

AMCoR

Asahikawa Medical University Repository <http://amcor.asahikawa-med.ac.jp/>

電子情報通信学会技術研究報告 = IEICE technical report : 信学技報
(2016.6) 116(84):29-34.

手動プリセットステアラブル高斜角ドプラ探触子とそのモニタリング応用

松本 成史, 幸田 学, 服部 浩, 原 量宏, 竹内 康人

手動プリセットステアラブル高斜角ドプラ探触子と そのモニタリング応用

松本成史(1)、幸田 学(2)、服部 浩(3)、原 量宏(4)、竹内康人(4)(5)

(1) 旭川医科大学病院 臨床研究支援センター、(2) 秋葉が丘研究所、(3) 服部医院、
(4) 香川大学 瀬戸内圏研究センター、(5) 旭川医科大学 脳機能医工学研究センター
連絡著者：y.takeuchi@ieee.org

あらまし：臨床実践される胎児監視においては産婦の腹壁上にドプラ、陣痛の2つのトランスデューサーを各々の最適位置に別々に装着する。本研究においてはこの煩雑さを避けるためこれらを一体化して腹壁上の1カ所から両信号を採取する構成を試み、基礎実験において好ましい成果を得たので報告する。本研究に成る液室構造の手動プリセットステアラブル高斜角入射ドプラ探触子は過去のいくつかのステアラブルではない一体化設計とは異なり、陣痛計の設置最適位置であるみぞおち部から高角度の斜め入射で骨盤腔近くにある胎児心のドプラ信号を採取する。試作機は長時間連続的に安定して動作し、診断品位の胎児心拍数図を得ている。

キーワード：ドプラ、陣痛、斜角入射探触子、ステアラブル、液室

Manual Preset-Steerable High Angle Doppler Transducer and its Monitoring Application

Seiji Matsumoto (1), Manabu Koda (2), Hiroshi Hattori (3), Kazuhiro Hara (4),
Yasuhito Takeuchi (4)(5)

(1) Asahikawa Medical University Hospital, Clinical Research Support Center, (2)
Akibagaoka Laboratory, (3) Hattori Clinic, (4) Kagawa University, Seto Inland Sea
Research Laboratory, (5) Asahikawa Medical University, Research Center for Brain
Function and Medical Engineering

Corresponding Author: y.takeuchi@ieee.org

Abstract: Fetal monitoring in common clinical practice uses 2 (two) transducers on gravida's abdomen, one Doppler and the other labor, at each optimal location. In this study we successfully tried to combine them to make single access point transduction of both signals. Our fluid chamber, manually steerable, high incidence angle Doppler transducer is located at, unlike known prior non-steerable design trials, solar plexus or slightly lower place where normally is the optimal location for external labor sensor. At that location our high incidence angle Doppler beam senses the fetal heart located proximity of pelvic cavity. Our feasibility study model worked stably and continuously for hours to yield diagnostic quality of fetal heart rate recording.

Keywords: Doppler, Labor, High angle transducer, Steerable, Fluid chamber

研究の背景と概要：

臨床実践される胎児監視においてはこの所約 40 年近くに渡り産婦の腹壁上にドプラ、陣痛の 2 つのトランスデューサーを各々の最適位置に別々に装着して実施している。このような方式手法は煩雑とか面倒とか言う意見を醸す事なく「そういう物だ」と理解されて来た物と考えられる。すなわち文献 (1) に要約啓蒙されている如く、外測陣痛計は子宮底が触知出来るみぞおち部直下ないし臍窩部の直上あたりに、ドプラ探触子は胎児心が体表面の法線下に来る下腹部左右どちらかに、設置される。本研究においてはこの 2 つのセンサを別々に置くと言う煩雑さを避けるためこれらを一体化して腹壁上の 1 カ所から両信号を採取する構成を試み、そのための要素技術としてドプラ側に関する基礎実験において好ましい成果を得たので報告する。本研究に成る液室構造の手動プリセットステアラブル高斜角入射ドプラ探触子は過去のいくつかのステアラブルではない一体化設計とは異なり、陣痛計の設置最適位置であるみぞおち直下部から高角度の斜め入射で骨盤腔近くにある胎児心のドプラ信号を採取する。試作機は長時間連続的に安定して動作し、診断品位の胎児心拍数図を得ている。

