

新日鉄住金の先進技術開発 クルマの安全・軽量化に 貢献する鋼管をつくる

自動車のCO₂排出量を減らし、衝突安全性を高めることは、車体の材料をつくる鉄鋼メーカーの使命でもあります。新日鉄住金ではボディ、シャーシなどに使われる鋼板の高強度化、ソリューション技術を積極的に開発・提供していますが、複雑な形状の加工が難しい高強度鋼管の加工性向上と、超高強度・軽量化を両立する加工技術の開発に成功しました。そのキーテクノロジーの一つが「ロボット」。超高強度鋼管の部品採用を目指し、部材加工制御技術(3DQ[※])の開発に取り組んだ研究者たちの挑戦の軌跡を紹介します。

(この技術は2012年10月、経済産業省主催の「第5回ロボット大賞 産業用ロボット部門 優秀賞」を受賞しました)



写真右より

技術開発本部 鉄鋼研究所 利用技術研究部 主幹研究員

鋼管技術部 メカニカル・配管商品技術室長

自動車鋼板営業部 自動車鋼板商品技術室 上席主幹

技術開発本部 鉄鋼研究所 利用技術研究部 主幹研究員

松田 英樹
宮川 隆
福井 清之
植松 一夫

(本開発には、新日鉄住金のほか、グループ会社の
日鉄住金鋼管(株)・日鉄住金マックスエンジニア(株)、
および(株)安川電機が携わっています。)

※ 3DQ (3-Dimensional Hot Bending and Quench) : 3次元熱間曲げ焼き入れ

多くの困難を乗り越えた 超高強度鋼管部品の実用化

自動車のCO₂排出量削減と衝突安全性の向上を両立する、車体の軽量化と高強度・高剛性化が進んでいる。例えばハイブリッド車や電気自動車などバッテリーを搭載する自動車では、衝突時にバッテリーの保護や安全性のさらなる向上と軽量化が求められるなど、商品ニーズはさらに高度化している。現在、新日鉄住金では主に、ハイテンと呼ばれる高張力鋼板の開発を通して車体軽量化、高強度化に貢献している。ハイテンをプレス成形し、その成形部材同士をスポット溶接で接合することで「閉断面構造」にして、強度と剛性を向上させるのだ。ハイテンの採用が進む一方でもう一つの有効な方法は、曲げやねじれに強く(高剛性)、強度が高い鋼管部材の車体フレームへの適用だ。自動車向けソリューション開発での長年の経験を活かし、品種・業種横断での取りまとめ役を果たす福井清之は、その技術開発の難しさと意義を語る。

「一般に、鋼板をプレス成形した複数の部材を溶接するためには、溶接部のフランジ(のりしろ)が必要とされますが、同じ閉断面構造でも、鋼管ではフランジが不要で強度・剛性を高めることができます。しかし高強度鋼管は一方

の曲げはできるものの、複雑な3次元形状に加工することはかなり困難でした。もし鋼管部品の加工自由度と高強度化を両立できれば、部品の一層の高強度・高剛性化、薄肉化が図れます。フランジが不要になり部品の量も減少することから、周辺部品も省略できるケースでは、最大50%の大幅な軽量化を実現することも可能です。コスト競争力の観点から、現在閉断面部品として一部採用されているアルミ部品の代替提案も可能です」

(図1)

強度・加工性を両立する 一体成形プロセスを目指す

3DQは、ねじりなどの複雑な3次元形状加工をしつつ、超高強度の鋼管を1工程で製造する技術。さまざまな断面形状の鋼管を高周波加熱コイルで局部的に加熱、軟らかくして曲げ加工(熱間加工)し、直後に水で急速冷却して焼き入れ、部材を高強度化する(図2)。

2004年の開発スタート時は、複数のロールを使う設備で曲げなどの形状加工を行うことを検討したが、設備能力が高く大型部材を成形できるなどのメリットがある一方、設備が大きくロール成形装置が特注品で設備コストが高くなるという課題があった。3DQ開発

