



公益財団法人 科学技術交流財団
第3回 建設技術のデジタル革新に関する研究会

デジタル技術を活用した鋳造品の製造

2021年1月13日
日之出水道機器株式会社
執行役員 甲斐 信博

1. 企業概要

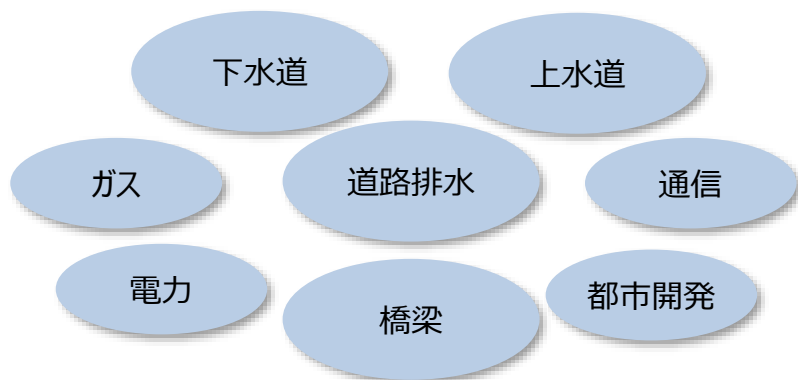
会社概要

- ・会社名 日之出水道機器株式会社
- ・創業 1919年（大正8年）6月8日
- ・所在地 本社
福岡県福岡市博多区堅粕5-8-18 ヒノデビルディング
東京本社
東京都港区赤坂3-10-6 ヒノデビル
- ・事業概要 鋳鉄やポリマーコンクリート等の材料技術を活用した
公共構造物や産業機械等の研究開発および製造・販売
- ・資本金 9千万円
- ・売上高 232億円（2019年6月期）
- ・従業員数 960名（2020年12月現在）

事業概要



老朽化した都市インフラに対し
安全で快適な生活環境を実現
するトータルソリューション



鋳物の特性を最大限活かした
他材料では実現困難な
付加価値の提供



主力商品（マンホールふた）について

様々な事業体や防衛・港湾・民間施設にマンホールふたが設置されています。



事業体での実績



自衛隊施設での実績



コラボレーション製品
(ポケモン社×横浜市)

