

部品を切らずに45秒で内部をスッポンポン —産業用X線CT「NAOMi-CT」の活用

産業機器事業部*

はじめに

(株)アールエフは、1993年にマイクロ波(無線)技術と、小型CCDカメラを融合した製品を主に研究開発型企業として創業した。1998年、歯科用ワイヤレス口腔内カメラを開発(世界初)。これをきっかけに医療業界に参入する。

現在では、歯科口腔内カメラ、歯科X線CT、医療・産業用X線センサ、工業用内視鏡の開発・製造、カプセル内視鏡の開発などを手がける。CTにおいては、2011年に医療用CT「NAOMi-CT」、2016年には産業用CT「NAOMi-CT」を発売し、ともにわずか1年で業界トップシェアを獲得している。

本稿では、医療用CTで培った技術を応用し開発した「NAOMi-CT」について特徴をふくめ事例とともに紹介する。

1. NAOMi-CTの概要

CTは「Computed Tomography (コンピュータ断層撮影装置)」の略である。産業用X線CT「NAOMi-CT」は、当社がシェアNo.1を獲得している医療用X線CT技術を応用し開発した、非破壊で様々な形状・素材に対し、あら

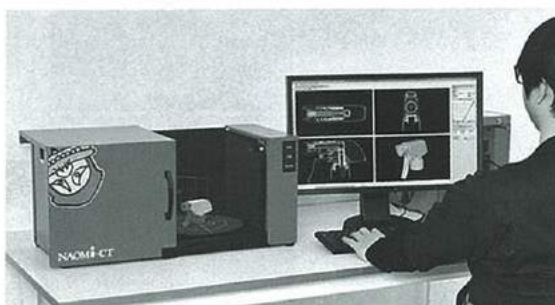


図1 NAOMi-CTの外観

ゆる角度から3Dで観察できる非破壊検査装置である。

X線の発生装置、撮影するものを置くターンテーブル、透過したX線を受けるパネル部分などから構成された装置本体と、撮影した本体からの情報を3D構成する専用コンピュータ、画像を表示・確認(解析)するモニターから構成されている。表示された画像は、マウスを使って、見たい輪切り位置を自在にスライドできる。図1にNAOMi-CTの外観を示す。

2. プラスチックでの撮影例

非破壊で中身が見られるCTは、プラスチック分野では主に成形品の内部確認、異物検査、また特殊な成形技術の開発検証などに用いられている。身近なものでは、化粧品容器や洗剤ポンプの成形確認、食品容器やペットボトルキャップの嵌合具合、部品の内部検査などである。また自動車の内装部品の検査にも使われている。

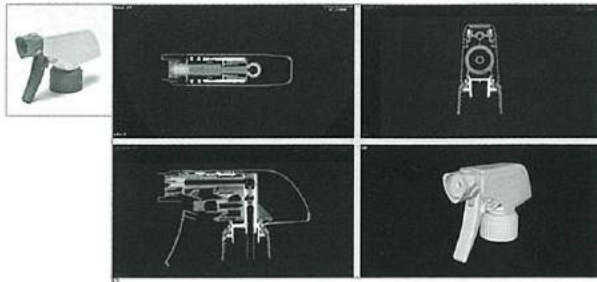
図2にいくつかの撮影例を紹介する。どこからでもぶつ切りできる様子を確認いただけるよう、当社ホームページに、マウス操作による動画を用意している。文末にURLを記すので参照いただきたい。図3には、ポンプ式ボトルの撮影例を示す。非破壊でどこからでもぶつ切りに撮影できる。

3. “CT”は高嶺の花？

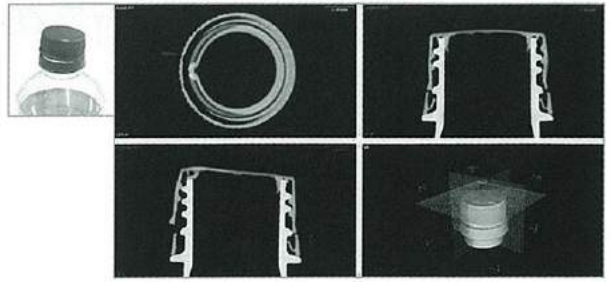
一般的にCTといえば、医療用のドーナツ型の装置を思い浮かべる方も多いだろうが(図4)、産業分野でも以前から非破壊検査用として専用CTは使われていた。しかしその多くは、医療用CTがすべての病院にないのと同様、気軽に使える装置ではなかった。導入コストは数千万~億円単位、装置が大きく専用の建屋や床の増強工事が必要、撮影に時間がかかる(1撮影15~20分)などハードルは高かった。また、工業試験場や検査代行機関に委託する場合も、予約が必要、都度検査

