータシステムが広く業務に活用され始めた 1960 年代から 1980 年代にかけては、オフィスの業務の効率化など主として生産性向上のためにコンピュータシステムが活用され、ソフトウェアは業務に合わせて開発された。1980 年代から 1990 年代には、EC²⁰、SCM²¹、ワークフローなど業務フローの自動化や支援を IT システムを利用することにより行うようになった。この時代にはインターネットの活用が進み、ソフトウェアはパッケージソフトの活用も多くなった。2000 年代からはインターネット上での双方向の情報交換を容易にするなど Web の活用も質的に進化し、クラウドも活用されるようになった。それに伴いビッグデータの活用やインターネットを通じてインターネットだけで結ばれた人々によって一つのプロジェクトを遂行するといった仮想組織なども実用的に使われるようになり、IT システムが従来のサービスや業務の効率化だけでなく従来考えられなかったサービスやビジネスの実現など新たな価値の創造の基盤としても活用されるようになってきた。

このような時代のシステムの特徴として、進化し続けるプラットフォームやネットワーク環境の中で他のシステムと協調しながらシステムが継続して使われ続けるようになってきている。システムの信頼性もそれに対応して System of Systems の信頼性として捉え

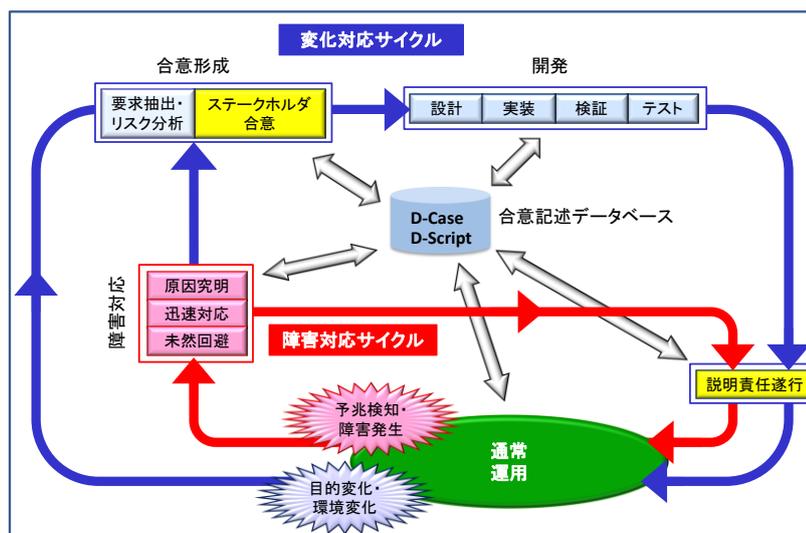


図 25 DEOS プロセス

出典： DEOSWeb ページ

(<http://www.jst.go.jp/crest/crest-os/osddeos/concept.html>)

る必要が出てきている。このようなシステムは環境の変化に対応するためあるいはサービスの内容を進化させるために常に変化を続けるため、固定した目標と体制では信頼性を確保することは難しく、PDCA サイクルを回すことが重要になる。また、ネットワークや他のシステムとの協調の中で運営されるシステムの信頼性をトップダウンにすべて決めるこ

²⁰ EC: Electric Commerce (電子商取引)

²¹ SCM: Supply Chain Management (サプライチェーン管理)

とはできないため、多くの場合サービスの提供者であるシステムのユーザー、システムの開発者、システムの保守・運用者、場合によってはサービス・製品の認可者やサービスのエンドユーザーなどの合意形成により目標や仕様を決めていく必要がある。この際にネットワークや他のシステムとの境界を定め、該当システムの前提、制約、限界などを出来る限り明示し、共有し、合意し、その内容が開発から運用を通じて関係者に共有されることが重要になる。このように前提、制約、限界などを関係者が明確にして共有することにより、予期できない事象にも最善の備えをすることが可能になる。

