

お客様の求める価値をカタチにした超音波診断装置 「SONIMAGE MX1」の紹介

Ultrasound System SONIMAGE MX1 Realizing Customer Value

平澤 一* 木元 貴士* 酒井 智仁* 白石 貴彦* 秋山 恒*
Hajime HIRASAWA Takashi KIMOTO Tomohito SAKAI Takahiko SHIRAIISHI Hisashi AKIYAMA

要旨

近年、小型の超音波診断装置の高性能化、高画質化に伴い、小型の超音波診断装置市場が拡大している。

2014年に我々がリリースした超音波診断装置SONIMAGE HS1は「みえる」、「かんたん」、「つながる」のコンセプトのもと、POC (Point of care) に適合した製品仕様を有しており、市場に受け入れられている。

我々は2017年度から、画質を犠牲にすることなく、小型で持ち運び可能な超音波診断装置の開発に着手した。製品開発初期よりデザイン部門、企画部門と連携し、仮説検証サイクルを回すことで商品コンセプトを決定した。また、製品仕様、デザインについて想定顧客であるお客様へのヒアリングを重ね、改良を重ねることで、製品仕様へ反映させ、2018年3月に超音波診断装置SONIMAGE MX1をリリースした。

この開発過程によりポータビリティ性の向上、短時間で診断を行うためインターフェースの簡便化、検査の利便性を高めたユーザーフレンドリーな操作性が実現された。

また、高画質化と操作性向上に取り組んだ。

高画質化はDual Sonicと称する送受信技術を開発、浅部領域における音響ノイズ抑制、不要な発熱と音響出力抑制に伴う印可電圧増加により約4dBのSNR (Signal to Noise Ratio) 改善を実現した。

操作性向上については表示深度に連動し画像を最適化する「MPA」機能 (Multi Parameter Adjuster) を開発した。この機能やカスタマイズ性の充実、操作性の改良によりユーザービリティを向上させることでSONIMAGE MX1は2018年度グッドデザイン賞を受賞するなど、外部団体からも高い評価を受けている。

Abstract

In recent years, the market of compact ultrasound diagnostic equipment is expanding in association with improvement of performance and image quality of compact ultrasound diagnostic equipment.

Konica Minolta launched the ultrasound system SONIMAGE HS1 in 2014, and this system has a product specification conforming to the idea of "POC (Point of care)" under the concept of "Visible", "Easy", and "Connectible", and has been accepted in the market.

In 2017, we started to develop a compact and portable ultrasound diagnostic equipment without sacrificing image quality, and launched the ultrasound system SONIMAGE MX1 in March 2018. In the early stage of the development of this system, we collaborated with the design division and the planning division to determine the product concept by turning around a hypothesis-verification cycle. In addition, we repeatedly interviewed target customers about product specifications and designs to reflect them on the product specification.

In this development, interfaces were simplified for improvement of portability and reduction in diagnostic time, so that a user-friendly operation was achieved and convenience in examination was improved.

In addition, image quality and operability have been improved.

Regarding image quality, we have developed a transmission and reception technique, which we call Dual Sonic, and we have achieved improvement of SNR (Signal to Noise Ratio) by about 4 dB due to reduction in an acoustic noise in a shallow area and due to increase in application voltage in association with reduction in unnecessary heat generation and unnecessary acoustic output.

Regarding improvement of operability, we have developed the MPA (Multi Parameter Adjuster) function that optimizes an image, depending on the display depth. Owing to this function, high customizability, and the improved operability, SONIMAGE MX1 won Good Design Award 2018 and receives high valuations from external organizations.

