航空機産業分野における技術調査

須藤　貴裕*　相田　収平*　石川　淳*

Report of Technology Trends for Aircraft Industries

SUTOH Takahiro*, AIDA Shuhei * and ISHIKAWA Atsushi*

1. 緒　　言

日本国内の航空機産業の生産額は，2014 年年度では過去最高の約 1 兆 6 千億円 [1] になる見込みである。これは前年度比 2,300 億円(16.8%)増であり，新興国の経済成長に伴い，航空機需要が伸長することを考慮すると，今後も順調な伸びが期待できる。このような成長産業へ県内企業の進出を促す目的で，県は，平成 24 年度より航空機産業参入推進事業に取り組み，研究会や共同研究を通して県内企業に対する情報提供や研究開発の支援を実施している。本報では，同事業の中で航空機産業の技術動向を調査する目的で，ベルリン国際航空宇宙展(Internationale Luft und Raumfaht Ausstellung : ILA2014)において情報収集を行った調査結果について報告する。

2.　ベルリン国際航空宇宙展における技術調査

2.1　ベルリン国際航空宇宙展の概要

ベルリン国際航空宇宙展(ILA2014)はベルリン市街中心部から南南東に約 20km 離れた，現在建設中の Berlin Brandenburg Airport で開催され，仏国で開催のパリ・エアショーおよび英国で開催のファンボロー・エアショーに次ぐ世界的エアショーで，105 年の歴史がある。今回は 2014 年 5 月 20～25 日（20 日～22 日：トレードデー，23 日～25 日：パブリックデー）に開催された。今回の出展数は 40 か国から 1,204 社・団体であり，105 年の歴史の中で 2 番目に多かった。出展者の内訳は 678 社・団体が独国内から，526 社・団体がその他諸国からであった。来場者はトレードビジターが約 122,500 人で，うち 81%が独国内から，残り 19%のうちの約 69%は EU 圏内からであった。また，一般来場者は約 104,500 人で，トレードビジターと合計すると約 227,000 人であった [2] 。図 1 に会場の様子 [2] を示す。

図 1 ベルリン国際航空宇宙展の様子 [2]

2.2　航空機関連の技術動向

航空機産業は最新の材料や高度な加工技術をいち早く適用し，摺り合わせる高付加価値産業であり，これら技術動向を把握することは，航空機産業参入を考えるうえで，重要な因子のひとつとなる。ここでは，特に関心を集めた技術について報告する。

* 研究開発センター

2.2.1 Additive Manufacturing 技術

金属製航空機部品は，ブロック材から削り出しで製作されることが一般的であるが，近年の技術開発により Selective Laser Melting（以下，SLM）をはじめとした Additive Manufacturing 技術が注目を集めている。図 2 に SLM で製作されたブラケットの展示品を示す。ここでは，比較のために，切削加工で製作されたブラケットも展示されていた。写真から明らかなように，SLM で製作されたブラケットと切削加工で製作されたものでは形状が異なっている。SLM は複雑形状の創製が容易であることから，必要な強度が得られれば，形状設計の自由度が高く，極限まで軽量化することが可能である。ところで，SLM のような Additive Manufacturing 技術で製作された部品については，材料強度がどの程度になるか興味深いところである。SLM などの Additive Manufacturing 技術については，独国の Fraunhofer 研究所で盛んに研究が実施されており，材料強度についても研究事例 [3] が報告されている。報告によれば，Inconel718 材の例では，適切な熱処理を行うと，通常の溶体化後時効処理材と遜色ない強度を示すことが報告されている。次に，実用化されている SLM で製作された部品 [4] を図 3 に示す。図に示したのは，Airbus A320 neo に搭載されるエンジンの検査時にボアスコープを取り付けるための部品 [4] で，すでに実用化されているようである。この部品は，航行中には使用されない部品

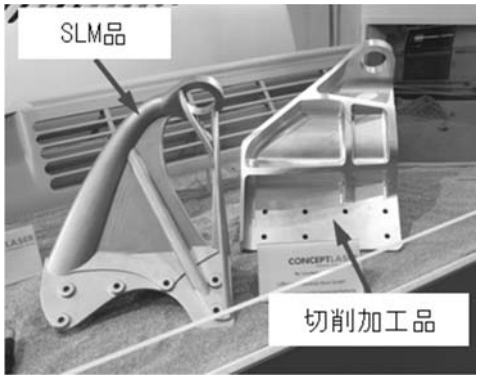

図 2 SLM で製作されたブラケットモデル

図 3 SLM で製作された実用部品 [4]

