

令和4年度  
卒業研究要旨集

高知大学 理工学部 情報科学科

### 深層学習での3次元点群モデルの認識に向けた特徴量の抽出

浦手 誠晴

深層学習を利用した一般的な2次元画像認識技術の認識精度は向上し、近年ではPCやスマートフォンの顔認識機能などの多くの分野で応用されている。また3次元画像を撮影可能なカメラが普及し3次元点群モデルも取得が可能である。3次元点群モデルには、2次元画像と比べ構成する要素（点や画素）が順序構造を持たないという特徴があることから深層学習に適用しにくいという課題がある。本研究では”ModelNet10”と呼ばれる3Dデータセットから点群モデルを生成し、PointNetと呼ばれる深層学習モデルを利用することで、3次元点群モデルを認識する手法に関する研究を行った。

### 強化学習における好奇心に基づく内発的報酬の生成手法の検討

片岡 華瑠

強化学習において、実世界の問題に近い環境ではエージェントが得られる報酬が少なく、目的を達成するためには多くの学習が必要となる。そのため、報酬として外発的報酬のみを用いる標準的な手法では目的を達成できないことが多い。このような環境ではエージェントに探索動機を与える内発的報酬の利用が提案されており、その一つとして好奇心に基づく内発的報酬（Pathakら, 2017; Burdaら, 2019）がある。しかし、これらの内発的報酬は学習中に減少するため、消失した際には外発的報酬のみで学習を行うこととなる。本研究では、好奇心に基づく内発的報酬の消失の改善手法を検証し、消失しない内発的報酬の生成手法を検討した。

### 超音波スピーカを利用した体積型ディスプレイの研究

#### — 通信制御プログラムの改良 —

松田 優介

体積型ディスプレイとは、液晶テレビやスマートフォンなどで利用されている平面型のディスプレイと比べ、表示対象に立体的に投影するディスプレイ装置を指す。本研究室では、音波の定在波を利用して粒子を浮遊かつ移動させている状態に可視光を照射することで表示対象を立体的に描画する装置の開発を行ってきた。先行研究ではハードウェアを製作して粒子を浮揚させ上下方向への位置制御に成功したが完成に至れなかった。浮揚した粒子の位置を自在に制御するには、超音波の位相制御ソフトウェア側に課題があったため、本研究では特に制御ソフトウェアの通信制御部の改良を行った。

（次項へ継続）

### 3D モデル空間において情景を積雪状態に変化させるアルゴリズムの開発

吉長 もも

3D コンピュータグラフィクス技術は、映画やアニメーションだけでなくコンピュータゲーム内空間の高精細な実時間描画、メタバース内の仮想空間表現などの様々な場面で活用されている。広大な仮想空間内のオブジェクト、例えば降雨、積雪などの状態は複雑だが特定のパターンの繰り返しとも言え、それらの全てを手作業でモデリングする事は効率的とは言えない。本研究では、3D モデル空間において情景を積雪状態に変化させるアルゴリズムについて検討し、市販の 3D モデル制作アプリケーションへ機能を追加することで作業の効率化を目指した。

## 研究授業レビュー支援システムのための電子化指導案の提示手法

植田 悠斗

高知県の中山間地域では教員の減少、校務の多忙、地理的障壁に起因して、参観者の確保が困難であり、研究授業の形骸化が進んでいる。本研究では、オンライン上で研究授業を再現し、参観者を確保する研究授業レビュー支援システムの構築に取り組んだ。一般に参観者は学習指導案を参照して指摘を行うため、学習指導案の提示機能が必要である。また、参照した学習指導案の項目を明示し、授業に指摘を行う機能が必要である。卒業研究では、学習指導案の提示、アノテーション作成ツールの試作、および評価実験とその結果について考察を行った。

## 研究授業レビュー支援システムにおけるバックレビュー支援手法

平岡 侑右

高知県の過疎地域では、研究授業の参観者を確保することが困難である。これにより研究授業の形骸化が進み、教師教育の維持・向上が困難となる。本研究では、オンライン上で研究授業を再現することで、遠隔で非同期的な研究授業に対するレビューを可能にし、参観者を確保する研究授業レビュー支援システムの構築に取り組んでいる。本システムでは、授業者は研究授業後に授業を振り返り、その後の授業の中で問題点の改善を行う。本研究では、研究授業後に授業者自身が授業の改善を検証し、継続的に指導技術の向上を図る支援方法を検討した。

