

高度情報転送における符号化・情報共有技術

福本 昌弘^{†*} 岡田 守^{†**} 菊池 豊^{††}
藤村 和人[†] 下上 泰治[†] 宮本 俊幸[‡]

[†]高知工科大学工学部情報システム工学科
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

^{††}高知工科大学総合研究所

[‡]大阪大学大学院工学研究科電気電子情報工学専攻
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2番1号

E-mail : * fukumoto.masahiro@kochi-tech.ac.jp, ** okada.mamoru@kochi-tech.ac.jp

要約：本研究では、転送される情報への新たな価値の付与や、必要な情報をいつでもどこでも思いのままに利用できる環境を実現するシステムの研究開発を目指している。そのため、情報転送時に物体・動作認識の技術を適用し、転送する情報を高度な価値を付加した情報として符号化する。また、転送される情報を所望の特性で再現するため、適応信号処理技術を用いた情報符号化時処理を施す。更に、正しい情報を安全に保管・配信するために秘密分散法によるデータベースを利用する。本稿では、これらのうち、3次元計測による動画像の特徴フレーム抽出法と、音響空間再現システムの構成法、効率的な分散共有データベースについて示している。

Abstract : Recently, a large amount of data is exchanged on the Internet. It is necessary to assign high added value for transferred data. The purpose of our research is to establish the encoding and signal processing technique for flexible and comfortable information environment. In this paper, the experiment of recognizing the sign language, the multi-channel sound field reproduction system and the distributed database systems using the secret sharing scheme have been presented.

1. まえがき

情報通信技術の進歩に伴い、処理が困難なほど大量のデータがやりとりされるようになりつつある。このように氾濫する情報を的確に配信・提示できるような仕組みが不可欠になっている。本研究では、従来の技術に拘束されない、

新しい発想でユーザの多様な要求に応えられるような、柔軟で快適な情報ネットワークシステムの構築をめざし、転送される情報への新たな価値の付与や、必要な情報をいつでもどこでも思いのまま安全・正確に利用できる環境を実現するシステムの研究を行う。そのため、情報転

送時に物体・動作認識の技術を適用し、転送する情報を単なる映像情報としてではなく高度な価値を付加した情報として符号化する。また、転送される情報を所望の特性で再現するため、適応信号処理技術を用いた情報転送時処理を施す。更に、情報の安全かつ正確な保管と転送を可能にする情報共有方式を確立する。

本稿では、これらを実現するために必要な3次元画像情報表現法およびステレオ型音響再現技術、分散データベースシステムを示す。まず、3次元計測による動画の特徴フレーム抽出法について述べる。次いで、最も簡単な構成で実現可能な多入力音響空間再現システムの性能改善をはかる。最後に、効率的な分散データベースシステムの構成について示す。

2. 3次元計測による動画からの特徴フレーム抽出法

本章では、特徴フレーム抽出による認識の応用として、手話を取り上げる。

画像認識技術を用いて手話を認識することで、聴覚障害者と健聴者の円滑なコミュニケーションツールの開発が期待できる。

手話における腕の動作には、腕の動きが大きなときは腕の動きが、腕の動きが小さいときは手の形状が重要となる特徴がある [2]。また、手話において腕が動くときの動作は大きく2種類に分類できる (表1)。これには、手話単語において意味を示す役割があるものとそうでないものがある。前者は単語中、後者は複数の単語の組み合わせでひとつの意味を表す手話単語における、次の単語動作への移動時に現れると考えられている (「わたり」 [3] と呼ばれている)。

しかし、手話動作を計測し、その3次元座標を認識特徴として用いる手法では、個人の癖などにより表出位置を限定しにくい場合、認識のために必要なサンプル数が莫大になる。そこで

本研究では、手話単語を録画したステレオ画像の計測データから話者の周辺空間を比較的大きくつかの領域に分割し、計測点はその領域を移動していく時系列パターンを入力パターンとする手話動画画像からの特徴抽出法について提案する。

