

研究ノート

System of Systems の特性とステークホルダーの分析, 及び,
ガバナンスに関する論点整理の試み

徳 田 昭 雄*
稲 葉 光 行**
山 田 希***
浅 井 龍 男****

要 旨

インターネット・オブ・シングス (Things), データ (Data), サービス (Service) というキーワードが先導的な役割を果たしているのは, 自律性を持った様々なシステムが相互に接続し生活基盤や産業基盤を形成するシステム (System of Systems: SoS) が社会を支える未来像である。いまだ経験したことがないシステムの構築と運用にはリスクの存在が必須とも言えるが, 特に事前に予測することのできないインシデントに対し, どのように向き合うのかは, システムの提供側にとっても使い手である市民にとっても極めて重要な課題となる。我々は, SoS 特有の事故に対して, これまでのような画一的, 固定的なハードローによるトップダウン/中央集権的なマネジメントの限界を認め, 従来ハードローで担ってきた規定を, ソフトローを中心とした規定/ルールで, 更にはマルチステークホルダーによる分担にて, 迅速にガバナンスするスキームを模索する必要がある。

本稿は, その予備的考察として, SoS がどのような状態を持ち得るのかを考え, それぞれの状態におけるステークホルダー, 事故/不具合の態様, 責任と賠償/補償のあり方に関する論点の整理を行なった。ここで示した予備的考察は議論の端緒を示しただけのものであり, 更なる, 議論の深化と具体的提言が求められる。

キーワード: 複雑なシステム, System of Systems (SoS), インターフェイス, 製品アーキテクチャ, ガバナンス構造, 調整メカニズム, 標準化

はじめに

1. SoS の社会的課題
2. SoS の定義と実装に向けた課題
3. SoS がとり得る状態とその変化
 - 3-1. SoS の状態の表現に関する提案
 - 3-2. サービスリクエストとその展開
 - 3-3. SoS のステークホルダーとガバナンス
 - 3-4. SoS の状態と「事故あるいは不具合」の定義と賠償/賠償/保険など
4. インプリケーション
 - 4-1. SoS の状態モデルの導入の有効性
 - 4-2. サービスリクエスト記述言語の可能性と標準化の必要性
 - 4-3. アクティブ状態にある SoS の予測可能性
 - 4-4. ステークホルダーと法的責任
 - 4-5. アジャイルガバナンスの必要性
5. まとめと今後の課題

* 立命館大学経営学部 教授

** 立命館大学政策科学部 教授

*** 立命館大学法学部 教授

**** 立命館大学 OIC 総合研究機構 客員協力研究員

はじめに

2021年の東京パラリンピック会場において発生した自動運転システムに係わる事故により、以降の自動運転システムの運行停止を招いてしまった事例は記憶に新しい。我が国の社会システムにおいては、危険回避的なリスク選好の社会風土が相まって、レピュテーションリスクがイノベーションの足かせになっている。Society 5.0の実現に向けて、システム間の相互連携により価値が相互に増幅するような仕組みが期待されているにもかかわらず、価値創造が阻害されてしまっている。

他方、インターネット・オブ・シングス (Things)、データ (Data)、サービス (Service) という言葉が象徴するように、様々なシステムが相互に接続し運用される中で、事前に予測することのできないインシデントが発生するリスクが高まっている。このような SoS 特有の事故に対して、我々はどのように対峙していけばよいのだろうか。少なくとも我々は、これまでのような画一的、固定的なハードローによるトップダウン／中央集権的なマネジメントでは SoS への対応は限界であり、従来ハードローで担ってきた規定を、ソフトローを中心とした規定／ルールで、更にはマルチステークホルダーによる分担にて、迅速にガバナンスするスキームが必要となるのではないか。

本稿の目的は、ドローンやサービスロボット等、複数の異なるモビリティ (マルチ・モビリティ) が同時に運用されている場所において事故が生じて、システムの安全性・信頼性とイノベーションの両立をにらみながら、リアルタイムに事故の原因究明と再発防止を図り、迅速に復旧を図ることのできるデジタルインフラの整備及びガバナンスのあり様に係る課題や論点を導出することである。

1. SoS の社会的課題

SoS (Systems-of-Systems) (Maier, 1998) は、複数の独立システムが連携することで、新たなサービス提供や効率的な経済活動を目指す枠組みである。SoS は、古典的なモノリシック・システムとは異なり、自律性、信頼性、継続的進化、創発性といった特性を持つ。さらにこれらに技術的・制度的・人的要因が加わることで、多様な複雑性が発現する。従って SoS を適切かつ安全に運用する上では、SoS の複雑性への理解と継続的な改善が重要である。