同一または類似の思考による先例：

心拍陣痛複合トランスデューサーの先例としては、胎児信号としてドプラではなく胎児心音を採用する例が、文献 (2) に見られる如く hp 社の最古参の胎児監視装置に採用されている。これは腹壁に押し付ける感圧端子の受け入れる静応力を外測陣痛信号とし、またその振動成分から胎児心音を抽出する物である。胎児心音は発生源から見て非常に広い角度範囲で受かるので、言い換えると放射の指向性は非常に広いので、みぞおち下部ないし臍窩上部で陣痛信号とともに感知する事が出来る。しかしながら胎児心音方式は雑音混入の機会が非常に多いとか他の様々な制約のため、胎児監視が本格的に臨床実用に普及する段階では制約が殆どないドプラに置き換えられてしまった。

心拍側がドプラである心拍陣痛複合トランスデューサーの実用化の試みとしては D. L. Thomas (3) (4)、前田一雄 (5) 等がある。Thomas らは外測陣痛計の感圧センサ部を太い透音性の物体で作し、その上にドプラ探触子を置き、上方から下方の接触面へ向けてドプラ送受信ビームを設定する構成を採用した。一方前田らはその逆で、多素子ドプラ探触子の中心部の余剰空間に穴をあけ、その穴を經由して上に載せた外測陣痛計の感圧端子を腹壁に向けて延長して接触させた。これら 2 例はともに学術発表の段階ではそれらしく稼働した旨報告されているが、ドプラビームが固定であり、故に彼らの複合トランスデューサーはドプラにとって最適位置すなわち前記の法線位置において外測陣痛もセンスするという物にならざるを得ず、得られる陣痛信号波形が最適な物にならず、少なくとも常識的にみぞおち下部で採取した陣痛信号波形とは性質の異なる物になってしまう、という問題を抱える。この理由と、出来た複合トランスデューサーの重厚長大ぶりと、の 2 つの理由で彼らの提案と試作試用例は臨床実用に採用されるには至らなかった。

課題設定とその解決方法：

以下に説明される如く、本研究においては前田、Thomas らとは逆に陣痛計測にとって最適な位置ないしその近傍から、その位置からは斜め遠方に来る胎児心を高斜角入射ドプラ探触子で捕捉し、もって外測陣痛計と接触面を共有しつつ 2 つの信号を同時並行的に採取する事を目指す。本研究においては先ずこのようにみぞおち直下部から斜め遠方に来る胎児心を高斜角入射ドプラ探触子で実用的実践的に捕捉する事を試み、試作と試用を行った。さらにこの高斜角入射ドプラビームの方角を広範囲に渡って運用中に手動設定また再設定出来る構造の、実証モデル(feasibility study model)を開発し試作試用した。

試作および試用の概要：

(1) 使用した手動設定斜角入射ドプラ探触子について：

図 1 のごとき平底ドームの水室の天井に送受波器が移動出来るように張り付く構造の探触子を使用した。ドームの外からつまみが着いた磁石で引きつけてあちこち移動出来るので超音波を送り受けする方角をこのつまみで任意に設定する事が出来る

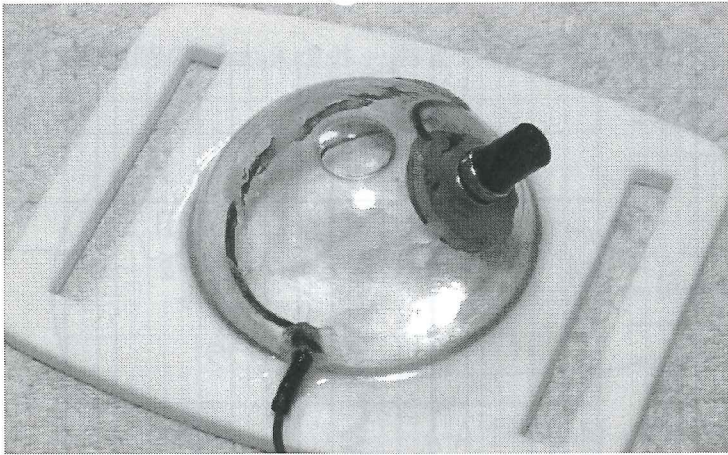
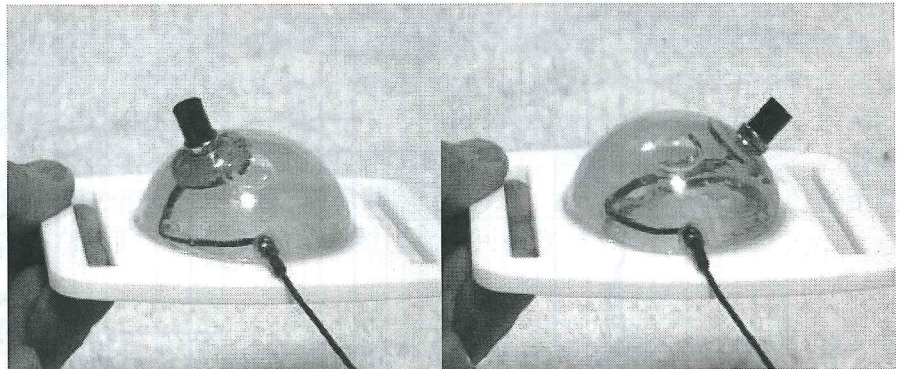