*ヘルスケア事業本部 超音波事業統括部 超音波開発部

1 仮説検証による製品開発

我々はSONIMAGE MX1の開発に当たり、仮説検証による商品企画・開発を実施した。仮説検証とは、より顧客が望む製品へと仕上げていく開発手法である。まず、対象顧客の使用環境や状況を分析・理解し、その顧客が何を重要な価値とするかの仮説を定義する。その仮説に基づき、プロトタイプを作成し、実際に対象顧客にそのプロトタイプを使用・評価していただき、その内容を新たな仮説へとフィードバックする。修正した仮説に基づき再度プロトタイプを作成・評価するサイクルを回すことで、製品仕様を決定していく手法である。

我々が2014年から販売している「みえる」「かんたん」「つながる」の実現をキーワードにした超音波診断装置SONIMAGE HS1 (Fig. 1) は、特に整形外科クリニックにおいて好評を博している。従来の超音波診断装置と比較し、「みえる」では、コンパクトでありながらプレミアムクラスに迫る高画質を提供している。「かんたん」では、タッチパネルと8つの操作キーによる直感的な操作性を提供している。「つながる」では、患者情報や超音波画像の電子カルテや院内画像データベースとの連携機能を有している。一方で、SONIMAGE HS1を院外へ持ち出すには、サイズ、質量ともに若干大きいといった意見も多く頂戴していた。



Fig. 1 Ultrasound system SONIMAGE HS1 available in the market since 2014.

従来の超音波診断装置は、検査技師による検査に用いられることが主であった。しかし近年、超音波診断装置のコンパクト・高画質化に伴い、整形外科等の外来診療において、医師が超音波診断装置を使用し、診断、治療までを短時間で実施することが可能となった。さらに、患者と画像情報を共有することにより円滑に治療を進めることができるコミュニケーションツールにもなりつつある。そのため、整形外科医が超音波診断装置を使用する機会が増え、整形外科外来やクリニックにおける所有数も飛躍的に増加している。しかし、まだ普及期であり、全施設の外来に1台とまでは至っていないのが現状である。大学病院等に所属する勤務医は、所属する病院の他

に週に何度か外部のクリニックで診察する場合がある。その際、外部のクリニックではまだ超音波診断装置を保有していない施設も多く、大学病院で使用している超音波診断装置を自ら外部のクリニックに持参して使用する場合がある。このようなユーザーから、SONIMAGE HS1では院外への持ち出しには大きいとの意見をいただいた。また、スポーツドクターが超音波診断装置を競技場や合宿地に持参し、診療を行うケースもあり、超音波診断装置を院外へ持ち出したいニーズが多いこともわかった。

そこで我々は、このような医師をターゲットとして、院内だけでなく院外への持ち出しも容易な超音波診断装置の開発を行うことを目標とした。

開発を行う上で、重要視したポイントとして、(1)持ち運びが容易なサイズ、重さであること、(2)電源がない環境でも長時間使用可能であること、(3)コンパクトでもSONIMAGE HS1に劣らない高画質であること、(4)迅速に診療可能な操作性を有すること、とした。

これらのポイントを元に仮説としてコンセプトを定め、モックアップを作成した。最初に作成したモックアップの外観をFig. 2に示す。



Fig. 2 Mock-up model of SONIMAGE MX1 at early stage of development.

このモックアップを用い、複数の医師にヒアリングを行った。その結果、使用される機能からキーの数はさらに少なくても良い、トラックボールは不要、設置面積をより少なくすべき、持ち運び可能なようにハンドルが必要、といった意見をいただいた。これらの意見を反映したプロトタイプを作製し、再ヒアリングを実施、そのヒアリング結果を元に、仮説を修正しプロトタイプを作り直すといったサイクルを回し仮説検証を行った。このプロセスにより作成したプロトタイプの例をFig. 3に示す。



Fig. 3 Examples of prototype device made in hypothesis-verification cycles.

このように仮説検証によるデザインプロセスを回した結果、最終的に完成したSONIMAGE MX1のデザインをFig. 4に示す。

超音波診断をより患者の近くで行うためにポータビリティ性を向上し、短時間で診断を行うためインターフェイスを簡便にし、検査での利便性を高めた。タッチパネルは診療科やユーザーごとにボタンレイアウトをカスタマイズでき、簡単操作で検査に応じた描出画像の最適化を行う機能を搭載。正面に集約した5つのユーザーフレンドリーな操作キーにより、処置中も少ない動作でダイレクトなブラインド操作を実現したことは、仮説検証を行った成果である。



Fig. 4 Final design of SONIMAGE MX1.

