


日本の製造業におけるロジスティクスと サプライチェーンの強靱化戦略を実施する利点

開催概要 コロナ・パンデミックによる物流等へのグローバルで広範な影響により、ロジスティクスとサプライチェーンにおける強靱化（レジリエンス）が課題である状況を経験した。そこで、この研究では、4産業分野における日本の製造企業を対象に、強靱化戦略の実施状況とパンデミックが企業の業績並びにロジスティクス及びサプライチェーンの活動に与える影響について調査した。このコロキウムでは、その調査結果を踏まえて、パンデミックの前又は最中に強靱化戦略を実施することが企業に利益を齎すかどうかについて分析を行い、企業におけるサプライチェーンの強靱化戦略の意義とその促進方策を含め、議論を行った。

講演



日本企業におけるサプライチェーンの強靱化の意義

講師 開沼泰隆

公益社団法人日本経営工学会会長
前・東京都立大学システムデザイン学部教授

ニューヨーク連邦準備銀行が発表しているグローバル・サプライチェーンの圧力（混乱度）をみると新型コロナやウクライナ侵攻がサプライチェーンに及ぼした影響が大きくなっていることがわかる。一方、国内の製造工業稼働率指数^{注1)}の推移やトヨタ自動車の性能指標曲線^{注2)}をみると新型コロナ、ウクライナ侵攻、半導体不足などにより国内生産拠点の稼働率が大きく大きく低下しており、グローバル・サプライチェーンの途絶が発生したことを表している。

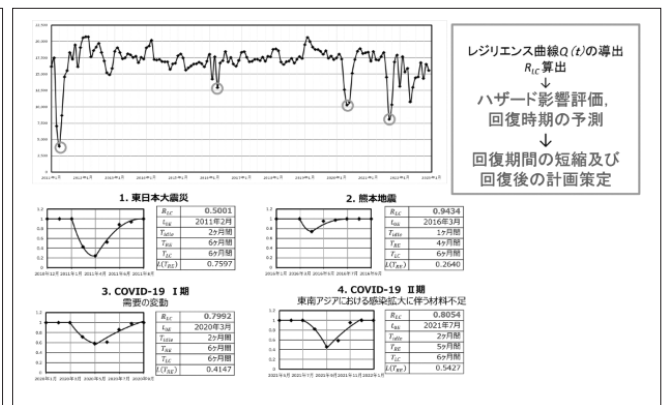
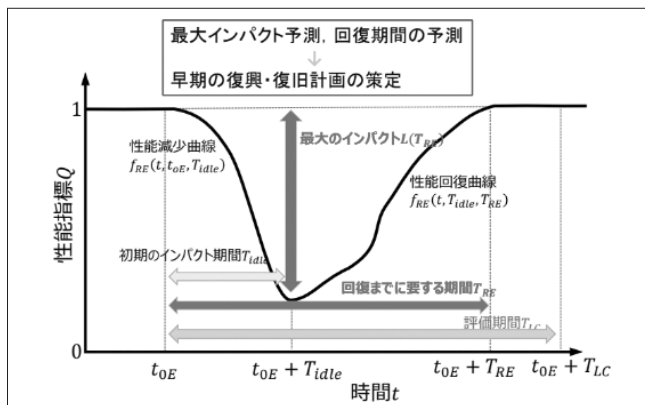
こうした状況を踏まえ、経済産業省では昨年からの災害に対するレジリエンス社会の実現に向けて、災害被害の最小化と

回復の迅速化などについて議論している。

自動車関連業界に対するレジリエンス（リスク）に関する調査（2017）において、サプライチェーンへの潜在的なリスクを十分認識している一方で、サプライチェーンの途絶は発生しないと楽観的に考えていることが分かった。現時点でもこの様に認識している企業が多いと考えられる。

