

# 型技術

金型の総合技術誌 **Die and Mould Technology**

©2022 4月15日印刷  
令和4年5月1日発行(毎月1日発行)  
第37巻 第6号 通巻第462号  
ISSN 0912-5562

2022 Vol.37 No.6

# 5

特集

## 金型、部品づくりに見る 金属AMの新展開

特別誌上展 INTERMOLD 2022

インタビュー

トヨタ自動車(株)  
モビリティツーリング部 部長  
大澤晋一郎氏

 **MITSUBISHI  
ELECTRIC**  
*Changes for the Better*

## 高精度×IoTの新領域へ。

ものづくりの頂点をめざす、三菱電機の放電加工機ラインアップ。



**D-CUBES**

iQ Care  
**Remote4U**



ワイヤ放電加工機 MP D-CUBESシリーズ



ワイヤ放電加工機 MX2400



形彫放電加工機 SV-Pシリーズ

三菱電機放電加工機

[www.MitsubishiElectric.co.jp/fa](http://www.MitsubishiElectric.co.jp/fa)

三菱電機株式会社

# ダイカスト鑄造不良撲滅に向けたDX —金型表面温度測定「サーモモニタリン」の適用事例—

(株)KMC 佐藤 声喜\*

アルミニウムや亜鉛のダイカスト鑄造における最大の悩みは鑄造不良である。不良の原因とされるのは金型の劣化や冷却水の温度変化、離型剤効果の変化など金型の表面温度の変化によるところが多いとされ、不良撲滅に向けて各社でさまざまな取組みが行われているものの、有効な手段とはなっていない。

当社が2021年に販売を開始した金型表面温度センシングシステム「サーモモニタリン」に、高解像度タイプのHR（ハイレゾ）仕様がこのほど追加された。金型表面温度の分布をより詳細に計測し、部位または金型部品の熱溜まりを特定したいという要望に対応した。すでにダイカスト鑄造などの量産現場を中心に採用が進んでいる。

本稿では、生産中の金型表面温度をモニタリングするサーモモニタリンの概要と採用企業の事例を紹介する。

\*Seiki Sato：代表取締役社長  
〒213-0012 川崎市高津区坂戸 3-2-1  
TEL(044)322-0400

## サーモモニタリンの概要

### 1. 開発の狙い

サーモモニタリン開発の狙いは、第一にダイカスト鑄造における鑄造不良の未然防止にある。鑄造不良に至る原因の一つに金型の温度変化が挙げられ、冷却水の温度変化、冷却管などの錆、不純物の詰まりなどがその主な要因とされている。

金型の温度変化は表面温度を測れば読みとれるため、鑄造中にハンディタイプの赤外線サーモグラフィ機器や熱電対などを用いて作業者が測定・監視しているケースは多い。しかし、得られたデータの集計は測定結果からExcelなどで手集計する必要があり、現場では大きな負担になっている（図1）。稀にロボットに赤外線カメラを装着して自動測定を行っている例も見られるが、高価なシステムとなるため広くは普及していない。また、自動測定であっても測定結果をPC側で編集する作業が必要となる。

開発の狙いの第二に品質保証がある。当社でもデー

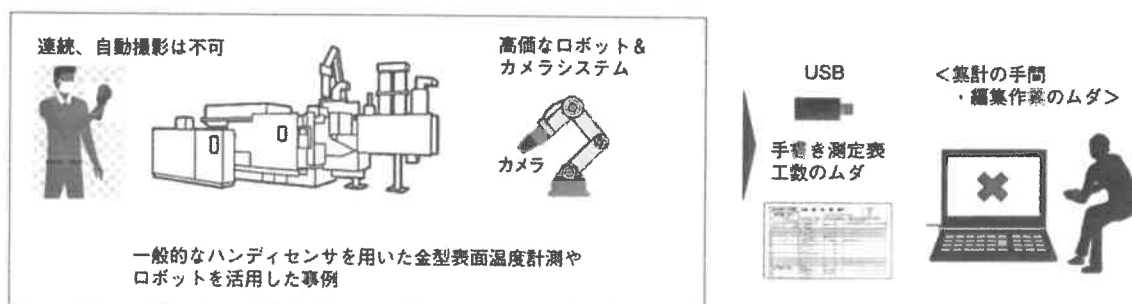


図1 現状の金型表面温度測定と集計作業の課題

タロガー・分析ソリューションとして「Σ軍師 II Owl-Edge」を販売しているが、製品の品質を保証するために製造データを部品に紐づける「M2M システム：データロガー」の重要性が高まっている。金型の表面温度測定もその一つであり、ショットごとの金型表面温度計測と製造された部品の温度分布測定が要望されている。

