

北海道における宇宙クラスターの発展段階に関する考察

—宇宙関連企業3社のケーススタディー—

An Examination of the Development Stage of Space Cluster in Hokkaido:
Case Studies of Three Space Companies

田邊 潤一郎*

Junichiro Tanabe

***** 目 次 *****

1. はじめに
2. クラスター論に関する先行研究レビュー
3. 北海道の宇宙関連企業の動向
4. 宇宙関連企業3社のケーススタディー
5. 考察
6. おわりに

1. はじめに

かつて政府が主導するものであった宇宙開発は規制緩和が進み、その主体は民間企業に移りつつある。民間企業が主導する宇宙開発では、新たな需要の開拓（宇宙旅行や衛星情報ビジネス等）や新技術・新手法の適用（格安ロケットやハイブリッド・ロケット等）などが図られ、今までにない新たな取引やビジネスが生まれている。

このような宇宙分野で新しく生まれた一連の取引は「宇宙ビジネス」と呼ばれ、取引規模は近年拡大傾向にある。Space Foundation Editorial Team. (2024, July) によれば、2023年の宇宙分野の取引額は世界全体で5,700億ドル（前年比7.4%増）と、ここ10年間でほぼ倍となっている。このうち商業収入は4,452億ドル（前年比5.4%）と全体の78%を占め、今後も高成長が期待される。

さらに、規制緩和により、従来までは担い手となりえなかった中小企業やベンチャー企業が宇宙ビジネスに参入する事例が増えている。日本では、これまで国の機関である宇宙航空研究開発機構（JAXA）がロケットの打ち上げを主導してきたものの、近年、インターステラテクノロジズ株式会社（北海道広尾郡）や株式会社植松電機（北海道赤平市）などがロケットの打ち上げを行っており、中小企業やベンチャー企業の技術力や発想力が今後

* 機械振興協会 経済研究所 リサーチアシスタント

の日本の宇宙ビジネスを発展させていく可能性がある。

こうした状況の中で日本国内には、宇宙ビジネスに積極的に取り組んでいる地域が複数誕生している。その中でもとりわけ北海道では、前述したインターステラテクノロジズ株式会社や株式会社植松電機に加え、後述するような様々な中小企業やベンチャー企業が宇宙ビジネスに参入しクラスターを発展させている。そこで、このような北海道宇宙クラスターの発展プロセスを分析することは、他地域の宇宙クラスターの発展にも役立つものと考えられ、今後の日本の宇宙産業を盛り上げていく上での一助となるだろう。

このような背景を踏まえ、本研究では北海道の宇宙関連企業のケーススタディに基づいて、北海道宇宙クラスターの発展プロセスとその特徴について考察する。

2. クラスター論に関する先行研究レビュー

本節では、クラスター論を整理しその貢献と課題を指摘する。

先ず、産業研究においてクラスターという概念を初めて明示したのは Porter であったとされる（石倉ほか、2003; 藤田、2011）。クラスターとは、ある特定の分野に所属し、共通性と補完性によって結ばれた、お互いに関連する企業と機関から成る、地理的に近接した集団である（Porter, 1998, p. 73）。クラスターには、最終製品企業やサプライヤー（部品や機器、サービス等）やその他の機関（大学や業界団体、政府機関等）が含まれる場合が多い（Porter, 1998, p. 73）。また、クラスターは、クラスターを構成する企業や産業の生産性を向上させる他、将来の生産性向上を支えるイノベーションを進める能力を強化し、新規事業の形成を刺激しクラスター自体を拡大する効果がある（Porter, 1998, p. 92）。

さらに、クラスターは、知的基盤（Asheim & Coenen, 2005; Garnsey & Heffernan, 2005; 石倉ほか、2003）や旗振り役となる企業（石倉ほか、2003）、関連する産業が存在する地域（Boschma & Wenting, 2007; Klepper, 2007）などで誕生するケースが多く、起業・スピノフが発生し、ある程度の企業数が地域に定着することで形成されることとなる（Arthur, 1994; Boschma & Wenting, 2007; 金井、2005; Klepper, 2007）。

一方、クラスターは、産業ライフサイクル論を踏まえた議論では4つの段階を辿ることが指摘されている。例えば、Klink & Lagen（2001）は、バリューチェーンの特徴や戦略的關係のレベル、協力領域、クラスターダイナミクスの観点からクラスターを「発達段階、拡大段階、成熟段階、転換段階」の4つの段階に区分している。先ず、発生段階では、市場が企業に新たな需要に応える製品の開発を迫り（要求の厳しい国内市場）、バリューチェーンが構築され、クラスター企業はお互いの製品やサービスを必要とし戦略的な関係が構築される（p. 452）。続く拡大段階では、クラスター企業は国内市場で成功し海外市場や新市場に参入することで拡大を図る。また、拡大段階では、クラスター企業は生産プロセスの改善や製品範囲の拡大に焦点を当てることとなるため、規模の経済が高まり、共通インフラを開発するための協力が生まれる可能性がある（p. 452）。さらに、成熟段階のクラスターは確立された製品と安定した生産及び販売パターンを持ち、集団行動はクラスター内の現状維持に焦点を当てるようになる（p. 453）。最後の転換段階では、市場の

衰退や少数の支配的なクラスター企業の戦略変更により、クラスターが不安定化するが、必ずしも崩壊するとは限らず新たな発展の基礎となる可能性がある (p. 453)。

また、Menzel & Fornahl (2009) は、アクティブ企業数やクラスターに所属する企業の従業員数とその能力の観点から、クラスターを「発生段階、成長段階、持続段階、衰退段階」の4つに区分している。それによれば、発生段階のクラスターは技術的に広い分野に散らばり、従業員が少ない小規模企業しか含まれていない場合が多い (p. 225)。しかし、企業が学習し、企業の分業化や専門化が進み、企業の成長率が非クラスターの成長率を超えるようになると、さらなる協業が可能となりクラスターは成長段階に移行する。その成長段階のクラスターでは、多数の企業が参入し従業員も増えるが、市場競争によりクラスターの端にある企業は淘汰され、クラスターがより集中的になる (p. 226)。次の持続段階では、企業数や従業員数は顕著に減少するわけではなく、綿密で確立されたネットワークにより企業は能力を発揮しやすい状態となる (p. 227)。そして、最後の衰退段階では、起業は少なく、クラスターでは特定の市場や技術に焦点を絞った企業や専門化された従業員、特定の知識が多くなるため、経済活動がクラスター志向に偏る (p. 227) とされる。

