

カシメ接合部計測システム

大槻 雅文^{*1} 久保 由佳^{*2} 後藤 貴宏^{*3}
Otsuki Masafumi Kubo Yuka Goto Takahiro

「カシメ接合部計測システム」は、超音波を使用してカシメ接合部の板厚を計測し、健全にカシメられているかを検査する非破壊検査システムである。

本稿では、当社を含めたIHIグループの技術が結集された本システムについて紹介する。

キーワード：カシメ接合、クリンチ、超音波、非破壊検査、板厚計測

1. はじめに

カシメ加工は、2枚の板形状の部品を塑性変形により接合する機械的接合技術の1つである(図1)。これまで接合部の健全性を計測するには、製品を破壊検査するか目視検査による確認以外に方法がなかった。破壊検査においては、製品を切断して断面を顕微鏡観察で細部を計測し検査するには時間を要し、目視検査では、適正な外観形状を保っていれば接合部の欠陥が見落とされる可能性がある。また、輸送時の振動などにより割れや分離につながるがあった。

本システムは、IHI(※1、※2)が基礎技術を開発し、当社がシステム化を担当したシステムである。

IHIグループが保有する非破壊検査技術やセンシング技術を応用することで複雑な形状の計測も可能であり、特別なトレーニングや資格が不要で誰でも簡単に扱うことができる。検査や製品品質における問題解決へのソリューションを提供する。

※1：技術開発本部 技術企画部 連携ラボグループ

※2：技術開発本部 技術基盤センター 生産プロセスグループ

2. カシメ接合部計測システム

本システムは、2019年度から試作機の開発を開始し、2021年度にシステム化した。図2に本システムの外観を示す。

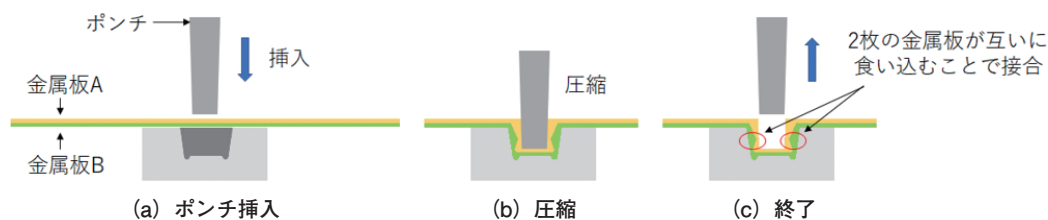


図1 カシメ接合

*1：制御システム事業部 産業システム部 IoTソリューショングループ
 *2：制御システム事業部 産業システム部 製品・サービスグループ
 *3：制御システム事業部 産業システム部 製品・サービスグループ 課長



図2 カシメ接合部計測システム

2.1 システム構成

本システムは、表1に示す機器を使用し、図3に示すように構成されている。探触子と治具はそれぞれ凸面用と凹面用があり(図4、図5)、測定

表1 構成機器一覧

No.	構成機器	数
1	ツールカート	1
2	制御用 PC	1
3	制御用 PC 周辺機器 (キーボード、マウス、モニタ)	1
4	パルサ・レシーバ	1
5	探触子切替器	2
6	探触子	2
7	UPS	1
8	ブレーカ	1
9	治具	2
10	測定スイッチ	1

