

氏名	福 島 邦 彦 ふくしまくにひこ
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 108 号
学位授与の日付	昭 和 41 年 9 月 27 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	テレビジョン信号の伝送帯域圧縮の研究

論文調査委員 (主 査)  
教授 前田憲一 教授 坂井利之 教授 池上淳一

### 論 文 内 容 の 要 旨

この論文はテレビジョン信号の伝送帯域を圧縮することを研究したもので、序論、前編3章、後編8章および結言よりなっている。

第1章は序論で、この問題に関する従来諸研究に触れつつ、著者の研究の概略を説明している。

つぎに前編は、テレビ信号の統計的冗長度と題し、第2章として帯域圧縮の考え方と信号の統計的性質について述べている。すなわちテレビジョン伝送系における情報の流れを通信理論の立場から考察し、情報の最終的受信者を受像管とする場合と、人間の脳とする2つの考え方のあること、および後者の立場をとる場合の心理学的、生理学的諸要素について述べている。さらにテレビ帯域圧縮方式としては、電気信号の持つ統計的冗長度の除去のみによる狭義の帯域圧縮と、人間の視覚系まで含めた伝送系を対象とする広義の帯域圧縮とがあること示し、またテレビ信号の統計量の測定データを示し、このデータに基づいて信号のレベル分布、信号レベルの遷移確率、二次元自己相関関数、フレーム相関につき統計的特性を検討している。

第3章は多次元空間内の予測定理について述べたもので、二次元空間内の走査によって得られる二次弱定常過程に対する最適線形予測定理を求め、最適線形予測値の、予測フィルターの周波数応答の形式による表示、移動平均形表現による最適予測値の表示、二次元線形予測の誤差をあたえた。なお上記の定理は、多次元空間の問題に拡張され、特に飛越走査によってサンプルした信号に対する拡張も可能となった。

第4章は予測符号化による帯域圧縮とその限界について述べ、予測符号化の立場に基く冗長度の考え方を示し、前章で得た予測定理を用いて、テレビ画像の二次元線形冗長度を計算した。またテレビ画面に対して、有限個の絵素に基く線形予測によって除き得る冗長度の計算法を導きその値を計算し、またテレビ画面に対する線形予測としては、予測すべき点の近傍の数個の絵素の値を用いれば実用上十分な精度の予測が可能であることを明らかにした。最後に、極度に大容量の蓄積装置によって情報速度の平均化をおこ

なわない限り、帯域圧縮に利用し得る統計的冗長度はかなり小さいものであることを明らかにした。

後編は視覚の性質を利用した帯域圧縮と題し、第5章に視覚特性と帯域圧縮について述べている。まず視覚の性質を利用した各種の帯域圧縮方式を分類・整理することによって、帯域圧縮の研究の現状を紹介し、帯域圧縮に利用できる視覚の性質について考察した。さらに視覚系の輝度感覚特性と映像信号電圧の関係を検討して、第一近似としては両者は直線関係にあるとみなし得ることを示した。

第6章は補間符号方式の原理と題し、著者の提案した補間符号方式の原理を説明している。この方式はテレビ信号符号を4個おきに忠実に伝送し、その中間の3個の符号を適当な法則によって補間するものである。この方式はデジタル伝送に適し、伝送容量は1絵素当り2.7ビットあればよく、通常のPCMの半分以下で伝送できる。またこの方式を実際のテレビ信号の伝送に用いる場合の実用回路の一例を示し、さらにこの方式の信号処理法と視覚系の特性との関係を論じ、補間符号方式が視覚系の特性にかなりよく整合した方式であることを示した。

第7章は画像シミュレーション装置に関するもので、まず計算機シミュレーションが帯域圧縮の研究に対する有力な実験手段であることを示し、画像シミュレーション装置を完成した。

この装置は補間符号方式のほか、一般の画像処理方式に対しても使用できる。人出力に磁気テープおよび紙テープの両者が使用できる。またこの装置の一部として開発したバッファ・メモリーは情報速度変換の目的にも利用できる。最後にシミュレーションのための計算機のプログラムの一例を示した。

第8章はシミュレーションに使用した画像の性質に関するもので、実験の入力信号として用いた小サイズの画像の統計量を測定し、映像信号の規格、観測条件を示し、信号のレベル分布、二次元自己相関関数、二次元および一次元線形冗長度その他を測定した。

第9章は Mix Level と画質についての検討である。Mix Level は主パルスより補間パルスを定める時の因子であってこの方式の生命とも言うべき重要なものである。Mix Level を、定数とした場合、階段波に対する忠実な応答を条件として定めた場合、誤差最小の条件で選んだ場合について検討し、後者の場合が最良の画質の再生画が得られ、原画と比較して画質劣化がほとんど認められなかった。