ヒノデ鋳物技術の広がり

雨水排水グレーチング



橋梁用伸縮装置



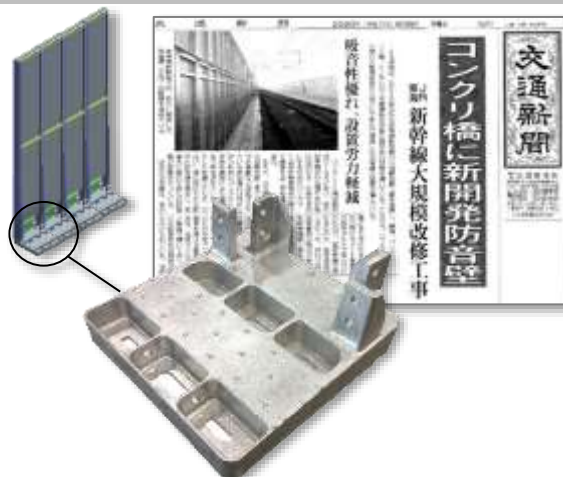
鋳鉄製床版



防護柵用基礎杭



新幹線用防音壁基部

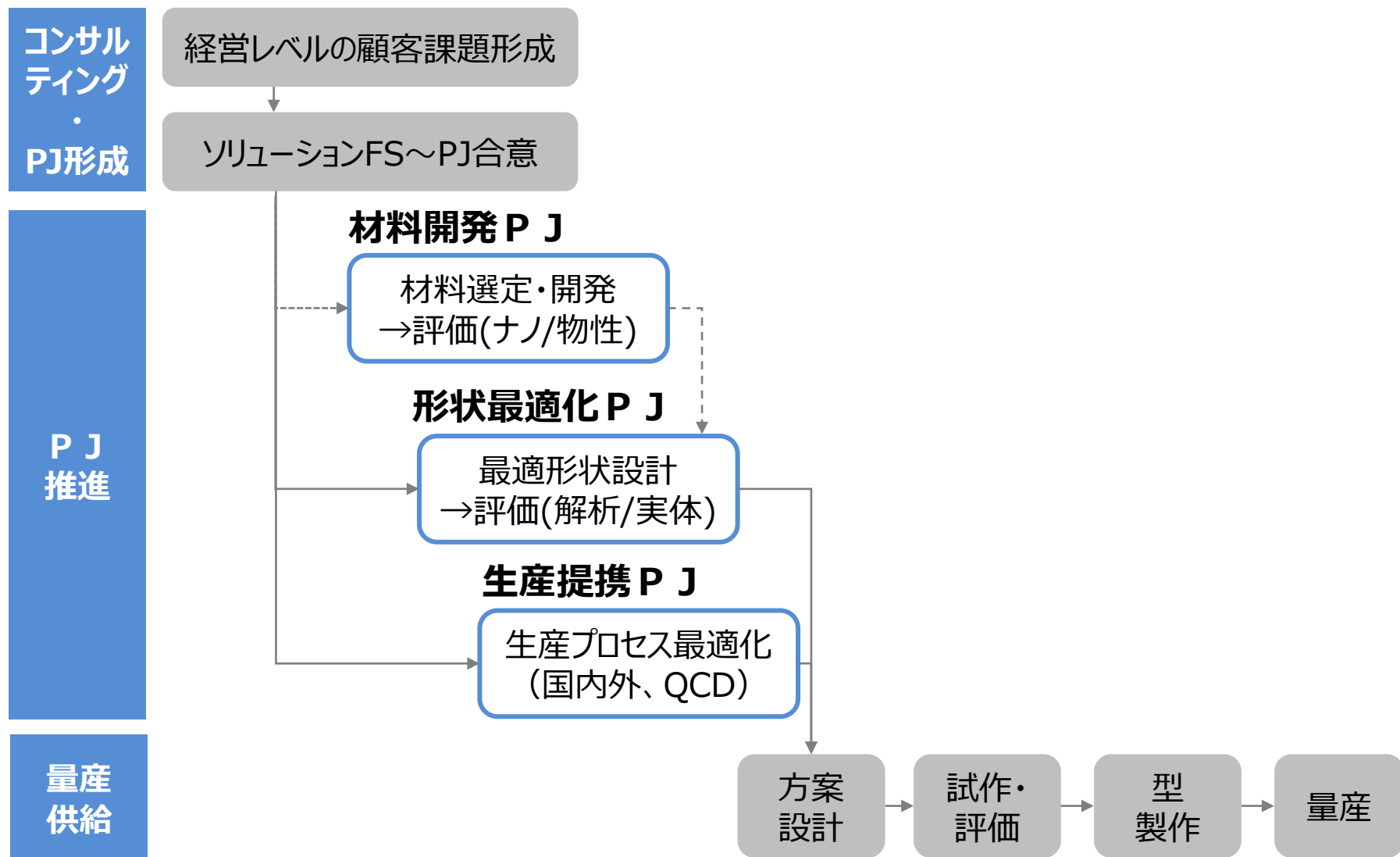


免震床用エキスパンションジョイント



2. 鋳造品の開発プロセス

ヒノデ鋳物技術ソリューションプロセス



2. 鋳造品の開発プロセス

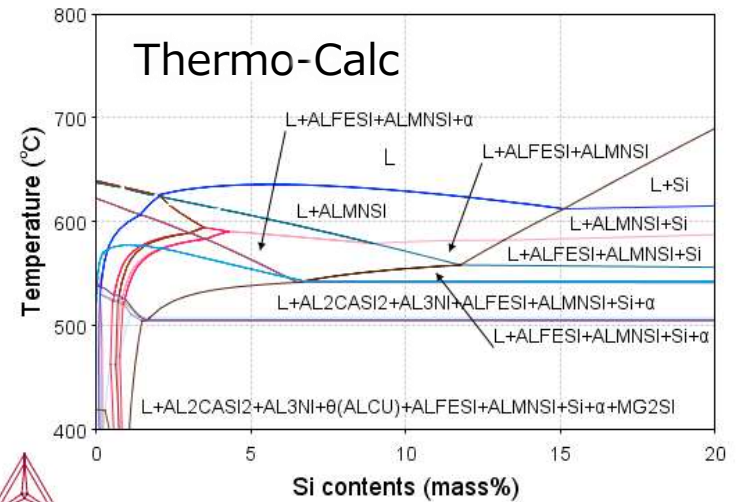
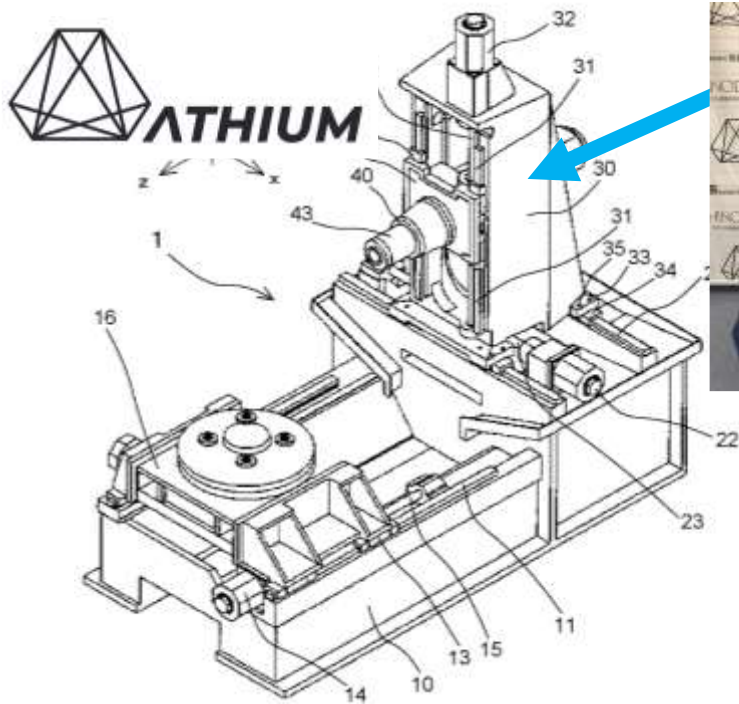
材料選定・開発（新素材ソリューション）

・材料開発プロセスの効率化（事例）

高剛性アルミ合金

コラム

（高剛性化による工作機械の性能向上効果大）



鑄造性および高剛性相の検討
成分を変え、仮想実験を繰り返し可能性を探索

- 材料の高剛性化による工作機械/ロボット部品の高機能化ニーズ
- 砂型鑄造は冷却速度の小さく、偏析や組織の粗大化により強度特性が得られにくい
- 業界大手が広範囲成分で特許を保持、挑戦意欲や新しいアイデアが必要
- 剛性向上メカニズムの仮説立案/剛性向上相の選定と組織制御手法の考案

2. 鋳造品の開発プロセス

構想設計～開発（形状最適化ソリューション）

新商品の開発ステップ

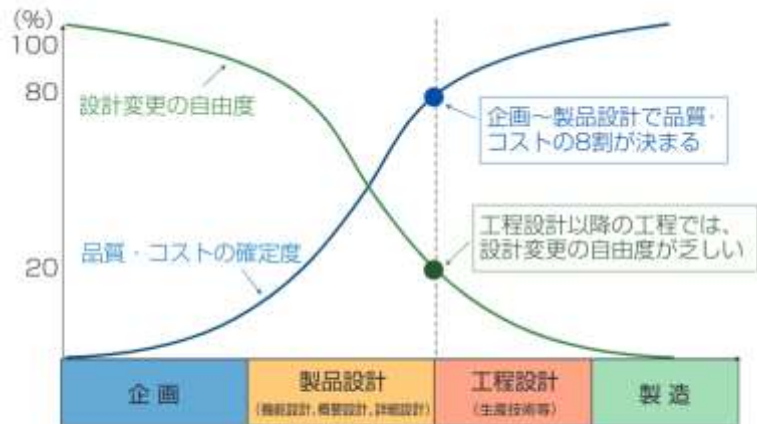
STEP 1 構想設計～開発

STEP 2 工業化

STEP 3 小ロット多品種生産

構想設計領域における最適化技術の重要性

2020年版ものづくり白書 第1章 第3節 2「設計力強化戦略」より



資料：日野三十四「実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新」P.14 図 0-4 を参考に、経済産業省作成

出典：2020年版ものづくり白書

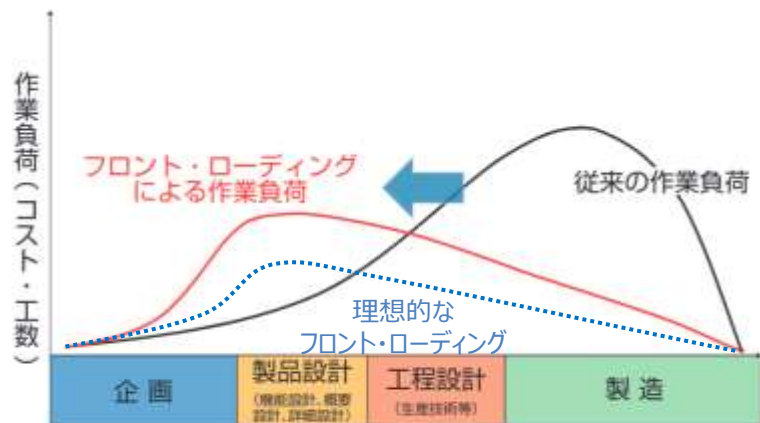
開発が進むにつれ仕様変更の自由度は低下



設計完了後の仕様変更は極めて限定的



製品の品質とコストの8割は
設計段階で決まる



資料：日野三十四「実践 エンジニアリング・チェーン・マネジメント：IoTで設計開発革新」P.14 図 0-4 を参考に、経済産業省作成

出典：2020年版ものづくり白書（一部追加）

開発の初期段階に資源を集中的に投入
(フロントローディング)



最適化技術で
理想的なフロントローディングの実現

3 D設計技術を活用した最適化設計

2. 新商品開発 (0ベース設計)

開発要件の設定

既存品の開発要件を参照

例)

- 外力
- 拘束条件
- 設計領域設定
- 材料定義
- 使用環境
-
-

客先合意

設計クライテリアの設定

設計クライテリアにおける優先度を設定

例)

