

# 日立製作所における鉄道車両へのFSW（摩擦攪拌接合）適用と知財戦略

株式会社日立製作所 知的財産権本部 IP 開発本部特許第一部 水村 武司

株式会社日立製作所

社会・産業インフラシステム社交通システム事業部笠戸交通システム本部 江角 昌邦

## 抄録

日立製作所は、抑制・牽制効果、クロスライセンス、更に特許料収入増をめざすだけでなく、製品のライフサイクルと事業の性質に合わせて知財による最大限の貢献ができるよう、戦略的活用を積極的に推進しています。戦略的活用の一例として、鉄道車両の分野で、摩擦攪拌接合 (FSW) 技術につき国内外特許網を構築し、この技術を独占実施している事例を紹介します。この事例はFSWを英国溶接研究所(TWI)から技術導入し、世界で初めてこのFSWを鉄道車両に適用し、鉄道車両特有な発明を創生して、鉄道車両へのFSWの適用を囲い込む特許ポートフォリオをグローバルに構築し、この技術を鉄道車両の分野では独占実施しているものです。

## 1. はじめに

### 1.1 知的財産権の戦略的活用

知的財産権の活用は、製品ライフサイクルにおけるフェーズと事業セグメントに応じて多様な形態が考えられます。当社では主な活用形態を次の4つに分類しています。

- ・抑制・牽制効果
- ・クロスライセンス
- ・特許料収入（ロイヤリティ収入）
- ・戦略的活用

抑制・牽制効果とは、特許ポジションの均衡を保つことにより得られる事実上のクロスライセンス効果を意味します。

クロスライセンスとは、競合会社、異業種会社、部品メーカー、顧客などとの間で結ぶ現実のクロスライセンス契約を意味し、これにより事業の自由度を確保します。特許料収入とは、第三者に実施権を許諾することで特許料収入を得て、事業収益に貢献することを意味します。

戦略的活用とは、独占実施（戦略的パートナーへの限定ライセンスを含む）、技術のブランド化、標準化、受注貢献などを意味します。

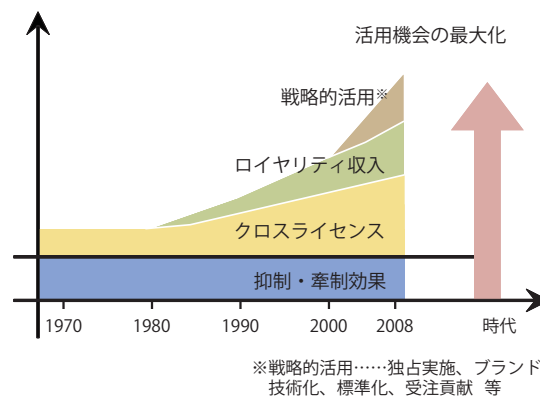


図1 活用形態の多角化

図1は、当社の活用形態の変遷を概念的に示したものです。1970年代の当社の活用形態は抑制・牽制効果とクロスライセンスとの組み合わせが中心でした。1980年代に入ると、特許料収入が増加し、1985年、当社は技術料収支の黒字化を実現しました。

近年では、海外にも積極的に特許を活用しています。2000年度においては、海外からの特許料収入<sup>(注)</sup>が占める割合は全体の収入の35%でしたが、2008年度においては69%にまで増加しています。

(注：特許料収入には、当社および一部グループ会社の特許料収入が含まれます。)

更に、単に特許料収入増をめざすだけでなく、製品のライフサイクルと事業の性質に合わせて知的財産権による最大限の貢献ができるよう、戦略的活用を積極的に推進しています。

## 1.2 パテントクリアランス活動

当社は、知的財産権に関する基本的な考え方として、「知的財産権の尊重」を掲げ、「他社の知的財産権を尊重」とともに、他社に対して「自社の知的財産権の尊重」を求めています。当社では、他社の知的財産権を尊重するとともに特許紛争を未然に防止するため、パテントクリアランス（他社特許対策）活動に注力してきました。

例えば当社では、他社の知的財産権を尊重するために、他社の有する特許の事前調査を行うことを社内の規則に明記し、他社の特許を侵害しない製品づくりに努めています。また、他社の知的財産権を使用する場合は、当該他社と交渉し、ライセンスを取得しています。当社は、パテントクリアランス活動によって知財リスクを低減し、知財問題のない製品の提供に努めるとともに、紛争処理コストの発生を予防します。