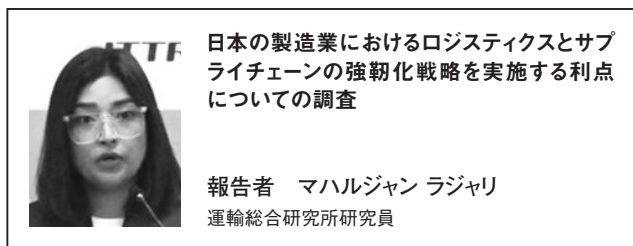
一方で、新型コロナによるサプライヤーの稼働率低下に伴い、原材料や部材の調達などが困難になっていることから、自社だけではサプライチェーンの強靱化は難しいと考えている企業が多くなっている。こうしたことから経団連においてレジリエントな経済社会の構築に向けたオールハザード型BCPへの転換、多元化、可視化、一体化によるサプライチェーンの強靱化に関する提言がなされた。

図一1に提案するレジリエンス曲線の概要と応用例としてトヨタ自動車のレジリエンス曲線を導出したものを示す。レジリエンス指標を定量化することにより、災害の発生前に被害のインパクトや回復時期ことにより被害の最小化や回復の迅速化が可能となる。



出典：池津、開沼、サプライ・チェーン・レジリエンスの定量化に関する研究、日本経営工学会2023年春大会

■図一1 レジリエンス曲線の定量化



日本の製造業におけるロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略を実施する利点についての調査

報告者 マハルジャン ラジャリ
運輸総合研究所研究員

1—はじめに

物流とサプライチェーンの強靱化は近年ますます注目を集めており、新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) のパンデミックによってその重要性がさらに浮かび上がっている。多くの研究は、サプライチェーンの強靱化がサプライチェーンの途絶に対処するための最も適切な方法の1つであることを認めている (Brandon-Jones et al., 2014; Xu et al., 2020)。しかし、COVID-19のパンデミックの期間中、サプライチェーンは予想されたほど強靱ではないことが明らかになった (Kiers et al., 2022)。途絶に耐えるためには強靱化戦略の導入が望ましく、重要だが、強靱化には投資が必要になることがよくある。ただし、投資からの利益を金銭評価するのは困難である (Pettit et al., 2019)。強靱性のあるサプライチェーンを構築するには、資源を割り当て、適切な強靱化戦略を実装する必要がある。資源割当を正当化するには、サプライチェーンの強靱化の財務的利点を調査することが特に重要である (Hendricks and Singhal, 2005)。サプライチェーンの強靱化での大きな障壁は、サプライチェーンの強靱化に向けた投資に対する財務上の根拠を作ることである。その理由は、強靱化を測定することが難しく、そのような投資からの将来のキャッシュフローの予測には不確実性がつきまとい、割引キャッシュフローの推定に必要なデータを入手する際の課題が非常に大きいことである (Rice et al., 2022)。企業に強靱化戦略の導入を促すには、さまざまな種類の戦略を導入するメリットを説明することが重要である。しかし、途絶による悪影響を軽減するための有益な強靱化戦略を特定する文献にはギャップがある (Sarkar et al., 2022)。

この研究では、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」(英語発表資料中ではSCRESTと表記)を実装する利点を説明することを目的としている。我々は、複数の調達、施設の分散、バックアップサプライヤー、水平積み替え、ルート変更、施設の強化、施設の冗長性、在庫の事前配置、生産能力の追加、サプライヤーとの連携および事業継続計画という11の異なる「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を選んだ。これらの「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」には、積極的で、反動的で、質的

で、かつ、量的な戦略の組み合わせが含まれる。私たちは次のリサーチクエスチョン (RQ) を提示した。

RQ1 : 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業は、COVID-19のパンデミックによる企業業績への悪影響に対処するために、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入することで恩恵を受けたか?

RQ2 : 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業は、COVID-19のパンデミックによる物流とサプライチェーン活動への悪影響に対処するために、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入することで恩恵を受けたか?

