

周産期医学

Perinatal Medicine (Tokyo)

2016 May

5

Vol. 46 No.5

www.tokyo-igakusha.co.jp

増大号

特集

一歩進んだ胎児超音波検査 —具体的な描出法/測定方法を教えます—

巻頭言

【超音波断層法】

頭蓋内

顔・頸部・胸腺

脊柱

心臓・大血管

食道・気管

胸腔内面積比と肺低形成

肺

肝脾腫

腸管

胎児腹腔内嚢胞の鑑別

腎臓・膀胱・副腎

腹壁の異常

外性器・子宮・精巣の描出のコツ

山下隆博

坂井昌人

谷垣伸治

佐原友妃子

金 基成

青木昭和

坂巻 健

和田誠司

林 忠佑

長谷川ゆり

村越 毅

笹原 淳

筱塚憲男

松岡 隆

四肢骨

妊娠初期のソフトマーカー

【超音波ドブラ法】

臍帯動静脈

中大脳動脈 (RI と MCA-PSV)

VSD/ 房室弁逆流

心機能評価, Tei index と PLI の測定方法

高心拍出性心不全をきたす胎児疾患の超音波による

動静脈血流の評価

【3次元超音波】

体表の描出法

3次元像 (体表) による診断

3次元像 (体表以外)