従来使われてきた指標に加えて、そのような前提、制約、限界の現在の運用環境における状況を把握するための指標を定めるとともに、それらの指標の定量化と計測が、予期できない事象も含めシステムの異常を把握しできるだけ早く対応するために必要になる。そのためのプロセスや手法の一案として、DEOS²²では DEOS プロセス(図 25)と D-Case [松野, 高井, 山本, 2013]と呼ばれる手法を提案している。DEOS プロセスは D-Case と呼ばれる GSN²³記法を用いたディペンダビリティの分析・合意手法を活用してステークホルダー間の合意形成を行い、合意により作成された D-Case に基づいて実施する運用サイクルと開発サイクルとを一体化したライフサイクルプロセスである [屋代, 高村, 松原, 2014]。また、DEOS では、要求やネットワークなどの環境が変化し続けるシステムをオープンシステムと定義し、オープンシステムでは障害は避けられないため予期せぬ障害が起こることを前提にシステムのライフサイクルを通じた開発や運用のプロセスや体制を構築することを提唱し、オープンシステムのディペンダビリティ達成のために必要なプロセスとして DEOS プロセスを提唱している。さらに詳しくは DEOS Web ページ [JST, 2014]や関連書籍 [所他, 2014]を参照されたい。

7.5. 公的機関などの取組みが期待される課題（案）

前節までの考察やヒアリングにおける公的機関による取組みの期待される課題などから、IT システムの運用時の信頼性向上に関して共通課題として取組むべき分野や課題が少なからずあると思われる。IT 業界や関係団体からの要求や、課題への取組みの体制、他の事業との優先順位など、実際の事業化に向けてはまだ検討すべき課題は残っているが、それぞれの領域の有識者へのヒアリングや WG による討議などを通じて進め方の方針や最終的な形態を検討した上で事業化することが考えられる。

運用時の管理指標標準

運用時の管理指標として使われる KPI の標準は存在しない。運用サービスを行っている組織は KPI のテンプレートを作成し、それをカスタマイズして実際の運用に適用している場合がある。また、ITIL 準拠の KPI も提案されている。「非機能要求グレード」を考慮し

²² DEOS: 科学技術振興機構 CREST 「実用化を目指した組込みシステム用ディペンダブル・オペレーティングシステム」研究領域

²³ GSN: ゴール構造表記法 (Goal Structuring Notation)

ながらこのような KPI の事例をもとに運用時の管理指標標準を作成することにより、運用の品質の見える化や運用の信頼性の向上が図れると思われる。SLA は比較的標準的な項目が多いため、SLA の規定項目と KPI 群との関連が標準化できると、運用の契約や計画の助けになる。必要なツール類の標準化にも繋がる可能性がある。「情報処理システム高信頼化教訓集」との関連付け

本調査において運用の信頼性向上に影響すると思われる要素を整理してきた。実際に運用時の障害やその要因を調査しまとめている「情報処理システム高信頼化教訓集」（以下、教訓集）[IPA/SEC, 2014a] [IPA/SEC, 2014b]の事例など公開されている教訓を本調査の内容に対応させて運用のあり方、障害の要因を整理し、信頼性の向上に必要な項目を明確化することができる。様々な教訓の内容に対応させて位置付けることにより、事例をサービス、製品のライフサイクル、関連する指標などと対応させることを行い運用品質の動向把握と改善により活用しやすくすることができる。

6.6 節で述べたように組み込みシステムの運用・信頼性に関する発信をして欲しいという要望もあり、例えば「教訓集」の製品・制御システム版のような、事例による警告や対策などを含んだ情報発信も考えられる。

運用データ白書

運用計画、ベンチマーク、運用要員のスキル評価などのために運用に関する指標とその統計的な標準値などの基本データを求めている組織が多い。運用に関するデータ収集にあたっては、保守の有無、インフラ系の保守・運用、ハードなどの保守・運用、障害時の体制、セキュリティ管理などに関する責任範囲と運用組織との関連を明確にした上で、体制、要員数、スキルレベル、プロセス指標の値などのデータを収集・分析することが効果的と思われる。運用の品質や効率を把握し信頼性の向上や体制の改善のための資料になる。

