

# サプライチェーン格付けとその妥当性<sup>1</sup>

辰 巳 憲 一

## 要 旨

サプライチェーンに対する関心が、内外の様々な要因のため、今ほど高まっている時期はないだろう。それゆえ、環境の変化に合わせたサプライチェーン（以降時にSCと略）の最適化とは何か、構築すべき無駄のない効率的なサプライチェーンとは何なのか、などの一端がわかる理論・考え方を本稿で紹介したい。そして、それらを格付けすることが可能なのか、データ処理や通信などに係るサプライチェーンを構成する基本ツールを解説して明らかにしたい。

具体的には、SCの現状と課題の解説、サプライチェーンを分析するにはどのような理論があるのか、それらの理論が提示する結論はどうなのか、それらに対策があるとすれば何なのか、を分析する。さらに、SCで活用される情報や通信の技術、さらにサプライチェーンの優劣がどれ位明瞭か、などを分析する。海外からもたらされた鞭の効果と制約の理論の2つが基本となり、クラウドとAPIそしてそれらの発展進化系がSCを構成する基盤技術となる。

そして、本稿はこのようなSCを格付けできるのか、格付けすべきかを論じる。そのために、SCに優劣を付けることが出来るかを、既述の様々な技術の進化に段階を付けることができるか等によって、議論する。

これらの展開に基き、SCの効率性も、そのセキュリティも、ランクを付けることができる、が本稿の主要な結論となる。なお、サイバー攻撃にSCはどう対応すべきかの体系的な議論については別稿辰巳[2026]があるので、それを参照して欲しい。

キーワード：格付け、基盤技術のクラウドとAPI、サプライチェーン

1 セミナー資料やHPを参考にさせていただいた企業は順不同で、タニウム、Menlo、伊藤忠テクノソリューションズ、キヤノンITソリューションズ、マクニカ、クラウドストライク、JFE商事エレクトロニクス、NTTコム オンライン、Nozomi、TIS、テナブルネットワークセキュリティジャパン、ビーイング、ゴールドラット ジャパン、オープンテキストEDIBasics などである。

なお、ベンダーはシステム化を支援するという立場より、自社のコンピュータや端末機器あるいはソフトを売り込むことの方により重要な主眼がある。性能比較を詳しく行っても、比較対象は限られ、広い視野でない恐れがある。これらは典型的にはベンダーロックインと呼ばれるが、これについて言及はしない。しかも、自社の弱点はざらりと流す傾向があり、額面通り受け取るべきではない。また、都合悪ければ対応しない。本稿全般の内容などの問い合わせ先：tatsumikr3@gmail.com

目 次

- 1. はじめに～サプライチェーンと課題
  - 1.1 サプライチェーンといえば
  - 1.2 本稿の狙い
- 2. サプライチェーンの現状把握
  - 2.1 サプライチェーンと企業グループの比較
  - 2.2 SC 構築の課題
  - 2.3 SC が日頃から抱える課題～サプライチェーンの複雑化と日常的に起こるリスク
  - 2.4 あるべき SC の姿
- 3. サプライチェーンの理論的分析
  - 3.1 鞭効果とは何か
  - 3.2 制約理論の概略と適用範囲
- 4. サプライチェーンを支える通信・情報技術～クラウドと API
  - 4.1 クラウド～アプリなどをインターネット経由で利用でき、管理やセンターとしての役割を担う
  - 4.2 特定のシステムやソフトにリクエストして情報等を取得できる API
- 5. 格付けの可能性～機能進化の段階から捉える
  - 5.1 SCM の到達点とは
  - 5.2 機能進化の諸段階～一般的な分類
  - 5.3 SC 機能進化の諸段階～事例に即した分類
- 6. サプライチェーン研究に残された課題
  - 6.1 サプライチェーンに残された大きな課題
  - 6.2 本研究に残された課題

## 1. はじめに～サプライチェーンと課題

### 1.1 サプライチェーンといえば

サプライチェーン（以降時に SC と略）とは、原材料の調達から製造、物流、販売まで、一連の商品・製品の流れ全体を指す。商品・製品を運ぶという物理的な機能に関心が向き、それをいかに効率的に行うかに関心があるに過ぎなかった時代もかつてはあった。しかし、サプライチェーンはモノ・サービスの供給連鎖であると同時に、意思決定の連鎖でもある。今日では

企業の競争力と持続可能性を左右する、重要な経営基盤としての役割を担っている。DX 化やグローバル化の進展により、伸縮性があり強靱なサプライチェーンをどのように構築するかという課題に企業は真剣に向き合わねばならない時代になって<sup>2</sup>いる。

サプライチェーン問題が広く提起され関心を集めるのは、天災、エネルギー価格高騰、サイバー攻撃、パンデミック<sup>3</sup>、地政学的リスク（関税問題を含む）などの大きな出来事が関係している。例えば、取引先や仕入先の被災や全国的な活動自粛などが影響した東日本大震災はわれわれに身近な機器・製品の生産がストップシテグローバルサプライチェーンの存在を改めて認識

2 関心の高まりは2024年後半以降の次のような実務書発刊ラッシュでもわかる。山口 雄大 [2024] 『需給インテリジェンスで意思決定を進化させる サプライチェーンの計画と分析』日本実業出版社, 2024年8月。若松 勇, 箱崎 大, 藪 恭兵 [2024] 『グローバルサプライチェーン再考: 経済安保, ビジネスと人権, 脱炭素が迫る変革』文真堂, 2024年9月。根来 論 [2024] 『サプライチェーン強靱化: 危機の時代に事業のレジリエンスを確立する』中央経済グループパブリッシング, 2024年9月。キヤノン IT ソリューションズ株式会社 R&D 本部数理技術部 (編集), 五島悠輝, 多ヶ谷 有, その他 [2024] 『事例で解決! SCM を成功に導く需給マネジメント』日刊工業新聞社, 2024年12月。スケットウ・ガンジー, マイケル・F・ストローマー, マーク・ラクナー, その他 [2025] 『最強のサプライチェーン: VUCA 時代を勝ち抜く レジリエンスを高める5つの方程式』東洋経済新報社, 2025年1月。石川 和幸 [2025] 『エンジニアが学ぶ SCM システムの「知識」と「技術」』翔泳社, 2025年6月, 川崎智也 [2025] 『SCM

させた。東日本大震災の（調査会社が間接型と呼ぶ）関連倒産数は、事後10年間の累計で1,739件になり、構成比は87.8%にも達する。その原因は、消費者の自粛行動の影響なども含まれているが、サプライチェーン寸断である<sup>4</sup>。また、コロナ禍において部材調達難などに起因してメーカーの生産は停滞し、サプライヤー全体の業況に影を落としたことは記憶に新しい。

## 1.2 本稿の狙い

本稿は、サプライチェーン格付けの考察が主目的である。環境に合わせたサプライチェーンの最適化、構築すべき無駄のない効率的なサプライチェーンとは何か、などがわかる一端を紹介したい。そして、それらを格付けすることが可能なのか、データ処理や通信などに係るサプライチェーンを構成する基本ツールを解説して明らかにする。

具体的には、SCの現状と課題、SCを分析するにはどのような理論があるか、それら理論が提示する結論はどうか、SCで活用される情報や通信の技術、さらにSCの優劣がどれ位明瞭か、などを分析する。

そして、本稿はSCを格付けできるか、格付けすべきかを論じる。それには、優劣を付けることが出来るかを議論する。SCの効率性もセキュリティも、ランクを付けることができる、

が主要な結論である。なお、SCへのサイバー攻撃については、別稿辰巳[2026]があるのでここでは簡略にしている。

本稿はSC独自の経営・管理の課題に注目する。ソフトウェアサプライチェーン固有、またモノではなく炭素排出量に注目するESG一般、のSC問題は考察しない。情報や通信の技術は解説に留めた。インボイス制度や電子帳簿保存法などの法改正に対応して、会計、販売管理、生産管理などのパッケージの需要を促進したと言われている。しかし、内外の規制・法制などの解説は、最小限に止め、全貌の解説は避けた。また、帳票のDX化なども、SCに所属していない企業とほぼ同様であり、SC固有の課題ではないので本稿では取り上げない。

## 2. サプライチェーンの現状把握

### 2.1 サプライチェーンと企業グループの比較

SC以外に、企業グループという捉え方をする場合がある。企業グループという用語は本来、M&Aなどによって関係会社に加えられた企業を含めた企業群のことで、ふつう持株会社によって統率される。同様な製品であるがブランドが違っていたり、ホールディング・カンパニー

と国際物流』同文館出版、2025年11月。

ちなみに、同様なブームは今世紀に入る前後にもあったことが知られている。本稿本文で引用する2つの理論的な翻訳書が出版されただけでなく、海外のSCMソフトパッケージに関心を持たれた。自社の実情を把握せず、導入した企業もあり、様々な評価がなされた。

3 FAO（国連食糧農業機関）によれば新型コロナ禍の2020年3月から6月の間に食糧の輸出規制を実施した国は19カ国にのぼり、グローバル化したサプライチェーンに依存する経済の脆弱性が浮き彫りになった。日本では、米国からの食肉、中国からの業務用野菜が減った。

4 地震の揺れと津波被害で大きな影響をもたらした2011年3月11日14時46分に起こった東日本大震災を調査した、東京商工リサーチ『“震災から10年”「東日本大震災」関連倒産状況（2021年2月28日現在）』[https://www.tsr-net.co.jp/data/detail/1190508\\_1527.html](https://www.tsr-net.co.jp/data/detail/1190508_1527.html)参照。ちなみに、残りを占めるのは社屋・工場などの自社設備、社員が直接被災して起こった、直接型と東京商工リサーチが呼ぶ、倒産である。本調査では他に、業種間の差異、岩手、宮城、福島3県も詳しく分析されている。

## サプライチェーン格付けとその妥当性

傘下にある企業群であったりする。それゆえ、旧来から存在する財閥やいわゆる系列や企業集団とは概念的には違っているように思われる。

### (1) 企業グループとの違い

企業グループの管理は資本関係に基づき結び付いた企業間そしてそれらとステークホルダー間の問題が管理対象になる。しかしながら、サプライチェーンの管理（以降時にSCMと略）では同一製品の部品・原材料、生産、販売までの流れに係るそれぞれの企業と全体が抱える様々な問題を取り扱う。利益分配・損失分担、情報共有化、管理責任などが課題になる。グループ経営はさらに多角化を練る戦略をも課題としておりSCとは異なる視野を持っている場合が多い。

