

氏 名	伊 東 一 典
授 与 学 位	工 学 博 士
学位授与年月日	昭和 62 年 3 月 13 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 46 年 3 月 信州大学工学部通信工学科卒業

学位論文題目 聴覚における音像定位による画像情報伝達に関する
研究

論文審査委員 東北大学教授 城戸 健一 東北大学教授 中鉢 憲賢
東北大学教授 曾根 敏夫

論 文 内 容 要 旨

現在、我国における重度の視覚障害者は約35万人いると推定されている。また、最近は糖尿病などの成人病や交通事故などによる中途失明者が年々増加する傾向にあると言われている。盲人の社会生活における問題は従事できる職種が極めて限定されることで、その理由は普通の印刷物を読めないこと、歩行などの行動が制約されることなどにある。そこで、これらの障害を補助する機器が開発され、実用に供することができれば盲人の生活環境は改善され向上が期待できるものと思われる。

ところで、角膜移植など外科的治療により視覚を得ることのできる障害の割合は現在のところ少なく、また先天盲は手術により開眼できたとしても画像の認識が容易ではないようである。視覚においては、光刺激は受容器で情報信号に変換され、大脳視覚領を経て頭頂葉連合野で知覚形成されるが、視覚系のどの部位に障害があるかは、補助機器を考える上で重要なことである。受容器障害では大脳視覚領への直接的な電気刺激によって視覚を補綴する方法が試みられている。この方法は、大脳視覚領皮質の一部を電氣的に刺激すると、閃光と呼ばれる光覚が生じることに注目して、撮像装置により得られた画像信号を処理して、視覚領に埋め込まれている64～80個の電極を通して電気刺激により画像情報を伝達するものである。しかし、大脳視聴領の刺激部位と閃光パターンとの対応関係を見出す必要があり、画像情報を伝達できるまでには至っていない。また、脳を直接刺激する時の危険性など多くの問題をかかえている。従って、現在のところ視覚を他の正常な感覚である

触覚あるいは聴覚で代行する方法が一般に採用されている。一般に、光電変換技術または超音波技術を用いて入力された文字、図形あるいは障害物などの画像情報は、信号処理の後、触覚あるいは聴覚に適した出力に変換されて、大脳中枢において認識される。視覚障害補助に関する研究はその目的から、文字情報の伝達、画像情報の伝達および歩行補助の3種類に分けて考えることができる。画像情報の伝達は重要な課題であるが、現在のところ簡単なパターンの伝達に留まっている。

視覚の代行感覚として触覚と聴覚のどちらが適しているかについては議論の分かれるところである。受容情報量は視覚が約 10^6 ビット/秒であるのに対して、聴覚では約 10^4 ビット/秒、触覚では約 10^2 ビット/秒であると言われている。また、視覚および触覚が空間情報の受容を主とするのに対して、聴覚は時間情報の受容がほとんどで空間情報の受容は音像定位は除き少ない。聴覚あるいは触覚を用いて視覚の代行をすることには、受容情報量の差から考えても限界のあることが予想される。しかし、代行感覚を通してどの程度の情報が伝達できるのかを知ること、更に効率の良い伝達方法について検討することは人間の感覚情報の処理および画像の認識に係る重要な研究課題と思われる。

本研究では、聴覚を通して画像情報を伝達するために聴覚の空間知覚能力である音像定位を応用する方法を提案する。本方法は合成音に含ませた位置情報を画像を構成する画素の位置と対応付けて、両耳で知覚される聴覚空間に、この点音像を走査表示して画像を表現するものである。従って、原理的には2次元画像のみならず3次元画像の情報伝達が可能である。

ところで、本研究においては画像表示を目的としているために点音像の提示時間が従来の研究に比べて短いこと、また、音像定位の要因についてはまだ不明な点があり、どのような要因を本方法に採用したら良いのかなど音像定位を画像工学的な立場から検討することが必要である。そこで、まず合成点音像の定位精度の検討から始めている。その後、種々の心理物理実験を行い、点音像による情報伝達特性を明らかにしている。また、画像表示に必要な諸条件について検討すると共に、文字、図形などの簡単な画像情報の伝達特性について述べている。更に、表示効率の改善法についても検討している。最後に、これらの知見をもとに、本研究成果の応用について検討している。以上の諸実験から聴覚により視覚代行の可能性について述べている。

本論文は7章から成っており、各章の見出しおよび概要は次の通りである。

第1章「序論」では、関連する研究の背景、本研究の目的および概要を述べて、本研究の位置付けを行っている。

第2章「音像定位の要因と定位精度の検討」では、音像定位を応用して、ステレオヘッドホンによる両耳受聴で知覚する聴覚空間に、画像を表示するための点音像の合成要素とその定位精度について検討する。点音像の定位精度は画像表示における表示分解能に相当するので、画像をどの程度の画素に分解して表現できるかの目安となる。点音像の合成要素および定位精度に関する検討は、聴覚空間を左右、上下および遠近の3感覚成分に分けて行っている。初めに、音像定位の要因について概説し、本研究の目的とこれらの知見を考慮して点音像の合成要素を決定している。次に、点音像の絶対位置認識が可能な左右感について、正弦波音を中心に、帯域雑音および白色雑音などによる点音像の定位精度を検討して、画像の表示分解能に相当する有効表示点数を求めている。更に、

相対的な位置認識要素である表示音の周波数差による上下感並びにレベル差による遠近感の定位精度を検討するために、左右感で得られた有効表示点数を両成分における点音像の抽出個数に適用して、これらの点音像の識別実験を行い、左右感と同程度の認識特性が得られることを示す。