2—仮説の展開

「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」導入の利点は、企業業績、物流およびサプライチェーン活動に基づいて評価された。企業業績は、主要な指標として純売上高と利益を使用して評価された。一方、物流とサプライチェーン活動は、サプライヤーからの輸送の容易さ、リードタイム、在庫レベル、顧客満足度などの評価基準を通じて評価された。「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入が企業業績に及ぼす影響を評価するために、私たちは仮説 H1a および H1b を提起した。これらは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入していない企業と比較して、COVID-19パンデミックによる純売上高および利益に対する悪影響に対処する企業の能力と正の相関があると述べている。物流とサプライチェーン活動への影響を評価するために、私たちは仮説 H2a, H2b, H2c および H2d を提起した。これらは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入が、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入していない企業と比較して、サプライヤーからの輸送の容易さ、リードタイム、在庫レベル及び顧客満足度に対する COVID-19パンデミックの悪影響に対処する企業の能力と正の相関があることを示している。

3—研究方法

その利点を解明し、この研究で提起されたリサーチクエスチョンに対処するために、私たちは、輸送機器・装置、製薬、半導体・デバイスならびに繊維分野の日本の製造企業の調査を通じて1次データを収集した。その調査は2022年3月から4月の間に実施された。調査票は全国の8,000社に送付された。調査の対象者は物流およびサプライチェーンの専門家であった。

「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」実装

の利点を判断するために、私たちは直接的および間接的なアプローチを採用した。直接的なアプローチでは、企業業績、ロジスティクスとサプライチェーンの指標に関するパンデミックの悪影響に自らの企業が対処するに際し「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」が役立ったかどうかについて回答者に意見を尋ねた。間接的なアプローチでは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入状況およびCOVID-19の影響に関するデータを活用し、回答企業が「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」導入による利点を享受できたかどうかを分析した。具体的には、企業規模と産業分野を一致基準として考慮し、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」がある企業とない企業の一致サンプルを作成した。これにより、明らかな利点を特定することができた。

4—分析と調査結果

有効回答数は549件で、そのうち5.3%が大企業から、94.7%が中小企業からであった。回答のうち、輸送用機械・装置製造部門の企業からの回答が62%を占め、次いで繊維(19%)、医薬品(11%)、半導体・デバイス(7%)であった。

4.1 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の実施状況

調査対象企業におけるさまざまな種類の「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入状況は、パンデミック前は9%(48社)、パンデミック中は6%(35社)であったことがわかった。「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入した合計83社のうち、両期間で導入したのは16社だった。その結果、二重カウントを排除した後、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持つ合計67社が残された。

4.2 COVID-19パンデミックの影響

549社のうち、25%近くが10%を超える利益の減少を報告

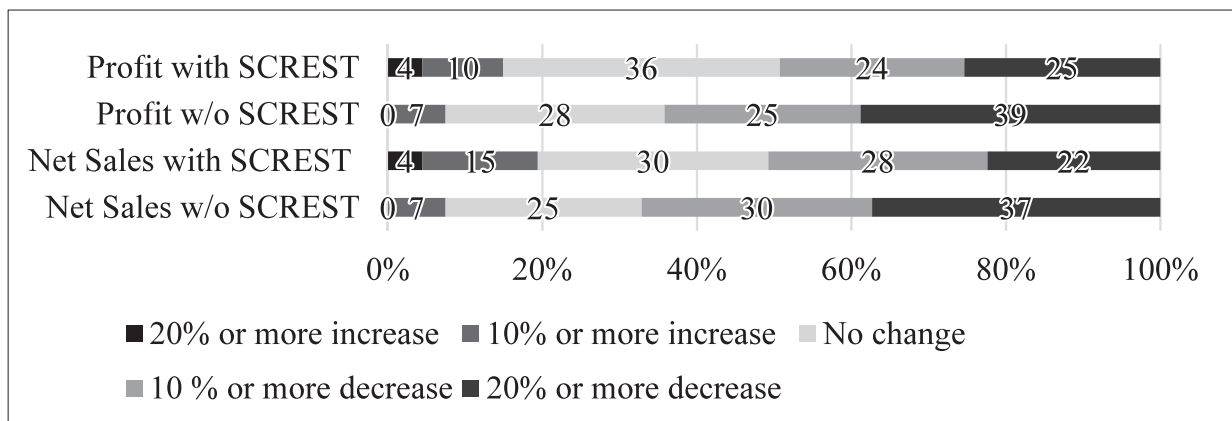
し、約37%が20%を超える利益の減少を報告した。約26%が純売上高の10%以上の減少を報告し、約37%が純売上高の20%以上の減少を報告した。COVID-19パンデミックが物流とサプライチェーン活動に与えた影響については、回答企業の31%がサプライヤーからの輸送の容易さの低下、27%がリードタイムの短縮を報告した。在庫レベルに関しては、23%が減少を報告したのに対し、18%は増加を報告した。顧客満足度は17%の企業で低下したが、これはさまざまな属性の中で最も低い低下であった。さらに、回答企業のほとんど(>50%)が、測定された属性に変化はないと述べたことに注意することが重要である。

