

[総説]

豚における超音波妊娠診断法

Ultrasonic technology of pregnancy diagnosis for swine

入江 正和

Masakazu Irie

宮崎大学、〒 889-2192 宮崎市学園木花台西 1 丁目 1 番地

University of Miyazaki, Miyazaki-city, Miyazaki 889-2192

1. はじめに

養豚経営において飼養頭数の多頭化が進むにつれて分娩回転数の向上が重視され、早期妊娠診断法は重要な技術に位置づけられている。フィールドで実用可能な妊娠診断法には、いくつかの方法があるが、中でも、超音波 B モード法（超音波断層法、超音波画像診断法、超音波エコー法ともよばれる）は、多くの研究者や実務者によって理想的な診断法とされている¹⁻⁵⁾。

既に、超音波断層法は、世界各国の先進的畜産農家で普及しつつあるが、わが国ではまだまだの感がある。一方、この技術はわが国が世界に先駆けて開発したものである。1982年、当時、人用に開発されたポータブル電子リニアスキャナーは、わが国のメーカーが最先端の技術を駆使して製造したものであったが、1983年には入江ら^{6,7)}や Inaba *et al.*⁸⁾がこれを豚の妊娠診断に応用し、優れた技術であることを報告した。その後、家畜専用装置が販売され、また AC 電源からバッテリー方式、モニター方式から液晶方式、同時に小型化や低価格化、高精細化と、装置の改良も次第に進み、比較的安価な装置も出され、現在に至っている。

現時点において、豚における超音波妊娠診断法が大半の農家にまで広く普及した方法であるとまだまだいえないのは、装置の価格の問

題もあるが、いまだ診断法や判読法の混乱が一部にあり、また難しそうだというイメージもあるからであろう。欧米の畜産先進国では、超音波断層法による妊娠診断はすでに繁殖の基盤技術として位置づけられており、わが国でも、今後、一層の普及が見込める状況にある。

そこで、本総説は豚における超音波断層法による妊娠診断法を中心にその概要をとりまとめたものである。

2. 超音波法以外の妊娠診断法

豚に対する妊娠診断法は種々検討されてきたが、現在においてフィールドで実用可能な診断法は、①ノンリターン法、②ホルモン法（投与法、エストロゲン法、プロジェステロン法）、③直腸検査法、④組織検査法、⑤膣内電気抵抗値測定法、⑥超音波法（ドップラー法、Aモード法、Bモード法）である。次に各診断法の原理と特徴を紹介する。

1) ノンリターン法（発情再起確認法）

ノンリターン法は交配後次の発情が再帰するか、しないかによって妊娠を判断する方法で、農家で広く実用化されているものである。交配後 18 日～25 日に次の発情が再帰しない場合は妊娠していると判断する。豚の発情徴候は外陰部の腫脹、スタンディング等である。雄や雄の匂いを使うと発情の発見はしやすく

なる。

ノンリターン法の第一の欠点は診断精度である。すなわち、妊娠していても発情徴候(裏発情)を示すことがあり、また、妊娠していても発情の見逃しや鈍性発情、卵巣疾患、早期胎芽死などで発情を示さない場合がある。Heidter⁹⁾は、人工授精後30日までの豚20,059頭にノンリターン法を適用し、その的中率を82.4%と報告している。また雄を利用するケースでは、時間と労力がかかる。ノンリターン法は非常に簡易であり、確実性に欠けるとしても、日常管理の一部として、他の優れた妊娠診断法と併用すべき補助的方法である。

2) 直腸検査法

直腸検査法は、起立した豚の直腸内へ手を挿入し、中子宮動脈の検査などによって、診断する方法である。妊娠か、非妊娠か(発情周期中か)は、中子宮動脈の大きさ、拍動ならびに子宮、頸管の触診に依っている¹⁰⁾。つまり、直腸検査法は妊娠すると胎子へ栄養を供給する中子宮動脈が発達するという原理を応用している。直腸検査法の詳細は、Cameron¹¹⁾の文献を参考にされたい。

本法の妊娠診断の精度は検査日数によって異なり、21日～27日で75%、28日以降で94%以上になり、60日以降で100%となる。Meredith¹²⁾は拍動を検出する装置を併用することによって、28日以降から93～100%といった高い中率を得ている。拍動の触診による的中率について、わが国では、折田¹³⁾は交配後30～34日で90.3%、小山¹⁴⁾は交配後25日以降で85%であったと報告している。

本法の長所は簡易で早期に、特殊な器具を用いないで行えることである。また、付加的な情報として卵巣の情報を得ることができる。この方法の第一の欠点は未経産豚、中小型豚などに適用するには物理的に困難であることである。さらに初心者では中子宮動脈の

位置自体が分かりにくく、外腸骨動脈を中子宮動脈と間違えたり、特異な拍動を認識できなかったりする。つまり未経産豚には適用しにくく、かなりの経験がないと正確な診断ができない、若干の手間と時間を要し、迅速とはいえないことが欠点である。

3) ホルモン法

(1) ホルモン投与方法

本法は次回発情前に性ホルモンを注射し、妊娠していない場合には2～3日後に明確な発情が起り、妊娠している場合には発情が起らないというホルモンの感受性を利用した方法である。発情ホルモンにはエストラジオール、エストラジオール+テストステロンなどが用いられる。しかし、前回発情終了後16日以前のホルモン注射は黄体期の著しい延長をもたらすことがあり、また発情周期の長い豚では誤診の可能性があるため、殆ど利用されていない。

(2) ホルモン定量法

ホルモン定量法には様々な方法がある。使用されるホルモンにはエストロゲン、プロジェステロン、プロスタグランディンF2 α などがあり、尿、血液あるいは糞中のホルモンレベルを定量する方法である。ホルモンレベルの測定は、初期においては、手間のかかる生物学的測定法があり、次に、感度は高いが放射性同位元素を用いるため、特殊な施設と費用のかかるラジオイムノアッセイ(放射免疫測定)法がある。現在では、酵素を用いるELISA法(エライザ法)などのエンザイムイムノアッセイ(EIA)法が利用されている。

(3) エストロゲン法

エストロゲンは卵巣などで生産される発情ホルモンとして有名であるが、単一のホルモンではなく、何種類かが存在し、発情周期や妊娠に伴ってそのレベルが変化する。

尿中エストロゲンは、妊娠初期の20～30日に高い値を示すため、Grunsell and Robertson¹⁵⁾は生物学的測定法により妊娠診

断の可能性を検討した。尿中エストロゲン定量法は適用時期が制限され、また的中率が低く、操作が煩雑であるなどの理由で、実際には役立たないと報告されている。また、この方法は交配後 19 日以前には適用できず、交配後 20～30 日では的中率が 63.2% ともっとも高くなり、その後 31～84 日では 12.4%、85 日以降では 40.0% となり、全体としての的中率は 30.7% と低い。

一方、エストロゲンの中でも妊娠豚の尿中に存在し、妊娠初期に増加するのはエストロンであり、尿中エストロンの定量によっても妊娠診断が可能である^{16, 17)}。Cupps *et al.*¹⁸⁾ は尿中エストロン定量法を検討し、妊娠豚の的中率を 95.7%、非妊娠豚の的中率を 73.9%、全体としては 90.3% であったと報告している。誤診の主な原因は妊娠豚で尿中エストロン値が低いものがあることであった。Robertson and King¹⁹⁾ は血中エストロンサルフェート濃度が妊娠 30～40 日にピークを示すことを認め、早期妊娠診断の可能性を示唆した。Edqvist²⁰⁾ は血中エストロンサルフェート濃度をラジオイムノアッセイ (RIA) 法によって検討し、交配後 24～30 日に 98% の高い的中率を得た。同様の方法で、Cunningham²¹⁾ も交配後 25～30 日に 98% の的中率を得、Almond *et al.*²²⁾ は、血中エストロンサルフェート濃度の測定法を精度の高い方法としている。

