

生産技術の発展で 新世代のものづくりを支える

株式会社 IHI 技術開発本部
生産技術センター センター所長

北出 真太郎



進化し高度化する「ものづくり」のための技術開発

IHI グループには、ものづくり企業として常に新しいものを創り、作り出していく宿命があります。新しいものを製造するには、新しい材料、新しい構造、高い精度、適切なコストなど、従来よりも高度なものづくり技術が求められます。それを実現するため、ものづくりの要素技術に関わる研究開発を行い、IHI グループの工場や製造部門のものづくりを支援・強化する役割を担うのが生産技術センターです。担当している主な技術分野は、溶接・接合技術、機械加工・塑性加工技術、複合材料の成形加工技術、非破壊検査技術、形状計測技術、塗装・防食技術などです。

例えば製品に使われる素材は用途によって異なります。原子力発電プラントに用いるものであれば耐食性が高く、究極の信頼性がなくてはなりません。ボイラであれば、耐熱性やクリープ強度の高い素材、航空エ

ンジンであればチタンやアルミニウム、複合材料などの軽量で高強度な素材を使い分けます。素材や用途が変われば、それぞれを溶接・接合したり、加工したりするための最適な技術は異なります。もちろん製品の検査（非破壊検査含む）や塗装、防食の技術も必要です。複合材料は、強化繊維とマトリックス材料を用いて高性能な素材を作り出さなくてはなりません。素材や構造、要求性能、コストなどに応じたものづくり技術が必要になってくるのです。

ものづくりの素材や構造、設計、製品、性能がどんどん進化し高度化するのに即して、生産技術センターでも担当する技術分野の知見を深め、設計や製造現場とも連携し、QCD（品質、コスト、納期）をしっかり守りながら研究開発を行っています。

また、研究開発以外にも IHI グループが保有する建物・構造物などの土木建築工事に関する計画、実施と保全の業務も担当しており、ものづくりの現場を支えています。

ICT を徹底的に活用

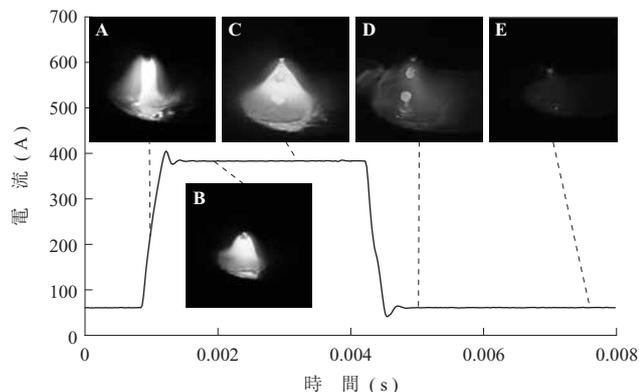
生産技術センターでは3年後のあるべき姿を定めており、具体的には次のような取り組みを強化、加速しています。

- (1) マルチフィジクスを実験的・解析的に理解しながら実際のものづくりに活かす（例：溶接の可視化・温度計測，溶接のデジタル制御・シミュレーション，めっきプロセスシミュレーション，機械加工シミュレーションなど）。
マルチフィジクス：複数の複雑で異なる現象を同時に取り扱い，真の物理現象を理解しようとする手法
- (2) 大量のデジタルデータを取得・作成・活用して，ものづくりプロセスを変える（例：自律型溶接システム，機械加工ツールパス生成，超音波フェーズドアレイ探傷，リアルタイム三次元形状計測など）。
- (3) 高度な装置技術により新しいものづくりを実現する（例：摩擦攪拌接合（FSW），線形摩擦接合（LFW），複合材料製造プロセスなど）。

これらはいずれも，生産技術センターが目指す新しいものづくり技術として，シミュレーションやデータ解析，制御，計測，可視化などのICTを徹底的に活用することにより，具体化していきます。

ベテラン技能者の“勘”を数値化する

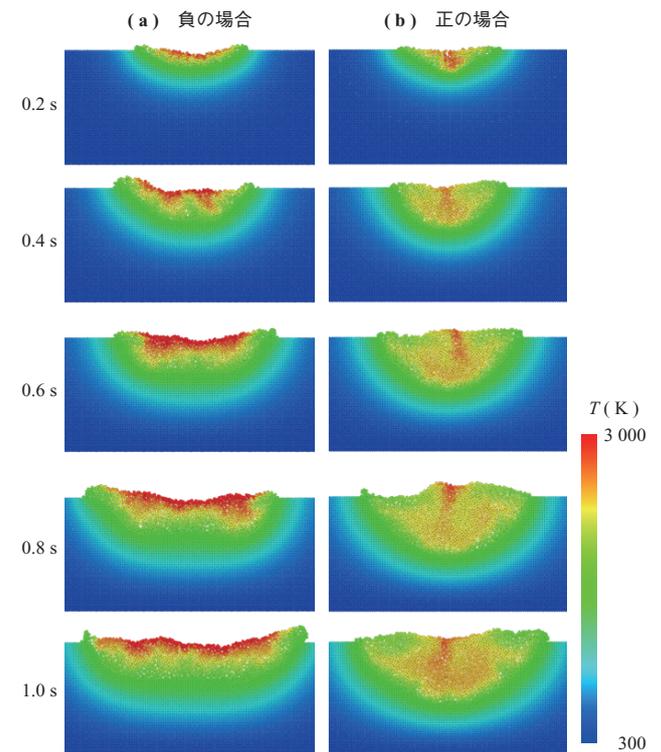
マルチフィジクスに関して例を挙げると，溶接はアーク現象，金属の溶融・対流・凝固，熱伝導など，