任意断面

体積計算

室月 淳

亀井良政

市塚清健

中田雅彦

与田仁志

多田克彦

高橋実穂

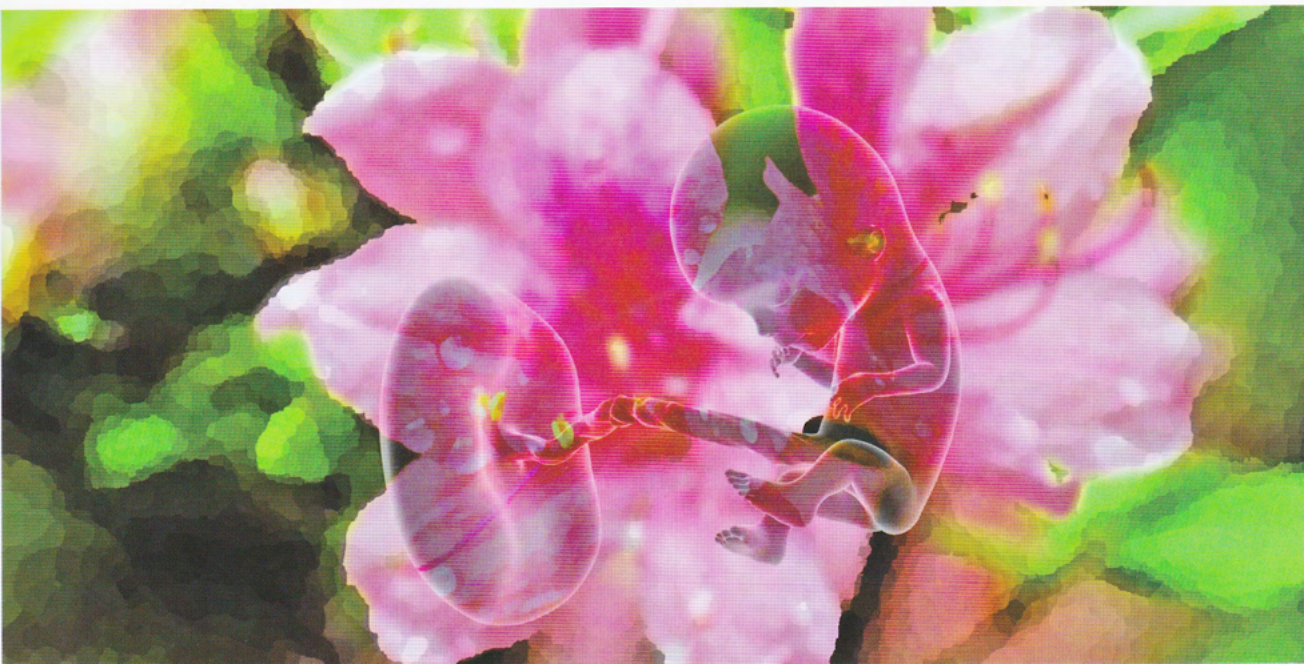
丸茂元三

秦 利之

馬場一憲

馬場一憲

小松篤史



3次元超音波 体表の描出法

丸茂 元三

はじめに

3次元超音波は、静止した立体画像(3D)と時間のファクターを入れた動く立体画像(4D)を観察することができる。動く立体画像は、リアルタイムで撮影できるため、リアルタイム4次元超音波とも呼ばれている。直接お腹の中の赤ちゃんをみているかのように、胎児の表情やしぐさが観察できる。今回体表の描出法のコツとして、はじめに3次元超音波画像がつくられる仕組みを知ってもらい、その上で描出のコツをお伝えしていきたいと思う。

3次元超音波の仕組み

超音波検査は魚群探知機と同じ原理である。超音波は、物質の境目で反射する性質がある。船の上から発せられた超音波が魚の群れに当たると反射して戻ってくる。海底に当たると同様に戻ってくる。超音波が戻ってくる時間によって海面からの魚群の位置、海底の深さがわかる。これを表示断面としてモニターに表すと魚群の広がりや海底の形がわかる。

お腹の中の胎児も羊水の海の中にいる。羊水は液体で、胎児は個体である。羊水と胎児は物質の差があるので、胎児に当たった超音波は反射して戻ってくる。それを利用して、超音波で胎児を画像化することができる。

