

Title	分布定数回路網構成に関する研究
Author(s)	石井, 順也
Citation	
Issue Date	
Text Version	none
URL	http://hdl.handle.net/11094/28177
DOI	
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

【 3 】

氏名・(本籍)	石 井 順 也 いし い じゆん や
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	第 1 4 号
学位授与の日付	昭 和 34 年 2 月 13 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	分布定数回路網構成に関する研究
	(主 査) (副 査)
論文審査委員	教授 笠原 芳郎 教授 熊谷 三郎 教授 園田 忍

論 文 内 容 の 要 旨

近時通信量の増大に伴って搬送電話回線網は極超短波帯にまで拡張されることが要求されている。中継線網としてだけでなくレーダ，測定技術其の他の各方面で極超短波回路網理論の発展が切望されている。このような回路網は分布定数をもつものとそうでないものとに分けられるが本論文は前者に関する諸問題を取扱っている。他方マイクロ波以外の応用として，雑音のあるサンプリング系（パルス通信又はサンプリングサーボ等）においては信号対雑音比の改善のために遅延素子による特殊な回路の設計理論が必要であり，最近特にこの問題が取り上げられている。本論文はこのような問題への一つの解答をも与えるものである。

さて分布定数をもつ濾波回路網，分波器及び方向性結合器等の設計理論は，これ等が集中定数回路とは異った特殊な取り扱いを必要とするのでその発展が相当遅れていた。従来は必ずしも近似度のよくない理論で満足せざるを得なかったものである。然るに1948年 Richards が米国無線学会雑誌（IRE）に発表した理論は分布定数回路網構成のための Key Theorem を提起しているのである。これは海外では集中定数回路網構成への1つの応用に使用されたのであるが我が国ではこの理論を基礎として分布定数回路網構成の発展的研究が行われた。その概要は本論文の第1編において若干述べられているが，然しどうしても集中定数回路網の類似的適用では解決できない問題が残っている。本論文はこれらの問題を解決するための研究をまとめたものである。全4編より成り各編の要旨を述べると以下の如くである。

1. 第 1 編

本編では，本論文で取り扱う分布定数回路網の基本的な性質の説明，若干の定義及び本研究分野における従来の研究の概要が述べられている。これは本研究分野において本論文の占める位置を明らかにするためのものである。

2. 第 2 編

分布定数回路網は本質的に遅延素子を含むもので構成される。このために集中定数回路論的な近似法によると素子数が必要以上に多くなり、もしすべての素子を特性上有効に利用して結果的に素子数を減少せしめようとするを始めに指定した特性よりのずれが免がれなくなる。この問題を解決するために従来種々の方法が提案されて来たが例えば問題を低域濾波器に限定しても完全な解決は得られていない。この他に分布定数回路では有理リアクタンス変換によって基準低域濾波器から高域濾波器、帯域濾波又は消去回路を得ることは殆ど実用にならないという事情がある。この事について本編は与えられた周波数区間で与えられた伝送特性をもつ伝送関数をポテンシャル論によって求める方法を示している。本方法によれば実用上必要な殆どすべての特性をもつ低域、高域及び帯域濾波、帯域消去型が任意の精度で近似可能であって、注意すべき事は集中定数回路の近似論を特別な場合として含むことである。したがって本編はこの問題への統一的な一つの解を与えるものである。

3. 第 3 編

本編は伝送関数が近似論より求められたとき、実際に回路を構成実現する問題を取扱っている。

主として同軸濾波器に対する構成論は本論文以前に相当詳細に論じられて実用上殆ど十分になったのであるが構成論自体として猶完成されていない。すなわち集中定数回路構成法の類似的適用による限りどうしても実現できない回路の特徴を利用して集中定数回路における和分定理を拡張し、その適用によって更に少い素子で然も実際に構成容易な形でこの減衰極を実現する方法を示したのが本編の内容である。したがって構成論の拡張と共に在来の方法の改善を含むものである。