企業グループと違う点に加えられるべきは、一般に、大企業は、複数の製品を製造・販売しており、複数のSCを抱えている。そして、多くの企業が1つあるいは複数の何らかのSCに組み込まれている、と考えられる点であろう。

所属企業に連結決算企業が存在する点、さらには業種横断的である点は、それらの多寡にかかわらず、企業グループとSCの間で共通である。多くの業界には独自の、いわゆるインナーサイクルの情報や慣習があり、企業文化もスピード感も違う企業同士の連携である。

また、企業グループやSCが海外に及ぶ場合では、共通の課題がさらに増え、為替レート、安い人件費と生産性のトレードオフ、不十分かつ不適合なインフラ、技術の流出以外にも、文化の違いから来る商事情の違いは内外で相互理解が難しい点なども課題になる。贈収賄や競争法違反などが起こるリスクもある。

### (2) 格付けの観点から見た違い

企業グループ格付けは、既述のように、関連する企業間そしてそれらのステークホルダー間の利益分配などが分析対象になっている。それに対して、SC格付けは、サプライチェーンであるが故に起こる損益や利益分配などが分析対象になる。

SC格付けはまだ行われていないが、企業グループの格付けは何らかの形で既になされている<sup>5</sup>。企業グループに属する会社の個別評価にあたって、久保田[2023]が解説しているように、グループ信用力という考え方を利用する場合がある。Moody'sとFitchでは、企業グループ内各社の相互関係を考え、親会社と子会社等傘下会社の間をサポート関係に焦点を絞った分析がなされる。

しかし、JCRとR&IとS&Pは、グループ信用力という概念的な信用力の基準を中心として、企業グループの個社の信用力水準や格付けを論じる。

### (3) 脅威に対する影響から見た違い

SCにおいて一カ所でも破綻すれば、SCの全体に及ぶ大きな影響がある。しかしながら、そうした企業を容易に切り捨てられない場合がある。企業グループでも同様で、この点は波及経路や影響の大きさが違っても両者に共通であるように見える。しかしながら、企業グループにおいては破綻予想企業があれば切り捨てられ、売却などされる。そのような行動を採っても企業グループには影響がない場合がある。

SC所属企業の間においては、脅威の認識と準備・能力とのギャップが大きい。脅威の存在や大きさは認識されているが、組織的な準備は

<sup>5</sup> 例えば、金融機関グループ持株会社の格付けは、グループの信用力を実際に維持している主要で象徴的な、子会社金融機関の格付けを下回ることがある。そのような場合、このような判断は、何らかの新規の考え方によっていると判断されることになる。

不十分で管理能力には不安があるのである。このギャップを縮小するべく、SC管理の手法を洗練させ実践を進めることが課題である。

## 2.2 SC構築の課題

サプライチェーンは、最適であるかどうかは別に、日本では既に多く存在している。それゆえ、その構築よりは、その組み換え・再構築、効率化の方がより重要な課題になる。しかし、構築を議論しておれば、それらの課題と対応策が見えてくる。

### 2.2.1 生産ネットワークとの接続

生産ネットワークの効率化やセキュリティ確保は既にその他部門より先行して行われている。どう接続するかの方が主たる関心事になる。

#### (1) 生産と生産ネットワークの制御

OT (Operational Technology) には、ITとは異なる、様々な装置・仕組みが存在している。例えば、プロセス制御には分散制御システム、個別制御やシーケンス制御には機械の自動制御装置コントローラー、リモート監視には監視制御およびデータ収集システム<sup>6</sup>がある。通信については多くの制御システムは、昔も今も、伝送路上を一度に1ビットずつ逐次的にデータを送る通信を使用している。

#### (2) 進むITとOTの融合と拡大するIT部門の役割

近年の製造業界では、生産性の向上、品質の改善、およびイノベーションの加速のために、

工場内のさまざまな設備や装置からのリアルタイムデータの活用が進められてきた。これに伴い、従来は工場内に限定され、クローズドな環境で運用されていたOTネットワークが外部と接続されるようになった。

しかし、外部接続が増加することで、OTネットワークはサイバー攻撃のリスクにさらされるようになり、IT部門のセキュリティ担当者には、従来のITシステムの管理に加えて、OTネットワークのセキュリティも強化することが求められるようになった。

(3) IT部門がOT環境を管理するためには生産ラインの機械制御と監視に特化したOTネットワークは、一般的なITネットワークとは根本的に異なる特性を持っている。

一般的に工場のシステムは、リアルタイムの制御や長期間の安定した連続運転が必要とされる。そのため、システムの性能に影響を与える可能性のあるOSのパッチ適用やウイルス対策ソフトは敬遠されるケースがある。加えて、多くの設備は10年以上使用されるため、古いOSが使われているシステムが多数存在している。さらに、生産ラインは製品に応じてレイアウト変更や装置の入れ替えが頻繁に行われるため、多くの現場ではIT部門を介さずにシステムを構築している。そのため、OTの管理者でさえも工場全体のシステムをしっかりと把握できていないといったケースもある。

このような背景を踏まえ、IT部門は既存生産システムの脆弱性を適切に評価し、必要に応

6 分散制御システム (DCS, distributed control system) はシステムを構成する機器ごとに制御装置を設け、それらはネットワークで接続され、通信を行って相互監視を行う。化学産業等で使用される。プログラマブルロジックコントローラー (PLC, Programmable Logic Controller) は機械が行う動作をあらかじめ順番に沿って記憶させ、無駄なく動作させるために使われる。主に自動車・機械加工等組み立て系産業で使用されている。特に大規模企業の生産現場では、SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) というシステムをPC上で動かし、様々な生産設備の稼働状況のモニタリング、運転指示、生産データの集計を行っている。

## サプライチェーン格付けとその妥当性

じてアップグレードやセキュリティ対策を施す必要がある。またシステムへの負荷を最小限に抑えながら、OT ネットワークの監視と管理を強化し、未承認アクセスや異常なトラフィックパターンを迅速に検出できる体制を確立することが不可欠である。

### 2.2.2 主導する業種はどこか

SC 構築を主導している業種はメーカーだけでなく、小売業、テックなどが参入している。

#### (1) 小売り主導の SC 構築

様々な先進的な試み<sup>7</sup>を行ってきた米国小売り大手のウォルマートは、2020年のコロナ禍を契機に、実店舗を持つとともに諸々の販売情報に基づくデジタル・テック企業に変貌する戦略を本格的に採り始めた。個別商品ごとの顧客の購買履歴、行動パターン、嗜好（ブランド忠誠心）、認識、などの情報を個々の店舗ごとにサプライヤーに提供するようになってきている。それによってサプライヤーはショッピングのトレンド、新商品への移行パターン、プロモーションの成果もキー変数として捉えることができる。

さらに2024年からウォルマートは、広告案を有料で提供する形でマネタイズするリテール・メディア事業を始めている。

#### (2) SC の構成・構造と競争環境～マクロ市場の視点

GAFAM<sup>8</sup>などのビッグテック企業は、独自

開発した IT の新技術を使って、業種の垣根を超える新事業を展開してきた。複数業種の役割を担うようになってきているため、1つの領域でのみ戦ってきたカード会社や薬局などの従来からの既存企業は押しつぶされるリスクがある。

### 2.3 SC が日頃から抱える課題～サプライチェーンの複雑化と日常的に起こるリスク

#### 2.3.1 SC を脅かす様々な事柄

企業や SC は供給不足や途絶、価格変動、物流の遅延に日々直面している。ブームによる需要急拡大や企業破綻によって原材料・部品の供給不足や途絶が生じる事態は珍しいことではない。

部品メーカーのなかには、同一 SC に属していない複数の完成品メーカーに部品を供給しているサプライヤーがある。この事実は、SC に何かが起これば、経済全体に影響するということを示唆している。

さらに、グローバル化の進展に伴い、サプライチェーンは複雑化、地政学リスク、自然災害、感染症の流行など、さまざまなリスクにさらされている。関税、国際紛争や制裁によって供給途絶も起こる。為替レート変動の影響を含んだ価格変動は日常的な事柄になっている。

交通事故、天災などで起された渋滞による配達時間変動などの物流の遅延も低くない確率で

7 ウォルマートのクロスドッキングなど当時として先進的な試みはレビ他 [2002, 133頁] などで紹介される。クロスドッキングでは、倉庫には在庫の保管ではなく、在庫を調整する機能を持たせる。商品の保管・滞留時間は短く、在庫費用が抑えられ、リードタイムは短縮される。これを十分機能させるためには、高度情報システムで結び、情報の共有化が必要になる。

8 グーグル、アップル、フェイスブック（Facebook：現メタ [Meta]）、アマゾンの4社を表すGAFAMは、いずれも2010年代以降著しく成長した。ビッグテックを表す用語として、時を同じくして日本で使われるようになった。先に起業・成長したマイクロソフトを加えて、GAFAM（ガーファム）と呼ぶことも多い。テスラ（Tesla）、エヌビディア（NVIDIA）もテック企業の代表であるが、ここには（まだ）入らない。

日本においても2015年ごろから、家計簿アプリ、クラウドファンディングなどの分野で、スタートアップ企業による金融サービスへの参入が見られるようになった。その後、大手テック企業も、店頭決済や個人間決済に、参入した。融資サービスも早くからなされていた。

起こる。SCMはこれらの課題に適切に対応しなければならない。

### 2.3.2 SCのありがちな実態

(1) 個々の部門・企業は部分最適化を目指す  
調達部門では、主に原価率をコントロールし、原材料部品をとにかく安価に入手することに注力する。生産部門では短期的なコスト削減を優先する<sup>9</sup>。

物流部門は、荷待ちの時間や積載効率の改善・向上をKPIに設定して、売上に対する物流費の削減を最優先課題として取り組む。営業部門は売上の最大化を目指す。そして、計画・企画にあたっては、これらの部門が利益を生み出すわけではないコストセンターであるため、外部委託を利用してスリム化し、少数精鋭で最大の成果を達成しようとする。

しかしながら、それぞれの所属企業が個別の指標に最適化（部分最適化しようとする）あまり、それらがSC全体の利益構造などにどう影響を与えるかの視点が欠けてしまうことが多くなってしまふ。

#### (2) SCにおける情報収集の課題の1つ

メーカーは通常、品質の維持や安定調達さらには事業継続計画（BCP）などを強化するため、1次部品メーカーの状況を把握している。1次部品メーカーは2次部品メーカーの状況は把握しているが、3次以下の部品メーカーの状況把握は2次部品メーカーに任せるのが通常である。