図 1 : 試作探触子の外観

図 2 はこれを横から見た所で、黒いつまみを持って引き回すと中にある送受波器がドームの内面に沿って角度を変えつつ追従する。ドームは直径 60mm 厚さ 1mm のアクリル、接触面は 0.25mm 厚のポリカーボネート薄板、

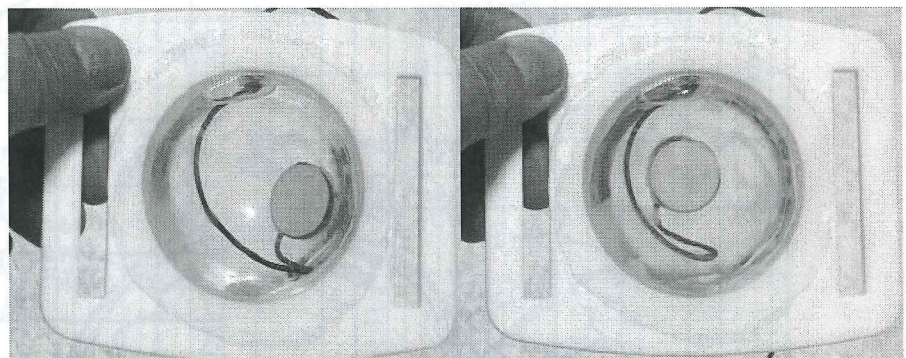
これらの台座への一括接着は速硬性エポキシである。背中に磁石が着いた振

図 2 : 横から見た所



動子台座はコルクである。図 3 はこれを接触面側から見た所である。尚、使用した胎児監視装置は hp8041A、ドプラシステムはロングパルス・パルスドプラ、観測超音波周波数は 1 MHz である。

図 3 : 接触面側から見た所



(2) 法線位置ではない箇所からの射角入射観測について :

41 週の妊婦のおなかの上で図 4 のように設定し試行した。今回はドプラだけであるが、この位置は通常は陣痛計を設置する位置である。写真で見る「方角」に超音波ビームを設定すると胎児心の信号が受信出来る。この時ビームの方角は、目測で法線からやや左下方に向けて傾く事約 60 度で、おおむね期待通りの設定となった。

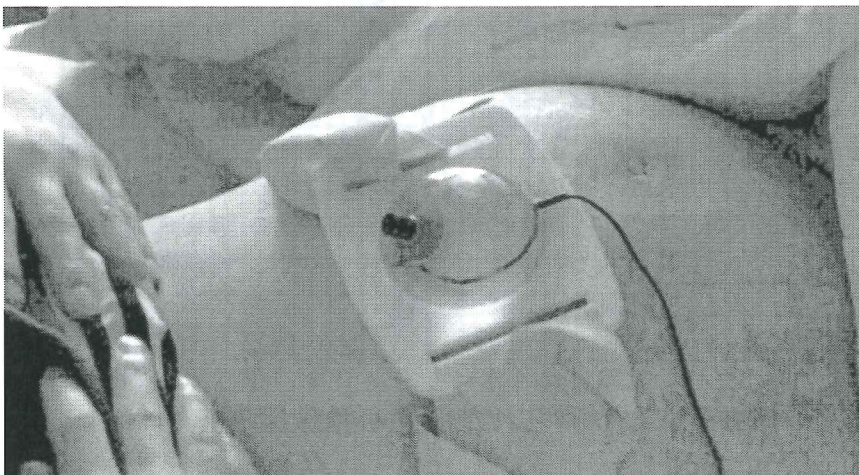


図 4 : 試行例における腹壁上の設定状況

(3) 得られた胎児心拍数図について :

