

痒いところに手が届く、純国産パルスレーダー式レベル計

第4回 マツシマメジャテック(福岡県・北九州市)

重枝 浩孝=マツシマメジャテック 技術部 部長

2015/11/06 16:14

マツシマメジャテックは福岡県北九州市八幡西区に本社・工場を構えるコンベア保護機器、駆動機器およびレベル計の製造販売を行う産業用制御機器メーカーである。1946年に機械の設計・開発業務に特化した松島機械研究所として創業したが、それにとどまらず製造・販売までを行う、いわゆる機械メーカーであった。

1984年に本格的に電子製品の参入を行い、現在まで約30年にわたり、機械・電気・電子の複合製品を作り続けている。2004年には摩擦電荷方式として初の国産品である煤塵監視装置(ダストモニター)の開発と製品化やパルスレーダーマイクロ波レベル計の完全国産化を行った。これらの実績が評価され2009年7月には、北九州市から、北九州オンリーワン企業の認定を受けている。

現在は機械よりも、電気や電子に主眼を置いた製品が主流となっている。社名と実態のミスマッチから、計測に特化した会社ということを出し、2013年の4月にマツシマメジャテックに社名を変更した。

ここでは、ここ数年間マツシマメジャテックとして注力している非接触レベル計の種類とその移り変わりについて紹介する。中でもパルスレーダー式レベル計に焦点を当て基本原理と優位性についてアプリケーション事例を交えながら解説したい。また自社開発製品へのこだわりとスマート化された信号処理についても紹介する。

連続式で非接触のレベル計が拡大

レベル計とは粉体・液体問わず、その製造・貯蔵プロセスを監視する機器の総称で、連続式・ポイント式に分類される。連続式とは測定媒体の増減を、リアルタイムに計測・監視できる機器を指し、この種の装置についてレベル計と呼ぶことが多い。逆にポイント式とは、測定媒体がある一定の位置に到達した際に、その情報を指し示す機器で、一般的にレベルスイッチと呼ばれている。

レベル計の中には接触式・非接触式の2種類が存在する。接触式とは測定媒体に直接接触することにより、その測定対象物の位置を検出しレベルに換算する方式で、一般的には重錘式レベル計・静電容量式レベル計が有名である。非接触式は、タンク内の原料面までの空間距離を測定することでタンク内容量を換算する方式で、超音波レベル計・マイクロ波レベル計に代表される。中でも近年は、マイクロ波レベル計は高機能化またスマート化が目覚ましく発達しており、市場もここ数年で大きく拡大している。

3種類の異なるマイクロ波レベル計を保持

マイクロ波レベル計とは、その名の通り、マイクロ波を発信して測定媒体からの反射を受信し、FM-CW式であればその周波数差を、パルスレーダー式であれば時間差をミキシングした後にフィルタリングやアンプなどで発信と受信の相関を可視化し、信号処理することで距離に変換している(図1、図2)。