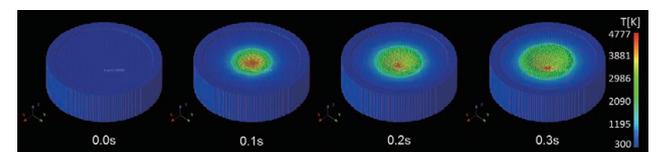
溶接電流のパルス形状と溶滴移行の様子

多くの物理現象が複雑に関わっています。電流や電圧をどのように調整するか，溶接トーチをどのように動かすかなどについて，昔はそれこそ勘に頼って仕上げていました。今は，それらの経験を数値化し，デジタルデータで解析することができるようになってきています。つまり何が仕上がりを決めているのか，材料などだけでなく電流，電圧，パルス波形，溶接材料の溶融状態，母材の溶融深さなど数多くのデータを集め，解析します。このような条件ならこういう製品ができるということを数値化することで，ノウハウの見える化，データとノウハウの蓄積，共有化が進み，技術のレベルアップが加速します。

また，それらのデータをコンピュータ上で再現する各種シミュレーション技術にも取り組んでいます。例えば，熱伝導解析と溶融凝固解析を，流体を粒子の集まりで表現する粒子法と組み合わせて溶接プロセスのシミュレーションを行っています。



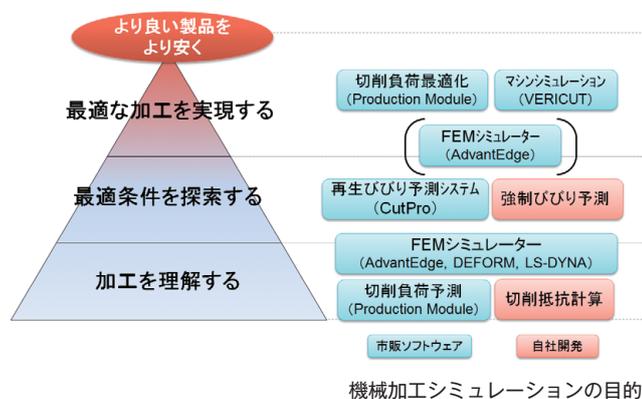
材料の違い（表面張力の温度係数）による，溶け込み形状の変化



溶接シミュレーション

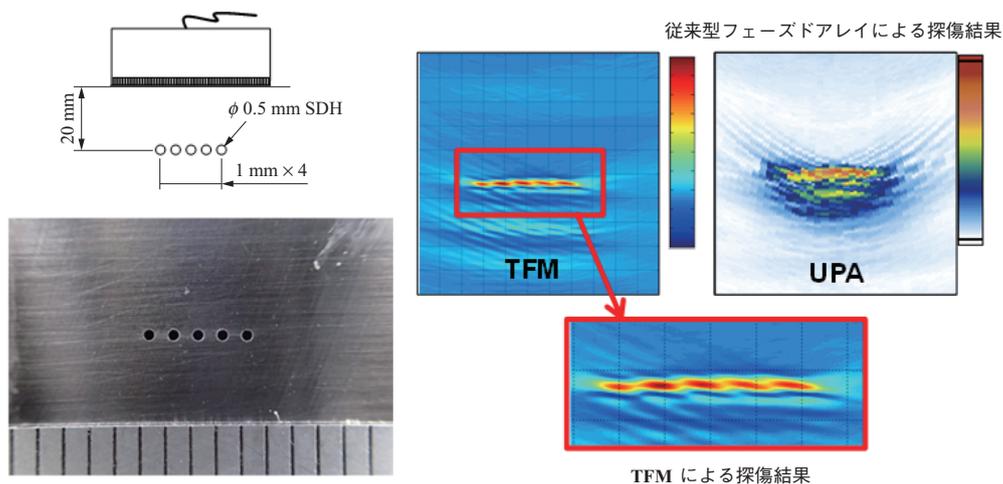
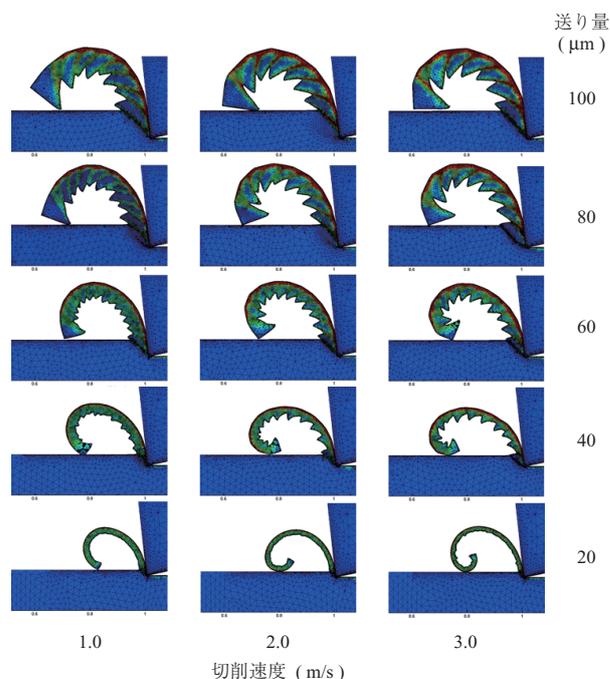
機械加工シミュレーションの例では、計測やシミュレーションにより加工を理解することから始まり、加工の妨げとなるびびり振動を理論的に予測し、最適条件を模索します。さらに、コンピュータ上での仮想実験を繰り返し、最適な加工を実現することができます。