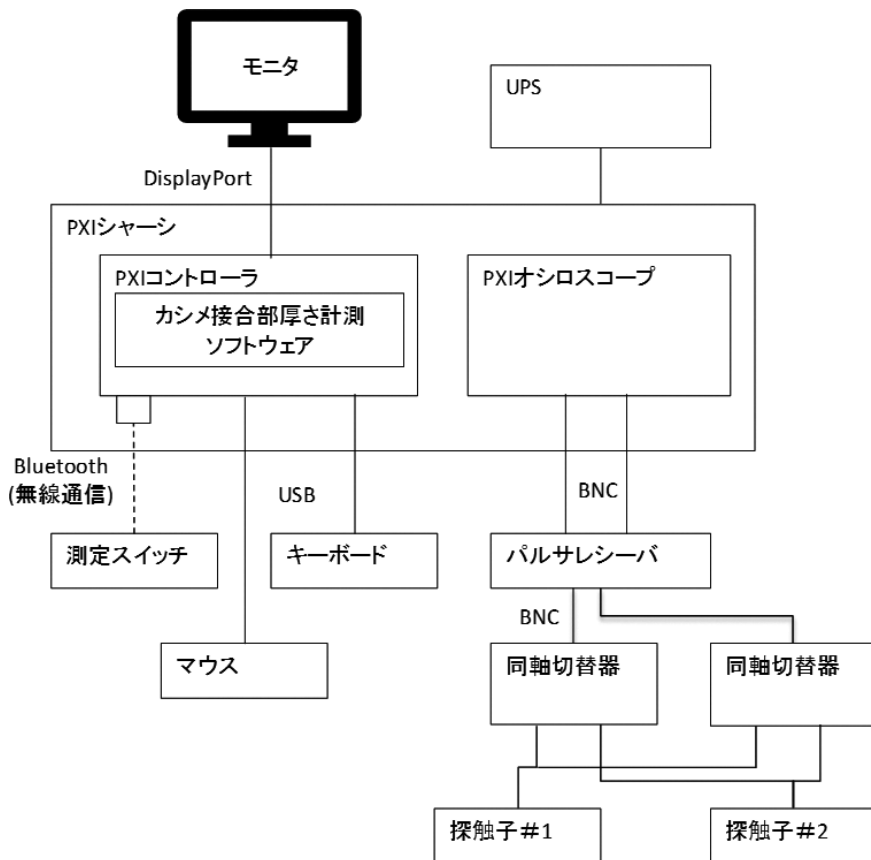


図3 システム構成

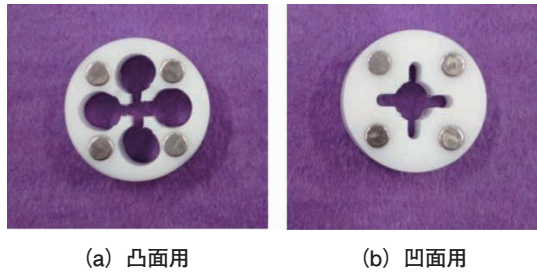


図4 治具（探触子と測定面を水平に接触させるための専用治具）



(a) 凸面用（送信と受信に分割した超音波探触子）



(b) 凹面用（送信と受信に分割した超音波探触子）

図5 探触子

対象物に合わせて製作したものである。本システムは、ツールカートに機器を集約し、移動可能とすることで検査場所を限定することなく検査を実施可能とした。

2.2 板厚計測原理

本システムは、非破壊検査技術の1つである超音波探傷技術を使用している。超音波探触子は発振した超音波を試験対象内に伝搬させ、境界面から反射した信号を検出する。超音波探傷技術は、図6に示すように反射信号が検出された時間から、試験対象内部の反射源（きず）の位置を検知する技術である。また、面状の反射源に高い適用性を持つことから板厚計測にも活用される。

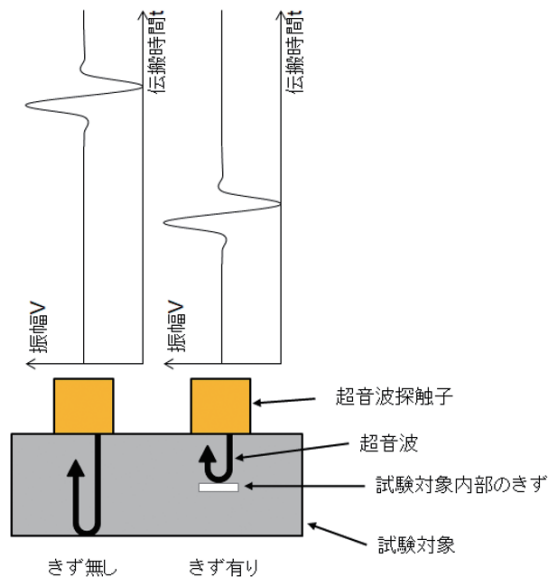


図6 超音波探傷

本システムは、カシメ接合部の2枚の金属板の接合面を境界面として反射信号を検出する。カシメ接合では、溶接や拡散接合のように接合面が溶着しないため、接合面で超音波が透過せずほぼ全て反射する。図7のように凸面と凹面から計測を実施することでカシメ接合部の2枚の板厚を算出することができる。