通常の臨床で使われている超音波は2次元超音波で、胎児の断面をみることができる。これによりCTスキャンのように体内部の構造をみることができる。しかし、逆にいうと2次元の断面しかみることができない。

まるも げんそう 丸茂レディースクリニック
〒106-6004 東京都港区六本木1-6-1
泉ガーデンタワー4F
E-mail address : gmarumo-tky@umin.ac.jp

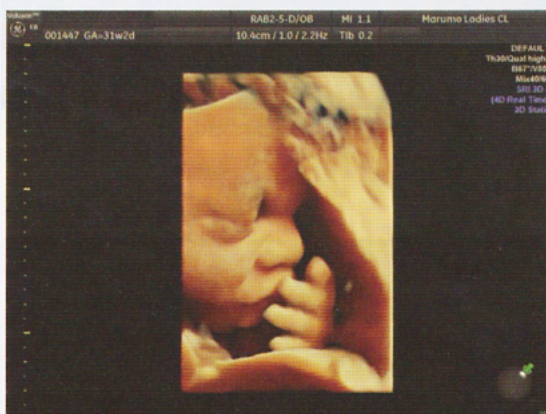


図1 3次元画像 (HDlive)

では、どうやって3次元超音波は立体画像をつくっているのだろうか。実は3次元画像も、2次元画像の集積で3次元画像をつくっている。立体の各断面を端から端まで集めて、それを3次元データとして取り込んで、立体画像として再構築している。

つまり具体的に述べると、実際、撮影した3次元画像(図1)をみて欲しい。この画像を端から断面をみていくと、どうなっているだろうか。3次元画像とその断面を同時に表す画面をみていく。白黒の2次元画像に注目して欲しい。左端側の断面(図2)は赤ちゃんの頬っぺたの断面である。少し右にずらした断面(図3)は目と頬と顎を通る断面になる。さらに画像の中心に向かってずらしていくと赤ちゃんの横顔のシルエットと左手の小指と薬指の断面(図4)がみえてくる。さらに右側にずらしていくと赤ちゃんの横顔のシルエットと上唇に触れる中指と薬指と小指の断面(図5)がみえてくる。右端までいくと赤ちゃんの顔は見えなくなり、左手の甲の断面(図6)だけになる。それぞれの断面を端から端まで並べると左手の中指で自分の唇をさわっている赤



