

日本における航空機部品産業の事業環境とグローバル競争

A Preliminary Study on the Fragmentation in Japanese Aircraft Parts

Manufacturing Industry

機械振興協会経済研究所 特任研究員

山本 匡毅 (Masaki Yamamoto)

1. 問題の所在

2010年頃から日本では航空機産業が成長産業として注目を集めてきた。現在もなお多くの自治体の産業政策の中で、航空機産業が成長分野として位置づけられ、産業振興が進められている¹。他方で航空機産業に関わる企業や産業支援の現場では、「成長産業」とは異なる感覚が覆っているように思われる。その要因は、航空機産業における強いコストダウン要求、受注量の少なさ、あるいは受注量の不安定さである。すなわち航空機関連企業や産業支援担当者は、少なくとも航空機産業が成長しているという実感に乏しく、むしろ既存の設備投資に対応して、如何に受注量を確保しようか、日々努力をしているというのが実情である。

成長産業と言われながら、このように日本の航空機部品企業が直面している受注量、価格の問題は何に起因しているのだろうか。本稿はかかる問題について、航空機部品産業におけるグローバルな生産工程の分離（フラグメンテーション）が日本の航空機部品企業の立場を厳しくしているという前提の下、経済地理学の観点から分析を進め、日本企業の位置を確認し、その対応策への示唆を得ることを目的とする。

2. 航空機部品産業の背後にあるフラグメンテーション

(1) 航空機部品産業が直面する諸課題

航空機部品は品質の担保やトレーサビリティの問題から、航空機産業で実績のあるアメリカ、カナダ、フランス、日本などの先進国で製造されてきた。しかしながら、プライムメーカーの機体販売価格の下落は、サプライヤーへコストダウンを求めることにつながってきた。既存の一次サプライヤーは、生産の自動化、ロボットの導入、IoTの導入などを最大限行い、コストダウン要求に応えようと努力してきた。それでも日本では、プライムメーカーや上位サプライヤーからの発注価格での生産が容易ではない状況になってきている。

他方でTier2以下の航空機部品サプライヤーは、工程外注を維持しながら、コストダウン要求を受け入れつつ、安価な加工賃で一部の工程だけの加工を依然として行っている。

¹ 日本の航空機産業では完成機の製造はほとんどできないため、本稿では航空機産業の中で、特に航空機部品産業に絞って検討する。

かつては航空機部品サプライヤーの多くが、比較的受注金額が安定していた防衛機向け部品を加工しており、民間航空機向け部品も今ほど安くはなかったため、工程外注の受注で十分に経営は成り立った。しかし防衛機の受注数が減少し、コストダウンも行われるようになった。さらに民間航空機向け部品ではコストダウン要求が強くなり、工程外注では利益を出しにくい状況になりつつある。

日本の航空機部品サプライヤーが直面しているコストダウン要求は、世界的に行われているものであり、日本だけで特殊なものではない。航空機部品産業は、機体やエンジンのプライムメーカー、装備品メーカーがコストパフォーマンスの高いサプライヤーを選定するように変化してきた。航空機部品の生産において、生産立地はコストの兼ね合いで決まり、受注実績のある先進国だけではなく、同産業では新興の東アジアへ展開するようになった。この背後にあるものがフラグメンテーションである。

(2) フラグメンテーションの理論枠組み

フラグメンテーション理論は、Jones and Kierzkowski が 1990 年に取り上げた国際貿易理論であり²、日本語では生産工程の分離と訳される。Jones and Kierzkowski の理論を受けて東アジアにおける実証研究に取り組んだ木村福成は、フラグメンテーション理論を「国際貿易理論の文脈で、生産工程・タスクの単位の国際分業のメカニズムを解明するために提示された理論」と位置付け³、フラグメンテーションとは「もともと 1 か所で行われていた生産活動を複数の生産ブロック (production block) に分解し、それぞれの活動に適した立地条件のところに立地させること」であると定義している⁴。