これら Menzel & Fornahl (2009) 及び Klink & Lagen (2001) のライフサイクル論には、それぞれ名称は異なるものの類似点が見受けられる。例えば、クラスター企業の参入・退出社数では、どちらも拡大段階（成長段階）まで参入社数が増加するが、成熟段階（持続段階）になると参入社数が減り退出社数が増加するとされる。また、バリューチェーンでは、Menzel & Fornahl (2009) 及び Klink & Lagen (2001) は、拡大段階（成長段階）には専門化が進むといった同様の指摘を行っている¹。

そこで、本研究では、図表1に示すように、Klink & Lagen (2001) 及び Menzel & Fornahl (2009) のライフサイクル論は概ね同じ段階を捉えているものとして両者を統合したクラスターのライフサイクルを作成し²、両者がクラスターの発展段階に影響を与えると指摘してきた産業要因（バリューチェーンや企業の参入・退出など）とクラスター要因（クラスター企業の協業や外部組織の存在など）に着目し分析を試みる。

ところで、クラスター論は Porter 以降多くの理論的・実証的蓄積が図られてきたものの、そのまま宇宙ビジネスの事例に応用するためには課題がある。例えば、北嶋 (2020) は、2005年に製造工程のアウトソーシングが自由化されたヘルスケア産業の事例を既存の産業集積との関係から分析している。しかし、北嶋 (2020) を含めた先行研究は本研究に対し有意義な示唆を与えてくれるものの、既存の産業領域を対象としている傾向が強い。そのため、詳しくは後述するが、規制緩和により技術的転換や新しい市場が生まれ始めて

¹ Menzel & Fornahl (2009) 及び Klink & Lagen (2001) のライフサイクル論は4段階で区分され、その推移も似た傾向にあるが、両者には違いもある。例えば、Klink & Lagen (2001) は転換段階のみ新産業への転換を見込んでいる一方、Menzel & Fornahl (2009) は成長段階、成熟段階、衰退段階において新産業への転換がありうると述べている。また企業の退出では、Klink & Lagen (2001) の拡大段階は想定されていないが、Menzel & Fornahl (2009) は企業の退出は増加すると述べられている。本稿ではこれら違いを研究対象による違いと捉え、包括的な議論を行っている。

² 本稿と同様に、Klink & Lagen (2001) と Menzel & Fornahl (2009) のライフサイクルを概ね同一のものとして取り扱っている研究には Shin & Hassink (2011, p. 1395) などがある。

図表 1 クラスターのライフサイクル

	発達段階 (発生段階)	拡大段階 (成長段階)	成熟段階 (持続段階)	転換段階 (衰退段階)
バリュー チェーン	異業種との構築	専門化	安定した役割	方向転換
戦略的關係	発展	強化	圧力	再構成
企業の参入 ／退出	少数 ／無し	増加 ／無し又は増加	ほとんどない ／ほとんどない	ほとんどない ／多い
従業員数	少数	増加	概ね一定	減少
企業の 協業領域	・ R&D ・ 標準化 ・ 協業ルーチン	・ R&D ・ 教育 ・ マーケティング ・ 共有インフラ	・ R&D ・ 教育 ・ マーケティング	・ R&D ・ 教育 ・ 新しい協業ルーチン
各段階を 成立させる 要因	・ 地域リソース ・ ノウハウ ・ 要求の厳しい国内 市場 ・ 新しいビジョンを 提供する企業 ・ 強力な科学基盤や 政治支援など	・ 地域リソース ・ ノウハウ ・ リスク資本	・ ノウハウ ・ ローカル志向とグ ローバル志向のバ ランス	・ ノウハウ ・ 新しい地域リソース ・ 組織化能力の存在

出所) Klink & Lagen (2001) 及び Menzel & Fornahl (2009) より筆者作成。

いる宇宙ビジネスと言った新産業領域では、先行研究が指摘してきた産業要因とクラスター要因では必ずしも宇宙クラスターを説明できない可能性がある。

そこで、本研究では、先行研究が指摘してきた産業要因とクラスター要因に着目しつつも、①北海道宇宙クラスターは現在どのような発展段階にあるのか、②また北海道宇宙クラスターの発展にはどのような特徴をあるのか、といった2つの分析課題を検討することで、北海道宇宙クラスターの発展プロセスを明らかにする。

3. 北海道の宇宙関連企業の動向

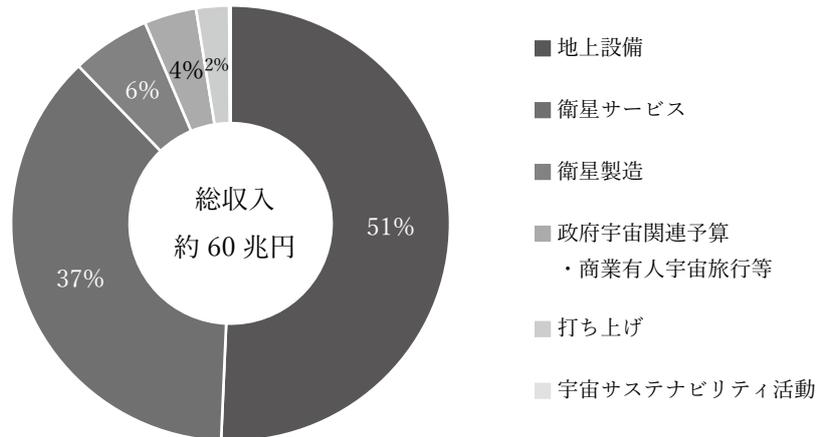
本節では、ケーススタディに入る前に、その前提となる宇宙ビジネスの市場動向及びロケットの種類と使用傾向などを踏まえながら、北海道の宇宙関連企業の動向について説明する。

3.1 宇宙ビジネスの動向

前述のように、2023年、世界の宇宙ビジネスの収入は約60兆円(1ドル150円として換算した)に達した。その宇宙ビジネスの内訳(図表2)では、地上設備(約22兆5,600億円)が最も多いものの、次いで衛星サービス(約16兆5,300億円)と衛星製造業(約2兆5,800億円)が多く、衛星関連収入の割合が多くなった。

特に商業衛星については、2022年には5年連続過去最高の1,713基(前年比35%増)が打ち上げられた結果、2022年末時点で地球を巡回している商業衛星の数は7,316基(2017年末と比較し約320%増加)になった(Jewett, 2023, June)。

図表 2 2023 年宇宙ビジネス内訳



注) 収入金額は1ドル150円として計算。また、宇宙サステナビリティ活動は割合(0.075%)が低かったため、図表で表示することができなかった。これは由々しき問題ではあるものの、本研究の問いから外れるため今回は扱わない。