* (株)アールエフ 産業機器事業部
Tel. 026-225-7733
Fax. 026-225-7737

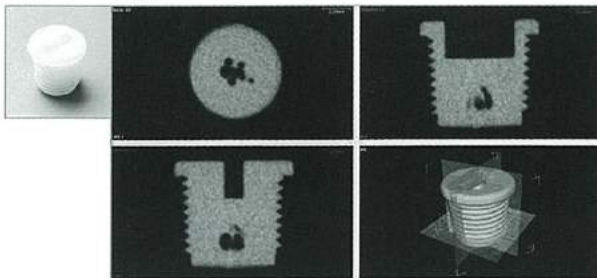
(a) トリガーノズル



(b) ボトルキャップ (樹脂)



(c) ネジ (樹脂)



(d) 散水ノズル

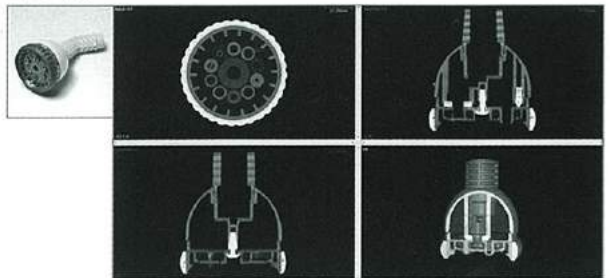


図2 NAOMi-CTによる撮影例

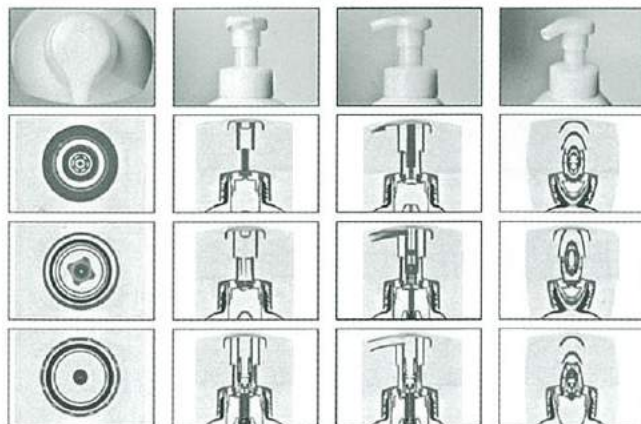
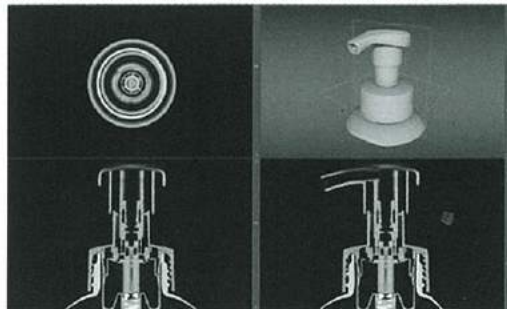
【VR—ボリュームレンダリング—】

任意の角度で、回転や傾きの調整ができ、内部断面をリアルタイムに表示できる。(カラー調整で色づけすることも可能)



【MPR—多断面再構成表示—】

X線画像から再構成された任意の断面画像を表示する。3方向の断面画像により、形状の詳細を把握することができる



マウスのホイール操作で任意の断面を連続で観察できる。画像の濃淡から、素材の違いが分かる。X線の透過の良い順に、素材(原子番号)アルミ(13)、鉄(26)、銅(29)、銀(47)、金(79)、鉛(82)…。撮影した断面写真から、自動で寸法計測、作図を行うソフトも開発している。

図3 ポンプ式ボトル(樹脂)の観察



図4 医療用X線CT

費用がかかるなど、“ちょっとなかを見てみたい”と気軽にCT検査ができる状況にはなかった。この状況を打開するのが同装置である。

4. NAOMi-CTの特徴

NAOMi-CTの特徴は次の通りである。

- ・撮影スピード約16秒、表示45秒(※NAOMi-CT 001Cの場合)。
- ・事務机で使えるコンパクトさ。
- ・簡単マウス操作で初めてでも使いこなせる。
- ・使用にあたって特別な資格不要。
- ・導入コストが安い。

