

令和7年度
卒業論文要旨集

高知大学 理工学部 情報科学科

物理演算エンジンを利用した自律歩行ロボットモデルの学習

青木 隆之介

近年、災害時に人が立ち入る事の困難な場所での作業を目的とした災害対応ロボットの研究開発が広く行われている。中でも多脚ロボットは不整地においても安定した移動が可能であることから災害環境下での作業に適すると考えられている。本研究では、物理演算エンジンを含む 2D・3D ゲーム開発環境である Unity を用いて、仮想空間内に多脚ロボットモデルおよび地形生成プログラムを構築し、災害地を想定した不整地環境下で歩行制御の学習を行うことで、安定した自律歩行制御の獲得を目指した。

仮想水中環境下における物理演算を利用した人工生命シミュレーション

赤城 瑠耶

本研究では、仮想水中環境において魚モデルが最適な遊泳動作を獲得する学習および進化過程のシミュレーションを目的とした。水中では浮力やヒレの動きと遊泳速度に依存する水流の抵抗力などの複雑な物理的要因が泳ぎの運動に大きく影響するため、遊泳動作の再現には魚モデル自体に加えて、周辺の水流の流体計算等を含む物理モデルも必要となる。物理演算エンジンを含む 2D・3D ゲーム開発環境である Unity を用いて関節構造とヒレを持つ魚モデルおよび周辺水中環境を構築し、魚モデルの自律的な遊泳行動のシミュレーションを行った。

複数の自律ロボットモデル間の協調行動学習に関する研究

田中 虹成

広範囲に渡る作業や同時並行的に進める作業など、単体のロボットが効率的に対応することが困難と考えられる状況がある。このような状況下でも複数のロボットが作業を適切に分担して互いに協力できればより効率的に作業を遂行することが期待できる。本研究では、ゲーム開発環境である Unity およびその強化学習ツールキットである ML-Agents を利用して、2体の自律ロボットモデルが協力して1つのボールをゴールまで運ぶというタスクを設定し、強化学習により協調行動を学習するシミュレーションを行った。

(次項へ継続)

敵対的な学習手法を用いた複数エージェントの行動最適化

古江 虎太郎

近年、強化学習はゲーム AI やロボット制御など幅広い分野で活用されている。特に対戦型ゲームのように敵対する相手が存在する環境では、単一エージェントの強化学習と比べ、環境に加えて相手の選択した行動も考慮して自分の行動を選択することが求められる。本研究では、ゲーム開発環境である Unity および強化学習ツールキットである ML-Agents を用い、追跡行動を行うエージェントと回避行動を行うエージェントという2種類の敵対的エージェントを設定し、強化学習における報酬設計および環境ペナルティの差別化が2体のエージェントの学習に与える影響を検討した。

研究授業レビュー支援システムにおけるレビューサーバの開発

臼田 廉平

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なことから研究授業の形骸化が進んでいる。そこで本研究室では、対面による研究授業の支援と遠隔非同期での研究授業の再現を行う、研究授業レビュー支援システムの開発に取り組んでいる。本システムは複数のツールで構成されるが、現状ではツール間のデータ共有や連携が不十分であった。本研究では、データの一元管理を行うレビューサーバを開発し、3層アーキテクチャの採用などによる円滑なツール連携の実現と、データの整合性確保に取り組んだ。

電子化指導案に対するアノテーション環境の実現

小橋 稿太郎

高知県の中山間地域では、教員数の減少に伴う校務の多忙化や地理的障壁などに起因して、研究授業の参観者の確保が困難となっている。このことから当研究室では、対面による研究授業の支援や、遠隔非同期による研究授業の再現を目的とした研究授業レビュー支援システムの開発を行ってきた。本研究では、電子化指導案に対するアノテーション付与環境の実現として、指導案の表示項目に応じたアノテーション付与方法の比較・検討を行った。また、それぞれのアノテーションにおけるクラス設計を見直し、試作ツールによる有用性の確認を行った。

Sperner の補題を用いた公平分割問題の解法

植松 さくら ・ 森田次郎

本研究では, Sperner の補題を用いた公平分割問題の解法を提案する. 公平分割問題とは, ある1つの資源を分割して複数人に分配する際, 各人が自分が最良の取り分を得たと思えるような分割方法を与える問題である. 本研究では, Sperner の補題と呼ばれる組合せ論の定理を用いることにより, 公平分割問題の近似解を構成的に求める方法を与える. さらに, この解法の応用として, ケーキ分割問題と家賃分割問題に対する近似解の求め方を紹介する.