## 2. システム構成と価格、投資効果

図2に示すサーモモニタリンのシステム構成と諸元表から特徴を説明する。本システムはカメラユニット本体とオプション付属品として金型への取付けマグネット、外付けバッテリー、Wi-Fi 通信用アクセスポイントなどで構成される。なお、同図は一般的なダイカスト金型に導入する場合のシステム構成・諸元表である。

システムの特徴は①無線データ送信、②超小型、③簡単設置の3拍子である。セットに必要な時間は10分以内で、自動で金型表面の連続撮影が可能な画期的なシステムだ。また、設備への取付けアームなどの設計・施工にも対応し、製造装置の型開閉信号の取得工事までをワンストップでサポートする。

カメラの解像度はST版とHR版の2種類があるが、多くのユーザーがST版の4倍の解像度(120×160ピクセル)となるHR版を選択している。価格は、カメラ本体でST版48万円、HR版58万円と低価格に設定した。なお、本製品の狙いは量産中の金型表面温度を自動でモニタリングするという点にある。精度は±10℃で精密な温度計測を狙ったものではないこと

をつけ加えておく。

サーモモニタリンの投資効果の試算では、図1に示したように手動による計測では測定表への記入やデータの編集作業が発生していることから、作業者の現場での工数とデータ集計の間接作業工数がそれぞれ10~30%ほど削減できるとの高評価を得ている。

例として、1日の生産で約16回、年間で3,200回、10台の設備で32,000回の測定・記録が必要で、1回の測定・記録に15秒かかると仮定すると、133時間/年間に相当する時間がかかっている。このほか集計作業に30分/日かかるため、年間100時間の工数が生じていた。つまり、生産に寄与しないムダな時間が合計233時間生じていることになる。労働者の時間単価を2,000円とすれば毎年約50万円のムダなコストを削減できるだけでなく、金型に起因する不良削減効果は企業規模によっては数千万円以上を見込むことができると予想される。

他方でロボットの先端にサーモカメラを設置して自動測定を行う場合、ロボット1台に約500万円、カメラ1台に約300万円とシステム一式で約1,000万円と高価になるため、特定の領域のみの普及にとどまっている。

サーモモニタリンの低価格設定の背景は、工場ラインの設備すべてへの適用を可能にし、投資効果を最大化することにある。当然、金型表面の温度異常を未然防止し、不良削減に寄与することは言うまでもなく、カーボンニュートラルやSDGs(持続可能な開発目標)にも寄与する。



図2 「サーモモニタリン」のシステム構成(左)と諸元表

サーモモニタリン 本体仕様

機能	仕様
カメラサイズ (mm)	65(H)×65(W)×40(D) ※無線アンテナ部分は除く
検出可能温度 (購入時に①②どちらかを選択)	① ST版: -10~450℃ (精度: 約±10℃) ② HR版: -10~400℃ (精度: 約±10℃) ※放射率の設定で401℃以上の表示も可能
視野角	水平方向 63.5°、上下方向: 51°
無線通信方式	Wi-Fi: IEEE802.11g (2.4 GHz)
使用環境温度	-10~65℃
防塵・防水対策	カメラ本体: ゴムパッキンによる防塵・防水構造 カメラ開口部: エアバーズで防塵・防水構造
電源	DC 5V / 入力電流 2.4 mA またはバッテリー供給 (オプション)
画素数 (ピクセル)	ST版: 60×80 HR版: 120×160
ソフトウェア動作環境	OS: Windows10 64 bit (Pro 推奨) CPU: Core i5 4コア 2.4 GHz 以上 メモリ: 8 GB 以上 GPU: Intel HD グラフィックス 620 以上 ドライブ: 256 GB 以上 (HDD・SSD どちらでも可) ディスプレイ解像度: 1,920×1,080 (フルHD) 以上