それゆえ、2次部品メーカーの状況までの把握に努めれば、3次以下の部品メーカーの状況がわかる。これらは、SCに直接係る事柄でな

くても、適切に状況把握が行われるようにすることが必要である。

#### (3) SC内でデータが分散されることで起こりえるリスク

SCでは、データが様々な企業の様々なシステムに点在しており、蓄積された形態も異なっており、直ぐに分析できる状態になっていないことが多い。

同じデータを複数企業が、後述するAPI経由で情報連携をせずに、それぞれ独自に複数のツールで管理したままでは、経営判断に使われる実測値が異なってくる。それだけでなく、同じ取引の売買両側で取引価格、売上原価なども違ってくることが起こる。

データの分散管理は、意思決定が遅れ、営業機会の損失につながることになる。これらの課題は、適切なAPI連携ツールを使えば、複数のツールを連携でき、データをつなぐことで解決できる。

分析結果を次のアクションに活かせるために、さらに生産性の向上に結び付いているか検討・維持するためには推進検討部門がSCには必要になる。

#### (4) 一般に大規模なSCの意思決定における課題

一般にSCは大規模である。それに対して個々の企業・社員一人当たりの担当範囲は圧倒的に狭く、全容を把握しにくい。その結果、意思決定が適切にできなくなり、十分な対応策がなければ生産性は低くなる。

担当範囲が（分業によって）狭くなると、隣接部門だけでなく全部門との合意が必要になってくる。自分で最善を決められなくなり、適切

<sup>9</sup> 短期的なコスト削減を優先しすぎれば、人材などリソースが流出し、生産能力が落ち、大規模な欠品につながる。目先の削減がむしろ事業全体の損失を生んでしまう。

サプライチェーン格付けとその妥当性

な対応策がなければ意思決定が遅くなる。それは、伝達やコミュニケーションのコストが増大する、様々なものを変更する際のコストが増大する、ということである。

また SC に限らず、一般の企業も、拡大、複雑化すれば組織のパーパス・論理が一般に不明になる。

### 2.3.3 サプライチェーンをシステム化するのが難しくなる理由

システム化できない、その他幾つかの理由がある。

#### (1) 企業間差異が複雑

SC 内では生産形態の違いから各企業が携わる業務の独自性が高い。さらに業種だけでなく規模や立地に差異がある。規模の差は、特に、統一システムを採用するのを困難にする。

#### (2) システム部門の課題が多い

設備能力、生産進捗や入出庫の管理等などにおいて、多部門や社内外の連携が必須になり、プロセスが複雑になる。現場主導でのシステム開発では、既存システムとの連携などの点で IT スキルのハードルが高い。しかし、IT 部門が現場業務の理解を深めないとシステム化できない。システム構築に向けた IT 人材、資金などのリソースの創出が困難である場合もある。

#### (3) 商慣習や法制度への対応が困難

日本には独自の法律や規制、さらには商慣習がいくつも存在し、システムはこれらの法制度や商慣習の変化に合わせた継続的な変更・改善が求められる。それらに対応するには難しさがある。

#### (4) 生産管理や原価管理業務への対応が重要

大半の企業は、生産・原価管理業務をシステム運用している。それらは別個になされてきた

ので、SC システム構築の際には生産への適用度を高めるためには海外拠点含む生産・原価管理システムの統合化が必要になる。

## 2.4 あるべき SC の姿

SC では、調達、生産、物流、計画・企画といった各機能が、事業全体を最適化するように連動した管理体系が整備される必要がある。最適な SC 構築に向けて相互に連携・拡大し、関連するステークホルダー間でビジョンを共有する必要がある。

SC が掲げる優先事項をもとに優先順位が決まり、それをもとに各社の持つ機能の優先順位が決まっていくべきである。つまり、SC として目指す数値が、最終的に個々の組織に落とし込む必要がある。

さらに、各社、各領域で何かしらの変更・変化があった時には、SC 全体の目線でどれだけのインパクトがあるかを定量的に把握し、説明できる必要がある。

AI や IoT などを活用した上で SC の可視化が必要である。例えば、倉庫内の在庫状況とトラックの位置情報を統合的に管理するシステムの導入を進め、荷待ち時間の削減や倉庫作業の効率向上を達成しなければならない。また、個別でばらばらとなっていた生産管理システムを購買～生産～販売～会計までを一貫で管理し、管理会計・原価計算による見える化が必要である。

さらに、営業組織が着実に目標を達成するために、定期的な状況報告や案件進捗管理、営業見込み数値の把握をする必要があり、そのためには現時点での売上見込み、その根拠、直前の基準時点から変化の大きさ、その変化の要因、変化に対する対応策など多岐に亘る検討が必要

となる。

### 3. サプライチェーンの理論的分析

SCを分析できる既存理論は、筆者の考えでは、2つある。①レビ、レビ、カミンスキ [2002] (以降、レビ他 [2002] と略) などによる鞭の効果と②クリティカルチェーンという概念で知られるゴールドラット [2003] による制約理論あるいは制約条件の理論 (Theory of Constraints, TOC), である。順に展開していこう。

SCの管理や施策・計画は米国で1980年代に生まれたと言われる。前者①は、それに貢献したアイデアであり、研究を続けてきた著者が結実させた著書である。サプライチェーンの構成、在庫管理とリスク共同管理、情報の価値ほかを、時代は変わって今や古くなっている部分もあるが、体系的に取り扱っているのはレビ他 [2002] である。本稿も多く負っている。

日本でも、2000年頃から概念が浸透し始めた。それは、ITの進歩が実現し、データをリアルタイムに、頻繁にしかも大量に扱えるようになったからである。

後者②は直接SC分析を意図した研究でなかったが、応用可能であることが注目されるようになっていく。実務書では、様々な環境でどう対応するべきか<sup>10</sup>を論じる経営戦略とSC管理を比較したり、ひも付けたりしている。

#### 3.1 鞭効果とは何か

サプライチェーンを分析する技法の1つである鞭効果は、半世紀以上の歴史がある。鞭の英

語を用いてブルウィップ効果とも呼ばれるが、本稿では鞭効果に統一する。

鞭効果とは、サプライチェーン内の企業間で、下流での需要変動が上流に向かうにつれて増幅される現象を指す。この影響は、企業間では小売店から卸売業者、製造業者、最終的にサプライヤーに至る。

望ましくない次のような結果をもたらすので、鞭効果は軽微なほど望ましい。生産の効率を低下させたり、在庫を過大に膨れ上がらせる。逆に在庫切れが生じれば、顧客の信頼度を低下させ、その物流ルートの実便性を低下させる。また、鞭効果は金銭的なコストをも積み上がらせる。例えば需要の変動に対応するために従業員を雇用したり解雇したりすることによって研修や退職の費用がかかる。

##### 3.1.1 鞭効果の原因となる要因の考察

鞭効果の原因などについて、詳細に入る前に、重要なポイントになる経済メカニズムを要約しておこう。

当初の需要の変化がサプライチェーンを通じて伝播するにつれて、徐々に大きな変動を引き起こし、需要変動の振幅は始点から遠ざかるほど大きくなる。その原因の1つはリードタイムがあるからである。リードタイムとは、個々の業者にとっては、受注し納品するまで、つまり受注時から納期までの時間・期間である。商品を調達・製造して発送されるまで等の物理的な時間と、注文を処理する等情報に係る時間の2つの要素を含む。最終製品の消費者からすると、リードタイムは商品の注文から受け取りまでの

10 例えば、製品ライフサイクルの視点からは、下流の後工程が必要なものを、必要な時に必要な量だけ上流の前工程から引き取るプル型SC管理がライフサイクル最後期には推奨される。過剰在庫や不良在庫をかかえるリスクはほぼなくなる。デマンドプルとも呼ばれる。

待ち時間になる。

鞭効果の原因の2つ目は需要変動の振幅である。需要が旺盛であるという情報で、生産者は部品・原材料の調達を増やし、在庫を積み上げる。同時に原材料価格はインフレぎみになる。他方、例えば急激な利上げの影響で家計の消費マインドが冷やされる場合には、逆に、小売業の在庫は圧縮される。

### 3.1.2 鞭効果の原因となるリードタイム

SC全体のリードタイムは、SCの各段階とそれらの間で行われる、注文処理時間、原材料・部品・製品の調達および製造にかかる時間、そして輸送時間を合計したものになる。

#### (1) リードタイム短縮の効果

リードタイムが短ければ、手元の在庫から補充できない場合でも、顧客からの注文を素早く満たせ、鞭効果が軽減する。リードタイムの短縮は、次小節で解説する情報の集中化・共有化とならんで、鞭効果に対する主要な対策になる。

さらに、予測期間が短くなるため、予測が正確になる。その結果、完成品在庫レベルが減る、原材料や部品を在庫することにより、製品在庫の回転時間を短縮できる。

これらのため、製造業者はリードタイムの短い供給先を探す傾向があるとレビ他 [2002, 118頁] は指摘する。

#### (2) リードタイムと在庫そして出荷などとの関係

輸送費を節約するには、幾つか方法がある。  
①トラックの積載量を規制の範囲内でできるだけ多くすればよい。また、②リードタイムは長くなるが、出荷を遅らせる（積載量を増やせる）などすればよい。また、③保管費用はかかるが、入出荷件数を減らし在庫量を増やせばよい。

それゆえ、輸送費を削減するために在庫を蓄えることとリードタイムを短縮するために直ぐ出荷する（入出荷件数は増える）ことはトレードオフになる。その結果、リードタイムが短くなれば、需要変動の増大が緩和される。そして在庫は減らせるが、輸送費は増大する。

このトレードオフを解決するのが、後述する、電子データ交換などを使った情報システムとその効率化である。最新の情報システムは、注文処理、事務処理、在庫の荷扱い、輸送の遅れなどに関連するリードタイムを著しく減少させる。

### 3.1.3 鞭効果の原因となる需要変動～対策に慎重であるべき点

対策を採るかどうかが十分検討すべき原因がある。まずそれらを挙げておこう。

#### (1) まとめ発注とその功罪

企業は、発注コストを削減したり、輸送費を節約するために、量をまとめて発注することがある。これにより、受注側では需要が多い期間の後に需要がない期間が発生し、需要変動が拡大される。

まとめ発注はやめることが望ましいとは必ずしも言えない、と筆者は考えている。経費節減をないがしろするべきではないからである。

#### (2) 返品や注文キャンセル

返品や注文のキャンセルは需要の変動を大きくする。しかし、これらを禁止すれば購買、取引を減らす。株式市場の例だが、キャンセル行動の分析例には辰巳 [2018] を参照。