4.3 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入する利点

4.3.1 導入による企業業績への利点

直接的なアプローチでは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入した67社のうち、その導入から利益を得たかどうかの質問に回答した企業は45社のみであった。これら45社のうち、24%が「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」が純売上高への悪影響への対処に役立ったと述べ、24%が利益への悪影響への対処に役立ったと回答し、29%が純売上高と利益の両方への悪影響への対処に役立ったと回答した。残りの22%は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入は役に立たなかったと述べた。全体として、45社のうち78%が企業業績への利点を感じた。これらの調査結果は、企業業績に対するCOVID-19の悪影響に対処する上で「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の導入が有益であるという仮説H1aおよびH1bを裏付けている。

間接的なアプローチでは、図一2が示すように、パンデミックが純売上高と利益に及ぼす全体的な悪影響は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入していない企業の方が「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業よりもそれぞれ17%および15%高



■図一2 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」(SCREST)を導入している企業と導入していない企業の企業業績に対するCOVID-19パンデミックの影響の比較

く、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の実施と純売上高および利益への途絶による悪影響への対処能力との間に正の相関関係があることを示唆している。これらの結果は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持つ企業においての方が、COVID-19パンデミックが純売上高と利益に及ぼす悪影響は少ないという仮説 H1a および H1b を裏付けている。

4.3.2 ロジスティクスとサプライチェーン評価基準に「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入する利点

直接的なアプローチでは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持つ67社のうち46社が、物流とサプライチェーン評価基準に関する利点が観察されたかどうかについて回答した。複数回答可のため、合計72件の回答が得られた。「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」の利点は、サプライヤーからの輸送の容易さ、リードタイム、在庫レベルおよび顧客満足度について、それぞれ18%、31%、25% (18社)、および18%の企業によって報告された。しかし、8%の企業は何の利点も報告しなかった。回答から、最も多くの企業がリードタイムへの悪影響への対処能力という点で利点を経験し、次に在庫レベルに関する対処能力という点が続いていることが分かった。これらの発見は、私たちの仮説 H2a, H2b, H2c, および H2d を裏付けている。

間接的なアプローチでは、図-3に示すように、サプライヤーからの輸送の容易さ、在庫レベルおよび顧客満足度に対する全体的な悪影響は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を備えている企業の方が、そうでない企業よりも大きい。具体的には、サプライヤーからの輸送の容易さにおける全般的な低下については、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持つ企業では16%高く、マイ