## 2. 事例紹介：鉄道車両へのFSW適用

戦略的活用の一例として、鉄道車両の分野で、摩擦攪拌接合（Friction Stir Welding：以下FSWと称す）技術につき国内外特許網を構築し、この技術を独占実施し事業貢献している事例を紹介します。

### 2.1 鉄道車両の特質

鉄道車両は、制約の無い海面を航行する船舶や、大空を飛行する航空機とは異なり、地上に設置された2本の線路の上を左右の車輪を1本の車軸で結合した輪軸で走行する輸送機関です。従って、左右レールの間隔（軌間と呼ぶ）は、その全区間にわたって許容公差の範囲内で一定でなければならず、車両の断面形状も、途中にある数多くのトンネル、鉄橋、駅、ホーム等の地上構築物と干渉しないように定められた路線に応じた限度（車両限界と呼ぶ）内内であればならないという特質を有します。

鉄道は、19世紀初頭、蒸気機関を用いた鉄道が開発

されて以来輸送力を増大してきましたが、上記車両限界の制約により、車体を2本の輪軸で支持する2軸車から、2本の輪軸をセットとして結合し車体に対して舵取り回転可能とした2台の台車で支持するボギー車へと進歩するなど、最初は車両の全長を長くすることから始まりました。しかしながら、車両の全長は、曲線を通過するためにはある限度内に収める必要があるため、次に車両同士を連結して列車を編成し、編成両数を増加することによって輸送量を増加してきました。更に時間あたりの列車密度を上げる、速度を上げる、加速度・減速度を上げる、果ては線路の数を複線、複々線と増やすという形で主に都市内、都市間の膨大な輸送ニーズに対応してきた空間効率の非常に高い輸送機関です。

長い車両発展の歴史の結果、日本国内で用いられている車両のサイズは幅・高さ最大3m程度、長さ15m～25m程度に集約してきています。

一般的な電車の場合、車体はレール方向に長い長方形の箱、あるいはかまぼこ形であり、床下には車体を支持する2台の台車、電気品、制御装置などを取り付け、屋根上には集電装置、空調装置などを搭載するものが多くあります。鉄道車両の車体金属構造部分、自動車などと言うホワイトボディーを鉄道車両では構体と言います。

### 2.2 車両構体の歴史と変遷

#### 2.2.1 木製から鋼製構体へ

鉄道車両の構体は船の船体、自動車のボディーなどと同じく最初は木骨、木張りの木造構体からスタートしました。その後輸送量の増加に伴う連結数量の増加は連結器荷重の増加を招き、車両寸法、特に全長の増加は構体の梁としての強度増加を要求されるようになりました。このため、まず構体の床部分（台枠という）を強度の高い鋼製とし、その上に木製の構体を載せるようになりました。

しかしながら、鋼製台枠に木製構体を載せた構造の車両は脱線や衝突の際に木製構体部分が飛散して原型を留めず、車内の乗客に大きな被害を及ぼすことから、上屋部分も鋼製とした鋼製構体に置き換えられました。最初は鋼製台枠上に載っていた木製部分をそのまま鋼製に置き換えた骨で強度を負担して、それに皮を貼るものでしたが、次第に構体全体の皮でも応力を負担するモノコック構体（日本語で応力外皮構造）へと進化していきまし

た。モノコック構体は構体全体の骨と皮でバランスよく強度を受持ち、骨や外板の板厚を薄くすることが出来るため、構体は従来構造に比較して大幅に軽量化されました。しかしながら薄くなった鋼板は経年による発錆により、絶え間ない塗装修繕、再塗装、必要に応じて錆穴補修などに追われることとなりました。

### 2.2.2 ステンレス構体

構体の錆対策として、まず一番板厚が薄く錆で穴のあきやすい外板をSUS304 ステンレスとしたセミステンレス車が登場し、その後骨もSUS304 ステンレスとしたオールステンレス車両が登場しました。その後、SUS304 よりも強度が高いSUS301 ステンレスを用い各部板厚を減らした軽量ステンレス車両が登場し、主に通勤車両用に使用されて現在に至っています。SUS301 ステンレスは歪や加熱による材質変化の問題があるため、その接合には主にスポット溶接を使用します。このため気密構体とすることは困難であり、気密性を要求される新幹線には使用されていません。

