

インピーダンス法による胎児呼吸様運動計測の研究

鳥取大学医学部産科婦人科学教室 (主任：前田一雄教授)

宇 津 正 二

Studies on the Measurement of Fetal Breathing Movement by the Impedance Method

Masaji UTSU

Department of Obstetrics and Gynecology, Tottori University School of Medicine, Tottori

(Director: Prof. Kazuo Maeda)

概要 無侵襲に母体腹壁上から子宮内胎児呼吸様運動 (FBM と略) を記録するために、母体腹壁インピーダンス変動 (IMP 変動と略) を測定し、さらに種々の処理を加え検討した。

1) 母体腹壁に伝わった FBM の律動がみられる妊娠32週以降の妊娠31例に IMP 法を施行し25例 (80.6%) の FBM-IMP 曲線で記録できた。

2) FBM-IMP 曲線は、母体呼吸成分、母体拍動成分、胎動成分などを含むが、子宮壁および母体腹壁を伝わった FBM によつて、2個の Beckman 型皮膚電極が上下動するために描かれる比較的明瞭な棘波の FBM 成分を記録した。さらに、母体呼吸を一時停止させると FBM 成分が強調された。

3) FBM-IMP 曲線上の FBM 成分のピーク間隔を測定し、fetal respirotachogram を作製した FBM 規則性の検討では、FBM は厳密には規則的な運動とはいえないものと考えられた。

4) FBM-IMP 曲線上での FBM 成分の出現は、下向きの棘波から始まることが多く、FBM はいわゆる吸気相から始まる場合が多いと推察された。

5) 胎児のいわゆる「しゃっくり」様運動は IMP 曲線上では2相性の棘波として描かれ、平均2～4秒の間隔で出現した。

6) アナログ引き算増幅器を用いて FBM-IMP 曲線上の母体呼吸成分を消去し、FBM 成分の分離を試み、超音波Mモードで記録した胎児胸郭の律動と同期した波形を記録できた。

7) データレコーダに収録した FBM-IMP 信号から、YHP-2100A ミニコンピュータを用いて高速フーリエ変換し周波数分析を行い、約0.3Hz の母体呼吸成分を表わすピークと、約1.0Hz の FBM 成分を表わすピークが求められた。さらにその結果から、巡回型デジタルバンドパスフィルタ処理を行い、FBM 成分を分離記録することができた。

Synopsis Fetal breathing movements (FBM) were detected without any invasion by recordings of impedance (IMP) variance on the maternal abdominal wall, where the FBM were visible through the myometrium and maternal abdominal wall. FBM was clearly shown by the IMP method in some modification. This IMP recordings consisted in several elements of maternal respiration and pulsation, fetal movements, FBM, etc. FBM elements on IMP recordings appeared to be in clear spike waves and these were identified as the FBM. Considering of the result of fetal respirotachogram utilizing of IMP recordings, FBM did not seemed to be regular movements. Fetal "hiccup" movements were shown as large biphasic spike waves on IMP recordings. FBM were accurately recognized by the separation of the FBM elements from FBM-IMP recordings by utilizing of the analogical subtractive amplifier system. FBM-IMP signals from the data recorder was dealt with the fast Fourier transformation (FFT) utilizing by the mini-computer system and frequency analysis of them was carried out. From the result of FFT passing through the infinite impuls response digital band-pass filter system, the only FBM elements were separately obtained.

Key words: Fetal breathing movement・Impedance-plethymograph・Mini-computer・Fast Fourier transformation・Digital filter

緒 言

約90年前に Ahlfeld⁶⁾ が、母体腹壁上から子宮内胎児呼吸様運動 (fetal breathing movements, 以下 FBM と略) の律動を観察記録し報告して以来、動物実験や超音波診断装置を用いた臨床的研究など、多くの報告があり、FBM の生理的及び病的意義についての検討がなされてきたが、解明された部分は少ない。超音波診断法では FBM の観察に電子スキャンが使われるが、永久記録には M モードを必要とするため、困難な点が多かった。著者は、母体腹壁インピーダンス変動 (以下 IMP 変動と略) の計測により、無侵襲で検者や被検者に負担の少ない FBM 記録を試み、さらに、その IMP 曲線から FBM の周期性を検討し、また、磁気テープに収録した FBM-IMP 信号を、ミニコンピュータで高速フーリエ変換 (以下 FFT と略) して解析し周波数分析を行い、その結果に基づいてデジタルフィルタ処理するシステムを構成した。

研究対象及び研究方法

I. 研究対象

鳥取大学産科婦人科妊婦外来で、妊娠管理を受けている妊娠32週以降の比較的皮下脂肪の少ない正常妊婦のうち、超音波電子スキャン装置で、明らかに FBM が見られ、かつ、胎児躯幹部と母体前腹壁の間に胎盤が介在していないことを確認した妊婦を対象に、仰臥位安静状態にし、肉眼で母体前腹壁を約10分間観察し、子宮壁および母体前腹壁を伝って FBM による胎児躯幹部の比較的規則的な律動が見える31例に対して、ただちに本記録を開始した。

II. 研究方法

1. 記録装置及び記録方法

日本光電製 IMP 26インピーダンス・プレチスモグラフ (発振周波数50KHz) と2個の Beckman 型皮膚電極を用いて胎児胸腹部の律動が最も明らかに見える母体腹壁上の約6cm間のIMP変動をAC出力を用いて記録した。母体の体位は胎児躯幹部が母体腹大動脈の上に重ならないように半側臥位にした状態で記録した。記録器は三栄

測器ビジグラフ 5L-36 (5Hz-ローパスフィルタ内蔵) を用い、記録紙速度は20cm/分とした。また変動幅の校正には、1K Ω 可変抵抗と1 Ω 固定抵抗を直列にして入力端子間に接続し、1 Ω 固定抵抗を短絡したときのふれ幅を校正幅とした。