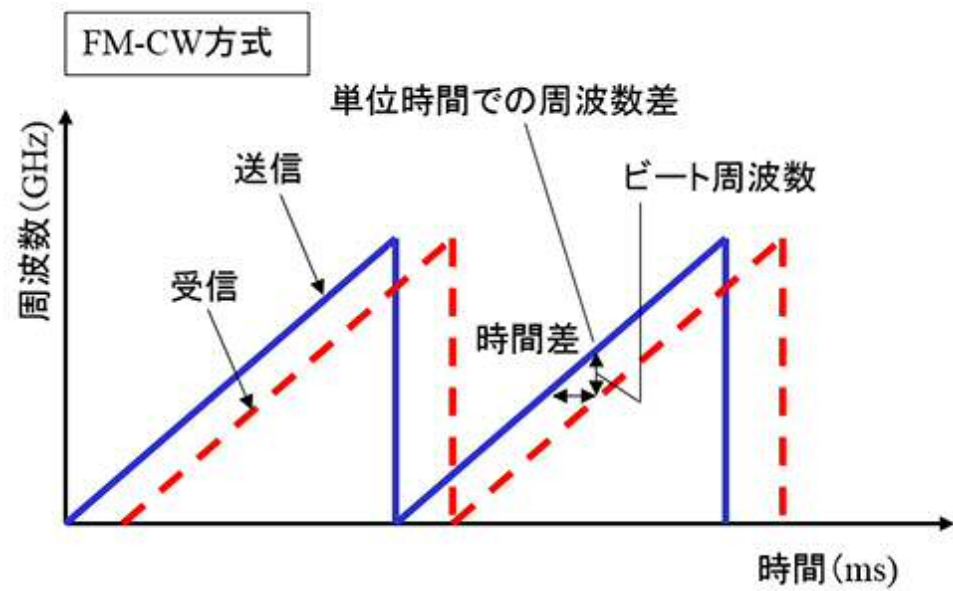


図1 FM-CW方式

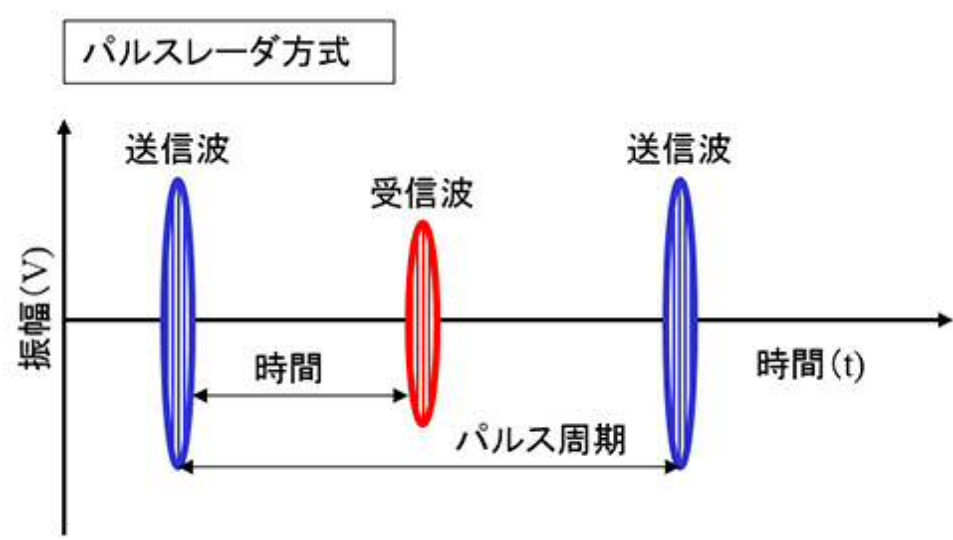


図2 パルスレーダー方式

マツシマジェットックではマイクロ波レベル計として10GHz帯のFM-CW式、5.8GHz帯と26GHz帯のパルスレーダー式を有している(図3、図4、図5)。また、この3種類のレベル計はそれぞれシリーズ化しており、様々なアプリケーションに対応可能とする。3種3様のマイクロ波レベル計の製品開発から製造までを自社で行っているからだ。



図3 10GHz帯を使ったFM-CW式「MWLM-FMシリーズ」



図4 5.8GHz帯を使ったパルスレーダー式の「MWLM-90シリーズ」



図5 26GHz帯を使ったパルスレーダー式の「MWLM-」

環境変化に弱い超音波型

ではなぜ、近年マイクロ波レベル計の市場が拡大しているのか。非接触のレベル計に代表される超音波レベル計と対比して説明する。

非接触式のレベル計が一般に普及するようになったのは、今から20~30年前のことである。欧州のメーカーを中心に製品化が進んでいった。当時は超音波レベル計が主流で、現在のような高機能な信号処理を持たないシンプルなものが多いを占めていた。

この超音波レベル計は、一定の周期で発信される超音波が原料面で反射し、再びレベル計に戻ってくるまでの時間を距離に換算する方式であり、その伝搬媒体として空間に存在する「空気」が必要不可欠な存在であった。このため、移送や集塵の際に発生する「浮遊粉塵」や「空気の乱れ」の影響を受け、測定が困難になるケースもしばしば見受けられた。