生産がフラグメンテーションするとは具体的にどのようなことであろうか。例えば、ある産業が国内に技術優位性を持つ新製品を抱えているとすれば⁵、当該産業は先進国に立地する可能性が高い⁶。しかし産業によっては、生産工程を子細に分析すると、資本集約的な工程と労働集約的な工程に分けることができる。労働集約的な工程とは、未熟練な労働力で大量生産するような生産工程であり、その立地は賃金に代表される労働費に依存する。そのため、労働費が高い先進国に立地する必要はない。他方で資本集約的で技術優位性が求められる工程は、設備の運用ができ、加工技術を有する熟練労働に依存するため、歴史的に先進国立地となってきた。この生産工程の特性が生産工程を分離させ、立地を分散させる要因となる。

ただし生産工程の特性が異なるだけでは生産工程の分離は生じない。生産においてフラグメンテーションが生じる契機は、サービス・リンク・コストの低下である。サービス・リンク・コストとは輸送費、通信費、コーディネーション・コスト、コミュニケーション・

² Ronald, J.W and Kierzkowski, H. (1990) pp.31-48.

³ 木村 (2015) p.43.

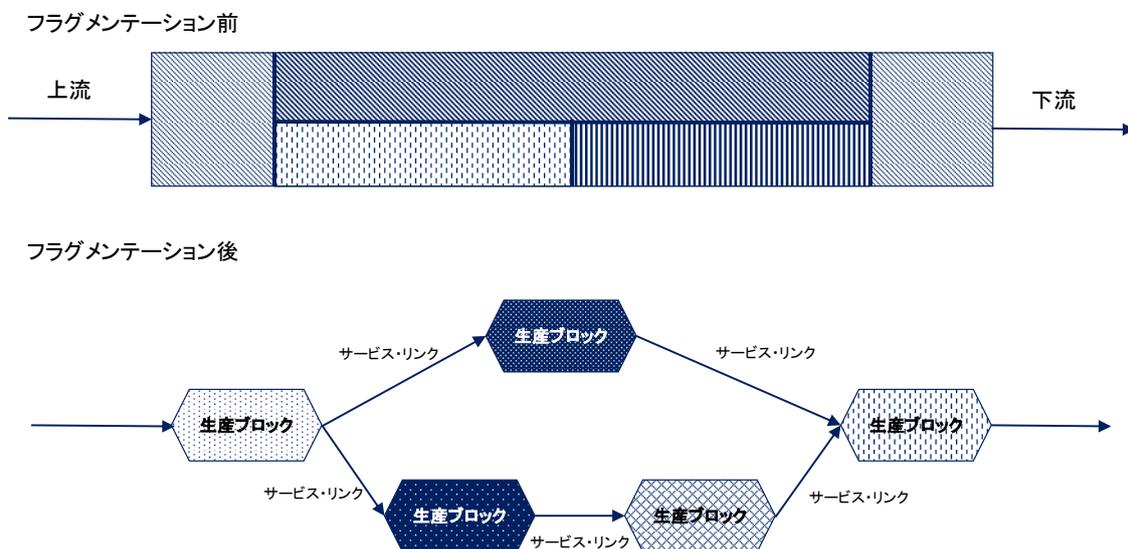
⁴ 木村 (2004) p.80.

⁵ ここでは産業を製造業に限定して議論する。

⁶ R.Vernon のプロダクト・ライフ・サイクル論に依拠して論じている。

コストを含む概念で、ある財を完成品として生産する際に、生産工程をサプライチェーンとして結合するために必要な費用である。生産費用においてサービス・リンク・コストを含んだものとして計算し、ある財の生産費用がフラグメンテーションを行わない場合よりフラグメンテーションを行った方が安価になる場合に、企業はフラグメンテーションを初めて実施するものと考えられる⁷。すなわちフラグメンテーションが生じる際に重要なことは、サービス・リンク・コストが低いかどうかということである。生産においてフラグメンテーションが進む場合、一般的にオフショア生産が進むことになる⁸。その場合、サービス・リンク・コストとして船舶や航空による安定的で廉価な国際物流や、インターネットなどの低廉なコミュニケーション手段の発達が鍵となる。

図表 1 フラグメンテーションの事例



出所) 木村 (2004) p.81 図 4-1 をもとに筆者作成。

さて具体的にフラグメンテーションの動きを検討していきたい。図表 1 はフラグメンテーションの前と後を表したものである。フラグメンテーション理論では、フラグメンテーションの実現前は、1 か所の事業所ですべての生産工程を担っていると想定する。製造業であれば、一つの工場の中で川上の材料調達から始まり、荒加工、精密加工、仕上げ加工、熱処理、表面処理、さらに組立や検査を行い、製品として市場へ出す川下に当たるところまでを一貫して生産しているものとする。(図表 1 上段)