一方、血液の採取は容易ではなく、代わりに、糞あるいは尿を使用する方法も報告されている。Choi *et al.*²³⁾ は交配後 27～29 日の的中率を血液で 91.7%、尿で 98.0%、糞で 93.5% と報告している。Vos²⁴⁾、Vos *et al.*²⁵⁾ は交配後 26 日から 32 日の ELISA 法による糞中診断法を精度の高い方法であると結論し、Isobe and Nakao²⁶⁾ も同様の結果を得ている。また、Stefanakis²⁷⁾ は交配後 23～30 日において、簡単で精度良い EIA による妊娠診断法を紹介している。

(4) プロジェステロン法

妊娠によって血中プロジェステロン濃度は高ま

るが、Robertson and Sarda²⁸⁾ はこれを定量することによって交配後 22～24 日の豚で 88% の診断的中率を得ている。Ellendorff *et al.*²⁹⁾ はこの方法についてさらに詳細な検討を行い、329 例実施し、96.4% の的中率を得ている。嵯峨ら³⁰⁾ は血中プロジェステロン定量法を EIA 法によって検討し、交配後 18～21 日の妊娠診断において 90.1～96.4% の的中率を報告している。Lin *et al.*³¹⁾ は、交配後 17～21 日のろ紙に付着させた血液試料を用い、妊娠豚で 90.1%、非妊娠豚で 100% 正しい診断が得られたと報告している。Glossop *et al.*³²⁾ は血液プロジェステロンキットによつて的中率が妊娠豚で 94.6%、非妊娠豚で 35.7% と報告した。Wu *et al.*³³⁾ は交配後 17～22 日の豚で 128 頭に対し EIA 法で 92.2% の的中率を得た。なお、プロジェステロン測定法の欠点は血液採取の困難さと、発情周期が何らかの原因で短くなったり、長くなったりする際に誤診することである。

以上、ホルモン定量法について紹介したが、これらの方法の多くは、まず尿や血液の採取に手数を要するという点で実践的な方法ではなく、また測定方法も現在のところ煩雑で、測定経費も若干必要とする³⁴⁾ ことから、まだまだ実験段階を出ていない。しかしながら、最近では糞や唾液、膣分泌液による診断法も出てきており、測定も簡易化され、方法によっては妊娠の早期に的確に診断できる可能性がある。このため、実用化をめざし、現在でも研究は進められている。

4) 組織検査法

組織検査法は、膣粘膜上皮をバイオプシー (生検) 法によって採取し、組織学的に検査することによって妊娠を診断する方法である。豚の膣粘膜上皮は、発情周期や妊娠期に変化し、Morton and Rankin³⁵⁾ が発表した交配後 18～25 日の診断基準によれば、妊娠、非妊娠の順に核分裂 (無、有)、細胞層 (2-5、5-20)、上皮隆線 (無、有)、核配列の規則性

(種々、無)、剥離(無、有)という特徴を示す。彼らはこの診断基準によって腔粘膜組織検査法を野外で応用し、95%の的中率を得た。

Walker³⁶⁾の研究によれば、交配後31～90日における的中率は93.7%であった。Mather *et al.*³⁷⁾は、繁殖効率の異なる豚群について本法を検討し、比較的繁殖効率の低い豚群では的中率が75%で、発情の記録のない民間における豚群では約90%、管理の良い大学の豚群では95%の的中率であったと報告している。さらに、誤診の主な原因は、発情休止期の所見像を妊娠期のものに見誤ることであると述べている。Diehl and Day³⁸⁾は、検査手順を簡単にするため組織学的観察にパラフィン切片ではなく凍結切片を利用し、交配後20～25日で95.4%、25日以降で97.1%の的中率を得ている。丸山³⁹⁾は腔前庭からの粘膜上皮によって検査を行い、交配後20日目では約94%、40日目では97%の的中率であったと報告している。

腔粘膜組織検査法は的中率の高い方法であるといえるが、誤診を招く原因として、O'Reilly⁴⁰⁾は、卵巣嚢腫、卵巣静止、胎子の早期死亡、泌乳期などをあげている。同様に、Walker⁴¹⁾は泌乳中の豚、子宮内膜炎、腔炎、プロゲステロンを生産するような大型の卵巣嚢腫を有する豚で誤診がみられると述べている。Hunter⁴²⁾は、腔粘膜の組織学的な特徴はいつも明確であるとは限らないこと、正確な診断には経験を必要とすること、さらに少量のサンプルでは診断を下せないことを欠点として指摘している。また、発情周期の黄体期の豚で誤診が多く、サンプリングは交配後19～20日以前には行わないこと、不正確なサンプリング(例えば子宮頸管組織の採取など)や卵巣嚢腫の豚で誤診が起こることなどを報告している。小笠ら⁴³⁾は腔粘膜組織検査法のサンプリングや標本作成の煩雑な手間を省くことを目的として、腔垢を検査する方法を検討し、その的中率を交配後

17～24日で63.3%、25～34日85.2%、35～44日81.5%、45～69日72%と報告している。その誤診例の原因として胎子の死亡、黄体遺残症、偽妊娠、卵巣嚢腫を挙げ、的中率が若干低いことから、腔垢検査法を他の妊娠診断法の補助手段として推奨している。

以上のことを総合的に判断すると、腔粘膜組織検査法は早期に診断ができ、安価で精度の高い優れた妊娠診断法といえることができる。しかし、組織学的検査のためには、サンプリングや標本作成に経験や時間を要し、野外で迅速に診断することはできず、また、間接的な検査法であるため誤診もみられるといった欠点があるといえる。

5) 腔内電気抵抗値測定法

腔内の電気抵抗は発情の1日～3日前に最低値を示すことが報告されており、この原理を用いて妊娠診断にも適用できるとされる。西条ら⁴⁴⁾はこの装置を豚56頭に適用し、妊娠(受胎)的中率(分娩頭数/受胎判定頭数)を80.4%であったと報告している。なお、不受胎的中率(再発情頭数/不受胎判定頭数)は100%であり、受胎の的中率が低かったとしている。次回発情前に不受胎のわかることがこの方法の最大の長所であり、一方で、妊娠診断の的中率の低いことが短所でもあるので、発情発見法の用途に限った方がよいかもしれない。

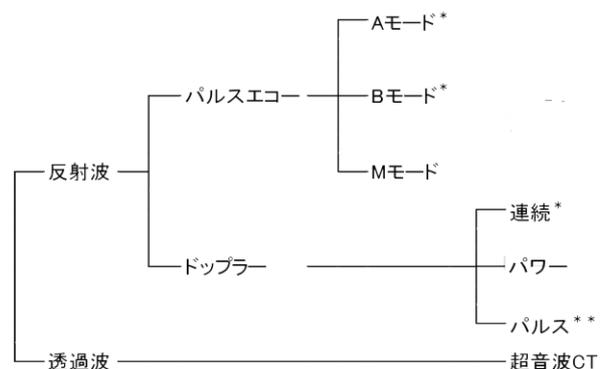


図1 超音波法の種類

豚の妊娠診断に利用されている方法
上記のパルス法にも分類される

3. 超音波法による妊娠診断法

超音波を利用した診断法にはいくつかあり、ドップラー法、Aモード法、Bモード法が豚の妊娠診断に応用されている(図1)。この中ではBモード法が最も新しい方法で、精度がよく、迅速であり、妊娠早期に分かることから、薦められる方法である。

