

モデルによって説明することができ、そのとき各力学パラメータの関係は、下式によって説明できる。

$$R_B + R_C = pl_2 + T \quad (1)$$

$$R_B l_1 + R_C (l_1 + l_2) = pl_2 \left( l_1 + \frac{l_2}{2} \right) + T(l_1 + l_2) \quad (2)$$

これらの式から、支点反力  $R_B$  は、

$$R_B = \frac{p}{2} l_2 \quad (3)$$

と表され、支点反力  $R_B$  は  $l_2$  のみに依存する結果となった。これはすなわち、弁輪に作用する負荷は弁輪から弁接合部までの距離に依存することを示している。

Fig. 24 に示す図中で、前尖(A)、後尖(P)、左右交連部(CL および CR)の弁尖までの実測距離は下表 2 に示すごとくであり、この数値から弁葉支持部位にかかる負荷を算出し、実験結果と比較すると Fig. 25 に示すように同等な変化を示す。

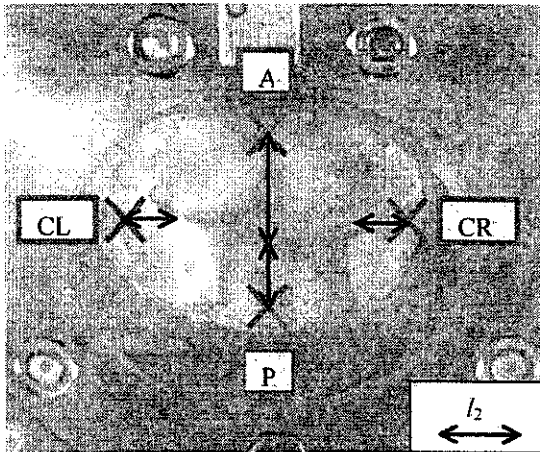


Fig. 24 負荷計算のためのパラメータ

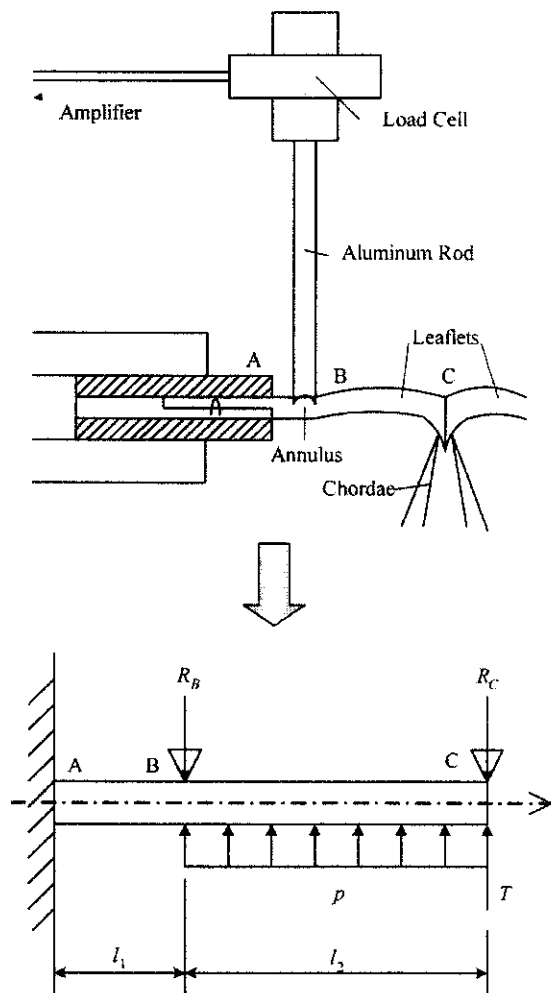


Fig. 23 左心室モデルにおける生体僧帽弁の単純片持梁モデル：このモデルによる解析により、生体内において実測の困難な力学的データを算出することができる。

Table 2 負荷計算のためのパラメータ  $l_2$

positions	$l_2$
A	16.2
P	9.8
CR	5.8
CL	5.1

これらのモデル解析手法を応用することで、荷重分布を推定することは容易であり、本研究の左心室モデル同様なモデリング手法を用いて各種人工臓器特性を解析してゆくことができると考えられる。