また温度変化によって音速が変化することから精度が保証できず、いわゆる悪環境下での計測には不向きであった。

超音波レベル計の登場から10年ほどの年月を経て、「音波」ではなく「電波(マイクロ波)」を利用した「マイクロ波レベル計」の開発と市場投入がされるようになっていった。マイクロ波は、その伝搬性の高さから浮遊粉塵などに起因する不要反射を起こしにくいという利点があり、また空気振動で送波しないことから、タンク内の空気の乱れの影響を受けないという特徴がある。これにより、超音波レベル計が苦手としていた環境変化に弱いという問題を見事に解決した。また、ガスの発生などに伴う音速の変化(空気中の伝搬速度の変化)が起こらないため、高温、高圧、ガス空間など、より広いアプリケーションに対応できるようになった。このような背景から、現在では非接触式レベル計といえばマイクロ波レベル計がその代表格となっている。

製品化で欧州が先行

ここで、パルスレーダー式レベル計の基本原理と構成について簡単に説明する。パルスレーダー式レベル計は、マイクロ波パルス発信回路で生成されたパルスマイクロ波が、同軸導波変換器から空气中に放射され、原料面に反射し再び受信されるまでに要した時間を距離に換算し、測定信号として出力するものだ(図6)。

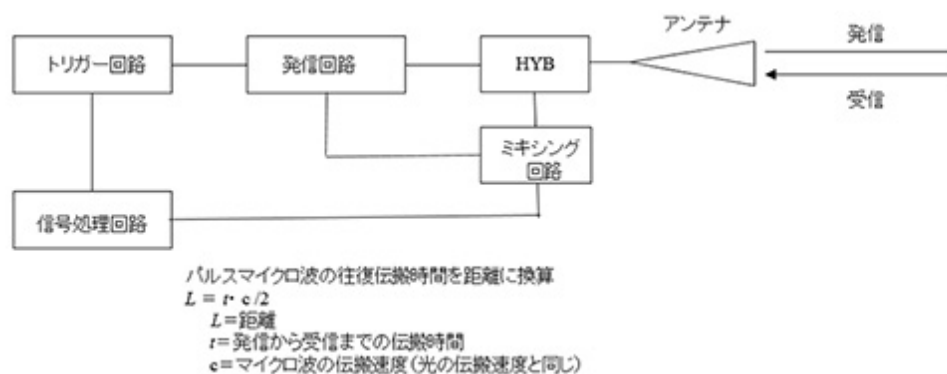


図6 パルスレーダー式レベル計の基本構成

パルスレーダー式レベル計とは、前述の通り一定の周波数を短パルスで連続放射し、原料面から反射して受信されるまでの時間を距離に換算する方式のレベル計である。数年前までは5.8GHzを測定周波数として利用した機種が主流であったが、現在では26GHzを測定周波数として利用した機種が主流になっている。システムの小型化と指向性の向上が可能になるという利点があるからだ。5.8GHzと26GHzを比較した場合、26GHzにすることでアンテナの大きさは5.8GHzの約半分のサイズにできる。また、マイクロ波の放射角度も半分以下に抑えられ、指向性を大きく向上させられる。

一方で、周波数帯域が高くなるほど、その設計や製造に関わる技術の難易度は高まる。なかなか日本メーカーでの製品化は進まず、超音波型と同様に欧州勢が業界をリードしてきた。そんな中、マツシマメジャテックでは自社開発製品のパルスレーダー式レベル計の実現に向けた研究開発に取り組み、約3年の歳月を経て2007年に5.8GHzのパルスレーダー式レベル計を、その後、約5年の歳月を経て26GHzのパルスレーダー式レベル計を国内初の国産パルスレーダー式レベル計として製品化した。

日本人にとって使い勝手の良い製品を作る

日本独自の携帯電話機を「ガラパゴス携帯(ガラケー)」と呼ぶことがある。これは、外界から遮断され、独自に進化を遂げたガラパゴス諸島の生物に比喻された造語だという。日本の携帯電話機がなぜ独自の進化を遂げていったのかということを変えて考えてみると「日本人にとっての使いやすさ」を追求した結果に他ならない。これは、マツシメジャテックが自社開発のレベル計にこだわりを持つ理由と非常に近い。当然、海外への展開も念頭に置いているが、まずは日本の顧客に最も使いやすい製品を提供することが最大のテーマでもあった。これを実現するためには、海外製品の輸入転売ではどうしても「痒い所に手が届かない」。表現に失礼があるかも知れないが、多くの日本人ユーザーは英語に苦手意識を持っているのではないだろうか。この意識は、例え世界標準語が英語であっても、英語ばかりが羅列された表記の製品を日本人は好まないということに繋がるのである。信号処理一つをとっても同様で、どうしても「感性」の違いが現れる。国産であるということは、日本人によって創造され具現化されたものであり、品質やサポート面においても「安心感」という付加価値を提供できる。

