

〔研究ノート〕

世界の航空機産業

—企業間関係に関する序論的考察 (2)—

洞口治夫 / 行本勢基 / 神原浩年

はじめに

1. 航空機生産の特徴
 2. エンジン生産メーカーの特徴
(以上, 第48巻第2号)
 3. MRO ビジネス
 - 第1項 エンジン部品メーカー系 MRO
 - 第2項 航空会社系 MRO
(以上, 本号)
 4. 理論的考察
- おわりに

3. MRO ビジネス

本節では、エンジン部品メーカー系 MRO ビジネスと航空会社系 MRO ビジネスに関する考察を行い、機体とエンジン生産の分離に関する理論的考察への準備作業を行う。第1項では、MRO ビジネスを概観した上で、グッドリッチ社(以下、グッドリッチ)のMRO ビジネスを詳細に分析し、エンジン部品メーカーである同社が行うエンジンの整備内容を明らかにしたい。そのために、まず、グッドリッチの会社概要とMRO ビジネスの位置づけを明らかにし、MRO ビジネスに要求されるケイパビリティについて説明する。次に、エアバスが本社を置くフランスのトゥールーズにおけるグッドリッチのMRO ビジネスに関するインタビュー結果をまとめ、MRO ビジネスの特徴とグッドリッチの競争優位について若干の検討を行う。第2項では、航空会社系のMRO ビジネスについての訪問調査結果を、二次資料とともにまとめる。全日本空輸とルフトハンザテクニクの二社を事例として取り上げ、航空会社の子会社が行う機体やエンジンの整備について比較分析を試みる。

第1項 エンジン部品メーカー系 MRO

3-1-1. MRO ビジネスの概要

MRO とは、メンテナンス (Maintenance)、リペア (Repair)、オーバーホール (Overhaul) の略であり、航空機を安全に運航できる状態に維持するために行う整備の総称を指す¹⁾。世界には、様々な企業形態で MRO ビジネスを展開している会社がある。第3-1表には、北米、欧州、アジアの三地域の主な会社の概要を示した²⁾。MRO サービスを提供している企業は、航空会社系、OEM 系、独立系の三つに大別することができる。

北米以外の地域には、ナショナルフラッグキャリアと呼ばれる大手航空会社系の整備専門会社があり、他の航空会社にも MRO サービスを提供している。これらの大手航空会社系整備専門会社としては、ヨーロッパに、ルフトハンザテクニク・グループ (Lufthansa Technik Group) やエールフランスインダストリーズ・KLM エンジニアリング・アンド・メンテナンス (Air France Industries KLM Engineering and Maintenance) がある。また、アジアには、キャセイパシフィック航空と同じスワイヤー (Swire)・グループに属する香港エアクラフトエンジニアリング (Hong Kong Aircraft Engineering) やシンガポール航空系の SIA エンジニアリング・カンパニー (SIA Engineering Company) がある。

一方、北米にはこれらの航空会社系整備専門会社よりも規模の大きい MRO 関連会社が存在する。ハネウェル・エアロスペース (Honeywell Aerospace) やグッドリッチ (Goodrich) は、航空機メーカーなどに部品を OEM 供給するだけでなく、MRO サービスも行っており、2010年度の売上高はそれぞれ107億 US ドル、70億 US

第3-1表 世界のMROサービス供給企業

社名 (URL)	系列	本社所在国	売上高	従業員数 (名)	主要顧客 (航空会社)
Lufthansa Technik Group (www.lufthansa-technik.com)	航空 会社系	ドイツ	4,018百万 ユーロ	20,297 (2010年度平均)	ルフトハンザドイツ航空、 スイス航空、エアカナダ、 中華航空など多数。
Air France Industries KLM Engineering and Maintenance (www.afklmem.com)	航空 会社系	フランス	3,080百万 ユーロ	約14,000	エールフランス、KLM オラ ンダ航空、エアニュージ ーランド、マレーシア航空、 エアロメキシコなど多数。
Hong Kong Aircraft Engineering Co., Ltd. (www.haeco.com)	航空 会社系	中国 (香港)	4,266百万 香港ドル	13,078	キャセイパシフィック航空、 ドラゴン航空、デルタ航空、 カンタス航空など約70社。
SIA Engineering Company (www.siaec.com.sg)	航空 会社系	シンガポール	1,107百万 シンガポール・ドル	6,152	シンガポール航空、エアチ ャイナ、アジアナ航空、マ レーシア航空など。
Honeywell Aerospace (www51.honeywell.com/aero/)	OEM系	アメリカ	10,700百万 USドル	約40,000	キャセイパシフィック航空、 全日本空輸など。
Goodrich Corporation (www.goodrich.com)	OEM系	アメリカ	6,966.9百万 USドル	約25,000	エールフランス、イベリア 航空など。その他、中小航 空会社多数。
TIMCO Aviation Services, Inc. (www.timco.aero)	独立系	アメリカ	非公開	3,400	US エアウエイズ、米国沿岸 警備隊。
SR Technics AG (www.srtechnics.com)	独立系	スイス	1,394百万 USドル	5,300	スイス航空、カタール航空、 ベトナム航空、南アフリカ 航空など。
Aeroplex of Central Europe Ltd. (www.aeroplex.com)	独立系	ハンガリー	非公開	800	ヴァージンアトランティ ック航空、カーゴルクスな ど。
ST Aerospace (Singapore Technologies Aerospace Ltd.) (www.staero.aero)	独立系	シンガポール	1,875百万 シンガポール・ドル	7,000 以上	シンガポール空軍、UPS、 FedEx、全日本空輸、日本航 空など。
Air Works India Engineering Pvt. Ltd. (www.airworks.in)	独立系	インド	非公開	700	顧客情報は不明 (A320や B737ファミリーのケイパビ リティを保有)。

(注1) TIMCO Aviation Services および Aeroplex of Central Europe の従業員数についてはレキシス・ネクシス・アカデミック (Lexis Nexis Academic) のホームページ (<http://www.lexisnexis.com/ap/academic/>) にて企業検索実行後に現れる「スナップショットデータ (snapshot data)」を参照した。SR Technics の売上高と従業員数については、スナップショットデータからリンク付けされている Hoovers Inc. のデータを参照した。Air Works India Engineering の従業員数は、同社のホームページ (<http://www.airworks.in/pdf/overview-presentation.pdf>) で利用可能となっているコーポレート・オーバービューの2ページを参照した。その他の企業の従業員数については、2011年7月23日に各社のホームページにアクセスして参照した。

(注2) 売上高については、Air France Industries KLM Engineering and Maintenance および SIA Engineering Company は2011年3月31日決算時、その他の企業は2010年12月31日決算時のデータを各社のホームページから採用した。SR Technics の売上高と従業員数は、最新のデータが公開されていないので、2006年度のデータを採用した。

(注3) 各社の売上高はMROビジネス含む会社全体の売上高である。

(注4) Goodrich の主要顧客 (航空会社) 情報は、2009年11月3日付セント・マルタン事業所でのインタビュー資料に基づく。

(出所) 表中に記載されている各社のホームページを参照して筆者作成。

ドル、従業員数は約40,000名、約25,000名である。従業員数では、上記のヨーロッパ、アジアの航空会社系整備専門会社よりも大きい。

独立系の整備会社は世界各地に存在し、その規模は様々である。第3-1表も、すべてのMRO 企業を網羅しているわけではない。独立系整備会社のなかには、シンガポールの ST エアスペース (ST Aerospace) のように、2010年度の売上高は約19億シンガポール・ドル、従業員数は7,000名という大規模な整備会社も存在する。

世界全体でみた MRO の市場規模について、ルフトハンゼテクニークが推計するところによれば、2010年度のMRO市場は450億USドルであったという³⁾。民間旅客機の安全性確保という視点からは不可欠の活動であり、不況の際にもMRO ビジネスからは比較的、安定した収益が見込まれるものと推測される。

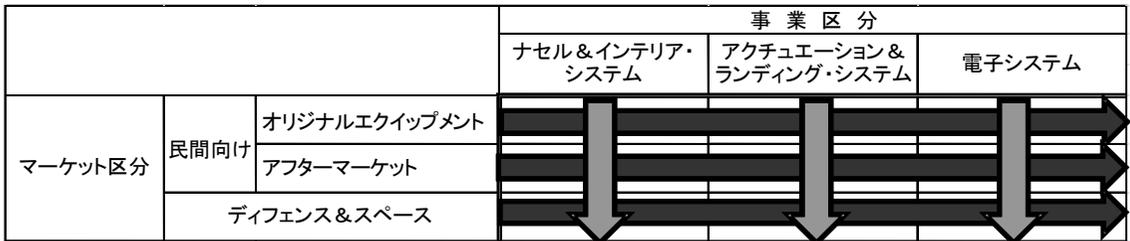
3-1-2. グッドリッチの会社概要と MRO ビジネス

グッドリッチは、ボーイングとエアバスに対する大手航空機部品サプライヤーであり、米国のノースカロライナ州シャーロットに本社を置

いている。同社のフランス現地法人への訪問調査によって得られた内容と会社案内や財務レポートなどの二次資料に基づいて、航空機のアフターマーケットのビジネスモデルである MRO について考察を進める⁴⁾。

グッドリッチは1870年にオハイオ州で設立された140年以上の歴史を有する企業である。2009年現在、同社は三つの主要な事業部門から構成されている。それらは、ナセル&インテリア・システム (Nacelles and Interior System)、アクチュエーション&ランディング・システム (Actuation and Landing Systems)、電子システム (Electronic System) であり、同社が取り扱う製品またはサービスのカテゴリーによって区分されている⁵⁾。一方で、これら三つの事業区分を横断する三つの主要なマーケット・チャネル、すなわち、民間航空会社向けのオリジナル・エクイップメント (Original Equipment)⁶⁾とアフターマーケット (Aftermarket)、そしてディフェンス&スペース (Defense and Space) の区分によってもグッドリッチの企業活動を概観することができる⁷⁾。縦方向への展開を事業区分、横方向への展開をマーケット区分とすると、2つの区分の関係は、下記の第3-1図のようになる。