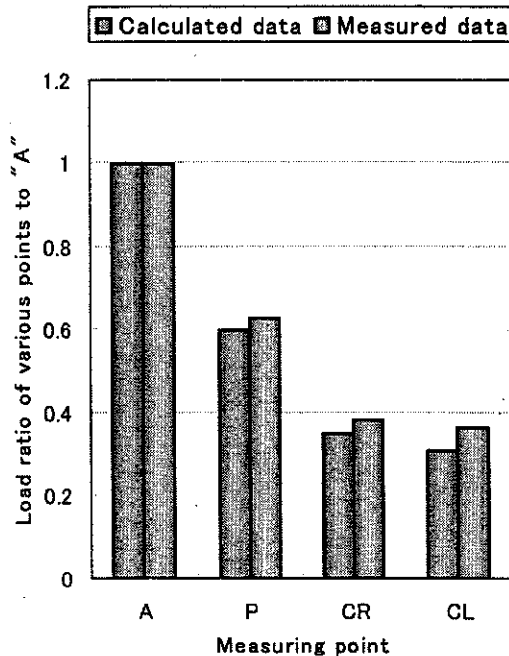


Fig. 25 左心室モデルで得られた計測結果と数式モデルによる解析結果の比較：荷重分布傾向が正確に確認できる。前尖中央部 A における負荷を基準として算出した。

### E. 結論

生体僧帽弁をシミュレーション用モデルに組み込むという新しい試みにより、より臨床現場からのニーズに即した医用機械工学的解析が行えることとなった。本研究におけるモデリング手法は、そのまま心室補助装置と生体左心室との力学的整合に関する解析に応用することができ、今後本モデルを用いて、またこれまでに開発してきた高機能循環シミュレーションにお

いて人工心筋開発に対する有効なデータの提示とフィードバックを行ってゆく。

### F. 研究発表

1. 井上宗寛, 梅津光生, 岡野光夫ほか：新規組織工学的手法による 3 次元心筋組織の作製と機能評価, 日本機械学会第 15 回バイオエンジニアリング講演会, 2003 年 1 月.
2. 梅津光生：治療機械, 早大静岡ファルマバレー構想セミナー講演会, 2003 年 3 月.

### G. 知的所有権の取得状況

準備中.

厚生労働科学研究費補助金（萌芽的先端医療技術推進研究事業）  
分担研究報告書

心室補助装置の最適駆動のための心血管動態流体解析装置開発

分担研究者	早瀬 敏幸	東北大学流体科学研究所教授
	飯島 俊彦	秋田大学医学部長
	田林 暁一	東北大学大学院医学系研究科教授
	福田 寛	東北大学加齢医学研究所教授
	川野 聡恭	東北大学大学院工学研究科助教授
	西條 芳文	東北大学加齢医学研究所助手

研究要旨：ナノテクを応用して体内に埋め込める超小型人工心筋を生体の心臓に装着するためには心臓の収縮動態の精密な把握と、病的に傷害された心臓の部位を如何に補助するべきかの厳密な計測とシミュレーションが必要である。そこで、流体力学・水力学・超音波医学・核医学・循環病態学などの英知を結集して全く新しい心臓血管系の流れシミュレーション装置の開発に着手した。従来にない制度の計測が具現化しつつあり、人工心筋の設計だけでなく心臓血管病学への広い応用範囲が考えられる全く新しい診断装置の具現化が大きく期待される。

A. 目的

ナノテクを応用して体内に埋め込める超小型人工心筋を生体の心臓に装着するためには心臓の収縮動態の精密な把握と、病的に傷害された心臓の部位を如何に補助するべきかの厳密な計測とシミュレーションが必要である。そこで、流体力学・水力学・超音波医学・核医学・循環病態学などの英知を結集して全く新しい心臓血管系の流れシミュレーション装置の開発に着手した。

流れの制御の問題は、流体を圧力媒体とした従来の流体制御に加えて、流れ場自身の制御への展開も期待されている。流れ場のもつ膨大な流体情報をリアルタイムで獲得するためのスーパーコンピュータと実験計測を融合した新しい解析手法、および流れ場の制御手法に関する研

究が流体科学研究所では活発に進められ大きな研究成果を上げつつある。

従来から血液の流れを知る方法としては超音波ドップラー診断装置並びに心臓血管カテーテル検査NMRC Tや様々な装置などが知られている。

最も簡便で臨床で汎用されるドプラ診断装置はプローブから発信される超音波と平行な血流の速度成分をドプラ効果によって検出しプローブに近づく速度ベクトルと遠ざかる速度ベクトルをカラーで表示するものである。しかしながら超音波探触子は通常体表面に対して垂直にたてるため皮膚と平行に走っている大部分の血管では発信されるビームと平行な血流の速度成分が小さいため血流の正確なベクトル速度表示が難しかった。このように従来の超音波ドップラー診断装置で