出所) Satellite Industry Association ホームページより筆者作成。

また、衛星関連収入以外では、政府宇宙関連予算と商業有人宇宙旅行等(約17兆1,000億円)が多く、打ち上げに係る収入は約1兆800億円に留まった(図表2)。しかし、打ち上げ回数自体は増加傾向にあり、2023年の打ち上げ回数は221回(前年比19%増)と、2014年から約2.4倍に増加した(Jewett, 2024, June)。さらに、地域別に見ると、打ち上げに係る収入のうち54%は米国と最も大きく³、そのうち86%はSpace X社のファルコン9ロケットによるものである(Jewett, 2024, June)。

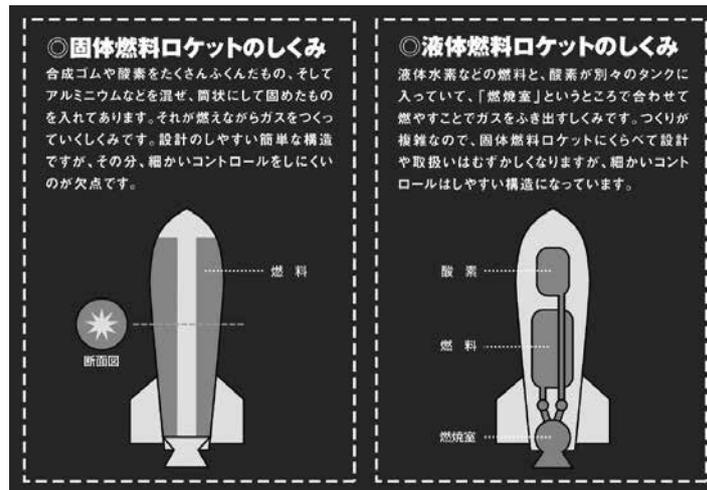
3.2 ロケットの種類と使用傾向

近年、ロケット本体の開発競争も盛んになっている。宇宙空間を飛ぶロケットは、真空状態でも活動できるよう「燃料(推進薬)」に加え、燃料を燃やすための「酸化剤」が必要となる。また、ロケットの燃料については「液体燃料」と「固体燃料」といった2種類が存在している。固体燃料は火力が高く、固体燃料に酸化剤である酸素などを混ぜることで燃えながらガスを作るといったことが可能である反面、火力のコントロールが難しい側面がある(図表3)。これに対し、液体燃料は燃料タンクと酸化剤タンクを分けることで細かいコントロールができるものの、固体より体積が大きくなりがちな液体燃料タンクを抱えるためロケット本体が巨大化しやすい側面がある(図表3)。そのため、ロケットは燃料による構造の違いから、「液体燃料ロケット」と「固体燃料ロケット」、さらに固体燃料と酸化剤の両方を搭載した「ハイブリッドロケット」の3種類が存在する(図表4)。

なお、燃料の面では、既存プレイヤーである大手企業が多く手掛ける大型ロケットでは、液体燃料(ケロシンや液体水素など)が中心となってきた(図表5)。その一方、スター

³ Satellite Industry Association ホームページより参照。

図表3 固体燃料ロケットと液体燃料ロケットの構成



出所) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (2015、p. 6)。

図表4 CAMUI型ハイブリッドロケット 打上げ実証試験機体の構成



注) ハイブリッドロケットは現在盛んに研究開発が進んでいる分野でありその構造は一樣ではない。上図は、あくまでハイブリッドロケットの1つであるCAMUI型ハイブリッドロケットのエンジン構造である。またCAMUI型ハイブリッドロケットでは、酸化剤が燃料ブロックに段階的に流れるよう設計されている。

出所) 永田 (2004、p. 2)。

トアップが多く手掛ける小型ロケットにおいては、固体燃料が用いられる (図表6) など変化が見られている。

3.3 北海道の宇宙関連企業の動向

北海道は日本の中でも有数の宇宙関連企業が集積し、宇宙クラスターを形成している。世界の宇宙ビジネス市場では、衛星関連収入が多くロケットの打ち上げに係る収入は少ない傾向にあるが、その点については北海道の宇宙関連企業においても同様の傾向にある。

2023年、北海道経済産業局は北海道の宇宙関連企業の実態調査を実施している。その報告書によれば、ロケットに関わる企業 (本体・部品・打上げ施設・試験設備・インフラ管理) は6社、人工衛星本体・部品に係る企業は5社、衛星データ利用企業は4社、宇宙遊覧は1社となっており、人工衛星に係る企業が多い (図表7)。これは、人工衛星部品を扱う企業は、人工衛星部品のみならず、人工衛星本体やロケット部品を手掛けるケースが多いことに由来する。

図表 5 2021 年現在、運用中の主要な大型ロケット一覧

ロケット名	国名	運用開始年	製造企業	推進剤 (酸化剤/燃料)
ソリューズ CSG	露	1966 年	TsSKB-Progress	液体酸素/ケロシン
プロトン M	露	2001 年	Khruniche	四酸化二窒/非対称ジメチルヒドラジン
アンガラ A5	露	2014 年	KBKhA	液体酸素/ケロシン
アリアタン 5 ECA/ES	欧州	1996 年	Airbus	液体酸素/液化水素
長征 3	中国	1984 年	CALT	四酸化二窒/非対称ジメチルヒドラジン 液化水素/液体酸素
アトラス 5	米国	2002 年	ULA	液体酸素/ケロシン 液体酸素/液化水素
デルタ 4 Heavy	米国	2004 年	ULA	液体酸素/液化水素
ファルコン 9	米国	2010 年	SpaceX	液体酸素/ケロシン
H-II A/B	日本	2001 年	MHI	液体酸素/液化水素

出所) 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (2021、p. 9) より一部抜粋し作成。

図表 6 スタートアップが開発・運用する小型ロケット一覧

ロケット名	国名	製造企業	燃料
Electron	米国	Rocket Lab	液体酸素/ケロシン (Kerosene)
Firefly Alpha	米国	Firefly Aerospace	液体酸素/ケロシン (RP-1)
Ceres-1	中国	Galactic Energy	固体燃料
i-Space	中国	Hyperbola-1	固体燃料
カイロス	日本	スペースワン	固体燃料
Zero	日本	インターステラテクノロジズ	液体酸素/メタン

出所) 経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室 (2024、p. 12) より一部抜粋し作成。

図表 7 北海道宇宙関連企業一覧

開発・製造分野	ロケット 本体	ロケット 部品	打上げ施設 ・試験設備	人工衛星 本体	人工衛星 部品	宇宙用 電子機器	燃料 ・推進剤	宇宙遊覧 用気球
1 (株)岩谷技研								●
2 インターステラテクノロジズ(株)	●							
3 (株)植松電機	●	●	●		●			
4 (株)キメラ		●			●			
5 (株)銅路製作所			●					
6 (同)Space Cubics				●	●	●		
7 Blue Planet Sensing(株)				●	●			
8 (株)MJOLNIR SPACEWORKS		●					●	
9 Letara(株)					●		●	
衛星データ利用分野	農業関連 データ利用	漁業関連 データ利用	船運関連 データ利用	林業関連 データ利用	その他 データ利用			
10 INCLUSIVE SPACE CONSULTING(株)			●	●	●			
11 (株)グリーン&ライフ・イノベーション		●						
12 スペースアグリ(株)	●							
13 (株)スマートリンク北海道	●							
インフラ管理分野	インフラ 管理	ビジネス 誘致						
14 SPACE COTAN(株)	●	●						