中でも、人的要因に起因する認知的複雑性 (cognitive complexity) (Simpson & Simpson, 2009; Kopetz, 2013) は、非線形性が強く、事前予測や対策が困難な現象である。そのため McCarter & White (2009) は、SoS に関わる社会認知的課題の検討の重要性を指摘している。また彼らは、SoS の仕様・実装・不確実性という視点から、人間の驚き (surprise) という創発特性を捉える枠組みを提案している。

実際のところ SoS の認知的複雑性は、多くの人命に関わる事故原因となる可能性がある。そのため過去の多様な事故等を認知的複雑性の視点から振り返り、教訓を学び、改善や設計に活かしていくことが、SoS の社会的普及・促進においては特に重要であろう。

そのような振り返りとして1つの事例を取り上げる。1994年4月26日に、名古屋空港で中華航空140便が着陸に失敗・炎上し、乗員乗客264名死亡という大事故が発生した(運輸省航空事故調査委員会, 1996)。事故の主な原因は、自動操縦と手動操縦のコンフリクトとされている。同便が着陸態勢に入った時に自動操縦システムが稼働し、パイロットの操縦との相反が発生した結果、同便は失速した。高度な訓練を受けた人間でさえも、複雑なシステムの中で適切な認知活動に失敗したことを示す事例である。

またこの事例で着目すべき点は、パイロットの認知・行動が、計器の数値、別の操縦士の助言、飛行機の傾きの感覚があり、管制塔からの指示が流れてくる状況の中で生み出されたということである。つまり人間の認知活動は、脳の単純な情報処理ではなく、状況との相互作用の中で創発する現象なのである。この考え方は分散認知(distributed cognition)(Hollan, Hutchins, & Kirsh, 2000; Norman, 2002)と呼ばれ、欧米では分散認知の視点から様々な事故調査や改善への取組が行われている。

我が国においても、SoSを社会全体にとって有益な枠組みとして普及させていくためには、認知的複雑性や分散認知といった視点から、過去の事故等を振り返り、そこで得られた知見を未来に活かして行く継続的な取組が必要であろう。

2. SoS の定義と実装に向けた課題

SoSにおける独立システムとは、センサーとアクチュエータ、そしてソフトウェアによる制御機構からなるシステムを念頭に置いていって差し支えない。そして、それは、従来の産業装置の枠を超えて、モビリティ・システムや住環境システムなどの形で日常生活を支えるインフラストラクチャとなりつつある。システム及びソフトウェア工学に関する国際標準規格であるISO21839 2019は、そのようなシステムを、「複数の比較的独立したシステム群が連携しあい単独では実現できない事を実現する」ものと定義し、System of Systems(以下、SoS)と呼んでいる。その定義は下記の通りである¹⁾。

• System of Systems の定義

- System of Systems (SoS) — *Set of systems or system elements that interact to provide a unique capability that none of the constituent systems can accomplish on its own.*
Note: Systems elements can be necessary to facilitate the interaction of the constituent systems in the system of systems

同時に、SoSを構成する要素となるシステムを、Constituent Systemsとして以下の通り定義する。

- *Constituent Systems — Constituent systems can be part of one or more SoS. Note: Each constituent is a useful system by itself, having its own development, management goals and resources, but interacts within the SoS to provide the unique capability of the SoS.*

ISO21839 2019 は、SoS を Constituent システム単独では実現できない固有の能力をシステム間の相互作用により提供するものとして、Constituent system（構成要素としてのシステム、以下便宜的にサブモジュールと呼ぶ）は、それ自身のライフサイクルを持つ意味のあるシステムではあるが、特定あるいは複数のサブモジュール間での相互作用を通じて SoS としての機能提供に貢献するものと説明する。本稿は、この定義に従って議論を進めることとする。

加えて、ISO 21839, 2019 は、SoS の類型として、以下の四つを挙げている²⁾。

- *Directed* - The SoS is created and managed to fulfill specific purposes and the constituent systems are subordinated to the SoS. The component systems maintain an ability to operate independently; however, their normal operational mode is subordinated to the central managed purpose;
- *Acknowledged* - The SoS has recognized objectives, a designated manager, and resources for the SoS; however, the constituent systems retain their independent ownership, objectives, funding, and development and sustainment approaches. Changes in the systems are based on cooperative agreements between the SoS and the system;
- *Collaborative* - The component systems interact more or less voluntarily to fulfill agreed upon central purposes. The central players collectively decide how to provide or deny service, thereby providing some means of enforcing and maintaining standards; and
- *Virtual* - The SoS lacks a central management authority and a centrally agreed upon purpose for the SoS. Large-scale behavior emerges—and may be—but this type of SoS must rely on relatively invisible mechanisms to maintain it.