は血流速度ベクトルの垂直方向の速度が計測できないために血流を正確に表すことができなかった。また血管の破裂などの予想に重要な血管内圧力分布を計測する技術は現在存在しない。心臓の血管動態を把握するために重要である心臓内圧力分布を把握する方法は現在ところ全く存在しないことは自明である。

血管内の定常的な血液の流れに対しては数値シミュレーションが重要であるものと考えられるが、境界条件を選ぶのは難しく十分な計算精度の得られでないことは自明である。

そこで心臓血管系の代表的な計測手法である超音波と計算機シミュレーションの融合を試みた。超音波信号を体内に向けて放射し反射した超音波信号受信する超音波計測部と、受信した信号から心血管系の形状と血管内の血流の流速とを解析処理する解析処理部、計測された形状から計算格子を設定して血流速度圧力分布とのシミュレーションを行うシミュレーション部と解析処理部からの血流速と、シミュレーションの血流速度の誤差を計算してシミュレーションにフィードバックするフィードバック部と、フィードバック後のシミュレーション結果の血流速度分布の出力を表示する表示部を備えることを特徴とする心血管系血行動態可視化診断装置を開発する。

## B. 研究方法

臨床診断に用いられる心臓血管診断装置とスーパーコンピュータなどを駆使した計算機シミュレーションの融合を試みる。ナビエ・ストークス方程式と連続の

式ならびに圧力方程式すなわち運動方程式と圧力方程式を同時に満足する速度と圧力の反復法による求められる方程式から速度場が連続式を満足するように補正を行う。これらの方法論により流れの数値解析手法が得られることになる。流れの数値シミュレーションから現実の血流を再現するにはある時点における血流の完全な状態（初期条件）とすべての時刻における境界面での状態（境界条件）を与える必要があるがこれは現実的には全く不可能である。

数値解析法・数値シミュレーションに、実際の流れの測定データをフィードバックするものとして様々な方法論も報告されているものの、ほとんどの報告は正方形の管路内の乱流。解析だったり角柱の後方のカルマン渦の解析であったりするものである。血流に対してフィードバックすることによる誤差を減少させる方法論は様々な報告が行われているものの血流の実際の流れをシミュレーションすることへの適用や流れ方向に複数の点を取って速度に対してフィードバックするような新しい方法論により、全体の誤差を一様に減少させるような方法論についてはこれまで全く報告がない。そこで本研究では血管内や心臓内の血流の速度を正確に表示するとともに血液中圧力部分を表示できる診断装置を提供しようとするものである。この目的を達成するために本研究では超音波信号を体内の心臓血管系に向けて放射し、反射した超音波信号受信する超音波計測の部分と、受信した信号による心臓内の形状と心臓内の血流の流速とを解析すると同時に、前記の解

析処理部からの血管評価から計算格子を設定して血流速度分布のシミュレーションを行うシミュレーション部と解析処理部からの手する速度シミュレーション部からの血流速度の誤差を計算してシミュレーションにフィードバックするフィードバック部などの構成からなる、全く新しい心臓血管系の血流可視化診断装置の開発を試みた。

#### C. 研究結果

臨床診断に用いられる心臓血管診断装置である超音波診断装置ととスーパーコンピュータなどを駆使した計算機シミュレーションの融合を試み、人工心筋の最適装着部位と最適な駆動方向に関する情報が得られた。フィードバックの部分に関しては計算格子への流れ方向に存在する複数代表点に対してフィードバックを行うことが望ましいことはもちろんであり、心臓血管系の計測シミュレーション装置においては超音波計測部では超音波信号装置からの信号による人間の皮膚にあてられたプローブからの超音波パルスを送出している。送出された超音波ビームは心臓血管などで反射されたエコー信号となりプローブを介して受信装置で増幅処理して計測データを処理し、計測データ解析処理部に送られる。計測データ解析処理部ではエコー信号からの断面画像形成するための画像形成部、心臓血管系の変位を計算する心臓血管変位演算部とドプラ効果を利用して心臓血管内の血液の流速を計算する血流演算処理部があり、血流計測結果を表示している。

心臓血管内のドプラ信号により流れの1点を計測することから3次元流れ趣味レ

ーションに応用し、フィードバック信号から心臓血管系の流体を読み圧力計測を定量的に行うことができる融合型の流れシミュレーション装置が具現化したものと考えられる。

#### D. 考察

心臓血管系の動態を観察するため様々診断法が臨床応用されている。超音波心臓診断法はその代表的なものであるが、そのほかにも心プール心筋シンチグラフィ、NMRC Tさらに最近ではCTでもスライス幅を小さくし、心電図同期をかけることにより細かい心臓の動態の観察が可能になっている。