2. IMP 曲線からの FBM の周期性の検討

インピーダンスプレチスモグラフで IMP 曲線を記録し、FBM 成分と考えられる比較的鋭い棘波のピーク間距離を測定し、1ピークごとの周期をグラフ上にプロットして、FBM の周期性、規則性の検討を行つた。また、いわゆる「しやつくり」様運動¹¹⁾の IMP 曲線についても、同様にグラフ上にプロットして周期性を検討した。

3. 胎動及び心拍数変動と FBM の関連性の検討

5例の妊婦で、IMP 曲線と胎児心拍数図を同時記録し、IMP 曲線上大きい棘波で表わされる胎動と FBM 出現との関連、ならびに FBM 出現と胎児心拍数変動との関連を検討した。

4. 引き算増幅器による母体呼吸波消去法

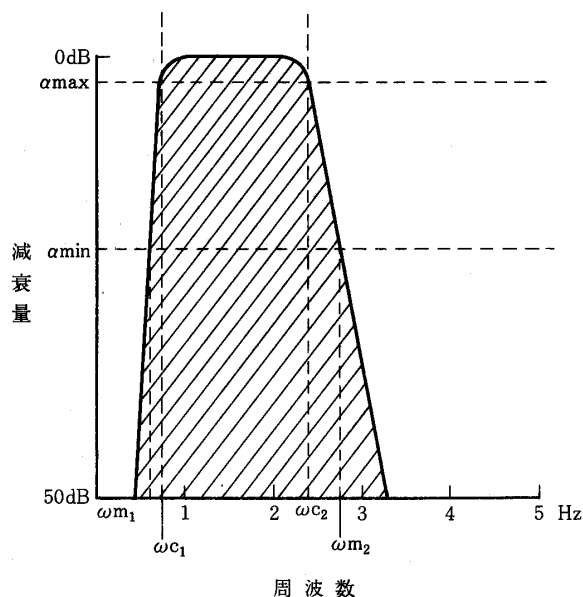
FBM を良好に記録できる症例で、FBM 描出部位6cm間と、それ以外の部位6cm間の母体腹壁上の2カ所のIMP変動をプレチスモグラフの2チャンネルで同時に測定し、FBM によるIMP出力と、母体呼吸によるIMP出力の両者を、同位相信号を消去するよう極性を逆にした2個の直流増幅器を含む引き算回路⁹⁾で混合し、母体呼吸によるIMP変動の消去を試みた。また、同時に超音波Mモード附加セクタ自動走査高速断層装置 (東芝 SSH-11A 型) を用いて、胎児胸部の FBM をストリップチャート (Honeywell model 1219) で3M dry-silver paper に記録して比較した。両記録とも紙送りは5cm/秒とした。

5. FFT による周波数分析ならびにデジタルフィルタ処理

FBM が良好に記録された症例で TEAC-RC-7 データレコーダでインピーダンス・プレチスモグラフからの出力を収録した磁気テープを再生し、そのIMP変動信号をアナログ・デジタル変換器 (以下 ADC と略) でデジタル化した後に

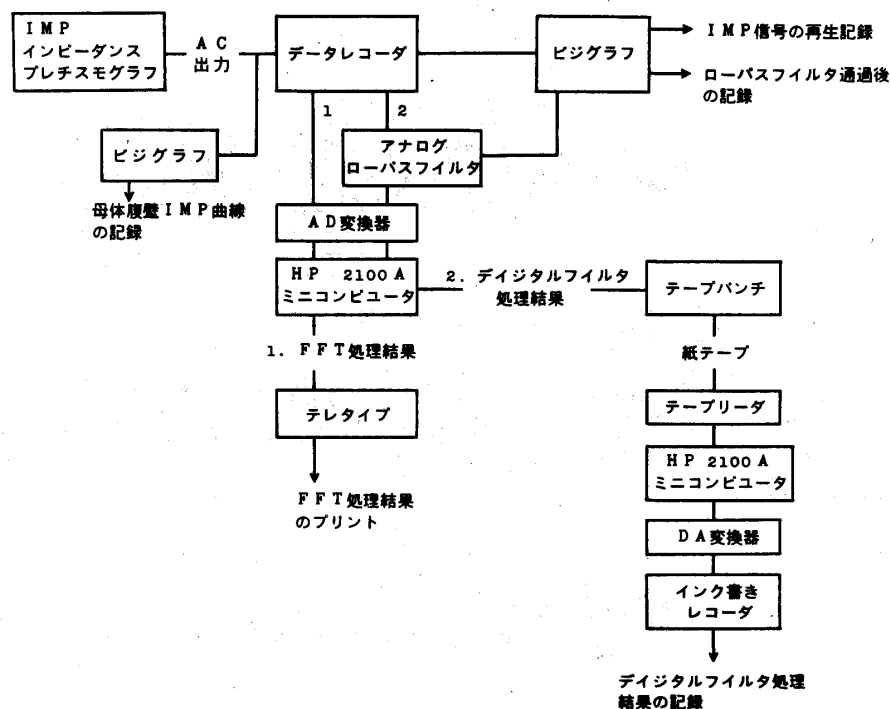
HP 2100-A ミニコンピュータで FFT¹⁾ を行い、周波数成分を調べた。処理しようとする対象信号の周波数範囲を0.3~3Hz と考え、サンプリング間隔0.1秒、サンプル数を64個とし、6.4秒間の信号について 0~5Hz までの32段階の周波数成分に分けてテレタイプでパワースペクトルを印字させ、FBM 陽性時と陰性時の周波数成分を比較し、FBM の周波数を推定した。その結果、母体腹壁 IMP 曲線の母体呼吸成分は0.3~0.4Hz 前後で、FBM 成分は0.5~2Hz 前後であつたので、さらに FBM 成分だけを抽出するため、低域周波数の母体呼吸成分と、不要な高域周波数成分を遮断するよう、巡回型帯域通過デジタルフィルタ¹⁾ (図1) を設計し、バターワース近似を用いて伝達関数を求めた¹⁰⁾。実際には磁気テープに収録された経母体腹壁 FBM-IMP 信号を ADC を経て HP-2100A ミニコンのデジタルフィルタで処理し、その結果をデジタルアナログ変換器を経てインク書き記録器で描記した。サンプリング間隔0.1秒、サンプリング時間20秒で、200サンプルを計算処理した。ただし、この経母体腹壁 FBM-