図1 部材の構造と軽量化

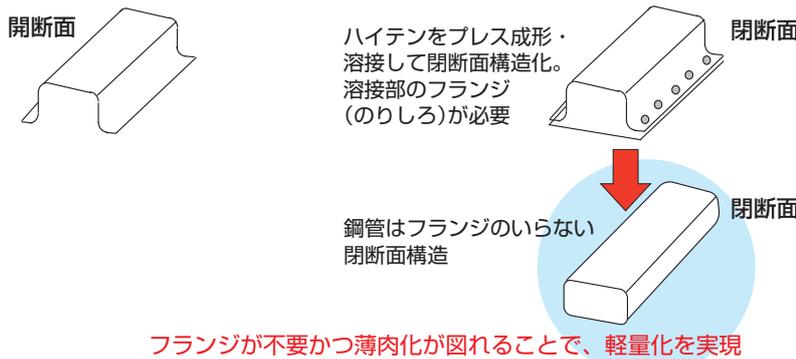
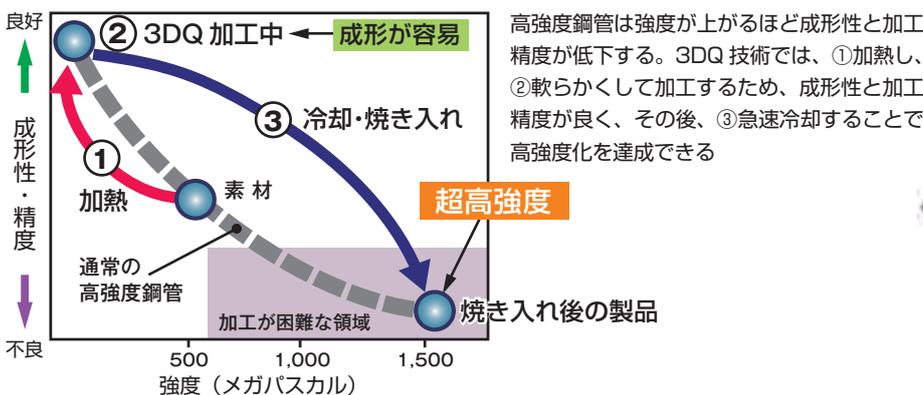


図2 3DQの強度と加工性の関係



曲げ加工を行う3DQのロボット

写真提供：
(株)安川電機

を進めるための最適な設備や体制を決めることが重要だったと宮川隆は振り返る。

「設備のコンパクト化とさらなる加工精度の向上を狙い、汎用ロボットを活用することを目指しました。将来のグローバル展開を見据え、優れた汎用ロボットの世
界調達が可能なロボットメーカーである
(株)安川電機とタッグを組み、あわせて鋼
管を製造する日鉄住金鋼管(株)※、設備
製作・販売を行う日鉄住金テックスエン
ジ(株)※とグループ連携するフォーメー
ション(共同開発)を構築して、2006
年に3DQ開発に着手しました」

部品の開発を進める過程で浮上してきた要求性能の一つである、高加工精度を大前提に、設備のコンパクト化と標準設計化(短納期化)、量産による安価化を目標に掲げた。さらに、加工の設計図面を描くCADデータとロボット動作の軌道データの入れ替えだけで部品のつくり分けや、多品種少量生産ができる、世界で初めての技術開発への挑戦が始まった。

より高精度な加工が行える ロボット制御技術の開発に成功

ロボットが鋼管の先端をつかみ、あらかじめ計算・設定した3次元軌道に沿ってアームを動かすことで、金型を使わず、

ねじれ加工など複雑かつ精密な3次元形状の超高強度鋼管部品を製造する技術(図3)。これを開発できれば部品強度は従来の3~5倍になり、軽量化効果も大きい。また、高周波加熱コイルのオン・オフと冷却で必要な部分だけを焼き入れすれば、使用される車体の部位に応じて一部の強度を上げることができ、衝突安全性に優れた部品製造が実現する。