### 3. 機能の特徴

#### (1) 特徴1：カメラユニット内部の空冷「エアバージ機能」

金型の連続撮影を行う場合の懸念事項として、機器内部の温度上昇により赤外線サーモカメラの測定精度がばらつくことが従来機種で指摘されている。サーモモニタリンでは、赤外線サーモカメラのシャッター機能のほかに、カメラユニット内部の冷却を常時行うエアバージ機能を搭載することでこの問題を解決する(図3)。カメラユニット内部の温度上昇を防ぐとともに、粉塵や離型剤の侵入をエアで防御する画期的な構造だ。工場内のドライエアーを利用し、カメラユニットの風量調節機能で微調整が可能となっている。

#### (2) 特徴2：据え付け方式と設備の渡り取付け運用方式の両方に対応する電源&外付けバッテリー機能

サーモモニタリンの運用方法には、「設備据え付け方式」と複数の設備で共有が可能な「設備の渡り取付け運用方式」の2種類が設定されている。据え付けの場合は、設備電源から直接給電が可能な電源ケーブルとコネクタを有している。渡り運用の場合は、外付けUSBバッテリーと専用のバッテリーケースの利用が可能だ。金型などへの取付けには専用アームやマグネットも付属品として用意している(図3)。このほかにも、ユーザーの依頼により取付け用アームの個別設計から製作まで対応する。

#### (3) 特徴3：金型開閉信号または加速度センサによる「自動シャッター」

金型の開閉に応じたシャッタータイミングの設定は

表面温度測定で重要となる。例えば、離型剤の噴霧前後や型開閉後、製品取出し後など、シャッターのタイミングはユーザーごとに任意の設定が要望される。サーモモニタリンでは、設備の稼働信号からダイレクトに信号を取得する方式とカメラユニット内に装着されている加速度センサによりシャッタータイミングを設定する2つの方式が選択できる。

#### (4) 特徴4：Wi-Fiによる無線データ通信機能と表示ソフト「Σ軍師 mini」

従来の金型表面温度測定機器では無線によるデータ通信はできず、画像をUSB経由でPC上の表示ソフトに集約し、編集する方式が一般的である。現場作業者が手書きで測定表に記入し、Excelなどで編集するケースも散見される。

サーモモニタリンでは、撮像データはWi-Fiアクセスポイントを経由して無線で自動的に送信される(図4)。データはPC上の表示ソフトΣ軍師 miniで確認が可能だ。Σ軍師 miniはカメラモジュールとセット(前述の価格内)で提供しており、解像度に応じた測定ポイントの実温度表示やしきい値設定/異常通知機能、温度の多様なグラデーション表示などの機能を有する。

ほかのシステムとの差異化のポイントは、製品の多数個取りへの対応を可能にした「多点閾値監視」と周辺部位の「多点(エリア)放射率補正機能」である[後述の(5)で紹介]。測定データのCSV出力機能とカメラユニットからダイレクトにスマートフォンやタブレットで画像が表示できる機能もあり、機械や金型の近くでカメラの画角調整などに使用できる。