超音波レベル計は、屈折を起こさない直線的な伝達経路しか持たない。また、物理的に存在するものには必ず反射し、その向こうには到達しない。これに対し、パルスレーダーを含むマイクロ波は、導波管や反射板を用いることで屈折させ、その伝達経路を自在に操ることが可能である(図7)。また、比誘電率の低いもの(≒導電性の低いもの)に対しては反射をほとんど起こさず透過するという特徴を持っている。この特徴は、アプリケーションの幅を広げる上で、非常に大きな利点になる。

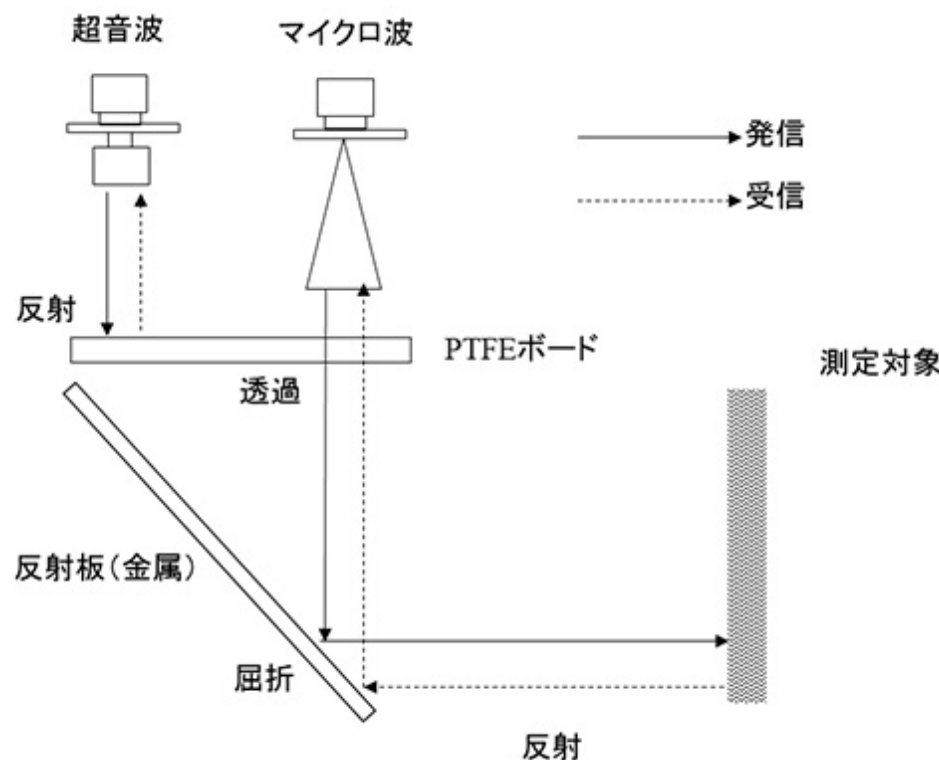


図7 超音波とマイクロ波の伝搬経路イメージ

曲がった場所や容器の外から計測可能

パルスレーダー(マイクロ波)式レベル計が、空気の乱れや温度、ガスにより伝搬速度に影響を受けず超音波を利用した非接触式レベル計に比べアプリケーション適応能力が高いことは前述した通りである。

一般的な設置例としては、小麦粉サイロやセメントサイロなどがあるが、これらはサイロの上部に設置され、マイクロ波を払い出し口に向けて放射することが多い(図8、図9、図10、図11)。とはいえ、アイデア次第でさまざまな場所や用途で計測が可能だ。

そうした使い方の一例としてはレベル計の設置面とは異なる角度のレベルを計測するというものだ。同じ非接触式のレベル計である超音波レベル計は音波を直線的(直進的)にしか伝えることができない。これに対し、マイクロ波レベル計は光に近い伝搬