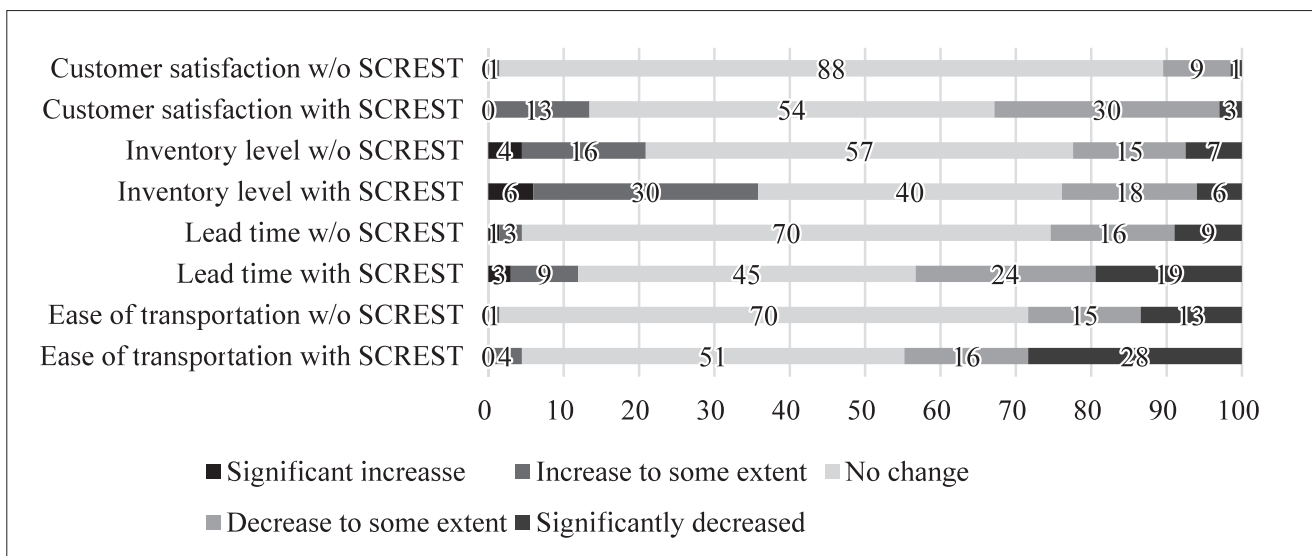
ナスの影響を示している。逆に、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業のリードタイムの全般的な短縮については、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入していない企業に比べて18%高く、プラスの影響があることが示唆されている。「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業の在庫レベルは、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入していない企業に比べて16%増加した。さらに、顧客満足度の増加と減少の両方を報告した企業の割合は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入している企業の方が、そうでない企業に比べて高い。したがって、仮説 H2a, H2b, H2c および H2d は裏付けされていない。

4.3.3 ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略

業績およびロジスティクスとサプライチェーン評価基準に関する直接的な回答からわかるように、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」導入による利点を報告した企業が導入したさまざまなタイプの「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」について追加調査を実施した。企業の業績および物流とサプライチェーン評価基準に利点が見られた企業の中で、導入された上位3つの「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」は、在庫の事前配置、ルート変更、サプライヤーのバックアップでした。パンデミック中に、在庫の事前配置、ルート変更、サプライヤーのバックアップの導入が大幅に増加したことが観察された。

5—要約と結論

COVID-19はさまざまな業界の企業業績に大きな悪影響を及ぼし、純売上高と利益の減少をもたらした。COVID-19が



■図-3 「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」(SCREST)を導入している企業と導入していない企業の物流およびサプライチェーン評価基準に対するCOVID-19パンデミックの影響の比較

物流とサプライチェーン評価基準に与える影響は多岐にわたることが判明した。ほとんどの企業は、COVID-19がこれらの評価基準に影響を及ぼさなかったと報告した。これは、個々の回答者が企業の全体的な業績を評価することが難しいことに起因している可能性がある。「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持たない企業と比べて、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入した企業は、サプライヤーからの輸送の容易さと顧客満足度の点で、パンデミックによる悪影響をより受けた。これには、次のようなさまざまな可能性が考えられる：1) これらの企業は、他の企業よりもすでに脆弱であったため「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入した、2) これらの企業は業績の測定により優れており、その結果、影響をより正確に理解できる。特に、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を持たない企業のすべての評価基準において、影響がないと報告した企業の割合が高かった。これは、彼ら側のデータ不足に起因する可能性がある。また、直接的調査結果と間接的調査結果の差異は、さまざまな業績およびロジスティクスとサプライチェーン評価基準にわたって企業のパフォーマンスを評価する際の課題を浮き彫りにしていることも観察した。私たちの研究の結果は、「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入する利点を強調しており、それは、組織のニーズを満たす適切な「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を特定するための基礎となり、より多くの企業が「ロジスティクスとサプライチェーンの強靱化戦略」を導入するための出発点として機能する。