第3-1図 事業区分とマーケット区分の関係

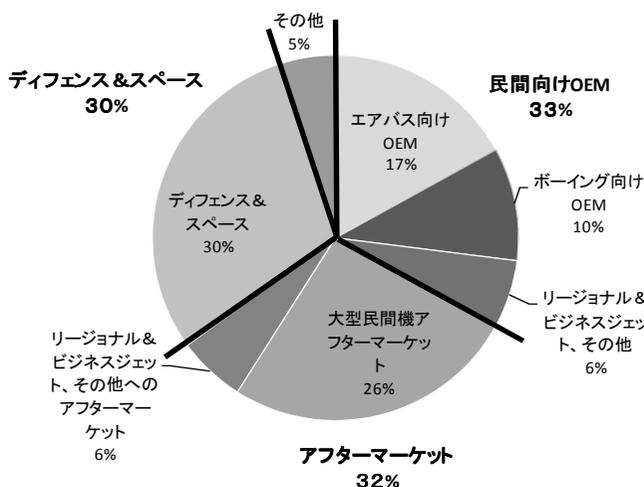


(出所) グッドリッチ、グラモン事業所へのインタビュー調査、および同社2009 Annual Report (Form 10-K)、2ページおよび21~22ページの記述に基づき筆者作成。

第3-2図には、マーケット区分でのグッドリッチの2009年度の売上高比率が示されている。2009年度のグッドリッチの連結売上高は66億8,560USドルであったが、そのうちの32%がアフターマーケット・ビジネスによって構成され

ている⁸⁾。これは、ランディングギア (landing gears) やナセル (nacelles)、車輪とブレーキ (wheels and brakes) などを生産・販売する民間用 OEM ビジネスと同規模である。

第3-2図 グッドリッチ 2009年度売上高比率(マーケット区分)

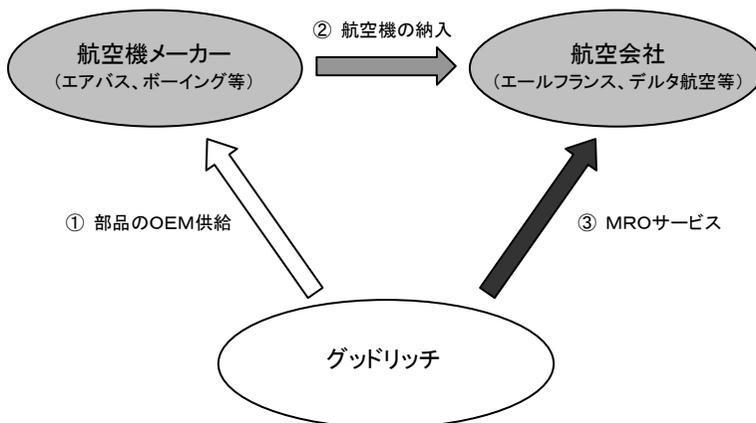


(出所) グッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 23ページのデータより筆者作成。

アフターマーケットのビジネス、つまりMROビジネスは、通常、航空会社が顧客であり、スペアパーツの販売や整備を行う⁹⁾。MROビジネスが発生するフローを概観してみると、最初にグッドリッチは、エアバスやボーイングの航空機組立ラインに上述したような部品のOEM供給を行う。それらの航空機メーカーは、航空会社へ航空機を販売する。そして、航空会社は

修理の必要があれば、当該部品についてグッドリッチのようなMRO供給者にコンタクトするのである。つまり、MROビジネスは、グッドリッチが直接製品を供給している航空機メーカーに対して行われるのではない。このMROビジネスの簡易フローを示したものが第3-3図である。

第3-3図 グッドリッチから見たMROビジネスの簡易フロー



(注) グッドリッチのMROサービスの対象は、同社が航空会社にOEM供給した部品や同社のMROケイパビリティ・リストに掲載された部品である。

(出所) グッドリッチ、セント・マルタン事業所へのインタビュー調査に基づき筆者作成。

グッドリッチは、北米に44箇所、世界全体で合計80箇所もの拠点を保有している¹⁰⁾。このうち、MROの拠点は、車輪・ブレーキ (Wheels and Brakes) 部門で8箇所、ランディングギア (Landing Gear) 部門で2箇所、インテリア (Interior) 部門 (脱出用スライドなど) で3箇所、エアロストラクチャー (Aerostructure) 部門で8箇所存在する¹¹⁾。トゥールーズのMROの拠点であるセント・マルタン (St. Martin) 事業所が所属するエアロストラクチャー部門では、その他にプレストウィック (イギリス)、フォーレイ (アメリカ)、チュラビスタ (アメリカ)、シンガポール、イスタンブール (トルコ)、ドバイ (アラブ首長国連邦)、ファゼンダ・サン・フランシスコ (ブラジル) に拠点を置いている¹²⁾。

グッドリッチは、世界各地にMRO施設を設置している。例えば、航空機のエンジンの周りを取り付けるナセルの部品は巨大であり、輸送スペースの確保も難しいうえ、輸送費が高額になる¹³⁾。同社は、年間およそ10,000機に対してアフターマーケット・サービスを提供しているが、数年後には12,000機まで増えることが期待

されている¹⁴⁾。

3-1-3. MROのケイパビリティ

MROの施設を保有するからといって、全ての部品や機材に対して整備や修理を実施できるわけではない。詳細については後述するが、トゥールーズに立地するグッドリッチのセント・マルタン事業所エアロストラクチャー部門で取り扱う主力部品は、航空機のエンジンを取り囲むようにして取り付けられるナセル (nacelle) である。

MROのケイパビリティとは、特定の機体、部品に対する整備能力を指している。つまり、グッドリッチのエアロストラクチャー部門の場合、第3-2表にリストされている部品についての整備や修理ができるということを示しており、これをケイパビリティ・リストと呼んでいる。ただし、1つの拠点、例えば、トゥールーズですべてのケイパビリティを保有しているというわけではない。第3-2表は、エアロストラクチャー部門の世界中のMRO各拠点が扱える部品をすべてリスト化したものである¹⁵⁾。

第3-2表 グッドリッチ・エアロストラクチャー部門のMROケイパビリティ

修理対象部品	メーカー名
・インレット・カウル (Inlet Cows)	・エアバス (Airbus)
・ファン・カウル (Fan Cows)	・ボーイング (Boeing)
・スラスト・リバーサー (Thrust Reversers)	・エンブラエル (Embraer)
・コア・カウル (Core Cows)	・ボンバルディア (Bombardier)
・噴出ノズルおよびプラグ (Exhaust Nozzles and Plugs)	・ロッキード (Lockheed)
・エンジン・マウント (Engine Mount)	・三菱重工業 (Mitsubishi Heavy Industry)
・航空機構造部 (Aircraft Structures)	・ツポレフ (Tupolev)
・ドア (Doors)	・CFMI (CFM International)
・フェアリング (Fairings)	・GE (General Electric)
・フライト・コントロール (Flight Controls)	・IAE (International Aero Engines)
・空気圧ダクト (Pneumatic Ducting)	・P & W (Pratt and Whitney)
・ワイヤー・ハーネス (Wire Harnesses)	・ロールスロイス (Rolls Royce)

(出所) グッドリッチ、セント・マルタン事業所のプレゼンテーション資料から筆者作成。

ケイパビリティ・リストとは、パートナンバーが記載されているリストであり、それらの部品について修理することが許可されている¹⁶⁾。グッドリッチは、米国の連邦航空宇宙局 (FAA = Federal Aviation Administration) の定める14 CFR Part 145と、欧州航空安全庁 (EASA = European Aviation Safety Agency) の定める EASA Part 145 の修理工場であり、そのルールに従って業務を遂行している¹⁷⁾。パートナンバーをケイパビリティ・リストに掲載するためには、次の5項目が条件となっている。①修理に必要な部材を受け取るためのサプライチェーンの確保、②修理に使用される OEM 委託先からの技術書類である CMM (Component Maintenance Manual) の保有¹⁸⁾、③テクニカル・サポート施設の保有、④修理用の機械や設備の設置、⑤作業員のトレーニング、といった内容である¹⁹⁾。

Part 145により、上記の条件を満たしていることを証明できれば、対象となる部品を修理することが許可される。グッドリッチは米国連邦航空宇宙局 (FAA) と、欧州航空安全庁 (EASA) から許可を得た Part 145の整備工場であるため、ケイパビリティ・リストに当該パートナンバーが掲載されていれば、他社によって製造された部品も修理することができる²⁰⁾。グッドリッチの扱う Part 145については、フランスの民間航空安全協会 (GSAC) によって認可されている²¹⁾。GSAC は Part 145の認可先の定期監査を実施し、コミットメントや規則を遵守しているか否かをチェックする機関である²²⁾。

3-1-4. エアバス城下町のトゥールーズにおける MRO ビジネス

グッドリッチのセント・マルタン事業所は、トゥールーズのエアバス機体工場に隣接した MRO 施設である。主にエアバスのナセルを補修しており、エンジンについて言えば、CFM インターナショナル (GE とスネクマとのジョイントベンチャー)、GE、IAE (International Aero Engines)、P&W、ロールスロイスなどすべてのメーカーのナセルに対して、補修能力 (ケイパビリティ) を認められている²³⁾。