#### (3) イベントがもたらす需要変動

プロモーションや割引キャンペーンでは、顧客が大量に購入し、需要パターンに大きな影響を与える。イベントが終了すると需要は下がるが、対応が遅いサプライチェーンでは初期の高

い需要量にまだ反応している可能性がある。

「健全とはいえない方法で購買意欲を刺激する」ことはやめるべきであるとレビ他 [2002] は諫める。「毎日が低価格」戦略を採用すれば、需要や価格の変動は緩和するとレビ他 [2002] は考えている。しかし、この戦略にも問題があり、適切に設計しなければ長続きしないと筆者は考えている。

#### (4) 製品・商品不足と割り当て

製品の需要が供給を超えると、メーカーは顧客に製品を割り当てる場合がある。このような不足を見越して、顧客は必要以上にサプライヤーに注文し、発注量は歪められる可能性がある。

しかし、割り当てが必ずしも望ましくないものではない。様々な要因で起こる供給途絶は避けられない。常連顧客の買いたいという希望は満たすべきで、それが信頼を強固にする。

#### (5) 商品不足予想と先物取引規制

天候不順で商品に供給不足が予想されれば、先物取引できる商品については、先物買いが活発になる。取引所は価格安定化のため、証拠金を上げたり、価格規制を発動する。生産者や仲介業者は商品価格下落に備えて先物売りを縮小する。売り手が減り、買い一方になり、価格は高騰する。さらに、よく知られているように、投機的なファンドがこのプロセスに係ると、価格変動はさらに大きくなる。

しかしながら、価格規制が必ずしも望ましくないとして退けるべきではない。価格の安定によって取引が促進されるという面もあるからである。

### 3.1.4 鞭効果の対策～対策が採れる原因

それぞれの時点と個所で、需要量に対して発

注数が完全に適合していれば、理論的には鞭効果は発生しない。そのための対策はいくつかある。

鞭効果を抑制するためには、最終顧客の実際の需要を、SCをさかのぼった遠くからでも見えるようにするべきである。

予想外の需要変動に対して、パニックに陥って受発注することが鞭効果の原因であると指摘されることがある。しかしながら、信頼できるシステムが創られていれば安心してパニックを避けられる。

## 3.2 制約理論の概略と適用範囲

SCを分析できるもう1つの既存理論である、ゴールドラット [2003] 提唱の制約理論あるいは制約条件の理論 (Theory of Constraints, TOC) を用いてSCMを展開してみよう。

ゴールドラットは、組織を一本の鎖に例え、この理論のエッセンスである「鎖の丈夫さはその中の一番弱い輪の丈夫さと同じにすぎない」という金言を残した。鎖(組織)を構成する一つひとつの環(要素)は、人・設備・部門・工場・サプライヤーなどの組織の構成メンバーだけではなく、製品やサービスのプロセスなども含む。

SC構築・改革つまりSCMの主たる目標は、完成品および仕掛品の在庫、原材料の在庫をどれだけ最適化するか。また、納期厳守率をどれだけ向上させ、リードタイムをどれだけ短縮するか、である。

### 3.2.1 生産プロセスの非効率性やボトルネックの発見

非効率な箇所やボトルネックを発見する手段は、最適であるかどうかとは別に、既に存在し

ている。

生産設備の効率を上げるために用いられ、稼働率、性能率、良品率の3つの要素を掛け合わせることで算出・決定される OEE（設備総合効率、Overall Equipment Effectiveness）は、設備や生産プロセスの効率性を定量的に把握し改善することを目的に、非効率な部分やボトルネックを特定できる。OEE は、公益社団法人日本プラントメンテナンス協会により1971年から提唱され広まった。

この指標<sup>11</sup>は、生産現場の生産性向上の他、コスト削減、品質改善などの効果が期待できるが、良品率が良品数を生産量で割って算出するなどの理由で、他の製品や他工場の同製品と比較できない欠点がある。それゆえ、そのままでは SC には適用できない。

### 3.2.1.1 生産工程や在庫のバラつきの源を分析してリスクを見極める

様々なバラつきを例示し、それを引き起こす要因と問題点を見ておこう。それらを分析してリスクを見極めることが SCM にとって重要になる。

#### (1) 生産工程のバラつきと問題点

生産工程のバラつきには、生産や作業の能力差によるアウトプットのバラつき、温度・湿度などの気候条件に影響を受ける製品品質、などがある。

各 SC 所属企業の処理能力・生産性にバラつきがあれば、生産能力が低い（それゆえ生産数量が少ない）企業の前には多くの仕掛品が溜まってしまいプロセス全体のアウトプットの低下につながる。作業負荷にバラつきが生じてし

まっているからである。作業負荷が高くなると、作業ミスの増加、手直しの増加が発生してしまう可能性があるのである。

#### (2) 在庫のバラつき

在庫の場合、既述のように、その変動は必然的に起こっている。その原因にはさらに1つ加わる。特定の製部品の販売数と在庫数のデータをとると、販売量の変動にともなって製部品在庫が変動していることが一般的にある。この相関が大きい場合、需要予測を誤ると、過剰在庫や欠品発生リスクが大きくなる。

物流で起こされる事例もある。メンテが悪いなどの理由で、輸送自動車の故障率が高い運送会社が SC にあれば、届くはずの部品が定時に届かない可能性が生まれる。野口 [2024, 75頁] は高速道路の渋滞という避けることが出来ない事例をあげている。生産ラインを停止せざるをえなくなる事態は、ある程度在庫を保有していれば避けられる。

### 3.2.1.2 サイバー攻撃が起こすバラつきとサプライチェーン・レジリエンス

サイバー攻撃を受ければ、被災した企業が生産設備が稼働停止し、その影響は当該企業全体、さらには幾ばくかの時間が経過した後 SC 全体に波及する。情報システムのダウンによって、在庫や時間の管理もできなくなる。実際は不調の兆しが事前にあるのだが、これらの出来事は突然訪れるように思われている。

不具合は即急に復旧する必要があり、日頃から準備しておかねばならない。システム障害の復旧の時間を短縮する余地は残っている。攻撃などによってシステムがダウンすれば、敏速に

11 稼働率 (Availability) は、設備がどれだけ計画通りに動いていたか、を故障、段取り・調整、刃具交換、立ち上がりにかかった停止ロスから測る。さらに、性能率 (Performance) は、理論上の最大生産能力に対して、実際の生産能力がどれだけ達成されているか、を空転、速度低下、による性能ロスから測る。

原因箇所を特定し、障害復旧にかかる時間を短縮することで、顧客満足度の低下を防ぐのが従来の手法であった。しかしながら、事前に問題箇所を特定して、適切な対応をとっておけば障害復旧にかかる時間をさらに短縮することができる。

上に例示した衝撃や寸断、崩壊に耐えるだけでなく、複雑性の中で環境に適応し、繁栄・成長するための組織の能力とそれを包括した更に広義のサプライチェーン・レジリエンスと呼ぶべきものが必要である、ということである。また、事業継続性を確保し、不測の事態から守り、順応性を育むための前向きな戦略と強固な枠組みも達成される必要がある。

### 3.2.2 SCのバッファ制御とは

#### 3.2.2.1 SCバッファ制御の必要性

バッファとはバラつきを吸収するための余裕である。在庫の場合は、理論上必要な在庫量に加えて余裕のある在庫を持つことで、予想せぬ需要変動による欠品を回避できる。

ただし、そのバッファの量も多ければ多いほど良いというのではなく、リアルタイムにバッファ量をモニタリングし適切な量になるように制御される必要がある。

なお、1つのボトルネックを克服すると、他の別の工程が新たなボトルネックになるかもしれない。同じプロセスを繰り返し行うことによって、全体最適に導ける可能性がある。

#### 3.2.2.2 SCバッファ制御の方法

生産計画では、変動する需要に対応して、いつどのタイミングでどのリソースを動かしたらよいかを考えなければならない。その際、安定的な生産を確保するために3つのバッファを見込んで先々の計画を立てるべきであると考え

られている。

3つのバッファとは、設備などのリソースの限界を超えないようにする能力バッファ、設備に投入する原材料/仕掛品の欠品あるいはその過剰を防ぐための在庫バッファ、顧客が要求する納期を守るための時間バッファである。

バッファを使い切ってしまったら、計画通りに進まない。例えば、設備の能力バッファを超えて資材投入すれば、過剰在庫に陥ったり、資材調達の遅延や補充在庫不足などにより生産遅延が発生する。

#### (1) SC設備能力バッファの管理

設備などのリソースを最大限活用するために、すべてのSC所属企業（設備）に個別の能力バッファを設定する方法を採れば、企業ごとに個別管理する必要があり、膨大な手数・管理工数がかかってしまう。

このような方法ではなく、限られたリソースのもとで最も生産能力が低く制約となっている企業（特にその設備）のみに焦点を当ててバッファを設定する方法が有効である。制約企業に対して、その処理能力に応じた資材投入量の上限を設けるバッファ設定方法にすれば、全体の目標生産量が制約企業の最大能力を超えないように制御され、生産工程を円滑に進めることができる。

#### (2) SC在庫バッファの管理

在庫管理における最も重要な課題は、適切な在庫量を把握し、維持することである。従来の在庫バッファ管理は、週単位または月単位の生産計画に従って、原材料・仕掛品・製品それぞれの補充のリードタイムを考慮した上で、それぞれの在庫量を設定・計画するものだった。

それに代えて採用すべきバッファ管理の

## サプライチェーン格付けとその妥当性

手法とは、計画ベースの在庫補充ではなく、在庫が使用または販売されたらすぐに補充する、実績に基づいて在庫を柔軟に調整する方法である。つまり、生産計画に依存せず、在庫の実績から所要量を計算するのである。

バッファーは、需要に連動した在庫量増減に応じて動的に増減されることになる。売れ行きが低迷すると、在庫量の消化は低調になり、過剰在庫となるため、バッファーを減少させる。売れ行きが好調であれば、大量の在庫はすぐに消化されるので、欠品になる前にバッファーを直ちに増やす。

このようなダイナミックなバッファー管理により、不確実性や変動性が高い市場であっても、迅速に対応でき、在庫レベルの最適化を実現することができる。

### (3) SC 時間バッファーの管理

納期を守ることができず遅延すれば、それを理由に受取を拒否されることが発生したり、高価な緊急配送を利用せざるをえずコスト増につながる。納期変更が複数回発生すれば信頼を失うという点も影響が大きい。

