



素形材

2021
MARCH
Vol.62 No.3

3

特集

鑄造分野におけるデジタル化技術の活用の現状

現場データをどう価値に換えるか

～「利活用推進の壁を乗り越える」という視点からの一考察～

ダイカスト生産プロセスの計測データ分析による品質改善

ダイカスト湯口方案のノンパラメトリック最適化技術

顧客価値を追求した軽量化鑄物へのトポロジー最適化の活用

手づくりのAIとIoTによる各種解析及び応用事例

表面評価技術を利用した次世代のものづくり

—シヨットピーニングマシンのIoTシステムへの活用—

実験、モデリング、データサイエンスの連係による統合型材料デザインに向けて

政策TREND

中小企業等事業再構築促進事業等の概要（令和2年度第3次補正予算）

シリーズ「鑄鋼の生産技術」第15回

第9章 試験、検査、鑄造欠陥対策及び品質管理

シリーズ「イノベーションを創出する素形材産学連携」第3回

名古屋工業大学 物理工学専攻材料機能分野 渡辺・佐藤研究室における産学連携の取り組み

TOPICS「特別講義」第28回

鑄造におけるロボット、制御などCPS技術の活用（第2回）

目次

特集 鋳造分野におけるデジタル化技術の活用の現状

特集企画趣旨	1
編集委員 三輪謙治	
■ 現場データをどう価値に換えるか	2
～「利活用推進の壁を乗り越える」という視点からの一考察～	
(一財)素形材センター 中野智香子	
■ ダイカスト生産プロセスの計測データ分析による品質改善	9
リョービ(株) 井澤龍介	
■ ダイカスト湯口方案のノンパラメトリック最適化技術	14
ヤマハ発動機(株) 小倉純一 / 青木崇浩 / 佐野公大 / 山崎吾朗 / 川谷龍勢	
三重大学 矢野賢一	
■ 顧客価値を追求した軽量化鋳物へのトポロジー最適化の活用	20
(株)古久根 古久根 靖	
■ 手づくりのAIとIoTによる各種解析及び応用事例	25
(株)木村鋳造所 菅野利猛	
■ 表面評価技術を利用した次世代のものづくり	33
—ショットピーニングマシンのIoTシステムへの活用—	
新東工業(株) 牧野良保	
■ 実験、モデリング、データサイエンスの連係による統合型材料デザインに向けて	41
名古屋大学 足立吉隆 / 小川登志男 / 王 志磊	

政策TREND

■ 中小企業等事業再構築促進事業等の概要(令和2年度第3次補正予算)	46
経済産業省製造産業局 素形材産業室 飯泉智也	

シリーズ「鋳鋼の生産技術」第15回

■ 第9章 試験、検査、鋳造欠陥対策及び品質管理	52
--------------------------	----

シリーズ「イノベーションを創出する素形材産学連携」第3回

■ 名古屋工業大学 物理工学専攻材料機能分野 渡辺・佐藤研究室における産学連携の取り組み	65
名古屋工業大学 教授 渡辺義見	

TOPICS

■ 「特別講義」第28回	71
鋳造におけるロボット、制御などCPS技術の活用(第2回)	
豊橋技術科学大学 学長 名誉教授 寺嶋一彦	

随想

■ 故 井形直弘先生と“転位論”研究	78
(一財)素形材センター 副会長・専務理事 板谷憲次	

SOKEIZAI CENTER NEWS	80
令和3年度イベント等 年間予定一覧	81
文献速報	82
素形材工業生産実績	83
編集後記	88

顧客価値を追求した軽量化鋳物へのトポロジー最適化の活用

古久根 靖

(株)古久根

鋳物のコストをただ下げるのではなく、そのモノのコストパフォーマンスを上げることが顧客価値となる。IT 技術を活用しつつ、それを具現化して来たストーリーを説明する。