トゥールーズでは、スペアサポートと呼ばれ

ている交換用ユニットのリースと、地上サービスである AOG (Aircraft on Ground) サポートを行っている²⁴⁾。通常は、航空機は着陸して1.5時間程度で出発するが、何か問題があれば航空機を駐機しておかなければならない。そこで航空整備関連企業は早急に部品を調達し、できるだけ早く航空機が運航開始できるようにするのである。トゥールーズ・セント・マルタン事業所の担当地域は、南ヨーロッパと北アフリカであり、トゥールーズから最も遠い国はアフリカのリビアである。例えば、スラスト・リバーサーの修理が必要なイタリアの顧客には、交換用ユニットをすぐに航空機に設置できるようにスペア・プールから送り出し、そして故障したユニットをトゥールーズのリペア・ショップで修理するのである²⁵⁾。

また、トゥールーズでは、新たな修理サービスを開発するためのエンジニアリングを行っている。標準的な修理はスタンダード・リペアと呼ばれているが、ほとんどの修理はノンスタンダードである。これに対応するために、新しい修理サービスを開発するためのエンジニアリング・チームが必要なのである²⁶⁾。

ここで、MRO ビジネスにおいて重要となるのが、TAT (Turn Around Time) である。早く修理をすれば、それだけ多くのビジネスを獲得するチャンスがある。TAT は、顧客が修理用部品を出荷してから、修理後にそれが返却されるまでの時間である。それは、例えば、3週間程度が標準ではあるが、損傷の状態によってはさらに時間を必要とする。グッドリッチによれば、同社の TAT は非常に短い、という。なぜならば、グッドリッチは、莫大な件数のノンスタンダード・リペアの経験を有するからである。それらは過去に開発されてきたもので、再利用することにより対応が可能となる。グッドリッチは計画されたメンテナンス・プログラムを顧客に提案でき、さらにグッドリッチ以外の部品についても修理できる。実際、修理対象の50%はグッドリッチが生産していない部品である²⁷⁾。第3-3表に示されているように、トゥールーズ MRO の顧客ベースは航空会社を中心に多岐にわたる。

第3-3表 グッドリッチ・セントマルタン事業所のMRO顧客リスト

国名	顧客名
フランス	エールフランス (Air France), スネクマ・サービス (Snecoma Services), サベナ・テクニクス (Sabena Technics), エアバス・コーポレートジェット (Airbus Corp. Jet)
スペイン	イベリア (Iberia), イベルワールド (Iberworld), エア・コメット (Air Comet), スパンエア (Spanair), ブエリング (Vueling), エア・ヨーロッパ (Air Europe)
ポルトガル	TAP ポルトガル航空 (TAP Air Portugal)
スイス	SR テクニクス (SR Technics)
イタリア	マイエアー (Myair), ブルーパノラマ (Blue Panorama), エア・ワン (Air One), ヴォアラレー・エアラインズ (Volareweb), メリディアナ (Meridiana)
リビア	リビア航空 (Libyan), アフリキア航空 (Afriqiyah)
チュニジア	チュニスエア (Tunisair), スーヴェルエア (Nouvelair)
アルジェリア	アルジェリア航空 (Air Algerie)
モロッコ	ロイヤル・エア・モロッコ (R.A.M.), スネクマ・モロッコ (Snecma Morocco)

(出所) グッドリッチ, セント・マルタン事業所のプレゼンテーション資料から筆者作成。

グッドリッチの顧客は、航空会社とエンジンメーカーの二つに大別される。航空会社に対しては、ナセルの部品であるインレット・カウル (Inlet Cowl), ファン・カウル (Fan Cowl) やラスト・リバーサー (Thrust Reverser) 等の大きな部品を取り扱う²⁸⁾。一方で、エンジンメーカーのエンジン・ショップ向けには、QEC (Quick Engine Change) というエンジン周辺すべての小型部品の整備を取り扱うサービスがある。QEC には火災探知機ループやアースを監視するハーネス、導管、アクチュエーターが含まれるが、それらの部品はエンジンのパフォーマンスには直接関係していない²⁹⁾。グッドリッチはエンジンの整備をしているのではなく、QEC の整備を行っているのである。QEC はエンジンと機体のインターフェイスになっている部品群であり、エンジンそのものではないので、エンジンメーカーによって設計されていない³⁰⁾。例えば、エンジンの凍結を防ぐためには、ナセルの部品であるインレット・カウルが必要となる。エンジンから発生する熱風が導管を通じてエンジンの周囲にまで伝えられ、凍りつくのを防ぐ。

これはエンジンの機能とは全く別であり、エンジンメーカーはインレット・カウルの機能には注意を払わず、エンジン性能に集中しているという³¹⁾。しかし、QEC によって、航空機に搭載されるエンジンの機能が、全体として確保される³²⁾。

第3-4表には、グッドリッチ, セント・マルタン事業所にある5つのリペア・ショップをまとめた³³⁾。このなかでユニークなのが、表の最後にあるパリのスネクマ・サービス (Snecma Services) 内の QEC ショップである。スネクマ・サービスは、航空会社に対してエンジンの保守やオーバーホールを行うが、QEC の修理には携わらない。そこで、スネクマ・サービス内にグッドリッチの修理チームを置き、QEC 関連のすべての部品を取り外してツールルーズに送り、修理後に再度取り付けを行う³⁴⁾。第2節第1項で触れたように、スネクマはエンジンのメーカーであり、OEM 受託者であるが、スネクマ・サービスはエンジン・ショップであり、MRO の拠点として位置付けられる。

第3-4表 グッドリッチ、セント・マルタン事業所の5つのリペア・ショップ

リペア・ショップ名	修理の内容
ハーネス・ショップ (Harness Shop)	ハーネスの修理を他の多くのグッドリッチの拠点に対して行っている。例えば、プレストウィック(イギリス)は、修理用のハーネスを全てツールーズに送付する。
エンジンマウント・ショップ (Engine Mount Shop)	エンジン・マウントの修理を行う。エンジン・マウントは、エンジンをパイロン(Pylon)上に取り付ける極めて重要な部品である。
ナセル・ビック・コンポーネントズ (Nacelle Big Components)	インレット・カウル, ファン・カウル, スラスト・リバーサーなど大きな部品の修理を行う。
QEC スモール・コンポーネンツ (QEC Small Components)	火災探知, 導管(duct), ホース, センサー, 電子・油圧系の部材, 機器等の修理を行う。
スネクマ・サービス内 QEC ショップ, パリ (QEC Shop inside Snecma Services, Paris)	パリのスネクマ・サービス内にグッドリッチのチームがあり, すべての QEC を取り外し, ツールーズに送り, 修理後に再取り付けを行う。

(出所) グッドリッチ、セント・マルタン事業所のプレゼンテーション資料から筆者作成。

エンジンの保守は「状態に応じたもの(on-condition)」であり、顧客である航空会社の整備内容について記述している書類がある。たとえば、エアバスでは、そうした書類をMPD(Maintenance Planning Document)と呼んでいる³⁵⁾。たとえば、航空会社は、エンジンについて飛行時間や排気温度のような、いくつかの数値的な項目を監視しなければならない。航空会社が航空機を運航するにあたっては、あらかじめ設定された条件を超えるまで、エンジンを継続的に利用することができる。しかし、条件を超えると、エンジンを取り外してエンジン・ショップに整備を依頼しなければならない。エンジンがエンジン・ショップに到着したのち、その性能をチェックするために、コンバージョン・チャンバー、ファンやコンプレッサーのブレードなど詳細な項目について、数値を測定する。こうした測定は、ブレードを交換したり、いくつかの部品を再生産したりして実施される。エンジン・ショップの試験室において性能が確認されてから、修理されたエンジンは顧客に返却される。これらの作業は、通常、10,000~20,000時間の飛行時間、つまり3~6年おきに実施される³⁶⁾。

グッドリッチのようなエンジン部品メーカーと航空会社との取引では、まず、先に述べた地上サービス(AOG, Aircraft on Ground)が初期

の整備段階となり、偶発的事故などによって頻繁に発生する。次に、通常の運航状態(normal operating conditions)で行われる航空機の基本チェック(base check)がある。例えば、基本チェックの主なものはCチェックであり、通常18カ月毎に実施される。Cチェックでは、航空機は3週間から4週間、ハンガーと呼ばれる格納庫で検査される。ここでナセルの部品に異常があれば、修理されるのである³⁷⁾。こうして、複数の段階に基づいて航空機の状態を確認しながら、機体とエンジンの整備が行われるのである。

3-1-5. グッドリッチにみる MRO ビジネスの契約形態

MRO ビジネスの特徴としては、安定的で経営環境の変化にあまり左右されないことがあげられる。つまり、航空会社が航空機を新規購入しなくとも、既存の航空機に対する修理やスペアパーツの供給機会は、運行時間が長くなるのに伴って、むしろ増加する傾向にある。もちろん、長期的にビジネスを拡大していくためには、航空会社による航空機の新規購入によって、母数となる修理対象航空機が増加することが必要である。例えば、グッドリッチの場合、先に述べたようにアフターマーケットのビジネスが全

社の売上の約3分の1を占めており、2008年度～09年度にかけて平均15%前後の営業利益率を達成している³⁸⁾。

次に、MRO ビジネスの契約形態についてインタビュー結果にもとづいて説明したい。インレット・カウル、ファン・カウルやスラスト・リバーサーのような部品は、スペアパーツとしてはアセットと呼ばれる。スペアパーツの市場にはユニークな特徴があり、MRO ビジネスは、航空会社に対してアセットを賃貸し、それらの部品が故障した場合に、スペアパーツと交換するというビジネスが標準となっている³⁹⁾。たとえば、もしも空港の現場においてインレット・カウルが作業トラックに接触し損傷したら、その修理に3週間から3ヶ月かかる。その間、航空機を放置することになれば、営業機会の損失は計り知れない。インレット・カウルは非常に高価であり、航空会社はそれを購入する代わりに賃貸することができる。スペアパーツとしてのアセットは、故障した部品が修理されるまで賃貸できるようになっている。

MRO ビジネスと航空会社との契約の形態には、FHA (Flight Hour Agreement) 契約と長期契約がある⁴⁰⁾。グッドリッチのサービスを利用するための長期契約は、小さいコミットメントからフル・コミットメントに至るまで多岐にわたる。