納期を守る従来の方法は、時間バッファーを企業ごとに個別に設定するものであった。その結果、全体のリードタイムは必要以上に長くなり、生産性の低下や生産遅延につながる。

これを改善するためには、企業毎のこのようなバッファーをやめて、最短計画を作成し、バッファーを集約して一元管理する。一番大きなインパクトを与える制約企業を絞り込んで、制約企業が生産を完了するまでの所要時間のみをモニタリングし、実際にどのぐらいのバッファーを消費したかによって生産の進捗状況を把握するのである。

管理手順に従って、制約企業の生産完了まで

のバッファー消費率によって、納期に対してどかが安全か、遅延のリスクがあるのかを判断する。このようにして生産遅延を防ぐ解決策を採らねばならない。

制約企業の生産完了までの時間に着目してバッファーの消費状況を一元管理することで、管理工数の削減や生産進捗の可視化、採るべきアクションが明確になる。問題の早期発見・先手管理することで要求された納期を守ることができる。

### 3.2.3 サーバー攻撃対策としての制約理論

制約理論は、サーバー攻撃対策に通じる。SC 内で最もサーバー攻撃を受けやすい主体・組織が、注目すべき対象になる。それをどう見つけるかは、辰巳 [2026] で展開する。

SC 内で最も脆弱な主体・組織に対しては、能力バッファーを設け予期せぬ生産停止による影響を少なくするようにすればよい。在庫バッファーを設け主体・組織に投入する原材料/仕掛品の過剰を防ぐようにする。そして、時間バッファーを設け顧客が要求する納期を守るようにする、べきである。

## 4. サプライチェーンを支える通信・情報技術～クラウドと API

### 4.1 クラウド～アプリなどをインターネット経由で利用でき、管理やセンターとしての役割を担う

#### 4.1.1 クラウドサービスとは

クラウドとは、ユーザーが自社サーバーやソフトを持たなくとも、インターネットを通じて様々なアプリ・ソフトや開発環境などを利用でき

きるサービス形態である。主要で高シェアな提供業者のサービス名は Amazon Web Services (AWS)<sup>12</sup>, Microsoft Azure<sup>13</sup>, Google Cloud Platform (GCP), IBM Cloud, Oracle Cloud Infrastructure (OCI) である。

クラウドが登場する前は、例えば計算ツールや会計ソフトなどを利用したい場合は、購入した CD-ROM を読み込んだり、PC にインストールしたりする必要があった。システム開発を行う場合には組織内に物理サーバーを置いて、そのコンピューティング・リソースを使うのが一般的であった。従来それぞれ物理的に個別に購入していた必要機能が、すべてインターネット経由で提供されるのがクラウドサービスである。

クラウドサービスは、多くの企業にとって必要不可欠な IT インフラとなっている。IT 資産管理ツールをクラウドにおけば、デバイスが社内/社外どこにあらうとも、デバイスのインターネット接続があれば利用でき管理可能になる。

クラウドの用途はそれだけでなく、データ共有・ファイル保管、社内情報共有・ポータル、電子メールがある。機密情報をクラウドにアップロードする、企業におけるファイルのやり取りはクラウドを通じて行うことが一般的になっていると言える。データバックアップ、取引先との情報共有も増えていった。

### (1) クラウドサービスの特徴

クラウドサービスの大きな特徴としては、導入時に調達・構築の初期費用がかからないこと、アップデート等運用にかかる手間・メンテナンスコストを削減できる。ライセンス費用のみで常に最新バージョンが利用でき、必要な時に必要な分だけアプリ等を使える、足らなければクラウドでは増やせる（可用性・伸縮性）こと等が挙げられる<sup>14</sup>。従量課金制であるためコストを最適化しやすいこともメリットになる。

IT の世界はクラウド提供者とアプリ提供者に分けられるようになってと言われる。アプリ提供者にとっては性能、ライフサイクル、脆弱性とログの管理に集中できる。ユーザーにとっては、システムの複雑性が増し、変化の激しい経済社会にあって、可用性への要求が高まっている。

プライベート・クラウドとは、仮想的に切り分けられた専用のクラウド領域のことである。複数のパブリックと複数のプライベートの同時利用が主流となり、複数のクラウドサービスを適材適所で利用されるようになっており、マルチクラウドと呼ばれる。

諸々のサービスには名が付けられている。拡張性に優れたコンピューティング・リソースをインターネット経由のオンデマンドで利用できる仕組みである IaaS (Infrastructure as a Service) はクラウド上にあるとは限らない。銀行

12 EC で利益をあげているようにみえるアマゾンには、2006年からサービスの提供を始めた後、企業向けクラウドサービスのアマゾン・ウェブ・サービス (AWS) の利益を急速に伸ばし、大手クラウドサービス提供会社と言って良い。ちなみに総務省『令和5年情報通信白書』の「PaaS/IaaS 利用者の AWS, Azure, GCP 利用率」の項によると日本において AWS は PaaS と IaaS の両市場で50%を超えるシェアを持っている。

13 パソコン (PC) やインターネットを世界に普及させた米国マイクロソフトは、モバイル市場に乗り遅れたが、計算能力等をネット経由で提供するクラウド事業に注力した2014年就任の最高経営責任者が成長を実現させ、(報道によると) 2024年6月期通期で売上高の4割を稼いだ。2022年にはチャット GPT ブームを捉えた。

14 データが増えて容量不足になった時の対策には、よく知られているように、ファイルサーバーの拡張あるいは増設、さらには不要なデータの削除がある。いずれにしても資金、人的資源と時間が必要になる。これらの負担とクラウド・コストとの比較が必要になる。

## サプライチェーン格付けとその妥当性

の勘定系システムは、当初、IaaSが活用されていた。

PaaS (Platform as a Service) とはクラウドにあるプラットフォームが利用できるサービスである。大規模なデータセンターに、アプリを稼動するためのネットワーク、サーバシステム、OSやミドルウェアなどのプラットフォームが用意され、ユーザーがそのプラットフォーム上で開発を行うことができる。銀行のインターネットバンキングはPaaSが活用される。

### (2) SaaSとは

SaaS (Software as a Service) は、パッケージ製品として従来提供されていたソフトやアプリをサービス化してインターネット上で提供するクラウドサービスである。SaaSは2010年代前半から、会計や人事、顧客管理などの機能をクラウド上で提供する形で、日本でも普及した。

ベンダー<sup>15</sup>の観点からは、ソフトウェアの機能を定期契約で提供すれば景気変動の影響をある程度受けにくくなる利点がある。

SCとの関連について触れておこう。PwCのデジタル化投資した分野の2024年調査によると、SCのデジタル化の進展の過程においてSaaS等クラウドが加速して主役になっている。SCの複雑化に呼応して、多数のSaaSを活用した管理を行うようになってきている。それにとまって、管理が複雑化し、手作業は限界で、一元管理で対応する必要がある。それゆえ、可視化と高レベルの管理が必要になっている。

このような傾向のなか、しかしながら、業務ソフトを誰でも手軽にノーコードで内製化できる開発ソフトが昨今普及し、事態は大きく変

わった。SaaSベンダーは売上減と株価低下を経験し試練に直面するようになってきている。

### (3) クラウドサービスの規模の経済とその他のメリット

同じ規模で同じ品質の作業を、クラウドでなく、個々の企業が独自に行っても、かかるコストは同じではない筈である。クラウドサービス事業者は規模の経済を実現して、得られた便益(の一部)を利用者に還元している、といえるのではないだろうか。

クラウドサービスを使用することで、変化の激しい予測困難な時代に適応して柔軟にITインフラをアップデートし、継続的に成長できるプラットフォームを実現できる。しかも、資産を所有しない身軽さがある。

従来は大規模IT投資だけに限り実現するに過ぎなかった可用性が、構成変更やバックアップを柔軟に行えるクラウドの仕組みにより、高い可用性が低コストで実現できるようになった。

新機能を導入する際には、従来、周辺システムの設定変更が必要であった。ハードやソフトの要件定義・実装・テストで手間や時間が必要だった新機能導入が、クラウドではサービスとして新機能が随時追加される。最新技術を容易に利用でき、業務をスピーディに展開できるようになる。

古いITの仕組みに捕らわれることなく、容易に捨てることが(使わなく)でき、いわゆるベンダーロックインの呪縛から逃れられる。

### (4) クラウドサービスの最適化

クラウドについては、様々なコスト、利用状況管理や障害対応スキルの不足といった運用

15 アドビは、ソフトをパッケージで販売する単年度の売り上げを重視していた。それを、クラウドを通じてソフトを提供するSaaSと呼ばれるサブスクリプション(定額課金)で継続的にソフトを販売する戦略に軸足を移す。株価を上昇させ、時価総額は20兆円以上にした。マイクロソフトも、主要ツールOffice単体のパッケージ販売からサブスクリプション販売に切り替え、大幅な株価の回復をなし逃げる(いずれも山本[2023]参照)。

面、情報漏洩や不正アクセス対策への不安といったセキュリティ面が課題として浮上している。企業システムのクラウド化を阻むのはこれら3つである。

クラウドの活用が進めばクラウド使用料は飛躍的に増加してしまう。クラウドの利便性を得つつクラウドのコストをどう最適化できるかが課題になる。そのため、より安価にデータを保管できる場としてオンプレミスの強みがある。低レイテンシー（低遅延）でも問題がない、POSシステムや工場ラインのコントローラーなどもオンプレミス向きである。

クラウドが提供するのは数百以上の機能群である。特定の機能を単体に限って利用するだけでは有効活用とは言えない。自社システムの規模や将来的な拡張性など具体的なニーズに応じて最適となるクラウドサービスを選択することが重要になる。

クラウドファーストを掲げるユーザーでも100%クラウドということはある得ない。DXの取り組みが進むユーザーは、ガバナンスの観点から自社に資産を持ちたいというニーズがある。すべてのデータを海外のクラウドに預けることへの危機感もあり、オンプレミスや国内のクラウドサービスへ移行する動きも出た。海外の大手クラウドサービスに大規模なIT資産を移した企業は、円安になり相当なコスト高となったという事情もある。

#### (5) クラウドのリスク

クラウドへ移行する際の課題は、後掲の図表4-1における、そのデメリットの大きさに係っている。クラウドに移行させる誘因となる点を具体的にあげると、既述の①既存オンプレミスの老朽化や技術進歩に伴い繰り返されるシステムの更改に伴う、運用コストと管理負荷の増加、

