Osaka University Knowledge Archive

Title	ミリ波準光学回路系のアンテナに関する研究
Author(s)	末田, 正
Citation	大阪大学, 1959, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/28238
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。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【11】

氏　名・(本籍)	末　田　　正（すえ　た　ただし）
学位の種類	工　学　博　士
学位記番号	第　72　号
学位授与の日付	昭和34年12月18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	**ミリ波準光学回路系のアンテナに関する研究**
論文審査委員	(主査) 教授 園田　忍　(副査) 教授 熊谷　三郎　教授 吉永　弘

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（通信専攻）在学中，大阪大学産業科学研究所において行なったミリ波準光学回路系のアンテナに関する研究をまとめたもので，2編11章から成っている。

第1章　緒　　論

マイクロ波光学の歴史を概観すると共に，ここ数年来問題となって来たミリ波工学の一分野である準光学回路系の問題について述べ，このような回路系に用いるアンテナは，アンテナ近傍の回折界を利用している点に特異性のあることを示している。

第1編　ミリ波回折格子分光計のアンテナに関する研究

第2章　概　　説

第1編では，準光学回路系の一例として，ミリ波回折格子分光計をとり，そのアンテナについて論じている。本章では，まず，この分野における従来の研究概要を述べ，本研究の地位を明らかにし，次いで，ミリ波帯波長測定器としての回折格子分光計について考察し，設計に必要な諸式を求めると共に，他の種類の波長測定器と比較している。

第3章　アンテナ回折界の振幅誤差および位相誤差が回折格子分光計の特性に及ぼす影響

準光学回路の如く，アンテナの近傍を利用する場合必然的に起るアンテナ回折界の振幅および位相誤差の影響を解析した。まず，振幅誤差による分解能の低下を表わす式を求め，位相分布が一様であれば，振幅誤差は回折格子分光計の動作に本質的な影響を与えないことを示した。次に，位相誤差の影響を論じ，2次位相誤差の限界許容量が120°程度であることを示した。

第4章　小開口アンテナを用いた回折格子分光計

アンテナ近接界の影響をさけるため，小開口アンテナを用いた場合について論じている。まず，この問題は2次位相誤差の問題に帰着できることを示し，第3章の結果を用いて基本的な設計法を示した。この

設計法により，50Gc 帯の簡易形回折格子分光計を試作し，その基本的な特性を調べ，ミリ波帯の簡易波長計として利用できることを示した。又，上記の設計法を検討するための実験を行ない，計算とよく一致する結果を得た。

第5章　大開口アンテナを用いた回折格子分光計

大開口アンテナを用いた回折格子分光計の動作機構をアンテナ理論の上から論じている。まず，直径60λのパラボラアンテナの近接界振幅分布を測定し，軸方向および横断面内共にはげしい変化（いわゆるフレネルパターン）を呈し，幾何光学近似では表わし得ないことを確めた。次に，同じアンテナを用いて回折格子分光計を動作させ，上述のような複雑な近接界分布にもかかわらず，分光計としては良好に動作することを示し，第3章の解析結果を用いて，この一見矛盾する実験結果を説明している。又，パラボラアンテナの一次ホーンの位置のずれが，分光計の特性に及ぼす影響について考察し，ずれの許容値を与えると共に，横方向のずれの影響を小さくするような操作法を示している。

第2編　平面開口回折界の計算法に関する研究

第6章　概　　説

本編では，準光学回路系の如くアンテナ近傍を利用する場合の基礎的資料として重要なアンテナ（ここでは理想化して平面開口と見做している）の近接界およびフレネル界の計算法について論じている。本章では，この分野に関する従来の研究概要と本研究の地位とを述べ，スカラー近似による取扱いの一般的事項をまとめている。

第7章　フレネル界のべき級数展開

一様分布矩形および円形開口のフレネル界を動径距離（開口面中心と観察点との距離）の逆数のべき級数に展開し，展開係数を求めている。又，フラウンホーファ界からフレネル界への移り変りについても論じている。