表1 手話における腕の動作分類

運動量	意味	出現する状況
大きい	有	手話単語中
	無	単語間の動作遷移時
小さい	有	繰り返し動作の反転時 単語の開始、終了時
	無	手話動作の終了

2.1 特徴抽出

本研究では、この手話動作時に発生する動きの緩急に着目し、手話動画からの特徴抽出に用いる。

特徴抽出に計測点の座標値の組み合わせを用いるだけでは、手話の意味を形成する腕の動きに関する特徴が排除されてしまう。そこで、特徴を示す座標値を検出したフレームから、あるフレーム数遡り、そのフレームに到達するまでの経路を求める。さらに、その状態が連続して検出された場合、手話の動作における繰り返し動作の反転時、もしくは単語の開始、終了時と判断する。これにより動きの特徴を反映させた特徴抽出を行う。

2.1.1 手話動作の計測

手話動画の計測には、株式会社ライブラリー製の3次元計測ソフト「Move-tr/3D」を用いる。このソフトウェアは、DLT (Direct Liner Transformation) 法を用いて、あらかじめ撮影した既知の3次元座標からカメラ定数¹と呼ば

¹対象物までの距離、レンズの焦点距離、設置角度など

れるパラメータを算出する。カメラ定数から逆算することで、2次元画像の座標から計測対象の3次元座標を求めることができる。

本研究では、既知の座標として幅120cm, 奥行90cm, 高さ200cmの直方体形状のフレームを作成する。このフレームの縦方向を形成するパイプに、高さ90cm, 180cmの位置で計8箇所反射板を取り付け、既知の3次元座標として利用する。

2.1.2 領域分割と座標変換

提案方式では、被験者の周辺を領域分割し、その位置座標を特徴フレーム抽出を行う入力パターンとして用いる。領域分割には初期フレームで検出した被験者の「額」、「両肩」、「両肘」の座標を用いる。これにより被験者の体格にあわせて分割領域を設定することが可能となる[4]。図1は被験者の周辺空間を分割した状態を表している。

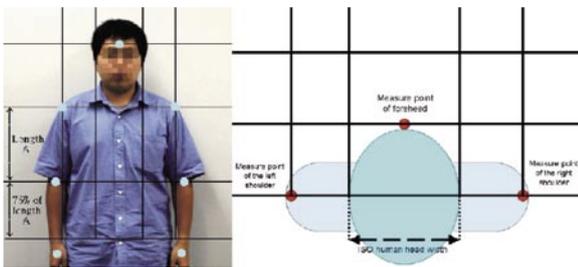


図1 被験者周辺の空間領域分割

2.1.3 特徴フレームの抽出処理

特徴フレームの抽出には以下の手順を用いる。入力特徴量に対して、IDと各計測点の位置状態を記録した識別データベースを参照する。合致する位置状態を検出した場合そこからあるフレーム数通り、両手の経路重みを算出しその総和 $X_{R(L)}$

$$X_{L(R)} = \sum_{i=n-b}^{i=n-1} (C_{iL(R)} * \omega_1 + \dots + C_{iL(R)} * \omega_k) \quad (1)$$

を求める。現在のフレーム位置 n , 重み $\omega_1 \dots \omega_k$ ($0 \leq \omega \leq 1$), 遡るフレーム数 b , フレーム n