であるが，今後，SLM で製作される部品の実用化がさらに進み，航行中に使用される部品にも適用されると考えられる。

次に，Laser Metal Deposition（以下，LMD）について紹介する。LMD は，SLM と同じく Additive Manufacturing 技術であるが，SLM は金属粉体を敷き詰め，必要な部分をレーザで溶解して形状を創製するのに対し，LMD は粉体をレーザで溶解しながら吹き付けるレーザ粉体肉盛技術である。図 4 に LMD で製作されたブリスク（Inconel718 製）の写真を示す。ブリスクは鍛造されたディスク外周部に翼形状を削り出して製作されるのが一般的であるが，図に示したブリスクはディスク外周部に LMD で翼形状を成形している。翼の高さは約 30mm で，翼 1 枚の成形時間は 7 分程度である。この技術は，図に示したような成形のほか，アブレーションなどにより減肉した翼面の補修にも用いられる。成形や補修された部位は切削加工などにより仕上げ加工を必要とするが，最近では，

図 4 LMD で製作されたブリスク

LMD と切削加工を複合化した加工機も開発されている。図 5 に LMD と 5 軸マシニングセンタを複合化した事例 [5] を示す。図に示した事例のほかにも，Additive Manufacturing 技術と複合化された切削加工機の開発が盛んに進められている。今後，こうした複合加工機の開発がますます進むことにより，Additive Manufacturing 技術を適用した部品の採用が増加すると考えられる。

図 5 LMD と複合化された 5 軸 MC[5]

2.2.2 Friction Stir Welding(FSW)

次に Friction Stir Welding（以下，FSW）を紹介する。FSW は 1991 年に英国の The Welding Institute（TWI）で考案された技術で，船舶や橋梁および鉄道などでは数多く採用された実績のある技術である。しかし，航空機製造においては，米国の Eclipse Aviation で生産されていたビジネスジェット機 Eclipse500 の胴体や翼などに適用された事例があるものの，適用例が少ない技術である。これは，複雑形状部の接合が困難であることなどのデメリットによると考えられるが，一方で，従来の溶融溶接技術と比較すると，継手強度が高いうえ，接合歪が小さく，欠陥が出にくいなどのメリットがあることから，航空機製造への適用に向けて，現在も研究開発が進められている。また，2015 年に TWI の基本工業所有権が切れることから，さらに適用が進む可能性は高い。図 6 に，Fraunhofer 研究所のブースに展示されていた接合事例を示す。これは，機体客室の窓フランジを FSW によって接合したものである。現状では，胴体パネルと窓枠の結合はファスナ（リベットなど）で行われるのが一般的であるが，ファスナを用いるためには構造部材に穴をあける必要がある。構造部材の穴周りには応力集中が生じるため，穴周りの板厚を増加して補強する必要があり，結果として重量増となる。また，ファスナを用いた場合の結合速度は Automatic Riveter により自動化されている場合でも最大 150mm/min 程度であるのに対し，FSW の接合速度は 200~1,000mm/min であり， FSW の適用によっ

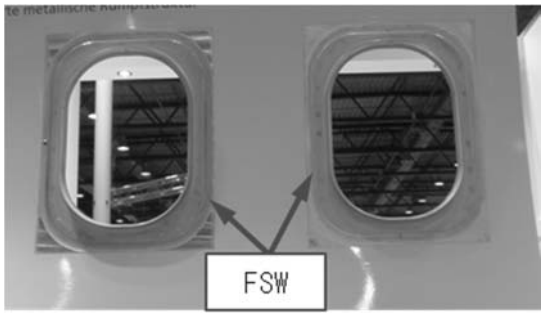

図 6 FSW による接合事例

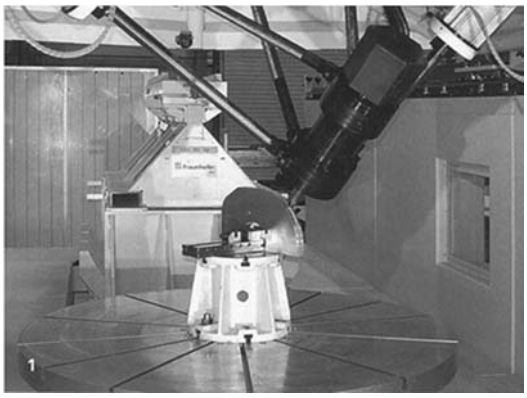

図 7 パラレルリンク機構を用いた FSW 装置

て大幅な生産性向上が見込まれる[6)]。図 7 には独国の Fraunhofer 研究所で研究が進められているパラレルリンク機構を用いた FSW 装置を示す。こうした機構を用いることで FSW のデメリットを克服するための研究が行われている。その他にも，近年，航空機構造部品で採用されている Al-Li 合金などの高強度アルミニウム合金の FSW 技術の開発が進められており，今後の動向が注目される技術である。

3. 結　　言

（1） 加工技術として Additive Manufacturing 技術が注目を浴びており，すでに実用化された部品も存在することや，Additive Manufacturing 技術と切削加工を複合化した加工機の開発も進んでいることから，今後，さらに部品への適用が進むと考えられ，その動向を注目すべき技術である。

（2） 接合技術として， FSW について着目して報告した。FSW は航空機製造においては，適用例が少ないものの，ファスナを用いた結合と比較し，軽量化や生産性向上において圧倒的なメリットを有すること，また，TWI の基本工業所有権が 2015 年に切れることなどから，今後の技術開発動向を注目する必要がある。

参考文献

1）（一社）日本航空宇宙工業会，工業会活動，735，2015.