図2 赤ちゃんの頬っぺたの2Dと3D



図3 赤ちゃんの目と頬と顎を通る2Dと3D

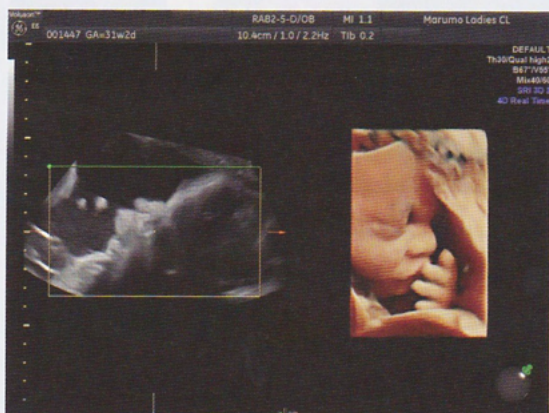


図4 赤ちゃんの横顔と小指と薬指の2Dと3D



図5 赤ちゃんの横顔と上口唇に触れる中指と薬指と小指の2Dと3D

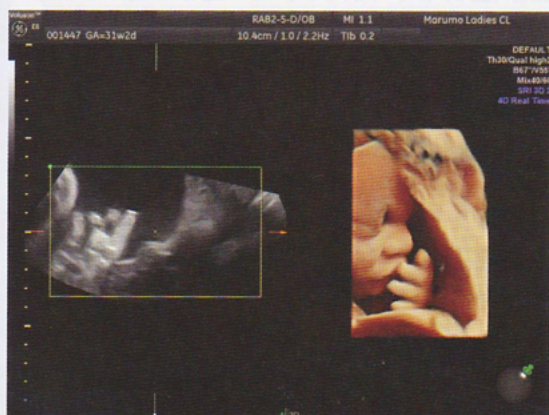


図6 左手の甲の2Dと3D

ちゃんの顔の立体画像をつくることができる。このように3次元画像は2次元の断面の集積によってでき上がっているのである。

ではこの3次元データをどのように表示すれば、立体的にみえるだろうか。これはヒトがものをみる時のことを考えるとわかる。実は光も超音波と同じ波である。ものがみえるのは、そのものに当たって戻ってきた光を目の網膜がとらえるからみえるのである。3次元超音波で胎児が立体的にみえるのは、石膏像を立体的に描くことと同じ原理によっている。学校の美術室には、真っ白な石膏像が置いてあったと思うが、白の絵の具だけでは、石膏像を立



図7 2Dによる赤ちゃんの横顔



図8 緑の線と黄色のエリア

体に描くことはできない。光と影を描き出すことによって、はじめて立体的な像として描くことができるのである。たとえば、光が多く当たって戻ってきているところは明るくみえる。お化粧でいうと、顔のおでこから鼻のラインの高い部分の、いわゆるTゾーンである。光があまり戻ってこない部分は黒っぽくみえる。まったく光が当たらない部分は、光が戻ってこないで、真っ黒にみえる。また、近いところは光の減衰も少ないので明るくなり、遠いところは光が戻ってくるまでに減衰するので暗くみえる。

同様に、お腹の中の胎児も、超音波が多く戻ってくるところは、明るく、あまり戻ってこないところは暗く描くと立体的にみえるのである。

3次元画像がきれいにできる条件

3次元画像が最もきれいにできる条件は、「羊水が対象物の前にあること」これにつきる。超音波は物質の差で反射してくるので、羊水は液体、赤ちゃんは皮膚で覆われた脂肪や筋肉や骨からなる固体である。超音波は液体と固体という物質の差で最もきれいに反射してきてくれる。つまり羊水は赤ちゃんがいる子宮の中で空間をつくってくれている空気のようなもので赤ちゃんを遮るものではない。

赤ちゃんの顔の前に手がきていれば、当然、手で顔が遮られるので、手の後ろの顔はみることができない。臍帯もよく顔の前に漂っている。臍帯が顔の前にくれば、顔は見えにくくなる。

赤ちゃんがもし子宮の壁にくっついていてどうなるだろうか？ 赤ちゃんも子宮も同じお肉なので物質に差がないため、超音波は、赤ちゃんと子宮の壁を区別できない。むしろ超音波は、肉と骨の境目で反射して戻ってくるため、骨が強調された骸骨のような赤ちゃんを映し出す。

