

顧客との共創による新製造診断プロセスの創出

Creation of New Manufacturing Diagnostics Process by Co-creation with Customer

● 青柳知宏

● 沼田陽次郎

あらまし

製造されたモノが設計に合致しているかを効率的に確認することは、ものづくりの現場における重要課題の一つである。産業分野の製造プロセスにおいて、多くの業種では人手による作業が存在している。人が介在すればヒューマンエラーが付いて回るため、いかにそれを早く発見し手戻りを防ぐかが重要である。鉄構業界も受注競争に勝ち残るため、工期短縮、コスト削減、品質確保が急務であり、ヒューマンエラーによる手戻りの撲滅に積極的に取り組んでいる。富士通では、従来の製造プロセスから手戻りの原因を分析し、ICTの適用により誰でも簡単に製造不良を診断できる仕組みの確立に向けて、技術的観点および利用者観点で仮説検証を行った。そして、AR(Augmented Reality：拡張現実)技術を用いた「新製造診断プロセス」を確立した。新製造診断プロセスは、お客様とともに実証を行い、従来に比べて10倍の生産性向上と、ヒューマンエラーによる手戻り撲滅を達成した。更に、新製造診断プロセスの確立によって設計製造物診断ソリューションFUJITSU Manufacturing Industry Solution 3D重畳を開発した。

本稿では、新製造診断プロセスの仮説検証・実証・製品創出といった一連の取り組みについて述べる。

Abstract

How to efficiently ensure that manufactured goods are consistent with the design is one key issue on manufacturing sites. In manufacturing processes of the industrial sector, manual labor exists in many categories of business. Human intervention unavoidably involves human errors and it is important to find ways to promptly detect them so as to prevent rework. In the steel structure industry, shortening of work periods, cost reduction, and ensuring of quality are urgently needed in order to survive competition for orders and manufacturers are taking active approaches to eradicate rework due to human errors. Fujitsu has analyzed the causes of rework from the existing manufacturing processes and tested hypotheses from a technical perspective and from the viewpoint of users. The purpose is to build a system that allows anybody to easily diagnose manufacturing defects by applying information and communications technology (ICT). It has led to the establishment of a “new manufacturing diagnostics process” making use of augmented reality (AR) technology. The new manufacturing diagnostics process has been verified jointly with a customer to achieve a tenfold improvement in productivity from the conventional process and eradicate rework arising from human errors. The new manufacturing diagnostics process has also facilitated the development of FUJITSU Manufacturing Industry Solution 3D Superimposed Product Design Diagnostic. This paper describes the course of activities relating to the new manufacturing diagnostics process including hypothesis testing, demonstration, and product creation.

まえがき

産業分野の製造プロセスでは、工作機械の普及により機械加工による製造の全自動化が可能となってきた。しかし、全てが機械加工だけで完結する業種は限られており、多くの業種では人手による作業が存在している。製造プロセスにおいて人が介在すれば、ヒューマンエラーが付いて回る。ヒューマンエラーによる手戻りは、発見が遅れるとコストの増加や納期遅延に直結するリスクとなり、更に企業の信頼低下につながる。したがって、ヒューマンエラーを早期に発見し、いかに手戻りを防ぐかが共通の課題である。

富士通は産業分野のうち、鉄構業界（鋼構造物工事業界）の共通課題に対して具体的な業種と業務に絞り、課題を解決する新たな「製造診断プロセス」を考案した。そのプロセスを業務に適用するため、お客様とともに半年間にわたり効果検証を繰り返して行った。そして、この実証で確立した製造診断プロセスを基に、新規ソリューションの創出に成功した。

本稿では、鉄構業界を対象にした業務プロセスの改善から確立した新たな製造診断プロセスの概要と実証実験およびその活動から創出したソリューションについて述べる。

鉄構業界の動向

鉄構業界（鋼構造物工事業）は、建設28業種の業種分類に位置付けられ、東京スカイツリーや国立競技場に代表される象徴的な大型一品物の立体構造物などを手掛ける業界である。その形状・構造は年々複雑になっており、製造難易度も飛躍的に高くなっている。そのような構造物の建造を可能にしているのが、3次元CADや構造解析ソフトウェアに代表される最先端設計技術である。