このような一貫生産は加工工程を子細に見れば、資本集約的、技術集約的な工程があれば、労働集約的な工程も存在する。それゆえ、生産工程ごとの生産費用の内訳も異なるはずである。つまり、技術集約的な工程であれば熟練労働が必要となり、教育水準が高い人

⁷ 詳しくは木村 (2004) p.82 にある図 4-2 を参照のこと。

⁸ 藤田・ティス (2017) pp.506-527. ただし生産立地における中心・周辺の検討はここでは行わない。

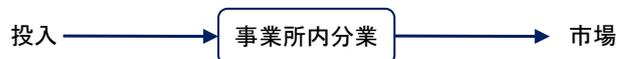
材のいる地域に立地し、労働集約的な生産工程では低賃金の労働力が多い地域に立地することに優位性を持つであろう。生産工程ごとに立地優位を持つ立地選択を実現させるものがサービス・リンク・コストの低下なのである。

サービス・リンク・コストの低下により、各生産工程はフラグメンテーションを実現し、それぞれにとって最良の立地選択を実現することが可能となる。その場合企業や産業にとって、生産費用とサービス・リンク・コストを合計した総生産コストが、1か所で生産する総生産コストよりも低ければ、フラグメンテーションを実施するインセンティブが生じる。(図表1下段)

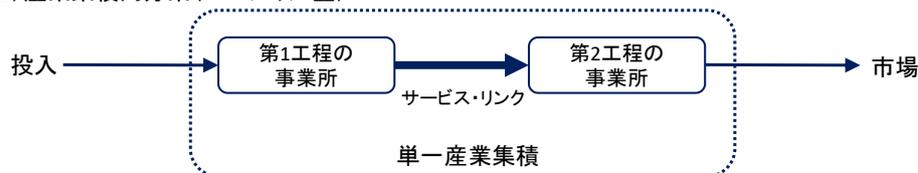
このような Jones and Kierzkowski や木村が国際貿易論で展開したフラグメンテーション理論を経済地理学に導入したのが杉浦章介である⁹。杉浦(2003)によると、企業がトランスナショナル化(国家を超えた存在)するのは、第一の理由が巨大な市場へのアクセスの獲得を目指す水平的トランスナショナル化であり、第二の理由が生産コストの削減を目指す垂直的トランスナショナル化である。垂直的トランスナショナル化は、「生産の各工程において、それぞれ最も重要な立地因子が相対的に安く入手できる地点に立地する」と定義される¹⁰。このように最適立地点を選択した生産ブロックを一つの生産システムとして結び付けたものがフラグメンテーションに位置づけられる。

図表2 フラグメンテーションと産業集積

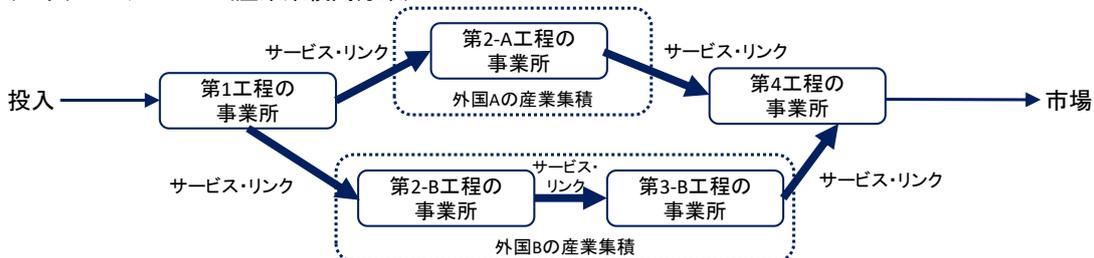
(A)事業所(工場内)分業



(B)産業集積内分業(マーシャル型)



(C)フラグメンテーション(産業集積間分業)



出所) 杉浦(2003) p.70 図5-1をもとに筆者作成。

⁹ 杉浦(2003) pp.65-79、杉浦(2009) pp.33-61による。

¹⁰ 杉浦(2003) p.69.

