

## 学位論文の要旨

氏名	吉崎 信幸
学位論文題目	体腔内における生体信号の採取とその連続監視への応用に関する研究
<p>本論文では、膀胱内圧の連続観測を行い自然な状態で蓄尿と排尿の過程を無拘束計測するための、閉鎖ベローズを圧力センサとした磁気結合式の無線カプセルテレメータを試作し、小動物におけるin vivo実験にて成果を得た。さらに得られた膀胱内圧信号に重畳している音響信号、すなわち小動物の体内で観測された心音ないし脈波を抽出することにより心拍数図も得た。これにより膀胱内から単一のセンサーテレメトリシステムにより内圧推移図と心拍数図を一括して実時間連続観測できることを確認した、さらにこのシステムによる胎児心音信号の獲得に向けて妊娠動物を用いた実験も試みた。このような体腔内からの胎児信号の採取方法は、これまでの産科領域における生体信号採取の課題である長期連続的な胎児の動態監視に対して新しい方向性を拓けていると考えており、本論文ではこのことに関する考察をまとめたものである。</p> <p>第1章 序論 本章では、研究の背景および産科テレメトリや体腔内テレメトリといった生体信号の採取方法に関する先行研究について述べ、なぜ本研究において体腔内からの生体信号採取とその連続監視に向けた試みを行うのか、ということとの関連づけと目的を述べる。また本論文の全体的な構成について述べる。</p> <p>第2章 胎児信号採取方法 本章では、これまでの代表的な胎児信号の採取方法を挙げ、各採取方法の利点と問題点を述べる。胎児信号の採取方法については前章でも目的意識の位置づけのため簡単に触れたが、本章ではより詳細にその変遷や背景についてまとめる。</p> <p>第3章 生体信号処理解析方法 本章では、本研究で生体信号を採取後、解析を行うために必要となる信号処理方法である自己相関法について、その利点と問題点を述べる。また様々な信号解析手法の中から自己相関法を採択するに至った経緯および優位性について述べる。</p> <p>第4章 体腔内圧テレメータにおける基礎実験 本章では、体腔内テレメータを作成するにあたっての基礎実験について述べる。基礎実験は第5章の応用実験とは異なり、回路をカプセルに組み込む際の大きさは考慮せず、体腔内圧テレメータの動作原理の検証、つまり環境内圧に伴ってコイルの周波数が増減することの確認を行った。</p> <p>第5章 体腔内圧テレメータにおける応用実験 (in vitro) 本章では、基礎実験での結果をもとに体腔内圧テレメータをカプセルに組み込み、膀胱内の環境を想定した生理食塩水による加圧環境内において、カプセルテレメータの動作特性の検証を行った。</p> <p>第6章 体腔内圧テレメータにおける動物実験 I (in vivo) 本章では、小動物の膀胱内に体腔内圧テレメータを留置し膀胱内圧を測定する近畿大学病院内で行った実験について述べる。</p>	

第7章 膀胱内圧データの解析 本章では，動物実験Ⅰで採取したデータに対して信号処理解析を行うことにより，そのデータに対して周期性を持つ生体信号が重畳していることが確認できたことを述べる。

第8章 体腔内圧テレメータにおける動物実験Ⅱ（妊娠小動物での測定） 本章では妊娠小動物で膀胱内テレメトリによる胎仔の心音ないし脈波成分の検出が可能かどうかについて試みる。実験方法については動物実験Ⅰとほぼ同じであるため，本草稿では再三の説明は行わない。また，計測結果および解析結果については松本先生等と最終的な考察および調整を行っているところであり，本草稿においては詳細を述べることはできないが目的意識を達成すべき程度の結果が得られていることを確認している。