2020年の東京オリンピック・パラリンピック競技大会開催決定を背景に、大型構造物の新規需要は0.5兆円と試算されている。⁽¹⁾ そのように活況を

呈する中、鉄構業界各社の受注競争は激化しており、工期短縮とコスト削減は案件受注に向けた最重要テーマとなっている。同時に、低コストを売りにする海外競合メーカーに対しては、製品の高品質・高付加価値化で差別化を図り、優位性を確保しようとしている。

こうした背景から、工期短縮、コスト削減、高品質・高付加価値化を実現するために、ICTの導入によるものづくりプロセスの効率化への気運も高まっている。設計業務では、3次元CADや解析ソフトウェアの活用により効率化が進み、フロントローディング^(注1)によりコスト削減と品質の作り込みが行われている。

大型構造物の製造プロセスの課題

鉄構業界の大型構造物は、独特な製造プロセスがある。その製造プロセスこそが製造現場に大きな影響を与えている。

● 特有な製造プロセス

鉄構業界の製造プロセス（図-1）には、特有な工程である「目視確認」と「仮組立」が存在する。目視確認とは、製造部材が修正可能な溶接前の段階で設計図面どおりにできているか、寸法を計測したり、図面と照らし合わせたりして溶接による部材の取り付けミスといった製造不良を確認する工程である。この工程は、熟練工の経験とスキルに依存した業務であり、人的資源、コストの関係から全数を確認することは困難なため、抜き取り検査などで実施されている。

仮組立とは、大型構造物の本組立を行う前に分解することを前提に仮に組み立てを行い、製造不良を見つける工程である。大型の製造物など、組み立てた状態のまま出荷することができない場合は、工場敷地内で仮の組み立てを行い、不良部分を確認・修正した後に分解して出荷する。

(注1) 上流である製品開発プロセスにリソースを投じ後工程作業を前倒して進め、最適性検討による品質向上や、早期の問題発見によるリードタイム短縮を狙う手法。



図-1 鉄構業界の製造プロセス

製造プロセスの上流の「設計」では、フロントローディングによって後工程の品質の作り込みが行われている。具体的には、3次元CADで設計し、解析ソフトウェアで構造や強度の計算までを綿密に行っている。図面どおりに設計すれば、仮組立がなくても問題なく組み立てられるはずである。しかし、製造現場では人手による加工が必要な場合もある。そのため、目視確認と仮組立を行い、各製造部材の不良を事前に確認する。

● 製造プロセスの課題とリスク

製造現場では、熟練工に依存している作業もあり、今後予想される熟練工の人材不足に対応する必要がある。また、人が介在する作業においては、製造ミスや製造漏れなどのヒューマンエラーによる手戻りは避けられない。製造現場の製造不良による手戻りは、納期遅延に直結し、更には企業の信頼低下につながる。今後ますます複雑化・高難度化する大型構造物の製造現場において、手戻りを撲滅し製造品質を確保することが、業界が成長していくための重要な鍵となっている。

また、鉄構業界特有の工程がリスクに直結している。一つ目は、目視確認における時間増加のリスクである。いかに熟練工が行うとは言え、製造難易度が高く、かつ複雑な構造物になるほど目視確認時間が膨大になる。二つ目は、組立工程（仮組立と本組立）での、手戻りによる納期遅延リスクである。目視確認で発見できなかった不良部材が組立工程で発見された場合、部材の再製造が必要になることから、作業停止などで納期遅延に発展する。

新製造プロセスの仮説検証

前章で述べた課題を解決するために、ICTの適用により、誰でも簡単に製造不良を診断できる仕組みを実現する新たな製造プロセスが必要であるという仮説を立てた。例えば、熟練工に依存した目視確認が一般技術者でも可能となれば、作業の平準化につながる。更に、製造不良を簡単に確認する仕組みがあれば、製造プロセスにおける手戻りリスクも排除できる。

本章では、この仮説を技術的および利用者観点から検討し、その仮説の検証について述べる。

● 技術的観点での検討

技術的観点では、目視確認に応用できそうなICTの動向とその課題について調査した。

近年では、3次元測定器の技術確立に伴って、製造物と設計図を比較する手法も利用されるようになってきた。これは、製造物を計測することで3次元データを生成し、設計CADデータと比較して誤差を数値化する手法である。

更に、2000年に発表された日本橋梁技報の中で、仮組立検査省略工事に対する品質保証の観点からの研究論文⁽²⁾が発表されている。その内容を要約すると、製造物を計測器で測定しデータ化した後、コンピュータで仮組立シミュレーションを行い、仮組立工程の省略と品質保証を同時に行うというものである。

