

## 基盤技術

## 応用

## システム

1



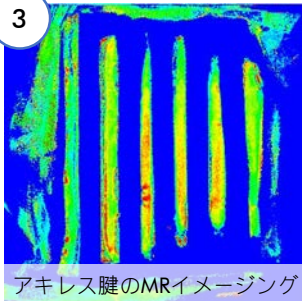
GPUによるラスタセグメントを単位とした画像連結領域ラベリング

2



足底から心血管情報を測定する生体計測マット

3



アキレス腱のMRイメージング

4



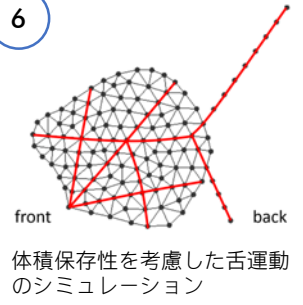
バーチャル大腸内視鏡のための内容物の電子クレンジング

5



嚙下音解析による摂取水分量の推定

6



体積保存性を考慮した舌運動のシミュレーション

7



X線一般撮像画像の自動トリミング

8



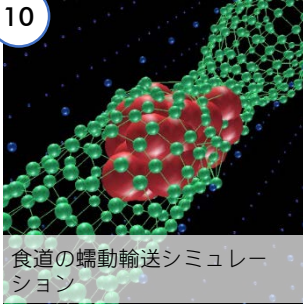
VR空間における操作者の姿勢に基づく指示方向推定

9



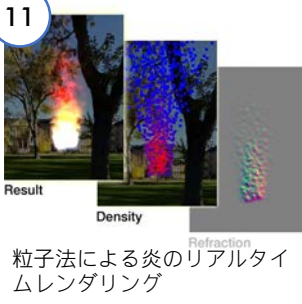
バイオメカニクス投球シミュレーション

10



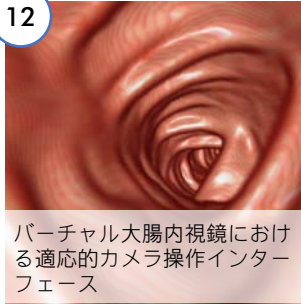
食道の蠕動輸送シミュレーション

11



粒子法による炎のリアルタイムレンダリング

12



バーチャル大腸内視鏡における適応的カメラ操作インターフェース

13



気泡運動を反映した液体のCGと効果音のリアルタイム生成

14



構造色のリアルタイムレンダリング

15



MR空間におけるバーチャル流体リアルタイムレンダリング

16



異種医用画像情報の統合とウォークスルー

17



インタラクティブ多視点フォグディスプレイ

18



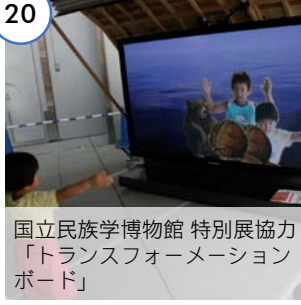
能動的に匂いを嗅ぐ動作に着目した嗅覚提示装置と嗅覚-視覚相互作用の検証

19



VR技術を用いた幻肢リハビリテーションシステム

20



国立民族学博物館 特別展協力「トランスフォーメーションボード」

入力: 計測・信号処理

計算: モデリング・シミュレーション

出力: レンダリング

## 1. GPUによるラスタセグメントを単位とした画像連結領域ラベリング

画像の連結領域抽出は、画像のラベリングとも呼ばれ、入力画像中の連結した画素の集合を検出し、同じ連結領域に属している画素に同一のラベルを与える処理である。連結領域抽出は画像を解析する前段階の処理として、コンピュータビジョン、パターン認識、画像処理などの分野で幅広く必要とされている。本研究では、連結領域抽出処理を、画像のラスタ上における同一値の画素の連なり(ラスタセグメント)の抽出と、抽出されたラスタセグメントの連結に分割し、GPGPU(GPUによる汎目的計算)の専用開発環境であるCUDAを用いて高速に並列実行するアルゴリズムを提案する。

## 2. 足底から心血管情報を測定する生体計測マット

本研究では、足底より生体情報が取得可能な、マット型の生体計測システムを提案する。生体情報として、心血管系の指標となる心電図、光電容積脈波を計測する。計測システムは、マット、アナログ回路、AD変換器、PCで構成される。計測システムを構築し、被験者実験を行ったところ、心電図、光電容積脈波を足底より取得することに成功した。また、取得した心電図、脈波を用いて動脈硬化の指標として知られる脈波伝播速度を算出した。血圧との同時計測により解析を行い、本システムを用いて算出した脈波伝播速度と血圧に相関を認めた。したがって、本システムを用いることで、日常的に不整脈だけでなく、動脈硬化や血圧を推定できる可能性が示唆された。