フル・コミットメントの場合、ナセル・システムの保守に対して、航空会社に最も有利な平均コストを提供する。その契約期間は、通常5～10年または10年～12年くらいであるが、グッドリッチの整備サービスを利用すれば、ディスカウントするというものである。顧客は、毎月定額の料金を支払えば、修理を受けることができる。例えば、スラスト・リバーサーを修理するには、50万USドルほど必要となるが、契約パッケージで毎月、固定の金額を支払っていると、顧客はその基本料金のなかで修理サービスを受けることができる⁴¹⁾。

プールアクセス・アグリーメントという契約があり、これはスラスト・リバーサーやインレット・カウルに対しては、航空会社にアセット・プール (Asset Pool) やスペア・プール (Spare

Pool) へのアクセスを与えるのである⁴²⁾。アセットは大きな部品を意味し、インレット・カウルやファン・カウル、スラスト・リバーサー、噴出口など非常に大きい4～5つの部品であり、単に傷があるからと言って単純に交換できる部品ではない。このような契約による修理の場合、航空会社は、グッドリッチの施設に航空機を輸送する必要はない。例えば、インレット・カウルの修理が必要な場合、それを航空機から取り外してグッドリッチの修理工場に送り、グッドリッチは別のインレット・カウルをアセット・プールから取り出して代わりに送付することによって、航空機は最短の時間で運航できる状態に復帰できるのである⁴³⁾。

これまで述べてきた内容から、グッドリッチの MRO ビジネスにおける競争優位は、ナセル部品についての技術力、顧客側で選択可能な契約形態の提示、TAT の短縮化、豊富な修理の経験によるノンスタンダードな修理への対応力と定期的な修理点検の対応力であると考えられる。

グッドリッチの製造する OEM 製品については、大抵の場合、デザイン、調達、製造はグッドリッチによって行われる。顧客である OEM 委託先から基本仕様書が提示され、そのなかでコンセプト的なもの、例えば目標とする重量や機能は顧客から指定される。その一方で、詳細のデザインはグッドリッチによって作成され、そのデザインはグッドリッチに帰属する⁴⁴⁾。

アフターマーケット・ビジネスは、重要なセグメントであり、グッドリッチが詳細な製品のデザインを行い、それを管理することによって、他社による模倣を防いでいるのである。実際に、ナセル、ランディングギア、脱出用スライド (evacuation slide) など大きな部品は航空機の機種ごとに外形や性能が完全にカスタム化されている⁴⁵⁾。これは、OEM ビジネスでグッドリッチが生産した部品については、修理の難易度を上げることにより、アフターマーケット・ビジネスにおける他社の参入障壁を高くしていると考えられる。

他社による修理の模倣の防止に加えて、スペアパーツの供給がグッドリッチの競争力を高めている。例えば、現在、運航されている航空機

については、グッドリッチはボーイングのB707やB777、DC8シリーズ、およびエアバスのA380以外の全ての航空機に対して、ナセルのOEM サプライヤーとなっている⁴⁶⁾。

第2項 航空会社系 MRO

本項では、全日本空輸株式会社(以下、ANA)のANA 機体メンテナンスセンターとルフトハンザテクニークの事例を取り上げ、機体メーカーや航空機部品メーカーとの関係を踏まえながら、航空会社系 MRO における機体やエンジンの整備について分析する。

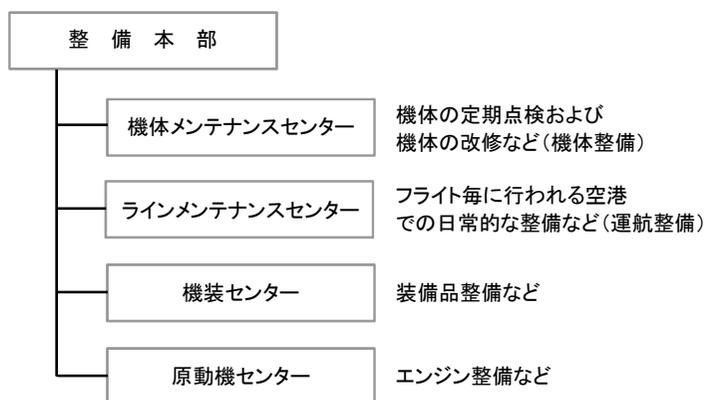
3-2-1. ANA 機体メンテナンスセンターと整備組織の概要

ここでは、東京国際空港(羽田空港)に立地するANA 機体メンテナンスセンターの見学と、その直後に実施したインタビュー調査および二

次資料に基づいて概要をまとめる⁴⁷⁾。以下では、ANA の整備組織と機体メンテナンスセンターの概要について触れた後、航空機エンジンの選択について検討する。最後に ANA の整備能力と企業間関係について若干の検討を加える。

ANA の整備体制の最上位の階層に位置するのが整備本部である。その体制は、空港でフライト毎に機体をチェックするライン(運航整備)、航空機を止めて定期的な点検を実施するドック(機体整備)、装備品やエンジンの整備を担当する2つのショップ(装備品整備と原動機整備)の4つの領域から構成されている。第3-4図は、ANA ホームページに掲載されている整備本部の組織図を簡略化し、各領域の整備の内容について加筆したものである⁴⁸⁾。機体メンテナンスセンターは、このうち機体整備を担当し、空港に隣接した整備工場で行き時間ごとの定期点検を実施している⁴⁹⁾。

第3-4図 ANA 整備本部の簡略図



(出所) ANA のホームページ (<http://ana-career.com/tech/company/organization.html> および http://ana-career.com/tech/company/e_team_ana.html) を参考に筆者作成。

ANA グループには、航空機整備専門会社が10社存在し、それぞれの専門分野に特化した航空機の整備を行っている。これらの10社とその整備内容の概略を記したのが第3-5表である。ANA では、同社グループ会社が運航する航空機の整備⁵⁰⁾に加えて、北海道国際航空(エア・ド

ゥ)などが運航する機材の受託整備も行っている⁵¹⁾。ANA グループで使用している航空機は全部で209機であるが、グループ内航空会社、および整備専門会社、そして海外の委託先4社によって、整備が行われている⁵²⁾。

第3-5表 ANA グループ航空機整備専門会社の概要

会社名 (URL)	所在地	従業員 (名)	整備内容
ANA アビオニクス (http://www.aav.co.jp)	大田区 羽田空港	105	電子・電気・無線関連機器、音響および映像機器の整備、計測機の校正・修理など。
ANA エアクラフトテクニクス (http://www.ana-at.co.jp)	大田区 羽田空港	530	装備品、部品、関連機器および設備の整備 (電動シート、コーヒーマーカー、スチームオープンなど)。
ANA エアロサプライシステム (http://www.aass.co.jp)	大田区 羽田空港	370	航空機部品の出納管理、航空機資材の受領検査など。
ANA エアロテック (http://www.a-tec.co.jp)	長崎県諫早市	91	航空機の空圧・油圧装備品および発電機の修理など。
ANA エンジンサービス (http://www.aes.ana-g.com/small/index.html)	大田区 羽田空港	114	ジェットエンジンのオーバーホールおよび部品修理など。
ANA テクノアビエーション (http://www.atac.ana-g.com)	大阪府豊中市	507	航空機のライン整備、定期整備、構造点検、塗装および装備品および付属品の整備など。
ANA 長崎エンジニアリング (http://www.ana-neco.co.jp)	長崎県諫早市	118	ランディングギアおよび装備品のオーバーホール (国土交通省、米国連邦航空宇宙局、欧州航空安全局から認定を受けた修理・改造事業所)。
ANA フライトテクニクス (http://www.ana-ft.co.jp)	大田区 羽田空港	324	航空機のライン整備など。
ANA ワークス (http://www.anaworks.co.jp)	大田区 羽田空港	159	エンジン周辺部のスラスト・リバーサー、インレット・カウル、ファン・カウルなどの整備など。
全日空整備 (http://www.anam.co.jp)	大阪府豊中市	449	航空機の定期整備、構造点検、シミュレーター等訓練機器の整備など。

(出所) 従業員数については、2011年1月30日に ANA のホームページ (<http://www.ana.co.jp/group/sky/>) にアクセスして参照した。その他の内容については表中に記載した各社のホームページを基に筆者作成。

羽田空港の ANA 機体メンテナンスセンターは、羽田空港の A 滑走路の一端、東京湾アクアライン側に位置し、2010年3月には、B787型機を収容するために、第2格納庫が建設された。この格納庫は、世界最大の旅客機であるエアバス製の A380も収容できるように設計されており、その費用は約150億円であった。費用の内訳は、約120億円が建造物、約30億円が設備に費やされたとのことである⁵³⁾。

羽田空港における同社の整備工場全体には、約900名の従業員がおり、そのうち約600名が整備担当、残りの約300名がスタッフである。整備工場のトップは、工場長であり、その下の階

層は部レベルとなっており、整備の関連会社もこの階層に属する。整備専門の関連会社である ANA アビオニクス、ANA ワークス、ANA エアロサプライシステムの3社は、羽田の機体メンテナンスセンターのメインビルディングに入っており、緊密な連携が行われているという⁵⁴⁾。さらに、同ビルには、ボーイングやエアバスなど航空機メーカーだけではなく、ハミルトン・サンドストランド (Hamilton Sundstrand) 社、ロックウェル・コリンズ (Rockwell Collins) 社、グッドリッチ (Goodrich) などの部品メーカーのオフィスがあり、技術窓口としての機能を果たしている⁵⁵⁾。ハミルトン・サンドストランドは電

