

造船現場におけるAR技術を活用した配管管理工数の削減

Reduction of Piping Management Person-Hours Utilizing AR Technology on Shipbuilding Sites

● 森川慧一

● 安藤哲也

あらまし

2016年6月に、国土交通省より「海事産業の生産性革命(i-Shipping)による造船の輸出拡大と地方創生のために推進すべき取組について」が答申された。この答申では、海事産業においてICTを利活用したイノベーションの創出・生産性向上を行い、2025年の世界建造シェアを3割とするなどの目標が掲げられている。しかし、船舶の建造では、配管などのモノの管理とそれに対応する図面などの情報の管理に膨大な手間がかかっている。これを解決するためには、モノを個別に識別し、モノとその情報を結び付ける仕組み(マーカー)が必要である。富士通は、AR(拡張現実)技術を用いて配管の設計・製作・仕分け・取付などの作業の生産性向上を目的とした配管管理システムを開発した。本システムは、配管1本1本に貼り付けたARマーカーにタブレットをかざして、作業記録を入力したり、作業に必要な図面や取付図を参照したりできるため、作業工数を削減できる。

本稿では、造船現場における生産性向上に向けた取り組みとして、福岡造船株式会社様の配管管理システムの構築について述べる。

Abstract

In June 2016, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism submitted the report "Initiatives to promote for the expansion of shipbuilding exports and regional revitalization through productivity revolution in the maritime industry (i-Shipping)." This report sets goals, including achieving 30% of the global shipbuilding market in 2025 by utilizing ICT to implement innovation creation and productivity improvements in the maritime industry. In shipbuilding, however, management of things such as piping and management of information associated with them such as drawings take an enormous amount of time. To resolve this issue, a system for identifying things and associating them with information (use of markers) is required. Fujitsu makes use of augmented reality (AR) technology to develop a piping management system intended for improving work productivity, including the design, manufacturing, sorting, and installation of piping. In this system, a tablet computer can be held toward an AR marker attached to an individual pipe to input work records and view installation and other drawings required for work, allowing a reduction in person-hours of work. This paper describes the construction of the piping system for Fukuoka Shipbuilding Co., Ltd. as an approach to productivity improvement at a shipbuilding site.

ま え が き

2016年6月に、国土交通省 交通政策審議会より「海事産業の生産性革命（i-Shipping）による造船の輸出拡大と地方創生のために推進すべき取組について」が答申された。⁽¹⁾この答申では、海事産業においてITを活用したイノベーションの創出・生産性向上を行い、2025年の世界建造シェアを3割とするという目標が掲げられている。更に具体的に見ると、「開発・設計」「建造」「運航」のそれぞれの業務で、表-1に示すように目標が掲げられている。⁽²⁾船舶の「建造」において、日本の生産性は技術者のノウハウによって高められてきた。上記審議会によると、一人あたりの年間の建造量は、日本を100総トン/人とした場合、韓国は84総トン/人、中国は17総トン/人である。⁽³⁾この数値から日本の造船業の生産性は高く、日本の強みであると言える。

しかし、現場生産性の向上に対し、「配管などのモノの管理」と「図面や製作状況などの情報の管理」に膨大な手間がかかっている。その理由として中型のケミカルタンカーの場合、船舶を構成する部品数は船殻が1～2万個、配管が1万本強にも上り、それぞれの配管は全て形状が異なり、一品物として製作するためである。これらを解決するためには、モノを個別に識別し情報を結び付ける仕組み（マーカー）と、製作状況などの情報をリアルタイムに入力・共有する仕組みが必要である。

そこで、富士通ではAR（拡張現実）^(注)技術を活用して、船舶の建造で必要となる何万本もの配管を管理し、現場作業者を支援する配管管理システムを開発した。本システムは、配管1本1本にARマーカーを貼り付ける。設計・製作・納品・仕分け・取付の各工程で作業者がARマーカーにタブレットをかざすと、その配管の図面や取付図など必要な情報を見ることができる。また、配管の製作状況や取付状況などの実績をリアルタイムに入力・共有できる。これにより、建造の各工程における生産性の向上を実現できると考えた。

(注) Augmented Realityの略。人間の感覚で得られる情報（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て人間の感覚を拡張・強化する技術。