第3章「点音像による情報伝達の基礎特性」では、点音像によりどの程度の位置情報を人間に正確に伝達することができるかについて、主に左右感の音像定位要素である両耳間レベル差および両耳間時間差を用いて検討する。初めに、正弦波音による点音像の絶対判断に関する実験から伝達情報量を求めて、両耳間レベル差表示と両耳間時間差表示の伝達特性の差異を明確にする。次に、点音像を構成する音の種類について白色雑音、帯域雑音など、主にその周波数構造に注目した検討を行う。その結果から正弦波音に比べて白色雑音による点着像の伝達情報量が高いことを述べ、その原因を追求する。更に、点音像による画像表示を考慮した基礎的な検討として、2個の点音像の連続表示に伴う効果を調べ、先行音が存在する場合の点音像の伝達情報量を求める。また、盲人および晴眼者における点音像の伝達特性についても検討し、両者の伝達特性には差異がないこと、すなわち両者の音像定位能力はほぼ同程度であると考えられることを述べる。

第4章「表示面の検討と点音像による画像情報の伝達」では、初めに左右、上下および遠近の3感覚の中から任意の2感覚の組合せにより構成できる感覚的な画像表示面について述べる。次に、これらの表示面を用いて点および線分などの簡単な画像の表示を行い、その認識特性から画像表示に適した表示面を選択する。その結果、9×9画素の表示面を左右感および上下感の定位要素で構成するのが適当であることを述べる。更に晴眼者、後天盲および先天盲を被験者として、線分、図形および文字などの種々の画像について伝達特性を検討する。その結果から、画像の画素数が30程度の簡単なものであれば約1秒で良好な表示が可能であることを述べる。また、先天盲は後天盲および晴眼者に比べて画像の認識がやや難しいことを示す。

第5章「マーカ音付加による表示効率の改善」では、前章の表示面では表示できる画像の複雑さに限界があるので、点音像の定位精度の向上を図ると共に、表示速度などの画像の表示効率を改善する方法について検討する。一方法として、画像を構成する点音像と周波数スペクトルの相関が少なく音像が融合しない、位置の指標となる点音像を表示面内の左右方向の中心付近に設定することを提案する。この新たに導入した点音像をマーカ音と名付けて、同時付加、常時付加および交互付加の3種類の付加方法について検討する。その結果から、常時付加が最適であることを示し、更に、点、線分および数字などの画像の伝達特性からマーカ音付加による表示効率の改善の可能性について述べる。

第6章「研究成果の応用」では、点音像による画像表示法の応用について検討する。本研究成果の応用としては盲学校におけるパターンの学習装置、ペーパーレスブレイル装置における点字の音響表示、盲人用ワークステーションの表示部、歩行補助における障害物の表示法など種々考えられる。本章では、その一例として重要な課題である歩行補助装置への応用について検討している。前章までの知見をもとに、確実に障害物を認識できることを前提として、超音波を利用して進行方向を中心に60度の範囲に存在する障害物を検出する実験装置を試作して、本表示法の評価を行っている。ここで、超音波による障害物の検出法には、水中撮像装置あるいは生体の超音波診断装置など

に多く用いられているものの、空気中での利用が比較的少ないフェイズドアレイ法を採用している。本装置は試作機であるために身に付ける程には小型化されていないので、実際の歩行実験を十分に行うことができなかったが、障害物のシミュレーション実験などから、本画像表示法が盲人の歩行補助にも役立つことを述べる。

第7章は「結論」であり、本研究で得られた諸結果を総括的に述べると共に、今後の研究課題について述べる。

審 査 結 果 の 要 旨

現在、我が国における重度の視覚障害者は約35万人であるが、病気、事故等による中途失明者は増加の傾向にあり、視覚障害者の社会生活を維持するための方策は重要な度を増してきている。失明者に文字や図形を含めた空間的情報を伝達する手段を与えることは、その一環として、社会的意義の大きいことである。著者はこの点に着目して、聴覚による音像定位を利用した画像情報の伝達を目的とする研究を行った。本論文はその研究成果をまとめたもので、全編7章からなる。

第1章は序論である。

第2章では、音像定位を利用して画像を表示するための方法とその精度について検討している。ここでは、点音像の定位を、左右の方向は音像の絶対位置によって、上下の方向は呈示音の高さによって、また、遠近は音のレベルによって行うことを提案し、正弦波音と雑音を用いた実験により、有効表示点数を明らかにしている。

第3章では、点音像によって人間に伝達できる位置情報を、伝達情報量によって定量化して測定することを提案し、それに基づいて音の種類と呈示方法を実験的に検討し、正弦波音によるよりも白色雑音による方が情報伝達量が大きいこと、盲人と晴眼者の音像定位能力にほとんど差がないことなどを明らかにしている。

第4章では、左右、上下および遠近の3感覚の中の2感覚の組合せにより構成する画像表示面を検討し、認識実験から9×9画素の表示面を左右および上下の定位要素で構成するのが適当であると結論している。

第5章では、点音像の定位精度と画像の表示効率の向上のためにマーカ音を付加することを提案し、その有効性を実験によって示している。これは、有用な提案である。

第6章では、本研究の成果の応用について論じ、1例として、超音波で検出した障害物の方向と距離を、本研究で提案された音像定位の方法によって盲人に呈示することにより盲人の歩行補助に役立て得ることを実験的に示している。

第7章は結論である。

以上要するに本論文は、音像定位の性質を詳細に調べ、種々の新しい知見を得て、聴覚による画像情報の伝達に応用するために有用な基礎資料を提供したもので、音響工学ならびに情報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。