そこで現在、我々は心筋シンチグラフィによる心臓の収縮動態を解析することにより心臓の流れの観点から、人工心筋をいかに装着しいかに収縮を補助すべきかについての計算機シミュレーション解析をスタートした。

現在流体科学研究所によりスーパースーパーコンピュータシミュレーションにより収縮動態に対する解析を開始しており近日中に最適な人工心筋装着法と最適な人工心筋駆動方に関する全く新しい知見が得られるものと期待される。

#### E. 結論

開発された心臓血管動態融合シミュレーション装置は、人工心筋の装着とシミュレーションに極めて有用であるものと期待される。

#### F. 健康危険情報 なし

G。研究発表

1. *T.Hayase, K.Funamoto, K.Nisugi,  
A.Shirai, T.Yambe, Y.Saijo:  
Numericalrealization of flow by  
integrating computation and  
measurement in medical  
applications. Proceed for  
symposium on advanced fluid  
information 2002 (in CD  
rom) .2002*

H。知的財産権の出願・登録状況  
準備中

## 人工心筋制御のための血行動態ゆらぎ解析

分担研究者	久保 豊	東京女子医科大学助手
	大坂 元久	日本医科大学講師
	山田 誠	東北電子産業

研究要旨：洞調律のゆらぎである心拍変動（HRV）は自律神経のほか、神経内分泌などの調節因子とそれらの相互作用によりいわゆる“複雑な”振る舞い（complex behavior）を呈するので、これを解析することにより、心臓血管制御系に関する様々な情報が得られることになる。HRV情報などのゆらぎの解析を非線形数学理論を駆使して人工心筋の生理的制御を行うことを目指して研究を行った。ホルター心電図記録からHRV解析を行い、そのなかで平均心拍数、SDNN、HF、LF/HFおよびHurst指数について神経行動機能検査との関連性を検討した。すべての神経行動機能検査のスコアは年齢と相関を示した。UGTとKohs立方体検査は心拍のHurst指数と有意な相関がみられ、神経行動機能と心拍の複雑性の間には何らかの関連性が示唆された。このようなアプローチから高齢者の行動特性に従った生理的な人工心筋制御が具現化するものと期待される。

### A. 研究目的

わが国の急速な高齢化に伴い、高齢者医療の重要性は医学的側面のみならず社会的・経済的にも高まっている。高齢者医療では単なる疾病の治療や生命予後の改善より、QOLやADLの改善がより重要であり、かかる観点からも埋め込み型人工心筋のような社会復帰を前提とした研究開発は重要である。

心拍変動（HRV）は自律神経のほか、神経内分泌などの調節因子とそれらの相互作用によりいわゆる“複雑な”振る舞い（complex behavior）を呈する。心筋梗塞をはじめとする心疾患において、心拍変動が疾病予後・生命予後の優れた指標（線形・非線形）となりうるということが報告されてきた。また、Framingham cohortにおいて心拍変動は年齢、性、喫煙歴、糖尿病、心機能とは独立した疾病予後の指標であることも報告されている。また高齢者の認知機能や身体能力を反映しているという報告もある。

本研究計画に置ける人工心筋開発は、主として高齢心不全患者が対象になることは自明であり、かかる観点から、高齢者の心拍変動解析アルゴリズムの検討と、高次身体活動機能の関連性について検討することを目標とした。

### B. 研究方法

74歳以上の高齢者を対象とした健康調査診療のなかでHolter心電図が施行された受診者のうち、洞調律かつ期外収縮が少なく心拍変動解析が可能であった79名（男性31名、女性48名、74～91歳：平均79.6±4.6歳）を対象とし、問診・血圧・標準12誘導心電図・眼底所見などの循環機能の評価を行った。行動能力の評価のために次の項目を施行した。①歩行の安定性を評価する“Up&Go” test。②身体の柔軟性を評価するFunctional reach。③指先の巧緻運動能力を評価するButton score<sup>8</sup>。また、認知機能では言語性および記憶を評価する④Mini-mental scale (MMS) score<sup>9</sup>および⑤改訂長谷川式痴呆スケール(HDS-R)<sup>10</sup>と空間認知機能の評価法である⑥Kohs立方体検査<sup>11</sup>（以下、Kohs' test）を行った。

被験者には自由行動下で2時間ホルター心電図を装着した。ホルター心電図はフクダ電子社製SM-50で行い同社製scm-280で解析した。得られたRR時系列データはパソコンに転送し保存した。心拍変動解析は諏防トラスト社製Mem-calc CHIRAMを用いて行った。時間領域では洞調律のRR間隔(NN間隔)の平均、標準偏差(SDNN)、連続するNN間隔の差の二乗平均の平