4. 第 4 編

ギガサイクル程度で用いる伝送線素子としてはストリップ線が最もすぐれている。然しストリップ線はその構造上同軸線濾波器の構成法がそのまま適用されない場合が多い。このような問題に対する一つの解答を与えるのが本編の目的である。すなわち同軸線濾波器では好ましくないものとされていた分布結合回路がストリップ線濾波器においてはむしろ歓迎され、その構造の簡単な事と規準回路としてのすぐれた性質の故に結合回路のみで構成する事が望ましいのである。従来及び現在この型の濾波器は特に米国において盛に研究されたのであるが、本編は回路網理論の厳密な基礎の下により良好な近似度を以て構成設計する方法を示したものであって、現在知られている設計法よりはるかに近似度がよく、更に各種の場合に応じてより広い応用が可能である。すなわち分布結合回路を回路網構成論的に論ずる際、最も基礎となる等価変換表を与えているのであるがこれは TEM 姿態のすべての伝送線に適用できるものである。この変換表は将来にわたって広く応用されることが期待される。

論文の審査結果の要旨

本論文は分布定数回路構成に関する研究結果をまとめたもので、4編25章によってできている。

第1編は序論であって、本論文に取扱う分布定数回路網の基本的な性質の説明、必要な若干の定義、および本研究分野における従来の研究結果の概要を述べて、本論文の占める位置を明らかにしている。

第2編はポテンシャル論による分布定数濾波器の近似論と題し、分布定数濾波器に含まれている単位素子を濾波特性に有効に寄与させるための近似をポテンシャル論によって行う方法を述べている。

第1章は緒論であって、2次元ポテンシャル場内における複素ポテンシャルと複素周波数平面内における動作減衰量の数学的表現の完全な一致を、本論文の以下の記述に利用し得られるように、ストーラ氏の理論を引用したものであって、動作減衰極の極の位置に相当する2次元ポテンシャル場内の1点に線状正電荷を、また零点の位置に線状負電荷を置くとき、ポテンシャル分布はそのまま減衰量に比例することを述べている。

第2章においてはポテンシャル場と静電場との間の関係を述べて、対数ポテンシャルによって誘導電荷を求めるための基礎式を与えている。

第3章にはまず動作伝送量の定義とその表示式とを与え、振幅特性のみを対象とする集中定数回路による濾波器の場合に実現可能のための必要充分条件を挙げ、分布定数濾波器においても単位素子が濾波特性に寄与しない場合にはこれら条件と一致するが単位素子を濾波特性に寄与せしめる場合にそれら条件がどのように修正されなければならないかを述べ、動作減衰量の表示式の零点の位置が簡単な解析関数では表示し得ないことを示している。

第4章は動作伝送量と対数ポテンシャルとの対応関係を特性函数を用いて論じたもので、従来、集中定数回路濾波器について直観的に想像されていた結果を改めて証明するとともに、分布定数濾波器について単位素子を濾波特性に寄与せしめるためには、周波数平面上における実軸上に相等しい正電荷を原点に対して対称的に置くべきことを新らしく提案している。

第5章は2次元複素ポテンシャル場にある連続電荷分布を点電荷分布によって置換する操作、即ち、いわゆる電荷の量子化過程を述べたものであって、今までに集中定数 LC 或は RC 濾波器において試みられていた量子化過程を、分布定数濾波器に適用できるように拡張している。

第6章は動作伝送量を表示する函数、即ち電極板に与えられるべき電荷総量を決定する問題を、著者の得た新しい成果と明確に比較するために、従来得られている結果の一部を分布定数濾波器に適用して示したものである。

第7章は本編の主要部分を構成するものであって、単位素子を有効に濾波特性に寄与せしめるための近似法が統一的に示されている。即ち低域通過型、高域通過型、帯域通過型、および帯域阻止型の4種類に分布定数濾波器を大別し、各型の濾波器について通過域、或は阻止域の減衰特性をチェビシエフ型とするか、又はバツタ・ウアース型とするかに従って、あらゆる組合せを考えて計14個の場合にわたり詳細に近似特性の計算方法を与えている。