杉浦の研究は、Jones and Kierzkowski や木村のフラグメンテーションの理論に産業集積を位置づけたことが特徴である。杉浦のフラグメンテーションと産業集積の分析では、Jones and Kierzkowski や木村がフラグメンテーションを二段階で考えていたものを、産業集積という空間概念を導入することにより、フラグメンテーションが実現するプロセスを三段階に区分した点で異なっている

フラグメンテーション前に企業は事業所内分業を行っており、1か所ですべての生産工程を行っているという位置づけは、先行研究と変わらない(図2(A))。次に杉浦はフラグメンテーションが生じるものの、同一集積内で生産工程の分離が行われると考える(図2(B))。この生産工程の分離は、経済地理学におけるマーシャル型の産業地域といえる¹¹。ここに財の生産において、企業間工程間分業が生じるのである。

さらに第三段階では、生産工程が多数の生産ブロックに分割され、複数の生産拠点を通過して完成品になる。この生産拠点は、国内の産業集積に立地するものに限らず、外国の産業集積内に立地した生産拠点も含んでいる。この時点で Jones and Kierzkowski や木村が主張してきたフラグメンテーションとなる。ただし杉浦は、フラグメンテーションを「1つの製品内貿易(intra-product trade)となり、分業の形態としては産業集積間分業」と位置付けており¹²、新たな視点を付加している(図2(C))。

国際貿易論におけるフラグメンテーション理論は、サービス・リンク・コストの低下に着目して精緻化されてきた。国際物流の発達はサービス・リンク・コストの低下をもたらし、グローバルな生産工程の分離を容易にする。さらに経済地理学は産業集積論の観点から理論を拡張し、生産コストの削減を目指す垂直的トランスナショナル化として捉えていた。すなわち経済地理学におけるフラグメンテーションは、「量産工程による生産その後の販売といった一連の生産・販売の過程の各工程を、それぞれ異なった立地点で行い、これらの諸活動を親企業が統合し、統括する方式」を採用する産業において顕著になってきたと考えられている¹³。

世界的な寡占産業である航空機(部品)産業にとって、プライムメーカーやTier1メーカーの量産工程において最適立地点を求めることが、コスト削減へ最大限に寄与する。生産コストの削減を行う方法はいくつか考えられるが、企業経営においてコスト削減を考える時、最も取りやすい方法は労働費の削減である。つまり航空機産業のうち、特に航空機部品産業の立地は、品質を最低限の前提としつつ、量産におけるコスト削減の要求の中で、プライムメーカーやTier1メーカーが労働費も勘案して、最適な立地点を選択する中で決定される。その立地点は国内に限られたものではなく、国際的な立地競争の中で決定されるものである。

¹¹ マーシャル型の産業地域とは、「特定業種の中小企業が凝集して立地し、そのような同業種の空間的集中に伴う利益と都市成長に伴う利益とが、一体となって当該業種の中小企業の生産活動を支えている「一定の空間範囲」と定義される。(小田(2004) p.32.)

¹² 杉浦(2003) p.71.