図1 帯域通過デジタルフィルタの設計条件



低域での遮断周波数 (ω_{c1}) ... 0.75Hz ($0.15\pi/T$)
 高域での遮断周波数 (ω_{c2}) ... 2.4Hz ($0.48\pi/T$)
 低域での阻止周波数 (ω_{m1}) ... 0.6Hz ($0.12\pi/T$)
 高域での阻止周波数 (ω_{m2}) ... 2.75Hz ($0.55\pi/T$)
 通過域での最大減衰量 (α_{max}) ... 3.0dB
 阻止域での最小減衰量 (α_{min}) ... 22.0dB
 π : サンプリング周波数
 T : サンプリング時間

図2 コンピュータ処理に用いた機器の構成



1: FFT 処理

2: デジタルフィルタ処理

IMP 曲線上の母体呼吸成分及び FBM 成分は共に三角波に近いので、モデル信号として0.3Hzと1Hzの三角波を2台の発振器を用いて混合し、本デジタルフィルタシステムに入力したところ、出力の記録は約2倍の高調波を含む2~3Hzの波形を描いた。上記擬似信号は、110K Ω と4.7 μ FのRCと増幅度10の直流増幅器からなるローパスフィルタ⁴⁾を通過させると、デジタルフィルタ処理後1Hzの正しい波形がえられたので、磁気テープ再生出力もこのアナログフィルタを通

したのちにデジタルフィルタシステムに入力した(図2)。

研究成績

1. IMP 曲線上の FBM

本記録によるIMP曲線は約1 Ω の変動幅で変化し、肉眼的には次の4つの成分で構成されていた(図3)。

a. 母体呼吸成分：吸気時ゆつくり上昇し呼気時すみやかに下降する比較的規則的な三角波(周波数約0.3~0.45Hz)

図3 妊婦腹壁 IMP 曲線の構成成分

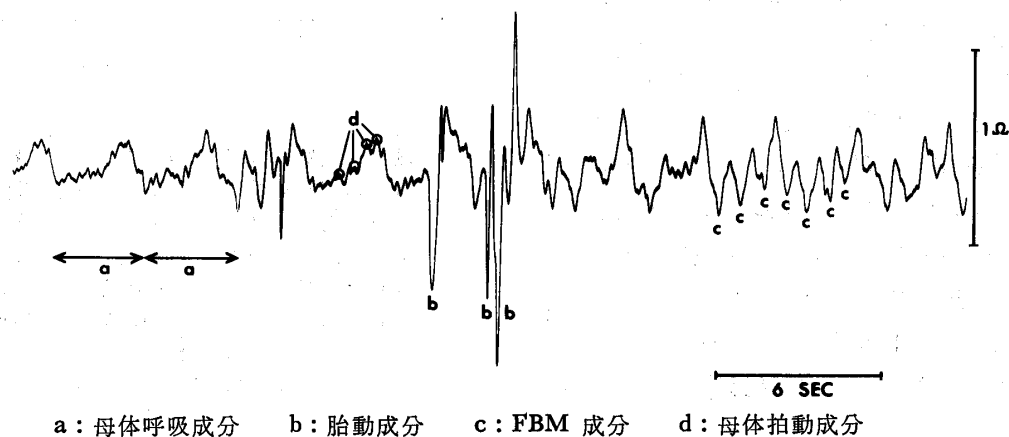
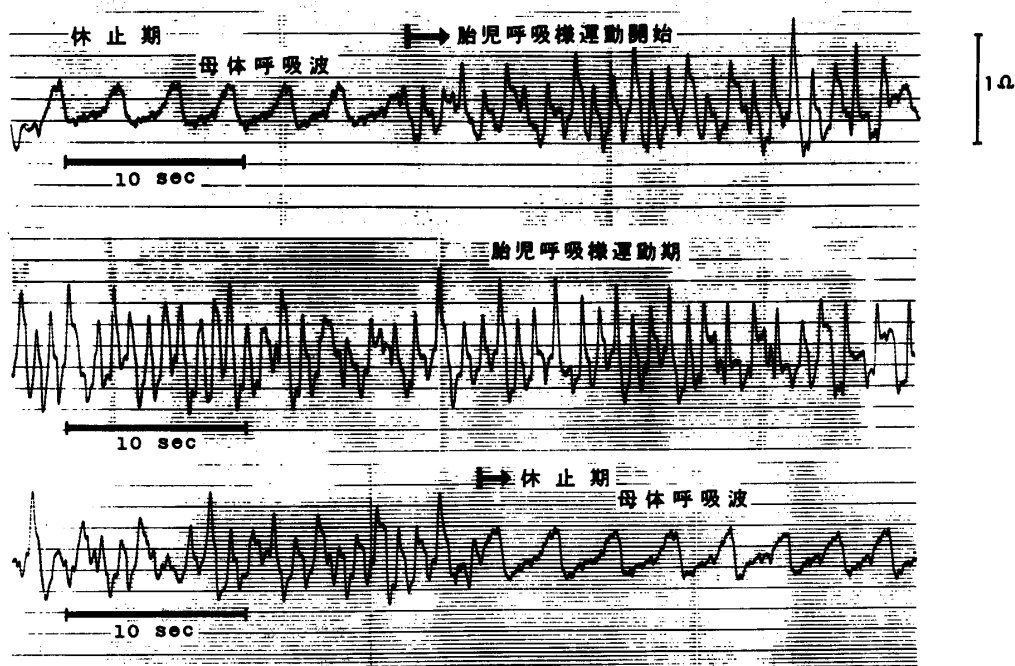