よって、きれいな3次元画像をつくることのできる条件は、羊水越しに対象物があることになる。

しかし、日常診療では、この最高の条件で対象物をみることはなかなかできないのが、現実である。最高の条件が得られない場合でも、画質は多少落ちるが、いろいろなテクニックを駆使して、できるだけきれいな画像を映し出す方法があるのでお伝えしていきたいと思う。

3次元画像のつくり方

では、具体的に3次元画像をつくっていききたいと思う。

はじめに述べたが、3次元画像はあくまでも2次元画像の集積になる。

まず、2次元超音波でみたいものを探す。

ここでは、赤ちゃんの顔をとることにする。キーボード上の「2D」ボタンを押す。2次元超音波で赤ちゃんの顔の横顔がみえたとする(図7)。次にこの2次元超音波のどこからどこまでの範囲を3次元画像にするかを決める。キーボード上の「4D」ボタンを押す。画面上に緑の線と黄色のエリアが表示される(図8)。このエリア内が4D画像となる。まずは

エリアをトラックボールで動かして撮りたい画像の位置へ動かす。次にこのエリアの範囲を決める。トラックボールの上のキーを押すと、緑の線と黄色の線が点線になる。そこでトラックボールを動かすことで自由にエリアの大きさや形を変更するこ

とができる。エリアの大きさが決まったらもう一度トラックボールの上のキーを押す。するとその変更したエリアは点線から実線に変わり固定化することができる。そして、トラックボールの左右のキーまたは「Freeze」キーを押すと4D画像の集積が始まる。

この時、つくられる画像は緑の線からみた画像がつくられる。具体的にいうと黄色で囲まれたエリアが手前から奥までスキャンされ、3次元の立体データとして集積する。その立体を緑の線のラインできれいに切った時、その断面からみえる画像が3次元画像になる。つまり2次元画像の横顔は、3次元画像になると90度角度を変えた上方からみた正面顔がみえるということになる(図9)。

緑の線から画像化されるので、緑の線と赤ちゃんの顔の間には羊水以外のものが入らないように設定するときれいな画像が得られる(図10A)。

ちなみに子宮の壁に緑の線があると、そこから画



図9 赤ちゃんの正面からみた3次元画像

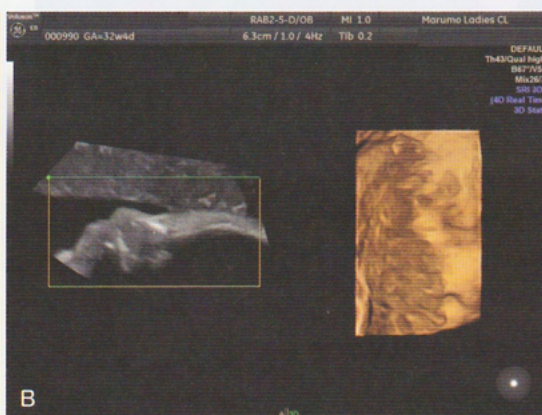


図10 顔の前に子宮の壁に近い場合

- A: 羊水以外のものが入らないように緑の線を設定する
- B: 子宮の壁から画像をつくる
- C: 赤ちゃんの顔の途中から画像をつくる



図 11 顔の前に手がある場合

A：手の上から画像をつくる，B：手の下から画像をつくる

像がつくられるので，子宮の壁が画像に入ってくる（図10B）。逆に赤ちゃんの顔の途中から画像をつくと赤ちゃんの顔の中からの画像になる（図10C）。当然，顔の前に手がきていれば，その前から画像をつくと手が顔の前にある3次元画像ができる（図11A）。

もし，手と顔の間に羊水（空間）があれば，手の下から画像をつくることができる。すると羊水越しの顔をつくり出すことができる（図11B）。

3次元画像を取り込んだ後でも「C」ボタンを回すと緑の線の位置を上下させることもできる。また，キーボード上のカーブボタンを押してトラックボールを動かすことで緑の線にカーブをかけることもできる。緑の線を彎曲させると子宮の壁が入らないきれいな画像をつくることができる（図12）。