## 遠隔合同授業における自律撮影装置の移動制御

山中 鈴菜

ネットワークを通じた遠隔合同授業では、授業者と異なる教室の生徒の見取りが困難である。そのため、俯瞰撮影装置と地上観測装置による非言語情報を含むマルチアングル動画を撮影し見取りを支援する。2機が自律的な撮影を行うには、地上観測装置による環境地図の作成が必須となるが、特殊な車輪を装備するため、自己位置推定に誤差が生じ正確な移動が行えない。そこで、本研究ではメカナムホイールの特性に影響を受けないセンサを調査し移動距離の取得方法の提案をした。さらにセンサを用いた検証から、実装の可能性を示すことができた。

(次項へ継続)

**遠隔合同授業における自律撮影装置による撮影巡回経路の探索手法**

藤本 優美

ネットワークを通じた遠隔合同授業では、授業者と異なる教室にいる生徒の見取りが困難なことが知られている。それらの問題を解決するため、本研究では俯瞰撮影装置と地上観測装置により自律的に非言語情報が含まれるマルチアングル動画の確保を目指している。授業者は授業中に見取り行為で、生徒全体の中でも特定の生徒に注目することが必要である。そこで、本研究では、地上観測装置を用い特定の生徒を中心とした見取りを実施する、撮影巡回経路の探索手法を提案した。また、シミュレータを開発し、実験を行なった結果について考察した。

### $p + 1$ 法を用いた素因数分解実験

中川 雄心

現在主流の暗号である RSA 暗号は素因数分解の困難性に基づいており, その安全性を確かめるためには素因数分解法について研究する必要がある. 本研究では  $p + 1$  法と呼ばれる素因数分解法を実装した. RSA 暗号に用いるような  $n = p \times q$  の形の合成数について, ランダムに生成した場合と, 意図的に  $p + 1$  法に弱い合成数を生成した場合に, それぞれ何ビット程度まで素因数分解可能であるか実験した. この結果を元に RSA 暗号を作成する際にどのような素数を使うべきかについて考察した.

### $b^n - a^n$ 型の素数に関する研究

濱田 琉太郎

$2^n - 1$  型の素数 (3, 7, 31, 127, ...) はメルセンヌ素数と呼ばれ, 完全数 (6, 28, 496, 8128, ...) との関係性が整数論を発展させてきた. 現在主流の公開鍵暗号である RSA 暗号の安全性は素因数分解の困難性に基づいている. したがって, メルセンヌ素数のようによく知られた素数を RSA 暗号の鍵として用いることは避けなければならない. この観点から, 本研究ではメルセンヌ素数の類似として  $b^n - a^n$  型の素数を生成するプログラムを実装して行った実験結果について報告する.

### 有限体上の楕円曲線の群構造に関する研究

中村 佳祐

楕円曲線を用いた公開鍵暗号の一種として, ペアリング暗号が挙げられる. ペアリング暗号では通常, 素数  $p$  に対して  $(p, p)$  型アーベル群を含む楕円曲線が必要となる. ある条件を満たす状況下では上述の性質をもつ楕円曲線が  $1/6$  の確率で生成できることが分かっている. 本研究では, 予備実験として小さな有限体上の楕円曲線の位数計算を効率的に行ってこの性質を確かめた. そして, 実用的なサイズでペアリング暗号に用いることのできる楕円曲線の高速な生成に成功した.

**辺着色グラフの辺素な虹色全域林分解**  
**— 幅優先探索による発見アルゴリズム —**

鈴木 涼真

辺着色グラフにおいて, すべての辺の色が異なる全域木を虹色全域木, すべての辺の色が異なる全域林を虹色全域林と呼ぶ. 1996年に Brualdi らは, ある種の辺着色完全グラフは辺素な複数の虹色全域木に分解可能であると予想したが, 未解決である. 2022年に Kristof らは, 辺着色グラフが辺素な2つの虹色全域木を持つかどうかを判定する問題は NP 完全であることを示したとする論文を arXiv に発表した. 本研究では, 虹色全域木ではなく虹色全域林を辺素に複数見つける問題を考え, 幅優先探索によって辺着色グラフを辺素な複数の虹色全域林に分解するアルゴリズムを提案する.