### 2.2.3 アルミ合金構体

駅間距離が短く、加速減速頻度の高い地下鉄車両などでは消費エネルギーを削減する為、高速で走行する新幹線車両などは走行性能を上げると共に線路・地盤への影響を減らす為に軽量化が非常に重要であり、構体に鋼板の代わりに比重が低く比強度の大きいアルミ合金を使用するようになりました。最初は鋼製車の構造をアルミに置き換えた構造でしたが、長尺広幅の押出型材が生産可能となると、断面形状が列車全長にわたって同一であると言う鉄道の特質に応じ、車両断面形状を全てレール方向に延びる大型押出型材で構成するようになりました。更に中空押出型材が実用化されると、それを使用して内部骨組みを全て押出型材として外板と一体化し、大幅に部品点数や溶接線長さを削減した構体が製作されるようになりました。これら中空押出型材を使用した構体をダブルスキン構体、従来の内部骨組みと外板の組み合わせ構造をシングルスキン構体と呼んでいます。

アルミ合金の接合は鉄道車両の場合MIG (Metal Inert Gas)、TIG (Tungsten Inert Gas) などのガスシールドアーク溶接が主に使用されてきました。アルミ合金のアーク溶接は

①アルミの溶融温度は鉄に比べて低い、比熱・溶融潜

熱が大きく、熱伝導も良い為、多量の熱を急速に与える必要がある。

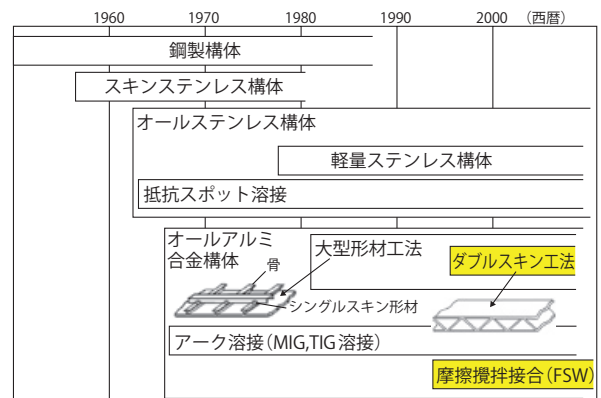
②熱による膨張・収縮が鉄の約2倍であり、溶接による歪みが発生しやすく、冷却時に割れやすい。

③ブローホールが発生しやすく開先清掃、シールドガスや雰囲気中の水分管理が重要

などの課題があり、その溶接は高度の技量を要するとともに良好な出来栄え外観を得るのが難しいといった課題がありました。そこで上述の①～③を解決するために、当社では1990年代後半より、アルミの融点以下で接合するFSWを英国溶接研究所 (The Welding Institute : 以下TWIと称す) から技術導入し、世界で初めてこのFSWを鉄道車両に適用し、その後も積極的に適用しています。

鋼製構体技術確立後の車両構体と溶接方法の変遷を表1に示します。

表1 車両構体と溶接方法の変遷



## 2.3 FSWのアルミ車両への適用

### 2.3.1 FSWの原理と特徴

FSWは1991年にTWIにより発明されて10年足らずの間にアルミ材などの軽金属材料を主体に世界的に広く適用されるようになってきました。当社でも発明直後よりその有効性に注目し各種研究開発を行なうとともに、特に鉄道車両へ適用し、接合線の長さも3mから20m、25mへと適用範囲を広げてきました。以下、FSWの基本原理及び車両構体に適用したFSWの概要について述べます。

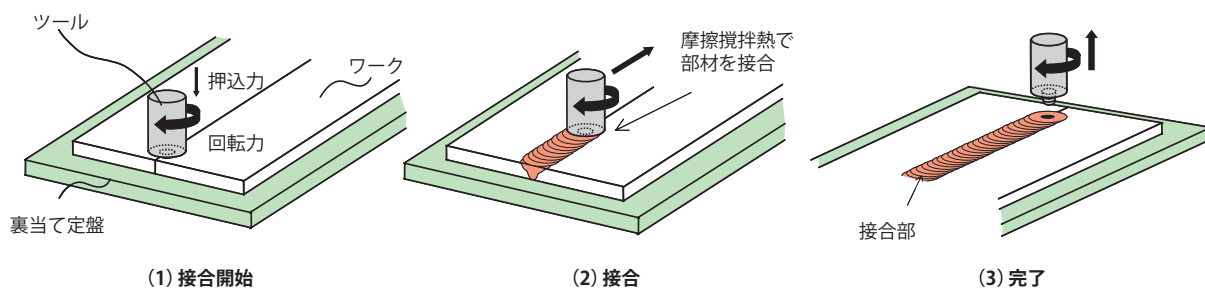


図2 FSWの基本原理

図2にFSWの基本原理を示します。回転しているツールを突合せ継手部に挿入し継ぎ手長手方向に沿って移動させます。終了点来到とツールを回転したまま上方へ引き上げます。

