

Title	軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログとその電子管の問題への応用に関する研究
Author(s)	浜田, 博
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28435
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 6 】

氏名・(本籍)	浜田博
学位の種類	工学博士
学位記番号	第 308 号
学位授与の日付	昭和 37 年 3 月 26 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	軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路 網アナログとその電子管の問題への応用に関する研究 (主査)
論文審査委員	教授 菅田 栄治 (副査) 教授 熊谷 三郎 教授 青柳 健次 教授 板倉 清保 教授 笠原 芳郎 教授 喜田村善一 教授 宮脇 一男 教授 松尾 幸人 教授 加藤 金正 教授 牧本 利夫

論文内容の要旨

本論文は、筆者が大阪大学大学院工学研究科博士課程（通信工学専攻）に在学中、通信工学科菅田研究室（現在は電子工学科に所属）において行った研究の成果をまとめたもので、本文は第 1 編と第 2 編より成っている。

第 1 編においては、軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログとそれに関連した計算技術に関する研究について述べ、6 章より成っている。

第 1 章 緒論

本章においては、まず、ポアソンの方程式を解くための計算方式として、抵抗回路網アナログのすぐれている点を明らかにし、ついでその歴史的発展経過を述べ、最後に従来のこの装置に存在した問題点をあげて本研究の目的を明確にしている。

第 2 章 軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログの基礎理論

本章においては、まず軸対称形のポアソンの方程式を近似する差分方程式を、軸外の点に対してはテラ展開の仕方に応じて 2 種類、軸上の点に対しては 1 種類導出し、ついでそれらの差分方程式を等価的に表現する抵抗回路を求めて軸対称形抵抗回路網アナログの設計の基礎を与え、さらにこれらの抵抗回路に対して二通りの物理的解釈を与えている。

第 3 章 軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログの設計理論

本章においては、第 2 章で得た 3 種類の抵抗回路の組合せによる軸対称形抵抗回路網の構成法を述べて設計に必要な関係式を与え、つぎにこの構成法による軸対称形抵抗回路網が他の研究者のそれに比較してすぐれている理由を明らかにし、最後に回路網が有限の大きさであることに起因する縁辺効果を減小する方法について述べている。

第 4 章 抵抗回路網アナログにおいて用いられる諸技術

本章においては、等電位の境界の抵抗回路網における構成の問題点を明らかにし、これは筆者の考案した電流供給による抵抗の誤差の補正法により解決できることを述べ、さらに解の精度の低下を招くことなく電流供給数を減小する筆者考案の一つおき電流供給法について述べている。

第5章 試作した装置に関する説明

本章においては、第3章の理論に基づいて筆者の試作した軸対称形抵抗回路網アナログについて、各部の詳細を述べ、その取り扱い方法を説明している。

第6章 結論

本章においては、第1編の研究成果のうち特に重要と思われるものを総括するとともに抵抗回路網アナログの将来の課題について述べている。

第2編においては、抵抗回路網アナログを用いて電子管の空間電荷問題を解く場合の解法とその応用例のいくつかについて述べ、4章より成っている。

第1章 緒論

本章においては、電子管の空間電荷問題に対するアナログ的解法の必要性を論じ、従来開発されてきたアナログ装置のうちでも第1編で取り扱った抵抗回路網アナログがすぐれている点を明らかにし、さらに電子管の空間電荷問題のなかで、特に重要な空間電荷制限状態の問題に対する抵抗回路網アナログによる従来の解法の問題点を述べて、本研究の目的を明確にしている。

第2章 抵抗回路網アナログによる電子管の問題の解法

本章においては、まず電子管中における電子の動作を支配する基礎方程式を説明し、ついで抵抗回路網アナログを用いてこれらの方程式を空間電荷制限状態の下で解く場合の解法を与え、さらにその解法を実際に適用するに当たって問題となる具体的な計算法を示している。