注) 以下は、筆者による試訳である。

- *Directed*: SoS は、特定の目的のために生成され管理される。サブモジュールは SoS の要素として構成され独立して運用されるが、通常の運用時には、SoS の目的を実現する構成要素として運用される。
- *Acknowledged*: SoS は、目標の理解、熟練した管理者、十分なりソースを持つ。個々のサブモジュールは、独立した所有権、目標、資源、開発 / 保守アプローチを維持する。システム群の変更は、SoS と特定のシステムの合意に基づく。

- ・ Collaborative: 個々のシステムの相互作用は、中心的目的の実現のために、多かれ少なかれ自発的に行われる。中心的プレーヤーが、サービスがどのように提供されるかあるいは拒否されるかを正しく判断する。従って、強制あるいは標準の維持努力が中心的プレーヤーにより行われる。
- ・ Virtual: SoS は、中心的な管理機能あるいは、中心的な目的を持たない。広域的な振る舞いは創発的 (emerge) であり、時として魅力的である。が、このタイプの SoS は、自己を維持するための不可視な (未知な) メカニズムに依存している。

本稿では、上記の SoS 類型も採用することとする。

SoS の実装に際して、目的 (purpose) と目標 (objective) が与えられる必要があるとされている。目的と目標の定義は以下に示す通りである。

上記に従えば、「誰に、何を、どの品質で」提供したいのかの明示を行うことが必要とされるが、本稿ではこれを「サービスリクエスト」と呼ぶこととする。実システムは、常に何らかの目的を持つシステムとして構想され、多くの場合、エンド・ユーザに対するサービスの提供という体裁を採ると考えることが理由である。そのようなサービスリクエストは、実システムでの解釈は単一のものになるとは限らない。例えば A 地点から B 地点まで鉄道軌道上で貨客を運ぶシステムのあり方と、A 地点から B 地点まで空路／地表面／水路をそれぞれの手段を連携させて貨客を運ぶシステムでは、要件と手段と手段の組み合わせの難易度が異なることが予想できる。以下、サービスリクエストの基本的要件を試案として提示する。

a) サービスリクエストの記述

SoS は、サービスを実現する主体となるサブモジュール群、ネットワーク系、支援システム群あるいはサービスプラットフォームに機能分割して考えるべきである。サービスリクエストは、それぞれの機能群の目的、機能要件の記述、サービスレベルへの要求を含む非機能要件の記述が可能でなければならない (図 -1 参照)。

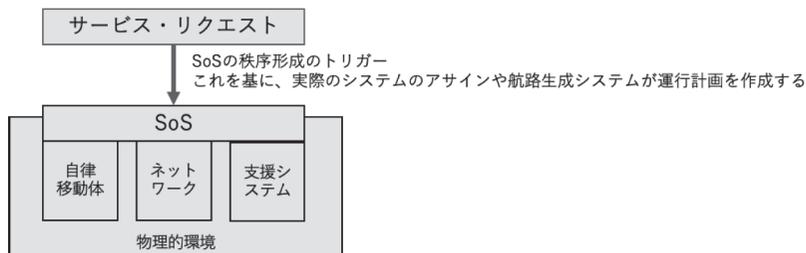


図-1. サービスリクエストと SoS の構成概念

出典：徳田，稲葉，山田，浅井 2023

b) SoS の社会的性格

SoS は、私企業により組織される場合もあるが、多くの場合、移動サービスや都市基盤システムなど公共性を持つシステムとして措定される。このことは、SoS のアーキテクチャ、モジュール間インタフェース、サービスリクエストの標準化に加え、ガバナンス、障害や事故への対処と補償／賠償、拘束力や強制力に関する議論を要求する。

3. SoS がとり得る状態とその変化

Guide to Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK) は、「現実のシステムは刻々と変化する SoS タイプのコンビネーションを反映する³⁾」と説明しているが、「現実のシステム」を構想する際に必要な観点はどのようなものかは改めて検討する必要があるであろう⁴⁾。