これを図 5 に示す (次ページ)。上段 (ページを縦位置で見て左方) 末尾と下段 (右方) 最初の部分は 2 分間弱分重複して表示されている。

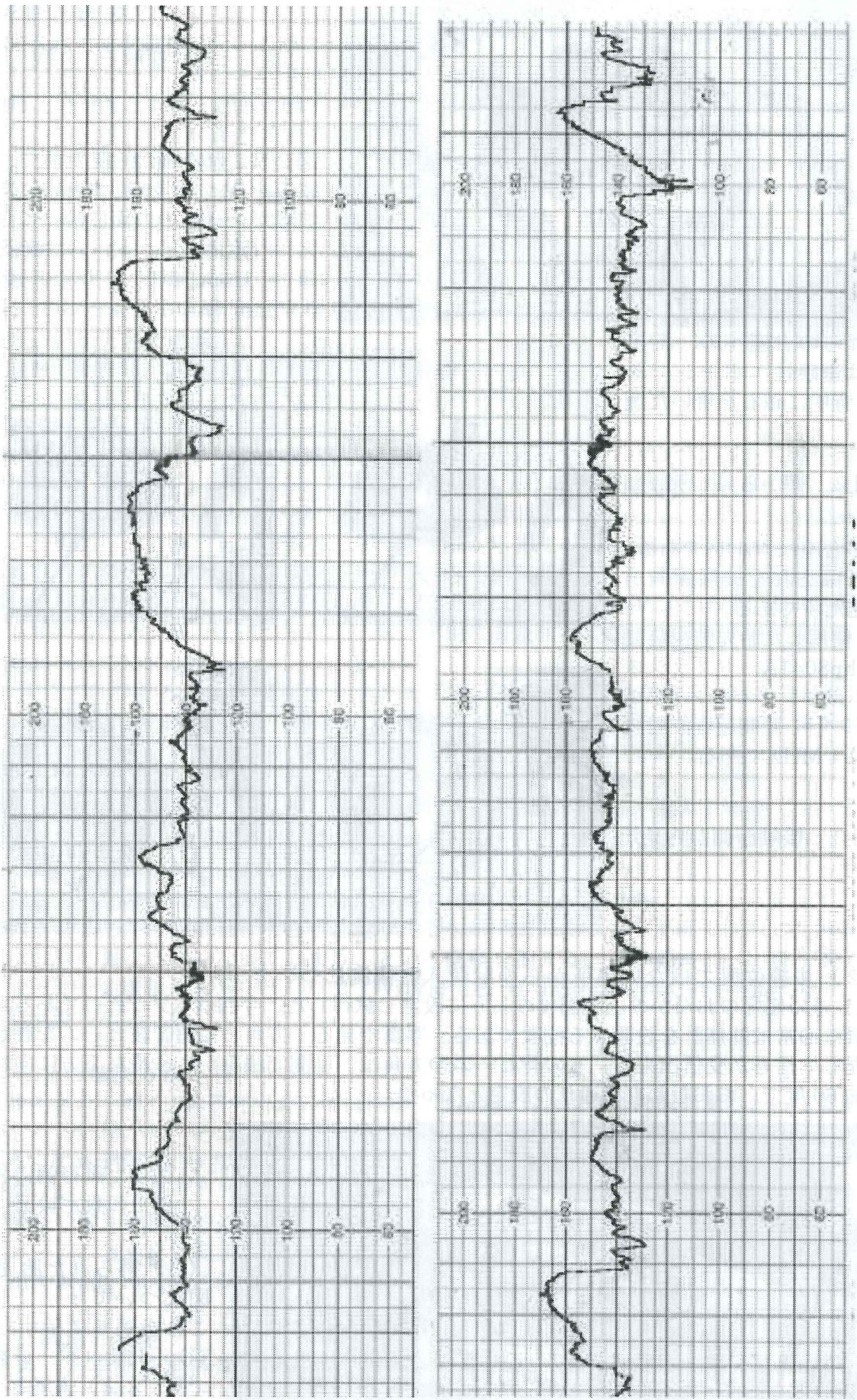


図5：本研究の探触子により得られた胎児心拍数図

(4) 観測時のジオメトリーおよび諸元

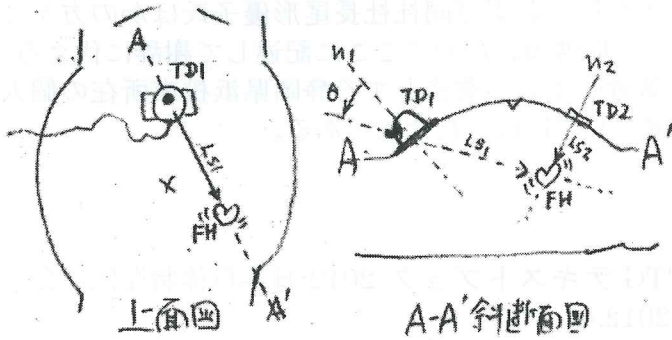


図6：観測中のジオメトリー

本研究の可変高斜角観測系の観測中のジオメトリーの概括を示す。探触子 TD1 から被観測胎児心までの距離、方角などを目視的に捉えると、視線 LS1 の距離全長は 20~25cm ほど、音線の傾き θ は 60° 程度ある。通常の場合の法線位置に装着される場合には探触子 TD2 との間の視線距離 LS2 は 5~7cm 程度と推定される。