深層生成モデルによる計算機合成ホログラフィ

中山 敬也

計算機合成ホログラフィは、3次元映像技術としての応用が期待される一方、厳密な光伝播計算に伴う膨大な計算負荷が課題となっている。近年、この計算コストを削減するために深層学習を用いた手法が提案されている。しかし、その多くは透視画像や深度画像といった2次元情報を入力とする条件付き生成モデルであり、3次元情報を平面情報に置き換えることによる表現能力の制約が不可避であった。

そこで本研究では、2次元的な条件付き入力を介さず、ホログラムの干渉縞パターンそのものをテキストチャとして学習する無条件生成モデルの構築を試みる。基盤モデルには StyleGAN2 を採用し、計算機上で生成されたホログラム群を直接学習させることで、ニューラルネットワークがホログラムの統計的性質および光学的特性を獲得できるかを検証する。

さらに、ホログラムだけでなくシミュレーションによる再生像の品質も同時に評価する Multi-Discriminator 構成を提案する。Single Discriminator 構成との比較実験を通し、物体光の局在や共役像との分離といったホログラム特有の光学的性質が、深層生成モデルによってどの程度再現可能であるかを明らかにする。

LLM によるソフトウェア脆弱性の検出

横川 武典

近年、Web アプリケーションの開発現場では、短期間での実装や頻繁な機能追加が求められる一方で、十分なセキュリティ対策が施されないまま運用される事例が増加している。特に、小規模な Web アプリケーションや学習用途のシステムにおいては、入力値検証やセッション管理の不備といった基本的な脆弱性が見過されやすく、早期に検出・修正を支援する技術の重要性が高まっている。このような背景のもと、近年は大規模言語モデル (Large Language Models: LLM) を用いたソースコード解析や脆弱性検出への応用が注目されている。しかし、LLM による脆弱性検出性能は、モデルの学習状態や知識付与の方法、外部情報の利用有無によって大きく左右されることが指摘されており、それらの違いが検出精度や誤検知傾向に与える影響については、十分な比較・評価が行われていない。

本研究では、Web アプリケーションに対する脆弱性検出手法の高度化を目的として、PHP プログラムを対象に、素の LLM、ファインチューニングを施した LLM、および Retrieval-Augmented Generation (RAG) 構成 LLM の三手法を比較評価する。具体的には、XSS、CSRF、セッション管理の不備といった代表的な Web 脆弱性を対象とし、Precision、Recall、F1-score、ROC 曲線および AUC を用いて検出性能を定量的に評価するとともに、誤検知の発生傾向や提示される修正案の特徴について分析を行う。

本研究により、LLM の構成や知識付与方法の違いが、脆弱性検出性能および実用上の有効性に与える影響を明らかにし、LLM を用いた脆弱性検出手法の有効性と限界を整理する。これらの知見は、今後の Web アプリケーション開発におけるセキュリティ支援技術の設計指針に資するものと期待される。

3種類の群を用いたディフィー・ヘルマン鍵交換システムの実装とその性能評価

向山 凱斗 ・ 金平 峻吾 ・ 利根川 裕大

現代の情報通信において安全な鍵共有を実現する鍵交換システムは重要な暗号技術のひとつである。本研究では、3種類の群を用いたディフィー・ヘルマン鍵交換システムの実装とその性能評価を行う。具体的には、素数を法とする乗法群、円上の点からなる群、および楕円曲線上の点からなる群の3種類の群を用いた実装を行った。それぞれの計算時間や鍵生成の効率を比較することで、群の違いが性能に与える影響を評価した。また、鍵交換の安全性の根拠となる離散対数問題とその代表的な攻撃法についても考察を行った。

