



Title	電気音響変換器のベクトル・パワーに関する研究
Author(s)	熊本, 芳朗
Citation	大阪大学, 1966, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28945
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名・(本籍)	熊	本	芳	朗
	くま	もと	よし	ろう
学位の種類	工	学	博	士
学位記番号	第	8 4 4	号	
学位授与の日付	昭和 41 年 1 月 27 日			
学位授与の要件	工学研究科通信工学専攻			
	学位規則第 5 条第 1 項該当			
学位論文題目	電気音響変換器のベクトル・パワーに関する研究			
論文審査委員	(主査) 教授 加藤 金正			
	(副査) 教授 熊谷 三郎 教授 笠原 芳郎 教授 青柳 健次 教授 板倉 清保 教授 牧本 利夫 教授 藤沢 和男 教授 栗谷 丈夫			

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、可逆型電気音響変換器に対して、その四端子網表示、ベクトル・パワーの関係についての研究結果をまとめたものであって 6 章よりなっている。

第 1 章は緒論であって、電気音響変換器の四端子等価回路の有用性とその等価回路の具備すべき条件を明らかにし、本研究の目的と地位を明確にしている。

第 2 章においては、電気音響変換器と同じインピーダンス特性を有する、電気的回路要素のみより構成された電気回路の実現が不可能であると言われていたが、この様な特性を有する電気回路が構成できる事を示している。すなわち、従来なされて来た電気音響（機械）変換器の四端子回路網表示についての研究では、変換器自体を black-box と見なし、電気端子および機械端子にて測定可能な量にのみ着目して解析を行なっているが、本論文においては磁歪変換器を例にあげて、その電気・機械エネルギー変換の過程において、磁気エネルギーが両者間の仲介として存在することを示し、これより他の電磁型変換器、更に静電型変換器（圧電、電歪変換器を含む）においても同様な仲介回路が存在することを述べて、この様な思想により構成された等価回路においては、上述の通り、電気音響変換器と同様のインピーダンス特性を得られることを示し、電気音響変換器の基本方程式に表われる各係数の物理的意味を考察している。

第 3 章においては、電磁型変換器について考えられる二・三種類の等価回路を誘導し、それらの等価回路について、負荷を表わす要素に消費される勢力と実際の変換器に接続された負荷で消費される勢力を比較し、この結果、負荷に消費される勢力をも忠実に表わす等価回路は唯一つしか存在しない、次いで Lagrange-Maxwell の方程式を用い変換器の仲介回路で消費される勢力求め、これと

第2章で得た基本等価回路の中の磁気回路で消費される勢力とが一致することを述べている。電気音響変換器に消費されるベクトル・パワーの中で、従来の考えでは、機械的に消費されるパワーであるとされていた部分に、磁気的ベクトル・パワーとして消費されるものが含まれていた事を明らかにし、また電気ベクトル・パワーに連続な機械ベクトル・パワーの形は電気音響変換器の種類により異なることを示している。

第4章では、電気音響変換器内部で消費されるベクトル・パワーをも考慮した変換器の合理的な等価回路を提示している。すなわち電気音響変換器の等価回路は、既に多くの研究がなされているが、これらの考察は変換器の基本方程式のみを出発点としているため、上述のパワーの関係にまで言及しているものがなかった。ここでは基本方程式より出発した等価回路では各種類の変換器のそれぞれに、大別して二種類の電気・機械結合が与えられるため、電気・機械間で連続なベクトル・パワーが一義的に与えられない事を示し、これら等価回路の中で最も合理的なものを指定すると共に、残った等価回路について、その問題点を指摘している。その結果、変換器の制動インピーダンスの中で純電気的な量を差引いた値、力係数及び負スチフネスは独立要素として取り扱う事はできず、電磁型変換器では、これらの値をそれぞれ一次インピーダンス、相互インピーダンス、二次自己インピーダンスとする変成器、静電型変換器では同じくジャイレーターとなることを述べて、上述の二種類の電気・機械結合の相互の関係を明確にした。

第5章においては、第4章まで述べた結論を二・三の例について応用している。

先ず機械的に消費されるベクトル・パワーが確定したため、これに従った新しい電気機械変換能率を定義している。この新しい定義により、従来の電気機械変換能率の測定においては、これが、1を越えると言う不合理があったが、新定義ではこの不合理が生じない事を確認し、従来の電気機械変換能率と新しい変換能率との関係を述べ、測定によってこの変換能率を求める方法を明らかにした。

次いで、前章までに述べた考察はすべて理想変換器を対象として来たが、渦電流等のある一般的な変換器についても検討を行なう必要があるから、ここでは渦電流による磁場又は電界と機械振動系との結合を考慮することにより、複数個の理想変換器の直列接続と表わせることを示している。

更に、本章までは電気音響変換器の機械回路は集中定数として取り扱って来たが、超音波発生用の変換器等においては、機械系は分布定数線路として解析しなければならない。すなわち本論文の思想を、この様な等価回路に拡張し、集中定数で論じた事柄が同様に成立することを述べている。

第6章は結論で、研究成果の概要を述べている。

以上述べたように、本論文では電気音響変換器のある型のものについては、そのエネルギー変換の過程に仲介の段階のあることを明らかにし、このような電気音響変換器の各部分で消費される勢力を明確にしている。これに基づいて、電気音響変換器における電気・機械結合の形式を示し、変換器の電気・音響端子間で連続なベクトル・パワーの形について言及しており、これら変換器は機械ベクトル・パワーの形式より分類する事のできる事を示している。また電気音響変換器の電気ならびに機械インピーダンス特性のみならず、各端子での物理量をも正確に代表し得る等価回路を提示していて、これらの結果は、電気音響変換器により変換された音響エネルギーを動力として利用している機器の発展に寄与し得るものと考える。