図4 FBM を非常に良好に記録できた IMP 曲線の1例



b. 胎動成分：単発的で大きい棘波。

c. FBM 成分：FBM が母体腹壁に伝わり、皮膚電極が動くために描かれる比較的大振幅の棘波（周波数約 0.5~2.5Hz）

d. 母体拍動成分：母体腹大動脈拍動による小さい規則的な棘波（周波数約 1.1~1.5Hz）

さらに、胎児心拍動の伝導による変動成分も含まれると推定される¹²⁾が、本記録法では明らかに認められなかった。実際の記録は、母体拍動成分を最小にするために児背部側を下にした半側臥位の状態で記録し、31例中25例に良好な記録がえられ、そのうち4例では非常に良好な記録がえられた（図4）。FBM 陽性の時期（FBM 期）には図3の a~d の成分が混合した波形を描き、FBM 陰性の時期（休止期）は図3の a 及び d の成分が混合した波形を描いた。

2. IMP 曲線による FBM の存否の判定

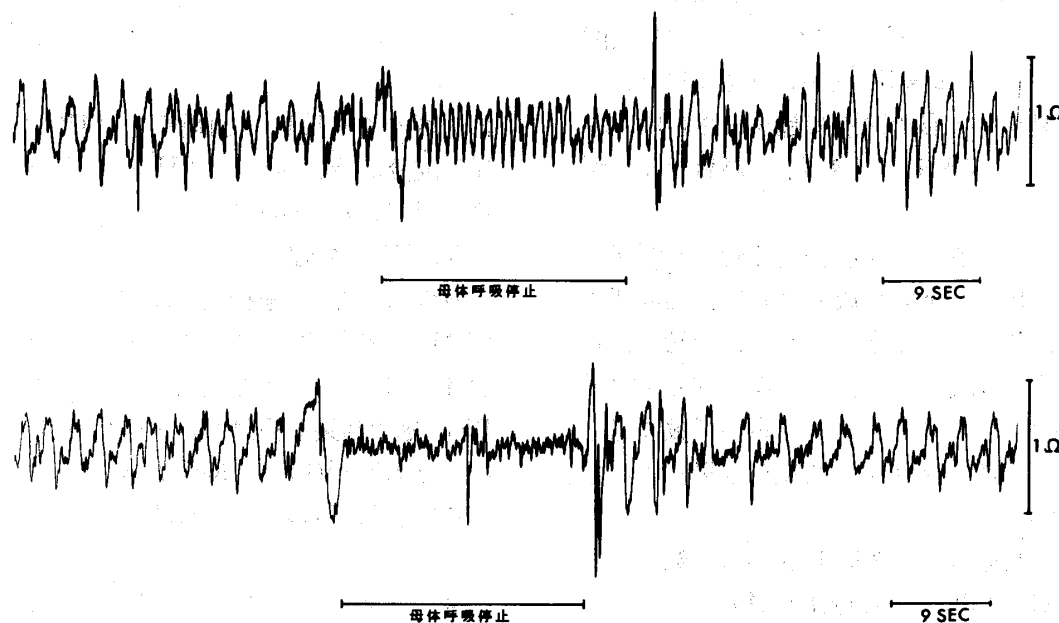
母体前腹壁の観察で FBM の動きを確認した31例の妊婦（延べ記録時間810分、平均記録時間26.1分）の記録のうち25例（80.6%）で良好に記録でき、IMP 曲線による FBM の存否の判定が可能であった。さらに、IMP 曲線の母体呼吸成

分を除くため、母体呼吸を一時停止させ、FBM の存在を確認した（図5）。FBM の存否の判定は、4秒以上 FBM 成分が持続する場合を FBM 陽性とし、4秒未満の持続で散発する FBM 成分は省いた。また6秒未満の間隔で FBM 成分が続発するときは、連続しているものと判定した。良好に記録された25例、延べ574分の IMP 曲線の記録において、272回延べ8932秒（平均持続時間33.99秒、最短持続時間4秒、最長持続時間288秒）の FBM が認識できた。判定不能の6例には、軽度の子宮収縮を自覚した1例と、胎動が著明な1例があり、また他の4例では母体拍動成分が大きくて FBM 成分の判別が困難であった。

3. IMP 曲線による FBM の規則性の検討

非常に良好に記録された4例の IMP 曲線から、FBM 成分のピーク間隔を測定し、これをつぎつぎにグラフ上にプロットし fetal respirotachogram を作製し FBM 周波数の検討を試みた。平均すると、FBM 成分の周期性は、1分間に40回前後のゆつくりした低い振幅の波形と、1分間に60回前後の比較的速く深い振幅の波形の2つの