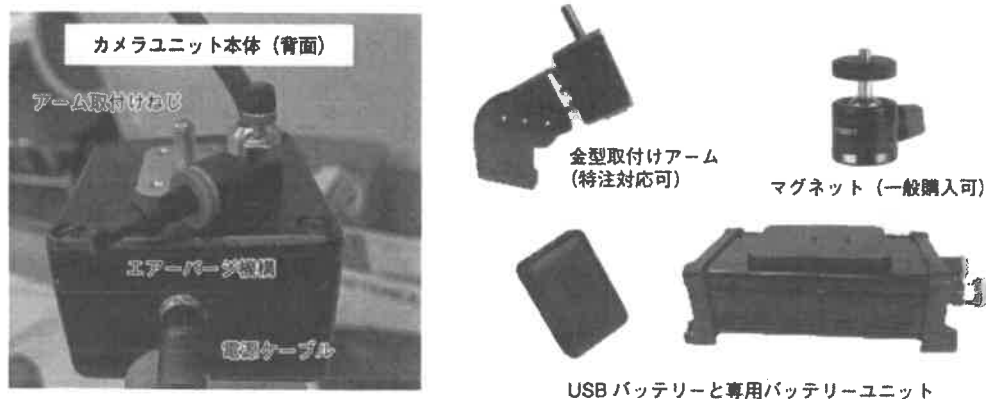


図3 「エアバージ機能」を実現する機構(左)と据え付けのための付属品類

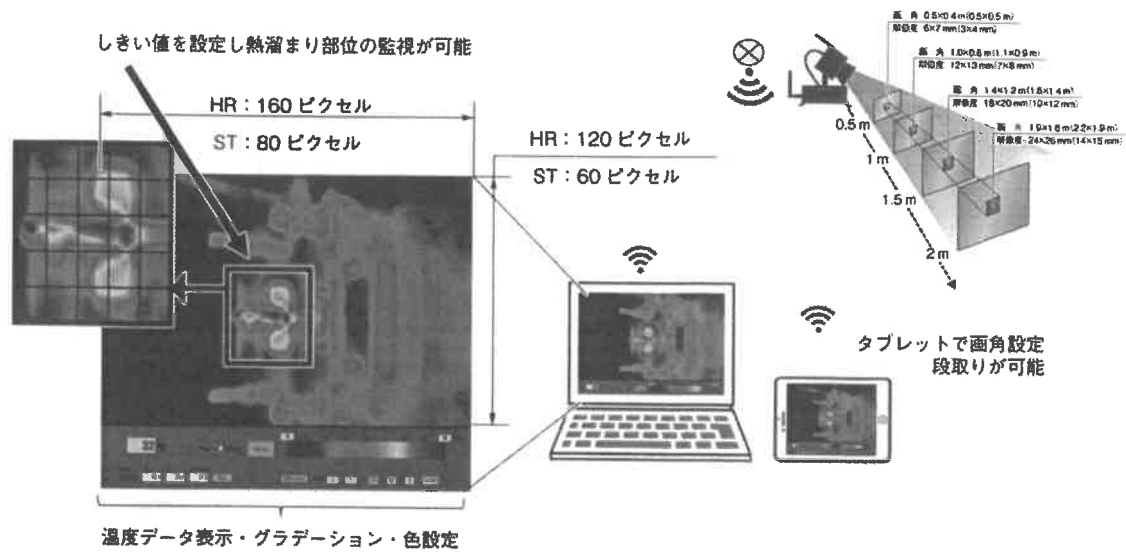


図4 Wi-Fiによるデータ無線通信機能と表示機能& CSV出力機能（「Σ軍師 mini」で確認可能）

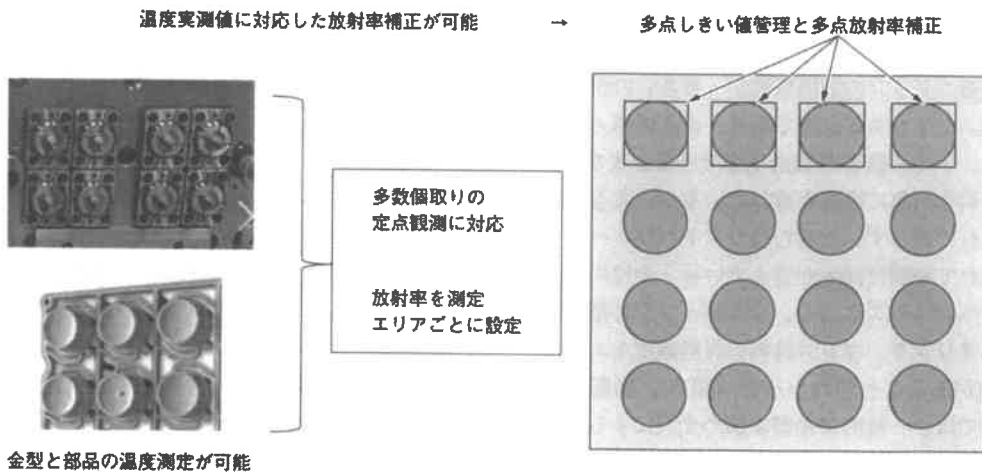


図5 「多点閾値監視」& 「多点（エリア）放射率補正機能」

(5) 特徴5：多点閾値監視& 多点（エリア）放射率補正機能

サーモモニタリンはグレードによる解像度の違いはあるものの、分解能に応じた温度測定と特定箇所の上限または下限値のしきい値設定を標準機能として有している。しかし、従来は1カ所のみ設定が可能だったため、多数個取りの金型では製品部位や近傍など複数箇所のしきい値設定が求められていた。

さらに、赤外線サーモカメラの温度測定における最大の欠点で、金型表面の光沢による温度精度の不具合