1. はじめに

IT 技術を活用している鋳物屋と言うには恐れ多いが、IT 技術を活用して来たからこそ、生き残り、今も前向きに鋳物づくりが出来ていると確信している。私はエンジニアではないので、技術的なことより、経営的な内容が中心になることをお許しいただきたい。また、最近の取り組みについては、機密保持契約の関係で書けないが、鋳物に対する思いと言動は、昔も今も変わらないので、過去の取り組み事例をご紹介させていただくことで、ご理解いただきたい。

まずは会社概要を説明させていただく。1950 年創業～現在は、フラン自硬性鋳造で 350t/月、消失模型鋳造で 100t/月、合計で 450t/月の鋳物を造っている。サプライヤーから 300t/月の鋳物を買わせていただき、機械加工のグループ会社で、600t/月分の鋳物を仕上げ加工まで行っている。正に中小企業である当社が、何故？ IT 技術を活用することになったのか！？それには、私が先代からバトンを受け取った 2000 年まで遡らなければならない。

真新しい社長の名刺を持ってご挨拶回りした時、多くの方々から「ご愁傷様」的なことを言われた。後に失われた 20 年と言われる真っ只中にいたからだ。事実、より安価な鋳物が求められる様になり、日本の鋳物が音を立てて海外調達に切り替わって行った。ただでさえ貴重な日本の鋳物屋であったが、その多くが「とにかく安価な鋳物づくり」を強いら

れることになる。自ら海外進出して安く造ることを模索する鋳物屋、労務費を抑えるために外国人労働者に頼る鋳物屋、それぞれ懸命に模索し、挑戦を続けた。だが、「とにかく安価な鋳物づくり」への挑戦が、採算性を悪化させたことは想像に難くない。適正な利益が出せなければ、様々な悪影響が及ぶ。設備更新、環境改善、人材確保などなどままならなくなり、やがて事業承継問題へと繋がって行くことになる。

実は当社も、先代の夢でもあった海外進出を模索したことがある。命を受け、30 ソコソコの私は、中国でパートナーとなる鋳物屋探しに奔走した。紹介を頼りに相応しい鋳物屋を見つけ、契約することがミッションであったが、行けば行くほど、「これは無理だ」と思えた。当時の中国中小鋳物工場のほとんどには、毎朝、正門前に多くの人の列ができていた。「あの人は何ですか？」と聞くと、「採用面接試験待ち」とのことだった。「そんなに人を増やすの？」と聞くと、「直ぐ辞めるから補充する」とのことだった。機械に頼れない、手から手への鋳物づくりで、「人が現場に根付かないのは致命的」と思えた。中小鋳造工場の大変さは、異口同音で世界共通。それを目の当たりにした時、当社の鋳造現場で頑張っている日本人の若者達の顔が浮かんだ。海外進出を諦め、「日本人の手による鋳物づくり」に特化することを決意した。だが、造り慣れた工作機械の鋳物の多くは、

海外調達に波にさらわれ続けていた。海外では鑄造困難な鑄物、日本人だからこそ造れる鑄物、そんな鑄物を造って行くしかない！そう思っていた時に、あのSONYから声がかかった。

ゲーム機や携帯電話など、電子機器の登場と普及に伴い、電子部品の基板を作る実装機（チップマウンター）メーカーはしのぎを削っていた。それまでのチップマウンターのフレームは、製缶溶接した架

台に鑄物フレームを乗せる形が一般的であったが、後発のSONYは、音や振動を吸収する鑄物の一体型フレームを検討していた。音や振動を吸収し、実装精度を高めることが目的だった。初めて一体型フレームの図面を見せられた時、鑄物ではとても無理だと思った。でも、そんな鑄物への挑戦こそが、当社にとって、生き残る唯一の道であった。