における両手存在領域 $C_{nL(R)}$ とする。また、現在フレーム数 n が遡るフレーム数 b 以下の場合には初期フレームまでの総和を算出する。

算出された経路重みの総和が最大となったIDを出力する(図2)。ここでは $k=2$ となる。

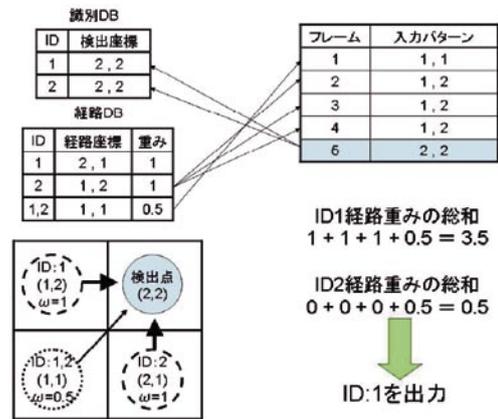


図2 出力IDの決定方法

出力されたIDが入力パターンの平均連続フレーム数以上連続して出力された場合、そのIDを最終出力とする。

2.2 抽出実験

2.2.1 実験の条件

実験には、表2の手話単語9種類を用いる。手話通訳士の資格を保有している被験者1名に、遅い、普通、早い3段階の速度で手話を行わせカメラ2台で撮影する。撮影した動画は、毎秒30コマのBMP画像として記録される。

この画像をMove-tr/3Dを用いて、計測対象点の座標を計測し、3次元座標データを生成する。生成された3次元座標は2.1.2で述べた領域分割を元に変換され入力パターンとして用いられる。

表2 手話単語一覧

単語名		
アイロン	アリバイ	開ける
あさって	あわてる	怒る
あした	楽しい	閉める

なお、識別データベースは独立行政法人情報通信研究機構の手話動画データベースの計測結果を元に、奥行き情報（Z軸情報）を付与して作成している。

2.3 抽出結果

提案手法によるフレーム抽出結果を表3に示す。ここでは遡るフレーム数を10フレームと設定している。

表3 出力結果（肘の位置情報あり）

速度	早い	普通	遅い
完全検出	22.2%	77.7%	11.1%
フレーム欠落	44.4%	22.2%	66.6%
誤検出	33.3%	0%	22.2%

「完全検出」はフレーム抽出結果が完全な単語、「フレーム欠落」は検出を期待したフレームの一部が抽出できなかった単語、「誤検出」は特徴フレーム以外のフレームが検出、もしくはフレームをまったく検出できなかった単語である。

2.4 考察

本手法を用いることで、比較的大きな領域を識別特徴量として用いる場合でも、手話における腕の動きの特徴が検出可能であると確認できた。また、腕の動きが静止した状態の特徴フレームを検出するため、手形状を捕らえやすいと考えられる。これにより、「怒る」、「楽しい」、「あわてる」、の手話のように、腕の動きはまったく同じ、もしくは非常に似通っており、手形状のみが異なる手話において、手形状の判別を行うタイミングの決定に有効ではないかと考えられる。

本手法の問題点として、速度の違いによる動きの変化に上手く対応できないことが挙げられる。早い手話の動作は、ただ速度が速くなるだけでなく、腕の移動量が小さくなる場合がある。

このとき、両手の移動範囲が一つの分割領域内に収まってしまう場合があり、検出される領域に変化が生じにくくなる。速度の遅い手話の場合は、動きが大振りになり、普通のを参考にして作成した識別データベースでは識別率が低下してしまう。このような手話への対応が今後の課題である。

3. 多入力信号補正システムにおける制御点近傍での音響空間再現

本章では、構成が最も単純で実現容易なステレオ型音響再現システムの実環境での応用に向けた性能向上法を提案する。

原音場の特性を再生音場において再現するためには、室内の反響などの影響を考慮しなければならない。その再現方法として、多チャンネル-多点制御系が有効とされている。しかし、この手法はスピーカの増加により制御系が複雑になったり、残響時間が長い空間では演算量が増加してしまうなどの問題があるため実用化には至っていない。この問題に対して、多入力信号補正システムが提案された[6]。この提案手法では、制御した点（制御点）のみの補正を考慮しており、制御点近傍の点に対しての補正は考慮されていない。そこで、多入力信号補正システムにおける制御点を増やすことで、制御点近傍に対しての補正を考慮したシステムを提案する。