気システム⁵⁶⁾、ロックウェル・コリンズは気象レーダー⁵⁷⁾、グッドリッチはランディングギアやナセルなどを扱っている。

3-2-2. 航空機用エンジンの選択

航空機のエンジンは複数のメーカーによって様々な機種が設計・生産されている(第2節・第2-2表参照)。航空会社がエンジンを選択するにあたっては、航空機メーカーからの推薦を参考にして決定するという。例えば、B787のケースでは、GE製とロールスロイス製のエンジンから選択することが可能であったが、ANAは後者を選択した⁵⁸⁾。インタビューによると、エン

ジンの選択に際しては、どのメーカーでもエンジンの性能にはあまり差がないことから、購入後の保証期間やサービス・パーツの提供などの条件が意思決定に影響すると推測される。その際、エンジンメーカー側の条件提示も購入先(航空会社)によって、異なるようである⁵⁹⁾。

ボーイング社で公開されているデータからANAが発注した航空機とエンジンメーカーの対応関係をまとめたのが、第3-6表である。航空会社としてのANAによるエンジン選択においては、1つの明確な傾向がある。それは、航空機1機種に対して、同じエンジンを選択するということである。

第3-6表 ANAにおけるボーイング製航空機モデル別機体数と搭載エンジンメーカー

モデル名	発注年	CFMI	GE	P & W	Rolls Royce
727-100	1964～1967			9	
727-200	1970～1977			27	
機種計				36	
737-200	1968～1978			22	
737-700	2003	28			
737-800	2003	17			
機種計		67			
747-100SR	1977～1978		17		
747-200B	1985～1986		5		
747-400	1986～1999		12		
747-400D	1989		11		
機種計			45		
767-200	1979		25		
767-300	1985～1995		34		
767-300ER	1989～2009		33		
767-300F	2001～2005		4		
機種計			96		
777-200	1990～2001			16	
777-200ER	1995～2009			12	
777-300	1995			7	
777-300ER	1990～2009		19		
機種計			19	35	
787-8	2004～2009				40
787-9	2004				15
機種計					55

(注) CFMI とは、CFM インターナショナルという GE 航空部門とスネクマによる合弁企業を指している。

(出所) ボーイングの1958年から2010年11月末までのボーイングの受注実績データ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm>) を基に筆者作成。

第3-6表から、ANA が同じ航空機モデルで異なるエンジンを発注した実績は皆無であることがわかる。対象範囲を広げてモデルのファミリー（機種）にまで拡大しても、例外は B737型機と B777型機の2機種のみである。ただし、B737の場合には、B737-200が1968年から10年間発注されたのち、2003年に B737-700および B737-800の発注が行なわれるまでの期間には、最低でも25年間あることを考慮すると、同一の機種に対して異なるエンジンを選択したことと、整備効率との影響はほとんどないと考えられる。従って、分類の基準を機種別にまで拡大したときに、エンジンを複数のメーカーから選んでいるのは、777型機のみである。その一方で、ANA 機体メンテナンスセンターでのインタビューでも、747型機と767型機には同じ種類の GE 社製エンジンが搭載されていることが判明した。つまり、対象期間（1964年から2009年）中に ANA がボーイングに発注した747型機と767型機の合計141機について同じエンジンが使用されていたことになる。これは、第3-6表に記載された機体数の合計353機のうち約40パーセントに該当し、修理担当者の学習効果による整備の効率性を求めた結果であろうと推測される。

ここで注意が必要なのは、例えば、国内線仕様の747-400D と国際線仕様の747-400には、同じエンジンが搭載されているということである⁶⁰。機体工場見学用のパンフレットによれば、前者の航続距離がわずかに3,830km なのに対して、後者のそれは12,370km にも及ぶ。航続距離を決定しているのは、エンジンではなく燃料タンクのサイズなのである。また、767型機と747型機には同じ種類のエンジンを搭載しているわけであるが、パワーが異なるだけであり、エンジンメーカーのアドバイスに従い、ANA がパワーを落とす調整をすることができるという⁶¹。747型機には2台、767型機には、その倍の4台の同一タイプのエンジンが搭載されている。

3-2-3. ANA の整備能力と企業間関係

ANA のエンジン整備は、同社のエンジン整備工場で行われる。整備員は特定のエンジンに集中して作業を行い、そのエンジンの専門家にな

る⁶²。インタビュー調査によると、回転部分が摩耗するため、エンジンの寿命は22~23年であるという。一方で、航空機の寿命は、修理さえすれば半永久的に使用できるとのことである。但し、整備コストが増えてくるため、ある時点で機体の使用を中止することになる⁶³。

エンジンの交換は ANA が行うが、これは決して珍しいことではない。航空会社は、航空機を常に運航できるよう、エンジンのスペアを保有しており、機体と共に購入している⁶⁴。エンジンは、モジュール構造となっているため、ANA のエンジン整備工場において分解することができる。重大なエンジン故障の場合、スペア・エンジンと交換する必要がある。エンジンの部品は契約の形態によっても異なるが、エンジン部品メーカーか、あるいは、直接エンジンメーカーから購入する⁶⁵。

先に取り上げたように、ANA の整備部門に加えて、同社のグループ内に10の整備専門会社が存在する。第3-5表にまとめられているように、ANA 長崎エンジニアリングでランディングギア、ANA ワークスではスラスト・リバーサー、インレット・カウル、ファン・カウルなどナセルの部品を整備している。すでに述べたとおり、これらの部品はグッドリッチがメーカーとして、そして整備会社（MRO ビジネスの対象）としても得意とする分野である。

ANA は、整備の一部を海外（シンガポールおよび中国）に委託しているが、運航整備や定期整備（機体整備）と共に、航空機の主要パーツまで修理できる能力を有していることが明らかになった。但し、ANA 機体メンテナンスセンターのメインビルディングには、二つの巨大な航空機メーカーに加え、グッドリッチなど主要な部品メーカーがオフィスを構えている。各社の駐在社員は、ANA 整備本部との技術的インターフェイスになっており、航空機の安全運航を継続するために、密接なコミュニケーションがとられているものと推測される。

3-2-4. ルフトハンザテクニクの概要

ANA グループと同様に、ルフトハンザ航空にもグループの関連会社として整備会社が設立さ

れている。ルフトハンザグループには、航空機のメンテナンスを行うルフトハンザテクニークの他に、ルフトハンザ・システムズ、ルフトハンザ・カーゴなどの子会社がある⁶⁶⁾。1994年から95年にかけてルフトハンザグループの組織再編が行われ、ルフトハンザテクニークは、その際に独立会社となった⁶⁷⁾。

ルフトハンザテクニークの本社はハンブルグにあり、2009年の単独売上高が34億ユーロ、グループ連結売上高が39億ユーロとなっており、本社の従業員数は10,560名、グループ全体の顧客数(航空会社)は、690社以上となっている⁶⁸⁾。ルフトハンザテクニーク本社へのインタビュー調査(2008年9月10日)によれば、2008年の顧客数は580社ほどであり、1990年は200社、95年に250社、2000年に300社、そして2005年には430社であったという。独立会社となって以降、徐々に顧客数を増やしていったことが分かる。

ルフトハンザテクニークは、メンテナンスサービス、オーバーホールサービス、エンジンサービス、コンポーネントサービス、VIP サービス、そしてランディングギアサービスの6つの事業部門で構成されている⁶⁹⁾。ハンブルグでのオーバーホール業務、研究開発活動などは1955年から始まっており、ロジスティクス業務を含むハンブルグ拠点の従業員数は6,580名に上る。ハンブルグ以外のドイツ国内拠点としては、フランクフルト、ミュンヘン、そしてベルリンに拠点があり、それぞれ2,850名、450名、420名の従業員が勤務している。ハンブルグの本社では、大型航空機やエンジンのメンテナンス業務が主に行われているが、ルフトハンザテクニークの技術開発、教育訓練における中心的な役割も果たしている⁷⁰⁾。

下記の第3-7表は、ルフトハンザテクニークの完全出資子会社の設立年、売上高、平均従業員数、そして業務内容を示したものである。これらの企業を含めて合計で55社の関連会社が同社のグループに属している⁷¹⁾。この表を見れば明らかなように、特定の業務や顧客ごとに企業が設立されており、グループ内部で分業体制が構築されていることが分かる。例えば、Lufthansa Technik AERO Alzey GmbH は、P&Wの

ターボプロップエンジン、GEのCF34ターボファンエンジンのメンテナンス業務に特化しており、売上高が1億5,700万ユーロに達している。また、Lufthansa Technik Philippines Inc.やLufthansa Technik Switzerlandなどは、フィリピン航空やスイス航空といった特定の顧客向けに業務を展開している。両社を含む表中の5社(Lufthansa Technik Maintenance International GmbH, Lufthansa Technik Airmotive Ireland, BizJet International Sales & Support, Inc.)が、既存企業との合弁、合併等により設立されていることも注目される。第3-5表のANAグループと比較すると、既存企業の合併等を通じて事業領域を広げていき、特定の顧客向けに業務を行う点において、ルフトハンザテクニーク・グループの特徴がある。つまり、ANAグループが主として自社向けにMRO業務を行っているのに対して、ルフトハンザテクニークでは、ルフトハンザ航空以外の顧客にもMROビジネスを展開しているという点で非常に対照的であるといえる。

3-2-5. ルフトハンザテクニークの整備能力と企業間関係

第3-8表は、ルフトハンザテクニーク・グループのケイパビリティ・リストを示している。第3節1項で指摘したように、ケイパビリティ・リストとは、MROにおける企業の対応能力を示したものであり、機種や部品によって対応の可否が分かれてくる。第3-8表では、航空機、エンジン、部品ごとにリストが分かれており、それぞれ対応可能な機種が示されている。この表を見れば明らかなように、ルフトハンザテクニークでは、いずれの分野のオーバーホールにおいても非常に多くの機種に対応していることが分かる。航空機のメンテナンスは、約6週間かかるといわれている⁷²⁾。航空機エンジンについては、第2節の第2-2表で示されている全ての主要エンジンのオーバーホールを行うことが出来る。航空機エンジンのオーバーホールは、全てドイツ国内で行われており、年間に100社程度の航空会社から依頼があり、約4,000名の従業員が対応しているという⁷³⁾。