第8章　平面開口回折界の Sommerfeld 展開

線形アンテナに関する R.B. Barrar 等の取扱いを開口アンテナ(マイクロ波アンテナの多くは開口アンテナである）の場合に拡張したもので，フレネル界だけでなく近接界の計算にも用いることができる。又，この結果を用いて，フレネル近似の意味について論じ，近似度に対する一つの判定条件を求めている。

第9章　円形開口フレネル界の位相分布

円形開口フレネル界の位相分布を数値積分によって計算し，位相分布は，幾何光学的近似によって求めた値から，せいぜい数十度程度しかずれないことを示し，第5章の考察の基礎を与えている。計算法は，W. C. Jakes の方法に依ったが，本章ではこれを点源照射の場合を含むように拡張した。これにより，電磁ホーンの如く開口面上の位相が揃っていない場合にも上述の結論を適用できることを示した。

第10章　平面開口回折界のグリーン関数解法

平面開口回折界のスカラー解法として，数学的矛盾のないグリーン関数法について論じ，特に近接界の計算に用いることを主眼点として，これまで伝統的に用いられて来た Huygens-Kirchhoff の方法と比較している。開口面分布を測定して近接界を計算する場合には，グリーン関数法の方が測定および計算が簡単であるとの結論を得た。

第11章　結　　論

本研究で得られた成果を総括すると共に，準光学回路系のアンテナとしては，原理的に見て，小開口アンテナと大開口アンテナの2通りが考えられることを示し，両法の利害得失を論じている。

論文の審査結果の要旨

本論文は，ミリ波準光学回路系のアンテナに関する研究の成果で，2編11章から成っている。

第1章は緒論で，最近急激に重要視されて来たミリ波開発研究を概観し，その一分野である準光学回路系の諸問題を論じ，このような回路系に用いるアンテナは，通常のマイクロ波アンテナ，光学器械におけるコリメーターおよび望遠鏡等に比べ，著しく異なった事情の下にあることを指摘し，本研究の目的と意義とを明らかにしている。

第1編は，準光学回路の一例として，ミリ波回折格子分光計をとり，これをアンテナの観点から研究したもので，4章から成っている。

第2章は概説で，この分野における従来の研究概要を述べ，本研究の位置を明らかにしている。又，ミリ波帯波長計としての回折格子分光計について考察し，設計に必要な諸式を求めると共に，他の種類の波長測定器と比較し，その特長を明らかにしている。

第3章は，準光学回路系の如く，アンテナの近傍を利用する場合必然的に起るアンテナ回折界の平面波分布からのずれ（振幅誤差および位相誤差）が分光計の特性に及ぼす影響を解析したものである。まず，振幅誤差による分解能の低下を表わす式を求め，これは極端な場合でも，たかだか30%程度にとどまり，分光計の動作に本質的な影響を与えないことを示した。次に，位相誤差の影響を論じ，2次位相誤差の限界許容量が120°程度であることを見出した。

第4章は，小開口アンテナの Fraunhofer 領域を利用する回折格子分光計を取扱っている。まず，この問題は2次位相誤差の問題に帰着できることを示し，第3章の結果を用いて回折格子分光計の基本的設計法を提案した。次に，この設計法により，波長 6 mm 帯の簡易形回折格子分光計を試作し，その特性を実測することにより，波長計として実用できること，および本設計法の妥当性を確かめている。

第5章は，大開口アンテナを用いた回折格子分光計の動作機構をアンテナの立場から論じたものである。まず，直径60波長のパラボラアンテナの近接界振幅分布を測定し，これが，軸方向および横断面内ともに激しい変化（いわゆる Fresnel pattern）を呈し，幾何光学近似では表わし得ないことを確かめている。次に，同じアンテナを用いて，回折格子分光計を動作させ，上述の如き複雑な振幅分布にもかかわらず，波長計としては良好な性能を持っていることを実証している。更に，第3章の解析および第9章の位相分布計算結果を用いて，この一見矛盾する実験結果を説明している。最後に，パラボラアンテナの一次ホーンの位置のずれが，分光計の特性に及ぼす影響を調べ，ずれの許容値を与える式を求めると共に，横方向のずれの影響を小さくする操作法を案出している。又，これらにより，Littrow 形配置におけるパラボラアンテナ系の設計資料を得ている。