- 質量
- 剛性
- 耐力
- 外観

優先度高

最適化設計

最適化設計による形状の複数提案

- ジェネレーティブデザイン
- トポロジー最適化
- 形状最適化

FEM構造解析による効果予測

高度な構造解析技術による評価

- アセンブリ解析
- 材料非線形解析
- 幾何学的非線形解析
- 接触解析
- 線形座屈解析
-
-

3 Dシミュレーションを使った最適化設計技術の概要




目的

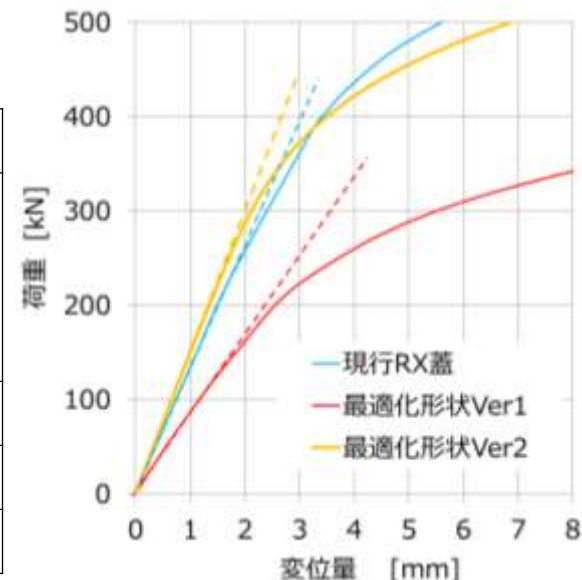
- ・ 構想設計期間の短縮 (構想設計効率 = 設計コスト削減)
- ・ 技量や試行錯誤によらない最適な形状の創出 (不足する技術経験 / 技術能力の補完)
- ・ インパクトのある形状の創出 (商品価値 / 顧客提案力 / 顧客訴求力の向上)

期間短縮効果



現行品と最適化形状との比較

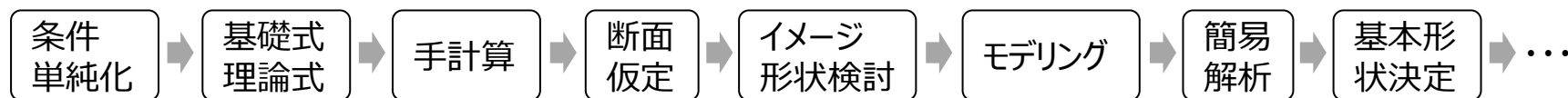
| | 現行品 | 最適化形状Ver1 | 最適化形状Ver2 |
|--------|--|--|---|
| 形状 |  |  |  |
| モデル質量 | 32.4 kg | 27.8 kg | 30.8 kg |
| リブ質量 | 12.5 kg | 7.9 kg | 10.9 kg |
| リブ質量比率 | — | 63 % | 87 % |



構想設計におけるコスト的視点の整理

構想設計手順比較

【従来の設計手順】



【最適化設計技術による設計手順】



工数比較

| 事例 | | 従来の設計手順 | 最適化設計技術による設計手順 |
|---------|------|-----------|----------------|
| マンホールふた | 検討期間 | 14ヶ月 (実働) | 5ヶ月 (実働) |
| | 検討件数 | 8件 | 20件 |