「共通フレーム」の拡張

「共通フレーム」[IPA/SEC, 2013a]では開発だけでなく保守・運用・サービスマネジメントのプロセスにもガイドを与えているが、前節で述べたようにシステムが運用を継続しながら進化していくと見た時、運用と開発を包含したプロセスという見方は「共通フレーム」に限らず明確には標準化や実施が行われていない。また、環境の変化に対する運用の対応についても同様である。このような観点での「共通フレーム」の拡張は今後のシステム開発と運用にとって重要になると思われる。また、事業化にあたっては IPA/SEC、JUAS、JEITA、itSMF、JISA、などの団体や組織の連携を検討する必要がある。本調査では海外の動向は十分にカバーしていないが、CMU/SEI など海外組織との一層の連携も検討する必要がある。

クラウド化のメリットの数値化

今後クラウドの活用はますます多くなっていく。「ソフトウェア開発データ白書」[IPA/SEC, 2014]の追加項目的な位置付けかも知れないが、クラウド化による運用時の信頼性、運用の効率などの数値化は、クラウド化における問題点やクラウド化における運用に

関する考慮点などを明確化する上でも望まれる。

8. まとめ

昨今ではソフトウェアの開発の手法も、従来の開発の初期に実施する機能や非機能をすべて確定し、それに基づいて要件定義から始まるプロセスの一工程ごとにシステム運用時の仕様を完全に把握して進め、開発のそれぞれの工程を高い完成度で完了させながら進めていくというだけではなく、アジャイルなどに見られるように最小限の要件に基づいて開発を行い、運用のフィードバックを受けながら次のループを回し、徐々にシステムを成長させていく手法も多く取り入れられるようになってきている。運用管理についても、問題なく運用管理するという“守り”の運用管理から、運用管理業務の実行の中で抽出されたユーザーの要求変化や、業務プロセスにおける課題を、積極的に上流にフィードバックを行いサービス及びシステムの改善や新たなサービスの提案をしていくという“攻め”の運用管理への変革が期待される。

図 26 では今までに見てきたプロセスを統合してサービスの要求から運用までのライフサイクルでのフィードバックループをモデル化している。システムの環境や要求が変わる中での運用が継続していくため、運用の中での PDCA サイクル、開発まで含めた PDCA サ

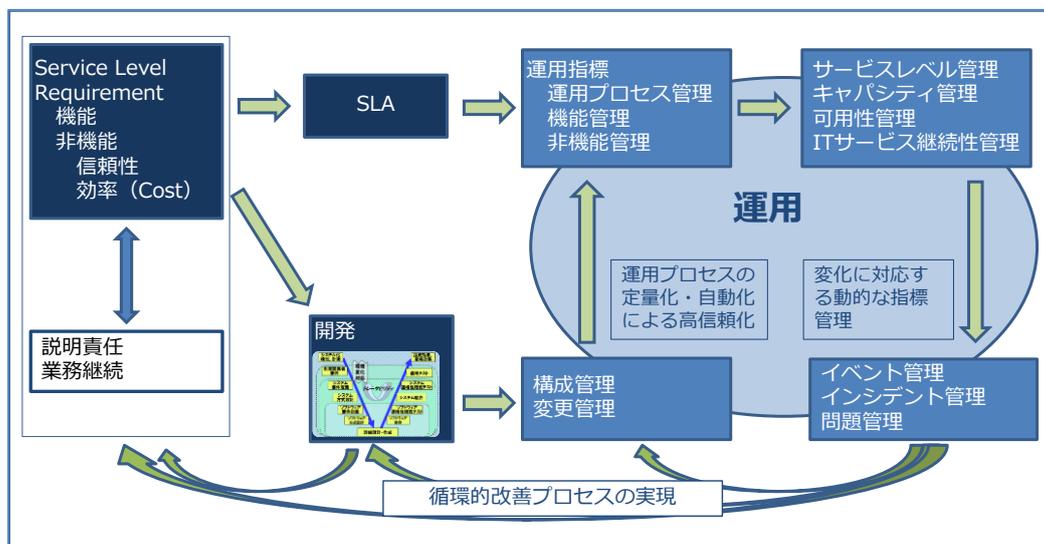


図 26 運用の定量的高信頼化プロセスのライフサイクルモデル

イクル、さらに上流を含めた PDCA サイクルが定量的指標に基づいてライフサイクルを通じて継続して実現されていることが重要になる。

主なプロセスをまとめると下記ようになる。

1. 機能要件、非機能要件を含む要求から SLA など要求レベルの指標を明確にする。
2. 要求及び要求レベルの指標に基づき運用管理のための指標 (KPI) を作成する。この時システムの構成を始めシステムパフォーマンスなどのデザインに関する指標、設