第9章 結論 本研究では目的意識としたところの体腔内からの生体信号の採取という点について，実際に小動物を用いた実験を行って膀胱内に係留したテレメトリから内圧データの採取およびそのデータの信号処理によって重畳していた心音ないし脈波成分を検出することを証明できた。また，体腔内からの胎児信号の採取という点についても，膀胱内のテレメトリからという新しいアプローチによって，産科領域における生体信号採取の可能性を広げることができた。本章ではこのように成果をまとめ，今後の研究課題としてはテレメトリの更なる小型化やロバスト性の確保等について言及する。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工研 第322号	氏名	吉崎 信幸
審査委員	主査	竹内 康人	
	副査	渡邊 睦	森 邦彦
<p>学位論文題目 体腔内における生体信号の採取とその連続監視への応用に関する研究 (Study on Intra-Corporeal Acquisition of Physiological Signals and Their Applications for Continuous Monitoring)</p> <p>審査要旨</p> <p>提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文は体腔内における生体信号の採取とその連続監視への応用に関する研究について述べたもので、全文8章より構成されている。</p> <p>各章の内容は以下のとおりである。</p> <p>第1章序論本章では、研究の背景および先行研究について述べ、本研究において体腔内からの生体信号採取とその連続監視に向けた試みを行う意義を概説し、あわせて全体的な構成を述べている。</p> <p>第2章においてはこれまでの代表的な胎児信号の採取方法を挙げ、各採取方法の利点と問題点を述べ、またこの領域の研究や技術の変遷や背景についてまとめている。</p> <p>第3章においては本研究で生体信号を採取後、解析を行うために必要となる信号処理方法である自己相関法について、その利点と問題点を述べる。また様々な信号解析手法の中から自己相関法を採択するに至った経緯および優位性について述べている。</p> <p>第4章においては体腔内テレメトリーを作成するにあたって採用する動作原理の検証および拡大モデルによる基礎実験について述べている。</p> <p>第5章においては上記基礎実験の結果をもとに体腔内圧テレメーターをカプセルに組み込み、膀胱内環境を想定した生理食塩水加圧環境内において動作特性の検証を行ったことについて述べている。</p> <p>第6章においては小動物の膀胱内に体腔内圧テレメーターを留置し膀胱内圧の推移を長時間連続測定する実験について述べている。これは共同研究者の指揮のもとに近畿大学病院内で行ったものである。</p> <p>第7章においては膀胱内圧データの解析に関して述べ、該データに対して信号処理解析を行うことにより周期性を持つ生体信号が重畳していることが確認できたことを述べ、さらに重畳していた心音ないし脈波成分をもとに該小動物の心拍数図も得られることを証明できた事を述べている。この知見および技術は斯界において新規なものであり、膀胱内ないし体腔内からのテレメトリーという新しいアプローチによって産科領域における生体信号採取および長時間連続監視の可能性を、ひいては産科医療の進展に関して新たな展望を、もたらすものであり、斯界に貢献する所は大であると考えられる。</p> <p>第8章は結論の章であり、成果をまとめ、またテレメトリーの更なる小型化やロバスト性の確保等の今後の研究課題について言及している。</p> <p>以上の如く本論文は体腔内における生体信号の採取とその連続監視への応用に関するものであり、特に体腔内に設置するテレメーター発信機とその応用システムについて検討を行い、その可能性と有用性に関して大きく期待できる将来展望を明らかにした。これは新規な医用診断技術として産科、泌尿器科などの医療の発展に大きく寄与するものであり、よって、審査委員会は博士（工学）の学位論文として合格と判定する。</p>			

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第322号	氏名	吉崎 信幸
審査委員	主査	竹内 康人	
	副査	渡邊 睦	森 邦彦
<p>主査および副査2名で構成される審査委員会は平成22年2月12日に学位申請者「吉崎 信幸」に対して論文の内容に関して説明を求めた。これに引き続き参加者を含め質疑応答を行うとともに、関連事項に関して以下のごとく諮問を行った結果、いずれに対しても満足すべき回答が得られた。</p> <p>主な質疑応答は以下の通りであった。</p> <p>質問1：体腔内テレメトリから周期性の信号成分が検出されたのは分かった。ただしこれが心音ないし呼吸にのみ断定するものと言い切れるか、またそこを的確に調べるために何か検討しているか？</p> <p>回答1：実験時における小動物自体の心拍の聴診、呼吸の目視による値とおおよそ一致しているので、ほぼ心音ないし呼吸に由来する周期性信号と判断している。さらに、それらの信号がBeat By Beatで検出されていることを確認するために、今後の小動物実験の際には心電計や呼吸計を併用したデータ採取を検討している。</p> <p>質問2：膀胱内からのテレメトリが低侵襲であると言っているが、やはり体内に物体を入れる以上はこの方式は“侵襲”的ではないか？</p> <p>回答2：最終的にはカプセルの大きさを小さくして経尿道的に挿入、一定時間係留ののち排出という形を想定している。カプセルの小型化の問題、回収方法の問題など解決すべき点はあるが、主論文共同著者の松本医師にもコメントをいただいているとおり、一般的に腹腔鏡手術が低侵襲と言われるのに比べればこの手法は観血性もなく、さらに侵襲性が低く、低侵襲であると言って問題ないと思う。</p> <p>質問3：体腔内というアプローチではなく、超音波で得られたデータや母体腹壁から電気的に得られたデータを処理性が日々向上している計算機を用いて解析するような、より非侵襲的なアプローチをなぜとらなかったのか、また、それとの関連をどう考えるか？</p> <p>回答3：そのような計算機による統計学的な分析手法を主とする方法はいくつかの先例があるが、並列して多数のデータ取得が必要であることや計算量の増大でリアルタイム性に欠けると同時に根本的に統計学的な推論による結果であるというデメリットがある。本研究は根本的にデータを採取する方法を見直すということに重点を置き、信号源に近いところから、よりクリアな信号を直接取得しようと試みている所の観点が上記のような手法とは全く異なると考える。またそれら手法との関連性としては、例えば分析に供するデータの1系列パラメータに体腔内テレメトリからのデータを利用することでより正確な分析が行えると考えている。</p> <p>質問4：体内に係留する場合の生体適合性に関する検証は難しくないか？</p> <p>回答4：MEの研究は医学者側の支援が無いと検証は極めて難しい。事実、本研究もその部分が最難関であった。しかしながら共同研究を行って来た医師の方々のご協力が引き続き得られているので、膀胱内テレメトリとしては更に臨床応用に向けた装置の改良および有用性の検証を継続している。</p> <p>質問4の質問者より追加発言：生体適合性については、避妊具など子宮内に長期留置するものもあるのでそのあたりについても調査してみたらよい、また電源の問題は未解決の課題である、とのアドバイスおよび指摘をする。</p> <p>このようにしてこれらのほか総計約10件の質問に対して的確に答えた。</p> <p>以上の結果にかんがみて、本審査委員会は全員一致で、学位申請者は、大学院博士課程後期の修了者としての学力および見識を十分に有するものと判断し、博士（工学）の学位を与えるに足りる資格を持つと認めた。</p>			