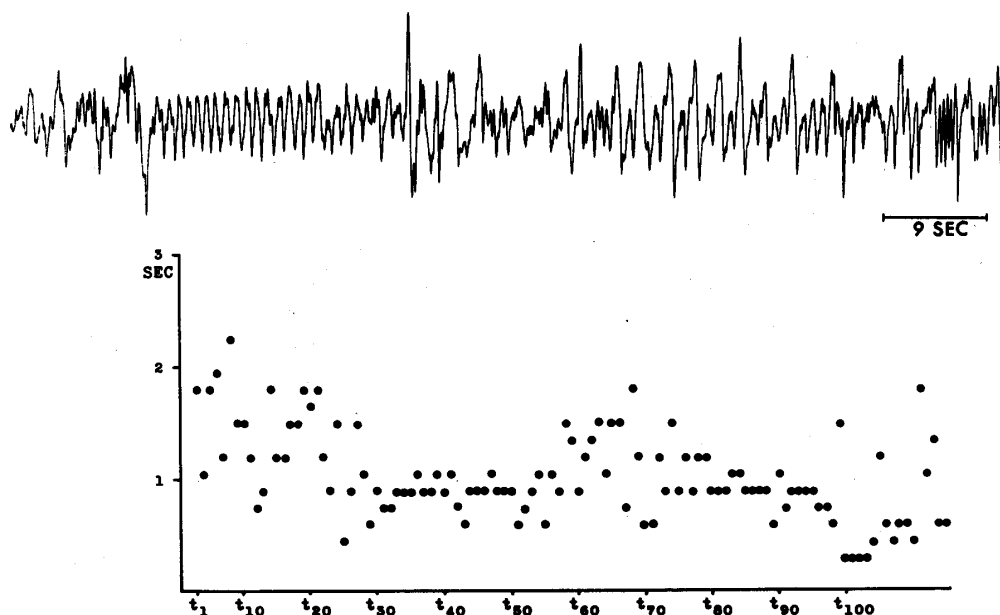
図5 母体呼吸停止による FBM の確認



上段：FBM 陽性時に母体呼吸停止させた記録。母体呼吸停止中には FBM 成分が明瞭に記録されている。

下段：FBM 陰性時に母体呼吸停止させた記録。母体呼吸停止中も FBM 成分はみられない。

図6 FBM-IMP 曲線（上段）で FBM 成分のピーク間隔を計測し、その結果を連続した記録（下段, fetal respirotachogram）



パターンにわけられたが、どちらのパターンにも1分間に150回前後の速い深い波形も混合して見られ、特にピーク間隔時間には微細変動がみられた（図6）。また、本記録31例中2例で、約10分間持続する「しゃっくり」様運動が認められ、IMP 曲線上では振幅の大きい2相性の棘波として記録された（図7）。同様に、この棘波のピーク間隔を測定し、グラフ上にプロットして（図8）「しゃっくり」様運動の規則性を検討したが、平均して2秒から4秒の間隔で起り、さらに、本運動は胎動にも FBM にも特別な影響をうけずに持続した。

4. FBM と胎動、胎児心拍数変動との関連

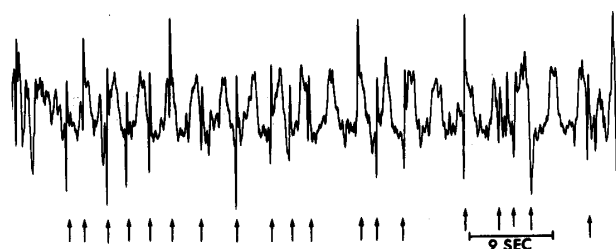
IMP 曲線上で、FBM 成分は胎児心拍数変動の見られる時期に多く出現し、また、胎動を表わす振幅の大きい棘波に続いて FBM 成分が出現したり、消失したりするパターンが約半数に見られ、胎動が FBM のスイッチ的役割も果していることが推察された。

5. IMP 曲線からの FBM 成分の分離

a. 引き算増幅器による母体波消去

本処理を行って得た出力波形の変動リズムは、同時記録した超音波Mモードによる胎児胸部の律

図7 「しゃっくり」様運動時の母体腹壁 IMP 曲線。↑は胎児の「しゃっくり」様運動を表わす2相性棘波



動リズムに一致し、母体腹壁 IMP 曲線から母体呼吸成分が除去され、約 1Hz の FBM 成分が分離記録できた（図9）。

b. FFT 処理

収録した胎児胸腹部上母体腹壁 IMP 信号で FBM が陽性及び陰性のときと、さらに FBM 陽性で母体呼吸を停止したときの3つの場合の FFT 処理結果を検討した（図10～12）。母体呼吸成分は0.3125Hz～0.4685Hz のピークに現われ、FBM は0.9375Hz～1.25Hz のピークに出現した。

c. デジタルフィルタ処理

母体呼吸成分と FBM 成分の周波数が近接しているため、低域側に特に鋭い遮断特性を持った

図8 IMP 曲線上の「しゃっくり」様運動を表わす棘波のピーク間隔を計測しその結果を連続して記入した記録

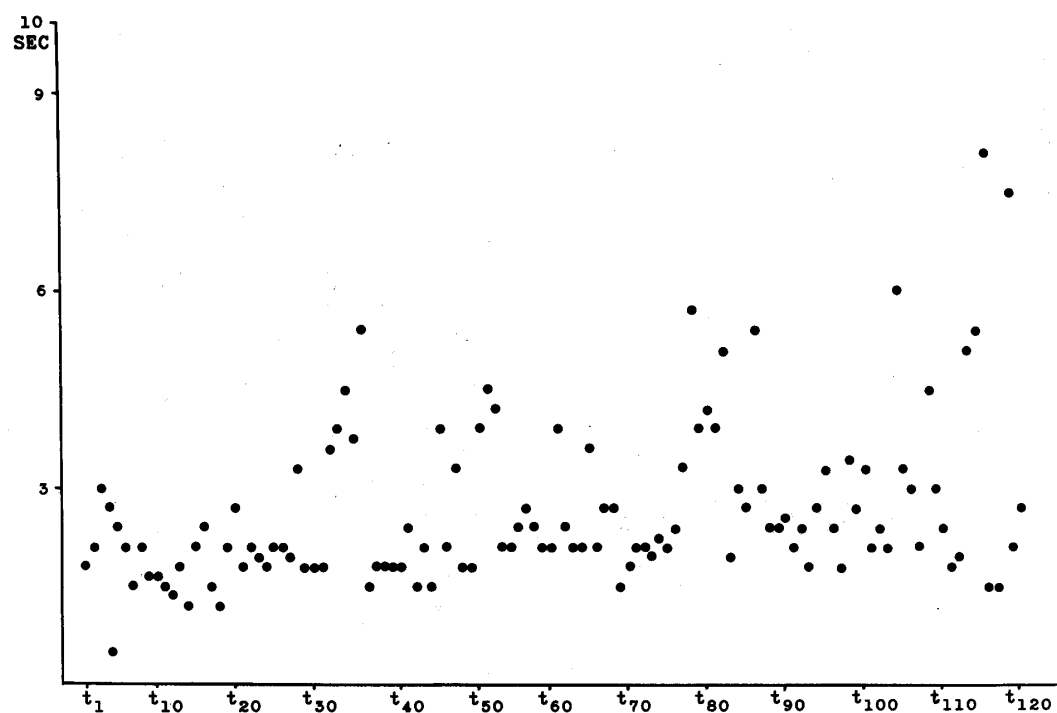
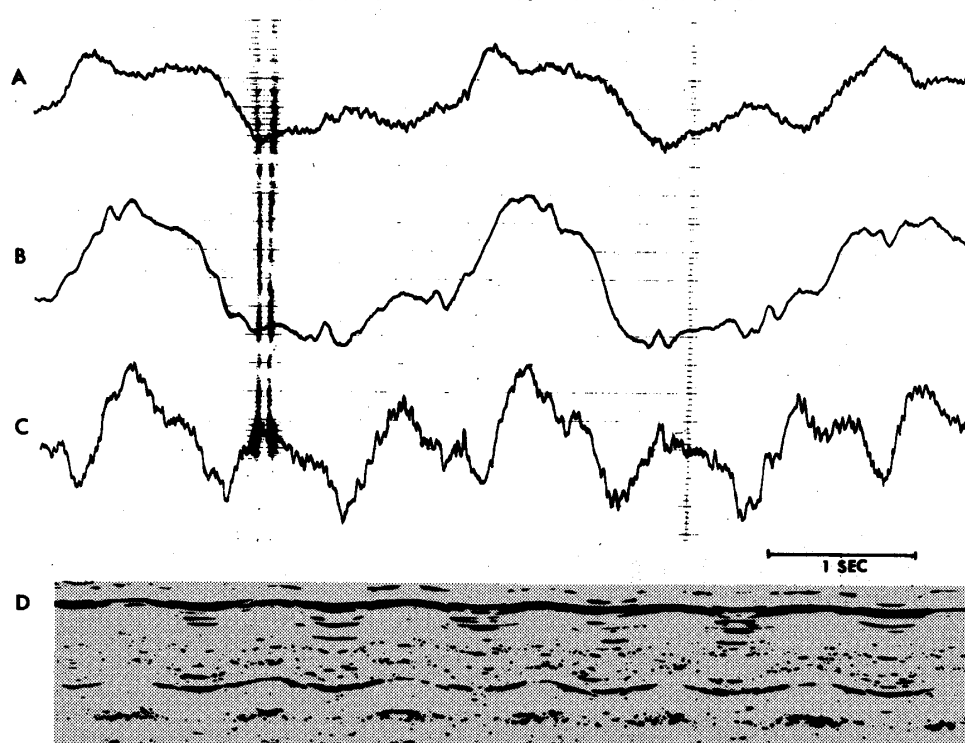