表-1 i-Shippingで掲げる目標

分野	目標
開発・設計	・船舶の省エネ性能20%優位を維持 ・開発期間を半減
建造	・一人あたりの建造量（現場生産性）を50%増加
運航	・燃料のムダ使い撲滅 ・船舶の不稼働時間ゼロ

本稿では、造船現場の生産性向上のための配管管理システムの概要について、福岡造船株式会社様（以下、福岡造船）の導入事例を基に紹介する。

配管管理不備による現場生産性への影響

福岡造船は、福岡と長崎の造船所でケミカルタンカーや冷凍運搬船などの高付加価値船の建造を手掛けている。福岡造船では、船舶の設計、外注の配管製作工場（以下、外注先）への配管の発注、外注先での配管の製作・納品、配管の仕分け、配管の取付といった手順で作業を行っている。各工程の生産性を見直すに当たり、主な改善箇所を洗い出してみる（図-1）。

(1) 配管の製作

福岡造船から発注された配管を、外注先が製作し、完了後は管理番号とそのほかの情報を手書きで記入する。

船舶の建造は、ブロックと呼ばれる塊に分けた状態で部品の製造・組立を行い、最後に船台に搭載する。⁽⁴⁾しかし、福岡造船から外注先への現在の発注は配管系統図単位であり、ブロック単位で行われていない。そのため、外注先では、自分たちの作成しやすい順で製作し納品する。しかし、福岡造船はブロック単位（取付順）でモノが必要なため、外注先に対して製作順の変更を要求しなければならない。

(2) 配管の納品

外注先では、実際の管一品と該当の図面を選び出し、その整合性を確認している。図面は数千枚に及び、類似したものも多くあるため、図面の選択を誤ると製作ミスや検査漏れに気づかず、取付時に手戻りが発生する。

(3) 配管の仕分け

福岡造船で管一品を確認し、適切なパレット（取付時の配管の入れ物）に入れる作業が行われる。納品作業と同様の理由で図面選択を誤り、仕分け

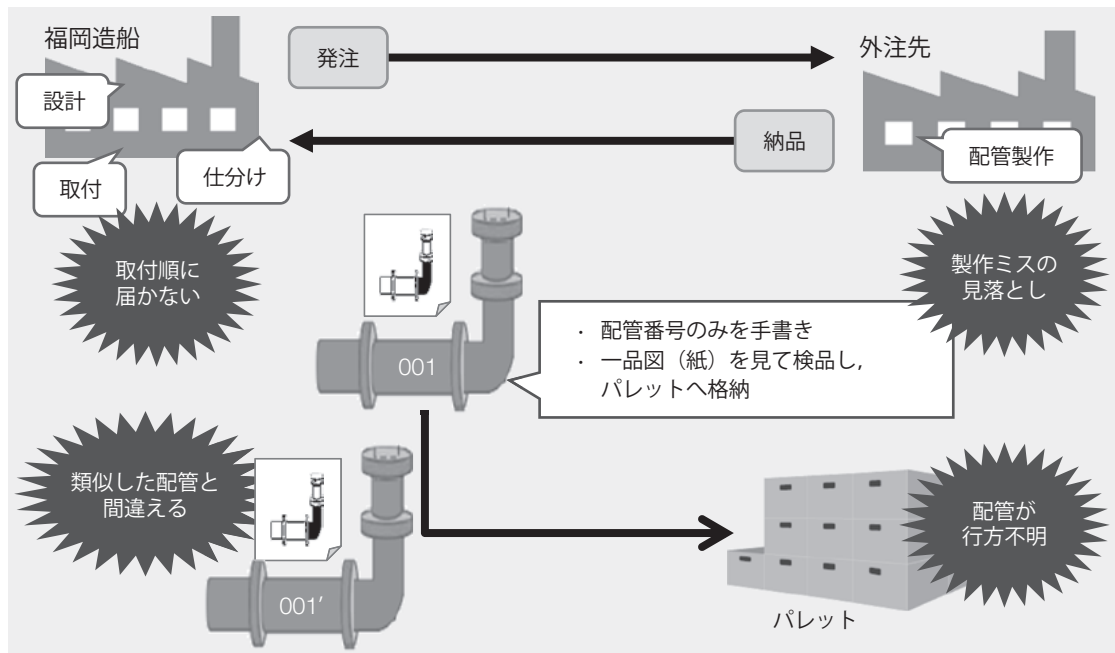


図-1 福岡造船の現状業務

先のパレットを間違えることがある。取付作業員は、パレットから配管を取り出して作業を行うため、誤ったパレットに配管を入れた場合、配管を探すムダが発生する。

（4）配管の取付作業

パレットの中から配管を取り出し、取付作業を行う。ここでは、仕分けミスによってパレットの中にあるべき配管がなかったり、製作順の都合により取付作業に必要な配管ができてなかったりする。また配管の識別が難しいため、取付位置の把握に時間がかかり、間違えることもある。