方根(r-MSSD)、連続するNN間隔の差が50msec以上の数(NN50)を求めた。周波数解析はMEM法で行い、0.04Hz未満のVLF成分、0.04~0.15HzのLF成分、0.15~0.4HzのHF成分およびLF成分とHF成分の比LF/HFを算出した。更に新たにハースト指数計算アルゴリズムを開発し、解析を行った。白色(無相関)雑音であるとき時系列はブラウン運動となり $H=0.5$ となることが知られている。 $H \neq 0.5$ のときは非整数ブラウン運動とよばれる。 $H$ は長期記憶性を表現する指標となる。具体的には $0.5 < H < 1$ (確率過程から作り出される $H$ の上限は1である)のとき長期記憶性が存在し、 $H$ が大きいほどより大きい長期記憶性が存在し、すなわちデータが遠い過去と強い相関をもつ。また、 $H$ は一種のフラクタル次元であることが知られ、フラクタル次元を $D$ とすると $D=2-H$ の関係がある。すなわち、 $H$ が低いほど $D$ は高くなり、滑らかな変動でより強い正の自己相関をもつデータとなる。また、スペクトル解析を両対数表示したときに得られる傾き $\beta$ との間には $\beta=2H+1$ の関係がある。 $H$ の推定方法にはデータの①変動係数のスケージング(分散解析法)、②パワースペクトラムから求める方法のほか、③Rescaled range analysisによる推定法が知られている。ここではHurstが用いたRescaled range analysisを用いた。

### C. 研究結果

高齢者においても安定したゆらぎの計測が可能な症例が多く、人工心筋制御への応用の実現性が示唆された。

高齢者の場合心拍変動などのゆらぎのパラメータのうち、時間領域及び周波数領域の指標は被験者間で極めてばらつきが大きく検定が困難で在るのに対し、ハースト指数は比較的ばらつきが小さい傾向を認めた。

行動様式と心拍変動では巧緻運動能力のButton scoreが認知機能と関連が高く、様々な関連性が観測された。

心拍の複雑性を説明する指標 $H$ をStep-wise regressionで解析した。年齢、性、心拍数、SDNN、 $H$ 、HF、LF/HF 認知機能、運動能力を説明変数とした。その結果HF、“Up&Go” test、Kohs' testが有意な関連性を示した。

### D. 考察

個人の需要に合わせた人工心筋の駆動制御が肝要と思われるが、運動能力、認知機能は年齢とともに低下する。これらの機能は生命予後だけでなく、QOLやAIDLともに関係が深い。また、心拍変動の時間領域、周波数領域の指標のうちいくつかは運動能力、認知機能と弱い相関を認めたが、Snp-wise regressionでは有識な関連性を見出せなかった。心拍変動は加齢により低下すること昨以前から知られており、心拍変動の時間領域、周波数領域の指標と運動能力、認知機能との関連性は両者が加齢と相関するために表面上認められるものにすぎないと考えられる。

しかしながら、Hurst指数が、運動能力、認知機能との関連性を認めたことは注目すべき点である。これらの関連性を直接結びつける根拠は不明である。

Framinghamcohortでは、心拍変動は年齢、性、喫煙歴、糖尿性、心機能とは独立した疾病予後の指標であることが報告されているが、明らかな心疾患患者は除外されており、また突然死もみられなかったことから、自律神経活動の不均衡による不整脈死は考えにくいとしており、その機序としてサブクリニカルな心疾患の存在が自律神経に影響を及ぼしている可能性やレニン・アンジオテンシン系のような自律神経以外の何かが心拍変動へ影響を及ぼしている可能性を想定している。

これらの知見は、人工心筋の制御系を考察する上で重要であるものと考えられる。本研究からは大脳高次機能が自律神経や神経内分泌機能を介して心拍制御あるいは心血管系のコンディショニングに影響を及ぼしている可能性も示唆される。しかしながらこれまでの心拍変動の指標はいずれも時間領域・周波数領域の線形解析であり、今後の検討が必要である。

### E. 結論

ゆらぎの複雑性と行動能力の一部や非言語性認知機能との関連性が示唆された。その機序は不明であるが、これらの能力・機能はゆらぎの介して循環調節を担っている可能性があり、人工心筋のような循環制御系とは独立したファクターを生体の心臓血管系のダイナミクスに協



調的に参加させるためにはこの方向性のアプローチはますます肝要になるものと期待される。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表

1. 久保豊、村上省吾、松岡治、生沼幸子、山中崇、品川亮、大塚邦明、大川真一郎、松林公蔵、和田泰二、矢野明紀、川田浩：老年者の機能評価と心拍変動の関連性について、Therap Res 23; 1889-1895, 2002.