表1 NAOMi-CTの主要装備・機能

				
型番		NAOMi-CT 90 GAIKAN (2D)	NAOMi-CT 001C (3D)	NAOMi-CT 002L (3D)
筐体サイズ	外形寸法	W650 × D338.5 × H297.5mm ※扉閉口時, 取っ手除く: W623 × D311.5 × H297.5mm		W788 × D429.4 × H394mm ※扉閉口時, 取っ手除く: W788 × D402.4 × H394mm
電源	電源 消費電力	AC100-240V ※標準 AC100V 50/60Hz 1.0kVA (照射時ピーク電力)		
X線発生部	管電圧 管電流 最大出力電力 高圧発生器 冷却 焦点寸法	50 ~ 100kV 2 ~ 10mA 500W 直流整流 (先点火方式) 油冷却及び空冷方式 0.5mm		
ディテクター部	ディテクター種類	マルチ CCD	FPD	
	ピクセルサイズ	100 μm		120 μm
	階調	12bit		14bit
	有効受光面サイズ	H106 × W174mm	H121 × W123mm	H263 × W213mm
	画素数	980 × 1,660 pixels (160万画素)	1,216 × 1,232 pixels (150万画素)	2,208 × 1,792 pixels (400万画素)
撮影	計測可能サイズ	H106 × W174mm	パーシャルスキャン	
			φ 56 × H37 ~ 41mm 画素サイズ: 0.068mm	φ 68 × H45 ~ 49mm 画素サイズ: 0.083mm
			ノーマルスキャン	
			φ 83 × H72 ~ 82mm 画素サイズ: 0.136mm	φ 137 × H147 ~ 175mm 画素サイズ: 0.16mm
			オフセットスキャン	
			φ 151 × H63 ~ 82mm 画素サイズ: 0.205mm	φ 240 × H125 ~ 175mm 画素サイズ: 0.24mm
	分解能※	—	5 LP/mm 0.1mm	4 LP/mm 0.125mm
搭載可能サイズ	φ 250 × H230mm		φ 300 × H320mm	
撮影可能な対象物	樹脂成形品・プラスチック製品・ゴム製品・食品・化粧品・文具・玩具・生体/骨・アルミニウム (φ 50 ~ 60mm程度) ※重金属 (鉄, 銅等) の撮影はご相談ください			

※長い物の撮影はご相談ください

主要装備・機能を表1に示す(2019年3月現在のラインナップ)。装置は、内部を見たい物の大きさに合わせて選べる(NAOMi-CT 90 GAIKANは、3Dではなく2Dの平面撮影装置だが、3D用パネル他の追加で後からCTにバージョンアップできる)。また図4に形状の似た長物撮影用のCTも発売を予定している。

5. NAOMi-CTの撮影手順と仕組み

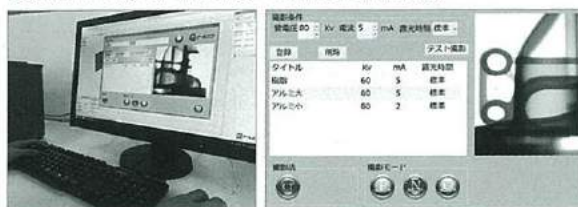
内部を見たい物をターンテーブル上に置き、扉を閉めてX線を当てながらターンテーブルが360°回転中に約400枚(標準モード)のX線が透過した写真を撮る。撮影スピードはわずか16秒。取得した約400枚の写真をコンビ

ュータ画像処理することにより、内部を観察できるCT画像ができあがる。この画像に対し見たい部分をマウスで操作するだけで、3Dでどこからでもぶつ切りして内部を見ることが出来る。撮影手順を図5に、機械の構造を図6に示す。X線を使った原理は医療用のCTと全く同じであり、X線が透過する素材に対しては、有効な検査手

