

Title	機械部品の加工穴内壁面傷検査装置の開発をリードする地域企業のイノベーション
Author(s)	中村, 修; 岡田, 三郎; 江崎, 泰史
Citation	年次学術大会講演要旨集, 33: 547-550
Issue Date	2018-10-27
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/15566
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

2 D 0 3

機械部品の加工穴内壁面傷検査装置の開発をリードする 地域企業のイノベーション

○中村 修、岡田 三郎（産総研）、江崎 泰史（シグマ㈱）

1. はじめに

自動車等の工業製品製造においては、部品の全数外観検査が必須となっており、中でも目視検査で見落としやすい光沢面や鏡面の微細な傷欠陥の自動検査技術の確立が求められていた。本発表では、高品位の加工が施された大小さまざまな径の穴内壁面の傷欠陥検査の自動化と高精度化を実現するために、産総研の半導体レーザーによる光回折を応用した技術シーズを活用して革新的な傷検査装置を開発し、“穴ライザー（ANALYZER）”として製品化した事例の経緯を示し、地域企業によるイノベーション創出のシナリオについて議論を深めたい。

2. 加工穴内壁面傷検査装置の開発

加工穴内壁面検査装置開発のきっかけは、1998 年頃、広島県内の自動車部品製造会社から、自社製造部品の自動車用油圧マスターシリンダーの内壁面の微小傷欠陥検査についての技術相談であった。対象は、内径 25 mm 奥行き 150 mm の円筒形部品で、内面は鏡面加工されており、目視検査では内面が見づらく微小な傷を見落としやすいことから、レーザー光を用いた傷検査法を適用することとした。

検査面に細く絞ったレーザー光を照射すると、傷がない場合レーザー光はそのまま反射し散乱せず、傷がある場合は、傷に当たったレーザー光は正反射光の外にまで広く散乱する。そこで、光ファイバーを正反射光が受光できる位置と散乱光だけを受光できる位置にそれぞれ設置すれば、二つの光を分離できることに気づき、レーザー反射光のビーム中心から直径 5 mm と直径 15 mm の二つの同心円の円周上に配置した 0.5 mm の径の光ファイバー束で正反射光、散乱光・回折光をそれぞれ分離受光したところ、正反射光と散乱光とを併用することで多様な傷を高感度に検出できることが明らかとなった。（図 1）

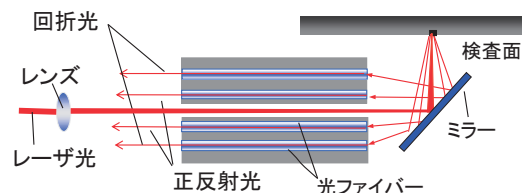


図 1. 検査装置の原理

同じ頃、呉市内の自動車用部品製造のシグマ㈱の下中社長から、特許流通フェアに出展していたレーザー傷検査装置を見て、半導体レーザーに興味を持ち、当該装置を自社の円筒形状の自動車用量産部品の外面傷検査に使いたいと要請があった。シグマ㈱は、自動車用小物部品を量産し、不良品の流出ゼロを目指して検査の自動化を進めているところで、微小傷の検査が可能なレーザー傷検査装置の導入を検討したいとのことだった。

2000 年に共同研究を開始し、2002 年に産総研とシグマ社が円筒部品外面傷検査用のレーザー傷検査装置を共同開発した。レーザー光を用いた外面検査装置が微小傷検査に予想以上の効果を上げたことから、下中社長から世の中にまだ普及していないレーザー傷検査装置を商品化して自動車部品製造企業向けに販売する事業を立ち上げ、カーメーカー向けにシリンダーボア内面のレーザー傷検査装置を新たに共同開発したいとの申し入れがあった。

3. 連携研究体の設立による研究開発の加速

折しも 2001 年に、通商産業省工業技術院傘下の研究所は独立行政法人産業技術総合研究所へ大規模な機構改革が実施され、2003 年に中国センターは、バイオマスの研究に重点化する方針が決まり、ものづくり関連の研究者はすべて他センターに異動したため、実用化開発を目前にしてレーザー傷検査装置の研究開発の継続を断念するかどうかの大きな転機を迎えた。打開策を検討していた時、レーザー傷検査装