3.1 多入力信号補正システムの拡張

多入力信号補正システムにおいて制御点を2つにした4点制御系を用いて、制御点近傍に対して補正を行う。本来1つの制御点に対して補正を行うものなので、2つの制御点の観測音の平均をとり1つの制御点の観測音として用いる。多入力信号補正システムは、図3の制御点Bのように2つのスピーカから出る音の制御点までの伝達経路が左右対象であるときに最も有効とされている。このことから、図3の制御点

A, Cのように2つの制御点に対する2組の伝達経路が左右対象となる位置関係にあるとき, 各制御点において補正が行われると考えられる. また, 2つの制御点の間の受聴点においても再現が行われると考えられる. そのため, 4点制御系に用いる2つの制御点をAとCとすることで, 制御点近傍に対して補正を行うことができる.

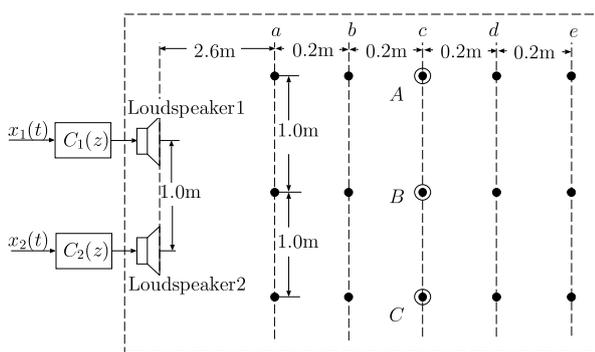


図3 多入力信号補正システムの構成

3.2 計算機シミュレーション

多入力信号補正システムにおける従来の2点制御系と, 提案した4点制御系について計算機シミュレーションを行う. その結果より導いた評価値を用いて, それぞれの制御点とその近傍の受聴点を比較することにより4点制御系が範囲に対する補正において有効であることを示す.

3.2.1 シミュレーション条件

反響性のある部屋において, 図3のようにスピーカとマイクの位置関係を変えた受聴点を15種類用意した. それぞれの点において逐次最小2乗法により再生音場の伝達特性を実測し, 出力信号として音声信号を用いる. 多入力信号補正システムにおいて, 制御点をBとした従来の2点制御系と, 制御点をA, Cをとした提案手法である4点制御系を行い, 各手法における制御点およびその近傍における再現精度を求める. ここで, 再現精度は

$$SNR[\text{dB}] = 10 \log_{10} \frac{\sum x_i^2(t)}{\sum [y_i^2(t) - x_i^2(t)]} \quad (2)$$

で表されるものとする. 制御せずに観測したSNRと, 制御を行い観測したSNRの差を, それぞれの受聴点における改善量として評価を行う.

3.2.2 シミュレーション結果

2点制御系と4点制御系における各受聴点における改善量を表4に示す. ただし*は制御点を表す. 表4より4点制御系は2点制御系に比べ, 制御点における補正効果は小さくなるが, 制御点近傍の改善量の平均値は向上していることが確認できた.

表4 シミュレーション結果 [dB]

	位置	a	b	c	d	e	平均値
I	右	-0.92	-0.33	0.26	-0.06	-0.84	0.04
	前	-1.08	2.71	*3.32	2.10	-3.68	
	左	0.14	-0.61	-0.43	-0.49	-0.85	
II	右	-0.09	0.96	*1.66	1.22	0.57	0.46
	前	-0.59	0.53	0.50	-0.62	-2.74	
	左	0.14	1.12	*1.76	1.27	0.69	

I: 2チャンネル-2点制御系, II: 2チャンネル-4点制御系

4. 効率的な分散共有データベース

ITの進歩などに伴い, 扱われるデータの容量が爆発的に増加する中で, 分散データベースの必要性が高まってきている. 個人情報などのデータベースは, 特に秘匿性, 信頼性, 頑健性がますます重要となってきた. これに対し, 自律分散ストレージシステム[14]とリレーショナルデータベースシステムを統合して, 秘密分散共有法[15]を用いた分散データベースシステム[18]が構築されている.