1) ドップラー法

ドップラー法とは連続超音波によるドップラー効果を利用した音などによる診断法である。ドップラー効果とは静止している物体に超音波を当てた時には入射波と反射波の振動数は変わらないが、運動している物体では反射波の振動数が変化し、入射波と反射波の振動数に差が生じ、うなり音が生じるという現象である。すなわち、このドップラー効果の原理を利用し、胎子における心臓の運動、血流などの動きをドップラー信号として捉え、その信号を検出(聴取)して妊娠を診断する方法である。検査部位は普通、超音波断層法と同じく下腹部であるが、直腸内に探触子を挿入して診断する方法もある⁴⁵⁾。

ドップラー法を豚の妊娠診断に初めて応用したのは Fraser and Robertson⁴⁶⁻⁴⁸⁾ であり、その後多くの報告がなされてきた。ドップラー法での的中率がほぼ100%となる時期を、丹羽ら⁴⁹⁾は交配後50日以降、戸尾ら⁵⁰⁾は交配後40日以降としている。

この方法の長所は、妊娠の比較的早期から正確に診断が可能で、検査手法も簡単で、野外で短時間に実施でき、豚に悪影響を与えず、胎子の生死に関する情報が得られることである。優れた妊娠診断法であることから家畜専用機が販売され、実用化されているものの、やはり広く普及するまでには至っていない。

この方法の欠点は、妊娠豚に対しては高度に正確であるが、非妊娠豚では85%であり、概ね交配後35日以上に限られることである。さらに、ドップラー信号の聴取に技術や良好

な条件が要求され、装置が取扱いにくいことである⁵¹⁾。実施において、母豚が動けば、探触子との間に雑音が生じ、聴取自体が困難となるので、母豚を安静にしておく必要がある。さらに、雑音だけでなく、母体に由来する血流などのドップラー信号があり、これと胎子ドップラー信号を聞き分けるのには経験が要り、短時間で検出するにはかなりの熟練を必要とする。さらに、もう一つの欠点は装置が比較的高価なことである。

2) Aモード法

Aモード法は、妊娠子宮内に存在する胎水の位置をパルス超音波によって調べ、数値表示や連続的な発信音を聞くことにより診断を行う方法である。Lindahl *et al.*⁵²⁾はオシロスコープ表示によるAモード法を豚の妊娠診断に初めて応用し、優れた成績を得た。すなわち、1001頭の豚を用いて妊娠30~90日ではほぼ100%の的中率を得ただけでなく、操作も簡単で、野外でも応用ができた。Hansen and Christiansen⁵³⁾も携帯型のAモード装置を用い、交配後30~50日の豚96頭で検討を行い、正常例94頭については100%の的中率を得たが、子宮に異常のみられる2例を妊娠と誤診した。森ら⁵⁴⁾は、妊娠の場合に連続的な発信音を出すAモード装置を用いて、交配後30日以降で93~100%の高い的中率を得た。

Aモード法の長所としては、妊娠の早期に正確に、しかも短時間に判断することができ、野外で豚を保定することもなく、簡単に安価な維持経費で安全に検査ができることである。Aモード法の欠点としては、診断が直接、胎子の反応によって行われるわけではないので、誤診のみられることである。誤診の原因としては、子宮蓄膿症や子宮水症、さらには充満した膀胱などがあげられ、そのため、非妊娠豚では10%の誤診がみられる⁵⁴⁾。Almond and Bosu⁵¹⁾も、Aモード法は非妊娠豚を妊娠と診断してしまうことが多いとし、

同様の誤診の原因をあげ、特に膀胱がその原因となると報告している。また、ドップラー法と異なり胎子の生死判定はできず、装置も同様にやや高価である。Aモード法のより進んだ方式がBモード法であり、いくつかの欠点も改善されている。

3) Bモード法

Bモード法（超音波断層法）は、Aモード法の一次元表示を発展させ、二次元表示の画像にしたものである（図2）。既に超音波断層法は、人やペットの妊娠診断や腹部診断などに幅広く利用されている安全で簡易な方法である。

さらにBモード法は、ハードやソフトの走査のタイプによっていくつかに分けられる。豚の妊娠診断としては、ハードの走査方式では時間のかからない電子式が適しており（図3）、さらに、対象物に対する走査方式としては種々あるが、リニア（直線）やセクタ



図4 豚の妊娠診断のための電子スキャナー装置（本多電子製 HS101V）

方式またはコンベックス方式（扇形）が適している。豚の妊娠診断には、これらを組み合わせた電子リニア方式または電子セクタ方式、あるいは電子コンベックス方式がもっとも広く使われている（図4）。

Bモード法、特に電子スキャナーを用いた豚の妊娠診断は、その原理からも分かるようにAモード法やドップラー法の長所を備え、欠点をカバーした方法である。つまり、Bモード法では胎嚢（GS）や胎子の存在によって妊娠を診断するため、Aモード法で見られるような誤診は起こらない。交配後22日以降（実用的に容易となるのは交配後25日以降）であれば正確に診断でき、胎子に関する情報を得ることもできる。ドップラー法で必要とされる技術や経験もほとんどいらず、初心者でも簡単に短時間に実施でき、迅速かつ妊娠の早期に目で見ることによって確実な診断が下せる。

入江^{6, 7)}、Inaba *et al.*⁸⁾ は、人の携帯型装置を豚の妊娠診断装置へ初めて適用した。これらの研究はほぼ同時期に別々に行われたものであり、検査部位、非妊豚における子宮の観察、画像の解釈などに違いが見られる。入江ら^{6, 7, 55)} は検査部位として、膀胱付近が良いとし、非妊娠豚でも子宮が観察され、GSや胎子の発育まで詳細に報告している。技術の詳細については次項で紹介する。

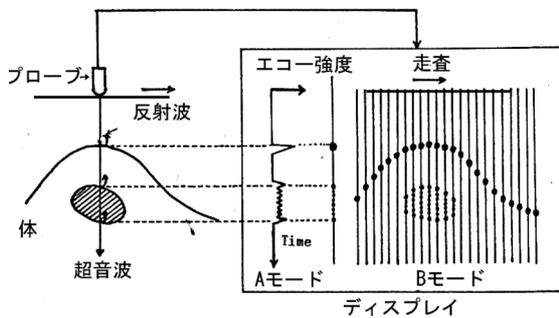


図2 超音波Aモード法とBモード法の原理

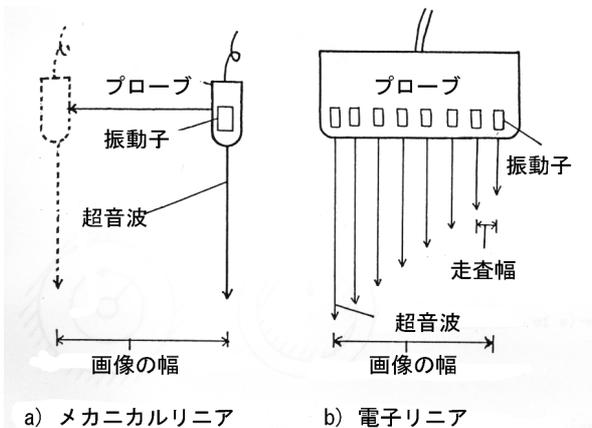


図3 超音波リニア法のメカニカル方式と電子方式

なおBモード法は100%に近い精度である^{6, 7)}。Taverne *et al.*⁵⁶⁾ は交配後24～32日の豚でBモード法によって90.6～100%の精度を得ている。Szenci *et al.*⁵⁷⁾ は175頭を供試し、164頭を正確に診断できた(93.7%)と報告し、誤診11頭のうち7頭はエストロゲンレベルから妊娠しており、診断の間違いではなく、その後の胚死と考えられ、その実際の診断精度は97.7%に増加すると報告している。Rensis *et al.*⁵⁸⁾ は交配後15～17日では83%以下で、18日以降で90%を超えている。超音波法の比較では、Williams *et al.*⁵⁹⁾ がドップラー法と超音波断層法を比較し、超音波断層法がより早期に、かつ高い精度で診断できると報告している。Maes *et al.*⁶⁰⁾ は、超音波断層法のリニア式とセクタ式を比較し、両者ともに交配後23日以降の妊娠豚の診断は迅速で、精度が高いとし、さらなる繁殖率向上のためには不受胎豚については再度の診断が望ましいとしている。