図9 引き算増幅器による母体呼吸波消去の記録



- A : FBM 検出部での母体呼吸と FBM による IMP 変動の記録
 B : 子宮底部での母体呼吸による IMP 変動の記録
 C : 母体呼吸波を消去した記録
 D : 超音波Mモードによる胎児胸郭律動の記録

図10 FBM 陰性例の FFT 処理結果における周波数成分 (FFT: 6.4秒)

0.3125Hz に母体呼吸に相当するピークがみられる。

PS: パワースペクトル

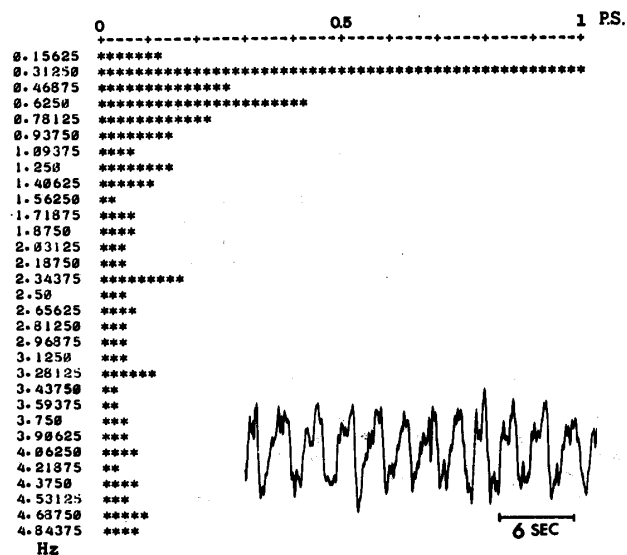
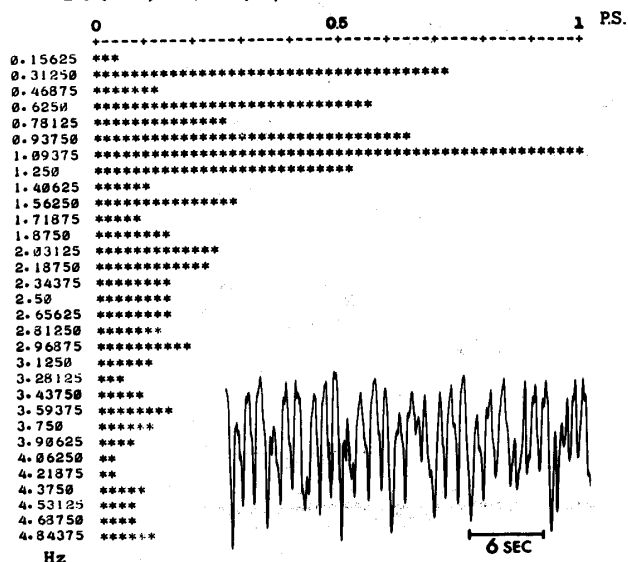


図11 FBM 陽性例の FFT 処理結果における周波数成分 (FFT: 6.4秒)

0.3125Hzの母体呼吸に相当するピークと1.09375 Hz の FBM に相当するピークがみられる。

PS: パワースペクトル



巡回型バンドパスフィルタ¹⁾を用いて、磁気テープ再生による FBM 陽性及び陰性時の IMP 出力信号を処理した。原 IMP 信号はアナログローパスフィルタ⁴⁾を通過すると滑らかな曲線にな

図12 FBM 陽性で母体呼吸停止時の FFT 処理結果における周波数成分 (FFT: 6.4秒)