## フル HD 解像度を持つ位相型計算機合成ホログラムを用いたリアルタイム三次元動画再生

直野 剛瑠

計算機合成ホログラム (CGH) を用いた電子ホログラフィは、究極の 3D テレビになると考えられている。しかし、CGH の計算量は膨大であり、未だ実用化されていない。本研究では、Ampere アーキテクチャに適した位相型 CGH 計算アルゴリズムを 13 枚の GPU (NVIDIA RTX 3080) を搭載したマルチ GPU クラスシステムに実装した。ノード間通信に Gigabit Ethernet を用いた場合、これがボトルネックとなり 60fps で位相型 CGH を再生することはできない。そこで、10 Gigabit Ethernet を用いることでボトルネックを解消させた。最終的に、約 17 万点で構成された三次元物体を 60fps でリアルタイム再生することに成功した。

## ポータブルホログラフィックプロジェクトを用いた空中ディスプレイの開発

大西 優輝

コロナ禍において、接触感染のリスクをいかに軽減させるかが課題となっている。このようなことから、非接触型空中ディスプレイが注目されている。当研究室では、ホログラフィックプロジェクトを用いた空中ディスプレイ装置を提案している。三次元像を実像として空中に表示することが可能となる。しかし、装置は大型であり、実用性に欠ける。そこで、本研究では、ポータブルホログラフィックプロジェクトを用いることで装置の小型化を実現した。さらに、これまでの装置とほぼ同じ大きさの三次元像を空中表示することにも成功した。

## ホログラフィックプロジェクトを用いたヘッドアップディスプレイによる三次元映像の投影

戸田 和希

電子化したホログラフィは、究極の 3D テレビになると考えられている。しかし、両眼で見るためには 1 画素が  $1\mu\text{m}$  以下の電子表示装置が必要となる。この問題が実用化を妨げている。そこで、本研究では、ホログラフィックプロジェクトを用いて大きな三次元映像を虚像として再生するヘッドアップディスプレイを開発した。三次元映像を立体スクリーンに投影し、ハーフミラーによって虚像の三次元映像を空中に表示する。最終的に、奥行き 90cm と 1.5m に配置した直径 8cm と 6cm の 2 つの球体に投影した三次元動画を虚像として空中表示することに成功した。

(次項へ継続)



## レイトレーシングを用いたリアルタイムリアリスティック電子ホログラフィ

松岡 颯馬

最近の GPU は、演算処理用コアのみならず、レイトレーシング処理用コアも搭載している。当研究室では、ユーザがインタラクティブに変形操作した 3DCG モデルによる実時間電子ホログラフィに成功している。しかし、拡散反射のみに対応した単純な 3DCG モデルによるものであった。本研究では、拡散反射以外に、鏡面反射、光の透過・屈折にも対応した現実的な 3DCG モデルによる実時間電子ホログラフィの実現を目的とする。最終的に、1 枚の GPU ( NVIDIA GeForce RTX 4090 ) を用いて、光色を持つ約 62,000 点からなる三次元物体の実時間インタラクティブ電子ホログラフィに成功した。

## 深層学習を用いた計算機合成ホログラムのノイズ除去

堀川 弘人

計算機合成ホログラム ( CGH ) による電子ホログラフィは、究極の 3D テレビになると考えられている。しかし、計算量は膨大であり、実用化には至っていない。本研究では、深層学習を用いて CGH の計算量とデータ量を低減することを目的とする。CGH に規則的なノイズを加え、意図的に欠損した CGH を作成する。そして、U-net を用いて欠損した CGH から元の CGH を復元する。最終的に、本手法を用いて、50% の部分にノイズを加えたバイナリ CGH から元のバイナリ CGH を復元することに成功した。さらに、復元したバイナリ CGH から良好な三次元像が再生されることを確認した。

### 習慣化支援アプリにおける通知やリマインダのためのアラーム機能の実装方法の提案

小出 智也

知識や技術の習得や健康維持のためには、学習行動や運動を日常的に継続し習慣化する必要がある。そこで、本研究室では習慣化を支援するスマートフォンアプリの開発を行ってきた。ユーザが登録した予定の開始時刻をリマインドするためには、アプリ側にアラーム機能を実装することが理想であるが、OS によっては仕様により困難であることが分かっている。本研究では、OS の標準機能とプッシュ通知を連携させることで、アプリにアラーム機能を実装せずとも、標準の時計アプリのアラームで予定開始時刻をリマインドする方法を提案する。

