

博士（工 学） 徐 軍

学位論文題名

知的通信方式による手話画像伝送の研究

学位論文内容の要旨

近年、自然動画像の新しい符号化伝送方式として、対象物の形状に関する3次元構造モデルを送受信の両側に用意し、変形情報や意味情報の伝送のみで動画像を合成して表示する方式が注目されてきている。この方式は知的符号化方式、あるいは知的通信方式と呼ばれており、モデルを動かすために必要なパラメータのみを伝送すればよいことから、非常に低いレートでの動画像伝送が期待されている。画像通信に応用するための知的符号化は、主にテレビ電話等の動画像に対象を限定して顔画像のモデル化の研究が盛んに行われてきている。これに対して、著者は手振りによるコミュニケーションの代表例である手話を対象として、手話画像の知的通信に関する研究を行ってきた。これは将来国際間の手話通信の基礎研究となるものである。本研究では、手話画像の知的通信の実現を目指として、手話の意味情報に対応する上肢の動きを記述する単語辞書を構築し、これを用いて手話のアニメーション画像を合成するシステムを提案し、研究を行った。

手話で文章を伝送することを考えた場合、一つの文は幾つかの単語で構成され、各単語は腕や手の動作の一連の変化で表される。ここで、腕の動作や手の動きは上肢と指の各関節角の変化で表現される。この場合、手話画像による表現をより高度化するためには、より多くの手話の動画像情報を伝送する必要がある。しかし、意味情報の伝送とそれに基づいた動画合成ができれば、大幅に伝送量を減少できる。そこで、送受信の両側で予め身体や上肢等の構造データを蓄積しておき、送信側では手の動きから手話の表す概念や意味を抽出してこのデータを伝送する。受信側では受け取った意味情報を上肢の運動パラメータに変換して、手話画像を合成する方法が考えられる。

(手話画像の知的通信を実現するためには、上肢の運動パラメータによる実時間画像合成が必要となってくる。)人間の身体のアニメーション画像を、3次元の形状モデルを用いてリアルに生成しようとする場合、計算時間の点から現状ではパソコンによる実時間システムの実現は困難である。そこで、3次元形状モデルを用いるかわりに、2次元図形処理であるキーフレーム図形間の図形補間ににより、アニメーションを生成することで計算時間を短縮する方法が考えられる。しかし、本方法では人間の手のような3次元の対象物の回転画像を求めるのは困難である。そこで、本論文では手話画像の知的伝送方式のために、上肢の骨格構造のスティック・フィギュア・モデルを採用し、各関節で区切られた3次元セグメントの連結をベクトル表記で記述し、ベクトルで表わされた骨格に適当な幾何形状で肉付けを行う。その上で、骨格の動きを表わす3次元のベクトルにより指等の形状を作画して、これを2次元平面に投影し、手話画像を合成する方法を提案している。本方法は3次元のベクトルデータにより投影面で画像を合成するので、従来の中割り法に基づくキー

フレーム法における3次元の回転画像が求められないという欠点を克服している。従って、本論文の方法は手話のアニメーションを簡便に生成するために有効な方法である。

また、手話画像の知的伝送を行う場合、受信側で受け取った意味情報を用いて手話のアニメーション画像を合成するためには、意味情報に対応する上肢の動きを記述する単語辞書を構築する必要がある。しかし、人間の上肢は多自由度構造を有しており、関節の変化に関する運動パラメータで上肢の姿勢をうまく制御しながら手話に対応させ、上肢の姿勢や運動を組み合わせた複雑な動作を表現することには難点がある。本論文においては、多自由度構造の上肢の動きを記述するためには、手の動作分類を行い、その手振りの運動特徴に基づいた記述方法を提案する。まず、手話で日常使われる手の形を分類して一つのハンドシェープ表で記述する。次に、両手の運動、静止、未使用等の状態により手の動作を分類して、手振りの変化特徴を記述する。この場合、上肢の動きを、手の形の変化や手の位置を決める各関節角の変化に従って、基本的な動作単位に分けて表現する。次に、各動作単位は、手の形および手の位置を決める関節角変化のデータで記述される。更に意味情報により手話のアニメーション画像を生成するために、「代表形」と「実現形」の二つの種類の単語辞書を構成する方式を提案している。ここで「代表形」辞書は手話単語の基本的な動作を記述し、一方「実現形」辞書は動作の反復やスピード等の制御パラメータを記述しており、手話単語は代表形に実現形を付加して表現する。この方法では手話単語の記述を簡単化したため、上肢の姿勢制御が容易になり、動作の反復や強調等も表現可能となった。

本研究では、提案した手法に基づいて、手話画像を合成するCGシステムや手振りの意味情報を記述する単語辞書を構築し、キーボードから入力したテキスト単語や会話文により、手話のアニメーション画像を生成することに成功した。本システムはSUNワークステーションで開発され、上肢の運動パラメータによる手話画像を1秒4枚で準実時間で合成できる。しかし、実際に手話の表示を行うには、このスピードではまだ不十分である。そこで、手話のアニメーション画像の高速表現を実現するために、フレームバッファを使って、計算された中間画像を蓄積しておき、すべての手話画像を生成した後に、1秒30枚のスピードでアニメーション画像を表示している。現在のところ、「代表形」辞書には、アルファベットと日本語の格助詞の指文字、単純語、および肯定（ます）、否定（ない）と過去形（ました）等の基本的な動作を表す手話表現が60あまり記述されている。「実現形」辞書には、「代表形」辞書で記述された基本動作に基づいて、80あまりの手話単語が登録されている。