2. IT 技術を活用することになった経緯

SONYのFAに関わる設計開発者にとって、鑄物で大型フレームを造るといのは、前人未踏の領域であった。まずは、フレームの外寸と内寸と目標重量が決められ、後は鑄造において必要な条件や形状など、様々な提案を求められた。実はこれが本当に有り難いことであった。それまでは渡された図面通り、とにかく安く鑄物を造ることを求められていたからだ。なるべく肉厚を均一に、ガスを抜く穴、砂を掻き出す穴、凝固の際の変形を抑えるための形状などなど、我々の提案に対して、初めて鑄物に触れることが嬉しくて仕方ない少年のような瞳で、真摯に耳を傾けていただいた。だからこそ、それまでの勘コツだった鑄物づくりを、IT技術の活用によって証明しつつ、説明して差し上げようと思えたのだ。

当然の如く、それは我々にとっても、とても大きな学びとなった。

まずは、CAD/CAMを駆使した湯流れ解析や凝固解析ソフトを活用し、鑄物の特性をご理解いただきつつ、提案する形状の正当性などに役立てた。

図1は、各種解析ソフトを活用し、ガス欠陥が出そうな場所を予測したものである。鑄造方案の作成に役立てるのはもちろん、機械加工後に万が一ガス欠陥（巣）などが出ても支障なきよう、加工個所の設計にも役立てていただいた。

このようにして、IT技術を活用した鑄物づくりを進化・深化させてはいたが、リーマンショックや3.11（東日本大震災）など、超激動の時代に翻弄されていくことになる。

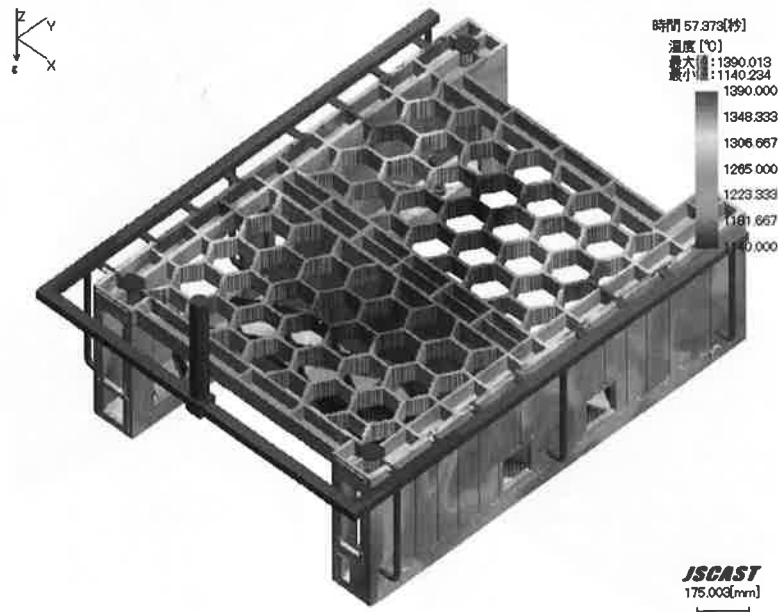


図1 チップマウンターフレーム（ベース部）のガス欠陥予測

3. 超逆風時代の挑戦

工作機械鋳物の海外調達、国内外での棲み分けが進んではいたが、3.11（東日本大震災）がキッカケとなり、リスクヘッジの名のもと、再び海外調達が加速した。当時はリーマンショックの傷も全く癒えていない状況で、藁にもすがる思いだった。工作機械メーカー各社や射出成形機メーカーにも提案営業させていただいたが、けんもほろろだった。

以前は国内生産に特化していたチップマウンター業界も、海外生産を検討していた。それは、リスクヘッジというより、地産地消が主目的であった。チップマウンターの多くは中国で電子機器の製造を一括受託するEMS（Electronics Manufacturing Service）会社に売られていたからだ。

SONY の設計開発の方々は、日本国内の生産にこだわりを持ってきていた。それは、電子機器の心臓部である基板を作るチップマウンターが、海外で作れるようになったら、日本におけるデジタル機器