2 ポータビリティ

2.1 小型軽量化

SONIMAGE MX1の筐体部材には、軽量かつ剛性を兼ね備えるマグネシウムを採用した。さらに、モニターサイズを12.1インチ、コンソールキーの削減、ハンドルとスタンドを収納可能なデザインにすることで、コンパクト化を達成した。これらにより、大きさ・質量ともにSONIMAGE HS1比で約40%削減し、片手で簡単に持ち運び可能な小型軽量化が実現できた (Fig. 5)。

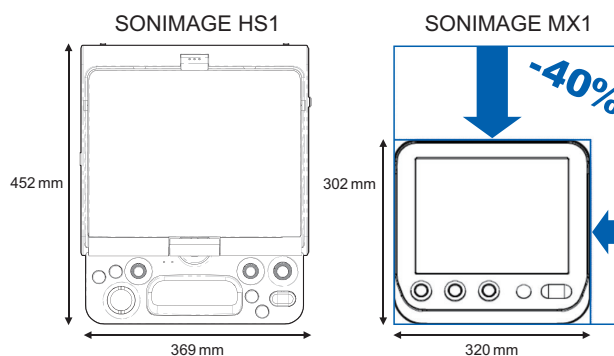


Fig. 5 Size comparison between SONIMAGE HS1 and SONIMAGE MX1. SONIMAGE MX1 is smaller and lighter than SONIMAGE HS1 by about 40%, and is one hand portable.

2.2 マルチユースへの対応を追究

ワンフロアに数多くのベッドが並んでいるペインクリニックやリハビリ施設の処置室では、超音波診断装置を処置の都度、ベッド間を移動させる必要がある。バッテリー駆動時間が短い装置は、電源を供給するために移動するたびにコンセントに接続するか、処置を終えるたびに装置を定位置に戻し、バッテリーを充電する作業が必要であった。

この課題を解決するために、SONIMAGE MX1では、装置の省電力化に加え、標準内蔵バッテリーだけでなく、さらに外付けとしてバッテリーを装着することができる、増設バッテリーパックを開発した (Fig. 6)。これにより、ライブ時のバッテリー駆動時間は、標準内蔵バッテリー60分に対し、120分連続使用が可能となり、お客様の余計な充電作業によるストレスを改善した。

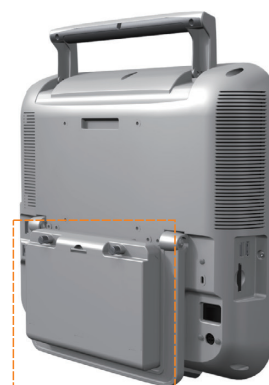


Fig. 6 Rear view of SONIMAGE MX1 with additional battery.

また、診療室で超音波診断装置を使用する場合、装置はカートに取り付けられた状態で使用するケースが多い。肩や手足の診療では、患者は椅子に座って診療を受ける場合が多いが、腰や膝の診療の場合、患者をベッドに寝かせて診療を行うことがある。その場合、カートごと装置をベッドサイドに近づける必要がある。しかし、多くの施設はベッドが壁際に設置されているため、装置をベッド奥側に配置できず、ベッド手前側に配置することになる。そのため、お客様は装置と患部の双方を、交互に見ながら手技をすすめる必要があった。

そこで我々は、必要な時に簡単に装置を着脱できる、クレードルを開発した (Fig. 7)。これにより、ベッドサイドで使用する際は、カートから装置を取り外し、患者の奥側に置くことで、患部と装置を一直線に配置することができ、診療時のストレスを軽減することができる (Fig. 8)。さらに、クレードルにUSBとACアダプター接続口を設けることで、装置着脱時、ACアダプターやUSBケーブルの挿抜が不要となり、ケーブル接続の煩わしさが解消され、簡単に装置の着脱が可能になった。



Fig. 7 Cradle from which SONIMAGE MX1 can be easily detached when necessary. SONIMAGE MX1 is detached from the cradle by being pulled up in the blue arrow direction.



Fig. 8 SONIMAGE MX1 being used in treatment of knee. SONIMAGE MX1 can be placed behind the patient in line with the affected area.