第3章では、SoS のシステム形態を、主サービス提供群、ネットワーク系、支援システム群に類型化した。これらは、SoS の静的構成を軸に考えたものであるが、これに加え、動的な側面＝状態遷移的なものを考える必要があるというのが、第四章での主張となっている。第三章で検討した「SoS の社会実装の際の考慮点 c) SoS の社会的性格」を考察すること、つまり、SoS の社会的意味を考える際に、いつ、どのようなステークホルダーが、どのように関係してくるのかの分析に SoS の状態を把握することが有益であるというのが、第四章での主張の背景である。

3-1. SoS の状態の表現に関する提案

「刻々と変化する SoS タイプのコンビネーション」は、現実のシステムにおいては、1) 目的や目標が与えられる前の待機状態（基底状態）、2) 目的や目標が与えられた後のアクティブ状態（励起状態）、3) 障害／事故が起きた時のリカバリー／バックアップ体制（サービスの維持／サービス・レベルの担保）などの状態を想定することができる。SoS の状態変化という概念を導入することにより、状態ごとにステークホルダー、つまりエンドユーザ、サービス提供者群、そして、サービスを提供するシステムの所有／管理／運用者などの関係を見通すことができる。

図-2 に、SoS に対するサービスリクエストと SoS の状態に関する基本モデル案を示す。本稿では、待機状態を G_0 と G_1 の二つに分類して考えるが、それは、より綿密にステークホルダーとその役割を検討するためである。例えば、交通システムにおいて、 G_0 は自律走行モジュール群と充電／状態確認を行う支援システム群の相互認識が成立している状態であり、 G_1 は、 G_0 に加え、自律走行モジュールが相互に通信を行い全体のトポロジーを認識している状態として表現している。 G_1 は、また、障害時のリカバリーをサービスインテグレータなどが迅速かつ半ば自律的に行うための基礎的状态となるとも考えている。

アクティブ状態 E_n は、 G_1 状態から励起した状態に擬えている。エネルギーを与え励起させ

るのはサービスリクエストである。サービスリクエストにより, SoS を構成する各 Constituent システムは目的と目標を与えられ, システム間や支援システムと協調してサービス目的の完遂を目指す。

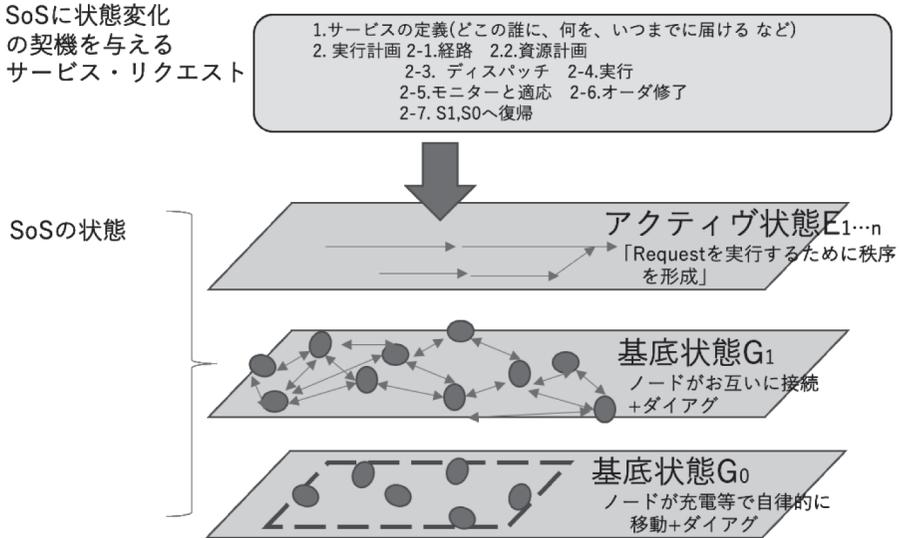


図-2. サービスリクエストと SoS がとり得る状態 出典：徳田，稲葉，山田，浅井 2023

3-2. サービスリクエストとその展開

サービスリクエストは, SoS に目的と目標を与える。サービスリクエストは, サービスを実現する主体となるサブモジュール群, ネットワーク系, 支援システム群に対する命令群(サブタスク)に展開され, サブモジュール群を制御する。サービスリクエストのサブタスクへの展開は, エンドユーザに一義的にサービスを提供する組織(本稿ではこれ以降サービスインテグレータと呼ぶ)が行う。図-3 にサービスリクエストが備えるべき要件の素案を示す。