H. 知的財産権の出願 準備中

厚生労働科学研究費補助金（萌芽的先端医療技術推進研究事業）  
分担研究報告書

ナノテク人工心筋のための経皮エネルギー伝送システム開発

分担研究者 松木 英敏 東北大学大学院工学研究科教授  
佐藤 文博 東北大学大学院工学研究科助手

研究要旨：ナノテクを応用して体内に埋め込める超小型人工心筋を実現するためには、経皮的に体外から体内へ駆動電力を伝達する方法が必須となる。本研究では安定した経皮電力伝送装置の基礎的なシステムを構築する事を目的とし研究を行い、世界最高レベルのエネルギー伝送を具現化した。

#### A. 目的

ナノテクを応用して体内に埋め込める超小型人工心筋実現のためには、システムとして、心筋の駆動電力を体外から体内へ伝達する経皮的電力伝送装置が必要不可欠となる。これは無論、体内外が非接触に結合するのは勿論、身体動作時における外乱の影響による伝送電力劣化といった事態を避けなければならない。

本研究においては、体内外を結合させるものとして、平面渦巻型に配置した経皮トランスを一組用い、その電磁誘導作用によって電力を伝達する方法を想定した。非接触で電力を伝送する事により、有線時における感染症等の影響を避ける事が可能となる。

平面型コイルの実使用を想定した場合、コイル対の相対的位置ずれは勿論、コイル間距離が不定期に変化し、伝送電力系全体の電氣的パラメータが随時変化するといった事が予想される。これにより、必要電力が供給できないといった、不測の事態も起こりえる事が予想される。

本システムの最大の目的は、装着レピシエントに意識させる事なく、安定した

電力を供給する事である。つまり、電氣的な補償制御装置を開発、組み込む事で、完全埋め込み型人工心筋の実現が飛躍的に高まるものと思われる。

本研究では相対するコイル間の位置ずれ、コイル間隔変化に伴って起こる、電氣的インピーダンスの不整合を自動的に調整するシステムを盛り込んだ経皮電力伝送装置の基礎検討を行った。これは電力伝送周波数を適宜変化させて、電力効率の改善を自動的に行うものである。また併せて伝送コイルの小型化についても検討を行っている。

本装置は体外側のみの応答で処理が可能であり、率いては心筋駆動用電源の小容量化、小型化にも貢献できるシステムであると考えられる。

#### B. 研究方法

レピシエントへの侵襲を減らすために、我々は従来の外形 80mm、内径 40mm のコイルに替わり、外形 60mm、内径 30mm のコイルを製作し、評価を行った。使用した磁性体コアは平面のフェライトコアおよび、アモルファス磁性線コアである。なお、

フェライトコアはレピシエントの体形や動きの合わせ変形できるように、16個のチップに切り分け、フィルムを用いて接着している。またこの方法はコアに流れる渦電流の閉路の面積を小さくできるので渦電流損を小さくする狙いもある。また、コイルは0.1mmのエナメル線を128本よりとしたリッツ線を2層で20回巻いた。LCRハイテスタを用いて自己インダクタンス、結合係数そして相互インダクタンスをさまざまな周波数について測定した。自己インダクタンスは21 $\mu$ H、結合係数はコイル間ギャップが0mmから20mmにおいて、0.78から0.22であった。体内でのコイルおよび各コアの発熱を見積もるために、2次電力を30W一定にしたときの温度上昇を、恒温槽を用いて300kHz、400kHzにおいて測定した。いずれの周波数においてもフェライトコアを使用したほうが温度上昇を小さくできることを示した。

周波数制御による力率制御はレピシエントの動きや体形の変化により1次および2次コイルの距離が変化したとしても安定した電力伝送ができるようにするものである。経皮的電力伝送トランスは漏れインダクタンスが大きく、1次側に直列にコンデンサを挿入し力率を改善する。力率が1のとき2次側ほぼ最大の電力を送ることができる。しかしその力率が1の点は結合係数の関数である。つまりコイル間ギャップの変化により結合係数が変化すると最適に調整された伝送特性はずれ、2次電力は大きく低下する。力率改善コンデンサを指し換えることはできない。我々が制御できるのはインバーター