出所) 経済産業省北海道経済産業局 (2023、p. 5)。

さらに、同報告書をより詳しく見ると北海道の特徴が窺える。例えば、推進剤に関してみると、インターステラテクノロジズ株式会社は液体燃料ロケットを扱うのに対し、株式

会社植松電機や株式会社 MJOLNIR SPACEWORKS はハイブリッドロケットを扱っており、また、Letara 株式会社は衛星分野におけるハイブリッド推進剤の活用を手掛けており、ハイブリッド推進剤を活用する傾向がある。なお、これらの宇宙関連企業の多くは、「北海道航空宇宙ビジネスネットワーク」⁴に加盟し、航空宇宙分野の取引拡大に努めている。

4. 宇宙関連企業3社のケーススタディ

本節では図表7に示した企業の中から、ロケット本体を手掛ける株式会社植松電気、衛星推進剤を手懸ける Letara 株式会社、宇宙遊覧用気球を手掛ける株式会社岩谷技研、以上3社のケーススタディについて紹介する。

4.1 株式会社植松電機（赤平市共和町）のケース

北海道宇宙クラスターの先駆けとなったのは、2004年にロケット開発に乗り出した株式会社植松電機（以下、植松電機と呼ぶ）である。植松電機は1962年創業（1999年に株式会社化）した資本金1000万円、従業員数31名の企業である⁵。同社の主力事業⁶はマグネット事業（車両搭載型低電圧電磁石システム設計・製作・販売）であり、宇宙分野に係る売上は全体の10%も満たないものとなっている。

植松電機がロケット開発を手掛けるきっかけになったのが、マグネット事業の動向と北海道大学の永田晴紀教授との出会いであった。1999年以前の植松電機は自動車部品の修理を手掛けていたが、人口減少に伴い修理需要が減ったことから新たにマグネット事業を手掛けた。その後、マグネット事業が順調に売上を伸ばすなか、2004年に同社の代表取締役植松努氏が、ロケットエンジンを研究し実験場所を探していた永田教授と出会い、実験場所を提供するとともに、マグネット事業の売上をもとに無償でロケット本体を開発することを名乗り出たことがきっかけで宇宙分野に参入することとなった。

ただ、それまでロケット開発に関わったことはなかったため、植松電機は手探りで機体の製造からオペレーションまで手掛けることとなった。特に苦労した点は軽量化と耐久性のバランスを取ることにあった。ロケット開発においては、より軽量化した方が飛距離は伸びる一方、燃焼させたエンジン部分の温度は3,000度に達するが投入させる液体酸素はマイナス186度となるためロケット本体には大きな圧力が掛かり、両者のバランスを取ることが難しい。このような課題に対し、植松電機は実験を繰り返すことで対処することに成功し、2007年には亜音速域におけるCAMUI型ハイブリッドロケットの飛行実証を成功させた。なお、CAMUI型ハイブリッドロケットは、燃料にプラスチック、酸化剤に液体酸素を搭載したロケットを指す言葉であるが、植松電機が開発するロケットはロケット

⁴ 2024年11月時点で34社が加盟している（北海道航空宇宙ビジネスネットワークホームページ（<https://h-kogyokai.or.jp/others/air/index.html>）を参照した）。

⁵ 株式会社植松電機ホームページ（<https://uematsudenki.com/%E4%BC%9A%E7%A4%BE%E6%83%85%E5%A0%B1/>）を参照した。

⁶ 以下、植松電機の売上やロケット開発を手掛けたきっかけ、開発過程については代表取締役植松努氏へのインタビューにもとづく。

の推進部分は付け替えられるように設計されており、液体燃料・固体燃料にも変更できるものとなっている。

その後、2006年植松電機ではCAMUI型ハイブリッドロケットの開発知見を活かし、超小型人工衛星HIT-SATを手掛けた。このうち、植松電機は分離機構及び部品製作に関わる部分全般を手掛けており、構造系・姿勢制御系は北海道大学、電源系・通信系では北海道工業大学、データ処理系は有限会社AIDMAが開発を担っていた。また2015年にはJAXA宇宙科学研究所などと新型の燃料である低融点熱可塑性推進薬(LTP)の共同研究を開始した。このLTPはHTPB(熱硬化性樹脂)⁷を採用することで、「温めて液状化したり冷やして固めたりすることができる」といった従来の燃料ではできなかった特性を備えている。さらに、LTPはこの特性により従来の燃料と比較し2つのメリットを持っている⁸。第1に、コスト削減効果が期待できる。製造過程で亀裂や気泡が入ってしまった場合、従来の燃料では一度温めて固まってしまうと再度冷やしても液状化することはできない(熱可塑性)ため破棄するしかなかったが、LTPでは再度温めることで修正できるためコストを削減することができる。第2に、小規模設備で製造できるメリットがある。従来の燃料では熱可塑性により一度に大量の製造が求められるため大規模設備が求められたが、LTPでは少量ずつ製造し再度温めることで小規模設備であっても製造することができる。なお、開発した低融点熱可塑性推進薬を搭載したロケットは2025年秋頃ロケットリンクテクノロジー(神奈川県相模原市)により打ち上げられる予定となっている⁹。

以上のような植松電機の沿革をまとめたものが図表8である。なお、図表8に記載した打ち上げ実験以外にも機体強度の確認、追跡システムの研究、通信の確立、加速度環境下での試験など様々な目的で計300回以上の打ち上げ実験を行ってきた。

さらに、植松電機では、「宇宙は公共の場所でありお金儲けの場にはしたくない」といった植松氏の思いから宇宙関連企業や予算の少ない研究者に実験設備の提供や教育事業を行ってきた。特に実験設備については、国内有数の微重力実験棟やロケットエンジン地上燃焼実験設備(写真1)、多目的真空実験槽(写真2)を取り揃え低価格で提供を行っており¹⁰、全国から多数の企業や研究者が利用している。

4.2 Letara 株式会社(札幌市西区)のケース

植松電機が市場に参入した後は、北海道大学自体から宇宙ベンチャーが生まれている。Letara株式会社(以下、Letaraと呼ぶ)は、2020年に北海道大学永田研究室の研究成果をもとに共同代表のケンブス・ランドン氏と平井翔大氏が起業した従業員数45名¹¹の企