いかに汎用ロボットを鉄鋼メーカーのものづくり(鋼管部品加工)で使いこなすか。開発のポイントは、ロボットが3次元の複雑な動作を安定的に行う、軌道・軌跡を重視した新たな制御技術の開発だった。自動車用鋼板の加工研究の知見を活かし、加工制御技術の開発に取り組んだ植松一夫は新たな挑戦を語る。

「ものを運ぶ動作をロボットにさせる場合、到達点をえいっさり決めておけば、出発点から到達点への軌道が多少ぶれても問題になりません。しかしロボットが動いたとおりに鋼管部品が形づくられる、つまり時間の連続性のなかで、動きとスピードを精密に制御しなければならぬ今回の開発では、軌道が最も重要なポイントとなります。また動かし方を工夫しないとロボットの振動が加工精度に悪影響を与えます。そこに難しさがあります。FEM※などの解析技術で力が加わったときの鋼管の

図3 3DQ 加工装置

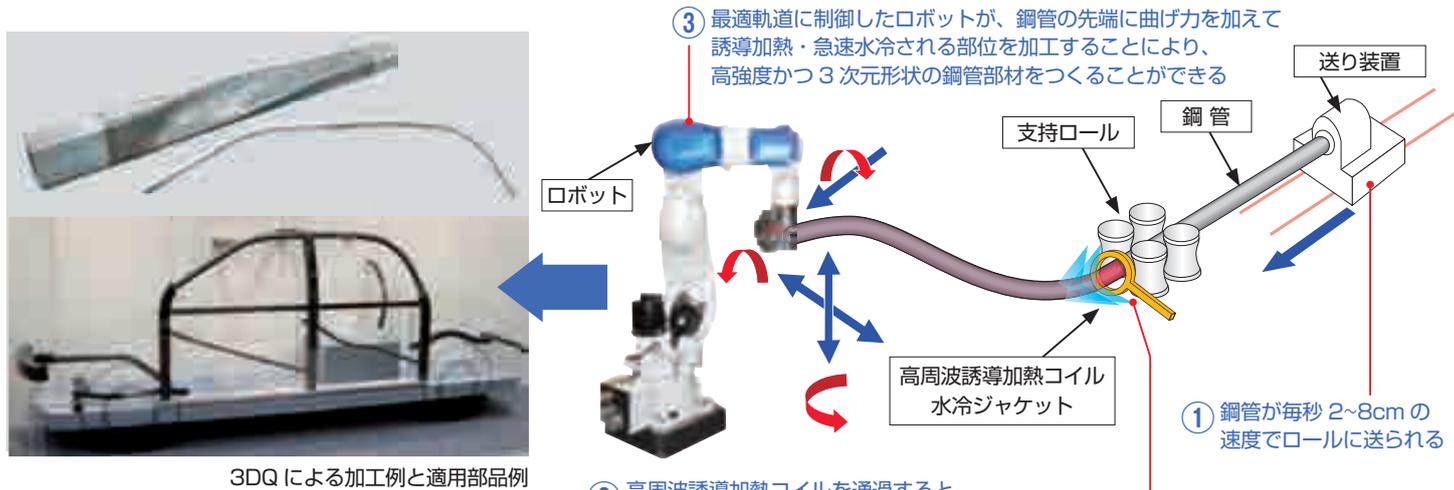
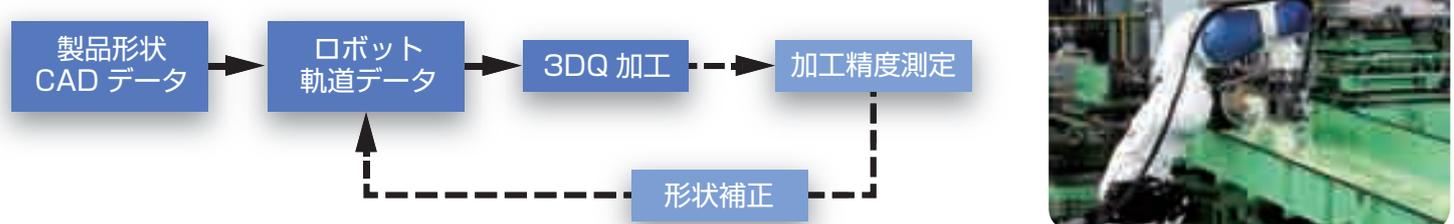