計の前提としている環境の閾値などの指標も取り入れる。システム動作関連指標、人間系も含むプロセス指標などが含まれる。

3. 上記 KPI と KPI で表される目標を達成するための手法との関連付けを行う。この目標達成のための手法には、ツールにより自動化するもの、ツールの手助けにより人間が行うもの、主として人間の操作により行うものなどがある。KPI は PDCA サイクルによる改善を評価するためにも活用されるため PDCA を意識した運用が重要になる。ツールにはプロセスの補助・自動化を目差してスクリプトなどを活用したプロセスの自動化を行うもの、ダッシュボードなどによるオペレーター作業・意思決定などの補助を行うものがある。システム管理・更新の自動化を目差すツールとして、モニタリング、自動回復、予兆検知などがある。その他に PDCA サイクルの実現のためにもプロセスや手法・ツールを検討する必要がある。
4. KPI とツールを活用し運用を行うが、インシデントが起こった場合は必要に応じてシステムの変更、開発へのフィードバック及び修正、さらに上流へのフィードバックを行う。

これまで様々な観点から運用時の高信頼化について見てきた。運用に関しては以下の項目を関連付けて見ていくことが重要である。

- サービスあるいはビジネス視点に立った運用プロセス
- ライフサイクルとビジネスレベルを含んだ様々なレベルの PDCA
- 指標に基づいた運用管理プロセスと PDCA の実施
- 指標を管理しプロセスと PDCA の実施をサポートするツール類

そのための核となる指標の標準化と指標に関する幅広いデータ収集は運用時の高信頼化にとどまらず今後の IT を基盤としたビジネスの進化を支えていくための基本となるものと思われる。

尚、本報告書に関連する調査報告として、IPA/SEC では 2012 年に「情報システム障害の再発防止のための組織的マネジメントの調査 WG 報告書」 [IPA/SEC, 2012a] 及び「障害管理の取組みに関する調査 報告書」 [IPA/SEC, 2012b] を公開している。前者は障害管理の視点で組織形態や管理プロセスなどの事例を調査してまとめた報告書であり、後者は障害管理に関して組織形態とマネジメントプロセスの実態調査を行い、ガバナンスや PDCA を含む障害管理フレームワークをまとめたものである。本報告書は定量的管理の視点から運用に関わる指標、プロセス、ツールなどを調査しており、本報告書と合わせて上記を参照すると情報システム運用時の信頼性向上実現の手法をさらに深く検討できると思われる。