4) 超音波法と他の妊娠診断法との比較

妊娠診断法が広く実用化されるためには、①方法が簡単である(現場でも容易に実施できる、時間がかからない、複雑な技術を必要としない)、②妊娠のできる限り早期に診断ができる、③的中率が高い、④母体あるいは胎子に悪影響がない、⑤経費が安い、という条件が必要である。すべての診断法には長所と短所があり、各技術を比較した論文は多くあるが、その結果や正確さは操作者や豚などにより影響を受ける。

稲葉ら(1983)⁶¹⁾ は、プロゲステロン測定法よりもBモード法が優れた方法であるとし、Cartee *et al.*⁶²⁾ は最も早く診断できる時期をAモード法では交配後28日以降であるのに対し、Bモード法では21日であると報告している。Taverne⁶³⁾ はAモード法とBモード法を比較し、Bモード法が即座に診断できる大変正確な妊娠診断法であるという結論を得た。Szenci *et al.*⁶⁴⁾ はRIA法、あるいは

EIA法によって糞中エストロゲン定量法と超音波断層法を比較し、超音波断層法が優れていることを報告している。Vos *et al.*²⁵⁾ は交配後26～32日の496頭の豚を用いて、ELISA法による糞中エストロン定量法では妊娠豚で96.5%、非妊娠豚で93.6%であるのに対し、超音波断層法では妊娠豚で93.6%、非妊娠豚で92.5%の成績であったと報告している。Boma and Bilkei⁶⁵⁾ は、超音波断層法あるいはプロゲステロンELISA測定法でそれぞれ非妊娠豚を検出し、ホルモン療法を行ったところ、その後の繁殖成績には有意な差はなかったと報告している。

岩村⁶⁶⁾ は、液晶モニターとバッテリーを装填した軽量で持ち運び容易なモバイル超音波画像診断装置を用い、野外で188頭の妊娠診断を行い、その精度を97.9%と報告している。武田⁴⁾ も、いくつかの妊娠診断法を比較して、Bモード法では、装置の低価格と小型化が進み、まだ価格に難点はあるものの、妊娠診断としては理想的な方法で、実的に役立つと述べている。

ドイツでは超音波断層法が他の診断法に取って代わり、ノンリターン法と組み合わせる既に交配後30日以降の妊娠診断法としてルーチンに使用されており、またフランスやデンマークを見聞した養豚獣医師の伊藤⁶⁷⁾ も、現場で誰もが簡単にでき、強く導入すべき方法として、Bモード法を推奨している。わが国では大規模養豚家を中心として超音波断層法がルーチンで使用され、一旦導入した農家では欠かせない機器となっている。

4. 超音波断層法による妊娠診断法

1) 妊娠診断の方法

超音波断層装置の操作と診断はきわめて簡易である。まず、豚は起立した姿勢で、ストール内で行え、保定する必要はない。豚を落ち着かせるために飼料を与えても診断には差し支えない。

- (1) 装置のスイッチをオンにする。
- (2) スキャナーのプローブに水溶性ゲルを塗布し、豚の下腹部に当てる (図 5)。
- (3) 画像により診断する。

画像の診断は後に示すように一般的に容易であり、慣れればきわめて迅速で、多くの妊娠豚の場合、即断できる。

なお、(2) の過程で重要なのは豚の下腹部にプローブをよく密着させることである。超音波診断装置に利用されている超音波は空気中を伝搬せず、液体中 (組織も含む) はよく透過する。すなわち、水溶性ゲルなどをプローブあるいは豚に塗り、プローブを豚に密着させて良好な画像を得ることが大切である。超音波は毛により妨げられるが、検査部位には通常被毛はないので剃る必要はない。特に妊娠豚ではその検査対象部位は広がる。

プローブを体に接触させると、画像は即座にモニター上に出現する。入江ら^{2, 6, 7)}は膀胱像を得、次に子宮像を得る方法を推薦している。つまり、Inaba *et al.* の報告⁸⁾と異なり、どのようなケース (豚) でも子宮像は観察される。通常の膀胱像は尿を示す大きな黒い円形の画像として容易に発見される (図 6)。子宮は膀胱の前方、皮下組織の下部、強く白いエコーの腸内ガス上方にさまざまな形のエコー像として観察される。豚の子宮は複

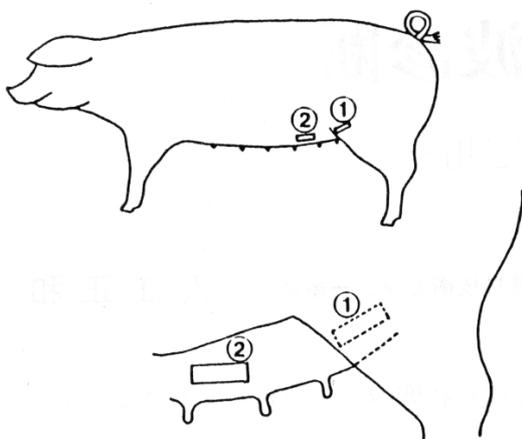


図 5 超音波断層法の妊娠断部位
①が最適な部位であるが、妊娠が進むにつれて①→②の広い範囲で診断が可能となる

雑な形をしており、検査者はどの部位が画像化されているのか明確には把握できない。モニター上の子宮像は、胎子や母豚の動き、プローブの角度、位置、尿の量、妊娠日数などによって変化する。しかし、これらは妊娠診断の精度には影響しない。正確な診断の為に必要なポイントは必ず子宮像を得ることである。発情周期中や妊娠中いずれの時期においても子宮は観察され、妊娠豚においてはたいへん容易である。非妊娠豚の場合には、確実な診断のために体の両側の下腹部からチェックする。診断が下せないのは、胎子の数が少なすぎることや、妊娠異常に起因している可能性がある。別の日に再度検査を行うことは繁殖成績の向上につながり、病気の診断にも役立つことになる。

妊娠は子宮像内の胎囊 (GS)、胎芽、胎子の存在によって診断される (図 6)。GS は、黒く映る羊膜や尿膜内の胎水を含み、複数個存在している。非妊娠豚は子宮像が小さく、GS 像を欠いている。すなわち、子宮像内部は白く小さく映り、黒い円形状のものは存在しない。交配後 25 日以降の豚で多数の GS を発見するのは非常に容易である。初期では GS 内部は黒くなっており、胎子の存在が明瞭に確認されないことが多いが、これは胎子の反射エコーが弱いためであり、異常ではない。

GS の外形は妊娠に伴って、つまり胎子の発育に伴って不明瞭になってゆく。妊娠中期においては、胎子像の存在、あるいは子宮像の大きさが診断を決める要因となる。胎子の存在は、その部分的で特殊な動きや、胎子の骨によって判断できる。簡易な方法としては、画面上いっぱいの子宮であれば妊娠していると考えてよい。しかし、子宮内膜炎のような子宮の肥厚の場合があるので、妊娠中期以降は、胎子像を見つけることが診断としては確実である。