この距離の違い（差）による伝搬経路上の超音波の往復減衰量の相違は、観測超音波周波数が 1 MHz と低域である事から、ごく大雑把に見積って 20dB 程度の信号レベルの低下をもたらすが、これは未だ使用した胎児監視装置が扱えるダイナミックレンジの中に十分収まる。これは収録された信号の概略振幅とも符合する。しかしながら目標物までの視線距離 25cm はこの装置のロングパルス・パルスドプラ系の設計上はほぼ限界距離であり、このような斜角入射長距離視線長を常用する場合にはさらなる設計上の工夫が必要になる可能性がある。

結果とその考察：

以上の試作試用経験から、陣痛計にとっての最適位置から胎児ドプラ観測が出来ると言う事は完全に証明された、また 40 年程の大昔の前田一雄、竹村晃らの知見（6）が追試復元出来たと考えられる。これにより下記図 7 のスケッチのような一体型装置が実現可能であり、目下その方向に向かって開発を進めている所である。

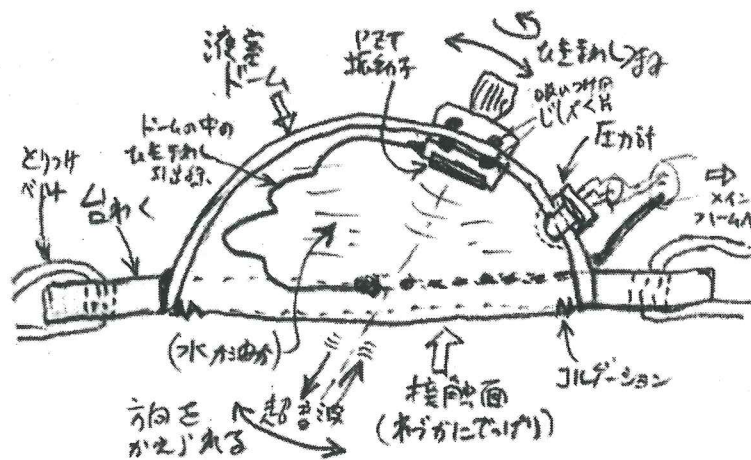


図7：液圧式外測陣痛計の機構を付加した複合化構造

構造と動作原理：液室ドームの中に磁石で引っ張られてつまみについて行く送受波器がある所は今回の設計と同じであるが、接触面すなわち液室ドームの底面に隅を一周するコルゲーション（ひだひだ）をつけておき、また僅かに出っ張らせておく。接触面への押圧（受け入れ圧力）はパスカルの原理により液室内部のどこでも平等に伝わるから、どこかに圧のセンサを装備しておけば外測陣痛計になる。もちろん出っ張りとはコルゲーションは必須事項ではないが、ただの平板が押し込まれる構造よりは動作範囲が広く直線性の良いセンサにする事が出来る。漏れのない構造と工作方法、気泡の抜き方、振動子アセンブリの耐水性問題など課題は多数ある。また液室内の液体は水に限らずグリセリン水和物、鉱油、ひまし油、シリコンオイルなど液室式の超音波システムに前例と経験のある設計を採用する可能性があり得る。

謝辞その他：

香川県高松市所在のメロディインタナショナル社、および同社社長尾形優子氏ほかの方々には本研究に使用した機材資材類の一部を準備、ご提供頂いたのでここに記述して謝辞に代える。

本報告に掲載した胎児心拍数図（図5）は著者の1人が業務とする静岡県浜松市所在の個人開業医服部医院において通常の医療業務の一環として採取された物である。

参考文献：

(1) 竹内、“モニタリングの原理” 特集・CTG テキストブック 2012-日本母体胎児医学会共同企画、周産期医学 vol.42 No.4 pp415-423 2012.4

(2) ”Cardiotocography; Measurement Techniques and Interpretation of Fetal Heart Frequency Patterns” hp AN700 (Hewlett-Packard Co., Application Note 700)

(3) D. L. Thomas et. al., “A comprehensive system for monitoring the fetal heart rate and uterine contractions” Med. Biol. Engineering. Nov. 1973 pp703-709

(4) 同上著者（発明者）、英国特許 1348154 号、filed 31 Aug. 1971, granted 13 March 1974

(5) 前田、長田、“心拍陣痛一体型変換器による分娩監視装置” 日本産科婦人科学会誌 vol.41 No.1 pp91-92, 1984.1.

(6) 調査中