①置く
被写体を置き、扉を閉める。



②撮る
撮影条件を入力し、約400枚分のX線写真を高速撮影。



③見る
3Dで自在に観察できる。

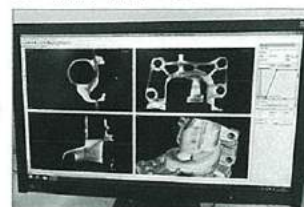


図5 撮影手順

原理は医療用CTと全く同じ。
被写体を回転テーブルに
載せて撮影。

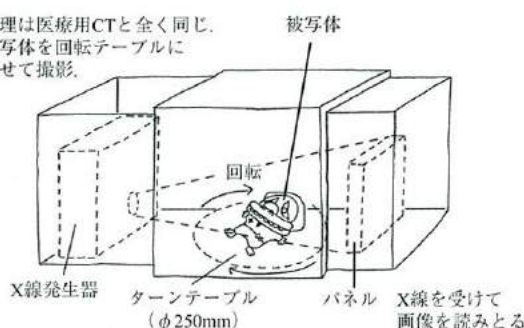


図6 NAOMi-CT (3D) の構造

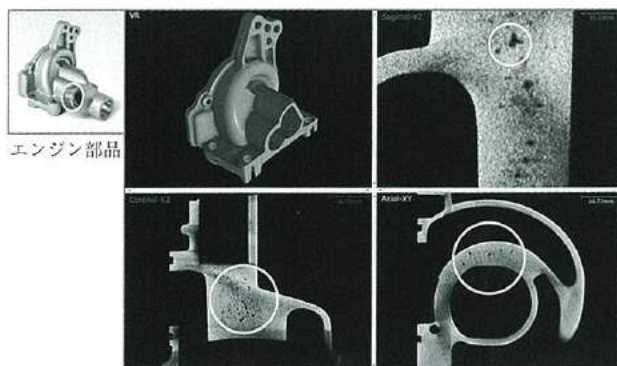


図7 アルミ部品の検査画像例

法となる。

6. “技術屋さんの夢を叶えるCT”として誕生

「こんなに早く撮れるの?」「他社と桁違いの安さ」など、NAOMi-CT発表以降、多くの驚きの声を多方面からいただいている。まず早々に装置の導入が進んだのは、自動車部品などで用いられるアルミ部品（アルミダイキャスト）の検査用で、溶かしたアルミを成形する際に、内部に発生する“ス”（空隙）の確認が主な目的。導入いただいた企業に話を聞くと、これまで、生産した部品のいくつかを抜き取り、実際に何箇所かを切断して確認をしていたという。切断にはコストも工数もかかるし、当然切断したものは商品としては使えない。またアルミ部品の切断時には摩擦熱が発生するので、スガ熱で溶けて潰れてしまうこともある。つまり、多くの企業の技術者が“検査をしたい”“品質を上げたい”と思ってい

ても、実用的に内部を見る手段がない状態だった。このため、切らずにすぐに内部が確認できる当社のNAOMi-CTは、導入しやすい価格もあいまって、開発部門に限らず、生産部門でも製品検査用として次々に導入いただいている。業界のなかでもCT検査が浸透してきているようで、部品を納品する際は事前にCTで検査するようにいわれることもあるという。また、独自の技術力でスガの発生を抑えている企業からは、「これまでは自社の技術を証明する手段がなかったが、CTを利用すれば、スガがないという信頼を画像で見せられるようになる」という声をいただいている。検査画像例を図7に示す（文末のURLから動画参照いただきたい）。

7. プラスチック分野での導入

素材は違っても、スヤクラックの確認などアルミダイキャストと似た目的で

の導入事例は、プラスチック業界でも増えている。成形品の構造確認もまた活用用途になる。機器の導入に関して重ねていわれたのは、アルミの自動車部品などと比較すると、単価の安いプラスチック成形品では、検査装置にそこまで費用をかけられないという課題である。280万円ならペイできると評価いただくことも多い。

紙パック飲料やペットボトルのプラスチックキャップの嵌合、加工食品用の透明容器など、単価を抑えた成形を、研究する段階で見たい時にすぐ見られる手軽な検査装置として今後活用していきたいとの期待は高い。