である。一般的な金型材料の放射率を見ると、鉄（光沢あり）で0.14～0.38、ステンレス鋼で0.45と非常に低く、測定値と実際の温度との乖離が大きくなってしまいう傾向にある。そのため、現場では熱電対などで金型表面温度を実測して機器側で補正をかけることが行われているが、多くは金型の表面全体に補正をかける方式であり、前述のように測りたい部位や数に応じた多点補正が求められている。サーモモニタリンではその両方の解決策として図5に示す多点閾値監視と多点（エリア）放射率補正機能を実装した。

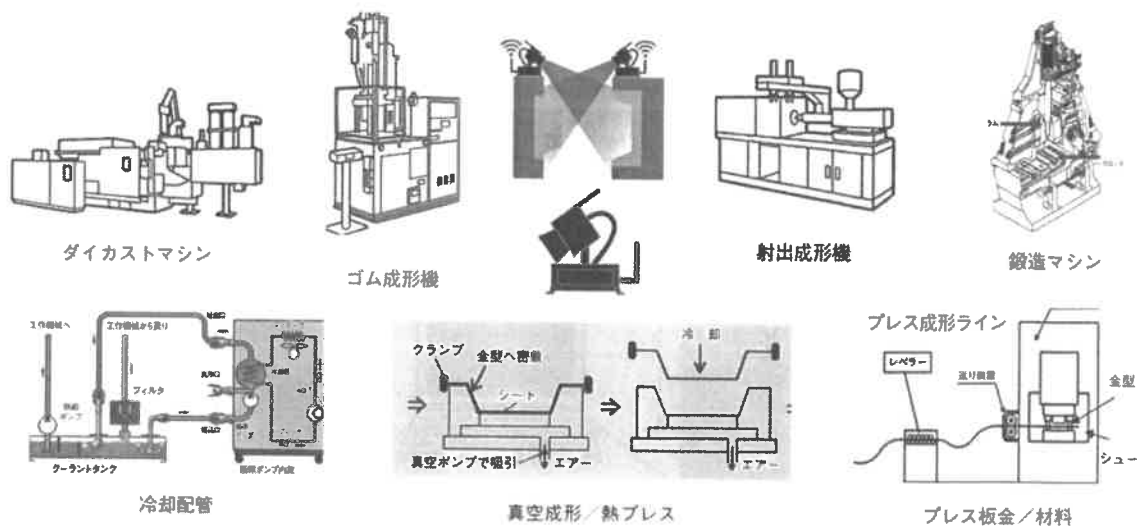


図6 サーモモニタリンの活用事例

## サーモモニタリンの活用分野

サーモモニタリンの適用事例が一番多いのがダイカスト casting/ダイカスト金型であり、ゴム成形/ゴム金型が続く。多くの顧客の製造現場でさまざまな金型・設備・材料を対象に検証を重ねているが、大きな問題は指摘されておらず、おおむねコストパフォーマンスが評価されて順調に採用が進んでいる。金型のほか、設備保全へのニーズも高く、冷却パイプや付帯設備の温度モニタリング、プレス材料の材料温度モニタリングの用途があることがわかった(図6)。樹脂成形/樹脂金型では、一般的に金型表面の光沢によるハレ