## 3. アキレス腱のMRイメージング

跳躍や走行中に起きるアキレス腱断裂は、スポーツ選手の選手生命において致命的であり、医用画像による非侵襲的な兆候把握が期待されている。しかし従来の画像化手法は、特殊な機器を用いる必要があること、画像のコントラストが不十分であることなどの問題があり、断裂前の微細な損傷は描出できない。MRI計測において、腱や靭帯といった均一な線維配列をもつ計測対象の信号強度は、静磁場方向に対する角度に依存して変化することが知られている。本研究では、計測信号の角度依存性を利用して、アキレス腱組織の損傷部位を可視化する手法を提案する。提案手法は、静磁場に対する角度を変化させながら撮像した複数枚のMR画像から取得される信号強度データと信号強度の角度依存性の理想曲線より、繊維配向性をあらかず数値を求め、画像化する。

## 4. バーチャル大腸内視鏡のための内容物の電子クレンジング

大腸の内容物を造影剤により強調したX線CT像に対して、画像処理を適用して内容物領域を除去する電子クレンジングが注目されている。電子クレンジングの課題として、自動でパラメータを決定して内容物領域を除去すると同時に、誤った除去によって大腸形状が損なわれないようにする必要がある。本研究では、CT値分布と勾配を用いて大腸形状を維持しながら、自動的に内容物領域を除去する手法を提案する。内容物領域の除去に必要なパラメータを自動で決定するため、大腸内空気の外周域におけるCT値の度数分布に対して判別分析を行う。パラメータを決定した後、閾値処理により内容物領域を除去する。しかし、X線CT像では異なる領域の境界でCT値が連続的に変化するパーシャルボリューム効果が発生することにより、閾値処理のみでは境界域に内容物が残存する。残存する内容物を除去するため、大腸内空気の外周域を候補として抽出し、周囲の環境から除去する対象を決定する。また性質が似ている真の腸壁を除去しないために、周囲環境との位置関係を用いることで、本物の腸壁を除去対象から除外する。実験として、本手法を実データに適用し、内容物領域除去の可能性を検証した。

## 5. 嚥下音解析による摂取水分量の推定

嚥下を行う際に喉頭において発生する嚥下音は、体外から非侵襲的に計測することができるため、嚥下障

害等の検査への応用が期待されている。しかし、嚥下音を利用して飲食物の嚥下量を定量化する試みは少ない。本研究では、嚥下音に対する信号処理により、ユーザがどの程度の水分を摂取したかを定量的に推定するシステムを構築する。嚥下量の推定が実現すれば、食生活のモニタリングによる疾病の予防等へ応用されることが期待される。嚥下音に対して自己回帰モデルのあてはめやフーリエ変換などの処理を行い、複数の特徴量を抽出し、主成分分析と SVM により嚥下水分量を推定する。

## 6. 体積保存性を考慮した舌運動のシミュレーション

発声、食物の咀嚼、嚥下といった口腔機能の制御において、舌の形状は重要な役割を持つ。本研究では舌の数理モデルを構築し、舌の変形シミュレーションを行う。舌組織を粘弾性体として捉え、バネと緩衝器によりモデル化する。舌内部を走行する筋の収縮は、収縮要素、バネ、緩衝器から構成される筋モデルを用いてモデル化し、収縮要素が発生する張力を任意に与えて舌の変形をシミュレーションする。舌組織の非圧縮性は、組織の体積変化によって生じるポテンシャルエネルギーを定義し、エネルギーが最小となるよう変形を行うことで表現する。構築したモデルを用いて日本語母音/a/調音時の舌形状を再現するシミュレーションを行ったところ、計測データと定性的に一致する結果が得られた。

## 7. X線一般撮像画像の自動トリミング

X線一般撮影は、X線CTが普及した現在であっても、被曝量・検査時間・費用の点で優れた画像診断技術である。フラットパネルディテクタの普及により、撮影可能領域が格段に広くなり、放射線技師のワークフローには撮影された画像の必要部位をトリミング処理する作業が新たに加わっている。本研究では、X線画像に対して自動的にトリミング領域を推定して放射線技師に提示する手法を提案する。胸部X線画像に対する自動トリミングの結果と放射線技師による処理結果を比較した結果、ほとんどの場合で実務経験のある放射線技師と同水準の性能があることが示された。

## 8. VR空間における操作者の姿勢に基づく指示方向推定

本研究では、VR空間における作業対象物体と操作者間の円滑な相互作用を実現するために、操作者の姿勢に基づき指示方向を推定する手法について提案する。提案手法では、指示方向を、操作者の複数の身体部位と人差し指の先端を結ぶ方向の重み付け平均として表現する。この重みを収束計算で求めることにより、個人・方向・距離によって生じる差を吸収し、指差し方向を推定することを可能にする。実験から、提案手法が操作者の意図している指示方向を約3度の精度で推定でき、VR空間での対象物体の直接操作に有効であることが示された。