第3章 抵抗回路網アナログの電子管の問題に対する応用例

本章においては、第2章の解法の妥当性および解の精度を検討するために、理論的に正確な解の判明している空間電荷問題にこの解法を適用した結果について述べ、さらに超高周波電子管の電子銃として実用されている収束形ピアス電子銃にこの解法を適用してその電子銃の特性を考察している。

第4章 結論

本章においては、第2編の研究成果のうち特に重要なものを総括して述べるとともに、抵抗回路網アナログの電子管の問題への応用に関する将来の課題について述べている。

論文の審査結果の要旨

本論文は軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログとその電子管問題への応用に関する研究結果をまとめたもので、内容梗概と序、本文（第1編6章、第2編4章）と結論よりなる。

序においては、まず電子管の諸問題ことに空間電荷効果の無視できないような問題を解くにあたって、抵抗回路網アナログを使用する方法が、他の方法に比較してどのような利点をもっており、またいかに有用であるかを説明し、この装置ならびにその電子管問題への応用に関する従来の研究状況を述べて、本論文の対象とする諸問題の所在を明らかにしている。

第1編は軸対称形のポアッソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログ装置の構成理論と設計およびその応用技術と著者が試作した装置について述べたものである。

第1章は第1編の緒論である。電子管の分野において、解析が困難であるとしてなおざりにされていたような問題も、比較的容易に解くことができるという利点をもっているにもかかわらず、従来開発された軸対称形抵抗回路網アナログがあまり実用されなかったのは、その解の精度が十分でなかったためである。著者はその原因が装置自体に関する理論および装置を操作するための技術の不備にあったことを指摘して、本編で扱う著者の研究の意義を明らかにしている。

第2章は軸対称形のポアッソンの方程式を解くための抵抗回路網構成に関する基礎理論をのべたものである。従来の回路網構成理論は、同じような目的に使われるアナログ装置としての傾斜形電解槽から出発する物理的なモデルによるものであるが厳密さを欠く。著者はまずポアッソンの方程式に等価な差分方程式を導いた後、これを抵抗回路によって等価的に表現するという数学的な方法で回路網の構成に関する基礎理論を展開している。

第3章は軸対称形ポアッソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログ装置の設計について述べたものである。前章で著者は軸外領域に対して2種軸を含む領域に対して1種の基本回路を導いた。それらをいかに選択して目的とする装置を構成するかという点を検討して、軸から径方向第1番目のメッシュ・ポイントには逆数関数形、また第2番目以上のメッシュ・ポイントには対数関数形の径方向抵抗素子をもつ各基本回路を、軸を含む基本回路と組み合わせるのが最も適当であると結論して、このような形式の回路網アナログの構成に必要な設計式を導いている。

そして著者の装置と、Liebmann や Hechtel などが発表しているものと解の精度について理論的に比較検討し、著者の装置が優れている点を明らかにするとともに、同心2球間のラプラス解についてこの点を実験的に裏付けている。

第4章は抵抗回路網を使用するにあたって有用ないくつかの基本的操作技術について述べたものである。まず境界構成にあたって、境界の形がメッシュ・ポイントの上を通らないような場合に、従来用いられてきた境界構成法による解の誤差の因果関係を論じ、解の精度を向上させるための問題点を明らかにしている。

つぎに回路網を構成する抵抗素子自身に誤差があるときに、これをメッシュ・ポイントへの電流供給によって補正する方法を述べている。一方、このアナログ装置でポアッソンの方程式を解くにはメッシュ・ポイントへ電流を供給して、その強制項を模擬するのであるが、モデルを大きくとって得られる解の精度の高いことを期待しようとするれば、メッシュ・ポイント数が多くなって、操作に要する労力は加速度的に増加する。著者は一つおきにメッシュ・ポイントに電流を供給してこの問題の解決をはかることを考え、解の精度低下をまねくことなしに労力を半減する方法の確立に成功している。