記述されるべき要件		例:デリバリ・サービス	関連する論点
機能要件	目的	いつ、なにを、どうする など	コーヒーを注文後5分以内に出荷し、A棟8階801に5分±1分で配達せよ
	手段	ネットワーク定義 支援システム定義 Constituent定義	ネットワーク: citiroam及びeduroam 支援システム: システム・プロバイダA Constituent: 店舗保有マシン及び構内専用ドローン
	サービス・レベル	サービスごとに項目含め定義	配達時の温度は規定温度±3°
	社会受容性	外部環境の定義と関係性の定義(周辺施設, 通行人などとの関係の定義)	センサー, カメラ情報の取り扱い マシン・データ, 環境データなどの収集と共有方式 経路上固定設備, 経路上移動設備, 通行人との関係
	その他(要検討)		
非機能要件	安全性要求	以下を参照してサービスごとに定義 遵守法令, 業界独自規制, 自主規制, その他	搬送マシンの安全性とサービス完遂のトレード・オフの設定 悪意を持つ第三者への対応
	社会受容性	景観規制, 騒音, 慣習などの要因の定義と対応 ステークホルダーの定義と合意形成など	マシンの配色, ドローンの飛行音対策, など 申告などの作成と共有など
	その他(要検討)		

図-3. サービスリクエストが備えるべき要件の素案 2023 徳田，稲葉，山田，浅井

3-3. SoS のステークホルダーとガバナンス

SoS は技術的な問題だけではなく、ユーザ，サービスプロバイダー，手段の所有者／運用者／管理者，その他影響を受ける可能性のある第三者などが関与する社会受容性に関する議論が存在する^{5), 6)}。

図-4では，SoSの状態ごとにステークホルダーの洗い出しと，ステークホルダーの責任の記述を試みている。

基底状態 G_0 のステークホルダーは，個別サービス（個別サービスの提供者），サブモジュール機器所有者／運用者／管理者，支援システム所有者／運用者／管理者，それぞれのシステムのメーカーであり，それぞれ SoS に求められる安全要件，法令，製品仕様の充足が求められる。

基底状態 G_1 のステークホルダーは，個別サービス（サービスの提供者），サブモジュール機器所有者／運用者／管理者，支援システム所有者／運用者／管理者，それぞれのシステムのメーカー及び，サービスインテグレータである。それに加え，SoS 系外であるが SoS と相互に干渉する外部環境の通行人などの第三者もステークホルダーと考えるべきである。サービスインテグレータは，サービスリクエストで定義される機能要件及び非機能要件を満足させるための基礎情報の定義を行い，SoS を構成するステークホルダーに情報の提供を求め，その解析とサービスリクエストの実行を担う。

アクティブ状態 E_n のステークホルダーは，エンドユーザ，サービスインテグレータ，支援システム所有／運用／管理者，外部環境の所有／運用／管理者，外部環境中の第三者である。

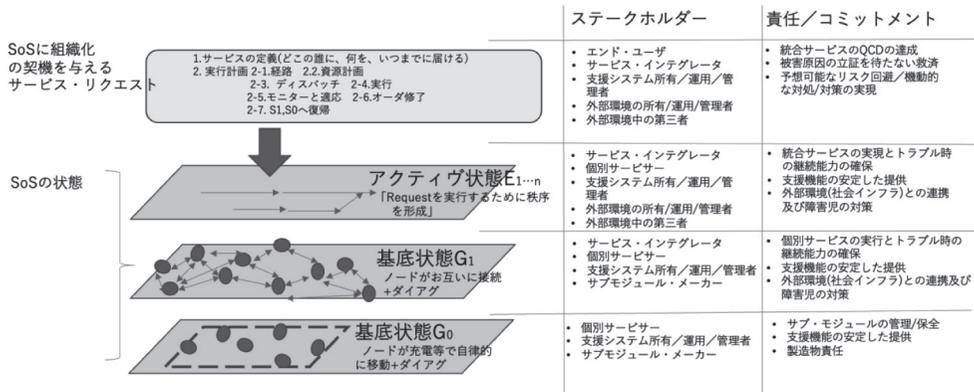


図-4. SoS の状態とステークホルダー

出典：徳田，稲葉，山田，浅井 2023

サービスリクエスト，アクティブ状態 E_n ，基底状態 G_0 ， G_1 のそれぞれで想定される責任やサービス実行あるいは事故／不具合へのコミットメントに関しては，図-4に例示した。本来，SoS ごとに設定されるべきものであろう。