⁷ ロケットリンクテクノロジーホームページ(<https://rocketlink.co.jp/>)を参照した。

⁸ メリットについては、北海道赤平市広報あびら2022年8月号記事「赤平から宇宙へ2 JAXAと共同開発!赤平で開発が進む、新たなロケット用燃料「低融点熱可塑性推進薬(LTP)」より参照。

⁹ 北海道新聞2024年12月29日記事「新燃料ロケット大樹で発射 相模原の企業が25年秋 植松電機と共同開発」より参照。

¹⁰ 植松努氏によれば、微重力実験棟は3万円ほどで貸出を行っている。

¹¹ 従業員数については、Letara株式会社広報担当谷口史子氏へのインタビューにもとづく。

図表 8 株式会社植松電機の沿革

2004年	北海道大学大学院の永田教授と出会いロケット研究開発を全面支援開始
2005年	北海道大学と共同でCAMUI型ハイブリッドロケットエンジンの開発を開始 研究開発拠点第3工場建設完了 微小重力実験施設建設完了
2006年	超小型人工衛星 HIT-SAT の開発に関与 微小重力実験施設（コスモトール）を大学機関へ供用開始
2007年	亜音速域におけるCAMUI型ハイブリッドロケットの飛行実証に成功
2014年	推力15kN級CAMUI型ハイブリッドロケットエンジンの地上燃焼試験を実施
2015年	JAXA 宇宙科学研究所との低融点熱可塑性推進薬（LTP）の研究及び開発開始
2016年	大型ロケットエンジン地上燃焼試験施設を新設
2018年	植松電機敷地内でLTPを用いたロケットの初号機飛行実験を実施
2020年	観測ロケット用CAMUI型ハイブリッドロケットエンジン地上燃焼試験実施
2021年	世界初となる民間月面探査車 YAOKI の公開実証試験を実施 1/6 重力環境及び真空環境での走行試験

出所) 株式会社植松電機ホームページより一部抜粋。

写真 1 ロケットエンジン地上燃焼実験設備



注) 実験規模により大小2つの実験施設を用意している。植松氏によれば、実験施設の周りには何もなく、失敗した際の影響が少ないため実験施設として貸すことができるという。

出所) 筆者撮影。

写真 2 多目的真空実験槽



出所) 筆者撮影。

業である。同社は人工衛星の推進剤や推進部分に係る部品を手掛けて創業した。

人口衛星の推進剤の世界市場における代表的な企業は Dawn Aerospace¹²（オランダ／ニュージーランド）がある。同社は無人宇宙飛行機や衛星推進剤・部品を手掛けている。さらに同社の推進剤は、酸化剤に亜酸化窒素（ N_2O ）、燃料にプロピレン（ C_3H_6 ）を用いており、CubuSat や 30kg から 500kg 以上の衛星に搭載されている。また衛星に搭載した推進剤は宇宙デブリとの衝突危機に推進剤を点火し推進力を得え回避する際や軌道上で衛

¹² 以下、Dawn Aerospace の概要や推進剤、利用用途については同社ホームページ（<https://www.dawnaerospace.com/resources>）参照した。

星の位置を調整する際などで用いるものとなっている。同社の推進剤は、衛星サービスを手掛ける Infinite Orbits¹³（フランス）など、25以上の顧客に提供されている¹⁴。

これに対し、Letaraの推進剤¹⁵の特徴には、酸化剤に亜酸化窒素（N₂O）、燃料に高密度ポリエチレン（HDPE、プラスチックの1つ）を用いている点が挙げられる。Letaraでは、市販¹⁶で手に入り燃料を容易に保管できるプラスチック（写真3）を採用することで低価格化とともに管理コストの低下を図っている。

一方で、Letaraの推進剤や格納タンクは顧客のニーズに合わせて大きさを調整することができ、ロケット開発にも応用できるものの、現在Letaraは衛星市場をメインターゲットに据え開発を行っている。これは、ロケットでは案件数が限られるのに対し、人工衛星では1つのロケットに多数の人工衛星を搭載する場合もあることからロケットそのものに比較して案件数が多いことが挙げられる。また人工衛星に適した推進剤活用が進んでおらず参入余地があると同社が判断したこともある。特に推進剤活用については、推進剤を搭載し人工衛星の軌道を操作することで、人工衛星の観測地点の変更や人工衛星を大気圏に突入させ、宇宙ゴミ問題を解決するなどの活用が見込まれており、新たな市場を開拓でき

写真3 Letara株式会社の燃料



注) 左右どちらも Letara 株式会社で使われている燃料であり、顧客のニーズによって燃料や格納タンクの大きさを変えている。なお右側は実験で既に使用した燃料である。

出所) 筆者撮影。

¹³ Machinery Market 2025年1月8日記事“Dawn Aerospace selected for GEO servicing mission”を参照した。

¹⁴ Dawn Aerospace 2024年10月24日プレスリリース“Dawn Aerospace Partners with Perigee Aerospace to Jointly Develop Propulsion Systems for the Korean Space Market”より参照。

¹⁵ 以下、Letaraの推進剤の特徴や戦略、開発状況については、谷口氏へのインタビューにもとづく。

¹⁶ Letaraでは廃棄されたプラスチックを燃料に活用する開発も行われている。

る可能性がある。

ただし、人工衛星の参入に際しては、ロケットと同様に顧客から採用実績が求められるケースがある他、人工衛星メーカーに推進剤を搭載した際の活用方法が広がっていないといった課題がある。そのため、Letara では室蘭工業大学と合同で実証実験¹⁷を行うなど実績を重ねることに加え、共同研究を通じて活用方法の模索や顧客のニーズにあった推進部品の追加開発を行っている。また今後 Letara はこのような実績を積みながら米国市場への参入を目指している。

なお、推進部品の開発にあたっては、Letara は前述した植松電機の実験設備を利用している他、一部特注部品を道内企業に発注している。

4.3 株式会社岩谷技研（江別市大麻中町）のケース

北海道大学本体から、ロケットや衛星以外の宇宙ベンチャーも生まれている。株式会社岩谷技研（以下、岩谷技研と呼ぶ）は、北海道大学永田研究室に所属していた岩谷圭介氏が、同大学を卒業した後の2016年に設立した資本金2億2,536万円、従業員数87名の企業である¹⁸。同社は、気球を使った有人宇宙遊覧事業を手掛けているほか、有人分野以外にも気球を活用した取引がある¹⁹。