更に、福岡造船では、全ての配管の製作状況が把握できていないため、製作中に設計変更が起きた場合は、その配管の廃棄や再作成依頼をかけるしか手段がない。そのため、必要以上に材料費や運送費のコストがかかっている。

各工程の状況を分析してみると、「配管の管理、識別が困難」「配管と図面が結び付かず情報を簡単に検索できない」「製作状況や取付スケジュールなどの情報を共有できていない」といったことが見えてきた。この結果、必要以上の工数（人数×作業時間）がかかっているため、現場の生産性が向上しないと言える。そのため、配管設計時点から配管1本1本を個別に識別することが可能で、配管

とその情報をつなぎ、作業員が容易に検索できる仕組みが必要になる。合わせて、福岡造船と外注先をネットワークでつなぎ、配管の製作状況などを入力・共有する仕組みも必要である。

配管識別用マーカースの条件

配管を個別に識別するためには、何らかのマーカースを使う必要があるが、造船業界特有の作業環境を考慮した性能が求められる（図-2）。

（1）優れた耐水性、耐候性、耐熱性

船舶の建造現場は基本的に屋外環境であり、工期も長いので、マーカースが劣化すると認識不能となる。また、シール^{ほこり}の場合は剥離の懸念もある。

（2）傷や埃への耐性

多くの配管がまとめてパレットに入れられるなど、マーカースが傷つきやすい環境にある。また、屋外環境では埃や泥汚れにより認識率が低下する。

（3）複数マーカースの同時認識性能

部品点数が多く検品に手間がかかるため、複数の配管をまとめて認識できる機能が要求される。

また、部品点数が莫大となるため、コストも検討する必要がある。

これらの条件を踏まえて、従来技術であるICタグとQRコードが候補として挙げられたが、ICタグは

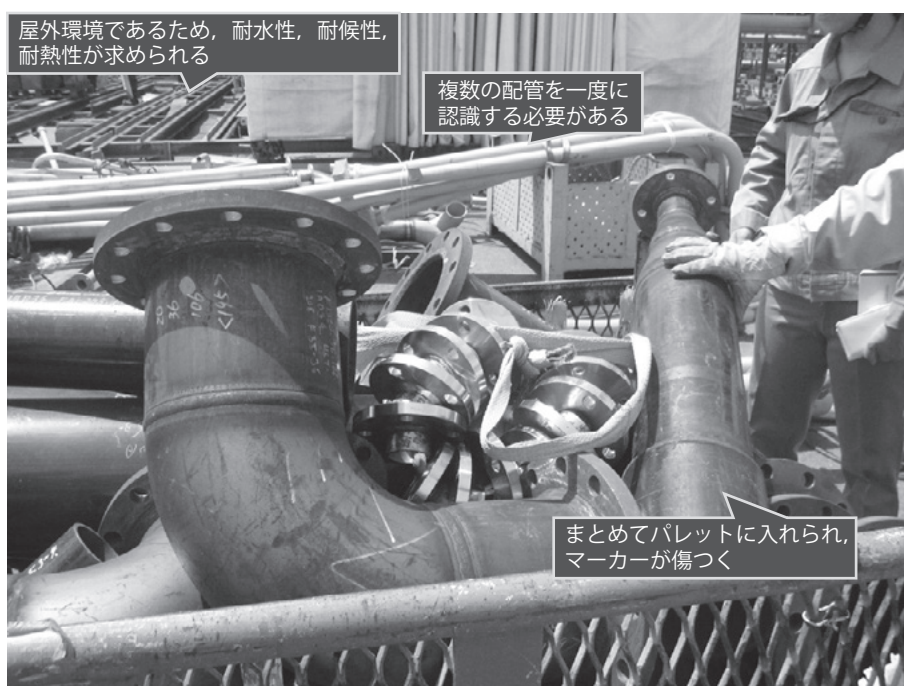


図-2 配管置き場の現状

表-2 富士通のARマーカと他社のマーカの比較

ARマーカ 種類	富士通AR技術		従来技術		
	8×8モジュール型	12×12モジュール型	ARToolKit (フリー)	A社 (製品)	QRコード
格納ID数	最大4,096個	最大9,999億個★2	100個以下	512個	最小9京個
認識距離★1	～ 2.0 m	～ 1.4 m	～ 0.75 m	～ 1.4 m	～ 0.4 m
ロバスト機能	チェックディジット (値チェック機能)	誤り訂正機能 (約18%)	無し	不明	誤り訂正機能 (訂正レベル選択式： 約7～30%)
用途	現場作業用 認識可能距離を重視 する用途で使用する	AR製品標準 現場作業用 格納ID数を重視した 用途で使用する	最も一般的な ARマーカ 研究用などでの使用 が多い	用途・認識性能・対 応環境条件には言及 されていない	ID格納のみ考慮 外枠がなく、ARに必 要な検出位置精度を 高めることが困難
マーカ 画像例					

★1：マーカサイズ5×5 cm・VGA撮影・明るさ30ルクス以上・撮影角度0～20度条件での
当社スマートフォン (F-05D/F-10D) を用いた測定値。