3-4. SoS の状態と「事故あるいは不具合」の定義と補償／賠償／保険など

SoS の不具合あるいは事故も，状態ごとに様相が異なると予想する。図-5は，典型的な事

故あるいは不具合を、状態ごとの事象 (incident) の分類、ステークホルダーの所有/管理/運用の実態に基づく責任、被害者の定義と補償/賠償あるいは保険の考え方を複合的に勘案するための素案を提示する目的で作成した。

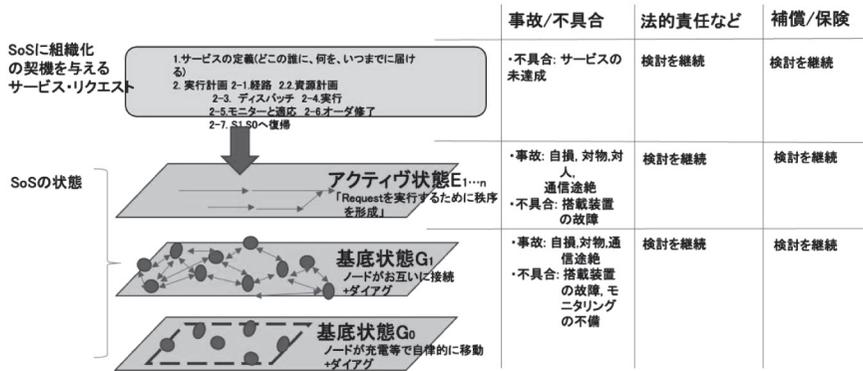


図-5. SoSの事故と法的責任検討のための枠組み

出典: 徳田, 稲葉, 山田, 浅井 2023

4. インプリケーション

4-1. SoSの状態モデルの導入の有効性

ISO21839 2019 で定義される SoS の社会実装を考える時、SoS の状態 (mode) を考えることで、どのようなステークホルダーが、どのような形で関与してくるのかを精密に議論することが可能になる。本稿で導入した SoS の状態に関する仮説は図-3 の通りであるが、今後その妥当性と精度について追加の検討が必要である。また、このモデルは個別の実装に応じて適宜改変されるべきであるのでより確かな記述体系が求められることになる。

4-2. サービスリクエスト記述言語の可能性と標準化の必要性

SoS の目的と目標を記述するための一貫した記法が求められることになると考える。本稿では、これをサービスリクエストと呼んだが、サービスインテグレータ、個別サービスは、サービスリクエストがタスク群に展開されたものを基礎に目的や目標の達成のためのサブサービスを実行することになる。自律的なサブモジュールが正しくタスクを理解するためには、サービスリクエスト記述言語は標準化されたものである必要がある。それは、安定した語彙を持ち、一貫した文法を備え、意味論的に明快かつ安定したものでなければならない。また、実際の SoS システムにおいては、サービスリクエストはソフトウェア的に解釈されサブタスクに分解されることになるであろう。この機能を提供するものを「パーサー (parser)」と呼ぶとすると、パーサーは、サービスリクエスト記述言語の解釈機能と SoS の状態 G_1 , E_n に関する情報、外部環境に関する情報を基にしたタスク生成機能を持つものとして構想される必要がある。

4-3. アクティブ状態にある SoS の予測可能性

アクティブ状態にある SoS は時間と共に状態が変化することを前提に考えるべきである。SoS 内部の状態変化は当然であるが、外部環境の状態変化の影響も大きいことが予想可能である。この事態はサービスの実行中に起きる事故／不具合により先鋭化する。現行法は、事故／不具合の原因の予測性を想定している。サービスリクエストのレベルでの事象はサービスの途絶あるいは遅延ということになるが、その原因となる SoS の状態の変化はかならずしも予測可能ではない。時間と共に状態を変化させることを前提とする事故／不具合の評価方法が必要とされる⁷⁾。