3 新技術

3.1 高画質化

画像で診断する超音波診断装置において、より高い解像度で構造を表現し、より深い部位まで表示すること、すなわち、「みえる」は、診断の効率化、高度化に寄与し、超音波診断装置の根幹を成す性能である。我々は、独自の超広帯域高周波リニアプローブと、このプローブ性能を最大限に引き出す、Triad-THI (Tissue Harmonic Imaging) 送受信技術により、これまで見えなかった微細構造の「みえる」化を実現してきた。この技術は特に、筋腱骨格・神経といった整形外科領域や乳腺・甲状腺等の体表臓器を対象とする診療科のお客様に高評価をいただいている。

SONIMAGE MX1では装置サイズは小型化した、新技術により画像性能も向上させた。浅部から深部まで高画質を提供するために、Dual Sonic と称する送受信技術を開発した。

超音波診断装置は、表示深度やフォーカス点などの設定に応じて、送信間隔や焦点深度、送信開口径、送信波形といった超音波送信に係る条件を決定する。この条件下において生体への安全性が考慮された最適な電圧がプローブの圧電素子に印可される。我々はこれらの条件の内特に画質への影響が大きい送信波形に着目した。

Triad-THI送受信技術は Fig. 9 (a) に示すように焦点深度を深く設定しても浅部領域において豊富な高調波を発生させ画像化でき、浅部から深部まで高画質が得られることが特長である。しかし、開口辺縁から送信された高周波成分は、その指向特性から浅部においては注目領域である開口中央付近のビーム形成には寄与せず、非注目領域において反射、散乱成分を発生させ、これらは音響ノイズとなっていた。それだけでなく、不要な発熱と余剰な音響出力の原因となっていた。

そこで開口中心部は従来通り Triad-THI 送信、開口辺縁は高周波成分を取り除いた低周波送信とし、これらを同時に送信することとした。Triad-THI は3周波混合送信であり、さらに異なる送信波を同時に送信するため、位相制御はより複雑化したが、プローブの設計段階で十分な位相特性を考慮していたため、本方式の実現が可能になった。(Fig. 9 (b))

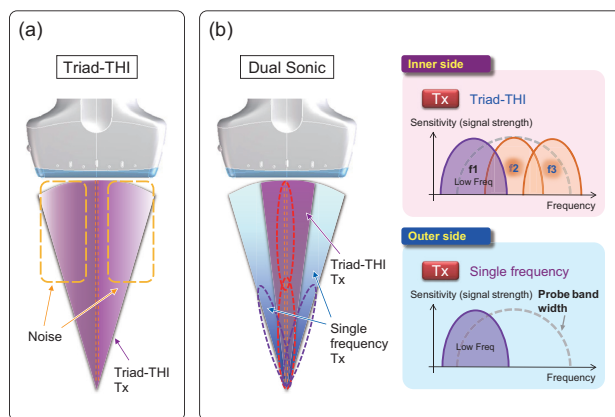


Fig. 9 Basic theories of Triad-THI and Dual Sonic.

(a) Triad-THI: Acoustic noise enters from a shallow part on the outer part of the opening.

(b) Dual Sonic: Triad-THI transmission is performed in the inner part of the opening, and a low frequency transmission is performed in the outer part, so that an acoustic noise in the shallow area can be reduced.

Triad-THIとDual Sonicの併用により、浅部領域における音響ノイズ抑制、不要な発熱と音響出力抑制に伴う印可電圧増加により約4 dBのSNR改善を実現した。この技術を適用したSONIMAGE MX1の臨床画像例を、従来方式の画像と比較して Fig. 10 (a), Fig. 10 (b) に示す。いずれも左の画像が従来方式、右の画像が新方式の画像である。