シオンが指摘されるが、新開発の多点(エリア)放射率補正機能が効果を発揮する。また、成形品の離型直後での製品温度測定のニーズも高い。

☆

製造現場へのDX(デジタルトランスフォーメーション)導入は確実に進行している。現場作業者の経験と勘に頼った部品の品質維持は、今後人手不足や熟練工不足が心配される製造現場では破綻するだろう。DXツールは現場に新たな知見と「デジタルカイゼン文化」をもたらす必須アイテムとなる。待ちの姿勢ではなく「積極的な改革」を期待する。

### 株アーレスティでの活用事例 生産技術部 技術標準課 技術主幹 小池 博氏

当社は、自動車用エンジンやトランスミッションを中心とした、輸送機器向けアルミダイカスト製品の総合メーカーである。パワートレイン系の大型製品を得意としながらも、脱炭素・電動化シフトに対応する製品を順次拡大。大きく様変わりする自動車業界のニーズにきめ細かく対応している。

#### サーモモニタリン導入の背景

当社では10年ほど前から、最適な良品の製造

条件を管理する「OPCC (Optimal Process Condition Control)」という活動を進めている。活動の一環として製造条件や製造状態のセンシングがあり、金型の温度測定もその一つのテーマとして取り組んでいる。高温下で製造されるダイカスト製品は、金型の表面温度が製品にもたらす影響が非常に大きい。当社でもシステム化された定置型の温度監視システムをすでに運用していたが、コストの問題から複数の設備への水平展開がネックとなっていた。

そこで、KMCのサーモモニタリンに着目。一般的な赤外線カメラと比較して安価であること、無線式かつコンパクトなサイズのため設置の面で自由度が高いことを評価し、サーモモニタリンを採用した(図)。今後は得られたデータから金型温度と不良との因果関係の分析に、サーモモニタリンを活用していく計画である。

### 期待される効果

現在の取組みとして、当社では金型温度の全数計測を目的としてロボットにサーモビューアをもたせた定置型のシステムを運用している。そのほかハンディタイプのサーモビューアを各工場に所有しており、必要に応じてスポット的に使用している。

金型の温度が上がると、製品に割れが生じるという致命的な欠陥につながる。温度が上がると金型に焼付きが発生するが、焼き付くことで製品の表面を引っ張ってしまい、そこを起点に製品が割れてしまうという現象がダイカストではよく見られる。

もう一つ、異常を捉えるという点では、金型の内部冷却の確認がある。大型の金型になると片側の金型だけで冷却管の数は100カ所を超えるが、そのうち1本が詰まったとしても全体の流量は変わらないのでなかなかわからない。1本ずつの

流量を計測すればどこが詰まっているかを捉えることはできるが、100何カ所に流量計をつけるのは現実的ではない。そう考えると、サーモビューアで局所的な温度の異常上昇をキャッチすることが手っ取り早く楽であり、コスト的にも優位性がある。

また、サーモモニタリンは無線方式を採用しているという点も評価できる。スポット的に計測する際も、安全柵の内側や外側に配線しなくても済む。これまでは作業者がハンディタイプのサーモビューアを手にもち、設備に近づいて計測する必要があったが、これが不要となるため安全面にも非常に寄与すると考えている。カメラ自体も非常にコンパクトにできているので、設置の自由度が高いという点もよい。

撮影したデータについては、金型温度と不良の因果関係の解析に活用する予定となっている。具体的にはサーモモニタリンの撮影データをグリッドで分け、エリアごとに温度と不良の相関をとっていく計画だ。何万ショットというデータを積み重ね、不良との紐づけから分析までを行う。そうすることで場所ごとに傾向がつかめるのではないかと期待している。そのほかにも、経年劣化で冷却効果がどんどん落ちていく傾向があると思われるので、金型寿命と経年変化の関係性も把握したいと考えている。



「サーモモニタリン」をダイカストマシンに設置

ダイカスト金型(可動型・固定型)をそれぞれ撮影

図 サーマモニタリンによるダイカスト金型の撮像

— 課題 —  
 金型温度の全数計測を目的としてシステム化を進めていたが既存の定置型システムは高額のため、水平展開が難しかった。  
 解決策・効果  
 サーマモニタリンは安価なため、全設備への水平展開がしやすい。さらに、無線式かつコンパクトなため、配線不要で設置の自由度が高い。