2）http://www.ila-berlin.de/lia2014/home/index.cfm
2015 年 3 月 9 日閲覧

3）http://www.transport-rsearch.info/Upload/Documents/201208/20120829_145143_94217_4C2.pdf
2015 年 3 月 9 日閲覧

4）J.Bamberg, K.H.Dusel, W.Satzger, “*Overview of Additive Manufacturing Activities at MTU Aero Engines*”, 2014.

5）DMG 森精機（株）ホームページより
2015 年 3 月 9 日閲覧

6）http://www.nedo.go.jp/content/100096404.pdf
2015 年 3 月 10 日閲覧

Ⅳ　資　　料

「図」および「表」の再掲（抜粋）

Ⅲ 調査・報告

8. 航空機産業分野における技術調査

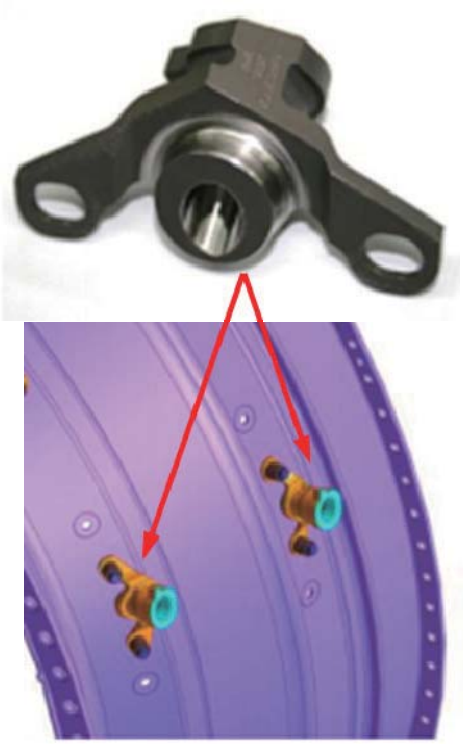

図3 SLMで製作された実用部品[4)]
（89ページ）

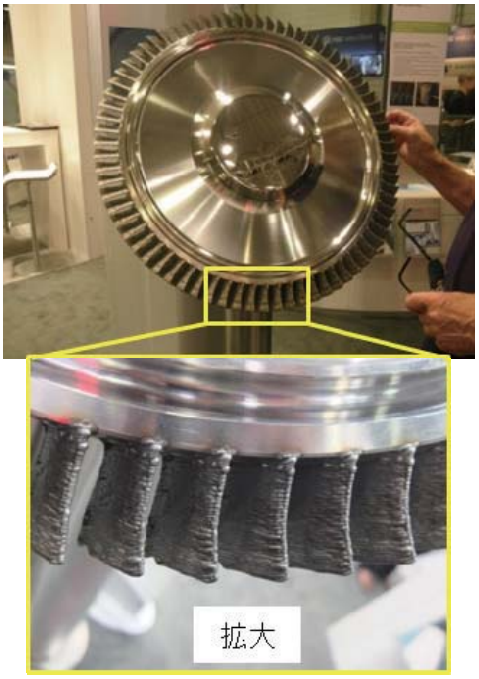

図4 LMDで製作されたブリスク
（90ページ）

図5 LMDと複合化された5軸MC[5)]
（90ページ）

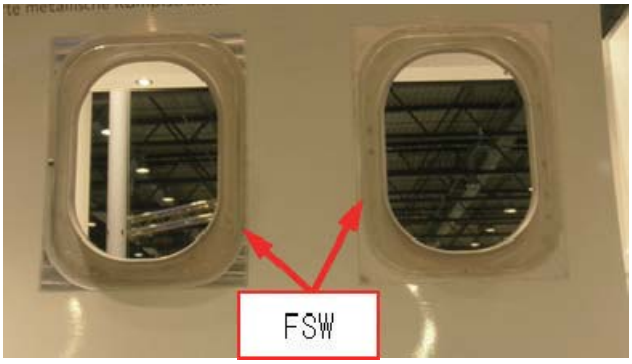

図6 FSWによる接合事例
（90ページ）