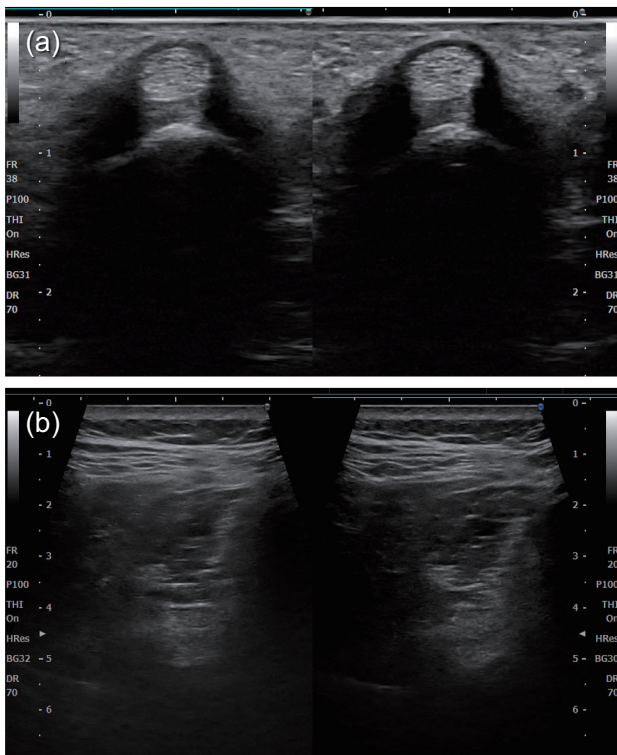


Fig. 10 Example of clinical ultrasound image with SONIMAGE MX1.
 (a) Middle finger flexor tendon (left: conventional method right: new method)
 (b) Lumbar spinal spinous part (left: conventional method right: new method)
 Noise in the shallow area is reduced compared with the conventional method, so that clear and fine view is possible.

Fig. 10 (a)は、中指屈筋腱を観察したものである。表示深度は3cmに設定している。従来方式と比較して、新方式では、浅部のノイズが減少し、明瞭、精細に観察できる。Fig. 10 (b)は腰部脊椎棘突起側部を観察したものである。表示深度は8cmに設定しており、SNRが改善し描出能が向上した。

なお、Dual Sonic技術は送信波駆動方式のみの変更で実現しており、特別なハードウェアを必要としない。様々な臨床現場での利用が期待されるSONIMAGE MX1において、浅部から深部まで高画質を提供できるDual Sonicは、非常に重要な技術である。

3.2 操作性向上

我々は、診療科やお客様の好み、ワークフローに合わせたユーザーインターフェースの改善を追求することで操作性の向上を図っている。SONIMAGE MX1では小形かつ少ないキー操作でもかんたんに超音波検査を実現できる機能として、表示深度に連動し画像を最適化する「MPA」機能を開発した。MPA機能は表示深度を変更するだけで、あらかじめ深度毎に設定された画質設定に変更することができる機能である。Fig. 11 に示すように、例えば、表示深度を浅くすると送受信周波数が高周波に、深くすると低周波や台形走査へ自動的に切り替えを行うことで表示深度に適した画像を表示することが可能である。

る。これにより、お客様は検査部位、深度に合わせたパラメータ調整が不要となり、より診療に集中することができる。

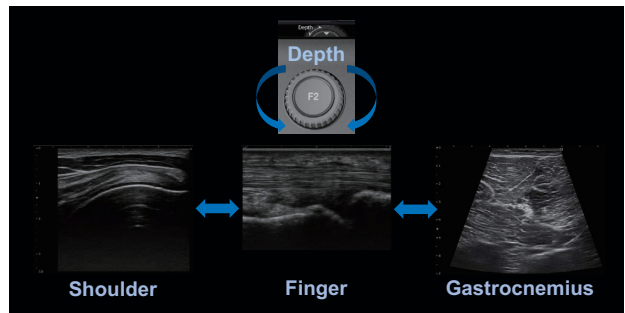


Fig. 11 Conceptual diagram of MPA.

With the MPA function, it is possible to switch to one of image quality settings previously set for each depth by only changing a display depth.

また、SONIMAGE HS1で搭載したワンタッチ画像領域拡大機能やシンプルレイアウト機能²⁾をSONIMAGE MX1でも採用し、小型装置の特長を活かすユーザーインターフェースを実現した。コンソールの操作キーの数はSONIMAGE HS1の8つと比較し、SONIMAGE MX1は5つと少ないが、操作する機能・画像パラメータをカスタマイズ可能とすることで、高い操作性を実現した。特にプッシュ・ローテートキーには画像モード毎に操作をカスタマイズできるマルチ・ファンクション機能を搭載しており、画像モードに応じて高頻度の機能・パラメータ操作の割り当てが可能である。コンソール操作で動作する機能・パラメータは画面下部に表示されるシンプルガイドで確認することで、迷うことなく操作することができる。(Fig. 12)



Fig. 12 Simple Guide on display screen.