4-4. ステークホルダーと法的責任

個別システムの不具合や連携不調が原因でサービスの未達や事故が起きた場合には、個別サービスやユーザー（最終顧客）が損害を被ることも考えられる。その場合の賠償責任（契約責任・不法行為責任）は、一義的には損害の直接的な原因を創出した者（各サブモジュールのメーカー、支援システム提供者、支援システムの管理者、外部環境の管理者など）が負うことになるであろうが、それに加え、複数のシステムやサービスを統合し、それらが連携して効果的に機能するよう管理・調整する役割を担うサービスインテグレータが負担すべきと解される場面も想定される。責任主体が複数にわたるときは、被害者との関係では各責任主体が連帯して責任を負うことになるが、責任主体間の最終的な責任分担のあり方は、サービスインテグレータを中心とした契約関係において事前に定めておくことが推奨される。

もっとも、SoS におけるインシデントの中には、損害原因の特定が困難であったり損害発生の予測可能性や回避可能性が否定されたりするケースも少なくないと思われる。その場合の損害を誰が最終的に負担すべきかが問題となるが、すべての損害を常に被害者に負わせるとするのは、当該 SoS のみならず、SoS 一般の社会受容性という観点からも得策ではない。この点で、サービスインテグレータやその統括下にある各メーカーが付保する傷害保険の開発⁸⁾、またはこれらの主体が出資する補償基金の設立など、被害の補償メカニズムを検討することが望ましい。

4-5. アジャイルガバナンスの必要性

SoS は、その定義に創発的性格を含むことと、可能性として予期しないサブモジュールを系内に取り込むことと、人間がシステム系内にあることあるいはシステム系と干渉することにより生じる認知的複雑性が生じると予想されており、そのガバナンスは、不具合や事故の発生を前提に、迅速且つ適切な対処が必要とされると考えられる。ガバナンスのあり方の骨子は、被害者の迅速な救済や補償のための制度と、SoS 自身の不確定さに加え認知的複雑性をシステムの不具合への対応／改修を実現するための制度であろう。そのためには、必要な権限とその執行に関する正統性を持つ組織の下で、俊敏なガバナンス（アジャイルガバナンス）が行われる必要があるだろう⁹⁾。

5. まとめと今後の課題

本稿では、SoS に目的と目標を与えるサービスリクエストと、SoS の状態（基底状態、アクティブ状態）を導入することにより、SoS に関与するステークホルダーの分類、役割と法的責任、事故／不具合などの定義と評価に関する基礎的なフレームワーク案を提供し得たと考えられる。ただしそれは、極めて端緒的なものである。

今後の課題として、筆者ら自らが考える所は、以下の通りである。

- 1) アクティブ状態の予測可能性を考慮した事故／不具合などに関するリスク分析とステークホルダーの責任と法的制度に関する考察と提言

本稿で示したサービスリクエストと SoS の状態モデルは極初期的なものであり、且つ、アクティベーション状態における動的変化については言及していない。モデルそのものの評価と精緻化は継続して行われるべき課題である。その際、SoS のアーキテクチャ、ステークホルダー、組織間関係を表現するフレームワークの提案と精密化も並行して実施されるべき課題である。

- 2) SoS の認知的複雑性に起因する事故回避のための情報と知見の蓄積と利用のための仕組みに関する考察と提言

先行的な事例として航空機事故に関する組織構造と情報の知見蓄積と利用のための仕組みの構築が行われている。今後、SoS における事故の対処に向けた議論の深化と情報と知見の開示と利用に関する論点整理を行うことが課題である。

- 3) SoS の成立に必要な技術的標準とそれを使った実装システムのガバナンスに必要なハードローとソフトローに関する議論の深化と具体的な構想の検討

下記の状況は、既に明らかになっていると考えられる。

- ① 欧州：ソフトロー準拠にて過失減免を伴う公的補償中心の方向性
- ② 米国：厳罰のうえ、情報開示・捜査協力による訴追延期合意による動機づけ

我々（日本）の課題は、上記のどちらかを採用するのか、それとも第3の道を見出す努力を行うかが課題である。

今後、上記の問題について実践的な場を捉えつつ継続的に調査研究し、日本のみならず国際的に寄与する研究成果を追求したい。

謝辞

この成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP22006）の結果得られたものです。

This working paper is based on results obtained from a project, JPNP22006, commissioned by the New Energy and Industrial Technology Development Organization (NEDO).

