



Title	POWER GAIN AND NOISE PERFORMANCE OF LINEAR ACTIVE TWO-PORT
Author(s)	Hirano, Kotaro
Citation	大阪大学, 1965, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/37
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

氏 名・（本籍）	平 野 浩 太 郎 ひらの こう た ろう
学 位 の 種 類	工 学 博 士
学 位 記 番 号	第 7 1 9 号
学位授与の日付	昭 和 40 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	線形能動 2 端子対回路網の電力利得と雑音特性に 関する研究
論文審査委員	(主査) 教 授 青柳 健次 (副査) 教 授 熊谷 三郎 教 授 板倉 清保 教 授 加藤 金正 教 授 藤沢 和男 教 授 笠原 芳郎 教 授 尾崎 弘 教 授 牧本 利夫

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は英文にて“Power Gain and Noise Performance of Linear Active Two-port”と題し、線形能動 2 端子対回路網の電力利得と雑音特性につき、理論的ならびに実験的研究を行なった結果をまとめたもので、低レベルの信号に関する増幅器の設計理論を与えている。全文は、緒論および結論を含み 6 章よりなっている。

第 1 章は緒論であって、この方面に関する在来の研究成果についての歴史的概観をのべ本研究のこの分野における位置を明確にしている。

第 2 章は“Unilateral Gain”と題し、S.J.Mason が 1953 年に発表した 1 方向性利得について考察研究したものである。第 2, 1 節は緒言である。第 2, 2 節では、1 方向性利得の Y, H, G, F, T 行列表示が与えられる。第 2, 3 節では、トランジスタの 3 接地方式に関して利得は不変であることを、等価回路を用いて証明し、またおのおの場合無損失接地方式変換行列も与えている。なお、測定されたトランジスタの H 定数を用いて計算された。1 方向性利得の数値例も与えている。第 2, 4 節は本章の要約である。

第 3 章は“Power Gain Chart and its Application to High Frequency Transistor Amplifiers”と題し、電力利得と安定性に関する考察の結果、電力利得図表を作成し、これを用いた高周波トランジスタ増幅器の図式的設計法を考案したものである。なお、この設計法による設計例も与えられ、理論と一致した結果が得られている。第 3, 1 節は緒言である。第 3, 2 節では信号源（負荷）イミッタンスが与えられたときの出力（入力）イミッタンス等を図式的に求める方法が述べられている。第 3

3 節では、リンビル図表を $G_L \operatorname{Re} H_{22} < 0$ の領域まで拡張している。第 3, 4 節では、与えられた終端イミッタンス（入力側整合）に対する線形能動 2 端子対回路網の安定領域と、その中での電力利得を図表上で求めることができる電力利得図表を作成している。第 3, 5 節では、電力利得図表とリンビル図表を用いる高周波トランジスタ増幅器の図式的設計法を提案している。第 3, 6 節では、電力の透過係数を一定とする円群によって入・出力端での整合からのずれを評価しそれによって狭帯域増幅器の帯域幅が安易に決定されることが示される。最後に第 3, 7 節では、ここで提案された設計法により高周波トランジスタ増幅器を設計し、理論と一致した結果を得ている。第 3, 8 節は本章の要約である。

第 4 章は “Noisy Components of Linear Active Two-port” と題し、線形能動 2 端子対回路網の内部雑音を回路網表示することを試み、その測定法を考案し、かつこれをトランジスタについて実測した結果を示したものである。第 4, 1 節は緒言である。第 4, 2 節では、短絡雑音電流源または開放雑音電圧源から一組の雑音成分を得る変換公式を与えている。第 4, 3 節では標準雑音源による 2 端子対回路網の短絡雑音電流源の測定法を与えている。第 4, 4 節では、著者が実験に用いた雑音成分の測定装置と測定手順を述べている。第 4, 5 節では、トランジスタの雑音等価回路から、その雑音成分を与える式を導いている。また、ここで述べられた測定方法により実測した結果も与えていて、これと等価回路による計算値とのちがいは実験誤差内にあることが述べられている。第 4, 6 節は本章の要約である。

第 5 章は “Exchangeable Power Gain and Exchangeable Noise Measure” と題し、H.A.Haus および R.B.Adler により 1953 年に提唱された可換電力利得と可換雑音測度に関する、詳細な解析理論、および利得と雑音に関する増幅器の最適設計の基礎理論を述べたものである。第 5, 1 節は緒言である。第 5, 2 節では、線形能動 2 端子対回路網の利得特性行列を定義し、その固有値と固有ベクトルによって、可換電力利得の極値およびそれを実現する信号源インピーダンスを求めている。第 5, 3 節では、可換電力利得と可換雑音測度の極値およびそれらを実現する信号源インピーダンスを、回路定数と雑音成分により表現し、それらの間の関係を明らかにしている。第 5, 4 節では、利得特性行列の特異になるのは 1 方向性回路網の場合であることを示し、この場合の理論および雑音特性行列の特異になる場合の理論を述べている。第 5, 5 節では、第 5, 2 節で与えられた利得特性行列の固有値は、入出力とも共役複素整合をとったときに得られる電力利得であることが証明される。第 5, 6 節～第 5, 9 節では、信号源インピーダンス平面上での可換電力利得、可換雑音測度の特性とその分布が明らかにされ、等可換電力利得円、等可換雑音測度円が導かれる。これらによって低雑音増幅器の設計指針を与えている。電力利得が大きい場合には、可換雑音測度は過剰可換雑音指数になるがこの場合の近似法は第 5, 10 節に与えられている。最後に第 5, 11 節では、上記の理論を高周波トランジスタ増幅器に適用している。第 5, 12 節は本章の要約である。