いずれも技術的には実現可能であるが、業務に適用する上で以下のような課題があることが明らかになった。

- ・初期導入コストが大きい
- ・利用するための準備が煩雑⁽³⁾
- ・製造物の計測時間が長い

● 利用者観点での検討

次に、鉄構業界に携わっている利用者観点で検討を行った。そこで、インターネットによるアンケート調査と、複数のお客様にヒアリングを行った。

(1) インターネットを利用したアンケート調査

アンケート調査結果を図-2に示す。ICTの自動化による検査業務の効率化ニーズは約半数であり、ニーズが存在する。また、同業界における設計業務でのCADの普及率は80%弱であり、設計業務でのICT利用は浸透している。しかし、同業界における製造業務においては、以下の理由からICTの利用が進んでいない。

- ・製造工程における人手加工の比率が98%以上を占めている。
- ・鉄構業の約50%が仮組立を実施している。
- ・目視検査は機械との併用を合わせると90%を超え、熟練工の経験とスキルに依存している。
- ・ICTによる検査業務の効率化を望まない理由は、「そもそもできない」という思い込みなど、関心が低いという傾向が見受けられる。



図-3 富士通が考案する新製造業務プロセス

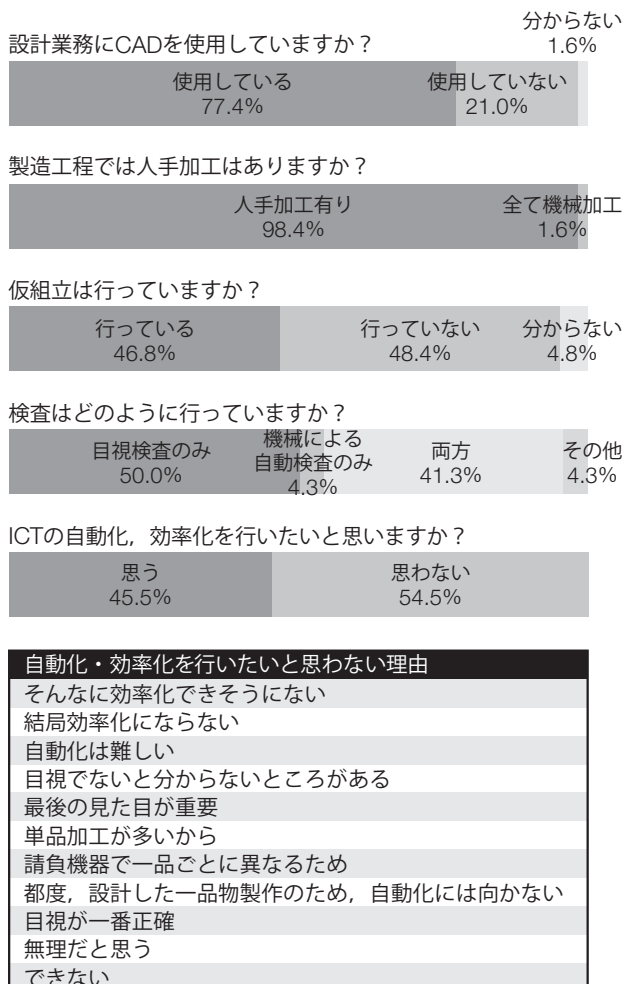


図-2 鉄構業界ニーズ調査結果

(2) お客様ヒアリングによるニーズ調査結果

アンケート調査の妥当性を確認するために、同業界の6社にヒアリングを行った。6社ともにアンケート結果と同様で、ICTの導入による効率化に対して強いニーズが存在した。3次元測定器を用いた試行や、自社で開発した独自システムの試行をしている企業も存在したが、大半は課題解決に向けた実現方法を模索している段階であり、業務への適用にまで至っていない状況であった。

● 仮説検証結果

仮説検証においては、上述の技術と利用者の観点の検討の結果から、仮説の有用性が確認できた。

技術の面では、3次元測定器で計測することにより、3次元CADを用いて綿密に計算した設計品質に近い精度で、製造物をデータ化できることも判明した。3次元測定器を適用し、設計品質と製造品質を一体化することにより、いかにしてヒューマンエラーによる手戻りを防ぐかといった業界共通の課題も解決可能と考える。しかし、現状は、3次元測定器の導入は初期導入コストや、煩雑な手順から敷居が高く、熟練工に依存した目視確認と仮組立が行われている。

