

氏 名	か く ま 加 久 間	まさる 勝
授 与 学 位	工 学 博 士	
学位授与年月日	昭和 53 年 4 月 12 日	
学位授与の根拠法規	学位規則第 5 条第 2 項	
最 終 学 歴	昭和 22 年 3 月	
	浜松工業専門学校電気通信科卒業	
学 位 論 文 題 目	電話線路網設計法の理論的研究	
論 文 審 査 委 員	東北大学教授 木村 正行	東北大学教授 佐藤利三郎
	東北大学教授 竹田 宏	東北大学教授 星子 幸男
	東北大学助教授 阿部 健一	

## 論 文 内 容 要 旨

### 1. 内容梗概

電話通信網の施設量は非常に大きいですが、このうち線路施設の占める割合は約 $\frac{1}{3}$ と推定されるので、線路施設を経済化することにより得られる経済化効果は極めて大きいと考えられる。

この経済化の対策としては、線路施設そのもの（所謂ハードウェア）の改善と線路設計法の合理化の両面がある。線路技術は他の技術分野に比べて技術革新の期待し難い分野であるが、新材料の開発と製造技術の発展に伴なって、ハードウェア面の改善はかなり進み、経済的で信頼性の高い線路施設が得られるようになってきた。しかし線路設計の面では、地域性・特殊性が強いため、設計の最適化、標準化の研究が殆んど行なわれず、設計者のカンに依存して行なわれる状態が長年に亘って継続していた。そこで線路の設計法について、理論的な裏付けをもった合理的な設計法が要求されてきた。

本論文はかかる問題を解決するために、加入者線路網ならびに大都市市内網を対象として行なった電話線路網設計法の理論的な研究成果を取りまとめたものである。

本研究では、まず線路網をモデル化し数量化した後、解析的な手法でその最適解を求め、この結果を用いて、人手により行なう設計のための判り易く簡単な設計仕様を求めている。また本研究で用いた理論的な手法を大別すると次の2つに分類できる。

(1) 不確実な値をとるモデルに対する確率論の応用

(2) 条件付最小の問題に対する非線形計画法の応用

前者に関するものは章2の加入者線路の配線法であり、確率論を導入することにより、従来不明確であった配線法の基本理念を合理的に解決できた。すなわち不確実にしか判らない将来（15年後）の需要予測値を前提として、所要ケーブル局線数を決定する問題に関して、需要予測値の不確かさを確率分布で表示し、与えられた局線数に対する積滞需要数の期待値を理論的に求め、この値と需要予測値（需要の期待値）との比を積滞値と定義した。つぎに積滞率一定の条件の下での需要予測値と所要局線数を示す設計仕様を求めている。これは電話トラヒック理論の基本理念の応用とも見做せる。

後者（条件付き最小）に関するものは、章3の加入者線路の導体径の設計法、章4の集線装置導入の経済性評価法、章5の大都市市内通信網の経済的構成法である。非線形計画法の理論的な解法については線形計画法の場合のような一般的な解法は確立されておらず、その非線形関数の特性に着目した特殊解法が個別に研究されている状況にある。それ故、章3～章5では、線路網のモデル化と数量化に関する考え方と各種の関数関係については全く同じであるが、制約条件式と目的関数が夫々異なるために、非線形計画法の解法も必然的に異なったものになっている。そこで本論文では、アプローチの方法をより判り易くするために、理論的解法の分類よりも目的対象物を前提とした記述を行ない、章3～章5の如き構成としている。

## 2. 本論文の内容

### 2.1 加入者線路の配線法

電話トラヒック理論と類似の考え方を導入し、まず15年後の需要予測値の不確かさ（予測誤差ともいえる）が予測値を期待値とする確率分布で表示されることを前提として、与えられたサービス基準（積滞率）を満足する条件の下で、融通線または余裕心線の数、確率論を用いて解析的に求めた。

(1) 需要予測の不確かさ

ポアソン分布、ポリヤ分布またはグラム・シャリエB級数により近似できると仮定し、実現値により有意性を検定した。

(2) 完全線群での積滞の期待値と分散

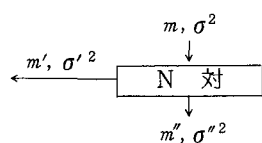


図 1.