性質があり、導波管を用いることで光ファイバーの様に伝搬経路を曲げることが可能となる(図12)。例えば、取付け位置から90度曲げた方向にマイクロ波を照射することで、高さに制限がある場所に設置する場合や、タンクやサイロの横にしか設置ができない場合に対応できる。

光に近い伝搬性質であることから、反射板によりマイクロ波の進行方向を屈折させることも可能となる(図13)。これは、光を角度がある鏡に照射した場合に、鏡により屈折し、その角度に応じた方向に光が飛んでいくのと同じである。この原理を応用し、反射板により横から放射したマイクロ波をタンクやサイロ内に垂直方向に屈折させて内部のレベルを測定することができる(図14)。また、特殊な例で言えば、可変式の反射板を用いることでタンクやサイロ内部の原料の表面形状を計測することも可能になる。



図12 導波管の折り曲げで測定方向を変更

n

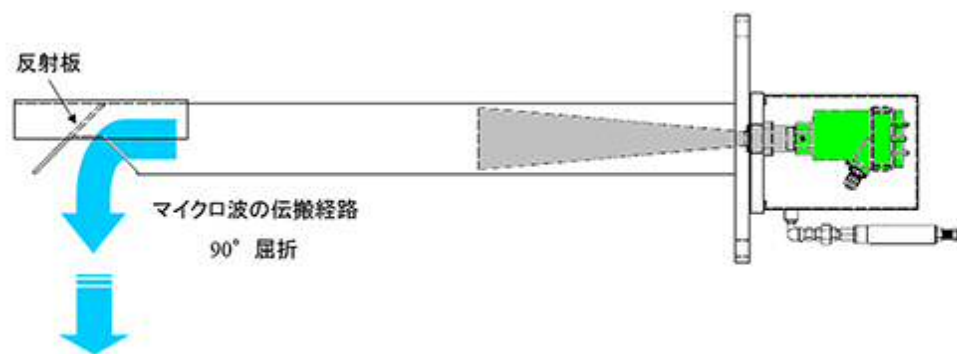


図13 反射板で経路変更



図14 CDQ設置例

もう1例は、容器の外部からレベルを計測するというものだ(図15)。マイクロ波が比誘電率の低い物体、つまり導電性の低い物体を透過するという特性を持っている。この特性を利用することで、例えば樹脂やFRP、また、ガラスや耐熱ボードなどによりタンクやサイロ内部から隔離された外部からのレベル測定が可能になる。腐食性の高い液体をタンクの外から測定することも可能であり、また、製鉄所などでは高温になる溶けた鉄(溶銑)などを熱やスプラッシュ(跳ねて飛んでくる火の粉のようなもの)から保護しながら受銑量を測定することもできる。

信号処理技術の向上が競争軸に

マイクロ波レベル計の進化は現在も進んでいる。競争軸は大きく2つある。1つは測定器としての性能、もう1つは使い勝手だ。

性能については、マイクロ波発振回路などの高効率化は当然ながら、信号処理技術の向上が主戦場となっている。マイクロ波レベル計が世間に普及し始めた当初は、単純に測定対象から得られた反射信号をアンプで増幅し、距離に換算するというシンプルなものだったが、数年後には障害物から発生する不要反射波をキャンセルする処理が追加されるようになった。現在では全体の反射波の中から真の反射波をスキャンニングし、不要反射を自動的にキャンセルすることができるようになった(図16)。結果としてSNを大きく改善するなど、その進化は目覚ましい。