★2：商品に貼付されるバーコード (JAN13) と同等のID数、製品標準は1万ID、拡張可能。

建造現場の環境では故障する可能性があり、コストもかさむ。また、QRコードは汚れや傷によって読み取り不能になる可能性がある。

配管識別用ARマーカの検証

富士通は、独自のARマーカの技術 (表-2) を用いることで、配管識別用マーカの実用化の条

件を満たすことができると考え、プロトタイプを開発し、その性能を検証した。

(1) 優れた耐水性、耐候性、耐熱性

シールメーカーと連携し、プラスチックフィルム素材に特殊インクで印刷を施したシールを作成して、耐水性や耐候性を検証した。また、シールの剥がれにくさと糊の残りにくさを考慮し、糊の

成分を調整した。

(2) 傷や埃への耐性

富士通のFUJITSU Manufacturing Industry Solution PLEMIA MaintenanceViewerの読み取り時の値をチェックする機能で検証した。その結果、欠損率18%程度まで正確な認識ができた。

(3) 複数マーカの同時認識性能

PLEMIA MaintenanceViewerは同時認識性能も持ち合わせている。検証の結果、最大四つのARマーカを同時認識できた。

また価格についても、既存の金属構造用ICタグが1個あたり100円程度であるのに対し、ARマーカはわずか5円である。部品点数が多い船舶建造においては、大きな価格差となる。

評価用ARマーカを作成し、福岡造船で3か月の耐久試験を行い、性能を確認していただいた。そして、ARマーカを採用していただくことになった。次章では、福岡造船で構築した配管管理システムについて述べる。

配管管理システムの特長

AR技術を使用した配管管理システムの特長(図-3)である、作業工数の削減効果と設計変更時の対応について述べる(図-4)。

● 作業工数の削減効果

- (1) 配管にARマーカを貼ることで配管を識別する。各管の設計から取付までの作業実績情報はサーバによって一元管理ができる。配管製作において、従来行っていた手書きの配管情報記入より、ARマーカを貼り付ける作業の方が工数は少なくなる。
- (2) 各工程の作業者は、作業完了時に配管のARマーカにタブレットをかざして実績を入れる。それにより、福岡造船と外注先の双方がリアルタイムに配管の製作・取付状況を共有できる。また、作業前に実物の配管を確認する必要がなくなり、配管を探す時間も短くなる。
- (3) 設計情報から取付情報までサーバで一元管理する。作業者は、ARマーカにタブレットをかざすと必要な情報(例えば配管の図面、取付図など)を現場で参照できる。これにより、納品の際の図面検索時間が削減される。また、適切な図面を選択できるため、製作ミスの見落としがなくなり、オーダーした配管を確実に作製できる。
- (4) 外注先とネットワークを結び、情報共有することで、スケジュール変更、設計変更に対応できる。外注先と取付スケジュールを共有することにより、外注先からの納品と福岡造船での仕