画素ごとの畳み込みによる伝搬計算の高速化

松浦 颯

本研究では、コンピュータホログラフィにおける光波伝搬計算の高速化を目的とし、高速フーリエ変換を用いず画素ごとに直接畳み込みを行う計算手法を提案する。提案手法は計算対象となる画素数が少ない場合に計算高速化が見込まれる。このため計算対象となる画素数ごとの計算速度や計算結果について従来法と比較した。その結果、全体の画素数に依らず、計算対象となる画素数が少ない場合において、従来の高速フーリエ変換を用いる手法より高速に計算できることがわかった。このことから提案手法は計算対象の画素数が少ないケースにおける高速な伝搬計算手法としての利用が期待できる。

多項式近似を用いた FMM によるホログラム高速計算手法の提案

杉田 唯人

計算機合成ホログラムの作成にはホログラムの解像度と物体点数の積に比例した計算時間が必要である。これを高速にするために高速多重極子展開法 (FMM) に基づいた手法を提案する。提案手法は近似計算に基づくため、計算精度と計算速度を従来手法と比較し評価を行った。提案手法は従来手法と比較して、高解像度のホログラムにおいて物体点数の増加に対する計算時間の増加を低減できることがわかった。また物体点の存在範囲が数 μ m 程度に限定されており、かつホログラムから遠方に存在する場合、提案手法は高い計算精度を実現できることが分かった。

ガウス過程回帰を用いたホログラムデータの圧縮

豊田 愁維

ホログラフィを用いた広視域な立体映像表示の実現には高解像度のホログラムが必要となるが、高解像度のホログラムのデータ量は膨大であり、効率的な圧縮手法が不可欠となる。しかし、ホログラムの位相分布は非線形的で、JPEG などの既存の画像圧縮方式では十分な圧縮性能が得られないという問題がある。

そこで本研究では、ホログラムの位相分布をガウス過程回帰 (Gaussian Process Regression, GPR) により関数として近似し、全画素を保存することなく、少数のパラメータのみでホログラムを再構成する不可逆圧縮手法を提案する。一点のホログラム及び三次元点群から計算したホログラムに対して提案手法を適用し、データ圧縮率及び再生像の画質評価を行った。

その結果、元のホログラムと比較して約 99%以上のデータ圧縮を実現しつつ、PSNR 及び SSIM の観点から一定の再生画質を維持できることを確認した。一方で、高周波成分の近似誤差が大きく再生像の近似精度の低下や、GPR 計算に伴うメモリ使用量や計算コストの増大といった課題も明らかになった。

連結グラフの全域木形成

— 深さ優先探索に基づくカラフルマーキングアルゴリズムの実装 —

山本昇青

連結グラフに対して幅優先探索と深さ優先探索で得られる全域木はそれぞれ幅優先探索木, 深さ優先探索木と呼ばれる. 幅優先探索木には辺が集中する頂点が生じやすく, 深さ優先探索木には深さが大きい頂点が生じやすい. 特に, 完全グラフの幅優先探索木はスター, 深さ優先探索木はパスという極端な形状のグラフとなる. 一昨年の研究では, 深さ優先探索に基づきながらも極端でもランダムでもない形状の全域木を求めるカラフルマーキングアルゴリズムが提案された. 本研究では, そのアルゴリズムを実装し検証を行ったところ, 特定の条件下で非連結なグラフが出力される不具合が見つかったため, 改良アルゴリズムを提案・実装し, 検証を行った.