Functions and parameters to be set from the console can be checked on Simple Guide displayed on the lower part of the display screen so that operation can be performed without hesitation.

一般的な超音波診断装置ではトラックボールが装備され、例えば計測機能の操作はトラックボールとその周囲のキーを用いて操作を行うが、SONIMAGE MX1はトラックボールを装備していない。そこで、タッチのみでの直感的な操作により計測機能が使用できるよう、操作性を改善した。

例えば2点間の距離計測では、計測する2点、つまり始点と終点の位置を決める必要がある。まず、タッチ位置に始点カーソルを配置する。その位置のままではよければタッチを離す。位置を調整したい場合は、タッチしたままドラッグするとドラッグに追従して始点カーソルが移動する。その際、指でカーソル操作を行うため、カーソルが指で隠れてしまい、位置の微調整が難しい場合がある。そこで、タッチ位置から少し離れた位置にカーソルを配置できるよう調整機能を設け、カーソルが指に隠れることなく位置の微調整を容易にできるようにした。(Fig. 13) また、カーソル位置の確定には、タッチを離れたタイミングで確定ボタンがカーソル近傍に表示されるようにした。始点カーソルの確定後に、終点カーソルの位置決定を始点カーソル同様の操作を行うことで、2点間の距離計測が実施できる。このように画面上で必要以上に大きく手を動かす必要がなくなることで、計測対象に集中して、操作が可能である。

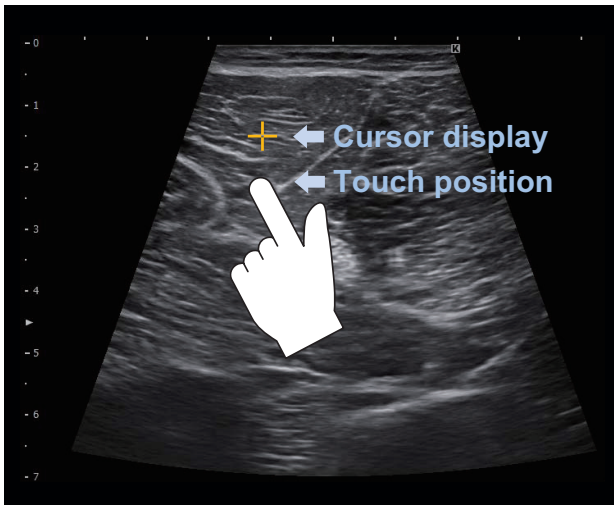


Fig. 13 Measurement cursor.

The measurement cursor can be adjusted to be positioned slightly off the touch point so that the cursor position can be finely adjusted without the cursor being blocked by a finger.

4 まとめ

本稿では、2018年3月にリリースした超音波診断装置SONIMAGE MX1の新技術、新機能について紹介した。院外への持ち運びも可能としたポータビリティ、浅部から深部まで高画質を実現する「Dual Sonic」技術、より直感的で操作者の負担を低減する「MPA」機能やカスタマイズ性の充実、操作性の改良によりユーザビリティ向上を図った。

対象ユーザーの使用シーンを想定し、お客様の課題を解決するための機能、性能を仮説検証にて追求した取り組みにより、SONIMAGE MX1は2018年度グッドデザイン賞を受賞するなど、外部団体からも高い評価を受けている。

今後も、お客様が使用される現場を理解し、お客様へ課題提起し、それを解決するソリューションを提供し続けることで、医療現場の変革に貢献したいと考えている。

●参考文献

- 1) 谷口哲哉, 水野隆, 酒井智仁, 堀内亮, 佐々木頂之, “超音波診断装置SONIMAGE HS1:超広帯域プローブ特性を最大活用する送受信技術”, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol.12, 55-60 (2015)
- 2) 小澤仁, 酒井崇, 木元貴士, 岡田薫, 大沼憲司, “みえる・かんたん・つながるを追求した臨床を変える超音波診断装置の新提案”, KONICA MINOLTA Tech. Rep., Vol.15, 68-74 (2018)