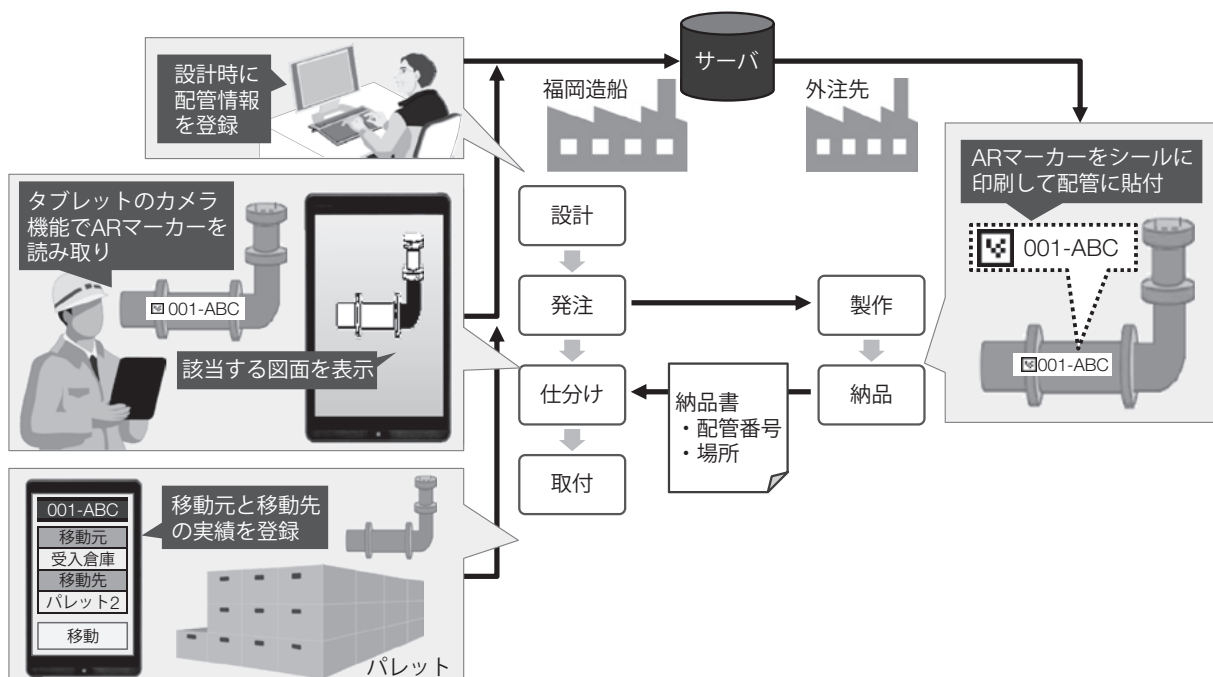


図-3 配管管理システムの概要

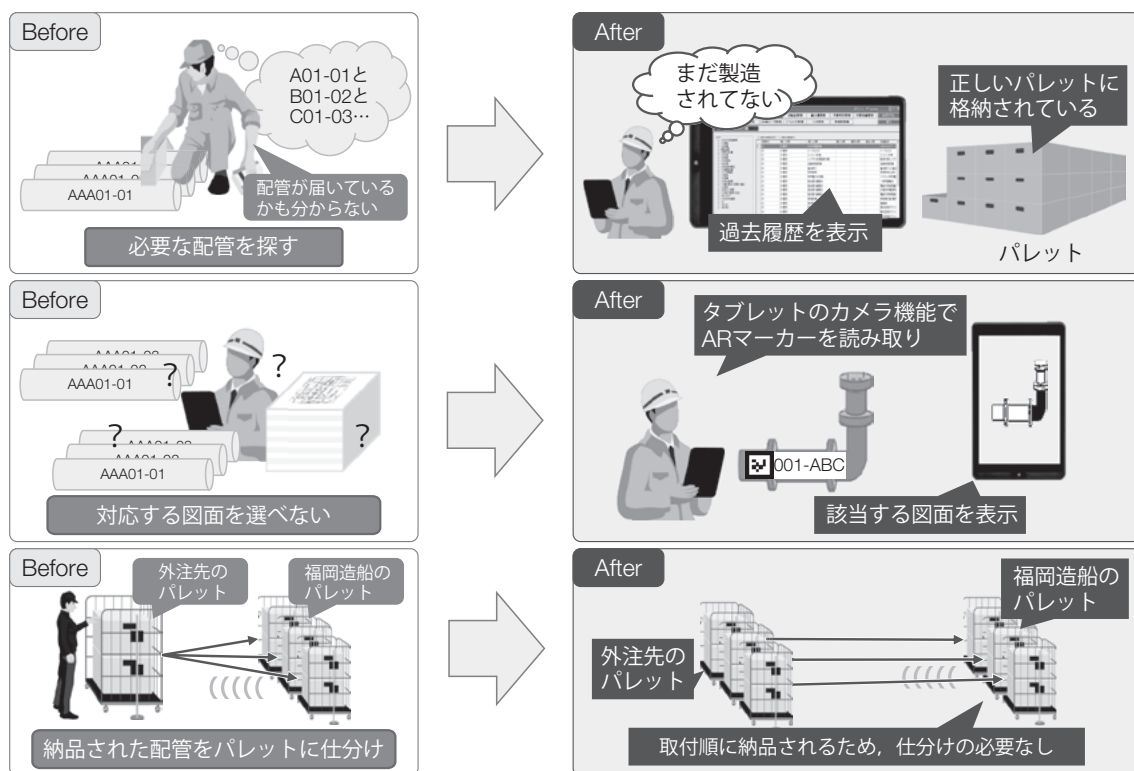


図-4 配管管理システムの効果

分けを一元化し、仕分け作業が不要となる。

● 設計変更時の対応

配管製作の発注後に部品の設計変更が発生した場合、各工程の関連部門などの作業状況を調べなくてはならない。従来は、配管の再作成を依頼していたが、配管管理システムでは、全ての配管の製造状況をリアルタイムに把握することができる。

これによって、外注先へ製造スケジュールの変更や緊急時には製造中止の指示を出すことができる。

今後の展開

配管管理システムでは、船舶部品の中の配管のみに着目して、「配管の識別と情報のひも付け」「配管の製作状況などの情報共有」を行った。しかし、冒頭に述べたように、船舶を構成する部品数は膨大であり、それら全ての管理や情報共有はできていない。配管だけでなく、ほかの構成部品にもこのシステムを適用することで、造船現場全体の生産性の向上を図りたい。更に、本システムは造船業界だけではなく、建築業界や自動車業界など部品を管理しなければならない様々な業界で適用可

能であると考ええる。

AR技術は、元々マーカをキーとして、スマートデバイスなどのカメラで映した現実の画面にデータを重畳表示することが主目的である。一つのマーカで、画面上に情報を重畳表示できることが、既存のICタグやQRコードの技術と比べて優位な点である。画面に表示する情報は、データベース上に置くことで、どのようなデータでも現実の作業風景に重ねて表示できるため、取付作業の支援などに広く応用できると考えられる。今後は、情報の重畳表示による作業効率の改善なども合わせて検討・実施する予定である。