メーカーの存在価値がなくなってしまうと思われるに違いない。新型を国内生産で継続するためには、より軽くて、より強度や剛性のある鋳物フレームを造り、チップマウンターそのものの「コストパフォーマンスを上げなければ」ならなかった。その挑戦が、新たな IT 技術の活用につながって行くことになったのである。

新型鋳物フレームの目標重量は 1,000kg であった。最初に設計開発メンバーが書いた図面では、フレーム上下で 1,600kg あった。それを双方の経験値により 1,360kg まで軽量化した。その時の提案形状を図 2 に示す。

ここからの軽量化は、強度や剛性が落ちる懸念が拭い切れない。「捨てる神あれば拾う神あり」とは良く言ったものである。それまで聞いたこともなかった新たな IT 技術「トポロジー最適化」なるものを活用すれば、更なる軽量・最適化の検討が可能だと、

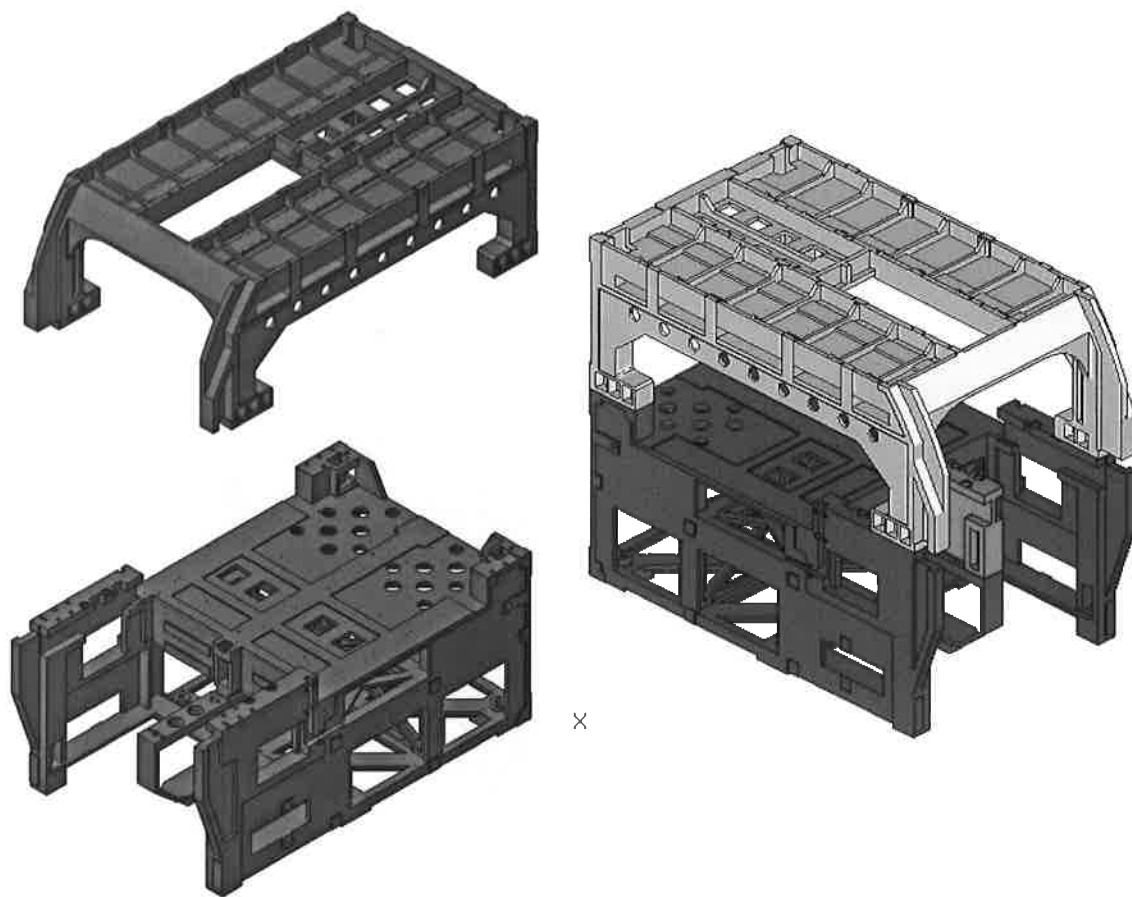


図 2 1,600kg ~ 1,360kg まで軽量化した新型鋳物フレーム

岐阜の超老舗鋳物メーカーに教えていただき、「トポロジー最適化」ソフトを開発した株式会社くいんとの石井社長をご紹介いただいた。中小の鋳物屋にとって、とても背伸びであったが、国からの補助金を活用して「トポロジー最適化」ソフトをリースすることができた。懇切丁寧なアドバイスのもと、「剛性キープで更なる軽量化」を模索して行くことになるのである。

図3は、トポロジー最適化シミュレーションによる解析の様子である。シミュレーションでは強度や剛性に寄与していない箇所、必要な箇所を色分けして判定する。ここまではソフトさえあればシミュレーションできる。しかし肝心なのはここから。ただ必要な箇所だけ残した形状では、鋳物として形づくることができない。そこから湯流れや凝固による変形を考慮した形状を見出すこと、機械加工上で

必要な基準面や部品の取付け面などを残すことなど、鋳物づくりから機械加工・組立までの一貫生産体制がある当社ならではの、様々な視点からの検討を行っていった。少し設計変更しては解析をかけて、強度や剛性を確認する。それを幾度となく繰り返す。そして、最終的には合計で31カ所の形状変更を施し、図4に示すように目標重量1,000kgの軽量化フレームの鋳物を造ることができた！勿論、強度や剛性などは維持したまま！

当社の設計にまで踏み込んだ提案は受け入れられ、新型として採用された。

勿論、日本国内生産で！しかし、日本の電子機器メーカーは韓国勢に押され、とても厳しい状況を強いられていた。その後、SONYは苦渋の決断を行うことになる。何と！チップマウンター事業部を売却してしまったのである。