第 6 章は結論であって、以上の研究により著者が新しく得た研究結果をとりまとめたものである。

論文の審査結果の要旨

本論文は英文にて, “Power Gain and Noise Performance of Linear Active two-Port” と題し, 線形能動2端子対回路網の電力利得と雑音特性につき, 理論的ならびに実験的研究を行なった結果をまとめたもので, 緒論および結論を含み全文6章によりなっている。

第1章は緒論であって, この方面に関する在来の研究成果についての歴史的概観をのべ, 本研究のこの分野における位置を明確にしている。

第2章は “Unilateral Gain” と題し, S.J.Mason が 1953 年に発表した 1 方向性利得について, 考察研究したもので, トランジスタの 3 接地の 3 方式に関してこの利得は不変であることを, 等価回路を用いて証明し, またおのおの場合の無損失接地方式変換行列も与えている。

第3章は “Power Gain Chart and its Application to High Frequency Transistor Amplifiers” と題し線形能動2端子対回路網に終端インピーダンスを与えたときの電力利得を図表上で求めることができる電力利得図表を作成し, J. G. Linvill が提唱したいわゆる Linvill 図表とともに用いたることによって, よういに要求された利得などを満足する高周波トランジスタ増幅器の設計法を考案したものである。なおこの設計法による設計例も著者は与え, 理論と一致した結果を得ている。

第4章は “Noisy Components of Linear Active Two-port” と題し, 内部雑音を回路網表示することを試み, かつこれをトランジスタについて実測した結果を示したものである。

第5章は “Exchangeable Power Gain and Exchangeable Noise Measure” と題し, H.A.Haus および R.B.Adler により 1956 年に提唱された可換電力利得と可換雑音測度について詳しく考究したもので, この両者の類似性を明らかにしている。すなわち, Haus らの雑音特性行列に対して利得特性行列を定義し, その固有値と固有ベクトルによつて, 可換電力利得の極値およびそれを実現する信号源インピーダンスを求めている。なお利得特性行列の特異になるのは 1 方向性回路網の場合であることを示し, この場合の理論も述べている。一方, 信号源インピーダンス平面上での, 可換電力利得と可換雑音測度の関係を明らかにし, 低雑音増幅器設計の指針を与えている。さらに著者はこの理論を高周波トランジスタ増幅器に適用し, 理論の有効性を示している。

第6章は結論であって, 以上の研究により著者が新しく得た研究結果をとりまとめたものである。

本論文に述べられている研究の業績を要約すると次のようになる。

- (1) 高周波トランジスタ増幅器は従来, つぎはぎ法により設計されていたが Linvill はこれを統一的に取扱うことをこころみ負荷インピーダンスを表わす Linvill 図表を提唱した。しかるに著者は, この Linvill 図表は $G_L R_{e0} H_{22} > 0$ のときのみ適用でき, $G_L R_{e0} H_{22} < 0$ のときには適用できないこと, および電力利得が直接得られないことに着目し, まず第一に電力利得図表を作成し, これと Linvill 図表を併用して, ほとんど計算を要しない増幅器設計法を確立した。なお著者はこの方法が $G_L R_{e0} H_{22} < 0$ の場合にも適用できるようにしている。この設計法は従来のつぎはぎ設計に代る統一的なもので回路網内部の知識にとほしいものでも機械的に設計できるので, この方面に対する貢献が大きいもの

と考えられる。

(2) 第3章第6節で線形能動2端子対回路網の入出力端での電力の透過係数によって、その整合からのずれを評価し、さらにこれによってトランジスタ増幅器の帯域幅を考察しているが、この考え方は増幅器設計上便利なものであると考えられる。

(3) 第4章で線形能動2端子対回路網の雑音成分の測定法を考案し、高周波トランジスタの雑音成分の測定値を与えているが、この研究により在来不明であった2端子対回路網の雑音成分の値が具体的な数値で提示され、低雑音増幅器の設計に際して、非常に有効な資料を提供している。なお、回路定数と同じく、雑音成分の専用の測定器がこの原理により完成され得ることを示していることは著者の一つの貢献と考えられる。

(4) 第5章に述べられた利得特性行列の理論と Haus らにより与えられた雑音特性行列に関する理論と併せて、利得および雑音測度に関する固有値論が完成されたことは著者の大きな貢献であると考えられる。

(5) 以上のような理論ならびに設計法を完成したので、たとえば多段増幅器の前置増幅器の設計には第5章の理論を使い。後続の増幅器の設計には第3章の図表を使えば、われわれの理想とする低雑音高周波増幅器を設計することができるので、著者の通信工学に対する貢献は大なるものと考えられる。

以上のように本論文は従来のつぎはぎ法により設計されていた増幅器の統一的な設計理論を与え、この分野の発展に寄与する点が多いと考えられるので、博士論文として価値あるものと認める。