フル HD ポータブルホログラフィックプロジェクトによるリアルタイム空中ディスプレイの開発

太田 麻衣

空中ディスプレイは、光を光学系で収束させて空中に実像を表示する装置である。コロナ禍には非接触操作が可能な二次元空中ディスプレイが注目されたが、利便性が低く利用は減少している。現在は、三次元映像を空中に表示できる三次元空中ディスプレイが求められている。当研究室ではホログラフィックプロジェクトを用いた三次元空中ディスプレイを提案しているが、実用化に向けては小型化が望まれる。本研究では、フル HD 計算機合成ホログラムを表示可能なポータブルプロジェクトを用いたリアルタイム三次元空中ディスプレイを開発した。

ホログラフィックプロジェクトを用いたライトフィールドディスプレイの開発

近藤 和也

物体から眼に届く光線を再現し、立体感や奥行きを提示するライトフィールドディスプレイがある。レンズアレイに映像を投影して光線を生成する方式では、画素ピッチが小さいほど再現可能な奥行き範囲が広がる。しかし、従来のプロジェクトではレンズ収差のため画素ピッチを小さくできない。一方、ホログラフィックプロジェクトはレンズを使わず焦点が合う映像を投影でき、より細かい画素ピッチを実現できる。本研究ではホログラフィックプロジェクトによるライトフィールドディスプレイを開発し、奥行き異なる二つの像の表示を試みた。

光ファイバを用いた三次元空中ディスプレイの開発

安藤 直樹

空中ディスプレイは、光源の光を光学系で収束させ、観察者の目の前に実像を表示する装置である。コロナ禍には感染予防の観点から非接触型空中ディスプレイが注目されたが、現在は需要が減少している。一方、医療などの産業分野では、三次元映像を空中に表示する技術が求められている。当研究室ではホログラフィックプロジェクトを用いた三次元空中ディスプレイを提案してきたが、高額である点が課題である。そこで本研究では、屋外用 LED マトリクスと光ファイバを用い、低価格で扱いやすい三次元空中ディスプレイ装置の開発を試みた。

ゲーミフィケーションを用いたデータマッピングソフトウェアの開発

後藤 桂介

データベース管理を行う上で不可欠なデータマッピングにおいて、近年、AI を用いた自動化の研究が盛んに行われている。しかし、その精度や品質は AI 依存であるとともに、処理の汎用性は保証されておらず、また、コスト面で AI 導入が最適解にならないケースも考えられる。そこで本研究では、AI による自動化とは異なる視点でデータマッピングへのアプローチを試み、主に教育やビジネスなどで活用されているゲーミフィケーションの手法を導入してデータマッピングの補助を行うソフトウェアを開発し、その利用意義について考察した。

Fighting Ice を用いた 2D 格闘ゲームプレイヤーの判断特性分析

渡部 廉也

近年、格闘ゲームは e スポーツ競技としての人気が高まり、プレイヤーの技術向上への関心も高まっている。しかし、格闘ゲームにおいては効率的な技術向上の術が確立されておらず、個人に即した練習法やコーチングの検討が喫緊の課題である。そこで本研究では、格闘ゲームコーチング手法の基礎的検討として、プレイヤーの対戦行動ログから判断特性傾向の特徴量を算出し、分析することを試みた。その結果、行動選択の傾向とプレイスタイルにおける個人差が明らかとなり、行動ログ内容を参照しての技術向上法の可能性が示唆された。

アンビソニックマイクと 360 度カメラを用いた授業配信映像の生成手法

大石 涼太

大学等では授業映像の配信が広く行われるようになったが、対面の授業に比べ、固定位置からのカメラの限られた画角の情報量しか得られない。そこで、先行研究では教員を半透過する機能や、教員を自動追尾する機能を開発した。本研究ではこれを引き継ぎ、深層学習モデルを用いて教員透過機能を改良し、固定カメラの画角外にいる発話者のワイプ映像の自動生成機能を開発した。ワイプ映像生成機能の実装には 360 度カメラとアンビソニックマイクを用いた。本卒業論文では様々な授業配信と授業形態について整理したのち、開発した授業配信映像の生成手法について述べる。

習慣化支援アプリにおけるスケジュールリング促進支援

三崎 匠真

本研究室で開発中の習慣化支援アプリでは、実行するつもりのない予定を登録したまま、あるいは予定自体が登録されずに放置されてしまう課題がある。そこで本研究では、繰り返しの予定の扱い方を見直し、さらに、先行研究で提案されていた同期行動促進機能を繰り返しの予定にも対応できるよう拡張し、チーム内で繰り返しの予定を共有して一緒に取り組むことを促す設計を行った。これにより、登録の負担を減らしつつ予定未登録の放置を防ぐことができる。本卒業論文では、これらの設計の詳細とアンケートによる評価実験の結果と考察について述べる。