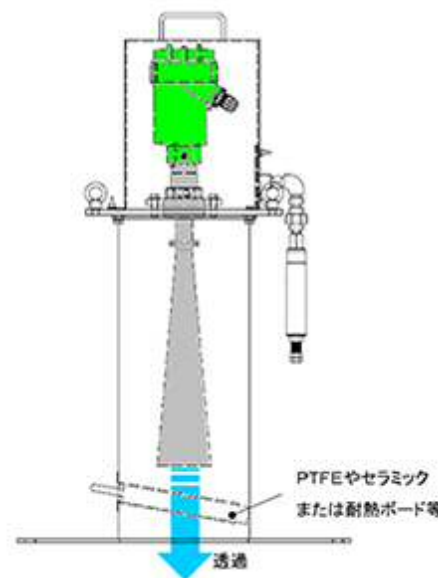
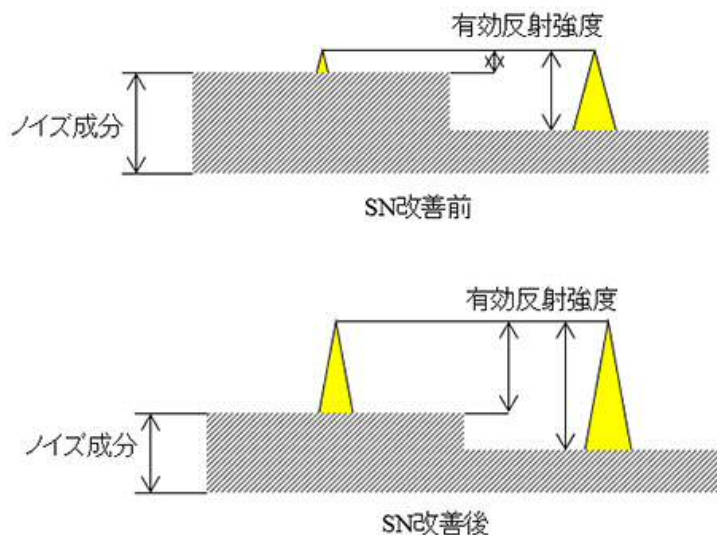


図15 透過計測



反射波が減衰した場合、SN改善前では有効反射強度が小さく不安があるが、改善後では、有効反射強度に余裕があり安定的と言える

図16 信号処理によるSN向上

使い勝手については調整の自動化がトレンドとなっている。マツシマメジャテックの製品を例にすれば「測定物種類の設定」「0%レベルの設定」「100%レベルの設定」「偽エコーの学習」という簡単な4ステップで設定が完了するようになっている(図17、図18)。従来は設置場所に応じてサービス要員が調整していくという、ノウハウが必要な作業になっていた。現在はそのノウハウをレベル計自体のソフトウェアに搭載している。これにより、ユーザーは基本となる4つの設定を行うだけで良く、その他の詳細設定は自動的に内部変更される仕組みになっている。もちろん、自動的に変更される設定項目についても任意に変更することもできる。また、これらのソフトウェアは国産ということで、日本語表示でありユーザーに分かりやすい設計になっており、日本語以外にも「英語」「中国語」「韓国語」に標準対応している。

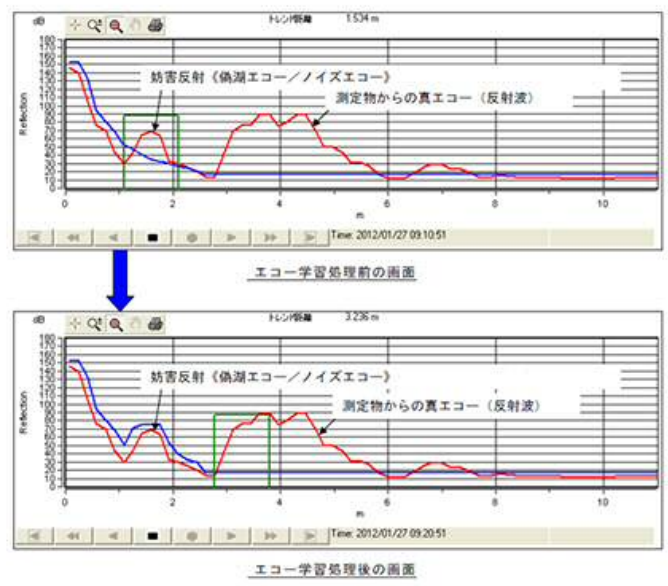
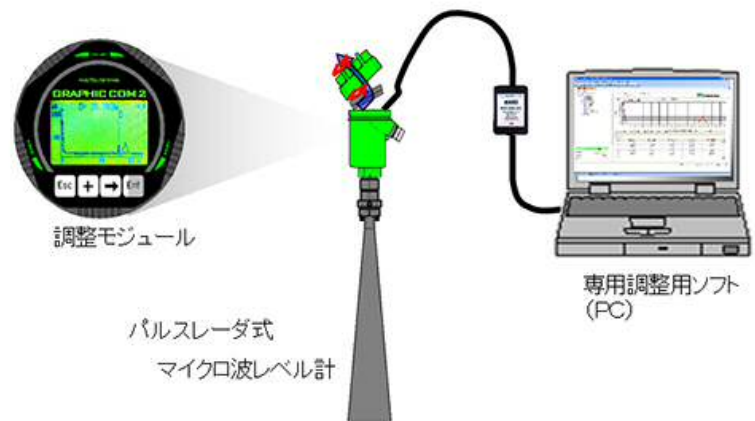