8. NAOMi-CTはなぜ安い？ —シェアNo.1 歯科CTの応用—

当社は歯科用CTも販売しており、国内でNO.1のシェアを占めている（図8）。あらゆる方向から観察できるCT

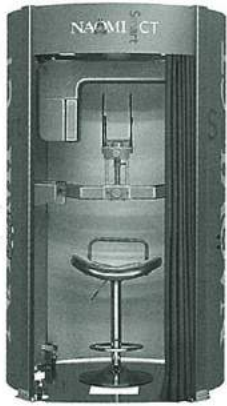


図8 歯科用CT

は、形状が複雑な口腔内治療において、正確性と安全性を格段にあげる検査装置であり、歯科医師であれば誰もが使いたい装置である。しかし、かつては歯科分野でもCTは高額な製品群しかなく、日本国内には約7万の歯科医院（コンビニよりも数が多い）があるが、大学病院やインプラントを専門とする一部の専門医院のみが導入する特別な装置という考えであった。だが現在状況は大きく変わってきている。街の開業医院に負担のない価格を目指してコストダウンを重ねて開発した当社の歯科用CT（NAOMi-CT）の登場で、普及スピードが一段と加速し、患者にもCTの存在が広がりつつある。この歯科用CTを応用し開発したのが、産業用のNAOMi-CTである。歯科用CT同様に、安く・導入しやすくを根本に、数千台の出荷実績のある歯科用CTと主要部品を共通化していることも、価格を下げられる理由である。すべて純国産国内製造しているため、アフターサービスの面でも安心いただいている。

9. 日々のメンテナンス・消耗品は？

またNAOMi-CTは、特別な日々のメンテナンスが不要であることも大き

な特徴である。主な消耗品は、X線を発生するX線装置の管球とX線を受けるパネルで、セット交換で150万円（税別：NAOMi-CT 001Cモデルの場合）。消耗度合いは被写体の素材や形状に合わせて設定するX線の照射条件などによって異なるが、実例として、すべてのユーザーにおいて2016年の発売から現在に至るまで交換をした事例はない。

10. 装置の導入検討にあたって

X線を使った装置の特性上、X線が透過しない物は内部確認ができない。X線の透過しやすさは素材の比重や厚み・形状によって変わってくる。比重が重いほど撮影できる総厚は薄くなる。異なる素材の複合品は、その状態によって撮影の可否が異なる。観察したい箇所が実際に見えるかについて問合せを受けることも多いが、個別で形状・厚み・素材・組合せも異なるため、実機でのお試し撮影をおすすめしている。当社では、全国29カ所の事業所・店舗に「さんぎょうCT診断センター」を開設しており、持ち込みで無料でテスト撮影を承っている（宅配での預かり撮影も可）。「さんぎょうCT診断センター」については、CT装置の導入がまだ具体的でない段階でも、「そもそもCTってどんな物？」と気軽に体験いただけるよう無料開放しており、お子さんや家族連れにも楽しんでもらっている。撮影後のデータは、無料で持帰りもできる。

おわりに

その昔、コンピュータは大手の研究所にしかなかったというが、今は子供も気軽に使える時代になった。「さんぎょうCT診断センター」で子供たちが、真剣な眼差しで画像を見て、あっという間に使いこなしている様子を見ると、CTにもその時代が来るように

感じる。従来のCTとは全く違う価格帯と手軽さを目指したNAOMi-CTによって、より身近に使っていただける検査機器として捉えていただければ幸いです。

ある企業の方が来社された際のエピソードだが、その会社では社長の経験と勘でしか製造も見分けもできない樹脂ブロックがあったという。切断せずとも社長には不良品が見分けられ、実際に切ってみると本当に不良があるという。長年の経験によりなせる技と感心させられたが、CTの導入が決まると、担当していた若い技術者が「これからは、自分も（不良を見分けて）社長にダメ出しできるようになります」と嬉しそうに笑顔、それを聞いた社長さんは、ムツとした顔で…、ということはもちろんなく、とても嬉しそうな表情だった。きっと今頃は、撮影した画像を見ながら、お二人でさらなる技術向上を目指しているのだと思う。

最近では、食品や農産物・スポーツ用や化粧品メーカーなどから身近な商品の撮影依頼を受けることも増えており、依頼を受けて初めて「こういった分野でもCTが必要とされるのか」と、驚くことも多い。そこに多くの技術者の知恵や工夫が重ねられていることに、感心させられる。実際にお試し撮影に来られる皆さんから、「見えた！」の嬉しそうな声とパッと明るくなる表情を拝見すると、素直に嬉しい。活用が増えることで、今後よりいっそう装置に対する要望も増えてくると思うが、当社も開発型メーカーとして、こうしたユーザーの声を聞きながら、更にCTを発展させていきたい。気軽に相談いただければ幸いです。

NAOMi-CTによる撮影例の動画は以下のURLより閲覧できる。URL：<http://rfsystemlab.com/product/industry/sample/index.html>