論文の審査結果の要旨

本論文は可逆型電気音響変換器の四端子網表示およびその入出力のベクトル・パワーの関係についての研究結果をまとめたもので 6 章からなる。

第 1 章は緒論で、電気音響変換器の四端子等価回路の有用性と等価回路の具備すべき条件を明らかにし、本研究の目的と地位とを明確にしている。

第 2 章では、電気的回路要素のみから構成された電気回路では、そのインピーダンス特性を電気音響変換器のインピーダンス特性に等しからしめることは不可能であると言われていたが、このような特性を有する電気回路を構成することができることを示している。

すなわち、電気音響（または電気機械）変換器の四端子回路網表示についての研究では、従来変換器自体を black-box と見なし、電気端子および機械端子にて測定可能な量にのみ着目して解析を行なっているが、本論文では磁歪変換器を例にあげ、その電気・機械エネルギー変換の過程において、磁気エネルギーが両者間の仲介として存在することを示し、電磁型変換器、静電型変換器（圧電、電歪変換器を含む）でも同様な仲介回路が存在することを述べ、この考え方に基づいて構成された等価回路は電気音響変換器と全く同様のインピーダンス特性を有することを理論および実験的に確認し、電気音響変換器の基本式に現われる各係数の物理的意味を考察している。

第 3 章では、電磁型変換器について考えられる四種類の等価回路を誘導し、それらの等価回路にて、負荷を表わす要素に消費されるパワーと負荷で消費される実際のパワーとを比較し、負荷に消費されるパワーをも忠実に表わす等価回路は唯一しか存在しないことを指摘している。ついで Lagrange-Maxwell の方程式を用い変換器の磁気回路で消費されるパワーを求め、これと第二章で得た基本等価回路の中の磁気回路で消費されるパワーとが一致することを述べている。以上の考察の結果電気音響変換器内で消費されるベクトル・パワーの中で、これまでには機械的に消費されるパワーであるとされていた部分に、磁気的ベクトル・パワーとして消費されるものが含まれていたことを明らかにし、また電気ベクトル・パワーに連続な機械ベクトル・パワーの形は変換器の種類により異なることを示している。

第四章では、電気音響変換器内部で消費されるベクトル・パワーをも考慮した変換器の合理的な等価回路を提示している。すなわち電気音響変換器の等価回路についての従来の考察は、変換器の基本式のみに依存し、上述のパワーの関係にまで及んでいない。本章では、基本式より出発した等価回路には二種類の電気・機械結合が考えられるから、電気・機械間で連続なベクトル・パワーは一義的に与えられないことを示し、これら等価回路の中で最も合理的なものを指定し、その他の等価回路については、その問題点を指摘している。また変換器の制動インピーダンス（変換機構に関与しないインピーダンスを除く），力係数および負スチフネスの三つの量は独立要素として取り扱うことはできないことを指摘している。電磁型変換器ではこれらの値をそれぞれ一次自己インピーダンス、相互インピーダンス、二次自己インピーダンスとする変成器結合となり、静電型変換器ではジャイレータ結

合となることを述べて、上述の二種類の電気・機械・機械結合の相互の関係を論じている。

第5章では、第4章までの結果の応用例を示している。すなわち、機械的に消費されるベクトル・パワーが確定したから、これに従う新しい電気機械変換能率を定義している。従来の考え方では電気機械変換能率が1を越えるという不合理な事も起り得ることになるが、新定義ではかかる不合理は生じないことを確認し従来の変換能率と新しい変換能率との関係を述べ、新しい変換能率の測定方法を述べている。

前章までの考察は理想変換器についてであるが渦電流等のある一般的な変換器についても検討を行ない、渦電流による磁界または電界と機械振動系との結合を考慮することにより、かかる変換器の等価回路は複数個の理想変換器の直列接続で表わされることを示している。

以上は電気音響変換器の機械系を集中定数系として取扱ってきたが、超音波発生用の変換器では、機械系は分布定数系として解析しなければならない。前章までの考え方を分布定数機械系の変換器の等価回路に拡張して考察している。

第6章は結論で、研究成果を要約したものである。

本論文における研究業績はつぎのように要約される。

- (1) 電気音響変換器（一部の例外を除く）では、エネルギー変換の過程に仲介の段階のあることを明らかにし、変換器の各部分で消費されるパワーを明確にした。
- (2) 電気回路素子のみにて、電気音響変換器の入力インピーダンス特性（任意の偏角を有する）と同様のインピーダンス特性を有する電気回路を実現しうることを実証した。
- (3) 一つの変換器に対して形式的には数種類の等価回路が成立するが、変換器の各部で消費されるパワーを正確に代表する等価回路は、これらの中の一つであることを明らかにし、各形式の変換器に対しそれぞれ合理的な等価回路を明確にした。
- (4) 変換器の電気・音響端子間で連続なるベクトル・パワーを規定し、変換器の端子間で連続なるベクトル・パワーの形は変換器の形式によって異なることを明らかにした。
- (5) 従来の能率計算方法の不合理性を修正した能率計算方法を確立した。

以上のように本論文は電気音響変換器の理論および設計の両面に対して貢献するところ大であり、博士論文として価値あるものと認める。