本調査報告書が、今後ますます重要性を増し、社会に影響を与えていくと思われる IT システムの運用に関する信頼性向上の一助となることを期待している。

参考文献・資料

- EMA. (2013). HP Operations Analytics: IT トランスフォーメーションをサポートする新たな分析プラットフォーム. 参照先:
<http://www8.hp.com/h20195/v2/GetPDF.aspx%2F4AA4-7037JPN.pdf>
- EU. (2014). Cloud Service Level Agreement Standardisation Guidelines.
- HP. (2011 年 11 月). 障害を予測 — HP Service Health Analyzer. 参照先:
<http://h50146.www5.hp.com/products/software/hpsoftware/magazine/201205/pdfs/4aa3-7300jpn.pdf>
- IBM. (日付不明). IT Operations Analytics. 参照日: 2015 年 1 月, 参照先:
<http://www-03.ibm.com/software/products/ja/category/it-operations-analytics>
- IPA. (2009). システム障害事例の分析と対策指針. 参照先:
<http://www.ipa.go.jp/files/000004479.pdf>
- IPA/SEC. (2011-2014). 情報システムの障害状況 SEC journal 26, 27, 28, 30, 32, 34, 36, 38.
- IPA/SEC. (2012a 年 4 月 5 日). 「情報システム障害の再発防止のための組織的マネジメントの調査 WG 報告書」. 参照日: 2015 年 03 月 20 日, 参照先:
<http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20120405.html>
- IPA/SEC. (2012b 年 11 月 5 日). 「障害管理の取組みに関する調査」報告書. 参照日: 2015 年 3 月 20 日, 参照先:
<http://www.ipa.go.jp/sec/softwareengineering/reports/20121105.html>
- IPA/SEC. (2013). 非機能要求グレード研修教材. 参照先:
<http://www.ipa.go.jp/files/000026852.zip>
- IPA/SEC. (2013a). 共通フレーム 2013. 独立行政法人 情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア高信頼化センター.
- IPA/SEC. (2014). ソフトウェア開発 データ白書 2014-2015. 独立行政法人 情報処理推進機構 技術本部 ソフトウェア高信頼化センター.
- IPA/SEC. (2014a 年 5 月 13 日). 情報処理システム高信頼化教訓集 (IT サービス編). 参照日: 2015 年 2 月 25 日, 参照先: 情報処理システム高信頼化教訓集 (IT サービス編):
<http://www.ipa.go.jp/files/000038843.pdf>
- IPA/SEC. (2014b 年 5 月 13 日). 情報処理システム高信頼化教訓集 (製品・制御システム編). 参照日: 2015 年 2 月 25 日, 参照先: 情報処理システム高信頼化教訓集 (製品・制御システム編): <http://www.ipa.go.jp/files/000038850.pdf>
- IT Process Maps GbR. (2014). ITIL Wiki. 参照先:
http://wiki.en.it-processmaps.com/index.php/Main_Page
- JEITA. (2006). 民間向け IT システムの SLA ガイドライン (第三版) .

- JIPDEC. (2007). ITSMS ユーザーズガイド. 参照先:
<http://www.isms.jipdec.or.jp/itsms/doc/JIP-ITSMS111-10.pdf>
- JISA. (2014). クラウドインテグレーションにおける SLA の検討ポイント. 参照先:
www.jisa.or.jp/Portals/0/report/26-J002.pdf
- JST. (2014). DEOS : オープンシステムのためのディペンダビリティ工学. 参照先:
<http://www.jst.go.jp/crest/crest-os/osddeos/index-j.html>
- JUAS. (2014). ソフトウェアメトリックス調査 2014.
- METI. (2008). SaaS 向け SLA ガイドライン. 参照先:
<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g90722a08j.pdf>
- SalfnerF, LenkM, MalekM. (2010). A Survey of Online Failure Prediction Methods.
ACM Computing Surveys, 42, 10:1-10:42.
- WatanabeY., MatsumotoY. (2014). Online Failure Prediction in Cloud Datacenters.
FUJITSU Sci. Tech. J., Vol.50 No.1, 66-71.
- 井手剛. (2013). センサー・データによる状態監視技術. ProVISION No.78, 28-33.
- 屋代眞, 高村博紀, 松原茂. (2014). ディペンダブルシステム構築と運用の技術. SEC
journal Vol.9 No.4 Jan. 2014, 171-175.
- 加藤清志, 矢吹謙太郎. (2012). WebSAM 分析技術と応用例 ～インバリエント分析の特長
と適用領域～. NEC 技報 Vol.65 No.2, 57-60.
- 原田要之助, 久保知裕. (2015年2月21日). 複数企業にまたがった IT サービスのサプライ
チェーンにおける IT ガバナンスの課題について. IPSJ SIG Technical Report
Vol.2015-EIP-67 No.3, 1-8.
- 五十嵐文雄. (2013). IBM Research の先進的な数理科学技術をソフトウェア製品に取り込
め! ProVISION No.78, 76-77.
- 所眞理雄, 他. (2014). DEOS 変化しつづけるシステムのためのディペンダビリティ工学.
近代科学社.
- 松野裕, 高井利憲, 山本修一郎. (2013). D-Case 入門 ～ディペンダビリティ・ケースを書い
てみよう!～. 株式会社ダイテックホールディング.
- 清雄一, 田原康之, 大須賀昭彦. (2014). レビューサイトの情報を利用したスマートフォン
アプリケーションの開発支援. IPSJ SIG Technical Report Vol.2014-SE-186 No.4,
1-8.
- 総務省. (2014). 平成 25 年版 情報通信白書.
- 島伸行. (2013年7月16日). 日経コンピュータ It pro. 参照先:
<http://itpro.nikkeibp.co.jp/article/COLUMN/20130702/488891/>