表2にFSWの特徴を示します。FSWは金属をその融点以下で攪拌することにより接合するため、アーク溶接と比較すると接合部の温度はきわめて低く、接合後の熱収縮量が小さくなり接合ひずみが小さくなります。そのため構体のような薄板大型構造物にFSWを適用すると、表面の仕上げが非常にスムーズになると共に完成精度を大幅に向上することが可能となります。またFSWは溶加材を用いないため、無塗装車両に適用すると完全に同じ材料同士の接合とすることが出来、従来のアーク溶接のように材質の異なる溶加材が表面に模様をつけることもなく一体感の有る綺麗な仕上げとすることが出来ます。

FSWは純機械的なプロセスであり、アーク溶接のアーク切れや、芯線詰まり、シールド不良の様な不安定現象が少なく、作業者の技量にも依存しないためきわめて安定した接合を常に得ることが出来ます。加えてFSWはアーク光も、ヒューム、スパッターも無く作業環境が清潔であるという大きな特徴を有します。

表2 FSWの特徴

No.	項目	FSW	アーク溶接
1	溶接後の変形	小	大
2	溶加材シールドガス	不要	必要
3	機械的性質	アーク溶接と同等以上	—
4	接合品質	作業者の技量に依存せず、欠陥も少ない	ブローホール等の欠陥が生じ易い
5	作業環境	ヒューム、スパッター等なくクリーンな作業環境	ヒューム、スパッター有り、アーク光シールド必要

### 2.3.2 FSW構体

当社におけるFSWの開発の歴史を表3に示します。

表3 当社におけるFSWの開発の歴史

西暦	項目	開発フェーズ
1995	FSW技術導入、基礎研究開始	基礎
1997	中型FSW機(シングルスキン3m迄接合可能)開発	導入
1998	中型FSW機を製品適用開始、25m長迄接合可能な大型FSW機開発着手	
1999	大型FSW機(側構体用)完成、製品適用開始	
2000	大型FSW機(屋根構体用)完成	拡大
2001	出入口枠用FSW機完成	
2002	構体結合用FSW装置完成	
2005	大型FSW機(台枠用)完成	

最初のステップではFSWはシングルスキンの板材や形材への適用に限定されていました。そして、その接合開先はギャップ0の突合せ開先に限定されていました。溶接継手の開先形状としてギャップ0は理想的条件ですが、現実に全長20mに及ぶ中空押し出し形材同士の接合線を全てルートギャップ0に保つのは困難です。もし許容値を超えるルートギャップが接合線中に存在するとその部位には接合欠陥が発生し、そのままでは車両構体の接合には適用できませんでした。このような課題を解決し、欠陥の無い長尺FSW継手を得るために以下の技術を開発し、図3に示したようにアルミ車両への適用箇所を拡大してきました。