図17 調整のイメージ

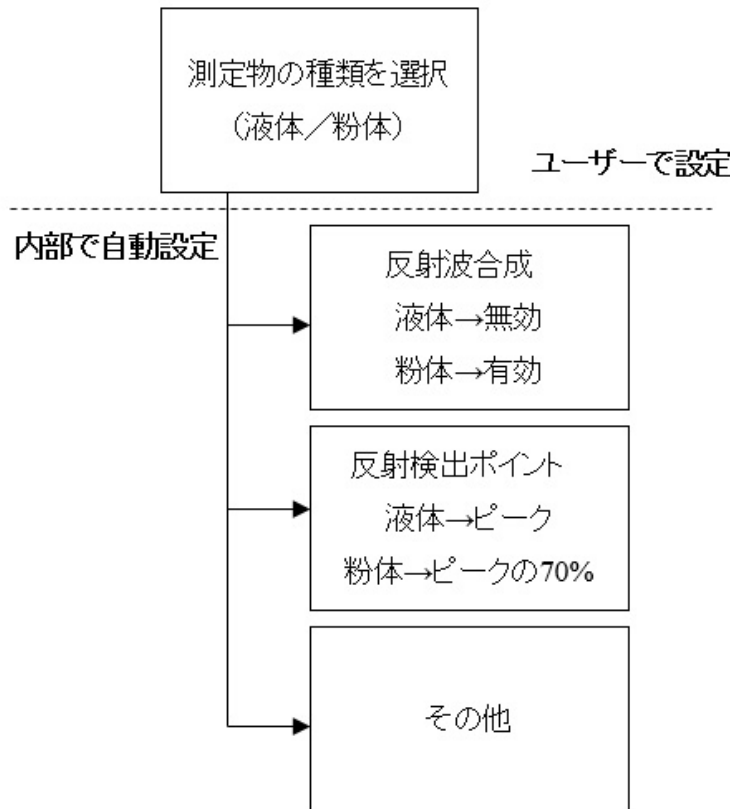


図18 自動調整の処理イメージ

使い勝手という観点では、小型軽量化も重要だ。実際、現在のパルスレーダー式レベル計は、従来のものに比べて飛躍的に小型・軽量化が実現されている。また、最大測定距離も大幅に延長された。例えば、「MWLM-PR26H7」というモデルでは70mまで対応可能だ。これにより対応できるアプリケーションが増えてきたことは事実だが、その全てに適應できているわけではない。今後、自社開発のレベル計という強みを存分に生かしたアプリケーション開発と、それに伴う形態の変化や更なる技術進歩が期待されている。

おわりに

本稿では非接触レベル計の進化と最新のパルスレーダー式レベル計の特徴と展望について紹介した。これらの技術は日進月歩で変貌しており停滞は退化を意味する。つまり、我々レベル計業界で社会貢献を目指す企業は、常に新しい技術やその応用を模索し、「オリジナル」と「スタンダード」をうまく融合した新たな技術開発に向き合っていかなければならない。我々メーカーは、常にそのことを念頭に置いたユーザー目線の「開発」や「ものづくり」を行なうことで社会貢献することこそが最大の課題であり目標であると考えます。

マイクロ波レベル計で開発された技術は、何もレベル計というカテゴリに止まるものではない。マツシマメジャテックも、マイクロ波の技術をコアとした新たな製品開発、用途開発に応用していく考えだ。

この記事のURL: <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/column/15/421620/110600002/>

Copyright © 1995-2015 Nikkei Business Publications, Inc. All rights reserved.

このページに掲載されている記事・写真・図表などの無断転載を禁じます。著作権は日経BP社、またはその情報提供者に帰属します。