$m, \sigma^2$  : 加えられた需要の期待値と分散

$m', \sigma'^2$  : 運ばれた（充足）需要の期待値と分散

$m'', \sigma''^2$  : 溢れた（積滞）需要の期待値と分散

N : 局線数

P(x) : x 件の需要が発生する確率密度関数

とすると

$$m'' = \sum_{x=N+1}^{\infty} (x-N) P(x), \quad \sigma''^2 = \sum_{x=N+1}^{\infty} (x-N)^2 P(x) - m''^2$$

ここで $P(x)$ にグラム・シャリエ B級数を用い2次項までで近似すると、容易に結果が得られる。

(3) 完全線群での充足数の期待値と分散

同様にして

$$m' = \sum_{x=0}^N x P(x) + N \sum_{x=N+1}^{\infty} P(x)$$

$$\sigma'^2 = \sum_{x=0}^N x^2 P(x) + N^2 \sum_{x=0}^N P(x) - m'^2$$

より求め得る。

(4) 不完全線群での積滞の期待値

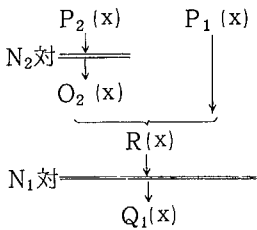


図 2.

$N_2$ 対のケーブルに $P_2(x)$ なる需要が加わり、 $Q_2(x)$ なる需要が溢れたとすると

$$Q_2(0) = \sum_{x=0}^N P_2(x)$$

$$Q_2(x) = P_2(N_2 + x) \quad \text{但し } x \geq 0$$

$Q_2(x)$ と $P_1(x)$ の和の分布 $R(x)$ が $N_1$ に加えらるから、その

時の溢れ需要 $Q_1(x)$ の期待値 $m'_1$ は

$$R(x) = \sum_{k=0}^x P_1(k) \cdot Q_2(x-k)$$

$$Q_1(0) = \sum_{x=0}^{N_1} R(x)$$

$$Q_1(x) = R(N_1 + x) \quad \text{但し } x \geq 0$$

溢れ需要の期待値  $m'_1 = \sum_{x=N_1+1}^{\infty} (x - N_1) Q_1(x)$  より求め得る。

(5) CCP ケーブル配線法

CCPケーブルを用いた配線区画内の配線法について、上記の計算式を用いて積滞の期待値を求め、積滞率一定の条件の下での需要数と局線数の関係を示す設計仕様を明らかにした。

(6) 饋線ケーブル配線法

配線区画相互間に融通性を持たせる配線法として共通線方式を提案し、その時の積滞の期待値を上記と同様に求め、積滞率一定の条件の下での需要数と局線数の関係を示す設計仕様を明らかにした。

2.2 加入者線路の導体径の設計法

加入者線路のケーブルルート、ケーブル対数が決まると、与えられた伝送損失およびループ抵抗の限界値を満足するよう、ケーブルの導体径を決定する必要がある。現在市内ケーブルには、 $0.9\text{mm} \sim 0.32\text{mm}$ の5種類の導体径のものがある。上記の限界値を満足して、加入者線路網の経費が最小になるよう、どの導体径をどのように組み合わせるのが最適構成かという問題を解くことが必要である。

まず加入者線路長分布が、ベータ分布で近似できることを示し、また単位長当りの線路経費が

導体径の関数として簡単な式で近似できることを示した。この仮定の下で、2種導体径の組合せの場合について直列、並列、複合の各配線法の比較を行ない、直列配線が実用性・経済性の面で優れていることを示した。

つぎに0.32 mm～0.9 mmの实在の心線径の組合せによる直列配線の場合を、条件付き最小の問題として取り扱い、線路経費を最小にする最適解を求め、理論的適用領域を得た。さらに工法上、設計上の面を考慮し、2種ないし3種導体径による実際的な適用領域を求め、この方法による具体的な線路網の標準設計法としてとりまとめた。

### 2.3 集線装置導入の経済性評価法

加入者線路の経済化を目的として、従来から部分的に集線装置が利用されていた。しかし電子交換機やデジタル技術の研究の進展につれて、全面的に集線装置を導入する方式が考察されるようになってきた。そのため加入者線路での集線効果と交換機での集線方式との経済性の検討を行ない、新交換方式の研究に反映させることが必要である。

この問題については、加入者が一様分布している場合の検討が行なわれているが、一様分布でない一般の分布形の場合の検討は、ほとんど手がつけられていない。

そこで、まず加入者線路長分布がベータ分布するものとし、集線装置の配線ブロックを扇形と仮定し、集線を行なったときと行なわなないときのケーブル対延長の節約高を解析的な方法で求めた。つぎに将来導入される集線装置の経費を想定し、これをケーブル対延長に換算し上記の節約高と比較して集線装置導入の経済的効果の量的関係を明らかにし、集線装置導入の有意性の有無およびその適用領域を明確にした。