## 9. バイオメカニクス投球シミュレーション

数値シミュレーションを用いた野球の理解が進んでいる。本研究では、形状や機械的特性に着目した手のモデリングを行い、投球する際のボールの軌道シミュレーションを行う。さらに、ボール周りの空気の流れ解析を行なうことによって、ボールが空気から受ける力を算出し、軌道を求める。本システムを用いることで変化球のシミュレーションが可能となり、また個々で異なる手の特徴量がボールの軌道に与える影響が明らかになる。

## 10. 食道の蠕動輸送シミュレーション

本研究では、食道の蠕動運動による食塊の挙動の解析を行う。食道と食塊にはバネ質点モデルを用いて、食塊には大きさの概念を加えて球として扱う。食道の筋肉と食塊の粘弾性は、各バネと並列に緩衝器を接続することで表現する。蠕動運動による食道の輪状筋の収縮は、食道を構築する質点間のバネが伸びることを

入力として、上流の質点間のバネの自然長、バネ係数を変化させることでモデル化する。食道と食塊の相互作用は、食塊を構成する球と、食道を構成する質点により与えられる平面との接触として扱い、仮想バネによる力を考慮して接触整合性を得る。食道の粘膜の粘性は、仮想バネに緩衝器を加えることで表現し、食塊の粘性は、球の速度に応じた粘性摩擦力を加えることで表現する。本研究で構築したモデルを用いて、食道の角度と、食塊の粘性と変形を考慮したシミュレーションを行ったところ、食道が地面に対して水平に近づき、食塊の粘性が高くなるに従って、食塊の食道通過時間が長くなるという結果が得られた。他の論文の、磁気マーカを用いた食道通過時間の結果と比較したところ、本研究で行った蠕動輸送による食塊シミュレーションは、蠕動運動による食塊の挙動を定性的に表現できたことがわかった。

## 11. 粒子法による炎のリアルタイムレンダリング

炎の挙動を粒子ベース流体シミュレーションに基づいて計算し、写実的かつリアルタイムな炎のレンダリングを実現する手法を提案する。炎の表現に必要な温度を粒子のパラメータとして付与し、温度に基づいて色および空気の屈折度合いを決定する。屈折度合いに応じて背景テクスチャのサンプリング座標に補正を加えることで陽炎を表現する。

## 12. バーチャル大腸内視鏡における適応的カメラ操作インターフェース

3次元医用画像から計算機上で人体器官を再構成し、内視鏡のような画像を提示するバーチャル内視鏡が、医用画像診断支援方法として注目されている。バーチャル内視鏡の利点の一つに視点の自由性があげられるが、大腸のように複雑な形状を持つ器官においては、カメラの自由度に対応した一意的な操作法では操作が煩雑になる。また、カメラ操作を自動化した場合はユーザの意思が反映されにくい。本研究では、目的と状況に応じて適切な動作を選択し実行する適応的カメラ操作インターフェースを提案する。大腸内壁の診断手順における作業段階と、現在ユーザに提供している画像情報を手がかりとして、最適な動作が選択される。提案インターフェースでは、診断を病変部の探索と、発見した病変部の指定及び観察の2段階に分ける。探索においては、画面内の位置、カメラからポインティング対象までの距離、ポインティング位置周辺の対象物の形状に基づいて、注目点の方向に進む・視点を回転させる・ひだをまわり込む動作を適応的に選択する。

## 13. 気泡運動を反映した液体のCGと効果音のリアルタイム生成

映像と同期した効果音はバーチャル空間のリアリティの向上に有効である。本研究では、液体のリアルタイムコンピュータグラフィックスに効果音を自動的に付加する手法を提案する。液体の発する音は液体中の気泡の運動に起因することに注目し、粒子ベースのリアルタイム二相液体シミュレーションによって液体と気泡の運動を計算する。気泡の生成・破裂に合わせてあらかじめ録音しておいた基本となる音を変調・合成して出力することにより効果音の自動生成を実現する。

## 14. 構造色のリアルタイムレンダリング

リアリティのあるCGの生成において、色表現は非常に重要な要素である。自然界の色は色素色と構造色の二つに大別することができる。構造色は波長以下の微細構造が生み出す光路差に起因する。光学現象による発色であり、色素による発色である色素色と異なり、視点位置や照明条件により見え方が大きく変化するという特徴をもっている。構造色の例として、シャボン玉やコンパクトディスク表面の虹色などがある。本研究では、共通の枠組みで様々な種類の構造色を再現可能な汎用性を持つ構造色レンダリング手法を提案する。提案手法は、構造色を生み出す原因である光路差に着目し、光路差を共通のパラメータとして用いることで様々な微細構造を統一的に扱う。更に本手法を用いた実時間での描画を可能にするため、光路差の表現及び描画にテクスチャを活用する手法を提案し、視点と光源に依存した発色変化のインタラクティブな提示を実現する。