第3-7表 ルフトハンザテクニク・グループの概要

会社名	設立年	売上高 (百万ユーロ)	平均従業員数 (名)	業務内容
Lufthansa Technik Maintenance International GmbH	2009	98	806	ルフトハンザ以外の航空会社に対するメンテナンスサービスを提供している。ルフトハンザテクニクのメンテナンス部門と Condor Cargo Technik との合併により設立された。
Lufthansa Technik AERO Alzey GmbH	1987	157	431	P&W のターボプロップエンジン, GE の CF34ターボファンエンジンのメンテナンスを主に担当している。
Lufthansa Technik Logistik GmbH	1998	160	721	MRO に関わる物流業務, 倉庫業務, 原材料・部品の輸送業務などを担当している。
Lufthansa Technik Airmotive Ireland	1997	112	469	CFMI のエンジン, P&W のエンジンの補修業務を行っている。
Shannon Aerospace Ltd.	1992	64	828	ヨーロッパの顧客向けに短期間で終了する航空機のオーバーホール業務を担当している。
AirLiance Materials	1998	87	81	ルフトハンザテクニク, ユナイテッド航空, エアカナダ, その他, 航空機部品メーカー向けに認証済み, あるいは新規の補修部品を販売している。
BizJet International Sales & Support, Inc.	2000	38	224	ビジネスジェット, 並びにそのエンジンのメンテナンス業務, 補修業務を担当している。
Hawker Pacific Aerospace, Corp.	1912 (2002)	104	616	ランディングギアのオーバーホール業務をイギリスとアメリカで担当している。
Lufthansa Technik Philippines Inc.	1999	166	2,792	Macro Asia との合併会社として設立され, フィリピン航空とその他の顧客向けに航空機, エンジン, 部品のオーバーホールサービスを提供している。
Lufthansa Technik Switzerland	2008	84	515	スイス航空技術部門のバーゼル空港拠点が前身であり, VIP 向けの航空機を含むスイス航空のリージョナルジェット機, ボーイング737, エアバス A320ファミリーのオーバーホール業務を担当している。

(注1) 従業員数, 売上高ともに2009年のデータを示している。

(注2) Lufthansa Technik Airmotive Ireland, BizJet International Sales & Support, Inc., 並びに Lufthansa Technik Switzerland の設立年は, ルフトハンザテクニク・グループへの参入時期を示している。

(注3) Hawker Pacific Aerospace, Corp.は1912年に設立されたが, ルフトハンザテクニクへの参入が2002年であったことを示している。

(出所) ルフトハンザテクニクのアニュアルレポート (2009), 4ページと5ページに基づき筆者作成。

部品のオーバーホールについても, 航空機と同様に, 大型機からビジネスジェット機に至るまでの多くの機種に対応している。航空機の部品は, 年間に約15,000件のオーバーホール, 修

理依頼があり, 約300種類の航空機部品を取り扱っているという⁷⁴⁾。MRO におけるこうした幅広い対応能力が, 先に触れた自社以外の顧客の獲得につながっていると考えられる。

第3-8表 ルフトハンザテクニークにおけるケイパビリティ・リスト

航空機のメンテナンス・オーバーホール			
会社名	エアバス	ボーイング	その他
対応機種	A300-600, A310, A318, A319, A320, A321, A330, A340, A380	737CL, 737NG, 747, 757, 767, 777, 787, MD-11, MD-80	Avro RJ series, BAe146 Embraer ERJ135/145 Saab2000 Airbus Corporate Jetliner Boeing Business Jet Embraer Legacy British Aerospace Avro RJ series, BAe 146 Bombardier: Challenger Learjet, Global Express
エンジンのメンテナンス・オーバーホール			
会社名	GE	CFMI	P & W
対応機種	CF6-80C2, -80E1 CF34-3, -8, -10	CFM56-2C, -3, -5, -7B	JT9D, JT9D-7A, -7F, -7J, -7Q, -7R JT9D-59A, -70A PW4000-94 PW100 PW150
会社名	Rolls Royce	IAE	Honeywell
対応機種	RB211-535 Trent 500, 700, 900 Spey, Tay 611, TFE731	V2500-A5, -D5	LF507 ALF502
部品のメンテナンス・オーバーホール (ランディングギアを含む)			
会社名	エアバス	ボーイング	その他
対応機種	A300-600, A310, A318, A319, A320, A321, A330, A340, A380	737CL, 737NG, 747, 757, 767, 777, 787, MD-11,	Bombardier CRJ, Q400 British Aerospace Avro RJ series, BAe 146 Embraer ERJ 135/145, E-Jet 170, 175, 190, 195 Saab 2000 MD-80 Raytheon Hawker Gulfstream

(注1) CFMIはGE航空部門とスネクマによる合弁企業、P&Wはブラット・アンド・ホイットニー、IAEはP&W、ロールスロイス、日本のエンジンメーカー、そしてドイツのMTUによる合弁企業をそれぞれ指している。

(注2) Saab 2000については、ランディングギアを除く部品を対象としている。

(注3) MD-80, Raytheon Hawker, Gulfstreamについては、ランディングギアのみを供給している。

(出所) ルフトハンザテクニークのホームページ (http://www.lufthansa-technik.com/applications/portal/lhtportal/lhtportal.portal?_nfpb=true&_pageLabel=Template21&action=initial&requestednode=52) に基づき筆者作成。

第3-9表は、ルフトハンザ航空におけるボーイング製航空機のモデル別機体数と搭載エンジンメーカーを示したものである。ANAグループとの比較を意図したものであるが、同グループと明確に異なる点はいくつかある。第一に、発注年の違いはあるにせよ、航空機のモデルと

エンジンメーカーの対応関係が1対1となっていない。例えば、737型機を見てみると、P&WとCFMIのエンジンが搭載されている。747型機では、GEとP&Wのエンジンが搭載されている。ただし、737型機では、エンジンメーカー別に見た機体数が拮抗していたのに対して、747型機

では GE 製のエンジンがより多くの航空機に搭載されている。

第二に、ただし、先の発注年の違いに注目する必要がある。1970年代までは航空機とエンジン間に明確な対応関係がなかったが、1980年代以降に発注したモデルになると、同一のエンジンメーカーのエンジンが選択されるようになっている。例えば、737型機では CFMI のエンジ

ンが、747型機では GE のエンジンがそれぞれ継続して選択されている。ルフトハンザ航空では、エアバス製の航空機も購入しているため、同様のデータに基づいて比較検討する必要があるが、航空機メーカー、エンジンメーカー、航空会社の三者関係、そして MRO ビジネスの観点からどういった解釈が可能であろうか。次に、こうした観点から考察することにした。

第3-9表 ルフトハンザ航空におけるボーイング製航空機
モデル別機体数と搭載エンジンメーカー

モデル名	発注年	CFMI	GE	P & W	Rolls Royce
707-320B	1961			12	
707-320C	1964			6	
707-420	1956				5
720-000B	1960			8	
機種計				26	5
727-100	1961			16	
727-100C	1965			11	
727-200	1969			26	
機種計				53	
737-100	1965			22	
737-200	1978			38	
737-200C	1967			6	
737-300	1985	43			
737-400	1991	7			
737-500	1988	30			
機種計		80		66	
747-100	1966			3	
747-200B	1977		5		
747-200B	1969			2	
747-200F	1977		5		
747-200F	1969			1	
747-200M	1975		14		
747-400	1986		25		
747-400M	1986		7		
747-8	2006		20		
機種計			76	6	
DC-10-30	1970		11		

- (注1) 本表のデータには、ルフトハンザ・カーゴのデータは含まれていない。
(注2) CFMIとは、CFMインターナショナルというGE航空部門とスネクマによる合弁企業を指している。
(注3) 720-000B型機は、707型機と同型シリーズとして登録されている。
(注4) 747-8型機については、2011年6月7日時点で発注のみであり、未出荷扱いになっている。
(出所) ボーイングのホームページ (<http://active.boeing.com/commercial/orders/index.cfm?content=customerselection.cfm&pageid=m15524>) における顧客別航空機発注、出荷データレポートに基づき、筆者作成。

3-2-6. 航空会社の MRO ビジネスに関する考察

ルフトハンザテクニークは、1994年に独立するまでルフトハンザ航空の整備部門として位置付けられていた。MRO のケイパビリティの獲得プロセス(いつ、何を取得したのか)にも依存するが、内部取引として整備を依頼するのであれば、対応できる範囲内で全てのエンジン、部品のオーバーホールを行うはずである。ルフトハンザ航空の航空機のみを扱うわけであるから、コストをそれほど強く意識することなくエンジンの補修を行うことが出来たと考えられる。つまり、航空機とエンジンの対応関係は1対1とはならず、複数のエンジンメーカーのエンジンに対応することが可能であった。しかし、整備部門の独立性が高まってくると、部署間の取引として効率性を重視するようになる。ルフトハンザ航空からルフトハンザテクニークが独立すると、さらにその傾向は強まったと考えられる。その結果、ANA グループと同じように、ルフトハンザ航空においても同一のエンジンが選択されるようになったのかもしれない。

こうした航空会社におけるメンテナンスの効率性とは別の観点は考えられないだろうか。例えば、法規制や技術的なトラジェクトリーの問題などが挙げられる。ルフトハンザテクニークの前身であるルフトハンザ航空の整備部門では、1960年代から徐々に自社以外の顧客向けにオーバーホール業務、メンテナンス業務を展開し始めていた⁷⁵⁾。ルフトハンザ航空整備部門は、米国の連邦航空局 (FAA) の認可を受けてアメリカン航空向けに航空機とエンジンのメンテナンス業務を始めていたという⁷⁶⁾。この時期から既に社外の顧客向けにメンテナンス業務を提供し始めており、そのために FAA の認可申請を行っていたことになる。法規制の問題を解決しながら、徐々に社外の顧客を獲得していき、整備部門の独立性が高まっていったと考えられる。