また、本研究では、中国と日本の大学間で国際電話を介して行ったパソコンのデータ通信実験の成果を利用して、知的通信方式による手話画像の伝送が行えるシステムを開発し、日中の大学間で手話画像を伝送する知的通信実験に成功している。知的通信方式により、伝送画像データの大幅な圧縮が可能となり、国際電話料金があまり負担にならなくなることが期待できる。更に、本研究に基づき現在日本国内向けの衛星通信（JCSAT）を利用して、知的通信方式による手話画像の伝送実験も行っている。本研究では将来の衛星通信による画像伝送の一利用分野として、本研究の特徴である高速化と知的処理を生かした、臨場感のある手話画像伝送技術の開発や日中間での本格的な手話通信システム開発のための基礎的データを得ることができた。

学位論文審査の要旨

主査 教授 青木由直
副査 教授 伊達惇
副査 教授 北島秀夫
副査 教授 伊福部達

学位論文題名

知的通信方式による手話画像伝送の研究

動画像の新しい符号化伝送方式として知的通信方式に興味が集まっており、次世代の通信方式として技術基盤の確立が期待されている。多くの研究がテレビ電話等を対象とした顔画像の研究に集中している一方で、本論文の著者は手振りによるコミュニケーションの代表例である手話に、知的通信方式が適していることに着目し、遠隔地間での手話画像によるコミュニケーションを実現するための知的通信について基礎的検討を行ってきた。本論文では、手話を構成するために身体や上肢等の構造データから手話画像のアニメーション画像を生成する手法について、視認性と計算コストの両方の側面から検討を加えている。さらに、手話の意味情報に対応する上肢の動きをパラメータにより記述するための単語辞書構築法について論じている。

本論文における研究成果に対する評価を以下に要約する。

1) 手話画像の知的伝送方式のデータ表現として、上肢の骨格構造のスティック・フィギュア・モデルを採用し、各関節で区切られた3次元セグメントの連結をベクトル表記で記述した骨格に適当な幾何形状で肉付けを行うことで、視認性の良い手話画像を合成する方法を提案している。

手話で文章を伝送する場合では、文は幾つかの単語で構成され、各単語が腕や手の動作の一連の変化で表される。腕の動作や手の動きが上肢と指の各関節角の変化で表現されることから、手話画像伝送の高度化には意味情報の伝送とそれに基づいた動画合成が有効である。送受信の両側で予め身体や上肢等の骨格データを蓄積し、送信側では手の動きから概念、意味の抽出、受信側で手話画像を合成する手法は、有効な通信方式の一つと考えられる。

2) 3次元のベクトルデータから投影面上の画像を合成することで、従来の中割り法に基づくキーフレーム法での3次元の回転画像算出の問題を克服し、手話のアニメーションを簡便に生成する方法を提案した。

手話画像の伝送では再生画像の画質の良好性と同時に画像合成に要する時間も問題となる。本論文ではスティック・フィギュア・モデルを幾何的に肉付けし、指形状を作成、これを2次元平面に投影することで、手話画像を合成しこの問題を解決している。この方法は手話のアニメーション生成法として有効なものと考える。

3) 受信側で受け取った意味情報を用いて手話のアニメーション画像を合成するための単語辞書を構築する手法として、関節角モデルに基づいて手振りの運動特徴で記述する方法を提案した。データを手話単語の基本的な動作を記述する「代表形」と、動作の反復やスピード等の制御パラメータを記述する「実現形」に分けて表現することで、手話単語の記述が簡単化され、上肢の姿勢制御が容易になり、動作の反復や強調等も表現できることを明らかにした。

上肢の動きを記述する単語辞書の構築においては、上肢が多自由度構造を有するため、関節の運動パラメータを制御しながら手話に対応させるだけでは、複雑な動作の表現が困難であることをまず明らかにし、多自由度の上肢動作記述に適した方式を提案している。具体的には手話形を分類しハンドシェープ表で記述し、両手の運動、静止、未使用等の状態により手の動作を分類し、基本動作単位にわけて手振りの変化特徴を記述する。これに加えて意味情報により手話のアニメーション画像を生成するために、「代表形」と「実現形」の二つの種類の単語辞書を構成する方式を提案している。これを、CGシステムとして実現し、会話文から手話動画像を生成することに成功している。

4) 國際電話回線、および通信衛星を利用した手話画像の知的伝送実験を行い上述の通信手法の妥当性を明らかにした。

中国と日本の大学間で国際電話を介して行ったパソコンのデータ通信実験の成果を利用して、知的通信方式による手話画像の伝送が行えるシステムを開発し、日中の大学間で手話画像を伝送する知的通信実験を行うとともに、衛星通信系（JCSAT）を利用して知的通信方式による手話画像の伝送実験を行い、臨場感のある手話画像伝送技術の可能性について検討しており多くの基礎的データを得ている。

これを要するに著者は、手話画像を対象とする知的通信方式について、いくつかの基礎的研究を行うとともに、手話画像伝送実験を通じて実用化上の問題点を明らかにすることで、多くの新知見を得ており、情報工学の進歩に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格があるものと認める。