置の将来性を確信したシグマ㈱の下中社長から開発継続の強い要請に加えて研究資金提供の申し出があり、中国センターの矢部所長（当時）とつくばに異動した研究者とで協議した結果、中国センター産学官連携センターに研究開発の拠点となる連携研究体を設置し、企業から提供された資金をもとに研究開発を継続することで合意し、設立申請を行った。申請の条件として、複数の企業の要望があること、3年間で産総研の規定を満たす純粋民間資金の提供があること、明確な研究目標と産業界へのインパクトがあり共同研究により達成可能なこと、産総研に研究シーズがあることなどハードルは高かったが、2004年より3カ年の期間で、レーザ応用機能診断連携研究体の設立が認められた。

研究目標は、カーメーカーのニーズを踏まえて自動車シリンダーボア内壁面用のレーザ傷検査装置の研究開発と製品化とした。当時市販されていた渦電流式、光学式のシリンダーボア内面検査装置は、現場のニーズを満たすレベルになく、さらなる高性能、高機能な検査装置が求められていた。産総研が基本構想を提供し約1年かけた共同研究により、シリンダーボア用の内面検査装置を開発試作した。開発のポイントは、1500 rpmで回転する検査プローブを穴の中心軸に沿って一定速度で下降させ、直径0.1 mmの真円に整形した半導体レーザ光を壁面に垂直に照射し、壁面からの正反射光と反射散乱光および回折光とを二重の同心円状に配置した光ファイバーで集光し、光ファイバーの他端に配置した光センサで光量測定し、光量変化から傷欠陥を検出する構造にあった。特にプローブ先端部の構造は性能に大きく影響するため、光ファイバーの端面位置や先端形状を種々替えて実験を繰り返すなど時間と手間を要したが、シグマ㈱の開発要員の努力により、最適な配置と形状を見出すことができた。また、プローブ先端部は着脱可能にし、先端を前後にスライドする構造にすることで、内径40 mmから150 mmまでの広い口径に対応することができた。

他方、連携研究体の活動を円滑かつ効率よく進めるため、隔月ごとに社長が同席する進捗会議を開き、開発の状況報告、技術的課題の整理と対策、長期、短期の開発工程について意見交換し、その場で社長が方針を決めるなど、意思の疎通を欠かさないように努めた。また、問題が発生した時は緊急の実務担当者会議を開き、計画の見直しや変更を迅速に行った。本事業の場合、研究予算は民間提供資金と産総研のマッチングファンドのみのため、金額にこだわらず必要なものを直ちに調達することができたことも開発のスピードアップにつながった。

4. レーザ傷検査装置事業の立ち上げと“穴ライザー（ANALYZER）”の商品化

2005年に、シグマ㈱はレーザ傷検査装置事業室を新たに立ち上げ、レーザ傷検査装置の販売を開始し、2006年6台、2007年11台と売り上げを順調に伸ばしてきたことから、販売体制の強化を図るため、室長として江崎が着任した。ところが、2008年10月に突然起きたリーマンショックによる不況の余波を受け、検査装置が売れなくなるだけでなく、本業の業績も大きく落ち込んだため、傷検査事業を撤退するか否かの重大な危機に直面した。

そこで、江崎室長は事業の将来性を見極める方策として、これまでに装置を購入した企業や、機械加工関係企業をきめ細かく訪問して、レーザ傷検査装置の潜在需要調査を実施し、当該装置では検査対象外の内径20 mm以下の小径穴検査に想定外の大きな潜在需要があることと、自動車部品の小径穴検査では、検査する穴の数が多く、現場のタクトタイムに合わせるには、1個あたりの検査時間をこれまでの30秒から10秒以内に短縮する必要があることなどを把握し、社長へ事業の継続と不況の間に検査プローブの小径化と検査の高速化等の抜本的な改造を行うことを提言し、社長の決断のもと即実行に移した。

まず、検査の高速化については、高速化のネックになっている外付けモーターによるベルト駆動方式に代えて、プローブの高速回転を可能にする中空モーターを新規開発した結果、検査プローブ回転数を約10倍の15,000 rpmまで高速化し、検査時間を目標とする10秒以内に短縮することに成功した。

次に、プローブの小径化に関して、シグマ社は産総研のアドバイスに基づいて小径用プローブを新たに開発した。即ち、光ファイバーの配置場所を変え、先端部をL字型からストレートへ形状変更したことでプローブ径は6 mmまで小径化できたが、光ファイバーの本数減に伴う受光量の減少を補うため、受光した反射光を光電変換するフォトダイオードを高感度・高速の素子に変更した。小径化により、取得可能な検査画像が散乱光画像のみになったため、閾値を超える異常部の面的な形状の特徴量解析機能を強化し、それに合わせて傷判定条件をより細かく設定できるようにアルゴリズムの改良を行うことで、製品としての完成度は格段に向上した。