課題を解決できる計測技術が存在するにも関わらず、なぜ業務に適用されないのかを考えてみた。目視確認で利用者が求めているのは、段取りと操作が簡単で、製造不良を即座に確認できる仕組みである。この結果、目視確認では「誰でも簡単に特殊な機器を使わずに利用できる」手法が求められていることが明らかになった。

新製造診断プロセスの仕組み

富士通は、仮説検証を基に設計業務で作成した3次元CAD図面を製造物写真(2次元データ)にAR技術^(注2)を用いて重ね合わせ(重畳)、製造不良を診断する「新製造診断プロセス」を考案した(図-3)。これにより、設計品質と製造品質の一体化が可能となり、工期短縮、コスト削減、高品質・高付加価値の実現が可能になると考える。今後、新製造診断プロセスの診断結果から製造物の誤差を数値化することで、将来的には仮組立を省略した鉄構業界の新しい製造プロセスになり得ると考えた。

図-3に示す「重畳診断」の効果を検証するために、プロトタイプを開発し、五つのステップで誰でも簡単に汎用機器1台で製造不良を診断できるようにした。以下に五つのステップを図-4に示す。

(1) 設計データの3次元CAD図面を読み込む。

(注2) Augmented Reality (拡張現実) の略。人間の感覚(五感)で得られる情報(現実)にICTを活用して得られるデジタル情報を重ね合わせ、人間の感覚を拡張・強化する技術。

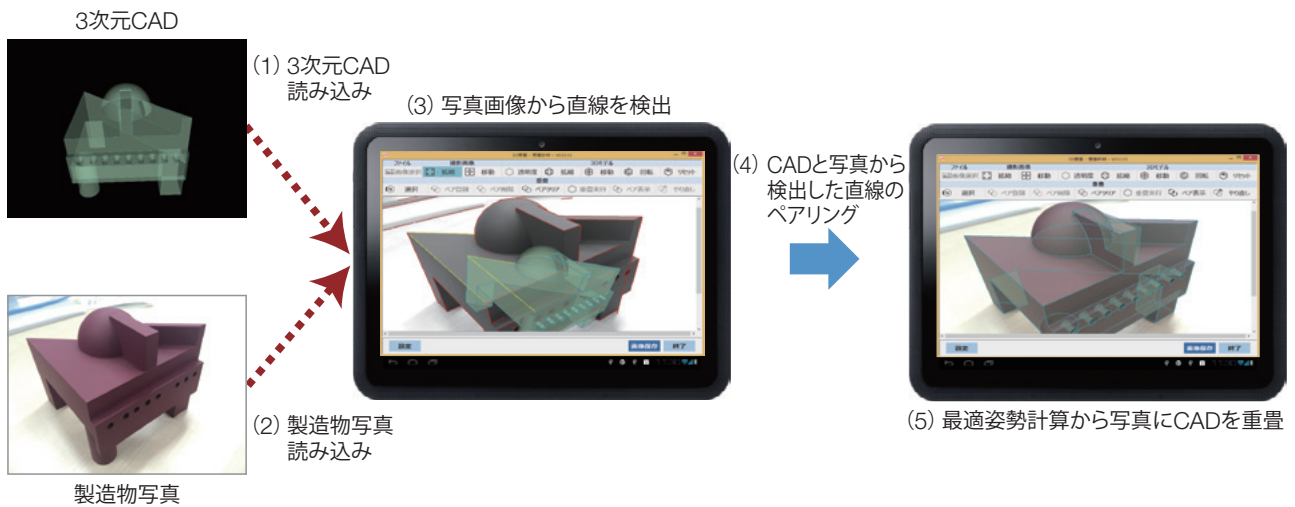


図-4 製造診断プロセスの操作概要

- (2) スマートフォンやタブレットで撮影した製造物写真を読み込む。
- (3) プログラムが写真画像から直線を自動検出する。
- (4) 写真画像の直線とCAD図面の辺を対応付け（ペアリング）する。
- (5) プログラムが3次元CAD図面の最適姿勢を計算し、写真画像に重畳する。