85% 工数低減

2. 鋳造品の開発プロセス

工業化（生産準備プロセス）

新商品の開発ステップ

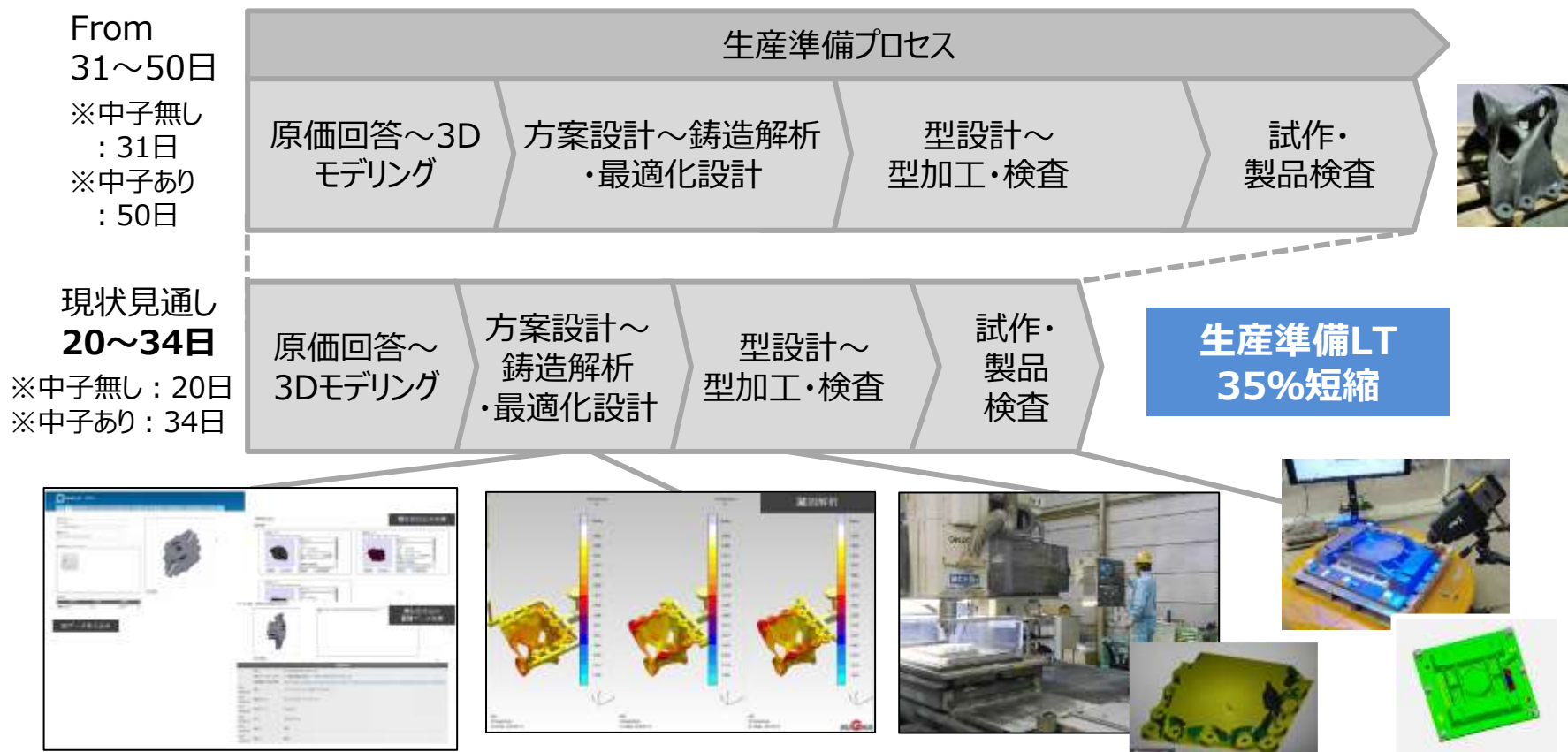
STEP 1 構想設計～開発

STEP 2 工業化

STEP 3 小ロット多品種生産

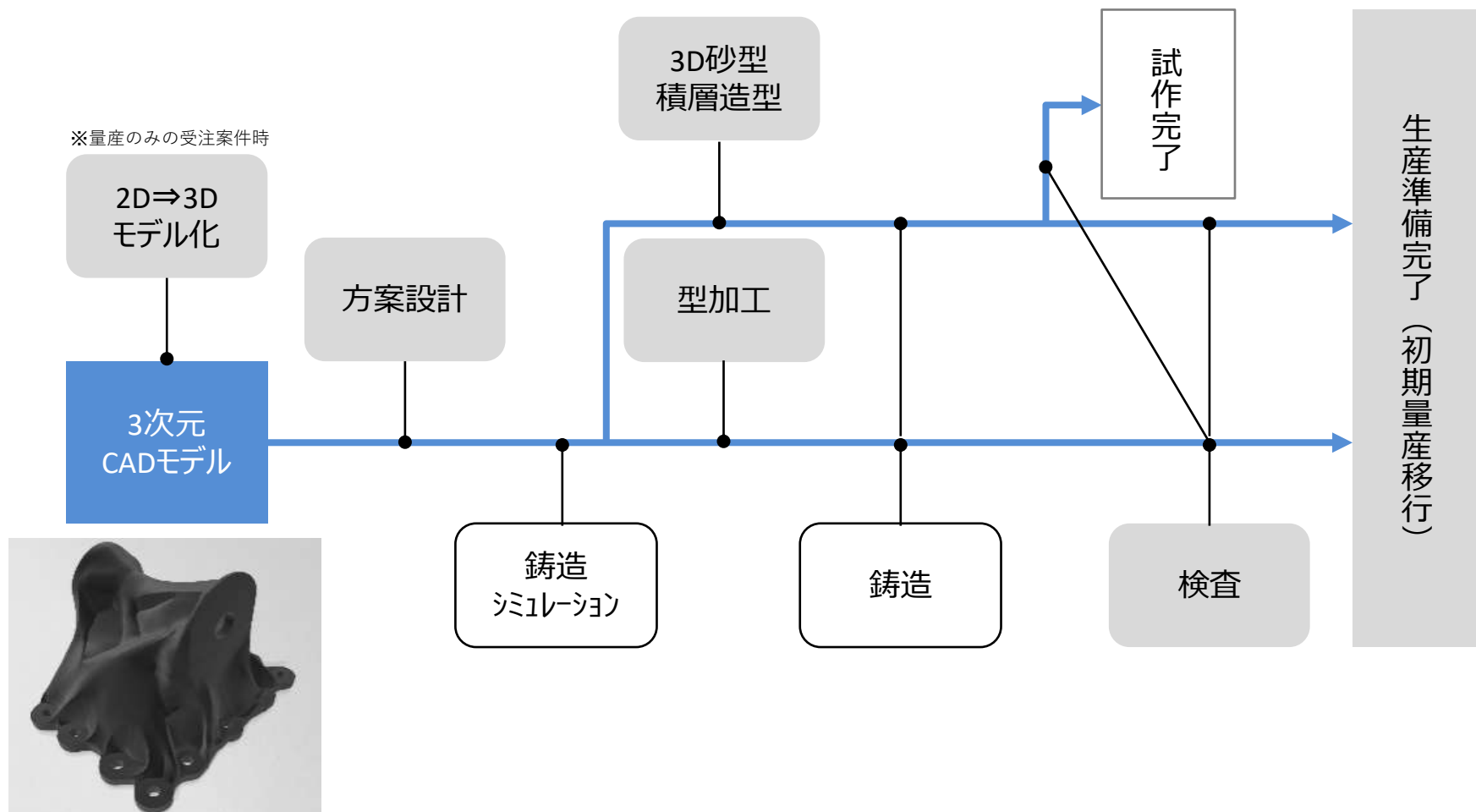
生産準備能力（スピード・キャパシティ）の現状

生産準備プロセスは、従来31日～50日程度の時間を要していた。
設計プロセスで創出した3D製品データを試作～鋳造方案～型製作～検査までに亘って
シームレスに活用する仕組みの構築が進み、目標達成（LT12日）に目途が付いてきた。
今後は、キャパシティ拡大に向けて、ツールやリソース拡充等を進める。



新しい生産準備プロセスの基本フロー

新しい生産準備プロセスでは質とスピードの向上へ向けて、各項目のデジタル化と3次元CADモデルを中心に各項目をシームレスに繋いだ体制の構築へ向けて活動を推進中。

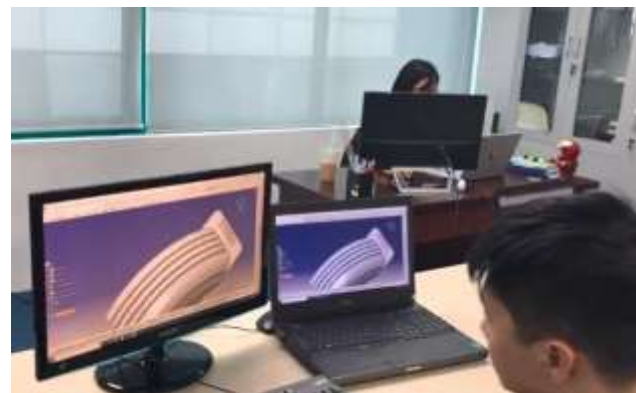


2次元図面の3次元CADモデル化

生産準備スピード向上へ向けては3次元CADモデルを準備する必要があるが、産業機械業界のお客様の場合、3次元CADモデル化されておらず、図面のみの場合も多く認められる。