0.3125Hzの母体呼吸に相当するピークがなく、1.09375Hz の FBM に当るピークが出現している。

PS: パワースペクトル

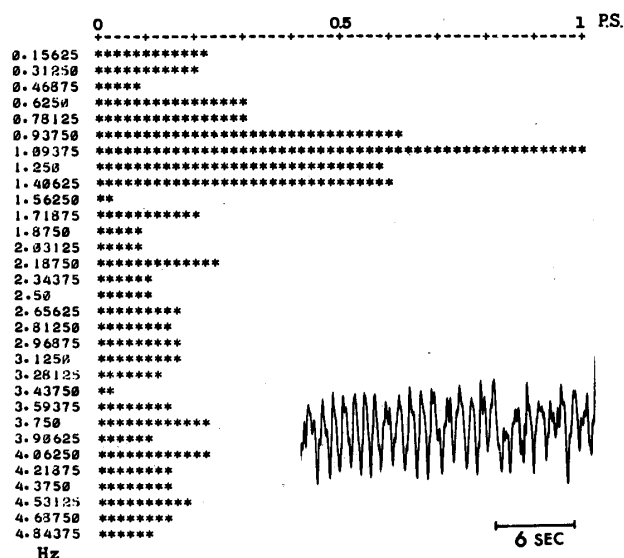
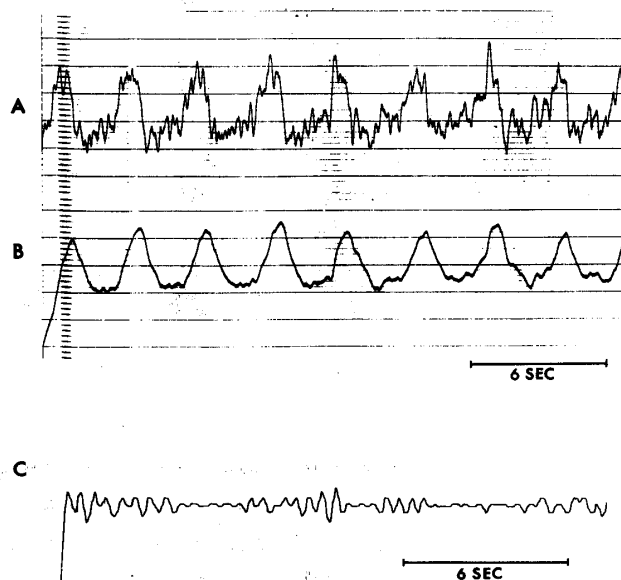


図13 FBM 陰性のときのデジタルフィルタ処理結果

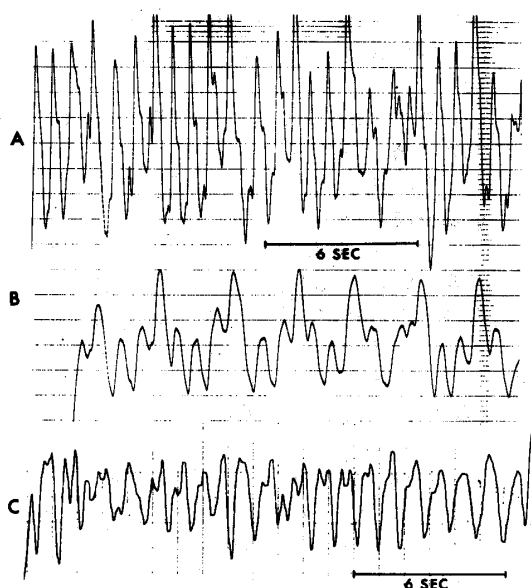
A: IMP 出力原波形 B: アナログローパスフィルタ通過後の波形 C: デジタルバンドパスフィルタ処理した波形



り、さらにデジタルフィルタを通ると、低域の母体呼吸成分は減衰遮断され、FBM 成分の約 1Hz の波形のみがえられた (図13, 14)。

図14 FBM 陽性のときのデジタルフィルタ処理結果

(A, B, Cは図13に同じ)



考 案

インピーダンス法を用いた呼吸モニタは、NICUでの臨床応用で、新生児の呼吸数や規則性を観察したり、無呼吸のチェックに用いられている。著者は、インピーダンス変動による子宮収縮計測に用いたインピーダンス・プレチスモグラフによつて、母体腹壁上から子宮内胎児呼吸様運動(FBM)の検出を試みた。母体腹壁上でのFBMの記録は、Ahlfeld⁶⁾のゴム膜を用いたKymograph記録をはじめ、映画に記録したもの¹³⁾陣痛計を用いた記録¹⁴⁾などがあるが、さらにBoddy et al.⁷⁾は、超音波Aモードを用いて、母体腹壁上に見られる律動的な動きはFBM時の胎児胸腹部の動きであることを確認した。本研究では、FBMが直接母体腹壁に伝わるのを妨げるような胎盤が胎児躯幹と母体前腹壁の間に介在していない妊婦を選択し、さらにFBMを超音波電子スキャン装置で確認した。また、母体腹大動脈拍動が直接胎児に伝わらないように半側臥位にして記録した。三宅ら⁵⁾、小林ら³⁾、Bots⁸⁾は、電子スキャンで、FBMの動きは横隔膜を軸として腹壁と胸壁がシーソ運動することを観察しているが、本記録法では、電極位置が胎児側胸部と側腹部に相当する胎

位で、2個の皮膚電極が上下にシーソ運動するときに最も良好に記録できた。しかし胎動によつて、各成分波形はわずかながら変化し、特にFBM成分は、胎児四肢が電極の下に介在したり、電極位置が胎児背部に相当するような胎位に変つた時には良好な記録は得られなかつた。したがつて、FBM-IMP曲線を良好に記録できる条件としては、1) 胎児躯幹と子宮壁の間に羊水や胎盤が介在していないこと、2) 母体腹壁上からFBMの動きが肉眼で認識できること、3) 胎児躯幹が母体腹大動脈の上に乗っていないこと、4) 胎動が比較的少ないこと、などが考えられる。本測定法によるIMP変動は、5Hzのローパスフィルタ内蔵記録器を用いて記録したが、全般的に1Ω以内の変動幅で、FBM成分波形の認識は比較的連続してFBMが出現する場合には可能であるが、散発する場合は識別がやや困難であつたので、4秒以上持続するもののみをFBM陽性と判定した。またFBM成分の出現は、下向きの棘波から始まることが多く、胎児腹部電極が下がる場合に下向きの振れが見られたことから、FBMの開始は胸壁が上昇し腹壁が下降するいわゆる吸気相から始まるものが多いことが推定された。