第8章は本編の結論である。

分布定数濾波器において、単位素子を濾波特性に寄与せしめ得ることは、笠原・藤沢の両氏によって発表されていたが、その合理的な特性近似法は見出されていなかった。著者は上に述べたように、2次元複素ポテンシャル場の実軸上原点に対して対称的正電荷を置くことによって、この問題に鮮やかな解答を与えたものであって、濾波特性の改善と素子数の低減を行う近似論を示して分布定数濾波器設計上重要な寄与をなした。またこの方法は分布定数濾波器に対してだけでなく一般に集中定数回路による伝送回路網構成に対して、特性近似上有力なる手段を提供したものであって、その業績は高く評価すべきである。

第3編は分布定数回路網の構成と題し、前編において述べたポテンシャル論による分布定数濾波器の近

似論によって得られた伝送函数の物理的実現方法、即ち回路網構成法を示したものである。

第1章は集中定数回路網のよって構成された4端子回路網について、カウエル氏のリアクタンス定理を分布定数回路網へ適用できるように拡張したものである。

第2章は尾崎氏によって見出された集中実数3端子回路網実現に関する和分定理を分布定数リアクタンス回路に拡張し、周波数平面上の複素面内および実軸上の減衰極を共通帰線型によって実現する方法を示している。

第3章は前章によって示されたところの拡張された和分療法による正規回路の構成方法を述べたものであって、複素減衰極の実現、標準樹枝状回路を開放単純枝回路によって実現すること、および開放単純枝回路を棒状回路を用いて実現することを取扱っている。

第4章は前章によって得られた結果が対称回路であったことを考慮し、集中定数リアクタンス回路にならって、非対称アドミタンス・パラメータの場合にこれを拡張する問題を吟味している。

第5章は、分布定数回路を、縦続型を用いて実現するために、周波数平面内において実軸上と複素面内の減衰極に対する規準回路の実現について述べている。

第6章には著者によって定義された分布定数準梯子型回路が実現されたための充分条件を挙げている。

第7章は本編の結論である。

以上のように著者は分布定数回路網における4端子リアクタンス定理、和分定理を発展させて、従来不可能であった周波数平面内の減衰極の実現を可能とし、また所要素子数の減少を計って経済的設計に寄与するなど、その成果は大いに見るべきものがある。分布定数回路網構成は著者の業績によって、ほぼ満足すべき状態に達したといひ得よう。

第4編はストリップ線路波回路網の設計理論と題し、分布結合回路網構成論的取扱いの一例を示したものである。

第1章は諸論であって分布結合回路が今までどのように取扱われ、また如何なる方面に応用されていたかを述べ、その手段が適切でなかったために高級な波特性が得られなかったことに言及している。

第2章は分布結合回路のアドミタンスおよびインピーダンス・マトリックスを求めるために、ジョーンズならびにボルジャン両氏の方法を拡張したものである。

第3章は8端子共通帰線型回路の任意の2対の端子を適当に開放、又は短絡して、残りの2対の端子を規準の4端子回路とみなして周波数変換を行い等価回路を求めたものであって、本編の主要部分を構成している。

第4章は前章の等価変換表を使用して実際に波器および分波器を構成する方法を述べたものである。

第5章は今までに与えられているストリップ線に関する特性インピーダンス、又はアドミタスの公式では、前章の波器又は分波器を設計する場合に不十分な点があったので、更に一般的な公式を導いてこの種波器、又は分波器の構成が常に可能になるようにしたことを述べている。

第6章は本編の結論である。

このように著者は分布結合回路を回路網構成論的に取扱う基礎的手段を新らしく提案し、これによって従来よりも高級な特性をもつ波器の実現を可能にし、マイクロ波波器設計上重要な寄与をなした。

以上述べたように著者は分布定数回路網構成に関してポテンシャル論による分布定数濾波器の特性近似問題，分布定数回路網の構成方法，および分布結合回路網構成論的取扱いの一例として，ストリップ線濾波回路網の設計理論を展開して新しい分野を開拓し，幾多の有力な手段を提供して通信工学の発展に寄与したところは大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。