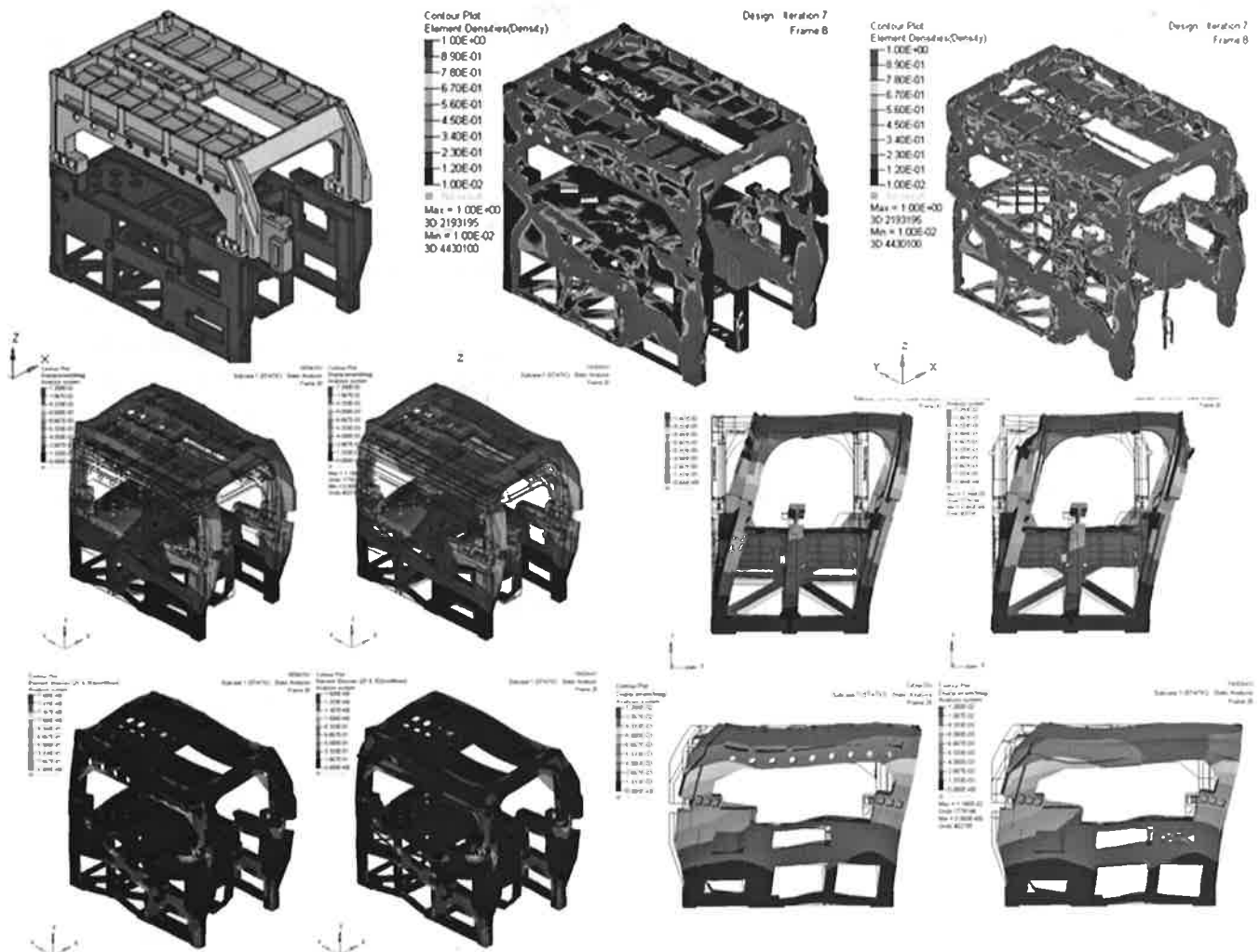


図3 トポロジー最適化シミュレーションによる解析



従来型 1,360kg



提案型 1,000kg

図4 トポロジー最適化による鋳物フレームの軽量化

4. まとめ

2000年から20年が過ぎた。「とにかく安価な鋳物づくり」からの脱却を目指して来たことで、超逆風～波乱万丈の中に身を置くことになった。およそ15年間、とても辛く苦しい時代であった。冷たい風は本当に身に染みだ。でも、だからこそ、多くのことが吸収でき、超逆風を力に変える術を得たのかも知れない。

複雑な形状で軽い鋳物を造って、利益を出すのは、本当に至難の業。でも、それが良いモノ（チップマウンターなど）になり、市場に評価され、たくさん売れば、多くの注文がいただける。多くを造る中で、改善も進み量産効果も出て、やがて採算も合ってくる。ずんぐりむっくりで、重い鋳物を造ることの方が容易いが、それがモノになっても、市場に評価されなければ、リピートは来ない。鋳物のコストをただ下げるのではなく、そのモノのコスト

パフォーマンスを上げることが、とても重要だと信じて疑わない。

その具現化への助けが、IT技術の活用なのだと思う。

しかし、「捨てる神あれば拾う神あり」は本当である。再編統合が進んだ日本のチップマウンターメーカー数社が、世界シェアの大半を獲得していることは、日本人にとって本当に誉れ高きこと。その中の一社が、当社のこれまでの取り組みを評価～多くの提案を受け入れ、採用していただいている。そして、チップマウンターを含む半導体業界は、黎明期から成長期・スーパーサイクルに入ったと言われている。今後ますます増えるであろうリピートに 대응するため、同志を募っている。

「Revs your Heart」わくわくを止めず、鋳物づくりに精進したい。