また、1970年にはボーイングの747-100型機が初めてハンブルグの拠点に着陸している⁷⁷⁾。当時の新型機として注目を集めた747型機は、エンジン音が静かで排気ガスによる大気汚染も少なく、経済性に優れたモデルであり、一つの

技術的な転換点となったといわれている⁷⁸⁾。山崎(2011)によれば、この航空機の機体開発と同時に、高推力のジェットエンジンが P&W や GE、ロールスロイスによって開発されたという⁷⁹⁾。1960年代までの民間航空機向けのジェットエンジン市場では、P&W が独占的な立場を築いていたが、747型機の開発から軍用に特化していた GE とロールスロイスが民間向けのジェットエンジン開発に参入し始めたのである⁸⁰⁾。新しい航空機モデルの創出と共に、航空機エンジンの市場構造という観点から見ても、747型機の開発は大きな転換点であったことが分かる。つまり、1970年代以降、P&W の市場における地位が徐々に変化し始め、GE やロールスロイスを含めた三大メーカー体制が構築されていった。航空機やジェットエンジンの大型化が進んでいくにつれて、航空会社によるオーバーホールやメンテナンスの経済的な負担は大きくなるものと推測される。さらに、新しい航空機モデルによる輸送需要の増大が、更なるオーバーホール、メンテナンスの必要性を生み出していることは容易に想像できる。

このように、航空会社、航空機メーカー、エンジンメーカーという三者関係について考察してみると、航空会社におけるメンテナンスの効率性といった観点の他に、法規制の変更に基づく MRO ビジネスの拡大、そして、747型機に代表されるような技術的な経路依存性といった複数の観点を指摘することができる。ANA グループと比較した場合、ルフトハンザテクニークは、自社以外の顧客に対して幅広く MRO ビジネスを提供している点、更にはその独立性に大きな特徴がある⁸¹⁾。そうした取組みは1960年代から既に行われており、1970年代以降、ジェットエンジンを利用した航空機整備のニーズに対応するという技術的な転換点を経て、MRO ビジネスが確立されてきたといえる。

〔注〕

- 1) 渡辺(2007)によれば、航空機の安全で快適な状態に維持する整備、改造などを総称して一般的に MRO と呼んでいる。また、渡辺(2007)による

- と、MRO マーケットにおいては誰もがビジネスに参入することが可能であり、航空機、エンジン、その他装備品・部品が、元々どこの国で製造され承認されたに係わらず、必要な米国の連邦航空宇宙局 (FAA = Federal Aviation Administration) の承認を取得することによりビジネスの対象とすることができ、世界市場でビジネスが展開できる、という。
- 2) 同表の作成にあたっては、2011年5月29日にエイビエーションウィーク (Aviation Week) のホームページ (<http://www.aviationweek.com/aw/>) にアクセスし、キーワードに「MRO Business」を入れて検索した結果、213社がヒットした。それらの企業のホームページを閲覧し、MRO の事業内容について比較的詳しく紹介している企業を北米、欧州、アジアの各地域から選出した。ただし、OEM 大手であるハネウェル・エアロスペースとグッドリッチ、航空会社系のフルトハンザテクニーク・グループは、その213社には入っていないので、筆者が表に追加した。
 - 3) ルフトハンザテクニークのホームページ (http://www.lufthansa-technik.com/applications/portal/lhtportal/lhtportal.portal?requestednode=38&pageLabel=Template12&nfpb=true&webcacheURL=TV_I/Media-Relations-new/Media-Archive/Annual-Reports/Annual_Report_2010_US.xml) を参照した。
 - 4) グッドリッチ (Goodrich Aerospace Europe) へのインタビュー調査および工場見学は、2009年11月2日 (14:00~17:00) にグラモン (Gramont) 事業所、翌日の11月3日 (10:00~12:00) にセント・マルタン (St. Martin) 事業所へ訪問して行われた。訪問者は洞口、行本、神原の3名であった。両事業所ともトゥールーズ・ブラニャック空港に隣接している。
 - 5) 2009年11月3日に訪問したセント・マルタン事業所のプレゼンテーション資料およびグッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 30ページに基づく。アニュアルレポートはグッドリッチのホームページ (<http://ir.goodrich.com/phoenix.zhtml?c=60759&p=irol-reports>) からダウンロードした。
 - 6) グッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 21ページによると、Original Equipment (OE) とは、エアバスやボーイングによって新規で生産される航空機に加えて、それらより小規模の航空機メーカーによって生産されるリージョナルジェット機やビジネスジェット機など小型航空機に対する製品やサービスの販売である。航空機業界では、一般的に OEM (Original Equipment Manufacturing) と呼ばれており、本研究ノートにおいても OEM を使用する。
 - 7) グッドリッチのグラモン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月2日) での訪問記録および同社2009 Annual Report (Form 10-K), 23ページを参照した。
 - 8) グッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 23ページに基づく。
 - 9) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
 - 10) グッドリッチのグラモン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月2日) での訪問記録に基づく。
 - 11) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
 - 12) 同上。
 - 13) 同上。2009年8月18日付『日経産業新聞』, 13ページに、「全日空 航空機を自前で修理一専用装置導入し期間短縮一」という見出しの記事がある。同紙によれば、全日本空輸は、専用の大型装置「オートクレーブ」を導入して、航空機の先端部分とエンジン内にある空気の流れを制御する部品を自社で修理することを発表した。これらの装置や部品は、鳥やゴミの衝突、落雷などにより補修が必要になることが多く、海外メーカーに補修を依頼すると2ヶ月程度かかっていたが、内部で修理することによって完了までの時間を短縮するのが狙いであるという。
 - 14) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
 - 15) 同上。
 - 16) 同上。例えば、スカンジナビアン・アビオニクス・グループ (Scandinavian Avionics Group) は、同社のホームページ上 (<http://www.scanav.com/news-downloads/sa-downloads/capability-list/>) に詳細な MRO ケイパビリティ・リストが公開されているので、参照されたい。
 - 17) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。Part 145については、それぞれ、連邦航空宇宙局 (FAA) のホームページ (<http://www.faa.gov/aircraft/repair/become/>) および欧州航空安全庁 (EASA) のホームページ (http://www.easa.europa.eu/rulemaking/docs/technical-publications/EASA_Part-145.pdf) を参照した。
 - 18) Part 145の認可を受けているすべての MRO 施設は CMM (Component Maintenance Manual) という公式な書類に従い作業しなければならない。
 - 19) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録

- に基づく。詳細は、欧州航空安全庁 (EASA) 発行の「Maintenance Organization Approvals Part 145」を参照されたい。これは EASA のホームページ (http://www.easa.europa.eu/rulemaking/docs/technical-publications/EASA_Part-145.pdf#search='Requirements for EASA Part 145') でダウンロード可能である。
- 20) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 21) GSAC とは、Groupement pour la Sécurité de l'Aviation Civile の略称であり、英語では、Association for Safety in Civil Aviation と訳される。
- 22) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 23) 同上。グッドリッチがホームページ (<http://www.goodrich.com/gr-ext-templating/images/Goodrich%20Content/Enterprise%20Content/About%20Goodrich/At%20a%20Glance/Company%20Profile/Capabilities.pdf#search='goodrich aerospace and defense capabilities'>) 上で公開している Aerospace and Defense Capability, 12~13ページによれば、ボーイングとエアバスの大部分の航空機のナセル・システムに対するメンテナンスのケイパビリティを有している。エンジンへのケイパビリティについては、同リストの42~47ページを参照されたい。
- 24) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。MRO サービスを提供するスイスの SR テクニクス (SR Technics) のホームページ (<http://www.srtechnics.com/cms/index.asp?TopicID=214>) に掲載されている用語集によれば、AOG (Aircraft on Ground) とは、技術的理由によって航空機が地上に駐機され、運航できないことを意味する。そこで、航空機を修理してできるだけ短時間に運航再開させるために、部品や構成材、技術支援に対する緊急要請が発せられるという。
- 25) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 26) 同上。
- 27) 同上。
- 28) 同上。グッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 2ページによると、ナセルとは、航空機のエンジンを取り囲む構造体である。ナセルは、スラスト・リバーサー (逆推力装置でエンジンの周囲に取り付けられる部品)、インレット・カウル (エンジンの先端に取り付けられる輪状の部品)、ファン・カウル (エンジン前方、回転部分のカバー状の部品)、噴出口、排気システムなどの部品から構成される。グッドリッチのエアロストラクチャー部門は、ナセルのインテグレーターという数少ない事業体の一つである。そのことは、グッドリッチは、ナセルのすべての部品を設計・生産し、ナセルをエンジン・システムに適合させ、エンジンとナセルの航空機への設置を調整する能力を保有していることを意味する。
- 29) グッドリッチによる QEC (Quick Engine Change) の説明は本文の通りであるが、米国の連邦航空宇宙局 (FAA) のホームページ (<http://www.faa-aircraft-certification.com/quick-engine-change-qec.html>) によると、エンジンメーカーによる QEC の定義が紹介されている。例えば、GEによれば、Full QEC Engine とは、設置準備完了となったエンジンのことであり、これはエンジンの基本ハードウェアや買い手が供給した備品、そして QEC ハードウェアを含んでいる。また、エンジンのモデルによっては、噴出口 (exhaust nozzle) やインレット・カウルも含まれる。一方、ロールスロイスによれば、QEC は、基本のエンジンに電気系統 (electrical system) と燃料、オイル系統と空気冷却装置 (fuel, oil and air system) を加えたものである、と説明している。
- 30) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 31) 同上。
- 32) 同上。
- 33) 同上。
- 34) 同上。
- 35) 同上。エアバスのホームページ (http://www.airbus.com/fileadmin/media_gallery/files/brochures_publications/FAST_magazine/Airbus_FAST_magazine_4_4_p2_p7.pdf#search='Maintenance Planing Escalation Package A320') において、「A320 Family Maintenance Planning Escalation Package」が公開されており、MPD についても触れられている。
- 36) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 37) 同上。2011年1月18日に羽田空港内のANAメンテナンスセンターの見学時に配布されたパンフレットによれば、C チェックは飛行時間3,000~4,000時間毎に行われ、約1週間飛行停止して本格的な整備が行われると記述されている。飛行時間は機種によって幅をもたせている。同様に日本航空のホームページ (<http://www.jal.co.jp/jiten/dict/p348.html#04-04>) によれば、C チェックによる運航中止は5~10日であると述べられている。同ホームペ