FBMの規則性に関しては、1分間に40回前後のゆつくりした振幅の波形、1分間に60回前後の比較的速い振幅の波形、さらに1分間に150回前後の速い波形がみられたが、実際には、3タイプとも入り混じつた形が多くみられ、FBM成分のピーク間隔をプロットしたfetal respirotachogramからも判るように、1ピーク毎の間隔時間は細変動が認められ、単純に1分間に何回というような規則的な表現は不適當な印象を受けた。特にFBMの開始後十数秒間は、ピーク間隔が長く不規則な傾向があり、その後比較的規則的な周期性をもつた波形となるものが多く、樋口ら²⁾の報告と同様、FBMは本来正確には不規則な運動であり、規則的といえる場合は例外的であると考えられる。FBMと胎動および胎児心拍数の関係は、諸家^{2) 11) 14)}の報告と同様に、FBM出現時は一般に胎動が多く胎児心拍数変動が大きくまた頻回に

みられた。また FBM 成分の波形に関しては、本研究で用いた IMP 曲線上では、他の外測法や、超音波 M モードによる記録と同様、FBM 成分以外の胎動や母体大動脈拍動成分が混入し複合しているため⁹⁾、明確な型分類は不可能であつたが、「しやつくり」様運動に関しては、2 相性の振幅の大きい棘波が特徴的にみられ、他の成分とはつきり識別することができた。アナログ引き算増幅回路を用いた FBM 成分分離の試みは、同時に記録した M モード上の胸部の変動リズムに同期し、FBM の存在及びリズムの判定をより容易なものにしたが、同相除去の調節が症例ごとに繁雑であつた。また、ミニコンピュータを用いたデジタルフィルタ処理では正弦波でない原信号を直接入力した場合は正しい波形が得られず、前処理としてアナログローパスフィルタを用い正弦様波形に変換することが必要であつた。本システムに用いた巡回型デジタル帯域通過フィルタは 2 次のフィルタを 8 段縦続したもので、一般に

$$H(z) = \prod_{m=1}^4 C_m \cdot \prod_{m=1}^8 \frac{1 - Z^{-2}}{1 - \alpha_{1m}Z^{-1} + \alpha_{2m}Z^{-2}} \cdot \frac{1 - \alpha_{2m}}{2}$$

という式で表わされ¹⁰⁾、ミニコンピュータで AD 変換された入力信号を演算し、DAC 後インク書き記録器に描記させた。

FBM 休止期は低域周波数の母体呼吸波のみであるため処理結果では減衰した振幅の小さい不規則な波形となり、FBM 期には原曲線の FBM に同期した高振幅の波形を描いた。

しかし、本処理ではサンプリング時間も 20 秒間と短く、またコンピュータの演算時間が約 30 数秒と長いため、実時間処理できる FBM モニタの実現には、さらに検討を要する。

稿を終るに臨み、終始御指導御校閲下さつた前田一雄教授に深謝し、さらに、御助言御指導いただいた神戸大学工学部電子工学科平野浩太郎教授、元同学部学生吉田雅好氏、大阪大学医学部産科婦人科学教室長谷川利典先生に深謝を表します。

文 献

1. 電気通信学会編：デジタル信号処理，コロナ社，東京，1969.
2. 樋口誠一，真木正博，長谷川瑞代子：子宮内胎児呼吸様運動，産婦人科の実際，29：419，1980.
3. 小林徹夫，川又千珠子，杉江敏行，竹内久彌，古谷 博：胎児呼吸運動について（第 1 報），日超医論文集，33：281，1978.
4. 前田一雄：電子工学的実験法，現代産科婦人科学大系 5 B，189，中山書店，1975.
5. 三宅 馨，千葉喜英，東堂龍平，黒川記久子，今井史郎，竹村 晃：胎児呼吸様運動に関する研究（第 1 報）—超音波による検出法の検討—，日超医論文集，33：279，1978.
6. Ahlfeld, F.: Über bisher noch nicht beschriebene intrauterine Bewegungen des Kindes. Verh. Dtsch. Gynäkol., 203, 1888.
7. Boddy, K. and Mantell, C.D.: Observation of fetal breathing movements transmitted through maternal abdominal wall. Lancet, 2: 1219, 1972.
8. Bots, R.: The dynamics of human fetal breathing movements. Europ. J. Obstet. Gynec. Reprod. Biol., 6: 339, 1976.
9. Farman, D.J., Thomas, G. and Blackwell, R.J.: Errors and artifacts encountered in the monitoring of the fetal respiratory movements using ultrasound. Ultrasound Med. Biol., 2: 31, 1975.
10. Hirano, K.: Explicit design formula for digital filters with lowpass, highpass, bandpass, and bandstop characteristics. J. Franklin Institute, 30: 7, 1979.
11. Manning, F.A.: Fetal breathing movements. Postgraduate Medicine, 61: 116, 1977.
12. Nyboer, J. and Kornmesser, J.G.: Electrical impedance of the abdomen during maternal labor. Ann. New York Acad. Sci., 170: 801, 1970.
13. Snyder, F.F. and Rosenfeld, M.: Intrauterine respiratory movements of the human fetus. J.A.M.A., 108: 1946, 1937.
14. Timor-Trisch, I., Zador, I., Hertz, R.H. and Roser, M.G.: Classification of human fetal movement. Am. J. Obstet. Gynecol., 126: 70, 1976.

（特別掲載 No. 4780 昭55・10・3 受付）