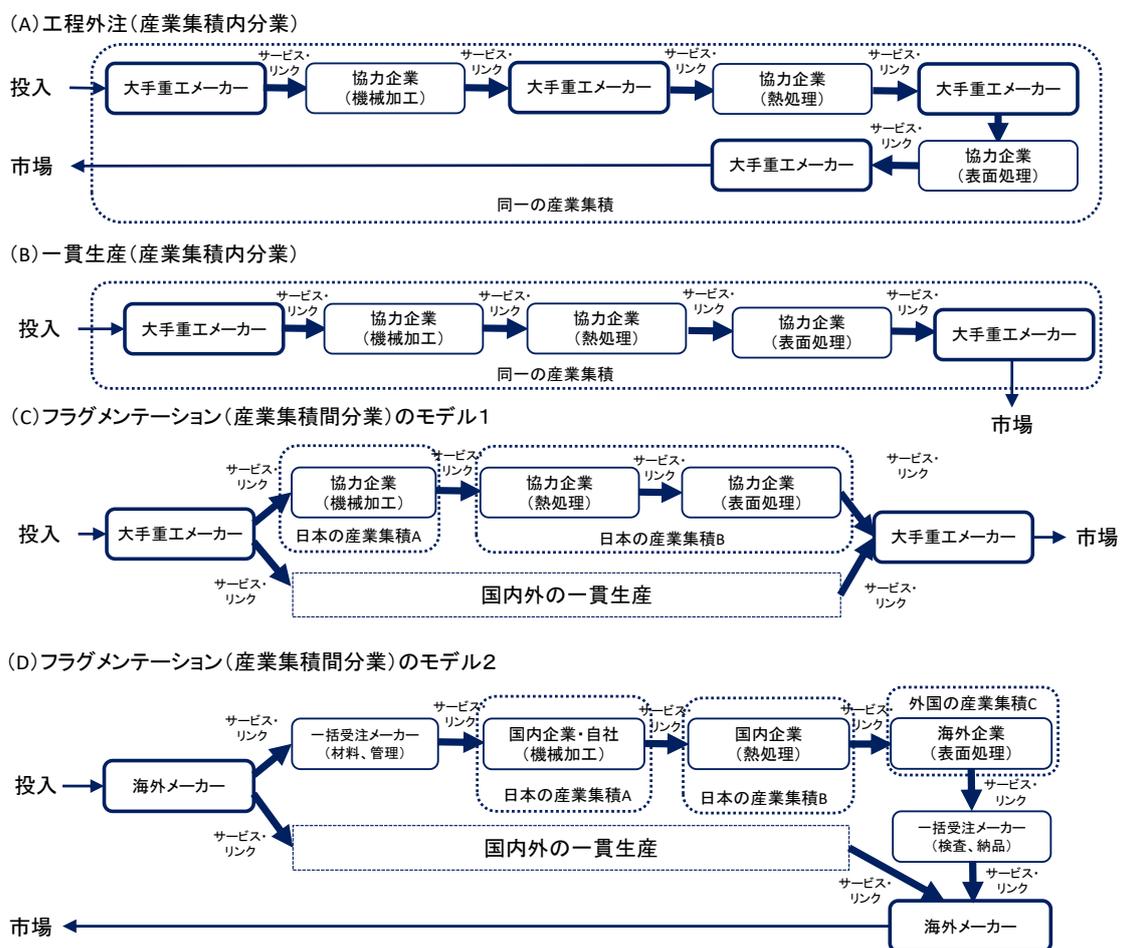
¹³ 杉浦(2003) p.69.

3. 日本における航空機部品産業のフラグメンテーションと対応策

(1) 航空機部品産業のフラグメンテーション

日本の航空機部品産業における生産は、伝統的に工程外注という方式を取ることが基本であった。これは、国内の主要な発注企業である大手重工メーカーにとってメリットがある取引形態であった。なぜならば、大手重工メーカーは工程ごと取引をするため、協力企業に仕事を安定的に出すことができ、取引先が特別な設備投資することを回避することができた。また工程ごとの管理は自社で行うため、品質や生産量といった生産管理が可能で、設備投資の必要な検査工程も内製化することが可能であった。(図表3 (A))

図表3 日本における航空機部品産業のフラグメンテーション



出所：山本（2012）、山本（2019）、ヒアリング調査及び新聞記事をもとに筆者作成。

しかしながら、世界的な航空機部品におけるコストダウン要求は、工程外注の生産形態を困難なものとしつつある。その最大の理由は、工程外注のコスト高である。工程外注は鋸型発注とも呼ばれ、生産工程ごとに発注企業へ仕掛品を返すことになり、輸送費が高くなる。さらに生産のリードタイムも長くなり、仕掛品を抱える期間を延ばすことにもなっ

ていた。そこで大手重工メーカーは、航空機部品生産に一貫生産を導入した。

一貫生産は、それまで工程外注を行っていた協力企業の中で窓口企業を定め、その企業へ生産を一括発注する。一括受注した窓口企業は、大手重工メーカーが行っていた生産管理や検査を代替し、仕掛品を担当企業へ送って、加工を進めていく形態である。一貫生産は、工程外注に比べて大手重工メーカーの間接費の節約を実現可能である。その意味で日本の Tier1 メーカーである大手重工メーカーの国際競争力を強化できる。(図表 3 (B))