この結果、図-5に示すように製造不良を簡単に発見できる。

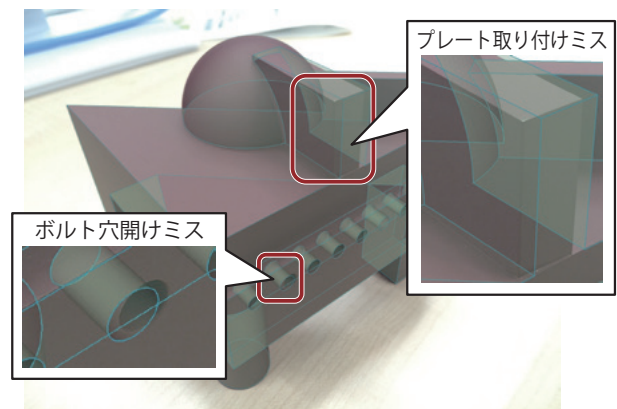


図-5 製造不良の検出

実証と効果

新製造診断プロセスの効果を検証するために、株式会社巴コーポレーション様（以下、巴コーポレーション）とともに、半年間にわたり実際の業務で実証と改善を繰り返した。実証における条件は以下のとおりである。

- ・製造診断のプロトタイプシステムを作成し検証を行った。
- ・巴コーポレーションで実際に製造業務を行っている担当者に診断をお願いした。

● 効果検証

生産性の効果検証では、目視確認が従来の30分から3～4分程度に短縮し、最大で10倍の効率化を達成した。

品質の効果検証では、実際の業務で製造不良を発見することに成功した。併せて、従来は抜き取りで行っていた目視確認で、製造部材の全数確認

が可能となった。

● 評価

巴コーポレーションの協力のもと、半年間にわたって検証と使い勝手の向上などの改善を行った。巴コーポレーションから以下のコメントをいただいた。

- ・実証期間内の評価対象工事において、手戻り撲滅を達成できた（製造現場責任者）。
- ・既に実用レベルであり、すぐにでも業務に適用したい（経営層）。
- ・従来と比較して圧倒的に扱いやすく、現場作業員への説明が容易である（情報システム部幹部）。

ソリューションの創出

巴コーポレーションとの実証実験で確立した

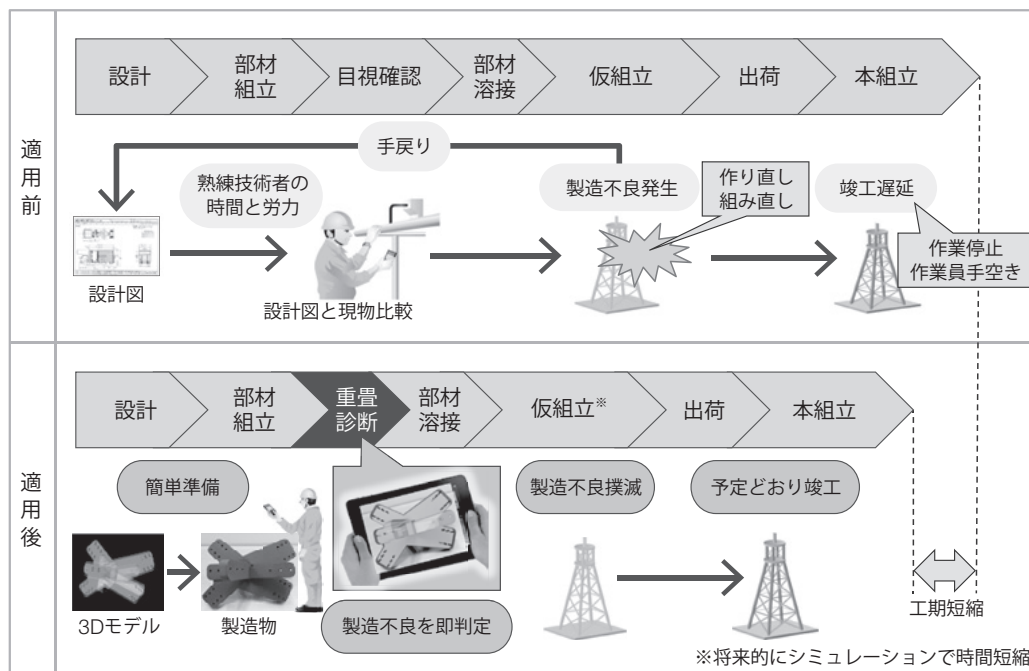


図-6 3D重畳による業務改革イメージ

新製造診断プロセスを基に、製造現場で作業効率化を図るための診断準備機能、診断結果の管理・利用機能を加えて、PLM^(注3)ソリューション「FUJITSU Manufacturing Industry Solution 3D重畳 設計製造物診断」（以下、3D重畳）として2016年12月に提供を開始した⁽⁴⁾。