但し、この工程は付加価値を生まない事から、如何に安価に3次元CADモデル化を出来るかが大きなポイントとなる。

現在、ベトナムのメーカー活用により、国内対比半分以下の価格での3次元CADモデル化体制の構築を推進中。

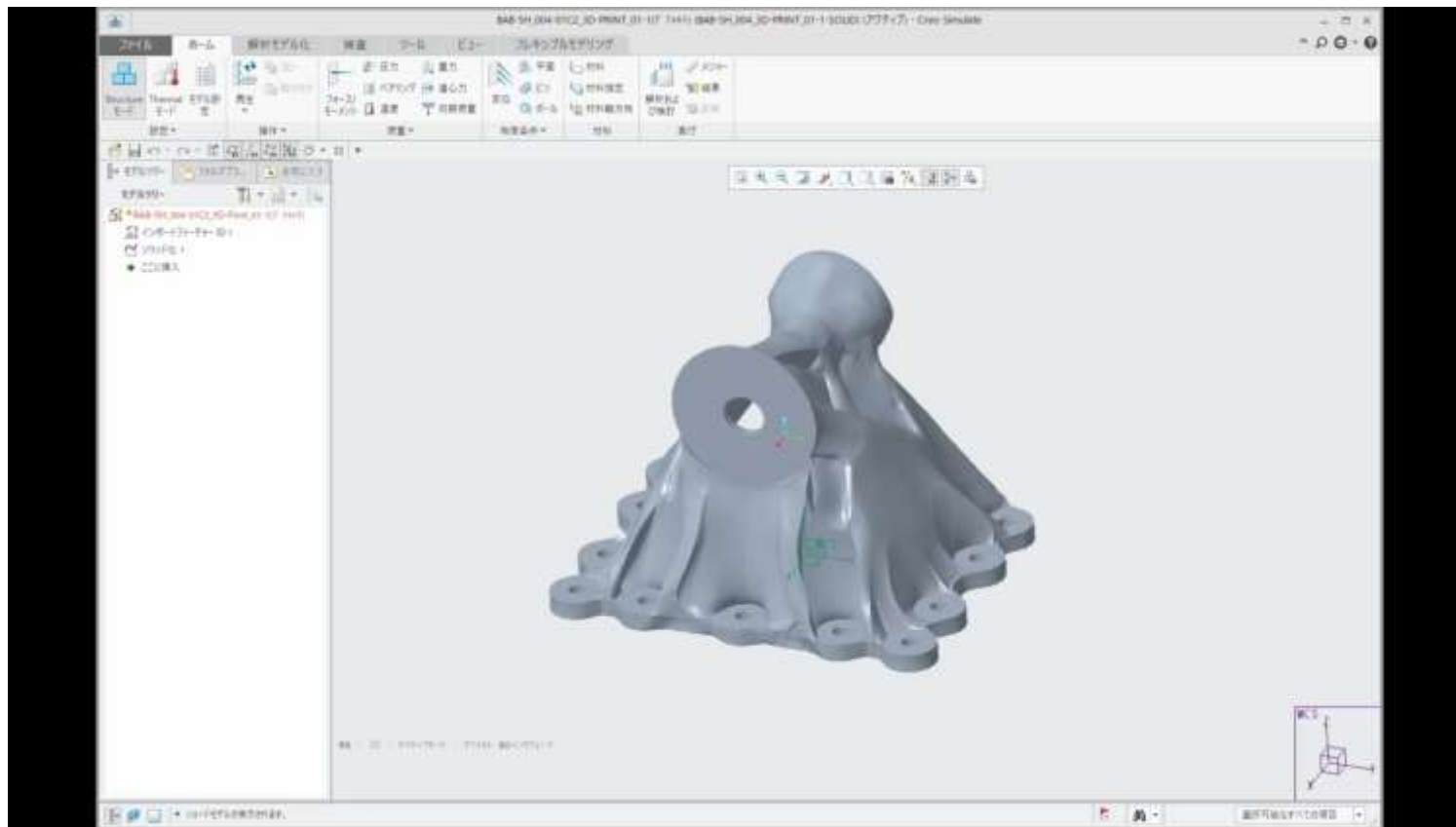


鋳造方案設計～鋳造シミュレーション

鋳造方案は鋳造品の品質を決める重要なプロセスであるが、鋳造プロセスは製造時の要素が他の塑性加工プロセスに比べて多い事から、過去の経験値も参考にすることは非常に有効。

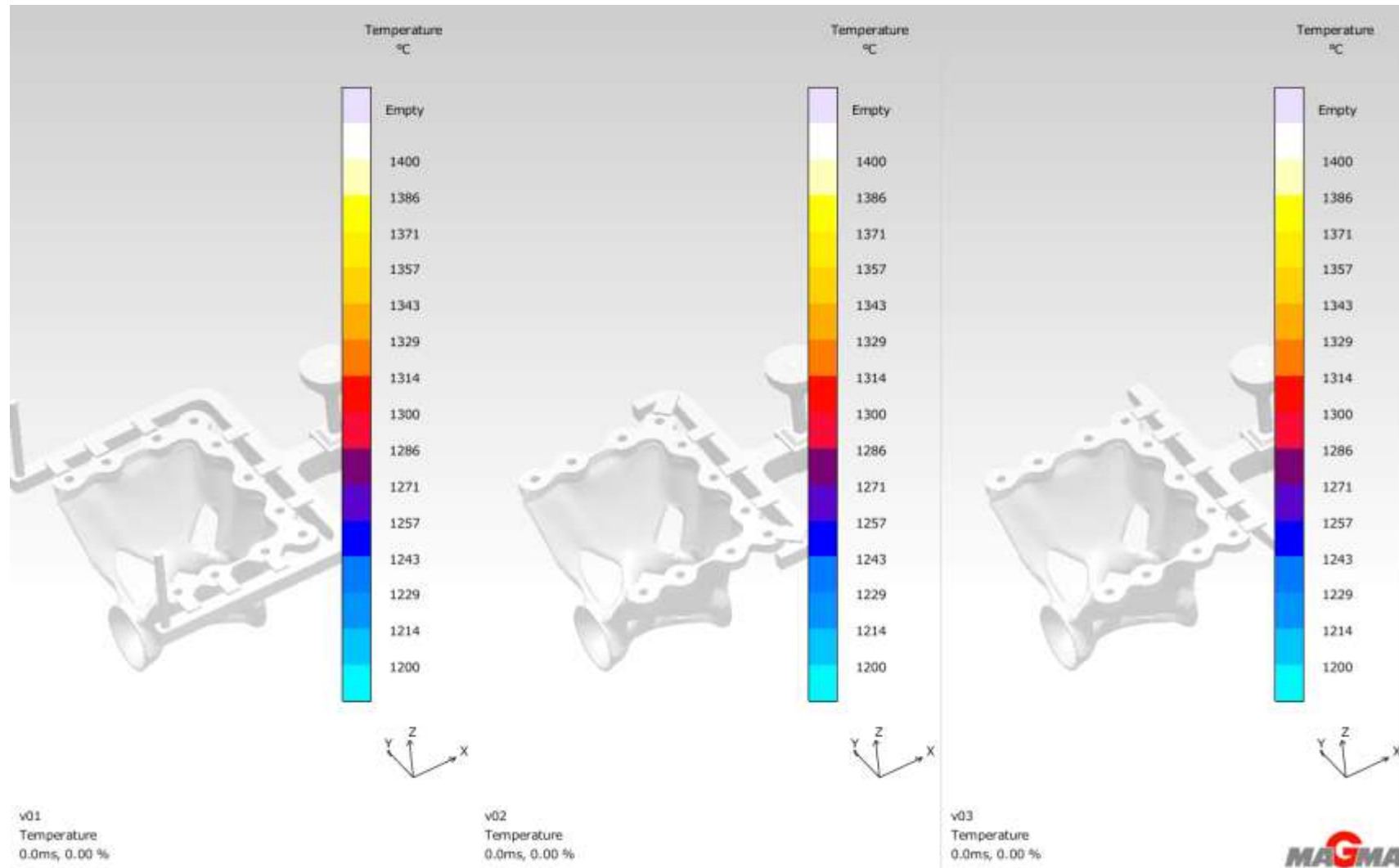
合わせて、近年では解析シミュレーションも進んできている事から、「理論＋過去の経験値＋鋳造シミュレーションによる最適化」を融合させることで、鋳造品質の向上とスピード化を推進中。