2010年には景気の回復傾向が顕著になったため、“穴ライザー（ANALYZER）”という商品名を新たに付けて販売を再開したところ、自動車関連企業だけでなくさまざまな業種の企業から幅広く注文を受

けるようになり、販売台数を急速に伸ばすことができた。その後もユーザーニーズに合わせて、直径 6 mm の標準タイプ、直径 2.3 mm の極細タイプ、穴ライザーロボ（図 2）等を順次開発販売し、累積で 200 台を超える販売実績を上げるまでになった。

シグマ㈱は国内では穴内面の傷検査装置販売のニッチトップメーカーになったものの、国内では多様な方式の穴内面検査装置が販売されている。しかし、性能表示に統一性がなく、ユーザー企業に混乱を与えていることから、江崎は傷検査装置の標準化の必要性を感じ、まずは国内規格の標準化に向けて活動を開始した。2015 年に公益財団法人ひろしま産業振興機構の支援の下、標準化原案作成委員会を立ち上げ、装置メーカーと使用企業に参加を募り、日本工業標準調査会に新市場創造型標準化制度を申請し採択されたことから標準化に向けた活動を進め、平成 30 年 8 月 20 日に非破壊試験—加工穴内径面自動検査装置—の J I S を認定された。

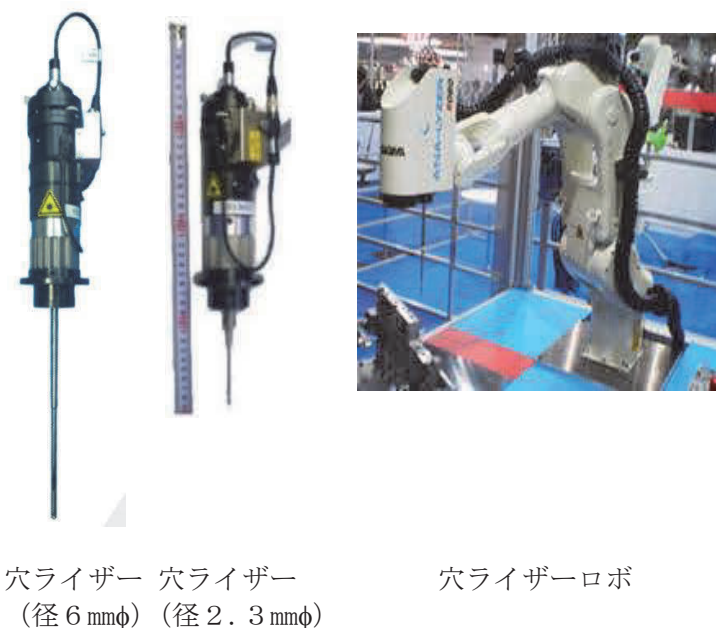


図 2. 開発された傷検査装置

5. 半導体レーザーの産業応用に至るシナリオ

地元の企業から持ち込まれた技術相談がきっかけとなって、業界が求めるレーザー傷欠陥検査の研究開発に取り組むことになった。図 3 に、これまでに記述してきた産総研の技術開発とシグマ社との連携による商品化の流れを示す。まず、光沢性のある小物円筒形部品の内外面の傷欠陥検査を実用化するため、傷欠陥により発生したレーザー光特有の回折光を分離計測する高感度の検査装置を開発・実用化した。ところが、事業化を目前に産総研の機構改革により研究開発の継続は困難と思われたが、連携研究体という研究組織を立ち上げることでプローブ回転型のレーザー傷検査装置を開発・製品化した。しかし、突然発生したリーマンショックにより事業撤退の危機を迎えたが、小径穴の内面検査に活路を見出して方針転換し、企業ニーズにマッチした小径用高速レーザー傷検査装置を開発した結果、事業は急速に進展した。現在、新市場創造型標準化制度に基づき「加工穴内径面自動検査装置」の国内標準化を同業者に呼びかけて活動して J I S 認定を受け、さらに海外展開に向けて国際標準化を視野に準備を進めている。

レーザー傷検査装置の開発・事業化にあたっては、2 度の大きな転機があったが、産総研と企業とが知恵を振り絞って難局を乗り越え、“穴ライザー (ANALYZER)” を世に送り出すことができた。これまでに、トヨタ自動車 (株)、本田技研工業 (株)、マツダ (株) 他の自動車メーカーおよび (株) デンソー、アイシン精機 (株)、三菱重工業 (株) 他の自動車部品メーカー各社に納入の実績があり、また徐々にダイムラーをはじめ海外企業からの引合いも増えているところである。