と②被災時の事業継続の不安、がある。

クラウド最大のリスクは、クラウドサービス提供会社からもたらされる。突然の提供機能停止、無料から有料への変更などが起こると予想するのが正当である。

このリスクに対応する方策の1つがマルチクラウドである。複数のクラウドを同時並行で使うことによって、安全性を確保でき、いわゆるベンダーロックイン（一部の業者に依存して他のシステムに移行できなくなってしまう事態）を回避できる。

#### 4.1.2 クラウドセキュリティ

DXの中核となるSaaS等クラウドサービスはビジネス戦略を柔軟にするために欠かせない存在となっている。一方、部門や個人での利用が進み過ぎてしまうサイロ化がみられ、IT部門による一元管理が困難となり、管理しない・できないIT資産（シャドーITと呼ばれる）が増大したり、管理設定で過剰に管理者権限が発効されるなど、セキュリティのリスクを孕んでいる。

企業の情報資産の保管場所はクラウドに集約が進むとともに、クラウドに対するサイバー攻撃が増加傾向にある。また、担当者がクラウドサービスを利用する際に誤った設定を行うことで思わぬ情報漏えいを招くケースも増えている。

その関係では、さらにはAIや後述のAPIのセキュリティも課題である。

#### (1) クラウドのセキュリティリスク

クラウド利用にあたって、用途やコストにより複数のクラウドを利用することは珍しくない。しかし、アカウントやアクセス権限など環境毎の管理は難しくなる。その結果情報漏えい、データ消失、サイバー攻撃、不正アクセスなど

図表 4-1 クラウドのメリットとデメリット

	メリット	デメリット	対応策	セキュリティ		
				メリット	デメリット	その対応策
クラウド <sup>(注1)</sup>	初期費用低廉 <sup>(注2)</sup> 。可用性がサービスの一部として提供され、運用負荷は低い	複雑な料金体系 <sup>(注3)</sup> 。サービス提供中止、ライセンス見直し、料金値上げ。データやIDの管理はユーザーの責任（共同責任モデル） <sup>(注4)</sup>	マルチクラウド	セキュリティ対策をクラウドに任せ <sup>(注5)</sup> 、オンプレ対策に集中できる	情報漏えいや消失、サイバー攻撃、不正アクセス等のリスクがある	セキュリティ対策のうち適した解決策 <sup>(注6)</sup> や設定診断 <sup>(注7)</sup> もある

(出典) 複数の公開資料から筆者作成。

注1) ネットワークを通してソフトが利用できる SaaS (Software as a Service) は類似の特徴を持っている。

注2) 初期費用が低くなる一番の理由は、サーバー調達・構築の費用負担が原理的にないからである。

注3) 例えば AWS (Amazon Web Services) の場合、2022年第2四半期における AWS の世界シェアは Canalys の調査によると 31%である。200を超えるサービスがあり、幅広い業種で利用できる。しかし、① AWS は複数のサービスを組み合わせて利用することが多く、管理方法や運営が煩雑で管理・運営に時間がかかる、②料金体系の関係上かかっているコストが分かりにくく、最適化を怠ると無駄な料金がかかってしまう。

注4) その結果クラウドを利用すればランニングコストが高くなるが、オンプレミスでも、サーバーメンテナンスやバージョンアップ作業にコストがかかる。

注5) クラウド事業者のバックアップサービスを利用することで、ランサムウェア攻撃によるデータ損失のリスクを軽減できる。

注6) 「クラウド上のインフラやアプリには、全体を一括管理し効率的に保護する総合的なセキュリティ管理プラットフォームが必要だ」とするガートナー社が提唱する考え方が実装されているのは CNAPP (シーナップ, Cloud Native Application Protection Platform) である。かなり包括的な特性があるため、現状ではベンダーによって内容に違いがある。導入にあたっては確認すべきである。

注7) AWS セキュリティ設定診断サービスは、AWS 環境の設定情報を API 経由で取得し、独自のベンチマークに基づいて適合性を検査し AWS 環境がセキュリティ面で適切な設定がされているか診断するサービスである。

様々なセキュリティリスクが存在することになる。

SaaS の場合は、導入が容易で効果も早く現れる。顧客や個人の情報、営業機密は当然ながら、設計データ、原価情報も SaaS 内に置かれるようになってきている。その結果 SaaS をまたいだ業務や SaaS 自体の管理が煩雑になっている。企業のデータやアプリなどへの内外からの不正アクセスは SaaS 侵害と呼ばれる。これは設定ミス、不適切なアクセス管理、脆弱なサードパーティ連携、人的エラーなど様々な原因で発生する。

SaaS 会社へのサイバー攻撃の影響は特に深刻である。2024年5月にクラウドストレージ会社 Snowflake のデータ流出で複数の企業・組織が大量の顧客情報を盗まれた<sup>16</sup>事例は有名である。こうした侵害は、情報漏洩、コンプライアンス違反、顧客からの信頼喪失といった深刻な結果をもたらすのである。

## (2) サプライチェーンセキュリティ

近年、企業間の連携強化やデジタル化の進展に伴い、企業間・システム間でのデータ授受が増加している。その上、SC が複雑化している。それに伴い、SC の脆弱性を狙った、特にサイ

16 グーグルは、クラウド環境のセキュリティ強化が目的と思われる買収を次々行った。2022年1月にイスラエルのスタートアップ Siemplify (シンプリファイ) を推定額5億ドルで買収し、3月には米国セキュリティ大手の Mandiant (マンディアント) を買収すると発表、推定額は54億ドルである (山本 [2023, 44-45頁])。2025年3月にもグーグルは米国セキュリティ企業 Wiz (ウィズ) を約4兆8000億円で買収することで合意したと発表した。

パーセキュリティ対策が不十分な企業を狙ったサプライチェーン攻撃による情報漏洩事件も増加している。

セキュリティのリテラシーが異なる SC 所属企業の間で、アクセス機能を共有したり、アクセス権を必要以上に緩くする、などをすれば問題<sup>17</sup>が起こる。

委託先からのデータ漏洩事例を調べてみて、セキュリティ対策を確実にすることが重要であると認識されるようになってきている。セキュリティ対策の中でも、データの適切な保護とクラウドサービスを用いた外部とのデータ授受つまり外部共有時の安全性に関心が向けられ、サプライチェーンセキュリティの一大ポイントになっている。

#### 4.1.3 SCのクラウド活用～サプライチェーンをクラウド化する利点

##### (1) SCをクラウド化する利点

SCにおけるIT資産管理ツールについては従来3つの選択肢があったが、上で見たように物理サーバーに構築・利用とベンダー提供のSaaSによって管理の2つは選択肢から消えた。その結果、クラウドに構築・利用だけが残った。

SCでクラウドを活用するメリットはほかにもある。柔軟性や迅速性を重視するならば、これからの時代、クラウドの活用はほぼ必然と言われる。

クラウド移行によってコスト削減もできる。クラウド提供企業とはグローバルで一括契約し、SCの各企業・部門などに費用を付け替える、という協働でコスト削減をできる。

所属企業の出入り・変更が頻繁であるSCでは柔軟性が重要になる。通信を専用線で行うのはコストが高く、所属企業の出入りが多い企業の場合さらに不利になる。

SCの各段階・分野で活用されるクラウドやSaaSの例を図表4-2で挙げた。

##### (2) SCクラウド利用の課題

SCではマルチクラウドを採用することになるため、あらゆるクラウド環境を横串で統一的に見る必要がある。その結果、実際にクラウドを利用している企業・部門が、コストの内容を把握しにくくなることと、コストを意識できても最適化する手法が分からない点が次の課題になる。

SC所属企業のどの部署がどのような使い方をしているのかが明らかになるコスト情報の可

図表4-2 SCの各段階・分野で活用されるクラウドやSaaSの一例

段階・分野	事例
調達	資材の査定、在庫管理、出荷業務など
生産	POS情報とマーケティングツールを組み合わせ、BIツールで分析し、販売・開発部門へフィードバックする
物流・倉庫	国際物流管理
販売	外部のクラウドストレージを通じて新商品の企画書を広告代理店とやりとり

(注) 様々な資料から筆者作成。BIツールとは、企業のさまざまなデータを集約・分析、データを見える化することで、業務効率向上、早期の意思決定や課題解決に役立つツールである。

17 これらの点は、M&Aに係ってサイバーセキュリティ侵害が実際に起こった原因となった。さらに、被合併企業のIT資産の管理が等閑になってしまう点も原因にあげられる。

## サプライチェーン格付けとその妥当性

視性と透明性を提供し、コスト最適化のための技術的なガイダンスを提供しなければならない。そして、クラウド利用の最適化の指標となる KPI を作成して監視し、ガバナンスの確保と説明責任の強化を図る必要がある。

## 4.2 特定のシステムやソフトにリクエストして情報等を取得できる API

### 4.2.1 API とシステムやデータの API 連携について

API (Application Programming Interface) とは、他のシステムやソフトにデータや機能を提供する仕組みである。利用者から捉えると、あるソフトが取り扱うデータや処理を、外部の別のソフトから定められた書式で記述された依頼を送付することで参照できる仕組みで、オペレーティングシステム (OS) の機能呼び出しや、ネットサービスの機能を Web ページ上から呼び出ししたりするのに用いられる。

API を利用すると、ソフトウェアの内部構造を知らなくても、さらにコードを書き直したり、既存の関数を新しいアプリに再構築したりすることなく、API を介してソフトに接続して制御できる。

エンベデッド・ファイナンス (組み込み金融) つまり非金融企業が既存サービスに金融機能を組み込んで提供する金融サービスには、API が重要な役割を果たすことを城田 [2021] は強調するが、API の説明は一切ない。

日経コンピュータ [2020] は、複数の関連する企業におけるオンプレの、提携ではなくシステム統合、しかも大規模なメガバンクの事例を説明した。API の重要性が窺い知れるのに、やはり API の説明は一切ない。

以下では、API を比較的詳しく展開してみ

よう。データ連携の革新について API と EDI/EAI の比較や利用シーン、API の活用による企業間のデータ連携やオープンイノベーションの促進の効果、新たな市場機会創出の効果などがテーマになる。これらは DX が成功するかどうかの鍵を握る。

#### 4.2.1.1 データ連携とは

複数のシステムを使用していると、同じ内容をあらかずデータをシステム間で異なって理解されることが起こるようになる。そのデータをやり取りして確認する作業がシステム間で必要になってしまう。