診断精度はいずれの妊娠時期においてもほ

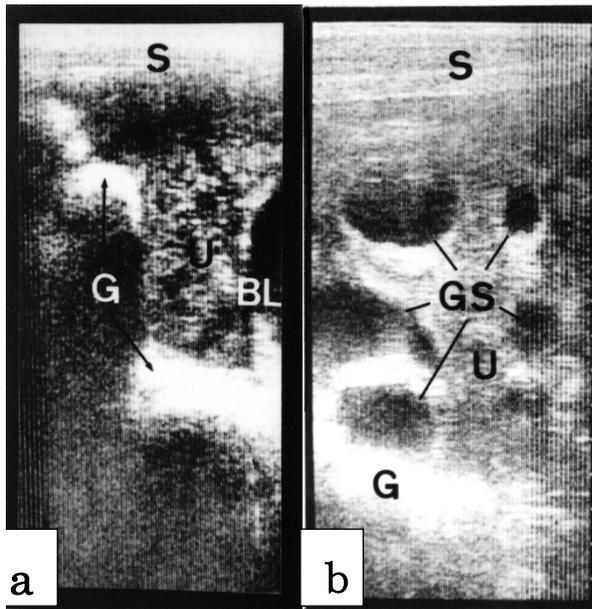


図6 非妊娠豚の画像(a)と妊娠初期豚の画像(b)
 図は幅8.5cm、深さ16.5cmの子宮像(U)で、上部は皮下組織(S)で、下部は体中心部へ向かう位置となる。子宮は大きな膀胱(BL)(通常は尿がたまっていて内部が黒い)を見つけると、その横に容易に観察できる。子宮の下には腸があり、腸内ガス(G)によって超音波が反射されてしまうため、それ以降の画像は観察されない。

非妊娠豚では子宮像(U)は小さく、胎嚢(GS)はみられないが、初期の妊娠豚では多数の胎嚢(GS)が観察される。

ば100%である。診断は多数の大きなGSの存在によって、交配後25日以降が妊娠中期や末期よりも容易で、迅速である。診断時間は通常1分以内で可能であり、妊娠豚の大半においては画像を得て数秒以内に即断できる。

超音波でGSや胎子が確認でき、妊娠と診断され、その後、分娩しなかった場合には、誤診を疑うよりも後の例で示すように、流産した可能性が高い。超音波断層法はそれほど精度が高く、また異常の診断にも役立つ方法である。

2) 胎嚢(GS)と胎子の発達

超音波断層法では胎子についての情報も得ることができる。GSは妊娠日数に伴ってモニター上で変化するが、交配後17日以前では画像上にGSは認められないので妊娠を診断することはできない。交配後18~22日でGSは子宮像内に出現する(図7)。

しかし、発現時期にGSを発見するのは容易ではなく、大きさは直径5mm程度と小さい。交配後25日までGSは急速に大きさを増す(図8、1日約6mmの増加)ので、25日以降の診断は容易である。GSの形は通常、楕円または不整形を示す。不整形のGSは人では異常であるが、豚では正常である。GSは胎子の数に一致するが、画面上で数を数えることはきわめて困難である。

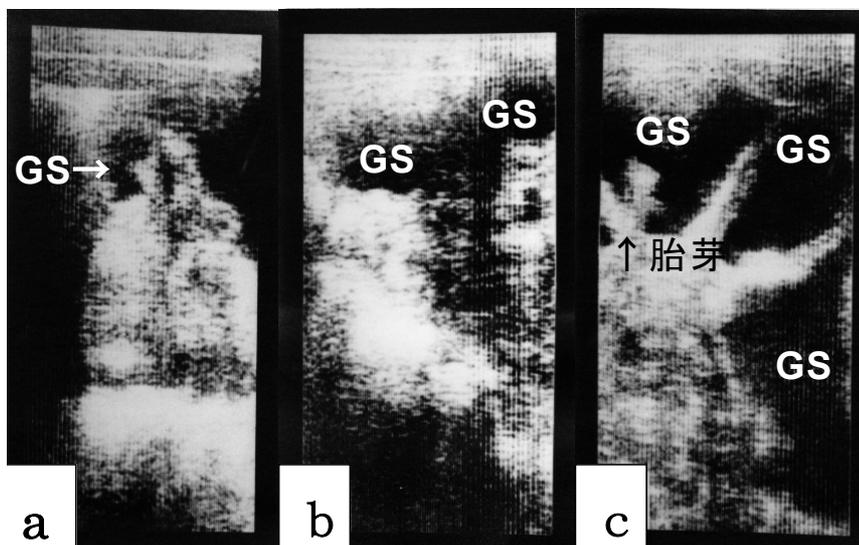


図7 妊娠豚における胎嚢(GS)の発育画像
 (a: 交配後18日、b: 21日、c: 26日)

aは交配後18日でGSの発現時期であり、大きさは約1cmと小さく、発見しにくい。bは交配後21日となり、GSが急速に発育しているのがわかる。子宮像を占める割合も大きくなってきている。交配後26日(c)では多数の大きなGSが存在し、妊娠診断は容易である。GS内には胎芽のエコーもみられる。子宮は大きくなり、既に画面一杯となっている。

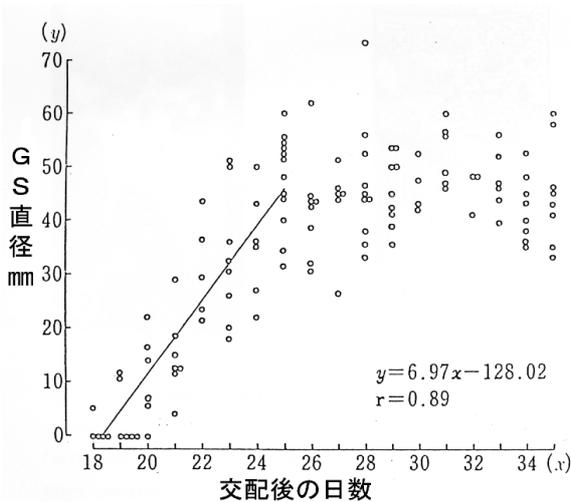


図8 妊娠に伴うGS直径の変化

GS直径は25～40日ではモニター上ではほとんど変化しないが、胎芽や胎子の発育は観察される(図9)。胎芽エコーは弱く、しばしば初期ではノンエコージェニックで(黒っぽく映り)観察されないが、胎子が発育するにつれて明瞭になる。以後、胎子の発育はGSを拡張するような傾向を示す。交配後40日では胎子の動き、あるいは胎子心臓の動きによって確実に生死を判断できる。

交配後50日以降では、胎子の画像は画面いっぱいとなり、以後部分的観察だけが可能となる(図10)。妊娠中期では胎子の頭部、胴部を区別しやすくなる。Cartee *et al.*⁶²⁾はBモード法によって早ければ25日で胎子の

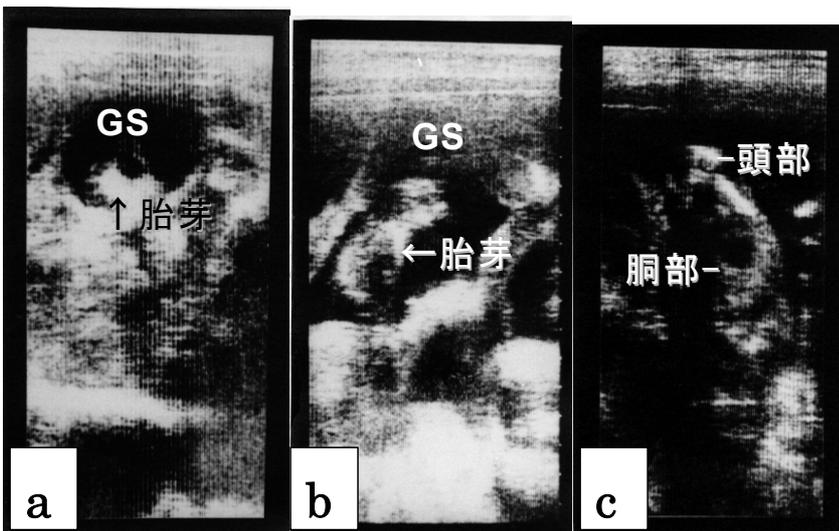


図9 妊娠に伴う胎子の発育
(a:交配後25日、b:40日、c:55日)