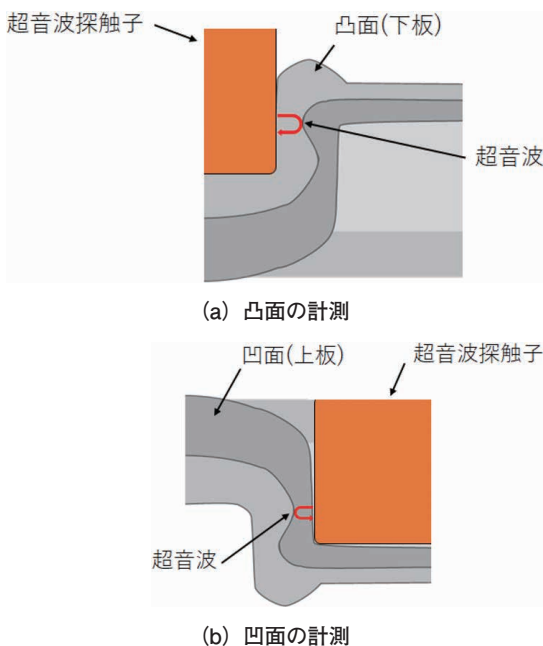


図7 板厚計測の原理

2.3 主な機能

本システムは、以下の機能を持つ。

(1) キャリブレーション機能

板厚が既知のマスタピースを計測し、検査前に探触子の健全性を確認する。

(2) 測定情報設定機能

事前に登録された試験対象のワークパターン、および作業者を設定する。ワークパターンを選択することにより、カシメ接合部のロック量算出に必要な情報が読み込まれる。

(3) ロック量算出機能

凸面、および凹面の板厚を計測し、ロック量を

算出する。

(4) ファイル出力

算出したロック量、および板厚をファイルに出力する。本システム使用中に測定されたデータは、全てファイルに出力する。

3. ロック量算出の概要

3.1 板厚の測定

本開発では、探触子を通して取得した波形データからピーク値(探傷面反射、境界面反射)を検出し、板厚を算出するアルゴリズムはIHIが開発し、当社はアルゴリズムを具現化するための制御ソフトウェア開発を担当した。

ピーク値の検出方法には、検出範囲を指定するゲートを手動で設定してピークを検出する手動ゲート設定と、第1ピーク(探傷面反射)から第2ピーク(境界面反射)を推定する自動ゲート設定がある。通常は、自動ゲート設定によるピーク値の検出を行う。さらに自動ゲート設定には、波形追従モードと類似波形モードの2つのモードを用意しており、どちらのモードを使用するかは事前を選択する。

板厚は、検出した第1ピークと第2ピークから板厚算出式により算出し、凸面および凹面でそれぞれ4方向(0°、90°、180°、270°)を測定する(図8)。測定時は、図9に示す指に嵌めて操作する測定スイッチを使用することで、マウスやキーボードを使用せずに測定と測定方向の変更操作が可能である。本システムは、算出した板厚の値が80%の確率で0.1mm以内の誤差に抑えられることが確認されている(※3)。

※3: 示している数値は、本システム開発時の検査対象に対する数値であり、検査対象が変わることで精度が変わる可能性がある。

自動ゲート設定モードの詳細を以下に述べる。

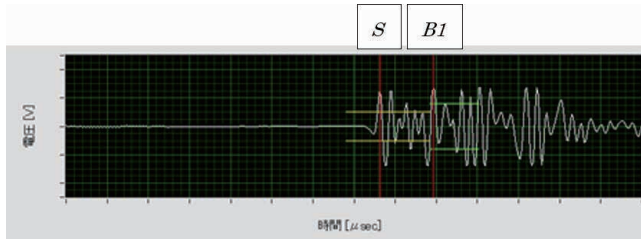


図8 板厚算出のパラメータ



図9 測定スイッチ

(1) 波形追従モード

本モードでは、第1ゲート(※4)内の第1ピークの移動量を特徴量として、第2ゲート(※5)内の各ピーク候補の移動量と比較し、最も近い移動量を示すピークを第2ピークとして抽出する。本モードは、波形の出現場所が安定しない場合に有効である。実際の計測では、探触子が接触する部分は曲面になることが多い。そのため、探触子の当て方が固定できず、測定中に波形の出現場所が前後に大きく動くことがある。本モードは、抽出するピークが大きく動いたとしても各ピークが同じように動くため、ゲートを広く設定することでピークの抽出が可能となる。