提案する分散データベースシステムはリレーショナルデータベースをフラグメントに分割して管理するため, フラグメントごとにクエリを処理する必要がある. 本研究では, 最適なクエリ処理を行う

ことで、システムのパフォーマンス向上を目指す。

4.1 秘密分散共有法を用いた分散データベースシステム

秘密分散共有法を用いた分散データベースシステムの大きな特徴は、データベース上のリレーションを、秘密分散共有法を用いて暗号化して管理しているという点である。このシステムは2種類のエージェントにより構成されている。データベースエージェントはサブクエリの作成、結果の結合など分散データベースシステム実現に必要な機能を提供する。ストレージエージェントは秘密分散共有法によるリレーションの管理を行う。これにより、秘匿性、信頼性に優れた分散データベースを構築することができる。

一方で、本分散データベースシステムは、計算負荷が高いという欠点がある。そこで、システムのパフォーマンスを向上させるために、Vertical Partitioning (VP法)を用いて、リレーションを類似性の高い属性によって構成されるフラグメントに分割する。クエリーは一般的にリレーションの属性の一部で実行されるため、リレーションをフラグメントに分割することで、不必要な属性へのアクセスを抑えることができる。また、クエリーを複数のデータベースエージェントでフラグメントごとに並行処理することもできる。

4.2 クエリ処理

提案するシステムでは、リレーションはフラグメントに分割されているため、各フラグメントに対して、個々にクエリから実行する必要がある。現在のクエリ処理方法は、要求されたクエリーをフラグメントごとのサブクエリを作成し、サブクエリを各データベースエージェントで処理している。

積項のみで構成されるクエリの場合は、各フ

ラグメントに対して一つのサブクエリを作成することができる。しかし、or-結合を含む離接クエリの場合は、DNF (Disjunctive Normal Form)系に変換し、各項ごとに各フラグメントに対するサブクエリを作成する必要がある。本研究では、複雑な離接クエリを、DNF系に変換せず、パーティション構造に基づいてサブクエリを作成する。これによりクエリの最適化を試み、システム全体のパフォーマンス向上を図っている(図4)。

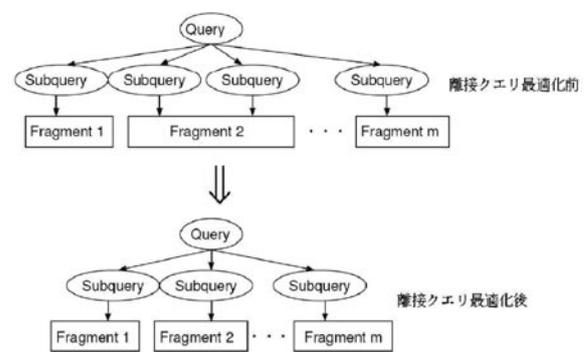


図4 クエリの最適化

5. むすび

本稿では、3次元計測を用いた特徴抽出手法の手話認識への応用の有効性を示した。また、最も簡単な構成で実現可能なステレオ型音場再現システムの実環境への実現へ向けた性能向上法を提案した。更に、秘密分散法を用いた共有データベースシステムの効率化をはかった。