## 15. MR空間におけるバーチャル流体リアルタイムレンダリング

本研究では、複合現実空間に仮想流体を整合性高く合成し、ユーザとのインタラクションを可能にする手法を提案する。予測不可能なユーザの挙動に対する流体の適切な反応を実現するために、流体の挙動は物理法則に基づくシミュレーションにより計算する。物理モデルとして、流体の大きな変形を表現可能な粒子ベースのモデルに、バーチャルな剛体および実物体との相互作用を組み込んで利用する。また、高い光学的整合性を実現するためには、流体表面での光の屈折および実環境の映り込みが重要である。ユーザの視野映像を取得する視界カメラの映像を屈折像に、魚眼カメラから得られる環境の映像を反射像に利用し、GPUを用いることにより反射・屈折・隠蔽関係を適切に表現するレンダリング手法を提案する。

## 16. 異種医用画像情報の統合とウォークスルー

医療現場における体内情報の計測には、超音波・X線・MRIなど多様な測定手法が利用されているが、患部に対して複数の手法で計測を行い、その関係性を調べることで初めて得られる知見も存在する。その際に重要なのは複数の計測技法から得られる異種画像情報を正確に位置合わせすることである。本研究では、頭部の外部と内部の構造および血流情報から得られる血管走行をシームレスに統合した脳内ウォークスルー環境を構築する。

## 17. インタラクティブ多視点フォグディスプレイ

映像表示技術のひとつに空間映像技術がある。空間映像とはスクリーンの存在が希薄に感じられ、空間に映像そのものが存在しているように見える映像システムを指す。空間映像技術のひとつにフォグディスプレイがある。本研究では、観察者の位置に応じた映像が観察できる円筒型フォグディスプレイを製作する。超音波式の霧生成装置で発生させた霧を、円筒形に噴出させたフォグスクリーンに、複数の位置からプロジェクタで映像を投影する。霧は光を前方に強く散乱させるため、観察者の真正面以外から投影された映像は観察出来ない。従って、複数の位置から映像を投影することで、観察者の位置に応じた映像が観察でき、観察者が視点を移動させると運動視差が生じ、立体感が得られる。投影映像はプロジェクタの位置や姿勢に応じた補正を行う。

## 18. 能動的に匂いを嗅ぐ動作に着目した嗅覚提示装置と嗅覚-視覚相互作用の検証

現在のバーチャルリアリティにおける感覚提示は、視覚、聴覚、触覚、力覚といった物理的刺激による感覚提示がほとんどで、味覚、嗅覚といった化学的刺激による感覚提示の研究は発展途上にある。嗅覚提示においては、ユーザの順応や匂いの混合・消臭など、匂い物質の散布に起因する課題がある。本研究では、利用者の「匂いを嗅ぎたい」という意志に応じて匂いを出すデバイスがVRに適していると考え、能動的に匂いを嗅ぐ動作に特化することで匂い源の排出量を最小限に抑えられる嗅覚提示装置を開発する。また、開発したデバイスが可能とするインタラクティブな匂い提示を用いて、画像による匂い認知への影響について検証を行う。物体画像が表示されることで、物体画像に「対応していない匂い」を「対応する匂い」と誤認する可能性が下がる場合があり、匂いを提示する前に対応する物体画像を提示することで、提示する匂いがより認識しやすくなる、という結果が得られた。

## 19. VR技術を用いた幻肢リハビリテーションシステム

幻肢とは、事故や壊疽などが原因で手や足を切断された患者が失われた手足がまだ存在していると感じることである。非侵襲かつ簡便に行える幻肢のリハビリテーション手法としてミラーボックス手法があるが、イメージしている幻肢と鏡に映った腕の形状が異なる場合に効果がない、図にあるように箱に拘束されるなどの問題がある。本研究では、CGの両腕を提示することによる幻肢リハビリテーションシステムの提案及

び実装を行った。提案システムにより、体性感覚に影響を与えることが可能か検証を行った。CGの腕が被験者の想像と少し異なる動作をした場合に、位置感覚に最も影響を与えることが可能であった。このことから、リハビリテーションを行う上でも患者自身の想像と少し異なる描画をすることでより効果を与えることが可能ではないかという結論を得た。

## 20. 国立民族学博物館 特別展協力「トランスフォーメーションボード」

国立民族学博物館(大阪府吹田市)が2009年9月から12月に開催した特別展「自然のこえ 命のかたち—カナダ先住民の生みだす美」の一環として、インタラクティブアート作品を制作・出展した。大画面の中に自分の姿が出現し、ポーズをとるとポーズに応じた動物へと自分の姿がモーフィングするという、カナダ先住民のトーテミズムを文化的な背景とした作品である。期間中多数の来場者で賑い好評を博した。