第5章はさきに説明した設計理論にもとづいて、著者が実際に試作した抵抗回路網アナログおよびその附属装置を説明したものである。

第6章は第1編の結論であり、本編で説明した研究結果の主要な点を要約してある。

第2編は抵抗回路網アナログを電子管問題、特に空間電荷制限状態の問題への応用研究をまとめたもので、解法とこの解法の妥当性ないしはそれによる解の精度などの検討および実際問題への応用例について述べてある。

第1章は本編の緒論である。電子管内の問題を解析する装置として、抵抗回路網アナログがゴム膜モデルや電解槽に比べ、精度および特に空間電荷を考慮する場合における取扱いの容易さという両面ではかに優れていることを明らかにしている。

第2章は抵抗回路網アナログによる電子管問題の解法について述べたものである。電子管内の現象は電子の運動方程式、ポアソンの方程式、電流連続の式によって記述され、問題の解決にはこれらを連立させて解くことが必要になる。この際、抵抗回路網アナログ自体はポアソンの方程式を解くのに利用するのであるが、その強制項にあたる空間電荷密度の分布が前記のように電子の運動方程式や電流連続の式によって表現されていて、直接には座標の陽関数の形で与えられていない、いわば未知の量である。従って逐次近似法などによって問題の解決をはからねばならぬ。一方、逐次近似のやり方は最終的な解の精度が高いことが要求されるとともに、収束も速く操作に要する労力と時間ができるだけ少ないものでなければならない。著者は最も複雑で解決の難しい空間電荷制限状態にある陰極近傍の空間電荷伝導問題に応用してさえ、2ないし3回の近似操作でほとんど正確な解の期待できるような極めて収束の速い逐次近似法を提案している。この方法は陰極表面上で放出電流密度が一定でなく場所によって異なるいわゆる「縞効果」のある場合に対しても利用できる点で極めて有用である。また、電子軌道が交叉するような領域における抵抗回路網のメッシュ・ポイント供給すべき電流の決定に関しては従来明らかにされていなかったが、著者はこの点に関しても具体的な方法を確立し、供給電流を算出すべき計算式を誘導している。

第3章は前章で述べた各種の方法を実際に応用して、いくつかの代表的な空間電荷伝導問題を抵抗回路網アナログを使って解いた結果について述べたものである。

まず著者は同軸円筒2極管及び同心球2極管内の電子軌道は直線であることがわかっているから、これと比較して前章で述べた解法の妥当性および抵抗回路網アナログによる解の精度を検討しているが、これによれば、第3近似で電位分布の誤差は最大0.3%、パービアンスの誤差は約5%になることを確めている。

つぎにピアスの方法によって設計された電子銃で陽性にビームを通すための開口を設けない場合の問題を例題として取り上げ検討し、電子軌道および電位分布はともに第3近似で最終値に達すること、パービアンスは第2近似で収束することを示している。

最後に実用的な例題として、陽極にビームを取り出すための開口を設けたピアス形電子銃の動作を解析した結果、 $1\mu\text{a}/\text{v}^2$ 程度の収束形ピアス電子銃では、電子流はほぼラミナー性を保持しており、陰極面上の放出電流密度もほとんど均一とみなされるが、全放出電流は陽極開口を設けたことによって設計値の約20%減少することが明らかになった。このように定量的な結論の得られることは、電子管の設計にあたって本装置および著者の開発した技法が有力な武器として利用されることを示している。なおこれらのピアス形電子銃の電極形状は、著者がピアスの方法を参照して抵抗回路網アナログを使った直接的な方法で決定したものであるが、その方法は、電解槽法とは異なり、曲線的に流動する電子ビームを射出する電子銃の設計にも応用できる点で、一層有力な方法と考えられる。

第4章は第2編の結論で、本編で得た研究結果の重要なものを要約している。

以上述べたように著者は軸対称形のポアソンの方程式を解くための抵抗回路網アナログおよびその電子管問題への応用について幾多の新しい研究成果をあげ、電子工学の発展に寄与するところはまことに大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。