む す び

本稿では、富士通が開発したAR技術を活用し造船現場の生産性を支援する配管管理システムの特長について述べた。

配管管理システムは、モノと情報の結び付き、配管の製作・取付状況を自社内だけで共有するのではなく、外注先とも共有したことが一つの価値ではないかと考える。今後、配管のみでなく、他社製品を含む艀装品全体への適用範囲の拡大、AR

技術の重畳表示による作業者支援を実施し、更なる生産性向上と品質向上を目指していく。

参考文献

- (1) 国土交通省：海事生産性革命（i-Shipping）を推進する革新的造船技術研究開発支援事業の募集を開始します。
http://www.mlit.go.jp/report/press/kaiji05_hh_000110.html
- (2) 国土交通省：i-Shipping（design）推進のためのCFD高度化検討委員会。
http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk5_000052.html
- (3) 国土交通省：i-Shipping（design）推進のためのCFD高度化検討委員会，第1回検討委員会配付資料，検討の背景と概要。
<http://www.mlit.go.jp/common/001152262.pdf>
- (4) 工場タイムズ：船の「艤装」とは？大きな船を組み立てる仕事を紹介。
<https://04510.jp/factory-times/1213/>

著者紹介



森川慧一（もりかわ けいいち）

富士通（株）
第二産業システム事業本部
AR技術を使用した業務支援製品の展開に従事。



安藤哲也（あんどう てつや）

富士通（株）
第二産業システム事業本部
AR技術を使用した業務支援製品の開発に従事。