○事例：類似形状検索



鋳造方案設計～鋳造シミュレーション

○事例：鋳造シミュレーション 流動解析



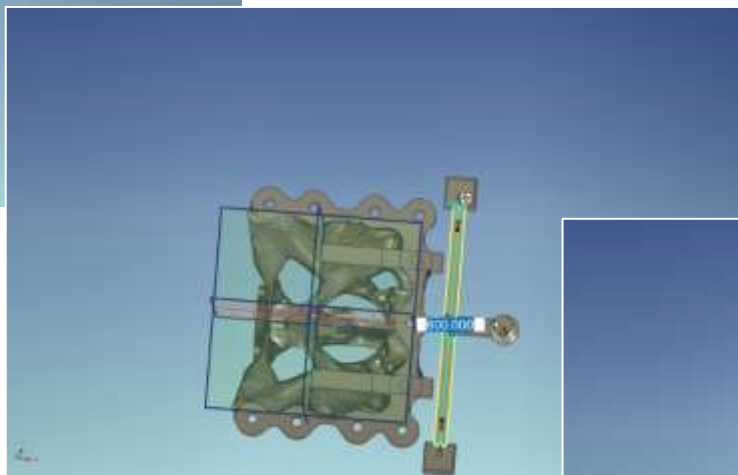
鋳造方案設計～鋳造シミュレーション

鋳造方案設計については、一からモデリングするのではなく、各要素を基本パーツ／モジュール化することで、約50%の鋳造方案モデリング時間を短縮化。

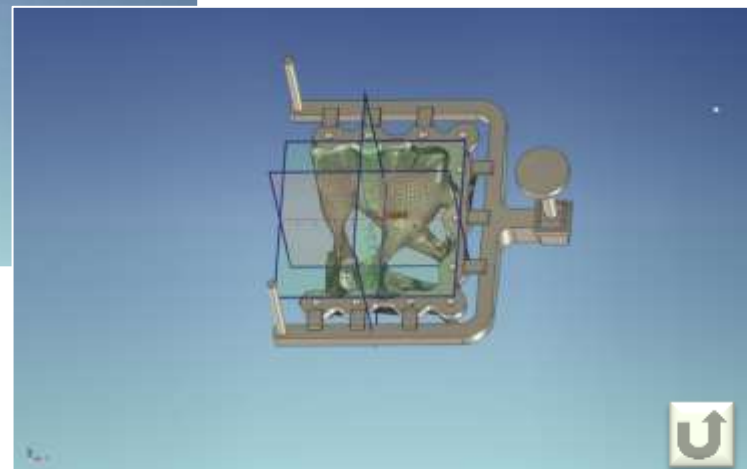
○事例：鋳造方案設計



①基本パーツの選択



②パーツ位置／寸法調整

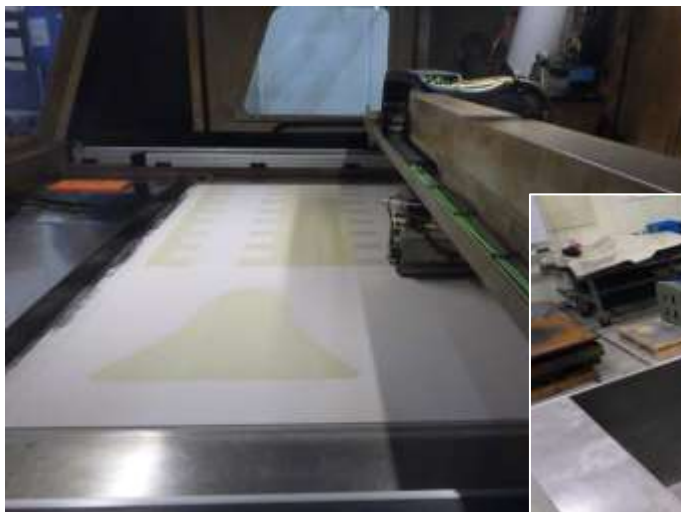


③鋳造方案完成

3D砂型積層造型

生産準備プロセスにおいては主として型（模型）製作に多くの時間を要する。また量産時には製造ロット数が極端に少ない製品では、型の費用や保管型の管理が大きな負荷になる場合がある。

そこで既に活用している試作段階と合わせ、量産段階での3D砂型積層造型鋳型の活用検討を推進中。



①砂の積層



②積層鋳型の取り出し

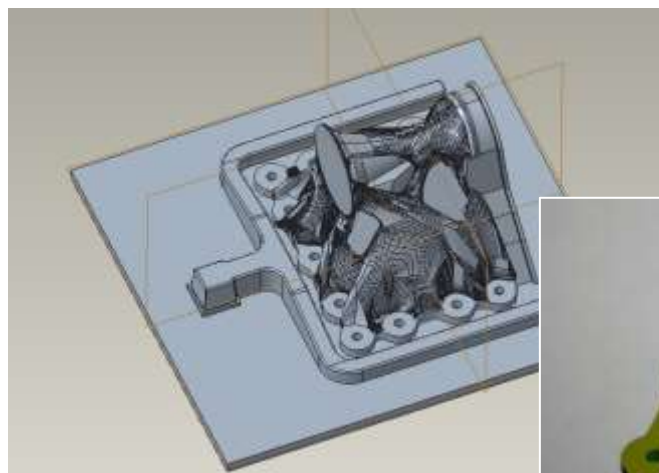


③積層鋳型の組み立て

型（模型）加工

最近では熟練工の減少やNC加工の進歩により、型（模型）加工も職人の世界から3次元CADモデルデータを活用した機械加工へ移行。

従来の佐賀や栃木での型製作に加えて、グループ内の加工メーカーである栄製作所にて、3次元CADモデルデータを用いた加工スピードに優れた型製作体制構築を推進中。



①型モデルの作成



②加工プログラムの作成



③型の加工



検査（寸法測定）

型（模型）や試作鋳造品の寸法の測定はノギスやデプス、ハイトゲージといった様々な計測機器を駆使し、設定されたすべての寸法をチェックするが、複雑な形状のものでは丸一日測定に費やされることも少なくない。また、測定には高度な熟練性を要するなど、多品種少量を軸とした鋳物ビジネスを進める上では、生産準備プロセス上のスピードや対応能力面でのボトルネックの一つとなる。

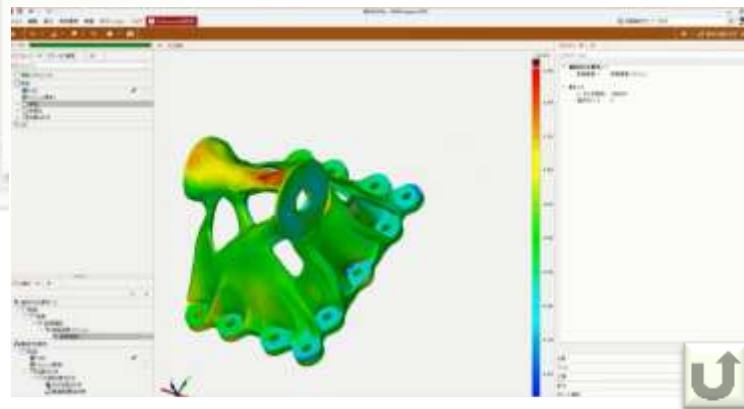
そこで非接触3次元測定技術を採用し、3次元CADモデルデータと測定データを比較することで、寸法測定時間を約50%削減。



①対象品の形状スキャン



②スキャンデータと3次元CADモデルデータとのアセンブリ



③寸法差の評価

完成品



2. 鋳造品の開発プロセス

省ロット多品種生産

新商品の開発ステップ

STEP 1 構想設計～開発


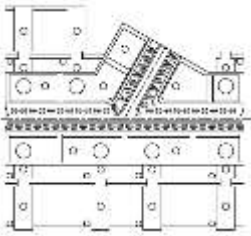

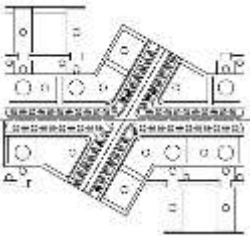

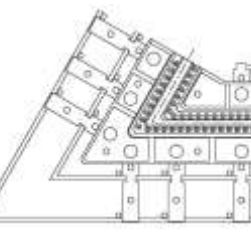
STEP 2 工業化

STEP 3 小ロット多品種生産

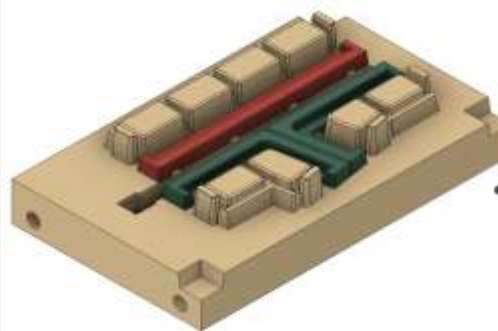
3次元積層造型を活用した小ロット多品種生産の事例

橋梁用伸縮装置の接続部

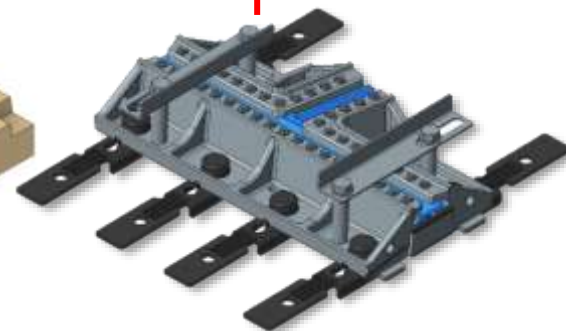
拡幅橋梁の伸縮装置には縦目地と横目地の接続部が発生。
 接続部は現場に合わせた様々な形状/接続角度への対応が必要。