これらを活用することで、情報転送の効率化と情報資源の有効な活用が期待できる。

謝辞

本研究は、文部科学省私立大学学術研究高度化推進事業の援助のもとで行われたものである。

文献

- [1] K.Fujimura and M.Okada, "Proposed experimental system for sign language

- recognition,” International Conference on Next Era Information Networking, Sept.2005.
- [2] 谷端伸彦, “手話認識のための手指抽出と単語認識,” 電子情報通信学会福祉情報工学研究会技術報告, WIT2001-22, pp.37-42, 2001.
- [3] 岡澤祐二, 西田昌史, 堀内靖男, 市川熹, “わたり区間を含む単語を用いた手話認識手法の検討,” 電子情報通信学会福祉情報工学研究会技術報告, WIT2003-65, pp.12-18, 2004.
- [4] 藤村和人, 岡田守, “手話認識のための実験システムの提案,” 平成 17 年電気関係学会四国支部連合大会, 16-1, p.287, Sept.2005.
- [5] 李昌宏, 中園薫, 長嶋祐二, 張鴻徳, “動きベクトルを用いた手話単語分類,” 電子情報通信学会福祉情報工学研究会技術報告, WIT2003-62, pp.65-70, 2004.
- [6] 浜崎真二, 福本昌弘, “クロストーク成分における相互相関係数に着目した音場再生システム,” 電子情報通信学会技術報告, SIP2004-115, Vol.104, No.559, pp.31-36, Jan.2005.
- [7] M.Fukumoto, S.Hamasaki and T.Kubo, “Sound Field Reproduction System Focused on Crosscorrelation of Cross-Talk Components,” International Conference on Next Era Information Networking, Sept.2005.
- [8] 下上泰治, 福本昌弘, “制御点の移動を考慮した音場再生,” 電気関係学会四国支部連合大会, 1-24, p.24, Sept.2005.
- [9] M.Fukumoto, “Convergence Properties of NLMS Algorithm in Noisy Environment,” International Conference on Next Era Information Networking, Sept.2005.
- [10] 福本昌弘, 久保田一, “安定性を保証した学習同定法の収束特性の向上,” 信号処理シンポジウム, B5-1, Nov.2005.
- [11] S.Saiki and M.Fukumoto, “Iterations of convergence assurance for BCGM-OR,” International Conference on Next Era Information Networking, Sept.2005.
- [12] 佐伯幸郎, 福本昌弘, “多入力信号補正によるステレオ型音場再生システム,” 信号処理シンポジウム, B5-2, Nov.2005.
- [13] 佐伯幸郎, 福本昌弘, “最低反復回数を保証した BCGM-OR アルゴリズムの一運用法,” 電子情報通信学会信号処理研究会, Jan.2006.
- [14] 宮本俊幸, 土居伸二, 野川祐記, 熊谷貞俊, “秘密分散共有法を利用した自律分散ストレージシステム,” 電子情報通信学会論文誌 (D-2), Vol.J87-D-I, No.10, pp.899-906, Oct.2005.
- [15] A.Shamir, “How to Share a Secret,” Communication of the ACM, Vol.22, No.11, pp.612-613, 1979.
- [16] 守田泰博, 宮本俊幸, 熊谷貞俊, “秘密分散法を用いた分散データベースシステム,” 電子情報通信学会コンカレント工学研究会, Jan.2006.
- [17] T.Ikemura, T.Miyamoto, and S.Kumagai, “A Query Optimization Technique in Distributed Database System,” International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications, pp.1479-1480, 2005.
- [18] 宮本俊幸, 守田泰博, 熊谷貞俊, “秘密分散共有法を用いた分散データベースシステムにおける縦分割アルゴリズム,” 電子情報通信学会技術報告, CST2005-21, pp.17-22, Nov.2005.
- [19] 池村武司, 守田泰博, 宮本俊幸, 熊谷貞俊, “秘密分散データベースシステムにおける離接クエリの最適化,” 電子情報通信学会総合大会, p.226, Mar.2005.
- [20] 菊池豊, “多重ルーティング型マルチホー

ムの地域 ISP における応用,” 情報処理
学会研究報告 2005-DSM-39, pp.19-24,
Oct.2005.

- [21] 福家孝彦, 菊池豊, “多重経路ルーティング
技術を用いた PA アドレスを持つ ISP の
マルチホームに関する研究,” 情報処理
学会研究報告 2005-DSM-40, Mar.2006.