の周波数である。そこで我々は周波数による制御方法を検討するための実験を行った。周波数を可変できる発信機と電力増幅器を用いて正弦波を印加した。1次側にコンデンサを直列に挿入し、2次側に10オームの純抵抗を負荷した。電流は0.2オームのシャント抵抗を1次側に挿入し、オシロスコープで1次電圧との位相差を観測した。このときフェライトコアを使用した。

周波数を掃引すると位相差は徐々に変化し力率1の周波数を観測する。この方法によりコイル間ギャップをパラメータとした1次電圧と1次電流の周波数対位相特性を知ることができる。また、同様の実験を2次側に整流回路を用いた場合についても行った。

### C. 研究結果

新たに製作した小型コイルを用いても高周波数化することにより30Wの電力を伝送できることを確認できた。フェライトコアを用いたほうが効率発熱の点で有利であることがわかった。コイルの各パラメータは周波数依存性がなく、我々が考えている使用範囲では線形として扱ってよいことがわかった。

周波数対位相特性は周波数をあげるにつれ電圧に対して電流が+90度の進み位相から-90度の遅れ位相まで単調に変化することがわかった。また力率1を与える周波数はギャップ増加すると、結合係数が小さくなると、減少していくことがわかった。

これは理論式が教えるところとよく一致している。また整流回路を用いた場合

でも多少位相変化が緩やかになるが同様の变化を示した。

#### D. 考察

周波数対位相特性の測定結果から位相差は周波数に対し単調に減少しているので位相差を検出し、進み位相である場合には周波数を上げる制御、遅れ位相である場合には周波数を下げる制御を行えば自動的に力率を1にロックできる。結果的にはギャップが増加すれば周波数は減少する制御となる。

これを実現する手段として PLLIC を用いることが考えられる。PLLIC は電流と電圧の位相比較を行い、位相差を電圧として出力する。ローパスフィルターで高調波成分を取り除いた後、誤差増幅器に入力される。

誤差増幅器の出力は電圧制御発振器に入力される。誤差増幅器は基準電圧と位相比較器の出力電圧の差を増幅する。したがって基準電圧と位相比較器の出力の差を0とするようなループが形成される。これにより力率を1に制御できる。また2次側で最大電力が得られる1次側の電圧と電流の位相差は若干進み位相となることが考えられる。これは2次側の漏れインダクタンスと負荷抵抗がローパスフィルターを形成するためで力率1を与える周波数よりも少し小さい周波数で最大電力を得る。したがってあらかじめこのずれを見積もって、基準電圧にオフセットをかければより大きな電力を送電できると考えられる。

#### E. 結論

従来のものより面積で44%小さいコイ

ルでも目標の30Wの電力が送れることを確認した。これによりレピシエントの負担少なくてできるものと考えられる。

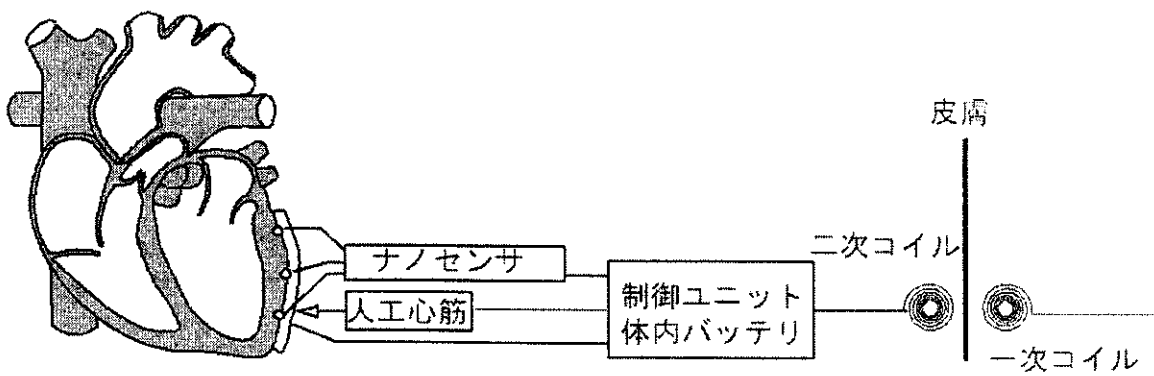
周波数制御による力率制御の検討では実験により位相変化が単調であることから制御可能であることを示した。この方法により、安定した電力伝送が2次側から、つまりは体内からのフィードバックなしで実現できるものと考えられる。