| 現場状況 | 接続部形状 |
|--|---|
|  |  |
|  |  |
|  |  |

鋳型を3Dプリンターにて直接製作
 ⇒ 母型製作コスト低減と製造L/T短縮が可能



3次元積層造型された鋳型



鋳造～組立後の製品

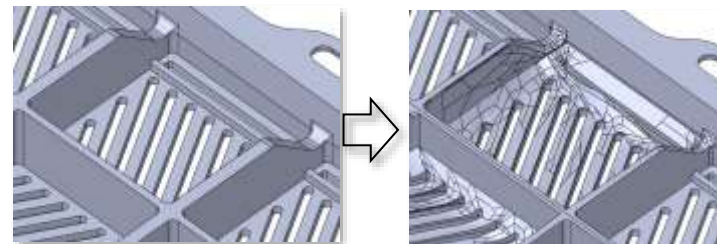
3. 土木・建築分野の活用事例

形状最適化事例

雨水排水グレーチングの補強形状検討

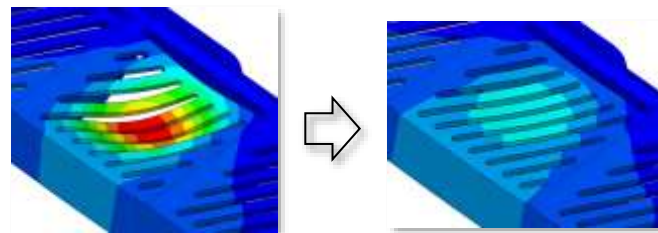


最適化形状

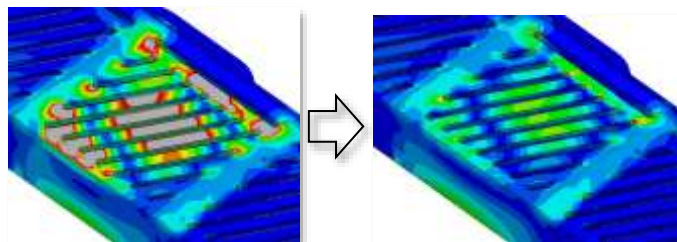


- ・ スリット端部の梁をたわみ難く
- ・ スリット部の付け根部分をすり鉢状に

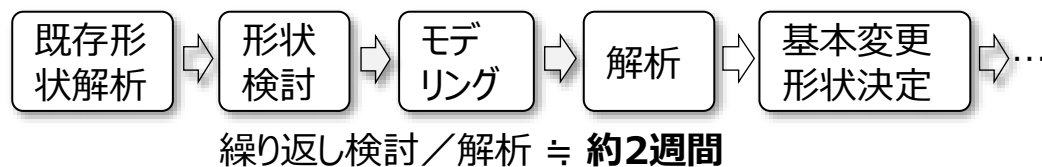
変形状態 (たわみ 2.1mm ⇒ 1mm)



応力状態 (ミーゼス 834MPa ⇒ 235MPa)



<通常の対応>



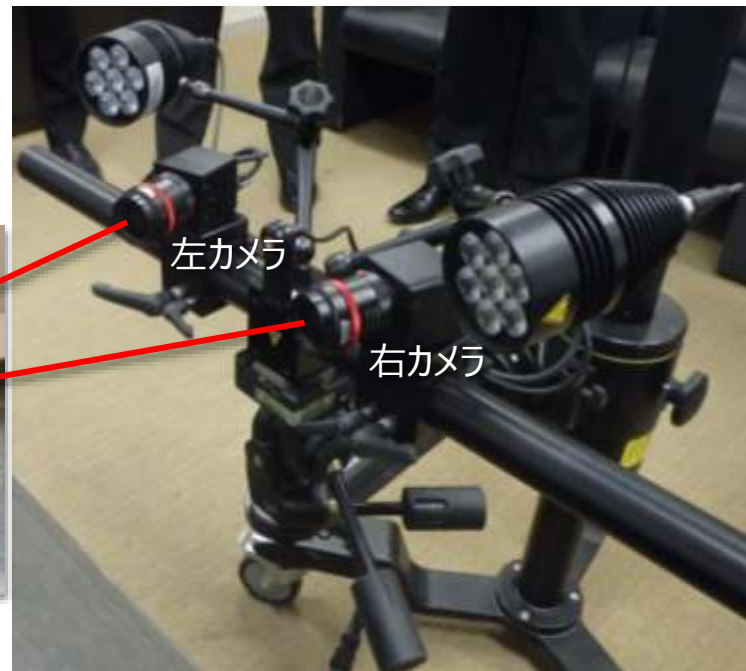
<形状最適化の設計手順>



DIC計測事例

デジタル画像相関法(DIC)とは

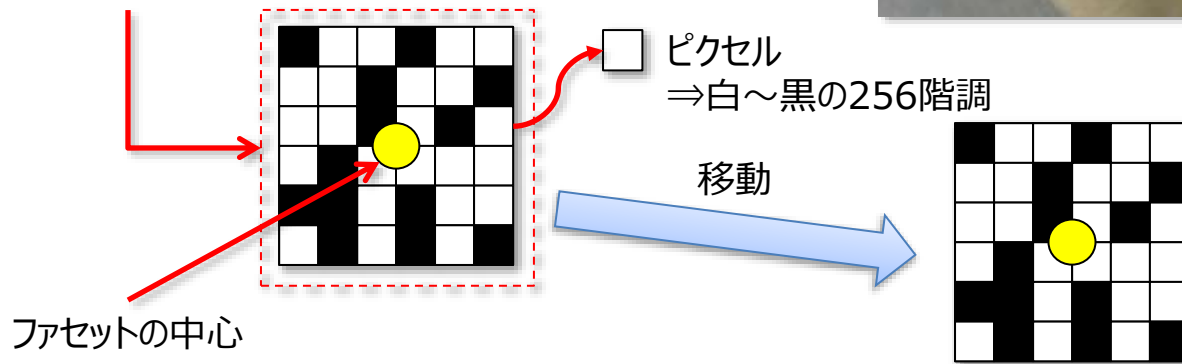
2台のカメラによるステレオ撮影と画像解析により、対象物の変位・ひずみ分布を非接触かつ3次元に測定。



<計測メカニズム>

ファセット

任意の範囲をピクセル数で指定
(PC_解析ソフト上で設定)