### 360度カメラと深度カメラを用いたハイフレックス授業のための映像生成手法の開発

藤津 祥希

先行研究では、遠隔授業やハイフレックス授業を行う際の授業支援として、深度カメラや Web カメラを用いた教師シルエットを生成するシステムの開発を行ってきた。本研究では、深度カメラと 360 度カメラを併用し、ハイフレックス授業のための映像を生成する手法を提案し、試作システムを開発した。本試作システムは、教員が深度カメラの画角外に出たとき、教員を自動追尾している 360 度カメラの映像に自動で切り替わる。本試作システムの評価実験を行った結果、被験者の過半数が、教員を自動追尾する映像を好意的に評価していることが確認できた。

### タイピング練習アプリにおける練習意図の理解を支援するシナリオ設計

宮村 玲弥

テレワークの普及等によりキーボードを用いた文字入力のスキルは重要性を増している。効率的な文字入力が可能なタッチタイピングを習得するための支援システムが求められ、多くの先行研究が行われてきたが、既存のタイピング練習支援システムでは練習意図の理解を支援できていない。そこで本研究では、ゲーム形式で進行するタイピング練習アプリに搭載するゲームシナリオを設計することで、練習意図の理解を支援することを目指した。これにより、学習者が正しく練習意図を理解した上で、効果的な練習に取り組むことができる。

## スピーカアレイを用いた視覚障害者への情報提示装置

### — 音の三要素に着目した情報提示方法の検討 —

牧平 由佳

本研究は、視覚障害者のための情報提示装置「スピーカアレイ」の研究の一環として、速度変化などの動的情報の表現能力向上を目指すことを目的としている。スピーカアレイの表現能力を測る上で重要な要素の一つとして、本研究では「音の三要素」に着目し、これまで使用されてきた一定音量のホワイトノイズに対して、速度変化や再生するスピーカの高さに合わせて音の大きさと音の高さを調整した音源が、動的情報の表現能力向上に有効かどうかについて実験を通して検討した。

## スピーカアレイを用いた視覚障害者への情報提示装置

### — 新機能を備えたスピーカアレイの製作 —

酒井 匡章

本研究室では、視覚障害者の感覚代行手段の一つとして、聴覚による情報提示のための装置、「スピーカアレイ」を用いた研究が進められている。先行研究で製作された「スピーカアレイ」では、構造上再生能力に限界があり、複数スピーカの同時再生を始め、より多くの様々な再生状況を実現する事は不可能である。そこで本研究では、先行研究で挙げられた問題点を解決すると共に、スピーカアレイの表現能力向上を目標に、新たな「スピーカアレイ」の設計と試作を行った。

## 視覚障害者のための白杖型歩行支援デバイスの開発

### — ジャイロ効果を用いた通知方法の検討 —

中山 凌佑

本研究室では、視覚障害者の安全な外出を支援することを目的として「白杖型歩行支援デバイス」の研究開発を行っている。現在の白杖型歩行支援デバイスでは、音声通知だけでは伝達出来る情報量が少ないため、振動モータとの併用を検討したが、効果的な情報伝達は困難であった。そこで物体の回転時に生じるジャイロ効果に着目し、そのモーメント力の向きを変えることで情報提示を試みた。先行研究をベースに2方向提示デバイスの基礎調査を行い、可能性を検討した。

(次項へ継続)

**視覚障害者のための白杖型歩行支援デバイスの開発****— 風圧を用いた通知方法の検討 —**

丸木 康聖

本研究室では、視覚障害者が安全に歩行できる様にするため、「白杖型歩行支援デバイス」の研究を行っている。本研究室の「白杖型歩行支援デバイス」は、現在、音声のみで通知を行っており、システムからの通知が多いと、状況によっては視覚障害者の耳を奪ってしまう事になりかねない。そこで本研究では、音以外の効果的な情報伝達媒体を検討する中で風圧に着目し、体の一部に風を当てる事で情報を伝える事を検討した。先行研究の問題点を踏まえ、効果的な方法を実験を通して試みた。

**視覚障害者のための白杖型歩行支援デバイスの開発****— 2次元レーザスキャナを用いた段差検知 —**

篠田 彩水

本研究室では、視覚障害者の安全な外出を支援することを目的として「白杖型歩行支援デバイス」の研究開発を行っている。現在の白杖型歩行支援デバイスには、センサからの情報量が多く検出処理が重いため、小型化やウェアラブル化が難しいという問題点がある。そこで、情報量が少なく検出処理が軽いYDLiDAR X2を用いて、段差検知を行うことが可能であるかを確認した。また、白杖型歩行支援システムにどのような効果をもたらすか検討し、今後のYDLiDAR X2の利用方針についてまとめた。