6. 考察

産総研は、イノベーション創出のための橋渡し機関として機能するためのミッションをさらに明確にすべく、第 4 期中期目標期間では「橋渡し研究」の展開を重点目標に掲げている。産総研の地域センタ

一は、地域の産業集積等の特徴を踏まえて看板研究テーマを設定して最高水準の研究開発を行うとともに、地域の経済産業局や公設研究機関等と連携して地域の中小・中核企業のニーズを把握して、オール産総研による技術の橋渡しを行って地方創生に貢献することを目指している。

中国センターにおいては、中国5県の中小・中核企業、公的研究機関、支援機関等からなる「産総研中国センター友の会」(産友会)を2011年に立ち上げてネットワーク形成等連携活動を開始し、中国地域企業の課題を現場に出向いて抽出するスキームを確立した。

シグマ(株)とは、研究者が異動したこともあり連携研究体を解散してから疎遠になっていたが、2011年に中国センターの所長であった中村と下中社長とのトップ会談において、産総研で誤判定や過剰判定を解決できないかとの要望を受け、全国の産総研の研究者の中から九州センターに適任の研究者を特定し、2012年から傷欠陥と汚れを識別可能な傷検査装置の開発に取り組み、新たな発想のもとに改良型レーザ傷検査装置を開発・実用化した。その後も九州センターと連携して品質管理も可能な次世代型検査装置の開発に精力的に取り組んでおり、世界を席卷する製品によって地域創成に貢献する日も遠くないと期待される。

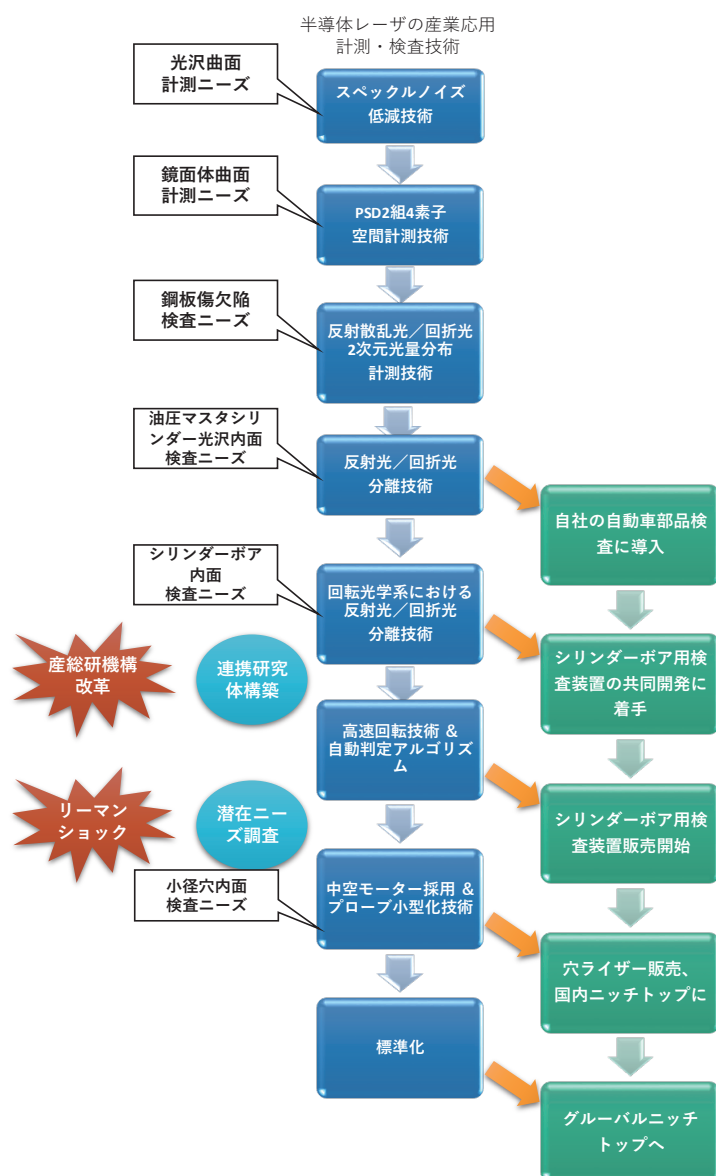


図3. 産総研の技術開発とシグマ(株)の連携による商品化の経緯

本要旨は、以下の論文からの抜粋を基に書かれていることを付記する。

岡田三郎、中村修、江崎泰史：機械部品の加工穴内壁面傷のレーザ検査装置の開発・商品化、*Synthesiology*, 11(3), 137-147, 2018