図4 3DQの制御フロー



※FEM (Finite Element Method) : 数値解析手法の一つで有限要素法と呼ばれる
※日鉄住金鋼管(株)は当時、住友鋼管(株)
※日鉄住金テックスエンジ(株)は当時、住金プラント(株)

変形状態を検証し、曲げ方やスピードなど最適な加工法を見極め、ロボット軌道データを作成する独自の制御ツールの開発に成功しました」(図4)

鋼管を送るスピードや加熱・冷却の温度、ロボットアームの動きなど制御すべき多くのパラメータがあるなかで、加工性の検証を重ね、お客様が求める形状と特性を發揮させる。こうした開発を成功させるには、安川電機とグループ各社だけでなく、お客様との密接な協業も不可欠だった。これまで自動車用製品のソリューション開発に取り組みお客様と密に連携してきた松田英樹は、実用化への道のりを振り返る。

「オンラインワンの技術開発ではすべてが手探りです。開発技術の評価方法も確立されていないため、お客様も、実績に富む従来のプレス成形品を、金型を使用せずロボットでつくった部品に置き換えることに慎重になります。組み立てで要求される部品精度はもちろん、車に組み込んで長期間使い続ける上での耐食性や、数値解析を用いた加熱・冷却技術により得られる均一な焼き入れ品質も含め、オール新日鉄住金グループの知見をベースに、シミュレーションとラボ実験のデータを地道に蓄積して、お客様に提示しました。最終段階では実機試作品による加工試験を繰り返し行

い、品質の信頼性を確認し、2012年、1470メガパスカル級の超高強度鋼管部品が実用化されました」

鉄のメリットを活かし 適材適所で力を發揮

部品としてこれまでに実用化されたのは、シートを保持するシートクロスメンバーフレーム(図5)などで、従来部品に比べこの部品の例では、約50%の軽量化を実現した。現在は適用部品のさらなる拡大を目指し、より効率的に小型で複雑な形状の部品加工ができて、加熱・冷却もより細かく制御できるロボットなど、お客様の部品生産効率の向上に貢献する新たな技術開発にも取り組んでいる。

現段階で、3DQに関する国内外の登録特許は約250件。将来の世界展開を見据えた特許戦略も万全を期す。現在欧州を中心に、ボディ軽量化のためのアルミ・炭素繊維(CFRP)の採用拡大の動きも見えるなかで、コストとリサイクル性において、他素材よりメリットの高い鉄を使い、適材適所で総合力を發揮する、新たな自動車部材開発とソリューション提案に積極的に取り組んでいく。

図5 マツダ(株)が2013年1月に発売した、ミニバン「マツダ プレマシー」の3列目座席下部のクロスメンバーフレームに、角形断面の超高強度鋼管を3DQ加工した部品が、世界で初めて採用された



「多岐にわたる技術分野・業種の間係者の想いを一つにして、新日鉄住金グループの総合力を發揮します」(福井)

「高強度鋼管を複雑な形状に精度よく加工できる本技術を活かして、お客様ニーズに応える提案をします」(宮川)

「加熱・冷却からロボットによる成形までの一貫制御で、適用部品の拡大を目指します」(植松)

「乗用車の新たな設計思想や、斬新なデザインを創造するお手伝いができればうれしく思います」(松田)