【注】

- 1) ISO/IEC/IEEE 21839 2019 Systems and software engineering-Taxonomy of systems of systems pp1-2
- 2) ISO 21839, 2019 pp 2-3
- 3) Guide to Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.7 pp 696-697
- 4) Emergent Behavior in Systems of Systems, John S. Osmundson, Thomas V. Huynh, Gary O. Langford 2008
- 5) Guide to Systems Engineering Body of Knowledge (SEBoK), version 2.7 p1017
- 6) 脚注 5 に示す通り、SEBoK では Sociotechnical Systems に関する agent-based modeling モデリングとして議論されているが、実社会の複雑さを十分にモデル化し得るかについては慎重であるべきだろう。
- 7) 特に、known-unknown と unknown-unknown と呼ばれるタイプの予測不可能性への対処が課題となると予想される。
- 8) 肥塚肇雄「自動運転車事故の民事責任と保険会社等のメーカー等に対する求償権行使に係る法的問題」保険学雑誌 641 号（2019 年）84-89 頁、同「自動運転車が社会実装された後の自動車保険契約の変貌」、中山幸二ほか編著『自動運転と社会変革 法と保険』（商事法務、2019 年）93-94 頁は、自動運転傷害保険の導入を提案する。佐野誠「自動運転化と自動車事故被害者救済制度」損害保険研究 80 巻 2 号（2018 年）49-64 頁は、ノーフォルト自動車保険制度導入の必要性を説く。
- 9) 現行法を前提とするならば、国家行政組織法 3 条に定める組織（仮称：デジタル事故調査委員会）を SoS の事故／不具合に対応するため設置することも検討できる。

【参考文献】

- John S. Osmundson, Thomas V. Huynh, Gary O. Langford (2008), “Emergent Behavior in Systems of Systems”
- Hollan, J., Hutchins, E., & Kirsh, D. (2000). “Distributed cognition: toward a new foundation for human-computer interaction research”, *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 7(2), pp174-196
- INCOSE/IEEE/Stevens Institute of Technology, “Guide to Systems Engineering Body of Knowledge”
- ISO/IEC/IEEE 21839, 2019
- 肥塚肇雄「自動運転車事故の民事責任と保険会社等のメーカー等に対する求償権行使に係る法的問題」『保険学雑誌 641 号 2019 年』 pp84-89
- 肥塚肇雄「自動運転車が社会実装された後の自動車保険契約の変貌」
- 経済産業省（2022）『アジャイル・ガバナンスの概要と現状』
- 中山幸二ほか編著「自動運転と社会変革 法と保険」『商事法務 2019 年』 pp93-94
- 佐野誠「自動運転化と自動車事故被害者救済制度」『損害保険研究』 80 巻 2 号 pp49-64
- 徳田昭雄（2011）「調整メカニズムとしてのインターフェイスの類型化：イノベーションとインターフェイスの適合関係の考察を通じて」『立命館ビジネスジャーナル』 vol.5

Analysis of the Characteristics and Stakeholders of the System of Systems and an Attempt to Summarize the Issues Related to Governance

Akio Tokuda*

Mitsuyuki Inaba**

Nozomi Yamada***

Tatsuo Asai****

Abstract:

The keywords "Internet of Things," "Data," and "Service" play a leading role in this vision of a future society supported by a System of Systems (SoS) in which various autonomous systems are interconnected to form the basis of daily life and industrial infrastructure. The key word "service" (SoS) plays a leading role in this vision of the future, in which various autonomous systems are interconnected to form the foundations of life and industry. The construction and operation of systems that have never been experienced before must be accompanied by the presence of risk. We have been working on the issue of SoS-specific incidents. We recognize the limitations of the top-down/centralized management based on uniform and fixed hard law, and we need to explore a scheme to promptly govern SoS-specific incidents with regulations/rules centered on soft law and shared by multi-stakeholders, instead of regulations/rules traditionally handled by hard law. It is also necessary to seek a scheme for prompt governance with a multi-stakeholder sharing of the burden.

As a preliminary study, this paper considers what kind of situations SoS can have, and summarizes the issues related to stakeholders, accident/failure modes, responsibility, and compensation/compensation in each situation. The preliminary discussion presented here is only the beginning of the discussion, and more in-depth discussions and specific recommendations are required.

Keywords:

Complex System, System of Systems (SoS), interface, product architecture, governance structure, coordination mechanism, standardization

* Professor, College of Business Administration, Ritsumeikan University

** Professor, College of Policy Science, Ritsumeikan University

*** Professor, College of Law, Ritsumeikan University

**** Visiting Collaborative Researcher, Ritsumeikan University