ただ一貫生産も当初は同一産業集積内の協力企業で実験的に行われてきた。しかし大手重工メーカーのコスト削減のためには、競争の中でサプライヤーを育成していく必要がある。そのため、大手重工メーカーは国内外にサプライヤーを増やし、コストダウンへの対応を図ってきた。とりわけ民間航空機向け部品は防衛機密がないため、海外企業へ発注しやすい。また国際物流の発達により、廉価で JIT 納入が可能となっている。近年では一部の大手重工メーカーが海外へ航空機のモジュールを発注した¹⁴。このことは、航空機部品産業において国内の協力企業が大手重工メーカーに貢献すべく、海外サプライヤーとの競争の中で、価格面で競いながら事業戦略を展開していることを意味している。(図表 3 (C))

一方で、輸送面、取引面の障壁が緩和されたことで、国内中小企業が海外 Tier1 メーカーから直接受注するケースも見られるようになった。栃木県の Aero Edge がサフランエアクラフトエンジンズからエンジン部品を受注したことは、一つの事例である¹⁵。海外 Tier1 メーカーから受注した企業は生産工程を国内に置く必要性がなく、コストパフォーマンスが高ければ、外国へ生産工程を発注することも可能である。海外メーカーからの受注では、フラグメンテーションがグローバルな産業集積間分業の形態となるのである。(図表 3 (D))

以下では、航空機部品産業のフラグメンテーションのうち、国内の産業集積間分業を執行している図表 3 (C) に近い形態の先行事例を紹介する。

(2) 日本製鉄株式会社の一貫生産

日本製鉄の民間航空機向け事業は、1985 年の日本航空機エンジン協会から V2500 エンジン向けの認定取得をしたところから始まる。その後、JISQ9100 や Nadcap 等の航空機に欠かせない認証の取得を進め、機体やエンジンのプライムメーカーから素材としてのチタンの受注を実現し、民間航空機の素材メーカーとして発展してきた。(図表 4)

日本の航空機部品サプライヤーの多くは工程外注で受注し、加工を行っている。その際、材料はプライムメーカーや上位サプライヤーからの支給材で行うことが一般的である。この生産プロセスが日本の航空機部品産業のコスト高を生み出し、発注サイドの大手重工メーカーやサプライヤーにとって課題となってきた。

その中で大手重工メーカー A 社から日本製鉄に民間航空機向け部品の生産について打診があった。大手重工メーカー A 社は、調達ニーズに合致した機械加工を求めていた。その

¹⁴ 川崎重工業は、韓国航空宇宙産業に B787 型機の構造部材を発注している。(「中央日報日本語版」電子版 2019 年 8 月 28 日付)

¹⁵ 経済産業省「METI Journal」2018 年 8 月 24 日付。

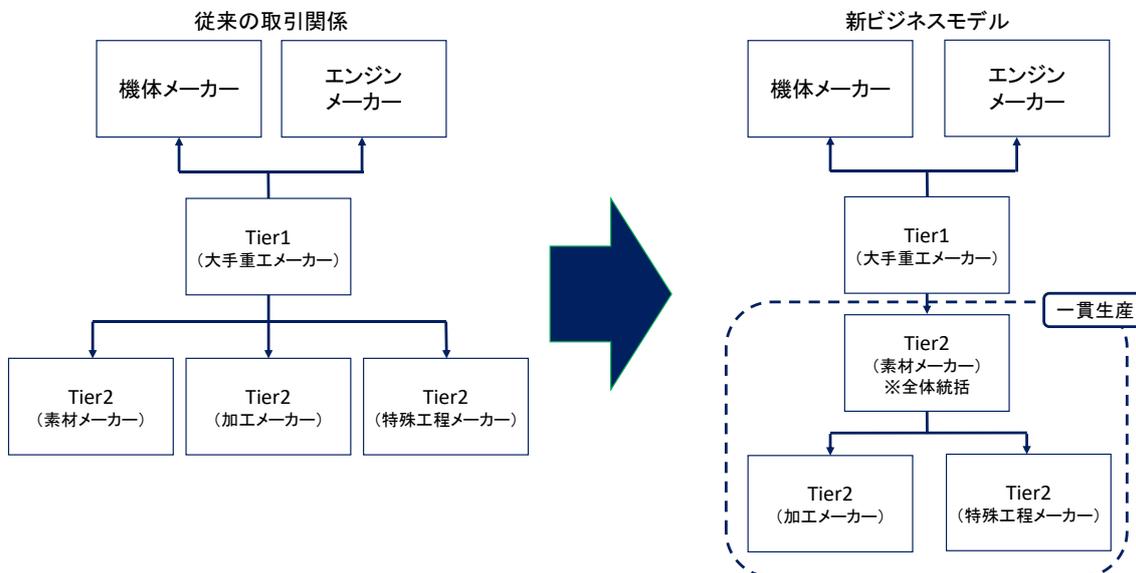
打診を受け、素材メーカーである日本製鉄は部品加工メーカーである中小企業と連携し、航空機部品の一貫生産を試みるようになった。この背景には、日本製鉄が従来からボーイング社の工場認定を取得し、エアバス社向けの材料生産を行ってきた実績がある。また品質管理の保証をできる態勢を社内に有しており、材料メーカーとして部品加工メーカーと連携する素地があった。