このように，基本は羊水越しに対象物をとらえることができる。きれいな3次元画像をつくること

ゲインの調整

きれいな3次元画像をつくる条件は対象物の前に羊水が存在する場合であったが，通常は，赤ちゃんの顔をみようとした時，顔が子宮の壁に接したり，手や足や臍の緒が前にきてなかなか羊水だけでみた時のようにきれいな画像を得られないことが多々ある。

その場合，ゲインの調整をするとよりきれいな画像をつくること



図 12 緑の線を彎曲させる

ゲインはキーボード上の「2D」ボタンを回すことで調整することができる。

それでは具体的にみていきたいと思う。まずは，赤ちゃんの顔が子宮の壁に接している場合をみていく。超音波は子宮の壁と赤ちゃんの顔が区別できないため，非常にわかりにくい画像になる（図13A）。そこで，ゲインを調整していくと強調される部分が変化して，よりわかりやすい画像を得ることができる（図13B）。また，臍帯が顔の前にある場合も通常は臍帯が写りこんでわかりにくい画像（図14A）になるが，ゲインの調整で顔を強調することができる（図14B）。

HDlive

HDliveでは，3次元画像にいろいろな方向から

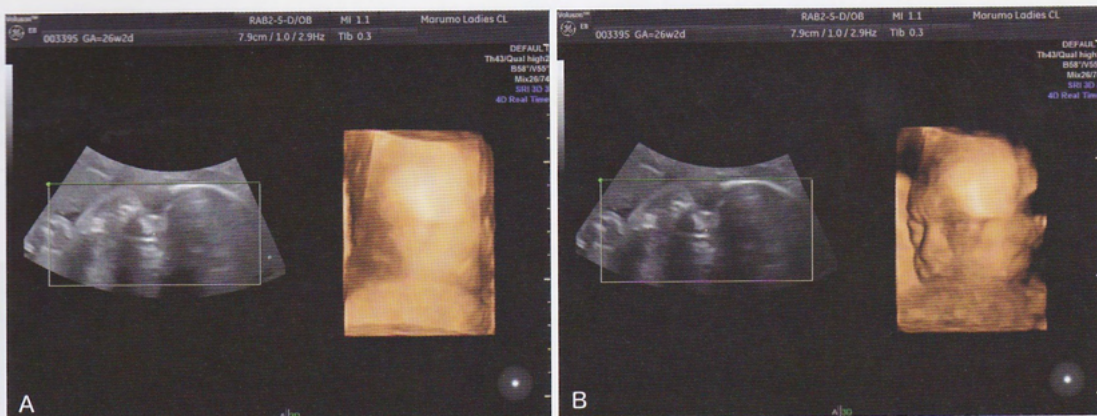


図 13 顔が子宮の壁と接する場合
A：ゲインが高い，B：ゲインを下げる

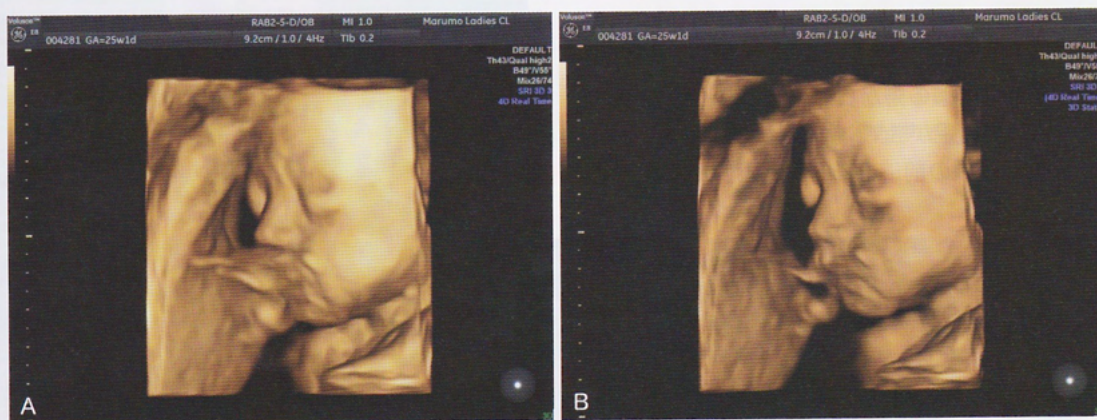


図 14 顔の前に臍帯がある場合
A：ゲインが高い，B：ゲインを下げる

ライトを当てることができ、より鮮明な3次元画像がみることができる¹⁾。

具体的に画像(図15)をみて欲しい。ライトを左から当てて、右まで移動し、さらに、背後から当てた画像までみることができる。もちろん上下からもライトを当てることができる(図16)。3次元データで3次元画像が構築されているので、その3次元構造にいろいろな方向からライトを当てた時、その時の影がどうつくられるかをコンピューターグラフィックで再現している。まるで子宮の中に直接カメラを入れてみているような画像が得られるので、赤ちゃんがまぶしいのではと心配される方がいるが、まぶしくはないので安心して欲しい。通常は正面からライトを当てている画像のため、正面方向で

はわからない凹凸が角度を変えてライトを当てることで、影ができるため、よりわかりやすくなる。たとえば、胎盤表面の血管の走行がよりはっきりわかる(図17)。また、臍帯が通常よりわかりやすくなる(図18)。これは排尿の瞬間をとらえたものだが、HDliveでおしっこがよりわかりやすくなる(図19)。

具体的には、3次元画像を作成した後、タッチパネルの「Render Mode」を選択する。つぎの画面で「HD-live」を選択するとHDliveの画面が得られる。いろいろな方向からライトを当てる方法は、トラックボールの真下のキーを押したまま、トラックボールを動かすことによりライトの位置を自由に360度動かすことが可能である。これは慣れると