交配後25日目(a)でも観察状況によりGS内に胎芽エコーが見られる。交配後40日(b)では胎子像は観察しやすい。GS自体の大きさは殆ど変化しないが、胎子の発育は顕著である。交配後55日頃になると頭部や胴部の区別も容易で、胎子の活発な動きや心臓の動きなどもわかるようになる。腹部は水の存在で黒く見える

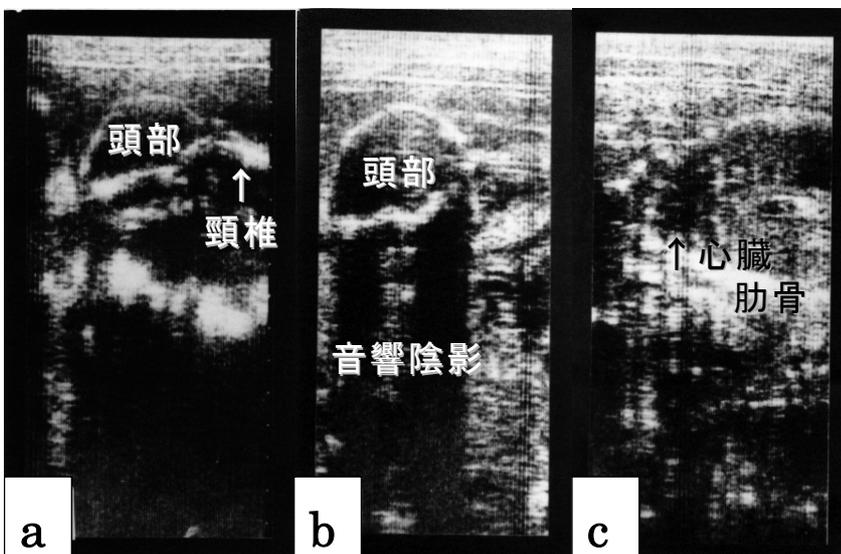


図10 交配後70日(a:頭部)、97日の胎子(b:頭部、c:胴部)

交配後70日頃(a)では骨格が硬くなるため、骨が白く映り、内部は黒く見えるようになる。交配後97日では頭部だけで一杯となり(b)、胎子の頭蓋骨によって音響陰影も見られる。胴部(c)では胎子心臓の動きも画面上で観察でき、心拍数を数えることも可能である。

心臓の動き、28日で体の動きがあると報告している。なお、胎子はさまざまな方向に位置し、人のような逆子の関係はない。以上に述べた胎子とGSの発育の観察はMadec *et al.*⁶⁸⁾の結果と同様である。

3) 異常例の診断

豚の繁殖障害は多く、繁殖雌豚廃用の主要因である。早期に繁殖障害が診断できれば、治療方針や淘汰を早めに行うことができ、早期治療や経営の合理化が可能となる。実際、超音波断層法は妊娠診断のみでなく、繁殖障害の診断にも役立つ。例えば非妊娠豚では、子宮像は発情周期を通じてほとんど変化がなく、扁平で小さい。一方、子宮内膜炎をおこしている豚では、子宮像が肥厚を反映して、しばしば大きく観察される。

また、膿汁や化膿している組織像と思われる大きな白い像が子宮内膜炎豚の子宮内で時折観察される(図11)⁶⁹⁾。

またBotero *et al.*⁷⁰⁾はBモード法で卵巣嚢腫と子宮炎を観察している。

超音波断層法では初期の流産を観察できる(図12)⁶⁹⁾。交配後28日までGSの発育によっ



図11 子宮蓄膿症の豚

子宮内部に膿汁又は化膿していると思われる白い像が観察される。

て正常な妊娠と診断された豚が交配後30日までにGSが退行し、消失する例があった。この例はリピートブリーダーであり、子宮内容物を排出することはなく、45日には発情が再帰した。

膀胱の異常も診断することができる(図13)⁷¹⁾。膀胱の異常は、ストール飼育や胴の伸びの良い種畜の改良から、豚が犬座姿勢をとり、外陰部が糞尿で汚染されたり、運動不足により飲水量が低下したりすることから、多発している。膀胱炎は排膿によって外陰部を汚染し、子宮内膜炎などの繁殖障害を継発しやすい。このように、膀胱炎は繁殖障害の1つの原因にもなるので、妊娠診断にあたって膀胱像も観察しておくことが薦められる。Madec *et al.*⁶⁸⁾も超音波断層法により生殖器官の異常例を観察している。Szenci *et al.*⁶⁴⁾は早期胎芽死が超音波断層法やエストロゲン法の誤った陽性反応を示す原因となることを指摘している。

また超音波断層法は分娩後の子宮の修復に関する情報を与え、子宮内の遺残物を発見するのにも役立つ(図14)⁷²⁾。分娩後8日目において、泌乳豚でミイラ胎子が観察され、この像は脊椎がエコージェニックで、身体内部が不明瞭であることが特徴であった。

Martinez *et al.*⁷⁴⁾は繁殖障害が多発している農家において、190頭の豚を超音波断層法によって調査し、950回の診断のうち、妊娠あるいは非妊娠の精度は93.4%であったと報告している。妊娠豚については、交配後21～22日で95.2%、23～25日で100%の診断率を得たが、非妊娠豚では低くなった。非妊娠豚での再調査を行い、超音波断層法が繁殖障害を評価するのに非常に有用であることを指摘している。

直腸診断用プローブでは、豚において卵巣の診断が可能である^{75, 76)}。Knox and Rodriguez-Zas⁷⁷⁾は直腸経由Bモード法を用いて、卵巣の画像情報から発情再起や排卵