図表 4 日本製鉄株式会社による民間航空機向けの取り組み

年度	取得認定、製品出荷、投資動向	対象製品
1985	日本航空機エンジン協会からピレットの認定取得	V2500エンジン向け鍛造素材
1997	ダイムラー・クライスラー・エアロスペース社向け純チタンシート出荷	
2001	エアバス社向け純チタンシートの認定取得	機体向け純チタン薄板
2006	JISQ9100 (AS9100) 取得	
	Nadcap (熱処理) 認証所得 (直江津での純チタンシート)	
2008	Nadcap (超音波検査、材料検査) 認証所得	
	ロールスロイス社からピレットの認定取得	Trentエンジン向け鍛造素材
2011	GE社からPQバーの認定取得	CF34エンジン向け鍛造素材
2013	Nadcap (熱処理) 認証所得 (製鋼所 (大阪市) での合金丸棒)	
2014	サフラン社からピレット (VARダブルメルト) の認定取得	CFMエンジン向け鍛造素材
	ジェットエンジンチタンクオリティ委員会認定メルトとして国内初登録 日鉄住金直江津チタンの設立	
2015	ボーイング社から熱押型材の認定取得	
2018	サフラン社からピレット (EB+VARメルト) の認定取得	LEAPエンジン向け鍛造素材

出所：日本製鉄株式会社提供資料、日本製鉄株式会社プレスリリース、及び稲垣・武智・白井・有安 (2013) により筆者作成。

図表 5 日本製鉄による新たな一貫生産体制



出所：日本製鉄株式会社提供資料より筆者作成。

この連携に際し、日本製鉄は同社と取引の実績があり、航空機部品でも実績があり、さらに複数社の大手重工メーカーの工場認定を持っている中部圏の B 社 (機械加工)、C 社 (特殊工程) と連携することとし、日本製鉄が全体統括を担当した。日本製鉄が B 社、C

社と連携できた最大の理由は、対象となるアイテムが航空機のチタン部品という高付加価値品で、支給材ではなく材料メーカーから調達した材料で加工ができ、航空機部品のアイテムを増やせるという点で、いずれにもメリットがあったためである。

参画企業のメリットはそれだけではない。素材メーカーと部品加工メーカーの連携は、生産面、供給面でもメリットが想定された。第一に加工効率の向上である。今回、日本製鉄が連携した航空機部品は、機体に用いる熱押加工部品であり、連携によって材料メーカーと部品加工メーカーで加工技術の特性や加工方法の共有を実現できた。その結果、加工効率が高まるとともに、部品や材料の歩留まりも改善し、コストダウンに対応できる態勢の構築を可能にした。第二のメリットは、一貫生産である。従来の工程外注による大手重工メーカーの負担が軽減され、日本製鉄を全体統括として完成部品が大手重工メーカーに納入される態勢づくりが可能となった。これらの点で、取引先である大手重工メーカーA社のメリットを高めることにつながったのである。(図表5)