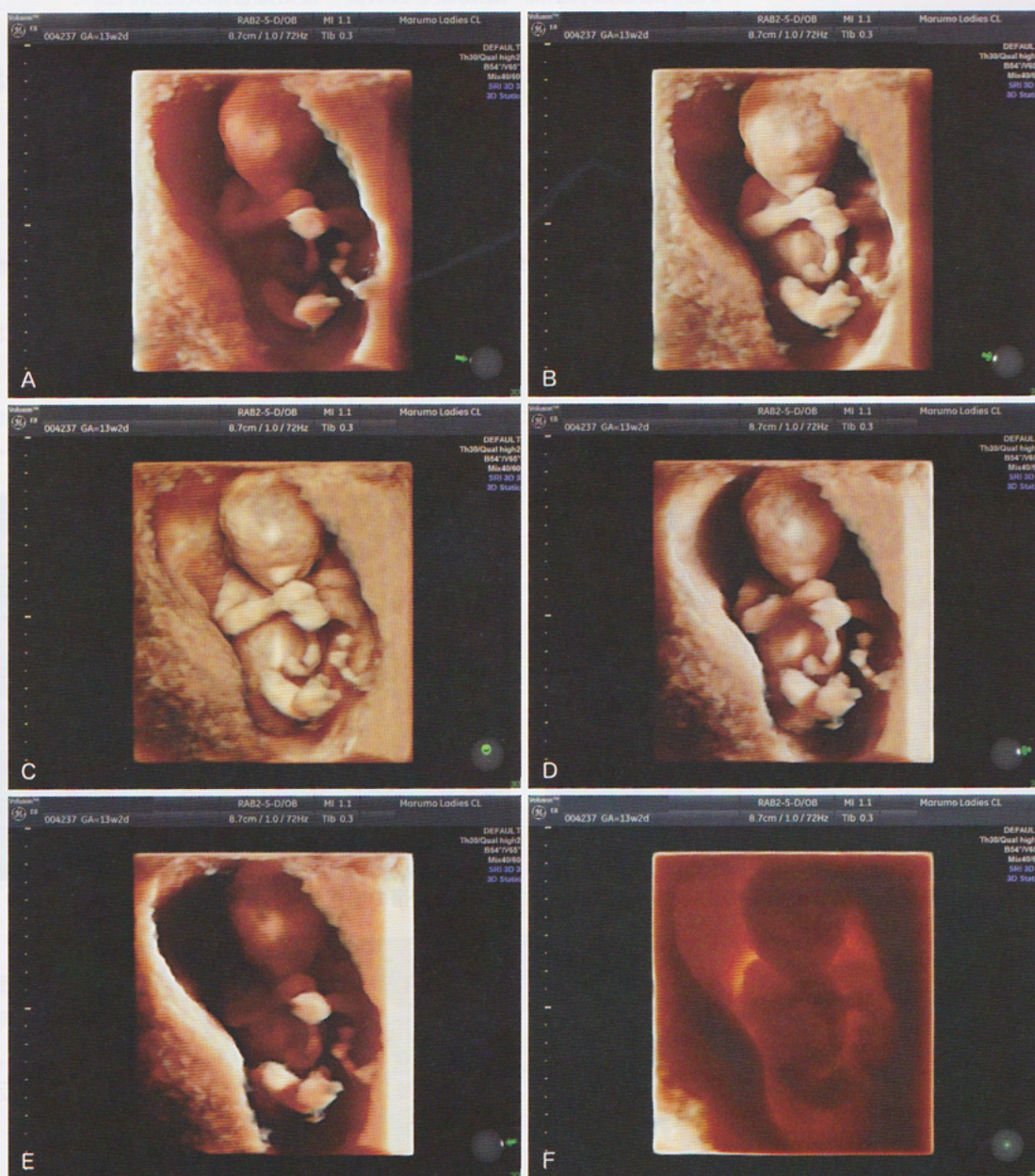


図 15 ライトの位置を左右前後に移動 (HDlive)

A: 左側からのライト, B: 斜め左からのライト, C: 正面からのライト, D: 斜め右からのライト, E: 右からのライト, F: 真後ろからのライト

とっても楽しい操作になる。もう一つ方法があり、タッチパネルの「Exit」を選択して、「Render Mode」を選択した一つ前の画面に戻る。そこで「Edit Light」を選択すると10種類からライトの位置を選択することができる。

おわりに

リアルタイム4次元超音波は、その活用法は大きく二つに分かれていくと思われる。一つは胎児診断、もう一つは、妊婦や家族の赤ちゃんに対する愛

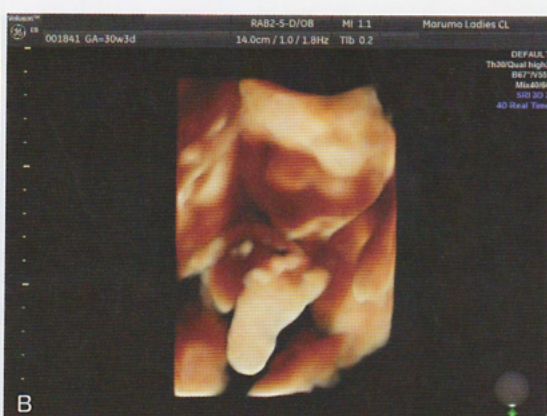


図 16 ライトの位置を上下に移動 (HDlive)
A : 上からライト, B : 下からライト



図 17 顔の横にある胎盤の血管の走行がわかりやすくなる (HDlive)



図 18 臍帯の血管と走行がみやすくなる (HDlive)



図 19 排尿 (HDlive)

着形成である。胎児との視覚的ふれあいが妊婦と家族に赤ちゃんとのきずなを深め、安心して出産子育てを迎えることに大いに寄与すると考えられる²⁾。そして、リアルタイム4次元超音波の活用は、満足の高い出産とスムーズな子育てへ導くうえで、大いに役立つと思われる³⁾。

文献

- 1) Hata T, Kanenishi K, Marumo G, et al : HDlive and 4D ultrasound in the assessment of fetal facial expressions. Donald School J Ultrasound Obstet Gynecol 9(1) : 44-50, 2015
- 2) 丸茂元三, 森田 豊, 石田友彦, 他: 4次元超音波外来が妊婦および家族に及ぼす心理的影響, 日本産科婦人科学会東京地方部会会誌 56 : 355-360, 2007
- 3) 丸茂元三 : 3次元超音波で何が分かるか? どう使う? BIRTH 1(8) : 68-76, 2012