第2編は，準光学回路系の如く，アンテナの近傍を利用する場合，基礎的資料として重要な意味を持つ

近接界および Fresnel 界の計算法に関する研究の成果で，5章から成っている。

第6章は概説で，この分野における従来の研究概要を述べ，著者の研究の目的と意義とを明らかにしている。又，スカラー近似による取扱いの一般的事項と回折界の二三の性質とをとりまとめ以下の議論を容易にしている。

第7章では，一様に照射された矩形および円形開口による Fresnel 回折界を，動径距離（開口面中心から観察点までの距離）の逆数のべき級数に展開し，その展開係数を求めている。これにより，観察点が Fraunhofer 領域から Fresnel 領域へ移るに従って，アンテナ放射界の主ビーム幅がやや増加し，等位相面が球面から外側へ拡がる傾向のあることを見出している。又，観察点が更に近くなると，級数の収斂が悪くなるだけでなく，Fresnel 近似の適用範囲を越えるので次章で述べられる Sommerfeld 展開法によるのが有利であることが指摘されている。

第8章では，波動方程式を直接級数展開法で解き，展開係数を，漸化式により，Fraunhofer 界から決定している。これは，線形（一次元）アンテナに関する R. B. Barrar 等の取扱いを，マイクロ波およびミリ波帯で多く用いられる開口（二次元）アンテナの場合に拡張したもので，Fresnel 界だけでなく，近接界の計算にも用いられる。又，これを用いて，Fresnel 近似の意味について論じ，その近似度に対する一判定条件を得ている。

第9章では，円形開口 Fresnel 界の位相分布を数値積分によって求めている。これによると，位相分布は，幾何光学的近似によって求めた値から，たかだか数十度しかずれていない。これは，第3章において求めた2次位相誤差の限界許容量 120° に比べて小さいことが指摘されている。このことは，第5章における回折格子分光計の動作機構の説明に重要な論拠を与えている。本計算法は，W. C. Jakes の方法によっているが，著者は，これを点源照射の場合をも含むように拡張している。その結果，電磁ホーンの如く，開口面上の位相が揃っていない場合にも上記結論が適用できることが示されている。

第10章は，平面開口回折界のスカラー解法として，数学的矛盾のない Green 関数法について論じ，特に近接界の計算に重点を置き，これまで伝統的に用いられて来た Huygens-Kirchhoff 法と比較している。開口面分布を測定し，これを用いて回折界を計算する場合には，測定量が少なくてすみ，しかも，計算式が比較的簡単な Green 関数法が有利であるという結論が得られている。

第11章は結論で，まず，準光学回路系の如く，制限された空間内でアンテナを用いる場合には，小開口アンテナの Fraunhofer 界を用いる方法と，大開口アンテナの Fresnel 界ないし近接界を用いる方法との二つの立場が考えられることを述べ，これらは，それぞれ一長一短があり使用目的に応じて適当に使い分けるべきことを強調している。最後に，本論文で得られた成果を総括している。

以上のように，著者は，最近急激に開発を要望されつつあるミリ波ないしサブミリ波帯の機器および測定装置に用いられるべき二次元アンテナの近接界ならびに Fresnel 界の計算に関し，幾多の創意と工夫とを加え，多くの有用な公式と新しい事実とを見出している。又，この成果の一部を用いて，波長測定用ミリ波回折格子分光計の動作機構を明らかにすると共に，その設計法の基礎を確立した。この様に，著者の研究は，通信工学およびこれに関連ある分野の進展に貢献する所が尠なくないので，この論文は，博士論文として価値あるものと認める。