#### F. 健康危険情報 なし

#### G. 研究発表

1. T. Yambe, S. Shiraishi, M. Yoshizawa, A. Tanaka, K. Abe, F. Sato, H. Matsuki, Y. Haga, S. Maruyama, T. Takagi, Y. Luo, E. Okamoto, Y. Kubo, M. Osaka, S. Nanka, Y. Saijo, Y. Mibiki, T. Yamaguchi, M. Shibata, S. Nitta: Artificial myocardium with an artificial baroreflex system using nano technology. Biomed & Pharmacother 2003 (in press)

#### H. 知的財産権の出願・登録状況 準備中



発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
T.Yambe, M.Yoshizawa, A.Tanaka, K.Abe S.Kawano, H.Matsuki, S.Maruyama, S.Amae, N.Wada, T.Kamiyama, T.Takagi, Y.Luo, J.Hayashi, Y.A.Kovalev, DXA Sha, S.Nanka, Y.Saijo, Y.Mibiki, M.Shibata, S.Nitta	Recent progress in artificial organ research at Tohoku University	Artif Organs	27	2~7	2003
T.Yambe, S.Nanka, S.Naganuma, S.Kobayashi, S.Nitta, T.Fukuju, N.Uchida, K.Tabayashi, A.Tanaka, K.Abe, H.Takayasu, and H.Takeda.	Correlation dimension of the artificial Circulation	JArtif Organs	5	1~5	2002
T.Yambe, M.Yoshizawa, R.Taira, A.Tanaka, K.Tabayashi, H.Sasada, S.Nitta	Chaos attractors of ventricular elastance to evaluate cardiac performance	Artif Organs	27	104-107	2003
T.Yambe, M.Yoshizawa, A.Tanaka, K.Abe, K.Tabayashi, S.Nitta	Nonlinear dynamical analysis of the hemodynamic behaviors during the virtual reality immersion	Biomed Pharmacother	56	367-369	2002
T.Yambe, M.Yoshizawa, S.Nanka, A.Tanaka, K.Abe, K.Tabayashi, H.Takeda, S.Nitta	Development of new diagnosis tool for evaluating autonomic function during virtual reality immersion	Jpn J Applied Physiology.	32	255-258	2002
S.Kawano, T.Isoyama, S.Kobayashi, H.Arai, K.Takiura, I.Saito, T.Chinzei, Y.Abe, T.Yambe, S.Nitta, K.Imachi, H.Hashimoto	Miniature vibrating flow blood pump using a cross-slider mechanism for external shunt catheter	Artif Organs	27	73-77	2003
T.Kato, S.Kawano, K.Nakahasi, T.Yambe, S.Nitta, H.Hashimoto.	Computational flow visualization in vibrating flow pump type artificial heart by unstructured Grid	Artif Organ	27	41-48	2003

Paul S. Olegario, M. Yoshizawa, A. Tanaka, K. Abe, H. Takeda, T. Yambe, S. Nitta.	Outflow control for avoiding atrial suction in a continuous flow total artificial heart	Artif Organ	27	93-98	2003
A. Tanaka, M. Yoshizawa, K. Abe, H. Takeda, T. Yambe, S. Nitta	In vivo test of pressure head and flow rate estimation in a continuous flow artificial heart	Artif Organ	27	99-103	2003
山家智之	21世紀COE:バイオナノテクノロジー—基盤未来医工学—加齢医学研究所におけるナノテク医工学研究の新展開を目指して—	加齢医学研究所雑誌	54(3)	79-92	2003
西條芳文	超音波による心血管系の組織診断	加齢医学研究所雑誌	54(3)	93-105	2003
劉紅箭、山家智之、南家俊介、田中明、富永良一、仁田新一:	AQ(Acoustic Quantification) 法による一回拍出量と心拍変動のゆらぎ解析	加齢医学研究所雑誌	54(3)	107-121	2003
南家俊介	完全人工心臓制御のための覚醒下迷走神経活動電位の定量的解析	加齢医学研究所雑誌	54(3)	123-140	2003
三引義明	左心補助循環時の心筋組織血流量の検討 —振動流ポンプ、定常流ポンプ、拍動流ポンプの比較—	加齢医学研究所雑誌	54(3)	141-153	2003
宮川利史	動脈瘤の超音波組織性状診断	加齢医学研究所雑誌	54(3)	155-167	2003
段旭東	視聴覚刺激が生体の自律神経機能に及ぼす影響	加齢医学研究所雑誌	54(3)	169-193	2003
尾添明之	無拍動流両心バイパスの血圧反射制御と血圧のゆらぎに関する研究	加齢医学研究所雑誌	54(3)	195-215	2003

20020758

以降は雑誌/図書に掲載された論文となりますので、  
P.71- P.72の「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。