

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「共生インタラクション」
研究課題「データ駆動型知的情報システムの理解・
制御のためのインタラクション」

研究終了報告書

研究期間 2017年10月～2023年 3月

研究代表者:五十嵐 健夫
(東京大学大学院情報理工学系研究
科、教授)

§1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究の目的は、機械学習におけるヒューマンファクタに関する問題を解決することである。そのような問題を解決する方法として、人手でのデータアノテーションの効率化、学習によって得られたモデルの理解と制御のための技術開発、機械学習を活用した新しいアプリケーションの開発などに取り組んできた。五十嵐グループは全体の統括および各種のインタラクション手法の開発、佐藤グループは機械学習に関する専門的な知見の提供および建築分野への応用、楽グループは機械学習のデータ生成にかかわる数理的な技術の開発、金グループは医療応用に関する専門的な知見の提供および応用技術の開発を担当した。

これまでに得られた顕著な結果の例としては、以下のようなものが挙げられる。1)機械学習に必要なデータアノテーションを効率化するための手法を複数開発した。これは、機械学習システムの開発の中でボトルネックとなっている人手でのアノテーション作業の質と効率を、ユーザインタラクションとアルゴリズムの工夫によって向上するものであり、画期的かつ産業的価値の高いものである。2) 機械学習を利用したコンテンツ生成におけるユーザ制御を実現する新しい手法を複数開発した。機械学習による映像や音楽などのコンテンツ生成は、クオリティの高い生成物が得られる反面、ユーザによる制御が難しいという問題があった。本研究では、機械学習によって得られた生成モデルの数学的構造を解析することで、ユーザが効率的に解空間を探索できるようにする技術の開発を行った。実際に画像生成や楽曲生成に応用し有効性を確認している。基盤的技術として広く使われることが期待できる。3)機械学習システムの応用例として仮想試着システムを開発した。対象となる衣服をロボットマネキンに着せ付けて自動的に大量の写真を撮影して得られた訓練データから学習することで、これまでになく高精度な仮想試着を実現している。本技術は産業界から高い評価を受けており、企業との実用化に向けた共同研究を開始している。

(2) 顕著な成果

<優れた基礎研究としての成果>

1. 相対比較フィードバックからの分類器学習手法

概要:

相対比較フィードバックは、ユーザがアノテーションをする際に単一のデータのみを見て行うのではなく、複数のデータをみてそのデータ間の相対的な関係をアノテーションするものである。相対比較はユーザが回答しやすいという性質やアノテーションミスが起こりにくいという性質が知られている。このような相対比較のデータからの分類器を学習する枠組みを提案し、分類器の学習の理論解析手法として汎化誤差解析を行う数理基盤を構築した。

2. 非専門家による画像アノテーションのための空間的ラベリング手法

概要:

空間的なレイアウトを活用して、画像アノテーションの正確性を向上する手法を開発した。アノテーターは、最初に、入ってくるイメージとラベルをオープンスペースに空間的に配置し、関連するアイテムを一緒に配置する。ユーザ実験を起こった結果、空間レイアウトを利用することによって、ラベル付けの正確性が向上することが示された。本研究成果は、当該分野のトップカンファレンスである ACM CHI 2021 に採択されている。

3. 自動運転車からの視線提示による歩行者の安全性の向上

概要:

自動運転車に付けた「目」による視線の提示によって自動運転車の意図を周囲の道路利用者

に伝えることで、安全性を向上できる可能性があることを実験によって示した。実物の自動車にモーター駆動で視線を提示できる「目」を付けた実験車両を製作し、バーチャルリアティー環境で実験参加者に提示した。実験の結果、車両の視線によって、歩行者による適切な判断を助け危険な道路横断を低減できる可能性を示された。

< 科学技術イノベーションに大きく寄与する成果 >

1. 勾配情報を活用したインタラクティブな高次元潜在空間探索手法

概要:

機械学習によるコンテンツ生成は、質の高い生成物が得られる反面、ユーザによる制御が難しいという問題があった。本研究では、機械学習によって得られた生成モデルの数学的構造を解析することで、ユーザによる効率的な解空間の探索を実現している。本研究成果は、当該分野のトップカンファレンスである ACM SIGGRAPH 2020 に採択されており、コンテンツ生成を効率化する革新的かつ実用的な技術であるとして国際的に高く評価されている。

2. 複合現実技術を用いた画像誘導手術支援

概要:

複合現実技術を用いた医用画像と手術所見の融合手法を開発した。本手法は、東京大学医学部附属病院脳神経外科の術中支援ツールとしてルーチンに使用されるようになり、現在までに 55 症例に活用されている。従来の画像誘導手術支援では手術ナビゲーションシステムや手術顕微鏡など高額な医療機器が必須であったが、提案手法はこれらの既存手法よりも高精度で、かつ高額な設備は不要であり、医療費削減の観点からも画期的であると考えられる。

3. ロボットマネキンと計測服を利用した仮想試着システム

概要:

高品質のリアルタイム仮想試着画像を効率的に作成するための手法を開発した。訓練時においては、対象衣服はマネキンに着せ付けられ、さまざまなポーズで衣服の画像を撮影する。画像から画像への変換ネットワークをトレーニングし、測定用衣類から対象衣服へのマッピングを得る。実行時においては、顧客は測定用衣類を着用し、システムは測定用衣類を対象衣服に変換する。実用化に向けた共同研究を開始している。

< 代表的な論文 >

1. Chia-Ming Chang, Chia-Hsien Lee, and Takeo Igarashi. 2021. Spatial Labeling: Leveraging Spatial Layout for Improving Label Quality in Non-Expert Image Annotation. In CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '21), May 8–13, 2021, Yokohama, Japan. ACM, New York, NY, USA, 12 pages.