習慣化支援アプリにおける試行した工夫のレビューの推薦手法

齋藤 圭稀

本研究では、開発中の習慣化支援アプリにおいて、ユーザが自分に合った行動継続の工夫を見つけやすくすることを目的とする。先行研究では、ユーザが試行した工夫に対してレビューを投稿する機能が設計されており、今後レビュー数の増加が示唆されている。しかし、レビュー数の増加に伴い、必要な情報を探しにくくなる問題が懸念される。そこで本研究では、有用性及び信頼性に基づいてスコア化したおすすめ表示と、各ユーザの重視傾向を反映したおすすめ表示を組み合わせたレビュー推薦機能の設計を行い、その有効性を検証する評価実験を行った。

歩行支援デバイスにおける空間音響を用いた方向提示の改善

横山 初陽

本研究は、視覚障害者の歩行支援を目的とした白杖歩行支援デバイスにおける方向提示手法の改善を目的とする。従来の音声通知や音像通知では、斜め方向の認識精度の低さや、頭部回転に伴い音像が追従して知覚される問題が指摘されていた。そこで本研究では、HRIR（頭部伝達インパルス応答）を用いた立体音響処理とジャイロセンサによるヘッドトラッキングを組み合わせ、頭部の向きに応じて音像を動的に制御するシステムを構築した。実験の結果、ヘッドトラッキングを導入することで方向認知精度が向上し、より直感的な方向把握が可能となることが示された。

歩行支援デバイスにおける白杖型地面感知機能の検討

— 初心者へ向けた室内環境での歩行支援 —

LI ZONGRUI

本研究は、白杖型歩行支援デバイスの危険検知機能の拡充を目的とし、室内環境で白杖初心者が足元の地面状態（粗い／滑らか）を把握する手法を提案する。白杖下端に WTV01-BT50 を装着し、BLE で ESP32 へ送信した振動データをリアルタイムに受信・解読し、2 秒平均合成振幅により状態変化を判定した。実験 1 で受信・指標化の成立を確認し、実験 2 で木製床、PVC 床、タイル、カーペットの差を計測して滑らか／粗いの 2 群に整理した。実験 3 では床面切替に追従できた一方、カーペット区間で誤検知が生じた。今後は、判定手法および閾値設定の検討を通じて、さらなる安定化と実用性の向上が課題である。

スピーカアレイを用いた視覚障害者への情報提示装置の提案

— 視覚障害者を対象とした有効性の検証 —

石原 菜々美

本研究では、スピーカアレイによる情報提示が視覚障害者に対して有効であるかを検証した。高知県立盲学校文化発表会でのデモ体験から、音移動の知覚には一定程度の再生時間、開始点と終点の強調、事前の外周音像提示が重要であることが示された。図形提示実験および音移動の時間的連続性の実験の結果、視覚障害者群と晴眼者群の間に有意差は認められなかったが、図形提示と速度感において両群に対する有効性が確認された。視覚経験または視覚情報の学習経験を有する視覚障害者に対し、スピーカアレイによる情報提示が一定程度の有効性が認められた。

（次項へ継続）

分娩介助シミュレータにおける手袋型補助デバイスの改善

ー フィードバック機能の提案 ー

大上 千姫

本研究は、分娩介助シミュレータ用の手袋型補助デバイスを改良し、圧力のリアルタイムフィードバック機能を提案した。伸縮性の低い下かけを用いてセンサ位置の安定化を図り、ハード面とソフト面でのフィードバック機能を提案した。LED による 5 種のフィードバック方法を評価した結果、圧力値が許容範囲より小さい場合、許容範囲内の場合、許容範囲より大きい場合の 3 段階でフィードバックが異なっているパターンが直感的理解に有効と確認できた。今後は教師データの拡充やデバイスの小型化・無線化・双方向化が課題である。