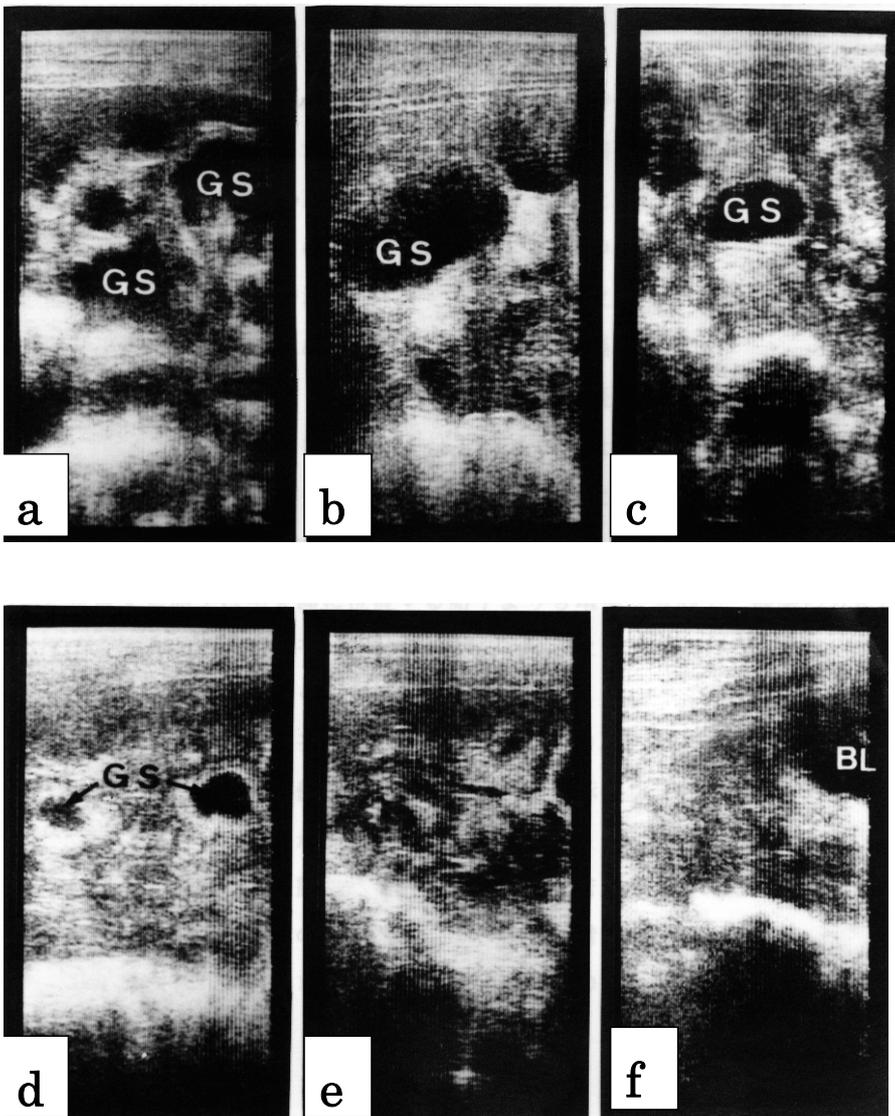


図 12 初期の流産例

リピートブリーダーであり、交配後 24 日 (a) には正常な GS が観察され、28 日まで発育していたが、30 日目 (c) には退行がみられ、32 日 (d) にはかなり小さくなり、37 日 (e)、39 日 (f) には消失した。

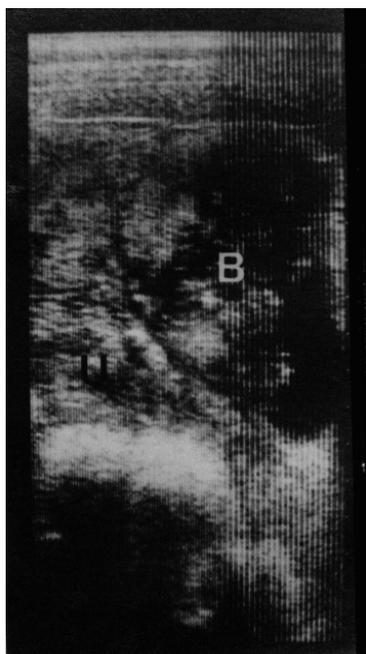


図 13 膀胱炎の豚

膀胱 (B) 内部は本来尿で黒く映るが、膿汁の白い像が観察される。

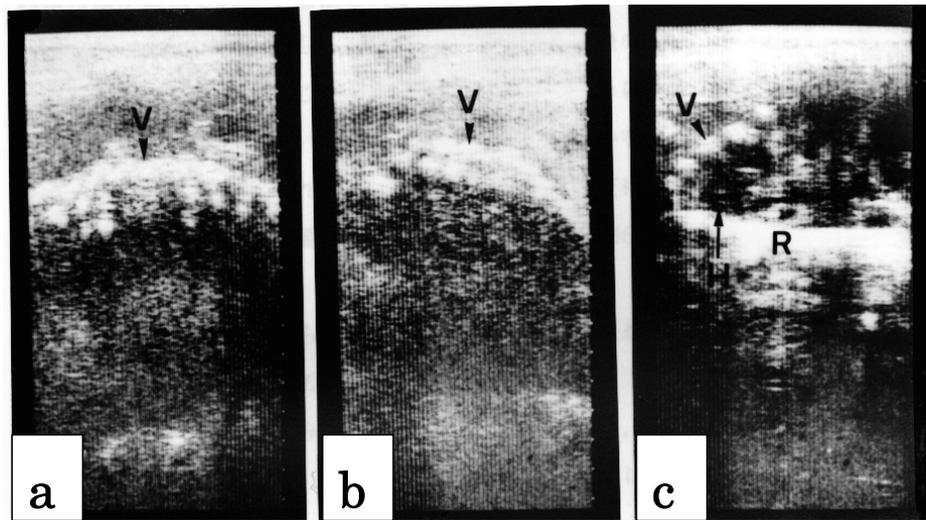


図14 遺残したミイラ胎子の像

分娩後8日目の子宮内に遺残したミイラ胎子(a,b)に脊椎(V)は明瞭であるが、正常な胎子(c)と比べ(H:心臓、R:肋骨)、形状は不明瞭で、内部の臓器が観察されない

に関連する要因が調査できるとしており、Bolarin et al.⁷⁸⁾は超音波断層法が排卵前の卵胞を把握する有効な手段であるとのべている。

Kauffold and Althouse⁵⁾は、Bモード法が理想的な豚の妊娠診断法として定着しつつあり、豚において、排卵など卵巣の動態や子宮の異常、発情開始といった観察にまで応用が進みつつあることを総説にまとめている。Cech and Dolezel⁷⁹⁾は豚の卵巣腫瘍の診断にBモード法を適用しながら、ホルモン治療を行い、その有効性を実証している。

5. まとめ

超音波診断装置は、わが国が誇る先端技術を結晶化させたものであり、豚の妊娠診断法などのソフト(ノウハウ)もいち早くわが国で開発された。超音波断層装置の価格にまだ難点はあるものの、発売当初から農家レベルで導入できるものにもなっており、耐久性も高い(著者らは10年以上も故障なく同じ装置を使い続けた)。その方法は、野外において、

安全かつ容易に、妊娠の早期でも精度が良く、安価に診断できるという他の方法にない多くの長所を有している。

また、超音波断層法では胎子や卵巣、子宮などの生殖器官、あるいは膀胱を観察する事が可能で、繁殖障害の診断にも役立つ。今後、異常例の収集や誤診例の解明などにより超音波断層法がより一層豚の妊娠診断法や繁殖障害の確実な診断法として発展してゆくと予想される。わが国の養豚現場においても、今後、超音波断層法が一層普及し、繁殖効率が向上することを期待したい。

参考文献

- 1) 河田敬一郎. 豚病学<第3版>(熊谷哲夫ら編): 651-655, 1987.
- 2) 入江正和. 日本養豚学会誌, 29; 127-138, 1992.
- 3) Irie M. Journal of Reproduction and Development, 47: S71-S81, 2001.
- 4) 武田浩輝. 養豚界, <http://www.-jasv>.