概要:

空間的なレイアウトを活用して、画像アノテーションの正確性を向上する手法を開発した。アノテーターは、最初に、入ってくるイメージとラベルをオープンスペースに空間的に配置し、関連するアイテムを一緒に配置する。ユーザ実験を起こった結果、空間レイアウトを利用することによって、ラベル付けの正確性が向上することが示された。

2. Chia-Hsing Chiu, Yuki Koyama, Yu-Chi Lai, Takeo Igarashi, and Yonghao Yue. 2020. Human-in-the-loop differential subspace search in high-dimensional latent space. ACM Trans. Graph. 39, 4, Article 85 (July 2020), 15 pages.

概要:

勾配情報を活用したインタラクティブな高次元潜在空間探索手法の提案である。機械学習によるコンテンツ生成は、質の高い生成物が得られる反面、ユーザによる制御が難しいという問題

があった。本研究では、機械学習によって得られた生成モデルの数学的構造を解析することで、ユーザによる効率的な解空間の探索を実現している。本研究成果は、コンテンツ生成を効率化する革新的な技術であるとして国際的に高く評価されている。

3. Toby Chong, I-Chao Shen, Nobuyuki Umetani, and Takeo Igarashi. 2021. Per Garment Capture and Synthesis for Real-time Virtual Try-on. In The 34th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 457–469.

概要:

高品質のリアルタイム仮想試着画像を効率的に作成するための手法を開発した。訓練時には、対象衣服はマネキンに着せ付けられ、さまざまなポーズで衣服の画像を撮影する。画像から画像への変換ネットワークをトレーニングし、測定用衣類から対象衣服へのマッピングを得る。実行時には、顧客は測定用衣類を着用し、システムは測定用衣類を対象衣服に変換する。

§2 研究実施体制

(1) 研究チームの体制について

(1) 「研究代表者」グループ

① 研究代表者: 五十嵐 健夫 (東京大学大学院情報理工学系研究科・創造情報学専攻・教授)

② 研究項目

- ・ 研究プロジェクト全体のとりまとめ。
- ・ 画像アノテーションのための階層的ラベリング手法
- ・ 非専門家による画像アノテーションのための空間的ラベリング手法
- ・ 統計的データ処理プログラムの開発のための対話的散布図を備えた統合開発環境
- ・ ニューラルネットワーク構造のライブプログラミング編集手法
- ・ 例示プログラミングによるデータ変換のための UI
- ・ 深層学習による生成的画像モデリングにユーザ制御性を組み込む手法
- ・ 深層学習による画像合成に基づくリアルタイム仮想試着システム
- ・ 自動運転車からの視線提示による歩行者の安全性の向上
- ・ 深層学習によるインタラクティブなメロディ生成

(2) 「共同研究者」グループ(1)

① 主たる共同研究者: 佐藤 一誠 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 複雑理工学専攻・講師)

② 研究項目

- ・ クラウドソーシングにおけるアノテーションの混同行列解析
- ・ 相対比較フィードバックからの分類器学習手法
- ・ Design Gallery によるビジュアルデザインの最適化
- ・ 建築デザインにおけるペイズ最適化

(3) 「共同研究者」グループ(2)

① 主たる共同研究者: 楽 詠瀬 (青山学院大学理工学部テクノロジー学科・准教授)

② 研究項目

- ・ 探索的データ生成のためのユーザインタフェースの開発
- ・ 高次元空間探索のためのユーザインタフェースに関するアウトリーチ
- ・ 生成モデルの構築を考慮したデータの収集手法

(4) 「共同研究者」グループ(3)

① 主たる共同研究者: 金 太一 (東京大学医学部脳神経外科・助教)

② 研究項目

- ・ 医療画像のアノテーション性能向上に向けた検討
- ・ 複合現実技術の臨床応用
- ・ 医用画像における機械学習用データの最適化と前処理の効率化および臨床応用
- ・ 異なるモダリティの位置合わせ法の開発と臨床応用
- ・ オンライン手術シミュレータの開発
- ・ 下垂体腺腫手術録画ビデオの効率的な編集支援ツールの開発
- ・ 顕微鏡を利用した縫合技術の獲得支援システムの開発

(2) 国内外の研究者や産業界等との連携によるネットワーク形成の状況について

多数の学生や研究者をインターンや研究員として受け入れてきた。彼らとのコネクションは帰国後も続いており、共同研究や議論を行うことのできるネットワークが形成されている。