※任意の範囲内のランダムパターンを階調値の分布で認識。
中心の移動先を解析にて検知する。

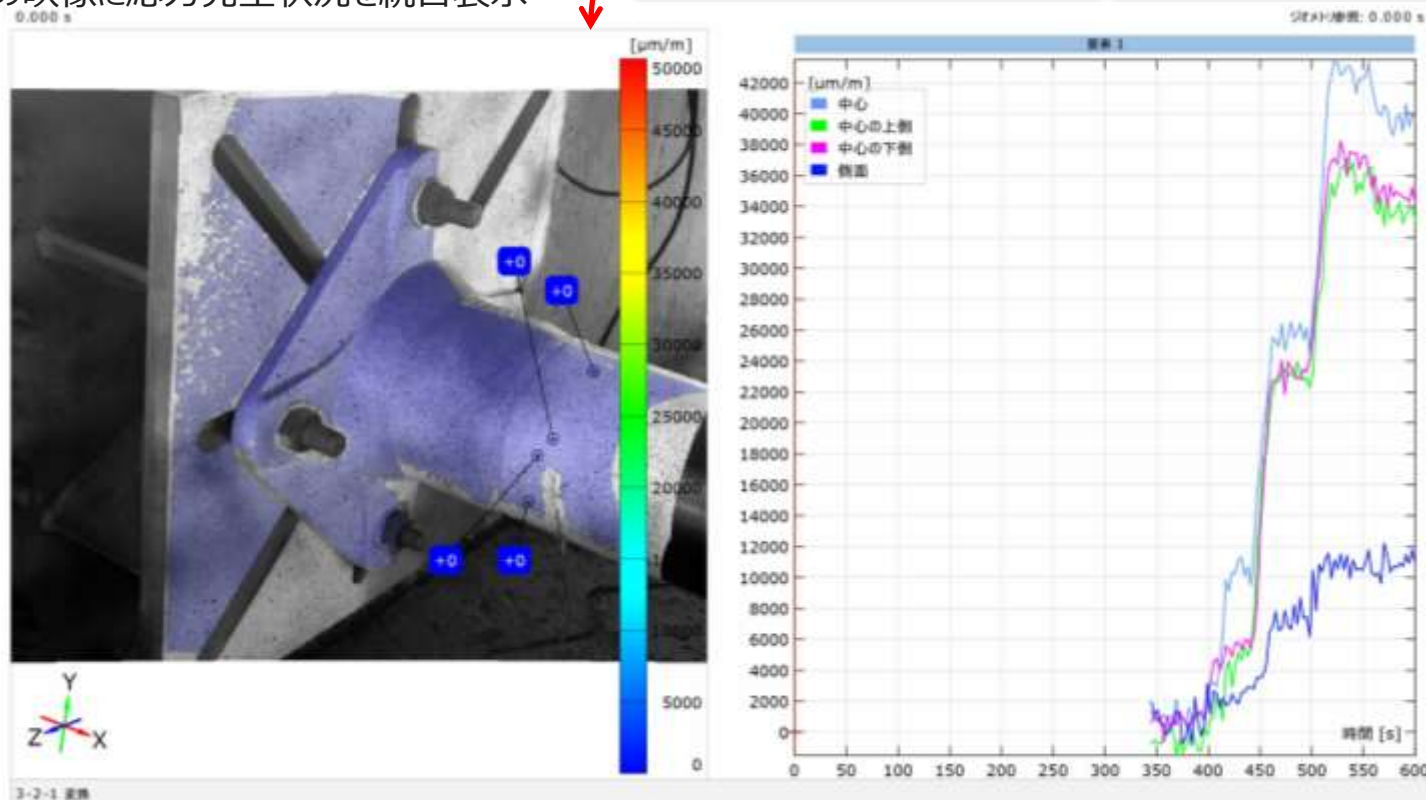
DIC計測事例

照明柱基部の局所応力計測

照明柱基部に曲げ荷重が負荷した場合の局所応力計測にDICを活用。

<計測結果>

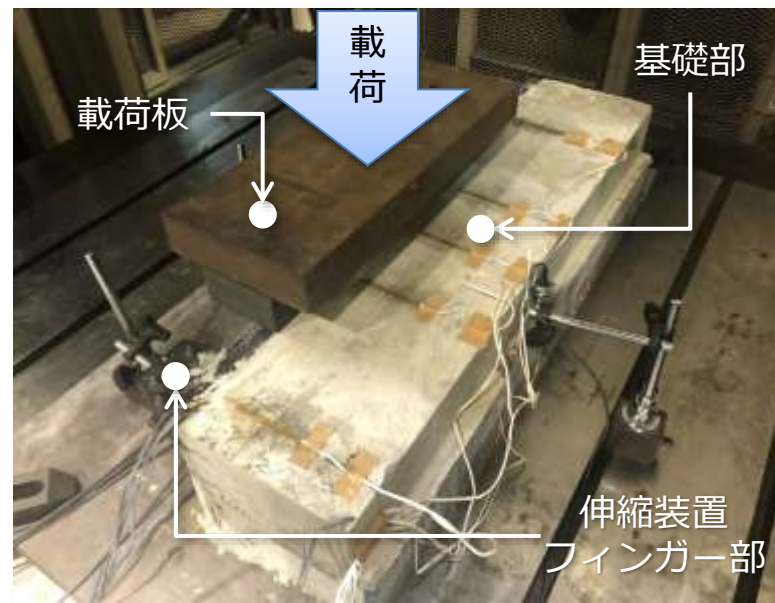
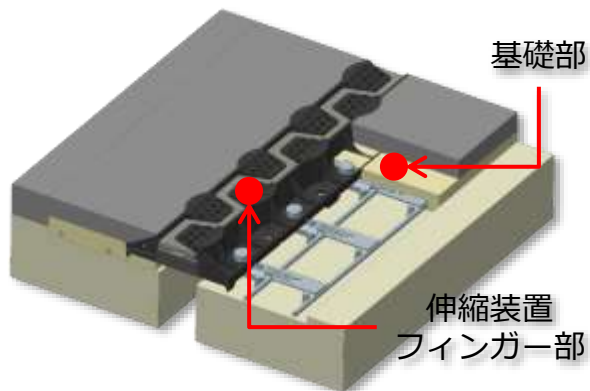
実際の映像に応力発生状況を統合表示



DIC計測事例

橋梁用伸縮装置のグラウト部破壊挙動確認

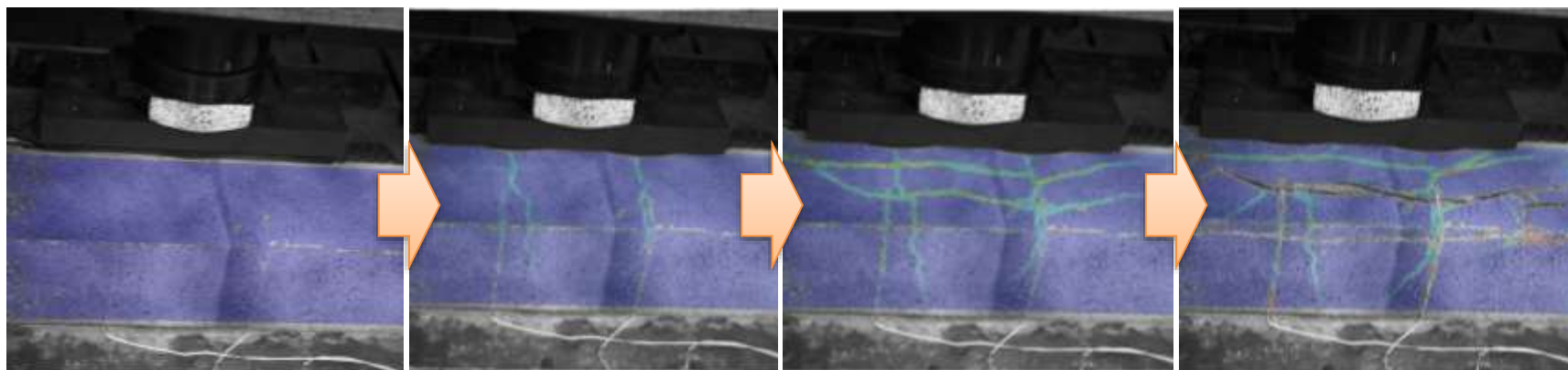
伸縮装置に破壊荷重を負荷した際、グラウト部に発生するき裂を確認し、破壊モードの分析を実施。



破壊試験実施状況

<確認結果>

微細なクラック発生時点から破壊に至るまでの詳細確認が可能



①試験開始直後

②縦方向にクラック発生

③横方向にクラック発生

④基礎部が破壊

HINODE

お問い合わせ先

日之出水道機器株式会社
第1マーケティング統括グループ
橋梁マーケティンググループ

野村 和孝 / Nomura Kazutaka

〒812-8636
福岡市博多区堅粕5丁目8番18号 ヒノデビルディング
TEL : 092-476-0550 携帯 : 080-3182-4761
FAX : 092-476-0759
MAIL : k-nomura@hinodesuido.co.jp