気球を使った宇宙遊覧分野では、岩谷技研以外にも参入企業が存在する。その代表例には2019年に米国フロリダ州に設立されたベンチャー企業のSpace Perspectiveがある。同社の宇宙遊覧はパイロット1名と乗客8名を収容し²⁰、高度30kmを合計6時間で飛行する想定²¹となっており、初の有人テスト飛行は2025年に開始予定、商業飛行は2026年に開始予定である。また搭乗チケットは既に1人12万5千ドル（約1,875万円）で1,800枚以上が販売されており、将来はより多く乗客が収容でき運賃も安くなる大型カプセルの開発も計画されている。

これに対し、岩谷技研が現在運航する2名乗りの“キャビン”²²と呼ばれる乗り物は、Space Perspective に比べ小さく、パイロット1名と乗客1名が搭乗できる。飛行時間は、離陸から着陸までおよそ4~6時間で、そのうち、成層圏内の高度18~25kmでの飛行は約1時間程度を想定している。なお、2023年に募集した際の代金は1人2,400万円で、現

¹⁷ 2024年10月にLetaraと室蘭工業大学航空宇宙機システム研究センターが実施した実証実験では、実物大タンクへの液充填、排出試験を行い、所定の燃焼時間におけるタンクの液位変化、温度変化、圧力変化などのデータを取得した。また推進剤をスピン衛星（回転し姿勢制御を行う衛星）に搭載した時の状況をシミュレーションするため、推進剤をスピンテーブルに載せて液排出試験を行い、その挙動を観察した（室蘭工業大学、2024）。

¹⁸ 株式会社岩谷技研ホームページ（<https://iwaya.biz/about>）参照。

¹⁹ 例えば、2023年度に防衛装備庁と、高高度気球型標的に関する契約を行った（防衛省、2024）。

²⁰ Space Perspectiveの収容人数については同社ホームページ（<https://spaceperspective.com/spaceship>）を参照した。

²¹ 以下、Space Perspectiveの飛行距離・時間・スケジュール・搭乗チケットについては塚本（2024）を参照した。

²² 以下、岩谷技研のキャビンや飛行時間、2023年の募集については、株式会社岩谷技研プロジェクト推進部推進課清野亮太郎氏へのインタビューにもとづく。

在3名が契約中となっている²³。また、岩谷技研では2022年以降有人飛行試験を開始し、初の有人係留飛行試験は2022年2月、初の有人自由飛行試験は2022年10月であった。商用での運航は2025年春以降の開始を予定している（図表9）。また2024年秋以降、パイロット1名と乗客3名が搭乗可能な4名乗りの次世代機の開発に着手しており、キャビンの段階的な大型化や離着陸地点の新規開拓などを通じ、将来的には数百万円台での運航を目標としている²⁴。

また、今後は国内外で競合となる企業が出てくる可能性もある。ただ、岩谷技研は既に400回以上の打ち上げの実証実験を行い、気球やキャビンの製造方法・運用、キャビン内の生命維持装置の開発、天候予測や経路維持など、様々なノウハウの蓄積を図ってきたため優位性があると考えている。さらに、岩谷技研は、現在月複数回の飛行実験を行っており、よりノウハウを蓄積し安全な宇宙遊覧事業の実現を努めている²⁵。

なお、岩谷技研では、キャビンについては道内の企業と共同で開発している特注品を用いている他、気球本体や通信機器などについては国内で同様の開発を行っている会社がないため、同社内で開発・製造・取り付けなどを行っている（写真4）。

図表9 株式会社岩谷技研の試験経緯

2020年7月	有人宇宙遊覧プロジェクト始動
2021年6月	T-3 気密キャビン 無人打ち上げ試験で気密キャビンを成層圏へ打上/回収
2022年2月	T-5 キャビン 有人係留飛行試験で高度30mに到達
2022年7月	T-5 キャビン 有人係留飛行試験で高度50mに到達
2022年10月	T-5 キャビン 有人自由飛行試験で高度50mに到達
2022年11月	T-5 キャビン 有人自由飛行試験で高度102mに到達
2023年2月	T-5 キャビン 有人自由飛行試験で高度408mに到達
2023年3月	T-5 キャビン 有人自由飛行試験で高度1,190mに到達
2023年4月	T-5 キャビン 有人自由飛行試験で高度2,843mに到達
2023年7月	T-9 気密キャビン 有人自由飛行試験で高度6,072mに到達
2023年10月	T-9 気密キャビン 有人自由飛行試験で高度10,669mに到達
2023年11月	T-10-Ⅲ キャビン 有人係留飛行試験で高度30mに到達
2024年4月	T-10-Ⅶ 気密キャビン 有人自由飛行試験で高度3,690mに到達
2024年6月	T-10-Ⅶ 気密キャビン 有人自由飛行試験で高度10,555mに到達
2024年7月	T-10-X 気密キャビン 有人自由飛行試験で国内初の高度20,816mに到達
2025年春以降	商業飛行開始予定

出所) 株式会社岩谷技研 (2024) 及び同社インタビューより筆者作成。

²³ また岩谷技研は OPEN UNIVERSE PROJECT への参画を通じた共創パートナーとの連携も進めており、同プロジェクトに参画した企業（株式会社JTBなど）とともに有人宇宙遊覧に関連する技術・サービスを作り上げていきたいと述べている（岩谷技研、2023）。

²⁴ 岩谷技研の目標については、株式会社岩谷技研執行役員新事業開発部長山本和幹氏、清野氏へのインタビューにもとづく。

²⁵ 以下、岩谷技研の優位性については、山本氏、清野氏へのインタビューにもとづく。

写真 4 株式会社岩谷技研江別研究所の様子



出所) 株式会社岩谷技研より提供。

5. 考察

本節では、既述のケーススタディの結果に基づいて、産業要因（バリューチェーンなど）とクラスター要因（クラスター企業の協業や外部組織の存在など）の視点から北海道宇宙クラスターの発展プロセスについて考察する。

5.1 北海道宇宙クラスターは現在どのような発展段階にあるのか

最初に、北海道宇宙クラスターの発展段階について、Klink & Lagen（2001）と Menzel & Fornahl（2009）のクラスターの発展段階（図表1）を参考に、各要素を確認し考察する。

まず、バリューチェーンでは、発達段階から拡大段階にかけて、異業種から構築されたバリューチェーンが「専門化」されていくとされるが、北海道宇宙クラスターは拡大段階の特徴である専門化までは進んでいないと考えられる。確かに、北海道宇宙クラスターは、元々マグネット事業を手掛けていた植松電機がロケット本体の開発を行うなど発達段階の特徴である異業種とのバリューチェーン構築が進んでいるように見受けられる。しかし、拡大段階の特徴である専門化については、第4節第3項において述べたように衛星の推進部品に特化したベンチャー企業である Letara が誕生する他、北海道航空宇宙ビジネスネットワークが設立され航空宇宙の取引拡大に向け活動を活発化させているものの、現状では宇宙部品に特化した企業はバリューチェーンの中でも上流部分（推進部品や気球など）に留まり、下流部分（気球のキャビンなど）については依然として高額な特注部品となりバリューチェーンの専門化までは果たされていないことが窺える。