- com/gijutu_pdf/hanshoku_10_takeda.pdf, 2007.
- 5) Kauffold J, Althouse AC. *Theriogenology*, 67: 901-911, 2007.
 - 6) 入江正和. 大阪府農林技術センターニュース, 178 (3月号), 2-4, 1983.
 - 7) 入江正和、大本邦介、熊谷重夫. 日本畜産学会報、55: 381-388、1984.
 - 8) Inaba T, Nakazima Y, Matsui N, Imori T. *Theriogenology*, 20: 97-101, 1983.
 - 9) Heidter WU, *Tagungsbericht Akademie Landwirtschaftswissenschaften Berlin*, 259: 75-83, 1987.
 - 10) Almond GW, Dial GD. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 191: 858-870, 1987.
 - 11) Cameron RDA. *Australian Veterinary Journal*, 53: 432-435, 1977.
 - 12) Meredith MJ. *Proceedings of 4th International Pig Veterinary Science Congress*, D5, Ames, Iowa, USA, 1976.
 - 13) 折田浩一. 家畜繁殖誌、25: 15-17, 1979.
 - 14) 小山 昇. 家畜繁殖誌; 25: 18-21, 1979.
 - 15) Grunsell CS, Robertson A. *Veterinary Record*, 63: 366, 1953.
 - 16) Lunaas, T. *Journal of Reproduction and Fertility*, 4: 13-20, 1962.
 - 17) Velle W. *Veterinary Record*, 72: 116-118, 1960.
 - 18) Cupps PT, Briggs JR, Hintz HF, Heitzman HJ. *Journal of Animal Science*, 25: 646-647, 1966.
 - 19) Robertson HA, King GJ. *Journal of Reproduction and Fertility*, 40: 133-141, 1974.
 - 20) Edqvist LE, Einarsson S, Larsson K. *Proceedings of 6th International Pig Veterinary Society Congress*, pp. 27, Copenhagen, Denmark, 1980.
 - 21) Cunningham NF, Hattersley JJP, Wrathall AE. *Veterinary Record*, 113: 229-233, 1983.
 - 22) Almond GW, Dial GD. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 189: 1567-1571, 1986.
 - 23) Choi HS, Kiesenhofer E, Gantner H, Hois J, Bamberg E. *Animal Reproduction Science*, 15: 209-216, 1987.
 - 24) Vos EA. *Theriogenology*, 46: 211-23, 1996
 - 25) Vos EA, Oord RV, Taverne MAM, Kruij TAM. *Theriogenology*, 51: 829-840, 1999.
 - 26) Isobe N, Nakao T. *Reproduction in Domestic Animals*, 39: 48-51, 2004.
 - 27) Stefanakis A, Boscov C, Alexopoulos C, Krambovitis E. *Animal Reproduction Science*, 58: 127-135, 2000.
 - 28) Robertson HA, Sarda IR. *Journal of Endocrinology*, 49: 409-419. 1971.
 - 29) Ellendorff F, Meyer JN, Elsaesser F. *British Veterinary Journal*, 132: 543-550, 1976.
 - 30) 嗟峨伸彦、河田啓一郎、中尾敏彦、角田修男. 家畜繁殖誌、31: 68-73, 1985.
 - 31) Lin JH, Hwang SY, Lin-Chen Y, Wang HL, Wu LS, Hsu TT, Chang SG, Ho LT. *British Veterinary Journal*, 144: 64-71, 1988.
 - 32) Glossop CE, Foulkes JA, Whitworth A, Cornwell E. *Veterinary Research*, 124: 115-117, 1989.
 - 33) Wu LS, Guo IC, Lin JH. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 10: 603-608, 1997.
 - 34) 森 純一. 家畜繁殖誌、25(5): 22-27,

- 1979.
- 35) Morton DB, Rankin JEF. *Veterinary Record*, 84: 658-662, 1969.
- 36) Walker D. *Veterinary Record*, 90: 139-144, 1972.
- 37) Mather EC, Diehl JR, Tumbleson ME. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 157: 1522-1527, 1970.
- 38) Diehl JR, Day BN. *Journal of Animal Science*, 37: 114-117, 1973.
- 39) 丸山淳一. *家畜繁殖誌*, 25: 6-8, 1979.
- 40) O'Reilly PJ. *Irish Veterinary Journal*, 21: 234-238, 1967.
- 41) Walker D. *Veterinary Record*, 81: 648-652, 1967.
- 42) Hunter RHF. In: *Physiology and Technology of Reproduction in Female Domestic Animals*. pp301-309. Academic Press, New York, London. 1980.
- 43) 小笠 晃、横木勇逸、尾形真二、宮川正、松尾昌一、石井利男. *家畜繁殖誌*, 29: 8-12, 1983.
- 44) 西條勝宜、保科和夫、供野潤也、清水伸也、原雄一、毛利重徳. 平成15年度「関東東海北陸農業」研究成果情報, http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryou/kankou/seika/kanto15/04/15_04_47.html, 2004.
- 45) Pierce JE, Middleton CC, Phillips JM. *Proceedings of 4th International Pig Veterinary Science Congress*, D3, Ames, Iowa, USA, 1976.
- 46) Fraser AF, Robertson JG. *Veterinary Record*, 80: 528-529, 1967.
- 47) Fraser AF, Robertson JG. *British Veterinary Journal*, 124: 239-244, 1968a.
- 48) Fraser AF, Robertson JG. *Veterinary Record*, 83: 360-361, 1968b.
- 49) 丹羽太左右衛門、佐藤正一、佐藤鉄郎. *日本養豚研究会誌*, 14: 133-140, 1977.
- 50) 戸尾祺明彦、河田敬一郎、福井 豊、佐藤和男、箕田勝基、河部和雄. *日本獣医師会誌*, 27: 373-378, 1974.
- 51) Almond GW, Bosu WTK. *Canadian Veterinary Journal*, 26: 205-208, 1985.
- 52) Lindahl IL, Totsch JP, Martin PA, Dzuik PJ. *Journal of Animal Science*, 40: 220-222, 1975.
- 53) Hansen LH, Christiansen IJ. *Zuchthyg*, 11: 19-21, 1976.
- 54) 森 純一、富塚常夫、岡崎則夫、宮川正、松尾昌一、椎葉博明、大石有一、小原薩男. *家畜繁殖誌*, 26: 188-192, 1980.
- 55) 入江正和. *家畜繁殖誌*; 32: 49P-52P, 1986.
- 56) Taverne MAM, Oving M, Lieshout V, Willemsse AH. *Veterinary Quarterly*, 7: 271-276, 1985.
- 57) Szenci O, Palme R, Taverne MAM, Varga N, Meersma N, Wissink E. *Theriogenology*, 48: 873-882, 1997.
- 58) Rensis FD, Bigliardi E, Parmigiani E, Peters AR. *The Veterinary Record*, 147: 267-270, 2000.
- 59) Williams SI, Piñeyro P, Sota RL. *Canadian Veterinary Journal*, 49: 269-273, 2008.
- 60) Maes D, Dewulf J, Vanderhaeghe C, Claerebout K, de Kruif A. *Reproduction in] Domestic Animals*, 41: 438-443, 2006.
- 61) 稲葉敏夫、中島康宏、藺森龍雄. *家畜繁殖誌*, 29: 178-181, 1983.
- 62) Cartee RE, Powe TA, Ayer RL. *Modern Veterinary Practice*, 66: 23-26,

- 1985.
- 63) Taverne MAM. In: Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction. pp97-103, Kluwer Academic publishers, Dordrecht, 1989.
- 64) Szenci O, Fekete C, Merics I. Canadian Veterinary Journal, 33: 340-342, 1992.
- 65) Boma MH, Bilkei G. (2008) The Onderstepoort of Journal Veterinary Research, 75: 55-58, 2008.
- 66) 岩村祥吉. H16 社団法人畜産技術協会 http://jlta.lin.gr.jp/chikusan/houkoku/h16_204.html#page_top, 2004.
- 67) 伊藤貢. 日本養豚開業獣医師協会, http://www.e-jasv.com/gijutu_pdf/hanshoku_04_ito.pdf, 2006.
- 68) Madec F, Martinat-Botte F, Forgerit Y, Denmat MLE, Vaudelet JC. Records of Veterinary Medicine, 164: 127-133, 1988.
- 69) 入江正和、西村和彦. 日本畜産学会報、57: 288-293、1986.
- 70) Botero O, Martinat-Bott F, Bariteau F. Theriogenology, 26: 267-278, 1986.
- 71) 入江正和、毛利集造、松永 寛、日本獣医師会雑誌、46: 837-840, 1993.
- 72) 入江正和. 日本畜産学会報、58: 407-412, 1987.
- 73) Martinat-Botte F, Bariteau F, Lepercq M, Terqui M. Records of Veterinary Medicine, 164: 119-126, 1988.
- 74) Martinez E, Vazquez JM, Roca J, Ruiz S. Animal Reproduction Science, 29: 53-59, 1992.
- 75) Dalin AM, Nanda T, Hultén F, Einarsson S. Acta Veterinaria Scandinavica, 36:377-382, 1995.
- 76) Knox RV, Althouse GC. Journal of Swine Health and Production, 7: 207-215, 1999.
- 77) Knox RV, Rodriguez-Zas SL, Journal Animal Science, 79: 2957-2963, 2001.
- 78) Bolarin A, Vazquez JM, Parrilla I, Vazquez JL, Martinez EA, Jordi R. Animal Reproduction Science, 113: 137-142, 2009.
- 79) Cech S, Dolezel R. Veterinarni Medicina, 52: 413-418, 2007.