例えば、勤怠管理と給与計算を異なる 2 つのシステムで管理していた場合、2 つのシステム間でデータを送る必要がある。手入力で入力するのは手間であり、ミスも発生しやすい。そんな時にデータのやり取りをする方法として、API などを用いるデータ連携がある。

##### (1) EDI や EAI とは

API は 2000 年代初頭に開発されたが、それ以前に採用されていた方式がある。企業間取引、受発注業務をデジタル化する仕組みとしては、DX というキーワードが普及するはるか前から使われてきた、EDI (Electronic Data Interchange : 電子データ交換) である。EDI は 50 年以上存在し、何十年の間標準的な文書交換方法だったが、その技術に大きな変化は見られない。

EAI (Enterprise Application Integration : 企業アプリケーション統合) とは、企業内の異なるシステム間のデータや業務プロセスを効率よく統合するための仕組みやシステムのことである。

ICT が高度に進歩し、企業はこの EDI 以外に ERP (Enterprise Resource Planning) や CRM

(Customer Relationship Management) といった様々なシステムを導入している。しかし、システムは業務・部門ごとに開発されたものがほとんどであり、各システム上にデータが分散したままであれば、企業はそうしたシステムから必要な情報を迅速に取得できる状況ではなくなってしまう。

システムやデータの連携を実現するには、従来、インターフェースやプログラムを個別に開発する必要があった。そのため、各システムに改修やバージョンアップが必要になると、その都度それを改修しなければならず、多大な工数とコストが発生していた。しかし、データやプロセスの統合に必要な機能を搭載している EAI の登場によって、このような課題は解決し、状況は変わった。課題解決に役立てるために、EAI を導入する企業が多くなった。

## (2) 物流と金融が引っ張る API の普及

API を普及させたのは物流と金融の2業種である。物流業においては従来から、燃料費の高騰とドライバー不足に対応して、輸配送効率の向上が急務であったが、働き方改革関連法によって、運送・物流業界のいわゆる2024年問題<sup>18</sup>が生じた。物流/商流データ活用により、トラック積載率/作業生産性向上や地域物流に取り組むことになった。

金融分野での動向は、さらに顕著である。いち早く2016年3月に(城田 [2021, 157頁]), API を公開してフィンテックとの連携を推し進めてきたネット銀行がある。銀行とネット会社が共同出資して設立された、このネット銀行は、2018年7月に事業開始後発であるが、社

員の40%がエンジニアで、それを生かしてシステム開発の内製化を進めているほか、銀行 API の公開に積極的である(城田 [2021, 166頁])。

金融庁も「オープン API 構想」打ち出した。金融機関にシステム接続仕様を公開させ、業者と契約を結んだ上でアクセスを認めてデータ連携する制度を整備した。2018年6月に銀行法が改正され<sup>19</sup>、2020年5月までにオープン API を実装することが努力義務として課された。

### 4.2.1.2 データ連携方法の比較

データ所有者がデータを送り出すのが従来の連携であるが、データのユーザー側がデータを取りに行くのが API 連携である。

API 連携によって、複数のシステムの間でデータが(手動更新の手間はなく)自動的に同期され、データは常にリアルタイムにアップデートされる。それによって、情報管理が一元化され、業務の効率化が図れる。データが同期されていれば、同期処理ができる。つまり、すべての処理・承認が完了しなければ、次の処理者・承認者へ進まないよう制御できるようになる。

#### (1) EDI/EAI によるデータ連携

業界および業界規約団体が定めた通信プロトコルを利用して企業間のデータを送受信する EDI が登場したのは1970年代である。

企業内にあるシステムを連携させデータを統合する EAI の仕組みが活用され始めたのは、2000年代に入ってからであると言われている。企業は、連携するデータの加工を行い、クラウド型の業務パッケージサービス SaaS と EAI による連携を多用するようになる。

18 労働基準法等の改正に伴い、2024年4月1日より、ドライバーの時間外労働について新たな上限規制(年960時間)が適用され、拘束時間の規制も強化され、業界全体に影響を及ぼし、「物流の2024年問題」と呼ばれた。野口 [2024] 等参照。

19 銀行法改正の過程で、クレカ業界に対しては、管轄する経産省がカード会社とフィンテック企業の API 連携に対して、2018年4月に新しい技術やサービスに迅速に対応できるように「クレジットカードデータ利用に係る API ガイドライン」を公開した。

図表 4-3 データ連携方法の比較

	従来のデータ連携 (EDI/EAI <sup>(注1)</sup> )	APIによるサービス連携
通信回線	LAN 接続 <sup>(注2)</sup> が前提	インターネット接続 (LANでも可)
接続数	1 : 1	1 : N (当然 1 : 1でも可)
データサイズ	多量のデータの取扱いが可能	大量データ用ではない
データの流れ	データ所有者が送り出す	データ利用者が取りに来る
タイミング	即時性が <sup>(注3)</sup> ない	自動で同期される
要約	企業内システムのアダプター <sup>(注4)</sup> 連携	社内外サービスとのリアルタイム連携

(出典) 複数のベンダー (TIS, オープンテキスト EDI Basics など) の公開資料を基に筆者が取捨選択や修正・追加を行って作成。

注1) EDI (Electronic Data Interchange) は業界および業界規約団体が定めた通信プロトコルを利用して企業間でデータを送受信する仕組みで、EAI (Enterprise Application Integration) は企業内にあるシステムを連携させシステム・データを統合する仕組みである。API (Application Programming Interface) は、本文で詳述するが、システム・サービスが持つ機能またはデータを別システム・サービスから簡単に使えるようにする仕組みである。

注2) LAN (ラン) と略称されるのは Local area network (ローカル・エリア・ネットワーク) で、限定された地域内のコンピュータをはじめとする様々な機器の間で自由に情報交換ができる。異なったベンダーで作成された機器を LAN に接続すれば相互に通信可能 (マルチベンダ接続) になる。

注3) 年次更新などの頻度は低く即時性の必要がない連携に従来方式は向いている。現場の負荷が課題となる。

注4) アダプターは、異なる複数の形式のシステムやデータの連携を容易に行うためのモジュールの総称で、アダプターを利用すれば連携毎の面倒なコーディングやデータ仕様の知識や解析は不要である。

EDI は、企業間でデータをやり取りする際に使われる。主に B2B の受発注取引に関する情報を対象にしており、この工程を効率化することが目的であった。

それに対して EAI は、システムやデータの社内連携を対象にしている。つまり、EDI は社外との連携、EAI は社内での連携に適用された。しかしながら、EDI と EAI 双方のニーズを同一システムで満たすものも出現しており、両者を区別する必要がなくなっている。

#### (2) API 連携のメリット

API 連携のメリットは大別して 2 つある。

- ①自動でリアルタイムの共有ができる。そして、
- ②日々業務で多発するデータのやり取りが自動化されることにより、手間が省け、人的ミスを少なくし、タイムリーに情報を確認することができる。

これによって様々なシステムと連携ができ、

利便性が高くなる。API 連携は業務の生産性を高めて、働き方改革や人材不足対策にも大いに貢献するものになる。

#### 4.2.1.3 SC やグループ企業間のデータ連携

EDI は企業間の大規模データの連携を担い、SC システム基盤の要になりえる。データ連携には、その企業の目的にあった EDI と API の適切な配置が重要になる。

##### (1) API 活用例

業界の異なる他社と、生産から在庫、配送などのモノの流れや、契約/納品/請求/サポートなどの業務プロセスを API でデータ連携することで、効率的でスピーディなスキームの形成ができる。

企業が保有するデータやサービスを SC 所属の他企業に API で提供することで、生産、在庫、配送などのデータ・情報を横断的に利用できる業務プロセスの自動連携や、業務プロセス可視化などに役立てられる。

API連携によるサービスの事例としては、クラウド会計、口座残高や入金明細などのインターネットバンキングの情報を自動で取り組むクラウド型の会計サービス、などがある。

#### (2) クラウドAPIとSCにおけるAPI

クラウドAPIとは、クラウドコンピューティングサービス間、またはクラウドサービスとオンプレミスアプリケーション間でデータを転送するソフトウェアプログラムである。複数のクラウド提供企業間でのリソースの共有、クラウドセキュリティの効率化、ディザスタリカバリーの自動化などが可能になる。

クラウドAPIは、異なるアプリやサービス間のデータのやり取りを可能にすることによって、システム統合や機能の拡張が容易になる。具体的には、ウェブアプリやモバイルアプリがクラウド上のリソースと連携し、ユーザーが必要とする機能を提供できるようになる。

APIは、他のシステムやソフトにデータや機能を提供する仕組みであるから、SC（センター）構築においても、所属各社は、SCの（センター情報）管理システムのAPIを呼び出すシステムを開発すれば、SCシステムの機能を手軽に利用したり、自社のシステムと連携できるようになる。

#### 4.2.1.4 EDIとAPIそしてiPaaS

##### (1) データ連携の変化

APIが指数関数的に増加している背景がある。APIは、既述のように2000年代初頭に開発されたが、IOT、生成AI、モバイルアプリ、RPAなどの自動化の興隆が大きな飛躍を生んだ。APIがソフトの対話手段となり、新技術の活用にはAPIが不可欠な存在になっているからである。

市場の高度化やデータ連携の仕組みの技術進

歩に伴い、データの取引は加速度的に増えてきた。今後、企業間取引データの全体量に対しAPI経由が占める割合は増えるだろう。しかも、EDI・EAIはなくなり、それぞれの特長を生かして利用され続ける。

##### (2) iPaaSの新しい時代

この先の新しい時代には、EDI、EAIとAPIそれぞれの機能・役割を活かした「つなぐ」が重要になる。EDIは、生産性上昇に寄与することは自明であったが、つなぐために資源を浪費する時期が長く続いた。そこにAPIが生まれ、それが容易になった。しかし、APIがEDIに取って代わるということではない。APIとEDIが相互にサポートする、両者の棲み分けが重要になる。

SaaS間の連携にはベンダーが公開しているAPIを利用するケースが一般的になっている。さらにAPI連携によってソフト機能を拡張できる。しかし、サービスごとに異なる仕様の把握や複雑な認証フロー、仕様変更への随時対応など、開発／運用コストが課題となる。

異なる複数のSaaSやシステムを一元管理してシステム間のデータ統合や相互連携を簡単に行えるクラウドベースのプラットフォームであるiPaaS（integration Platform as a Service）は、2000年代後半に北米で登場し、SaaSの普及とともに成長し、日本では約10年遅れでIT部門から導入が進んだ。