集線装置を導入することにより得られる総経費（集線装置経費+加入者ケーブル経費）の節約率を、加入者分布を示すパラメータ、集線装置規模すなわち配線ブロック内の加入者数、加入区域の最遠距離、および集線装置経費の関数として、一般的な形で求めている。

### 2.4 大都市市内通信網の経済的構成法

現在の大都市市内通信網は、空間分割形2線式交換機と2線式音声回線のみで構成されている。しかしPCM伝送方式や電子交換機などの新技術が導入されつつあるが、網構成を従来のままとして、単に交換機および伝送路のみを新技術に取替えるのみならば、恐らく新技術の利点は十分に発揮できず、網全体としての総合経済性も確保しがたいものと思われる。そこで新方式の技術的特性と網構成におよぼす経済的効果を明らかにし、これら新技術を前提とした時の通信網の最適構成法を研究することが重要と思われる。

本研究はかかる観点にたち、まず各通信方式の経費関数から出発して、passiveな回線網およびactiveな回線網の最適損失配分法を解析的に求めた。次に、4線式交換、搬送回線の導入、タンデム局の最適位置、タンデム区画の分割および発着信タンデム方式の比較等の定量的な検討を行ない、大都市通信網の経済的構成の基本定理を導いた。さらにこれらの定理を基礎として、将来の大都市通信網の望ましい構成法の1案を示し、新技術導入の目標を明確にした。

### 3. 本研究の成果

本研究の成果は、日本電信電話公社に於ける線路網の設計および新技術開発の方式検討の面で、標準実施法および研究技術資料として広く利用されている。具体的には、

(1) 章2の加入者線路の配線法は、配線ケーブル配線法と饋線ケーブル配線法共、それぞれ標準実施法として制定され、現在の線路設計は全てこれにより行なわれている。

(2) 章3の加入者線路の導体径の設計法は、0.32 mm細心ケーブル開発の必要性を明確にし、その実用化が行なわれると共に、本研究で得た設計仕様に基づいて、従来の標準実施法の改訂に寄与した。

(3) 章4の集線装置導入の経済性評価法は、時分割加入者線交換機の開発に当り、遠隔制御集線装置部の装置構成・規模などの方式検討に反映された。

(4) 章5の大都市市内通信網の経済的構成法は、600形電話機導入に伴う伝送基準の改訂に際し、大都市内の伝送損失配分値の決定に活用された。またPCM伝送方式の市内網への導入と第2タンドム局設置計画に反映されている。

## 審査結果の要旨

電話線路網の設計は、将来の電話通信に対する需要予測をもとに行われる。この場合、住宅街、商店街、工場街などの地域による特殊性が強いために、設計の最適化、標準化を目的とした理論的研究は殆どなされず、経験と勘にたよる設計が長年に亘って行われていた。

著者は、電話サービスおよび経済性の観点から電話線路網の設計に確率論と数理計画法の手法を積極的に導入して、設計の最適化、標準化を行い、合理的実用的な設計法を確立した。本論文はその成果をまとめたもので、全編6章よりなる。

第1章は緒論であって、本研究の目的および本研究の成果が実用に供されてきた経緯などについて述べている。

第2章では、需要予測に基づく加入者線路の配線の設計法について述べている。まずポリヤ分布で表わされる将来の需要分布をグラム・シャリエB級数を用いて近似することにより、設計に必要な種々の統計量を解析的に取扱えることを示すとともに配線法の理論的根拠を明確にしている。ついで与えられたサービス基準を満たす配線の設計法を示している。これは実用上極めて重要な成果である。

第3章では、加入者線路の導体径の設計法について述べている。まず線路長の分布がベータ分布で近似できることを明らかにし、ついで伝送損失および工法上の制限条件のもとで、線路経費を最小にする設計法を与えるとともに実用上の簡易さを考慮した標準設計法を示している。

第4章では、加入者線路の配線に集線装置を導入した場合の経済的効果について考察している。すなわち、線路長分布をベータ分布と仮定し、集線装置の導入による経費の節約率を加入者の分布を示すパラメータと集線装置の規模および加入区域の最遠距離の関数で表わし、集線装置導入による経済的効果を評価するための具体的計算手順を与えている。

第5章では、大都市市内網の経済的構成について検討を加え、搬送回線導入の可否、タンデム局の最適位置、および発信タンデム方式と着信タンデム方式の得失等について有用な知見を導いている。第6章は結論である。

以上要するに本論文は、電話サービスおよび経済性の観点から、加入者線路網の合理的実用的な設計法を確立するとともに、大都市市内網の経済的構成について有用な知見を加えたもので、通信工学に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として合格と認める。