- ①ルートギャップが存在しても欠陥が出にくい継手形状及び接合プロセスの最適化
- ②アルミ中空押し出し形材の高精度化

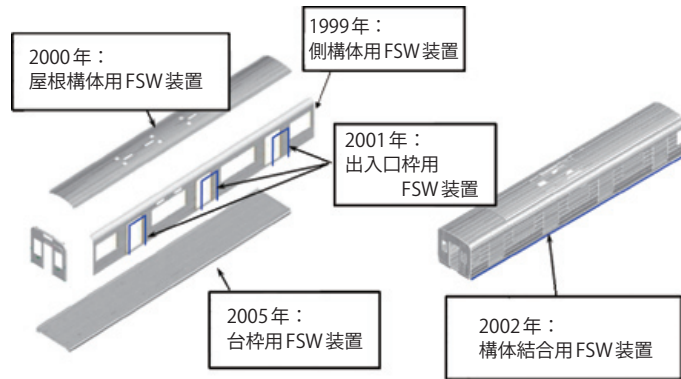


図3 FSWのアルミ車両への適用箇所の拡大

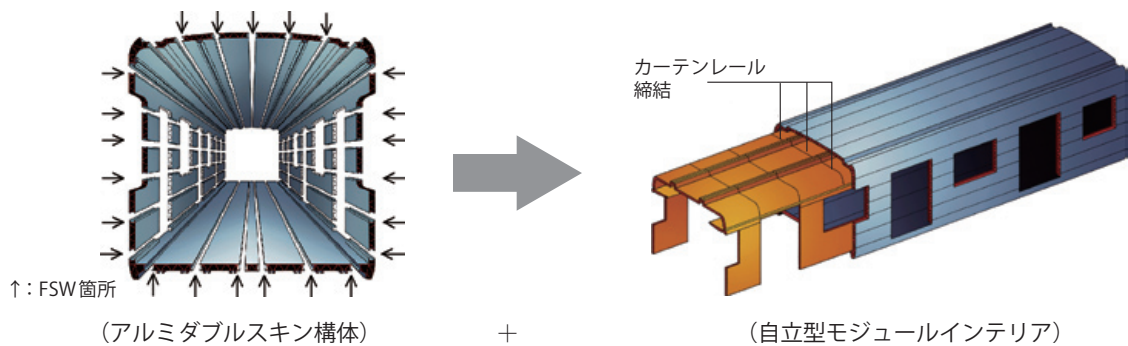


図4 A-train車両概要

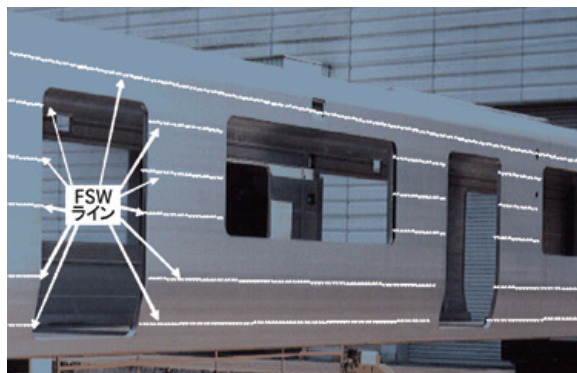


図5 FSWを適用したアルミダブルスキン構体の例

- ③ 25m長の中空押出型材を接合可能な位置倣い制御用センサ付大型FSW装置
  - ④ FSW継手の信頼性確認のための非破壊検査手法
- 上述の生産技術開発を適用した当社のアルミ車両構体の代表であるA-train車両の概要を図4に、実際に開発したFSW車両構体の外観写真を図5に示します。A-train車両の特徴であるダブルスキン構体では、艀装部品用カーテンレールや内装用取付金が中空押出型材と

して一体成型されており、FSWにて構体を製作後、モジュール化された室内艀装部品をカーテンレールへシンプルにボルト締結でき、且つメンテナンス性が考慮された構造となっています。

### 2.3.3 知財戦略

TWIからの技術導入後、FSWを鉄道車両に適用し、鉄道車両特有な発明を創生して、日本へ約280件、米国

へ約80件、欧州へ約80件などの特許出願を行っています。これらにより、差別化技術である鉄道車両へのFSWの適用を囲い込む特許ポートフォリオをグローバルに構築してきました。

また、他社の知的財産権を尊重するために、他社の有する特許を常に調査して、他者の特許を侵害しない鉄道車両の製品づくりに努めてきました。

この技術を鉄道車両の分野では独占実施し、「鉄道車両分野では『FSW』は日立」を知ってもらうため代表特許につき図6に示す新聞広告も行い、受注貢献など戦略的活用を通じて、グローバル事業の拡大を図っています。2010年3月現在、FSW技術が適用された鉄道車両の実績は2,500両以上であり、更に適用車両を拡大中です。

### 3.おわりに

今回ご紹介した事例のように、当社は、抑制・牽制効果、クロスライセンス、更に特許料収入増をめざすだけでなく、製品のライフサイクルと事業の性質に合わせて知財による最大の事業貢献ができるよう、戦略的活用を積極的に推進していきます。



図6 新聞広告(日経産業新聞 全面広告:2000年3月27日)

## profile

水村 武司 (みずむら たけし)

- 1979年 早稲田大学理工学部電子通信学科卒  
(株)日立製作所入社(日立研究所特許部)
- 2000年 日立ヨーロッパ出向
- 2002年 (株)日立製作所知的財産権本部IP開発本部  
特許第八部長
- 2009年より 同社知的財産権本部IP開発本部特許第一部長

## profile

江角 昌邦 (えずみ まさくに)

- 1995年 九州大学工学部大学院動力機械工学科卒  
(株)日立製作所入社(笠戸工場生産技術部)
- 2009年より 同社社会・産業インフラシステム社交通システム事業部笠戸交通システム本部車両製造部主任技師