- ージでは、Dチェックは、機体を3～4週間ドックに入れて最も高度な整備を行う。これらの記述により、グッドリッチのいうCチェックはDチェックのことでありと考えられる。
- 38) グッドリッチの2009 Annual Report (Form 10-K), 24ページによれば、2008年度と2009年度の営業利益率はそれぞれ15.6%, 13.8%であった。
- 39) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 40) 同上。例えば、ロールスロイスのホームページ (http://www.rolls-royce.com/civil/services/helicopter_services/fha.jsp) によれば、同社の M250型エンジンについて、フライト時間あたりのメンテナンス費用が固定である FHA (Flight Hour Agreement) プログラムが提示されている。
- 41) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 42) 同上。2004年12月22日付『日経産業新聞』, 23ページに、「ボーイングに一括委託—ANA, 在庫圧縮進める—」という見出しで、全日本空輸は、2005年度から航空機の整備部品について、米ボーイングに在庫管理や物流を一括委託すると発表されている。このボーイングが開発した部品の総合管理サービスを利用することによって、各空港で保管されている部品をボーイングが保有、物流や需要予測もボーイング側が受け持つ。まず、ボルト、ナットなどの部品を対象にするが、対象部品を徐々に拡大して10年間で23億円の経費削減を見込むという。このように日本の航空会社でも、グッドリッチのいうアセット・プールやスペア・プールへのアクセスという概念が導入されたのである。
- 43) グッドリッチのセント・マルタン事業所へのインタビュー調査 (2009年11月3日) での訪問記録に基づく。
- 44) 同上。
- 45) 同上。
- 46) グッドリッチがホームページ (<http://www.goodrich.com/gr-ext-templating/images/Goodrich%20Content/Enterprise%20Content/About%20Goodrich/At%20a%20Glance/Company%20Profile/Capabilities.pdf#search=goodrich aerospace and defense capabilities>) 上で公開している Aerospace and Defense Capability, 12～13ページを参照した。
- 47) ANA 機体メンテナンスセンターの見学は、一般に公開されており、2011年1月18日 (13:00～14:30) に実施された。さらに同日 (14:30～15:30)、同社メンテナンスセンターのロビーにおいて、40年間の整備現場での経験を有するベテラン社員に対してインタビューを実施した。訪問者は、洞口、行本、神原の3名であった。
- 48) ANA のホームページ, <http://ana-career.com/tech/company/organization.html> および http://ana-career.com/tech/company/e_team_ana.html を参照した。
- 49) この段落の記述の内容については、ANA ホームページで公開されている「特集：世界一の安全品質を守る！ ANA 整備本部」を参照し (http://www.ana.co.jp/ir/kabu_info/ana_vision/pdf/57/07.pdf)、同社ホームページの情報に基づいて一部修正した。
- 50) ANA グループ会社には、ANA の他に、エアニッポン、エアージャパン、エアーネクスト、エアーニッポンネットワーク、エアセントラル、ANA & JP エクスプレスが含まれ、合計6社で構成されている。ANA グループ安全報告書 (2009年度, 別冊32ページ) によると、ANA グループにおける整備の業務の管理は、機種毎に主担当航空会社が定められており、ANA が B747-400, B777, B767, A320の整備の主担当となり、カナダのボンバルディア製の DHC8 型機については、エアーニッポンネットワークが主担当となっている。同報告書は ANA のホームページ (<http://www.ana.co.jp/ana-info/ana/lounge/safety/100702.pdf#search=ANAグループ2009年度安全報告書>) からダウンロードした。
- 51) 北海道国際航空が発行した2009年度安全報告書 (2-4 整備に関する業務の管理の委託状況, 7ページ) によれば、同社が運航する B737型機の整備業務については、ANA に管理の委託を行っている。同報告書は、北海道国際航空のホームページ (http://www.airdo.jp/company/safety/pdf/safe_rp09_all.pdf#search=北海道国際航空2009年安全報告書) からダウンロードした。
- 52) ANA グループ安全報告書 (2009年度, 別冊34ページ) を参照した。海外の委託先である4社は、シンガポールの ST Aviation Service, 中国福建省の TAIKO Aircraft Engineering, 中国山東省の TAIKO (SHANDONG) Aircraft Engineering, 中国上海市の Shanghai Technologies Aerospace である。
- 53) ANA 機体メンテナンスセンターへのインタビュー調査 (2011年1月18日) での訪問記録に基づく。東京都環境局のホームページ (http://www7.kankyo.metro.tokyo.jp/building/detail/070031_81_c.html) によれば、ANA の所有する新東京第2格納庫の完成自体は、2009年5月18日となっている。
- 54) ANA 機体メンテナンスセンターへのインタビュー調査 (2011年1月18日) での訪問記録に基づく。2009年12月9日付『日本経済新聞』朝刊, 15ペー

- ジに、「整備部門を一体運用」という見出しで、ANAは本社の整備部門と9つある航空子会社を一体的に運用できる認定を国土交通省から取得し、所属の枠組みにとらわれない整備士の移動が可能になる見込みであることが記載されている。
- 55) ANA機体メンテナンスセンターへのインタビュー調査(2011年1月18日)での訪問記録に基づく。
- 56) 詳しくは、ハミルトン・サンドストランドのホームページ(<http://www.hamiltonsundstrand.com/Aerospace/Electric+Systems>)を参照されたい。
- 57) 詳しくは、ロックウェル・コリンズのホームページ(http://www.rockwellcollins.com/Products_and_Systems/Radar_and_Surveillance/Weather_Radar.aspx)を参照されたい。
- 58) ANA機体メンテナンスセンターへのインタビュー調査(2011年1月18日)での訪問記録に基づく。2006年2月9日付け『日経産業新聞』、21ページには、「全日空 エンジン保守点検拠点」という見出しで、ANAが次期中型機のボーイング787型機用にロールスロイス製の「トレント1000」を採用したことを報道している。
- 59) ANA機体メンテナンスセンターへのインタビュー調査(2011年1月18日)での訪問記録に基づく。
- 60) 同上。
- 61) 同上。
- 62) 同上。
- 63) 同上。
- 64) 同上。
- 65) 同上。2006年2月9日付『日経産業新聞』、21ページに、「全日空 エンジン保守点検拠点」という見出しで、エンジンの部品は非常に高価、1基のエンジンの整備で1億円以上の費用がかかることが指摘されている。現場では安全を前提に少しでも長く飛べるエンジンの品質を見極める作業が続いているという。
- 66) ルフトハンザグループのホームページ(<http://investor-relations.lufthansa.com/en/fakten-zum-unternehmen/konzernstruktur.html>)の組織図を参照されたい。
- 67) ルフトハンザテクニークへのインタビュー調査に基づく。同調査は、2008年9月10日に同社の本社(ハンブルグ)で行われ、洞口、行本の2名が訪問した。
- 68) ルフトハンザテクニークのアンニュアルレポート(2009)の4ページに基づく。同レポートについては、ルフトハンザテクニークのホームページ(<http://www.lufthansa-technik.com/applications/portal/lhtportal/index2.jsp?action=initial/requestednode=home>)からダウンロードした。
- 69) ルフトハンザテクニークのアンニュアルレポート(2009)の7ページに基づく。
- 70) ルフトハンザテクニークのアンニュアルレポート(2009)の4ページに基づく。例えば、同上のインタビュー調査によると、ハンブルグ拠点では、約800種類の職能があり、OJTによる技能形成が図られている。ハンブルグ拠点のメンテナンス工の時給は、70ユーロ以上となっており、対照的にアメリカのオクラホマ周辺のメンテナンス工の時給は40ドルであるという。
- 71) 同上、アンニュアルレポート(2009)の4ページに基づく。
- 72) ルフトハンザテクニーク本社へのインタビュー調査(2008年9月10日)での訪問記録に基づく。
- 73) 同上。
- 74) 同上。
- 75) ルフトハンザテクニークのホームページ(http://www.lufthansa-technik.com/applications/portal/lhtportal/lhtportal.portal?_nfpb=true&_pageLabel=Template5_6&requestednode=26&node=26&action=initial), 歴史の部分参照した。
- 76) 同上。
- 77) 同上。
- 78) 山崎(2011)を参照されたい。747型機がそれまでのプロペラ機による中小型機に代わり、大型機・超大型機という新しい市場を創出した点が指摘されている。
- 79) 山崎(2011), 91ページを参照されたい。
- 80) 山崎(2010), 65ページでは、GEやロールスロイスが民間航空機向けジェットエンジン市場に参入した理由として、P&Wのエンジン開発費の負担が大きくなったことが一因であったと指摘されている。
- 81) ルフトハンザテクニークのアンニュアルレポート(2009)の10ページによれば、ルフトハンザ以外の顧客が売上高に占める比率は、2008年が59.6%、2009年が58%であったという。2009年の売上高を地域別にみると、CISを含むヨーロッパ諸国が69.6%、アジアが11.7%、中東アフリカが9.6%、アメリカが9.1%となっている。