このタイプの連携ツールが次々と登場し、現在iPaaSはDXの標準インフラのひとつとなっている。ツールをつなぐことで、情報を効率的に流通させ、業務プロセス遂行のスピードを上げることが出来、成果を極大化できることになる。

## 5. 格付けの可能性～機能進化の段階から捉える

### 5.1 SCM の到達点とは

#### (1) SC の効率性とは

上位の技術が存在し、市販されたりして利用可能であるにもかかわらず、経営陣の理解不足、予算や人材の不足等という理由から導入していない、ということがない、が効率性の定義の一例である。

効率化は最終製品の価格に影響し、SC 全体においても競争力の源泉となる。

#### (2) SC の格付けとは

格付けは、様々な段階を示すことによって、「課題を認識しているか」「情報取集中か」「検討中か」「導入済か」「(導入後)順調に運用しているか」などを問う。

SC は利益やキャッシュを直接生み出す、いわゆるプロフィット・センターではないが、個々の所属企業に付加価値をもたらす。その内容を上で比較的詳しく展開してきた。

#### (3) SC システム構築後のメリット～追加

SC システムが構築されておれば、生産や業務の効率化が達成できるだけでなく、同一取引を取引の両サイトから捉えられるので、SC 全

体の経理、販売、購買の分析によって次のような不正を検知ができる。

SC 所属全社の経理データから負債や費用の隠蔽、計上時期操作等が行われていないか、そのリスクを検知できる。また、全社の販売データを基にすれば、架空売上、計上時期の操作、未承認の値引等の恐れのあるものを検知できる。そして全取引データを基にして二重請求、 unnecessary 購買、水増し請求等を検知できる。

### 5.2 機能進化の諸段階～一般的な分類

格付けすることが可能なのか、は達成度合いを幾つかに分類できるかどうか依存する。一般的な分類の例として、3段階評価の例を示したのが図表5-1で、5段階評価の例を示した図表5-2である。

星の数によって5段階を分けられている図表5-2は、IPA 発のサプライチェーン強化に向けたセキュリティの基準に基づく。製造業においても、詳細は省くが、生産技術と管理がどう進歩したかするか複数の段階を分ける事例がある。

### 5.3 SC 機能進化の諸段階～事例に即した分類

まず、デジタル化の5段階について、説明は表中に記したので省略するが、企業のそれにあ

図表5-1 3段階評価の例

最高位	到達点として目指すべきレベルにある	緊急に対策が必要な課題はない
中位	標準的に目指すべきレベルにある	高緊急度の課題はないが、将来的に問題になる可能性があり、設定見直しや改善等の対策が必要
最低位	最低限実施すべき事柄がある	問題につながる課題があり、緊急の対策が必要
事例元	自工会/部工会『セキュリティガイドライン V2.2』	某セキュリティベンダー

(注) 公開資料に基づき筆者作成。自工会/部工会は一般社団法人日本自動車工業会 (JAMA) 及び一般社団法人日本自動車部品工業会 (JAPIA) の略。

図表5-2 5段階評価の例

星5つ	説明できる・教授できる	継続的に改善され、組織のニーズに適切に対応している
星4つ	理解・習慣化している	成果を向上させるためにデータ収集と分析を実施している
星3つ	意識すればできる	文書化されたプロセスや手順に基づき実施している
星2つ	知っている（努力している）	基本的なプロジェクトマネジメントを実施している
星1つ	知らない・できない	プロセスは未整備で文書化されておらず、整理されていない
事例元	IPA『サプライチェーン強化に向けたセキュリティ対策評価制度の構築について』	KPMG『制御システムサイバーセキュリティ年次報告書2024』

(注) 公開資料に基づき筆者作成。

わせて図表5-3のように展開できる。何年もかかると見られていた日本のデジタルトランスフォーメーションは新型コロナの影響で多少進んだ。このように、今後何がどう影響するか分からない。

クラウドを利活用する段階は大別すると、図表5-4の通り、幾つかに分けられる。AIの進化により、ほぼすべてのものが自律的に意思決定できる時代が近づいている。この新しい時代に備えるため、SC・企業はAI時代に即した業務の再定義やプロセスの見直しを行う必要がある。また、サイバーセキュリティ強化やデータプライバシーの確保、責任あるAIを基盤としたデジタルトランスフォーメーションの構築にも取り組むべき時

が来ている。

AIや自律型AIとも呼ばれるAIエージェント、さらにAPIにも幾つかの発展段階に分けるとする説が専門家の間にある。特に前者については、単なる分析ツールから業務遂行の主体となるAIエージェントに進化し、それも複数のAIエージェントが相互に対応しながら業務するマルチエージェントなど多くの分野へ発展している。それに合わせて、企業においては幾つか利活用の段階があることが指摘されている。

大手企業にとっては今や、乱立しているAPIや連携基盤を整理し、AIエージェント間連携(A2Aと略される)とiPaaSによって組織全体

図表5-3 SCのDX化の5段階

	段階の詳細
DX導入前	すべての業務が紙、手作業と対面で行われる
SC デジタイゼーション	業務フローは変わらず、紙に記録されたデータを、手作業でシステムへ入力し、電子保存されるという手順が一部の所属企業で達成されている
SC デジタライゼーション	電子化されたデータを活用し様々な適切な手法で効率化された業務プロセスが一部の所属企業で遂行されている
SC デジタルトランスフォーメーション	すべての所属企業でデジタライゼーションが達成され、一部の所属企業で業務の仕組みが変わる自動化が達成されている
SCのDX全体最適化	すべての所属企業でデジタルトランスフォーメーションが達成されている

(注) それぞれの段階でDX化されている部門・企業数の比率で各段階をさらに細分化できる。

図表5-4 クラウド利活用の段階を分ければ

	第一段階	第二段階	第三段階
名称	クラウドリフト	クラウドネイティブ	マルチクラウド
概略	オンプレのシステムをパブリッククラウドに移行	コンテナ等を使用してアプリを構築・運用。専門知識が必要になる	複数のクラウドの夫々の利点を生かす
特徴	情報システム部門が権限を持つ	一部の権限が開発部門や委託先に移譲される	幅広い権限が開発部門や委託先に移譲される

(注) 様々な資料から筆者作成。各段階の間をさらに詳しく分けることもできる。コンテナとはアプリとそれを動かす OS 機能が組み合わさった仕組みである。

の最適化を実現するのが課題になっている。

## 6. サプライチェーン研究に残された課題

### 6.1 サプライチェーンに残された大きな課題

サプライヤーとの公平で倫理的な関係の構築<sup>20</sup>も取り組まなければ課題であるが、本稿とは分野があわない。SC 間の寡占競争の分析も重要な論点であるが、残されている。

本稿との係りで課題として残されているのは次であろう。

#### (1) 関税引き上げがサプライチェーンへ及ぼす影響

為替レート激変、規制、政変などともに関税はグローバル SC にとって1つの大きな練習問題になる。とりわけ、解はあるか（つまり代わりになるサプライヤーは存在するか）、それは最適かの問題は致命的に重要である。場合に

よって、生産技術の問題になる。

#### (2) SC はイノベーションを起こせるか

長期的な事業発展の礎は、周知のように、イノベーションである。SC はイノベーションを起こせるか。どう SC の組織を構成すればよいか、イノベーションを起こす研究開発部門はどう組み込むべきか、などが課題になる。

#### (3) サーキュラーエコノミーの確立と推進

サーキュラーエコノミーの推進は、技術革新やビジネス創出、競争力向上の契機となりうるが、環境負荷の低減と経済効率・価値を両立できるか、法規制の未整備、など乗り越えなければならぬ壁が幾つかあり、SC に大きな課題を突き付ける。

### 6.2 本研究に残された課題

意思決定に必要な数値がシミュレーションによって計測できる数量モデルを構築して、システムのコントロールを確実なものにし、予算獲得・配分に活用できるようにしなければならない。

20 米国の主要企業の経営者をメンバーとする BRT（ビジネス・ラウンドテーブル、Business Roundtable）では、株主利益の実現と従来とらえていた企業の目的を2019年8月に公表した「企業の目的に関する声明」のなかで、自由市場経済のなかで社会に不可欠な商品やサービスの供給、雇用創出、イノベーション等に企業が重要な役割を果たしていることを指摘したうえで、すべてのステークホルダーに対してコミットメントを行うことを追加すると表明した。

その詳細は、企業は顧客への価値の提供、従業員の能力開発への取り組み、地域社会への貢献、そして最後に株主に対する長期的利益の提供を行うことであったが、サプライヤーとの公平で倫理的な関係の構築がここに追加される。

## 参 考 文 献

- エリヤフ・ゴールドラット, 三本木亮訳, 津曲公二  
解説 [2003]『クリティカルチェーン—なぜ, プ  
ロジェクトは予定どおりに進まないのか?』ダ  
イヤモンド社, 2003年10月。
- 久保田 穰 [2023]「企業グループの格付」『信用格付  
研究』第1号, 2023年5月, 18-26頁。
- D. スミチ・レビ, E. スミチ・レビ, P. カミンスキ,  
久保幹雄 (監修訳) [2002]『サプライ・チェイ  
ンの設計と管理—コンセプト・戦略・事例』朝  
倉書店, 2002年1月。
- 日経コンピュータ [2020]『みずほ銀行システム統合,  
苦闘の19年史 史上最大のITプロジェクト「3  
度目の正直」』日経 BP, 2020年2月14日。
- 城田真琴 [2021]『エンベデッド・ファイナンスの衝  
撃—すべての企業は金融サービス企業になる』

東洋経済新報社, 2021年12月。

- 辰巳憲一 [2018]「株式取引におけるキャンセル行動  
の分析 -HFT のポートフォリオ構築に要する時  
間から見た視点-」『証券経済研究』第101号,  
2018年3月, 49-69頁。
- 辰巳憲一 [2026]「セキュリティ格付けはどれだけサイ  
バー攻撃対策になるか: 金融・資本市場での  
役割と憂慮する点」『金融・資本市場リサーチ』  
第25号, 2026年6月25日。
- 野口智雄 [2024]『日本の物流問題—流通の危機と  
進化を読みとく』ちくま新書 1781, 2024年3月。
- 山本康正 [2023]『テックジャイアントと地政学 山  
本康正のテクノロジー教養講座 2023-2024』日  
経プレミアシリーズ新書, 日本経済新聞出版,  
2023年3月。

(学習院大学名誉教授)