※4：第1ピークを検出するために設定するゲート

※5：第2ピークを検出するために設定するゲート

(2) 類似波形モード

本モードでは、第1ゲート内の第1ピークの波長を特徴量として、第2ゲート内の各ピーク候補

の波長と比較し、最も近い波長を示すピークを第2ピークとして抽出する。本モードは、波形の出現場所が安定する場合に有効であり、抽出するピークを示す表面伝搬と界面反射は同じような波長を示すため、ノイズの影響を受けにくくなる。

板厚算出式： $t = ((B1 - S) \times C) \div 2$

t ：板厚値 [mm]

S ：第1ピーク(表面伝搬の信号)までの時間 [μsec]

$B1$ ：第2ピーク(界面反射の信号)までの時間 [μsec]

C ：音速 [mm/μsec]

3.2 ロック量の算出

ロック量は、凸面、および凹面で算出した板厚からロック量算出式によりロック量を算出する。また、本システムでは、1つのカシメ接合部につき、4方向(0°、90°、180°、270°)のロック量を算出する。ロック量算出に使用するパラメータを図10に示す。算出したロック量は、ワークパターンで設定されている規格値と比較し、ロック量が規格値以上であるか、規格値未満であるかを視覚的に表示する。画面イメージを図11に示す。

ロック量算出式： $t' = T - (t1 + t2)$

t' ：ロック量 [mm]

T ：層厚 [mm]

$t1$ ：下面の板厚 [mm]

$t2$ ：上面の板厚 [mm]

4. おわりに

本開発では、超音波計測技術をキーテクノロジーとしてカシメ接合部の板厚を計測するシステムの装置化が実現したことにより、これまでの破壊検査における製品廃棄や検査時間および熟練検査員の育成という課題を解決することができた。カシメ接合は、自動車産業をはじめ、建設や家電業界などのモノづくりに使用されており、今後は本システムの展開も期待される。

当社は、本システムの機能維持および機能向上を図り、今後も引き続きお客様のニーズに応じた付加価値の向上に努めていく。

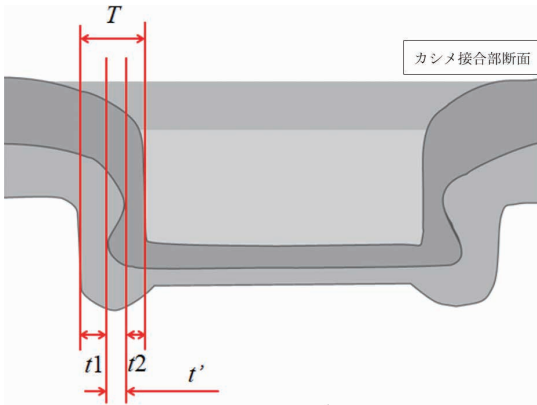
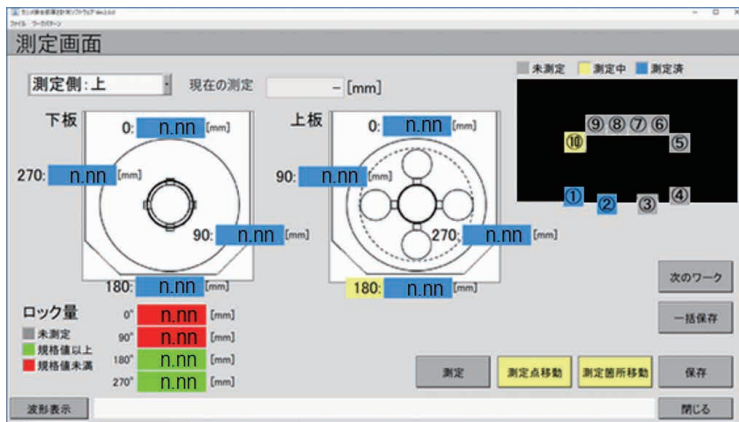


図 10 ロック量算出のパラメータ



※右上黒塗り部は検査対象の写真が表示される

図 11 計測時の画面イメージ



制御システム事業部
産業システム部
IoTソリューショングループ
大槻 雅文
TEL. 042-523-8313
FAX. 042-523-8320



制御システム事業部
産業システム部
製品・サービスグループ
久保 由佳
TEL. 042-523-8315
FAX. 042-523-8320



制御システム事業部
産業システム部
製品・サービスグループ 課長
後藤 貴宏
TEL. 042-523-8315
FAX. 042-523-8320