大量のデジタルデータを取得・活用する例としては、超音波フェーズドアレイ探傷があります。アレイ状に組んだ多数の超音波発信源を使って、それらの発信タイミングを制御することで任意の位置に超音波を集束させることができます。発信タイミングを幅広く変化させてデータを取得しておき、粗解析で欠陥が見つかった場所はそれらのデータをさらに詳細に解析する、



精度と信頼性の高い TFM (Total Focusing Method) の開発も進めています。

また、これらのデータも利用した装置そのものも新しく高度になってきました。これまでになかった装置が生み出された結果として、プロセスが変わってきて



(注) TFM：各 CH から順番に超音波を発信させ、全 CH で反射信号を受信する。

超音波フェーズドアレイ：TFM



LFW で製作したブリスクの例

いる例としては、航空エンジン部品向けの LFW など
が挙げられます。

生産技術センターのメンバーは、現場に頻繁に出て
課題を見つけ、細かくデータを採取しています。そして、
プログラムを書いたりデータ解析をしたり、シミュ
レーションで現象を再現したりするなど、従来以上に
データに基づいた新しい世代のものづくりに挑んでい
ます。

個人の能力を共有化する TAKUMI 4.0

技術発展の歴史を欧米と比較すると、日本のものづ
くり技術はいわゆる“匠”がもつ個人の能力として
存在してきたとの指摘があります。今後はそうした現
場にある能力をデジタル化しながら共有し、ものづく
り全体の価値を高めることも日本の進むべき道であろ
うと思われま。それは私が部会長を務めさせていた
だいている、一般社団法人日本機械工業連合会の
「ものづくりパラダイムシフト対応調査専門部会」で
も議論されているテーマです。そうした観点から、部
会では TAKUMI 4.0 という言葉を提案しています。
精進と修練による匠の技 (TAKUMI 1.0：開国まで)、
主として欧米技術のキャッチアップ (TAKUMI 2.0：
終戦まで)、本格的な大量生産・消費時代 (TAKUMI
3.0：戦後) を経て、デジタル技術、ネットワーク技
術を高度に活用したこれからの生産技術を TAKUMI

4.0 と名付けました。モノ同士がつながる IoT に加え
て、ヒトの経験や技能、感覚などもデジタル領域に再
現・蓄積する IoH (Internet of Human) ともいえる取
り組みが進むのではないかと考えます。世界の製造業
がデジタル化、ネットワーク化に突き進むなかで、日
本の強みである現場力は、デジタル技術により従来以
上に知識化、構造化、オープン化、高度化が可能では
ないかと思うのです。

機械も人も苦手とする分野での生産技術開発を 目指して

かつての生産技術は、機械が得意で人間が苦手とす
るもの、例えば単純作業の自動化が進み、そして昨今
は人間が得意で機械が苦手な部分、例えば自律的な判
別作業の自動化などが実現しつつあります。今後はそ
れらをさらに進め、機械だけでは難しくかつ人間も苦
手な部分、つまり、人と機械が協力し合うことで初め
て可能となるものづくり技術にも挑戦していきたいと
思います。

いずれにしても、ものづくりではものを形にしなけ
ればなりません。それをどうつくるかという意味で
は、生産技術の重要性は今後も変わりありません。
一方で、デジタル化によりこれまで個人がもっていた
技能の共有化と蓄積・活用が一気に進むことは避けら
れません。企業としては、今後それに備えた人材、育
成課程なども必要になってくると思っています。同時
に、AI に代表されるようなこれまで以上に高度な
ICT 利用が必要になってきています。社内だけでなく、
社外の皆さまとも連携するオープンイノベーションの
推進が、生産技術分野でも重要と考えます。

今後とも、ご指導、ご支援をよろしくお願い申し上
げます。

【参考技報記事・論文】

- ・溶接シミュレーション (47～55 ページ)
- ・機械加工シミュレーション
(第 52 巻第 3 号 85～88 ページ)
- ・フェーズドアレイ探傷
(第 51 巻第 4 号 63～67 ページ)
- ・FSW (第 55 巻第 2 号 26～29 ページ)
- ・LFW (第 53 巻第 4 号 45～49 ページ)