次に、戦略的關係では、クラスター企業は発達段階では発達、拡大段階では強化に焦点が置くとされるが、北海道宇宙クラスターの企業は発達に重きを置いた戦略的關係を築いていると考えられる。第4節で扱った3社はそれぞれクラスター内外の企業と戦略的關係を築いていた。さらに、3社はそれらを固定化するのではなく、むしろより多くの企業と戦略的關係を築こうと奮闘している段階にあることから、今後より多くの企業と戦略的關係が築かれる可能性がある。

続いて、協業領域では、発達段階から拡大段階にかけて、企業間の協業領域の焦点は協業ルーチンの構築や生産方法の標準化から教育、マーケティング及び共通インフラに移行するとされるため北海道宇宙クラスターでは、部分的には拡大段階まで進んでいるものと考えられる。マーケティングについては、先述した通り北海道宇宙クラスター企業によって構成される北海道航空宇宙ビジネスネットワークが取引拡大に向け活動している。また、共通インフラや教育については、北海道宇宙クラスターのパイオニア企業である植松電機の代表である植松氏は「宇宙は公共の場所でありお金儲けの場にはしたくない」といった思いから宇宙関連企業や予算の少ない研究者に実験設備の提供や教育事業を行っており、北海道宇宙クラスターの発展を支えている。

最後に、企業の参入・退出や従業員数は、発達段階では少数、拡大段階では増加するとされるが、北海道宇宙クラスターは、現時点では、その中間に位置しているものと考えられる。北海道宇宙クラスターでは、Letara や岩谷技研などベンチャー企業が参入し、少数ながら従業員数の増加に寄与していた。さらに、Letara 及び岩谷技研の従業員はそれぞれ 45 名、87 名と少数ではあるが、会社の規模とともに着実に従業員が増加してきている。よって、Letara や岩谷技研などの企業が今後さらに発展することで従業員が増加する可能性がある。

以上のことから、北海道宇宙クラスターでは、バリューチェーンと戦略的關係は発達段階、協業領域は部分的拡大段階、企業の参入・退出や従業員数は発達段階と拡大段階の中間にあるものと考えられる。

5.2 北海道宇宙クラスターの発展にはどのような特徴があるのか

北海道宇宙クラスターの発展には、先行研究が指摘してきたクラスター要因と産業要因が関与してきたことが窺える。

まず、クラスターの形成にあたっては、先行研究において重要視されてきた知的基盤 (Asheim & Coenen, 2005; Garnsey & Heffernan, 2005) や旗振り役となる企業 (石倉ほか、2003) の存在が大きかったことを指摘できる。具体的には、知的基盤では、クラスター形成にあたって北海道大学の永田研究室の存在が大きいことが挙げられる。植松電機は永田教授と出会いロケット開発に踏み出していた一方、Letara や岩谷技研は永田研究室の卒業生が起業することでクラスター形成に寄与していた。また、リーダー企業である植松電機の存在も大きい。植松電機は Letara など宇宙関連企業に実験設備の提供を行っており、道内のクラスター形成に寄与していたことが窺える。

他方で、クラスター要因と産業要因については、先行研究が想定していないような形で北海道宇宙クラスターの発展に寄与していたことも明らかになった。

第1に、大学などの研究機関は、クラスターの形成段階だけではなく発達段階においても新規参入企業に対して「実績」や「ノウハウ」の蓄積を促し、次の取引に繋げる重要な役割を担っていたことが明らかになった。先行研究では、研究機関は主にクラスターの形成段階で影響を与えるものとされ、国内市場から新技術・製品やより良い生産方法の開発

を求められるため、それらを提供することでクラスター企業に競争力をもたらすと考えられてきた (Klink & Lagen, 2001, p. 452)。しかし、宇宙ビジネスでは顧客が実績を重視する傾向があるため、新規参入企業の Letara は顧客獲得に苦労していた。そのため、Letara は知的基盤の1つである室蘭工業大学などと実証実験を行うことで「実績」を得るとともに「ノウハウ」を蓄積してきた。同様の現象は、当初は北海道大学との共同研究を行っていた植松電機が現在は JAXA などと取引を行っていることから窺え、研究機関との共同研究がクラスターの発展に大きな影響を与えていることが確認された。

第2に、北海道宇宙クラスターの各企業は、それぞれが異なる領域で市場開拓を行っていることから、Klink & Lagen (2001) の開発段階で必要とされる「部品の標準化」は十分に進んでいないことも明らかになった。換言すると、北海道宇宙クラスターの各企業はそれぞれの事業領域において参入企業が少ないため自ずとパイオニア企業となっていたため、北海道宇宙クラスター内の企業間での部品の標準化²⁶の必要がなく、標準化の議論が十分に進まないまま、クラスターが発展してきたと言えるだろう。そして、このような発展プロセスは他のクラスターにはない新しい形態であることから、北海道宇宙クラスターの特徴の1つであると考えられる。

6. おわりに

以上、北海道宇宙クラスターの発展段階とその特徴について考察してきた。最後に、本研究の貢献と課題について触れておきたい。

本研究の貢献については、先行研究の課題を補う貢献と実務的な貢献がある。第1に、本研究における3つのケーススタディによって、クラスターの発展には既存研究が提唱してきたクラスター要因と産業要因が重要であることが確認できた一方で、北海道宇宙クラスターの特徴として大学などの研究機関の存在が大きいことや部品の標準化が進んでいないことが明らかになった。

第2に、本研究で明らかになった北海道宇宙クラスターの特徴は、今後の宇宙産業に関する政策を立案するための示唆となるものと考えられる。例えば、第5節では、実績が求められる宇宙ビジネスでは、大学などの研究機関との共同研究が新規参入企業に実績やノウハウを獲得させ、次の取引に繋がっていたことが明らかになった。このことは、研究機関への予算が単に宇宙分野の研究開発を促進させるだけでなく、産業政策としても重要な意味を持っていることを示唆している。

なお、本研究のインタビュー調査では、宇宙分野に関係する技術者がどの企業でも不足している状況が確認された。前述した産業政策としての意味合いも含め、宇宙分野に関わる研究機関を人材面からもどのように支えていくべきかという点については今後の研究課題としたい。