■鈴木教授からのコメント



コメンテーター 鈴木定省
横浜国立大学大学院国際社会科学研究院教授

サプライチェーンの複雑さが増加していくに伴い、リスクも様々なものに増えてきている。また、リスクの発生により、生産供給活動がバラツキ、そしてサプライチェーン上を伝播して行く。この生産のバラツキに関してはHopp等による“Factory Physics”という文献において伝播・バラツキが伝わっていく様相が定量的に示されている。“Factory Physics”においてはこの工場間のバラツキの関係性を、サプライチェーンの観点から工程の段階と読み替えて議論することができる。サプライチェーン上の上流である前段階のバラツキ（変動係数の二乗

値）が自分自身である次工程のバラツキを経て、下流の後段階のバラツキへ影響を及ぼす正式が導出され、近似式として導かれる。

日本の生産方式の強みの一つに強力な現場力がある。そこには絶え間ない改善活動がある。この改善によるあらゆる変化・変動を抑え込む。徹底的に自分自身のバラツキを低く抑え込む取り組みが行われてきた。自分自身の能力を最大限活用し、バラツキを徹底的に小さくすることで、後段階に伝わるバラツキを抑え込む。このような改善活動による高負荷率、いわゆる高い稼働率が求められるような少ない在庫でまわしていくような体制下においても生産共有活動が高い効率性を保持されていた。そのような取り組みが外部からの影響、外からの変動の影響を抑え込むことに成功していたと考えることができる。

ところが東日本大震災やコロナパンデミックに代表されるように、外部変動の影響が非常に大きくなってくると、外部変動の大きさを吸収することができない。そこで重要になって来るのが、自分自身だけではなく他者と共同でレジリエンス（強靱化）を進めることである。日々の競争環境に打ち勝つ体制と災害に対する備えの両立といった考え方になる。求められるのは匠の技や暗黙知といったヒューマンウェア、いわゆる人力に依存したビジネスからの脱却。これらの継承のプロセスの構築が考えられる。物理的な代替案の確保は元より、可視性や代替可能性といった可搬性を高める方策が重要になっていくと考えられる。

■パネルディスカッション

コーディネーター：

山内弘隆 運輸総合研究所所長

パネリスト：

開沼泰隆 公益社団法人日本経営工学会会長

前・東京都立大学システムデザイン学部教授

マハルジャン ラジャリ 運輸総合研究所研究員

鈴木定省 横浜国立大学大学院国際社会科学研究院教授

山内所長：サプライチェーンの強靱化を考えると、どのようなリスクマネジメントの原則があるだろうか。

ラジャリ研究員：例えば原材料やサービスなど様々な費用が含まれることと同様に、リスク管理の費用もそこに含まれるべきだと考えている。製品の中に含まれることになれば、企業も様々な戦略が実施できる。結果的に、サプライチェーンのリスクに対する強靱化に繋がる。

開沼会長：冗長性をもって対処することが重要。冗長性を持たせることは費用が上がるので、メーカーはあまり実施して

こなかったが、震災などである企業が困難な状況になった時には、競合他社が助けるなども、これまでやってきた経緯がある。競合会社だからできないのではなく、協力できることはお互い協力関係になることでリスクに対する対処ができるのではないか。

鈴木教授：プロスペクト理論によると人間は損失を回避しようとする。とりわけ日本人はホフステードの文化比較において不確実性回避性向が非常に強いと言われている。目に見える不確実なものに対して非常に嫌う特質をもっている。一方で目に見えない思想やイデオロギーといったものに関しては、途端に無頓着、寛容になってしまうという指摘をされている。損失を正しく把握するよりも、むしろ嫌っていき性向が日本では強いという指摘に繋がる。しかし、本日の発表にもあったように、費用の損失を含めながら、冗長性も含めてリスクに対応する必要がある。如何にリスクを収益に結び付けるかという視点の重要性も指摘されている。そういう意味で強靱化はますます重要になっていく。

山内所長：最近物流でよく言われる共同輸配送で効率化することも一つの方法で、リスクを回避することができる。協業については、リスクのあるものに対しみんな保険を掛けるという考え方ができると言える。