第10章はその他の問題点の検討で、補間符号方式で主パルスを6ビットに量子化しても、再生画に対する影響が全くないこと、主パルスの二次元的配列においては、主パルスを1列に整列させるのが最もよいことを確かめ、また大きな画面についても実験して同様の結果を得た。

第11章はノイズの影響の検討で、この問題も計算機シミュレーションによって調べた。入力信号のS/N比が30dBよりも良ければ、補間符号方式で信号を伝送してもノイズの悪影響は起らないことを確かめ、実際の場合に充分適用し得るとの結論を得た。さらにノイズがフレーム毎に変動する場合についても実験し、悪影響の心配がないことを示した。

第12章は補間符号方式の変形と題し、これまでに述べた方式の変形として、主パルスを8絵素周期にした方式（これまでの方式は4絵素周期）と、二次元補間符号方式（主パルスを他の考查線に跨って選ぶ方式）とを提案し検討を加えた。その結果8絵素周期では中央主パルスを5値量子化すればかなり良い画質となり、容量は2.2ビット（1絵素当り）に減少すること、二次元方式では容量はこれまでの一次元方式と同じく2.7ビットであり、画質も大差ないことを示した。

第13章は結言で本文で述べた内容の要点を略述している。

## 論文審査の結果の要旨

テレビ信号の伝送には大容量の伝送路が必要であり、現在の標準方式では数 MC の周波数帯域幅を占め、FM 変調では数 10 MC、また PCM ではさらに広帯域が必要となるので、テレビ信号の伝送帯域の圧縮は大きな問題である。

著者はこの問題を研究したのであるが、その内容は2つに大別できる。その1つは前編に、他は後編に述べられているが、帯域圧縮上実際的な効果のあるのは後編の内容である。

前編ではテレビ信号の統計的性質を調べ、統計的手段による帯域圧縮の可能性を検討している。テレビ信号には走査線間およびフレーム間に相関が存在するが、この種の相関による冗長度すなわち二次元線形冗長度を計算することに成功した。これは多次元空間内の定常確率過程に対する最適線形予測定理を導き、この定理を利用することによって可能となった。しかし結論としては、統計的手段による帯域圧縮は、極度に大容量の蓄積装置を用いて情報速度を平均化しない限り、かなり悲観的であるということになった。

しかし上記の結論は、テレビ信号の電氣的波形に歪を起さずに帯域を圧縮することが困難であることを意味しているのであって、帯域圧縮そのものの可能性を否定するものではないというのが著者の見解である。つまりテレビ信号は最終的には受像管面上の画像として眼で見るものであるから、視覚系によって感じられないような歪は電気系において許容しても差支えない。したがってテレビ信号の帯域圧縮の問題は、視覚系をも含めた伝送路について論ずべきである。このような観点に立った研究が後編の内容であって、結果としてはかなりの成果をおさめたものと考えられる。

従来このような立場に立った研究は数多くあるが、著者は従来の方式を分類・整理し、視覚系の特性を利用したテレビ信号帯域圧縮方式の問題点を明らかにしている。

視覚系の特性を利用したこの種方式の研究には、受信側における再生画像を視覚系によって評価しなければならないが、このために電子計算機を用いたシミュレーション装置を開発して能率的に種々の実験をおこなうようにした。

視覚の特性を利用した帯域圧縮方式の1つとして著者は補間符号方式を提案した。この方式はテレビ信号のサンプル点を4個おきに選んでこれを主パルスとして忠実に伝送することとし、その間にある3個の値を、一定の法則に従って補間するものである。補間の法則について詳細な検討を加え、シミュレーション実験をおこなって数多くの再生画像を求め比較検討した。その結果画質においてほとんど見劣りのない方式を得、伝送路容量が1絵素当り、2.7ビットという、通常の PCM 伝送の半分以下の帯域幅で伝送できる方式を可能ならしめた。

著者はさらにその方式の変形を考案して実験し、わずかの画質劣化を許容するならば、さらに伝送路容量を減少できることを示している。

また雑音の影響が、著者の補間符号方式に対してどのようにあらわれるかについても実験し、人力信号で S/N 比が 30 dB 以上あればほとんど画質に悪影響のないことを確かめたが、実際には S/N 比が 35

dB 以上であるので、この方式の実用価値が立証されたと言えよう。

著者の方式は現在の回路技術によって実用化することが可能であり、大容量の蓄積装置も必要としない。またデジタル伝送路に対しても極めて能率よく整合をとることができる。特に近年テレビ信号に対してデジタル伝送をおこなおうとする傾向があるので、この方式の応用価値は大きいであろう。

これを要するに、この研究は、テレビジョン信号の伝送帯域の圧縮について、視覚系を含めた詳細な検討をおこない、かつ著者独自の方式を提案してその実用価値の少くないことを示したものであって、学術上ならびに工業上貢献するところ少なくなく、工学博士の学位論文として価値あるものと認める。