この一貫生産体制は従来、工程外注として Tier2 に位置した部品加工メーカーが、素材メーカーである日本製鉄と組むことにより、国内において大手重工メーカーが求めていた生産の効率化、コストダウン対応を可能とした。本事例で対象となったチタン材料は海外製が安価である。日本のチタン製航空機部品を考える時、日本のチタン材料と日本の加工技術を合わせることで、材料費の価格面の課題を克服でき、航空機部品産業の国際競争力を強化することが可能になる。

今回の取り組みはまだモデルケースの位置づけであり、現段階では一次試作が終わり、二次試作を進めているところである。素材メーカーと部品加工メーカーが連携した一貫生産体制が構築された際には、大手重工メーカーを含む日本の航空機部品産業の競争力強化の実現につながることを期待される。

4. おわりに

本稿では国際貿易論で発展してきたフラグメンテーションの概念を経済地理学の観点から整理し、日本の航空機部品産業が現在の競争環境に置かれている要因と対応策を考察してきた。日本の航空機部品産業は設備投資の大きさにも関わらず、全国的に価格競争が厳しくなっている。加えて、国内にプライムメーカーがなく、一次サプライヤーも少ないという産業特性から、Tier2 以下のサプライヤーは企業によって受注量の多くない状況が続いている。

かかる状況は、航空機産業が停滞産業だからという理由で生じているわけではない。航空機産業は、引き続き世界的な成長産業である。他方で航空機部品産業は、フラグメンテーションによるグローバルな工程間分業を前提とした産業である。それゆえ世界に日本企業と競合するサプライヤーは数多くある。特にシンガポール、マレーシア、韓国など、東アジア諸国は航空機部品産業で急速に台頭してきた。日本企業はこれらの国々の企業と競争していかなければならない。

先行事例で紹介した材料メーカーによる一貫生産の試みは川上から川下まで一貫して受注しており、日本企業の弱みであった支給材への対応策の一つの方向である。日本の航空機部品産業は、フラグメンテーションから生じるグローバル競争に冷静に対応していく必要があり、先行事例を踏まえて如何に対応するのか、戦略の再構築が求められている。

付記

本稿の執筆にあたって、日本製鉄株式会社チタン事業部の皆さまにはヒアリング調査や原稿の確認にご協力いただきました。ご多用の中、ご対応いただきましたこと、御礼申し上げます。なお本稿の内容の責は筆者に帰すものです。

参考文献

- 稲垣育宏・武智勉・白井善久・有安望（2013）：航空機用チタンの適用状況と今後の課題、『新日鉄住金技報』396：23-28。
- 小田宏信（2004）：産業地域論—マーシャルから現代へ—、(所収 杉浦芳夫編『空間の経済地理』朝倉書店：24-52)。
- 木村福成（2004）：国際貿易理論の新たな潮流と東アジア（所収 嘉治佐保子・柳川範之・白井義昌・津曲正俊編著『経済学の進路—地球時代の経済分析』慶応義塾大学出版会：77-106)。
- 木村福成（2015）：空間経済学とフラグメンテーション理論から見た東アジア、『経済セミナー』685：43-47。
- 佐久間信夫編著（2016）：『多国籍企業論』学文社。
- 杉浦章介（2003）：『都市経済論』岩波書店。
- 杉浦章介（2009）：『トランスナショナル化する世界—経済地理学の視点から』慶応義塾大学出版会。
- 山本匡毅（2012）：成長産業に向けたクラスター形成—航空機部品の現場から—、(所収 小川正博・西岡正・北嶋守編著『ネットワークの再編とイノベーション』同友館：93-114)。
- 山本匡毅（2019）：非大都市圏における航空機産業の立地と再編—山形県を事例として—、『産業学会研究年報』34：33-48。
- Fujita,M.and Thisse,J.F.（2013）：*Economics of Agglomeration*, 2nd ed., Cambridge University Press.（藤田昌久・ジャック・F・ティス（著）、徳永澄憲・太田充（訳）『集積の経済学—都市、産業立地、グローバル化』東洋経済新報社）。
- Ronald,J.W. and Kierzkowski,H.（1990）：“The Role of Service in Production and International Trade: A Theoretical Framework.” In Jones,R.W. and Kruger,A.O. eds. *The Political Economy of International Trade: Essays in Honor of Robert E.Baldwin*, Basil Blackwell.