ロジスティクスやサプライチェーンの強靱性を高めるための利点をどう考えるか。

ラジャリ研究員：この研究の中で明らかになったのは、このような戦略を実施することには実際に利点があるということである。50%以上の企業が大企業や中小企業の規模に関係なく、強靱化戦略を実施することは利点があると答えた。今後さらに深く調査をすることで、具体的にどのような利点があったのか、もっと明らかになっていこう。

開沼会長：ある程度コロナが収束した後で振り返って分析することも、次の災害やパンデミックなどの対策をする上で非常に重要になっていくと考えられる。

鈴木教授：例えばフィジカルインターネットの概念でも非常に細かい配送網などのノウハウがすでに蓄積されている一方で、ノウハウがオープンな形式知として活用されていない。フィジカルインターネットは、欧米では一つの枠組みとして標準化が進んでいる。その枠組みに日本がこれまで蓄積してきたノウハウを国や業界を挙げて形式知化して活用していくことでメリットを強靱性の観点からも明確にすることが重要である。

山内所長：政府の役割はどのようなものがあるか。

開沼会長：国土交通省や経済産業省などが、様々なことを取組んでいるが、そこに省間の隔たりがあってはならない。

上部で監督する組織があっても良いのではないか。サプライチェーン強靱化のためには細部まで精通した人も重要になってくる。是非協力して進めてもらいたい。

鈴木教授：新たな標準的な枠組みを作る際は強力なリーダーシップが必要になってくる。さらに連携という観点も重要である。また、他人事ではなく自分事として参画していくことも重要である。

ラジャリ研究員：政府の補助金も含めたサポート体制も重要である。しかし、強靱化戦略を行うためには、金銭的なサポートだけが有効なのではない。補助金には政府の意図が当然あるが、サポートの形態は補助金に限定されすぎではない。大小関わらず様々な業種の企業が、それぞれに適したサポートを活用していくべきと考えている。

注

注1) 海上輸送や航空便などの輸送コストに加え各国の購買担当者景気指数 (PMI) やISM、在庫指数などを基に算出。

注2) 国内月別生産台数及び営業日数から1営業日当たりの平均生産台数。

参考文献

- 1) Brandon-Jones, E., Squire, B., Autry, C.W., and Petersen, K.J. (2014), "A contingent resource-based perspective of supply chain resilience and robustness", *Journal of Supply Chain Management*, Vol. 50, No. 3, pp. 55-73.
- 2) Hendricks, K.B. and Singhal, V.R. (2005), "An empirical analysis of the effect of supply chain disruptions on long-run stock price performance and equity risk of the firm", *Production and Operations Management*, Vol. 14, No. 1, pp.35-52.
- 3) Kiers, J., Seinhorst, J., Zwanenburg, M., and Stek, K. (2022), "Which strategies and corresponding competences are needed to improve supply chain resilience: A COVID-19 based review", *Logistics*, Vol. 6, No. 1, p. 12.
- 4) Pettit, T.J., Croxton, K.L., and Fiksel, J. (2019), "The evolution of resilience in supply chain management: A retrospective on ensuring supply chain resilience", *Journal of Business Logistics*, Vol. 40, No. 1, pp.56-65.
- 5) Rice, J.B., Klibi, W., and Trepte, K. (2022), "Overcoming the financial barriers to building resilient supply chains", *Harvard Business Review. Access Link*, Available at: <https://hbr.org/2022/11/overcoming-the-financial-barriers-to-building-resilient-supply-chains>.
- 6) Sarkar, P., Mohamed Ismail, M.W., and Tkachev, T. (2022), "Bridging the supply chain resilience research and practice gaps: Pre and post-COVID-19 perspectives", *Journal of Global Operations and Strategic Sourcing*, Vol. 15, No. 4, pp.599-627.

(とりまとめ: マハルジャン ラジャリ)

本開催概要は主催者の責任でまとめています。

<https://www.jttri.or.jp/events/2023/collo230620.html>