²⁶ 部品の標準化について、他地域の宇宙クラスターではどのようになっているかについては今後検討すべき課題である。

謝辞

今回の論文を執筆するにあたり、株式会社植松電機植松努様、Letara株式会社谷口史子様、株式会社岩谷技研山本和幹様、清野亮太郎様には日々の業務でお忙しい中にも関わらず大変貴重なお話を伺わせていただきました。また、成城大学社会イノベーション学部教授山本匡毅先生には、機械振興協会経済研究所令和6年度「日本における航空宇宙部品産業の発展戦略」プロジェクトで、本研究の背景となる日本の航空宇宙部品産業に関してご教示いただきました。さらに、機械振興協会経済研究所の北嶋守所長代理、森直子研究副主幹には本論文の発行に際し大変有益なコメントをいただきました。最後に、友人で永田晴紀研究室OBの千葉健太郎君には北海道宇宙クラスターに関するレクチャーをしていただきました。心よりお礼申し上げます。なお、本稿における不備は全て筆者に帰するものである。

参考文献

- 石倉洋子・藤田昌久・前田昇・金井一頼・山崎朗（2003）『日本の産業クラスター戦略』有斐閣。
- 金井一頼（2005）「産業クラスターの創造・展開と企業家活動：サッポロITクラスター形成プロセスにおける企業家活動のダイナミクス」『組織科学』38巻（3号）、pp. 15-24。
- 株式会社岩谷技研（2023）「岩谷技研、宇宙遊覧の第一期ご搭乗者様ならびにパイロットの募集を開始。誰もが宇宙を体験できる「宇宙の民主化」を実現する共創プロジェクト「OPEN UNIVERSE PROJECT」」『PR TIMES』。https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000022.000088928.html（2024年11月30日閲覧）。
- 株式会社岩谷技研（2024）「宇宙遊覧商業運航へ向け、自社開発有人気球で国内初の高度20,816m到達」『PR TIMES』。https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000040.000088928.html（2024年11月30日閲覧）。
- 北嶋 守（2020）『ヘルスケア産業クラスター形成の日本の特質：中小企業のイノベーションによる産業集積の再構築』同友館。
- 経済産業省製造産業局航空機武器宇宙産業課宇宙産業室（2024）『国内外の宇宙産業の動向を踏まえた経済産業省の取組と今後について』。https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/space_industry/pdf/001_05_00.pdf（2024年11月30日閲覧）。
- 経済産業省北海道経済産業局（2023）『北海道の宇宙関連ビジネス事例をご紹介します：ロケット・人工衛星の製造及び衛星データ利用サービス：23事例』。https://www.hkd.meti.go.jp/hokcm/20230221/examples.pdf（2024年11月30日閲覧）。
- 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（2015）『宇宙開発を支えるロケットがわかる！ロケットガイドブック』。https://www.jaxa.jp/projects/pr/brochure/pdf/08/

- kids_01.pdf (2024年11月30日閲覧)。
- 国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (2021) 『宇宙輸送に関わる国内外の主要動向』。
https://www.mext.go.jp/content/20211201-mxt_uchukai01-000019759_3.pdf
(2024年11月30日閲覧)。
- 塚本直樹 (2024) 「米スペースパースペクティブ、気球での成層圏無人飛行に成功—商業飛行は26年から」『UchuBiz』。<https://uchubiz.com/article/new53073/> (2024年11月30日閲覧)。
- 永田晴紀 (2004) 「宇宙科学の最前線 ハイブリッドロケット CAMUI」『ISAS ニュース』、No. 285。<https://www.isas.jaxa.jp/j/forefront/2004/nagata/index.shtml> (2024年11月30日閲覧)。
- 藤田誠 (2011) 「産業クラスター研究の動向と課題」『早稲田商学』第429号、pp. 101-124。
- 防衛省 (2024) 『安全保障分野における産学官の研究開発エコシステム構築』。https://www.mod.go.jp/j/policy/agenda/meeting/drastic-reinforcement/pdf/siry02_03.pdf
(2024年11月30日閲覧)。
- 室蘭工業大学 (2024) 『北大発認定スタートアップ企業「Letara株式会社」と共同実験を実施しました』。<https://muroran-it.ac.jp/guidance/info/post-55867/> (2024年11月30日閲覧)。
- Arthur, W.B. (1994) Increasing returns and path dependence in the economy, *University of Michigan Press*.
- Asheim, B.T. & Coenen, L. (2005) Knowledge bases and regional innovation systems: Comparing Nordic clusters, *Research Policy*, 34(8), pp. 1173-1190.
- Boschma, R.A. & Wenting, R. (2007) The spatial evolution of the British automobile industry: Does location matter?, *Industrial and Corporate Change*, 16(2), 213-238.
- Garnsey, E. & Heffernan, P. (2005) High-technology clustering through spin-out and attraction: The Cambridge case, *Regional Studies*, 39(8), pp. 1127-1144.
- Jewett, R. (2023, June) Inside SIA's 2024 State of the Satellite Industry Report, *Via Satellite*. Retrieved 2021/11/30 from <https://www.satellitetoday.com/finance/2023/06/23/satellite-broadband-revenue-grew-18-in-2022-sia-annual-report-finds/>
- Jewett, R. (2024, June) Inside SIA's 2024 State of the Satellite Industry Report, *Via Satellite*. Retrieved 2024/11/30 from <https://www.satellitetoday.com/connectivity/2024/06/13/inside-sias-2024-state-of-the-satellite-industry-report/>
- Klepper, S. (2007) Disagreements, Spinoffs, and the Evolution of Detroit as the Capital of the U.S. Automobile Industry, *Management science*, 53(4), pp. 616-631.
- Klink, A. J., & Langen, P. D. (2001) Cycles in industrial clusters: The case of the shipbuilding industry in the Northern Netherlands, *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*, 92(4), pp. 449-463.

- Menzel, M. -P., & Fornahl, D. (2009) Cluster life cycles: dimensions and rationales of cluster evolution, *Industrial and Corporate Change*, 19(1), pp.205-238.
- Porter, M. E. (1998) Clusters and the new economics of competition. *Harvard Business Review*. 竹内弘高(訳)・DIAMONDハーバード・ビジネス・レビュー編集部(訳)『[[新版] 競争戦略論Ⅱ』ダイヤモンド社、2018年。
- Satellite Industry Association ホームページ。 <https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/> (2024年11月30日閲覧)。
- Shin, D. & Hassink, R. (2011) Cluster Life Cycles: The case of the shipbuilding industry cluster in South Korea, *Regional Studies*, 45(10), pp. 1387-1402.
- Space Foundation Editorial Team. (2024, July) Space Foundation Announces \$ 570 B Space Economy in 2023, Driven by Steady Private and Public Sector Growth, *Space Foundation Press Releases*. Retrieved 2024/11/30 from <https://www.spacefoundation.org/2024/07/18/the-space-report-2024-q2/>