3D重畳は、製造物写真に設計工程で作成した3次元モデルをAR技術で重畳することで、誰でも簡単に製造不良を即座に発見し、後工程での手戻り撲滅を目指すソリューションである。3D重畳で診断した結果は、診断情報としてデータベースに格納され、診断業務のノウハウ共有・品質管理・進捗管理に活用できる。

● ソリューションの特長

3D重畳の特長を以下に示す。

(1) CADソフトに依存しない

3D重畳で扱う3次元モデルは、多くのCADソフトでサポートされているSTL (Standard Triangulated Languages) を採用しており、導入の敷居が低い。

(注3) Product Lifecycle Management (製品のライフサイクル管理)の略。一般に、企業における製品の設計・開発・保守・廃棄・リサイクルなど、製品のライフサイクル全体を通して製品関連情報をICTで一元管理し、収益を最大化していくための方策。富士通では、ものづくり統合支援としてPLM関連の各種ソリューションを提供。

(2) 段取りが簡単

3次元モデル (STL) と製造物写真を用意するだけで製造物が診断できる。撮影には、タブレット、スマートフォン、デジタルカメラなどが利用でき、最大4Kの解像度の写真まで対応している。

(3) 簡単な操作

3D重畳は、直観的なタッチ操作に対応している。そのため、30分程度の教育で使用でき、使用する技術者の熟練度やノウハウに依存しない。

(4) ロケーションフリー

ネットワークや無線環境の有無や、作業現場やオフィスなどの利用場所を問わず、タブレットやパソコンで診断が可能である。

(5) 診断記録から業務を改善

診断した結果はサーバに保存され、診断ノウハウの共有による技術者の育成や日々の作業進捗管理、製造診断記録など業務改善に活用できる。

● ソリューション適用による業務改革

3D重畳により、熟練技術者が時間と労力をかけて確認している製造不良を製造プロセスの初期段階で検出し、後工程でのリスクを軽減できる (図-6)。これにより製造コストを大幅に削減し、高い製造品質の確保・製造納期の短縮の両立が可能となる。

む す び

今回開発した3D重畳ソリューションは、鉄構業はもとより、建設業における現場検査、大型の装置組み付け現場などへの展開が期待されている。

今後、本ソリューションの拡大を図るために、各業界での検査基準や基礎情報などとの連携が必須であり、3次元設計情報と検査・診断情報の効率的な管理が必要となる。本稿で紹介した新製造診断プロセスが業務課題解決の実現に向け、企業の成長に貢献できるように、継続的な成長と工夫を続けたい。

最後に新製造診断プロセスの実証、実現に当たり、実証現場の提供および業務への適用・運用などへのアドバイスなど、多大なる協力をいただきました株式会社巴コーポレーション様の関係各位に深く感謝の意を表します。



沼田陽次郎 (ぬまた ようじろう)

デジタルフロントビジネスグループ
デジタルフロント事業本部
デジタルイノベータ推進統括部
3D重畳企画・商品化を担当し、現在は
デジタルビジネス推進に従事。

参考文献

- (1) みずほ総合研究所：2020東京オリンピック開催の経済効果は30兆円規模に。
<http://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/report/report14-1210.pdf>
- (2) 仮組立検査省略検討W/G：鋼橋の仮組立検査省略工事に対する品質保証について。日本橋梁技報, p.12-24 (2000)。
- (3) 小島辛浩：3次元測定機ユーザーにおける、社内校正のススメ。ツールエンジニア, Vol.53, No.4, p.83-87 (2012)。
- (4) 富士通：AR技術を活用したソリューション「3D重畳 設計製造物診断」を販売開始。
<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2016/12/27.html>

著者紹介



青柳知宏 (あおやぎ ともひろ)

エンタープライズビジネスグループ
産業・流通ソリューション事業本部
第二ソリューション事業部
3D重畳をはじめPLMソリューション
パッケージの拡販に従事。